

ЖУСУП БАЛАСАГЫН атындагы  
КЫРГЫЗ УЛУТТУК УНИВЕРСИТЕТИНИН

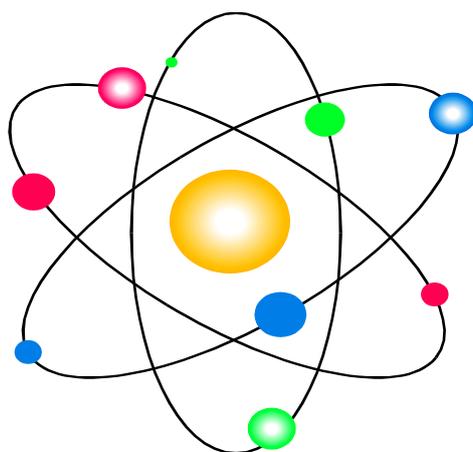
# ЖАРЧЫСЫ

# ВЕСТНИК

КЫРГЫЗСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО  
УНИВЕРСИТЕТА имени  
ЖУСУПА БАЛАСАГЫНА

*Материалы 3-Международной научной конференции*  
**ФИЗИКА И ФИЗИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ:  
ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

посвященной 70-летию академика НАН КР, д.ф.-м.н.,  
профессора **А.Ж. Жайнакова**  
Бишкек, 19-25 августа 2011



**СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК**

**Серия 3. ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

- И.Ч. Исамидинов**  
ректор КНУ им. Жусупа Баласагына,  
доктор педагогических наук, профессор (*главный редактор*)
- Т.Т. Каракеев**  
проректор по научной работе и инновациям, доктор физико-математических наук  
(*зам. главного редактора*)
- М.Т. Артыкбаев,**  
член-корреспондент НАН КР, доктор философских наук, доктор политических наук, профессор
- У.А. Асанов,**  
академик НАН КР, доктор химических наук, профессор
- А.А. Борубаев,**  
академик НАН КР, доктор физико-математических наук, профессор
- Ч.Т. Джолдошева,**  
член-корреспондент НАН КР, доктор филологических наук, профессор
- А.Ч. Какеев,**  
академик НАН КР, доктор философских наук, профессор
- С.О. Карабаев,**  
доктор химических наук, профессор
- Э. Мамбетакунов,**  
член-корреспондент НАН КР, доктор педагогических наук, профессор
- Г.А. Мукамбаева,**  
доктор юридических наук, профессор
- В.А. Печенов,**  
член-корреспондент НАН КР, доктор биологических наук, профессор
- А.С. Сарыбаев,**  
доктор экономических наук, профессор
- С.Ж. Токтомышев,**  
академик НАН КР, доктор физико-математических наук, профессор

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ.**

д-р биол. наук, проф. член-корр. НАН КР А. Токтосунов, д-р физ.-мат. наук,  
проф. Л.В. Тузов, д-р хим. наук, проф. Р.К. Сарымзакова, д-р физ.-мат. проф. Т.Д. Омуров,  
д-р физ.-мат. наук, доц. А.А. Чекеев, канд. геогр. наук, доц. Н.В. Бредихин,  
канд. геогр. наук, доц. Т.З. Ниязов, канд. физ.-мат. наук, доц. Кадышев С.К.

Редакторы: **Бапаева Ж.К., Козай О.Б.**  
Компьютерная вёрстка: **Кадышев С., Черикбаева А.**

ISBN 5-658-00810

© КНУ им. Ж. Баласагына, 2011

Формат 60\*84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub> Объем 34 п.л. Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии «Университет» КНУ им. Ж.Баласагына  
г. Бишкек, просп. Манаса, 101



## ***Поздравляем!***

*Видного организатора науки и крупного ученого в области математической и теоретической физики, механики, математического моделирования и компьютерных технологий, являющегося одним из основоположников нового направления в Кыргызстане – исследований в области теплофизики и теории тепло- и массообмена высокотемпературных процессов на основе численного моделирования и вычислительного эксперимента, доктора физико-математических наук, академика НАН Кыргызской Республики, лауреата Государственной премии Кыргызской Республики в области науки и техники, Заслуженного деятеля науки Кыргызской Республики, Почетного профессора Кыргызского национального университета имени Жусупа Баласагына с 70-летним юбилеем и присвоением ему Почетного звания **“НАРОДНЫЙ УЧИТЕЛЬ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ”!***

*Желаем крепкого здоровья, долгих лет жизни и успехов в работе во благо нашей Родины!*



# ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОБЛЕМЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

## КРИСТАЛЛДАРДЫ ЭРИТМЕДЕН СИНТЕЗДӨӨ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

К.Т. Асылбеков<sup>1</sup>, А. Рысмендеева<sup>2</sup>, К. Шаршеев<sup>2</sup>, М.М. Кидибаев<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Ж.Ж. Жээнбаев атындагы физика-техникалык проблемалар жана материалтануу институту, КР Улуттук илимдер академиясы, 720071, Бишкек ш., Чуй пр. 265-а

<sup>2</sup>К. Тыныстанов атындагы Ысык-Көл мамлекеттик университети, Каракол ш.

Кристаллдарды өстүрүүнүн көптөгөн эң жакшы ыкмалары иштелип чыккан. Эң эле эски, жөнөкөй жана кеңири таралган ыкма кристаллдарды ар кандай туздардын эритиндилеринен өстүрүү. Жөнөкөй болуп көрүнгөнүнө карабастан бул ыкма өтө татаал, ошондуктан бул ыкма менен бир тектүү чоң кристаллдарды алуу өтө кыйын болот. Бул үчүн турактуу же белгилүү закон боюнча өзгөргөн температураны камсыз кылган татаал аппараттарды колдонуу жана белгилүү шарттарды так аткаруубуз керек.

Эритиндиден кристаллдарды алуунун эки ыкмасы бар [1].

**Биринчи ыкмада** эритүүчүнүн бир бөлүгү турактуу температура кезинде акырындап буулантуу жолу менен алынып кетилет. Буулануунун натыйжасында каныккан эритинди өтө каныккан болуп калат да, андагы эриген зат кристалл түрүндө бөлүнүп чыгат. Эгерде эритинди аралаштырылбаса жана өсүп жаткан кристалл кыймылсыз бойдон калса, анда эритиндин бууланышы канчалык жай жүрсө, алынган кристаллдын бир тектүүлүгү ошончолук чоңоет. Бул ыкманын жардамы менен мүмкүн болушунча чоң бир тектүүлүккө ээ кристаллды алуунун зарыл шарты болуп температуранын жогорку турактуулукка ээ болушу эсептелет.

**Экинчи ыкмада** каныккан эритинди акырындап муздатылат. Бул ыкма температуранын жогорулашы менен эрүүчүлүгү өскөн заттар үчүн гана жарамдуу болот. Көпчүлүк учурда температуранын төмөндөшү менен эрүүчүлүк начарлайт да, каныккан эритинди температуранын төмөндөшү менен өтө каныккан болуп калып, андан кристаллдар өсүп чыгат. Көптөгөн изилдөөлөр кристаллдын бир тектүүлүгү эритиндин температурасынын төмөндөшүнүн ылдамдыгынан көзкаранды болоорун көргөзөт. Эгерде эритинди аралаштырылбаса жана өсүп жаткан кристалл кыймылсыз болсо, анда муздатуу канчалык жай жүрсө, б.а., кристаллдашуу канчалык жай жүрсө өсүп жаткан кристалл ошончолук бир тектүү болот. Эгерде температура бир калыпта эмес төмөндөсө же ал бирде төмөндөп, бирде жогоруласа анда *зоналык* деп аталган, бир тектүү эмес кристаллдар алынат.

Жогоруда көргөзүлгөн эки ыкманы колдонуу менен көп убакыттар бою кристаллографиялык, атап айтканда, физикалык жана химиялык лабораторияларда суудагы эритиндиден өстүрүлгөн кристаллдар кристаллографиялык изилдөөлөрдө жана кристаллдардын ар кандай касиеттерин окуп үйрөнүүдө пайдаланылып келген. Бул изилдөөлөрдүн натыйжасында кээ бир туздардын жогорку сапаттагы кристаллдарын алуунун шарттары аныкталган жана өтө кеп тажрыйбалык материалдар топтолгон. Алгач, бул изилдөөлөр эч кандай практикалык максатты көздөгөн эмес. Бирок кийинчерээк илимдин жана техниканын өнүгүшү менен жогорку сапаттагы, тиешелүү касиеттерге ээ чоң өлчөмдөргө ээ кристаллдарды керектөө зарылчылыгы пайда болду. Натыйжада өндүрүштө жасалма кристаллдарды ылдамдатылган өстүрүү ыкмаларын пайдаланып алуунун жолдору иштелип чыкты.

Эми эритиндиден калий квасцы кристаллын алуунун эң жөнөкөй жолун мисал катары көргөзүп кетелиз. Алгач калий квасцы тузунун каныккан эритиндин кору даярдалат. Бул үчүн ысытканда 1 литр дистиллирленген сууда 100 г квасцы тузу эритилип алынган эритинди чыпкаланып колбага куюлат да, колбанын оозу кебез менен тыгындалат. Кандайдыр бир убакыттан кийин колбанын түбүндө кристаллдардан турган чөкмө

пайда болот, бул чөкмө дайыма каныккан эритиндинин корунун ичинде сакталып турат. Даярдалган муздак эритиндини анча чоң эмес кристалл өстүрүүчү идиштин же түбү жайпак чай ичүүчү чынынын жарымына чейин куюп, үстүн чыпкалоочу кагаз менен тыгыз жаап, температурасы турактуу тынч жерге коюп коёбуз. Бир нече суткадан кийин чынынын түбүндө анча чоң эмес кристаллдар пайда болот. Алардын ичинен тышкы формасы боюнча эң жакшы делген кристаллды тандап алып, аны пинцет менен жаңы эритинди куюлган башка, таза кристаллизаторго жайгаштырып, чаңчалардын түшүшүнөн сактоо үчүн анын оозун чыпкалоочу кагаз менен тыгыз жаап коёбуз. Кристалл туура өссүн үчүн, аны күн өткөн сайын идиштин түбүнө ар башка бети тийгендей кылып, которуп турабыз. Эгерде эритиндиде жаңы кристаллдар пайда болсо, аларды тыкандык менен алып салуу керек же өстүрүп жаткан кристаллды башка жаңы эритиндиге жайгаштырганыбыз оң. Эгерде бөлмөдөгү температура турактуу болсо, ушул ыкма менен бир нече жумадан кийин жетишээрлик чоң өлчөмдөгү тунук кристаллды өстүрүп алууга болот. Мындай тажрыйбаны абасы алмашпаган, температурасы өзгөрбөгөн, обочолонгон бөлмөлөрдө жүргүзүү жакшы натыйжаларды берет [2].

Кристаллды которуп турбастан жибек жипке байлап туруп, чыныдагы эритиндинин ичине асып койсок да болот. Бул үчүн өскөн кристаллчалардын ичинен тышкы формасы эң туура болгонун тандап алып, аны таза чүпүрөк менен арчып, тазалап, андан соң ичке жибек жипке (же кылга) байлап туруп эритиндинин ичине асып, жайгаштыруу керек. Жип кристалл өстүрүлүп жаткан идиштин оозун жапкан чыпкалоочу кагаздагы тешик аркылуу өткөзүлөт. Эгерде жипте (же кылда) жаңы кристаллдар пайда болсо аларды алып салуу керек.

Кээде жакшы кристаллдарды башка ыкма менен да алууга болот. Эгерде каныккан эритиндинин ичине жипти (же кылды) салып койсок [3,4], анда эритинди турактуу температура кезинде бууланганда жипте кристаллдар пайда боло баштайт. Жиптеги кристаллдардын эң жакшысынан башкаларын алып салып, аны жаңы эритиндиге салуу менен керектүү өлчөмдөгү кристаллды өстүрүп алууга болот.

Эгерде кристаллды эритиндини буулантуу жолу менен өстүрүүдө температура өзгөрүп турса, анда бул ыкма жакшы натыйжаны бербейт, себеби температура жогорулаганда өсүп жаткан кристалл эрип кетет, ал эми температура төмөндөгөндө эритиндинин өтө каныгуусу күчөйт да, кристаллдын өсүүсү тездеп туура эмес формадагы кристаллдар алынат.

Эритиндиден чоң өлчөмдөгү, жогорку сапаттагы кристаллды өстүрүү өтө чоң чеберчиликти талап кылат. Кристаллды өстүрүү менен А.В. Шубников көп иштеген жана эң мыкты натыйжаларга жетишкен. Төмөндө ал сунуш кылган бир нече ыкмаларга кыскача токтоло кетебиз.

А.В. Шубников формасы боюнча идеалдууга жакын кристаллдарды өстүрүүнүн төмөндөгүдөй жөнөкөй ыкмасын сунуш кылган. Түбү тегерек колбага бөлмөлүк температурага чейин муздаткан кезде кристаллдарды өстүрүү үчүн ыңгайлуу өтө каныгууну алууга мүмкүнчүлүк берген, кристаллдануучу заттын концентрациясына ээ ысык эритинди куюлат (мисалы квасцы үчүн  $100 \text{ см}^3$  эритиндиге 2,5 г). Колба резина тыгынчыгы менен бекитилет. Тыгынчыктагы тешик аркылуу учуна анча чоң эмес резина түтүгү кийгизилген ичке айнек таякча өткөрүлөт. Таякча менен түтүк канчалык кичине болсо, ошончолук жакшы. Түйүлдүк түтүккө бекитилет да, эритиндинин ичинен эрип түтүктөн түшүп калбасы үчүн, эритинди муздагыча колба төңкөрүлүп коюлат.

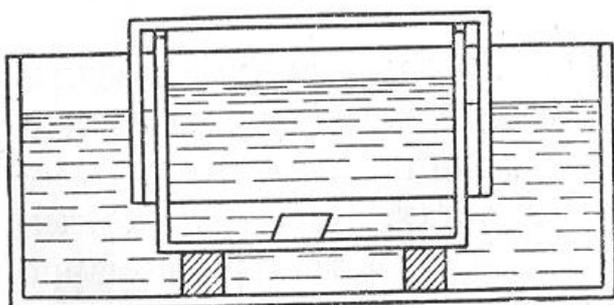
Андан соң, колбаны кристаллдын өсүшүн тездетүү керек болгон бети төмөн болгондой кылып жайгаштырып туруу керек. Бул шарттарда өсүп жаткан кристалл концентрациялык агымдын абдан өтө каныккан бөлүгүндө жайланышып турат.

Кристаллдарды өтө каныккан эритиндиден өстүрүүнүн дагы бир ыкмасы төмөнкүчө болот. Өтө каныккан эритинди эки ирээттүүлүктө даярдалат. Алгач каныккан эритинди даярдалып, андан өтө каныккан эритинди алынат. Жылытылган, өтө каныккан эритиндини кристаллизаторго куюп, суусу бар чоң идишке же термостатка жайгаштыры-

шат да, үстүнөн башка кристаллизатор менен гидравликалык түрдө жабышат (1.,а-сүрөт). Эритиндиге формасы жакшы, сапаттуу кристаллчаны түйүлдүк катары алдын ала салып коюшат. Мындай шартта кристалл өсүп жаткан чөйрөгө кристаллдашуунун жаңы борбору болуучу чаңчалардын түшүшү мүмкүн болбой калат. Бул ыкма менен калий квасцыларынын кристаллдары жакшы өстүрүлөт [5].

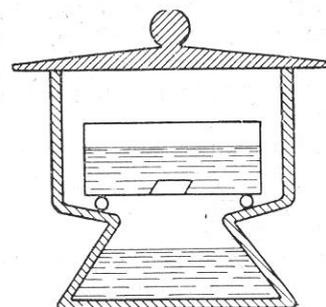
Кристаллдарды каныккан эритиндиден өстүрүү температуранын өтө жогорку турактуулугун талап кылат, себеби температура бир аз эле жогоруласа кристаллдын чокулары жана кырлары эрий баштайт. Эритиндини буулантууну өтө таза жагдайда, б.а.,

а



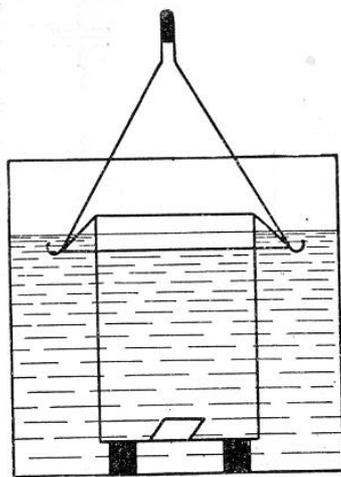
1-сүрөт

б

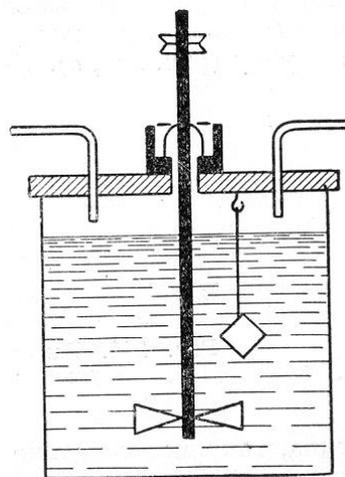


1-сүрөт

тажрыйба жүргүзүп жатканда эритиндиге кристаллданышып жаткан заттын чаңчалары түшпөгөндөй кылып жүргүзүү керек. 1,б-сүрөттө түбүнө суунун буусун жутуп алуучу күчтүү күкүрт кислотасы куюлган, үстүнө каныккан эритинди куюлган кристаллизатор жайгаштырылган эксикатор көргөзүлгөн.



2-сүрөт



3-сүрөт

Эксикатордун капкагын вазелин менен майлап, тыгыз жаап туруп термостатка жайгаштырышат. Түйүлдүк бир аз жылытылган аралашмага куюлат. Бул ыкма менен, мисалы үчүн, сегнет туздары  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  нун жакшы, жогорку сапаттагы кристаллдарын өстүрүүгө болот. Бирок бул ыкма эритиндиси бууланганда кристаллизатордун беттери боюнча «жогору жылган» туздар үчүн жарамсыз болот. 2-сүрөттө «жылуучулук» касиетине ээ туздардын эритиндисинен кристаллды өстүрүүгө пайдаланылган кристаллизатор көргөзүлгөн. Цилиндр формасындагы бийик идиш, жука резина түтүгү менен капталган үч зым илмегине илинген куйгуч менен жабылып турат. Куйгуч резина тыгынчыгы менен жабылат. Куйгучтун чекелери термостаттын температурасы бөлмөлүк температурадан  $10-15^\circ\text{C}$  ка жогору болгон суусуна матырылат. Абадагы чаңчалар эритиндиге келип түшө алышпайт.

Эритиндиден бууланган суу куйгучтун беттерине чогулуп, андан соң термостаттын суусуна тамчылап турат. Бул кристаллизаторлордун жардамы менен квасцылардын жана сегнет туздарынын жогорку сапаттагы кристаллдарын алууга болот. Бирок мындай кристаллизатор натрий селитрасынын кристаллын өстүрүүгө жарамсыз, себеби бул учурда селитранын аралашмасы менен таза суунун бууларынын басымдарынын айырмасы өтө чоң болот.

Хлордуу натрийдин кристаллдарынын беттеринин өсүү ылдамдыгын изилдөө үчүн 3-сүрөтүндө көргөзүлгөн кристаллизатор колдонулат. Мында эритиндинин буулануусу, анын үстүнөн аккан ысык абанын таасири аркасында жүрөт. Идиштин ичинде эритиндинин бүткүл көлөмүндө өтө каныгууну камсыз кылган айнек аралаштыргычы жайгаштырылат.

Акырында лабораториялык эң жөнөкөй жабдууларды колдонуу менен эритиндиден кристаллды алуу ыкмасын окурмандарга кристаллды өз алдынча өстүрүүлөрү үчүн сунуш кылабыз.

Алгач тигил же бул тузду майдалап, ийлеп кристалл өстүрүүгө керек материалдардын үлүшүн даярдап алабыз.

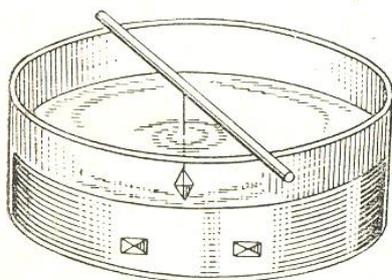
Кристалл өстүрүүгө керек болуучу заттын саны жөнүндө маалымат 1-таблицада  $100 \text{ см}^3$  суудагы туздардын ар кандай температурадагы эң чоң эригичтиги түрүндө көргөзүлгөн.

1-Таблица. Туздардын  $100 \text{ см}^3$  суудагы эригичтиги (грамм менен)

Температура °C	Калий-алюминий квасцысы $\text{KAl}[\text{SO}_4] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	Натрий селитрасы $\text{NaNO}_3$	Күкүрт кычкыл магнийи $\text{Mg}[\text{SO}_4] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Сегнет тузу $\text{KNa}[\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Көкташ $\text{Cu}[\text{SO}_4] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
0	3,9	73	76,9	42	31,6
10	9,5	80,6	93,8	54	37,0
20	15,1	88,5	115,9	90	42,3
30	22,0	16,6	146,3	150	48,8
40	30,9	104,9	179,3	234	56,9

Даярдалган кумайдын үлүшүн айнек же фарфордон жасалган химиялык идишке салып, үстүнө керектүү өлчөмдөгү сууну чендүү мензурканын жардамы менен куябыз. Туздардын суудагы эрүүсүн тездетүү үчүн идиштин үстүн айнек капкак менен жаап, анын ичиндегени жылытабыз. Мына ушундай жол менен алынган эритиндини чыпкалайбыз. Чыпкаланган суюктук (эритинди) *кристаллизатор* деп аталган атайын идишке куюлат (4-сүрөт).

Кристаллизатордогу эритинди муздайт жана бууланат. Эритиндинин жетишээрлик тездикте бууланышына чоң буулануучу бетти камсыз кылган кристаллизатордун мүнөздүү формасы жакшы өбөлгө түзөт.



4-сүрөт

Буулануунун жана суушунун натыйжасында аралашма алгач каныккан, андан соң өтө каныккан абалга өтөт. Натыйжада кристаллизатордо кичинекей кристаллдар пайда боло баштап, убакыттын өтүшү менен өсүүсүн улантат. Натыйжада кристаллизатордо кичинекей кристаллдар пайда боло баштап, убакыттын өтүшү менен өсүүсүн улантат. Эритиндини даярдагандан кийин бир сутка өткөн соң пайда болгон кристаллдардын ичинен эң жакшыларынын бир нечесин тандап алып, эритиндини башка таза кристаллизаторго куябыз да, анын ичине тандап алынган кристаллды салып коёбуз.

Убакыттын өтүшү менен жаңы өтө каныккан эритиндини даярдап, өсүп жаткан кристаллдарды ага которуп салып туруу керек.

Аздыр-көптүр бир калыпта кырбеттелген кристаллдан көп кырдуулукту алуу үчүн өсүп жаткан кристаллдарды күн сайын бир беттен башка бетке которуп туруубуз же аларды кылга же жипке байлап, асып коюубуз зарыл.

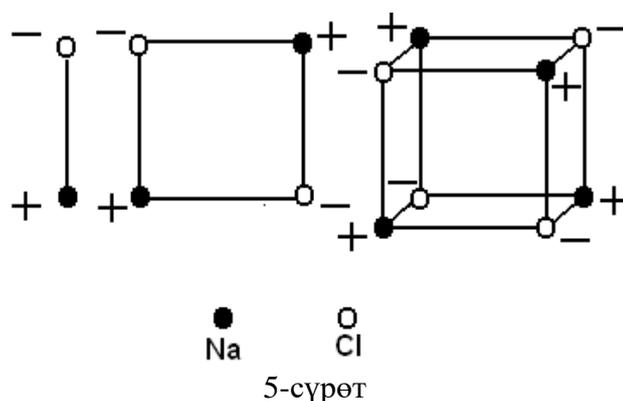
Кристаллдарды эң жөнөкөй шарттарда өстүрүүгө керек болуучу жабдыктардын тизмесин келтиребиз [5,6]:

1. Реактивдер (туздар).
2. Туздарды кумайга айлантуу үчүн жанчуур (ступка).
3. Таштары менен тараза (дарыканалык).
4. Эки стакан (химиялык же фарфордон жасалган).
5. Мензурка.
6. Газ меши (же электр меши, спирт шамы, примус ж.б).
7. Асбест торчосу.
8. Тегерек айнек (сааттын бетин жапкандай).
9. Эритиндини аралаштыруу үчүн айнек таякчасы.
10. Куйгуч.
11. Чыпкалоочу кагаз.
12. Куйгуч үчүн кармагыч (штатив).
13. Кристаллизатор.
14. Пинцет.
15. Термометр.

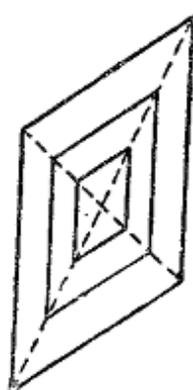
**1. Кристалл түйүлдүктөрү.** Берилген заттын кристаллдары даяр түйүлдүктөрдөн пайда болушат. Түйүлдүктөр ушул эле заттын же ага изоморфтун, б.а., окшош кристаллдык түзүлүшкө ээ заттын кристаллдарынын бөлүкчөлөрү болушат. Түйүлдүктөр болуп таптакыр башка заттын коллоиддик бөлүкчөлөрү кызмат кылышы да мүмкүн. Болгону бул учурда алар беттерине берилген заттын молекулаларын каныкпаган эритиндинин курамынан да тартып чогултуп, эритинди өтө каныккан абалга өткөндө айланасында кристаллдашуу баштала турган *потенциалдык борборду* пайда кылууга жөндөмдүү болуулары керек. Бул көптөгөн эритиндилердин, тышкы түйүлдүктөрдүн түшүшү мүмкүн болбогон учурда да өтө каныккан абалдагы өзүнөн- өзү кристаллдашуу жөндөмдүүлүгүн узак убакыт жылытууда жоготушаары менен далилденет. Мунун себеби жылытууда потенциалдык борборлордун эрип кетишинде болот.

Кристаллдардын өзүнөн өзү пайда болушун төмөндөгүчө элестетүүгө болот. Жылуулук кыймылынын натыйжасында муздап бара жаткан суюктуктун белгилүү бөлүгүндө анын көптөгөн молекулалары өтө кичинекей көлөмдө бир маалда жайгашып калышы мүмкүн. Бул учурда молекулалардын ортосундагы аралык өтө кичине болгондуктан, өз ара тартышуу күчтөрү аракет эте баштайт да, натыйжада бөлүкчөлөрдүн туура жайланышкан тобу пайда болот. Эритинди өтө муздак абалда болгондуктан, жылуулук кыймылы пайда болгон топту ажырата албайт да, бөлүкчөлөрдүн мындай тобу кристаллдын түйүлдүгү болуп калат.

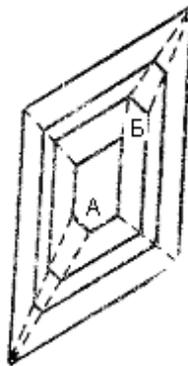
Конкреттүү мисал катары кайнатма туздун ( $\text{NaCl}$ ) кристаллынын пайда болушун карайлы. Мында кристаллдын түзүлүшү алардын пайда болушуна өбөлгө түзгөн күчтөр жөнүндө жакындатылган түшүнүк берет. 5-сүрөтүндө  $\text{NaCl}$  дун мейкиндикти толтурган элементардык уячасындагы бөлүкчөлөр (иондор) кубдун чокуларында жайгашышат. Мында кубдун каптал бетинин тегиздигинде натрийдин жана хлордун иондору, шахмат тактачасындагы ак жана кара чакмактарга окшоп, ырааттуу жайланышат. Бөлүкчөлөрдүн мындай өтө так мыйзамченемдүү бөлүштүрүлүшү кандайча пайда болот? Кайнатма туздун кристаллдары  $\text{NaCl}$  дун эритиндисинен пайда болот. Мындай өзүнөн өзү пайда болуунун мисалы катары туздуу көлдөрдө туздардын кристаллдашуусун келтирсек болот (Түркмөнстандагы Кара богооз туз кени). Ушуга окшош эле кристаллдашууну лабораториялык шартта да жүргүзүүгө болот.  $\text{NaCl}$  дун суудагы эритиндисинин курамында заряддалган бөлүкчөлөр – натрийдин оң иону ( $\text{Na}^+$ ) жана хлордун терс иону ( $\text{Cl}^-$ ) бар болушат. Жогоруда айтылгандай жылуулук кыймылынын аракети астында бөлүкчөлөр бири-бирине өтө жакындап калышы мүмкүн. Бул учурда ар башка аттуу иондор тартылышат, бир аттуулары түртүлүшөт. Натыйжада ар бир оң ион терс иондор менен, алар өз иретинде оң иондор менен курчалышат да, акырында бөлүкчөлөрдүн кайнатма тузга мүнөздүү жайланышы орун алат.



**2. Кырбеттердин жарыш которулушу.** Кристаллдын пайда болгон түйүлдүктөрү өсүүсүн улантып, кристаллдашуунун шарттарына жараша тигил же бул формага ээ болот. Эгерде өсүү мезгилинде кристаллдардын бетиндеги шарт бардык жерде бирдей жана кристалл өсүп жаткан чөйрө жетишээрлик кыймылдуу болсо, анда жетишээрлик жай өскөн кристалл бардык учурда өзгөрүүсүз бойдон калган көп кырбеттүү формага ээ болот (6-сүр.). Бул кристаллдардын бардык кырбеттери өсүү мезгилинде өздөрүнө жарыш которулушат дегенди билгизет. Эгерде кристаллдын бетинин ар кандай бөлүктөрүндө өсүүнүн шарттары туруктуу эмес болсо, анда кристаллдын формасы да өзгөрөт, бирок бул учурда кээ бир кырбеттер өзүнө жарыш которулушат. Кээ бир кырбеттер туюкталып өсүп, кичирейип, жок болуп кетишет (А – кырбети) да, андан соң кайрадан пайда болушат. Кээ бир кырбеттер алгач чоңоюшуп, өсүү процессинде жок болуп кетишет (Б – кырбети) (7-сүр.).



6-сүрөт



7-сүрөт



8-сүрөт

Эгерде бир эле кристаллдын өсүү процессинин ар башка стадиясындагы эки формасын салыштырсак, анда жогоруда айтылгандардын негизинде алардан бирдей бурчтарды табууга болот, бул мурда айтылган бурчтардын турактуулугу жөнүндөгү закондун негиздөөсү болот. Кристаллдын ар бир кырбетинин мейкиндиктеги өзүнө перпендикулярдуу багыттагы кыймылынын ылдамдыгы өсүүнүн *нормалдуу ылдамдыгы* деп аталат.

**3. Кристаллдардын эриши жана регенерациясы.** Кырбеттердин пайда болуу жана жок болуу кубулушун кристаллдардын эришинде жана алардын сыныктарын, бузулган формаларын калыбына келтирүүсүндө байкоого болот. Сыныктардын калыбына келүүсү төмөнкүчө жүрөт. Алгач сыныктын туура эмес беттеринде көптөгөн майда кырбеттер пайда болушат да, убакыттын өтүшү менен акырында жок болуп, анча көп эмес кырбеттерди камтыган жөнөкөй көп кырбеттүүлүккө алып келет (8-сүр.).

Каныкпаган эритинди шарттарында кристалл эрийт. Эрүү процесси өсүү процессинен айырмаланып турат.

Эриген кристаллдын кырбеттери адатта жумуру беттерди пайда кылат да, кырлар түз сызыктуу болушуп, чокулар жоюла баштайт (9.,а-сүр.). Эрүү кристаллдын чокуларында жана кырларында өзгөчө күчтүү жүрүп, форманын жалпы жумуруланышын шарттайт. Бул кырбеттерге салыштырмалуу кристаллдын кырлары, өзгөчө чокулары бөлүнүп чыгып турушкандыгы, ошондуктан алар каныкпаган эритиндинин аракетине көбүрөөк дуушар болушу жана ушунун натыйжасында тез эрише тургандыгы менен түшүндүрүлөт. Буга кошумча кристаллдардын анизотроптүүлугу да чоң ролду ойнойт.

Кристаллдык заттардын ар башка багыттар боюнча ар кандай ылдамдыкта эрий тургандыгын кристаллдан кесип алынган шарды каныкпаган эритиндиге жайгаштыруу менен эффективдүү көргөзүүгө болот. Натыйжада ийри-муйру кырбеттерге жана кырларга ээ, кристаллдардын эрүүгө карата анизотроптүүлугунун ачык мисалы болгон кеп кырдуулуктарга ээ болобуз (9.,б-сүр.).

Эрүүнүн натыйжасында формасы бузулган кристаллды тиешелүү өтө каныккан чөйрөгө жайгаштырып, анын нормалдуу жалпак кырбеттүү жана түз кырдуу формага калыбына келишин байкайбыз. Кристаллдык көп кырдуулуктардын мындай калыбына келиши *кристаллдардын регенерациясы* деп аталат.



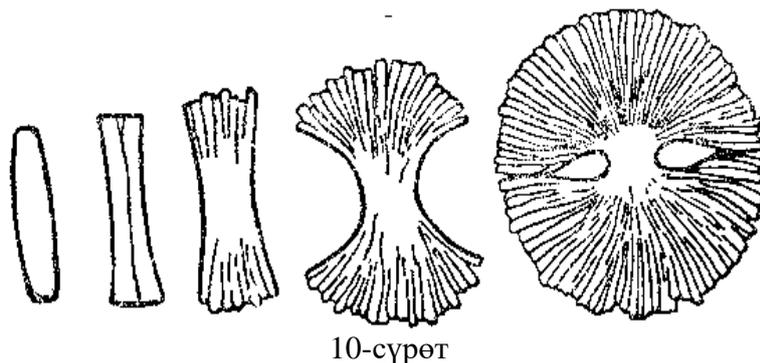
9-сүрөт

Жогоруда ар кандай таасирлердин аркасында механикалык бузулууга дуушар болгон (сынган) кристаллдардын калыбына келишин кыскача карап кеткенбиз. Булардан регенерация-кристаллдардын өзүнөн өзү кырбеттүүлүккө ээ болуу жөндөмдүүлүгүн көрөбүз.

**4. Көп кристаллдын бирге өсүүсү.** Биз буга чейин жекече кристаллдардын өсүү процессин карап келдик. Көп кристаллдын бирге өсүүсүндө да кызык мыйзамченемдүүлүктөр байкалат. Идиштин бетинде көптөгөн кристаллдар пайда болгондо, мисалы, металл калыптарда кристаллдашканда, кристаллашуу процесси төмөндөгүчө жүрөт. Алгач жекече кристаллдар, болжол менен, калыптын беттерин бойлото бардык багыттар боюнча бирдей ылдамдык менен өсүшөт. Бирок алар бири-бири менен тийишкенден баштап, алардын өсүүсү идиштин бетине перпендикулярдуу багыт боюнча гана болушу мүмкүн. Ушуну менен бирге эле тандап алуу процесси да жүрөт, натыйжада бул багыт боюнча жай өскөн кристаллдар тез өскөн кристаллдар тарабынан сүрүлүп чыгарылат да, жыйынтыгында өсүү багытындагы кристаллдардын саны азайып, калыптын түпкүрүндө эң чоң өлчөмгө ээ кристаллдар жайланышып калат. Бул кубулуш *ортотропизм* деп аталат; ал адатта кристаллдардын куйманын ичинде өзүнөн өзү пайда болушу менен коштолгондуктан даяр куйманын калыптын четтериндеги беттеринин жанындагы металлдын мамычалуу түзүлүшү түрүндө байкалат.

Көпчүлүк учурларда мамычалуу жекече кристаллдын учтарынын кысылган кристаллашуу шарттарында бир нече бутактарга ажырап кетишерин байкоого болот. Кристаллдын андан ары өсүүсүндө бул бутактар ажыроосун улантышып, ар тарапка ийилишет да кристаллдын чекелери боюнча мейкиндикти туюкташып, кесилишкенде *эки жалбырактүүлүк* деп аталган фигураларды пайда кылышат. Ажыраган жекече кристалл акырында мыйзамченемдүү жайланышкан көптөгөн ийне сымал кристаллдан турган кристаллдык

агрегатты пайда кылат; ал шарга жакын формага ээ болот да, *сферолит* деп аталат (10-сүрөт).



10-сүрөт

#### Адабияттар:

1. Современная кристаллография. Т. 3. Образование кристаллов / А. А. Чернов, Е. И. Гиваргизов, Х. С. Багдасаров, В. А. Кузнецов, Л. Н. Демьянец, А. Н. Лобачев. М.: Наука, 1980. 408 с.
2. Малин Дж. Кристаллизация / Дж. Малин. М.: Металлургия, 1965.
3. Лодиз Р. Рост монокристаллов / Р. Лодиз, Р. Паркер. М.: Мир, 1974.
4. Чернов А. А. Физико-химические проблемы кристаллизации / А. А. Чернов. Алма-Ата, 1969. С. 8–40.
5. Уббеллоде А. Расплавленное состояние вещества / А. Уббеллоде; пер. с англ. В. А. Польского; под. ред. Ю. Н. Тарана. М.: Мир, 1982. 375 с.
6. М.М. Кидибаев, К. Шаршеев Катуу заттардын физикасы VII-том, Бишкек «Илим» 2006ж. С.271-283

УДК 535.37:548.4

### РАДИАЦИОННОЕ СОЗДАНИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ДЕФЕКТОВ В КРИСТАЛЛАХ KCl, RbCl И KBr

А. Баймаханулы<sup>1</sup>, А.Ч. Лущик<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный педагогический университет им. Абая, пр. Достык 13, 050100, Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Институт физики Тартуского университета, Рийя 142, 051014, Тарту, Эстония

*The peculiarities of the electron-hole (e-h) creation mechanism of Frenkel defects (F-H pairs) have been studied under irradiation of highly pure KCl, RbCl and KBr crystals by XeCl and KrF lasers at 80÷300 K. It is shown that contrary to the exciton decay, e-h recombination at 300 K cause the creation of F centers and trihalide molecules as well as of F<sub>2</sub> centers. The mechanisms of the creation of F, Cl<sub>3</sub><sup>-</sup>, Br<sub>3</sub><sup>-</sup> centers and their sequent annealing with the formation of bivalancies have been considered.*

Создание радиационных дефектов в широкощелевых ( $E_g=6\div 15$  эВ) ионных кристаллах обычно изучают после их облучения электронами, X-лучами,  $\alpha$ -частицами или ионами, энергии которых превосходят  $E_g$  в тысячи раз. При этом в кристалле осуществляются быстрые и сложные промежуточные процессы, на заключительном этапе которых происходят электронно-дырочные (e,h) рекомбинации или распад экситонов с последующим образованием F,H-пар [1,2]. Обнаружены также процессы создания горячими электронами вторичных e,h-пар и вторичных экситонов, что приводит к созданию троек дефектов [3,4]. При 5÷50 К одиночные F- и H-центры неподвижны, но H-интерстициалы уже при  $T>50$  К подвижны, и их стабилизация происходит благодаря их парной ассоциации или ассоциации с автолокализованными дырками ( $V_K$ -центрами) [4,5].

Целью данного доклада было выделить и изучить процессы создания и стабилизации радиационных дефектов при селективном создании e,h-рекомбинаций или анионных экситонов K<sub>r</sub>F и XeCl лазерами в кристаллах KCl, RbCl и KBr высокой чистоты. При этом мы продолжили свои исследования, выполненные ранее [5] совместно с учеными Института Физики в Тарту (Эстония). С нашим участием были выращены монокристаллы KCl, RbCl и KBr высокой чистоты [6], что позволило сконцентрировать внимание на создании процессов с минимальным участием примесных ионов (их концентрации были не выше 10 ppm в KCl и KBr, но доходили до 50 ppm K<sup>+</sup> в RbCl). От наиболее неприятных особенностей в приповерхностных слоях мы освободились, облучая кристаллы лазерным излучением в двухфотонном режиме, что позволило изучать процессы в объеме толстых (d=2÷4 мм) кристаллов. Мы использовали разработанные эстонскими физиками эксимерные лазеры [7]. Спектры поглощения в области 1,5÷6,2 эВ измеряли на спектрофотометре JASCO V-550 (измерение оптической плотности с точностью ±0,002), индуцированное поглощение получено после вычитания фона для необлученного кристалла. На рис. 1 приведены спектры индуцированного поглощения для кристаллов KCl высокой чистоты, облученных импульсным XeCl лазером (4,025 эВ, 50 мДж, 10 нс) при 80 К, 180 К и 300 К (см., подробнее [8]) или KrF лазером (5 эВ, 5 мДж, 5 нс) при 300 К. Учитывая особенности фундаментального поглощения чистых KCl (создание e,h-пар при  $h\nu > E_g = 8,7$  эВ и анионных экситонов с n=1 в области 7,9÷8,1 эВ), очевидно, что в режиме двухфотонного поглощения в KCl XeCl лазер селективно создавал анионные экситоны ( $2 \times 4,025 = 8,05$  эВ), а KrF лазер – разделенные электроны и дырки ( $2 \times 5,0 = 10$  эВ). Из сравнения спектров индуцированного поглощения дефектов (рис.1), селективно создаваемых при распаде экситонов или разделенных электронов и дырок видно, что в обоих случаях по всей толщине (4 мм) кристалла создается большое количество F-центров, однако спектры поглощения в области 4,8÷6,2 эВ, соответствующей Cl<sub>3</sub><sup>-</sup>-центрам, различаются. При создании экситонов в KCl практически не видны F<sub>2</sub>-центры (~1,7 эВ), которые эффективно создаются при e,h-процессах.

Первичным процессом распада экситонов в KCl, несомненно, являются F,H-пары. При e,h-рекомбинации могут формироваться не только F,H-пары, но и подвижные анионные вакансии (v<sub>a</sub>) при рекомбинации дырок с частью F-центров. Присоединяясь к F-центрам v<sub>a</sub> образуют F<sub>2</sub><sup>+</sup>-центры, а после захвата электрона – F<sub>2</sub>-центры.

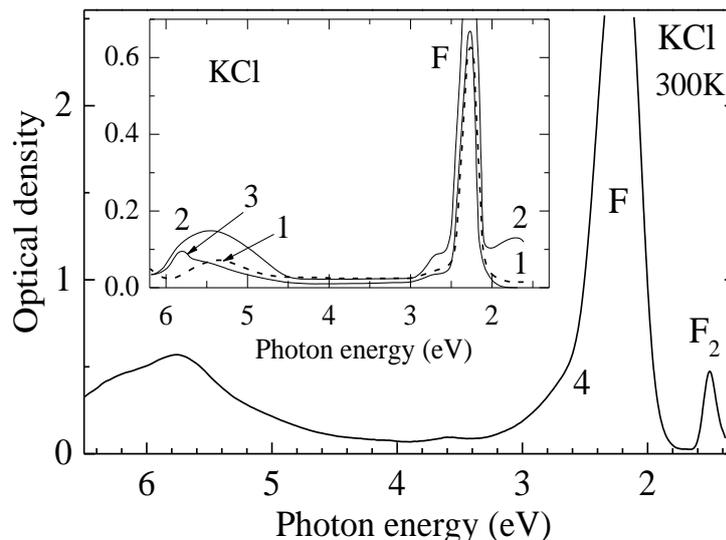


Рис. 1. Спектры индуцированного поглощения кристаллов KCl после воздействия излучением XeCl лазера при 80 К (1), 200 К (2) и 300 К (3), а также излучением KrF лазера (4) при 300 К, в течение 10 минут.

На рис. 2 приведены спектры индуцированного поглощения кристаллов RbCl, облученных X-лучами в течение 30 (1) минут, а также 10 (2) и 60 (3) минут при 300 К излучением KrF лазера, который в двухфотонном режиме селективно создавал разделенные электроны и дырки. В обоих случаях эффективно создавались стабильные до ~400 К F-центры (1,95 эВ) и  $\text{Cl}_3^-$ -центры (4÷6 эВ). При e,h-рекомбинациях возникали также  $\text{F}_2$ -центры, как и в KCl (их поглощение с максимумами 1,38 и 1.51 эВ, приведено на вставке рис. 2). Излучаемые лазером фотоны 5 эВ в режиме однофотонного поглощения вызывали частичную фотоионизацию F-центров. Высвечивающее действие KrF лазера проявляется и в спектре индуцированного поглощения в ультрафиолетовой области, ослабляя эффективность создания трехгалоидных и двухгалоидных молекул в области ~5 эВ (рис. 2).

На рис. 3 приведены зависимости от температуры возбуждения эффективности создания F-центров и  $(\text{Cl}_3^-)_{\text{аса}}$ - центров при X- облучении (50 кэВ, 20 мА, W) кристаллов KCl и RbCl. За меру числа  $(\text{Cl}_3^-)_{\text{аса}}$ - центров принимались светосуммы термостимулированной люминесценции (ТСЛ), измеряемые в пиках 395 К в KCl и 375 К в RbCl, в области которых происходит отжиг основной части поглощения F-центров. Анализ рис. 3а и 3б показал, что в достаточно чистых кристаллах KCl и RbCl резкое усиление эффективности в области от 80 К до 200 К определяется ускорением подвижности H-интерстициалов, что обеспечивает их встречу с еще неподвижными  $\text{V}_\text{K}$ -центрами. Резкое ослабление начинается при температурах, когда в облученных кристаллах KCl и RbCl начинается быстрая диффузия  $\text{V}_\text{K}$ -центров. Аналогичные результаты получены для кристаллов KBr высокой чистоты (рис. 3с). Температура максимальной эффективности создания F-центров 170 К также близка к началу прыжковой диффузии  $\text{V}_\text{K}$ -центров. Тепловая диссоциация  $\text{Br}_3^-$ -центров происходит при 380÷410 К с рождением H- и  $\text{V}_\text{F}$ -центров ( $\nu_c \text{h}^+$ ). При рекомбинации  $\text{V}_\text{F}$  с F возникают бивакансий (как и квартеты вакансий), которые служат затравками при декорировании кристаллов золотом, что позволило нам электронно-микроскопическим методом изучать зависимость числа создаваемых X - облучением наноразмерных дефектов от температуры облучения в области 80÷300 К (рис. 3с). Изменение электронно-микроскопических картин декорирования сколов (100) кристалла *KBr* от температуры изодозного облучения X -радиацией приведены на рисунке 4.

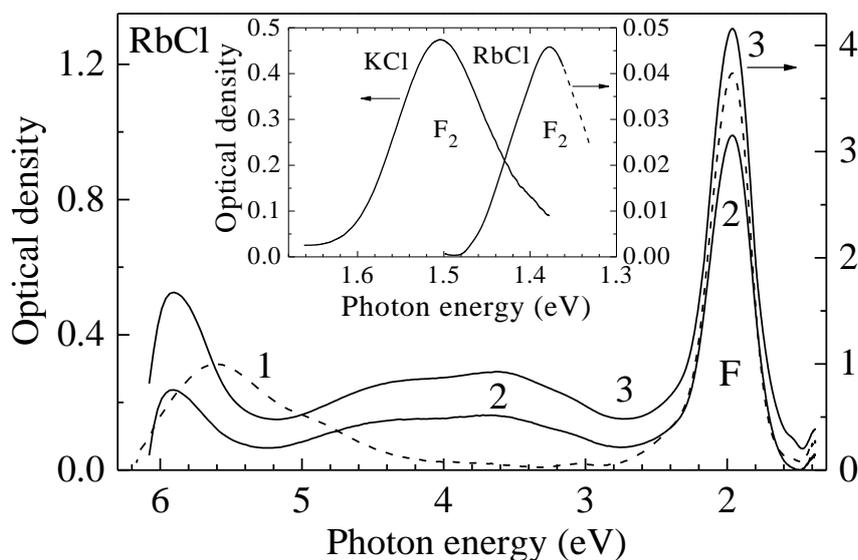


Рис. 2. Спектры индуцированного поглощения кристаллов RbCl после X - облучения в течение 30 минут (1), а также после воздействия излучением KrF лазера в течение 15 (2) и 60 (3) минут при 300 К.

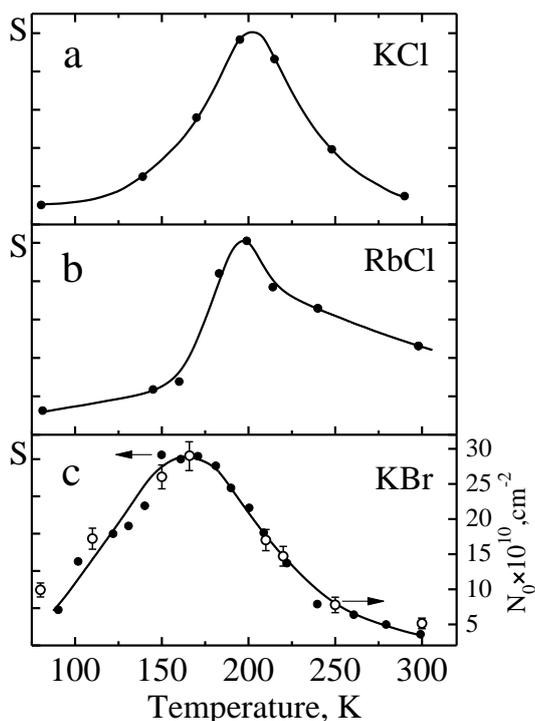


Рис. 3. Зависимости эффективности создания пика ТСЛ  $\sim 380$  К ( $Cl_3^-$ -центры) ( $S$ ) при изодозном (одночасовом)  $X$ -облучении от температуры облучения для кристаллов  $KCl$  (a) и  $RbCl$  (b), а также зависимость эффективности создания  $Br_3^-$ -центров ( $\bullet$ ) [9] и числа  $N_0$  золотых кристаллитов ( $\circ$ ) от температуры облучения на квадратный сантиметр облученной поверхности кристаллов  $KBr$  (c).

На рис. 4 приведены ЭМ картины декорированных золотом кристаллов  $KBr$ , облученных  $X$ -радиацией при разных температурах. Облучение при 4,2 К почти не изменяет число золотых кристаллитов. Увеличение температуры облучения от 80 К до 150 К и далее до 170 К ведет к резкому нарастанию числа декорируемых золотом радиационных дефектов. Дальнейшее увеличение температуры облучения до 220 и 300 К ведет к резкому снижению числа декорируемых дефектов. Зависимость числа декорируемых золотом радиационных дефектов от температуры изодозного  $X$ -облучения имеет такой же вид, как и для создаваемых радиацией линейных трехгалоидных молекул  $(Br_3^-)_{aca}$  дающих поглощение в области  $\sim 4,65$  эВ и расположенных в двух анионных и одном катионном узлах кристаллической решетки [9]. Декорируемые золотом дефекты фиксируются в облученных  $KBr$  после нагрева до 400 К, при котором происходит разрушение (диссоциация)  $(Br_3^-)_{aca}$ -центров с последующим образованием при рекомбинации продуктов диссоциации с  $F$ -центрами пар анионных и катионных вакансий  $(v_a^+ v_c^-)$ , которых в дальнейшем будем называть бивакансиями:



Линейные размеры золотых кристаллитов, в облученных и прогретых до 400 К образцах лишь в 3-5 раз превосходят постоянную решетки  $KBr$ . Можно думать, что микроструктурами для роста золотых кристаллитов служат бивакансий или их простейшие ассоциации. Отметим, что размеры квартетов вакансий в  $KBr$  хорошо согласуются с размерами группировки из пяти частиц золота, являющейся элементом металлической частицы золота, которая служит, возможно, естественной затравкой для роста металлического кристаллита.

Наши эксперименты по облучению кристаллов высокой чистоты  $KCl$ ,  $RbCl$  и  $KBr$  эксимерными лазерами позволили окончательно убедиться, что во всех трех кристаллах для созданных при 300 К стабильных  $F$ -центров и трехгалоидных молекул с ориентацией по  $\langle 100 \rangle$ , отжиг  $F$ - и  $(Cl_3^-)_{aca}$ - и  $(Br_3^-)_{aca}$ -центров происходит при  $370 \div 410$  К. Однако создание лазерами анионных экситонов не ведет к образованию при 300 К  $F_2$ -центров. Аналогичный эффект ранее обнаружен в кристаллах  $LiF$  при облучении синхротронной радиацией [10].

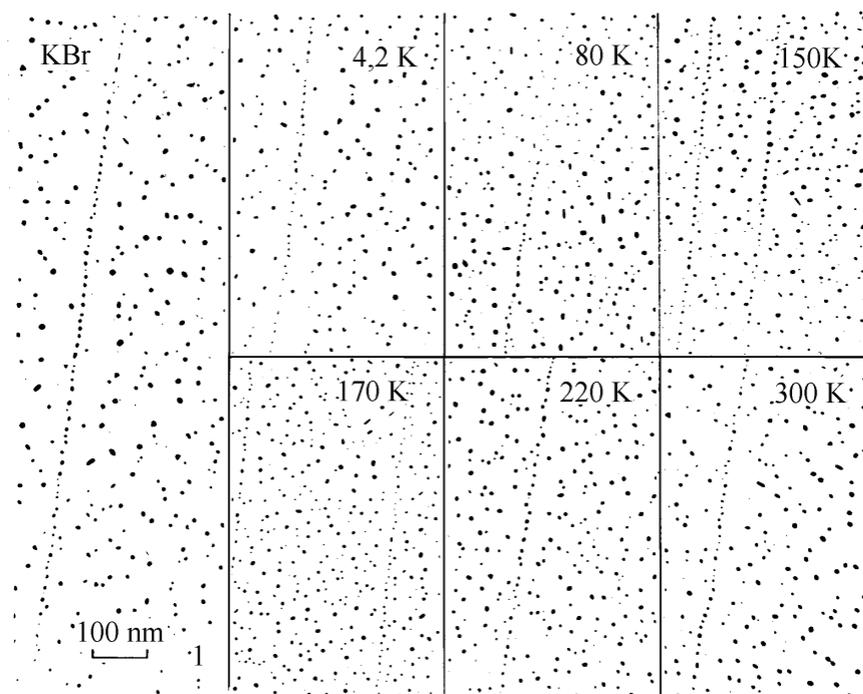


Рис. 4 – Изменение электронно-микроскопических картин декорирования сколов (100) кристалла KBr от температуры изодозного облучения X -радиацией 1 – без облучения

Для образования  $F_2$ -центров при 300 K во всех перечисленных кристаллах LiF, KCl, RbCl и KBr при средних дозах облучения необходимо создание разделенных электронов и дырок, затем тепловые флуктуации обеспечивают прыжковую диффузию  $V_K$ -центров и  $V_F$ -центров к неподвижным F-центрам и их рекомбинации с ними, в результате чего возникают подвижные одиночные вакансии ( $v_a^+e^- + h^+ \rightarrow v_a^+$ ) и неподвижные бивакансии ( $v_a^+e^- + v_c^-h^+ \rightarrow v_a^+v_c^-$ ). Подвижные  $v_a^+$  присоединяются к F-центрам и затем, захватывая электроны проводимости, создают  $F_2$ -центры ( $v_a^+e^- + v_a^+e^- \rightarrow v_a^+e^-v_a^+e^-$ ). К неподвижным при 300 K бивакансиям присоединяются два подвижные H-интерстициала, создавая  $Cl_3^-$ -центры особо высокой фото- и термостабильности.

Выражаем искреннюю благодарность академику Луцику Ч.Б., с.н.с. Васильченко Е.А. и н.с. Максимова Ю.А. за плодотворные научные обсуждения и помощь в работе.

## Литература

1. Луцик Ч.Б., Луцик А.Ч. Распад электронных возбуждений с образованием дефектов в твердых телах. М.: Наука. – 1989. 264 с.
2. Song K. S., Williams R. T. Self Trapped Excitons. Springer- Verlag Berlin Heidelberg. – 1993. p. 410.
3. Lushchik A., Feldbach E., Kink R., Lushchik Ch., Kirm M., Martinson I. Secondary excitons in alkali halide crystals. Phys. Rev. – 1996. – V. B 53. – P. 5379-5387.
4. Kirm M., Lushchik A., Lushchik Ch., Martinson I., Nagyrnyi V., Vasilchenko E. Creation of groups of spatially correlated defects in KBr crystal at 8 K. J. Phys.: Cond. Matter. – 1998. – V. 10. – P. 3509-3521.
5. Баймаханов А., Ыйги Х., Луцик А.Ч. Гомогенное и гетерогенное распределение радиационных дефектов в кристаллах KCl. ФТТ. – 1987. – Т. 29, в. 5. – С. 1356-1363.
6. Баймаханов А., Никифорова О.А. Электронно-микроскопическое исследование ЩГК разной степени чистоты и совершенства. Тр. ИФ АН ЭССР. – 1987. – Т. 61. – С. 33-46.
7. Клементи Т., Саар К., Михельсоо В. Электроразрядный эксимерный импульсно-периодический лазер. Тр. ИФ АН ЭССР. – 1984. – Т. 56. – С. 38-43.

8. Баймаханов А., Ыйги Х.Р.-В., Лущик Ч.Б. Электронно-микроскопическое исследование дефектов создаваемых в КСl и КВr при распаде электронных возбуждений. ФТТ. – 1986. – Т. 28. – С. 684-691.
9. Нурахметов Т., Гиндина Р.И., Осминин В.С., Эланго А.А. Эффективность радиационного создания  $X_3^-$ -центров в щелочно-галогидных кристаллах. Тр. ИФ АН ЭССР. – 1977. – Т. 47. – С. 168-183.
10. Aleksandrov Ju.M., Lushchik Ch.B., Makhov V.N., Syreishchikova, and Yakimenko M.N. Use of synchrotron radiation in investigation of the mechanism of formation of  $F_2$  color centers in LiF. Sov. Phys. Solid State. – 1982. – V. 24. – P. 968-970.

## ЛЮМИНЕСЦЕНЦИРУЮЩИЕ АССОЦИАТЫ ИОНОВ СВИНЦА $Pb^{2+}v_c^-$ С МЕЖДУУЗЕЛЬНЫМИ АТОМАМИ В КI-PbI<sub>2</sub>.

**Усаров А.С.**

Ошский государственный университет, г. Ош

### 1. Введение

В работе [1] было показано, что аддитивное – в парах йода или электролитическое окрашивания кристаллов КI приводит к созданию т.н. V- центров. Было высказано предположение, что в таких кристаллах, содержащих избыток йода, а также катионные вакансии, необходимые для компенсации возникающего из-за введения йода избыточного заряда, V-центры представляют собой почти линейные (см. также [2]) молекулярные ионы  $I_3^-$ , занимающие три соседних анионных (а) узла и возмущенные катионной вакансией ( $v_c^-$ ):  $[I_3^-]_{aaa}v_c^-$  - центры. В работе [3] было обнаружено существование четырех типов  $[I_3^-]_{aaa}v_c^-$  - центров, различающихся ориентацией оси молекулярного иона (приблизительно вдоль  $\langle 110 \rangle, \langle 100 \rangle$  или  $\langle 111 \rangle$  или расположением его относительно катионной вакансии. В закаленных после окрашивания кристаллах доминируют V-центры, ось  $[I_3^-]_{aaa}v_c^-$  которых ориентирована вдоль направления  $\langle 110 \rangle$ . Полосы поглощения ( $V_2$  и  $V_3$ ) разных центров несколько смещены друг относительно друга и находятся в области 3,64-3,42 эВ ( $V_2$ ) и 4,30-4,09 эВ ( $V_3$ ).

В работах [1, 4] было показано, что в результате оптического разрушения  $[I_3^-]_{aaa}v_c^-$  - центров фотонами с энергией 4, 55 эВ при 77 К создаются новые центры (позднее обозначенные как  $V_L$  [5]) с полосами поглощения около 2,88 эВ и 1,55 эВ; а также центры с поглощением 5,5 эВ около 110 К число этих центры резко уменьшаться и восстанавливаются прежние  $[I_3^-]_{aaa}v_c^-$  - центры. Вероятнее всего, это обусловлено взаимодействием с  $V_L$ - центрами делокализующихся около 110 К  $V_K$ - центров, оптически создающихся вместе с  $V_L$ - центрами [1]. Высвечивание  $V_L$ - центров фотонами с энергией 2,88 эВ или 5,5 эВ при 77 К, когда  $V_K$ - центры неподвижны, тоже приводит к восстановлению исходных  $[I_3^-]_{aaa}v_c^-$  - центров. Однако, если такое высвечивание производится при температурах, когда  $V_K$ - центры уже подвижны (например, при 125 К), то создаются анионные вакансии с поглощением около 5,2 эВ, а также  $[I_3^-]_{aaa}$  – центры, занимающие два анионных (а) и один катионный (с) узлы, ориентированные в направлении  $\langle 100 \rangle$  и имеющие полосу поглощения около 3,76 эВ [1]. При температурах около 240 К  $[I_3^-]_{aaa}$  и  $v_c^+$  ассоциируются и восстанавливаются исходные  $[I_3^-]_{aaa}v_c^-$  - центры. По нашему мнению, это происходит в результате миграции к  $[I_3^-]_{aaa}$ - центру не свободной анионной вакансии, а  $v_c^+$ , находящейся поблизости от него.

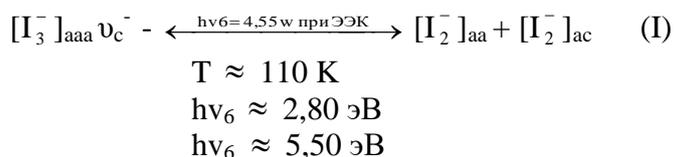
При возбуждении в полосе поглощения 2,88 эВ  $V_L$ - центров в работе [5] была обнаружена инфракрасная люминесценция. Спектр её состоит из очень узких полос при 0,805 эВ ( $\delta'_m = 0,056 \pm 0,003$  эВ) и 0,734 эВ ( $\delta'_m = 0,039 \pm 0,003$  эВ). Интенсивность коротковолновой полосы в  $\sim 3,5$  раза больше, чем длинноволновой. Спектры возбуждения для обеих полос излучения одинаковы и состоят из интенсивных полос при 2,82 и 3,54 эВ и более слабой полосы при 1,55 эВ, обозначенных в [5] как  $V_{L1}$ ,  $V_{L2}$  и  $V_{L3}$ , соответственно. Они близки к соответствующим полосам поглощения\*. Все три полосы разрушаются одновременно, что указывает на принадлежность их одному и тому же центру. Форма и положение полос в спектре возбуждения практически не изменяется от 3,8 до 105 К, а полосы излучения с повышением температуры уширяются и сдвигаются в разные стороны. Зависимость положения их максимумов от температуры линейная, а расщепление при высоких температурах  $\sim \sqrt{T}$ . Как спектры поглощения (возбуждения), так и спектры люминесценции  $V_L$ - центров очень мало изменяются при переходе от KI к RbI.

В работе [5] было высказано предположение, что в состав  $V_L$ - центра входит нейтральный атом йода, а в работах [1,3,4]- что  $V_L$ - центр содержит катионные вакансии. Для выяснения структуры  $V_L$ - центров в [6] было предпринято исследование облученных рентгеновскими лучами при 140 К кристаллов KI и RbI, активированных двухвалентными ионами ( $A^{2+}$ ) и содержащих вследствие этого катионные вакансии, необходимые для компенсации избыточного заряда  $A^{2+}$ . Было показано, что в кристаллах KI с примесью  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Si^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$  и  $Pb^{2+}$  и в кристалле RbI -  $Ca^{2+}$  облучение рентгеновскими лучами при 140 К создает три полосы поглощения, аналогичные описанным выше  $V_L$ - полосам и обозначенные как  $V_{LZ1}$ ,  $V_{LZ2}$ ,  $V_{LZ3}$ . Интенсивность этих полос на первой стадии облучения растет с дозой облучения рентгеновскими лучами параллельно с ростом F-полосы. Эти центры термически разрушаются в области около 210-220 К. В  $V_{LZ1}$ ,  $V_{LZ2}$ ,  $V_{LZ3}$ -полосах, как и в  $V_L$ - полосах чистых KI и RbI, тоже возбуждается инфракрасная люминесценция. Спектр ее состоит из двух узких полос, коротковолновая из которых в  $1,7 \div 1,8$  раза более интенсивна, чем длинноволновая. Спектральные положения и относительные интенсивности разных полос поглощения и излучения  $V_{LZ}$ -  $V_L$ - центров подобны. Аналогичны и температурные зависимости положения и интенсивностей разных полос. Они мало зависят от двухвалентной примеси и от катиона основания.

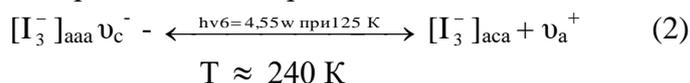
В работе [6] было высказано предположение, что  $V_{LZ}$ -центры представляют собой междоузельные атомы йода, захваченные диполями  $A^{2+}V_c^-$ , т.е.  $H_Z(A^{2+})$  – центры. Иными словами, это – молекулярные ионы  $\Gamma_2$ , занимавшие анионный (а) и катионный (с) узлы (т.е.  $[\Gamma_2]_{ac}$  – или т.н.  $H_F$ - центры) ориентированные в направлении  $\langle 100 \rangle$  и ассоциированные с ионами примеси  $A^{2+}$ . Такая интерпретация подтверждается и результатами работ [7,8], в которых абсорбционным методом и методами Рамановской спектроскопии было показано, что полоса около 2,8 эВ в облученном рентгеновскими лучами при 140 К кристалле KI- $Ca^{2+}$  действительно обусловлена  $H_Z(Ca^{2+})$ - центрами.

На основании анализа описанных выше экспериментальных фактов мы считаем, что в чистых кристаллах KI, окрашенных при высоких температурах (500-600<sup>0</sup>С) и содержащих избыток йода и катионные вакансии,  $[\Gamma_3]_{aaa}v_c^-$ -центры, в отличие от создаваемых рентгеновскими лучами  $[\Gamma_3]_{aca}$ - центров, при 77 К оптически диссоциируют не на  $V_F$ - и  $V_K$ - центры, как предполагали авторы [1], и не на  $V_F$ - и  $H$ , как это наблюдается для  $[\Gamma_3]_{aca}$ - центров (см., напр., [9,10]), а на  $V_K$ - и  $H_F$ - центры (т.е.  $[\Gamma_2]_{ac}$ ), стабильные при 77К, которые термически или оптически снова могут ассоциироваться с созданием исходных  $[\Gamma_3]_{aac}V_c^-$  центров:

\* Некоторые различные спектров поглощения и возбуждения, отмеченное в [5], по-видимому, связано с сильным перекрытием  $V_L$ -полос поглощения между собой и с не до конца высвеченными  $V_2$ - и  $V_3$ -полосами поглощения  $[\Gamma_3^-]_{aaa}v_c^-$ -центров.



Этот процесс возможен до тех пор, пока  $V_K$ - центры неподвижны. Однако, если оптическое разрушение  $[I_3^-]_{aac} \nu_c^-$  - центров происходит при 125 К, то подвижный компонент ( $V_K$ ) переориентируется по отношению к неподвижному при этой температуре ( $H_F$ ) и при их ассоциации образуется  $\Gamma_3$ - центр уже другой структуры  $[I_3^-]_{aca}$ . Очевидно, что при такой перестройке молекулярного иона  $\Gamma_3$  должна освобождаться анионная вакансия, что и проявляется в нарастании  $\alpha$  - полосы поглощения:



При 240К  $[I_3^-]_{aca}$  - центр превращается в исходный  $[I_3^-]_{aaa} \nu_c^-$  центр, который более стабильный, т. к. создается окрашиванием при высоких температурах. Этот процесс включает в себя миграцию к иону  $[I_3^-]_{aca}$  возмущенной им находящейся поблизости от него анионной вакансии  $\nu_a^+$ .

В чистых кристаллах  $H_F$ - центры не создаются ни рентгеновскими лучами, ни при последующем оптическом разрушении центров  $\Gamma_3$  - типа из-за отсутствия одиночных  $\nu_c^-$  или иной структуры  $\Gamma_3$  - центров.

Проведенный нами детальный анализ показывает также, что наблюдавшаяся в работах [5, 6] инфракрасная люминесценция, вероятнее всего, связана с электронными переходами между состояниями молекулярного иона  $[I_2^-]_{ac}$  ( $H_F$ - центра). В кристаллах с двухвалентными примесями это люминесценция - центра, возмущенного ионом т.е,  $H_z(A^{2+})$  - центра.

Ранее [11-15] нами была обнаружена внутрицентровая люминесценция ассоциатов междоузельных атомов галоида с ртутеподобными ионами ( $I_n^+$ ,  $Ph^{2+}$ ) в кристаллах  $KCl$  и  $KBr$  обусловленная электронными переходами между состояниями ионов примеси, возмущенных молекулярными ионами  $[X_2^-]_{a}$ ,  $[X_2^-]_{ac}$  или  $[X_3^-]_{aca}$  (т.н.  $H_A(I_n^+)$ ,  $H_z(Pb^{2+})$ ),  $V_{2z}(Ph^{2+})$  – центров. В спектрах поглощения этих центров наблюдаются полосы, обусловленные электронными переходами как в ионах примеси, возмущенных междоузельными атомами галоида, так и в молекулярных ионах  $X_2^-$  и  $X_3^-$  возмущенных ионами примеси.

В работе [16] в облученных при 77К и прогретых до 150 К и до 200 К кристаллах  $KI - PbI_2$  были обнаружены примесные центры окраски двух типов с излучением соответственно при 2,0 эВ и 1,85 эВ. Наиболее характерные полосы возбуждения этого излучения 3,42 эВ и 3,32 эВ соответственно, несколько смещены в длинноволновую сторону по отношению к  $A$  – полосе поглощения основных  $Pb^{2+} \nu_c^-$  – центров. По аналогии с кристаллами  $KI - Pb$  и  $KBr - Pb$  можно предположить, что наблюдаемые спектры обусловлены электронными переходами между состояниями ионов  $Pb^{2+}$  возмущенных  $[I_2^-]$  т.е. связан  $H_z(Pb^{2+})$  центрами. Если обнаруженная в работе [6] люминесценция обусловлена переходами в  $H_z$  - центре, возмущенном  $Pb^{2+}$ , то интенсивность этой люминесценции должна изменяться при различных внешних воздействиях точно так же, как интенсивность излучения  $Pb^{2+}$  - центров, возмущенных  $H_F$ , поскольку оба процесса происходят в одних и тех же  $H_z(Pb^{2+})$  – центрах. В связи с этим в настоящей работе предпринято детальное исследование люминесценции  $H_z(Pb^{2+})$ - центров в  $KI-Pb$  а также процессов их радиационного, оптического и термического создания и разрушения. Сравнивая результаты наших исследований с полученными в [6] для инфракрасного излучения и для  $V_{LZ}$ - полос поглощения кристалла  $KI-Pb$ , мы надеемся выяснить природу инфракрасной люминесценции щелочных иодидов.

## 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

### 2.1. Спектры поглощения

В спектре поглощения кристалла  $KI-PbI_2$ , облученного рентгеновскими лучами при 90 К, кроме А-полосы поглощения  $Pb^{2+}v_c^-$  - центров (3,535 эВ), Р- полосы (1,88 эВ) и полосы поглощения  $Pb^+$  - центров (3,85 эВ) наблюдаются слабые широкие полосы в области 3,32 эВ и  $\sim 2,7$  эВ (2,81 эВ по [6]). Эффективность создания этих полос существенно возрастает с увеличением температуры облучения до 140 К (рис. 1, кривая 2). После высвечивания кристалла при 90 К в полосах поглощения  $Pb^+$  - и F- центров исследуемые полосы выделяются более четко (кривая 5). Интенсивность их увеличивается с дозой облучения при 90 и 140 К параллельно с ростом интенсивности F- полосы поглощения.

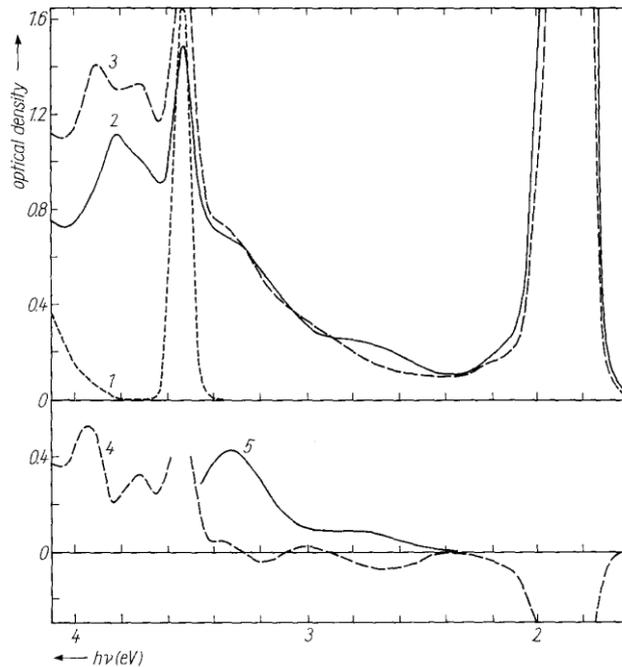


Рис.1. Спектры поглощения кристалла  $KI-PbI_2$  измеренные сразу после облучения рентгеновскими лучами при 90 К (1), после облучения при 140 К (2) после прогрева кристалла до 250 К (3), 4 - разность спектров (3) и (2), разность спектров после облучения рентгеновскими лучами при 140 К и после высвечивания  $Pb^+$  и F - центров при 90 К (5).

Точную зависимость интенсивности полос 3,32 эВ и  $\sim 2,75$  эВ от температуры импульсного прогрева кристалла получить трудно из-за сильного перекрытия спектров поглощения разных примесных центров окраски. Заметно, однако, что исследуемые центры начинают термически разрушаться около 200 К. При этом увеличивается число других центров, полосы поглощения которых смещены в сторону более высоких энергий (3,4 эВ, 3,0 эВ), а также центров с поглощением при  $\sim 3,72$  эВ. Число последних достигает максимума к 240-250 К, а затем уменьшается (около 320-340 К) параллельно с уменьшением числа F- центров. При  $T > 270$  К максимум их полосы поглощения несколько смещается в сторону меньших энергий, что, по-видимому, указывает на некоторое изменение их структуры.

В работе [6] предполагается, что полосы 3,32 эВ, 2,81 эВ и 1,55 эВ в  $KI-PbI_2$  обусловлены H-центрами, стабилизированными катионной вакансией рядом с двухвалентным ионом примеси, т.е.,  $H_2(Pb^{2+})$ -центрами, или  $[\Gamma_3]_{ac}Pb^{2+}$ -ассоциатами, а полоса  $\sim 3,76$  эВ - молекулярными ионами  $[\Gamma_3]_{aca}$ , ассоциированными с ионами  $Pb^{2+}$  т.е. с  $V_{2z}(Pb^{2+})$ -центрами. Наши исследования подтверждают такую интерпретацию, а также позволяют сделать вывод о том, что при температурах 210-230 К  $H_2(Pb^{2+})$ -центры термически превра-

щаются в  $V_{2z}(Pb^{2+})$  – центры. Аналогичный процесс наблюдался для кристаллов с другими двухвалентными примесями в [7,10,17,18], а также нами для кристалла KCl - Pb [12].

## 2.2. Характеристики люминесценции $H_z(Pb^{2+})$ и $V_{2z}(Pb^{2+})$ – центров.

В необлученном кристалле KI-PbI<sub>2</sub> при 90 К  $A_T$ -излучение  $Pb^{2+}v_c$ -центров (~ 3,0эВ) существенно потушено, и доминирующим является  $A_x$ -излучение с максимумом около 1,2 эВ. Облучение этого кристалла рентгеновскими лучами при 90 К приводит возникновению новой полосы излучения с максимумом 2,01 эВ (см. также [16]), которая наиболее хорошо возбуждается при 3,41 эВ (рис. 2а, кривые 1,2). При 90 К это излучение поляризовано на +18% (кривая 3), При  $T > 190$  К оно потушено. Интенсивность полосы излучения 2,01 эВ увеличивается с дозой облучения параллельно росту интенсивности полос поглощения 3,32 и 2,75 эВ и F - центров. Она растет и в результате оптического разрушения при 80 К электронных ( $Pb^+$ , F) и дырочных ( $V_k$ ) центров. В области температур около 180 К центры с излучением 2,01 эВ превращаются в центры с излучением 1,79 эВ (рис. 3) (1,85 эВ по [16]), число которых достигает максимума к 200 К. Наиболее характерная полоса возбуждения для излучения 1,79 эВ имеет максимум 3,35 эВ (рис. 2б, кривые 1 и 2). При 90 это излучение поляризовано на +27% (кривая 3).

Термическое разрушение этих центров начинается при  $T \geq 200$  К (рис. 3), т.е. в той же области температур, что и для  $V_{LZ}$  - центров с полосами поглощения при 3,32 и 2,81 эВ (см. [6]). Оно сопровождается возникновением центров с излучением около 2,1 эВ (рис. 2в), число которых (как и для центров с поглощением при 2,72 эВ) достигает максимума около 240 -250 К, затем резко уменьшается (рис. 3). Излучение возбуждается в области 3,43 эВ и при 90 К поляризовано на +17%.

В результате облучения кристалла при 140 К создается гораздо больше центров с излучением 1,79 и 2,01 эВ. В области около 1,2 эВ\* наблюдается вторая полоса излучения у всех исследуемых центров, несколько смещенная в сторону меньших энергий относительно  $A_x$  - полосы излучения  $Pb^{2+}v_c^-$  - центров (рис. 2). Спектр возбуждения её близок к спектрам, измеренным в соответствующих условиях для излучения 2,01 эВ, 1,79 эВ и 2,05 эВ. Общая интенсивность её уменьшается с температурой импульсного прогрева кристалла при  $T > 250$  К.

$V_{Lz}$  - полосы поглощения при 3,32 эВ, ~ 2,75 эВ (2,81 Эв) и 1,55 эВ и полосы инфракрасного излучения при 0,803 эВ и 0,723 эВ этих центров обусловлены переходами между состояниями молекулярного иона  $[G_2]_{ac}$ , возмущенного ионами  $Pb^{2+}$ . Взаимное расположение  $[G_2]_{ac}$  и  $Pb^{2+}$  оказывает заметное влияние на релаксированное возбужденное состояние  $Pb^{2+}$ , но гораздо меньшее - на состояния молекулярного иона  $[G_2]_{ac}$ .

Вследствие этого существенных изменений в спектрах, связанных с переходом в  $[G_2]_{ac}$  не наблюдается при изменении структуры  $H_z(Pb^{2+})$  - центра.

\*Из-за резкого падения чувствительности ФЭУ-83 в этой области спектра исправить излучение ~ 1,2 эВ не удалось. По этой же причине незаметно и смещение полосы ~ 1,2 эВ с температурой импульсного прогрева.

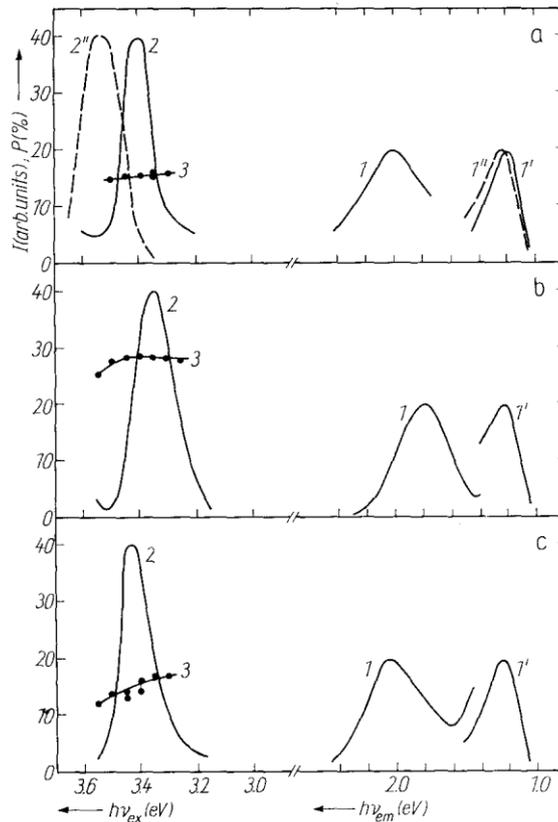


Рис.2. Спектры излучения (1, 1'), возбуждения (2) и поляризации (3), измеренные при 90 К для а)  $H_z(Pb^{2+})$  (I) б)  $H_z(Pb^{2+})$  (II) и в)  $V_{2z}(Pb^{2+})$  – центров кристалла  $Kl-Pb$  после облучения при 90 К и прогрева до а) 170; б) 200; в) 250 К. Спектры излучения (1') и возбуждения (2'),  $A_X$  излучения  $Pb^{2+}v_c^-$  - центров необлученного кристалла при 90 К.

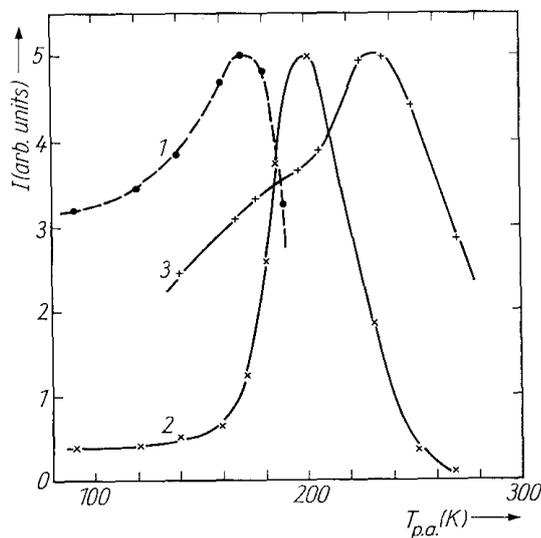


Рис.3. Зависимости числа  $H_z(Pb^{2+})$  (I) (1),  $H_z(Pb^{2+})$  (II) (2)  $V_{2z}(Pb^{2+})$  – центров в  $Kl-Pb$ , облученного при 90 К (1,2) и при 140 К (3), ст. температурным импульсным прогревом кристалла.

Полосы поглощения 3,72 эВ, 3,4 эВ и излучения 2,05эВ вероятнее всего, связаны  $V_{2z}(Pb^{2+})$  - центрами. При этом первая обусловлена переходами между состояниями молекулярного иона  $[Г_3]_{aca}$  возмущенного ионом  $Pb^{2+}$  (и, возможно, междуузельным ионом  $I_1^-$ , см.[12]). Аналогичная полоса наблюдалась около 3,6 эВ в работах [7,8], где было установлено, что она обусловлена ионами  $[Г_3]_{aca}$ , возмущенными  $Ca^{2+}$ . Полосы поглощения

3,43 эВ и излучения связаны с переходами между состояниями нона  $Pb^{2+}$ , возмущенного  $[\Gamma_3]_{ac}$ .

В отличие от  $KCl - Pb$  и  $KBr - Pb$ , полосы излучения  $H_2(Pb^{2+})$  - центров, близкой к  $A_T$  - полосе излучения  $Pb^{2+}v_c$  - центров, в  $KI - Pb$  не наблюдались. Возможно, в облученных кристаллах  $KI - Pb$  отсутствуют ассоциаты иона  $Pb^{2+}$  ближайшей  $v_c$ . Не исключено также, что взаимодействие оптических электронов ионов  $Pb^{2+}$  с ближайшим окружением  $KI - Pb$  несколько отличается от  $KCl - Pb$  и  $KBr - Pb$ . Об этом свидетельствуют и особенности структуры релаксированных возбужденных состояний  $Pb^{2+}v_c$  -центров в  $KI - Pb$ , описанию которых будет посвящена отдельная работа.

Таким образом, если данная в настоящей работе интерпретация спектров облученных кристаллов  $KI - Pb$  верна, то из этого следует, что в работе впервые наблюдалось излучение молекулярных ионов  $[\Gamma_2]_{ac}$ , или  $H_F$ -центров. По данным [19], РВС молекулярного иона не имеют стабильных минимумов, вследствие чего наблюдение обычной люминесценции невозможно. Недавно [20] было показано, что время затухания инфракрасной люминесценции  $V_{LZ}$ -центров при  $90^\circ K$  для обеих полос излучения одинаков и довольно длинное - несколько микросекунд. Следовательно, это излучение нельзя интерпретировать как горячую люминесценцию  $[\Gamma_2]_{ac}$  - центров. Можно предположить, что именно катионная вакансия приводит к возникновению стабильных минимумов РВС молекулярного нона  $[\Gamma_2]_{ac}$  с электронными переходами из которых на основное состояние, расщепленное на два компонента вследствие динамического ЭЯТ, связаны две инфракрасные полосы люминесценции исследуемых центров. С этим согласуется температурное поведение этих полос излучения, в частности, тот факт, что расщепление спектра излучения при высоких температурах  $\Delta E \sim \sqrt{T}$  [5].

## Литература

1. A.Okuda, T.Harami, T.Okada, Y.Tamaka and O.Takel, g. Phys.Soc.Japan 43,993 (1977)
2. H.N.Herch, Phys. Rev. 105. 1410 (1957)
3. T.Okada, g. Phys.Soc.Japan 50 ,582 (1981)
4. T.Harami, S. Kakigi and A.Okuda, g. Phys.Soc.Japan 54,2404 (1985)
5. T.Harami, S. Kakigi and A.Okuda, g. Phys.Soc.Japan 56, 4157 (1987)
6. T.Harami, g. Phys.Soc.Japan 57,3621 (1988)
7. E.Rzepka, J.H.Donalan and L.Taurel. g.Phys. C.16, 4769 (1983)
8. S.Lefrant, E.Rzepka and L.Taurel. an Lieftic defect related properties of Dielectric Materials, Turawa, 1985, p.49.
9. Ch. Lushchic, R.Gindina, H. Jogi, L.Ploom, L.Pung, E.Tiisler, A.Elango and N.Jaanson. Trudy Inst. Fir. Akad. Nauk. Est. SSP, 43, 7 (1975).
10. A.Elango and T.Nurahmetov, Phys.Stat.Sol. (6) 78, 529 (1976).
11. Zh.Egemberdiev, S.Zazubovich, V.Secman and V.Nagirniy, Phys. Stat. Sol. (6) 109, 473 (1982).
12. Zh.Egemberdiev, S.Zazubovich and V.Nagirniy, Phys. Stat. Sol. (6) 109, 173 (1982).
13. Zh.Egemberdiev, V.Nagirniy, T.Soovik and S.Zazubovich, Phys. Stat. Sol. (6) 126, 407 (1984).
14. S.Ashimova and A.Usarov, Optika I Spektroskopia, 63,5 (1987).
15. S.Zazubovich, V.Nagirniy, Jn.Kalk and A.Usarov. Proceedings of Second Republic conference on Solid State Physics, Osh, 1989, p.35.
16. Zh.Egemberdiev and K.M.Ismailov, Abstr. Of First Republic conference on Solid State Physics, Osh, 1986, p.52.
17. J.Hoshi, M.aidoh and N. Itoh, Grys.Lattice Defects, 6, 141 (1975).
18. E.Rzepka, S.Lefraut, L.Taurel and A.E.Hughes, J.Phys. C.14, 4767 (1981)
19. L.Shimuzu, T.Harami, S. Kakigi and A.Okuda, J. Phys.Soc.Japan 58, 4273 (1989).

# ОСОБЕННОСТИ ЗАМЕЩЕНИЯ ПРИМЕСНЫМИ ИОНАМИ $3d^1$ И $3d^9$ КАТИОНОВ В МОНОКРИСТАЛЛАХ $LiKSO_4$

Ордобаева Ч.Т.

Иссык-Кульский государственный университет им. К.Тыныстанова, г. Каракол

Исследование электронных спектров кристаллов, легированных ионами переходных металлов, позволяют получить более полную информацию об их спектроскопических свойствах и особенностях структуры. Нами были изучены спектры облученных кристаллов  $LiKSO_4$ , активированных ионами  $Cr^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$  и анионами  $CrO_4^{2-}$ . Данное исследование было предпринято с целью изучения особенностей замещения примесными ионами катионов и анионов в кристаллической структуре  $LiKSO_4$ .

Анализ угловых зависимостей линий ЭПР кристалла  $LiKSO_4$  с примесью  $Cr^{3+}$  показал, что в решетке  $LiKSO_4$  ионы  $Cr^{3+}$  локализованы в 12 неэквивалентных положениях, различающихся ориентацией главных осей кристаллического поля относительно кристаллографических осей.

В кристалле  $LiKSO_4$  с пространственной группой  $P6_3-C_6^6$  следует ожидать образования шести магнитно-неэквивалентных комплексов  $Cr^{3+}$  [1]. Ранее увеличение числа линий ЭПР в кристаллах  $LiKSO_4$  с примесью  $Cr^{3+}$  связывалось с двойникованием структуры кристалла  $LiKSO_4$  [2]. Однако исследование замещения примесными ионами  $Cu^{2+}$  катионов в кристаллах  $LiKSO_4$  свидетельствует о том, что примесные ионы могут замещать не только катионы  $K^+$  в октаэдрах, но также и  $Li^+$  в тетраэдрах, образованных ионами  $O^{2-}$  в кристаллической решетке  $LiKSO_4$ . При этом происходит образование катионных вакансий в ближайшем окружении примесных ионов. В результате возникает сильная деформация тетраэдра, вплоть до трансформации его в октаэдр. Следовательно, возможно предположить, что в спектре ЭПР первая группа линий, содержащая 6 линий, обусловлена замещением примесными ионами  $Cr^{3+}$  катионов  $K^+$ , а вторая группа, также состоящая из 6 линий, обусловлена замещением примесными ионами  $Cr^{3+}$  катионов  $Li^+$  в кристалле  $LiKSO_4$  (рис. 1).

Обычно ионы  $Cr^{3+}$  в кристаллах находятся в октаэдрической координации. Это связано с тем, что для кислорода в плотнейшей упаковке радиусы катионов колеблются от 0,3 Å до 0,5 Å в тетраэдрической координации и от 0,5 Å до 1 Å в октаэдрической. Поэтому крупные катионы входят преимущественно в октаэдры.

Существует ряд структур, в которых тетраэдры имеют размеры, близкие к октаэдрам (при значении кислородного параметра  $u > 3/8$ ). В таких случаях возможно вхождение крупных катионов (с ионным радиусом от 0,4 Å до 1 Å) как в октаэдры, так и в тетраэдры.

Также следует отметить, что энергия экстрастабилизации для ионов  $Cr^{3+}$  в тетраэдрической координации равна  $16/45 \Delta$ , в то время как в октаэдрической координации  $6/5 \Delta$  [3], т.е. для октаэдрической координации энергия экстрастабилизации почти в три раза больше, чем для тетраэдрической, что и объясняет вхождение ионов  $Cr^{3+}$  для большинства кристаллов в октаэдры.

Исследование изоморфного замещения примесными ионами катионов  $Li^+$ ,  $K^+$  и  $Na^+$  в кристаллах сложных сульфатов также показывает, что катионы  $Li^+$  замещаются менее предпочтительно, чем катионы  $K^+$  и  $Na^+$ .

При облучении кристаллов  $LiKSO_4$  с примесью трехвалентного хрома рентгеновским излучением происходит ослабление полосы поглощения при 598 нм, что свидетельствует об уменьшении количества ионов  $Cr^{3+}$  в кристалле. Одновременно с ослаблением полосы при 598 нм в спектре облученного кристалла появляется новая полоса поглощения в области 355 нм. Рост полосы поглощения в области 355 нм при ослаблении полос поглощения, обусловленных ионами  $Cr^{3+}$ , свидетельствует о ее связи с центрами, образовавшимися в результате изменения валентности ионов  $Cr^{3+}$ .

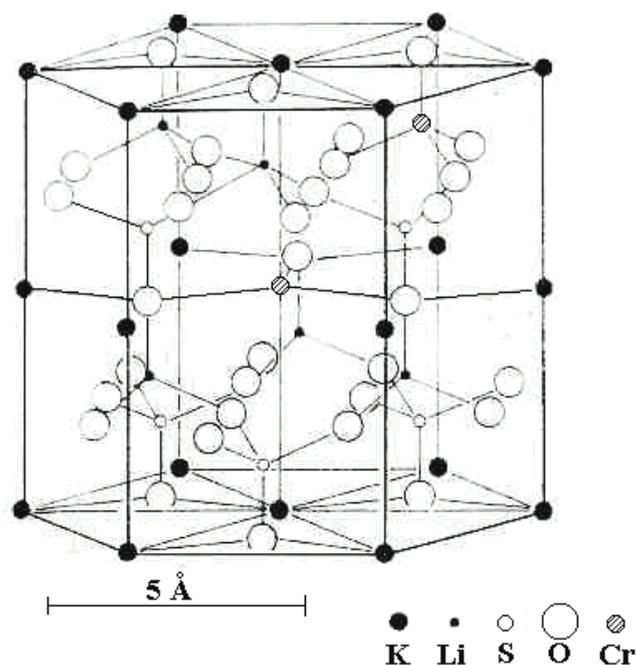


Рис. 1. Замещение примесными ионами хрома катионов в кристаллической структуре  $\text{LiKSO}_4$ .

В спектре ЭПР облученного кристалла  $\text{LiKSO}_4$  с примесью  $\text{Cr}^{3+}$  также появляются новые линии. Сопоставление со спектром ЭПР облученного беспримесного кристалла показывает, что в высокополевой стороне спектра облученного примесного кристалла наблюдается дополнительная группа слабых линий. Поскольку эта группа линий не наблюдалась ни у облученного беспримесного кристалла, ни у необлученного примесного кристалла, можно полагать, что она обусловлена парамагнитными центрами, образовавшимися при облучении в результате изменения валентности ионов  $\text{Cr}^{3+}$ .

При ориентации  $B \parallel a$  эта группа состоит из шести линий примерно одинаковой интенсивности, при отклонении от этой ориентации в плоскости “ $ab^*$ ” каждая из линий расщепляется на две, а в плоскости “ $ca$ ” - на четыре линии. Все линии являются анизотропными. Вид угловых зависимостей свидетельствует о том, что в элементарной ячейке кристалла  $\text{LiKSO}_4$  имеются два структурно-неэквивалентных типа центров, каждый из которых расположен в 12 различных позициях.

Как было отмечено выше, ионы  $\text{Cr}^{3+}$  могут замещать не только катионы  $\text{K}^+$  в октаэдрах, но также и катионы  $\text{Li}^+$  в тетраэдрах, образованных ионами  $\text{O}^{2-}$  в кристаллической решетке  $\text{LiKSO}_4$ .

Введение трехвалентной примеси хрома, заряд которой отличается от заряда ионов матрицы, обуславливает эффекты компенсации заряда. Когда примесь  $\text{Cr}^{3+}$  встраивается замещением на место одновалентных катионов  $\text{K}^+$  или  $\text{Li}^+$  избыточный положительный заряд  $2e$  должен быть компенсирован в окружающей решетке. Анализ значений направляющих косинусов кристаллов  $\text{LiKSO}_4$  с примесью  $\text{Cr}^{3+}$  до и после облучения показывает, что они претерпевают изменение. Это свидетельствует о том, что компенсация заряда носит локальный характер, т.е. компенсирующие заряд дефекты находятся в непосредственной близости от примесного иона. Можно, однако, предположить и другую ситуацию – например, ион  $\text{Cr}^{3+}$  находится в междоузельном положении, тогда для компенсации заряда дефекта нужны три отрицательных заряда в решетке. По-видимому, такое положение энергетически менее выгодно, чем замещающее положение  $\text{Cr}^{3+}$ . При облучении кристалла ионы  $\text{Cr}^{3+}$  переходят в  $\text{Cr}^{5+}$ , при этом образуются ещё две дополнительные вакансии. Это, по-видимому, приводит к трансформации окружения и оба примесных центра имеют искаженное октаэдрическое окружение.

Оценить возникшее искажение можно сравнением соотношений g-факторов. Если  $g_z > g_y, g_x$ , то октаэдр будет растянутым, а при  $g_z < g_y, g_x$  сжатым. Вычисленные средние значения g-факторов для линий 1-6 и 7-12 облученного кристалла  $\text{LiKSO}_4$  с примесью  $\text{Cr}^{3+}$  показаны в таблице 1.

Таблица 1.

Линии	Средние значения g-тензора
A <sub>1-6</sub>	$g_{g_x}=1,8365$
	$g_{g_y}=1,9655$
	$g_{g_z}=1,996$
A <sub>7-12</sub>	$g_{g_x}=1,8991$
	$g_{g_y}=1,9488$

Поскольку в кристалле  $\text{LiKSO}_4$  выполняется соотношение между компонентами g-тензора  $g_z > g_y, g_x$  то, следовательно, комплексы  $\text{Cr}^{5+}$  имеют форму растянутого октаэдра.

В последние годы все большее внимание уделяется изучению строения и локальной симметрии молекулярных центров в различных кристаллах. К числу таких центров относятся и оксианионы хрома  $\text{CrO}_4^{2-}$ , в которых ион хрома находится в устойчивом шестивалентном состоянии. Шестивалентный ион хрома диамагнитен, поэтому для его исследования применяется метод изучения электронных и колебательных спектров [4,5].

Шестивалентное состояние хрома является наиболее стабильным, и в этом состоянии отсутствуют 3d-электроны, вследствие чего спектр поглощения не объясняется теорией кристаллического поля, т.е. поглощения иона  $\text{Cr}^{6+}$  нельзя объяснить d-d переходами, а следует относить к переходам, обусловленным переносом заряда от лигандов к атомам металла [6,7].

Ион  $\text{CrO}_4^{2-}$  состоит из пяти атомов и в свободном состоянии имеет симметрию  $T_d$  [7,8]. Поскольку для нелинейной молекулы, состоящей из N -атомов, число возможных колебаний определяется формулой  $3N-6$ , пятиатомный ион  $\text{CrO}_4^{2-}$  может иметь 9 колебаний, которые группируются на четыре нормальных моды колебаний: одно невырожденное полносимметричное колебание типа  $A_1$ , одно дважды вырожденное колебание типа E и два трижды вырожденных антисимметричных колебаний типа  $T_2$ . Им соответствуют следующие частоты:  $\nu_1(A_1)=847\text{см}^{-1}$  - частота симметричного растяжения Cr-O;  $\nu_2(E)=348\text{см}^{-1}$  - частота симметричного изгиба Cr-O;  $\nu_1(T_2)=884\text{см}^{-1}$  - трижды вырожденная мода, соответствующая асимметричному растяжению Cr-O;  $\nu_2(T_2)=368\text{см}^{-1}$  трижды вырожденная мода, соответствующая асимметричному изгибу Cr-O;. Все четыре колебания активны в спектре комбинационного рассеяния, тогда как в инфракрасном спектре активны только последние два трижды вырожденных колебания.

Хромат-ион обнаруживает две полосы поглощения в видимой области, расположенные соответственно при 27000 и 36500  $\text{см}^{-1}$ . Поскольку эти полосы довольно интенсивны, силой осцилятора  $f \sim 0,1$ , они должны быть отнесены только к орбитально разрешенному переходу. Расчет интенсивности полос показал, что большую роль в ионе  $\text{CrO}_4^{2-}$  играют связи.

Анион  $\text{CrO}_4^{3-}$  содержит всего один d-электрон поверх замкнутой оболочки. Основные состояния иона  $\text{Cr}^{5+}$  -  $^2D$  с орбитальным моментом количества движения  $L=2$  и полным спином  $S=1/2$ , т.е. кратностью орбитального вырождения, равной пяти ( $2L+1=5$ ). Пять состояний d-электрона, описываются в этом случае пятью d-функциями. Их радиальные части одинаковы, три орбитали  $d_{xy}, d_{xz}$  и  $d_{yz}$ , объединяемые под общим названием  $d_g$  - или  $t_{2g}$  -орбиталей, расположены так, что их максимумы попадают в области между осями кор-

динат. У остальных двух орбиталей  $d_{z^2}$  и  $d_{x^2-y^2}$  (так называемые  $d_j$ -или  $\ell_g$ -орбитали) максимумы расположены как раз вдоль осей.

С учетом отрицательного заряда на лигандах это d-электронное распределение позволяет получить некоторые качественные выводы об относительном расположении d-состояний в поле лигандов.

Для тетраэдрического окружения центрального иона картина расщепления будет обратной. В этом случае наиболее близкими к лигандам окажутся  $d_e$ -или  $t_{2g}$ -орбитали и, следовательно, они испытывают большее электростатическое отталкивание, чем  $e_g$ -орбитали. Поэтому уровни энергии, соответствующие  $t_{2g}$ -состояниям лежат выше  $e_g$ -уровней. Приводимые ниже соображения симметрии и расчет показывают, что в этом случае три состояния  $t_{2g}$  и два состояния  $e_g$  образуют трехкратно вырожденный терм  $T_2$  и двукратно вырожденный терм  $E$ .

Исследование спектров ЭПР монокристаллов  $\text{LiKSO}_4$  активированных ионами  $\text{Cu}^{2+}$  при температуре жидкого азота показало, что охлаждение не изменяет количество линий в спектре ЭПР, но все линии становятся значительно уже. При понижении температуры значения g-факторов, характеризующих примесный ион, проявляют следующие свойства:  $g_z$  увеличивается, а  $g_y$  уменьшается. Наблюдавшееся изменение значений g-факторов характерно для ромбического поля вокруг иона  $\text{Cu}^{2+}$  [9,10] и эти изменения подобны тем, что наблюдались для легированных медью систем  $\text{K}_2\text{Zn}(\text{SO}_4) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  [9] и цинк (II) бис (пиридин-3-сульфонат) гидрат [10], в которых  $\text{Cu}^{2+}$  испытывает ромбическое искажение. Большая величина  $g_z$  типична для связи  $\text{Cu-O}$  [11].

Неполное укомплектование электронами орбиталей  $d_{xy}$ ,  $d_{xz}$ ,  $d_{yz}$  или  $d_z^2$ ,  $d_{x^2-y^2}$ , нарушает симметрию комплекса, это нарушение может быть очень сильным. У иона  $\text{Cu}^{2+}$  имеющего конфигурацию  $d^9$ , в октаэдрическом окружении на орбитали  $d_{x^2-y^2}$  находится только один электрон. Эта орбиталь экранирует заряд ядра меньше чем другие. Поэтому расположенные около неё четыре лиганда будут связаны значительно прочнее, чем два других, последние могут легко отщепляться от комплекса. Поэтому для комплекса  $\text{Cu}^{2+}$  характерно координационное число 4 и плоское строение комплексов.

В кристалле  $\text{LiKSO}_4$  октаэдры и тетраэдры окружения образуются ионами кислорода анионной группы  $\text{SO}_4^{2-}$ . Как сказано выше ионы кислорода расположенные по оси Z (5, 6) (рис. 3) слабо связаны с катионом, они легко подвергаются смещению. Это смещение

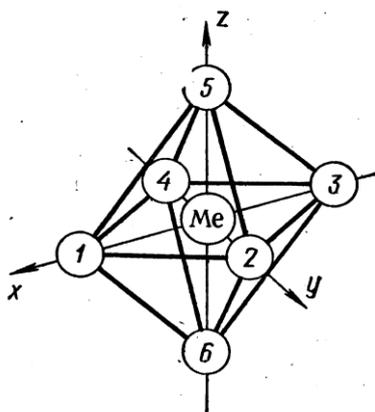


Рис. 3. Расположение лигандов в октаэдрическом комплексе.

усиливается при замещении двухвалентным катионом  $\text{Cu}^{2+}$  одновалентных катионов  $\text{K}^+$  или  $\text{Li}^+$ , так как в этом случае для сохранения электрической нейтральности матрицы образуется катионная вакансия. По видимому, образование вакансии каким-то образом воздействует на окружение примесного иона. При этом происходит растяжение или сжатие октаэдра образованного ионами кислорода вокруг  $\text{Cu}^{2+}$ . Оценить растяжение или сжатие

можно сравнением соотношений  $g$ -факторов. Если  $g_z > g_x, g_y$ , то октаэдр будет растянутым, а при  $g_z < g_x, g_y$  сжатым. Поскольку в кристалле  $\text{LiKSO}_4$  выполняется соотношение между компонентами  $g$ -тензора  $g_z > g_x, g_y$ , то следовательно комплексы  $\text{Cu}^{2+}$  в  $\text{LiKSO}_4$  имеют форму растянутого октаэдра.

Сопоставляя данные спектров оптического поглощения, ЭПР, циркулярного дихроизма и люминесценции, следует предположить две возможности:

1. в кристаллах  $\text{LiKSO}_4$  ион  $\text{Cu}^{2+}$  может замещать не только катионы  $\text{K}^+$  расположенные в октаэдрических пустотах, но также и ионы  $\text{Li}^+$  локализованные в тетраэдрических пустотах образованных анионами  $\text{SO}_4^{2-}$ , при этом кислородный тетраэдр в месте локализации катиона  $\text{Li}^+$  трансформируется до октаэдра.

2. поскольку в элементарной ячейке находятся две молекулы  $\text{LiKSO}_4$ , то ионы  $\text{Cu}^{2+}$  могут замещать только катионы  $\text{K}^+$ , но при этом катионы  $\text{K}^+$  должны отличаться друг от друга по месту расположения в кристалле, т.е. имеются ионы  $\text{K}_1^+$  и  $\text{K}_2^+$ ;

Исследование полос оптического поглощения и линий ЭПР однозначно показывает, что центры А обусловлены замещением ионами  $\text{Cu}^{2+}$  ионов  $\text{K}^+$  в кристаллической решетке  $\text{LiKSO}_4$ . Изучение данных о структуре доказывает, что места локализации ионов  $\text{K}^+$  в кристалле  $\text{LiKSO}_4$  не отличаются друг от друга, следовательно замещение ионами  $\text{Cu}^{2+}$  ионов  $\text{K}^+$  в местах  $\text{K}_1^+$  и  $\text{K}_2^+$  в кристалле исключается. Таким образом, следует предположить, что примесные центры В обусловлены замещением ионом  $\text{Cu}^{2+}$  катиона  $\text{Li}^+$  в тетраэдре состоящем из ионов кислорода  $\text{O}^{2-}$ .

Анализ значений направляющих косинусов центров А при 300 К и 77 К показывает, что эти значения почти одинаковы как при комнатной, так и при азотной температурах.

Такой же анализ проведенный для значений направляющих косинусов центров В показывает, что в этом случае наблюдается значительное отличие выходящее за пределы ошибки эксперимента.

При понижении температуры от 300 К до 77 К в кристалле  $\text{LiKSO}_4$  происходит фазовый переход  $\text{P6}_3\text{P31c}$ . Исследованиями по структурному анализу, по рассеянию нейтронов, оптическими и радиоспектроскопическими методами показано, что фазовые переходы в кристаллах  $\text{LiKSO}_4$  связаны с упорядочиванием и разупорядочиванием тетраэдрических групп  $\text{SO}_4$  и  $\text{LiO}_4$ . Упорядочивание и разупорядочивание тетраэдрических групп происходит при самопроизвольном вращении тетраэдров относительно осей и перемещением отдельных тетраэдров.

Изменение значений направляющих косинусов для линий В при переходе от комнатной температуры до азотной по-видимому обуславливается структурными изменениями, имеющими место при фазовом переходе. Это позволяет допустить, что при образовании примесных центров типа В происходит замещение ионом  $\text{Cu}^{2+}$  катиона  $\text{Li}^+$  в искаженном тетраэдре состоящем из ионов кислорода  $\text{O}^{2-}$ .

Однако, спектры оптического поглощения и ЭПР обоих примесных центров характерны для ионов  $\text{Cu}^{2+}$  в октаэдрическом окружении. Следовательно, при замещении одновалентных катионов  $\text{Li}^+$  двухвалентным ионом  $\text{Cu}^{2+}$  в тетраэдрической позиции, происходит образование вакансий в ближайшем окружении последнего для сохранения зарядовой нейтральности кристаллической матрицы. По-видимому образование вакансий приводит к сильному искажению тетраэдра образованного ионами кислорода вокруг иона  $\text{Li}^+$  вплоть до трансформации его в октаэдр.

Как известно, предпочтительное замещение возможно при отличии ионных радиусов замещаемого и замещающего ионов не более чем на 15%. Как говорилось ранее интенсивность, а следовательно и концентрация центров А в кристалле  $\text{LiKSO}_4$ , в два раза больше, чем центров В. По-видимому это связано с менее предпочтительным замещением ионов  $\text{Li}^+$  ионами  $\text{Cu}^{2+}$ . Сопоставление ионных радиусов  $\text{K}^+$  ( $R_{\text{K}^+}=1,33 \text{ \AA}$ ),  $\text{Li}^+$  ( $R_{\text{Li}^+}=0,68 \text{ \AA}$ ) и  $\text{Cu}^{2+}$  ( $R_{\text{Cu}^{2+}}=0,80 \text{ \AA}$ ) показывает, что ион замещает ионы  $\text{K}^+$  предпочтительнее, чем ионы  $\text{Li}^+$ .

Также следует отметить, что для ионов  $\text{Cu}^{2+}$  для октаэдрической координации энергия экстрастабилизации больше, чем для тетраэдрической, что и объясняет вхождение большинства ионов  $\text{Cu}^{2+}$  в октаэдры.

Пользуясь полученными значениями  $g$ -величин и направляющих косинусов были составлены модели примесных центров типов А и В (рис. 4 и 5).

По измеренным  $g$ -величинам можно получить наиболее точную информацию об электронном основном состоянии примесных ионов  $\text{Cu}^{2+}$  в кристаллах. В работе [12] было показано, что для ромбических  $g$ -величин (с  $g_z > g_y > g_x$ ) справедливы следующие соотношения:  $R = (g_y - g_x) / (g_z - g_y) > 1$ , когда основным состоянием являются преимущественно  $d_z^2$ , а для основного состояния  $dx^2 - y^2$  ожидается  $R < 1$ . Полученное экспериментальное соотношение между компонентами  $g$ -тензора дает величину  $R < 1$ , т.е. электронным основным состоянием ионов меди в кристалле  $\text{LiKSO}_4$  является преимущественно  $dx^2 - y^2$  как было показано в работе [13]. Однако в

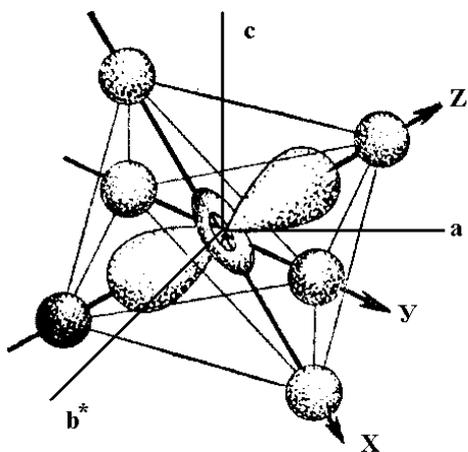


Рис. 4. Расположение орбиталей  $d_{x^2-y^2}$  примесного центра типа А при 300 К.

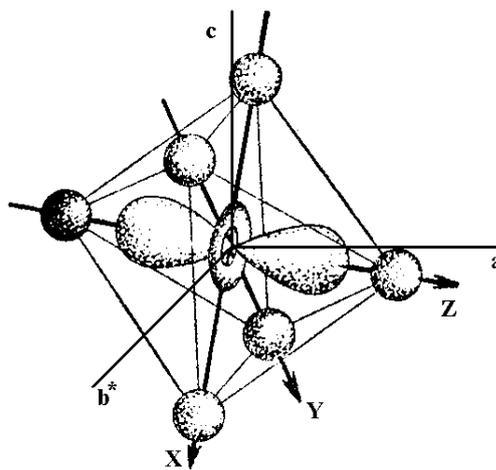


Рис. 5. Расположение орбиталей  $d_{x^2-y^2}$  примесного центра типа В при 300 К.

большинстве случаев основное состояние не является чисто  $dx^2 - y^2$  или  $d_z^2$ , а будет смесью их обоих в некотором соотношении.

$$\alpha'^2 = \frac{7}{6} \left[ \frac{A_3 - A_1}{P} - \Delta g_z + \frac{11}{14} \Delta g_x - \frac{6}{14} \Delta g_y \right],$$

$$K = \frac{A_2}{P} + \frac{2}{7} \alpha'^2 + \Delta g_y - \frac{3}{14} \Delta g_x.$$

Знаки констант сверхтонового взаимодействия не могут быть определены из экспериментальных результатов. Были исследованы различные комбинации знаков в уравнениях, чтобы приписать знаки величинам  $A_x$ ,  $A_y$  и  $A_z$ .

Для вычисления неизвестных необходимых для составления волновой функции иона  $\text{Cu}^{2+}$  были использованы следующие выражения приведенные Като и Абе [14]:

$$P = \frac{14(A_2 - A_3)}{17(\Delta g_x - \Delta g_y)},$$

Волновая функция для иона  $\text{Cu}^{2+}$  была составлена путем сравнения величин  $\square g_{\text{выч}}$  и  $\square g_{\text{экс}}$ . Используя полученные данные были составлены волновые функции для обоих типов примесных центров ионов  $\text{Cu}^{2+}$  в кристалле  $\text{LiKSO}_4$  при 300 К:

$$\Psi_1^A = (0,9860)^{1/2} \left[ 0,8023 |x^2 - y^2\rangle + 0,5969 |z^2\rangle \right]$$

$$\Psi_1^B = (0,8197)^{1/2} \left[ 0,8544 |x^2 - y^2\rangle + 0,5196 |z^2\rangle \right]$$

Значение  $\alpha^2$  для  $\text{LiKSO}_4$  существенно отличается от единицы, что указывает на существование значительной ковалентной связи в  $\text{LiKSO}_4 - \text{Cu}^{2+}$ .

### Литература

1. Мейлман М.Л., Самойлович М.И. Введение в спектроскопию ЭПР активированных монокристаллов.-М.:Атомиздат,1977. -270 с.
2. Шаршеев К.Ш. Радиационные и примесные центры с переменной валентностью в кристаллах сложных сульфатов щелочных металлов. Екатеринбург-Каракол, 1999 г.
3. Берсукер М.Б. Строение и свойства координационных соединений. Л.: Химия, 1971. 312 с.
4. Simo C., Banks E., Holt S.L. Electron structure of  $\text{CrO}_4^{3-}$  in  $\text{Ca}_2(\text{CrO}_4, \text{PO}_4)\text{Cl}$ . //Inorg.Chem. 1970.-V.9.-№1.-P.183-186.
5. Гречушников Б.Н., Веремейчик Т.Ф., Калдыбаев К.А., Перекалина З.Б., Тынаев А.Д., Шаршеев К.Ш. Исследование циркулярного дихроизма в кристалле  $\text{KLiSO}_4$ , активированного ионами  $\text{Cr}^{3+}$ . //ЖПС. 1991. №4. с. 669 –672
6. Oliveira A., Germann F., Mendes-Filho J. et al. //Phys. Rev. -1988.- V. B38.- №17. -p.12633-12639.
7. Tanabe Y., Sugano S. On the absorption spectra of complex ions. // J.Phys.Soc.Japan. – 1954. V. 9. –N 5.- P. 753-780.
8. Viste A., Gray H.B. The electronic structure of permanganate ion. //Inorg. Chem., 1964.- V.3-№8-P.1113-1123.
9. Hariharan N., Sobhanadri J. Effect of crystal growth temperature on the ESR spectra of irradiated  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  and  $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .// Proc. Nucl.Phys. and Solid State Phys. Sympos. Madras. 1968.-P.291-294.
10. Ramasastry C., Sunandana C.S. EPR of X-irradiated potassium Hydrogen Sulphate. //J. Magn. Res. 1976.-V.21.- №12.-P.311-319.
11. Калдыбаев К.А., Тынаев А.Д., Шаршеев К.Ш., Клименко О. Спектры циркулярного дихроизма кристалла  $\text{LiKSO}_4$  с примесью  $\text{Cu}^{2+}$ . //Вестник ИГУ. 1999.- №3.- с. 111-116.
12. Satyanarayana N., Radhakrishna S. Optical absorption spectra of ion  $\text{Cu}^{2+}$  in  $\text{Cd}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  single crystals. //Solidi. State. Commun. 1985.-V.54.-№10.-P.891-894.
13. Laksham S.V.J. and A.Sundar Jacob. EPR and optical absorption spectra of  $\text{Cu}^{2+}$  in  $\text{LiKSO}_4$ . //Phys. Letters. 1984.-V.10.-№2.-P.109-113.

### ВЛИЯНИЯ $\gamma$ -ОБЛУЧЕНИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА «ПОЛИИМИД- $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ »

\*А.Д. Мурадов, Г.Б. Сарсембаев, \*М.И. Ким

\*Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан  
Алматинский экономический колледж, Алматы, Казахстан

Радиационные эффекты в полимерных композитных материалах (ПКМ) вызывают интерес по ряду причин. Во-первых, их облучение приводит к структурным превращениям, которые определяются конкурирующими процессами структурирования и деструкции. Во-вторых, данные процессы являются, как обратимыми, так и необратимыми. Обратимые процессы связаны с присутствием в них нестабилизированных продуктов, тогда как необратимые – являются следствием химических превращений, происходящих в результате реакции между этими продуктами и структурными составляющими материала и окружающей среды. Поэтому изучение различных свойств, в том числе и оптических, таких материалов в зависимости от состава наполнителя и воздействия на них облучения представляют определенный как практический, так и теоретический интерес.

## Методика эксперимента

В качестве объектов исследования были выбраны ПКМ на основе полиимида с наполнителем в виде мелкокристаллического порошка из высокотемпературного сверхпроводника (ВТСП), состава  $YBa_2Cu_3O_{6,7}$  (YBCO), полученного по методике твердофазного синтеза из оксидов и карбонатов.

Исследуемые образцы ПКМ были получены методом механического смешения с порошковым наполнителем и последующей сушкой при температуре 100 °С. Порошок  $YBa_2Cu_3O_{6,7}$  был получен путем диспергирования. По данным гранулометрического анализа ~80 % (масс.) порошков состояло из частиц размерами 1-10 мкм.

Образцы ПКМ представляли собой полимерную пленку с различными концентрациями (С) наполнителя: С = 0,05% - толщиной ( $d$ ) = 75 мкм, С = 0,1% -  $d$  = 85 мкм, С = 0,5% -  $d$  = 82 мкм. В качестве контрольного образца брался чистый полиимид с толщиной  $d$  = 40 мкм.

Облучение образцов с ВТСП наполнителем проводилось на облучательной гамма установке типа РХМ- $\gamma$ -20 на воздухе при комнатных условиях. Мощность экспозиционной дозы источника  $^{60}Co$  составляла  $1,6 \cdot 10^{-1}$  рад/с. Поглощенные дозы: 150 кГр и 600 кГр.

Спектральные исследования методом рамановской спектроскопии были выполнены на спектрометре NT-MDT NTEGRA Spectra в конфигурации Inverted. В качестве источника излучения использовался лазер с длиной волны 630 нм. Образцы устанавливались и закреплялись на подложке оптического основания. Для снижения уровня шумов, сканирование производилось методом накопления со временем экспозиции 30 и 100 сек и периодом - 1 сек. Количество точек сканирования вдоль каждой оси 600÷600.

## Обсуждение результатов

На рисунке 1 представлены Рамановские спектры исходных и облученных полиимидных пленок. Из рисунка 1 видно, облучение гамма-квантами ПИ пленок не вызывает существенных изменений в спектрах Рамана. Увеличение дозы облучения не вызывает характерных изменений спектра. Такое поведение Рамановских спектров объясняется повышенной радиационной стойкостью полиимида [1].

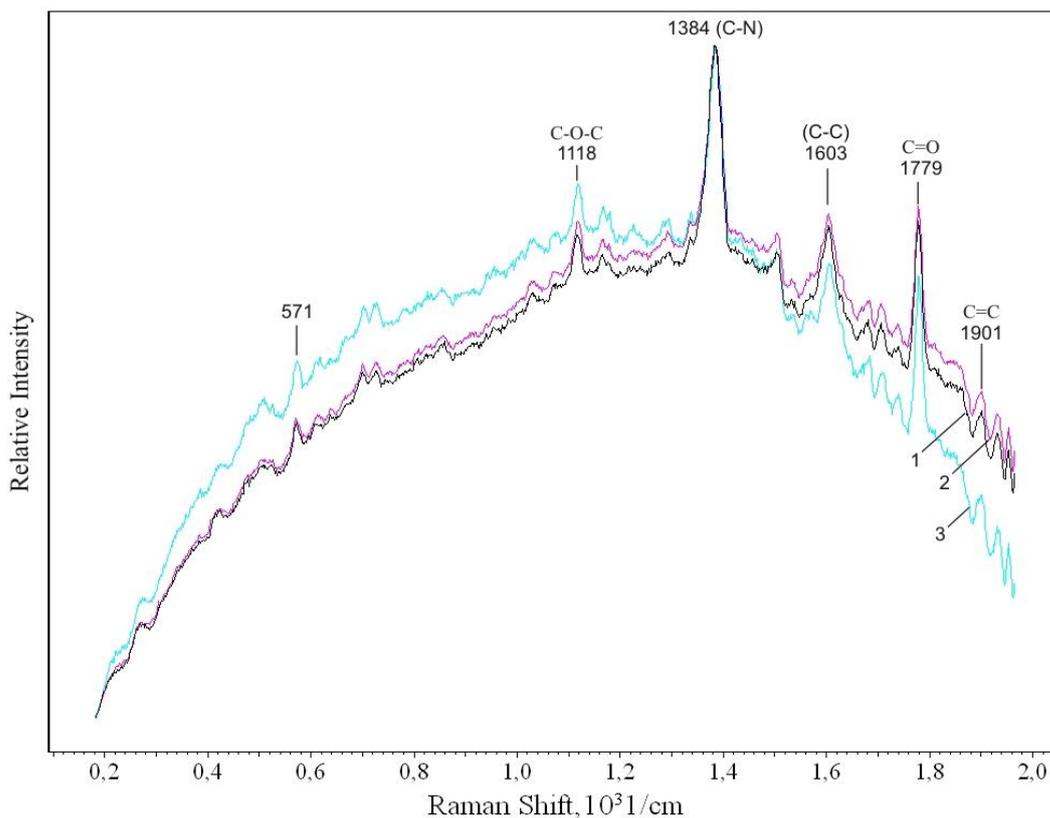
Проведен сравнительный анализ Рамановских спектров исходного полиимида и композитного материала с ВТСП наполнителем, который представлен на рисунке 2.

Введение в полиимид ВТСП наполнителя приводит к появлению новых спектральных линий в области  $300-500 \text{ см}^{-1}$ , которые присущие к YBCO (см. Рис.2). Спектральные линии в области частот от  $300-350 \text{ см}^{-1}$  соответствуют деформационным колебаниям YBCO, что хорошо согласуется с результатами работ [2, 3]. Пики при  $450-470 \text{ см}^{-1}$  характерны ионам кислорода  $O^{2+}$  и  $O^{3-}$  в YBCO.

В Рамановском спектре происходят сильные изменения уже при концентрации (С) наполнителя 0,1 масс.%. Уменьшаются интенсивности спектральных линий в области  $1880-1900 \text{ см}^{-1}$  (C=C) на ~50%, при  $1760-1780 \text{ см}^{-1}$  (C=O) на ~45%  $\text{см}^{-1}$  и при  $1380 \text{ см}^{-1}$  (C-N) на ~18%, а при  $570 \text{ см}^{-1}$  наблюдается увеличение на ~55%.

Увеличение концентрации до 0,5 мас.%, не производит существенных изменений Рамановского спектра.

Значительно уменьшение амплитуды колебаний цепочек (C-N) (при  $1380 \text{ см}^{-1}$ ) и C=O (при  $1760-1780 \text{ см}^{-1}$ ) [4, 5] до ~20% дает основания полагать, что атомы кислорода в этих связях активно участвуют во взаимодействии с ВТСП наполнителем в результате образования граничного слоя между матрицей и наполнителем.



1 – полиимид; 2 – облученный полиимид (150 кГр);  
3 – облученный полиимид (600 кГр).

Рис. 1– Рамановский спектр исходных и облученных ПИ пленок

В работе [6] показано, что структурная активность наполнителя по отношению к полимеру-матрице приводит к образованию вокруг частицы наполнителя развитого поверхностного слоя полимера с особыми свойствами, который также оказывает существенное влияние на свойства ПКМ. Рассмотрим модель исследованных ПКМ на примере композиций ПИ - ВТСП (рис. 3,а, б). В этом случае можно предположить, что при концентрациях ВТСП  $C < 0,1$  мас. % исследованные нами КМ включают в себя полимер-матрицу (1), наполнитель (2), граничный слой полимера (3) (рис. 3,а). При увеличении концентрации наполнителя от 0,1 мас. % до 0,5 мас.% объем полимер-матрицы, находящегося в несвязанном с ВТСП состоянии, постепенно переходит в состояние граничного слоя и при  $C \sim 0,5$  мас.%, становится равным нулю (рис. 3,б).

Поскольку свойства граничного слоя отличаются от свойств полимера в объеме, то изменение свойств КМ в области  $0,1 \text{ мас. \%} \leq C \leq 0,5 \text{ мас. \%}$  происходит не только за счет увеличения концентрации наполнителя, но и за счет относительного увеличения количества ПИ, находящегося в граничных с частицами ВТСП слоях. Такой процесс сопровождается резким ростом и спадом прочности и уменьшением пластичности материала [6].

Поэтому наблюдаемое увеличение прочности объясняется достаточно сильным взаимодействием полимера, находящегося в граничных слоях, с поверхностью дисперсного наполнителя [6]. В результате, частицы ВТСП полностью экранированы граничным слоем ПИ, что обеспечивает их надежную защиту от воздействия внешней среды. Поскольку граничный слой полимера может быть более плотноупакованным вследствие взаимодействия с наполнителем, то его пористость при этом может быть меньшей, чем пористость полимера-матрицы в объеме. Резкое увеличение прочности [6 в области концентраций ВТСП  $C \sim 0,1$  мас.% подтверждает возникновение сильного взаимодействия полимера, находящегося в граничных слоях, с поверхностью дисперсного наполнителя.

Здесь необходимо иметь в виду то, что в высокотемпературном сверхпроводнике  $YBa_2Cu_3O_{6,7}$  существует аномально высокая окислительная способность пары  $Cu^{3+}/Cu^{2+}$ , в

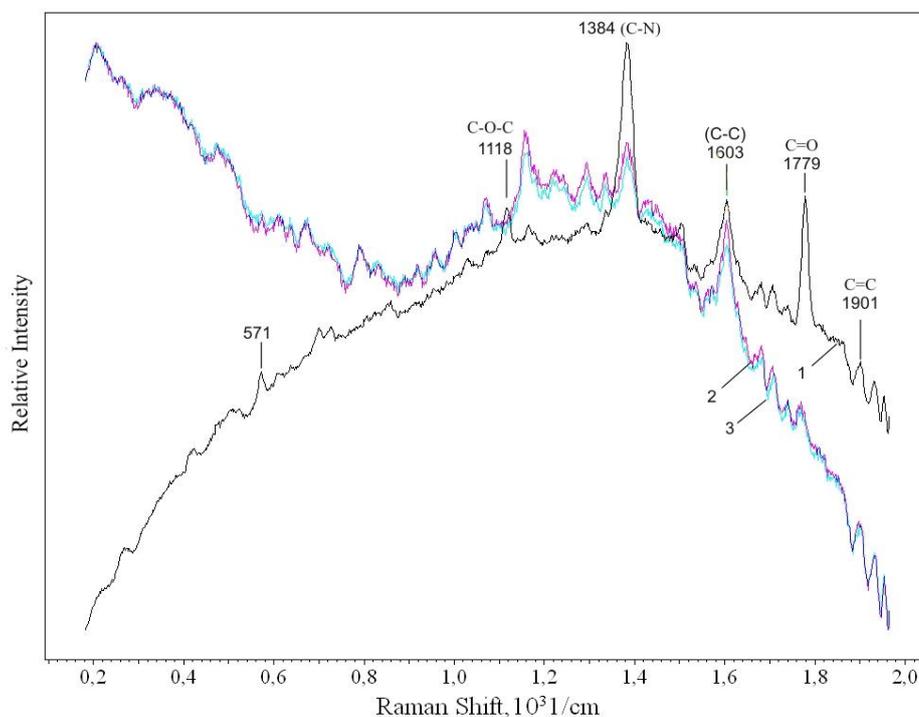


Рис. 2 – Рамановские спектры полиимида и композитного материала: 1 – полиимид; 2 – с ВТСП наполнителем (0,1 масс. %); 3 – с ВТСП наполнителем (0,5% масс.).

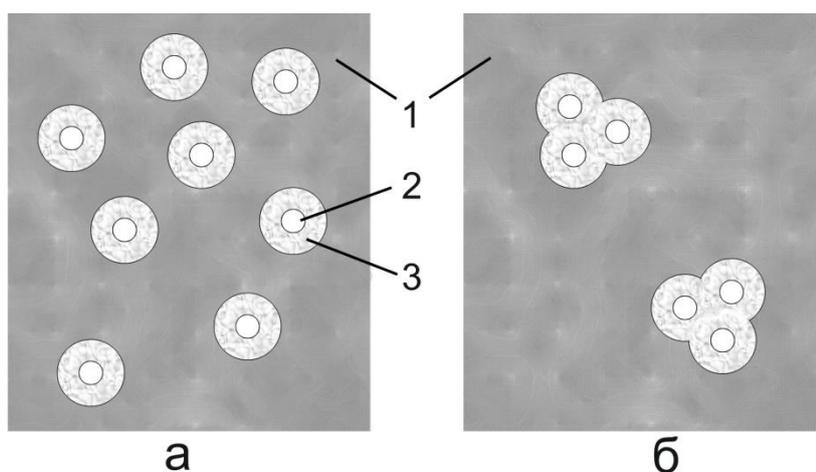


Рис. 3 – Модель образования композитного материала:  
а – область малых концентраций; б – область оптимальных концентраций.

особенности в условиях повышенных температур при формировании композита. Наличие подобного химического взаимодействия в комплексах было доказано в работе [7].

В работе [6] показано, что радиус воздействия структурно-активных наполнителей может достигать 100 - 200 мкм. Структура граничного слоя изменяется по мере удаления от поверхности наполнителя. Это позволяет рассматривать граничный слой как совокупность нескольких переходных слоев. Непосредственно примыкающий к поверхности частицы наполнителя тонкий (~100 Å) ориентированный адсорбционный слой полимера обладает существенно отличающимися свойствами по сравнению с полимером в объеме. Более удаленные слои с модифицированной надмолекулярной структурой обладают физическими параметрами полимера, которые могут быть близки к их объемным значениям.

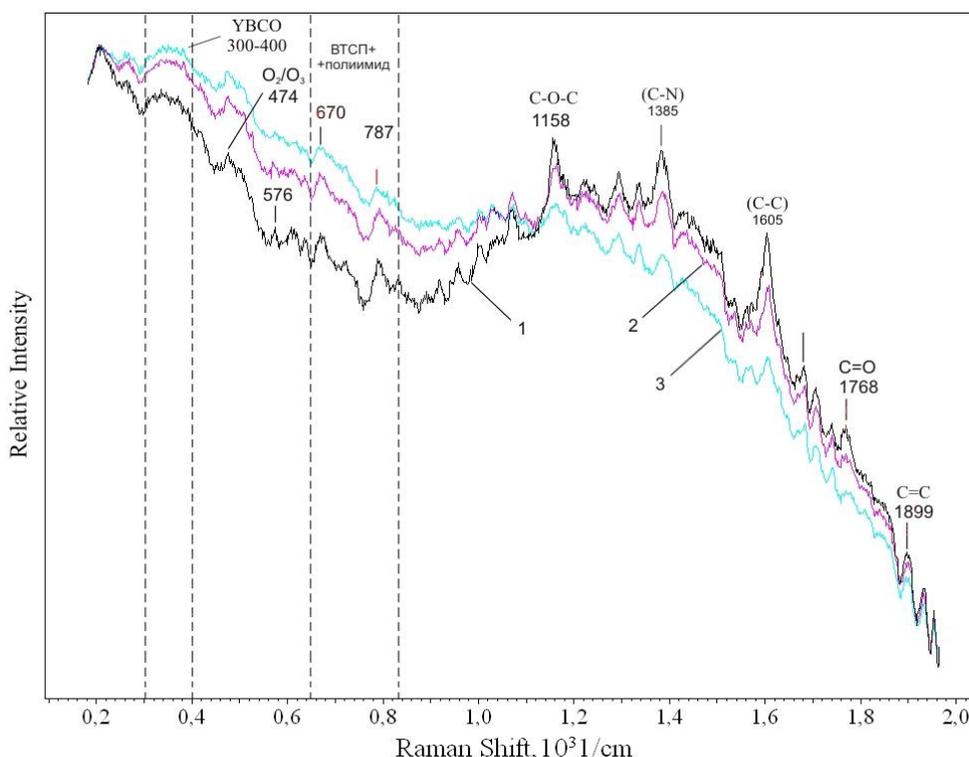


Рис. 4— Рамановские спектры исходного и гамма-облученных композитных материалов с  $C = 0,1$  масс. %: 1 – исходный ПКМ; 2 – облученный ПКМ ( $D = 150$  кГр); 3 – облученный ПКМ ( $D = 600$  кГр).

Воздействие радиационного облучения на композитный материал производит перераспределение интенсивностей. В образцах облученных дозой 150 кГр происходит снижение максимумов линий  $1150\text{ см}^{-1}$  (C-O-C),  $1380\text{ см}^{-1}$  (C-N),  $1605\text{ см}^{-1}$  (C-C) и  $1780\text{ см}^{-1}$  (C=O) на 5%, 7%, 11% и 6% соответственно, а в спектральных линиях на частотах 475, 670 и 787 наблюдается увеличение амплитуды интенсивности линий на 12-15%, соответствующие области спектра граничного слоя VTСП наполнителя и матрицы (см. Рис.4-5).

С увеличением дозы облучения до 600 кГр этот эффект усиливается (см. Рис. 4-5). Вероятно связано с тем, что при облучении в композитном материале происходят разрыв цепочек (C-O-C), а также некоторых имидных групп (C-N) с высвобождением кислорода и азота. Поэтому спектральные линии характерные для колебательных частот кислорода, ионов кислорода повышают интенсивность ( $475\text{ см}^{-1}$ ). Полученные зависимости согласуются с результатами работы [3].

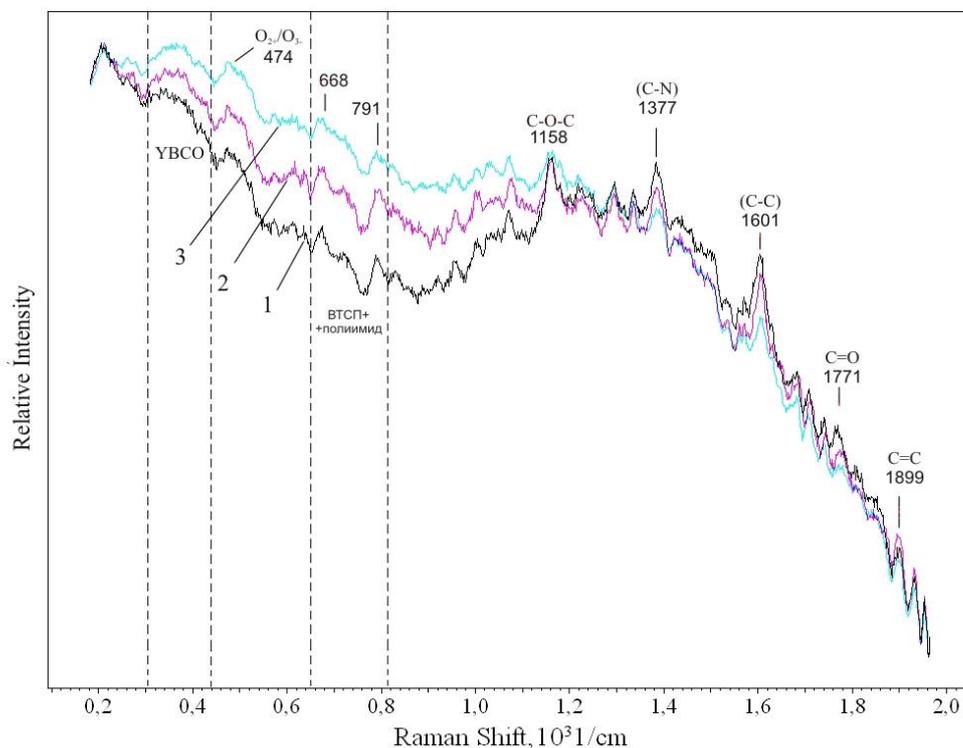
### Выводы

Анализ приведенных выше экспериментальных данных после гамма-облучения системы «Полиимид -  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6,7}$ » позволяет сделать следующие выводы:

1) Гамма-облучение полиимидной пленки не вызывает значительных изменений в спектре. Увеличение дозы облучения сопровождается уменьшением интенсивности (до 10%) отдельных свободных радикалов C=O (при  $1780\text{ см}^{-1}$ );

2) Введение VTСП наполнителя в полиимид приводит к существенным изменениям в Раман-спектрах. Появляются спектральные линии, характерные для YBCO ( $300-400\text{ см}^{-1}$ ), повышаются интенсивности линий соответствующие ионам кислорода ( $470-480\text{ см}^{-1}$ ), а также появляются максимумы в диапазоне частот  $570-800\text{ см}^{-1}$ , которые вероятно соответствуют образованию области граничного слоя между частицами наполнителя и полиимидной матрицы;

3) Облучение гамма-квантами композитного материала приводит к увеличению граничного слоя, обусловленное разрывом связей макромолекул полиимида и образованием свободных радикалов активно взаимодействующих с кристаллами YBCO.



1 – исходный ПКМ; 2 – облученный ПКМ ( $D = 150$  кГр);

3 – облученный ПКМ ( $D = 600$  кГр).

Рис. 5 – Рамановские спектры исходного и гамма-облученных композитных материалов с  $C = 0,5$  масс.%

## Литература

1. Павленко В.И., Р.Н. Ястребинский, О.Д. Едаменко, Д.Г. Тарасов Воздействие высокоэнергетических пучков быстрых электронов на полимерные радиационно-защитные композиты - Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия – 2010.- С. 129-134.
2. Lee E., Yoon S., Um Y.M., Jo W., Seo C.W., Cheong H., Kim B.J., Lee H.G., Hong G.W. Raman scattering studies of  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  thin films grown by chemical vapor deposition and metal-organic deposition, P.3
3. Maroni V. A., Reeves J. L., Schwab and G. On-line Characterization of YBCO Coated Conductors Using Raman Spectroscopy Methods, P.4
4. Raman Spectroscopy for Analysis and Monitoring / HORIBA Jobin Yvon. - France. - P.2.
5. Evaluating Polymer Cure Using Raman Spectroscopy. / Analytical Solutions for BioTechnology. - 2007. - P.1.
6. Соломко В.П. Наполненные кристаллизующиеся полимеры. - Киев.: Наукова думка, 1980. – 263 с.
7. Бучаев А.А., Захарченя Б.П., Чудновский Ф.Ф. Фазовый переход металл – полупроводник и его применение. – Л.: Наука, 1979. – 183 с.

# ПРОЯВЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В КРИСТАЛЛАХ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ СИММЕТРИИ

\*\*Калдыбаев К.А., \*Константинова А.Ф., \*\*Мокешов Ж.К.

\*Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН, г. Москва,

\*\*Кыргызский государственный университет им.И. Арабаева, г. Бишкек

В данной работе основное внимание уделено исследованию оптической активности в кристаллах различных классов симметрии. Для того чтобы было ясно, каким образом проявляется оптическая активность и какими особенностями обладают такие кристаллы, кратко приведем все необходимые соотношения для показателей преломления, эллиптичности собственных волн и оптических параметров света, прошедшего через оптически активную пластинку. Затем представим проведенные нами экспериментальные и теоретические исследования кристаллов различных классов симметрии.

## 1. Уравнения связи и тензор гирации в оптически активных кристаллах

Распространение света в любой среде описывается с помощью уравнений Максвелла. Уравнения связи (материальные уравнения) записываются с помощью соотношений [6, 7]:

$$\mathbf{D}_i = \varepsilon_{ij}\mathbf{E}_j + i\alpha_{ij}\mathbf{H}_j; \quad \mathbf{B}_i = \mu_{ij}\mathbf{H}_j + i\tilde{\alpha}_{ij}\mathbf{E}_j \quad (1)$$

где  $\mathbf{E}$ ,  $\mathbf{H}$ ,  $\mathbf{D}$ ,  $\mathbf{B}$  – векторы напряженности электрического, магнитного поля, электрической и магнитной индукции, соответственно,  $\varepsilon_{ij}$ ,  $\mu_{ij}$  – тензоры диэлектрической и магнитной проницаемости,  $\alpha_{ij}$  – псевдотензор гирации, “ $\sim$ ” означает транспонирование. По-другому явление оптической активности записывается членами, линейно зависящими от пространственных производных полей [8-10]:

$$\mathbf{D}_i = \varepsilon_{ik}\mathbf{E}_k + ie_{ikm}g_{mi}n_i\mathbf{E}_k \quad (2)$$

где  $g_{mi}$  – псевдотензор гирации,  $e_{ikm}$  – символ Леви-Чивита. В дальнейшем приставку «псевдо» будем опускать.

В настоящее время в теоретических работах находят применение ковариантные методы расчета и, как правило, используют уравнения (1). При проведении экспериментальных работ вследствие малости эффектов, связанных с оптической активностью, используют в основном уравнения вида (2). Более подробно это различие обсуждается в

[11]. Связь между компонентами тензоров  $\alpha_{ij}$  и  $g_{mi}$  при использовании разных уравнений связи имеет вид:

$$g_{11} \approx (\alpha_{22} + \alpha_{33})\sqrt{\frac{\varepsilon_{22} + \varepsilon_{33}}{2}}, \quad g_{22} \approx (\alpha_{11} + \alpha_{33})\sqrt{\frac{\varepsilon_{11} + \varepsilon_{33}}{2}}, \quad g_{33} \approx (\alpha_{11} + \alpha_{22})\sqrt{\frac{\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22}}{2}}, \quad (3)$$

Оптически активными являются кристаллы 18 классов симметрии, у которых компоненты тензора гирации  $g_{mi}$  (или  $\alpha_{ij}$ ) отличны от нуля [12, 7] (табл. 1).

**Таблица 1.** Классы симметрии кристаллов, обладающих оптической активностью

Примитивные	1, 2	3	4	6	23
Аксиальные	222	32	422	622	432
Планальные	m, mm2	3m	4mm	6mm	
Инверсионные			$\bar{4}, \bar{4}2m$		

Кристаллы, принадлежащие к классам с поворотными осями симметрии, могут иметь правые и левые модификации и называются энантиоморфными. К ним относятся кристаллы классов 1, 2, 222, 3, 4, 6, 32, 422, 622, 23, 432. Компоненты псевдотензоров ги-

рации кристаллов правой и левой модификаций противоположны по знаку и соответственно такие кристаллы вращают плоскость поляризации в противоположные стороны.

## 2. Показатели преломления в оптически активных кристаллах

Поскольку данная работа в основном посвящена экспериментальному исследованию оптически активных кристаллов, приведем приближенные формулы, которые необходимы для дальнейшего изложения.

Для наглядного представления зависимости проявления оптической активности от направления в кристалле используются указательные (гирационные) поверхности [13]. Для построения такой поверхности вводится скалярный параметр гирации  $G$  как скалярное произведение вектора гирации  $g_j n_j$  на волновую нормаль  $\mathbf{n}$ :

$$G = g_j n_j n_i = g_{11} \theta_1^2 + g_{22} \theta_2^2 + g_{33} \theta_3^2 + (g_{12} + g_{21}) \theta_1 \theta_2 + (g_{13} + g_{31}) \theta_1 \theta_3 + (g_{23} + g_{32}) \theta_2 \theta_3 \quad (4)$$

где  $\theta_1 = \mathbf{n} \mathbf{c}_1$ ,  $\theta_2 = \mathbf{n} \mathbf{c}_2$ ,  $\theta_3 = \mathbf{n} \mathbf{c}_3$  - направляющие косинусы волновой нормали  $\mathbf{n}$ .

В оптически активных поглощающих кристаллах в общем случае компоненты тензора диэлектрической проницаемости  $\varepsilon_{ij}$  и тензора гирации  $g_{ml}$  (или  $\alpha_{ij}$ ) комплексны. Соответственно комплексными являются показатели преломления и скалярный параметр гирации:

$$\varepsilon_{ij} = \varepsilon'_{ij} + i\varepsilon''_{ij}, \quad g_{ij} = g'_{ij} + ig''_{ij}, \quad \alpha_{ij} = \alpha'_{ij} + i\alpha''_{ij}, \quad N_{1,2} = n_{1,2} + i\kappa_{1,2}, \quad G = G' + iG'' \quad (5)$$

где  $n_{1,2}$  - показатели преломления кристалла,  $\kappa_{1,2}$  - коэффициенты поглощения.

Показатели преломления поглощающих оптически активных кристаллов определяются из уравнения нормалей (уравнений Френеля) [14]:

$$N_{1,2}^2 = \left\{ (N_{02}^2 + N_{01}^2) \pm [(N_{02}^2 - N_{01}^2)^2 + 4G^2]^{1/2} \right\} / 2 \quad (6)$$

где  $N_{02}, N_{01}$  - показатели преломления кристалла без учета гиротропии.

В одноосных прозрачных кристаллах:

$$\varepsilon_{11} = \varepsilon_{12} = \varepsilon_0, \quad \varepsilon_{33} = \varepsilon_e, \quad N_{01}^2 = n_{01}^2 = n_0^2 = \varepsilon_0, \quad N_{02}^2 = n_{02}^2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_e}{\varepsilon_0 + (\varepsilon_e - \varepsilon_0) \cos^2 \theta} \quad (7)$$

где  $\theta$  - угол между волновой нормалью и оптической осью.

Для слабопоглощающих кристаллов справедливо соотношение  $\kappa_{1,2} < n_{1,2}$ , тогда при распространении света вдоль оптической оси из (6) имеем:

$$N_{1,2} = n_0 \pm (G' + iG'') / 2n_0 \quad (8)$$

т.е. показатели преломления отличаются друг от друга только за счет скалярного параметра гирации. В одноосных и кубических кристаллах в этом случае  $G$  записывается в виде  $G = g_{33} = 2\alpha_1 n_0$ .

Для направлений, отличных от оптической оси, как правило  $(N_{02}^2 - N_{01}^2)^2 \gg 4G^2$  и тогда из (6):

$$N_{1,2}^2 = N_{01,02}^2 \pm G^2 / (N_{02}^2 - N_{01}^2) \quad (9)$$

и влияние оптической активности на показатели уже не является определяющим.

## 3. Эллиптичность собственных волн в оптически активных кристаллах

В прозрачных оптически активных кристаллах в общем случае распространяются две эллиптически поляризованные волны и с противоположным направлением обхода и эллиптичностью  $\kappa = b/a = \operatorname{tg} \chi$  [14]:

$$\kappa_{1,2} = \pm \left\{ (n_{02}^2 - n_{01}^2) - [(n_{02}^2 - n_{01}^2)^2 + 4G^2]^{1/2} \right\} / 2G \quad (10)$$

В поглощающих оптически активных кристаллах все оптические параметры комплексны, поэтому можно считать, что величина  $\kappa$  также является комплексной:

$$\kappa = \kappa' + i\kappa'' \quad (11)$$

В отличие от прозрачных в поглощающих кристаллах собственные волны не ортогональны. В этом случае эллиптичность собственных волн и угол их неортогональности  $2\beta$  определяются из соотношений [15]:

$$\sin 2\gamma = 2\kappa' / (1 + \kappa'^2 + \kappa''^2), \quad \operatorname{tg} 2\beta = -2\kappa'' / (1 - \kappa'^2 - \kappa''^2) \quad (12)$$

На рис. 1 показано, как расположены эллипсы поляризаций двух собственных волн в кристаллах.

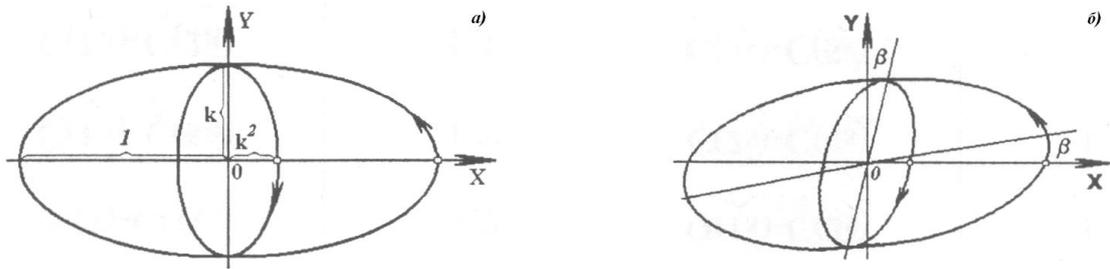


Рис.1. Фазовые и амплитудные соотношения между эллипсами поляризации собственных волн в прозрачных (а) и в поглощающих (б) оптически активных кристаллах, падающая волна поляризована параллельно оси ОХ, точки – положения концов вектора  $\mathbf{D}$  в момент падения света на кристалл.

Если свет распространяется вдоль оптической оси кристалла или в любом направлении в изотропной среде, тогда  $N_{02} - N_{01} = 0$ , и в прозрачном кристалле  $\kappa' = \pm 1$ ,  $\kappa'' = 0$ , то есть в кристалле распространяются две циркулярно поляризованные волны с противоположным обращением. В поглощающем кристалле  $\kappa''$  отлично от нуля и условно можно считать, что вдоль оси по-прежнему распространяются две циркулярно поляризованные волны, которые по-разному поглощаются, т.е. речь идет о циркулярном дихроизме.

В направлениях, отличных от оптической оси, когда  $(n_{02} - n_{01}) > G$  извлекая приближенно корень в (10), получаем:

$$k = G / (n_{02}^2 - n_{01}^2) \quad (13)$$

При отклонении направления распространения света от оптической оси в большинстве случаев эллиптичность волн резко уменьшается до значений  $10^{-4} - 10^{-2}$ . Чем больше величина линейного двупреломления  $\Delta n_x = (n_x - n_0)$ , тем более резко изменяется величина эллиптичности  $k$  (Рис.2 а). В одноосных кристаллах  $G = g_{33} \cos^2 \theta + g_{11} \sin^2 \theta$ . Если компоненты тензора гирации  $g_{33}$  и  $g_{11}$  имеют разные знаки, то при некотором угле  $\theta$  эллиптичность  $k = 0$  и кристалл ведет себя как неактивный, а затем изменяется знак  $k$  на противоположный (рис. 2б).

И тогда интересно и необычно поведение изменения эллиптичности собственных волн, так как в  $\epsilon$ -изотропной точке эллиптичность  $k = \pm 1$  (рис. 2 б).

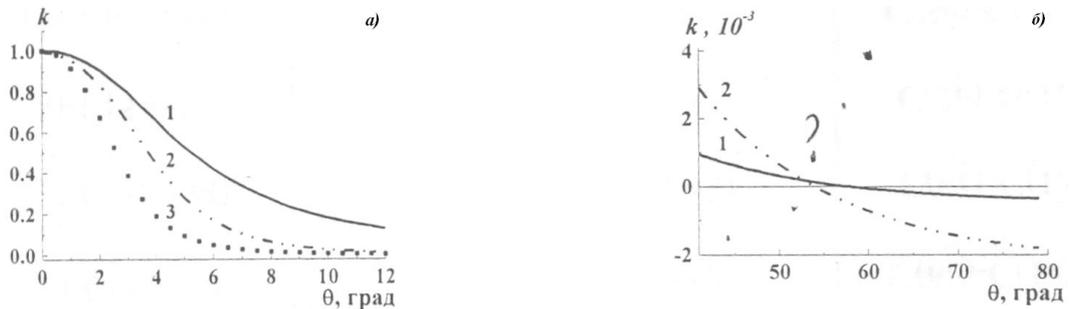


Рис.2. Эллиптичность собственных волн  $k$  в зависимости от угла  $\theta$  для некоторых кристаллов при  $\lambda=0,633$  мкм: а - в области  $\theta$  от 0 до  $12^\circ$ , б - в области смены знака  $k$ , 1 – кварц  $\text{SiO}_2$  ( $\Delta n_x = 0.009$ ); 2 - парателлурит  $\text{TeO}_2$  ( $\Delta n_x = 0.1522$ ).

Изменение  $k$  в кристалле с  $\epsilon$ -изотропной, точкой для пластинки, вырезанной параллельно оптической оси одноосного кристалла

Существуют кристаллы, у которых имеется так называемая  $\epsilon$ -изотропная точка. Это означает, что в пластинке, вырезанной из кристалла параллельно оптической оси, при

некоторой длине волны падающего света или при изменении температуры линейное дву-преломление равно нулю. При этой длине волны кристалл ведет себя как изотропный.

В общем случае в прозрачных кристаллах справедлив принцип суперпозиции дву-преломления

$$(n_2 - n_1)^2 = (n_{02} - n_{01})^2 + \frac{G}{n_{01}n_{02}}; \quad (\Delta n)^2 = (\Delta n_x)^2 + (\Delta n_y)^2; \quad (14)$$

$$\Delta n_x = [(1 - k)^2 / (1 + k)^2] \Delta n, \quad \Delta n_y = [2k / (1 + k)^2] \Delta n$$

Он также справедлив и в слабопоглощающих кристаллах, но в более ограниченной области всех величин.

Термины циркулярное двупреломление и циркулярный дихроизм были введены в свое время при исследовании изотропных оптически активных сред, где собственные волны действительно являются право- и лево-циркулярно поляризованными и поглощаются по разному.

В оптически активных кристаллах только при распространении света вдоль оптической оси волны циркулярно поляризованы. В направлениях, отличных от оптической оси, собственные волны эллиптически поляризованы и следует говорить об эллиптическом двупреломлении и эллиптическом дихроизме. Но в настоящее время принято дву-преломление, связанное с действительной частью компонент тензора гирации, называть циркулярным двупреломлением; дихроизм, связанный с мнимой частью компонент тензора гирации, называть циркулярным дихроизмом.

#### 4. Распространение света в пластинке, вырезанной из оптически активного кристалла

Выражения для азимута поляризации ( $\chi$ ) и эллиптичности ( $k_p = \text{tg}v$ ) света, прошедшего через пластинку толщины  $d$ , вырезанную из поглощающего оптически активного кристалла, при падении на пластинку линейно поляризованного света с азимутом  $\alpha$  записываются в виде [16]:

$$\text{tg}2\chi = \frac{\sin 2\alpha \cos \Delta \pm \sin 2\gamma \cos 2\alpha \sin \Delta}{sh\delta \cos 2\gamma + (ch\delta \cos^2 2\gamma + \sin^2 2\gamma \cos \Delta) \cos 2\alpha \pm \sin 2\gamma \sin 2\alpha \sin \Delta}, \quad (15)$$

$$\sin 2v = \frac{sh\delta \sin 2\gamma + \cos 2\gamma [(ch\delta - \cos \Delta) \sin 2\gamma \cos 2\alpha + \sin 2\alpha \sin \Delta]}{ch\delta + sh\delta \cos 2\gamma \cos 2\alpha}, \quad (16)$$

где  $\Delta = 2\pi d(n_2 - n_1) / (\lambda \cos \phi_s)$ ,  $\delta = 2\pi d(k_2 - k_1) / (\lambda \cos \phi_s)$

$n_1, n_2, k_2, k_1$  - показатели преломления и коэффициенты поглощения собственных волн с учетом оптической активности,  $\phi_s$  - среднее значение углов преломления собственных волн в среде,  $\gamma$  - угол эллиптичности собственных волн ( $k = \text{tg} \gamma$ ),  $\lambda$  - длина волны падающего света. Знак  $\pm$  соответствует правому или левому кристаллу соответственно.

При исследовании оптически активных кристаллов во многих случаях наиболее информативными являются зависимости  $\text{tg}[2(\chi - \alpha)] = f(\alpha)$ .

Для направлений, отличных от оптической оси, в случае, когда азимут падающего света  $\alpha = 0$  (свет поляризован параллельно плоскости падения) или  $\alpha = 90^\circ$  (перпендикулярно плоскости падения), эллиптичность собственных волн, как правило, мала и тогда из (15, 16) имеем:

$$\begin{aligned} \text{tg}2\chi_{\parallel} &= -2ke^{-\delta} \sin \Delta, & \sin 2v_{\parallel} &= k(1 - e^{-\delta} \cos \Delta), \\ \text{tg}2\chi_{\perp} &= -2ke^{\delta} \sin \Delta & \sin 2v_{\perp} &= k(1 - e^{\delta} \cos \Delta) \end{aligned} \quad (17)$$

Если пластинка расположена между произвольно ориентированными поляризатором и анализатором, интенсивность света, прошедшего через такую систему, записывается в виде [16]:

$$J = T \{ 2ch\delta \cos^2(\alpha - \beta) - (ch\delta - \cos \Delta) \sin 2\alpha \sin 2\beta - (ch\delta - \cos \Delta) \cos 2\alpha \cos 2\beta \sin^2 2\gamma \pm \sin 2(\alpha - \beta) \sin 2\gamma \sin \Delta \} / 2 = J_1 \pm J_2 \pm J_3 \quad (18)$$

где  $T$  - общее пропускание пластинки,  $\alpha$  и  $\beta$  - азимуты направлений наибольшего пропускания поляризатора и анализатора, соответственно.

Выражения (15) - (18) записаны без учета многократных отражений и без учета циркулярного дихроизма, что приводит к ошибке не превышающей 5 %.

При распространении света в направлении оптической оси непоглощающего оптически активного кристалла эллиптичность собственных волн  $\kappa = \pm 1$  (обе собственные волны циркулярно поляризованы). В этом случае разность фаз  $\Delta$  определяется только циркулярным двупреломлением, т. е.,  $\Delta = \Delta_y = \frac{2\pi d}{\lambda} \Delta n_{ya}$  (15), (16) принимают вид:

$$\operatorname{tg} 2\chi = \operatorname{tg}(2\alpha - \Delta_y), \quad \sin 2\nu = 0 \quad (19)$$

В этом случае линейно поляризованный свет, пройдя через кристаллическую пластинку, остается линейно поляризованным ( $\sin 2\nu = 0$ ), но повернутым на некоторый угол  $\Psi$ , т.е. наблюдается поворот плоскости поляризации:

$$\Psi = (\alpha - \chi) = \Delta_y/2 = \pi d \Delta n_y / \lambda = \pi d G / \lambda n_s = p d \quad (20)$$

В поглощающих кристаллах можно записать

$$\Psi = (\rho - i\tau) d = \pi d (G' + iG'') / \lambda n_s \quad (21)$$

Для кубических и одноосных кристаллов в направлении оптической оси

$$\rho = \pi d g'_{33} / \lambda n_0, \quad \tau = \pi d g''_{33} / \lambda n_s$$

Величина  $\rho$  характеризует оптическое вращение, а  $\tau$  - циркулярный дихроизм.

Вращение плоскости поляризации  $\Psi$  пропорционально толщине пластинки  $d$  и определяется удельным вращением  $\rho$ . Принято считать, что при  $G > 0$  вращение правое, т. е. вращение по часовой стрелке, если смотреть по направлению луча. Это проявление оптической активности в виде вращения плоскости поляризации описывается во многих работах, в которых приводятся данные о величине  $\rho$  в различных кристаллах, например в [4, 5, 17, 18].

Следует обратить внимание, что в кристаллах классов  $\bar{4}, \bar{4} 2m$  вращение плоскости поляризации вдоль оптической оси невозможно и величины  $\rho$  для этих кристаллов получены на пластинках, вырезанных параллельно оптической оси при тех длинах волн, при которых имеется  $\varepsilon$ -изотропная точка.

Величина удельного вращения существенно зависит от частоты света. Обычно вблизи полосы поглощения наблюдается аномальный ход дисперсии вращения и циркулярного дихроизма.

При изучении оптически активных кристаллов обычно используют различные приборы. Для исследования азимута прошедшего света и, в первую очередь, вращения плоскости поляризации, применяются спектрополяриметры различных конструкций. Для измерения циркулярного дихроизма - дихрографы. Для исследования интенсивности - спектрофотометры, в которых необходимо иметь дополнительно поляризатор, анализатор и устройство-приставку, с помощью которого можно вращать образец, поляризатор и анализатор [16].

## 5. Исследование оптически активных кристаллов различных классов симметрии

Приведем результаты некоторых исследований и расчеты, на примере которых ясно видны особенности проявления оптической активности в кристаллах различных классов симметрии.

### *Кубические кристаллы*

*Кристаллы классов 23, 432* могут вращать плоскость поляризации при любом направлении распространения света, (см. табл. 2). Для примера приведем результаты исследования кубического кристалла лангбейнита  $K_2CO_2(SO_4)_3$  [19], который при изменении температуры в области фазового перехода при  $T = 126$  К переходит в несобственную сегнетоэлектрическую фазу и из кубического кристалла становится двупреломляющим (Рис. 3 а).

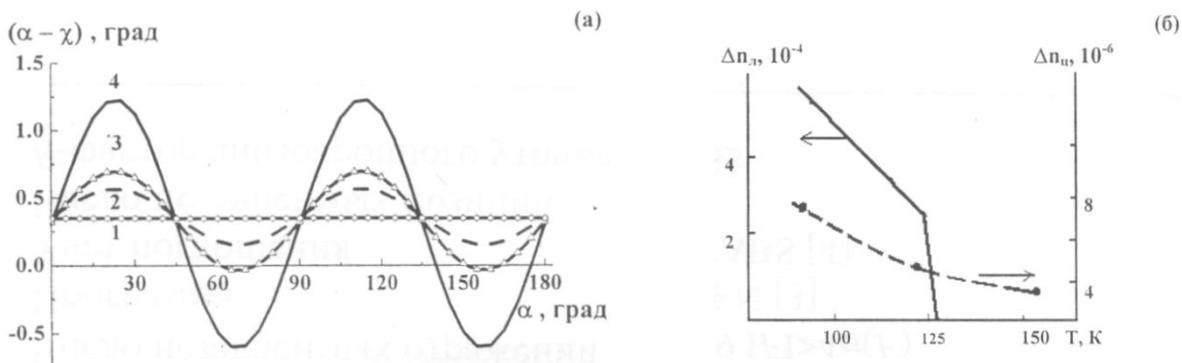


Рис.3. Зависимости  $(\alpha - \chi)$  от  $\alpha$  для пластинки  $d = 0.075$  мм, вырезанной из кристалла  $K_2CO_2(SO_4)_3$ , при  $\lambda = 0.64$  мкм при разных температурах: 1 - 127 К; 2 - 125 К, 3 - 120 К, 4 - 99 К (а); Зависимость линейного ( $\Delta n_l$ ) и циркулярного ( $\Delta n_c$ ) двупреломления от температуры в области фазового перехода кристалла  $K_2CO_2(SO_4)_3$  при  $\lambda = 0.43$  мкм (б).

Видно, что до фазового перехода зависимость  $(\alpha - \chi) = f(\alpha)$  остается постоянной (рис. 3а, кривая 1), как и должно быть в кубическом кристалле ( $T = 127$  К). По мере понижения температуры кристалл становится анизотропным и размах осцилляции  $(\alpha - \chi)$  увеличивается, что говорит об увеличении линейного двупреломления. Из рис. 3б видно, что при фазовом переходе линейное двупреломление меняется скачком, в то время как циркулярное двупреломление ( $\Delta n_c = g_{33}/n_0$ ) изменяется плавно.

#### Одноосные кристаллы

Кристаллы классов 3, 4, 6, 32, 422, 622 являются энантиоморфными и могут существовать в двух модификациях - правой и левой. В направлении оптической оси они вращают плоскость поляризации, и при таких измерениях определяется удельное вращение  $\rho$  и соответственно одна компонента тензора гирации  $g_{33}$ . При исследовании оптической активности на пластинке, вырезанной параллельно оптической оси, как видно из соотношения (17), азимут прошедшего света пропорционален эллиптичности собственных волн  $k = g_{11}/2n_s\Delta n_s$ , и следовательно из измерений  $\chi = f(\alpha)$  определяется  $k$  и соответственно вычисляется компонента  $g_{11}$ . Такие исследования кристаллов лангаситов приведены на рис. 4 [20, 21].

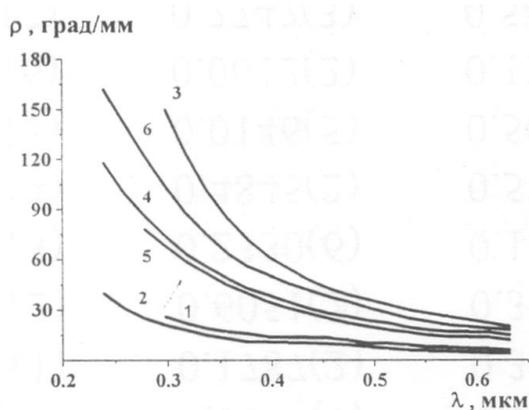


Рис. 4а. Удельное вращение кристаллов:  
1 -  $La_3Ga_5SiO_{14}$ , 2 -  $La_3Ga_3GeO_{14}$ ,  
3 -  $La_3G_{5.5}Nb_{0.5}O_{14}$ , 4 -  $Ca_3Ga_2Ge_4O_{14}$ ,  
5 -  $Sr_3Ga_2Ge_4O_{14}$ , 6 -  $SiO_2$ .

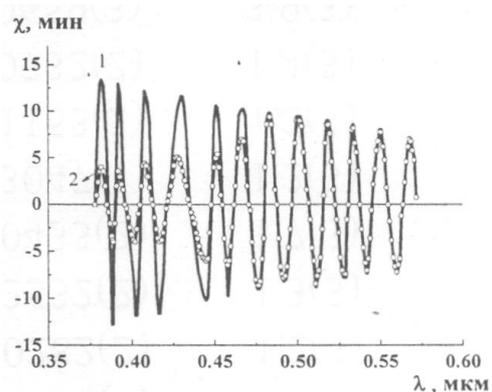


Рис. 4б. Зависимость азимута  $\chi$  для пластинки, вырезанной параллельно оптической оси из кристалла  $Sr_3Ga_2Ge_4O_{14}:Cr^{3+}$  ( $d = 0.96$  мм).

Свет поляризован:

- 1 - перпендикулярно оптической оси,
- 2 - параллельно оптической оси

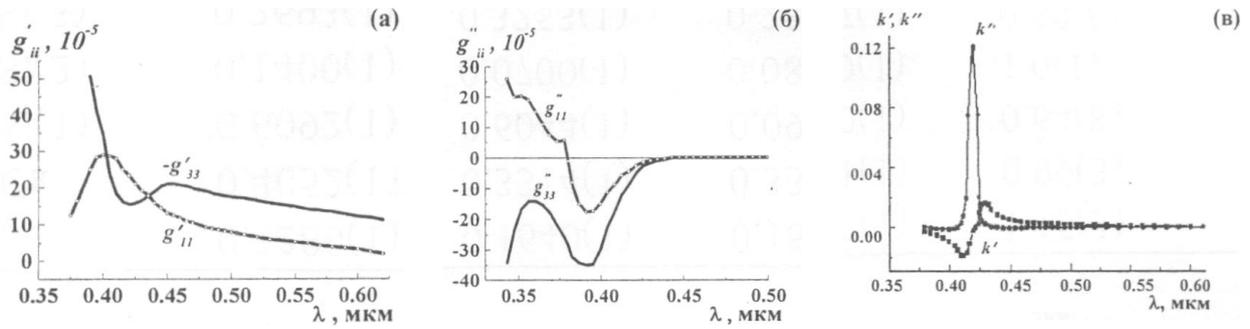


Рис.5. Дисперсия компонент тензора гирации для кристалла бензила:  $g'_{ii}$  - действительная часть (а),  $g''_{ii}$  - мнимая часть компонент тензора гирации (б), Зависимость  $k'$  и  $k''$  от длины волны падающего света (в).

Приведем результаты исследования кристалла бензила, у которого имеется  $\epsilon$ -изотропная точка по двупреломлению [22]. На пластинке, вырезанной параллельно оптической оси, наблюдаются осцилляции, аналогичные рис. 4б, за исключением области  $\epsilon$ -изотропной точки при  $\lambda = 0.4205$  мкм, в которой линейное двупреломление равно нулю и наблюдается вращение плоскости поляризации. Из измерений азимута  $\chi$  вычислены все величины, характеризующие оптическую активность этого кристалла. Результаты этих вычислений приведены на рис. 5.

Видно, что при длине волны, при которой линейное двупреломление равно нулю, величины  $k'$  и  $k''$  изменяются резко. Аналогичная зависимость для  $k'$  характерна для  $\epsilon$ -изотропной точки прозрачного кристалла, как показано на рис. 2.

Кристаллы классов  $\bar{4} \bar{2} m$  по условиям симметрии не обладают вращением плоскости поляризации при распространении света вдоль оптической оси. Поэтому в этих кристаллах оптическая активность может проявляться при исследовании пластинок, вырезанных параллельно или наклонно к оптической оси. При этом наблюдаются осцилляции, например величины  $\chi$  связанные с изменением двупреломления, при изменении длины волны или температуры (рис.6а). Из таких измерений азимута прошедшего света определяются компоненты тензора гирации  $g_{11}$ , которые для некоторых кристаллов приведены на рис.6 б [15].

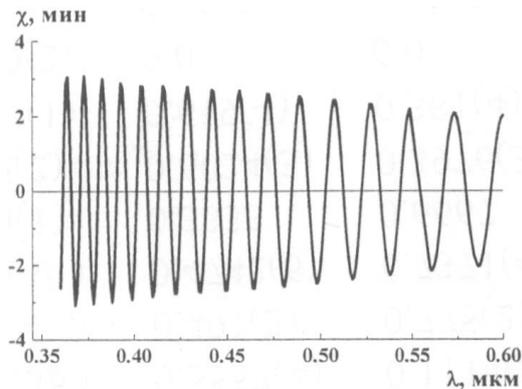


Рис. 6а. Зависимость азимута прошедшего света  $\chi$  от длины волны  $\lambda$  для пластинки, вырезанной параллельно оптической оси из кристалла ADP ( $d = 0.25$  мм).

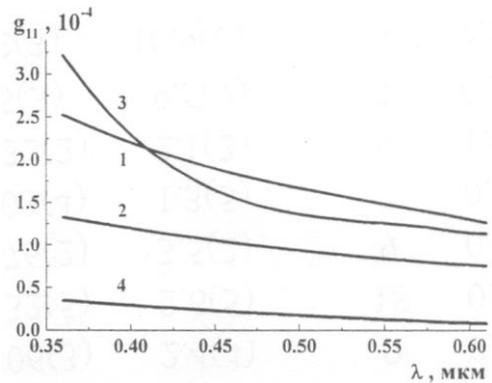


Рис. 6б. Дисперсия компоненты тензора гирации ( $g_{11}$ ) для кристаллов: 1 - KDP, 2 - ADP, 3 -  $K_2S_2O_6$ , 4 -  $SrS_2O_6 \cdot 4H_2O$ .

Если в кристаллах этих классов имеется s-изотропная точка, тогда можно измерять вращение плоскости поляризации при такой длине волны.

С помощью соотношения (18) для интенсивности света, прошедшего через оптически активную пластинку, расположенную между поляризатором и анализатором, можно описать и построить коноскопические картины [23,24].

На рис. 7 (а, в) показаны коноскопические картины, смоделированные с применением программы, составленной с помощью системы компьютерной математики - интегрированного пакета "Mathematica-5.2" [25] на основании соотношения (18). На рис. 7б представлена зависимость интенсивности света, прошедшего через правый и левый кристалл, что соответствует сечению коноскопических картин рис. 7 (а, в) под углом  $45^\circ$ .

С помощью коноскопических картин можно отличить правый кристалл от левого. При повороте анализатора из скрещенного положения на некоторый угол коноскопические картины лево- и правовращающего кристаллов изменяются по-разному (рис. 7а и 7в).

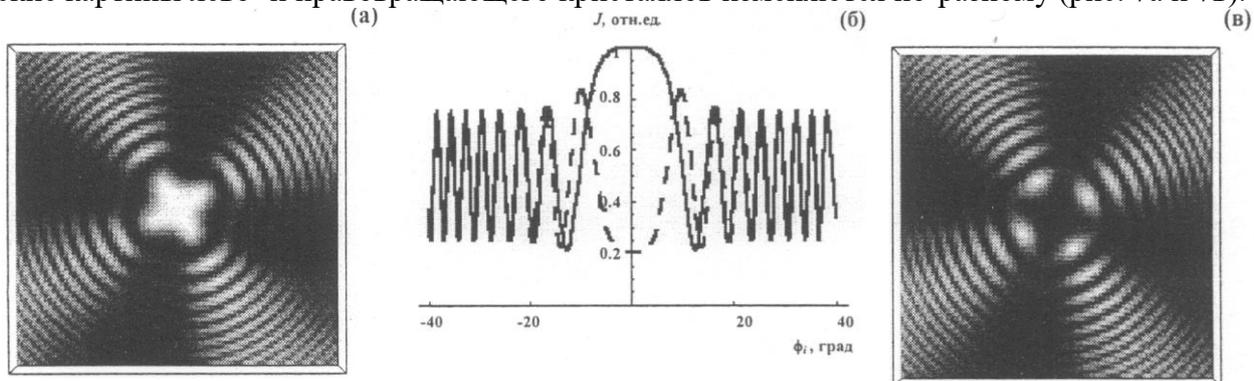


Рис. 7. Коноскопические картины кристаллических пластинок кварца, вырезанных перпендикулярно оптической оси, при повороте анализатора из поляризатором скрещенного положения на угол  $\varphi = 30^\circ$ : а - правовращающий кристалл, в - левовращающий кристалл, б - сечение коноскопических картин при  $\alpha=45^\circ$ , соответствующем направлению диагоналей квадратов а и в; 1 - правый кристалл, 2 - левый кристалл ( $d=3$  мм).

Кристаллы классов  $3m, 4mm, 6mm$  по условиям симметрии имеют полностью антисимметричный тензор гирации  $g_{11} \neq 0$ , и оптическая активность в этих кристаллах может проявляться только при наклонном падении света. При этом азимут и эллиптичность отраженного и прошедшего света при  $\alpha = 90^\circ$  пропорциональны величине  $g_{12} \sin \phi$ , где  $\phi$  - угол падения [26]. На рис. 8 показаны зависимости параметров отраженного света при разных значениях показателей преломления окружающей среды.

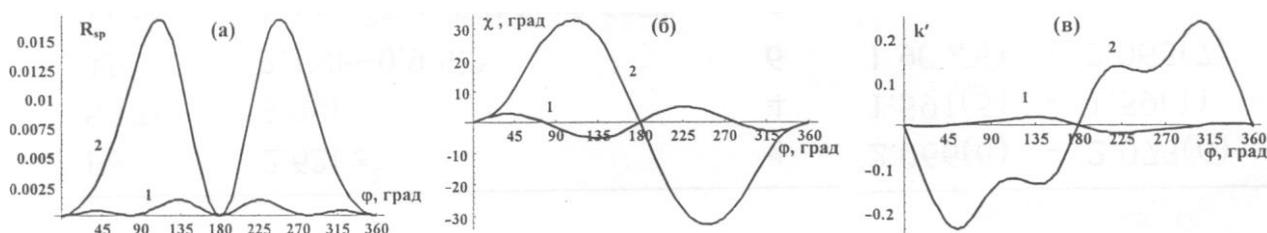


Рис. 8. Зависимости недиагонального коэффициента отражения (а), азимута (б) и эллиптичности (в) отраженного света от поворота пленки на угол  $\varphi$  вокруг нормали для р-поляризации падающего света. Параметры:  $n_o = 1.50$ ,  $n_e = 1.55$ ,  $d = 0.2$  мкм, угол между оптической осью и нормалью  $\theta = 70^\circ$ ,  $\lambda = 0.6328$  мкм, показатель преломления подложки  $n_i = 3$ , показатель преломления внешней среды для  $n_i = 1$  (1), для  $n_i = 1.495$  (2),  $g_{11} = g_{22} = g_{33} = 0$ ,  $g_{12} = -g_{21} = 0.046$

Видно, что если поместить пленку в иммерсионную жидкость, то параметры отраженного света заметно увеличиваются и влияние оптической активности проявляется гораздо ярче (кривые 2), в то время как кривые 1 практически не отличаются от таких же зависимостей для неактивных кристаллов.

## Заклучение

Таким образом, рассмотрены кристаллы всех классов симметрии, обладающие оптической активностью. Приведены уравнения связи, тензор гирации, показатели преломления, эллиптичность собственных волн. Приведены выражения для азимута, эллиптичности и интенсивности света, прошедшего через оптически активную пластинку. Приведены примеры исследования оптически активных кристаллов, проведенные в Институте кристаллографии РАН.

## Литература

1. Банн Ч. Кристаллы. Их роль в природе и науке. М.: Мир, 1970. 312 с.
2. Велюз Л., Легран М., Грожан М. Оптический круговой дихроизм. М.: Мир, 1967. 318с.
3. Дисперсия оптического вращения и круговой дихроизм в органической химии / Под ред. Г. Снатцке. М.: Мир, 1970. 440 с.
4. Техническая энциклопедия: Справочник физических, химических и технических величин. М.: ОГИЗ РСФСР, 1932. Т. 8. 338 с.
5. Lowry T.M. Optical rotatory power. London: Longmans, Green and Co, 1935. 483 с.
6. Condon E.U. Theories of optical rotatory power. // Rev. Mod. Phys. 1937. № 9. P. 432.
7. Федоров Ф.И. Теория гиротропии. Минск.: Наука и техника, 1976. 456 с.
8. Борн М. Оптика. Харьков; Киев: ГНТИУ, 1937. 795 с.
9. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М.: Наука, 1982. 620 с.
10. Агранович В.М., Гинзбург В.Л. Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теории экситонов. М.: Наука, 1979. 432 с.
11. Константинова А.Ф., Набатов Б.В., Евдищенко Е.А., Константинов К.К. //Кристаллография. 2002. Т.47. №5. С. 879.
12. Voigt F. Theoretisches und Experimentelles zur Aufklarung des optischen Verhaltens nsjiktiver Krsiralle. // Annal. Physik. 1905. Bd 18, N. 14. S. 645.
13. Шубников Б.Н. Оптическая кристаллография. М., 1950.
14. Най Дж. Физические свойства кристаллов. М.: Мир, 1967. 385 с.
15. К.А. Калдыбаев, А.Ф. Константинова, З.Б. Перекалина. Гиротропия одноосных поглощающих кристаллов. М.: ИСПИН, 2000. 294 с.
16. А.Ф. Константинова, Б.В. Гречушников, Б.Н. Бокуть, Е.Г. Валяшко. Оптические свойства кристаллов. Минск: Наука и техника, 1995. 302 с.
17. Кизель В.А., Бурков В.И. Гиротропия кристаллов. М.: Наука, 1980
18. Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. Основы кристаллофизики. М.: Наука. 1975. 680 с.
19. Батурина О.А., Перекалина З.Б., Константинова А.Ф., Бржезина Б., Гавранкова М. //Кристаллография. 1983. Т. 28. В. 4. С. 731.
20. Батурина О.А., Гречушников Б.Н., Каминский А.А., Константинова А.Ф., Милль Б.В., Ходжабагян Г.Г. //Кристаллография. 1987. Т. 32. № 2. С. 402.
21. Константинова А.Ф., Калдыбаев К.А., Перекалина З.Б., Орехова В.П. //Кристаллография. 2002. Т. 47. № 3. С. 527.
22. Перекалина З.Б., Калдыбаев К.А., Константинова А.Ф., Беляев Л.М. //Кристаллография. 1977. Т. 22. № 3. С. 556.
23. К.А. Рудой, Б.В. Набатов, В.И. Строганов, А.Ф. Константинова, Л.В. Алексеева, Е.А. Евдищенко, Б.И. Кидяров. //Кристаллография. 2003, Т.48, №2. С.359.
24. Константинова А.Ф., Рудой К.А., Набатов Б.В., Евдищенко Е. //Кристаллография. 2003.Т. 48. № 5. С. 896.
25. Константинова А.Ф., Константинов К.К., Набатов Б.В., Евдищенко Е.А. //Кристаллография. 2002. Т. 47. № 4. С. 702.
26. Константинова А.Ф., Набатов Б.В. //Кристаллография. 1995. Т. 40. № 2. С. 219 - 222.
27. Иванов Н.Р., Константинова А.Ф. //Кристаллография. 1970. Т. 15. № 3. С. 490.

УДК 538.95.405

## ФРАКТАЛЬНАЯ СТРУКТУРА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

<sup>1</sup>Е.Н. Вертягина, <sup>2</sup>В.М. Юров, <sup>2</sup>Н.Х. Ибраев, <sup>3</sup>С.А. Гученко, <sup>3</sup>Е.Хуанбай

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н Гумилева, г. Астана, Казахстан

<sup>2</sup>Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова, Казахстан,  
г. Караганда, ул. Университетская, 28, e-mail: [exciton@list.ru](mailto:exciton@list.ru)

<sup>3</sup>Институт прикладной математики МОН РК, г. Караганда, Казахстан.

Согласно классическому определению, термодинамическое равновесие – это равенство потоков энергии между системой и окружающей средой. Оно всегда реализуется через поверхность раздела. Учитывая это, можно утверждать, что поверхностный слой непосредственно участвует в диссипации энергии системой и является диссипативной структурой. Как диссипативная структура, поверхность, следовательно, обладает следующими свойствами: временем жизни определенного структурного состояния, которое зависит от внешних условий, областью локализации и фрактальной размерностью [1]. Обеспечивая термодинамическое равновесие объемной части тела с окружающей средой, поверхностный слой по сути своей является принципиально неравновесной структурированной системой и относится к числу открытых систем. Через поверхностный слой осуществляется постоянный приток энергии извне. Поэтому энергетический поток играет роль потока информации, на который поверхностный слой реагирует процессом самоорганизации структуры.

Фрактальная размерность металлических поверхностей примерно равна 2,5, но может изменяться в широких пределах [2]. Для композиционных покрытий ситуация несколько иная, чему и посвящена настоящая работа.

В настоящей работе исследованы композиционные покрытия, полученные ионно-плазменным методом при распылении катодов Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al; Zn-Al; Mn-Fe-Cu-Al. Перед нанесением покрытий в вакуумной камере производилась очистка подложек сначала тлеющим разрядом, для этого на подложку подавалось напряжение 1-3 кВ в течение 5-10 мин, затем - ионная очистка деталей. Для этого камеру откачивают до давления  $5 \cdot 10^{-5}$  мм рт. ст., через натекаль подаются чистый аргон до давления  $3-5 \cdot 10^{-4}$  мм рт. ст. и устанавливают напряжение разряда 700-800 В, напряжение на мишени 1-3 кВ. Ионная очистка проводится в течение 15-20 мин. Напыление проводилось при давлении  $5 \cdot 10^{-5}$  мм рт. ст., при достижении которого в камеру подавался аргон до давления  $5-8 \cdot 10^{-4}$  мм рт. ст., устанавливалось напряжение 900-1000 В. Напыление проводилось в течение 15-20 мин.

Для исследования поверхности покрытий в наномасштабе нами использовался атомно-силовой микроскоп NT-206. Метод атомно-силовой микроскопии (АСМ), сочетающий в себе режимы топографии и фазового контраста позволяет не только исследовать структуру поверхности в нанометровом масштабе, но и выявить в структуре поверхности зоны с изменением микромеханических свойств.

На рисунках 1-6 показаны АСМ-изображения и фрактальные структуры исследованных образцов, полученных в режиме латерально-силовой микроскопии (одновременно с контактной статической АСМ). Видно, что покрытия имеют глобулярную структуру, хотя и различную. В случае незамкнутых кольцевых структур – картина резко изменяется (рис. 7, 8). Подобные структуры и их свойства были описаны в работе [3].

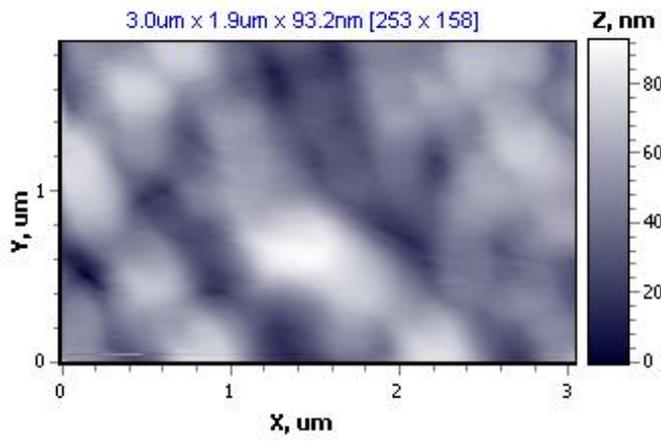


Рисунок 1 – АСМ-изображение покрытия Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al

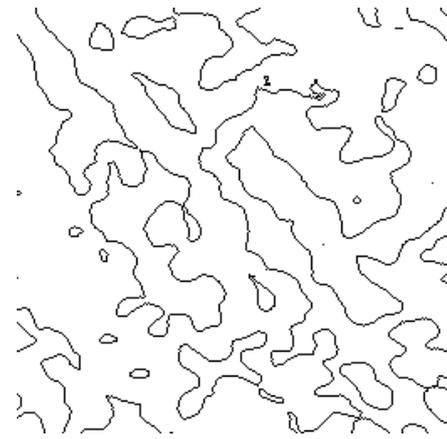


Рисунок 2 – Фрактальная структура покрытия Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al

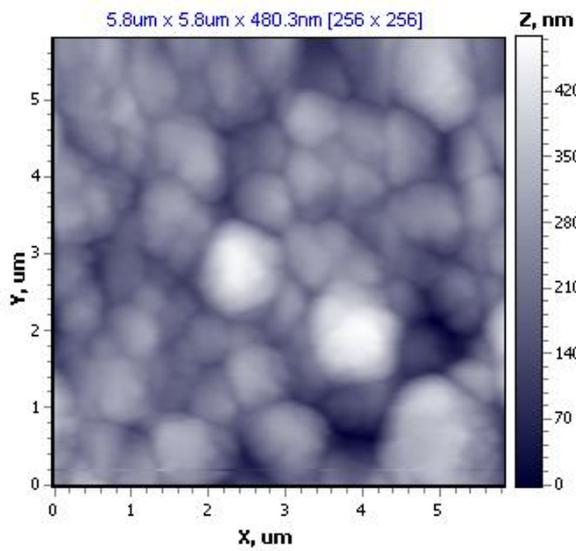


Рисунок 3 – АСМ-изображение покрытия Zn-Al

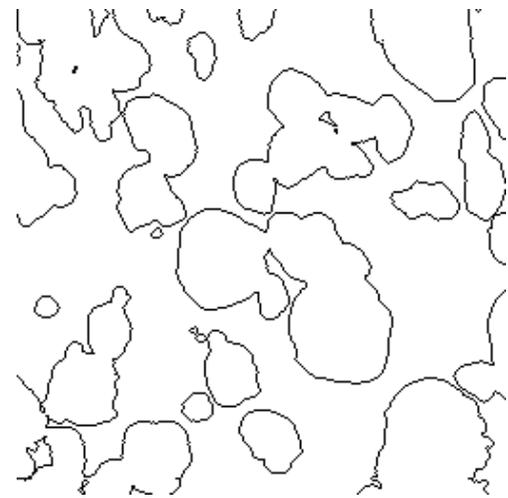


Рисунок 4 – Фрактальная структура покрытия Zn-Al

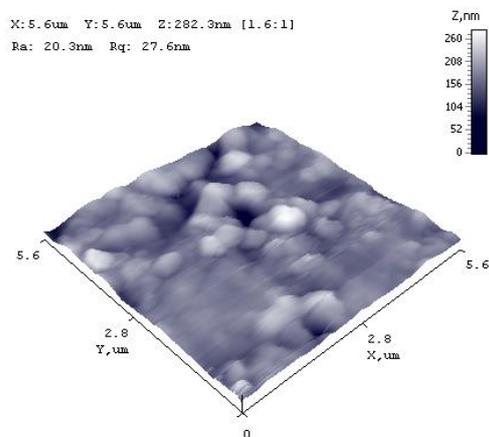


Рисунок 5 – АСМ-изображение покрытия Mn-Fe-Cu-Al



Рисунок 6 – Фрактальная структура покрытия Mn-Fe-Cu-Al

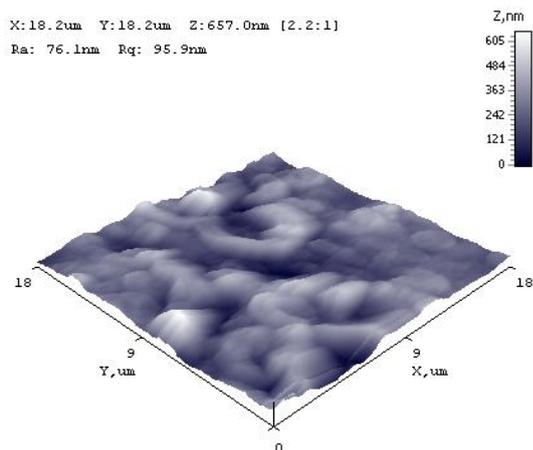


Рисунок 7 – АСМ-изображение покрытия Al-Fe

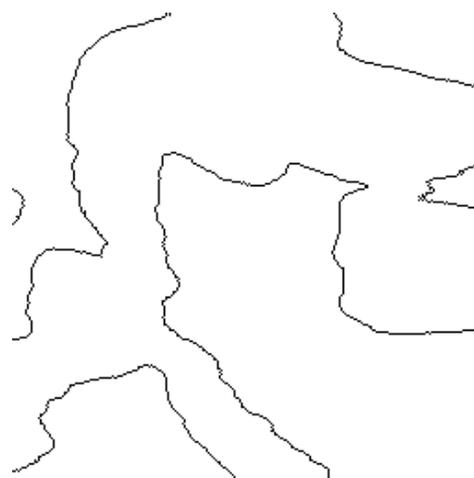


Рисунок 8 – Фрактальная структура покрытия Al-Fe

В таблице 1 представлены характеристики фрактальной структуры исследованных покрытий.

Таблица 1 - Параметры шероховатости и статистические характеристики

Покрытие	Шероховатость $R_a$ , нм	Дисперсия $R_q$	Ассиметрия $R_{sk}$	Эксцесс $R_{ku}$	Фрактальная размерность структуры $D_s$
Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al	13,34	18,23	0,17	7,35	1,89
Zn-Al	78,0	99,7	0,44	3,46	1,81
Mn-Fe-Cu-Al	29,89	41,42	0,15	8,97	1,79

В таблице 2 приведены измеренные нами значения физических величин для покрытий с глобулярной структурой. Из таблицы 2 видно, что микротвердость и модуль Юнга уменьшаются с уменьшением фрактальной размерности структуры покрытия. Отметим также, что фрактальная размерность структуры покрытия ниже, чем фрактальная размерность структуры металлической подложки.

Таблица 2 – Значения микротвердости и модуля упругости для покрытий с различной фрактальной размерностью.

Композиционное покрытие	Микротвердость, ГПа	Модуль Юнга, ГПа	Фрактальная размерность структуры $D_s$
Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al	55	0,6	1,89
Zn-Al	42	0,5	1,81
Mn-Fe-Cu-Al	36	0,3	1,79

Фрактальная размерность численно характеризует структуру приповерхностного слоя материала и степень его самоупрочнения. В местах упорядоченного вследствие поверхностной миграции расположения атомов (вершины зерен) фрактальная размерность

минимальна. При анализе участков поверхности с неупорядоченным расположением атомов (межзеренные границы) фрактальная размерность увеличивается,

Сила трения и упругость материала коррелируют с фрактальной размерностью участка поверхности. Сила трения максимальна, а упругость минимальна на участках в высокой фрактальной размерностью (то есть на участках, близких к межзеренным границам), минимальная же сила трения и максимальная твердость наблюдаются на участках, близких к вершинам зерен, имеющих меньшее значения фрактальной размерности [4].

Рассмотрим теперь затронутый вопрос с другой стороны. И сила трения и упругость материала связаны с работой разрушения микронеровностей поверхности материала. Работа  $A$  (Дж), разрушения микронеровностей пропорциональна вновь образованной поверхности частиц разрушенного материала:

$$A = \gamma \Delta S = K_R R^2, \quad (1)$$

где  $\gamma$  - временное сопротивление сжатию ( $\text{Н} \cdot \text{м} / \text{м}^2$ ),  $\Delta S$  – площадь вновь образованной поверхности ( $\text{м}^2$ ),  $K_R$  – коэффициент пропорциональности ( $\text{Н} \cdot \text{м} / \text{м}^2$ ),  $R$  – характерный размер неровности ( $\text{м}$ ).

Уравнение (1) соответствует гипотезе Риттингера (1867 г.) [5]. Если при разрушении неровности кубической формы энергия затрачивается в основном на деформацию объема, то в этом случае производимая работа прямо пропорциональна изменению его первоначального объема и определяется по формуле Кирпичева – Кика:

$$A = K \Delta V = K_K R^3, \quad (2)$$

где  $K$  и  $K_K$  – коэффициенты пропорциональности ( $\text{Н} \cdot \text{м} / \text{м}^3$ ),  $\Delta V$  – деформированный объем ( $\text{м}^3$ ).

П.А. Ребиндер (1941 г.) объединил обе гипотезы и в этом случае полная работа разрушения равна:

$$A = K_R R^2 + K_K R^3. \quad (3)$$

По гипотезе Бонда (1950 г.) полная работа разрушения пропорциональна среднему геометрическому между объемом и площадью поверхности неровности:

$$A = K_B \sqrt{R^2 R^3} = K_B R^{2.5}. \quad (4)$$

Все формулы (1)–(4) различаются коэффициентами пропорциональности и показателями степени диаметра разрушаемой неровности.

Логическим обобщением формул (1)–(4) является формула:

$$A = K_d R^{D_s}, \quad (5)$$

где  $D_s$  – фрактальная размерность структуры покрытия.

Формула (5) показывает, что с уменьшением фрактальной размерности должно происходить уменьшение и микротвердости и модуля Юнга. Это и наблюдается в эксперименте.

Отметим, однако, что с трением ситуация оказывается сложнее. В работах [6-8] нами получено следующее выражение для коэффициента трения:

$$k_{\text{тр}} = C \cdot T \cdot \frac{A}{\Delta \mu} \cdot \bar{N}, \quad (6)$$

где  $A$  – работа (энергия) разрушения,  $T$  – температура,  $\Delta\mu$  - изменение химического потенциала контактирующих металлов,  $\bar{N}$  - среднее число элементарных носителей разрушения (пропорциональное числу микронеровностей),  $C$  – постоянная.

Формула (6) показывает зависимость не только от работы разрушения, определяемой формулой (5), но и от других параметров материала.

Наноструктурные покрытия и пленки различных материалов находят в последние годы широкое применение во всех областях нанотехнологии. Особый интерес представляют наноразмерные пленки с фрактальной структурой и исследование закономерностей их формирования - это задача и фундаментальная и практическая.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований МОН РК. Грант 1034 ФИ.

## Литература

1. Ратнер М., Ратнер Д. Нанотехнология. – М.-СПб-Киев: «Вильямс». – 2004. – 240 с.
2. Barabasi A.L, Stanley H.E. Fractal Concept in Surface Cgrowth. – Cambridge: Cambridge Univ. Press. – 1995. – 346 p.
3. Псахье С.Г., Зольников К.П., Коноваленко И.С. Синтез и свойства нанокристаллических и субструктурных материалов. – Томск: изд-во Томского ун-та. – 2007. – 264 с.
4. Кобелев Я.Л. Феноменологические модели описания больших систем с фрактальными структурами // Автореф. канд. физ.-мат. наук, Екатеринбург.- 2001. – 25 с.
5. Партон В.З. Механика разрушения: от теории к практике. - М.: Наука, 1990. 240 с.
6. Юров В.М., Гученко С.А., Ибраев Н.Х. Определение коэффициента трения скольжения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2010, №8. – С. 148.
7. Юров В.М. Температурная зависимость коэффициента трения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2010, №8. – С. 151 – 152.
8. Юров В.М., Гученко С.А. Некоторые вопросы физики сухого трения // Вестник КарГУ, сер. Физика, 2011, № 1 (61). - С. 28-38.

УДК 532.6:546.22

## СВЯЗЬ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ МЕТАЛЛОВ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ С ИХ ТЕМПЕРАТУРОЙ ПЛАВЛЕНИЯ

<sup>1</sup>В.М. Юров, <sup>1</sup>Н.Х. Ибраев, <sup>2</sup>С.А. Гученко, <sup>2</sup>Е.Хуанбай

<sup>1</sup>Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова, Казахстан, г. Караганда, ул. Университетская, 28, e-mail: [exciton@list.ru](mailto:exciton@list.ru)

<sup>2</sup>Институт прикладной математики МОН РК, Караганда, ул. Университетская, 28 а.

Экспериментальное определение поверхностного натяжения твердых тел затруднено тем, что их молекулы (атомы) лишены возможности свободно перемещаться. Исключение составляет пластическое течение металлов при температурах, близких к точке плавления [1].

Недавно нами были предложены методы экспериментального определения поверхностного натяжения твердых диэлектриков и магнитных материалов, основанные на универсальной зависимости физического свойства твердого тела от его размеров [2-4].

В методе «нулевой ползучести» образец (длинной нити, фольги) нагревают до достаточно высокой температуры, так что он начинает сокращаться по длине под действием поверхностных напряжений. К образцу прикладывается внешняя сила, поддерживающая неизменной форму образца. По величине этой силы определяют величину поверхностного натяжения. Экспериментальные данные для некоторых металлов взяты из работы [5] и

приведены в таблице 1. Здесь же приведены результаты, полученные с помощью нашего метода [6].

Таблица 1 – Экспериментальные данные по поверхностному натяжению некоторых металлов в твердой и жидкой фазах.

Металл	Температура, °С	$\sigma$ , Дж/м <sup>2</sup> [5] (твердая фаза)	$\sigma$ , Дж/м <sup>2</sup> (наш метод)	$\sigma$ , Дж/м <sup>2</sup> (жидкая фаза)
Ag	930	1,14 ± 0,09		0,126
Al	180	1,14 ± 0,2	1,070	0,093
Au	1040	1,37 ± 0,15	1,312	0,132
Cu	900	1,75 ± 0,09		0,177
Pt	1310	2,3 ± 0,8		0,208
W	1750	2,9 ± 0,3		-
Zn	380	0,83		-

Из таблицы 1 следует, что в жидкой фазе поверхностное натяжение для всех металлов на порядок меньше, чем в твердой фазе. Из таблицы 1 также видно, что наш метод дает практически такие же результаты. Однако наш метод применим не только для чистых металлов при температуре, близкой к температуре плавления, но и при любой температуре, а также для тонких пленок и покрытий [7].

В работе [6] и ряде других нами получена формула, которая описывает зависимость физического свойства твердого тела от его размера:

$$A(r) = A_0 \cdot \left(1 - \frac{d}{r}\right). \quad (1)$$

Здесь  $A_0$  – физическое свойство массивного образца;  $A(r)$  – физическое свойство малой частицы или тонкой пленки;  $d$  – критический радиус или критическая толщина пленки, начиная с которого проявляются размерные эффекты. Для критического радиуса нами получена формула:

$$d = \frac{2\sigma v}{RT}. \quad (2)$$

Здесь  $\sigma$  – поверхностное натяжение массивного образца;  $v$  – молярный объем;  $R$  – газовая постоянная;  $T$  – температура.

Чтобы проиллюстрировать метод, приведем наши экспериментальные результаты, описанные в работе [8]. Удельная намагниченность магнетита исследовалась нами на вибрационном магнитометре. Размер зерна магнетита определялся на металлографическом микроскопе. Результаты показаны на рисунке 1. В координатах  $\chi/\chi_0 \sim 1/r$  экспериментальная кривая спрямляется в соответствии с (1), давая значение  $d = 0,30$  мкм. Для магнетита  $\vartheta = 44.5$  см<sup>3</sup>/моль, и из соотношения (2) для поверхностного натяжения  $\sigma$  получаем:  $\sigma = 10.07 \cdot 10^3$  эрг/см<sup>2</sup>. Расчет плотности поверхностной энергии для магнетита, проведенный многими авторами [9], дает  $\omega = 10.1 \cdot 10^3$  эрг/см<sup>2</sup>, что совпадает с полученной нами величиной  $\sigma$ .

В монографии японских и российских физиков [10] считается, что уменьшение температуры плавления малых частиц связано с тем, что атомы на поверхности имеют меньшее число соседей, чем в объеме, следовательно, менее крепко связаны и менее ограничены в своем тепловом движении. Там же отмечается, что обычно уменьшение температуры нанокристалла обратно пропорционально его размеру (рис.2). Однако теории этого эффекта пока нет.

Если воспользоваться аналогией скалярных полей, то мы получаем для температуры плавления малых частиц уравнение, аналогичное (1):

$$T_{пл} = T_0 \left(1 - \frac{d}{r}\right), \quad (3)$$

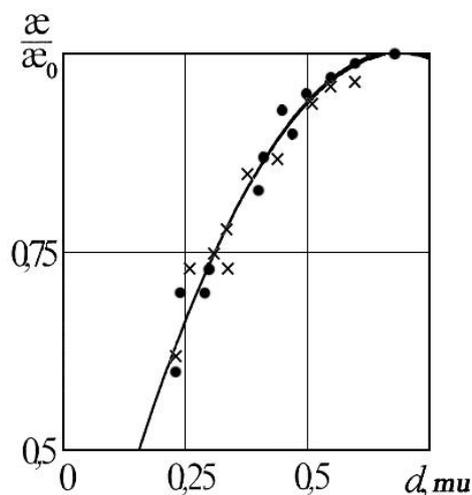


Рисунок 1. Зависимость относительной магнитной восприимчивости от диаметра зерна магнетита.

где  $T_0$  – температура плавления массивного образца.

Используя экспериментальные результаты, показанные на фигуре 2, можно по нашей формуле (3) определить поверхностное натяжение малых частиц золота.

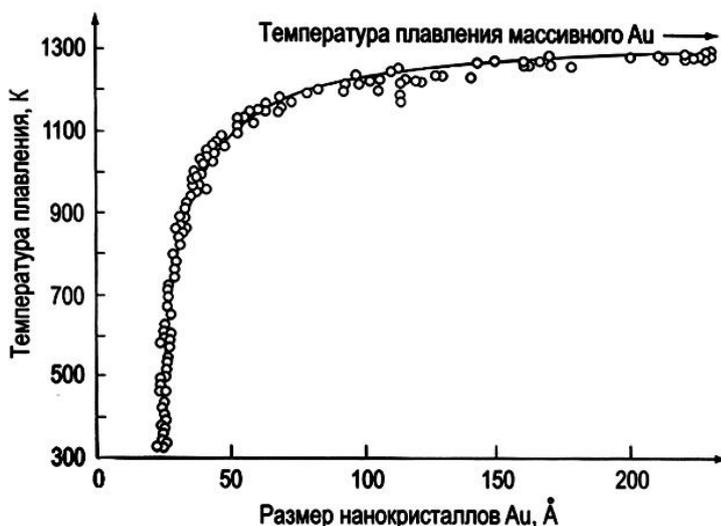


Рисунок 3. Температура плавления частиц золота как функция их размера [10].

При температуре  $T=1040$  °C величина поверхностного натяжения золота оказалась равной:  $\sigma = 1,312$  Дж/м<sup>2</sup>. Эта величина незначительно отличается от величины поверхностного натяжения, полученной в методе «нулевой ползучести» (таблица 1).

Из формулы (2) получается линейная зависимость поверхностного натяжения от температуры:

$$\sigma = \alpha T. \quad (4)$$

Используя данные таблицы 1, нетрудно вычислить коэффициент  $\alpha$ . Результаты расчета показаны в таблице 2.

Таблица 2. – Значения температурного коэффициента  $\alpha$  для поверхностного натяжения металлов.

Металл	$\alpha \cdot 10^{-3} \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$	Металл	$\alpha \cdot 10^{-3} \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$
Ag	0,94	Pt	1,5
Al	2,5	W	1,4
Au	1,1	Zn	1,2
Cu	1,5	-	-

Если учесть погрешность измерений (таблица 1), то значение коэффициента равно  $\alpha \approx 10^{-3} \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$  для всех металлов.

Из формулы (4) следует, что поверхностное натяжение чистых металлов связано с их температурой плавления соотношением:  $\sigma \approx 10^{-3} T_{\text{пл}}$ , (5)

Формула (5) позволяет оценить поверхностное натяжение всех металлов периодической системы Менделеева. В таблице 3 мы приводим результаты расчета по формуле (5) поверхностного натяжения для большинства металлов при температуре, близкой к температуре плавления, и при комнатной температуре, которое рассчитывается по формуле, аналогичной (5):  $\sigma \approx 10^{-3} (T_{\text{пл}} - T_{\text{к}})$ .

Таблица 3 – Поверхностное натяжение чистых металлов при температуре плавления  $\sigma_{\text{пл}}$  и комнатной температуре  $\sigma_{\text{к}}$ .

Металл	$\sigma_{\text{пл}}, \text{ Дж/м}^2$	$\sigma_{\text{к}}, \text{ Дж/м}^2$	Металл	$\sigma_{\text{пл}}, \text{ Дж/м}^2$	$\sigma_{\text{к}}, \text{ Дж/м}^2$
Cs	0,302	0,002	Cu	1,356	1,056
Rb	0,312	0,012	Ag	1,234	0,934
K	0,337	0,037	Au	1,336	1,036
Na	0,371	0,071	Zn	1,180	0,880
Li	0,452	0,152	Cd	1,040	0,740
Ba	0,983	0,683	Cr	2,173	1,873
Sr	1,030	0,730	Mo	2,873	2,573
Ca	1,12	0,810	W	3,673	3,373
Mg	0,923	0,623	Mn	1,517	1,217
Be	1,558	1,258	Tc	2,473	2,173
Ga	0,303	0,003	Re	3,423	3,123
In	0,429	0,129	Fe	1,808	1,508
Tl	0,576	0,276	Co	1,783	1,483
Al	0,933	0,633	Ni	1,726	1,426
B	2,673	2,373	La	1,193	0,893
C (алмаз)	3,813	3,513	Ce	1,077	0,777
C (графит)	4,073	3,773	Pr	1,808	1,508
Si	1,686	1,386	Nd	1,297	0,997
Ge	1,231	0,931	Sm	1,325	1,025
Sn	0,505	0,205	Eu	1,181	0,881
Pb	0,600	0,300	Gd	1,585	1,285
Bi	0,544	0,244	Tb	1,629	1,329

Значения поверхностного натяжения при комнатной температуре приведены для того, чтобы можно было сравнивать их для различных металлов при одинаковых условиях.

Если воспользоваться методом аналогии, можно получить формулу типа (1):

$$\sigma(r) = \sigma_0 \left( 1 - \frac{r_k}{r} \right). \quad (6)$$

Используя формулу (6), можно экспериментально определить  $r_k$ . Затем используя данные таблицы (2) и формулу (6), мы вычисляем значение поверхностного натяжения наночастиц размером 2 и 10 нм. Результаты вычислений для некоторых металлов при  $T = 300$  К представлены в табл. 4.

Из таблицы 4 видно, что уже при размере частиц больше 10 нм величина поверхностного натяжения приближается к величине поверхностного натяжения массивного образца (см., таблицу 2). При значении  $r < r_k \approx 1$  нм поверхностное натяжение становится отрицательной величиной и свойства наночастиц должны существенно изменяться.

Таблица 4 – Поверхностное натяжение наночастиц некоторых металлов

Металл	T, К	$\sigma(r), r = 2$ нм Дж/м <sup>2</sup>	$\sigma(r), r = 10$ нм Дж/м <sup>2</sup>
Серебро	300	0,467	0,925
Золото	300	0,518	1,026
Медь	300	0,528	1,045

Нанокompозитные покрытия представляют собой новую генерацию материалов. Поскольку для наноструктур основную роль в физических процессах играет поверхность, то и во всех случаях необходимо учитывать именно характеристики поверхности и, в первую очередь, поверхностное натяжение.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований МОН РК. Грант 1034 ФИ.

### Литература

1. А.Я. Гохштейн. Поверхностное натяжение твердых тел и адсорбция. М.,: Наука, 1976, 256 с.
2. В.М. Юров, А.Н. Ещанов, А.Т. Кукетаев. Способ измерения поверхностного натяжения твердых тел // Патент РК №57691. Оpubл. 15.12.2008, Бюл. №12.
3. В.М. Юров, В.С. Портнов., М.П. Пузеева. Способ измерения поверхностного натяжения и плотности поверхностных состояний диэлектриков // Патент РК №58155, Оpubл. 15.12.2008, Бюл. №12.
4. В.М. Юров, В.С. Портнов., М.П. Пузеева. Способ измерения поверхностного натяжения магнитных материалов // Патент РК №58158, Оpubл. 15.12.2008, Бюл. №12.
5. В.И. Ролдугин. Физикохимия поверхности. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2008, 568 с/
6. Юров В.М., Гученко С.А., Ибраев Н.Х. Поверхностное натяжение металлов в жидкой и твердой фазах // Научная жизнь, 2009, №5. - С.18-21.
7. Юров В.М., Гученко С.А., Ибраев Н.Х. Способ измерения поверхностного натяжения осаждаемых покрытий // Патент РК №66095. Оpubл. 15.11.2010, Бюл. №11/
8. Юров В.М. Магнитная восприимчивость малых частиц ферромагнетиков // Современные проблемы науки и образования, 2009, №4. - С.152-156.
9. Вонсовский В.С. Магнетизм. М.: Наука, 1971. 1032 с.
10. Оура К., Лифшиц В.Г., Саранин А.А. и др. Введение в физику поверхности. - М.: Наука, 2006, - 490с.

## ВЛИЯНИЕ ОСТАТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

<sup>1</sup>Н.Х.Ибраев, <sup>1</sup>В.М.Юров, <sup>2</sup>Е.Н.Вертягина, <sup>3</sup>С.А.Гученко, <sup>3</sup>Е.Хуанбай

<sup>1</sup>Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова, Казахстан,  
г. Караганда, ул. Университетская, 28, e-mail: [exciton@list.ru](mailto:exciton@list.ru)

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, г. Астана, Казахстан

<sup>3</sup>Институт прикладной математики МОН РК, г. Караганда, Казахстан,

Непосредственное влияние на структуру и физические свойства покрытий, полученных методом ионно-плазменного осаждения, оказывают следующие параметры [1-2]:

- давление реакционного газа в рабочей камере;
- потенциал основы;
- ток разряда дуги;
- свойства материала катода;
- температура подложки.

Из проведенных нами исследований следует, что потенциал основы в пределах 20-400 В не влияет на основные физико-механические характеристики покрытия, оказывая влияние только на толщину покрытия. При опорных напряжениях до 20 и выше 400 В микротвердость незначительно снижается, поэтому оптимальное значение опорного напряжения находится в пределах 20-400 В. В наших экспериментах мы придерживались среднего значения опорного напряжения, равного 200 В.

В настоящей работе использовались композиционные катоды: (Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al), (Zn-Al), (Zn-Cu-Al), (Mn-Fe-Cu-Al), (Al-Fe). С помощью этих катодов наносились покрытия на установке ННВ - 6.6И1 на стальную подложку при различных технологических режимах. Количественный анализ элементного состава композиционных катодов проводился на электронном микроскопе JEOL JSM-5910. Исследование микротвердости композиционных покрытий проводилось на микротвердомере ISOSCAN OD. Для исследования поверхности покрытий в наномасштабе нами использовался атомно-силовой микроскоп NT-206. Контроль качества покрытий производился на установке ПККП – 1К методом анодно-поляризационного инициирования дефектов (АПИД). Метод АПИД является формой испытания, которое включает в себя нагружение, моделирующее механические нагрузки в покрытии в процессе эксплуатации и регистрации реакции покрытия на данное нагружение.

Время процесса напыления в соответствии с островковой моделью нанесения покрытий нелинейно увеличивает толщину покрытия: в начальный момент роста пленка формируется в виде островков и интенсивность отражения частиц от подложки сравнительно мала; при дальнейшем росте островки начинают сливаться, доля покрытой поверхности увеличивается и увеличивается равновероятность прохождения процессов осаждения и распыления покрытия. Следовательно, толщина покрытия интенсивно возрастает в течение первых 1,5-2 минут, а в дальнейшем ее рост замедляется. При увеличении толщины пленки ухудшаются морфологические свойства покрытия, поэтому максимум прочностных характеристик приходится на ее размер в пределах 5...10 мкм.

Таким образом, создаются жесткие условия для нанесения покрытий, и единственным параметром, который допускается варьировать для изменения физико-механических свойств данных покрытий, является давление рабочего газа – азота – во время напыления. Нами была исследована зависимость свойств композиционных покрытий от давления азота в рабочей камере; при этом сила тока, опорное напряжение, материал катода, условия закрепления и теплоотвода, время процессов очистки и

напыления оставались постоянными. Температура в процессе нанесения покрытия менялась, но поскольку время очистки, ток дуги катода, величина потенциала подложки для всех образцов были одинаковыми, то незначительное изменение температуры не сказывалось на результатах эксперимента. В таблице 1 представлены результаты по микротвердости, а на рис. 1 по методу АПИД.

Таблица 1 – Зависимость микротвердости покрытия от давления газа в камере

Остаточное давление газа в камере	Микротвердость по Виккерсу, HV			
	Al - Fe	Zn – Cu - Al	Zn –Al	Al - Fe
$10^{-8}$	0,662			0509
$10^{-7}$	0,66			0,512
$10^{-6}$	0,60	0,573	0,569	0,514
$10^{-5}$	0,61	0,600	0,520	0,470

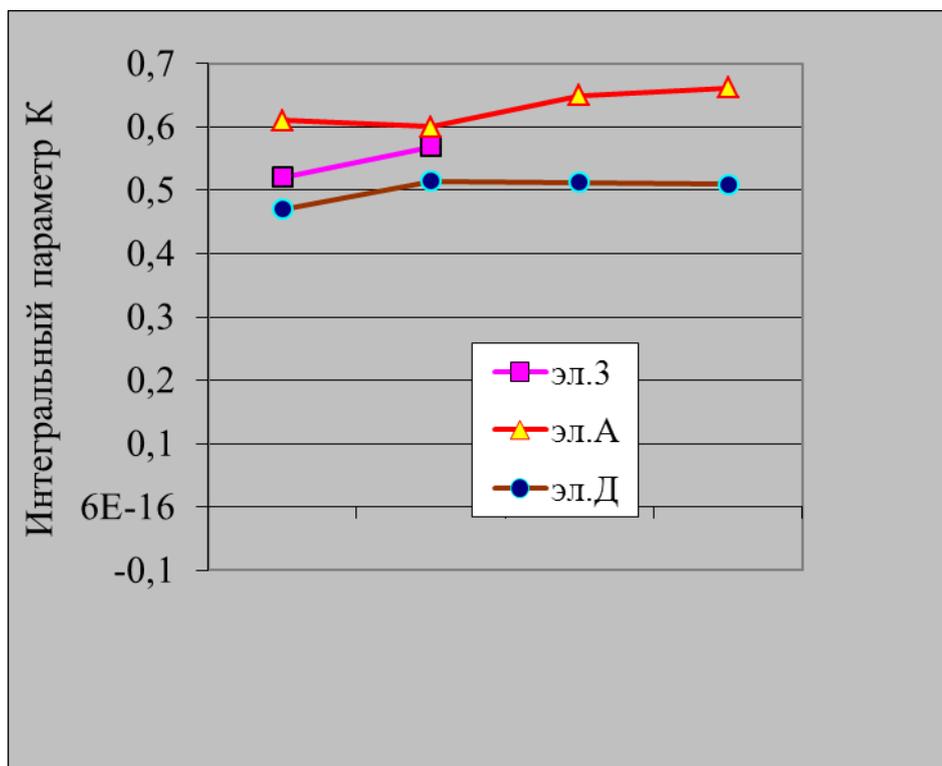


Рисунок 1 - Изменение интегрального параметра К с изменением тока испарителя

При давлении азота  $P = 0,058-0,81$  Па формируется мелкая плотная текстура, близкая к стехиометрическому составу, которая характеризуется оптимальным, с точки зрения металлических свойств, соотношением металлической и ионной составляющих связи. При этом содержание капельной фазы уменьшается, а количество пор и отслоений увеличивается. При дальнейшем повышении давления большое число свободных ионов приводит к резкому увеличению количества пор и отслоений.

Проанализировав результаты исследования, можно сделать вывод о том, что образцы, полученные при давлении азота  $P = 0,081-0,81$  Па, имеют наиболее равномерно распределенную мелкую плотную структуру, минимальное содержание капельной фазы, пор, наплывов, отслоений и наибольшие значения микротвердости (рис. 2).

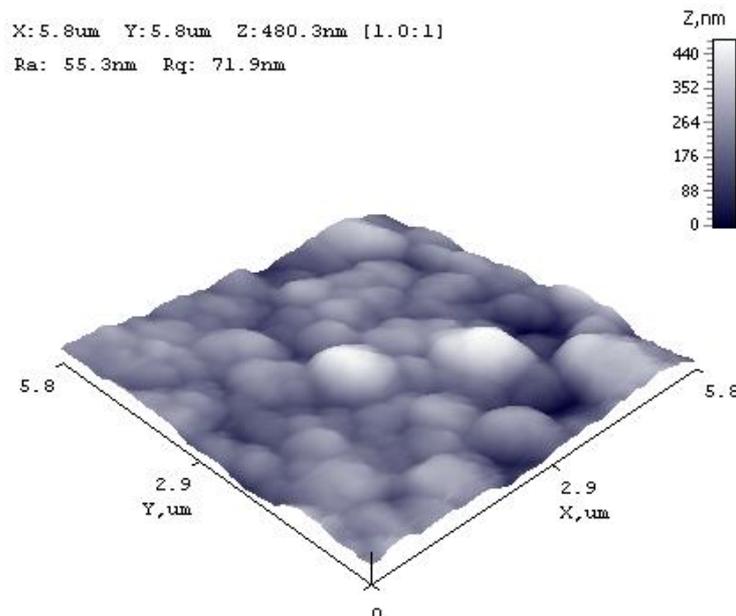


Рисунок 2 – АСМ – изображение покрытия Al – Zn при давлении азота  $P = 0,41 \text{ Па}$

Несмотря на то, что делаются попытки теоретического описания плазменных методов осаждения покрытий, однако на сегодняшний день они носят качественный и рекомендательный характер. Последнее слово за экспериментом и для отработки того или иного метода получения покрытий с заданными свойствами необходима большая трудоемкая работа по определению оптимальных технологических параметров с учетом свойств катодов, реактивных газов и материала самой подложки. Иллюстрацией сказанному и явилась настоящая работа.

### Литература

1. Михайлов А.Н., Михайлов В.А., Михайлова Е.А. Ионно-плазменные вакуумные покрытия - основа широкого повышения качества изделий машиностроения // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. - Донецк: ДонНТУ, 2004. Вып. 28. С. 108 – 115.
2. Мовчан Б.А., Демчишин А.В. Исследование структуры и свойств толстых вакуумных конденсатов никеля, титана, вольфрама, окиси алюминия и двуокиси циркония // ФММ. – 1969.-Т. 28, №4. С. 23-30.

УДК 535.37:537.312:539.16.04

## ВЛИЯНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОТЖИГА НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА «ПОЛИИМИД- $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ »

**\*Мурадов А.Д., Сарсембаев Г.Б., \*Ким М.И.**

\*Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан  
Алматинский экономический колледж, Алматы, Казахстан

До сегодняшнего дня существенными факторами, ограничивающими широкое применение высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП), являются: технологические трудности при изготовлении керамических изделий сложной конфигурации, а также хрупкость этих изделий. Разработка полимерных композиционных материалов (ПКМ) с ВТСП наполнителем является одним из возможных путей решения этой проблемы. Получения гибких изделий, состоящих из полимерной матрицы с ВТСП наполнителем, пред-

ставляет научный и практический интерес. Оптические свойства ПКМ определяются их внутренней структурой и условиями термической обработки.

Нами было рассмотрено влияние низкотемпературного отжига на оптические свойства чистой полиимидной пленки и полимерных композиций полиимида с ВТСП наполнителем различных концентраций. В качестве матрицы был выбран – полиимид, который обладает исключительной химической стойкостью к воздействию внешних агрессивных сред и имеет высокие показатели физико-механических свойств, в частности термостойкостью при высоких и низких температурах [1].

### Методика эксперимента

В качестве объектов исследования были выбраны ПКМ на основе полиимида с наполнителем ВТСП.

Исследуемые образцы были получены методом механического смешения с порошковым наполнителем и последующей сушкой при температуре 100 °С. В качестве наполнителя использовался мелкокристаллический порошок из ВТСП состава  $YBa_2Cu_3O_{6,7}$  (YBCO), полученный по методике твердофазного синтеза из оксидов и карбонатов. Порошок  $YBa_2Cu_3O_{6,7}$  получен путем диспергирования. По данным гранулометрического анализа ~80 % (масс.) порошков состояло из частиц размерами 1-10 мкм.

Образцы ПКМ представляли собой полимерную пленку с различными концентрациями (С) наполнителя: С = 0,05% - толщиной ( $d$ ) = 75 мкм, С = 0,1% -  $d$  = 85 мкм, С = 0,5% -  $d$  = 82 мкм. В качестве контрольного образца брался чистый полиимид с толщиной  $d$  = 40 мкм.

Исследование оптических свойств системы «Полиимид-YBCO» проводилось с помощью спектрофотометра СФ-2000 предназначенного для измерения спектральных коэффициентов направленного пропускания жидких и твердых прозрачных образцов, со спектральным диапазоном 190 – 1100 нм. Предел допустимого значения абсолютной погрешности при измерении спектральных коэффициентов не превышал 1%.

Принцип работы прибора основан на измерении отношении двух световых потоков: светового потока прошедшего через исследуемый образец и потока падающего на исследуемый образец.

Коэффициент пропускания исследуемого образца рассчитывался по формуле [2]:

$$T = \frac{I - I_0}{I_E - I_0}$$

где,  $I$  - сигнал, пропорциональный световому потоку, прошедшему через исследуемый образец;

$I_E$  - сигнал, пропорциональный световому потоку, прошедшему через контрольный образец;

$I_0$  - сигнал, пропорциональный темновому току приемника.

Прибор работал с персональным компьютером типа IBM PC и программными продуктами семейства Windows 98-XP. Управление осуществлялось с помощью клавиатуры и мышки компьютера, специальная программа отображала информацию на экране.

Образцы размерами 13×13 мм и рабочей областью 10×10 мм с толщинами (70 ÷ 90) мкм вставлялись в специальные кюветы спектрофотометра для проведения оптических исследований. Предварительно изучалось влияние концентрации наполнителя на изменение коэффициента пропускания света полученных образцов от длины волны. Далее образцы отжигались в жидком азоте в течение 5 мин. После этого, через 72 часа, опять изучались спектральные характеристики коэффициента пропускания.

## Обсуждение результатов

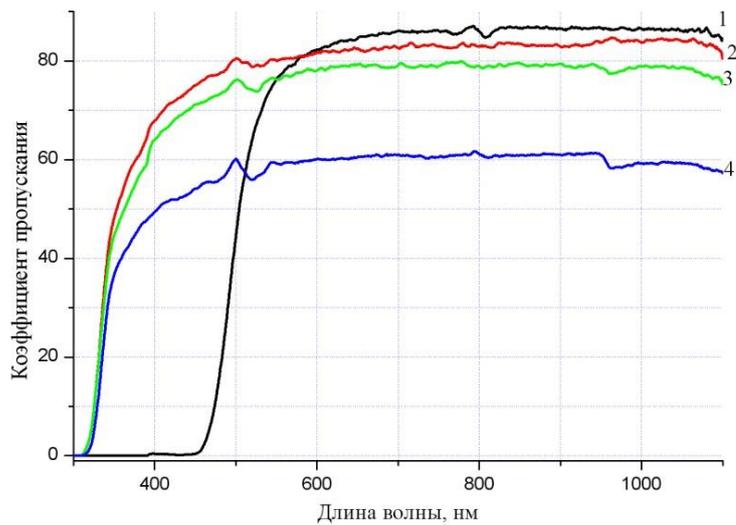


Рис. 1 - Спектральная зависимость коэффициента пропускания света системы «ПИ-  $YBa_2Cu_3O_{6,7}$ » от концентрации наполнителя до низкотемпературного отжига: 1 - полиимид; 2 - 0,05%; 3 - 0,1%; 4 - 0,5%

На рисунке 1 представлены концентрационные зависимости коэффициента пропускания света для полиимидной пленки и ПКМ до низкотемпературного отжига. Из рисунка 1 видно, что коэффициент пропускания света для полиимидной пленки равен нулю в ультрафиолетовом диапазоне ( $\lambda = 190 - 390$  нм). В этом диапазоне образец ведет себя как оптически плотная система. Однако в спектральном диапазоне 450 – 1100 нм (видимый и ближний инфракрасный диапазон) коэффициент пропускания его в этой области резко увеличивается до 85%.

Введение наполнителя из YBCO в ПИ пленку приводит к снижению интенсивности пиков спектра и смещению границ пропускания света в ультрафиолетовом диапазоне ( $\lambda < 300$  нм). Это связано с внутренней реструктуризацией матрицы ПКМ, заключающейся во влиянии на оптические центры ПИ пленки кристаллов YBCO. Так для образцов с концентрациями наполнителя 0,05% и 0,1 % изменение  $T$  по величине сравнительно мало, а для концентрации 0,5 % - его величина уменьшается примерно на два порядка. Поведение спектров для всех образцов с ВТСП наполнителем в ультрафиолетовом диапазоне идентичны.

Низкотемпературный отжиг не повлиял на характер основного спектра для всех образцов (рисунки 1-2). Это свидетельствует о сохранении структуры образцов после отжига. В диапазоне 450 – 1100 нм коэффициент пропускания света у полиимидной пленки уменьшается примерно на 3 - 6%.

Введение в полимерную матрицу наполнителя YBCO концентрацией 0,5 % вызывает информативные изменения в спектре коэффициента пропускания света. В области длин волн 450 – 1100 нм коэффициент пропускания света увеличивается примерно на 15% по сравнению с исходным значением. Такое поведение связано с обратной реструктуризацией матрицы ПКМ.

В области 450 – 1100 нм, для этих же образцов с концентрациями 0,05 % и 0,1%, величины коэффициента пропускания света практически остаются постоянными и мало отличаются от поведения спектров самой полиимидной пленки.

Из полученных данных видно, что в результате низкотемпературного отжига у полиимидной пленки при  $\lambda \sim 450$  нм наблюдается резкое изменение коэффициента пропускания света и оптической плотности. Оптические характеристики ПКМ образцов с ВТСП

наполнителем сильно зависят от оптических свойств ПИ пленки. Наблюдаемое снижение пиков и смещение границ пропускания света и оптической плотности спектров в ультрафиолетовом диапазоне ( $\lambda < 300$  нм), связано с внутренней реструктуризацией, заключающейся во влиянии оптических центров ПИ пленки.

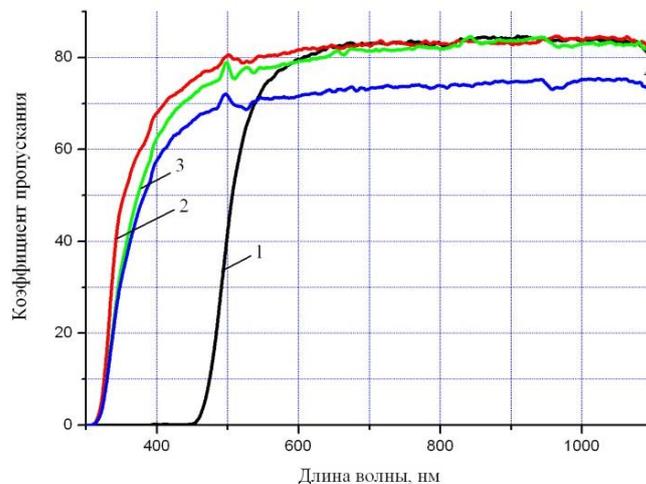


Рис. 2 - Спектральная зависимость коэффициента пропускания света образцов «ПИ-  $YBa_2Cu_3O_{6,7}$ » от концентрации наполнителя после низкотемпературного отжига жидким азотом. 1 - полиимид; 2 - 0,05%; 3 - 0,1%; 4 - 0,5%

После низкотемпературного отжига коэффициент пропускания света у полиимидной пленки уменьшается на 3 – 6%, а изменение оптической плотности не наблюдается, что связано с уменьшением концентрации свободных ионов в структуре полиимидной пленки.

Для образцов ПКМ с концентрациями ВТСП наполнителя 0,05%, 0,1% коэффициент пропускания света остается неизменным, а для концентрации 0,5% характерно увеличение коэффициента пропускания света на 15 %. Это свидетельствует о процессах, связанных с обратной реструктуризацией матрицы ПКМ. Влияние низкотемпературного отжига на систему «ПИ – ВТСП» ведет к частичному восстановлению оптических свойств полиимидной пленки.

### Выводы

Анализ приведенных выше экспериментальных данных после низкотемпературного отжига системы «Полиимид -  $YBa_2Cu_3O_{6,7}$ » позволяет сделать следующие выводы:

1) Низкотемпературный отжиг полиимидной пленки уменьшает коэффициент пропускания света на 3 – 6%, что связано с уменьшением концентрации свободных радикалов в объеме материала;

2) Оптические характеристики ПКМ образцов с ВТСП наполнителем сильно зависят от оптических свойств ПИ пленки. Резкое возрастание коэффициента пропускания света, при  $\lambda \sim 450$  нм и наблюдаемое снижение пиков и смещение границ пропускания света в ультрафиолетовом диапазоне ( $\lambda < 300$  нм), связано с внутренней реструктуризацией, заключающейся во влиянии оптических центров ПИ пленки;

3) Введение ВТСП наполнителя в полиимид концентрацией 0,05 масс.%; 0,1 масс.% не вызывает изменений коэффициента пропускания света, а для концентрации 0,5 масс.% вызывает его увеличение на 15 %. Это свидетельствует о процессах, связанных с обратной реструктуризацией матрицы ПКМ. Низкотемпературный отжиг системы «ПИ –  $YBa_2Cu_3O_{6,7}$ » ведет к частичному восстановлению оптических свойств полиимидной пленки.

## Литература

1. Бюллер К-У. Тепло- и термостойкие полимеры - М.: Химия, 1984. - 156 с.
2. Спектрофотометры СФ-2000 и СФ-2000-02. Руководство по эксплуатации. СПб.: ЗАО «ОКБ Спектр», 2006.- 30 с.

### ИМПУЛЬСНАЯ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КРИСТАЛЛОВ $\text{LiKSO}_4 - \text{Cu}^{2+}$

**Кидибаев М.М., Шаршеев К., Клименко О.И., Рысмендеева А.**

Иссык-Кульский государственный университет им. К.Тыныстанова, г. Каракол

Спектры импульсной катодолюминесценции (ИКЛ), исследованных кристаллов были получены при облучении кристаллов электронным пучком с высокой плотностью тока (длительность импульса 2 нс, энергия электронов  $E=160-200$  кеВ, плотность тока в пучке  $j=100-300$  А/см<sup>2</sup>) от ускорителя РАДАН. Спектры люминесценции были зарегистрированы ССД - детектором, подключенным к компьютеру, в спектральном интервале от 300 до 800 нм.

При исследовании импульсной катодолюминесценции нами обнаружена новая для  $\text{LiKSO}_4 - \text{Cu}^{2+}$  полоса с максимумом около 2,7 эВ (470-480 нм). Также при проведенных ранее исследованиях [1] наблюдалась полоса при 5,8 эВ (214 нм), обусловленная экситонными проявлениями. Полоса 214 нм проявлялась и ранее в других сульфатах, в частности, она была обнаружена Ч.Б.Лушиком и др. в облученном электронами неактивированном сульфате калия  $\text{K}_2\text{SO}_4$  и связывалась с молекулярными экситонами и кросслюминесценцией. Полоса 214 нм наблюдалась также и в активированном кристалле  $\text{K}_2\text{SO}_4 - \text{Cu}^+$ . В кристалле  $\text{K}_2\text{SO}_4 - \text{Cu}^+$  медь не проявлялась как индивидуальный активатор - возникновение УФ-люминесценции 214 нм связывалось с миграцией ионов  $\text{O}^-$  и их рекомбинацией с ионами  $\text{SO}_3^-$ .

Для выяснения влияния ионов меди на дырочно-рекомбинационные процессы и выявления эффектов их индивидуального проявления в спектрах свечения нами были проведены эксперименты по измерению люминесцентных характеристик кристаллов  $\text{LiKSO}_4 - \text{Cu}^+$ . При лазерном возбуждении с энергией, заведомо меньшей ширины запрещенной зоны  $E_g$ , т.е. для случая, экситонных эффектов ожидать нельзя, а можно только наблюдать проявление примесных эффектов

В спектре свечения наблюдается широкая полоса в области 4,9-1,54 эВ (250-800 нм), т.е. свечение простирается даже в антистоксову (по отношению к длине волны возбуждения  $\lambda=337$  нм) область. Основная светосумма высвечивается в синей области с максимумом при 3,1 эВ (400 нм). Наблюдается также слабая полоса в области 1,6 эВ (778 нм). При разложении на гауссианы, кроме полосы 3,1 эВ, выявляется дополнительная полоса с максимумом при 2,7 эВ (460 нм), а также две слабые полосы при 2,3 эВ (540 нм) и 2 эВ (620 нм). По нашим оценкам, ширина запрещенной зоны кристаллов  $\text{LiKSO}_4 > 6,2$  эВ (решеточное поглощение начинается при длинах волн  $< 200$  нм). В связи с этим при облучении кристаллов  $\text{LiKSO}_4$  лазерным излучением с длиной волны 337 нм (3,6 эВ) электронно-дырочные пары не создаются. Наблюдаемое свечение обусловлено, по видимому, ионами  $\text{Cu}^+$ . Известно проявление индивидуальных свойств активаторов - ионов  $\text{Cu}^+$  в целом ряде матриц, например в  $\text{CdCl}_2$  и  $\text{CdBr}_2$  [2]. Для сравнения в таблице приведены энергии полос излучения кристаллов  $\text{CdCl}_2 - \text{Cu}^+$ ,  $\text{CdBr}_2 - \text{Cu}^+$  и  $\text{LiKSO}_4 - \text{Cu}^+$  (основные полосы).

На базе кристаллов  $\text{LiKSO}_4 - \text{Cu}^+$ , был предложен сцинтилляционный детектор для регистрации альфа излучения и нейтронов [3]. Он пригоден для использования в комплексах и системах радиэкологического мониторинга для установления зон радиационного загрязнения, а также для целей персональной дозиметрии. Состав  $\text{LiKSO}_4 -$

$\text{Cu}^+$  ранее использовался в качестве пиро- или сегнето- электриков, а также в качестве датчика электронного парамагнитного резонанса - ЭПР-датчика. Применение кристаллов  $\text{LiKSO}_4$  в качестве неорганических сцинтилляторов стало возможным благодаря обнаруженному сцинтилляционному эффекту с повышенным быстродействием и близости эффективного атомного номера  $Z_{\text{эфф}}=12$ . Последнее снимает проблему "хода с

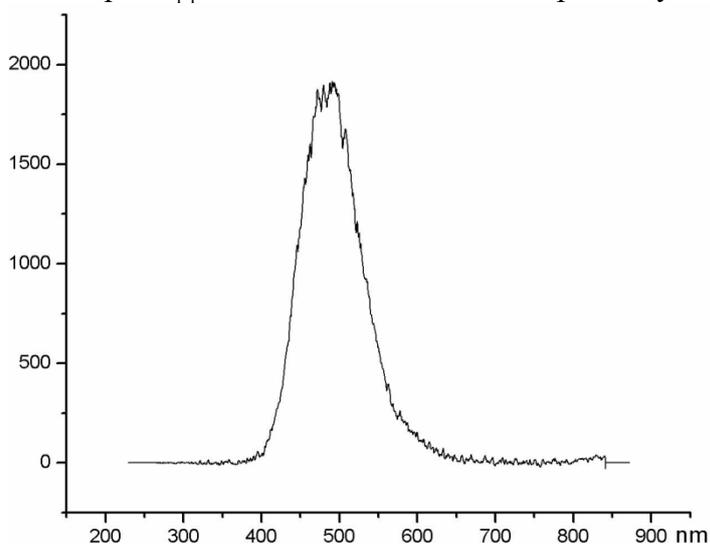


Рис. 1. Спектр импульсной катодолуминесценции кристалла  $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}^{2+}$ .

**Таблица 1.** Позиции полос люминесценции составов, активированных ионами

Состав	Энергия полос излучения, эВ			Литература
$\text{CdCl}_2\text{-Cu}^+$	1.75	2.85	3.3	[2]
$\text{CdBr}_2\text{-Cu}^+$		2.77	3.13	[2]
$\text{LiKSO}_4\text{-Cu}^{2+*}$	1.6	2.7	3.1	Наши данные

\* Указаны основные полосы

жесткостью" и обеспечивает выполнение метрологических требований для индивидуальной дозиметрии. Световой выход сцинтилляций  $C_{\text{отн}}$  для кристаллов  $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}^{2+}$  составляет 30% относительно световых выходов известных кристаллов  $\text{LiI-Eu}$ , однако предложенный сцинтиллятор обладает в 15 раз меньшей длительностью сцинтилляций и обеспечивает соответственно в 10-15 раз более высокую загрузочную способность. Сцинтиллятор на основе  $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}^{2+}$  обладает более высокой химической стойкостью (негигроскопичен) по сравнению с  $\text{LiI-Eu}$ . Сцинтиллятор  $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}^{2+}$  регистрирует, как и кристалл  $\text{LiI-Eu}$ , тепловые нейтроны в соответствии с реакцией  ${}^6\text{Li}(n, \alpha){}^3\text{H}$ , т.е. тепловые нейтроны поглощаются ядрами изотопа  ${}^6\text{Li}$  (до 7% в естественной смеси изотопов или обогащенные по  ${}^6\text{Li}$  составы до  $10^{21}\text{-}10^{22}\text{ см}^{-3}$ ) с последующим альфа-распадом и образованием ядер трития  ${}^3\text{H}$ . Световой выход сцинтилляций  $C_{\text{отн}}$  для кристаллов  $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}^{2+}$  составляет ~10-12% относительно световых выходов кристаллов  $\text{CsI-Tl}$ , однако предложенный сцинтиллятор обладает 11 раз более короткой длительностью сцинтилляций, нежели кристаллы  $\text{CsI-Tl}$ . Дополнительным преимуществом сцинтиллятора  $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}^{2+}$  является его определенная избирательность к альфа-излучению и нейтронному излучению на фоне гамма-излучения. Эта избирательность обусловлена низким эффективным атомным номером кристаллов  $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}^{2+}$ , что особенно при малых толщинах кристаллов делает их слабо чувствительными к гамма-излучению.

Низкий  $Z_{\text{эфф}}$  кристаллов  $\text{LiKSO}_4$  обеспечивает меньшую энергетическую зависимость чувствительности изготавливаемых на их основе детекторов.

## Литература

1. К. Sharsheev, B.V. Shulgin, D.V. Raikov, Ch.T. Ordobaeva, V.I. Solomonov, S.G. Mikhailov. Luminescence of  $\text{LiKSO}_4\text{-Cu}$  single crystals.
2. Н. Matsumoto, Н. Nakawa, Н. Kuwatara. J. Phys. Sol. Jap., 44(1978), 957-964.

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

## КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В МОДИФИЦИРОВАННОЙ $f(R)$ ГРАВИТАЦИИ

<sup>1</sup>Шаршекеев О.Ш., <sup>1</sup>Иманалиев У.М., <sup>2</sup>Сагынбаева М., <sup>3</sup>Фоломеев В.Н.

<sup>1</sup>Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, Бишкек, ул. Фрунзе 547

<sup>2</sup>Таласский государственный университет, г.Талас, Кыргызская Республика

<sup>3</sup>Институт физико-технических проблем и материаловедения НАН КР, Бишкек

*Рассмотрены две космологические модели в рамках модифицированной теории гравитации, когда уравнения Эйнштейна изменяются путем добавления слагаемого вида  $f(R) \sim R^n$ , где  $R$  есть скалярная кривизна. Первая модель описывает временную эволюцию Вселенной, вторая – статическую многомерную модель Вселенной в рамках теории бран. Для первой модели, полученные теоретические результаты сравниваются с данными астрономических наблюдений.*

Открытие в 1920-х годах А.Фридманом и Э.Хабблом расширения Вселенной стимулировало поиск соответствующих физических и математических моделей, адекватно описывающих такое расширение. Исследования, выполненные в последующие десятилетия, позволили создать стройную картину эволюции Вселенной от ранней эпохи до наших дней – Стандартную модель. В дополнение к ней в начале 1980-х годов была предложена так называемая инфляционная теории, призванная решить целый ряд проблем, имеющих в рамках Стандартной модели [1]. В инфляционной теории, описывающей эволюцию очень ранней Вселенной, предполагается, что в раннюю эпоху наша Вселенная расширялась чрезвычайно быстро – по экспоненциальному закону. Но, как показали дальнейшие астрономические наблюдения, выполненные в последние 10-12 лет, ускоренно расширяется не только ранняя, но и современная Вселенная [2]. Это открытие привело к необходимости поиска физических механизмов, способных обеспечить такое ускорение. В последние годы в этом направлении было проведено большое количество исследований. При этом одним из перспективных направлений является рассмотрение космологических моделей в рамках, так называемых модифицированных теорий гравитации. В таких теориях предполагается, что гравитационная теория Эйнштейна является лишь приближенной и применимой к описанию Вселенной на относительно небольших масштабах. При рассмотрении же эволюции Вселенной в целом необходимо пользоваться более общими теориями, в которых появляются новые слагаемые, зависящие от инвариантов кривизны. В простейшем случае это может быть некая произвольная функция  $f(R)$ , зависящая от скалярной кривизны  $R$ . Такого рода теории с успехом применялись ранее при описании эволюции ранней Вселенной. В этом случае они давали экспоненциальное расширение в начале эволюции с последующим выходом на фридмановские стадии. Однако, как показали исследования, выполненные в последние годы, такого рода модели могут быть использованы и при описании современного ускоренного расширения Вселенной (см. недавний обзор [3]).

В этой статье мы рассмотрим два примера космологических моделей в рамках модифицированной  $f(R)$  гравитации. Первая описывает самосогласованную эволюцию как ранней, так и современной Вселенной. Вторая применяется для моделирования многомерной Вселенной в рамках теории Бран с использованием  $f(R)$  теории.

### 1. Ускоренное расширение в современной Вселенной

В этой секции мы рассмотрим модель современной ускоренно расширяющейся Вселенной. С этой целью воспользуемся следующим гравитационным лагранжианом

$$L_g = -\frac{R}{2} + f(R), \quad (1)$$

где первое слагаемое соответствует эйнштейновским уравнениям, а второе описывает модификацию этих уравнений. Здесь мы выберем следующий простейший вид такой добавки

$$f(R) = -\alpha R^n, \quad (2)$$

где  $\alpha, n$  есть некоторые произвольные константы, величины которых должны определяться из наблюдательных данных. Отметим здесь, что теория (1) включает лишь геометрические величины (кривизны  $R$ ) и не содержит какого-либо вещества в явном виде.

Для проведения расчетов в рамках теории (1) необходимо задаться соответствующей метрикой пространство - времени. Исходя из наблюдательных данных, выберем следующую форму плоской метрики

$$ds^2 = d\tau^2 - a(\tau)^2(dx^2 + dy^2 + dz^2). \quad (3)$$

Здесь  $a(\tau)$  есть масштабный фактор, описывающий эволюцию однородной и изотропной Вселенной. Вводя текущее значение параметра Хаббла  $H_0 \equiv 1/a_0(da_0/d\tau)$  (здесь и далее индекс 0 относится к современной эпохе), можно выписать соответствующие безразмерные компоненты кривизны  $\rho_k^l = H_0^{-2} R_k^l$  следующим образом

$$\rho_0^0 = -3\ddot{a}/a, \quad (4)$$

$$\rho_i^i \equiv \rho = -6(\ddot{a}/a + \dot{a}^2/a^2), \quad (5)$$

где точка обозначает производную по безразмерному времени  $\theta = H_0\tau$ . Варьирование лагранжиана (1) по метрике дает следующие гравитационные уравнения

$$\rho_i^k - \frac{1}{2}\delta_i^k \rho = H_0^{-2} T_i^k + \hat{T}_i^k. \quad (6)$$

Здесь  $T_i^k$  соответствует тензору энергии – импульса обычного вещества, а

$$-\hat{T}_i^k = \left( \frac{\partial f}{\partial \rho} \right) \rho_i^k - \frac{1}{2} \delta_i^k f + \left( \delta_i^k g^{lm} - \delta_i^l g^{km} \right) \left( \frac{\partial f}{\partial \rho} \right)_{;l;m} \quad (7)$$

описывает геометрическую часть тензора энергии – импульса, содержащую только добавку  $f(R)$ . Целью наших дальнейших исследований будет подбор таких параметров добавки (2), которые удовлетворят астрономическим наблюдательным данным на временном промежутке от эпохи рекомбинации (приблизительно 300000 лет после Большого Взрыва) до наших дней. Подставляя (2) в уравнения (6) и (7) и вводя новую переменную

$$y = (\ddot{a}a)^2, \quad (8)$$

можно получить следующее уравнение эволюции Вселенной

$$\beta \left[ n(n-1)y''y + \frac{1-n}{2}(y')^2 + n(4-3n)\frac{yy'}{a} \right] = \frac{(y')^{2-n}}{a^{4-3n}}(y - \Omega_m a), \quad \beta = (-3)^{n-1} \alpha. \quad (9)$$

Здесь штрих означает производную относительно масштабного фактора  $a$ , а  $\Omega_m$  соответствует наличию во Вселенной холодной темной материи в виде пылеподобного вещества. Подбирая параметры  $\beta$  и  $n$ , можно найти достаточно хорошее согласование рассматриваемой модели с наблюдательными данными. Соответствующие результаты сравнения представлены на рисунке 1 для эффективного параметра уравнения состояния  $w$  и параметра замедления  $q$ , определяемых следующим образом

$$q = -\frac{\ddot{a}a}{\dot{a}^2} = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{3\delta_v w}{1 + \delta_v} \right), \quad \delta_v = \rho_v / \rho_m \quad (10)$$

и

$$w = \left( \frac{2q-1}{3} \right) \left( \frac{\delta_v + 1}{\delta_v} \right) \quad (11)$$

Здесь  $\rho_v$  и  $\rho_m$  соответствуют плотностям темной энергии и темной материи соответственно.

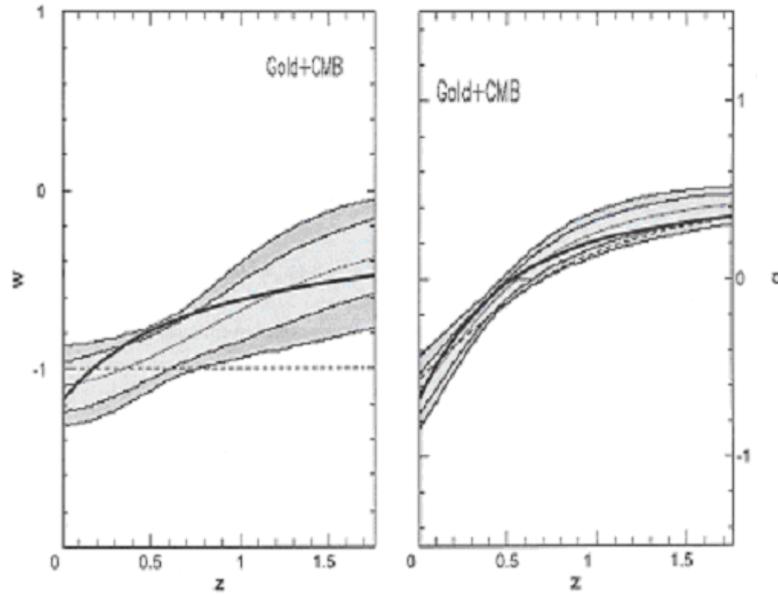


Рис.1. Сравнение результатов модели (2) с параметрами  $n = 1,296$  и  $\beta = 0,467$  (толстая сплошная линия) с данными наблюдений SNe+CMB с  $\Omega_m 0,29$  из [4].

На левом рисунке представлена эволюция параметра уравнения состояния (11) в зависимости от красного смещения  $z$ . На правом рисунке показана зависимость параметра замедления  $q$  из (10) от красного смещения  $z$ . Серым цветом показаны данные наблюдений с  $1\sigma$  и  $2\sigma$  уровнями достоверности.

Из рисунка 1 видно, что при используемых значениях параметров  $\beta, n$  теоретическая кривая (толстая сплошная линия) укладывается в допустимые значения, полученные из данных наблюдений. Также для указанных параметров вычисленный возраст Вселенной составляет 13,6 млрд. лет, что находится в хорошем согласии с возрастом 13,7 млрд. лет, получаемым из экспериментальных и наблюдательных астрономических данных.

## 2. Решение с толстыми бранами

В этой секции мы рассмотрим модель толстой браны, образованной только гравитационным полем в рамках модифицированной теории гравитации. Модели бран используются при описании Вселенной в больших космологических масштабах с учетом возможности наличия дополнительных пространственных размерностей. Это позволяет решать некоторые фундаментальные проблемы современной теории элементарных частиц (в частности, проблему иерархии масс частиц).

Здесь мы исследуем 5-мерную модель, чье гравитационное действие может быть записано в виде:

$$S = \int d^5x \sqrt{-g} \left[ -\frac{R}{2} + f(R) \right], \quad (12)$$

аналогичном случаю, рассмотренному в предыдущей секции. Используя добавку  $f(R)$  в виде (2) и 5-мерную метрику

$$ds^2 = e^{2y(z)} \eta_{\alpha\beta} dx^\alpha dx^\beta - dz^2 \quad (13)$$

где  $z$  есть дополнительная пятая координата, и метрическая функция  $y$  зависит только от этой координаты, можно вывести следующее уравнение

$$y''' - \frac{1}{n} \frac{y''^2}{y'} + \left[ 5 - \frac{7n/2 - 5}{n(n-1)} \right] y' y'' - \frac{5}{2} \frac{n-5/2}{2n(n-1)} y'^3 = \frac{12 y'}{\alpha 8^n n(n-1)} \left( y'' + \frac{5}{2} y'^2 \right)^{2-n}, \quad (14)$$

где штрих означает производную по  $z$ . Отметим, что путем введения перемасштабированной переменной  $z = \bar{\alpha} z$  с  $\bar{\alpha} = \alpha^{1/2(1-n)}$  в уравнении (14) можно избавиться от  $\alpha$ . Таким образом, достаточно исследовать (14) при  $\alpha = 1$ .

Уравнение (14) может быть переписано через систему трех дифференциальных уравнений первого порядка. А именно:

$$\begin{aligned} y' &= p, \\ p' &= v, \\ v' &= \frac{1}{n} \frac{v^2}{p} - \left[ 5 - \frac{7n/2 - 5}{n(n-1)} \right] p v + \frac{5}{2} \frac{n-5/2}{n(n-1)} p^3 + \frac{12 p}{\alpha 8^n n(n-1)} \left( v + \frac{5}{2} p^2 \right)^{2-n}. \end{aligned} \quad (15)$$

Эта система имеет особую точку

$$A = \{p \rightarrow 0, v \rightarrow 0, w := v' \rightarrow 0\}. \quad (16)$$

Аналитический анализ решений системы (15) вблизи этой показывает, что решение ведет себя следующим образом

$$y = y_{fp} + \gamma (z - z_{fp})^\beta, \quad (17)$$

где  $\gamma$  – произвольная константа, определяемая граничными условиями, а

$$\beta = \frac{2n-1}{n-1}. \quad (18)$$

Поскольку, исходя из требования конечности решения в особой точке,  $\beta$  должно быть больше 3, то мы имеем из (18) следующее ограничение на пример  $n$ :

$$1 < n < 2. \quad (19)$$

Пример соответствующего решения для случая  $n = 4/3$  показан на рисунке 2.

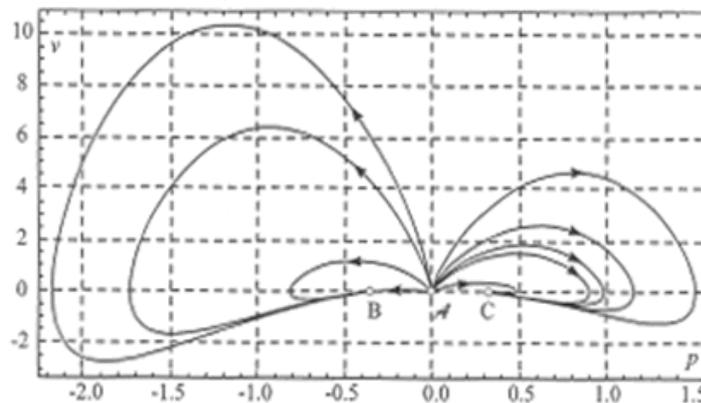


Рис.2. Фазовый портрет для случая  $n = 4/3$ . А есть отталкивающий узел, В, С – точки, куда асимптотически стремятся решения при  $z \rightarrow \pm\infty$  соответственно.

Поскольку уравнение (14) инвариантно относительно смещения  $z$ , можно выбрать положение браны в любой точке на оси  $z$ , в том числе и в особой точке. Интересной особенностью модели является получать как  $Z_2$  симметричные, так и несимметричные решения в зависимости от величины параметра  $n$ . В рассматриваемой модели все решения стартуют из окрестности особой точки А (узел) и асимптотически стремятся к точкам В, С. Это позволяет не беспокоиться о подборе специальных условий на параметры модели, что характерно для других моделей бран.

Кроме того, рассмотрение удержания пробных материальных полей на такой бране показывает, что они удерживаются на ней. Это говорит о возможности использования такого рода решений при моделировании бран.

## Литература

- [1] Линде А.Д. Физик элементарных частиц и инфляционная космология. – М.: Наука, 1990. – 237с.
- [2] Riess A. et al. Astron. J. 116,1009 (1998); Perlmutter S.J. et al. Astroph. J. 517,565 (1999); Tegmark M. et al. Astroph. J.606,702 (2004).
- [3] A.De Felice and S. Tsujikawa, Living Rev. Rel. 13,3 (2010); arXiv:1002.4928[gr-qc].
- [4] U. Alam, V. Sahni, A.A. Starobinsky, JCAP, 0406, 0108 (2004): astro-ph/043687.

## УПРАВЛЕНИЕ С МИНИМАЛЬНОЙ НОРМОЙ В ДИСКРЕТНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

**Аширбаев Б.Ы.**

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек

*В данной работе рассматривается задача оптимального управления (ОУ) дискретными динамическими системами с квадратичным функционалом.*

*Предложен способ определения оптимального управления, который основан на свойствах матрицы перехода и разностного оператора системы.*

Рассмотрим задачу ОУ для дискретной системы, поведение которой характеризуется разностным возмущенным уравнением

$$y(t_{k+1}) = y(t_k) + [A(t_k)y(t_k) + B(t_k)u(t_k)]h(t_k), \quad (1)$$

где  $A(t_k) - (n \times n)$  – матрица,  $B(t_k) - n$  – мерный вектор столбец,  $u(t_k)$  – управляющая функция,  $t_k \in M = \{t_0, \dots, t_k, \dots\}$ ,  $h_k = t_{k+1} - t_k$ ,  $k = 0, 1, \dots$

Требуется найти управляющего воздействия, определенного на множестве  $M$ , переводящего объекта (1) из состояние

$$y(t_0) = y_0, \quad (2)$$

в состояние

$$y(t_k) = y_k, \quad (3)$$

чтобы при этом функционал

$$J(u) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=0}^{[t]-1} |u_i(t_j)|^2. \quad (4)$$

принимал наименьшее возможное значение. Здесь  $[t] = \max_{t_k \in M} \{k : t_k \leq t\}$ , т.е.  $[t] = k$  тогда и

только тогда, когда  $t \in [t_k, t_{k+1}]$

С помощью оператора

$$\Delta_k y(t_k) = \frac{y(t_{k+1}) - y(t_k)}{h(t_k)} \quad (5)$$

уравнение (1) перепишем в виде

$$\Delta_k y(t_k) = A(t_k)y(t_k) + B(t_k)u(t_k). \quad (6)$$

Пусть  $\Phi(t_k, t_0)$  является переходной матрицей системы

$$\Delta_k y(t_k) = A(t_k)y(t_k), \quad y(t_0) = y_0. \quad (7)$$

Тогда матрица  $\Phi(t_k, t_0)$  удовлетворяет матричному конечно разностному уравнению [1]

$$\Delta_k \Phi(t_k, t_0) = A(t_k)\Phi(t_k, t_0), \quad \Phi(t_0, t_0) = E. \quad (8)$$

Обозначим через

$$y(t_k) = \Phi(t_k, t_0)v(t_k) \quad (9)$$

решение уравнение (6) с начальным условием  $y(t_0) = 0$ . Применяв оператор  $\Delta$  к обеим частям равенства (9), с учетом (8) получим

$$\begin{aligned} \Delta_k y(t_k) &= [\Delta_k \Phi(t_k, t_0)]v(t_k) + \Phi(t_{k+1}, t_0)[\Delta_k v(t_k)] = \\ &= A(t_k)\Phi(t_k, t_0)v(t_k) + \Phi(t_{k+1}, t_0)[\Delta_k v(t_k)]. \end{aligned} \quad (10)$$

При получении равенства (10) использовано следующее свойство разностного оператора  $\Delta$  [1]:

$$\Delta_k [f(t) \cdot g(t)] = [\Delta_k f(t)]g(t) + f(t+k)[\Delta_k g(t)]. \quad (11)$$

С учетом (6) из (10) получим

$$A(t_k)\Phi(t_k, t_0)v(t_k) + B(t_k)u(t_k) = A(t_k)\Phi(t_k, t_0)v(t_k) + \Phi(t_{k+1}, t_0)[\Delta_k v(t_k)]$$

и следовательно

$$B(t_k)u(t_k) = \Phi(t_{k+1}, t_0)[\Delta_k v(t_k)].$$

Если предположить, что ни одно из матриц  $[E + h_k A(t_k)]$  невырождена, то у матрицы перехода всегда найдется обратная, поэтому

$$\Delta_k v(t_k) = \Phi^{-1}(t_{k+1}, t_0)B(t_k)u(t_k),$$

т.е.  $v(t_{k+1}) = v(t_k) + h_k \Phi^{-1}(t_{k+1}, t_0)B(t_k)u(t_k) = v(t_k) + h_k \Phi(t_0, t_{k+1})B(t_k)u(t_k). \quad (12)$

Выписывая соотношения (12) подробно и используя условие  $y(t_0) = 0$ , получим:

$$\begin{aligned} v(t_0) &= 0, \\ v(t_1) &= h_0 \Phi(t_0, t_1)B(t_0)u(t_0), \\ v(t_2) &= h_0 \Phi(t_0, t_1)B(t_0)u(t_0) + h_1 \Phi(t_0, t_2)B(t_1)u(t_1), \\ \dots & \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots, \\ v(t_k) &= \sum_{i=0}^k h_{i-1} \Phi(t_0, t_i)B(t_{i-1})u(t_{i-1}) + \sum_{j=0}^{k-1} h_j \Phi(t_0, t_{j+1})B(t_j)u(t_j). \end{aligned}$$

Полученный результат приводит к следующей теореме

**Теорема 1.** Пусть  $A(t_k) - (n \times n) -$  матрица, и пусть матрицы  $[E + h_k A(t_k)]$  определены и невырождены на множестве  $M = \{t_0, \dots, t_k\}$ . Тогда конечноразностное уравнение

$$\Delta_k y(t_k) = A(t_k)y(t_k) + B(t_k)u(t_k), \quad y(t_0) = 0, \quad t_k \in M \quad (13)$$

имеет единственное решение вида

$$y(t_k) = \Phi(t_k, t_0) \sum_{j=0}^{k-1} h_j \Phi(t_0, t_{j+1}) B(t_j) u(t_j). \quad (14)$$

Воспользовавшись свойством переходной матрицы [2]

$$\Phi(t_k, t_j) \Phi(t_j, t_i) = \Phi(t_k, t_i)$$

формулу (14) можно переписать в виде

$$y(t_k) = \sum_{j=0}^{k-1} h_j \Phi(t_k, t_{j+1}) B(t_j) u(t_j). \quad (15)$$

При выполнении о невырожденности матрицы  $\Phi(t_k, t_0)$  на  $M$ , получим следующую следствию из теоремы 1.

**Следствие 1.** Векторное конечноразностное уравнение

$$\Delta_k y(t_k) = A(t_k) y(t_k) + B(t_k) u(t_k), \quad y(t_0) = \xi \quad (16)$$

определенное на  $M$ , имеет единственное решение задаваемое формулой

$$y(t_k, \xi, t_0) = \Phi(t_k, t_0) \xi + \sum_{j=0}^{k-1} h_j \Phi(t_k, t_{j+1}) B(t_j) u(t_j), \quad t_k \in M. \quad (17)$$

Ограничение  $y(t_k) = y_k$  приводит (17) к соотношению

$$\sum_{j=1}^{k-1} h_j \Phi(t_k, t_j) B(t_j) u(t_j) = \alpha, \quad (18)$$

где  $\alpha = y_k - \Phi(t_k, t_0) y_0$ .

Если  $L_2(M)$  – гильбертова пространства всех функций определенных на  $M$ , со скалярным произведением

$$(u, v) = \sum_M u(t_k) v(t_k), \quad u, v \in L_2(M), \quad k = 0, 1, \dots, \quad (19)$$

то  $U = [L_2(M)]^m$  – есть пространство управляющих воздействий со скалярным произведением [2]

$$(u, v) = \sum_{i=1}^m \sum_M u_i(t_k) v(t_k), \quad u, v \in U. \quad (20)$$

Учитывая этот факт можно отметить, что задача (1) – (4) эквивалентна задаче отыскания элемента  $u \in [L_2(M)]^m$  с минимальной нормой и удовлетворяющего условию (18), т.е. требуется найти управляющего воздействия, определенного на множестве  $[L_2(M)]^m$  удовлетворяющее соотношению (18) и доставляющее минимум функционалу (4).

Требуемое управление ищем в виде [3]

$$u(t_j) = h_j B'(t_j) \Phi(t_j, t_0) z. \quad (21)$$

Здесь вектор  $z$  определяется из уравнения

$$W(t_j, t_0) \cdot z = \alpha, \quad (22)$$

где  $W(t_j, t_0) = \sum_{\beta=[t_0]}^{[t_j]-1} h_\beta^2 \Phi(t_j, t_{\beta+1}) B(t_\beta) B'(t_\beta) \Phi'(t_\beta, t_{\beta+1})$ ,

а минимизирующее управляющее воздействие  $u = u(t_j)$  можно найти по формуле

$$u(t_j) = B'(t_j) \Phi(t_j, t_{j+1}) W^{-1}(t_j, t_0) (y(t_j) - \Phi(t_j, t_0) y_0), \quad t_j \in M. \quad (23)$$

**Пример 1.** Объект управления описывается уравнением [4]

$$y(t_{k+1}) = y(t_k) + (u(t_k) - 0,6y(t_k)) h_k, \quad (k = 0, 1, \dots, N) \quad (24)$$

Допустим, что объект управления имеет 6 дискретных состояний: 0, 2, 4, 6, 8, 10.

Требуется определить оптимальные управления  $u_k$ , ограниченные по модулю,  $|u_k| \leq 25$ , при которых объект переходит из начального состояния  $y_0 = y(0) = 0$  в состояние  $y_N = y(1) = 10$  за время  $T=1$  час, так чтобы минимизировать величину

$$I = \sum_{k=0}^{N-1} (y_k^2 + 1,25^2 u_k^2) \Delta t. \quad (25)$$

Пусть  $\Delta t = 0,2$ , тогда  $N = 1/0,2 = 5$ . С помощью оператора (5) уравнение (24) перепишем в виде  $\Delta_k y(t_k) = -0,6y(t_k) + u(t_k)$ . (26)

Так как  $y^*(t_k) = e^{-0,6t_k}$  является решением однородного уравнения  $\Delta_k y^*(t_k) = -0,6y^*(t_k)$ , то решение уравнения (26) с начальным условием  $y(t_k)$  имеет вид

$$y(t_{k+1}) = e^{-0,6t_k} y(t_k) + \sum_{k=0}^{N-1} h_k e^{-0,6t_{k+1}} u_k. \quad (27)$$

Из уравнение (27) получим

$$\sum_{k=0}^{N-1} h_k e^{-0,6t_{k+1}} u_k = y(t_{k+1}) - e^{-0,6t_k} y(t_k). \quad (28)$$

В таблице 1 приведены: результаты вычислений оптимальных управлений удовлетворяющие соотношению (28) и доставляющие минимум функционалу (25), а также соответствующие этому оптимальному управлению, оптимальные траектории объекта:

Таблица 1

Интервал	0 - 0,2			0 - 0,4		
$y(t_k)$	$u_0$	$I_0$	$y(0,2)$	$u_1$	$I_1$	$y(0,4)$
0	0	0	0	0	0	0
2	8,8692	25,3821	1,57326	1,67844	1,37539	1,83732
4	17,7384	101,528	3,14651	3,35689	5,50158	3,67464
6	26,6076		4,71977	5,03533	12,3785	5,51195
8	35,4768		6,29302	6,71378	22,0063	7,34927
10	44,346		7,86628	8,39222	34,3849	9,18659
$\sum I_i$		126,911			75,6467	

продолжение таблицы 1

Интервал	0 - 0,6			0 - 0,8		
$y(t_k)$	$u_2$	$I_2$	$y(0,6)$	$u_3$	$I_3$	$y(0,8)$
0	0	0	0	0	0	0
2	0,5675	0,77579	1,9165	0,25833	0,75545	1,96495
4	1,13499	3,10316	3,83301	0,51666	3,02181	3,92991
6	1,70249	6,9821	5,74951	0,77499	6,79907	5,89486
8	2,26999	12,4126	7,66602	1,03332	12,0872	7,85981
10	2,83748	19,3947	9,58252	1,29165	18,8863	9,82476
$\sum I_i$		42,6684			41,5499	

продолжение таблицы 1

Интервал	0 - 1		
$y(t_k)$	$u_4$	$I_4$	$y(1)$
0	0	0	0
2	0,15013	0,77925	1,96495
4	0,30027	3,11701	3,92991

6	0,4504	7,01327	5,89486
8	0,60053	12,468	7,85981
10	0,75067	19,4813	9,82476
$\sum I_i$		42,8588	

Пояснения таблицы 1:

Значения  $u_0$  вычислим по формуле (28), из них условию  $|u_k| \leq 25$  удовлетворяют значения  $u_0$  в точках 2, 4, и вычислим для них значения критерия по формуле  $I_0 = y_0^2 + 1,25^2 u_0^2$ . Суммарный критерий  $\sum I_0 = 126,911$ .

Аналогично вычисляются  $u_k$ , суммарный критерий  $\sum I_i$  и  $y(t_k)$  следующих интервалов. Как видно из таблицы 1 минимальное значение суммарного критерия  $\sum I_3 = 41,5499$ .

Таким образом, значения  $y(0,8)$  определяют оптимальные траектории объекта. На рис.1 приведены графики траекторий объекта при разных интервалах времени, в них выделенная линия соответствует интервалу  $t_k \in [0, 0,8]$  и является оптимальной траекторией объекта (24).

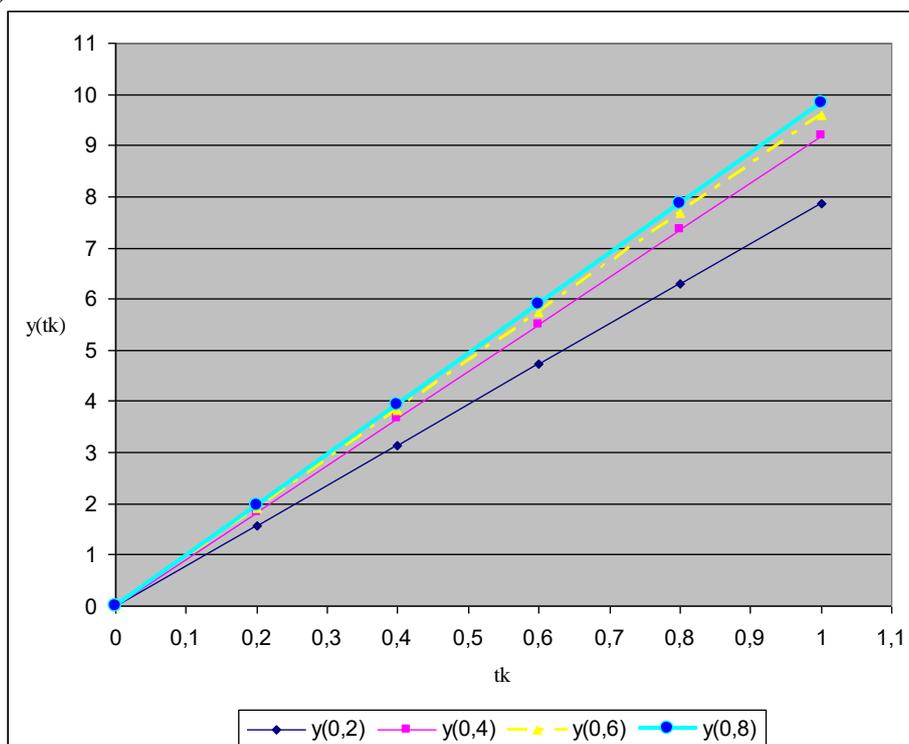


Рис.1. Оптимальные траектории объекта описываемой уравнением (24) соответствующие оптимальному управлению (28) и доставляющие минимум функционалу (25).

## Литература

1. Портер У. Современное основание общей теории систем. Москва: Наука, 1971.- 556 с.
2. Андреев Ю.Н. Управление конечномерными линейными объектами.- Москва: Наука, 1976.- 424 с.
3. Иманалиев З.К, Аширбаев Б.Ы., Баракова Ж.Т. Управление с минимальной нормой в сингулярно-возмущенной системе с фиксированными конечными состояниями //Исслед. по интегро-дифференц. уравнениям. - Бишкек: Илим, 2004.-Вып 33.-С.175 - 188.
4. Основы автоматического управления /И.Е. Казаков, Д.И. Гладков, Л.Г. Евланов и др.;

УДК 519.644.7

## ВЫЧИСЛЕНИЕ ДЕСЯТИКРАТНЫХ ИНТЕГРАЛОВ МЕТОДОМ ОПТИМАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ С УЧЕТОМ ЧИСЛА УЗЛОВ КВАДРАТУРНОЙ ФОРМУЛЫ

**Заманова С.К.**

Казахская головная архитектурно-строительная Академия, Алматы

*Были найдены наборы оптимальных коэффициентов и рассчитаны значения десятикратных интегралов с малыми (до  $N < 600$ ) и большими значениями ( $15019 < N < 71053$ ) числа узлов квадратурной формулы с целью влияния их значения на точность вычисления. Выявлена особенность для  $N < 600$ , заключающаяся в образовании разных количеств групп наборов коэффициентов, которые дают одинаковое значение интеграла  $J$ , а также не для всех этих  $N$  найденные наборы позволяют вычислить интегралы с хорошей точностью. Установлено, что точность вычисления интеграла улучшается с увеличением числа узлов квадратурной формулы  $N$ .*

На практике нередко решения задач, описывающих физические и математические процессы, представляются в виде многократных интегралов.

Среди различных методов вычисления многократных интегралов перспективным является метод оптимальных коэффициентов [1], позволяющий производить вычисления с высокой точностью.

Расчет кратных интегралов этим методом можно произвести по следующей формуле [1]:

$$\int_0^1 \dots \int_0^1 f(x_1, \dots, x_s) dx_1 \dots dx_s = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N f\left(\left\{\frac{a_1 k}{N}\right\}, \dots, \left\{\frac{a_s k}{N}\right\}\right) + R \quad (1)$$

где  $N$  - число узлов квадратурной формулы,

$R$  - погрешность,  $\left\{\frac{a_v k}{N}\right\}$  - дробная доля числа  $\frac{a_v k}{N}$ , ( $v = 1, \dots, s$ ),

$s$  - кратность интеграла,

$a_1, \dots, a_s$  - оптимальные коэффициенты, целые взаимно простые с  $N$ , определенные условием:

$$\sum_{m_1, \dots, m_s = -(p-1)}^{p-1} \frac{\delta_p(a_1 m_1 + \dots + a_s m_s)}{m_1 \dots m_s} \leq C_0 \frac{\ln^\beta p}{p} \quad (N = p), \quad (2)$$

где константа  $\beta$  - индекс оптимальных коэффициентов, а величина  $\delta_p(m)$  определена равенством:

$$\delta_p(m) = \begin{cases} 1, & \text{если } m \equiv 0 \pmod{p} \\ 0, & \text{если } m \not\equiv 0 \pmod{p} \end{cases}$$

В равенстве (1)  $f\left(\left\{\frac{a_1 k}{N}\right\}, \dots, \left\{\frac{a_s k}{N}\right\}\right)$  - значения функции  $f(x_1, \dots, x_s)$ , вычисленные в узлах параллелепипедальной сетки вида:

$$M_k = \left(\left\{\frac{a_1 k}{N}\right\}, \dots, \left\{\frac{a_s k}{N}\right\}\right) \quad (k = 1, 2, \dots, N) \quad (3)$$

Из результатов, полученных в работе [1] видно, что для погрешности квадратурных формул с параллелепипедальными сетками вида (3) оценка

$$R = O\left(\frac{\ln^{\alpha s} N}{N^\alpha}\right) \quad (4)$$

является наилучшей.

Здесь  $a_1, \dots, a_s$  - оптимальные коэффициенты по модулю  $N$ , для которых выполняется оценка (4);  $\alpha$  - параметр, характеризующий гладкость функций из класса  $E_s^\alpha$ .

В работе [2] описано вычисление десяти - пятнадцатикратных интегралов для непериодических функций с использованием метода оптимальных коэффициентов для значений  $N$  от 15019 до 71053, в которой была использована периодизация вида  $\psi(x) = \sin^2 \frac{\pi}{2} x$ .

В данной работе исследованы особенности влияния значений числа узлов  $N$  на точность вычисления десятикратных интегралов  $J$ . Определялись наборы оптимальных коэффициентов и на их основе производились вычисления интегралов.

Узлы  $N$  выбраны таким образом, что  $N = p \cdot q$ , где  $p$  и  $q$  простые числа, большие  $s$  (кратность интеграла), причем  $q$  имеет порядок  $\sqrt{p}$  (см. Таблицы 1, 2). Данный способ вычисления оптимальных коэффициентов при больших значениях  $N$  позволяет уменьшить число соответствующих элементарных операций до  $O\left(N^{1+\frac{1}{3}}\right)$ .

Таблица 1. Значения  $N$  числа узлов квадратурной формулы для чисел  $p$  и  $q$

$N$	22	26	33	51	57	69	87	93	185	205	215	235	265	295	305	469	497	511	553
$p$	11	13	11	17	19	23	29	31	37	41	43	47	53	59	61	67	71	73	79
$q$	2	2	3	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	5	5	7	7	7	7

Таблица 2. Значения  $N$  числа узлов квадратурной формулы для чисел  $p$  и  $q$ .

$N$	15019	18101	20039	24041	28117	33139	39029	46213	51097	57091	71053
$p$	653	787	691	829	907	1069	1259	1249	1381	1543	1733
$q$	23	23	29	29	31	31	31	37	37	37	41

Определенные таким способом значения  $N$  позволили получить наборы коэффициентов и соответствующие значения интегралов вида  $\int_0^1 \dots \int_0^1 dx_1 \dots dx_{10}$ , приведенных в таблицах 3 и 4. Значение коэффициента  $a_1$  всегда приводится к 1 и поэтому в таблицах 3 и 4 оно не указано. Аналитически вычисленное значение интеграла равно 1.

Таблица 3. Наборы оптимальных коэффициентов и значения десятикратных интегралов и их погрешности

$N$	$a$	$b$	$H$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$	$a_9$	$a_{10}$	$J$	$\Delta J$
22	2	1	2684,054	13	15	19	5	21	9	7	3	17	$0,8930_{97}$	0,106903
	3	1	2684,054	3	9	5	15	1	3	9	5	15	$0,8930_{97}$	0,106903
	4	1	2684,054	15	5	9	3	1	15	5	9	3	$0,8930_{97}$	0,106903
	5	1	2684,054	5	3	15	9	1	5	3	15	9	$0,8930_{97}$	0,106903

<b>26</b>	2	1	2271,135	15	17	21	3	19	25	11	9	5	0,9041 24	0,095876
	6	1	2271,135	19	23	21	9	15	25	7	3	5	0,9041 24	0,095876
<b>33</b>	2	1	1789,363	13	4	19	16	10	31	7	25	28	0,8930 97	0,106903
	2	2	1789,363	2	4	8	16	32	31	29	25	17	0,8930 97	0,106903
	3	1	1789,363	25	31	16	4	1	25	31	16	4	0,8930 97	0,106903
	3	2	1789,363	14	31	5	4	23	25	20	16	26	0,8930 97	0,106903
	4	1	1789,363	4	16	31	25	1	4	16	31	25	0,8930 97	0,106903
	4	2	1789,363	26	16	20	25	23	4	5	31	14	0,8930 97	0,106903
	5	1	1789,363	16	25	4	31	1	16	25	4	31	0,8930 97	0,106903
	5	2	1789,363	5	25	26	31	23	16	14	4	20	0,8930 97	0,106903
<b>51</b>	3	2	1157,855	20	43	44	13	5	49	11	16	14	0,6134 98	0,386501
	5	2	1157,834	5	25	23	13	14	19	44	16	29	0,6073 11	0,392688
	6	2	1157,855	23	19	29	4	41	25	14	16	11	0,6134 98	0,386502
	7	2	1157,834	41	49	20	4	11	43	29	16	44	0,6073 12	0,392688
<b>57</b>	2	2	1035,947	2	4	8	16	32	7	14	28	56	0,4945 32	0,505468
	3	2	1035,947	41	28	8	43	53	7	2	25	56	0,4945 32	0,505468
	4	1	1035,947	4	16	7	28	55	49	25	43	1	0,4945 32	0,505468
	5	1	1035,947	43	25	49	55	28	7	16	4	1	0,4945 32	0,505468
	6	1	1035,947	25	55	7	4	43	49	28	16	1	0,4945 32	0,505468
	9	1	1035,947	28	43	7	25	16	49	4	55	1	0,4945 32	0,505468
<b>87</b>	2	2	678,7327	2	4	8	16	32	64	41	82	77	0,7774 14	0,222586
	14	1	678,7323	43	22	76	19	49	34	70	52	61	0,7774 14	0,222586
<b>185</b>	2	2	319,2173	2	4	8	16	32	64	128	71	142	0,7458 80	0,254120
	18	2	319,2169	92	139	23	81	52	159	13	86	142	0,7458 80	0,254120
<b>205</b>	2	2	288,0441	2	4	8	16	32	64	128	51	102	0,8958 09	0,104191
	5	3	288,0441	128	189	2	51	173	4	102	141	8	0,8958 09	0,104191

	8	3	288,0441	8	64	102	201	173	154	2	16	128	$\frac{0,8958}{09}$	0,104191
	20	2	288,0437	102	154	128	141	32	189	8	201	2	$\frac{0,8958}{09}$	0,104191
<b>235</b>	2	2	1,025425	2	4	8	16	32	64	128	21	42	$\frac{1,0309}{73}$	0,030973
	7	2	1,025425	7	49	108	51	122	149	103	16	112	$\frac{1,0394}{16}$	0,039416
	20	2	1,025425	67	24	198	106	52	194	73	191	107	$\frac{1,0394}{16}$	0,039416
	23	2	1,025425	117	59	88	191	22	224	123	56	207	$\frac{1,0309}{73}$	0,030973
<b>265</b>	5	3	222,943	58	184	72	201	263	149	162	121	128	$\frac{0,8004}{22}$	0,199578
	21	3	222,9397	233	229	92	236	133	249	247	46	118	$\frac{0,8004}{22}$	0,199578
<b>305</b>	2	2	193,6949	2	4	8	16	32	64	128	256	207	$\frac{1,0819}{32}$	0,081932
	30	2	193,5947	152	229	38	286	162	224	193	56	277	$\frac{1,0819}{32}$	0,081932
<b>469</b>	12	3	126,3511	213	345	321	368	61	330	409	352	405	$\frac{1,0451}{5}$	0,04515
	28	5	126,2762	229	382	244	65	346	442	383	4	447	$\frac{1,0451}{5}$	0,04515
<b>497</b>	2	2	118,8535	2	4	8	16	32	64	128	256	15	$\frac{0,9956}{18}$	0,004382
	35	3	118,3527	248	373	62	466	264	365	66	464	265	$\frac{0,9956}{18}$	0,004382
<b>511</b>	2	2	115,5567	2	4	8	16	32	64	128	256	1	$\frac{1,4983}{93}$	0,498393
	4	4	115,5567	4	16	64	256	2	8	32	128	1	$\frac{1,4983}{93}$	0,498393
	16	2	115,5561	16	256	8	128	4	64	2	32	1	$\frac{1,4983}{93}$	0,498393
	18	5	115,5564	383	32	503	2	255	64	495	4	510	$\frac{1,4983}{93}$	0,498393
	32	4	115,2888	32	2	64	4	128	8	256	16	1	$\frac{1,4983}{93}$	0,498393
	36	3	114,653	255	128	447	32	495	8	507	2	510	$\frac{1,4983}{93}$	0,498393
<b>553</b>	2	5	106,9268	397	4	482	16	269	64	523	256	433	$\frac{1,2420}{28}$	0,242028
	39	4	106,5035	39	415	148	242	37	337	424	499	106	$\frac{1,2420}{28}$	0,242028

Из таблицы 3 видно, что для  $N < 600$  возможно вычисление десятикратных интегралов с хорошей точностью, но не для всех  $N$ . Поэтому такие наборы коэффициентов в таблицу 3 не включены. Кроме того, установлено, что у каждого значения  $N$  существуют разные количества групп наборов коэффициентов, дающие одинаковое значение  $J$ . Эта особенность позволяет вычислить интеграл путем выбора одного из наборов оптимальных коэффициентов, дающих в любом случае одинаковое значение  $J$ .

Исходя из этого, для получения более точного значения интеграла, необходимо осуществлять выборку рассчитанных наборов оптимальных коэффициентов.

Таблица 4. Наборы оптимальных коэффициентов и значения десятикратных интегралов и их погрешности

N	a	b	H	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	J	ΔJ
15019	74	7	1,794	8563	2211	8853	7346	4226	6467	1868	449	945	0,99960	0,00040
18101	75	12	2,35	11880	903	$\frac{1184}{8}$	864	1053	1849	9607	4355	6932	0,98631	0,01369
20039	85	7	$\frac{0,99}{6}$	2849	1006	517	$\frac{1008}{6}$	$\frac{1912}{7}$	6782	4322	9432	$\frac{1636}{3}$	1,20725	0,20725
24041	103	11	4,15	22486	13925	7566	$\frac{1496}{0}$	8888	2735	2332	1101	$\frac{1632}{1}$	1,03913	0,03913
28117	82	3	$\frac{2,66}{3}$	22757	22143	$\frac{2349}{4}$	8203	6908	3209	7364	5228	$\frac{1545}{5}$	0,94489	0,05511
33139	2	28	$\frac{2,50}{1}$	10692	22453	8560	$\frac{2674}{1}$	$\frac{2461}{9}$	3271	$\frac{1188}{7}$	7739	$\frac{3044}{4}$	1,41268	0,41268
39029	$\frac{11}{1}$	2	3,243	27809	19875	$\frac{1420}{6}$	3116	8464	$\frac{3050}{6}$	7010	$\frac{3026}{4}$	$\frac{1418}{2}$	0,96746	0,03254
46213	27	$\frac{3}{5}$	1,445	39995	29456	$\frac{3092}{4}$	6861	3911	8167	5681	$\frac{2848}{7}$	2263	1,02183	0,02183
51097	41	$\frac{3}{5}$	1,249	24899	300	9538	$\frac{3890}{3}$	$\frac{5106}{5}$	$\frac{2078}{4}$	$\frac{4149}{7}$	1366	$\frac{3252}{9}$	1,00989	0,00989
57091	94	$\frac{2}{6}$	2,41	35583	42782	$\frac{3748}{2}$	$\frac{1915}{5}$	$\frac{4000}{7}$	4996	$\frac{4838}{5}$	$\frac{4725}{9}$	$\frac{2565}{7}$	1,27719	0,27719
71053	23	$\frac{3}{6}$	0,992	53746	43854	6968	$\frac{5281}{8}$	$\frac{4677}{2}$	2382	$\frac{5233}{5}$	$\frac{5823}{7}$	$\frac{3279}{8}$	0,95664	0,04336

Из таблицы 4 видно, что для  $15019 < N < 71053$  также возможно вычисление десятикратных интегралов с хорошей точностью. Наилучший результат рассчитанных значений  $J$  получается при  $N = 15019$  и  $51097$ , хорошая точность достигается и при  $N = 18101, 24041, 28117, 39029, 46213, 71053$ .

Сравнивая результаты таблиц 3 и 4 видно, что для значений  $N < 600$  существует по два и более наборов оптимальных коэффициентов, а для  $N$  от 15019 до 71053 только по одному набору.

Установлено, что точность вычисления интеграла улучшается с увеличением числа узлов квадратурной формулы  $N$ .

В то же время точность квадратурных формул зависит от равномерности расположения точек сеток, которая связана с выбором количества узлов квадратурной формулы  $N$ . Поэтому с помощью оптимальных коэффициентов достигаются лучшие из возможных оценок остаточного члена, обеспечивающие оптимальные свойства квадратурных формул с параллелепипедальными сетками.

## Литература

1. Коробов Н.М. Теоретико-числовые методы в приближенном анализе. / М.: Физматгиз. - 1963.- 224 с.
2. S.K. Zamanova, A.I. Kupchishin, A.D. Muradov Application of a theoretical-numerical method for calculation of repeated integrals taking into account number of knots quadrature formulas // Proceedings ICKIMICS 2010 – Materials of the International Conference of Korea Institute of Maritime Information & Communication Sciences, June 30 - July 1, 2010. Vol.3, No 1. Gold Coast, Queensland, Australia. L5. – P. 173-179.

## ОСЦИЛЛЯЦИЯ РЕШЕНИЙ ОДНОГО КЛАССА НЕЛИНЕЙНОГО ОПЕРАТОРНО-РАЗНОСТНОГО УРАВНЕНИЯ С КОНЕЧНЫМИ РАЗНОСТЯМИ ПЯТОГО ПОРЯДКА.

**Темиров Б.К., Баратова Б.Ш.**

Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, Бишкек, ул. Фрунзе 547

В данной статье изучаются осцилляционные свойства решений нелинейного интегро-разностного уравнения с конечными разностями пятого порядка.

Рассмотрим уравнения вида

$$L_5[u(n, x)] + A_1(n, x)u(n, x) + A_2(n, x)u[h(n), x] + \int_Q K(n, x, y)u[\tau(n), y]dy + f(n, x, u[\sigma(n), x]) = 0 \quad (1)$$

где

$$\begin{aligned} L_1(\mathcal{G}) &= \Delta \mathcal{G}(n) = \mathcal{G}(n+1) - \mathcal{G}(n); & W_2(n) &= P_2(n)L_2(\mathcal{G}) \\ L_2(\mathcal{G}) &= \Delta\{P_2(n)L_1(\mathcal{G})\}; & W_3(n) &= P_3(n)L_2(\mathcal{G}) \\ L_3(\mathcal{G}) &= \Delta\{P_3(n)L_2(\mathcal{G})\}; & W_4(n) &= P_4(n)L_3(\mathcal{G}) \\ L_4(\mathcal{G}) &= \Delta\{P_4(n)L_3(\mathcal{G})\}; & W_5(n) &= P_5(n)L_4(\mathcal{G}) \\ L_5(\mathcal{G}) &= \Delta\{P_5(n)L_4(\mathcal{G})\}; \end{aligned}$$

Предполагается:

1)  $Q \subset R^m$  – открытая ограниченная область. С кусочно-гладкой границей  $\Gamma = \partial Q$ ;

2)  $n$  – натуральное число;

3)  $x = (x_1, x_2, \dots, x_m) \in \bar{Q}$ ; 4)  $h(n), \tau(n), \sigma(n)$  – функции натурального аргумента, значения которых  $\forall n \geq n_0$  являются натуральными числами  $\lim_{n \rightarrow \infty} h(n) = \lim_{n \rightarrow \infty} \tau(n) = \lim_{n \rightarrow \infty} \sigma(n) = \infty$ ;

5)  $A_1(n, x), A_2(n, x)$  – непрерывные функции по  $x \in \bar{Q} = Q \times \Gamma$ , каждого фиксированного натурального числа  $n \geq n_0$ ;

6)  $K(n, x, y) \geq 0$  – определена  $\forall n \geq n_0$ , и непрерывна по  $x, y \in \bar{Q}$ . Существование бесконечного множества правильных решений доказывается методом итераций.

Будем исходить из следующих определений данных в [1-3].

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 1.** Всякую функцию  $u(n, x)$  называют правильной, если она определена в области  $D_0 = \{n \geq n_0, x \in Q\}$ .

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 2.** Правильную функцию  $u(n, x)$  называют неотрицательной {неположительной}, если  $\exists n_1 \geq n_0$  такое, что  $\forall (n, x) \in D_1 = \{n \geq n_1, x \in Q\}$ .

$$u(n, x) \geq 0, \quad \mathcal{G}(n) = \int_Q u(n, x)dx > 0, \quad \left\{ \begin{aligned} u(n, x) \leq 0, \quad \mathcal{G}(n) = \int_Q u(n, x)dx < 0 \end{aligned} \right\}$$

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 3.** Правильную функцию  $u(n, x)$  называют неосциллирующей, если либо она неотрицательная, либо она неположительная, в противном случае - осциллирующей.

Скажем, что выполнены условия:

1) условие  $(E_0)$ , если  $P_k(n) > 0 \quad \forall n \geq n_0$ , то  $\sum_{s=0}^{\infty} q_k(s) = \infty, \quad k = 2, 3, 4, 5$ .

2) условие  $(E_1)$ , если  $\forall (n, x, y) \in D_0^0 = \{n \geq n_0, x \in Q, y \in Q\}$

$$A_1(n, x) \geq B_1(n) \geq 0, \quad A_2(n, x) \geq B_2(n) \geq 0,$$

$$K(n, x, y) \geq \alpha(n, x) \geq 0, \quad \int_Q \alpha(n, x) dx \geq B_3(n) \geq 0.$$

3) условие  $(T_0)$ , если  $f(n, x, z) \geq 0, f(n, x, z) \leq 0, \forall z > 0$

4) условие  $(T_0)$ , если  $f(n, x, z) \geq g_0(n)z; f(n, x, -z) \leq -g_0(n)z, g_0(n) \geq 0, \forall z > 0$

5) условие  $(T_0)$ , если  $f(n, x, z) \geq g(n)\varphi(z); f(n, x, -z) \leq -g(n)\varphi(z), g(n) \geq 0, \varphi(z) > 0, \forall z > 0.$

Если выполняется условие  $(T_0)$ , то теоремы осцилляции в [4] переносятся на уравнение (1)

**ТЕОРЕМА ИЕНСЕНА.** Пусть 1)  $f(x)$  - непрерывная выпуклая на  $(0, \infty)$  функция (дважды дифференцируемая на  $(0, \infty)$ ), функция  $f(x)$  является выпуклой на этом интервале тогда и только тогда, когда  $f''(x) \geq 0 \quad \forall x \in (0, \infty)$ ;

2)  $\Phi(x)$  Непрерывная по переменным группы  $x$ , положительная функция. Тогда имеет место неравенство

$$\int_Q \Phi(x) f[u(n, x)] dx \geq f \left\{ \int_Q \Phi(x) [u(n, x)] dx \right\}.$$

Это соотношение называют неравенством Иенсена. Доказательство теоремы приведены в работе [3].

**ЛЕММА 1.** Пусть 1)  $\sum_{s=0}^{\infty} a(s) = \infty$ ; 2)  $\varphi(z)$  - неубывающая функция  $\forall z > 0$ ;

3) конечные разности пятого порядка тогда неравенство

$$L_5[y(n)] + a(n)\varphi[\mathcal{G}(n)] \leq 0 \quad (2)$$

Не имеет положительного решения.

**ДОКАЗАТЕЛЬСТВО.** Допустим, что неравенство (2) имеет положительное решение  $\mathcal{G}(n) > 0 \quad \forall n \geq n_1$ . Тогда  $\Delta W_5(n) \leq 0$ .

Следовательно,  $\Delta W_5(n)$  - невозрастающая функция. Логически возможны только следующие допущения 1) либо  $\exists n_2 \geq n_1$  такое, что  $W_5(n_2) = C < 0$ ;

2) либо  $\Delta W_5(n) \leq 0 \quad \forall n \geq n_1$ .

Рассмотрим первый случай. Докажем, что это предположение противоречит неравенству  $\mathcal{G}(n) > 0 \quad \forall n \geq n_1$ .

Имеем  $\Delta W_5(n) = P_5(n)\Delta W(n) \leq C < 0 \quad \forall n \geq n_2$ . Следовательно

$W_4(n) \leq W_4(n_2) + C \sum_{n_2}^{n-1} q_5(s) \rightarrow -\infty$  при  $n \rightarrow \infty$ . Отсюда следует, что  $\exists C_1 < 0, \exists n_3 > n_2$  та-

кие, что  $W_4(n) \leq C_1 < 0 \quad \forall n \geq n_3$ .

Продолжая аналогичные рассуждения, получим, что  $\exists C_0 < 0, \exists n^1 \geq n^0$  такие, что

$$W_2(n) \leq C_0 < 0, \quad \forall n \geq n^1 \quad P_2(n)\Delta \mathcal{G}(n) \leq C_0 < 0 \quad \forall n \geq n^1$$

$$\Delta \mathcal{G}(n) \leq C_0 q_2(n);$$

$$\mathcal{G}(n) \leq \mathcal{G}(n^1) + C_0 \sum_{m=n^1}^{n-1} q_2(m) \rightarrow -\infty$$

Это соотношение противоречит неравенству  $\mathcal{G}(n) > 0 \quad \forall n \geq n_1$ . Следовательно, первое предположение несостоятельно.

Рассмотрим второй случай.  $\Delta W_5(n) = P_5(n)\Delta W_4(n) \geq 0 \quad \forall n \geq n_1$

$W_4(n)$  – неубывающая функция  $\forall n \geq n_1$ . Логически возможны только следующие предположения а) либо  $\exists n_2 \geq n_1$  такое, что  $W_4(n_2) = C > 0$ ;

б) либо  $W_4(n) \leq 0 \quad \forall n \geq n_1$ . Рассмотрим случай

а)  $W_4(n) = P_3(n)\Delta W_3(n) > C > 0 \quad \forall n \geq n_2$ .

$$W_3(n) \geq W_3(n_2) + C \sum_{n_2}^{n-1} q_4(s) \rightarrow \infty \text{ при } n \rightarrow \infty.$$

Следовательно,  $\exists C_1 > 0, \exists n_3 > n_2$  такие, что  $W_3(n) \geq C_1 \quad \forall n \geq n_3$ . Продолжая аналогичные рассуждения получим, что  $\exists C_0 > 0, \exists n^0 > n_0$  такие, что

$$W_2(n) = P_2(n)\Delta \mathcal{G}(n) \geq C_0$$

Следовательно,  $\mathcal{G}(n) \geq \mathcal{G}(n^0) = \gamma$

С учетом этого неравенства из (2) имеем

$$\Delta W_5(n) + Ca(n) \leq 0 \quad \forall n \geq n_1, \beta = \varphi(\gamma).$$

С учетом  $\Delta W_5(n) \geq 0 \quad \forall n \geq n_1$  это неравенство противоречит условию 1) леммы.

Следовательно, предположение а) противоречит условию леммы. Поэтому верно предположение  $\Delta W_4(n) \leq 0 \quad \forall n \geq n_1$

$$\Delta W_4(n) = P_4(n)\Delta W_3(n) \leq 0 \quad \forall n \geq n_1$$

$W_3(n)$  – невозрастающая функция  $\forall n \geq n_1$ . Логически возможны только следующие предположения: 1) либо  $\exists n_2 \geq n_1$  такое, что  $W_3(n_2) = \tilde{N} < 0 \quad \forall n \geq n_2$ ;

2) либо  $W_3(n) \geq 0 \quad \forall n \geq n_1$ .

Первое предположение противоречит неравенству  $W_3(n) \geq 0 \quad \forall n \geq n_1$ . Следовательно,  $\mathcal{G}(n) > 0 \quad \forall n \geq n_1$ . Аналогично рассуждая получим, что  $W_2(n) \geq 0 \quad \forall n \geq n_1$ . Отсюда вытекает, что  $\mathcal{G}(n) \geq \mathcal{G}(n_1) \equiv \tilde{N}_0 > 0$

С учетом этого неравенства из (2) имеем  $\Delta W_5(n) + Ca(n) \leq 0, \tilde{N} = \varphi(\tilde{N}_0) \quad \forall n \geq n_1$ .

Суммируя это неравенство от  $n_1$  до  $n-1$  имеем

$$\Delta W_5(n) + C \sum_{m=n_1}^{n-1} a(\delta) \leq W_5(n_1) \quad \forall n \geq n_1.$$

Так как  $\Delta W_5(n) \geq 0$ , то отсюда следует неравенство  $\tilde{N} \sum_{m=n_1}^{\delta-1} a(\delta) \leq W_5(n_1)$

Противоречащее условию 1) леммы.

ПРИМЕР. Пусть  $P_2(n) = n + \sqrt{n(n+1)}$

$$P_2(n) \equiv P_3(n) \equiv P_4(n) \equiv P_5(n) \equiv P_2(n); P_5(n) = 1$$

$$a(n) = \frac{2}{(\sqrt{n} + \sqrt{n+1})(\sqrt{n} + \sqrt{n+2})(n+2 + \sqrt{n+1})\sqrt{i}}$$

Тогда неравенство (2) имеет положительное решение  $\mathcal{G}(n) = \sqrt{n}$ . Очевидно, что  $a(i) \leq \frac{1}{4i^2}; \sum_{i=1}^{\infty} a(i) < \infty$ .

2. Если 1) выполнены условия 1), 2) леммы 1; 2) конечное разности пятого порядка, то неравенство (2) может иметь положительное решение.

$$\text{Очевидно, что } \sum_{\delta}^{\infty} \dot{a}(\delta) = \infty; \quad \sum_{\delta}^{\infty} q_k(\delta) = \sum_{\delta}^{\infty} \frac{1}{\delta + 1} = \infty.$$

ЛЕММА 2. Если 1)  $\sum_{\delta}^{\infty} \dot{a}(\delta) = \infty$ ; 2)  $\varphi(z) > 0$  – непрерывная неубывающая функция  $\forall z > 0$ ; 3) конечное разности пятого порядка, то для положительного решения  $\mathcal{G}(i)$  неравенства (2) имеет место равенство  $\lim_{i \rightarrow \infty} \mathcal{G}(i) = 0$ .

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Допустим, что неравенство (2) имеет положительное решение  $\mathcal{G}(i) > 0 \quad \forall n \geq n_1$ . Далее рассуждая почти также, как и при доказательстве леммы 1 показывается, что  $\forall n \geq n_1 \quad W_5(i) \geq 0, \quad W_2(i) \leq 0$ .

Отсюда вытекает, что 1)  $\mathcal{G}(i)$  – невозрастающая функция  $\forall n \geq n_1$ ; 2)  $\exists \lim_{i \rightarrow \infty} \mathcal{G}(i) = \tilde{N} \geq 0$ . Предположим, что  $\tilde{N} \neq 0$  тогда  $\forall n \geq n_1 \quad \varphi[\mathcal{G}(i)] \geq \varphi(\tilde{N}) \equiv \tilde{N}_0 > 0$ .

С учетом этого неравенства из (2) имеем

$$\Delta W_5(n) + C_0 a(n) \leq 0 \quad \forall n \geq n_1.$$

Так как  $\Delta W_5(n) \geq 0 \quad \forall n \geq n_1$ , то это неравенство противоречит условию 1) леммы.

Следовательно, предположение  $\tilde{N} \neq 0$  приводит к противоречию. Поэтому  $\lim_{i \rightarrow \infty} \mathcal{G}(i) = 0$

ЛЕММА 3. Пусть 1)  $\sum_{i}^{\infty} \dot{a}(i) = \infty$ ; 2) конечное разности пятого порядка; 3)

$\varphi(z) > 0$  – неубывающая функция  $\forall z > 0$ . Тогда для положительного решения  $\mathcal{G}(i) > 0 \quad \forall n \geq n_1$  неравенство

$$L_5(\mathcal{G}) - a(n)\varphi[\mathcal{G}(n)] \geq 0 \quad (3)$$

Имеет место равенство  $\lim_{i \rightarrow \infty} \mathcal{G}(i) = \infty$ .

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Пусть  $L_5(\mathcal{G}) \geq 0 \quad \forall n \geq n_1$  и  $W_5(n)$  – неубывающая функция  $\forall n \geq n_1$ . Логически возможны только случаи: 1) либо  $\exists n_2 \geq n_1$  такое, что  $W_5(n_2) = \tilde{N} > 0 \quad \forall n \geq n_2$ ; 2) либо  $W_5(n) \leq 0 \quad \forall n \geq n_1$ .

В первом случае  $\lim_{i \rightarrow \infty} \mathcal{G}(i) = \infty \quad (4)$

Рассмотрим второй случай:  $W_5(n) = \mathcal{D}_5(i) \Delta W_4(i) \leq 0 \quad \forall n \geq n_1$

$W_4(n)$  – невозрастающая функция  $\forall n \geq n_1$ . Возможны случаи: а) либо  $\exists n_2 \geq n_1$  такое, что  $W_4(n_2) = \tilde{N} < 0$ ; б) либо  $W_4(n) \geq 0 \quad \forall n \geq n_1$ . Предположение а) противоречит неравенству  $\mathcal{G}(i) > 0 \quad \forall i \leq i_1$ . Следовательно  $W_4(n) \geq 0 \quad \forall n \geq n_1$ . Продолжая подобныерассуждения получим неравенство  $W_2(n) = \mathcal{D}_2(i) \Delta \mathcal{G}(i) \geq 0 \quad \forall i \geq i_1$ .

Отсюда вытекает неравенство  $\mathcal{G}(i) \geq \mathcal{G}(i_1) \equiv \tilde{N}$ ;  
 $\varphi[\mathcal{G}(i)] \geq \varphi(\tilde{N}) = \tilde{N}_0 \quad \forall i \geq i_1$

С учетом этого неравенства из (3) имеем

$$\Delta W_5(n) \geq C_0 a(n) \quad \forall n \geq n_1$$

Далее суммируя последнее неравенство от  $i_1$  до  $i - 1$ , получим

$$W_5(n) \geq W_5(i_1) + C_0 \sum_{\gamma=i_1}^{i-1} a(\gamma) \rightarrow +\infty \text{ при } i \rightarrow +\infty.$$

Так как  $W_5(n) \leq 0$ , то это неравенство противоречиво. Следовательно, второе предположение приводит к противоречию.

ЛЕММА 4. Если 1) выполнено условие  $(\mathring{A}_0), (\mathring{O}_0)$ ; 2) неравенство  $\Delta W_5(n) \leq 0$  имеет положительное решение  $\delta(i) > 0 \quad \forall n \geq n_1$ , то  $\delta(i)$  является неубывающей функцией.

ЛЕММА 5. Если 1) выполнены условия  $(\mathring{A}_1), (\mathring{O}_1)$ ; 2) уравнение (1) имеет неосциллирующее решение, то неравенство  $L_5[\delta(n)] + g_0(n) \delta[\sigma(n)] \leq 0$  (5)

Имеет положительное решение  $\delta(i) = |\mathcal{G}(i)|$ .

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Допустим, что уравнение (1) имеет неосциллирующее решение  $u(n, x)$ . Тогда  $u(n, x)$ : 1) либо неотрицательная функция; 2) либо неположительная функция.

Рассмотрим первый случай (второй случай приводится к первому),  $u(n, x) \geq 0 \quad \forall (i, \delta) \in D_1$ .

Фиксируем число  $i_2 \geq i_1$  такое, что  $\forall i \geq i_2$  выполнялись неравенства  $h(n) \geq n_1, \tau(i) \geq i_1, \sigma(i) \geq i_1$ . Тогда  $\forall (i, \delta) \in D_2 = \{i \geq i_2, \delta \in Q\}$  выполняются неравенства  $U[h(n), x] \geq 0, U[\tau(n), x] \geq 0, U[\sigma(n), x] \geq 0$ .

С учетом этих неравенств и теоремы Йенсена и из тождества (1) имеем

$$\Delta \{ \mathcal{D}_5(i) L_4[U(n, x)] + \hat{A}_1(i) U[h(i), \delta] + \hat{A}_2(i) U[\tau(i), \delta] + g_0(i) U[\sigma(i), \delta] \} \leq 0$$

Умножая это неравенство на  $\Phi(\delta)$  затем, интегрируя и усиливая полученное неравенство, имеем,

$$L_5(\mathcal{G}) + g_0 \mathcal{G}[\sigma(n)] \leq 0 \quad \forall i \geq i_2$$

Следовательно, неравенство (5) имеет положительное решение  $\delta(i) = |\mathcal{G}(i)|$ .

Если уравнение (1) имеет неположительное решение  $u(n, x) \leq 0 \quad \forall (i, \delta) \in D_1$ , то  $z(n, x) = -u(n, x)$  является неотрицательным решением уравнения (1). Поэтому доказанное неравенство (5) имеет положительное решение  $\delta(n) = \int_Q \Phi(\delta) z(n, x) dx = -\mathcal{G}(n)$ .

Далее с учетом леммы 4 для положительного решения  $\delta(i)$  неравенство (5) имеет место  $\lim_{i \rightarrow \infty} \delta(i) = 0$ .

ТЕОРЕМА 1. Пусть а) выполнены условия  $(\mathring{A}_0), (\mathring{A}_1), (\mathring{O}_1)$ ;

2)  $\sum_{\delta}^{\infty} g_0(\delta) = \infty$ . Тогда каждое правильное решение  $u(n, x)$ . Уравнения (1) либо осциллирует либо  $\lim_{i \rightarrow \infty} \delta(i) = 0$

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Допустим, что уравнение (1) имеет неосциллирующее решение  $u(n, x)$ . Тогда по лемме 5 имеет положительное решение  $\delta(i) = |\mathcal{G}(i)|$ , что противоречит лемме 1. Следовательно, предположение существования неосциллирующего решения уравнения (1) приводит к противоречию, Поэтому решения уравнения (1) либо осциллирует либо  $\lim_{i \rightarrow \infty} \delta(i) = 0$ .

ТЕОРЕМА 2. Пусть 1) выполнены условия  $(\mathring{A}_0), (\mathring{A}_1), (\mathring{O}_2)$ ; 2)

$\varphi(z) \geq \tilde{N} = const > 0 \quad \forall z > 0$ ; 3) 1)  $\sum_{\delta}^{\infty} g(\delta) = \infty$ . Тогда каждое правильное решение

$u(n, x)$  уравнения (1) либо осциллирует либо  $\lim_{i \rightarrow \infty} \delta(i) = 0$ .

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Допустим, что уравнение (1) имеет неосциллирующее решение  $u(n, x)$ . Тогда  $u(n, x)$ : 1) либо неотрицательна; 2) либо неположительна. Рассмотрим первый случай (второй случай приводится к первому).  $u(n, x) \geq 0 \quad \forall (n, x) \in D_1$ . Зафиксируем число  $n_2 \geq i_1$  такое, чтобы  $\forall n \geq i_2$  выполнялись неравенства  $h(n) \geq n_1, \tau(i) \geq i_1, \sigma(i) \geq i_1$ . Тогда  $\forall (n, \delta) \in D_2$ .

$$U[h(n), x] \geq 0, \quad U[\tau(n), x] \geq 0, \quad U[\sigma(n), x] \geq 0$$

С учетом этих неравенств, условий теоремы из тождества (1) вытекает неравенство

$$L_\varepsilon(\mathcal{G}) + \tilde{N}g(i) \leq 0 \quad \tilde{N} = \tilde{N}mes Q$$

Следовательно, имеет положительное решение  $\delta(i) = |\mathcal{G}(i)|$ , что противоречит лемме 5. Поэтому, предположение существования неосциллирующего решения уравнения (1) приводит к противоречию, что решение либо осциллирует либо  $\lim_{i \rightarrow \infty} \delta(i) = 0$ .

## Литература

1. Быков Я.В., Мерзлякова Г.Д., Шевцов Е.И. Об осцилляторности решений нелинейных разностных уравнений // Дифференциальные уравнения. – 1975.-Т.11.№8. с. 1460-1473.
2. Быков Я.В. осцилляция решений операторно-разностных уравнений с конечными разностями первого порядка. – Фрунзе: «Илим», 1985.-263с.
3. Быков Я.В., Темиров Б.К. Осцилляция решений операторно-разностных уравнений с конечными разностями первого порядков. – Фрунзе: «Илим», 1990.-134с.
4. Темиров Б.К. Осцилляция решений нелинейного интегро-разностного уравнения с конечными разностями третьего порядка. // труды международной конференции «Программные системы: теория и приложения» института программных систем РАН г. Пересловль-Залесский. 2006. стр.379-387.

## ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ С МАЛЫМ ПАРАМЕТРОМ

Туганбаев М.М.

Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, Бишкек, ул. Фрунзе 547

С целью выяснения вопроса устойчивости решения для вырожденного уравнения переноса при  $\varepsilon = 0$  в смысле равномерной или условной устойчивости, изучается сингулярно возмущенная задача для линейного интегро-дифференциального уравнения с малым параметром при интеграле столкновений:

$$\frac{\partial f_\varepsilon(u, v, t)}{\partial t} + a(u) \frac{\partial f_\varepsilon(u, v, t)}{\partial u} + b(v) \frac{\partial f_\varepsilon(u, v, t)}{\partial v} + h_0(u, v) f_\varepsilon(u, v, t) = V_\varepsilon(t) F(u, v, t) + \varepsilon \int_{-\infty-\infty}^{+\infty+\infty} k(u, v, u', v') h_0(u', v') F_0(u', v', f_\varepsilon(u', v', t)) du' dv', \quad (1)$$

с начальным условием

$$f_\varepsilon(u, v, t)|_{t=0} = f_0(u, v), \quad (u, v, t) \in \Omega \equiv R^2 \times R_+, \quad R_+ = [0, \infty) \quad (2)$$

и дополнительной информацией о решении

$$f_\varepsilon(u^0, v^0, t) = \psi(t). \quad (3)$$

Пусть  $F(u, v, t), a(u) > 0, b(v) > 0, \psi(t), k(u, v, u', v') \geq 0$  – заданные гладкие функции,  $h_0(u, v)$  – известная неотрицательная функция, для которой имеет место разложение

$$h_0(u, v) = \lambda_1(u) + \lambda_2(v) + h(u, v), \quad (4)$$

причем

$$\int_{-\infty-\infty}^{+\infty+\infty} \int_{-\infty-\infty}^{+\infty+\infty} k(u, v, u', v') du' dv' = 1, \int_{-\infty-\infty}^{+\infty+\infty} \int_{-\infty-\infty}^{+\infty+\infty} h_0(u, v) dudv < +\infty,$$

(0,1)  $\varepsilon$  – малый параметр, а неизвестные функции:  $f_\varepsilon(u, v, t)$  – функция распределения, зависящая от фазовых переменных  $u, v \in (-\infty, +\infty)$  и времени  $t \geq 0$ ,  $V(t)$  – коэффициент, требующий определения.

Введем в рассмотрение пространство  $W_C$  функций, имеющих непрерывные частные производные первого порядка  $W_C \equiv W_C(\Omega_0), \Omega_0 = \Omega \times R_+, \Omega = R^2$ , с нормой  $\|f\|_{W_C} = \|f\|_C + \|f_u\|_C + \|f_v\|_C$ , а также пространство  $W_C^0 \equiv W_C^0(\Omega_0)$  функций с нормой  $\|f\|_{W_C^0} = \|f\|_C + \|V\|_C + \|f_u\|_C + \|f_v\|_C$ .

Если предположить, что  $\varepsilon = 0$ , то из задачи (1) – (3) получается вырожденная задача. Сперва докажем существование единственного решения задачи (1) – (3) в классе функций  $W_C$ . Далее установим близость решений:  $(f_\varepsilon, V_\varepsilon)$  – задачи с малым параметром и  $(f, V)$  – вырожденной задачи, т. е.  $(f_\varepsilon, V_\varepsilon) \rightarrow (f, V)$ , когда  $\varepsilon \rightarrow 0$  для  $\forall(u, v, t) \in \Omega$ .

Займемся сначала решением прямой задачи (1), (2). На основе введенного преобразования

$$f_\varepsilon(u, v, t) = Q(u, v, t) \exp\left(-\int_{-\infty}^u \frac{\lambda_1(\xi) d\xi}{a(\xi)} - \int_{-\infty}^v \frac{\lambda_2(\eta) d\eta}{b(\eta)}\right), \quad \forall u, v \in R^2, \forall t \in R_+. \quad (5)$$

для новой неизвестной функции  $Q(u, v, t)$  получается задача :

$$\left\{ \begin{aligned} & \frac{\partial Q(u, v, t)}{\partial t} + a(u) \frac{\partial Q(u, v, t)}{\partial u} + b(v) \frac{\partial Q(u, v, t)}{\partial v} = \\ & = \exp\left(\int_{-\infty}^u \frac{\lambda_1(\xi) d\xi}{a(\xi)} + \int_{-\infty}^v \frac{\lambda_2(\eta) d\eta}{b(\eta)}\right) \times \\ & \times \left[ V_\varepsilon(t) F(u, v, t) - h(u, v) f_\varepsilon(u, v, t) + \varepsilon \int_{-\infty-\infty}^{+\infty+\infty} \int_{-\infty-\infty}^{+\infty+\infty} k(u, v, u', v') h_0(u', v') F_0(u', v', f_\varepsilon(u', v', t)) du' dv' \right], \\ & Q(u, v, t) \Big|_{t=0} = \varphi(u, v), \forall(u, v) \in R^2, \end{aligned} \right. \quad (6)$$

где  $(f_\varepsilon; Q)$  – решение системы (5), (6), а

$$\varphi(u, v) = f_0(u, v) \exp\left(\int_{-\infty}^u \frac{\lambda_1(\xi) d\xi}{a(\xi)} + \int_{-\infty}^v \frac{\lambda_2(\eta) d\eta}{b(\eta)}\right).$$

Введем функции  $\rho_1 = \rho_1(u, t, s), \rho_2 = \rho_2(v, t, s)$ , для которых имеют место условия  $\rho_{1u}(u, t, s) + a(u)\rho_{1u}(u, t, s) = 0, \rho_1(u, t, t) = u,$   
 $\rho_{2v}(v, t, s) + b(v)\rho_{2v}(v, t, s) = 0, \rho_2(v, t, t) = v.$  (7)

Доказываются следующие утверждения.

**Лемма 1.** При условиях (7) задача (6) приводится к эквивалентному виду

$$\begin{aligned}
Q(u, v, t) = & \varphi(\rho_1(u, t, 0), \rho_2(v, t, 0)) + \int_0^t \exp \left( \int_{-\infty}^{\rho_1(u, t, s)} \frac{\lambda_1(\xi) d\xi}{a(\xi)} + \int_{-\infty}^{\rho_2(v, t, s)} \frac{\lambda_2(\eta) d\eta}{b(\eta)} \right) \times \\
& \times [V_\varepsilon(s) F(\rho_1(u, t, s), \rho_2(v, t, s), s) - h(\rho_1(u, t, s), \rho_2(v, t, s))] f_\varepsilon(\rho_1(u, t, s), \rho_2(v, t, s), s) + \\
& + \varepsilon \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} k(\rho_1(u, t, s), \rho_2(v, t, s), u', v') h_0(u', v') F_0(u', v', f_\varepsilon(u', v', s)) du' dv' ] ds. \quad (8)
\end{aligned}$$

Решая линейную функционально-алгебраическую систему (5), (8), получим

$$\begin{aligned}
f_\varepsilon(u, v, t) = & f_0(\rho_1(u, t, 0), \rho_2(v, t, 0)) \exp \left( - \int_{\rho_1(u, t, 0)}^u \frac{\lambda_1(\xi) d\xi}{a(\xi)} - \int_{\rho_2(v, t, 0)}^v \frac{\lambda_2(\eta) d\eta}{b(\eta)} \right) + \\
& + \int_0^t \exp \left( - \int_{\rho_1(u, t, s)}^u \frac{\lambda_1(\xi) d\xi}{a(\xi)} - \int_{\rho_2(v, t, s)}^v \frac{\lambda_2(\eta) d\eta}{b(\eta)} \right) \times \\
& \times [V_\varepsilon(s) F(\rho_1(u, t, s), \rho_2(v, t, s), s) - h(\rho_1(u, t, s), \rho_2(v, t, s))] f_\varepsilon(\rho_1(u, t, s), \rho_2(v, t, s), s) + \\
& + \varepsilon \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} k(\rho_1(u, t, s), \rho_2(v, t, s), u', v') h_0(u', v') F_0(u', v', f_\varepsilon(u', v', s)) du' dv' ] ds \equiv H_1[V_\varepsilon, f_\varepsilon](u, v, t). \quad (9)
\end{aligned}$$

**Лемма 2.** Уравнение (9) является эквивалентным интегральным представлением задачи (1), (2).

**Теорема 1.** Прямая задача (1), (2) разрешима в пространстве  $W_C$  с оценкой

$$\|f_\varepsilon(u, v, t)\|_{W_C} \leq \frac{\gamma}{1 - \gamma_1}.$$

Перейдем к исследованию обратной задачи (1) – (3).

Подставляя в формулу (9)  $u = u^0$ ,  $v = v^0$ , получим

$$\begin{aligned}
\psi(t) = & f_0(\rho_1(u^0, t, 0), \rho_2(v^0, t, 0)) \exp \left( - \int_{\rho_1(u^0, t, 0)}^{u^0} \frac{\lambda_1(\xi) d\xi}{a(\xi)} - \int_{\rho_2(v^0, t, 0)}^{v^0} \frac{\lambda_2(\eta) d\eta}{b(\eta)} \right) + \\
& + \int_0^t \exp \left( - \int_{\rho_1(u^0, t, s)}^{u^0} \frac{\lambda_1(\xi) d\xi}{a(\xi)} - \int_{\rho_2(v^0, t, s)}^{v^0} \frac{\lambda_2(\eta) d\eta}{b(\eta)} \right) \times \\
& \times [V(s) F(\rho_1(u^0, t, s), \rho_2(v^0, t, s), s) - h(\rho_1(u^0, t, s), \rho_2(v^0, t, s))] f_\varepsilon(\rho_1(u^0, t, s), \rho_2(v^0, t, s), s) + \\
& + \varepsilon \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} k(\rho_1(u^0, t, s), \rho_2(v^0, t, s), u', v') h_0(u', v') F_0(u', v', f_\varepsilon(u', v', s)) du' dv' ] ds. \quad (10)
\end{aligned}$$

Так как  $\psi(t) \in C^1(R_+)$ , то продифференцировав (10) по  $t$ , можно выразить  $V_\varepsilon(t)$ , при условии

$$F(u^0, v^0, t) \neq 0, \forall t \in R_+ \quad (11)$$

в виде

$$V_\varepsilon(t) = (F(u^0, v^0, t))^{-1} \cdot H_0[V_\varepsilon, f_\varepsilon, f_{\varepsilon u}, f_{\varepsilon v}](u^0, v^0, t) \equiv H_2[V_\varepsilon, f_\varepsilon, f_{\varepsilon u}, f_{\varepsilon v}](u^0, v^0, t), \quad (12)$$

$$\begin{aligned}
& \text{где } H_0[V_\varepsilon, f_\varepsilon, f_{\varepsilon u}, f_{\varepsilon v}](u^0, v^0, t) \equiv \psi'(t) - \exp\left(-\int_{\rho_1(u^0, t, 0)}^{u^0} \frac{\lambda_1(\xi)}{a(\xi)} d\xi - \int_{\rho_2(v^0, t, 0)}^{v^0} \frac{\lambda_2(\eta)}{b(\eta)} d\eta\right) \times \\
& \times \left[ f_{0u}(\rho_1(u^0, t, 0), \rho_2(v^0, t, 0))\rho_{1t}(u^0, t, 0) + f_{0v}(\rho_1(u^0, t, 0), \rho_2(v^0, t, 0))\rho_{2t}(v^0, t, 0) + \right. \\
& \left. + f_0(\rho_1(u^0, t, 0), \rho_2(v^0, t, 0))\left(\frac{\lambda_1(\rho_1(u^0, t, 0))}{a(\rho_1(u^0, t, 0))}\rho_{1t}(u^0, t, 0) + \frac{\lambda_2(\rho_2(v^0, t, 0))}{b(\rho_2(v^0, t, 0))}\rho_{2t}(v^0, t, 0)\right)\right] + \\
& + h_0(u^0, v^0)\mu(t) - \varepsilon \int_{-\infty-\infty}^{+\infty+\infty} k(u^0, v^0, u', v')h_0(u', v')F_0(u', v', f_\varepsilon(u', v', t))du'dv' - \\
& - \int_0^t \exp\left(-\int_{\rho_1(u^0, t, s)}^{u^0} \frac{\lambda_1(\xi)}{a(\xi)} d\xi - \int_{\rho_2(v^0, t, s)}^{v^0} \frac{\lambda_2(\eta)}{b(\eta)} d\eta\right) \times \\
& \times \left[ (V_\varepsilon(s)F(\rho_1(u^0, t, s), \rho_2(v^0, t, s), s) - h(\rho_1(u^0, t, s), \rho_2(v^0, t, s)))f_\varepsilon(\rho_1(u^0, t, s), \rho_2(v^0, t, s), s) \right) \times \\
& \times \left( \frac{\lambda_1(\rho_1(u^0, t, s))}{a(\rho_1(u^0, t, s))}\rho_{1t}(u^0, t, s) + \frac{\lambda_2(\rho_2(v^0, t, s))}{b(\rho_2(v^0, t, s))}\rho_{2t}(v^0, t, s) \right) + \\
& + V_\varepsilon(s)F_u(\rho_1(u^0, t, s), \rho_2(v^0, t, s), s)\rho_{1t}(u^0, t, s) + V_\varepsilon(s)F_v(\rho_1(u^0, t, s), \rho_2(v^0, t, s), s)\rho_{2t}(v^0, t, s) - \\
& - (h_u(\rho_1(u^0, t, s), \rho_2(v^0, t, s))\rho_{1t}(u^0, t, s) + h_v(\rho_1(u^0, t, s), \rho_2(v^0, t, s))\rho_{2t}(v^0, t, s)) \times \\
& \times f_\varepsilon(\rho_1(u^0, t, s), \rho_2(v^0, t, s), s) - (f_{\varepsilon u}(\rho_1(u^0, t, s), \rho_2(v^0, t, s), s)\rho_{1t}(u^0, t, s) + \\
& + f_{\varepsilon v}(\rho_1(u^0, t, s), \rho_2(v^0, t, s), s)\rho_{2t}(v^0, t, s))h(\rho_1(u^0, t, s), \rho_2(v^0, t, s)) + \\
& + \varepsilon \int_{-\infty-\infty}^{+\infty+\infty} (k_u(\rho_1(u^0, t, s), \rho_2(v^0, t, s), u', v')\rho_{1t}(u^0, t, s) + k_v(\rho_1(u^0, t, s), \rho_2(v^0, t, s), u', v')\rho_{2t}(v^0, t, s)) \times \\
& \times h_0(u', v')F_0(u', v', f_\varepsilon(u', v', s))du'dv')ds. \tag{13}
\end{aligned}$$

Для решения обратной задачи получается замкнутая система четырех уравнений и последовательные приближения строятся по правилу

$$\begin{cases}
f_\varepsilon^{m+1}(u, v, t) = H_1[V_\varepsilon^m, f_\varepsilon^m](u, v, t), \\
V_\varepsilon^{m+1}(t) = H_2[V_\varepsilon^m, f_\varepsilon^m, f_{\varepsilon u}^m, f_{\varepsilon v}^m](u^0, v^0, t), \\
f_{\varepsilon u}^{m+1}(u, v, t) = H_3[V_\varepsilon^m, f_\varepsilon^m, f_{\varepsilon u}^m](u, v, t), \\
f_{\varepsilon v}^{m+1}(u, v, t) = H_4[V_\varepsilon^m, f_\varepsilon^m, f_{\varepsilon v}^m](u, v, t), m = 0, 1, 2, \dots,
\end{cases} \tag{14}$$

где  $f_\varepsilon^0, V_\varepsilon^0, f_{\varepsilon u}^0, f_{\varepsilon v}^0$  – начальные приближения:

$$f_\varepsilon^0(u, v, t) = f_0(u, v), \quad (15)$$

$$V_\varepsilon^0 = (F(u^0, v^0, 0))^{-1} \left\{ \psi'(0) - \left[ f_{0u}(u^0, v^0) \rho_{1r}(u^0, 0, 0) + f_{0v}(u^0, v^0) \rho_{2r}(v^0, 0, 0) + \right. \right. \\ \left. \left. + f_0(u^0, v^0) \left( \frac{\lambda_1(u^0)}{a(u^0)} \rho_{1r}(u^0, 0, 0) + \frac{\lambda_2(v^0)}{b(v^0)} \rho_{2r}(v^0, 0, 0) \right) \right] + h(u^0, v^0) \psi(0) \right\}, \quad (16)$$

$$f_{\varepsilon u}^0(u, v, t) = f_{0u}(u, v), \quad (17)$$

$$f_{\varepsilon v}^0(u, v, t) = f_{0v}(u, v). \quad (18)$$

**Теорема 2.** Обратная задача (1) – (3) разрешима в классе функций  $W_C^0$ , причем последовательности  $\{f_\varepsilon^{m+1}\}, \{V_\varepsilon^{m+1}\}$  построены методом последовательных приближений с погрешностью вычисления:

$$\|f_\varepsilon - f_\varepsilon^{m+1}\|_{W_C^0} \leq dE_0 \xrightarrow{n \rightarrow \infty (d < 1)} 0,$$

$$\text{где } E_0 = \|f_\varepsilon - f_\varepsilon^0\|_C + \|V_\varepsilon - V_\varepsilon^0\|_C + \|f_{\varepsilon u} - f_{\varepsilon u}^0\|_C + \|f_{\varepsilon v} - f_{\varepsilon v}^0\|_C.$$

Чтобы доказать, что  $(f_\varepsilon, V_\varepsilon) \xrightarrow{\varepsilon \rightarrow 0} (f, V)$  в  $W_C^0$ , поступим следующим образом: при  $\varepsilon = 0$  получим вырожденную задачу, имеющую единственное решение. Учитывая результаты теоремы 2 и полагая

$$\begin{cases} f_\varepsilon(u, v, t) = f(u, v, t) + \xi_\varepsilon(u, v, t), \\ V_\varepsilon(t) = V(t) + \eta_\varepsilon(t), \end{cases} \quad (19)$$

$$\xi_\varepsilon(u, v, 0) = 0, \eta_\varepsilon(0) = 0, \xi_\varepsilon(u^0, v^0, t) = 0, \quad (20)$$

из задачи (1) – (3) получим

$$\frac{\partial \xi_\varepsilon(u, v, t)}{\partial t} + a(u) \frac{\partial \xi_\varepsilon(u, v, t)}{\partial u} + b(v) \frac{\partial \xi_\varepsilon(u, v, t)}{\partial v} + h_0(u, v) \xi_\varepsilon(u, v, t) = \eta_\varepsilon(t) F(u, v, t) + \\ + \varepsilon \int_{-\infty-\infty}^{+\infty+\infty} k(u, v, u', v') h_0(u', v') F_0(u', v', f(u', v', t) + \xi_\varepsilon(u', v', t)) du' dv'. \quad (21)$$

Как и выше, решая обратную задачу для уравнения (21), получим систему типа (14) и оценивая далее в вышеуказанных нормах можно доказать следующие утверждения.

**Теорема 3.** Решение  $(f_\varepsilon(u, v, t); V_\varepsilon(t))$  обратной задачи с малым параметром (1) – (3) сходится к решению вырожденной задачи  $(f(u, v, t); V(t))$  при  $\varepsilon \rightarrow 0$  в пространстве  $W_C^0$ .

Обратная задача переноса (1) – (3) связана с весовой функцией  $h_*(u, v) = \lambda_1(u) \lambda_2(v)$ . Поэтому, также должны быть получены результаты, когда

$$f_\varepsilon(u, v, t) \in C(\Omega), \xi_{\varepsilon u}(u, v, t), \xi_{\varepsilon v}(u, v, t) \in L_{h_*}^2(\Omega), V_\varepsilon(t), \eta_\varepsilon(t) \in L^2(R_+).$$

**Теорема 4.** В случае  $h_0(u, v) = \lambda_1(u) + \lambda_2(v)$ , решение обратной задачи (1) – (3) сходится к решению вырожденной задачи в смысле  $W_{h_*}^2$  при  $\varepsilon \rightarrow 0$ .

## Литература

1. Туганбаев М.М. Прямая задача для кинетического уравнения с двухмерной функцией распределения // Известия Вузов. – Бишкек, 2009. – №2. – С. 269–272.

# СОБСТВЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ОДНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ТИПА ФРЕДГОЛЬМА ТРЕТЬЕГО РОДА В ПРОСТРАНСТВЕ $L_2$

**К.И. Салейдинов**

Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, Бишкек, ул. Фрунзе 547

В работах [1, 2] рассмотрено интегральное уравнение типа Фредгольма третьего рода:

$$(\lambda - t)\Psi(t) - \frac{c\lambda}{2} \int_{-1}^1 \Psi(s)ds = 0,$$

$$-\infty < \lambda < \infty; \quad -1 \leq t \leq 1; \quad c = const.$$

(1)

Для уравнения (1) определены два дискретных собственных элемента

$$\Psi_{\pm\lambda_0}(t) = \frac{\pm\lambda_0 c}{2} \cdot \frac{1}{\pm\lambda_0 - t}, \quad (2)$$

соответствующих двум собственным значениям  $\pm\lambda_0 \notin [-1;1]$  и континууму собственных

элементов  $\Psi_\lambda(t) = \frac{\lambda c}{2} Vp \frac{1}{\lambda - t} + W(\lambda)\delta(\lambda - t), \quad (3)$

соответствующих континууму собственных значений  $\lambda$ , принимающему любое значение из отрезка  $(-1; 1)$ .

В работе [3] установлено условие полноты этих собственных элементов.

Если: 1) делить интервал  $[-1; 1]$  точками  $t_0 = -1, t_k < t_{k+1}, k=1, 2, \dots, n-1, t_n = +1,$

образовать объединение  $I = \bigcup_{k=1}^{n-1} (t_k, t_{k+1})$  и пространство решений

$$X(I) = \{f^*(t) : tf^*(t), \text{ определенное на } \forall (t_k, t_{k+1}) \text{ и}$$

$$tf^*(t)|_{t=0} = \lim_{t \rightarrow 0^+} tu(t), \|u\| = \sup_{t \in I} |tu(t)| \};$$

2) произведение  $tf^*(t)$  в пространстве решений  $X(I)$  удовлетворяет условию Гёльдера, т.е. в  $\forall t', t'' \in (t_k, t_{k+1}), k=0,1,2,\dots,n-1$  существуют постоянные  $B$  и  $\alpha$ , такие, что  $0 < \alpha \leq 1$  и  $|tf^*(t') - tf^*(t'')| \leq B|t' - t''|^\alpha$  (это условие называем - условием  $H_I$ ).

Тогда, для  $\forall f^*(t) \in X(I)$  в точках  $t \neq t_k, k=1,2,\dots,n$  имеет место разложение по собственным элементам (2), (3) в виде

$$f^*(t) = A(+\lambda_0)\Psi_{+\lambda_0}(t) + A(-\lambda_0)\Psi_{-\lambda_0}(t) + \int_{-1}^1 A(\lambda)\Psi_\lambda(t)d\lambda, \quad (4)$$

где  $A(\lambda) = \frac{\int_{-1}^1 s\Psi_\lambda(s)f^*(s)ds}{\int_{-1}^1 s\Psi_\lambda^2(s)ds}, \quad \forall \lambda \in \sigma \equiv \{-\lambda_0\} \cup \{+\lambda_0\} \cup (-1;1).$  (5)

В данной работе докажем, что формулы (4) и (5) имеют место для функций  $f^*(t)$ , где  $tf^*(t) \in L_2(-1;1)$ .

Рассмотрим оператор  $A : L_2(-\infty; \infty) \rightarrow L_2(-\infty; \infty)$ , определенный по формуле

$$Au(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{u(t)}{t-x} dt \equiv g(x). \quad (6)$$

В работе [4] доказана теорема:

**ТЕОРЕМА 0.** Если  $f(x) \in L_2(-\infty; \infty)$ . Тогда функция

$$g(x) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{f(t)}{t-x} dt \quad (7)$$

почти всюду также принадлежит  $L_2(-\infty; \infty)$ .

При этом функция  $f(x)$  почти всюду определяется в виде  $f(x) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{g(t)}{t-x} dt$

и удовлетворяет условию 
$$\int_{-\infty}^{\infty} |g(x)|^2 dx = \int_{-\infty}^{\infty} |f(x)|^2 dx. \quad (8)$$

Рассмотрим пространство

$$X_2(I) \equiv \left\{ f(t) \in X(I) : \|f\|_2 = \left( \int_{-1}^1 |tf(t)|^2 dt \right)^{\frac{1}{2}} < \infty \right\}.$$

**ЛЕММА 1.** Если  $f(t) \in X_2(-1;1)$ , то функция  $A(\lambda)$  определяется по формуле (5)

$$A(\lambda) = \frac{1}{N(\lambda)} \int_{-1}^1 tf(t)\Psi_{\lambda}(t)dt,$$

также принадлежит  $X_2(-1;1)$  и является непрерывной от  $f(t)$ , где

$$f(t) = f^*(t) - A(\lambda_0)\Psi_{\lambda_0}(t) - A(-\lambda_0)\Psi_{-\lambda_0}(t)$$

$$N(\lambda) = \int_{-1}^1 t\Psi_{\lambda}^2(t)dt, \quad \lambda \in \sigma \equiv \{-\lambda_0\} \cup \{+\lambda_0\} \cup (-1;1).$$

**ДОКАЗАТЕЛЬСТВО.** Подставляя (3) в (5), имеем

$$\begin{aligned} \lambda A(\lambda) &= \frac{1}{N(\lambda)} \int_{-1}^1 tf(t) \left\{ \frac{\lambda c}{2} \cdot \frac{1}{\lambda-t} + W(\lambda)\delta(\lambda-t) \right\} dt = \\ &= \frac{W(\lambda)}{W^+(\lambda)W^-(\lambda)} \int_{-1}^1 tf(t)\delta(\lambda-t)dt + \frac{c}{2} \frac{\lambda}{W^+(\lambda)W^-(\lambda)} \int_{-1}^1 \frac{tf(t)}{\lambda-t} dt = \\ &= \frac{W(\lambda)}{W^+(\lambda)W^-(\lambda)} \lambda f(\lambda) + \frac{\lambda}{W^+(\lambda)W^-(\lambda)} \cdot \frac{c}{2} \int_{-1}^1 \frac{tf(t)}{\lambda-t} dt. \end{aligned} \quad (9)$$

Здесь воспользовались формулами [4], [5] :

$$N(\lambda) = \lambda W^+(\lambda)W^-(\lambda);$$

$$W^{\pm}(\lambda) = W(\lambda) \pm \frac{\pi ic \lambda}{2};$$

$$\int \varphi(x)\delta(t-x)dx = \varphi(t).$$

Функции  $\frac{W(\lambda)}{W^+(\lambda)W^-(\lambda)}$ ,  $\frac{\lambda}{W^+(\lambda)W^-(\lambda)}$  определены на  $[-1; 1]$  и являются непрерывными функциями по  $\lambda$  [5].

Рассмотрим функцию

$$g(\lambda) = \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{tf(t)}{\lambda-t} dt. \quad (10)$$

Тогда в силу теоремы 0 имеем 
$$\int_{-1}^1 |g(\lambda)|^2 d\lambda \leq \int_{-\infty}^{\infty} |g(\lambda)|^2 d\lambda \leq \int_{-\infty}^{\infty} |tf(t)|^2 dt = \int_{-1}^1 |tf(t)|^2 dt.$$

Тогда из (9) получим 
$$\int_{-1}^1 |\lambda A(\lambda)|^2 d\lambda \leq N_2 \int_{-1}^1 |tf(t)|^2 dt (N_2 - const). \quad (11)$$

Отсюда имеем 
$$\|A\|_2 \leq N_2 \|f\|_2. \quad (12)$$

Лемма доказана.

**ЗАМЕЧАНИЕ 1.** Если определен оператор  $T : X_2 \rightarrow X_2$  по формуле

$$(Tf)(t) = A(\lambda). \quad (13)$$

Тогда 
$$\sup_{t \in I} \frac{\|(Tf)(t)\|}{\|f\|} = \sup_{t \in I} \frac{\|A(t)\|}{\|f\|} \leq \frac{N_2 \|f\|}{\|f\|} = N_2, \text{ т.е. } \|T\|_2 \leq N_2. \quad (14)$$

**ЗАМЕЧАНИЕ 2.** Если умножить (9) на  $W(\lambda)$ , то так же как неравенство (11) можно легко показать, что

$$\int_{-1}^1 |\lambda W(\lambda)A(\lambda)|^2 d\lambda \leq \bar{N}_2 \int_{-1}^1 |tf(t)|^2 dt (\bar{N}_2 - const). \quad (15)$$

Если теперь определен оператор  $\hat{T} : X_2 \rightarrow X_2$  по формуле

$$(\hat{T}f)(t) = W(\lambda)A(\lambda), \quad (16)$$

то 
$$\|\hat{T}\|_2 \leq \bar{N}_2. \quad (17)$$

**ЛЕММА 2.** Для каждого  $A(\lambda)$ , где  $A(\lambda) \in X_2$  и  $W(\lambda)A(\lambda) \in X_2$ , существует элемент  $f(t)$  пространства  $X_2$  и выполняется равенство

$$f(t) = \int_{-1}^1 A(\lambda)\Psi_\lambda(t)d\lambda, \quad -1 < \lambda < 1, \quad (18)$$

где

$$A(\lambda) = \frac{1}{N(\lambda)} \int_{-1}^1 tf(t)\Psi_\lambda(t)dt, \quad -1 < \lambda < 1. \quad (19)$$

**ДОКАЗАТЕЛЬСТВО.** Из формул (11) и (15) следует, что

$$\int_{-1}^1 |\lambda A(\lambda)|^2 d\lambda < \infty, \quad (20)$$

$$\int_{-1}^1 |\lambda W(\lambda)A(\lambda)|^2 d\lambda < \infty. \quad (21)$$

Рассмотрим интеграл  $\int_{-1}^1 A(\lambda)\Psi_\lambda(t)d\lambda$  и обозначим его в виде (18)

$$f(t) = \int_{-1}^1 A(\lambda)\Psi_\lambda(t)d\lambda,$$

где  $A(\lambda)$  и  $\Psi_\lambda(t)$  определены в виде (19) и (3)

$$A(\lambda) = \frac{1}{N(\lambda)} \int_{-1}^1 tf(t)\Psi_\lambda(t)dt,$$

$$\Psi_\lambda(t) = \frac{c\lambda}{2} \frac{1}{\lambda - t} + W(\lambda)\delta(\lambda - t).$$

Подставляя (3) в (18) имеем

$$\begin{aligned}
f(t) &= \int_{-1}^1 A(\lambda) \left\{ \frac{c\lambda}{2} \frac{1}{\lambda-t} + W(\lambda)\delta(\lambda-t) \right\} d\lambda = \\
&= \frac{c}{2} \int_{-1}^1 \frac{\lambda A(\lambda)}{\lambda-t} d\lambda + W(\lambda)A(\lambda).
\end{aligned} \tag{22}$$

То, что первое слагаемое из этого равенства принадлежит  $X_2$  следует из теоремы, а то, что второе слагаемое из этого равенства принадлежит  $X_2$  следует из условий леммы.

Лемма доказана.

**ЛЕММА 3.** Равенства (18), (3) имеют место для любого  $f \in X_2$ .

**ДОКАЗАТЕЛЬСТВО.** Пусть имеются последовательности операторов  $\{A_n(\lambda)\} \subset X_2$  такие, что

$$\|A_n - A\|_2 \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 0, \tag{23}$$

$$\|W(\lambda)A_n(\lambda) - W(\lambda)A(\lambda)\|_2 \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 0.$$

По лемме 2 существуют последовательности  $\{f_n(t)\}$ , принадлежащие пространству  $X_2$  и удовлетворяющие равенству

$$f_n(t) = \int_{-1}^1 A_n(\lambda) \Psi_\lambda(t) d\lambda, \quad -1 < t < 1, \text{ где} \tag{24}$$

$$A_n(\lambda) = \frac{1}{N(\lambda)} \int_{-1}^1 t f_n(t) \Psi_\lambda(t) dt, \quad -1 < t < 1.$$

Подставляя (3) в (24), имеем

$$f_n(t) = \frac{c}{2} \int_{-1}^1 \frac{\lambda A_n(\lambda)}{\lambda-t} d\lambda + W(\lambda)A_n(\lambda). \tag{25}$$

Используя (23) из (22) и (25) получим, что

$$\|f_n - f\|_2 \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 0. \tag{26}$$

Пусть теперь нами выбрана последовательность  $\{f_n\}$  такая, что  $t f_n(t)$  удовлетворяет условию Гёльдера в пространстве  $X_2$  и  $\|f_n - f\|_2 \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 0$ . Тогда из (20)-(26) вытекает, что

$$\begin{aligned}
&\|A_n - A\|_2 \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 0, \\
&\|W(\lambda)A_n(\lambda) - W(\lambda)A(\lambda)\|_2 \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 0.
\end{aligned} \tag{27}$$

Из леммы 2 и соотношений (26), (27) следует, что равенства (18), (19) имеют место для любого  $f \in X_2$ .

Как известно, в функциональном анализе множество функций, удовлетворяющих условию Гёльдера в пространстве  $L_2$  всюду плотно. Исходя из этого и просуммировав леммы 1, 2, 3, нами доказана следующая

**ТЕОРЕМА.** Пусть  $c > 0$  и элементы пространства  $X_2(I)$  удовлетворяют условию  $H_I$ . Тогда дискретные собственные элементы  $\Psi_{\lambda_0}(t)$ ,  $\Psi_{-\lambda_0}(t)$ , определенные по формуле (2) и континууму собственных элементов  $\Psi_\lambda(t)$ , определенных по формуле (3) интегрального уравнения (1) полны в пространстве  $L_2(I)$ , т.е. для  $\forall f^*(t)$  удовлетворяющего условию  $H_I$ , такого, что  $t f^*(t) \in L_2(I)$  при  $t \neq t_k, k = 1, 2, \dots, n$ , имеют место формулы (4), (5).

### Литература

1. Салейдинов К.И. О дискретном спектре одного интегрального уравнения типа Фредгольма второго рода // Исследования по интегро-дифференциальным уравнениям. – Выпуск 37. - Бишкек: Илим, 2007. – С. 70-74.
2. Салейдинов К.И. О континуум-спектре одного интегрального уравнения типа Фредгольма третьего рода // Исследования по интегро-дифференциальным уравнениям. – Выпуск 37. - Бишкек: Илим, 2007. – С. 75-79.

3. Салейдинов К.И. Теорема о полноте дискретных и континууме собственных элементов одного интегрального уравнения типа Фредгольма третьего рода //Вестник КНУ им. Ж.Баласагына. – Серия 3. – Вып. 4. – 2009. – С. 72-78.
4. Титчмарш Е. Теория функций. – М.; Л.: Гостехиздат, 1951.
5. Мусхлешвили Н.И. Сингулярные интегральные уравнения. – М.: Наука, 1968.

## ИНФЛЯЦИЯ СОВРЕМЕННОЙ ВСЕЛЕННОЙ В РАМКАХ $f(R)$ ГРАВИТАЦИИ

Сагынбаева М.

Таласский государственный университет, г. Талас, Кыргызская Республика

*Рассмотрена модель космологической эволюции темной энергии в рамках модифицированной  $f(R)$  гравитации. Описано поведение модели в прошлом (вблизи эпохи рекомбинации), в настоящее время и в будущем. С целью удовлетворения наблюдательным астрономическим данным, параметры модели подобраны соответствующим образом.*

В настоящее время общая теория относительности (ОТО) А. Эйнштейна является общепринятой фундаментальной теорией, описывающей геометрические свойства пространства – времени. В однородном и изотропном пространстве эйнштейновские уравнения Фридмана, которые описывают эволюции Вселенной, и на которых базируется стандартная теория Большого Взрыва. Однако быстрое развитие наблюдательной космологии, особенно за последние два десятилетия, показало, что наша Вселенная в процессе своего развития прошла через две фазы ускоренного расширения. Первая, называемая инфляционной (см. книгу [1]), предшествовала стадии доминирования излучения. Эта фаза необходима не только для того, чтобы решить целый ряд принципиальных проблем эволюции ранней Вселенной (плоскостность, причинная связность и т.д.), но и объяснить практически плоский спектр акустических колебаний, который и дал современное распределение реликтового излучения. Вторая фаза ускоренного расширения началась после эпохи доминирования вещества, когда уже сформировалась крупномасштабная структура Вселенной. Сейчас считается, что такое ускорение обеспечивается наличием в современной Вселенной, так называемой темной энергии, существование которой подтверждается целым рядом наблюдательных данных (по сверхновым типа Ia, по акустическим осцилляциям барионов и реликтового излучения).

Теоретическое описание темной энергии возможно несколькими путями. Общая идея состоит в нарушении одного или нескольких так называемых условий энергодоминантности, что на языке гидродинамики соответствует введению в рассмотрение некой жидкости с эффективным отрицательным давлением. Это, в свою очередь, приводит к «расталкиванию» частиц, заполняющих Вселенную, друг от друга и их ускоренному разлету. На этот разлет как раз и указывают отмеченные выше наблюдательные данные.

В рамках различных модифицированных теорий гравитации нарушение условий энергодоминантности достигается при изменении эйнштейновской теории гравитации путем добавки в нее дополнительных слагаемых по инвариантам различной кривизны – скалярной, римановой, Риччи. В этой статье мы подробнее остановимся на простейшем варианте модификации уравнений Эйнштейна, когда в гравитационный лагранжиан добавляется слагаемое, пропорциональное скалярной кривизне  $R$ . Такого рода теории, называемые  $f(R)$  гравитация, с успехом применяются при исследовании моделей ранней инфляционной Вселенной. Поэтому вполне естественны попытки применения этой теории и для описания современного ускоренного расширения Вселенной. На этом пути уже имеется целый ряд результатов, позволяющих говорить об успешности использования  $f(R)$  гравитации для описания инфляции современной Вселенной [2]. Здесь мы рассмотрим

одну из унифицированных моделей, которая описывает единым образом эволюции как ранней Вселенной (от эпохи рекомбинации), так и современное ее состояние [3].

### Математическое описание модели

Выберем гравитационный лагранжиан в форме:

$$L_g = -\frac{R}{2} + f(R), \quad (1)$$

где первое слагаемое соответствует эйнштейновской части, а второе – модификации уравнений ОТО. В простейшем варианте такую добавку можно взять в виде:

$$f(R) = -\alpha R^n, \quad (2)$$

где  $\alpha, n$  есть некоторые произвольные константы, величины которых должны определяться из наблюдательных данных. Отметим здесь, что теория (1) включает лишь геометрически величины (кривизны  $R$ ) и не содержит какого – либо вещества в явном виде.

Для проведения расчетов в рамках теории (1) необходимо задаться соответствующей метрикой пространства – времени. Исходя из наблюдательных данных, выберем следующую форму плоской метрики

$$ds^2 = d\tau^2 - a(\tau)^2(dx^2 + dy^2 + dz^2), \quad (3)$$

Здесь  $a(\tau)$  есть масштабный фактор, описывающий однородной и изотропной Вселенной. Вводя текущее значение параметра Хаббла  $H_0 \equiv 1/a_0(da_0/d\tau)$  (здесь и далее индекс 0 относится к современной эпохе), можно выписать соответствующие безразмерные компоненты кривизны

$$\rho_0^0 = -3\ddot{a}/a, \quad (4)$$

$$\rho_i^i \equiv \rho = -6(\ddot{a}/a + \dot{a}^2/a^2), \quad (5)$$

где точка обозначает производную по безразмерному времени  $\theta = H_0\tau$ . варьирование лагранжиана (1) по метрике дает следующие гравитационные уравнения

$$\rho_i^k - \frac{1}{2}\delta_i^k \rho = H_0^{-2}T_i^k + \hat{T}_i^k. \quad (6)$$

Здесь  $T_i^k$  соответствует тензору энергии – импульса обычного вещества, а

$$-\hat{T}_i^k = \left( \frac{\partial f}{\partial \rho} \right) \rho_i^k - \frac{1}{2}\delta_i^k f + \left( \delta_i^k g^{lm} - \delta_i^l g^{km} \right) \left( \frac{\partial f}{\partial \rho} \right)_{;l;m} \quad (7)$$

описывает геометрическую часть тензора энергии – импульса, содержащую только добавку  $f(R)$ . Целью наших дальнейших исследований будет подбор таких параметров добавки (2), которые удовлетворяют астрономическим наблюдательным данным на временном промежутке от эпохи рекомбинации (приблизительно 300000 лет после Большого Взрыва) до наших дней. Подставляя (2) в уравнение (6) и (7) и вводя новую переменную

$$y = (\dot{a}a)^2, \quad (8)$$

можно получить следующее уравнение эволюции Вселенной

$$\beta \left[ n(n-1)y''y + \frac{1-n}{2}(y')^2 + n(4-3n)\frac{yy'}{a} \right] = \frac{(y')^{2-n}}{a^{4-3n}}(y - \Omega_m a), \quad \beta = (-3)^{n-1} \alpha. \quad (9)$$

Здесь штрих означает производную относительно масштабного фактора,  $a$ , а  $\Omega_m$  соответствует наличию во вселенной холодной темной материи в виде пылеподобного вещества.

Присутствующие в уравнении (9) свободные параметры  $\beta$  и  $n$  должны определяться из сравнения рассматриваемой модели с наблюдательными данными.

## Поведение пылевого решения в $f(R)$ - модели в прошлом

После рекомбинации эволюция Вселенной описывалась моделью Фридмана с учетом холодного вещества. Динамика расширения определялась стабильностью пылевого решения в модели (9). Если решение стабильно, то эволюция модели очень близка к классической. Однако наблюдательные даны при  $z < 1$  не соответствуют такому сценарию, т.е. для нас интересны нестабильные пылеподобные решения модели (9), в которых, при этом, возмущения не растут катастрофически быстро.

Для исследования поведения решения (9) мы будем искать возмущенное решение для пылеподобной эволюции, описываемой уравнением

$$y = \Omega_m a. \quad (10)$$

Подставляя это решение в (9), можно найти параметры,  $n$ , при которых оно удовлетворяется тождественно:

$$n - 1 = 2n(4 - 3n), \text{ с корнями } n_1 = 1.295, \quad n_2 = -0.129. \quad (11)$$

Далее, будем искать решение уравнения (9) в виде:

$$y = \Omega a(1 + \psi), \quad \psi \ll 1, \quad (12)$$

В этом линейном приближении и вблизи времени рекомбинации ( $a \ll 1$ ) уравнение (9) дает,

$$na^2\psi'' + a\psi'(2n - 0.5) = 0, \quad (13)$$

с затухающим решением  $\psi = C_1 + C_2 a^{\left(\frac{1}{2n}-1\right)}$ . следовательно, решение (10) для  $f(R)$  - теории (2) с  $n = n_1$ , удовлетворяющим уравнению (11), асимптотически приближается к плоскому решению Фридмана, т.е. оно стабильно и не удовлетворяет требованию, указанному выше.

Следующим шагом при выборе  $n$  будет поиск решений в  $f(R)$  - теориях (2) с  $n$ , которое слегка отличается от  $n_1$ ,

$$n = n_1 + \delta n, \quad \delta n \ll 1. \quad (14)$$

Удобно переписать условие (11) в виде

$$\delta(n - 1) = 2n(4 - 3n), \quad \delta = 1 + \varepsilon, \quad \varepsilon \ll 1. \quad (15)$$

Будем искать возмущенное пылеподобное решение в виде (12) вблизи эпохи рекомбинации. Уравнение (9) для этого случая дает

$$na^2\psi'' + 2a\psi'(n - 0.5 + \delta/4) + (\delta - 1) = 0. \quad (16)$$

Тогда, после замены переменной  $\xi = \ln(a/a_*)$  уравнение (16) дает

$$n \frac{d^2\psi}{d\xi^2} + (n - 1/2 + \varepsilon/2) \frac{d\psi}{d\xi} + \varepsilon = 0. \quad (17)$$

Последнее уравнение имеет решение

$$\psi = \left( C_1 + \frac{2\varepsilon}{1 - 2n} \ln\left(\frac{a}{a_*}\right) \right) + C_2 a^{\left(\frac{1}{2n}-1\right)}. \quad (18)$$

Анализ (18) показывает, что требование, указанное выше, реализуется только для  $\varepsilon < 0$ . В этом случае модификация показателя (15) определяется малой положительной добавкой

$$\delta n \cong 2\varepsilon n_1 (n_1 - 1) / (12n_1 - 1). \quad (19)$$

Численный анализ показал, что поведение решений чувствительно к малым изменениям  $\varepsilon$  при  $a \rightarrow 1$ . Последний факт совместно с выбором параметра  $\beta$  позволяет нам получить достаточно хорошее соответствие с наблюдательными данными.

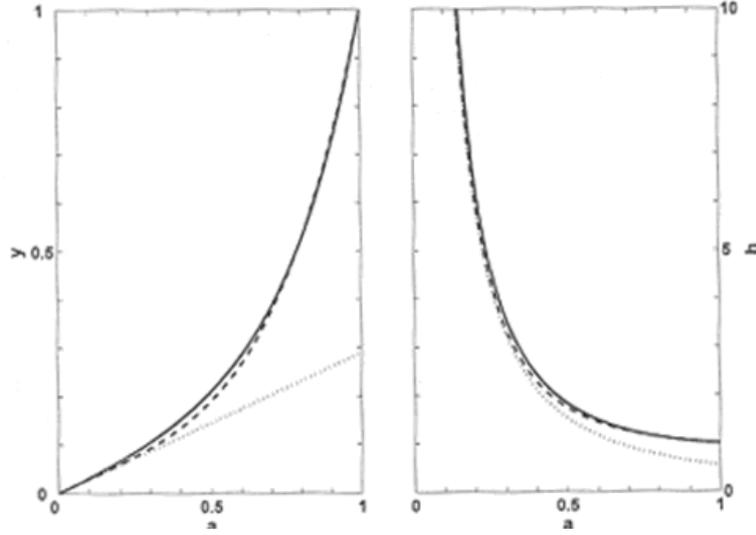


Рис. 1. Эволюция переменной  $y$  (левый рисунок) и параметра Хаббла  $h$  (правый рисунок) в зависимости от масштабного фактора  $a$  представлены сплошной линией.  $\Lambda$  CDM решение и решение для холодной материи показаны штриховой и точечной линиями соответственно. Оба рисунка соответствуют случаю  $\Omega_m = 0.29$ .

В качестве иллюстрации представим результаты для набора параметров  $n = 1.296$ ,  $\beta = 0.467$  при  $\Omega_m = 0.29$ ,  $h_0 = 68$ . На левом графике из рис.1 сплошная линия представляет эволюцию переменной  $y$  в зависимости от масштабного фактора  $a$ . В начале она совпадает с эволюцией пылевой модели, которая представлена точечной линией, но в дальнейшем она отклоняется к модели  $\Lambda$  CDM, представленной штриховой линией. На правом графике показана эволюция параметра Хаббла в зависимости от масштабного фактора  $a$  для трех указанных моделей.

### Поведение решения в будущем

Дальнейшее расширение Вселенной при  $a \gg 1$  в соответствии с уравнением (9) происходит при незначительном влиянии холодного вещества. В этом случае деситтеровское решение  $y = \Omega a^4$  является асимптотическим для уравнения (9). Это решение соответствует постоянному параметру Хаббла

$$h(a_{\leftarrow \infty}) = \sqrt{\Omega} \quad (20)$$

с  $\Omega$ , определяемым из равенства

$$3\beta(2n-1)(n-1)/2 = (4\Omega)^{(1-n)}/4 \quad (21)$$

Инфляционное решение является стабильным в процессе эволюции модели. Для того, чтобы показать это, мы будем искать возмущенное решение в виде  $y = \Omega a^4(1 + \Phi)$ ,  $\Phi \ll 1$ . Этот абзац дает

$$n_1 a^2 \Phi'' + [(n_1 - 1)/2 + 3n_1^2] a \Phi' + 6(2n_1^2 - 3n_1 + 1) \Phi = 0. \quad (22)$$

Замена переменной  $a$  на переменной  $\xi$  (см. уравнение (17)) дает

$$\frac{d^2 \Phi}{d\xi^2} + A \frac{d\Phi}{d\xi} + B\Phi = 0, \quad (23)$$

где коэффициенты  $A = [3n_1 - (1/n_1 + 1)/2] = 2.99$ ,  $B = 6(2n_1 - 3 + 1/n_1) = 2.18$ . Это уравнение для возмущений имеет затухающее решение, указывающее на то, что деситтеровское решение стабильное. Численный анализ показал, что деситтеровское решение является притягивающим.

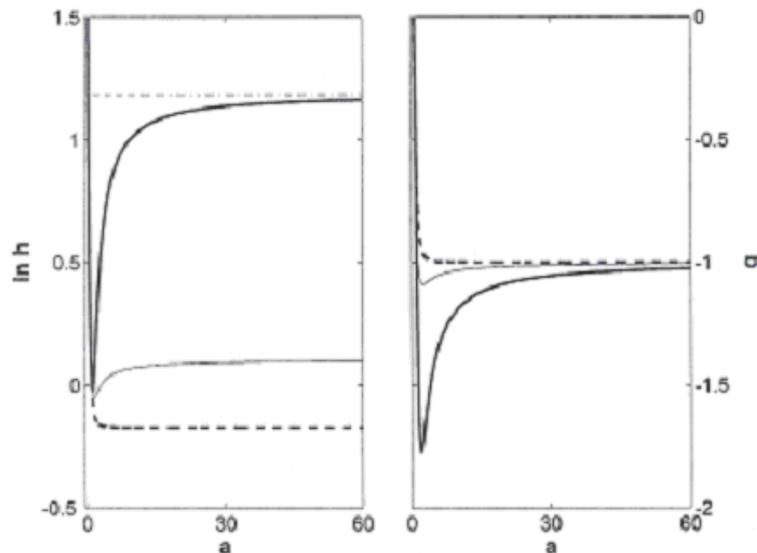


Рис. 2: Эволюция параметра Хаббла  $h$  и параметра замедления  $q$  в зависимости от масштабного фактора  $a$ . Толстые сплошные линии представляют графики для  $f(R)$  модели, штриховые линии показывают эволюции параметров для  $\Lambda$  CDM модели. На левом графике штрих-пунктирной линией показано асимптотическое решение для  $f(R)$  модели.

Эволюция параметра Хаббла представлена толстой сплошной линией на левом графике рис.2 для случая  $\Omega_m = 0.29$ . В отличие от параметра Хаббла для  $\Lambda$  CDM модели (штриховая линия), монотонно уменьшающегося до константы  $\sqrt{\Omega_\Lambda}$ , он достигает минимума  $h_m \approx 0.978$  при  $a \approx 1.15$  и после этого увеличивается до своего асимптотического решения (20), которое представлено на рисунке штрих – пунктирной линией. Интересно отметить, что формула для безразмерного параметра Хаббла  $h(z) = h(a)$ , полученная из наблюдательных данных в работе [4], позволяет экстраполировать его в будущее ( $a > 1$ ). При значениях параметров, указанных в этой статье, формула для  $h(a)$  также предсказывает минимум параметра Хаббла при  $a \approx 1.45$ , когда он равен 0.951. данные работы [4] показаны на рис.2, тонкой сплошной линией. Параметр замедления  $q$ , представленный на правом графике рис.2, также проходит через минимум и приближается к -1 с ростом  $a$ . Поэтому, мы живем в переходную эпоху между классической фридмановской космологией и деситтеровской космологией.

## Литература

- [1] Линде А., Физика элементарных частиц и инфляционная космология. -М.: 1990.-237 с.
- [2] A/de Felice and S. Tsujikawa, Living Rev. 13, 3 (2010); arXiv: 1002.4928 [gr-qc].
- [3] V.Folomeev, V.Gurocich, H.Kleinert, geometric Model of Dark Energy, astro-ph / 0501209 (2005); V. Gurocich, I. Tokareva, On One Model of the Geometrikal Quintessenke, astro-ph/0509071(2005).
- [4] U.Alam, V.Sahni, A.A. Starobinsky, JCAP, 0406, 008 (2004); astro-ph/0403687

## МНОГОЛЕТНИЕ ВАРИАЦИИ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ АТМОСФЕРЫ СЕВЕРНОГО КЫРГЫЗСТАНА В ДИАПАЗОНЕ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН

Ашымканов К.Ш., Темиралиева З.М.

Институт физико-технических проблем и материаловедения НАН КР

Использование диапазона миллиметровых радиоволн в радиосвязи (скрытная связь), в радиолокации, в телевидении и в медицине приносит определенные экономические выгоды. Во-первых, в настоящее время в метровом, дециметровом и сантиметровом диапазонах уже нет свободных частот для использования их в вышеуказанных отраслях народного хозяйства [1-3]. Во-вторых, миллиметровый диапазон (ММД) имеет ряд существенных преимуществ, по сравнению с длинноволновой частью УКВ. Например, в радиолокации это более высокое разрешение, в медицине – диагностика и лечение радиоволнами ММД и др. В этой связи исследование собственного излучения атмосферы в ММД является перспективной задачей. Ближайшим применением результатов таких исследований будет внедрение сотового телевидения [4].

В горных условиях Кыргызской Республики применение методов и техники сотового телевидения дает следующие преимущества: а) техника сотового телевидения основана на использовании цифровых технологий передачи изображения и звука, б) мощность передающего устройства обеспечивает радиус вещания всего 5 км (это приблизительно территория одного высокогорного села), в) станция сотового телевидения может транслировать передачу до 200 телевизионных каналов и плюс Интернет.

Рис. 1 Сравнение расчетных и экспериментальных индикатрис нисходящего излучения атмосферы на волне 3мм (лето).

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных измерений излучения атмосферы на волне 3мм проведенных в лаборатории радиофизики ИФТПМ НАН КР за период с 1985 года по 1995 годы. Полевые измерения яркостной температуры атмосферы выполнялись методом пассивной локации [5], в следующих пунктах наблюдений:

- 1) Экспериментальная база ИФТПМ НАН КР в пригороде Бишкека,
- 2) РРС «Чолпон-Ата»,
- 3) Перевал Туя-Ашу.

Эти пункты наблюдений размещены в разных климатических зонах и высотах над уровнем моря. Измерения яркостной температуры атмосферы получались в виде индикатрис нисходящего излучения атмосферы в каждом из пунктов. Кроме того, каждое измерение сопровождалось выполнением сопутствующих измерений давления, температуры и влажности приземного слоя воздуха. Таким образом, можно было сравнивать индикатрисы каждого пункта и получать угловую, высотную и сезонную зависимость излучения атмосферы.

Для сравнения на рис. 1 представлены индикатрисы Тя, которые были вычислены по данным стандартной атмосферы (сплошная кривая), по радиозондовым данным Кыргызгидромета (пунктирная линия) и данные эксперимента (прерывистая линия).

Как видно из графика, летом стандартная атмосфера на 15-18К завывает яркостную температуру атмосферы, а расчеты по радиозондовым данным хорошо согласуются с экспериментом. Для зимних условий погоды (см. рис. 2) картина иная: эксперимент ближе к индикатрисе стандартной атмосферы, чем к радиозондовой. Высотная зависимость радиоизлучения атмосферы на частоте 90 ГГц исследована по данным расчетов Тя на основе таблиц радиозондовых данных для летних и зимних условий Северного Кыргызстана. Эти графики показаны на рис.3. и рис. 4.

Рис. 2 Сравнение расчетных и экспериментальных индикатрис

нисходящего излучения атмосферы на волне 3мм (зима).

Рис.3 Высотная зависимость  $T_{\gamma}$  (лето).

Здесь сплошная линия представляет индикатрису нисходящего излучения атмосферы для высоты наблюдения 760 м, сплошная жирная - для высоты 1600м и пунктирная - для высоты 3050м. Как видно, высотная зависимость проявляется в уменьшении яркостной температуры с увеличением высоты над уровнем моря. Например, летом зенитные температуры равны - 37.4, 30.1 и 17.5 К, а зимой - 21.8, 14.2 и 9.2 К соответственно.

Зимние индикатрисы представлены на рис. 4

Видно, что чем выше высота над уровнем моря, тем меньше их яркостные температуры. Зимой яркостные температуры для тех же зенитных углов меньше. Например, для

Рис. 4. Высотная зависимость  $T_{\gamma}$  (зима).

высоты над уровнем моря 1600м - на 18-20К меньше для зенитных углов от 0 до 30 градусов, а для зенитного угла 80 градусов - меньше 64К. Для зенитных углов более 80 градусов необходимо учитывать рефракцию и сферичность земли, т.к. плоско-слоистая модель атмосферы не выполняется. Относительные среднеквадратичные погрешности аппроксимации зависимости расчетных яркостных температур атмосферы в зените от измеренных на этих высотах составили 7% и 8% соответственно. На всех высотах экспериментальные значения больше расчетных. Например, на высоте 3,05 км максимальные значения измеренных яркостных температур атмосферы в зените летом больше на 23 К, чем расчетные, а зимой на 10 К.

В качестве примера на рисунке показаны вариации яркостной температуры атмосферы в зените за указанный период.

На рисунке верхняя кривая получена по результатам измерений в Бишкеке, нижняя – на перевале Туя-Ашу. Из рисунка видно, что корреляция между двумя кривыми слабая. Это можно объяснить несовпадением дней измерений и условиями погоды. При этом получены средние многолетние дневные яркостные температуры : а) Бишкек – 44,2К, б) Туя-Ашу – 25,9К.

#### Литература

1. Башаринов А.Е. и др. Радиоизлучение Земли как планеты, М. 1974.
2. Степаненко В.Д. и др. Радиотеплокация в метеорологии, Л. 1987.
3. Соколов А.В. и др. Радиотехника и электроника, 2001, № 8.
4. Гольшко А.В. Сети и системы связи, 1998, № 3, с. 102-111.
5. Ашымканов К.Ш. и др. Известия НАН КР, 1999, № 2, с.17-20.

УДК 532.529:532.593

#### ЭВОЛЮЦИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ В ЖИДКОМ ВОДОРОДЕ С ПАРОВЫМИ ПУЗЫРЬКАМИ

Мамытов А.М.

Тюменский филиал Института теоретической и прикладной механики  
им. С.А. Христиановича СО РАН, г. Тюмень, Россия

Осуществляется численное исследование динамики ударных волн в жидком водороде с паровыми пузырьками в зависимости от начального давления. Отмечено, что влияние начального давления смеси на поведение волн определяется процессом межфазного теплообмена.

К настоящему времени теоретическими и экспериментальными методами исследования установлены некоторые особенности протекания волновых процессов в парожидкостных пузырьковых средах [1, 2, 3]. Вместе с тем, указанные особенности поведения ударных

волн в парожидкостных пузырьковых средах изучены недостаточно детально. В настоящей работе приведен, один из примеров исследования, связанного с влиянием межфазного теплообмена на эволюцию ударной волны в жидком водороде с паровыми пузырьками при различных начальных давлениях.

Для описания волновых процессов в жидком водороде с паровыми пузырьками с учетом нестационарного межфазного теплообмена используется односкоростная с двумя давлениями модель пузырьковой среды [2, 3].

Основные уравнения. Для теоретического описания одномерного нестационарного движения парожидкостной пузырьковой жидкости используются допущения [2, 3].

При сделанных допущениях замкнутая система уравнений движения фаз парожидкостной пузырьковой смеси в Лагранжевых переменных имеет вид [2, 3, 4]:

Здесь  $\rho_1$  – истинная и приведенная плотности, объемное содержание и давление  $p_1$ -ой фазы (1 – жидкости, 2 – пузырьков);  $\rho_2$  – средние начальная и текущая плотности, приведенное давление и массовая скорость смеси;  $n$  – число пузырьков в единице объема;  $r$  – текущий радиус пузырька и радиальная скорость жидкости на межфазной границе;  $\dot{m}$  – интенсивность фазовых превращений на межфазной поверхности;  $\mu$  – кинематическая вязкость, поверхностное натяжение, удельные теплоемкость и теплота парообразования жидкости;  $c_p$  – газовая постоянная;  $c_{p2}$  – удельная теплоемкость пара при постоянном давлении;  $T_1$  – температура паровой фазы;  $r_0$  – радиальная Эйлера координата, отсчитываемая от центра пузырька;  $T_2$  – температура жидкости вокруг пузырька;  $T_3$  – температура жидкости вдали от поверхности пузырька;  $q$  – тепловой поток от  $p_1$ -ой фазы к межфазной границе;  $\alpha$  и  $\beta$  – поправочные коэффициенты, учитывающие в уравнении Рэлея-Ламба неоднородность пузырьков.

Начальные и граничные условия для сформулированной задачи имеют вид:

Система уравнений движения пузырьковой смеси с упомянутыми выше начальными и граничными условиями после приведения к безразмерному виду численно решалась посредством комбинации метода Эйлера с пересчетом и метода прогонки [2, 3, 4, 5]. Система безразмерных уравнений, характеризуется следующими критериями подобия [3]:

$$\rho_1, \rho_2, Pe_1, \mu, \sigma, c_p, T_1, r_0, T_2, T_3, q, \alpha, \beta$$

Здесь  $\rho_1$  и  $\rho_2$  соответственно коэффициенты кинематической вязкости и температуропроводности жидкой фазы;  $Pe_1$  – показатель адиабаты пара;  $Pe_1$  – числа Рейнольдса и Пекле жидкости.

Численные исследования распространения нестационарных ударных волн в жидком водороде с паровыми пузырьками показывают влияния различных факторов на эволюционную волновую картину. Как и во всех парожидкостных пузырьковых средах, в жидком водороде с паровыми пузырьками эволюция волны зависит от теплофизических свойств смеси через безразмерных параметров ( $Pe_1$ ;  $\mu$ ;  $\sigma$ ;  $c_p$ ), от гидродинамических условий ( $\rho_1$ ,  $\rho_2$ ), от структуры смеси ( $r_0$ ) и процесса межфазного взаимодействия.

Для того, чтобы численно исследовать динамики ударных волн в жидком водороде с паровыми пузырьками в зависимости от начального давления, расчеты выполнялись для случаев: при  $T_1=20.38$  К и  $p_1=0,1$  МПа, а также при  $T_1=30$  К и  $p_1=0,8077$  МПа.

Начальный радиус пузырька ( ) полагался равным 1 мм. Объемная доля пара в смеси ( ) принимались равными 0.05, 0.1. Давление на поршне, инициирующее ударную волну ( ), также варьировались.

Значения термодинамических параметров пара и жидкого водорода при указанных условиях приведены в табл. 1 [8].

Таблица 1. Теплофизические свойства жидкого водорода с паровыми пузырьками на линии насыщения [8]

бар	,					
К	,					
кг/м <sup>3</sup>	,					
кг/м <sup>3</sup>	,					
Н/м	,					
Н•сек/м <sup>2</sup>	,					
Н•сек/м <sup>2</sup>						
1	20.38	70.3	1.298	0.0019	0.000012	
8	3054	10.37	0.000333		0.0000062	

бар						
Вт/(м•К)	,					
Вт/(м•К)	c1,					
кДж/(кг•К)	c2,					
кДж/(кг•К)	l,					
кДж/кг						
1	1.472	0.119	-	9.750	11.85	451.5
8	1.098	0.141	-	29.105	29.105	306.0

В соответствии с выбранными начальными параметрами фаз в жидком водороде с паровыми пузырьками при  $p_0 = 0,1$  и  $0,8077$  МПа и давлением на поршне ( ) два критерия подобия ( и ) являются постоянными величинами. Остальные критерии подобия ( ; ;  $Pe_1$ ; ; ; ) являются переменными величинами. Для условий рассматриваемой задачи наиболее значимыми критериями подобия (т.е. наиболее чувствительными к изменению ) являются параметры  $Pe_1$  и (аналог числа Якоба), которые определяются теплофизическими свойствами жидкости. Отметим, что согласно [3] ( $=const$ );  $Pe_1$ .

Таблица 2. Значение основных безразмерных чисел и комбинаций для жидкого водорода с паровыми пузырьками на линии насыщения

Однокомпонентная парожидкостная система

$p_0, \text{ МПа}$					
$T_s$					
$R_0$					
$103 \cdot \square_0$					
$C1^*$					
Водород	0,1	20,38	1	18,5	0,438
	0,8077	30	1	192	2,526

Однокомпонентная парожидкостная система

$p_0, \text{ МПа}$					
$\square$					
$C2^*$					
$C1^*/\square_0$					
$10^{-5} \cdot Pe_1$					
Водород	0,1	1,472	0,171	23,68	116,96
	0,8077	1,098	2,85	13,16	13,16

На рис. 1 и 2. представлены некоторые результаты численного расчета.

На этих графиках показаны расчетные профили давления за ударной волной, распространяющейся по жидкому водороду с паровыми пузырьками. Из рис. 1 видно, что с увеличением начального давления ( $p_0$ ) в смеси наблюдается увеличение скорости распространения ударной волны. Кроме того, с ростом  $p_0$  усиливается осцилляционный характер структуры ударной волны в пузырьковой смеси. В эволюционной картине ударных волн в жидком водороде с паровыми пузырьками с большим начальным – статическим давлением ( $p_0 = 0,8077$  МПа) наблюдается зона разрежения. Ранее такой эффект наблюдался в наших исследованиях связанных с распространением ударных волн в пароводяной пузырьковой среде при больших начальных статических давлениях и в жидком гелии с паровыми пузырьками [4, 5, 6].

Рис.1. Профили давления за нестационарными ударными волнами в жидком водороде ( $H_2$ ) с пузырьками пара при двух начальных давлениях  $p_0 = 0,1$  и  $0,8077$  МПа на ряд моментов времени.

Необходимо отметить, для того чтобы добиться глубины зону разрежения в жидком водороде с паровыми пузырьками, также как в пароводяной пузырьковой среде при больших начальных статических давлениях и в жидком гелии с паровыми пузырьками [4, 5], приходилось увеличить интенсивность волны или уменьшить теплоту парообразования.

Рис. 2. Соответствующие рис.1 профили интенсивности фазовых превращений за волнами давления в жидком водороде с паровыми пузырьками при двух ( $p_0 = 0,1$  и  $0,8077$  МПа) начальных давлениях.

Как свидетельствуют данные численного исследования интенсивность фазового перехода в жидком водороде с паровыми пузырьками с большим начальным статическим давлением ( $p_0 = 0,8077$  МПа) почти на порядок больше аналогичной величины в смеси с меньшим давлением ( $p_0 = 0,1$  МПа). Данное обстоятельство связано с тем, что согласно [3] интенсивность фазовых превращений в смеси ( $H_2$ ) зависит от безразмерного параметра  $\beta$ , в котором первый сомножитель зависит от теплофизических свойств несущей жидкой фазы, а второй сомножитель – от относительной плотности фаз. Для ударных волн умеренной интенсивности величина  $\beta$ . Для  $p_0 = 0,1$  и  $0,8077$  МПа значение  $\beta$ , а относительная плотность фаз ( $\rho_{rel}$ ) зависит от начального давления ( $p_0$ ,  $\rho_{rel}$ ).

В заключение отметим, что в результате проведенного численного исследования показано: для условий рассматриваемой задачи в жидком водорододе с паровыми пузырьками наиболее значимыми критериями подобия (т.е. наиболее чувствительными к изменению  $\beta$ ) являются параметры  $Re_1$  и  $\beta$  (аналог числа Якоба), которые определяются теплофизическими свойствами жидкости. В параметре  $Re_1$  на динамику распространения ударных волн в жидком водорододе с паровыми пузырьками, в зависимости от начального давления. наибольшим образом влияет величина относительной плотности  $\rho_{rel}$ .

Литература

1. Накоряков В.Е., Покусаев Б.Г., Шрейбер И.Р. Волновая динамика газо- и парожидкостных сред. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 248с.
2. Зыонг Нгок Хай, Нигматулин Р.И., Хабеев Н.С. Нестационарные волны в жидкости с пузырьками пара // Изв. АН СССР. МЖГ. – 1984, № 5. – С. 117-125.
3. Nigmatulin R.I., Khabeev N.S., Zuong Ngok Hai. Waves in liquids with vapour bubbles // J.Fluid Mech. – 1988. – V.186, January. – P. 85-117.
4. Зыонг Нгок Хай, Мусаев Н. Д, Мамытов А. Усиление ударных волн в пузырьковых жидкостях. –М.: НИИ мех. МГУ.–1988.–Отчет №3609.-91с.
5. Губайдуллин А. А., Мамытов А. Исследование влияния тепло-массообмена на распространение импульсных возмущений в парожидкостных пузырько-

вых средах // Труды второй Российской национальной конференции по теплообмену.- Москва.-1998.-Том 5.  
-С.41-44.

6. Мамытов А. Распространение ударной волны в жидком водороде с паровыми пузырьками// Материалы Международной научной конференции «Рахматулинское чтения», 26-27 мая 2011 года, Кыргызстан, г. Бишкек, С. 81-85.

7. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей.  
– М.: Наука, 1972. – 720с.

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ УВЕЛИЧЕНИЯ РАДИУСА ПРОТАИВАНИЯ МНОГОЛЕТНИХ МЁРЗЛЫХ ПОРОД ВОКРУГ СКВАЖИНЫ С УСТАНОВКОЙ ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

1Мусакаев Н.Г., 2Романюк С.Н., 1Бородин С.Л.

1Тюменский филиал Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН, г. Тюмень, Россия,

2Институт криосферы Земли СО РАН, г. Тюмень, Россия

Во многих практических задачах, возникающих при строительстве и эксплуатации скважин в многолетнемерзлых породах (ММП), представляет интерес текущее положение фронта фазового перехода и закономерность его движения [1, 2]. Связано это, во-первых, с вопросом устойчивости приустьевых площадок и самих скважин в ММП, а, во-вторых, с необходимостью учета образующейся зоны растепления мерзлых пород при расчете интенсивности теплообмена скважины с окружающим грунтом.

В работе [3] предложена математическая модель восходящего нефтегазового потока в вертикальной скважине, оснащенной установкой электроцентробежных насосов (УЭЦН). В настоящей статье предложено дополнение к данной модели, позволяющее учесть тепловое взаимодействие скважины с зоной ММП. Численно исследованы закономерности увеличения радиуса протаивания вечномерзлых пород, окружающих нефтегазовую скважину с УЭЦН. Проведен анализ зависимости температурных полей вокруг такой скважины и темпов движения фронта фазовых переходов в мерзлых породах от вида флюида и его поведения в межтрубном пространстве скважины, материала и толщины теплоизолирующего слоя на внешней стенке подъемной колонны, глубины погружения и расходной характеристики УЭЦН.

Математическое моделирование. При математическом описании закономерностей движения фронта фазового перехода в ММП за основу примем следующие допущения: породы, которые окружают скважину, однородны и изотропны; теплообмен с ними происходит по закону Ньютона; при движении фронта фазовых переходов в мерзлых породах не происходит массопереноса жидких флюидов; поток тепла в окружающих породах в осевом направлении скважины пренебрежительно мал по сравнению с потоком тепла в радиальном направлении; фазовые переходы происходят в равновесном режиме. До момента начала работы скважины будем полагать, что температура вокруг скважины однородна и равна геотермальной  $T_{ext}$ .

При сделанных допущениях уравнения, описывающие внешнюю тепловую задачу, могут быть записаны в виде:

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

Здесь и далее нижний индекс «1» соответствует параметрам мерзлой породы, «2» – параметрам протаявшей породы;  $T_i$ ,  $a_i$  и  $\square_i$  ( $i = 1, 2$ ) – температуры, коэффициенты теплопроводности и теплопроводности породы;  $t$  – время;  $r$  – радиус;  $T$  и  $T(1,2)$  – соответственно, температура газожидкостного потока в стволе скважины и температура плавления мерзлой породы;  $R_{вн}$  – внешний радиус скважины;  $\square(t)$  – закон движения границы протаивания ММП (радиус протаявшей зоны);  $a$  – коэффициент теплопередачи через систему труб скважины;  $\rho_s$  – плотность мерзлой породы;  $L_s$  – удельная теплота протаивания ММП (с учетом влагосодержания породы).

Соотношения (1) и (2) представляют собой уравнения теплопроводности для протаявшей и мерзлой пород, (3) – условие на границе контакта скважины с протаявшей породой, (4) – условие на границе фазовых переходов в ММП, (5) – уравнение движения фронта протаивания мерзлой породы (радиальная задача Стефана), (6) – условие ограниченности температуры на бесконечности.

Численное исследование. Решение системы уравнений (1)-(6) проводилось методом конечных разностей по явной схеме, аналогично схеме расчета температурного поля, изложенной в работе [4]. Шаги по времени и пространственной переменной определялись геометрией задачи и были выбраны, соответственно,  $\square t = 103$  с и  $\square r = 0,1$  м. Построенные разностные схемы обладают свойством консервативности и для них выполняется условие баланса физической величины [5].

На основе предложенной математической модели и разработанной программы выполнены расчеты основных параметров двухфазного потока по высоте скважины и температурных полей вокруг нее, а также движение фронта таяния мерзлых пород в процессе эксплуатации скважины, оснащенной УЭЦН.

При проведении расчетов использованы следующие значения параметров [1, 3, 6]:  $m = 50$  т/сут;  $GF = 100$  м<sup>3</sup>/т;  $R_{НКТ} = 0,0315$  м;  $R_{ЭК} = 0,084$  м;  $R_c = 0,125$  м;  $H = 2500$  м;  $H_{ММП} = 300$  м;  $p_b = 25$  МПа;  $p_f = 20$  МПа;  $T_f = 342$  К;  $\varepsilon = 1,5 \cdot 10^{-5}$  м;  $\rho_l = 850$  кг/м<sup>3</sup>;  $w = 0,3$ ;  $\rho_s = 1800$  кг/м<sup>3</sup>;  $R(M) = 52$  м<sup>2</sup>/(с<sup>2</sup>•К);  $R(L) = 520$  м<sup>2</sup>/(с<sup>2</sup>•К);  $\lambda(1) = 1,8$  Вт/(м•К);  $\square(1) = 8,5 \cdot 10^{-7}$  м<sup>2</sup>/с;  $\lambda(2) = 1,4$  Вт/(м•К);  $\square(2) = 4,7 \cdot 10^{-7}$  м<sup>2</sup>/с;  $\lambda_l = 0,13$  Вт/(м•К);  $c_l = 2100$  м<sup>2</sup>/(с<sup>2</sup>•К);  $\lambda_g = 0,04$  Вт/(м•К);  $c_g = 2500$  м<sup>2</sup>/(с<sup>2</sup>•К);  $L_s = 3,34 \cdot 10^5$  м<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>;  $L(M) = 2,3 \cdot 10^5$  м<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>;  $L(L) = 104$  м<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>;  $H_p = 1500$  м. Здесь нижними индексами  $l$  и  $g$  отмечены параметры жидкой и газовой фаз;  $m$  – массовый расход двухфазной смеси (дебит);  $GF$  – газовый фактор;  $R_{НКТ}$  и  $R_{ЭК}$  – радиус НКТ и эксплуатационной колонны, соответственно;  $H$  – глубина скважины;  $H_{ММП}$  – глубина залегания ММП;  $p_b$  – пластовое давление;  $p_f$  и  $T_f$  – давление и температура потока на забое скважины;  $R(M)$  и  $R(L)$  – газовые постоянные для паров жидкости и для газа, соответственно;  $\varepsilon$  – средний размер шероховатости стенки подъёмной колонны скважины;  $w$  – влагосодержание породы;  $\rho_l$  – истинная плотность жидкой фазы;  $L(M)$  и  $L(L)$  – удельные теплоты испарения жидкой фазы и выделения растворенного в жидкости газа, соответственно;  $\square_i$  и  $c_i$  ( $i = l, g$ ) – коэффициент теплопроводности и удельная теплоёмкость  $i$ -ой фазы при постоянном давлении, соответственно;  $H_p$  – глубина подвески УЭЦН. Если не оговорено дополнительно, то в пространстве между насосно-компрессорными трубами и трубами эксплуатационной колонны находится нефть.

На рис.1 представлено изменение во времени температур в скважине и окружающей горной породе. Видно, что со временем температуры внешней стенки скважины и скважинного потока повышаются, наклон же кривых изменяется не существенно. Повышение температур внешней стенки скважины и скважинного потока можно объяснить растеплением окружающих мерзлых пород, вследствие чего тепловые потери от скважины уменьшаются. Увеличение температуры газожидкостного потока может сказаться благоприятным образом на снижении количества осложнений, связанных с остыванием потока, однако повышение температур в ММП вблизи скважины в ряде случаев имеет негативный для устойчивости скважин характер [1].

Рис. 1. Распределение температуры в интервале глубин от устья ( $z = 0$ ) до 300 метров. Линия 1 соответствует геотермальной температуре, 2 и 3 – темпера-

туре внешней стенки скважины через 2 и 12 месяцев, 4 и 5 – температуре скважинного потока через 2 и 12 месяцев.

На рис. 2 представлена динамика оттаивания ММП. В результате теплоотдачи от скважины в окружающую породу радиус протаявшей зоны  $r$  со временем увеличивается; к концу года в наших расчетах величина  $r$  составила около 0,7 метра (без использования теплоизоляции).

Рис. 2. Изменение во времени радиуса протаивания окружающих скважину ММП. Зависимости построены для глубины 100 метров. Линия 1 – в межтрубном пространстве скважины находится нефть, 2 – газ, 3 – вода.

Как видно из рис. 2, если в межтрубном пространстве находится нефть (коэффициент теплопроводности в расчетах равен  $0,13 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ), то радиус протаивания максимален, если вода ( $0,68 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ) – минимален, газ же с наименьшим коэффициентом теплопроводности занимает промежуточную позицию. Т.е. увеличение теплопроводности вещества в межтрубном пространстве не ведет однозначным образом к повышению темпов роста радиуса протаявшей зоны. Для изучения этого интересного факта в работе была проведена серия расчетов с различными коэффициентами теплопроводности вещества  $\lambda_{\text{меж}}$  в межтрубном пространстве (рис.3). Из рисунка видно, что увеличение  $\lambda_{\text{меж}}$  до определенного значения приводит к большим значениям зоны протаивания, затем же происходит обратное – радиус  $r$  имеет с ростом  $\lambda_{\text{меж}}$  все меньшие значения. Причиной максимума на кривой  $r(\lambda_{\text{меж}})$  является взаимное влияние двух факторов в величине теплоотдачи от скважины в окружающие породы. А именно, коэффициента теплопередачи  $K$  через систему труб скважины и разницы температур  $\Delta T$  в стволе скважины и в окружающих породах. С увеличением  $\lambda_{\text{меж}}$  коэффициент теплопередачи  $K$  растет, однако величина  $\Delta T$  снижается вследствие больших потерь тепловой энергии скважинного потока до начала зоны ММП.

Рис. 3. Зависимость радиуса протаивания ММП от коэффициента теплопроводности вещества в межтрубном пространстве. Зависимости построены для глубины 100 метров. Линия 5 соответствует эксплуатации скважины в течение 2 месяцев; 6 – 12 месяцев. Горизонтальные линии 1, 2, 3 и 4 – коэффициенты теплопроводности нефти, газа, воды и газа в состоянии термогравитационной конвекции (число Грасгофа  $Gr = 105$ ), соответственно.

Наиболее распространенным способом пассивной тепловой защиты является нанесение теплоизолирующего материала на внешнюю стенку подъемной колонны. На рис. 4 и 5 представлены расчетные зависимости для двух материалов теплоизоляции с различной толщиной  $\delta$ . На графиках линия 1 соответствует случаю отсутствия теплоизоляции; 2 –  $\delta = 5 \text{ мм}$ , в качестве материала теплоизоляции в расчетах взят пенополиуретан с коэффициентом теплопроводности  $0,0067 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ; 3 –  $\delta = 10 \text{ мм}$ , пенополиуретан; 4 –  $\delta = 2 \text{ мм}$ , Thermo Coat с коэффициентом теплопроводности  $0,001 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ . Остальной объем межтрубного пространства заполнен нефтью.

Рис. 4. Изменение со временем радиуса протаивания окружающих скважину ММП. Зависимости построены для глубины 100 метров. Рис. 5. Изменение по глубине температуры внешней стенки скважины через 12 месяцев с начала эксплуатации скважины.

Из рис. 4 и 5 видно, что при увеличении теплоизолирующего слоя или при использовании материала с меньшим коэффициентом теплопроводности радиус протаявшей зоны  $\square$ , а также температура внешней стенки скважины уменьшаются, что обусловлено снижением теплоотдачи от скважины в окружающие породы. Кроме того, теплоизоляция подъемной колонны ведет к существенному повышению температуры газожидкостного потока по глубине скважины [3].

При прохождении через УЭЦН температура нефтегазовой смеси увеличивается в результате теплообмена с погружным электродвигателем установки, это приводит к повышению температур в скважине [3]. В этой связи было проведено численное исследование влияния глубины погружения  $H_p$  и массового расхода УЭЦН  $M_p$  на темпы продвижения фронта фазовых переходов в ММП, а также на изменение температурных полей вокруг скважины. Рис. 6 иллюстрирует для различных  $M_p$  изменение во времени радиуса  $\square$ . Из рисунков видно, что увеличение расходной характеристики УЭЦН ведет к росту зоны протаивания. Данное обстоятельство можно объяснить тем, что увеличение массового расхода смеси приводит к повышению скорости движения фаз, и поток, двигаясь к подошве ММП, успевает отдать меньшее количество тепла в окружающие горные породы, т.е. подходит более теплый. В результате большому значению  $M_p$  соответствует большая разница температур  $\square T$  в зоне ММП и, следовательно, больший нагрев окружающих пород. На рис. 7 представлена расчетная зависимость для различных глубин  $H_p$  погружения насоса. Результаты расчетов показывают, что подвеска насоса на большей глубине приводит к незначительному повышению темпов роста радиуса протаявшей зоны.

Рис. 6. Изменение со временем радиуса протаивания окружающих скважину ММП. Зависимости построены для глубины 100 метров. Линии 1, 2 и 3 соответствуют  $M_p=50, 75$  и 100 т/сут.

Рис. 7. Изменение со временем радиуса протаивания окружающих скважину ММП. Зависимости построены для глубины 100 метров. Линии 1 и 2 соответствуют  $H_p = 1000$  и 2000 м.

Заключение. Проведено математическое моделирование и построена численная схема, позволяющая найти основные параметры двухфазного потока по высоте скважины и температурных полей вокруг нее, а также движение фронта таяния мерзлых пород в процессе эксплуатации скважины, оснащенной УЭЦН. Проведено численное исследование закономерностей движения фронта фазового перехода в ММП.

Литература

1. Медведский Р.И. Строительство и эксплуатация скважин на нефть и газ в вечномерзлых породах. – М.: Недра, 1987. – 230 с.
2. Брилл Дж.П., Мукерджи Х. Многофазный поток в скважинах. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006. – 384 с.
3. Губайдуллин А.А., Мусакаев Н.Г., Бородин С.Л. Компьютерное моделирование процессов в оснащенной УЭЦН нефтегазовой скважине // Известия вузов. Нефть и газ. – 2010. – №5. – С.59-65.
4. Ковязин Н.И., Мусакаев Н.Г., Мусакаева М.Ф., Романюк С.Н. Численная схема расчета температурного поля в скважине при ее строительстве // Известия вузов. Нефть и газ. – 2009. – №6. – С.112-119.
5. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1989. – 456 с.
6. Проселков Ю.М. Теплопередача в скважинах. – М.: Недра, 1975. – 224 с.

УДК 519.644.7

# ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЧИСЛА УЗЛОВ КВАДРАТУРНОЙ ФОРМУЛЫ НА ВЫЧИСЛЕНИЕ МНОГОКРАТНЫХ ИНТЕГРАЛОВ МЕТОДОМ ОПТИМАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Заманова С.К.

Казахская головная архитектурно-строительная Академия, Алматы

Были найдены наборы оптимальных коэффициентов и рассчитаны значения пяти, десяти, пятнадцатикратных интегралов с малыми значениями числа узлов квадратурной формулы (до 22). Выявлено, что возможно вычисление многократных интегралов с меньшим числом узлов с хорошей точностью. Однако, не для всех найденные наборы оптимальных коэффициентов позволяют вычислить интегралы с хорошей точностью. У всех значений  $N$  существуют разные количества групп наборов коэффициентов, дающие одинаковое значение интеграла по соответствующим кратностям.

Путем применения функции  $f(x)$  к коэффициентам Фурье получена квадратурная формула [1]:

с помощью которой возможно приближенное вычисление интегралов произвольной кратности.

Здесь  $a_1, \dots, a_n$  - оптимальные коэффициенты;  $\alpha$  - показатель функции в интервале  $[0, 1]$ , не зависящий от  $N$ ;  $\beta$  - параметр, характеризующий гладкость функций из класса  $C^\beta$ ;  $\cos, \sin$  - известные тригонометрические функции.

В работе [2] описано вычисление пятнадцатикратных интегралов с использованием метода оптимальных коэффициентов для больших значений  $N$  от 15019 до 71053.

В данной работе, для непериодических функций была использована периодизация вида  $f(x) = f(x + N)$  и исследованы особенности влияния меньших значений числа  $N$  ( $N < 200$ ) на точность вычисления пяти, десяти, пятнадцатикратных интегралов. Определялись наборы оптимальных коэффициентов и на их основе производились вычисления интегралов.

Узлы  $x_i$  выбраны таким образом, что  $x_i = \frac{2i-1}{2N}$ , где  $i$  и  $N$  простые числа, большие  $N$  (кратность интеграла), причем  $N$  имеет порядок  $\sqrt{N}$  (см. Таблица 1), хотя в работе [3] этот способ вычисления оптимальных коэффициентов применяется при больших значениях  $N$ . Тем самым уменьшается число соответствующих элементарных операций до  $\sqrt{N}$  и обеспечивается хорошая точность вычисления многократных интегралов.

Таблица 1. Значения числа узлов квадратурной формулы для чисел  $N$  и  $n$

22	2633	51	57	69	87	93	185
11	1311	17	19	23	29	31	37
2	2 3	3	3	3	3	3	5

Определенные таким способом значения  $a_1, \dots, a_n$  позволили получить наборы коэффициентов и соответствующие значения интегралов вида  $\int_0^1 f(x) dx$ ,  $\int_0^1 f(x) \cos(\alpha x) dx$ ,  $\int_0^1 f(x) \sin(\alpha x) dx$ , приведенных в таблице 2. Значение коэффициента  $a_0$  всегда приводится к 1 и поэтому в таблице 2 оно не указано.

Таблица 2. Наборы оптимальных коэффициентов и значения пяти, десяти, пятнадцатикратных интегралов и их погрешности

N	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>
22	2	1	11,11205	13	15	19	5	0,901059
								0,098941

3 1	11,11205	3	9	5	15				
						0,901059			
	0,098941								
4 1	11,11205	15	5	9	3				
						0,901059			
	0,098941								
5 1	11,11205	5	3	15	9				
						0,901059			
	0,098941								
2 1	2684,054	13	15	19	5	21	9	7	
3 17						0,893097			
	0,106903								
3 1	2684,054	3	9	5	15	1	3	9	
5 15						0,893097			
	0,106903								
4 1	2684,054	15	5	9	3	1	15	5	
9 3						0,893097			
	0,106903								
5 1	2684,054	5	3	15	9	1	5	3	
159						0,893097			
	0,106903								
2 1	652223	13	15	19	5	21	9	7	
3 17	1 13	15	19	5		0,885206			
	0,114794								
3 1	652223	3	9	5	15	1	3	9	
5 15	1 3	9	5	15		0,885206			
	0,114794								
4 1	652223	15	5	9	3	1	15	5	
9 3	1 15	5	9	3		0,885206			
	0,114794								
5 1	652223	5	3	15	9	1	5	3	
159	1 5	3	15	9		0,885206			
	0,114794								
2 1	9,470966	15	17	21	3				
						0,922543			
	0,077457								
6 1	9,470966	19	23	21	9				
						0,922543			
	0,077457								
2 1	2271,135	15	17	21	3	19	25		
119	5						0,904124		
	0,095876								
6 1	2271,135	19	23	21	9	15	25	7	
3 5						0,904124			
	0,095876								
2 1	551881	15	17	21	3	19	25		
119	5 23	7	1	15	17		0,786975		
	0,213025								
6 1	551880,8	19	23	21	9	15	25	7	
3 5	17 11	1	19	23		0,786975			
	0,213025								

2 2	7,37534	2	4	8	16				
						0,901059			
0,098941									
3 1	7,37534	25	31	16	4				
						0,901059			
0,098941									
4 1	7,37534	4	16	31	25				
						0,901059			
0,098941									
5 1	7,37534	16	25	4	31				
						0,901059			
0,098941									
2 1	1789,363	13	4	19	16	10	31	7	
2528						0,893097			
0,106903									
2 2	1789,363	2	4	8	16	32	31		
2925	17					0,893097			
0,106903									
3 1	1789,363	25	31	16	4	1	25		
3116	4					0,893097			
0,106903									
3 2	1789,363	14	31	5	4	23	25		
2016	26					0,893097			
0,106903									
4 1	1789,363	4	16	31	25	1	4		
1631	25					0,893097			
0,106903									
4 2	1789,363	26	16	20	25	23	4	5	
3114						0,893097			
0,106903									
5 1	1789,363	16	25	4	31	1	16		
254	31					0,893097			
0,106903									
5 2	1789,363	5	25	26	31	23	16		
144	20					0,893097			
0,106903									
2 1	434815,3	13	4	19	16	10	31	7	
2528	1 13	4	19	16	0,885206				
0,114794									
2 2	434815,3	2	4	8	16	32	31		
2925	17 1	2	4	8	16	0,885206			
0,114794									
3 1	434815,3	25	31	16	4	1	25		
3116	4 1	25	31	16	4	0,885206			
0,114794									
3 2	434815,3	14	31	5	4	23	25		
2016	26 1	14	31	5	4	0,885206			
0,114794									
4 1	434815,3	4	16	31	25	1	4		
1631	25 1	4	16	31	25	0,885206			
0,114794									

	4 2	434815,3	26	16	20	25	23	4	5	
	3114	1 26	16	20	25	0,885206				
	0,114794									
	5 1	434815,3	16	25	4	31	1	16		
	254	31 1	16	25	4	31	0,885206			
	0,114794									
	5 2	434815,3	5	25	26	31	23	16		
	144	20 1	5	25	26	31	0,885206			
	0,114794									
51	3 2	1157,855	20	43	44	13	5	49		
	1116	14							0,613498	
	0,386501									
	5 2	1157,834	5	25	23	13	14	19		
	4416	29							0,607311	
	0,392688									
	6 2	1157,855	23	19	29	4	41	25		
	1416	11							0,613498	
	0,386502									
	7 2	1157,834	41	49	20	4	11	43		
	2916	44							0,607312	
	0,392688									
57	2 1	4,78158	40	4	46	16				
	1,028193									
	0,028193									
	9 2	4,78158	47	43	26	25				
	1,028193									
	0,028193									
69	5 1	3,896931	28	25	10	4				
	1,023489									
	0,023489									
	9 2	3,896931	32	58	62	52				
	1,023489									
	0,023489									
87	2 1	3,234838	31	4	37	16				
	1,160972									
	0,160972									
	142	3,234838	14	22	47	49				
	1,160972									
	0,160972									
	2 2	678,7327	2	4	8	16	32	64		
	4182	77							0,777414	
	0,222586									
	141	678,7323	43	22	76	19	49	34		
	7052	61							0,777414	
	0,222586									
93	2 1	3,045613	64	4	70	16				
	1,209682									
	0,209682									
	4 1	3,045613	4	16	64	70				
	1,209682									
	0,209682									

185

8 1	3,045613	70	64	16	4				
									1,209682
	0,209682								
152	3,045613	77	70	89	64				
									1,209682
	0,209682								
2 1	1,898568	76	41	156	16				
									1,169596
	0,169596								
184	1,898568	129	176	134	81				
									1,169596
	0,169596								
2 2	319,2173	2	4	8	16	32	64		
128	71 142								
	0,745880 0,254120								
182	319,2169	92	139	23	81	52	159		
1386	142								0,745880
	0,254120								
3 2	77561,67	77	9	138	81	132	174		
7886	147 34	28	121	67	164				0,689290
	0,310710								
3 3	77561,67	3	9	27	81	58	174		
152	86 73	34	102	121	178	164			
	0,689290 0,310710								
4 2	77561,66	152	164	138	71	62	174		
178	46 147	144	58	121	77	49			
	0,738164 0,261836								
7 4	77559,29	44	86	84	181	9	26		
3416	149 81	49	121	144	46				0,882393
	0,117607								
8 1	77542,82	156	101	31	26	171	36		
66121	6 11	51	1	156	101				1,067830
	0,067830								
9 2	77488,25	157	44	63	86	182	84		
53181	112 9	118	26	12	34				0,738164
	0,261836								
124	72231,89	49	181	174	16	44	121	9	
71149	86 144	26	164	81					0,689290
	0,310710								
144	65939,63	14	11	154	121	29	36		
134	26 179	101	119	1	14	11			
	1,067830 0,067830								
162	61522,72	127	34	63	46	107	84		
123	81 112	164	108	26	157	144			
	0,882393 0,117607								
163	61522,72	53	34	137	46	33	84		
1281	38 164	182	26	83	144				0,882393
	0,117607								

Аналитически вычисленные значения интегралов равны 1.

Из таблицы 2 видно, что для  $< 200$  возможно вычисление пяти, десяти, пятнадцатикратных интегралов с хорошей точностью. У каждого значения существуют разные количества групп наборов коэффициентов, дающие одинаковое значение по соответствующим

кратностям интегралов. Это позволяет вычислить интеграл той или иной кратности путем выбора любого из наборов оптимальных коэффициентов, дающих в любом случае одинаковое значение интеграла. Однако не для всех найденные наборы оптимальных коэффициентов позволяют вычислить интегралы с хорошей точностью и вследствие этого они в таблицу 2 не включены.

Поэтому, для получения более точного значения интеграла, необходимо осуществлять выборку рассчитанных наборов оптимальных коэффициентов в зависимости от его кратности.

#### Литература

1. Рябенкий В.С. О таблицах и интерполяции функций из некоторого класса // Доклады АН СССР 131, №5, 1960. – С. 1025-1027.
2. Zamanova S.K., Kupchishin.A.I., Muradov A.D. Influence of number of knots quadrature of the formula on accuracy of calculation of repeated integrals the method of optimum factors» / Proceedings ICKIMICS 2009 – Materials of the 2009 International Conference of Korea Institute of Maritime Information & Communication Sciences, N11, Manila, Philippines. – P. 203-205.
3. Коробов Н.М. Теоретико-числовые методы в приближенном анализе. / М.: Физматгиз. - 1963. - 224 с.

#### ФИЗИКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ И ТЕПЛОФИЗИКА

УДК 621.791:94.55

#### МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ПЛАЗМЫ С ОБРАБАТЫВАЕМЫМ МЕТАЛЛОМ

Жайнаков А.Ж., Кабаева Г.Д.

ИГДиГТ им. академика У.А. Асаналиева Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

Перспективы применения плазменных дуг в различных технологических процессах, в том числе связанных с обработкой металлов явились одной из причин широкого изучения и разработки плазменно-дуговых устройств, развития экспериментальных и теоретических методов исследования низкотемпературной плазмы. Исследованию электромагнитных, тепловых и газодинамических явлений электрической дуги посвящено огромное количество теоретических и экспериментальных исследований [1-3]. Дальнейшее развитие методов математического моделирования дуги связано с решением задач прикладного характера [2-5]. В настоящей работе рассмотрены математические модели для описания физических процессов при взаимодействии потока электродуговой плазмы с обрабатываемым изделием. В качестве примера технологического процесса обработки материалов приводится плазменная резка металлов. Совокупность физических явлений при плазменной обработке металлов приводит к необходимости определения физических параметров в электродуговой плазме, в расплавленном металле и в металле зоны термического влияния, что приводит к рассмотрению совокупности нескольких задач (рис. 1.), т.е. к постановке сопряженных задач теплообмена [4,5].

«Рабочим инструментом» при плазменной обработке изделий является электродуговая плазма, от энергетических параметров которой зависит эффективность и результат реализации процесса.

Обзор существующих работ в области теоретических исследований электродуговой плазмы показывает, что каждый этап развития модельного подхода основан на системе знаний, накопленных к данному этапу. И система этих знаний включает как концепции построения моделей, их математического описания, так и методы их реализации, являясь ос-

новой для оценки адекватности получаемых в дальнейшем результатов. Теоретические исследования дуги основаны, как правило, на одном из следующих известных моделей состояния: термически равновесной плазмы, неравновесной плазмы, известной как двухжидкостная модель или двухтемпературная модель, трехтемпературной и многокомпонентной. Модель термически равновесной плазмы является широко распространенной для исследований плазмотронов, а методы расчета электрической дуги для состояний ЛТР хорошо развиты и позволили изучить динамику теплообмена и течения плазмы в рамках этой модели при различных условиях горения, рассмотренные для различных форм электродов, условий течения газа и его рода, участков дуги и режимов горения дуги. Проводятся исследования электрических и газодинамических характеристик электрических дуг, применяемых для сварки, напыления, поверхностной обработки и резки материалов [2]. Развитие вычислительных средств наряду с численными методами позволили решать трудные задачи математического моделирования электрической дуги, и перейти от простых упрощенных моделей к усложненным, учитывающим нелинейные и неравновесные свойства низкотемпературной плазмы. В настоящее время при исследовании электрических дуг более широко применяется модель неравновесной двухжидкостной (двухтемпературной) плазмы – частичного локального термодинамического равновесия (ЧЛТР). Развитие этого подхода от решений одномерных и двумерных уравнений до трехмерных для аргоновых дуг и для воздушной плазмы при атмосферном давлении, для малых токов можно связать с развитием вычислительных систем, численных методов и расширением сведений о кинетике элементарных столкновительно - излучательных процессов и процессов электронно-ионной рекомбинации; методах определения эффективных сечений упругих и неупругих процессов, необходимых для расчета свойств термической плазмы, о методах их вычислений, что составляет основу для определения параметров плазмы.

В последние годы появились работы по исследованию дуг, применяемых для резки металлов в рамках неравновесной модели для кислородосодержащих, для аргоновых. Исследование электродуговой плазмы проводится на основе системы магнитогазодинамических уравнений с целью определения характера течения и нагрева газа в плазмотронах для технологических целей при различных режимах. Система уравнений записывается с учетом основных факторов, имеющих наиболее существенное влияние на ее формирование, таких как: джоулево тепло, конвективная и кондуктивная теплопроводность, излучение, вязкое трение и ускорение газа собственным магнитным полем. С помощью сравнительной оценки отношений одних составляющих уравнений к другим выполняется упрощение системы уравнений. Оценка позволяет пренебречь действиями электростатической силы и индуцированного электрического поля, силы тяжести, ввиду их достаточной малости. Выбор преимущественного направления изменения параметров среды и системы координат совпадающей с осью симметрии дуги позволяет провести дальнейшее упрощение системы уравнений для электрической дуги.

Допущение о локальном термодинамическом равновесии при давлениях равных и выше атмосферного, позволяет рассмотреть дугу как сплошную среду, обладающую общей тепло и электропроводностью, вязкостью, плотностью, энтальпией и другими свойствами, зависящими от температуры. Учет процессов взаимодействия элементарных частиц в плазме выполняется при подсчете коэффициентов переноса и термодинамических параметров среды с помощью усредненных по функции распределения сечения различных процессов [2, 3]. Система МГД уравнений для электродуговой плазмы в состоянии ЛТР записывается с учетом основных факторов, имеющих наиболее существенное влияние на ее формирование, таких как джоулево тепло, потоки тепла, кондуктивная теплопроводность, вязкое трение и ускорение газа собственным магнитным полем, плазма оптически тонкая. С учетом принятых допущений в методике исследований, система МГД уравнений записывается в цилиндрической системе координат  $(r, z, \varphi)$ ,  $\varphi/\varphi = 0$  для случая, ко-

гда нет внешней закрутки газа, не наложено внешнее магнитное поле и действием сил тяжести можно пренебречь.

Таким образом, система уравнений неразрывности, движения и энергии записывается в обобщенном виде для сокращения их записи, а также для удобства составления разностного алгоритма

$$, \quad (1)$$

где  $\Phi = \Phi(r, z)$  – зависимая переменная;  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от переменной  $\Phi$ ;  $\Gamma$  – коэффициент диффузии;  $S\Phi$  – источниковый член. Ниже в таблице 1 приведены значения коэффициентов обобщенного уравнения.

Таблица 1. Значения коэффициентов обобщенного уравнения (1).

уравнения	$\alpha$	$\Gamma$	$S\Phi$
неразрывности	1	1	0

движения	1	$u$	$\alpha$
		$v$	$\alpha$
энергии	$C_p$	$T$	$\alpha$

Система дополняется уравнениями Максвелла и закона Ома.

$$H_z = 0; \quad H_r = 0; \quad E_\theta = 0;$$

а также дополнительными интегральными соотношениями для тока дуги и расхода газа, и граничными условиями.

Для рассмотрения неравновесной электродуговой плазмы, в основном, применяется модель ЧЛТР, при допущениях, что скорость образования частиц определяется однократной ионизацией и трехчастичной рекомбинацией; сохраняется максвелловское распределение по скоростям и больцмановское по возбужденным уровням; эффектом Холла и вкладом индуцированных токов можно пренебречь. В этом случае коэффициенты обобщенного уравнения имеют вид:

Уравнение	$\alpha$	$\Gamma$	$S\Phi$
Ионизационного равновесия	1		
	$N_e$	$D_{ad}$	

уравнение энергии электронов

$$T_e$$

$$\alpha_e$$

тяжелых  
частиц

$$T$$

$$\alpha$$

В таблице:  $v$  – результирующая скорость электронного газа, состоящая из  $v$  – скорости движения всего газа,  $v_d$  – скорости дрейфа электронов,  $v_{ad}$  – амбиполярной диффузии,  $v_T$  – скорости термодиффузии;  $B$  – эффективный коэффициент энергообмена электронов с тяжелыми частицами, определяемый как  $B = 3/2 k N_e v_e \alpha_e$ ;  $D_{ad}$  – коэффициент амбиполярной диффузии;  $v$  – скорость образования электронов, здесь  $N_e$ ,  $N_i$ ,  $N_a$  – концентрации электронов, ионов и атомов соответственно;  $k$  – постоянная Больцмана;  $T_e$ ,  $T$  – температура электронов и тяжелых частиц соответственно;  $e$  – заряд электронов. Система дополняется законом Дальтона, условием квазинейтральности и интегральными соотношениями сохранения тока и расхода дуги. Коэффициенты переноса и теплофизические свойства аргонной плазмы являются функциями только температур. Состав и свойства плазмы определяются по известным методикам (Дресвин С.В., Энгельшт В.С., Жайнаков А., Лелевкин

В.М.) в рамках кинетической теории. Систему уравнений дополняют граничные условия для расчетной области. В случае плазменной резки, расчетная схема имеет вид (рис. 2). Теоретическое исследование тепловых процессов на контактной поверхности обычно выполняется в рамках общей теории теплопроводности в материалах. Задачи плавления и испарения при плазменной резке металлов относятся к одной из разновидностей задачи Стефана, а именно к задаче определения температурного поля в системе тел с подвижными границами фаз.

Для решения систем уравнений используется, как правило, метод контрольного объема (МКО) [6].

В данной работе, для проведения вычислительных процедур используется компьютерная система моделирования [7], в которой реализованы, указанные математические модели, позволяющие в совокупности определить картину взаимодействия электродуговой плазмы с обрабатываемой поверхностью.

Литература

1. Финкельбург В., Меккер Г. Электрические дуги и термическая плазма – М.: ИЛ, 1961. – 369 с.
2. Теория термической электродуговой плазмы. Ч.1. Методы математического исследования плазмы / Жуков М.Ф., Урюков Б.А., Энгельшт В.С., Лелевкин В.М. и др.- Новосибирск: Наука, 1987. – 287 с.
3. Низкотемпературная плазма; Т.6. / С.В. Дресвин, А.А. Бобров, В.М. Лелёвкин и др. Издательство: Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992, - 319 с.
4. Жайнаков А.Ж., Кабаева Г.Д. Математическое моделирование термогидродинамических условий образования реза при плазменной резке металлов; Вестник Кыргыз. государств. педагог. университета. Серия: математика, физика и информатика, №1; 1998 г., - С. 54-58.
5. Солоненко О.П., Головин А.А. Нестационарный сопряженный теплообмен и фазовые превращения при высокоэнергетической обработке поверхности. Часть 2: Моделирование технологических процессов // Теплофизика и аэромеханика. – 2007. –№4. – Т.14. – С. 623–638.
6. Патанкар С.В. Численное решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течении в каналах. М.:Изд-во МЭИ, 2003, - 312 с.
7. Жайнаков А.Ж, Кабаева Г.Д. Разработка компьютерной системы моделирования процесса плазменной обработки металлов // Вестник КНУ им. Жусупа Баласагына. Серия 3: Естественные и технические науки, физика и техника, выпуск 4, 2009. -С.135-138.

УДК 536.36; 537.52

## ВЛИЯНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ИНЖЕКТОРА И КОНВЕКЦИЯ В ЗОНЕ ТОРМОЖЕНИЯ НА ПРЕГРАДЕ

Жусупкелдиев Ш.

Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, г. Бишкек, ул. Фрунзе 547

Теоретически и экспериментально исследовано воздействие тепловых потоков от сверхзвуковой струи, истекающей из импульсного инжектора плазмы на поверхность преграды.

Показано что при низких давлениях основную роль в нагреве преграды играет излучение из объема инжектора и конвекция в зоне торможения на преграде.

Тепловое воздействие импульсного потока плазмы атмосферного давления на преграду определяется, главным образом, конвективной теплопередачей [1]. При этом излучение составляет лишь несколько процентов от общего теплового потока. При пониженных давлениях, вследствие увеличения температуры плазмы и возрастания доли излучения, роль конвекции существенно уменьшается.

Настоящая работа посвящена оценке соотношения этих эффектов при давлении рабочей среды ниже атмосферного. Использованный инжектор имел коническую геометрию, т.е. формирование разряда в основном осуществлялся в форкамере с диаметром, заметно большем диаметра выходного ствола.

Выйдя из ствола, плазма в виде сверхзвуковой струи натекает на преграду. При этом, если ее поверхность нормально оси струи то перед нею образуется плоская ударная волна, пройдя через которую поток приобретает дозвуковую скорость и затем растекается по поверхности (рис.1). Общий поток излучения, исходя из объема заторможенной зоны, оценивается:

$$Q_{\text{изл}} = \pi r^2 I_{\text{изл}} \quad (1)$$

где:  $r$  - радиус струи перед скачком уплотнения;  
 $\delta$  - толщина зоны;  
 $I_{\text{изл}}$  - интенсивность потока излучения, равная [2];

$$I_{\text{изл}} = \frac{2\sigma T_w^4}{1 - \epsilon} \quad (2)$$

где:  $\sigma$  - постоянная Стефана-Больцмана;  
 $\epsilon$  - коэффициент поглощения.

Конвективный тепловой поток оценим по формуле [1]:

$$Q_{\text{конв}} = \pi r^2 \rho c_p v \Delta T \quad (3)$$

где:  $Pr = \frac{c_p \mu}{\lambda}$  - число Прандтля;  $c_p$  - теплоемкость газа при температуре стенки;  $v$  - радиальная компонента скорости, штрих отвечает параметрам плазмы в заторможенной зоне. Градиент скорости в точке торможения примем равным [3]:

$$\frac{dv}{dr} = \frac{v}{r} \quad (4)$$

Скорость после скачка уплотнения:

$$v = a \sqrt{\frac{2}{\gamma - 1} \left( \frac{p_0}{p} - 1 \right)} \quad (5)$$

где:  $a$  - скорость звука;  $v_0$  - скорость в начале ствола.

Зависимость от энтальпии примем в виде [4]:

$$Q_{\text{конв}} = m c_p \Delta T \quad (6)$$

где:  $m = 0,57$  для воздуха.

Используя временные зависимости параметров плазмы, истекающей из ствола, и соотношения (3-6) можно получить:

$$\frac{Q_{\text{конв}}}{Q_{\text{изл}}} = \frac{2\pi r^2 \rho c_p v \Delta T}{\pi r^2 I_{\text{изл}}} \quad (7)$$

где:  $\frac{Q_{\text{конв}}}{Q_{\text{изл}}} = \frac{2\rho c_p v \Delta T}{I_{\text{изл}}}$  (8)

Начальное отношение давлений и начальная энтальпия равны:

$$\frac{p_0}{p} = \left( \frac{v}{a} \right)^{\frac{2\gamma}{\gamma - 1}} \quad (9)$$

Расчеты проводились для инжектора диаметром сопла 2-3 см, с начальным напряжением при сопротивлении разряда Ом, давление варьировали от 100 до мм.рт.ст. Общая начальная масса газа в объеме инжектора.

В результате расчетов установлено, что во всем исследованном диапазоне давлений лучистый тепловой поток зоны торможения существенно, на  $3 \div 5$  порядков, меньше конвективного. Это объясняется тем, что при низком давлении, где поток сильно расширяется, излучение мало вследствие низкой плотности газа, т.е. восстановление плотности в зоне торможения недостаточно для эффективного излучения. При высоком давлении температура становится слишком малой (рис.2).

Изменение температуры поверхности под действием теплового потока оценивали, используя интегральный метод Гудмена [5].

Одновременное уравнение теплопроводности возьмем в виде:

$$\frac{d^2T}{dx^2} = -\frac{q_w}{\lambda} \quad (10)$$

где:  $\lambda$  – коэффициент температуропроводности;  $\delta$  – толщина зоны воздействия теплового потока  $q_w$  на материал.

Пологая, что:

$T = T_0 + \Delta T$ , получим:

$$\frac{d^2\Delta T}{dx^2} = -\frac{q_w}{\lambda} \quad (11)$$

где:  $T_0$  – температура материала.  $\Delta T$  – (12)

Считая, что  $\Delta T$  определяется лишь свойствами материала, эту зависимость можно найти, проинтегрировав (11) и положив

$$\frac{d\Delta T}{dx} = -\frac{q_w}{\lambda} x \quad (13)$$

тогда  $\Delta T = -\frac{q_w}{2\lambda} x^2 + C_1 x + C_2$  (14)

при  $x = 0$  имеем; т.е.

$$\Delta T = -\frac{q_w}{2\lambda} x^2 + C_1 x + C_2 \quad (15)$$

В этом уравнении справа стоят характеристики теплового источника, а слева – нагреваемого материала.

В таблице 1 приведены значения  $B$  для некоторых материалов при  $T_0$ , где  $T_0$  – температура плавления материала.

Таблица 1.

материал

$B$ ,

Fe	450	29,7	7,87•	1510	1,55•
Ni	440	72,0	8,40•	1430	2,35•
W	135	92,9	19,26•	3350	5,21•
Cu	360	318	8,93•	1060	3,39•
Графит	650	28,3	2,27•	4170	2,69•
Ti	520	20,9	4,50•	1640	1,15•

Как видно из таблицы 1 параметр  $B$  имеет порядок  $10^3$  тогда как расчеты показывают, что при давлении  $10^3$  мм.рт.ст. правая часть уравнения (15) имеет порядок  $10^3$ .

Таким образом, тепловое воздействие на материал со стороны заторможенной зоны не обеспечивает наблюдаемые видоизменения поверхности. Дополнительный мощный источник тепла заключен в излучении из объема самого инжектора, где плазма имеет значительно большую плотность при той же температуре.

В пользу этого говорят экспериментальные данные, т.е. замеры диаметра пятна  $D_p$  модифицированной области на поверхности образцов (рис.3), который во всех случаях при-

мерно равен диаметру ствола инжектора. Считали, что на поверхность попадает излучение из цилиндрического объема с диаметром равным диаметру ствола с длиной между началом ствола и противоположной стенкой, которая в рассмотренном случае составила ~ 2 см. Лучистый тепловой поток рассчитано по формуле:

$$(16)$$

где;  $I$  - интенсивность потока излучения [6].

Результаты расчетов приведены на рис.4, где показаны вариации во времени конвективного (слабо изменяющегося) и лучистого (резко падающего) тепловых потоков.

Видно, что при малых давлениях ( $P=1$  мм.рт.ст.) лучистый тепловой поток практически не зависит от давления, а конвективный непрерывно подрастает с ростом давления. При  $P>1$  мм.рт.ст. лучистый тепловой поток существенно уменьшается, рост конвективного теплового потока также замедляется (при  $P>100$  мм.рт.ст.) и начинает падать.

На рис.5 представлены зависимости  $B$ , отвечающие правой части уравнения (15) от времени для разных давлений. Видно, что на начальном этапе нагрева имеется резкое возрастание  $B$ , причем вплоть до мм.рт.ст. зависимости от давления не наблюдается, поскольку излучение здесь практически не меняется давлением. Вслед за начальным этапом следует выравнивание параметра  $B$ , определяемое конвективным тепловым потоком. При в нагреве участвует лишь конвекция и значения параметра  $B$  становятся существенно меньшими.

Сопоставление данных рис.5 со значениями  $B$ , рассчитанными по свойствам нагреваемого материала, позволяет установить, достигается или нет требуемая температура поверхности. С точки зрения теплового воздействия, выгоден такой режим обработки материала, при котором активный участок нагрева достаточно длителен. Этому условию отвечает диапазон низких давлений, где абсолютная величина параметра  $B$  достаточно велика, а время воздействия – наиболее продолжительно.

#### Литература

1. Урюков Б.А. Тепловое воздействие импульсного потока плазмы на твердую поверхность. Износостойкие и защитные покрытия, Киев, ИСМ АН УССР, 1989, с.70-78.
2. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. – М., Наука, 1966, - 686 с.
3. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М., Наука, 1969, - 742 с.
4. Жуков М.Р., Коротков А.С., Урюков Б.А. Прикладная динамика термической плазмы. – Новосибирск, Наука, 1975, - 320 с.
5. Гудмен Г. Применение интегральных методов в нелинейных задачах нестационарного теплообмена. В кн. Проблемы теплообмена. М., Наука, 1967, с. 41-96.
6. Термодинамические и оптические свойства ионизированных газов при температуре до 100 эВ /Справочник – М.: Энергоиздат, 1988. – 346 с.

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПОВЕРХНОСТИ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИХ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ

Бейшекеева Г.Дж., Жайнаков А.Ж.

Возможности лазерного излучения позволяет использовать их в качестве источника для обработки природных минералов. Лазерная резка является сложным физическим процессом, обусловленным взаимодействием лазерного излучения высокой мощности с нагреваемой поверхностью, а так же образованием парогазового канала, плазмы и других эффектов. С целью автоматизации процесса разработки новых технологий перспективно использовать аппарат математической физики для создания математических моделей физических явлений. Проблема физико-математического моделирования взаимодействия лазерного излучения с материалами применительно к процессам лазерной резки осложнена многообразием взаимосвязанных физических процессов, главными из которых являются локальный нагрев, плавление материала, сложный химический состав, неоднородность структуры материала, зависимость теплофизических характеристик от температуры, наличие химических процессов и фазовых переходов. Низкие коэффициенты теплопроводности и отражения поликристаллических материалов при воздействии мощных энергетических потоков определяют ряд важных особенностей протекания теплофизических явлений на поверхности таких материалов [1]. Одним из особенностей является то, что резка таких материалов плавлением и испарением малоэффективна [2]. В связи с этим представляется целесообразным рассмотреть вопрос о роли температурных напряжений в процессе разрушения природных минералов при действии лазерного излучения умеренной интенсивности.

В данной статье решение задачи теплопроводности [1] представлено в интегрированной среде Delphi, где можно проводить моделирование процесса распространения тепла при помощи пользовательского интерфейса. В основу расчетов положено решение для квазистационарной теплопроводности в трехмерной области с движущейся поверхностью раздела фаз(каверной). Фазовая поверхность испарения приближенно принималась за параболоид вращения, который перемещается вглубь материала с некоторой скоростью:

1. уравнение теплопроводности:

(1)

где  $T(r,z,t)$  – температура среды, решение которой получено в обобщенных параболических координатах  $u$  [3]

(2)

и имеет вид:

, где (3)

здесь  $\square$  - радиус кривизны вершины параболоида,  $a$  - коэффициент температуропроводности материала.

Уравнение описывает установившееся или медленно меняющиеся температурные поля в системе обобщенной пространственно-временной координаты  $u$ . С удалением от каверны температура изотерм быстро падает, причем вблизи каверны наблюдаются довольно значительные градиенты. График температурных полей представлен на графиках (рис.1):

Рис.1. График температурных полей в массиве материала. а)  $T_f/T_0 = 10$ .  
 Значения  $\alpha$  для разных кривых : 1- 0,0041; 2 – 0,0146; 3 = 0,0251; 4 – 0,354; 5- 0,0461.

Весь собранный материал по лазерной обработке мрамора и гранита сведен в отдельную базу. Имеются опытные данные по динамике развития каверны при воздействии лазерного излучения на природные минералы. Результаты работ представлены в виде графиков. Графики экспериментальных данных были сведены в таблицу. На рис.2 приведен интерфейс расчета временных зависимостей изменения глубины и скорости углубления. Вкладки Мрамор, Экспериментальные данные, Гранит, Результаты расчетов, Интерполирование данных, Образцы. Интерфейс дает возможность редактировать данные и сохранять.

Рис.2. Интерфейс расчета глубины и скорости углубления.  
 На рис.3. приводится интерфейс по обработке минералов лазерным излучением. Здесь приводится схема установки, где можно выбрать вид образца.

Рис.3. Обработка минералов ЛИ. Главная форма.

Рис.4. Анимация движения каверны и температурных полей (слева) и графика зависимости температуры от координаты  $u$  (справа).

На рис.4 приводится интерфейс, на котором визуализируется движение каверны и формирование температурных полей (слева). Зависимость температуры от координаты  $u$ . Для анимации нагревания области каверны использовано расчетное уравнение зависимости координат поверхности каверны в виде (рис.5.):

Подставляя в уравнение экспериментальные значения  $h$  и  $d$  в зависимости от времени получим динамику развития каверны для разных моментов времени [2].

Модель задачи теплопроводности не учитывает неоднородный состав образцов, химические реакции, зависимость теплофизических характеристик материала от температуры. Согласно литературным данным химический состав гранита и мрамора неоднородны, примерный их состав приводится в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав гранита	(в процентах, %)	Химический состав мрамора	(в процентах, %)
SiO <sub>2</sub>	72,2	SiO <sub>2</sub>	1,59-1,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,4	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,21-0,57
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,0	TiO <sub>2</sub>	-

FeO	0,64	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO	0,67-0,83
TiO <sub>2</sub>	0,2	CaO	49,2
CaO	2,24	MgO	4,27-4,87
MgO	0,6	K <sub>2</sub> O	-
MnO	0,03	Na <sub>2</sub> O	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-
K <sub>2</sub> O	4,5	CO <sub>2</sub>	41,62-44,36
Na <sub>2</sub> O	3,0	SO <sub>3</sub>	0,38-0,88
CO <sub>2</sub>	0,1		
SO <sub>3</sub>	0,1		
H <sub>2</sub> O	0,12		

Из таблицы 1 видно, что химический состав мрамора и гранита имеют 1-2 преобладающих компонента и достаточно большое количество составляющих, которые могут влиять на их прочность. Причем, малые составляющие могут повлиять на прочность по-разному – как в сторону усиления, так и ослабления.

На формирование температурных полей в массиве материала при их лазерной обработке влияют так же среда обработки материала, согласно проведенным экспериментальным данным, показано, что химический состав среды и наличие плазменного факела обработки влияет на формирование и развитие каверны, от которой зависит режим распространения тепла в массив. Прослеживается зависимость динамики развития каверны от мощности лазерного излучения и химического состава среды [3]. Включение различных добавок в раствор может влиять на величину факела, что создает условия для варьирования условий обработки материала. Лазерный эрозионный факел на поверхности мрамора значительно экранирующий влияние ЛИ зависит от химического состава среды.

В работе [4] проведено исследование математических моделей процессов теплопроводности и термоупругости, учитывающих конечную скорость распространения тепла. С целью наглядности и лучшего понимания волновых процессов теплопроводности используют системно-структурный подход. При этом перенос тепла в исследуемом материале представлен структурной схемой, состоящей из элементов оператора теплопроводности. Такие схемы по своей сути являются математическими моделями, отражающими пространственно-временное формирование температурных полей и тепловых потоков на границе и внутри исследуемого объекта. Указанный подход позволяет рассматривать достаточно сложные задачи инженерного характера.

В связи с тем, что при воздействии ЛИ в массиве материала возникают большие градиенты температуры необходимо учитывать механизм их развития и распространения, т.к. они являются основной причиной возникновения механизма термораскалывания. Одним из методов является включение в исходное уравнение теплопроводности дополнительного члена, учитывающего скорость распространения тепла [4]:

$$\rho c \frac{dT}{dt} = \text{div}(\text{grad} T) + g \quad (4)$$

где  $g$  – скорость перемещения изотермы.

#### Заключение

Многообразие природных минералов, имеющих разную структуру, сложный химический состав, особые теплофизические свойства требуют более детального и углубленного рассмотрения протекающих при взаимодействии лазерного излучения на поверхности обрабатываемого материала. Для исследования протекающих процессов и совершенствования технологии обработки природных материалов необходимо построение более точной математической модели взаимодействия ЛИ с поликристаллическими материалами с учетом неоднородного состава и химических реакций.

#### Литература

1. Любов Б.Я., Соболев Э.Н. Квазистационарное развитие лунки в испаряющемся под действием лазерного излучения материале. // ЖЭТФ, 46-1976. -№7. – с.1517-1521.
2. Жеенбаев Ж.Ж., Чокоев Э.С., Абдылдаев О.Т. Динамика развития каверны в мишени из мрамора под действием излучения длиной волны 1,06 мкм.// Известия АН Кыргызской ССР, 1986, 4, с 20-22.
3. Бейшекеева Г.Дж., Абдылдаев О.Т. Влияние различных сред на динамику развития каверны при воздействии лазерного излучения на вещество.// Вестник Кыргызского национального университета им. Ж. Баласагына, 2005, серия 3, выпуск №3. Естественные и технические науки. с. 97-100.
4. Шашков А.Г., Бубнов В.А., Яновский С.Ю. Волновые явления теплопроводности: Системно-структурный подход. Изд. 2-е, доп.– М.: Едиториал УРСС, Москва, 2004, - 296 с.

УДК 621.791:94.55

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОПРЯЖЕННЫХ ЗАДАЧ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКЕ МЕТАЛЛОВ

Жайнаков А.Ж., Кабаева Г.Д., Аманкулова Н.А.

ИГДиГТ им. академика У.А. Асаналиева Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

Основными процессами при плазменной резке металлов являются электрические, деформационные (необратимое изменение формы изделия в узкой зоне тепловых воздействий дуговой плазмы), тепловые (нагрев и оплавление изделия по контуру нагрева плазменным потоком; образование слоя жидкого металла, через который имеет место конвективная теплоотдача в твердый металл) и гидродинамические (течение жидкого металла под воздействием внешнего потока). Все многообразие физических явлений при плазменной резке металлов приводит к необходимости постановки сопряженных задач теплообмена, решение которых позволяет выявить взаимное влияние процессов, имеющих место при плазменной резке. Этот подход широко применяется при решении сложных задач, имеющих конкретное технологическое приложение, когда рассматриваются нестационарный теплообмен и фазовые превращения [1, 2].

Решение этой проблемы возможно при комплексном исследовании этого процесса, т.е. при сочетании экспериментальных работ с вычислительным экспериментом на основе математического моделирования физических процессов, имеющих место при плазменной резке. В настоящее время компьютерные технологии являются эффективным средством исследования сложных физических процессов[3-5] Для реализации поставленной задачи была разработана система компьютерного моделирования процесса плазменной резки металлов[5], на основе которой получены приведенные в данной работе результаты.

Таким образом, вся рассматриваемая область исследования представляет собой гетерогенную систему, состоящую из подобластей, обладающих различными свойствами: дуговой плазмы, расплавленного слоя металла, зоны термического влияния в металле. В первой подобласти рассматривается «режущая» дуга, на основе системы магнитогазодинамических уравнений с целью определения характера течения и нагрева газа в плазмотронах для резки при различных режимах. Система МГД уравнений для электродуговой плазмы записывается с учетом основных факторов, имеющих наиболее существенное влияние на ее формирование: джоулево тепло, потоки тепла, кондуктивную теплопроводность, вязкое трение и ускорение газа собственным магнитным полем. Использова [6].

Во второй подобласти решается задача конвективного теплообмена плазменной струи с поверхностью изделия. Образующийся слой расплавленного металла ограничен изотермами кипения и плавления металла. На межфазной границе плавления выполняется усло-

вие Стефана. Описание задачи движения расплава и теплопередачи через слой расплава к изделию выполнено через приближение пограничного слоя, т.к. при воздействии источника нагрева образуется тонкий слой расплава, который можно принять за область малой толщины, где влияние силы вязкостного трения соизмеримо с инерционной. В этой области, действием электромагнитной силы возникающей в результате взаимодействия индуцированных электрических токов в расплавленном металле с внешним электромагнитным полем (собственным электромагнитным полем дуги) можно пренебречь, ввиду его сравнительной малости. Для решения системы уравнений применяется метод контрольного объема.

Компьютерная система моделирования процессов при плазменной резке металлов, включает модули вычислительных процедур, обработки полученных результатов и базу данных, необходимых для реализации расчетов. Схему комплекса программного обеспечения можно представить в виде (рис.1):

В подсистеме модуля математического моделирования предусматривается решение задач, сгруппированных по разделам, некоторые из них имеют несколько вариантов постановки и соответственно решения. Рассматриваются следующие задачи:

- расчета тепловых и динамических характеристик плазменно-дугового потока;
- взаимодействия плазменной струи с изделием;
- решения задачи плавления и течения расплава в полости реза;
- решения тепловой задачи испарения и плавления металла под воздействием концентрированного теплового источника.

В диалоговом окне Математическое моделирование процесса резки следует выбрать один из разделов, представляющий задачу или группу задач, щелкнув флажок рядом с названием раздела (рис.2).

Рис.2. Структурированный список выбора задачи

Примеры результатов решения представлены на рисунках 3-5. Для проведения расчетов задавались различные параметры резки в окне ввода данных. Причем, рассматривались различные варианты режимов, когда например, при неизменных значениях расхода газа увеличивался ток дуги, и при неизменных других параметрах изменялись значения для диаметра соплового отверстия. Для режимов резки установленных в первом случае были получены значения для температуры и поля скоростей, представленные на рисунках 5.7-5.8. Давление дуги устанавливается равным 2 атм.

Рис.3. Распределение температуры внутри канала сопла

Для выполнения расчетов в металле были использованы следующие входные данные: изделия толщиной ( $l$ ) 10 - 50 мм для низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Нагрев изделия рассматривался в течении 10 с.

Были решены одно-, двух и трехмерные задачи нестационарной теплопроводности при нагреве тела внешним высокотемпературным источником энергии с мощностью не менее  $q \approx 10^6$  Вт/м, каковым является плазменная дуга, используемая для резки.

Рис. 4. Распределение температуры по длине изделия (м)

Рис. 5. Изолинии температуры на поверхности металла по направлению резки

В модуле графического моделирования (визуализации) процесса резки предусмотрено отображение процесса резки в различных вариантах: в зависимости от формы разрезаемого изделия; в виде схематического рисунка или в объемном твердотельном виде (рис. 6, 7). Имитация процесса плазменной резки в режиме анимация способствует изучению самого процесса и позволяет использовать компьютерную систему в качестве «виртуальной лаборатории».

Рис.6. Окна демонстрации процесса резки

Рис.7. Анимация процесса резки

Таким образом, проведен вычислительный эксперимент на основе разработанной компьютерной системы моделирования процессов теплообмена при плазменной резке. Возможности многократного ввода входных данных в диалоговом режиме и повторения вычислительных процедур позволяют провести сравнительный анализ влияния входных параметров на результаты. Результаты расчета дают удовлетворительное согласование с данными из литературных источников.

#### Литература

1. Жайнаков А.Ж., Кабаева Г.Д. Математическое моделирование термогидродинамических условий образования реза при плазменной резке металлов; Вестник Кыргызского государственного педагогического университета. Серия: математика, физика и информатика, №1; 1998 г., - С. 54-58.
2. Ковалев О.Б., Зайцев А.В. / Моделирование задач сопряженного теплообмена в процессах газолазерной резки материалов. Труды 5-го Минск/ Международного форума по тепл.-масс/, 2004. - С. 182-193.
3. Компьютерное проектирование и подготовка производства сварных конструкций: Учебное пособие для вузов/ С.А. Куркин, В.М. Ховов, Ю.Н. Аксенов и др.; -М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002, - 464с.
4. Компьютерное моделирование процесса плазменного напыления./ Ю.С.Борисов, И.В. Кривцун и др.//Автоматическая сварка, №12, 2000, с.42-51.
5. Жайнаков А.Ж., Кабаева Г.Д. Применение компьютерных технологий для исследования тепловых процессов при плазменной обработке металлов /Труды международной юбилейной конференции «Современные проблемы информационных технологий и профессиональное образование». Кыргызстан, Бишкек, 22-28 июня 2009. КРСУ, - С. 77-83.
6. Теория термической электродуговой плазмы. Ч.1. Методы математического исследования плазмы / Жуков М.Ф., Урюков Б.А., Энгельшт В.С., Лелевкин В.М. и др.- Новосибирск: Наука, 1987. -287с.

УДК 546.311.284

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСНОВ ПОЛУЧЕНИЯ СИЛИКАТНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Баймуратова Г. А.

Аннотация: Нами исследовано расщепление природных кремниевых оксидов по цепному механизму при  $n = 2$ . Экспериментально показано, что в природе осуществляется физико-химическая цепная реакция ( $n = 2$ ) при котором происходит выделение большего количества тепла. Природные кремниевые оксиды могут быть использованы в качестве энергетического топлива для различных видов тепловых установок.

В настоящее время проблемы энергетики проявляются с полной очевидностью. Они с одной стороны, приобретают статус приоритетных направлений в научных исследованиях, а с другой становятся предметом обсуждения на государственном уровне во многих странах мира. Поскольку конец второго и начало третьего тысячелетия ознаменовался кризисом одной из важных отраслей деятельности человечества – традиционной энергетики. Атомная и тем более термоядерная энергетика не способна взять на себя нагрузку традиционной энергетики.

В данное время наиболее распространен способ получения энергии путем сжигания органического топлива в атмосферном воздухе, на его долю приходится примерно 80% потребляемой энергии. Указанный способ прост, однако он имеет ряд существенных недостатков:

- источники органического топлива, из которых основными являются месторождения угля, нефти, газа, лес, истощаются и не могут быстро возобновляться;
- коэффициент полезного действия от выделившегося при сгорании тепла не превышает 40-42%;
- при осуществлении способа в промышленном масштабе происходит сильное тепловое и химическое загрязнение окружающей среды парниковыми газами и твердыми отходами.

В связи с этим в первую очередь должна быть определена новая сырьевая база, отличающаяся от существующей, истощенной углеводородными месторождениями и разрушающей поверхность Земли. К таким источникам сырья уже сегодня можно с полным основанием отнести силикатную энергетику, то есть в таком качестве, возможно, использовать природные кремниевые оксиды путем их расщепления по цепному механизму. На их основе можно получить новые источники энергии для наземных и воздушных видов транспорта, промышленности и производства тепла и др.

Исследования, по разработке и технологии получения материалов альтернативных видов энергии (топлива) с использованием высокомолекулярных силикатов практически отсутствуют не только в нашей республике, но и в мире.

При этом термодинамический расчет, проведенные нами показывает, что теплотворная способность силиката многократно превышает показатели известных энергоносителей, а именно один килограмм силикатного топлива эквивалентен одной тонне мазута.

В период с 1970 по 1977 годы на ряде производств стекольной промышленности произошло несколько взрывов непонятной природы. Исследования "аномальных" процессов, проведенные д.т.н. А.И.Куликовым, показали, что вероятной причиной их возникновения, по-видимому, были цепные реакции расщепления силикатов щелочных металлов ( $\text{Na}_2\text{OSi}_3\text{O}_7$ ,  $\text{K}_2\text{OSi}_3\text{O}_7$ ) под воздействием нитрида кремния и карбида кремния с выделением большой тепловой энергии.

Одновременно для решения ряда задач энергетики А.И.Куликов рассмотрел возможность создания энергетических установок на нетрадиционных "силикатных энергоносителях". В качестве таких носителей предполагалось использовать высокомолекулярные силикаты и кремнебескилородные соединения.

Расщепление высокомолекулярного силиката вида  $M_2O \cdot \xi SiO_2$  ( $M = Na, K, \xi = 3$ ) под воздействием кремнебезкислородного соединения вида  $SiR$  ( $R$  – углерод или азот) описывается следующими реакциями:



Согласно классической термодинамике, реакции расщепления типа (1) и (2) происходить не должны, поскольку энергия Гиббса ( $\Delta GT$ ) положительна. Однако такой вывод противоречит известным экспериментальным данным.

Как известно, закон тепловыделения выражается формулой:  $Q = K \cdot 10^{3n}$ , где  $K$  – коэффициент чистоты и вида топлива,  $n = 0, 1, 2, 3, 4$  – порядок цепной реакции. Для гидратации  $n=0$ ; для химических цепных реакций  $n=1$ ; для ядерных цепных реакций  $n=3$ ; для термо-ядерных цепных реакций  $n=4$ . Вид цепной реакции, для которой  $n=2$ , неизвестен.

Термодинамический анализ показывает, что все высокомолекулярные системы (оксиды) могут распадаться по цепному механизму, поскольку необходимая начальная энергия в естественном состоянии частично сколобсирована.

Расчеты показывают, что 1 кг оксид в процессе чисто химической реакции распада ( $n = 1$ ) выделяет 3550 ккал (столько же, сколько обычный уголь), а при  $n = 2$  (назовем эту реакцию цепной физико-химической реакцией) выделяется 8500000 ккал энергии, т.е. может заменить 1000 т мазута.

В процессе физико-химической реакции происходит фазовое превращение высокомолекулярного соединения. Для такого превращения, т.е. для начала цепной реакции необходимо извне подвести небольшое количество начальной энергии.

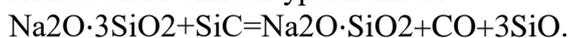
Действительно, эксперименты, проведенные нами в температурорегулируемой печи показывают, что зависимость изменения периода полураспада расщепляющего компонента (РК), в данном случае карбида кремния, от диаметра его зерен описывается тремя областями:

I – область бурной реакции секундной длительности (диаметр зерен  $\leq 1-5$  мкм);

II – область интенсивного процесса минутной длительности (диаметр зерен  $d=30-50$  мкм);

III – область спокойного процесса часовой длительности (диаметр зерен  $d=200-300$  мкм).

Процесс расщепления высокомолекулярного силиката под воздействием карбида кремния может быть описан уравнением



Теоретические обоснования возможности протекания физико-химических цепных реакций расщепления высокомолекулярных силикатов (ВС) показывают, что для ВС вида  $M_2O \cdot \xi SiO_2$  (где  $M = Na, K, \xi = 3$ )

соотношение подводимой энергии  $Q_0$  к выделяемой энергии

- без сенсibilизатора составляет 1:10,

- с сенсibilизатором – 1:2,5•10<sup>3</sup>,

т.е. энергия, выделяемая в первом случае, равно 3350 ккал/кг, во втором – 8,5 Гкал/кг.

Таким образом, высокомолекулярные силикаты могут быть использованы как энергоносители для нетрадиционных энергоустановок и для наземных и воздушных видов транспорта, промышленности и производства тепла и др.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКИ КЫРГЫЗСТАНА

1 Шукуров У.Ш., 2 Эсенгелдиев Ч.Э.

1 Институт автоматизации и информационных технологий НАН КР

2 Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова

Энергетика является базовой отраслью экономики. Степень обеспечения собственными энергетическими ресурсами в значительной мере определяет суверенитет любой страны.

Энергетика Кыргызстана состоит из гидроэнергетики и тепловой энергетики. В настоящее время человечество активно внедряет новые экологически чистые источники энергии. Возможности гидроэнергетики еще полностью не использованы. Поэтому Правительство Кыргызстана пытаются решить вопрос экспорта продукции гидроэнергетики в соседние (Казахстан, Узбекистан) и более дальние (Афганистан, Пакистан) страны. Поэтому использование возобновляемых источников энергии в КР имеет наряду с экономическим, более социально-экологическое значение.

Задача удовлетворения потребностей населения Республики и промышленности, а также сельского хозяйства в электрической и тепловой энергии особенно в регионах, удаленных от централизованных энергосетей и снижение негативного воздействия на окружающую среду, приводят к необходимости развития возобновляемой энергетики.

Солнечная энергия пока значительно дороже традиционной энергии гидро- и теплоэлектростанции, однако для летовок и зимовок Кыргызстана это вообще единственный вариант. Это в первую очередь сама солнечная энергия, а также ее производные: энергия ветра, энергия растительной биомассы, энергия водных потоков и т.п.

Среди широкого спектра технологий использования солнечной энергии для производства электрической и тепловой энергии в условиях Кыргызстана наибольший практический интерес представляют технологии солнечного нагрева (курортная зона Иссык-Кульской области) и прямого преобразования энергии солнечного излучения в электроэнергию с помощью фотопреобразователей (южные регионы республики).

По оценкам специалистов, Кыргызстан обладает огромным потенциалом электроэнергии солнца, особенно в горных регионах. Там показатель солнечной радиации достигает 3 тысяч часов в год. При этом среднегодовой объем солнечной энергии составляет 2500кВт/часов на квадратный метр.

Прямое превращение энергии солнечной радиации в электричество осуществляется с помощью полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей (ФЭП), которые являются одной из наиболее современных экологически чистых систем.

Фотоэлектрические преобразователи работают на принципе внутреннего фотоэффекта, при котором фотоны, поглощающиеся в базовом полупроводниковом слое ФЭП, передают свою энергию непосредственно электронам. В результате чего электроны становятся свободными, что приводит к увеличению числа свободных носителей заряда в полупроводниках. На месте свободным от электронов остаются положительно заряженные дырки. Таким образом, поглощение света в идеальном полупроводнике приводит к появлению электрон-дырочной пары. (рис.1)

По своему конструктивно технологическому решению фотоэлектрические преобразователи представляют собой наукоемкие изделия электронной техники. Самыми распространенными, надежными и долговечными являются ФЭП на основе монокристаллического кремния, которые впервые были применены десятки лет назад для электроснабжения космических аппаратов. Типичная конструкция современного ФЭП на основе pSi-nSi приведена на рисунке 2. К.п.д таких единичных ФЭП обычно составляет 20%. При этом напряжение холостого хода составляет 0.6В, а плотность тока короткого замыкания достигает 40мА/см<sup>2</sup>.

### Рис.1. Принцип действия ФЭП

Так как для работы большинства потребителей требуется более высокие значения напряжения тока, то единичные ФЭП параллельно-последовательно собираются в солнечные модули требуемой мощности и выходного напряжения. Стоимость этих модулей определяется высокой ценой пластин монокристаллического кремния толщиной 300-500 мкм., используемых в его конструкции. Такие пластины из Si получают разрезкой выращенного при температуре более 1000оС монокристалльного цилиндра диаметром до 150мм. При резке пластины почти половина этого дорогостоящего материала уходит в стружку. Поэтому ФЭП на основе монокристаллов Si используется преимущественно для аппаратов космического назначения.

### Рис.2. Схема ФЭП на основе монокристаллического кремния

В настоящее время принято делить ФЭП на три группы. ФЭП первого поколения базируется на использовании традиционной в микроэлектронике кремниевой технологии. По данным различных источников 90% солнечных модулей производится на моно и поликристаллических кремниевых подложках.

Фотоэлектрические преобразователи второго поколения – это тонкопленочные элементы из аморфного кремния, теллурида кадмия и диселенидов меди – индия – галия, формируемые на дешевых подложках из стекла, пластика, металлической фольги.

Рис.3 Схема тонкопленочного фотоэлектрического преобразователя.

Одним из главных преимуществ тонкопленочных модулей является то, что они способны использовать солнечное излучение как видимого, так и невидимого спектра, поэтому вырабатывают энергию в пасмурную погоду и даже во время дождя. За счет сравнительного небольшого снижения мощности по сравнению с обычными фотоэлементами, тонкопленочные фотоэлементы значительно экономят кремний. Кроме того, ведутся разработки тонкопленочных фотоэлектрических модулей без использования кремния. В Южной Корее была разработана принципиально новая технология тонкопленочных модулей, что может значительно способствовать массовому их распространению за счет удешевления и увеличения энергоемкости. В новых солнечных элементах присутствуют 3 цветных слоя на базе наногранул из диоксида титана. Благодаря количеству слоев новые солнечные элементы могут собирать видимый свет в трех наиболее активных длинах – красной, синей и зеленой. В результате, солнечный элемент производит электроэнергии почти в 3 раза больше, чем обыкновенные фотоэлектрические панели.

Третье поколение фотоэлементов – это органические элементы пока еще не достигли уровня промышленного производства, но в перспективе могут производить значительно более дешевую солнечную энергию. Исследователей и разработчиков стимулируют два обстоятельства. Во-первых, природные системы в растениях блестяще справляются с задачей преобразования солнечной энергии (установлено, что хлоропласты зеленого листа обеспечивают КПД до 8-9%). Поэтому, есть надежда создания их искусственных аналогов на основе органических и гибридных (т.е. сочетания органических и неорганических) материалов.

Во-вторых, такие элементы, основанные на электропроводящих полимерах, могут напечатаны или нанесены как обычная краска (чернила) на подложку. В дополнение, исходные материалы для таких красок повсеместны и практически не оказывают негативного влияния на окружающую среду.

Фотоэлектрические установки находят все более широкое практическое применения, как источник электроэнергии для малых и средних потребителей энергии, требующих автономного энергоснабжения.

Абсолютное большинство таких установок питаются энергией солнечных батарей на основе кремния. Поэтому еще 2009 году была разработана проект постановления Правительства Кыргызской Республики «О Программе развития производства кремниевой продукции в Кыргызской Республике на кластерной основе».

Рис.4. Схема фотоэлемента на основе планарного гетероперехода.

Для достижения указанной цели предусматривалось решения следующих задач:

- создание новых горнодобывающих и металлургических предприятий по добыче сырья и производству технического кремния;
  - создание новых, диверсификация и развитие действующих предприятий химической отрасли промышленности, производящих из технического кремния, поликристаллический и монокристаллический кремний, мульткристаллический, электронную компонентную базу и электронную продукцию.
  - расширение экспортного потенциала Кыргызской Республики с выходом на мировой рынок конкурентоспособной кремниевой и электронной продукции. Все эти работы планировалось вести на предприятиях ЗАО «Ташкумыр силикон продакшн», ОсОО «КХМЗ-Астра» и АО ТНК «Дастан».
- По нашим сведениям ЗАО «Ташкумыр силикон продакшн» в настоящее время как банкротившееся предприятие выставлен на аукцион для продажи. Покупатели пока не известны. При положительном решении комплекса данных вопросов, перспективы развития ге-лиоэнергетики на основе современных тонкопленочных технологий ФЭП огромны.

УДК 533.951

## ДВИЖЕНИЕ СХОДЯЩЕЙСЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

1Асанов Д.С., 2Куручбеков Т.А., 3Жайнаков А.Ж.

1Институт Океанологии им.П.П.Ширшова РАН, Москва,

2Кыргызский национальный университет им. Ж.Баласагына, Бишкек,

3Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Бишкек

Общая картина динамики развития электрического взрыва проволоки существенно зависит от электрических и термических свойств материала [1-2]. При помощи изменения геометрии взрывающейся проволоки можно изменить специфику протекания процесса. Интерес представляет взрыв тонкого проводника, изогнутого в форме цилиндрической спирали. Такая форма придает объекту особенность. Токовый канал имеет индуктивность, величина которой становится заметной при импульсном разряде. При высокой скорости изменения тока канал может быть важным реактивным элементом цепи разряда. Выделяющая в разрядном промежутке магнитная энергия будет воздействовать на динамику развития процесса определяющим образом. В прямолинейном канале разряда влияние магнитного поля проявляется только в пинч-эффекте. В спиралевидном же канале магнитные силы направлены на смежные витки спирали и расширение диаметра спирали.

### Режим эксперимента

1. Эксперимент заключался в высокоскоростном фотографировании процесса электрического взрыва с синхронным осциллографированием. Фотографирование проводилось с помощью камеры СФР-2М в двух режимах: лупы времени (покадровой съемки) и непрерывной развертки. Эксперименты проводились на установке «Фотон»[4] в КНУ им Ж.Баласагына. Осциллограммы тока и напряжения регистрировались двухлучевым запоминающим осциллографом С8-14. Параметры эксперимента: емкость накопителей энергии- 6мкФ, напряжение заряда емкостей – от 3 до 15кВ, накопленная электрическая энергия – от 280 до 7000Дж. Взрывались медные и вольфрамовые проволоочки длиной 15 см и диаметром 0.15мм. Проволочки имели форму спирали с числом витков от 1 до 6. Длина оси спирали – 6 см.

Экспериментальные результаты представлены на рис. 1 - 5. [4].

Рис.1. Осциллограммы напряжения и тока разряда

Рис.2. Кодированная съемка взрыва медной проволоки(скважность - 1 мкс/кадр).

Рис.3. Фоторазвертка медной проволоки (скорость развертки - 1,9 мм/мкс).

2. Осциллографирование в разрядном промежутке показало, что изменение тока и напряжения (рис. 1) носит, в целом, характер затухающего колебания. При взрыве медной проволоки наблюдается выраженная токовая пауза (рис.2-3). Пауза тока практически отсутствовала при взрыве вольфрамовой проволоки (рис. 4-5) при выше указанных параметрах эксперимента. На начальной стадии наблюдается постепенный нагрев проволоки без заметных изменений конфигурации. Продолжительность нагрева тем короче, чем выше начальное напряжение разряда. Далее наблюдается разлет излучающего вещества от оси. Это происходит с уменьшающейся светимостью образования, сопровождаясь сильным падением тока. Длительность токовой паузы сокращается с увеличением напряжения разряда. Отмечаются пульсации изменения радиуса светящегося канала, которые коррелируют с пульсациями разрядного тока. Следует отметить наличие более темной зоны на месте начального местоположения взорванной медной проволоки на поздних стадиях процесса. Это может свидетельствовать о том, что разрядный ток смещается к периферийным зонам токового канала. В случае вольфрамовой проволоки наблюдается иная картина. Наблюдается расширяющееся спиралевидное образование яркость, которой имеет пульсирующий характер.

Рис. 4. Кодированная съемка взрыва вольфрамовой проволоки (скважность - 1 мкс/кадр).

Рис. 5. Фоторазвертка вольфрамовой проволоки (скорость развертки - 1,9 мм/мкс).

На поздней стадии процесса сохраняется канал разряда вблизи первоначального местоположения проволоки. Это объясняется тугоплавкостью материала и свидетельствует о том, что электрический разряд происходит в приповерхностном слое.

Математическая модель распространения сходящейся ударной волны содержит известные законы: сохранения массы, импульса и энергии, которые записаны в цилиндрической системе координат:

$$\begin{aligned} & ; & (1) \\ & ; & (2) \\ & , & (3) \end{aligned}$$

где  $\rho$  - плотность,  $v$  - радиальная скорость,  $p$  - давление,  $e$  - удельная внутренняя энергия,  $\gamma$  - показатель адиабаты.

Рис. 6. Эволюция распространения газодинамических параметров ударной волны: плотности газа, давления, скорости и температуры газа в разные моменты времени:

Равенства (1) - (3) замыкаются уравнением состояния совершенного газа:

$$p = \rho R T \quad (4)$$

Граничные условия при  $r = R$ , т.е. на боковой поверхности цилиндра:

(5)

Примем, что к моменту известны распределения всех параметров газа по радиальной координате, полученные из решения задачи об автомодельном движении среды:

Рекомендуемое число Куранта вычисляется из выражения:

(6)

где  $\rho_0$  - плотность перед ударной волной,  $\rho_f$  - плотность на фронте,  $j$  - индекс расчетной сетки,  $v_0$  - скорость перед ударной волной,  $v_f$  - скорость на фронте.

Параметр нерегулярности определяется из соблюдения постоянства числа Куранта (6) в расчетной области по  $r$ , т.е.  $C = \text{const}$ .

Результаты расчета системы уравнений (1) - (4) проведенные по реальным экспериментальным данным дает возможность оценить динамику изменения газодинамических параметров: плотности, давления, скорости и температуры газа внутри соленоидального образования, измерение которых представляет трудности в экспериментальном плане.

#### Литература

1. Взрывающиеся проволочки. - М.: ИИЛ, 1963, - 342с.
2. Александров А.Ф., Рухадзе А.А. Физика сильноточных источников света. М.: Атомиздат 1976, -126 с.
3. Эстебесов Т.К. Диссертация на соискание учёной степени к.ф.м.н. – Бишкек: 1995, - 126 с.
4. Куручбеков Т.А. //Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы механики и прикладной математики»- Бишкек: 1995, т.1, с. 89-91.

## ФИЗИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

### ФИЗИКА МУГАЛИМДЕРИН ДАЯРДООНУН ПСИХОДИДАКТИКАЛЫК МАСЕЛЕЛЕРИ

Э. Мамбетакунов

Ж. Баласагын атындагы Кыргыз улуттук университети, Бишкек ш., Фрунзе к., 547

Жалпы орто билим берүүчү мекемелер үчүн мугалимдерди даярдоо проблемасы бүгүнкү күндүн өтө көйгөйлүү маселелеринин бири. Ал процессти изилдөө теориялык жана практикалык мааниге ээ.

Бул баяндамада мугалимдердин жалпы даярдыгынын системасы, анын ичинде мугалимдердин психодидактикалык жактан даярдыгынын мазмунуна токтолмокчубуз.

Мугалимдерди даярдоо маселесинин теориясында анын ар кандай моделдери түзүлгөн. Алар социалдык-экономикалык өзгөрүүлөрдүн негизинде пайда болгон коомдук аң-сезимдин өзгөрүүлөрүнүн натыйжасында такталып, толукталып келгени белгилүү. Ошондуктан мугалимдин практикалык иш-аракетке болгон даярдыгынын азыркы моделин биз 1-сүрөттөгүдөй берүүнү туура көрдүк. Алар физика мугалимин даярдоонун мисалында иштелип чыккан. Аларды башка адистиктер үчүн оңой эле которуп алууга болот.

Мугалимдерди даярдоочу жогорку окуу жайларынын мамлекеттик стандартын, окуу планын түзгөндө ушул талаптар эске алынса, бакалавр академиялык даражасын ыйгаруунун минималдуу мазмуну камтылган болот эле. Албетте мугалимдин жогоруда белгиленген компетенттүүлүгүн калыптандыруу өтө татаал, көп убакытты жана окутуу-

чулардан комплекстүү мамилени талап кылган процесс. Анын өтөөсүнө чыгуу үчүн бирдиктүү педагогикалык процессти жана анын түзүлүшүн изилдөөгө системалуу мамиле жасоо зарыл.

Биз өз билдирүүбүздө мугалимдин көп кырдуу компетенттүүлүгүнүн ичинен психодидактикалык компетенттүүлүктү бөлүп алып, анын ичинен билим берүүнүн психодидактикалык моделдерине жана билим берүүгө жасалган психодидактикалык мамилелерге токтолууну туура көрдүк. Анткени азыркы учурда модага айланып калган активдүү, интерактивдүү, инновациялык ыкмалар жогорку аталган моделдер менен мамилелерди гана практикалык жактан ишке ашыруунун жолдору болуп эсептелет.

I. XXI кылымга чейин иштелип чыгып, мектеп практикасында сыналган окутуунун психодидактикалык моделдери (2-сүрөт)

2-сүрөттөгү моделдердин ар бирине кыскача токтололу.

1. Окутуунун мугалим тарабынан маалымат берүүчү жана окуучулар тарабынан кайталап, эске сактап калуу модели. Мындай моделди колдонгон учурда мугалим билимдердин мазмунун окуучуларга даяр түрдө берет, ал эми окуучулар болсо аларды даяр түрдө кабыл алып, эсинде сактап калат жана эч өзгөртүүсүз кайталап айтып беришет. Мындай ыкма окутуунун иллюстрациялап-түшүндүрүү жана репродукциялоо методу менен байланышкан.

2. Окутуунун калыптандыруучу, үйрөтүүчү модели. Бул окуучулардын акыл аракеттерин уюштурууну этап-этабы менен ишке ашырууга байланышкан. Аталган модель белгилүү психологдор П.Я. Гальперин, Н.Ф. Талызина жана психодидакт А.В. Усованын теориясы менен байланышкан.

3. Окутуунун өнүктүрүүчү модели. Бул окуучулардын теориялык ой жүгүртүүсүн калыптандырууга, башкача айтканда абстракттуу ой жүгүртүүдөн конкреттүү билимге ээ болуу теориясын мүнөздөйт. Мындай теория окуу материалынын мазмунун теориялык

жактан жалпылоо деп аталып, көрүнүктүү психологдор В.В. Давыдовго жана Д.В. Эльконинге таандык болуп эсептелет.

4. Билим алууну активдештирүү модели. Мында негизги көңүл окуучулардын таанып-билүү ишмердүүлүгүн активдештирүүгө, өз алдынчалыгын өнүктүрүүгө бурулат. Андай максат проблемалуу баяндоо, айрым изденүү жана изилдөө методдорун колдонуу менен ишке ашырылат.

5. Билим берүүнү оптималдаштыруу модели. Мындай моделдин башкы көрсөткүчү кыска убакыт ичинде окутуунун оптималдуу жолдорун пайдаланып билимдин жогорку сапатын камсыз кылуу. Бул Ю.К. Бабанскийдин оптимизация теориясына тиешелүү.

6. Окутуунун интеграцияланган модели. Мындай окутуунун негизги максаты окуучулардын аң-сезиминде дүйнөнүн илимий сүрөттөлүшүн толук кандуу калыптандыруу болуп эсептелет. Анын алгачкы этабы тектеш предметтерди байланыштырып окутуу болсо, акыркы жеткен чеги жаратылыш, коом жана адамдын ой жүгүртүүсү жөнүндөгү билимдерди интеграциялоо болуп эсептелет. Бул болсо билим берүүнүн мазмунун жана технологиясын интеграциялоо аркылуу ишке ашат.

7. Окутуунун инсанга багытталган модели. Алгач бул терминдердин анча так эмес колдонулуп жүргөнүн белгилейбиз. Анткени окутуунун бардык эле инсанга, анын өсүп өнүгүшүнө багытталган модель десек туура болгудай. Мында бир жактуу эмес, эки жактуу өз ара аракеттер болуп өтөт. Окуучунун жөндөмү, эрки, башкаларга болгон мамилелери. Эске алынат. Окутуу процесси гуманисттик жагдайда дифференцирленген формада жүргүзүлөт. Түшүндүрүү процесси гана эмес, биргелешип түшүнүү процесси да ишке ашат.

8. Билим алуунун эркин өнүгүүчү модели. Бул адамдардын жеке талабын канагаттандыруу, тийиштүү жөндөмдүүлүктөрүн өнүктүрүү, өзү кызыккан билимдердин системасына ээ болуу менен байланышкан. Мындай окутуунун мисалы катары жеке адамды музыкага үйрөтүү, репетитордук, билимдүүлөрдү жалдап үйрөнүү жана башкаларды кошууга болот. Билим берүүнүн жана билим алуунун жогоруда келтирилген моделдери бир нече жылдар мурда эле илимий жактан негизделип, практикада сыналган. Айрымдары өз алдынча, кай бирлери бири-бири менен ыңгайлаштырылып колдонулуп келе жатат. Жогорку моделдерди талдоонун жана алардын өз ара байланыштарын изилдөөнүн натыйжасында биз билим берүүнүн жаңы моделин сунуштадык. Ал таалим-тарбияга гуманисттик мамиле жасоого жана аны жек адамдын жөндөмүнө багыттап ишке ашырууга негизделген. Аны биз шарттуу түрдө “билим берүүнүн инсанга багытталган технологияларынын интеграцияланган модели” деп атап койдук. Анын мазмуну, маани-маңызы өзүнчө сөз кылууга арзыйт.

II. Билим берүүнүн моделдерин ишке ашырууга арналган психодидактикалык ыкмалар.

1. Проблемалуу ыкма – теориялык планда кеңири иштелип чыккан жана педагогикалык адабияттарда окутуунун проблемалуу метод деген ат менен белгилүү.

2. Программаланган ыкма – атайын иштелип чыккан окутуучу программа менен ар бир адамдын өз алдынча жекече окуусу.

3. Проблемалуу программаланган ыкма – жогорудагы эки ыкманы айкалыштырып колдонуу.

4. Билимдерди өздөштүрүүнүн дискретүү ыкмасы. Окуу материалындагы негизги деп аталган элемент бөлүнүп алынат да, ошону өздөштүрүүгө өзгөчө көңүл бурулат. Ал эми калгандары жардамчы милдеттерди аткарат. Мындай ыкма окуу материалынын мазмунун окуучулар менен бирге талдоо аркылуу ишке ашат.

5. Системалуу-функционалдык ыкма. Билимдин системасынын элементтерин бөлүп алуу жана анын ар биринин функциясына жараша окутуу ыкмасы (жаратылыш кубулуштары, илимий теория, илимий факт, гипотеза, идеалдык объект, чоңдук, закон, практикада колдонуу, маселелер).

6. Системалуу-структуралык ыкма. Билимдин жалпы курамынын түзүлүшүнө талдоо жүргүзүп, аны теориянын курамы менен салыштырып окутуу.

7. Системалуу-логикалык ыкма. Билимдердин системасынын элементтерин логикалык байланышына жараша окутуу.

8. Жекече-дифференцирленген ыкма. Окуучунун жекече өзгөчөлүгүн эске алуу менен дифференциялап түзүлгөн тапшырмалар аркылуу окутуу.

9. Оюн аркылуу окутуу ыкмасы. Бул окуучунун эмоциялык компетентинин эсебинен, окуу ишмердүүлүгүн максималдуу активдештирүү максатын көздөйт.

10. Коммуникативдүү ыкма. Бул ыкманын негизинде окуучулар экиден кошулуп иштөөгө, группада жана класста биргелешип иштөөгө көнүгүшөт. Анын натыйжасында айрым окуучунун өз алдынчалыгы, чыгармачылык жөндөмү өнүгүп, предметке кызыгуусу артат.

11. Предметтерди байланыштырып окутуу ыкмасы. Мындай ыкманын максаты тектеш предметтерден алынган билимдерди өз ара байланыштырып, бирдиктүү системага келтирүү болуп саналат.

12. Тарыхый-библиографиялык ыкма. Бул педагогиканын тарыхка кайрылуу принцибин ишке ашырууга багытталган. Андан сырткары бул ыкма тарыхый, адабий, илимий китептерден алынган материалдарды окуу материалдары менен байланыштыруу милдетин көздөйт.

13. Демонстрациялык-техникалык ыкма. Окуучулардын жандуу баамдоосун пайда кылуу үчүн ар кандай көрсөтмө куралдарды, техникалык каражаттарды

пайдалануу максатын көздөйт. Окуучулардын көрсөтмөлүү образдык ой жүгүртүүсүн калып-тандырып, алган билимдеринин практикадагы колдонулушунун мисалдарын көрсөтөт (демонстрация, лабораториялык иш, практикум ж.б.).

14. Көнүгүү, маселе чыгаруу ыкмасы. Мурдагы алган билимдерин ар кандай жагдайда колдоно билүү ыкмаларын калыптандыруу максатында аткарылуучу иштер. Алар графикалык, аналитикалык, эксперименттик, тексттик жолдор менен берилгендерди пайдаланып белгисиздерди табууга арналган. Көбүнчө бул ыкмалар жаңы билимдерди бекемдөө, аларды практикада колдонууга окуучуларды көнүктүрүүгө багытталат.

15. Билимдерди моделдөө ыкмасы. Моделдештирүү илимдин көптөгөн тармагына тийиштүү болгон ыкмалардын бири. Алсак, таанып-билүү ар дайым сезип, туюунун натыйжасында кабыл алынганлардын элесинин пайда болуусунан башталат да, андан ары предметтин же кубулуштун идеалдаштырылган модели түзүлүп, ой жүгүртүү ошол моделдер аркылуу жүрөт. Ал ой толгоо, ойду жыйынтыктоо менен коштолуп, акырында адамдын аң-сезиминде түшүнүк пайда болот. Демек, адам предметтин же кубулуштун маңыздуу белгилерин түшүнүп, анын мазмунун толук өздөштүрөт. Ал үчүн ар кандай логикалык амалдар аткарылат. Бул психодидактиканын өзөктүү маселелеринин бири болуп саналат.

Болочок мугалимдерди даярдоо процессинде жогоруда көрсөтүлгөн жалпы компетенттүүлүк, анын ичинде психодидактикалык компетенттүүлүктөр толук ачылып, алардын өз ара байланыштары көрсөтүлүүгө тийиш. Аларды калыптандыруунун технологиясы өзүнчө кеп кылууга арзый турган маселе жана алар атайын психологиялык жана педагогикалык изилдөөнү талап кылат.

Адабияттар:

1. Бабанский Ю.К. Избранные педагогические труды. – М.: Педагогика, 1989. – 560 с.
2. Управление познавательной деятельностью учащихся. // Под ред. П.Я. Гальперина, Н.Ф. Талызиной. – М.: Педагогика, 1975. – 368 с.
3. Махмутов М.И. Проблемное обучение. Основные вопросы теории. – М.: Педагогика, 1975. – 368 с.
4. Подласый И.П. Педагогика. Новый курс: Учебник для студ. пед. вузов: В 2 кн. – М.: ВЛАДОС, 1999. – Кн. 1: Общие основы. Процесс обучения. – 576 с.
5. Педагогические технологии: Учебное пособие для студентов пед. спец. – Ростов н/Д, изд. центр «Март», 2002. – 320 с.
6. Мамбетакунов Э., Сияев Т. Педагогиканын негиздери. – Бишкек, 2008. – 304 б.

## НАУЧНЫЙ СТИЛЬ МЫШЛЕНИЯ КАК СРЕДСТВО ДЕТЕРМИНАЦИИ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛИЦЕИСТОВ

1Мааткеримов Н.О., 2Хаджи Кара Думан

1Иссык-Кульский государственный университет им. К. Тыныстанова, г. Каракол

2Кыргызско-Турецкий лицей, г. Жалалабат

Формирование научного стиля мышления учащихся требует организационно-дидактического обеспечения. Такое обеспечение включает анализ содержания образования, изучение затруднений и ошибок учащихся, учет результатов обучения, включающих и сформированность у них научного стиля мышления. Данный анализ в педагогической литературе проводится на разных уровнях: на уровне деятельности учителя-предметника, на уровне преподавания данного учебного предмета в школе (анализ дея-

тельности учителей, ведущих данным учебный предмет и входящих в методическое объединение в школе) [3].

Тематическое и поурочное планирование уроков включает формирование научного стиля мышления как одну из целей обучения. Эта стратегическая цель должна быть связана с предметным содержанием урока и явным образом зафиксирована в поурочном плане, поскольку ее реализация обеспечивает решение задач и образования, и воспитания, и развития. Опыт проведения, например, повторительно-обобщающих уроков показал, что организация учебного материала в плане формирования категориального строя мышления является одним из вариантов практического решения проблемы соотношения обучения и развития.

Необходимой предпосылкой такого построения выступает дальнейшее исследование основного дидактического отношения «преподавание-учение» и в рамках этого отношения – различных его сторон, в том числе и учебно-познавательной деятельности школьников. Широкие возможности в этом плане открывают анализ ее детерминант, ее обусловленности различными факторами [4].

Педагогическая теория и практика требуют постоянного обращения к анализу факторов, обуславливающих успех или неудачу педагогического решения, к выявлению доминирующих условий достижения педагогических целей, к выбору таких методов, содержания, организационных форм, использование которых вероятнее всего в данных конкретных условиях обеспечит получение наилучших педагогических результатов. За всеми этими и подобными им действиями педагогов лежит явно или подразумевается представление о детерминации деятельности учащихся.

Жизненно важными являются и стремления педагогов выявить условия и причины конкретных интеллектуальных, эмоционально-волевых и практических действий учащихся. Однако отсутствие четкой концепции детерминизма в педагогике существенно затрудняет поиск детерминант учебно-познавательной деятельности и эффективное управление ею.

С объяснением действия педагогического средства по схеме: причина – следствие мы встречаемся и в методике. Предлагая методический вариант изложения основного уравнения молекулярно-кинетической теории идеальных газов в курсе физики средней школы, методисты отмечают, что несмотря на многолетний период работы по новым программам, формирование у учащихся изначальных правильных представлений о статистическом методе описания законов молекулярной физики значительно осложнено отсутствием в средней школе хорошо отработанной методики преподавания этого раздела. Все дело, следовательно, в методике. Стоит учесть рекомендации сторонников дедуктивного метода при изучении этого материала в школе и тогда окажется, что изложение формулы давления газа предельно просто, логически непротиворечиво и полностью доступно для учащихся.

Несомненно, при определенных условиях методика предъявления учебного материала выступает ведущим детерминантом его усвоения. Возможно, что изложение данного конкретного материала целесообразнее строить так, как предлагается выше.

Проблема, однако, состоит не в узко методическом решении. Речь идет, по существу, не о математическом преобразовании (которое само по себе изложено достаточно просто и в учебнике физики X кл.) статистического закона, а о новых свойствах новой для учащихся предметной области. Эта принципиально новая для учащихся область требует для ее осмысления «отказа» от сложившегося в предыдущем обучении жестко детерминированного подхода, что же касается статистического (отличного от динамического) описания, то и здесь требуется специальная работа учителя для убеждения учащихся в том, что закон не «компрометирует» себя тем, что выступает в статистической форме, когда случайность явно оказывается проявлением и дополнением необходимости [2].

Учебно-познавательная деятельность имеет множество сторон, отношений, зависимостей и мера их «вклада» абстрактно, в нерасчлененном виде содержится в ее результатах. Чтобы выделить среди множества детерминант учебно-познавательной деятельности доминирующую, необходимо обратиться к анализу ее внешних и внутренних факторов и их взаимодействию. Обзор психолого-педагогической литературы [2,3,4] показал, что социальная детерминация учебно-познавательной деятельности проявляется, прежде всего, в том, что:

а) важнейшим содержанием учебно-познавательной деятельности является овладение учениками системой научных знаний, обобщенными, родовыми способами познавательной и практической деятельности и формирование на их основе теоретического мышления школьника как субъекта этой деятельности (В.В. Давыдов, А.К. Маркова, Д.Б. Эльконин).

б) общественные условия жизнедеятельности школьника своей «активной» стороной через систему ценностей, требований, поощрений, создание объективных возможностей, атмосферы ожидания и пр. детерминируют отношение ученика к учебно-познавательной деятельности и ее результатам;

в) детерминантами учебно-познавательной деятельности выступают личностные характеристики учителя – его идейная убежденность, мировоззрение, стиль мышления, педагогический такт и др.

Обобщенные цели, требования, установки, содержание и методы познания, его стиль и язык и т.д., выработанные физической наукой, в значительной мере персонифицированы в учителе и это обеспечивает ему ведущую роль в обучении. Вышесказанные положения можно представить в виде таблицы 1.

Таблица 1

Деятельность учителя → Обучение → Деятельность учащихся

Выдвижение конкретной задачи формирования научного стиля мышления в данном познавательном цикле. Осознание необходимости научного подхода к изучению физики на основе познавательного цикла.

Раскрытие параметров научного стиля мышления на конкретном физическом материале.

Осмысление параметров научного стиля мышления и его проявлений в учебном материале.

Организация учебно-познавательной деятельности по овладению основами научного стиля мышления.

Использование предписаний научного стиля мышления в учебно-познавательной деятельности под руководством учителя.

Анализ результатов работы по формированию научного стиля мышления учащихся.

Осознание научного стиля мышления как ценности; самостоятельное обращение к его параметрам.

Выдвижение новой конкретной задачи формирования научного стиля мышления учащихся в новом познавательном цикле.

Обобщение предметного и операционального результатов данного познавательного цикла, перенос формирующегося подхода в новый познавательный цикл.

Общеучебные умения и навыки (рациональное планирование учебной деятельности, работа с книгой и др.) отличаются от специальных сферой приложения. Предписания, которыми детерминируется в этом случае учебно-познавательная деятельность, менее конкретны. Так, умение выделять главное в учебном материале предполагает учет трехмерной структуры этого материала: а) рациональной составляющей, которая включает предметные знания и математические преобразования; б) операциональной составляющей; в) модельной составляющей – наглядного представления материала, удовлетворяющего критериям изоморфизма и простоты.

При выполнении познавательного или практического действия ученик осознанно или не отдавая себе отчета, ориентируется на систему условий, в кото-

рых протекает действие. Специальными исследованиями (П.Я. Гальперин, Н.Ф. Талызина и др.) установлено, что ориентировочная основа (особенно ориентировочная основа третьего типа, ставшая предметом рефлексии школьника и его достоянием) существенно меняет продуктивность и другие характеристики, например, устойчивость, широту переноса учебного действия.

Операциональная сторона учебно-познавательной деятельности включает в свою структуру метод познания, который представляет собой систему нормативных высказываний, правил-предписаний. Так, привлечение аналогии как метода познания требует выполнения учеником ряда правил, сравнение явлений должно основываться на возможно большем числе свойств, эти свойства должны быть существенными. Необходимо определить отношение, в котором устанавливается сходство между различными явлениями и др. В результате целенаправленной работы по приобретению учащимися навыка к методу аналогии этот метод берется ими на вооружение. Самостоятельное их обращение к методу аналогии проявлялось в построении моделей изучаемых явлений, в вопросах, гипотетических суждениях. Как правило, они начинались или заканчивались высказываниями «подобно тому, как ...» «аналогично с тем, как ...», «точно так же, как ...». В этих случаях вопросы и суждения учащихся были связаны с переносом знаний в иную ситуацию. Например, после объяснения учителем назначения цепи, которая приваривается к раме автомобиля для перевозки горючего и волочитя по земле при его движении, последовал вопрос: «А каким образом снимаются электрические заряды с корпуса самолета при его полете? Ведь нет же провода, который бы соединял самолет с землей подобно цепи соединяющей с землей корпус автомобиля».

Из приведенных выше примеров следует, что приобщение учащихся в вопросе обучения к методам научного познания (наблюдение и эксперимент) вносит существенные изменения в их учебно-познавательную деятельность. Эти методы через систему предписаний, вводимых учеником в познавательный процесс, детерминируют целеполагание, выдвижение гипотезы, планирование, реализацию «приборной ситуации», фиксирование непосредственного и гносеологического результата наблюдения или эксперимента.

Функциональное единство с методом познания обнаруживает научный стиль мышления. Однако единство с методом познания обнаруживает научный стиль мышления. При этом он детерминирует познавательный процесс уже на ином уровне, определяя его стратегию системой принципов и нормативных предписаний, в основе которых лежат фундаментальные представления о мире и его познании. В научном стиле мышления выделен ряд параметров (онтологические, гносеологические, логико-методологические, личностно-мотивационные) [1]. По ним, как по основанию, целесообразно фиксировать проявления детерминации учебно-познавательной деятельности стилем мышления. При непосредственно взаимодействии учителя и учащихся это влияние и изменения в учебно-познавательной деятельности достаточно просто обнаруживаются, например, по:

- онтологическому основанию – привлечение учащимися знаний различного уровня из смежных областей, самостоятельное и сознательное обращение учащихся к принципу простоты;

- гносеологическому основанию – стремление ученика экспериментально проверить истинность теоретического знания или следствий, вытекающих из него, умение различать непосредственный и гносеологический результат наблюдения или эксперимента;

- логико-методологическому основанию – тенденция и объяснение внешнего через внутреннее, самостоятельное выдвижение познавательных или практических задач, формулировка гипотез;

- личностно-мотивационному основанию – проявление интереса к операциональной стороне предметно-преобразующей деятельности, сохранение учени-

ком при изложении учебного материала, содержащихся в нем элементов предписывающего характера.

Детерминация учебно-познавательной деятельности в целом и отдельных ее сторон получает свое наиболее обобщенное выражение в мировоззрении учащегося. Действительное понимание своего места в мире, интеллектуальное, эмоционально-волевое, практически-действенное отношение к действительности задают, в конечном счете, исходные ориентиры, определяющие программу деятельности личности. «Мировоззрение – такой результат влияния социальной среды, познавательно-воспитательного процесса, который так или иначе опосредован личной практикой субъекта, получил благодаря этому субъективную установку, регулирующую дальнейшую познавательную и практическую деятельность человека» [5, 98].

Другие факторы, определяющие так или иначе стороны учебно-познавательной деятельности, детерминируют ее и в целом, но на иных, более низких, чем мировоззрение, уровнях. Так, предметные (знания-описания), непосредственно воздействующие на содержательную сторону учебно-познавательной деятельности, опосредованно, своим содержанием детерминируют ее операциональную сторону. Действительно, умения и навыки в снятом виде содержат факто-фиксирующие знания, ориентировочная основа действия – некоторый инвариант, закономерность; метод познания – теорию, стиль мышления – картину мира. В процессе учебно-познавательной деятельности ее содержание, как и содержание труда, «постоянно переходят из формы деятельности в форму бытия, из формы движения в форму предметности» [1].

Сами детерминанты в процессе учебно-познавательной деятельности претерпевают изменения: обогащаются, меняют направленность действия, расширяется их номенклатура и область проявления. Это находит свое отражение в том, что например, углубляются, обретая черты системности, знания, формируются, осмысливаются мотивы, ценностные ориентации, меняются тип ориентировочной основы действия и др. «Всякий вообще акт познания мира есть вместе с тем и введение в действие новых детерминант нашего поведения» [5].

Введение новых детерминант, обогащение прежних преобразует, активизирует учебно-познавательную деятельность, повышает уровень ее самостоятельности; процессы детерминации на отдельных этапах учебно-познавательной деятельности трансформируются в процессы детерминации. Поэтому тезис о том, что «внешние воздействия преломляются через внутренние условия», получил в современных дидактических концепциях дальнейшее развитие. В них, в частности, отмечается, что при исследовании процесса обучения должны найти свое отражение собственные познавательные усилия учеников, возникающие под влиянием внутренних потребностей учащихся и соотношения их с имеющимся возможностями. При анализе вариантов взаимодействия деятельности учителя и учащихся подчеркивается их взаимосвязь и взаимозависимость: «даже если предположить, что на каком-то отрезке учебного процесса лидирует одна из них, то и тогда следует видеть обусловленность этой лидирующей деятельности другой» [4].

Из этого следует возможность рассматривать учебно-познавательную деятельность как детерминированное преподавание, взаимодействие учащегося с содержанием образования, направленное на достижение познавательных и практических целей, обусловленных его потребностями и реальными учебными возможностями. Анализ детерминации учебно-познавательной деятельности по физике позволил зафиксировать такой ее феномен как стиль мышления и показать его проявления на различных уровнях. В отличие от предметных знаний, целей, мотивов, умений, ориентировочной основы действий и др., влияние которых на учебно-познавательную деятельность всесторонне исследовалось, функционирование стиля мышления в ней рассматривается нами с новых реалий.

Литература

1. Готт В.С. Философские вопросы современной физики. М.: Высшая школа, 1988. – 343 с.
2. Джораев М. Методологические и дидактические основы формирования вероятностно-статистических идей и понятий (на примере обучения физике в высшей и средней школе): - Автореф. дисс. ... д-ра пед. наук. – Ташкент, 1993. – 40 с.
3. Мамбетакунов Э. Проблемы интеграции науки и научных знаний // Вестник КГНУ. - Сер. 6, вып. 2. - 2000. - С. 22-26.
4. Мамбетакунов Э., Сияев Т.М. Концептуальные основы обновления содержания среднего физического образования. - Бишкек, 2002. – 72 с.
5. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. - М.: Мир, 1990. – 342 с.
6. Мааткеримов Н.О. Теоретические основы нормирования учебного процесса по молекулярной физике. - Каракол: Педагогика, 2002. – 210 с.

## РАЗРАБОТКА И ПУТИ ВНЕДРЕНИЯ ЦЕЛЕСТНОЙ МЕТОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИИ В 12-ЛЕТНЕЕ СРЕДНЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

1Р. Башарулы, 2А. Баймаханулы, 2Е. Жаменкеев, 2Д. Кенжебаева, 2Г. Уалиев  
1Национальная академия образования имени Ы.Алтынсарина, Алматы,  
2Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы

Научно-технический прогресс на каждом новом этапе своего революционного развития оказывает судьбоносное действие и на консервативные по своей природе системы, подталкивая их на решительные изменения и преобразования. Одна из таких консервативных систем, как известно, является сфера образования, у которой отчетливо проявляется эффект «усталости» из-за многочисленных как объективных, так и субъективных нововведений и реформ. Действительно, количество учебных предметов, курсов и программ, изучаемых в учебных заведениях, особенно, в школах давно превышает научно-обоснованные нормы, установленные в целях защиты духовно-физического и психолого-физиологического развития личности.

Тем не менее, насыщенное до предела содержание образования революционными открытиями XX века в области атома и его ядра, электроники и информационной технологии и в XXI веке вынуждено вновь испытать кардинальное изменение под влиянием надвигающейся третьей научно-технической революции, вызванной новым стремительно развивающимся направлением науки – нанотехнологией. Развитие нано-технологии сулит человечеству грандиозные перспективы: открывает путь к управляемому синтезу совершенно новых молекулярных структур не из традиционных сырьевых ресурсов, а непосредственно из любых атомов и молекул при помощи искусственного интеллекта; позволяет восстановить пораженные болезнью человеческие органы с использованием вновь воссозданной здоровой ткани; приведет к созданию материалов с совершенно новыми свойствами; стимулирует появление новых открытий в физике, химии, биологии и других областях науки и техники, основы которых безусловно должны изучаться во всех звеньях системы непрерывного образования. В этой связи, естественно, возникает вопрос: как интегрировать основы нанотехнологии, сулящей человечеству столь грандиозной перспективы, в учебно-воспитательный процесс в условиях предельной насыщенности содержания действующей системы непрерывного образования?

В сложившихся условиях, как нам представляется, вырисовываются контуры двух проблемных задач стратегического и тактического характера, решение которых даст ответ на вышепоставленный вопрос.



Общенаучный уровень системного подхода      Законы, принципы и правила системного подхода.

Среди них:

- 1) принцип целостности системы;
- 2) принцип функциональной полноценности системы;
- 3) правила субоптимизации системы и т.д.

Частнонаучный уровень, в основе которого лежат законы, принципы и положения отдельных наук      Теории, законы, принципы и положения той или иной отдельной науки.

Например, для исследования проблемы обучения и воспитания, важную роль играют такие теории, законы и принципы педагогики и психологии, как:

- 1) теория поэтапного формирования умственного развития личности;
- 2) принципы природосообразности обучения и воспитания;
- 3) принцип междисциплинарности учебных предметов;
- 4) принципы непрерывности и преемственности образования и т.д.

В определении содержания образования и методической системы обучения важную методологическую роль играют теории, законы и принципы и других частных наук (физики, биологии, культурологии и т.д.).

Рисунок 1 - Структурно-логическая связь между системообразующими элементами учебно-воспитательного процесса

Во-первых, следует разработать Концепцию обучения нанотехнологии как востребованного учебного предмета XXI века, которая позволяет определить его основные идеи, магистральные направления развития и методологические ориентиры, ведущие к интеграции данного предмета в систему непрерывного образования.

Во-вторых, необходимо определить образовательные стандарты по нанотехнологии, которые позволяют выявить основной круг изучаемых вопросов во всей системе непрерывного образования.

В-третьих, следует разработать учебные программы курсов по нанотехнологии, изучаемых в соответствующих звеньях системы непрерывного образования.

Эти разработки, осуществляемые на основе методологических подходов, приведенных в таблице 1, служат научно-теоретической базой, обеспечивающей формирования методической системы обучения нанотехнологии с пятью взаимосвязанными элементами (рис.1). Незавершенность одного из этих элементов, как это вытекает из принципов системного подхода, делает методическую систему обучения функционально неполноценной [1]. А это, в свою очередь, отрицательно влияет на оптимальное функционирование всей непрерывной системы образования.

Литература

1. Башарулы Р. Методология развития поликультурного образования в Казахстане. – Алматы: Гылым, 2002. – 236 с.

ЗАТТАРДЫН ТҮЗҮЛҮШ МОДЕЛДЕРИН ОКУТУУДА КОМПЬЮТЕРДИК АНИМАЦИЯЛЫК ПРОГРАММАЛАРДЫ КОЛДОНУУ

- 1Сагындыков Ж., 1Сатывалдиев Д.Р., 2Осмоналиев К.О., 2Кадышев С. К.
- 1М.М. Адышов атындагы Ош технология университети, Ош ш.
- 2Жусуп Баласагын атындагы Кыргыз улуттук университети, Бишкек ш.

Электрондук окутуучу программа (ЭОП) – окуучулар менен студенттерге компьютердин жардамы менен билим берүү үчүн жасалган комплекстик автордук программа. Бул программалардын негизги бөлүктөрүн электрондук китептер, анимациялык программалар, виртуалдык лабораториялык иштер түзөт [1,2].

Анимациялык программаларды атомдордун жана молекулалардын түзүлүшүн окутууга колдонгондо, алардын өлчөмдөрү болжол менен 109 □1010 эсе чоңойтулуп алынат.

Анимациялык программаларды түзүүдө мезгилдик системанын 1-3-мезгилдеринде жайгашкан элементтер тандалып алынды. Тема боюнча студенттерге лекциялык сабакты өтүүнүн төмөндөгүдөй жолун сунуштайбыз. Сабактын 1-бөлүгүндө (чакыруу) окутуучу студенттерди сабакка жандандыруу керек. Ал үчүн «атомдун түзүлүшү» деген түшүнүккө кластер түзөбүз. Досканын ортосуна ушул түшүнүк жазылып коюлат.

Андан соң «атомдун түзүлүшү» боюнча эмнелерди билесиңер?» деп окутуучу студенттерге суроолорду биринин артынан бирин жаадыра баштайт. 1-кезекте алардан өз алдынча эмнелерди билгенин тетрадка жазуусун талап кылат, жана бир аз убакыт берет (мисалы 2 же 3 минута). 2-кезекте аларды жуптарда эки экиден иштөөсүн талап кылат. Жуптарда, алар бири бири менен эмнелерди жазганын, бири биринен суроо менен бири биринин ойлорун толуктайт. 3-кезекте мугалим группа менен иш алып барганга өтөт. Ал үчүн «жуптардан» кезеги менен бирден түшүнүктү айттырып, доскага тез тез жазып, жазылган сөздөрдү бир тегерек менен тегеректеп турат. Мугалим бир айтылган ойдун кайра кайталоноосун талап кылат. Ошондой эле атомдун түзүлүшү жана алардын моделдери боюнча студенттерге толук малымат алууга умтулат. Мугалим студенттерге суроолорду, алардын берген жоопторуна анализ жасоо менен жүргүзөт, Алар бул тема боюнча эмнелерди билгенин айтышкандан кийин, доскада жогоруда көрсөтүлгөн АТОМ деген сөздөрдүн тегерегинде 1-сүрөттө көрсөтүлгөндөй кластер орун алышы мүмкүн.

1-сүрөттүн көрүнүшү боюнча мугалим группадагы студенттер канчалык деңгээлде теманы билгендигин анализ жасап, ага жараша сабак улантат. Кластерди түзүү менен сабактын 1-бөлүгү аяктайт.

### 1-сүрөт. Атомдун түзүлүшүнө кластер

Сабактын 2-бөлүгү түшүнүү болуп саналат. Бул бөлүктө пайда болгон кластердин алкагында мугалим студенттердин берген жоопторуна жараша сабак улантат. Түшүнүү автордун анимациялык программасынын жардамында каралат. Аны көрсөтүүдөн алдында студенттерге анимациялык программаларды кандай көрүү боюнча көрсөтмө берип кетилет.

1-анимациялык программа (галактикага жасалган анимациялык программа). Галактикага жасалган анимациялык программа көрсөтүлөт. Бул программа көрсөтүлгөндө, экрандан күндүн тегерегинде планеталардын айланышы жана анын айлануу жыштыгы көрүнөт. Анимациялык программаны көрсөтүп бүткөндөн кийин, студенттердин өз алдынча ойлоноосун, түшүнүүсүн арттырабыз. Студенттерге анимациялык программадан эмнени көргөндүгү боюнча тиешелүү суроолор берилип, галактика менен Резерфорддун атомунун түзүлүшүнүн окшоштуктары боюнча суроолор берилет:

а) Эмне үчүн Резерфорддун модели планетардык модель деп аталат?

б) Резерфорддун атомунун түзүлүшү менен галактиканын кандай окшоштуктары бар?

в) Ядро менен электрондорду Күн системасында эмнелерге салыштырган?

Түшүнгөн студент күндүн тегерегинде планеталар кандай айланса, электрондор дагы атомдун тегерегинде ошондой айланат деп жооп берет. Ошондуктан, Резерфорддун модели планетардык модель деп аталат.

2-анимациялык программа. Суутектин изотопторуна жасалган («Суутектин изо-топтору») автордук анимациялык программа көрсөтөт. Анимациялык программа иштегенде дисплейде командалар көрүнөт. Мисалы, “чычкандын” жардамында «изотоп» деген кнопканы басканда суутектин изотопторуна түзүлүгөн атомдук модел көрсөтүлөт. Суутектин ар бир изотобуна жасалган программа иштегенде дисплейде оң заряддалган ядронун (протон, нейтрондун түзүлүшүн санын эске алынат) айланасында бир электрон кыймылда болот. Анимациялык программаны көрсөтүп бүткөндөн кийин, студенттердин өз алдынча ойлонуусун, түшүнүүсүн арттырабыз. Студенттерге анимациялык програм-мадан эмнени көргөндүгү боюнча тиешелүү суроолор берилет:

а) суутек изотопторунун айырмачылыны эмнеде?

б) бул модел боюнча ядро менен электрондордун түзүлүшү кандай?

в) изотоп деген эмне?

Түшүнгөн студент изотоптор бири биринен ядросундагы нейтрондордун саны менен айырмаланат деп жооп айтышат. Мындан башка тиешелүү суроолорду берип, калаган жообу алынат. (Жаратылыштагы суутек негизинен үч изотоптон турат:  $^1\text{H}$  - протий (99,984%) жана  $^2\text{H}$  - дейтерий (0,016%). Ал эми суутектин радиоактивдүү изотобу  $^3\text{H}$  - тритий атмосферанын жогорку катмарларында азоттун же кээ бир газдардын атомуна космостук нурлардын нейтрондорунун таасири астында дайыма пайда болуп турат жана ал электронду бөлүп чыгаруу менен гелийдин жеңил изотобуна айланат).

3-анимациялык программа. Томсондун модели. Томсондун моделин окутууда 1-кезекте «Томсондун модели» темасына окуучуларды чакыруу керек. Ал үчүн «Томсондун модели» деген эмне жана кандайча түзүлүшкө ээ экендигин айттырат. Студенттерден тиги же бул жооп алгандан кийин теманы түшүндүрүүгө өтөбүз. Ал үчүн биз «Томсондун модели» боюнча түзүлгөн автордук анимациялык программаны сунуштаймын. Анимациялык программа иштегенде дисплейде командалар көрүнөт. Мисалы, мыштын жардамында «Томсон» деген кнопканы басканда Томсон боюнча атомдун түзүлүшүнүн моделин көрсөтүлөт. Программа иштегенде дисплейде оң заряддалган сфера жана ушул сферанын ичинде бекитилген электрондор кыймылда болот. Анимациялык программаны көрсөтүп бүткөндөн кийин, студенттердин өз алдынча ойлонуусун, түшүнүүсүн арттырабыз. Студенттерге анимациялык программадан эмнени көргөндүгү боюнча тиешелүү суроолор берилет:

а) Томсон атомду кандай элестеткен?

б) бул модел боюнча ядро менен электрондордун түзүлүшү?

в) бул модель боюнча атом эмнени элестетет?

Түшүнгөн студент: бул модель, эгерде биз дарбызды элестетсек дарбыз ядрону, ал эми анын ичиндеги данектер электрондорду элестетет деп айтышы мүмкүн.

4-анимациялык программа. Бордун моделин окутууда 1-кезекте «Бордун модели» темасына окуучуларды чакыруу керек. Ал үчүн мугалим «Бордун модели» деген эмне жана бул модель боюнча атом кандай түзүлүшкө ээ экендигин айттырат. Студенттерден тигил же бул жооп алгандан кийин теманы түшүндүрүүгө өтөбүз. Ал үчүн биз «Бордун модели» боюнча түзүлгөн автордук анимациялык программаны сунуштайбыз. Анимациялык программа иштегенде дисплейде командалар көрүнгөндө, мыштын жардамында «Бор» деген кнопканы басканда «Бор» боюнча атомдун түзүлүшүнүн модели көрсөтүлөт. Бул программа иштегенде электрондор ядронун айланасында тынымсыз айланып турат. Мышты 1-катмар деген кнопканы басканда электрон ядронун айланасында 1-катмарда, ал эми мышты 2-катмар деген кнопканы басканда электрон 2-катмарда айланган болот. Андан ары 3-катмар ж.б. катмарлар үчүн да программа иштейт. Бул жерде айтып кетчү нерсе электрон бир катмардан экинчи бир катмарга өткөндө төмөнкү формула менен эсептели-

ген электрондордун өтүү энергияларынын эсептелинген энергиялары дисплей-дин оң жагында көрүнөт.

(1)

мында  $n_1, n_2$  электрондук катмарлар.  $e, m$  -электрондун заряды менен анын массасы,  $E$  – электрон бир деңгээлден экинчи бир деңгээлге өткөндөгү бөлүнгөн же сиңирилген энергиянын саны,  $h$  - Планктын турактуулугу.

Анимациялык программаны көрсөтүп бүткөндөн кийин, студенттердин өз алдынча ойлонуусун, түшүнүүсүн арттырабыз. Студенттерге анимациялык программадан эмнени көргөндүгү боюнча тиешелүү суроолор берилет:

а) Н.Бор атомду кандай элестеткен?

б) ядро менен электрондор кандай түзүлүшкө ээ?

в) бул модель боюнча атом эмнени элестетет?

г) электрондордун бир деңгээлден экинчи деңгээлге өтүү энергиялары кандай формулалар менен аныкталынат.

Түшүнгөн студент бул модель боюнча, мисалы суутектин атомунун иондошуу ( $n_2=1$ ) энергиясы үчүн төмөнкүнү жазып коёт:

Анимациялык программаларды көрсөтүп бүткөндөн кийин, сабактын 3-бөлүгү болгон студенттердин өз алдынча ойлонуусун, түшүнүүсүн арттырабыз. Бул бөлүктө 1-сүрөттө көрсөтүлгөн кластердин алкагында студенттер менен пикир алмашылат. Атомдун түзүлүшү жөнүндө анимациялык программалардан жаңы эмнени көргөндүгү боюнча студенттердин ойлорун айттырууга аракеттенип, тиешелүү суроолорду берип 1-сүрөттө пайда болгон кластерди студенттер менен бирдикте жаңылоого аракеттенет. Мисалы мугалим төмөндөгүдөй суроолорду берет:

а) атомдун ядросу кандай бөлүкчөлөрдөн турат ?

б) атом, ядро, протон нейтрон, электрон деген эмне?

в) ал бөлүкчөлөрдүн атомдогу жайгашуу орду?

Бул суроолор койулганда студенттер:

а) жекече ойлонуп, жооп даярдашат;

б) жуптарда пикир алмашышат;

в) жуптарда билгенин айтып болушкандан кийин мугалим студенттер менен бирдикте 1-сүрөттө пайда болгон кластерди жаңылайт.

Акырында мугалим өзү же студенттер менен бирдикте сабакты төмөндөгүдөй улантып койсо болот:

1913-жылы атомдун түзүлүшүнүн өркүндөтүлгөн планетардык моделин, атомдун түзүлүшүнүн кванттык теориясын, Бор боюнча атомдун түзүлүшүн жана бул теория боюнча Бордун постулаттарын айта кетүүсү абзел.

Андан кийин Д.Д. Иваненко жана Е.Н.Гапон (1932-ж) тарабынан ядронун түзүлүшүнүн протон-нейтрондук теориясына окутуучу токтоло кетиши керек.

Кортунду:

1. Атомдун түзүлүшүн анимациялык моделдердин жардамында окуутуда окуучулардын көрүү сезими аркылуу чындыкка жакын маалымат алып, эсте калуусу күчөп терең билим алуусуна шарт түзүлөт.

Колдонулган адабияттар:

1. Кэнту М. Delphi; 2005. Для профессионалов, - СПб., 2006.

2. Сагындыков Ж. Физикалык химияны окутуунун инновациялык технологиялары. – Ош, 2009. - 96 б.

К ВОПРОСУ МОДЕРНИЗАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ И МЕТОДИКИ  
ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Мааткеримов Н.О., Арунова А.М.

Иссык-Кульский государственный университет им. К.Тыныстановы, г. Каракол

Современная система образования предъявляет возросшие требования к социокультурному, интеллектуальному, нравственному развитию личности студента, его общей и профессионально-педагогической культуре. В стратегии образования выделяется его гуманизация, ставящая во главу свободу, интересы и потребности личности. Это в значительной степени обусловило пересмотр взглядов на содержание и организационные формы педагогической деятельности. Создание образовательных стандартов, профессионально-направленных программ и спецпрактикумов отражается на подготовке будущего учителя физики являющейся одним из культуuroобразующих компонентов развития личности, определяющих его готовность к культуросозидающей деятельности.

Лавинообразное внедрение в современное общество ЭВМ и другой электронной техники принципиально изменили весь учебный процесс во всех его направлениях. Научно-технический прогресс оказывает большое воздействие на образование, а, следовательно, и на его методику. Половина существующих в наши дни профессий и специальностей четверть века назад еще были совершенно неизвестны. Сегодня рабочим и специалистам каждые 8-10 лет приходится удваивать объем профессиональных знаний и практических навыков.

В связи с ростом научных знаний повсеместно изменяются требования к специалистам-выпускникам различных учебных заведений, а следовательно, изменяется и содержание образования. В последнее время эта тенденция охватила среднюю школу. Здесь наблюдается изменение качества преподавания, расширение объема и повышение уровня знаний, внедрение новых методик и нетрадиционных подходов в обучении. Появились профильные классы гуманитарной или естественнонаучной направленности, а также целые учебные заведения – преобразованные современные аналоги средней школы: гимназии, колледжи, лицеи. Для работы в таких учебных заведениях учителям необходим не только педагогический опыт, но и прочный научный фундамент – глубокое знание своего предмета. В немалой степени это относится к учителям физики. В связи с этим естественным образом повышаются требования к выпускникам педагогических вузов.

Однако основное содержание физического образования учителей (учитывая стремительное развитие науки), практически не меняется. Обучение продолжается по традиционным учебникам по давно разработанным и утвержденным программам. Сложившееся положение нельзя назвать полностью удовлетворительным. Представляется целесообразным и неперменным наличие в программе по физике для педагогических вузов, наряду с классическими теориями, и современных научных концепций, разработок, исследований.

В связи с этим становится актуальным исследование, направленное на пересмотр методики изучения свойств твердых тел в образовании будущих учителей физики как одной из наиболее перспективных составляющих современной физической науки.

Традиционно изучение физики в педагогических вузах имеет ступенчатую структуру. На начальном этапе обучения (1-5 семестр) изучается общая физика, которая переходит в теоретическую физику (4-8 семестр), как наиболее высокую ступень в подготовке будущих учителей. И последний этап – теория и методика преподавания физики (ТиМПФ) – своеобразный мост между курсами физики в университете и школе. На изучение физических дисциплин студентам физических факультетов отводится более 1000 часов учебного времени.

Какое же место в этом курсе занимают современные научные концепции? Проведенный нами анализ программ физических специальностей вузов и соответствующих учебников показал, что современные студенты изучают научные результаты, в лучшем случае, двадцати-тридцатилетней давности.

Общая физика определяет этап обучения в наиболее традиционном, классическом содержании. Механика и теория колебаний, молекулярная физика и термодинамика, электричество и магнетизм, оптика – отражают научные теории и результаты, известные еще в про-

шлом столетии. Изучаемая в современных вузах общая физика обогатилась такими достижениями науки двадцатого века, как Эйнштейновская теория относительности, нелинейная оптика (кратко представленная в курсе «Оптика»), а также атомная и ядерная физика, физика твердого тела (ФТТ).

Теоретическая физика – более сложный этап обучения и, в то же время, более современный. Наряду с аналитической механикой, подробно разработанной еще в 18-19 веках, она содержит электродинамику, статистическую физику и термодинамику, сложившуюся в конце 19 - начале 20-го веков, а также квантовую механику, являющуюся исключительной заслугой ученых 20-го столетия.

Необходимо отметить, что эти теории, нашли свое отражение в курсе физики для педагогических специальностей вузов и практически не претерпевали изменений. Их преподавание становилось традиционным и мало обновлялось с середины прошлого века.

Физика твердого тела - наука о строении и свойствах твердых тел, и происходящих в них явлениях. В настоящее время эта область физики является ведущей во всех физических исследованиях. Здесь занята половина всех физиков Земли, половина ежегодных публикаций в области физики посвящена так же проблемам физики твердого тела: Шубников А.В., Холден А.Н., Киттель У., Уэрт Ч., Томсон Р. и др.

Столь большое внимание физике твердого тела уделено потому, что современная физика твердого тела составляет основную часть фундамента техники. Все строительные и конструкционные материалы (различные марки стали, всевозможные металлические сплавы, дерево, полимеры, железобетон и т.д.) – это материалы твердые. В любой отрасли техники используют те или иные свойства твердых тел: электрические, оптические, механические, тепловые, антикоррозийные и т.д. Физика твердого тела изучает и объясняет эти свойства, чтобы уметь предсказывать, как поведет себя твердое тело в различных условиях его эксплуатации. Кроме того, физика твердого тела должна указать, как можно получить новый материал, обладающий нужными свойствами, какова должна быть его структура, химический состав и другие характеристики. Следовательно, в профессиональной подготовке подавляющего большинства специалистов физике твердого тела должно быть уделено достаточное внимание. Эти проблемы должны рассматриваться и в методике подготовки будущих учителей физики.

За последнее время произошли глубокие изменения в представлениях о природе твердых тел, указывающие пути и перспективы развития в этой области физики.

Главными объектами физических исследований являются в основном кристаллические тела, физические свойства которых оказались буквально сокровищницей научных идей, открытий, изобретений. Однако, существенную роль в технике играют и твердые тела, не имеющие правильного кристаллического строения: аморфные полимеры, пластмассы.

Многие применения твердого тела нельзя объяснить, оставаясь на позициях классической физики. Для понимания различных сторон физики твердого тела необходимо, прежде всего понять природу тех микропроцессов, которые происходят в них, и выяснить, как эти процессы влияют на макроскопические свойства твердых тел. "Наша основная задача, – писал академик Иоффе А.Ф. – овладеть свойствами тел на столько, чтобы можно было ими управлять, чтобы можно было создавать такие материалы, которые нужны для данной цели и придавать им те свойства, которые нам желательны. Для того же, чтобы сознательно управлять свойствами вещества, нужно, прежде всего, правильно понимать".[1.].

Однако, несмотря на всю важность, курс физики не уделяет должного внимания вопросам физики твердого тела. Кроме того, рассматриваемая тема относится к числу недостаточно разработанных в методической литературе. Это и показал анализ литературы, что несмотря на важность методики преподавания ФТТ в подготовке учителей физики, совершенствованию его содержания, технического оснащения не уделяется должного внимания.

Исследованиям по проблемам физики кристаллов посвящены работы видных ученых физиков Шаскольской М.П., Шафрановского И.Щ., Шафрановский И.И., Вайнштейна Б.К., Желудева И.С., Шукина Е.Д., Чормонова Т.Х., Белова И.В., Шулепова С.В. и др.

Методика изучения отдельных свойств твердых тел, особенности их строения освещены в работах Мултановского В.В., Кокорина Н.А., Куземы Д.Д., Купермана Г.Б., Нажитовой З.И., Кивако А.М., Ранской Л.А., Подгорновой И.Щ., Егорова А.А., Кудько В.А., Данильчука В.И. Все эти исследования заслуживают должного внимания, в тоже время авторы не предлагают методики изучения этих вопросов в профессиональном образовании.

В диссертационной работе И.И.Подгорновой подробно разбираются опытные факты, сближающие жидкое состояние с твердым. Автор приходит к мысли, что жидкость и твердое тело следует изучать одновременно. В работе отмечается, что необходимо расширить представления у учащихся о форме и объеме молекул. Эти сведения способствуют лучшему изучению различных типов химической связи в молекулах и кристаллах. Вопросы связи школьных курсов физики и химии особенно важны, т.к. в настоящее время границы между физикой и химией стали исключительно подвижны и тесно переплетающимися. Вместе с тем, в указанной работе Подгорновой И.И. не используются понятия об энергии связи и принцип минимума потенциальной энергии, которые могут применяться на протяжении не только всего курса физики для средней школы, но и при дальнейшем обучении. Эти понятия важны и способствуют лучшему усвоению дальнейшего материала. Подгорнова И.И. в диссертационной работе, считая объяснение в методической литературе явления пластической деформации неудовлетворительным, предлагает изучение механизма пластической деформации проводить на основе дислокационной теории с использованием электронно-микроскопических фотографий деформированного материала. Автор показывает методику преподавания взаимодействия частиц в кристалле, влияние дефектов и примесей на механические свойства твердых тел на основе современных научных представлений и проведения работ исследовательского характера по определению структуры стали и испытаний на растяжение стали и чугуна в лабораториях вуза. В работе сделана попытка сравнения теоретической прочности металлов и результатов эксперимента.

В исследовании Егорова А.Л. отмечается, что при изучении темы "Свойства твердых тел" делается в настоящее время упор на чисто прикладные направления в известном отрыве от молекулярно - кинетической теории строения вещества. В данной работе автор относительно детально рассмотрел представления о свойствах сплавов и способов их термической обработки. Он правильно отмечает, что именно механические свойства сплавов, а не температура их плавления обуславливает их столь широкое применение. Егоров А.Л. в своей работе делает попытку объяснить строение реальных кристаллов на основе понятия дефекта ячейки решетки за счет "недостающего" или "лишнего" атома. На основе явления перемещения атомов внутри тел дается пояснение плавления и отвердевания, деформации твердых тел. На конкретных примерах автор раскрывает сущность процессов закалки, отжига, наклепа, явления усталости металлов. Заслуживает внимания разработка автором простых устройств для изучения процесса растяжения проволоки, измерения твердости металлов, самодельного термостолбика для измерения высоких температур.

В исследовании Куземы Д.Д. обращается внимание на более полное использование молекулярно-кинетической теории (МКТ) при объяснении физических свойств вещества, что повышает научный уровень преподавания физики, содействует более полному пониманию физической сущности изучаемых явлений, их причинности и взаимосвязи. В его работе дана методика изучения внутреннего строения и свойств твердых тел. Автор полнее дает изложение вопроса о механических свойствах твердых тел. Большое внимание в работе уделено рассмотрению анизотропии кристаллов, деформации, методам испытания металлов и их обработке. Ценным является описание опытов для демонстрации упругой и пластической деформации, упругости, текучести и прочности материалов. В то же время ра-

бота носит конкретный характер описания частной методики без ее разработки для профессионального образования.

В работе Кокорина Н.А. отмечается, что уже на первом этапе обучения физике следует ознакомить учащихся со структурными элементами макроскопических тел, молекул, атомов, обеспечить понимание структурной организации вещества в этих системах. Работа посвящена методике школьного курса физики.

Центральной задачей исследования Купермана Г.Б. является изучение строения и механических свойств твердых тел в курсе физики средней школы. При изучении темы "Свойства твердых тел" автор для повышения научных знаний учащихся привлекает элементы теории дислокаций. Его работа характеризуется последовательным изложением материала на основе современных научных представлений. Вводя понятия межатомных сил взаимодействия с помощью учебных моделей, принципа минимума энергии, представлений о плотных упаковках, автор удачно излагает методику ознакомления учащихся с простейшими расчетами предела прочности и модуля упругости, обосновывает наличие связи макроскопических характеристик кристалла со свойствами реальных тел. В работе основное внимание уделено механическим свойствам твердых тел, найдены методические пути ознакомления учащихся с физическими основами производственных процессов изменения структуры и механических свойств металлов. Удачный подбор демонстрационных моделей, опытов, фотографий и работ физического практикума способствует лучшему усвоению излагаемого материала. Методике изложения строения и свойств твердых тел в соответствии с проектом новой программы по физике, экспериментальной проверке этой методики на практике в школах посвящена диссертация Ранской Л.А. В работе предпринята попытка найти единый подход к объяснению в средней школе физических свойств твердых тел, опираясь на основные положения квантовой теории. Большое внимание уделено в работе раскрытию закономерностей внутреннего строения твердых тел, что цементирует прочную основу усвоения их физических свойств. Мы можем использовать разработанную автором методику для ее частичной реализации в практике профессионального образования будущих учителей физики.

Нажитова З.И. в своей диссертационной работе предполагает, что уровень усвоения учащимися знаний о кристаллах и свойствах кристаллических тел повысится, если изучение свойств кристаллов будет проводиться на основе понятий симметрии и анизотропии. Автор предлагает объяснение темы "Свойства кристаллов" проводить в 4 этапа и во взаимосвязи с другими предметами. В работе приводятся таблицы в которых отражена последовательность тем изучаемых с 4 по 10 классы, межпредметные связи которых, представлены в сегодняшнем обучении.

Однако в настоящее время наблюдается большой и серьезный разрыв между тем уровнем знаний и представлений о физике твердого тела, которыми располагают школьники и тем возрастающим значением, которое имеет эта область физики, как для нашего народного хозяйства, так и для развития самой науки. Поэтому, задача состоит в повышении научного уровня данного раздела курса физики, в приведении его содержания в соответствии с уровнем развития науки и техники.

Современная физика твердого тела является источником создания не только новых материалов, но и рождения совершенно новых идей в области молекулярной физики, электродинамике, квантовой механике, статистической физике и т.д. Кристаллы – это материалы совершенного производства и каждый кристалл имеет особые свойства. Одни преобразуют свет в электричество, другие чувствуют слабейшие радиоволны, третьи – обладают "памятью". Кристаллы применяются в вычислительных машинах, в лазерной технике, в электронных часах, в других отраслях науки и техники.

Для современной промышленности характерно использование кристаллических строительных материалов, а это требует от квалифицированного рабоче-

го и инженера овладения закономерностями, свойствами, строением кристаллов в условиях эксплуатации и технологии обработки.

Физика твердого тела определена в качестве одного из основных направлений развития научных исследований в области естественных и технических наук. Она занимает значительное место в школьном курсе физики, химии, природоведении.

Литература

1. Мааткеримов Н.О. Теоретические основы нормирования учебного процесса по молекулярной физике. - Каракол: Педагогика. 2002.
2. Мааткеримов Н.О., Арунова А.М. Технология обобщающего повторения свойств конденсированных систем в курсе физики средней школы. // Вестник ИГУ. 2004. №10.
3. Меркулов Д. Магия жидких кристаллов. // Наука и жизнь, №12, 2004.
4. Бугаев А.И. Методика преподавания физики в средней школе: теоретические основы. – М.: Просвещение, 1981.
5. Малафеев Р.И. Проблемное обучение физике в средней школе. – М.: Просвещение, 1993.

УДК : 371.3

#### ДИДАКТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ БУДУЩЕГО УЧИТЕЛЯ К ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ В ШКОЛЕ

З.И. Оморалиева, А.Ж. Эгемназарова  
Ошский государственный университет, г. Ош

Сегодня рынок труда объективно требует личность социально и профессионально компетентную, с диалектическим мышлением, глубоким образованием, знанием культуры, конкурентоспособную. В связи с этим мы считаем, что содержание подготовки будущего специалиста к осуществлению дифференцированного обучения в школе должно предполагать: формирование универсальной системы знаний и умений, необходимой для осуществления данного вида деятельности; многообразие учебных курсов наряду с обязательными учебными предметами базисного плана высшей школы (включая спецкурс «Подготовка будущего учителя физики к осуществлению дифференцированного обучения в школе»); приоритетность исследовательских и индивидуальных программ обучения, реализуемых в совместной продуктивной деятельности преподавателя и студента; индивидуальную форму работы с будущим специалистом, ориентированную на уникальность его реальных учебных возможностей и способностей; применение опыта зарубежных стран по развитию и использованию возможностей и способностей человека, формированию знаний и умений.

Основным элементом, ядром рассматриваемой нами системы подготовки является профессионально-педагогическая задача. Выделенные нами блоки включают в себя группы (подблоки профессионально- педагогических задач). Дадим обоснование выдвинутому положению.

С.Л. Рубинштейном [2] и др. в общепедагогическом аспекте сформулирована концепция той или иной деятельности как решение задач. В дальнейшем она получила развитие в работах К.А. Абульхановой-Славской [1], Л.И. Стрелец [3], И.М. Яковлевой [4] и др. На наш взгляд, эта концепция является перспективной и для подготовки будущего специалиста к осуществлению дифференцированного обучения в школе. Наше обращение к задаче как эффективному способу подготовки к исследуемой деятельности связано с тем, что она дает возможность обеспечить личностно-ориентированный

характер содержания и технологий занятий со студентами, а также реализовать возможности осуществления дифференцированного обучения.

В настоящее время исследователи занимаются разработкой профессионально-педагогических задач (Б.З. Вульф, Л.В. Кондрашова, Т.М. Куриленко, М.М. Поташник, Н.Ю. Потслюк и др.) и создают их различные классификации. Большой интерес в этом плане представляет для нас подход к классификации задач, опирающийся на таксономии целей (Ю.Н. Кулюткин, И.Я. Лернер, В.А. Сластенин, Г.С. Сухобская и др.). Чрезвычайно важно для нашего исследования является классификация, выдвинутая Н.М. Яковлевой [4], которая рассматривает четыре группы задач: методологические, теоретические, методические и практические. Кроме того, внутри каждой группы задач исследователь выделил задачи логико-поисковые, познавательно-поисковые, исследовательские и творческие. Такая классификация направлена на подготовку будущего учителя физики к творческому решению воспитательных задач.

Мы использовали именно эту методику для классификации типов профессионально-педагогических задач, связанных с подготовкой будущего специалиста к осуществлению дифференцированного обучения в школе. В каждый блок мы включили следующие типы: учебно-логические, поисковые, исследовательские, творческие и оценочно-коррекционные. Это универсальные типы задач – в рамках каждого блока они приобретают специфические особенности, определяемые задачами каждого вида подготовки.

При разработке профессионально-педагогических задач мы учитывали следующие требования: система должна сочетать в себе задачи, направленные на копирующе-воспроизводящий, продуктивно-интерпретирующий, конструктивно-творческий уровни готовности студента к осуществлению дифференцированного обучения в школе; сложность задач должна постепенно возрастать; система должна создавать возможности для осуществления объективных способов контроля и самоконтроля.

Опираясь на задачи, остановимся на содержательном аспекте системы подготовки будущего учителя физики к осуществлению дифференцированного обучения в школе. При этом содержание образования необходимо рассматривать не как систему знаний и умений, а как «педагогическую модель социального заказа» (В.В. Краевский, С.А. Сергеев и др.). А социальный заказ сегодня таков: необходимы специалисты, не столько владеющие определенной системой знаний, сколько умеющие добывать их. Это значит, выпускник общеобразовательной школы должен обладать более высоким уровнем мышления, а дифференцированное обучение, с нашей точки зрения, как раз и дает возможность учащимся приобретать знания на качественно новом уровне. Рассмотрим подробно виды подготовок будущего специалиста к осуществлению дифференцированного обучения в школе, а также соответствующие им типы профессионально-педагогических задач, которые приведены в таблицах 1, 2, 3, 4.

## Методологические задачи

Таблица 1

Типы задач	Перечень задач
1. Учебно-логические	1. Задачи на усвоение методологических понятий, связанных с проблемой дифференцированного обучения
2. Задачи на освоение диалектической природы взаимодействия теории и практики в области дифференциации	
3. Задачи на понимание сути межнаучных теорий, воздействующих на процесс изучения и осуществления дифференцированного обучения (теория систем и др.)	
4. Задачи на освоение фундаментальных педагогических теорий и гипотез, относящихся к проблеме дифференциации	
2. Поисковые	5. Задачи, направленные на овладение теоретическими методами исследования по проблеме дифференцированного обучения

6. Задачи, направленные на овладение эмпирическими методами исследования по вопросам дифференцированного обучения
7. Задачи, направленные на овладение конкретными методиками осуществления дифференцированного обучения в школе
3. Исследовательские
8. Задачи, направленные на анализ психолого-педагогической литературы по проблеме дифференцированного обучения
9. Задачи, связанные с выявлением различных точек зрения на дифференцированное обучение, их анализа
10. Задачи, связанные с выявлением причин существования точек зрения на проблему дифференцированного обучения.
4. Творческие
11. Задачи, связанные с умением выявлять актуальные проблемы дифференцированного обучения
12. Задачи, ориентированные на развитие диалектического мышления, гибкости педагогических технологий осуществления дифференцированного обучения в школе
13. Задачи, ориентированные на развитие системности мышления в процессе осуществления дифференцированного обучения
5. Оценочно-коррекционные
14. Задачи, связанные с оценкой методов познания дифференцированного обучения
15. Задачи, связанные с корректировкой форм использования результатов самонаблюдений и самооценки в процессе изучения и осуществления дифференцированного обучения
16. Задачи, связанные с оценкой роли рефлексии в процессе осуществления дифференцированного обучения

Теоретические задачи

Таблица 2

Типы задач

Перечень задач

1. Учебно-логические
1. Задачи на отбор и группировку материала по дифференцированному обучению
2. Задачи на определение педагогических понятий, связанных с дифференцированным обучением
3. Задачи на выделение основного и второстепенного в области дифференцированного обучения
4. Задачи на аргументацию выбранной методики осуществления дифференцированного обучения
2. Поисковые
5. Задачи, связанные с педагогической оценкой дифференцированного обучения
6. Задачи, направленные на решение педагогического спора в области дифференцированного обучения
7. Задачи, связанные с педагогическим анализом проблемы дифференцированного обучения
3. Исследовательские
8. Задачи, связанные с анализом различных точек зрения по вопросу частных методик осуществления дифференцированного обучения в школе
9. Задачи на выявление причин расхождения теории и практики дифференцированного обучения
10. Задачи на столкновение имеющихся знаний о педагогических технологиях осуществления дифференцированного обучения с учетом новых типов школ, а также особенностей и возможностей учащихся.
4. Творческие
11. Задачи, ориентированные на развитие гибкости мышления при осуществлении дифференцированного обучения в школе
12. Задачи, ориентированные на развитие самостоятельности педагогического мышления в процессе изучения и осуществления дифференцированного обучения

13. Задачи, связанные с созданием проблемных ситуаций при осуществлении дифференцированного обучения в школе
5. Оценочно-коррекционные
14. Задачи, связанные с осуществлением самоанализа и самооценки деятельности по теоретическому осмыслению проблемы дифференцированного обучения
15. Задачи на корректировку содержательной и операционной стороны дифференцированного обучения с учетом собственных возможностей
16. Задачи на прогнозирование перспектив собственного стиля деятельности при осуществлении дифференцированного обучения в школе

#### Методические задачи

#### Таблица 3.

Типы задач	Перечень задач
1. Учебно-логические	1. Задачи на оценку педагогического решения, принятого при осуществлении дифференцированного обучения в школе
2. Задачи на доказательство необходимости осуществления дифференцированного обучения в школе	
3. Задачи, связанные с изучением способов и приемов переноса эффективного педагогического опыта по осуществлению дифференцированного обучения в школе из одних условий в другие	
2. Поисковые	4. Задачи на выявление уровня индивидуальных особенностей учащихся для осуществления дифференцированного обучения
5. Задачи на диагностику уровня развития обучаемых	
6. Задачи, связанные с отбором и применением средств анализа педагогических факторов, методических идей, технологических решений, авторских систем осуществления дифференцированного обучения	
3. Исследовательские	7. Задачи, направленные на изучение, анализ и обобщение эффективного педагогического опыта по осуществлению дифференцированного обучения в школе
8. Задачи, направленные на оптимальный выбор форм и методов осуществления дифференцированного обучения в школе	
9. Задачи, направленные на овладение умениями научной интерпретации результатов исследования по проблеме дифференцированного обучения	
4. Творческие	10. Задачи, направленные на развитие способностей творческого осуществления дифференцированного обучения в собственной педагогической деятельности
11. Задачи на формирование способности генерировать идеи в области дифференцированного обучения	
12. Задачи на развитие способностей модифицировать содержательную и технологическую стороны дифференцированного обучения	
13. Задачи, направленные на формирование творческого стиля деятельности при осуществлении дифференцированного обучения	
14. Задачи, направленные на разработку собственных вариантов реализации ведущих идей дифференцированного обучения	
5. Оценочно-коррекционные	15. Задачи, ориентированные на развитие критичности мышления в оценке дифференцированного обучения
16. Задачи, связанные с формированием умений выходить в рефлексивную позицию в процессе осуществления дифференцированного обучения	

17. Задачи, направленные на осуществление самоконтроля в ходе изучения и осуществления дифференцированного обучения
18. Задачи, направленные на формирование способов осуществления коррекции собственной педагогической деятельности при осуществлении дифференцированного обучения

Практические задачи

Таблица 4

Типы задач

Перечень задач

- |   |   |
|---|---|
| 1. Учебно-логические  | 1. Задачи, связанные с планированием и организацией деятельности по осуществлению дифференцированного обучения в школе  |
| 2. Задачи, связанные с умением отбирать необходимый источник информации по дифференцированному обучению, способы и приемы его изучения                                |   |
| 3. Задачи на выделение основного и второстепенного во внешней картине поведения обучаемого при осуществлении дифференцированного обучения в школе                     |   |
| 2. Поисковые  | 4. Задачи, связанные с планированием деятельности по осуществлению дифференцированного обучения   |
| 5. Задачи, связанные с умением отбирать каналы информации, объективно раскрывающие содержание дифференцированного обучения  |   |
| 6. Задачи, связанные с алгоритмизацией действий учителя в тех или иных ситуациях при осуществлении дифференцированного обучения                                       |   |
| 3. Исследовательские  | 7. Задачи, связанные с наблюдением и анализом педагогических явлений и факторов в области дифференцированного обучения  |
| 8. Задачи, связанные с анализом результатов работы учителя, осуществляющего дифференцированное обучение в школе   |   |
| 9. Задачи, связанные с выявлением процессуально-содержательных факторов успеха осуществления дифференцированного обучения   |   |
| 4. Творческие   | 10. Задачи на прогнозирование тех противоречий практики, которые могут быть решены за счет реализации идей дифференцированного обучения   |
| 11. Задачи, формирующие нестандартность, критичность мышления будущего учителя, его способность уходить от стереотипов при осуществлении дифференцированного обучения |   |
| 12. Задачи, ориентирующие на самостоятельность принятия решений при осуществлении дифференцированного обучения  |   |
| 5. Оценочно-коррекционные   | 13. Задачи, связанные с оценкой новых педагогических технологий осуществления дифференцированного обучения с учетом разных типов школ, а также особенностей и возможностей учащихся |
| 14. Задачи, корригирующие самоанализ и самооценку новых технологических решений при осуществлении дифференцированного обучения в школе                                |   |
| 15. Задачи, оценивающие самостоятельность принятого решения при осуществлении дифференцированного обучения в школе  |   |

Подводя итог вышесказанному, отметим, что классификация профессионально-педагогических задач имеет теоретико-практическую значимость, в основу которой заложена структура профессиональной подготовки будущего учителя к осуществлению дифференцированного обучения в школе. С каждым компонентом профессиональной деятельности – методологической, теоретической, методической и практической можно соотнести определенную совокупность задач учебно-логического, поискового, исследовательского, творческого и оценочно-коррекционного характера.

Решение этих задач связано со спецификой дифференцированного обучения: повышенным уровнем содержания образования: применением нетрадиционных форм, методов обучения, контроля знаний и умений студента; высоким качеством

материально-технического и методического обеспечения; особенностями управления педагогическим вузом и учебным процессом; обеспечением высокопрофессиональными преподавательскими кадрами; использованием новейших педагогических технологий и средств, необходимых для осуществления указанного вида деятельности.

Литература

1. Абдульханова-Славская К.А. Деятельность и психология личности. – М., 1980. – 335 с.
2. Рубинштейн С.Л. Проблемы общей психологии. – М., 1973. – 423 с
3. Стрелец Л.И. Дидактические условия творческого освоения будущими учителями педагогического опыта обучения школьников. Дис. Канд. Пед. наук. – Челябинск, 1994.
4. Яковлева Н.М. Теория и практика подготовки будущего учителя к творческому решению воспитательных задач. Дис. Докт. Пед. наук. – Челябинск, 1992. – 403 с.

## О НЕКОТОРЫХ ЭТАПАХ ПОЗНАНИЯ ФИЗИКИ

Карипова М.К.

Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, Бишкек, ул. Фрунзе 547

В условиях социальных преобразований особое значение приобретают ценностные аспекты современной физики (использование атомной энергии в мирных целях, борьба с загрязнением атмосферы и решение других экологических проблем и т.д.), неизмеримо возрастают роль и ответственность представителей физической науки перед обществом. Физика, как никакая другая наука, обладает глубоким влиянием на социальные, этические и мировоззренческие запросы людей.

Предметом физического исследования являются физические объекты – макротела, частицы поля. Любой физический объект имеет множество разных свойств. Физические объекты претерпевают различные изменения. Изменения, происходящие с физическими объектами, – это физические процессы, или явления. Важнейшая задача физики – объяснить явление природы. Но, прежде чем объяснить явление, его надо обнаружить, вычленив из ряда других многообразных процессов, которые происходят в природе. Установление фактов осуществлялось путем наблюдений за протеканием явлений в естественных условиях. Создавая определенные условия протекания явлений и меняя их, воспроизводя это явление многократно, то есть производя физический эксперимент, мы можем более детально изучить явление и узнать о нем значительно больше, чем просто наблюдая его в естественных условиях. Эксперимент как искусственное воспроизведение явлений с целью их многократно наблюдения и детального изучения – один из методов физики. Экспериментальные факты, не объединенные в теорию, способную объяснить эти факты и предсказать новые, не имеют большой познавательной ценности.

Во всех естественных науках имеются свои теории, например, в химии – теория электролитической диссоциации, молекулярная теория; в биологии – теория эволюции, наследственности и т.д. Среди всех естественно – научных теорий физическая теория отличается глубоким проникновением в нее математики непосредственной связью с экспериментом. Вот почему так важно формировать у обучающихся методологические знания о сущности и структуре научной теории, методах теоретического познания природы.

Теоретическое познание физики включает такие методы, как идеализация и моделирование, аналогия, мысленный эксперимент, гипотеза. Ниже будут изложены этапы формирования знаний и умений методом идеализации:

- 1) выделение среди множества объектов или явлений предмета идеализации;

- 2) отделение в выделенном объекте или явлении существенных аспектов (свойств) от второстепенных, с учетом того, что идеализация должна служить хорошим приближением реального процесса;
- 3) доведение выделенного свойства (аспекта) до предельного значения;
- 4) формулировка этого идеализированного объекта или явления;
- 5) включение идеализированного объекта в физический закон, теорию и так далее;
- 6) использование полученной идеализации [1].

Одна из первых идеализаций в курсе физики – понятие материальной точки. В этом понятии отражено самое существенное в механике – «находиться в данный момент в данной точке пространства».

Выделенное свойство (аспект) изучаемого явления доводят до предельного значения (например, полное отсутствие трения или сопротивления движению тела, сведение размеров тел к нулю, полная изоляция тел системы тел и т.д.). в результате создается мысленный, идеализированный объект, не существующий в действительности. Если не акцентировать внимание обучающихся на том факте что материальная точка есть идеализация реальных тел, связанная с пренебрежением размерами тела, но обладающая массой и другими характеристиками движения, то может возникнуть опасность, что обучающиеся будут представлять материальную точку только в геометрическом смысле. В дальнейшем обучающиеся встречаются с другими «точечными» идеализациями: молекулой идеального газа, точечным зарядом, математическим маятником. При изучении законов движения они рассматривают также идеализированные условия движения тел (полное отсутствие сопротивления среды и действия окружающих тел, в том числе и тяготения Земли, на данное тело и т.д.), которые не имеют места в процессах с реальными телами. Подобные идеализации позволило Галилею и Ньютону правильно объяснить многие механические процессы.

В дальнейшем, при изучении механики, обучающиеся встречаются с такими идеализациями, как «абсолютно твердое тело», «абсолютно упругое тело», «идеальная жидкость». Постепенно у них формируется правильный методологический подход к изучению механических процессов: начинать рассмотрение с самых простых, наиболее простых, наиболее близких к идеальным, процессов, переходя затем к реальным.

Важным примером идеализации является также понятие изолированной системы в механике, термодинамике, электростатике. Изолированная система представляет собой совокупность тел, взаимодействующих только между собой, но ни с каким другим телом, не входящим в эту систему. Для таких систем в курсе физики сформулированы механические законы сохранения импульса и энергии, закон сохранения электрических зарядов. Обучающиеся усваивают такой факт, что механические процессы – это идеализация, в отдельности они в природе не встречаются, а всегда сопровождаются тепловыми, электрическими и другими явлениями.

При изучении принципов работы тепловых двигателей в учебниках упоминается об идеальной тепловой машине Карно и приводится формула КПД такой машины.

Идеализация реальных процессов продолжается в разделе «Электродинамика». Так, при изучении полной цепи переменного тока отмечается, что хотя любой реальный проводник, включенный в электрическую цепь одновременно обладает тремя видами сопротивления: омическим, емкостным и индуктивным, однако для облегчения изучения и выявления закономерностей обучающиеся рассматривают вначале ток в идеальных цепях, содержащих только один вид нагрузки, переходя затем к процессам, встречающимся в действительности. При изучении колебаний в пружинном маятнике, а затем и распространения в нем продольных волн в качестве объекта изучения этих процессов выбирается идеальная пружина, обладающая рядом свойств, отсутствующих в действительности. Так, идеальная пружина совершенно лишена «внутреннего сопротивления», в результате чего волновой процесс в ней продолжается бесконечно долго.

Отмечая, что в идеальной пружине можно пренебречь затуханием волнового процесса, необходимо обратить внимание обучающихся и на условие выбора любой идеализации: последняя должна служить хорошим приближением реального процесса. В данном случае таким условием является достаточно малый промежуток времени, в течение которого не должно происходить значительного ослабления волнового процесса.

С идеализацией непосредственно связан другой метод теоретического познания – моделирование. Содержание и структура курса физики, а также технология преподавания курса такова, что в процессе обучения физики происходит систематизация знаний и формирование научных представлений о современной физической картине мира. Важно, чтобы на основе изучаемых теорий студенты понимали смысл понятий «материя», «вещество» и «поле», знали научные доказательства материального мира, вскрывали диалектический характер и взаимосвязь физических процессов. Курс физики оказывает влияние на развитие модельного метода как способа познаний. Использование данного метода теоретического познания вызвано необходимостью рассматривать такие свойства реальных объектов или процессов, которые по техническим или экономическим причинам непосредственно изучать невозможно или затруднительно (например, зарождение и развитие жизни на Земле, космогоническое развитие нашей Вселенной, структура ядра и т.д.). Тогда и прибегают к выдвиганию предметных или мысленных моделей, воспроизводящих рассматриваемые объекты в форме, удобной для наблюдения и изучения. Модели, применяемые в научном познании, можно разделить на два больших класса: материальные и идеальные. В первый класс входят природные объекты (в физике преимущественно используют модели этого класса); во второй – идеальные объекты, зафиксированные в определенной знаковой форме и функционирующие по законам математической логики.

Физические модели – это не точные копии в определенном масштабе какого – то объекта, нечто вроде технической модели самолета или автомобиля, воспроизводящей во всех деталях внешний вид оригинала. В физике под моделями понимают природные или идеальные объекты, воссоздающие общую картину, в которой переданы наиболее характерные черты рассматриваемых процессов или объектов. При этом внешне модель может отличаться от ее реального прообраза. Вместе с тем модель должна быть достаточно наглядна и проста, ее механизм должен основываться на известных, ранее изученных явлениях. Модель носит временный характер, но с течением времени ее часто не отбрасывают полностью, а совершенствуют, делая модель все более точной и адекватной самому объекту. Модель должна предсказывать неизвестные еще явления, указывать на новые эксперименты, которые, в свою очередь, подтверждают и совершенствуют принятую модель.

С помощью ряда примеров из различных разделов курса физики студенты должны усвоить тот факт, что любая модель не может содержать все характерные черты моделируемого явления или объекта, но она должна, хотя и частично, отражать реальные свойства и устанавливать существенные взаимосвязи.

Так, моделью молекулы (атома) в разделе «Молекулярная физика» является твердый, далее неделимый шарик. Его движение происходит по законам Ньютона, а взаимодействие с другими молекулами – шариками – по закону абсолютно упругих столкновений.

Еще более отвлеченной является модель идеального газа, в которой пренебрегают энергией взаимодействия молекул на расстоянии, так что внутренняя энергия идеального газа представляет собой сумму кинетических энергий хаотического поступательного движения всех молекул. Полезно предложить студентам установить, будет ли эта модель отражать действительные свойства реального газа, если пренебречь поверхностью молекул идеального газа.

Важную дидактическую и методологическую роль в курсе физики играют наглядные модели: броуновского движения, кристаллических решеток ряда веществ, линий напряженности электрического поля и индукции магнитного поля и т.д.; однако необходимо учитывать, что часть студентов отождествляют модель с самим моделируемым объектом (считают, что молекулы – это маленькие шарики, а твердое тело – решетки с прочно закрепленными узлами и т.д.). Поэтому при введении той или иной модели важно давать методологическую оценку: с одной стороны, показывать необходимость введения модели для изучения явления, а с другой – предостерегать от отождествления модели и моделируемого объекта, отмечая, что первое есть лишь образ, картина, мысленная конструкция второго.

В плодотворности моделей студенты убеждаются на примере модели «электронного газа», основанной на аналогии свободных электронов в металле и молекул идеального газа. Эта механическая модель помогает им объяснить ряд важных закономерностей постоянного тока, в том числе законы Ома и Джоуля-Ленца. Ограниченность этой модели следует показать на примере расхождения теории с опытом при объяснении зависимости удельного сопротивления от температуры.

Использование моделей в физике расширяет возможности преподавателя в обобщении и конкретизации некоторых понятий физики.

Покажем это на конкретном примере рассмотрения вопроса дуализма природы света.

Сложность использования моделей при изложении материала о дуализме волн и частиц в аналогии двух моделей – волновой и корпускулярной. Любая из этих моделей, будучи применена одна, дает неполное отражение свойств изучаемых процессов. Так, при прохождении света через дифракционную решетку, возникает интерференционная картина, а при облучении тем же светом счетчика Гейгера-Мюллера обнаруживается прерывистое потрескивание.

При переходе к более подробному изучению модели частиц обсуждаются эксперименты с двойной щелью при прохождении через нее волн частиц. В результате сравнения и противопоставления используемых моделей выявляются главные признаки волн и частиц. После рассмотрения опытов Девисона и Джермера возникает новая проблема: какая модель может объяснить обнаруженные свойства электронов? На основе полученного вывода может быть понята выдвинутая де Бройлем гипотеза о волновых свойствах микрочастиц.

Рассматривая дуализм свойств микрочастиц, не следует заострять внимания на противоположности между пространственной непрерывностью волн и прерывностью частиц, применяя модели волн и частиц разрозненно и не показывая границы их применимости.

Связь между свойствами частиц и волн устанавливается благодаря понятию вероятности. Волновая модель, например, представляет собой средство описания вероятности обнаружения электрона – локализованного и неделимого, то есть как частицы – в определенном месте.

Можно и интерференционную картину представить как результат многочисленных локализованных попаданий фотонов, то есть объяснить на основе корпускулярной модели.

Таким образом, представления о волнах и частицах в ходе их детального сравнения становятся диалектическими, а модельное мышление обучающихся поднимается на более высокую ступень.

В разделе «Квантовая физика» студенты знакомятся с рядом исторических моделей, сыгравших выдающуюся эвристическую роль в развитии физики. Это модели атома Томсона и Резерфорда, капельная модель ядра. Сопоставление моделей атома Томсона и Резерфорда должно показать студентам как происходит смена моделей в процессе развития физической науки, и какую роль в этом играет эксперимент.

Рассказывая о капельной модели ядра, следует подчеркнуть еще раз важное свойство моделей – наглядность, что позволяет раскрывать тайны микромира, недоступного пока для непосредственного исследования.

В таблицах 1, 2 приведены важнейшие идеализации модели курса физики. С помощью этих таблиц можно получить большой обучающий эффект в формировании у обучающихся умения использовать данный метод теоретического познания в процессе усвоения учебного материала.

Таблица 1

Раздел курса	Идеализация
Механика	

Молекулярная физика

Электродинамика	Материальная точка
-----------------	--------------------

Идеализованные условия движения тел

Абсолютно твердое тело

Абсолютно упругое тело

Идеальная жидкость

Изолированная механическая система

Гармонические колебания

Идеальная пружина

Идеальный газ

Изолированная термодинамическая система

Идеальный цикл Карно

Точечный электрический заряд

Изолированная электростатическая система

Идеальная электрическая цепь

Колебательный контур

Таблица 2

Раздел курса	Модели
Механика	

Молекулярная физика

Электродинамика

Квантовая физика	Модель реактивного двигателя
------------------	------------------------------

Математический маятник

Пружинный маятник

Модель газа, жидкости и твердого тела

Модель молекулы идеального газа

Модель броуновского движения  
Модель «Линии напряженности электрического поля»  
Модели проводника и диэлектрика  
Модель «электронного газа»  
Модель «элементарных токов»  
Квантово-волновой дуализм света и микрочастиц Модели атома Томсона и Резерфорда  
Капельная модель ядра  
Литература

1. Каменецкий С.Е., Солодухин Н.А. Модели и аналогии в курсе физики средней школы. – М., 1982.
2. Голин Г.М. Вопросы методологии физики в курсе средней школы. – М. Просвещение. 1987.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОЛЛЕКТИВНОЙ МЫСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ.

Карипова М.К.

Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, Бишкек, ул. Фрунзе 547

Дальнейшее совершенствование методов, форм учебных занятий – один из путей решения проблемы повышения качества обучения. Важно давать студентам знания о новых методах, формах учебных занятий, формировать у них умения по их применению в процессе обучения.

Улучшению уровня подготовки специалистов способствуют активные формы и методы обучения. В активных методах обучения заложены большие дидактические возможности, способствующие эффективному управлению познавательной деятельностью студентов. В основу этих методов мы положили проблемное обучение и метод коллективной мыслительной деятельности на практических занятиях по физике.

В основе коллективной мыслительной деятельности лежит диалогическое общение, один студент высказывает мысль, другой продолжает или отвергает ее. Известно, что диалог требует постоянного умственного напряжения, мыслительной активности.

Данная форма учит студентов внимательно слушать выступления других, формирует аналитические способности, выделять главное, критически оценивать полученную информацию, доказывать, формулировать выводы.

В методической литературе по физике отмечают, что «основная цель, которая ставится при решении задач, заключается в том, чтобы обучающиеся глубже поняли физические закономерности, научились разбираться в них и применять их к практическим вопросам, техническим расчетам». Решение задач тесно связано с глубиной и прочностью усвоения изучаемых понятий, законов и теорий.

Из сказанного выше не следует преждевременный вывод: чем больше решают задач на аудиторных занятиях по физике и дома, тем глубже и прочнее знания обучающихся, тем лучше они умеют применять их самостоятельно в различных ситуациях. Но это не всегда так. Многолетний труд в КНУ им. Ж. Баласагына показывает, что большая часть студентов 1 курса не справляется с решением задач по физике средней трудности и даже с простыми задачами.

Чтобы решение задач углубляло понимание обучающимися содержания изучаемого материала, расширяло сферу его применения, а так же изучаемые понятия и закономерности в их сознании, преподаватель должен знать, какие требования предъявлять мышлению студентов тот, или другой тип задач и на каком этапе усвоения было бы целесообразно пользоваться данным типом. Изучив трудности, которые возникают у обучающихся при решении задач по физике, методисты отмечают, что довольно часто встречающееся явление –

это отсутствие умения применять изученные понятия. Это объясняет тем, что в процессе усвоения понятий мало оперируют, что слишком быстро переходят к физическим формулам и математическим вычислениям, вследствие чего формируемые понятия начинают терять свое физическое содержание.

Из сказанного вытекает, что на первоначальном этапе конкретизации следовало бы подбирать более простые задачи из повседневной жизни и техники, которые требуют минимальных математических вычислений, или где математические вычисления совсем отсутствуют, т.е. такие задачи, которые требуют качественного анализа явлений (задачи-вопросы).

К задачам-вопросам относятся такие задания, где требуется объяснение того или другого физического явления с применением изученных закономерностей, или установление того, как протекает явление в данных условиях. Поскольку решение задач такого типа требует мало (или вообще не требует) математических вычислений, есть возможность направить все внимание студентов на физическую сущность задачи, помогая тем самым глубже понять физические явления и законы. Задачи-вопросы могут охватывать те явления, предметы и условия из окружающей жизни, с которыми обучающиеся уже знакомы или которые они могут наблюдать. Эти задачи могут требовать и объяснения физической сущности некоторых практических приемов. Примеры:

1. Почему коньки скользят лучше в мягкую погоду, чем в мороз?
2. Почему шины грузовиков делают гораздо шире, чем шины легковых машин?

При решении некоторых задач-вопросов нужно пользоваться таблицами и ориентировочными вычислениями.

3. Почему для изготовления обмотки реостата не пользуются медной проволокой?

Задачи-вопросы могут быть связаны с различными чертежами и схемами. Они сопровождаются чертежом обычно тогда, когда студенту надо объяснить какое-нибудь новое для него явление или своеобразие конструкции, или предсказать явления.

Задачи-вопросы являются хорошим средством для развития наблюдательности и самостоятельного мышления студентов, так как они требуют анализа явлений и самостоятельных логических выводов, основанных на изученных законах. Поскольку содержание задач-вопросов охватывают обычно явления из повседневной жизни, из техники, - то их решение повышает интерес учащихся к физике.

Применять задачи-вопросы следовало бы на всех этапах преподавания физики, но особенно нужны они при усвоении нового материала. На данном этапе их первой функцией является конкретизация усвоенных знаний, а также научить студента видеть в конкретном явлении общее. Вместе с тем решение задач-вопросов учит методике решения вычислительных задач – начинать с анализа физического содержания.

При вычислительных задачах отдельно рассматриваются тренировочные и комбинированные задачи. Тренировочными называются такие задачи, где имеют дело с одним явлением, одним законом и обычно с одной формулой. Они не требуют сложного анализа и сложных вычислений и их можно давать обучающимся в устном виде.

Основное внимание при решении тренировочных задач обращают на математическую сторону связей и зависимостей между величинами. От студента требуется знание формулы и умение выражать ту или иную входящую в нее величину. Приведем примеры:

1. Какое давление на землю оказывает мальчик весом 450 Н, если общая площадь его ступеней равняется  $0,03\text{ м}^2$ .
2. Какое напряжение вызывает ток в  $0,5\text{ А}$  в проводнике с сопротивлением в  $40\text{ Ом}$ .

В комбинированных задачах требуется применение нескольких законов и ряда формул. Примером комбинированной задачи может быть следующая:

Какова сила тока в  $100\text{-метровой}$  медной проволоке с площадью сечения  $3\text{ мм}^2$ , если напряжение в концах проволоки  $3,4\text{ В}$ ?

При решении комбинированных вычислительных задач надо исходить из основного дидактического требования – от более простого к более сложному. Но как установить, какая задача легче и какая труднее?

Одним признаком, определяющим степень трудности, являются способы выражения данных задач. В методической литературе вычислительные задачи делят на три степени трудности. Самой трудной задачей (I степень трудности) считают такую, где условия задачи сформированы в тех самых понятиях, что и законы физики, которые применяют при решении данной задачи. При задачах I степени трудности по данным надо определить характер наблюдаемого процесса и вспомнить законы протекающие этого процесса.

Если условия задачи сформированы языком физических понятий, но среди них встречаются понятия, которые отсутствуют в формулировках соответствующих законов физики, то задачу такого типа относят ко II степени трудности.

Задачи, условия которых сформулированы повседневным языком, относятся к III степени трудности. Для решения этих задач надо данные перевести на язык физических явлений.

Большое значение с точки зрения развития активности и познавательной самостоятельности имеет решение экспериментальных задач.

Решение экспериментальных задач помогает реализовать на практике принцип наглядности обучения на практических занятиях, активизирует внимание, мышление студентов, помогает создавать проблемные ситуации, способствует выработке у студентов некоторых исследовательских умений и навыков, повышает интерес к занятию, способствует улучшению их политехнической и профессиональной подготовки.

Систематическое использование задач с экспериментом знакомит студентов с методикой их постановки и решения.

Интересно и полезно практиковать на занятиях и в домашних работах составление задач студентами по наблюдаемому явлению или эксперименту.

Важное значение в решении такого рода задач имеет планирование эксперимента. Эксперимент должен проводиться четко, ярко, наглядно, в соответствии с дидактическими требованиями к нему.

К экспериментальным задачам относятся и такие, предусмотренные программой лабораторные работы, как «Определение механической мощности электродвигателя», «Определение удельной теплоемкости твердых тел», «Определение сопротивления проводника при помощи амперметра и вольтметра», «Определение мощности тока в электрической лампочке» и др.

Практика показывает, что экспериментальных задач на занятиях физики решают ещё относительно немного.

Самыми ценными считаются такие задачи, где нужные данные получаю посредством измерений или путем наблюдений и при помощи опыта проверяют решение. Данные могут быть получены как путем демонстрированных опытов, так и самостоятельных фронтальных опытов. Примеры:

1. Определить электрическое сопротивление данного проводника.
2. Определить подъемную силу данного тела в воде.

Если при последней задаче выбрать тело такой формы, размеры, которого студенты могут определить (например, жестяная коробочка), то для проверки правильности решения можно нагрузить его песком.

Решение экспериментальных задач на занятиях по физике является эффективным средством для развития творческой мысли обучающихся. Такие задачи студенты не могут решать формально, помещая готовые данные в формулы. Экспериментальная задача требует от студента основательного анализа условий задачи, умения абстрагировать и обобщать. В ходе анализа задачи выясняется, какие данные вообще нужны, а каких качеств (сторон) можно не учитывать. Затем выясняют, как получить эти данные (их можно получить путем прямых или косвенных измерений), какими измерительными инструментами при этом

пользоваться. Затем следуют практические измерения, проверка правильности результата и выяснение причин отклонений.

При решении экспериментальных задач преподаватель может поднять степень самостоятельности обучающихся тем, что переходит от общих анализов задач к индивидуальным анализам, или усложняет задачи. Степень трудности задач поднимают обычно тем, что не показывают тех средств, которые следовало бы применять при решении задачи. В зависимости от того, насколько подготовлены студенты группы, каков опыт самостоятельной работы студентов и т.д., дают вместе с задачей и средства и материалы и рекомендации к использованию средств. Приведем примеры:

Определить сопротивление при помощи амперметра и вольтметра.

Тут средства даны. В задачу обучающихся входит – вспомнить, как при известных напряжении и силе тока можно вычислить сопротивление. При подготовленной группе нет необходимости указывать средства.

Рассмотрим еще одну экспериментальную задачу. Деревянный параллелепипед плавает в воде. Определить с помощью линейки плотность древесины. В данной задаче так же указано средство, но это не облегчает решение задачи, а, наоборот, затрудняет его. Решение этой задачи требует от обучающихся напряженной работы мысли и непосильно каждому студенту. Решение этой задачи проходит следующие этапы:

1. Плотностью вещества называется масса единицы объема данного вещества. Для нахождения плотности надо массу тела разделить на объем.
2. Объем параллелепипеда равняется произведению площади основания на высоту.
3. Массу можно определить по выталкивающей силе. Так как параллелепипед плавает, то вес равняется выталкивающей силе.
4. Выталкивающая сила в свою очередь равняется весу вытесненной воды.

Можно предположить, что большинство студентов определит сначала объем параллелепипеда, объем находящейся в воде части и производят все вычисления. Если преподаватель пользуется данной задачей, то он должен после завершения работы показать, как можно данную работу проделать более рационально. На самом деле для решения данной задачи необходимо лишь измерить высоту параллелепипеда и высоту находящейся в воде части (погружаемость).

Особенно следовало бы оценить такие экспериментальные задачи, которые допускают несколько способов решения.

Пример. Определить объем данного куска железа. Кусок железа надо бы выбрать такой неправильной формы, чтобы он помещался в мензурку. Данную задачу обучающиеся могут решить разными путями, но решение по закону Архимеда надо считать самым рациональным.

Несмотря на то, что решения экспериментальных задач требуют много времени, они являются независимыми с точки зрения глубокого усвоения изучаемого материала и развития познавательных способностей обучающихся.

Опыт преподавания физики дает возможность сделать вывод, что только после того, как студенты усвоили содержание соответствующих понятий и законов, умеют оперировать соответствующими формулами, и получили опыт решения простых задач, можно перейти к решению более сложных вычислительных, экспериментальных и других задач.

Решение задачи требует как анализа ее, так и анализа знаний, причем ведущую роль играет анализ задачи.

У обучающихся возникают трудности при самостоятельном решении задач именно потому, что их не учили анализировать содержание задачи и продумывать план решения. Во многих случаях студенты применяют формулы, которые никак не связаны с решаемой задачей. Довольно часты были случаи, где студент правильно ответил на вопрос, какова формула вычисления сопротивления параллельно соединенных проводников, но при за-

даче, которая требовала применение этой формулы, он применил другую, относящуюся к последовательно соединенным проводникам. В данном случае актуализированные знания не соответствовали условиям задачи из-за недостаточного ее анализа. Обучающиеся ограничиваются часто лишь случайным сопоставлением данных, однако функциональные и причинные связи остаются без выяснения. Выше указанные недостатки объясняются тем, что при решении задач в аудитории у студентов иной раз отсутствует необходимость в анализе условий задачи.

Для решения задачи коллективно в аудитории, надо обучающимся дать время для анализа условий задачи. Если переход к использованию формул происходит слишком рано, задачи теряют большую часть своего развивающего действия на мышление учащихся. Только некоторым студентам достаточно первого чтения задачи, чтобы выяснить отдельные трудности, определить тип задачи и найти план решения. Обычно же первого чтения для решения задачи недостаточно. Сопоставление данных и первая гипотеза решения выясняется, каких данных не хватает. Для нахождения дополнительных данных обучающийся снова обязан обратиться к тексту задачи.

В зависимости от формулировки задания может, на основе анализа условий, происходить многократная перефразировка задачи. Изменение формулировки делает задачу более понятной для студента. Но для этого надо отводить время.

Чтобы обучающиеся привыкли анализировать условия задачи, следовало бы пользоваться такими задачами, которые не решаются шаблонно.

Формальный подход к решению отсутствует при таких задачах, где данных не хватает, или их больше, чем нужно. На применение знаний оказывает тормозящее влияние решение задач с нужными и достаточными данными, так как повседневная жизнь часто предлагает такие задачи, где решающему самому надо найти нужные данные. Данные в задаче являются основой не только при нахождении искомого, но и при актуализации соответствующих знаний они являются своего рода ссылкой на то, какие закономерности при решении данной задачи надо применять.

Анализу условий задачи соответствует рабочий чертеж. Студенты должны привыкнуть делать при решении задачи, если это возможно, чертеж или схему. Особенно большое значение имеет чертеж при решении экспериментальных задач, поскольку здесь объединяя в себе конкретное и абстрактное, он является промежуточной ступенью перехода от конкретного к абстрактному.

Правильный сделанный чертеж или схема часто помогает найти более рациональный план решения. В качестве примера рассмотрим задачу:

Два проводника ( $R_1=3$  Ома и  $R_2=7$  Ом) соединены в электрическую цепь параллельно. Напряжение на концах проводника 4,2 В. Определить силу тока, проходящего через проводники, которые соединяют данную часть электрической цепи с источником тока. Сопротивление соединительных проводов не учитывать

Те студенты, которые решили задачу правильно без рабочего чертежа, почти все без исключения высчитали сначала общее сопротивление части электрической цепи и затем силу тока. При чертеже большая часть студентов высчитала сначала силу тока в каждой ветви и потом требуемую силу тока. Последнее решение надо считать более рациональным, так как тут вычисления проще. Первый способ решения не говорит также ничего о том, знает ли студент на самом деле параллельное соединение проводников. Данную задачу можно решить и только на основе формул, не вникая при этом в ее содержание.

Развивающее действие решения задач вырастает, если оно ведет к обобщению способов решения. В задачах какого-нибудь определенного типа находят то общее, что характерно для всех задач этого типа. При решении новых задач, студенту надо найти общие черты с решенными раньше задачами.

Удачное самостоятельное решение доставляет студенту удовлетворение, внушает ему уверенность в свои способности, увеличивает интерес студентов к своей деятельности и предмету.

## Литература

Основы методики преподавания физики. Общие вопросы. «Промышленность». М. 1965.

Тулькибаева Н.Н., Усова А.В. Методика обучения учащихся умению решать задачи. ЧГПИ, 1981.

Балл Г.А. О психологическом содержании понятия «Задачи». – Вопросы психологии 1980. №6.

Менчинская. Мышление в процессе обучения. Сб. «Исследования мышления в советской психологии». М. «Наука». 19

## СЕМИНАРЫ ПО ФИЗИКЕ В СТАРШИХ КЛАССАХ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

М.К. Койчуманов, Е.Н. Разгонова

Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына

Одной из важнейших проблем школы наших дней является развитие творческой активности учащихся, формирования у них умений самостоятельно приобретать и применять знания. Решение этой проблемы играет большую роль в осуществлении воспитания сознательных людей, способных как к физическому, так и к умственному труду, к активной деятельности в различных областях науки и культуры. В связи с этим были начаты поиски педагогически целесообразных форм организации учебной деятельности, одной из которых явились семинары.

Предметом нашего исследования является методика проведения семинарских занятий в старших классах средней школы. В задачи исследования входило изучение влияния семинарских занятий на глубину и качество знаний учащихся по предмету, развитие их познавательной активности, умение самостоятельно работать с учебной и дополнительной литературой, а также на воспитание интереса к предмету.

На первой стадии эксперимента отбирались темы семинарских занятий, и определялось их содержание, проверялись методы и приемы проведения отдельных семинаров, отработывалась система занятий. На второй стадии изучалась педагогическая эффективность использования семинаров как формы организации учебной работы по физике. Познавательное и воспитательное значение семинарской формы учебной работы определялось на основании данных полученных в результате проведения системы семинаров по разделу «Электричество».

Для нашего эксперимента мы разделили классы на: контрольные и экспериментальные, а также на 3 подгруппы: группа «А» (сильные по успеваемости учащиеся), Группа «Б» (средние по успеваемости учащиеся), и группа «В» (слабые по успеваемости учащиеся). Контрольные и экспериментальные классы имели примерно одинаковую успеваемость по физике, а в процессе эксперимента наблюдаются заметное повышение успеваемости экспериментальных классов. Показателем педагогической эффективности семинаров, прежде всего, является их влияние на умение и навыки самостоятельной работы.

Школьники старших классов ощущают потребность в творчестве – семинар представляет такую возможность. Старшеклассников живо интересуют причинно-следственные связи, вопросы мировоззренческого характера. У них возникает желание найти исчерпывающие доказательства для объяснения различных явлений и фактов. Стремление к обсуждению вопросов, высказывания собственного мнения может быть удовлетворено на семинарах в более широких размерах, чем при других формах учебных занятий.

Мы исходили из предложения, что семинарская форма учебной работы дает широкие возможности для развития самостоятельности и активности учащихся. Об умениях и навыках самостоятельной работы мы судим по следующим показателям:

1) умению составить четкий план реферата или доклада и осветить вопросы плана (это характеризует умение выделить главное, существенное в прочитанном);

2) умению сделать выводы из прочитанного материала, высказать свое собственное суждение:

3) умение систематизировать и обобщить материал, освещенный в нескольких источниках;

4) умение работать с каталогом;

В качестве основного критерия мы выделили умение составить план доклада или реферата которые готовятся учащимися на основе самостоятельной работы с литературой. Успех работы по составлению плана определяется умением выделить в тексте главные мысли, отделить второстепенные вопросы от более существенных. Из нижеприведенных в таблице №1 данных видно, что это влияние наиболее заметно в группе «В» (слабых по успеваемости учащихся).

Группа

уч-ся

Классы Основные показатели

(в % от количества учащихся в группах и номера семинаров)

Номера семинаров Номера семинаров Номера семинаров

1 2 3 4 1 2 3 4 1 2

3 4

Группа

«А»

Экспер. 81,6 91,8 100 100 79,1 79,1 100 100  
75 79,1 100 100

Контр. - - 83,3 97,7 - - 84,2 95 -  
- 80,7 90

Группа «Б»

Экспер. 75 83,3 100 100 62,5 75 93,8 100  
62,5 70,8 91,7 95

Контр. - - 75 75 - - 70 83 -  
- 67,2 75

Группа «В»

Экспер. 50 50 95,8 95,8 37,5 45,8 91,7 100  
16,7 20,8 62,5 79,1

Контр. - - 50 50 - - 43 55 -  
- 19,6 32,7

Всего

Экспер. 69 77,1 98,5 100 58,5 66,6 96 100  
51,5 57 84,7 90

Контр. - - 70 74,2 - - 65,7 70 -  
- 55,5 66

Данные об умении учащихся выделять главные мысли в тексте (составить сформулировать выводы или высказать свои суждения)

Таблица №1

В процессе подготовки к первому семинару из 24 учащихся экспериментальных классов этой группы с составлением плана справилось только 12 учащихся, что составляет 50% от общего количества учащихся. При подготовке к третьему семинару таких учащихся было уже 75%. А при подготовке к пятому и шестому семинарам с этой задачей справились уже 95,8% этой группы.

Из графика №1 видно, что при проведении первых двух семинаров наблюдается увеличение количества учащихся группы «В» использовавших два источника: начиная с четвертого семинара, происходит уменьшение количества таких учащихся, вследствие увеличения количества учащихся, использовавших три и более источников. В группе «В» это увеличение происходит, начиная со второго семинара. Как в группе «А» так и в группе «Б» увеличение происходит, непрерывно от семинара к семинару и в группе «А» к пятому семинару достигает значения, близкого к группе «Б». В группе «А» экспериментальных классов наблюдается резкое увеличение учащихся использовавших три и более источников, начиная с четвертого семинара. В группе «В» увеличение количества учащихся, использующих три и более источника, происходит, начиная с четвертого семинара.

Количество учащихся, написавших доклады и рефераты с использованием:

График №1

График №2

График №3

Показателем образовательного и воспитательного значения семинаров является качество знаний учащихся. Основными критериями, по которым мы судим о влиянии семинаров на качество знаний учащихся по физике, были избраны следующие:

- а) значение среднего арифметического бала в экспериментальных и контрольных классах до начала и в конце эксперимента;
- б) качество усвоения учащимися экспериментальных и контрольных классов физических понятий, формирования которых осуществлялось в период проведения семинаров;
- в) умение применять знания на практике;

Таким образом, проведенное исследование убедительно показывает, что при прочих равных условиях (примерно одинаковых по успеваемости сравнительных классов к началу эксперимента, один и тот же учитель, применение одних и тех же методов работы на уроках) интерес к научным знаниям по физике быстрее развивается у учащихся тех классов, в которых проводились семинарские занятия

И так из выше изложенного мы объясняем это положительное влияние следующим образом:

1. При проведении первых семинаров учащиеся вынуждены были работать с рекомендованной им литературой (иногда вопреки своим интересам и желаниям). Они должны были делать потому, что этого требовал от них учитель, потому что не желательно было снижение оценки. За плохую подготовку к семинарскому занятию, хотелось хорошо выступить перед товарищами. Но в процессе работы с литературой у учащихся появляется интерес к рассматриваемым в ней вопросам; постепенно этот интерес перерастает в увлечение, в потребность знать больше, регулярно работать с научно-популярной литературой. При этом выявляется круг вопросов, которые вызывают особый интерес к отдельным учащимся.

2. Нами практиковалась проблемная постановка вопросов. Например, в плане семинаров на тему «Производство, передача и использование электрической энергии» перед учащимися был поставлен вопрос «Каким током постоянным или переменным – экономически выгоднее осуществлять передачу электрической энергии на большие расстояния?» Такая постановка вопросов толкает к поиску ответа в литературе, вызывает интерес.

3. Известную роль играет самолюбие учащихся. Когда, учащийся, не проявлявший до определенного времени интереса к физике, слушает на семинар глубокие по содержанию ответы или доклады своих сверстников, у него появляется стремление догнать товарищей выступить также хорошо. И этот интерес служит основой для непосредственного. Познавательная активность человека тесно связана с его познавательными интересами и, в значительной мере является их следствием. В то же время сама познавательная активность способствует развитию интересов. Мы исходим из предположений, что проведение семинарских занятий в старших классах является одним из благоприятных условий, способствующих развитию у школьников наряду с интересом к знаниям и познавательной активностью. Объясняется это тем, что в связи с подготовкой и в процессе проведения семинаров перед учащимися ставятся различного рода задачи познавательного характера, которые им приходится самостоятельно решать: поиски объяснения механизма(сущности) явлений, выявление общих черт, и существенных отличий явлений различного рода(например, природы тока в металлах, жидкостях и в газах), сравнения объяснения при-

чины одних и тех же явлений в различных источниках и выработка своего собственного по этому поводу суждения.

#### Выводы

Проблема совершенствования общего образования, поставленная перед современной школьной жизнью, обществом, предполагает решение таких задач, как повышение научного уровня преподавания основ наук, поиска методов, способствующих развитию мышления школьников, воспитания у них интереса к знаниям, выработке умения самостоятельно приобретать и совершенствовать их, умения критически анализировать получаемую информацию и высказывать свои суждения.

В осуществлении поиска путей совершенствования учебного процесса продолжительное время не учитывалась диалектическая часть содержания, методов и организационных форм обучения. Как известно, новое содержание наилучшим образом реализуется в новых формах. Совершенствование содержания и методов обучения в рамках ранее сложившихся организационных форм обучения может привести лишь к частичному решению задач, поставленных перед современной школой.

Анализ задач, стоящих перед современной школой на современном этапе в деле обучения и воспитания подрастающего поколения, а также условий, которые заложены для реализации этих задач в рамках существующих форм учебных занятий: урок, лабораторные занятия, практикумы, экскурсии, приводит к выводу о необходимости дополнения уже сложившихся и широко применяемых на практике форм новыми, способствующими наиболее полному решению поставленных задач.

Одной из новых форм организации учебной работы по физике, способствующих успешному решению указанных выше задач являются семинары.

Семинары отличаются от других форм организации учебных занятий, прежде всего, тем, что требует от учащихся довольно высокого уровня самостоятельности в работе с литературой, а именно: умения работать с несколькими источниками, осуществлять сравнительный анализ освещения одних и тех же вопросов в различных источниках, делать выводы и обобщения на основе анализа различных точек зрения, составлять планы, тезисы, конспекты докладов и выступлений.

#### Литература

Методика преподавания физики 7-8 классах средней школы. Под ред. А.В. Усовой.

- М.: Просвещение, 1990, Гл.3.

А.В. Усова, В.В. Завьялов. Учебные семинары и конференции по физике в средней школе. - М.: Просвещение, 1975, - с. 36-140.

Завьялов В.В. Семинар как одна из форм учебной работы по физике в старших классах средней школы. «Физика в школе», 1968, №3.

А.В. Усова. Проблемы теории и практики обучения в современной школе. Челябинск- 2000.-с. 54-62

## ПРОЯВЛЕНИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО МАСТЕРСТВА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ГРАЖДАНСТВЕННОСТИ У ШКОЛЬНИКОВ

М.К. Койчуманов, Н.В. Шаргадарова

Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, Бишкек, ул. Фрунзе 547

Эффективное функционирование любой методики неразрывно связано с педагогическими условиями. Под педагогическими условиями, способствующими эффективной реализации функций воспитания в процессе обучения, мы понимаем совокупность деятельности учителя и ученика направленных на формирование у учащихся гражданской ответственности – сложного личностного образования, понимаемого как ощущение личности себя нравственно,

юридически и политически дееспособным гражданином страны, ответственным за то, что в ней происходит, за свои поступки и действия.

Деятельность учителя содержит две структурные части: теоретическую и практическую. Теоретическая часть предполагает овладение учителем теоретическими основами воспитания гражданственности в практике школьного обучения. В процессе педагогической деятельности учитель должен решить ряд дидактических задач. Укажем основные и них:

1. Определить разделы (темы), где можно создавать ситуации способствующие воспитанию гражданственности.
2. Определить содержание материала, который учитель будет использовать для воспитания гражданственности у учащихся.
3. Определить форму занятий, которая поможет учителю формировать гражданское сознание у учащихся.

Овладение учителем теоретической частью деятельности предполагает знание:

- 1) целей и функций воспитание гражданственности;
- 2) учебной программы по преподаваемому предмету и программы воспитания, принятой в данном учебном заведении;
- 3) содержания и объема научных понятий, исторического материала связанного с этими понятиями, изучаемыми на уроках преподаваемой дисциплины;
- 4) особенности методики организации воспитания гражданственности в процессе обучения;

Овладение учителем практической части воспитания гражданственности предполагает умения:

- 1) анализировать существующий материал с точки зрения выделения в нем фактов, способствующих формированию у учащихся гражданственности;
- 2) определять уровень сформированной гражданственности у каждого учащегося;
- 3) конструировать учебные занятия различного вида;
- 4) систематически создавать воспитывающие ситуации на уроках и во внеурочных занятиях;

В ходе воспитания гражданственности в процессе обучения учитель должен научить школьников:

- 1) самостоятельно готовиться к учебным занятиям различного вида лекциям, конференциям, семинарам и др.;
- 2) продуктивно работать на учебных занятиях различного вида;
- 3) работать с литературой, подбирать материал, способствующий формированию гражданственности;
- 4) самостоятельно формировать гражданскую позицию;
- 5) вести споры и диспуты, аргументированно отстаивать свою позицию с использованием материала, иллюстрирующего гражданское самосознание учащегося.

Мы говорим о воспитании гражданственности, патриотизма и нравственности. Что означают эти понятия?

Понятие "гражданственность" означает осознание своих прав обязанностей по отношению государству. "Гражданин - человек, подчиняющий свои личные интересы общественным, служащий Родине, народу, любящий свой народ" стремления быть полезным Родине. Воспитание гражданственности в процессе обучения физике возможно посредством раскрытия перед учащимися примеров гражданских поступков ученых изобретателей, активной жизненной позиции. Примером высокой гражданственности является поступок А.Н.Лодыгина, выкупившего у американской компании «Дженерал электрик» свой патент на электрическую лампу накаливания и передавшего его в дар России.

"Патриотизм" – преданность и любовь к своему отечеству, к своему народу. Необходимость повысить роль школы в воспитании у молодежи гражданственности, нравственности, духовной культуры.

Анализ передового опыта учителей позволяет выделить следующие средства воспитания патриотизма в процессе обучения физике:

1. Показ выдающегося вклада отечественных ученых в развитие науки и техники. Примером тому является деятельность ученых, как И.П.Павлов, Д.И.Менделеев, П.Н.Лебедев внесших вклад в мировую науку.

2. Показ выдающегося вклада отечественных изобретателей в развитие техники. Примером тому является деятельность П.Яблочкова, давшего миру первый электрический источник света – "свечи Яблочкова" и трансформатор, и тд.

Цель нашей средней и высшей школы - воспитание человека просвещенного, гуманного, духовно богатого, активного, высоконравственного, любящего свою Родину, свой народ, с уважением относящегося к истории своей страны, ее традициям, человека неравнодушного.

Учителю необходимо также помнить, что воспитание наиболее успешно осуществляется, когда имеет место психологическая расположенность (симпатия и доверие) к педагогу. Сам по себе статус учителя имеет позитивное психологическое значение в основном для младших школьников. В подростковом, а тем более в юношеском возрасте учащиеся не испытывают перед учителем робости. И, как правило, критично воспринимают его дидактические.

Практически повседневно учитель решает проблему завоевания симпатии и доверия со стороны учеников. Чем серьезнее подходит он к решению этой проблемы, искусней проявляет такт, используя индивидуальный подход, тем надежнее его общение с учащимися, тем нагляднее проявление личного притяжения. Авторитарная манера общения никогда не давала положительных результатов в воспитательном процессе. Такая манера вообще является недопустимой, более того, антиправной и аморальной.

Профессиональный долг учителя – быть воспитанной личностью с четкой гражданской позицией. "Знания могут придать человеку все, но только воспитание может придать блеск, прокладывая дорогу к разуму человека через его сердце"[1, с.62]. Учитель, который следует этому совету А.Честерфильда, располагает к себе молодых людей, они испытывают к нему симпатию и доверие. У такого педагога слово и дело нераздельны.

Гражданская позиция и профессиональное мастерство – слагаемые из личного притяжения учителя для его воспитанников. Однако при наличии этих данных не всегда учитель добивается успешного воплощения в жизнь этого педагогического условия. Чтобы внутреннее духовное богатство личности учителя стало доступным для учащихся, важно владеть методикой личной само презентации, т.е. уметь подать себя, сделать доступными свои лучшие личностные качества. В этой связи особое значение имеют жесты, мимика, манеры педагога, модуляция его голоса немало значит для молодежи эстетика одежды учителя, его ораторское мастерство.

Использование личного притяжения в педагогической деятельности предполагает создание ситуаций, когда сами учащиеся имеют возможность почувствовать прелесть взаимных симпатий и доверия со стороны своих товарищей. Другими словами, воспитатель призван, используя эффект личного притяжения, помочь школьникам научиться уважать друг друга, проявлять такт и взаимную терпимость.

Таким образом, педагогическое общение является одним из значительных резервов воспитания гражданственности. Личные симпатия, доверие, которое проявляют учащиеся к своему учителю, способствуют установлению положительной социальной установки на принятие научных знаний, нравственных советов, вовлечению учащихся в существенно полезную деятельность, готовности анализировать свои поступки и формированию гражданской позиции учащегося.

Нравственность-это одна из форм общественного сознания. Это система этических моральных правил поведения, которые сложились в обществе на основе доминирующих духовных и культурных ценностей, представлений о доброте, чести, достоинстве, долге, совести, справедливости.

Деятельность учителя по формированию у учащихся нравственности должна быть направлена на выработку у них следующих моральных отношений:

- воспитание политической грамотности;
- воспитание патриотизма и культуры межнациональных отношений;
- воспитание бережливого отношения к общественному достоянию богатствам природы;
- толерантности.

Содержание нравственного воспитания должно быть направлено на формирование у личности нравственных отношений к Родине, труду, общественному достоянию, охране природы, к людям и самим себе. В процессе активного участия в разнообразной деятельности у учащихся развивается понимание того, как ее необходимо осуществлять, формируется чувство совести и ответственности, вырабатываются навыки поведения и укрепляется воля, что в совокупности и характеризует те или иные нравственные отношения.

В педагогической работе сегодня преобладают два крайних подхода к воспитанию (как показывают наши исследования, описанные в первой главе), смысл первого – отсутствие всякого действия со стороны учителя, второго – в организации детей, но оба этих подхода исключают самоорганизацию внутреннего духовного мира школьника. Увлечение масштабами организации воспитания гражданственности может привести к потере конкретной личности, к отсутствию знания о протекающих внутренних мировоззренческих процессах и их соответствия задачам воспитания гражданственности.

Учитель организуя педагогический процесс, должен сделать все, чтобы каждый учащийся не только знал, что имеются достойные средства проявить себя, стать лично значимым, но не испытывал к этим средствам :интерес, был уверен в справедливости оценки своих благородных поступков. С достижения этого и начинаются успехи воспитания гражданственности. Без кропотливой работы и индивидуальной работы здесь не обойтись. Было бы хорошо, если бы не только классный руководитель, но и учитель – предметник знал, каковы ценностные ориентации учащихся мог выявить, кто и что их стимулирует на поступки. Для этого учитель должен владеть навыками социологического исследования и помнить при проникновении во внутренний духовный мир учащегося слова Роберта Оуэна: "Ни один человек не вправе сказать другому: "В вашем сознании должны быть не ваши мысли, а мои"[2, с. 236]. Учитель в своей работе по переориентации учащихся в выборе средств утверждения своей личности должен прикладывать максимум педагогического такта и терпения.

Вывод

Изучение теории и практики воспитания гражданственности показывает, какими огромными резервами его осуществления мы обладаем, причем их реализации не нуждается в каких – то материальных субсидиях, в кадровом приращении педагогического коллектива. Но коллективу каждой школы нужны социально – психологические знания, знания особенностей воспитания школьников в процессе обучения, владение методикой воспитания гражданственности в процессе обучения учащихся различным дисциплинам, а не только общественным.

Литература

1. Из писем Честерфилда сыну [Текст]. – М.: Иностранная литература.1977 – 115с.
2. Оуэн, Р.Избранные сочинения [Текст]/Р.Оуэн: в 2т. – М. – Л.: Учпедгиз, 1950. – Т.1. – 240с.

3. А.В.Усова, В.В.Завьялов. – Воспитание учащихся в процессе обучения физике ( Лекция для учителей физики и студентов физических факультетов педагогических ВУЗов). Челябинск 2003.
4. А.В.Усова, О.Р.Шефер. О воспитании гражданственности и нравственности в процессе обучения физике. "Физика в школе", 2003, №3 – 24 – 27с.

## ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

Г.Б. Асаналиева, А.К. Исаева

Академия Управления при Президенте КР, Бишкек,

Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, Бишкек, ул. Фрунзе 547

Современный период развития общества характеризуется сильным влиянием на него компьютерных технологий, которые проникают во все сферы человеческой деятельности, обеспечивают распространение информационных потоков в обществе, образуя глобальное информационное пространство. Неотъемлемой и важной частью этих процессов является компьютеризация образования.

Знание современных информационных технологий становится неотъемлемым условием деятельности специалиста. Активное развитие информационных технологий в последние годы, их применение для решения разнообразных задач не могло не затронуть и образовательный процесс высшей школы. Информационные технологии стали одним из важнейших инструментов его модернизации.

Процесс компьютеризации образования сопровождается существенными изменениями в педагогической теории и практике учебно-воспитательного процесса, связанными с внесением корректив в содержание технологий обучения, которые должны быть адекватны современным техническим возможностям, и способствовать гармоничному развитию студента в информационном обществе. Компьютерные технологии призваны стать не дополнительным «довеском» в обучении, а неотъемлемой частью целостного образовательного процесса, значительно повышающей его эффективность.

Сегодня нужны такие методы обучения, которые бы облегчали и ускоряли передачу знаний учащимся и студентам, активизировали процесс усвоения ими знаний, обучали их приемам самостоятельной работы с учебным материалом, повышали производительность учебного труда студента и преподавателя. Использование специальных программных средств информационно-образовательной среды учебного заведения позволит придать изучаемой информации такую форму, благодаря которой она быстрее и лучше воспринимается или делается более пригодной для использования в тех или иных конкретных образовательных целях.

Проникновение современных информационных технологий в сферу образования позволяет педагогам качественно изменить содержание, методы и организационные формы обучения. Целью этих технологий в образовании является усиление интеллектуальных возможностей учащихся в информационном обществе, а также гуманизация, индивидуализация, интенсификация процесса обучения и повышение качества обучения на всех ступенях образовательной системы. И.В. Роберт [1] выделяет следующие основные педагогические цели использования средств современных информационных технологий:

1) Интенсификация всех уровней учебно-воспитательного процесса за счет применения средств современных информационных технологий:

- повышение эффективности и качества процесса обучения;
- повышение активности познавательной деятельности;
- углубление межпредметных связей;
- увеличение объема и оптимизация поиска нужной информации.

2) Развитие личности обучаемого, подготовка индивида к комфортной жизни в условиях информационного общества:

развитие различных видов мышления;  
развитие коммуникативных способностей;  
формирование умений принимать оптимальное решение или предлагать варианты решения в сложной ситуации;

эстетическое воспитание за счет использования компьютерной графики, технологии мультимедиа;

формирование информационной культуры, умений осуществлять обработку информации;

развитие умений моделировать задачу или ситуацию;  
формирование умений осуществлять экспериментально-исследовательскую деятельность.

3) Работа на выполнение социального заказа общества:

подготовка информационно грамотной личности;

подготовка пользователя компьютерными средствами;

осуществление профориентационной работы в области информатики.

тики.

Принимая во внимание огромное влияние современных информационных технологий на процесс образования, многие педагоги все с большей готовностью включают их в свою методическую систему. Однако, процесс информатизации образования не может произойти мгновенно, согласно какой-либо реформе, он является постепенным и непрерывным. В концепции информатизации образования [2] охарактеризованы несколько этапов этого процесса.

1 этап характеризуется следующими признаками:

начало массового внедрения средств новых информационных технологий и в первую очередь компьютеров;

проводится исследовательская работа по педагогическому освоению средств компьютерной техники и происходит поиск путей ее применения для интенсификации процесса обучения;

общество идет по пути осознания сути и необходимости процессов информатизации;

происходит базовая подготовка в области информатики на всех ступенях непрерывного образования;

2 этап характеризуется следующими признаками:

активное освоение и фрагментарное внедрение средств НИТ в традиционные учебные дисциплины;

освоение педагогами новых методов и организационных форм работы с использованием компьютерной техники;

активная разработка и начало освоения педагогами учебно-методического обеспечения;

постановка проблемы пересмотра содержания, традиционных форм и методов учебно-воспитательной работы;

3 этап характеризуется следующими признаками:

повсеместное использование средств современных ИТ в обучении;

перестройка содержания всех ступеней непрерывного образования на основе его информатизации;

смена методической основы обучения и освоение каждым педагогом широкого круга методов и организационных форм обучения, поддерживаемых соответствующими средствами современных информационных технологий.

Анализ источников, в которых отражается использование информационных технологий в учебном процессе, а также педагогический опыт позволяют констатировать, что на прак-

тике доминируют традиционные методы и средства обучения, сохраняется классическая структура учебного процесса, в которой остается мало места дидактическим инновациям и компьютерным технологиям обучения. Причинами этого, с одной стороны, является отсутствие разработанных методик внедрения программных средств учебного назначения и контроля знаний для учебных учреждений, а также соответствующей литературы по их созданию. С другой стороны, существует проблема психологической готовности и методической подготовки преподавателей к использованию новых технологий обучения и контроля.

Актуальность тематики настоящего исследования определяется наличием противоречий:

между требованиями повышения качества подготовки и конкурентоспособности выпускников, владеющих современными методами поиска, анализа и использования профессионально значимой информации, и отсутствием условий, которые обеспечивают подготовку таких специалистов;

между необходимостью активного внедрения информационных технологий в учебный процесс и недостаточной компьютерной подготовкой преподавателей, а также отсутствием разработанных методик;

между возрастающей ролью компьютерных технологий в производстве и слабой технической и инфокоммуникационной оснащенностью учебных заведений.

Качество профессиональной подготовки и, соответственно, конкурентоспособность выпускников учреждений начального профессионального образования будет выше, если:

в учебном заведении будет сформирована информационно-образовательная среда, позволяющая развивать и совершенствовать общетеоретическую и профессиональную подготовку будущих специалистов. Процесс формирования информационно-образовательной среды будет проводиться на основании модели данной среды и с учетом организационно-педагогических условий ее создания;

будет обеспечено современное материально-техническое оснащение профессионального лица средствами инфокоммуникаций, позволяющими реализовать информационные технологии в обучении;

профессиональными знаниями и умениями студенты будут овладевать с помощью современных методик поиска и обработки информации;

будет достигнут высокий уровень информационной культуры преподавателей вузов и мастеров производственного обучения для осуществления образовательного процесса с использованием информационных технологий;

будет разработана система психолого-педагогической диагностики качества учебно-воспитательного процесса;

будет задействован административно-управленческий ресурс, способствующий созданию, функционированию и развитию информационно-образовательной среды учебного заведения.

Литература

1. Роберт И.В. Современные информационные технологии в образовании. - М.: Школа-Пресс, 1994
2. Клейман Г.М. Школа будущего: компьютеры в процессе обучения: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1987

УДК 54.07: 378.1

ГАЗ АБАЛЫНЫН ЗАКОНДОРУН ОКУТУУНУН

АНИМАЦИЯЛЫК ПРОГРАМАЛАРЫ

Ж. Сагындыков<sup>1</sup>, Э. Мамбетакунов<sup>2</sup>, С. Кадышев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>М.М. Адышов атындагы Ош технология университети, Ош ш.

<sup>2</sup>Жусуп Баласагын атындагы Кыргыз улуттук университети, Бишкек ш., Фрунзе к. 547

Инженер жана технолог багытында билим алышкан адистер, фундаменталдык предметтерден Бойль-Мариот, Гей-Люссак, Дальтон, Авогадро ж.б. закондор менен таанышат. Бирок бул закондорду химиктер химиялык, физиктер физикалык, ал эми техниктер башкача көз караш менен карашат. Ал закондордун техника же технологиялык өндүрүштө канчалык деңгээлде керек же алардын колдонулушун билүү үчүн, алардын ортосундагы предметтик байланышты билүү керекби. Эгер физика багытында окуган студенттерге химиялык маселе коюлган учурда физиктер, ал эми химия багытында окуган студенттерге физикалык маселе коюлган учурларда алар бир топ кыйынчылыктарга такалышат. Ошондуктан, предметтер ортосундагы байланыштарды билүү зарыл деп эсептеймин. Техника багытында болочок окумуштуулар, бул илимдердин ортосундагы байланыштарды билбегендиктен же физика менен химиянын маанисин туура колдоно албагандыктан, өздөрүнүн илим изилдөөлөрүндө кандайдыр бир кызыктуу маалыматтарды алганда, кандайдыр бир «ачылыштарды» жасадык деп ойлошкон учурлар да кездешет. Илимде бул химиктерге, физиктерге же техниктерге тийешелүү деген ой туурабы? Же илимди комплекстүү караган туурабы?

Ошондуктан, газдык закондордун мисалында предметтик байланыштарды, электрондук окутуучу программаларды колдонуу менен кароону туура таптык. Электрондук окутуучу компьютердик интерфейс программалар Windowsдун 32 – разряддуу операциондук системалар менен айкалышкан. Бул программалардын негизги бөлүктөрүн электрондук китеп, анимациялык программалар, виртуалдык лабораториялык иштер ж.б. түзөт (1-сүрөттө бул анимациялык программалар иштегендеги учурлар көрсөтүлгөн).

1-анимациялык прогамма Бойль-Мариоттун законуна жасалган.

Газдык закондорго жасалган анимациялык программаларды ачканда Авогадро, Бойль-Мариоттун, Гей-Люссак, Дальтондун закондору деген жазуулар чыгат. Гей-Люссактын закону законуна жасалган программаны иштетиш үчүн, “Бойль-Мариоттун закону” деген “кнопкага” “чычкандан” жардамында курсорду алып келип эки жолу тез тез басканда программа ачылат. Анимациялык программа иштей баштаганда монитордо массасы  $m$  болгон газдык система көрүнөт (1-а, сүрөт). Ал сырттан берилген басымга жараша поршен ары бери жылып, системанын көлөмү баштапкы көлөмгө салыштырмалуу басымга жараша өзгөргөндүгү жана кийинки көлөмдүн чоңдугу эсептелинет. Акыркы абалдагы басым менен көлөмдү Бойль-Мариоттун закону ( болгондо ) боюнча эсептелинет:

(1)

Ал эсептөөлөрдүн программасы Делфиде программалаштырып жазылган. Ал эсептөөлөрдү формуласы менен окучуулар өз алдынча эсеп чыгарууга болот. Турактуу температуурада газдардын басымынын ( $p$ ) көлөмүнөн ( $V$ ) болгон көз карандылыгын көрсөткөн ийрм сызык изотермасы дагы монитордо көрүнөт. Системадагы ар кандай температурадагы процесстердин изотермасы, температура өскөн сайын улам жогору жайгашкан гиперболланы элестеткени манитордо көрүнөт.

а

б

1-а, сүрөт. Бойль-Мариоттун законуна жасалган анимациялык прогамма интөп жаткан учурдагы бир көрүнүш.

в

1-б, сүрөт. Гей-Люссактын законуна жасалган анимациялык прогамма иштеп жаткан учурдагы бир көрүнүш.

1-в, сүрөт. Дальтондун законуна жасалган анимациялык прогамма иштеп жаткан учурдагы бир көрүнүш.

2-анимациялык прогамма Гей-Люссактын законуна жасалган.

Гей-Люссактын законуна жасалган программаны иштетиш үчүн, “Люссактын закону” деген “кнопкага” “чычкандан” жардамында курсорду алып келип эки жолуу тез тез басканда программа ачылат.

Гей-Люссактын законуна жасалган анимациялык программа иштегенде монитордо массасы  $m$  болгон газдык система көрүнөт. Изобардык процессте газдык системанын көлөмү температуурага жараша өзгөргөндүгүн поршендиндин ары бери жылышы менен байкоого болот. 1-. Турактуу басымда бирдей массадагы ( $m$ ) ( $p=\text{const}, m=\text{const}$ ) газдардын көлөмү температурадан түз сызыктуу көз карандылыкта өзгөрүшүн ( ), манитордо көрсөтүлгөн формулага температууранын маанисин берүү менен  $V, T$  координатасында көрүүгө болот (1-б, сүрөт).

Ал эми турактуу көлөмдө жүргөн процесс б.а. изохорага жасалган программа,  $p, t$  координатасы үчүн жасалган. Турактуу көлөмдө бирдей массадагы ( $m$ ) газдардын басымы температурадан түз сызыктуу көз карандылыкта өзгөрүшүн дагы ( ) температууранын сан маанилерин берүү менен  $V, T$  координатасында эсептеп алууга болот (1-б, сүрөт).

Анимациялык программаларда температура ( $t$ ) Цельсия шкаласында берилди,  $0^\circ\text{C}$  да басым  $p_0$  жана көлөм  $V_0$  болсо, коэффициент  $\alpha = 1/273,15 \text{ K}^{-1}$  болот.

$$(2)$$

$$(3)$$

Бул теңдемелерден  $1 + \alpha t = 0$  шартта аныкталынган изобара менен изохораны температура сызыгына чейин улантканда  $t = -1/\alpha = -273,15 \text{ O}^\circ\text{C}$  точкасында кесип өтөт. Кельвин шкаласы ушул точкадан башталат ((1-б, сүрөт), андан төмөнкү келип чыгат:

$$T = I + 1/\alpha. \quad (4)$$

(2) жана (3) теңдемелерге термодинамикалык температураны койсо, Гей-Люссактын закону төмөнкү жөнөкөй түргө келет:

$P = \text{const}$  жана  $m = \text{const}$ , болгондо:

2-. Ушундай эле тыянакка турактуу көлөмдө бирдей массадагы ( $m$ ) ( $V = \text{const}, m = \text{const}$ ) газдардын басымынын температурадан түз сызыктуу көз карандылыкта өзгөрүшүн Бойль-Мариоттун законун колдонуу менен келебиз: ( ), манитордо көрсөтүлгөн формулага температууранын маанисин берүү менен  $p, T$  координатасында көрүүгө болот (2-сүрөт).

$V = \text{const}$  жана  $m = \text{const}$ , болгондо:

1 жана 2 индекстер бир изобара же изохорага таандык, ошол эле системанын ар кандай абалдары.

Н.ш. ( нормальдык шарт) газдардын молярдык көлөмүн колдонуу менен, химия багытында окуган студенттер же адистер көп эсептерди чыгарышат. Эгер н.ш. тан башка шартта болуп калса бир топ кыйынчылыктарга дуушур болушат. Ал эми Гей-Люссактын законуна жасалган анимациялык программадагы, графиктен ар кандай температурадагы молярдык көлөмдү график жолу менен алса болот (2-4 теңдемелерди карагыла). Бирок реалдык шартта техникалык маселелерди чыгарууда Менделеев-Клайперондун теңдемесине түзөтү киргизүүнү унутпоо керек же реалдык шарттар үчүн Ван-Дер-Вальстын теңдемесин колдонуу керек.

3-анимациялык прогамма Авогадро законуна жасалган.

Газ абалындагы заттардын ортосундагы реакцияларды сандык жактан изилдөөнү биринчи жолу француз окумуштуусу Гей-Люссак жүргүзгөн. Ал реакцияга катышкан газдардын көлөмдөрүн изилдөөнүн натыйжасында төмөндөгүдөй тыянакка келген:

газдык реакцияларда, реакцияга кирген баштапкы жана пайда болгон газдардын көлөмдөрүнүн бири - бирине анчейин чоң эмес бүтүн сандардын катышындай катышта болот.

Мисалы, суутектин бир көлөмү менен хлордун бир көлөмү реакцияга кирсе эки көлөм хлордуу суутек газы пайда болот:

$H_2 + Cl_2 = 2HCl$  көлөмдөрүнүн катыштары:

1 : 1 : 2

Же аммиактын синтезделүү реакциясы:

$3H_2 + N_2 = 2NH_3$  көлөмдөрүнүн катыштары:

3 : 1 : 2

Амедео Авогадро 1811-жылы (италиялык окумуштуу) бул жөнөкөй катышты түшүн-дүрүү үчүн төмөндөгүдөй божомолду сунуштаган:

бирдей шарттарда ар кандай газдардын бирдей көлөмдөрүндө бирдей сандагы молекулалар болот.

Бул аныктаманын тууралыгын 1- таблицадан текшерип көргүлө.

Авогадронун законунан төмөндөгүдөй тыянактар келип чыккан:

1. Нормалдуу шарттарда (н.ш.) (273,15K же 00C температурада жана  $p_0=1,013 \cdot 10^5 Pa=101,3 kPa=1atm$  басымда) ар кандай газдардын 1 молунун көлөмү 22,414 л (дм<sup>3</sup>) ге барабар болуп, ал көлөмдө  $6,02 \times 10^{23}$  моль-1 атом же молекула кармалат. Нормалдуу шартта 1см<sup>3</sup> көлөмдө ар кандай газдардын  $2,687 \times 10^{19}$  см-3 атом же молекуласы кармалат. Бул Лошмидтин саны деп аталат, же м<sup>3</sup> көлөм үчүн ал  $2,687 \times 10^{25}$  м-3 га барабар.

$V = 22,414$  л/моль турактуулугу газдардын нормалдуу шарттагы (н.ш.) молярдык көлөмү деп аталат. Газдардын 1 молунун көлөмү температура жана басым менен төмөндөгүдөй байланышкан:

$PV=RT$

мында P - басым; T – температура; R - универсалдык газдык турактуулук деп аталат дагы, ал 1 моль идеалдык газды изобардык процессте 1 градуска ысытканда, система аткарган жумушка барабар. Анын сан мааниси жогорудагы теңдемеден 1 моль газ үчүн төмөндөгүдөй аныкталынат:

$p_0=1,013 \cdot 10^5 Pa, T_0=273,15 K, V_m=22,414 \cdot 10^{-3} м^3/моль$

$R=8,31 Дж/(моль \cdot K).$

1-таблица.

Авогадро законун түшүндүрүү үчүн таблица

Газдардын формуласы	Салыштырма молекулалык масса		Молярдык массасы,
г менен	Н.ш. молярдык көлөмү		
л менен	Бир молундагы		
молекулалардын саны			
H <sub>2</sub>	2 2	22,4	$6,023 \times 10^{23}$
He	4 4	22,4	$6,023 \times 10^{23}$
O <sub>2</sub>	32 32	22,4	$6,023 \times 10^{23}$
N <sub>2</sub>	28 28	22,4	$6,023 \times 10^{23}$
Аба	29 29	22,4	$6,023 \times 10^{23}$
Cl <sub>2</sub>	71 71	22,4	$6,023 \times 10^{23}$
HCl	36,5 36,5	22,4	$6,023 \times 10^{23}$
NH <sub>3</sub>	17 17	22,4	$6,023 \times 10^{23}$
CO <sub>2</sub>	44 44	22,4	$6,023 \times 10^{23}$

CO	2828	22,4	6,023×10 <sup>23</sup>
SO <sub>2</sub>	6464	22,4	6,023×10 <sup>23</sup>
SO <sub>3</sub>	8080	22,4	6,023×10 <sup>23</sup>

Бул теңдеме идеалдык газдардын абалдык-теңдемеси деген ат менен белгилүү жана калаган массадагы  $m$  молекулалык массасы  $M$  болгон  $n$  сандагы моль газ үчүн төмөндөгүдөй жазылат:

$$PV = nRT =$$

Бул формула Клапейрон – Менделеевдин теңдемеси деген ат менен белгилүү.

2. Ар кандай шарттардагы газдардын молярдык көлөмү берилген шарттагы газдын көлөмүнүн заттын санына болгон катышына барабар:

$V$  жана  $VM$  - ар кандай шарттагы газдардын көлөмү жана молярдык көлөмү;  $VO$  - нормалдуу шарттагы газдын көлөмү;  $n$  - газдагы заттын саны.

Эсептөөлөрдө газдын салыштырмалуу тыгыздыгын пайдалануу бир топ ыңгайлуу болуп саналат. Айрыкча газдардын суутек жана аба Даба боюнча салыштырмалуу тыгыздыгы көп колдонулат:

мында  $M_1$  менен  $M_2$  биринчи жана экинчи молекулалардын молярдык массалары.

Авогадронун законуна, эгерде реакцияга катышкан заттардын бардыгы газ абалында болсо, анда төмөндөгүдөй корутунду келип чыгат: реакцияга катышкан газдардын көлөмдөрүнүн бири бирине болгон катыштары, анчалык чоң эмес бүтүн сандардын катыштарындай болот.

$2H_2(g) + O_2(g) = 2H_2O(g)$ , бул реакциядагы газдардын катыштары 2 : 1 : 2 болот.

Демек Гей-Люссактын тыянагы Авогадро законуна дагы келип чыгат.

Гей-Люссактын законуна жасалган анимациялык программадан  $p, T$  же  $V, T$  координатасын пайдаланып, каалаган басымда 1 моль газдын көлөмүн таап алууга болот. Эгер көлөмү белгилүү болсо, анда ал газдык системалардын басымдары дагы белгилүү болот. Мындай эсептөөлөр физикалык жана химиялык эсептөөлөрдө колдонулат. Же бул методду эсеп чыгаруунун графикалык методуна таандык десе болот.

4-анимациялык программа Дальтондун законуна жасалган.

Бул анимациялык программа иштегенде дисплейде поршени бар көлөмдөрү бири бирине барабар беш жабык идеалдык газдык система көрүнөт (1-в, сүрөт). 1-газдык системанын молекулалары кара боек менен белгиленген; 2-газдык системанын молекулалары жашыл боек менен белгиленген; 3-газдык системанын молекулалары кызыл сары менен белгиленген; 4-газдык системанын молекулалары көк боек менен белгиленген. Ал эми бешинчисинде биринчи төрт системадагы молекулалар ошол эле көлөмдө кармалат. Эгерде сырткы басым менен 1-4-системалардын басымдары бири-бирине барабар болсо, анда бешинчи системанын көлөмү системанын басымы менен сырткы басым теңелмейинче Бойль-Мариоттун закону боюнча төрт эсе чоңойот.

Бул анимациялык программаларды көргөндөргө, Бойль-Мариоттун жана Гей-Люссактын закондорунун негизинде, бешинчи системанын басымы баштапкы абалда кандай эле жана системанын басымы менен сырткы басым теңелгенде кандай болуп калды деген суроо коюлат же анын көлөмү эмне үчүн төрт эсе чоңойду?

Түшүнгөн окуучулар төмөндөгүдөй теңдеме жазышыт:

Мугалим төмөндөгүдөй кошумчалап койсо болот:

Идеальных газдардын жалпы басымы, аны түзгөн газдардын парциальдык басымдарынын ( $p_1, p_2, \dots, p_n$ ) суммасына барабар:

Парциальдык басым, болгон шартта газдардын аралашмасындагы бир газды калтырып, башка газдарды алып салган учурдагы басым.

Колдонулган адабияттар:

1. Кэнтю М. Delphi; 2005. Для профессионалов, - СПб., 2006.
2. Сагындыков Ж. Физикалык химияны окутуунун инновациялык технологиялары. – Ош., 2009. 120 б.

## РАЗРАБОТКА ОБУЧАЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРИИ ГРАФОВ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Атанаев А.А., Асанов М.С., Бейшекеева Г.Дж.

Кыргызский национальный университет им. Ж.Баласагына, Бишкек, ул. Фрунзе, 547

Электронные учебные пособия (ЭУП) являются главной частью компьютерного программно-методического комплекса, включающего кроме педагогических программных средств методическое и дидактическое сопровождение данных программ. Педагогическая ценность и качество ЭУП зависит от того, насколько полно учитываются при его разработке комплекс требований, предъявляемый к ним. При разработки обучающей программы очень важно использовать весь арсенал технологических средств, предоставляемых современными информационными технологиями. Особенность ЭУП это: обеспечивает практически мгновенную обратную связь, т.е. является интерактивным; помогает быстро найти необходимую информацию, поиск который в обычном учебнике затруднен; существенно экономит время при многократном обращении к гипертекстовым объяснениям; не просто выводит текст на экран, но и рассказывает, показывает, моделирует и т.д. – именно здесь проявляются возможности и преимущества мультимедийных технологий; позволяет быстро, но в темпе, наиболее подходящем для конкретного индивидуума, проверить знания по определенному разделу; каждый студент может обновить необходимую информацию самостоятельно;

Таким образом, одними компьютерами не обойтись, часть занятий необходимо проводить в натуре, однако с помощью компьютеров можно значительно раздвинуть рамки возможного, повысить интерес учащихся к предметам, и, тем самым, улучшить качество обучения.

Основные понятия теории графов

Граф это множество точек или вершин и множество линий или ребер, соединяющих между собой все или часть этих точек. Вершины, прилегающие к одному и тому же ребру, называются смежными. Если ребра ориентированы, что обычно показывают стрелками, то они называются дугами, и граф с такими ребрами называется ориентированным графом. Если ребра не имеют ориентации, граф называется неориентированным.

Формальное определение графа таково. Графом  $\Gamma=(V,X)$  называется пара множеств:  $V$  – множество, элементы которого называются вершинами,  $X$  – множество неупорядоченных пар вершин, называемых ребрами. Если  $v, w \in V, x=(v,w) \in X$ , то говорят, что ребро  $x$  соединяет вершины  $v$  и  $w$  или  $x$  инцидентно  $v$  и  $w$ . Таким образом,  $\{v,w\}$  – обозначение ребра. Если  $X$  представляет собой упорядоченные пары (т. е.  $X$  – подмножество декартова произведения  $V \times V$ ), то граф называется ориентированным, а пары  $\{v,w\}$  называют дугами. Если множеству  $X$  принадлежат пары  $v=w$ , то такие ребра  $(v,v)$  называют петлями. Существование одинаковых пар  $\{v,w\}$  соответствует наличию параллельных или кратных ребер (дуг), а кратностью ребер называют количество таких одинаковых пар.

Графы помогают описывать и исследовать различные системы объектов и их связи. Например, в графе, изображенном на рисунке точки (вершины графа) можно интерпретировать как города, а линии, соединяющие вершины (ребра), как дороги, соединяющие эти города.

Широкое применение находят графы в таких областях, как программирование, теория конечных автоматов, электроника, в решении вероятностных и комбинаторных задач, нахождении максимального потока в сети, кратчайшего расстояния, максимального паросочетания, проверки планарности графа и др. Как особый класс можно выделить задачи оптимизации на графах.

Развитие теории графов в основном обязано большому числу всевозможных приложений. По-видимому, из всех математических объектов графы занимают одно из первых мест в качестве формальных моделей реальных систем.

Графы нашли применение практически во всех отраслях научных знаний: физике, биологии, химии, математике, истории, лингвистике, социальных науках, технике и т.п. Наибольшей популярностью теоретико-графовые модели используются при исследовании коммуникационных сетей, систем информатики, химических и генетических структур, электрических цепей и других систем сетевой структуры.

Далее перечислим некоторые типовые задачи теории графов и их приложения:

Задача о кратчайшей цепи: замена оборудования; составление расписания движения транспортных средств; размещение пунктов скорой помощи; размещение телефонных станций.

Задача о максимальном потоке: анализ пропускной способности коммуникационной сети; организация движения в динамической сети; оптимальный подбор интенсивностей выполнения работ; синтез двухполюсной сети с заданной структурной надежностью; задача о распределении работ.

Задача об упаковках и покрытиях: оптимизация структуры ПЗУ; размещение диспетчерских пунктов городской транспортной сети.

Раскраска в графах: распределение памяти в ЭВМ; проектирование сетей телевизионного вещания.

Электронный учебно-методический комплекс состоит из следующих элементов (Рис.1.):

Рис.1.

Связность графов и сетей: проектирование кратчайшей коммуникационной сети; синтез структурно-надежной сети циркуляционной связи; анализ надежности стохастических сетей связи.

Изоморфизм графов и сетей: структурный синтез линейных избирательных цепей; автоматизация контроля при проектировании БИС.

Изоморфное вхождение и пересечение графов: локализация неисправности с помощью алгоритмов поиска МИПГ; покрытие схемы заданным набором типовых подсхем.

Автоморфизм графов: конструктивное перечисление структурных изомеров для производных органических соединений; синтез тестов цифровых устройств.

ЭУМК разработан с применением высокоуровневых сред программирования как Delphi7 и Macromedia Flash8 а так же Microsoft FrontPage, Photoshop CS3 и т.д.

ЭУМК включает в себя теоретический материал, лабораторные работы, визуализаторы и тестирующую части, которые входят в состав модулей. Имеются справочные данные и Список рекомендуемой литературы. Визуализаторы позволяют продемонстрировать упражнения по освоению основных понятий, деревьев, раскраску и нахождению кратчайшего пути графов. На рис. 2 и 3 приведены визуализаторы для нахождения кратчайшего пути в графе. Рис. 2 состоит из 3 сцен и показывает условие задачи, при нажатии кнопки "Найти" происходит переход на 4 сцену. Сцена на рис. 3 состоит из 22 слоев и показывает результат кратчайшего пути. Кнопка дальше осуществляет переход на следующий шаг.

Рис.2.

### Рис.3

Интерфейсы ЭУМК по нахождению кратчайшего пути графа

### Рис.4. Главная страница и рабочая программа ЭУМК.

Система навигации позволяет обучаемому легко ориентироваться в программе и самостоятельно выполнять задания. На рис. 4.и.5 приведены интерфейсы главной страницы, рабочая программа и карта ЭУМК.

ЭУМК позволяет провести проверку знаний, используя тестирование, на рис.6 приведена тестирующая часть программы.

### Рис.5 Карта ЭУМК

Заключение

Результатом работы является ЭУМК по изучению теории графов. Разработанный ЭУМК можно использовать в качестве электронного пособия для подготовки инженерных кадров.

Литература

1. Горбатов В. А., Основы дискретной математики. М.: Высшая школа, 1986.

2. Ершов Ю.Л., Палютин Е.А. Математическая логика. М.: Наука, 1987.

3. Новиков Ф.А., Дискретная математика для программистов. С-Пб.: Питер, 2007.

4. Кук В., Бейз Г. Компьютерная математика. М.: Наука. 1990.

5. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. М.: Наука. 1986.

6. Зыков А.А. Основы теории графов. «Наука», М.-1987.

7. Харари Ф. Теория графов. «Мир», М.-1998(1979).

### Рис.6. Тестирующая часть.

## ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ГИС ТЕХНОЛОГИЯМИ

Г.Дж. Бейшекеева, Ш.К. Кожоналиев, А. Сукенбаев

Кыргызский национальный университет им. Ж.Баласагына, Бишкек, ул. Фрунзе, 547

Геоинформатика, с точки зрения интересов географии, может рассматриваться в одном ряду с математическим, картографическим методами, дистанционным зондированием и др., которые как бы пронизывают науки о Земле и обществе, имеющие дело с пространственно-временными явлениями: геологию, почвоведение, экологию и в том числе экологию. ГИС использует особый тип информации – пространственную (географическую) и связанные с ней базы данных, эта информация может быть социальной, политической, экологической или демографической, то есть любой информацией, которая может быть отображена на карте. ГИС – является лучшим способом хранить информацию об участке суши или моря. Для всех современных организаций, особенно для организаций непосредственно управляющими территориями, например, администрациям охраняемых природных территорий (ООПТ). Пространственность ГИС – ин-

струмент, работающий с любыми данными распределенными в пространстве и имеющими свою систему координат, начиная от колоний микроорганизмов и заканчивая целиком планетой Земля. ГИС также позволяет осуществлять операции с данными, не имеющих пространственной привязки, но основная функциональность ГИС ориентирована именно на работу с пространственными данными. Функциями ГИС является визуализация – как мощное средство представления данных. Это качество ГИС обычно используется первым, с помощью ГИС создаются наглядные иллюстративные карты и схемы. Современные ГИС уделяют много внимания легкости и производительности именно этой своей функции из-за чего часто рассматриваются лишь как средство создания карт. Наглядное представление проблемы в виде карты делает ее более понятной и решаемой. Так, например, корреляция ареала вида с определенным типом ландшафта более очевидна, если границы ареала непосредственно нанесены на ландшафтную карту. Еще больше информации такая карта могла бы содержать, если для каждого ареала была бы прикреплена таблица, в которой были бы описаны различные параметры, характеризующие популяцию – количество особей разного пола, потомство в разные годы, площадь ареала и т.д. Эта функция ГИС унаследована от картографии, которую вполне можно считать прародительницей ГИС и которые до сих пор является основной функцией ГИС.

Аппаратное обеспечение – компьютер, на котором работает ГИС, а также средства вывода (принтеры, плоттеры и т.д.) ГИС могут работать на различных типах аппаратных компьютерных платформ, от централизованных серверов до отдельных или связанных сетью настольных компьютеров (PC). В связи с бурным развитием персональных компьютеров также активно выдвигаются вперед и пользовательские ГИС, т.е. ГИС для работы с которыми достаточно и рядового ПК. Персоналом ГИС являются как технические специалисты, разрабатывающие и поддерживающие систему, создающие и управляющие данными, так непосредственные пользователи.

На сегодняшний день наиболее распространенными программными продуктами для разработки и управления ГИС являются уже так называемые пользовательские ГИС, то есть ГИС управляемые одним пользователем и располагающиеся на одном персональном компьютере (хотя данные могут быть распределены внутри локальной сети или интернет). Данное обстоятельство позволяет включать ГИС-технологии в учебный процесс на старших курсах вузов для инженерных и физических специальностей при разработке специальных курсов.

В сложившейся ситуации подготовка специалистов-инженеров, владеющих ГИС-технологиями становится актуальным.

В данной статье приводится методика разработки ГИС-приложений экологических данных по землепользованию Чуйской области. ГИС-приложения разработаны в среде ArcView. Приложения имеют удобный интерфейс, где в зависимости от нахождения курсора представляются необходимые данные в виде таблиц.

Разработанный ГИС-проект по почвоведению можно использовать при обработке пространственных данных и представляет их в более наглядной форме, чтобы пользователю было удобно, провести анализ данных и принять решение.

Для обозначения на карте точки измерения необходимой величины используют Вид View, где из меню выбрав New Theme мы в появившемся окне из плавающего меню выбирается точечный вид Point. На рис.1 показан выбор точки измерений. После этого необходимо открыть на панели инструментов кнопку , при нажатии на которую появляется окно New Theme, где указывается место сохранения файла. На рис. 2. показано окно для сохранения файла

Рис.1. Выбор точки измерений.

Рис.2.Сохранение файла.

В появившемся проекте View1, на левой стороне при этом появляется название shp файла измеряемых точек и jpg файла карты. На рис. 3. показана работа по выбору точек измерений. Активизация значка на панели инструментов приводит к появлению всплывающего меню, где выбирается форма точки измерений, выбор которой приводит к появлению ее на карте в виде . Дважды щелкнув на данную точку можно получить окно Legend Editor. Это редактор легенды для текущей темы (рис.4). В поле Label можно указать описание для текущей темы. Дважды щелкнув левой кнопкой мыши на символе, отображающем текущую тему можно получить диалог установки свойств прорисовки текущей темы. В предлагаемом диалоге можно выбрать цвет основного элемента, цвет фона,

### Рис. 3. Выбор точек измерений

цвет текста подписей для текущей темы. Кнопочка выбора цвета позволяет изменить цвет. Палитра цветов представляет собой прокручивающуюся палитру цветов, которые вы можете задать для заливки, линии, значка или текстовых символов где возможно указать цвет, размеры и формы точки.

Для изменения размера отображаемого элемента темы, необходимо щелкнуть на кнопочку . Этот диалог содержит различные маркеры, с помощью которых изображаются точки и представляются точечные объекты. После выбора маркера можно перейти в палитру цветов(Color Palette), чтобы установить цвета переднего плана и фона.

Рис.4. Окно Legend Editor с диалогом установки цвета и параметров для отображения символа.

### Рис.5.Отображение данных точка измерений

После того как таким образом будут отмечены на карте все точки можно сохранить в базе данных среды значения земле пользования. Для этого на панели инструментов активизируем кнопку Open Theme Table, которая позволяет создать базу данных, где можно хранить цифровую информацию. При нажатии на появляется на экране окно Attributes of Radiatsionnyi fon.shp, можно набрать необходимые данные. На рис. 5 показаны значения земле пользования во всех точках измерений.

### Рис.6. Окно отображения результатов

После закрытия окна базы данных в рабочем окне на панели инструментов нажатие на значок identify и выбора на карте конкретной точки наблюдения приводит к появлению на поле окна identify Results, где будут отображены значения земле пользования. Можно таким образом просмотреть значения земле пользования в любой точке указанной на карте. На рис.6 показано окно identify Results.

Практическая ценность программы заключается в том, что в ГИС модели сосредотачивается разнородная информация в наглядном и удобном виде. Интерфейс системы позволяет связать пространственные данные с табличными.

### Литература

1. Геоиндикационное моделирование. /Ред. Можаяев Б.Н., Афанасьев Н.Ф. Л.: Недра, 1984.
2. Горный В.И., Шилин Б.В., Ясинский Г.И. Тепловая аэрокосмическая съемка. М.: Недра, 1993.
3. Можаяев Б.Н. Аэро- и космогеологические исследования в геологоразведочном процессе. Советская Геология. 1980. №4. С. 29-39.
4. Пономарев В.Г., Вострокнутов Е.П., Акимцев В.А. Экспертная система – инструмент прогнозирования стратиформного полиметаллического оруденения. Новосибирск, Изд. ОИГГМ СО АН СССР, 1991.
5. Свистунов С.В. Обобщенные спектральные индексы природных образований. Иссл. Земли из космоса. 1994. №2. С. 41-50.
6. Финкельштейн М.И., Мендельсон В.Л., Кутев В.А. Радиолокация слоистых земных покровов. М.: Советское радио, 1977.

## EFQM МОДЕЛИ – БИЛИМ БЕРҮҮДӨГҮ БАШКАРУУНУ ӨРКҮНДӨТҮҮ ИНСТРУМЕНТИ

Атанаев Т.Б., Шерматова И.К.

С. Нааматов атындагы Нарын мамлекеттик университети, Нарын ш.

Сапат жаатындагы дыйнөлүк сыйлыктар кептөгөн мамлекеттерди жана мекемелерди сапат боюнча улуттук программаларды, менчик сыйлыктарды иштеп чыгууга тарткы беръёдё. Азыркы учурда сапат боюнча дыйнёдё беш сыйлык бар: Деминг сыйлыгы (1951-ж), Малкольма Болдриждин улуттук сыйлыгы (1987-ж.), Европалык (1992-ж.) жана Япондук (1995-ж) сыйлык, ошондой РФ Ёкмётънън сыйлыгы(1996-ж.)

Акыркы жылдары аталган дыйнёльк сапат сыйлыктарынын ичинен Европалык сапат сыйлыгы билим беръё системасында кёбърёёк колдонула баштады. Бул статьяда сапатты башкаруунун европалык фонду (англ. EFQM) деп аталган моделге кеъири токтолуп, Нарын мамлекеттик университетинде пайдалануу аракетин боюнча сёз болот.

Европалык сапат сыйлык (EFQM-сапатты башкаруунун европалык фонду) 9 критерийди камтыган, билим сапатын аныктоого багытталган структура болуп эсептелинет. Беш критерий «Мъмкънчълъктёрдъ», төртөө «Жыйынтыктарды» баалоого жардам берет. «Жыйынтыктар» критерийлери баалоо жъргъзълө турган уюмдун жетишкендиктерин баалайт. «Мъмкънчълъктёр» критерийлери болсо уюмдун иш процессин камтыйт. «Жыйынтыктар».

«Мъмкънчълъктёргө» байланыштуу, а «Мъмкънчълъктёр» «Жыйынтык-тардын» мазмунунда камтылган информацияларды колдонуу аркылуу жакшырып өзгөрълөт.

Туруктуу ийгиликке жетишъ ёчън өтө көптөгөн жолдор бар экендигин, аларды реализация кылуунун өтө көп аспектилери бар экендигин тастыктаган бул модель төмөнкъ шарттарга негизделет: «Ишмердълък», «Керектөөчълөр», «Персонал», «Коомчулук» критерийлеринин эъ мыкты жыйынтыгы уюмдун «Саясатынын жана стратегиясынын» багытын аныктоочу «Лидерлик» критерийи менен тыгыз байланышта. «Саясат жана стратегия» «Персоналга», «Партнердук мамилелерге», «Ресурстарга» жана «Процестерге» өз таасирин тийгизет.

Уюмдун ийгилигин камсыз кылуу ёчън, анын ишмердълъгънө, өлчөмьнө, жашына көз карандысыз менеджмент системасын тъзъ зарыл. EFQM- модели- уюмдар тарабынан търдъ максаттар ёчън колдонулуучу практикалык инструмент болуп эсептелет.

жогорку деъгээлге жетъ жолундагы өзънън абалын аныктоо максатындагы өзън баалоо инструменти катарында;

баардык уюмдарды баалоо ёчън жалпы негизди тъзъ багытында;

кайра кайталабоо ычын, инициативаларды жайгаштыруу ычын рамкаларды тзъь максатында;

уюмдун менеджмент системасынын структурасы катары;

EFQM ызынын партнердук уюмдары менен биргеликте моделди жакшыртуу-га, жашылантууга Европадагы башка мамлекеттердин ыныгысындагы практи-калык, теориялык салымында аны колдонуу менен умтулат. Бул моделди колдонуу ме-неджмент системасынын заманбап тенденцияларын эске алуу менен динамикалуу тьрдө жьрөт.

Моделдин схемасындагы тик бурчтук, жогорку деьгээлге жетъьдөгъ аракетти баалоочу критерийлерди билдирет. Критерийдин ар бири ызынын маанисин билдиръь ычын чечме-ленет. Ар бир критерий ыз ичинен дагы бир нече подкритерийге бөлъьнп, баалоо процес-синде талкуулоолорду жаратуу ычын кып-төгөн суроолордун курамын тзъет.

2011-жылдын январь айында Нарын мамлекеттик университетинде профессордук-окутуучулар курамы ычын «Европалык фонддун сапат боюнча менеджмент модели (EFQM) ЖОЖдорду модификациялоо» темасында семинар болуп ытть. Семинардын мак-саты төмөнкъдөй аныкталды:

практика жъьзндө EFQM моделинин жардамы менен баалоо кан-дай жьрөөрүн ыйрөнъь, көргөзъь;

моделди билим беръь процессинде, аны башкарууда колдонуу-нун зарылдыгын далилдөө.

Семинардын жьръшьндө университетти эффекивдъь башкарууга тоскоол болгон төмөнкъдөй проблемалар аныкталды:

чечимдерди кабыл алуудагы узак мөөнөттөр, документ жьргъзъьнын жеткиликтъь эместиги;

Персоналдардын башкаруу процессинин кызыгуусунун төмөндъь, университетте жетекчиликтин пландары жана саясаты жөнъндөгъ информа-циянын жоктугу;

Факультеттер жана бөлъьмдөр ортосундагы биргелешип аракет-тенъь процессинин жетишээрлик деьгээлде так аныкталбаганы жана башкарылбаганы;

Кызматкерлердин ишинин сапатын аныктоочу критерийдин жок-тугу.

Семинардын жьръшьндө EFQM моделин колдонуу ычын алдын ала изилдөө жьргъзъьнын зарылдыгын, башкаруучулук потенциалдык къчын билъь керек экендиги аныкталды. Мындан сырткары моделдин жардамы менен баалоо жьргъзъь болоору аныкталды. Баа-лоо – бул менеджерлердин ыз алдынча башкаруу системасын изилдеп чыгуусу эсептели-нет.

Ийгиликке жетишььнын модели болуп эсептелинген сапат модели Европада азыркы учурда «сапат» белгисин аныктаган конкурс деген тьшьньктъьн чегинен чыгып, эталондук деьгээлге жетъь уюмдардын ыныгы деьгээлин баалоого, башкаруу системасындагы жакшы жактарын ызгөртъьгө, жакшыртууга муктаж жактарын аныктоого, тактоого жар-дам беръьчъ инструмент катары пайдаланууда. Баалоодо негизги башкы нерселер:

къчтъь жактардын тизмеси;

ыныгы ычын багыттардын тизмеси;

башкаруу системасын баалоодогу баллдык система.

Көптөгөн уюмдар азыркы учурда EFQM моделин колдонуу аркылуу ыздөръьнын көрсөткъчтөрүн жакшыртып жатышат. Бардык иште болгондой эле, кээ бир уюмдар тез ийгиликке жетишип жатышат, а кээ бирлери ыз көрсөткъчтөрүн жакшырта албоодо.

EFQM модели ысып, ызгөръьлп, тзъьлшььндө ызгөръьлөр болуп жатканда, аны менен иштөө жөндөмъ, колдонуунун жаьы мьмкъьнчълъктөръ пайда болду, көптөгөн уюмдар бул инструмент ыноктөштъьк тажрыйба алмашууну, ыныктъььнын башкаруунун ыз мыкты ылгысын ыйрөнъь ычын зарыл экендигин билишти. НМУ замандын талабына туура келген прогрессивдъь окуу жайлардан болууга умтул-гандыктан EFQM моделин сапат менедж-

ментинин системасын тзъьдө негиз кылып алууну чечип, семинарларды өткөргөн. Семинардын жъръ процессинде бул моделди колдонууда эки търдъ көз караш бар экендиги аныкталды, бир жагынан модель уюмдун өзгөчөлүгүн эске алуу менен өзгөрүшъ керек, экинчи жагынан модель универсалдуу болуп эсептелинет, эч кандай өзгөрүгө муктаж эмес.

НМУда баалоо процессин өткөрүъ ьчън тзългөн жумушчу группанын өкълдөръ «макул», «каршы» жактарын анализдеп көрүшъ, баалоону жъргзълп баштаганда стандарттык моделди колдонууну туура таап, моделдин жардамы менен баалоо жъргзългөн башка ЖОЖдордун тажрыйбасына таянып, жыйынтыктарды салыштырып көрүънъ чечтик.

Ийгиликтъ өнъгълп жаткан ЖОЖдор моделди колдонуу боюнча тажрыйбалары байый баштаганда, айрым пункттарга өзгөртъ киргизе баштоосу мъмкълн экендигин байкадык. Анткени айрым критерийлерди окуу жайдын өзгөчөлүгүн эске алуу менен кайра тзълп чыгуу керек.

1. Моделди өзгөртъ зарыл, анткени уюмдар бири-бирине окшош эмес. Ошондуктан моделди практикада ылайыктап карап чыгуу зарыл. EFQM моделин колдонгон адамдардын ойлорунан, «мага бул модель анча жакшы эмес деп айтышат, анткени, анда маркетинг жокко эсе деп айтышат. Маркетингди көбърөөк кошуп, толуктап өз моделин тзългөн уюмдар болушу мъмкълн. Белгилъ статистик Дж. Бокстун сөздөръ бар эмеспи: «Бардык моделдерде ката бар, бирок айрымдары пайдалуу». Бул цитатаны андан ары улантсак: «Бардык моделдерде ката бар, алардын керектълъгълн далилдөө каалаган деьгээлге айрым учурларда туура келбейт. Биз идеалдык, жеткиликтъ моделди эч качан тзөө албайбыз, алтындай убакытты кетирънън кереги жок».

Эки көз караш теь катарлаш жърөт, дъйнөдөгъ көптөгөн уюмдар, моделди системалык аракетти пайда кылуучу инструмент катары карап, өздөрънън муктаждыктарына карата өзгөртъшълп, диагностикалык баалоо ьчън колдонуп жъръшөт. Дагы көптөгөн уюмдар EFQM моделин өзгөртъсълз пайдалануу аркылуу баалоо процессин ийгиликтъ жъргзълп жатышат.

Моделдин системасын көргөн киши бул тик бурчтуктан турган геометриялык фигура деп ойлошу мъмкълн, чындыгында EFQM моделин иш жъзълдө колдоно баштаганда анын баркын, баасын тъшълнп, менеджмент системасынын сапатын арттырууда, диагностикалоодо, жакшыртууда эффек-тивдъ инструмент экендиги билинет. Бул модель: өзгөрткълө, жаырткыла, колдонула.

EFQM моделин жөн гана толтуруп коюу мъмкълн эмес, аны ойлонуу, изденъ менен толтуруу керек. EFQM моделин иштеп чыккан адамдар, колдонуучуларга «бир жолу эле ойлонуп» тим болбостон, ьзгълткъсълз системалуу търдө ойлонууну сунуштайт. Өзгөрълөргө дуушар болгон моделди да, кийин башка уюмдар менен салыштыруу мъмкълнчълъгъл болот. Уюм EFQM моделин өзгөртъгө жетишкен учур, уюмдун өнъгълсълндөгъ бурулуш учур болуп эсептелинет, демек башкаруу системасы жеткиликтъ болуп, өзъл аныктоочу приборлорду иштеп чыккан болот.

2. Модель универсалдуу, эч кандай өзгөрүгө муктаж эмес. Колдонгондордун ойлорунан: «Эгерде моделди кайра иштеп чыкканга бир нече айларды кетирсек, биринчиден, бул айларда биз моделди колдоно албай калабыз, а экинчиден, биз EFQM моделин колдонгон коллегалар менен бенчмаркетинг изилдөөлөрълн жъргзөө албай калабыз». Мындай ойду туу туткан өзгөрълъдөн корккон башкаруу системасы жакшы өнъкпөгөн, же өтө өнъгълп моделдердин баарын жеткиликтъ деп жөн эле тырмакча коюп койбой, тереь ойлонгон, керектъл чечимдерди кабыл алган адамдар иштеген уюмдар ьчън бул модель абдан пайдалуу экендигин EFQM модели боюнча баалоо процессин жъргзългө даярдануу учурунда биздин жумушчу топ байкады. Бул модель дъйнөгө белгилъ болуп, коьшу өлкөлөр Россия, Казакстанда көптөгөн жогорку окуу жайлар иштеп жатышат. Ал эми биздин өлкөдө болсо, бул модель боюнча иш алып барууну каалаган ЖОЖдор да бар, бирок методикалык колдонмолор, сунуштар, тажрыйбалар жокко эсе. НМУнун коллективи алдыга умтулууну каалагандыктан, жумушчу топ EFQM модели боюнча баалоону жъргзълз кол-

донмосун кыргызча которуп, баалоо системасын жьргъзъгө даярдандык. Албетте, бул процесс биз ьчн, оьой болгон жок. Талаштар, тартыштар, көптөгөн суроолор пайда болду. Процесс учурунда айрым критерийлерге өзгөръь киргизъьнън зарылдыгын байкадык. Биздин университеттин бул аракети Кыргызстандагы жогорку окуу жайларда өзн-өзъ баалоо системасын жакшыртуу менен студенттерге турмушка, жашоого керек сапаттуу билим беръь аркылуу коомдук позитивдъь өгъгъьсн шарттоого болгон кадамы. Жыйынтыгында, жумушчу тобу тарабынан пайдалуу деп табылган EFQM модели башка колдонуучуларды да бул моделдин жагымдуу, таасирлъь жактарын көръьгө, колдонууга шыктандырат деп ойлойбуз.

Туура эмес көз караштар  
Комментарийлер

Дъйнөлък денгээлдеги менеджмент модели – уюмдук башкаруу системасын кандай тъзъьнъ ьйрөтөт  
Бул уюм үчүн эмес, башкаруу системасын изилдөөгө арналган модель. Моделде тигил же бул нерсени кандай жасоо айтылган эмес, анда эч кандай талаптар көрсөтүлбөгөн.

Модель – бул конкурста жеъь ьчн керек  
Бул уюм сапат боюнча сыйлыкты алуу үчүн конкурста сөзсүз катышуу керек дегенди билдирбейт (Көптөгөн колдонуучулар сапат белгисин алууга татыбайт)

Бул моделди колдонуубуз менен башкаруу системасы жакшырат. Модель өзү эч нерсе өзгөртө албайт. Туура эмес колдонуу айрым учурда туура эмес натыйжага алып келиши мүмкүн.

Моделдин жардамы менен эь маанилъь, жакшыртууга зарыл иштин бөлъктөрън аныктоого болот. Өзн өзъ баалоо чечилбеген проблемаларды чечет  
Модель «кооптуу чекиттерди аныктоого, уюмдун къчтъь, жана ийгиликсиз жактарын тъ-шънъьгө жардам берет».

Бирок, бул бардыгын тез аранын ичинде жакшыртуу ьчн пландап, иш жъзънө ашыруу дегендик эмес. Кээ бир уюмдарга «алсыз чекиттерди» жакшыртуу максатка ылайык, ал эми къчтъь жактарын акырындап чышдоону улантуу зарыл

Уюмду баалоодо баллдык система колдонулат. Бул цифралар аркылуу уюмдун жетишъь деъгээлин ченөөгө башкалар менен салыштырууга жардам берет  
Баллдын аркасынан куугун уюштурбоо керек. Бул өзүн-өзү баалоонун маанисин, баркын түшүрөт. Башкаларга жакшы көрүнөм деп жатып, иштин реалдык абалын туура баалай албай калабыз. Туура эмес баалоо модель менен иштөөнү жаңы үйрөнүп жатканда андан баш

Моделдин жардамы менен уюмдан кънөлъьлөрдъь табууга болот  
Модель – жетишпегендиктер, кемчиликтер жө-нүндө эмес, жакшыртуу үчүн жардам керек болгон бөлүктөр жөнүндө информация берген позитивдъь инструмент.

НМУда баалоо процессин ёткёръь ьчн тъзългён эксперттер тобу, кеъешишип, баллдардын жалпы суммасын чыгарышып, «Мъмкънчълъктёр» критерийи боюнча тёмөндөгъдй жыйынтык баллдарды коюшту:

«Мъмкънчълъктёр» критерийи боюнча НМУну баалоо таблицасы:

Критерий	Баллдын саны	Фактор	Жыйынтык баллдары	Максимумдуу жогорку баллдар
1. Лидерлик	41,2	1,0	41	100
2. Саясат жана стратегия	36,6	0,8	29	80
3. Персонал	36,1	0,9	32	90
4. Партнёрлор жана ресурстар	36,9	0,9	33	90
5. Процесстер	41,0	1,4	57	140

Баалоонун жыйынтыгы боюнча НМУнун ишин алга жылдыруу ьчн конкреттъь сунуштар даярдалды.

Биздин керектөөчълөр болуп эсептелинген иш беръьчълърдън, студент-тердин ой пикирлерин билип, окуу процессиндеги «алсыз» жактарды жакшыртуу максатында

КӨЖБСМЖБ тарабынан 30га чукул анкеталардын тэрлөрү жаңыланып, тэзэлп чыкты. Бул анкеталардын ичинде окутуучунун ишмердэ-льгын баалоого багытталган анкеталардын бир тобун, Германиянын Бонн шаарынан келген билим берүүнүн профессору, SES уюмунун улук эксперти Клаус Штелтман менен биргеликте иштеп чыктык. Анткени, EFQM моделиндеги ишти илгерилетүүчү негизги критерийлердин бири болуп «Партнерлор жана ресурстар» критерийи эсептелинет.

С.Нааматов атындагы Нарын мамлекеттик университетинин алдындагы Кесиптик өнүгүү жана билим сапатына мониторинг жүргүзүү борбору тарабынан педагогика багытындагы буга чейинкилерден жана алар иштеген мектептердин жетекчилеринен анкеталык сурамжылоолор жүргүзүлдү. Анкеталык сурамжылоонун негизги максаты болуп: иш берүүчүлөрдүн НМУнун студенттеринин профессионалдык даярдык деңгээлин аныктоосу жана буга чейинкилердин алган билиминин сапаттык деңгээлин баалоо максатында өткөрүлдү.

Бул изилдөөгө бардыгы болуп беш райондон: Нарын, Жумгал, Кочкор, Ат-Башы, Ак-Талаа райондорунан 52 мектеп жетекчиси, 60 буга чейинки катышты. Изилдөөнүн программасы респонденттердин төмөнкү суроолорго болгон көз караштарын билүүгө багытталды: билим берүүнүн мазмунунун сапатына баа берүү, студенттердин сапаттуу билим алуусун шарттаган мотивдерди белгилөө, алган билимдеринин мугалимдик ишмердүүлүккө тийгизген таасирин аныктоо, келечекте университеттин кадрларды даярдоосуна сунуштарды топтоо.

Сурамжылоого катышкан буга чейинкилердин 83%ын аялдар, 17%ын эркектер тэзешт. Бул дагы бир жолу мугалимдик кесипте иштеген адамдардын ортосунда гендердик дисбаланс бар экендигин, жогорку окуу жайына кабыл алууда педагогикалык багытка эркек балдарды кабыл алуу зарылдыгын тастыктайт. Анкетанын жыйынтыгы боюнча, биз келечектеги компетенттүү кадрларды даярдоодо төмөнкүлөрдү эске алуубуз зарыл экендиги тастыкталды:

Студенттин өздүк ишин уюштуруунун сапатын көтөрүү;  
Профессионалдык практиканы уюштуруунун сапатына көңүл бурүү;

студенттердин илимий-изилдөөчүлүк иштерге катышуусун жакшыртуу;

Студенттер арасында ар кандай тематикадагы конкурстарды ызгылтксыз уюштурууга жетишүү;

Практикалык, лабораториялык сабактардын сапаттык деңгээлин көтөрүү.

Ал эми жумуш берүүчүлөр арасында жүргүзүлгөн анкетанын жыйынтыгы боюнча төмөндөгүдөй орчундуу сунуштарды кабыл алдык:

1. Буга чейинкилердин практикалык даярдыгына көңүл буруу;
2. Окуу процессине жумуш берүүчүнүн тартуу;
3. Кайтарым байланыш үчүн маалымат каналдарын ызгылтксыз колдонуу.

Бул сурамжылоонун жыйынтыктары сапат менеджментин жакшыртууда колдонулат.

КӨЖБСМЖБ 2009-жылдан бери сапат системасын жаңылантуу, студенттердин билим алууга болгон муктаждыктарын канааттандыруу, керектөөчүлөрдүн талабын жеткиликтүү аткаруу максатында EFQM моделин инструмент катары колдонууда. Сапат менеджментинин системасын түзүү – бул ары татаал, ары кызыктуу карама каршылыктардан турган процесс. Бирок ага карабастан НМУ талыкпай эмгектенүү менен келечектеги иштер үчүн негиз түзүп алды.

Литература

1. Маслов Д.В., Вылгина Ю.В. Современные инструменты управления: модель совершенствования EFQM: учебное пособие // Ивановский государственный энергетический университет. – Иваново, 2006. – 107 с.
  2. Загребельный В.Н., Моисеев В.И., Балукова М.В. Модель делового совершенства EFQM: глоссарий и методы // ММК. - 2004. - №9. - С. 45-49;
  3. Руководство по организации внутренней системы гарантии качества в высших учебных заведениях Кыргызской Республики: (Методическое пособие по внутренней самооценке, на основе EFQM). – Бишкек: ОсОО «Албино ЛТД», 2007. – 150 с.
- ЭЛЕМЕНТЫ БИОФИЗИКИ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ**

Т.Б. Атанаев

Нарынский государственный университет им. С.Нааматова, г.Нарын

Характерной приметой нашего времени является взаимопроникновение отдельных наук, образование комплексных отраслей знания и их бурное развитие. Физика оказала огромное влияние на ряд смежных наук и производство. Произошла научно-техническая революция. Физические методы воздействия (поля, ультразвук, элементарные частицы и т.д.) и физические методы анализа (электронная микроскопия, регистрация биопотенциалов, применение радиоактивных изотопов) стали широко внедряться во все науки естественно-го цикла. Возник ряд комплексных наук. Развилась биофизика – наука, изучающая действие физических факторов на живые организмы. Из неё выросла медицинская биофизика. Окончательная цель её – это создание фундамента практической медицины, установление прочной связи медицины с точными науками. В задачи медицинской биофизики входит изучение биофизических и физико-химических основ патологических процессов, биофизических основ поражающего и терапевтического действия физических и химических факторов окружающей среды, создания и совершенствования медицинской диагностики, а также направленный поиск лекарственных препаратов. Совершенно изменилась медицина, оснащённая в наши дни богатейшим набором физических приборов для исследования и лечения человека. Бионика начала изучать возможность применения биологических закономерностей в технике для повышения качества и расширения функций систем, машин и приборов, инженерные задачи стали решаться на основе анализа структуры и жизнедеятельности организмов. Космическая биология родилась и развивается после успешного запуска искусственных спутников Земли и космических кораблей, что само по себе явилось триумфом физики и техники.

Чрезвычайно важна задача ознакомления школьников с этими основными тенденциями развития современной науки. Отсюда необходимость того, чтобы уже средняя школа закладывала фундамент для восприятия новых идей, стремительно входящих в практику, в жизнь.

Другой важной задачей средней школы является создание в представлении учащихся общей картины мира с его единством и многообразием свойств неживой и живой природы. Целостность картины мира достигается наряду с другими приёмами и межпредметными связями.

В данной статье сделана попытка рассмотреть некоторые направления и особенности связи школьных курсов физики и биологии и наметить возможные пути и формы усиления этой связи. Целью данного сообщения является ознакомить учащихся с физическими методами исследования и воздействия, которые находят широкое применение в биологии и медицине, с некоторыми элементами бионики, а также показать единство законов природы, применимость законов физики и к живым организмам.

Биофизический материал является чрезвычайно богатным для мобилизации внимания учащихся, для превращения абстрактных формулировок в нечто конкретное и близкое, затрагивающее не только интеллектуальную, но и эмоциональную сферу. Для многих

учеников биофизические примеры могут послужить средством привития интереса к физике.

Ниже приведено примерный учебно-тематический план занятий учителя при изучении курса физики в школе. Показаны необходимые часы для освоения данной темы, формы проведения занятий и образовательные продукты в результате освоения элементов биофизики

Примерный учебно-тематический план занятий

№ п/п занятий проведения	Тема	Кол-во часов	Форма	Образовательный продукт
1.	Элементы биофизики при изучении механики.	7		
2.	Сила трения и сопротивления в организмах животных.	1	Лекция. Практическое занятие.	Реферат.
3.	Давление жидкостей и газов.	1	Лекция. Практическое занятие.	Сообщение учащихся о роли атмосферного давления в жизни живых организмов.
4.	Архимедова сила	1	Лекция. Практическое занятие.	Составление таблицы «Вес скелета от веса тела»
5.	Законы Ньютона. Полёт в мире живой природы. Реактивное движение в живой природе.	1	Лекция. Практическое занятие.	Схема устройство крыла птицы.
6.	Влияние ускорений на живые организмы.	1	Лекция. Практическое занятие.	Проведение опытов по защите от ускорения.
7.	Простые механизмы в живой природе.	1	Лекция. Практическое занятие.	Схемы устройств рычажных элементов.
8.	Деформации.	1	Лекция.	Составление задач на деформации.
9.	Элементы биофизики при изучении теплоты и молекулярных явлений.	3		
10.	Диффузия в живой природе.	1	Лекция. Практическое занятие.	Реферат.
11.	Капиллярные явления. Смачивание.	1	Лекция.	Практическое занятие.
12.	Сообщение о роли процессов испарения для животных организмов.			
13.	Закон сохранения и превращения энергии.	1	Лекция.	Практическое занятие.
14.	Составление таблицы «Превращение энергий».			
15.	Элементы биофизики при изучении электричества.	3		
16.	Электрические рыбы. Электрические явления в нервной системе животных.	1	Лекция. Практическое занятие.	Реферат.
17.	Регистрация биопотенциалов. Биоточный манипулятор.	1	Лекция. Практическое занятие.	Составление схемы устройства биоточного манипулятора.
18.	Электротерапия.	1	Лекция.	Практическое занятие.
19.	Сообщение о применении постоянного тока с лечебной целью.			
20.	Элементы биофизики при изучении колебаний и звука.	2		
21.	Биоритмы. Голосовой аппарат человека.	1	Лекция.	Практическое занятие.
22.	Слуховой аппарат человека. Эхо в мире живой природы.	1	Лекция. Практическое занятие.	Составление схемы устройства слухового аппарата человека.

16. Глаза различных представителей животного мира. 1 Лекция.  
Практическое занятие. Реферат.

17. Инфракрасные, ультрафиолетовые и рентгеновские лучи. При-  
менение спектрального и рентгеноструктурного анализа к изучению строения гемоглоби-  
на. 1 Лекция. Практическое занятие. Сообщение об оптических  
приборах в медицине.  
Содержание образования.

Тема: «Элементы биофизики при изучении механики». Изучая  
эту тему учащиеся получают представление об использовании живой природой законов  
механики. Приобретают навыки в решении задач с использованием законов механики в  
живой природе.

2. Тема: «Элементы биофизики при изучении теплоты и молекулярных явлений». Ознако-  
мившись с этой темой, получишь представления о пищеварении, дыхании человека с точ-  
ки зрения физики. Она отвечает на вопрос: «Как приспосаблиются животные к различной  
температуре?».

3. Тема: «Элементы биофизики при изучении электричества». В этой теме учащийся по-  
лучит знания об электрических явлениях в нервной системе животных и растениях, об  
электрических свойствах тканей животных. Изучит устройство и принцип работы биоточ-  
ного манипулятора.

4. Тема: «Элементы биофизики при изучении колебаний и звука». Эта тема поможет уча-  
щимся понять принцип работы и устройство голосового и слухового аппарата человека.  
Она рассматривает значимость эха в мире живой природы.

5. Тема: «Элементы биофизики при изучении оптики и строения атома». При изучении  
этой темы учащиеся получают знания о зрении земноводных, пресмыкающихся, птиц,  
млекопитающих и высокоорганизованных животных. Узнают о применении инфракрас-  
ных, ультрафиолетовых и рентгеновских лучей, о применении спектрального и рентгено-  
структурного анализа к изучению строения гемоглобина.

Таким образом, установление межпредметных связей между физикой и биологией в дан-  
ном курсе дает большие возможности для формирования у школьников материалистиче-  
ских убеждений и научного мировоззрения.

Учащиеся приучаются иллюстрировать законы физики не только примерами из техники,  
но и из живой природы. С другой стороны, при изучении жизнедеятельности раститель-  
ных и живых организмов они используют физические закономерности, физические анало-  
ги.

Биофизические примеры помогут привить учащимся интерес к естественнонаучным дис-  
циплинам, в частности к физике, осознанно выбрать профиль дальнейшего обучения,  
свою будущую профессию.

#### Литература

Кац Ц.Б. Биофизика на уроках физики: - М.: Просвещение, 1988.  
-159 с.

Физика. Справочные материалы. –М.: Просвещение, 1985.  
Шостак В.И. Природа наших ощущений. – М.: Просвещение,  
1983.

Перельман Я.И. Занимательная физика. Кн. 1 и 2. –М.: Наука,  
1976.

Литинецкий А.Б. На путях бионики. – М.: Просвещение, 1981.

ФИЗИКА БОЮНЧА БИЛИМДЕРДИ СИСТЕМАЛАШТЫРУУ  
ПРОЦЕССИНИН ОКУТУУ ФУНКЦИЯЛАРЫ

А.Ж. Эгемназарова, З.И. Оморалиева, М. Калбекова  
Ош мамлекеттик университети, Ош шаары

В этой статье рассмотрена обучающая функция процесса систематизации знаний и предложена в таблице взаимосвязь электрического и магнитного полей на примере.

Биздин коомдун азыркы өнүгүү этабында жыл санап өсүп жаткан социалдык-экономикалык проблемалар өлкөнүн билим берүү потенциалын жогорулатууну талап кылат. Өлкөнүн нравалык, маданияттык жана интеллектуалдык потенциалдарынын өнүгүшү көбүнчө өлкөнүн өзүнүн өнүгүүсүнүн сапаттуу жаңы деңгээлине көтөрүлүүсүнөн көз каранды.

Информациялык-түшүндүрүү мамилесинин алкагында маалыматтардын, билимдердин артынан түшүү – окутуунун усулдарын жана мазмундарын түзүүнүн экстенсивдүү жолу деп эсептелинет. Интенсивдүү жолго которуу усулу болуп билим берүүдө ишмердүүлүк көз карашын аткаруу саналат. Ишмердүүлүк мамиле окуучуларды билимдерди өздөштүрүүгө гана эмес, ошол өздөштүрүүнүн усулдарына, ой-жүгүртүүнүн үлгүлөрүнө жана усулдарына, чыгармачылык потенциалынын жана таанып-билүүсүнүн өнүгүүсүнө багыттайт. Билим берүүдө ишмердүүлүк мамилени ишке ашыруунун усулунун бири бул – окуучулардын билимдерин өз алдынча системалаштыруу ыкмаларына үйрөтүү. Бул болсо окуучулардын билимдерин тереңдетүүгө жана сапатын жогорулатууга, окуу материалдарын өз алдынча өздөштүрүүсүн калыптандырууга, таанып-билүү кызыкчылыгын өнүктүрүүгө жардам берет. Окуу материалдары боюнча ар түрдүү маалыматтарды системалаштырып берүү гана туура болуп эсептелет.

Окуучулардын билимдерин системалаштыруу – окутуу процессинин бардык этаптарын камтыган көп функционалдуу татаал процесс болуп саналат, анын акыркы жыйынтыгы болуп окуучулардын калыптанган түшүнүктөрүнүн системалуулугу гана эмес, келечекте ар түрдүү дисциплиналарды, алардын ичинен физиканы үйрөнүүдө системалаштыруунун ар түрдүү ыкмаларын өз алдынча жүзөгө ашыруу эсептелет. Жогоруда айтылган жыйынтыктардан сырткары, системалаштыруу окуучуларды өз алдынча теориялык жалпылоого, окутулган курстарды изилдөөдө законченемдүүлүктөрдү түзүүгө жана алардын сүйлөө, эске сактоо, ойлоо жөндөмдөрүн өнүгүшүнө шарт түзөт. Ушуларга байланыштуу окуучулардын билимин системалаштыруу процессинин дидактикалык функцияларын карап чыгуу максатка ылайык.

Системалаштыруу процессинин дидактикалык функциялары негизги 3 топтон турат: окутуу, өнүктүрүү жана тарбиялык. Айтылган топтордун курамына кирген өз алдынча функциялар төмөнкү схемада көрсөтүлгөн.

Окуучулардын билимдерин системалаштыруу процессинин дидактикалык функциялары

Окутуу функциялары	Өнүктүрүү функциялары	Тарбиялык функциялары
	түшүнүктөрдүн калыптануусу	
	билимдердин бекемдигин жогорулатуу	
	билим алуунун жеткиликтүүлүгүн камсыздоо	
	билимди талдап билүү деңгээлин жогорулатуу	
	берилген предмет боюнча билимдер системасын калыптандыруу	
	билимдерди систематизациялоонун атайын ыкмаларына үйрөтүү	
	билимдерди систематизациялоо жыйынтыктарын көрсөтмө куралдар негизинде түшүндүрүүсүн калыптандыруу	логикалык ойлоонуу жана сүйлөөнү өнүктүрүү
	окуучулардын логикалык эске сактоосун өнүктүрүү	
	ойлоонун илимий стилин өнүктүрүү	
	билимдерди жалпылоодо өз алдынчалуулукту өнүктүрүү	

окутуу ишмердүүлүгүнүн рационалдуу ыкмаларын калыптандыруу  
материалистик дүйнө таанууну калыптандыруу  
ойлоо маданиятына тарбиялоо  
предметке болгон кызыгууну жогорулатуу  
өз билимдерин иреттөөгө болгон муктаждыгына тарбиялоо

Ар топтордогу функциялардын өз ара байланышын байкоо татаал деле эмес. Мисалы, окуучулардын бекем билимдеринин калыптануусу эске тутуу жөндөмдүүлүгүнүн өнүгүүсү менен байланышкан. Мындай байланыштар табигый көрүнүш, анткени билимдерди системалаштыруу процесси жалпы окутуу процессинин бир бөлүгү болуп анын маанилүү законченемдүүлүктөрүн өзүнө камтыйт. Алар көбүнчө билим берүү системасынын окутуу, өнүктүрүү жана тарбиялык аспектилеринин бир бүтүндүгүн айгинелейт. Бул макалада билимдерди системалаштыруу процессинин окутуу функциясына токтолобуз.

Билимдерди системалаштыруу процессинин окутуу функциясына төмөнкүлөр кирет: билимдин бекемдүүлүк, жеткиликтүүлүк жана түшүнүп жетүү сапатын калыптандыруу, ошондой эле билимдер системасын калыптандыруу жана системалаштыруунун атайын ыкмаларына үйрөтүү.

А.В. Усованын «Түшүнүктөрдү калыптандыруудагы психологиялык-педагогикалык негиздер» деген эмгегинде [6] түшүнүктөрдүн калыптануу процесси 7 этапка бөлүнгөн:

түшүнүктөрдүн маанилүү белгилерин аныктоо (илимий лабораторияларда жүргүзүлгөн: сүрөттөрдү, формулаларды, графиктерди анализдөө, китеп менен иштөө, изилденүүчү объекттерге байкоо жүргүзүү ж.б. негизинде)

түшүнүктөрдү аныктоонун белгилерин синтездөө  
атайын тандалып алынган көнүгүүлөрдүн жардамында материалдын касиеттерин тактоо

артыкчылыктарын жана окшоштуктарын аныктоо, окшош түшүнүктөрдүн белгилерин салыштыруу боюнча аткарылган көнүгүүлөрдүн жардамында берилген түшүнүктөрдү мурун изилденген көнүгүүлөрдөн чектөө

берилген материалдын башка материалдар менен болгон байланышын тактоо

окуу-таанып билүү жана практикалык маселелерди чечүүдө алынган түшүнүктөрдү колдонуу

түшүнүктөрдү систематизациялоо жана классификациялоо  
Түшүнүктөрдү калыптандыруу процессинин түрдүү этаптарын ишке ашыруу параллель же биринин артынан бири иретинде жүргүзүлөт. Ошону менен бирге этаптардын баарысынын болуусу өтө абзел, себеби кайсы бир этаптын жок болуусу окуучунун түшүнүктөрдү өздөштүрүүсүндөгү кээ бир катачылыктарга алып келет.

Системалаштыруу – түшүнүктөрдү калыптандыруу процессинин жыйынтыктоочу этабы болуп саналат. Берилген түшүнүктөрдүн башкалар менен болгон байланышын жана түшүнүктөрдүн белгилерин системалаштыруунун баштапкы этаптарында да системалаштыруу процесси ишке ашат. Ошентип системалаштыруу процесси ар түрдүү деңгээлдерди басып өтөт. Бир деңгээлден башка деңгээлге өтүү билимдин сапатына таасирин тийгизет. Эксперименталдык жыйынтыктар көрсөткөндөй, окуучулардын изилденип жаткан түшүнүктөрдү классификациялоо жана системалаштыруу боюнча аткарган маселелери түшүнүктөрдү бири-бири менен туура байланыштыруудагы эффективдүү каражат болуп калат. Ошондуктан А.В. Усова мындай маселелерди физиканы окутуу курсунун эң эле башында колдонууну сунуштайт. Мындай иштер физикалык түшүнүктөрдү камтыган физика курсунун биринчи баскычына багытталган. Ошондуктан физикалык түшүнүктөрдү калыптандыруу жогоруда айтылгандай системалаштыруу процессинин бир функциясы катары каралат. Физиканы окутуунун экинчи баскычында же ЖОЖдо физиканы окутууда бул функция кеңейип барат ошону менен бирге билимдин илимий элементтери болгон – физикалык закондор, теориялар ж.б. өз ичине камтыйт.

Кийинки орчундуу маселе – системалаштыруу процесси менен тыгыз байланышкан окуучулардын билимдеринин бекемдигин калыптандыруу. Билимдердин бекемдиги – бул окуучулардын эсинде көп убакытка чейин сакталып, керектүү учурда аны колдоно билүү жөндөмү.

Эске сактоонун эң жакшы шарты болуп окуучулардын окулуучу материалды терең түшүнүүсү жана интеллектуалдык активдүүлүгү эсептелет. Эксперименталдык изилдөөлөргө таянсак, материалды жаттоого караганда, интеллектуалдуу активдүүлүк менен окуп түшүнгөн материал эсте бекем жана көпкө сакталат. Психологдордун изилдөөлөрү далилдегендей окуучулардын билимдерин системалаштырууда ар түрдүү ыкмаларды колдонуу-интеллектуалдык ишмердүүлүгүн активдештирүүсүнө жана окулуп жаткан материалды тереңирээк түшүнүүсүнө өбөлгө түзөт. Чындыгында эле окулуп жаткан материалды түшүнбөй туруп системалаштырууга болбойт, ошон үчүн системалаштырууга процесси окуучулардын бош калган, мындайча айтканда түшүнбөй калган жерлерин толуктоого мүмкүнчүлүк жаратат, жыйынтыгында болсо материалдарды эске тутууга өзгөчө шарттарды түзөт.

Эске бекем сактоонун башкы фактору – билимдерди системалаштыруу процессинде сабакты кайталоо ишин туура уюштуруу. К.Д. Ушинский кайталоо сабагы жөнүндө төмөнкүлөрдү белгилеген: «Окуучулар өтүлгөн сабактарды кайталоону жактырышпайт, анткени эскини жөн эле кайталоо аларга кызыксыз, ошондуктан кайталоо сабагында кандайдыр бир алар билбеген жаңы нерсени кошуп кайталоо, анан дагы алардын өз алдынча иштөөсүнө жол берүү эң эле туура» [7]. Мындай мисалдарга өтүлгөн материалдардын түзүлүшүн аныктоо, өз ара байланыштарын талдоо, салыштыруу, окшоштуруу ж. б. кирет. Кайталоо – ой иштетип чыгаруучу маселелер менен иштөөдө эң керектүү звено болуп эсептелет.

Окуучулардын материалдарды өз алдынча кабыл алуусу жана эсте сактап калуусу үчүн төмөнкү ыкмаларды сунуштоо керек:

материалдарды бир нече бөлүктөргө бөлүп, план түзүү  
материалдын мазмунун билген мурунку билимдери менен байланыштырып, жаңы алган түшүнүктөрүн билим системасына кошуу  
материалдын мазмунун ар түрдүү бөлүктөрүн бири бири менен байланыштыруу

көрсөтмө куралдарды жана образдарды колдонуу  
материалдын мазмунун «өзүнүн тилине» (түшүнгөндөй кылып жөнөкөйлөштүрүү) которуу

Жогоруда айтылган операциялар окуучулардын материалды өз алдынча кабыл алуусун өнүктүрөт. Ушуга окшогон ыкмаларды окуучулардын билимин системалаштырууда колдонушат (план түзүү, салыштыруу жана байланыштыруу, конспект, схема, таблицаларды түзүү ж.б.). Окуучулардын ишмердүүлүгүн системалаштыруу жыйынтыгын көрсөтмө куралдар (схема, таблица) менен жабдуу билимдеринин бекемдигин жогорулатат жана окуучулардын жооп берүүсүнө жардам берет (В.Ф. Шаталов). Таблица жана схемалар окуучуларга визуалдык образ жаратат. Билимди системалаштыруу процесси материалдарды эске сактоону жакшырткандан башка да, окуучулардын эске тутуусун өнүктүрөт. Системалаштырылган материалды эстеп калуу логикалык болуп саналып, окуучунун эсинде эң эле биринчи материалды түзүүнүн логикасы калат. Логикалык байланыштардын негизинде түзүлгөн материалдын эсте калуусу оңой болот. Кичинекей окуучуларда материалды жаттоо жөндөмү өтө өнүккөн, 13-14 жаштан баштап логикалык эске тутуу жаш чоңойгон сайын өсөт. Мында эске сактап калуучу жөндөмүн окуучулар оңой өздөштүрөт, бирок бул жөндөмдү эске сактоо каражаты катары колдоно билишпейт. Окуучуларга эске сактап калуу ыкмаларын колдонууну үйрөтүү керек.

Окуучулар системалаштыруу ыкмасынын аракетин түшүнгөн менен аны акыл ишмердүүлүгүнө кошпоосу мүмкүн. Бул ыкмаларды өздөштүрүү - көнүгүүлөрдү жана мисалдарды бир максаттуу окутууда гана ишке ашат.

Мугалим бул же тигил көнүгүүлөрдү колдонуп окуучуларда өз билимдерин системалаштыруу ыкмасын калыптандыруусу мүмкүн, логикалык эске тутуунун ыкмаларын иштеп чыгып окуучулардын ойлоо жана эске сактоо жөндөмүн өнүктүрө алат. Жогоруда айтылгандарды бардык жаштагы окуучуларды окутууда колдонуу керек. Тилекке каршы, физиканы өздөштүрүүнүн баштапкы баскычында бул методдор мугалим тарабынан колдонулбаса анда физика боюнча билимдердин системалаштыруусу ишке ашпайт, физикага болгон кызыгуу жоголот, себеби мында баштапкы баскыч окуучулар үчүн активдүүлүк мезгили болуп саналат. Бул фактыларды биз практикада кеңири көрүп, билип жүрөбүз.

К.Д. Ушинский окуучунун эске тутуусундагы көнүгүүлөрдүн ролу жөнүндө төмөнкүлөрдү жазган: «Тарбиячы адамды бир бүтүн организм катары көрүп, ошол организмдин механикалык эске тутуусун материалдардын өз ара байланыштар түшүнүгү менен толтуруп балдардын келечектеги өнүгүүсүнө зор шарттарды түзөт» [7].

Жогоруда айтылгандардын баары билимдердин системалаштыруу процессинин окутуу функциясын аткарылыш, билимдердин жеткиликтүүлүгүн жана маани-маңыздуулугун камсыз кылышын айгинелейт. Системалаштыруу билимдердин ар түрдүү бөлүмдөрүнүн элементтер арасындагы структуралык байланыштарын көрсөтөт. Мында байланыштар туш келди эмес жыйнактуу болуш керек. Мунун баары материалды жакшы ойлоп жетүүнү талап кылат, ал болсо өз учурунда окуучунун билиминин сапатын калыптануусуна таасирин тийгизет. Логикалык жактан туура түзүлгөн, системалаштырылган материал окуучу үчүн жеткиликтүү болуп калат. Бул болсо окулбай же түшүнбөй калган суроолорду өздөштүрүүгө мүмкүнчүлүк берет. Мында окшош суроолордо аналогиялык түзүүлөрдү жана салыштырууларды өткөрүү эффективдүү болуп эсептелет. Айтылгандарды физиканын төмөнкү мисалында көрүүгө болот:

«Магнит талаасы» темасын окуп үйрөнүүдө бул темага тиешелүү төмөндөгүдөй өзгөчөлүктөрдү белгилөөгө болот:

- окуучулар бул тема өтүлгөнгө чейин электростатикалык талаа жана анын мүнөздөөчүлөрү тууралуу белгилүү билимдерди алышкан;
- электростатикалык талаасы менен магнит талааларынын жалпы жана айырмачылык жактары бар;
- электр жана магнит талааларынын абсолюттуу бөлүп коюуга да болбойт;

Ошондуктан электр жана магнит талааларын тыгыз байланышта окутуу талапка ылайыктуу. Бул максатта төмөндөгүлөрдү сунуш кылууга болот:

- электр талаасынын башкы белгилери бөлүнүп каралат;
- жалпы жана айырмачылык жактары талданат;

Жогоруда айтылгандарды таблица түрүндө берүүгө болот.

Электр  
талаасы  
талаасы

Магнит

Жакындан аракет этүү.

Электр талаасы материалдуу, ал заряддалган телонун же бөлүкчөнүн арасында түзүлөт.

Электр талаасынын бар экенин заряддалган башка телого же заряддалган бөлүкчөгө жасаган аракети боюнча билинет.

Электр талаасын изилдөө үчүн сынамык заряды колдонулат.

Электр талаасынын күчтүк мүнөздөмөсү болуп электр талаасынын чыңалышы  $E \vec{r}$  эсептелет.

Электр талаасын көргөзмөлүү берүү үчүн же элестетүү үчүн электр талаасынын күч сызыктары жүргүзүлөт.

Потенциалдуу.

Потенциал (энергетикалык мүнөздөөчүсү).

Заряддалган эки телонун өз ара аракеттешүү күчү (Кулон закону).

Телолордун заряддалышынын себеби түшүндүрүлөт.

Жакындан аракет этүү.

Магнит талаасы материалдуу, ал тогу бар өткөргүчтүн айланасында түзүлөт б.а. кыймылда болгон заряддын айланасында.

Магнит талаасынын бар экенин тогу бар өткөргүчкө жасаган аракети боюнча байкалат.

Магнит талаасын изилдөө үчүн тогу бар кичинекей рамка же магнит жебеси пайдаланылат.

Магнит талаасынын мүнөздөө үчүн магнитик индукция вектору  $\vec{B}$  киргизилет.

Магнит талаасын көргөзмөлүү берүү үчүн магнитик индукция сызыктары жүргүзүлөт.

Потенциалдуу эмес б.а. куюндуу.

Потенциал мүнөздөөчүсү жок.

а). Био-Савар-Лаплас закону.

б). Ампердин закону.

в). Лоренц күчү.

Загтардын магниттик касиеттери түшүндүрүлөт. Ампердин гипотезасы.

Бул таблицаны пайдалануу боюнча төмөндөгү сунуштарды айтууга болот:

1. Электростатикалык талаанын мүнөздүү белгилери таблицанын сол тарабына даяр түрүндө жазылып коюлат. Магнит талаасынын мүнөздүү белгилери таблицанын оң тарабына жазылбаган боюнча ачык турат.

2. Магнит талаасынын белгилеринин ар бири же бир нечеси өзүнчө жазылган болот, алар тиешелүү сабак өтүлгөндө, электр талаасынын тиешелүү белгилеринин тушуна илинип коюлат. Жалпы жактары жана айырмачылыктары белгиленет.

3. Теманын акыркы сабагында таблицанын негизинде окуу материалынын ички байланыштары түзүлүп, системалаштырууга болот. Окуучулардын билимдерин системалаштыруу процессинин дидактикалык функциялары толугу менен аткарылат.

Адабияттар:

1. Данилов М.А. Процесс обучения: В кн. Дидактика средней школы / Под ред. М.А. Данилова и М.Н. Скаткина. - М.: Просвещение, 1975. - С.91.

2. Звягин А.Н. Некоторые принципиальные вопросы разработки проблемы систематизации знаний учащихся в процессе обучения физике // Совершенствование процесса обучения физике в средней школе. - Челябинск, 1981. - С.103-117.

3. Зорина Л.Я. Дидактические основы формирования системности знаний старшеклассников. - М.: Педагогика, 1978. - 126 с.

4. Качество знаний учащихся и пути его совершенствования. / Под ред. М.Н. Скаткина, В.В. Краевского. - М.: Педагогика, 1978. - 208 с.

5. Лернер И.Я. Дидактические основы методов обучения. - М.: Педагогика, 1981. - 186 с.
6. Усова А.В. Психолого-дидактические основы формирования у учащихся научных понятий: Учебное пособие к спецкурсу. - Челябинск, 1986. - 88 с.
7. Ушинский К.Д. Собрание сочинений. - М.; Л.: АПН РСФСР, 1950. - Т. 8. - С.164-293, 432.
8. Золотарев В.Н., Золотарева С.К. Обучающие функции процесса систематизации знаний учащихся. СурГПУ, г. Сургут, 2008 г.

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАТЕМАТИКЕ

Асаналиева Г.Б., Исаева А.К.

Академия Управления при Президенте КР, Бишкек,

Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, Бишкек, ул. Фрунзе 547

В статье показывается применение возможностей пакета Ms Excel при решении задач линейной алгебры. Студенты приобретают навыки решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) и выполнений действий над матрицами средствами пакета. Пусть задана СЛАУ следующего вида:

Эту систему можно представить в матричном виде:  $AX = b$ , где

$A$  - матрица коэффициентов       $X$  - вектор неизвестных       $b$  - вектор правых частей системы уравнений.

При выполнении лабораторной работы систему линейных алгебраических уравнений необходимо будет решать методом обратной матрицы.

Система линейных алгебраических уравнений в матричном виде имеет следующую форму  $AX = b$ . Таким образом, вектор неизвестных вычисляется по формуле  $X=A^{-1}b$ . Обратите внимание на особенность работы с матричными формулами: необходимо предварительно выделять область, в которой будет храниться результат, а после получения результата преобразовывать его к матричному виду, нажав клавиши F2 и Ctrl+Shift+Enter.

Теперь рассмотрим решение системы линейных уравнений методом обратной матрицы на следующем примере.

**ПРИМЕР.** Решить систему методом обратной матрицы:

$$3x_1 + 12x_2 - 14x_3 + 16x_4 = 20$$

$$33x_1 + x_2 - 134x_3 + 6x_4 = 250$$

$$-3x_1 + 33x_2 - 54x_3 - 77x_4 = 120$$

$$-99x_1 - 16x_2 + 4x_3 - 124x_4 = -177$$

В этом случае матрица коэффициентов  $A$  и вектор свободных коэффициентов  $b$  имеют вид:

,

Введём матрицу  $A$  и вектор  $b$  в рабочий лист MS Excel (рис. 1). В нашем случае матрица  $A$  находится в ячейках A3:D6, а вектор  $b$  в диапазоне G3:G6.

Рис. 1.

Система линейных алгебраических уравнений имеет решение в том и только в том случае, если определитель коэффициентов матрицы  $A$  не равен нулю. Вычислим определитель с помощью встроенной функции МОПРЕД (рис. 2.).

Рис. 2.

В открывшемся окне укажем диапазон матрицы коэффициентов  $A$  A3:D6 и нажмем кнопку ОК.

Рис. 3.

Определитель матрицы  $A$  равен 22585182, т.е. система уравнений имеет решение.

Для решения системы методом обратной матрицы необходимо вычислить матрицу, обратную к  $A$ . Для этого выделим ячейки для хранения обратной матрицы (это нужно сделать обязательно!!!); пусть в нашем случае это будут ячейки A14:D17.

Теперь обратимся к мастеру функций, и в категории Математические выберем функцию МОБР, предназначенную для вычисления обратной матрицы, щелкнув по кнопке ОК, перейдем ко второму шагу мастера функций (рис. 4.). В диалоговом окне, появляющемся на втором шаге мастера функций, необходимо заполнить поле ввода Массив. Это поле должно содержать диапазон ячеек, в котором хранится исходная матрица - в нашем случае A3:D6. Данные в поле ввода Массив можно ввести, используя клавиатуру или выделив их на рабочем листе, удерживая левую кнопку мыши (рис. 5. ).

Рис. 4.

Рис. 5.

Если поле Массив заполнено, можно нажать кнопку ОК. В первой ячейке, выделенного под обратную матрицу диапазона, появится некоторое число. Для того чтобы получить всю обратную матрицу, необходимо нажать клавишу F2 для перехода в режим редактирования, а затем одновременно клавиши Ctrl+Shift+Enter. В нашем случае рабочая книга MS Excel примет вид изображенный на рис. 6.

Рис. 6.

Теперь необходимо умножить полученную обратную матрицу на вектор  $b$ , выделим ячейки для хранения результирующего вектора, например G14:G17. Обратимся к мастеру функций, и в категории Математические выберем функцию МУМНОЖ, которая предназначена для умножения матриц. Напомним, что умножение матриц происходит по правилу строка на столбец и матрицу  $A$  можно умножить на матрицу  $B$  только в том случае, если количество столбцов матрицы  $A$  равно количеству строк матрицы  $B$ . Кроме того, при умножении матриц важен порядок сомножителей, т.е.  $AB \neq BA$ . Перейдем ко второму шагу мастера функций. Появившееся диалоговое окно содержит два поля ввода Массив1 и Массив2. В поле Массив1 необходимо ввести диапазон ячеек, в котором содержится первая из перемножаемых матриц, в нашем случае A14:D17 (обратная матрица), а в поле Массив2 ячейки, содержащие вторую матрицу, в нашем случае G3:G6 (вектор  $b$ ). (рис. 7.). Для того чтобы получить весь вектор, необходимо нажать одновременно клавиши Ctrl+Shift+Enter. В нашем случае результаты вычислений (вектор  $X$ ), находится в ячейках G14:G17.

Для того чтобы проверить, правильно ли решена система уравнений, необходимо умножить матрицу  $A$  на вектор  $X$  и получить в результате вектор  $b$ . Умножение матрицы  $A$  на вектор  $X$  осуществляется при помощи функции МУМНОЖ(A3:D6;G14:G17), так как было описано выше.

Рис. 7.

Рис. 8.

В результате проведенных вычислений рабочий лист примет вид изображенный на рис. 8. Для лабораторной работы предлагаются несколько вариантов примеров.

Вариант 1.

Вариант 2.

Вариант 3.

Вариант 4.

Применение компьютерных технологий приводит к интенсификации всех уровней учебно-воспитательного процесса, к повышению эффективности и качества процесса обучения, к активизации познавательной деятельности студентов.

Литература

Роберт И.В. Современные информационные технологии в образовании. - М.:Школа-Пресс, 1994.

Гершунский Б.С. Компьютеризация в сфере обучения: проблемы и перспективы. - М.: Педагогика, 1987.

Кибзун А.И., Наумов А.В., Горяинова Е.Р. Теория вероятностей и математическая статистика. Базовый курс с примерами и задачами / Под ред. Кибзуна А.И. - М.: Физматлит, 2007,(3-е издание) - 234 стр .

Высоцкий И.Р. Компьютеризация в образовании// Информатика и образование. 2000, №1.

АЙ-ҮРКӨР КАЛЕНДАРЫ

Калыбеков А.

Ж. Балсагын атындагы Кыргыз улуттук университети, Бишкек ш., Фрунзе к. 547

Кыргыздардын эң байыркы календары аңчылык доорунда пайда болгондуктан кийиктердин куут мезгилдери менен Айдын жаңырышы жана Ай менен Үркөрдун биригүүсү менен эсептелген. Ай Жердин айланасындагы кыймылы Зодиак алкагындагы топ жылдыздар боюнча которулушу менен аныкталат. Жарык чыгаруучулар ( Күн, Ай, планеталар) асман сферасында көрүнүшү боюнча бири-бирине же топ жылдыздарга жакындашы астрономияда биргүү деп аталат. Бул кубулушту кыргыздар тогошуу деп аташкан. Жылдын башы башка топ жылдыздардан айрымаланган Үркөрдүн таң алдында чыгышы менен башталат. Байыркы Египеттин календарында эң жаркырак жылдыз Чоң дөбөт топ жылдызынын сы Сирустун таң алдында чыгышы менен жаңы жыл белгиленген. Нил дарыясынын ташкыны дайыма бул астрономиялык кубулуш менен дал келип, дайыма бирдей убакытта кайталангандыктан, жыл башы катары колдонушкан.

Жер шарынын прецессия кыймылын натыйжасында балдардын оюнчук чимириги айланганда огу айлана чийген сымал Жер шарынын айлануу огу да асман сферасында 26000 жылда бир тегерек чийет. Дүйнөнүн түндүк уюлу асман сферасы боюнча которулгандыктан жылдыздардын чыгыш жана батуу убактысы да миңдеген жылдарда билинерлик өзгөрүлөт. Азыр дүйнөнүн огу Алтын казыкка багыталып, жазгы күн-түн тенелүүдө Күн балыктар топ жылдызында жайгашкан. Бул 20-же 21-март астрономиялык жаз мезгилинин башталышы болот. Эки миң жыл мурда жазгы күн-түн тенелүүдө дүйнөнүн түндүк уюлу

Кичи жетигендин  $\beta$  сында жайгашкан. Бул доордо Күн Козу (Овен) топ жылдызында турганда күн менен түн теңелген. Эл арасында таралган астрологиялык гороскопту Александриялык астроном Птолемей тарабынан б.з. I к. түзүлгөндүктөн жыл Козу (Овен) менен башталат. Азыр жазгы күн-түн теңелүү Балыктар топ жылдызында болот.

Прецессия кыймылынын натыйжасында дүйнөнүн уюлунун которулуусу.

Төрт миң жыл мурда уюлдук жылдыз Чалма (Дракон) топ жылдызынын  $\alpha$  сы болгонджаз-да күн-түн уктан теңелгенде Үркөр чыккан. Байыркы кыргыздын элдик календары боюнча Үркөрдүн таң алдында көрүнүшү менен жыл эсеби башталган. Бул кубулуш саймалуу ташка чегилген.

Саймалуу таштагы тогоолдору

Сулайман Тоосундагы топ жылдыздар.

Бул петроглифтти А.Н. Берныштам б.з.ч. II миң жылдыкка таандык кылып, Нооруз майрамындагы алгачкы кош айдоо салтанаты деп түшүндүрөт. (Бернштам. Стр.404) Г.М. Помаскина жана Л.Жусупакматов Жетиген топ жылдызынын айланасындагы аалам алкагынын картасы деп тушундурушат. (Л. Жусупакматов Саймалуу Таш сурот-жазма сырлары. Б. 1986. 80-б.) Бул петроглиф боюнча биздин оюбуз мындай: Суроттун башындагы ийри сызык дүйнөнүн тундук уюлуна жакын жайгашкан Дракон (кыргызча – Чалма) топ жылдызы, анын сол жагында астрономияда потивостаяние (тогошуу) белгиси деп божомолдойбуз. Чалма топ жылдызынын белгиси Сулайман Тоо петроглифинде Чон Жетиген топ жылдызы менен катар даана тушурулгон. Байыркы доордо дүйнөнүн түндүк уюлу Чалмада жайгашкан. – кыргыздардын уруу белгиси катары Теңир Тоо петроглифдеринде көп кездешип, Манастын күмбөзүнө да түшүрүлгөн. Байыркы мааниси боюнча тогоол кубулушун аныктайт. Сол жактагы соко чегилген өгүздөр саны боюнча да, жайгашуусу боюнча да Үркөр жылдыз топтолмосун туюндурат. Байыркы түрк тилинде Үркөр-Ухер бука деп аталган. Сол жактагы соко чегилген 4 бука Эгиздер (Близнецы) топ жылдызы катары түшүнсө болот. Кыргыз уламыштарында бул топ жылдызды Соко чегилген “Кош Өгүз” аталат. Орто кеңдикте жазгы күн-түн теңелгенде расмий түрдө хандын катышуусу менен кош айдоо башталган. Мындан 4000 жыл мурун Үркөрдүн таң алдында алгачкы чыгышы жазгы-күн теңлүү күнү менен дал келген. Бул дата кыргыздардын Ай- Үркөр календарынын башталышын сактап калуу максатында ташка тамга басышкан.

Ай менен Үркөрдүн биригүү датасынан айлардын (убакыт бирдиги) аталыштары келип чыккан. Айдын жылдыздарга салыштырмалуу бир толук айлануусу б.а. тогошудан тогошууга чейинки убакыт 27,3 суткага барабар болуп астрономияда сидерикалык (жылдыздык) ай деп аталат. Үркөрдүн таң алдында биринчи чыканда Ай менен тогошуусу жаңырган убака жакын болгондуктан тогоол кубулушу күндүзү болуп, куралсыз көзгө көрүнөйт. Ошондуктан бул ай Арсар (арасат – эски жыл менен жаңы жылдын арасы) ай аталган. Кийинки тогоол Ай жаңыргандан 23 күндөн кийин болгондуктан 23 тогоол же жалган куран деп аталган. Бул айда сибирь кураны жүгүрөт Синодикалык айдан (29,5 сутка) сидерикалык ай болжол менен 2 суткага кем болгондуктан улам кийинки тогоол 2 сутка эрте болот. Ошондуктан айлар 21 тогоол, 19 тогоол, 17 тогоол д.у.с. аталган. 3 тогоол айында Үркөр Күнгө жакындап батып кетет да 1 тогоол дон 23тоогоолго чейинки аралыкта 2 тогоол көрүнбөйт. Бул календарда айдын узактыгы Айдын жаңырышына карабастан тогоол менен эсептелгендиктен шарттуу түрдө 28 суткага барабар болуп калат. Үркөр таң алдында алгачкы чыгышы астрономияда гелиактикалык чыгыш (гелиактический восход) деп аталат. Гелиактикалык чыгыштан кийинки Гелиактикалык чыгышка б.а. жылдыздык жылдын узактыгы күн жылынан 20 минутага кыска. Жылдыздык жылдын (Үркөр жылынын) 364 суткасы 13 айга так бөлүнүп ар бир ай 28 суткага барабар болот.

Дүйнөлүк цивилизациянын башаты болгон байыркы шумерлер да 4000 жыл мурда 13 айлуу календарды пайдаланышкан. Чопо такталарда Үркөр менен Айдын тогоолу жана жаңырган Айга сыйынуу каадасы тартылган сүрөттөр сакталып калган (Шумерское чудо. Эра царствующее богов.// Всеобщая история. С-П. 1996. стр.36.).

Бизге жеткен Ай-Күн календарындагы ай аттары кийиктердин аттары менен берилет. Бирок бул аталыштар кийиктердин жашоо шарттарына же вегетация мезгилдерине байланышпайт. Жыл башы 7 тогоол менен башталып, жыл ортосуна 23 тогоол келип калат. Тоогоолдордун катары жана кийиктердин аталыштары Ай-Күн календарына ылайык эмес. XIII к. моңолдор империясынын доорунда 1267-жылы улуу каган Хубилайдын буйругу менен монголдордун элдик календарынын ордуна кытайлардын Ай-Күн календары колдонууга буйрук чыгарган.(Кычанов Е Жизнь Темуджина... Б. 1993. стр.32) Ушул доордо кыргыздар да Ай-күн календарына өтүп, Ай-Үркөр календарынын ай аттары маанисине карабастан которулган. Кыргыздын элдик Ай-Күн календары Кытай календарынан айрымасы жок. Байыркы Ай-Үркөр календарын тарыхый булактар ишенимдүү далилдейт жана астрономиялык кубулуштар менен тыгыз айкалышат.

Шумер ылай такталарындагы  
Ай менен Үркөр тогоолу

Краб сымал тумандуулук

Байыркы аңчылар ууга чыгуу убактыларын кийиктердин куут-туут мезгилдерин Айга карап аныкташып ага жараша ай аттары келип чыккан. Кийиктер куут мезгилинин алдында катуу семирген ушул аңчылыкка чыгышкан. Азыркы мезгилде (эпохада) дүйнөнүн түндүк уюлу Алтын казыкта жаайгашып, жазгы күн-түн теңелүү чекити Балык топ жылдызында жайгашкандыктан 2008-жылы 23 тогоол 27-июлда болот. Бул ай жалган куран аталган. (К.К. Юдахиндин кыргызча-орусча сөздүгүндө жалган куран – абал куран, чын куран – жан куран деген варианттары да берилген). Сибирь кураны (сибирский косуль) июндун ортосунда куутка чыгат. Борбордук Азия кураны июлдун ортосунан августун ортосуна чейин, бугу сентябрь-октябрда, кулжа октябрь-ноябрь, тоо эчки ноябрь декабрда жүгүрөт эски өзбек тилинде «охна», монгол тилинде «огоно» деген сөздөр менен жейрендин текесин айтышат. Жейрендер – декабрь-январда жүгүрөт. Жылдын оор жеңилине карата куутка бир ай эрте чыгышы мүмкүн. (БСЭ. Животных. VI том). Баш оона жана аяк оона деген ай аттары жейренге байланышат. Ай-Үркөр календарындагы ай аттары кийиктердин куут мезгилдери менен жана калган иреттик сан менен берилген айлар тоголдун аттары менен дал келет. М: тогуздун айы – тогуз тогоол, жетинин айы – жети тогоол. (таблицаны караңыз: Кыргыз Улуттук университетинин жарчысы. Атайын чыгарылыш. 2010-ж. Серия 6.) Кыргыздын элдик календарындагы талаш тартыштардын пайда болушунун себептеринин бири орто кылымда Ай аттары кытайлардын Ай-Күн календарына которулганда чаташууларды пайда кылган. Кыргыз жылынын башталышын Үркөрдүн чыгышы менен эсептелгенде айлардын сандар менен аталышы тогоолдордун кемүү ирээти менен дал келет.

Үркөр жылдыз топтолмосуна жакын жайгашкан Краб сымал тумандуулук (NGC 1952) Биздин галактикадагы эң күчтүү радионурдануунун, ошондой эле кубаттуу рентген жана гамма нурдануусунун борбору болуп саналат. Бул орундан байыркы заманда жылдыздардын күчтүү жарк этүүлөрү бир нече жолу байкалган. Булардын маанилүүсү 1054-жылы кытай жана япон астрономдору каттап калган эң жаңы жылдыздын жарылуусундагы жарк этүү ишенимдүү документте катталган. Бул жарк этүүдө пайда болгон жылдыздын жаркыркытыгы Чолпондон да ашып, күндүзү да көрүнгөн экен. Тумандуулук 2кпс аралыкта жайгашып, диаметри 3кпс ке барабар. Массасы күндүн массасына жакын, жалпы нурдануу кубаттуулугу Күндөн 30 000 эсе чоң. Нурданткан энергиясынын 1037эрг/с гамма нуруна, 1030эрг/с рентген нуруна, оптикалык диапазого, радио диапазонго 200 эсе аз, радиодиапазонго андан 1000 эсе аз туура келет.1967-жылы Кембридж обсерваториясында бул тумандуулуктун борборунан мезгилдүү так кайталанган радиоимпульстар катталган.

Мындай объекттер пульсар деген аталышка ээ болгон. Краб сымал тумандуулуктагы пульсардын (PSR 0531+21) оптикалык нурдануусу  $12M_{\odot}=139$  жыл мезгил менен өзгөрөрү аныкталган. Импульстун максимумдарында жаркырактыгы  $13m$  жетип, аралыктарында көрүнбөйт. Пульсар жарк этүүдөн кийин нейтрондук жылдызга айланат. Нейтрондук жылдыздардын массасы Күндөн 1,5 эсе чоң болуп, радиусу 10км гана болуп тыгыздыгы ядронукуна жакындайт. Күчтүү магнит талаасы нурданткан импульстардын мезгили нейтрондук жылдыздын айлануу мезгилине барбар болот. (Кононович Э.В. Общей курс астрономии. М. 2004. стр. 416-417.) Ай Үркөр менен тогошкондон эки күн откондо Краб тамандуулгуна жакындайт жана тогуз жылда бир жолу жабат. Тумандуулук жабылганда ал чыгарган ренген жана гамма нурларынын интенсивдуулугу нөлгө чейин азайат. Радио толкундар дифракция кубулушунун негизинде айрым чекиттерде күчөтүлсө айрым чекиттерде начарлайт. Ай-Үркөр календарынын Арсар айында (15-июнда) Күн Крабга жакындайт жана 15 жылда бир жолу жабат. Электромагниттик токундардын күчтүү булактарды Ай же Күн жапканда Жерге келген космикалык нурлардын интенсивдүүлүгүнүн өзгөрүшү жаныбарлардын организмде процесстерди да өзгөртүшү мүмкүн. Кыргыздардын ишенимдеринде тогоол кундорду опурталдуу деп эсептеши кокусунан чыкпаган болсо керек. Көп кылымдаган байкоолордун натыйжасында элдин эсинде сакталган билимдерен келип чыккан деп айтууга негиз бар.

Эрте таш доорундагы адамдарга убакытты так аныктоонун зарылдыгы баланын төрөлүү убактысын сактоо максатында жыныстык катнашты асман телолорунун абалдарына карап жүргүзүүгө байланышкан. Кыргыздарда “Ай караган текедей” деген лакаптын түпкү маанисинде кийиктер куут мезгилдерин өзгөртүүдө жатат. Байыркы адамдар да кийиктер сыяктуу жылдын белгилүү убагында гана жыныстык катнашка барышы ыктымал. Жайында төрөлгөн бала гана ашыкча түйшүктөрдү талап кылбай чоңоёт Кыргыздардын Ай-Үркөр календарында ай аттары кийиктердин аттары менен аталышы бул божомолду далилдейт. Кийиктердин кууту инстинкт боюнча Айдын фазаларына карата болору жана жыл мезгилдеринин оош кыйыштарына жараша өзгөртөрү талашсыз чындык. Байыркы адамдар да табияттын жазылбаган мыйзам-ченемин бузбоо максатында Күн, Ай, планеталардын кыймылдарына акыл-эстүү байкоо жүргүзүү менен баланын төрөлүү убагын алдын ала аныкташкан деп айтууга толук негиз бар. Алгачкы календардын адам коомунун башатында эле эрте пайда болушунун себеби адамдын төрөлүү – көбөйүү процессин аныктоого байланышында жатат. Адамдардын Айга карап жыныстык катнашка барышы жаныбарлардан калган инстинкти акыл-эстүү байкоо менен сакташкан. Адам коомунун, жашоо шарттын өнүгүшү жана коомдук мамилелердин өзгөрүшү табияттын түпкүлүтүү мыйзамын бузуп жиберген. Адамдар өздөрү гана эмес колго үйрөтүлгөн малдарды да табийгый мыйзамын бузууга мажбурлашкан.

Кыргыздардын Ай-Үркөр календары эмпирикалык жол менен такталган астрономиялык маанилуу кубулуштарга жана биоциклдарга негизделген, байыркы адамдардын экологиялык билимдерин жана ишенимдерин чагылткан өзгөчө так календарь деп айтууга негиз бар.

Адабияттар:

Абрамзон С.М. Кыргыз жана Кыргызтан тарыхы боюнча тандалма эмгектер. - Б.1999.

Бернштам А.Н. Кыргыз жана Кыргызстан тарыхы боюнча тандалма эмгектер. 1995.

Карасаев Х.К. Өздөштүрүлгөн сөздөр. Ф.1986.

Кононович Э.В. Общей курс астрономии. М.2004

Эра царствующих богов: 3000-1500 гг. / Пер. С англ. В.Мартова. -М. 1998 //Энциклопедия “Всеобщая иллюстрированная история.”//

Зигель Ф.Ю. Астрономы наблюдают. М.1977.

Жусупакматов Л.Ж. Саймалуу- Таш сүрөт- жазма сырлары. Б.1991.

1990.

## ТЕХНОЛОГИЯ РЕАЛИЗАЦИИ НОРМИРОВАНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПО ФИЗИКЕ

1Мааткеримов Н.О., 2Утемисов К.Д.

1Ысык-Кульский государственный университет им. К. Тыныстанова, г. Каракол

2Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, г. Бишкек

The Organized psychologist – of pedagogical analysis of the problem, of the standartization process of education in condition of the modernizations of the formation. The Revealled structure of the standartization on example of the course physicists, which level are correlated with system of the standartization methods. Presented results, of the pedagogical experiment on discovery level to readiness future teacher to standartization of the scholastic process.

При модернизации системы образования достижение стратегических целей обуславливает необходимость новых подходов к осуществлению профессиональной подготовки будущих учителей. В Российской концепции преподавания физики на базовом и профильном уровнях говорится: «Поиски путей оптимизации содержания учебных предметов, обеспечения его соответствия меняющимся целям образования могут привести к новым подходам в структурировании содержания учебного предмета – физики» [1, с. 18]. Далее, там же указывается о том, что при разработке образовательных стандартов по физике ставились задачи создания условий для ликвидации перегрузки (выделено нами Н.М., Б.А.) школьников и обеспечения условий для развития их познавательных и творческих способностей.

В условиях модернизации образования нашей республики, наряду с традиционными функциями педагога, актуализируются такие профессиональные функции, как оптимизация и нормирование процесса обучения. От выпускников педагогических специальностей сегодня требуется новое профессиональное мышление, высокая мобильность и компетентность, ориентация на будущее, на созидательный труд [2, 3]. Развивающемуся обществу нужны современно образованные, активные и ответственные специалисты, которые могут самостоятельно принимать решения в ситуациях выбора, прогнозируя их возможные результаты.

В педагогической науке до настоящего времени не существовало единого подхода к трактовке нормирования учебного процесса, не было четкой определенности о том, каковы ее структурные компоненты, содержание, уровни, функции. Но нельзя не согласиться с В.М. Монаховым, который среди многих недостатков современного образования отмечал «ненормированность учебной нагрузки» и далее указывал, что «нет у нас норм функциональной грамотности, в частности, норм математической культуры, необходимой современному образованному человеку, норм географического кругозора школьника и т.д.» [3, с. 27]. Анализ психолого-педагогических исследований по проблеме специфики нормирования процесса обучения на примере разных учебных предметов (математики, географии, начального обучения и др.) выявил, что оно имеет сложную структуру, представляющую совокупность гностического, конструктивного, проектировочного, коммуникативного, исследовательского и др. компонентов (В.Г. Разумовский, Б.С. Гершунский, В.В. Краевский, Э. Мамбетакунов, И.И. Нурминский, В.М. Полонский, А.М. Сохор и др.).

Изучение состава, содержания, уровней и методов нормирования учебного процесса в структуре педагогической деятельности убеждает, что их элементы не определены в полном объеме, не исследована содержательная характеристика, не сформулированы уровни умений педагогического нормирования, не разработаны требования к различным методам нормирования и нормализации учебной нагрузки обучаемых, не выделены условия, обеспечивающие эффективное формирование умений педагогического нормирования.

Наши многолетние исследования проблемы нормирования процесса обучения показали, что знания и умения нормировать учебный процесс необходимы педагогам для разработ-

ки авторских программ и технологий, проектирования образовательных структур в различных типах школ и профильных классов, моделирования учебного процесса, планирования различных дидактических средств обучения, проектирования разных педагогических ситуаций и конструктов, разработки моделей уроков и конструирования форм методической работы при подготовке к ним [6].

В исследовании было определено уровневое содержание нормирования процесса обучения и адекватные им методики, которыми необходимо овладеть будущим специалистам (см. табл. 1).

Определение уровней позволило нам соотнести методы нормирования учебного процесса с расширением исследовательских возможностей учителя и развитием его творчества, соблюдая рамки функциональных обязанностей

Таблица 1. Соотношение уровней и методов нормирования процесса обучения физике

Уровни нормирования учебного процесса	Методы нормирования
Концептуальный	Концепция оптимизации учебного процесса; методы нормирования обучающей деятельности преподавателя и нормализации учебной нагрузки обучаемых; концепция статистических закономерностей обучения и усвоения содержания учебной информации; виды норм и нормативов процесса обучения.
Содержательный	Экспертная оценка содержания физического материала, объема доступности и последовательности изложения, подбор оптимального количества задач и упражнений, физического эксперимента; составление перечня элементов знаний и умений, установление исходных идей и логических связей между ними; распределение учебного материала по уровням цикла научного познания в естественнонаучных дисциплинах; оценка соответствия элементов знаний функциям интеллекта обучаемых разных возрастных групп; выявление согласованности физической информации в программе, учебниках и в реальном учебном процессе.
Технологический	Использование математических методов (однофакторного, многофакторного анализов, граф и матриц и др.) при проведении системно-структурного анализа содержания курса физики; структурирование физической информации, разработка структурно-функциональной модели, технологии и методики обучения конкретных тем.
Процессуальный	Экспериментальное определение бюджета времени (учебного и внеучебного), построение рационального баланса учебного времени, проектирование структурно-логических схем изучения физического материала.

Рис. 1. Структура разработки учебной программы по дисциплине.

Планирование учебной деятельности диктует необходимость использования измеримых характеристик педагогического процесса. К ним можно отнести: объем учебной работы, ее трудоемкость при заданном темпе усвоения, фонд учебного времени, интенсивность (напряженность), ритм учебной деятельности и др. имея формализованные характеристики педагогического процесса можно говорить о его оптимальном планировании. Оптимальное планирование – это такая организация учебного процесса, при которой изучае-

мый материал должен быть в меру трудоемким и новым, логически последовательным, всегда вызывать желание у студентов овладеть им.

С целью оптимизации педагогических процессов нами были использованы известные методы сетевого планирования и управления [5].

Применение сетевых методов планирования и управления и управления учебным процессом позволяет:

- оптимизировать отбор и последовательность изучения учебного материала;
- нормировать объем и положение разделов и тем дисциплин в учебном плане и рабочей программе;
- повысить эффективность самостоятельной работы студентов;
- оптимизировать контроль реализации учебных планов и управление учебным процессом.

В процессе исследования данной проблемы мы выработали структурную схему разработки и нормирования учебной программы по дисциплинам, которая представлена на рис. 1. Она включает в себя три основных этапа.

Первый этап охватывает предварительное определение перечня содержания и объема учебных разделов и тем дисциплины. Второй – это обработка содержания и методическое построение каждой темы и определение ее положения в учебной программе. Третий, завершающий этап состоит в формировании и нормировании учебной программы, которые актуализируются в выборе оптимизированного по соответствующим критериям курса дисциплины.

Считая, что забывание пройденного материала пропорционально времени, мы использовали следующий критерий для выбора оптимальной последовательности. Назовем оптимальной ту последовательность изложения тем, которая имеет минимальный суммарный временной разрыв между всеми логически связанными темами курса. Математическая формулировка задачи выглядит следующим образом: необходимо минимизировать целевую функцию вида  $F(x) = \sum l_{p,q}(x)$ , где  $l_{p,q}(x) = t_i$  – длина дуги упорядоченного графа,  $t_i$  – время изучения темы.

Многие авторы фиксируя наличие или отсутствие логических связей в матрице смежности ориентированного графа, ограничиваются проставлением 0, если связь отсутствует и 1 – если связь имеется. В отличие от этого мы учитываем важность логических связей и для количественной характеристики для каждой дуги вводим понятие весового коэффициента  $v_{ij}$  (принимает значения 0,5; 1; 2; 4). Определение численного значения весового коэффициента  $v_{ij}$  – довольно сложная задача, так как его величина имеет в известной мере некоторую неопределенность и вероятностный характер в силу малой исследованности. Поэтому целевая функция в форме  $F(x) = \sum l_{p,q}(x)$  не учитывает различия между логическими связями, степень важности которых характеризуется весовыми коэффициентами  $v_{ij}$ . Чтобы их учесть, необходимо минимизировать целевую функцию вида  $F(x) = \sum l_{p,q}(x) v_{ij}$

Очень важно для нормирования, с одной стороны, для повышения качества и осознанности знаний по курсу физики обучение студентов общему методу систематизации знаний. С другой стороны, усвоение таких обобщенных подходов имеет большое значение как предпосылка для дальнейшего формирования у студентов профессионального умения по организации деятельности учащихся систематизации и обобщению знаний.

В деятельности по систематизации знаний мы выделяем следующие компоненты:

1. Осмысливание знаний по определенной теме раздела.
2. Выявление физической сути основных эмпирических фактов.
3. Выделение идеального объекта для данной теории или теоретической системы и рассмотрение его качественного приближения к реальному объекту (границ применимости).

4. Определение физических понятий, являющихся основными для данной теории или теоретической системы.
5. Выделение основных положений данной теории.
6. Выделение следствий из основных положений и рассмотрение конкретного примера следствий.

Студентов ознакомили с учебными материалами, в которых подробно рассматривалась структура физической теории. Определяем теорию как систему понятий, идей, представлений, знаний, раскрывающую в обобщенной форме существенные свойства объективной действительности, на основе которых достигается объяснение и предсказание явлений [6]. Рассматриваем основные элементы физической теории с соответствующими объяснениями. Для студентов были подготовлены специальные материалы, в которых, например, в одном семестре было описано структурирование основных тем курса молекулярной физики, адекватно структуре физической теории [4].

По всем темам молекулярной физики разрабатывались задания для внеаудиторной работы по систематизации знаний соответственно структуре физической теории и нормированному бюджету учебного времени. Мы оказывали необходимую методическую помощь студентам при выполнении заданий по систематизации знаний в индивидуальной работе с каждым из них.

В заключение нужно отметить, что квантовая теория молекулярных систем является общей теорией, а классическая молекулярно-кинетическая теория – частным случаем общей теории:

Таким образом, организовав экспериментальное обучение, мы получили подтверждение необходимости специального подхода, к систематизации знаний и а) выделили систему знаний, адекватную структуре физической теории как «инвариант» физических знаний; б) проанализировали деятельность по систематизации знаний в соответствии со структурой физической теории; в) обучали студентов систематизировать свои знания по конкретным темам курса молекулярной физики в соответствии с основным составом физической теории.

Затем на основании сформулированного общего способа деятельности по систематизации знаний мы подвели студентов к формированию следующих умений:

- а) преобразовывать усвоенный учебный материал по курсу молекулярной физики в систему, адекватную структуре физической теории и соответственно выделять основные понятия и законы физики, их следствия;
- б) выявлять физический смысл процессов и явлений, изучаемых в молекулярной физике, и перенести этот смысл на школьный уровень;
- в) оценивать различие в определении и содержании основных понятий в вузовском и школьном курсе молекулярной физики;
- г) выявлять в содержании школьного курса физики систему знаний, адекватных структуре физической теории (умение систематизировать учебное содержание школьного курса физики соответственно структуре физической теории);
- д) выделять на основании знания структуры и содержания молекулярной физики основные структурные элементы знаний в школьном курсе физики (теории, понятия, законы, принципы).

Перед студентами была поставлена задача перенесения основных знаний курса общей физики на школьный уровень на основе глубокого анализа учебного материала и сопоставлении собственных знаний в школьном и вузовском обучении. С другой стороны такой подход к организации обучения способствует появлению интереса у студентов к учительской профессии. Многие студенты в процессе обучения говорили, что действительно интересно обдумывать, что можно передать школьникам как идею из содержания изучаемой ими науки физики.

Опыт многих вузов, занимающихся исследованием учебного процесса, и результаты наших исследований, показали, что установить какой-то однозначный качественный показатель производительности труда студентов не представляется возможным. Во всех случаях оказалось, что время, затрачиваемое студентами на выполнение задания, колеблется в довольно широких пределах, образуя некоторую совокупность, представляющую собой вариационный ряд. При этом статистические данные по затратам времени студентами на самостоятельные работы описывались нормальным законом распределения или близкими к нему законами.

В модель профессиональной подготовки учителей физики нами были включены критериальные показатели и определены уровни формирования умений педагогического нормирования, которые являлись инструментом для проведения мониторинга:

- высокий (креативный) – ярко выражен интерес и устойчивая мотивация к педагогическому нормированию. Студент знает методологию, теоретические основы и технологию нормирования учебного процесса, обладает умениями синтезировать знания из разных разделов курса физики с достижениями психологии и педагогики, отличается высокой степенью результативности нормировки, творческой активностью, самореализуется в учебно-профессиональной и научно-исследовательской деятельности, обладает нестандартностью мышления, умеет генерировать идеи, владеет всеми уровнями нормирования;

Таблица 2. Уровни готовности будущих учителей физики к нормированию процесса обучения

Уровни	Срезы			
	исходный	промежуточный	контрольный	итоговый
Низкий	65,3	42,5	27,2	14,2
Средний	24,6	41,0	54,3	59,2
Высокий	10,1	16,5	18,5	26,6

- средний (репродуктивный) – отличается вполне устойчивым интересом и положительной мотивацией к нормировочной деятельности. Студент обладает знаниями теоретических основ и технологии нормирования, осуществляет осознанную и последовательную деятельность по нормированию основных элементов учебного процесса, но не всегда учитывает специфику ситуации. Умения проявляются не систематически на процессуальном и технологическом уровне нормирования. Прослеживается самостоятельность, но без активности, чаще используются алгоритмические предписания при системно-структурном анализе учебного процесса в известных ситуациях;

- низкий (адаптивный) – интерес и мотивация к нормированию процесса обучения проявляются слабо. Студент не обладает достаточными знаниями теоретических основ и технологии педагогического нормирования, использует только алгоритмические предписания, реализацию готового проекта в практической деятельности осуществляет не уверенно, не полно, самостоятельность проявляет только на процессуальном уровне нормирования, слабо владеет рефлексией нормировочной деятельности, корректирует нормирование только под руководством преподавателя.

Разработанная структура методики нормирования процесса обучения была в течение нескольких лет апробирована в реалиях образовательного процесса на физическом отделении физико-технического факультета БГУ им. К.Тыныстанова и были получены результаты, представленные в табл. 2.

Итоги педагогического эксперимента свидетельствуют о продуктивности предложенной структуры процесса нормирования будущим учителям физики и астрономии. Если исходный средний и высокий уровни готовности составляли 34,7%, то по завершении эксперимента они выросли до 85,8 %. Одновременно низкий уровень готовности будущих педагогов к нормированию процесса обучения физике существенно уменьшился с 65,3 % до 14,2 %. Следует отметить, что прирост среднего уровня готовности при контрольном и итоговом срезах (от 54,3 % до 59,2 %), а также прирост высокого

уровня готовности при промежуточном и контрольном срезах (от 16,5 до 18,5) составляют менее 5%, что находится в пределах ошибки педагогического эксперимента и эти моменты требуют дальнейшего изучения.

Проведенное исследование позволяет высказать следующие обобщающие положения. В профессиональной подготовке учителя физики и астрономии важное место занимает овладение методикой нормирования процесса обучения. Она выступает не только непосредственным результатом обучения, но является главным связующим звеном государственного образовательного стандарта, вузовского компонента и курсов по выбору профессионального образования.

Литература

Концепция преподавания физики в старших классах на базовом и профильном уровнях // Физика в школе. – 2005, №4, с. 4-15.

Мамбетакунов Э. Физиканы окутуу теориясы жана практикасы. – Бишкек: Ж.Баласагын ат. Кыргыз улуттук университети, 2004, 490 б.

Монахов В.М. Аксиоматический подход к проектированию педагогической технологии // Педагогика. – 1997, №6, с. 26-31.

Мааткеримов Н.О., Бабаев Д.Б., Аденова Б.Т. Теоретико-дидактические основания структуризации физического знания. – Материалы Междунар. науч.-практ. конф. “Модернизация содержания, технологий обучения и воспитания: мировой опыт и проблемы” // Вестник ИГУ. – Ч. I. – 2007, №18, с. 239-243.

Лесин В.В., Лисовец Ю.П. Основы методов оптимизации для вузов. – М.: МАИ, 1998, 347 с.

Мааткеримов Н.О. Система нормирования учебного процесса по физике в средней школе (спецкурс). – Каракол: ИГУ им. К. Тыныстанова, 1998, - 18 с.

## ФИЗИКАНЫ ГУМАНИТАРИЗАЦИЯЛОО ЖАНА ИЛИМИЙ КӨЗ КАРАШТЫ КАЛЫПТАНДЫРУУ ЖАНА ӨНҮКТҮРҮҮ

Султанкулов. Д.И.

И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университет, Бишкек ш.

Физика илиминин өнүгүшү, жаратылыш кубулуштары жөнүндө далилдүү, маанилүү, объективдүү түшүнүктөрдү калыптандырды. Физика илиминин өнүгүү процессинин натыйжасында илимий-техникалык революция ишке ашып жатат. Ошондой эле техниканын, өндүрүштүк технологиянын өнүгүшүнө түздөн-түз себепчи жана башкы кыймылдаткыч күч болуп калды. Илим өнүккөн сайын, илимдин өнүгүү абалын аныктоочу илимий көз караш да, калыптануу жана өнүгүү менен, ал жалаң эле техника эмес, искусство, маданият, адамдардын жашоо тиричилигине да, олуттуу таасир берип келүүдө. Ошондуктан коомдун өнүгүү процессине кошкон көп кырдуу, терең салымы үчүн фундаменталдык илимдердин ичинен физика илими өзгөчө айырмаланып, аброю кыйла бийикке көтөрүлдү. Адамдардын жашоо-тиричилигине да, оң таасир берүүчү маанилүү фактор болуу менен, жалпы адамзат маданиятын көтөрүүдө да, маанилүү ролду ээлөөдө.

Азыркы учурда, ошол эле далилденген илимий теория, закондор илимий-техникалык жетишкендиктер өз деңгээлинде, өз мезгилинде, ар кыл массалык маалымат каражаттар аркылуу коомчулукка туура жеткирилбегендиктен, коомдо фундаменталдуу илимий билимге маани берилбей, илим изилдөөчү мекемелерде, окуу жайларда кош көңүлдүк өкүм сүрүп калды. Ошентип, жаштарыбыз толук кандуу илимий билимден алыстап, илимий негиздүү көз карашы жок болуп, арабөк калышты. Айрым, «адашкандары» ар кандай диний агымдарды ээрчип жүрүшөт.

XX кылымдын экинчи жарымынан кийин коомдо “технократизм” өкүм сүрүп баратат, ал экологияга терс таасирин тийгизип жатат деген алысты көрбөгөн идеологдор пайда болуп, көзгө көрүнгөн гана бир жактуу түшүнүктөрү менен коомго айгай салышкан. Алар, тех-

никанын, технологиянын өнүгүшүнө каршы болуу менен биринчи кезекте коомдо руханий жакырсыздыкты жоюу керек деп, коңгуроо кагышкан. Руханий жана социалдык жакырсыздыкты техника, технология, экономиканын жардамы менен жоюуга болоорун түшүнүшкөн эмес. Алардын кыйкырыгы ач-айкырык, куру-сүрөөн экенин кийин турмуш далилдеди. Адамдын, жаратылыш кубулуштарынын, коомдогу саясий-социалдык, экономикалык процесстердин өнүгүүсүнүн ички сырларынын себептери, илимий түшүнүгү табият илимдеринде жатканын эсепке алышкан эмес. Ошентип алар – табият илимдери жаратылыш кубулуштарын изилдөөдө мезгилинде салыштыруу, айырмалоо, тактоо, эсептөөлөр жаштардын аналитикалык сапатка, илимий көз карашта дүйнө таануу мүмкүнчүлүгүнө эгедер кылаарына маани берише албаган. Ал «гуманитаристтерге» так, далилдүү аргументтер менен чечкиндүүлүк кырдаалында, коомчулук тарабынан өз убагында түшүндүрүү болбогондуктан, биринчи кыйкыргандардыкы туура көрүнүп, коомдо да, таалим-тарбия процессинде да табигый-математикалык илимдерге өзгөчө көңүл буруу маселеси экинчи катарга түшүп калган. Коомдо жалпыга бирдей билим берүү саясатынын эсебинен мектепте да теңдемчилик түзүлгөн, фундаменталдык илимдин предметтерине мамлекет тарабынан приоритеттүү мамиле болбой калган. Ошол себептүү фундаменталдык илимдердин коомдук аң-сезимди өнүктүрүүдө, мамлекеттин социалдык-экономикалык абалын чыңдоодогу ролу, илимий көз карашты өнүктүрүүдөгү маани-маңызы бааланбай келет. Мамлекеттин социалдык-экономикалык негизин аныктап-түзүүчүлүк милдетти аткарган илимдер коомдун негизги кыймылдаткыч күчү экенине алигиче да толук маани берилбей жатат. Себеби адамзаттын жашоо тиричилигине, мамлекеттин саясий, социалдык, экономикалык жактан өнүгүшүнө, күч-кубатка ээ болушуна иш жүзүндө фундаменталдык илимдердин салымы зор эмеспи. Физика сабагын гуманитаризациялоо дегендин түпкү-теги ушул жерде жатат.

Коомдогу бул кырдаал мектепте физиканы окутуу процессине да тескери таасирин тийгизбей койгон жок б.а. ошентип жетик эмес саясий көз караштын тескери таасиринен физиканы окутуунун илимийлүүгүнүн деңгээли түшүп кетти. Албетте бул көрүнүш түздөн-түз окуучулардын билим сапатынын төмөндөшүнө алып келген.

Мамлекет чыгармачылыкты, кесипкөйлүктү баалабаган соң, ошого жараша өлкөдө илимдин өнүгүшү, мектепте билим берүүнүн деңгээли, окуучулардын билим сапаты да төмөндөй баштаган. Коомдогу табият илимдерине болгон салкын көз караш окумуштууларды, мектеп мугалимдерин кош көңүлдүүлүккө, ал эми мектептин материалдык базасы төмөндөп, окутуунун сапаттык деңгээли түшүп, окуучулардын физикадан алыстай башташына чоң себепкер болду. Мындай табият илимдерине салкын көз караштын натыйжасы келечекте кандай болоорун өз мезгилинде Э. Шредингер төмөндөгүчө белгилеген: «забыть, что все естественные науки связаны с общечеловеческой культурой и что научные открытия, даже кажущиеся в данный момент наиболее передовыми и доступными понимания немногих избранных. Все же бессмысленны вне своего культурного контекста». Окуучунун физика илимине кызыгуусун пайда кылып, алардын билим алууга болгон умтулуусун арттыруу үчүн, практикалык-турмуштук ордун ачып, физика илиминин өзүн гуманитаризациялаштырууда жатат деп белгилейт: профессор Мамбетакуннов Э.М.

Албетте, физика илими адамзатка, алардын жыргалдуу турмушу, келечек тагдырына, жалпы эле коомдун гүлдөп, өнүгүшү үчүн кызмат кылып келет. Мындан бул илимдин башка илимдер сыяктуу эле адамкерчиликтинин маани-маңызы далилденип турат. Эгерде биз окутуу процессинде физиканын илимийлүүлүгү аркылуу, анын ички маңызын, философиясын, гуманисттик максатын, турмуштук ордун ачып бере алсак, анда коом жана окуучу үчүн актуалдуу болгон илимий көз караш жана туруктуу турмуштук позиция калыптанат. Орто мектепте физиканы окутуу процессинде гуманитаризациялаштыруу проблемасын карап көрсөк. Физика курсу, окуучунун илимий-теориялык негизги түшүнүктөрдү жеңил кабыл алууга, техникалык жөндөмдүүлүгүн ачууга багытталышы кажет. Ошондой эле физика деген өзү эмне, илим катары эмнелерди түшүндүрөт, окуучу ал-

ган илимий билимдерин кантип негиздейт жана проблемаларын кандайча жол менен чечет. Илимий таануу процессинде түшүнүк, теория, закон жана эксперимент кандай орунду ээлешет. Илим таанууда логикалык жана интуитивдик ой жүгүртүүлөрдүн өз ара кандайча байланышы болушу мүмкүн? Илимий ой жүгүртүү менен жөнөкөй ой жүгүртүүнүн ортосундагы байланыш жана айырмалары кандай? Табият закондору менен коом закондорунун айырмалары, окшоштуктары барбы? Илим менен искусствонун айырмасы, байланышы барбы? Албетте, окутуу процессинде мындай түшүнүктөрдү калыптандыруу үчүн тарыхый, маданий мисалдарды, фактыларды пайдалануу максатка ылайыктуу. Окуучуларга физиканын илим катары өзгөчөлүгүн түшүндүрүү үчүн салттуу (традициялуу) ыкмаларды пайдалануу алда канча жетишсиздик кылат. Мисалга алсак, окутуу процессинде ДФС (дүйнөнүн физикалык сүрөттөлүшү) жөнүндөгү түшүнүк, жалпысынан караганда чыныгы физикалык сүрөттөлүштөн алыстап кеткен. Ошондуктан бул четтөөнү жакындатуу милдети турат. Азыркы мезгилдеги физика илиминин көңүлүнүн борбору ыктымалдуулуктун закон ченемдүүлүктөрүнө, симметрия принциптерине жана алардын физиканын закондору менен өз ара байланыштарына, фундаменталдуу турактуулуктарга, шайкештик принциптерге, аныксыздыкка, өз ара аракеттешүүлөрдүн түрлөрүнүн биримдигине топтолгон. Алардын маани-маңызы физика илимин жана жалпы эле табият таануу илимдерин бүтүндөй алып караганда да алыскы чекте турат.

XXI кылымда космосто жашоонун бар же жок экендиги жана микро-, макро-, мегадүйнөлөрдүн өз ара байланышын изилдөө окумуштуулардын келечек проблемасы болуп турат. Физиканын гуманитардык мүнөзүн ачып окутуу илимдин практикалык маанисин түшүнүүгө, окуучулардын таанып билүү жөндөмдүүлүгүн арттырууга, дүйнөгө болгон илимий көз карашын кеңейтет. Физика илим катары жана адамдын чыгармачылык деңгээлин өстүрүү менен философиялык ой жүгүртүү мүмкүнчүлүгүн ойготууга, эстетикалык табияттын калыптанышына да шарт түзүп берет.

Адам жашоосу ар кандай турмуштук кыйынчылыктарды башынан кечирбесе, адам жашоонун кызыкчылыгын жоготот жана жашоонун маңызын да түшүнбөй өтүп кетиши ыктымал. Сабакта демонстрациялык тажырыйбаларды көрүп, жана лабораториялык-практикалык сабактарда тажырыйбаларды өз колу менен жасап, физикалык кубулуштардын, закондордун келип чыгуу себептерин, физикалык чоңдуктардын ортосундагы байланыштарды аныктап, эсептөөлөрдү жүргүзүп, жаратылыш кубулуштарынын ички гармониясы, кубулуштардын, өзгөрүү, айлануу процесстеринин жүрүшү, таң калтырбай койбойт. Бул процесстин жүрүшү, натыйжасы окуучунун эмоциясын көтөрүп, эргүү, ички канааттануу, өзүнө ишенүүгө окшогон адамдык сапаттарды, чыгармачылык энтузиазмды, илимий көз карашты өнүктүрбөй койбойт (Гершунский Б.С.). Бул илимдин ички сулуулугун, фундаменталдуулугун билдирет. Жаратылыштын фундаменталдуу закондорунун адамдын тулку-боюна, сезимине таасир берген, тереңдикте жаткан ички сулуулугун көрүү үчүн, таза ой жүгүртүүгө, терең акылга ээ болууга чакырат (Гершунский Б.С.). Ошентип бул илим, жаштардын сезимталдуулугуна, адамкерчиликтүүлүгүнө өзгөчө таасир бере алат. Бекеринен эл ичинде физиктер-лириктер деген сөз калкка тараган эместир. Тилекке каршы, дайыма эле жогоркудай физиканын өзүнүн ички потенциалын эффективдүү пайдалануу менен айрым учурларда окуучунун психологиясына таасир бере албай келебиз.

Физика илимин гуманитаризациялоо илимий көз карашты калыптандыруу жана өнүктүрүүнүн эң башкы жардамчысы жана механизмдеринин бири катары кароого болот. Мындайча айтканда бул ыкма менен бир эле учурда гуманисттик сапаттарды жана илимий көз карашты калыптандырууга жана өнүктүрүүгө мүмкүн (Ильченко В.Р.). Физиканы окутууда гуманитаризация маселесин чечүү үчүн азыркы учурдагы илимдердин илимий билимдерин жана изилдөөлөрүн интеграциялоо маселеси турат. Азыркы илимдердин башкы маселесинин бири илим изилдөөнү да интеграциялоого көңүл буруу проблемасы бар (А.Ж. Жайнаков). Ал илим өзгөчө коом үчүн, жалпы адамзат маселесине тийешелүү болсо, ал илимий билимдин баалуулугу жогорулашы керек. Коом илимден адамзат келечек тагдырын сактоо маселеси боюнча чоң фундаменталдуу проектти күтүп жатат. Ко-

омдун бул талабын физиканы окутуу процессинде окуучулардын акыл-эсинде калтыруу менен физика илиминин адам жана коомдогу ордун, маанисин б.а. адамкерчилигин аң-сезимге жеткирүү маселеси актуалдуу (Тихомиров О.К.). Албетте, бул проблема коом астында окутуучулардын ыйык милдеттеринин бири деп айтууга болот. Ушунун өзү физиканы окутуунун бирден-бир илимий көз карашты калыптандыруу жана өнүктүрүү максаты экенин түшүндүрөт. Ошондуктан ар бир адам жана коом үчүн, илимий билимдин баалуулугуна ынандыруу маселеси, дайыма олуттуу бойдон кала берет. Эгерде окутуу процессинде илимий билимдин практикалык мааниси гана жеткиликтүү берилсе, анда дүйнөгө болгон көз карашты калыптандыруу жана социомаданий маселелерди түшүндүрүү боюнча гана чектелип, окутуу процессинин али натыйжалуу болбой жатканын билүүгө болот.

Методикалык адабиятарда окуучуларга илим жөнүндөгү түшүнүктү өнүктүрүүчү билим катары кандайча калыптандырууга мүмкүн экендиги туралуу, А.В. Усованын методика преподавания физики аттуу китебинде айтылган [13]. Андыктан сабак жалаң эле практикалык мааниси менен чектеле бербестен сабактын эң башкы милдети болгон илимийлүүлүгүн колго алуу маанилүү. Себеби, окуучу илимий билим аркылуу жаратылыш кубулуштарынын сырларын түшүнөт, дүйнө тааныйт, илимий көз карашы өнүгөт. Жаратылыш сырларын түшүнүү, адамды, өзгөчө жаштардын ички сезимин козгоп, он эмоция (толкундануу, эргүү, чыгармачылык ойгонуу, чөйрөгө жакшылык каалоо ж.б.) берет. Мындай жагдайлар окуучулардын адамкерчилик сапаттарын өнүктүрүүгө өбөлгө болоору баарыбызга белгилүү. Бул жогорку сапаттардын бардыгы дүйнө таануунун натыйжасынан, илимий көз караштын өнүгүүсүнөн келип чыгат. Ал эми, илимий көз караштын өнүгүү денгээли илимий билимдин сапатына, топтомуна байланыштуу. Албетте, илий көз карашка ээ адам дүйнөгө башка көз менен карайт. Анткени, илимге таянган соң, ал окуучу илимий көз менен, кошумча көрүү, таануу мүмкүнчүлүгүнө каражаттарына эгедер кылат. Ал сапатка эгедер окуучулар чөйрөдөгү бардык нерселерге аяр мамиле жасайт. Бул деген сөз менен, акыл айтуудан (нрава учение) келип чыккан тарбиянын натыйжасы эмес, илимий көз караштын өнүгүү даражасынын белгиси, илимий билимдин түздөн-түз таасири. Тарбиялоонун кыйыр жол менен турмушка ашышы. Ошентип тарбия билим аркылуу, өнүгүү процессинде гана ишке ашаарын практика далилдеп келет. Андыктан, билимдин күчүн окуучуларды тарбиялоо үчүн, каражат катары ийкемдүү пайдалана алганда гана, күткөн натыйжага жетүүгө болот (Моцанский В.Н). Илимий билим тарбиялоонун сүрөөнчүсү, акыл айтып, кеңеш берүүчүсү, жол көрсөтүүчүсү. Мындан сабактын адамкерчиликтүүлүгүн арттыруу үчүн, окуучулардын адамдык сапатын, ыйманын калыптандыруу үчүн, сабактын илимийлүүлүгүн көтөрүү биринчи кезекте турат. Окуучуларда ыймандуулук илимий билимден келет, кыйытып жазылган адабий чыгармадан келет. Албетте, чөйрөдөн келет. Ички сезимге таасир этпеген кургак сөз менен убактылуу алдоого болот, бирок түбөлүк ынандырууга негиз жетишпейт. Эртең эле башка жолго түшүшү мүмкүн. Себеби адамды ынандыра алчу аныкталган фактылары, көз менен көрүүгө мүмкүн болчу же тажырыйба аркылуу көрсөтүлчү далилдери, б.а. негиздүү илимий билими, таянычы жок.

Биз, көбүнчө ыймандуулукту илимдин түпкү мааниси-маңызы аркылуу жеткире албагандыктан, кошумча ыйман сабагын киргизүүгө мажбур болуп келебиз. Бул багытта, адеп-ахлак проблемасын табият таануу, адабият сабактары боюнча мугалимдер өз предметинин түпкү философиясын, функциясын түшүнбөгөндүктөн жана методикалык чеберчилигинин чектелүүсүнөн өз милдетин аткара албай жатышат. Жогорудагы сабактардын максаты жалаң эле илимий билим берүү эмес да, анын экинчи да максаты бар эмеспи, ал илимий билимдин эсебинен тарбиялоо проблемасын ийкемдүү чечүү жана жогорулатуу. Ынгайы келген тема, главаларда, ал максаттарды коюу менен, аларды тереңдетүү жана өнүктүрүү. А биз аны көнүлдүн сыртында калтырып, чыгармачылык менен мамиле кылбай, чыгымсыздык кылып жатабыз. Же билбейбиз, же кош көнүлдүк бизди басып алган.

Физика сабагын окутуунун жүрүшүндө, физика илими менен техниканын байланышын айкалыштырууда гуманитаризация жана илимий көз карашты калып-тандыруу жана өнүктүрүү маселесин бирге чечүүдө, кайрадан ал проблемалар бири-бирине көмөкчү жана толуктоочу милдетти аткарат. Эгерде тактап айтсак, илим салыштырмалуу чындыкты изилдейт, ал эми техника илимдин ачылыштарын, жетишкендиктерин адамдын жана коомдун кызыкчылыгы үчүн пайдалануу максатын көздөйт.

Физика менен техниканын байланышын чындоо деген сөз калктын чын ден-соолукта, бакыбат жашашын жана коомдун социалдык-экономикалык проблемаларын жеңил чечүүгө мүмкүнчүлүк түзүүгө жардам берет. Кыскача айтканда, окутуу процессинде илим менен техниканын өнүгүшү адамзаттын жашоо-тиричилигине, экономиканы өнүктүрүүнүн, экономикалык прогресстин локомотиви экенине, өндүрүштүк технологиянын өнүгүшүнө тийгизген таасирин ынанымдуу бере алсак, анда окуучулардын физика илимине болгон кызыгуусу жогорулап, илимге болгон көз карашы өсүп-өнүгөт, илимге болгон мамилеси да өзгөрөт. Ошол таасир-таалимдин негизинде окуучуда физика илимине болгон сыйурмат пайда болуу менен, мүмкүн окуучулар дагы, бул илимди аркалоого жипсиз жетелет.

Адабияттар

1. Мамбетакунов. Э. Физикалык түшүнүктөрдү калыптандыруу проблемасы жана анын чечилиши. Вестник КГНУ. Серия 3. Б.2002.
2. Мамбетакунов. Э. Сияев. Т.М. Педагогиканын негиздери. Б.: 2008.
3. Мамбетакунов. Э. Физиканы окутуунун теориясы жана методикасы. Б.: 2006.
4. Мощанский. В.Н. Формирование мировоззрения учащихся при изучении физики. М. Просвещение. 1976.
5. Зимняя. И.А. Педагогическая психология. Ростов-на-Дону. Феникс.1997.
6. Тихомиров О.К. Психология мышления. М.: Изд-во МГУ. 1984.
7. Гершунский Б.С. Философия образования для XXI века. М.: Совершенство. 1998.
8. Ильченко В.Р. Формирование естественнонаучного миропонимания школьников. М.: Просвещение. 1998.

УДК 54.07: 378.1

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УКЛАДЫ (ВОЛНЫ) И РАЗВИТИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

Тузов Л.В., Карашев Т.

Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, Бишкек, ул. Фрунзе 547

Под технологическим укладом (волной) в индустриальный период развития общества понимают экономический этап в развитии капитализма продолжительностью в 50-55 лет (по некоторым мнениям 40-60 лет), для которого характерен определенный уровень развития производительных сил [1]. Как правило, в истории капитализма такие этапы заканчиваются кризисами, подобными кризису 2000-х годов, за которыми следует переход производительных сил на более высокий уровень развития. Это понятие ввел российский ученый-экономист Николай Дмитриевич Кондратьев (1892-1938). Он занимал ответственный пост во Временном правительстве Керенского, а затем возглавлял московский Конъюнктурный институт, был начальником Управления экономики и планирования сельского хозяйства Наркомзема СССР. На основе созданной теории технологических укладов (волн) Н.Д. Кондратьев предсказал депрессию экономики 1930-х годов. Из этой же теории вытекало и возникновение современного кризиса, а также неизбежность предстоящего кризиса после 2040-х годов.

В более широком смысле технологический уклад это комплекс прорывных освоенных инноваций (изобретений), обеспечивающих количественный и качественный рост в развитии производительных сил человеческого общества [2]. В этом смысле общество в своем ис-

торическом развитии прошло ряд не только индустриальных, но и доиндустриальных технологических укладов. На ранних стадиях развития основу укладов составляла мускульноручная и конно-ручная энергетика. Научными достижениями тех времен были изобретения, усиливающие мускульные возможности человека и животных. В их числе можно назвать колесо, рычаг, винт, наклонную плоскость, весло, катапульту и др.

В таблице приведены основные характеристики индустриальных укладов. В первой строке указаны их приблизительные временные интервалы; во второй – преобладающие в укладе виды промышленного производства и его энергетического обеспечения; в третьей и четвертой – «научное сопровождение» и выдающиеся ученые, труды которых наиболее значимы для рассматриваемого уклада. В последней строке даны приблизительные оценки вкладов в современную экономику производительных сил, обеспечивших в свое время «расцвет» того или иного уклада. Здесь же приведены некоторые данные, характеризующие оценку значения науки и образовательного процесса для развития производительных сил в некоторых странах.

Первый индустриальный технологический уклад (1785-1835) был основан на новых технологиях в текстильной промышленности, использовании энергии воды.

Во втором технологическом укладе (1830-1890) произошло ускоренное развитие железнодорожного и водного транспорта на основе паровых машин, широкое внедрение паровых двигателей в промышленное производство.

Для третьего уклада (1880-1940) характерно использование в промышленном производстве электрической энергии, развитие тяжелого машиностроения и электротехнической промышленности на основе использования стального проката, новых открытий в области химии. Произошло распространение телеграфа, радиосвязи, развитие автомобильной промышленности. Образовались крупные фирмы, картели, синдикаты, тресты. на рынках возникло господство монополий. Началась концентрация банковского и финансового капитала.

В четвертом укладе (1930-1990) сформировался мировой уклад, основанный на дальнейшем развитии энергетике с использованием нефти и нефтепродуктов, газа, средств связи, получении новых синтетических материалов. Наступил период массового производства автомобилей, тракторов, самолетов, различных видов вооружения, товаров народного потребления. Широкое распространение получили компьютеры и программные продукты. В военных и мирных целях используется атомная энергия. Конвейерные технологии становятся основой массовых производств. Возникают транснациональные и межнациональные компании, которые осуществляют прямые инвестиции в рынки различных стран.

Пятый уклад (1985-2035) опирается на достижения в области микроэлектроники, информатики, биотехнологии, геномной инженерии, использовании новых видов энергии, материалов, освоения космического пространства, спутниковой связи и т.п. Происходит переход от разрозненных фирм к единой сети крупных и мелких компаний, соединенных электронной сетью на основе интернета. Осуществляется их тесное взаимодействие в области технологий, контроля качества продукции, планирования инноваций.

Шестой уклад начинает оформляться в развитых странах мира в наши годы. Его признаки появились в США, Японии, КНР. В фазу зрелости вступит в 2040-е годы. Характеризуется нацеленностью на развитие и применение наукоемких, или, как их называют, «высоких технологий». К их числу относятся термоядерная энергетика, микромеханика, био- и нанотехнологии, геномная инженерия, мембранные и квантовые технологии, фотоника и другие, о которых мы еще не знаем, Синтез достижений на этих направлениях должен привести к созданию, например, квантового компьютера, искусственного интеллекта и в конечном счете обеспечить выход на принципиально новый уровень в системах управления государством, обществом, экономикой. По существу это будет первый постиндустриальный уклад, обеспечивающий наиболее высокие возможности странам, экономике, людям.

В России о шестом укладе говорить рано. Здесь доля технологий пятого уклада составляет примерно 10%, в основном, только в военно-промышленном комплексе и в авиакосмической промышленности. Более 50% технологий относятся к четвертому уровню, а почти треть – к третьему.

Каждому укладу предшествует или каждый уклад сопровождается развитием новых направлений естественных наук. При этом для развития и совершенствования производства используются и «старые» науки. Именно на достижения фундаментальных, прикладных наук и поисковых разработок опирается инновационный процесс, разработка новых технологий, выпуск более совершенной и конкурентноспособной продукции. Поэтому в каждом технологическом укладе успешно функционируют те отрасли, для которых разработаны передовые технологии, и те страны, которые уделяют преимущественное внимание развитию науки. Например, в США наука выбрана главным приоритетом развития экономики. Там в 2009 году спикер палаты представителей конгресса США Нэнси Пелоси провозгласила: «У Америки сегодня четыре приоритета – это наука, наука, наука и наука. Это и основной национальный интерес США, и основа американской национальной безопасности» [3]. Там доля производительных сил пятого технологического уклада составляет 60%, четвертого – 20%, на финансирование науки ассигновано 3% от валового внутреннего продукта. И не случайно то, что американцы уже вошли на 5% в шестой технологический уклад. Это дает основания экономистам для прогнозирования новой научно-технической и технологической революции в 2020-2025 годах. Ее основой станут разработки, синтезирующие достижения отмеченных выше базовых направлений.

В России доля технологий пятого уклада составляет всего 10% и это только в наиболее развитом военно-промышленном комплексе и авиакосмической промышленности. Более 50% технологий относится к четвертому уровню и 30% – к третьему [1]. Сумма ассигнований на научные исследования и разработки составляет только 1% от ВВП. Вопросом выживания для страны стало ее вхождение в шестой экономический уклад. Без этого для России уготована миссия вечно догонять другие страны. Для того чтобы вместе с другими передовыми в экономическом отношении странами выпускать высококачественную продукцию и улучшать жизнь своих граждан, сейчас в России предпринимаются значительные усилия. Подготовлен для обсуждения в Госдуме и последующего утверждения указом Президента документ «Основы политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2020 года и дальнейшую перспективу». Согласно этому документу стратегической целью является выход России к 2020 году на мировой уровень научных исследований и разработок, освоение шестого технологического уклада. К этому году доля затрат на науку должна дойти до 3% – уровня, необходимого для обеспечения технологической безопасности страны.

В США развитие науки поддерживают не только долларами, но и повышением качества образования в области математики и естественных наук. На совершенствование образования и стимулирование подготовки учителей по этим предметам выделены значительные дополнительные средства. В России же недавнее реформирование среднего образования привело к сокращению часов на преподавание физики и других естественных наук в пользу гуманитарных предметов. Это уже сказалось на снижении подготовки студентов [1]. «Основы...» предполагают исправление ситуации, устойчивое развитие естественно-научного образования, подготовку научных и инженерных кадров высокой квалификации, достаточной для решения поставленных задач.

Мы не располагаем данными наших экономистов об уровнях вложений различных технологических укладов в экономику Кыргызской Республики. Но с уверенностью можно считать, что в 60-80-е годы прошлого века Республика надежно входила в четвертый уклад. Пятый уклад так и не наступил. Некоторые начальные шаги вхождения в этот уклад

наблюдаются, возможно, лишь в области информационно-коммуникационных технологий. Перешагнуть же два уклада и войти сразу в шестой уклад, чтобы дальше развиваться вместе с передовыми державами, не реально. Для этого нужны огромные средства, неподъемные для Республики. Даже для мощной России, чтобы перешагнуть через один уклад, требуется, судя по ее планам, 20 лет! Однако это не исключает необходимости развития у нас науки и повышения качества образования. Мы должны быть готовы – хотя бы на уровне понимания – к использованию достижений базовых направлений науки, характерных для шестого уклада. К сожалению, решению связанных с этим проблем у нас уделяется пока недостаточное внимание как в научной среде, так и в системе образования. Последнее Правительственное постановление, ориентированное на реформирование науки, принималось в 2003 году. Но оно осталось не выполненным, ход его выполнения даже ни разу не обсуждался. Предусмотренное тем документом повышение доли науки в ВВП к 2005 году с 0,1 до 1,0% не произошло. А если точнее, сейчас эта доля составляет всего 0,12% (тогда как на содержание госаппарата расходуется 5% от ВВП, то есть в 40 раз больше!). В 2006 году специальной комиссией при Президенте была начата подготовка стратегически важного для всех научных учреждений Республики документа – новой концепции развития науки. И эта работа не завершена.

В последние годы отошла на задний план естественно-научного компонента образования. Сокращаются часы, выделяемые в школах на изучение физики и других естественных дисциплин. В некоторых классах и школах физика вообще не преподается из-за отсутствия учителя физики. В этом году на физический факультет Национального университета значительная часть абитуриентов принята с очень слабыми знаниями по физике. Учитывая, что без глубокого знания физики и смежных дисциплин специалистам будет невозможно работать в грядущих технологических укладах, необходимо принятие кардинальных и срочных мер для того, чтобы не остаться на обочине научно-технического прогресса. Соответствующие предложения ведущих физиков недавно представлены Правительству.

#### Литература

1. Каблов Е.Н. – директор ВИАМ, академик. Шестой технологический уклад // Наука и жизнь, 2010, №4. с.2-7.
2. Белоусов В.И., Белоусов А.В. Технологические уклады и преодоление экономических кризисов // Технологии, экономические циклы.- 2010.- Интернет.
3. Колесниченко О. Национальный интерес. Американцы выбрали науку главным приоритетом экономики // Поиск, 2010, №8-9 (1082-1083), 19 февраля, с.21.

#### ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ

Орехова И.Д.

Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, Бишкек, ул. Фрунзе 547

Задача современного ВУЗа – подготовка конкурентоспособного специалиста. Информационный бум, сопровождающий нашу жизнь, заставляет нас, педагогов. Пересматривать традиционные формы работы. Переосмысливать содержание образования. Развитие науки, общества, новых технологий идет столь быстрыми темпами, что новые знания достаточно быстро теряют свою актуальность, устаревают. Знаниевый подход в образовании неспособен на современном этапе развития общества и системы образования оставаться ведущим, как, например 50 лет назад. Сейчас многим специалистам стал привычен термин «период распада знаний». Это промежуток времени, за который знания устаревают на 50%. В сфере высоких технологий этот период составляет два года. В других отраслях он может достигать шести-восьми лет. Но в любом случае он очень короткий и все время со-

кращается. В связи с этим, в последнее время активно внедряются инновационные методики, использующие новые, прогрессивные технологии. Но можно использовать проверенные формы и методы работы, привнося в них элемент творчества, нестандартности, что не в меньшей степени способствует развитию думающих молодых людей, способных творчески, нестандартно подходить к решению проблем, принимать самостоятельные решения.

В современной высшей школе существует немало приемов, способов и методов, будирующих творческую активность студентов. Среди них, несомненно, достойное место занимает метод проблемного обучения, бинарные занятия, обучение по модульно-рейтинговой технологии, а также тестовая оценка усвоенных знаний.

В высшем учебном заведении при устном изложении учебного материала в основном используются словесные методы обучения. Среди них важное место занимает вузовская лекция. Лекция выступает в качестве ведущего звена всего курса обучения и представляет собой способ изложения объемного теоретического материала, обеспечивающий целостность и законченность его восприятия студентами. Лекция должна давать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, раскрывать состояние и перспективы развития соответствующей области науки и техники, концентрировать внимание обучающихся на наиболее сложных, узловых вопросах, стимулировать их активную познавательную деятельность и способствовать формированию творческого мышления. Однако, традиционная вузовская лекция имеет ряд недостатков, которые обусловлены следующим:

1. Лекция приучает к пассивному восприятию чужих мнений, тормозит самостоятельное мышление обучающихся.
2. Лекция отбивает стремление к самостоятельным знаниям.
3. Лекции нужны, если нет учебников или их мало.
4. Одни слушатели успевают осмысливать, другие – только механически записать слова лектора. Это противоречит принципу индивидуализации обучения.

Однако опыт обучения в высшей школе свидетельствует о том, что отказ от лекции снижает научный уровень подготовки обучающихся, нарушает системность и равномерность их работы в течении семестра. Поэтому лекция по-прежнему остается как ведущим методом обучения, так и ведущей формой организации учебного процесса в вузе. Указанные недостатки в значительной степени могут быть преодолены правильной методикой и рациональным построением изучаемого материала.

В определенной степени остроту названных противоречий снимает возможность применения в учебном процессе нетрадиционных видов чтения лекций. Современная методика насчитывает свыше 250 различных методов. Эти методы приводят к изменению роли преподавателя, новым инструментам оценки достижений обучающихся. Наиболее распространенные методы представлены на схеме 1.

Наиболее эффективным методом обучения, особенно в преподавании образовательных дисциплин, является метод решения проблем (проблемное обучение), поскольку в школьном образовании недостаточно объемно даются знания естественных наук.

Вместо того чтобы «транслировать» обучающимся факты и их взаимосвязь, можно предложить им проанализировать ситуацию (проблему) и осуществить поиск путей изменения данной ситуации к лучшему.

Основные методы обучения

Задание по индивидуальному чтению

Подгруппы «быстрого обсуждения»

«Круг знаний»

Демонстрация трудового опыта

Проекты

Метод решения проблем

«Мозговой штурм»

Обсуждения

Эксперименты

Непосредственный контакт с окружающей средой

Схема 1. Основные методы обучения.

Если в традиционной лекции используются преимущественно разъяснение, иллюстрация, описание, приведение примеров, то в проблемной – всесторонний анализ явлений, научный поиск истины. Проблемная лекция опирается на логику последовательно моделируемых проблемных ситуаций путем постановки проблемных вопросов или предъявления проблемных задач. Проблемная ситуация – сложная противоречивая обстановка, создаваемая на занятиях путем постановки проблемных вопросов (вводных), требующая активной познавательной деятельности обучающихся для ее правильной оценки и разрешения., требующая активной познавательной деятельности обучающихся для ее правильной оценки и разрешения.

Проблемный вопрос содержит в себе дидактическое противоречие и требует для разрешения не воспроизведения известных знаний, а размышления, сравнения, поиска, приобретения новых знаний или применения полученных ранее.

Проблемная задача, в отличие от проблемного вопроса, содержит дополнительную вводную информацию и при необходимости некоторые ориентиры поиска для ее решения.

Понятия «проблемный вопрос» и «проблемная задача» разграничиваются лишь условно, ибо проблемные вопросы могут перерасти в задачи, а задачи расчленяться на вопросы и подвопросы.

Уровень сложности, характер проблем зависят от подготовленности обучающихся, изучаемой темы и других обстоятельств.

Решение проблемных задач и ответ на проблемные вопросы осуществляет преподаватель (иногда прибегая к помощи слушателей, организуя обмен мнениями).

Преподаватель должен не только разрешить противоречие, но и показать логику, методику, продемонстрировать приемы умственной деятельности, исходящие из дидактического метода познания сложных явлений. Это требует значительного времени, поэтому от преподавателя требуется предварительная работа по отбору учебного материала и подготовке «сценария» лекции.

Сценарий лекции

В самом общем виде это могут быть следующие ступени.

Анализ и отбор основного и ключевого материала, который составляет логический костяк курса.

Выбор основных проблем и трансформация их в проблемные ситуации (не более 3-4).

Продумывание логики и методики разрешения каждой проблемной ситуации.

Компоновка всего лекционного содержания в целостную систему знаний и его методическое обеспечение.

«Проигрывание» лекции вслух и «про себя», прогнозирование успешности применения методических приемов активизации внимания и мышления слушателей.

Корректировка и окончательная подготовка содержания и методики изложения лекционного материала.

Умение решать проблемы является важнейшей ключевой компетенцией, необходимой человеку в любой сфере его деятельности и повседневной жизни. Если обучающиеся овладеют умениями решать проблемы, их ценность для организаций, где они будут работать, многократно возрастает, кроме того, они приобретут компетенцию, которая пригодится им в течение всей жизни.

Важность данной компетенции для работодателей обусловлена

тем, что:

- большинство современных предприятий заинтересованы в кадрах, способных принимать на себя ответственность и работать самостоятельно. Чтобы сделать это, людям необходимо умение выявлять проблемы и предлагать решения, т.е. как раз то, что является основой ключевого умения решать проблемы;

- умение решать проблемы является ключевым аспектом управления качеством – концепция непрерывного совершенствования основана, в первую очередь, на способности людей анализировать свою деятельность, искать проблемы и находить способы совершенствоваться;

- решение проблем не есть прерогатива деятельности отдельного работника – коллектив также должен уметь совместно решать проблемы. Проблемы обычно решаются в группах из 4-6 человек.

В ходе решения проблемы обучающиеся: углубляют свои знания по конкретному вопросу; развивают умения решать проблемы, применяя принципы и процедуры (теорию); развивают социальные и коммуникативные умения.

Деятельность групп по решению проблем охватывает семь этапов:

выяснение содержания – значения понятий и терминов;

определение проблемы;

анализ проблемы и ее последствий, т.е. разбиение ее на составные элементы или задачи;

ранжирование по важности выделенных элементов – задач и установление связей между ними;

формулирование задачи;

поиск дополнительной информации;

отчет перед группой с описанием выбранного метода решения и его обоснование.

Поскольку методика проблемного обучения является групповой, то это еще более усиливает ее эффективность, т.к. по материалам научных исследований групповые формы являются результативными (схема 2).

Лекции – 5%

Работа с книгой – 15%

Дискуссии – 75%

Групповые формы – 90%

Схема 2. Результативность применяемых в учебном процессе методов обучения (по материалам научных исследований).

Таким образом, на лекции проблемного характера слушатели находятся в постоянном процессе «смышления» с лектором, и в конечном итоге становятся соавторами в решении проблемных задач. Все это приводит к хорошим результатам, так как, во-первых, знания, усвоенные таким образом, становятся достоянием слушателей, т.е. в какой-то степени знаниями-убеждениями; во-вторых, усвоенные активно, они глубже запоминаются и легко актуализируются (обучающий эффект), более гибки и обладают свойством переноса в другие ситуации (эффект развития творческого мышления); в-третьих, решение проблемных задач выступает своеобразным тренажером в развитии интеллекта (развивающий эффект); в-четвертых, подобного рода лекция повышает интерес к содержанию и усиливает профессиональную подготовку (эффект психологической подготовки к будущей деятельности).

С целью повышения качества подготовки специалиста, активизации познавательной деятельности студентов, раскрытия творческого потенциала, организации учебного процесса с высоким уровнем творческого потенциала, организации учебного процесса с высоким

уровнем самостоятельности в работе применяются следующие образовательные технологии: личностно-ориентированное обучение, проблемное обучение, тестовые формы контроля знаний, блочно-модульное обучение, метод проектов, кейс-метод, кредитно-модульная система оценки, Обучение в сотрудничестве, разноуровневое обучение, проведение бинарного занятия, дистанционное обучение.

Преимущества применения образовательных технологий:

Меняются функции преподавателя и студента; преподаватель становится консультантом-координатором (а не выполняет информирующе-контролирующую функцию), а студентам предоставляется большая самостоятельность в выборе путей усвоения учебного материала.

Образовательные технологии дают широкие возможности дифференциации и индивидуализации учебной деятельности.

Результат применения образовательных технологий в меньшей мере зависит от мастерства преподавателя, он определяется всей совокупностью ее компонентов.

Образовательные технологии связаны с повышением эффективности обучения и воспитания и направлены на конечный результат образовательного процесса – это подготовка высококвалифицированных специалистов:

- имеющих фундаментальные и прикладные знания;
- способных успешно осваивать новые, профессиональные и управленческие области;
- гибко и динамично реагировать на изменяющиеся социально-экономические условия;
- обладающих высокими нравственными и гражданскими качествами в условиях инновационного образовательного пространства.

#### Литература

1. Беспалько В.П. Слагаемые педагогической технологии (текст). М.: Педагогика, 1999 г.
2. Осин А.В. Мультимедиа в образовании: контекст информатизации. – М.: Агенство «Издательский сервис», 2004.
3. Чучалин А., Боев О. Кредитно-рейтинговая система Высшее образование в России. – 2004. - №3
4. Шлыкова О.В. Культура мультимедиа (текст), МГУКИ – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2004.

#### ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ӨНДҮРҮҮ ПРОЦЕССТЕРИН ЭЛЕКТРОНДУК ОКУТУУЧУ ПРОГРАММАЛАРДЫН ЖАРДАМЫНДА ОКУТУУ

Сагындыков Ж., Абидов А.О., Кукчаев М. М., Токоев М.П., Асилбеков Т.М. М.М. Адышов атындагы Ош технологиялык университети, Ош ш.

Электрондук окутуучу программа (ЭОП-электронные обучающиеся программы) – компьютерде жасалган комплекстик автордук программа болуп саналат. Бул программанын негизги бөлүктөрүн электрондук китеп, анимациялык программалар, виртуалдык лабораториялык иштер түзөт [1-3].

Анимациялык программаларды атомдорго жана молекулаларга колдонгондо, алардын өлчөмдөрү болжол менен  $10^9$  □  $10^{10}$  эсе чоңойтулуп алынат. Ал эми ГЭСтин (гидро электр станциясы), агрегаттардын ж.б. анын элементтеринин өлчөмдөрү 500дөн 1000 эсеге чейин кичинертилди.

Программанын жардамында электрдик энергиянын алынышы боюнча студенттерге лекциялык сабак өтүүнүн төмөндөгүдөй жолу сунушталат. Ал үчүн биринчи кезекте студенттерди сабакка жандандыруу керек жана «электр энергиясы» деген түшүнүккө кластер түзөбүз. Досканын ортосуна ушул түшүнүк жазылып коюлат (1-сүрөт).

Андан соң «электр энергиясы» боюнча лектор студенттерден билгендерин биринин артынан бирин сурай баштайт. 1-кезекте өз алдынча эмнелерди билгедерин 2 же 3 минута убакытта дептерге жазуусу абзел. 2-кезекте студенттерди жуптарга бөлүп, эки экиден иштөөсүн өтүнөт. Жуптарда алар бири-бири менен эмнелерди жазганын, бири экинчисине суроо менен кайрылып, биринин ойун экинчиси толуктайт. 3-кезекте лектор жалпы студенттик группалар менен иш алып барганга өтөт. Ал үчүн «жуптардан» кезеги менен бирден түшүнүктү айттырып, доскага тез-тез жазып, жазылган сөздөрдү тегерек менен тегеректеп турат. Окутуучу бир айтылган ойдун кайра кайталанбоосун талап кылат. Ошондой эле студенттерден ГЭСтин түзүлүшү, иштөө жана аткарган кызматы боюнча маалымат алууга умтулат. Андан сырткары ГЭСтин негизги агрегаты болгон турбинанын жана андагы жүргөн физикалык процесстер боюнча студенттерден толук маалымат алууга умтулат. Лектор студенттерге суроолорду, алардын берген жоопторуна анализ жасоо менен жүргүзөт жана бул тема боюнча эмнелерди билгенин айтышкандан соң доскада жогоруда көрсөтүлгөн «электр энергиясы» деген сөздөрдүн тегерегинде 1-сүрөттө көрсөтүлгөндөй кластер орун алышы мүмкүн:

1-сүрөттөгү кластер боюнча канчалык деңгээлде теманы студенттер билгендигине анализ жасалып, окутуучу ага жараша сабак улантат. Кластерди түзүү менен сабактын 1-бөлүгү аяктайт.

1-сүрөт. Электр энергиясынын алынышына кластер.

Сабактын 2-бөлүгү түшүнүү болуп саналат. Бул бөлүктө пайда болгон кластердин алкагында окутуучу студенттердин берген жоопторуна жараша окутуучу сабак улантат. Түшүнүү автордук анимациялык программаларынын жардамында каралат. Аны көрсөтүүдөн алдын студенттерге анимациялык программаларды кандай көрүү боюнча көрсөтмө берип кетилет.

Андан соң лектор компьютердик диапроектор аркалуу анимациялык программаларды көрсөтөт.

1-анимациялык программа ГЭСтин иштөө принцибине жасалган компьютердик автордук программа.

Бул программаны иштеткенде дисплейден төмөндөгүдөй командалар көрүнөт: «ГЭС», «Генератор», «Турбина», «Аралыкка берүү». Мыштын жардамында «ГЭС» деген кнопканы басканда ГЭСтин жалпы көрүнүшү жана иштөөсү иштөөсү көрүнөт.

Анимациялык программаны көрсөтүп бүткөндөн кийин, студенттердин өз алдынча ойлоноусун, түшүнүүсүн арттырабыз. Студенттерге анимациялык программдан эмнени

көргөндүгү боюнча тиешелүү суроолор берилип, суроо жооп иретинде сабак улантылат. Лектор тарабынан төмөндөгүдөй суроолор берилет:

- а) Суу тосмолор кандай кызмат аткарат?
- б) Жогорку жана төмөнкү бьеф деп эмнени түшүнөбүз?
- в) ГЭСтин кубаттуулугу эмнеден коз каранды болот?
- г) Эгерде тосмолордон суу ашып кетсе эмне болот?

Түшүнгөн жана анимацияны көргөн студент бул суроолорго төмөндөгүдөй жооп берет:

- а) ГЭСтин кубаттуулугуна жараша суу тосмолор курулат жана алар атайын сууну чогултуу үчүн кызмат кылат.
- б) Тосмолордо чогулган суунун жогорку деңгээли жогорку бьеф, ал эми тосмолордун төмөндөгү суу төмөнкү бьеф деп аталат.
- в) ГЭСтин кубаттуулугу тосмонун бийиктигинен жана турбиналардагы өткөн суунун көлөмүнөн коз каранды болот.
- г) Тосмолордон суу ашып кетпес үчүн атайын суу түшүрүлүүчү жерлерден ашыкча суулар түшүрүлүп турат.

2-анимациялык программа – турбинага жасалган компьютердик автордук программа.

Мыштын жардамында «Турбина» деген кнопканы басканда турбинанын иштөө принциби көрсөтүлөт. Анимациялык программаны көрсөтүп бүткөндөн кийин, эмнени көргөндүгү боюнча төмөндөгүдөй тиешелүү суроолор берилет:

- а) Турбина кандай кызмат аткарат?
- б) Турбинанын кандай түрлөрү болот?

Анимацияны көрүп, түшүнгөн студентер бул суроолорго төмөндөгүдөй жооп берет:

- а) Турбиналардын жардамы менен суунун энергиясы механикалык энергияга айланат.
- б) Негизинен турбиналар ГЭСтин курулушуна байланыштуу ковшой активдүү, реактивдүү жана диагоналдуу болуп бөлүнөт.

3-анимациялык программа генератордун иштөө принцибине жасалган компьютердик автордук программа. Мыштын жардамында «Генератор» деген кнопканы басканда генератордун иштөө принциби көрсөтүлөт. Анимациялык программаны көрсөтүп бүткөндөн кийин, эмнени көргөндүгү боюнча төмөндөгүдөй тиешелүү суроолор берилип, суроо жооп иретинде сабак улантылат:

- а) Генератор эмне кызмат кылат?
- б) Генератор эмнелерден турат?
- в) Генераторлор кайсы жерден чыгат?

Анимацияны көрүп, түшүнгөн студентер бул суроолорго төмөндөгүдөй жооп берет:

- а) Генератор бул – механикалык энергияны электр энергияга айландырып бере турган тетик болуп саналат.
- б) Генератор негизинен эки бөлүктөн турат, булар ротор жана статор.
- в) Негизинен генераторлор Россиянын ири заводдорунан чыгарылат.

4-анимациялык программа ГЭСтен өндүрүлгөн электр энергиясынын аралыкка берүүсүнө жасалган компьютердик автордук программа. Мыштын жардамында «аралыкка берүү» деген кнопканы басканда электрдик станциядан өндүрүлгөн электр энергиясы адегенде чоңойтуучу трансформаторго барып, андан соң электрдик зымдар аркалуу аралыкка берилет жана төмөндөтүчү трансформаторго барып электрдик зымдар аркалуу мекемелерге ж.б. керектөөчү ишканаларга берилет. Анимациялык программаны көрсөтүп бүткөндөн

кийин, эмнени көргөндүгү боюнча тиешелүү суроолор берилип, суроо жооп иретинде сабак улантылат:

а) Өндүрүлгөн электр энергиясын аралыкка кантип беребиз?

б) Трансформаторлор эмне кызмат кылат?

в) Опоралардын кандай түрлөрү болот?

Анимацияны көрүп, түшүнгөн студентер бул суроолорго төмөндөгүдөй жооп берет:

а) Өндүрүлгөн электр энергиясын аралыкка электр зымдарынын жардамы менен беребиз.

б) Трансформаторлор чыңалууну көбөйтүп же азайтып бериш үчүн кызмат кылат.

в) Опоралар жасалган материалдары боюнча: жыгачтан, металлдан жана темирбетондон жасалат жана алар электр зымдарын жердин бетинен кандайдыр бир бийиктикте кармап туруш үчүн кызмат кылат.

«Электр энергиясы» процессине жасалган анимациялык программа көрсөтүлүп сабактын акыркы 3-бөлүгүндө окутуучу сабактын 1-бөлүгүндө келтирилген кластерди, студенттердин берген жоопторуна жараша толуктап кетүүсү зарыл.

Корутунду

Жыйынтыктап айтканда анимациялык программалардын жардамында студенттердин көз менен көрүп, эстеп калуу сезими күчөп, терең билим алуусуна шарт түзүлөт.

Колдонулган адабияттар:

Сагындыков Ж. Физикалык химияны окутуунун инновациялык технологиялары. – Ош., 2009. 120 б.

## ЭЛЕМЕНТЫ БИОФИЗИКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КОЛЕБАНИЙ И ЗВУКА

Атанаев Т.Б.

Нарынский государственный университет им. С.Нааматова, г. Нарын

Элективный курс «Элементы биофизики» входит в образовательную область «Естествознание» и сопровождает курс физики в школе. Если предмет «Естествознание» на пятом классе преподаются не достаточном уровне, а «Элементы биофизики» вообще не преподаются.

Способы деятельности в содержании обучения на элективном курсе опираются на первичное освоение методов теоретического и эмпирического познания на основе алгоритмически заданных учителем действий по овладению содержанием этих методов на обычных занятиях по физике и биологии.

Указанный курс предназначен для расширения практических умений и углубления (или закрепления – в зависимости от категории учащихся) знаний учащихся по биологии и физике посредством применения их в практике для объяснения природных явлений биофизического характера, а так же способствует выбору учащимися дальнейшего профиля обучения.

Программа данной темы предназначена для сегодняшней школы, где действует многопредметная модель образования, а потому актуальна интеграция, объединение разных учебных дисциплин.

Цели курса:

расширение знаний учащихся по физике и биологии в части применения физических законов для объяснения функций и поведения живых организмов;

углубление комплексного осмысления знаний по физике и биологии при изучении колебаний и звука на примере физиологии человека и животных;

ориентация учащихся на естественнонаучный профиль дальнейшего обучения.

Задачи:

углубление знаний по теме «Колебания и волны»;  
развитие мыслительных и исследовательских умений учащихся;  
развитие познавательных интересов школьников к познанию окружающего мира;  
воспитание чувства сотрудничества в процессе совместной работы.

Программа предусматривает активные формы организации учебных занятий с учащимися: практическую и самостоятельную исследовательскую работу, презентацию результатов исследований и опытов;  
создание проблемных ситуаций;  
выполнение учащимися поисковой и творческой работы;  
участие в дискуссиях, подготовка рефератов.

Ниже приведены примерные темы содержания программы. При этом преподаватель может по своему усмотрению в пределах выделенных часов распределить часы по конкретным темам.

Содержание программы

Биоритмы. Ритмы работы в живом организме органов, тканей, клетки. Звуки леса. Флятер.

Голосовой и слуховой аппарат человека. Строение и работа голосового аппарата (использование учебного диафильма «Строение и работа органов дыхания»). Частотный диапазон голоса. Строение слухового аппарата человека. Механизм восприятия звука. Область слухового восприятия, в зависимости от интенсивности и частоты звуковых колебаний.

Звуки в животном мире. Голосовые аппараты птиц и млекопитающих. Звучание насекомых. Определение животными направления звука. Диапазоны частот, воспринимаемых органами слуха некоторых животных.

Биоакустика подводного мира. Биоакустика рыб, дельфинов, китов. Частотный диапазон звуков, создаваемый рыбами. Слуховой орган рыб.

Ультразвук, его роль в биологии и медицине. Инфразвук. Частота ультразвука. Восприятие ультразвука животными. Стерилизация хирургических инструментов, проведение операций при помощи ультразвука. Аппарат – предсказатель погоды.

Перкуссия (метод выстукивания). Определение границ внутренних органов.

Аускультация (выслушивание). Работа сердца и движение крови. Акустический прибор – фонендоскоп.

Эхо в мире живой природы. Локационный аппарат летучих мышей, дельфинов. Разработка новых принципов эхолокации.

Обобщение содержания курса

Методические рекомендации

Для подготовки и проведения занятий по темам программы курса предлагаются следующие методические рекомендации.

1. Биоритмы. Необыкновенные колебания

Первое занятие целесообразно провести в форме мини-лекции в сочетании с практической работой.

С одним из видов неравномерного движения – равноускоренным – мы уже знакомы. Рассмотрим ещё один вид неравномерного движения □ колебательное.

Колебательное движение широко распространено в окружающей нас действительности.

Вспомнить, какие колебания называются механическими.

Систематизировать колебания. Привести примеры.

Основным признаком, по которому можно отличить колебательное движение от других видов движения, является периодичность.

Практическая работа 1.

«Исследование поперечного разреза дерева»

1. Рассмотрите поперечный разрез дерева.
2. Обратите внимание на ширину колец, посчитайте, через сколько колец повторяются более широкие.
3. Сделайте вывод о зависимости роста дерева от интенсивности солнечного излучения.

Интереснейшим примером колебательных движений являются биоритмы, т.е. ритмическая работа органов, тканей, клеток живого организма. Система ритма многоярусна. На нижнем ярусе – ритмы клеточные и субклеточные. Более сложные – тканевые ритмы □ служат основой для ритмической деятельности органов, а последние обуславливают ритмичность организма в целом.

Зачем понадобились «часы» живым организмам? Для наилучшего приспособления к периодическим внешним условиям. Важная особенность колебательных систем – способность к взаимной синхронизации. Только благодаря этому живые системы могут настраиваться правильно, и из множества слабо связанных колебательных процессов возникает гармония периодического явления.

Примеры периодических процессов в биологии:

цветки закрывают венчики с наступлением темноты,

у большинства животных наблюдается периодичность появления потомства,

известно периодическое изменение интенсивности фотосинтеза у

растений,

колебания испытывают размеры ядер в клетках.

Сердце – пример колебательной системы в живой природе, одна из самых совершенных колебательных систем этого рода. Правильность работы сердца определяется синхронной работой целых групп мышц, обеспечивающих попеременное сокращение желудочков и предсердий. Синхронизацией этой работы «заведует» специальный орган, так называемый синусный узел, вырабатывающий с определённой частотой синхронизирующие импульсы электрического напряжения. Если синхронный режим сокращения сердечных мышц нарушается, то могут наступить так называемые фибрилляции – хаотические сокращения отдельных волокон сердечной мышцы, которые, если не принять экстренных мер, приводят к гибели организма. Срочные меры заключаются в насильственной синхронизации сердца с помощью особого массажа или с помощью электрических импульсов от специального генератора. В настоящее время такой миниатюрный электронный генератор даже вживляют в организм.

Звуки леса. Звуки леса (шелест) возникают из-за колебаний листьев под действием ветра и трения их друг о друга. Это особенно заметно на листьях осины, так как они прикреплены к длинным и тонким черешкам, поэтому очень подвижны и раскачиваются даже самыми слабыми воздушными токами.

Автоволны в активных средах. Автоволны □ еще один пример необычных колебаний. Условием их появления и распространения является наличие так называемой активной среды. Наши сердца, оказывается, бьются благодаря тому, что по их поверхности периодически пробегают фронты автоволн возбуждения.

Фляттер. Фляттер крыла может возникнуть под воздействием какой-либо силы (отклонение элерона, порыв ветра), вызвавшей отклонение крыла за счет его изгиба из исходного (нейтрального) положения 1 (из плоскости  $Oxz$ ), например, вверх.

Стремясь под действием сил упругости вернуться в исходное положение, крыло начнет двигаться вниз не плоскопараллельно, но с закручиванием из-за несовпадения положений центра давления (в котором приложена подъемная сила) и центра масс (в котором прило-

жены инерционные и массовые силы) с центром жесткости (относительно которого происходит закручивание крыла). Проскочив по инерции нейтральное положение, крыло отклонится вниз и картина повторится с изменением знаков всех сил и моментов.

Природа в течение веков также выработала средство борьбы с фляттером. Особенно оно чётко выработано у стрекоз. На каждом крыле в вершинной его части у переднего края имеется тёмное хитиновое утолщение. Удаление его не лишает стрекозу возможности летать, но нарушает правильность колебаний крыла, стрекоза начинает как бы порхать. Опыты показали, что эти утолщения регулируют колебания крыла, избавляют его от вредных колебаний типа фляттера.

## 2. Голосовой и слуховой аппарат человека

Что такое – звук, звуковые волны, тон, тембр?

Любой источник звука обязательно колеблется, но не всякое колеблющееся тело является источником звука. Исследования показали, что человеческое ухо способно воспринимать как звук механических колебания тел, происходящие с частотой от 20 Гц до 20000 Гц. Колебания, частоты которых находятся в этом диапазоне, называются звуковыми. Если частота колебаний превышает 20000 Гц, то это ультразвуковые колебания, а если менее 20 Гц – инфразвуковые.

Тон – это звук, в котором присутствуют механические колебания только одной частоты.

Тембр – это звук, в котором присутствуют колебания разных наборов частот и амплитуд.

Голосовой аппарат человека состоит из лёгких, гортани с голосовыми связками, глоточной, ротовой и носовой полости. Голосовые связки являются звуковоспроизводящими частями голосового аппарата. При спокойном дыхании они вялы и между ними образуется широкая щель для свободного прохождения воздуха. При разговоре голосовые связки напрягаются и приближаются друг к другу, так что между ними остаётся лишь узкий промежуток, так называемая голосовая щель. Когда воздух, выдыхаемый лёгкими, проходит через эту щель, голосовые связки приходят в колебания, причём частота колебаний может изменяться в зависимости от степени напряжения связок, впрочем, в довольно узких границах. Звуковые волны, образующиеся в голосовой щели, сложны и представляют собой наложение большого числа всевозможных тонов. Ротовая и носовая полости играют роль резонаторов.

Резонатор – это тело, отзывающееся на звук. Изменяя форму этих полостей путём соответствующего расположения языка, зубов и губ, мы можем усиливать по желанию отдельные тоны звуковой волны, идущей из голосовой щели, и произносить тот или иной звук.

Голосовые звуки с различно установленными резонансными полостями рта и глотки наиболее сильно колеблются при произношении гласных звуков. При образовании согласных звуков мягкое нёбо, кончик языка и губы приходят в самостоятельные колебания на различных участках. Эти колебания или сами по себе, или в соединении со смесью звуков, производимых голосовыми связками, образуют согласные звуки человеческой речи.

Далее целесообразно показать диафильм «Строение и работа органов дыхания».

Голосовой диапазон. Для речи человека достаточно 4-6 тонов октавы. При пении диапазон значительно шире.

## Практическая работа 2.

«Исследование по таблице интенсивности звука в различных случаях».

1. Какой из мужских голосов считается самым низким.

2. Какой из женских голосов самый высокий.

Вопрос: Чем отличается шум от музыкального звука?

Слуховой аппарат человека. Ухо – необычайно чувствительный орган. В области частот, относящихся к речи (около 1500 Гц), ухо может воспринимать даже звуки силой 10-12 Вт/м<sup>2</sup>. Это так называемый порог слышимости. Благодаря большой чувствительности уха мы в состоянии слышать звук на значительном расстоянии от его источника, даже если

этот источник излучает небольшую энергию. Например, симфонический оркестр из 75 человек, играя очень громко (фортиссимо), излучает мощность всего 60 Вт, что соответствует мощности обычной электрической лампы, а любой слушатель, где бы он ни находился в концертном зале, может наслаждаться музыкой. Когда сила звука становится равной 10 Вт/м<sup>2</sup>, ощущение звука переходит в боль. Такую силу звука называют болевым пределом. Таким образом, человек способен различать звуки, отличающиеся по мощности в 10<sup>13</sup> раз. Громкость звука – это величина физиологическая, определяющая степень слухового ощущения. Конечно, чем больше сила звука, тем он кажется громче, но связь между этими величинами чрезвычайно сложная и неодинаковая для звуков различных частот. Громкость убывает намного медленнее, чем сила звука. Только при убывании силы звука на 26% человек замечает, что громкость звука немного уменьшилась. Если сила звука уменьшится в 10 раз, человеку кажется, что громкость звука уменьшилась примерно в 2 раза.

Слуховой аппарат человека состоит из звукопроводящей и звуковоспринимающей частей. Звукопроводящая часть состоит из наружного слухового прохода, барабанной перепонки и связанных с ней трёх сочленённых между собой слуховых косточек: молоточка, наковальни, стремечка, которые расположены в полости, называемой средним ухом. Стремечко плоским основанием прикреплено к перепонке, закрывающей просвет отверстия, которое сообщается с костной полостью – внутренним ухом.

Внутреннее ухо представляет собой звуковоспринимающий аппарат, заключённый в костную капсулу сложной формы. Перепончатый лабиринт состоит из преддверия с полукружными каналами и улитки.

Орган слуха одновременно служит и органом равновесия. Внутренняя полость перепончатого лабиринта заполнена жидкостью – эндолимфой, в которой взвешены кристаллики углекислой извести. Всякое изменение положения тела приводит их в движение, они раздражают чувствительные клетки внутренних стенок лабиринта. Раздражение передаётся окончаниям слухового нерва.

Улитка – спирально завитой канал, отходящий от преддверия. Вдоль всей длины канала улитки расположен собственно звуковоспринимающий аппарат уха – кортиева орган, состоящий из клеток, к которым подходят разветвления волокон слухового нерва. Вдоль всей длины улитки расположены две перепончатые перегородки, называемые основной и рейснеровой мембранами.

Основная мембрана натянута вдоль всей улитки. Звуковые колебания, действующие на барабанную перепонку, через цепь слуховых косточек и перепонку овального окна передаются основной мембране.

Звуковые колебания, достигая основной мембраны и расположенного на ней кортиева органа, приводят их в колебания с соответствующей частотой и амплитудой. Возникающие при этом нервные импульсы передаются в центральную нервную систему.

Способность уха различать звуки по высоте и тембру связана с резонансными явлениями, происходящими в основной мембране. Действуя на основную мембрану, звуковая волна вызывает в ней резонансные колебания определённых волокон, собственная частота которых соответствует частотам гармонического спектра данного колебания. Нервные клетки, связанные с этими волокнами, возбуждают и посылают нервные импульсы в центральный отдел слухового анализатора, где они, суммируясь, вызывают ощущение высоты и тембра звука.

Практическая работа 3.

«Изобразить графически область слухового восприятия».

Указания: использовать таблицу, шкалу звуковых колебаний.

1. Построить кривую, соответствующую громким звукам, восприятие которых вызывает болевое ощущение.
2. Построить кривую, представляющую собой порог слышимости (самый слабый звук).
3. Сравнить полученный результат с оригиналом.
3. Звуки в животном мире

Голосовые аппараты птиц (Мини-лекция). Голосовые аппараты птиц принадлежат к типу духовых «музыкальных» инструментов, звук в них образуется за счёт движения воздуха, выдыхаемого из лёгких. Особенно интересны голосовые аппараты птиц. Например, пение канарейки по громкости сравнимо с голосом человека, хотя по массе канарейка составляет менее 0,001 его массы. У птиц имеется не одна гортань, а две: Верхняя, как у всех млекопитающих и, кроме того, нижняя, причём главная роль в образовании звуков принадлежит нижней гортани, устроенной очень сложно и разнообразно у разных видов птиц. Она имеет не один вибратор или источник звука, как у человека и всех других млекопитающих, а два или даже четыре, работающих независимо друг от друга. Образование у птиц второй гортани в нижнем отделе трахеи дало возможность использовать трахею в качестве сильнейшего резонатора. У многих птиц трахея сильно разрастается, увеличивается в длину и в диаметре. Увеличиваются в объёме также и бронхи, в каждом из которых у многих птиц находится по независимому источнику звука. Движениями тела и натяжением специальных мышц птица может в значительной степени изменять форму этой сложной системы резонаторов и, таким образом, управлять звуковысотными и тембральными свойствами своего голоса.

Разнообразие в строении голосового аппарата соответствует и разнообразию звуков, издаваемых птицами, – от низких басовых криков (гуси, утки, вороны) до высочайших мелодичных свистов у певчих птиц из семейства воробьиных.

В начале 60-х гг. в голосах птиц были обнаружены даже ультразвуковые обертоны – 50000 Гц. Песни некоторых птиц целиком состоят из ультразвука. Для образования звуков многие птицы используют и другие «музыкальные инструменты»: клюв, лапы, крылья и даже хвост. Дятел – превосходный «барабанщик», использует в качестве барабана хорошо звучащее сухое дерево или резонирующий сук.

Голосовой аппарат млекопитающих мало отличается от голосового аппарата человека, но последний богаче тоном.

Лягушки обладают весьма громкими и разнообразными голосами. У некоторых видов лягушек имеются интересные приспособления для усиления звука в виде больших шарообразных пузырей по бокам головы, раздувающихся при крике и служащих сильным резонатором. Звучание насекомых вызывается чаще всего быстрыми колебаниями крыльев при полёте (комары, мухи, пчёлы). Полёт того насекомого, которое чаще машет крыльями, воспринимается нами как звук большей частоты и, следовательно, более высокий.

У некоторых насекомых, например кузнечиков, встречаются специальные органы звучания – ряд зубчиков на задних ножках, задевающих за края крыльев и вызывающих их колебания. У некоторых жуков получаются довольно громкие скрипучие звуки при трении сегментов брюшка о твёрдые надкрылья. Звучающий аппарат цикад также приводится в действие колебаниями брюшка. В отличие от голосовых аппаратов позвоночных органы дыхания насекомых совершенно не имеют отношения к процессу дыхания.

Заслушать сообщения о голосовых аппаратах различных насекомых и млекопитающих.

Как животные определяют направление звука. Ушная раковина представляет собой звукоулавливатель. У некоторых животных она сильно развита. Иногда по её размеру можно судить об остроте их слуха. Ушная раковина служит для определения того направления, откуда исходит звук: восприятие звука усиливается, когда раковина обращена своим раструбом к источнику; поэтому те животные, у которых ушные раковины могут поворачиваться (заяц, большинство копытных), способны определять направление опасности, не поворачивая головы; уши хищников обычно ориентированы почти неподвижно вперёд – для выслеживания добычи.

Наличие двух ушей позволяет более надёжно определять направление распространения звука: когда обе раковины расположены симметрично по отношению к источнику, колебания, воспринимаемые обоими ушами, оказываются в одинаковых фазах. Таким образом, наибольшая громкость воспринимаемого звука указывает на то, что плоскость симметрии головы проходит через источник звука.

Рассмотреть таблицу 2 диапазонов механических колебаний в упругой среде, воспринимаемых органами чувств некоторых живых организмов.

Какое значение придаётся изучению звуковой связи в животном мире?

#### 4. Биоакустика подводного мира

«Нем, как рыба», что это такое? До недавнего времени водные пространства считались миром безмолвия. Имела широкое хождение поговорка «Нем, как рыба». Наоборот, рыбам присуща хорошо развитая акустическая сигнализация, обеспечивающая возможность передачи и приёма разнообразной информации. Акустической связи способствуют благоприятные физические условия распространения звука в воде.

Биоакустика возникла в период второй мировой войны в связи с массовым применением подводной шумопеленгации. Уже в этот период было обнаружено большое число разнообразных интенсивных звуков, создаваемых водными организмами: рыбами, млекопитающими и ракообразными. Позднее все эти звуки стали изучаться как сигналы связи между этими организмами.

Различные представители водной фауны обитают в разных условиях освещённости, прозрачности, давления и температуры, что обусловило разнообразие строения и работы органов излучения и приёма звука. Их изучение, а также изучение физической структуры издаваемых звуков составило существенный раздел водной бионики, занимающейся, в частности, усовершенствованием гидроакустических приборов. Особое значение имеет биоакустика рыб для рыболовства.

Звуки рыб разнообразны по происхождению. Прежде всего, звуки возникают при движении стай рыб, они обусловлены гидродинамическими шумами и трением подвижных сочленений скелета. Длительность этих звуков зависит от продолжительности и характера движений; соответствующие частоты лежат в низкочастотной области спектра.

Звуки могут быть также связаны с газовым обменом. Рыбы регулируют давление внутри плавательного пузыря и кишечника, выталкивая воздух из плавательного пузыря в кишечник или из кишечника через рот и анальное отверстие в воду. Проталкивая воздух через узкие отверстия, рыбы создают явления, подобные тем, которые возникают в свистке. Образующийся звук напоминает слабый писк. Такие пiski слышали у карпа, сома, вьюна, усача, угря и др.

Возникают звуки и при захвате и перетирании пищи. Усиленные плавательным пузырём, эти звуки напоминают резкие щелчки и хрусты.

Издаёт звуки также плавательный пузырь. Его можно себе представить как тонкостенное сферическое тело, наполненное воздухом и помещённое в воду. При действии на такой «пузырьковый» излучатель внешней силы (толчок, удар, сжатие) он начинает колебаться, излучая в воду порции (импульсы) звуковых волн. Чаще всего плавательный пузырь приводится в колебание сжатием так называемых барабанных мускулов, расположенных по бокам тела рыбы.

Частотный диапазон звуков, издаваемых различными рыбами, лежит в пределах от 20-50 Гц до 10-12 кГц.

Слуховой орган рыб – лабиринт, связанный со слуховым центром в продолговатом мозгу при помощи особых нервов. Различают два типа слуховых аппаратов рыб: аппараты, не имеющие связи с плавательным пузырём, и аппараты, составной частью которых является плавательный пузырь. Соединение плавательного пузыря с внутренним ухом осуществляется при помощи четырёх пар сочленённых косточек. Рыбы со слуховым аппаратом второго типа обладают более развитым слухом. Таким образом, лабиринт служит органом, воспринимающим звуки, а плавательный пузырь имеет значение резонатора, усиливающего и определённым образом выделяющего звуковые частоты.

#### 5. Ультразвук, его роль в биологии и медицине

Ультразвуком называют неслышимые ухом колебания частотой свыше 15 кГц.

Чувствительные приёмники показали наличие ультразвука в звуках, производимых живыми существами. Выяснилось, что многие насекомые воспринимают ультразвук (сверч-

ки, цакады, кузнечики). Восприятие ультразвука в диапазоне частот до 100 кГц обнаружено у многих грызунов. Известно, что и собаки слышат подобные колебания. Этим пользуются при подаче служебным собакам сигналов, которых не слышат окружающие люди. В последнее время обнаружено, что ультразвук излучают и воспринимают дельфины и киты.

Ультразвук называют дробящим звуком, так как его действие приводит к образованию эмульсий (если само раздробленное вещество – твёрдое тело). При помощи ультразвука можно «смешать» ртуть с водой, масло с водой. Особенно большое значение приобрело ультразвуковое измельчение в фармакологии – для приготовления лекарственных веществ.

Ультразвук оказывает значительное физиологическое действие на живые организмы. Маленькие рыбки, головастики, инфузории погибают под действием ультразвукового излучения.

Установлено, что воздействие ультразвуком на семена некоторых растений стимулирует их развитие, сокращает вегетационный период и увеличивает урожайность.

Очень интересны опыты по изучению микроструктуры органов и тканей в клинической практике. Это направление стало развиваться благодаря высокой технике регистрации отражённых слабых ультразвуковых сигналов. Ультразвуковая биолокация позволяет диагностировать злокачественные опухоли, опухоли мозга и инородные тела (кусочки дерева, стекла и т.п.) в тканях. Ультразвук применяется также для стерилизации хирургических инструментов, лекарственных веществ, рук хирургов и сестёр, для ингаляции. Широко используются разнообразные ультразвуковые процедуры терапевтического характера. Успешно стала применяться ультразвуковая хирургия. Она вошла в практику самых различных медицинских направлений, например, в ортопедии.

Проводятся резка и сварка костей. При этом рассечение костных тканей происходит безосколочно. При операциях на плевре, лёгких, бронхах и сосудах незаменимы специальные инструменты – длинные и гибкие ультразвуковые волноводы. В последнее время ультразвук нашёл применение в глазной хирургии. Легко себе представить, какие требования к минитюризации приборов ставит перед инженерами это новое направление. Ультразвук начали применять для наблюдения за состоянием плода за несколько месяцев до рождения. Этим методом удаётся определить пол будущего ребёнка, наблюдать за всеми стадиями его развития.

## 6. Перкуссия

Этот метод основан на закономерностях распространения звука.

Как известно, при определённых условиях возможны также резонансные явления. Как всякие упругие тела, части человеческого тела способны колебаться и издавать звуки. Если постучать согнутым пальцем по столу в разных его местах, то мы услышим разные звуки, что зависит от толщины досок и поперечин, от наличия пустого пространства в ящиках стола и т.д. Когда постукивают по такому участку тела, который состоит из мягких, пластинчатых тканей (кожа, жир, мышцы), то звук быстро затухает. Если ниже расположены достаточно упругие ткани или органы, то они, резонируя, усиливают колебания, соответствующие их собственной частоте колебаний. Последняя, в свою очередь, зависит от упругости, плотности, объёма и формы тканей или органа. Хороший резонанс дают, например, полости тела, наполненные воздухом, кости и эластичные перепонки.

Сердце – гораздо более плотный орган, чем лёгкие, поэтому его границы легко определять методом выстукивания. Установлено, что размеры сердца у людей, занимающихся разными видами труда, различны (под влиянием физической работы сердце увеличивается). Это же относится и к печени, границы которой так же, как и сердца можно определить методом выстукивания.

### Практическая работа 4.

«Использование метода выстукивания для определения границ некоторых внутренних органов».

1. Перкуссия лёгких, определение границы нижних краёв лёгких и их подвижности на вдохе и выдохе.

Указания: при различных заболеваниях лёгких возможно изменение звука. Например, при пневмонии над очагом воспаления наблюдается притупление звука.

а) Перкутировать лёгкие, охарактеризовать лёгочный звук.

б) Определить границы лёгких на вдохе и выдохе при задержке дыхания, сделать вывод о разнице границ.

2. Перкуссия сердца.

Определить правую, верхнюю и левую границы.

Указания:

1) наложить палец параллельно груди в 4-ом межреберье по правой средне ключичной линии и перкутировать в направлении сердца;

2) наложить палец под ключицей параллельно ей, перкутировать в направлении сердца;

3) наложить палец на средней подмышечной линии в 5-ом межреберье, перпендикулярно рёбрам, перкутировать в направлении сердца;

4) сделать вывод о границах сердца.

7. Аускультация

Аускультация – выслушивание. Работа сердца и движение крови являются источником наслаивающихся друг на друга колебаний различной частоты и амплитуды. Сила звуков сердца, их частотный характер определяют звуковую картину, которая при прослушивании воспринимается в виде определённой «мелодии». Анализ этих звуков является основой распространённого метода, который называется выслушиванием. Он осуществляется посредством стетоскопа – трубки с небольшими расширениями на обоих концах. Более совершенный акустический прибор – фонендоскоп состоит из звукоулавливающей воронки с мембраной и двух резиновых трубок, идущих к ушам врача. В фонендоскопе звуки усиливаются за счёт резонанса столба воздуха, находящегося в воронке, что облегчает выслушивание.

Регистрация звуков сердца и лёгких. В настоящее время широко практикуется запись на плёнку и диски звуков, возникающих в сердце и лёгких здоровых и больных людей. Прослушивание соответствующих записей входит в программу обучения студентов – будущих врачей. Графическая регистрация звуков сердца (фонокардиография) позволяет использовать для исследования звуков, возникающих в сердце, не только слух, но и зрение. Дополняя аускультацию (выслушивание), она значительно расширяет возможности, существующие в этой важной и трудной области. Силу звуков, и особенно их положение во времени, с помощью фонокардиографии оценивают гораздо точнее, чем это позволяет выслушивание. Результаты исследования носят документальный характер, что обеспечивает наблюдение за всем ходом болезни, облегчает преемственность в ведении больного.

В современных фонокардиографах микрофон (датчик) преобразует звуковые и механические колебания в колебания электрические. Последние фиксируются на бумаге или плёнке.

Практическая работа 5.

«Использование фонендоскопа для определения звуковой картины работы сердца».

1. Выслушать лёгкие.

Указания:

а) выслушивание производить по границам перкуссии (межлопаточные пространства);

б) определить, есть или нет хрипы;

в) определить тип дыхания (визукулярное, жёсткое, ослабленное);

г) сделать вывод о состоянии лёгких.

2. Выслушать сердце.

Указания:

1) выслушивание сердца производить по пяти точкам, выслушать две из них:

- а) 1-я точка: верхушка сердца, выслушать два тона; они должны быть ясные, ритмичные. Сделать вывод о том, какой тон звонче.
- б) 2-я точка над аортой (сердечные клапаны); выслушивание производить во втором межреберье справа на 1,5-2 см к наружи от грудины. Сделать вывод о том, какой тон звонче.

#### 8. Эхо в мире живой природы

Локационный аппарат летучих мышей представляет значительный интерес для учёных и техников, так как он обладает большей точностью, чем созданные человеком радио- и гидролокаторы. Летучие мыши одного из видов легко обнаруживают проволоку диаметром менее 0,3 мм, несмотря на то, что она даёт слабый отражённый сигнал. Точность обнаружения препятствия очень высока и тогда, когда налицо шумы, интенсивность которых значительно превышает интенсивность принимаемого сигнала.

По мнению специалистов, представление о направлении мышь получает за счёт сравнения сигналов, принимаемых обоими ушами, которые подняты во время полёта, как приёмные антенны. Это подтверждается тем, что если одно ухо летучей мыши заклеить, то она совершенно теряет ориентацию. Ушная раковина летучей мыши устроена примерно, так же как и у человека, но диапазон принимаемых частот шире – от 30 до 100 Гц.

У разных видов летучих мышей эхолокационный аппарат устроен по-разному и для ориентации используются различные сигналы. Представители семейства гладконосов (кожаны) издают ультразвуки с частотной модуляцией. Их частоты меняются в пределах от 90 до 40 кГц за время от 10 до 0,5 мс.

Другое семейство летучих мышей – подковоносы используют для ориентации чистые тона частотой порядка 80 кГц в виде импульсов постоянной амплитуды длительностью в среднем около 60 мс.

Внешне поведение в полёте летучих мышей этих двух семейств различно. У гладконосов прямые неподвижные уши, у подковоносов непрерывные движения головой и вибрирование ушами. Выведение из строя одного уха не мешает подковоносам ориентироваться. Но повреждение мускулов, управляющих движением ушей, лишает их способности летать.

Показ учебного фильма «Рукокрылые».

Изучение эхолокационных устройств разных представителей живого мира важно не только для разработки новых принципов радиолокации, но и для обеспечения работы этих устройств в условиях помех.

Для гидролокации оказались очень ценными исследования гидролокационного аппарата дельфинов-афалин.

Голоса дельфинов характеризуются широким диапазоном акустических колебаний – от нескольких сотен Гц до 170 кГц. Всё звучание дельфина разделяют на три класса:

- свисты частотой от 4 до 18-20 кГц;
- эхолокационные (ультразвуковые) щёлканья частотой до 170 кГц;
- комплексные волны высокой амплитуды, слышимые как криканье, мяуканье, жужжание, мычание, вой, стоны и т.д.

Наблюдения показали, что гидролокационный аппарат дельфинов превосходит существующие гидролокаторы не только по точности, но и по дальности действия. Дельфин может обнаруживать рыб, служащих ему пищей, а также различать их вид на расстоянии до 3 км.

Как уже давно заметили рыбаки и жители морских побережий, многие морские птицы и животные заблаговременно узнают о приближении шторма. Дельфины заплывают за скалы, киты уходят в открытое море, пингвины ложатся на снег и вытягивают свои клювы в направлении, в котором должна прийти буря или метель.

Многолетние наблюдения показали, что медуза задолго до приближения шторма спешит укрыться в безопасном месте на большой глубине. Оказывается, медуза способна улавливать недоступные уху человека инфразвуковые колебания (частотой 8-13 Гц), хорошо распространяющиеся в воде и появляющиеся за 10 -15 ч. до шторма. У медузы имеются органы равновесия – статоцисты. Статоцист представляет собой пузырёк, в котором нахо-

дятся сферические известковые статолиты (камешки). Изменение положения тела медузы в толще воды сопровождается перемещениями статолитов, которые ощущаются чувствительными клетками, расположенными в стенке пузырька. В приборе, имитирующем «орган слуха» медузы, имеется рупор, улавливающий колебания воздуха, резонатор, пропускающий колебания нужных частот, пьезодатчик, преобразующий эти колебания в импульсы электрического тока. Далее эти импульсы усиливаются и измеряются. Такой прибор позволяет определять время наступления шторма за 15 часов.

#### 9. Обобщение содержания материала курса

Это занятие целесообразно организовать в форме круглого стола, провести демонстрацию приёмов, наработок, наблюдений учащихся в рамках каждого блока (темы), представить изготовленные наглядные пособия. Это могут быть модели, схемы, рисунки, чертежи, фотографии, альбомы. Например, счётчик пульса, модель для пояснения принципа перкуссии.

Содержание занятия может быть следующим:

1. Общие характеристики звуковых процессов (звуковой резонанс, наблюдение синусоидальных колебаний на экране осциллографа при различных возбуждениях звукового генератора).
2. Голос (возникновение голосов в животном мире, их особенности, диапазоны голосов, тембр, прослушивание записей пения птиц, голосов Шаляпина, Поля Робсона, Робертино Лоретти, Имы Сумак).
3. Слух (слуховые аппараты, особенности слуха у животных и людей, схемы строения уха, понятие о костной проводимости).
4. Звуки, возникающие при работе лёгких и сердца (объяснение причин возникновения звуков, сопровождающих работу сердца и др. органов, прослушивание и сравнение звуков здорового и больного сердца и лёгких).
5. Ультразвуки, инфразвуки (их особенности, роль в живом мире, применение в науке и технике, кавитация и её последствия).
6. История звукозаписи, магнитная звукозапись (проведение «трюковых» записей, бесперспективность механической звукозаписи, современные звукозаписывающие устройства).

#### Литература

- Биологический энциклопедический словарь [Текст]. – М.: Российская энциклопедия, 2000.
- Богданов Н.Ю. Физик в гостях у биолога [Текст] / Богданов Н.Ю. – М.: Наука 1986.
- Бриг У. Мир света. Мир звука [Текст] / Бриг У. – М.: Наука, 1967.
- Кац Ц.Б. Биофизика на уроках физики [Текст] / Кац Ц.Б. – М.: Просвещение
- Моисеева Н.И. Биоритмы жизни [Текст] / Моисеева Н.И. – М., 1997.
- Симаков Ю.Г. Живые приборы [Текст] / Симаков Ю.Г. – М.: Знание, 1986.
- Тинберген Н. Поведение животных [Текст] / Тинберген Н. – М.: Мир, 1978.
- Хильневич С.С. Физика вокруг нас [Текст] / Хильневич С.С. – М.: Наука, 1985.

#### СОСТАВЛЯЮЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ОСНОВ ИНТЕГРЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Гудимова А.Н., Красницкий В.В.

Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, Бишкек, ул. Фрунзе 547

Интеграция в образовании имеет глубокие исторические корни и, несмотря на это на сегодняшний день, очень много разночтений относительно теоретических и практических основ интеграции образовательных технологий в вузах, в том числе и интеграции международных образовательных технологий.

Интеграционный подход к обучению и организации учебного процесса ставит перед дидактикой и педагогикой ряд проблем. Так, например, возникает вопрос о формах обучения и представления знания в учебном процессе, о принципах, которые предопределяют интегративную организацию образования, о методах учения и преподавания, о методах контроля и диагностики качества образования. В свою очередь перечисленное выше обуславливает поиски соответствующих образовательных технологий, определяет, по мнению многих ученых [1,2,3], дидактические требования, предъявляемые к осуществлению профессионально-педагогической деятельности в условиях интеграции. Что касается интеграции образовательных технологий в условиях Кыргызско-европейского факультета Института интеграции международных образовательных программ КНУ им. Ж. Баласагына, то мы считаем необходимым выделить следующие требования:

- мотивированность в целесообразности интеграции конкретных образовательных технологий в учебном процессе;
- четкое определение роли, сферы, места и времени их реализации;
- учет психолого-педагогических аспектов их использования;
- комплексное соединение образовательных технологий КР с технологиями, используемыми при подготовке специалистов по экономическим направлениям Франции и Испании и построение на этой основе целостной эффективной дидактической системы;
- соответствие созданной дидактической системы общей стратегии подготовки экономических кадров;
- обеспечение устойчивой обратной связи в обучении между преподавателем и обучаемым;
- обеспечение высокой степени индивидуализации и дифференциации обучения.

Для выполнения этих требований среди теоретических основ интеграции образовательных технологий европейских вузов и КЕФ ИИМОП КНУ им.Ж.Баласагына мы отдали приоритет трем принципам, которые предопределяют интегративную организацию образования:

- принцип единства интеграции и дифференциации;
- антропоцентрический характер интеграции;
- культуросообразность интеграции образования.

Общеизвестно, что интеграция и дифференциация представляют собой в диалектическом отношении неделимую пару взаимоопределяемых категорий. Граница, разделяющая интеграцию и дифференциацию и разводящая их в качестве противоположенностей, одновременно и соединяет их, так что одно понятие служит средством содержательного наполнения другого.

В историко-педагогическом плане принцип единства интеграции и дифференциации развивает принцип природосообразности Я.Коменского [4]. Формы организации образовательного процесса рассматриваются Коменским по аналогии с "нормами действия природы": природные организмы и формы их целесообразного поведения принимаются как модели наилучшего устройства образования. В основу "Великой дидактики" им положена модель естественного природного развития, или идея органического роста. Она же представлена в принципе единства интеграции и дифференциации. Различие только в том, что именно мы хотим увидеть, принимая природу в качестве всеобщей модели образования. Так как мы стремимся к осмыслению образования как целостного организма, который в процессе своего исторического развития последовательно проходит качественно разные стадии роста, интеграция и дифференциация могут рассматриваться как наиболее общие

категории, посредством которых возможно мысленное моделирование образования как саморазвивающейся системы. Процесс развития сопровождается дифференциацией системы: растет количество составляющих ее элементов, умножаются внутренние и внешние связи, система и ее среда приобретают новые функции. Усложнение внешних и внутренних отношений на определенном этапе угрожает утратой целостности и разрушением самой системы. Система образования перестает отвечать тем требованиям, которые предъявляет ей новая среда; к тому же ее собственная структура настолько усложняется, что возникают серьезные трудности в эффективном выполнении образовательных задач. Проблемная ситуация, более известная как кризис образования, активизирует поиск новых образовательных форм, технологий и значительно усиливает интегративные процессы. Последние начинают преобладать над процессами дифференциации. Поскольку же на предыдущем этапе исторического развития система заметно усложнилась, и появилось достаточное количество новых составляющих, то в процесс интеграции включается уже новое множество элементов. Образование, как открытая система, пульсирует в процессе своего исторического развития: периоды усиленной дифференциации сменяются периодами преимущественной интеграции, в результате чего образовательная система реорганизуется и меняет свою доминантную форму.

Антропоцентрический характер интеграции.

Этот принцип был сформулирован основоположником межпредметной интеграции Джоном Дьюи [5] на рубеже XIX и XX веков, утверждавшим, что в данном случае обучающийся становится солнцем, вокруг которого вращаются методы и средства образования, он – центр, вокруг которого они организуются.

Главная идея педагогической антропологии – понимание целостности, системности, неразрывности личности, всей широты и многообразия человеческой жизни.

В западной научной школе с давних пор довольно активно развивались идеи педагогического антропоцентризма, и хотя они вылились в разные течения и направления, общая тенденция центрированности на человеке очевидна. Самыми распространенными терминами, применяемыми представителями антропоцентрических идей, являются развитие, самость, спонтанность, независимость, свобода, защищенность; а сам процесс развития человека обозначается в терминах: самоактуализация, саморазвитие, самовоплощение, самореализация, самовыявление, самообнаружение [6].

Роль преподавателя резко отличается от предписываемой традиционной образовательной парадигмой. Из транслятора знаний, человека, твердо знающего, как и в каком направлении лучше развивать человека, работающий с обучающимися взрослый превращается в партнера, сотрудничающего с ним на равных; вместе они занимаются поиском истины, познают себя. Основными методами обучения и воспитания, применяемыми в антропоцентрических образовательных моделях, являются диалог, игра, свободное творческое общение, осуществляемое в группе обучающихся совместно с преподавателем. Основной целью образования, согласно антропоцентризму, является самовыражение, самораскрытие индивидуального и уникального "я" человека, его "самости".

Новая дидактика рассматривает в качестве цели обучения не только знания, но и теоретические понятия (развивающее обучение), а также личностные смыслы (личностно-ориентированное обучение) и профессиональные качества. При таком подходе знания, не теряя своего значения, становятся средствами самоорганизации мышления обучающегося. То есть этот принцип интеграции обозначает существенное повышение уровня интегрированности современного образования. В традиционном образовании область его применения ограничена пределами внутрипредметной интеграции. Когда же системные предметные знания из образца и результата превращаются в материал и формы развития сознания, тогда сами учебные дисциплины утрачивают традиционную замкнутость и обособленность друг от друга. Обучающийся становится субъектом не только внутрипредметной, но и межпредметной интеграции – интеграция расширяет свой антропоцентрический характер до системы образования в целом.

По свидетельству Н.К. Чапаева [1] интегративное воспитание и развитие состоится, только тогда, когда его предметом станет человек, взятый во всем богатстве своих внутренних и внешних связей и отношений, во всей совокупности своих актуальных, актуализируемых и потенциальных, в том числе "срабатывающих" и "формируемых" только при определенном педагогическом воздействии, способностей, возможностей, интересов, потребностей и желаний".

Культуросообразность, так же как и другие принципы интеграции, не является абсолютно новым принципом образования. В традиционном образовании родная культура представлена достаточным количеством системных знаний по таким предметам, как язык, литература, история, география и др. Принцип культуросообразности интеграции образования означает то, что современное образование путем межпредметной интеграции должно существенно повысить свой культуросообразный характер. В образовании должна воспроизводиться, моделироваться национальная культура в ее органичной исторической целостности от истоков до наших дней. Система традиционного образования не моделирует культуру: в гуманитарных дисциплинах, плохо согласованных друг с другом, представлены отдельные формы культурной деятельности. Обучающимся предъявляются знания по истории, литературоведению, граждановедению и пр. В одно и то же время обучающемуся предлагается изучать историю мексиканской революции, китайскую философию, искусство античности, экономическую географию современной КР и государственное устройство европейских стран. До культуры ли здесь?

Воссоздание национальной культуры в образовании возможно путем интеграции основных гуманитарных дисциплин в пределах новой дидактической системы – интегрального гуманитарного образовательного пространства. В принципе, совершенно безразлично, какая культура будет моделироваться в образовании – это вопрос национальных предпочтений. Естественно, что в кыргызской школе должна воссоздаваться кыргызская культура.

Принцип культуросообразности интеграции позволяет поднять гуманитарное образование на качественно новый уровень организации. Внутрипредметная интеграция может быть дополнена межпредметной интеграцией. Учебный предмет как дидактическая система, доминирующая в традиционном образовании войдет как составляющая в дидактическую систему более высокого порядка – интегральное гуманитарное образовательное пространство, в котором будут сохранены все значимые дидактические функции предметного обучения. Процесс обучения в интегральном пространстве позволит полноценно решать задачу культурной идентификации личности, систематически формировать теоретические гуманитарные понятия и личностные культурные смыслы. Он обеспечит необходимые дидактические условия для погружения обучающегося в культуру, для того, чтобы личность переживала культуру народа как свою собственную судьбу, была в культуре, жила культурой, наполняла свою жизнь смыслами в процессе ее творческого развития.

Отношение образования и культуры точнее было бы назвать смыслопорождающим, формирующим соотношением "образование – культура", генерирующим не только новые педагогические ценности: духовность, диалог, событийность и др., - но определяющим культуру как общую модель организации образования. Современное образование все более приобретает культуросообразный характер. Культура является для него в качестве модели – образа, в соответствии с которым оно самоорганизуется. Верно и обратное: образование выступает в качестве модели культуры, как та автономная область, в которой концентрируются и воспроизводятся в малом масштабе основные процессы, происходящие, происходившие и ожидаемые в культуре. Культура и образование – это симметричные макро- и микро- миры, зеркально отражающие друг друга. В каждом из них генерируются процессы, получающие развитие в симметричном мире.

На практическом уровне считаем допустимым использование таких дидактических и психологических механизмов, как:

Координирование как интегративный механизм способствует согласованию различных компонентов содержания образования в процессе осуществления учебно-познавательной

деятельности в виде фрагментарного обращения при решении какой-либо учебной проблемы к знаниям и опыту, относящимся к различным дисциплинам и видам деятельности. Так, при изучении на семинарских занятиях темы "Принципы организации экономической деятельности" студенты, анализируя примеры использования принципов в практике КР, выявляют общие признаки принципов, свойственные как для КР, так и для экономики европейских стран, что способствует формированию у будущих экономистов интегрального образа профессионально-экономической деятельности.

Комбинирование своим результатом имеет программу-конгломерат, объединяющую в себе несколько образовательных международных программ.

Амальгмирование в качестве механизма интеграции способствует созданию учебных проектов. Учебные проекты все прочнее входят в практику обучения в вузах. Студентам в данном случае предлагаются лишь вводные данные. Создание проекта заставляет их обращаться к многочисленным источникам самого различного происхождения, привлекать знания из множества отраслей знания и видов деятельности.

Цементация – процесс параллельного соотнесения не более чем двух интегрируемых близкородственных компонентов. Например, – Образовательная программа подготовки экономических кадров в Гренобльском университете и традиционная программа в КНУ. В итоге на их стыке образуется интегрированная образовательная программа подготовки экономических кадров на КЕФ по направлению «Экономика и управление».

Переплетение – тесное взаимодействие нескольких интегрируемых дисциплин, их содержание и последовательность изучения в соответствии с образовательными программами Европейских стран в целом и Гренобльского университета в частности.

В результате переплетения в учебные планы по направлению «Экономика и управление» вошли такие дисциплины, как национальное счетоводство, экономика переходного периода, экономическая география мира, контроль управления, анализ себестоимости и др. В результате структура, перечень, объем и последовательность дисциплин учебного плана и по содержанию своего образования полностью соответствуют требованиям нормативных актов, предъявляемых к специалистам этого направления в Европе, что немаловажно для КР в плане экономического сотрудничества с Европейскими странами.

Стержнезация – как процесс "нализывания" нескольких (множества) интегрируемых компонентов на единый стержень, играющий роль системообразующего ядра. В результате получается тесная система связей (взаимосвязей) как между данным ядром и другими интегрируемыми составляющими, так и между последними. В качестве примера можно привести интегрированную образовательную программу, используемую в учебном процессе на КЕФ, способную сыграть системообразующую роль в подготовке востребованных на рынке труда специалистов.

Комплексообразование – тесное "переплетение", "вплоть до слияния" нескольких интегрируемых компонентов, порой разнокачественной природы. Примером могут служить получившие большую известность за рубежом и на КЕФ интегрированные учебные электронные курсы.

Признавая правомерность выделения механизмов на отдельно взятых уровнях интеграции в образовании, вместе с тем нельзя не указывать на известную условность этой операции. Например, те же "формы связи международных образовательных программ и технологий" при определенной трансформации способны выполнять свои функции и на теоретическом (при взаимосвязи различных отраслей знания, при синтезе концепций), и даже на практическом) при структурировании разнонаучных компонентов технологий образования. Однако данное обстоятельство не может служить причиной для отказа от поиска механизмов интеграции, обладающих максимальной степенью инвариантности. Исходя из того, что механизмы выражают трансформирующую (преобразовательную) сторону интеграции, есть основания считать в качестве ведущей категории, способной описать действие интегративных механизмов, ассимиляцию. Всякий интеграционный процесс в тех-

нологическом плане представляет собой ассимиляцию. Без известного усвоения одним объектом свойств другого объекта, не может быть и речи об интеграции. Рядом с ассимиляцией современная психология располагает понятиями аккомодации (изменение данных структур под влиянием внешней среды), и уравнивания (компенсация внешних нарушений, приводящих к образованию новых структур).

Именно эту тройку категорий и принято считать центральной группой инвариантных механизмов интеграции.

Представленные механизмы носят универсальный характер. Они "срабатывают" на всех уровнях педагогической интеграции. И все-таки наиболее благоприятной средой их проявления выступает научно-дидактическая область, так как дидактика – одна из самых интегративных дисциплин потому, что в ней только 14% понятий являются сугубо дидактическими, остальные имеют самое различное происхождение. Дидактика - это своего рода "пульсирующая Вселенная", то расширяющаяся, то сужающаяся, это непрерывный процесс развития, становления и формирования. Ассимиляция не может не сопровождаться аккомодацией – изменением базисной составляющей интеграции, в роли которой в данном случае выступает интегративная международная образовательная программа подготовки экономистов на КЕФ. "Поглощая" инонаучное знание, она сама претерпевает значительные изменения, приобретая его некоторые черты. Результатом ассимиляции и сопровождающей ее аккомодации является уравнивание – достижение необходимой степени гармонизации отношений между интегрируемыми международными образовательными программами на определенный момент развития интеграционного процесса, позволяющий им сосуществовать (взаимодействовать, сотрудничать) в рамках некоего интегративного новообразования Кыргызско-европейского факультета. В связи с этим заметим: европейская и кыргызская модели, проходя стадии ассимиляции и аккомодации, при которых происходит устранение обстоятельств, мешающих их сближению, взаимоподобляясь в своих некоторых характеристиках, способствуют тем самым появлению качественно нового гносеологического образования – подготовки высококвалифицированных кадров, которая в свою очередь выполняет роль средства сохранения необходимого уровня равновесия между этими образовательными программами. Именно наличие определенного уровня подготовки выпускаемых специалистов по интегрированной программе и позволяет аккумулировать в себе европейскую и кыргызскую составляющие, объединять как требования европейских учебных планов, так и ГОС ВПО КР.

Общеизвестно, что практически всякий процесс обречен на неудачу без выполнения организационных, личностно-психологических и технологических условий. Это всецело можно отнести и к реализации интеграции международных образовательных технологий на КЕФ.

Так к организационным условиям мы относим, прежде всего, создание информационной инфраструктуры педагогической интеграции, предполагающей сбор интегративных фактов в области педагогической практики и теории и подбор коллектива единомышленников из научно-педагогических и педагогических кадров для реализации интеграции. Создание инфраструктуры КЕФ требовало не только отбора технологий и содержания образовательных программ КНУ, Французских и Испанских университетов, но и адаптацию их к ГОС ВПО КР. Единомышленники подбирались не только среди преподавательского состава, а прежде всего на административном уровне университетов.

К личностно-психологическим условиям педагогической интеграции относим:

- мотивационную направленность на осуществление интеграции;
- готовность к толерантному восприятию инонаучных (инокультурных, иноментальных и т.д.) положений и ценностей;
- сформированность интегративного склада мышления, выработку интегративных мыслительных способностей, к числу которых можно отнести умения обобщать, синтезировать, сравнивать, экстраполировать, делать выводы на основе анало-

гий; в-четвертых, приобретение навыков не простого взаимодействия, а работы "вместе", "в малых группах".

К технологическим условиям относим определенную совокупность обстоятельств и процедур чаще всего дидактическо-методического характера, обеспечивающих процесс интеграции.

Условия реализуются путем применения соответствующих средств интеграции поэтапно. Наши исследования показали, что в настоящее время учеными и практиками разработана довольно стройная структура этапов осуществления интеграционного процесса в педагогике, состоящая из определения целей интегрирования, подбора объектов интегрирования, определения системообразующего фактора, создания новой структуры интегративной технологии, переработки содержания, проверки на эффективность, корректировки результата.

Что касается интеграции технологий обучения на КЕФ, то нами были определены 7 этапов, которые и были реализованы при проводимом исследовании.

Комплексный мониторинг и диагностику качества образования по многим параметрам личностного и профессионального характера мы также относим к необходимым составляющим основ интеграции образовательных технологий. Так как только с их помощью возможна проверка эффективности по многим критериям и корректировка результата обучения на всех этапах подготовки бакалавров.

Результаты мониторинга, проводимого в течение ряда лет на КЕФ, свидетельствуют о позитивной динамике качества образования, а стало быть, о положительном влиянии разработанных нами педагогических решений по определению приоритета составляющих основ интеграции образовательных технологий.

#### Литература

1. Чапаев Н.К. Структура и содержание теоретико-методологического обеспечения педагогической интеграции. Дисс ... д-ра п. н. - 13.00. 01 - Екатеринбург, Ур.ГППУ, 1999. - 208 с.
2. Загвязинский В.И. Интегративные характеристики системы принципов обучения // Загвязинский В.И. Теория обучения: Современная интерпретация: Учеб. пособие. – М.: Академия, 2001. – С. 47-50.
3. Керров Л. А Системная интеграция технологий модульного обучения и интерактивного учения как основа разработки виртуальных курсов - Санкт-Петербургский филиал государственного университета - Высшей Школы Экономики Copyright © 2001—2007.
4. Коменский Я. А., Локк Д., Руссо Ж.-Ж., Песталоцци И. Г. Педагогическое наследие. М., 1989. С. 261.
5. Дьюи Джон Школа и общество. 1899.
6. Авершин А.А., Яковенко Т.В., Алехин Р.П. Философия образования: антропоцентрическая модель образовательно-воспитательного процесса. Интернет-ресурс.

#### ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ В ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ К ФОРМИРОВАНИЮ ФИЗИЧЕСКИХ ПОНЯТИЙ

Исаева Р.У., Уркасымова Э.С.

Кыргызский национальный университет им. Ж.Баласагына, Бишкек, ул. Фрунзе 547

Дидактическая система подготовки студентов к формированию у школьников научных понятий содержит следующих компонентов: цели и задачи, объем и содержание, методы и средства подготовки, формы организации учебных занятий, контроль и учета знания и умений по формированию физических понятий.

В аспекте рассматриваемой проблемы наиболее эффективными будут следующие формы лекционных, практических и семинарских, самостоятельных занятий, обеспечивающие поэтапную организацию познавательной деятельности будущих учителей в условиях теоретической и практической подготовки.

При выборе содержания, структуры и методов проведения лекций по психолого-дидактическим основам формирования физических понятий у школьников мы руководствовались положениями, высказанными А.В. Усовой.

Данные положения рассмотрены применительно к методике преподавания физики для студентов: К указанным положениям относятся:

- определение основных педагогических задач лекции;
- четкое определение содержания и структуры лекции, логики изложения материала, в соответствии с поставленными задачами;
- выявление методических средств, обеспечивающих успешное решение поставленных перед лекцией задач;
- отбор дидактического материала, способствующего успешной реализации выбранных методов;
- тщательный отбор демонстрационных опытов и методики использования на лекциях наглядных пособий;
- выявление приемов активизации внимания и мыслительной деятельности слушателей в процессе лекций;
- определение соответствующих задачам лекции способов установления обратной связи с аудиторией: контроля за уровнем внимания, мышления слушателей, пониманием основных идей, развиваемых лектором в процессе чтения лекций.

Лекции по методике преподавания физике должны иметь следующие цели:

- доведение до учителей современных требований к усвоению учащимися физических понятий;
- ознакомление с причинами слабого усвоения учащимися физических понятий, типичными ошибками в их усвоении, а также со способами устранения этих недостатков;
- обоснование целей, содержания и форм организации деятельности учителей по формированию у них умений по раскрытию содержания физических понятий на курсах повышения квалификации.

Необходимым условием эффективности всего лекционного курса, посвященного одной проблеме, например, формированию понятий у учащихся, является взаимосвязь между лекциями.

В качестве примера представим план лекции «Структура физического знания»:

Генерализация знаний по физике.

Проблема отбора основных понятий курса физики.

Система физических понятий.

Циклическая концепция построения физических знаний и ее основные категории: опытные факты, основные понятия, модели явлений, законы, выводы теории, и их практическое применение.

На практические занятия по учебно-тематическим планам отводится примерно третья часть всего времени, отдаваемого на курсовую подготовку студентов заключается в том, что они:

Способствуют более глубокому усвоению и закреплению лекционного материала.

Формируют и развивают у учителей необходимые в их практической деятельности умения и навыки.

Активизируют процесс обучения в вузе, самостоятельную познавательную деятельность студентов.

Являются необходимым звеном для подготовки к самообразованию в межкурсовой период.

Способствуют установлению обратных связей, совершенствованию контроля и учета знаний, приобретаемых студентами во время учебного процесса в вузе.

В вузовской практике используются самые разнообразные виды практических занятий, среди которых можно выделить практикум по решению физических задач, лабораторные занятия по овладению демонстрационным экспериментом, занятия по формированию и закреплению определенных педагогических и методических умений.

По своему содержанию практические занятия разделяются на:

Практические занятия по научному содержанию предмета, куда входит, например, знакомство с фундаментальными опытами по физике.

Практические занятия по методике преподавания предмета, куда входят, например, Практические занятия по методике решения задач на кинематику и динамику, занятия по организации физического практикума и т.д.

По дидактическим целям возможно выделение практических занятий, направленных на:

Формирование у учителей новых педагогических, методических и специальных знаний, умений и навыков по предмету.

Совершенствование профессиональных знаний, умений и навыков, например, систематизация, обобщение, пополнение, повторение, актуализация, применение знаний, умений и навыков на практике.

Контроль уровнем сформированности знаний, умений и навыков, полученных во время подготовки. Сюда относится проверка результатов работы во время занятий, проверка качества усвоения студентами учебного материала, выявление интереса к знаниям, желания студентов включить их в свою практическую деятельность, их готовности к преподаванию предмета в школе.

Практические занятия, используемые в вузе, по методам исполнения могут быть репродуктивными, эвристическими исследовательскими.

Выбор методов проведения практических занятий зависит от уровня подготовки студентов, наличия необходимого оборудования и т.д. и определяется преподавателям - методистом.

Репродуктивные методы используются, в основном, для закрепления нового материала. В этап первичного обучения умениям желательно включить выполнение практических действий по инструкции или задания тренировочного характера. Например, подобрать из задачника задачи, направленные на дифференцировку у учащихся понятий «вес», «масса», или составить систему упражнений на разграничение понятий «сила тяжести» и «вес тела» и т.д.

На более высоком этапе совершенствования педагогических умений особое место должны занимать задания творческого характера с применением эвристических и исследовательских методов. Это достигается путем решения конкретных проблемных ситуаций, которые должны быть максимально близкими к повседневной профессиональной деятельности. При этом должна учитываться возможность использования найденных решений в учебно-воспитательном процессе, что способствует повышению интереса учителей к практическим занятиям.

Примером таких занятий могут являться составление упражнений на классификацию физических понятий, разработка системы упражнений по преодолению типичных ошибок в усвоении конкретных физических понятий, умений оперировать понятием при решении практических задач и т.д.

К более сложным заданиям следует отнести задания эвристического типа с элементами исследования, выполнение которых требует усвоения лекций по теории и методике преподавания предмета, связанных с решением воспитательных и образовательных задач, а также с отработкой практических умений по предмету. Примером такого задания может

являться заданием, в котором учителям предлагается по результатам проверки контрольной работы выявить уровень сформированности у учащихся конкретного физического понятия, типичные ошибки, допущенные в усвоении данного понятия, разработать систему упражнений на устранение выявленных ошибок и пробелов в усвоении данного понятия.

А также, такая форма организации учебных занятий, как семинар, позволяет студентам поделиться своим личным опытом (желательно семинары должны проводиться после прохождения педагогической практики), сравнивать его с опытом с других студентов-практикантов, обсудить наиболее важные вопросы практической деятельности в условиях в школьной практике, уточнить для себя задачи дальнейшей преподавательской работы и работы по самообразованию.

В принципе, любой вопрос учебно-тематического плана может стать предметом обсуждения на семинаре. Но все-таки тема семинара выбирается не произвольно, а в зависимости от характера вопросов, выносимых для обсуждения на семинаре, и уровня подготовки будущих учителей.

Непосредственно на семинаре организуется коллективное обсуждение вопросов, раскрывающих наиболее важные аспекты выбранной проблемы. В процессе коллективного обсуждения осуществляется сравнение опыта различных студентов-практикантов, сопоставление условий и результатов обучения, формируются обобщенные рекомендации.

В качестве примера приведем тематику вопросов, обсуждаемых на семинаре «Роль самостоятельных работ в формировании физических понятий».

Виды самостоятельной работы учащихся, их классификация.

Роль самостоятельной работы при первичном знакомстве с понятием.

Виды самостоятельных работ, направленных на выделение существенных признаков понятия.

Роль самостоятельной работы в установлении связей между понятиями.

Самостоятельная работа по формированию умений оперировать при решении практических задач.

Роль самостоятельной работы с учебной и научно-популярной литературой в усвоении понятий учащимися.

Конференция в условиях вузовской подготовке, как правило, носит научно-практический характер. Несмотря на то, что функции конференции как одного из учебных занятий вузе имеет сходные функции с семинарскими занятиями, она является более сложным видом деятельности для студентов и преподавателей. Это определяется тем, что обычно конференции проводятся на завершающем этапе курса и служат одной из форм подведения итогов обучения в целом.

Для примера приведем тематику одной из конференций, проводимых в процессе педагогического эксперимента. Тема конференции: «Роль планов обобщенного характера в формировании у учащихся физических понятий».

Психолого-дидактические основы использования планов обобщенного характера.

Роль планов обобщенного характера как средства систематизации знаний учащихся о физических понятиях.

Роль планов обобщенного характера как средства самоконтроля учащихся за деятельностью по усвоению понятий.

Роль планов обобщенного характера в организации самостоятельной работы с учебной и дополнительной литературой.

Обобщенные планы как средство контроля за качеством усвоения учащимися понятий.

## О МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ В ВОСТОЧНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ им. МАХМУДА КАШГАРИ-БАРСКАНИ

Абласов К.Д., Булатаева В.У.

Восточный университет им. Махмуда Кашгари-Барскани, Бишкек

Модульно-рейтинговая система подготовки студентов (далее – МРС) является составной частью учебно-методических комплексов дисциплин (УМКД), разработанных в Восточном университете им. Махмуда Кашгари-Барскани (далее ВУ).

МРС – система организации процесса освоения дисциплин, основанная на модульном построении учебного процесса. При этом осуществляется структурирование содержания каждой учебной дисциплины на дисциплинарные модули и проводится регулярная оценка знаний и умений студентов с помощью контроля результатов обучения по каждому дисциплинарному модулю и дисциплине в целом.

Целью внедрения МРС является:

повышение качества обучения за счет интенсификации учебного процесса, активизации работы профессорско-преподавательского состава и студентов по обновлению и совершенствованию содержания и методов обучения;

- осуществление регулярного контроля и рейтинговой оценки качества обучения студентов при освоении ими основной образовательной программы по направлению (специальности).

Основные принципы МРС:

- структурирование содержания каждой учебной дисциплины на обособленные части – дисциплинарные модули;

- интенсификация самостоятельной работы студентов за счет более рациональной организации обучения и постоянного контроля его результатов;

- рейтингование (оценивание) достигнутых результатов обучения для повышения мотивации студентов к освоению дисциплин, а также для своевременной коррекции содержания и методики преподавания;

- регулярность и объективность оценки результатов работы студентов и преподавателей;

- строгое соблюдение исполнительской дисциплины всеми участниками образовательного процесса (студенты, профессорско-преподавательский состав, учебно-вспомогательный и административно-управленческий персонал ВУ).

Для эффективного функционирования МРС необходимо наличие:

учебно-методического комплекса (УМК) по каждой из дисциплин;

инструктивно-методических документов по применению МРС; материально-технической базы, обеспечивающей реализацию в учебном процессе современных обучающих технологий и информатизацию всех процессов в функционировании МРС.

Формы и организация проведения рейтинг-контроля

Мероприятия по рейтинг-контролю могут осуществляться как в традиционных, так и в инновационных формах.

Входной рейтинг-контроль осуществляется перед началом изучения дисциплины в рамках входного модуля и представляет собой, как правило, тестирование направленное на установление уровня остаточных знаний по предыдущим смежным дисциплинам. Может использоваться для корректировки содержания изучаемой и смежных дисциплин. Результат входного рейтинг-контроля включается в рейтинговую оценку по дисциплине по решению кафедры.

Рейтинг-контроль текущей работы осуществляется в форме без специального прерывания занятий предусмотренных расписанием:

- посещаемость,
- выполнение (аудиторных и домашних) контрольных заданий,
- оценка выступлений на семинарах и практических занятиях,
- рефераты, доклады,
- и др.

Формы рейтинг-контроля текущей работы определяются кафедрой по предложениям преподавателей, и проводится в рамках базовых модулей.

Совокупность мероприятий рейтинг-контроля текущей работы должна обеспечивать объективную оценку уровня усвоения изучаемого материала и своевременности выполнения студентами учебного графика. Рейтинг-контроль текущей работы осуществляется преподавателями непрерывно, т.е. используя лекции, практические, семинарские, лабораторные и индивидуальные занятия, консультации.

Промежуточный рейтинг-контроль представляет собой самостоятельную форму контроля в структуре базового модуля, определяемую кафедрой. Он проводится в конце изучения базового модуля во время текущих занятий без прерывания учебного процесса по другим дисциплинам.

Промежуточный рейтинг-контроль проводится в форме:

- устный опрос,
- письменная контрольная работа,
- тестирование,
- и др.

Итоговый рейтинг-контроль представляет собой форму контроля, в рамках итогового модуля и предусматривает выделение времени на самостоятельную подготовку. Как правило, итоговый рейтинг-контроль включает в себя общие вопросы по дисциплине и направлен на определение общедисциплинарного уровня знаний. Форма проведения итогового рейтинг-контроля определяется кафедрой с учетом учебного плана в виде либо традиционных форм (экзамен или зачет), либо иных, где экзамен может быть заменен тестированием, письменной работой и т.п. Для проведения итогового рейтинг-контроля в виде экзамена или заменяющих его форм необходимо прерывание занятий по другим дисциплинам и организация сессии.

Организация учебного процесса

Дисциплина, изучаемая в течение семестра, делится на ряд дисциплинарных модулей в соответствии со структурно-логической схемой, представленной в модульной программе и технологической карте дисциплины. В структуре изучения дисциплины, как правило, могут быть представлены следующие дисциплинарные модули:

- входной,
- базовый (не более 3),

- итоговый,
- дополнительный.

Обязательными являются только базовые модули, наличие или отсутствие других модулей определяется спецификой дисциплины и утверждается кафедрой. Ограничение числа дисциплинарных модулей в семестре лимитируется практическими затруднениями при проведении большого числа промежуточных контролей, что, несомненно, отрицательно скажется на процессе усвоения материала студентами.

Модульная программа дисциплины разрабатывается кафедрой, за которой закреплена дисциплина. Она должна соответствовать следующим требованиям:

- а) входить как часть обязательной документации в учебно-методический комплекс по дисциплине;
- б) полностью соответствовать требованиям ГОС ВПО к обязательному минимуму содержания дисциплины, т.е. иметь в наличии все дидактические единицы, включенные в ГОС;

в) обладать четкой структуризацией тем программы по дисциплинарным модулям;

г) модульная программа по дисциплине должна быть общей для разных специальностей, имеющих единый ГОС ВПО по данной дисциплине.

Рейтинговая система оценки качества учебной работы студентов

Студент своевременно информируется преподавателем об изменении своего рейтинга, что является одним из основных факторов активизации его самостоятельной работы.

Результаты всех видов учебной деятельности студентов оцениваются рейтинговыми баллами. Количество баллов по дисциплине в целом и по отдельным формам работы и аттестации устанавливается ведущим преподавателем и утверждается кафедрой. В каждом модуле определяется минимальное и максимальное количество баллов. Сумма максимальных баллов по всем модулям равняется 100%-ному усвоению материала. Минимальное количество баллов в каждом модуле является обязательным и не может быть заменено набором баллов в других модулях, за исключением ситуации, когда минимальное количество баллов по модулю определено как нулевое. В этом случае модуль является необязательным для изучения и общее количество баллов может быть набрано за счет других модулей. Для получения положительной оценки необходимо набрать не менее 55% баллов, предусмотренных по дисциплине (при условии набора всех обязательных минимальных баллов). Перевод баллов в академическую оценку осуществляется по следующей схеме: оценка «удовлетворительно» 55-69% баллов, «хорошо» 70-85% баллов, «отлично» 86-100% баллов. Сумма минимальных границ диапазонов всех дисциплинарных модулей должна составлять 55% баллов, а максимальных – 100% баллов.

Для исключения дробных процентных значений баллов и связанных с этим затруднений при суммировании результатов различных форм контролей общее количество баллов по дисциплине должно быть 100. Рейтинговые баллы распределяются по дисциплинарным модулям в зависимости от их значимости и трудоемкости.

Результат входного рейтинг-контроля по вводному модулю включается в рейтинговую оценку по дисциплине по решению кафедры.

Количество баллов по дополнительному модулю не включается в общую максимальную сумму баллов, распределяемых по модулям, и не может превышать 10% от этой суммы, для исключения возможности «перешагивания» через оценку за счет добора баллов.

При защите курсовых и выпускных квалификационных работ и отчетов о практике учитывается содержание и оформление работ (отчета о практике), качество доклада, уровень защиты. Баллы устанавливаются по усмотрению кафедры в соответствии с требованиями к курсовой и выпускной квалификационной работе, отчету о практике.

В технологической карте дисциплины определяются виды текущей работы и формы проведения промежуточных рейтинг-контролей, диапазоны рейтинговых баллов дисциплинарных модулей с выделением баллов за текущую работу по видам и промежуточные рейтинг-контроли. При распределении баллов по видам текущей работы необходимо учитывать количество практических (семинарских, лабораторных) занятий, степень сложности учебного материала.

В течение обучения по дисциплинарному модулю преподаватель проставляет баллы за все виды текущей работы в журнале оценки знаний студентов по модульно-рейтинговой системе. После окончания дисциплинарного модуля преподаватель выставляет суммарные баллы за текущую работу и промежуточный рейтинг-контроль в единой ведомости оценки успеваемости студентов. Дисциплинарный модуль считается изученным, если студент набрал количество баллов в рамках установленного диапазона.

Преподаватель имеет право по своему усмотрению добавлять студенту определенное количество баллов (но не более 5% от общего количества), в каждом дисциплинарном модуле:

за активность на занятиях;

за выступление с докладом на научной конференции;

за научную публикацию;  
за иные учебные или научные достижения.

Организационные вопросы работы с неуспевающими студентами

Студент, не набравший минимального количества баллов по текущей и промежуточной аттестациям в пределах первого базового модуля, допускается к изучению следующего базового модуля. Ему предоставляется возможность добора баллов в течение двух последующих недель (следующих за промежуточным рейтинг-контролем) на ликвидацию задолженностей.

Студентам, которые не смогли набрать промежуточный рейтинг или рейтинг по дисциплине в общеустановленные сроки по болезни или по другим уважительным причинам (документально подтвержденным соответствующим учреждением), декан факультета устанавливает индивидуальные сроки сдачи.

Если после этого срока задолженность по неуважительным причинам сохраняется, то назначается комиссия по приему академических задолженностей с обязательным участием заведующего кафедрой. По решению комиссии неуспевающие студенты по представлению декана отчисляются приказом ректора из университета за невыполнение учебного графика.

В особых случаях декан имеет право установить другие сроки ликвидации студентами академических задолженностей.

Неявка студента на итоговый или промежуточный рейтинг-контроль отмечается в журнале рейтинг-контроля преподавателя записью "0" баллов. Если неявка произошла по уважительной причине (подтверждена документально), деканат имеет право разрешить прохождение рейтинг-контроля в другие сроки. При неуважительной причине неявки в статистических данных деканата (в ведомости учета текущих, промежуточных и итогового контроля, приложение 4) проставляется "0" баллов, и студент считается задолжником по данной дисциплине.

Рейтинговая система оценки качества учебной работы распространяется и на студентов, посещающих занятия по индивидуальному графику.

Если студент желает повысить рейтинг по дисциплине после итогового контроля, то он должен заявить об этом в деканате. Повысить рейтинг студента дополнительно разрешается тем, кто претендует на диплом с «отличием». Дополнительная проверка знаний осуществляется преподавателем по направлению деканата в течение недели после итогового контроля. При этом преподаватель должен ориентироваться на те темы дисциплины, по которым студент набрал наименьшее количество баллов. Полученные баллы вносятся в единую ведомость учета текущих, промежуточных и итогового контроля и учитываются при определении рейтинговой оценки в целом по дисциплине. Если студент во время дополнительной проверки знаний не смог повысить рейтинговую оценку, то ему сохраняется количество баллов, набранных ранее.

По дисциплине, изучение которой производится в течение нескольких семестров, итоговая рейтинговая оценка за каждый семестр выставляется в обычном порядке и заносится в единую ведомость оценки успеваемости студентов. По итогам изучения всей дисциплины определяется процент общего количества баллов от максимально возможных, набранных по результатам всех семестров, которое, определяет оценку в приложении к диплому как результат работы по всей дисциплине в целом.

Распределение обязанностей по организации МРС

Участниками модульно-рейтинговой системы являются студенты, преподаватели, кафедры, деканат, учебно-инспекционный отдел.

Учебно-инспекционный отдел:

организует методическое обеспечение учебного процесса в условиях модульно-рейтинговой системы;

разрабатывает инструктивно-методические материалы по модульно-рейтинговой системе (положения, инструкции, рекомендации и др.);

осуществляет обучение преподавателей основам организации модульно-рейтинговой системы;

осуществляет контроль за разработкой и выполнением модульных программ по учебным дисциплинам и технологических карт дисциплин. При необходимости вносит предложения по корректировке выявленных отклонений;

готовит бланки документов, используемых в модульно-рейтинговой системе и доводит их до непосредственных исполнителей;

осуществляет мониторинг качества обучения студентов в рамках модульно-рейтинговой системы;

изучает, обобщает и распространяет имеющийся опыт обучения студентов по модульно-рейтинговой системе.

Деканат факультета ГЗ:

- в течении первых двух недель каждого семестра совместно с преподавателями, ведущими занятия на курсе, составить график сдачи результатов рейтинг-контролей.

осуществляют контроль своевременности и полноты внесения преподавателями всех необходимых данных в единые ведомости учета текущих и итогового контроля;

- вносят в течение трех дней по окончании дисциплинарного модуля информацию об итогах рейтинг-контроля по дисциплинам в базу данных;

проводят индивидуальную работу со студентами на основе анализа данных об успеваемости;

собирают, обрабатывают и анализируют информацию о результатах итогового рейтингового контроля успеваемости студентов факультета;

принимают участие в обобщении и организации обмена опытом работы кафедр по модульно-рейтинговой системе и ее распространении.

Кафедра, участвующая в реализации модульно-рейтинговой системы:

утверждает модульные программы дисциплин в рамках учебно-методических комплексов;

утверждает технологические карты дисциплин в соответствии с модульными программами, в которых определяет количество баллов и формы работы в дисциплинарных модулях;

в течении первых двух недель каждого семестра разработает график приема дисциплинарных модулей по всем дисциплинам кафедры и утверждает в деканате;

регулярно (не реже одного раза в течение семестра) анализирует информацию о текущей работе студентов и промежуточных рейтинг-контролях, о результатах итоговых рейтинг-контролей, разрабатывает и реализует меры по устранению выявленных недостатков;

обобщает опыт работы преподавателей по модульно-рейтинговой системе с целью активного внедрения инновационных подходов к учебному процессу.

Преподаватели:

разрабатывают рабочие модульные программы дисциплин в рамках учебно-методических комплексов;

разрабатывают технологическую карту дисциплины, в которой самостоятельно выбирают формы и методы работы и контроля качества знаний студентов;

знакомят студентов в начале каждого семестра с содержанием технологической карты учебной дисциплины на данный семестр;

- своевременно передают в деканат информацию о результатах рейтинга студентов по преподаваемым дисциплинам;

- создает журнал результатов рейтинг-контроля для каждой учебной группы, где ведет занятие и заполняет своевременно;

Студенты:

знакомятся с содержанием модульных программ учебных дисциплин и других организационных документов с целью организации своей учебной (в т.ч. самостоятельной) работы по изучению дисциплины;

выполняют все виды учебной работы (включая самостоятельную) в течение семестра и отчитываются об их выполнении в сроки, установленные в соответствующих документах (модульных программах учебных дисциплин, технологических картах, программах практик и др.).

## СОДЕРЖАНИЕ

стр.

### ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОБЛЕМЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Кристаллдарды эритмеден синтездөө технологиясы К.Т. Асылбеков, А. Рысмендеева, К. Шаршеев, М.М. Кидибаев .....	5
Радиационное создание и пространственное распределение наноразмерных дефектов в кристаллах KBr, KCl и RbCl. А. Баймаханулы, А. Луцик.....	12
Люминесценцирующие ассоциаты ионов свинца с междоузельными атомами В KI-PbI <sub>2</sub> . Усаров А.С.....	17
Особенности замещения примесными ионами 3d <sup>1</sup> и 3d <sup>9</sup> катионов в монокристаллах LiKSO <sub>4</sub> . Ордобаева Ч.Т.....	24
Влияния $\gamma$ -облучения на оптические свойства композитного материала «полиимид – » Мурадов А.Д., Сарсембаев Г.Б., Ким М.И.....	30
Проявление оптической активности в кристаллах различных классов симметрии Калдыбаев К.А., Константинова А.Ф., Мокешов Ж.К. ....	36
Фрактальная структура композиционных покрытий. Е.Н. Вертягина, В.М. Юров, Н.Х. Ибраев, С.А. Гученко, Э.Хуанбай.....	45
Связь поверхностного натяжения металлов в твердой фазе с их температурой плавления. В.М. Юров, Н.Х. Ибраев, С.А. Гученко, Е.Хуанбай.....	49
Влияние остаточного давления на свойства композиционных покрытий. Н.Х. Ибраев, В.М. Юров, Е.Н. Вертягина, С.А. Гученко, Е.Хуанбай.....	54
Влияния низкотемпературного отжига на оптические свойства композитного материала «Полиимид- » Мурадов А.Д., Сарсембаев Г.Б., Ким М.И. ....	56
Импульсная катодолюминесценция кристаллов LiKSO <sub>4</sub> – Cu <sup>2+</sup> . Кидибаев М.М., Шаршеев К., Клименко О.И., Рысмендеева А.....	60

### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Космологические решения в модифицированной гравитации О.Ш. Шаршекеев, У.М. Иманалиев, М. Сагынбаева, В.Н. Фоломеев.....	62
Управление с минимальной нормой в дискретной динамической системе Аширбаев Б.Ы.....	66
Вычисление десятикратных интегралов методом оптимальных коэффициентов с учетом числа узлов квадратурной формулы Заманова С.К.....	71
Осцилляция решений одного класса нелинейного операторно-разностного уравнения с конечными разностями пятого порядка Темиров Б.К., Баратова Б.Ш.....	76
Обратная задача для интегро-дифференциального уравнения с малым параметром	

Туганбаев М.М.....	81
Собственные элементы одного интегрального уравнения типа фредгольма третьего рода в пространстве . К.И. Салейдинов.....	86
Инфляция современной вселенной в рамках гравитации М.Сагынбаева.....	90
Многолетние вариации радиоизлучения атмосферы северного Кыргызстана в диапазоне миллиметровых волн. Ашымканов К.Ш., Темиралиева З.М. ....	95
Эволюция ударной волны в жидком водороде с паровыми пузырьками. Мамытов А.М.....	98

Теоретическое исследование закономерностей увеличения радиуса протаивания много- летних мёрзлых пород вокруг скважины с установкой элетроцентробежных насосов Мусакаев Н.Г., Романюк С.Н., Бородин С.Л. ....	102
Влияние малых значений числа узлов квадратурной формулы на вычисление многократных интегралов методом оптимальных коэффициентов Заманова С.К.....	107

## ФИЗИКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ И ТЕПЛОФИЗИКА

Математические модели взаимодействия электродуговой плазмы с обрабатываемым металлом Жайнаков А.Ж., Кабаева Г.Д.....	110
Влияние излучения инжектора и конвекция в зоне торможения на преграде Жусупкелдиев Ш.....	115
Моделирование теплофизических процессов на поверхности материалов при их лазерной обработке Бейшекеева Г.Дж., Жайнаков А.Ж.....	120
Компьютерное моделирование сопряженных задач теплообмена при плазменной резке металлов. Жайнаков А.Ж., Кабаева Г.Д., Аманкулова Н.А. ...	125
Исследование физико-химических основ получения силикатной энергетики. Баймуратова Г.А.....	130
Перспективы развития гелиоэнергетики Кыргызстана. Шукуров У.Ш., Эсенгелдиев Ч.Э. ....	132
Движение сходящейся цилиндрической ударной волны Д.С. Асанов, Т.А. Куручбеков, А.Ж. Жайнаков.....	135

## ФИЗИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

Физика мугалимдерин даярдоонун психодидактикалык маселелери Мамбетакунов Э.М.....	140
Научный стиль мышления как средство детерминации познавательной деятельности лицеистов Мааткеримов Н.О., Хаджи Кара Думан.....	145
Разработка и пути внедрения целостной методической системы обучения нанотехнологии в 12-летнее среднее образование Республики Казахстан Р. Башарулы, А. Баймаханулы, Е. Жаменкеев, Г. Уалиев. Д. Кенжебаева.....	149
Заттардын түзүлүш моделдерин окутуунун автордук компьютердик программалары Ж. Сагындыков, Д.Р. Сатывалдиев, К.О. Осмоналиев, С.К. Кадышев.....	153
К вопросу модернизации содержания и методики преподавания физики твердого тела Мааткеримов Н.О., Арунова А.М.....	156
Дидактические условия системы подготовки будущего учителя к осуществлению дифференцированного обучения в школе З.И. Оморалиева, А.Ж. Эгемназарова.....	160

О методах познания природы Карипова М.К.....	166
Применение метода коллективной мыслительной деятельности в процессе обучения физике Карипова М.К.....	171
Семинары по физике в старших классах средней школы М.К. Койчуманов, Е.Н. Разгонова.....	176
Проявление педагогического мастерства при формировании гражданственности у школьников М.К. Койчуманов, Н.В. Шаргадарова.....	180
Актуальность проблемы компьютеризации образования Г.Б. Асаналиева, А.К. Исаева. ....	183
Газ абалынын закондорун окутуунун анимациялык програмалары Ж. Сагындыков, Э. Мамбетакунов, С. Кадышев.....	186
Разработка обучающей программы по изучению теории графов для инженерных специальностей Атанаев А.А., Асанов М.С., Бейшекеева Г.Дж.....	191
Представление пространственных данных ГИС технологиями Г.Дж. Бейшекеева, Ш.К. Кожоналиев, А.Сукенбаев .....	195
EFQM модели – билим берүүдөгү башкарууну өркүндөтүү инструменти Атанаев Т.Б., Шерматова И.К. ....	200
Элементы биофизики в школьном курсе физики Атанаев Т.Б. ....	205
Физика боюнча билимдерди системалаштыруу процессинин окутуу функциялары Эгемназарова А., Оморалиева З., Калбекова М. ....	208
Применение компьютерных технологий в математике Г.Б. Асаналиева, А.К. Исаева...	213
Ай-Үркөр календары Калыбеков А.....	218
Технология реализации нормирования учебного процесса по физике. Мааткеримов Н.О., Утемисов К.Д.....	223
Физиканы гуманитаризациялоо жана илимий көз карашты калыптандыруу жана өнүктүрүү Султанкулов. Д.И.....	229
Технологические уклады (волны) и развитие естественных наук Тузов Л.В., Карашев Т. ....	233
Применение инновационных методов обучения в ВУЗе Орехова И.Д.....	237
Электр энергиясын өндүрүү процесстерин электрондук окутуучу программалардын жар- дамында окутуу..Ж. Сагындыков, А.О. Абидов, М.М. Кукчаев, М.П. Токоев, Т.М. Асилбеков.....	241
Элементы биофизики при изучении колебаний и звука Атанаев Т.Б.....	244
Составляющие теоретических и практических основ интеграции образовательных технологий Гудимова А.Н., Красницкий В.В. ....	255
Формы организации учебных занятий в подготовке будущих учителей к формированию физических понятий. Исаева Р.У., Уркасымова Э.С.....	261
О модульно-рейтинговой системе контроля знаний студентов в восточном университете им. Махмуда Кашгари-Барскани. Абласов К.Д., Булатаева В.У.....	264