БЕРДИБЕКОВА С.К., САГЫНДЫКОВ Ж.,
КАДЫРКУЛОВА Н.К., САТЫВАЛДИЕВ Д.Р., КАДЫШЕВ С.,
ОшТУ, ОШ.ГУ, КУУ
УДК 372.853.

АР КАНДАЙ ЧӨЙРӨДӨГҮ ЭЛЕКТРӨТКӨРҮМДҮҮЛҮКТӨРДҮ ОКУТУУ

Бул макалада компьютердик анимациялык программалардын жардамында ар кандай чөйрөдө өткөргүчтөрдүн ток өткөрүү касиеттерин окутуу каралган.

Макаланын максаты ар кандай чөйрөдөгү электрөткөрүмдүүлүктөрдү электрондук - анимациялык программанын негизинде окутууга арналган. Мындай усул менен окутуу үчүн катуу, газ жана суюк абалдагы заттардын электрөткөрүмдүүлүктөрүнүн анимациялык программаларлары температуурага жараша биздин идея менен инженер - программистердин жардамында жасалды.

Суюктуктардын ток өткөрүү касиеттери. Эриткичтер, эритмелер жана электролиттер дагы өткөргүчтөр, өткөрбөгүчтөр жана жарым өткөргүчтөр деп бөлүнөт. Дистирленген суу диэлектрик, ал эми кислоталардын, жегичтердин, туздардын суудагы эритмелери - электролиттер деп аталып, алар өткөргүчтөргө таандык.

Кристалл түрүндөгү дээрлик көпчүлүк туздар, кислоталар, жегичтер электр тогун өткөрбөсө да, бирок аларды жогорку температурага суюктукка айлантканда өткөргүчтөр болуп калат. Демек, кээ бир заттар балкыма абалында өткөргүчтөргө айланып калат. Ал эми эритилген селен жана сульфиддердин эритмелери жарым өткөргүчтөр болуп эсептелишет. Бул айтылгандарды төмөндөгүдөй тажрыйбалардын негизинде далилдөөгө болот.

1 – тажрыйба. Чоң химиялык айнектен жасалган чөйчөккө дистирленген таза суу куюп, ага металлдан жасалган эки мыкты же металл пластинкаларын салабыз. Аны ток булагы, амперметр, лампочка, ачкычка туташтырып, электр чынжырын чогултабыз. Бул учурда сууга салынган эки мык же пластинкалар электроддор деп аталат. Электроддор графиттен, алтындан, платинадан, палладийден ж.б. инерттүү металлдардан жасалат. Эки электроддун бири *К* катод, экинчиси-А анод болот. Эгерде ачкыч «а» ны бириктирип, амперметрдин көрсөтүүсүн карасак (же лампочка күйбөгөндүгү байкалат), ал чынжырда ток жок (же күйбөгөн лампочка чынжырда токтун жок экендигин далилдейт) экенин көрсөтөт. Мындан дистирленген суу ток өткөрбөгөндүгүн далилденди.

2 – тажрыйба. Эгерде чынжырды ажыратып туруп, кашык менен идишке бир аз санда глюкозаны же кумшекерди дистирленген сууга кошуп аралаштырып, пайда болгон эритмеге электроддорду салып, аны турактуу токтун булагына бириктирсек, лампочканын күйбөгөндүгүн көрөбүз. Аны амперметрдин көрсөтүүсү да далилдейт. Демек, глюкозанын же кумшекердин дистирленген суудагы эритмелеринде дагы дистирленген суу сыяктуу эле ток өткөрбөгөндүгү далилденет.

3 – тажрыйба. Пипетка менен күчтүү кислоталардын бир аз тамчысын же кашык менен щелочтун же туздардын порошогунан дистирленген сууга кошуп аралаштырып, кайрадан электроддорду турактуу токтун булагына бириктирип, тажрыйбаны улантсак, анда лампочка күйөт. Бул чынжырда токтун пайда болгондугун көрсөтөт. Демек, кислоталардын, щелочтордун же туздардын суудагы эритмесинде заряддарды ташуучу бөлүкчөлөр бар экендиги далилденет.

4 – тажрыйба. 1 – тажрыйбаны органикалык эриткичтер (мисалы, гексан, бензол, бензин, керосин ж.б.у.с.) үчүн дагы жасап көрөлү. Бул тажрыйбаны жасоодо суунун ордуна органикалык эриткичтер: гексан, бензол, бензин, керосинди алып, 1 – тажрыйбада жасалгандай эле тажрыйба кайталанат. Натыйжада, дистирленген суу сыяктуу эле органикалык эриткичтертер дагы электр тогун өткөрбөгөндүгүн далилденет.

5– тажрыйба. Глюкоза менен кантты, же газ абалындагы хлордуу суутектин же аммиактын, же 100%түү уксус кислотасынын органикалык эриткичке (гексан, бензол,

бензин, керосин) салып, алардын ток өткөрүү жөндөмдүүлүктөрүн текшерип көрсөк, булардын эритмелери электр тогун өткөрбөгөндүгү далилденет.

6 – тажрыйба. Суюк аммиакка газ абалындагы хлордуу суутекти же 100%түү уксус кислотасын салып, алынган эритмелердин ток өткөрүү жөндөмдүүлүктөрүн текшерсек, эритмелери электр тогун өткөргөндүгү далилденет.

7 – тажрыйба. Температурага чыдамдуу болгон химиялык идиштин ичине таза тузду салып (мисалы аш тузун же силвинтти), ага эки электродду матырып. Аны ток булагы, амперметр, лампочка, ачкычка туташтырып, электр чынжырын чогултуп (1-сүрөт), химиялык идишти туз суюктукка айланганга чейин ысытып, ачкыч «а» ны бириктирип, амперметрдин көрсөтүүсүн карасак (же лампочка күйгөндүгү байкалат), ал чынжырда токтун пайда болгондугу (же күйгөн лампочка чынжырда токтун бар экендигин далилдейт) далилденет. Мындан, туздардын эритиндилери ток өткөргөндүгүн далилденди.

Мындан кандай жыйынтык чыгарууга болот. Демек, заттардын ток өткөрүү жөндөмдүүлүктөрү эритменин дагы анда эриген заттын дагы жаратылышынан көз каранды экендиги көрүнүп турат.

Органикалык эриткичтердин (гексан, бензол, бензин, керосин) ток өткөрүү жөндөмдүүлүктөрү жок экендиги далиденет. Жана аларга кандай гана зат кошулбасын алардын эритмелери токту өткөрбөйт. Ошондой эле глюкозага же кантка окшогон заттар дагы электролит эместердин эритмелерине таандык болору далилдөөгө болот.

Ал эми токту өткөргөн кислотанын, щелочтун же туздардын суудагы эритмелери электролиттердин эритмелерине таандык. Ошондой эле кээ бир заттардын (мисалы, туздардын) эритиндилери дагы токту өткөрөт.

Уксус кислотасы сууда начар ток өткөргөндүгү далилденсе, ал эми суюк аммиакта токту жакшы өткөргөндүгүнө күбө болобуз. Ал эми газ абалындагы хлордуу суутектин же аммиактын, же 100%түү уксус кислотасынын органикалык эриткичте, электр тогун өткөрбөгүндүгүнө ынанабыз.

Англиялык физик Фарадей 1833-1834- жылдарда ар түрдүү электролит аркылуу ар кандай токту өткөрүп жана ар бир электролиттен электроддорго бөлүнүп чыккан заттын массасын тактап өлчөө менен электролиздин эки законун ачкан. Фарадейдин законуна негизделип гальваностегия жана гальванопластика процесстерин ойлоп табышкан. Бул процесстердин бардыгында электролиттердин ток өткөрүү касиеттери менен байланыштуу экендиги көрүнүп турат.

Электролиттердеги токту алып жүрүүчүлөр болуп, заттын кыймылдагы заряддалган бөлүкчөлөрү эсептелет деген тыянакка келүүгө мүмкүндүк берет. Заттардын бул бөлүкчөлөрү иондор деп аталат. Кандайча жол менен электролитте иондор пайда болушат? Мына ушул суроолорго электролиттик диссоциация теориясы жооп берет.

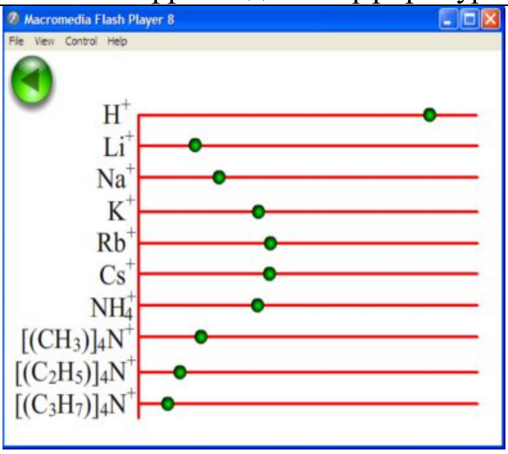
Бул теорияга ылайык туздар, щелочтор жана кислоталар сууда иондорго ажырайт. Электролиттерде заттын молекулалары заряддары боюнча карама-каршы жана абсолюттук чоңдуктары боюнча барабар болгон оң жана терс бөлүкчөлөргө ажырайт. Оң заряддалган бөлүкчөлөрдү катиондор, ал эми терс заряддалган бөлүкчөлөрдү аниондор деп аташат. Бул молекулалар суунун молекулаларынын курчоосунун ичинде турган кезде, молекуланы түзгөн иондордун арасындагы байланыш абдан начарлап кетет. Мына ушундай шарттарда молекулалардын жылуулук кыймылдарынын натыйжасында молекулалардын ортосундагы кагылуушулар молекулалардын иондорго ажырап кетишине, б.а. молекулалардын диссоциациясына алып келет.

Эритмелердеги молекулалар сыяктуу эле иондор да баш аламан кыймылдап жүрүшөт, бирок электроддорго чыңалууну берүү менен эритмеде электр талаасын түзө турган болсок, анда баш аламан жылуулук кыймылынан башка да иондордун эритмедеги багытталган кыймылы пайда болот. Оң иондор катодду көздөй, ал эми терс иондор болсо-анодду көздөй багытталып жөнөшөт. Тийиштүү электроддорго жеткенден кийин, иондор аларга өзүлөрүнүн зарядын берүү менен атом же молекулалар болуп калышып, электроддорго бөлүнүп чыгышат же химиялык реакцияга кошулушат.

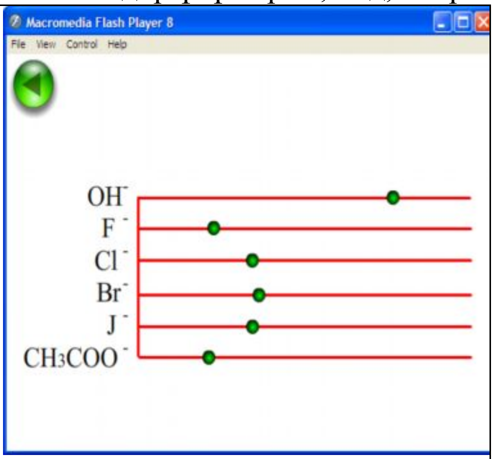
Электр талаасынын аракети аркасында электролиттеги иондордун кыймылынын ылдамдыгы, алардын массасына жана өлчөмдөрүнө, эритменин температурасына жана талаанын чыңалышына жараша болот.

Иондордун ток өткөрүү жөндөмдүүлүгү алардын радиустарынын өлчөмдөрүнөнө көз каранды экендигин, анимациялык программанын жардамында көрсөтөбүз (1- жана 2- сүрөт).

Иондордун суудагы чектүү электрөткөрүмдүүлүктөрүнүн (λ_1^0) иондордун кристаллографиялык радиустарынан болгон көз карандылыктарын карасак, щелочтуу металлдардын катиондору үчүн эң чоң ток өткөрүү жөндөмдүүлүк рубидий, калий, цезий иондоруна тийешелүү экендиги көрүнүп турат. Ал эми аниондор үчүн бром, иод, хлор.



1- сүрөт. Катиондордун суудагы чектүү электрөткөрүмдүүлүктөрү иондордун кристаллографиялык радиустарынан болгон көзкарандылыгына жасалган анимациялык программа иштеп жаткан учурдан бир көрүнүш.



2- сүрөт. Аниондордун суудагы чектүү электрөткөрүмдүүлүктөрү иондордун кристаллографиялык радиустарынан болгон көзкарандылыгына жасалган анимациялык программа иштеп жаткан учурдан бир көрүнүш

Кислоталардын же щелочтордун суудагы эритмелеринин ток өткөрүү жөндөмдүүлүктөрү, чынжырды түзгөн – суунун молекулалары менен - протон же – гидроксил иондорунун концентрацияларына жараша эки баскычтуу болот. Биринчи баскычында башка иондордой эле, берилген сырткы талаанын таасири астында эриткичтин массасына салыштырмалуу иондордун жылышы б.а. электромиграция пайда болот. Бул таасирдин кыймылдуулукка тийгизген салымы абдан аз. Экинчи баскычында - протон же – гидроксил ион, эриткичтин "жанаша" турган суунун молекуласынын курамындагы протон же - гидроксилге багытту таасир этип, аларды кыймылга келтирет. Үчүнчү баскычында кыймылга келген - протон же – гидроксил ион, эриткичтин кийинки турган суунун молекуласынын курамындагы протон же - гидроксилге багытту таасир этип, алардагы - протон же – гидроксил иондорун кыймылга келтирет. Ушундай жол менен кайра кайра кайталанып, - протон же – гидроксил иондорунун ташылышы уланып, токтун өтүшүн кислаталардагы же жегичтердеги токтун өтүшүн шарттайт.

Мындай процесстер чынжырчалар боюнча уланып, заряддардын бир далай ташылышына алып келет жана мында, көлөмдөгү эриткичтин бөлүкчөлөрүнүн кыймылы байкалбайт (эстафеталык механизм). Элементардык процесстеги (2) протондун ташылышындагы толкундук касиетинин - туннельдик таасирдин болушу үчүн анын өлчөмү менен массасынын жетишеерлик аздыгы протондун бирден-бир өзгөчөлүгү болуп эсептелинет. Бул таасир протонду которуу процессиндеги элементардык актынын (1) активдештирүү энергиясынын азайышына алып келип, иондун кыймылдуулугу өсөт.

Катуу заттардын ток өткөрүү касиеттери.

Металлдар белгилүү кристаллдык структурага ээ, же б.а. металлдарды мейкиндиктик кристаллдык торчо деп кароо менен, анын түйүндөшкөн жерлеринде ошол элементтин атомдорунун оң заряддалган иондору жайланышкан жана иондордун арасында эркин электрондор баш-аламан кыймылда болот деп каралат. Электр талаасы болбогон кезде алар башаламан, иретсиз кыймылдагандыктан, бири бирин тен салмактуу абалда болуп, ток болбойт.

Эми ошол металлдын кесегинин эки учуна чыңалуу берилгенде, потенциалдар айырмасы пайда болуп (б.а. ток булагына туташтырсак), электр талаасы пайда болот да, талаанын заряддалган бөлүкчөлөргө таасир эткен күчүнүн натыйжасында, башаламан иретсиз кыймылдагы эркин электрондор, багытталган иреттүү кыймылга келип, электр тогун пайда кылат. Металлда талаанын таасири астында иреттүү кыймылга келген электрондор экендиги көптөгөн окумуштуулардын тажрыйбаларында далилденген.

Бул кубулуштарды биз жасаган анимациялык программаларда көрүүгө болот. Мисалы, металлдардын учтарына чыңалуу берилгенде, металлдардын кристаллынын ичиндеги электр талаасын таасири астында эркин электрондордун бардыгы белгилүү багыттагы кыймылга ээ болот (анимациялык программада көрсөтүлөт). Металлдарга электр талаасы берилбеген учурда, анимациялык программа иштеген учурда кристаллдык торчодогу эркин электрондор башаламан кыймылда болгонун анимациялык программада көрсөтөт. Ал эми металлдарга чыңалуу берилген учурга жасалган анимациялык программаны иштеткенде, электрондор бир багыттуу кыймылга келип, кристаллдык торчо аркалуу электрондордун багыттуу кыймылы көрсөтүлөт.

Металлдардын ток өткөрүү жөндөмдүүгүнүн температурадан болгон көз карандылыгын себебин билүү үчүн, анын кристаллдык торчосуна жасалган анимациялык программа анализдейли. Анимациялык программа иштегенде нормалдык шарттарда (температура $273K$ жана басым $1{,}013\cdot10^5\,Па$ болгон кезде) кристаллдык торчодогу иондор жылуулук кыймылынын натыйжасында, аздыр-көптүр кыймыл менен тең салмактуулук абалынын жанында термелип турат. Температуранын жогорулашы менен иондордун термелүү амплитудасы жогорулагандыгы көрсөтүлөт. Температуранын өсүшү менен кристалдык торчодогу иондордун арасынан өтүп жаткан электрондордун санынын өтүшүнүн ургалдуулугунун азайышы анимациялык программадан көрүүгө болот. Температуранын чоңоюшу менен кристаллдык торчонун түйүнүндөгү иондордун термелүү амплитуданын өсүшү менен эркин электрондордун бир багыттуу кыймылына тоскоолдук жасалгандыгы көрүнөт. Анимациялык программадан температуранын жогорулашы менен электрондордун иондор менен кагылуушу санынын көбөйүүшүсү жана кээ бир электрондор түз багыттуу кыймылынын траекториясын өзгөрткөндүгү жана артка кайткандыгы көргөзүлөт.

Жарым өткөргүчтөрдүн ток өткөрүү жөндөмдүлүүгүн анимациялык программалардын жардамында окутуу. Жарым өткөргүчтөр деп аталуучу заттардын кеңири классы бар. Жарым өткөргүчтөргө Ge-германий, Si-кремний, Se - селен, CuO-жездин чала кычкылы, AgS - күкүрттүү күмүш жана башка толуп жаткан заттар кирет.

Таза жарым өткөргүчтүн, мисалы, кремний (Si) атомдору арасындагы болгон байланыштардын табиятын карайлы, кремнийдин атомунун валенттүү төрт электрону бар. Электрондун ар бири бир убакта эле эки атомдун айланасында айланат. Ошондуктан, ар бир байланыштын түзүлүшүндө атомдор арасында бир убакта төрт электрон катышат, бирок бул электрондор ар түрдүү атомдорго тиешелүү болушат. Атомдор арасындагы мындай байланыштар коваленттүү байланыштар тобуна таандык.

Жарым өткөргүчтөрдөгү ток өткөрүмдүү электрондор өздөрүн металлдардагы электр өткөргүчтүк сыяктуу алып жүрүшөт, б.а., алар мейкиндик торчосунун атомдору менен иондору арасында эркин түрдө жыла алышат. Кристаллдын торчонун түйүндөрүндөгү иондошкон атомдор, бири бири менен бекем байланышкандыктан, эркин түрдө жыла албайт. Өткөргүчтөрдөгү токтун чоңдугу ток ташуучу заряддан, анын

концентрациясынан, иреттелген кыймылдын орточо ылдамдыгынан жана өткөргүчтүн туурасынан кесилиш аянтынан көз карандылыгы белгилүү.

Өткөргүчтөрдөгү токтун чоңдугу ток ташуучу заряддан, анын концентрациясынан, иреттелген кыймылдын орточо ылдамдыгынан жана өткөргүчтүн туурасынан кесилиш аянтынан көз карандылыгы белгилүү.

Жарым өткөргүчтөр металлдарга караганда ток өткөрүү жөндөмдүүлүгү абдан кичине. Ал бирдей температурада металлдарга караганда жарым өткөргүчтөрдө эркин заряддардын бир топ аз санда болуусу менен түшүндүрүлөт. Мисалы, эгер комнаталык температурадагы 1см^3 металлда 10^{22}-10^{23} эркин электрондор бар болсо, анда кремнийге окшогон жарым өткөргүчтө ошол эле температурада ар бир куб сантиметр көлөмүндө араң гана 10^{12}-10^{13} эркин заряддар бар болот, б.а., металлдагыга караганда бир канча миллиард эсе аз болот.

Жарым өткөргүчтөрдө ток ташуучу бөлүкчөлөр болуп эркин электрондор жана көзөнөктөр эсептелинет. Идеалдуу таза жарым өткөргүчтөрдө көзөнөктөрдүн саны өткөрүмдүү электрондордун санына дайыма барабар жана алар электрондор сыяктуу баш аламан түрдө кыймылдашат.

Абдан төмөнкү ($\approx$0К) температурада бардык жарым өткөргүчтөр изолятор сыяктуу болуп калат. Бул учурда бардык валенттик электрондор атомдордун ортосундагы байланышты пайда кылууга катышышат жана электр өткөргүчтүктүүлүктү шарттоого катышпайт [2]. Демек, температура абсолюттук нөл кезинде жарым өткөргүчтөрдүн өзүнчө өткөргүчтүгү жок болот жана алар электр тогун өткөрүшпөйт.

Бул болсо, абсолюттук нөлго жакынкы шартта жарым өткөргүчтөрдө бош электрондор – өткөрүмдүү электрондор болбойт дегенди билдирет. Мындай шартта жарым өткөргүчтөрдө эркин заряддар жок болот.

Жарым өткөргүчтөрдө эркин заряддардын аз концентрацияланышын алардын салыштырмалуу каршылыгынын эң чоң болуусу шарттайт. Жарым өткөргүчтүн өткөрүмдүүлүгүн жогорулатуу үчүн эркин заряддардын санын же б.а. алардын *n* концентрациясын жогорулатуу керек. Электронду атомдон үзүп алуу үчүн керектүү болгон энергия иондоштуруу энергиясы деп аталат. Ал энергиянын чоңдугу ар кандай жарым өткөргүчтөр үчүн ар түрдүү болот [1].

Жарым өткөргүчтүн өткөрүмдүүлүгүн жогорулатуунун бир нече жолу бар: ысытуу, оптикалык нурлар жана кыска толкун узундукта электромагниттик нурлар менен (жогорку энергиядагы кванттар) нурдантуу.

Жарым өткөргүчтүн иондошкон атомунда кеткен электрондун ордунда ваканттуу (бош) орун пайда болот. Бул орун болсо башка электрон менен ээленүүсү мүмкүн. Бул бош орун көзөнөктөр деген наамды алып калды.

Эгерде бош орунга кошуна атомдун тутумдашкан электрондорунун бири өтсө, анда бул орун ээленген болуп калат, бирок кошуна атомдо бош орун пайда болот ж.у.с. Атомдор (тутумдашкан электрондор) менен өздөрүнүн байланыштарын жоготпогон электрондордун бош орундарды ирээти менен толуктап турушу көзөнөктөр үзгүлтүксүз түрдө жылып тургансып элестелет.

Жарым өткөргүчтү ысытканда эркин заряддар пайда болот. Комнаталык температурага жакынкы шартта (комнаталык температура (20^0 С)) анимациялык программаиштегенде, жарым өткөргүчтөрдө эркин заряддардын пайда болушу көрсөтүлгөн. Бул анимациялык программада моделди жөнөкөйлөтүү үчүн жарым өткөргүчтүн кристаллдык торчосунун бир атомдук тегиздиги көрсөтүлгөн.

Жарым өткөргүчтүн температурасы жогорулаганда валенттүү электрондор кошумча энергияны алышат жана алардын кай бирлери атом менен болгон өз ара байланыштарын үзүүгө жөндөмдүү болуу менен бош электрондор- өткөрүмдүү электрондорго айланып кетишет [2].

Ошондуктан, коваленттик байланыштагы кээ бир электрондор байланышты үзүп, эркин абалга өтүп алышат. Байланыш орду оң зарядга ээ болуп калат. Андай зарядды

көзөнөкчө деп атап коюшат. Канча эркин электрондор пайда болушса, ошончо көзөнөкчө пайда болот. Анимациялык программанын жогорку температурада (80^0C) жарым өткөргүчтүн температурасынын өсүшү менен түйүндөгү атомдордун термелүү амплитудасынын жогорулашы жана ток ташуучу заряддардын кескин түрдө өсүшү көрсөтүлгөн. Бул анимациялык программада моделди жөнөкөйлөтүү үчүн жарым өткөргүчтүн кристаллдык торчосунун бир атомдук тегиздиги көрсөтүлгөн.

Көрсөтүлгөн анимациялык программада жарым өткөргүчтүн температурасынын жогорулашы менен түйүндөгү иондордун термелүү амплитудасы жана эркин электрондордун баш аламан кыймылынын көбөйүшүнүн учуру көрсөтүлгөн. Байланыштан бөлүнүп чыккан электрондор бири-бири менен жана байланыштагы валенттик электрондор менен көп кагылыша баштагандыгын анимациялык программадан көрөбүз. Демек, температуранын чексиз өсүшү менен жарым өткөргүчтүн өткөрүмдүүлүгү начарлайт деген жыйынтыкка келебиз.

Мындан, өткөргүчтүн температурасын чексиз жогорулатуу менен анын салыштырмалуу каршылыгы металлдын салыштырмалуу каршылыгына жакын болуп калуусу мүмкүн экендиги келип чыгат [3].

Жогорудагы анимациялык программалардан таза жарым өткөргүчтөрдүн электр өткөрүмдүүлүгүнүн температурадан көз карандылыгы каралды, б.а. температуранын өсүшү менен өткөрүмдүүлүктүн жогорулашын жана салыштырмалуу каршылыктын төмөндөшүн окутуу процессинде түшүндүрсө болот.

Бул макалада компьютердик анимациялык программалардын жардамында суюктуктардын ток өткөрүү касиеттери иондордун өлчөмдөрүнөн көз каранды экендиги анимациялык моделдердин жардамында окутуу сунушталат. Физика менен химиянын байланышын билүүнүн зарылчылыгы күчөтүлүп, окуучулардын терең билим алуусунда шарт түзүлөт.

Адабияттар

1. Карашев Т.К., Карашева Т.Т. Жалпы физика курсу – Бишкек, 2012 .
2. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики том. – Москва: Наука,1969.
3. Перышкин А.В., Физика курсу. III-том. – Фрунзе: Мектеп, 1971.
4. Д.В.Сивухин. Общий курс физики “Электричество”. – Москва: Физматлит МФТИ, 2002.
5. Сагындыков Ж. Жалпы химия. Ош – 2014. – 240 с.