

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

ГУЛИСТОН ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

“ФИЗИКА” КАФЕДРАСИ

**Мардиева Машҳура Сарабўтаевнанинг 5140200-
“Физика” таълим йўналиши бўйича бакалавр даражасини олиш учун
“Академик лицейларнинг “Аниқ фанлар” таълим йўналиши физика
курси квант физика бўлимида “Фотоэффект “ ва “Комптон эффекти”
мавзуларини эҳтимолий- статистик метод асосида ўқитиш”
мавзусидаги**

битирув малакавий иши

**Илмий раҳбар: Физика--
математика фанлари номзоди,
доцент Саматов Ғ.Б.**

ГУЛИСТОН – 2017 й.

К и р и ш

Республикамизда ўрта махсус, касб-хунар таълими тизимида, хусусан академик лицейларда ўқитиш сифатини ошириш ҳозирги куннинг долзарб масаласи бўлиб, ҳозир қўйилаётган талаблар табиий фанлар ичида, макро ва микрооламни ўрганишда жуда катта имкониятларга эга бўлган физика фанини ўқитиш тизимида туб сифат ўзгаришларига олиб келувчи замонавий методик ёндашувларни татбиқ этишни талаб этмоқда.

Академик лицейларнинг “Аниқ фанлар” таълим йўналишида ўқув режасидаги 2-блокга кирувчи физика фанининг дастури, асосий дарсликлар, ўқув қўлланмалари ва бошқа методик адабиётларни узвийлик ва узлуксизлик тамойиллари нуқтаи-назаридан қайта ўрганиб чиқиш ва таҳлил этиш ҳамда академик лицейлар ўқувчиларининг физика фанидан ўзлаштириш сифатини яхшилаш, физика фани ўқитувчиларининг касбий малакаларини узлуксиз ошириб боришга эришиш ҳамда фанларни ўқитишда замонавий педагогик технологияларни татбиқ этиш талаб этилмоқда. Академик лицейларда фанларни ўқитиш бўйича инновацион ёндашувлар, яъни ўқитишда янги методларни амалда қўллашга асосланган замонавий таълим тизимининг яратилишига олиб келмоқда, яъни ривожланган давлатларда кенг татбиқ этилаётган, замонавий ахборот-коммуникацион технологияларга асосланган таълим тизимини ўқитишга татбиқ этиш давр талабига айланмоқда. [1,2]

1. Мавзунинг долзарблиги. Ҳозирги кунда узлуксиз таълим тизимининг ҳамма бўғинларида, хусусан академик лицейларда физика фанини мазмунини статистик методни татбиқ этган ҳолда такомиллаштириш, ўқув жараёнига замонавий ахборот-коммуникацион технологияларга асосланган ўқитиш методикаларини кенг татбиқ этган ҳолда ўқувчиларнинг ўзлаштиришини кескин ошириш асосий вазифалар сифатида қўйилган. Ҳозирги кунда академик лицейларда фанларни ўқитишда қўйилган асосий вазифалардан бири фан ўқитувчилари

томонидан ўқитиш сифатини яхшилаш, ўқувчиларнинг фанлардан тўлиқ ўзлаштиришига эришиш, уларнинг мустақил билим олишларига тегишли шароитларни яратиш, аълочи ва иқтидорли ўқувчиларга янада яхшироқ билим олишлари ва ўз иқтидорларини тўла намоёниш этишлари учун кенг имконият яратиш ва таълим мазмунини такомиллаштириш ҳисобланади.

Битирув малакавий ишда академик лицейларнинг “Аниқ фанлар” таълим йўналиши физика курсининг квант физика бўлимида сақланиш қонунлари асосида ўрганиладиган фотоэффект ва Комптон эффекти мавзуларини инновацион методларни тадбиқ этган ҳолда, статистик метод асосида ўқитиш, таълим самарадорлиги, ўқувчилар билимини ўргатувчи ва назорат қилувчи тестлар асосида аниқлаш, уларнинг камчиликларини турли методларни тадбиқ этган ҳолда тўғрилаш тўғрисида муаллифнинг фикрлари, таклифлари баён этилган.

Академик лицейларнинг “Аниқ фанлар” таълим йўналишида физика фанини, хусусан квант физика бўлимида фотоэффект ва Комптон эффекти мавзуларини статистик метод, яъни эҳтимолий- статистик ғоя ва тушунчалар асосида ўқитиш, ўқувчиларда фундаментал физикавий билимларнинг шакллантирилишида катта аҳамиятга эга бўлганлигидан БМИ учун танланган ушбу мавзунини долзарб ва ўз вақтида қўйилган деб ҳисоблаш мумкин.

2. Ишнинг мақсади ва вазифалари: Битирув малакавий ишнинг асосий мақсади қуйидагидан иборат:

Академик лицейларнинг “Аниқ фанлар” таълим йўналишида кенг маънода физика курсини, хусусан квант физика бўлимида фотоэффект ва Комптон эффектини статистик метод асосида ўрганиш методикасини таҳлил этиш, мавзуларга оид масалалар ечиш дарслари самарадорлигини ошириш, мавзулар бўйича тестларни ўзлаштириш даражалари бўйича тайёрлаш, уларнинг билимини назорат қилиш, ўқувчиларнинг индивидуал, шахсий хусусиятларини эътиборга олган ҳолда, уларда мустақил ишлаш қобилиятларини ривожлантириш ҳамда ушбу мавзуларни ўрганиш

жараёнига замонавий педагогик технологияларни татбиқ этиш ва методик таҳлил этишдан иборат.

Асосий вазифалар:

- Академик лицейларнинг “Аниқ фанлар” таълим йўналишида асосий ва қўшимча адабиётлар, дарсликлар ва ўқув қўлланмалари бўйича физика курсининг квант физика бўлимида фотоэффект ва Комптон эффекти мавзулари мазмунини таҳлил қилиш, динамик метод ҳамда статистик методларни таҳлил этиш, мавзуларга оид масалалар ечишни ўрганиш ва масала ечишда “Кичик гуруҳларда ишлаш” услубини қўллаш самарадорлиги тўғрисида методик фикрларни ўрганиш ҳамда таклифлар тайёрлаш.
- Академик лицейларнинг “Аниқ фанлар” квант физика бўлимида фотоэффект ва Комптон эффекти мавзулари ўрганиш ва бу мавзулар бўйича масала ечиш машғулотларида замонавий педагогик технологияларга асосланган интерфаол усуллардан фойдаланиш методикасига оид таклифлар тайёрлашдан иборат.

3. Ишдаги илмий янгиликлар ва эришилган натижалар

Академик лицейларнинг “Аниқ фанлар” таълим йўналишида фотоэффект ва Комптон эффекти мавзуларини ўрганиш методикасига, шу асосда маъруза ва амалий машғулотларни ўтказишда талабалар фаоллигини ошириш ҳамда кичик гуруҳларда, ҳамкорликда билим олишга ўргатишда ўқитувчига қўйиладиган талаблар тўғрисида фикрлар-мулоҳазалар билдирилган, натижалар олинган.

4. Ишнинг амалий аҳамияти. Битирув малакавий ишда олинган натижалар академик лицейларнинг “Аниқ фанлар” таълим йўналишида физика курсининг квант физика бўлимида фотоэффект ва Комптон эффекти мавзуларини ўқитишда ёш ўқитувчиларга фойдаланиш учун тавсия этилади. **5. Битирув малакавий иш.** 3- та боб, -та параграфдан, жами —бет компьютерда терилган матндан иборат. Адабиётлар рўйхатида —та адабиёт келтирилган.

1- боб. Академик лицейлар физика курсининг квант физика бўлимида “Фотоэффект” ходисасини ўрганиш.

1.1. Мақсад ва вазифалар.

Ушбу бититув малакавий иш академик лицейларнинг “Аниқ фанлар” таълим йўналишида амалда қўлланилаётган, 2016 йил 28 августда тасдиқланган, намунавий ўқув режасига асосан чуқурлаштириб ўқитиладиган иккинчи блок фани сифатида физика фанида “Ёруғликнинг элементар квант назарияси” (Фотоэффект, Комптон эффекти) мавзуларини эҳтимолий – статистик ғоя ва тушунчаларни киритган ўқитиш методикасига бағишланган [1].

Ўқув дастурида ёруғликнинг элементар квант назариясига оид мавзуни “Ёруғликнинг квант назариясининг туғилиши”, “Ёруғлик квантлари”, “Фотоэффект ва унинг назарияси”, “фотонлар” ва “фотоэффектнинг қўлланилиши” каби кичик мавзуларга ажратиб ўрганилиши режалаштирилган. Биз бу мавзуни икки қисмдан иборат қилиб, яъни “Фотоэффект” ва “Комптон эффекти” мавзулари кўринишида ўтишни тавсия этамиз ва мавзулар баёнида бу фикрни асослаймиз [16].

Бу мавзуларни “Абсолют қора жисм нурланиши” нурланиши мавзусидан сўнг ўрганилиши мўлжалланган ва бу мавзудаги айрим фикрлар, яъни нурланиш жараёнини узлуксиз электромагнит тўлқин кўринишида эмас, балки дискрет система, яъни квантлар тўплами кўринишидаги тасаввурни фотоэффект ва Комптон эффекти мавзуларида қўлланилади.

Академик лицейларнинг “Аниқ фанлар” таълим йўналишида амалда қўлланилаётган, Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2016 йил 25 августдаги 355- сонли буйруғи билан тасдиқланган намунавий ўқув дастурига квант физика бўлимида фотоэффект мавзусини ўқитиш киритилган, лекин Комптон эффекти мавзуси киритилмаган [1].

Фотоэффект ҳодисаси ёруғлик (электромагнит тўлқин) нинг модда билан ўзаро таъсири жараёнида ютилиш ҳодисаси, Комптон эффекти ҳодисаси эса ёруғлик (электромагнит тўлқин) нинг моддада сочилиш ҳодисаси ҳисобланади ва бу икки ҳодиса ёруғлик (электромагнит тўлқин) энергиясининг ҳар ҳил интервалдаги қийматларида содир бўлади.

Умуман, ёруғлик (электромагнит тўлқин) нинг модда билан таъсирини ўрганиш нурланиш (абсолют қора жисм нурланиши), ютилиш (фотоэффект), сочилиш (Комптон эффекти) ҳодисаларини комплекс таҳлил этиш ва рўй бераётган жараёнларни битта нуқтаи – назардан изчил ўрганиш имкониятини беради. Бу икки мавзу ёруғликнинг элементар квант назарияси таркибига киради ва мавзулардан бири, фотоэффект мавзусида паст энергияли ёруғликнинг модда атомлари таркибидаги электронларда ютилиш ҳодисасини ифодаланса, иккинчисида юқори энергияли нурланиш (рентген нурланиши) нинг моддаларда эркин электронларда сочилиш ҳодисаси тушунтирилади [16].

Бу икки мавзунинг биргаликда ўрганилганда ёруғлик кванти-фотоннинг характеристикалари тўла шаклланади, яъни тарихан фотоэффектда фотон энергияси ҳақида квант тасаввурида $\varepsilon = \hbar\omega$ формула киритилган бўлса, Комптон эффектида фотоннинг импульси тўғрисида квант тасаввурида $\vec{P} = \frac{\hbar\vec{\omega}}{c}$ формула киритилади, шу асосда бу икки мавзунинг битта нуқтаи- назардан кетма-кет ўрганиш илмий ва методик жиҳатдан мақсадга мувофиқ ҳамда ёруғлик квантининг электронлар билан ўзаро таъсири жараёнининг эҳтимолий- статистик ғоялари ва тушунчаларининг ҳам тўла шакллантирилишига асос бўлади.

Ҳар иккала мавзуда ўрганилаётган ҳодисаларда ёруғлик квантлари-фотонларнинг модда атомларидаги электрон билан ўзаро таъсирида ютилиши ва сочилиши ҳодисалари тасоддий ҳодисалар бўлганлигидан фотон ва электроннинг тўқнашув жараёнининг эҳтимолий-статистик ғоялар ва тушунчалар асосида ўрганилади.

1.2 Фотоэффект, Столетов тажрибалари, Эйнштейн формуласи.

Маълумки, фотоэффект ҳодисаси немис физиги Герц томонидан куйидаги тажрибани ўтказишда кашф этилган. Рух пластинка электрометрга уланади ва манфий зарядлар билан зарядланади.



1- расм. Герц тажрибаси қурилмаси.

Пластинкани электр ёйи (ультрабинафша нурлар) билан ёритилади, натижада пластинканинг заряди жуда тез камаяди. Тажрибани рух пластинка ва ёритиш манбаси орасига ультрабинафша нурларни ўтказмайдиган қалин шиша пластинкани қўйиб такрорланади, бу ҳолдаги натижа рух пластинка зарядининг йўқолмаганлигини кўрсатади. (1- расм.)

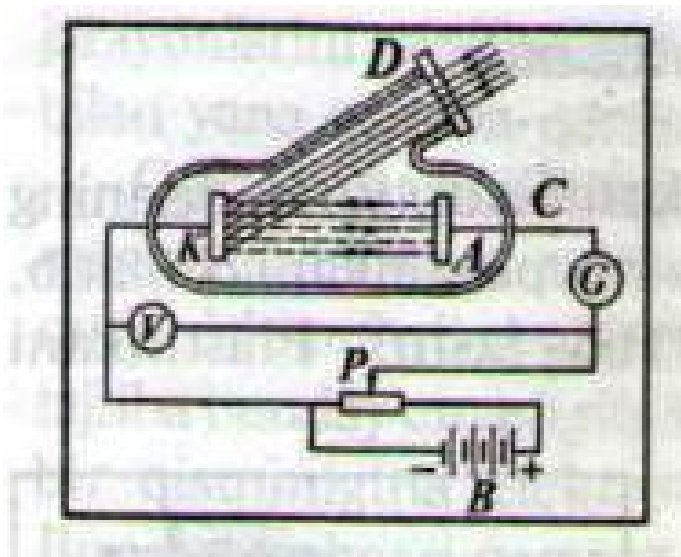
Тажриба K, Na ва бошқа материаллардан ясалган пластинкада ўтказилганда натижа тасдиқланади, лекин бу металллар учун оддий, кўзга кўринадиган нурланиш билан ёритиш етарли бўлади.

Тажриба натижаларини таҳлил этиб, ёруғлик манфий зарядланган металлдан зарядларни уриб чиқазади деган хулоса олинади. Бу ҳодиса ташқи фотоэффект (ташқи фотоэлектрик эффект) деб аталди.

Столетов тажрибалари. Тажрибалар фотоэффект металлларнинг кимёвий табиатига (атомларнинг электрон тузилишига) ва металл сиртининг ҳолатига ҳам боғлиқлигини тасдиқлади. Столетов бунини эътиборга олган ҳолда, ҳавоси сўриб олинган шиша баллон ичига анод ва

катод электродларини жойлаштиради. Баллондаги кварцдан ясалган махсус дарча орқали ёруғлик катодга туширилади [11,16].

Ҳавоси сўриб олинган С шиша идишга иккита электрод – А анод ва К катод ўрнатилади. Баллонга Д кварц дарча ўрнатилади. В – батарея электродлар оралиғида кучланиш майдони ҳосил қилади. Катод К - рух металидан ясалган пластинка. Катодга ёруғлик тушмаган ҳолда, электр занжирида ток ҳосил бўлмайди.



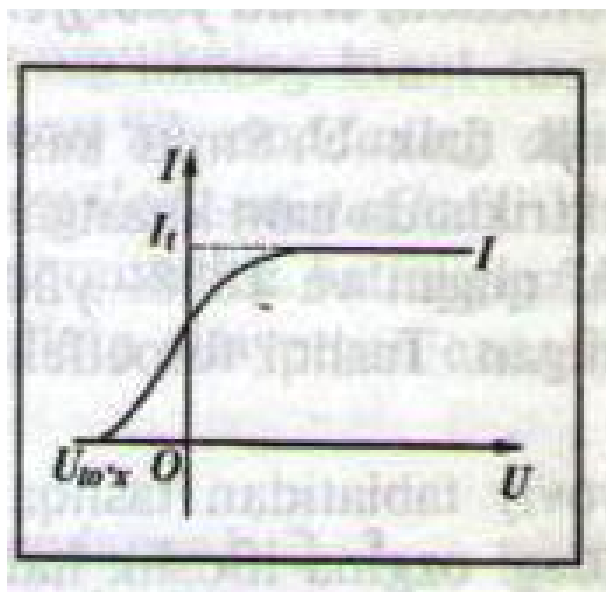
2- расм. Столетов тажрибаси қурилмаси [].

Катод ёруғлик билан ёритилганда электр занжирда ток ҳосил бўлади, яъни катоддан электронлар (фотоэлектронлар) уриб чиқазилади, занжирда ток ҳосил бўлади. Тажрибадаги 2- расмдаги схемада анод ва катод орасидаги кучланишни ўзгартириш, катодни турли частотали нурланиш билан ёритиш имконияти мавжуд.

Бундай ҳоллар учун фототок ўлчанади ва фототокнинг анод ва катод орасидаги потенциаллар фарқи, кучланишга боғланиши, яъни вольт-ампер хактеристикаси ёки “вольт – ампер “ графиги (3-расм) чизилади.

Хулосалар: Катодга тушаётган ёруғлик оқимини ўзгартирмасдан анод ва катод орасидаги потенциаллар фарқи (кучланиш) ўзгартирилса (орттирилса) ток кучи қиймати ўзгаради (ортади). Кучланишнинг маълум бир қийматида, ток кучининг қиймати энг катта бўлади, кучланишнинг бундан кейинги ортиши ток кучи қийматини ўзгартирмайди, ток кучининг

бу энг катта қиймати –тўйиниш токи дейилади. Тўйиниш токининг қиймати катод сиртининг бирлик юзасидан бирлик вақтда уриб чиқазилган электронлар сонига боғлиқ бўлади .



3-расм. Фотоэффект. Вольт- ампер характеристика [5].

Вольт –ампер характеристикаси таҳлилидан, катод ва анод оралигидаги кучланишнинг кичик қийматларида ёруғлик таъсирида, катод сиртидан уриб чиқазилган, электронларнинг маълум қисмигина анодга етиб борганлигидан, ток кучи қиймати кичик бўлади. Кучланиш ортиб бориши билан, анодга етиб келаётган электронлар сони ортади, ток қиймати ортиб боради. Кучланишнинг маълум қийматидан бошлаб анодга тушаётган ёруғликнинг таъсирида чиқаётган электронларнинг ҳаммаси анодга етиб боради, ток қиймати тўйиниш токи I_s га, яъни максимал қийматга тенг бўлади.

Вольт-ампер характеристикасидан маълумки, анод ва катод орасидаги кучланишнинг қиймати нолга тенг бўлганда ҳам, фототок нолга тенг бўлмайди яъни, катоддан чиқувчи электронларнинг катта энергияли қисми, кучланиш нолга тенг бўлганда ҳам анодга етиб боради.

Агар схемадаги батарея қутблари ўзгартирилса, ток камаяди ва кучланишнинг қандайдир қийматида фототок нолга тенг бўлади.

Кучланишнинг бу қиймати тўхтатувчи, ёки тормозловчи кучланиш дейилади.

Тормозловчи кучланиш қиймати, энергиянинг сақланиш қонунига асосан, катоддан чиқаётган электронларнинг максимал кинетик энергиясига тенг бўлади.

$$\frac{m_0 v^2}{2} = eU_T \quad (1)$$

(1) тенглик энергиянинг сақланиш қонунини ифодалайди ва бу тенгликдан электроннинг тезлигининг U_T кучланишга мос қиймати аниқланади.

$$v = \sqrt{\frac{2eU_T}{m}} \quad (2)$$

Квант назариясининг дастлабки ривожланиш жараёнидаги навбатдаги давр, ёруғликнинг элементар квант назариясининг яратилиши билан боғланган.

Эйнштейн фотоэффектга оид илмий ишларида (1905 йил 18 март) Планкнинг квант гипотезасига асосланмасдан ва квант энергияси учун $\hbar\omega$ белгилашни ҳам ишлатмаган ҳолда, абсолют қора жисм нурланишидаги Релей-Джинс формуласи асосида энергиянинг спектрал зичлигини частотанинг $(0 - \infty)$ оралигида интеграллашда олинган натижа, яъни “ультрабинафшавий ҳалокат”ни таҳлил қилишда ўз мулоҳазаларига асос қилиб Планк томонидан Кирхгоф функцияси учун олинган формуладан фойдаланган [3-5,16].

Эйнштейн ёруғликнинг модда билан ўзаро таъсири ҳодисаларида Максвелл назарияси учраган қийинчиликларни таҳлил қилиш натижасида, ёруғлик энергиясининг фазода узлуксиз тақсимланмаганлиги тўғрисидаги фикрни баён этган ва фазонинг қандайдир нуқтасидан чиқувчи нурнинг тарқалишида энергия фазода узлуксиз тақсимланмасдан, балки фазонинг чекли миқдордаги нуқталарида жойлашган, яхлит, қисмларга бўлинмаган ҳолда ҳаракатланадиган, энергия квантларидан ташкил топади ва энергия

квантлари бир бутун ҳолда нурланади ва ютилади деган фикрларни баён этади.

Эйнштейн томонидан бу хулоса, Планк томонидан ривожлантирилган иссиқлик нурланиш назариясидан мустақил ҳолда, классик статистика ва термодинамика асосида олинганлиги исботланган.

Эйнштейн монохроматик нурланишни ҳар бири $\hbar\omega$ энергияли, ўзаро боғланмаган $n = \frac{E_n}{\hbar\omega}$ та квантлардан ташкил топган деган хулосага келади.

Эйнштейн ёруғлик квантлари тўғрисидаги ғоясини фотоэффект ходисасини назарий ўрганишга тадбиқ этади.

Фотоэффект деб, ёруғлик таъсирида металлдан ёки моддалардан электронларнинг ажралиб чиқиш ходисасига айтилади.

Рус физиги А.Г. Столетов томонидан, экспериментал йўл билан, фотоэффектнинг қуйидаги учта қонуни очилган: [3,4,5]

1. Металлни монохроматик ёруғлик билан нурлантирилганда металлдан ажралиб чиқувчи электронларнинг максимал сони унга таъсир қилаётган нурланишнинг интенсивлигига пропорционалдир.

2. Металлдан ажралиб чиқувчи фотоэлектронларнинг максимал кинетик энергияси нурланиш частотасига чизиқли боғланган ҳолда ортиб боради ва интенсивликка боғлиқ эмас.

3. Фотоэффектнинг чегараланганлик характери. Фотоэлектронлар ажралиб чиқиши учун, металлга таъсир қилувчи ёруғликнинг тўлқин узунлиги қаралаётган металл учун ҳарактерли бўлган чегаравий қийматдан кичик бўлиши керак.

Бу қонунни қуйидагича содда таърифлаш мумкин. Фотоэффект модда (металл)га тушаётган ёруғлик интенсивлигига боғлиқ бўлмаган ҳолда, берилган металл учун фотоэффектнинг “қизил чегараси” деб аталадиган аниқ қийматли минимал частотали нурланишнинг таъсиридан бошланади.

1.3 Фотозффе́кт. Эйнштейн тенгламасини классик ва квант тасаввурлар асосида тушунтириш

Столетов қонунларини классик тасаввурлар асосида тушунтириш жуда катта қийинчиликларга олиб келади. Ёруғлик ҳақидаги квант тасаввурлар эса фотозффе́ктнинг асосий қонунларини тўла тушунтириб бера олади.

Фотозффе́ктни классик тасаввурлар асосида талқин қиламиз.

Металл сиртига тушувчи электромагнит тўлқинлар, металлдаги электронларни мажбурий тебранма ҳаракатга келтиради. Электронларнинг хусусий тебранишлар частотаси билан унга таъсир қилаётган электромагнит тўлқиннинг тебраниш частотаси деярли тенглашганда, электрон металл сиртига чиқгунга қадар энергия ютади.

Агар бундай тушунтириш ўринли бўлса, металлдан ажралиб чиқувчи электронларнинг энергияси, металл сиртига тушувчи электромагнит тўлқин интенсивлиги билан аниқланади. Демак, классик тасаввурлар асосидаги бундай изохлаш, фотозффе́ктнинг иккинчи ва учинчи қонунига тўла зид келади.

Нурланишни ёруғлик квантлари (фотонлар) тўплами каби қарайдиган тасаввурлар асосида юқоридаги қонуниятлар тўла тушунтириб берилади.

Нурланиш энергияси $\hbar\omega$ нинг, бир қисми электронларнинг металлдан чиқиш иши A га, $(\hbar\omega - A)$ га тенг бўлган иккинчи қисми эса электроннинг кинетик энергияси $\frac{1}{2}mv^2$ -га айланади.

Шундай қилиб, 1905 йилда А.Эйнштейн томонидан тавсия этилган тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\hbar\omega - A = \frac{1}{2}mv^2 \quad (3.)$$

(3) тенгламадан фотозффе́ктнинг чегаравийлик характери, яъни фотозффе́ктнинг $\hbar\omega \gg A$ шарт бажарилган ҳолдагина кузатилиши ва

фотоэлектронларнинг тезлигини тушувчи ёруғликнинг интенсивлигига боғлиқ эмаслиги яққол кўринади.

Бу тенглама, фақат битта ютилган фотон учун ёзилган. Ютилган фотонларнинг сони эса тушувчи фотонлар сонига пропорционал. Шунинг учун, ажралиб чиққан фотоэлектронларнинг сони жисмга таъсир қилувчи квантларнинг - фотонларнинг сони билан аниқланади.

Фотоннинг ютилиш жараёни **оний** жараён ҳисобланади, шунинг учун металл сиртига фотонлар тушиши ва фотоэлектронларнинг ажралиб чиқиши орасида вақт фарқи жуда кичик бўлиб, деярли сезилмайди. [16]

Эйнштейн бу (3) тенгламани келтириб чиқаришда фотоэффектни Планк гипотезаси билан ўзаро боғлаган ва моддага таъсир этувчи нурланиш майдонининг энергияси $h\omega$ га қаррали қийматларга ўзгаради деб фараз қилган.

Эйнштейн томонидан ривожлантирилган ташқи фотоэффект назарияси асосида металдаги электронлар бир-бирига боғлиқ бўлмаган ҳолда ҳаракат қилади ва металга тушувчи ҳар бир фотон фақат битта электрон билан таъсирлашади деган фараз ётади.

Фотоэффект жараёнида моддага тушувчи фотоннинг қайси электрон билан ўзаро таъсирлашиши эса тасоддий ҳодиса ҳисобланади. Демак фотоэффект ҳодисаси асосида ҳам статистик тасаввурлар ётади.

Ўқувчиларга фотоэффект асосида ётувчи статистик тасаввурларни тушунтиришда, уларда тасоддий ҳодиса ва тасоддий ҳодисанинг эҳтимоллиги каби тушунчаларни шакллантириш керак.

Ўқувчилар математика курсидан ҳам тасоддий ҳодисалар тўғрисида математик ҳарактерда тушунчага эга бўлганлар, бу ерда умумий ўрта таълим мактабининг 9- синфида Броун ҳаракати ва молекуляр – кинетик назария мавзуларини ўрганишда шакллантирилган тасоддий ҳодиса ва тасоддий ҳодисанинг эҳтимоллиги тушунчалари мазмуни ўқитувчи томонидан яна бир марта такрорланиши зарур [3-9].

Таъкидлаш керак-ки, фотоэффект жараёни асосан вольт-ампер характеристикаси орқали тушунтирилганлиги ва ўлчанадиган фототок бу интеграл характеристика эканлигини талабаларга яна бир марта тушунтириб ўтиш мақсадга мувофиқ.

Шунинг учун бу бир электронли жараён ёки назария деб аталади. Фотоэффектни ҳосил қилувчи ёруғликнинг жуда катта интенсивлигида ташқи фотоэффект қонунлари ўринли бўлмайди.

Фотоэффектнинг инерцион бўлмаган жараёнлиги ёруғликнинг квант хоссаларини ва ёруғликнинг модда билан таъсирининг квант характерга эгалигини тасдиқлайди.

Ўқувчиларга Эйнштейн томонидан киритилган ёруғлик квантлари гипотезаси ва шу асосда олинган тенгламанинг Столетов қонунларини тўла тушунтиришини мисоллар асосида баён этиш дарс сифатини кескин оширади.

Эйнштейннинг ёруғлик квантлари гипотезаси ёруғликнинг тўлқин хоссаларига, интерференция ва дифракция ҳодисаларига мос келмаслиги туфайли бу гипотезага кўп қарши фикрлар ҳам айтилган.

1.4 Фотоэффект мавзусини ўрганишда ўқувчилар билимларини мустаҳкамлаш учун саволлар, масалалар ечиш ва тестлар.

Репродуктив даражадаги саволлар

1. Эйнштейн томонидан энергия кванти қандай киритилган?
2. Герц тажрибасини бажарилишини тушунтиринг?.
3. Герц тажрибасида қандай хулоса исботланади?
4. Ж.Ж. Томсон томонидан электрон заррачаси қачон кашф этилган?
5. Ташқи фотоэффект деб қандай физикавий жараёнга айтилади.
6. Нима учун фотоэффект ҳодисаси металлар (модда) нинг кимёвий хоссаларига боғлиқ бўлади?
7. Нима учун фотоэффектда ажралган электронлар “фотоэлектронлар”, ҳосил бўлган электр токи “фототок “ дейилади ?.
8. Эйнштейн тенгламасида чиқиш A нинг физикавий маъносини тушунтиринг?.

Продуктив даражадаги саволлар.

1. Фотоэффектнинг вольт-ампер характеристикаси графигини ва тўйиниш токи мазмунини тушунтиринг ?
2. “Тўхтатувчи потенциал”нинг физикавий маъносини тушунтиринг ва фотоэффектда ҳосил бўлаётган ток кучини камайтириш учун тажриба жараёнини қандай ўзгартириш кераклигини айтинг. ?
3. Столетов қонунларини ёруғликни узлуксиз тўлқин деб қаровчи тасаввур асосида тушунтиришда қандай хулосалар олинади?
4. Эйнштейн тенгламаси нима учун бир электронли ўзаро таъсир учун ўринли дейилади ва бу тенглама қандай қонунни ифодалайди.
5. Столетов қонунларини элементар квантлар назарияси асосида тушунтиришда қандай хулосалар олинади.
6. Фотоэффект ҳодисасининг эҳтимолий- статистик асосга эгаллиги қандай асосланади?
7. Нима учун фотоэффект эҳтимолий-статистик асосга эга бўлсада, экспериментларда эҳтимолий характер сезилмайди?.

8. Фотоэффектнинг ноинерцион ҳодиса эканлигини қандай тушунтириш мумкин ва ёруғлик кванти (фотон) ва электрон ўртасидаги энергия алмашилиши қанча вақт давом этади?

Фотоэффект мавзусига оид масалалар ечиш.

1-масала. Натрий метали учун фотоэффектнинг “қизил чегараси”ни частота бўйича аниқланг. Натрий учун чиқиш иши $A = 2,27$ эВ.

Берилган:

$$A = 2,27 \text{ эВ}; \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}; \quad \hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ ж.с}; \quad \text{Т/к. } \omega_k = ?$$

Ечиш:

Фотоэффектнинг “қизил чегараси”га мос частотада моддага таъсир қилувчи ёруғликнинг энергияси моддадан электронини ажратиб олиш учун сарфланади, сон жиҳатдан чиқиш ишига тенг бўлади.

$$\hbar \omega_k = A \quad \text{бундан} \quad \omega_k = \frac{A}{\hbar} = \frac{2,27 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,05 \cdot 10^{-34}} = \frac{3,632 \cdot 10^{-19}}{1,05} = 3,46 \cdot 10^{15} \text{ Гц.}$$

2-масала. Цезий ва платина металлари учун фотоэффектнинг қизил чегарасига мос келадиган тўлқин узунликларини ҳисобланг. Бу металллар учун чиқиш иши $A_{CS} = 1,89$ эВ, $A_{PS} = 5,29$ эВ.

Ечиш:

Фотоэффект учун Эйнштейн тенгламасини ёзамиз.

$$\hbar \omega - A = \frac{1}{2} m v^2 \quad (4)$$

Электромагнит нурланиш частотаси ω - ва тўлқин узунлиги λ - ўзаро қуйидагича боғланган: $\omega = 2\pi c / \lambda$

Шу асосда қуйидаги ифодани оламиз:

$$\frac{2\pi \hbar c}{\lambda} = A + \frac{m v^2}{2} \quad (5)$$

Фотоэффектнинг қизил чегарасида $\frac{mV^2}{2} = 0$, кинетик энергия нолга тенг бўлиши керак

$$\frac{2\pi\hbar c}{\lambda} = A \quad (6)$$

ифода ҳосил бўлади. (6) тенглик фотоэффектнинг қизил чегараси шarti дейилади. Бундан фотоэффектнинг қизил чегарасига мос тўлқин узунлиги

$$\lambda_K = \frac{2\pi\hbar c}{A} \quad (7)$$

а) Цезий учун;

$$\lambda_K = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 10^8 \frac{м}{с} \cdot 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ жс}}{1,89 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ жс}} = 6,57 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

б) Платина учун;

$$\lambda_K = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 10^8 \frac{м}{с} \cdot 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ жс} \cdot c}{5,29 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ жс}} = 2,35 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

3-масала. Литий метали сиртини тўлқин узунлиги λ_0 бўлган ёруғлик билан ёритишда ҳосил бўладиган фототок тўхтатувчи потенциаллар фарқининг маълум бир максимал қийматида тўхтади. Ёруғликнинг тўлқин узунлигини $n=1,5$ марта ўзгартирилганда токни тўхтатиш учун зарур бўлган потенциаллар фарқини $\eta = 2$ марта орттириш зарурлиги исботланган. Ёруғликнинг тўлқин узунлиги λ_0 ни ҳисобланг.

Ечиш:

Фотоэффект учун Эйнштейн формуласини ёзамиз.

$$\hbar\omega - A = \frac{1}{2}mv^2 \quad (8)$$

Бу ерда : μ – электрон массаси. $\omega = \frac{2\pi c}{\lambda}$ дан фойдаланиб частотадан тўлқин узунлигига ўтамиз ва Эйнштейн тенгламасини қуйидагича ёзамиз.

$$\frac{2\pi\hbar c}{\lambda} = A + \frac{\mu v^2}{2} \quad (9)$$

Тўхтатувчи потенциаллар фарқи $eU = \frac{\mu v_m^2}{2}$ дан аниқланади. Масала шартига асосан Эйнштейн тенгламасини 2-ҳол учун ёзамиз.

$$\frac{2\pi\hbar c}{\lambda_0} = A + eU_0 \quad (10)$$

$$\frac{2\pi\hbar c n}{\lambda_0} = A + \eta eU_0 \quad (11)$$

Иккинчи тенгламадан биринчисини айирамиз, алмаштиришлар ўтказамиз.

$$\frac{n-1}{\lambda_0} = \frac{eU}{2\pi\hbar c} (\eta - 1), \quad (12)$$

(12) дан λ_0 ни аниқласак:

$$\lambda_0 = \frac{2\pi\hbar c}{eU} \left(\frac{n-1}{\eta-1} \right) = 2,6 \cdot 10^{-7} \text{ м.} \quad (13)$$

Ўқувчиларнинг мустақил ишлаши учун масалалар.

М-1. Ёруғлик спектрининг кўзга кўринадиган ёруғлик ($\lambda_1 = 0,65 \text{ Мк}$) ва рентген нурланиши ($\lambda_2 = 1,5 \text{ Мк}$) қисмларига мос фотонларнинг энергияси ва массасини аниқланг. Энергияни электронвольтларда ифодаланг.

Жавоб: $E = \frac{2\pi\hbar c}{\lambda}$, $m = \frac{2\pi\hbar}{c\lambda}$ формулаларни чиқариш ва СИ системасида ҳисоблаш керак.

М-2. Массаси тинч ҳолатдаги электроннинг массасига тенг фотонга мос тўлқин узунлигини аниқланг.

Жавоб: $E = \frac{2\pi\hbar}{mc}$, формулани чиқариш ва СИ системасида ҳисоблаш керак.

М-3. Импульси, потенциаллар фарқи $\Delta U = 4,9 \text{ В.}$ га тенг бўлган майдонда ҳаракатланувчи электроннинг импульсига тенг бўлган фотоннинг тўлқин узунлигини аниқланг.

Жавоб: $\lambda = \frac{2\pi\hbar}{\sqrt{2mc\Delta U}}$, формулани чиқариш ва СИ системасида ҳисоблаш керак.

М-4. Лазердан чиқувчи тўлқин узунлиги $\lambda = 632$ нм бўлган ёруғлик оқимининг зичлиги $S = 10$ кВт/м². Агар лазер нурланишининг диаметри $d = 2,0$ мм га тенг бўлса, экранга ҳар секундда нечта фотон тушади ?.

Жавоб: $n = \frac{S\pi d^2 \lambda}{4\hbar c}$, формулани чиқариш ва СИ системасида ҳисоблаш керак.

М-5. Агар мис металини тўлқин узунлиги $\lambda = 400$ нм бўлган ёруғлик билан нурлантирсак фотоэффект ходисаси юз берадими ?.

Жавоб: Йўқ, юз бермайди.

М-6. Агар рух металини тўлқин узунлиги $\lambda = 320$ нм бўлган ультрабинафша ёруғлик нури билан нурлантирсак, рух металидан электронлар қандай максимал тезлик билан учиб чиқади .

Жавоб: $v = \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{2\pi\hbar c}{\lambda} - A \right)}$, формулани чиқариш ва СИ системасида ҳисоблаш керак.

М-8. Литий метали сиртидан учиб чиқувчи фотоэлектронларнинг максимал тезлиги $2,5 \cdot 10^6$ м/с га тенг бўлиши учун литий метали сиртига қандай частотали нурланиш билан таъсир қилиш керак ?.

Жавоб: $\omega = \frac{A}{\hbar} + \frac{mv^2}{2\hbar}$, формулани чиқариш ва СИ системасида ҳисоблаш керак.

М-9. Агар цезий металидан чиқувчи электронлар эмиссиясин тўхтатиш учун кучланиши $U = 1,75$ В га тенг тўхтатувчи майдон зарур бўлса, цезий метали сирти қандай тўлқин узунлигга эга бўлган ёруғлик билан ёритилган.

Жавоб: $\lambda = \frac{2\pi\hbar c}{E + eU}$, формулани чиқариш ва СИ системасида ҳисоблаш керак.

М-10. Вакуумли фотоэлементда ёруғлик оқимини орттирганда ток кучи икки марта ортган. Фотоэлемент катодига ҳар бир секундда тушувчи фотонлар сони неча марта ортган.

Жавоб: Икки марта ортади, буни исботланг.

М-11. Агар мис металини тўлқин узунлиги $\lambda = 320$ нм бўлган ёруғлик нури билан нурлантирсак, мис металидан электронлар қандай максимал тезлик билан учиб чиқади .

Жавоб: Масалани мустақил ечиб, тегишли формулани чиқаринг ва СИ системасида ҳисобланг.

М-12. Калий метали сиртидан учиб чиқувчи фотоэлектронларнинг максимал тезлиги $2,010^6$ м/с га тенг бўлиши учун калий метали сиртига қандай частотали нурланиш йўналтирилиши керак ?.

Жавоб: Масалани мустақил ечиб, тегишли формулани чиқаринг ва СИ системасида ҳисобланг.

М-13. Кумуш ва висмут металлари сиртидан тўлқин узунлиги $\lambda = 0,25 \cdot 10^{-6}$ М бўлган нурланиш таъсирида ажралиб чиқадиган фотоэлектронларнинг максимал кинетик энергияларини ва тезлигини топинг. Кумуш ва висмут металларида электронларнинг чиқиш иши мос равишда 4,28 ва 4,62 эВ га тенг.

М-14. Литий метали сиртини тўлқин узунлиги λ_0 бўлган ёруғлик билан ёритишда ҳосил бўладиган фототок тўхтатувчи потенциаллар фарқининг маълум бир максимал қийматида тўхтайди. Ёруғликнинг тўлқин узунлиги $n=2$ марта ўзгарганда токни тўхтатиш учун зарур бўлган потенциаллар фарқини $\eta = 3,5$ марта орттириш лозимлиги исботланган. Ёруғликнинг тўлқин узунлиги λ_0 ни ҳисобланг.

М-15. Агар натрий учун фотоэффектнинг кизил чегараси $\lambda_0 = 500$ нм бўлса электронларнинг натрийдан чиқиш иши A аниқлансин.

М-16. Агар кумуш нинг сиртига тулқин узунлиги $\lambda = 300$ нм бўлган ультрабинафша нурланиш йуналтирилса, фотоэффект кузатиладими?

М-17. Агар фотоэффектнинг кизил чегараси $\lambda_0 = 307 \text{ нм}$ ва фотоэлектроннинг максимал кинетик энергияси $T_{\text{max}} = 1 \text{ Эв.}$ бўлса, фотон энергиясининг кандай хиссаси фотоэлектронни уриб чиқаришга сарфланган?

М-18. Литий сиртига монохроматик ёруғлик тушади (10 нм). Электрон эмиссиясини тўхтатиш учун $1,7 \text{ В}$ дан кам бўлмаган тутувчи потенциаллар айирмасини кўйиш керак. Чиқиш иши A аниқлансин.

М-19. Платина пластинкасини ультрабинафша ёруғлик билан нурлантириш натижасида вужудга келган фотоэффектни тўхтатиш учун $U = 3,7 \text{ В}$ тутувчи потенциаллар фарқини қўйиш керак. Агар платина пластинка бошқа пластинка билан алмаштирилса, унда тутувчи потенциаллар фарқини 6 В гача қўйиш керак бўлади. Электронларнинг шу пластинка сиртидан чиқиш иши A аниқлансин.

М-20. Рух пластинкага тулқин узунлиги $\lambda = 220 \text{ нм}$ булган монохроматик ёруғлик тушади. Фотоэлектронларнинг максимал тезлиги аниқлансин.

М-21. Фотоэлектронларнинг максимал тезлиги 10 Мм/с га тенг бўлганда муайян металлнинг сиртига тушаётган ультрабинафша нурланишнинг тулқин узунлиги λ аниқлансин. Электронларнинг чиқиш иши ҳисобга олинмасин.

М-22 . Тулқин узунлиги $\lambda = 0,3 \text{ нм}$ бўлган γ – нурланиш таъсирида металлдан уриб чиқазилган фотоэлектронларнинг максимал тезлиги V_{max} аниқлансин.

М-23 $E = 1,5 \text{ Мэв}$ энергияли γ – фотонлар билан нурлантирилганда металлдан учиб чиққан фотоэлектронларнинг максимал тезлиги v_{max} аниқлансин.

М-24. γ – фотонлар билан нурлантирилган металлдан учиб чиқаётган фотоэлектронларнинг максимал тезлиги v_{max} , фотонларнинг энергияси E аниқлансин.

Фотозффе́кт мавзусига оид тест вариантлари

1.Фотозффе́ктнинг квант тасаввурлар асосидаги тенгламаси кайси олим томонидан олинган.
А)- Эйнштейн В) Дирак С) Планк Д)Ландау
2. Фотозффе́ктнинг чегараланганлик характери́ни ифодаловчи Столетов конуни таърифи тўғри кўрсатилган жавобни аниқланг.
А) Фотозлектронлар ажралиб чиқиши учун, металлга таъсир қилувчи ёруғликнинг тўлқин узунлиги қаралаётган металл учун характерли бўлган чегаравий қийматдан кичик бўлиши керак.
В) Фотозлектронлар ажралиб чиқиши учун, металлга таъсир қилувчи ёруғликнинг тўлқин узунлиги қаралаётган металл учун характерли бўлган чегаравий қийматдан катта бўлиши керак.
С) Фотозлектронлар ажралиб чиқиши учун, металлга таъсир қилувчи ёруғликнинг тўлқин узунлиги қаралаётган металл учун характерли бўлган чегаравий қийматга тенг бўлиши керак.
Д) Фотозффе́ктда ёруғлик энергиясига ҳеч қандай чегара қўйилмайди.
3. Фотозффе́ктда ёруғлик частотаси ортиб бориши билан фотозлектронлар энергияси қандай ўзгаради ?
А) Ортади В) камаяди С) ўзгармайди Д) Фақат интенсивлик ортади.
4. Фотозффе́ктда ёруғлик оқими ортиб бориши билан фотозлектронларнинг максимал сони қандай ўзгаради ?
А) Ортади В) камаяди С) ўзгармайди Д) Фақат интенсивлик ортади.
5. Ташқи фотозффе́кт учун Эйнштейн тенгламаси тўғри кўрсатилган жавобни аниқланг.
А) $\hbar\omega = A + \frac{1}{2}mv^2$ В) $\hbar\omega = \frac{1}{2}mv^2$ С) $\hbar\omega = A - \frac{1}{2}mv^2$ Д) $\hbar\omega = A + \frac{1}{2}mv$
6. Частота ва тўлқин узунлиги орқали фотозффе́ктнинг “қизил чегараси” шарти тўғри кўрсатилган жавобни аниқланг.
А) $\omega_k = \frac{A}{\hbar}$, $\lambda_k = \frac{2\pi\hbar c}{A}$ В) $\omega_k = \frac{A}{\hbar^2}$, $\lambda_k = \frac{2\pi\hbar^2 c}{A}$ С) $\omega_k = \frac{A}{2\hbar}$, $\lambda_k = \frac{4\pi\hbar c}{A}$ Д) $\omega_k = \frac{2A}{\hbar}$, $\lambda_k = \frac{\pi\hbar c}{A}$

7. Фотозффе́кт учун Столетов қонунлари қайси тасаввурда тўғри тушунтирилади.
А) Квант тасаввурлар асосида В) Классик тасаввурлар асосида С) Ҳар икки тасаввур асосида ҳам. Д) Классик электродинамика қонунлари асосида.
8. Эйнштейннинг ташқи фотозффе́кт учун назарияси нима учун бир электронли назария дейилади.?
А) Эйнштейннинг ташқи фотозффе́кт учун назариясида модда (металл) даги электронлар бир-бирига ўзаро боғлиқ бўлмаган ҳолда ҳаракатланади ва модда (металл) га тушувчи фотон фақат битта электрон билан таъсирлашади деб қаралади.
В) Эйнштейннинг ташқи фотозффе́кт учун назариясида модда (металл) даги электронлар ўзаро боғлиқ бўлган ҳолда ҳаракатланади ва модда (металл) га тушувчи фотон фақат ҳамма электрон билан таъсирлашади деб қаралади.
С) Эйнштейннинг ташқи фотозффе́кт учун назариясида модда (металл) га тушувчи фотон фақат ички қобиклардаги электрон билан таъсирлашади деб қаралади.
Д) Эйнштейннинг ташқи фотозффе́кт учун назариясида модда (металл) га тушувчи фотон исталган миқдордаги электронлар билан таъсирлашади, бу шарт фотоннинг энергияси билан аниқланади деб қаралади.
9. Ташқи фотозффе́ктнинг статистик характери қандай ҳолда яққол намоён бўлади.
А) Ташқи фотозффе́кт ҳодисасида нурланиш оқимидаги фотонларнинг модда (металл) даги қайси электрон таъсирлашишининг тасоддий ҳодиса эканлигидан фотонлар ва электронларнинг ўзаро таъсири эҳтимолий характерга эга бўлади.
В) Ташқи фотозффе́кт ҳодисасида нурланиш оқимидаги фотонларнинг модда (металл) даги электронлар билан ўзаро таъсири эҳтимолий характерга эга бўлмайди.
С)) Ташқи фотозффе́кт ҳодисасида нурланиш оқимидаги фотонларнинг модда (металл) даги қайси электрон таъсирлашиши аниқ ҳодиса эканлигидан фотонлар ва электронларнинг ўзаро таъсири эҳтимолий характерга эга эмас
Д) Тўғри жавоб берилмаган.

10. Нима учун ташқи фотоэффектда фотон билан электроннинг ўзаро таъсир жараёни оний жараён ҳисобланади ?.	
А) Фотоннинг электрон билан ўзаро таъсир жараёнининг оний жараён ҳисобланишига сабаб, металл сиртига фотонлар тушиши ва фотоэлектронларнинг ажралиб чиқиши орасида вақт фарқининг жуда кичик бўлиши ва деярли сезилмаслиги ҳисобланади..	
В) Фотоннинг электрон билан ўзаро таъсир жараёнининг оний жараён ҳисобланмайди , чунки металл сиртига фотонлар тушиши ва фотоэлектронларнинг ажралиб чиқиши орасида вақт фарқининг жуда катта .	
С) Фотоннинг электрон билан ўзаро таъсир жараёни сезиларли вақт ичида содир бўлади , яъни оний эмас.	
Д) Фотоэффектнинг оний жараёнлиги исботланмаган.	
11.Фотоэффект учун “қизил чегара” модда атомларининг характерловчи қандай физик катталиқга боғлиқ ?	
Чиқиш иши	
Планк доимийси	
энергия	
температура	
12. Квант ходисалар деб қандай ходисаларга айтилади?	
А) Квант ходисалар деб Планк доимийси - h сезиларли (катта) рол ўйнайдиган ходисаларга айтилади.	
В) Квант ходисалар деб Планк доимийси - h сезиларли (катта) рол ўйнамайдиган ходисаларга айтилади.	
С) Квант ходисалар деб Планк доимийси - h аҳамиятли бўлмаган ходисаларга айтилади.	
Д) Квант ходисалар деб Планк доимийси - h нинг қиймати ортиб боровчи ходисаларга айтилади.	
13. Фотоэффект ходисасида жисмдан ажралиб чиқаётган фотоэлектронлар сони жисмга тушаётган ёруғлик интенсивлигига қандай боғланган?	
А) Ёруғлик интенсивлиги ортиб бориши билан жисмдан ажралиб чиқаётган фотоэлектронлар сони интенсивлиқга тескари пропорционал камайиб боради.	
В) Ёруғлик интенсивлиги ортиб бориши билан жисмдан ажралиб чиқаётган фотоэлектронлар сони интенсивлиқга пропорционал ортиб боради.	
С) Ёруғлик интенсивлиги ортиб бориши билан жисмдан ажралиб чиқаётган фотоэлектронлар сони интенсивлиқга квадратик боғланган ҳолда ортиб боради.	
Д) Ёруғлик интенсивлиги ортиб бориши билан жисмдан ажралиб чиқаётган фотоэлектронлар сони интенсивлиқга чизикли боғланган ҳолда ортиб боради.	
14. Фотоэффект классик тасаввурлар асосида тушунтириладими?	
А) Тушунтирилмайди	В) Қисман тушунтирилади
С) Тўлиқ тушунтирилади	Д) Фақат фотоэффект таърифи Тушунтирилади

2- боб. Комптон эффекти.

2.1. Комптон эффектида тўлқин узунлигининг ўзгариши $\Delta\lambda$ нинг сочилиш бурчаги θ га боғланиши аниқлансин.

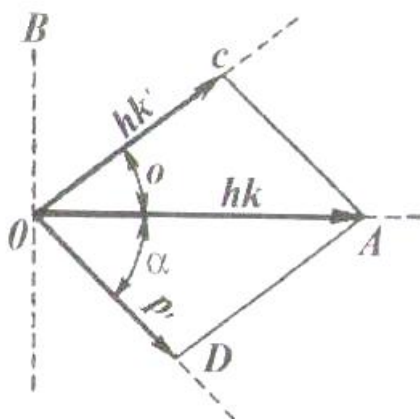
Электромагнит нурланишнинг корпускуляр хоссалари тўлалигича 1922 йилда Америкалик физик А.Комптон томонидан очилган эффектда намоён бўлади.

Комптон эффектининг очилиши натижасида ёруғлик квантлари гипотезасининг ўринлилиги, ёруғлик квантларининг мавжудлиги тўла тан олинган.

ДЖ. Льюис томонидан 1926 йилда ёруғлик кванти “фотон” деб номланган, 1927 йилда эса фотон тинч ҳолатдаги массаси ва заряди нолга тенг ва ёруғлик тезлиги c - га тенг бўлган тезлик билан ҳаракатланувчи заррача сифатида расмий қабул қилинган [9-12]

Комптон эффекти деб, электромагнит нурланиш заррачалари фотонларнинг эркин (ёки кучсиз боғланган) электронларда тўлқин узунлиги ўзгарган ҳолда эластик сочилиш жараёнига айтилади.

Комптон эффекти кичик тўлқин узунлиги (катта частота) га эга бўлган рентген ва гамма нурланишларининг кристалларда сочилиш жараёнини ўрганиш бўйича ўтказилган экспериментларда кузатилади.



4- расм. Комптон паралеллограмми.

Комптон эффектида фотонларнинг тўлқин узунлигининг ўзгаришини ҳисоблашда фотонни ёруғлик тезлигига тенг тезлик билан ҳаракатланади деб, унинг энергияси учун $\varepsilon = \hbar\omega$ ва импульси учун $p = \frac{\hbar\omega}{c}$ формулани ишлатамиз.

Тўқнашиш жараёнида сочилган электрон энергияси учун ҳам релятивистик энергия формуласи mc^2 , ҳаракатдаги масса формуласи

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ дан фойдаланамиз.}$$

Энергия ва импульснинг сақланиш қонунлари тенгламаларини ёзамиз (4-расм).

$$\hbar\omega_0 + m_0c^2 = \hbar\omega + mc^2 \quad (2.1)$$

$$\frac{\hbar\omega_0}{c} = \frac{\hbar\omega}{c} + m\vec{v} \quad (2.2.)$$

(2.1) тенглама скаляр ва (2.2.) тенглама эса вектор тенгламадир.

(2.2.) тенгламани координата ўқларига проекциялаб, (2.2) ни иккита скаляр тенглама билан алмаштирамиз ва косинуслар теоремасидан фойдаланиб, қуйидаги тенгламани оламиз. [9]

$$m^2v^2 = \frac{\hbar^2\omega_0^2}{c^2} + \frac{\hbar^2\omega^2}{c^2} - 2\hbar^2 \frac{\omega_0\omega}{c^2} \cos\theta \quad (2.3)$$

(2.1) тенгламани қуйидагича ёзамиз.

$$mc^2 = \hbar(\omega_0 - \omega) + m_0c^2 \quad (2.4)$$

(2.4) ни квадратга оширамиз.

$$m^2c^4 = (\hbar\omega_0)^2 + (\hbar\omega)^2 - 2\hbar\omega\omega_0 + m_0^2c^4 + 2\hbar m_0c^2(\omega_0 - \omega) \quad (2.5)$$

(2.5) ни c^2 га бўлиб, (2.3) дан айирамиз, $1 - \cos\theta = 2\sin^2 \frac{\theta}{2}$ ва

$m_0^2 = m^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)$ эканлигини ҳисобга оламиз ва натижада қуйидаги

тенгламани ҳосил қиламиз.

$$m_0^2c^4 = m^2c^4 - 2\hbar^2\omega_0\omega(1 - \cos\theta) + 2m_0c^2\hbar(\omega_0 - \omega)$$

$$(\omega_0 - \omega) = \frac{2\pi\hbar c}{\lambda_0} - \frac{2\pi\hbar c}{\lambda} = \frac{2\pi\hbar c(\lambda - \lambda_0)}{\lambda\lambda_0}$$

Натижада Комптон эффекти учун қуйидаги асосий тенглама олинади.

$$\Delta\lambda = \frac{4\pi}{m_0 c^2} \hbar c \sin^2 \frac{\theta}{2} \quad (2.5)$$

Бу ерда: $\Lambda = \frac{4\pi}{m_0 c} \hbar$ - узунлик ўлчамига эга катталиқ, электрон учун

Комптон тўлқин узунлиги дейилади ва $\Lambda = 2,43 \cdot 10^{-12}$ м.га тенг.

Комптон эффектида тўлқин узунлигининг силжиши жуда кичик қийматга эга бўлиб, хаттоки $\theta = 180$ га сочилганда ҳам 2Λ га тенг. Шунинг учун Комптон эффектини кузатиш учун рентген нурлари ёки гамма нурларидан фойдаланилади, чунки бу ҳолда $\Delta\lambda$ тўлқин узунлигининг катта қисмини ташкил этади.

Ўқувчиларга (2.5) формулага асосан Комптон эффектида сочилган нурланишнинг тўлқин узунлигининг ортиши, тушувчи нурланишнинг тўлқин узунлигига боғлиқ эмас, фақатгина сочилиш бурчагининг катталиги билан аниқланишини яна бир марта тушунтириб ўтиш мақсадга мувофиқ.

Комптон эффектида фотонлар ва электронларнинг тўқнашишида сочилиш жараёнининг ҳар бир элементар актида фотонларнинг “туртки”ларидан энергия олган электронлар ҳосил бўлади. Сочилиш жараёнида электроннинг кинетик энергиясининг ўзгаришини ҳисоблаймиз. Энергиянинг сақланиш қонунига асосан электроннинг кинетик энергияси E_k нинг ўзгариши фотоннинг тўқнашишдан олдинги ва тўқнашишдан кейинги энергияларининг фарқига тенг бўлади.

$$E_k = \hbar\omega_0 - \hbar\omega = \hbar\Delta\omega$$

E_k ни фотоннинг дастлабки энергияси $\hbar\omega_0$ га бўламиз.

$$\frac{E_k}{\hbar\omega_0} = \frac{\Delta\omega}{\omega_0}$$

$$\Delta\omega = \omega_0 - \omega = \frac{2\pi c}{\lambda_0} - \frac{2\pi c}{\lambda_0 + \Delta\lambda} = \omega_0 \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0 + \Delta\lambda}$$

$$\frac{\Delta\omega}{\omega_0} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda + \Delta\lambda}$$

$$\frac{E_k}{\hbar\omega_0} = \frac{\Delta\omega}{\omega_0} = \frac{2\Lambda_k \sin^2 \frac{\theta}{2}}{\lambda_0 + 2\Lambda_k \sin^2 \frac{\theta}{2}} \quad (2.6)$$

(2.6) дан фойдаланиб бирламчи фотон энергиясининг қанча қисмининг, тўқнашиш жараёнида электронга берилишини ҳисоблаймиз. Комптон эффектида фотон билан тўқнашиш жараёнида сочилган электронлар “тепки” электронлар дейилади [5,16].

Комптон эффекти рентген нурларининг қатор моддаларда сочилишини ўрганди ва турли ҳил йўналишда сочилган Рентген нурларининг тўлқин узунлигини ўлчади.

2.2. Комптон тажрибаси ва унинг натижалари

Электромагнит нурланишнинг корпускуляр хусусиятини экспериментал тасдиқи бу Комптон тажрибаси ҳисобланади. Комптон тажрибасида фотонлар ва юқори энергияли электронларнинг ўзаро тўқнашиши ўрганилади. Комптон тажрибасида ҳар ҳил бурчаклар остида сочилган рентген нурлари ва улар билан бир вақтда сочилган нурларнинг тўлқин узунлиги ҳам ўлчанган.

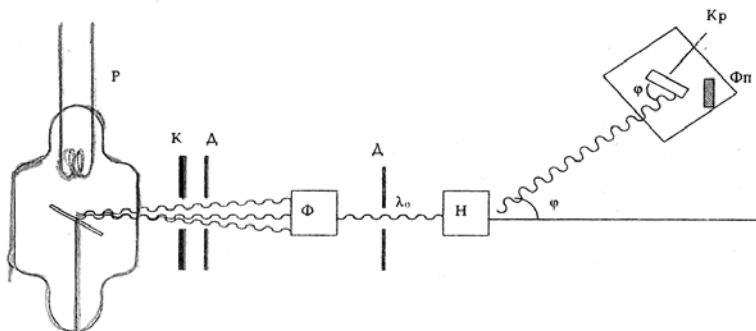
Ўтказилган экспериментларда натижалари фотонлар ва электронларнинг ўзаро тўқнашиш жараёнида энергия ва импульсининг сақланиш қонунлари ўринли эканлиги тасдиқланган. Шу асосда фотоннинг энергияси ва импульсининг частотага боғланиш формуласи тўғри эканлиги ҳам тасдиқланган. Комптон формуласида Планк доимийси $\hbar$ нинг қатнашиши фотон ва электроннинг тўқнашуви квант ҳарактерга эга эканлигини ва $\hbar$ нинг универсал доимий катталиқ эканлигини кўрсатади.

$\hbar$ нинг иссиқлик нурланиши жараёнида, фотоэффект ва Комптон эффектига оид формулаларда қатнашиши, микроламдаги барча жараёнларнинг квант ходисалари эканлигини кўрсатади.

Комптоннинг экспериментал қурилмаси 5- расмда келтирилган.

Рентген трубкаси катодидан чиқган электронлар катод ва анод (антикатод) орасига қўйилган 50 кВ потенциал айирма ёрдамида тезлаштиради.

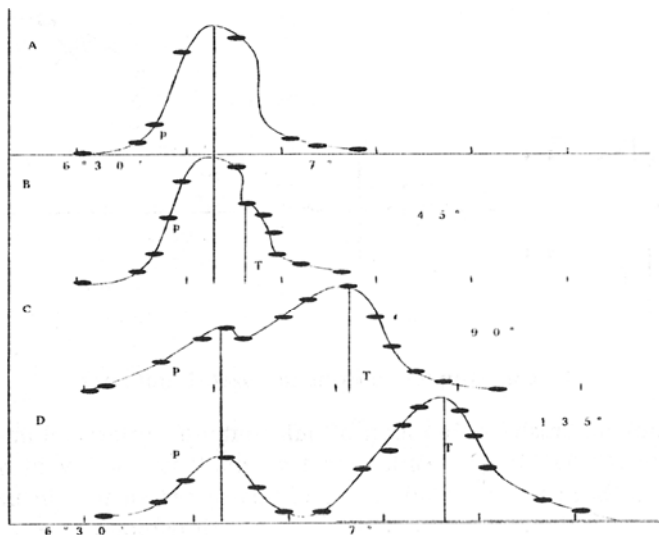
Рентген трубканинг шиша қобикларидан ўтган рентген нурлари К- коллиматор, Д- диафрагма ва Ф- филтр ёрдамида тозаланиб сочувчи модда- графитга йўналтирилади. К- коллиматор тиркишидан бир ҳил тўлқин узунликга эга бўлган бирламчи рентген нурлари ўтказилади. Д- диафрагма кераксиз нурларни ўтказмайди. Ф- филтр дан бир ҳил λ_0 – га эга бўлган монохроматик нурланиш ўтказилади.



5- расм. Комптон эффектининг кузатиш қурилмаси [10].

Графитда нурлар сочилади ва бирламчи нурга нисбатан θ – бурчак остида жойлаштирилган спектрометрда қайд этилади. Трубканинг силжитилиши ва бурилиши натижасида сочилиш бурчаги ўзгартирилади. θ – бурчак остида остида сочилган нурлар спектрометрнинг К – пластинкасига тушиб, тебратади ва К- пластинкадан қайтган нурлар Фп- фотопластинкада қайд этилади ва пластинкадаги қора излар асосида φ – силжиш бурчаги аниқланади.

Экспериментда турли θ – бурчакда ўлчанган сочилган рентген нурларининг силжиш бурчаги φ – нинг θ – бурчакга боғланиши ўрганилган (6- расм).



6-расм. Сочилган рентген нурлари спектри [10].

Комптон эффектини ўрганишда ёруғликнинг сочилиш ҳодисасини тўлқин нуқтаи – назаридан қараб, бирламчи электромагнит тўлқинлар (тушувчи ёруғлик) нинг иккиламчи электромагнит тўлқинлар (сочилган ёруғлик) га айланиши сочувчи майдонда жойлашган электр зарядлари (атомлардаги электронлар) нинг тебраниши туфайли юз беради деб ($\omega = \omega_0, \lambda = \lambda_0$) тасаввур қилинади [14,15,16].

Ушбу тасаввурдаги асосий фараз моддага тушаётган ва моддада сочилган тўлқинлар частотаси (тўлқин узунлиги) нинг тенглиги ҳисобланади. Классик назарияга асосан, тушувчи ёруғлик тўлқини гармоник тебранувчи электромагнит майдон ҳосил қилади ва бу майдон таъсирида электрон ҳам худди электромагнит тўлқин частотасига тенг частота билан мажбурий тебранма ҳаракат қилади. Агар нурланишнинг электронга берадиган босимини ҳисобга олсак, натижада электрон маълум тезланиш олади. У ҳолда паст частоталар соҳасига қараб нурланишнинг силжиши ҳосил бўлади. Заррача узлуксиз равишда энергия олиб

турганлиги учун, вақт ўтиши билан силжиши ортиб бориши керак. Шундай қилиб, электроннинг сочилишини маълум бир бурчак остида кузатилганда, нурланиш интенсивлиги ортиши билан ҳар хил катталикдаги силжишини кузатишимиз керак. Тажрибаларнинг кўрсатишича сочилиш бурчагининг маълум бир қийматида, нурланиш интенсивлигига ва нурланиш вақтига боғланмаган ҳолда, тўлқин узунлигининг фақат битта қийматга ўзгариши кузатилган

Ўқувчиларга Комптон эффектини ҳам тўлқин тасаввурлари асосида тушунтиришнинг тўғри натижа бермаслиги алоҳида таъкидланиб, бу ходисани фақат квант тасаввурлари асосидагина тушунтириш мумкинлиги исботланади.

Квант тасаввурлари асосида сочилиш ёруғлик квантлари - фотонларнинг электронлар билан ўзаро тўқнашиш натижаси эканлиги ва тўқнашиш жараёнида энергия ва импульснинг сақланиш қонунлари бир вақтда бажарилиши уқтириб ўтилади.

Эффектни тушунтириш жараёнида Комптон томонидан фотоннинг импульсини киритилиши масаласига ҳам алоҳида эътибор қаратишни мақсадга мувофиқ деб ҳисоблаймиз, фотоннинг импульсга эгалигининг тасдиқланиши фотонни тўла маънода микрозаррача деб ҳисоблашга тўла имкон беради.

Демак, Комптон эффектининг энг муҳим натижаларидан бири, шу эффектда фотоннинг импульси мавжудлигининг тасдиқланганлигидир.

Комптон эффекти ёруғлик квантлари (фотон) ларнинг “эркин” электронлар билан ўзаро таъсири натижасида юз беради деб қаровчи тасаввурни қўллашда “эркин электрон” тушунчасининг моҳиятини очиб беришга эътибор қаратиш зарур [14-16].

Моддага таъсир қилувчи фотонлар энергияси модда атомларидаги электронларнинг атом ядролари билан боғланиш энергияси нисбатан етарлича катта бўлган ҳолдагина электронларни “эркин электронлар” деб қараш мумкин, шу сабабли Комптон эффекти фақат юқори энергияли

электромагнит тўлқин (фотон) ларнинг модда билан ўзаро таъсири жараёнида юз беради.

Ўқувчиларга юқорида келтирилган Комптон эффекти формуласини келтириб чиқарилишини тушунтиришда ва Комптон тўлқин узунлигини электрон ва протон учун ҳисоблаб бериш керак ҳамда бу эффект фақат электронлар учун эмас бошқа зарралар учун ҳам ўринли эканлиги тушунтирилади.

Комптон эффектининг релятивистик эффектлигини ва Комптон тўлқин узунлигининг муҳим физикавий маънога эгаллиги, яъни релятивистик жараёнларда узунлик ўлчови маъносини аниқлашнинг алоҳида таъкидлаб ўтиш мақсадга мувофиқ.

Комптон эффектида тушаётган фотоннинг қандай бурчак остида сочилишини олдиндан айтиб бериш мумкин эмас. Демак фотонларнинг эркин электронларда маълум бир бурчакга сочилиш жараёни тасоддий характерга эгаллигини $\Delta\lambda$ учун Комптон формуласининг тушунтиригандан сўнг ўқувчиларга алоҳида таъкидлаш керак [3-5,16].

Таъкидлаш керак-ки, С.И. Вавилов томонидан ўтказилган тажрибаларда ёруғлик оқимининг фотонлардан иборатлиги яна бир марта тасдиқланган ва ёруғлик оқимининг флуктуацияси кузатилган, бу ҳодиса эса кўп заррачали системаларга ҳос бўлган статистик хусусиятдир.

Бу мавзунинг баёнидан сўнг, ўрганилганларни мустаҳкамлаш жараёнида Эйнштейн томонидан электромагнит нурланишнинг дискретлиги тўғрисидаги ғояга асосланиб “ёруғлик кванти” тушунчасини киритганлигини яна бир марта таъкидлаб ўтиш зарур.

Юқоридагилардан шундай хулосалар чиқариш мумкин: нурланиш бўлинмас ва локаллашган энергия квантларидан иборат деган ёруғликнинг корпускуляр назариясига ҳос тасаввур,

Бу тасаввурдан ёруғликнинг нурланиш ва ютилиш элементар жараёнлари дискрет эканлиги кўринади.

Эйнштейн модда ва нурланиш орасида мувозанатни караш жараёнида мажбурий нурланиш ва ютилиш эҳтимоллиги ҳамда спонтан нурланиш эҳтимоллиги тушунчаларини киритади. Батафсил (детал) мувозанат принципини тадбиқ этган ҳолда, содда йўл билан, Планк формуласини статистик метод билан исботлайди.

5-расмдаги графиклар кўринишига қараб, Комптон тажрибасидан қуйидаги хулосаларни олиш мумкин.

1. Сочилиш спектрида λ_0 тўлқин узунлигига эга бўлган бирламчи нурлар билан бир қаторда λ тўлқин узунлигига эга бўлган иккиламчи рентген нурлари мавжуд бўлади.

2. λ тўлқин узунлиқ ҳар доим λ_0 тўлқин узунлиқдан катта, $\lambda > \lambda_0$ ($\omega < \omega_0$).

3. Сочилиш бурчаги θ -ни ортиши билан силжимаган компонентанинг интенсивлиги камаяди, силжиган компонентанинг интенсивлиги эса ортади.

4. Силжиган нурнинг тўқин узунлиги сочилиш бурчаги θ га боғлиқ, лекин сочувчи модданинг табиатига боғлиқ эмас.

Ўқувчиларнинг мавзунини ўрганишда олган билимларини мустаҳкамлаш учун саволлар.

Репродуктив даражадаги саволлар

1. Комптон эффекти қайси олим томонидан экспериментал текширилган ?.
2. Нима учун Комптон эффекти релятивистик эффект деб аталади?
3. Фотоннинг импульсга эга эканлиги қайси эффектда, ким томонидан киритилган?.
4. Комптон эффекти таърифини айтинг.
5. Комптон эффекти қандай нурланишнинг кристалларда кузатилиши жараёнида экспериментал кузатилган.
6. Комптон эффектида фотон ва электроннинг тўқнашиш жараёни учун қандай физик катталиклар учун сақланиш қонунлари бажарилади.

7. Комптон паралеллограммини чизинг ва тушунтиринг.

Продуктик даражадаги саволлар.

1. Комптон эффекти формуласининг олиниш кетма кетлигини тушунтиринг.
2. Комптон эффектида сочилган фотоннинг энергияси тушувчи фотон энергиясига боғлиқми?
3. Комптон тўлқин узунлигининг электрон учун қийматини ҳисобланг.
4. Комптон эффектини протонларда ҳам кузатиш мумкинми ва протон учун Комптон тўлқин узунлиги электрон учун Комптон тўлқин узунлигидан қандай фарқ қилади?.
5. Комптон эффектида тўлқин узунлигининг ўзгариши сочилиш бурчагининг қандай қийматида минимал қийматга эга бўлади?.
6. Комптон эффектида тўлқин узунлигининг ўзгариши сочилиш бурчагининг қандай қийматида максимал қийматга эга бўлади?.
7. Комптон эффекти классик назария асосида қандай тушунтирилади.?
8. Комптон эффекти квант назария асосида қандай тушунтирилади.?

Комптон эффекти мавзусига оид масалалар ечиш.

М1. Энергияси $E=0,35$ МэВ бўлган фотон эркин электронда $\theta = 60^\circ$ га сочилади. Электроннинг бошланғич кинетик энергиясини ҳисобга олмаган ҳолда сочилган фотоннинг энергиясини топинг.

Ечиш:

Фотоннинг эркин электронда тўлқин узунлиги ўзгарган ҳолда сочилиши ходисаси Комптон эффекти дейилади. Сочилган фотоннинг энергияси ва тўлқин узунлиги орасидаги боғланишдан фойдаланиб Комптон формуласи

$$\Delta\lambda = \frac{2\pi\hbar}{m_0c} \cdot 2\sin^2\frac{\theta}{2} \quad (1)$$

га биноан $\Delta\lambda$ ни топиш мумкин.

Фотоннинг тўлқин узунлиги билан энергияси орасидаги боғланиш

$$\varepsilon = \frac{2\pi\hbar c}{\lambda} \quad (2)$$

Юқоридаги (2.1.2.1.) ва (2.1.2.2.) ифодалар асосида алмаштириш ўтказиб, қуйидаги ифодани оламиз:

$$\frac{2\pi\hbar c}{\varepsilon'} - \frac{2\pi\hbar c}{\varepsilon} = \frac{4\pi\hbar c}{m_0 c^2} \sin^2 \frac{\theta}{2} \quad (3)$$

Бу ифодани соддалаштириб ε' - учун қуйидаги ифодани оламиз:

$$\varepsilon' = \frac{\varepsilon}{1 + 2 \frac{\varepsilon}{m_0 c^2} \sin^2 \frac{\theta}{2}} \quad (4)$$

Барча қийматларни ўрнига қўйсак,

$$\varepsilon' = 0,26 \text{ МэВ}$$

М 2. Моддани монохроматик рентген нурлари билан нурлантирилганда Комптон электронларининг максимал кинетик энергияси $T_{\max} = 0,44 \text{ МэВ}$ га тенглиги маълум бўлса, таъсир этувчи нурланишнинг тўлқин узунлигини хисобланг.

Ечиш:

Комптон эффектида сочилган фотоннинг энергияси формуласи

$$\varepsilon' = \frac{\varepsilon}{1 + 2 \frac{\varepsilon}{m_0 c^2} \sin^2 \frac{\theta}{2}} \quad (1)$$

дан фойдаланиб. Комптон эффекти учун энергиянинг сақланиш қонунини қуйидагича

$$\varepsilon = \varepsilon' + T_{kin}$$

ёзиб, электроннинг кинетик энергияси учун қуйидаги ифодани ҳосил қиламиз.

$$T_{kin} = \varepsilon - \frac{\varepsilon}{1 + \frac{2\varepsilon}{m_0 c^2} \sin^2 \frac{\theta}{2}} \quad (2)$$

ифодани соддалаштириб:

$$T_{kin} = \frac{2\varepsilon^2 \sin^2 \frac{\theta}{2}}{m_0 c^2 \left(1 + \frac{2\varepsilon}{m c^2} \sin^2 \frac{\theta}{2} \right)} \quad (3)$$

ифодада $\theta = \pi$ бўлганда $T_{kin} = T_{max}$ бўлади. У ҳолда

$$T_{max} = \frac{2\varepsilon^2}{m_0 c^2 + 2\varepsilon} \quad (4)$$

Бу тенгламани ε га нисбатан ечсак ε учун квадрат тенглама ҳосил бўлади.

$$2\varepsilon^2 - 2\varepsilon T_{max} - T_{max} m_0 c^2 = 0$$

Тенгламанинг ечими

$$\varepsilon_{12} = T_{max} \pm \sqrt{T_{max}^2 + 2T_{max} m_0 c^2} \quad (5)$$

Фотоннинг энергияси ва тўлқин узунлиги орасидаги боғланишни эътиборга олиб, моддага таъсир қилувчи нурланишнинг тўлқин узунлиги учун ифодани аниқлаймиз.

$$\lambda = \frac{2\pi\hbar c}{T_{max} \left(1 + \sqrt{1 + 2 \frac{m_0 c^2}{T_{max}}} \right)} = 10^{-12} \text{ м}. \quad (5)$$

М-3. Фотон эркин электронда $\theta = 60^\circ$ га сочилган. Тўқнашишда сочилган фотоннинг энергияси $\varepsilon' = 0,26 \text{ МэВ}$ бўлса, электронга таъсир қилувчи фотоннинг энергиясини ҳисобланг.

Ечиш:

Сочилган фотоннинг энергияси ва тўлқин узунлиги орасидаги боғланишдан фойдаланиб Комптон формуласига биноан $\Delta\lambda$ ни топиш мумкин.

Фотоннинг тўлқин узунлиги билан энергияси орасидаги боғланиш

$$\varepsilon = \frac{2\pi\hbar c}{\lambda} \quad (1.)$$

Юқоридаги ифодалар асосида алмаштириш ўтказиб, қуйидаги ифодани оламиз:

$$\frac{2\pi\hbar c}{\varepsilon'} - \frac{2\pi\hbar c}{\varepsilon} = \frac{4\pi\hbar c}{m_0 c^2} \sin^2 \frac{\theta}{2} \quad (2.)$$

Бу ифодани соддалаштириб ε' - учун қуйидаги ифодани оламиз:

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon'}{1 - 2 \frac{\varepsilon'}{m_0 c^2} \sin^2 \frac{\theta}{2}} = \frac{0,26}{1 - 2 \frac{0,26}{0,5} \sin^2 30^\circ} = \frac{0,26}{0,74} = 0,35 \text{ МэВ}$$

Барча қийматларни ўрнига қўйсак,

$$\varepsilon = 0,35 \text{ МэВ натижани оламиз.}$$

Ўқувчиларнинг мустақил ишлаши учун масалалар.

М-1. Энергияси $E=0,46$ МэВ бўлган фотон тинч ҳолатдаги эркин электронда $\theta = 120$ га сочилади. А) сочилган квант энергияси; б) электронга берилган энергияни топинг.

М-2. Агар фотон тинч ҳолатдаги эркин электронда $\theta = 60^\circ$ га сочилганда электрон $T=0,45$ МэВ кинетик энергия олган бўлса, электронга таъсир қилувчи фотоннинг энергиясини топинг.

М-3. $0,51$ МэВ энергияли фотон релятивистик электрон билан тўқнашиш жараёнида 60° бурчакга сочилган, электрон эса кинетик энергиясини деярли тўла йўқотган. Сочилишда фотоннинг тўлқин узунлигининг ўзгаришини аниқланг.

М-4. Сақланиш қонунлари ёрдамида эркин электронда фотоннинг ютилмаслигини исботланг.

М-5. Агар фотон тинч ҳолатдаги эркин электронда $\theta = 45^\circ$ га сочилганда электрон $T=0,4$ МэВ кинетик энергия олган бўлса, электронга таъсир қилувчи фотоннинг энергиясини топинг.

М-6. Агар фотон тинч ҳолатдаги эркин электронда $\theta = 30^\circ$ га сочилганда электрон $T=0,5$ МэВ кинетик энергия олган бўлса, электронга таъсир қилувчи фотоннинг энергиясини топинг

М-7. Тўлқин узунлиги $\lambda = 55,8$ нм бўлган рентген нурланиши графитда сочилади. Тушувчи нурланишга нисбатан $\theta = 60^\circ$ бурчакга сочилган нурланишнинг тўлқин узунлигини аниқланг.

М-8. Ёруғликнинг комптон сочилишида тўлқин узунлигининг максимал ўзгаришининг нимага тенглигини аниқланг.

М-9. Тўлқин узунлиги $\lambda = 4,8$ нм. Бўлган фотонлар эркин электронларда сочилмоқда. Тўқнашишдан сўнг тушувчи фотонлар йўналиши билан бир хил йўналишда ҳаракатланаётган электронларнинг кинетик энергиясини аниқланг.

М-10. Комптон эффектида тўлқин узунлиги $\lambda = 55,8$ нм бўлган рентген нурлари графит плитадан сочилади. Тушаётган ёруғлик дастасининг йўналишига нисбатан $\theta = 60^\circ$ бурчак остида сочилган ёруғликнинг тўлқин узунлиги λ аниқлансин.

М-11. Эркин электронлар ва эркин протонларда Комптон сочилишида тўлқин узунлигининг максимал ўзгариши аниқлансин.

М-12. Агар ёруғликнинг эркин электронда Комптон сочилишида тўлқин узунлигининг ўзгариши $\Delta\lambda = 3,62$ нм. Га тенг бўлса, фотоннинг эркин электронда сочилиш бурчаги θ аниқлансин.

М-13. $E = 0,4$ МэВ энергияли фотон эркин электронда $\theta = 90^\circ$ бурчак остида сочилади. Сочилган фотоннинг энергияси γ' ва сочилган электроннинг кинетик энергияси T аниқлансин.

М-14. Агар энергияси электроннинг тинчликдаги энергиясига тенг бўлган фотон Комптон ходисасида $\theta = 180^\circ$ бурчакка сочилган бўлса, тушаётган фотон энергиясининг канча қисми сочувчи электронга берилади? Сочилишдан олдин фотоннинг энергияси $E = 0,255$ МэВ бўлган.

М-15. $E = 0,25$ МэВ энергияли фотон эркин электронда сочилди. Сочилган электроннинг энергияси $T_e = 0,2$ МэВ. Сочилиш бурчаги θ аниқлансин.

М-16. Фотоннинг сочилиш бурчаги $\theta = 90^\circ$. Электроннинг сочилиш бурчаги $\varphi_e = 30^\circ$. Тушаётган фотоннинг энергияси ε_γ аниклансин.

М-17. Фотон ($\lambda = 0,1$ нм.) эркин электронда $\theta = 90^\circ$ бурчак остида сочилди. Фотон ўз энергиясининг қанча қисмини электронга берган?

М-18. Фотоннинг тўлқин узунлиги λ , электроннинг Комптон тўлқин узунлиги λ_{de} га тенг. Фотоннинг энергияси E ва импульси P аниклансин.

М-19. Тушаётган фотоннинг энергияси ε_γ , электроннинг тинчликдаги энергиясига тенг. Агар сочилиш бурчаги θ : 1) 60° ; 2) 90° , 3) 180° га тенг бўлса, тушаётган фотон энергиясининг қандай қисмини сочилган фотон ўзида саклаши ва қандай қисмини сочувчи электронга узатилиши аниклансин

Комптон эффекти мавзуси учун тест вариантлари

1. Комптон эффекти ходисасининг таърифи тўғри кўрсатилган жавобни аниқланг.			
А) Комптон эффекти деб паст частотали ёруғликнинг модда билан ўзаро таъсирида эркин электронларда частоталари ўзгарган ҳолда сочилиш ходисасига айтилади			
В) Комптон эффекти деб юқори частотали ёруғликнинг модда билан ўзаро таъсирида эркин электронларда частоталари ўзгарган ҳолда сочилиш ходисасига айтилади			
С) Комптон эффекти деб юқори частотали ёруғликнинг модда билан ўзаро таъсирида эркин электронларда частоталари ўзгармаган ҳолда сочилиш ходисасига айтилади			
Д) Комптон эффекти деб юқори частотали ёруғликнинг модда билан ўзаро таъсирида эркин электронларда частоталари ўзгарган ҳолда ютилиш ходисасига айтилади			
2. Комптон эффектида фотоннинг тўлқин узунлигининг ўзгариши- $\Delta\lambda$ нинг қиймати $\Delta\lambda = \frac{\Lambda}{2}$ га тенг бўлган ҳолдаги θ-бурчакнинг қиймати тўғри кўрсатилган жавобни аниқланг. (Бу ерда Λ – Комптон тўлқин узунлиги)			
А) $\theta = \frac{\pi}{2}$	В) $\theta = \frac{\pi}{3}$	С) $\theta = \pi$	Д) $\theta = \frac{\pi}{6}$
3. Протон учун Комптон тўлқин узунлиги формуласи ва қиймати тўғри кўрсатилган жавобни аниқланг..			

A) $\Lambda = \frac{2\hbar c}{m_p c^2} = 1,32 \cdot 10^{-15} \text{ М}$		B) $\Lambda = \frac{4\pi c}{m_0 c^2} = 1,43 \cdot 10^{-15} \text{ М}$	
C) $\Lambda = \frac{4\pi c}{m_0 c^2} = 2,43 \cdot 10^{-15} \text{ М}$		D) $\Lambda = \frac{2\pi}{m_0 c^2} = 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ М}$	
4. Комптон эффектида тўлқин узунлигининг ўзгариш миқдори сочилиш бурчаги $\alpha = 120^\circ$ га тенг бўлганда қандай қийматига эга бўлади?			
A) $\frac{\sqrt{3}}{2}$	B) 0	C) 1	D) 0,5
5. Комптон эффектида θ бурчакнинг қандай қийматида $\Delta\lambda = \frac{\Lambda}{2}$ тенг бўлади? (Λ – Комптон тўлқин узунлиги)			
A) $\theta = \pi/3$	B) $\theta = \pi/2$	C) $\theta = \pi$	D) $\theta = \pi/6$
6. Комптон эффектида фотоннинг тўлқин узунлигининг ўзгариши формуласида фақат қандай физик катталиқ ўзгарувчи катталиқ ҳисобланади.?			
A) Сочилиш бурчаги B) Заррача энергияси C) Фотоннинг энергияси D) Заррачанинг массаси			
7. Комптон эффектида фотонларнинг тўлқин узунлигининг ўзгариши , $\Theta = 60^\circ$ да универсал доимийлар орқали ифодаланган қийматини аниқланг?			
A) $\Delta\lambda = \frac{\pi\hbar c}{m_0 c^2}$	B) $\Delta\lambda = \frac{4\pi\hbar}{m_0 c}$	C) $\Delta\lambda = \frac{2\pi\hbar c}{m_0 c^2}$	D) $\Delta\lambda = \frac{4\pi\hbar c}{m_0 c^2}$
8. Комптон эффектида сочилиш бурчаги $\Theta = 90^\circ$ тенг бўлган ҳолдаги тўлқин узунлигининг ўзгариши, $\Theta = 60^\circ$ даги тўлқин узунлигининг ўзгариши қийматидан неча марта фарқ қилишини аниқланг.?			
A) 2 марта катта бўлади B) 2 марта кичик бўлади C) 4 марта фарқ қилади D) 4 марта кам бўлади			
9. Комптон эффектида фотонларнинг тўлқин узунлигининг ўзгариши, $\theta = 150^\circ$ бўлганда қандай қийматга тенг бўлади?			
A) $\frac{2\sqrt{3}\pi\hbar c}{m_0 c^2}$	B) $\frac{\sqrt{3}\pi\hbar c}{m_0 c^2}$	C) $\frac{\sqrt{3}\pi\hbar c}{2m_0 c^2}$	D) $\frac{4\sqrt{3}\pi\hbar c}{m_0 c^2}$
10. Комптон эффекти ходисасида, яъни электромагнит майдон кванти-фотоннинг модда атомлари электронлари билан ўзаро таъсирида электронларнинг ядро билан боғланиши эътиборга олинандими?			
A) Комптон эффекти деб юқори частотали ёруғликнинг моддадаги эркин электронлар частоталари ўзгарган ҳолда сочилиш ходисаси бўлганлигидан электронларнинг ядро билан ўзаро боғланиши ҳисобга олинмайди, чунки $\hbar\omega \gg A$			
B) Комптон эффекти деб юқори частотали ёруғликнинг модда билан ўзаро таъсирида эркин электронларда частоталари ўзгармаган ҳолда сочилиш ходисаси бўлганлигидан электронларнинг ядро билан ўзаро боғланиши ҳисобга олинади, чунки $\hbar\omega \gg A$			
C) Комптон эффекти – паст частотали ёруғликнинг моддадаги электронларда частоталари ўзгарган ҳолда сочилиш ходисаси бўлганлигидан электронларнинг ядро билан ўзаро боғланиши ҳисобга олинади, чунки $\hbar\omega \ll A$			
D) Комптон эффекти деб юқори частотали ёруғликнинг модда билан ўзаро			

таъсирида эркин электронларда частоталари ўзгарган ҳолда ютилиш ҳодисаси, бўлганлигидан электронларнинг ядро билан ўзаро боғланиши ҳисобга олинади, чунки $\hbar\omega \gg A$	
11. Комптон эффектида фотоннинг тўлқин узунлигининг ўзгариш формуласи тўғри кўрсатилган жавобни аниқланг.	
A) $\Delta\lambda = \frac{4\pi\hbar c}{m_0 c^2} \sin^2 \frac{\theta}{2}$	B) $\Delta\lambda = \frac{2\pi\hbar c}{m_0 c^2} \cos^2 \frac{\theta}{2}$
C) $\Delta\lambda = \frac{4\pi\hbar c}{m_0 c^2} \cos^2 \frac{\theta}{2}$	D) $\Delta\lambda = \frac{4\pi\hbar c}{m_0 c} \sin^2 \frac{\theta}{2}$
12. Комптон эффектида тўлқин узунлигининг ўзгариш миқдори сочилиш бурчаги $\theta = 135^\circ$ га тенг бўлганда қандай қийматига эга бўлади?	
A) 1	B) 0
C) $\frac{\sqrt{3}}{2}$	D) $\frac{\sqrt{3}}{2}$
13. Протон учун Комптон тўлқин узунлиги электрон учун Комптон тўлқин узунлигидан неча марта фарқ қилади?	
A) $\frac{m_e}{m_p}$ марта	B) $m_p \cdot m_e$ марта
C) $\frac{3m_p}{m_e}$ марта	D) $\frac{m_p}{m_e}$ марта
14. Комптон эффектида фотонларнинг тўлқин узунлигининг ўзгариши $\Delta\lambda$ нинг қиймати, $\theta = 60^\circ$ да универсал доимийлар орқали ифодаланган қийматини аниқланг?	
A) $\Delta\lambda = \frac{4\pi\hbar c}{m_0 c^2}$	B) $\Delta\lambda = \frac{4\pi\hbar}{m_0 c}$
C) $\Delta\lambda = \frac{2\pi\hbar c}{m_0 c^2}$	D) $\Delta\lambda = \frac{\pi\hbar c}{m_0 c^2}$
15. Электрон учун Комптон тўлқин узунлиги формуласи ва қиймати тўғри кўрсатилган жавобни аниқланг..	
A) $\Lambda = \frac{2\pi\hbar c}{m_0 c^2} = 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ М}$	
B) $\Lambda = \frac{4\pi c}{m_0 c^2} = 2,43 \cdot 10^{-15} \text{ М}$	
C) $\Lambda = \frac{2\pi c}{m_0 c^2} = 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ М}$	
D) $\Lambda = \frac{2\pi}{m_0 c^2} = 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ М}$	
16. Комптон эффектида θ бурчакнинг қандай қийматида $\Delta\lambda = \Lambda$ тенг бўлади? (Λ – Комптон тўлқин узунлиги)	
A) $\theta = 45^\circ$	B) $\theta = 90^\circ$
C) $\theta = \pi$	D) $\theta = \frac{\pi}{6}$
17. Комптон эффектида фотоннинг тўлқин узунлигининг ўзгариш формуласида қандай физик катталиқ ўзгарувчи катталиқ ҳисобланади.?	
A) Сочилиш бурчаги	
B) Заррача энергияси	
C) Фотоннинг энергияси	

Д) Заррачанинг массаси			
18 Комптон эффектида тўлқин узунлигининг ўзгаришининг қиймати, сочилиш бурчагининг қандай қийматида Комптон тўлқин узунлигига тенг бўлади?			
А) π	В) 2π	С) $\frac{\pi}{6}$	Д) $\frac{\pi}{2}$
19.Комптон эффектида сочилиш бурчаги $\theta = 90^\circ$ тенг бўлган ҳолдаги тўлқин узунлигининг ўзгариши, $\theta = 60^\circ$ даги тўлқин узунлигининг ўзгариши қийматидан неча марта фарқ қилишини аниқланг.?			
А) 2 марта кичик бўлади		В) 4 марта кам бўлади	
С) 2 марта кичик бўлади		Д) 4 марта фарқ қилади	

III-боб. Академик лицейлар физика курсининг квант физикаси бўлимида Комптон эффекти мавзусини ўқитишда замонавий педагогик технологияларни татбиқ этиш.

3.1. Академик лицейларнинг “Аниқ фанлар” йўналишида чуқурлаштирилган физика курсида Квант физикаси бўлимида маъруза машғулотида қўйилган талаблар

Давлат таълим стандартларига мувофиқ академик лицейларда ўрта махсус таълим берилади ва ўқувчиларнинг имкониятлари, қизиқишларини ҳамда фан ва технологияларнинг ривожланиш жараёнида чуқур, соҳалаштирилган, табақалаштирилган ҳамда касбга йўналтирилган таълим олишини таъминлайди [1,14,15].

Академик лицейларда умуман физика фани, хусусан квант физика бўлимида Комптон эффекти мавзусини чуқурлаштириб ўқитишга қуйидаги асосий вазифалар қўйилган:

- Физиканинг квант физика бўлимида Комптон эффекти мавзуси бўйича асосий физикавий қонуниятлар ва уларнинг формулалари билан таништириш;
- Комптон эффекти мавзуси асосида ётувчи физикавий ҳодисалар ва жараёнларни ўрганиш ва мавзуни ўрганишда эҳтимолий- статистик ғоялар ва тушунчаларни шакллантириш ;
- Комптон эффекти мавзусида олинган асосий формулани тўғри талқин қилиш, бу формулани масала ечишга татбиқ этиш;
- Комптон эффектида фотон ва электроннинг ўзаро таъсирининг эҳтимолий ҳарактерга эгаллигини тушунтириш ва таҳлил этиш;

Академик лицейларда физика курсининг квант физика бўлимида, хусусан, Комптон эффекти мавзусидан маъруза ва масала ечиш машғулотларида ўқувчиларнинг физикавий тафаккурини ривожлантириш, фикрлаш қобилиятини ошириш ҳамда физикавий ҳодисалар, жараёнларни тўғри талқин қилишга ўргатиш каби методик масалаларни ҳал этишга асосий эътибор қаратилади.

Академик лицейларда ўқувчиларга танлаган “Аниқ фанлар” таълим йуналишида ўқув режасидаги ҳамма фанларни, шу жумладан чуқурлаштириб ўрганиладиган физика, математика фанларидан тегишли билим, кўникма ва малакаларни шакллантириш мақсадида замонавий педагогик технологиялар асосида мақсадга йўналтирилган таълим берилади.

Физика курсининг квант физика бўлимидан маъруза ва масалалар ечиш машғулотида, стандарт дарсликлар, қўлланмалар, масала тўпламларидан фойдаланилади. Масала ечиш машғулотида фойдаланиладиган масалалар стандартлаштирилган (қўйилган) масалалар яъни, кўп ҳолларда идеаллаштирилган масалалар ҳисобланади.

Бундай масалалар шарти ўқувчиларга тушунарли қилиб берилади ва масала шарти бўйича берилган ҳамда аниқланадиган физик катталиклар тўғрисидаги маълумотлар аниқ кўрсатилади, масалада қўшимча шартлар ва бошқа маълумотлар ҳам аниқлаштирилган ҳолда кўрсатилади.

Стандарт масалаларни ечишда энг муҳим босқич бу масалани ечиш усулини аниқлаштириш ҳисобланади.

Масаладаги физикавий ҳодисалар таҳлил этилади зарурий соддалаштиришлар амалга оширилади, масала шарти асосида қандай катталик ёки ҳодисани эътиборга олмаслик мумкин эканлиги белгилаб олинади ва масала шартига асосан бошқа қўшимча шартлар аниқланади.

Ундан сўнг стандартлаштирилган масалаларни ечиш жараёни бошланади, яна бир бор масаланинг асосида ётувчи физикавий ҳодисалар таҳлил этилади.

Масалани ечишда сонли ҳисоблашларга ўтишдан аввал масала шартида ҳамма зарурий катталикларнинг берилганлигига яна бир бор ишонч ҳосил қилиш керак, сўнггра керакли тенгламалар ва формулалар ёзилади, катталиклар битта ўлчов системасига келтирилади ва арифметик ҳисоблашлар амалга оширилади [28].

3.2. Академик лицейлар физика курсининг квант физика бўлимида “Комптон эффекти” мавзуси бўйича маъруза ва масалалар ечиш (амалий) машғулоти учун методик ишланма тайёрлаш методикаси

Физика ўқитиш методикаси фанида ҳамда академик лицейларда дарс ўтувчи илғор педагогларнинг амалий иш тажрибалари асосида ўқитиш жараёнига замонавий педагогик технологияларини татбиқ этиш бўйича илмий- методик журналларда кўплаб мақолалар эълон қилинган ҳамда тегишли педагогик экспериментлар ўтказилган [18-22,25-27]

Таъкидлаш зарурки, методист олимлар, тажрибали педагоглар томонидан жуда катта ишлар амалга оширилган бўлса ҳам, ўқув машғулотларини юқори методик даражада ўтказишга имкон берадиган, педагогик усуллар яратилмаган.

Ҳар бир фандан ўтиладиган маъруза ва амалий ўқув машғулотларининг сифати асосан фан ўқитувчиларнинг касбий маҳорати ҳамда ўқувчиларнинг билим даражасига боғлиқ бўлади [25-27]

Академик лицейлар замонавий ахборот- коммуникация воситалари (АКТ) ва физика фани бўйича замонавий лаборатория қурилмалар, компьютерларнинг сўнги моделлари билан таъминланганлигидан ўқитиш самарадорлигини ошириш мақсадида педагогик технологияларни ўзлаштириш ва татбиқ этиш бўйича маъсулият фан ўқитувчиларига юклатилади.

Академик лицейларда физика фанини ўқитиш назарияси ва методикаси фани энди шаклланаётган ва ривожланаётган фанлардан бири ҳисобланади ва унда физика фанини чуқурлаштирилган фан сифатида ўқитиш бўйича маълум методик тадқиқотлар амалга оширилган ва шу асосда педагогик инновациялар ва замонавий педагогик технологиялар ютуқларини тадбиқ этиш усуллари ишлаб чиқилмоқда.

Замонавий педагогик технологиялар асосида ўқитишда мақсадга эришишга имкон берадиган ўқитиш жараёнларини лойиҳалаштириш усулидан фойдаланилади.

Ҳар қандай ўқув машғулотини учун режа тайёрланади, ҳар қандай педагог таълимнинг –бошқарув жараёни эканлигини, бошқарув эса ҳеч қачон режасиз амалга оширилмаслигини тўла тушуниши керак.

Шу сабабли жуда тажрибали педагоглар ҳам ҳар доим моделлаштириш, мушоҳада қилиш ва ҳар томонлама маъқул ечимни топиш, яъни режалаштиришни зарур деб ҳисоблайдилар.

Фан ўқитувчиси машғулот тартиби, таркибини эркин белгилайди, шаклланган ғояларни таққослаш орқали ўқув машғулотларини эркин шакллантиради, лойиҳалаш эса ўқув машғулотига тайёрланишнинг сўнги босқичи бўлиб шу асосда ўқувчиларнинг идрок фаолиятини бошқариш дастури яратилади. Ўқув машғулотини режасини тайёрлаш педагогларнинг билими, маҳоратига боғлиқ, шу сабабли педагогик фаолиятни янги бошлаётган фан ўқитувчилари учун ўқув машғулотини режасини батафсил тузиш тавсия этилади [18-24,25,26]

- Фандан ишчи ўқув дастури ва тавқим-иш режасида мавзунинг тартиб рақами, ўқув машғулотларининг мавзуси номи аниқ кўрсатилади.
- Машғулот ўтказиладиган таълим йўналиши, гуруҳ ва фаннинг умумтаълим ёки чуқурлаштириб ўтиладиган фан эканлигини аниқ кўрсатилади.
- Ўқув машғулотини ўқувчиларни ўқитиш, тарбиялаш ва ривожлантиришга оид таълимий, тарбиявий, ривожлантирувчи мақсад ва вазифалар аниқ белгиланади.
- Ўқув машғулотини тартиби, босқичлари, кетма-кетлиги, вақт тақсимоли аниқ кўрсатилади.
- Ўқув мавзусининг мазмуни баёний кўринишда ёзилади.
- Ўқув машғулотларининг ҳар бир босқичида ўқувчиларнинг иш услуби, қўллайдиган усуллари аниқ кўрсатилади.

- Фойдаланиладиган ўқув асбоблари ҳамда қурилмалари, намоёиш материаллари аниқ кўрсатилади.
 - Ўқувчиларга мустақил шуғулланиш вазифалари ҳамда бу йўналишдаги топшириқлар аниқ белгиланади
- Ўқув машғулоти замонавий педагогик технологиялар асосида ташкил этишда қуйидаги кетма-кетликга риоя қилиш тавсия этилади:
- Ўқув фанининг ишчи ўқув дастури ва тавқим-иш режасида ўқув ва тарбиявий ҳамда ривожлантирувчи мақсадларни шакллантириш.
 - Асосий ўқув саволларини шакллантириш. (2 соатлик ўқув машғулоти учун 2 тадан 5 тагача савол белгиланиши мақсадга мувофиқ).
 - Ҳар бир ўқув саволи бўйича ўқувчиларнинг вазифаларини (идентиф ўқув мақсадларини) шакллантириш.
 - Ўқувчилар мақсади (идентиф ўқув мақсадларини) –ундан сўнг амалга ошириладиган ҳатти-ҳаракатлар феъллар орқали фойдаланади.
 - Ҳар бир қўйилган ўқув мақсадлари бўйича ўқувчиларнинг мустақил шуғулланиши ва машқлар учун ўқув материални мустаҳкамлашга йўналтирилган вазифаларни аниқлаш.
 - Ўқитувчи ва ўқувчининг мақсади ҳамда назорат саволларига мос равишда дарснинг мазмунини ишлаб чиқиш.
 - Ўқувчи ва ўқитувчилар фаолияти узвийлигини тўла таъминлаган ҳолда ўқув машғулотларини боришини таъминлаш.

Мавзу бўйича маъруза ва амалий (масала ечиш) машғулоти лойиҳалаштириш ва методик ишланма тайёрлаш кетма-кетлигини баён этамиз. “Комптон эффекти” мавзусидан маъруза машғулоти ўтказишда ҳамкорликда таълим олиш технологияси усулидан фойдаланамиз.

Ҳамкорликда таълим олиш технологиясининг асосий функциялари [25,27]:

Ҳамкорликда таълим олишнинг асосий кетма-кетлиги:

1. Ўқитувчи томонидан кичик гуруҳлар ташкил этилади, ўқувчиларнинг ўзаро психологик мослашуви ҳисобга олинади. Кичик гуруҳлар таркибига

аълочи, иқтидорли, ўртача ўзлаштирувчи ва кучсиз ўзлаштирувчи ўқувчилар киритилади.

2. Кичик гуруҳда ўқувчиларга умумий вазифа берилади, Бу вазифани бажаришда ҳар бир ўқувчининг роли ўқитувчи томонидан (ёки гуруҳ томонидан) белгиланади.

3. Топшириқнинг бажарилиш натижаси бўйича кичик гуруҳга битта баҳо қўйилади. Бунда фақат ўқувчиларнинг билими эмас, балки ўқувчиларнинг биргаликдаги меҳнати баҳоланади, олинган натижада (ютукда) ҳар бир ўқувчининг ролига ўқувчиларнинг ўзлари баҳо беради. Фақат зарур ҳолдагина ўқитувчи аралашади.

4. Гуруҳ томонидан вазифанинг қандай бажарилганлиги ва қайси ўқувчидан сўраш зарурлиги ўқитувчи томонидан белгиланади.

Агар вазифанинг бажарилганлиги тўғрисидаги ҳисобот кучсиз ўқувчи томонидан амалга оширилса, натижа яхши бўлади. Чунки кучсиз ўқувчи вазифанинг мақсади, муаммолари, ечимларини тўғри таҳлил қилиб бера олса, вазифа ва унинг натижаси бошқа ўқувчилар томонидан яхши ўзлаштирилганлиги аниқ бўлади. Демак, дарсда мақсадга эришилади.

Ҳамкорликда таълим олиш технологиясидан фойдаланиш маъруза ва амалий машғулотларда ўтиладиган материалларнинг ўқувчилар учун долзарблигини кучайтиради, назария ва амалиётни ўзаро кучлироқ боғлашга, ўқув материалларини чуқур мантикий таҳлил қилишга ўргатади.

Ушбу технологиядан фойдаланишда ўқитувчи машғулот мавзуси бўйича ҳар ҳил мураккабликдаги муаммоли вазифаларни қўйиш йўли билан ўқувчиларни қарама-қаршилик томон олиб бориб уларнинг ечимини топишни ўқувчилардан мустақил ҳал қилишни таклиф этади.

Ҳар бир саволга жавоб излашда, ўқувчиларни турли ҳил нуқтаи-назардан қарашга ўргатади, топшириқни ҳал этиш жараёнида ҳосил бўладиган турли вазиятларни ўзаро таққослашга, ҳулосалар чиқаришга,

оптимал ечимни топиш бўйича фактларни солиштиришга ундайди, муаммоли назарий ва амалий характердаги вазифаларни белгилайди.

Маъруза машғулотида оид технологик ҳаритани тайёрлаш кетма-кетлигини баён этамиз.

1-босқич: Тайёрлов босқичи: Маъруза машғулоти мавзусига мос материалларни ва муаммоли саволларни танлаш.

2-босқич: Маъруза мавзусига мос танланган саволлар бўйича муаммога кириш: Саволларнинг маъмунига оид муаммоли вазиятларни туғдириш, яъни баён қилиш. Маърузада қўйиладиган саволлар бўйича ўқувчиларни иш натижаларини баҳолаш мезонларини тайёрлаш. Саволлар бўйича вазифани бажариш учун ўқувчиларни кичик (микро) гуруҳларга ажратиш.

3-босқич: Ўқитувчи қўйилган муаммони ҳал этиш усулларини тушунтиради, ўқувчилар орасида муаммонини ҳал этиш бўйича мунозара ташкил этади, фаоллаштиради. Ҳар бир кичик (микро) гуруҳда вазифа қандай ҳал қилинаётганлигини ўрганади. Ўқувчилар томонидан ягона ҳулосага келишни таъминлайди.

4-босқич: Микрогуруҳлар томонидан муаммовий вазифаларни ҳал этиш натижалари тақдироти. Микрогуруҳ сардорлари томонидан вазифа ечими бўйича олинган натижаларни доскада баён этиш. Ўқитувчи томонидан қўшимча саволлар бериб, натижаларни аниқлаштириш билан якунланади.

5-босқич: Умумлаштириш, якун яасш.

Квант физика бўлимида “Комптон эффекти” мавзусидан муаммоли топшириқлар намуналари:

1. Комптон эффекти таърифи ва Комптон эффектида нима учун фотоннинг эркин электрон билан ўзаро таъсири қаралади;
2. Комптон эффекти учун энергия ва импульснинг сақланиш қонунлари тенгламалари;

3. Фотоннинг тўқнашишгача энергиясидан тўқнашишдан кейинги энергиясининг фарқ қилишини асослаш;
4. Энергия ва импульснинг сақланиш қонунлари асосида тўқнашув жараёнида тўлқин узунлигининг ўзгаришини аниқлаш ва Комптон формуласини математик исботлаш;
5. Комптон тўлқин узунлиги ифодасини олиш ва электрон учун Комптон тўлқин узунлигини ҳисоблаш;
6. Комптон тўлқин узунлиги қийматини протон, нейтрон учун ҳисоблаш;
7. Комптон эффектининг статистик мазмунини ўрганиш, фотоннинг сочилиш бурчагининг маълум қийматга эга бўлиш эҳтимоллигини аниқлаш;

Маъруза машғулотларда ушбу муаммоли топшириқларни машғулот жараёнида ҳал этилиш кетма-кетлиги ўқитувчи томонидан белгиланади.

Машғулот жараёнида қандай интерфаол усулларни қўллашни ўқитувчи мустақил режалаштиради. Машғулотларда ўқитувчи томонидан ўқув жараёнини ҳамкорликда таълим олиш технологияси асосида ташкил этиш қуйидаги натижаларни беради.

- Ўқув машғулооти жараёнида ўқувчилар фаолияти фаоллаштирилади.
- Машғулотларда микрогуруҳларда ишлаш давомида ўқувчиларда эркин мунозара қилиш, фикрларни бошқалар ўқувчилар билан ўртоқлашиш, олинган натижаларни ҳимоя қилишга ўргатилади.
- Машғулотларда ўқувчиларда микрогуруҳларда ишлаш жараёнида лидерлик қобилияти ривожлантирилади.

Ўқув машғулотларида ҳамкорликда таълим олиш технологиясидан фойдаланиш машғулот самарадорлигини орттиради, ўқувчиларда ўзлаштириш сифати ортади.

**3.3. Академик лицейлар физика курсининг “ квант физика”
бўлимида “Комптон эффекти” мавзусидан маъруза машғулоти бўйича
методик ишланма [11,15,18-22,26,27]**

Машғулот мавзуси: “Комптон эффекти” (2-соат)

Ўқув машғулотини мақсадлари:

1.Таълимий мақсад: Ўқувчиларга фотон ва электроннинг ўзаро таъсири ва ўзаро таъсирнинг эҳтимолий характери, ўзаро таъсир жараёнига энергия ва импульснинг сақланиш қонунларини тадбиқи, Комптон формуласи, Комптон тўлқин узунлигини ҳисоблаш ва улардан келиб чиқувчи хулосалар тўғрисида билим ва тушунчалар бериш ва ўқувчиларда тегишли кўникмаларни шакллантириш.

2. Тарбиявий мақсад: Талабаларга кўргазмали ва тақдирот усулларидаги воситалардан фойдаланган ҳолда берилган билимлардан хулосалар чиқариш, ўз-ўзини бошқариш, назорат қилиш, жамоада ишлаш ва ўрганиш, ўзларида берилган билимларни ва шакллантирилган кўникмаларни қунт билан эгаллашга нисбатан маъсулиятни шакллантириш.

3. Ривожлантирувчи мақсад: Талабаларда мустақил фикрлаш ва физикавий ҳодисаларни, хусусан квант ҳодисалари ҳамда уларнинг эҳтимолий характери, тўлқин узунлигининг ўзгариш формуласини математик мантиққа асосланиб чиқариш, формулалар асосида физикавий мазмунни изоҳлаш ҳамда хулосалар чиқариш қобилиятларини ривожлантириш.

Машғулот тури: Маъруза. Ҳамкорликда таълим олиш, Ақлий ҳужум усули. Кичик гуруҳларда ишлаш.

Машғулот ўтиш жойи: АКТ воситалари билан жиҳозланган маъруза ўқув хонаси.

Ўқувчилар сони: Битта академик гуруҳ, - ўқувчи.

Фойдаланиладиган қурилма, жиҳозлар ва воситалар: Компьютер, видеопроектор, экран, мавзуга оид тақдирот материаллари, плакатлар.

Асосий қисм: Машғулотга тайёргарлик ва ўтказиш.

1- босқич: Ташкилий қисм (Маъруза машғулотига тайёрланиш).

Бу қисм бўйича амалга ошириладиган ишлар ўқув машғулотидан бир ёки бир неча кун олдин бошланади: Машғулот жойи танланади. АКТ билан жиҳозланган аудиторияда тақдимот текширилади ва вақт тақсимоти ўрганилади. Ўқув машғулотини ўтказиладиган кунни компьютер, видеопроектор ва бошқа жиҳозларнинг ҳолати текшириб кўрилади. Мавзу бўйича тайёрланган тестлар, слайдлар ва бошқа кўргазмалар материаллар яна бир марта текшириб чиқилади.

Ўқув машғулотига кириш: (5-дақиқа) Синф сардори орқали давомат текширилади. Машғулот мавзуси, мақсади, режаси ва эришилиши керак бўлган ўқув натижалари проекторга чиқарилади, ўқувчиларга таништирилади. Машғулотни ҳамкорликда таълим олиш методида интерфаол усулларни тадбиқ этган ҳолда олиб борилиши эълон қилинади.

2-босқич: Асосий қисм (60 дақиқа)

1. Маъруза машғулотини режаси: (Экранга чиқарилади)

1. Комптон эффекти таърифи ва Комптон эффектида нима учун фотоннинг эркин электрон билан ўзаро таъсири;
2. Комптон эффекти учун энергия ва импульснинг сақланиш қонунлари тенгламалари;
3. Фотоннинг тўқнашишгача энергиясидан тўқнашишдан кейинги энергиясининг фарқини аниқлаш;
4. Энергия ва импульснинг сақланиш қонунлари асосида тўқнашув жараёнида тўлқин узунлигининг ўзгаришини аниқлаш ва Комптон формуласини математик исботлаш;
5. Комптон тўлқин узунлиги ифодасини олиш ва электрон учун Комптон тўлқин узунлигини ҳисоблаш;
6. Комптон тўлқин узунлиги қийматини протон, нейтрон учун ҳисоблаш;

7. Комптон эффектининг статистик мазмунини ўрганиш, фотоннинг сочилиш бурчагининг маълум қийматга эга бўлиш эҳтимоллигини аниқлаш;

2.1. Дастлаб ўтган машғулотларда ўтилган материалларни ўқувчиларга эслатиш ва янги мавзу билан ўзаро боғлаш мақсадида ўқувчилар билан савол-жавоблар асосида суҳбат ўтказилади. Суҳбат 5-6 дақиқага мўлжалланади, ўқувчиларга кўпи билан 5-6 та содда саволлардан иборат топшириқлар берилади:

2.2 Суҳбат натижасида ўқувчиларнинг фаоллаштирилган билимларга таяниб маъруза машғулотида ҳал этилиши зарур бўлган муаммолар киритилади.

2.3. Ўқитувчи мавзунини тўла тушунтириб бўлгандан сўнг мустаҳкамлаш мақсадида ўқувчиларга юқорида берилган муаммовий саволларнинг жавобларига асосланган ва ойдинлаштирувчи топшириқларни беради.

Ўқувчиларни кичик гуруҳларга ажратади ва ҳар бир кичик гуруҳга алоҳида топшириқлар беради.

2.4. Муаммоларни ҳал этишда “Ақлий ҳужум” усули қўлланилади. Микрогуруҳларда ҳамкорликда ишлаш методи асосида иш ташкил этилади. Ўқитувчи топшириқни бажариш бошланганлигини эълон қилади. Жавоб топиш учун гуруҳга 5-дақиқа вақт берилади.

2.5. Ўқитувчи топшириқни бажариш учун ажратилган вақт тугаганлигини эълон қилади. Топшириқ натижалари асосида тақдимот қилиш учун сардорларга сўз беради. Сардорларнинг тақдимотлари асосида ўқитувчи муаммовий саволлар бўйича якуний хулосаларни айтади. Ўқувчиларга тўғри ечимларни ёзиб олишларини айтади.

3- босқич:

3.1. Ўқувчиларнинг билимини мустаҳкамлаш учун соддароқ 5 та тест саволини экранга чиқаради ва натижасини баҳолайди.

3.2. Ўқитувчи маъруза машғулотига якун ясайди.

3.3. Ўқувчиларга топшириладиган уй вазифаларини экранга чиқаради.

ХУЛОСА ВА ТАКЛИФЛАР.

Академик лицейларда квант физиканинг физиканинг асосий бўлимларидан бири сифатида шаклланишида муҳим рол ўйнаган ходисалардан бири ёруғликнинг модда билан таъсири, яъни фотоэффект ва Комптон эффекти ҳисобланади. Ушбу мавзуларни ўрганишда ўқувчилар квант физикада даставвал ўз тасдиқини топган, келгусида квант физиканинг ривожланишида катта рол ўйнаган ўзаро таъсир жараёнлари билан танишадилар.

Квант физика материянинг ҳоссаларини микроҳодисалар даражасида тавсифловчи назария ҳисоблананиб, ўрганиш объектлари, - атомлар, молекулалар ва элементар заррачалар ҳисобланади ва бу назария асосида даставвал атомлар тузилиши ўрганилган ва содда молекулалар назарияси нақрибий усуллар билан ўрганилган. Ҳозирги замон қаттиқ жисмлар физикаси, элементар зарралар ва юқори энергиялар физикаси асосида квант физикаси тасаввурлари ётади.

Бундан ташқари квант физика модда ва майдон ҳоссалари ва уларнинг тузилиши тўғрисидаги замонавий билимларнинг назарий асоси ҳисобланади, бу бўлимда материя классик физикага нисбатан янада фундаментал даражада ўрганади. Квант физикага нисбатан классик физика чегаравий ҳол ҳисобланади, яъни микрообъектлардан одатдаги объектларга, макрожисмларга ўтганда квант физиканинг қонунлари классик физикага ўтади. Ўқувчиларга табиатда алоҳида “ макроолам”, алоҳида “микроолам” мавжуд бўлмасдан, балки микрообъектлар (микроҳодисалар), макрообъектлар (макроҳодисалар) мавжудлигини, макрообъектларнинг микрообъектлардан тузилганлигини тушунтириш керак.

БМИ да ёруғликнинг модда билан ўзаро таъсири, фотоэффект ва Комптон эффекти муҳокама этилган. Маълумки фотоэффект ёруғликнинг моддаларда ютилиш, Комптон эффекти эса ёруғликнинг моддаларда сочилишини ифодалайди, бу ҳодисаларни назарий ўрганишда жараён учун

энергиянинг ва импульснинг сақланиш қонунлари исботланади, Бу ходисаларнинг мағзини “ёруғлик квантининг киритилиши, фотоннинг энергияси ва импульсини аниқлаш формулалари берилади ва ёруғлик учун корпускуляр – тўлқин” тушунчалаари ташкил этади. Эйнштейн томонидан яратилган фотоэффект назарияси асосида Столетов қонунлари тушунтирилади. Комптон эффектида сочилиш жараёнида тўлқин узунлигининг ўзгариши, ҳозирги кунда юқори энергиялар соҳасида муҳим аҳамиятга эга бўлган Комптон тўлқин узунлиги киритилади.

Квант физиканинг ривожланишининг дастлабки этапида ўрганилган фотоэффект ва Комптон эффекти ходисаларининг ҳозирги кунда катта амалий тадбиқларга эгаллигини ўқувчиларга чуқур тушунтириш керак.

Нурланиш учун корпускуляр – тўлқин дуализмини киритилиши, кейинчалик микрообъектлар учун ҳам корпускуляр – тўлқин дуализм тушунчасини киритиш учун асос бўлиши ўқувчиларга тушунтирилади.

БМИда академик лицейларда квант физика курсида фотоэффект, Комптон эффектларини ўрганиш методикасига оид фикрлар баён этилган.

Натижалар ва таклифлар.

1. Битирув малакавий ишда муаллиф томонидан академик лицейларнинг физика курсида квант физикаси бўлими фан дастури асосида тавсия этилган дарсликлар, ўқув қўлланмалари, методик қўлланмалар ва ишланмалар ва илмий-методик журналлардаги мақолалар атрофлича таҳлил этилган, квант физикасининг постулатлари ва асосий қонунлари таҳлил этилган ва квант физикаси назарияси яратиш мақсадидаги олимларнинг ишлари ўрганилган ҳамда шу асосда шаклланган фикрлар ва мулоҳазалар БМИда баён этилган.

2. Битирув малакавий ишнинг биринчи бобида академик лицейларнинг “Аниқ фанлар” таълим йўналиши физика курсининг квант физика бўлимида “Фотоэффект ва Комптон эффекти ” мавзулари адабиётлар асосида ўрганилган ва таҳлил этилган.

3. “Фотоэффект” ни академик лицейларда ўқитиш методикаси ўрганилган, мавзу бўйича ўқувчиларга бериладиган назорат саволлари, масалалар ечиш бўйича намуналар ҳамда тест материаллари тавсия этилган.

4. Академик лицейларнинг “Аниқ фанлар” таълим йўналиши физика курсининг квант физика бўлимида “Комптон эффекти, Ёруғлик учун корпускуляр тўлқин дуализми ” мавзуси бўйича адабиётларни ўрганиш асосида баён этилган, Адабиётларни ўрганиш натижасида ушбу мавзуларни тушунтиришда, кўпчилик адабиётларда эътиборга олинмаган, эҳтимолий – статистик ғояларнинг роли ўрганилди ва эҳтимолий – статистик ғояларнинг киритилиши мавзулар моҳиятини аниқлаштириши ва ўқувчиларнинг фанга қизиқишини кучайтириши тўғрисида муаллифнинг фикр ва хулосалари ёритилган.

5. “Фотоэффект” ва “Комптон эффекти” мавзуларини академик лицейларда ўқитиш методикаси ўрганилиб, мавзу бўйича ўқувчиларга бериладиган назорат саволлари, масалалар ечиш бўйича намуналар ҳамда тест материаллари тавсия этилган.

6. Битирув малакавий ишнинг 3- боби 1- параграфида академик лицейлар физика курсининг квант физикаси бўлимида “Фотоэффект, корпускуляр-тўлқин дуализми” мавзусини ўқитишда замонавий педагогик технологияларни татбиқ этишга бағишланган ва “Аниқ фанлар” йўналишида чуқурлаштирилган физика курсида Квант физикаси бўлимида маъруза машғулотида қўйилган талаблар ўрганилган.

7. Битирув малакавий ишнинг 3- боби 1- параграфида академик лицейлар физика курсининг квант физика бўлимида “Комптон эффекти” мавзуси бўйича маъруза ва масалалар ечиш (амалий) машғулотлари учун методик ишланма тайёрлаш методикаси ўрганилган ва тегишли тавсиялар ишлаб чиқилган.

8. Академик лицейларнинг “Аниқ фанлар” йўналишида чуқурлаштирилган физика курсида Квант физикаси бўлимида маъруза машғулотида қўйилган талаблар ўрганилган ва бу йўналишда ёш

ўқитувчилар эътибор берадиган жиҳатларига эътибор қаратган ҳолда ўзига хос фикрлар билдирилган. Академик лицейлар физика курсининг “ квант физика” бўлимида “Комптон эффекти” мавзусидан маъруза ва амалий машғулотлар учун методик ишланмалар тавсия этилган.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

- 1 Академик лицейларда “Аниқ фанлар” йўналиши ўқув режаси ва физика фанининг ўқув дастури.- Т.: 2016.
- 2 Усова А.В., Теория и методика обучения физике.- Санкт-Петербург, 2002 - 158 с.
- 3 Жўраев М. Физика ўқитишда статистик ғоялар. Методик қўланма. Т. “Ўқитувчи”, 1996 й, 104 б.
- 4 Джораев М. Физика ўқитиш методикаси. Ўқув қўланма. Т. 2015 й, 256 б.
- 5 Джораев М. Вероятностно-статистические идеи в преподавании физики. Монография. – Т.: Фан, 1992 , 124 с.
- 6 П.Ҳабибуллаев, А.Бойдедаев, А.Баҳромов, М.Йўлдошева., Физика, Умумий ўрта таълим мактабларининг 9-синфи учун дарслик, “Ғафур Ғулом”, Тошкент-2010.
- 7 Усова А.В., Формирование у школьников научных понятий в процессе обучения.-М.: Педагогика, 1986
- 8 Джораев М., Хўжанов Э.,- Физикадаги динамик ва статистик қонуниятларнинг муносабати, -“Ўзлуксиз таълим тизимида физикани ўқитишни такомиллаштиришнинг долзарб муаммолари”, Республика илмий – амалий анжумани (2017 йил 29 апрель) материаллари тўплами (1-қисм) .- Гулистон.: 2017, 74-76 б.
- 9 Нўмонходжаев А.С. ва бошқ. Физика (Маърузалар матни, 3-қисм) . Т.: Ўқитувчи, 2001.
- 10 Ҳошимов Ғ.Х., Расулов Р.Я., Йўлдошев Н.Х. Квант механикаси асослари. Ўқув қўланма. Тошкент “Ўқитувчи”, 1995
- 11 Расулов Э.Н., Бегимқулов У.Ш. Квант физикаси, 1-2 қисм, Ўқув қўланма. Тошкент. Фан ва технология нашриёти-2006. 362 б.
- 12 Джораев М.Ўзлуксиз таълим тизимида физика ўқитишда изчиллик принципини қўллаш, - “Ўзлуксиз таълим тизимида физикани

ўқитишни такомиллаштиришнинг долзарб муаммолари”, Республика илмий – амалий анжумани (2017 йил 29 апрель) материаллари тўплами (1-қисм) .- Гулистон.: 2017, 24-25

- 13 Джораев М., Саматов Ғ.Б. Академик лицейларда квант физика бўлими ва ОТМ ларда квант механика фанида “Квант механиканинг физикавий асослари”га оид мавзуларни ўқитишлардаги изчиллик, - “Узлуксиз таълим тизимида физикани ўқитишни такомиллаштиришнинг долзарб муаммолари”, Республика илмий – амалий анжумани (2017 йил 29 апрель) материаллари тўплами (1-қисм) .- Гулистон.: 2017, 33-36 б.
- 14 Ғаниев А.Г., Авлиёкулов А.К., Алмардонова Г.А. Физика. АЛ ва КҲК лари учун дарслик. 2- қисм. Тошкент. “Ўқитувчи” НМИУ, 2009 йил, 178 б.
- 15 Ўлмасова М.Р., Физика. Оптика, атом ва ядро физикаси (3- китоб), АЛ лар учун ўқув қўлланма, Тошкент, “Чўлпон”, 2010, 383 б.
- 16 Джораев М., Саматов Ғ.Б., Хўжанов Э.Б. Академик лицейлар физика курси квант ва атом физика бўлимларининг эҳтимолий – статистик асослари.- Гулистон. “Университет”, 2016, 100 б.
- 17 Джораев М., Саматов Ғ.Б., Хўжанов Э.Б. Академик лицейлар ва касб-хунар коллежлари ўқувчиларида квант физикага оид тасаввурларни шакллантириш ва ривожлантириш.-“Таълим, фан ва инновация,- 2016, № 4, 24-27 б.
- 18 Саматов Ғ.Б. Квант механика (маърузалар курси).- Гулистон.: “Университет”, 2016, 172 б.
- 19 Академик лицейлар физика курсининг квант физика бўлимида “Фотоэффект “ ва “Комптон эффекти” мавзуларини эҳтимолий-статистик ғоялар ва тасаввурларни киритиб ўқитиш методикаси, методик тавсиянома, “Университет”, 2016, 36 б.
- 20 Тарасов Л.В. Современная физика в средней школе.- М.: “Просвещение”, 1990, 288 с.
- 21 Абдуллаев Б.А., Самандарова Г. “Квант механикада талабаларда “Микрозаррача” тўғрисидаги тасаввурларни шакллантириш методикаси, - “Узлуксиз таълим тизимида физикани ўқитишни такомиллаштиришнинг долзарб муаммолари”, Республика илмий – амалий анжумани (2017 йил 29 апрель) материаллари тўплами (1-қисм) .- Гулистон.: 2017, 58-60 бетлар.
- 22 Джораев М., Саматов Ғ.Б., Тоштемиров Д.Э.. Академик лицейлар физика курсининг квант физика бўлимида ёруғликнинг модда билан

ўзаро таъсирига оид мавзуларни ўқитиш методикаси. ГулДУ ахборотномаси, 2016 йил, № 3. 61-67 б.

- 23 Хўжанов Э.Б., Тоштемиров Д.Э., “Физик ҳодиса ва жараёнларда статистик қонуниятларнинг намоён бўлиши” “Узлуксиз таълим тизимида физикани ўқитишни такомиллаштиришнинг долзарб муаммолари”, Республика илмий – амалий анжумани (2017 йил 29 апрель) материаллари тўплами (1-қисм).- Гулистон.: 2017, 72- 74 бетлар.
- 24 Джораев М., Хўжанов Э., Физикадаги динамик ва статистик қонуниятларнинг муносабати. “Узлуксиз таълим тизимида физикани ўқитишни такомиллаштиришнинг долзарб муаммолари”, Республика илмий – амалий анжумани (2017 йил 29 апрель) материаллари тўплами (1-қисм).- Гулистон.: 2017, 74-76 бетлар.
- 25 Мирзаев Ч.Э. Таълим жараёнларини комплекс лойиҳалаштириш – Т.2010, 88 б.
- 26 Толипов Ў., Усмонбоев М. – Педагогик технологияларнинг татбиқий масалалари-Т. 2006, 142 б.
- 27 Йўлдошев Ж.Ғ., Усмонов С.А.. Педагогик технология асослари –Т. Ўқитувчи 2004.
- 28 Турсунметов К.А. ва бошқалар. Физикадан масалалар тўплами – Т. 2003. 5-52 б.

<http://www.Ilm.uz>.

<http://www.google.som.physics.ru>

<http://uz.wikipedia.org/wiki/Fizika>

<http://www.press-service.uz/uz/news/archive/dokladi/>

<http://www.Ziyonet.uz>