

ҚАТТИҚ ЖИСМЛАРНИНГ ОПТИК ХОССАЛАРИНИ ИЗЧИЛЛИК АСОСИДА ЎҚИТИШ

Э.Қ.Қаландаров

Низомий номидаги ТДПУ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7073589>

Аннотация. Мазкур мақолада қаттиқ жисмларнинг оптик хоссалари ва уни изчиллик тамойили асосида ўқитиш методикаси келтирилган. Бундан ташқари қаттиқ жисмларнинг ёруғлик билан ўзаро таъсири туфайли ҳосил бўлувчи квант заррачаларини ўқитиш ҳақида фикр юритилади.

Калим сўзлар: қаттиқ жисм, изчиллик, оптик хосса, ёруғлик, заррача, квант энергия, экситон, фонон, фотон, кристалл панжара.

ОБУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ ТВЕРДЫХ ТЕЛ НА ОСНОВЕ КОНСИСТЕНЦИИ

Аннотация. В данной статье представлены оптические свойства твердых тел и методика их обучения на основе принципа преемственности. Кроме того, рассматривается методика изучения квантовых частиц, образующихся при взаимодействии твердых тел со светом.

Ключевые слова: твердое тело, преемственность, оптические свойства, свет, частица, квантовая энергия, экситон, фонон, фотон, кристаллическая решетка.

TEACHING THE OPTICAL PROPERTIES OF SOLIDS BASED ON CONSISTENCY

Abstract. This article presents the optical properties of solids and the method of their training based on the principle of continuity. In addition, a technique is considered for studying quantum particles formed during the interaction of solids with light.

Keywords: solid state, continuity, optical properties, light, particle, quantum energy, exciton, phonon, photon, crystal lattice.

КИРИШ

Қаттиқ жисмларнинг физик ва кимёвий хоссалари ва уларни тадқиқ этиш ҳозирги фан ва техниканинг ривожланиш тараққиётининг асосий негизларидан бири ҳисобланади. Олий таълим муассасаларида қаттиқ жисмлар физикасини талабаларга дидактик тамойиллар ва инновацион педагогик ҳамда ахборот коммуникацион технологиялардан фойдаланиб етарлича ўргатиш долзарб муаммоларимиздан бири ҳисобланади [1].

ТАДҚИҚОТ МАТЕРИАЛЛАРИ ВА МЕТОДОЛОГИЯСИ

Физика фанида оптик ҳодисаларни ўрганиш ҳар доим қизиқарли шу билан биргаликда мураккаб бўлиб келган. Айниқса, ёруғликнинг моддалар билан ўзаро таъсирини ўрганиш ва уларни талабаларга етказиш етарлича мураккабликка эга. Бу мураккабликни ечиш учун мавзуларни иложи борича гуманитарлаштириш ҳамда дидактик тамойиллардан фойдаланган ҳолда машғулотларни ташкил этиш катта аҳамият касб этади.

Қаттиқ жисмларнинг оптик хоссалари деганда уларнинг оптик тўлқин узунлик диапазонидаги электромагнит нурлар билан ўзаро таъсирлашганда қаттиқ жисмларда содир бўладиган физик жараёнлар тушунилади.

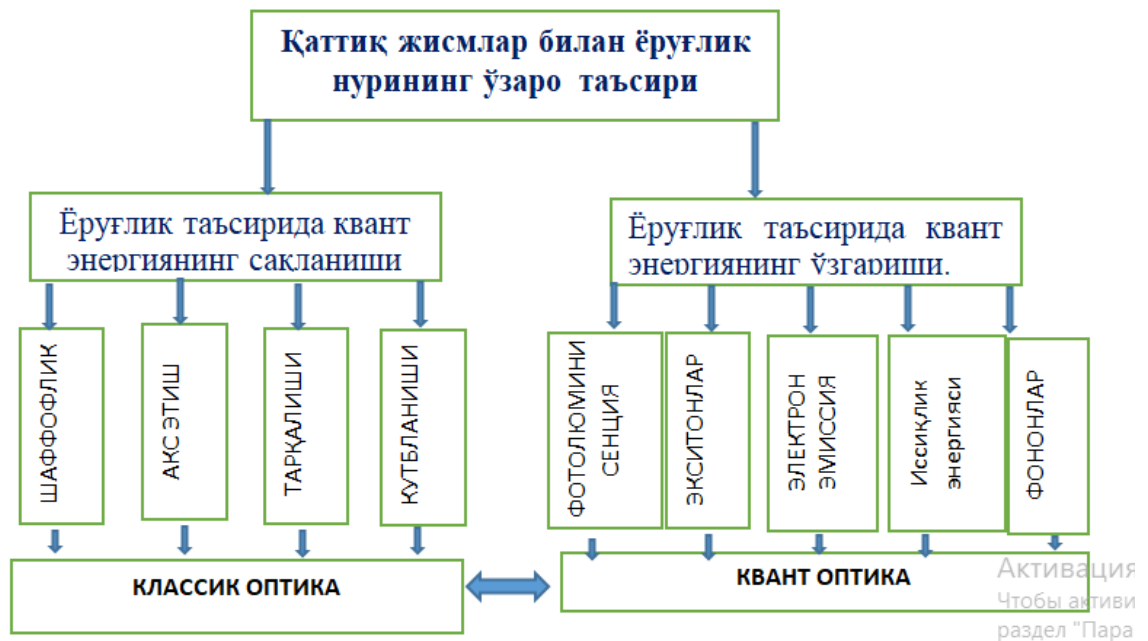
Қаттиқ жисмлар сиртига ёруғлик нури ёки электромагнит тўлқин таъсири туфайли уларда нуқсонлар ҳосил бўлиши, температурасининг ўзгариши, ички босимнинг ҳосил

бўлиши, заррачаларга электр ва магнит таъсирларидаги жараёнлар ва бошқа мураккаб ҳодисаларни кўрсатишимиз мумкин. Шунинг учун бундай ҳодисаларни ўрганишда оптик ҳодисаларни идеаллаштириш мақсадга мувофиқ саналади.

Қаттиқ жисмларнинг оптик хоссаларини ўрганишда изчиллик асосида қуйидаги кетма кетликда ўрганиш тавсия этилади. 1. Қаттиқ жисмлар билан ёруғлик нурининг ўзаро таъсири. 2. Оптик константалар. 3. Ёруғликнинг қаттиқ жисмларда ютилиши.

Қаттиқ жисмлар билан ёруғлик нури таъсирини икки гуруҳга ажратиш мумкин. 1). Ёруғлик таъсирида квант энергиянинг сақланиши 2) Ёруғлик таъсирида квант энергиянинг ўзгариши.

Бу ҳодисаларни ўқувчи ва талабаларга ўргатишда таълимни изчилликка асосланиб қуйидагича ташкил этиш мақсадга мувофиқ бўлади.



Ўзаро таъсирнинг биринчи турига ёруғликнинг ўтиши, акс этиши, тарқалиши, кутбланиш текислигининг айланиши ва бошқалар киради.

Квант (фотон) энергиясининг сақланиши қаттиқ жисм билан ўзаро таъсирлашганда энергия узатиш эффектининг йўқлигини билдиради. Квант энергиясининг сақланиши, яъни ёруғликнинг ютилишсиз ўзаро таъсирларни классик оптика ўрганади. Бу турдаги жараёнларнинг асосий физик параметри шаффоф қаттиқ жисмнинг нур синдириш кўрсаткичи n ҳисобланади.

Иккинчи турдаги ўзаро таъсирларда фотон энергияси қаттиқ жисм билан таъсирлашиш натижасида турли хил квазизарралар ҳосил бўлиши мумкин.

Ушбу ўзаро таъсирларни шартли равишда икки гуруҳга бўлиш мумкин: а) электрсиз ёки зарядга эга бўлмаган заррачалар. яъни, фотонларнинг қаттиқ жисм билан ўзаро таъсири натижасида электр зарядига эга бўлмаган квазизарралар - фононлар, экситонлар ва бошқа зарралар туғиладиган ҳодисалардан иборат. б) электрли ёки зарядга эга бўлган зарралар. Уларда фотонларнинг энергияси қаттиқ жисм томонидан ютилади ва эркин электронлар, тешиқлар ёки электрон-тешиқ жуфтлари ҳосил бўлади, фотоэлектрон эмиссияси кузатилади, зарядланган зарралар иштирокида турли сирт ва ҳажм ҳодисалари содир бўлади ва ҳоказо [3].

ТАДҚИҚОТ НАТИЖАЛАРИ

Ёруғлик қаттиқ жисм томонидан ютилганда, валентлик зонасидаги электрон шундай кўзғалиши мумкинки, у ўтказувчанлик зонасига ўтмайди, лекин тешикли Кулон кучлари билан боғланган тизим ҳосил қилади. Бундай система *экситон* деб аталади.

Биринчи турдаги ҳодисаларни классик физика қонунлари билан бемалол талабаларга тушунтириб беришимиз ва квант физика қонунлари билан тўлдириб исботлашимиз мумкин бўлади. Аммо иккинчи турдаги ҳодисаларни тушунтирганда фақат квант физикасидан фойдаланиш талаб этилишини ҳамда классик физиканинг камчиликларини талабаларга айтиб ўтишимиз мақсадга мувофиқ саналади.

Қаттиқ жисмларнинг оптик хоссаларини ўрганишнинг кейинги босқичида “Оптик константалар” мавзуларига тўхталишимиз зарур.

Ёруғлик интенсивлиги. моддадан ўтиш аста-секин камаяди. Қаттиқ жисм томонидан электромагнит нурланишнинг ютилиши турли усуллар билан амалга оширилади:

- 1) нурланиш энергияси электронларни юкори энергия ҳолатига ўтказишга сарфланади;
- 2) электромагнит майдоннинг энергияси кристалл панжарага ўтади ва иссиқликка айланади.

Қаттиқ жисмда тарқаладиган ёруғлик тўлқинининг интенсивлиги қуйидаги қонунга мувофиқ камаяди:

$$I(\chi) = I_0 \exp(-\alpha \chi)$$

бу ерда χ – ёруғлик нури кириб бориш чуқурлиги ва ютилиш коэффиценти дейилади, $\alpha = 2\omega k/c$ бунда ω - ёруғлик частотаси, c - ёруғлик тезлиги, k - сўниш коэффиценти - у моддада ёруғлик ютилишни тавсифлайди ва биз билган синдириш кўрсаткичи n ни белгилайди. Яъни, $n = n^2 - ik$

Қаттиқ жисмдан ўтган ёруғлик нурининг заифлашувнинг экспоненциал табиати α коэффиценти намунанинг бирлик қалинлигидаги фотонни ютиш эҳтимоли сифатида изоҳлаш мумкин. Қаттиқ жисмга тушаётган ёруғлик энергиясининг бир қисми кристалл юзасидан қайтади.

Қаттиқ жисм сиртидан қайтган I_R ёруғликнинг I_0 тушувчи ёруғлик интенсивликларининг ўзаро нисбати R акс эттириш коэффиценти дейилади: $R = I_R/I_0$ Яна бир оптик константадан бири бу ўтказилаётган ёруғлик улушини ифодаловчи T коэффиценти ўтказувчанлик деб аталади: $T = I_T/I_0$



Қаттиқ жисмларнинг оптик хоссаларини ўрганишдаги кейинги ҳодисалардан бири бу “Ёруғликнинг кристалллар томонидан ютилиши” мавзуларидир. Бу мавзуларни

Ўрганишда талабалар моддаларнинг электр хоссаларидаги “Зоналар назарияси”ни ўзлаштирган бўлишади. Шунинг учун қаттиқ жисмларнинг ёруғлик ютилишини зоналар назарияси билан боғлаб ўргатиш мақсадга мувофиқдир. Зоналар назариясини қуйидаги расм орқали тушунтирилади. Бу расмдаги E_g тақиқланган зона ёки соҳанинг кенглиги. Айнан шу E_g нинг катталигига қараб моддаларнинг электр хоссалари аниқланади. Агар, $E_g > 3eV$ бўлса диэлектриклар, $E_g < 3eV$ да ярим ўтказгичлар, $E_g = 0$ бўлганда металллар ёки ўтказгичларга ажратилади [2].

Ёруғлик қаттиқ жисм томонидан ютилганда, фотонларнинг энергияси бошқа турдаги энергияга айланади. Ютилиш қуйидаги механизмларнинг таъсирига боғлиқ:

1. Валент зонасидан ўтказувчанлик зонасига электронлар ўтиши. Ушбу механизм билан боғлиқ ютилиш ўзига хос жараён дейилади (у назоратда бўлади).
2. Экситон ҳолатларининг иштироки билан боғлиқ ўтишлар - экситон ютилиши.
3. Тегишли электронлар ёки ковакларнинг ўтишлари, яъни, эркин заряд ташувчиларнинг мавжудлиги билан боғлиқ ўтишлар - эркин заряд ташувчилар томонидан ютилиш.
4. Аралашмали ҳолатларини ўз ичига олган ўтишлар – аралашмали ютилиш.
5. Ёруғлик тўлқин энергиясини кристалл панжаранинг тебранишлари билан ютилиши - панжара ёки фонон ютилиши.

МУҲОКАМА

Кўзғалишлар ёки уйғонишлар кристалл энергиялари тармоқли бўшлиғидан каттароқ бўлган фотонларни ютганда, унда электрон-ковак жуфтлари ҳосил бўлади. Натижада пайдо бўлган электрон ва ковак кристаллда эркин, мустақил равишда ҳаракатланиши мумкин. Бироқ, электрон ва ковак Кулон ўзаро таъсири билан тортишиши сабабли, бу зарраларнинг барқарор боғланган ҳолатлари экситон пайдо бўлиши мумкин. Кристаллда ёруғлик туфайли уйғонишлар ҳаракатланиши ҳам мумкин бўлади. Уйғониш ўз энергиясини узатади, лекин заряд ўтказувчанлигини ярата олмайди. Шундай қилиб, экситон кристаллнинг электр нейтрал мобил қўзғалувчан ҳолатидир. Уйғониш кристалда ҳаракатланади ҳамда рекомбинация жараёнларида ўз энергиясидан воз кечиши ҳам мумкин. Лекин қўзғалиш электр нейтрал бўлгани учун у электр ўтказувчанлигига бевосита ҳисса қўшмайди.

Бу ҳодисаларни талабаларга тушунтиргандан кейин қаттиқ жисмларнинг фотоўтказувчанлиги ва унинг фан – техникадага ўрни мавзуларига тўхталиш зарур. Фотоўтказувчанлик ҳодисаси кристаллга ёруғлик тушганда ярим ўтказгич ёки диэлектрик кристаллининг электр ўтказувчанлигининг ўзгариш ҳодисасидир. Фотоўтказувчанлик ҳодисаси телевидения, инфрақизил нурланишни қайд этиш, фотометрия ва бевосита фотографик жараёнлар учун катта амалий аҳамиятга эга.

ХУЛОСА

Бу мавзуларни талабаларга ўргатишда фандаги бир нечта муаммолар ҳақида ҳам гапириб ўтиш зарур. Кристаллдаги қўзғалиш ёки уйғонишнинг ҳаракатини тавсифлаш учун чекли яқинлашувга мос келадиган иккита модель мавжуд: биринчисига кўра, экситон кучли боғланган тизим сифатида қаралади; иккинчисига кўра, экситон заиф боғланган тизим сифатида қаралади, бу ерда электрон ва ковак орасидаги масофа панжара доимийсига нисбатан катта деб ҳисобланади. Бундай гипотезалар фанда ўзаро қарама қаршилиқни вужудга келтиради ва ривожланишга туртки бўлиши мумкин.

Қаттиқ жисмларнинг оптик хоссаларининг ўрганилмаган муаммолари талайгина. Масалан, кристалларда ёруғлик нури ёки электромагнит тўлқинлар билан таъсирлашганда ҳосил бўлувчи нуқсонлар кинетикаси ва бошқалар. Улар устида дунё тадқиқотчилари билан бир қаторда Республикамизнинг физик олимлари ҳам илмий-тадқиқот ишларини олиб бормоқдалар.

Қаттиқ жисмларнинг оптик хоссаларини ўқувчи ва талабаларга тушунтирганимизда изчиллик тамойилига асосланиб, замонавий педагогик технологиялардан фойдаланган ҳолда машғулотларни ташкил қилиш, уларнинг физика фанига қизиқиши янада ортади ҳамда уларнинг илмий лаёқатлари ривожланишига олиб келади.

REFERENCES

1. М.Джораев “Физика ўқитиш методикаси (умумий масалалар)” – Тошкент: Абу Матбуот Консалт, 2015. – 280 б.
2. А.Тешабоев, С.Зайнобиддинов, Ш.Эрматов “Қаттиқ жисм физикаси” - Тошкент: Молия, 2001. – 322 б.
3. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. – Физика твёрдого тела; Москва, Высшая Школа, 1985