

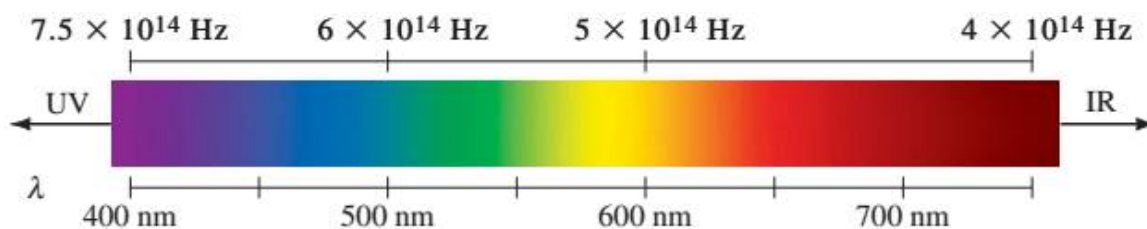
Режа:

1. Ёруғлик тўлқинларининг муҳит билан ўзаро таъсирлашиши.
2. Ёруғлик дисперсияси. Нормал ва аномал дисперсия.
3. Ёруғлик дисперсиясининг классик электрон назарияси.
4. Ёруғликнинг ютилиши. Бугер қонуни.

Ёруғлик дисперсияси. Модда синдириш кўрсаткичининг ёруғлик частотасига (тўлқин узунлиги λ га) боғлиқлиги дисперсия деб аталади: $n = n(\lambda)$. n қуйидаги кўринишга эга:

$$n^2 = 1 + \frac{n_0 e^2}{\epsilon_0 m} \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2} \quad (11.1)$$

ϵ_0 - электр доимийси, e - электрон заряди, m - электрон массаси, n_0 - моддадаги атомлар концентрацияси, ω_0 - атомдаги электроннинг резонанс частотаси, ω - ёруғлик частотаси. Ёруғликнинг икки муҳим хусусиятлари бу: интенсивлик (ёки ёрқинлик) ва ранг. Бирлик юзадаги бирлик вақтда ўтган энергия ёруғлик интенсивлиги деб аталади ва ҳар қандай тўлқин каби тўлқиннинг амплитудаси квадрати билан боғлиқ. Ранг ёруғликнинг частотасига ёки ёруғликнинг λ тўлқин узунлигига боғлиқ. (Эсланг, $\lambda\nu = c = 3.0 \times 10^8 \text{ м/с}$). Бизнинг кўзларимиз сеза оладиган, кўринадиган ёруғлик частотаси $4 \times 10^{14} \text{ Hz}$ дан $7.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$ орасида бўлади, ҳавода тўлқин узунликлари 400 нм дан 750 нм гача бўлади. Бу кўзга кўринадиган спектр дейилади ва 11.1-расмда кўрсатилганидек унда бинафшадан тортиб қизилгача турли ранглар мавжуд бўлади.



11.1-расм. Кўзга кўринадиган ёруғлик спектри, ҳаводаги турли рангларнинг тўлқин узунликлари ва частоталари.

Тўлқин узунлиги 400 нм (бинафша) дан кичик бўлган (ҳавода) ёруғлик ультрабинафша (УБ) дейилади, ва тўлқин узунлиги 750 нм (қизил) дан узун бўлган ёруғлик инфрақизил (ИҚ) деб аталади. Гарчи инсон кўзи УБ ва ИҚ ни сезмаса ҳам, баъзи детекторлар уни сезади. 11.2-расмда кўрсатилганидек призма камалакдаги оқ рангни ажрата олади. Оқ ранг кўзга кўринадиган барча тўлқин узунликларининг аралашмасидан ташкил топган бўлади ва призма тушганда турли тўлқин узунликлари турли даражада оғган бўлади.



11.2-расм. Призмадан ўтувчи оқ ёруғликни рангларга ажралаши.



11.3-расм. Олмосларнинг синдириш кўрсаткичи жуда юкори 2.4 бўлади ва тўла ички қайтишнинг чегаравий бурчаги 25° . Олмос ичида ёруғлик спектрга дисперсияланади, шунинг учун олмос ичида 25° дан кичик бўлганда ёруғлик олмос ички юзаларининг кўп қисмига келиб урилади ва кўрилади.

Дисперсиянинг электрон назарияси. Ёруғликнинг модда билан ўзаро таъсирини тўла изоҳлаш учун моддадаги электронларнинг тўлқин хусусиятларини ва ёруғликнинг квант хусусиятларини ҳисобга олиш керак. Лекин дисперсия ҳодисасини тушунтириш учун ёруғликни электромагнит тўлқин деб, модда тузилишини эса электрон назария асосида тасаввур қилиш етарли. Модда тузилишининг электрон назариясига асосан, жисм электронлар ва ионлардан ташкил топган. Улар электромагнит тўлқин таъсирида тўлқин

тебранишларига мос равишда тебранма ҳаракатга келади. Ёруғлик тўлқинларнинг тебранишлари ($10^{14} \div 10^{15}$) Гц интервалда содир бўлади. Электромагнит майдоннинг бунчалик тез ўзгаришини массалари этарлича кичик бўлган электронларгина сезишга улгуради. Шунинг учун ёруғлик тўлқинларнинг жисмга таъсирини ҳисоблашда ёруғликнинг электронга таъсирини ҳисоблаш билан чегараланса бўлади.

Жисмдан электромагнит тўлқин ўтаётганда –е зарядли ҳар бир электронга электр куч ($F_3 = -eE$) ва Лоренц кучи ($F_L = -e[vB]$) таъсир қилади: $F = F_3 + F_L = -eE - e[vB]$ (11.1)

Ҳисобларнинг кўрсатишича, Лоренц кучи электр кучдан жуда кичик. Шунинг учун (11.1) даги иккинчи ҳадни ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Натижада электромагнит тўлқиннинг электронга таъсир этувчи кучини $F = -eE = -eE_0 \cos \omega t$ (11.2) шаклида ифодалаш мумкин, бунда E_0 – электромагнит майдон кучланганлиги E нинг амплитуда қиймати, ω – тўлқиннинг циклик частотаси. Биринчи яқинлашишда (11.2) куч атом билан ниҳоят заиф боғланган энг четки электронларни силжитади деб ҳисоблаш мумкин. Лекин бу электрон билан атомнинг қолган қисми орасидаги ўзаро таъсирлашувчи квазиэластик куч ҳам мавжудки, у электронни олдинги вазиятга қайтаришга ҳаракат қилади. Бу куч x силжишга пропорционал: $F_{\text{кайт}} = -kx$ (11.3). Натижада массаси m , заряди –е бўлган электроннинг тебранишини

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -rx - eE_0 \cos \omega t \quad (11.4)$$

тенглама билан ифодалаш мумкин. Бу тенгламани m га бўлиб ва тебранишнинг хусусий частотаси учун $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$ белгилашдан фойдаланиб (11.4) ни қуйидаги шаклга келтирамыз:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\omega_0^2 x - \frac{e}{m} E_0 \cos \omega t \quad (11.5)$$

Бу тенгламанинг ечими $x = x_0 \cos \omega t$ (11.6) кўринишда бўлади, бунда x_0 – максимал силжиш. (11.6) ни (11.5) га қуйиб x_0 нинг қиймати учун

$$x_0 = \frac{-\frac{e}{m} E_0}{\omega_0^2 - \omega^2} \quad (11.7)$$

ифодани ҳосил қиламыз.

Иккинчи томондан, атом системасини электромагнит тўлқин таъсиридаги электроннинг силжиши туфайли вужудга келган электр дипол деб тасаввур қилиш мумкин. Бу диполнинг елкаси x силжишга тенг. У ҳолда максимал силжиш содир бўлган ондаги диполнинг электр моменти $p_e = -ex_0$ га тенг. Модданинг бирлик ҳажмидаги атомлар сонини N деб белгиласак, қутбланиш вектори P нинг қиймати

$$P = N \times p_e = \frac{-Ne^2}{\omega_0^2 - \omega^2} E_0 \quad (11.8)$$

Модданинг диэлектрик киритувчанлиги ϵ ва диэлектрик сингдирувчанлиги ϵ орасидаги $\epsilon = 1 + \chi_e$ боғланиш орқали P қуйидагича ифодаланади:

$$P = \chi_e \epsilon_0 = (\epsilon - 1) \epsilon_0 \quad (11.9)$$

(11.8) ва (11.9) ифодаларни солиштирсак,

$$\epsilon = 1 + \frac{N}{\epsilon_0} = \frac{-\frac{e^2}{m} E_0}{\omega_0^2 - \omega^2} \quad (11.10)$$

муносабатни ҳосил қиламыз.

Максвелл назариясига асосан, диэлектрик сингдирувчанлиги ϵ , магнит сингдирувчанлиги μ бўлган муҳитда электромагнит тўлқиннинг тарқалиш тезлиги

$$u = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}}$$

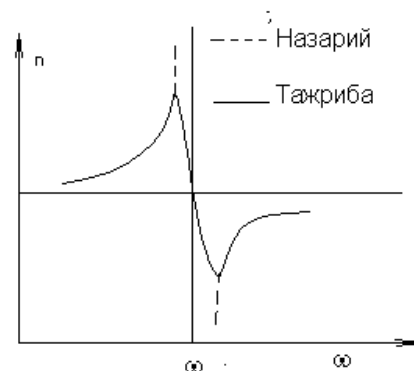
га тенг эди. Муҳитнинг синдириш кўрсаткичи n эса электромагнит тўлқиннинг вакуумдаги тезлиги c ни муҳитдаги тезлиги u га нисбати билан аниқланади:

$$n = \frac{c}{u} = \sqrt{\epsilon \mu}$$

Кўпчилик ҳолларда $\mu=1$ бўлгани учун $n = \sqrt{\epsilon}$ (11.11) ифода ҳосил бўлади. (11.10) дан фойдаланиб (11.11) ни қуйидаги кўринишда ёза оламиз:

$$n = \sqrt{1 + \frac{N}{\epsilon_0} \frac{\frac{e^2}{m}}{\omega_0^2 - \omega^2}} \quad (11.12)$$

Бу формула асосида ҳисобланган n нинг қийматларини ω га боғлиқлик графиги 11.4-расмда тасвирланган. Умуман, муҳитнинг синдириш кўрсаткичи тўлқин частотасига мос равишда ортиб боради. Лекин тўлқин частотаси ω муҳитдаги электр зарядлар хусусий тебранишларининг частоталаридан бирига ω_0 га яқинлашганда n нинг қиймати кескин ортиб кетади. ω нинг қиймати ω_0 га юқори частоталар томонидан яқинлашганда эса n нинг қиймати кескин камайиб кетади. Бошқача айтганда, ω нинг қиймати ω_0 га яқин бўлган соҳада $n=n(\omega)$ функция узилишга эга бўлади. Бунинг сабаби назарий мулоҳазаларда тебранма ҳаракатнинг сўнишини ҳисобга олинмаганлигидир.



11.4-расм

Ёруғлик тўлқинининг электр майдони таъсирида муҳит атомларининг электронлари тебранма ҳаракатга келиб, иккиламчи тўлқинлар манбаига айланиб қолади. Иккиламчи тўлқинлар бирламчи тўлқин билан когерент бўлади. Бу тўлқинларнинг ўзаро интерференциялашиши натижасида вужудга келган тўлқин амплитудаси тушаётган (яъни электронларни тебранишга мажбур этаётган) тўлқин амплитудасидан фарқ қилади. Бошқача айтганда, электронни тебратишга сарфланган энергиянинг барчаси иккиламчи тўлқинлар сифатида нурлантирилмайди. Энергиянинг бир қисми атомларнинг хаотик ҳаракат энергиясига (яъни иссиқликка) айланади. Шунинг учун ёруғлик бирор моддадан ўтаётганда, унинг интенсивлигининг камайиши, яъни ёруғликнинг ютилиши содир бўлади. Ёруғликнинг ютилиши, айниқса, резонанс частоталар соҳасида интенсив бўлади. Бу ютилиш электронлар тебранишининг амплитудасини чеклайди. Баъзи жисмларда резонанс частоталар бир нечта бўлади. Шунинг учун тушаётган ёруғликнинг частотаси бу резонанс частоталарга яқин бўлганда ютилиш кескин ортиб кетади. Умуман, тажрибаларнинг кўрсатишича, моддадан ўтувчи ёруғлик интенсивлиги экспоненциал қонун бўйича ўзгаради:

$$I = I_0 e^{-\alpha l} \quad (11.13)$$

Бу ифодада I_0 – жисмга тушаётган ёруғликнинг интенсивлиги, I – қалинлиги l бўлган жисмдан ўтган ёруғликнинг интенсивлиги, α – ютилиш коэффициенти деб аталадиган ва жисмнинг хусусиятларига боғлиқ бўлган катталиқ. (11.13) формула 1729 йилда Бугер томонидан аниқланган. Жисмда ёруғликнинг ютилиш коэффициенти худди синдириш кўрсаткичи каби тушаётган ёруғликнинг частотасига боғлиқ.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Ёруғлик дисперсияси деб қандай ҳодисага айтилади?
2. Ёруғликнинг призмадан ўтганда рангларга ажралиши қандай тушунтирилади?
3. Нормал ва аномал дисперсия қандай шароитда амалга ошади?
4. Дисперсия графиги деганда нимани тушунади?
5. Дисперсиянинг классик электрон назарияси қандай тушунтирилади?
6. Дисперсиянинг электрон назарияси ифодасини ёзиб беринг

АДАБИЁТЛАР

1. Douglas C. Giancoli, Physics: Principles with Applications, Prentice Hall; 6 th edition January 17, 2014, USA
2. Султанов Н.А. “Физика курси” Т. “Фан ва технология” 2007 йил
3. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Курс физики. Учебник -М.: “Академия”, 2007
4. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебник. -М.: «Академия», 2007
5. google. com