

12- дәріс. Жарықтың жұтылуы. Жарықтың шашырауы.

Жоспар: *Жарықтың жұтылуын классикалық теория тұрғысынан түсіндіру. Бугер-Ламберт заңы. Жұтылу коэффициенті. Жұтылу коэффициентінің интенсивтілікке тәуелділігі. Мөлдір емес ортадағы жарықтың шашырауы. Тиндаль тәжірибесі. Жарықтың Рэлей шашырауы.*

Белгілі бір l қалыңдықтағы мөлдір қабатқа интенсивтілігі I_0 - параллель жарық шоғын бағыттасақ, онда жарықтың жұтылуы (басқа құбылыстардан интенсивтіліктің азаюы ескерілмейді) салдарынан шыққан жарықтың интенсивтілігі (I) азаяды.

Жарықтың жұтылуын классикалық та, кванттық теория бойынша да түсіндіруге болады.

Классикалық теория бойынша циклдік жиілігі ω түскен жарық толқынының электр өрісінің әсерінен атом мен молекуланың электрондары оң зарядталған ядроға қатысты ығысып түскен жарықтың жиілігінде гармоникалық тербеліс жасайды. Тербелмелі электрон өзі жарық көзіне айналып, екінші ретті жарық толқындарын шығарады. Түскен жарық толқынының екінші ретті толқынмен интерференциялануы салдарынан ортада амплитудасы түскен өрістің амплитудасынан өзгеше толқын пайда болады. Интенсивтілік, толқын амплитудасының квадратына пропорционал, сол себепті ортадағы жарық интенсивтілігі де өзгереді. Ортаның атомдары мен молекулалары жұтқан энергияның барлығы сәуле түрінде жығарылмайды, яғни жарық жұтылады. Жұтылған энергия, энергияның басқа түріне айналуы мүмкін. Молекулалар мен атомдардың соқтығысуынан жұтылған энергия хаосты қозғалыс энергиясы, жылу энергиясына айналады.

Жарық жұтылуының кванттық теориясы

Кванттық көзқарас бойынша атомдар үздіксіз емес, дискретті энергия мәніне ие бола алады. Жарықтың ортада таралуында энергияның бір бөлігі жүйені қоздыруға, ал қалған бөлігі ортадан шығады. Осындай әсерлесу салдарынан шыққан жарықтың интенсивтілігі түскен жарықтың интенсивтілігінен аз болады.

Ортаның атомдары мен молекулалары жарықты жұту кезінде әр элементар актіде бір фотон жоғалып, нәтижесінде атом қозған күйге өтеді. Бұл кездегі фотон энергиясы негізгі күй мен қозған күйлердің энергия айырымына тең болу керек. Мұндай жұтылу бірфотондық деп аталады.

Жарық толқыны басқа зат арқылы өткенде сол затты құрайтын атомдардың электрондарын еріксіз тербеліске келтіреді. Оған жарық толқынының біраз энергиясы жұмсалады. Сөйтіп, жарық толқыны бірте-бірте өше береді. Осы процесі жарықтың әлсіреуі деп атайды. Сонымен қатар жарық толқынының келесі бір бөлігі энергияның басқа түріне айналып кетеді.

Мысалы, атомдар мен молекулалардың жылулық қозғалысының интенсивтігінің артуына (жылулық эффект), атомдардың қозуына, иондалуға жарық толқыны энергиясы жұмсалады.

Жарық толқыны энергиясының заттың ішкі энергиясының басқа түріне айналып кетуін жарықтың жұтылуы деп атайды. Біртекті ортаға сәулелерін параллель түсіріп тұрған монохромат жарықтың жұтылуын П. Бугер (1729) мен И. Ламберт (1760) анықтап берді: Өте кішкене бірдей қалыңдықтағы (dl) жарықтың азаюы (dl) осы қашықтыққа және жарықтың күшіне (I) тура пропорционал болады;

$$-dl = \alpha I dl, \quad (1)$$

мұндағы α — жұтылу коэффициенті, ол заттың табиғаты мен толқын ұзындығына байланысты. Қалыңдығы l -ге тең денеден өткенде жарықтың жұтылуын табу үшін теңдікті интегралдаймыз, сонда

$$I = I_0 e^{-\alpha l} \quad (2)$$

бұл Бугер — Ламберт заңы деп аталады, мұндағы I_0 — жарықтың денеге түскен кездегі интенсивтігі, I — жарықтың денеден шыққаннан кейінгі интенсивтігі. Егер $l = \frac{1}{\alpha}$ болса, $I = \frac{I_0}{e} = \frac{I_0}{2,72}$, бұдан тұжырымдайтынымыз: қалыңдығы жұтылу коэффициентінің кері шамасына тең зат қабатынан өткенде жарық интенсивтігі 2,72 есе кемиді. Олай болса, жұтылу коэффициенті дегеніміз жарық интенсивтігін 2,72 есе азайтатын зат қабатының қалыңдығының кері шамасы екен.

Жарықтың әлсіреуін анықтау үшін өткізу (мөлдірлік) $\tau = \frac{I}{I_0}$, жұтылу $1 - \tau = \frac{I_0 - I}{I_0}$ және заттың оптикалық тығыздығы $D = \lg \frac{I_0}{I}$ деген ұғымдар енгізіледі. Олай болса $D = \lg \frac{1}{\tau}$ және $D = 0,43 \alpha l$.

Әр түрлі заттың жұтылу коэффициенті түрліше болады. Заттың жұтылу коэффициенті жарық толқынының ұзындығына тәуелді. Жарық заттан өткенде толқын ұзындығы әр түрлі сәулелер түрліше жұтылады. Бұны жарық жұту құбылысының селективтік (талғамалы) сипаты деп атайды. Адам немесе мал қанына жарық түсірілгенде, оның жұтылуы да әр түрлі болады. Жарықтың қандағы жұтылу спектрлеріне қарап қан құрамын зерттеуге болады. Осы үшін қолданылатын құралдарды оксигеметрлер деп атайды.

А. Беер (1852) әр түрлі ерітінділердің жарықты жұту процесін зерттегенді. Ол ерітінділердің жұту коэффициентінің

$\alpha = \alpha_0 c_0$ екенін анықтады (Беер заңы). Мұндағы c_0 — ерітінді концентрациясы, α_0 — ерітілген заттың молекуласына тән жұтылу коэффициенті. Сонда ерітінділердегі жарықтың жұтылуы Бугер — Ламберт — Беер заңымен өрнектеледі:

$$I = I_0 e^{-\alpha_0 c_0 \cdot l} \quad (3)$$

Осыған сәйкес ерітіндінің оптикалық тығыздығы

$$D = \varepsilon \cdot l C, \quad (4)$$

мұндағы $\varepsilon = 0,43A$ — жұтылудың молярлық коэффициенті.

Бір заттан дайындалған екі ерітінді ($\varepsilon_1 = \varepsilon_2$) алайық. Олардың концентрациялары әр түрлі, яғни $C_1 \neq C_2$. Осы екі ерітінді қалыңдықтары әр түрлі ($l_1 \neq l_2$) екі ыдысқа құйылсын. Екі ыдыс өздеріне түсірілген жарықты бірдей жұтады екен. Олай болса, ол екі ыдыстың оптикалық тығыздығы бірдей $D_1 = D_2$ немесе $\varepsilon_1 l_1 C_1 = \varepsilon_2 l_2 C_2$; $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$ болғандықтан $l_1 C_1 = l_2 C_2$, бұдан $\frac{l_1}{l_2} = \frac{C_2}{C_1}$ екенін табамыз. Бұдан байқап отырғанымыздай ерітінділердің концентрациялары олардың қалыңдығына кері пропорционал. Осыған негізделген заттар мен ерітінділердің концентрациясын табу әдісі концентрациялық колориметрия деп аталады.

Жарықтың шашырауы.

Затта таралған жарықтың бағытын өзгертуін ж/е заттың өзіндік емес сәуле шығаруы бақыланатын жарықтың түрленуін *жарықтың шашырауы* деп аталады.

Жарықтың мөлдір емес ортада таралуын ағылшын физигі Тиндаль бақылап зерттеген. Ортадағы біртекті емес бөлшектердің өлшемі толқын ұзындығынан кішкентай болғанда (0,21 - 0,11) мынадай заңдылықтарды бақылаған.

- 1) бастапқы бағытқа бұрышпен (бүйір бағытта) шашыраған жарық көгілдір түсті болады, яғни шашырау көрінетін жарықтың қысқа толқындық аймағында болады;
- 2) бастапқы табиғи шоққа тік бұрышты бағытта шашыраған жарық толығымен сызықты поляризацияланған;
- 3) шашырау индикатрисасы бастапқы шоқ бағытына қатысты симметриялы ж/е оған перпендикуляр,

$$I_\varphi = I_{\pi/2} (1 + \tilde{n}^2 s^2 \alpha) \quad (5)$$

I_φ ж/е $I_{\pi/2}$ - φ ж/е $\pi/2$ бұрышымен шашыраған жарықтың интенсивтілігі.

Жарықтың шашырауының алғашқы теориясын Рэлей жасаған. Рэлей әр түрлі шашыратушы бөлшектерден шыққан екінші ретті толқындар когерентті деп есептеп шашыраған толқындардың амплитудаларының қосындысын тапқан. Рэлей заңы бойынша:

1. Шашыраған жарықтың интенсивтілігі бөлшек радиусының алтыншы дәрежесіне тура пропорционал;

2. Шашыраған жарықтың интенсивтілігі толқын ұзындығының төртінші дәрежесіне кері пропорционал.