

Жарықтың жұтылуы (абсорбция)

Ж-тың эм теориясы денелердің оп. ж/е электрлік қасиетін байл-ды. Атап айтқанда, ж-тың жұтылу құбылысында, неліктен диэл-риктер мөлдір болатыны, ал металдар керісінше, ж. үшін мөлдір б-майтыны түсінікті б-ды.

Диэлектриктердің мөлдір болатындығы, оларда еркін e^- дардың жоқ болатынымен түсіндіріледі.

Диэл. арқылы ж.толқыны өткенде, оның атомындағы e^- дардың тербелісін ғана қоздырады.

Мұнда жарық энергиясы әлсіремейді.

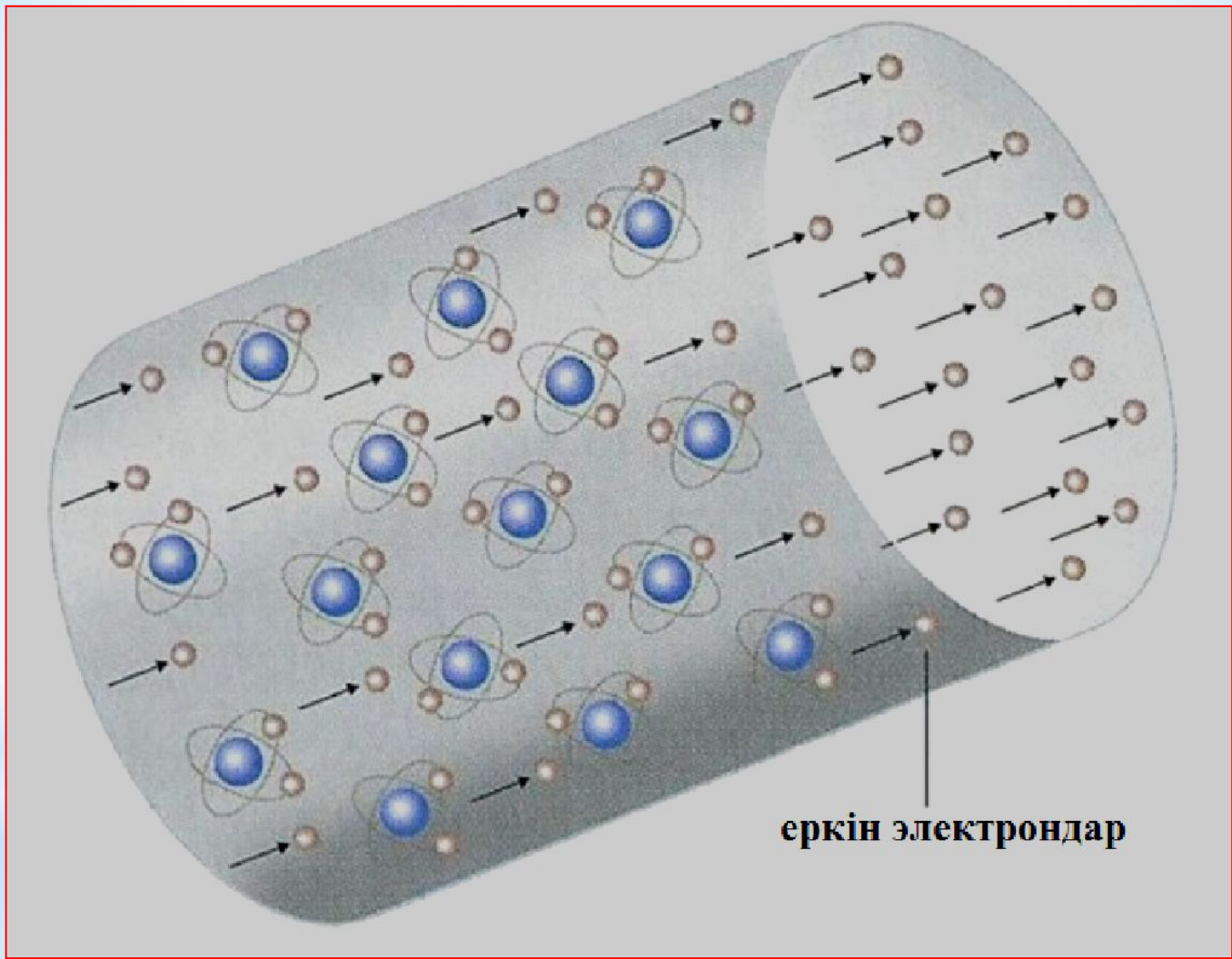
Диэл-термен салыстырғанда, өткізгіштер мөлдір б-майды, және өте күшті жұту қабілеті б-ды (спектрдің барлық бөліктерінде).

Өткізгіштерде ішкі атомдық (байланысқан) e^- дардан басқа, еркін e^- дар да б-ды.

Ж. толқ-ның эл. өрісі еркін e^- дардың қозғалысына себеп б-ды.

Осылайша e^- дардың қозғалысына кеткен ж. эн-сының бір бөлігі жылуға айналады, яғни жұтылады.

Өтімділігі неғұрлым жоғары болса, соғұрлым ж-ты көп жұтады.



еркін електрондар

Сонымен, жарық орта арқылы өткенде оның энергиясы (қарқ-лығы) біртіндеп әлсірейді.

Демек, ж толқынының эн-сы заттың ішкі энергиясына өтеді.

Ж-тың жұтылуы *Бугер-Ламберт* заңымен анықталады:

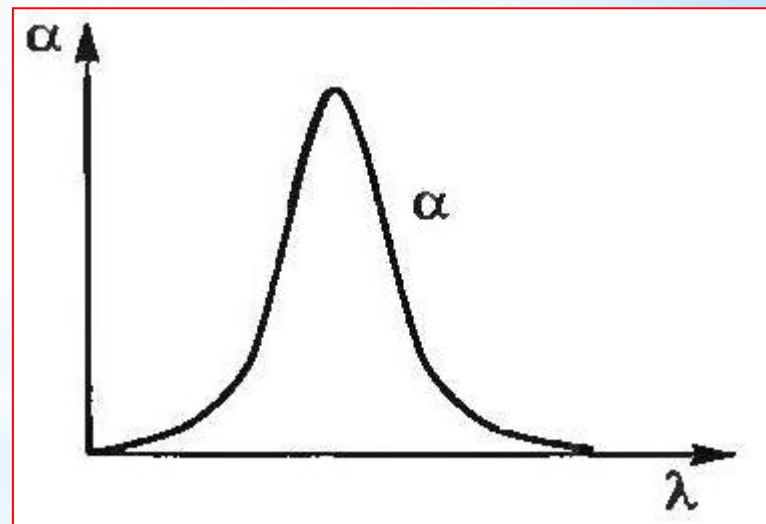
$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$

x — жарық өткен зат қабатының қалыңдығы, I_0 — затқа түскен ж. қарқ-ғы, I — заттан өткен ж. қарқ-ғы, α — ортаның ж-ты жұту көрсеткіші, ол ортаның қасиетіне және ж-тың толқ. ұз-на байл-сты.

α -ның λ -ға байл-ғы жұтатын денелердің боялуына тәуелді б-ды.

Мысалы, қызыл сәулені нашар, көк с-ні жақсы жұтатын шыныға ақ ж. түскенде қызғылт болып көрінеді.

Егер осы шыныға көк жарық түссе, онда осы λ -ға тең ж-ты күшті жұту салдарынан, шыны қара болып көрінеді.



$\alpha \sim \lambda$ байл-сын ж. сүзгілерін (светофильтр) жасау үшін пайд-ды. Олар тек белгілі бір λ -сы бар ж-ты өткізіп, басқаларын жұтады.

Егер $x = \frac{1}{\alpha}$ болса, онда

$$I = I_0 e^{-\alpha x} = I_0 e^{-\alpha \frac{1}{\alpha}} = \frac{I_0}{e} = \frac{I_0}{2,72}$$

Бұдан тұжырымдайтынымыз:

x қалыңдығы α 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.

Есеп.

Қандайда бір затпен жарық l жолды өткенде, қарқ-лық 2 есе кемиді.
 $3l$ жолды өткенде, қарқ-лық неше есе азаяды?

Шешуі:

$$I = I_0 e^{-\alpha x} \quad (1)$$

$$l: \quad \frac{I_0}{I} = 2 \Rightarrow I_0 = 2I \rightarrow (1): I = 2I e^{-\alpha l} \Rightarrow e^{-\alpha l} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{e^{\alpha l}} = \frac{1}{2}$$

$$e^{\alpha l} = 2 \Rightarrow \ln e^{\alpha l} = \ln 2 \Rightarrow$$

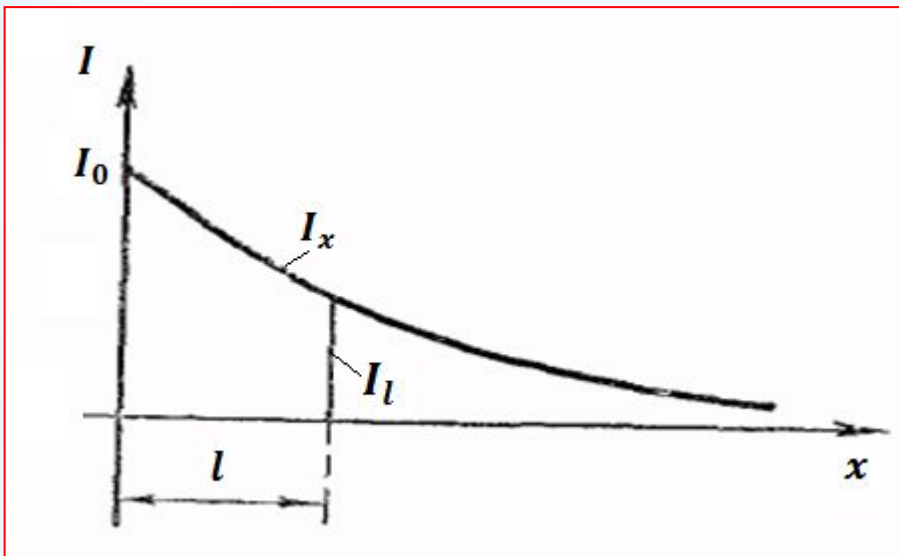
$$\alpha = \frac{\ln 2}{l} \quad (2)$$

$$3l: \quad \frac{I_0}{I} = n-? \Rightarrow I_0 = nI \rightarrow (1): \quad I = nI e^{-\alpha 3l} \Rightarrow$$

$$1 = n e^{-\alpha 3l} = (2) = n e^{-\frac{\ln 2}{l} 3l} = n e^{-3 \ln 2} = n e^{-\ln 8}$$

$$n = e^{\ln 8} = 8 \quad \text{Жауабы: 8 есе азаяды}$$

Жарық қарқындылығының жарық өтетін орта қабатының қалыңдығына тәуелді өзгеру графигі (экспоненциалдық қисық сызық).



Зат (ерітінді) қабатының қалыңдығы d , концентрациясы C , жұтылу коэффициенті (экстинкциясы) α болған жағдайда қарқындылықтың өзгерісі.

Бояушы заттар ерітіндісінде монохромат жарықтың жұтылуын зерттей отырып А. Бероның Бугер заңына бағынатынын көрсетті, мұнда жұтылу көрсеткіші α ерітіндідегі заттар концентрациясына тура пропорционал (Бер заңы):

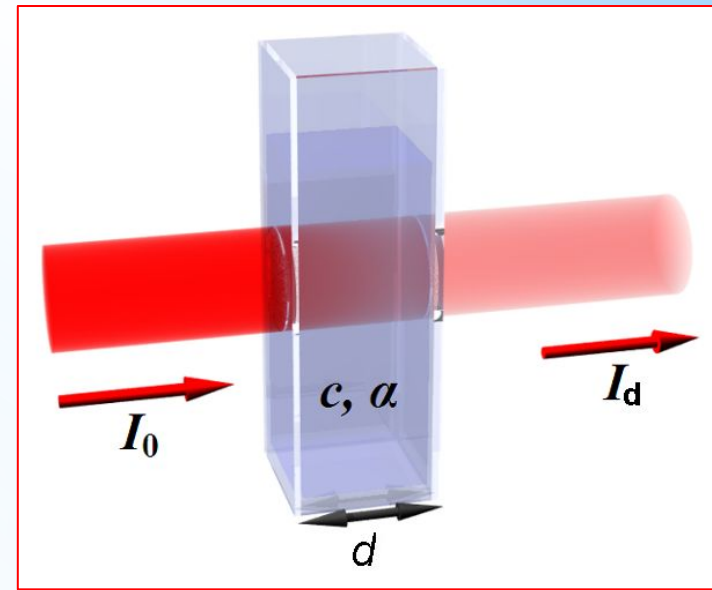
$$\alpha = \delta C$$

δ — бірлік концентрациядағы ерітінді үшін жұту көрсеткіші. Айтылғандарды ескеріп, Бугер-Ламберт-Бер заңының формуласын былай жазады:

$$I = I_0 e^{-\delta C x}$$

$\frac{I}{I_0} = \tau$ — қатынасын өткізу коэф. немесе ерітіндінің мөлдірлігі d/a .

$D = \lg\left(\frac{I}{I_0}\right) = \lg(\tau)$ - шамасы оптикалық тығыздық d/a .



Комптон эффектісі

1905 ж Эйншт. ж-қтың таралуы - үздіксіз толқ-қ проц. емес, ол бөлек-бөлек порция (ж. **кванты**) түрінде c жылд-пен таралатын проц. Деген.

c – ЭМ толқ. жылд. (ж. вакуум-ғы жылд).

Бұл кванттың энер-ясы $E = h\nu$ болған. Жарық квантын (ж. бөлш.) **фотон** д.а.

Сонымен, ж-тың 2 теориясы болған: толқ-тық ж/е фотондық (корпус-лық).

Фотоэффект заңдары - корпускулалық теорияға сәйкес келеді.

Осы теорияны дәлелдеу мақсатымен көптеген эксп-тер жасалған. Соның бірі Комптон эффектісі.

1923 ж Комптон қысқа толқынды ж-тың (рентген сәу.) басқа заттан (жеңіл элементтер) шашырауын қарастырған. \Rightarrow Қорытынды:

Шашыраған ж-тың ν' жиілігі түскен ж-тың ν жиілігінен аз болған (ал, λ көп).

Жиіліктің азаюын ж-тың фотонды теориясымен түсіндірген, яғни ұшып келген фотондардың заттың эл-рондарының соқтығысуымен.

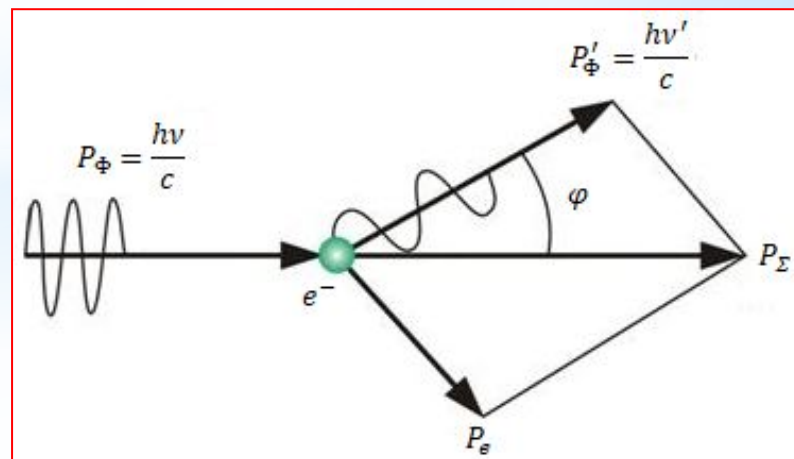
$$P_\Phi = mc \quad E_\Phi = mc^2 = h\nu \Rightarrow P_\Phi c = h\nu \Rightarrow P_\Phi = \frac{h\nu}{c}$$

Тәжірибеден: $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$ айырмасы түскен сәуленің λ -ға, шашырататын зат табиғ-на \perp .

Тек қана шашырау φ -на байл-ты:

$$\Delta\lambda = 2\lambda_K \sin^2 \frac{\varphi}{2} \quad \lambda_K - \text{К. толқ ұз-ғы}$$

$\lambda_K = 2,426$ пм - фотон e -да шашыр-ғанда.



Комптон эффектісі

1905 ж Эйншт. ж-қтың таралуы - үздіксіз толқ-қ проц. емес, ол бөлек-бөлек порция (ж. **кванты**) түрінде c жылд-пен таралатын проц. деген.

c – ЭМ толқ. жылд. (ж-ың вакуум-ғы жылд).

Бұл кванттың энер-ясы $E = h\nu$ болған. Жарық квантын (ж. бөлш.) **фотон** д.а.

Сонымен, ж-тың 2 теориясы болған: толқ-тық ж/е фотондық (корпус-лық).

Фотоэффект заңдары - корпускулалық теорияға сәйкес келеді.

Осы теорияны дәлелдеу мақсатымен көптеген эксп-тер жасалған. Соның бірі Комптон эффектісі.

1923 ж Комптон қысқа толқынды ж-тың (рентген сәу.) басқа заттан (e -нан) шашырауын қарастырған. \Rightarrow Қорытынды:

Шашыр. ж-тың ν_2 жиілігі түскен ж-тың ν_1 жиілігінен аз болған (ал, λ көп).

Жиіліктің азаюын ж-тың фотонды теориясымен түсіндірген, яғни ұшып келген фотондардың заттың e -мен соқтығысуымен.

$$P = mc \quad E = mc^2 = h\nu \Rightarrow Pc = h\nu \Rightarrow P = \frac{h\nu}{c}$$

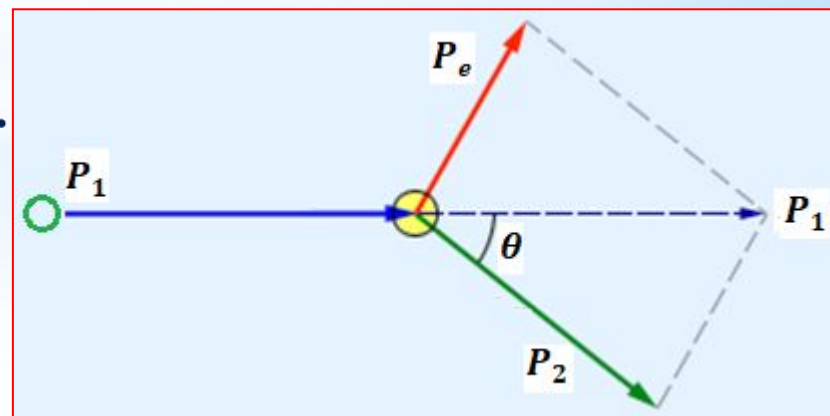
Тәжірибеден: $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$ айырмасы түскен сәуленің λ -ға, шашырататын зат табиғ-на \dagger .

Тек қана шашырау θ \angle -на байл-ты:

$$\Delta\lambda = 2\lambda_K \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

Комптон ф-ласы
 λ_K – К. толқ ұз-ғы

$\lambda_K = 2,426$ пм - фотон e -да шашыр-ғанда.





Комптон формуласын алу

Эн-сы E_1 , импульсі P_1 фотон тыныш-тағы e -ронға келіп соқтығ-ды (сур).

e -рон серпіліп, ұшып, P_e , E_e қабылд-ды.

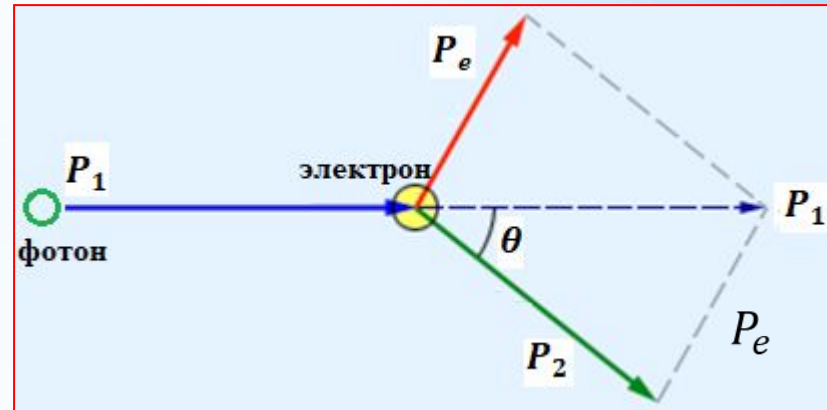
Сол кезде фотон да бағытын өзгертіп,

эн-сы E_2 , импульсі P_2 б-ды.

Соқтығысу-серпімді. ИСЗ мен ЭСЗ орынд:

$$\vec{P}_1 = \vec{P}_2 + \vec{P}_e \quad (1)$$

$$E_1 + m_0c^2 = E_2 + E_e \quad (2)$$



Мұда ж-тың кванттық қасиетімен бірге e -ронның релятив. қасиетін ескереміз, демек:

$$E_e = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\vartheta^2}} \quad (3) \quad P_e = \frac{m\vartheta}{\sqrt{1-\vartheta^2}} \quad (4) \quad \text{Имп-қа қатысты } \cos\text{-тар теор қолд-қ (сурет):}$$

$$P_e^2 = P_1^2 + P_2^2 - 2P_1P_2\cos\theta \quad (5)$$

Теңд-дің 2 жағын c^2 -қа көбейт-к және $P = \frac{h\nu}{c}$ фор-сын ескер-к:

$$c^2P_e^2 = h^2\nu_1^2 + h^2\nu_2^2 - 2h^2\nu_1\nu_2\cos\theta \quad (6) \quad (P_1P_2 = \frac{h\nu_1}{c} \cdot \frac{h\nu_2}{c} = \frac{h^2}{c^2} \cdot \nu_1\nu_2)$$

Эн-я үшін (2)-ні жазайық: $E_1 - E_2 + m_0c^2 = E_e \Rightarrow h(\nu_1 - \nu_2) + m_0c^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\vartheta^2}}$

$\sqrt{\quad}$ -ден құтылу ү-н 2 жағын квадр-қ:

$$h^2(\nu_1 - \nu_2)^2 + 2hm_0c^2(\nu_1 - \nu_2) + m_0^2c^4 = m_0^2c^4 \left(\frac{1 - \frac{\vartheta^2}{c^2} + \frac{\vartheta^2}{c^2}}{1 - \frac{\vartheta^2}{c^2}} \right)$$

Оң жағын жеке алайық:

$$(h^2(v_1 - v_2)^2 + 2hm_0c^2(v_1 - v_2) + m_0^2c^4 =)$$

$$m_0^2c^4 \left(\frac{(1 - \frac{v^2}{c^2}) + \frac{v^2}{c^2}}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right) = m_0^2c^4 \left(\frac{(1 - \frac{v^2}{c^2})}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right) + m_0^2c^4 \left(\frac{\frac{v^2}{c^2}}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right) =$$

$$= m_0^2c^4 + m_0^2c^2 \left(\frac{v^2}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right) = | P_e = \frac{m_0v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} | = m_0^2c^4 + P_e^2c^2 \quad \text{Сонда:}$$

$$h^2(v_1 - v_2)^2 + 2hm_0c^2(v_1 - v_2) + m_0^2c^4 = m_0^2c^4 + c^2P_e^2$$

Енді (6)-ф-ны ($c^2P_e^2 = h^2v_1^2 + h^2v_2^2 - 2h^2v_1v_2\cos\theta$) ескерсек:

$$h^2(v_1^2 - 2v_1v_2 + v_2^2) + 2hm_0c^2(v_1 - v_2) = h^2v_1^2 + h^2v_2^2 - 2h^2v_1v_2\cos\theta$$

$$-h^2v_1v_2 + hm_0c^2(v_1 - v_2) = -h^2v_1v_2\cos\theta \quad | \quad hm_0c^2(v_1 - v_2) = h^2v_1v_2(1 - \cos\theta)$$

$$m_0c^2(v_1 - v_2) = hv_1v_2(1 - \cos\theta) \quad | \quad \cdot \frac{1}{m_0c v_1v_2}$$

$$c \left(\frac{(v_1 - v_2)}{v_1v_2} \right) = \frac{h}{m_0c} (1 - \cos\theta)$$

$$\frac{c}{v_2} - \frac{c}{v_1} = \lambda_2 - \lambda_1 = \frac{h}{m_0c} (1 - \cos\theta)$$

К. теңд.

К. тең-уі фотонның эл-ронмен серпімді соқтығ-н сипаттайды.

Соқтығ-нан кейін λ өзгереді, \uparrow . (-)ның алдындағы шама-К. толқ. ұз-ғы д.а.

$$\lambda_K = \frac{h}{m_0 c} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8} = 2,4 \cdot 10^{-12} \text{ м}$$

Комптон эффектісі ЭМ толқ-дардың кванттық-механикалық қасиетін өте аз λ (не өте жоғары ν) үшін сипаттайды.

Жылулық сәуле шығару заңдары (презентац: сәулеленудің кванттық табиғаты)

Жылулық сәуле шығару. Заттың сәуле шығару және жұту қабілеттері мен олардың қатынастары.

Абсолют қара дененің моделі.

Стефан-Больцман заңы, Вин ығысу формуласы.

Рэлей-Джинс формуласы. Сәуле шығарудың классикалық теориясының шектелуі. Планк формуласы