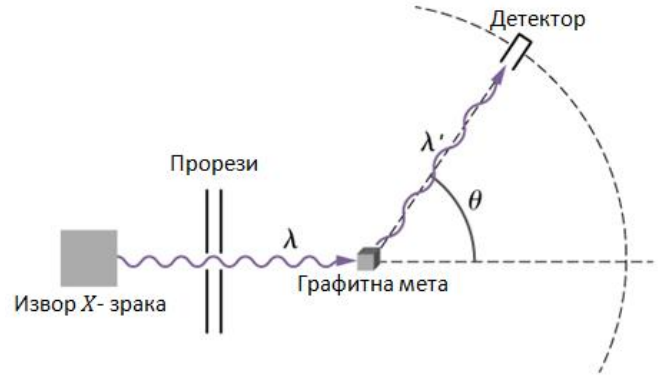


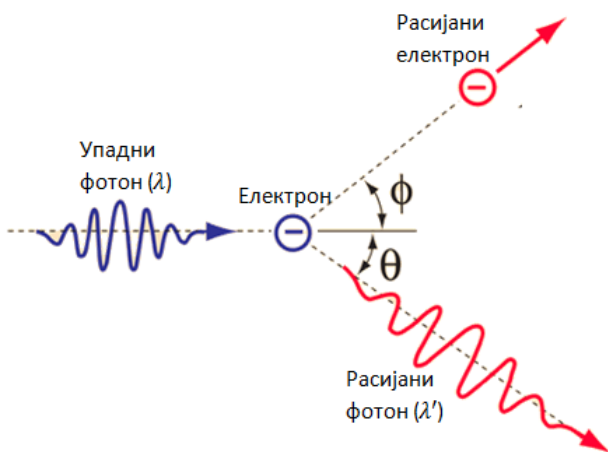
### Комптонов ефекат

Честичну природу електромагнетног зрачења (свјетлости) потврђује и Комптонов ефекат. Комптон је 1923. године посматрао расијање X-зрака на графиту, парафину и другим лаким супстанцијама. Он је уочио да приликом расијања X-зрака, они се расијавају у различитим правцима при чему се мијења њихова таласна дужина.



Класична физика је могла да објасни скретање монохроматских таласа услед сусрета са слободним честицама. Међутим, такав сусрет не може довести до промјене таласне дужине!

Тумачење Комптоновог ефекта на основу Ајнштајнове теорије фотоефекта даје добре резултате. Ово расијање можемо посматрати као еластични судар фотона и слободног електрона.

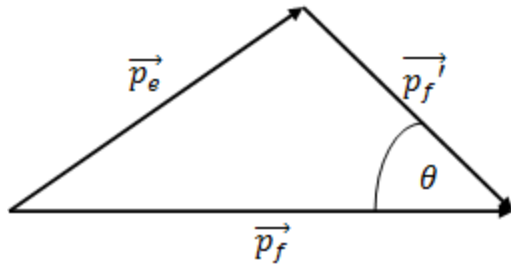


Дакле, фотон налијеће на слободни електрон који мирује, при чему се фотон расијава- скреће под углом  $\theta$  у односу на првобитни правац. Електрон је при томе одгурнут у правцу који заклапа угао  $\Phi$  са првобитним правцем кретања фотона. Приликом овог судара механичка енергија се одржава, па важи:

$$h\nu + E_{0e} = h\nu' + E_{0e} + T$$

гдје је  $T$  кинетичка енергија електрона. Одавде добијамо да је  $T = h\nu - h\nu'$ .

При овом судару се одржава и имупулс:  $\vec{p}_e = \vec{p}_f' + \vec{p}_e$ . Одговарајући импулси су приказани на слици.



Ако применимо косинусну теорему, добићемо:

$$p_e^2 = p_f^2 + p_f'^2 - 2p_f p_f' \cos\theta$$

а ако применимо везу између импулса и кинетичке енергије за електрон и израз за импулс

фотона, добићемо:

$$\frac{1}{c^2} T(T + 2E_{0e}) = \left(\frac{hv}{c}\right)^2 + \left(\frac{hv'}{c}\right)^2 - 2\frac{hv}{c}\frac{hv'}{c}\cos\theta \quad / \cdot c^2$$

$$T(T + 2E_{0e}) = (hv)^2 + (hv')^2 - 2h^2vv'\cos\theta$$

Коришћењем израза који смо добили примјеном закона одржања енергије, добићемо:

$$h(v - v')(h(v - v') + 2E_{0e}) = (hv)^2 + (hv')^2 - 2h^2vv'\cos\theta \quad /: h$$

$$h(v - v')^2 + 2E_{0e}(v - v') = hv^2 + hv'^2 - 2hvv'\cos\theta$$

$$hv^2 - 2hvv' + hv'^2 + 2E_{0e}(v - v') = hv^2 + hv'^2 - 2hvv'\cos\theta$$

$$-2hvv' + 2E_{0e}(v - v') = -2hvv'\cos\theta \quad /: 2$$

$$E_{0e}(v - v') = hvv'(1 - \cos\theta) \quad /: vv'$$

$$\frac{E_{0e}(v - v')}{vv'} = h(1 - \cos\theta)$$

Примијенимо сада формулу за енергију мировања електрона  $E_{0e} = m_{0e}c^2$  и

тригонометријску формулу  $\sin^2 \frac{\theta}{2} = \frac{1 - \cos\theta}{2}$ :

$$\frac{m_{0e}c^2 (\nu - \nu')}{\nu\nu'} = 2h\sin^2 \frac{\theta}{2} \quad /: m_{0e}c$$

$$\frac{c}{\nu'} - \frac{c}{\nu} = 2 \frac{h}{m_{0e}c} \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

$$\lambda' - \lambda = 2\lambda_C \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

гдје је  $\lambda_C = \frac{h}{m_{0e}c} = 2,42\text{pm}$  **комптоновска таласна дужина** електрона. Промјена таласне дужине  $X$ -зрака приликом Комптоновог расијања одговара експерименталним резултатима, па се и Комптонов ефекат сматра још једним доказом о честичној природи електромагнетног зрачења. Такође, на основу ове формуле се добије да је промјена таласне дужине свјетлости занемарљива када су у питању таласне дужине видљиве свјетлости. Дакле, став класичне физике да нема промјене таласне дужине при оваквим расијањима може се примијенити на видиљиву свјетлост.

- Честично- таласна природа свјетлости

У досадашњем изучавању електромагнетних таласа наилазили смо на појаве гдје смо електромагнетне таласе сматрали таласима (интерференција, дифракција, поларизација), али и на појаве гдје електромагнетне таласе сматрамо сноповима честица-фотона (фотоефекат, Комптонов ефекат).

Узрок ове забуне јесте то што се у класичној физици превише вежемо за свакодневно искуство. Према том искуству физички објекти могу бити или таласи или честице. Међутим, одговор на питање о природи електромагнетних таласа већ је дат кроз Планкову хипотезу. Његова формуле за енергију и импулс фотона  $E = h\nu$ ,  $p = \hbar k$  нам објашњавају природу електромагнетних таласа. Ово су формуле за енергију и импулс фотона, што су величине које се користе за описивање честица и тијела.



## КВАНТНА ПРИРОДА ЕЛЕКТРОМАГНЕНТОГ ЗРАЧЕЊА *Максим Мичета*

Међутим у тим формулама појављују се фреквенција и таласни број, што су величине које се користе за описивање таласа.

У квантној механици ослобађамо се свакодневног искуства и класичних схватања природе ствари. Електромагнетни таласи се сматрају и таласима и честицама, и зато се каже да је **природа електромагнетних таласа честично-таласна**. Честична природа електромагнетних таласа (свјетлости) се испољава тек када је енергија фотона велика, то значи на већим фреквенцијама. За описивање оваквих објеката (**талас-честица**) се користи такозвана **таласна функција  $\psi$** , којом ћемо се бавити у наредном поглављу.