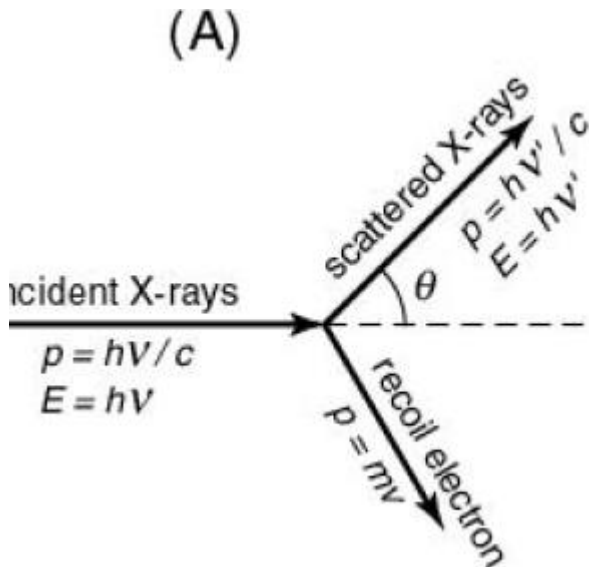


Comptonovo raspršenje ili **Comptonov efekt**, je smanjenje energije (porast valne duljine) fotona X-zraka ili gama zraka pri interakciji s materijom. Povećanje valne duljine se zove **Comptonov pomak**. Iako postoji i nuklearno komptonovo raspršenje pod komptonovim raspršenjem podrazumijevamo interakciju koja uključuje samo elektrone u atomu. Comptonov efekt je uočio Arthur Holly Compton 1923, za što je dobio 1927. Nobelovu nagradu.

Ta pojava je važna jer ukazuje na činjenicu da se svjetlost ne može objasniti samo kao valni fenomen. U Comptonovom eksperimentu svjetlost se ponaša kao struja čestica čija energija je proporcionalna s frekvencijom. Interakciju između visokoenergetskih fotona i elektrona promatramo kao elastični sudar u kojem foton dio energije predaje elektronu (čija je kinetička energija prije sudara nula) a ostatak energije foton emitira pod kutem θ u odnosu na smjer ulaznog zračenja tako da je ukupna količina gibanja sustava konstantna.

Comptonovo raspršenje se pojavljuje u svim materijalima, većinom s fotonima energija od otprilike 0.5 do 3.5 MeV.



Compton je kombinirao fundamentalne izraze predstavljajući različite aspekte klasične i moderne fizike da bi opisao kvantno ponašanje svjetlosti:

- Svjetlost je čestica (fotolektrični efekt).
- Elastičan sudar (zakon sačuvanja količine gibanja i relativističke energije elektrona)

Konačni rezultat je **Comptonova jednadžba raspršenja**:

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos \theta)$$

Gdje je

λ valna duljina fotona **prije** raspršenja,

f frekvencija fotona **prije** raspršenja

λ' valna duljina fotona **poslije** raspršenja,

f' frekvencija fotona **poslije** raspršenja

m_e masa elektrona,

$h/(m_e c)$ [Comptonova valna duljina](#)

θ kut pod kojim se rasprši foton

φ kut pod kojim se rasprši elektron

h [Planckova konstanta](#)

c brzina svjetlosti.

Comptonova valna duljina je 2.43×10^{-12} m

Zakon sačuvanja energije i količine gibanja:

$$E_\gamma + E_e = E'_{\gamma'} + E'_{e'} \quad (1)$$

$$\vec{p}_\gamma = \vec{p}'_{\gamma'} + \vec{p}'_{e'} \quad (2)$$

Gdje su

E_γ i p_γ energija i količina gibanja fotona

E_e i p_e energija i količina gibanja elektrona.

Zakon sačuvanja ukupne relativističke energije:

$$E_\gamma + E_e = E_{\gamma'} + E_{e'}$$

$$hf + mc^2 = hf' + \sqrt{(p_{e'}c)^2 + (mc^2)^2}$$

Izrazimo količinu gibanja elektrona poslije sudara $p_{e'}$:

$$(hf + mc^2 - hf')^2 = (p_{e'}c)^2 + (mc^2)^2$$

$$\frac{(hf + mc^2 - hf')^2 - m^2c^4}{c^2} = p_{e'}^2 \quad (3)$$

Iz jednadžbe (2) izrazimo $p_{e'}$

$$\vec{p}_{e'} = \vec{p}_\gamma - \vec{p}_{\gamma'}$$

I kvadriramo da dobijemo $p_{e'}^2$

$$\vec{p}_{e'}^2 = (\vec{p}_\gamma - \vec{p}_{\gamma'})^2$$

$$p_{e'}^2 = p_\gamma^2 + p_{\gamma'}^2 - 2\vec{p}_\gamma \cdot \vec{p}_{\gamma'}$$

$$p_{e'}^2 = p_\gamma^2 + p_{\gamma'}^2 - 2|p_\gamma||p_{\gamma'}|\cos(\theta)$$

$$p_{e'}^2 = \left(\frac{hf}{c}\right)^2 + \left(\frac{hf'}{c}\right)^2 - 2\left(\frac{hf}{c}\right)\left(\frac{hf'}{c}\right)\cos\theta \quad (4)$$

Sada imamo dvije jednadžbe za $p_{e'}^2$ (jednadžbe 3 & 4), koje izjednačimo:

$$\left(\frac{hf}{c}\right)^2 + \left(\frac{hf'}{c}\right)^2 - \frac{2h^2ff'\cos\theta}{c^2} = \frac{(hf + mc^2 - hf')^2 - m^2c^4}{c^2}$$

$$hf - hf' = K_e$$

Želimo jednostavniji izraz. Prvo množimo sve sa c^2 :

$$h^2 f^2 + h^2 f'^2 - 2h^2 f f' \cos \theta = (hf + mc^2 - hf')^2 - m^2 c^4.$$

Riješimo desnu stranu jednadžbe:

$$h^2 f^2 + h^2 f'^2 - 2h^2 f f' \cos \theta = h^2 f^2 + m^2 c^4 + h^2 f'^2 - 2h^2 f f' + 2h(f - f')mc^2 - m^2 c^4$$

Neki se članovi pokrate pa dobijemo:

$$-2h^2 f f' \cos \theta = -2h^2 f f' + 2h(f - f')mc^2.$$

Podijelimo obje strane sa $2h$

$$h f f' \cos \theta = h f f' - (f - f')mc^2$$

$$(f - f')mc^2 = h f f' (1 - \cos \theta).$$

Pa sa mc^2 i nakon toga sa $f f'$:

$$\frac{f - f'}{f f'} = \frac{h}{mc^2} (1 - \cos \theta).$$

Lijevu stranu izraza napišemo jednostavnije:

$$\frac{1}{f'} - \frac{1}{f} = \frac{h}{mc^2} (1 - \cos \theta)$$

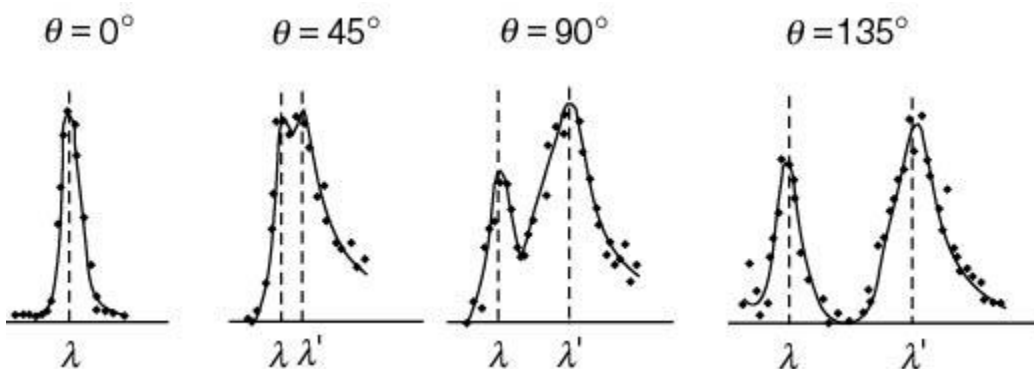
To je **Comptonova jednadžba raspršenja**, koja se obično kao funkcija λ a ne f , pa uvrstimo:

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos \theta)$$

Znači, valna duljina raspršenih X zraka postaje veća kako raste kut raspršenja.

Comptonovi rezultati za kuteve raspršenja, 0° , 45° , 90° and 135° , su na slici. Svaki graf predstavlja intenzitet X zraka (ordinata) kao funkciju valne duljine (apscisa).



Kako kut raspršenja raste, intenzitet X zraka se razdvaja u dva maksimuma; desni je maksimum za veće valne duljine λ' što se podudara sa gornjim izrazom.

Valna duljina drugog maksimuma je ista kao i valna duljina upadnog zračenja. To odgovara raspršenju upadnog fotona na cijelom atomu čija masa je bitno veća od mase elektrona, pa se ne uočava promjena u valnoj duljini. Tako je čestično svojstvo **X zraka potpuno dokazano**. Raspršeni elektron se nije detektirao u Comptonovom eksperimentu, ali je nešto kasnije uspješno snimljen s [Wilsonovom komorom](#).

Nakon što je Einstein predložio **hipotezu o kvantu svjetlosti** 1905, bilo je sumnji o čestičnoj prirodi svjetlosti otprilike 20 godina. Nakon Comptonovih eksperimentalnih rezultata sumnji više nije bilo. Tada je čestica svjetlosti (**kvant svjetlosti**) nazvana **foton**.