

Sugárzások kölcsönhatása az anyaggal

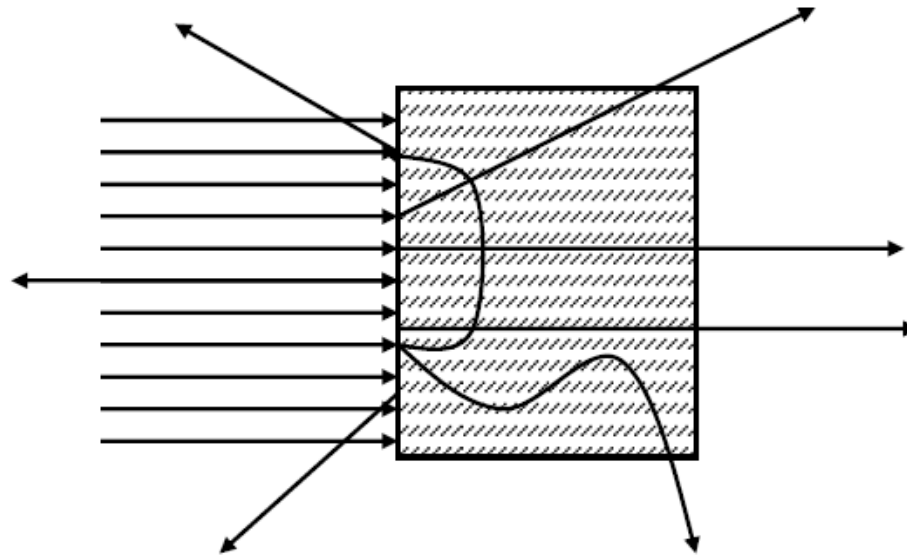
Madas Balázs

Az elektromágneses sugárzások ionizációs kölcsönhatásai: fotoeffektus, Compton-effektus, és párképzés.

1905 - Einstein csodálatos éve

- On the Electrodynamics of Moving Bodies
- Does the Inertia of a Body Depend on Its Energy Content?
- On a Heuristic Point of View Concerning the Production and Transformation of Light
- On the Movement of Small Particles Suspended in Stationary Liquids Required by the Molecular-Kinetic Theory of Heat
- A New Determination of Molecular Dimensions

Gamma-sugárzás elnyelődése



$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}$$

ahol :

μ' - lineáris abszorpciós együttható

x - vastagság

Fotoeffektus

- <https://phet.colorado.edu/en/simulation/photoelectric>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Photoelectric_effect

Fotoeffektus

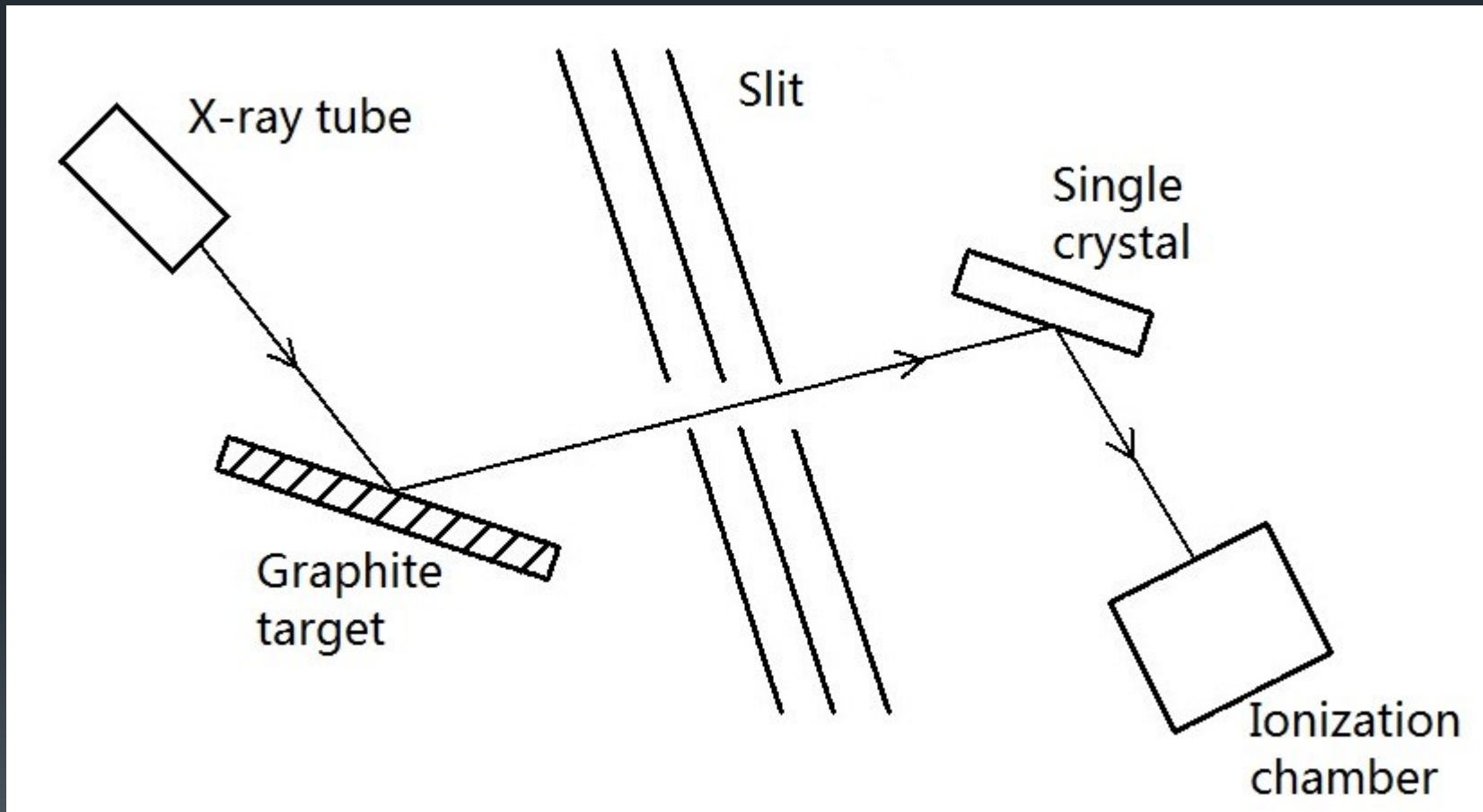
$$K_{\max} = h f - \varphi,$$

$$\varphi = h f_0,$$

$$K_{\max} = h (f - f_0).$$

$$q_e V_0 = K_{\max}.$$

Compton-szórás

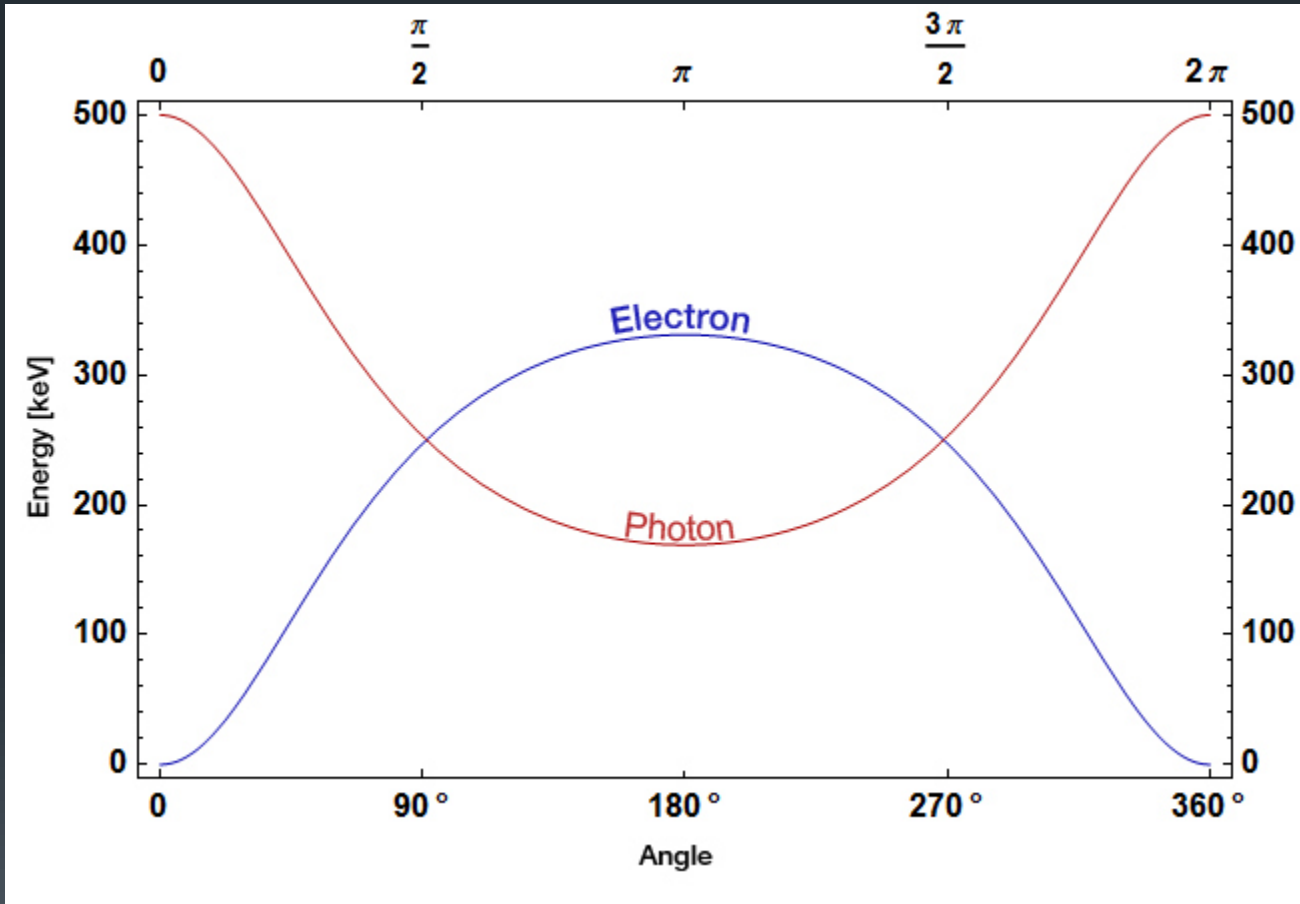


Compton-szórás

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta),$$

$$E_{\gamma'} = \frac{E_{\gamma}}{1 + (E_{\gamma}/m_e c^2)(1 - \cos \theta)}.$$

Compton-szórás



https://en.wikipedia.org/wiki/Compton_scattering

Compton-szórás

$$E = mc^2 \quad mc^2 = hf \quad p = hf/c$$

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

$$E_\gamma = hf \quad E_{\gamma'} = hf' \quad E_e = m_e c^2$$

$$E_{e'} = \sqrt{(p_{e'} c)^2 + (m_e c^2)^2}$$

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

$$\mathbf{p}_\gamma = \mathbf{p}_{\gamma'} + \mathbf{p}_{e'}, \quad \mathbf{p}_{e'} = \mathbf{p}_\gamma - \mathbf{p}_{\gamma'}$$

$$\begin{aligned} p_{e'}^2 &= \mathbf{p}_{e'} \cdot \mathbf{p}_{e'} = (\mathbf{p}_\gamma - \mathbf{p}_{\gamma'}) \cdot (\mathbf{p}_\gamma - \mathbf{p}_{\gamma'}) \\ &= p_\gamma^2 + p_{\gamma'}^2 - 2p_\gamma p_{\gamma'} \cos \theta \end{aligned}$$

$$p_{e'}^2 c^2 = p_\gamma^2 c^2 + p_{\gamma'}^2 c^2 - 2c^2 p_\gamma p_{\gamma'} \cos \theta$$

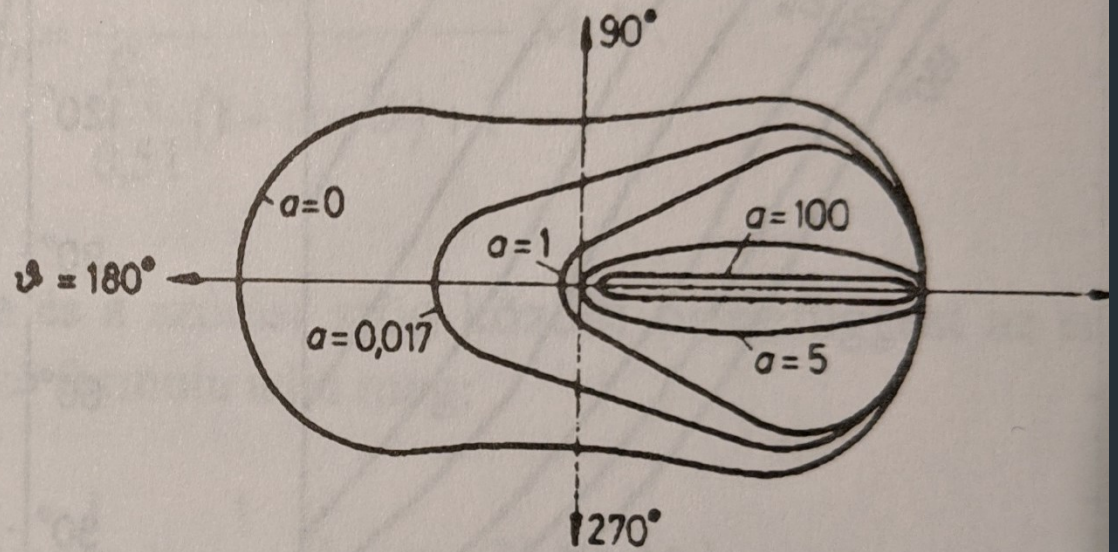
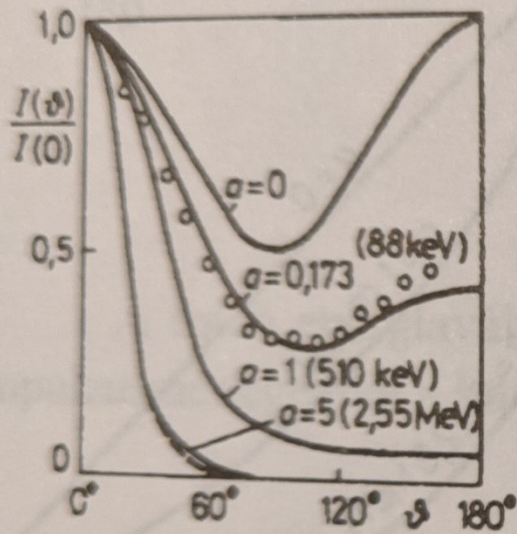
$$(hf - hf' + m_e c^2)^2 - m_e^2 c^4 = (hf)^2 + (hf')^2 - 2h^2 ff' \cos \theta$$

$$2hfm_e c^2 - 2hf'm_e c^2 = 2h^2 ff' (1 - \cos \theta)$$

$$\cot \varphi = \left(1 + \frac{hf}{m_e c^2} \right) \tan(\theta/2)$$

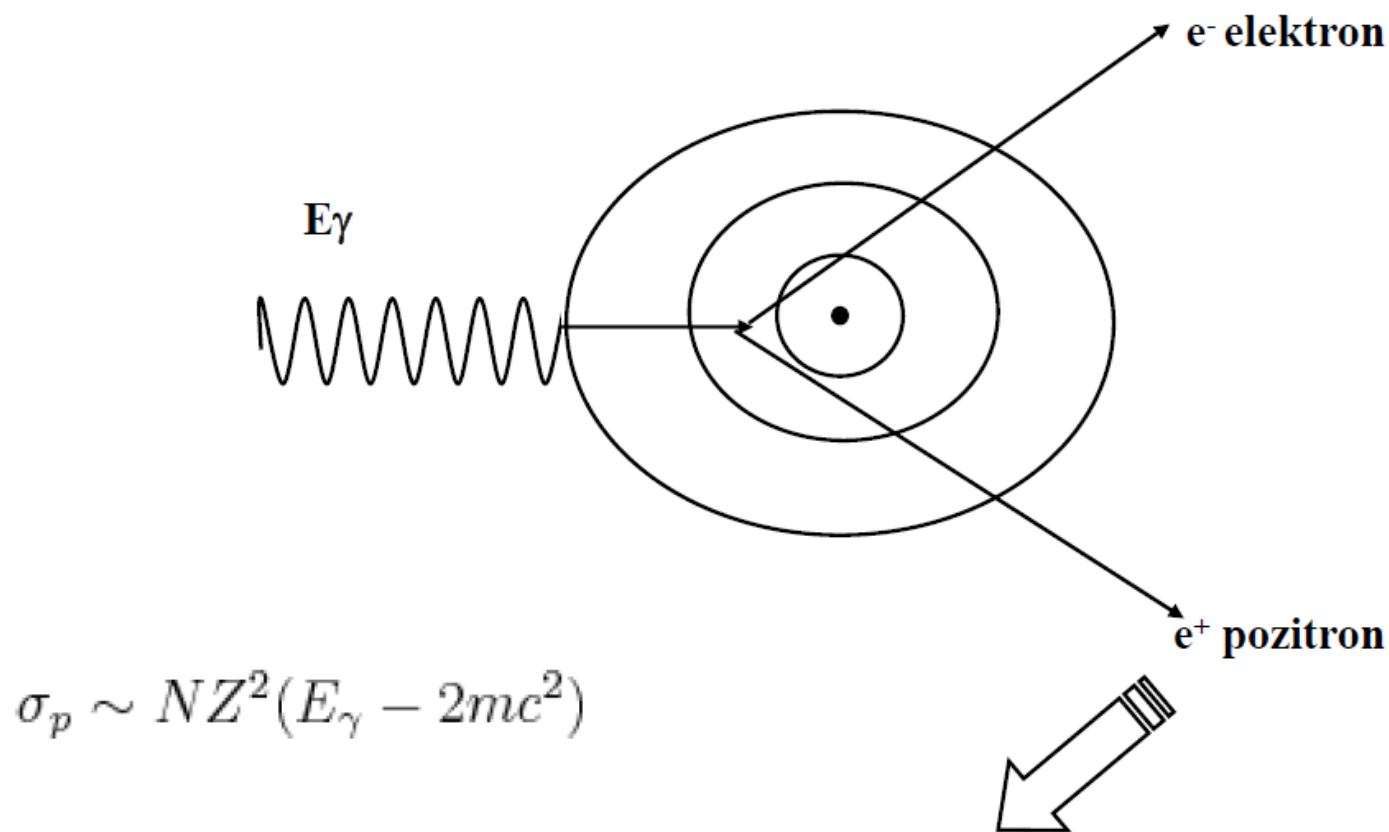
$$\frac{c}{f'} - \frac{c}{f} = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta) \quad \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta)$$

Az utolsó dián a jelölések.



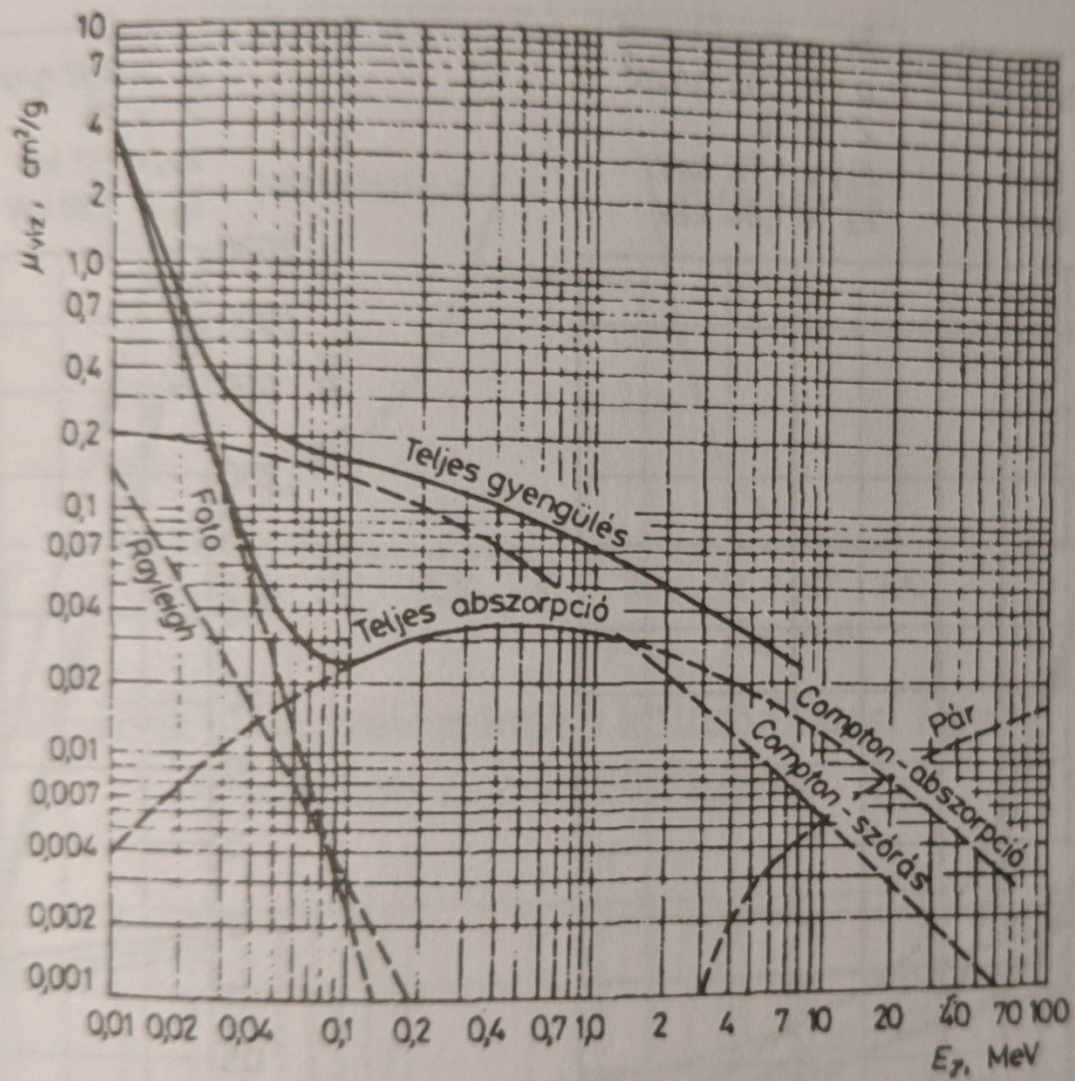
4.44. ábra. A szórt fotonok szögeloszlása (— elméleti, ooo kísérleti)

Párképzés $E_\gamma > 1.02 \text{ MeV}$

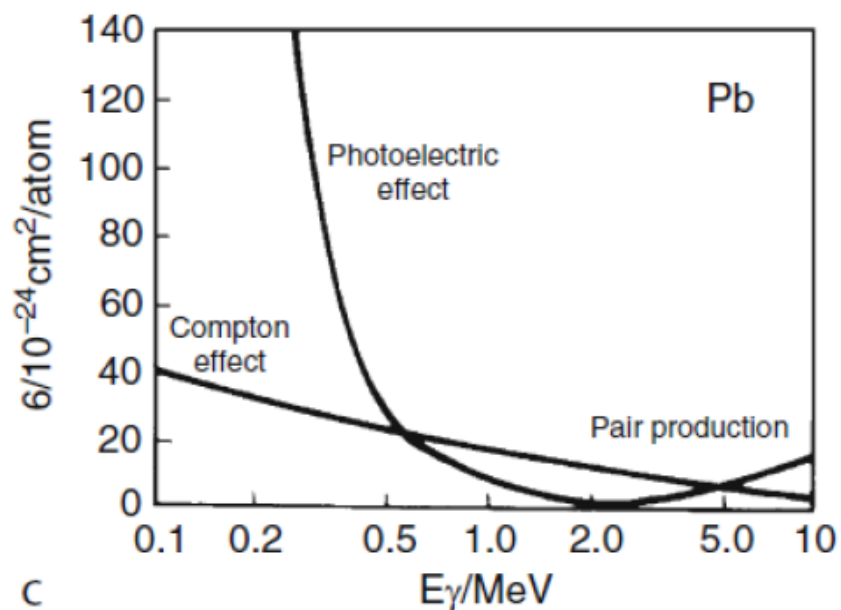
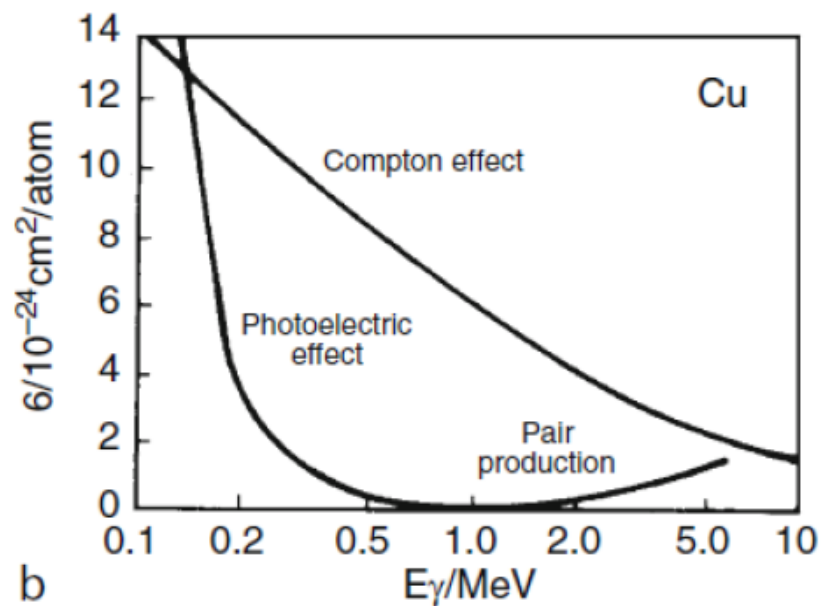
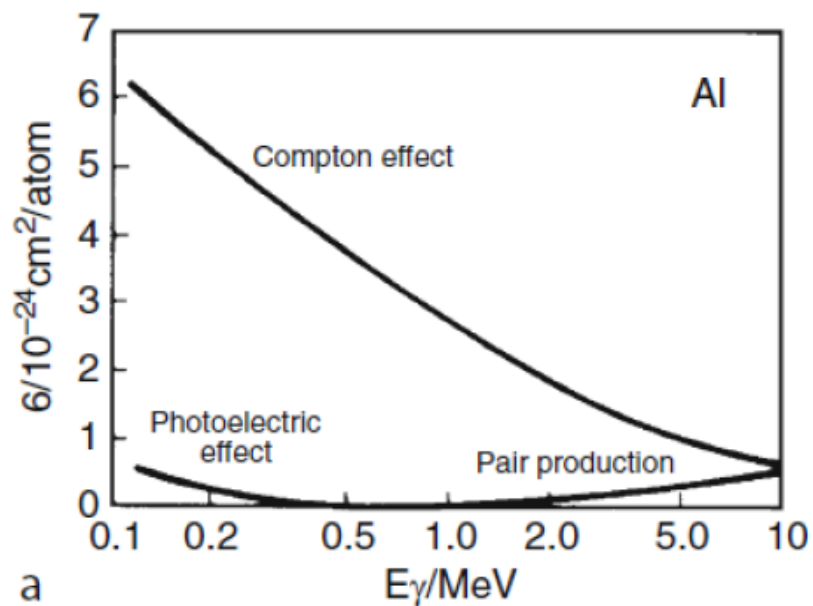


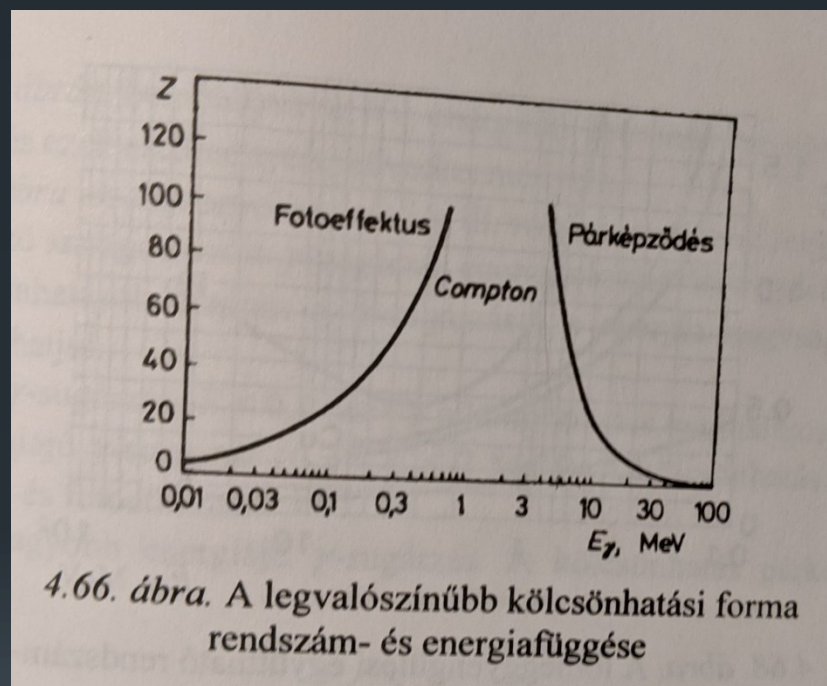
$$\sigma_p \sim NZ^2(E_\gamma - 2mc^2)$$

ANNIHILÁCIÓ

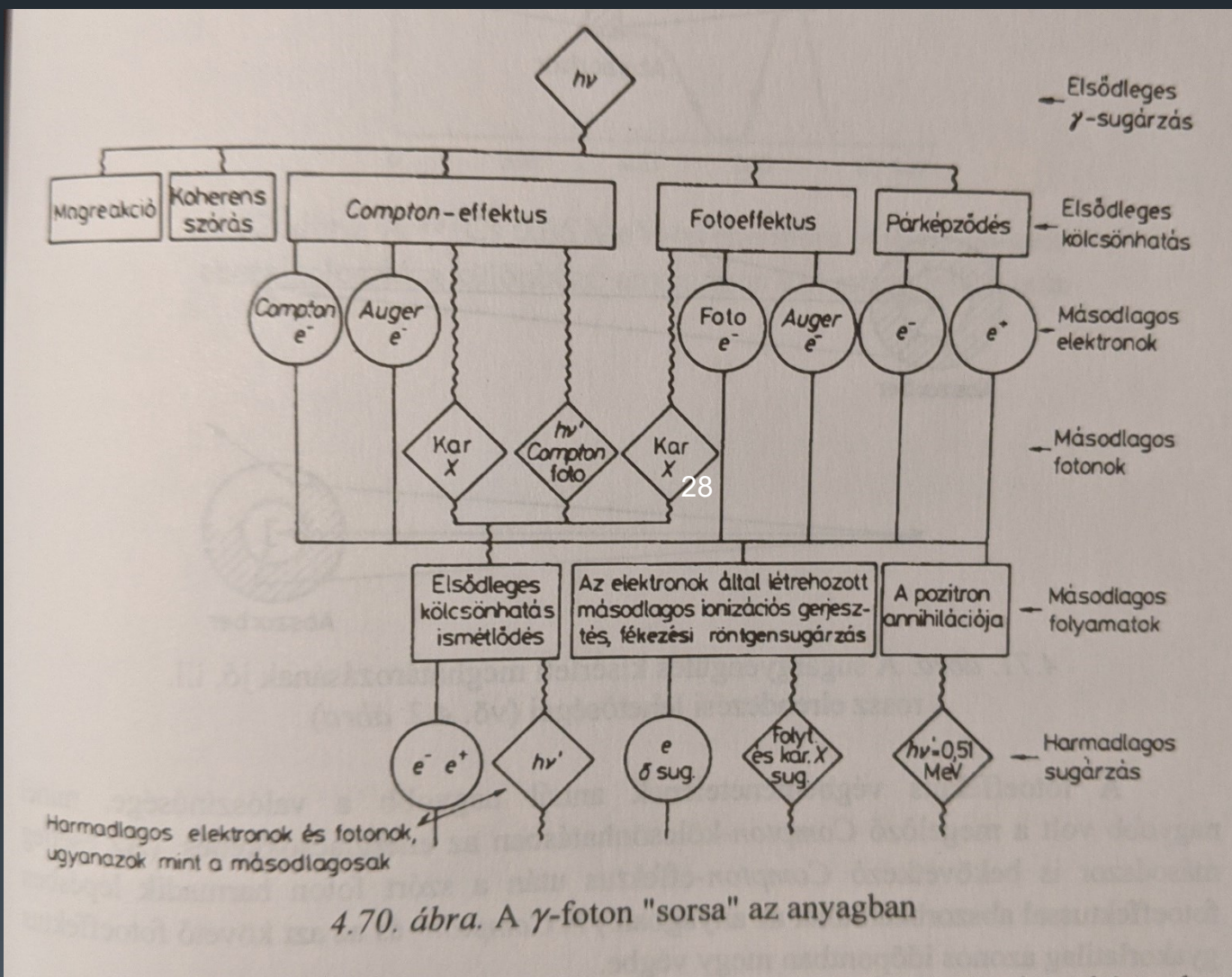


4.62. ábra. A γ -sugárzás abszorpciója vízben





4.66. ábra. A legvalószínűbb kölcsönhatási forma rendszám- és energiafüggése



Compton-szórás

$$E = mc^2 \quad mc^2 = hf \quad p = hf/c$$

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

$$E_\gamma = hf \quad E_{\gamma'} = hf' \quad E_e = m_e c^2$$

$$E_{e'} = \sqrt{(p_{e'} c)^2 + (m_e c^2)^2}$$

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

$$\mathbf{p}_\gamma = \mathbf{p}_{\gamma'} + \mathbf{p}_{e'}, \quad \mathbf{p}_{e'} = \mathbf{p}_\gamma - \mathbf{p}_{\gamma'}$$

$$\begin{aligned} p_{e'}^2 &= \mathbf{p}_{e'} \cdot \mathbf{p}_{e'} = (\mathbf{p}_\gamma - \mathbf{p}_{\gamma'}) \cdot (\mathbf{p}_\gamma - \mathbf{p}_{\gamma'}) \\ &= p_\gamma^2 + p_{\gamma'}^2 - 2p_\gamma p_{\gamma'} \cos \theta. \end{aligned}$$

$$p_{e'}^2 c^2 = p_\gamma^2 c^2 + p_{\gamma'}^2 c^2 - 2c^2 p_\gamma p_{\gamma'} \cos \theta.$$

$$(hf - hf' + m_e c^2)^2 - m_e^2 c^4 = (hf)^2 + (hf')^2 - 2h^2 ff' \cos \theta,$$

$$2hfm_e c^2 - 2hf'm_e c^2 = 2h^2 ff' (1 - \cos \theta).$$

$$\cot \varphi = \left(1 + \frac{hf}{m_e c^2} \right) \tan(\theta/2).$$

$$\frac{c}{f'} - \frac{c}{f} = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta). \quad \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta).$$

Compton-szórás

- E – energia
 - M – tömeg
 - p – lendület
 - f – frekvencia
 - c – fénysebesség
 - h – Planck-állandó
 - λ – hullámhossz
 - Θ – a foton mozgásirányának szögváltozása
-
- az indexek a részecskét jelölik (vessző nélkül a kölcsönhatás előtti mennyiséget, vesszővel a kölcsönhatás utánit)
 - A félkövér szedés vektort jelent