

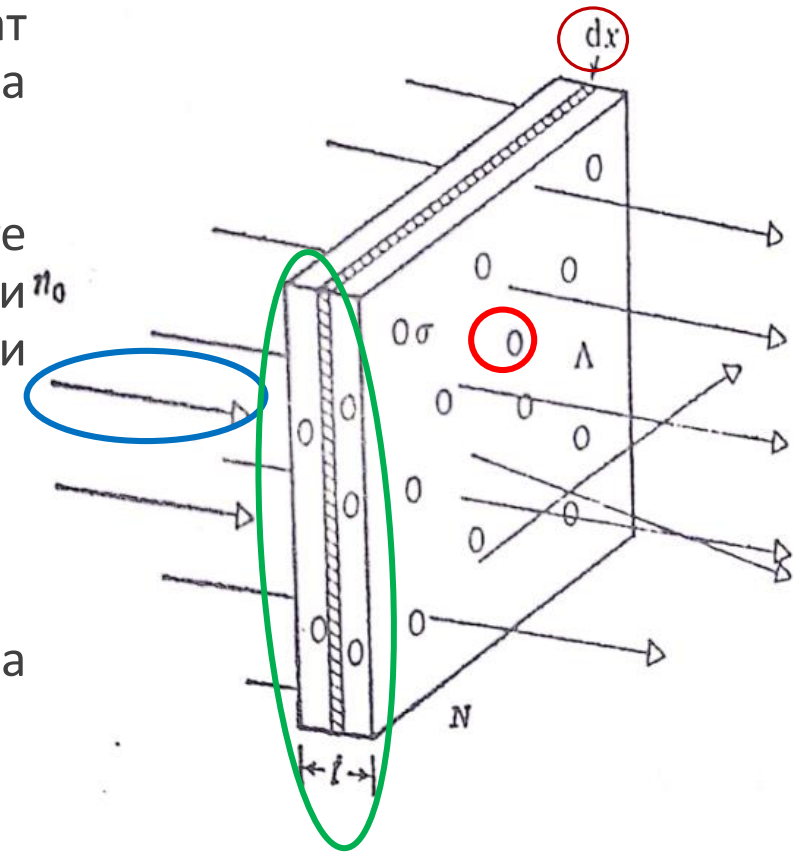
Премин на гама- зрачењето низ материјал

Вовед. Ефикасен пресек

- Разгледуваме паралелен сноп од n_0 честички кои упаѓаат нормално на фолија од материјал со дебелина t која содржи N центри на интеракција во единица волумен.
- Веројатноста за интеракција меѓу проектилот и метите во еден тенок слој од фолијата со дебелина dx , зависи n_0 право пропорционално од плоштината која ги карактеризира центрите на интеракција:

$$dP = N\sigma dx;$$

- Величината σ се нарекува ефикасен пресек и игра најзначајна улога при процеси на расејување.



Ослабување (атенуација) на снопот

- Ако претпоставиме дека секоја интеракција истерува честичка од снопот, за слабеењето на снопот имаме:

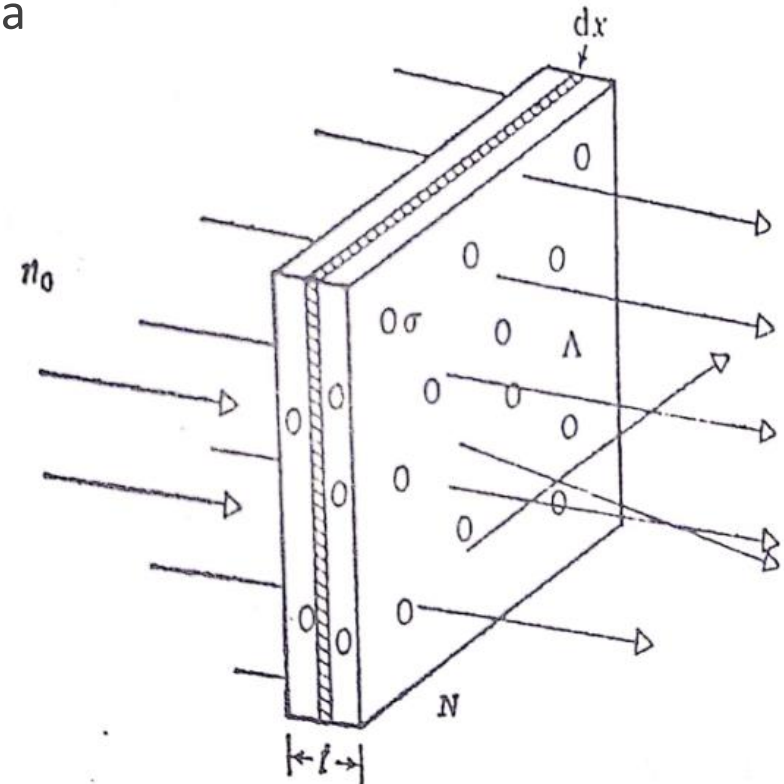
$$dn = -nN\sigma dx,$$

односно:

$$n(x) = n_0 e^{-N\sigma x} = n_0 e^{-\mu x}.$$

- Дефинираваме линеарен коефициент на ослабување:

$$\mu = N\sigma.$$



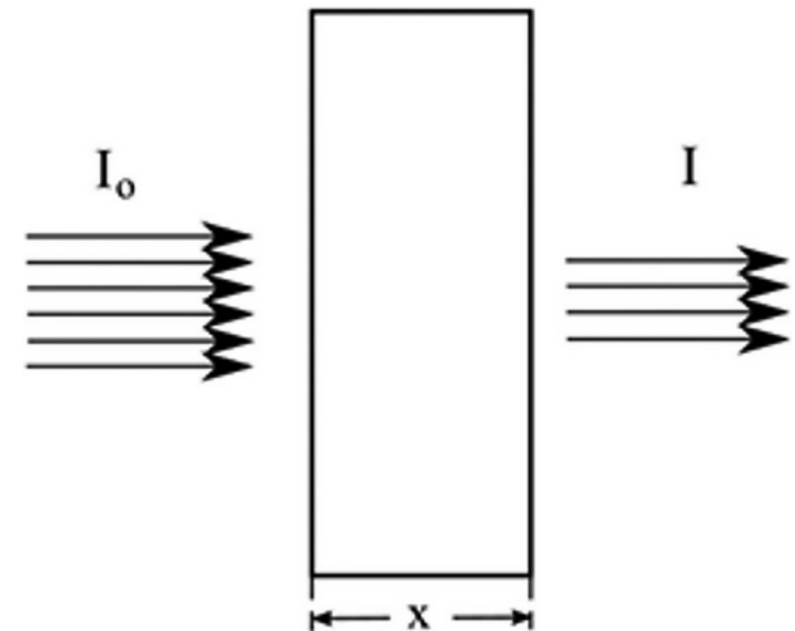
Атенуација на гама зрачење

- Гама зраците се карактеризираат со интензитет на снопот, па можеме да запишеме:

$$I(x) = I_0 e^{-\mu x} = I_0 e^{-N\sigma x}.$$

- Атенуацијата се случува поради:
 - Апсорбција
 - Расејување

$$\mu = \mu_a + \mu_s$$



Процеси на интеракција

- Гама зраците при преминот низ материјата својата енергија ја губат преку три процеси на интеракција:
 - Фотоефект (PE)
 - Комптоново расејување (CE)
 - Создавање парови електрон-позитрон ($e^- - e^+$) (PP)
- Секој од овие процеси е независен, па линеарниот коефициент на атенуација претставува збир од поединечните коефициенти:

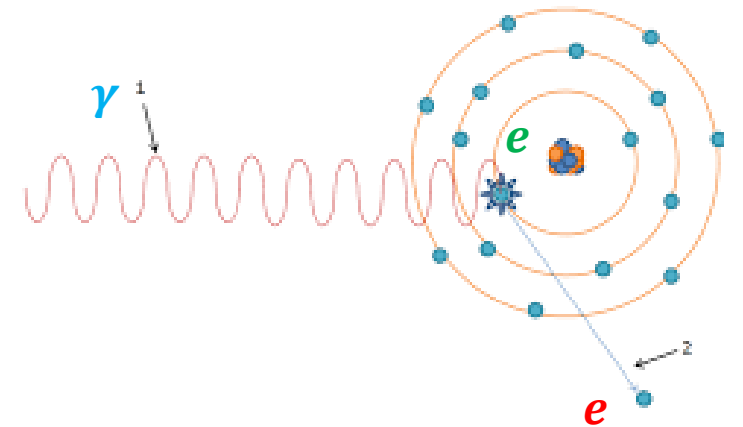
$$\mu = \mu_{PE} + \mu_{CE} + \mu_{PP}$$

Фотоефект I

- Процес на интеракција на гама зрачењето со електроните сврзани во атомите на материјалот, при што гама зрачењето ја предава целата своја енергија на електронот.

$$T_e = E_g - B_i$$

- Јонизациониот потенцијал B_i зависи од слојот во кој се наоѓа електронот.
- Ослободеното место во електронскиот слој се пополнува со електрони од подалечните слоеви.
- Фотоефектот не е можен доколку електронот е слободен!

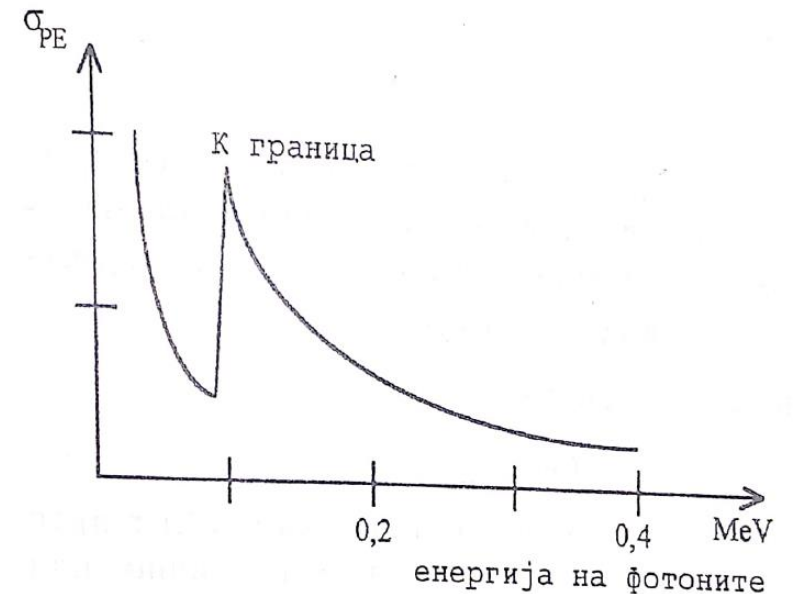


Фотоефект II

- Колку електронот е послабо врзан за атомот, во однос на енергијата на гама квантите, дотолку е помала веројатноста за фотоефект. Затоа најголема е веројатноста за фотоефект на електроните од K-слојот.
- Скоковите во ефикасниот пресек одговараат на енергиите на врзување на електроните во атомите.

$$\sigma_{PE} \propto \frac{Z^5}{E_\gamma}, E_\gamma \gg B_i; \sigma_{PE} \propto \frac{Z^5}{E_\gamma^2}, E_\gamma > B_i$$

- Заклучуваме дека фотоефектот е значаен за тешките елементи и за гама зраците со пониска енергија.



Комптонов ефект I

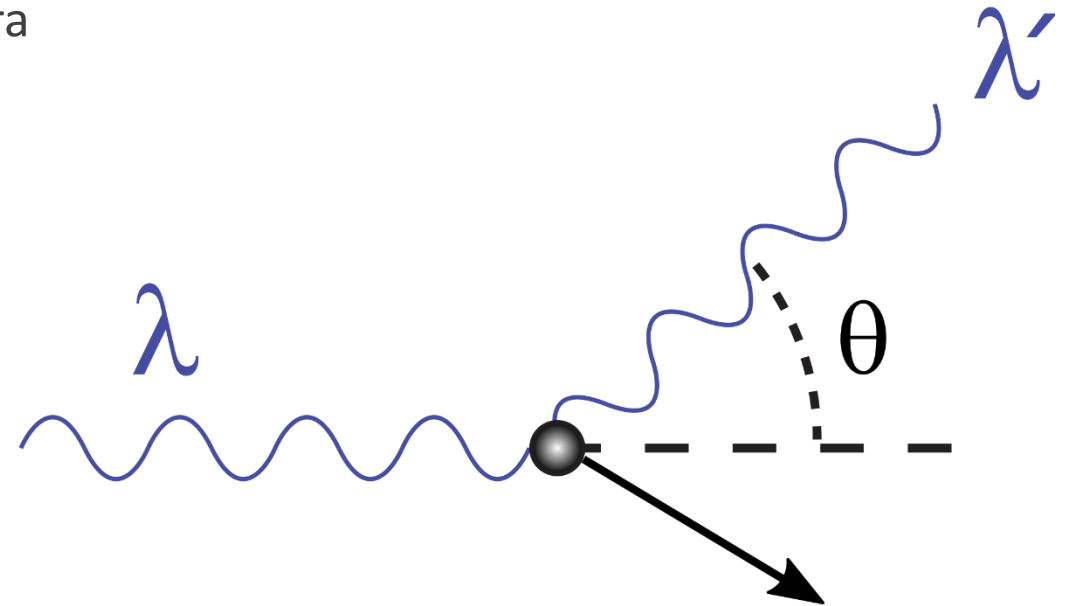
- Расејување на гама зраци од скоро слободни електрони, при што се променува брановата должина на фотонот.

Комптонова бранова должина

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

- Енергијата на расејаниот γ зрак пак е еднаква на:

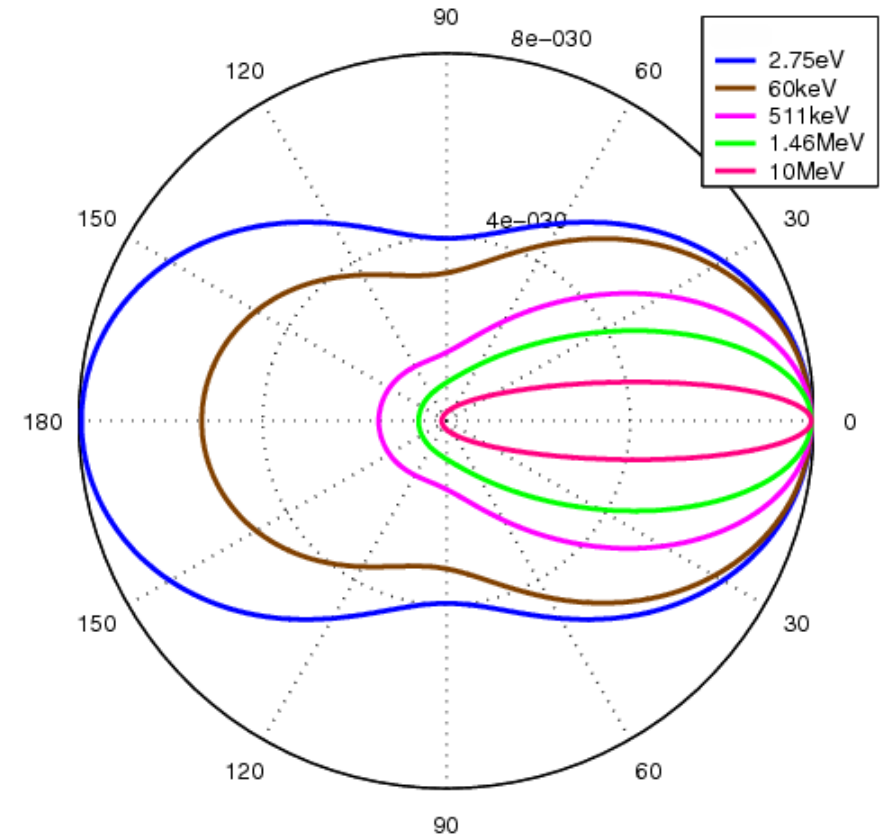
$$E' = \frac{E}{1 + \frac{E}{m_e c^2} (1 - \cos \theta)}.$$



Комптонов ефект II

- Општата формула за ефикасниот пресек кај Комптоновото расејување е многу сложена а е дадена со познатата формула на Клајн-Нишина.
- За најголем дел од енергиите од интерес, важи следнава релација:

$$\sigma_{CE} \propto \frac{Z}{E_\gamma}$$

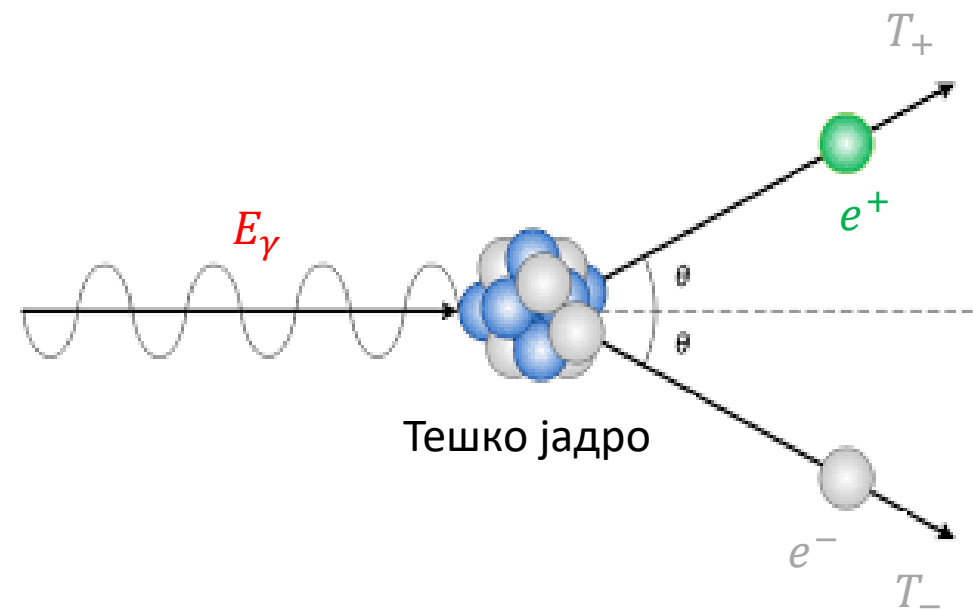


Создавање на пар електрон-позитрон I

- При расејување на високо енергетски гама зрак од тешко јадро, возможно е да се создадат пар електрон-позитрон.
- Јадрото е неопходно за законот за запазување на импулсот да биде исполнет. Енергијата пак при процесот скоро целосно се пренесува на електронот и позитронот:

$$E_\gamma = T_+ + T_- + 2m_e c^2.$$

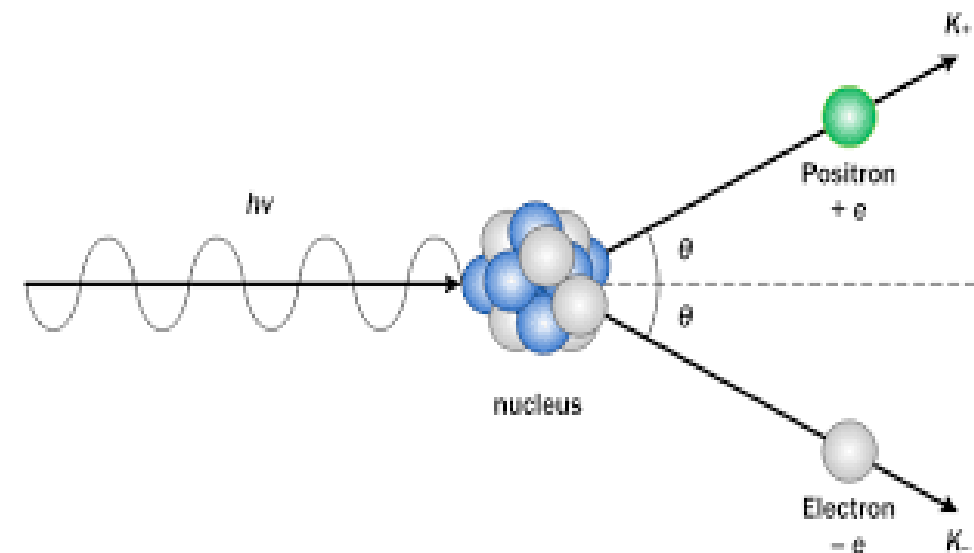
- Јасно е дека за процесот да биде енергетскивозможен, потребно е $E_\gamma > 2m_e c^2 = 1,022 \text{ MeV}$.



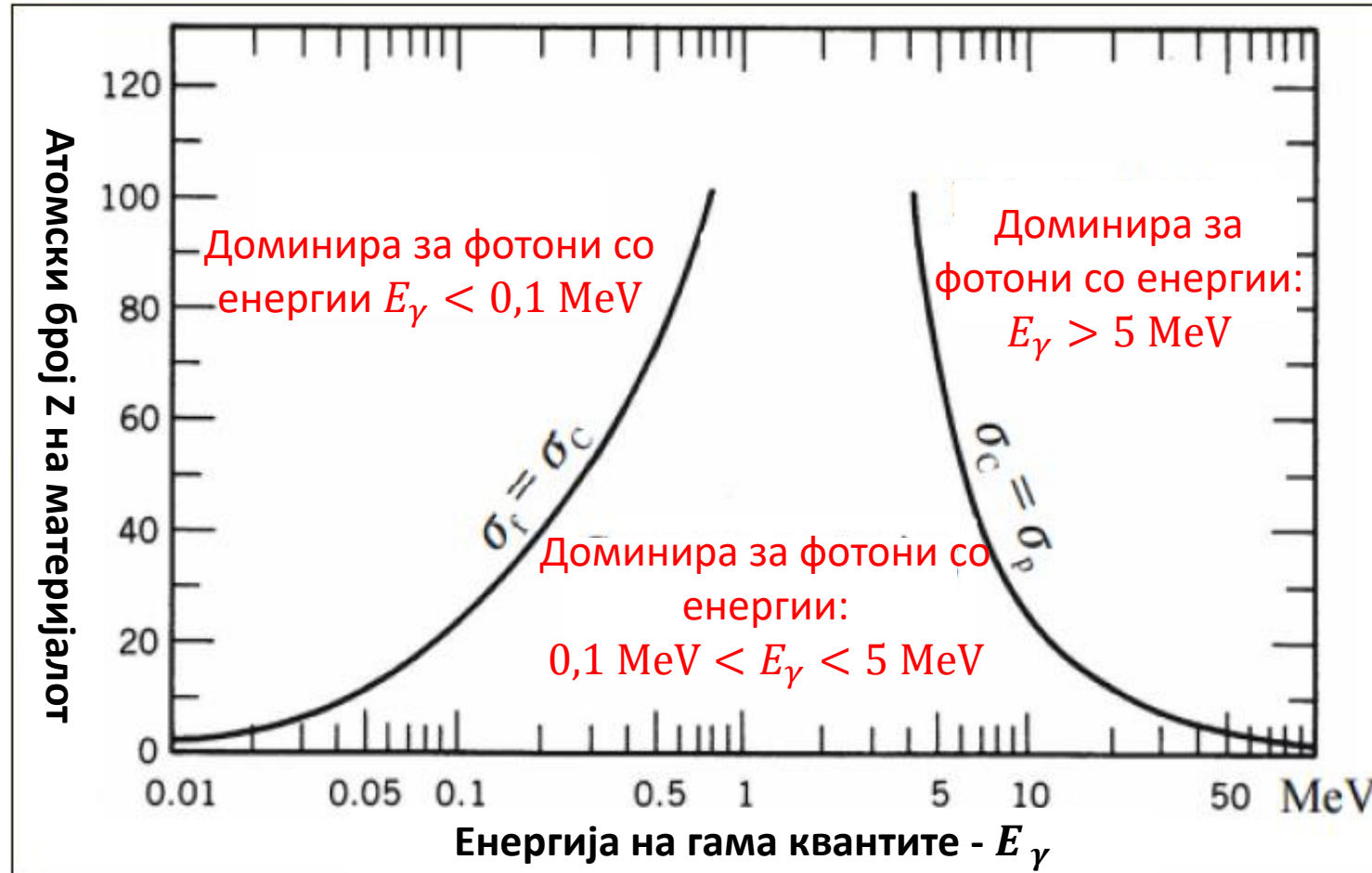
Создавање на пар електрон-позитрон II

- Возможен е и обратниот процес при кој позитрон и електрон се анигилираат, создавајќи два гама кванти.
- За ефикасниот пресек на создавањето пар ($e^- - e^+$) важи следнава релација:

$$\sigma_{PP} \propto Z^2 E_\gamma.$$



Споредба на трите процеси



Заклучоци

- При изучување на атенуацијата на гама зраците, од теориски аспект потребно е да се знае ефикасниот пресек, односно линеарниот атенуационен коефициент.

$$I(x) = I_0 e^{-\mu x}.$$

- Гама зраците дејствуваат со материјата преку трите процеси: фотоелектричен ефект, Комптоново расејување и создавање на пар електрон – позитрон.

- Фотоефектот доминира за ниски енергии на гама зраците, Комптоновото расејување е најбитен процес за зраците со средна енергија а пак креирањето пар електрон-позитрон е најбитен за високо енергетските гама зраци.

- Атенуациониот коефициент е збир од поединечните коефициенти на процесите, односно:

$$\mu = \mu_{PE} + \mu_{CE} + \mu_{PP}.$$