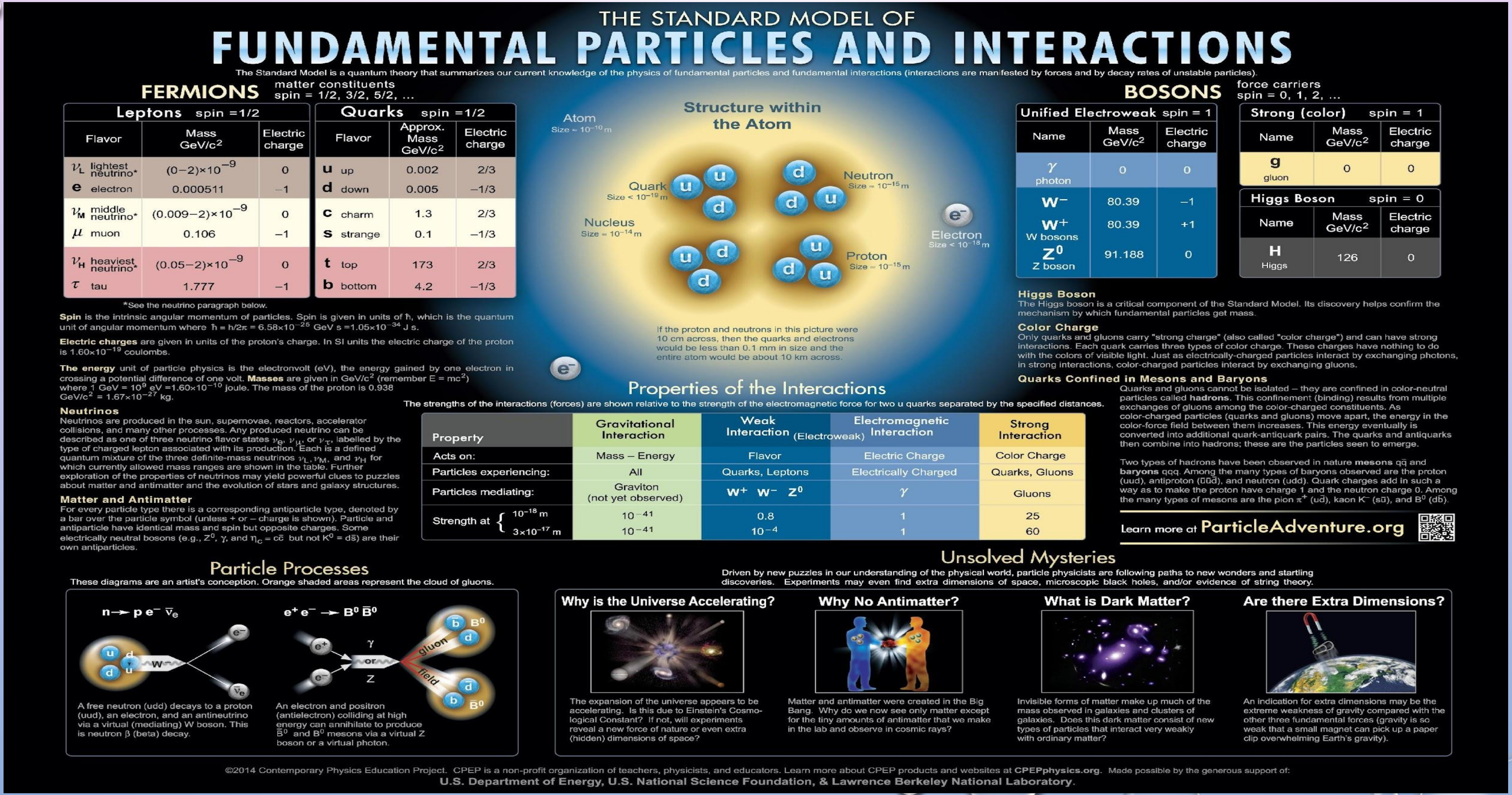
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

АВТОР ПРЕЗЕНТАЦИИ: СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ КАФЕДРЫ ЯИРБ, БОГАЧЁВА Е.С.

СТАНДАРТНАЯ МОДЕЛЬ

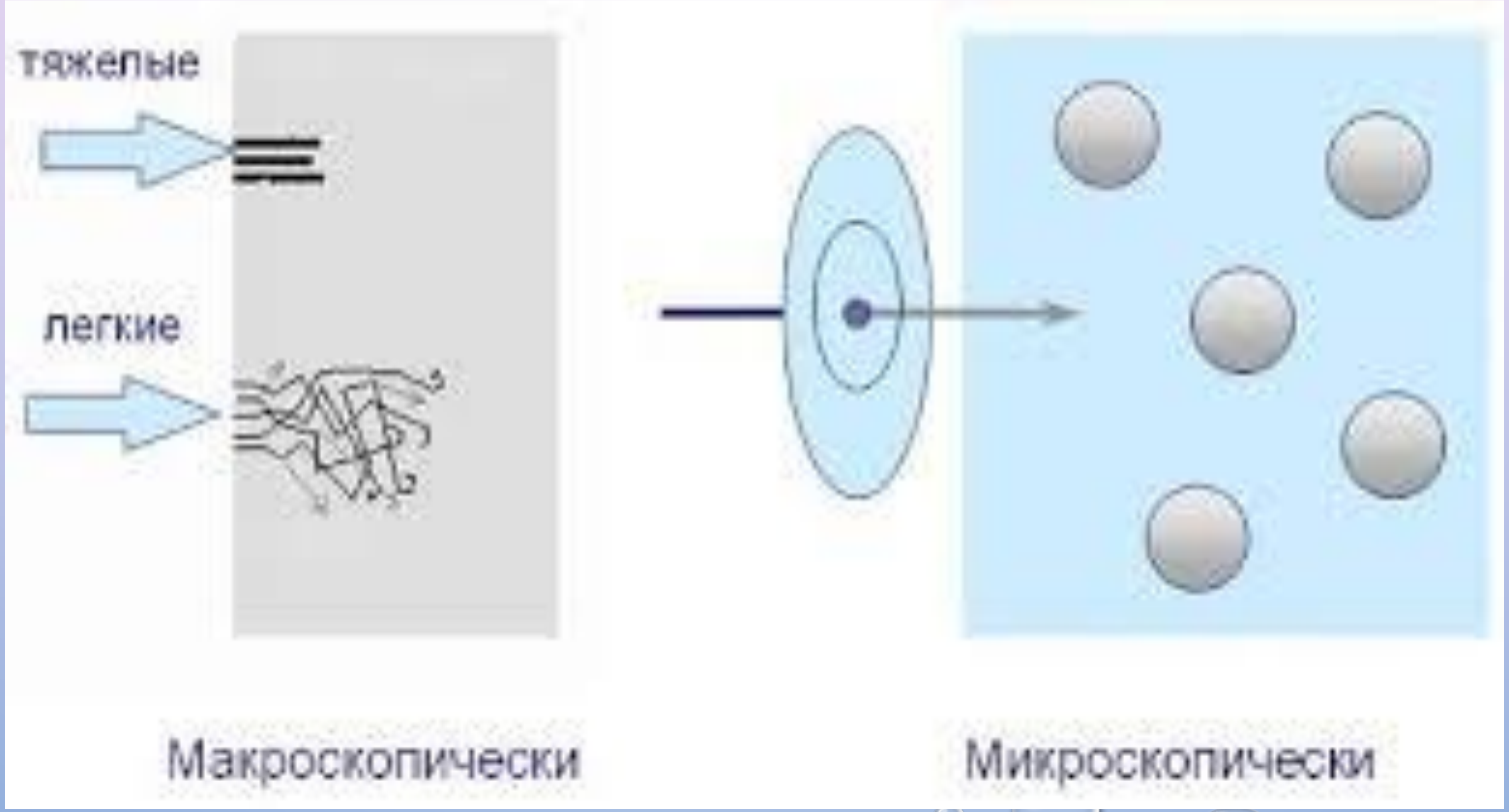


ВИДЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Charged Particulate Radiations		Uncharged Radiations
Heavy charged particles (characteristic distance $\cong 10^{-5}$ m)	$\Leftarrow$	Neutrons (characteristic length $\cong 10^{-1}$ m)
Fast electrons (characteristic distance $\cong 10^{-3}$ m)	$\Leftarrow$	X-rays and gamma rays (characteristic length $\cong 10^{-1}$ m)

Тяжелые заряженные частицы (характерный пробег 10^{-5} м)	=>	Нейтроны (характерная длина 10^{-1} м)
Легкие заряженные частицы (характерный пробег 10^{-3} м)	=>	Рентгеновское и гамма-излучение (10^{-1} м)

СХЕМАТИЧЕСКИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ И ЛЕГКИХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ВЕЩЕСТВЕ



ПРОЦЕССЫ ИОНИЗАЦИИ И ВОЗБУЖДЕНИЯ

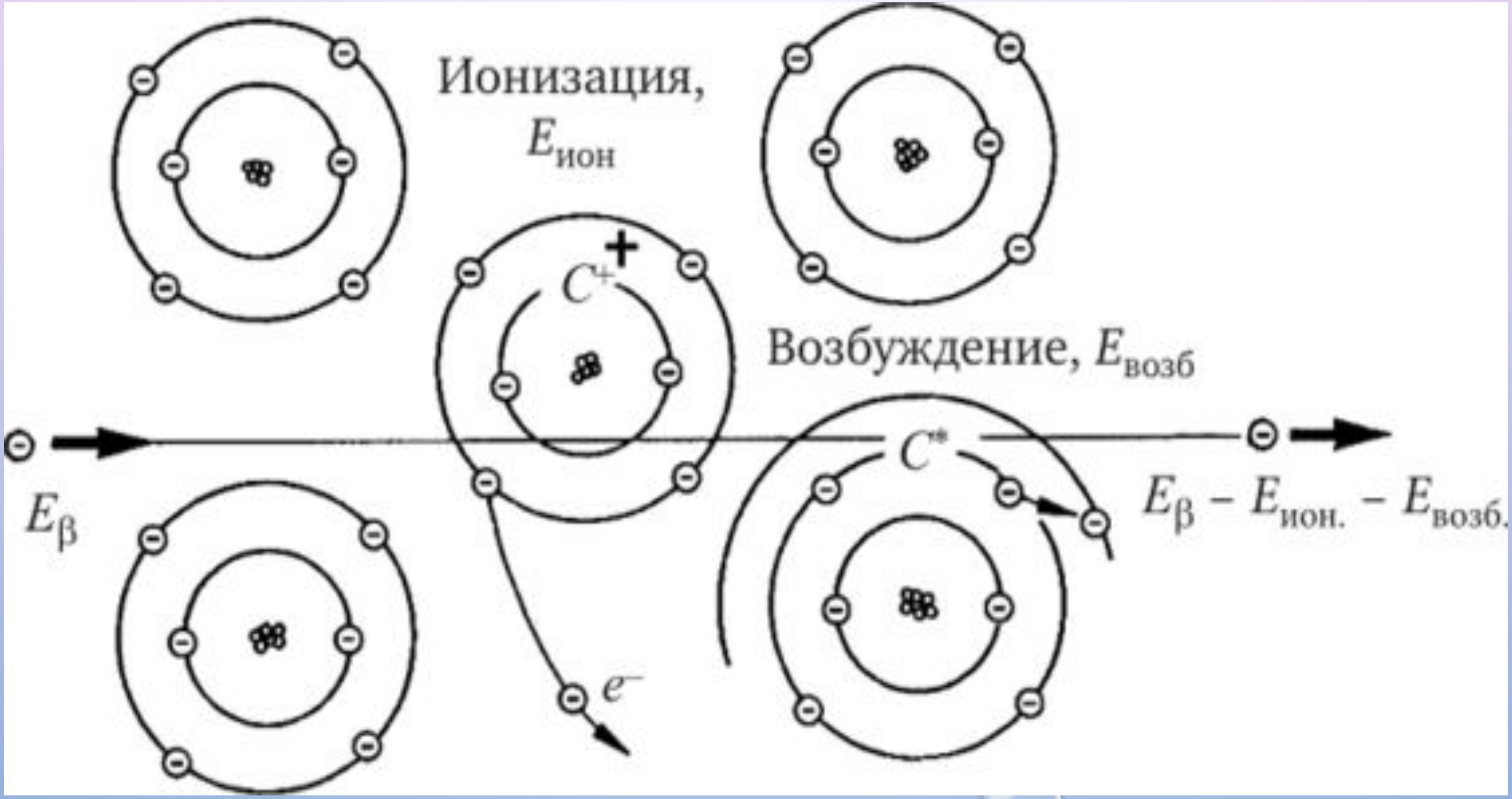
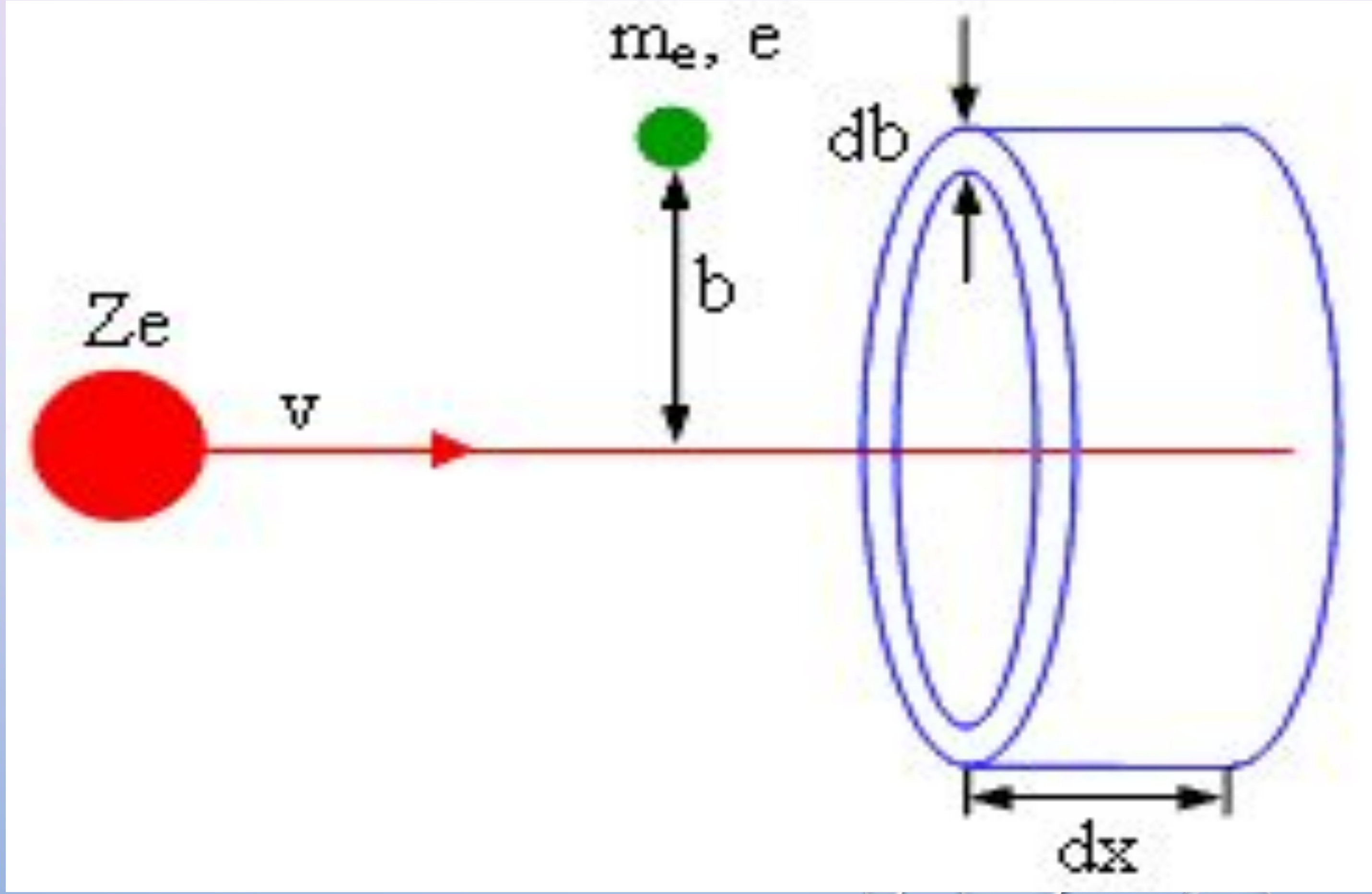


ИЛЛЮСТРАЦИЯ К ПОНЯТИЮ ПРИЦЕЛЬНОГО ПАРАМЕТРА



УДЕЛЬНЫЕ ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ. ФОРМУЛА БЕТЕ.

$$S = -\frac{dE}{dx}$$

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi e^4 z^2}{m_0 v^2} NB$$

where

$$B \equiv Z\left[\ln\frac{2m_0v^2}{I} - \ln\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) - \frac{v^2}{c^2}\right]$$

КРИВАЯ БРЭГГА

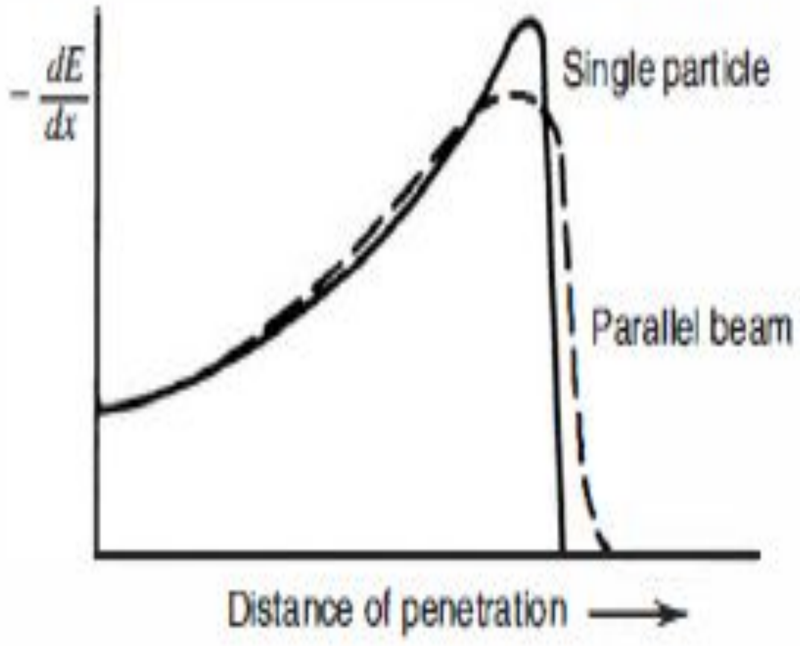
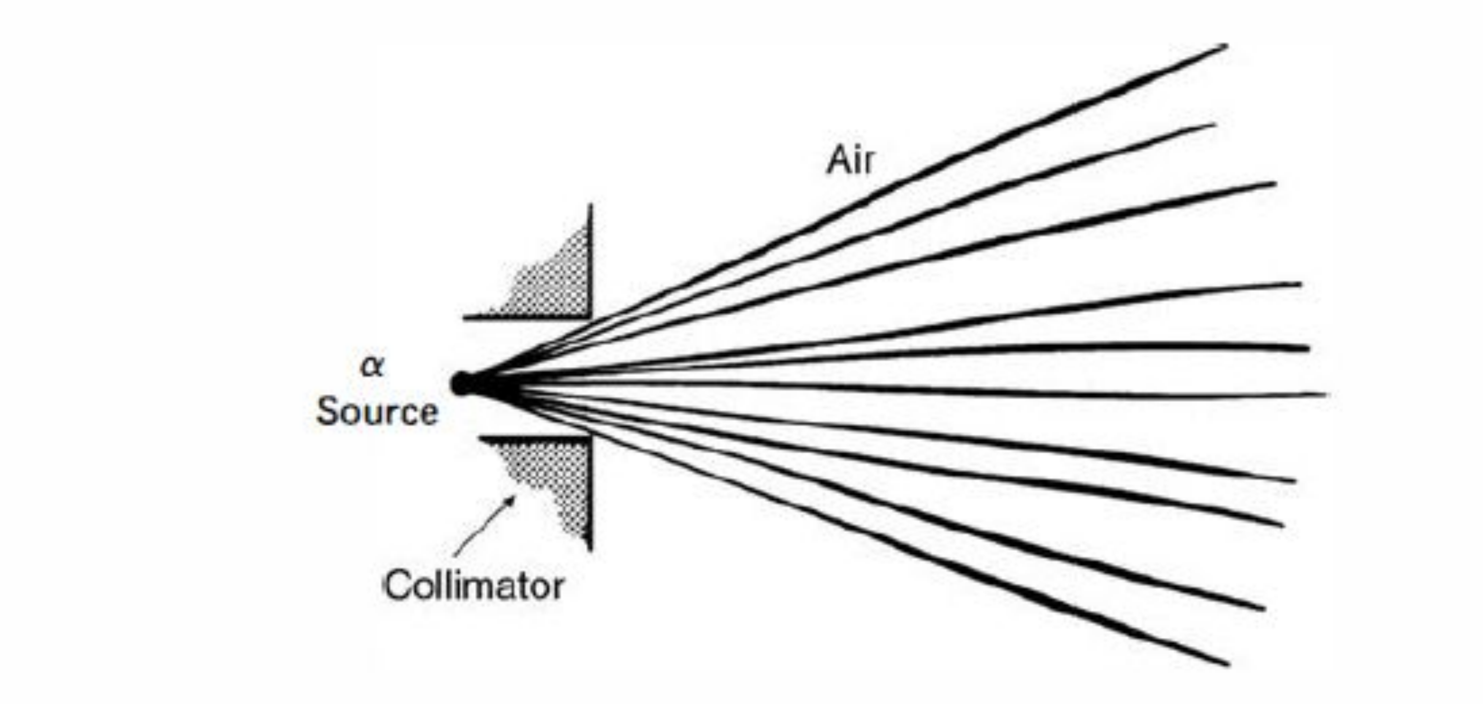


Figure 2.2 The specific energy loss along an alpha track.

КОЛЛИМИРОВАННЫЙ ПУЧОК АЛЬФА-ЧАСТИЦ



ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ПРОБЕГА АЛЬФА-ЧАСТИЦ В ВЕЩЕСТВЕ

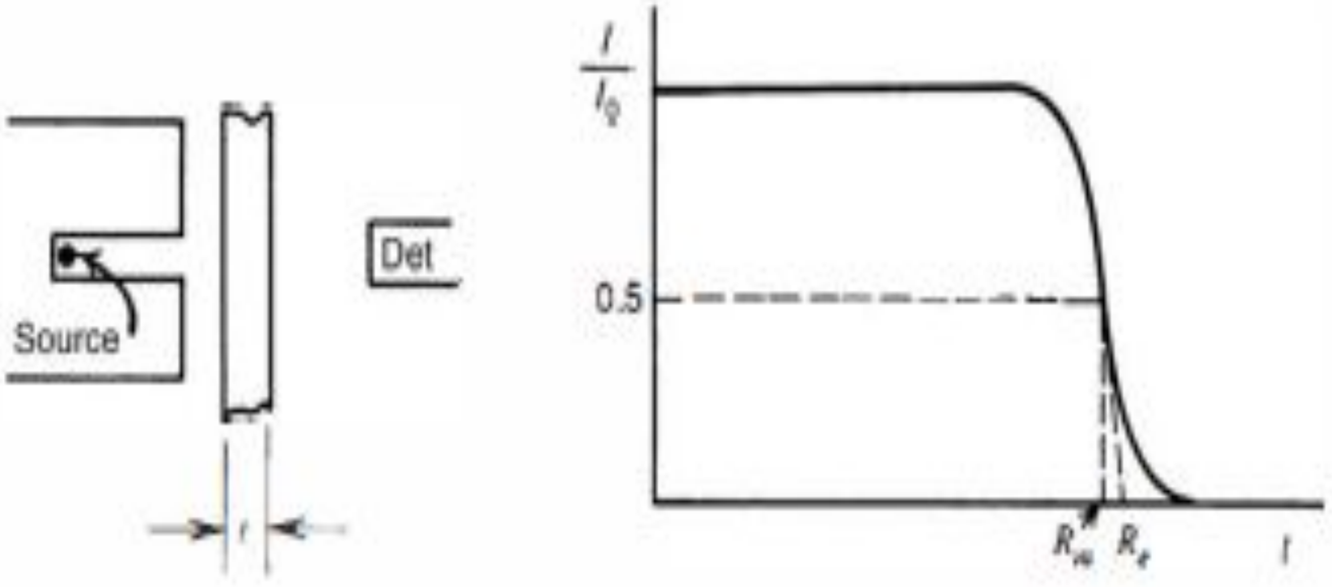


Figure 2.5 An alpha particle transmission experiment. I is the detected number of alpha particles through an absorber thickness t, whereas I_0 is the number detected without the absorber. The mean range R_m and extrapolated range R_e are indicated.

ПРОЦЕССЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

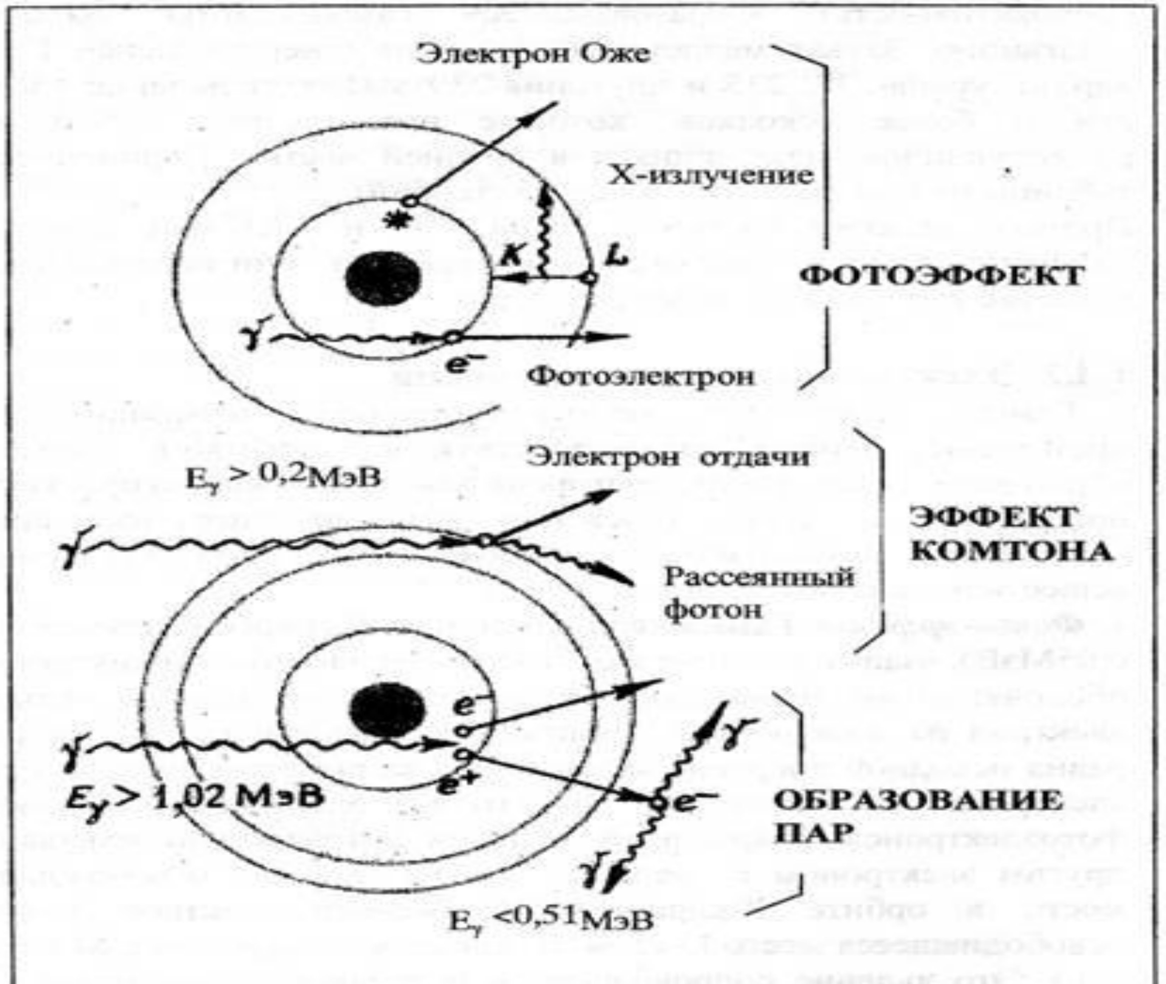


Рис. 6 Схема взаимодействия гамма излучения с веществом (А.Д.Фокин и др. 2005г)

СЕЧЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

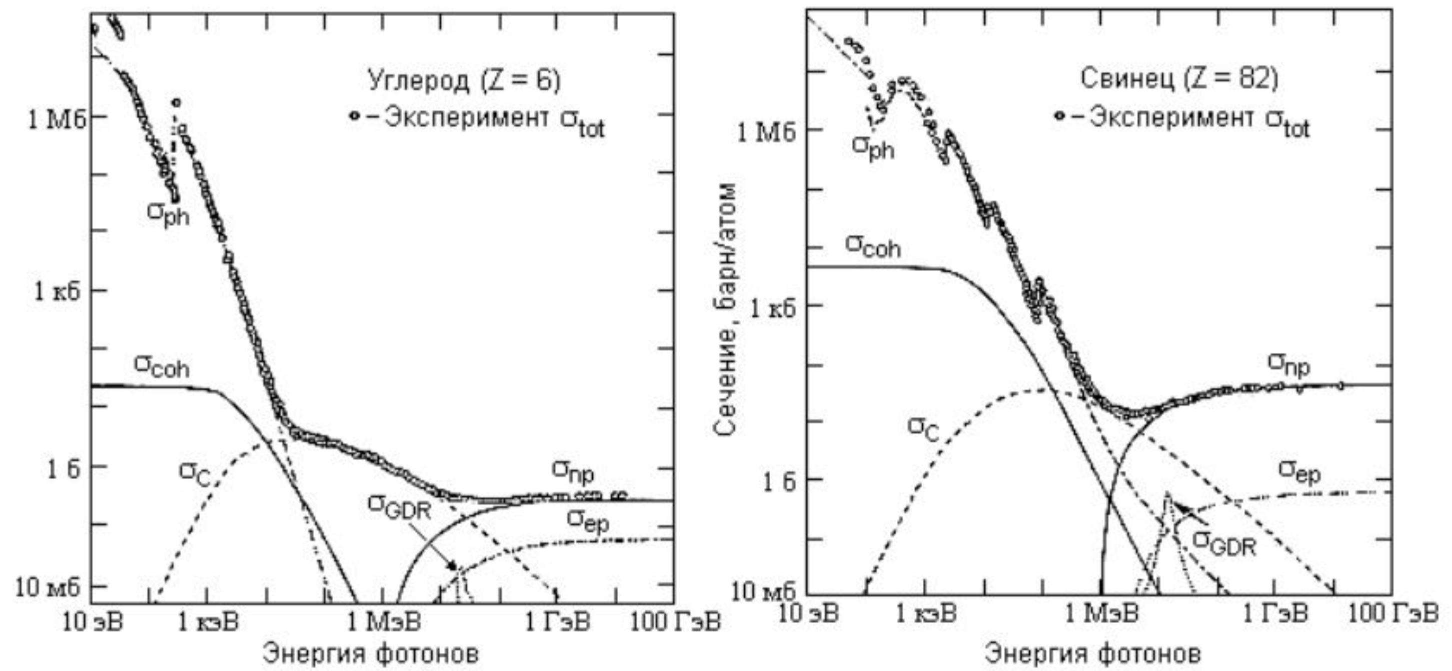


Рис. 1. Сечение взаимодействия фотонов с углеродом (Z = 6) и свинцом (Z = 82) при энергиях фотона от 10 эВ до 100 ГэВ. σ_{ph} - сечение фотоэффекта, σ_{coh} - сечение релеевского рассеяния, σ_C - сечение комптоновского рассеяния, σ_{np} - сечение рождения пары в поле ядра, σ_{ep} - сечение образования пар в поле атомных электронов, σ_{GDR} - сечении ядерного фотопоглощения

ФОТОЭФФЕКТ

$$E_e = E_\gamma - I_i - E_n, \qquad (3)$$

I_i − ионизационный потенциал оболочки атома, из которой выбивается электрон; E_n − энергия отдачи ядра, E_γ − энергия гамма-кванта. Величина энергии отдачи ядра обычно мала, поэтому ею можно пренебречь. Тогда энергия фотоэлектрона определится соотношением $E_e = E_\gamma - I_i$, где i = K, L, M,... − индекс электронной оболочки.

$$\sigma_{ph} \sim Z^5$$

ДИАГРАММА ФЕЙНМАНА ДЛЯ ФОТОЭФФЕКТА

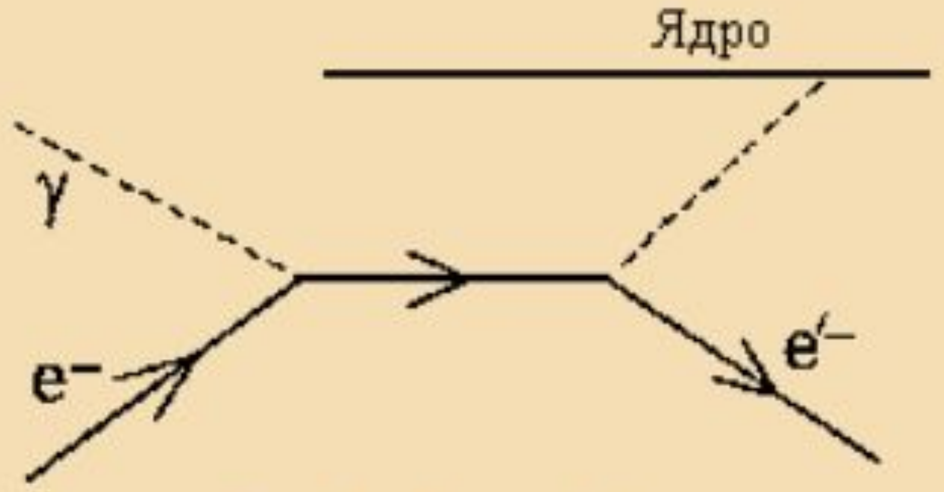


Рис. 5. Фотоэффект

КОМПТОН-ЭФФЕКТ

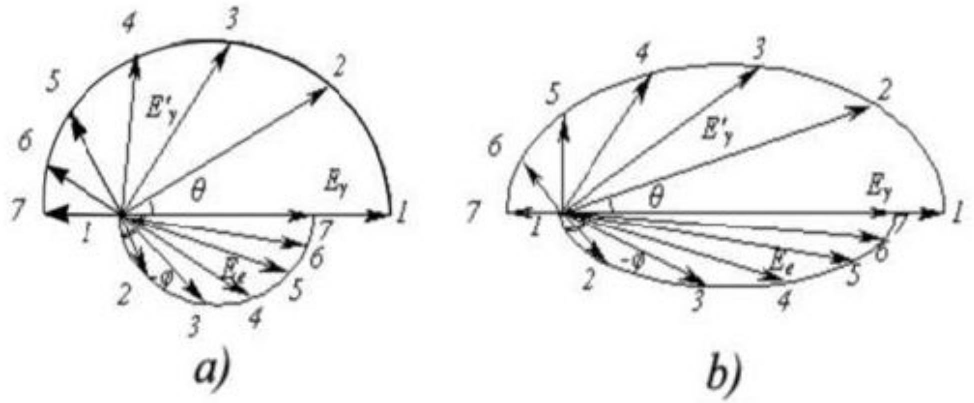
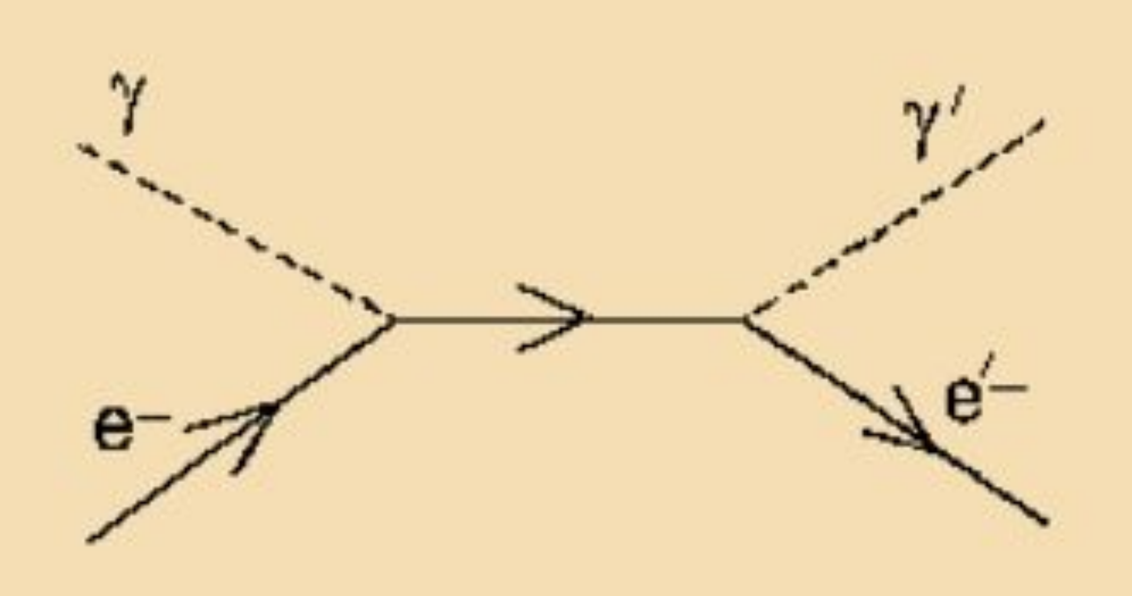


Рис. 2.8. Полярные диаграммы рассеяния фотонов на свободных электронах, где а) E_γ=0,64 МэВ; b) E_γ=2.55 МэВ

$$\vec{P}_\gamma = \vec{P}'_\gamma + \vec{P}_e, \qquad m_e c^2 + E_\gamma = E'_\gamma + E_e,$$

где $m_e c^2 = 0.511$ МэВ − энергия покоя электрона, E_e − полная энергия электрона, E_γ и E'_γ − энергии падающего и рассеянного γ-квантов.

ДИАГРАММА ФЕЙНМАНА ДЛЯ КОМПТОН-ЭФФЕКТА



КОМПТОН-ЭФФЕКТ

$$\lambda' - \lambda = \lambda_0(1 - \cos\theta).$$

где λ' и λ − длины волн первичного и рассеянного γ-кванта; $\lambda_0 = h/m_e c$ − комптоновская длина волны электрона; θ - угол между направлениями импульсов $\vec{P}_\gamma$ и $\vec{P}'_\gamma$ падающего и рассеянного
γ-квантов

ОБРАЗОВАНИЕ ПАРЫ ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОН

$$E_\gamma \geq 2m_e c^2 + E_я,$$

где первый член справа соответствует энергии покоя пары электрон-позитрон, а второй − энергия отдачи ядра. Так как энергия отдачи ядра сравнительно мала, то энергия, определяемая первым членом, является порогом рождения пар ($2m_e c^2 \approx 1.022$ МэВ).

$\sigma_{пр} \sim Z^2$

ДИАГРАММА ФЕЙНМАНА ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПАРЫ ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОН