

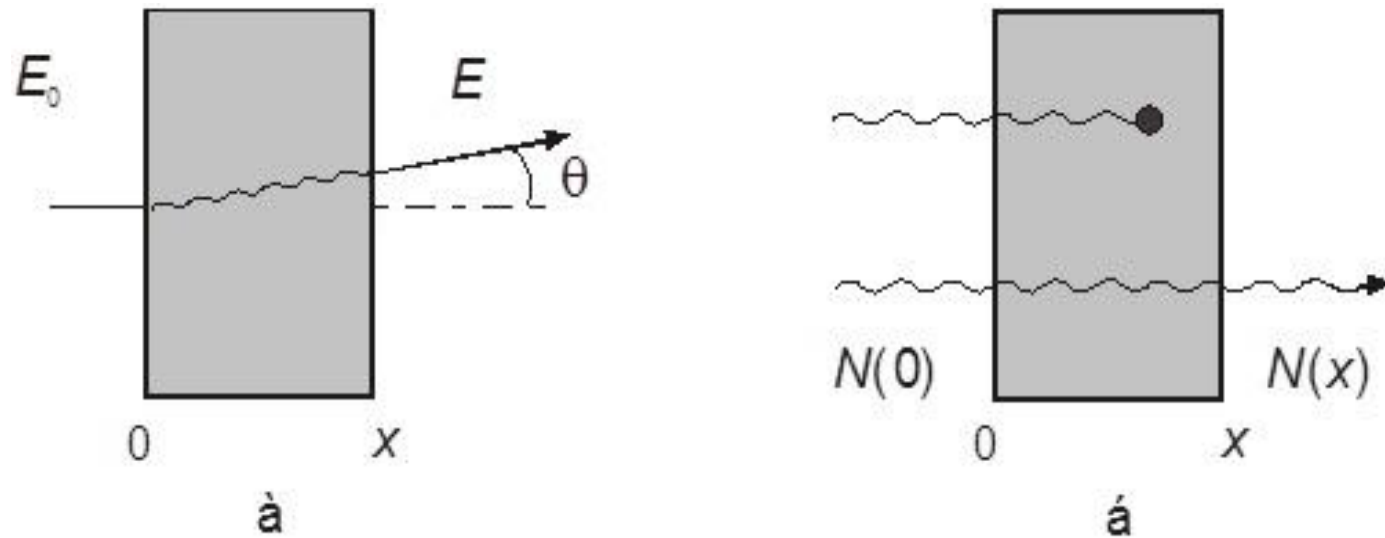
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

Ионизирующим излучением называется любое излучение, взаимодействие которого с веществом приводит к образованию в этом веществе ионов разных знаков.

Ионизирующее излучение способно выбивать электроны из атомов. При этом видимый свет, ультразвук, ультрафиолетовое, лазерное и микроволновое излучения к ионизирующему излучению не относятся.

Законы взаимодействия ионизирующего излучения с веществом являются теоретической и практической основой радиационной защиты, на них базируются методы расчета защиты и методы регистрации ионизирующего излучения.

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧАСТИЦ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ



Прохождение пучка через слой вещества, а — каждая частица испытывает много столкновений; а' — частица проходит через слой, не взаимодействуя с ним, или же поглощается данным слоем вещества.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЯЖЕЛЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ С ВЕЩЕСТВОМ

Механизм взаимодействия тяжелых заряженных частиц с веществом можно представить следующим образом. Частица, пролетая сквозь вещество, «расталкивает» атомные электроны своим кулоновским полем. Тяжелые заряженные частицы теряют свою энергию в основном в результате кулоновского взаимодействия при столкновениях со связанными атомными электронами. При этом электроны могут перескакивать на более высокие дискретные уровни (при возбуждении), а могут и отрываться от атома (при ионизации).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛЕГКИХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ С ВЕЩЕСТВОМ

Главной причиной этого является малая масса электрона и позитрона. Из-за малости массы для налетающего электрона (позитрона) относительно велико изменение импульса при каждом столкновении в веществе.

- 1) может значительно отклоняться от первоначального направления движения.
- 2) может порождать при столкновениях кванты электромагнитного излучения.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛЕГКИХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ С ВЕЩЕСТВОМ

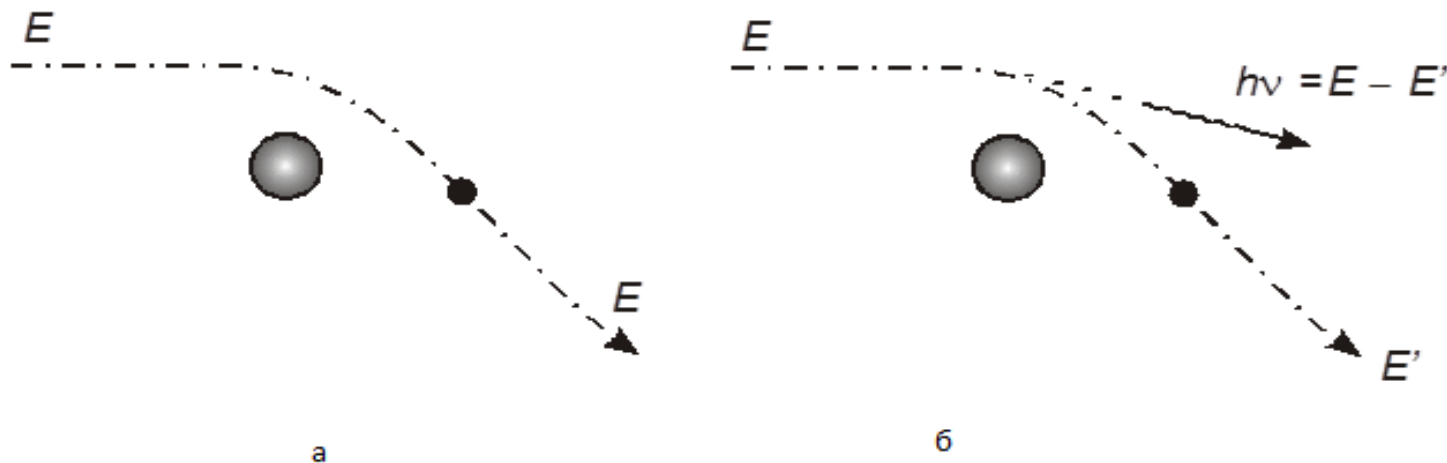
Ионизационные потери:

Механизм ионизационных потерь для электронов, в общем, такой же, как и у других заряженных частиц. Поэтому эти потери и в случае электронов описываются формулой:

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi n Z^2 e^4}{m_e v^2} \left(\ln \frac{2m_e v^2}{I [1 - (\frac{v}{c})^2]} - (\frac{v}{c})^2 \right)$$

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛЕГКИХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ С ВЕЩЕСТВОМ

Радиационные потери: ускоренно движущаяся заряженная частица, как известно, испускает электромагнитные волны. Возникающее электромагнитное излучение называется *тормозным*, а потери энергии частицы на тормозное излучение – *радиационными*.



Кулоновское рассеяние: а – упругое; б – ускоренно движущийся электрон излучает и передает энергию испускаемым фотонам (тормозное излучение).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛЕГКИХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ С ВЕЩЕСТВОМ

Полные потери энергии электронов в поглотителе складываются из ионизационных и радиационных потерь:

$$-\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{полн}} = -\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{ион}} + \left[-\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{рад}} \right].$$

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ γ (ГАММА) - КВАНТОВ С ВЕЩЕСТВОМ

К γ -излучению относят электромагнитные волны, длина которых значительно меньше межуатомных расстояний:

$\lambda \ll a$, где a имеет порядок 10^{-8} см.

Поглощение γ -излучения веществом в основном происходит за счет процессов:

а) фотоэффекта;

б) Комптон-эффекта;

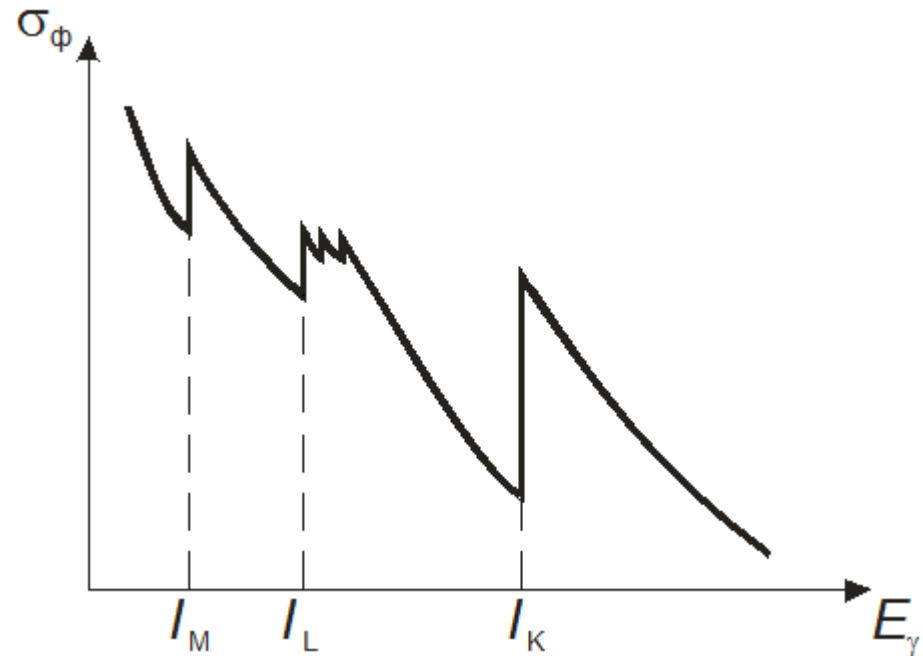
в) рождения электронно-позитронных пар в кулоновском поле ядра.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГАММА - КВАНТОВ С ВЕЩЕСТВОМ

Фотоэффект:

Фотоэффектом называется процесс, при котором атом поглощает γ -квант и испускает электрон. С достаточной для практических приложений точностью можно считать, что каждый γ квант поглощается одним атомным электроном.

Зависимость эффективного сечения фотоэффекта от энергии γ -квантов.



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ γ (ГАММА) - КВАНТОВ С ВЕЩЕСТВОМ

Эффект Комптона – рассеяние электромагнитного излучения на свободном электроне, сопровождающееся уменьшением частоты излучения (открыт А. Комптоном в 1923 г.)

Как механизм поглощения становится существенным в области энергий, значительно превышающих среднюю энергию связи электрона с атомом, когда энергией связи электрона в атоме можно пренебречь и электрон можно считать свободным.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ γ (ГАММА) - КВАНТОВ С ВЕЩЕСТВОМ

Процесс образования пар:

Процесс рождения электронно-позитронных пар в поле ядра состоит в том, что квант поглощается, а рождаются и вылетают электрон и позитрон.

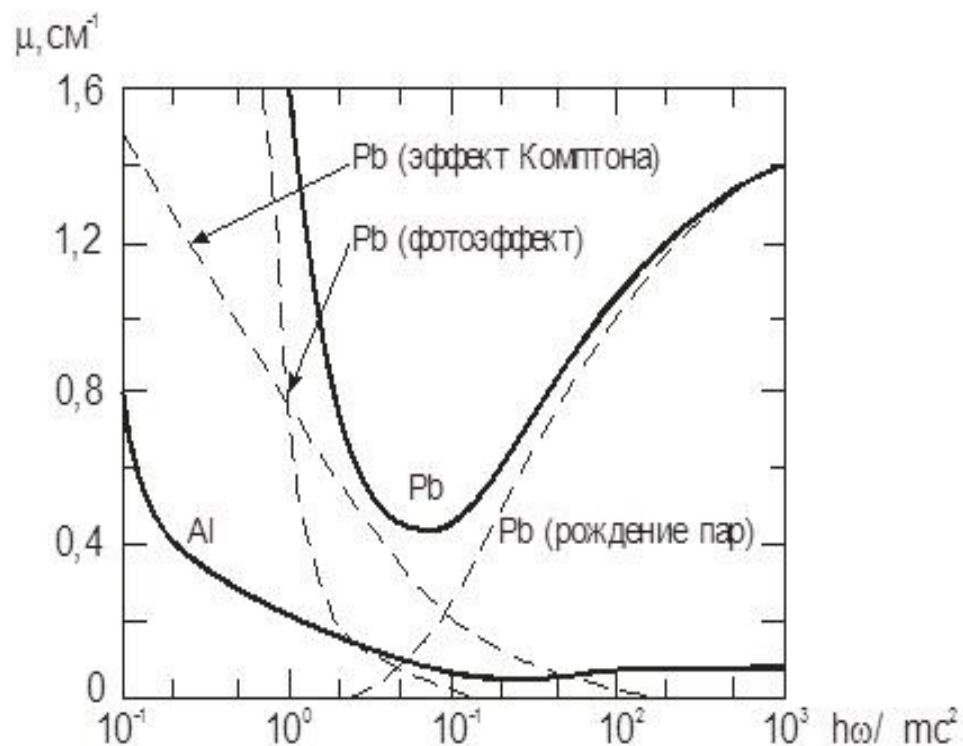
Рождение пары происходит не внутри ядра, а около него в области, имеющей размер порядка комptonовской длины волны. Передача импульса отдачи ядру происходит через посредство его кулоновского поля. Без передачи импульса постороннему телу превращение фотона в электронно-позитронную пару запрещено законами сохранения энергии-импульса.

При этом ядро получает некоторый импульс отдачи. Электронно-позитронные пары могут рождаться фотонами в кулоновском поле не только ядра, но и электрона.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ γ (ГАММА) - КВАНТОВ С ВЕЩЕСТВОМ

Полный коэффициент поглощения:

зависимость полного коэффициента поглощения γ -лучей в свинце и алюминии от энергии



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕЙТРОНОВ С ЯДРАМИ

Взаимодействие нейтронов с ядрами наиболее обширно и разнообразно, т.к. отсутствует кулоновский барьер.

Энергетическая классификация нейтронов.

- 1) тепловые ($E_n = 10^{-3} - 0.625$ эВ)
- 2) промежуточные или резонансные ($E_n = 0.625 - 10^3$ эВ)
- 3) быстрые ($E_n > 10^3$ эВ)

Классификация нейтронных реакций.

- 1) Упругое рассеяние в поле ядерных сил
- 2) Через образование составного ядра (захват)