

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ
**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЯДЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
С ВЕЩЕСТВОМ**

§ 21. ВИДЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Для того чтобы уметь регистрировать ядерное излучение и для того чтобы уметь от него защищаться (если это нужно), необходимо знать, за счет каких процессов теряет свою энергию частица, проходя через вещество; какова проникающая способность частиц; как зависят вероятности различных процессов взаимодействия от параметров частицы (заряда, массы, энергии) и от свойств вещества (заряда ядер, плотности, ионизационного потенциала).

Перечислим основные процессы взаимодействия заряженных частиц и γ -квантов с веществом (вопрос о взаимодействии нейтронов будет рассмотрен отдельно в главе, посвященной физике нейтронов).

Взаимодействие заряженных частиц со средой. 1. Основной причиной потерь энергии заряженной частицей при прохождении через вещество являются столкновения ее с атомами этого вещества. Ввиду того что масса ядра всегда велика по сравнению с массой электронов атома, можно достаточно четко провести различие между «электронными столкновениями», при которых энергия падающей частицы передается одному из электронов атома, в результате чего происходит возбуждение или ионизация атома (неупругое столкновение), и «ядерными столкновениями», при которых импульс и кинетическая энергия частицы частично переходят в поступательное движение атома как целого (упругое столкновение). Повторяясь, эти ядерные столкновения приводят к многократному рассеянию частиц в веществе.

2. Существенную роль в потерях энергии легких заряженных частиц (электронов) играет также радиационное торможение. Сущность этого процесса заключается в том, что при рассеянии заряженной частицы кулоновским полем ядра или электрона эта частица получает ускорение, что в соответствии с законами элект-

родинамики всегда приводит к электромагнитному излучению. Возникает непрерывный спектр γ -лучей — тормозное излучение.

3. В случае тяжелой частицы (протон, α -частица и др.), когда ее энергия достаточно велика для преодоления кулоновского барьера ядра, может произойти также процесс потенциального рассеяния на ядрах или же ядерная реакция, сопровождающаяся вылетом из ядра различных частиц, испусканием γ -квантов, делением ядра и др.

4. При движении заряженной частицы в среде со скоростью, превышающей фазовую скорость света в этой среде $v > c/n$, где n — показатель преломления среды, возникает специфическое свечение, названное излучением Вавилова—Черенкова.

Взаимодействие γ -излучения со средой. γ -лучи, проходя через вещество, теряют свою энергию главным образом за счет следующих явлений.

1. Комптон-эффект, или рассеяние γ -квантов на электронах, при котором фотоны передают часть своей энергии электронам атома.

2. Фотоэффект, или поглощение γ -кванта атомом, когда вся энергия фотона передается электрону, вылетающему в результате этого из атома.

3. Образование электрон-позитронных пар — процесс, который может происходить в поле ядра или другой частицы при энергиях γ -квантов $E_\gamma \geq 2m_0c^2$.

4. Ядерные реакции, возникающие обычно при энергиях γ -квантов, превышающих 10 Мэв.

Рассмотрим каждый из перечисленных процессов подробно.

§ 22. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ СО СРЕДОЙ

Ионизационное торможение заряженных частиц. При электромагнитном взаимодействии быстрых заряженных частиц с электронами вещества последние переходят в возбужденное состояние; когда они остаются внутри атома, происходит возбуждение атома, и спектр этих состояний имеет дискретный характер; в тех случаях, когда электроны вырываются из атома, их энергия может иметь любые значения, а атом при этом ионизируется. Увеличение энергии электрона происходит за счет кинетической энергии падающей частицы. В обоих случаях для краткости принято говорить, что энергия летящей частицы убывает вследствие ионизационных потерь.

Рассмотрим взаимодействие тяжелой заряженной частицы с электроном. Такая частица ничтожно отклоняется со своего прямолинейного пути и этим отклонением можно пренебречь. Допустим, что частица с зарядом Ze , массой M и скоростью v пролетает на расстоянии b от электрона, где b — прицельный параметр, или параметр удара (рис. 51). Взаимодействие частицы с электроном