

2.3.2 Гамма излучение

Гамма-излучение (γ -излучение) - коротковолновое электромагнитное излучение. На шкале электромагнитных волн оно граничит с жестким рентгеновским излучением, занимая область более высоких частиц. Возникает при распаде радиоактивных ядер и элементарных частиц, взаимодействии быстрых заряженных частиц с веществом, аннигиляции электронно-позитронных пар и др. γ -излучение обладает чрезвычайно малой длиной волны ($\lambda < 10^{-8}$ см) и вследствие этого ярко выраженными корпускулярными свойствами, т.е. ведет себя подобно потоку частиц – гамма квантов, или фотонов, с энергией $h\nu$ (ν – частота излучения, h – Планка постоянная). Диапазон частот, $3 \cdot 10^{19}$ – $3 \cdot 10^{21}$ Гц, диапазон длин волн, 10^{-11} – 10^{-13} м, основной диапазон энергий для природных нуклидов 0,1 – 2 МэВ.

Гамма-излучение, сопровождающее распад радиоактивных ядер, испускается при переходах ядра из более возбужденного энергетического состояния в менее возбужденное или в основное. Энергия γ -кванта равна разности энергий $\Delta\varepsilon$ состояний, между которыми происходит переход. Испускание ядром γ -кванта не влечет за собой изменения атомного номера или массового числа, в отличие от других видов радиоактивных превращений. Ширина линий γ -излучений чрезвычайно мала ($\sim 10^{-2}$ эВ). Поскольку расстояние между уровнями во много раз больше ширины линий, спектр γ -излучения является линейчатым, т.е. состоит из ряда дискретных линий. Изучение спектров γ -излучения позволяет установить энергии возбужденных состояний ядер. γ -кванты с большими энергиями испускаются при распадах некоторых элементарных частиц. Так, при распаде покоящегося π^0 -мезона возникает γ -излучение с энергией ~ 70 МэВ. γ -излучение от распада элементарных частиц также образует линейчатый спектр. Однако испытывающие распад элементарные частицы часто движутся со скоростями, сравнимыми со скоростью света. Вследствие этого возникает доплеровское уширение линии и спектр гамма-излучения оказывается размытым в широком интервале энергий.

Гамма-излучение, образующееся при прохождении быстрых заряженных частиц через вещество, вызывается их торможением в кулоновском поле атомных ядер вещества. Тормозное γ -излучение, также как и тормозное рентгеновское излучение, характеризуется сплошным спектром, верхняя граница которого совпадает с энергией заряженной частицы, например электрона. В ускорителях заряженных частиц получают тормозное гамма-излучение с максимальной энергией до нескольких десятков ГэВ.

В межзвездном пространстве гамма-излучение может возникать в результате соударений квантов более мягкого длинноволнового, электромагнитного излучения, например света, с электронами, ускоренными магнитными полями космических объектов. При этом быстрый электрон передает свою энергию электромагнитному излучению и видимый свет превращается в более жесткое гамма-излучение.

Аналогичное явление может иметь место в земных условиях при столкновении электронов большой энергии, получаемых на ускорителях, с фотонами видимого света в интенсивных пучках света, создаваемых лазерами. Электрон передает энергию световому фотону, который превращается в γ -квант. Таким образом, можно на практике превращать отдельные фотоны света в кванты гамма-излучения высокой энергии.

Гамма – лучи - излучение подобное рентгеновскому, но имеющее более короткую длину волны. Благодаря малой длине волны гамма - лучи обладают очень высокой проникающей способностью. Они распространяются в воздухе приблизительно на 2,5 км, и являются основной причиной лучевой болезни при использовании атомного оружия. Наиболее интенсивное гамма-излучение и по энергии, и по количеству фотонов, возникает при β -распаде естественных и искусственных радионуклидов. Фотоны взаимодействуют с электронами атомов и с электрическим полем ядра. Проходя через среду, гамма-излучение ослабляется по экспоненциальному закону, т.е. никогда не поглощается полностью. В этом его отличие от корпускулярного (альфа, бета, нейтронного) излучения. Передача всей энергии гамма-квантов происходит в результате фотоэлектрического поглощения, в результате которого фотон исчезает, а его энергия уходит на отрыв электрона от атома, т.е. его ионизацию. Для фотонов с энергией свыше 1,02 МэВ возможно образование пар электрон-позитрон. Важно, что фотон может отдать электрону лишь часть своей энергии и двигаться дальше в другом направлении.

γ -излучение ионизируют атомы и молекулы тел, разрушают живые клетки, не взаимодействуют с электрическим и магнитным полями. Ионизация, проводимая γ -квантами в среде, примерно в 100 раз ниже ионизации β -частицами. Глубина проникновения в среду зависит от энергии квантов. Самое интенсивное из природных источников γ -излучения ряда тория ослабляется примерно в 20-30 раз слоем воды толщиной 1 м.

γ -излучение применяется в дефектоскопии, при диагностике технологических процессов, для выявления внутренней структуры атомов, в медицинской терапии и диагностики в медицине, для каротажа в геологии, в гамма-лазерах, военном деле и т.п.