**РАДИОАКТИВНОСТЬ**

**§1 Естественная радиоактивность**

Радиоактивность представляет собой самопроизвольное превращение неустойчивых ядер одного элемента в ядра другого элемента. **Естественной радиоактивностью** называется радиоактивность, наблюдающаяся у существую­щих в природе неустойчивых изотопов. Искусственной радиоактивностью называется радиоактивность изотопов, полученных в результате ядерных ре­акций.

Типы радиоактивности:

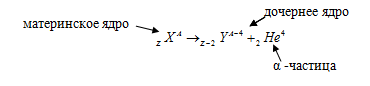
1. α-распад.

Испускание ядрами некоторых химических элементов α-системы двух протонов и двух нейтронов, соединенных воедино (а-частица - ядро атома ге­лия http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image046_0001.png)

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image048_0001.png

α-распад присущ тяжелым ядрам с *А*> 200 и *Z*> 82. При движении в веще­стве α-частицы производят на своем пути сильную ионизацию атомов (иони­зация - отрыв электронов от атома), действуя на них своим электрическим полем. Расстояние, на которое пролетает α-частица в веществе до полной её остановки, называется **пробегом частицы** или**проникающей способностью** (обозначается *R*, [R] = м, см). http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image050_0001.png. При нормальных условиях α- частица образует в воздухе 30000 пар ионов на 1 см пути. Удельной ионизаци­ей называется число пар ионов образующихся на 1 см длины пробега. α- частица оказывает сильное биологическое действие.

Правило смещения для α-распада:



2. β-распад.

а) электронный (β-): ядро испускает электрон и электронное антинейтрино

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image053_0001.png

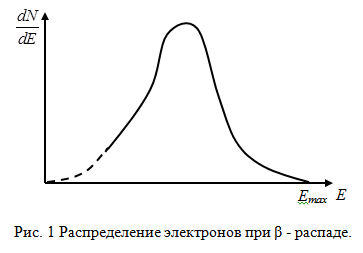
б) позитронный (β+):ядро испускает позитрон и нейтрино

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image055_0002.png

Эта процессы происходят, путем превращения одного вида нуклона в яд­ре в другой: нейтрона в протон или протона в нейтрон.

Электронов в ядре нет, они образуются в результате взаимного превра­щения нуклонов.

Позитрон http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image057_0002.png- частица, отличающаяся от электрона только знаком за­ряда (+е = 1,6·10-19Кл)

Из эксперимента следует, что при β - распаде изотопы теряют одинаковое количество энергии. Следовательно, на основании закона сохранения энергии В. Паули предсказал, что выбрасывается еще одна легкая частица, названная антинейтрино. Антинейтрино не имеет заряда и массы. Потери энергии β - частицами при прохождении их через вещество вызываются, главным обра­зом, процессами ионизации. Часть энергии теряется на рентгеновское излуче­ние при торможении β - частицы ядрами поглощающего вещества. Так как β - частицы обладают малой массой, единичным зарядом и очень большими скоростями, то их ионизирующая способность невелика, (в 100 раз меньше, чем у α - частиц), следовательно, проникающая способность (пробег) у β - частиц суще­ственно больше, чем у α - частиц.

*Rβ*воздуха =200 м , *Rβ*Pb ≈ 3 мм

β-  - распад происходит у естественных и искусственных радиоактивных ядер. β+ - только при искусственной радиоактивности.

Правило смещения для β- - распада:

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image060_0000.png

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image061_0003.png

в) К - захват (электронный захват) - ядро поглощает один из электронов, находящихся на оболочке К ( реже *L* или *М* ) своего атома, в результате чего один из протонов превращается а нейтрон, испуская при этом нейтрино

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image063_0002.png

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image065_0002.png

Схема К - захвата:

Место е электронной оболочке, освобожденное захваченным электроном, заполняется электронами из вышележащих слоев, в результате чего возникают рентгеновские лучи.

* γ-лучи.

Обычно все типы радиоактивности сопровождаются испусканием γ- лучей. γ-лучи - это электромагнитное излучение, обладающее длинами волн от одного до сотых долей ангстрем λ’=~ 1-0,01 Å=10-10-10-12 м. Энергия γ-лучей достигает миллионов эВ.

Wγ~ MэB

1эВ=1,6·10-19 Дж

Ядро, испытывающее радиоактивный распад, как правило, оказывается возбужденным, н его переход в основное состояние сопровождается испуска­нием γ – фотона. При этом энергия γ-фотона определяется условием

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image067_0002.png

где Е2 и E1 -энергия ядра.

Е2- энергия в возбужденном состоянии;

Е1- энергия в основном состоянии.

Поглощение γ-лучей веществом обусловлено тремя основными процессами:

* фотоэффектом (при *hv* < l MэB);
* образованием пар электрон – позитрон;

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image069_0002.png

или

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image071_0001.png

* рассеяние (эффект Комптона) -

Поглощение γ-лучей происходит по закону Бугера:

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image073_0002.png

где μ- линейный коэффициент ослабления, зависящий от энергий γ - лучей и свойств среды;

*І*0- интенсивность падающего параллельного пучка;

*I* - интенсивность пучка после прохождения вещества толщиной *х* см.

γ-лучи - одно из наиболее проникающих излучений. Для наиболее жест­ких лучей (*hνmax*) толщина слоя половинного поглощения равна в свинце 1,6 см, в железе - 2,4 см, в алюминии - 12 см, в земле - 15 см.

**§2 Основной закон радиоактивного распада.**

Число распавшихся ядер *dN*пропорционально первоначальному числу ядер *N* и времени распада *dt*,*dN~N dt*. Основной закон радиоактивного распада в дифференциальной форме:

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image075_0003.png

Коэффициент λ называется постоянной распада для данного вида ядер. Знак “-“ означает, что *dN* должно быть отрицательным, так как конечное чис­ло не распавшихся ядер меньше начального.

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image077_0002.png

следовательно, λ характеризует долю ядер, распадающихся за единицу време­ни, т е. определяет скорость радиоактивного распада. λ не зависит от внешних условий, а определяется лишь внутренними свойствами ядер. [λ]=с-1.

Основной закон радиоактивного распада в интегральной форме

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image079_0002.png

где *N* 0 - первоначальное число радиоактивных ядер при *t*=0;

*N* - число не распавшихся ядер в момент времени *t*;

λ - постоянная радиоактивного распада.

О скорости распада на практике судят используя не λ, а Т1/2 - период по­лураспада - время, за которое распадается половина первоначального количества ядер. Связь Т1/2 и λ

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image081_0001.png

Т1/2 U238 = 4,5·106 лет, Т1/2 Ra = 1590 лет, Т1/2 Rn = 3,825 сут. Число распадов в единицу времени А = -*dN/dt*называется активностью данного радиоактивного вещества.

Из

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image075_0004.png

следует,

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image083_0001.png

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image085_0002.png

[А] = 1Беккерель = 1распад/1с;

[А] = 1Ки = 1Кюри= 3,7·1010 Бк.

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image085_0003.png

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image079_0003.png

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image087_0001.png

Закон изменения активности

http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image089_0001.png

где А0 =*λN*0 - начальная активность в момент времени *t* = 0;

А - активность в момент времени *t*.