

## Формулы для ЕГЭ по физике «Квантовая физика»

### *Постулаты Бора*

**Первый постулат Бора:** Электрон может находиться на некоторой стационарной орбите, которой соответствует своя энергия.

**Второй постулат Бора:** В то время, когда электрон перемещается между стационарными орбитами, происходит выделение или поглощение энергии.

$$h\nu = E_n - E_k$$

**Третий постулат Бора:** Электрон может обладать моментом импульса, который будет прямо пропорционален «перечёркнутой» постоянной Планка:

$$mvr = n\hbar, n = 1, 2, 3, \dots$$

Данный постулат позволяет определить природу квантования. Электрон может обладать моментом импульса, который будет прямо пропорционален перечёркнутой постоянной Планка:

$$mvr = n\hbar, n = 1, 2, 3, \dots$$

Радиус орбит электрона:  $r_n = \frac{\hbar^2 n^2}{kme^2}$ .

Для определения энергии, соответствующей конкретному состоянию (уровню, орбите) электрона, следует воспользоваться формулой:

$$E_n = -\frac{ke^2}{2r_n} = -\frac{k^2me^4}{2\hbar^2 n^2}, n = 1, 2, 3, \dots$$

Наименьшая энергия, которой может обладать электрон водорода, равна конечному числу. Именно при этом значении энергии атом может существовать бесконечно долго.

$$E_1 = -2,18 \cdot 10^{-18} \text{ Дж} = -13,6 \text{ эВ}.$$

Эта энергия называется *энергией ионизации*, поскольку при её использовании атом становится положительно заряженным ионом.

Так же можно определить *орбиту стационарного состояния электрона водорода*, которая считается равной  $r_1 = \frac{\hbar^2}{kme^2} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ см}$ .

Благодаря предположениям и постулатам Бора можно определить *частоту спектра*, излучаемого *при переходах атома между стационарными состояниями*:

$$\nu = \frac{E_n - E_k}{h} = \frac{k^2me^4}{4\pi\hbar^3} \cdot \left( \frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right).$$

Постоянной Планка:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ .

*Энергия фотона* определяется по формуле:  $E = h\nu$ .

Так как *фотон* – это частица, движущаяся со скоростью света, то её движение и *энергия* определяется с точки зрения релятивистских законов.

Поэтому  $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ .

Фотон не имеет массы, все частицы со скоростью  $3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$  не имеют массы.

*Импульс фотона* определяется по формулам:  $p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c}, p = \frac{h}{\lambda}$ .

А энергия с импульсом связана следующим соотношением:  $E = pc$ .

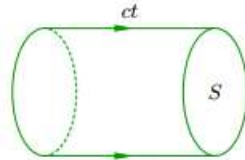
**Запирающее напряжение** позволяет определить, какую максимальную скорость может развить электрон.

$$\frac{mv^2}{2} = eU_3.$$

**Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта**

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}.$$

**Давление света. Давление света на полностью отражающую поверхность и на полностью поглощающую поверхность**



За некоторое время **на ограниченную освещенную поверхность** падает некоторое **число фотонов:  $N = nV = nSct$**

Во время поглощения фотоны отдают свою энергию.

$$N_{\text{отр}} = rN, N_{\text{погл}} = (1 - r)N.$$

( $r$  – коэффициент отражения, который меньше единицы).

В результате многочисленных преобразований можно получить, что **давление света** определяется по следующей формуле:

$$p_{\text{света}} = \frac{F}{S} = (1 + r)h\nu n, \text{ где } n - \text{ концентрация фотонов.}$$

$$p_{\text{света}} = (1 + r)\omega.$$

**Количество всех нуклонов** определяется по массовому числу и обозначается буквой  $A$ . **Число нейтронов** в ядре обозначается буквой  $N$  и определяется, как  $N = A - Z$ . В целом элемент обозначается следующим образом:  ${}^A_ZX$ .

Атом, который имеет несменное количество протонов в ядре одного и того же элемента, но разное количество нейтронов, называется **изотопом**.

**Энергия связи нуклонов в ядре. Ядерные силы**

**Свойства ядерных сил:**

1. Данные силы имеются между всеми нуклонами в ядре (нейтронами и протонами).
2. Данные силы примерно в 100 раз больше, чем электрические. В природе не существует иных сил, которые превосходили бы ядерные силы.
3. Ядерные силы короткодействующие, действуют на расстоянии не более 10-15 м. Если расстояние увеличивать, то силы быстро убывают.

$$1 \text{ а. е. м.} = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,66054 \cdot 10^{-24} \text{ г.}$$

$$1 \text{ эВ} = 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

Энергия 1 а.е.м. равна:  $E_1 = 931,5 \text{ МэВ}$ .

**Дефект масс** находится по формуле:

$$\Delta m = 2m_p + 2m_n - M.$$

$M$  – это масса ядра.

**Энергия связи:  $\Delta E = \Delta mc^2$**

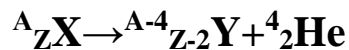
## Удельная энергия связи

$$\varepsilon = \frac{E_{\text{св}}}{A}$$

Измеряется она в МэВ на нуклон

Чем легче ядра и больше количество нуклонов, тем больше удельная энергия. Однако для тяжёлых ядер данная зависимость является обратной

**Альфа-лучи (альфа-частицы)** – это положительная частица, которая имеет 4 нуклона и два положительных заряда. Данное излучение является наиболее слабым. Изменить направление движения альфа-частицы можно даже листком бумаги. Уравнение и примеры такого распада:



**Бета-излучение или бета-частица.** Данное излучение протекает в результате выбивания одного отрицательного или положительного электрона (позитрона).



**Гамма-излучение** – это излучение, при котором выделяется электромагнитная волна, подобная рентгеновскому излучению.

В результате всех радиоактивных превращений следует придерживаться законов сохранения массового и зарядового числа. Массовое число элемента до ядерного превращения равно сумме массовых чисел ядер, получившихся в результате реакции. Зарядовое число элемента до ядерного превращения равно сумме зарядовых чисел ядер, получившихся в результате реакции.

### Закон радиоактивного распада

$$N = N_0 \cdot 2^{-t/T}, \text{ где } N_0 - \text{ начальное количество ядер.}$$

Вместе с уменьшением радиоактивных ядер элемента происходит и уменьшение активности излучения. Физическая величина, которая определяет **активность ядер**, обозначается буквой  $A$  и определяется по формуле:

$$A = A_0 \cdot 2^{-t/T}.$$

Измеряется данная величина в Беккерелях (Бк).

### Энергетический выход

$$Q = (KX + KY) - (KA + KB)$$

$$Q = (m_A + m_B - m_X - m_Y)c^2$$

### Алгоритм решения задач на энергетический выход:

1. Для каждого элемента рассматриваемого уравнения находим значение масс ядер из таблицы. Обратите внимание, что во всех таблицах значение массы написано для атома в целом. Поэтому, чтобы получить массу ядра, из массы атома необходимо вычесть массу электронов. После этого полученные значения следует выразить в а.е.м.

2. Вторым этапом следует определить разность масс продуктов реакции и элементов, которые были взяты для неё.

3. Чтобы получить энергетический выход, следует полученную разность умножить на 931,5.

### Специальная теория относительности

**Закон сложения скоростей:**  $\vec{u}' = \vec{u} - \vec{v}$ .

### Постулаты Эйнштейна.

1. **Любые протекания процессов в различных ИСО одинаковы.** Данный постулат говорит о том, что, действительно, нельзя определить, в каком корабле Вы находитесь – неподвижном или том, что движется равномерно.

2. **Скорость света неизменна вне зависимости от состояния системы, в которой он движется.** Это значит, что не важно, движется источник света или он неподвижен, свет всегда будет распространяться с одинаковой скоростью в вакууме –  $3 \cdot 10^8$  м/с.

Тела, движущиеся со скоростями, близкими к скорости света, заметно сокращаются в размере:  $l = l_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

**Время, которое проходит для тела, движущегося с высокими скоростями:**

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Если же два тела движутся с высокими скоростями, то определить их **относительные скорости:**

$$u = \frac{u' + v}{1 + \frac{vu'}{c^2}}$$
$$E = mc^2$$

С помощью неё можно определить энергию тела, которое покоится.

Для определения **энергии тела**, движущегося со скоростью, близкой к свету:

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

**Импульс**

$$p = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$