

Задача 32 (бывшая С6)

Задача 32 (по новой нумерации) – это расчетная задача, как правило, из раздела «квантовая физика» или волновая оптика. Но задача может быть и комбинированной: сразу на несколько тем. Или просто необычной.

Например, вот очень несложная задача на закон сохранения энергии:

1. Тренировочная работа № 3 от 11.04.2013

Радиоактивные источники излучения могут использоваться в космосе для обогрева оборудования космических аппаратов. Например, на советских «Луноходах» были установлены тепловыделяющие капсулы на основе полония-210. Реакция распада этого изотопа имеет вид: ${}_{84}^{210}\text{Po} \rightarrow {}_{82}^{206}\text{Pb} + \alpha$, где получающиеся α -частицы обладают кинетической энергией $E = 5,3$ Мэв. Сколько атомов полония должно распастись в тепловыделяющей капсуле, чтобы с ее помощью можно было превратить в воду лед объемом $V = 10 \text{ см}^3$, находящийся при температуре 0°C ? Плотность льда $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$, теплоемкостью стакана и капсулы, а также потерями теплоты можно пренебречь.

Дано:

$$E = 5,3 \text{ Мэв}$$

$$V = 10 \text{ см}^3 = 10 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 10^{-5} \text{ м}^3$$

$$t = 0^\circ\text{C}$$

$$\rho = 900 \text{ кг/м}^3$$

N - ?

Решение:

1) Найдем количество теплоты, необходимое для того, чтобы превратить в воду лед объемом $V = 10 \text{ см}^3$, находящийся при температуре 0°C :

$$Q = \lambda m,$$

Где $\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$ – удельная теплота плавления льда (табличная величина),

а $m = \rho V$ – масса льда.

Тогда:

$$Q = \lambda \rho V = 3,3 \cdot 10^5 \cdot 900 \cdot 10^{-5} = 2970 \text{ Дж}$$

2) Теперь запишем выражение для суммарной энергии α -частиц:

$$W = NE$$

3) По условию задачи энергии α -частиц полностью переходит в тепло: $W = Q$.

То есть:

$$NE = Q$$

$$N = Q/E = \lambda\rho V/E$$

Энергия в Дж:

$$E = 5,3 \cdot 10^6 \text{ эВ} = 5,3 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 8,48 \cdot 10^{-13} \text{ Дж},$$

Где $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд электрона.

Тогда:

$$N = \frac{2970}{8,48 \cdot 10^{-13}} = 3,5 \cdot 10^{15}$$

Ответ: $N = 3,5 \cdot 10^{15}$ – число атомов полония, которые должны распасться.

А вот задача на радиоактивный распад, очень испугавшая абитуриентов своим медицинским содержанием, так что ее мало кто решил.

2. ЕГЭ-2012, Вар. 103

Пациенту ввели внутривенно дозу раствора, содержащего определённый изотоп натрия. Активность 1 см^3 этого раствора $a_0 = 2000$ распадов в секунду. Период полураспада изотопа равен $T = 15,3$ ч. Через $t = 3$ ч 50 мин активность 1 см^3 крови пациента стала $a = 0,28$ распадов в секунду. Каков объём введённого раствора, если общий объём крови пациента $V = 6$ л? Переходом ядер используемого изотопа натрия из крови в другие ткани организма пренебречь.

Дано:

$$a_0 = 2000 \text{ расп. в секунду}$$

$$a = 0,28 \text{ расп. в секунду}$$

$$V = 6 \text{ л} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$T = 15,3 \text{ ч} = 15 \cdot 60 + 0,3 \cdot 60 =$$

$$= 900 + 18 = 918 \text{ мин}$$

$$t = 3 \text{ ч } 50 \text{ мин} = 3 \cdot 60 + 50 =$$

$$= 230 \text{ мин}$$

Решение:

N -?

Активность всего объема крови пациента по прошествии времени t , после введения препарата объемом 1 см^3 , согласно закону радиоактивного распада, равна $a(t) = a_0 \cdot 2^{-t/T}$.

Пусть V_0 - начальный объем раствора, который на самом деле ввели пациенту.

Тогда активность образца крови в момент времени t : $a = a(t) V_0/V$.

$$\text{Отсюда } V_0 = a \cdot V / a(t) = \frac{a \cdot V}{a_0 \cdot 2^{-t/T}} = a \cdot V \cdot 2^{t/T} / a_0$$

$$V_0 = 0,28 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{2^{\frac{230}{918}}}{2000} = 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$\text{Ответ: } V_0 \approx 1 \text{ см}^3.$$

Итак, мы, разобрали две задачи. На моем интенсиве по задаче 32 я разбираю около 40 задач. Буду рада видеть вас на моих занятиях.