

Задачи по ядерной физике

Отличительные особенности:

1. Прикладная направленность
2. Выход за рамки школьного учебника

1. В кровь человека ввели небольшое количество раствора, содержащего Na^{24} с активностью $A_0 = 2000$ Бк. Активность 1 см крови через 5 ч оказалась равной $A' = 0,267$ Бк. Период полураспада данного радиоизотопа $T = 15$ ч. Найти объем крови человека.

Чтобы решить задачу необходимо:

1. Получить формулу активности $A = |dN/dt|$, для этого целесообразно использовать уравнение распада в виде $N = N_0 \exp(-\lambda t)$, где постоянная распада выражается через период полураспада

$$\frac{1}{2} N_0 = N_0 \exp(-\lambda T) \Rightarrow \lambda = \ln 2 / T$$
$$A = |-\lambda N_0 \exp(-\lambda t)| = |-\lambda N| = (\ln 2 / T) N$$

Теперь, получив пропорциональность активности числу распадов, можно записать уравнение распада в знакомом виде и, обозначив

$$A_0 = (\ln 2/T)N_0$$

Можно записать формулу активности в любой момент времени

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

2. Необходимо сказать, что активность по данной формуле находится во всем объеме крови.

3. Необходимо обратить внимание учащихся на равенство концентраций радиоактивного вещества во всем объеме крови и в пробе (если не поймут – напомнить задачу с озером и кусочком соли)

$$n = N/V = N'/V' \Rightarrow V = V'N/N'$$

4. Напомнить, что отношение числа не распавшихся частиц равно отношению активностей, поэтому,

$$V = V'A/A' = V'A_0 (2^{-t/T})/A$$

2. Удельная активность препарата, состоящего из активного Co^{58} и неактивного Co^{59} , составляет $2,2 \cdot 10$ Бк/г. Период полураспада Co^{58} равен 71,3 суток. Найти отношение массы активного Co^{58} в этом препарате к массе препарата.

Для решения необходимо:

1. Определить понятие удельной активности – обратить внимание на размерность Бк/г = [А/м]
2. Так как препарат состоит из активного и неактивного компонент, получим

$$m = m(58) + m(59)$$

3. Активность находим только для Co^{58} , поэтому

$$A = A(58) = A_0 = \lambda N_0 = (\ln 2 / T) N_0$$

4. Удельная активность препарата составит $A/m = (\ln 2/T) N_0$
/m

5. Число частиц активного элемента в граммах, так как
удельная активность отнесена к граммам, $N_0 = (m(58)/58)$
 $\cdot N_A$

6. Подставляем число частиц в активность и получаем

$$A/m = (\ln 2/58 \cdot T) [m(58)/m] \cdot N_A$$
$$m(58)/m = N_A \cdot A/m \cdot (58T/\ln 2)$$

Возможная задача по ядерной физике в поле С1

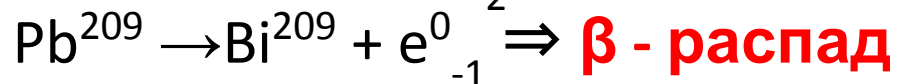
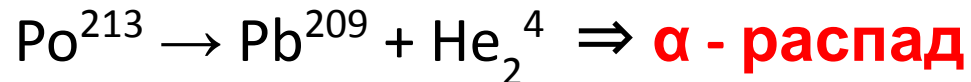
3. Радиоактивные ядра A испытывают превращения по цепочке $A_1 \Rightarrow A_2 \Rightarrow A_3$ (например $\text{Po}^{213} \Rightarrow \text{Pb}^{209} \Rightarrow \text{Bi}^{209}$) с соответствующими периодами полураспада T_1, T_2, T_3 . В начальный момент препарат содержал только изотопы ядра A_1 в количестве N_{01} .

Возможные вопросы задачи:

1. Опишите процесс превращения, постройте примерные графики зависимости от времени каждого изотопа
2. Найдите закон накопления стабильных ядер A_3 .

Для решения задачи чистого описания процесса необходимо:

1. Определить характер распада:



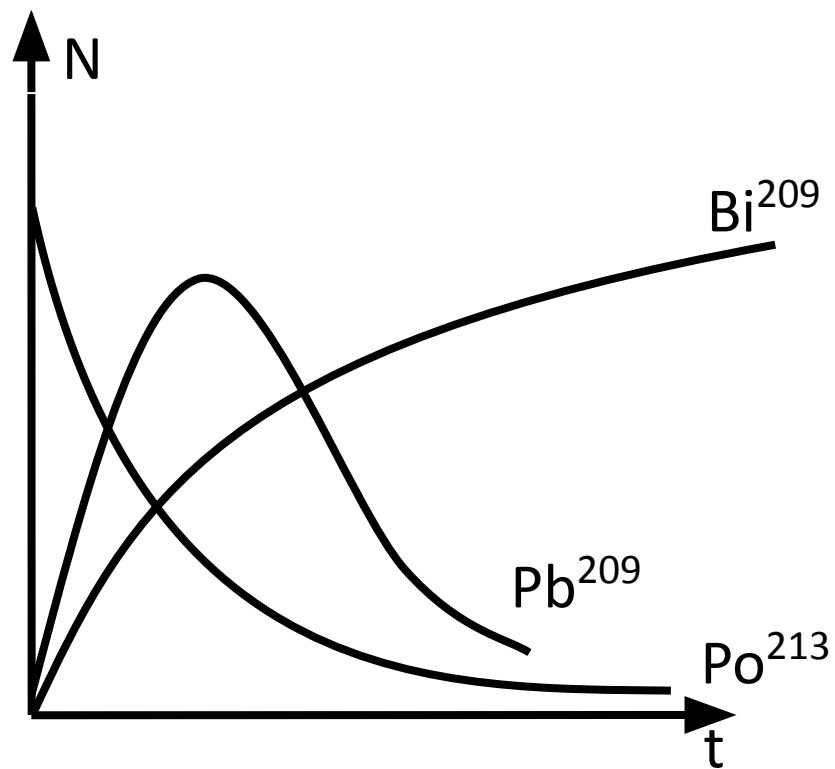
2. Число частиц изотопа Po изменяется по закону радиоактивного распада и имеет вид $N_1 = N_{01} 2^{-t/T1}$

3. Число частиц изотопа Pb в начальный момент времени было равно нулю, потом оно растет, так как периоды полураспада Po и Pb разные, потом начинает убывать изменяясь по закону

$$N_2 = N_{02}(t) \cdot 2^{-t/T2} = N_{01} (1 - 2^{-t/T1}) \cdot 2^{-t/T2}$$

4. Число частиц изотопа Bi изменяется по закону радиоактивного распада и имеет вид $N_3 = (N_{02} - N_2) 2^{-t/T3}$

Таким образом, примерные графики зависимости числа частиц от времени выглядят следующим образом:



4. Общее число частиц радиоактивного препарата, содержащего Po^{210} и Co^{58} , испытывающих α -распад с периодами полураспада $T(\text{Po}) = 138$ суток и $T(\text{Co}) = 71,3$ суток приведено в таблице. По этим данным найти начальное число атомов Po^{210} и Co^{58}

t, сут	0	50	100	150	200	250
$N \cdot 10^2$ 0	10	6,9	4,8	3,5	2,5	1,84

Чтобы решить задачу, необходимо:

1. Обратить внимание, что в каждом столбце приведена сумма $N = N_1 + N_2$ числа частиц первого и второго изотопов, каждое из которых меняется по закону

$$N_1 = N_{01} 2^{-t/T_1}$$

$$N_2 = N_{02} 2^{-t/T_2}$$

2. Записать закон распада для системы, выбрав два столбца таблицы (будем измерять число частиц в 10^{20})

$$10 = N_{10} + N_{20}$$

$$6,9 = N_{10} 2^{-t/T_1} + N_{20} 2^{-t/T_2}$$

3. Выполнить предварительный расчет, подставив значения времени $t = 50$ и $T_1 = 138$ и $T_2 = 71,3$, получить систему линейных уравнений:

$$\begin{cases} 10 = N_{10} + N_{20} \\ 6,9 = 0,78N_{10} + 0,62N_{20} \end{cases}$$

4. Решить систему и получить ответ

$$N_{10} = 5,6 \cdot 10^{20}$$

$$N_{20} = 4,4 \cdot 10^{20}$$