

Радиоактивный распад

ЗАДАЧА 1. (МОШ, 2014, 11) За год из 4 г радиоактивного вещества распадается 1 г. Сколько граммов из 4 г этого вещества распадётся за два года? А за три года? За n лет?

$$\ln \left(\frac{m}{m_0} \right) = -\lambda t$$

ЗАДАЧА 2. (МФТИ, 1978) В микрокалориметр теплоёмкостью $C = 100$ Дж/°С помещён образец изотопа кобальта с относительной атомной массой $A = 61$. Масса образца $m = 10$ мг. При распаде ядра ^{61}Co выделяется энергия $W = 2 \cdot 10^{-19}$ Дж. Через время $\tau = 50$ мин температура калориметра повысилась на $\Delta t = 0,06$ °С. Оценить период полураспада ^{61}Co . Число Авогадро $N_0 = 6 \cdot 10^{23}$.

$$\ln \left(\frac{m_0}{m} \right) \approx \frac{W}{C \Delta t} = \lambda \tau$$

ЗАДАЧА 3. (МФТИ, 1979) В некоторый момент времени счётчик радиоактивного излучения, расположенный вблизи препарата ^{18}F с малым периодом полураспада, зафиксировал $N_0 = 100$ отсчётов в секунду. Через время $\tau = 22$ мин показание уменьшилось до $N_1 = 87$ отсчётов в секунду. Определите период полураспада ^{18}F .

$$\ln \left(\frac{N_0}{N_1} \right) = \lambda \tau$$

ЗАДАЧА 4. (МФТИ, 1979) Ампула с радиоактивным препаратом ^{24}Na (период полураспада $\tau = 15$ час) охлаждается потоком воздуха. В начале опыта воздух нагревается на $\Delta t = 2$ °С. Через какое время охлаждающий ампулу воздух будет нагреваться на $\Delta t_1 = 1,8$ °С?

$$\ln \left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t} \right) = \frac{\tau}{T} \ln 2$$

ЗАДАЧА 5. (IPhO, 2000)¹ Предполагается, что к моменту окончательного формирования Земли в ней присутствовали изотопы ^{238}U и ^{235}U , но не продукты их распада. Распад ^{238}U и ^{235}U используется для оценки возраста Земли τ .

а) Период полураспада изотопа ^{238}U составляет $4,5 \cdot 10^9$ лет. Периоды полураспада продуктов распада в получающейся радиоактивной цепочке намного меньше, и в первом приближении ими можно пренебречь. Цепочка распада заканчивается на стабильном изотопе свинца ^{206}Pb . Найдите число атомов ^{206}Pb , обозначаемое ^{206}n , которое получается в процессе радиоактивного распада за время t , как функцию числа ^{238}N атомов ^{238}U , сохранившихся к настоящему моменту, и периода полураспада ^{238}U . (Если вам удобно, используйте в качестве единицы времени 10^9 лет.)

б) Аналогично, ^{235}U распадается с периодом полураспада $0,710 \cdot 10^9$ лет через цепочку короткоживущих продуктов, заканчивающуюся стабильным изотопом ^{207}Pb . Получите выражение для ^{207}n через ^{235}N и период полураспада ^{235}U .

в) Урановая руда, загрязнённая рудой свинца, анализируется при помощи масс-спектрометра. Измерения относительных концентраций изотопов ^{204}Pb , ^{206}Pb и ^{207}Pb дают соотношения $1,00 : 29,6 : 22,6$ соответственно. Изотоп ^{204}Pb используется для калибровки; он не является продуктом радиоактивного распада. Анализ чистой свинцовой руды дает соотношения $1,00 : 17,9 : 15,5$. Зная, что отношение концентраций $^{238}N : ^{235}N$ равно $137 : 1$, получите уравне-

¹Первое задание на IPhO-2000 состояло из пяти независимых задач, и это — одна из них.

ние для возраста Земли τ .

d) Предполагая, что τ много больше периодов полураспада обоих изотопов урана, рассчитайте приближённое значение возраста Земли.

e) На самом деле это приближённое значение не является значительно бóльшим по сравнению с наибольшим периодом полураспада, но оно может быть использовано для более точного расчёта величины τ . Произведите такой расчёт и оцените возраст Земли с точностью 2%.

$$N_{206} = N_{238} \left(1 - \frac{t}{T_{238}}\right) \quad N_{207} = N_{235} \left(1 - \frac{t}{T_{235}}\right)$$