

## 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  $^{61}\text{Co}$  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  $^{61}\text{Co}$ . Число Авогадро  $N_0 = 6 \cdot 10^{23}$ .

$$N \approx \frac{C \Delta t}{W} \approx \frac{C \Delta t}{A m \lambda} \approx \frac{C \Delta t}{A m \lambda} = N$$

ЗАДАЧА 3. (МФТИ, 1979) В некоторый момент времени счётчик радиоактивного излучения, расположенный вблизи препарата  $^{18}\text{F}$  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  $^{18}\text{F}$ .

$$\ln \frac{N_1}{N_0} = -\lambda \tau$$

ЗАДАЧА 4. (МФТИ, 1979) Ампула с радиоактивным препаратом  $^{24}\text{Na}$  (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?

$$\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t} = \frac{t}{\tau} \ln 2$$

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

а) Период полураспада изотопа  $^{238}\text{U}$  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  $^{206}\text{Pb}$ . Найдите число атомов  $^{206}\text{Pb}$ , обозначаемое  $^{206}n$ , которое получается в процессе радиоактивного распада за время  $t$ , как функцию числа  $^{238}N$  атомов  $^{238}\text{U}$ , сохранившихся к настоящему моменту, и периода полураспада  $^{238}\text{U}$ . (Если вам удобно, используйте в качестве единицы времени  $10^9$  лет.)

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

в) Урановая руда, загрязнённая рудой свинца, анализируется при помощи масс-спектрометра. Измерения относительных концентраций изотопов  $^{204}\text{Pb}$ ,  $^{206}\text{Pb}$  и  $^{207}\text{Pb}$  дают соотношения  $1,00 : 29,6 : 22,6$  соответственно. Изотоп  $^{204}\text{Pb}$  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-

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

ние для возраста Земли  $\tau$ .

d) Предполагая, что  $\tau$  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  $\tau$ . Произведите такой расчёт и оцените возраст Земли с точностью 2%.

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