363

(ア)

放射性崩壊

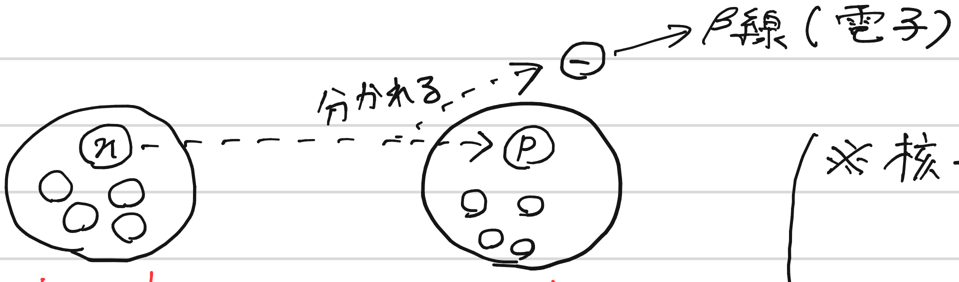
(イ)(ウ)

$${}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{\overset{(イ)}{A-4}}_{\underset{(ウ)}{Z-2}}Y + {}^{4}_{2}He$$

(エ)(オ)

β崩壊は電子の放出以外に、中性子nが陽子pに変わっていることも知っておこう。

${}^{A}_{Z}X$ のβ崩壊の場合、



核子A個

核子はA個のまま
しかし、電荷は +e される

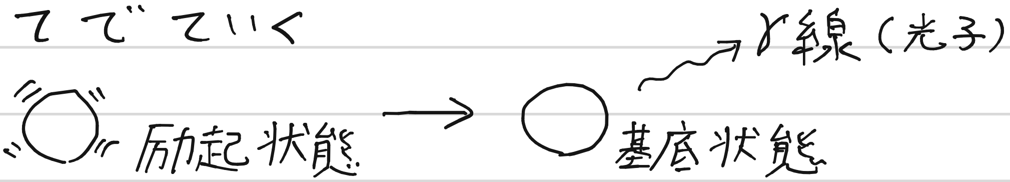
(※核子…中性子と陽子を区別なく呼ぶときの名称)

これを式にすると

$${}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{\overset{(エ)}{A}}_{\underset{(オ)}{Z+1}}Y + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}_e$$

原子番号Z(電荷)が1増える。

※ γ崩壊は、核子に変化はないが、エネルギーが光子となってでていく



$\boxed{363}$ 続き

(1)

方針

① 質量数Aが変わるのは α崩壊のみで.
4ずつ減っていく。

② Aを4ずつ減らしていって. Aがとれる数字と一致する選択肢を見つける.

③ β崩壊の回数で原子番号Zを合わせる.

$238-(4\times8)$

$${}^{238}_{92}U \xrightarrow{\alpha崩壊\,8回} {}^{206}_{76}\square$$

$92-(2\times8)$

これで質量数Aが合うのは

$\underline{①}_{//}$ ${}^{206}_{82}Pb$

とわかった。他の選択肢の質量数にはなれないのである.

(2)

(1)の考察より α崩壊は $\underline{8回}_{//}$

α崩壊を8回したあとは

${}^{206}_{76}\square$ なので ${}^{206}_{82}Pb$ にするには.

β崩壊を $\underline{6回}_{//}$ して. 原子番号を6増やせばよい。

$\boxed{364}$

(1)

半減期 3回分の時間がたっているので、

$$\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}$$

$$=\frac{1}{8}\text{倍}$$ になる。

(2)

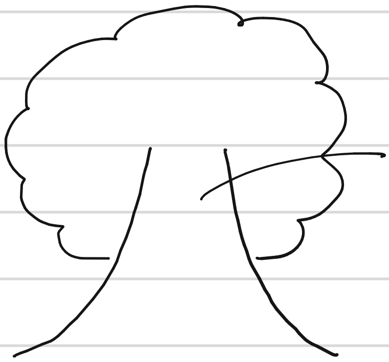
半減期の回数を T, t で示すと $\frac{t}{T}$ [回] といえる.

その回数分 $\frac{1}{2}$倍 されるので

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}\text{倍}$$ といえる。

$\boxed{365}$

生きている間は



^{14}C が $\dfrac{1}{1兆}$

残りは ^{12}C

というバランスが維持される.

枯れると, 半減期に従い ^{14}C が ^{12}C に変わっていく。

^{14}C の割合が, その 25%$\left(\frac{1}{4}\right)$ に減少していたことから,
半減期 2 回分, 時間がたったと考えられる。

よって

$t = 5730 \times 2 = \underline{11460\ 年} \fallingdotseq \underline{1.15 \times 10^4\ 年}$

※ 補足

半減期の公式 $N = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ を用いると

$$\underbrace{\frac{1}{4}N_0}_{残ってる数N} = \underbrace{N_0}_{元の数N_0} \cdot \underbrace{\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{5730}}}_{残る割合}$$

$\Rightarrow \dfrac{1}{4} = \left(\dfrac{1}{2}\right)^{\frac{t}{5730}}$

$\Rightarrow \dfrac{t}{5730} = 2$

$\therefore t = \underline{11460\ 年} \fallingdotseq \underline{1.15 \times 10^4 年}$

366

(1)

核反応式を書くと以下のようになる。

$$^{222}_{86}Rn \longrightarrow {}^{A}_{Z}RaA + {}^{4}_{2}He$$

α粒子がでていく。

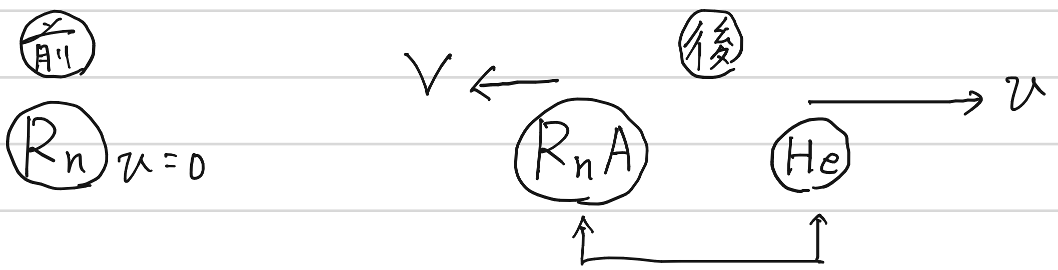
よって

$A = 222 - 4$ $\quad Z = 86 - 2$

$= 218$ (質量数) $\quad = 84$ (原子番号)

(2)

前と後で運動量が保存する。



質量比は 218 : 4
(質量数の比)

Heの質量をm、RnAの質量をMとしたら、

$$\frac{M}{m} = \frac{218}{4}$$

運動量の保存より

$$0 = mv - MV$$

$$\therefore \frac{v}{V} = \frac{M}{m} \cdots ①$$

運動エネルギーの比Sは

$$S = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{\frac{1}{2}MV^2} = \frac{m}{M}\left(\frac{v}{V}\right)^2$$

①を代入して

$$S = \frac{m}{M}\left(\frac{M}{m}\right)^2 = \frac{M}{m} = \frac{218}{4}$$

よって 218 : 4

$\Rightarrow$ 109 : 2

$\boxed{366}$ (2) 補足

私は 以下のように計算しました。やってることは変わらないですが、参考までにどうぞ。

↓

He の質量を $4m$ としたら、RnA の質量は $218m$ といえる。
(質量数の比より)

運動量保存の式をたてると

$$0 = -218mV + 4mv$$

$$\Rightarrow V = \frac{4}{218}v \quad \cdots ①$$

一方, 運動エネルギーの比は

He : RnA

$$\frac{1}{2}\cdot 4m\cdot v^2 : \frac{1}{2}\cdot 218m\cdot V^2$$

① を代入して

$$\frac{1}{2}\cdot 4m\cdot v^2 : \frac{1}{2}\cdot 218m\cdot\left(\frac{4}{218}v\right)^2$$

$$\Rightarrow 1 : \frac{4}{218}$$

$$\Rightarrow 218 : 4$$

$$\Rightarrow \underline{109 : 2}_{//}$$

367

問題文の式を1つずつ追いかけ、理解を進めよう。

(ア)

$$-\Delta N = \lambda N \Delta t \quad \cdots ①$$

この式を変形して、

$$\frac{\Delta N}{N} = -\lambda \Delta t$$

両辺を積分して

$$\int \frac{dN}{N} = \int -\lambda\, dt$$

$$\Rightarrow \int \frac{1}{N} dN = -\lambda \int dt$$

$$\therefore \log N = -\lambda t + C \quad \cdots ②$$ (Cは積分定数)

$t=0$ のとき $N=N_0$ なので

$$C = \log N_0$$

②式を書き直すと

$$\log N = -\lambda t + \log N_0$$

logをまとめると

$$\log N - \log N_0 = -\lambda t$$

$$\Rightarrow \log \frac{N}{N_0} = -\lambda t$$

$\frac{N}{N_0} > 0$ であるから

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \qquad \therefore N = \underline{N_0 e^{-\lambda t}} \text{ // (ア)}$$

$\boxed{367}$ 続き

(イ)

$t=T$ で $N=\frac{1}{2}N_0 \overset{つまり}{\Rightarrow} \frac{N}{N_0}=\frac{1}{2}$ になっているということなので

$\frac{N}{N_0}=e^{-\lambda t}$ に代入すると

$$\Rightarrow \frac{1}{2}=\underline{e^{-\lambda T}}_{\#}\ (イ)$$

(ウ)

両辺の自然対数をとって

$$\log\frac{1}{2}=\log e^{-\lambda T}$$

$$\Rightarrow \log 2^{-1}=-\lambda T\log e$$

$$\Rightarrow -\log 2=-\lambda T$$

$$\therefore T=\frac{\log 2}{\lambda}=\underline{\frac{0.693}{\lambda}}_{\#}\ (ウ)$$

(エ)

単位時間(1[s])に崩壊する個数は $-\frac{\Delta N}{\Delta t}$ といえる。

①式を変形すると

$$-\frac{\Delta N}{\Delta t}=\underline{\lambda N}_{\#}\ (エ)$$ これがエである.