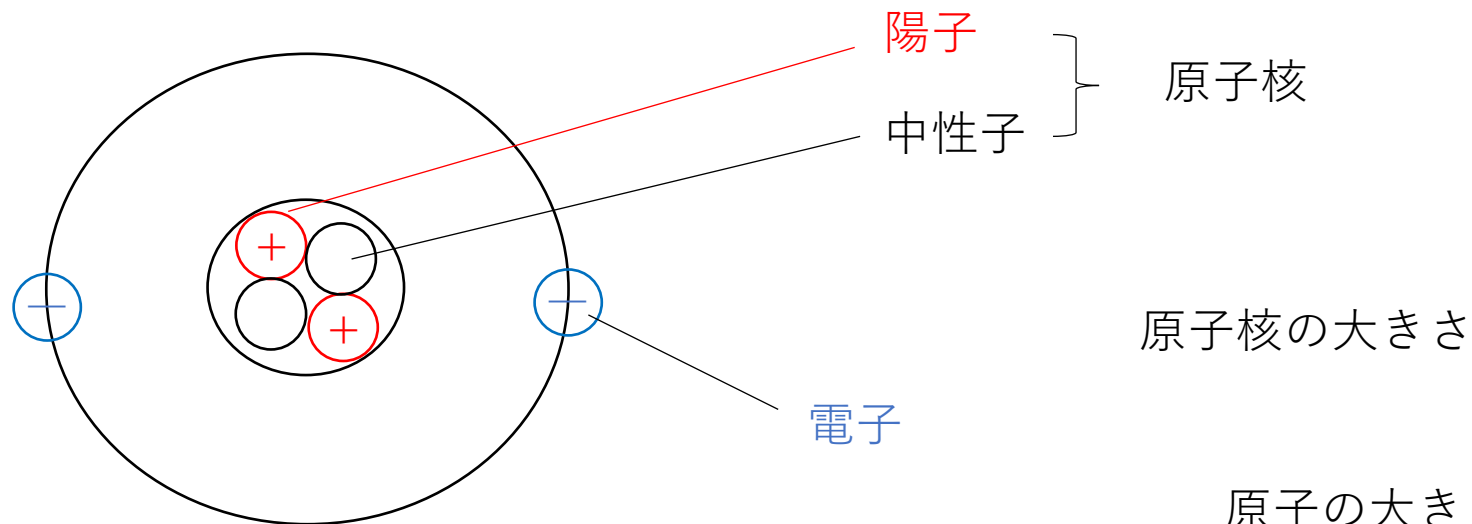


# 物質の構成粒子

元素	物質を構成する基本的な成分	原子の種類が元素
原子	物質を構成する基本的な粒子	元素の周期表

## 原子の構造



ヘリウム原子のモデル

解答に必要があれば、次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.1, Cl = 35.5, Ca = 40.1, Pb = 207

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ , アボガドロ定数： $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$ ,  $\sqrt{3.6} = 1.90$ ,  $\sqrt{33} = 5.74$ ,  $\pi = 3.14$

1

放射性元素  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  の性質および金原子の構造に関する以下の各問いに答えなさい。

問1  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  から生じる放射線粒子は正の電荷を帯び、物質を透過する力が小さい。この放射線は何か。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A.  $\alpha$  線      B.  $\beta$  線      C.  $\gamma$  線      D. 中性子線

問2  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  が、放射線粒子1個を放出して壊変することにより生じる元素と、周期表の同じ族に属する元素はどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. セシウム      B. カルシウム      C. 硫黄      D. ヨウ素      E. キセノン

問3 放射性元素の壊変速度  $v$  [mol/s] は、放射性元素の物質量  $N$  [mol] に比例し、速度定数を  $k$  [/s] とすると以下の式で表される。

$$v = kN$$

速度定数と半減期  $\tau$  [s] の間には以下の関係がある。

$$\tau = \frac{0.693}{k}$$

${}^{226}_{88}\text{Ra}$  の半減期は1600年である。0.226 mg の  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  が1秒間で壊変する回数は何回か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、1600年を  $5.05 \times 10^{10}$  秒としてよい。

- A.  $8 \times 10^5$  回      B.  $1 \times 10^6$  回      C.  $8 \times 10^6$  回      D.  $1 \times 10^7$  回      E.  $8 \times 10^7$  回

問4 金原子の構造を調べるため、図1(左)のように $xy$ 平面に沿って薄い金箔を置いた。金箔は図1(右)のように金原子の層 $L$ が1000枚積み重なっている。この金箔に対し、 ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ から放射される放射線を $z$ 軸に沿って一方向に当て、粒子の向きの変化を調べた。その結果、ほとんどの粒子は進行方向を変えずに金箔を通過したが、100万個の粒子の内3個が金箔を通過するときに原子核と衝突し、大きく向きが変わった。原子核を図1(右)の $z$ 軸に沿ってみると、互いに重なっていない。放射線粒子の大きさは原子核に比べて十分に小さいとして、次の(1)と(2)に答えなさい。

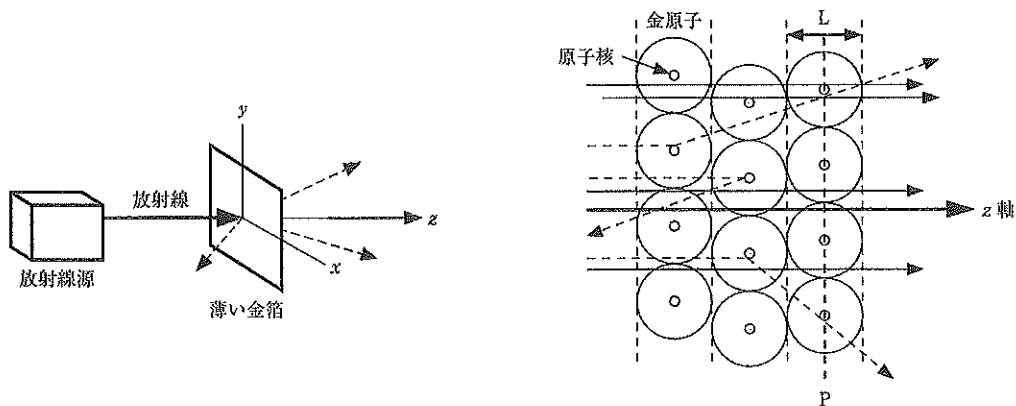


図1 放射線の散乱実験装置(左)と金箔断面の拡大図(右)。右図中の点線の矢印は散乱した放射線粒子の軌跡、 $L$ は一層分の金原子層、 $P$ は原子核の中心を通り $xy$ 平面に平行な平面を表す。

(1) 金原子の層 $L$ は、図2のように球形の原子が $xy$ 平面に隙間なく敷き詰められている。原子と原子核の半径をそれぞれ $a$  [m]、 $b$  [m]とすると、図1(右)の $xy$ 平面に平行で原子核の中心を通る平面 $P$ に占める原子核の断面積の割合を表した式はどれか。次の中から最も適切なもの一つを選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

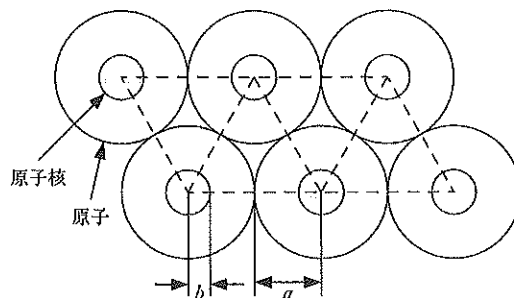


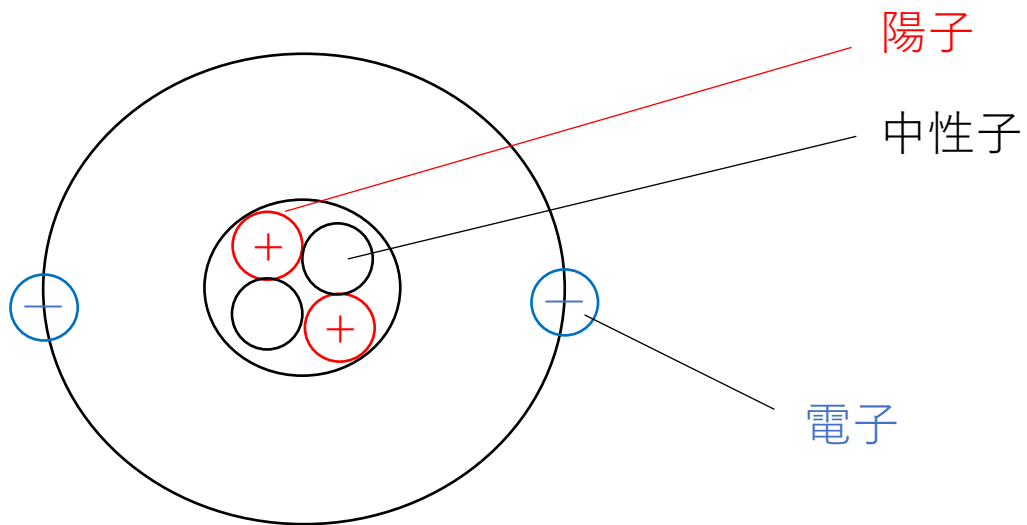
図2  $xy$ 平面上の金原子の配列。原子核は、実際よりも大きく見えるように強調してある。

- A.  $\frac{\pi a^2}{2\sqrt{3}b^2}$     B.  $\frac{\pi a^2}{\sqrt{3}b^2}$     C.  $\frac{\pi b^2}{\sqrt{3}a^2}$     D.  $\frac{2\pi b^2}{3a^2}$     E.  $\frac{\pi b^2}{2\sqrt{3}a^2}$

(2) 金の原子半径は $1.4 \times 10^{-10}$  mである。金の原子核の半径は何 mか。次の中から最も近いもの一つを選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

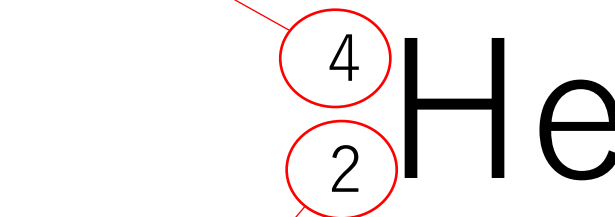
- A.  $1 \times 10^{-15}$  m    B.  $4 \times 10^{-15}$  m    C.  $8 \times 10^{-15}$  m  
D.  $1 \times 10^{-14}$  m    E.  $3 \times 10^{-14}$  m

原子の構造



ヘリウム原子のモデル

$$\text{質量数} = \text{陽子数} + \text{中性子数}$$



$$\text{原子番号} = \text{陽子数}$$

質量数に電子の数を含めない理由は？



電子が陽子や中性子に比べて非常に軽いから

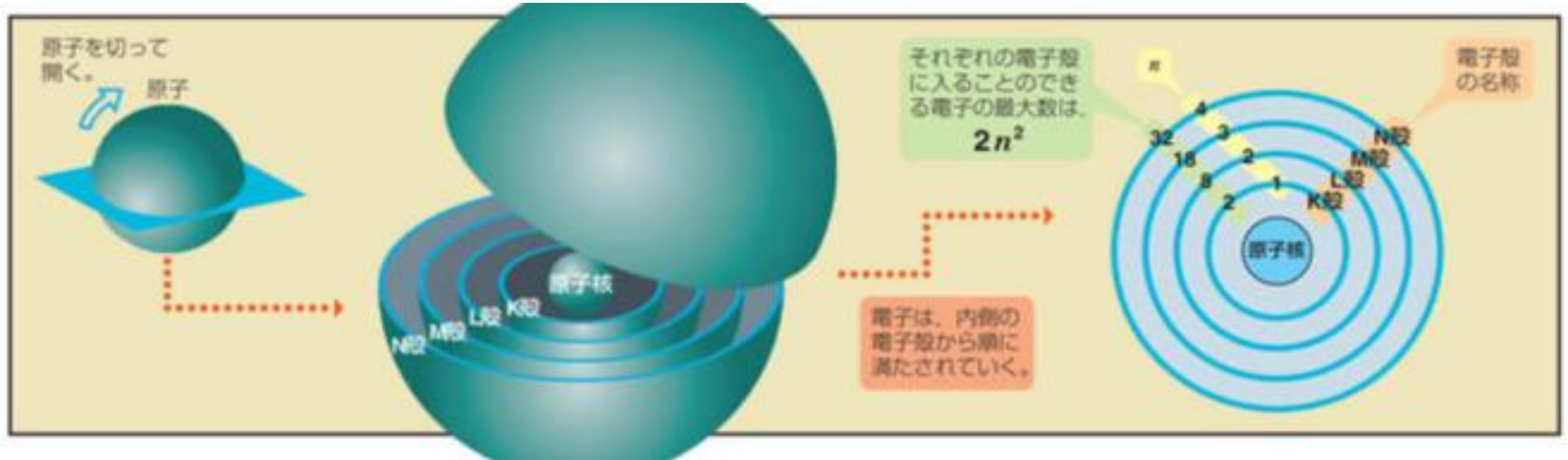
電子の質量



陽子や中性子の約  $\frac{1}{1840}$

ボーアの電子殻

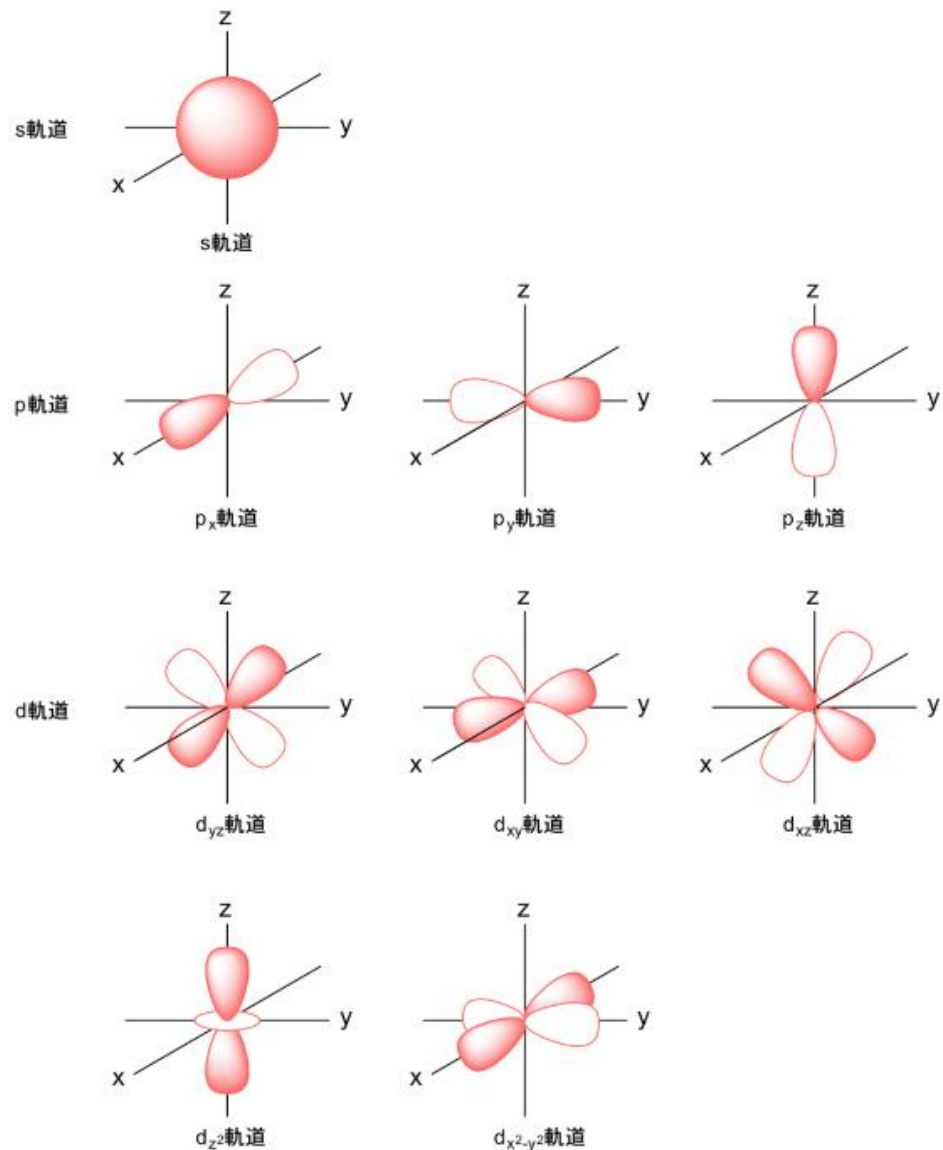
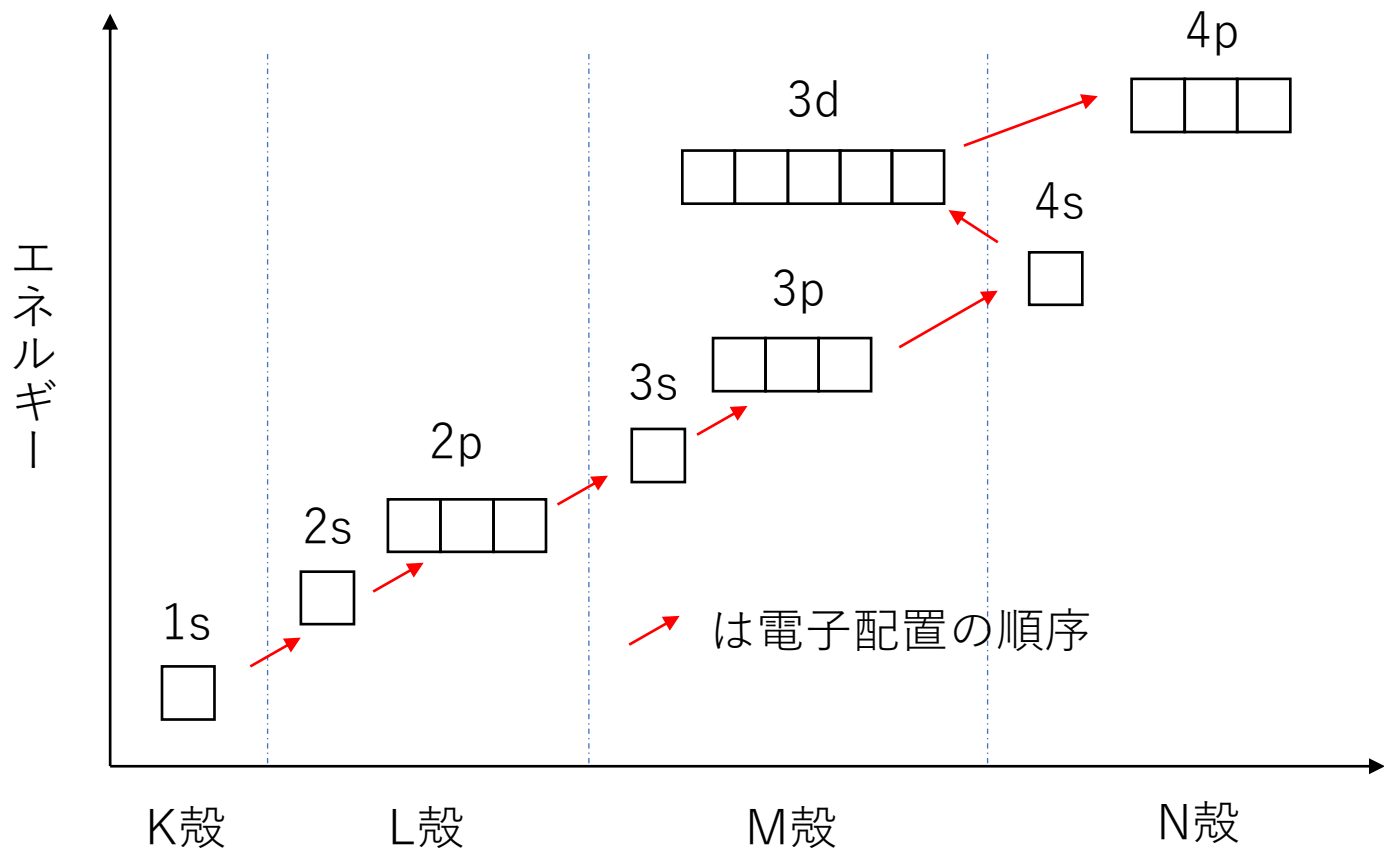
1913年, デンマークのボーアは,原子内の電子は原子核のまわりをいくつかの層に分かれて運動しているとする説を提唱した。



# 電子軌道

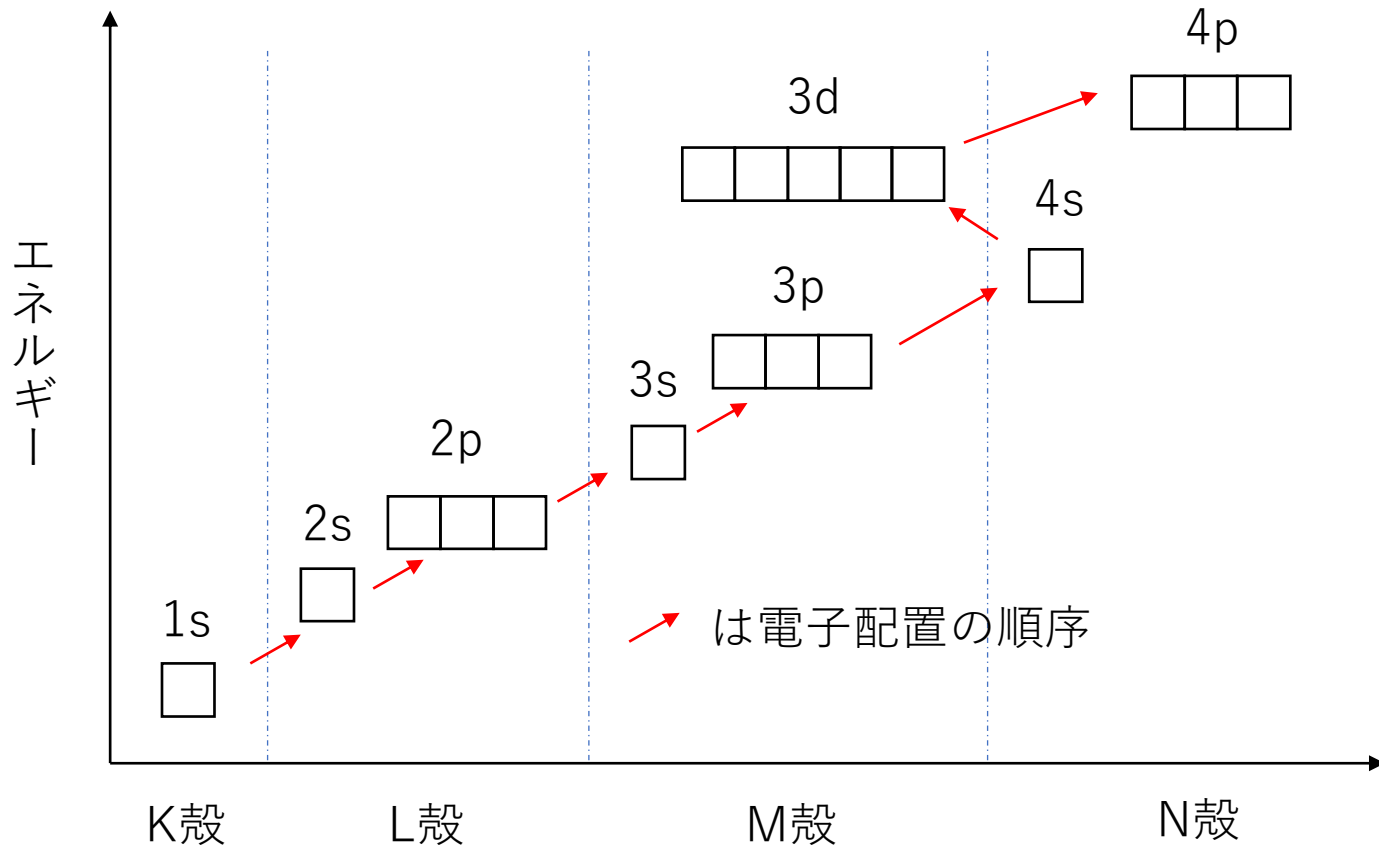
K殻以外の電子殻は、それぞれ少しずつエネルギーの異なるいくつかの電子軌道に分かれている

各電子軌道には電子が2個まで入る



# 電子軌道

遷移元素では最外殻電子がいずれも 2 個(または 1 個)であり、電子が一つ内側の電子殻に配置されていく



	M殻 3d	N殻 4s
19K	□ □ □ □ □	↑
20Ca	□ □ □ □ □	↑↓
21Sc	↑ □ □ □ □	↑↓
22Ti	↑ ↑ □ □ □	↑↓
23V	↑ ↑ ↑ □ □	↑↓
24Cr	↑ ↑ ↑ ↑ ↑	↑
25Mn	↑ ↑ ↑ ↑ ↑	↑↓
26Fe	↑↓ ↑ ↑ ↑ ↑	↑↓
27Co	↑↓ ↑↓ ↑ ↑ ↑	↑↓
28Ni	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑ ↑	↑↓
29Cu	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓	↑
30Zn	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓

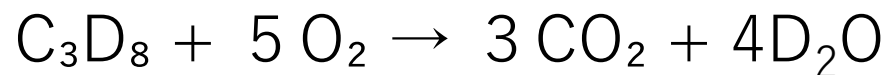
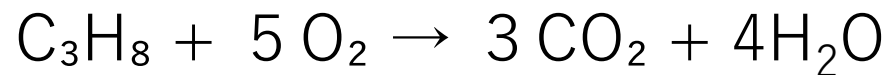
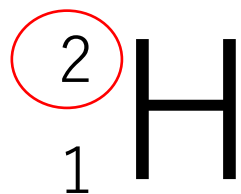
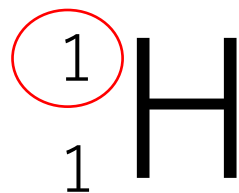
## 同位体

原子番号（陽子の数）は同じでも、中性子の数が異なるため、質量数が異なる原子同士

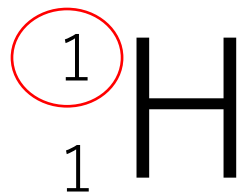
化学的性質はほぼ等しい



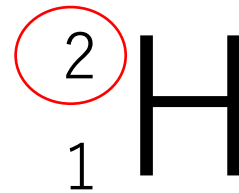
化学反応式は同じように書ける！



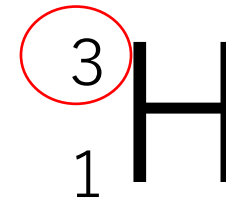
同位体の天然存在比はほぼ一定である



99.985%



0.015%



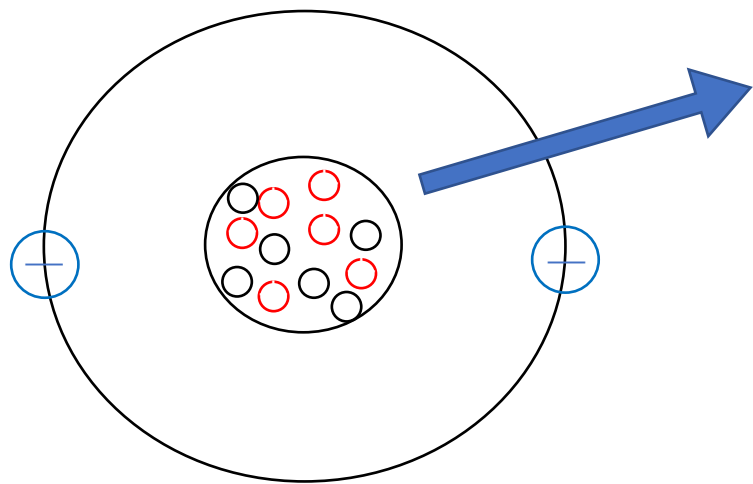
極微量



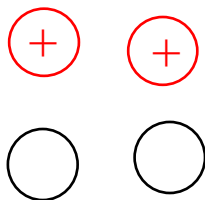
放射性同位体

原子核が不安定で $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線などの放射線を放出して自然に壊れていく同位体

$\alpha$ 壊変 ( $\alpha$ 崩壊)

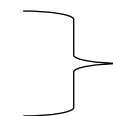


$\alpha$ 線



陽子 2個

中性子 2個



ヘリウムの原子核分

陽子 - 2

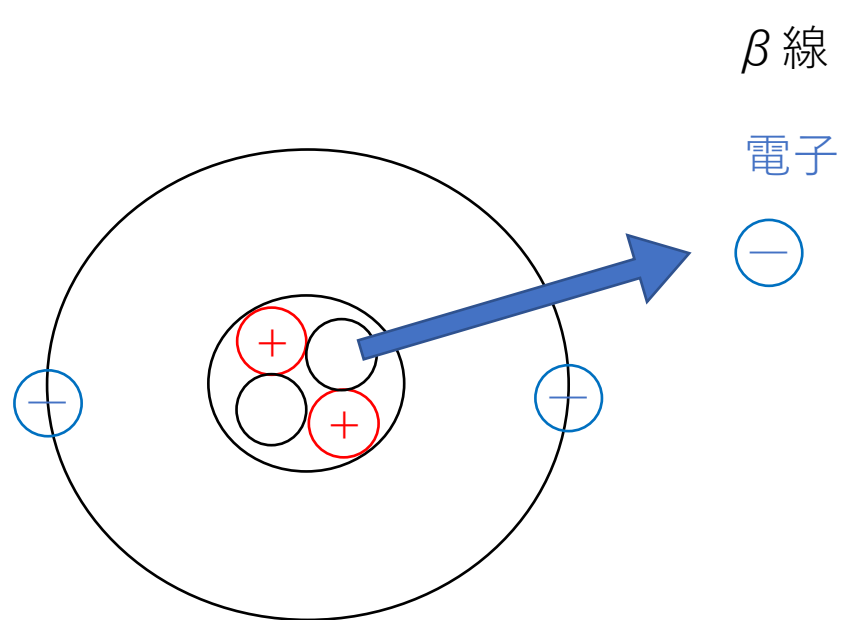
中性子 - 2



原子番号 - 2

質量数 - 4

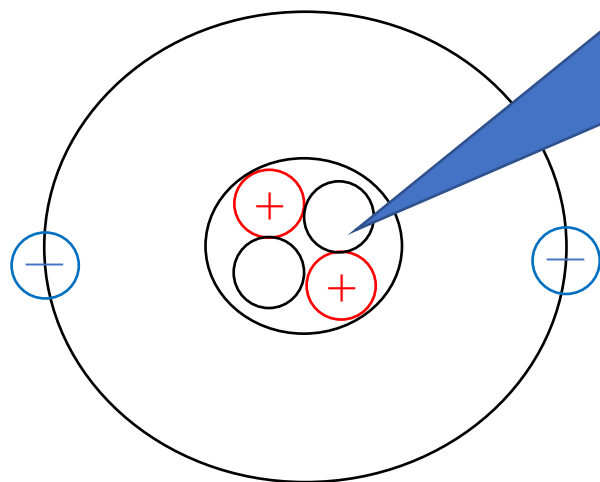
# $\beta$ 壊変 ( $\beta$ 崩壊)



中性子  $\rightarrow$  陽子 + 電子

陽子 + 1  $\rightarrow$  原子番号 + 1  
中性子 - 1  $\rightarrow$  質量数  $\pm$  0

$\gamma$  壊変 ( $\gamma$  崩壊)



$\gamma$  線

高エネルギーの電磁波

### 放射線の遮蔽

$\alpha$  線



紙 1 枚でも遮蔽

$\beta$  線



薄い金属板 1 枚で遮蔽

$\gamma$  線



厚い鉛などの遮蔽材で遮蔽

必要ならば、つぎの数値を用いなさい。

原子量：H=1, C=12, N=14, O=16, Na=23, Cl=35.5

$\log_e 2 = 0.693$ ,  $\log_e 3 = 1.10$ ,  $\log_e 10 = 2.30$

なお、気体はすべて理想気体であるものとし、その標準状態における体積は 22.4 L / mol とする。

【I】 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

1911年、ガイガー、マースデンと共にイギリスの  は、真空中で  線という正の電荷を帯びた放射線を薄い  箔面に対し垂直方向から照射すると、ほとんどの  粒子は  箔をすり抜けたが、ごく一部の粒子は進行方向を大きく曲げられたり、はね返されたりすることを発見した。この結果より、 は原子の中心に正の電荷を持つ非常に小さな核（原子核）が存在することを予想した。さらに精密な実験により、原子核の直径は原子の直径のごくわずか  分の1程度であるにもかかわらず、原子の質量のほとんどを原子核が占めていることが明らかとなった。

原子が形成する化学結合には共有結合、イオン結合、金属結合、配位結合などがあり、これらは比較的強い結合力を示す。このうち、共有結合は原子どうしが互いに電子を提供し合って電子対を形成するのに対し、配位結合は一方の原子からのみ電子対が提供されて結合していると思わせる共有結合である。また、水分子やアンモニア分子は金属イオンと配位結合することがある。金属イオンを中心として非共有電子対を持つ分子や陰イオンが配位結合したイオンを錯イオン、非共有電子対を提供している分子や陰イオンを配位子という。例えば、硫酸銅(II)五水和物  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  の結晶では、含まれる水5分子のうち、 分子は  $\text{Cu}^{2+}$  に配位結合し、残りの  分子は配位結合した水分子と  $\text{SO}_4^{2-}$  の  原子との間で水素結合によってつながっている。

問1  ~  にあてはまるものの正しい組合せはどれか。

	<input type="text" value="ア"/>	<input type="text" value="イ"/>	<input type="text" value="ウ"/>
①	トムソン	$\alpha$	金
②	トムソン	$\beta$	銀
③	トムソン	$\gamma$	金
④	ポーリング	$\alpha$	銀
⑤	ポーリング	$\beta$	金
⑥	ポーリング	$\gamma$	銀
⑦	ラザフォード	$\alpha$	金
⑧	ラザフォード	$\beta$	銀
⑨	ラザフォード	$\gamma$	金

問2 放射線（ $\alpha$ 線， $\beta$ 線， $\gamma$ 線）に関するつぎの記述のうち，誤っているものはどれか。

- a  イ 線の本体は，ヘリウム  ${}^4_2\text{He}$  の原子核の流れである。
- b   $\beta$ 線の本体は，電子  $e^-$  の流れである。
- c  一般に， $\alpha$ 線， $\beta$ 線， $\gamma$ 線のうち，透過力が最も強いのは $\alpha$ 線である。
- d   $\alpha$ 線， $\beta$ 線， $\gamma$ 線のうち，電荷をもたない放射線は $\gamma$ 線である。

- ① aのみ      ② bのみ      ③ cのみ      ④ dのみ      ⑤ a,bのみ
- ⑥ a,cのみ    ⑦ a,dのみ    ⑧ b,cのみ    ⑨ b,dのみ    ⑩ c,dのみ

問3  ア の実験において，厚さ 300 nm の  ウ 箔面に対し  イ 線を垂直方向から照射した結果，ほとんどの  イ 粒子は厚さ 300 nm の  ウ 箔をすり抜けたが，10 万個に 1 個の割合で進行方向を大きく曲げられたり，はね返されたとする。 ウ 原子の直径を 0.3 nm としたとき， エ にあてはまる値として最も近い値はどれか。ただし， ウ 箔に照射された  イ 粒子の数に対する大きく曲げられたり，はね返された  イ 粒子の数の割合は，原子の断面積に対する原子核の断面積の割合に等しいものとする。

- ①  $1.0 \times 10^2$     ②  $2.5 \times 10^2$     ③  $5.0 \times 10^2$     ④  $1.0 \times 10^3$     ⑤  $2.0 \times 10^3$
- ⑥  $5.0 \times 10^3$     ⑦  $1.0 \times 10^4$     ⑧  $2.5 \times 10^4$     ⑨  $5.0 \times 10^4$     ⑩  $1.0 \times 10^5$

問4  オ ～  キ にあてはまる最も適切なものの組合せはどれか。

	オ	カ	キ
①	1	4	酸素
②	1	4	硫黄
③	2	3	酸素
④	2	3	硫黄
⑤	3	2	酸素
⑥	3	2	硫黄
⑦	4	1	酸素
⑧	4	1	硫黄