

【演習問題1】

(1) He型, Ne型, Ar型の3種類である.

(答) 3通り

(2) 原子核の正電荷に比べて相対的に電子雲が多くなると, イオン半径は大きくなる. 電子数が同じで原子核の正電荷が増えると, 電子が強く内側へ引き寄せられイオン半径は小さくなる.

(答) 増大の理由 (c)
減少の理由 (a)

(3) LiF, NaCl, KClは全て同じく, 1価の陽イオンと1価の陰イオンの引き合うクーロン力で結合しているので, 結合距離の短い方が強く結合する. 表中のイオン半径より計算すると, LiFが $0.68 + 1.33 = 2.01 \text{ \AA}$ と結合距離が最も短いので, 結合力が最も強い.

(答) LiF

(4) 陽イオンや陰イオンの持つ電荷の大きい方が, クーロン引力は強くなる. Ca^{2+} , O^{2-} は, 両方とも2価なので結合力が強い.

(答) (b)

【演習問題 2】

- (1) Niは面心立方格子をとるので、単位格子の一边の長さ a とNi球の半径 r の間には、 $4r = \sqrt{2}a$ の関係がある(要点参照)。単位格子に球は4個存在するので

$$\begin{aligned} \text{充填率} &= \frac{\text{球の占める体積}}{\text{単位格子の体積}} \times 100 \\ &= \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 \times 4}{a^3} \times 100 \\ &= \frac{\frac{4}{3}\pi \left(\frac{\sqrt{2}}{4}a\right)^3 \times 4}{a^3} \times 100 = 74 \end{aligned} \quad (\text{答}) \quad 74\%$$

- (2) まず、 1cm^3 に含まれる球の個数を求めよう。

密度が 8.8g/cm^3 で、原子量が 59 だから、 1cm^3 は $8.8\text{g} = \frac{8.8}{59}\text{mol}$ となる。つまり、

1cm^3 には、 $\frac{8.8}{59} \times 6.0 \times 10^{23}$ 個の原子が含まれる。

1個の球の体積を v とすると、 1cm^3 の結晶中で原子の占める体積は

$$\frac{8.8}{59} \times 6.0 \times 10^{23} \times v$$

これが、結晶の体積の 74% に相当するので

$$\frac{8.8}{59} \times 6.0 \times 10^{23} \times v = 0.74$$

$$v = 8.3 \times 10^{-24} \text{cm}^3 \quad (\text{答}) \quad 8.3 \times 10^{-24} \text{cm}^3$$

【演習問題 3】

(a) LMは、陽イオンの直径と陰イオンの半径2つ分の合計だから

$$LM = 2(R + r) \quad (\text{答}) \quad LM = 2(R + r)$$

(b) LNは陰イオンの半径2つ分なので

$$LN = 2R \quad (\text{答}) \quad LN = 2R$$

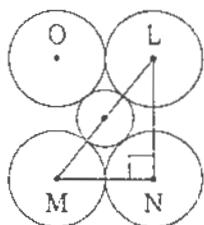
(1) $\triangle LMN$ は直角二等辺三角形だから、

$$LM : LN = \sqrt{2} : 1 \quad (\text{答}) \quad \sqrt{2}$$

(2) $\frac{2(R+r)}{2R} = \sqrt{2}$ だから $\frac{r}{R} = \sqrt{2} - 1$

$$(\text{答}) \quad \sqrt{2} - 1$$

(3) 長方形LOMNに注目する。陰イオン同士、また陰イオンと陽イオンが接しているとすると、図のような状態になる。



$$MN = 2R, \quad LM = 2R + 2r \quad \cdots \quad \textcircled{1}$$

MNは立方体の一辺で、LMは立方体の対角線なので

$$\begin{aligned} LM &= \sqrt{MN^2 + MN^2 + MN^2} \\ &= \sqrt{3} MN \quad \cdots \cdots \quad \textcircled{2} \end{aligned}$$

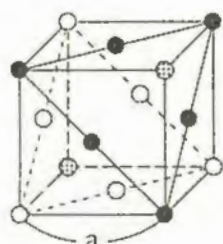
①②より

$$2R + 2r = 2\sqrt{3}R$$

$$\frac{r}{R} = \sqrt{3} - 1 \quad (\text{答}) \quad \sqrt{3} - 1$$

【演習問題 4】

最密充填には六方最密格子と面心立方格子（立方最密格子）があるが、問題文にはどちらも書かれていない。両者とも層の間隔は同じなので、面心立方格子として考えた方が簡単である。



左図を見ると、立方体の対角線の長さは3層分の厚さであることが分かる。立方体の一辺の長さを a 、1層の厚さを d とすると

$$3 \times a^3 = (3d)^3 \longrightarrow d = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad \dots\dots ①$$

原子半径を r とすれば

$$4r = \sqrt{2}a \longrightarrow a = 2\sqrt{2}r \quad \dots\dots ②$$

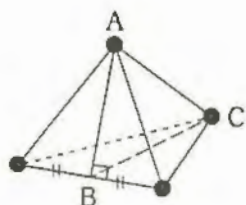
①②より
$$d = \frac{\sqrt{3}}{3} \times 2\sqrt{2}r = \frac{\sqrt{3}}{3} \times 2\sqrt{2} \times 1.43 \times 10^{-8} = 2.325 \times 10^{-8} \text{ cm}$$

1層の厚さは $2.325 \times 10^{-8} \text{ cm}$ である。よって、 $17.0 \mu\text{m}$ の厚さ中には

$$17.0 \times 10^{-4} \div (2.325 \times 10^{-8}) = 7.311 \times 10^4 \text{ 層}$$

(答) $7.31 \times 10^4 \text{ 層}$

《別解》



1層分の厚さを次のように求めることができる。

最密充填の最小構成単位は、左図のような一辺の長さ $2r$ の正四面体である。この正四面体の高さが、1層分の厚さに相当する。

ここで、 $\triangle ABC$ に注目すると、 $AB=BC$ であり AH が正四面体の高さである。また、 $AB(=BC)$ は、一辺 $2r$ の正三角形の高さだから $\sqrt{3}r$ である。

$\triangle ABC$ の面積を2通りの式で表す。

・ BC を底辺とすると
$$S = \frac{1}{2} \times \sqrt{3}r \times AH \quad \dots\dots ①$$

・ AC を底辺とすると $BM = \sqrt{AB^2 - AM^2} = \sqrt{2}r$

だから
$$S = \frac{1}{2} \times 2r \times \sqrt{2}r = \sqrt{2}r^2 \quad \dots\dots ②$$

①②は等しいので
$$AH = \frac{2}{3} \sqrt{6}r$$

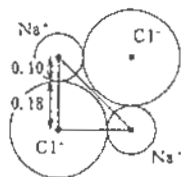
よって、1層分の厚さは、 $\frac{2}{3} \sqrt{6}r$ となる。後は同様。

【自習問題】

問1 イ. 2 ロ. 8 ハ. 1

ニ. 単位格子の中心部にあるNa⁺を見るとわかるように、上下、左右、前後にCl⁻が1個ずつ接している。 (答) 6

ホ. 単位格子の中心部にあるNa⁺を基準にして考えると、問題図中にある他のNa⁺が全て2番目に近い位置に存在する。 (答) 12



左図のように、Na⁺同士の中心間距離は、Na⁺とCl⁻の中心間距離の $\sqrt{2}$ 倍に相当する。

$$\sqrt{2} \times (0.10 + 0.18) = 0.39 \text{ nm}$$

(答) 0.39

ト. Na⁺について考えると、立方体内部に1個、辺上に12個である。辺上のNa⁺は、その $\frac{1}{4}$ だけ立方体内部に含まれるので

$$1 + 12 \times \frac{1}{4} = 4 \text{ 個}$$

(答) 4

チ. 単位格子の一边の長さは

$$(0.10 + 0.18) \times 2 = 0.56 \text{ nm} = 5.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$$

単位格子には、Na⁺とCl⁻が4個ずつ存在しているので、その質量は

$$\frac{23.0 + 35.5}{6.0 \times 10^{23}} \times 4 = 3.89 \times 10^{-22} \text{ g}$$

$$\text{密度} = \frac{3.89 \times 10^{-22}}{(5.6 \times 10^{-8})^3} = 2.2 \text{ g/cm}^3$$

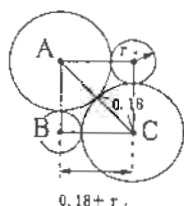
(答) 2.2

問2 あ. Ne い. Ar


問3 a. クーロン力 b. イオン

c. 例えば、問題図中でCl⁻のみについて考えると、各頂点と各面の中心にイオンが存在している。すなわち、陽イオン、または陰イオンのみの配列を考えれば面心立方である。 (答) 面心立方

問4



陰イオン同士と陽イオンと陰イオンの両方が接しているとするとき左図のような状態である。この状態よりも陽イオンが大きければ、Cl⁻同士は接しなくなる。この図の状態での陽イオンの半径 r を求めよう。



$\triangle ABC$ は直角二等辺三角形だから、

$$\sqrt{2} (0.18 + r_-) = 0.18 \times 2$$

$$r_- = 0.074 \text{ nm}$$

陽イオンの半径が 0.074 nm より大きければ、Cl 同士は接しないことになる。

(答) $7.4 \times 10^{-2} \text{ nm}$

問5 Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} , O^{2-} , F^- の電子配置はすべてNeと同じである。異なるのは原子核中の正電荷数である。原子核中の正電荷数の多い方が、電子が強く内側に引き寄せられるため、イオン半径は小さくなる。

(答) O^{2-} , F^- , Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+}