固体の構造／気体の性質１　１回目
要点学習

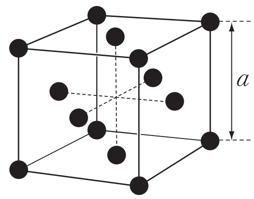
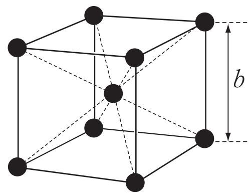
QCT5A1-Z1J1-01

固体の構造／気体の性質１　第１回

要点１　面心立方格子と体心立方格子

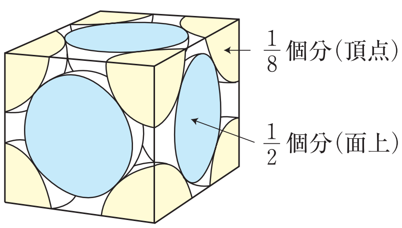
面心立方格子：立方体の各頂点と各面の中心に粒子が配列した結晶格子。

体心立方格子：立方体の各頂点と立方体の中心に粒子が配列した結晶格子。

	面心立方格子	体心立方格子
単位格子		
単位格子中の粒子数	4	2
最短距離にある粒子間の距離	$\frac{\sqrt{2}}{2}a$	$\frac{\sqrt{3}}{2}b$
配位数	12	8

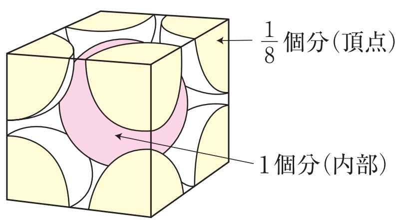
要点２　単位格子中の粒子数

面心立方格子



$$\frac{1}{8}\times 8+\frac{1}{2}\times 6=4\text{〔個分〕}$$

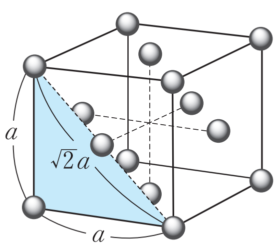
体心立方格子

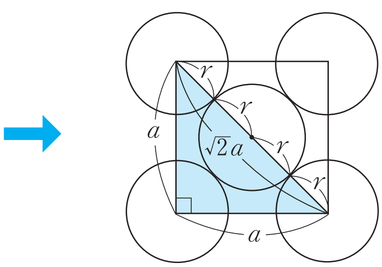


$$\frac{1}{8}\times 8+1=2\text{〔個分〕}$$

要点３　「単位格子の一辺の長さ」と「粒子半径」の関係

面心立方格子：面の対角線上の各粒子が接する。





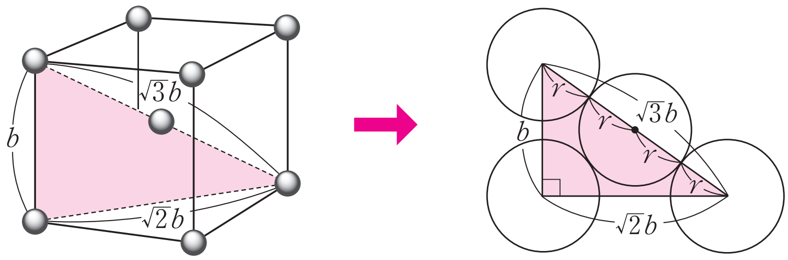
$$\sqrt{2}\,a=4r$$

$$\therefore\quad r=\frac{\sqrt{2}}{4}a$$

したがって，粒子間の距離は

$$2r=2\times\frac{\sqrt{2}}{4}a=\frac{\sqrt{2}}{2}a$$

体心立方格子：立方体の体対角線上の各粒子が接する。



$$\sqrt{3}\,b = 4r$$

$$\therefore \quad r = \frac{\sqrt{3}}{4}b$$

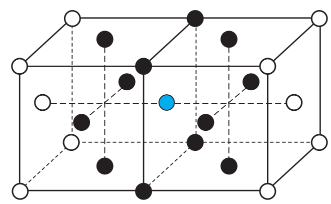
したがって，粒子間の距離は

$$2r = 2 \times \frac{\sqrt{3}}{4}b = \frac{\sqrt{3}}{2}b$$

要点4　配位数（ある 1 個の粒子に最近接する他の粒子の数）

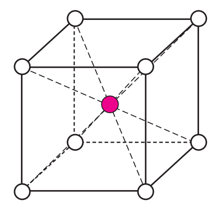
面心立方格子：配位数 12

単位格子を 2 つ並べた右図で考える。●で表した原子に着目すると，この原子に最も近い距離にあるのは，12 個の原子●である。



体心立方格子：配位数 8

単位格子の中心にある原子●に着目すると，この原子に最も近い距離にあるのは，単位格子の頂点にある 8 個の原子○である。



要点5　結晶の密度

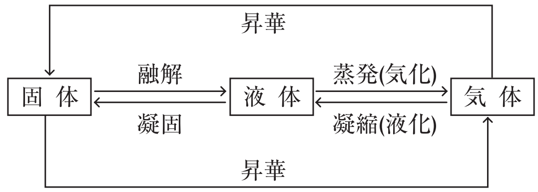
$$\text{結晶の密度〔g/cm}^3\text{〕} = \frac{\text{粒子 1 個の質量〔g〕} \times \text{単位格子中の粒子の数}}{\text{単位格子の体積〔cm}^3\text{〕}}$$

要点6　結晶の種類と性質

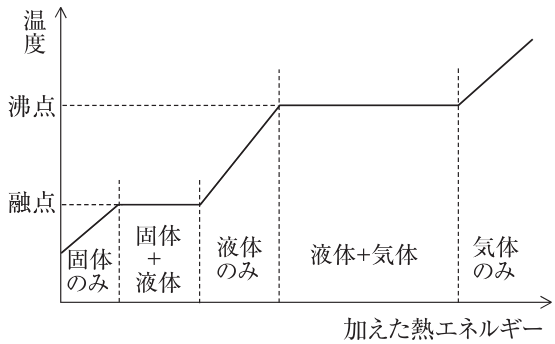
結晶の種類	イオン結晶	共有結合の結晶	金属結晶	分子結晶
構成粒子	陽イオンと 陰イオン	原子	金属原子と 自由電子	分子
結晶を構成する 結合の種類	イオン結合	共有結合	金属結合	分子間力
融点・沸点	高い	非常に高い	高いものが多い	低い
硬さ	硬い，もろい	非常に硬い	展性・延性がある	軟らかい，もろい
電気伝導性	固体：なし 液体と水溶液：あり	なし （例外：黒鉛など）	あり	なし
化学式	組成式	組成式	組成式	分子式
物質の例	塩化ナトリウム 硫酸マグネシウム	ダイヤモンド 二酸化ケイ素	鉄，ナトリウム アルミニウム	ドライアイス ヨウ素

要点７　物質の三態

右図のように，物質は温度と圧力により，**固体**，**液体**，**気体**のうちのいずれかの状態をとる。この３つの状態のことを，**物質の三態**という。温度や圧力が変化すると，物質の状態も変化する。この変化を**状態変化**という。



一定圧力のもとで，ある量の固体に単位時間あたり一定の熱量を加えていったときの図は，右図のように表される。



状態変化している間は，加えた熱エネルギーが状態変化に使われるため，温度は変化しない。

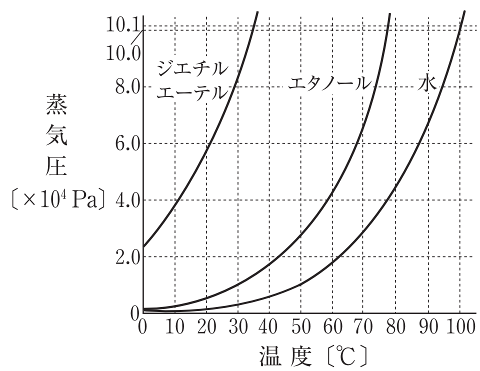
融解熱：1 mol の固体が融解して液体となるときに吸収する熱量。
蒸発熱：1 mol の液体が蒸発して気体となるときに吸収する熱量。
凝縮熱：1 mol の気体が凝縮して液体となるときに放出する熱量。
凝固熱：1 mol の液体が凝固して固体となるときに放出する熱量。

要点８　蒸気圧曲線と沸点

液体の飽和蒸気圧の温度による変化を示した曲線を，**蒸気圧曲線**という。

蒸気の圧力は，その温度での飽和蒸気圧を超えることはできず，計算上，飽和蒸気圧を超えた分は，凝縮して液体となる。

また，開放容器内の液体に熱エネルギーを与えていくと，飽和蒸気圧が大きくなるため，液体の表面では盛んに蒸発が起こり，液面付近の蒸気の圧力はだんだんと大きくなる。この蒸気の圧力(＝飽和蒸気圧)が大気圧(外部の圧力)と等しくなると，液体の内部からも蒸発が起こり始める。この現象を**沸騰**といい，物質が沸騰するときの温度を**沸点**という。



要点9　分子間に働く力

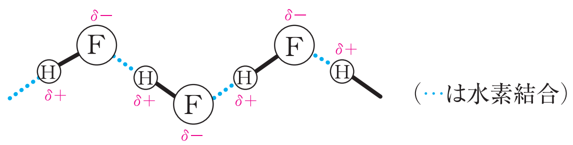
　分子からなる物質では，分子と分子の間に**ファンデルワールス力**とよばれる弱い力が働き，この力によって分子どうしが結びついている。この力は共有結合やイオン結合に比べて弱いため，分子からなる物質は，一般に融点が低く，また，軟らかいという特徴をもつ。

　ファンデルワールス力は，すべての分子間に働く弱い引力であり，分子量が大きいほど強く働くことが知られている。したがって，**似た構造をもつ分子では，分子量が大きいほど沸点が高くなる**といえる。

要点10　水素結合

　F，O，N などは，電気陰性度の値が大きい(共有電子対を引きつける力の強い)原子である。このため，F，O，N が H と共有結合すると，共有電子対が F，O，N の方に引き寄せられ，F，O，N は少し負(−)の電荷を帯び，H は少し正(+)の電荷を帯びるようになる。

　これにより，分子内に F，O，N と H との結合をもつ分子(H_2O，HF，NH_3 など)では，分子間に静電気的に引き合ってできる結合が形成される。この結合を**水素結合**という。水素結合はファンデルワールス力に比べるとはるかに強いが，イオン結合よりは弱い。

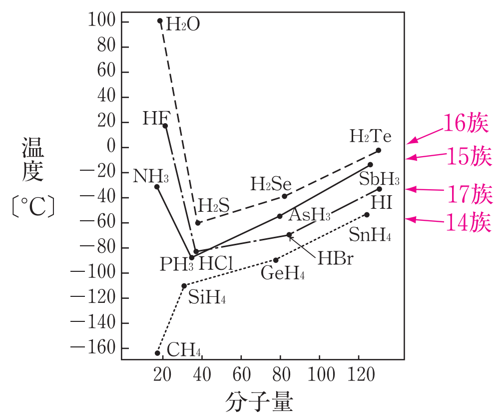


HFの分子間に働く水素結合

要点11　水素結合と沸点

　分子間に水素結合が存在する物質の沸点は，**分子量が大きくなるにつれて沸点が高くなる**という傾向から予想される値よりも高い。

　たとえば，14～17 族元素の水素化合物の分子量と沸点の関係を右図に表す。どの化合物にも水素結合のない 14 族元素の水素化合物の沸点は分子量とともに高くなるが，15 族，16 族，17 族元素ではそれぞれ NH_3，H_2O，HF の沸点が，**分子量から予想される温度よりも高い**。この理由は，これらの化合物には，分子間に水素結合が存在し，分子どうしが強く引き合っているため，それを引き離すのに大きなエネルギーが必要だからである。



　なお，このような傾向は，**分子量と融点の関係**についても当てはまり，NH_3，H_2O，HF は，それらの分子量から予想される融点よりも高い融点を示す。

固体の構造／気体の性質１　４回目
添削問題

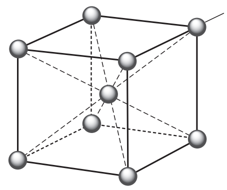
QCT5A1-Z1A1-01

※ここからは『Z Study　解答用紙編』の化学「固体の構造／気体の性質１」１枚目にご記入ください。

1

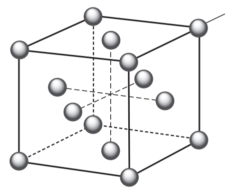
一般に，金属は常温では結晶として存在している。結晶は，単位格子とよばれる粒子の最小の配列構造が繰り返されてできている。図1はナトリウムの単位格子を，図2は銅の単位格子を表している。**問１**～**問４**に答えよ。（25点）

図1



ナトリウムの単位格子

図2



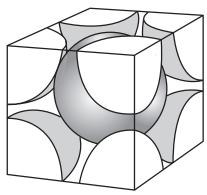
銅の単位格子

問１　これらの単位格子は，それぞれ何とよばれるか。結晶格子の名称を答えよ。（4点）

問２　ナトリウムおよび銅の結晶において，ある1個の原子に最も近い距離にある原子はそれぞれ何個か。（4点）

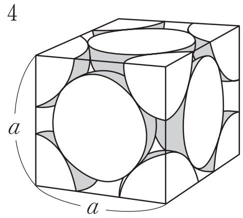
結晶中の原子の多くは，いくつかの単位格子に共有されている。そこで，1個の単位格子に含まれる分の原子を描いたものが，図3，図4である。なお，ここでは，結晶中の各原子は球形であり，それぞれの原子は最も近い距離にある原子と接しているものとする。

図3



ナトリウムの単位格子

図4



銅の単位格子

問３　ナトリウムおよび銅の単位格子1個には，それぞれ何個分の原子が含まれるか。（6点）

問４　銅の結晶について，(1)～(3)に答えよ。

(1)　図4のように，銅の単位格子の一辺の長さを a〔cm〕とする。銅原子の半径〔cm〕を a を用いて表せ。なお，分数や無理数はそのままの形で表すこと。（3点）

(2)　銅の単位格子1個に含まれている原子の全体積〔cm^3〕を a を用いて表せ。なお，円周率は π とし，分数や無理数はそのままの形で表すこと。（4点）

(3)　銅では，単位格子の体積の何％を原子の体積が占めているか。ただし，$\sqrt{2}=1.4$，円周率を $\pi=3.1$ とし，有効数字2桁で答えよ。（4点）

固体の構造／気体の性質１　４回目
添削問題 解答解説

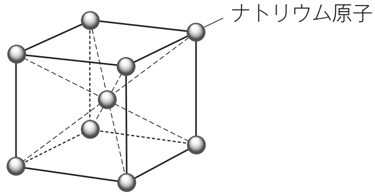
QCT5A1-Z1C1-01

1

《結晶格子》

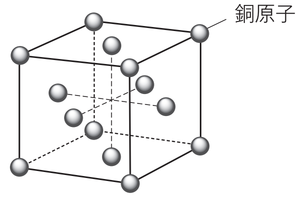
一般に，金属は常温では結晶として存在している。結晶は，単位格子とよばれる粒子の最小の配列構造が繰り返されてできている。図１はナトリウムの単位格子を，図２は銅の単位格子を表している。**問１**～**問４**に答えよ。（25 点）

図１



ナトリウムの単位格子

図２



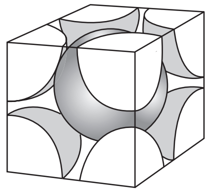
銅の単位格子

問１　これらの単位格子は，それぞれ何とよばれるか。結晶格子の名称を答えよ。（４点）

問２　ナトリウムおよび銅の結晶において，ある１個の原子に最も近い距離にある原子はそれぞれ何個か。（４点）

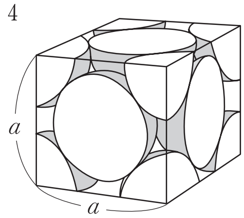
結晶中の原子の多くは，いくつかの単位格子に共有されている。そこで，１個の単位格子に含まれる分の原子を描いたものが，図３，図４である。なお，ここでは，結晶中の各原子は球形であり，それぞれの原子は最も近い距離にある原子と接しているものとする。

図３



ナトリウムの単位格子

図４



銅の単位格子

問３　ナトリウムおよび銅の単位格子１個には，それぞれ何個分の原子が含まれるか。（６点）

問４　銅の結晶について，⑴～⑶に答えよ。

⑴　図４のように，銅の単位格子の一辺の長さを a〔cm〕とする。銅原子の半径〔cm〕を a を用いて表せ。なお，分数や無理数はそのままの形で表すこと。（３点）

⑵　銅の単位格子１個に含まれている原子の全体積〔cm^3〕を a を用いて表せ。なお，円周率は π とし，分数や無理数はそのままの形で表すこと。（４点）

⑶　銅では，単位格子の体積の何％を原子の体積が占めているか。ただし，$\sqrt{2}=1.4$，円周率を $\pi=3.1$ とし，有効数字２桁で答えよ。（４点）

ポイント

問２　単位格子の各面の中心に原子が配置されている銅などの場合は，２つの単位格子を並べた図を使って考えるとわかりやすい。

問３　１個の単位格子に含まれるのは，頂点の原子が $\frac{1}{8}$ 個分，面の中心の原子が $\frac{1}{2}$ 個分である。

問４　(2)　球の体積 $= \frac{4}{3} \times \pi \times (\text{半径})^3$ である。また，単位格子に含まれる原子の数は，**問３**より１個ではないことに注意する。

(3)　単位格子の体積は a^3〔$\mathrm{cm^3}$〕である。

解　答

問１　ナトリウム；体心立方格子　　銅；面心立方格子

問２　ナトリウム；８個　　銅；12 個

問３　ナトリウム；２個分　　銅；４個分

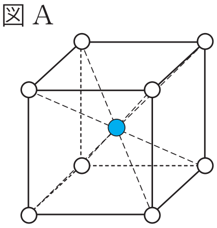
問４　(1)　$\frac{\sqrt{2}}{4}a$〔cm〕　(2)　$\frac{\sqrt{2}}{6}\pi a^3$〔$\mathrm{cm^3}$〕　(3)　72 %

解　説

問２

> **配位数**（ある１個の粒子に最近接する粒子の数）
> 体心立方格子　　8
> 面心立方格子，六方最密構造　　**12**

図 A



体心立方格子の図 A において，単位格子の中心にある原子●に着目すると，この原子に最も近い距離にあるのは，単位格子の頂点にある８個の原子○である。

面心立方格子の場合は，まず，図 B のように，単位格子を２つ並べた図を描く。●で表した原子に着目すると，この原子の最も近くにあるのは，図 C ～図 E に○で示した原子であり，計 12 個である。

図 B

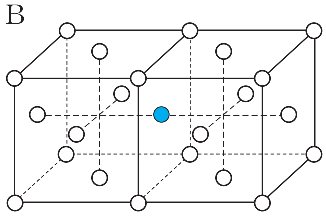


図 C

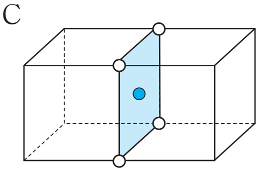


図 D

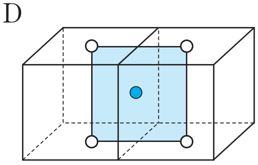
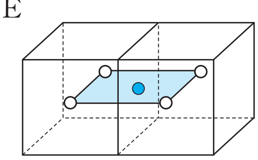
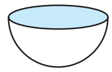


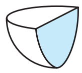
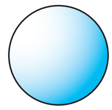
図 E



問３

単位格子中には粒子が何個分含まれるか？

頂点　$\frac{1}{8}$個分 　面の中心　$\frac{1}{2}$個分 

辺の中心　$\frac{1}{4}$個分 　中心または内部　1個分 

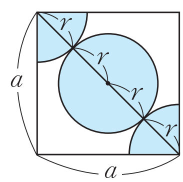
ナトリウムの単位格子(**体心立方格子**)には，8つの頂点に$\frac{1}{8}$個分ずつ，単位格子の中心に1個の原子があるので

$$\frac{1}{8}\times 8+1=2〔個分〕$$

銅の単位格子(**面心立方格子**)には，8つの頂点に$\frac{1}{8}$個分ずつ，6つの面の中心に$\frac{1}{2}$個分ずつの原子があるので

$$\frac{1}{8}\times 8+\frac{1}{2}\times 6=4〔個分〕$$

問４　(1)　銅原子の半径を r〔cm〕とすると，右図のように，面の対角線の長さは $4r$〔cm〕になる。したがって



$$a:4r=1:\sqrt{2}\qquad \therefore\quad r=\frac{\sqrt{2}}{4}a〔cm〕$$

(2)　銅原子1個の体積は

$$\frac{4}{3}\times\pi\times\left(\frac{\sqrt{2}}{4}a\right)^3=\frac{\sqrt{2}}{24}\pi a^3〔cm^3〕$$

である。**問３**より，銅の単位格子1個には4個分の原子が含まれているので，単位格子中の原子の全体積は

$$\frac{\sqrt{2}}{24}\pi a^3\times 4=\frac{\sqrt{2}}{6}\pi a^3〔cm^3〕$$

(3)　単位格子の体積は a^3〔cm^3〕，単位格子に含まれている原子の全体積は，(2)より$\frac{\sqrt{2}}{6}\pi a^3$〔$cm^3$〕なので，単位格子に占める原子の体積の割合は

$$\frac{\frac{\sqrt{2}}{6}\pi a^3}{a^3}\times 100=72.3〔\%〕$$

高校　iPad　化学

QRコードで個別管理しているため氏名の記入は不要です。

解　答　用　紙

1／4枚目
QCT5A1-Z1D1

総得点 13／25

※解答は、濃く、はっきりとご記入ください。

固体の構造／気体の性質 1　4回目
添削問題

1　QCT5A1-Z1C1

②▶ ◀②

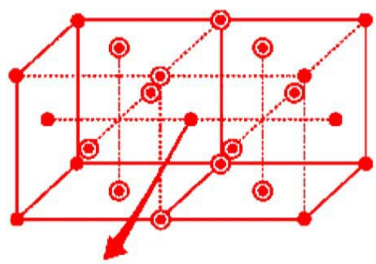
1　4／4

問1

ナトリウム：体心立方格子

銅：面心立方格子

<問2>　銅



この原子に着目すると，○をつけた12個の原子に囲まれています。

- 同じ段の周りの原子４個
- 上の段の原子４個
- 下の段の原子４個

2　2／4

問2　ナトリウム：8

銅：8

①▶ ◀①

3　4／6

問3 （途中の考え方）

$\frac{1}{8}\times 8+1=9$　$\frac{1}{8}\times 8+\frac{1}{2}\times 6=4$

ここまでOK
計算ミス（−2）

銅はOK

答　ナトリウム：9　銅：4

裏面につづく

化学

[見本] 高校コース　本科　化学　添削見本

今回の添削問題以外の質問は「教えてＺ会！」で受け付けています。※質問方法は「学習ガイド」でご確認ください。

答案感想欄	添削者からのオススメ復習用教材
結晶の問題は 数学みたい…	要点学習 $\boxed{\text{要点３}}$「単位格子一辺の長さ」と「粒子半径」の関係
	添削者より
教科書・参考書等を使って解きましたか（はい・いいえ） 授業でこの範囲をもう習いましたか（はい・いいえ）	結晶格子の計算問題では，単位格子での空間的な配置を数学的に捉える必要があります。パターンはそれほど多くないので，問題を解きながら扱い方に慣れていきましょう。そうすれば実力をUPさせられますよ！

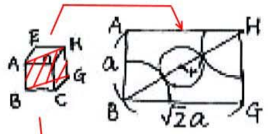
添削者名　三島

テキストスタイルでご受講中の講座の解答解説は，翌月 20 日ごろにお届けする予定です。冊子が届く前にご覧になりたい場合は，Ｚ会 MyPage の [スタディルーム] よりご確認ください。

4
$\boxed{0/3}$

問４ (1)〈途中の考え方〉

体心立方格子



体心立方格子の断面

$\sqrt{2a^2+a^2}=4r$

$4r=\sqrt{3}\,a$

$r=\dfrac{\sqrt{3}}{4}a$

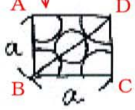
これは体心立方格子の断面図です。BH
体心立方格子では立方体の体対角線上で各粒子は接しますが，銅原子の場合は面心立方格子なので，立方体の各面の対角線上で各粒子が接します。したがって(2)の図を使って考えましょう。
BD

答　$\dfrac{\sqrt{3}}{4}a$ cm

$\boxed{1/4}$

(2)〈途中の考え方〉

面心立方格子



面心立方格子の側面

$\sqrt{2}\,a=4r$　$r=\dfrac{\sqrt{2}}{4}a$ …これが(1)の答です。

体積をVとすると

$V=\dfrac{4}{3}\pi r^3=\dfrac{4}{3}\pi\left(\dfrac{\sqrt{2}}{4}a\right)^3=\dfrac{2\sqrt{2}}{3\times16}\pi a^3=\boxed{\dfrac{\sqrt{2}}{24}\pi a^3}$

これは銅原子１個の体積です。
１つの単位格子中には銅原子が４個含まれているので，この値を４倍しなければなりません。
（銅原子１個の体積は正しいので部分点１点）…問３参照

答　$\dfrac{\sqrt{2}\pi}{24}a^3$ cm³

$\boxed{2/4}$

(3)〈途中の考え方〉

$$\frac{\frac{\sqrt{2}\pi}{24}a^3\times4}{a^3}=\frac{\sqrt{2}\pi}{6}\fallingdotseq\frac{1.4\times3.1}{6}=\frac{4.34}{6}$$

ここまでOK

$=0.7266$　×　計算ミス（−2）

0. 723

有効数字２桁なので，答は３桁まで求め，３桁目を四捨五入すればよいです。

答　~~73~~ %　×
72