

物質の構造

1. 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

元素の原子番号は原子核中の[ア]の数と等しく、[イ]は[ア]の数と中性子の数の和に等しい。原子核のまわりに存在する電子のうち、原子がイオンになったり結びついたりするときに重要な役割を果たすものは[ウ]とよばれる。同一元素で[イ]の異なる場合には、これらの原子は[エ]とよばれ、化学的性質はほぼ同じである。

銅の安定な[エ]には2種類あり、それらの[イ]は63と65であって相対質量はそれぞれ62.9と64.9である。単体の銅は[オ]結合により[カ]格子の結晶をつくり、単位格子中の銅原子の数は4個である。この単位格子の体積を $4.8 \times 10^{-23} \text{cm}^3$ 、銅の密度を 8.8g/cm^3 とすれば、銅の原子量は[A]となり、[イ]が63の銅の割合(存在比)は[B]%となる。

- (1) [ア]~[カ]に入る適切な語句を記せ。
 (2) [A],[B]に入る数値を記せ。Aは小数第2位を四捨五入して小数第1位まで記せ。BはAの値を用いて計算し、整数で答えよ。ここでアボガドロ数は 6.0×10^{23} とする。

(2018 岡山大)

2. 体心立方格子を単位格子とする金属単体の結晶がある。単位格子の一辺の長さを a として、次の問いに答えよ。ただし、隣り合う金属原子は、互いに接する球であるとする。

- (1) この金属原子の半径 r を表した式はどれか。次の中から最も適切なものを一つ選べ。

$$A. r = \frac{\sqrt{2}}{4}a \quad B. r = \frac{\sqrt{3}}{4}a \quad C. r = \frac{1}{2}a \quad D. r = \frac{\sqrt{2}}{2}a \quad E. r = \frac{\sqrt{3}}{2}a$$

- (2) 単位格子中で、金属原子が占める体積の割合(充填率) p を表した式はどれか。次の中から最も適切なものを一つ選べ。

$$A. p = \frac{\sqrt{2}\pi}{8} \quad B. p = \frac{\sqrt{3}\pi}{8} \quad C. p = \frac{\sqrt{2}\pi}{6} \quad D. p = \frac{\sqrt{3}\pi}{6} \quad E. p = \frac{\sqrt{2}\pi}{4}$$

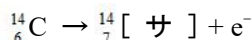
(2018 東海大)

3. 次の文章を読み、空欄ア～チに当てはまる語句または数字を答えよ。

$^{12}_6\text{C}$, $^{13}_6\text{C}$, $^{14}_6\text{C}$ のように、同じ原子番号を持つが質量数の異なる原子を互いに[ア]という。これらを構成する陽子、中性子、電子の数は右の表になる。

	$^{12}_6\text{C}$	$^{13}_6\text{C}$	$^{14}_6\text{C}$
陽子の数	イ	オ	ク
中性子の数	ウ	カ	ケ
電子の数	エ	キ	コ

[ア]の中には、原子核が不安定で、放射線を出して他の原子に壊変する放射性[ア]がある。 $^{14}_6\text{C}$ はその一つであり、次式のように放射線(電子)を出して安定な[サ]の原子核に変わる。

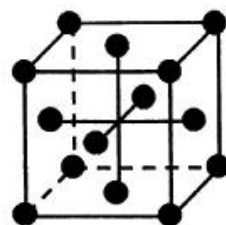


放射性[ア]が壊変する速さは、[ア]ごとに固有の値をとる。壊変によって放射性[ア]が元の量の半分の量になる時間を[シ]という。 $^{14}_6\text{C}$ の[シ]は5730年である。11460年前に $^{14}_6\text{C}$ 原子が100個あったとすると、そのうち現在も $^{14}_6\text{C}$ のままで残っているのは[ス]個となる。

同じ元素からなる単体で性質の異なる物質を、互いに[セ]という。例えば、[ソ]、[タ]、[チ]は全て炭素からなる単体だが、色、硬さ、熱や電気の伝えやすさなどの性質が異なり、互いに[セ]である。

(2018 東京女子大)

4. 右の図は、金の面心立方格子の結晶について原子の中心の位置を●で示し、線で結んで単位格子を表したものである。問1～問5に答えよ。



問1 単位格子に何個の金原子が含まれるか。

問2 1個の金原子に隣接している他の金原子は何個か。ただし、金原子は球形で、最も近い原子は互いに接しているものとする。

問3 単位格子の一辺の長さを $a[\text{cm}]$ 、金の原子半径を $r[\text{cm}]$ とするとき、 a を r を用いて表す式を書け。

問4 原子を球と考え、球が占めている体積の全体積に対する割合を充填率という。面心立方格子の充填率[%]を計算過程を示して有効数字2桁で求めよ。ただし、円周率を3.14とし、 $\sqrt{2} = 1.41$ とする。

問5 金の原子量を197、単位格子の一辺の長さを $a = 4.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$ 、アボガドロ数を $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ とするとき、金の密度 $[\text{g}/\text{cm}^3]$ を計算過程を示して、有効数字2桁で求めよ。

(2018 兵庫県立大)

5. 同じ元素の同位体どうしは質量が異なるが、その化学的性質はほぼ同じである。例えば、水素の主な同位体には ^1H と ^2H があり、酸素の主な同位体には ^{16}O と ^{18}O がある。同体積の $^1\text{H}_2^{18}\text{O}$ と $^2\text{H}_2^{16}\text{O}$ を混合し、密閉容器に入れて液体状態で 25°C を 24 時間保った。

- (1) この混合溶液中には何種類の水分子が存在するかを答えよ。同位体の種類に基づいて水分子を分類すること。
- (2) この混合溶液中に存在する水分子のなかで、2 番目に分子量が大きいものに含まれる中性子の総数を答えよ。

(2018 九州大)

6. 原子番号 20 までの元素のさまざまな性質を原子番号に対してプロットしたグラフを図 1 の (i) ~ (vi) に示した。それらの中から、縦軸が以下の (a) ~ (c) であるグラフを選び、(i) ~ (vi) の記号で答えよ。

- (a) 第 1 イオン化エネルギー [kJ/mol]
- (b) 電気陰性度 (ポーリングによる値)
- (c) 価電子数

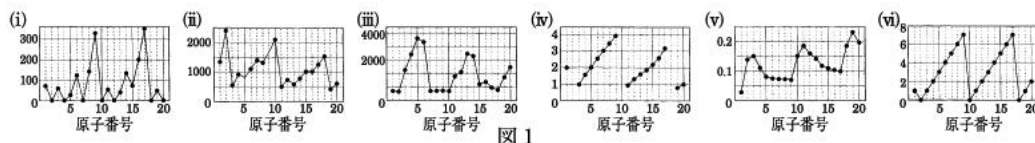


図 1

(2018 岩手大)

7. 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

原子は原子核と電子で構成される。塩素原子 ^{35}Cl の場合、中性子 [ア] 個と陽子 [イ] 個からなる原子核をもち、その原子核のまわりには [イ] 個の電子が取り巻くように存在している。

陽子数は同じでも中性子数が異なるために質量数の異なる [ウ] が存在する元素がある。この中には放射線を放って他の原子に変化するものもあり、放射性 [ウ] とよばれる。例えば、プルトニウム ^{239}Pu は陽子が 94 個であり、中性子は [エ] 個である。 ^{239}Pu は刺激が与えられると核が分裂し、莫大なエネルギーを放出する。

問 1 文章中の [ア] ~ [エ] に入る適切な語句または数字を記せ。

問 2 塩素原子は ^{35}Cl と ^{37}Cl が含まれるため、その原子量は 35.48 である。塩化カリウム KCl の式量が 74.60 であるとき、 ^{39}K と ^{41}K のそれぞれの存在比 (%) はいくらか。計算過程を含めて、整数値で答えよ。なお、ここではいずれの原子でも相対質量は質量数と等しいものとし、カリウム原子は ^{39}K と ^{41}K 以外は考慮しないものとする。

(2018 長崎大)

8. 図1の(ア)～(カ)はそれぞれ元素の周期律に関するグラフである。各問いに答えなさい。

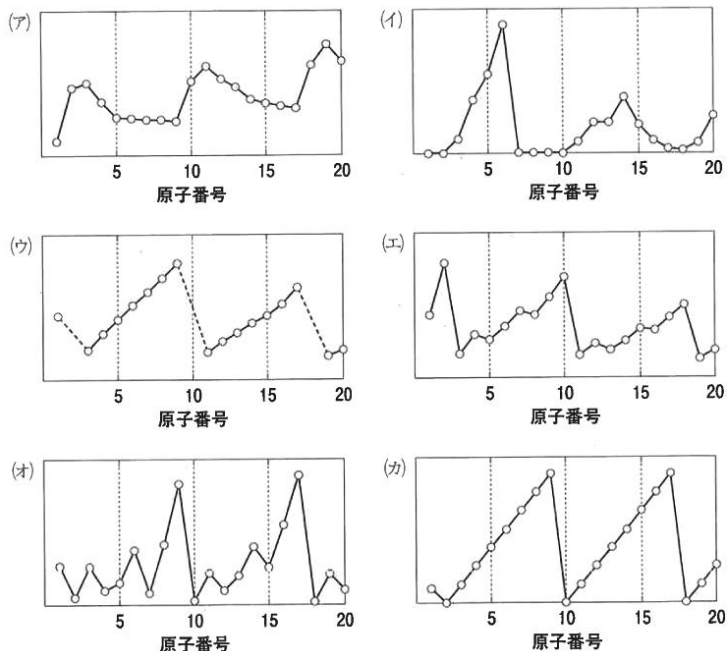


図1

問1 (ア)～(カ)の縦軸は何の値を示したもののか。それぞれの名称を書きなさい。

問2 (ウ)～(オ)の縦軸のそれぞれの名称の内容を説明しなさい。

(2018 旭川医科大)

9. 右図は塩化ナトリウム結晶の単位格子におけるイオンの配置を示したものである。以下の設問(1)～(3)に答えよ。

(1) 単位格子中には、ナトリウムイオンと塩化物イオンはそれぞれ何個含まれているか、答えよ。

(2) ナトリウムイオンの配位数はいくつか、答えよ。

(3) 単位格子の一边を0.564nm, 塩化物イオンの半径を0.167nmとしたとき、ナトリウムイオンの半径は何nmになるか、求めよ。

ただし、結晶内ではナトリウムイオンと塩化物イオンは互いに接しているものとする。

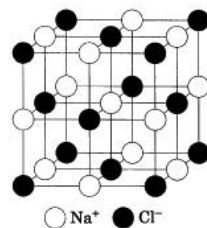


図1 塩化ナトリウム結晶の単位格子におけるイオンの配置図

(2017 秋田大)

10. 次の文を読み、問1～問3に答えよ。

金属はワイヤやうすい箔に加工することができる。このような性質を(ア)、(イ)という。また、金属は配線の材料として使われているが、これは金属が(ウ)を通しやすいという性質をもつからである。これらの金属の性質は、構成する原子の結合様式と密接に関連している。

金属元素の単体は、常温では(エ)を除いてすべて固体であり、一般に融点が高い。金属原子の価電子は、原子核に束縛されずに金属全体を自由に移動することができる。このような電子を(オ)という。この(オ)はすべての金属原子に共有され、原子を規則的に配置させて結晶をつくるため、単体としての融点は他の非金属元素からなる物質のそれよりも高くなる。

金属の結晶格子には、体心立方格子、面心立方格子、(カ)構造などがある。体心立方格子は、立方体の中心と頂点に原子が配置しており、配位数は(キ)で、単位格子中で原子が占める体積の割合(充填率)は約68%である。面心立方格子と(カ)構造は、どちらも原子をできるだけ隙間が小さくなるように配置させた最密構造であり、配位数は(ク)で充填率は約74%である。

金属は単体で用いるよりも、別の種類の金属か非金属を溶かし込んだ(ケ)として利用する場合が多く、ステンレス鋼などの優れた性質を示す(ケ)が多く利用されている。

問1 文中の(ア)～(ケ)にあてはまる最も適切な語句または数直を記せ。

問2 下線部について、以下の問いに答えよ。

- (1) 単位格子中には何個の原子が含まれるか、数値を記せ。
- (2) 単位格子の1辺の長さを a (cm)とすると、原子半径は何cmか、 a を用いて表せ。
- (3) モル質量を M 、アボガドロ数を N_A とすると、この結晶の密度は何 g/cm^3 か、 a 、 M 、 N_A を用いて表せ。

問3 文中の(ケ)について、ステンレス鋼以外の例を一つ挙げよ。

(2017 甲南大)

11. 次の文章を読み、問に答えよ。必要なら、 $1\text{nm} = 10^{-7}\text{cm}$ を用いよ。

原子は正の電荷をもつ原子核と負の電荷をもつ[ア]から構成されている。原子核は[イ]と電荷をもたない[ウ]からなる。[イ]の数は原子に固有で、この数を原子番号という。原子番号が同じで、質量数の異なる原子を互いに[エ]という。[ア],[イ],[ウ]を全て含む質量の最も小さい原子は[X]である。

元素を原子番号順に並べ、性質の似た元素を縦の列に配列した表を元素の[オ]という。[オ]に記載される新しい元素の発見は今でも続いており、原子番号が113番の元素については、日本の理化学研究所で合成されたことが2015年に認められた。ニホウムという名前のこの元素は、原子番号30番の[Y]を加速し、83番のビスマスに衝突させて核融合反応により合成された。

一方、同じ元素からなる性質の異なる単体を互いに[カ]という。[Z]原子の[カ]として、(a)ダイヤモンド、フラーレン、カーボンナノチューブ、黒鉛などがある。[A]は無色透明で極めて硬く、電気を通さないが、[B]は軟らかく電気をよく通す。[B]の構造は平面シートが層状に重なったもので、[Z]原子のもつ[a]個の価電子のうち[b]個が隣接する[Z]原子との共有結合に使われ、残りが平面内を自由に動くことで電気をよく通すと考えられる。[C]は黒色で球状分子である。

問1 空欄[ア]~[カ]に過大な語句を、空欄[a],[b]に適当な整数を、空欄[X],[Y],[Z]に適当な元素記号を入れよ。ただし、[X]については質量数を付記した形式で書け。また、元素[Y]は、以下の性質を持つ。

[Y]原子は価電子を2個もち、2価の陽イオンになりやすく、水素よりイオン化傾向が大きい典型金属元素である。この単体、酸化物、および水酸化物は、塩酸とも水酸化ナトリウムとも反応する。さらに、[Y]イオンを含む溶液に硫化水素を通すと、塩基性の溶液では白色沈殿が生じ、酸性の溶液では沈殿を生じない。

問2 [A]~[C]にあてはまる物質名を下線部(a)から選んで答えよ。

問3 ダイヤモンドの結晶の単位格子は1辺0.36nmの立方体で、単位格子中に8個の原子がある。ダイヤモンド結晶の密度(g/cm^3)を有効数字2桁で求めよ。

問4 [C]は[Z]原子が60個で構成された分子が最も有名であるが、それ以外の原子数で構成される分子も存在する。ある[C]結晶の単位格子は、1辺1.49nmの立方体であり、4個の分子を含み、密度は $1.70\text{g}/\text{cm}^3$ である。この[C]分子を構成している原子数を求めよ。計算式も記せ。

問5 黒鉛とダイヤモンドの燃焼熱はそれぞれ $393.5\text{kJ}/\text{mol}$ 、 $395.4\text{kJ}/\text{mol}$ である。黒鉛新からダイヤモンドをつくるときの反応の熱化学方程式を書け。

(2017 関西学院大)

12. 次の問に答えなさい。

次の文の[]および()に入れるのに最も適当なものを、それぞれ[a群]および(b群)から選びなさい。また{ }には最も適当な化学用語を、【 】には化学式を、それぞれ記しなさい。

希ガス元素の原子は、その電子配置が安定で、他の原子に比べて大きなイオン化エネルギーをもつ。希ガス元素より原子番号が1大きいアルカリ金属元素は、イオン化エネルギーが希ガス元素と比べて非常に小さく電子1個を[(1)]になりやすい。同一周期において、{ (2) }元素は希ガス元素より原子番号が1小さく、電子1個を[(3)]になりやすい。

ネオン原子 Ne は原子内に((4))個の電子をもつ。分子全体で Ne と同じ((4))個の電子をもつ中性の水素化合物のうち、三原子分子は【 (5) 】、五原子分子は【 (6) 】である。【 (5) 】は強い極性を持ち、分子間に{ (7) }が形成されているため、【 (6) 】と比べて沸点が非常に高い。

{ (2) }元素のイオンとアルカリ金属元素のイオンからなるイオン結晶の一例として、塩化ナトリウム NaCl がある。NaCl の結晶中のナトリウムイオン Na^+ および塩化物イオン Cl^- の配位数はともに((8))であり、単位格子中の各イオンの数はともに((9))個である。NaCl のようなイオン結晶は、分子結晶と比べて一般に融点が高い。これはイオン間に働く{ (10) }が、分子結晶の分子間力より大きいためである。

- [a群] (ア) 受け入れて、陽イオン (イ) 放出して、陽イオン
(ウ) 受け入れて、陰イオン (エ) 放出して、陰イオン
(b群) (ア) 1 (イ) 2 (ウ) 4 (エ) 6 (オ) 8
(カ) 9 (キ) 10 (ク) 11 (ケ) 12 (コ) 16

(2017 関西大)

13. 次の文章を読み、(1)~(5)の問いに答えなさい。

炭素の結晶構造のひとつにダイヤモンド構造がある。その(a)単位格子は立方体の形をしており、その頂点と各面の中心にそれぞれ1個の炭素原子を置いた構造を基本にしている。

また、図1のように単位格子を同じ大きさ8個の立方体に分割したとき、この立方体の頂点にある炭素原子(黒丸)4個が作る正四面体の中心にも1個の炭素原子(白丸)が位置する。白丸の炭素原子は黒丸の炭素原子と共有結合している。白丸の炭素原子は分割された8個の立方体のうち4個だけに存在し、その4個の炭素原子は単位格子内で、お互いに等距離でもっとも離れて位置する。

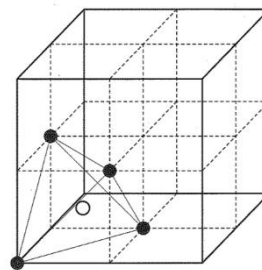


図1 単位格子図

氷の結晶もダイヤモンドと同じ構造をとることができる。このとき、ダイヤモンドの炭素原子の位置を酸素原子が占める。この氷の結晶では(b)水の水素原子はすべて2個の酸素原子の間に位置し、一方の酸素原子とは強い共有結合を形成しているが、もう一方の酸素原子とは(c)弱く結合している。

氷の結晶もダイヤモンドと同じ構造をとることができる。このとき、ダイヤモンドの炭素原子の位置を酸素原子が占める。この氷の結晶では(b)水の水素原子はすべて2個の酸素原子の間に位置し、一方の酸素原子とは強い共有結合を形成しているが、もう一方の酸素原子とは(c)弱く結合している。

(1) 下線(a)の構造をもつ単位格子の名称を答えなさい。

(2) ダイヤモンド構造を説明した上記の文章にしたがって、図1の単位格子の図に炭素原子の位置を丸で示して、構造図を完成させなさい。ただし、分割された立方体の中心にある炭素原子は白丸とし、他の炭素原子は黒丸で示しなさい。

(3) ダイヤモンドの単位格子中に含まれる炭素原子の数と炭素-炭素単結合 C-C の数を答えなさい。

(4) 下線(b)のとき、図1の黒丸で示した位置にある4個の酸素原子が作る正四面体中に含まれる水素原子の数を答えなさい。

(5) 下線(c)の結合は何と呼ばれるか。またその結合は、この氷の結晶において1つの酸素原子の周りに何個あるか答えなさい。

(2017 神奈川大)

14. 次の文章を読んで、問1～問5の答えを記しなさい。

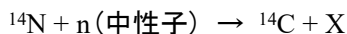
原子番号は同じでも、中性子の数が異なるため質量数が異なる原子どうしを、互いに同位体であるという。同位体の中には、原子核が不安定で、放射線を放出して別の原子核に変わるものがある。このような同位体を[A]同位体という。例えば、炭素には ^{14}C が存在し、[B]とよばれる放射線を出しなから ^{14}N になる。時刻 t における ^{14}C の数 N_t は、 $t=0$ での数を N_0 とすると $N_t = N_0 e^{-kt}$ で表される。ここで、 k は定数である。 ^{14}C がはじめの半分の量になるのに要する時間を半減期といい、 ^{14}C の半減期は5730年である。 ^{14}C は年代測定に利用されている。大気中の ^{14}N に宇宙線によって生じた中性子が衝突すると ^{14}C が生成し、逆に、 ^{14}C は自然に ^{14}N に変化するので、大気中には全炭素原子に対して ^{14}C が一定のを割合(存在比)で含まれている。 ^{14}C は CO_2 として光合成により植物に取り込まれるが、植物が枯れると ^{14}C は取り込まれなくなり、減少してゆく。したがって、 ^{14}C 存在比から、年代を推定することができる。

問1 [A]と[B]にあてはまる語句を答えなさい。

問2 ^{14}C の陽子と中性子の数を答えなさい。

問3 半減期を k で表しなさい。

問4 この変化は以下の式で表される。Xとして適切な語句を答えなさい。



問5 ある遺跡から見つかった木片の ^{14}C 存在比は、生きている木の ^{14}C 存在比の $\frac{1}{8}$ であった。この木片は、何年前に枯れた木のもものと推定されるか、答えなさい。

(2017 早稲田大)

15. 単体のアルミニウムの結晶格子は面心立方格子である。このことについて、次の問1～問3に答えよ。

問1 1個のアルミニウム原子に接している原子の数を答えよ。

問2 単位格子中に含まれるアルミニウム原子の数を答えよ。

問3 アルミニウムの単位格子の1辺の長さが $4.0 \times 10^{-8} \text{cm}$ であるとすると、アルミニウムの結晶 1.0cm^3 当たりの質量は何gか。有効数字2桁で答えよ。

(2017 愛媛大)

16. NaCl 結晶はイオン結晶であり、ナトリウムイオン Na^+ と塩化物イオン Cl^- が規則的に配列し、一方のイオンに着目すると面心立方格子型の構造となる。単位格子中に含まれる Na^+ と Cl^- の数は、それぞれ [ア] である。また、 Na^+ の最も近くにある Cl^- の数は [イ] である。[ア] と [イ] の組み合わせとして正しいものは [ウ] である。また、単位格子の一边の長さを $a \text{ nm}$ 、アボガドロ数を N とすると、この NaCl 結晶の密度は [エ] g/cm^3 となる。

[ウ] の解答群

番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
ア	4	4	4	6	6	6	8	8	8
イ	4	6	8	4	6	8	4	6	8

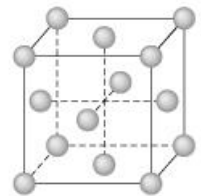
[エ] の解答群

- ① $\frac{232N}{a^3}$ ② $\frac{348N}{a^3}$ ③ $\frac{464N}{a^3}$
- ④ $\frac{232N}{a^3} \times 10^{-21}$ ⑤ $\frac{348N}{a^3} \times 10^{-21}$ ⑥ $\frac{464N}{a^3} \times 10^{-21}$
- ⑦ $\frac{232}{a^3 N} \times 10^{21}$ ⑧ $\frac{348}{a^3 N} \times 10^{21}$ ⑨ $\frac{464}{a^3 N} \times 10^{21}$

(2017 明治大)

17. 次の文章を読み、設問に答えよ。ただし、解答は 3 桁目を四捨五入して有効数字 3 桁で答えよ。

問 図は白金の単位格子を表しており、その体積は $6.0 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$ である。この図から、白金の密度は [] g/cm^3 である。ただし、アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ とする。



(2018 名城大)

18. 次の問題の[ア]～[イ]には最も適当なものを指定された解答詳から選びなさい。また、空欄[①]～[⑥]にあてはまる数字または+, -の符号を記しなさい。数値は四捨五入し、指示された桁まで記しなさい。ただし、必要のない桁には0を記しなさい。必要であれば、 $(357)^3 = 4.55 \times 10^7$, $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$ の数値を使いなさい。

図1はダイヤモンド結晶の単位格子を示している。ダイヤモンドの単位格子は立方体で、面心立方格子を作る白丸の炭素原子に黒丸の炭素原子が加わった構造である。ダイヤモンドは炭素原子がすべて[ア]で結合し、[イ]の結合をとっている。単位格子には炭素原子が[①②]個含まれている。単位格子の1辺の長さは0.357 nmであるため、ダイヤモンドの密度は[③. ④]g/cm³である。黒丸の炭素原子が白丸の炭素原子と体心立方格子状に結合しているの、ダイヤモンドの炭素原子間距離0.[⑤⑥]nmとなる。

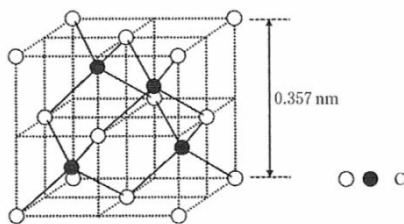


図1 ダイヤモンドの単位格子

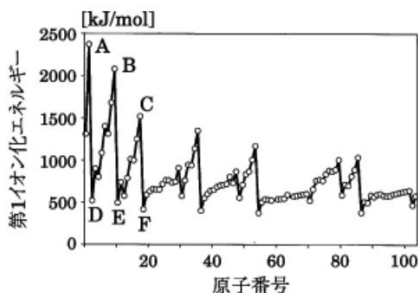
- [ア]の解答群 0 金属結合 1 分子間力 2 共有結合 3 イオン結合
 [イ]の解答群 0 正四面体形 1 正八面体形 2 正方形 3 立方体形

(2017 東京理科大)

19. 右の図は、元素の第1イオン化エネルギーの値の周期性を周期表の原子番号の順に従って示したものである、これに関して以下の問1～問4に答えよ。

問1 第1イオン化エネルギーが極大値, 極小値をとる元素A～Fはそれぞれ何か。元素記号で答えよ。

問2 A～Fの中でアルカリ金属に属するものはどれか、元素記号で答えよ。ただし、一つ以上ある場合はそのすべてを書け。



問3 第1イオン化エネルギーが極大値をとる元素A, B, Cを比較したとき、 $A > B > C$ の順に小さくなるのはなぜか。その理由を説明せよ。

問4 第1イオン化エネルギーが極大値をとる元素A, B, Cと極小値をとるD, E, Fとの間に大きな差異がある。即ち、AとD, BとE, CとFのそれぞれの比較でいずれの場合もエネルギーの差が大きい。その理由を説明せよ。

(2017 東京女子大)

20. 以下の問い(1)~(2)の解答は、それぞれの解答群のどれに該当するか。番号を選びなさい。

(1) 同じ元第でも原子核の質量が異なるいくつかの同位体を持つ場合がある。それらの同位体を区別するため、原子番号と質量数を元素記号の横に書き、例えば ${}^4_2\text{He}$ のように表す。

放射性の同位体は何らかの粒子を放出したり吸収したりすることにより、原子番号や質量数を変えることがある。例えば、 ${}^{40}_{19}\text{K}$ 場合には、(a)原子の内側の軌道にある電子(eで表す)が原子核に引き込まれて陽子(pで表す)の1つを $e+p \rightarrow n$ の式にしたがって中性子(nで表す)に変えてしまう反応と、逆に(b)原子核にある中性子の1つが $n \rightarrow p+e$ の式にしたがって陽子に変わり、電子を原子核の外に放出する反応の2つが可能である。

${}^{40}_{19}\text{K}$ から上記(a), (b)の反応によりできる原子核の組み合わせとして正しいものを、以下の解答群から1つ選びなさい。どちらの反応でも陽子や中性子が原子核の外に飛び出すことはない。

[解答群] ① ${}^{40}_{18}\text{Ar}$ のみ ② ${}^{40}_{18}\text{K}$ のみ ③ ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ のみ ④ ${}^{40}_{18}\text{K}$ と ${}^{40}_{20}\text{K}$
⑤ ${}^{40}_{19}\text{Ar}$ と ${}^{40}_{20}\text{K}$ ⑥ ${}^{40}_{18}\text{Ar}$ と ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ ⑦ ${}^{39}_{18}\text{Ar}$ と ${}^{41}_{20}\text{Ca}$ ⑧ ${}^{41}_{19}\text{K}$ と ${}^{39}_{20}\text{K}$

(2) 放射性同位体が崩壊するとき、一定時間の間に崩壊する原子の数は原子の存在量に比例する。その結果、まだ崩壊していない原子の数は半減期と呼ばれる時間が経過するごとに、もとの $\frac{1}{2}$ に減少する。仮に半減期が10年の放射性同位体X、半減期が20

年の放射性同位体Y、および半減期が30年の放射性同位体Zがあったとする。

ある時点でX, Y, Zの存在量が1molずつであったとき、この時から60年後にも崩壊せずに残っているX:Y:Zの物質量の比として正しいものを、以下の解答群から1つ選びなさい、ただし、X, Y, Zの崩壊で生成する同位体はどれもX, Y, Zとは異なるものとする。

[解答群] ① 1:2:3 ② 1:2:4 ③ 1:4:8 ④ 1:4:16
⑤ 1:8:16 ⑥ 1:8:32 ⑦ 1:16:32 ⑧ 1:16:64

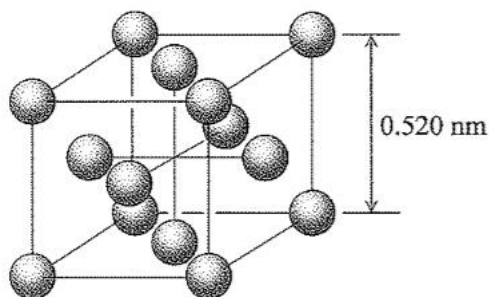
(2017 中央大)

21. 次の(イ)~(ロ)の間に答えよ。

(イ) 次の文(1)~(3)に示す条件のすべてにあてはまる元素を答えよ。なお、あてはまる元素はすべて書き、解答には元素記号を用いること。

- (1) アルゴンより小さい原子番号をもつ。
- (2) 4個以上の価電子をもつ。
- (3) 単体が 0°C , $1.01 \times 10^5 \text{Pa}$ において気体である。

(ロ) 希ガス(貴ガス)は単原子分としてふるまい、ヘリウムを除いて、常圧において凝固点以下で結晶を形成する。たとえば、アルゴンは 83K 以下の低温において、図のような面心立方格子の結晶になることが知られている。次の設問(1)~(3)に答えよ。



図：アルゴンの結晶格子

- (1) 単位格子内に含まれるアルゴン原子の数を答えよ。
- (2) アルゴンの結晶について、単位格子の1辺の長さが 0.520 nm であるとき、アルゴンの原子半径を有効数字2桁で求めよ。
- (3) アルゴンと同じように、分子または単原子分子が分子間力によって引き合っって結晶を生成する物質を、以下の(A)~(H)の中からすべて選び記号で答えよ。

(A) 炭素(ダイヤモンド) (B) 酸素 (C) 二酸化炭素 (D) ネオン (E) ナトリウム
(F) 塩化ナトリウム (G) 銅 (H) 酸化銅(I)

(2017 芝浦工業大)

22. 次の問1～8に答えよ。解答は、下の[解答群](ア)～(カ)の中から、それぞれ一つずつ選べ。ただし、同じ記号を何度選んでもよい。

問1 次の(a)～(c)の粒子1個の質量を大きい順にべると、どのような順序になるか。

(a) ^1H 原子 (b) $^1\text{H}^+$ イオン (c) $^2\text{H}^+$ イオン

問2 次の(a)～(c)の原子1個に含まれる価電子の数を多い順に並べると、どのような順序になるか。

(a) O (b) F (c) Ne

問3 次の(a)～(c)のイオンのイオン半径を大きい順に並べると、どのような順序になるか。

(a) Mg^{2+} (b) K^+ (c) Ca^{2+}

問4 次の(a)～(c)の分子またはイオン1個中に含まれる共有電子対の数を多い順に並べると、どのような順序になるか。

(a) CO_2 (b) CN^- (c) OH^-

問5 次の(a)～(c)の分子またはイオン1個中に含まれる非共有電子対の数を多い順に並べると、どのような順序になるか。

(a) CO_2 (b) CN^- (c) OH^-

問6 次の(a)～(c)の物質の融点を高い順に並べると、どのような順序になるか。

(a) アルミニウム (b) 二酸化ケイ素 (c) 黄リン

問7 次の(a)～(c)の物質の沸点を高い順に並べると、どのような順序になるか。

(a) CH_4 (b) NH_3 (c) H_2O

問8 次の(a)～(c)の同位体の各元第における天然存在比の値を大きい順に並べると、どのような順序になるか。

(a) Bの原子量は10.8, 同位体は ^{10}B , ^{11}B の2種類のみで、その相対質量をそれぞれ10.0, 11.0としたときの ^{11}B の天然存在比

(b) Clの原子量は35.5, 同位体は ^{35}Cl , ^{37}Cl の2種類のみで、その相対質量をそれぞれ35.0, 37.0としたときの ^{37}Cl の天然存在比

(c) Cuの原子量は63.6, 同位体は ^{63}Cu , ^{65}Cu の2種類のみで、その相対質量をそれぞれ63.0, 65.0としたときの ^{65}Cu の天然存在比

[解答群]

(ア) (a) > (b) > (c) (イ) (a) > (c) > (b) (ウ) (b) > (a) > (c) (エ) (b) > (c) > (a)
(オ) (c) > (a) > (b) (カ) (c) > (b) > (a)

(2017 千葉工業大)

23. 次の文章を読んで、以下の(1)~(4)に答えなさい。

元素の周期表は、元素を原子番号順に並べ、さらに、性質のよく似た元素を縦に並べた表である。縦の列を族と呼ぶが、1, 2 族と 12~18 族の元素を[A]といい、3~11 族の元素は[B]という。同族元素の一部は、固有の名称が付けられている。例えば、[a]族元素をハロゲンといい、これらの原子の価電子の数は[b]個で、いずれの単体も陰イオンになりやすく、強い酸化力を示す。

原子がイオンになりやすいかどうかは、イオン化エネルギーや①電子親和力で知ることができる。これらの値は、周期表での位置により系統性が見られる。例えば、同族元素のイオン化エネルギーは、原子番号が大きくなるほど[C]なる。

原子の陽子数が原子番号に相当するが、原子番号が同じで中性子数の異なる原子が存在する。これらの原子を、周期表での位置は同じであることから、互いに同位体と呼ぶ。多くの天然の元素には、複数の同位体が存在し、これらの同位体の存在割合(同位体存在)は各元素ごとにほぼ一定である。②元素の原子量は、その元素に存在する同位体の相対質量と重存在比から、その元素を構成する原子の平均相対質量として計第される。一方、③同位体存在比は人工的に変えることもできる。同位体存在比が変えられた元素の平均相対質量は、天然の元素の原子量とは異なる。

(1) 空欄[A]~[C]に当てはまる適切な語句、[A]と[B]に当てはまる数字を書きなさい。

(2) 下線部①の電子親和力とは何か。50 字以内で説明しなさい。

(3) 下線部②の定義により、ルビジウム(原子番号 37)の原子量を小数第 1 位まで求めなさい。計第過程も示しなさい。なお、天然のルビジウムには中性子数が 48 と 50 の同位体が存在し、それらの存在割合は、それぞれ 72%と 28%とする。また、相対質量は質量数と同じとしてよい。

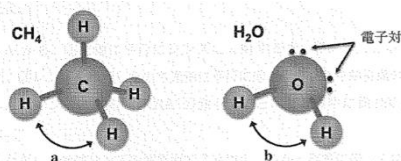
(4) 下線部③に関して、同位体存在比を天然の存在比とは異なる存在比に人工的に変えた鉄について考える。この鉄の平均相対質量を調べるために、次の実験を行った。

1.15g の鉄を希硫酸に完全に溶解した時に発生した気体をすべて捕集した。この気体を、酸素のない状態で、加熱した 2.500g の CuO と完全に反応させたところ、CuO と Cu の混合物が 2.180g 残った。この鉄の平均相対質量を有効数字 3 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。

(2017 首都大東京)

24. 図はメタン分子 CH_4 と水分子 H_2O の分子模型図を示している。これらの分子に関する以下の各問に答えよ。ただし字数を指定している設問の解等では、数字、アルファベット、句読点、括弧、記号はすべて1文字とする(例 , CO_2 は3文字、 109.5° は6文字)。

問1 水分子には、水素原子 H が結合していない2つの電子対が存在する。この電子対の名を記せ。



問2 図に示すメタン分子の $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ の結合角 a と水分子の $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ の結合角 b は、大きさが異なる。メタン分子は正四面体を形成するため、結合角 a は 109.5° となるが、水分子の結合角 b はこれよりも大きいか、あるいは小さいか。正しい方を記せ。また、その理由を80字以内で説明せよ。

問3 次の分子群の中から結合角の大きさが結合角 a と結合角 b の間にある分子を1つ選び、その化学式を記せ。

【分子群】 NO_2 NH_3 SO_3 CO_2 H_2S

問4 メタン分子は無極性分子である。メタン分子と同じように無極性分子である分子を問3の分子群から2つ選び、その化学式を記せ。

問5 以下の水分子に関する文章を読み、(1)~(3)に答えよ。

水分子は極性分子であり、酸素原子と水素原子の間の[ア]の差が大きいため、水分子間において酸素原子と他の分子の水素原子が引き合い[イ]結合を形成する。この結合の強さは、共有結合よりも弱く、①極性の有無によらず、すべての分子間にはたらく力よりも強いとされている。水の温度を 0°C まで下げていくと、水分子が規則正しく配列した分子結晶構造が形成され、②隙間の多い網目構造が見られる氷の結晶となる。

(1) 空欄[ア]と[イ]に入る適切な語句を記せ。

(2) 下線部①の力のことを何と呼ぶか、その名称を記せ。

(3) 下線部②の水の結晶構造に基づいて、水は氷よりも密度が大きいことが説明できる。水が氷へ融解する過程で分子結晶構造がどのように変化するためか、50字以内で説明せよ。

25. 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

日本で発見された原子番号113番の新元素の名称案が[①]になることが、2016年6月9日に発表された。この元素は、原子番号30番の典型元素である亜鉛と原子番号83番の典型元素であるビスマスを高速で衝突させ、核融合により合成する。[①]は、周期表においてアルミニウムと同じ[ア]族に属する元第である。単体のアルミニウムは、軽くてやわらかい金属で、ボーキサイトを精製してアルミナとよばれる純粋な[A]をつくり、さらにこれを融解塩電解して製造される。

アルミニウムの価電子数は[イ]個である。(a)単体のアルミニウムは酸の水溶液にも強塩基の水溶液にも反応して溶ける性質をもち、[②]元素と呼ばれる。[②]元素としては他に、亜鉛、スズ、鉛が知られている。常温におけるアルミニウムの結晶格子は[③]格子である。[③]格子では、配位数は[ウ]である。[③]格子は最密(充填)構造であり、充填率は[エ]%である。

問1 文中の[①]～[③]にあてはまる適切な語句を答えよ。文中の[ア]～[エ]にあてはまる適切な数値を整数で答えよ。また、文中の[A]にあてはまる化学式を答えよ。

問2 下線部(a)について、アルミニウムが水酸化ナトリウム水溶液に溶ける反応を化学反応式で示せ。

問3 単体のアルミニウムを濃硝酸に入れると、不動態になる。下記の金属のうち、アルミニウムと同様に不動態になりうる金属を一つ選び元素記号でえよ。

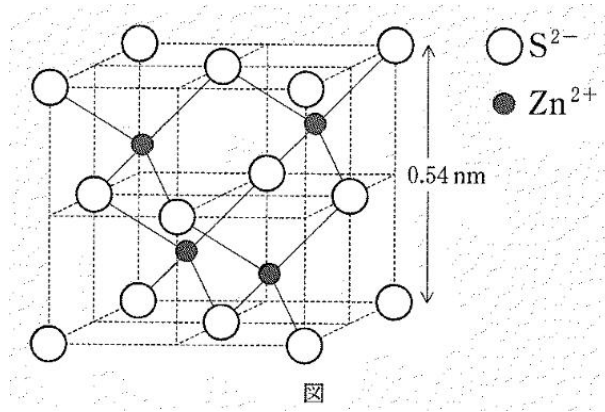
Na , Cr , Zn , Sn , Pb

問4 ジュラルミンは、アルミニウムに銅、マグネシウム、マンガンの3種類の金属を混合してつくられる合金である。銅、マグネシウム、マンガンの水溶液中でのイオン化傾向を、大きなものからに元素記号で記せ。

問5 ある金属は[③]格子の結晶で、単位格子の一辺の長さが a [cm]、密度は d [g/cm³]である。アボガドロ定数を N_A [/mol]として、この金属の原子量 A を求める式を示せ。

問6 亜鉛の各電子殻(K殻,L殻,M殻,N殻)中の電子数を答えよ。

問7 亜鉛と硫黄を反応させたところ、組成式 ZnS で表される硫化第鉛結晶が生成した。この ZnS 結晶の構造は図に示すとおり、陽イオン数と陰イオンと数の比が $1:1$ であり、また、 Zn^{2+} と S^{2-} の間の結合距離はすべて同じである。次の(1)、(2)の問に答えよ。



- (1) 単位格子中の Zn^{2+} および S^{2-} の数を求めよ。
- (2) ZnS 結晶の単位格子は一辺の長さが 0.54nm の立方体であるとして、 Zn^{2+} と S^{2-} の結合距離を有効数字 2 桁で答えよ。なお、 $\sqrt{3} = 1.7$ とする。

(2017 九州大)

26. 問1 次の文章を読んで、設問(1)~(3)に答えよ。

国際純正・応用化学連合(IUPAC)は、原子番号113, 115, 117, 118の元素を、それぞれ「ニホニウムNh」、「モスコピウムMc」、「テネシンTs」、「オガネソンOg」と命名することとした。これらの4元素はいずれも自然界には存在せず、すべて人工的に作られた。ニホニウムは日本の理化学財所仁科加速器研究センターが原子番号30の亜鉛と83のビスマスを加速器内で衝突させる実験により発見したもので、日本の国名にちなんだ名称が提案された。

設問(1) 原子番号は原子を構成する粒子のうち何の数を表すか記せ。

設問(2) 原子番号が等しく質量数が異なる原子が存在する場合がある。

① このような原子どうしを互いに何とよぶか答えよ。

② これらの原子の質量数が異なる原因は何か述べよ。

設問(3) 元素周期表では、互いに化学的性質が似た元素が、縦に並ぶように配置されている。この周期性が延長されると仮定すると、新たに命名された4つの元素はいずれも典型元素であり、オガネソン(原子番号118)はヘリウムやネオンと似た化学的性質を示すと考えられる。

① 周期表上で縦に並ぶ性質が似た元素群を何とよぶか答えよ。

② ①の元素群のうち、テネシン(原子番号117)が属すると考えられる元素群の名称を記せ。

③ 周期表上で縦に並ぶ元素の性質が類似する原因は何か述べよ。

④ ニホニウム(原子番号113)と似た化学的性質を示すと考えられる最も軽い元素を元素記号で記せ。

問2 次の文章を読んで、設問(1)~(5)に答えよ。

原子やイオン、分子が周期的に規則正しく配列した固体を結晶という。たとえば、ダイヤモンドやケイ素、黒鉛の結晶は[ア]結晶であり、ドライアイスやヨウ素の結晶は[イ]結晶である。塩化ナトリウムNaClや硫化亜鉛ZnSは、①陽イオンと陰イオンがイオン結合を形成したイオン結晶である。NaCl結晶の単位格子を図1に示す。単位格子中のそれぞれ正味のイオン数は、ナトリウムイオン Na^+ が[ウ]個、塩化物イオン Cl^- が[エ]個であり、 Na^+ の配位数は[オ]である。

イオン結晶の構造や特性は、構成するイオンのイオン半径の影響を強く受ける。塩化ナトリウム型のイオン結晶について、陰イオンの大きさと結晶の安定性の関係を図2に示す。②陽イオンと陰イオンができるだけ多く接するほうが安定であり(図2のa)、陽イオンと陰イオンがすべて接した状態までは安定であるが(図2のb)、陰イオンどうしのみが接すると不安定になる(図2のc)。

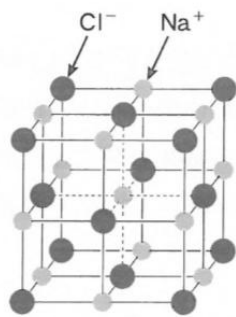


図1 NaClの単位格子

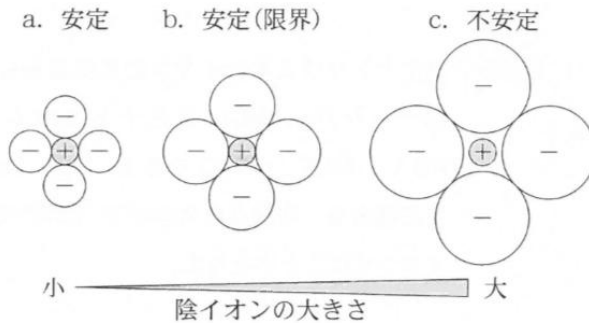


図2 イオン結晶のイオンの大きさと安定性

設問(1) 文中の空欄[ア]と[イ]にあてはまる最も適切な語句を、[ウ]～[オ]に適切な数値を答えよ。

設問(2) 下線①のイオン結合をつくり出すイオン間に働く主な力を答えよ。

設問(3) 下線②に関して、陽イオンの半径を r 、陰イオンの半径を R としたとき、すべてが接した状態(図2のb)のイオン半径比(r/R)を有効数字2桁で求めよ。必要であれば次の数値、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ 、 $\sqrt{5} = 2.24$ を用いよ。

設問(4) 臭化ナトリウム NaBr は、安定な塩化ナトリウム型のイオン結晶である。Na⁺ および Br⁻をそれぞれ半径 0.12nm, 0.18nm の球体として、NaBr 結晶の充填率(単位格子中の体積に占めるイオンの体積の割合)を有効数字2桁の百分率(%)で求めよ。ただし、円周率 $\pi = 3.1$ とする。

設問(5) 塩化ナトリウム型のイオン結晶構造をもつフッ化ナトリウム NaF、塩化ナトリウム NaCl、臭化ナトリウム NaBr の融点は、それぞれ、993°C, 801°C, 747°Cである。NaF, NaCl, NaBr の順に融点が低下する理由を、句読点を含めた60字以内で説明せよ。なお、元素記号やイオン式は、1字とせよ。

(2017 名古屋大)

27. 原子・分子に関する以下の問い(問1～問3)に答えよ。

問1 次の文を読み、以下の設問(1)～(6)に答えよ。

原子核を取り巻く電子が存在できる空間の層は、電子殻と呼ばれる。電子殻はエネルギーの低い順からK殻、[ア]殻、M殻、N殻と呼ばれる。それぞれの殻には、電子が入ることのできる軌道と呼ばれる場所が1つ以上あり、1つの軌道は、電子を2個まで収容することができる。図1に示すように、元素記号に最外殻電子を点で書き添えたものは電子式と呼ばれる。電子はなるべく対にならないように軌道に収容される。対になっていない電子は[イ]電子と呼ばれ、その数は[ウ]に等しい。

①K殻では2個、[エ]殻では8個、M殻では[イ]個、N殻では32個まで電子が収容される。例えば、第1～第3周期の元素で最外殻に電子が7個入るのは[オ]族元素である。最外殻に1から7個までの電子がある場合、これらの電子は[カ]電子と呼ばれる。18族に属する元素は[イ]電子がなく、最外殻が[キ]殻となり、他の原子と化学結合を形成することなく安定となる。このことから、18族に属する元素は[ク]原子分子として存在する。また、周期表の2族元素の原子はいずれも[ケ]個の[カ]電子をもつ。同じ周期の1族元素の原子と比べると、2族元素の原子では、原子核の正の電荷が②(増大・減少)し、原子核が最外殻電子を引き付ける力が強くなる。原子から一個の電子を取り去って、1価の陽イオンにするのに必要なエネルギーを第一イオン化エネルギー(図2)と呼ぶが、1族元素の原子と比べて原子が最外殻電子を引き寄せる力が強くなる結果、2族元素の原子の第一イオン化エネルギーは③(大きく・小さく)なり、原子の大きさは④(大きく・小さく)なる。また、同じ周期の1族元素の原子と比べて、1原子あたりの自由電子の数が⑤(多く・少なく)なるため、金属結合の強さは⑥(強く・弱く)なる。



図1 電子式の例

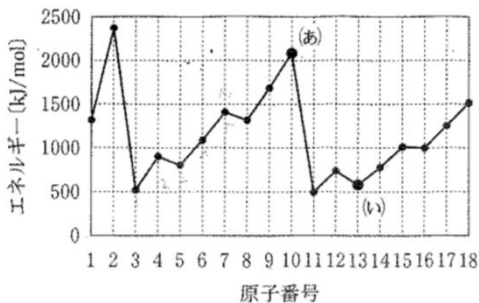
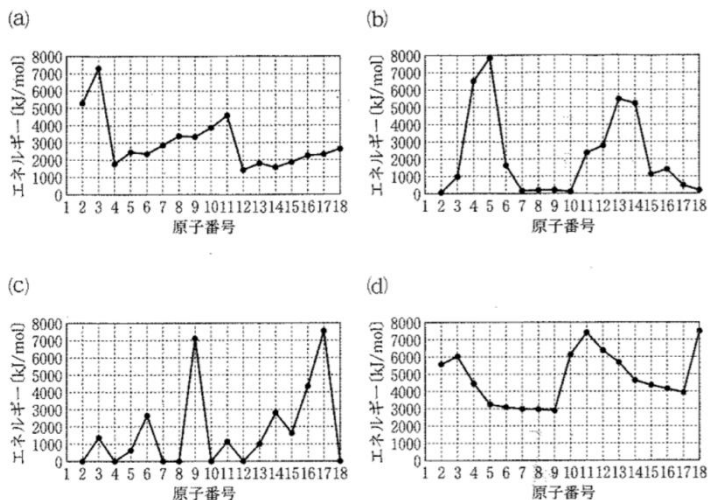


図2 第一イオン化エネルギー

- (1) [ア]～[ケ]に入る最も適切な語句、数値、あるいはアルファベットを答えよ。
- (2) 下線部①を参考にして、 n 番目にエネルギーの低い電子殻の軌道の数を n を用いて表せ。
- (3) 下線部②～⑥に示した選択肢のうち適切な語句を選べ。
- (4) 図2中の(あ)、(い)で示された元素の最外殻電子数を答えよ。

(5) 分子も電子式を用いて表すことができる。水素、炭素、窒素各1原子からなる分子の電子式を書け。

(6) 1価の陽イオンを2価の陽イオンにするのに必要なエネルギーを第二イオン化エネルギーと呼ぶ。第二イオン化エネルギーを表す図として適切なものを以下の図(a)~(d)から選び、記号を書け。



問2 以下の分子あるいはイオン(a)~(k)に関して、以下の設問(1)~(2)に答えよ。

- (a) 水 (b) 四塩化炭素 (c) 硫化水素 (d) アセチレン (e) アンモニア
 (f) オキソニウムイオン (g) アンモニウムイオン (h) ジアンミン銀(I)イオン
 (i) テトラアンミン亜鉛(II)イオン (j) テトラアンミン銅(II)イオン
 (k) ヘキサシアニド鉄(III)酸イオン

(1) (a)~(k)の中から直線形、三角錐形、ならびに正四面体形の構造である分子あるいはイオンをすべて選び、それぞれ記号で答えよ。ただし錯イオンの配位子の構造までは考えないものとする。

(2) (a)~(e)までの分子で、極性をもつものをすべて選び記号で答えよ。

問3 メタンの正四面体構造に関して、以下の設問(1)~(2)に答えよ。

(1) メタンを構成する水素原子間の距離を a とするとき、その水素原子が構成する正四面体の頂点から底面に降ろした垂線の長さ H を、 a を用いて答えよ。

(2) $a = 1.78 \times 10^{-10} \text{ m}$ のとき、C-H 結合の原子間距離(m)を求めよ。ただし、 $\sqrt{3} = 1.73$ 、 $\sqrt{2} = 1.41$ とする。

28. イオン結晶に関する、設問(1)~(6)に答えなさい。

(1) イオン結晶を構成する陽イオンと陰イオン間の結合力は何と呼ばれるか、その名称を記しなさい。

(2) イオン結晶の一般的な性質としてふさわしくないものを次の①~④から一つ選び、番号で答えなさい。

- ① 水溶液にすると電気をよく導く ② 昇華しやすい
③ 硬いがもろい ④ 融点が高い

(3) イオン結晶に強い力を加えたとき、特定の面に沿って割れやすい性質は何と呼ばれるか、記しなさい。

(4) 図1は塩化ナトリウム結晶の単位格子におけるイオンの配列を示したものである。以下の設問(i)~(iii)に答えなさい。

(i) 単位格子中には、ナトリウムイオンと塩化物イオンはそれぞれ何個含まれるか、答えなさい。

(ii) ナトリウムイオンの配位数はいくつか、答えなさい。

(iii) 単位格子の一边を 0.564 nm, 塩化物イオンの半径を 0.167 nm としたとき、ナトリウムイオンの半径は何 nm になるか、求めなさい。ただし、結晶内ではナトリウムイオンと塩化物イオンは互いに接しているものとする。

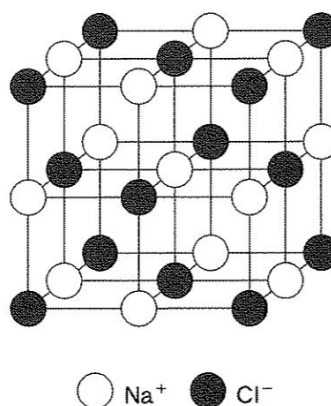


図1 塩化ナトリウム結晶の単位格子におけるイオンの配置図

(5) 次の物質の結晶のうち、イオン結晶であるものはどれか、次の①~⑥から適切なものを2つ選び、番号で答えなさい。

- ① 二酸化炭素 ② 硫酸アンモニウム ③ ナフタレン
④ タングステン ⑤ 炭酸カルシウム ⑥ 二酸化ケイ素

(6) 次に示すハロゲン化ナトリウムの中で、融点が最も高いものはどれか、組成式で答えなさい。

塩化ナトリウム, 臭化ナトリウム, フッ化ナトリウム, ヨウ化ナトリウム

(2017 秋田大)

29. 次の文章を読んで、問1～問5の答を記せ。

原子は1個の原子核といくつかの電子からできており、原子核はいくつかの陽子と中性子からできている。陽子1個の質量と中性子1個の質量はほぼ等しく[ア]gであり、電子1個の質量のおよそ1840倍である。原子核は直径が $10^{-15} \sim 10^{-14}$ mであり、原子は直径が[イ]m程度である。電子は負の電荷、陽子は正の電荷をもち、中性子は電荷をもたない。原子は電氣的に中性であるが、原子は電子を放出する、または受け取ることで電荷をもったイオンになる。

問1 原子は原子番号と質量数の2つの値で区別される。原子番号と質量数の値は何を示すか、それぞれ20字以内で説明せよ。

問2 下の記述①～⑤について、正しいものを2つ選び、その番号を記せ。

- ① いずれの原子でも、原子1個に含まれる電子の数と陽子の数は等しい。
- ② いずれの原子でも、原子1個に含まれる陽子の数と中性子の数は等しい。
- ③ 電子1個の電荷の絶対値と陽子1個の電荷の絶対値は等しい。
- ④ 陰イオンに含まれる電子の数は陽子の数より少ない。
- ⑤ カリウム原子1個の質量とカリウムイオン1個の質量は等しい。

問3 空欄[ア]に当てはまる最も適切な数を下の①～⑤から一つ選び、その番号を記せ。

- ① 1.7×10^{-8}
- ② 1.7×10^{-16}
- ③ 1.7×10^{-20}
- ④ 1.7×10^{-22}
- ⑤ 1.7×10^{-24}

問4 空欄[ア]に当てはまる最も適切な数を下の①～⑤から一つ選び、その番号を記せ。

- ① 10^{-8}
- ② 10^{-10}
- ③ 10^{-12}
- ④ 10^{-14}
- ⑤ 10^{-16}

問5 フッ化物イオン F^- とナトリウムイオン Na^+ とでは、含まれる電子の数が同じであるにもかかわらず、 F^- よりも Na^+ のほうがイオン半径は小さい。この理由を40字以内で記せ。

(2017 群馬大)

30. 結晶は、それを構成している原子やイオン、分子などの粒子が規則正しく配列してできた個体である。結晶の構成粒子がどのように配列しているかを示したものを結晶格子といい、その最小単位を単位格子という。図にマグネシウムの結晶格子を示した。結晶において、1個の原子に隣接する原子の数を〔①〕という。マグネシウムの結晶格子では1個の原子に〔②〕個の原子が接しており、単位格子に含まれる原子の総数は〔③〕個である。単位格子の体積に占める金属原子の体積の割合を充填率といい、a 図は最も充填率の大きい結晶格子の一つである。

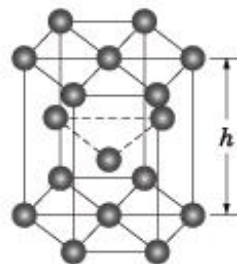


図 マグネシウムの結晶格子

問1 文章中の〔①〕～〔③〕に当てはまる適切な語句または数字を記せ。

問2 マグネシウムの結晶格子の名称を記せ。

問3 下線 a について、充填率がマグネシウムの結晶格子と同じであるが、結晶構造が異なる結晶格子の名称を記せ。

問4 マグネシウムの原子半径を r [cm] としたとき、図の h の長さは $\frac{4\sqrt{6}}{3}$ [cm] となる。

図に示した部分の結晶格子の体積を r を用いて表せ。ただし、平方根はそのまま用いなさい。

問5 1気圧、常温の時、マグネシウムの密度は 1.74 [g/cm³] である。マグネシウムの原子半径を r [cm]、アボガドロ定数を N [mol] としてマグネシウムの原子量を求めよ。ただし、平方根はそのまま用いなさい。

(2016 名古屋市立大)

解答

1. 2018 岡山大

ア 陽子 イ 質量数 ウ 価電子 エ 同位体 オ 金属 カ 面心立方
A 63.4 B 75

2. 2017 東海大

(1) B (2) B

3. 2018 東京女子大

ア 同位体 イ 6 ウ 6 エ 6 オ 6 カ 7 キ 6 ク 6 ケ 8 コ 6 サ N
シ 半減期 ス 25 セ 同素体 ソ 黒鉛 タ ダイヤモンド チ フラーレン

4. 2018 兵庫県立大

問1 4 問2 12 問3 $a = 2\sqrt{2}r$ 問4 74% 問5 21g/cm^3

5. 2018 九州大

(1) 6種類 (2) 11個

6. 2018 岩手大

(a) (ii) (b) (iv) (c) (vi)

7. 2018 長崎大

問1 ア 18 イ 17 ウ 同位体 エ 145 問2 $^{39}\text{K} : 94\%$, $^{41}\text{K} : 6\%$

8. 2018 旭川医科大

問1 ア 原子半径 イ 単体の融点 ウ 電気陰性度 エ 第1イオン化エネルギー
オ 電子親和力 カ 価電子数

問2 ウ 共有電子対を引きつける相対的な強さ

エ 気体状態の原子から1個の電子を取り去って1価の陽イオンにするのに必要なエネルギー

オ 気体状態の原子が電子1個を受け取って1価の陰イオンになったとき放出されるエネルギー

9. 2017 秋田大

(1) $\text{Na}^+ : 4$ 個 $\text{Cl}^- : 4$ 個 (2) 6 (3) 0.115 nm

10. 2017 甲南大

問1 ア 延性 イ 展性 ウ 電気 エ 水銀 オ 自由電子 カ 六方最密 キ 8

ク 12 ケ 合金 問2 (1) 4 (2) $\frac{\sqrt{2}a}{4}$ (3) $\frac{4M}{a^3 N_A}$ 問3 黄銅など

11. 2017 関西学院大

問1 ア 電子 イ 陽子 ウ 中性子 エ 同位体 オ 周期表 カ 同素体

a : 3 b : 3 X : ^2H Y : Zn Z : C 問2 A ダイヤモンド B 黒鉛 C フラーレン

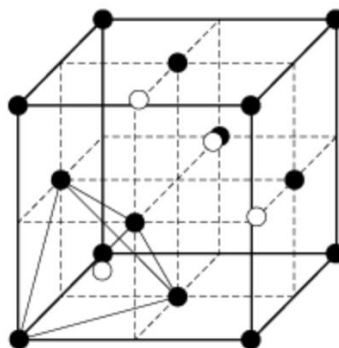
問3 3.4g/cm^3 問4 70 問5 $C(\text{黒鉛}) = C(\text{ダイヤモンド}) - 1.9\text{kJ}$

12. 2017 関西大

(1) イ (2) ハロゲン (3) ウ (4) キ (5) H_2O (6) CH_4 (7) 水素結合 (8) エ
(9) ウ (10) クーロン力

13. 2017 神奈川大

(1) 面心立方格子 (2) 右図
(3) 炭素原子 : 8 個 C-C 結合 : 16 本
(4) 4 個 (5) 水素結合、2 個



14. 2017 早稲田大

問1 A 放射性 B β 線

問2 陽子 : 6 個 中性子 : 8 個

問3 $\frac{\log_e 2}{k}$ 問4 陽子 問5 17190 年前

15. 2017 愛媛大

問1 12 問2 4 問3 2.8g/cm^3

16. 2017 明治大

ウ ② エ ⑦

17. 2018 名城大

21.6

18. 2017 東京理科大

ア 2 イ 0 ①② 08 ③④ 3.5 ⑤⑥ 15

19. 2017 東京女子大

問1 A He B Ne C Ar D Li E Na F K 問2 Li, Na, K

問3 同族元素では、原子番号が小さいほど原子半径が小さく、最外殻電子が原子核が強く引き付けられるため

問4 A, B, C は希ガス元素で安定な電子配置をとるため同一周期の元素の中で最も陽イオンになりやすく、D, E, F はアルカリ金属で価電子が1つであるため同一周期の元素の中で最も陽イオンになりやすい。

20. 2017 中央大

(1) ⑥ (2) ⑤

21. 2017 芝浦工大

イ N, O, F, Cl □ (1) 4 (2) 0.18 nm (3) (B), (C), (D)

22. 2017 千葉工大

問1 オ 問2 ウ 問3 エ 問4 ア 問5 イ 問6 ウ

問7 カ 問8 イ

23. 2017 首都大東京

(1) A 典型元素 B 遷移元素 C 小さく a 17 b 7

(2) 気体の原子1個の最外電子殻に1個の電子が入って、1価の陰イオンになるとき放出されるエネルギー (3) 85.6 (4) 57.5

24. 2017 宮崎大

問1 非共有電子対 問2 小さい 理由：水分子の酸素原子もつ2対の非共有電子対の反発が大きく、その反発でO原子とH原子の間にある共有電子対のなす角が締め付けられて狭まり、結合角bはaより小さくなる。

問3 NH₃ 問4 CO₂, SO₃ 問5 (1) ア 電気陰性度 イ 水素

(3) ファンデルワールス力 (3) 氷の結晶は水素結合によるすき間の大きい構造で、融解するとき水素結合の一部が切れ、すき間が減少する。

25. 2017 九州大

問1 ① ニホニウム ② 両性 ③ 面心立方 ア 13 イ 3 ウ 12 エ 74

A : Al₂O₃ 問2 $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_3] + 3\text{H}_2$

問3 Cr 問4 Mg > Mn > Cu 問5 $A = \frac{N_A a^3 d}{4}$

問6 K 殻 2 L 殻 8 M 殻 18 N 殻 2

問7 (1) Zn²⁺ 4 個 S²⁻ 4 個 (2) 0.23 nm

26. 2017 名古屋大

問1 (1) 陽子 (2) (i) 同位体 (ii) 中性子の数が異なるため

(3) (i) 同族元素 (ii) ハロゲン (iii) 価電子数が等しいため (iv) B

問2 (1) ア 共有 イ 分子 ウ 4 エ 4 オ 6 (2) クーロン力 (3) 0.41

(4) 58% (5) イオン半径が $F^- < Cl^- < Br^-$ であるので、イオン間距離がこの順になるため、クーロン力がこの順で弱くなるから。

27. 2017 横浜国大

問1 (1) ア L イ 不對 ウ 原子価 エ 18 オ 17 カ 価 キ カ 閉 ク 単 ケ 2

(2) n^2 (3) ② 増大 ③ 大きく ④ 小さく ⑤ 多く ⑥ 強く

(4) あ 8 い 2 (5) $H:C::N:$ (6) a

問2 (1) 直線形 d, h 三角錐形 e, f 正四面体形 b, g, i (2) 4個

問3 (1) $\frac{\sqrt{6}}{3}a$ (2) $1.09 \times 10^{-10} m$

28. 2017 秋田大

(1) クーロン力 (2) ② (3) へき開 (4) (i) $Na^+ : 4$ 個 $Cl^- : 4$ 個 (ii) 6 (iii) 0.115 nm

(5) ②, ⑤ (6) NaF

29. 2017 群馬大

問1 原子番号 : 原子核に含まれる陽子の数 質量数 : 原子核に含まれる陽子と中性子の数の和 問2 ①, ③ 問3 ⑤ 問4 ② 問5 ナトリウムイオンの方が原子核の正電荷が大きく、電子を強く引き付けるから。

30. 2016 名古屋市大

問1 ① 配位数 ② 12 ③ 2 問2 六方最密構造 問3 面心立方格子

問4 $24\sqrt{2}r^3$ 問5 $6.96\sqrt{2}r^3N$