

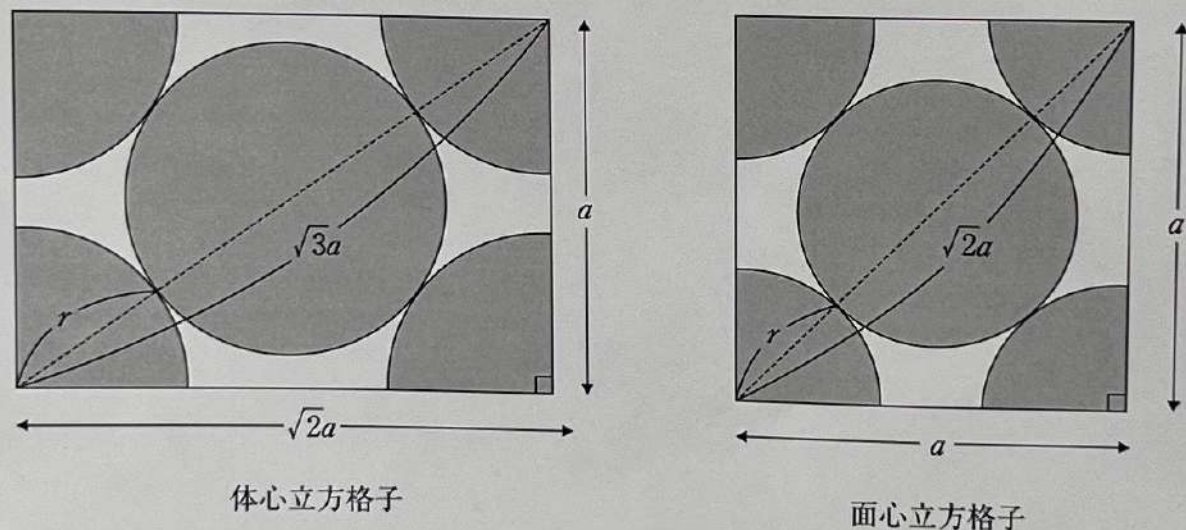
化 学

I 次の問い (1)~(3) に答えよ。

[解答番号 1 ~ 7]

(1) 次の文章を読んで、下の問い (a), (b) に答えよ。

鉄とアルミニウムの結晶構造について考える。鉄の結晶中の原子の配列は体心立方格子であるのに対し、アルミニウムは面心立方格子をとる。体心立方格子は、単位格子の頂点と中心に原子が配置されている。したがって、中心原子に隣接している原子の数は8となる。立方体中には8つの頂点があるため、この構造に含まれる原子の数は (ア) となる。これに対し、面心立方格子では、一つの原子に隣接する原子の数は (イ) となり、面の中心に位置する原子と8つの頂点から、単位格子に含まれる原子の数は (ウ) となる。



図

さらに、上の図を利用して、各結晶の密度と充填率（単位格子の体積に対する原子が占める体積の百分率）を考える。体心立方格子の単位格子の一辺の長さを a [cm]、金属のモル質量を M [g/mol]、アボガドロ定数を N_A [/mol] とすると、単位格子内に (ア) 個の原子がふくまれている金属の密度は (エ) [g/cm³] と計算される。また、充填率は原子半径を $\frac{\sqrt{3}}{4} \times a$ とすると、(オ) % と求まる。同様に、面心立方格子では密度が (カ) [g/cm³] と算出されて、原子半径を $\frac{\sqrt{2}}{4} \times a$ とすると、充填率は (キ) % となる。

(a) 空欄 (ア)～(ウ) に当てはまる数値の組み合わせとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 1

選択肢	(ア)	(イ)	(ウ)
①	2	8	4
②	2	12	3
③	2	12	4
④	4	6	3
⑤	4	6	4
⑥	4	8	3

(b) 空欄 (エ)～(キ) に当てはまる数値として正しいものを、次の①～⑧のうちから一つずつ選べ。
必要であれば、 $\pi=3.14$, $\sqrt{2}=1.41$, $\sqrt{3}=1.73$ を用いよ。

(エ) 2 ・ (オ) 3 ・ (カ) 4 ・ (キ) 5

- ① $\frac{2MN_A}{a^3}$ ② $\frac{2M}{a^3N_A}$ ③ $\frac{4MN_A}{a^3}$ ④ $\frac{4M}{a^3N_A}$
 ⑤ 37 ⑥ 68 ⑦ 74 ⑧ 82

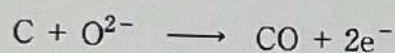
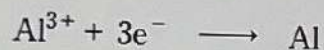
(2) 硫酸鉄(Ⅱ)水溶液にシアン化カリウム、またはシアン化ナトリウムを過剰に加えると、錯イオンを形成し、ヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸イオンができる。このイオンのカリウム塩を塩素で酸化すると鉄が酸化されて、ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウムとなる。一般的にシアン化合物は有毒であるが、錯イオンは毒性を示さず、青色色素の顔料として印刷インクや繊維染料に使用されているほか、医療の分野では放射性セシウムの除去剤としても利用されている。

ヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸イオンの価数とヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウムの配位子の数の組み合わせとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 6

選択肢	価数	配位数
①	2	4
②	2	6
③	4	4
④	4	6
⑤	6	4
⑥	6	6

- (3) 次の文章を読んで、空欄 (ク)～(コ) に当てはまる語句の組み合わせとして正しいものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。 7

アルミニウムは軽くてさびにくく、加工しやすい特徴をもつが、酸素との結合力が強いために、安定な酸化物であるアルミナを主成分とする鉱物として存在する。したがって、純粋なアルミニウムをつくるためには、はじめにこの鉱物を濃水酸化ナトリウム溶液で処理し、得られた酸化アルミニウムを氷晶石 Na_3AlF_6 の融解液に溶かして、電気分解する。この時、アルミニウムは (ク) 極側で回収される。この方法は (ケ) とよばれる。(ケ) の反応は次の式で示される。



生成したアルミニウムに、銅・マグネシウム・マンガンを少量加えた軽合金は (コ) とよばれ、航空機の機体や貴重品の移動に使用する際のアタッシュケース素材として利用される。

選択肢	(ク)	(ケ)	(コ)
①	陽	電解精錬	ジュラルミン
②	陰	電解精錬	ジュラルミン
③	陽	電解精錬	ステンレス鋼
④	陰	電解精錬	ステンレス鋼
⑤	陽	溶融塩電解	ジュラルミン
⑥	陰	溶融塩電解	ジュラルミン
⑦	陽	溶融塩電解	ステンレス鋼
⑧	陰	溶融塩電解	ステンレス鋼

Ⅱ 次の問い(1), (2)に答えよ。ただし、原子量はH=1.00, C=12.0, O=16.0, Na=23.0, Mg=24.3, P=31.0, Cl=35.5, Ca=40.1とする。

[解答番号 8 ~ 19]

(1) 次の文章を読んで、下の問い(a)~(c)に答えよ。

リンPは単体では天然に存在せず、主成分がリン酸カルシウム $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ からなるリン灰石やリン酸塩などの鉱物中に含まれている。リンの単体には、黄リン(白リン)と赤リンという同素体がある。また、リンは動植物の体内でもエネルギー代謝、細胞膜や核酸の構成要素、骨や歯の形成などに関わっており、生命活動に欠かせない元素である。

リンの化合物である①リン酸 H_3PO_4 は潮解性がある無色の結晶で、水によく溶ける。リン酸の塩は、食品のpH調整剤や②肥料の原料などとして利用される。

(a) リン原子の最外殻電子について、価電子および不対電子の数はそれぞれいくつか。次の①~⑩のうちから一つずつ選べ。価電子の数: ・不対電子の数:

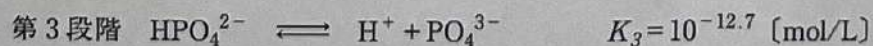
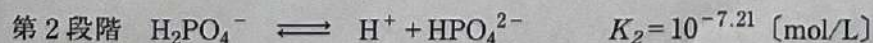
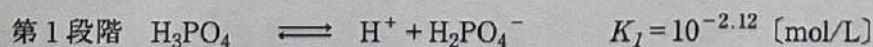
- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0

(b) 下線部①について、次の問い(i), (ii)に答えよ。

(i) 0.20 mol/L リン酸水溶液 300 mL の調製に必要な質量パーセント濃度 85 % のリン酸水溶液の体積 [mL] として最も近い値を、次の①~⑥のうちから一つ選べ。ただし、このリン酸水溶液の 25 °C における密度は 1.7 g/mL とする。 mL

- ① 2 ② 3 ③ 4 ④ 6 ⑤ 8 ⑥ 10

(ii) (i) で求めた体積のリン酸水溶液を適量の蒸留水が入ったビーカーにとり、5.0 mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を用いて 25 °C で pH=7.4 に調整後、300 mL メスフラスコに移した。続いてビーカーの内壁を蒸留水で洗い、その洗液も同じメスフラスコに入れ、標線まで蒸留水を加えることで 0.20 mol/L リン酸水溶液 300 mL を調製した。この pH 調整の際に必要な 5.0 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液の体積 [mL] として最も近い値を、次の①~⑥のうちから一つ選べ。ただし、リン酸は三価の酸であり、水溶液中では下に示した三段階で電離する。 K_1 , K_2 , K_3 はそれぞれリン酸の 25 °C における第一, 第二, 第三電離定数である。中和反応は段階ごとに順次起こるとし、また、必要であれば、 $10^{0.19}=1.55$ を用いよ。 mL



- ① 2.0 ② 6.0 ③ 12 ④ 20 ⑤ 60 ⑥ 120

(c) 下線部②について、リン酸以外の肥料の三要素を、次の①～⑨のうちから二つ選べ。ただし、解答は原子番号が小さい順に行うこと。 12・13

- | | | | |
|----------|---------|--------|---------|
| ① 亜鉛 | ② カドミウム | ③ カリウム | ④ カルシウム |
| ⑤ セレン | ⑥ 炭素 | ⑦ 窒素 | ⑧ 鉄 |
| ⑨ マグネシウム | ⑩ マンガン | | |

(2) 次の文章を読んで、下の問い (a)～(c) に答えよ。

マグネシウム Mg とカルシウム Ca は、いずれも周期表の2族に属するアルカリ土類金属元素である。アルカリ土類金属元素の原子は、すべて価電子を2個もち、2価の陽イオンになりやすい。自然界には単体では存在せず、化合物の形で海水中や鉱物中に存在する。

マグネシウムは、常温の水とはほとんど反応せず、熱水と反応する。生成した水酸化物 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ は水にほとんど溶けず、弱塩基性を示す。一方、カルシウムは、常温の水と反応して水素を発生し、強塩基性の水酸化物 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ になる。また、カルシウムは 炎色反応 を示し、その検出と確認に利用されるが、マグネシウムは炎色反応を示さず、空气中で強熱すると強い白色光を出して激しく燃焼し酸化物 MgO となる。

水の硬度は、(式) のとおり水中のマグネシウムイオン Mg^{2+} とカルシウムイオン Ca^{2+} の濃度 [mg/L] を炭酸カルシウム CaCO_3 濃度 [mg/L] にそれぞれ換算した値の合計で求めることができる。一般に硬度が高い水を硬水、低い水を軟水と呼ぶ。水の硬度は水棲生物や水草の生育に影響を与えるほか、硬度が高い場合はボイラーや電気ポットなどでスケール (白色の付着物) の原因となる。日本では水道水の水質基準における硬度の上限値が 300 mg/L に設定されている。

$$\begin{aligned} \text{(式) 硬度 [mg/L]} = & (\text{マグネシウムイオン濃度 [mg/L]} \times \boxed{\text{(ア)}} \cdot \boxed{\text{(イ)}}) \\ & + (\text{カルシウムイオン濃度 [mg/L]} \times \boxed{\text{(ウ)}} \cdot \boxed{\text{(エ)}}) \end{aligned}$$

(a) 下線部①について、特定の金属元素を含む物質を炎で加熱すると、それぞれの元素に特有の色の炎を示す。カルシウムの炎色反応の色を、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 14

- | | | | | |
|-------|-------|-------|------------|-------|
| ① 青色 | ② 赤色 | ③ 黄緑色 | ④ 黄色 | ⑤ 紅紫色 |
| ⑥ 青緑色 | ⑦ 赤紫色 | ⑧ 橙赤色 | ⑨ 紅 (深赤) 色 | |

(b) 空欄 (ア)～(エ) はマグネシウムイオン濃度とカルシウムイオン濃度をそれぞれ炭酸カルシウム濃度に換算するための係数である。当てはまる数値として正しいものを、次の①～⑨のうちから一つずつ選べ。

$$\text{(ア)} \boxed{15} \cdot \text{(イ)} \boxed{16} \cdot \text{(ウ)} \boxed{17} \cdot \text{(エ)} \boxed{18}$$

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |

【第1問】 放送版 (B日程)・全学科

(c) ある水道水のマグネシウムイオン濃度とカルシウムイオン濃度を調べたところ、それぞれ 0.46 mg/L と 12.7 mg/L であった。この水道水の硬度 [mg/L] として最も近い値を、次の ①～⑥のうちから一つ選べ。 19 mg/L

- ① 11 ② 22 ③ 33 ④ 44 ⑤ 55 ⑥ 66

Ⅲ 次の問い (1)～(7) に答えよ。ただし、原子量は $H=1.00$, $C=12.0$, $N=14.0$, $O=16.0$, $S=32.0$, 気体定数 $R=8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$, アボガドロ定数 $N_A=6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$, ファラデー定数 $F=9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$, 標準状態を 273 K , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, (または 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) とし, この時の気体の体積は 22.4 L/mol とする。

[解答番号 20 ～ 26]

(1) 脂肪酸としてアラキドン酸 $\text{C}_{20}\text{H}_{32}\text{O}_2$ を 2 分子とドコサヘキサエン酸 $\text{C}_{22}\text{H}_{32}\text{O}_2$ を 1 分子もつ油脂 5.1 mol の質量は何 g か。最も近い値を, 次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし, グリセリンの分子式は $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ である。 20 g

- ① 4567 ② 4667 ③ 4767 ④ 4867 ⑤ 4967 ⑥ 5067

(2) 気体の場合, 1 ppm は 1 m^3 中に 1 cm^3 含まれる気体の濃度を示す。標準状態の条件を満たす場合, 二酸化炭素を 0.11 g 含む 1 m^3 中の濃度 $[\text{ppm}]$ として最も近い値を, 次の①～⑥のうちから一つ選べ。 21 ppm

- ① 2.5 ② 2.8 ③ 5.6 ④ 25 ⑤ 28 ⑥ 56

(3) $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとで水 1 L に溶解するアンモニアの物質量 $[\text{mmol}]$ と温度 $T [^\circ \text{C}]$ の関係が次の式で求められる場合, 10°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において水 1 L に溶解するアンモニアの体積は標準状態に換算すると何 L であるか。最も近い値を, 下の①～⑥のうちから一つ選べ。 22 L

$$\text{アンモニアの物質量} [\text{mmol}] = 2.27T^2 - 392T + 21200$$

- ① 3.92×10^2 ② 7.84×10^2 ③ 1.18×10^3
 ④ 1.75×10^4 ⑤ 3.50×10^4 ⑥ 5.25×10^4

- (4) 次の文章の空欄 (ア)～(ウ) に当てはまる語句の組み合わせとして正しいものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。 23

油田から汲み上げられた石油（原油）は脱水・脱塩後、(ア)すると、留出温度の近い多くの留出物もそれぞれ得ることができる。留出温度の違いにより、低いものからガス、ナフサ、(イ)、軽油、残油が(ア)され、さらに処理を行い化学工業の原料となる。このほか、環境負荷の少ない天然ガスも需要が高く、運搬のため冷却・(ウ)されて輸入される。

選択肢	(ア)	(イ)	(ウ)
①	分留	ガソリン	加圧
②	分留	ガソリン	減圧
③	分留	灯油	加圧
④	分留	灯油	減圧
⑤	蒸留	ガソリン	加圧
⑥	蒸留	ガソリン	減圧
⑦	蒸留	灯油	加圧
⑧	蒸留	灯油	減圧

- (5) ある鎖状ペプチドは3種類のアミノ酸が10分子結合している。この鎖状ペプチドにグリシンが2分子、側鎖に1つのメチル基だけをもつアミノ酸Aが3分子、側鎖に $-\text{CH}_2\text{SH}$ 基をもつアミノ酸Bが5分子含まれている場合、分子量はいくつか。最も近い値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

24

- ① 860 ② 878 ③ 896 ④ 914 ⑤ 932 ⑥ 1022

- (6) 次の文章の空欄 (ア)～(エ) に当てはまる語句の組み合わせとして正しいものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 25

コラーゲンは側鎖を持たない (ア) に次いでプロリンとヒドロキシ化されたプロリンのアミノ酸配列が数百回繰り返され、このポリペプチドが三重らせん構造という特徴的な構造をもつタンパク質である。これは科学者であるリッチと (イ) により提唱されたが、(イ) はワトソンと共に DNA の (ウ) 構造も提唱したことで知られる。コラーゲンは哺乳動物の全タンパク質のうち約 30 % を占めるほか、ゼラチンの原料としても知られている。

選択肢	(ア)	(イ)	(ウ)
①	メチオニン	クリック	二重らせん
②	メチオニン	クーロン	高次
③	システイン	クーロン	高次
④	システイン	クリック	二重らせん
⑤	グリシン	クリック	二重らせん
⑥	グリシン	クーロン	高次

- (7) 次のアミノ酸のうち、キサントプロテイン反応を示さず、硫黄原子を含まず、ヒトの必須アミノ酸でもないアミノ酸はいくつあるか。下の①～⑨のうちから一つ選べ。 26

アミノ酸：グリシン、アラニン、セリン、システイン、リシン、グルタミン酸、メチオニン、フェニルアラニン、チロシン

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9

IV 次の文章を読んで、下の問い(1)～(5)に答えよ。

近年、環境負荷の少ない材料や、体内で分解される高分子素材の開発が進められている。高分子化合物は、(ア)とよばれる同じ分子構造をもつ小さな構成単位が共有結合によって繰り返し結合した構造をもち、性質はその構成単位や結合様式に大きく依存する。

(イ)は、テレフタル酸とエチレングリコールを原料とする合成高分子で、衣料や飲料ボトルなどに用いられる代表的な合成高分子であるが、分解しにくいためリサイクルや代替素材の開発が求められている。一方、ポリ乳酸(PLA)はトウモロコシなどのデンプンを原料とする生分解性プラスチックであり、医療分野でも応用されている。これらの高分子の合成や分解には、縮合反応や加水分解反応が関与している。

- (1) 文中の空欄(ア)、(イ)に適切な語句を入れよ。
- (2) テレフタル酸とエチレングリコールを用いた高分子合成反応の名称Aと生成される副生成物Bを答えよ。
- (3) (イ)の合成反応に関与する官能基を二つ答えよ。
- (4) PLA製品(純度90%)6.0gからポリ乳酸を取り出し、これを完全加水分解した。生成した乳酸(示性式： $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$)を中和するのに0.500 mol/L水酸化ナトリウムNaOH水溶液150.0 mLを要した。このPLAの平均繰り返し単位のもル質量を有効数字2桁で求めよ。ただし、乳酸は1価の酸として中和されるとする。
- (5) PLAのような高分子が注目されている理由を、環境保全の観点から30字以内で簡潔に述べよ。