

化 学

計算に必要な次の数値を用いよ。

原子量：H 1, C 12, N 14, O 16, F 19, Na 23, Mg 24, Al 27,

Si 28, P 31, S 32, Cl 35.5, Ar 40, K 39, Ca 40, Cr 52,

Mn 55, Fe 56, Cu 64, Zn 65, Br 80, Ag 108, I 127

アボガドロ定数： 6.0×10^{23} /mol ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol

気体定数： 8.3×10^3 Pa·L/(K·mol) = 8.3 J/(K·mol)

対数： $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 7 = 0.85$

体積の単位リットルの記号には大文字のLを用いている。

1 各問いに答えよ。

(1) 次の **a**, **b** の両方の記述に当てはまる分子はどれか。一つ選べ。 **ア**

a 同種の分子間で水素結合を作ることができる。

b 分子中に非共有電子対が2対ある。

- | | | |
|---------|---------|---------|
| ① フッ化水素 | ② 窒素 | ③ アンモニア |
| ④ ヨウ素 | ⑤ 二酸化炭素 | ⑥ メタノール |

(2) 誤っているのはどれか。一つ選べ。 **イ**

- ① 周期表では、元素を原子番号の順に並べている。
- ② 周期表の3～11族の元素は遷移元素である。
- ③ 同じ周期に属する元素では、希ガスを除いて、周期表の右側の元素ほど陰性(非金属性)が強い。
- ④ 典型元素で、同じ族に属する元素の原子は、最外殻電子の数が等しい。
- ⑤ 周期表の1族元素には、金属元素と非金属元素の両方が含まれる。

(3) 物質とその分離方法について、適当でない記述はどれか。一つ選べ。 **ウ**

- ① 硝酸カリウムと少量の塩化ナトリウムの混合物から、再結晶により硝酸カリウムを取り出す。
- ② ヨウ素と砂の混合物から、昇華によりヨウ素を取り出す。
- ③ 海水から、蒸留により塩化ナトリウムを取り出す。
- ④ ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液から、ヘキサンでヨウ素を抽出する。
- ⑤ 砂が混じった海水から、ろ過により砂を含まない海水を得る。

(4) 錯イオンは、分子やイオンが配位子として金属イオンに結びついて形成される。次のうちで、配位子として結びつくことができないものはどれか。一つ選べ。 **エ**

- ① Cl^-
- ② CN^-
- ③ H_2O
- ④ NH_4^+
- ⑤ OH^-

(5) ある元素には二つの同位体 A と B が存在し、A の存在比は原子数の割合で $a\%$ である。A と B の質量数の和は $2m$ で、A の中性子の数は B の中性子の数より 2 個多い。

この元素の原子量を表した式はどれか。一つ選べ。ただし、原子の相対質量はその原子の質量数に等しいものとする。 **オ**

- ① $m + \frac{a}{25} - 1$
- ② $m - \frac{a}{25} + 1$
- ③ $m + \frac{a}{50} - 1$
- ④ $m - \frac{a}{50} + 1$
- ⑤ $m + \frac{a}{100} - 1$
- ⑥ $m - \frac{a}{100} + 1$

(6) 次の文章に関する下の問いに答えよ。

2015年12月31日、九州大学の森田浩介教授(理化学研究所 仁科加速器研究センター)らに原子番号113の元素(仮の元素記号:Uut, 仮の名称:ununtrium(ウンウントリウム))に対する命名権が与えられた。2016年6月8日、森田教授らにより元素記号Nhと名称nihonium(ニホニウム)が提案されていると、国際純正・応用化学連合が発表した。同時に、他の研究グループから115番, 117番, 118番元素について、それぞれMc(moscovium), Ts(tennessine), Og(oganeson)が提案されていることも発表された。

原子番号が92より大きい元素は超ウラン元素と呼ばれ、天然には存在せず人工的に作られる。理化学研究所におけるUutの合成には、亜鉛 $^{70}_{30}\text{Zn}$ とビスマス $^{209}_x\text{Bi}$ が用いられた。亜鉛 $^{70}_{30}\text{Zn}$ とビスマス $^{209}_x\text{Bi}$ が融合して生成した $^{279}_{113}\text{Uut}$ が、中性子 ^1_0n 一つを放出して $^{278}_{113}\text{Uut}$ となった。

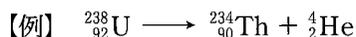


2004年に確認された $^{278}_{113}\text{Uut}$ はすぐに4回の α 崩壊^注を繰り返してドブニウム $^{262}_{105}\text{Db}$ になり、2012年の合成では6回の α 崩壊を繰り返してメンデレビウム $^{254}_y\text{Md}$ になることが確認された。一連の変化は次のように報告されている。



これらの合成実験の結果が認められ、森田教授らにUutの命名権が与えられた。

注 α 崩壊は、ある原子核が ^4_2He を放出する核反応である。



1) $^{278}_{113}\text{Uut}$ の中性子の数は何個か。 カ ～ ク に数値を入れよ。

カ キ ク 個

2) ビスマスBiおよびメンデレビウムMdの原子番号(文章中の x および y)はいくらか。 ケ コ および サ ～ ス に数値を入れよ。

$x =$ ケ コ $y =$ サ シ ス

(7) 炭化カルシウム CaC_2 0.32 g に水を加え、気体を発生させた。

1) 発生した気体は何か。一つ選べ。 セ

- ① エタン ② エチレン ③ アセチレン
④ 二酸化炭素 ⑤ 一酸化炭素

2) 発生した気体の体積は標準状態 (0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) で何 L か。最も近いものを一つ選べ。ただし、この反応の化学反応式では、炭化カルシウムの係数と発生する気体の係数は等しい。また、炭化カルシウムはすべて反応したものとする。 ソ L

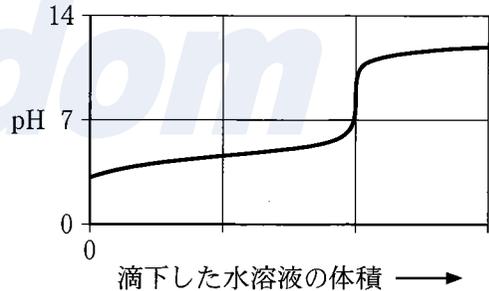
- ① 1.12×10^{-3} ② 2.24×10^{-3} ③ 1.12×10^{-2}
④ 2.24×10^{-2} ⑤ 1.12×10^{-1}

(8) ある酸の水溶液と、ある塩基の水溶液を用いて中和滴定曲線を描くと、右図のようになった。

説明として 適当でないものはどれ

か。一つ選べ。 タ

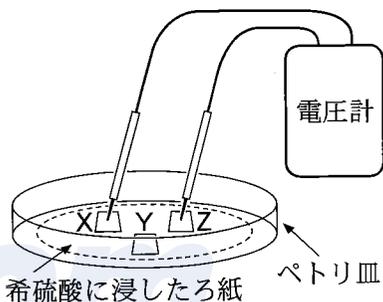
- ① 酸は強酸である。
② 塩基は強塩基である。
③ 中和点の pH は 7 より大きい。
④ 酸の水溶液に塩基の水溶液を滴下している。
⑤ 指示薬としてフェノールフタレインを用いて、滴定の終点を知ることができる。



2 次の各問いに答えよ。

(1) 3種類の金属X, Y, Zの単体の小片がある。これらについて, 次の記述を読み, 下の問いに答えよ。

1. X, Y, Zの小片を常温の水に浸したが, どれも反応しなかった。
2. 塩酸に浸すとX, Yの小片は反応して気体を発生したが, Zの小片は反応しなかった。
3. Zの小片を希硝酸に浸したところ, 反応して気体を発生した。
4. 右図のように, 希硫酸に浸したろ紙の上に, X, Y, Zの小片をのせ, 2種類の金属に電圧計をつなぎ, どちらが正極になるかを調べたところ, 次の結果が得られた。



	XとY	XとZ	YとZ
正極	X	Z	Z

1) 次の金属①~⑤のうちで, この実験に使用していないと判断できるのはどれか。最も適当なものを, 一つ選べ。 ア

- ① Al ② Ca ③ Cu ④ Fe ⑤ Zn

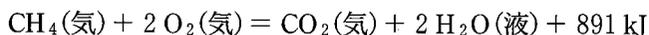
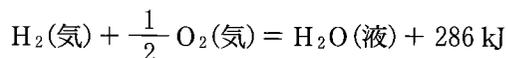
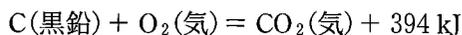
2) X, Y, Zをイオン化傾向が大きい順に並べたのはどれか。一つ選べ。

イ

- ① $X > Y > Z$ ② $Y > X > Z$ ③ $Z > X > Y$
 ④ $X > Z > Y$ ⑤ $Y > Z > X$ ⑥ $Z > Y > X$

(2) 問い 1), 2) に答えよ。

- 1) 次の熱化学方程式を用いて、メタン CH_4 の生成熱 Q_1 を求めよ。 ウ エ
に数値を入れよ。 ウ エ kJ/mol



- 2) 黒鉛の昇華熱 715 kJ/mol, H_2 (気)の結合エネルギー 436 kJ/mol および、
問い 1) で求めたメタンの生成熱 Q_1 の値から C—H の結合エネルギー Q_2 を
求めよ。 オ ~ キ に数値を入れよ。 オ カ キ kJ/mol

- (3) 次の①~④の可逆反応が平衡状態にあるとき、[]内の変化を与えて
も、平衡が移動しないものを二つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。

ク, ケ

- ① $\text{N}_2(\text{気}) + \text{O}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(\text{気})$ [全圧を下げる]
② $\text{N}_2(\text{気}) + 3 \text{H}_2(\text{気}) = 2 \text{NH}_3(\text{気}) + 92 \text{ kJ}$ [温度を上げる]
③ $2 \text{NO}_2(\text{気}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{気})$ [体積を一定にして、アルゴンを加える]
④ $\text{NH}_3\text{aq} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+\text{aq} + \text{OH}^-\text{aq}$ [$\text{NH}_4\text{Cl}(\text{固})$ を加える]

- (4) 反応速度 v が $v = k[A]^x[B]^y$ で表される反応がある。ここで、 k は反応速度定数である。反応物 A と B の濃度を変えて反応速度 v を測定したところ、次の表のようになった。表中の \square ~ \square に数値を入れよ。

[A] (mol/L)	[B] (mol/L)	v (mol/(L·s))
1.0×10^{-3}	1.0×10^{-3}	6.0×10^{-5}
2.0×10^{-3}	1.0×10^{-3}	2.4×10^{-4}
1.0×10^{-3}	2.0×10^{-3}	1.2×10^{-4}
2.0×10^{-3}	2.0×10^{-3}	$\square . \square \times 10^{-\square}$

Windom

(5) 次の文章に関する下の問いに答えよ。

アルミニウムの単体は次のようにして製造される。まず、鋳石のボーキサイトを精製し、純粋な酸化アルミニウム(アルミナ) Al_2O_3 を取り出す。ついで、融解した多量の氷晶石 Na_3AlF_6 にアルミナを少しずつ加えて溶かし、炭素電極を用いて融解塩電解を行う。陰極では Al^{3+} が **ス** され、単体が融解状態で得られる。陽極では O^{2-} が電極の炭素と反応して、一酸化炭素または二酸化炭素が発生する。

1) 文章中の **ス** に適する語はどれか。一つ選べ。

① 酸化

② 還元

2) 下線部で二酸化炭素が発生する反応は次式で表される。係数 **セ** に適する数値を入れよ。



3 次の各問いに答えよ。

- (1) 3種類の水溶液 A, B, Cがある。これらにはそれぞれ、塩化アルミニウム、硝酸ナトリウム、硫酸亜鉛のいずれか1種類が溶けている。次の記述をもとに、水溶液 A~C に何が溶けているかを判断し、その組合せを一つ選べ。

ア

1. 塩化バリウム水溶液を加えると、水溶液 A と C では変化が見られなかったが、水溶液 B では白色沈殿が生じた。
2. アンモニア水を少量加えると、水溶液 A と B では沈殿を生じた。生じた沈殿のうち、水溶液 B からの沈殿は過剰のアンモニア水に溶けた。
3. 水溶液 C のみで黄色の炎色反応が見られた。

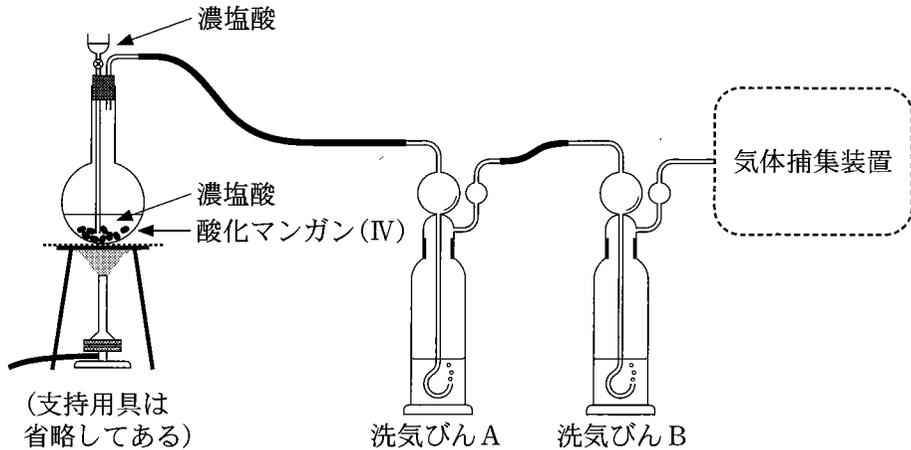
	水溶液 A	水溶液 B	水溶液 C
①	塩化アルミニウム	硝酸ナトリウム	硫酸亜鉛
②	塩化アルミニウム	硫酸亜鉛	硝酸ナトリウム
③	硝酸ナトリウム	塩化アルミニウム	硫酸亜鉛
④	硝酸ナトリウム	硫酸亜鉛	塩化アルミニウム
⑤	硫酸亜鉛	塩化アルミニウム	硝酸ナトリウム
⑥	硫酸亜鉛	硝酸ナトリウム	塩化アルミニウム

- (2) 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱すると、ある気体得られる。この気体に当てはまる記述を選んだのはどれか。一つ選べ。イ

- a 無色である。
- b 上方置換で集める。
- c ヨウ化カリウム水溶液に通すとヨウ素が遊離する。

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① aのみ | ② bのみ | ③ cのみ |
| ④ aとb | ⑤ aとc | ⑥ bとc |

- (3) 次の図は、酸化マンガン(IV) MnO_2 と濃塩酸の反応により塩素を発生させ、不純物を取り除いて捕集する装置である。下の問いに答えよ。

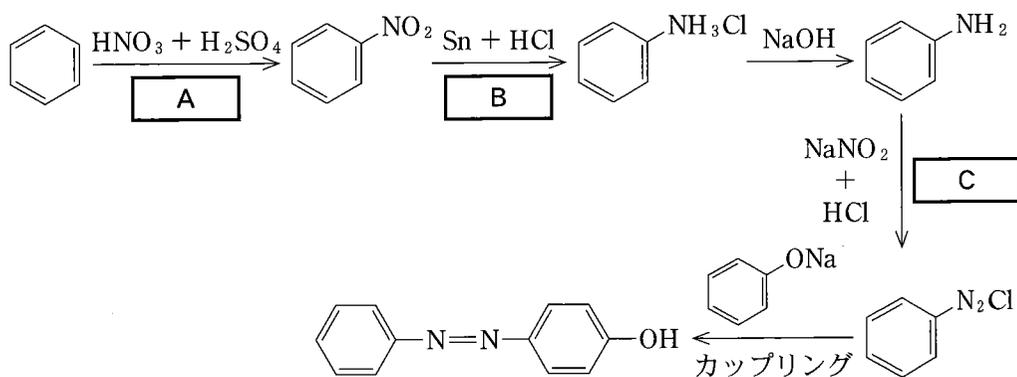


- 1) 塩素が発生する反応の種類、洗気びん A と洗気びん B に入れる液体の組合せとして最も適当なのはどれか。一つ選べ。 ウ

	反応の種類	洗気びん A の液体	洗気びん B の液体
①	弱酸の遊離	アンモニア水	濃硫酸
②	弱酸の遊離	濃硫酸	アンモニア水
③	弱酸の遊離	濃硫酸	水
④	弱酸の遊離	水	濃硫酸
⑤	酸化還元反応	アンモニア水	濃硫酸
⑥	酸化還元反応	濃硫酸	アンモニア水
⑦	酸化還元反応	濃硫酸	水
⑧	酸化還元反応	水	濃硫酸

- 2) 標準状態 (0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) で、 224 mL の塩素を発生させたい。少なくとも何 g の酸化マンガン(IV) を反応させればよいか。小数第 2 位まで求め、 工 ~ カ に数値を入れよ。 工 . オ カ g

(4) 次の図はベンゼンから *p*-ヒドロキシアゾベンゼンへの合成経路を示している。空欄 **A** ~ **C** には反応の名称が入る。



反応の名称の組合せとして、正しいのはどれか。一つ選べ。 **キ**

	A	B	C
①	スルホン化	酸化	ジアゾ化
②	スルホン化	酸化	ハロゲン化
③	スルホン化	還元	ジアゾ化
④	スルホン化	還元	ハロゲン化
⑤	ニトロ化	酸化	ジアゾ化
⑥	ニトロ化	酸化	ハロゲン化
⑦	ニトロ化	還元	ジアゾ化
⑧	ニトロ化	還元	ハロゲン化

(5) 芳香族化合物 A の分子式は C_8H_{10} である。A のベンゼン環に結びついている水素原子一つを臭素原子に置換した化合物は 1 種類だけである。A は何か。

一つ選べ。 ク

- ① エチルベンゼン ② *o*-キシレン ③ *m*-キシレン
④ *p*-キシレン ⑤ トルエン

(6) エステル結合を含まない化合物はどれか。一つ選べ。 ケ

- ① アセチルサリチル酸 ② 酢酸エチル
③ サリチル酸メチル ④ ナイロン 66
⑤ ポリエチレンテレフタラート

(7) ある有機化合物は、水に溶けにくく、常温で容易に臭素 Br_2 が付加する。この有機化合物が得られる操作はどれか。一つ選べ。 コ

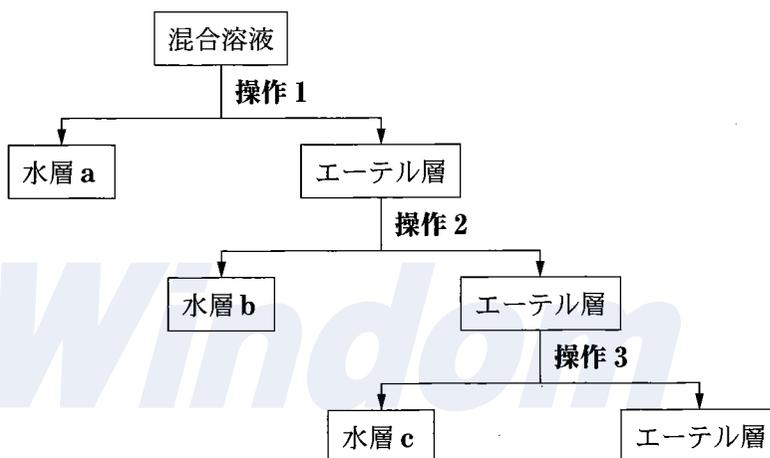
- ① エタノールと濃硫酸の混合物を $130^\circ C$ に加熱する。
② エタノールと濃硫酸の混合物を $160\sim 170^\circ C$ に加熱する。
③ 酢酸カルシウムを乾留する。
④ 酢酸とエタノールの混合物に濃硫酸を少量加えて熱する。
⑤ 酢酸ナトリウムの無水物を水酸化ナトリウムとともに加熱する。

(8) 芳香族化合物 A~D をジエチルエーテルに溶かした混合溶液がある。ここで、A~D はアニリン、安息香酸、キシレン、フェノールのいずれかである。混合溶液から各成分を分離するため、図に示す順序で**操作 1** ~ **操作 3** を行った。

操作 1 塩酸を加えてよく振り混ぜ、静置する。

操作 2 炭酸水素ナトリウム水溶液を加えてよく振り混ぜ、静置する。

操作 3 水酸化ナトリウム水溶液を加えてよく振り混ぜ、静置する。



- 1) 水層 a と水層 c のそれぞれに適切な操作を行い，水層 a から化合物 A，水層 c から化合物 C を分離した。化合物 A と C に適する組合せを一つ選べ。 **サ**

	化合物 A	化合物 C
①	安息香酸	アニリン
②	安息香酸	キシレン
③	安息香酸	フェノール
④	アニリン	安息香酸
⑤	アニリン	フェノール
⑥	アニリン	キシレン
⑦	フェノール	安息香酸
⑧	フェノール	アニリン
⑨	フェノール	キシレン

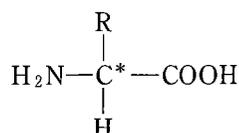
- 2) 水層 b に適切な操作を行い，化合物 B を取り出した。化合物 B に関する記述として適切なものはどれか。一つ選べ。 **シ**

- ① 化合物 B は室温で無色の液体である。
- ② 化合物 B をさらし粉水溶液で酸化すると，赤紫色に呈色する。
- ③ 化合物 B の希薄水溶液は塩化鉄(Ⅲ)と反応して，赤紫色に呈色する。
- ④ 化合物 B を過マンガン酸カリウム水溶液と反応させると，酸が生成する。
- ⑤ 化合物 B にメタノールと濃硫酸を加え加熱して反応させると，エステルが生成する。

(9) 次の文章中の下線部 1)～4)に関する下の各問いに答えよ。

タンパク質は主に約 20 種の α -アミノ酸(以下, アミノ酸)からなる高分子で, アミノ酸だけで構成された単純タンパク質のほか, 糖, 脂質などと結合した複合タンパク質がある。

アミノ酸の一般構造式は図のように表され, 同一の炭素原子にアミノ基(-NH₂), カルボキシ基(-COOH), 側鎖(-R), 水素(-H)が結合している。側鎖にカルボキシ基をもつもの, アミノ基をもつもの, ベンゼン環をもつものなど様々であり, その構造の違いから約 20 種類が知られている。最も簡単な構造のアミノ酸は R が H のグリシンである。グリシン以外のアミノ酸では図に*で示す炭素原子が不斉炭素原子であり, D 体, L 体の鏡像異性体が存在する。しかし, タンパク質を構成するアミノ酸のほとんどは L 体である。



生体でのタンパク質の合成はリボソームで行われ, 転移 RNA (tRNA) などの様々な分子, 酵素の介在によりアミノ酸のカルボキシ基と別のアミノ酸のアミノ基が脱水縮合し, 結合していく。次々とアミノ酸を連結し, 何千から何十万という分子量をもつ 1 本の鎖状の高分子を作り出している。連結したアミノ酸の配列のことをタンパク質の一次構造という。

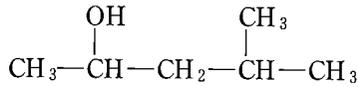
このアミノ酸からなる高分子は, 単純な鎖状構造ではなく, らせん(ヘリックス)構造やシート構造の二次構造をとる。このとき, 空間的に近い C=O と H-N が水素結合を作り, らせん構造やシート構造が安定化されている。

さらに, この高分子は球状や繊維状など三次元的な構造(三次構造)をとる。このとき, 側鎖同士の相互作用や,ジスルフィド結合などにより, 三次構造が安定化される。

タンパク質 1 分子で機能するものもあるが, 血液中で酸素を運搬するヘモグロビンは 4 つのタンパク質分子が集まった状態ではたらいしている。このように複数のタンパク質分子が集まった構造を, タンパク質の四次構造という。

これらの高次構造により, それぞれのタンパク質に特有の構造が保たれ, その機能に大きな役割を果たしている。

- 1) 次の化合物で、不斉炭素原子は①～⑤のどれか。一つ選べ。 ス

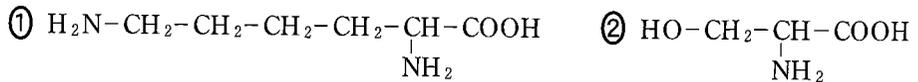


- ① ② ③ ④ ⑤

- 2) 下線部の脱水縮合反応で生じる結合はどれか。一つ選べ。 セ

- ① ペプチド結合 ② 二重結合 ③ エーテル結合
④ イオン結合 ⑤ 配位結合

- 3) ジスルフィド結合を作るアミノ酸はどれか。一つ選べ。 ソ



- 4) ヘモグロビン 20 g を水に溶解し、1 L にした溶液がある。298 K において、この溶液の浸透圧は 763 Pa であった。浸透圧がファンツホッフの式 $\Pi V = nRT$ に従うとすると、この溶液におけるヘモグロビンのモル濃度はいくらか。最も近いものを一つ選べ。 タ mol/L

- ① 0.030×10^{-3} ② 0.20×10^{-3} ③ 0.30×10^{-3}
④ 2.0×10^{-3} ⑤ 3.0×10^{-3}