

理 科

15：00～17：00

解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は47ページある。このうち、「物理」は2～7ページ、「化学」は8～22ページ、「生物」は23～39ページ、「地学」は40～47ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た2科目について解答せよ。各学部・系・群・学科・専攻の必須科目(㊤印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部系群学科専攻 科目		総合入試					学部別					入試		
		理系					医学部					歯学部	獣医学部	水産学部
							保健学科							
		数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物重点選抜群	総合科学選抜群	医学科	看護学専攻	放射線技術科学専攻	検査技術科学専攻	理学療法学専攻	作業療法学専攻		
物理	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	○	○
化学	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○
生物	○	○	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○
地学	○	○	○	○	○									○

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下2箇所)を、監督者の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

化 学

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。必要があれば次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,

Al = 27.0, S = 32.0

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

0℃のときの絶対温度：273 K

1 mol の理想気体の標準状態における体積：22.4 L

1 I, IIに答えよ。

I 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

過酸化水素水に少量の酸化マンガン(IV) MnO_2 を加えると酸素が発生する。この反応の反応速度を調べるために、濃度 0.20 mol/L の過酸化水素水に MnO_2 を加え、気体(酸素)を発生させた。反応に用いる過酸化水素水および MnO_2 の量を変えて実験A～Cを行い、発生した気体の標準状態での体積を25秒ごとに測定した。その結果を表1に示す。

表1 反応により発生した気体の体積(0秒からの総発生量) [mL]

時間[s]	0	25	50	75	100
実験					
A	0	11.2	16.8	19.6	21.0
B	0	6.6	11.2	14.4	16.8
C	0	22.4	33.6	39.2	42.0

過酸化水素水 10 mL を用いて行った実験 A の結果から、過酸化水素の濃度の時間変化を求め、各時間間隔での過酸化水素の分解速度と平均濃度を計算した。その結果を表 2 に示す。ただし、発生した気体は理想気体で、溶液への溶解は無視できるものとする。また、反応溶液の温度と体積は常に一定であるとする。

表 2 実験 A の結果

時 間[s]	0	25	50	75	100
発生した気体の体積 [mL]	0	11.2	16.8	19.6	21.0
過酸化水素の濃度 [mol/L]	0.20	(あ)	5.0×10^{-2}	2.5×10^{-2}	1.3×10^{-2}
過酸化水素の分解速度 [mol/(L・s)]		(い)	(う)	1.0×10^{-3}	5.0×10^{-4}
過酸化水素の平均濃度 [mol/L]		$\frac{(0.20 + (あ))}{2}$	$\frac{((あ) + 0.050)}{2}$	3.8×10^{-2}	1.9×10^{-2}

表 2 における、各時間における分解速度と過酸化水素の平均濃度の関係から、この反応の速度定数を k とすると、反応速度 v は過酸化水素のモル濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ を用いて、

$$v = \boxed{\text{え}} \quad (1)$$

と表すことができることがわかる。表 2 の値を用いて k を求めると、

$$k = \boxed{\text{お}}$$

となる。

一方、反応速度式が式(1)のように表せるとき、反応物の濃度が $\frac{1}{2}$ になるのに必要な時間 $t_{\frac{1}{2}}$ は

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\log_e 2}{k} \quad (2)$$

となることが知られている(e は自然対数の底)。

このことを踏まえて、実験 B、実験 C の結果について考えると以下のことがわかる。実験 B の速度定数は、実験 A の場合の $\boxed{\text{か}}$ 倍であり、 $\boxed{\text{き}}$ と考えられる。一方、実験 C では、各時間において発生した気体の量が実験 A の場合の 2 倍になっているので、 $\boxed{\text{く}}$ と考えられる。

問 1 表 2 の空欄 (あ) ~ (う) にあてはまる数値を有効数字 2 桁で答えよ。

問 2 空欄 (え) ~ (か) にあてはまる適切な数値、式を答えよ。
(お) については数値を有効数字 2 桁で求め、単位も含めて答えよ。

問 3 空欄 (き) , (く) にあてはまる最も適切な記述を、次の
(ア)~(オ)の中からそれぞれ選び記号で記せ。

- (ア) 5 mL の過酸化水素水を用い、 MnO_2 の量を増やした
- (イ) 5 mL の過酸化水素水を用い、 MnO_2 の量を減らした
- (ウ) 10 mL の過酸化水素水を用い、 MnO_2 の量を増やした
- (エ) 10 mL の過酸化水素水を用い、 MnO_2 の量を減らした
- (オ) 20 mL の過酸化水素水を用い、 MnO_2 の量を増やした

問 4 反応開始前の過酸化水素の濃度を $[\text{H}_2\text{O}_2]_0$ 、反応開始後の時刻 t における過酸化水素の濃度を $[\text{H}_2\text{O}_2]_t$ としたとき、 $[\text{H}_2\text{O}_2]_t/[\text{H}_2\text{O}_2]_0$ の時間変化の概略を解答欄のグラフに記入せよ。その際、 $t=0$ 、 $t\frac{1}{2}$ 、 $2t\frac{1}{2}$ 、 $3t\frac{1}{2}$ における $[\text{H}_2\text{O}_2]_t/[\text{H}_2\text{O}_2]_0$ の値を●で示せ。

II 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

体積を自由に変えることのできるピストン付きのガラス容器に 0.030 mol のエタノールと 0.020 mol の窒素を入れ、圧力を $0.050 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度を 27°C に保ち、長時間放置した(状態A)。このとき、エタノールはすべて気体となっていた。その後、温度を一定に保ちながら、圧力を徐々に高めていったところ、状態Bでエタノールが凝縮しはじめた。その後、さらに圧力を高め、 $0.29 \times 10^5 \text{ Pa}$ まで圧縮した(状態C)。このとき、容器内の体積変化は図1のようになった。

気体はすべて理想気体とし、液体(エタノール)の体積は無視できるものとする。また、窒素の液体への溶解も無視できるものとする。エタノールの蒸気圧曲線は図2のように変化するものとし、 27°C における飽和蒸気圧は $0.090 \times 10^5 \text{ Pa}$ とする。

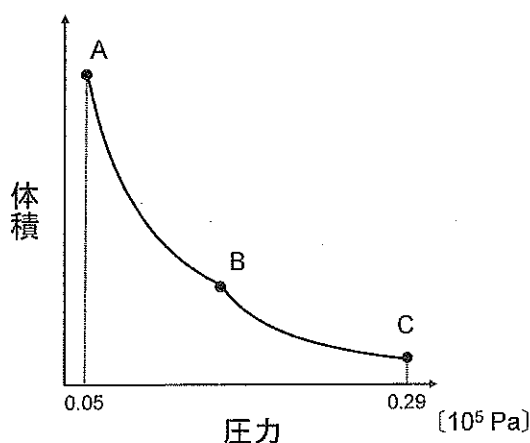


図1

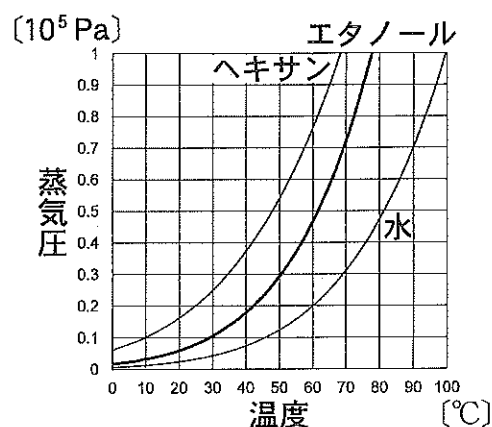


図2

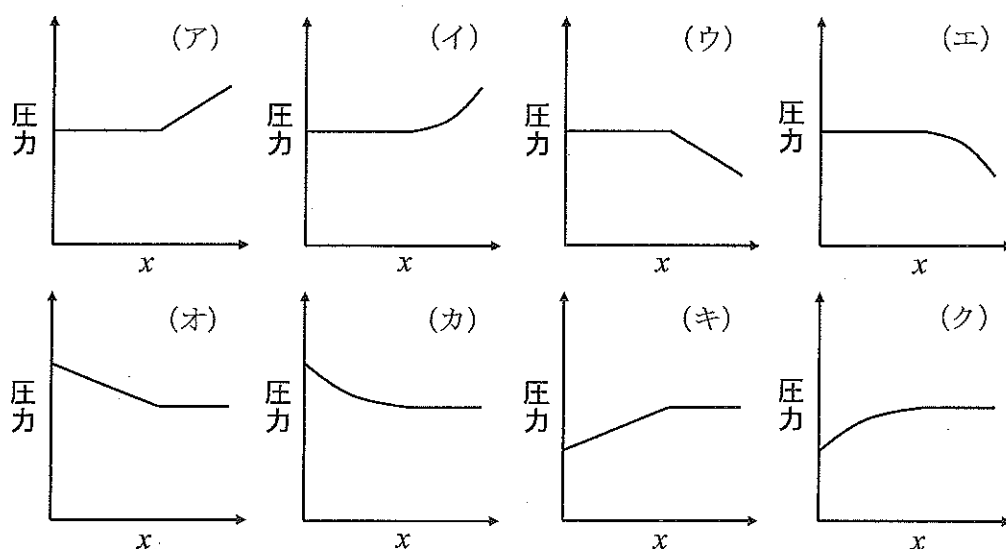
問1 図2にはエタノールの他に水とヘキサンの蒸気圧曲線も示してある。次の(a)～(c)の記述にあてはまる物質を「エタノール」、「水」、「ヘキサン」の中からそれぞれ選び、物質名で答えよ。

- (a) 気圧が $0.7 \times 10^5 \text{ Pa}$ のとき、沸点が最も低い物質
- (b) 27°C において、それぞれ別の真空の容器に入れ、いずれの物質も一部が液体として容器内に残っているとき、内部の圧力が最も高い物質
- (c) 分子間力が最も大きい物質

問 2 状態Aにおける容器内の体積[L]を有効数字2桁で答えよ。

問 3 状態Bにおける容器内の圧力[Pa]を有効数字2桁で答えよ。

問 4 状態Bにおいて、体積を固定したままエタノールと窒素のモル分率を変化させたとすると、容器内の圧力はどのように変化すると考えられるか。次の(ア)～(ク)のグラフから一つ選び、記号で答えよ。ただし、エタノールのモル分率を x 、窒素のモル分率を $1-x$ とし、全物質量は変化させないものとする。また、温度は 27°C に保ったままとする。



問 5 状態Cにおける容器内の体積[L]を有効数字2桁で答えよ。

問 6 状態Cから容器内の体積を固定したまま、温度を徐々に上げた。容器内の液体がすべて気体に変化する温度は、次の(ケ)～(セ)のどの範囲に含まれるか、記号で答えよ。

- | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| (ケ) $27\sim 37^{\circ}\text{C}$ | (コ) $37\sim 47^{\circ}\text{C}$ | (サ) $47\sim 57^{\circ}\text{C}$ |
| (シ) $57\sim 67^{\circ}\text{C}$ | (ス) $67\sim 77^{\circ}\text{C}$ | (セ) 77°C 以上 |

2

I, IIに答えよ。

I アルミニウムは、地殻中に酸素や (あ) の次に多く存在する元素で、銀白色で軟らかく展性・延性に富み、電気・熱の伝導性に優れた軽金属である。アルミニウム単体を得る方法として電気分解が用いられるが、アルミニウムはイオン化傾向の大きい金属であるため、 Al^{3+} を含む水溶液を電気分解しても、陰極では溶媒である水の還元により (い) が発生するだけでアルミニウムの単体を得ることはできない。そこで単体のアルミニウムを得るには高温での熔融塩電解(融解塩電解)を用いる。初めに、原料となる (う) (主成分 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) を水酸化ナトリウム水溶液で処理してアルミニウムを含む化合物を得る。得られた化合物に多量の水を加え、加水分解することで水酸化アルミニウムを得たのち、水酸化アルミニウムを加熱処理することで純粋な酸化アルミニウムを得る。この酸化アルミニウムに氷晶石を混ぜ、炭素電極を用いて約 1000°C で熔融塩電解することで単体のアルミニウムを得る。

アルミニウム粉末と酸化鉄(III)の粉末を混合して点火すると、激しく反応して融解した鉄と酸化アルミニウムを生じる。この反応は (え) 反応と呼ばれ、鉄の単体の遊離や、鉄道のレールの溶接などに利用される。

問 1 (あ) ～ (え) にあてはまる適切な語句を記せ。

問 2 下線部(i)について、 Al_2O_3 が水酸化ナトリウム水溶液に溶けて反応する化学反応式を記せ。

問 3 水酸化アルミニウムの性質について正しく述べているものを以下の

(ア)～(オ)から一つ選び記号で記せ。

(ア) 水やアルコールには溶けないが、酸および強塩基に溶ける。少量のアンモニア水には溶けないが、過剰のアンモニア水を入れると、その水溶液は無色の溶液になる。

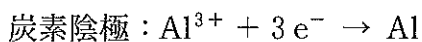
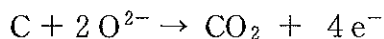
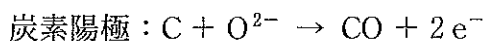
(イ) 複塩であり、ミョウバンとも呼ばれている。水によく溶ける。

(ウ) 過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、溶けて無色の水溶液になる。この水溶液に塩酸を加えていくと、白色沈殿が生じたのち、無色の水溶液になる。

(エ) 水に溶解し、水酸化ナトリウム水溶液を加えると青白色沈殿を生じる。

(オ) アンモニア水を過剰に加えると無色の水溶液になるが、水酸化ナトリウム水溶液を加えると暗褐色沈殿を生じる。

問 4 下線部(ii)について、炭素陽極では電極材料の炭素と酸化物イオンが反応して CO および CO₂ が生成し、炭素陰極では Al³⁺ が還元されてアルミニウムが生成する。



216 g のアルミニウムが得られたとき、炭素陽極で CO と CO₂ が 2 : 5 の物質量の比で生成した。消費された炭素陽極の質量 [g] を有効数字 2 桁で答えよ。

問 5 下線部(iii)の化学反応式を記せ。また、この反応により酸化アルミニウムが 1 mol 生じるときの生成熱 Q [kJ/mol] を有効数字 3 桁で求めよ。なお、アルミニウムが酸化アルミニウムに、鉄が酸化鉄(Ⅲ)になるときの燃焼熱はそれぞれ 838 kJ/mol, 412 kJ/mol とする。

問 6 酸化アルミニウムの酸素原子は図 1 に示すように六角柱状の六方最密構造を形成し、その一部の隙間にアルミニウム原子が入っている。以下の(1)～(3)について答えよ。

- (1) 図 1 の六角柱内における酸素原子の数はいくつか、答えよ。
- (2) 組成式を考慮すると図 1 の六角柱内のアルミニウム原子の数はいくつあると考えられるか、答えよ。
- (3) 酸化アルミニウムの密度 $d[\text{g}/\text{cm}^3]$ を、六角柱の底面積 $S[\text{cm}^2]$ 、高さ $b[\text{cm}]$ 、アボガドロ定数 $N_A[\text{/mol}]$ を用いてあらわせ。

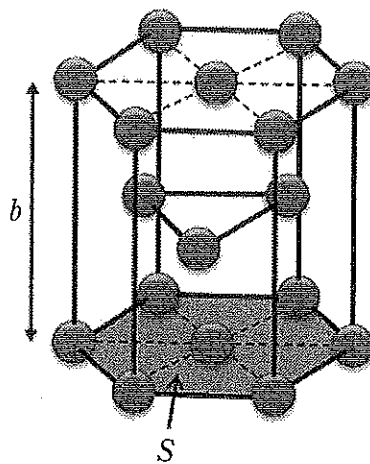


図 1

II 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

炭素は化学の中でもっとも重要な元素といってよい。20世紀後半にはフラーレンやカーボンナノチューブなどの新しい同素体の発見が相次いだ。古くからはダイヤモンドと黒鉛がよく知られている。前者はダイヤモンド構造と呼ばれる結晶構造をとり、 結合性結晶である。炭素の価電子数は 個で、ダイヤモンド構造では隣接する 個の原子と立体的な構造を形成する。一方黒鉛は隣接する 個の原子と 結合をつくり、 形の骨格をもつ平面的な層構造を形成している。また炭素原子あたり 個の価電子が層全体に共有されるため、よく電気を通す。層間は分子間力の一つである 力によって結合されているため、層間にイオンなどを取り込むことができる。このような特性は、リチウムイオン電池で利用されている。また、炭素は作製法によっては規則的な結晶構造をもたない固体を作ることができる。このような周期性をもたない構造をもつ固体物質を一般に と呼ぶ。

炭素原子にはいくつかの同位体が存在する。もっとも存在比が大きい ^{12}C は存在比が 98.9 % であり、次に存在比が大きい ^{13}C は 1.1 % である。 ^{14}C はごく微量であるが、放射性同位体であるため、古代の生物が生存していた年代の調査などに用いられる。

問 1 ～ にあてはまる適切な語句を記せ。

問 2 ～ にあてはまる適切な数字を記せ。

問 3 ある方法によって人工的に ^{13}C の濃度を高めたところ、Cの原子量が 12.452 となった。 ^{13}C の存在比[%]を有効数字3桁で求めよ。ただし、 ^{14}C は微量であるため無視できるとし、 ^{12}C と ^{13}C の相対質量をそれぞれ 12.00, 13.00 とする。

問 4 常温・常圧においてダイヤモンド構造を有するものを以下の(ア)～(カ)から一つ選び記号で記せ。

(ア) Fe

(イ) Au

(ウ) Si

(エ) MgO

(オ) CO₂

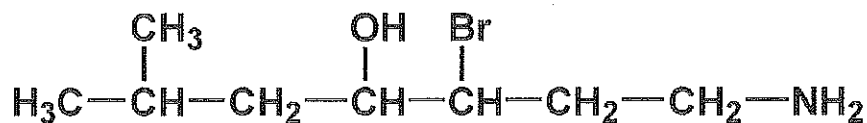
(カ) CH₄

問 5 ダイヤモンドも酸素中で熱すると燃焼する。次の結合エネルギーから炭素(ダイヤモンド)の燃焼熱[kJ/mol]を有効数字3桁で求めよ。なお、O=O(O₂)の結合エネルギーは494 kJ/mol, C=O(CO₂)の結合エネルギーは799 kJ/mol, C-C(ダイヤモンド)の結合エネルギーは354 kJ/molとする。また、ダイヤモンドは固体であるが、燃焼熱は気体分子の燃焼の場合と同じように物質の結合エネルギーから求められるものとする。

3

I, IIに答えよ。なお、構造式は記入例にならって記せ。

(記入例)



I 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

プロペンのように、二重結合に対して非対称な分子構造をもつアルケンに塩化水素が付加すると、水素原子が置換基のより少ない炭素原子に結合し、塩素原子が置換基のより多い炭素原子に結合した生成物が主として得られる。つまり、プロペンに塩化水素が付加すると、2-クロロプロパンが主生成物として得られる。アルカンと塩素を混合して適切な条件で光を当てると、アルカン中の一つの水素原子が塩素原子に置換する反応(モノ塩素化反応)が起こる。アルカンのモノ塩素化反応ではアルカン中の炭素原子同士のつながりかたは変わらず、全ての構造異性体が生成する可能性がある。たとえば、プロパンのモノ塩素化反応では1-クロロプロパンと2-クロロプロパンが共に生成する。

Aは炭素数5の直鎖状のアルケンである。1 molのAに触媒を用いて1 molの水素を付加させると、アルカンBが得られた。Aに臭素を付加させると、不斉炭素原子を一つもつ化合物Cが得られた。また、Aに塩化水素を付加させると、不斉炭素原子を一つもつ化合物Dが主に生成した。Bと塩素を混ぜて光を当てると、モノ塩素化反応が進み、生成物は可能な全ての構造異性体の混合物であった。⁽ⁱ⁾

問1 AおよびBの名称として適切なものを次の(ア)～(シ)からそれぞれ一つ選び記号で記せ。

(ア) ヘキサン

(イ) ペンタン

(ウ) 2-メチルペンタン

(エ) 2-メチルブタン

(オ) 2,2-ジメチルブタン

(カ) 2,2-ジメチルプロパン

(キ) 1-ペンテン

(ク) 2-ペンテン

(ケ) 1-ヘキセン

(コ) 2-メチル-1-ペンテン

(サ) 2-メチル-1-ブテン

(シ) 2-メチル-2-ブテン

問 2 下線部(i)のBのモノ塩素化反応の生成物の分子式を記せ。

問 3 下線部(i)のBのモノ塩素化反応により何種類の構造異性体が生じるか、数字で記せ。ただし、鏡像異性体については区別しないものとする。

問 4 下線部(i)のBのモノ塩素化反応により生じる構造異性体の中で、不斉炭素原子をもたない異性体の名称として適切なものを次の(ス)～(ト)から全て選び記号で記せ。

- (ス) 1-クロロ-2-メチルブタン
- (セ) 1-クロロペンタン
- (ソ) 1-クロロ-2,2-ジメチルプロパン
- (タ) 1-クロロヘキサン
- (チ) 2-クロロ-2-メチルブタン
- (ツ) 2-クロロペンタン
- (テ) 3-クロロペンタン
- (ト) 2-クロロ-2-メチルペンタン

問 5 Aと同じ分子式のアルケンの異性体はAを含めて何種類あるか、数字で記せ。ただし、アルケンのシス-トランス異性体は互いに区別するものとする。

問 6 CおよびDの構造式を記せ。

II 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

あるタンパク質を部分的に加水分解すると、四つのアミノ酸分子を含む鎖状のテトラペプチドAが得られた。Aを完全に加水分解したところ、三種類のアミノ酸B，C，およびDが得られた。Bは不斉炭素原子を一つもち，Cは二つもっていた。また，Dは不斉炭素原子をもたなかった。Aを部分的に加水分解すると，三種類のジペプチドE，F，およびGが生じた。このうちGは不斉炭素原子をもたなかった。Aのカルボン酸部分のみを適切な条件で還元して第一級アルコールに変換すると，化合物Hが生じた(図1)。Hを完全に加水分解すると，B，C，Dと不斉炭素原子をもたない化合物Iが得られた。A～Iのそれぞれに水酸化ナトリウム水溶液を加えて熱し，酢酸で中和後，酢酸鉛(II)水溶液を加えると，A，B，E，Hに硫化鉛(II)の黒色沈殿が生じた。水酸化ナトリウムを用いて12.1 gのBを完全に1価の陰イオンに変換すると，4.0 gの水酸化ナトリウムが消費された。同様に，水酸化ナトリウムを用いて9.4 gのFを完全に1価の陰イオンに変換すると，2.0 gの水酸化ナトリウムが消費された。なお，このときペプチド結合は加水分解されないとする。



図1

問 1 タンパク質について一般にあてはまらないものを次の(ア)～(オ)の中から二つ選び記号で記せ。

- (ア) 芳香族アミノ酸を含むタンパク質は、濃硝酸を加えて加熱すると黄色になり、さらに、アンモニア水を加えて塩基性になると橙黄色になる。
- (イ) タンパク質はアミラーゼによって加水分解されてアミノ酸を生じる。
- (ウ) タンパク質の水溶液にニンヒドリン溶液を加えて温めると、タンパク質中のアミノ基が反応して、赤紫～青紫色に発色する。
- (エ) タンパク質中のアミノ酸の配列順序をタンパク質の一次構造という。
- (オ) タンパク質の水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にした後、少量の硫酸銅(Ⅱ)を加えると、酸化銅(Ⅰ)の赤色沈殿が生じる。

問 2 Dの名称を記せ。

問 3 Iの構造式を記せ。

問 4 Aの構造式(図2)に示されている(あ)～(え)のそれぞれに対応するアミノ酸をB～Dから選び記号で記せ。

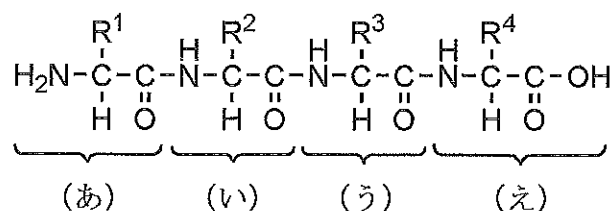
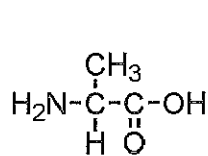
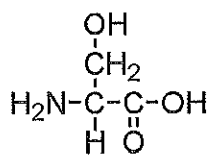


図2 Aの構造式(R^1 , R^2 , R^3 , R^4 は置換基を示す)

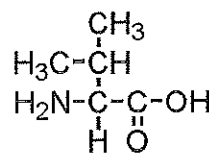
問 5 BとCにあてはまる構造式を(カ)～(ソ)からそれぞれ一つ選び記号で記せ。



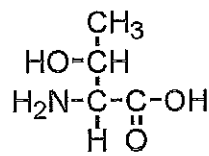
(カ)



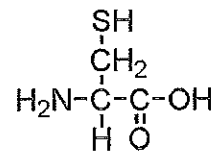
(キ)



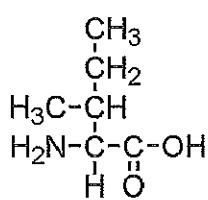
(ク)



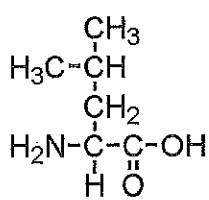
(ケ)



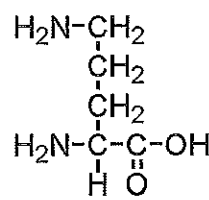
(コ)



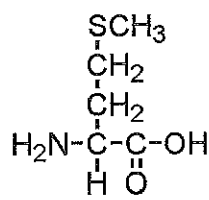
(サ)



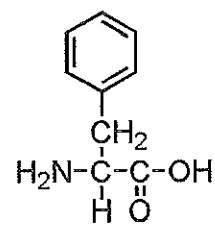
(シ)



(ス)



(セ)



(ソ)