

## 理 科

15:00~17:30

## 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60ページある。このうち、「物理」は2~11ページ、「化学」は12~28ページ、「生物」は29~53ページ、「地学」は54~60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。

科目	総合入試					学部別入試					歯学部	獣医学部	水産学部
	理系					医学部							
	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	保健学科						
							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			
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, Ge = 72.6

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

アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

$\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24$

1 I, IIに答えよ。

I 次の問1, 問2に答えよ。

問1 次の文章を読み, (1)~(3)に答えよ。

原子は, 正の電荷を帯びた原子核と, その周りに存在する負の電荷を帯びた電子からなる。電子は, 電子殻とよばれるいくつかの層に分かれて存在し, 原子核に近い電子殻から順に収容される。電子殻に入ることでできる電子の最大数は決まっている。ヒ素  ${}_{33}\text{As}$  では, 原子核に最も近い電子殻から数えて (あ) 番目の電子殻までは電子で完全に満たされている。最外殻電子は価電子とよばれ, 元素の化学的性質を決めている。As はリンPと同じ (い) 族に属する。周期表上でAsの隣の族に属するケイ素SiやゲルマニウムGeの価電子は (う) 個である。単体のGeでは, 原子どうしは単体のSiと同じく共有結合で結びついている。単体のSiやGeは金属と絶縁体の中間の電気伝導性をもち, (え) とよばれる。純粋なGeの結晶において, その構造を保ったまま, あるGe原子<sup>(i)</sup>をAs原子に置き換えると, そのAs原子と周りのGe原子が共有結合を作り, 結合に関与しないAs原子の価電子が, 結晶内を比較的自由に動くことができるようになる。

- (1)  ,  ,  にあてはまる数字を答えよ。
- (2)  にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (3) 下線部(i)について、 $1.00 \times 10^6$  個の Ge 原子に対して 1 個の割合で As 原子に置き換えたときに、 $1.00 \text{ cm}^3$  の Ge 結晶中に生じる共有結合に参与しない価電子の個数を有効数字 2 桁で答えよ。ただし、Ge の結晶の密度は  $5.32 \text{ g/cm}^3$  であり、As を加えても密度は変化しないとする。

問 2 次の文章を読み、(1)～(4)に答えよ。気体はすべて理想気体として取り扱ってよい。また、結合エネルギーは温度によらず一定であるとする。

過不足なく反応してすべてが水  $\text{H}_2\text{O}$  となる水素  $\text{H}_2$  と酸素  $\text{O}_2$  の混合気体を、容積が変化しない  $3.36 \text{ L}$  の容器に  $273 \text{ K}$ 、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  の条件で充填した。容器内の気体を  $400 \text{ K}$  に加熱し、混合気体を着火してすべて の  $\text{H}_2$  と  $\text{O}_2$  を反応させ、 $400 \text{ K}$  に温度を下げて容器内の圧力をはかると、 Pa であった。一度、容器内を真空中に排気し、再び同じ条件で  $\text{H}_2$  と  $\text{O}_2$  の混合気体を容器に充填した。容器内の気体を  $323 \text{ K}$  に加熱し、混合気体を着火してすべての  $\text{H}_2$  と  $\text{O}_2$  を反応させ、 $323 \text{ K}$  に温度を下げると容器の内壁には  g の水滴が付着した。

- (1) 下線部(ii)に関連して、この反応における  $1.00 \text{ mol}$  の水が生成するときの反応熱 [kJ] を有効数字 2 桁で答えよ。ただし、 $\text{H}_2\text{O}$  の O-H の結合エネルギーは  $459 \text{ kJ/mol}$ 、 $\text{H}_2$  の H-H の結合エネルギーは  $432 \text{ kJ/mol}$ 、 $\text{O}_2$  の O = O の結合エネルギーは  $494 \text{ kJ/mol}$  とする。
- (2)  に入る数値を有効数字 2 桁で答えよ。ただし、 $400 \text{ K}$  での水の蒸気圧は  $2.47 \times 10^5 \text{ Pa}$  である。
- (3)  に入る数値を有効数字 2 桁で答えよ。ただし、 $323 \text{ K}$  での水の蒸気圧は  $1.23 \times 10^4 \text{ Pa}$  である。
- (4) 下線部(iii)の反応および凝縮過程で発生する熱量 [kJ] を有効数字 2 桁で答えよ。ただし、 $323 \text{ K}$  での  $\text{H}_2\text{O}$  の蒸発熱は  $40.0 \text{ kJ/mol}$  とする。

II 化学平衡に関する次の問1～問3に答えよ。ただし、気体は理想気体として取り扱えるものとする。

ある物質が可逆的に分解することを解離という。四酸化二窒素  $\text{N}_2\text{O}_4$  は、常温付近では式(1)のように解離して二酸化窒素  $\text{NO}_2$  を生じ、平衡を保っている。



以下の3つの実験を行った。

実験1：ピストン付きの容器に1.0 molの  $\text{N}_2\text{O}_4$  を入れ、容器内の温度を300 K で一定に保ったところ、 $\text{NO}_2$  が生じて平衡に達した。このときの容器の全容積は10 Lであった。

実験2：「実験1」に引き続き、温度を300 K で一定のまま、ピストンを引き、容器の全容積を100 Lにした後、平衡に達するまで放置した。

実験3：「実験2」に引き続き、温度を300 K で一定のまま、今度はすばやくピストンを押し、全圧を  $1.0 \times 10^5$  Paにした。

問1 以下の文章を読み、(1)、(2)に答えよ。

1.0 molの  $\text{N}_2\text{O}_4$  を容積  $V$  [L]の容器に入れたところ、 $\text{NO}_2$  が生じて平衡に達した。容器に入れた  $\text{N}_2\text{O}_4$  のうち、 $\text{NO}_2$  へと解離した  $\text{N}_2\text{O}_4$  の割合を解離度  $\alpha$  とすると、平衡時の  $\text{N}_2\text{O}_4$  の濃度は  [mol/L]、 $\text{NO}_2$  の濃度は  [mol/L]である。ゆえに、濃度平衡定数  $K_c$  は  [mol/L]となる。

また、平衡時の全圧を  $P$  [Pa]とすると、 $\text{N}_2\text{O}_4$  の分圧は  [Pa]、 $\text{NO}_2$  の分圧は  [Pa]であるため、圧平衡定数  $K_p$  は  [Pa]となる。

(1)  ,  ,  にあてはまる適切な式を、 $\alpha$  と  $V$  を使って示せ。

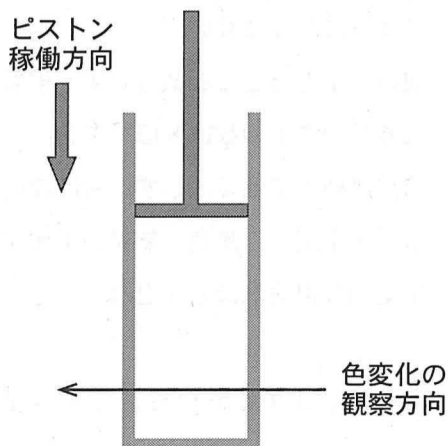
(2)  ,  ,  にあてはまる適切な式を、 $\alpha$  と  $P$  を使って示せ。

問 2 次の(1), (2)に答えよ。

- (1) 「実験 1」に関して、平衡に達したときの  $\text{N}_2\text{O}_4$  の解離度は 0.20 であった。温度 300 K における濃度平衡定数  $K_c$  を、有効数字 2 桁で答えよ。
- (2) 「実験 2」において、平衡に達したときの  $\text{N}_2\text{O}_4$  の解離度を、有効数字 2 桁で答えよ。

問 3 次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 「実験 1」に関して、温度 300 K における全圧  $P$  と圧平衡定数  $K_p$  を、それぞれ有効数字 2 桁で答えよ。  
ただし、平衡に達したときの  $\text{N}_2\text{O}_4$  の解離度は 0.20 とする。
- (2) 「実験 3」において、平衡に達したときの  $\text{N}_2\text{O}_4$  の解離度を、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、全圧は平衡に達するまで一定であるとする。
- (3) 「実験 3」において、ピストンを押す直前から平衡に達するまで、容器内の色を真横(下図の矢印“←”の方向)から観察した。容器内の色はどのように変化したか、以下の(a)~(e)から一つ選び、記号で答えよ。



- (a) 赤褐色が徐々に薄くなり、無色に近づいた。
- (b) 赤褐色が徐々に濃くなった。
- (c) 無色から徐々に赤褐色に変わった。
- (d) 赤褐色が一時的に薄くなり、その後、少し濃くなった。
- (e) 赤褐色が一時的に濃くなり、その後、少し薄くなった。

2

I, IIに答えよ。

I 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

地球の大気の主成分は $O_2$ と $N_2$ であり、両者の体積分率の和は約99%である。残りの約1%はAr等の希ガスおよび $CO_2$ などである。大気中の酸素のほとんどは $O_2$ であるが、地表から20～40 km上空には酸素の同素体のひとつであるオゾンを多く含む層があり、太陽からの有害な紫外線を吸収する役目を果たしている。

$N_2$ はハーバー・ボッシュ法によって $NH_3$ へと変換される。 $NH_3$ は $HNO_3$ や $NH_4Cl$ などに変換され、さまざまな有益な物質を製造するための原料として用いられている。

問1 希ガスに関する以下の(あ)～(か)の記述のうち、誤りを含むものをすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) イオンになりにくい。
- (い) 他の原子とほとんど結合せず、単原子分子として存在する。
- (う) 最外殻の電子の数は8個である。
- (え) 沸点は極めて低く、いずれもほぼ同じ温度である。
- (お) 常温・常圧で、無色、無臭の気体である。
- (か) 工業的な用途はほとんどない。

問2 水で湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙が青～青紫色に変化することにより、オゾンを検出することができる。次の(1)、(2)に答えよ。ただし、生成物のデンプンとの反応は考慮しなくてよい。

- (1) この反応を化学反応式で記せ。
- (2) この反応において酸化される原子を、元素記号で答えよ。

問 3  $\text{NH}_3$  は  $\text{O}_2$  や  $\text{N}_2$  と比べて水に対する溶解度が大きく、ある種の化学結合または分子間力の存在が、そのことに関わっている。以下の(き)～(し)の事象のうち、その化学結合または分子間力が特に深く関わっているものを2つ選び、記号で答えよ。なお、 $\text{NH}_3$  は水中で大部分が  $\text{NH}_3$  分子として存在する。

- (き) 単体の Na は水と反応して NaOH を生じる。
- (く)  $\text{NH}_3$  は HCl と反応して  $\text{NH}_4\text{Cl}$  を生じる。
- (け) ショ糖は水によく溶ける。
- (こ) ナイロン繊維は高い強度を示す。
- (さ) エタン  $\text{C}_2\text{H}_6$  はエチレン  $\text{C}_2\text{H}_4$  よりも沸点が高い。
- (し)  $\text{H}_2$  は He よりも沸点が高い。

問 4  $\text{HNO}_3$  は  $\text{NH}_3$  を原料として以下の①～③の工程からなるオストワルト法によって製造されている。

- ① 白金を触媒として  $\text{NH}_3$  を酸化し、NO をつくる。
- ② NO を空气中で酸化して、 $\text{NO}_2$  とする。
- ③  $\text{NO}_2$  を  $\text{H}_2\text{O}$  と反応させて、 $\text{HNO}_3$  がつくられる。

次の(1)、(2)に答えよ。

- (1) 工程①の化学反応式を記せ。
- (2) ①～③の工程によって 50 g の  $\text{HNO}_3$  を得るために必要な  $\text{NH}_3$  の質量 [g] を、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、各工程で得られた目的生成物以外の生成物の回収・再利用は行わないものとする。

問 5  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $NH_3$  および  $NO_2$  のそれぞれを濃硫酸あるいは生石灰を用いて乾燥したい。乾燥剤の組合せとして正しいものを表 1 の(す)~(つ)から一つ選び、記号で答えよ。

表 1

	$O_2$	$N_2$	$NH_3$	$NO_2$
(す)	どちらでもよい	生石灰のみ	濃硫酸のみ	生石灰のみ
(せ)	生石灰のみ	どちらでもよい	生石灰のみ	濃硫酸のみ
(そ)	どちらでもよい	濃硫酸のみ	生石灰のみ	濃硫酸のみ
(た)	濃硫酸のみ	どちらでもよい	濃硫酸のみ	生石灰のみ
(ち)	どちらでもよい	どちらでもよい	生石灰のみ	濃硫酸のみ
(つ)	どちらでもよい	どちらでもよい	濃硫酸のみ	生石灰のみ

問 6 固体の  $NH_4Cl$  はアンモニウムイオン  $NH_4^+$  と塩化物イオン  $Cl^-$  からなるイオン結晶である。 $NH_4^+$  が球体であると仮定すると、常温・常圧では、図 1 のような構造をとることが知られている。この構造において、単位格子の一边の長さは  $0.387 \text{ nm}$  であり、 $NH_4^+$  は  $Cl^-$  がつくる立方格子の体心に位置する。次の(1)~(3)に答えよ。

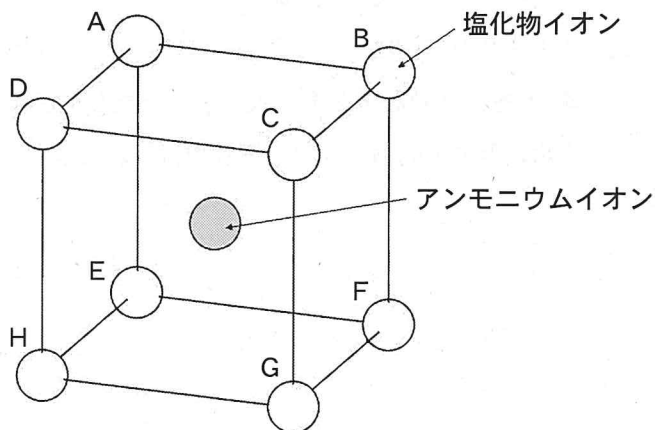


図 1



- (1)  $\text{NH}_4\text{Cl}$  結晶において、 $\text{Cl}^-$  に対して最近接している  $\text{NH}_4^+$  の数を答えよ。
- (2)  $\text{NH}_4\text{Cl}$  と同じ結晶構造をとる  $\text{CsCl}$  の単位格子の一辺の長さは  $0.412 \text{ nm}$  で、セシウムイオン  $\text{Cs}^+$  のイオン半径は  $0.174 \text{ nm}$  である。球体と仮定した  $\text{NH}_4^+$  の半径[nm]を有効数字3桁で答えよ。ただし、どちらの結晶においても陽イオンと陰イオンは接触しているものとする。
- (3) ここまで球体であると仮定していた  $\text{NH}_4^+$  は、実際にはメタンと同様に、水素原子が形成する正四面体の中心に窒素原子が位置する構造をとっている。 $\text{NH}_4\text{Cl}$  結晶中では、 $\text{NH}_4^+$  のある一つの水素原子は、立方格子の体心に位置する窒素原子と図中の A~H の  $\text{Cl}^-$  のいずれか一つを端点とする線分上に存在しており、他の3つの水素原子も同様の配置をとる。図中の A がそのような線分の端点となっている場合、同様の端点となる他の3つの  $\text{Cl}^-$  を図中の記号 B~H で答えよ。

II 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

スマートフォンやタブレット端末などの携帯機器、ハイブリッド自動車や電気自動車の電源として、図2に示すリチウムイオン電池の重要性が増している。リチウムイオン電池の起電力は約3.7Vであり、ニッケル-水素電池(起電力1.35V)<sup>(i)</sup>と比較して大きい。リチウムイオン電池に求められる性能として重要なのは、①単位体積または単位重量あたりの放電容量が大きく、②繰り返し充放電に対する耐久性が高く、③安全性が高いことである。

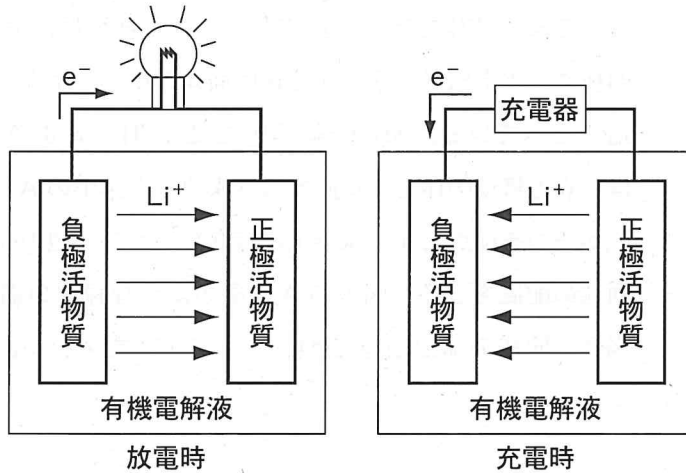
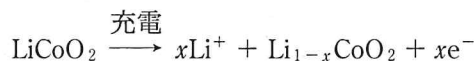


図2

(注) 有機電解液：有機化合物の溶媒に、リチウムの塩を溶解させた溶液

リチウムイオン電池の正極活物質として用いられる  $\text{LiCoO}_2$  は、イオン結晶であり、充電や放電に伴い、遷移元素である Co の酸化数が変化することが知られている。リチウムイオン電池を充電する際の正極活物質の反応は、



で表される。このとき、 $\text{Li}^+$  は黒鉛(グラファイト)<sup>(ii)</sup>に取り込まれ、電子を受け取って負極活物質となる。ここでは、実用リチウムイオン電池が取りうる最大

の  $x$  をリチウムイオンの利用率と定義する。一般に、繰返し充放電に対する耐久性を高くするために、実用リチウムイオン電池における  $x$  は 1 より小さく設定されるが、ここでは  $x$  は 0 以上かつ 1 以下の数値をとることができるものとする。

問 1  $x = 0$  と  $x = 1$  における正極活物質  $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2$  の Co の酸化数をそれぞれ答えよ。符号も記せ。

問 2 下線部(i)のニッケル-水素電池では、電解液として KOH 水溶液が使用されるのに対し、リチウムイオン電池では、LiOH 水溶液ではなく、可燃性の有機電解液が使用されるため、安全上の問題がある。LiOH 水溶液が使用できない理由は、二枚の白金板を LiOH 水溶液に入れて通電したときと同じ現象が起こるためである。この現象を 10 字以内で述べよ。

問 3 下線部(ii)の黒鉛(グラファイト)に関する次の(1)、(2)に答えよ。

(1) 純粋な黒鉛結晶内の結合として、正しいものを次の(a)~(e)からすべて選び、記号で答えよ。

- |           |               |
|-----------|---------------|
| (a) 金属結合  | (b) 共有結合      |
| (c) 配位結合  | (d) 分子間力による結合 |
| (e) イオン結合 |               |

(2) 次の説明(あ)~(え)に当てはまる炭素の同素体の名称をそれぞれ答えよ。

- (あ) 球状の分子
- (い) 研磨剤として用いられる物質
- (う) 黒鉛の層状構造のうち、1層だけを取り出した物質
- (え) 直径約 1 nm の筒状物質

問 4 次の文章を読み、(1)~(3)に答えよ。ただし、必要十分な量の負極活物質があり、充電・放電における電極反応はファラデーの電気分解の法則に従うものとする。なお、1 mA は  $1 \times 10^{-3}$  A である。

電池から一定の電流を何時間取り出すことができるかを示す量を放電容量といい、1 mA の電流を1時間取り出すことができる放電容量は1 mA h である。

0.15 mol の  $\text{LiCoO}_2$  を正極活物質とした、放電容量 1500 mA h の実用リチウムイオン電池を、 $x = 0$  の状態からある程度まで充電し、その後、45 mA の一定電流で24時間放電させたところ、放電容量の残量は20%<sup>(iv)</sup>になった。

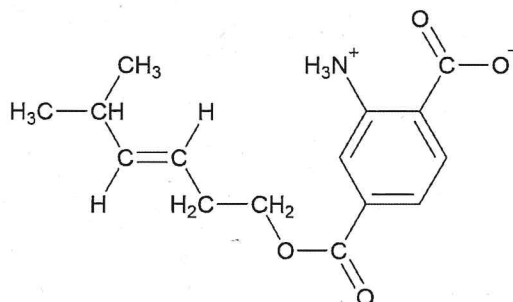
- (1) この電池のリチウムイオン利用率  $x$  を有効数字2桁で答えよ。
- (2) 下線部(iii)の後の放電容量の残量[%]を整数で答えよ。ただし、1500 mA h を 100% とする。
- (3) 下線部(iv)の後、そのまま 20 mA 一定電流で放電した場合に放電可能な時間[h]を、有効数字2桁で答えよ。



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。

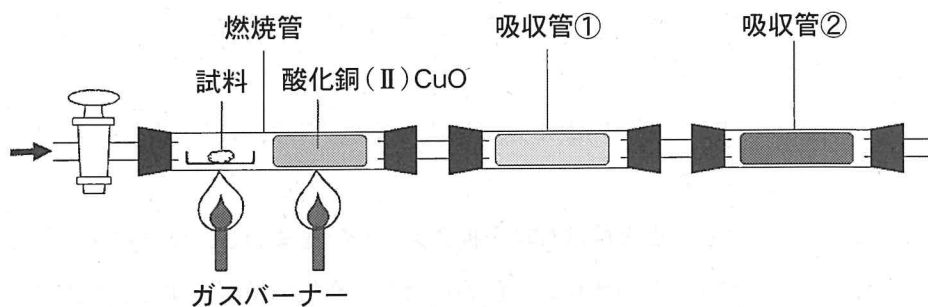
化合物Aはエステルであり、その分子式は $C_7H_{14}O_2$ で表される。Aに希塩酸を加えて加熱したところ、弱い酸性を示す化合物Bと、中性の化合物Cが生成した。精製した37.0 mgのBを完全に燃焼させたところ、 $66.0\text{ mg}$ の二酸化炭素と $27.0\text{ mg}$ の水が生じた。Cは同じ分子式をもつ化合物の中で最も沸点が高く、Cを適切な酸化剤によって酸化したところ、Bと同じ官能基をもつ化合物Dが生成した。ヨードホルム反応を示すアルコールEと、得られたDとのエステル化により、Aの異性体であるエステルFが得られた。

問1 下線部(i)について、以下の(あ)～(く)の中からエステルではないものを二つ選び、記号で記せ。

- |               |                   |
|---------------|-------------------|
| (あ) 酢酸エチル     | (い) セッケン          |
| (う) サリチル酸メチル  | (え) ポリエチレンテレフタラート |
| (お) アセチルサリチル酸 | (か) アセトアニリド       |
| (き) 油脂        | (く) ニトログリセリン      |

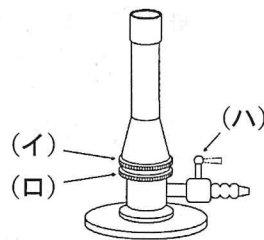
問 2 下線部(ii)について(1), (2)に答えよ。

- (1) 下図は炭素、水素および酸素からなる有機化合物の元素分析に使用する装置であり、吸収管①および②には塩化カルシウムもしくはソーダ石灰のいずれかが充填されている。元素分析に関する以下の(け)～(す)の記述のうち、誤りを含むものを一つ選び、記号で記せ。



- (け) 燃焼管の左側(矢印)より乾燥した酸素または空気を通じながら試料を燃焼させる。
- (こ) 燃焼管中の酸化銅(II) CuO は、試料を完全燃焼させるための酸化剤である。
- (さ) 試料の燃焼によって燃焼管で発生した  $H_2O$  は、塩化カルシウムが充填された吸収管で吸収させる。
- (し) 吸収管①にはソーダ石灰を充填する。
- (す) 元素分析によって組成式を決定することができる。

- (2) 図中のガスバーナー(ブンゼンバーナー：  
右図)の使用方法に関する以下の(せ)～(て)  
の記述のうち、正しいものを二つ選び、記号  
で記せ。



- (せ) (ロ)はガス調節ネジである。  
(そ) (ロ)が開いていることを確認後、(ハ)を開けて点火する。  
(た) 点火しやすいようにあらかじめ(イ)を少し開けてから点火する。  
(ち) 正しい操作方法によって点火した直後の炎は、青白い炎となる。  
(つ) 点火後は(ロ)を押さえて(イ)をまわし、空気の量を調節する。  
(て) 炎がオレンジ色の場合は、空気の量が多すぎる状態である。

問 3 下線部(iii)について、異性体に関する以下の(と)～(の)の記述のうち、正しいものを二つ選び、記号で記せ。

- (と) マレイン酸とフタル酸は互いにシス-トランス(幾何)異性体である。  
(な) グルコースとフルクトースは互いに構造異性体である。  
(に) 鏡像異性体どうしは物理的・化学的性質は異なるが、味やにおいなどの生理的な作用は同じである。  
(ぬ)  $\alpha$ -グルコースと $\beta$ -グルコースは互いに鏡像異性体である。  
(ね) プロペンには構造異性体は存在しない。  
(の)  $C_6H_{14}$  の分子式をもつ化合物には5つの構造異性体が存在する。

問 4 B の示性式を示せ。

問 5 E の物質名を答えよ。

問 6 F の構造式を記せ。



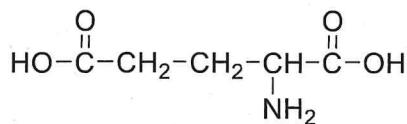


II 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

$\alpha$ -アミノ酸 2分子が脱水縮合により結合した分子はジペプチド、3分子が結合した分子はトリペプチド、多数の  $\alpha$ -アミノ酸が脱水縮合によって結合した分子はポリペプチドと呼ばれる。ポリペプチドを主成分として形成されるタンパク質は、生体内で様々な役割を担っている。また、生体内での化学反応を促進するタンパク質は酵素と呼ばれる。

問1 下線部(i)に関する次の文章を読み、(1)～(3)に答えよ。

(ア) であるグルタミン酸の等電点は3.2である。グルタミン酸をpH 12の緩衝溶液中で電気泳動させると、グルタミン酸は、(イ)。  
グルタミン酸を検出するために、(ウ)、赤紫色を呈した。



グルタミン酸

(1) 空欄 (ア) ～ (ウ) にあてはまる最も適切な語句および記述を次の(あ)～(け)から選び、記号で記せ。

- |                                    |              |
|------------------------------------|--------------|
| (あ) 塩基性アミノ酸                        | (い) 酸性アミノ酸   |
| (う) 必須アミノ酸                         | (え) 陽極側に移動した |
| (お) 陰極側に移動した                       | (か) 移動しなかった  |
| (き) 水酸化ナトリウム水溶液と少量の硫酸銅(II)水溶液を加えると |              |
| (く) 濃硝酸を加えて加熱後、アンモニア水を加えると         |              |
| (け) ニンヒドリン溶液を加えて加熱すると              |              |

(2) グルタミン酸の水溶液では、図1に示す4種類のイオンA~Dが平衡状態にあり、A~Dの濃度は水溶液のpHに応じて変化する。ある一定の温度およびグルタミン酸の濃度において水溶液のpHを変化させると、図1に記載したpHを境にして、最も多く存在するイオンは変化した。pH 5.0の水溶液中で最も多く存在するCの構造式を記せ。

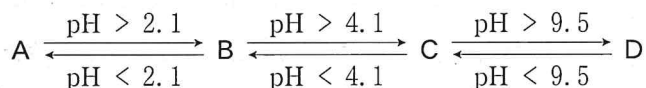
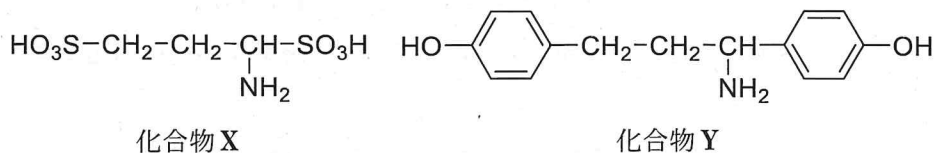


図1

(3) グルタミン酸の2つのカルボキシ基の両方を、スルホ基あるいはパラ位にヒドロキシ基を有するベンゼン環に置き換えた化合物XあるいはYをpH 3.2の緩衝溶液中に溶解させ、それぞれを電気泳動させた。このときのXとYの挙動について、最も適切な組合せを(こ)~(そ)から選び、記号で記せ。



	X	Y
(こ)	陽極側に移動した。	陽極側に移動した。
(さ)	陽極側に移動した。	陰極側に移動した。
(し)	陽極側に移動した。	移動しなかった。
(す)	陰極側に移動した。	陽極側に移動した。
(せ)	陰極側に移動した。	陰極側に移動した。
(そ)	陰極側に移動した。	移動しなかった。

問 2 下線部(ii)について、3種の異なる $\alpha$ -アミノ酸(グリシン、フェニルアラニン、アラニン)の全てを含む鎖式のトリペプチドを合成するとき、立体異性体を含め、最大で何種類のトリペプチドが得られるか、数字で答えよ。なお、使用する $\alpha$ -アミノ酸はD体とL体の混合物である。

問 3 下線部(iii)に関する以下の(1)、(2)に答えよ。

- (1) あるタンパク質を加水分解すると、 $\alpha$ -アミノ酸だけでなく、糖や核酸も同時に得られた。このようなタンパク質の名称を記せ。
- (2) タンパク質分子において、ペプチド結合中のC=Oの酸素と、分子内の他のペプチド結合中のN-Hの水素との間で水素結合が形成され、その結果、二次構造と呼ばれる構造が生じる。二次構造のうち、らせん状構造の名称を記せ。

問 4 下線部(iv)について、以下の(た)～(に)の記述のうち、誤りを含むものを二つ選び、記号で記せ。

- (た) 酵素は活性化エネルギーに影響を与える。
- (ち) 化学反応の反応熱に影響を与える酵素がある。
- (つ) 反応温度を高くすればするほど、酵素反応の反応速度は大きくなる。
- (て) 重金属イオンによって影響を受ける酵素がある。
- (と) アミラーゼはデンプンを加水分解する。
- (な) リパーゼは脂肪を加水分解する。
- (に) pH 2 付近に最適 pH をもつ酵素がある。

