

東京女子医科大学 化 学

問題Ⅰ 次の各問いに答えよ。ただし、問 1～問 9 の答はすべてマークシート式解答用紙の 1～9 のマーク欄にマークせよ。

問 1 K 殻、L 殻および M 殻の電子数が x 、 y および z である原子の電子配置を $K^xL^yM^z$ と表すとき、次のア～キの電子配置をもつ原子のうち、セシウムと族が同じ原子はどれか。

ア K^2L^3 イ K^2L^5 ウ K^2L^7 エ $K^2L^8M^1$ オ $K^2L^8M^2$ カ $K^2L^8M^4$ キ $K^2L^8M^6$

問 2 浸透圧に関する次の記述のうち、誤っているものすべてを選んだものはどれか。

- ① 生理食塩水中で赤血球が収縮も膨張もしないのは、赤血球の内外で浸透圧が等しいからである。
- ② 希薄溶液の浸透圧の測定は、溶質の分子量測定に利用される。
- ③ 希薄溶液の浸透圧は、溶質のモル濃度にのみ関係し、温度および溶質の種類には無関係である。
- ④ 25 °C で質量パーセント 0.5% の食塩水は 2% グルコース溶液よりも高い浸透圧を示す(ただし、二つの水溶液の密度は 1.0 g/cm^3 としして考えよ)。
- ⑤ 逆浸透法を利用すれば海水を淡水化できる。

ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①と②
キ ①と③ ク ②と④ ケ ③と④ コ ③と⑤ サ ④と⑤

問 3 金属のイオン化傾向に関して以下の実験を行った。

- A 硫酸銅(Ⅱ)水溶液にニッケル板を入れると、表面に銅が析出した。
- B 硝酸鉛(Ⅱ)水溶液にニッケル板を入れると、表面に鉛が析出した。
- C 硝酸銀水溶液に銅板を入れると、表面に銀が析出した。

次の記述①～⑤のうち、上の実験結果だけでは結論できないものをすべて選んだのはどれか。

- ① 銅は銀よりも強い還元剤である。
- ② 銀イオンはニッケルイオンよりも強い酸化剤である。
- ③ ニッケル、銀、銅、鉛の中で、最も強い還元剤はニッケルである。
- ④ ニッケルイオン、銀イオン、銅(Ⅱ)イオン、鉛(Ⅱ)イオンの中で、最も強い酸化剤は銀イオンである。
- ⑤ 硝酸鉛(Ⅱ)水溶液に銅板を入れても、反応しない。

ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①と③
キ ①と⑤ ク ②と④ ケ ③と④ コ ③と⑤ サ ④と⑤

問4 25℃で、0.1 mol/L 酢酸に、等量の0.1 mol/L 酢酸ナトリウム水溶液を混合して緩衝液を調製した。この緩衝液についての記述①～⑤のうち、内容に誤りのある記述を、すべて選んだものはどれか。ただし、この温度における0.1 mol/L 酢酸の電離度は0.016とする。

- ① 酢酸ナトリウムは、ほぼ完全に電離している。
- ② 酢酸は、大部分が分子のまま溶けている。
- ③ 緩衝液の水素イオン濃度は、0.1 mol/L 酢酸の水素イオン濃度と同じである。
- ④ 緩衝液 10 mL に 0.1 mol/L の塩酸を 0.1 mL 加えたときの pH の値と、0.1 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 0.1 mL 加えたときの pH の値は、理論的には全く同じである。
- ⑤ 水で 10 倍に希釈した緩衝液の緩衝能力は、希釈前に比べて小さい。

ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①と②
 キ ①と④ ク ②と③ ケ ③と④ コ ③と⑤ サ ④と⑤

問5 気体の精製法として、少量の酸素を含む窒素を精製するのに最も適している方法をア～オの中から選べ。

- ア 濃硫酸の中を通す。
- イ 水酸化ナトリウム水溶液の中を通す。
- ウ 熱した銅の網の中を通す。
- エ ソーダ石灰の中を通す。
- オ シリカゲルの中を通す。

問6 A と B の 2 種類の分子が衝突して C ができる反応 $A + B \rightarrow C$ がある。この反応の 60℃での反応の速さは 40℃での反応の速さの約 4 倍であった。120℃でのこの反応の速さは 60℃での反応の速さの約何倍になるか。最も近い数値をア～キから選べ。

ア 10 イ 20 ウ 40 エ 60 オ 80 カ 100 キ 120

問7 水素結合に関する次の記述のうち、誤っているものすべてを選んだものはどれか。

- ① 水素結合は、一般にファンデルワールス力よりも強い分子間相互作用である。
- ② 酢酸は、水素結合により二量体を形成しやすい。
- ③ アルコールはケトンとの間にも水素結合を形成する。
- ④ 水素結合は、分子間における水素原子と水素原子の間の相互作用である。
- ⑤ 液体アンモニアでは、分子間で水素結合が形成されている。

ア ①のみ イ ②のみ ウ ③のみ エ ④のみ オ ⑤のみ カ ①と②
 キ ①と④ ク ②と③ ケ ③と④ コ ③と⑤ サ ④と⑤

問8 8.1 gのセルロースを完全にアセチル化したときに得られる化合物は、理論的には何gか。最も近い数値をア～カから選べ。

- ア 11.8 イ 13.7 ウ 14.4 エ 15.0 オ 15.8 カ 20.2

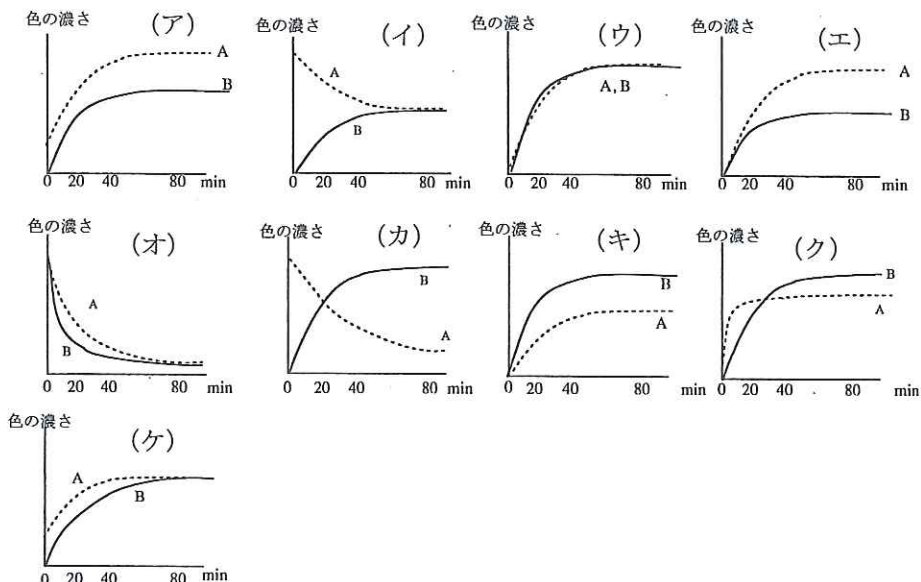
問9 酸性雨とは、空気中の窒素酸化物や硫黄酸化物が雨に溶けて硝酸や硫酸を生成するために、pHが4～5まで下がった雨のことをいう。いま、底面積100 m²の立方体の容器に1時間あたり100 mmの雨が2時間降り注いだ。この容器に集めた雨水のpHは4.0だったので消石灰120 gを散布して中和した。この酸性雨の酸の成分がすべて硝酸で、他の成分の影響は無視できるものとして、中和に使われた消石灰は散布した消石灰の約何パーセントにあたるか。最も近い値を選べ。

- ア 20 イ 30 ウ 40 エ 50 オ 60 カ 70 キ 80

問題II 次の問[1]、[2]に答えよ。ただし、問10～問15の答はすべてマークシート式解答用紙の10～15のマーク欄にマークせよ。

[1] タンパク質のような大きな分子量の物質は透過しないが、分子量が小さい分子は透過する半透膜で中央部を仕切った均一な太さのU字管がある。この仕切りの片側(A側)にタンパク質溶液を入れ、反対側のB側に同量の水を入れしばらく放置したところ、両側の液面の高さが変化していき、一定時間後にはそれ以上変化しなくなった。このU字管のA側に微量のタンパク質分解酵素を加えてU字管を37℃に温め、十分な時間をかけて反応させた。反応開始後、5分ごとにA、B両側から同じ量の少量の溶液を試料として取り出して、ニンヒドリン試薬を加えて発色させ着色度を測定した。

問10 A側、B側の両溶液の着色度と時間の関係を表したグラフのパターンに最も近いものはどれか。(ア)～(ケ)から選べ。ただし、着色の濃さは発色した物質の濃度に比例するものとする。



- 問 11 ①反応を開始して 20 分後、A 側と B 側の液面の高さはどうなっているか。②80 分以上が経過した後ではどうか。①②の答えの組み合わせのうち、最も適当なものをア～キから選べ。

	①	②
ア	A 側が高い	A 側が高い
イ	A 側が高い	B 側が高い
ウ	A 側が高い	高さは同じ
エ	B 側が高い	A 側が高い
オ	B 側が高い	B 側が高い
カ	B 側が高い	高さは同じ
キ	高さは同じ	高さは同じ

- [2] 容積一定の容器内に、化合物 X および Y を入れ、室温を保って反応させたところ(1)式のよ
うな平衡状態になった。X, Y および生成物 Z はすべて気体であるとして以下の各問いに答
えよ。



- 問 12 平衡時の X, Y, Z の濃度はすべて等しく $a \text{ mol / L}$ であった。(1)式の反応の平衡定数を
 a を用いて表すと、どのように表されるか。

ア $\frac{1}{a}$ イ $\frac{1}{a(1+a)}$ ウ $\frac{1}{a(1-a)}$ エ $\frac{1}{a^2}$ オ $\frac{1}{(1+a)^2}$ カ $\frac{1}{(1-a)^2}$

- 問 13 平衡状態時に、さらに X を $x \text{ mol}$ 加え室温を保ったところ、しばらくして再び平衡に達し
た。このときの平衡定数は、問 12 の平衡定数を K_1 としたとき、どのように表されるか。次
の中から正しいものを選べ。

ア K_1 イ $K_1(1-x)$ ウ $K_1(x-1)$ エ K_1x オ $\frac{K_1}{x}$

- 問 14 問 13 において、X を添加して再び平衡に達した時、X の濃度は添加前の 4.0 倍であった。
このときの Z の濃度は添加前の何倍になるか。次の中から正しいものを選べ。

ア 0.6 倍 イ 1.6 倍 ウ 2.4 倍 エ 3.2 倍 オ 4.0 倍

問 15 (1)式の反応を次のように条件を変えて行ったとき、下記の①および②の正しい答えの組み合わせをア～カから選べ。

- ① 他の条件は変えずに、室温より高い温度で反応を行ったところ、(1)式の反応の平衡定数は大きくなった。この反応は発熱反応か、吸熱反応か。
- ② 他の条件は変えずに、反応をより小さな容器内で行ったとき、平衡時における Z の物質量は、もとの容器の場合と比べてどのようになるか。X, Y および生成物 Z はすべて気体であるとして考えよ。

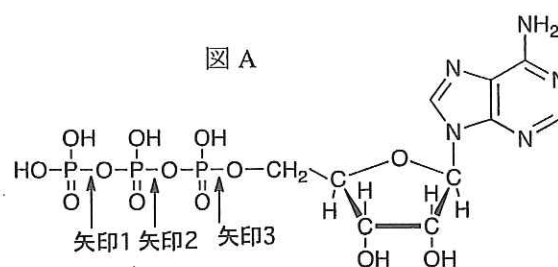
	①	②
ア	発熱反応	小さくなる
イ	発熱反応	変わらない
ウ	発熱反応	大きくなる
エ	吸熱反応	小さくなる
オ	吸熱反応	変わらない
カ	吸熱反応	大きくなる

問題Ⅲ 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。解答はすべて記述用解答用紙の所定の位置に書き込むこと。

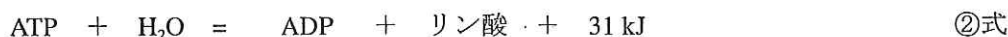
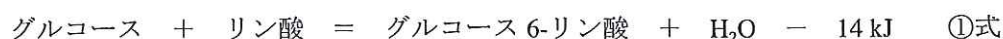
生体内では、食物として摂取した a) デンプンは、複数の酵素によってグルコースに加水分解された後、細胞内で多段階の反応によって最終的には b) 二酸化炭素と水にまで酸化される。この間に発生するエネルギーの一部はATPに蓄えられる。

一方、エネルギーを必要とするときは、ATPに蓄えられたエネルギーを加水分解によって取り出して利用する。

ATPの構造を図Aに示す。



生体には、グルコースからグルコース 6-リン酸をつくる反応があり、この反応を熱化学方程式で表すと①式のように書ける。c) この反応は吸熱反応であるが、ATPの加水分解反応(②式)と連携して起これば進行しやすい反応になると考えられる。



問1 ATPの構造を示す図Aにおいて、矢印1～矢印3で示した結合のうち、高エネルギーリン酸結合と呼ばれる結合すべてを矢印の番号で答えよ。

問2 下線部 a)の反応に関与する酵素名を2つ書け。

問3 ADPの名称を日本語で書け。

問4 下線部 c)において①式と②式が連携する反応の熱化学方程式を書け。

問5 下線部 a)や下線部 c)の反応には、酵素が関与している。一般に、酵素はどのような働きをするか。次のうちから当てはまるものを選び記号で答えよ。

- | | |
|-------------------|-------------------|
| ア 反応熱を小さくする。 | イ 反応熱を大きくする。 |
| ウ 活性化エネルギーを小さくする。 | エ 活性化エネルギーを大きくする。 |
| オ 平衡定数を小さくする。 | カ 平衡定数を大きくする。 |

問 6 以下に示した(1)式～(3)式の熱化学方程式を用いて、グルコース（固）の燃焼熱を求めよ。



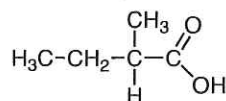
問 7 下線部 b)のように、1モルのグルコースが細胞内で完全燃焼する時に発生するエネルギーがすべて ADP から ATP が合成されるのに使われると仮定すると、何モルの ATP の合成が可能と考えられるか。答えは小数以下を四捨五入して整数で書け。

問題 IV 分子式が C_7H_8O で示される芳香族化合物 A および B と、分子式が C_8H_{10} で表される芳香族化合物 C, D, E がある。化合物 B には置換基の位置が異なる構造異性体が存在する。また、化合物 C と D も互いに置換基の位置が異なる異性体の関係にあるが E はその関係にない。

化合物 A および B は金属ナトリウムと反応して水素を発生する。化合物 A をおだやかに酸化すると化合物 F を生じるが、F は酸化されやすい化合物で空気中でもゆっくり酸化されて化合物 G になる。また、化合物 C, D, E を過マンガン酸カリウムの硫酸酸性水溶液で酸化すると、化合物 C からは化合物 H が、化合物 D からは I が、化合物 E からは G が得られる。

これらの化合物について以下の問いに答えよ。構造式は例にならって示せ。解答はすべて記述用解答用紙の所定の位置に書き込むこと。

例)



問1 化合物 F の構造式を書け。

問2 化合物 B の示性式を書け。

問3 化合物 A~I のうち、塩化鉄(III)水溶液で呈色するものをすべて選び、記号で答えよ。

問4 化合物 A~I のうち、気体の発生を伴って炭酸水素ナトリウム水溶液に溶けるものをすべて選び記号で答えよ。

問5 化合物 A~I のうち、炭酸水素ナトリウム水溶液には溶解しないが、水酸化ナトリウム水溶液には溶解するものをすべて選び記号で答えよ。

問6 化合物 H は加熱することにより化合物 J に変化するが、化合物 I は変化しない。一方、化合物 I をエチレングリコールと縮合重合させると、高分子化合物 K が得られる。K は合成繊維や合成樹脂として用いられている化合物である。化合物 J の構造式、化合物 I の名称、および下線部の化学反応式を書け。

問7 化合物 E は触媒を用い、高温で脱水素することにより化合物 L となる。これから得られる高分子化合物を加工したものは軽くて断熱性が高いことから、カップ麺などの容器や梱包材として広く用いられている。化合物 L の構造式、および L から高分子化合物が得られる反応の種類を答えよ。

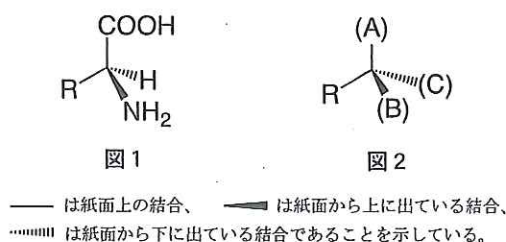
問題 V 次の A、B の文章を読み、それぞれ下の各問いに答えよ。

A 天然のタンパク質は、約 20 種類の(ア)-アミノ酸が、ペプチド結合によって多数結合した高分子化合物である。一般に、タンパク質の種類によって、タンパク質を構成するアミノ酸組成は異なる。しかし、タンパク質に含まれる窒素の質量パーセントは、タンパク質の種類に関係なくほぼ一定している。したがって、食品中に含まれる窒素量を実験的に測定することによって食品中のタンパク質量を求めることができる。

いま、ある食品 10 g を濃硫酸で加熱分解し、含まれる窒素成分をすべて硫酸アンモニウムに変化させた。これに濃厚な水酸化ナトリウム水溶液を加えて蒸留し、発生したアンモニアをすべて 0.25 mol/L の硫酸 20 mL に吸収させたあと未反応の硫酸を中和滴定した。このとき中和に要した 0.05 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液は 60 mL であった。以下の問いに答えよ。

問1 空欄(ア)にあてはまる適切な記号を書け。

問2 グリシン以外の(ア)-アミノ酸には D 型と L 型の立体構造が存在するが、天然のタンパク質を構成するアミノ酸は L 型構造であり、その立体構造は図 1 のように示される(ただし、図中の R はアミノ酸の側鎖を表している)。図 2 は図 1 と同じアミノ酸の D 型を示したものである。(A)~(C)のそれぞれにあてはまる原子または原子団の組み合わせを①~④から選べ。



	(A)	(B)	(C)
①	COOH	NH ₂	H
②	NH ₂	H	COOH
③	H	COOH	NH ₂
④	COOH	H	NH ₂

問 3 下線部で生成したアンモニアの物質量を求めよ。

問 4 タンパク質に含まれる窒素の質量パーセントを 16% とすれば、この食品中のタンパク質の含有量は何%か。小数以下第 2 位を四捨五入して示せ。ただし、この食品にはタンパク質以外の窒素含有成分は含まれないものとする。

B 1分子のグリセリンと3分子の脂肪酸が【ア】結合したものを油脂という。これに水酸化ナトリウムや水酸化カリウムのような強塩基の水溶液を加えて加熱すると、容易に加水分解し、脂肪酸のアルカリ金属塩すなわち【イ】を生じる。1gの油脂を完全に加水分解するのに要する水酸化カリウムのミリグラム数をケン化価といい、油脂の平均【ウ】を反映している。

いま、グリセリンに、炭素数16個のパルミチン酸（分子量256）、炭素数18個のオレイン酸（分子量282）、炭素数18個のリノール酸（分子量280）が各1分子結合した油脂Aが4.28gある。この油脂Aをクロロホルムに溶かした溶液に臭素溶液を滴下すると、はじめは臭素の色はすぐに脱色されるが、臭素溶液の滴下量がある量を超えると溶液は褐色を呈するようになる。

問1 空欄【ア】、【イ】、【ウ】に該当する語句を記入せよ。

問2 油脂Aの分子量を求めよ。

問3 油脂Aのケン化価を求めよ。小数以下を四捨五入して整数で示せ。

問4 下線部に含まれる臭素の重さを求めよ。