

(2017年度)

2 化学問題 (60分)

(この問題冊子は16ページ, 4問である。)

受験についての注意

1. 試験監督者の指示があるまで, 問題冊子を開いてはならない。
2. 試験開始前に, 試験監督者から指示があったら, 解答用紙の右上の番号が自分の受験番号と一致することを確認し, 所定の欄に氏名を記入すること。次に, 解答用紙の右側のミシン目にそって, きれいに折り曲げてから, 受験番号と氏名が書かれた切片を切り離し, 机上に置くこと。
3. 試験監督者から試験開始の指示があったら, この問題冊子が, 上に記したページ数どおりそろっていることを確かめること。
4. 筆記具は, HかFかHBの黒鉛筆またはシャープペンシルに限る。万年筆・ボールペンなどを使用してはならない。時計に組み込まれたアラーム機能, 計算機能, 辞書機能やスマートウォッチなどのウェアラブル端末を使用してはならない。
5. 解答は, 解答用紙の各問の選択肢の中から正解と思うものを選んで, そのマーク欄をぬりつぶすこと。
6. マークをするとき, マーク欄からはみ出したり, 白い部分を残したり, 文字や番号, ○や×をつけたりしてはならない。また, マーク箇所以外の部分には何も書いてはならない。
7. 訂正する場合は, 消しゴムでていねいに消すこと。消しきずはきれいに取り除くこと。
8. 解答用紙を折り曲げたり, 破ったりしてはならない。
9. 試験監督者の許可なく試験時間中に退場してはならない。
10. 解答用紙を持ち帰ってはならない。
11. 問題冊子, 計算用紙は必ず持ち帰ること。

解 答 上 の 注 意

- (1) 数値による解答は、各問に指示されたように記述せよ。

答えが0(ゼロ)の場合、特に問中に指示がないときはa欄をマークせよ。

有効数字2桁で解答する場合、位取りは、次のように小数点の位置を決め、記入例のようにマークせよ。

$$0.30 \rightarrow 3.0 \times 10^{-1}$$

$$1.24 \rightarrow 1.2 \times 10^0$$

$$17.5 \rightarrow 1.8 \times 10^{+1}$$

記入例： 3.0×10^{-1}

1 の 桁	0.1 の 桁	指 数
<input type="radio"/> a <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9	<input type="radio"/> + <input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> - <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9

指数が0(ゼロ)の場合は正負の符号にはマークせず、0(ゼロ)のみマークせよ。

指	数
<input type="radio"/> + <input type="radio"/> - <input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9

- (2) 計算を行う場合、必要ならば次の値をもちいよ。

原子量 H: 1.00 C: 12.0 N: 14.0 O: 16.0 Na: 23.0

 Mg: 24.0 S: 32.0 Cl: 35.0 Cu: 64.0

1 atm = 1.0×10^5 Pa

0 K(絶対零度) = -273 °C

- (3) 標準状態(0 °C, 1.0×10^5 Pa)での気体 1 mol の体積は、22.4 L とする。
- (4) pH は水素イオン指数である。
- (5) 単位として使われている L はリットルを、mL はミリリットルを表す。

1 次の問1～問4に答えよ。

問1 物質の状態に関する正しい記述を、次のa)～e)からすべて選べ。該当する選択肢がない場合は、z欄をマークせよ。

- a) ドライアイスは、多数の二酸化炭素分子がファンデルワールス力によって規則的に配列している固体である。このような固体を分子結晶という。
- b) 系内の気体分子の運動エネルギーの総和は、系内の温度が変わらなければ一定である。
- c) 卵白の水溶液に多量の電解質を加えても沈殿物は生じない。
- d) 温度を一定に保ったまま、ある気体が入った容器の体積を10倍にすると、容器内の飽和蒸気圧も10倍になる。
- e) 1 molの理想気体について、一定の温度で圧力を 1.0×10^6 Paから 2.0×10^6 Paへ変化させると、圧力と体積の積は変化前の $\frac{1}{2}$ になる。

問2 水素結合をつくることができる分子はどれか。次のa)～e)からすべて選べ。該当する選択肢がない場合は、z欄をマークせよ。

- a) H_2 b) HF c) CH_4 d) CH_3COOH e) NH_3

問3 図1は物質の三態と状態変化を表している。図1中の矢印①～③の状態変化にともなう発熱と吸熱について、正しい組み合わせはどれか。次のa)～h)から1つ選べ。該当する選択肢がない場合は、z欄をマークせよ。

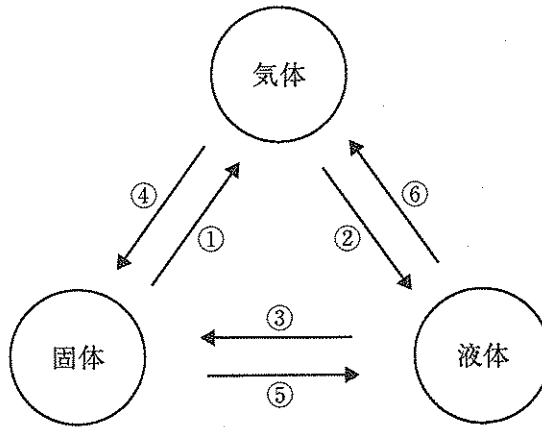


図1 物質の三態と状態変化

- a) ①発熱, ②吸熱, ③吸熱
- b) ①発熱, ②発熱, ③吸熱
- c) ①発熱, ②吸熱, ③発熱
- d) ①発熱, ②発熱, ③発熱
- e) ①吸熱, ②吸熱, ③吸熱
- f) ①吸熱, ②発熱, ③吸熱
- g) ①吸熱, ②吸熱, ③発熱
- h) ①吸熱, ②発熱, ③発熱

問4 図2は、300℃で固体の化合物A 0.5 molに1時間あたり30 kJの熱を加えたときの加熱時間と化合物Aの温度変化(ア→イ→ウ→エ→オの順)の関係を示している。ただし、圧力は一定とする。この図を表した内容として正しい記述を、次のa)～e)からすべて選べ。該当する選択肢がない場合は、z欄をマークせよ。

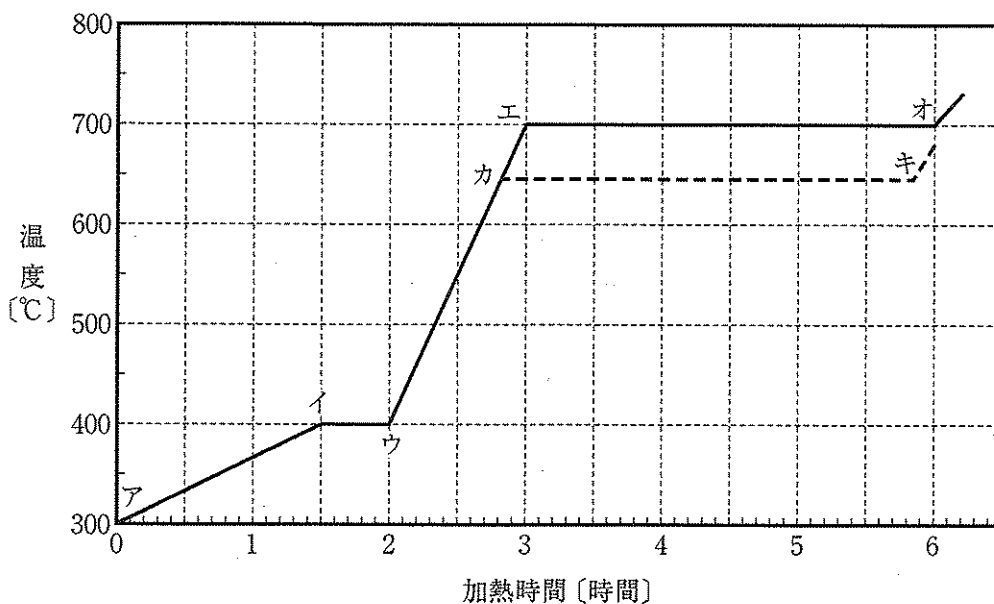


図2 加熱時間と化合物Aの温度変化

- a) 化合物Aの蒸発熱は、180 kJ/molである。
- b) 化合物Aの固体1gの温度を1K上げるのに必要な熱量は、化合物Aの液体1gの温度を1K上げるのに必要な熱量より小さい。
- c) ア→イの間では固体のみが存在し、エ→オの間では液体と気体が存在する。
- d) イ→ウの間に与えた熱量を凝縮熱という。
- e) 加熱時間が2時間を過ぎたところで、それまでよりも圧力を高くすると、ウ→エ→オの変化はウ→カ→キのようになる。

2 次の文章Ⅰ～Ⅲを読み、問5～問10に答えよ。

Ⅰ アボガドロ定数を求めるために、以下の実験をおこなった。

ステアリン酸 $C_{17}H_{35}COOH$ を W [g] はかりとり、シクロヘキサン C_6H_{12} 溶液 200 mL を作った。この溶液 0.100 mL を水面上に滴下し、シクロヘキサンを蒸発させると、図3のようなステアリン酸単分子膜が形成した。この単分子膜の面積を測定すると A [cm²] となった。ただし、単分子膜中でステアリン酸1分子が占める面積を S [cm²] とする。

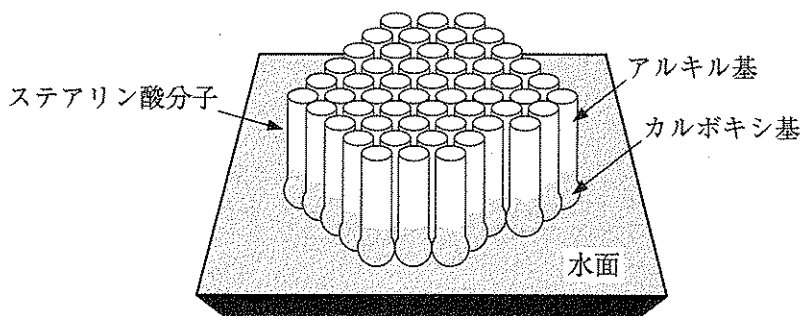


図3 ステアリン酸単分子膜

問5 この実験結果から求められるアボガドロ定数 N_A (ステアリン酸 1 mol あたりの分子の数) はどのように表されるか。次の a) ~ f) から 1 つ選べ。該当する選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。ただし、ステアリン酸の分子量を M [g/mol] とする。

- a) $N_A = \frac{2000MA}{SW}$ b) $N_A = \frac{AW}{2000MS}$ c) $N_A = \frac{MSW}{2000A}$
d) $N_A = \frac{2000S}{AMW}$ e) $N_A = \frac{SW}{2000MA}$ f) $N_A = \frac{2000A}{MSW}$

問6 $W = 7.10 \times 10^{-2} \text{ g}$, $A = 1.54 \times 10^2 \text{ cm}^2$, $S = 2.20 \times 10^{-15} \text{ cm}^2$ のとき,
 $N_A = \boxed{X} \times 10^{23}$ となった。 \boxed{X} の値にもっとも近い数字はど
れか。次の a) ~ f) から 1 つ選べ。

- a) 4.5 b) 5.0 c) 5.5 d) 6.0 e) 6.5 f) 7.0

II 不揮発性の溶質を溶媒に溶かすと溶液の凝固点が低くなる現象を、凝固点降
下という。水溶液の凝固点の違いを調べるため、塩化マグネシウム MgCl_2 、
塩化ナトリウム NaCl 、尿素 $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ について、それぞれ 1.20 g を 100 g の
水に溶かした 3 種類の水溶液をつくり、各水溶液の凝固点を測定した。

問7 上記の塩化マグネシウム、塩化ナトリウム、尿素の 3 つの水溶液を比較し
たとき、左から凝固点の低い順に並べたものはどれか。次の a) ~ f) から
1 つ選べ。該当する選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。ただし、電解
質は水溶液中で完全に電離するものとする。

- a) 塩化マグネシウム < 塩化ナトリウム < 尿素
b) 塩化マグネシウム < 尿素 < 塩化ナトリウム
c) 塩化ナトリウム < 尿素 < 塩化マグネシウム
d) 塩化ナトリウム < 塩化マグネシウム < 尿素
e) 尿素 < 塩化マグネシウム < 塩化ナトリウム
f) 尿素 < 塩化ナトリウム < 塩化マグネシウム

問8 上記の塩化マグネシウム水溶液の凝固点は、水の凝固点に比べて何 K 下が
るか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、水のモル凝固点降下は $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$
とする。

Ⅲ 密度が 1.38 g/cm^3 の硝酸 HNO_3 の濃度を求めるために、次の操作をおこなった。

操作Ⅰ 硝酸 1.00 g をはかりとって 100 mL メスフラスコに移し、標線まで水を加えて水溶液とした。

操作Ⅱ 水溶液 10.00 mL をはかりとってコニカルビーカーに移し、指示薬としてメチルオレンジをもちいて、 0.150 mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液で滴定を行った。中和点までに加えた水酸化ナトリウム水溶液の体積は 6.26 mL であった。

問9 硝酸のモル濃度は何 mol/L か。有効数字2桁で答えよ。

問10 硝酸の質量パーセント濃度は何%か。有効数字2桁で答えよ。

3 次の文章を読み、問 11～問 14 に答えよ。

ファラデー定数 F [C/mol] とは、電子 1 mol に対する電気量の絶対値のことである。電気分解で流した電気量 Q [C] は、流れた電子の物質質量 n [mol] に比例する。また、電気分解で析出する金属の物質質量 n' [mol] は、流れた電子の物質質量 n [mol] に比例する。このことをもちいて、ファラデー定数を実験から求めるために、次の操作 I～操作 V をおこなった。

操作 I 十分に洗浄・乾燥をおこなった銅板 2 枚(電極 A, 電極 B とする)の質量を測定したところ、どちらも 8.50 g であった。

操作 II 硫酸銅(II)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 250 g と 2.0 mol/L 硫酸 150 mL を水に溶解し、全体で 1.0 L の溶液とした。

操作 III この 2 枚の銅板を電極の両極として、直流電源、直流電流計と組み合わせ、図 4 のように電解装置を組み立てた。電解質溶液として操作 II で作成した溶液をビーカーの中に入れた。

操作 IV 直流電源のスイッチを入れ、流れる電流が常に 1.00 A になるように調整をおこなった。16 分 30 秒後に直流電源を切って電流を止め、電極を 2 枚とも静かに引き上げた。

操作 V 引き上げた電極を洗浄後、空気中で乾燥させた。乾燥後の質量を測定したところ、電極の 1 つは 8.82 g となった。

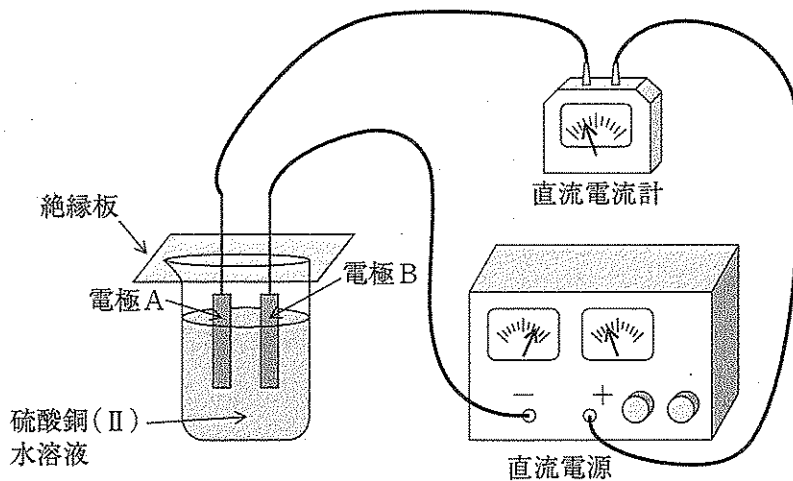


図4 電解装置

問11 操作Ⅳによって、電極間に流れた電気量は何Cか。有効数字2桁で答えよ。

問12 この電極反応の間、電極Aおよび電極Bで主に起こっている反応は何か。

次のa)～e)からそれぞれ1つ選べ。該当する選択肢がない場合は、z欄をマークせよ。

- a) $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$
- b) $\text{Cu}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$
- c) $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$
- d) $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 \uparrow$
- e) $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- + \text{O}_2 \uparrow$

問13 操作Ⅴ終了後の電極Aの質量にもっとも近いものはどれか。次のa)～e)から1つ選べ。

- a) 7.86 g b) 8.18 g c) 8.50 g d) 8.82 g e) 9.14 g

問14 電極Bの質量変化量をもとに、実験結果より求められるファラデー定数 F は何C/molか。有効数字2桁で答えよ。

4 次の文章 I, II を読み, 問 15~問 20 に答えよ。

I 主に炭素と水素から構成される有機化合物には, 分子式が同じで構造の異なる異性体をもつものがある。異性体には構造異性体, 立体異性体(幾何異性体, 光学異性体)などがある。

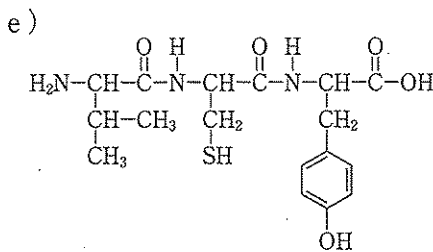
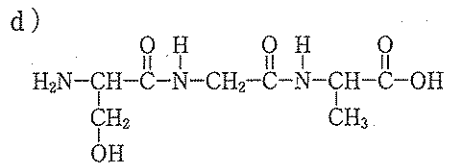
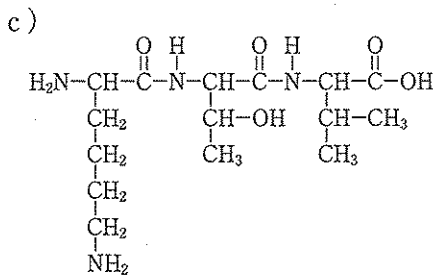
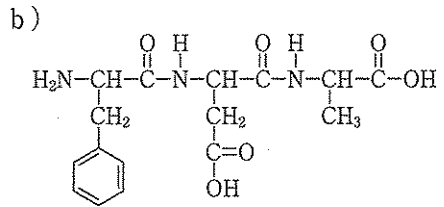
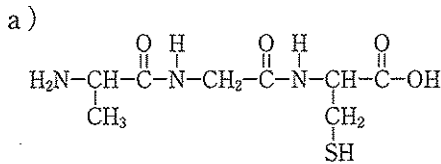
問15 炭素原子 5 個からなる環をもつ不飽和炭化水素で, 分子式が C_6H_{10} の構造異性体の数はいくつか。1~9 の整数で答えよ。ただし立体異性体は数えない。0 または 10 以上の場合は, z 欄をマークせよ。

問16 分子式 C_5H_{10} の化合物 1 mol を白金触媒の存在下で水素 H_2 と反応させたところ 1 mol の水素が消費された。この C_5H_{10} の化合物の構造として考えられる異性体の数はいくつか。1~9 の整数で答えよ。ただし立体異性体も数えよ。0 または 10 以上の場合は, z 欄をマークせよ。

問17 有機化合物に関して正しい記述を, 次の a) ~ e) からすべて選べ。該当する選択肢がない場合は, z 欄をマークせよ。

- a) *cis*-2-ブテンと *trans*-2-ブテンは互いに幾何異性体の関係にあり, これら 2 つの沸点, 融点などの物理的性質は等しい。
- b) 飽和炭化水素であるエタン, プロパン, ブタンの沸点を比べると, ブタンの沸点がもっとも高く, エタンの沸点がもっとも低い。
- c) 分子式 C_8H_{14} の化合物は, 必ず不飽和結合をもつ。不飽和結合の数は, 1 つの分子中に二重結合を 2 つもつか, または三重結合を 1 つもつ。
- d) 炭素数が等しい 1-プロパノールとプロパンを比べると, 1-プロパノールはプロパンより分子間力が大きいので沸点が高い。
- e) 構造異性体の関係にあるジエチルエーテルと 1-ブタノールを比べると, ジエチルエーテルは 1-ブタノールより沸点が高い。

II アミノ酸はタンパク質を構成する成分である。アミノ酸をさまざまな pH で電気泳動すると、ある pH でアミノ酸が泳動しなくなるが、このときの pH をそのアミノ酸の等電点という。また、2 分子以上のアミノ酸が脱水縮合したものをペプチドという。下に示した a) ~ e) は、天然のアミノ酸 3 分子が脱水縮合してできたトリペプチドである。



問18 濃硝酸を加えて加熱した後、アンモニア水溶液を加えて塩基性になると橙黄色を呈するトリペプチドはどれか。a) ~ e) からすべて選べ。該当する選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。

問19 トリペプチド a) ~ e) を加水分解すると、それぞれのトリペプチドについて3種のアミノ酸が得られる。もっとも小さいpHで等電点を示すアミノ酸を含むトリペプチドはどれか。a) ~ e) からすべて選べ。

問20 加水分解して得られる3種のアミノ酸に、光学異性体をもたないものが含まれるトリペプチドはどれか。a) ~ e) からすべて選べ。該当する選択肢がない場合は、z欄をマークせよ。