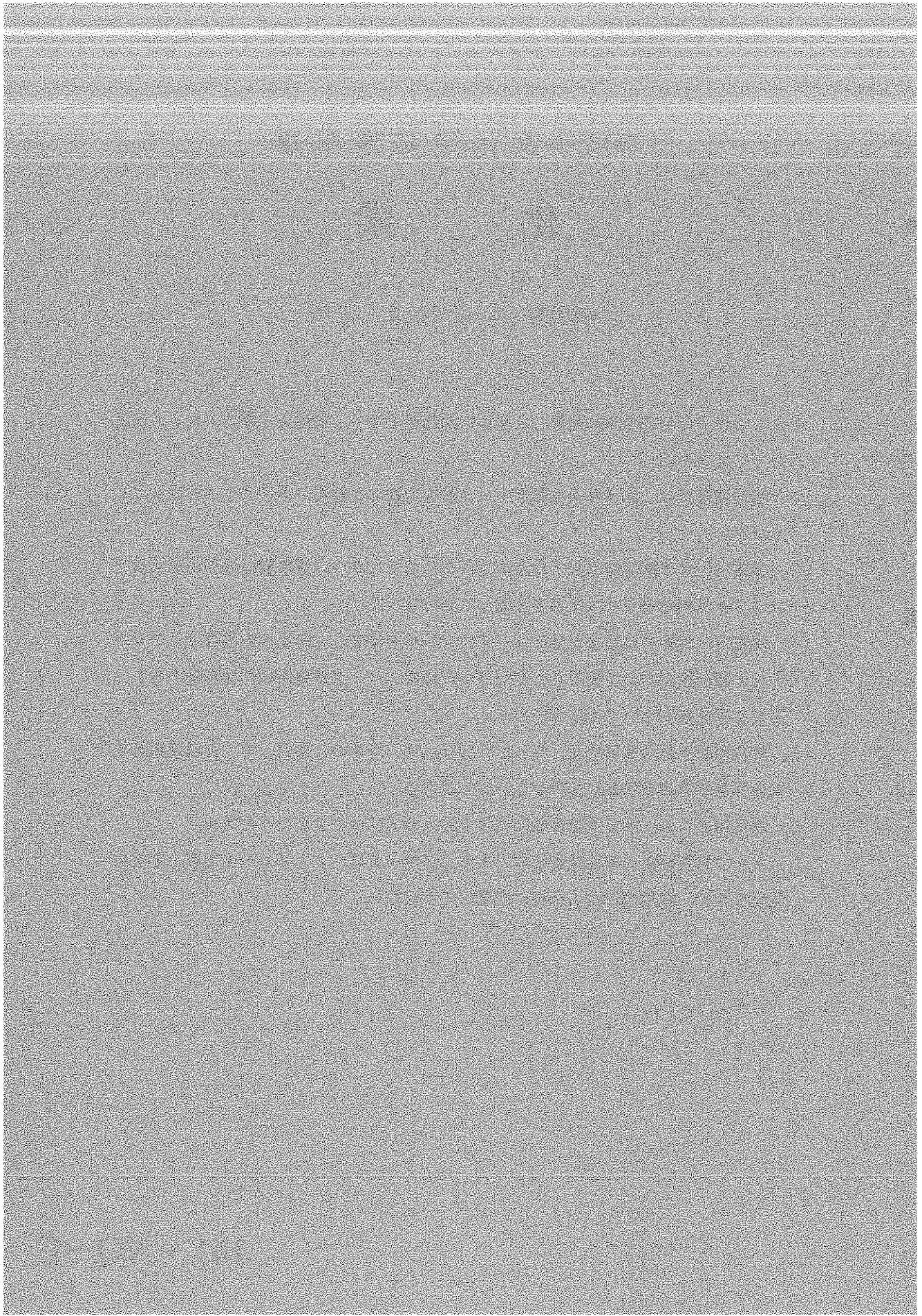


## 2016 年度 入学 試験 問題

# 化 学

(試験時間 13:15~14:45 90分)

1. この冊子は、出願時に選択した科目の問題冊子です。科目名を確認のうえ、解答してください。
2. 解答用紙には、記述解答用紙とマーク解答用紙の2種類がありますので注意してください。
3. 解答は、必ず解答欄に記入およびマークしてください。解答欄以外への記入およびマークは無効となりますので注意してください。
4. 解答は、HBの鉛筆またはシャープペンシルを使用し、訂正する場合は、プラスチック製の消しゴムを使用してください。特に、マーク解答用紙には鉛筆のあとや消しくずを残さないでください。
5. 解答用紙を折り曲げたり、汚したりしないでください。また、マーク解答用紙を記述解答用紙の下敷きに使用しないでください。
6. 解答用紙には、必ず受験番号と氏名を記入およびマークしてください。
7. マーク解答用紙への受験番号の記入およびマークは、コンピュータ処理上非常に重要なので、誤記のないよう特に注意してください。



問題 I の解答は、マーク解答用紙の指定された欄にマークしなさい。問題 II, III, IV の解答は、記述解答用紙の解答欄に書きなさい。必要な場合は、次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Al = 27.0,

K = 39.1, I = 126.9

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

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

I 以下の問い(1)~(10)の解答は、それぞれの解答群のどれに該当するか。番号を選んでマークしなさい。(40点)

- (1) 水、エタノール、酢酸エチル、酢酸の蒸気圧を表す図1を見ると、外圧が40 kPaのとき、4つの物質のうち3つに対し、沸点の高いものから順に並べると (a) の順であることがわかる。外圧を (b) kPa に保ちながら十分ゆっくと酢酸エチルの温度を室温から高くしていくと、70℃付近で沸騰した。一方、水の温度を90℃に保ちながら外圧を大気圧から十分ゆっくと下げていくと、(c) kPaで沸騰した。空欄(a)~(c)にあてはまる正しい組み合わせを以下の解答群より1つ選びなさい。ただし、 $A > B$ はAの沸点がBの沸点よりも高いことを表す。

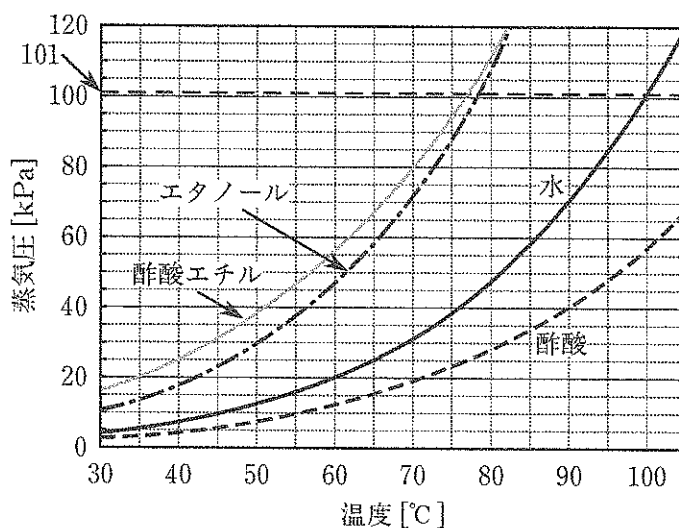


図1 液体の蒸気圧曲線

[解答群]

	(a)	(b)	(c)
①	酢酸エチル > エタノール > 酢酸	80	70
②	酢酸エチル > エタノール > 水	101	90
③	エタノール > 水 > 酢酸	80	90
④	水 > エタノール > 酢酸エチル	101	70
⑤	酢酸 > エタノール > 酢酸エチル	80	90
⑥	酢酸 > 水 > エタノール	80	70
⑦	酢酸エチル > 水 > 酢酸	101	90
⑧	酢酸 > 水 > 酢酸エチル	101	70

(2) コロイドに関する次の記述(a)~(c)のうち、正しい組み合わせはどれか。該当するものを、以下の解答群から1つ選びなさい。

- (a) 流動性のあるコロイドをゲル、流動性のないコロイドをゾルという。
- (b) セッケンの分子をある濃度以上水に溶かすと、ミセルを形成してコロイド粒子をつくる。このとき、セッケンの分子は、カルボキシ基を水側に向けている。
- (c) 少量の電解質を加えても沈殿しないコロイドを親水コロイドという。また少量の電解質を加えると沈殿を生じるコロイドを疎水コロイドという。

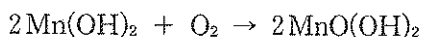
[解答群]

	(a)	(b)	(c)
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

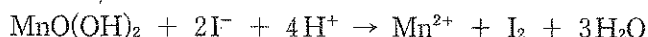
- (3) 河川などの水中に溶けている酸素は溶存酸素と呼ばれ、その量は滴定法により測定することができる。まず溶存酸素量を測定したい水に、硫酸マンガン(II)水溶液と過剰量の KI を含む NaOH 水溶液を適量加えて混合する。すると  $Mn^{2+}$  イオンは溶液中で



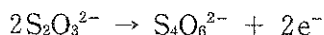
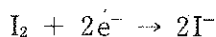
となるが、溶存酸素により酸化されて、



となる。次に、硫酸を加えて酸性にすると、 $MnO(OH)_2$  は過剰量加えられている  $I^{-}$  イオンと以下のように反応する。



最後に、生成した  $I_2$  をチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定する。滴定の終点には、ヨウ素と  の反応による色の変化を利用する。ヨウ素とチオ硫酸イオンの反応は電子を用いたイオン反応式でそれぞれ



のように書けることを考慮すると、すべての溶存酸素を滴定するために必要なチオ硫酸ナトリウムの物質量は、溶存酸素の物質量の  倍である。ただし、ここでは、三ヨウ化物イオン ( $I_3^{-}$ ) の生成は考えなくてよい。空欄(a), (b)にあてはまる正しい語句および数字の組み合わせはどれか。以下の解答群から1つ選びなさい。

[解答群]

	(a)	(b)
①	さらし粉	4
②	でんぷん	4
③	さらし粉	2
④	でんぷん	2
⑤	さらし粉	0.5
⑥	でんぷん	0.5
⑦	さらし粉	0.25
⑧	でんぷん	0.25

(4) 次の記述(a)~(c)のうち、正しい組み合わせはどれか。該当するものを、以下の解答群から1つ選びなさい。

(a) 塩酸は強酸であるので、pHが5の塩酸に水を加えて1000倍に薄めると、pHが3上昇して8となる。

(b) 0.1 mol/L 酢酸水溶液に水を加えて4倍に希釈すると、水素イオン濃度は2倍となる。

(c) 同じモル濃度の異なる一価の弱酸水溶液のpHを比較すると、電離定数が大きい弱酸水溶液のpHのほうが小さい。

[解答群]

	(a)	(b)	(c)
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

- (5) アルミニウムの単体は、ボーキサイトを精製して得られた酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) を、氷晶石 ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) と共に融解塩電解 (溶融塩電解) して製造される。アルミニウム単体を 8.10 kg 得るためには、4.50 A の電流で  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を電気分解すると何秒かかるか。最も近いものを、以下の解答群から1つ選びなさい。

[解答群]

- |                        |                        |                        |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① $1.70 \times 10^3$ 秒 | ② $5.10 \times 10^3$ 秒 | ③ $6.43 \times 10^3$ 秒 |
| ④ $1.93 \times 10^4$ 秒 | ⑤ $1.70 \times 10^6$ 秒 | ⑥ $5.10 \times 10^6$ 秒 |
| ⑦ $6.43 \times 10^6$ 秒 | ⑧ $1.93 \times 10^7$ 秒 |                        |



(6) 6種類の金属の単体A～F (Na, Mg, Cu, Ag, Sn, Auのいずれかとする)がある。Dは常温で水と激しく反応し、Bは熱水と反応した。A, C, E, Fは水とは反応しなかった。A, B, Dは希塩酸に溶解し、水素を発生した。E, Fは共に希塩酸には溶解しないが、硝酸とは反応した。Fは空気中で強熱すると徐々に酸化されたが、EとCは加熱しても空気では酸化されなかった。Cは希塩酸や硝酸とは反応しないが、王水には溶けた。以上の結果から、金属A, B, Fにあてはまる正しい組み合わせを、以下の解答群から1つ選びなさい。

[解答群]

	金属A	金属B	金属F
①	Sn	Mg	Cu
②	Cu	Mg	Sn
③	Sn	Mg	Ag
④	Ag	Mg	Cu
⑤	Sn	Na	Cu
⑥	Cu	Na	Sn
⑦	Sn	Na	Ag
⑧	Ag	Na	Cu

(7) フッ素, 塩素, 臭素, ヨウ素の単体および化合物に関する以下の記述(a)~(c)のうち, 正しい組み合わせはどれか。該当するものを, 以下の解答群から1つ選びなさい。

- (a) 大気圧の下, 25℃でフッ素と塩素は気体であるが, 臭素とヨウ素は固体である。  
(b) 塩化カリウム水溶液に臭素水を加えると, 塩素が生成する。  
(c) ハロゲン化水素の水溶液は, フッ化水素水溶液を除きすべて強酸である。

[解答群]

	(a)	(b)	(c)
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

(8) 硫黄を含む化合物の下記の反応(a)~(c)について、反応前後の硫黄の酸化数の変化を正しく示した組み合わせはどれか。以下の解答群から1つ選びなさい。

- (a) 硫化水素水とヨウ素を反応させると、黄色い粉末が生成した。  
(b) 三酸化硫黄と水が激しく反応し、硫酸を生成した。  
(c) 塩基性条件で Fe(II) を含む水溶液に硫化水素を通じると、黒色の沈殿を生じた。

[解答群]

	(a)	(b)	(c)
①	増える	増える	変化しない
②	増える	増える	減る
③	増える	変化しない	変化しない
④	増える	変化しない	減る
⑤	減る	変化しない	変化しない
⑥	減る	変化しない	減る
⑦	減る	増える	変化しない
⑧	減る	増える	減る

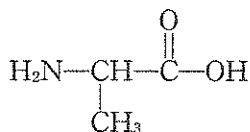
- (9) 油脂 1 g を完全にけん化するのに必要な KOH の質量をミリグラム (mg) 単位で表した数値をけん化価という。また、油脂 100 g 中に含まれる C=C 結合に付加する I<sub>2</sub> の質量をグラム (g) 単位で表した数値をヨウ素価という。構成脂肪酸としてリノレン酸 C<sub>17</sub>H<sub>29</sub>COOH (分子量 278) のみを含む油脂 (分子量 872) のけん化価は  , ヨウ素価は  となる。空欄(a), (b)に最も近い数値の組み合わせはどれか。以下の解答群から 1 つ選びなさい。

[解答群]

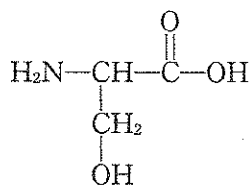
	(a)	(b)
①	64	87
②	64	174
③	64	262
④	128	87
⑤	128	262
⑥	193	87
⑦	193	161
⑧	193	262

(10) アミノ酸の水溶液中に含まれるアミノ酸の陽イオン、陰イオン、双性イオンの電荷の総和が0になるpHを等電点という。次のアミノ酸(a)~(d)のうち3つを等電点の高い順に正しく並べているのはどれか。以下の解答群から1つ選びなさい。ただし、(a) > (b)は、(b)にくらべて(a)の等電点が高いことを表す。

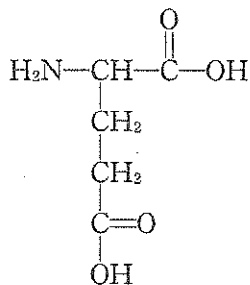
(a) アラニン



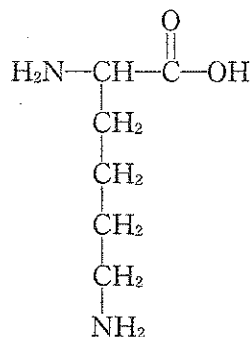
(b) セリン



(c) グルタミン酸



(d) リシン



[解答群]

- ① (a) > (c) > (b)
- ② (a) > (d) > (b)
- ③ (b) > (c) > (a)
- ④ (b) > (d) > (a)
- ⑤ (c) > (b) > (d)
- ⑥ (c) > (d) > (b)
- ⑦ (d) > (b) > (c)
- ⑧ (d) > (c) > (b)

II 次の文章は、化学反応や物質の状態変化の過程で発生する熱量に関する先生と生徒の会話である。文章を読み、以下の問い(1)~(4)に答えなさい。ただし、会話に出てくる水およびすべての水溶液の比熱(比熱容量)は $4.2\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、密度を $1.0\text{ g}/\text{cm}^3$ とする。また、容器内の気体の比熱は無視してよい。計算結果は有効数字2桁で答えなさい。(20点)

先生：「化学反応や物質の状態変化の過程で、熱が発生することがあります。」

生徒：「例えば、どういうものがありますか。」

先生：「ガスコンロでは、可燃性気体であるプロパンが完全燃焼して発生する熱が調理に使われます。」

生徒：「なるほど。」

先生：「このようにして発生する熱のことを燃焼熱といいます。燃焼は、熱を発生する分かりやすい化学的な変化ですが、ほとんどの化学的な変化の過程で、熱の発生、あるいは逆に熱の吸収が起こります。燃焼の他に、物質を液体に溶かすだけでも、そのような熱の出入りがあるのですよ。」

生徒：「そうなのですか。」

先生：「今日は、そのような化学反応や物質の状態変化において熱の発生を調べる実験をしてみましょう。」

生徒：「どのようにすればよいですか。」

先生：「図1のように、熱を通しにくい発泡ポリスチレンで囲った薄いガラス容器を準備しました。そこに温度計を入れて、水溶液の温度変化を測定するのです。」

生徒：「どんな実験を行うのですか。」

先生：「水 $12\text{ g}$ に水酸化ナトリウム $0.50\text{ g}$ を溶かしてみましょう。水酸化ナトリウムはすべて溶けましたね。この過程での液温の時間変化は図2のようになりました。」

生徒：「物質を水に溶かすだけで、温度が上がるのですね。これは、熱を発生しているということですね。」

先生：「その通りです。もう少し定量的に考えてみましょう。この温度の変化から、水酸化ナトリウムの溶解熱を求めることができます。」

生徒：「具体的にどうするのでしょうか。」

先生：「まず、溶解させることで温度が何度上がったのかを読み取ります。水酸化

ナトリウムが溶解したことによる温度変化を知る必要があります。そこで、  
図2のように温度が下がっていく直線部分を時間をさかのぼって延長して、す  
べての水酸化ナトリウムを水に入れた瞬間に溶解した時の温度を見積ります。」

生徒：「なるほど。ここでは  $31.5^{\circ}\text{C}$  になりますね。」

先生：「その通りです。この温度を使って、発生した熱量を計算するとどうなりま  
すか。ただし、ここでは温度計や容器の温度を  $1^{\circ}\text{C}$  上げるために必要な熱量  
(熱容量) は無視することにしましょう。」

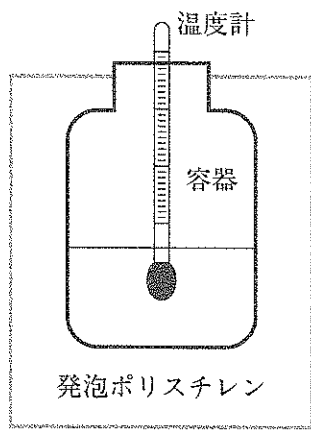


図1 発泡ポリスチレンで囲った容器

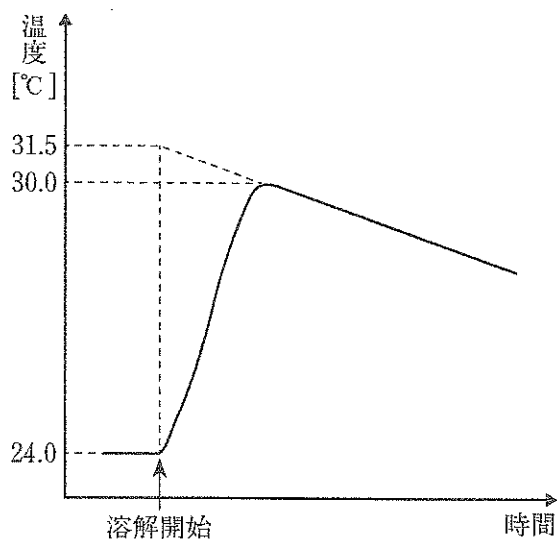


図2 水に水酸化ナトリウムを溶解した時の液温の時間変化

生徒：「 J になります。」

先生：「その通りです。それでは、使用した水酸化ナトリウムの物質質量から考えると、1 mol あたりの溶解熱は、いくつになりますか。」

生徒：「 kJ/mol になります。」

先生：「そうですね。次に、中和反応の反応熱を調べてみましょう。まず、先ほど用いた容器を洗い、空の容器の中に濃度 1.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 10 mL を入れます。そこに濃度 1.0 mol/L の塩酸 10 mL を加えて温度の変化を調べます。」

生徒：「温度の上昇分を先ほどのやり方で同様に見積もると、5.4℃上昇したことになります。」

先生：「慣れてきましたね。それでは、溶液の量と反応した物質質量をもとに計算すると、中和熱はいくつになりますか。」

生徒：「 kJ/mol になりました。」

先生：「そうですね。しかし、実はあなたに計算してもらった溶解熱や中和熱は、本来の溶解熱や中和熱より低い値になっています。」

生徒：「温度計や容器の熱容量を無視した分ですね。」

先生：「そうです。その分の影響を調べるために、こんな実験をしてみましょう。先ほど用いた容器を洗って、空の容器の中に水 10 mL を入れて、24℃になっていることを確認します。そこに、44℃のお湯 10 mL を加えてみましょう。何℃になるでしょう。」

生徒：「中間の 34℃ですか。」

先生：「実験してみましょう。」

生徒：「温度変化を測定して、先ほどと同じように温度を見積もると、32℃になりました。温度計と容器の温度を上げるのに熱が奪われているので、予想より低い温度になるのですね。」

先生：「その通りです。」

先生：「それでは、温度計と容器の温度を上げるのに必要な熱も考慮して、中和熱を求めてください。」

生徒：「温度計と容器の温度を 1.0℃上げるのに必要な熱量が  J なので、



中和熱は  kJ/mol になりました。」

先生：「その通り。今度は、本来の中和熱の値に近づきましたね。」

#### 問い

- (1) 下線部(ア)の化学反応式を書きなさい。
- (2) 空欄(a), (b)にあてはまる数値を答えなさい。
- (3) 空欄(c)にあてはまる数値を答えなさい。
- (4) 空欄(d), (e)にあてはまる数値を答えなさい。

Ⅲ 酸素は、工業的にも生命活動の維持においても不可欠な元素である。酸素に関する以下の問い(1)～(5)に答えなさい。(20点)

問い

- (1) 空気には酸素 ( $O_2$ ) が含まれる。乾燥空気の体積百分率が窒素 80.0%、酸素 20.0%のとき、標準状態での空気の密度を有効数字 3 桁で求めなさい。
- (2) 工業的に  $O_2$  は、空気の圧縮と膨張を繰り返しながら冷却して得られる液体空気から、酸素と窒素の沸点の差を利用した  により製造される。空欄(a)に入る適切な語句を答えなさい。
- (3) 実験室で  $O_2$  は、塩素酸カリウムに酸化マンガン(IV)を触媒として加え加熱すると得られる。この酸素生成反応の化学反応式を書きなさい。
- (4) 酸素の単体には  $O_2$  のほか、 $O_2$  の  であるオゾンがある。オゾンは  $O_2$  に強い紫外線をあてるか、 $O_2$  中で放電を行うと生成する。空欄(b)に入る最も適切な語句を答えなさい。
- (5) 標準状態で、5.00 L の  $O_2$  中で放電を行ったところオゾンが一部生成し、全体の体積が 10.0%減少した。このときに生成したオゾンの物質量を有効数字 3 桁で求めなさい。ただし、すべての気体を理想気体とし、標準状態での値を求めなさい。

IV 次の文章を読み、以下の問い(1)~(5)に答えなさい。有機化合物の構造式は図1の例にならって書き、不斉炭素原子がある場合には不斉炭素原子に\*印を付けなさい。

(20点)

炭素、水素、酸素からなる有機化合物A 14.2 mgを完全に燃焼させると、二酸化炭素 25.3 mgと水 10.4 mgが生成した。化合物Aの分子量は、凝固点降下の実験により 72~76の間であることが判明した。化合物Aはヨードホルム反応を示し、不斉炭素原子を一つ持つ鎖状(鎖式)化合物である。化合物Aにアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて60℃に保ったのち、硫酸を加えて酸性にすると有機化合物Bが生成した。また、化合物Aを還元すると2価アルコールである有機化合物Cが生じた。化合物Cを酸化するとそれぞれヒドロキシ基を持つ隣接炭素間の結合が開裂して、カルボニル基を持つ有機化合物Dとホルムアルデヒドが生成した。

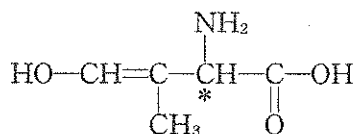


図1 構造式の例

問い

- (1) 化合物Aの分子式を書きなさい。
- (2) 化合物Aの構造式を書きなさい。
- (3) 化合物Bの構造式を書きなさい。
- (4) 化合物Cの構造式を書きなさい。
- (5) 化合物Dの構造式を書きなさい。

