

理 科

理科は **物 理** **化 学** **生 物** のうち2科目を選択受験のこと。

物 理 ……1頁 **化 学** ……18頁 **生 物** ……31頁

問題 **I** はマークシート方式、**II** は記述式である。

I の解答はマークシートに、**II** の解答は解答用紙に記入すること。

〔注 意 事 項〕

- 1. 監督者の指示があるまでは、この問題冊子を開かないこと。
- 2. マークシートは、コンピュータで処理するので、折り曲げたり汚したりしないこと。
- 3. マークシートに、氏名・受験番号を記入し、科目選択・受験番号をマークする。マークがない場合や誤って記入した場合の答案は無効となる。

受験番号のマーク例(13015の場合)

受 験 番 号				
1	3	0	1	5
万位	千位	百位	十位	一位
☐	☐	☒	☐	☐
☒	☐	☐	☒	☐
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☒	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☒
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐

- 4. マークシートにマークするときは、HB または B の黒鉛筆を用いること。誤ってマークした場合には、消しゴムで丁寧^{ていねい}に消し、消し^{ていねい}くずを完全に取り除いたうえで、新たにマークし直すこと。
- 5. 下記の例に従い、正しくマークすること。
(例えば3と答えたいとき)

正しいマーク例

☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐
-----------------------	-----------------------	----------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

誤ったマーク例

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	マークが薄い
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	マークが不完全
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	マークが○印
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	マークがV印

- 6. 各科目とも基本的に正解は一つであるが、科目によっては二つ以上解答を求めている場合があるので設問をよく読み解答すること。
- 7. 解答は所定の位置に記入すること。



化 学

必要なら、原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$, $Na = 23$, アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$, 気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$, $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 5 = 0.70$, $\log_{10} 7 = 0.85$, $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\sqrt{7} = 2.65$ を用いなさい。すべての気体は理想気体として扱うものとする。

I 以下の問題(第1問～第3問)の答えをマークシートに記しなさい。

第1問 次の各問いに答えなさい。〔解答番号 1 ～ 10 〕

問1 (i)～(ix)の化合物に関する次の問い(a)～(c)に答えなさい。

- | | | |
|----------------------|-------------------------|------------------------|
| (i) HF | (ii) NH ₃ | (iii) H ₂ O |
| (iv) CH ₄ | (v) N ₂ | (vi) H ₂ S |
| (vii) HCN | (viii) CCl ₄ | (ix) O ₂ |

(a) 非共有電子対の数が共有電子対の数より多い分子はいくつあるか。正しい数を①～⑨の中から一つ選びなさい。 1

- | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 | ⑥ 6 |
| ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | | | |

(b) 三角錐形の分子と正四面体形の分子はそれぞれいくつあるか。正しい組み合わせを①～⑨の中から一つ選びなさい。 2

	三角錐形	正四面体形		三角錐形	正四面体形		三角錐形	正四面体形
①	1	1	④	2	1	⑦	3	1
②	1	2	⑤	2	2	⑧	3	2
③	1	3	⑥	2	3	⑨	3	3

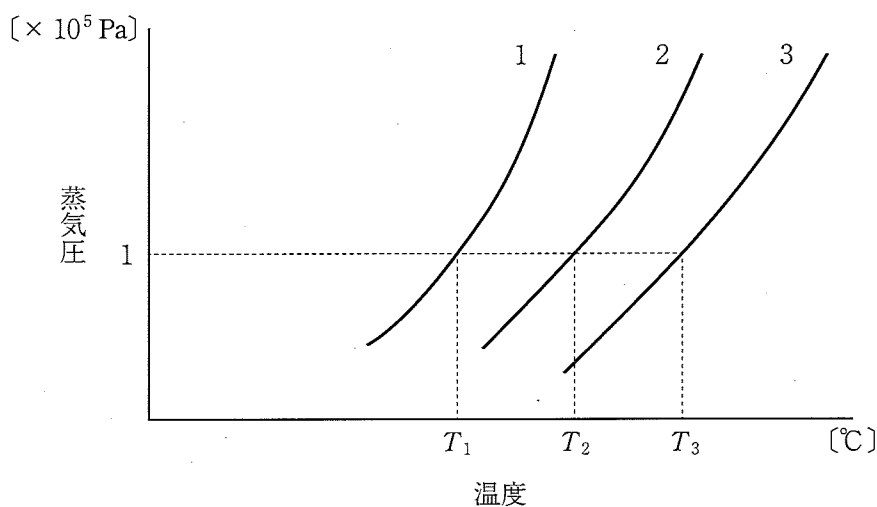
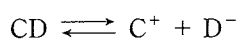
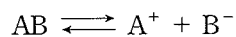
(c) 極性分子はいくつあるか。正しい数を①～⑨の中から一つ選びなさい。 3

- | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 | ⑥ 6 |
| ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | | | |

問 2 分子量 120 の物質 A(無水物) X g を水 100 g に溶かすと、A の質量モル濃度は 2.0 mol/kg である。A の十水和物 X g を水 100 g に溶かしたとすると、A の質量モル濃度は何 mol/kg となるか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 4 mol/kg

- ① 0.50 ② 0.60 ③ 0.70 ④ 0.80 ⑤ 0.90 ⑥ 1.0

問 3 溶液 I は 1 kg の溶媒 X に 0.18 mol の溶質 AB を溶かした溶液、溶液 II は 1 kg の溶媒 X に 0.10 mol の溶質 CD を溶かした溶液である。下図は溶液 I、溶液 II および溶媒 X の蒸気圧と温度の関係を示したグラフの概形である。溶質はいずれも溶媒 X 中で以下のように電離し、溶質 AB の電離度は 0.5、溶質 CD の電離度は 0.8 である。次の問い(a), (b)に答えなさい。ただし、すべての溶液は希薄溶液とする。



- (a) 溶液Ⅰ，溶液Ⅱ，溶媒Ⅹは図中のどの曲線に対応するか。正しい組み合わせを①～⑥の中から一つ選びなさい。 5

	溶液Ⅰ	溶液Ⅱ	溶媒Ⅹ
①	1	2	3
②	1	3	2
③	2	1	3
④	2	3	1
⑤	3	1	2
⑥	3	2	1

- (b) 図中の温度 T_3 が T_1 より 0.09°C だけ高いとき， T_2 は T_3 より何 $^\circ\text{C}$ 低いか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 6 $^\circ\text{C}$
- ① 0.02 ② 0.03 ③ 0.04 ④ 0.05 ⑤ 0.06 ⑥ 0.07

問 4 水素の同位体には質量数が2の重水素(D)がある。pHと同様に D_2O の重水素イオン指数 $\text{pD} = -\log_{10}[\text{D}^+]$ を定義することができる。次の問い(a)，(b)に答えなさい。ただし， D_2O のイオン積は $1.6 \times 10^{-15} (\text{mol/L})^2$ であり，温度は 25°C で，同位体相互の化学的性質は等しいとする。

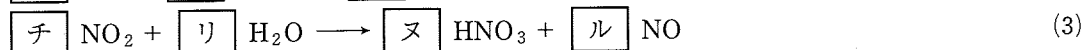
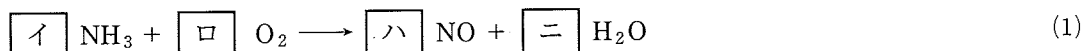
- (a) D_2O の pD はいくつか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 7
- ① 6.4 ② 7.0 ③ 7.4 ④ 7.7 ⑤ 8.4 ⑥ 8.6

- (b) D_2O に $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ の NaOD を溶かして 1.0 L としたとき，pD はいくつか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし，NaOD の電離度は1.0とする。

8

- ① 10.0 ② 11.0 ③ 11.4 ④ 12.0 ⑤ 12.8 ⑥ 13.4

問 5 オストワルト法は以下(1)～(3)の反応式からなる。次の問い(a), (b)に答えなさい。



(a) オストワルト法に関する次の記述のうち、誤っているものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 9

- ① 反応式(1)の各係数 イ ～ ニ の合計は 19 である。
- ② 反応式(1)の反応では白金などの触媒を用いる。
- ③ 反応式(3)の窒素原子は反応が右へ進むとすべて酸化数が減る。
- ④ 反応式(3)の反応で生成する硝酸と一酸化窒素の物質量の比は 2 : 1 である。
- ⑤ 反応式(3)の反応で生成する一酸化窒素は反応式(2)の反応で再利用される。
- ⑥ 二酸化窒素は水に溶けやすい。

(b) オストワルト法を用いて質量パーセント濃度 60.0 % の濃硝酸(密度 1.40 g/cm^3)を 300 mL 得るために必要なアンモニアの体積は標準状態で何 L か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし各反応は完全に進むものとする。 10 L

- ① 44.8
- ② 59.7
- ③ 67.2
- ④ 89.6
- ⑤ 134
- ⑥ 179

第2問 揮発性の物質 A と B の 2 成分からなる混合溶液に関して次の各問いに答えなさい。

〔解答番号

1

 ～

8

 〕

揮発性物質 A の大気圧 ($1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$) での沸点は 47.0°C であり、揮発性物質 B の大気圧での沸点は 98.0°C である。 $40^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ の温度域では、純粋な A の蒸気圧 (P_A) および純粋な B の蒸気圧 (P_B) は次に示す関係式が成立する。

$$P_B = 0.50 \times P_A$$

A と B は体積可変の密閉容器に他の物質が混入しないよう充填させており、気液平衡の状態とする。混合溶液は理想的な溶液でラウールの法則 (混合溶液の各成分の蒸気圧はそれぞれの純粋な液体の蒸気圧と混合溶液中のモル分率の積で表される) に従うものとし、混合蒸気は理想気体で、ドルトンの分圧の法則が成立する。混合溶液の全蒸気圧 ($P_{\text{全}}$) は次式のように表すことができる。

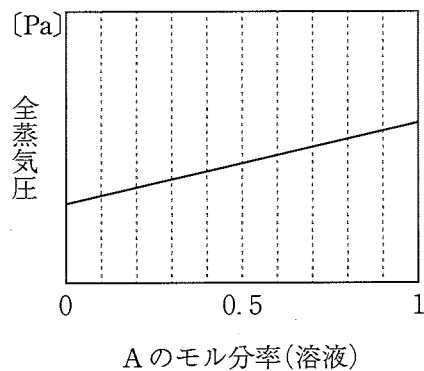
$$P_{\text{全}} = \text{混合溶液中の A のモル分率} \times P_A + \text{混合溶液中の B のモル分率} \times P_B$$

また、A と B は反応しないものとし、すべての問いの温度域は $40^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ である。

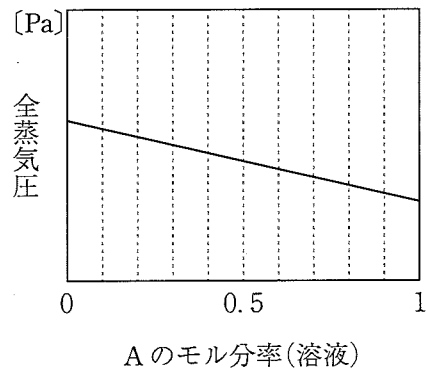
問 1 ある温度での混合溶液において、溶液中の A のモル分率 ($0 \leq A \text{ のモル分率} \leq 1$) と全蒸気圧 ($P_{\text{全}}$) の関係を示したグラフの概形はどれか。最も適切なものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

1

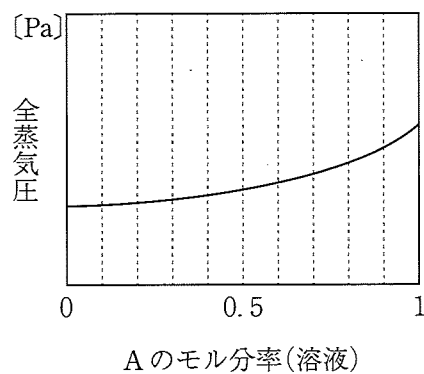
①



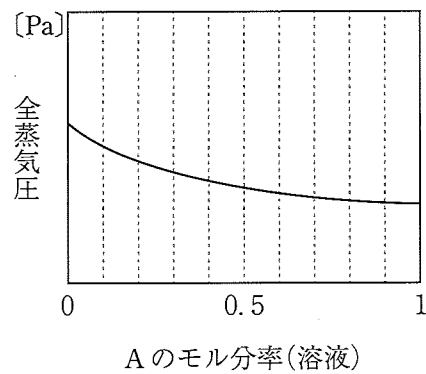
②



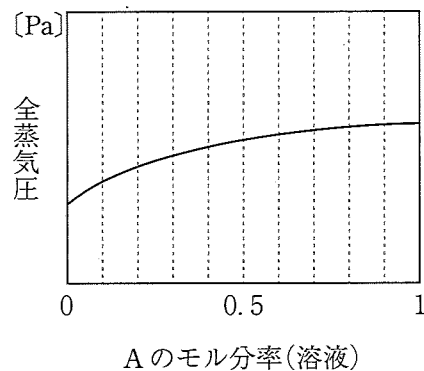
③



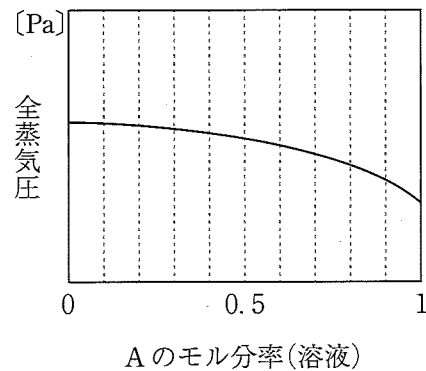
④



⑤

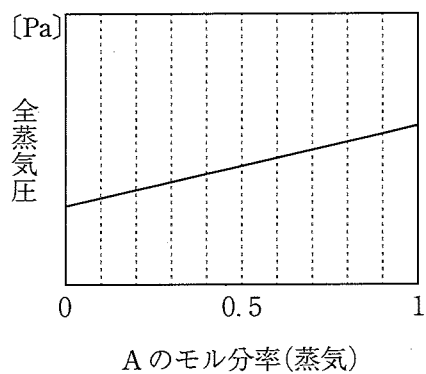


⑥

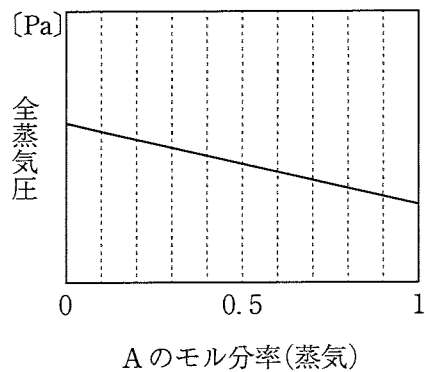


問 2 ある温度での混合溶液において、蒸気中の A のモル分率 ($0 \leq A \text{ のモル分率} \leq 1$) と全蒸気圧 ($P_{\text{全}}$) の関係を示したグラフの概形はどれか。最も適切なものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 2

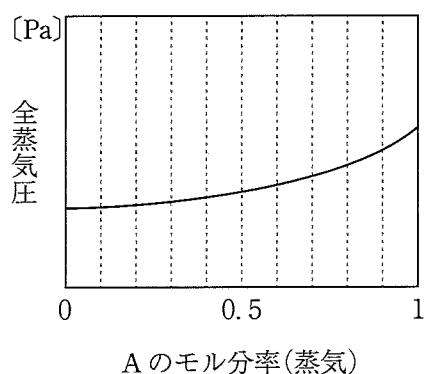
①



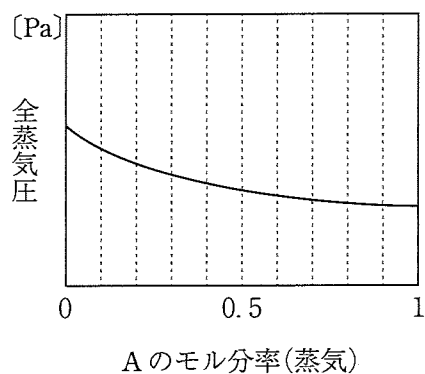
②



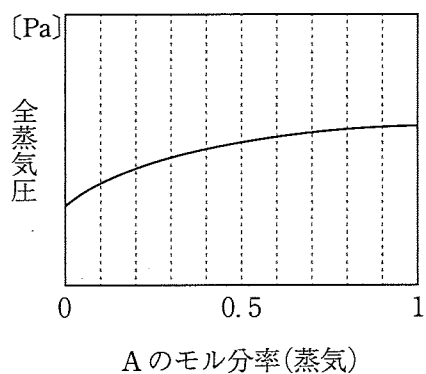
③



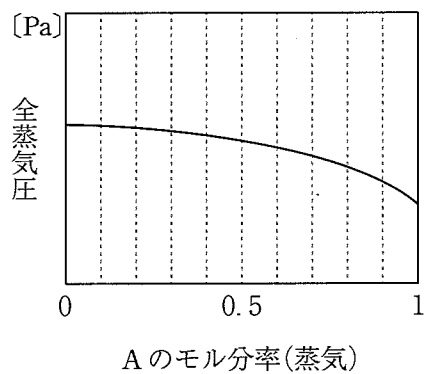
④



⑤



⑥



問 3 A と B を合わせて 9.00 mol の混合溶液を体積可変の密閉容器に充填し、47℃に保った。蒸気部分の体積が 132.8 L になるよう容器を固定して混合溶液を揮発させ、しばらく放置して平衡状態とした。この時の気体の圧力は $8.00 \times 10^4 \text{ Pa}$ であった。次の問い(a)～(c)に答えなさい。

(a) 混合液体中に含まれる A と B の物質質量比(A : B)はいくつになるか。正しいものを①～⑦の中から一つ選びなさい。

- ① 1 : 3 ② 1 : 2 ③ 2 : 3 ④ 1 : 1
⑤ 3 : 2 ⑥ 2 : 1 ⑦ 3 : 1

(b) 混合蒸気中における B の分圧は何 Pa か。最も近い値を①～⑦の中から一つ選びなさい。 $\times 10^4 \text{ Pa}$

- ① 1.00 ② 1.67 ③ 2.00 ④ 2.50
⑤ 3.00 ⑥ 3.33 ⑦ 3.75

(c) 混合蒸気中に含まれる A の物質質量は何 mol か。最も近い値を①～⑦の中から一つ選びなさい。 mol

- ① 1.00 ② 2.00 ③ 2.50 ④ 2.75
⑤ 3.00 ⑥ 3.20 ⑦ 3.50

問 4 問 3 の状態から温度を 57℃に上昇させ、気体部分の体積を 136.95 L になるよう容器を固定し平衡状態にしたところ圧力がちょうど大気圧に等しくなった。次の問い(a), (b)に答えなさい。

(a) 混合溶液中の A のモル分率はいくつか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 0.080 ② 0.27 ③ 0.46 ④ 0.58 ⑤ 0.73 ⑥ 0.92

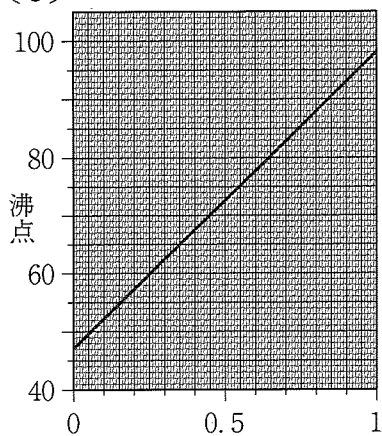
(b) 57℃における純粋な B の蒸気圧(P_B)は何 Pa か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 $\times 10^4 \text{ Pa}$

- ① 3.3 ② 4.3 ③ 5.3 ④ 6.3 ⑤ 7.3 ⑥ 8.3

問 5 混合溶液において、溶液中の A のモル分率 ($0 \leq \text{A のモル分率} \leq 1$) と大気圧における沸点の関係を示したグラフの概形を推測し、最も適切なものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

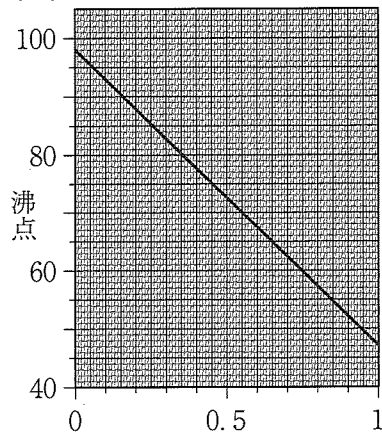
8

① [°C]



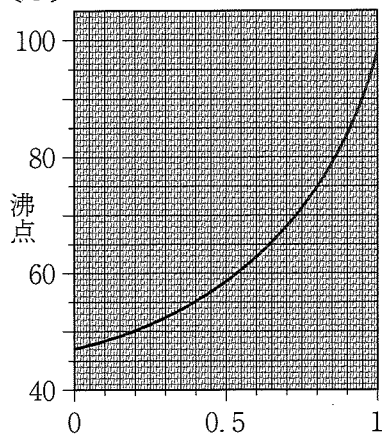
A のモル分率(溶液)

② [°C]



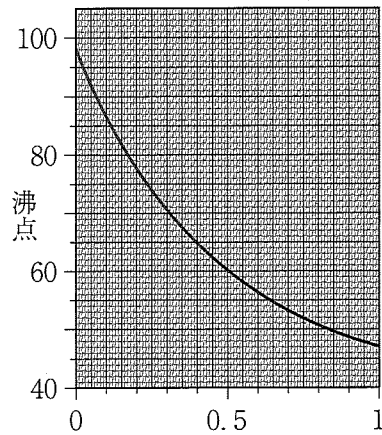
A のモル分率(溶液)

③ [°C]



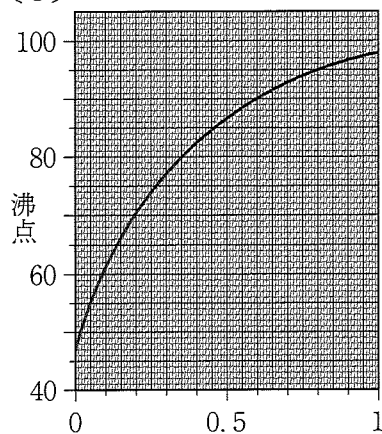
A のモル分率(溶液)

④ [°C]



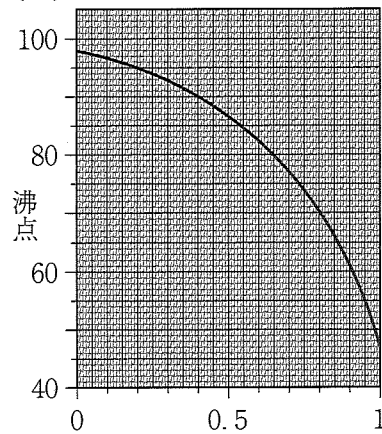
A のモル分率(溶液)

⑤ [°C]



A のモル分率(溶液)

⑥ [°C]



A のモル分率(溶液)

第3問 次の各問いに答えなさい。〔解答番号 1 ～ 9〕

問1 ベンゼン環を持つ炭化水素 A 15.9 mg を完全燃焼させたところ、二酸化炭素が 52.8 mg、水が 13.5 mg 得られた。次の問い(a)～(d)に答えなさい。

(a) A の組成式を①～⑥の中から一つ選びなさい。 1

- | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ① CH_2 | ② C_2H_3 | ③ C_3H_4 |
| ④ C_4H_5 | ⑤ C_5H_6 | ⑥ C_6H_7 |

(b) 3.18 g の A を 227°C 、 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ で気体にしたところ、その体積は 1245 mL であった。A の分子式を①～⑥の中から一つ選びなさい。 2

- | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| ① C_7H_{14} | ② C_8H_{10} | ③ C_8H_{12} |
| ④ C_9H_{12} | ⑤ $\text{C}_{10}\text{H}_{12}$ | ⑥ $\text{C}_{10}\text{H}_{15}$ |

(c) A として考えられる化合物はいくつあるか。正しい数を①～⑥の中から一つ選びなさい。 3

- | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 | ⑥ 6 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

(d) A を濃硫酸と濃硝酸を用いてニトロ化するとニトロ基を1つ持つニトロ化合物は1種類のみが生成する。また A を過マンガン酸カリウム水溶液を用いて適切な条件下で酸化させると化合物 B が得られたとする。B に関する記述として正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 4

- ① B の加熱により水分子が取れて生じる無水物はナフタレンを酸化しても得られる。
- ② B を水素で還元するとアニリンが得られる。
- ③ B とエチレングリコールを縮合重合させて得られる化合物はポリエステルとよばれる合成繊維やペットボトルの材料となる。
- ④ B はベンズアルデヒドを空気中で徐々に酸化することで得られる。
- ⑤ B を濃硝酸と濃硫酸の混合物(混酸)を加えて加熱すると最終的にピクリン酸が生成する。
- ⑥ B は塩化鉄(Ⅲ)水溶液によって赤紫色を呈する。

問 2 次の問い(a), (b)に答えなさい。

(a) 分子式 $C_4H_8O_2$ で表されるすべてのエステルを加水分解してカルボン酸とアルコールを得た。次の問い(i)~(iii)に答えなさい。

(i) 得られたカルボン酸は何種類か。正しい数を①~⑥の中から一つ選びなさい。

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

(ii) 得られたアルコールは何種類か。正しい数を①~⑥の中から一つ選びなさい。

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

(iii) 得られたアルコールのうちヨードホルム反応を示すものはいくつあるか。正しい数を

①~⑥の中から一つ選びなさい。

① 0 ② 1 ③ 2 ④ 3 ⑤ 4 ⑥ 5

(b) 分子式 $C_4H_8O_2$ で表されるエステルのうち2種類のエステル(エステルA, エステルB)を合わせて 352.0 g 用意し, それぞれのエステルを加水分解させたが, 合計 70.4 g のエステルが未反応として残った。加水分解によって得られたアルコールを二クロム酸カリウムの硫酸酸性溶液で酸化したところ, 合計 68.0 g のアルコールが未反応として残った。酸化によって得られたカルボン酸は, 加水分解で得られた2種類のカルボン酸と同じであった。次の問い(i), (ii)に答えなさい。ただし, 加水分解された物質量の割合はエステルの種類によらず同じであり, また酸化された物質量の割合はアルコールの種類によらず同じであるとする。

(i) 加水分解および酸化によって最終的に得られた2種類のカルボン酸の合計が 293.6 g であったとすると, 加水分解によって得られたアルコールの何%が酸化されていたか。

最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 %

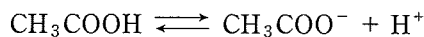
① 10.0 ② 20.0 ③ 30.0 ④ 40.0 ⑤ 50.0 ⑥ 60.0

(ii) 加水分解で得られるアルコールの分子量が大きい方のエステルをAとすると, 初めにAは何gあったか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 g

① 106 ② 132 ③ 176 ④ 220 ⑤ 282 ⑥ 308

Ⅱ 次の各問いの答えを解答用紙に記しなさい。

問 1 酢酸水溶液中では、次の平衡が成立している。



ある温度での、 K_a は酢酸の電離定数、 C [mol/L] は酢酸水溶液の濃度、 α は電離度とする。

次の問い(a)～(c)に答えなさい。必要なら $K_a = 1.96 \times 10^{-5}$ mol/L を用いなさい。

- (a) 電離定数 K_a を、 C と α を用いて書きなさい。
- (b) 酢酸の電離度 α と濃度 C のグラフの概形を描きなさい。
- (c) 0.10 mol/L の酢酸水溶液の pH はいくつか。有効数字 2 桁で求めなさい。ただし、 α は非常に小さい ($1 \gg \alpha$) として計算しなさい。

問 2 濃度未知の酢酸水溶液(溶液 A)の濃度を知るために、【操作 1】～【操作 4】を行った。ただし、文章中に出てくる数値の有効数字は、実験の精度を反映していない。次の問い(a)～(c)に答えなさい。

【操作 1】 1.00 g の水酸化ナトリウム を測りとり、水に溶かして 250 mL とし、水酸化ナトリウム水溶液を調製した。

【操作 2】 1.26 g のシュウ酸二水和物 を測りとり、水に溶かして 100 mL とし、シュウ酸水溶液を調製した。

【操作 3】 【操作 2】で調製した シュウ酸水溶液 10 mL を三角フラスコに測りとり、フェノールフタレインを指示薬として加え、【操作 1】で調製した水酸化ナトリウム水溶液をビュレットから滴下したところ、21.5 mL でビーカー内の溶液が無色から淡赤色に変化した。

【操作 4】 溶液 A 5 mL を測りとり、水で希釈して 100 mL になるように調製した。この調製した 酢酸水溶液 10 mL を三角フラスコに測りとり、フェノールフタレインを指示薬として加え、【操作 1】で調製した水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、21.5 mL でビーカー内の溶液が無色から淡赤色に変化した。

- (a) 下線(イ)～(ホ)のうち、溶液 A の濃度を知るために、できる限り正確に測りとらなければならないものをすべて記号で答えなさい。

- (b) 水酸化ナトリウム水溶液の濃度は、【操作1】から求めた値と、【操作3】から求めた値が異なっていた。濃度が高かったのは【操作1】、【操作3】のどちらか答えなさい。また、その理由を 80 文字以内で書きなさい。
- (c) 溶液 A の質量パーセント濃度は何%か。有効数字 2 桁で求めなさい。ただし、溶液 A の密度は 1.0 g/cm^3 とする。

