

化 学

順天堂大学医学部 2024 年度型 そっくり類題セット

※ これは順天堂大学の入試問題ではありません。
2024 年度の出題形式（大問の数・設問の構成・解答形式）をもとに、
TMPS 医学館が題材や数値・設定を変えて作成したオリジナル問題です。

試験時間の目安：60 分（2 科目 120 分のうち 1 科目分）

大問	ページ	時間配分の目安
第 1 問（小問 5 問・マーク式）	1	15 分
第 2 問（混合溶液の蒸気圧・マーク式）	3	14 分
第 3 問（有機化合物・マーク式）	4	13 分
記述（電離平衡と酸化還元滴定）	6	14 分（見直し 4 分）

注意事項

- 第 1 問～第 3 問は、各問いの選択肢（①～⑥、①～⑦または①～⑨）から正しいものを一つ選ぶ形式（マークシートを想定）。記述は、結果だけでなく考え方や途中の式も書くこと。
- グラフの図は載せていない。グラフを選ぶ問いは、曲線の形を文章で説明してあるので、自分で図を描いて考えること。
- 必要なら、原子量は $H=1.0$, $C=12$, $N=14$, $O=16$, $Na=23$, $S=32$, 気体定数は $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$, $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$ を用いること。すべての気体は理想気体として扱う。
- 解答・解説は、解説ページ（TMPS 医学館の過去問解説図書館）に掲載している。

I 第 1 問（小問 5 問）

次の各問いに答えよ。〔解答番号 1 ～ 10〕

問 1 (i)～(ix) の化合物に関する次の問い (a)～(c) に答えよ。

(i) HCl (ii) PH₃ (iii) CO₂ (iv) SO₂ (v) BF₃ (vi) SiH₄ (vii) CCl₄ (viii) Cl₂ (ix) HCHO

(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から一つ選べ。 1

① 1 ② 2 ③ 3

④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9

(b) 平面三角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から一つ選べ。(組み合わせは(平面三角形の数、正四面体形の数)の順に、①(1,1)、②(1,2)、③(1,3)、④(2,1)、⑤(2,2)、⑥(2,3)、⑦(3,1)、⑧(3,2)、⑨(3,3)) 2

(c) 極性分子はいくつあるか。正しい数を①～⑨から一つ選べ。 3

① 1 ② 2 ③ 3

④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9

問2 分子量160の物質A(無水物) X g を水200 g に溶かすと、Aの質量モル濃度は1.5 mol/kgであった。Aの五水和物 X g を水200 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から一つ選べ。ただし $H_2O = 18$ とする。 4 mol/kg

① 0.60 ② 0.70 ③ 0.80

④ 0.90 ⑤ 1.0 ⑥ 1.1

問3 溶液Ⅰは1 kgの溶媒Yに0.20 molの溶質PQを溶かした溶液、溶液Ⅱは1 kgの溶媒Yに0.12 molの溶質RSを溶かした溶液である。下図(ここでは文章で説明する)は、溶液Ⅰ・溶液Ⅱおよび溶媒Yの蒸気圧と温度の関係を示したグラフの概形で、3本の曲線が右から順に2、1、3と番号づけられている。溶質はいずれも溶媒Y中で $PQ \rightleftharpoons P^+ + Q^-$ 、 $RS \rightleftharpoons R^+ + S^-$ のように電離し、PQの電離度は0.40、RSの電離度は0.75である。すべての溶液は希薄溶液とする。次の問い(a)、(b)に答えよ。

(a) 溶液Ⅰ、溶液Ⅱ、溶媒Y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から一つ選べ。(組み合わせは(溶液Ⅰ、溶液Ⅱ、溶媒Y)の順に、①(1,2,3)、②(1,3,2)、③(2,1,3)、④(2,3,1)、⑤(3,1,2)、⑥(3,2,1)) 5

(b) 溶液Ⅱの沸点が溶媒Yの沸点より 0.084 °C だけ高いとき、溶液Ⅰの沸点は溶液Ⅱの沸点より何°C高いか。最も近い値を①～⑥から一つ選べ。 6 °C

① 0.01 ② 0.02 ③ 0.03

④ 0.04 ⑤ 0.05 ⑥ 0.06

問4 水のイオン積は温度で変わり、60°Cでは $K_w = 9.6 \times 10^{-14}$ (mol/L)² である。次の問い(a)、(b)に答えよ。必要なら $\log_{10} 2 = 0.30$ 、 $\log_{10} 3 = 0.48$ を用いよ。

(a) 60°Cの純水のpHはいくつか。最も近い値を①～⑥から一つ選べ。 7

① 6.1 ② 6.5 ③ 7.0

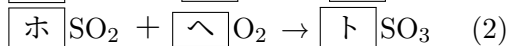
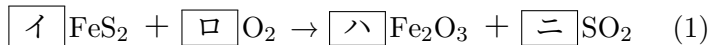
④ 7.5 ⑤ 8.0 ⑥ 8.5

(b) 60°Cで、0.020 mol/L の水酸化バリウム水溶液のpHはいくつか。最も近い値を①～⑥から

一つ選べ。ただし $\text{Ba}(\text{OH})_2$ の電離度は 1.0 とする。 [8]

- ① 10.0 ② 10.6 ③ 11.0
④ 11.6 ⑤ 12.0 ⑥ 12.6

問5 接触法による硫酸の製造は、次の (1)～(2) の反応式を含む。次の問い (a), (b) に答えよ。



(a) 接触法に関する次の記述のうち、誤っているものを①～⑥から一つ選べ。 [9]

- ① 反応式 (1) の係数 $\boxed{\text{イ}} \sim \boxed{\text{ニ}}$ の合計は 25 である。
② 反応式 (2) の反応では酸化バナジウム (V) などの触媒を用いる。
③ 反応式 (1) で、鉄原子の酸化数は +2 から +3 に増える。
④ 反応式 (2) で、硫黄原子の酸化数は +4 から +6 に増える。
⑤ 三酸化硫黄は、水に直接吸収させて硫酸をつくる。
⑥ 二酸化硫黄は漂白作用をもつ。

(b) 接触法で、質量パーセント濃度 98.0% の濃硫酸を、純度 75.0% の黄鉄鉱 FeS_2 2.00 kg から、各反応が完全に進むものとして作った。得られる濃硫酸の質量は何 kg か。最も近い値を①～⑥から一つ選べ。ただし $\text{FeS}_2 = 120$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4 = 98$ とし、(1)・(2) に続く反応で SO_3 はすべて H_2SO_4 になるものとする。 [10] kg

- ① 1.00 ② 1.50 ③ 2.00
④ 2.50 ⑤ 3.00 ⑥ 3.50

I 第2問 (混合溶液の蒸気圧)

揮発性の物質 C と D の 2 成分からなる混合溶液に関して次の各問いに答えよ。〔解答番号 $\boxed{1} \sim \boxed{8}$ 〕 揮発性物質 C の大気圧 ($1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$) での沸点は 60.0°C 、揮発性物質 D の大気圧での沸点は 90.0°C である。 $50^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ の温度域では、純粋な C の蒸気圧 P_C と純粋な D の蒸気圧 P_D の間に $P_D = 0.25 \times P_C$ が成立する。C と D 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。混合溶液は理想溶液 (各成分の蒸気圧は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) で、混合蒸気は理想気体、ドルトンの分圧の法則が成り立つ。混合溶液の全蒸気圧 $P_{\text{全}}$ は「C のモル分率 $\times P_C$ + D のモル分率 $\times P_D$ 」と表せる。C と D は反応せず、すべての問いの温度域は $50^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ とする。気体定数は $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ 、絶対温度は $T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273$ とする。

問1 ある温度での混合溶液において、溶液中の C のモル分率 (0 以上 1 以下) を横軸、全蒸気圧 $P_{\text{全}}$ を縦軸にとったグラフの形として最も適切なものを①～⑥から一つ選べ。 [1]

- ① 右上がりの直線 ② 右下がりの直線
③ 右上がり で下に凸の曲線 ④ 右下がり で下に凸の曲線
⑤ 右上がり で上に凸の曲線 ⑥ 右下がり で上に凸の曲線

問2 ある温度での混合溶液において、溶液中の C のモル分率 x を横軸、蒸気中の C のモル分率 y を縦軸にとったグラフの形として最も適切なものを①～⑥から一つ選べ。 [2]

- ① 傾き 1 の直線 $y = x$

- ② $y > x$ で上に凸の曲線 (0と1以外)
- ③ $y < x$ で上に凸の曲線 (0と1以外)
- ④ $y > x$ で下に凸の曲線 (0と1以外)
- ⑤ $y < x$ で下に凸の曲線 (0と1以外)
- ⑥ $y > x$ の領域から $y < x$ の領域へ移るS字形の曲線

問3 CとDを合わせて7.00 molの混合溶液を体積可変の密閉容器に充填し、60°Cに保った。蒸気部分の体積が138.2 Lになるように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 5.50×10^4 Paであった。次の問い(a)~(c)に答えよ。

(a) 混合液体中に含まれるCとDの物質質量比 (C:D) はいくつになるか。正しいものを①~⑦から一つ選べ。 3

- 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Dの分圧は何 Pa か。最も近い値を①~⑦から一つ選べ。 4 $\times 10^4$ Pa

- ① 0.50 ② 0.75 ③ 1.00 ④ 1.25
- ⑤ 1.50 ⑥ 1.75 ⑦ 2.00

(c) 混合蒸気中に含まれるCの物質質量は何 mol か。最も近い値を①~⑦から一つ選べ。 5 mol

- ① 0.50 ② 1.00 ③ 1.50 ④ 2.00
- ⑤ 2.50 ⑥ 3.00 ⑦ 3.50

問4 問3の状態から温度を75°Cに上昇させ、気体部分の体積が86.65 Lになるように容器を固定し、平衡状態にしたところ、圧力がちょうど大気圧 (1.00×10^5 Pa) に等しくなった。次の問い(a), (b)に答えよ。

(a) 混合溶液中のCのモル分率はいくつか。最も近い値を①~⑥から一つ選べ。 6

- ① 0.080 ② 0.21 ③ 0.28
- ④ 0.39 ⑤ 0.54 ⑥ 0.71

(b) 75°Cにおける純粋なDの蒸気圧 P_D は何 Pa か。最も近い値を①~⑥から一つ選べ。 7 $\times 10^4$ Pa

- ① 2.6 ② 3.3 ③ 3.9
- ④ 4.6 ⑤ 5.3 ⑥ 6.0

問5 混合溶液において、溶液中のCのモル分率 (0以上1以下) を横軸、大気圧における沸点を縦軸にとったグラフの形を推測し、最も適切なものを①~⑥から一つ選べ。(端点は、 $x = 0$ で90°C、 $x = 1$ で60°C。①~⑥はそれぞれ曲線の傾向を表す) 8

- ① 右上がりの直線 ② 右下がりの直線
- ③ 右上がり で下に凸の曲線 ④ 右下がり で下に凸の曲線
- ⑤ 右上がり で上に凸の曲線 ⑥ 右下がり で上に凸の曲線

I 第3問 (有機化合物)

次の各問いに答えよ。〔解答番号 1 ~ 9〕

問1 ベンゼン環をもつ炭化水素Aの12.0 mgを完全燃焼させたところ、二酸化炭素が39.6 mg、

水が 10.8 mg 得られた。次の問い (a)～(d) に答えよ。

(a) A の組成式を①～⑥から一つ選べ。 1

- ① CH ② CH₂ ③ C₂H₃
④ C₃H₅ ⑤ C₃H₄ ⑥ C₄H₅

(b) 2.40 g の A を 127°C、 1.00×10^5 Pa で気体にしたところ、その体積は 664 mL であった。A の分子式を①～⑥から一つ選べ。ただし $R = 8.3 \times 10^3$ Pa · L / (K · mol) とする。 2

- ① C₃H₄ ② C₆H₈ ③ C₉H₁₂
④ C₁₂H₁₆ ⑤ C₁₅H₂₀ ⑥ C₁₈H₂₄

(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から一つ選べ。 3

- ① 4 ② 5 ③ 6
④ 7 ⑤ 8 ⑥ 9

(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 つもつニトロ化合物は 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。B に関する記述として正しいものを①～⑥から一つ選べ。 4

- ① B を加熱すると分子内で水がとれて酸無水物が生じる。
② B を水素で還元するとアニリンが得られる。
③ B の 1 mol に炭酸水素ナトリウム水溶液を十分に加えると、二酸化炭素が 3 mol 発生する。
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 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、ペットボトルの材料に使われる。
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) に答えよ。

(a) 分子式 C₅H₁₀O₂ 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) に答えよ。

(i) 得られたカルボン酸は何種類か。正しい数を①～⑥から一つ選べ。 5

- 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から一つ選べ。 6

- ① 4 ② 5 ③ 6
④ 7 ⑤ 8 ⑥ 9

(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から一つ選べ。 7

- ① 0 ② 1 ③ 2
④ 3 ⑤ 4 ⑥ 5

(b) 分子式 C₅H₁₀O₂ のエステルのうち 2 種類 (エステル A、エステル B) を合わせて 408.0 g 用意し、それぞれのエステルを加水分解させたが、合計 102.0 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カルボン酸の一つは酢酸である。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 92.88 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)に答えよ。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283.92 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から一つ選べ。ただし $C = 12$ 、 $H = 1.0$ 、 $O = 16$ とする。 8 %

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から一つ選べ。 9 g

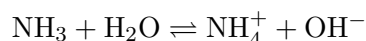
① 82 ② 122 ③ 163

④ 204 ⑤ 245 ⑥ 286

II 記述（電離平衡と酸化還元滴定）

次の各問いの答えを解答用紙に記しなさい。

問1 アンモニア水溶液中では、次の平衡が成立している。



ある温度で、 K_b はアンモニアの電離定数、 C (mol/L) はアンモニア水溶液の濃度、 α は電離度とする。水の濃度は一定とみなす。次の問い(a)～(c)に答えなさい。必要なら $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ mol/L、水のイオン積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol/L)² を用いなさい。

(a) 電離定数 K_b を、 C と α を用いて書きなさい。

(b) アンモニアの電離度 α と濃度 C のグラフの概形を描きなさい。（横軸 C : 0～0.10 mol/L、縦軸 α : 0～1.0）

(c) 0.10 mol/L のアンモニア水溶液の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 濃度未知の過酸化水素水（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】(イ)0.670 gのシュウ酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ （式量134）を測りとり、水に溶かして100 mLとし、シュウ酸ナトリウム水溶液を調製した。

【操作2】(ロ)0.316 gの過マンガン酸カリウム KMnO_4 （式量158）を測りとり、水に溶かして100 mLとし、過マンガン酸カリウム水溶液を調製した。

【操作3】 【操作1】で調製した(ハ)シュウ酸ナトリウム水溶液10.0 mLを三角フラスコに測りとり、硫酸酸性にして温め、【操作2】で調製した過マンガン酸カリウム水溶液をビュレットから滴下したところ、12.5 mLで赤紫色が消えなくなった。

【操作4】(ニ)溶液A 10.0 mLを測りとり、水で希釈して100 mLになるように調製した。この調製した過酸化水素水(ホ)10.0 mLを三角フラスコに測りとり、硫酸酸性にして【操作2】で調製

した過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、14.0 mL で赤紫色が消えなくなった。

- (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) 過マンガン酸カリウム水溶液の濃度は、【操作2】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2】、【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 、 $\text{H}_2\text{O}_2 = 34$ とし、 MnO_4^- と H_2O_2 は 2 : 5 で反応する。

終