

前期

理系

平成 30 年度入学試験学力検査問題

理 科・地理歴史・数 学 ※数学は、数理科学科志望者のみ

〔理学部，都市環境学部：地理環境学科—150 分
都市環境学部(都市政策科学科 文系区分を除く)，
システムデザイン学部(インダストリアルアート学科を除く) 75 分〕

答案用紙

- ・物 理 3 枚 ・化 学 3 枚 ・生 物 3 枚
- ・地 学 2 枚 ・地 理 3 枚 ・数 学 3 枚

注 意

1. 監督員の合図があるまで，問題の内容を見てはいけません。
2. 数学は，筆記用具のほか定規，コンパスの使用を認めます。
ただし，分度器の使用は認めません。
3. 受験番号及び氏名は，答案用紙の所定欄に必ず記入してください。

(例) 受験番号 1234567X の場合 →

			1	2	3
4	5	6	7	X	

4. 解答には黒鉛筆またはシャープペンシルを使用し，必ず配付された答案用紙に記入してください。なお，地学は裏面にも解答欄があるので注意してください。
答案用紙には，解答に関係のないことを記入してはいけません。
5. 字数指定の設問で解答欄にマス目が用意されている場合，アルファベット及び数字は，1 マスに 2 字記入しても構いません。
6. 問題は次に示したページにあります。
 - ・物 理 1 ページ～ 8 ページ ・化 学 9 ページ～17 ページ
 - ・生 物 18 ページ～34 ページ ・地 学 35 ページ～40 ページ
 - ・地 理 41 ページ～49 ページ ・数 学 50 ページ～51 ページ
7. 試験中に不鮮明な印刷等に気付いた時は，手をあげて監督員に申し出てください。
8. 答案用紙を切り取ったり，持ち帰ったりしてはいけません。
9. 問題冊子の余白は利用可能ですが，どのページも切り離してはいけません。
10. 問題冊子は，持ち帰ってください。また，試験終了時刻まで退室できません。

化 学

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

また, $\log_{10} 2 = 0.301$, $\log_{10} 3 = 0.477$, $\log_{10} 7 = 0.845$ とする。

必要があれば, 原子量は次の値を使うこと。

$\text{H} = 1.00$, $\text{C} = 12.0$, $\text{O} = 16.0$, $\text{Na} = 23.0$

1 以下の問いに答えなさい。

問 1 次の文章を読んで, 以下の(1)~(4)に答えなさい。

二酸化硫黄(SO_2)は常温で気体として存在する。 SO_2 が水に溶解すると一部電離して水素イオンを生じる。この電離は酸性条件では完全には進行しないため, SO_2 水溶液(亜硫酸水溶液)は一般に弱酸として扱われる。

大気中の SO_2 が雲粒や雨粒へ溶解すると酸性雨の原因となる。酸性雨の形成において, 過酸化水素(H_2O_2)が重要な役割を果たすことが知られている。これに関連して次の実験1と実験2を行った。

(実験1) 濃度 $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ の希硫酸 100 mL に気体の SO_2 を $2.0 \times 10^{-6} \text{ mol}$ だけ吹き込んで溶解させた。これを水溶液1とする。ただし, SO_2 は水溶液から揮発しないものとし, SO_2 の溶解による水溶液の体積変化は無視できるものとする。

(実験2) 実験1と同じ濃度の希硫酸 100 mL に $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol}$ の H_2O_2 を加えてから, 実験1と同じ物質量の SO_2 を吹き込んだところ反応が起こり, SO_2 が全て消費されて反応が完了した。この反応で気体の生成は見られなかった。反応後の溶液を水溶液2とする。ただし, SO_2 は水溶液から揮発しないものとし, SO_2 と H_2O_2 の溶解による水溶液の体積変化は無視できるものとする。

- (1) 硫黄 S は様々な酸化数を取ることができる。次の(a)~(d)の物質について、硫黄原子の酸化数を符号付きの数字でそれぞれ答えなさい。
- (a) 硫黄の単体
 - (b) 二酸化硫黄
 - (c) 硫酸
 - (d) 硫化水素
- (2) 実験 2 の反応に関して、電子 e^- の授受を表す反応式を SO_2 と H_2O_2 それぞれについて書きなさい。解答欄の(i)に SO_2 の反応を、(ii)に H_2O_2 の反応を書きなさい。
- (3) 一般に、酸の電離度は溶質の濃度や溶液の pH に依存する。与えられた条件においては、硫酸および硫酸水素イオンはいずれも完全電離すると見なしてよい。また、水に溶解した二酸化硫黄 1 mol につき水素イオン 1 mol が生じると見なしてよい。このとき、水溶液 1 と水溶液 2 の pH の値をそれぞれ有効数字 2 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。ただし、二酸化硫黄、硫酸、硫酸水素イオン以外の電離は無視できるものとする。
- (4) 実験 2 のような H_2O_2 の反応は空気中の SO_2 濃度の分析にも利用される。いま、濃度未知の SO_2 を含む圧力 1.00×10^5 Pa、温度 300 K の試料空気 X を体積 2.00 L だけ採取し、その中に含まれる SO_2 を全て 100 mL の水に溶解した。これを溶液 A とする。一方、 5.00×10^{-3} mol/L の H_2O_2 水溶液(過酸化水素水) 100 mL に希硫酸を加えて酸性条件としたものを溶液 B とする。溶液 A と溶液 B を混合したところ、 SO_2 が完全に消費されて反応が完了した。反応後に混合溶液中に残った H_2O_2 の物質量を別の方法で測定したところ 4.80×10^{-4} mol であった。温度は 300 K で一定として、試料空気 X に含まれていた SO_2 の分圧を有効数字 2 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。ただし、気体は理想気体とし、試料空気 X に含まれる SO_2 以外の気体の反応は考慮しなくてよい。

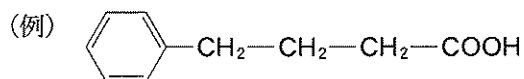
問 2 次の文章を読んで、以下の(1)~(3)に答えなさい。

濃度未知の過酸化水素水があり、これを試料溶液 Y とする。過マンガン酸カリウムを用いて試料溶液 Y の濃度を決定するための実験を行った。まず、実験に使用するコニカルビーカーとビュレットを純水で洗浄し乾燥させた^①。次に、試料溶液 Y を 50.0 mL だけ正確にはかりとり、コニカルビーカーに入れて硫酸酸性とした。^②濃度 0.100 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液をビュレットに入れてコニカルビーカー内に滴下したところ、滴下した過マンガン酸カリウム水溶液の体積が 15.2 mL となった時点で過酸化水素が全て消費されて反応が完了した。

- (1) 硫酸酸性の過マンガン酸カリウムと過酸化水素の化学反応式を書きなさい。
- (2) 試料溶液 Y に含まれていた過酸化水素のモル濃度を有効数字 3 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。
- (3) もし下線部①の乾燥が不十分で器具内部に水が残っていたまま下線部②と同様の実験を行ったと仮定すると、反応完了までに滴下するビュレット内の水溶液の体積は 15.2 mL と比較してどうなるか。(a)コニカルビーカーにのみ水が残っていた場合と、(b)ビュレットにのみ水が残っていた場合のそれぞれについて、適切なものを以下の(ア)~(ウ)から 1 つ選び記号で答えなさい。また、その理由を(a)と(b)それぞれについて 40 字以内で答えなさい。
 - (ア) 15.2 mL より多くなる。
 - (イ) 15.2 mL より少なくなる。
 - (ウ) 変わらない。

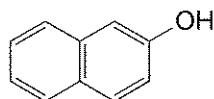
2

以下の問いに答えなさい。構造式は例にならって示しなさい。

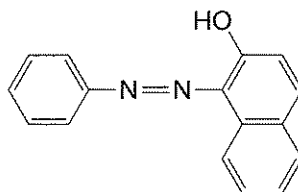


問 1 次の文章を読んで、以下の(1)~(5)に答えなさい。

実験 1 と 2 によって、ニトロベンゼンと 2-ナフトールから 1-フェニルアゾ-2-ナフトールを合成した。



2-ナフトール



1-フェニルアゾ-2-ナフトール

(実験 1) ニトロベンゼン 2.4 g をビーカーに取り、粒状のスズ 8.0 g と濃塩酸 10 mL を加えてよく混ぜながら、温水浴で加熱して還元した。ニトロベンゼンの油滴がなくなったことを確認し、液体だけを別のビーカーに移して冷却した。この液体に 20 % 水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ加え、よく混ぜて均一な乳濁液とした。さらに、この乳濁液にジエチルエーテル 10 mL を加え、よく混ぜてから静置した。分離した液体の上層(エーテル層)だけをとりわけ、ジエチルエーテルを蒸発させてアニリンを得た。

(実験 2) 次の操作 1 ~ 3 によって溶液 A, B, C を用意し、操作 4 を行った。

(操作 1) 実験 1 で合成したアニリン 1.0 g と濃塩酸 2.0 mL を加え、よくかき混ぜてから水 10 mL と混合した。調製後、氷水で冷却し、溶液 A とした。

(操作2) 0.80 gの亜硝酸ナトリウムをはかりとり、8.0 mLの水に溶かし、氷水で冷却して溶液Bとした。

(操作3) 3.0%水酸化ナトリウム水溶液24 mLに、1.7 gの2-ナフトールを加えて溶解し、溶液Cとした。

(操作4) 0～5℃に保ったまま、溶液Bの全量を溶液Aに混合
④しながらゆっくり注ぎ、ジアゾ化反応を行った。この反応
液を、溶液Cによく混ぜながら加えると、橙色の1-フェ
ニルアゾ-2-ナフトールが生成した。^⑤

- (1) 下線部①の反応で、酸化された物質は何か。名称を書きなさい。
- (2) 下線部③の操作を行わずに、下線部②の反応液をジエチルエーテルと混合したところ、アニリンはエーテル層からは回収されず、下層(水層)に含まれていた。理由を40字以内で書きなさい。
- (3) 下線部④の化学反応の反応式を書きなさい。ただし、化学反応式に含まれる有機化合物は構造式で示すこと。
- (4) 下線部④の反応を20℃で行ったところ、溶液中に気体が生じ、最終的に1-フェニルアゾ-2-ナフトールの生成量が減ってしまった。この気体が生じる化学反応の反応式を書きなさい。ただし、化学反応式に含まれる有機化合物は構造式で示すこと。
- (5) 下線部⑤の化学反応の反応式を書きなさい。ただし、化学反応式に含まれる有機化合物は構造式で示すこと。

問 2 次の文章を読んで、以下の(1)~(3)に答えなさい。脂肪酸の性質や解答に利用する略した表記については、下の表を参考にしなさい。また、グリセリンの分子量は 92.0 を使うこと。

名 称	炭素数	炭素間の二重結合の数	分子量	略した表記
パルミチン酸	16	0	256	R ¹ COOH
ステアリン酸	18	0	284	R ² COOH
オレイン酸	18	1	282	R ³ COOH
リノール酸	18	2	280	R ⁴ COOH

1分子のグリセリンと3分子の高級脂肪酸のエステルを油脂という。ある植物の果実をしぼって得られたオイルから油脂の混合物を分離した。これを混合物 X と呼ぶことにする。混合物 X を完全に加水分解したところ、パルミチン酸、ステアリン酸、オレイン酸、リノール酸が 2 : 1 : 16 : 1 の物質量の比で得られ、他の脂肪酸は見られなかった。

- (1) 混合物 X の平均分子量を有効数字 3 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。
- (2) 混合物 X 100 g を水酸化ナトリウムで完全にけん化した場合、何 g のセッケンができるか。有効数字 3 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。
- (3) 混合物 X の炭素間の二重結合に水素を完全に付加したときに、得られる可能性のある油脂は全部で何種類あるか答えなさい。ただし、光学異性体は区別しないものとする。また、これらの油脂のうち、不斉炭素原子を持つものの構造式を全て書きなさい。脂肪酸のアルキル基の構造は、表中の略した表記を利用して書き、不斉炭素原子には*をつけなさい。

3

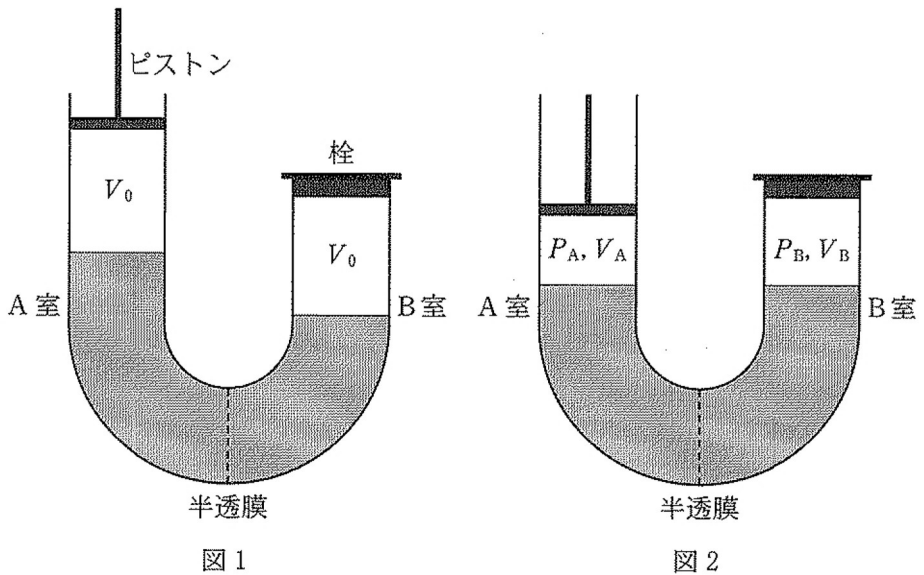
次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

図1のように、中央の半透膜によって、A室とB室の二つの部分に仕切られた断面積一定のU字管がある。A室はピストンで容積を変化させることが可能であり、B室の上部には栓が装着できる。この装置を用いて、以下の(ア)~(ウ)の操作を行った。ただし、液体の全体積は変化せず、気体の溶解度、水と溶質の飽和蒸気圧、ピストンの質量は無視できるものとする。また、温度298 K、圧力 1.00×10^5 Paにおける気体1 molの体積を V_m [L/mol]とする。なお、気体は理想気体の状態方程式に従うものとする。また、水溶液の浸透圧 Π [Pa]は溶液のモル濃度 c [mol/L]と絶対温度 T [K]に比例し、以下のファントホッフの法則に従うものとする。

$$\Pi = cRT$$

ここで R は気体定数である。

- (ア) 分子量 M の未知の化合物Cがあり、その w_1 [g]を水 v [L]に溶解した水溶液Iと、 w_2 [g]を水 v [L]に溶解した水溶液IIを準備する。ただし、化合物Cは水溶液中で電離しないものとし、 $w_1 > w_2$ とする。なお、化合物Cは半透膜を通過できないものとする。また、化合物Cの溶解によって水溶液の体積は変化しないものとする。
- (イ) 温度298 K、圧力 1.00×10^5 Paにおいて、U字管からピストンと栓を外し、水溶液Iの全てをA室に、水溶液IIの全てをB室に入れた。十分に時間が経過すると、A室の液面はB室の液面より高い位置で安定した。次にA室とB室の気体の体積がともに V_0 [L]となるように、再びピストンと栓を装着した(図1)。このとき、気体の温度は298 K、圧力は 1.00×10^5 Paであった。また、A室とB室の液面の高さはともに変化しなかった。
- (ウ) 続いて、全体の温度を T_1 [K]とし、A室の気体の体積が V_A [L]となるようにピストンを押し込み、十分に時間が経過すると、両室の液面は同じ高さで安定した。このとき、B室の気体の体積は V_B [L]であった(図2)。



問 1 (イ)において、A 室の液面が B 室の液面より高い理由を、水分子の移動の観点から 50 字以内で述べなさい。

問 2 (イ)において、A 室と B 室の気体の物質量 n_A [mol] と n_B [mol] を、それぞれ T_1 , V_m , V_0 , V_A , V_B の中から必要なものを用いて表しなさい。

問 3 (ウ)において、A 室と B 室の気体の圧力 P_A [Pa] と P_B [Pa] を、それぞれ R , T_1 , V_0 , V_A , V_B , n_A , n_B の中から必要なものを用いて表しなさい。
ただし、 P_A を表す際には n_A を、 P_B を表す際には n_B を用いること。

問 4 (ウ)において、A 室の水溶液の浸透圧 Π_A [Pa] と B 室の水溶液の浸透圧 Π_B [Pa] を、それぞれ R , T_1 , M , w_1 , w_2 , v , V_A , V_B の中から必要なものを用いて表しなさい。

問 5 (ウ)において、 P_A , P_B , Π_A , Π_B の間に成り立つ関係式を示しなさい。

問 6 P_A と P_B の大小関係について、次の①～③から正しいものを選び、記号で答えなさい。

- ① $P_A > P_B$
- ② $P_A = P_B$
- ③ $P_A < P_B$

問 7 化合物 C の分子量 M を w_1 , w_2 , V_0 , V_A , V_B , v , V_m を用いて表しなさい。式を導出する過程も示しなさい。

問 8 温度 298 K, 圧力 1.00×10^5 Pa における気体 1 mol の体積 V_m はいくらか、有効数字 3 桁で答えなさい。また、 $w_1 = 8.30$ g, $w_2 = 0.20$ g, $V_0 = 4.20$ L, $V_A = 3.00$ L, $V_B = 3.50$ L, $v = 2.00$ L の場合、化合物 C の分子量 M はいくらか、有効数字 3 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。

