

令和7年度入学試験問題(前期)

理 科(化 学)

【注 意 事 項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 本冊子には、**1**から**4**までの全部で4問題が印刷されていて、合計9ページある。落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙を別に配付している。解答は、問題と同じ科目、同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. **1**から**4**のすべての問題に解答すること。
6. 解答用紙の指定された欄に、学部名と受験番号を記入すること。
7. 配付された解答用紙は、持ち帰らないこと。
8. 配付された問題冊子は、持ち帰ること。

必要があれば，原子量および定数は次の値を使うこと。

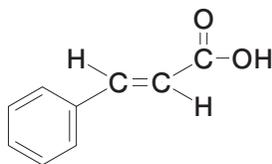
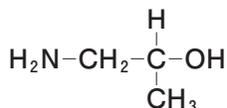
H = 1.00 C = 12.0 N = 14.0 O = 16.0 Al = 27.0

S = 32.0 Pb = 207

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

なお，構造式は次の例にならって記せ。

(例)



1

以下の各問いに答えよ。

問 1 物質によって溶媒への溶けやすさが異なることを利用して，混合物から目的の物質を適切な溶媒に溶かし出して分離する操作の名称を記せ。また，この操作に関する次の(1)から(3)について，正しいものに○，誤ったものに×を記せ。なお，この操作で使用する分液ろうとの各部の名称は，図1を参照すること。

- (1) 分液ろうとにジエチルエーテル溶液(エーテル溶液)と水溶液を入れて振り混ぜた後，静置すると2層に分離する。このとき，ジエチルエーテルは水よりも密度が低いので下層になる。
- (2) 分液ろうとの上部の空気孔は常に開いた状態で使用する。
- (3) 分液ろうとにエーテル溶液と水溶液を入れて振り混ぜた後，逆さにしたままの状態で活栓を開閉して容器内の気体を追い出す。この操作を数回繰り返す。

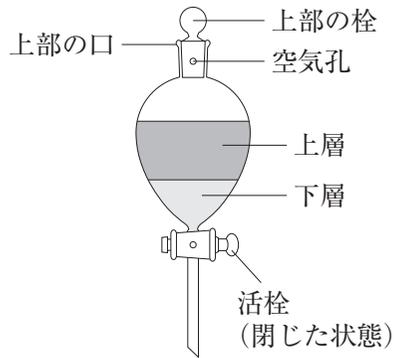


図 1

問 2 ニトロベンゼン，フェノール，安息香酸，アニリンを溶かしたエーテル溶液に図 2 のような分離操作を行った。これら各化合物が含まれる層を，次の (1) から (4) の中から 1 つずつ選び，その番号を記せ。同じ番号を複数回選んでもよい。また，各化合物はそれぞれの層にどのような形で溶解しているか，構造式を記せ。

- (1) 水層 1 (2) 水層 2 (3) 水層 3 (4) エーテル層 3

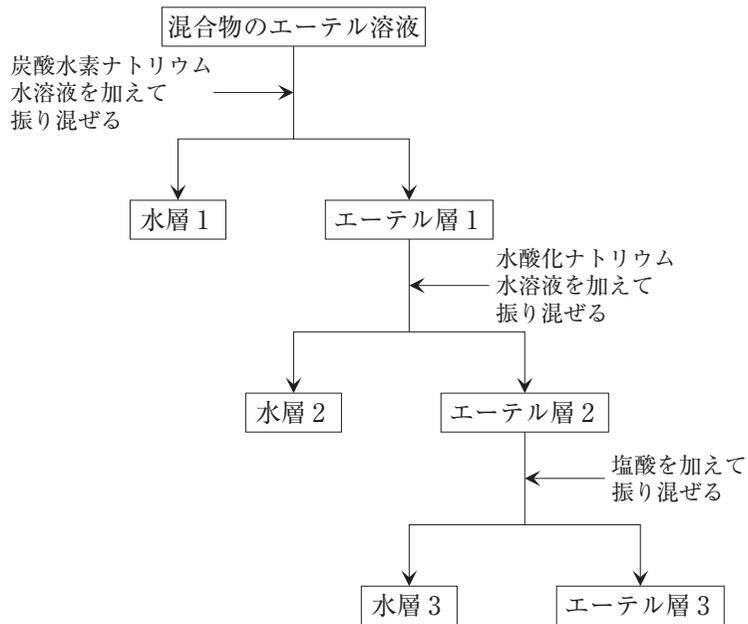


図 2

問 3 2種類の未知化合物 **A**、**B**が溶解したエーテル溶液がある。化合物 **A**、**B**はいずれも炭素、水素、酸素のみからなり、いずれもベンゼン環を1つ含んでいる。図2にしたがってこの溶液から各化合物を分離し、いくつかの実験を行ったところ、次の(1)、(2)の結果が得られた。化合物 **A**、**B**の構造式を記せ。

- (1) 化合物 **A**は、水層1に塩酸を加えると得られた。化合物 **A**はベンゼンの *o*-二置換体であり、その分子量は138であった。化合物 **A**の溶液に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると赤紫色を呈した。
- (2) 化合物 **B**は、エーテル層2からジエチルエーテルを蒸発させると得られた。化合物 **B**の分子量は108であり、塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えても呈色せず、金属ナトリウムを加えても変化しなかった。

問 4 トルエンはジエチルエーテルによく溶解するが、水にもわずかに溶解することが知られている。ここで、水0.10 L、ジエチルエーテル0.10 L、トルエン0.25 molを分液ろうとに入れ、よく振り混ぜてから十分な時間静置し、二層に分離した。このとき、それぞれの層でのトルエンのモル濃度の比を分配係数 K_D とし、次の式(1)で定義する。

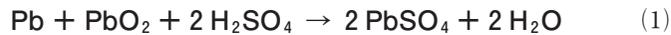
$$K_D = \frac{\text{エーテル層中のモル濃度}[\text{mol/L}]}{\text{水層中のモル濃度}[\text{mol/L}]} \quad (1)$$

K_D の値が4.0のとき、エーテル層に溶解しているトルエンのモル濃度を答えよ。計算の過程を示し、答えは有効数字2桁で求めよ。ただし、ジエチルエーテルと水は互いに溶解せず、一連の操作によって水層とエーテル層の体積は変化しないものとする。

2

希硫酸を電解質とする鉛蓄電池を用いて、アルミニウムの製錬もしくは水酸化ナトリウム水溶液の電気分解を行う。以下の各問いに答えよ。

問 1 鉛蓄電池の放電時の全体の反応式は、次の式(1)で表される。



鉛蓄電池の放電時の正極(酸化鉛(IV) PbO_2)と負極(鉛 Pb)の反応を、それぞれ電子 e^- を用いるイオンを含む反応式(イオン反応式)で記せ。

問 2 アルミニウムの製錬に関する次の文章中の〔 〕内のアからカにあてはまる適切な語や数字を入れよ。ただし、イには典型もしくは遷移のどちらか適切なものを選び答えよ。また、オは有効数字3桁で答えよ。

アルミニウムは周期表の〔ア〕族の〔イ〕元素であり、イオン化傾向が H_2 より〔ウ〕金属のため、水溶液の電気分解では単体を得ることができない。そのため、アルミニウムの単体は、ボーキサイトを原料とし氷晶石を混合して融解した後、電気分解により製造される。このとき、陽極と陰極に炭素電極を用いて電気分解すると〔エ〕極にアルミニウムが析出する。アルミニウム 90.0 kg を得るのに必要な電気量は〔オ〕クーロン[C]である。このように、金属の塩化物・水酸化物・酸化物などを加熱・融解して、水を含まない状態で電気分解し、金属の単体を得る操作を〔カ〕という。

問 3 白金電極を用いて水酸化ナトリウム水溶液を電気分解したときの陽極と陰極の主な反応式を、それぞれ電子 e^- を用いるイオンを含む反応式(イオン反応式)で記せ。

問 4 陽極と陰極に白金電極を用い、これらの電極に鉛蓄電池を接続して、水酸化ナトリウムの電気分解を行ったところ、鉛蓄電池の電解質である希硫酸 1.0 kg の質量パーセント濃度が 36 % から 25 % になった。次の(1)から(3)の各問いに答えよ。

- (1) 鉛蓄電池の正極および負極の質量変化に関する次の(a)から(d)の記述のうち、正しいものを1つ選び、その記号を記せ。
 - (a) 正極と負極の両方の質量が増加する。
 - (b) 正極の質量は増加し、負極の質量は減少する。
 - (c) 正極の質量は減少し、負極の質量は増加する。
 - (d) 正極と負極の両方の質量が減少する。

- (2) 電気分解によって流れた電子の物質量を求めよ。計算の過程を示し、答えは有効数字2桁で求めよ。なお、電気分解による硫酸の減少および水の生成を考慮して計算すること。

- (3) 電気分解によって陽極から生成した気体の物質量を有効数字2桁で求めよ。

3 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

有機物は水質汚濁を引き起こす原因物質のひとつとして知られ、有機物の増大により水中の酸素が消費される。有機物による水質汚濁の指標として、化学的酸素要求量(COD)がある。COD[mg/L]は、試料水 1 L 中に含まれる有機物を一定の酸化条件下で酸化剤を用いて酸化分解させ、その際に消費される酸化剤の量を、酸素を酸化剤として用いた場合の酸素の質量[mg]に換算したものである。

COD の測定には、過マンガン酸カリウム KMnO_4 を用いた逆滴定法が用いられる。この方法では、試料に過剰量の KMnO_4 水溶液を加え、試料に含まれる有機物を一定の酸化条件下で十分に酸化させたのち、過剰量のシュウ酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 水溶液を加える。その後、 KMnO_4 水溶液を用いて未反応の $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ を滴定する。つまり、滴定の終点においては、酸化剤(過剰量ならびに滴定に用いられた KMnO_4 水溶液)と還元剤(過剰量の $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 水溶液ならびに試料水中の有機物)は過不足なく反応していることを利用して COD を求める。

弘前公園周囲の堀の水質汚濁の程度について COD を用いて検証するため、以下の操作 1 および操作 2 にて分析を行った。ただし、試料水の中には有機物以外に還元剤としてはたらく物質はないものとする。

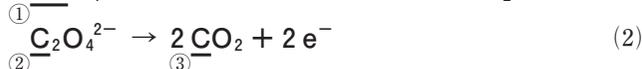
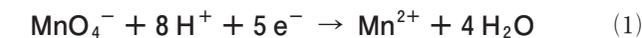
操作 1 試料として弘前公園の堀の水 100 mL をとり、硫酸を加え酸性とした。

2.0×10^{-3} mol/L の KMnO_4 水溶液 10 mL を加えたのち、沸騰水浴中で加熱して十分に酸化させた。続いて、 5.0×10^{-3} mol/L の $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 水溶液 10 mL を加えた。

操作 2 操作 1 で得られた溶液について、 2.0×10^{-3} mol/L の KMnO_4 水溶液で滴定したところ、要した KMnO_4 水溶液は 3.00 mL であった。

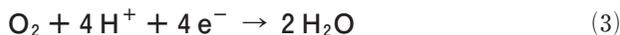
問 1 次の文章を読み、〔 〕内のアからオにあてはまる数字を記せ。また、下線①から③の原子の酸化数を求めよ。

上記の分析における酸化剤もしくは還元剤としての反応は、以下のイオンを含む化学反応式(イオン反応式)(1), (2)で示される。



式(1), (2)から、1 mol の KMnO_4 は〔 ア 〕mol の電子 e^- を受け取り、1 mol の $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ は〔 イ 〕mol の e^- を放出することがわかる。よって、1 mol の KMnO_4 により〔 ウ 〕mol の $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ が酸化される。

COD により示される酸素量は、有機物の酸化で消費された KMnO_4 の物質質量から算出することができる。酸素の酸化剤としての反応は以下のイオン反応式(3)で示される。



1 mol の KMnO_4 は〔 ア 〕mol の e^- を受け取る一方、1 mol の O_2 は〔 エ 〕mol の e^- を受け取ることから、 KMnO_4 の代わりに O_2 で有機物を酸化する場合に必要な O_2 の物質質量は、実験で得られた試料水中の有機物の酸化に消費された KMnO_4 の物質質量を〔 オ 〕倍することで算出できる。

問 2 操作 1, 2 における反応について、次の(1), (2)の各問いに答えよ。計算の過程を示し、答えは有効数字 2 桁で求めよ。

(1) 操作 1, 2 において KMnO_4 が酸化剤として受け取った電子 e^- の総物質質量を求めよ。

(2) 操作 1, 2 において $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ が還元剤として放出した電子 e^- の総物質質量を求めよ。

問 3 問 2 の計算の結果から、試料中の有機物の酸化で消費された KMnO_4 の物質質量は 6.0×10^{-6} mol であると導かれる。試料中の有機物の酸化に必要な酸素の物質質量および COD[mg/L] を求めよ。計算の過程を示し、答えは有効数字 2 桁で求めよ。

4 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

一端を閉じた断面積 1.00 cm^2 、長さ 120 cm のガラス管に水銀を満たし、 $27.0 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ の条件で水銀が入ったガラス容器中に倒立させた。図 1 に示すように、ガラス容器中の水銀面から、ガラス管中の水銀柱の高さは 760 mm 、ガラス管の上端までの高さは 970 mm となった。図 1 の水銀の液面はすべて平坦なものとする。この実験において、水銀の蒸気圧は無視出来るほど小さいもの、また気体 A、気体 B、気体 C はそれぞれ理想気体としてふるまうものとする。

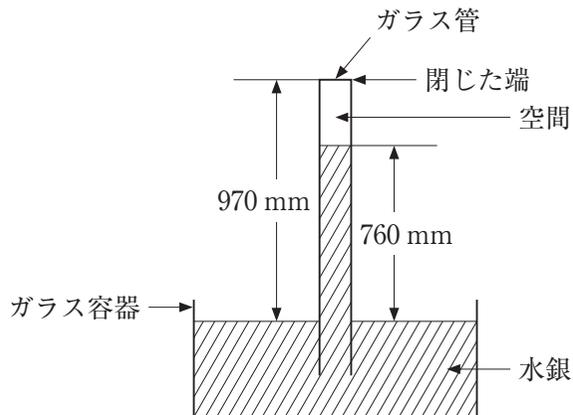


図 1

- 問 1 図 1 におけるガラス管上部の空間の圧力を求めよ。
- 問 2 体積の単位として L, 圧力の単位として Pa を用いた時, 気体定数 R を求めよ。計算の過程を示し, 答えは単位を付けて有効数字 2 桁で求めよ。
- 問 3 図 1 において, ガラス管の下から上部の空間に気体 **A** を x [mol] 入れたところ, 水銀柱の高さは 570 mm になった。時間が経過しても, 高さに変化はなかった。気体 **A** の体積 [L] を求めよ。答えは有効数字 2 桁で求めよ。
- 問 4 問 3 において注入された気体 **A** の物質量 [mol] を求めよ。計算の過程を示し, 答えは有効数字 2 桁で求めよ。
- 問 5 問 3 のように気体 **A** が x [mol] 入っているところに, 気体 **B** を y [mol] 追加して入れたところ, 水銀柱の高さは 310 mm となった。時間が経過しても, 高さに変化はなかった。気体 **B** の分圧は水銀柱で何 mm の圧力に相当するか。計算の過程を示し, 答えは有効数字 3 桁で求めよ。
- 問 6 問 3 のように気体 **A** が x [mol] 入っているところに, 気体 **C** を y [mol] 追加して入れたところ, 入れた直後の水銀柱の高さは 310 mm であったが, 1 時間後に高さが上がっていた。どのようなことが起こったと考えられるか。想定されることを 1 つ記せ。