

令和2年度入学試験問題(後期)

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. **①②③④**の全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。

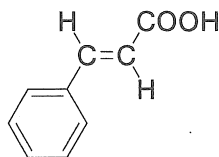
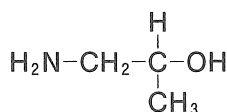
必要があれば、原子量および定数は次の値を使うこと。なお、構造式は下の例にならって記せ。

H = 1.00 O = 16.0 Na = 23.0 S = 32.0 Cl = 35.5 Pb = 207

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

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

(例)



1 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

ベンゼンに濃硫酸と濃硝酸の1:1の混合物(混酸)を加えて約60℃で反応させると物質Aが生成する。また、物質Aをスズ(または鉄)と塩酸で還元すると物質Bが生成する。これに水酸化ナトリウム水溶液を加えると物質Cが得られる。物質Cは水に溶けにくい、[ア]基が塩基性を示すため酸性の水溶液にはよく溶ける。物質Cを物質Dの水溶液に加えると赤紫色を呈することから、この反応は物質Cの検出に用いられる。また、物質Cを硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液に加えると物質Eを生じる。

物質Cを冷却しながら、塩酸と亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、物質Fが生成する。この反応を[イ]化という。また、物質Fの水溶液にナトリウムフェノキシドの水溶液を加えると物質Gが生成する。この反応を[イ]カップリングという。物質Gのように[ウ]基をもつ化合物を[ウ]化合物といい、その一つである物質HはpHが3.1以下では赤色、4.4以上では黄色に着色し、3.1から4.4までは徐々に色に変化することから、pH測定に利用される。このように、溶液のpHによって特有の色を示す物質を[エ]といい、[エ]の色が変化するpHの範囲を[オ]という。

問 1 物質 A から H の名称を記せ。また、A および C は構造式も記せ。

問 2 [] 内のアからオにあてはまる適切な語を入れよ。

問 3 物質 E および G の純粋な固体の色を、次の(a)から(f)の選択肢の中から選び、記号で答えよ。

- (a) 青色 (b) 黄色 (c) 橙赤色
(d) 黒色 (e) 白色 (f) 緑色

問 4 下線の反応の化学反応式を、構造式を用いて記せ。

問 5 水溶液の中和滴定を行うとき、物質 H によって中和点を知ることができるものを、次の(a)から(c)の選択肢の中からすべて選び、記号で答えよ。

- (a) 0.1 mol/L の酢酸水溶液 10 mL に、0.1 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を滴下する。
(b) 0.1 mol/L のアンモニア水 10 mL に、0.1 mol/L の塩酸を滴下する。
(c) 0.1 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 10 mL に、0.1 mol/L の塩酸を滴下する。

2 [I], [II]の各問いに答えよ。

[I] 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

電解質水溶液に二つの電極を浸し、外部電源を用いて直流電圧をかけると、電極表面で酸化還元反応が起こる。これを電気分解という。

白金 Pt を電極として硫酸銅(II)水溶液を電気分解すると、陰極では主に [ア] の反応が起こり、陽極では [イ] の反応が起こる。硫酸銅(II)水溶液を 5.0 A の電流で 32 分 10 秒間電気分解したとき、陽極で発生する気体の質量は [ウ] である。

図 1 に示すような、ナトリウムイオン Na^+ だけを通過させる膜で区切られた二つの水槽、炭素 C と鉄 Fe の電極、および電源で構成される電気分解装置がある。炭素 C 電極側の水槽には塩化ナトリウム NaCl 水溶液、鉄 Fe 電極側の水槽には純水 H_2O が入っている。この装置で電気分解すると、鉄 Fe 電極側の水槽と炭素 C 電極側の水槽からは、それぞれ種類ずつの気体が発生した。このとき、鉄 Fe 電極表面では [エ] の反応が起こり、炭素 C 電極の表面では [オ] の反応が起こった。

問 1 [ア] と [イ] に入るイオン反応式を、それぞれ答えよ。電子は e^- として記せ。

問 2 [ウ] に入る気体の質量を求めよ。発生した気体の溶解は無視できるものとする。計算の過程を示し、答えは有効数字 2 桁で求めよ。

問 3 [エ] と [オ] に入るイオン反応式を、それぞれ答えよ。電子は e^- として記せ。

問 4 炭素 C 電極側の水槽で 1.0 mol の気体が発生した。また、鉄 Fe 電極側水槽の液体の質量が増えた。鉄 Fe 電極側水槽の液体の質量増加量を求めよ。水の蒸発と発生した気体の溶解は無視できるものとする。計算の過程を示し、答えは有効数字 2 桁で求めよ。

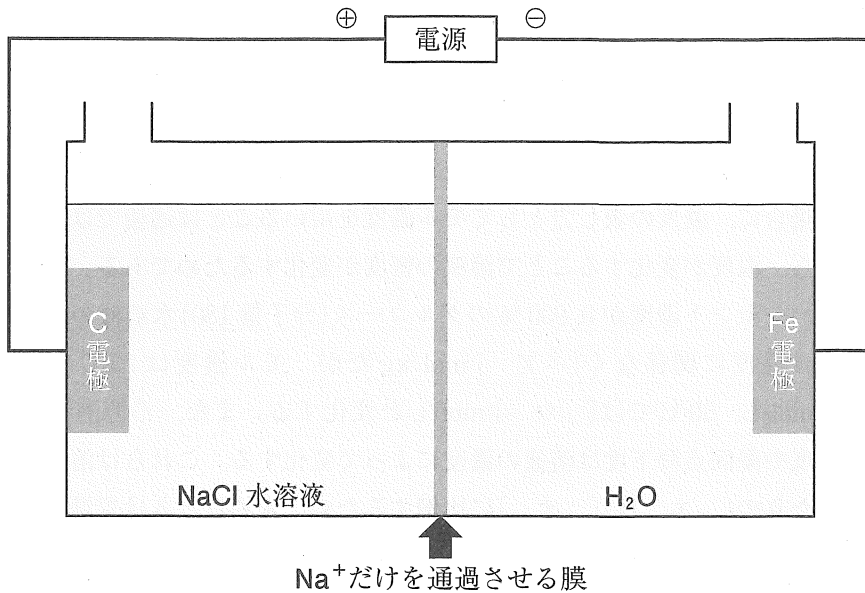


図 1

〔Ⅱ〕 以下の文章を読み，各問いに答えよ。

鉛蓄電池では，放電時には，負極では〔カ〕の反応が起こり，正極では〔キ〕の反応が起こる。また，充電時にはこの逆の反応が起こる。放電時と充電時の両極の変化をまとめて表すと，〔ク〕のようになる。放電で負極の質量が4.8g変化した。放電や充電で生成する固体の溶解は無視できるものとする。

問 1 〔カ〕と〔キ〕に入るイオン反応式を，それぞれ答えよ。電子は e^- として記せ。

問 2 〔ク〕に入る反応式を答えよ。

問 3 下線のとおり，(1)正極の質量変化量，および(2)電解液中の電解質の質量変化量を求めよ。質量が増加する場合は正の値，質量が減少する場合は負の値として答えよ。計算の過程を示し，答えは有効数字2桁で求めよ。

3

〔Ⅰ〕, 〔Ⅱ〕の各問いに答えよ。

〔Ⅰ〕 溶液の濃度には複数の表し方が知られており, 質量パーセント濃度, モル濃度, 質量モル濃度などが代表的である。このうち, 溶液の温度が変化する場合に, 濃度の表し方としてモル濃度を用いることは適切ではない。なぜなら, 温度が変化することで溶液の密度が変化するためである。例えば, 質量パーセント濃度が0.900%のグルコース(分子量180)水溶液の質量モル濃度は温度に関係なく〔ア〕mol/kgだが, モル濃度は25℃では〔イ〕mol/L, 50℃では〔ウ〕mol/Lと変化する。また, 希薄溶液の沸点上昇度や凝固点降下度は溶液の濃度によって変化する。これらは溶媒単位質量当たりの〔エ〕の〔オ〕に比例するため, 求めるときは質量パーセント濃度ではなく質量モル濃度を用いるのが適切である。

問1 〔 〕内のアからウにあてはまる適切な数値を有効数字3桁で答えよ。ただし, 25℃, 50℃における0.900%のグルコース水溶液の密度は, それぞれ1.00 g/mL, 0.990 g/mLとする。

問2 〔 〕内のエとオにあてはまる適切な語を入れよ。

問3 メスフラスコ(図1)を用いて上述のグルコース水溶液を調製した際, 標線に水面を合わせた状態を図示せよ。

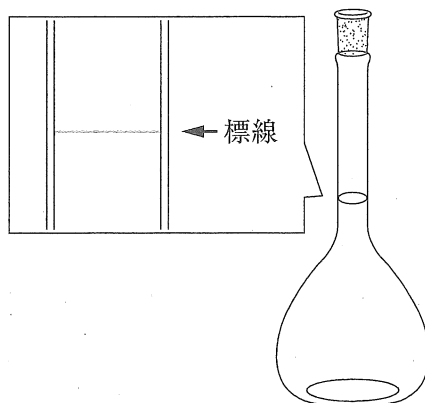


図1

〔Ⅱ〕 表1は脱イオン水100 gに不揮発性の非電解質A 2.50 gを溶かした溶液を冷却した場合の温度の変化を測定した結果である。なお、実験の間に物質Aが析出することはなかった。また、20分間冷却した時点では液体と固体が共存していた。

表1

冷却した時間〔分〕	0	5	8	9	9.5	10	15	20
温度〔℃〕	5.80	-0.20	-3.00	-3.40	-1.00	-0.80	-1.40	-2.00

問1 下線の脱イオン水を調製するために用いられる樹脂の総称を答えよ。

問2 表1にもとづき、この溶液の冷却曲線を作図せよ。なお、各点は○で記し、各点を実線で結ぶこと。

問3 この溶液の凝固点を、次の(a)から(f)の選択肢の中から選び、記号で答えよ。

- (a) 5.80 ℃
- (b) 0.00 ℃
- (c) -0.20 ℃
- (d) -0.80 ℃
- (e) -2.00 ℃
- (f) -3.40 ℃

問4 溶媒の純度にかかわらず、凝固点以下になっても凝固しない状態を何というか答えよ。

問5 希薄溶液の凝固点降下度を Δt 、溶媒のモル凝固点降下を K_f 、溶液の質量モル濃度を m とするとき、これらの間に成り立つ式を答えよ。

問 6 この溶液の質量モル濃度を有効数字 2 桁で求めよ。なお、脱イオン水の凝固点を 0°C 、脱イオン水のモル凝固点降下を $2.0\text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ とする。

問 7 物質 A の分子量を求めよ。計算の過程を示し、答えは整数で求めよ。

問 8 純粋な水の冷却曲線では凝固が始まると温度が一定となるが、溶液の場合、凝固が始まっても溶液の温度が徐々に低下する。その理由を説明せよ。

4 [I], [II]の各問いに答えよ。

[I] 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

生物によって生成されるエタノールはバイオエタノールと呼ばれ、ガソリンに代わる自動車燃料としての活用が期待されている。一方、近年では、生物によって生成される**ブタノール類**(バイオブタノール)が新たに燃料として注目されている。^①エタノールとブタノール類ではさまざまな性質が異っており、それらの性質は自動車燃料としての有用性にも関わる。例えば、1-ブタノールとエタノールでは、水に対する**溶解度**や**沸点**が異なる。さらに、1-**ブタノールはエタノールよりも燃焼したときの発熱量が大きい**。^②^③^④

問 1 下線①について、分子式 $C_4H_{10}O$ で表されるアルコールの四種類の構造異性体をすべて構造式で記せ。光学異性体は考慮しなくてよい。

問 2 下線②について、エタノールと1-ブタノールでは水に対する溶解度が大きいのはどちらか。物質名を示し、その理由を説明せよ。

問 3 下線③について、エタノールと1-ブタノールでは沸点が高いのはどちらか。物質名を示し、その理由を説明せよ。

問 4 下線④について、1-ブタノール(液)の燃焼熱を Q [kJ/mol] として、液体の1-ブタノール 1 mol の燃焼を熱化学方程式で表せ。ただし、燃焼で生成する水は液体とする。

問 5 下線④について、1-ブタノール(液)の燃焼熱 Q [kJ/mol] を求めよ。計算の過程を示し、答えは整数で求めよ。ただし、二酸化炭素(気)、水(液)、1-ブタノール(液)の生成熱をそれぞれ 394, 286, 327 kJ/mol とする。

〔Ⅱ〕 以下の文章を読み、各問いに答えよ。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまい、液体の体積、および液体に対する物質の溶解は無視できるものとする。また、27℃における1-ブタノールと水の飽和蒸気圧をそれぞれ $1.0 \times 10^3 \text{ Pa}$ 、 $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$ とする。

容積が8.3Lのステンレス製の容器に1-ブタノールと酸素を入れて密閉し温度を27℃に保ったところ、圧力は $1.21 \times 10^5 \text{ Pa}$ であり、内部には1-ブタノールの液体がわずかに残った。この後、密閉したまま容器内部の1-ブタノールを完全燃焼させてから再び温度を27℃に保ったところ、圧力は $9.36 \times 10^4 \text{ Pa}$ であり、内部に水滴が生じた。1-ブタノールの燃焼以外の化学反応は起こらず、燃焼後の容器内部には酸素が残っていた。

問 1 最初に容器に入れた酸素の物質量を求めよ。計算の過程を示し、答えは有効数字2桁で求めよ。

問 2 燃焼後に容器内部にある酸素と二酸化炭素の物質量の合計を求めよ。計算の過程を示し、答えは有効数字2桁で求めよ。

問 3 最初に容器に入れた1-ブタノールの物質量を求めよ。計算の過程を示し、答えは有効数字2桁で求めよ。