

平成 30 年度

前期日程

理科問題

〔注意〕

1. 問題冊子及び解答用冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけない。
2. 問題冊子は、物理、化学、生物の順序で1冊にまとめてある。

問題は $\left\{ \begin{array}{l} \text{物理} \quad 2 \text{ ページから } 12 \text{ ページ} \\ \text{化学} \quad 13 \text{ ページから } 21 \text{ ページ} \\ \text{生物} \quad 22 \text{ ページから } 35 \text{ ページ} \end{array} \right\}$ にある。

ページの脱落があれば直ちに申し出ること。

3. 解答用紙は、物理 3 枚、化学 4 枚、生物 4 枚が一緒に折り込まれている。受験する科目の解答用紙をミシン目に従って切り離すこと。
4. 受験番号は、受験する科目の解答用紙の受験番号欄(1枚につき2か所)に1枚ずつ正確に記入すること。
5. 解答は、1ページの「理科の解答についての注意」の指示に従い、解答用紙の指定されたところに記入すること。
6. 問題冊子の余白は、適宜下書きに使用してもよい。
7. 配付した解答用紙は持ち帰ってはいけない。
8. 問題冊子は持ち帰ること。

「理科の解答についての注意」

理学部志願者

- 数学科，化学科，生物科学科生物科学コースを志望する者は，物理，化学，生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。
- 物理学科を志望する者は，物理を必須科目とし，そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。
- 生物科学科生命理学コースを志望する者は，物理と化学の2科目を解答すること。

医学部医学科・医学部保健学科(放射線技術科学専攻・検査技術科学専攻)・歯学部・薬学部志願者

物理，化学，生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。

医学部保健学科(看護学専攻)志願者

物理，化学，生物の3科目のうちから1科目を選んで解答すること。

工学部・基礎工学部志願者

物理を必須科目とし，そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。

化学問題

(解答はすべて化学解答用紙に記入すること)

【注意】

1. 必要があれば次の数値を用いよ。

Hの原子量 = 1.0

Cの原子量 = 12.0

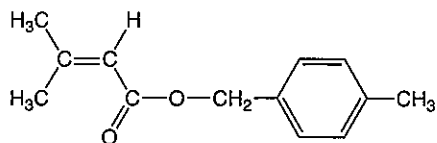
Nの原子量 = 14.0

Oの原子量 = 16.0

Cuの原子量 = 63.5

2. 特にことわらない限り、構造式は下の例にならって示すこと。

(例)



3. 体積の単位記号Lは、リットルを表す。

4. 字数制限のある解答は、下に示す例にならって書くこと。

(例)

D	—	グ	ル	コ	—	ス	を	5	.	0	×	1	0	-	²	g
/	L	の	N	a	N	O	₃	水	溶	液	に	溶	か	し	た	。

〔1〕 問1～問8に答えよ。必要があれば次の数値を用いよ。

Sの原子量 = 32, アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

問1 硫黄 16 g を出発物質として用い、硫酸水溶液 1.0 L を調製した。調製した硫酸水溶液の中和を以下の水酸化ナトリウム水溶液を用いて試みた。調製した硫酸を中和できる量の水酸化ナトリウムを含む水溶液全てを a から d の記号で答えよ。

a. 1.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 800 mL

b. 2.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 600 mL

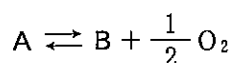
c. 3.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 360 mL

d. 4.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 240 mL

問2 強塩基である水酸化ナトリウムに代えて弱塩基である重曹(ベーキングパウダーの主成分)を用いて問1の硫酸水溶液を中和した。この反応を化学反応式で示せ。

問3 問2の中和反応で発生した気体をAとする。発生したAの物質量を答えよ。

問4 気体Aの分子式より酸素原子(O)が1つ少ない気体をBとする。AとBの間には以下の平衡が成り立つとする。



問3で求めた物質量の気体Aと0.50 molの気体Bを大気圧下($1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$)、温度 T まで昇温し、平衡状態にしたところ、微量の酸素が生成した。この状態(大気圧下、温度 T)では K_p を圧平衡定数とすると以下の式が成り立つとして、生成した酸素の分圧を有効数字2桁で答えよ。

$$K_p = \frac{P_B \sqrt{P_{O_2}}}{P_A} = 2.0 \times 10^{-6} \text{ Pa}^{\frac{1}{2}}$$

ただし、 P_A 、 P_B 、 P_{O_2} はそれぞれ A、B、酸素の分圧とする。

気体 A を固化させた。A は結晶状態において、面心立方格子の各頂点と各面の中心に 原子が配置した構造をとっている。その単位格子の一辺は、0.56 nm である。この結晶は、分子結晶、イオン結晶、 結晶、 結晶のうち、分子結晶に分類される。イオン結晶では、多数の陽イオンと陰イオンが 力によりイオン結合を形成している。

問 5 の空欄にあてはまる元素名、 ~ の空欄にあてはまる適切な語句を答えよ。

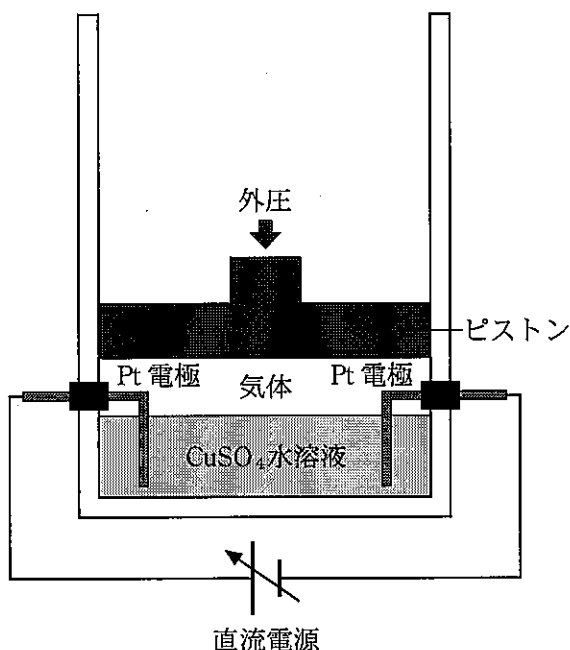
問 6 結晶中の A 同士に分子間力が生じる要因を 20 字程度で述べよ。

問 7 A の結晶の単位格子に含まれる原子数を求めよ。

問 8 A の結晶の密度は、何 g/cm³ か。有効数字 2 桁で答えよ。

〔2〕 電気分解に関する次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

図に示すように、2本の白金電極がついた容器が、温度は20℃で一定に、さらに内部の気体の圧力はピストンによって1.00気圧(1.01×10^5 Pa)に保たれている。この容器内に、気体が溶解していない 5.00×10^{-2} mol/Lの硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4 水溶液0.500 Lと、20℃、1.00気圧で0.200 Lのアルゴン(物質質量 8.29×10^{-3} mol)を入れ、ピストンによって封じた。その後、2本の白金電極をそれぞれ陽極、陰極とし、直流電源につないで水溶液の電気分解を行った。気体はすべて理想気体とみなせる。水の蒸気圧は無視してよい。また、水溶液へのアルゴンの溶解は無視してよい。



必要であれば、次の値を用いよ。

ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol, 気体定数： $8.31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / (\text{K} \cdot \text{mol})$

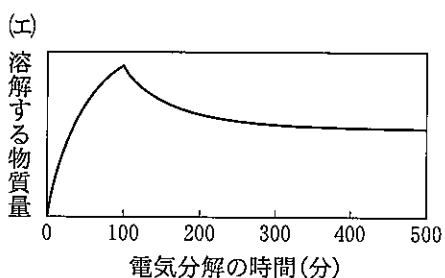
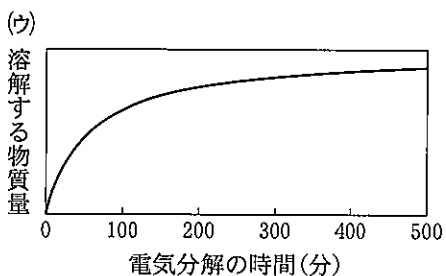
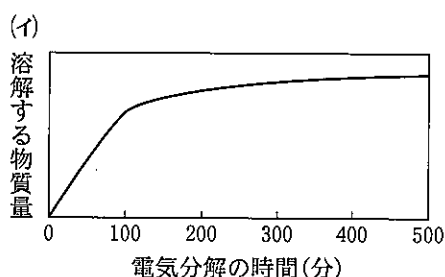
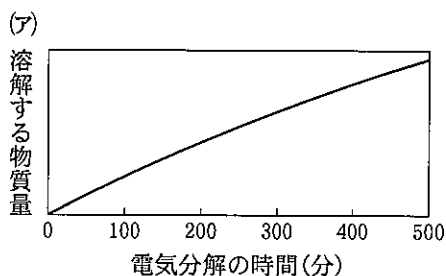
問1 水溶液の電気分解を行うと、陽極からは気体が発生し、陰極は質量が増加した。それぞれの電極で起こる反応をイオン反応式で示せ。

問2 0.800 Aの一定電流で60.0分間電気分解した。このとき陰極で増加する質量を求めよ。

問 3 問 2 の過程で陽極から発生した気体(気体 A とする)は、一部水溶液に溶解し、気体として存在する物質量は $7.13 \times 10^{-3} \text{ mol}$ であった。このときの分圧と水溶液中に溶解している物質量を計算することで、気体 A の 20°C での水溶液への溶解度(気体の分圧が 1.00 気圧 のとき水溶液 1.00 L あたりに溶ける物質量)を求めよ。また、計算過程も示せ。

問 4 さらに長い時間電気分解を行うと、ある時間経過後からは陰極からも気体(気体 B とする)が発生するようになる。 0.800 A の一定電流で計 200 分間 電気分解したときの、陽極および陰極から発生した気体 A と気体 B の物質量の総和を求めよ。また、計算過程も示せ。

問 5 0.800 A の一定電流で計 500 分間 電気分解を行ったときの、水溶液に溶解する気体 A の物質量の変化を示す図は次の(ア)~(エ)のいずれかである。気体 A の分圧について、問 3 より計算される 60.0 分間 の電気分解を行ったときの値と、充分長い時間電気分解を行ったときの値を比較することで正しい図を選び、(ア)~(エ)の記号で答えよ。なお、 20°C での水溶液への気体 B の溶解度は、気体 A の溶解度と同程度である。



[3] 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

化合物 A, B, C, F, G は、炭素、水素、酸素からなる 2 価カルボン酸である。化合物 A と B は立体異性体であり、化合物 A の融点は化合物 B の融点よりも低い。これらの化合物を用いて以下の実験を行った。

- (a) 1 mol の化合物 A と B それぞれに、白金触媒存在下で 1 mol の水素 H_2 を付加させると同一の化合物 C が生成した。化合物 A を加熱すると分子内での脱水反応を伴って化合物 D が生成したが、化合物 B では分子内での脱水反応が起こりにくかった。
- (b) 化合物 C と十分量のエタノールを少量の硫酸とともに加熱すると化合物 E が生成した。化合物 E の分子量は 200 以下で、その組成式は $C_4H_7O_2$ であった。
- (c) 化合物 F は、キシレンを過マンガン酸カリウムで酸化することにより得られた。化合物 F の芳香環に結合している水素原子 1 つを臭素原子で置き換えたとすると 2 つの異性体が考えられる。
- (d) 化合物 G は、シクロヘキセンを過マンガン酸カリウムの硫酸酸性溶液を用いて酸化することにより得られた。化合物 G とヘキサメチレンジアミンの混合物を加熱し、縮合重合させると高分子化合物が生成した。

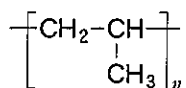
問 1 化合物 E の分子式を答えよ。

問 2 化合物 A～G の構造式を示せ。

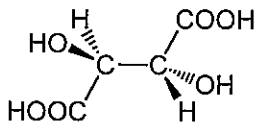
問 3 下線部①について、化合物 A の融点が化合物 B の融点よりも低い理由を 50 字以内で答えよ。

問 4 下線部②の高分子化合物の構造式を下記の例にならって示せ。

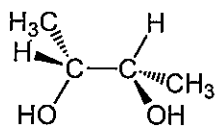
(例)



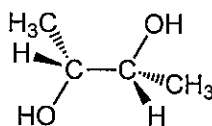
問 5 酒石酸は 2 つの不斉炭素原子をもつ 2 価カルボン酸であり、3 つの立体異性体をもつ。そのうちの 1 つの立体異性体の立体構造を下に示す(ここで、HOOC-C-C-COOH の 4 つの炭素原子は紙面上にあり、くさび型の太い実線は紙面手前への結合を、くさび型の破線は紙面奥への結合を示している)。この構造の例にならって、HOOC-C-C-COOH の 4 つの炭素原子を紙面上に置き、酒石酸の残り 2 つの立体異性体の立体構造を示せ。



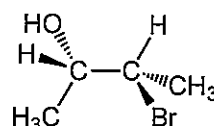
問 6 以下の化合物のうち、鏡像異性体が存在しないものを選び、記号で答えよ。



H



I



J

- 〔4〕 グリセリンのヒドロキシ基すべてが脂肪酸とエステル結合を形成して生じる油脂に関して、以下の【I】～【III】の文章を読み、問1～問6に答えよ。なお、問3、問4、問6の解答において構造式を示す場合には、炭化水素基は $-C_xH_y$ (x, y は整数、例えば $-C_2H_5$)として記すこと。

【I】

油脂は我々の生活と深く関わっており、例えばマーガリンには、不飽和脂肪酸を多く含む植物性の油脂に水素を付加することで融点を上げた 油が含まれている。

その他にも、油脂はバイオ燃料の1つであるバイオディーゼル燃料の原料としても用いられる。バイオディーゼル燃料は、油脂をメタノールと反応させて、メタノールと脂肪酸のエステルを生成させることにより得ることができる。この反応の触媒としては、水酸化カリウムもしくは水酸化ナトリウムが広く用いられている。その他にも、エステルの加水分解酵素であるエステラーゼの一種であり、生体内で油脂の加水分解を触媒する が用いられることもある。この反応の副生物はグリセリンであり、各種用途への利用が実施、検討されている。例えば化学工業においてグリセリンは、無水フタル酸などの酸無水物との反応により得られる比較的安価で耐熱性や耐候性に優れた 樹脂の原料として重要である。

問1 ～ に適切な語句を入れよ。

【II】

下線部の反応について、油脂Aを用いてバイオディーゼル燃料の合成を行った。この油脂Aを分析したところ、以下の①～④の情報が得られた。

- ① 分子式は $C_{61}H_{108}O_6$ である。
- ② 1分子中に1つの不斉炭素原子が含まれる。
- ③ 不斉炭素原子を含まない2種類の不飽和脂肪酸から構成されており、そのうちの1種類はリノール酸(分子式 $C_{18}H_{32}O_2$)である。
- ④ 1molの油脂Aに含まれる炭素原子間の二重結合 $C=C$ に水素を付加させると、5molの水素 H_2 が消費される。

問 2 リノール酸分子1つに含まれる炭素原子間の二重結合 C=C の数を答えよ。

問 3 油脂 A の構造式を示せ。また、不斉炭素原子を丸で囲め。

問 4 油脂 A を用いた場合の、下線部に対応する反応式を示せ。ただし、鏡像異性は考慮しなくてよいものとする。

【Ⅲ】

構成脂肪酸が全てリノール酸である油脂を用いて、下線部に示したバイオディーゼル燃料の合成を行った。バイオディーゼル燃料の合成の途中で、生成した物質を分離し、化合物 B を得た。この化合物 B 20.00 mg を完全に燃焼させたところ、二酸化炭素 52.13 mg と水 19.29 mg が得られた。

問 5 化合物 B の組成式を示せ。解答欄には計算過程も示すこと。

問 6 化合物 B の候補として適切な構造式を全て示せ。ただし、鏡像異性体が存在する場合には、下の例にならって、その全てを示すこと。なお、下の例において、くさび型の太い実線は紙面手前への結合を、くさび型の破線は紙面奥への結合を表す。

(例)

