

## 前期日程

### 令和2年度入学者選抜学力検査問題

- 10時00分—11時30分 地域デザイン科学部志願者(社会基盤デザイン学科を志願した者)
- 9時30分—11時30分 工学部志願者(基盤工学科を志願した者)
- 10時00分—11時30分 農学部志願者(生物資源科学科・応用生命化学科・森林科学科を志願した者)

## 理 科 (本文 29 ページ)

{注意}

1. 検査開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけない。
2. 「受験番号」は、解答用紙の受験番号欄に忘れずに記入すること。
3. この問題冊子には、「物理 1 頁～10 頁(5 問題)」、「化学 11 頁～22 頁(3 問題)」、「生物 23 頁～29 頁(3 問題)」の 3 科目の問題がある。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあった場合は、申し出ること。
4. 解答は、必ず解答用紙の解答欄に記入すること。所定の欄以外に記入したものは、無効である。
5. 地域デザイン科学部「社会基盤デザイン学科」の志願者は、物理の第 1 問～第 4 問を解答すること。
6. 工学部「基盤工学科」の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、物理は第 1 問～第 5 問を、化学は第 1 問～第 3 問を解答すること。
7. 農学部「生物資源科学科」の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、化学は第 1 問～第 2 問を、生物は第 1 問～第 3 問を解答すること。「応用生命化学科」の志願者は、化学の第 1 問～第 2 問を解答すること。「森林科学科」の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、物理は第 1 問～第 3 問を、化学は第 1 問～第 2 問を、生物は第 1 問～第 3 問を解答すること。
8. 問題または解答用紙に指示がある場合は、必ず計算過程も記入すること。
9. 計算用紙は別に配付しないので、問題冊子の余白を使うこと。

理科（化学） 問題訂正

〈問題訂正〉

理科（化学）

17ページ 第2問 問2 問題文の上から2行目を  
次のとおり訂正する。

(誤) …グルコース②  $C_dH_eO_f$  を生じる。

(正) …グルコース  $C_6H_{12}O_6$  を生じる。

17ページ 第2問 問2 (1) を次のとおり訂正する。

(誤) ① および ② の分子式の a~f…

(正) ① の分子式の a~c…

なお、解答用紙「化学（その2）」裏面の  
第2問 問2 (1) の「② [d] [e] [f]」  
は記入しないこと。

# 化 学

(答えは解答用紙の所定欄に記入せよ。)

第1問から第3問について、必要があれば、次の数値を使うこと。

原子量  $H = 1.0$ ,  $C = 12.0$ ,  $N = 14.0$ ,  $O = 16.0$ ,  $S = 32.0$ ,  $Cu = 64.0$

$Zn = 65.0$ ,  $Ag = 108.0$

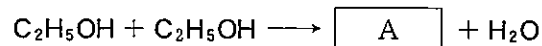
気体定数  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ , 気体はすべて理想気体とする。

$\log_{10} 2 = 0.30$ ,  $\log_{10} 3 = 0.48$ ,  $\log_{10} 5 = 0.70$

**第1問** 以下の問い(問1～問3)に答えよ。

問1 硫酸と硫酸銅(II)に関する次の問い(1)～(9)に答えよ。

- (1) 濃硫酸は、有機物中の水素原子と酸素原子を、2 : 1の割合で水分子として取り除く脱水作用をもつ。加熱した濃硫酸にエタノール  $C_2H_5OH$  を加えると、130～140℃では、次の化学反応によってエタノール分子間で脱水反応が起こる。



一方、160～170℃では、次の化学反応によってエタノール分子内で脱水反応が起こる。

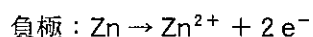
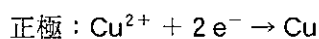


$\boxed{A}$  と  $\boxed{B}$  にあてはまる化合物の示性式を書け。

- (2) 塩化ナトリウム NaCl に濃硫酸 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> を加えて加熱すると起こる反応の化学反応式を示せ。
- (3) 質量パーセント濃度が 98 % の濃硫酸の密度は 1.8 g/cm<sup>3</sup> である。ある体積の濃硫酸をはかり取り、水で薄めて 2.7 mol/L の希硫酸を 500 mL 調製した。はかり取った濃硫酸の体積 (mL) を有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も示せ。
- (4) 0.050 mol/L の硫酸 10.0 mL に 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液 9.0 mL を加えて、さらに水で希釈して 50.0 mL にした。この溶液の pH を有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も示せ。
- (5) 銅 Cu を濃硫酸に入れて加熱すると起こる反応の化学反応式を示せ。
- (6) 酸化銅(II) CuO を希硫酸に入れると起こる反応の化学反応式を示せ。
- (7) 硫酸銅(II)無水物 CuSO<sub>4</sub> の水溶液に少量のアンモニア NH<sub>3</sub> の水溶液を加えると、次の化学反応式の反応によって、銅の緑色のさび(緑青)の主な成分であるといわれている塩基性硫酸銅 CuSO<sub>4</sub> · 3 Cu(OH)<sub>2</sub> が生じることがある。この反応式の係数 a~d を答えよ。
- $$\boxed{a} \text{ CuSO}_4 + \boxed{b} \text{ NH}_3 + \boxed{c} \text{ H}_2\text{O} \\ \rightarrow \text{CuSO}_4 \cdot 3 \text{ Cu(OH)}_2 + \boxed{d} \text{ (NH}_4\text{)}_2\text{SO}_4$$
- (8) 硫酸銅(II)無水物の水溶液は酸性を示す。この理由を簡潔に述べよ。

(9) 硫酸銅(Ⅱ)の無水物は、水 100 g に 60 °C では 40.0 g まで、10 °C では 15.0 g まで溶ける。60 °C の硫酸銅(Ⅱ)無水物の飽和水溶液 200 g を 10 °C まで冷却したところ、硫酸銅(Ⅱ)五水和物  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  の結晶が析出した。このとき、析出した結晶の質量(g)を有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も示せ。

問 2 ダニエル電池は、正極の銅を硫酸銅(Ⅱ)水溶液に、負極の亜鉛 Zn を硫酸亜鉛  $\text{ZnSO}_4$  水溶液にそれぞれ浸し、両方の水溶液の間を素焼き板や塩橋で分離した構造をもつ。(ア) ダニエル電池で放電を行うと、各電極では以下の反応がそれぞれ起こる。次の問い(1)および(2)に答えよ。



(1) 一定時間放電後、正極と負極を取り出して質量をはかったところ、両電極の合計の質量が 0.60 g 減少していた。この放電の過程で流れた電子の物質量(mol)を有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も示せ。

(2) 下線部(ア)の理由を簡潔に述べよ。

問 3 電気分解とは、電解液に電流を通じることで、化合物を電気エネルギーにより分解する方法のことである。図 1—1 に示すように、白金電極 A および B を硝酸銀  $\text{AgNO}_3$  水溶液に、炭素電極 C および D を硫酸銅(Ⅱ)  $\text{CuSO}_4$  水溶液に浸した電気分解装置を 2 つ組み合わせて電気分解を行った。以下の問い(1)および(2)に答えよ。

(1) 電極 A ~ D で起こる反応を、電子を含むイオン反応式でそれぞれ答えよ。

- (2) 一定時間電気分解を行ったところ、両方の電気分解装置から気体が発生した。また、硫酸銅(II)水溶液に浸した炭素電極 C と D の質量が合計で 1.6 g 増加した。このとき、発生した気体の標準状態における体積の合計 [L] を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、発生した気体の電解液への溶解は考慮しないものとする。なお、計算過程も示せ。

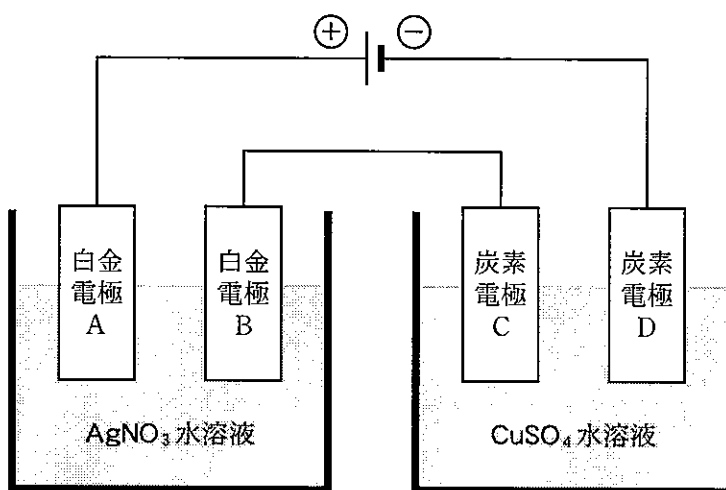


図 1—1 電気分解装置

第2問 以下の問い(問1および問2)に答えよ。

問1 図2-1に示す化合物1~16の中から適当な化合物を選んで、エステルA~Eを合成する以下の実験(実験1~実験4)を行った。このとき、次の問い(1)~(7)に答えよ。

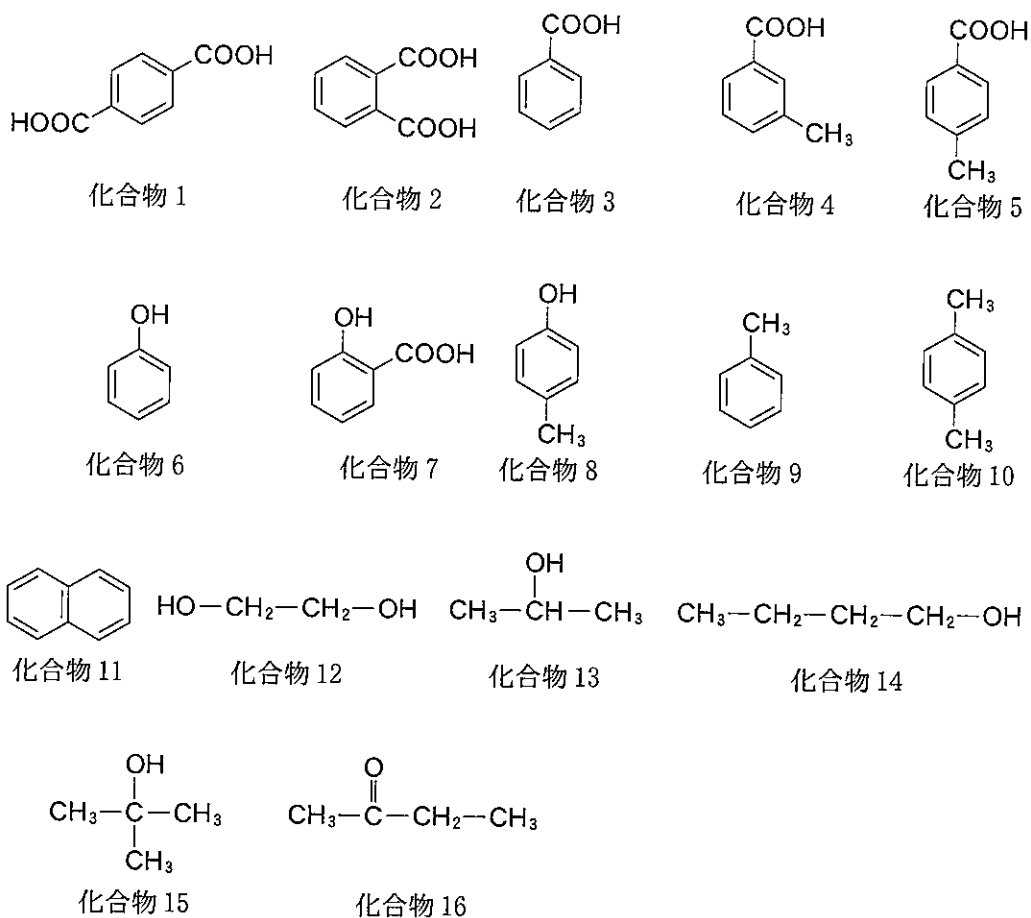


図2-1 化合物1~16の構造式

- 実験 1 化合物 1 と化合物 12 を用いて A を合成した。A の分子量を測定したところ、平均分子量が 1 万以上の高分子化合物であった。
- 実験 2 化合物 6 を共通に用いて、化合物 1 ~ 16 の中の二種類の化合物とそれぞれ反応させて、分子量が同じ B および C を合成した。これらはどちらも金属ナトリウムとは反応しなかった。
- 実験 3 化合物 1 ~ 16 の中の二種類の化合物を反応させて D を合成した。D を合成する際に用いた一方の化合物(ア)を水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させると、黄色の沈殿が生じた。また、もう一方の化合物(イ)に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、赤紫色に呈色した。
- 実験 4 化合物 1 ~ 16 の中の二種類の化合物を反応させて分子式  $C_{13}H_{10}O_2$  で示される E を合成した。

- (1) 実験 1 で合成した A の名称と構造式を記せ。
- (2) 実験 1 で合成した A の 1000 g を完全燃焼させたときに発生する二酸化炭素の物質量[mol]を整数で求めよ。なお、計算過程も示せ。
- (3) 実験 2 で B を合成する際に用いた一方の化合物のみを加熱すると容易に脱水反応が進行した。この脱水生成物の名称を記せ。また、この脱水生成物は、化合物 1 ~ 16 の中のある化合物を酸化しても得られる。その場合、どの化合物を酸化すればよいか番号で答えよ。
- (4) 実験 2 で合成した B と C の構造式をそれぞれ記せ。また、B と C の関係を何と言うか答えよ。
- (5) 実験 3 で D を合成する際に用いた化合物(ア)および(イ)を 1 ~ 16 の中から選び、それぞれ番号で答えよ。
- (6) 実験 3 で合成した D の構造式を記せ。
- (7) 実験 4 で合成した E の構造式を記せ。



問 2 次の文章を読み、以下の問い(1)~(5)に答えよ。

セルロース、デンプン、およびグリコーゲンは、いずれも分子式① $(C_aH_bO_c)_n$ で表される多糖類で、加水分解するとグルコース② $C_dH_eO_f$ を生じる。

セルロースは、植物の  の主成分であり、直鎖状の分子が平行に並んで、分子間に多くの  結合を形成している。セルロースから作られる銅アンモニアレーヨンやビスコースレーヨンのように、天然高分子を適当な試薬を含む溶液に溶かした後、紡糸して得られる繊維を  という。また、アセテート繊維のように、天然高分子を化学的に処理し、官能基の一部を変化させて得られる繊維を  という。

セルロースとデンプンは、グルコースの連なり方が違うため、その性質も異なる。デンプンは、ヒトのだ液などに含まれる  という酵素によって加水分解されるのに対し、セルロースの加水分解に作用する酵素は  である。一方、グリコーゲンは、動物の  や  に多く含まれる多糖類で、その構造は枝分かれが多いことが特徴である。

(1) ①および②の分子式の a~f にあてはまる数値を記せ。

(2)  ~  にあてはまる語句を記せ。

(3) セルロース 200 g を完全に加水分解したときに得られるグルコースの質量 [g] を整数で求めよ。なお、計算過程も示せ。

(4) セルロースに無水酢酸と硫酸を作用させてトリアセチルセルロースを合成した。次にトリアセチルセルロースのエステル結合の一部を加水分解して、アセトンに可溶なジアセチルセルロースを得た。41 g のジアセチルセルロースを得るために必要なトリアセチルセルロースの質量 [g] を整数で求めよ。なお、計算過程も示せ。

- (5) デンプン 120 mg をすべて水に溶かして全量を 80 mL とし、27 °C で浸透圧を測定したところ、 $1.2 \times 10^2$  Pa であった。浸透圧と溶液のモル濃度には比例関係があるものとして、このデンプンの平均分子量を有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も示せ。

**第3問** 窒素を含む化合物に関する次の問い(問1～問5)に答えよ。

問1 アンモニア  $\text{NH}_3$ 、一酸化窒素  $\text{NO}$ 、二酸化窒素  $\text{NO}_2$ 、硝酸  $\text{HNO}_3$  に関して、それぞれの窒素原子の酸化数を答えよ。

問2 ある金属と濃硝酸を反応させると二酸化窒素が生成する。この反応に関する次の問い(1)および(2)に答えよ。

(1) この反応の化学反応式を記せ。

(2) この反応において、二酸化窒素を捕集する一般的な方法を答えよ。また、その方法が適切である理由を述べよ。

問3 表3-1に水1Lに溶解する一酸化窒素および窒素  $\text{N}_2$  の物質量[mol]の温度による変化を、表3-2に水の蒸気圧の温度による変化をそれぞれ示す。このとき、次の問い(1)および(2)に答えよ。

表3-1 気体の分圧が  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  のときの、水1Lに溶ける気体の物質量[mol]の温度による変化

温度[°C]	0	20	40	60
一酸化窒素 $\text{NO}$ [mol]	$3.3 \times 10^{-3}$	$2.1 \times 10^{-3}$	$1.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-3}$
窒素 $\text{N}_2$ [mol]	$10.3 \times 10^{-4}$	$6.8 \times 10^{-4}$	$5.2 \times 10^{-4}$	$4.6 \times 10^{-4}$

表3-2 水の蒸気圧の温度による変化

温度[°C]	0	20	40	60
蒸気圧[Pa]	$6.1 \times 10^2$	$23.4 \times 10^2$	$73.8 \times 10^2$	$199.1 \times 10^2$

- (1) 一酸化窒素と窒素を容積可変の容器に導入し、水 2.0 L を共存させた。温度 20 °C、圧力  $1.0 \times 10^5$  Pa に保ったところ、気体の体積は 300 mL になり、その気体に含まれる一酸化窒素：窒素の物質質量比は 4 : 1 であった。このとき、水 2.0 L に溶解している一酸化窒素と窒素の物質質量 [mol] を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、水の蒸気圧の影響はないものとする。なお、計算過程も示せ。
- (2) 一酸化窒素 300 mL を容積可変の容器に導入し、水 2.0 L を共存させ温度 60 °C、圧力  $1.0 \times 10^5$  Pa に保った。このとき、水 2.0 L に溶解している一酸化窒素の物質質量 [mol] を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、ここでは水の蒸気圧の影響を考慮するものとする。なお、計算過程も示せ。

問 4 四酸化二窒素  $\text{N}_2\text{O}_4$  に関する次の文章を読み、以下の問い(1)~(7)に答えよ。

四酸化二窒素は解離して二酸化窒素と共存し、その間には式 3-1 の平衡関係が成立している。



密閉容器に四酸化二窒素を  $n$  (mol) 入れ、ある温度に保ったところ、解離度  $\alpha$  (解離している分子の割合) で分解し、二酸化窒素が生じて平衡状態になった。ここで、この反応における平衡定数  $K$  は式 3-2 によって表される。また、平衡定数の温度による変化を表 3-3 に示す。

$$K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} \quad (\text{式 3-2})$$

表 3—3 平衡定数の温度による変化

温度 [°C]	0	20	50	70	100
平衡定数 $K$ [mol/L]	$6.9 \times 10^{-4}$	$3.0 \times 10^{-3}$	$3.0 \times 10^{-2}$	$1.0 \times 10^{-1}$	$4.4 \times 10^{-1}$

- (1) 平衡時の四酸化二窒素および二酸化窒素の物質質量 [mol] を  $n$ ,  $\alpha$  を用いて表せ。
- (2) 密閉容器の容積が  $V$  [L] であるとき、四酸化二窒素および二酸化窒素の濃度 [mol/L] を,  $n$ ,  $\alpha$ ,  $V$  を用いて表せ。
- (3) 平衡定数  $K$  を,  $n$ ,  $\alpha$ ,  $V$  を用いて表せ。
- (4) 容積 4.0 L の密閉容器に所定量の四酸化二窒素を導入し, 70 °C で平衡に到達した後の二酸化窒素の物質質量は 2.0 mol であった。このとき, 容器中に存在している四酸化二窒素の物質質量 [mol] を有効数字 2 桁で求めよ。なお, 計算過程も示せ。
- (5) 容積可変の密閉容器に所定量の四酸化二窒素を導入し, 温度 50 °C, 圧力を  $2.0 \times 10^5$  Pa とした。さらに, 温度を 50 °C に保ったまま圧力を  $3.0 \times 10^5$  Pa とした。この操作による解離度  $\alpha$  と気体の色の変化について, 次の(あ)~(け)からそれぞれ適切なものを選べ。
- (あ) 減少する                      (い) 変わらない                      (う) 増大する
- (え) 赤褐色が薄くなる                      (お) 黄緑色が薄くなる
- (か) 淡黄色が薄くなる                      (き) 赤褐色が濃くなる
- (く) 黄緑色が濃くなる                      (け) 淡黄色が濃くなる

(6) 式 3—1 における右向き解離反応は、発熱反応と吸熱反応のどちらであるかを記せ。また、その理由を述べよ。

(7)  $\text{NO}_2$ (気体)の生成熱を  $-33 \text{ kJ/mol}$ 、 $\text{N}_2\text{O}_4$ (気体)の生成熱を  $-9 \text{ kJ/mol}$  として、式 3—1 における右向き解離反応を熱化学方程式にて示せ。なお、その導出過程も記せ。

問 5 オストワルト法では、以下の(a)~(c)によりアンモニアから硝酸を製造する。特に、ここで得られた濃度 60 % 以上の硝酸を濃硝酸という。濃硝酸は強い酸化力がある。これらに関連する以下の問い(1)~(3)に答えよ。

(a) 白金を触媒として、アンモニアを酸素で酸化して一酸化窒素をつくる。

このとき、 $\text{H}_2\text{O}$  も同時に生成する。

(b) 一酸化窒素を酸素で酸化して、二酸化窒素をつくる。

(c) 二酸化窒素を温水に吸収させて、硝酸をつくる。このとき、一酸化窒素も同時に生成する。

(1) (a), (b), (c)の反応に相当する化学反応式を記せ。

(2) オストワルト法の反応を一つの化学反応式で示せ。また、オストワルト法の反応が完全に進んだとして、 $27^\circ\text{C}$ 、 $9.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ において 83 L のアンモニアから得られる硝酸の物質量[mol]を有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も示せ。

(3) 金属 Ag, Al, Cu, Fe, Ni を、濃硝酸に溶けやすい金属と溶けにくい金属の 2 つのグループに分けよ。また、濃硝酸に溶けにくい理由を説明せよ。