

# 選 択 科 目

(医 学 部)

— 2024 年 2 月 2 日 —

物 理  
化 学  
生 物

この中から 1 科目を選択 して解答しなさい。

| 科 目 |   | 問題のページ  |
|-----|---|---------|
| 物   | 理 | 2 ~ 7   |
| 化   | 学 | 9 ~ 15  |
| 生   | 物 | 17 ~ 33 |

選択した科目の解答用紙をビニール袋から取り出し、解答はすべて選択した科目の解答用紙に記入して提出しなさい。



解答に必要があれば、次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Al = 27.0, Br = 79.9, アボガドロ定数： $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

1

人間生活で利用されている無機物質に関する以下の各問いに答えなさい。

問1 金属は電気や熱をよく伝え、展性や延性に富むなど優れた性質をもつ。イオン化傾向が小さくさびにくい金属を貴金属、イオン化傾向が大きくさびやすい金属を（ア）という。金属の生産量は第1位が鉄、第2位が（イ）、第3位が（ウ）であり、それぞれ単体のほかに合金としても利用されている。（ア）～（ウ）に当てはまる名称を解答欄に書きなさい。

問2 金属にはかの金属や非金属を融かしこんだものを合金といい、用いる金属に応じて様々な特性をもつ合金が利用されている。合金に関する（ア）～（ウ）の記述の中で、正しいものはどれか。A～Hの中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

（ア）Cu と Zn の合金は加工性と耐食性に優れ、真ちゅうと呼ばれる。

（イ）Ag と Zn と Ni の合金は美しい銀白色で加工性に富み、洋銀と呼ばれる。

（ウ）Fe と C の合金は、C の含有量が約4%で強くしなやかな性質をもち、鋼と呼ばれる。

A. （ア）のみ。

B. （イ）のみ。

C. （ウ）のみ。

D. （ア）と（イ）のみ。

E. （ア）と（ウ）のみ。

F. （イ）と（ウ）のみ。

G. （ア）、（イ）、（ウ）すべて。

H. すべて正しくない。

問3 ガラスに関する（ア）～（ウ）の記述の中で、正しいものはどれか。A～Hの中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

（ア）ガラスは  $\text{SiO}_2$  を主成分とする共有結合の結晶である。

（イ）窓ガラスには  $\text{SiO}_2$  のみを用いて作った石英ガラスが使用される。

（ウ）ピーカーなどの実験器具には、耐薬品性に優れる鉛ガラスが用いられる。

A. （ア）のみ。

B. （イ）のみ。

C. （ウ）のみ。

D. （ア）と（イ）のみ。

E. （ア）と（ウ）のみ。

F. （イ）と（ウ）のみ。

G. （ア）、（イ）、（ウ）すべて。

H. すべて正しくない。

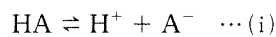
問4 高純度の材料から精密に作られたファインセラミックスは様々な場所で応用されており、その中には硬く化学的に安定である性質を利用するものがある。酸化ジルコニウム<sup>(ア)</sup>は強度や透明度が高く、包丁や人工宝石に利用されている。人体の骨や歯は無機物質が主成分であり、人工骨や人工歯根にはヒドロキシアパタイト<sup>(イ)</sup>が利用される。下線部（ア）と（イ）の物質の化学式を解答欄に書きなさい。

問5 無機物質は様々な物質の製造において、触媒として用いられる。硫酸、硝酸、アンモニアを工業的にそれぞれ製造するときに用いられる触媒の組合せとして最も適切なものはどれか。A～Fの中から一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

|   | 硫酸                             | 硝酸                             | アンモニア                          |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| A | Pt                             | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> |
| B | Pt                             | Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  |
| C | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | Pt                             | Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> |
| D | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> | Pt                             |
| E | Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> | Pt                             | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  |
| F | Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | Pt                             |

2

水溶液の pH によって色が変わる試薬を pH 指示薬といい、その色が変わる pH の範囲を変色域という。一般に pH 指示薬は弱酸あるいは弱塩基である。いま弱酸の pH 指示薬を HA と表すことにする。指示薬は水溶液中で電離平衡状態にある。



電離定数  $K_a$  は、 $\text{H}^+$ 、 $\text{A}^-$ 、HA のモル濃度 [mol/L] をそれぞれ  $[\text{H}^+]$ 、 $[\text{A}^-]$ 、 $[\text{HA}]$  とすると、

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \dots (\text{ii})$$

で与えられる。(ア)の原理によれば、 $\text{H}^+$ を増減するとその影響を打ち消すように  $\text{A}^-$  と HA の割合が変化して新たな平衡状態になる。すると、HA と  $\text{A}^-$  は吸収する光の波長が違うので、水溶液の色が変わる。普通、変色域は

$$0.1 \leq \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \leq 10 \quad \dots (\text{iii})$$

の範囲である。以下の各問いに答えなさい。

問1 空欄(ア)に当てはまる最も適切な人名を、解答欄にカタカナで書きなさい。

問2  $K_a$ の常用対数  $\log_{10} K_a$ を表した式はどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A.  $\text{pH} + \log_{10} \frac{[A^-]}{[HA]}$       B.  $\text{pH} - \log_{10} \frac{[A^-]}{[HA]}$       C.  $\text{pH} + \log_{10} [HA]$   
 D.  $\text{pH} - \log_{10} [HA]$       E.  $\log_{10} \frac{[A^-]}{[HA]} - \text{pH}$       F.  $\log_{10} \frac{[HA]}{[A^-]} - \text{pH}$

問3 pHが1増加すると  $[A^-]/[HA]$ は何倍になるか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 0.1 倍      B. 0.5 倍      C. 1 倍      D. 2 倍      E. 5 倍      F. 10 倍

問4 メチルオレンジは弱酸の pH 指示薬であり、その  $K_a$ は  $3.4 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ である。次の(1)と(2)に答えなさい。  
必要ならば、 $\log_{10} 3.4 = 0.53$ を用いなさい。

(1) メチルオレンジでは  $[HA] = [A^-]$ となる pH はいくらか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 3.1      B. 3.3      C. 3.5      D. 3.7      E. 3.9      F. 4.1      G. 4.3

(2) 式(iii)に従えばメチルオレンジの変色域はいくらかからいくらまでの範囲内にあるか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 1.0 から 3.0 まで      B. 1.5 から 3.5 まで      C. 2.0 から 4.0 まで  
 D. 2.5 から 4.5 まで      E. 3.5 から 5.5 まで      F. 4.5 から 5.5 まで

3

アルミニウムの結晶格子は、室温では図1に示すような面心立方格子である。図1は単位格子を示しており、図の立方体の一辺の長さが単位格子の長さである。アルミニウムの密度は  $2.7 \text{ g/cm}^3$  であり、比較的軽い金属である。

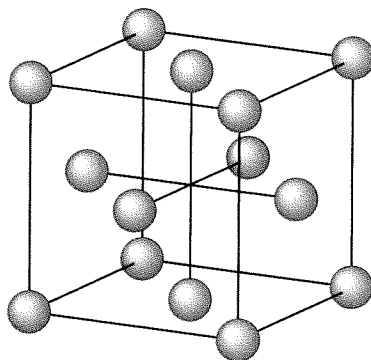


図1 アルミニウムの結晶の単位格子

アルミニウムの精錬では、ボーキサイトなどの鉱石を溶解したのちにアルミニウムを含む水酸化物を沈殿させ、得られた沈殿を加熱して高純度の酸化物である ( b ) を得る。この ( b ) <sup>(a)</sup> を炭素電極を用いて溶融塩電解することにより、アルミニウムの単体を得る。溶融塩電解では、アルミニウムは陰極で生成し、陽極では一酸化炭素や二酸化炭素が生成する。 <sup>(c)</sup> 以下の各問いに答えなさい。

問1 アルミニウムの結晶の単位格子の長さは何 cm か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。必要ならば、 $\sqrt[3]{33} = 3.2$ ,  $\sqrt[3]{66} = 4.0$ ,  $\sqrt[3]{99} = 4.6$ ,  $\sqrt[3]{132} = 5.1$ ,  $\sqrt[3]{166} = 5.5$  を用いなさい。

- A.  $3.2 \times 10^{-8} \text{ cm}$       B.  $4.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$       C.  $4.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$   
D.  $5.1 \times 10^{-8} \text{ cm}$       E.  $5.5 \times 10^{-8} \text{ cm}$

問2 アルミニウムの単体に関する (ア) ~ (オ) の記述の中で、正しいものはいくつあるか。A ~ Eの中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- (ア) アルミニウムイオンを含む水溶液を電気分解して得ることができる。  
(イ) 高温の水蒸気と反応して水素を発生する。  
(ウ) 鉄の単体よりイオン化傾向が小さい。  
(エ) 熱や電気をよく伝える。  
(オ) 濃硝酸には溶けない。

- A. 1      B. 2      C. 3      D. 4      E. 5

問3 下線部(a)に関連して、水酸化アルミニウム  $\text{Al}(\text{OH})_3$  は両性水酸化物である。1.0 mol の純粋な  $\text{Al}(\text{OH})_3$  を溶かすのに必要な最小限の  $\text{HCl}$  を  $x$  [mol]、 $\text{NaOH}$  を  $y$  [mol] とすると、 $x$  は  $y$  の何倍か。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 0.33      B. 0.50      C. 1.0      D. 1.5      E. 2.0      F. 3.0

問4 空欄 ( b ) に当てはまる化合物の化学式を、解答欄に書きなさい。

問5 下線部(c)について、1.0 トンのアルミニウムが生成したとき、消費される炭素電極は何トンか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、炭素電極は純粋な炭素の単体であり、陽極では等しい物質量の一酸化炭素と二酸化炭素が生成したとする。また、流れた電気量はすべて陽極および陰極での反応に使用されたとする。

- A. 0.30 トン      B. 0.36 トン      C. 0.44 トン      D. 0.59 トン      E. 0.67 トン

4

鎖式炭化水素 A 1.0 mol に、水素分子は 1.0 mol 付加する。また、0.70 g の A に、臭素分子は 2.0 g 付加する。以下の各問いに答えなさい。

問1 鎖式炭化水素 A の炭素数として最も適切なものを次の中から一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 1      B. 2      C. 3      D. 4      E. 5      F. 6      G. 7      H. 8

問2 鎖式炭化水素 A および A の構造異性体のうち、鎖式炭化水素は何種類あるか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 1      B. 2      C. 3      D. 4      E. 5      F. 6      G. 7      H. 8

問3 鎖式炭化水素 A および A の構造異性体のうち、環式炭化水素は何種類あるか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 0      B. 1      C. 2      D. 3      E. 4      F. 5      G. 6      H. 7

問5 鎖式炭化水素 A を 35.0 mg 元素分析装置で完全燃焼させたときに理論上得られる二酸化炭素および水の質量 [mg] を、有効数字 3 桁で解答欄に書きなさい。

5

代表的な合成繊維ア～オの構造式，またはその一部を表に示す。合成繊維アとオの四角の中には共通の構造式が入る。  
これらの合成繊維に関する以下の各問いに答えなさい。

表 代表的な合成繊維の構造式

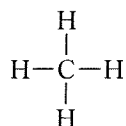
| 記号 | 構造式                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ア  | $\left[ \text{O}-(\text{CH}_2)_2-\text{O}-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\boxed{\phantom{\text{O}}} - \underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} \right]_n$                                                                                |
| イ  | $\cdots\cdots\text{CH}_2-\underset{\text{CN}}{\underset{ }{\text{CH}}}-\text{CH}_2-\underset{\text{COOCH}_3}{\underset{ }{\text{CH}}}-\cdots\cdots$                                                                                                                      |
| ウ  | $\left[ \underset{\text{H}}{\underset{ }{\text{N}}}-(\text{CH}_2)_5-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} \right]_n$                                                                                                                                       |
| エ  | $\left[ \underset{\text{H}}{\underset{ }{\text{N}}}-(\text{CH}_2)_6-\underset{\text{H}}{\underset{ }{\text{N}}}-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-(\text{CH}_2)_4-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} \right]_n$                       |
| オ  | $\left[ \underset{\text{H}}{\underset{ }{\text{N}}}-\boxed{\phantom{\text{O}}}-\underset{\text{H}}{\underset{ }{\text{N}}}-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\boxed{\phantom{\text{O}}}-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} \right]_n$ |

問1 次の(1)と(2)の記述は，合成繊維ア～オのどれについて述べたものか。該当する合成繊維の記号と名称をそれぞれ解答欄に書きなさい。

- (1) 羊毛に似て，軽くやわらかく，共重合によって合成される。
- (2) 紫外線を通しにくく，軽く，強度が大きいことから，合成樹脂として PET ボトルにも利用されている。

問2 合成繊維ウは開環重合によって合成される。合成繊維ウの合成に用いられる単量体の構造式を例にならって，**元素記号と価標を省略せずに**解答欄に書きなさい。

例)



問3 合成繊維ウーオでは、単量体がアミド結合で互いに結びついている。次の(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 次の物質のうち、アミド結合を含むものはいくつあるか。A～Eの中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

アスパラギン酸、アセトアニリド、アミラーゼ、インスリン、  
サリチル酸メチル、デンプン、フェニルアラニン、メチルオレンジ

A. 1      B. 2      C. 3      D. 4      E. 5

- (2) 分子量  $2.4 \times 10^5$  の合成繊維オの分子には何個のアミド結合が含まれるか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

A.  $1.0 \times 10^3$     B.  $2.0 \times 10^3$     C.  $5.0 \times 10^3$     D.  $1.0 \times 10^4$     E.  $2.0 \times 10^4$     F.  $5.0 \times 10^4$

- (3) 合成繊維エは、ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸ジクロリドを反応させることで容易に得ることができる。図2は、合成繊維エの合成実験の様子を示している。溶液aと溶液bはそれぞれ何か。次の中から最も適切な組合せを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

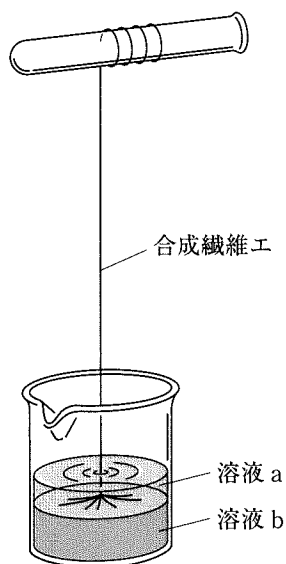


図2 合成繊維エの合成実験

|   | 溶液 a                  | 溶液 b                  |
|---|-----------------------|-----------------------|
| A | ヘキサメチレンジアミンが溶けた水溶液    | アジピン酸ジクロリドが溶けたヘキサン溶液  |
| B | ヘキサメチレンジアミンが溶けたヘキサン溶液 | アジピン酸ジクロリドが溶けた水溶液     |
| C | アジピン酸ジクロリドが溶けた水溶液     | ヘキサメチレンジアミンが溶けたヘキサン溶液 |
| D | アジピン酸ジクロリドが溶けたヘキサン溶液  | ヘキサメチレンジアミンが溶けた水溶液    |