

# 平成 22 年度前期日程入学試験学力検査問題

平成 22 年 2 月 25 日

## 理 科

物 理…… 4～21ページ, 化 学……22～33ページ

生 物……34～47ページ, 地 学……48～58ページ

志 望 学 部	試 験 科 目	試 験 時 間
理 学 部 農 学 部	物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択	13 : 30～16 : 00 (150 分)
医 学 部 歯 学 部	物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択	
薬 学 部 工 学 部	物理(指定), 化学(指定)	

### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子, 解答用紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は, 58 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。なお, ページの脱落, 印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は, 必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し, ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 解答用紙の受験記号番号欄(1枚につき2か所)には, 忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入すること。
5. 解答は, 必ず選択した科目の解答用紙の指定された箇所に記入すること。
6. 解答用紙を持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後, この問題冊子は持ち帰ること。

# 化 学

計算のために必要な場合には、以下の数値を使用せよ。

原子量 H = 1.0 C = 12.0 O = 16.0 Na = 23.0 Al = 27.0

Fe = 55.8 Cu = 63.5 Zn = 65.4 Ag = 107.9

気体定数  $R = 8.31 \text{ kPa} \cdot \ell / (\text{mol} \cdot \text{K})$ ,

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

$\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$ ,  $\sqrt{5} = 2.24$   $\sqrt{10} = 3.16$

$\log_{10} 2 = 0.301$ ,  $\log_{10} 3 = 0.477$ ,  $\log_{10} 4 = 0.602$ ,  $\log_{10} 5 = 0.699$

解答に字数の指定がある場合、句読点、数字、アルファベット、および記号も1字として数えよ。なお、問題中の  $\ell$  はリットルを表す。

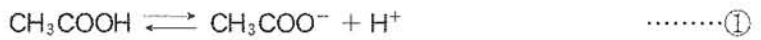
(例) 

4	°	C	の	H	<sub>2</sub>	O	が	,
---	---	---	---	---	--------------	---	---	---

**1** 下の文章を読んで、以下の問いに答えよ。ただし、解答に際しての数値の有効数字は2桁とせよ。

酢酸は、昔から人類に利用されてきた重要な物質であり、今でも医薬品や繊維などの原料として世界中で最も大量に生産されている酸である。この酢酸の工業的製法には、メタノールのカルボニル化、エチレンの酸化、発酵などがある。発酵法では、エタノールが酸化されて **ア** ができ、さらにそれが酸化されて酢酸が得られる。酢酸2分子を縮合させると **イ** が得られる。酢酸とエタノールの混合物に少量の濃硫酸を添加して加熱すると、**ウ** と水ができる。この生成物である **ウ** のようにカルボン酸とアルコールが脱水縮合してから生成する化合物を総称して **エ** という。

一方、水溶液中では、酢酸は、その一部が①式のように電離して、電離しない分子と平衡状態にある。電離して生じる  $\text{H}^+$  により酢酸は弱酸性を示す。



ここで、①式の電離定数  $K_a$  は、次式で定義される。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad \dots\dots\dots ②$$

いま、酢酸  $x$  [mol] を水に溶解させて 1.0 ℓ の酢酸水溶液を調製した。このとき、酢酸の電離度を  $\alpha$  とすると、平衡状態における各成分のモル濃度は、 $x$ 、 $\alpha$  を用いて次式のようになる。

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \boxed{\text{カ}} \text{ [mol/ℓ]}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = \boxed{\text{キ}} \text{ [mol/ℓ]}$$

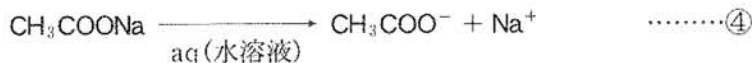
$$[\text{H}^+] = \boxed{\text{ク}} \text{ [mol/ℓ]}$$

これらを用いて、電離定数を表すと

$$K_a = \boxed{\text{ケ}} \quad \dots\dots\dots ③$$

となる。なお、酢酸のような弱酸では  $\alpha$  は 1 に比して非常に小さいため、  
 $(1 - \alpha) \doteq 1$  と近似して計算されることが多い。

②式の電離定数は、酢酸水溶液のみならず、酢酸分子や酢酸イオンを含む水溶液ならば適用できる。例えば、酢酸ナトリウムの水溶液にも適用できる。酢酸ナトリウムは水溶液中で次のようにほぼ完全に解離する。



生成した酢酸イオンは、⑤式のような平衡状態をとる。



すなわち、酢酸ナトリウム水溶液では④式と⑤式のいずれも成り立っているわけである。<sup>c)</sup>⑤式中の  $\text{OH}^-$  の存在により、<sup>d)</sup>酢酸ナトリウム水溶液は弱塩基性を示す。

問 1 空欄  ～  に入る適切な語句を書け。

問 2 化合物  は、水と少量の酸を加えて加熱すると、下線部 a) の逆反応が起こり、カルボン酸とアルコールが生じる。一方、水酸化ナトリウム水溶液などの塩基を加えて加熱すると、カルボン酸の塩とアルコールが生成する。この両者はいずれも加水分解反応によるが、塩基による場合は特に  という。

(1) 下線部 a) が説明している化学反応式を書け。

(2) 空欄  に入る適切な語句を書け。

問 3 空欄  ～  に入る適切な数式を書け。

問 4 下線部 b) の近似の妥当性を濃度  $0.10 \text{ mol/l}$  の酢酸水溶液のときの電離度を算出して確認してみる。まず、この近似が成立するとすれば、③式は次のように書き換えられる。

$$K_a = \text{  }$$

酢酸の電離定数の値 ( $25^\circ\text{C}$  で  $K_a = 2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ ) を用いて電離度  $\alpha$  を算出すると、

$$\alpha = \text{  }$$

となり、 $(1 - \alpha) \approx 1$  という近似の妥当性がわかる。

(1) 空欄  に入る数式を書け。

(2) 空欄  に該当する数値を求めよ。

(3) このときの pH 値として適切な記号を○で囲め。

(a) 2.0    (b) 2.4    (c) 2.8    (d) 3.2    (e) 3.6    (f) 4.0

問 5 下線部 c) から酢酸ナトリウム水溶液中の化学反応式を書け。

問 6 下線部 d) に関して、 $0.080 \text{ mol/l}$  の酢酸ナトリウム水溶液中の pH を以下のように算出して確認してみる。

まず、問題文中⑤式と水のイオン積  $K_w$  からは次式が成り立つ。

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]}$$

ここで、⑤式のように水と反応する酢酸イオンはわずかであるので、⑤式は圧倒的に左辺に寄っている。これを利用すると、次式のように近似できる。

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] \doteq \boxed{\text{シ}} \text{ mol/l}$$

この近似と、 $K_a$  値 ( $= 2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ ) および  $K_w$  値 ( $= 1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/l)}^2$ ) を用いると、この酢酸ナトリウム水溶液の水酸化物イオン濃度が

$$[\text{OH}^-] = \boxed{\text{ス}} \text{ mol/l}$$

と求められ、さらに水のイオン積  $K_w$  を用いて水素イオン濃度を求めて、pH を算出とすると次のようになる。

$$\text{pH} = \boxed{\text{セ}}$$

(1) 空欄  $\boxed{\text{シ}}$  に入る数値を書け。

(2) 空欄  $\boxed{\text{ス}}$   $\boxed{\text{セ}}$  に入る適切な数値を計算せよ。その計算過程も示せ。

問 7 酢酸水溶液に、酢酸ナトリウムを溶かすと、混合溶液中の酢酸イオン濃度  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$  が大きくなり、①式の電離平衡が左に移動し、新たな平衡状態に達する。この現象を平衡移動(ル・シャトリエ)の原理と呼ぶ。

実際に、 $0.10 \text{ mol/l}$  の酢酸水溶液  $100 \text{ ml}$  に、酢酸ナトリウムを  $0.82 \text{ g}$  溶解させた。酢酸ナトリウムは水溶液中で完全解離するので、①式の酢酸の電離平衡は左側に移動する。このときの体積変化は無視でき、問 6 での近似が成立すると考えれば、混合溶液の pH は酢酸の電離定数  $K_a$  に上述した値を代入することで  $[\text{H}^+]$  が算出でき、 $\text{pH} = \boxed{\text{ソ}}$  となる。

空欄  $\boxed{\text{ソ}}$  の値として最も適切な記号を○で囲め。

(a) 3.1 (b) 3.4 (c) 3.7 (d) 4.0 (e) 4.3 (f) 4.6 (g) 4.9

2 次の文章(I)と(II)を読み、問1から問9に答えよ。

(I) 5種類の金属の単体M1からM5、およびそれぞれの金属イオンの水溶液を用いて、実験1から実験5を行った。

実験1：高温の水蒸気と反応させると、M1、M2およびM3は水素を発生しながら酸化されたが、M4およびM5は反応しなかった。

実験2：常温の濃硝酸と反応させると、M2およびM3は表面に緻密な酸化被膜が形成され、溶解反応が進みにくくなった。M1、M4およびM5は気体を発生しながら溶解した。

b) 実験3：常温の希塩酸と反応させると、M1からM3は水素を発生しながら溶解した。M4ではその表面に難溶性化合物が生成し、M4の溶解反応が進みにくくなった。M5は反応しなかった。

実験4：M1からM5の金属イオンを1種類ずつ含む中性水溶液にそれぞれ硫化水素を加えると、M3の金属イオンを含む水溶液からは沈殿物が生成しなかったが、M1の金属イオンを含む水溶液からは白色沈殿物が、M2、M4およびM5の各金属イオンを含む水溶液からはそれぞれ黒色沈殿物が生成した。このうち沈殿物が生成したものに希塩酸を滴下して水溶液を酸性にすると、生成した4つの沈殿物のうちの2つが溶解した。

実験5：実験4の下線部c)の操作で溶解した2つの溶液を煮沸して硫化水素を取り除いたのちに、少量の水酸化ナトリウムを加えるといずれも沈殿物が生成したが、さらに過剰量の水酸化ナトリウムを加えると、そのうちの一方の沈殿物は溶解した。

問 1 M1 から M5 にあてはまるものを以下の金属から選び、それぞれ元素記号で答えよ。

亜鉛    アルミニウム    金    鉄    銅    鉛

問 2 下線部 a) の状態を何というか、答えよ。

問 3 下線部 b) でおこる反応を化学反応式で書け。

問 4 下線部 c) について、溶解した 2 つの沈殿物をそれぞれ組成式で書け。

問 5 下線部 d) でおこる反応をイオン反応式で書け。

(Ⅲ) 炭素の単体の結晶であるダイヤモンド結晶は図1に示した面心立方格子を基本とした単位格子の構造をもつ。また、同じ立方格子をもち **A** 結合からなる塩化ナトリウムと異なり、ダイヤモンドは **B** 結合をもつ結晶であることから、塩化ナトリウムに比べて非常に硬く、融点が高いことが特徴である。

同じ炭素からなる黒鉛の場合には、炭素の価電子の一部が他の炭素との間で **B** 結合することで図2に示すように正六角形からなる網目構造の層を作るが、この層は分子間力により結合している。この構造の違いは、黒鉛がダイヤモンドとは異なり電気の良い導体であることに関係している。<sup>a)</sup>

炭素は、金属化合物から単体金属を取り出すために使用されるなど、工業的に重要な元素である。例えば、アルミニウムは酸化アルミニウムを氷晶石と共に高温で融解塩(熔融塩)電解することで製造されるが、この時の電極として炭素が用いられる。<sup>b)</sup>

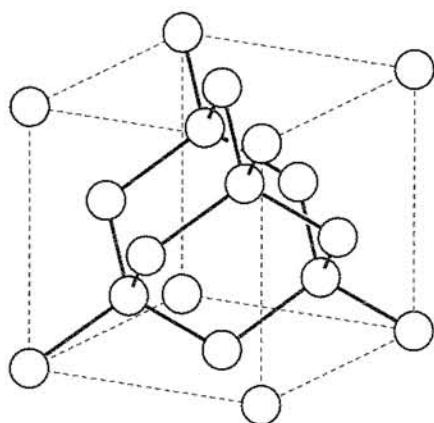


図1 ダイヤモンドの構造

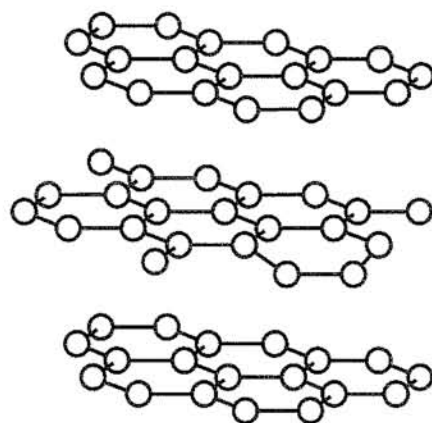


図2 黒鉛の構造

問6 空欄 **A** および **B** に入る語句として、次の(a)から(e)の中から適切なものを1つ選び、それぞれ解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 水素 (b) イオン (c) 金属 (d) 共有 (e) 配位

問 7 下線部 a) について、図 2 に示した構造および炭素の価電子の状態を考慮して、黒鉛が良導体である理由を 45 字以内で答えよ。

問 8 炭素について述べた次の(a)から(e)の文章について、正しいものをすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) カーボンナノチューブと黒鉛は同位体である。
- (b) フラーレンは炭素の同素体のひとつである。
- (c) 黒鉛がダイヤモンドと異なりもろいのは色の違いによるためである。
- (d) ダイヤモンドは非常に硬く、熱を良く伝える。
- (e) ダイヤモンドは正四面体の立体構造をもつことから、鏡像異性体をもつ。

問 9 下線部 b) について、融解塩電解によりアルミニウムを生成させたところ、二酸化炭素と一酸化炭素が物質量の比率 2 : 1 で発生し、電解には 150 A の電流で 120 時間かかった。以下の 4 つの問いに答えよ。ただし、このときの電気量はすべてアルミニウムの電解に使われたものとし、計算の結果はすべて有効数字 2 桁<sup>は</sup>で答えよ。

- (1) 陰極における化学反応を電子  $e^-$  を含むイオン反応式で書け。
- (2) 電解に使った電気量を、単位を C として計算して答えよ。
- (3) この反応で生成したアルミニウムの質量を、単位を kg として計算して答えよ。
- (4) この反応で消費された炭素電極の質量を、単位を kg として計算して答えよ。



実験 1 化合物 A, B, C それぞれに対して適切な触媒を用いて水素を付加させると、いずれからも枝分かれのないアルカン D が得られた。

実験 2 化合物 A に対して触媒(ア)を用いて水を付加させると、分子式  $C_6H_{12}O$  で表される化合物 E と F が得られた。これらの化合物のうち、化合物 E はヨードホルム反応を示した。化合物 E と F はどちらも銀鏡反応を示さなかった。

実験 3 化合物 B に対して触媒(ア)を用いて水を付加させると、分子式  $C_6H_{12}O$  で表される化合物 E と G が得られた。化合物 G はフェーリング液を加えると、赤色沈殿を生成した。

実験 4 化合物 C に対して触媒(ア)を用いて水を付加させると、化合物 F のみが得られた。

実験 5 化合物 B に対して触媒(イ)を作用させると、3 分子の B が重合し、ベンゼン環をもつ化合物 H および I が得られた。

実験 6 過マンガン酸カリウム水溶液を用いて化合物 H を酸化し、溶液を酸性にすると、分子式  $C_9H_6O_6$  で表される化合物 J が得られた。化合物 J を加熱すると分子量が J のものより 18.0 減少した化合物 K が得られた。

問 1 化合物 **D** の構造式を書け。

問 2 化合物 **E**, **F**, **G** の構造式を書け。

問 3 化合物 **A**, **B**, **C** の構造式を書け。

問 4 化合物 **H**, **K** の構造式を書け。

問 5 実験 5 で化合物 **H** は 3 分子の化合物 **B** の重合により生成する。これ以外に、**H** はどのような 3 種類のアルキンを組み合わせた重合により生成可能であるか。解答欄に適切な 3 種類のアルキンの構造式を書き、反応式を完成させよ。

問 6 化合物 **B** と **C** の混合物に対して触媒(イ)を作用させ、ベンゼン環をもつ化合物を生成させることを考える。

(1) このとき生成しうる化合物は最大で何種類あるか。その数を書け。

(2) 生成しうる化合物のうち、化合物 **L** はベンゼン環上の水素原子 1 つを臭素原子に置き換えた場合に、互いに異性体の関係にある 2 種類の化合物を与える。化合物 **L** の構造式を書け。

問 7 触媒とはどのような作用をもつ物質のことか。以下の語句を用いて、70 字以内で説明せよ。

(語句) 反応速度, 反応熱, 活性化エネルギー

——このページは白紙——