

# 令和 5 年度 一般選抜

## 個別学力試験問題(前期日程)

### 化 学

#### 注 意

1. 志望学部・学科により，問題，解答用紙が異なるので，解答前に確認してください。
2. 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
3. 問題紙は 11 ページです。解答用紙は総合理工学部物質化学科受験生には 4 枚，総合理工学部(物質化学科を除く)受験生，材料エネルギー学部受験生，生物資源科学部受験生には 5 枚配布されます。指示があってから確認し，すべての解答用紙の所定の欄に受験番号を記入してください。
4. 下表に示すように，受験する学部・学科で解答する問題が異なります。

総合理工学部物質化学科受験生は **1**，**2**，**3**，**4** の問題を，総合理工学部(物質化学科を除く)受験生，材料エネルギー学部受験生，生物資源科学部受験生は **1**，**2** 問 1～4，**3** 問 1～3 を必答問題とし，**4**，**5** はどちらか 1 問を選択し，解答用紙の選択欄に○印を記入の上，解答してください。解答用紙の選択欄の○印が **4**，**5** の両方に記入されている場合，あるいはどちらにも記入されていない場合，選択問題の得点は 0 点として取り扱います。

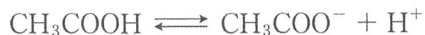
学部・学科	問 題
総合理工学部(物質化学科)	<b>1</b> ， <b>2</b> ， <b>3</b> ， <b>4</b>
総合理工学部(物質化学科を除く) 材料エネルギー学部 生物資源科学部	必答 <b>1</b> ， <b>2</b> 問 1～4， <b>3</b> 問 1～3 選択 <b>4</b> あるいは <b>5</b>

5. 答えはすべて解答用紙の所定の欄に記入してください。
6. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
7. 試験終了後，問題紙は持ち帰ってください。

1 【必答問題】 すべての受験生が解答すること。

次の問いに答えよ。

問 1 酢酸は、水溶液中で一部が次式のように電離し、平衡が成立している。



- (1) 水溶液における電解質の電離度の定義を書け。
- (2) 0.10 mol/L の酢酸水溶液の pH は 1.0 にはならない。電離度という語句を用いて、この理由を説明せよ。

問 2 中和反応において、酸の陰イオンと塩基の陽イオンが結合した化合物を塩という。(A)~(C)の塩を水に溶かしたときの水溶液の性質として、(ア)~(ウ)から最も適当なものを一つ選び、それぞれ記号で答えよ。

- (A) 塩化アンモニウム  $\text{NH}_4\text{Cl}$
- (B) 炭酸水素ナトリウム  $\text{NaHCO}_3$
- (C) 硫酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

- (ア) 酸性                      (イ) 中性                      (ウ) 塩基性

問 3 塩は加水分解以外でも酸や塩基によって分解することもある。例えば、弱酸と強塩基の塩を含む水溶液に強酸を加えると弱酸が遊離する。一方、弱塩基と強酸の塩を含む水溶液に強塩基を加えると弱塩基が遊離する。次の(1)、(2)の場合に起こる化学変化を、それぞれ化学反応式で表せ。

- (1) 硫化ナトリウム水溶液に塩酸を加えた。
- (2) 塩化アンモニウムの水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えた。

問 4 金属が水溶液中で陽イオンになろうとする性質を金属のイオン化傾向という。イオン化傾向が大きい金属ほど陽イオンになりやすい。4種の金属 A ~ D について、次の(a)~(d)の実験結果が得られた。

- (a) A は熱濃硫酸と反応しなかった。
- (b) B と D は熱濃硫酸に気体を発生して溶解した。
- (c) C だけが常温で水と激しく反応した。
- (d) D の硫酸塩の水溶液に B の金属片を入れると、その表面に D が析出した。

- (1) A ~ D をイオン化傾向の大きいものから順番に記号で書け。
- (2) A ~ D として適当な金属を、それぞれナトリウム、銅、亜鉛、金の中から選び、物質名で答えよ。

問 5 濃度が不明の過酸化水素水 8.0 mL を硫酸で酸性にし、濃度 0.020 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下して酸化還元滴定を行った。

- (1) 硫酸酸性水溶液中における過マンガン酸カリウムと過酸化水素の化学反応式を書け。
- (2) この滴定において、終点はどのように判定するべきか、答えよ。
- (3) 過マンガン酸カリウム水溶液を 4.0 mL 滴下したところで終点となった。過酸化水素水の濃度を有効数字 2 桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

**2** 【必答問題】 問 1～4 は、すべての受験生が解答すること。

次の文を読み、問いに答えよ。ただし、必要であれば、原子量として以下を用いよ。

H = 1.00 O = 16.0 Na = 23.0 Mg = 24.0 S = 32.0 Cl = 36.0

Ag = 108 Ba = 134

島根県にある宍道湖には、近隣の河川から淡水が流入するとともに、外海から海水が一部流入している。宍道湖の湖水には、陽イオンとしてナトリウムイオン、マグネシウムイオンが、陰イオンとして塩化物イオン、硫酸イオンが多く含まれており、他のイオン成分は無視できるぐらい少なく、湖水の pH は 7 とする。

宍道湖の湖水 1.00 L に対して、次の実験 1～3 をそれぞれ行った。

実験 1 過剰の硝酸バリウムを加えたところ、白色沈殿 <sup>(a)</sup> 0.460 g が生じた。

実験 2 過剰の硝酸銀を加えたところ、白色沈殿 <sup>(b)</sup> 7.20 g が生じた。

実験 3 過剰の水酸化カリウムを加えたところ、白色沈殿 <sup>(c)</sup> 0.116 g が生じた。

問 1 宍道湖の湖水に含まれているイオン成分のうち、ナトリウム、マグネシウムおよび塩素は第 3 周期に属する。これらの原子を、イオン化エネルギーが大きい順に並べて書け。

問 2 下線部(a)の化学式を書き、実験 1 で生じた沈殿の物質質量 [mol] を有効数字 3 桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

問 3 下線部(b)の化学式を書き、実験 2 で生じた沈殿の物質質量 [mol] を有効数字 3 桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

問 4 下線部(c)の化学式を書き、実験 3 で生じた沈殿の物質質量 [mol] を有効数字 3 桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

問 5, 6 は, 総合理工学部物質化学科受験生が解答すること。

問 5 実験 1～3 により, 宍道湖の湖水 1.00 L 中に含まれる 3 種のイオンの物質  
量を求めることができた。湖水の pH が 7 であり, 陽イオン 2 種の電荷の総  
和と, 陰イオン 2 種の電荷の総和は等しいとみなしたとき, 実験 1～3 で反  
応しなかったイオン種を書き, 湖水 1.00 L 中に存在するそのイオン種の物  
質量 [mol] を有効数字 3 桁で求めよ。

問 6 宍道湖の湖水に含まれるイオンは, ナトリウムイオンと塩化物イオンが主  
なイオンであり, 他のイオンは無視できるものとする。宍道湖の湖水を冷却  
すると, 何 °C で凝固するか, 有効数字 3 桁で求めよ。また, その計算の過程  
も示せ。ただし, 水のモル凝固点降下度は  $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg}/\text{mol}$  で, 湖水は希薄溶  
液と考えてよいこととし, 湖水の密度は  $1.00 \text{ g}/\text{cm}^3$  とする。

**3** 【必答問題】 問1～3は、全ての受験生が解答すること。

次の文を読み、問いに答えよ。ただし、必要であれば、原子量として  $H = 1.0$ ,  $C = 12$ ,  $O = 16$  を、気体定数として  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$  を用いよ。また、下図の容器に入れられた水溶液はすべて希薄溶液であるとする。

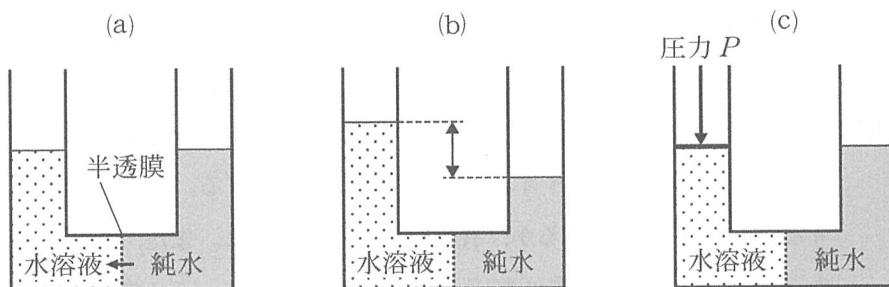


図 a に示すような、水のみを通す半透膜で仕切った容器に、水溶液と純水を液面の高さが等しくするように入れると、純水の一部が水溶液側に移動し、液面の高さに違いが生じる(図 b)。ここで、水溶液の液面に、ある大きさの圧力  $P$  を加えれば、両方の液面の高さを等しくすることができる(図 c)。水溶液が希薄溶液の場合、 $P$  [Pa] は溶液の温度  $T$  [K]、溶液のモル濃度  $c$  [mol/L]、および気体定数  $R$  を用いて式(1)で表される。

$$P = cRT \tag{1}$$

問 1 図の水溶液として、 $x$  [g] のグルコース ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) を溶かして 1.0 L としたものが入れているときの、300 K における  $P$  の値は  $2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$  であった。 $x$  の値を有効数字 2 桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。ただし、グルコースの電離は無視できるものとする。

問 2 図の水溶液として、ある高分子 5.0 g を溶かして 1.0 L としたものが入れられているときの、300 K における  $P$  の値は  $2.5 \times 10^2$  Pa であった。この高分子の分子量を有効数字 2 桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。ただし、この高分子は非電解質であるとする。

問 3 図の水溶液として、NaCl を水に溶かしたものが入れられているときの、温度  $T_0$  における  $P$  の値は  $P_0$  であった。図 c の状態から、水溶液側から純水側に水を移すには、どのような操作を行えば良いか。次の(ア)~(オ)から 2 つ選び、それぞれ記号で答えよ。また、選んだ理由をそれぞれ説明せよ。ただし、これらの操作の中で水溶液および純水は液体のままであるとする。

- (ア) 温度は変えずに、水溶液に加える圧力の大きさを  $P_0$  よりも大きくする。
- (イ) 温度は変えずに、水溶液に加える圧力の大きさを  $P_0$  よりも小さくする。
- (ウ) 温度および水溶液に加える圧力の大きさは変えずに、水溶液に少量の NaCl を加え溶かす。
- (エ) 水溶液に加える圧力の大きさは変えずに、純水と水溶液の温度を  $T_0$  より同じだけ上げる。
- (オ) 水溶液に加える圧力の大きさは変えずに、純水と水溶液の温度を  $T_0$  より同じだけ下げる。

問 4, 5 は, 総合理工学部物質化学科受験生が解答すること。

問 4 物質 A は水中で式(2)のように電離する。



図の水溶液として, 0.050 mol の A を溶かして 1.0 L としたものが入れられているときの, 300 K における  $P$  の値は  $2.0 \times 10^5$  Pa であった。この状態における A の濃度を有効数字 2 桁で求めよ。また, その計算の過程も示せ。

問 5 物質 D は, 光を照射すると式(3)で表される反応を起こす。

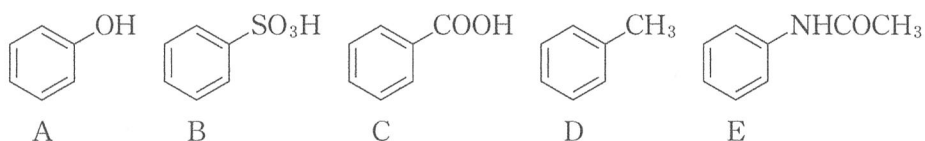


図の水溶液として, 光が照射されていない状態で, D のみが濃度 0.10 mol/L で溶けているものが入れられているときの,  $P$  の値は  $P_1$  であった。次に, 温度を一定に保ちながら水溶液に光を均等に照射すると, 式(3)の反応が進行し, すべての D が E に変化した。この状態における  $P$  の値を  $P_1$  を用いて表せ。また, その計算の過程も示せ。ただし, D および E は非電解質であるとする。



4 総合理工学部物質化学科受験生は、4 を解答すること。総合理工学部(物質化学科を除く)、材料エネルギー学部および生物資源科学部の受験生は、4 あるいは 5 のどちらか一つを選択し、解答すること。

下図の芳香族化合物 A ~ E について、次の文を読み、問いに答えよ。なお、構造式は、下図 A ~ E にならって書け。



化合物 A は、強い殺菌作用のある芳香族化合物であり、工業的には ア 法とよばれる方法により、ベンゼンとプロペンから合成される。一方、触媒として鉄粉を用い、ベンゼンと塩素を反応させると芳香族化合物 F が生成するが、これを経由して化合物 A を合成することもできる。化合物 F を高温高压下で水酸化ナトリウム水溶液と反応させると水溶性の芳香族化合物 G が生じ、これに二酸化炭素を水溶液中で反応させることで化合物 A が得られる。化合物 A に濃硫酸と濃硝酸の混合物(混酸)を加えて十分に反応させると、ベンゼン環のオルト(o-)とパラ(p-)の位置にある水素がすべて置換され、爆薬としても利用されていた芳香族化合物 H が生じる。化合物 B は、ベンゼンに試薬 X を加えて加熱することで生成する。化合物 B を水酸化ナトリウム水溶液により中和したのち、アルカリ融解により水酸化ナトリウムと反応させると、化合物 G が生成する。化合物 C は、化合物 D を過マンガン酸カリウムで イ すると生成する。

化合物 E を水酸化ナトリウム水溶液で加水分解すると、弱い塩基性を示す芳香族化合物 I が得られる。化合物 I を試薬 Y と反応させると ウ 化が進行し、もとの化合物 E が再び生成する。化合物 I は、さらし粉水溶液を加えると赤紫色を呈することにより検出できる。化合物 I の希塩酸溶液を氷冷しながら亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、 エ 化が進行し芳香族化合物 J が得られる。化合物 J と化合物 G の水溶液を混ぜて反応させると、鮮やかな橙赤色を示す芳香族化合物 K が生成する。

問 1 ア ~ エ に入る最も適当な語句を、次の(a)~(k)から選び、記号で答えよ。

- (a) 重合                      (b) 中和                      (c) 酸化                      (d) 還元  
(e) ハロゲン                      (f) アセチル                      (g) ジアゾ                      (h) 付加  
(i) ソルバー                      (j) ハーバー・ボッシュ                      (k) クメン

問 2 試薬 X と Y について、最も適当な名称を次の(1)~(t)から選び、記号で答えよ。

- (1) 濃硝酸                      (m) 濃塩酸                      (n) 濃硫酸                      (o) 炭酸水  
(p) 無水酢酸                      (q) 硫酸ナトリウム                      (r) 炭酸水素ナトリウム  
(s) ナトリウム                      (t) 水酸化ナトリウム

問 3 化合物 A ~ E のうち酸性を示すものをすべて選び、酸としてはたらしき強いものから順番に記号で書け。

問 4 化合物 F と I の構造式を書け。

問 5 下線部(a)と(b)の反応を、それぞれ化学反応式で書け。ただし、有機化合物は構造式で示すこと。

5 総合理工学部(物質化学科を除く)、材料エネルギー学部および生物資源科学部の受験生は、4 あるいは 5 のどちらか一つを選択し、解答すること。

次の I, II の文を読み、問いに答えよ。ただし、必要であれば、原子量として  $H = 1.00$ ,  $C = 12.0$ ,  $O = 16.0$ ,  $Na = 23.0$ ,  $I = 127$  を用いよ。

I 油脂(トリグリセリド)はグリセリンと高級脂肪酸が ア 結合した分子で、生物に普遍的に存在する天然有機化合物である。ラードなど動物性油脂は、イ 脂肪酸を多く含むため常温で固体であり、特に ウ と呼ばれる。一方、オリーブ油や菜種油などの植物性油脂は、エ 脂肪酸を多く含むため常温で液体であり、特に オ と呼ばれる。

II ある油脂 A を分析し、次の実験結果を得た。

実験 1 油脂 A 4.41 g を完全にけん化するために、0.500 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液が 30.0 mL 必要であった。また、油脂 A をけん化した後、酸性にして得られる脂肪酸は、B と C の 2 種類であった。このときの生成物の組成(モル比)は、グリセリン : B : C = 1 : 1 : 2 であった。

実験 2 脂肪酸 B の元素分析の結果、元素組成は質量パーセントで炭素 76.0 %、水素 12.7 %、酸素 11.3 % であった。

実験 3 脂肪酸 C の 1 mol を、パラジウムを触媒として水素と反応させると、2 mol の水素が付加し、その結果得られた分子は脂肪酸 B と同一であった。

問 1 I の空欄 ア ~ オ に入る最も適当な語句を、次の(a)~(h)から選び、記号で答えよ。

- |         |         |          |         |
|---------|---------|----------|---------|
| (a) 脂肪  | (b) アミド | (c) エステル | (d) 水素  |
| (e) 不飽和 | (f) 飽和  | (g) 硬化油  | (h) 脂肪酸 |

問 2 実験 1 の結果から、油脂 A の分子量を有効数字 3 桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

問 3 実験 2 の結果から、脂肪酸 B の示性式を示せ。また、その計算の過程も示せ。

問 4 実験 2 と実験 3 の結果から、脂肪酸 C の示性式を、次の(a)~(g)の中から選び、記号で答えよ。

- (a)  $C_{15}H_{27}COOH$       (b)  $C_{15}H_{29}COOH$       (c)  $C_{15}H_{31}COOH$   
(d)  $C_{17}H_{29}COOH$       (e)  $C_{17}H_{31}COOH$       (f)  $C_{17}H_{33}COOH$   
(g)  $C_{17}H_{35}COOH$

問 5 脂肪酸 C を 1.40 g 用い、実験 3 の方法に従って水素添加を行うとき、付加した水素の体積は、 $0^{\circ}C$ 、1 気圧の標準状態で何 mL か、有効数字 3 桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

問 6 油脂 100 g に付加するヨウ素の質量を、g 単位で表した数値をヨウ素価という。油脂 A のヨウ素価を有効数字 3 桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。