

※一般は物理・化学・生物から2科目選択
学士は化学・生物の2科目

試験時間 2科目 100分

物理 1～11 ページ

化学 12～23 ページ

生物 24～35 ページ

- 注意事項**
- 出願の際に選択した2科目について解答すること。
 - 解答用紙(マークカード)は各科目につき1枚である。
 - 選択しない科目の解答用紙(マークカード)は、全面に大きく×印をつけて、机の右端に置くこと。試験中に回収します。
 - 解答用紙(マークカード)に、氏名・受験番号の記入および受験番号のマークを忘れないこと。
 - マークはHBの鉛筆で、はっきりとマークすること。

- マークを消す場合、消しゴムで完全に消し、消しきずを残さないこと。
- 解答用紙(マークカード)は折り曲げたり、メモやチェックなどで汚したりしないように注意すること。
- 各問題の選択肢のうち質問に適した答えを1つだけ選びマークすること。1問に2つ以上解答した場合は誤りとする。
- 問題用紙は解答用紙(マークカード)とともに机の上に置いて退出すること。持ち帰ってはいけない。

I 次の問1～問8に答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

問1 次のうちから、配位結合によってできる生成物を含む化学反応をすべて選べ。 1

- a. $\text{H}_2\text{O} + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$
 b. $2\text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl}$
 c. $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$
 d. $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$
- ① a ② b ③ c ④ d ⑤ a, b
 ⑥ a, c ⑦ a, d ⑧ b, c ⑨ b, d ⑩ c, d

問2 原子Xと原子Yは互いに同位体の関係にある。Xの原子番号をa、XとYの質量数の和をb、XとYの質量数の差をcとすると、1個のXに含まれる中性子の数を、a、b、cを用いて表した式は次のうちどれか。ただしXの質量数はYの質量数より大きいものとする。

- 2
- ① $a + \frac{b-c}{2}$ ② $a - \frac{b-c}{2}$ ③ $-a - \frac{b+c}{2}$
 ④ $-a + \frac{b-c}{2}$ ⑤ $-a + \frac{b+c}{2}$

問3 反応熱に関する次の記述のうちから、正しいものを2つ選べ。 3

- a. 反応熱は、ふつう、0℃、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ での値を用いる。
 b. 二酸化炭素の生成熱の値とダイヤモンドの燃焼熱の値は等しい。
 c. 反応熱の値は、生成物の生成熱の総和から反応物の生成熱の総和を引いたものと等しい。
 d. 反応熱の値は、反応物や生成物が気体の場合、生成物の結合エネルギーの総和から反応物の結合エネルギーの総和を引いたものと等しい。
 e. 反応熱の値は、生成物の化学エネルギーの総和から反応物の化学エネルギーの総和を引いたものと等しい。
- ① a, b ② a, c ③ a, d ④ a, e ⑤ b, c
 ⑥ b, d ⑦ b, e ⑧ c, d ⑨ c, e ⑩ d, e

問4 地表から高さ10 kmにある空気は、密度が、それぞれ-50℃、 $4.14 \times 10^{-1} \text{ kg/m}^3$ であるとき、この空気の圧力はおよそ何Paか。なお、空気は分子数の割合で窒素80%、酸素20%からなる理想気体とみなし、気体定数は $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ 、0℃は273 K、窒素の原子量は14.0、酸素の原子量は16.0とする。 4

① 2.7×10^3 ② 5.3×10^3 ③ 2.7×10^4
 ④ 5.3×10^4 ⑤ 2.7×10^5 ⑥ 5.3×10^5

問5 試験管ア、イに、それぞれ列ア、列イに示す金属イオンを含む水溶液を入れ、右列に示す実験操作を常温で行った。試験管ア、イの両方で沈殿が生じる組み合わせを2つ選べ。

5

	ア	イ	実験操作
a	Al^{3+}	Ag^+	過剰量のアンモニア水を加える。
b	Pb^{2+}	Cu^{2+}	過剰量の水酸化ナトリウム水溶液を加える。
c	Ag^+	Pb^{2+}	希塩酸を加える。
d	CrO_4^{2-}	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	過剰量の水酸化バリウム水溶液を加える。
e	Zn^{2+}	Ca^{2+}	酸性条件下で硫化水素を通じる。

- ① a, b ② a, c ③ a, d ④ a, e ⑤ b, c
 ⑥ b, d ⑦ b, e ⑧ c, d ⑨ c, e ⑩ d, e

問6 次の固体のうちから、風解性を示すものをすべて選べ。 6

- a. NaOH b. I_2 c. CuSO_4 d. $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
- ① a ② b ③ c ④ d ⑤ a, b
 ⑥ a, c ⑦ b, c ⑧ b, d ⑨ c, d ⑩ b, c, d

問7 分子内に炭素原子間の二重結合C=Cを2つ含む化合物である、 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ 1分子に、塩化水素HClを2分子付加させた。このときの生成物として考えられる構造異性体の総数と、その中で不斉炭素原子をもつ構造異性体の総数が、順に並んでいるものを選べ。

7

- ① 1, 0 ② 1, 1 ③ 2, 0 ④ 2, 1 ⑤ 2, 2
 ⑥ 3, 0 ⑦ 3, 1 ⑧ 3, 2 ⑨ 3, 3 ⑩ 4, 2

問8 エステルに関する次の記述のうちから、誤っているものを2つ選べ。 8

- a. エステルには、エステル結合-COO-を含まない化合物もある。
 b. フェノールは、エステルをつくらない。
 c. エステル化で生成する H_2O のOは、酸の分子に含まれていたものである。
 d. エステルは、塩基性条件下では加水分解しない。
 e. 酢酸とエタノールのエステル化では、一般に触媒として濃硫酸が用いられる。
- ① a, b ② a, c ③ a, d ④ a, e ⑤ b, c
 ⑥ b, d ⑦ b, e ⑧ c, d ⑨ c, e ⑩ d, e

II 硫酸と硝酸の工業的な製法に関する次の文章を読み、問1～問4に答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

接触法による硫酸の製造では、次の順に反応をすすめる。

1. 単体の硫黄を空气中で燃焼させると、**ア**が発生する。
2. 酸化バナジウム(V)を触媒として、**ア**を空气中の酸素と反応させると、**イ**が発生する。
3. **イ**を濃硫酸に吸収させると発煙硫酸となり、これに希硫酸を加えると濃硫酸が得られる。

オストワルト法による硝酸の製造では、次の順に反応をすすめる。

1. 白金を触媒として、アンモニアを酸素と反応させると、**ウ**と水蒸気が発生する。
2. **ウ**を空气中で酸化させると、**エ**が発生する。
3. **エ**を温水に吸収させると、硝酸と**ウ**が得られる。
4. 3で生じる**ウ**を2の反応で再利用して、2、3の反応を繰り返す。

問1 反応生成物ア～エの中で、含まれる正の酸化数をもつ原子の酸化数をもっとも大きいもの、水に比較的好く溶け、その水溶液が弱酸性を示すものが、順に並んでいるものはどれか。

- 9**
- ① イ、ア ② イ、イ ③ イ、ウ ④ イ、エ
⑤ エ、ア ⑥ エ、イ ⑦ エ、ウ ⑧ エ、エ

問2 硫酸と硝酸をそれぞれ上述の1～3、1'～4'の反応により製造したとする。原料となる硫黄とアンモニアそれぞれ1 molあたりの反応における、硫酸、硝酸の合成の前後で減少または増加する水(減少は-、増加は+)の物質量をそれぞれs、nとすると、理論上、sとnはそれぞれ何 molか。sとnが順に並んでいるものを選べ。ただし、アンモニアに含まれる窒素原子はすべて硝酸になるものとする。

- 10**
- ① -1, -1/2 ② -1, -1/3 ③ -1, 1 ④ -1, 7/6
⑤ -1, 3/2 ⑥ 0, -1/2 ⑦ 0, -1/3 ⑧ 0, 1
⑨ 0, 7/6 ⑩ 0, 3/2

問3 濃硫酸に関する次の記述のうちから、正しいものを2つ選べ。

- 11**
- a. 水と激しく反応するため、希釈するときには攪拌しながら少しずつ水を注ぎ入れる。
 - b. 吸湿性が高く、硫化水素の乾燥剤として用いられる。
 - c. 3倍量の濃塩酸との混合液は、金を溶解する。
 - d. 銀を入れて加熱し、溶解させると、無色で刺激臭をもつ有毒な気体を発生する。
 - e. ギ酸に加えて加熱すると、無色で無臭の有毒な気体を発生する。
- ① a, b ② a, c ③ a, d ④ a, e ⑤ b, c
⑥ b, d ⑦ b, e ⑧ c, d ⑨ c, e ⑩ d, e

問4 濃硝酸に関する次の記述のうちから、正しいものを2つ選べ。

- 12**
- a. ガラスを溶かすため、ポリエチレンの容器に入れて保存する。
 - b. 鉛を浸すと、鉛の表面に酸化被膜が形成されて溶解はすすまない。
 - c. 卵白水溶液に加えて加熱すると、黄色に変化する。
 - d. 銅を浸すと、銅は溶解して、赤褐色で水に溶けやすい気体が生じる。
 - e. アンモニア水をつけたガラス棒をかざすと、白煙が生じる。
- ① a, b ② a, c ③ a, d ④ a, e ⑤ b, c
⑥ b, d ⑦ b, e ⑧ c, d ⑨ c, e ⑩ d, e

III 混合物から純物質を取り出す操作を分離という。混合物の分離には、再結晶や、分液ろうとうを用いた溶媒抽出など、混合物に含まれる各純物質の溶媒への溶解度の違いを利用する方法がある。次の問1、問2に答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

問1 硫酸銅(II)の結晶と少量の炭酸カルシウムの混合物がある。混合物中の炭酸カルシウムと硫酸銅(II)を分離するために、この混合物のある量をビーカーに取り、60℃の水を加えたところ、硫酸銅(II)は完全に溶解し、少量の炭酸カルシウムのみ固体として残った。残った炭酸カルシウムをろ過して水溶液と分離した。得られた水溶液を、水溶液Xとする。60℃の水溶液Xを100gはかりとり、60℃に保ったまま無水物の硫酸銅(II)の結晶を加えたところ、10.0g加えたところで飽和した。次の(1)、(2)の問いに答えよ。

(1) 60℃の水溶液Xを20℃まで冷やして硫酸銅(II)五水和物を25.0g析出させるためには、何gの水溶液Xが必要か。もっとも近い値を選べ。ただし、20℃と60℃における、硫酸銅(II)の飽和水溶液の質量パーセント濃度は、それぞれ16.8%、28.5%、また、硫酸銅(II)の式量は160、水の分子量は18.0とせよ。なお、他の物質が溶けていても溶解度には影響を与えないものとする。

- 13**
- ① 250 ② 260 ③ 270 ④ 280 ⑤ 290
⑥ 300 ⑦ 310 ⑧ 320 ⑨ 330 ⑩ 340

(2) ろ過された炭酸カルシウムを純水で洗浄し、硝酸を加えたところ、気体を発生して溶解した。炭酸カルシウムを硝酸に溶かして得られた水溶液や炭酸カルシウムに関する次の記述のうちから、誤っているものをすべて選べ。

- 14**
- a. 炭酸カルシウムを試験管に入れて加熱したところ、塩化コバルト紙を赤色に変化させる液体を生じた。
 - b. 炭酸カルシウムに硝酸を加えて溶かしたときに発生した気体を、石灰水に通したところ、白く濁った。
 - c. 炭酸カルシウムを硝酸に溶かした水溶液を白金線につけて、ガスバーナーの外炎に入れたところ、橙赤色の炎色反応が見られた。
- ① a ② b ③ c ④ a, b ⑤ a, c
⑥ b, c ⑦ a, b, c

問2 水溶液中の物質が有機溶媒に溶けやすく、その有機溶媒がほとんど水と混じり合わない場合、水溶液に有機溶媒を加えてよく振り混ぜることにより、その水溶液中の物質を有機溶媒中に抽出することができる。その際、その物質は両溶媒間で平衡の状態となるように分配されて溶ける。水と有機溶媒中で会合や解離をしない物質の、有機溶媒への抽出について考える。水と有機溶媒の間での物質の移動が平衡に達したときの、水、有機溶媒に含まれるその物質のモル濃度を、それぞれC_w、C_oとすると、C_w/C_oの値は分配係数とよばれ、温度が一定のとき、溶質分子の全濃度によらず一定の値をとる。また、水と有機溶媒の体積を、それぞれV_w、V_oとすると、その物質の有機溶媒中の割合は抽出百分率とよばれ、次式で表される。

$$\text{抽出百分率} = 100 \times \frac{C_o V_o}{(C_o V_o + C_w V_w)} = 100 \times \frac{C_o}{\left(C_o + C_w \times \frac{V_w}{V_o}\right)}$$

ある化合物Yの水溶液に、その水溶液と同体積の、ある有機溶媒Aを加えて振り混ぜて、有機溶媒A中に化合物Yを抽出したところ、分配係数は9.0であった。次の(1)、(2)の問いに答えよ。

(1) 化合物Yの水溶液に対して、分配係数が50であるような有機溶媒Bを同体積用いて化合物Yを抽出した。この場合の抽出百分率[%]と、有機溶媒Aを用いた場合の抽出百分率の差はどれだけか。もっとも近い値を選べ。

- 15**
- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 10

(2) 化合物Yの水溶液に対して、その水溶液と同体積の有機溶媒Aで抽出し、得られた水層に、再度、水層と同体積の有機溶媒Aを加えて抽出した。2回目の抽出で有機溶媒中に抽出される化合物Yの物質量は、最初に水溶液中に含まれていた物質量の何%か。

- 16**
- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 10

IV 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

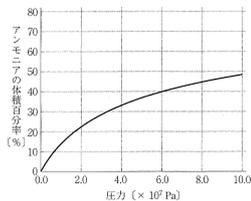
窒素と水素からアンモニアが生成する反応は、次式で表される可逆反応であり、アンモニアの生成は発熱反応である。



問1 この化学平衡に関する次の記述のうちから、正しいものを2つ選べ。 17

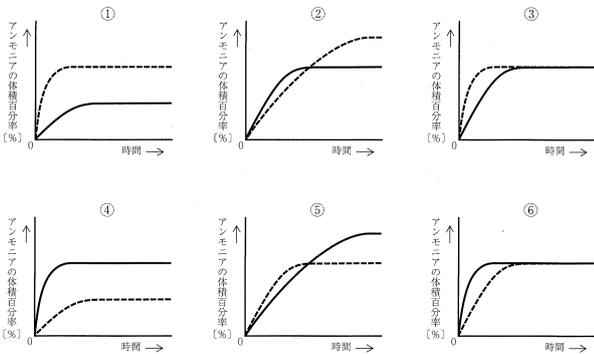
- 平衡状態にあるとき、圧力を一定に保ちながら熱を加えて温度を上げると、温度は、加えた熱量と比熱から予想される温度上昇よりも大きくなる。
 - 平衡状態にあるとき、圧力を一定に保ちながら温度を下げると、反応速度が遅くなるので、アンモニアの物質量は減少する。
 - 平衡状態にあるとき、体積・温度を一定に保ちながらアルゴン(気体)を加えても、構成成分それぞれの分圧は変わらないので、アンモニアの物質量は変化しない。
 - 圧力・温度を一定に保ちながら鉄を主成分とする触媒を加えると、アンモニアの合成速度が遅くなるので、アンモニアの物質量は増加する。
 - ルシャトリエの原理(平衡移動の原理)は、気体の化学反応だけではなく、他の多くの溶解平衡でも成り立つ。
- ① a, b ② a, c ③ a, d ④ a, e ⑤ b, c
⑥ b, d ⑦ b, e ⑧ c, d ⑨ c, e ⑩ d, e

問2 右図は、500℃において、窒素と水素を1:3の物質の比で反応させ、平衡に達したときの圧力(全圧)と、生成しているアンモニアの体積百分率の関係を表している。圧力が 6.0×10^7 Paのとき、水素の分圧はおおよそ何Paか。もっとも近い値を選べ。なお、各気体は理想気体としてふるまうものとする。 18



- ① 9.0×10^6 ② 1.8×10^7 ③ 2.0×10^7
④ 2.7×10^7 ⑤ 3.6×10^7

問3 300℃と500℃の2種類の温度において、窒素と水素から生成するアンモニアの量を、圧力を一定に保ちながら、平衡に達するまで測定した。経過時間と、生成したアンモニアの体積百分率の関係を、正しく表したグラフはどれか。ただし、図中の破線は300℃、実線は500℃での変化を示している。 19



問4 化学反応の反応速度定数 k は、活性化エネルギー E_a [J/mol] と絶対温度 T [K]、気体定数 R [J/(mol·K)] を用いて、次のアレニウスの式で表される。

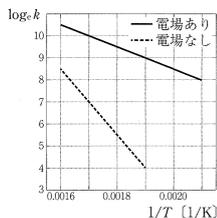
$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (A \text{ は頻度因子とよばれる定数})$$

式の両辺の自然対数(底を e とする対数)をとると、次式になる。

$$\log_e k = -\frac{E_a}{RT} + \log_e A$$

ここで、温度の逆数 $1/T$ と $\log_e k$ のグラフをかくと、直線の関係になる。

ある種の触媒は、電場(1Cの電荷が受ける電気的な力として定義されるもの)をかけると触媒の働きが変化することが知られている。ある反応で、ある金属触媒の働きに電場が与える影響を調べるために、色々な温度で生成物の濃度変化を測定し、横軸を $1/T$ 、縦軸を $\log_e k$ としたグラフを作成した(右図)。電場をかけたときの活性化エネルギーは、電場がないときのおよそ何倍か。もっとも近いものを選べ。 20



- ① 0.3 ② 0.7 ③ 1.4 ④ 3.0 ⑤ 3.5

V ジカルボン酸に関する次の問1～問4に答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

問1 マレイン酸とフマル酸に関する次の記述のうちから、正しいものを2つ選べ。 21

- 互いに構造異性体である。
 - マレイン酸は極性分子である。
 - マレイン酸は常温の水溶液中で酸無水物に変化する。
 - 固体状態において、フマル酸の分子間には水素結合が存在しない。
 - 炭素原子間の二重結合に水素を付加すると、どちらも同じ物質になる。
- ① a, b ② a, c ③ a, d ④ a, e ⑤ b, c
⑥ b, d ⑦ b, e ⑧ c, d ⑨ c, e ⑩ d, e

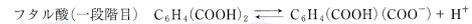
問2 フタル酸を分子内縮合(脱水)して生じる物質を、フタル酸とは別の物質を酸化してつくる場合、原料として用いられるものを2つ選べ。 22

- o-キシレン
 - p-キシレン
 - ナフタレン
 - テレフタル酸
 - サリチル酸
- ① a, b ② a, c ③ a, d ④ a, e ⑤ b, c
⑥ b, d ⑦ b, e ⑧ c, d ⑨ c, e ⑩ d, e

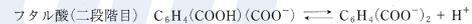
問3 安息香酸とフタル酸はともに、水への溶解度が小さい酸であり、1Lの純水に溶ける物質量は0.03～0.04 mol程度である。両者を等しい物質量ずつ含む混合物を、酸性水溶液または塩基性水溶液に溶かし、この水溶液のpHを変化させていって一方だけを析出させる方法として、正しいものを選べ。ただし、電離定数 K_a は次のようになっているものとせよ。なお、[] はそれぞれの分子やイオンのモル濃度を示している。 23



$$K_a = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]} = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$



$$K_{a1} = \frac{[\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})(\text{COO}^-)][\text{H}^+]}{[\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2]} = 1.8 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$



$$K_{a2} = \frac{[\text{C}_6\text{H}_4(\text{COO}^-)_2][\text{H}^+]}{[\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})(\text{COO}^-)]} = 1.3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

- 酸性水溶液に両者を溶かし、塩基を加えてpHを大きくしていくと、安息香酸が先に析出する。
- 酸性水溶液に両者を溶かし、塩基を加えてpHを大きくしていくと、フタル酸が先に析出する。
- 塩基性水溶液に両者を溶かし、酸を加えてpHを小さくしていくと、安息香酸が先に析出する。
- 塩基性水溶液に両者を溶かし、酸を加えてpHを小さくしていくと、フタル酸が先に析出する。

問4 テレフタル酸(分子量166)とエチレングリコール(分子量62)から、1.00 kgのポリエチレンテレフタレートを作成すると、理論上、何gの水(分子量18.0)が生成するか。もっとも近い値を選べ。なお、合成するポリエチレンテレフタレートの重合度は十分に大きいものとする。 24

- ① 79 ② 86 ③ 94 ④ 158 ⑤ 171
⑥ 188 ⑦ 231