

※一般は物理・化学・生物から2科目選択
 学士は化学・生物必須
 ※試験時間100分で2科目を受験する

試験時間 100分

物理 1~12 ページ

化学 13~23 ページ

生物 24~38 ページ

- 注意事項**
- 出題の際に選択した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、根の右端に置くこと。試験中に回収します。
 - 解答用紙(マークカード)に、氏名・フリガナ・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、消しくずを残さないこと。
 - 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切な答えを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[1]~[8]の問いに答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

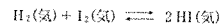
- [1] 希ガスに関する次の記述のうちから、誤っているものを2つ選べ。 1
- 希ガス元素は5種類あり周期表の18族に属する。空気中ではこれらの単体はすべて単原子分子として存在している。
 - ヘリウム(${}^4\text{He}$)の原子核と、放射線の一つである α 線を構成する粒子は同じである。
 - ネオンは、低圧にして電圧をかけると緑色の光を発生し、ネオンサインなどに利用されている。
 - アルゴンは、乾燥空気の体積の約1%を占めており、窒素、酸素について多く存在している。
 - ラドンは放射性元素であり、医療用の放射線源の一つである。
- ① a, b ② a, c ③ a, d ④ a, e ⑤ b, c
 ⑥ b, d ⑦ b, e ⑧ c, d ⑨ c, e ⑩ d, e

- [2] 水溶液中の4種の金属イオン Ag^+ 、 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Pb^{2+} について、次の記述のうちから正しいものを2つ選べ。 2
- 過剰のアンモニア水を加えたときに、沈殿を生じないのは Ag^+ のみである。
 - 少量のアンモニア水を加えたときに、沈殿を生じるのは Cu^{2+} のみである。
 - 過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えたときに、沈殿を生じないのは Pb^{2+} のみである。
 - 酸性で硫化水素を通じたときに、沈殿を生じないのは Fe^{2+} のみである。
 - 塩酸を加えたときに、白色沈殿が生じるのは Ag^+ のみである。
- 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

- [3] 次の文章中の空欄(a)、(b)に当てはまる数字が順に並んでいるものはどれか。ただし、 0°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ において、酸素、窒素が1Lに溶解する体積は、それぞれ49 mL、24 mLとする。また、酸素と窒素は、理想気体としてふるまい、水に対する溶解はヘンリーの法則にしたがうものとする。
- 0°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ において、酸素と窒素の混合気体(体積比1:4)が水に接しているとき、水に溶解している酸素と窒素の物質量の比は、約(a)である。 0°C において、圧力を(b) $\times 10^5 \text{ Pa}$ まで上げると、1Lの水に溶解するこの混合気体の体積は、 0°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ における体積に換算した値で100 mLになる。 3
- ① 2:1, 1.4 ② 2:1, 3.4 ③ 1:1, 1.4 ④ 1:1, 3.4
 ⑤ 1:2, 1.4 ⑥ 1:2, 3.4 ⑦ 1:4, 1.4 ⑧ 1:4, 3.4

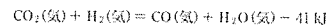
- [4] 標準状態で6.72 Lを占める、メタンとプロパンの混合気体を完全燃焼させたところ、400 kJの熱が発生した。このときに消費された酸素は何 mol か。なお、メタンとプロパンの燃焼熱を表す熱化学方程式は、それぞれ次のとおりである。また、標準状態における気体1 molの体積は22.4 Lとする。 4
- $$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 891 \text{ kJ}$$
- $$\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2220 \text{ kJ}$$
- ① 0.30 ② 0.90 ③ 1.2 ④ 3.0 ⑤ 9.0 ⑥ 12

- [5] 気体の水素、ヨウ素、ヨウ化水素の間の反応は、次式で表される。



- 密閉容器中に水素1.00 molとヨウ素1.20 molを入れ、一定温度に保ったところ、この反応が平衡状態に達し、容器中のヨウ化水素の物質量は1.68 molとなった。同じ容積の容器に、水素1.00 molとヨウ素1.00 molを入れて、同じ温度で平衡に達したとき、容器中の水素の物質量は何 mol になったか。最も近い値を選べ。 5
- ① 0.10 ② 0.13 ③ 0.16 ④ 0.20 ⑤ 0.22
 ⑥ 0.25 ⑦ 0.27 ⑧ 0.30 ⑨ 0.33 ⑩ 0.35

- [6] 次の熱化学方程式で表される可逆反応が、容積一定の密閉容器中で平衡状態にある。温度を上昇させて新たな平衡状態に達すると、正反応の反応速度と逆反応の反応速度は、温度を上昇させる前と比べてそれぞれどのように変化するか。正しいものを選べ。 6



- ① 正反応の速度も逆反応の速度も変わらない。
 ② 正反応の速度も逆反応の速度も小さくなる。
 ③ 正反応の速度も逆反応の速度も大きくなる。
 ④ 正反応の速度は変わらず、逆反応の速度は小さくなる。
 ⑤ 正反応の速度は変わらず、逆反応の速度は大きくなる。
 ⑥ 正反応の速度は小さくなり、逆反応の速度は変わらない。
 ⑦ 正反応の速度は小さくなり、逆反応の速度は大きくなる。
 ⑧ 正反応の速度は大きくなり、逆反応の速度は変わらない。
 ⑨ 正反応の速度は大きくなり、逆反応の速度は小さくなる。

- [7] スクロースに関する次の記述のうちから、正しいものを2つ選べ。 7
- ヘミアセタール構造をもつ。
 - デンプンを加水分解すると得られる。
 - 分子式 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ で表される。
 - グルコースとガラクトースが脱水縮合したものである。
 - 希塩酸を加え加熱すると、フェーリング液を還元する物質が生じる。
- 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

[8] 以下に示す2種類の物質A, Bそれぞれに対して, 次の操作を行った。表中の結果が物質Aのみに当てはまるものを2つ選べ。 8

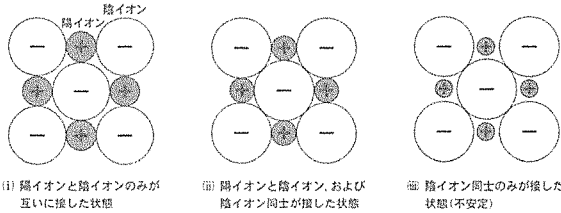
	物質A	物質B	操作	結果
a	ニトロベンゼン	アニリン	塩酸を加える。	溶解する。
b	フェノール	酢酸	炭酸水素ナトリウム水溶液を加える。	二酸化炭素が生じる。
c	アセトン	2-プロパノール	フェーリング液を加えて加熱する。	赤色沈殿が生じる。
d	卵白の水溶液	グリシン水溶液	水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(II)水溶液を加えて振り混ぜる。	赤紫色を呈する。
e	α-クレゾール	アセチルサリチル酸	少量を水に溶かし, 塩化鉄(III)水溶液を加える。	青色を呈する。

- 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

II イオン結晶に関する次の[1], [2]の問いに答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

[1] 次の①, ②の問いに答えよ。

(1) NaCl型の塩の結晶において, 陽イオン, 陰イオンのイオン半径をそれぞれ $a, b (a < b)$ とするとき, イオン半径の比 $\frac{a}{b}$ がある値より小さくなると陰イオン同士が接してしまい, 結晶構造が不安定になる(下図)。陰イオン同士が接触し, 安定な結晶構造をとれなくなるのは, イオン半径の比 $\frac{a}{b}$ がいくつ未満のときか。 9



- ① $\frac{\sqrt{2}-1}{4}$ ② $\frac{\sqrt{2}-1}{2}$ ③ $\sqrt{2}-1$ ④ $\frac{\sqrt{2}+1}{4}$ ⑤ $\frac{1}{\sqrt{2}}$

(2) NaCl, BaS, MgO はすべてNaCl型の結晶構造をもつイオン結晶である。これらの融点を低い順に並べたものはどれか。次に示した, これらの結晶中のイオンのイオン半径の値を参考にして答えよ。ただし, イオン間のクーロン力 F の大きさは, 下に示した式で表されるものとする。 10

【イオン半径(nm)】

Na : 0.116, Ba : 0.149, Mg : 0.086, Cl : 0.167, O : 0.126, S : 0.170

$$F = k \frac{|q_1 \times q_2|}{(a+b)^2}$$

(q_1, q_2 : イオンの電荷, a, b : イオン半径, k : イオンの種類によらない比例定数)

- ① BaS < MgO < NaCl ② BaS < NaCl < MgO ③ MgO < BaS < NaCl
 ④ MgO < NaCl < BaS ⑤ NaCl < BaS < MgO ⑥ NaCl < MgO < BaS

[2] 次の①, ②の問いに答えよ。

(1) イオン結晶において, 結晶を構成するイオン間の結合を切断し, 気体状態のばらばらのイオンにするエネルギーは格子エネルギーとよばれ, 結晶の安定度の目安とされる。1価の金属陽イオン M^+ とハロゲン化物イオン X^- からできた塩 MX の格子エネルギー Q は, 次の熱化学方程式で表される。



格子エネルギーを直接測定することは難しいが, いくつかの変化に分けて, 各変化に対応するエネルギーの変化の値を測定し, 計算することによって求めることができる。下のA~Eはいずれも反応熱や化学エネルギーを示す。A~Eを用いて格子エネルギーを表した式はどれか。なお, 常温・常圧においてハロゲンXの単体 X_2 は気体である。 11

A: MX(固)の生成熱

B: M(固)の昇華熱

C: M(気)のイオン化エネルギー

D: X_2 (気)の結合エネルギー

E: X(気)の電子親和力

- ① $A - B + C + \frac{1}{2}D + E$ ② $A + B - C + \frac{1}{2}D + E$
 ③ $A + B + C + \frac{1}{2}D - E$ ④ $A - B - C + \frac{1}{2}D + E$
 ⑤ $A - B + C + \frac{1}{2}D - E$ ⑥ $A + B - C + \frac{1}{2}D - E$

(2) 塩化ナトリウムの格子エネルギーは 788 kJ/mol, ナトリウムイオンと塩化物イオンが水和する際に発する熱量は, それぞれ 421 kJ/mol, 363 kJ/mol である。塩化ナトリウムの溶解熱は何 kJ/mol か。 12

- ① -1572 ② -784 ③ -425 ④ -367 ⑤ -4
 ⑥ 4 ⑦ 367 ⑧ 425 ⑨ 784 ⑩ 1572

III アルミニウムの工業的な製造やその利用に関する[1]~[5]の問いに答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

アルミニウムは, アルミニウムの酸化物を多く含む鉱石(主成分 $Al_2O_3 \cdot nH_2O$) から製造されている。この鉱石には, アルミニウムの酸化物だけでなく, 酸化鉄(III) Fe_2O_3 や二酸化ケイ素 SiO_2 なども含まれているため, それぞれの物質の化学的性質の差を利用してアルミニウムを含む化合物を取り出し, 加熱して酸化アルミニウム Al_2O_3 をつくり, さらにこれを氷晶石 Na_3AlF_6 とともに融解塩(溶融塩)電解してアルミニウムを製造する。

[1] アルミニウムの原料の鉱石は何とよばれているか。 13

- ① インジゴ ② スラグ ③ 石灰石 ④ ボーキサイト ⑤ 螢石

[2] 製錬の過程で, 原料の鉱石に十分量の水酸化ナトリウム水溶液を加え, 加熱する。この操作は, 鉱石の成分である, アルミニウムの酸化物, 酸化鉄(III), 二酸化ケイ素のうち, どれを溶解させるためのものか。 14

- a. アルミニウムの酸化物 b. 酸化鉄(III) c. 二酸化ケイ素
 ① a, b, c ② a, b ③ a, c ④ b, c
 ⑤ a ⑥ b ⑦ c

[3] 酸化アルミニウム Al_2O_3 を氷晶石 Na_3AlF_6 とともに融解し, 炭素電極で電気分解した。陽極, 陰極いずれにおいても生じないものはどれか。 15

- a. アルミニウム b. 一酸化炭素 c. 二酸化炭素 d. 水素
 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

[4] アルミニウムを融解塩電解により得るために要する電気量は, 同じ質量のカルシウムを融解塩電解で得るのに要する電気量のおよそ何倍か。なお, アルミニウムの原子量は 27.0, カルシウムの原子量は 40.1 である。 16

- ① 0.45 ② 0.68 ③ 1.5 ④ 2.2 ⑤ 4.4

[5] 次の物質のうちから, アルミニウムを含むものを2つ選べ。 17

- a. アリザリン b. アルブミン c. ジュラルミン
 d. ターンブル青 e. ルビー
 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

IV 次の[1]~[4]の間に答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

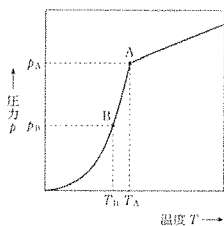
次の表は、240 K から 300 K までの各温度でのジエチルエーテルの飽和蒸気圧の値である。

ジエチルエーテルの飽和蒸気圧

温度(K)	240	250	260	270	280	290	300
飽和蒸気圧(Pa)	4.00×10^3	7.37×10^3	1.28×10^4	2.12×10^4	3.37×10^4	5.16×10^4	7.64×10^4

容積が可変の密閉容器にジエチルエーテル 5.00×10^{-2} mol のみを入れた。容積 v を 8.31 L に保ったまま、容器内の温度 T を変化させたところ、容器内の圧力 p は右図の実線のように変化した。

温度が高いときはジエチルエーテルは全て気体であり、圧力は温度に比例して変化した。温度を下げていき図の A 点に達すると、ジエチルエーテルの凝縮が始まり、それより低い温度では、圧力は蒸気圧曲線にしたがって変化した。以下の問いにおいて、A 点の温度、圧力、容積をそれぞれ T_A 、 p_A 、 v_A (8.31 L) とする。また、図の B 点は蒸気圧曲線上の点であり、B 点の温度と圧力をそれぞれ T_B 、 p_B とする。なお、固体のジエチルエーテルは生じず、液体のジエチルエーテルの体積は無視できるものとし、気体のジエチルエーテルは理想気体としてふるまうものとする。気体定数は $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ とせよ。



[1] A 点の温度 T_A は何 K か。ジエチルエーテルの飽和蒸気圧の表を参考にして、最も近い値を選べ。 18

① 250 ② 260 ③ 270 ④ 280 ⑤ 290 ⑥ 300

[2] 温度が 240 K のときに、容器内に存在しているジエチルエーテルのうち、液体になっているものの物質量の割合は何%か。 19

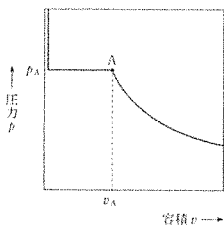
① 10 ② 17 ③ 33 ④ 50 ⑤ 67 ⑥ 83

[3] 温度を T_B に保ったまま、容積 v を v_A から変化させる。容器内のジエチルエーテルが全て気体になるときの容積 v を、 T_A 、 T_B 、 p_A 、 p_B 、 v_A を用いて表した式はどれか。 20

① $\frac{T_A p_A}{(T_A - T_B) p_B} v_A$ ② $\frac{T_B p_A}{(T_A - T_B) p_B} v_A$ ③ $\frac{T_A p_A}{T_B p_B} v_A$

④ $\frac{T_B p_A}{T_A p_B} v_A$ ⑤ $\frac{T_B p_A}{(T_B p_A - T_A p_B)} v_A$ ⑥ $\frac{(T_B p_A - T_A p_B)}{T_B p_A} v_A$

[4] 温度を T_A に保ったまま、容積 v を変化させると、容器内の圧力 p は右図の実線のように変化した。容積が大きいときはジエチルエーテルは全て気体であったが、容積を小さくしていき、図の A 点に達すると、ジエチルエーテルの凝縮が始まった。A 点での温度、圧力、容積は、それぞれ T_A 、 p_A 、 v_A (8.31 L) である。



容器に入れるジエチルエーテルの物質量を 0.100 mol にして、温度を T_A に保ったまま容積 v を変化させた場合の、凝縮が始まる点の容積 v 、圧力 p を、それぞれ v_A 、 p_A を用いて表した式はどれか。 21

- ① $v = \frac{1}{2} v_A$ 、 $p = 2 p_A$ ② $v = v_A$ 、 $p = 2 p_A$ ③ $v = 2 v_A$ 、 $p = 2 p_A$
- ④ $v = \frac{1}{2} v_A$ 、 $p = p_A$ ⑤ $v = 2 v_A$ 、 $p = p_A$ ⑥ $v = \frac{1}{2} v_A$ 、 $p = \frac{1}{2} p_A$
- ⑦ $v = v_A$ 、 $p = \frac{1}{2} p_A$ ⑧ $v = 2 v_A$ 、 $p = \frac{1}{2} p_A$

V 分子式 $C_4H_{10}O$ で表される有機化合物に関する、次の[1]~[3]の間に答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

[1] 分子式 $C_4H_{10}O$ で表される有機化合物には、全部で何種類の構造異性体があるか。 22

① 11 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 10

[2] 分子式 $C_4H_{10}O$ で表される構造異性体のうち、不斉炭素原子をもつものは全部でいくつあるか。 23

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

[3] 分子式 $C_4H_{10}O$ で表される 2 種類の有機化合物 A、B について、以下の実験を行った。この結果をもとに、次の(1)~(3)の間に答えよ。

- 実験 1 ナトリウムを加えると両者とも水素を発生した。
 実験 2 硫酸酸性で二クロム酸カリウムを作用させると、A は 1 種類の化合物 A' に変化し、B は化合物 B' を生じて最終的に化合物 B'' へと変化した。
 実験 3 170 °C で濃硫酸を作用させると、A、B とも脱水反応が起こり新たな化合物が生じた。
 実験 4 実験 3 で生じた新たな化合物それぞれに臭素水を作用させると、いずれの化合物も臭素水を脱色した。
 実験 5 実験 3 で生じた新たな化合物に塩素を付加させると、生成した化合物には、A 由来のものにも B 由来のものにも、不斉炭素原子をもつものが存在した。

(1) 実験 2 で生じた化合物 A'、B'、B'' のうち、ヨードホルム反応を示すものはどれか。 24

① A' のみ ② B' のみ ③ B'' のみ
 ④ A' と B' ⑤ A' と B'' ⑥ B' と B''
 ⑦ A' と B' と B'' ⑧ 全て示さない

(2) 実験 3 で有機化合物 A から生成した新たな化合物は、全部で何種類か。 25

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

(3) 有機化合物 B の説明として正しいものを 2 つ選べ。 26

a. 炭素鎖(炭素骨格)は直鎖状である。
 b. 枝分かれした炭素鎖(炭素骨格)を含む。
 c. 環状の炭素鎖(炭素骨格)を含む。
 d. アルコールである。
 e. エーテルである。
 f. カルボニル化合物である。

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