

※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 1～10 ページ

化学 11～21 ページ

生物 22～39 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、シャープペンシルで、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、消し残さずに残さないこと。
- 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)とともに机上に置いて退出すること。持ち帰ってはけない。

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** 水素イオンのモル濃度 $[H^+]$ と水酸化物イオンのモル濃度 $[OH^-]$ の積は水のイオン積( $K_w$ )とよばれ、一定の温度下では一定の値となる。たとえば、25℃では $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ 、45℃では $K_w = 4.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ である。45℃における純水のpHはいくらか。もっとも近い値を選べ。必要があれば次の値を用いよ。 $\log_{10} 2 = 0.30$ ,  $\log_{10} 3 = 0.48$ ,  $\log_{10} 7 = 0.85$

- 1  ① 2.0    ② 6.2    ③ 6.5    ④ 6.7    ⑤ 7.0  
 ⑥ 7.3    ⑦ 7.5    ⑧ 7.9    ⑨ 13    ⑩ 14

**問2** 合金に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。  2

- ジュラルミンはアルミニウムの合金であり、航空機の機体の材料として用いられる。
- 非金属材料を含む合金は存在しない。
- 5円硬貨に用いられる黄銅は、銅と亜鉛の合金である。
- 合金の中には、4種類以上の金属元素を含むものが存在する。
- 水銀はさまざまな金属を溶かし、アマルガムをつくる。

**問3** 硫化水素は2価の弱酸で、水溶液中では次のように2段階に電離する。

$$H_2S \rightleftharpoons HS^- + H^+$$

$$HS^- \rightleftharpoons S^{2-} + H^+$$

硫化水素の水溶液に少量の酸や塩基を加えて水素イオンのモル濃度 $[H^+]$ を変化させると、硫化物イオンのモル濃度 $[S^{2-}]$ も変化する。選択肢に示した2つの値をグラフの横軸、縦軸としたとき、直線のグラフになるものはどれか。ただし、加えた酸から生じた陰イオン、塩基から生じた陽イオンは、硫化水素イオンや硫化物イオンと反応せず、硫化水素の水溶液の濃度は0.1 mol/Lで一定であるものとする。また、水溶液の温度は25℃であり、硫化水素の電離度が1に比べて非常に小さい場合のみを考えるものとする。  3

- $[H^+]$ ,  $[S^{2-}]$
- $[H^+]^2$ ,  $[S^{2-}]$
- $[H^+]$ ,  $\log_{10}[S^{2-}]$
- pH,  $[S^{2-}]$
- pH,  $\log_{10}[S^{2-}]$

**問4** 断熱容器に1.5 mol/L塩酸47.2 gを入れ、固体の水酸化カリウム2.8 gを加えて完全に溶かした。このとき、溶液の温度はグラフのような変化を示し、反応後の水溶液は酸性であった。この実験結果から得られる水酸化カリウムの溶解熱は何kJ/molか。次のうちから、もっとも近いものを選べ。ただし、水酸化カリウムの式量は56、中和熱は56 kJ/mol、水溶液の比熱(比熱容量)は4.2 J/(g・K)とし、反応熱はすべて水溶液の温度上昇に使われたものとする。  4

- 150
- 141
- 125
- 66
- 57
- 41

**問5** 元素の周期表の第2周期から第5周期までに属するハロゲンに関する次の記述のうちから、正しいものを2つ選べ。  5

- 1価の陰イオンの還元力は、原子番号が小さいほど弱い。
- 単体の沸点は、原子番号が小さいほど高い。
- 電気陰性度は、原子番号が小さいほど大きい。
- 水素との化合物の酸としての強さは、原子番号が小さいほど強い。
- 水素との化合物の沸点は、原子番号が小さいほど高い。

- a, b
- a, c
- a, d
- a, e
- b, c
- b, d
- b, e
- c, d
- c, e
- d, e

**問6** **問題削除**

**問7** 油脂、脂肪酸、セッケンに関する次の記述のうちから、正しいものを2つ選べ。  7

- 飽和脂肪酸のみを含む油脂のけん化価は0となる。
- 一般に、同じ炭素数の脂肪酸では、飽和脂肪酸の方が、不飽和脂肪酸よりも融点が低い。
- 1分子の飽和脂肪酸Aと2分子の飽和脂肪酸Bで構成される油脂には、立体異性体を含めて異性体が全部で3種類存在する。
- セッケンは、硬水中で使うと難溶性の塩を生じるため、洗浄力が低下する。
- セッケン水の表面張力は、水よりも大きい。

- a, b
- a, c
- a, d
- a, e
- b, c
- b, d
- b, e
- c, d
- c, e
- d, e

**問8** 表中に示したa～eの操作により有機化合物を得る。原料となる化合物の構造式、および主たる生成物ができる反応によりとれる原子または原子団(破線で囲まれたもの)が、正しいものを2つ選べ。  8

	操作・主たる生成物	原料 <small>破線: 反応によりとれる原子または原子団</small>
a	加熱し、無水フタル酸を得る。	
b	濃硫酸を触媒に用いて反応させ、酢酸エチルを得る。	$H_3C-C(=O)-OH$ and $H-O-C_2H_5$ with the H of the alcohol highlighted in a dashed box.
c	濃硫酸を触媒に用いて反応させ、サリチル酸メチルを得る。	and $H-O-CH_3$ with the H of the methanol highlighted in a dashed box.
d	常温で反応させ、アセトアニリドを得る。	and
e	160～170℃に保った濃硫酸に加えて、エチレンを得る。	

- a, b
- a, c
- a, d
- a, e
- b, c
- b, d
- b, e
- c, d
- c, e
- d, e

II 空気は窒素を主成分として、酸素、水蒸気、貴ガスなどからなる混合気体である。次の問1～問4に答えよ。ただし、気体は理想気体としてふるまうものとし、原子量は、ヘリウム4.00、窒素14.0、酸素16.0、ネオン20.2、塩素35.5、臭素79.9、クリプトン83.8とする。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

問1 空気から水蒸気を除去するために乾燥剤として濃硫酸を使用する。濃硫酸と空気を接触させる際に用いる実験器具としてもっとも適切なものを選べ。 9

- ① ふたまた試験管      ② 分液ろうと      ③ リービヒ冷却器  
④ U字管                  ⑤ 集気びん          ⑥ 洗気びん

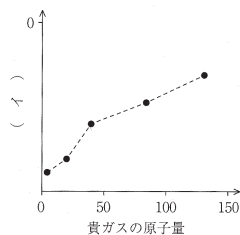
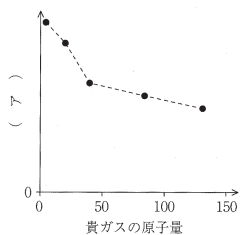
問2 乾燥空気の平均分子量(見かけの分子量)を28.8とする。次のうちから常温・常圧で単体が気体であり、かつ乾燥空気よりも密度の大きいものを2つ選べ。 10

- a. 臭素      b. 塩素      c. 窒素      d. ネオン      e. クリプトン  
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 潜水病は、潜水中に水圧の影響で常圧下よりも多くの窒素が血液に溶解することに起因し、急激な減圧によって引き起こされる。そのため、血液に対する溶解度が低いヘリウムを混合した人工空気を使用する潜水法が開発されている。体積百分率で、窒素40.0%、ヘリウム40.0%、酸素20.0%とした人工空気の平均分子量(見かけの分子量)としてもっとも近い値を選べ。 11

- ① 10.4                          ② 19.2                          ③ 20.0  
④ 20.8                          ⑤ 21.6                          ⑥ 28.8

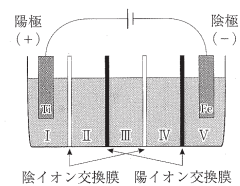
問4 下の2つのグラフは、貴ガスの性質を表す量を、原子量に対して示したものである。それぞれのグラフの縦軸(ア)、(イ)が表しているものが順に並んでいるものはどれか。なお、選択肢中の原子半径はファンデルワールス半径とする。 12



- ① 原子半径、沸点[℃]  
② 原子半径、最外殻電子の数  
③ 原子半径、第一イオン化エネルギー  
④ 第一イオン化エネルギー、沸点[℃]  
⑤ 第一イオン化エネルギー、原子半径  
⑥ 第一イオン化エネルギー、最外殻電子の数  
⑦ 沸点[℃]、原子半径  
⑧ 沸点[℃]、第一イオン化エネルギー  
⑨ 沸点[℃]、最外殻電子の数

III 塩化ナトリウムを含む水溶液の電気分解に関する次の問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 海水から食塩を製造するには、図に示すように、海水をいくつかのイオン交換膜で仕切られた電解槽に入れて、陽極にチタン(Ti)、陰極に鉄(Fe)を用いて電気分解する方法がある。これらの電極は、この電気分解で溶け出すことはない。陰イオン交換膜は陰イオンのみを、陽イオン交換膜は陽イオンのみを通過させるため、イオン交換膜で区切られた区画では、通電するとイオンの濃縮や希釈が起こる。次の(1)、(2)の問いに答えよ。



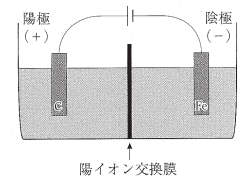
(1) 図の電解槽の区画I～Vの中で、海水の塩の濃度が低下する区画がすべて示されているものはどれか。 13

- ① III                          ② II, IV                          ③ I, V  
④ II, III, IV                  ⑤ I, III, V

(2) この装置を用いて塩化ナトリウム水溶液を電気分解する際、陽極と陰極で発生する気体(水蒸気は除く)の組合せとして、正しいものはどれか。 14

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
陽極	水素	水素	発生しない	発生しない	塩素	塩素	酸素	酸素
陰極	塩素	酸素	塩素	酸素	水素	発生しない	水素	発生しない

問2 図に示すような、陽イオン交換膜で仕切られた電解装置で、陽極に黒鉛(C)、陰極に鉄(Fe)を用いて塩化ナトリウム水溶液を電気分解し、一方の電極付近の水溶液を濃縮することにより水酸化ナトリウムが得られる。



今、電解槽に500 mAの一定電流を流し、塩化ナトリウム水溶液の電気分解を行った。次の(1)、(2)の問いに答えよ。ただし、水酸化ナトリウムの式量は40.0、硫酸の分子量は98.1、水の分子量は18.0、鉛の原子量は207、酸化鉛(IV)の式量は239、硫酸鉛(II)の式量は303、ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

(1) 1.0 gの水酸化ナトリウムを得るために必要な電気分解の時間は計算上何秒か。もっとも近い値を選べ。 15

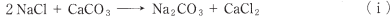
- ①  $9.7 \times 10^2$       ②  $4.8 \times 10^3$       ③  $9.6 \times 10^3$       ④  $1.9 \times 10^4$       ⑤  $3.8 \times 10^4$   
⑥  $4.8 \times 10^4$       ⑦  $9.7 \times 10^4$       ⑧  $1.9 \times 10^5$       ⑨  $3.8 \times 10^5$       ⑩  $4.8 \times 10^5$

(2) 鉛蓄電池を用い、(1)で流れたのと同じ電流量を放電させると、鉛蓄電池の電解液の質量は計算上どうなるか。 16

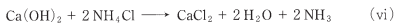
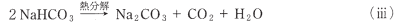
- ① 0.45 g 減少      ② 1.0 g 減少      ③ 2.0 g 減少      ④ 2.5 g 減少  
⑤ 0.45 g 増加      ⑥ 1.0 g 増加      ⑦ 2.0 g 増加      ⑧ 2.5 g 増加

IV 炭酸ナトリウムに関する次の文章を読み、問1～問3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。

炭酸ナトリウム(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)は、ガラスやセッケンの製造原料となる物質である。炭酸ナトリウムの製造法の一つであるアンモニアソーダ法(ソルバー法)の反応は、次の(i)式のように表される。



しかし、この反応は直接には起こらず、実際には以下の(ii)～(vi)式で表される反応が用いられる。ここでは複数の反応が組合わされ、ある反応の生成物を別の反応の反応物として再利用することによって、実質的に(i)式の反応で炭酸ナトリウムがつけられている。



これに対し、(iv)～(vi)式の反応を行わずに(ii)式と(iii)式の反応だけで炭酸ナトリウムを得るのが塩安ソーダ法とよばれる製造法である。アンモニアソーダ法と比べると、炭酸ナトリウムが得られることは同じだが、必要とされる反応物や、炭酸ナトリウム以外に得られる生成物が異なる。なお、塩安ソーダ法においても、(ii)式の反応で生成したNaHCO<sub>3</sub>はすべて(iii)式の反応で使われるものとする。

問1 炭酸ナトリウムに関する次の記述のうちから、正しいものを2つ選べ。 17

- a. ベーキングパウダーに利用される。
  - b. 水溶液は塩基性である。
  - c. 十水和物を空气中に放置すると、風解により無水物になる。
  - d. 炭酸水素ナトリウムと塩酸が反応すると、炭酸ナトリウムと十分量の塩酸が反応したときとは異なる物質が生じる。
  - e. 空气中に放置された水酸化ナトリウムが、二酸化炭素と反応することも生じる。
- 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

問2 アンモニアソーダ法の反応物と生成物は(i)式に示され、再利用される生成物は(ii)～(vi)式に示されている。アンモニアソーダ法の代わりに塩安ソーダ法を用いることによって、反応物と生成物がどのように変わるかについて、次の(1)、(2)の問いに答えよ。

(1) (i)式に示したアンモニアソーダ法の反応物のうち塩安ソーダ法では不要となる物質、(i)式には反応物として示されていないが塩安ソーダ法では反応物として必要となる物質、の組合わせとして正しいものはどれか。 18

	不要となる物質	反応物として必要となる物質
①	なし	NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O
②	なし	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O
③	なし	NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub>
④	なし	NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O
⑤	CaCO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O
⑥	CaCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O
⑦	CaCO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub>
⑧	CaCO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O

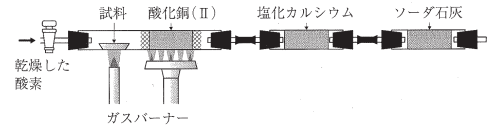
(2) (i)式に示したアンモニアソーダ法の生成物のうち、塩安ソーダ法では得られなくなる物質、アンモニアソーダ法では得られないが塩安ソーダ法では生成物として得られるようになる物質、の組合わせとして正しいものはどれか。 19

	得られなくなる物質	生成物として得られるようになる物質
①	なし	NH <sub>3</sub>
②	なし	NH <sub>4</sub> Cl
③	なし	NH <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> Cl
④	なし	NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O, NH <sub>4</sub> Cl
⑤	CaCl <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>
⑥	CaCl <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> Cl
⑦	CaCl <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> Cl
⑧	CaCl <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O, NH <sub>4</sub> Cl

問3 塩安ソーダ法によって、1.00 kgの塩化ナトリウム(式量 58.4)から得られる炭酸ナトリウム(式量 106)は、計算上何 kgか。次のうちから、もっとも近い値を選べ。 20

- ① 0.227    ② 0.275    ③ 0.454    ④ 0.551    ⑤ 0.908  
⑥ 1.10    ⑦ 1.82    ⑧ 2.20    ⑨ 3.63    ⑩ 4.41

V 化合物Xは、図の装置によって組成式の決定が可能である。この装置で、化合物X 16.8 mgを完全燃焼させると、二酸化炭素 52.8 mg、水 21.6 mgが得られた。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。

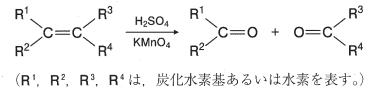


問1 次の(1)、(2)の問いに答えよ。

- (1) 装置のどの部分の質量の変化から、完全燃焼により生じた二酸化炭素と水の質量が求められるか。二酸化炭素、水の順に、正しいものが並んでいるものを選べ。 21
- a. 試料    b. 酸化銅(II)    c. 塩化カルシウム    d. ソーダ石灰
- ① a, c    ② a, d    ③ b, c    ④ b, d    ⑤ c, a  
⑥ c, b    ⑦ c, d    ⑧ d, a    ⑨ d, b    ⑩ d, c

- (2) 化合物Xの組成式(実験式)は次のうちどれか。なお、原子量は、炭素 12、水素 1.0、酸素 16とする。 22
- ① CH<sub>2</sub>    ② CH<sub>4</sub>    ③ C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>    ④ C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>    ⑤ C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>  
⑥ CHO<sub>2</sub>    ⑦ C<sub>16</sub>H<sub>16</sub>O

問2 化合物Xの分子式を求めるために、過マンガン酸カリウム水溶液による酸化反応を行った。アルケンを硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液により酸化すると、次のように、C=C二重結合が切断されて2つのカルボニル化合物が生じる。



なお、生じたカルボニル化合物がアルデヒドの場合には、さらに酸化されてカルボン酸になる。次の(1)、(2)の問いに答えよ。

- (1) 化合物Xを、硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液により完全に酸化すると、ケトンのみが生じた。化合物Xの分子量は、ここまでの実験から推測できる値のうち最小であった。化合物Xの分子式は次のうちどれか。 23
- ① C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>    ② C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>    ③ C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>    ④ C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>    ⑤ C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>  
⑥ C<sub>6</sub>H<sub>24</sub>    ⑦ C<sub>8</sub>H<sub>12</sub>    ⑧ C<sub>12</sub>H<sub>16</sub>    ⑨ C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>    ⑩ C<sub>16</sub>H<sub>16</sub>O
- (2) 化合物Xの異性体のうち、硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液により完全に酸化すると酢酸が生じるものは、全部でいくつあるか。ただし、シーストランス異性体は区別し、鏡像異性体は区別しないものとする。 24
- ① 1    ② 2    ③ 3    ④ 4    ⑤ 5  
⑥ 6    ⑦ 7    ⑧ 8    ⑨ 9    ⑩ 10