

※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 1～11 ページ

化学 12～20 ページ

生物 21～35 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)にも受験番号と氏名を記入し、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・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した答を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。持ち帰ってはいけない。

**注意事項**

必要があれば次の数値を用いよ。

原子量 H: 1.0 C: 12.0 O: 16.0 N: 14.0 Na: 23.0 S: 32.1

Cl: 35.5 Cu: 63.5 Pb: 207

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

気体定数  $8.31 \times 10^5 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

標準状態における理想気体 1 mol の体積 22.4 L

[1] 次の[1]～[8]の間に答えよ。答は各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

[1] 次の記述のうちから、下線部の語が正しく使われているものを2つ選べ。 1

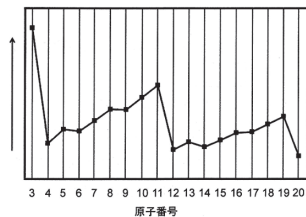
- 塩化ナトリウムの分子量は58.5である。
- 銅の単体の式量は63.5である。
- 酢酸の示性式は $\text{CH}_3\text{COOH}$ である。
- 硫酸イオンの組成式は $\text{SO}_4^{2-}$ である。
- $^{12}\text{C}$ の原子量は12である。

- 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] 図の横軸は原子番号を表している。縦軸が表しているものを次のうちから選べ。

2

- 原子半径
- 価電子数
- 電子親和力
- 第一イオン化エネルギー
- 第二イオン化エネルギー
- 第三イオン化エネルギー

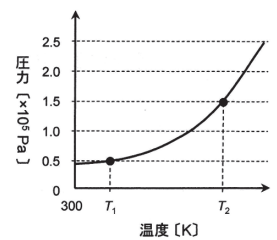


[3] ある反応において、触媒を用いるときと用いないときで、変わらないものを2つ選べ。

3

- 反応熱
  - 反応経路
  - 平衡定数
  - 反応速度定数
- ① a, b    ② a, c    ③ a, d  
 ④ b, c    ⑤ b, d    ⑥ c, d

[4] 少量の水(液体)と水素を真空密閉容器に入れ、容積をV(L)に保ったまま容器内の温度を300 Kからゆっくりと上げると、容器内の圧力は右図のように変化した。このとき、容器内では常に水の気液平衡が成り立っていた。温度 $T_2$ (K)における水の飽和蒸気圧は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ である。温度 $T_1$ (K)での水蒸気分圧(Pa)を表す式を選べ。ただし、水素は水(液体)に溶解せず理想気体としてふるまうものとし、水(液体)の体積は無視できるものとする。 4



- ①  $\frac{0.5 T_1}{T_2} \times 10^5$     ②  $\frac{0.5 T_2}{T_1} \times 10^5$     ③  $\frac{0.5 T_1}{V T_2} \times 10^5$   
 ④  $\frac{0.5 T_2}{V T_1} \times 10^5$     ⑤  $0.5 \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) \times 10^5$     ⑥  $0.5 \left(\frac{T_2}{T_1} - 1\right) \times 10^5$

[5] 気体が発生する次の操作のうちから、酸化還元反応が起こるものを2つ選べ。 5

- 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱する。
- 硫化鉄(II)に希硫酸を加える。
- 銅に濃硫酸を加えて加熱する。
- 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱する。
- 辛酸に濃硫酸を加えて加熱する。

- 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

[6] 次の記述のうちから、マグネシウムとカルシウムの両方に当てはまるものを2つ選べ。

6

- 単体は金属である。
- 単体の密度は、同一周期のアルカリ金属の単体の密度より大きい。
- 単体は、常温で水と反応して水素を発生する。
- 硫酸塩は、水に溶けやすい。
- 炎色反応を示す。

- 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

[7] 分子式 $\text{C}_8\text{H}_{10}$ で表される芳香族炭化水素には、複数の構造異性体が存在する。次の記述のうち、これらの異性体のいづれにも当てはまらないものはどれか。 7

- 極性分子である。
- 無極性分子である。
- ベンゼン環に直接結合していない水素原子1つを塩素原子で置換すると、2通りの構造異性体ができる。
- ベンゼン環に直接結合している水素原子1つを塩素原子で置換すると、4通りの構造異性体ができる。
- 酸化させて生じるカルボン酸は、加熱すると酸無水物となる。
- 酸化させて生じるカルボン酸は、縮合重合反応の原料物質となる。

[8] 4種類の有機化合物、安息香酸、アニリン、フェノール、トルエンをジエチルエーテルに溶かした混合溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加え、よく振り混ぜた後に水層を分離した。この分離した水層に十分な量の二酸化炭素を通じたとき、遊離するものは次のうちどれか。 8

- ① 安息香酸のみ                      ② アニリンのみ  
 ③ フェノールのみ                    ④ トルエンのみ  
 ⑤ 安息香酸とアニリンのみ          ⑥ 安息香酸とフェノールのみ  
 ⑦ アニリンとフェノールのみ        ⑧ アニリンとトルエンのみ  
 ⑨ フェノールとトルエンのみ        ⑩ 4種類すべて

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

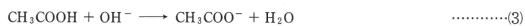
酢酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$  を水に溶かすと、酢酸の一部が電離して(1)式のような電離平衡が成立する。



水溶液中中の酢酸、酢酸イオン、水素イオンのモル濃度を、それぞれ  $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ 、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 、 $[\text{H}^+]$  と表すと、平衡状態では次の関係が成り立つ。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad K_a: \text{酸の電離定数} \quad \dots\dots(2)$$

また、酢酸と水酸化物イオンの反応は次式で表される。



0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液と 0.10 mol/L 酢酸水溶液 20.0 mL の中和滴定において、中和点までの pH を測定し、その結果の一部を下表に示した。

水酸化ナトリウム水溶液の滴下量と pH (水溶液の温度 25℃ での測定値)

|          |     |     |     |      |      |      |      |      |
|----------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 滴下量 (mL) | 0   | 4.0 | 8.0 | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 16.0 | 20.0 |
| pH       | 2.8 | 4.0 | 4.4 | 4.6  | 4.8  | 5.0  | 5.2  | 8.7  |

この表より、この水溶液はある pH 領域で緩衝作用をもっていることがわかる。これは、滴下した水酸化ナトリウム水溶液中の水酸化物イオンが、水溶液中の水素イオンだけでなく、(3)式のように酢酸と反応して消費されたためとみなすことができる。したがって、この pH 領域では、水酸化ナトリウム水溶液を加えても pH は大きく変化せず、 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$  は減少し、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$  は増加する。 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$  と  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$  が等しい状態では、(2)式より水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  の値と酸の電離定数  $K_a$  の値が等しくなる。

[1] この滴定において、水酸化ナトリウム水溶液を滴下するのに使用する実験器具、0.10 mol/L 酢酸水溶液 20.0 mL の入っている実験器具はなにか。もっとも適切な器具が順に並んでいるものを選べ。 9

- ① ホールピペット、コニカルビーカー    ② ホールピペット、メスシリンダー  
 ③ ホールピペット、メスフラスコ        ④ ビュレット、コニカルビーカー  
 ⑤ ビュレット、メスシリンダー          ⑥ ビュレット、メスフラスコ  
 ⑦ メスビペット、コニカルビーカー      ⑧ メスビペット、メスシリンダー  
 ⑨ メスビペット、メスフラスコ

[2] 次の記述のうちから、誤っているものを2つ選べ。 10

- a. 酢酸の電離度は、酢酸イオン  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  の濃度を電離していない酢酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$  の濃度で割った値である。  
 b. 酢酸の電離度は、温度によって変化する。  
 c. 酢酸の電離度は、酢酸の濃度が高いほど大きい。  
 d. 酢酸ナトリウムは、正塩である。  
 e. 酢酸ナトリウムは、水に溶けると加水分解する。
- 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

[3] この滴定において、水溶液中の水素イオン濃度が  $1.0 \times 10^{-4}$  mol/L から  $1.0 \times 10^{-5}$  mol/L に変化したとき、水溶液中の酢酸イオンの物質量はおよそ何倍になったか。 11

- ① 2倍    ② 2.5倍    ③ 3倍    ④ 3.5倍    ⑤ 4倍

[4] 0.020 mol/L 酢酸水溶液の pH はおよそいくらか。もっとも近いものを選べ。ただし、酢酸の電離度は1よりも十分小さいものとし、 $\log_{10} 2 = 0.30$  とする。 12

- ① 2.3    ② 2.6    ③ 2.9    ④ 3.2    ⑤ 3.5

【III】 次の[1]、[2]の間に答えよ。答は各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

[1] 鉛蓄電池の放電と充電について、次の(1)、(2)の間に答えよ。

- (1) 次の記述のうちから、正しいものを2つ選べ。 13
- a. 放電すると、電解液の密度は大きくなる。  
 b. 放電すると、電極板の表面は両極とも白色へと変化していく。  
 c. 放電により起電力は徐々に低下するが、電解液に硫酸を加えると起電力は放電前の状態に回復する。  
 d. 充電時には、鉛電極板で還元反応がおこる。  
 e. 充電する際には、外部直流電源の正極に鉛電極板を接続する。
- 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

(2) 電池を放電させ、放電の前後での電極の質量の差を測定した。その結果から、放電後の電池を 5.00 A の電流で完全に充電するのに要する時間は 12 分 52 秒になると考えられた。この電池の負極板の質量は放電によって何 g 変化していたか。 14

- ① 1.60    ② 1.92    ③ 3.20    ④ 3.84    ⑤ 4.14  
 ⑥ 4.78    ⑦ 6.06    ⑧ 8.28    ⑨ 9.56    ⑩ 12.1

[2] 次の表に示す電解液と電極の組み合わせで、それぞれ電気分解を行った。次の(1)、(2)の間に答えよ。ただし、水蒸気の発生については考えないものとする。

|       | 電解液                 | 陽極 | 陰極 |
|-------|---------------------|----|----|
| 電解槽 A | $\text{CuCl}_2$ 水溶液 | 炭素 | 炭素 |
| 電解槽 B | $\text{NaCl}$ 水溶液   | 炭素 | 鉄  |
| 電解槽 C | $\text{AgNO}_3$ 水溶液 | 銀  | 銀  |
| 電解槽 D | $\text{CuSO}_4$ 水溶液 | 白金 | 白金 |
| 電解槽 E | $\text{NaOH}$ 水溶液   | 白金 | 白金 |

(1) 電解槽 A～E のうち、両極で気体が発生するものを2つ選べ。 15

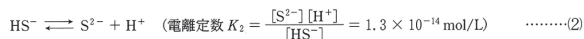
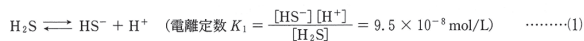
- ① A, B    ② A, C    ③ A, D    ④ A, E    ⑤ B, C  
 ⑥ B, D    ⑦ B, E    ⑧ C, D    ⑨ C, E    ⑩ D, E

(2) 電解槽 A～E のうち、同じ電流量を流して電気分解を行ったときに、電解液の pH がもっとも減少するものはどれか。 16

- ① A    ② B    ③ C    ④ D    ⑤ E

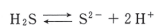
【IV】 次の[1]～[4]の間に答えよ。答は各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

金属陽イオンの定性分析では、金属陽イオンを沈殿として分離するのに、水溶液に硫化水素の気体を通じる方法がよく用いられる。硫化水素は水に少し溶け、水溶液中では下に示すように2段階に電離し、硫化物イオンを生じる。金属の硫化物が示す水への溶解度の差を利用して、水溶液中の金属陽イオンを分離することができる。



(記号 [ ] はモル濃度を表し、電離定数  $K_1, K_2$  は25℃における値である。)

(1), (2)の反応を組み合わせると、



となり、この反応の25℃における電離定数  $K_1$  は、

$$K_1 = \frac{[\text{S}^{2-}][\text{H}^+]^2}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{HS}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{S}^{2-}][\text{H}^+]}{[\text{HS}^-]} = K_1 \times K_2 = 1.2 \times 10^{-21} \text{ mol}^2/\text{L}^2 \quad \dots\dots(3)$$

となる。

[1] 硫化水素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。 17

- a. 還元性を示す。
- b. 無極性分子である。
- c. 気体は有毒である。
- d. 気体は空気より重い。
- e. 気体は無色、無臭である。

- 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] 25℃で硫化水素を水に通じ、 $1.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の濃度になるまで溶解させた。この水溶液のpHにもっとも近いものは次のうちどれか。(2)式の電離定数  $K_2$  が(1)式の電離定数  $K_1$  に比べて非常に小さいことに留意せよ。また  $\log_{10} \sqrt{95} = 0.99$  とする。 18

- ① 1.0    ② 1.5    ③ 2.0    ④ 2.5    ⑤ 3.0  
⑥ 3.5    ⑦ 4.0    ⑧ 4.5    ⑨ 5.0    ⑩ 5.5

[3] (3)式より、硫化水素水溶液中の硫化物イオンの濃度は水溶液のpHによって変化することがわかる。25℃の硫化水素水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加えてpHを1大きくすると、硫化物イオンの濃度はどのように変化するか。なお、水酸化ナトリウム水溶液を加えることによる水溶液の体積変化は無視できるものとする。 19

- ① およそ  $\frac{1}{100}$  になる    ② およそ  $\frac{1}{10}$  になる    ③ 変わらない  
④ およそ10倍になる    ⑤ およそ100倍になる

[4] 4種類の金属イオン、 $\text{Ag}^+, \text{Cu}^{2+}, \text{Zn}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$  がそれぞれ  $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$  の濃度で含まれている25℃の水溶液に少量の強酸を加えた後、硫化水素を  $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$  の濃度になるまで溶かした。このとき、硫化物として沈殿するのは4種類の金属イオンのうちどれか。金属硫化物の溶解度積の表を参考にして答えよ。なお、硫化水素を溶かした後の各水溶液のpHを測定したところ、いずれも1.0であった。また、強酸や硫化水素を加えることによる金属イオン濃度の変化は無視できるものとする。 20

金属硫化物の溶解度積(25℃での値)

| 金属硫化物 | $\text{Ag}_2\text{S}$                          | $\text{CuS}$                                   | $\text{ZnS}$                                   | $\text{MnS}$                                  |
|-------|--|--|--|---|
| 溶解度積  | $6.1 \times 10^{-49} \text{ mol}^3/\text{L}^3$ | $6.5 \times 10^{-30} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ | $2.2 \times 10^{-18} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ | $5.1 \times 10^{-9} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ |

- ① 4種類すべて
- ②  $\text{Ag}^+, \text{Cu}^{2+}, \text{Zn}^{2+}$  のみ
- ③  $\text{Cu}^{2+}, \text{Zn}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$  のみ
- ④  $\text{Ag}^+, \text{Cu}^{2+}$  のみ
- ⑤  $\text{Zn}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$  のみ
- ⑥  $\text{Ag}^+$  のみ
- ⑦  $\text{Mn}^{2+}$  のみ
- ⑧ どれも沈殿しない

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

炭素、水素、酸素のみからなる有機化合物Aがある。化合物Aの一定量を完全燃焼させたところ、酸素96mgを消費し、二酸化炭素132mgと水54mgが生成した。また、化合物A 100mgを容積0.750Lの真空密閉容器に入れ、温度を300Kに保ったところ、すべて気体になり、このとき容器内部の圧力は  $5.54 \times 10^3 \text{ Pa}$  であった。さらに、化合物Aを加水分解したところ、化合物Bと化合物Cが生成した。化合物Bと化合物Cは共に常温で無色の液体で、化合物Bには刺激臭があった。なお、化合物Aの気体は理想気体としてふるまうものとする。

[1] 化合物Aの組成式はどれか。 21

① CHO    ②  $\text{CHO}_2$     ③  $\text{CH}_2\text{O}$     ④  $\text{C}_2\text{HO}$     ⑤  $\text{CH}_2\text{O}_2$   
⑥  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}$     ⑦  $\text{C}_2\text{HO}_2$     ⑧  $\text{CH}_3\text{O}$     ⑨  $\text{CH}_3\text{O}_2$     ⑩  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}$

[2] 化合物Aの分子を構成する炭素原子の数はいくつか。 22

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

[3] 次の記述のうち、化合物Bにあてはまるものはどれか。 23

- ① アルコールであり、酸化されるとケトンになる。
- ② アルコールであり、酸化されるとアルデヒドになる。
- ③ アルコールであり、酸化されにくい。
- ④ 1個の炭素原子であり、還元性を示さない。
- ⑤ 1個の炭素原子であり、還元性を示す。
- ⑥ 2個の炭素原子であり、還元性を示さない。
- ⑦ 2個の炭素原子であり、還元性を示す。

[4] 化合物Cに関する次の記述のうちから、正しいものを2つ選べ。 24

- a. 構造異性体をもつ。
  - b. 有毒である。
  - c. 酸化すると化合物Bが得られる。
  - d. 水溶液は酸性を示す。
  - e. 工業的にはエチレンを原料にしてつくられる。
- 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