

※選抜は物理・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

- 注意事項**
- この科目の問題用紙は11ページ、解答用紙はマークカード1枚である。
解答用紙に受験者氏名と受験番号の記入を忘れないこと。
 - 解答は必ず**解答用紙(マークカード)**記入上の注意をよく読んで、指定された箇所に記入すること(各問について**1つだけ**マークすることに注意)。
 - 問題用紙は解答用紙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。
 - 必要があれば次の数値を用いよ。
原子量 H:1.0 C:12.0 N:14.0 O:16.0 Na:23.0
ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol
標準状態における気体1molの体積 22.4L

【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] 価電子の数と原子価が同じ原子のみの組み合わせはどれか。 1
- ① H, C, N ② H, C, O ③ H, C, F ④ H, C, Si ⑤ H, N, F
⑥ C, O, Si ⑦ N, O, F ⑧ N, O, Si ⑨ N, F, Si ⑩ O, F, Si

- [2] 沸点の高低関係(不等号の左側にある物質の沸点の方が高い)を正しく表したものを2つ選べ。 2
- a. He > Xe b. Na > K c. Na > Mg d. F₂ > HCl e. H₂O > H₂S
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] 次のうちから水素が発生しない操作を2つ選べ。 3
- a. 銅に希硝酸を加える。
b. マグネシウムを熱水中に入れる。
c. 鉄に水酸化ナトリウム水溶液を加える。
d. 触媒の存在下で、天然ガスを高温の水蒸気と混合する。
e. 白金電極を用いて、水酸化カリウム水溶液を電気分解する。
- 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

- [4] 亜鉛イオン Zn²⁺を含む水溶液にアンモニア水を加えたところ沈殿が生じた。生じた沈殿について正しいものを2つ選べ。 4
- a. 沈殿は白色ゲル状である。
b. 沈殿は塩基性酸化物である。
c. 沈殿として生じた物質は顔料として用いられる。
d. 沈殿は、取り出したのち過剰のアンモニア水を加えても溶けない。
e. 沈殿は、取り出したのち水酸化ナトリウム水溶液を加えると反応して溶ける。
- 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

- [5] 炭素(ダイヤモンド)の昇華熱を708 kJ/mol、CO₂のC=O結合、O₂のO=O結合の結合エネルギーをそれぞれ799 kJ/mol、494 kJ/molとすると、ダイヤモンドの燃焼熱は何kJ/molか。 5
- ① 217 ② 312 ③ 396 ④ 750 ⑤ 927 ⑥ 1104

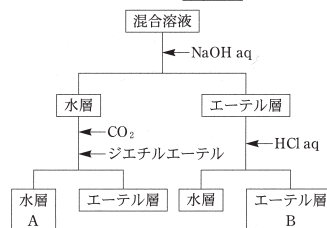
- [6] 25℃において水のイオン積 K_w は 1.0×10^{-14} mol²/L²である。この温度の純水では、水素イオン濃度 [H⁺] と水酸化物イオン濃度 [OH⁻] はともに 1.0×10^{-7} mol/L であり、pH=7となる。しかし、水の電離は吸熱反応であるので25℃よりも高い温度では、 $K_w > 1.0 \times 10^{-14}$ mol²/L²となる。25℃より高い温度の純水に関する記述のうち正しいものはどれか。 6
- ① [H⁺] > [OH⁻]なので酸性であるが、pH=7である。
② [H⁺] > [OH⁻]なので酸性であり、pH < 7である。
③ [H⁺] = [OH⁻]なので中性であるが、pH > 7である。
④ [H⁺] = [OH⁻]なので中性であり、pH = 7である。
⑤ [H⁺] = [OH⁻]なので中性であるが、pH < 7である。
⑥ [H⁺] < [OH⁻]なので塩基性であり、pH > 7である。
⑦ [H⁺] < [OH⁻]なので塩基性であるが、pH = 7である。

[7] 次の物質1gを完全燃焼させるとき、発生する二酸化炭素の量をもっとも少ないものはどれか。 7

- ① エタノール ② オクタン ③ ジエチルエーテル
④ ブタン ⑤ プロパン

[8] ジエチルエーテルにアニリン、*o*-キシレン、*p*-クレゾール、フタル酸が溶解している混合溶液がある。この混合溶液に含まれる各物質を下図のような操作を行い分離した。水層Aとエーテル層Bに分離された物質が順に並んでいるものはどれか。 8

- ① アニリン、*p*-クレゾール
② アニリン、フタル酸
③ *o*-キシレン、*p*-クレゾール
④ *o*-キシレン、フタル酸
⑤ *p*-クレゾール、アニリン
⑥ *p*-クレゾール、*o*-キシレン
⑦ フタル酸、アニリン
⑧ フタル酸、*o*-キシレン



【II】 次の[1]～[3]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] 中和滴定の一次標準溶液の調製には、シュウ酸二水和物(COOH)₂・2H₂Oがよく用いられる。いま、シュウ酸二水和物 1.26 g を正確に量り、蒸留水で溶かして 200 mL とした。このシュウ酸水溶液の密度を 1.00 g/cm³ とすると、モル濃度は(ア) mol/L であり、質量パーセント濃度は(イ)% である。空欄(ア)と(イ)に当てはまるものが順に並んでいるものはどれか。 9
- ① 1.00 × 10⁻², 0.450 ② 5.00 × 10⁻², 0.450 ③ 7.00 × 10⁻², 0.450
 ④ 1.00 × 10⁻², 0.630 ⑤ 5.00 × 10⁻², 0.630 ⑥ 7.00 × 10⁻², 0.630
 ⑦ 1.00 × 10⁻², 1.26 ⑧ 5.00 × 10⁻², 1.26 ⑨ 7.00 × 10⁻², 1.26

[2] 次の文章を読み、(1)、(2)の間に答えよ。

試薬びん中の水酸化ナトリウムは、一部分、空気中の二酸化炭素を吸収し炭酸ナトリウムに変化しているため、その質量を測定しても NaOH の質量にならない。正確な NaOH の質量を知る方法として、第十五改正日本薬局方には、以下のように記載されている。ただし、以下の文中で、本品とは水酸化ナトリウムであり、不純物として炭酸ナトリウムのみを含むものとする。

本品約 1.5 g を精密に量り、^(イ)新たに煮沸して冷却した水 40 mL を加えて溶かし、15℃ に冷却した後、^(ロ)フェノールフタレイン試液 2 滴を加え、0.5 mol/L 硫酸で滴定し、^(ハ)液の赤色が消えたときの 0.5 mol/L 硫酸の量を A (mL) とする。更にこの液にメチルオレンジ試液 2 滴を加え、^(ニ)再び 0.5 mol/L 硫酸で滴定し、液が持続する淡赤色を呈したときの 0.5 mol/L 硫酸の量を B (mL) とする。(A - B) mL から水酸化ナトリウム(NaOH)の量を計算する。

(第十五改正日本薬局方より抜粋)

- (1) 次の記述のうち正しいものを 2 つ選べ。 10
- a. 下線部(イ)において、煮沸した水を使用するのは、溶けている酸素を除いた水を使用するためである。
 b. 下線部ロや(ニ)では、pH の急激に変化する範囲に変色域が入っている指示薬を選ぶ。
 c. 下線部(ハ)のとき、反応液は中性を示す。
 d. 下線部(ハ)のとき、反応液を温めると、再び赤色になる。
 e. 下線部(ニ)の滴定で使用される硫酸は、CO₃²⁻イオンとの反応に使われる。
- 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
- (2) 0.50 mol/L 硫酸で滴定を行ったとすると、水酸化ナトリウム(NaOH)は(ア) mg であり、炭酸ナトリウムは(イ) mg である。空欄(ア)と(イ)に当てはまるものが順に並んでいるものはどれか。 11
- ① 40.0 × (A - B), 53.0 × (A - B) ② 40.0 × (A - B), 53.0 × A
 ③ 40.0 × (A - B), 53.0 × B ④ 40.0 × A, 53.0 × (A - B)
 ⑤ 40.0 × A, 53.0 × B ⑥ 40.0 × (A - B), 106 × (A - B)
 ⑦ 40.0 × (A - B), 106 × A ⑧ 40.0 × (A - B), 106 × B
 ⑨ 40.0 × A, 106 × (A - B) ⑩ 40.0 × A, 106 × B

[3] コロイドに関する(1)～(3)の間に答えよ。

- (1) 次のコロイドのうち、分散質が固体のものを 2 つ選べ。 12
- a. 霧 b. 墨汁 c. ゼリー d. マヨネーズ e. ステンドグラス
- 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) 飽和塩化鉄(III)水溶液を沸騰水に加えると、赤褐色の水酸化鉄(III)コロイド溶液が得られる。この得られた溶液を、セロハンの袋に入れ、図 1 のように一定温度で蒸留水に対して透析を行うと、水酸化鉄(III)コロイド溶液を精製することができる。透析をしたあと、袋の内側の溶液は体積が(ア)、外側の溶液は(イ)を示す。空欄(ア)と(イ)に当てはまるものが順に並んでいるものはどれか。 13

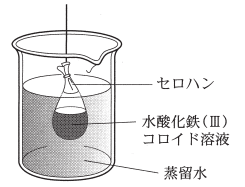


図 1

- ① 増加し、酸性 ② 変化せず、酸性 ③ 減少し、酸性
 ④ 増加し、中性 ⑤ 変化せず、中性 ⑥ 減少し、中性
 ⑦ 増加し、塩基性 ⑧ 変化せず、塩基性 ⑨ 減少し、塩基性

- (3) 図 1 のようにして精製された水酸化鉄(III)コロイド溶液を U 字管に入れ、蒸留水を加えて直流電圧をかけた(図 2)。水酸化鉄(III)コロイド粒子は(ア)に帯電しているため、(イ)極に向かって赤褐色のコロイド粒子が移動する。また、水酸化鉄(III)コロイド溶液は、(ウ)コロイドであるため、少量の電解質溶液を加えるだけでも沈殿する。空欄(ア)～(ウ)に当てはまるものが順に並んでいるものはどれか。 14

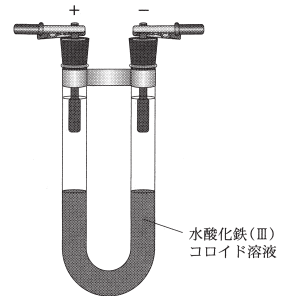


図 2

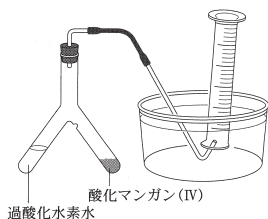
- ① 正、陽、疎水 ② 正、陽、親水 ③ 正、陰、疎水 ④ 正、陰、親水
 ⑤ 負、陽、疎水 ⑥ 負、陽、親水 ⑦ 負、陰、疎水 ⑧ 負、陰、親水

【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] 次の(1)、(2)の間に答えよ。

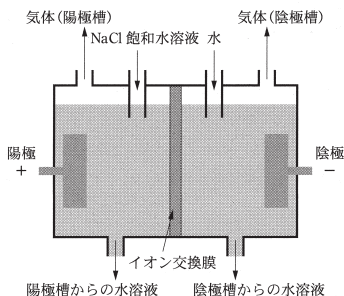
- (1) 酸素に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。 15
- ① オゾンは同位体である。
 - ② 化合物中の原子の酸化数は常に-2である。
 - ③ 化学的に活性で、希ガスや金とも直接反応する。
 - ④ 地球の表層部(地殻)ではケイ素に次いで存在量(質量%)が多い元素である。
 - ⑤ 他の元素との化合物である酸化物にはイオンからなるものと分子からなるものがある。

(2) 右図のように、ふたまた試験管の突起のついた方には酸化マンガン(Ⅳ)0.5g、反対側には1.00 mol/L 過酸化水素水9.00 mLを入れた。試験管を傾けて過酸化水素水の一部を酸化マンガン(Ⅳ)の側に入れて反応させたら、標準状態で39.2 mLの酸素が発生した。このときのふたまた試験管中に残っている過酸化水素の物質量は何 molか。 16



- ① 1.25×10^{-3}
- ② 3.00×10^{-3}
- ③ 4.25×10^{-3}
- ④ 5.50×10^{-3}
- ⑤ 6.35×10^{-3}
- ⑥ 7.25×10^{-3}

[2] 水酸化ナトリウムを工業的に製造する方法のひとつに、塩化ナトリウム水溶液を電気分解するイオン交換膜法がある。下図は装置の模式図である。次の(1)~(3)の間に答えよ。



- (1) 図中のイオン交換膜の性質で正しいものはどれか。 17
- ① 塩化物イオンは通すが、水酸化物イオンとナトリウムイオンは通さない。
 - ② 水酸化物イオンは通すが、塩化物イオンとナトリウムイオンは通さない。
 - ③ ナトリウムイオンは通すが、塩化物イオンと水酸化物イオンは通さない。
 - ④ 塩化物イオンと水酸化物イオンは通すが、ナトリウムイオンは通さない。
 - ⑤ 塩化物イオンとナトリウムイオンは通すが、水酸化物イオンは通さない。
 - ⑥ 水酸化物イオンとナトリウムイオンは通すが、塩化物イオンは通さない。
- (2) 電気分解により陽極で発生する気体と陰極で発生する気体が順に並んでいるものはどれか。 18
- ① 水素, 酸素
 - ② 水素, 塩素
 - ③ 酸素, 塩素
 - ④ 酸素, 水素
 - ⑤ 塩素, 水素
 - ⑥ 塩素, 酸素

(3) 図の装置で 2.50×10^2 A の電流で、1時間20分25秒、電気分解を行うと、陰極から標準状態で $x, yz \times 10^3$ L の気体が発生する。ただし、 x は1位、 y は小数点以下第1位、 z は小数点以下第2位の数字である。 x, y, z それぞれに当てはまる数字はどれか。同じ選択肢を何回使ってもよい。

x は 19、 y は 20、 z は 21 である。

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

【Ⅳ】 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] 次の文章を読み(1)~(4)の間に答えよ。ただし、(1)~(3)においては、水の電離により生じた水素イオンの寄与は考えなくてよい。

1 価の弱酸 HA の水溶液では次の電離平衡が成立している。



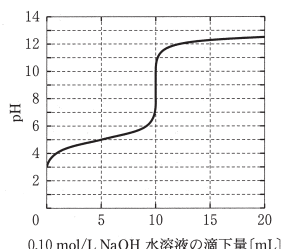
このときの電離度 α は平衡状態にあるときの各成分の濃度を用いて次の式で表される。

$$\alpha = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}] + [\text{A}^-]}$$

ここで、記号 [] はモル濃度を示す。

弱酸 HA の電離度 α と電離定数 K_a 、水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ の関係は、弱酸 HA の水溶液に他の酸や塩基を加えたときにも成り立つ。

右の図は、一定温度で、電離定数が $K_a = 1.0 \times 10^{-5}$ mol/L の弱酸の 0.10 mol/L 水溶液 10 mL を、0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で滴定したときの滴定曲線である。



(1) 電離度 α を、電離定数と水素イオン濃度を用いて表した式はどれか。 22

- ① $\alpha = \frac{[\text{H}^+]}{K_a + [\text{H}^+]}$
- ② $\alpha = \frac{[\text{H}^+]}{K_a - [\text{H}^+]}$
- ③ $\alpha = \frac{K_a}{K_a + [\text{H}^+]}$
- ④ $\alpha = \frac{K_a}{K_a - [\text{H}^+]}$
- ⑤ $\alpha = \frac{K_a + [\text{H}^+]}{[\text{H}^+]}$
- ⑥ $\alpha = \frac{K_a - [\text{H}^+]}{[\text{H}^+]}$
- ⑦ $\alpha = \frac{K_a + [\text{H}^+]}{K_a}$
- ⑧ $\alpha = \frac{K_a - [\text{H}^+]}{K_a}$

(2) 図の滴定曲線から読み取った pH の値から水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ の値が計算でき、(1)で求めた関係式を用いて電離度 α がわかる。水酸化ナトリウム水溶液を 9.0 mL 滴下したときは $\text{pH} = 6.0$ であった。このときの α の値は $0.xy$ となる。ただし、 x は小数点以下第1位、 y は小数点以下第2位の数字である。 x, y それぞれに当てはまる数字はどれか。同じ選択肢を何回使ってもよい。

x は 23、 y は 24 である。

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

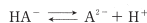
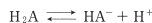
(3) 電離度 $\alpha = 0.5$ のとき pH はいくらか。 25

- ① 3
- ② 4
- ③ 5
- ④ 6
- ⑤ 7
- ⑥ 8
- ⑦ 9
- ⑧ 10
- ⑨ 11
- ⑩ 12

(4) 滴定の途中の水溶液中には、 H^+ 、 A^- 、 Na^+ 、 OH^- の4種類のイオンが存在している。これらのイオンのモル濃度の間に常に成り立つ関係式はどれか。 26

- ① $[\text{Na}^+] = [\text{OH}^-]$
- ② $[\text{H}^+] = [\text{A}^-]$
- ③ $[\text{Na}^+] + [\text{A}^-] = [\text{H}^+] + [\text{OH}^-]$
- ④ $[\text{Na}^+] + [\text{H}^+] = [\text{A}^-] + [\text{OH}^-]$
- ⑤ $[\text{Na}^+] + [\text{OH}^-] = [\text{H}^+] + [\text{A}^-]$
- ⑥ $[\text{Na}^+][\text{OH}^-] = [\text{H}^+][\text{A}^-]$

[2] 2 価の酸 H_2A は水溶液中で次のように2段階で電離する。



2段階目の電離度 α_2 は次の式で表される。

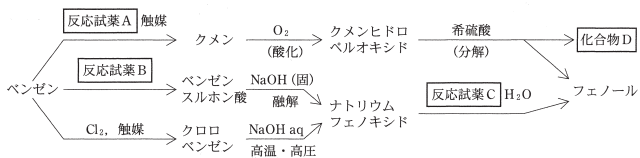
$$\alpha_2 = \frac{[\text{A}^{2-}]}{[\text{HA}^-] + [\text{A}^{2-}]}$$

モル濃度 c の硫酸において、1段階目が完全に電離し、2段階目は一部が電離した状態に電離平衡に達しているとする。水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を表している式はどれか。ただし、水の電離により生じた水素イオンの濃度は無視できるものとする。 27

- ① 0
- ② c
- ③ $2c$
- ④ $c(1 + \alpha_2)$
- ⑤ $c(1 - \alpha_2)$
- ⑥ $c\alpha_2$

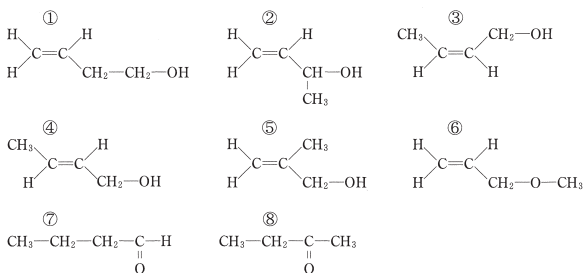
[V] 次の[1]～[5]の間に答えよ。答は各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

[1] 下の図は、ベンゼンから工業的にフェノールを合成する反応工程を表している。四角で囲まれた反応試薬A、反応試薬B、反応試薬C、化合物Dに当てはまる物質が順に並んでいるものはどれか。 28



- ① エチレン, 硫化水素, アンモニア, アセトン
- ② エチレン, 濃硫酸, アンモニア, メタン
- ③ エチレン, 硫化水素, 二酸化炭素, メタン
- ④ エチレン, 濃硫酸, 二酸化炭素, アセトン
- ⑤ プロペン, 硫化水素, アンモニア, アセトン
- ⑥ プロペン, 濃硫酸, アンモニア, メタン
- ⑦ プロペン, 硫化水素, 二酸化炭素, メタン
- ⑧ プロペン, 濃硫酸, 二酸化炭素, アセトン

[2] 分子式 C_4H_8O で表される3種類の化合物A、B、Cがある。化合物A、B、Cにナトリウムを加えたところ水素が発生した。また、化合物A、B、Cはすべて水素と反応して同一の生成物を生じ、その生成物はヨードホルム反応を示さなかった。化合物A、B、Cに臭素を反応させたところ、化合物B、Cからは同じ生成物が得られ、その構造は化合物Aから得られた生成物と異なっていた。化合物Aはどれか。 29



[3] 次の文章の下線部 a～e のうち誤っているものを2つ選べ。 30

アジピン酸はジカルボン酸であり、その示性式は $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$ である。アジピン酸とヘキサメチレンジアミンを特定の条件下で反応させると、分子どうしが連続的に縮合して、aアミド結合をもつ c6,6-ナイロンを生じる。テレフタル酸もジカルボン酸であり、工業的には dm-キシレンを酸化して合成されている。テレフタル酸と eスチレンを縮合重合させるとポリエステルが得られる。

- 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

[4] 97.2 g のセルロース $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3]_n$ に濃硫酸と濃硝酸の混合液を作用させ、セルロース分子中のヒドロキシ基がエステル化されたニトロセルロース 162 g を得た。セルロース分子中のヒドロキシ基のうちエステル化されたものの割合はおよそ何%か。 31

- ① 10 ② 20 ③ 40 ④ 60 ⑤ 80 ⑥ 90

[5] 次の記述のうち、誤っているものを2つ選べ。 32

- a. グリコーゲンを加水分解して得られる単糖はグルコースである。
- b. 天然のタンパク質は、多数の α -アミノ酸がペプチド結合でつながった高分子化合物である。
- c. 油脂は、高級脂肪酸と二価のアルコールであるグリセリンが縮合したエステルである。
- d. RNA 分子中には、糖とリン酸がリン酸エステル結合で交互に結びついた構造が存在する。
- e. DNA を構成する糖は、リボース中の水素原子の1つがヒドロキシ基に置き換わった構造をもっている。

- 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