

※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

- 注意事項**
- この科目の問題用紙は9ページ、解答用紙はマークカード1枚である。
 - 問題用紙の表紙の注意事項をよく読み、解答は解答用紙(マークカード)の指定された箇所に記入すること。
 - 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。
 - 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
標準状態における気体1molの体積 22.4L

[I] 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] 硫化水素と二酸化硫黄はいずれも常温・常圧で気体である。次の記述のうち、硫化水素のみに当てはまるものはどれか。

- ① 水に溶けるとその水溶液は弱い酸性を示す。
- ② 無色で有毒である。
- ③ 空気より重く、その捕集には下方置換が用いられる。
- ④ ヨウ素の単体を還元し、ヨウ化物イオンを生じさせる。
- ⑤ 還元剤として働くと硫黄の単体が生じる。

[2] 次の操作のうち、その操作により発生する気体(水蒸気を除く)の分子が極性分子であるものはどれか。

- ① 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱する。
- ② 酢酸ナトリウムと水酸化ナトリウムの混合物を加熱する。
- ③ 炭化カルシウムに水を加える。
- ④ 亜鉛に希硫酸を加える。
- ⑤ 炭酸カルシウムに希塩酸を加える。

[3] 可逆反応に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 活性化エネルギーを小さくすると、反応速度は大きくなる。
- ② 正反応の反応物の濃度を大きくすると、平衡定数は大きくなる。
- ③ 温度を高くすると、吸熱反応が起こる向きに平衡が移動する。
- ④ 温度を高くすると、反応速度定数の値が大きくなる。
- ⑤ 触媒を用いても反応熱の大きさは変わらない。

[4] 25℃において 1.0×10^{-4} mol/L酢酸水溶液中の酢酸の電離度は0.40である。25℃における酢酸の電離定数 K_a [mol/L]はいくらか。

- ① 8.0×10^{-6}
- ② 1.6×10^{-5}
- ③ 2.7×10^{-5}
- ④ 4.0×10^{-5}
- ⑤ 6.0×10^{-5}

[5] リチウム電池の1種である二酸化マンガンリチウム電池では、有機溶媒にリチウム塩を溶解させたものが、電解液として用いられている。この電池の各電極で起こる反応は次式で表される。



この電池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。

- (ア)の反応が負極で起こる。
- (イ)の反応では、反応の前後でマンガンの酸化数は変わらない。
- リチウムイオンは金属イオンのうち、もっともイオン半径が小さい。
- 二酸化マンガンリチウム電池の起電力は、マンガン乾電池より大きい。
- 有機溶媒を用いるのは、水を用いると電極のリチウムが水と反応するからである。

- 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

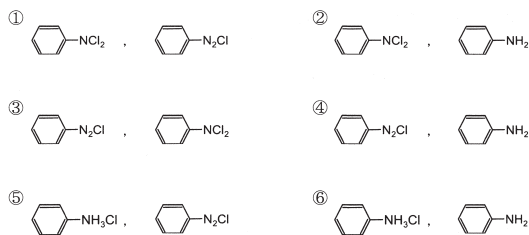
[6] 同位体の中には、原子核が不安定で、放射線を放って他の原子に変化する放射性同位体がある。原子核から粒子が飛び出して、元の原子と異なる原子が生じることを壊変という。この壊変のうち、 α 線(${}^4_2\text{He}$ の原子核の流れ)を放出する α 壊変では、原子番号が2小さく、質量数が4小さい原子が生じる。また、 β 線(原子核から出る高速の電子 e^- の流れ)を放出する β 壊変では、原子番号が1大きく、質量数が変わらない原子が生じる。放射性同位体である ${}^{235}_{92}\text{U}$ は、 α 壊変を(ア)回、 β 壊変を(イ)回起こすと、安定な ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ となる。空欄(ア)、(イ)に当てはまるものが順に並んでいるものはどれか。

- ① 5, 8
- ② 6, 8
- ③ 8, 5
- ④ 8, 6
- ⑤ 16, 22
- ⑥ 16, 54

[7] アニソールは、分子式 $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$ 、示性式 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OCH}_3$ で表される芳香族化合物である。同じ分子式で表される異性体のうち、ベンゼン環をもつものは、アニソールを除いて全部でいくつあるか。

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

[8] ニトロベンゼンにスズと濃塩酸を加えて還元すると、反応液中に(ア)が生成し、これに水酸化ナトリウム水溶液を加えると(イ)が遊離する。空欄(ア)、(イ)に当てはまる化合物の構造式が順に並んでいるものはどれか。



[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。

[1] 次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 銀に希硝酸を加えると一酸化窒素が発生する。
- ② 硝酸銀は光が当たると分解しやすいので褐色瓶中に保存される。
- ③ 白金電極を用いて硝酸銀水溶液を電気分解すると陽極では酸素が発生する。
- ④ 硝酸銀水溶液に硫化水素を通じると黒色の沈殿が生じる。
- ⑤ 硝酸銀水溶液に金を浸すと銀が析出する。

[2] ハロゲン化銀に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① ハロゲン化銀はチオ硫酸ナトリウム水溶液に溶けやすい。
- ② フッ化銀は水に溶けにくい。
- ③ 塩化銀はアンモニア水に溶けやすい。
- ④ 臭化銀に光を当てると銀が遊離する。
- ⑤ ヨウ化銀の結晶は黄色である。

[3] 次の文章を読み、(1)、(2)の間に答えよ。

水溶液中の塩化物イオンは、その水溶液を硝酸銀水溶液で滴定することにより定量できる。この滴定の指示薬としてクロム酸カリウムが用いられる。試料溶液に硝酸銀水溶液を滴下していくと塩化銀の白色沈殿が生じるが、滴定の終点では、過剰に加えられた銀イオンがクロム酸イオンと反応してクロム酸銀の赤褐色の沈殿を生じる。

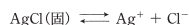
(1) 試料溶液 X を体積 V_1 [mL] 量り取り、クロム酸カリウム水溶液を数滴加えたのち、濃度 c (mol/L) の硝酸銀水溶液で滴定したところ、体積 V_2 [mL] を要した。試料溶液 X 中の塩化物イオン濃度 (mol/L) を表す式はどれか。 11

- ① $\frac{c}{V_1 V_2}$ ② $\frac{V_1 V_2}{c}$ ③ $\frac{c V_2}{V_1}$ ④ $\frac{V_1}{c V_2}$ ⑤ $\frac{c V_1}{V_2}$ ⑥ $\frac{V_2}{c V_1}$

(2) 正確な濃度がわかっている食塩水を用いて、硝酸銀水溶液の濃度を測定することも可能である。質量パーセント濃度 c [%]、密度 d (g/mL)、体積 V_1 [mL] の塩化ナトリウム水溶液を硝酸銀水溶液 Y により滴定したところ、体積 V_2 [mL] を要した。硝酸銀水溶液 Y の濃度 (mol/L) を表す式はどれか。ただし、塩化ナトリウムの式量を 58.5 とする。

- 12
 ① $\frac{c d V_1}{5.85 V_2}$ ② $\frac{5.85 c d V_1}{V_2}$ ③ $\frac{c d V_1}{5850 V_2}$ ④ $\frac{5850 c d V_1}{V_2}$
 ⑤ $\frac{5.85 V_2}{c d V_1}$ ⑥ $\frac{V_2}{5.85 c d V_1}$ ⑦ $\frac{5850 V_2}{c d V_1}$ ⑧ $\frac{V_2}{5850 c d V_1}$

[4] 塩化銀は水にごくわずかに溶け、常温では次式の溶解平衡が成り立つ。



25℃において、 1.80×10^{-3} mol/L 塩化ナトリウム水溶液に固体の塩化銀を加え、塩化銀を飽和させたときの銀イオンの濃度を c_1 (mol/L) とする。また、純水に固体の塩化銀を加え、塩化銀を飽和させたときの銀イオンの濃度を c_2 (mol/L) とする。 c_2 は c_1 の何倍か。ただし、25℃における塩化銀の溶解度積は $[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1.80 \times 10^{-10}$ (mol/L)² とし、 $\sqrt{1.80} = 1.34$ とする。ここで、記号 [] はモル濃度を表す。なお、 c_1 は塩化ナトリウムの濃度 1.80×10^{-3} mol/L よりも十分小さい値である。 13

- ① 7.46 ② 1.34×10^1 ③ 7.46×10^1 ④ 1.34×10^2
 ⑤ 7.46×10^2 ⑥ 1.34×10^3 ⑦ 7.46×10^3 ⑧ 1.34×10^4

[III] 次の文章を読み、[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。

水分子中の酸素—水素原子間の共有電子対は、電気陰性度の差により酸素原子側に偏っている。そのため、酸素原子はわずかに負の電荷を帯び、水素原子はわずかに正の電荷を帯びているので、酸素—水素原子間の結合には極性が生じている。また、酸素原子上に存在する非共有電子対は負の電荷をもっている。したがって、水分子の酸素原子上にある1組の非共有電子対と他の水分子の1個の水素原子が静電的に引き合い、水素結合が1本形成される。

氷では、隣接する水分子同士の酸素原子と水素原子の間で水素結合を形成するように水分子が規則正しく配列し、三次元の網状構造が形成されている。メタンヒドレートとよばれる物質は、低温かつ高圧の条件下で、このような水の立体網状構造の内部にメタン分子が入り込んだ構造をとって、新エネルギー源として期待されている。

[1] 次の原子間の共有結合のうち、結合の極性がもっとも小さいものと、もっとも大きいものが、左から順に並んでいるものはどれか。 14

- a. C—H b. N—H c. O—H
 ① a, b ② a, c ③ b, c ④ b, a ⑤ c, a ⑥ c, b

[2] 1個の水分子には、(ア)組の非共有電子対が酸素原子上にあり、2個の水素原子があるので、1個の水分子は(イ)個までの他の水分子との間に水素結合を形成することが可能である。氷中のすべての酸素原子と水素原子が水素結合を形成しているとすると、水分子1 mol からの氷には、アボガドロ数 N を用いて(ウ)本の水素結合があることになる。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。 15

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

[3] メタンヒドレートは、水分子46個がつくる網状のかごの中に8個のメタン分子が入り込んだ形を1つの単位とする構造をとっている。メタンヒドレート239gがとけると、標準状態で(ア)Lの体積をもつメタンと、(イ)gの水が得られる。空欄(ア)、(イ)に当てはまるものが順に並んでいるものはどれか。ただし、メタンは水に溶解せず理想気体としてふるまうものとする。 16

- ① 22.4, 104 ② 22.4, 144 ③ 22.4, 207 ④ 44.8, 104 ⑤ 44.8, 144
 ⑥ 44.8, 207 ⑦ 67.2, 104 ⑧ 67.2, 144 ⑨ 67.2, 207

[4] メタン、水(液体)、二酸化炭素の生成熱をそれぞれ75 kJ/mol、286 kJ/mol、394 kJ/mol とすると、メタンの燃焼熱は何 kJ/mol か。 17

- ① 427 ② 577 ③ 605 ④ 755 ⑤ 891 ⑥ 1040

[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] 気体の溶解に関する(1)~(3)の間に答えよ。ただし、温度が40℃、気体の圧力が 1.013×10^5 Pa のとき、水1Lに溶解する窒素と酸素の物質量は、それぞれ 5.18×10^{-4} mol、 10.3×10^{-4} mol とする。また、窒素と酸素は、理想気体としてふるまい、水への溶解はヘンリーの法則に従うものとする。

(1) 窒素と酸素からなる混合気体(体積比4:1)が40℃で水5.0Lに接している。窒素の分圧と酸素の分圧の合計は 1.013×10^5 Pa である。水5.0Lの中に溶けている酸素の体積(mL)は標準状態に換算していくらか。 18

- ① 12 ② 23 ③ 35 ④ 92 ⑤ 1.2×10^2

(2) 窒素と酸素からなる混合気体(体積比4:1)が40℃で水5.0Lに接している。窒素の分圧と酸素の分圧の合計は 5.065×10^5 Pa である。水5.0Lの中に溶けている混合気体の体積(mL)は標準状態に換算していくらか。 19

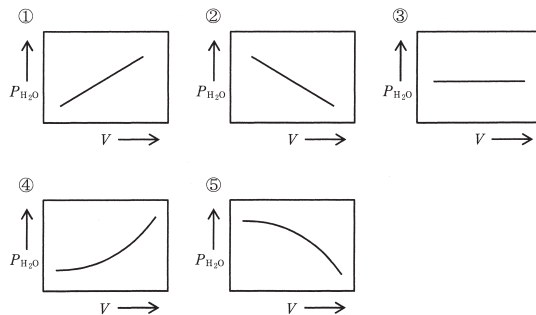
- ① 1.8×10^2 ② 3.5×10^2 ③ 5.2×10^2 ④ 5.8×10^2 ⑤ 8.7×10^2

(3) 窒素が 5.065×10^5 Pa の圧力で水5.0Lに接している。全体を40℃に保ちながら窒素の圧力を 1.013×10^5 Pa に下げたとき、水5.0Lから出てくる窒素の体積(mL)はいくらか。 20

- ① 53 ② 58 ③ 2.3×10^2 ④ 2.7×10^2 ⑤ 2.9×10^2

[2] 内部の体積を変えることのできる密閉容器に水と水蒸気のみが入っており、常に気液平衡が成立している。水の蒸気圧(飽和水蒸気圧)に関する次の(1)、(2)の間に答えよ。

(1) 温度一定で密閉容器内の水蒸気の体積を変化させたとき、水蒸気の体積 V と水の飽和水蒸気圧 $P_{\text{H}_2\text{O}}$ の関係は、どのようなグラフで表されるか。 21



(2) 次の操作のうち、密閉容器内の飽和水蒸気圧の値が変わるものはどれか。 22

- a. 温度と水蒸気の体積を一定に保ちながら、水蒸気に接している水の表面積を大きくする。
 b. 温度と水蒸気の体積を一定に保ちながら、水に食塩を溶かす。
 c. 温度と水蒸気の体積を一定に保ちながら、水を加える。
 d. 水蒸気の体積を一定に保ちながら、温度を下げる。
 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

[V] 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] サリチル酸メチルとアセチルサリチル酸は、どちらもサリチル酸から合成される(ア)であり、医薬品として使われている。サリチル酸は、芳香族化合物(イ)のナトリウム塩と、(ウ)を高圧・高温で反応させてサリチル酸ナトリウムとし、これに希硫酸を作用させて合成される。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。 23

- ① エーテル、安息香酸、二酸化炭素
 ② エーテル、安息香酸、ホルムアルデヒド
 ③ エーテル、フェノール、二酸化炭素
 ④ エーテル、フェノール、ホルムアルデヒド
 ⑤ エステル、安息香酸、二酸化炭素
 ⑥ エステル、安息香酸、ホルムアルデヒド
 ⑦ エステル、フェノール、二酸化炭素
 ⑧ エステル、フェノール、ホルムアルデヒド

[2] サリチル酸、サリチル酸メチル、アセチルサリチル酸のうち、酸としてもっとも弱いものは(ア)であり、塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えて呈色しないものは(イ)である。空欄(ア)、(イ)に当てはまるものが順に並んでいるものはどれか。

- ① サリチル酸, サリチル酸
- ② サリチル酸, サリチル酸メチル
- ③ サリチル酸, アセチルサリチル酸
- ④ サリチル酸メチル, サリチル酸
- ⑤ サリチル酸メチル, サリチル酸メチル
- ⑥ サリチル酸メチル, アセチルサリチル酸
- ⑦ アセチルサリチル酸, サリチル酸
- ⑧ アセチルサリチル酸, サリチル酸メチル
- ⑨ アセチルサリチル酸, アセチルサリチル酸

[3] アセチルサリチル酸(分子量 180) 1 mol は水酸化ナトリウム 2 mol と反応し、サリチル酸ナトリウムと酢酸ナトリウムが 1 mol ずつ生じる。この反応(中和とけん化)を利用して、錠剤 X に含まれるアセチルサリチル酸の量を、以下のように硫酸を用いた滴定により調べた。水酸化ナトリウム水溶液のみに対する滴定を行うのは、水酸化ナトリウム水溶液の濃度が空気中の二酸化炭素が溶けることにより変化するからである。

- (a) 2本の試験管 A と B を用意し、すりつぶした錠剤 X 200 mg を試験管 A のみに入れた。
- (b) 両方の試験管に約 0.5 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を 10.0 mL ずつ加え、穏やかに 10 分間煮沸した。
- (c) それぞれの試験管中の水酸化ナトリウムを 0.100 mol/L 硫酸で滴定した。中和に要した硫酸は、試験管 A で 16.02 mL、試験管 B で 24.92 mL であった。

錠剤 X 200 mg に含まれるアセチルサリチル酸は何 mg か。ただし、煮沸により反応が完全に起こったものとし、また、錠剤 X に含まれるアセチルサリチル酸以外の物質は、滴定に影響を与えないものとする。

- ① 20.0 ② 40.0 ③ 60.0 ④ 80.0 ⑤ 100
- ⑥ 120 ⑦ 140 ⑧ 160 ⑨ 180