

化 学 基 硍

(解答番号 101 ~ 119)

必要があれば、原子量は次の値を使うこと。

H 1.0

C 12

N 14

O 16

Na 23

Cl 35.5

Ar 40

Hg 201

第1問 次の問い合わせ(問1~9)に答えよ。(配点 30)

問 1 $^{18}_8\text{O}$ と同じ数の中性子をもつ原子を、次の①~④のうちから一つ選べ。

101

① ^{15}N

② ^{16}O

③ ^{19}F

④ ^{22}Ne

問 2 炭酸水素ナトリウムの粉末と塩化ナトリウムの粉末がある。この二つの粉末を区別することができない操作はどれか。最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。

102

- ① 粉末を蒸発皿に入れて徐々に加熱し、加熱前後の質量変化を調べる。
- ② 粉末を希硫酸に加える。
- ③ 粉末を水に溶かして得た水溶液の pH を pH メーターで調べる。
- ④ 粉末を水に溶かして得た水溶液を白金線の先端につけ、ガスバーナーの外炎に入れて炎の色を調べる。

問 3 第3周期までの元素における、原子のイオン化工エネルギー(第1イオン化工エネルギー)と電子親和力に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 103

- ① 同族の元素で比較すると、原子番号が大きい元素ほど原子のイオン化工エネルギーは小さくなる。
- ② 第2周期の元素(Li～Ne)の中で、原子のイオン化工エネルギーが最も大きいのはフッ素Fである。
- ③ 電子親和力は、原子が1個の電子を受け取って、1価の陰イオンになると放出されるエネルギーである。
- ④ 電子親和力はナトリウムNaよりも塩素Clの方が大きい。

問 4 常温・常圧で、それぞれの物質とそれを構成する化学結合の組合せとして誤っているものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 104

| | 物 質 | 化学結合 |
|---|---------|-------|
| ① | 塩 素 | イオン結合 |
| ② | ヨウ化カリウム | イオン結合 |
| ③ | アンモニア | 共有結合 |
| ④ | ポリエチレン | 共有結合 |

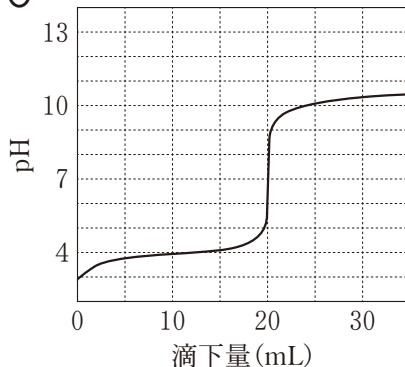
問 5 1.10 cm^3 のドライアイスがすべて気体になると、体積は $0\text{ }^\circ\text{C}$, $1.013 \times 10^5\text{ Pa}$ で何 L になるか。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、このドライアイスの密度は 1.60 g/cm^3 とする。 105 L

- ① 0.560 ② 0.896 ③ 1.41 ④ 24.6 ⑤ 39.4

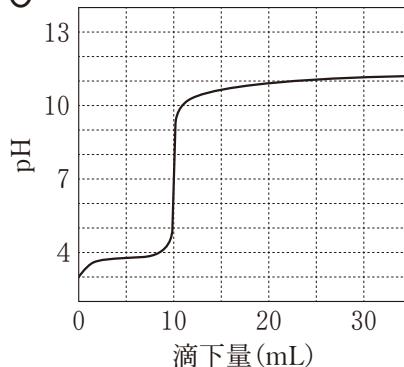
問 6 0.10 mol/L の酢酸 CH_3COOH 水溶液 10 mL をホールピペットではかり取り、コニカルビーカーに入れて、10 mL の水を加えて 2 倍に希釈した。この CH_3COOH 水溶液に、ビュレットを用いて 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を滴下し、pH の変化を調べた。滴下量に対する pH の変化を表す曲線として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

106

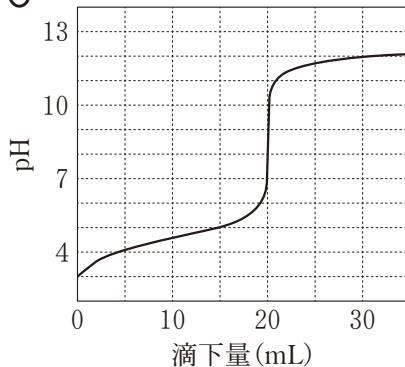
①



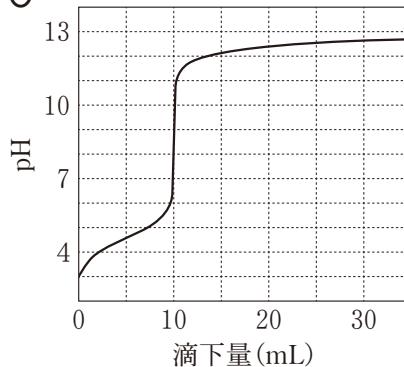
②



③



④



問 7 反応式①～④において水 H_2O が酸としてはたらいている反応はどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 107

- ① $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$
- ② $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$
- ③ $\text{HF} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{F}^-$
- ④ $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

問 8 気体が発生する次の実験ア～エのうち、酸化還元反応が起こるものはどれか。正しく選択しているものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。 108

- ア 塩酸を電気分解する。
- イ 亜鉛に塩酸を加える。
- ウ 石灰石に塩酸を加える。
- エ 硫化鉄(II)に塩酸を加える。

- ① ア, イ
- ② ア, ウ
- ③ ア, エ
- ④ イ, ウ
- ⑤ イ, エ
- ⑥ ウ, エ

問 9 ジャガイモには炭水化物と水が多く含まれる。ジャガイモの燃焼に関する次の問い合わせ(a・b)に答えよ。

a 炭水化物は組成式 $C_6H_{10}O_5$ (式量 162)で表すことができるものとする。この炭水化物が完全に燃焼すると、次の式(1)に従って、二酸化炭素 CO_2 と水 H_2O が生じる。生じる CO_2 と H_2O の質量の比(CO_2 の質量 : H_2O の質量)はいくつか。最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。 109



- ① 44 : 3 ② 44 : 15 ③ 22 : 9 ④ 22 : 45

b ジャガイモ 1.00 g を完全に燃焼させた。このとき発生した H_2O は 0.89 g であった。これは燃焼前のジャガイモに含まれていた H_2O の質量と、式(1)で表される炭水化物の完全燃焼により生じた H_2O の質量の合計である。燃焼前のジャガイモ 1.00 g 中に含まれていた H_2O の質量は何 g か。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、ジャガイモには炭水化物と水以外の成分は含まれていないものとする。 110 g

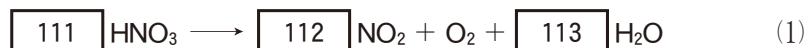
- ① 0.25 ② 0.50 ③ 0.75 ④ 0.80 ⑤ 0.89

第2問 空気に含まれる気体成分の発見と質量保存の法則に関する次の問い合わせ

(問1～3)に答えよ。(配点 20)

問1 中世の頃から、(a)濃硝酸を加熱して生じる混合気体にはロウソクの火を激しく燃焼させる气体が含まれることが知られていた。1772年にシェーレは、酸化マンガン、酸化水銀などの熱分解によって生じた气体が物質を燃焼させる性質をもつことを見つめた。また、1774年にプリーストリーも、酸化水銀の熱分解で発生させた气体が同じ性質を示すを見つめた。次の問い合わせ(a・b)に答えよ。

a 下線部(a)に関して、濃硝酸中の HNO_3 が熱分解すると次の式(1)に従って二酸化窒素 NO_2 、酸素 O_2 、水 H_2O が生じる。



式(1)の係数 $\boxed{111} \sim \boxed{113}$ に当てはまる数字を、次の①～⑨のうちから一つずつ選べ。ただし、係数が1の場合は①を選ぶこと。同じものを繰り返し選んでもよい。

① 1

② 2

③ 3

④ 4

⑤ 5

⑥ 6

⑦ 7

⑧ 8

⑨ 9

b O_2 に関する記述として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

114

- ① 净水場で水の殺菌、消毒に用いられる。
- ② 空気に含まれる気体のうち、体積比で 3 番目に多い。
- ③ 酸化マンガン(IV)に過酸化水素水を加えると発生する。
- ④ お湯に発泡入浴剤を加えると発生する。
- ⑤ スナック菓子の袋に充填されている。

問 2 1774年にラボアジエは、(b)密閉容器に入れた水銀と空気中の酸素が反応することで生じる酸化水銀の質量と、減少した酸素の体積を精密に測定した。これにより、質量保存の法則が成り立つことを確かめた。次の問い(a・b)に答えよ。

a 下線部(b)に関して、ラボアジエが行った実験の模式図を図1に示した。ガラス容器Aに水銀Hgを入れ、容器Aの開口部が、水銀を入れた槽の水銀から出るようにしてから、ガラス容器Bをかぶせた。このとき、AとBの空間はつながっており、空気が満たされた状態で密閉されている。その後、A内の水銀を適切な温度で十分な時間加熱すると、A内の水銀の表面に赤色の酸化水銀HgO(式量 217)が2.17 g生じ、B内の気体の体積が減少しした。この反応によって消費されたO₂の体積は、0 °C, 1.013 × 10⁵ Paにおいて何Lか。最も適当な数値を、後の①～④のうちから一つ選べ。

115 L

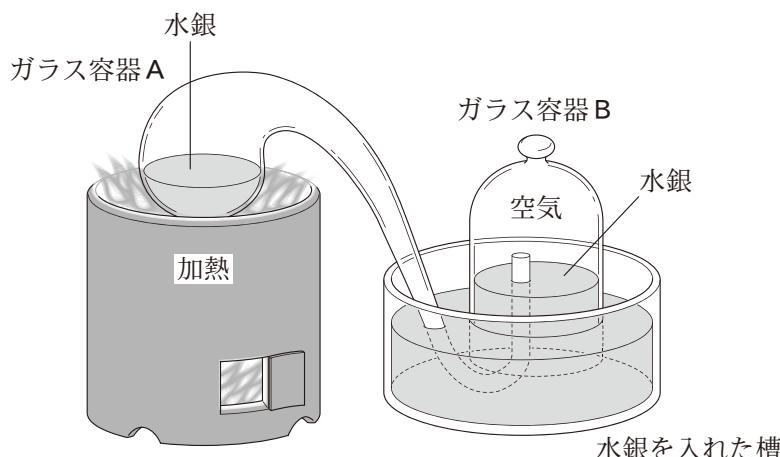


図1 ラボアジエが行った実験の模式図

① 0.112

② 0.224

③ 1.12

④ 2.24

- b 金属元素の単体および酸化物の反応性に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

116

- ① カルシウムは乾燥した空気中で容易に酸化される。
- ② アルミニウムを乾燥した空気中に放置すると、表面に酸化被膜が生じる。
- ③ 鉄を湿った空気中に放置しても酸化されない。
- ④ 酸化銀(I)を加熱すると銀と酸素に分解する。
- ⑤ 酸化銅(II)を水素中で加熱すると銅と水が生じる。

問 3 レイリーは、空気から水蒸気 H_2O 、二酸化炭素 CO_2 および O_2 を取り除いた気体 X の密度が、(c) 窒素を含む化合物を分解することで得た純粋な窒素 N_2 の密度よりも大きくなるという実験結果を得た。この結果を 1892 年に公表し広く助言を求めたが原因はわからなかった。1894 年にラムゼーとともに、気体 X から N_2 を取り除くことにより、化学的に不活性で N_2 よりも密度が大きい気体を純物質として取り出すことに成功した。その後、その取り出した気体が未知の物質であることが証明され、ギリシャ語の「なまけもの」という意味の言葉をもとに「アルゴン(Ar)」と名付けられた。次の問い合わせ(a・b)に答えよ。

a 下線部(c)に関連して、亜硝酸ナトリウム NaNO_2 (式量 69.0)と塩化アンモニウム NH_4Cl (式量 53.5)を溶かした水溶液を加熱すると N_2 が生成する。この反応は次の式(2)で表される。

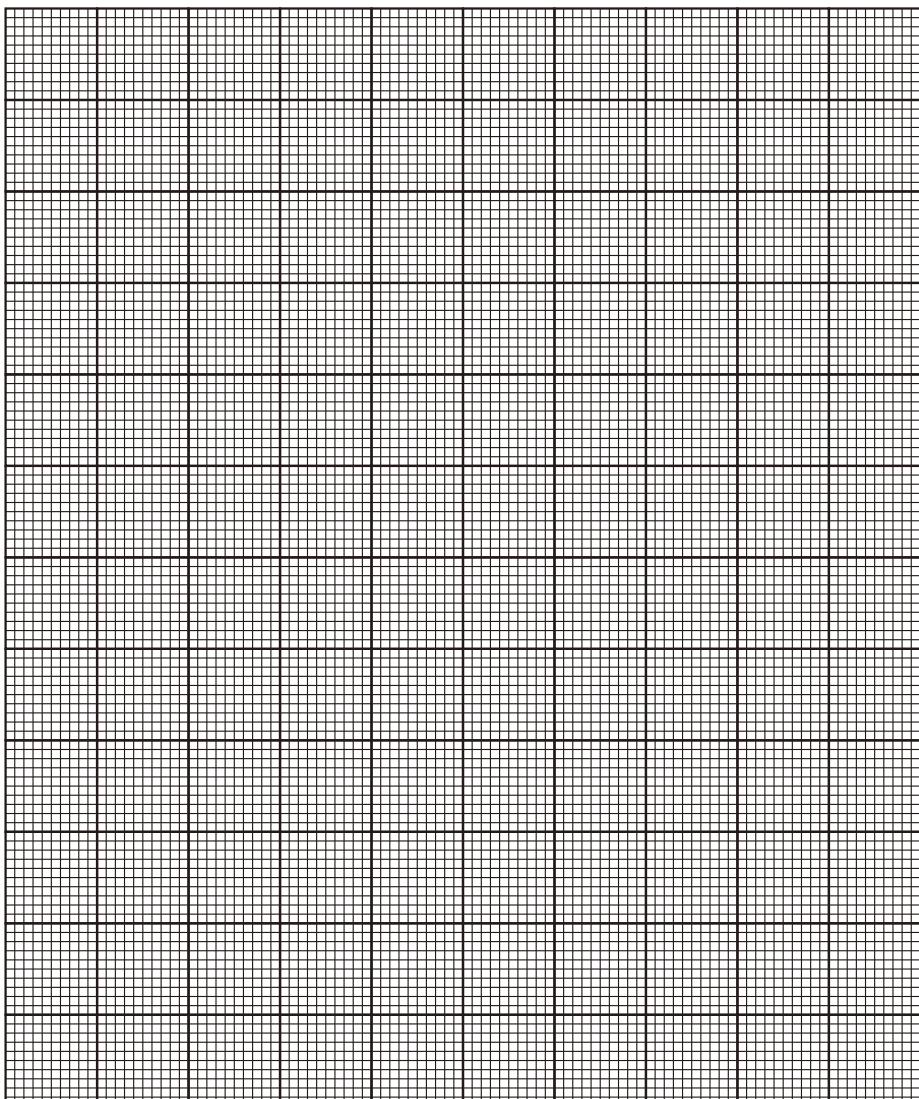


濃度が不明の NH_4Cl 水溶液を 100 mL ずつはかり取り、それぞれに異なる物質量の NaNO_2 を溶かした。この混合水溶液を加熱し、反応が十分に進行したときに生成した N_2 の体積を 0 °C, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において測定したところ、表 1 の結果が得られた。もとの水溶液 100 mL に溶けていた NH_4Cl は何 g か。最も適当な数値を、後の①～⑤のうちから一つ選べ。必要があれば、次ページの方眼紙を使うこと。 117 g

表 1 用いた NaNO_2 の物質量と生成した N_2 の体積の関係

| NaNO_2 の物質量 (mol) | 生成した N_2 の体積 (mL) |
|----------------------------|----------------------------|
| 4.00×10^{-3} | 89.6 |
| 8.00×10^{-3} | 179 |
| 12.0×10^{-3} | 224 |
| 16.0×10^{-3} | 224 |
| 20.0×10^{-3} | 224 |

- ① 0.0535 ② 0.428 ③ 0.535 ④ 0.642 ⑤ 5.35



出題範囲：化学基礎

b レイリーが得た実験結果では、気体Xの密度は純粋なN₂の密度よりも0.50%大きかった。気体Xに含まれるアルゴンArの体積百分率は何%か。その数値の小数第2位を四捨五入して次の形式で表すとき、118と119に当てはまる数字を、後の①～⑩のうちから一つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。ただし、気体XにはArとN₂以外は含まれていないものとする。

Arの体積百分率 118 . 119 %

① 1

② 2

③ 3

④ 4

⑤ 5

⑥ 6

⑦ 7

⑧ 8

⑨ 9

⑩ 0