

センター試験演習

1 同素体に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 []

- ① ダイヤモンドは炭素の同素体の一つである。
- ② 炭素の同素体には電気を通すものがある。
- ③ 黄リンはリンの同素体の一つである。
- ④ 硫黄の同素体にはゴムに似た弾性をもつものがある。
- ⑤ 酸素には同素体が存在しない。

2 中性子の数が最も多い原子を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 []

- ① ^{38}Ar ② ^{40}Ar ③ ^{40}Ca
- ④ ^{37}Cl ⑤ ^{39}K ⑥ ^{40}K

3 単結合のみからなる分子を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 []

- ① N_2 ② O_2 ③ H_2O
- ④ CO_2 ⑤ C_2H_2 ⑥ C_2H_4

4 結晶の種類と分子の形に関する次の問い(a・b)に答えよ。

a 結晶がイオン結晶でないものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 []

- ① 二酸化ケイ素 ② 硝酸ナトリウム ③ 塩化銀
- ④ 硫酸アンモニウム ⑤ 酸化カルシウム ⑥ 炭酸カルシウム

b 分子が直線形であるものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 []

- ① メタン ② 水 ③ 二酸化炭素 ④ アンモニア

5 1種類の分子のみからなる物質の大気圧下での三態に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 []

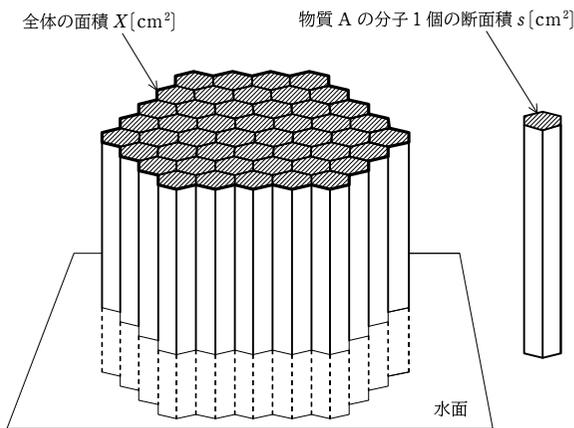
- ① 気体の状態より液体の状態のほうが分子間の平均距離は短い。
- ② 液体中の分子は熱運動によって相互の位置を変えている。
- ③ 大気圧が変わっても沸点是不変化する。
- ④ 固体を加熱すると、液体を経ないで直接気体に変化するものがある。
- ⑤ 液体の表面では常に蒸発が起こっている。

6 物質の量に関する記述として誤りを含むものを、次の①～④のうちから一つ選べ。(H=1.0, He=4.0, C=12, O=16, Na=23, Cl=35.5) []

- ① 0℃, 1.013×10^5 Paにおいて、4 Lの水素は1 Lのヘリウムより軽い。
- ② 16 gのメタンには水素原子が4.0 mol含まれている。

- ③ 水100 gに塩化ナトリウム25 gを溶かした水溶液の質量パーセント濃度は20%である。
- ④ 水酸化ナトリウム4.0 gを水に溶かして100 mLとした水溶液のモル濃度は1.0 mol/Lである。

7 物質Aは、下図に示すように、棒状の分子が水面に直立してすき間なく並び、一層の膜(単分子膜)を形成する。物質Aの質量が w [g]のとき、この膜の全体の面積は X [cm^2]であった。物質Aのモル質量を M [g/mol]、アボガドロ定数を N_A [/mol]としたとき、分子1個の断面積 s [cm^2]を表す式として正しいものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 [] cm^2



- ① $\frac{XN_A}{wM}$ ② $\frac{XM}{wN_A}$ ③ $\frac{Xw}{MN_A}$
- ④ $\frac{XwM}{N_A}$ ⑤ $\frac{XwN_A}{M}$ ⑥ $\frac{XMN_A}{w}$

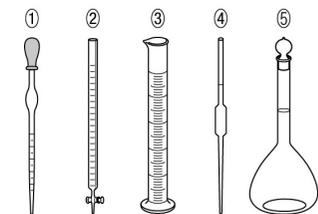
8 トウモロコシの発酵により生成したエタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ を完全燃焼させたところ、44 gの二酸化炭素が生成した。このとき燃焼したエタノールの質量は何gか。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。(H=1.0, C=12, O=16) [] g

- ① 22 ② 23 ③ 32
- ④ 44 ⑤ 46 ⑥ 64

9 ある物質の水溶液をホールビペットではかり取り、メスフラスコに移して、定められた濃度に純水で希釈したい。

a ホールビペットの図として正しいものを選び。 []

b このとき行う操作I・IIとして最も適当なものをそれぞれ選べ。 []



- 操作I []
- A ホールビペットは、洗浄後、内部を純水ですすぎそのまま用いる。
 - B ホールビペットは、洗浄後、内部をはかり取る水溶液ですすぎそのまま用いる。
- 操作II []
- C 純水は、液面の上端がメスフラスコの標線に達するまで加える。
 - D 純水は、液面の底面がメスフラスコの標線に達するまで加える。

10 次に示す化合物群のいずれかを用いて調製された0.01 mol/L水溶液A～Cがある。各水溶液100 mLずつを別々のビーカーにとり、指示薬としてフェノールフタレインを加え、0.1 mol/L塩酸または0.1 mol/L NaOH水溶液で中和滴定を試みた。次に指示薬をメチルオレンジに変えて同じ実験を行った。それぞれの実験により、下の表1の結果を得た。水溶液A～Cに入っていた化合物の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 []

化合物群: NH_3 KOH Ca(OH)_2 CH_3COOH HNO_3

表1

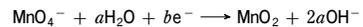
水溶液	フェノールフタレインを用いたときの色の変化	メチルオレンジを用いたときの色の変化	中和に要した液量[mL]
A	赤から無色に、徐々に変化した	黄から赤に、急激に変化した	10
B	赤から無色に、急激に変化した	黄から赤に、急激に変化した	20
C	無色から赤に、急激に変化した	赤から黄に、徐々に変化した	10

	Aに入っていた化合物	Bに入っていた化合物	Cに入っていた化合物
①	KOH	Ca(OH)_2	CH_3COOH
②	KOH	Ca(OH)_2	HNO_3
③	KOH	NH_3	CH_3COOH
④	KOH	NH_3	HNO_3
⑤	NH_3	Ca(OH)_2	CH_3COOH
⑥	NH_3	Ca(OH)_2	HNO_3
⑦	NH_3	KOH	CH_3COOH
⑧	NH_3	KOH	HNO_3

センター試験演習

11

MnO_4^- は、中性または塩基性水溶液中では酸化剤としてはたらく、次の反応式のように、ある 2 価の金属イオン M^{2+} を酸化することができる。



これらの反応式から電子 e^- を消去すると、反応全体は次のように表される。

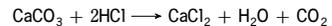


これらの反応式の係数 b と c の組合せとして正しいものを、次の ①～⑥ のうちから一つ選べ。 []

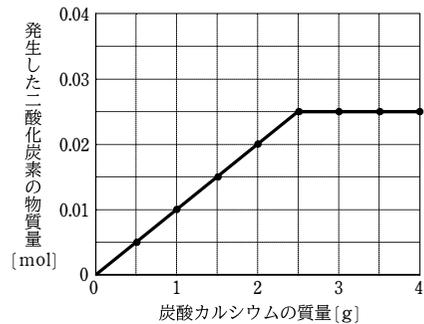
	b	c
①	2	1
②	2	2
③	2	3
④	3	1
⑤	3	2
⑥	3	3

12

濃度が不明の塩酸 25 mL と炭酸カルシウム CaCO_3 が反応して二酸化炭素を発生した。この反応は次の化学反応式で表される。



炭酸カルシウムの質量と発生した二酸化炭素の物質量の関係は図のようになった。反応に用いた塩酸の濃度は何 mol/L か。最も適当な数値を、下の ①～⑥ のうちから一つ選べ。(H=1.0, C=12, O=16, Cl=35.5, Ca=40) [] mol/L



- ① 0.20 ② 0.50 ③ 1.0
 ④ 2.0 ⑤ 10 ⑥ 20

センター試験演習

1

解答 ⑤

解説 同じ元素からなる単体で、性質が異なるものどうしを互いに同素体であるという。

- ① 正しい。炭素 C の単体には、ダイヤモンドや黒鉛(グラファイト)、フラーレン、カーボンナノチューブなどがあり、これらは互いに同素体である。
- ② 正しい。炭素の同素体の一つである黒鉛(グラファイト)は電気を通す。
- ③ 正しい。リン P の単体には、黄リンや赤リンがあり、これらは互いに同素体である。
- ④ 正しい。硫黄 S の単体には、斜方硫黄や単斜硫黄、ゴム状硫黄があり、これらは互いに同素体である。このうち、ゴム状硫黄はゴムに似た弾性をもつ。
- ⑤ 誤り。酸素 O の単体には、酸素 O₂ とオゾン O₃ があり、これらは互いに同素体である。よって、誤りを含むものは、⑤。

2

解答 ②

解説 原子番号 (= 陽子の数) A や質量数 (= 陽子の数 + 中性子の数) B を含めて原子の種類を表すときは、^BX のように元素記号の左下に原子番号、左上に質量数を書く。この原子の中性子の数は、(中性子の数) = (質量数) - (陽子の数) = B - A と表すことができる。原子番号 20 までの元素は、順に元素記号とともに覚えておきたい。

- ① Ar の原子番号は 18 であり、この原子は ³⁸Ar と書ける。したがって、この原子の中性子の数は、38 - 18 = 20。
- ② この原子は ⁴⁰Ar と書ける。したがって、この原子の中性子の数は、40 - 18 = 22。
- ③ Ca の原子番号は 20 であり、この原子は ⁴⁰Ca と書ける。したがって、この原子の中性子の数は、40 - 20 = 20。
- ④ Cl の原子番号は 17 であり、この原子は ³⁷Cl と書ける。したがって、この原子の中性子の数は、37 - 17 = 20。
- ⑤ K の原子番号は 19 であり、この原子は ³⁹K と書ける。したがって、この原子の中性子の数は、39 - 19 = 20。
- ⑥ この原子は ⁴⁰K と書ける。したがって、この原子の中性子の数は、40 - 19 = 21。よって、中性子の数が最も多い原子は、②。

3

解答 ③

解説 各分子は、次の構造式で表される。

- ① N≡N ② O=O ③ H-O-H
- ④ O=C=O ⑤ H-C≡C-H
- ⑥ $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{C} = \text{C} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{H} \end{array}$

- ① N₂ は、三重結合のみからなる分子である。
- ② O₂ は、二重結合のみからなる分子である。
- ③ H₂O は、単結合のみからなる分子である。
- ④ CO₂ は、二重結合のみからなる分子である。

⑥ C₂H₂(アセチレン)は、単結合と三重結合からなる分子である。

⑥ C₂H₄(エチレン)は、単結合と二重結合からなる分子である。

よって、単結合のみからなる分子は、③。

4

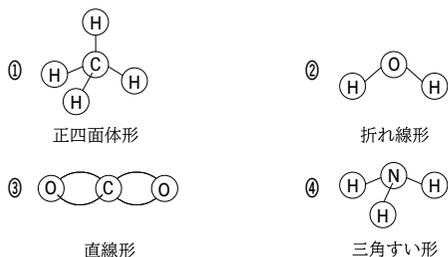
解答 a ① b ②

解説 a 粒子が規則正しく配列している固体を結晶という。陽イオンと陰イオンの結合をイオン結合といい、イオン結合でできている結晶をイオン結晶という。また、多数の非金属元素の原子が、次々に共有結合した構造からなる結晶を共有結合の結晶という。

- ① 二酸化ケイ素 SiO₂ の結晶は、ケイ素原子 Si と酸素原子 O の結合 Si-O が立体的にくり返された、共有結合の結晶である。
- ② 硝酸ナトリウム NaNO₃ の結晶は、多数の Na⁺ と NO₃⁻ が規則正しく配列しているイオン結晶である。
- ③ 塩化銀 AgCl の結晶は、多数の Ag⁺ と Cl⁻ が規則正しく配列しているイオン結晶である。
- ④ 硫酸アンモニウム (NH₄)₂SO₄ の結晶は、多数の NH₄⁺ と SO₄²⁻ が規則正しく配列しているイオン結晶である。
- ⑤ 酸化カルシウム CaO の結晶は、多数の Ca²⁺ と O²⁻ が規則正しく配列しているイオン結晶である。
- ⑥ 炭酸カルシウム CaCO₃ の結晶は、多数の Ca²⁺ と CO₃²⁻ が規則正しく配列しているイオン結晶である。

よって、結晶がイオン結晶でないものは、①。

b 各分子の形は、次のとおりである。



- ① メタン CH₄ は、正四面体形の分子である。
- ② 水 H₂O は、折れ線形の分子である。
- ③ 二酸化炭素 CO₂ は、直線形の分子である。
- ④ アンモニア NH₃ は、三角すい形の分子である。

よって、分子が直線形であるものは、③。

5

解答 ③

解説 ① 正しい。気体の状態よりも液体の状態のほうが分子間距離はかなり短い。したがって、気体が液体になると、体積が急激に小さくなる。

② 正しい。物質を構成する粒子(分子)は、その状態(固体・液体・気体)にかかわら

ず、常に運動している。このような粒子の運動を熱運動という。

- ③ 誤り。沸点は、液体の蒸気圧が大気圧(外圧)と等しくなる温度である。大気圧が大きくなれば沸点は高くなり、逆に、大気圧が小さくなれば沸点は低くなる。
- ④ 正しい。固体を加熱したときに、液体を経ないで直接気体になる変化を昇華という。ヨウ素やドライアイス(固体の二酸化炭素)やナフタレンは昇華しやすい。
- ⑤ 正しい。一般に、液体が気体になる変化を蒸発という。一方、温度が沸点に達して、液体の内部からも気体が発生する現象を沸騰という。蒸発は沸点より低い温度でも起こる。

よって、誤りを含むものは、③。

6

解答 ①

解説 ① 誤り。0℃、1.013×10⁵ Pa において、4 L の水素 H₂(分子量 2.0)の質量は、

$$\frac{4 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \times 2.0 \text{ g/mol} = \frac{8}{22.4} \text{ g である。}$$

同じ条件下で 1 L のヘリウム He(分子量 4.0)の質量は、

$$\frac{1 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \times 4.0 \text{ g/mol} = \frac{4}{22.4} \text{ g である。}$$

よって、4 L の水素の方が重い。

② 正しい。メタンの分子式は CH₄ で、メタン 1 分子には、4 個の H 原子が含まれる。

16 g のメタン(分子量 16)の物質量は、 $\frac{16 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}} = 1.0 \text{ mol}$ で、この中に含まれる H 原子の物質量は、1.0 mol × 4 = 4.0 mol。

③ 正しい。質量パーセント濃度は、

$$\frac{\text{溶質の質量}[\text{g}]}{\text{溶液の質量}[\text{g}]} \times 100 = \frac{\text{溶質の質量}[\text{g}]}{\text{溶質の質量}[\text{g}] + \text{溶媒の質量}[\text{g}]} \times 100 \text{ で表される。}$$

この溶液の質量パーセント濃度は、 $\frac{25}{25+100} \times 100 = 20$ (%)。

④ 正しい。水酸化ナトリウム NaOH(式量 40) 4.0 g の物質量は、

$$\frac{4.0 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.10 \text{ mol である。}$$

これを水に溶かして、体積を 100 mL (= 0.100 L) にしたときの、水溶液のモル濃度

$$\text{は、} \frac{0.10 \text{ mol}}{0.100 \text{ L}} = 1.0 \text{ mol/L} \text{ である。}$$

よって、誤りを含むものは、①。

7

解答 ②

解説 モル質量 M [g/mol] の物質 A w [g] に含まれる分子の数は、 $N_A \times \frac{w}{M}$ (個) である。

この数の分子(断面積 s [cm²])がすき間なく並び、一層の膜(単分子膜)を形成した結果、膜の全体の面積が X [cm²] になっているので、次の式が成りたつ。

$$s \times \left(N_A \times \frac{w}{M} \right) = X$$

よって、 $s = \frac{XM}{wN_A}$

したがって、分子 1 個の断面積を示す式として正しいものは、②。

センター試験演習

8

【解答】 ㉔

【解説】 エタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ を完全燃焼させたときの化学反応式は、次のように書ける。



化学反応式の係数の比から、燃焼した $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ と生成した CO_2 の物質量の比は、1 : 2

である。生成した CO_2 (分子量 44) 44 g の物質量は、 $\frac{44 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 1.0 \text{ mol}$ であること

から、燃焼した $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ の物質量は、 $1.0 \text{ mol} \times \frac{1}{2} = 0.50 \text{ mol}$ である。 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ の分子量 46 より、0.50 mol の質量は、 $46 \text{ g/mol} \times 0.50 \text{ mol} = 23 \text{ g}$

よって、最も適当な数値は、㉔。

9

【解答】 a ㉔ b 操作Ⅰ : B 操作Ⅱ : D

【解説】 a ホールピペットは、一定体積の溶液を正確にはかり取るために用いる。上部に1本の目盛り線(標線)が引かれている。

b 洗浄後、ホールピペットの内部が水でぬれていると、はかり取った溶液の濃度が薄くなる。これを防ぐために、水などでぬれている場合は、はかり取る溶液ですすぎ(共洗い)、そのまま用いる。

また、標線に液面を合わせるときは、湾曲した液面(メニスカス)の底と標線がそろうようにする。

10

【解答】 ㉖

【解説】 水溶液 A と B にフェノールフタレインを加えたときに、はじめ赤色だったことから、これらの水溶液には塩基性の物質 (NH_3 , KOH または Ca(OH)_2) が含まれていたことがわかる。

水溶液 A … 弱塩基に酸を加えていくと、すぐに弱塩基とその塩の水溶液(緩衝液)となり、pH の変化が緩やかになる。したがって、指示薬としてフェノールフタレインを用いて中和滴定を行ったとき、指示薬の色が赤から無色に徐々に変化した水溶液 A には、弱塩基である NH_3 が入っていたことがわかる。

水溶液 B … 水溶液 B の中和滴定に要した塩酸の体積が 20 mL だったことから、水溶液 B には、2 価の塩基である Ca(OH)_2 が入っていたことがわかる。

水溶液 C … 水溶液 C にメチルオレンジを加えたときに、はじめ赤色だったことから、水溶液 C には酸性の物質 (CH_3COOH または HNO_3) が含まれていたことがわかる。

弱酸に塩基を加えていくと、すぐに弱酸とその塩の水溶液(緩衝液)となり、pH の変化が緩やかになる。したがって、指示薬としてメチルオレンジを用いて中和滴定を行ったとき、指示薬の色が赤から黄に徐々に変化した水溶液 C には、弱酸である CH_3COOH が入っていたことがわかる。

よって、水溶液 A ~ C に入っていた化合物の組合せとして最も適当なものは、㉖。

11

【解答】 ㉖

【解説】 反応式において、左辺と右辺の各原子の数は等しい。また、左辺と右辺の電荷の総和は等しい。

したがって、反応式 $\text{MnO}_4^- + a\text{H}_2\text{O} + b\text{e}^- \longrightarrow \text{MnO}_2 + 2a\text{OH}^-$ において、以下の関係が成り立つ。

$4 + a = 2 + 2a$ (酸素原子の数)

$-1 + (-b) = -2a$ (電荷の総和)

したがって、 $a = 2$, $b = 3$

さらに、反応式 $\text{MnO}_4^- + c\text{M}^{2+} + a\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{MnO}_2 + c\text{M}^{3+} + 2a\text{OH}^-$ において、以下の関係が成り立つ。

$-1 + 2c = 3c + (-2a)$ (電荷の総和)

$a = 2$ より、 $c = 3$ 。

よって、反応式の係数 b と c の組合せとして正しいものは、㉖。

12

【解答】 ㉔

【解説】 図より、25 mL の塩酸に 2.5 g 以上の CaCO_3 を反応させても、 CO_2 の発生量が変化しない。このことから、25 mL の塩酸に 2.5 g の CaCO_3 を反応させたときに HCl と CaCO_3 が過不足なく反応することがわかる。

さらにそのとき、0.025 mol の CO_2 が発生しており、化学反応式の係数の比より、この塩酸 25 mL (= 0.025 L) には、 $0.025 \text{ mol} \times 2 = 0.050 \text{ mol}$ の HCl が含まれていたことがわかる。

よって、反応に用いた塩酸の濃度は、 $\frac{0.050 \text{ mol}}{0.025 \text{ L}} = 2.0 \text{ mol/L}$ である。したがって、

最も適当な数値は、㉔。