

第3問

解説

A

問1 9 ①

原子量とは、ある元素の各同位体の相対質量に存在比を加味して平均した値である。塩素原子の陽子の数は17であるから、中性子の数が18と20の塩素原子の質量数はそれぞれ35と37である。この問題では(相対質量)=(質量数)として計算してよいので、中性子の数が20の塩素原子の存在比を x [%] とおくと

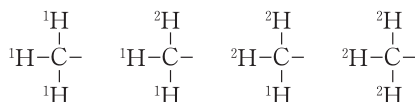
$$35 \times \frac{100-x}{100} + 37 \times \frac{x}{100} = 35.5$$

$$\therefore x = 25 \text{ [%]}$$

問2 10 ③

図1のメタノールの構造式からわかるように、メタノール中には炭素原子に結合した水素原子と、酸素原子に結合した水素原子の2種類の水素原子がある。

炭素原子に結合した水素原子の組合せは次の4種類である。



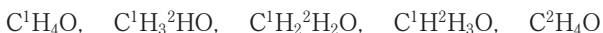
酸素原子に結合した水素原子の組合せは次の2種類である。



炭素原子と酸素原子はそれぞれ1種類のみを考えるので、存在する分子の種類数は

$$4 \times 2 = 8 \text{ [種類]}$$

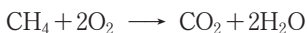
となる。また、 ${}^1\text{H}$ と ${}^2\text{H}$ を区別してメタノールを分子式で表すと



となることから、分子量の大きさによって分類すると5種類となる。

問3 11 ⑤

メタン、エタンの完全燃焼の化学反応式は



と表される。これらの化学反応式より、二酸化炭素と水蒸気(水)が、メタン X [mol]からは合計で $3X$ [mol]、エタン Y [mol]からは合計で $5Y$ [mol]発生することがわかる。

ここで、燃焼前の気体の物質量は

$$\frac{5.60}{22.4} = 0.250 \text{ [mol]}$$

燃焼後の気体は

◀炭素原子に結合した水素原子は、3つとも同等で区別できない。

◀ ${}^1\text{H}$ の相対質量を1、 ${}^2\text{H}$ の相対質量を2とすると、各分子の分子量は左から順に32、33、34、35、36である。

◀後の説明のために、エタンの係数を1にしている。

◀メタン 1 mol →
CO₂ 1 mol + H₂O 2 mol
計 3 mol

エタン 1 mol →
CO₂ 2 mol + H₂O 3 mol
計 5 mol

◀気体の体積はすべて0℃、 1.013×10^5 Pa(標準状態)で考えているため、モル体積は22.4 L/molとしてよい。

$$\frac{17.92}{22.4} = 0.800 \text{ [mol]}$$

なので、燃焼前の気体の量的関係から

$$X + Y = 0.250 \text{ mol}$$

燃焼後の気体の量的関係から

$$3X + 5Y = 0.800 \text{ mol}$$

二つの式を連立させて解くと

$$X = 0.225 \text{ mol}, Y = 0.025 \text{ mol}$$

$X : Y = 9 : 1$ となる。したがって、都市ガスに含まれているメタンの体積の割合は 90 % とわかる。

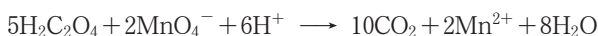
B

問 4 12 ⑤

酸化還元滴定で、 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ は還元剤、 KMnO_4 は酸化剤となる。



$(1) \times 5 + (2) \times 2$ より



が導かれ、シュウ酸と過マンガン酸イオンは 5 : 2 の物質質量比で反応する。なお、 MnO_4^- が反応するには H^+ が必要であり、そのための H^+ をここでは H_2SO_4 が供給している。つまり、 H_2SO_4 は H^+ の供給源にすぎず、滴定によって定量されない。

KMnO_4 を水に溶かすと電離により赤紫色の MnO_4^- が生じる。 MnO_4^- を滴下しても、還元剤があればそれと反応し、ほとんど無色の Mn^{2+} になる。滴下を続け、還元剤がちょうどなくなると、 MnO_4^- を滴下しても反応せずに残るため、溶液は赤紫色になる。これより終点が確認できる。

終点は 40.0 mL と考えられるので、シュウ酸の濃度を x [mol/L] とすると、物質量の比より、次の式が成り立つ。

$$\begin{aligned} & \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 : \text{MnO}_4^- \\ & = x \times \frac{100.0}{1000} : 0.050 \times \frac{40.0}{1000} = 5 : 2 \end{aligned}$$

$$\therefore x = 0.050 \text{ [mol/L]}$$

問 5 13 ⑤

ア まず強酸である硫酸、続いて弱酸であるシュウ酸が中和される。中和点付近では弱酸($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$)と強塩基(NaOH)の中和となり、中和点は塩基性寄りとなる。したがって、変色域が塩基性側にあるフェノールフタレインを用いる。

イ H_2SO_4 の濃度を y [mol/L] とすると、 H_2SO_4 と $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ はいずれも 2 価の酸なので、次式が成り立つ。

$$2 \times (0.050 + y) \times \frac{10.0}{1000} = 1 \times 0.20 \times \frac{25.0}{1000}$$

$$\therefore y = 0.20 \text{ [mol/L]}$$

◀ すべての気体の体積を 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ (標準状態)で考えているので、(物質質量比) = (体積比) となる。