

出題のねらい

一般(中期)の化学は、化学基礎・化学全般からの出題です。物質の溶解の仕組みや溶解度、反応熱、金属および金属イオンの反応、芳香族化合物や糖の反応や性質の基礎知識が身につけているかが問われています。二また試験管を用いた実験の操作についても出題されました。

**【1】** 固体および気体の溶解に関する、設問文の空所補充式を含んだ問題です。イオン結晶が溶解したときに、イオンがどのように水和しているかをおさえましょう。また、気体の体積と質量の関係を考え、ヘンリーの法則を利用した計算を正しく行えるようにしておきましょう。

**【2】** 熱化学に関する、設問文の空所補充式を含んだ問題です。ヘスの法則を理解し、生成熱と反応熱の関係をおさえましょう。生成熱・燃焼熱などの反応熱は、着目する物質 1mol あたりの反応熱であることがおさえられているかがポイントです。エネルギー図の各状態間で起きている反応や状態変化をつかみ、状態間の反応熱においてどの物質を基準としているかをつかみましょう。同質量の物質の燃焼時の熱量の比較では、1mol あたりの熱量から 1 g あたりの熱量を求められるようにしましょう。

**【3】** 銅および銅イオンに関する、設問文の空所補充式を含んだ基本的な問題です。銅と濃硝酸との反応における酸化数の変化や、発生する気体、および、二また試験管を用いた実験操作をおさえておきましょう。銅(II)イオンを含む水溶液にアンモニアを加えていったときに生じる沈殿や錯イオンも確認しておきましょう。

**【4】** 芳香族化合物の構造決定の問題です。与えられた分子式から、異性体の構造式をすべてかけるかがポイントです。アルコール性ヒドロキシ基とフェノール性ヒドロキシ基の反応性の違いや、それぞれの異性体を酸化したときの生成物などの知識を蓄え、構造を決定できるようにしましょう。また、ナトリウムアルコキシドが生成する反応式もおさえましょう。さらに、*o*-、*m*-、*p*-の異性体にさらに別の置換基をつけたときの異性体の数を確認しておきましょう。

**【5】** 多糖類に関する、設問文の空所補充式を含んだ基本的な問題です。まずは、多糖類の構造を確認しましょう。また、糖を分解する酵素や分解生成物を確認し、ある量の多糖類を分解したときに得られる単糖類の量を計算できるようにしておきましょう。

**【1】**

**【解答】** (31点)

- |               |        |
|---------------|--------|
| (1) ②         | (4点)   |
| (2) ①         | (4点)   |
| (3) ア 再結晶 イ 低 | (5点×2) |
| (4) ヘンリーの法則   | (5点)   |
| (5) (a) ②     | (3点)   |
| (b) ⑧         | (5点)   |

**【解説】**

固体および気体の溶解

(1) 酸化アルミニウムはイオン結晶で、酸化物イオンとアルミニウムイオンがイオン結合をつくる。

(2) 水分子中の負の電荷を帯びた酸素原子を、陽イオンであるカリウムイオンに向けて水和する。

(3) ア 温度による溶解度の差が大きい物質の結晶に、少量の不純物が混じっているとき、結晶を少量の温度の高い溶媒に溶かし、それを冷却することで、純粋な結晶を得ることができる。これを再結晶という。  
イ 気体は温度が低いほど溶解度が大きい。

(4) 「ある温度において、一定量の溶媒に溶解する気体の物質量は、その溶媒に接する気体の圧力に比例する」という気体の溶解に関する法則は、ヘンリーの法則と呼ばれる。

(5) (a) 気体の分圧は、全圧×モル分率で求められる。混合気体中の体積比=物質質量比であるから、酸素：窒素の物質質量比が 1:4 より、酸素の分圧は、

$$1.0 \times 10^5 \times \frac{1}{1+4} = 2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

(b) (a) と同様に窒素の分圧を求めると、

$$1.0 \times 10^5 \times \frac{4}{1+4} = 8.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

容器中の水 100 mL に溶解する酸素と窒素の質量は、ヘンリーの法則より、

$$\text{酸素} = \frac{32}{22.4 \times 10^3} \times \frac{2.0 \times 10^4}{1.0 \times 10^5} \times \frac{100}{1000} \times 32 \text{ g}$$

$$\text{窒素} = \frac{16}{22.4 \times 10^3} \times \frac{8.0 \times 10^4}{1.0 \times 10^5} \times \frac{100}{1000} \times 28 \text{ g}$$

よって、溶解している酸素と窒素の質量比は、  
酸素：窒素 = 4:7 となる。

## 一般入試 / 化学(中期)

[2]

【解答】(30点)

- |           |                   |                     |                |
|-----------|-------------------|---------------------|----------------|
| (1) ア②    | イ④                | ウ⑤ (イウは順不同)         | (2点×3)         |
| (2) ④     |                   |                     | (3点)           |
| (3) (a) A | (b) $\frac{C}{4}$ | (c) $\frac{A+B}{3}$ | (d) B+C (4点×4) |
| (4) ③     |                   |                     | (5点)           |

【解説】

熱化学

(1) ア～ウ 反応熱には、「反応の経路によらず、反応の最初と最後の物質の種類と状態が定まれば、出入りする熱量の総和は一定である」としたヘスの法則が成り立つ。

(2) エ 反応熱=(生成物の生成熱の総和)-(反応物の生成熱の総和)を用いると、実験による測定が難しい反応熱を計算で求めることができる。

(3) (a) 生成熱は、化合物1molが成分元素の単体から生成するときに出入りする熱量であるから、図の3C(黒鉛)+4H<sub>2</sub>(気)とC<sub>3</sub>H<sub>8</sub>(気)の差A[kJ]より、C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>(気)の生成熱はA[kJ/mol]とわかる。

(b) 図の4H<sub>2</sub>(気)+2O<sub>2</sub>(気)と4H<sub>2</sub>O(液)の差より、4molのH<sub>2</sub>O(液)が生成するときの反応熱がC[kJ]であるから、H<sub>2</sub>O(液)の生成熱は $\frac{C}{4}$ [kJ/mol]となる。

(c) 図より、3C(黒鉛)から3CO<sub>2</sub>(気)への変化において、(A+B)[kJ]の熱が放出されていることがわかる。よって、C(黒鉛)の燃焼熱は $\frac{A+B}{3}$ [kJ/mol]である。

(d) 図より、1molのC<sub>3</sub>H<sub>8</sub>(気)が燃焼して3molのCO<sub>2</sub>(気)と4molのH<sub>2</sub>O(液)になるとき、(B+C)[kJ]の熱が放出されているので、C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>(気)の燃焼熱は(B+C)[kJ/mol]である。

(4) 燃焼熱は、1molの物質が完全燃焼するときに出される熱量である。メタンCH<sub>4</sub>およびプロパンC<sub>3</sub>H<sub>8</sub>のモル質量は、16g/mol、44g/molであるから、メタン、プロパンそれぞれ1.0gが燃焼するときに出る熱量は、

$$\begin{aligned} \text{メタン} & \quad \frac{1.0}{16} \times 890 = 55.6 \text{ kJ} \\ \text{プロパン} & \quad \frac{1.0}{44} \times 2220 = 50.4 \text{ kJ} \end{aligned}$$

よって、メタンの燃焼から生じる熱量は、プロパンの燃焼から生じる熱量の $\frac{55.6}{50.4} = 1.1$ 倍となる。

[3]

【解答】(29点)

- |              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| (1) 硝酸中の窒素原子 | +5   |           |
| 発生した気体中の窒素原子 | +4   | (3点×2)    |
| (2) ⑤        |  | (4点)      |
| (3) ア④       | イ③   | ウ⑤ (3点×3) |
| (4) ②        |  | (4点)      |
| (5) 名称       | テトラアンミン銅(II)イオン                                    |           |
| イオン式         | [Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup> | (3点×2)    |

【解説】

無機物質

(1) 銅に濃硝酸を加えると、二酸化窒素が発生する。



HNO<sub>3</sub>中のN原子の酸化数は+5、NO<sub>2</sub>中のN原子の酸化数は+4である。

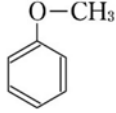
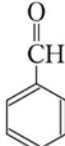
(2) 二また試験管は、くびれのある側に固体試料を入れる。発生した二酸化窒素は、空気より重く水に溶けやすいので下位置換法で捕集する。

(3) 発生した二酸化窒素は赤褐色の気体である。また、反応後の水溶液中にはCu<sup>2+</sup>が存在する。ここに、硫化水素H<sub>2</sub>Sを吹き込むと、CuSの黒色沈殿が生じる。また、アンモニア水を加えると、Cu(OH)<sub>2</sub>の青白色沈殿が生じる。

(4) (5) アンモニア水を過剰に加えることで生成した銅の錯イオンは、テトラアンミン銅(II)イオン[Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup>で、正方形の錯イオンである。

【4】

【解答】(31点)

(1) 3種類	(5点)
(2) <i>p</i> -クレゾール	(5点)
(3) 11 mL	(6点)
(4) C	
	
D	
	(5点×2)
(5) ②	(5点)

【解説】

芳香族化合物

(1) 分子式が $C_7H_8O$ で表される芳香族化合物には、一置換体の $C_6H_5-CH_2OH$ ,  $C_6H_5-O-CH_3$ , 二置換体の $C_6H_4(OH)CH_3$ がある。化合物Aはベンゼンの二置換体であるから、クレゾール $C_6H_4(OH)CH_3$ で、*o*-クレゾール, *m*-クレゾール, *p*-クレゾールの3種類が考えられる。

(2) *p*-クレゾールのベンゼン環のH原子1つをBr原子に置換する場合、 $-OH$ が結合したC原子の隣のC原子にBr原子が結合したものと、 $-CH_3$ が結合したC原子の隣のC原子にBr原子が結合したものの2種類の構造異性体が生じる可能性がある。

(3) 化合物Bは金属ナトリウムと反応して気体を発生したが、水酸化ナトリウム水溶液に溶解しなかったことから、化合物Bは $C_6H_5-CH_2OH$ とわかる。化合物Bと金属ナトリウムとの反応は、

$2C_6H_5-CH_2OH + 2Na \rightarrow 2C_6H_5-CH_2ONa + H_2$   
 であるから、 $C_6H_5-CH_2OH : H_2$ の物質質量比は2 : 1である。よって、108mgの化合物Bが反応したときに発生する水素は、化合物Bの分子量が108より、

$$\frac{108 \times 10^{-3}}{108} \times \frac{1}{2} \times 22.4 \times 10^3 = 11.2 \text{ mL}$$

(4) 化合物Cは金属ナトリウムとも、水酸化ナトリウム水溶液とも反応しないので、 $C_6H_5-O-CH_3$ である。化合物Bをおだやかに酸化すると化合物Dが生成し、さらに酸化すると化合物Eが生成している。また、化合物Eは、トルエンを過マンガン酸カリウムで酸化して得られる $C_6H_5-COOH$ であるので、化合物Dは $C_6H_5-CHO$ とわかる。

(5) 化合物Eは安息香酸 $C_6H_5-COOH$ である。塩化鉄(Ⅲ)水溶液で呈色反応を示すのはフェノール類である。

【5】

【解答】(29点)

(1) ア	$\alpha$ -グルコース	
イ	水素	
ウ	$\beta$ -グルコース	
エ	マルトース	(3点×4)
(2) 酵素X	アミラーゼ	
酵素Y	マルターゼ	(4点×2)
(3) ②		(4点)
(4) 9.0 g		(5点)

【解説】

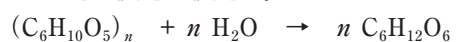
糖

(1) ア～エ アミロースは $\alpha$ -グルコースが縮合重合した構造をもち、水素結合により、らせん構造をつくっている。アミロースを酵素アミラーゼにより加水分解すると、デキストリンを経てマルトースが生成する。一方、セルロースは $\beta$ -グルコースが縮合重合した構造をもつ。

(2) XY アミロースを分解する酵素はアミラーゼ、マルトースを分解する酵素はマルターゼである。

(3) アミロースは、 $\alpha$ -グルコースの1位と4位のヒドロキシ基が縮合重合した構造で、直鎖状である。同じデンプンでも、アミロペクチンは、1位と4位のヒドロキシ基が縮合重合した構造のほか、1位と6位のヒドロキシ基が縮合重合した構造をもつため、枝分かれ構造をもつ。

(4) アミロースの重合度を  $n$  とすると、アミロースの分子式は、 $(C_6H_{10}O_5)_n$  で表され、その分子量は、 $162n$  である。アミロースが加水分解されて、グルコースになる反応の反応式



より、1molのアミロースから  $n$  [mol] のグルコースが生じることがわかる。アミロースとグルコースの分子量は、それぞれ  $162n$ ,  $180$  であるから、10 g のグルコースを得るのに必要なアミロースの質量は、

$$\frac{10}{180} \times \frac{1}{n} \times 162n = 9.0 \text{ g}$$