

出題のねらい

【1】

- A 小問形式で、原子の電子配置、反応の量的関係、凝固点降下のグラフによる塩の決定など、基本的な内容を問いました。グラフの読み取りは、事実を知っているかにとどまらず、総合力が試されるので、普段からグラフ問題を解いて判断力を培う必要があります。
- B 水分子を題材として、電子配置、水素結合、水蒸気の体積を問う総合問題を出题しました。水素結合の理解とともに、気体の状態方程式を用いた計算力もみました。

【2】

- A 小問形式で、反応速度式の決定、電離定数を用いた酢酸の pH 計算、エネルギー図とヘスの法則の理解度をみました。概して計算問題を苦手とする学生が多いですが、計算式の意味をしっかりと理解すれば得点源にすることも可能です。
- B 気体の温度、圧力、体積の関係を問う自然科学的な思考力をみました。また、ボイル・シャルルの法則を用いた計算問題やグラフの読み取りなどを通して総合力をみました。

【3】

- A 小問形式で、硫化水素の発生と性質、沈殿反応による塩の決定を問いました。これは無機化合物の代表的な問題で、これが解けることは無機化合物の学習が進んでいることを示すものです。問2では沈殿物の化学式が書けることを目指したいものです。
- B アルミニウムの精錬を題材とした総合問題で、アルミニウムに特化した融解塩電解法の理解をみました。さらにアルミニウムの両性元素としての性質や、計算力も試しました。

【4】

- A 小問形式ですが、問1と問2で実験に必要な分液ロートによる抽出とその操作法について問いました。さらに示性式をみて光学異性体の存在の有無を判断させる基本的な知識をみました。
- B  $C_3H_8O$  で表される数種類の化合物の反応性より化合物が決定できるかをみました。このような問題では、まずはアルコールの反応性を完全に理解しておく必要があります。

【1】

【解答】(36点)

A	問1	④	(3点)
	問2	①	(5点)
	問3	⑤	(5点)
B	問1	ア ヘリウム          イ ネオン	
		ウ 電気陰性度      エ 折れ線	(3点×4)
	問2	③	(3点)
	問3	⑤	(3点)
	問4	$1.7 \times 10^3$ 倍	(5点)

【解説】

A 小問集合

問1 イオン化エネルギーは周期表の右上にいくほど大きくなるので、希ガスであるネオンが最大となる。

問2 水素  $x$  [mol], メタン  $y$  [mol] とする。

$$x + y = \frac{5.6}{22.4} = 0.25 \text{ mol} \quad x + 2y = \frac{8.1}{18} = 0.45 \text{ mol}$$

$$\therefore x = 0.050 \quad y = 0.20 \quad \frac{0.050}{0.25} \times 100 = 20\%$$

問3 溶質 0.1mol を 100g の水に溶かしたとすると、グルコースは非電解質であるから粒子数は 0.1mol、電解質である NaCl は 0.2mol,  $Na_2SO_4$  は 0.3mol となり、粒子数が多いほど凝固点は下がる。

B 水

問1 水分子では、2 個の H 原子の周りにそれぞれ 2 個の電子があるので He 原子に似た電子配置、O 原子の周りには 10 個の電子があるので Ne に似た電子配置をしている。H と O は電気陰性度に差があるため O-H 結合には極性があり、なおかつ分子の形状は折れ線形であるため、分子全体で極性をもつ。

問2 水では水分子 1 個は 4 個の水分子と水素結合をつくるため、すき間の多い構造となっているが、融解するといくつかの水素結合が切れてすき間に水分子が入り込むため体積は小さくなる。

問3 強い水素結合をつくるのは、電気陰性度が大きい F, O, N であるから、ここでは HF が該当する。

問4 水 1.0mol が水蒸気になったときの体積を  $V$  [L] とすると、

$$V = \frac{(1.0 \times 8.3 \times 10^3 \times 373)}{1.0 \times 10^5} \doteq 31 \text{ L}$$

$$\frac{31}{18 \times 10^{-3}} \doteq 1.7 \times 10^3 \text{ 倍}$$

【2】

【解答】(38点)

A	問1	③		(4点)	
	問2	②		(5点)	
	問3	⑥		(4点)	
B	問1	ア⑤	イ③	ウ⑦	(3点×3)
	問2	a③	b④		(3点×2)
	問3	②			(5点)
	問4	⑤			(5点)

【解説】

A 小問集合

問1 実験2から1では、[A]一定で[B]は2倍になっているが、 $v$ は4倍になっているので、[B]の2乗に比例することがわかる。実験2から3では[B]一定で[A]が2倍になると $v$ も2倍になるので、 $v$ は[A]に比例することがわかる。

問2 
$$\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}^+]$ ,  $[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0.10 \text{ mol/L}$

と考えてよいので、 $[\text{H}^+]^2 = 2.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$

$[\text{H}^+] = \sqrt{2.0 \times 10^{-6}} \text{ mol/L}$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = 3 - \frac{1}{2} \log 2 \doteq 2.9$$

問3 ヘスの法則より、 $Q_3 - Q_2 = 394 - 283 = 111 \text{ kJ}$

B 気体

問1・2 気体の体積を小さくすると圧力が大きくなるので体積と圧力は反比例する(ボイルの法則)。また、気体の温度を上げると、分子の速さが大きくなり、衝突する力が増すので圧力は大きくなると考えられる。体積と温度の関係は「一定圧力で、一定量の気体の体積は、その温度を1K上昇させるごとに0℃のときの体積の1/273ずつ増加する」(シャルルの法則)。

問3 ボイル・シャルルの法則より

$$2.0 \times 10^5 \times \frac{2.5}{(27+273)} = 5.0 \times 10^5 \times \frac{V}{(87+273)}$$

$V = 1.2 \text{ L}$

問4 ボイル・シャルルの法則より $P$ と $V$ は反比例するので①②は誤り。 $V$ と $T$ は比例するので③④は誤り。⑤と⑥では、同じ体積であれば温度が高い方が圧力は大きいので⑤が正しい。

【3】

【解答】(37点)

A	問1	③				(4点)
	問2	A⑥	B③	C⑤		(3点×3)
B	問1	ア②	イ④	ウ⑦	エ⑨	(3点×4)
	問2	6				(4点)
	問3	④				(3点)
	問4	1.8g				(5点)

【解説】

A 小問集合

問1  $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$ より、発生した気体は硫化水素 $\text{H}_2\text{S}$ である。 $\text{H}_2\text{S}$ は水に少し溶け、空気より重いので下方置換で捕集する。

問2 A  $\text{HCl}$ で沈殿するものは $\text{Ag}^+$ または $\text{Pb}^{2+}$ であるが、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ で沈殿ができないことより塩Aは $\text{AgNO}_3$ である。 $\text{NaOH}$ との沈殿は $\text{Ag}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_3$ 過剰で $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ となって溶解する。

B  $\text{NaOH}$ で青白色沈殿ができるのでBは $\text{CuSO}_4$ で沈殿は $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 $\text{NH}_3$ 過剰で $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ となって溶解する。

C  $\text{H}_2\text{SO}_4$ との反応で白色沈殿を生じるものは⑤⑦であるが、 $\text{HCl}$ で沈殿を生じないものは⑤  $\text{BaCl}_2$ である。

B アルミニウム

問1 アルミニウムはボーキサイトと呼ばれる鉱石中に $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ として存在する。アルミニウムは水素よりイオン化傾向が大きくアルミニウムイオンを含む水溶液を電気分解しても単体は得られないため、融解塩電解を行って陰極より取り出す。



アルミニウムは両性元素で、酸や強塩基の水溶液とは反応するが、濃硝酸とは不動態をつくるため反応はしない。

問2  $2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$

問3 両性元素の代表的なものは $\text{Zn}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Sn}$ であり、ここでは鉛 $\text{Pb}$ が該当する。

問4  $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$ より、3molの電子が流れると1molの $\text{Al}$ が得られる。 $\text{Al} = 27$ ,  $Q = It$ ,  
32分10秒 =  $32 \times 60 + 10 = 1930$ 秒より、

$$\frac{10 \times 1930}{9.65 \times 10^4} \times \frac{1}{3} \times 27 = 1.8 \text{ g}$$

【4】

【解答】(39点)

A	問1	①	問2	③	(4点×2)
	問3	③			(5点)
B	問1	ア 水素	イ 赤		(3点×2)
	問2	X ⑤	Y ③		(3点×2)
	問3	②			(5点)
	問4	②			(4点)
	問5	0.56L			(5点)

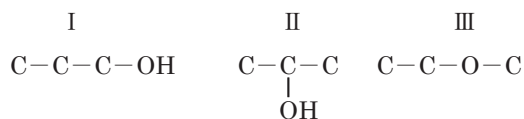
【解説】

A 小問集合

- 問1 安息香酸は塩をつくり水層へ、トルエンは水に溶けないのでジエチルエーテル層に残る。ジエチルエーテルは水より軽いので上層となる。
- 問2 分液漏斗を逆さまにして振り混ぜ、そのままの状態ですぐ活栓を開いて圧抜きをする。
- 問3 2-ブタノールは不斉炭素原子をもつため、光学異性体が存在する。

B 分子式  $C_3H_8O$  で表される化合物

問1・2 分子式が  $C_3H_8O$  の化合物は以下の3種類。



(1-プロパノール) (2-プロパノール) (エチルメチルエーテル)

- Iは第一級アルコールで、穏やかに酸化するとアルデヒドに変化し、フェーリング液を加えると還元反応が起こり赤色沈殿の  $Cu_2O$  が生成する。IIは第二級アルコールで、酸化するとケトン（この場合はアセトン）に変化する。アルコールはすべてナトリウムと反応して水素を発生する。IIIはエーテルである。
- 問3 水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素との反応はヨードホルム反応といい、分子中に  $CH_3CH(OH)-$  または  $CH_3CO-$  の構造をもつ化合物が反応して黄色沈殿  $CHI_3$  が生成する。この構造をもつものはBの2-プロパノールである。
- 問4 Cのエチルメチルエーテルは分子量が同程度のアルコールに比べ沸点が低い。
- 問5  $2C_3H_7OH + 2Na \rightarrow 2C_3H_7ONa + H_2$  より、1molのアルコールから  $1/2mol$  の水素が発生する。

$$C_3H_8O = 60 \text{ より, } \frac{3.0}{60} \times \frac{1}{2} \times 22.4 = 0.56 \text{ L}$$