

化学

正解・配点一覧

(100点満点)

問題番号 (配点)	解答 番号	正解	チェック欄	配点	問題番号 (配点)	解答 番号	正解	チェック欄	配点	問題番号 (配点)	解答 番号	正解	チェック欄	配点	問題番号 (配点)	解答 番号	正解	チェック欄	配点
第1問 (20点)	1	1		3	第2問 (20点)	8	1		3	第3問 (20点)	14	3		3	第4問 (20点)	20	2		3
	2	5		3		9	4		3		15	1		3		21	3		4
	3	4		3		10	2		3		16	5		3		22	3		3
	4	4		3		11	3		4		17	4		4		23	3		3
	5	2		3		12	2		4		18	4		3		24	1		4 (完解)
	6	3		2		13	3		3		19	1		4		25	9		
	7	2		3		小計			点		小計			点		26	7		
小計				点				点				点	27	3		3			
第5問 (20点)	28	3		3	小計				点	小計				点	小計				点
	29	4		4	小計				点	小計				点	小計				点
	30	2		3	小計				点	小計				点	小計				点
	31	1		4	小計				点	小計				点	小計				点
	32	3		3	小計				点	小計				点	小計				点
	33	3		3	小計				点	小計				点	小計				点
小計				点	小計				点	小計				点	小計				点
総得点																			点

化学

1 | 物質の構成, 酸と塩基, 結晶格子

●解説

問1 1 正解①

探究

実験Ⅰ 試料Aの水溶液に硝酸銀 AgNO_3 水溶液を加えて生じた白色の沈殿は、塩化銀 AgCl である。よって、試料A中に成分元素として塩素Clが含まれていることがわかる。

実験Ⅱ 試料Bの水溶液を白金線につけて外炎の中に入れると、炎が赤紫色になったこと(炎色反応)から、試料B中に成分元素としてカリウムKが含まれていることがわかる。

問2 2 正解⑤

塩化マグネシウム MgCl_2 が水に溶けると次のように電離して、 Mg^{2+} と Cl^- が1:2の比で生じる。



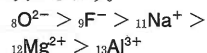
- Na^+ と O^{2-} はいずれも Ne 原子と同じ電子配置をとるが、 O^{2-} より原子番号の大きい Na^+ の方が原子核の正電荷が大きく、電子を強く原子核に引きつけるため、イオン半径は小さくなる。よって、イオン半径は $\text{O}^{2-} > \text{Na}^+$ となる。
- Al 原子と Al^{3+} は電子の数はそれぞれ13個と10個で異なるが、原子核中の陽子の数はいずれも13個で等しい。
- S 原子は最外殻電子の数が6個で、電子を2個受け取って Ar 原子と同じ電子配置をとり、硫化物イオン S^{2-} になる。
- Na より F の方が、電子親和力が大きく陰イオンになりやすい。F 原子は電子を1個取り入れて F^- となり、Ne 原子と同じ安定な電子配置をとる。

重要 炎色反応

ある元素を含む化合物や水溶液を炎の中に入れると、その元素特有の色が現れる。おもな元素の炎色は次のとおり。
Li 赤, Na 黄, K 赤紫,
Ca 橙赤, Sr 紅, Ba 黄緑,
Cu 青緑

重要 イオン半径

電子配置が同じイオンでは、原子番号が大きいほど、イオン半径は小さい。たとえば、Ne 型の電子配置をとるイオンでは、イオン半径の大小関係は次のとおり。



重要 電子親和力

原子が最外電子殻に1個の電子を受け取って1個の陰イオンになるときに放出されるエネルギー。一般に、電子親和力が大きい原子ほど、陰イオンになりやすい。

問3 **3** 正解④

二酸化炭素分子を電子式で表すと、 $:\ddot{\text{O}}::\text{C}::\ddot{\text{O}}:$ のようになり、共有電子対はC原子とO原子間に全部で4組含まれる(非共有電子対は二つのO原子に全部で4組含まれる)。

問4 **4** 正解④

NH_3 分子は、アンモニア水中で次のように一部電離している。



アンモニア水の pH は 11.0 なので、水素イオン濃度は、

$$[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$$

水のイオン積 K_w より、水酸化物イオン濃度は、

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2}{1.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L}} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

アンモニアは1価の塩基なので、0.036 mol/L のアンモニア水中のアンモニアの電離度を α とすると、 $[\text{OH}^-]$ は、

$$0.036 \text{ mol/L} \times \alpha \times 1 = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$\alpha \approx 2.8 \times 10^{-2}$$

問5 a **5** 正解②

酢酸水溶液の濃度を x [mol/L] とすると、酢酸は1価の酸、水酸化ナトリウムは1価の塩基であるため、中和の量的関係より、

$$1 \times x \text{ (mol/L)} \times \frac{25}{1000} \text{ L} = 1 \times 0.10 \text{ mol/L} \times \frac{10}{1000} \text{ L}$$

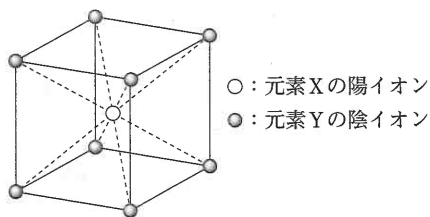
よって、 $x = 4.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

b **6** 正解③

酢酸は弱酸、水酸化ナトリウムは強塩基より、生成する塩(酢酸ナトリウム)の水溶液は塩基性であり、中和点(滴定曲線が垂直に立ち上がった線分の中点)は塩基性側にある。

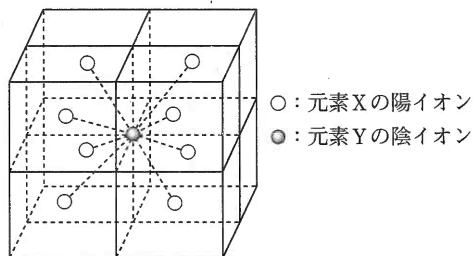
問6 **7** 正解②

図アの単位格子中に含まれる元素Xの陽イオン○は立方体の中心に1個、元素Yの陰イオン●は立方体の八つの頂点に $\frac{1}{8}$ 個ずつ含まれており、 $8 \times \frac{1}{8}$ 個 = 1個ある。したがって、この結晶中に含まれるイオンの数の比は、陽イオン：陰イオン = 1：1となる。



図ア

図イのように単位格子を8個重ねたとき、中心の元素Yの陰イオン●に対して、最も近くに存在する元素Xの陽イオン○は、8個の単位格子の各中心に存在する8個である。



図イ

重要 酸・塩基の電離度

電離度は、溶けている酸(塩基)の物質量に対する電離している酸(塩基)の物質量の割合である。

$$\text{電離度 } \alpha =$$

$$\frac{\text{電離した酸(塩基)の物質量}}{\text{溶解した酸(塩基)の物質量}}$$

公式 中和の量的関係

酸と塩基が過不足なく中和するとき、次の関係式が成り立つ。

$$a \times c \times V = b \times c' \times V'$$

a, b : 酸または塩基の価数

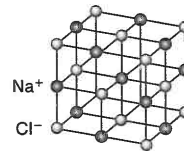
c, c' : 酸または塩基の濃度[mol/L]

V, V' : 酸または塩基の体積[L]

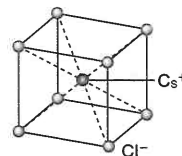
参考 イオン結晶の単位格子

おもなイオン結晶の単位格子は次のとおりである。

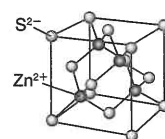
(a) NaCl の単位格子



(b) CsCl の単位格子



(c) ZnS の単位格子



2 | 状態変化, 気体の法則

●解説

問1 8 正解①

異なる元素の原子どうしが共有結合をすると、電気陰性度の違いにより電荷の偏り(極性)が生じる。特に、H-F、H-O、H-N結合では、電気陰性度の差が大きいため結合の極性が大きく、これらの結合を含む分子の分子間には、一般の極性分子にくらべて大きい静電気力がはたらく。このような水素原子を仲立ちとしてできる分子間の結合を水素結合という。メタンCH₄は分子全体では無極性分子である。

問2 9 正解④

固体の物質が、液体を経ずに直接気体になる状態変化を昇華という。また、物質の状態が変化するときは、熱の出入りが起こる。一般に、気体をもつエネルギーは固体をもつエネルギーよりも大きい。したがって、物質が昇華するためには外部からエネルギーを吸収する必要がある。固体1molが直接気体になるときに Δ 吸収する熱量を Δ 昇華熱という。なお、固体1molが液体になるときに吸収する熱量を融解熱、液体1molが気体になるときに吸収する熱量を蒸発熱という。

問3 10 正解②

シャルルの法則より、圧力一定のとき一定量の気体の体積は、絶対温度に比例するので、

$$\frac{4.0 \text{ L}}{(t + 273) \text{ K}} = \frac{5.0 \text{ L}}{(t + 80 + 273) \text{ K}} \quad t = 47$$

問4 11 正解③

気体の状態方程式を利用して、気体のモル質量 M [g/mol] を求める式は、次のように表される(右の(公式)を参照)。

$$PV = \frac{w}{M} RT \quad \text{より} \quad M = \frac{wRT}{PV} \quad \dots\dots \textcircled{1}$$

本問の実験で①式に関係する値は、実験Ⅲのフラスコ内部が物質Xの蒸気だけで満たされた状態から得られる。

物質Xの圧力(P): 1.01×10^5 Pa(実験を行ったときの大気圧と同じである。)

物質Xの体積(V): 360 mL = 0.360 L(フラスコの内容積と同じである。)

物質Xの質量(w): $151.57 \text{ g} - 150.56 \text{ g} = 1.01 \text{ g}$ (実験Ⅳでフラスコ内に残っていた液体の質量と同じである。これは実験Ⅰと実験Ⅳの質量の差になる。)

物質Xの温度(T): 363 K(物質Xの蒸気で満たされたフラスコ内の温度と同じ90℃である。)

これらの数値を①式に代入すると、

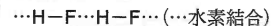
$$M = \frac{1.01 \text{ g} \times 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol}) \times 363 \text{ K}}{1.01 \times 10^5 \text{ Pa} \times 0.360 \text{ L}} = 83.6 \dots \text{ g/mol} \approx 84 \text{ g/mol}$$

モル質量は物質1molあたりの質量で、分子量の数値にg/molをつけたものである。したがって、物質Xの分子量は84となる。

なお、実験Ⅱで加える物質Xの液体は余分に入れておく必要がある。これは、フラスコ内の圧力が大気圧と等しくなるまで、物質Xをアルミニウム箔の小さな穴から外に出す必要があるためである(図ア)。

重要 水素結合

異なる元素の原子どうしが共有結合をすると、電気陰性度の違いにより電荷の偏り(極性)が生じる。特に、H-F、H-O、H-Nでは、電気陰性度の差が大きいため結合の極性が大きく、これらの結合を含む分子は、一般の極性分子にくらべて大きい静電的な引力がはたらく。このような水素原子を仲立ちとして引き合う結合を、水素結合という。



法則) ボイル・シャルルの法則

一定量の気体の体積 V は、圧力 P に反比例し、絶対温度 T に比例する。

そのため、一定量の気体について、状態1(P_1, V_1, T_1)から状態2(P_2, V_2, T_2)に変化したとき、次の式が成り立つ。

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

P : 圧力 V : 体積 T : 絶対温度
 $T_1 = T_2$ のときはボイルの法則、 $P_1 = P_2$ のときはシャルルの法則とよばれる。

公式) 気体の状態方程式

$$PV = nRT = \frac{w}{M} RT$$

P : 圧力 [Pa]

V : 体積 [L]

n : 物質量 [mol]

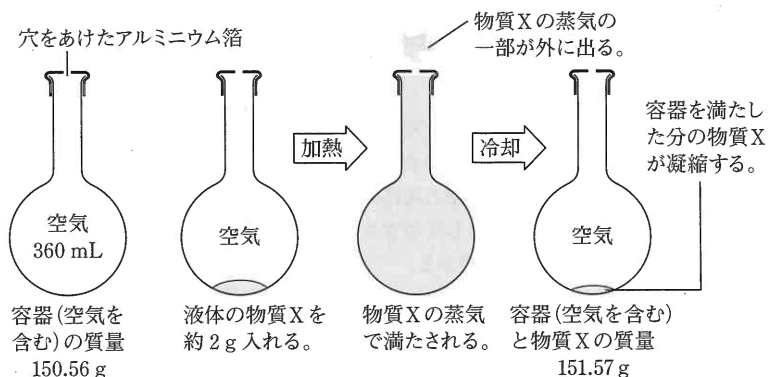
R : 気体定数 [Pa·L/(K·mol)]

T : 絶対温度 [K]

M : モル質量 [g/mol]

w : 質量 [g]

圧力や体積などは気体定数の単位に合わせて用いることに注意する。



図ア

問5 a **12** 正解②

→正答までの道筋を化学の最後にあるSTEPで確認!

混合気体の全圧は、各成分気体の分圧の和に等しい。これをドルトンの分圧の法則という。また、各成分気体および混合気体は同温・同体積であるので、圧力(分圧)と物質量は比例関係にある。

したがって、窒素の分圧を P_{N_2} [Pa] とすると、全圧と混合気体の全物質量に対する成分気体の物質量の割合(モル分率)を用いると、次のようになる。

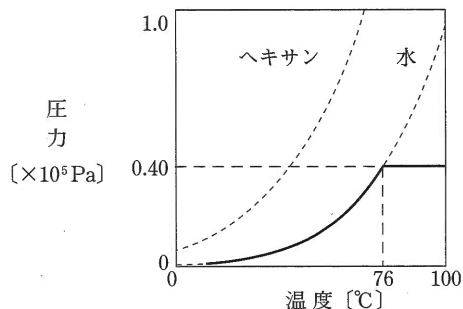
$$P_{N_2} = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa} \times \frac{0.050 \text{ mol}}{(0.10 + 0.10 + 0.050) \text{ mol}} = 2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

b **13** 正解③

容器内の圧力を 1.0×10^5 Pa に保ちながら、容器内の温度を 100°C から下げていったとき、ヘキサンと水がすべて気体で存在していれば、ドルトンの分圧の法則より、ヘキサンの分圧 $P_{\text{ヘ}}$ [Pa]、水蒸気分圧 $P_{\text{H}_2\text{O}}$ [Pa] はいずれも、

$$P_{\text{ヘ}} = P_{\text{H}_2\text{O}} = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa} \times \frac{0.10 \text{ mol}}{(0.10 + 0.10 + 0.050) \text{ mol}} = 4.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

であり、窒素の分圧は 2.0×10^4 Pa で一定である。冷却が進み、 76°C になると液体の水が生じるため、これより低い温度では、気体の水の分圧はその温度における蒸気圧と等しい値を示す(図イ)。



図イ 水の分圧の変化

このとき、水が凝縮しても全圧は 1.0×10^5 Pa に保たれているので、水の分圧の減少分はヘキサンと窒素の分圧が増加することによって補われる(図ウ※1)。さらに冷却が進むと、ヘキサンも凝縮がはじまり、気体のヘキサンの分圧は蒸気圧曲線に沿って減少していく(図ウ※2)。

法則 ドルトンの分圧の法則

一定温度で一定体積の容器に n_A [mol] の気体 A と、 n_B [mol] の気体 B を入れたときの分圧をそれぞれ P_A [Pa]、 P_B [Pa] とし、全圧を P [Pa] とすると、次の関係式が成り立つ。

$$P[\text{Pa}] = P_A[\text{Pa}] + P_B[\text{Pa}]$$

これをドルトンの分圧の法則という。この法則では、さらに次の関係が成り立つ。

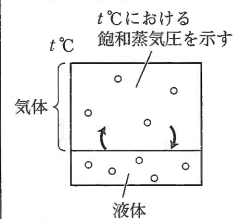
$$P_A[\text{Pa}] = P[\text{Pa}] \times \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

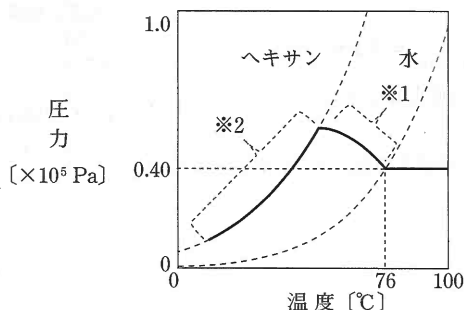
$$P_B[\text{Pa}] = P[\text{Pa}] \times \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

正解への Point 蒸気圧

容器内で気体が飽和し、気体と液体が共存するとき(気液平衡)、気体の圧力は飽和蒸気圧を示す。

すなわち、飽和蒸気圧は蒸気を示す最大の圧力と考えることができる。





図ウ ヘキサンの分圧の変化

傾向を知る！共通テスト

2021年度本試験(第1日程)化学第1問では、エタノールを題材に、気体の法則と蒸気圧に関する問題が出題されている。実験内容を正しく読み取り、気体の圧力変化を考察することができるようにしておこう。

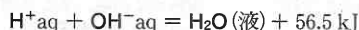
3 | 熱化学, 化学平衡

●解説

問1 14 正解③

1840年、ヘスはさまざまな反応の反応熱を測定し、変化における熱の出入りについて、「物質が変化するときの反応熱の総和は、変化する前と変化した後の物質とその物質の状態だけで決まり、変化の経路や方法には関係しない」という法則を見出した。これをヘスの法則(総熱量保存の法則)という。つまり、反応前後の物質の種類と状態が同じであれば、反応経路にかかわらず反応熱は変わらない。

- ① 物質1 molが完全燃焼するとき発生する熱量を燃焼熱という。燃焼熱などの反応熱は、着目する物質1 molあたりの熱量(単位: kJ/mol)で表される。
- ② 酸と塩基の中和反応で、水1 molを生じるとき発生する熱量を中和熱という。中和熱は次のように表すことができる。

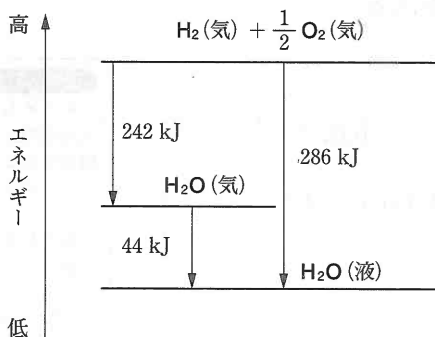


- ④ 吸熱反応では、周囲から熱を吸収する反応が起こるため、反応物もつエネルギーの総和より生成物もつエネルギーの総和の方が大きくなる。

問2 15 正解①

各物質のもつエネルギーの大きさの相対関係を表した図がエネルギー図であり、エネルギーの高い物質を上、低い物質を下に表記する。変化の方向が上から下へ向かう反応が発熱反応であり、下から上へ向かう反応が吸熱反応である。

水素と酸素から $\text{H}_2\text{O}(\text{気})$ が生成する反応も、 $\text{H}_2\text{O}(\text{液})$ が生成する反応もどちらも発熱反応である。熱化学方程式より、 $\text{H}_2\text{O}(\text{液})$ が生成するときの反応熱が $\text{H}_2\text{O}(\text{気})$ が生成するときの反応熱よりも大きいことから、エネルギー図では、 $\text{H}_2\text{O}(\text{液})$ の位置が $\text{H}_2\text{O}(\text{気})$ の位置よりも下になる。水1 molが生成するときのエネルギーの関係を表すと図アのようになる。



図ア

なお、図アより、水の凝縮熱は、 $286 - 242 = 44 \text{ kJ/mol}$ であることがわかる。

正解へのPoint ヘスの法則 (総熱量保存の法則)

物質が変化するときの反応熱の総和は、反応の経路によらず、反応の最初と最後の状態が決まる。

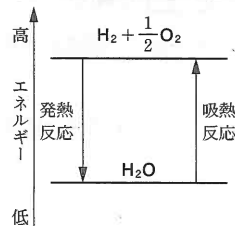
重要 反応熱の種類

- 生成熱: 化合物1 molがその成分元素の単体から生成するとき発生または吸収する熱量。
- 燃焼熱: 物質1 molが完全燃焼するとき発生する熱量。
- 溶解熱: 物質1 molが多量の溶媒に溶解するとき発生または吸収する熱量。
- 中和熱: 酸と塩基が中和して水1 molを生じるとき発生する熱量。

正解へのPoint

エネルギー図と反応熱

- 反応にかかわる物質のエネルギーの関係を表した図を、エネルギー図という。
- ・上にあるほどエネルギーが高い
- ・上から下への変化は発熱反応
- ・下から上への変化は吸熱反応



問3 16 正解⑤

CaCl_2 (モル質量 111 g/mol) 11.1 g の物質量は $\frac{11.1 \text{ g}}{111 \text{ g/mol}} = 0.100 \text{ mol}$ である。

水溶液の質量は、 $88.9 \text{ g} + 11.1 \text{ g} = 100 \text{ g}$ である。温度上昇は、 $34.7^\circ\text{C} - 15.0^\circ\text{C} = 19.7^\circ\text{C}$ である。

水溶液 1.0 g の温度を 1.0 K (1.0 °C) 上昇させるのに必要な熱量は 4.2 J であり、発生した熱量は、

$$100 \text{ g} \times 4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K}) \times 19.7 \text{ K} = 8274 \text{ J} \approx 8.27 \text{ kJ}$$

よって、塩化カルシウムの溶解熱は、

$$\frac{8.27 \text{ kJ}}{0.100 \text{ mol}} = 82.7 \text{ kJ/mol} \approx 83 \text{ kJ/mol}$$

問4 17 正解④

この化学平衡において、水素 1.00 mol、ヨウ素 0.80 mol からヨウ化水素 1.20 mol を生じて平衡状態になったときの、各物質の物質量は次のようになる。

	H_2	+	I_2	\rightleftharpoons	2HI
最初	1.00 mol		0.80 mol		0 mol
変化量	-0.60 mol		-0.60 mol		+1.20 mol
平衡時	0.40 mol		0.20 mol		1.20 mol

容器の体積を V [L]、平衡定数を K とすると、化学平衡の法則より、

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{\left(\frac{1.20 \text{ mol}}{V[\text{L}]}\right)^2}{\left(\frac{0.40 \text{ mol}}{V[\text{L}]}\right)\left(\frac{0.20 \text{ mol}}{V[\text{L}]}\right)} = 18$$

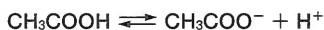
問5 18 正解④

弱酸とその塩、あるいは弱塩基とその塩の混合水溶液は、少量の酸や塩基が加えられても pH がほぼ一定に保たれる。このような作用をもつ溶液を緩衝液という。

弱酸である酢酸水溶液と、その塩である酢酸ナトリウム水溶液を混合した溶液は緩衝液である。水溶液中では酢酸ナトリウムは次のようにほぼ完全に電離している。



また、酢酸は次のように一部が電離している。

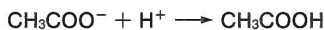


このとき、酢酸の電離は、酢酸ナトリウムから生じた CH_3COO^- によりかなりおさえられている。したがって、水溶液中の酢酸分子の物質量ははじめの酢酸の物質量とほぼ等しく、酢酸イオンの物質量は、酢酸ナトリウムの物質量にほぼ等しい。

この緩衝液に少量の塩基を加えると、次のように酢酸と水酸化物イオンが反応し、酢酸イオンと水が生成するので、pH はほぼ一定に保たれる。



また、この緩衝液に少量の酸を加えると、次のように酢酸イオンと水素イオン H^+ が反応し、酢酸分子が生じるため、pH はほぼ一定に保たれる。



問6 19 正解①

$\bar{v} = k [\text{H}_2\text{O}_2]$ の関係があるので、反応速度定数 k は、 $k = \frac{\bar{v}}{[\text{H}_2\text{O}_2]}$ より求めることができる。

表1の結果から各平均濃度における反応速度定数 k を求めると、表Aのようになる。

公式 熱量

熱量 Q [J] は次のように求められる。

$$Q = mc\Delta t$$

m [g]: 物質の質量

c [J/(g·K)]: 比熱(物質 1g の温度を 1K 上げるのに必要な熱量)

Δt [K]: 物質の温度変化

重要

化学平衡の法則(質量作用の法則)



で表される可逆反応が化学平衡の状態に到達すると、温度が一定なら、

$$K = \frac{[\text{C}]^c [\text{D}]^d \cdots}{[\text{A}]^a [\text{B}]^b \cdots} = \text{一定}$$

となる。

これを化学平衡の法則(質量作用の法則)という。なお、 K は平衡定数という。

たとえば、 $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ の反応の平衡定数 K は、

$$K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$$

重要 緩衝液

弱酸とその塩、または弱塩基とその塩の混合水溶液は、少量の酸や塩基を加えても pH がほぼ一定に保たれる。

(例)

- ・ CH_3COOH と CH_3COONa の混合水溶液
- ・ NH_3 と NH_4Cl の混合水溶液

正解への Point 反応速度式

$\text{A} \rightarrow \text{B}$ の反応において、反応速度 v が $[\text{A}]^n$ に比例する関係があるとき、反応速度 v は、

$$v = k[\text{A}]^n$$

(k : 反応速度定数) と表される。よって、反応速度定数は、

$$k = \frac{v}{[\text{A}]^n} \text{ となる。}$$

表 ア

H ₂ O ₂ の平均濃度 [H ₂ O ₂] [mol/L]	0.78	0.43	0.23
H ₂ O ₂ の平均分解速度 \bar{v} [$\times 10^{-3}$ mol/(L·s)]	2.3	1.3	0.70
反応速度定数 k [1/s]	2.95×10^{-3}	3.02×10^{-3}	3.04×10^{-3}

これより、反応速度定数 k [1/s] の平均は、

$$\frac{2.95 \times 10^{-3}/s + 3.02 \times 10^{-3}/s + 3.04 \times 10^{-3}/s}{3} = 3.00 \dots \times 10^{-3}/s$$

$$\approx 3.0 \times 10^{-3}/s$$

[別解]

H₂O₂ の平均濃度 [H₂O₂] [mol/L] と H₂O₂ の平均分解速度 \bar{v} [$\times 10^{-3}$ mol/(L·s)] の関係を方眼紙に表すと、図イのようになる。グラフでは直線状になっており、比例関係であることがわかる。この傾きがこの反応における反応速度定数 k であり、グラフの目盛りから読みやすいデータを読み取ればよい。

グラフより傾きは、

$$\frac{0.60 \times 10^{-3} \text{ mol/(L} \cdot \text{s)}}{0.20 \text{ mol/L}}$$

$$= 3.0 \times 10^{-3}/s$$

であることがわかる。

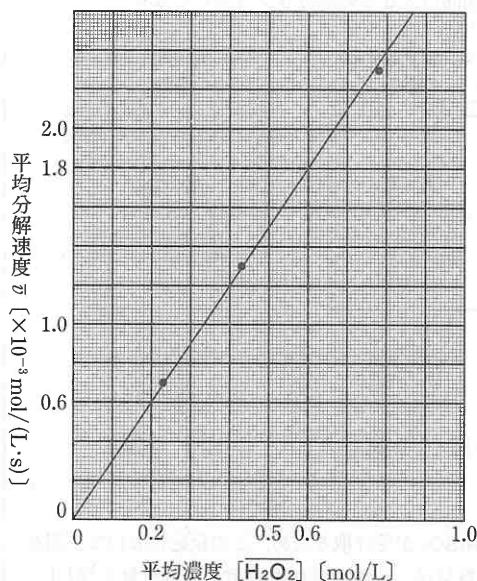


図 イ

4 | 酸化と還元、電池・電気分解

●解説

問1 20 正解②

物質が酸素を受けるとき、その物質は酸化されたといい、酸素を失うと還元されたという。また、物質が水素を失ったとき、その物質は酸化されたといい、水素を受け取ると還元されたという。

化学反応式 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{S}$ において、硫化水素 H₂S は反応後に単体の硫黄 S に変化しており、水素を失っているので、この反応で硫化水素は酸化されたといえる。酸化と還元は同時に起こる反応であり、硫化水素が酸化されたということは、過酸化水素は還元されている。

重要 酸化・還元

	酸化	還元
酸素	受け取る	失う
水素	失う	受け取る
電子	失う	受け取る
酸化数	増加	減少

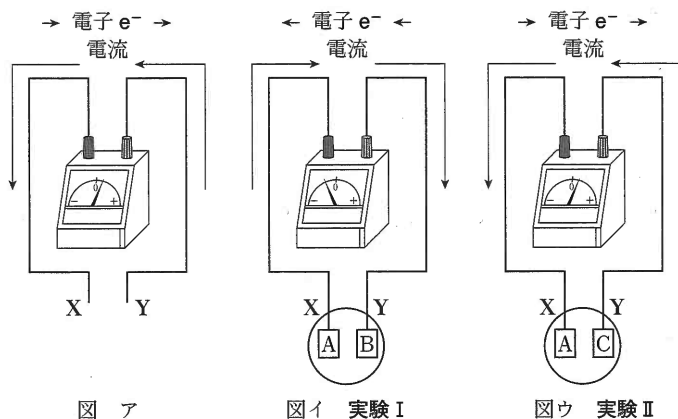
酸化と還元は同時に起こる。

問2 21 正解③

検流計の針が右に振れると、電流が端子Yから端子Xに流れていることを示しており、このとき、電子は逆方向すなわち端子Xから端子Yに流れている(図ア)。端子Xに接している金属は、電子を放出して陽イオンとなるので酸化される。このように、水溶液中で金属原子が電子を放出して陽イオンになる性質を金属のイオン化傾向という。この場合、端子Xに接している金属の方が端子Yに接している金属よりもイオン化傾向が大きいと考えられる。

これより、図イの実験Ⅰの状況では電子が端子Yから端子Xに流れていることがわかるので、金属Aと金属Bのイオン化傾向の大きさは $B > A$ となる。また、図ウの実験Ⅱの状況では電子が端子Xから端子Yに流れていることがわかるので、金属Aと金属Cのイオン化傾向の大きさは $A > C$ となる。

以上より、金属A～Cのイオン化傾向の大きさの順は $B > A > C$ となる。

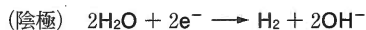


問3 22 正解③

銀Agが放出した電子を熱濃硫酸 H_2SO_4 が受け取るため、この反応において、銀が酸化されるときに放出する電子の物質量は、硫酸が受け取る電子の物質量と等しい。また、 $Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$ より、銀が放出する電子の物質量は銀の物質量に等しい。銀 0.54 g は $\frac{0.54\text{ g}}{108\text{ g/mol}} = 5.0 \times 10^{-3}\text{ mol}$ より、銀 $5.0 \times 10^{-3}\text{ mol}$ が反応するとき、銀が放出した電子の物質量は $5.0 \times 10^{-3}\text{ mol}$ であり、硫酸が受け取った電子の物質量は $5.0 \times 10^{-3}\text{ mol}$ となる。

問4 23 正解③

白金を電極としてヨウ化カリウム水溶液を電気分解すると、それぞれの電極で次のような酸化還元反応が起こる。



I 正しい。陰極では、水 H_2O が電子を受け取って還元され、気体の水素 H_2 が発生する。水溶液中のカリウムイオン K^+ のように、イオン化傾向が大きい金属の陽イオンは還元されにくい。

II 誤り。陽極ではヨウ化物イオン I^- が電子を放出している。したがって、酸化反応が起こっている。

III 正しい。陽極付近ではヨウ化物イオン I^- が酸化されてヨウ素 I_2 の単体が生成する。生成したヨウ素の単体は水に溶けにくい、ヨウ化カリウム水溶液にはよく溶けて、褐色の溶液になる(ヨウ素溶液)。

正解へのPoint

酸化還元反応の量的関係

酸化剤が 受け取る 電子 e^- の 物質量	=	還元剤が 放出する 電子 e^- の 物質量
-----------------------------------	---	-----------------------------------

重要 水溶液の電気分解

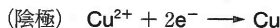
白金電極や炭素電極を用いたとき

陰極: Ag^+, Cu^{2+} など $>$ H^+ (酸性のとき) $>$ H_2O の順に還元される。

陽極: Cl^-, Br^-, I^- など $>$ OH^- (塩基性のとき) $>$ H_2O の順に酸化される。

問5 **24** 正解① **25** 正解⑨ **26** 正解⑦ (完解)

電気分解を利用し、不純物を含んだ金属から純粋な金属を取り出す方法を電解精錬という。陽極に粗銅、陰極に純銅を用い、硫酸酸性の硫酸銅(II)水溶液を用いて約0.3~0.4Vの低電圧下で電気分解を行うと、それぞれの電極でおもに次のような酸化還元反応が起こる。



陰極での反応式より、電子2molを受け取ると、銅が1mol生成する量的関係がわかる。生成した純銅(モル質量64g/mol)6.4kgは $\frac{6.4 \times 10^3 \text{ g}}{64 \text{ g/mol}} = 100 \text{ mol}$ なので、流れた電子の物質量は、 $100 \text{ mol} \times 2 = 2.0 \times 10^2 \text{ mol}$ である。

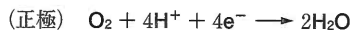
よって、この電解精錬で流れた電気量は、

$$9.65 \times 10^4 \text{ C/mol} \times 2.0 \times 10^2 \text{ mol} = 1.93 \times 10^7 \text{ C} \approx 1.9 \times 10^7 \text{ C}$$

なお、粗銅中に不純物として含まれている金属のうち、Cuよりもイオン化傾向の大きいFeやNiなどの金属は、Cuとともにイオンとなって溶け出すが、低電圧であればイオンのまま溶液中に残る。また、Cuよりもイオン化傾向の小さいAgやAuなどの金属はイオンにならず、陽極からはがれ落ちて下にたまっていく。これを陽極泥という。

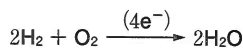
問6 **27** 正解③

リン酸型燃料電池では、それぞれの電極で次のような酸化還元反応が起こる。



このことから、電極Aは負極であり、電極Bは正極であることがわかる。よって、電流は電極Bから電極Aに向かって流れる。

なお、負極と正極のイオン反応式を、授受する電子 e^- の数を等しくして一つの化学反応式にまとめると次のようになる。



- ①、② 電極Aでは水素が酸化され、電極Bでは酸素が還元されて水が生成する。
- ④ 電極Aのイオン反応式より、1molの水素が反応すると2molの電子が放出され、燃料電池全体の化学反応式より、4molの電子が流れると、2molの水素が1molの酸素と反応して2molの水が生成するという量的関係がわかる。

燃料電池の放電に伴う生成物は水であり、二酸化炭素や有害物質の発生が少なく、環境への影響が小さい電池として着目されており、家庭用の電源や自動車の動力源などとして開発・実用化が進められている。

5 | 溶液

●解説

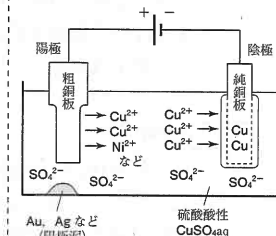
問1 a **28** 正解③

飽和溶液では、単位時間あたりに固体から溶液に溶解する溶質粒子の数(A)と、溶液から固体となって析出する溶質粒子の数(B)が等しくなる(A=B>0)。そのため、見かけ上は、溶質の溶解と析出が起こっていないように見える。このような状態を溶解平衡という。

b **29** 正解④

図1より、アの溶解度は80℃で158、40℃で57と読み取れる。したがって、水100gを用いて80℃でアの飽和水溶液をつくり、40℃に冷却したときに析出するアの質量は、 $158 \text{ g} - 57 \text{ g} = 101 \text{ g}$ と求められる。同様にして、イとウのそれぞれについても析出する固体の質量を求めると、イは $148 \text{ g} - 108 \text{ g} = 40 \text{ g}$ 、ウは $50 \text{ g} - 39 \text{ g} = 11 \text{ g}$ となる。よって、20g以上の固体が析出するのは、アとイである。

参考 銅の電解精錬



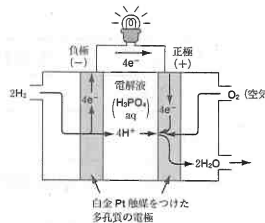
重要 電気量[C]と流れた電子 e^- の物質量[mol]の関係

1molの電子 e^- がもつ電気量の絶対値は $9.65 \times 10^4 \text{ C}$ である(これをファラデー定数といい、 $F[\text{C/mol}]$ で表す)。したがって、電子 e^- が $n[\text{mol}]$ 流れたときに流れた電気量 $Q[\text{C}]$ は次のようになる。

$$Q[\text{C}] = F[\text{C/mol}] \times n[\text{mol}]$$

正解へのPoint

燃料電池のしくみ(リン酸型)



問2 a **30** 正解②

タンパク質やデンプンは分子量が大きく、分子1個の大きさがコロイド粒子の大きさになっている。これらの粒子が分散したコロイドをイ分子コロイドという。コロイド粒子は正または負の電荷を帯びていることが多く、コロイド溶液に直流電圧をかけると、コロイド粒子は自身とは反対符号の電極の方へ移動する。この現象を電気泳動という。

b **31** 正解①

粘土のコロイド溶液に直流電圧をかけると、コロイド粒子が陽極の方へ移動したことから、粘土のコロイド粒子は負に帯電していることがわかる。また、粘土のような疎水コロイドの溶液に少量の電解質を加えると沈殿を生じる。このような現象を凝析という。凝析は、コロイド粒子と反対符号の電荷をもち、価数が大きいイオンほど有効である。①～④の水溶液に含まれる陽イオンは、それぞれ Al^{3+} 、 Ca^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ であり、これらのうち、粘土のコロイド粒子を最も沈殿させやすいのは、陽イオンの価数が最も大きい Al^{3+} である。

問3 a **32** 正解③

探究

水銀の密度は、アルブミン水溶液の密度の13.6倍であるので、アルブミン水溶液柱による圧力と水銀柱による圧力が等しいとき、水銀柱の高さはアルブミン水溶液柱の高さの $\frac{1}{13.6}$ となる。したがって、 h [cm]のアルブミン水溶液柱による圧力は、

$$h \times \frac{1}{13.6} = \frac{h}{13.6} \text{ [cm] の水銀柱による圧力と等しい。}$$

水銀およびアルブミン水溶液の液柱の高さとそれに相当する圧力の関係をまとめると、次の表アようになる。

表 ア

圧力 [Pa]	水銀柱の高さ [cm]	アルブミン水溶液柱の高さ [cm]
1.01×10^5	76.0	76.0×13.6
Π	$\frac{h}{13.6}$	h

よって、アルブミン水溶液の浸透圧 Π [Pa] について次式が成立する。

$$1.01 \times 10^5 \text{ Pa} : 76.0 \text{ cm} = \Pi \text{ [Pa]} : \frac{h}{13.6} \text{ [cm]}$$

したがって、 Π [Pa] = $1.01 \times 10^5 \times \frac{h}{76.0 \times 13.6}$ となる。

b **33** 正解③

探究

アルブミンの分子量を M とすると、モル質量も M [g/mol] なので、ファントホッフの法則より、

$$\begin{aligned} & \left(1.01 \times 10^5 \times \frac{3.80}{76.0 \times 13.6} \right) \text{ Pa} \times 1.00 \text{ L} \\ &= \frac{9.80 \text{ g}}{M \text{ [g/mol]}} \times 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol}) \times (30 + 273) \text{ K} \end{aligned}$$

$$M = 6.63 \cdots \times 10^4 \text{ g/mol} \approx 6.6 \times 10^4 \text{ g/mol}$$

したがって、この実験から求められるアルブミンの分子量は 6.6×10^4 である。

参考 会合コロイド

セッケン水は、ある濃度以上になると、セッケンの粒子が多数集合したコロイド粒子が水中に分散している状態になる。このようなコロイドを会合コロイド(ミセルコロイド)という。

参考 ブラウン運動

水中のコロイド粒子を限外顕微鏡で観察すると、光った粒子(コロイド粒子)が不規則に動いているようすがみられる。このような粒子の運動をブラウン運動といい、熱運動している水分子がコロイド粒子に不規則に衝突するために起こる。

法則) ファントホッフの法則

$\Pi V = nRT$, $\Pi = cRT$
 Π : 浸透圧 [Pa]
 V : 溶液の体積 [L]
 n : 溶質の物質質量 [mol]
 R : 気体定数 [Pa·L/(K·mol)]
 T : 絶対温度 [K]
 c : 溶液のモル濃度 [mol/L]

STEP 共通テスト対応力UP! 思考のSTEPを確認しよう

混合気体に関する実験データから、成分気体の分圧を求める問題。

STEP 0 前提となる知識・技能を確認しよう

- Check
 混合気体の全圧は、各成分気体の分圧の和に等しい(ドルトンの分圧の法則)。 …… (知識A)
 Check
 気体の状態方程式は、 $PV = nRT$ で表される。 …… (知識B)

STEP 1 題意を把握しよう

- Check
 ヘキサン、水、窒素の混合気体に関する実験結果から、窒素の分圧を求めればよいことがわかった。

STEP 2 与えられた情報を整理しよう

問5 容積と温度を自由に変えることができるピストン付きの容器に、ヘキサン 0.10 mol、水 0.10 mol、窒素 0.050 mol を注入し、次の実験 I を行った。★1

実験 I 容器内の温度を 100 °C、圧力を 1.0×10^5 Pa に保ったところ、ヘキサンと水はすべて気体になった。★2

- Check
 ★1 ピストン付きの容器にヘキサン、水、窒素の3種類の物質を注入したことで、それぞれの物質量がわかった。
 Check
 ★2 実験 I では、容器内の温度を 100 °C、圧力を 1.0×10^5 Pa に保ったことがわかった。

STEP 3 正しく計算しよう

混合気体の全圧は、各成分気体の分圧の和に等しい。これをドルトンの分圧の法則という。また、各成分気体および混合気体は同温・同体積であるので、圧力(分圧)と物質量は比例関係にある。

したがって、窒素の分圧を P_N [Pa] とすると、 P_N は、全圧と混合気体の全物質量に対する成分気体の物質量の割合(モル分率)を用いて、求めることができる。

これは、ドルトンの分圧の法則と気体の状態方程式を利用して、次のように導く。

容積を V [L]、ヘキサンの分圧を P_H [Pa]、水蒸気分圧を P_{H_2O} [Pa] とすると、

$$(P_H + P_{H_2O} + P_N) \text{ [Pa]} = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa} \quad \dots\dots (i) \quad \star 1$$

$$P_H \text{ [Pa]} \times V \text{ [L]} = 0.10 \text{ mol} \times 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol}) \times 373 \text{ K} \quad \dots\dots (ii) \quad \star 2$$

$$P_{H_2O} \text{ [Pa]} \times V \text{ [L]} = 0.10 \text{ mol} \times 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol}) \times 373 \text{ K} \quad \dots\dots (iii)$$

$$P_N \text{ [Pa]} \times V \text{ [L]} = 0.050 \text{ mol} \times 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol}) \times 373 \text{ K} \quad \dots\dots (iv)$$

(ii)式+(iii)式+(iv)式より、

$$(P_H + P_{H_2O} + P_N) \text{ [Pa]} \times V \text{ [L]} = (0.10 + 0.10 + 0.050) \text{ mol} \times 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol}) \times 373 \text{ K}$$

$$1.0 \times 10^5 \text{ Pa} \times V \text{ [L]} = (0.10 + 0.10 + 0.050) \text{ mol} \times 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol}) \times 373 \text{ K} \quad \dots\dots (v)$$

(iv)式÷(v)式より、

$$\frac{P_N \text{ [Pa]}}{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}} = \frac{0.050 \text{ mol}}{(0.10 + 0.10 + 0.050) \text{ mol}}$$

$$P_N = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa} \times \frac{0.050 \text{ mol}}{(0.10 + 0.10 + 0.050) \text{ mol}} = 2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

ATTENTION
 ヘキサンや水が一部液体になっていたら(気液平衡の状態)、それらの気体の分圧は飽和蒸気圧を示すことになる。

- Check
 ☆1 各成分気体の分圧の和が、混合気体の全圧になることが理解できた。 …… (知識A)
 Check
 ☆2 各成分気体について、気体の状態方程式を示すことができた。 …… (知識B)

◆この問題で身につけたい力◆ 処理・分析

実験の結果を目的に沿って処理し、そのデータを分析・評価する力を求めた。実験の際には、結果を予想しながら取り組むなど、科学的に探究する力を身につけておこう。