

2015年度 第1回 全統マーク模試

化学

【解答・採点基準】

(100点満点)

問題番号	設問	解答番号	正解	配点	自己採点
第1問	問1	1	③	3	
	問2	2	⑤	3	
	問3	3	③	4	
		4	④	4	
	問4	5	②	4	
第1問 自己採点小計				(18)	
第2問	問1	1	④	3	
		2	④	4	
	問2	3	②	4	
	問3	4	①	3	
	問4	5	②	4	
第2問 自己採点小計				(18)	
第3問	問1	1	①	3	
		2	③	3	
	問2	3	④	4	
	問3	4	②	4	
	問4	5	①	4	
問5	6	①	4		
第3問 自己採点小計				(22)	
第4問	問1	1	④	3	
	問2	2	①	3	
	問3	3	②	4	
	問4	4	③	4	
	問5	5	④	4	
	問6	6	②	4	
第4問 自己採点小計				(22)	
第5問	問1	1	③	4	
		2	①	4	
	問2	3	②	4	
		4	③	4	
	問3	5	⑥	4	
第5問 自己採点小計				(20)	
自己採点合計				(100)	

【解説】

第1問 物質の構成, 原子の構造, 化学結合

問1 化合物

1種類の元素からできている純物質を単体, 2種類以上の元素からできている純物質を化合物という。したがって, ①黄リン P_4 , ②オゾン O_3 , ④黒鉛 C , ⑤亜鉛 Zn は単体, ③メタン CH_4 が化合物である。

1 … ③

問2 原子の構造

原子を構成する陽子の数は, 原子番号と等しい。

また, (質量数) - (陽子の数) = (中性子の数)なので①~⑤の陽子の数と中性子の数はそれぞれ, 次の表のとおりになる。

	陽子の数	中性子の数
① ${}^4_2\text{He}$	2	$4-2=2$
② ${}^{12}_6\text{C}$	6	$12-6=6$
③ ${}^{14}_7\text{N}$	7	$14-7=7$
④ ${}^{16}_8\text{O}$	8	$16-8=8$
⑤ ${}^{27}_{13}\text{Al}$	13	$27-13=14$

したがって, 陽子の数と中性子の数が等しくないものは⑤である。

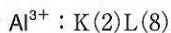
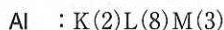
2 … ⑤

問3 電子配置

図1の中心の円●は原子核を, 同心円は電子殻を表す。電子殻は, 内側からK殻, L殻, M殻を, 電子殻上の黒点・は電子を表す。原子のもつ電子の数は, 陽子の数(原子番号)と等しいので, ア~オの電子の数と原子は, それぞれ次の表のとおりになる。

	電子の数(原子番号)	原子
ア	8	${}_8\text{O}$
イ	9	${}_9\text{F}$
ウ	10	${}_{10}\text{Ne}$
エ	11	${}_{11}\text{Na}$
オ	17	${}_{17}\text{Cl}$

a 原子番号13のアルミニウム原子は電子を13個もち, K殻に2個, L殻に8個, 最外殻のM殻に3個の電子が配置している。最外殻に存在する電子を価電子といい, アルミニウムイオンでは, その価電子を失って, ネオンと同じ電子配置になる。

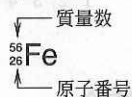


【ポイント】

純物質

1種類の単体, または1種類の化合物だけからなる物質。

原子番号, 質量数



$$(\text{原子番号}) = (\text{陽子の数})$$

$$(\text{質量数}) = (\text{陽子の数}) + (\text{中性子の数})$$

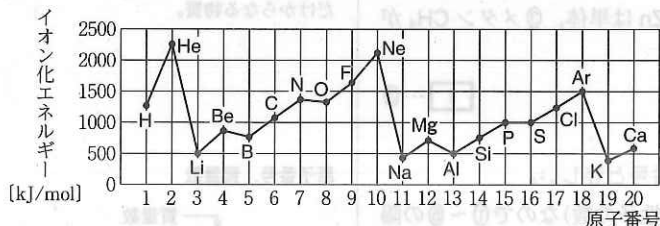
価電子

原子の最外殻に存在する電子。価電子は, 原子がイオンになったり, 結合したりするときに重要なたらしきをする。希ガスの原子は, イオンになったり, 結合したりしにくいので, 価電子の数は0とする。

したがって、答えは、③ウである。

3...③

b イオン化エネルギーが小さい原子ほど陽イオンになりやすい。同一周期では1族が最も小さく、18族が最も大きい。また、同族では、原子番号が大きくなるほど、イオン化エネルギーは小さくなる。したがって、答えは、④Naである。

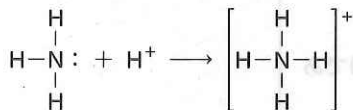


4...④

問4 化学結合

塩化アンモニウム NH_4Cl では、アンモニウムイオン NH_4^+ と塩化物イオン Cl^- がイオン結合を形成している。

アンモニウムイオン NH_4^+ は、アンモニア NH_3 分子中の窒素原子 N の非共有電子対と水素イオン H^+ が配位結合を形成してできる。



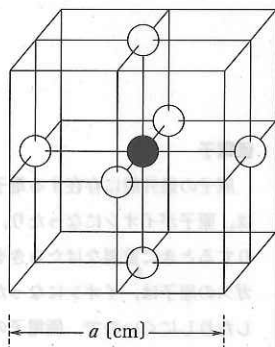
アンモニア分子 NH_3 中の窒素原子 N と水素原子 H は共有結合を形成している。したがって、答えは②アとイとウである。

5...②

第2問 結晶格子, 化学量, 化学反応と熱

問1 塩化ナトリウムの結晶格子

a 図1の塩化ナトリウムの結晶格子において、中心に位置する Na^+ に着目すると、このイオンの最も近くに位置する Cl^- は上下, 左右, 前後にある6個である。よって、 Na^+ は6個の Cl^- と接している。



イオン化エネルギー(第一イオン化エネルギー)

原子から電子1個を取り去って1個の陽イオンにするときに必要なエネルギー。イオン化エネルギーが小さい原子ほど、陽イオンになりやすい。

イオン結合

陽イオンと陰イオンの静電気力(クーロン力)による結合。

配位結合

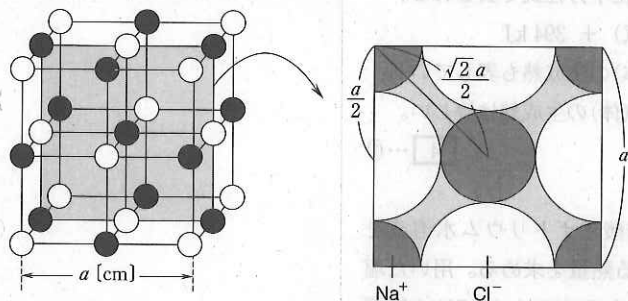
結合する原子間で、一方の原子の非共有電子対を他の原子と共有することでできる結合。

共有結合

原子間で出し合った価電子を共有してできる結合。

1...④

b 次の図に単位格子中の一部のイオンの配置とイオンの中心間距離を示す。最も近い Na^+ と Na^+ は面の対角線上にあり、中心間距離は $\frac{\sqrt{2}a}{2}$ [cm] である。



2...④

問2 化学量

ダイヤモンドは炭素の単体である。密度 3.5 g/cm^3 のダイヤモンドの結晶 $2.0 \times 10^{-3} \text{ cm}^3$ の質量は、

$$3.5 \text{ g/cm}^3 \times 2.0 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 = 7.0 \times 10^{-3} \text{ g}$$

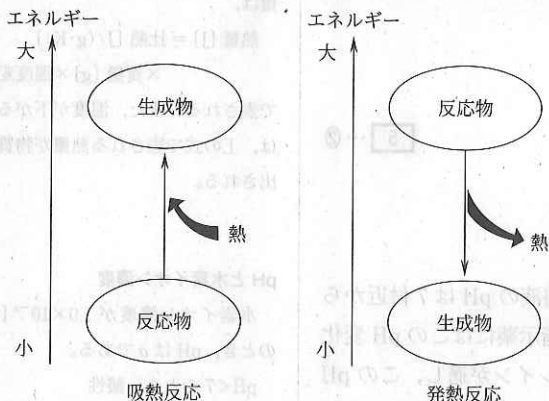
含まれる炭素原子 C (12 g/mol) の数は、

$$6.0 \times 10^{23} / \text{mol} \times \frac{7.0 \times 10^{-3} \text{ g}}{12 \text{ g/mol}} = 3.5 \times 10^{20}$$

3...②

問3 化学反応と熱

① 誤り。化学反応において、反応物のもつエネルギーの総和が生成物のもつエネルギーの総和より小さい場合、熱が吸収される。



② 正しい。物質が変化するときの反応熱は、変化の前後の物質の種類と状態だけで決まり、変化の経路には関係しない。これをヘスの法則という。

③ 正しい。ある物質 1 mol が完全燃焼する際に放出される熱量を燃焼熱という。燃焼反応はすべて発熱反応であり、燃焼熱の値は正の値となる。

密度

物質の単位体積あたりの質量。

$$\text{密度} [\text{g/cm}^3] = \frac{\text{質量} [\text{g}]}{\text{体積} [\text{cm}^3]}$$

ヘスの法則

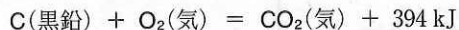
物質が変化するときの反応熱は、変化の前後の物質の種類と状態だけで決まり、変化の経路には関係しない。この法則を用いると、実験では測定することが困難な反応熱を、計算によって求めることができる。

燃焼熱

物質 1 mol が完全燃焼するときの反応熱。物質中の炭素は二酸化炭素に、水素は水に変化する。

④ 正しい。ある物質 1 mol が溶媒に完全に溶解するときに入りする熱量を溶解熱という。溶解は発熱の場合と吸熱の場合がある。例えば、硫酸が水に溶解するときは熱が放出され、塩化アンモニウムが水に溶解するときは熱が吸収される。

⑤ 正しい。黒鉛の燃焼熱は次の熱化学方程式で表される。



この熱化学方程式は二酸化炭素(気体)の生成熱も表している。つまり、黒鉛の燃焼熱と二酸化炭素(気体)の生成熱は等しい。

4 ... ①

問4 中和熱と比熱

1.0 mol/L の塩酸と 0.80 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 100 mL ずつ混合したときに放出される熱量を求める。用いた塩酸と水酸化ナトリウム水溶液中に含まれる HCl と NaOH の物質量は、

$$\text{HCl} : 1.0 \text{ mol/L} \times \frac{100}{1000} \text{ L} = 0.10 \text{ mol}$$

$$\text{NaOH} : 0.80 \text{ mol/L} \times \frac{100}{1000} \text{ L} = 0.080 \text{ mol}$$

HCl と NaOH は 1:1 で反応することから、HCl は余り、NaOH がすべて反応し、その結果、H₂O が 0.080 mol 生じる。これより、中和反応により放出される熱量[kJ]は、

$$56 \text{ kJ/mol} \times 0.080 \text{ mol}$$

一方、溶液(100 mL + 100 mL =) 200 mL の温度が t [K] 上昇するときに吸収される熱量[kJ]は、

$$4.2 \text{ J/(g} \cdot \text{K)} \times (1.0 \text{ g/cm}^3 \times 200 \text{ cm}^3) \times t \text{ [K]} \times 10^{-3}$$

中和反応により放出される熱量と溶液の温度上昇で吸収される熱量は等しいことから次式が成り立つ。

$$56 \times 0.080 = 4.2 \times 1.0 \times 200 \times t \times 10^{-3}$$

$$t = 5.33 \div 5.3 \text{ K}$$

5 ... ②

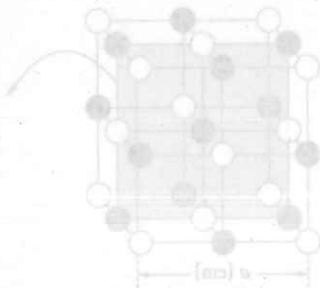
第3問 酸と塩基、酸化と還元

問1 中和滴定

a 次の図のように、中和点前後で水溶液の pH は 7 付近から 10 付近に急激に変化する。したがって、指示薬にはこの pH 変化の範囲内に変色域をもつフェノールフタレインが適し、この pH 変化の範囲の外に変色域をもつメチルオレンジは不適である。フェノールフタレインを用いると、中和点で水溶液は無色から淡赤色に変化する。

溶解熱

物質 1 mol が多量の溶媒に溶解するときに発生または吸収する熱量。溶解は発熱の場合と吸熱の場合がある。



温度変化と熱

物質 1 g の温度を 1 K 上昇させるのに必要な熱量[J/(g·K)]を比熱という。

温度が上がるときに物質が吸収する熱量は、

$$\text{熱量 [J]} = \text{比熱 [J/(g} \cdot \text{K)]}$$

$$\times \text{質量 [g]} \times \text{温度変化 [K]}$$

で表される。また、温度が下がるときには、上の式で表される熱量が物質から放出される。

pH と水素イオン濃度

水素イオン濃度が 1.0×10^{-a} [mol/L] のとき、pH は a である。

pH < 7 のとき、酸性

pH = 7 のとき、中性

pH > 7 のとき、塩基性

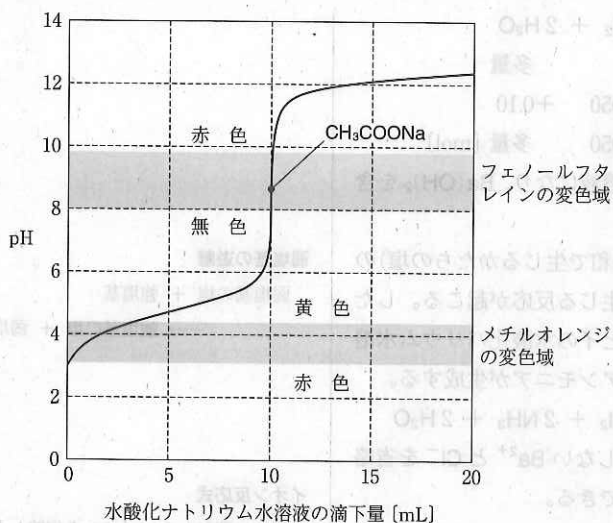
指示薬

フェノールフタレイン

変色域：(無色) 8.0 < pH < 9.8 (赤色)

メチルオレンジ

変色域：(赤色) 3.1 < pH < 4.4 (黄色)



なお、酢酸 CH_3COOH は弱酸であり、水酸化ナトリウム NaOH は強塩基なので、中和点の酢酸ナトリウム CH_3COONa 水溶液は塩基性を示す。

1 … ①

b 上の図より、中和点までに加えた水酸化ナトリウム水溶液の体積は 10 mL である。酢酸水溶液のモル濃度を x [mol/L] とすると、 CH_3COOH は 1 価の酸であり、 NaOH は 1 価の塩基なので、中和反応の量的関係は、

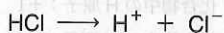
$$1 \times x \text{ [mol/L]} \times \frac{20}{1000} \text{ L} = 1 \times 0.10 \text{ mol/L} \times \frac{10}{1000} \text{ L}$$

$$x = 0.050 \text{ mol/L}$$

2 … ③

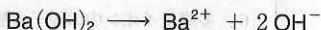
問2 酸と塩基

① 正しい。HCl は 1 価の強酸であり、水溶液中で次のように完全に電離する。



よって、アの水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ は 0.10 mol/L であり、pH は 1.0 である。

② 正しい。水酸化バリウム $\text{Ba}(\text{OH})_2$ は 2 価の強塩基であり、水溶液中で次のように完全に電離する。



よって、イの水酸化物イオン濃度は、

$$[\text{OH}^-] = 0.10 \text{ mol/L} \times 2 = 0.20 \text{ mol/L}$$

③ 正しい。塩化アンモニウム NH_4Cl は、強酸である HCl と弱塩基である NH_3 の中和で生じる塩であり、その水溶液は酸性を示す。

④ 誤り。アとイを 1 L ずつ混合したとすると、 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ と HCl の中和反応の量的関係は、

塩の水溶液の性質

強酸と強塩基からなる塩…中性

(ただし、 NaHSO_4 は酸性)

弱酸と強塩基からなる塩…塩基性

強酸と弱塩基からなる塩…酸性

中和反応の量的関係

酸から生じる H^+ の物質量

= 塩基から生じる OH^- の物質量

したがって、

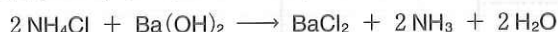
酸の価数 \times 酸の物質量

= 塩基の価数 \times 塩基の物質量

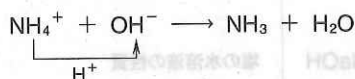
	Ba(OH)_2	$+ 2 \text{HCl}$	\longrightarrow	BaCl_2	$+ 2 \text{H}_2\text{O}$
混合前	0.10	0.10		0	多量
変化量	-0.050	-0.10		+0.050	+0.10
混合後	0.050	0		0.050	多量 [mol]

よって、 BaCl_2 と Ba(OH)_2 の混合水溶液になり、 Ba(OH)_2 を含むので塩基性を示す。

⑤ 正しい。弱塩基の塩(弱塩基の中和で生じるかたちの塩)の水溶液に強塩基を加えると、弱塩基が生じる反応が起こる。したがって、ウの塩化アンモニウム水溶液とイの水酸化バリウム水溶液を混合すると、次の反応が起こり、アンモニアが生成する。



なお、この反応は、反応前後で変化しない Ba^{2+} と Cl^- を省略した、次のイオン反応式で表すこともできる。

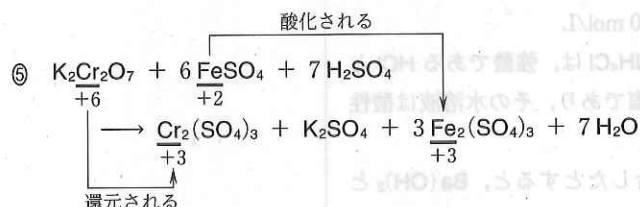
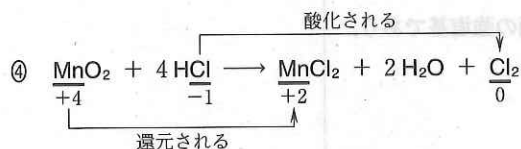
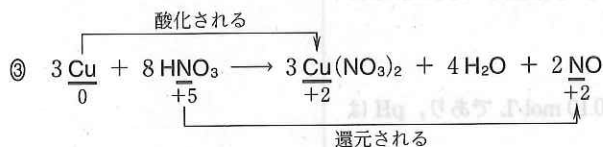
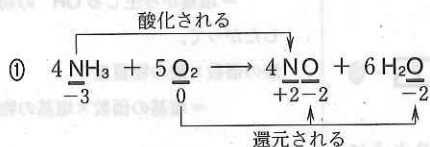


この式より、塩化アンモニウムの電離で生じたアンモニウムイオン NH_4^+ が酸としてはたらき、水酸化バリウムから生じた OH^- に H^+ を与えていることがわかる。

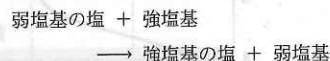
3 …④

問3 酸化還元反応

酸化還元反応では、原子間で電子が授受されるので、反応前後で酸化数が変化する原子を含む。①, ③, ④, ⑤の反応は、次のように酸化数が変化する原子を含むので、酸化還元反応である。



弱塩基の遊離



イオン反応式

反応に関与しないイオンを省略した化学反応式。

ブレンステッド・ローリーの定義

酸 … H^+ を他に与える物質
塩基 … H^+ を他から受け取る物質

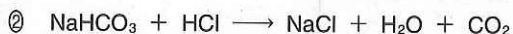
酸化と還元

	酸化	還元
○原子	結びつく	失う
H原子	失う	結びつく
電子	失う	得る
酸化数	増加する	減少する

酸化数の決め方

1. 単体中の原子：0
2. 化合物中のH原子：+1
3. 化合物中のO原子：-2
(ただし、 H_2O_2 中では-1)
4. 化合物中の原子の酸化数の総和：0
5. 単原子イオンの酸化数：イオンの価数
6. 多原子イオン中の原子の酸化数の総和：イオンの価数

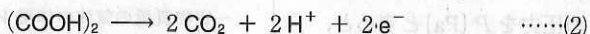
一方、②の反応は、いずれの原子の酸化数(Na: +1, H: +1, C: +4, O: -2, Cl: -1)も変化しないので、酸化還元反応ではない。



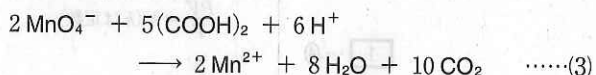
4 …②

問4 酸化還元滴定

三角フラスコに入れた硫酸酸性のシュウ酸水溶液に過マンガン酸カリウム水溶液を加えると、過マンガン酸イオン MnO_4^- は酸化剤、シュウ酸 $(\text{COOH})_2$ は還元剤として、それぞれ次のようにはたらく。



(1)式×2+(2)式×5より、このとき起こる酸化還元反応は、次のイオン反応式で表される。



$(\text{COOH})_2$ がすべて反応し、反応が完結すると、加えた MnO_4^- の赤紫色が消えなくなるので、このときを滴定の終点とする。(3)式より、終点では次の関係が成り立つ。

加えた KMnO_4 の物質質量 : はじめの $(\text{COOH})_2$ の物質質量 = 2 : 5
過マンガン酸カリウム水溶液のモル濃度を x [mol/L] とすると、

$$x \text{ [mol/L]} \times \frac{20}{1000} \text{ L} : 0.10 \text{ mol/L} \times \frac{20}{1000} \text{ L} = 2 : 5$$

$$x = 0.040 \text{ mol/L}$$

【別解】

MnO_4^- が受け取る電子の物質質量と $(\text{COOH})_2$ が与える電子の物質質量は等しいので、(1)式と(2)式より、

$$x \text{ [mol/L]} \times \frac{20}{1000} \text{ L} \times 5 = 0.10 \text{ mol/L} \times \frac{20}{1000} \text{ L} \times 2$$

$$x = 0.040 \text{ mol/L}$$

5 …①

問5 金属のイオン化傾向

一般に、水素よりイオン化傾向が大きい金属は、塩酸や希硫酸に水素を発生して溶ける。選択肢中では②Fe, ④Li, ⑥Mgが該当し、これらの塩酸との反応は次のように表される。



一方、水素よりイオン化傾向が小さいCu, Hg, Agは、塩酸や希硫酸には溶けないが、酸化力の強い熱濃硫酸(加熱した濃硫酸)や硝酸には溶ける。選択肢中では①Agが該当し、濃硝酸との反

化学反応式と量的関係

(反応式中の係数の比)

$$= \frac{\text{反応により変化する物質の物質質量の比}}$$

金属のイオン化傾向

金属の単体が水(溶液)中で電子を放出し、陽イオンになろうとする性質。

イオン化傾向が大きい金属の単体ほど水中で電子を放出してイオンになりやすく、イオン化傾向が小さい金属のイオンほど電子を受け取り単体になりやすい。

$\text{Li} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{Al} > \text{Zn} > \text{Fe} >$

$\text{Ni} > \text{Sn} > \text{Pb} > (\text{H}_2) > \text{Cu} > \text{Hg} > \text{Ag} >$

$\text{Pt} > \text{Au}$

・Li~Na…冷水と反応する。

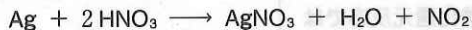
・Li~Sn…塩酸や希硫酸と反応する。

(Pbは、表面に水に難溶な PbCl_2 や PbSO_4 の被膜を生じるため、塩酸や希硫酸にほとんど溶けない。)

・Cu, Hg, Ag…塩酸や希硫酸と反応しないが、硝酸や熱濃硫酸と反応する。

・Pt, Au…王水(濃硝酸と濃塩酸の体積比1:3の混合物)と反応する。

応は次のように表され、二酸化窒素が発生する。



また、イオン化傾向が極めて小さい③Ptは、熱濃硫酸や硝酸にも溶けない。

以上より、塩酸とは反応しないが、濃硝酸とは反応する金属の単体は①Agである。

6...①

第4問 気体、溶解現象、固体の溶解度

問1 ボイル・シャルルの法則

一定物質量の気体の体積は圧力に反比例し、絶対温度に比例するので、窒素を容器内に入れたときの圧力を P [Pa] とすると、

$$\frac{3.0 \times 10^5 \text{ Pa} \times 6.0 \text{ L}}{(27+273) \text{ K}} = \frac{P \text{ [Pa]} \times 4.0 \text{ L}}{(127+273) \text{ K}}$$

$$P = 6.0 \times 10^5 \text{ Pa}$$

1...④

問2 気体の密度と分子量

質量 w [g] の気体について、圧力が P [Pa]、体積が V [L]、絶対温度が T [K] のとき、気体のモル質量 M [g/mol] は、気体の状態方程式から次のように求められる。

$$PV = \frac{w}{M} RT \text{ より、}$$

$$M = \frac{wRT}{PV} \dots\dots(1)$$

気体の密度 ρ [g/L] は $\rho = \frac{w}{V}$ で表されるので、これを(1)式に代入すると、

$$M = \frac{\rho RT}{P}$$

よって、

$$M = \frac{0.80 \text{ g/L} \times 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \times (227+273) \text{ K}}{8.3 \times 10^5 \text{ Pa}} = 4.0 \text{ g/mol}$$

この気体の分子量は4.0であるので①Heが該当する。

2...①

問3 混合気体の圧力

C_3H_8 (44 g/mol) と O_2 (32 g/mol) の物質量はそれぞれ、

$$\text{C}_3\text{H}_8 : \frac{4.4 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 0.10 \text{ mol} \quad \text{O}_2 : \frac{25.6 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = 0.80 \text{ mol}$$

C_3H_8 の燃焼反応の量的関係は、



はじめ	0.10	0.80	0	0
変化量	-0.10	-0.50	+0.30	+0.40
反応後	0	0.30	0.30	0.40 [mol]

ボイル・シャルルの法則

一定物質量の気体の体積 V は圧力 P に反比例し、絶対温度 T [K] に比例する。

$$\frac{PV}{T} = k \text{ (} k \text{ は定数)}$$

理想気体の状態方程式

圧力 P [Pa]、体積 V [L]、
気体の物質量 n [mol]、
絶対温度 T [K]、
気体定数 R [Pa·L/K·mol]

とすると、

$$PV = nRT$$

反応後、容器内に残る気体は O_2 と CO_2 であり、その物質量は、合計 0.60 mol である。

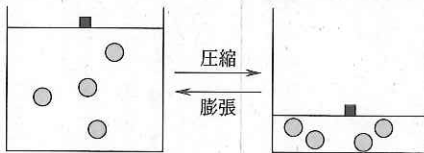
気体の状態方程式より、容器内の気体の圧力は、

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{nRT}{V} \\
 &= \frac{0.60 \text{ mol} \times 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol}) \times (27 + 273) \text{ K}}{8.3 \text{ L}} \\
 &= 1.8 \times 10^5 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

3 ... ②

問4 実在気体

実在気体には分子自身の体積があるため、圧縮して圧力を大きくすると単位体積当たりの分子の数が増加するので、分子自身の体積が無視できなくなる。逆に、膨張させて圧力を小さくすると単位体積当たりの分子の数は「少なく」なり、分子自身の体積を無視することができるようになる。



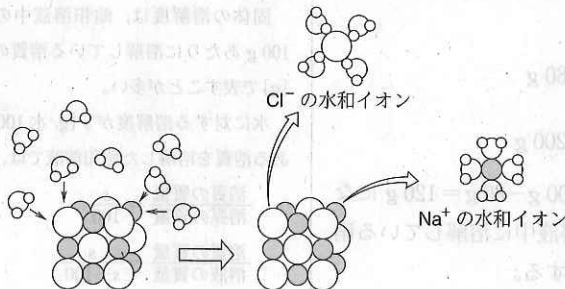
○…実在気体の分子

また、低温であれば分子の熱運動は穏やかであるが、「高温」になるほど分子の熱運動が激しくなり、実在気体の分子間にはたらく「分子間力」の影響を無視することができるようになる。このことから、低圧・高温であれば実在気体であっても理想気体に近いふるまいをする。

4 ... ③

問5 物質の溶解

① 正しい。水分子は分子中の O 原子がいくらか負の電荷を、H 原子がいくらか正の電荷を帯びた極性分子である。塩化ナトリウム水溶液では、 Na^+ は水分子の O 原子と、 Cl^- は水分子の H 原子とそれぞれ静電的に引き合い、水和している。



● : Na^+ ○ : Cl^- ☉ : 水分子

② 正しい。水にエタノールを加えると、エタノール分子中の

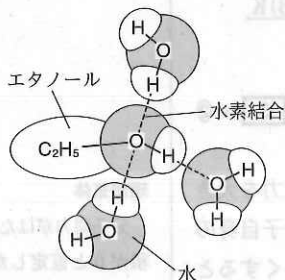
理想気体

分子間力がはたらかず、分子自身の体積が 0 と仮定した気体を理想気体という。理想気体の状態方程式が完全に成り立つ。

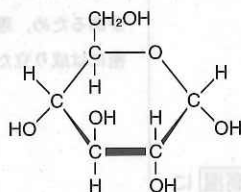
実在気体

分子間力がはたらき、分子自身の体積があるため、理想気体の状態方程式が厳密には成り立たない。

ヒドロキシ基 $-OH$ の H 原子が水分子の O 原子と、 $-OH$ の O 原子が水分子の H 原子とそれぞれ水素結合を形成して水和する。この $-OH$ のように極性があり水和しやすい部分を親水基といい、エタノール分子中の炭素と水素からなるエチル基 $-C_2H_5$ のような極性が小さく水和しにくい部分を疎水基という。



③ 正しい。グルコースは非電解質であるが、分子中に親水基である $-OH$ を多く含み、これが水分子との間に水素結合を形成するので、グルコースは水によく溶ける。



α-グルコース

④ 誤り。無極性分子であるヨウ素 I_2 は、極性分子である水とは引き合う力が弱いため、水に溶けにくい。一方、ベンゼンのような無極性分子とはよく混ざり合うため、無極性分子の溶媒には溶けやすい。一般に、極性の大きい物質どうし、極性の小さい物質どうしは混ざり合って溶液をつくりやすい。

5 ... ④

問6 固体の溶解度

27℃における飽和水溶液 280 g に含まれる硝酸カリウムと水の質量は、27℃における溶解度 40 g/水 100 g を用いて求めると、

$$\text{硝酸カリウム} : 280 \text{ g} \times \frac{40}{40+100} = 80 \text{ g}$$

$$\text{水} : 280 \text{ g} \times \frac{100}{40+100} = 200 \text{ g}$$

水を 80 g 蒸発させたので、水の量は $200 \text{ g} - 80 \text{ g} = 120 \text{ g}$ になる。この溶液を 27℃ に保ったとき、水溶液中に溶解している硝酸カリウムを x [g] とすると、次式が成立する。

$$\frac{\text{溶質}}{\text{溶媒}} = \frac{x \text{ [g]}}{120 \text{ g}} = \frac{40}{100}$$

$$x = 48 \text{ g}$$

よって、析出する硝酸カリウムは、

溶解度

固体の溶解度は、飽和溶液中の溶媒 100 g あたりに溶解している溶質の質量 [g] で表すことが多い。

水に対する溶解度が s [g/水 100 g] である溶質を溶解した飽和溶液では、

$$\frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶媒の質量}} = \frac{s}{100}$$

$$\frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶液の質量}} = \frac{s}{s+100}$$

$$80 \text{ g} - 48 \text{ g} = 32 \text{ g}$$

[別解]

飽和水溶液から溶媒である水を蒸発させたので、蒸発した水 80 g に溶解していた硝酸カリウムが溶けきれずに析出する。

析出する硝酸カリウムの質量を y [g] とすると、

$$\frac{\text{溶質}}{\text{溶媒}} = \frac{y \text{ [g]}}{80 \text{ g}} = \frac{40}{100}$$

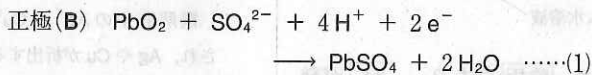
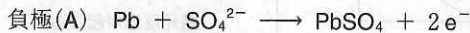
$$y = 32 \text{ g}$$

6 ... ②

第5問 電池, 電気分解, 化学変化と量的関係

問1 鉛蓄電池

a 鉛蓄電池の放電時には、各電極で次の反応が起こる。



① 正しい。放電時、電極 A は負極となり、酸化反応が起こる。

② 正しい。放電時、電極 B は正極となり、還元反応が起こる。

③ 誤り。電子は負極である電極 A から、導線を通して、正極である電極 B へと流れる。なお、電流の流れは電子の流れの逆となり、電流は電極 B から導線を通して、電極 A へと流れる。

④ 正しい。充電するためには、電極 A は外部電源の負極に、電極 B は外部電源の正極に接続し、放電時とは逆向きに電流を流す。そうすると、放電時とは逆向きの反応が起こり、放電前の状態にもどる。

⑤ 正しい。鉛蓄電池のような充電可能な電池を二次電池という。

1 ... ③

b 鉛蓄電池全体の反応式より、 H_2SO_4 が 0.10 mol 減少するとき、電極 B の PbO_2 は $0.10 \text{ mol} \times \frac{1}{2} = 0.050 \text{ mol}$ 反応する。

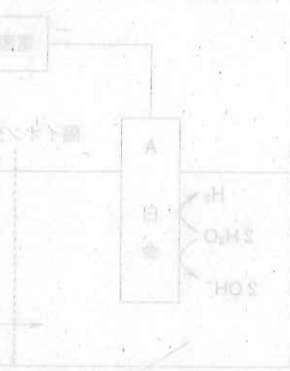
(1)式より、正極では PbO_2 1 mol が反応するとき、 PbSO_4 が 1 mol 生成する。このとき、正極の質量は S 原子 1 mol, O 原子 2 mol 分増加する。

$$32 \text{ g/mol} \times 1 \text{ mol} + 16 \text{ g/mol} \times 2 \text{ mol} = 64 \text{ g}$$

この問題で反応した PbO_2 は 0.050 mol なので、正極の質量の増加は、

$$64 \text{ g} \times \frac{0.050 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 3.2 \text{ g}$$

2 ... ①



電池

負極…外部回路へ電子が流れ出す電極。酸化反応が起こる。

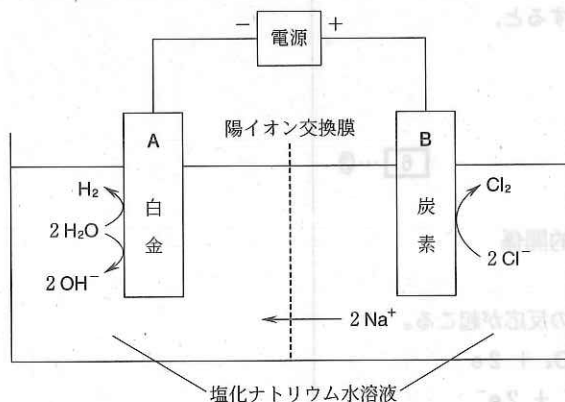
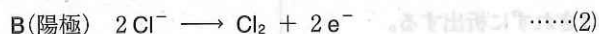
正極…外部回路から電子が流れ込む電極。還元反応が起こる。

充電

放電して起電力が低下した電池に放電時とは逆向きに電流を流し、放電前の状態にもどす操作。充電が可能な電池を二次電池という。

問2 電気分解

a 電極で起こる反応をイオン反応式で示す。



電源の負極につながれた電極 A は 陰極 であり、H₂ が発生すると同時に OH⁻ が生じるため、水溶液は 塩基性 を示す。一方、電極 B は陽極であり、Cl₂ が生じる。なお、Na⁺ は陽イオン交換膜を通して陰極側へ移動する。

3 …②

b (2)式より、電極 B で発生した気体(Cl₂)の物質量は、回路を流れた電子の物質量の $\frac{1}{2}$ となるので、

$$2.5 \times 10^{-3} \text{ mol} \times \frac{1}{2} = 1.25 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

よって、標準状態での体積は、

$$22.4 \text{ L/mol} \times 1.25 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 10^3 = 28 \text{ mL}$$

4 …③

問3 反応の量的関係

問題で示された反応は、次の化学反応式で表される。



XO 20 g が X₂O 18 g に変化する際に発生した O₂ (32 g/mol) の質量は (20 - 18 =) 2 g である。X の原子量を x とすると、XO の式量は $x+16$ 、X₂O の式量は $2x+16$ と表され、反応した XO と生成した X₂O および O₂ の物質量について、(1)式より、

$$\frac{20}{x+16} \text{ mol} : \frac{18}{2x+16} \text{ mol} : \frac{2}{32} \text{ mol} = 4 : 2 : 1$$

これより、

$$x = 64$$

なお、X に該当する元素は銅 Cu である。

5 …⑥

水溶液の電気分解

陽極…外部電源の正極とつないだ電極。

酸化反応が起こる。

・電極が Cu や Ag のとき

1. Cu や Ag が酸化され、イオンになり溶解する。

・電極が C や Pt のとき

2. ハロゲン化物イオンが酸化され、ハロゲンの単体が生成する。

3. 電解液が酸性、中性のときには H₂O が、電解液が塩基性のときには OH⁻ が酸化され、O₂ が発生する。

陰極…外部電源の負極とつないだ電極。

還元反応が起こる。

1. 電解液中の Ag⁺ や Cu²⁺ が還元され、Ag や Cu が析出する。

2. 電解液が中性、塩基性のときには H₂O が、電解液が酸性のときには H⁺ が還元され、H₂ が発生する。