

クラス		受験番号	
出席番号		氏名	

2017年度 第1回 全統記述模試

学習の手引き【解答・解説集】

数 学 ・ 理 科

【2017年5月実施】

●数 学	1
●理 科	
物理基礎	40
化学基礎	49
生物基礎	55
地学基礎	61
物 理	70
化 学	81
生 物	96
地 学	111

※英語冊子巻末に「自己採点シート」と「学力アップ・志望校合格のための復習法」を掲載していますので、志望校合格へむけた効果的な復習のためにご活用ください。

河合塾



1761210119501040

化学

1 元素の周期表、結晶格子

▶ 解答 ▶

I	問1	あ	Li	い	P	問2	7	問3	5
	問4	(1)	陽イオン	(2)	(i)	He	(ii)	K	
	問5	(1)	電気陰性度	(2)	F				
II	問6	面心立方格子	問7	$r = \frac{\sqrt{2}}{4}a$	問8	1.5×10^{22} 個			

▶ 配点 ▶ (26点)

- I 問1 各2点×2 問2 2点 問3 2点 問4 (1) 2点 (2) 各2点×2
 問5 (1) 2点 (2) 2点
 II 問6 2点 問7 3点 問8 3点

出題のねらい

- I 元素の周期表と周期律に関する知識を確認する問題である。
 II 金属の結晶格子に関する理解を問う問題である。

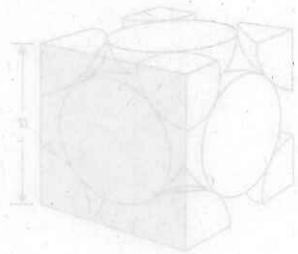
▶ 解説 ▶

- I
 問1 あ 周期表の第2周期、1族の元素は、原子番号3のリチウム Li である。
い 周期表の第3周期、15族の元素は、原子番号15のリン P である。
 問2 金属元素は、問題に与えた周期表の左下に位置する。原子番号1~20の元素のうち、Li, Be, Na, Mg, Al, K, Caの7種類が金属元素である。

族 ↓ 周期	1	2	13	14	15	16	17	18
1	H							He
2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca						

金属元素 非金属元素

- 問3 標準状態において、2原子分子からなる単体が存在し、その単体が気体である元素は、H(H₂), N(N₂), O(O₂), F(F₂), Cl(Cl₂)



化学

の5種類である。なお、 O_2 の同素体である O_3 (オゾン)と18族の希ガスも標準状態において気体であるが、 O_3 は3原子分子、希ガスは単原子分子からなる。

問4 (1) 原子中の電子は正電荷をもつ原子核に引きつけられているため、原子から電子を引き離すにはエネルギーが必要となる。このとき、原子から電子1個を取り去って、1価の陽イオンにするために必要なエネルギーを(第一)イオン化エネルギーという。

(2) イオン化エネルギーは、同一周期の元素の原子では、1族のアルカリ金属で最小となり、18族の希ガスで最大となる。また、同族元素では、原子番号が大きくなるほど小さくなる。したがって、原子番号1~20の元素の原子では、周期表で最も右上に位置するHeが最大、最も左下に位置するKが最小となる。

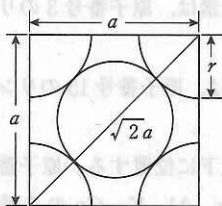
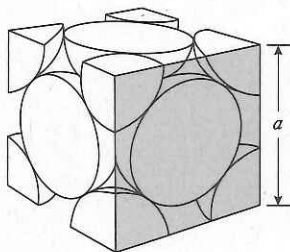
問5 (1) 原子が結合に関わる電子を引きつける強さを相対的に表す尺度を電気陰性度という。

(2) 18族以外の元素の原子では、周期表で右上に位置するものほど電気陰性度が大きい。18族のHe, Ne, Arは結合をつくりにくいいため、電気陰性度が定義されていない。すべての元素の原子のうち、Fの電気陰性度が最大となる。

II

問6 問題文の図で示された単位格子からなる結晶格子を、面心立方格子という。

問7 面心立方格子において、原子半径 r と単位格子の一辺の長さ a との関係は、次のようになる。



上図より、 $4r = \sqrt{2}a$ よって、 $r = \frac{\sqrt{2}}{4}a$

問8 面心立方格子の単位格子には、各頂点に位置する原子が $\frac{1}{8}$ 個ずつ、各面の中心に位置する原子が $\frac{1}{2}$ 個ずつ含まれる。よって、この単位格子に含まれる原子の数は、

$$\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4(\text{個})$$

整理 晶格、元素の周期表

(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価の陽イオンするのに必要なエネルギー。

同一周期では、原子番号が大きくなるほど大きくなる傾向があり、1族が最小、18族が最大となる。同族では、原子番号が大きくなるほど小さくなる。

整理

電気陰性度

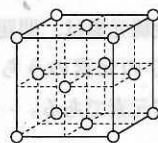
原子が結合するとき、それぞれの原子が結合に関わる電子を引きつける強さを相対的に表す尺度。結合をつくりにくい18族については定義されない。

	小 ← → 大						
周期	1	2	13	14	15	16	17
1	H						
2	Li	Be	B	C	N	O	F
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
4	K	Ca					

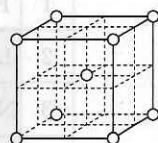
整理

金属の結晶格子と単位格子中の原子数

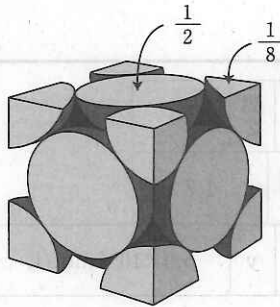
面心立方格子



体心立方格子



	単位格子中の原子数
面心立方格子	4
体心立方格子	2



Al の結晶 1.0 cm^3 に含まれる Al 原子の数は,

$$6.0 \times 10^{23} / \text{mol} \times \frac{2.7 \text{ g/cm}^3 \times 1.0 \text{ cm}^3}{27 \text{ g/mol}} = 6.0 \times 10^{22} \text{ (個)}$$

したがって、求める単位格子の数は,

$$6.0 \times 10^{22} \times \frac{1}{4} = 1.5 \times 10^{22} \text{ (個)}$$

新水合類のムヤリイ士類員ムヤリイ十七計類水、ヌ1は、ニ類間を問を其得と類員士の本基の宝新味中

新水合類のムヤリイ士類員ムヤリイ十七計類水、ヌ1は、ニ類間を問を其得と類員士の本基の宝新味中



具類類員士の類計類員士類

類計類員士の類計類員士類

類計類員士の類計類員士類

類計類員士の類計類員士類

類計類員士の類計類員士類

類計類員士の類計類員士類

類計類員士の類計類員士類

類計類員士の類計類員士類

類計類員士の類計類員士類

類計類員士の類計類員士類

2 中和滴定

▶ 解答 ◀

問1	あ	ホールビペット	い	メスフラスコ	問2	(ア)
問3	0.60 mol/L	問4	a	黄	b	赤
問5	1.7	問7	x	0.15 mol/L	y	5.0×10^{-2} mol/L
問6	$x+y=0.200$ mol/L					
問8	3.0×10^{-4} mol					

▶ 配点 ◀ (26点)

問1 各2点×2 問2 3点 問3 3点 問4 3点 問5 3点
 問6 3点 問7 各2点×2 問8 3点

出題のねらい

中和滴定の基本的な知識と計算を問う問題、および、水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合水溶液の中和滴定に関する応用問題である。

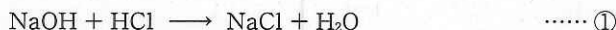
解説

問1 **あ** 一定体積の液体を正確にはかりとるにはホールビペットを用いる。

い 一定体積の溶液を正確に調製する際にはメスフラスコを用いる。

問2 コニカルビーカーは、純水ですすいだのち、純水で濡れたまま用いる。はかりとった溶液がコニカルビーカー内の純水によって薄まっても、溶液中の溶質の物質量は変化しないので、滴定には影響がない。

問3 NaOHとHClの中和反応は、①式で表される。



希釈前のNaOH水溶液Aのモル濃度を c [mol/L] とすると、希釈後の水溶液Bのモル濃度は $c \times \frac{10.0}{100}$ [mol/L] である。

問題の図1の滴定曲線より、中和点までに要した0.100 mol/Lの塩酸の体積は6.0 mLだから、中和反応の量的関係より、

$$1 \times c \times \frac{10.0}{100} \text{ [mol/L]} \times \frac{10.0}{1000} \text{ L} = 1 \times 0.100 \text{ mol/L} \times \frac{6.0}{1000} \text{ L}$$

よって、 $c = 0.60$ mol/L

問4 メチルオレンジ(変色域：pH 3.1~4.4)は、pH 3.1より酸性側で赤色、pH 4.4より塩基性側で黄色を呈する。図1の滴定曲線より、[実験1]の滴定でメチルオレンジを用いた場合、終点の前後で、コニカルビーカー内の水溶液の色は黄色から赤色に変化する。

整理

滴定実験で用いる実験器具
メスフラスコ

一定体積の溶液を正確に調製するとき用いる。内部が純水で濡れていてもそのまま使用してよい。

ホールビペット

一定体積の液体を正確にはかりとるとき用いる。内部が純水で濡れているときは、使用する溶液で内部を2~3回すすいで(共洗いして)から使用する。

ビュレット

滴下した溶液の体積をはかる器具。内部が純水で濡れているときは、使用する溶液で内部を2~3回すすいで(共洗いして)から使用する。



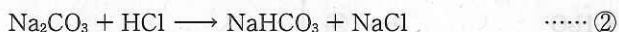
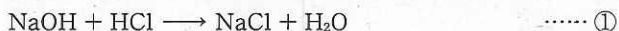
問5 塩酸を10.0 mL 滴下したとき、そのうちの6.0 mL分は①式の中和反応により消費されるので、残りの4.0 mL分の塩酸が反応せずに水溶液中に残ることになる。したがって、コニカルビーカー内の水溶液中の水素イオン濃度 $[H^+]$ は、水溶液の体積が20.0 mLであることに注意して、次のように計算できる。

$$[H^+] = \frac{0.100 \text{ mol/L} \times \frac{4.0}{1000} \text{ L}}{\frac{20.0}{1000} \text{ L}} = 2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

よって、

$$\text{pH} = -\log_{10}(2.0 \times 10^{-2}) = 2 - \log_{10} 2.0 = 1.7$$

問6 [実験2]の滴定では、第1中和点(P点、塩酸の滴下量20.0 mL)までに、①式と②式の二つの反応が起こる。



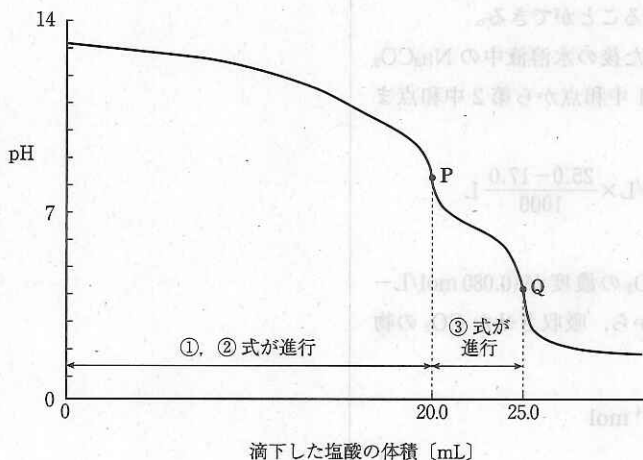
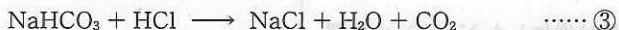
したがって、水溶液C 10.0 mL中のNaOHとNa₂CO₃の物質量の合計と、P点までに滴下したHClの物質量とが等しいので、水溶液C中のNaOHのモル濃度 x [mol/L]とNa₂CO₃のモル濃度 y [mol/L]について、次の式が成り立つ。

$$\begin{aligned} x \text{ [mol/L]} \times \frac{10.0}{1000} \text{ L} + y \text{ [mol/L]} \times \frac{10.0}{1000} \text{ L} \\ = 0.100 \text{ mol/L} \times \frac{20.0}{1000} \text{ L} \end{aligned}$$

これを整理して次の(i)式が得られる。

$$x + y = 0.200 \text{ mol/L} \quad \dots\dots \text{(i)}$$

問7 第1中和点から第2中和点(Q点、塩酸の滴下量25.0 mL)までは、③式の反応が起こる。



②式より、第1中和点では水溶液C 10.0 mL中のNa₂CO₃と等しい物質量のNaHCO₃が生じ、③式より、このNaHCO₃の物質

コニカルビーカー

滴定の際に、攪拌しても中に入れた溶液が外に出ないように、開口部を狭くしたビーカー。三角フラスコで代用してもよい。内部が純水で濡れていてもそのまま使用してもよい。



解法のポイント

中和反応の量的関係

酸が与える H^+ の物質量 [mol]
 = 塩基が受け取る H^+ の物質量 [mol]
 (塩基が放出する OH^- の物質量 [mol])
 n 価の酸の c [mol/L] 溶液 v [mL] と、
 n' 価の塩基の c' [mol/L] 溶液 v' [mL]
 が過不足なく中和反応するとき、

$$n \times c \times \frac{v}{1000} = n' \times c' \times \frac{v'}{1000}$$

整理

pH 指示薬 (酸塩基指示薬)

フェノールフタレイン

変色域: (無色) pH 8.0 ~ pH 9.8 (赤色)

メチルオレンジ

変色域: (赤色) pH 3.1 ~ pH 4.4 (黄色)

定義

pH (水素イオン指数)

$[H^+] = 10^{-a}$ mol/L のとき、

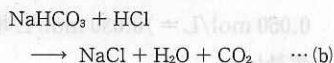
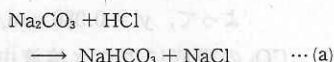
$\text{pH} = a$

すなわち、 $\text{pH} = -\log_{10}[H^+]$

整理

Na₂CO₃ の二段中和

(1) Na₂CO₃ 水溶液に塩酸を滴下する場合
 次の反応 (a), (b) が段階的に進行する。



反応 (a) が完了した点 (第1中和点) はフェノールフタレインの変色により、反応 (b) が完了した点 (第2中和点) はメチルオレンジの変色により知ることができる。

量と P 点から Q 点までに滴下した HCl の物質量が等しいので、次の式が成り立つ。

$$y(\text{mol/L}) \times \frac{10.0}{1000} \text{ L} = 0.100 \text{ mol/L} \times \frac{25.0 - 20.0}{1000} \text{ L}$$

よって、 $y = 0.050 \text{ mol/L}$ …… (ii)

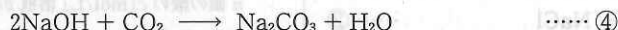
(i), (ii) 式より、 $x = 0.150 \text{ mol/L}$

問 8 問 6, 7 の結果より、水溶液 C 10.0 mL 中の NaOH と Na₂CO₃ の物質量は、

$$\text{NaOH} : 0.150 \text{ mol/L} \times \frac{10.0}{1000} \text{ L} = 1.50 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 : 0.050 \text{ mol/L} \times \frac{10.0}{1000} \text{ L} = 0.50 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

水溶液 C に少量の CO₂ を吸収させると、次の ④ 式の反応が起こる。



したがって、水溶液 C 10.0 mL に吸収させた CO₂ の物質量を z [mol] とすると、④ 式の反応による各物質の物質量的変化は、



はじめ 1.50×10^{-3} z 0.50×10^{-3}

反応後 $1.50 \times 10^{-3} - 2z$ 0 $0.50 \times 10^{-3} + z$ (単位: mol)

CO₂ 吸収後の水溶液の滴定結果より、第 1 中和点までについて、問 6 と同様に考えて、

$$(1.50 \times 10^{-3} \text{ mol} - 2z[\text{mol}]) + (0.50 \times 10^{-3} \text{ mol} + z[\text{mol}]) = 0.100 \text{ mol/L} \times \frac{17.0}{1000} \text{ L}$$

よって、 $z = 3.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$

別解 1

④ 式より、吸収させた CO₂ の物質量は増加した Na₂CO₃ の物質量に等しいことから、次のように計算することができる。

水溶液 C 10.0 mL に CO₂ を吸収させた後の水溶液中の Na₂CO₃ のモル濃度を y' [mol/L] とすると、第 1 中和点から第 2 中和点までについて、問 7 と同様に考えて、

$$y'(\text{mol/L}) \times \frac{10.0}{1000} \text{ L} = 0.100 \text{ mol/L} \times \frac{25.0 - 17.0}{1000} \text{ L}$$

よって、 $y' = 0.080 \text{ mol/L}$

CO₂ の吸収により水溶液中の Na₂CO₃ の濃度が (0.080 mol/L - 0.050 mol/L =) 0.030 mol/L 増加したから、吸収させた CO₂ の物質量は、

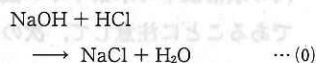
$$0.030 \text{ mol/L} \times \frac{10.0}{1000} \text{ L} = 3.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

別解 2

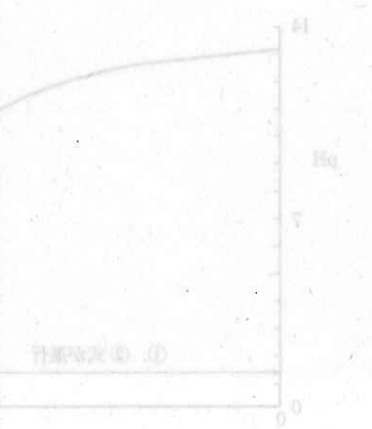
NaOH と Na₂CO₃ の混合水溶液の滴定において、

(2) NaOH と Na₂CO₃ の混合水溶液に塩酸を滴下する場合

次の反応 (0), さらに前記の反応 (a), (b) が段階的に進行する。



反応 (0) と (a) が完了した点 (第 1 中和点) はフェノールフタレインの変色により、反応 (b) が完了した点 (第 2 中和点) はメチルオレンジの変色により知ることができる。



第1中和点までに反応した Na_2CO_3 の物質質量

= 第1中和点から第2中和点までに反応した NaHCO_3 の物質質量

の関係が成り立ち、 NaHCO_3 と HCl は 1 : 1 の物質質量比で反応するから、吸収させた CO_2 の物質質量は、第1中和点から第2中和点までに反応する HCl の物質質量の増加量に等しい。

第1中和点から第2中和点までに要した塩酸の体積の増加量は、

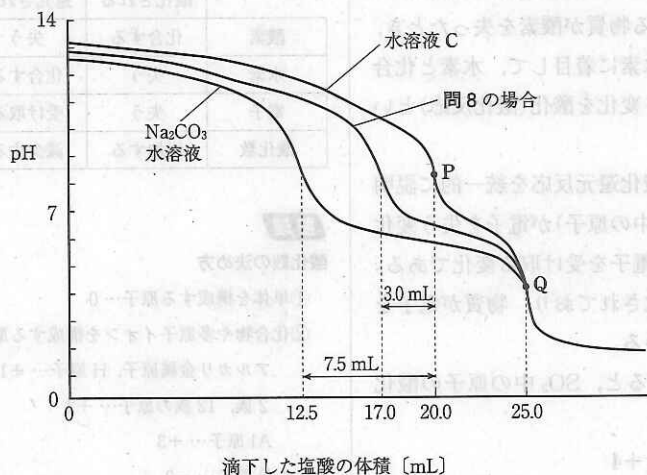
$$(25.0 \text{ mL} - 17.0 \text{ mL}) - (25.0 \text{ mL} - 20.0 \text{ mL}) = 3.0 \text{ mL}$$

だから、吸収させた CO_2 の物質質量は、

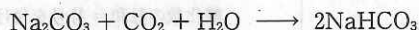
$$0.100 \text{ mol/L} \times \frac{3.0}{1000} \text{ L} = 3.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

補足

水溶液 C 10.0 mL に吸収させる CO_2 の量が多くなって、④式の反応によって NaOH のちょうどすべてが消費されると、 Na_2CO_3 のみの水溶液になる。水溶液 C 10.0 mL 中の NaOH の中和に要する塩酸の体積は $(20.0 \text{ mL} - 5.0 \text{ mL}) = 15.0 \text{ mL}$ であり、この NaOH がすべて CO_2 と反応して Na_2CO_3 に変化した場合、これを塩酸で滴定する際、第1中和点までに要する塩酸の体積は $(15.0 \text{ mL} \times \frac{1}{2} = 7.5 \text{ mL})$ 減少し、第1中和点から第2中和点までに要する塩酸の体積は 7.5 mL 増加する。しかし、問8の問題文より、第1中和点から第2中和点までに要した塩酸の体積は 3.0 mL しか増加していないので、水溶液 C 10.0 mL 中の NaOH の一部だけが CO_2 と反応し、 NaOH と Na_2CO_3 の混合水溶液になったと判断することができる。



なお、吸収させる CO_2 の量がさらに多くなると、 Na_2CO_3 が次のように反応し、 Na_2CO_3 と NaHCO_3 の混合水溶液または NaHCO_3 のみの水溶液 (もしくは NaHCO_3 と CO_2 の混合水溶液) になる。



③ 酸化還元反応

▶ 解答 ◀

問1	あ	還元	い	酸化	問2	物質が電子を失う変化				
問3	+4 → +6			問4	$\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$					
問5	二酸化硫黄		$\text{SO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow \text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$							
	硫化水素		$\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$							
問6	え	還元剤	お	酸化剤						
問7	(1)	8.0 g		(2)	0.10 mol					

▶ 配点 ◀ (23点)

問1 2点 問2 3点 問3 3点 問4 3点 問5 各2点×2
 問6 2点 問7 (1) 3点 (2) 3点

出題のねらい

酸化還元に関する基本的な知識および酸化還元反応の量的関係に関する理解を問う問題である。

▶ 解説 ◀

問1 元来、物質が酸素と化合する変化を酸化(酸化反応)、物質が酸素を失う変化を還元(還元反応)とよび、ある物質が酸素と化合したとき、その物質は酸化されたといい、ある物質が酸素を失ったとき、その物質は還元されたという。また、水素に着目して、水素と化合する変化を還元(還元反応)、水素を失う変化を酸化(酸化反応)ということもできる。

問2 電子の授受に基づいて考えると、酸化還元反応を統一的に説明することができる。酸化とは物質(物質中の原子)が電子を失う変化であり、還元とは物質(物質中の原子)が電子を受け取る変化である。物質が電子を失うとき、その物質は酸化されており、物質が電子を受け取るとき、その物質は還元されている。

問3 SO_2 中のS原子の酸化数を x とすると、 SO_2 中の原子の酸化数の総和は0だから、

$$x + (-2) \times 2 = 0 \quad \text{よって、} x = +4$$

同様に、 SO_4^{2-} 中のS原子の酸化数を y とすると、 SO_4^{2-} 中の原子の酸化数の総和は -2 だから、

$$y + (-2) \times 4 = -2 \quad \text{よって、} y = +6$$

問4 酸化還元反応の化学反応式は、電子 e^- の授受を表すイオン反応式から e^- を消去することによってつくることができる。

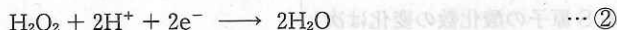
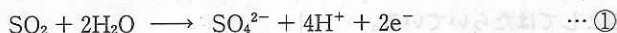
整理

	酸化される	還元される
酸素	化合する	失う
水素	失う	化合する
電子	失う	受け取る
酸化数	増加する	減少する

整理

酸化数の決め方

- ①単体を構成する原子…0
 - ②化合物や多原子イオンを構成する原子
 - アルカリ金属原子, H原子…+1
 - 2族, 12族の原子…+2
 - Al原子…+3
 - O原子…-2
 - (ただし、過酸化物中のO原子は-1)
- 他の原子の酸化数は、
 化合物の場合：酸化数の総和=0
 多原子イオンの場合：
 酸化数の総和=符号を付けた価数より算出する。



①式 + ②式により、 e^- を消去して整理すると、③式が得られる。



問5, 6 酸化還元反応において、相手を酸化する物質(自身は還元される物質)が酸化剤, 相手を還元する物質(自身は酸化される物質)が還元剤である。 e^- の授受に着目すれば、酸化剤は e^- を受け取る物質であり、還元剤は e^- を放出する物質である。

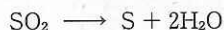
酸化剤または還元剤の e^- の授受を表すイオン反応式を半反応式(または半電池反応式)という。半反応式は右の「整理」に記した手順、または、以下に記した手順(i)~(iv)によってつくることができる。ただし、いずれの手順でも、代表的な酸化剤や還元剤については、反応により何に変化するかは覚えておく必要がある。

SO₂がSに変化するときの半反応式

(i) 反応前後の物質の変化を化学式で書く。



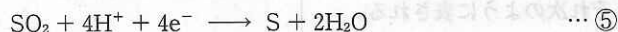
(ii) H₂Oを加えて両辺のO原子の数を合わせる。



(iii) H⁺を加えて両辺のH原子の数を合わせる。

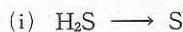


(iv) e^- を加えて両辺の電荷を合わせる。

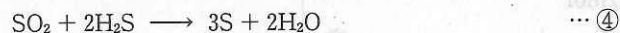


H₂SがSに変化するときの半反応式

SO₂の場合と同様の手順で書くことができる。



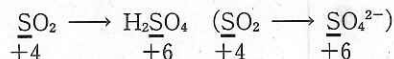
⑤式 + ⑥式 × 2により、 e^- を消去すると、④式が得られる。



SO₂は反応する相手によって、酸化剤としてはたらくことも還元剤としてはたらくこともある。③式の反応では、①式より、SO₂は還元剤としてはたらいていることがわかる。一方、④式の反応では、⑤式より、SO₂は酸化剤としてはたらいていることがわかる。

何が酸化剤で何が還元剤であるかは、反応前後の酸化数の変化からも判定することができる。

③式(あるいは①式)の反応におけるS原子の酸化数の変化は次のようになる。



このとき、S原子の酸化数は増加しているから、SO₂は酸化され

整理

電子の授受を表すイオン反応式(半電池反応式)のつくり方

- ① 酸化剤または還元剤の反応前後の変化を化学式で書く。このとき、酸化数が変化した原子の数を両辺で等しくする。
- ② 酸化数が変化した分だけ、移動した e^- を加える(酸化剤の変化では左辺に、還元剤の変化では右辺に、 e^- を加える)。
- ③ 両辺の電荷が等しくなるように、H⁺(酸性条件)またはOH⁻(塩基性条件)を加える。
- ④ 両辺のH原子とO原子の数を、H₂Oを加えることにより等しくする。

整理

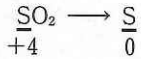
酸化剤と還元剤

酸化剤：電子を受け取って相手の物質を酸化する物質。自らは還元される。

還元剤：電子を与えて相手の物質を還元する物質。自らは酸化される。

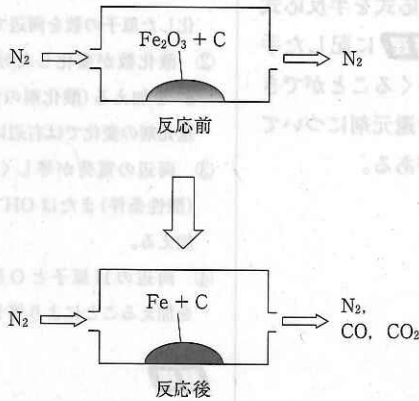
ており、③式の反応ではSO₂は還元剤としてはたらいている。

④式(あるいは⑤式)の反応におけるS原子の酸化数の変化は次のようになる。

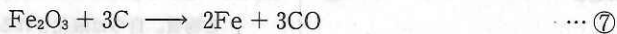


このとき、S原子の酸化数は減少しているから、SO₂は還元されており、④式の反応ではSO₂は酸化剤としてはたらいている。

問7 本問題の反応では、Fe₂O₃がCによって還元される。このときの変化の様子は、次の図のようにまとめることができる。



(1) Fe₂O₃とCからFeとCOが生じる反応、およびFe₂O₃とCからFeとCO₂が生じる反応は、それぞれ次のように表される。



x [mol]のFe₂O₃が⑦式にしたがって反応し、 y [mol]のFe₂O₃が⑧式にしたがって反応したとすると、生成したFeの物質について、

$$2 \times x[\text{mol}] + 2 \times y[\text{mol}] = \frac{5.6 \text{ g}}{56 \text{ g/mol}}$$

$$\text{これを整理して、} \quad x + y = 0.050 \text{ mol} \quad \dots \textcircled{9}$$

反応したFe₂O₃(式量160)の物質量は $(x+y)$ [mol]、つまり、0.050 molだから、その質量は、

$$160 \text{ g/mol} \times 0.050 \text{ mol} = 8.0 \text{ g}$$

(2) ⑦式より、生成したCOの物質量は $3 \times x$ [mol]であり、⑧式より、生成したCO₂の物質量は $\frac{3}{2} \times y$ [mol]だから、

$$3 \times x[\text{mol}] : \frac{3}{2} \times y[\text{mol}] = 4 : 1$$

$$\text{これを整理して、} \quad x[\text{mol}] = 2 \times y[\text{mol}] \quad \dots \textcircled{10}$$

⑨、⑩式より、

$$x = \frac{0.10}{3} \text{ mol}, \quad y = \frac{0.050}{3} \text{ mol}$$

したがって、生成したCOの物質量は、

$$3 \times x \text{ [mol]} = 3 \times \frac{0.10}{3} \text{ mol} = 0.10 \text{ mol}$$

別解

反応の前後で、各元素の原子の物質量は不変である。このことに着目して計算する。

(1) 反応した Fe_2O_3 の物質量を α [mol] とすると、反応の前後で、Fe原子の物質量は不変だから、

$$2 \times \alpha \text{ [mol]} = \frac{5.6 \text{ g}}{56 \text{ g/mol}} \quad \text{よって、} \alpha = 0.050 \text{ mol}$$

したがって、反応した Fe_2O_3 の質量は、

$$160 \text{ g/mol} \times 0.050 \text{ mol} = 8.0 \text{ g}$$

(2) 生成したCOの物質量を 4β [mol]、 CO_2 の物質量を β [mol] とすると、反応の前後で、O原子の物質量は不変だから、

$$4\beta \text{ [mol]} + 2 \times \beta \text{ [mol]} = 3 \times 0.050 \text{ mol}$$

$$\text{よって、} \beta = 0.025 \text{ mol}$$

したがって、生成したCOの物質量は、

$$4\beta \text{ [mol]} = 4 \times 0.025 \text{ mol} = 0.10 \text{ mol}$$

4 固体の溶解度、浸透圧

▶ 解答 ◀

I	問1	(1)	39%	(2)	45 g	(3)	40℃	問2	156 g
II	問3	(ウ) > (ア) = (イ)			問4	(1)	392 Pa	(2)	166 mL
	問5	2.6 × 10 ⁻⁵ mol		問6	(イ)	(ウ)			

▶ 配点 ◀ (25点)

I 問1 (1) 3点 (2) 2点 (3) 2点 問2 3点
 II 問3 3点 問4 (1) 3点 (2) 2点 問5 3点 問6 各2点 × 2 (順不同)

出題のねらい

- I 固体の溶解度を用いた計算に関する理解を問う問題である。
 II 溶液の浸透圧に関する基本的な知識、および、応用的な計算を題材として思考力を問う問題である。

▶ 解説 ◀

I

問1 (1) 水溶液 X の質量パーセント濃度は、

$$\frac{65 \text{ g}}{65 \text{ g} + 100 \text{ g}} \times 100 = 39.3 \approx 39 \%$$

(2) 溶解度曲線より、60℃において水 100 g に溶ける KNO₃ の質量の最大値は 110 g だから、水溶液 X にはさらに KNO₃ を最大 (110 g - 65 g =) 45 g 溶かすことができる。

(3) 溶解度が 65 g/水 100 g になる温度を溶解度曲線から読み取ると 40℃ である。したがって、水溶液 X の温度を 60℃ から下げていくと、40℃ で飽和溶液となり、さらに温度を下げると KNO₃ の結晶が析出する。

問2 溶解度曲線より、60℃における KNO₃ の溶解度は 110 g/水 100 g だから、60℃の KNO₃ の飽和水溶液 210 g 中には KNO₃ が 110 g 溶けている。よって、60℃の KNO₃ の飽和水溶液 420 g 中に溶けている KNO₃ の質量は、

$$110 \text{ g} \times \frac{420 \text{ g}}{210 \text{ g}} = 220 \text{ g}$$

この飽和水溶液を 20℃ に冷却したときに析出する KNO₃ の結晶の質量を x [g] とすると、結晶が析出したあとの水溶液は 20℃ の飽和水溶液であり、20℃ における KNO₃ の溶解度は 32 g/水 100 g だから、

$$\frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶液の質量}} = \frac{220 \text{ g} - x [\text{g}]}{420 \text{ g} - x [\text{g}]} = \frac{32 \text{ g}}{100 \text{ g} + 32 \text{ g}}$$

よって、x = 156 g

定義

質量パーセント濃度

質量パーセント濃度 [%]

$$= \frac{\text{溶質の質量} [\text{g}]}{\text{溶液の質量} [\text{g}]} \times 100$$

解法のポイント

溶解度

一般に、固体の溶解度は「溶媒 100 g に溶ける溶質 (無水物) の質量 [g] の最大値」で表すことが多い。

同じ溶媒と溶質からなる溶液であれば、温度が一定のとき、飽和溶液について、次の関係式が成り立つ。

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

または

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

別解

60℃において水100gにKNO₃110gを溶かした飽和水溶液210gを20℃に冷却すると、(110g-32g=)78gのKNO₃の結晶が析出するから、60℃のKNO₃の飽和水溶液420gを20℃に冷却したときに析出するKNO₃の結晶の質量は、

$$78\text{g} \times \frac{420\text{g}}{210\text{g}} = 156\text{g}$$

II

問3 希薄溶液の浸透圧は溶液中の溶質粒子(分子やイオン)のモル濃度と絶対温度に比例する。

水溶液(ア)と(イ)の溶質(グルコースおよび尿素)は非電解質なので、溶液中の溶質粒子のモル濃度は溶液のモル濃度に等しく0.10 mol/Lである。水溶液(ウ)の溶質KClは電解質であり、水溶液中では完全に電離する(KCl → K⁺ + Cl⁻)ため、溶液中の溶質粒子のモル濃度は、(0.10 mol/L×2=)0.20 mol/Lとなる。

したがって、同温における浸透圧の大小関係は、(ウ)>(ア)=(イ)となる。

問4 (1) 図2の状態では放置すると、A側(純水側)からB側(グルコース水溶液側)に水が浸透し、図3の状態になる。図3の状態では液面の高さが変化しなくなったから、図3のB側のグルコース水溶液(図2のグルコース水溶液にくらべて薄まっている)の浸透圧は、高さ4.0 cmの水溶液柱の圧力に等しい。水と水溶液の密度は等しく1.0 g/cm³だから、高さ1.0 cmの水溶液柱の圧力も98 Paである。

したがって、図3のB側のグルコース水溶液の浸透圧は、

$$98\text{ Pa} \times \frac{4.0\text{ cm}}{1.0\text{ cm}} = 392\text{ Pa}$$

(2) 図3と図2をくらべると、液面の高さはA側が2.0 cm低く、B側が2.0 cm高くなっている。したがって、B側の水溶液の体積は、図3の方が図2よりも、(8.0 cm²×2.0 cm=)16 cm³多い。よって、図3のB側のグルコース水溶液の体積は、

$$150\text{ mL} + 16\text{ mL} = 166\text{ mL}$$

問5 図3のB側のグルコース水溶液中のグルコースの物質量は、はじめにB側に入れたグルコース水溶液150 mL中に溶けているグルコースの物質量*n*[mol]に等しいから、図3のB側のグルコース水溶液の浸透圧について、 $\Pi = cRT$ より、

$$392\text{ Pa} = \frac{n[\text{mol}]}{0.166\text{ L}} \times 8.3 \times 10^3\text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol}) \times 300\text{ K}$$

$$\text{よって、 } n = 2.61 \times 10^{-5} \approx 2.6 \times 10^{-5}\text{ mol}$$

問6 図3のB側のグルコース水溶液のモル濃度を*C*[mol/L]とする。

(ア) 誤り。図3のB側のグルコース水溶液にさらに*n*[mol]のグル

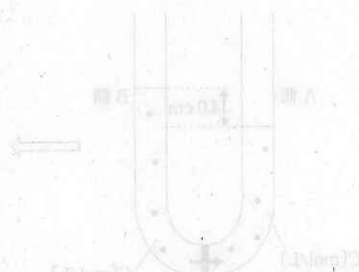
整理

溶液の浸透圧

ある溶液と溶媒が半透膜を隔てて接触しているとき、溶媒の浸透を抑えるために溶液側に加える圧力が、この溶液の浸透圧に等しい。

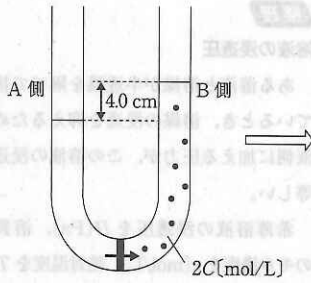
希薄溶液の浸透圧を*Π*[Pa]、溶質粒子のモル濃度を*c*[mol/L]、絶対温度を*T*(K)、気体定数を*R*(Pa·L/(K·mol))とすると、次の関係が成り立つ。

$$\Pi = cRT$$

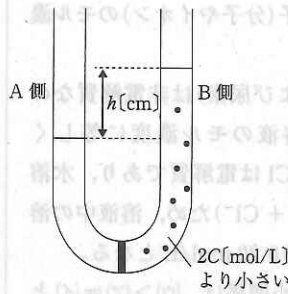


コースを溶かした直後、水溶液のモル濃度は $2C$ [mol/L] となるため、A 側から B 側へと水が浸透し、B 側の液面は上昇するが、やがて液面の高さが変化しなくなる。このとき、B 側のグルコース水溶液のモル濃度は水の浸透により $2C$ [mol/L] より小さくなっているため、A 側と B 側の液面の高さの差も $(4.0 \text{ cm} \times 2 =) 8.0 \text{ cm}$ より小さくなる。

B 側に n [mol] のグルコースを溶かした直後



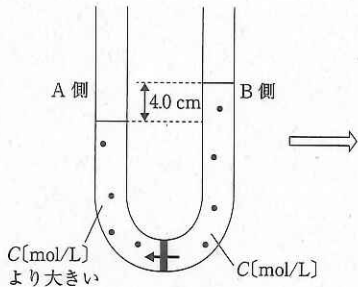
浸透圧が 2 倍になり、A 側から B 側へと水がさらに浸透する。



浸透圧は 2 倍より小さいので、 $h < 8.0 \text{ cm}$ となる。

(イ) 正しい。図 3 の A 側の純水に n [mol] のグルコースを溶かした直後、A 側のグルコース水溶液のモル濃度は C [mol/L] より大きいので、B 側から A 側へと水が浸透する。A 側と B 側の水溶液中のグルコースの物質量は n [mol] で等しいので、A 側と B 側の水溶液の体積が等しくなった時点、すなわち、両側の液面の高さが等しくなった時点で水の浸透は止まる。

A 側に n [mol] のグルコースを溶かした直後

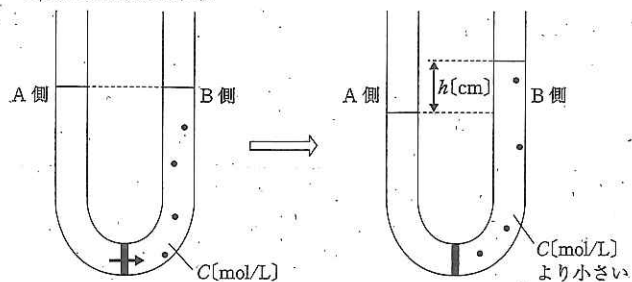


A 側の水溶液の浸透圧の方が大きくなり、B 側から A 側へと水が浸透する。

水溶液の体積が等しくなった時点でモル濃度が等しくなり、水の浸透が止まる。

(ウ) 正しい。図 3 の状態の A 側に純水を加えた直後は液面の高さの差が 0 になって、水溶液柱の圧力が 0 になるので、A 側から B 側へと水が浸透し、B 側の液面は上昇するが、やがて液面の高さが変化しなくなる。このとき、B 側のグルコース水溶液のモル濃度は水の浸透により C [mol/L] より小さくなるため、A 側と B 側の液面の高さの差も 4.0 cm より小さくなる。

A 側に水を加えた直後



水溶液柱の圧力がなくなり、
A 側から B 側へと水が浸透する。

浸透圧は図 3 の状態より小さいので、
 $h < 4.0$ cm となる。

(㉔) 誤り。図 3 の状態から絶対温度を 1.1 倍の 330 K にすると、B 側のグルコース水溶液の浸透圧が大きくなるので A 側から B 側へと水が浸透し、B 側の液面は上昇するが、やがて液面の高さが変化しなくなる。このとき、B 側のグルコース水溶液のモル濃度は水の浸透により C [mol/L] より小さくなるため、グルコース水溶液の浸透圧は図 3 の状態の浸透圧の 1.1 倍より小さい。よって、液面の高さの差も 1.1 倍の 4.4 cm より小さくなる。

