

化 学

1

解答

問1. ア 問2. オ 問3. エ 問4. エ

問5. ウ 問6. カ 問7. ウ 問8. ウ

問9. イ

解説

《小問9問》

問1. 原子Xは共有電子対が4対あるので、不対電子を4つもつ炭素原子Cである。原子Yは共有電子対が3対、非共有電子対が1対であるので、価電子5個の窒素原子Nとなる。

問2. a. 銀は金属結晶, c. 二酸化ケイ素は共有結合結晶である。

問3. a. アンモニア分子 NH_3 1個中に水素原子Hは3個含まれるので、 6.02×10^{23} 個のアンモニア分子中の水素原子の物質量は

$$\frac{6.02 \times 10^{23} \times 3}{6.02 \times 10^{23}} = 3.0 \text{ [mol]}$$

b. HNO_3 の式量 63 より, HNO_3 の物質量は

$$\frac{1000 \times \frac{12.6}{100}}{63} = 2.0 \text{ [mol]}$$

c. 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 1.0 mol の気体の体積は 22.4 L であるので, 56 L の CO_2 の物質量は

$$\frac{56}{22.4} = 2.5 \text{ [mol]}$$

よって, 小さい順に並べると $b < c < a$ となる。

問4. ア～カのそれぞれの原子の酸化数は以下の通り。

ア. CH_4 イ. HF ウ. $\text{H}_2\text{S}\text{O}_4$
 $\begin{array}{ccc} -4 & +1 & +1 & -1 & +1 & +6 & -2 \end{array}$

エ. $\text{H}\text{N}\text{O}_3$ オ. MgCl_2 カ. $\text{K}\text{Mn}\text{O}_4$
 $\begin{array}{ccc} +1 & +5 & -2 & +2 & -1 & +1 & +7 & -2 \end{array}$

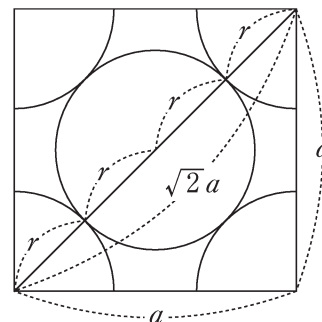
したがって、酸化数+5である原子を含むのは、エ. HNO_3 である。

問5. 炭化水素の完全燃焼は発熱反応である。光合成は二酸化炭素と水からグルコースを合成するが、光エネルギーを必要とするので、反応物がもつ化学エネルギーの総和 E_1 と生成物がもつエネルギーがもつ化学エネルギーの総和 E_2 の関係は $E_1 < E_2$ となる。

問6. 金属結晶の原子を球とみなしたときの原子半径 r は、単位格子の一边の長さ a から次のように求められる。

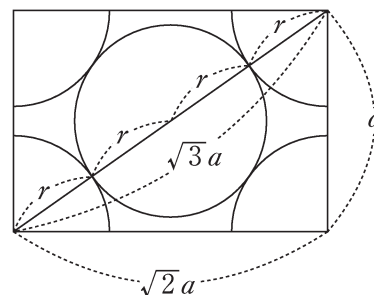
面心立方格子：

$$4r = \sqrt{2}a \quad \therefore a = 2\sqrt{2}r$$



体心立方格子：

$$4r = \sqrt{3}a \quad \therefore a = \frac{4\sqrt{3}}{3}r$$

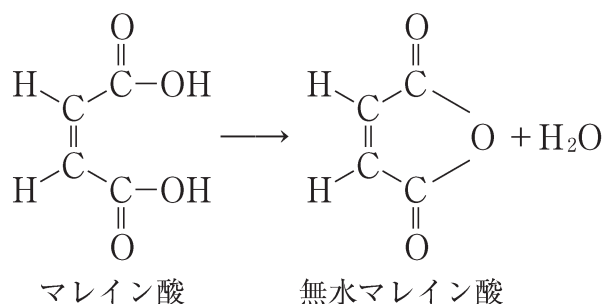


よって、正文はカである。

問7. b. 誤文。イオン化傾向の小さい金や白金の単体は王水（濃塩酸：濃硝酸=3：1の混合溶液）にのみ溶ける。

c. 誤文。二クロム酸イオン $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ を含む水溶液の色は赤橙色である。

問8. マレイン酸を加熱すると、分子内脱水が起こり、無水マレイン酸となる。



問9. デンプンに酵素アミラーゼを作用させると、加水分解されてマルトースを生じる。さらに酵素マルトースを作用させて最終的に α -グルコー

スが得られる。デンプン分子の鎖状の部分にはらせん構造になっている。

2

解答

(A)問 1. イ 問 2. イ 問 3. オ 問 4. ア

(B)問 5. (1)ーオ (2)ーイ 問 6. ウ

解説

《溶液の性質，水溶液中の化学平衡》

(A)問 1. 溶解度曲線のグラフから，70℃の溶解度は140 g/水 100 g，30℃の溶解度は45 g/水 100 g と読み取れる。70℃の水 100 g の硝酸カリウム飽和溶液を30℃に冷却すると，水の量は変化しないから，次のようになる。

	水	KNO ₃	飽和溶液
70℃	100 g	140 g	240 g
30℃	100 g	45 g	145 g

飽和溶液と析出量の関係より，求める量を x [g] とすると

$$240 : (140 - 45) = 48 : x$$

$$\therefore x = 19 \text{ [g]}$$

問 2. 正確な濃度の溶液を調整するにはメスフラスコを用いる。塩化ナトリウム 0.050 mol を水に溶かして，正確に 100 mL にした溶液のモル濃度は

$$0.050 \div \frac{100}{1000} = 0.50 \text{ [mol/L]}$$

問 3. 希薄溶液の凝固点降下度は，溶質の種類には無関係で溶液の質量モル濃度に比例する。電解質溶液の場合は溶質が電離するので，凝固点降下度は溶液中のすべての溶質粒子の質量モル濃度に比例する。a～c の水溶液のうち，a と c は電解質の水溶液であるので，それぞれの溶質粒子のモル濃度は

$$\text{a. } \text{KNO}_3 \longrightarrow \text{K}^+ + \text{NO}_3^- \quad 0.12 \times 2 = 0.24 \text{ [mol/kg]}$$

$$\text{b. } \text{グルコースは非電解質であるので} \quad 0.20 \text{ [mol/kg]}$$

$$\text{c. } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{NH}_4^+ + \text{SO}_4^{2-} \quad 0.10 \times 3 = 0.30 \text{ [mol/kg]}$$

凝固点降下度が大きいと凝固点は低いので， $c < a < b$ の順となる。

問 4. 疎水コロイドは，水に対する親和性が弱いので，ウ・エは不適。少量の電解質を加えると，コロイド粒子同士の反発力が弱められ，コロイド

粒子が集まり沈殿する。よって、コロイド粒子が集まっているアが正答となる。

(B)問 5. (1) C [mol/L] の酢酸の電離平衡については次のようになる。



はじめ	C	0	0	
変化量	$-C\alpha$	$+C\alpha$	$+C\alpha$	
平衡時	$C-C\alpha$	$C\alpha$	$C\alpha$	[mol/L]

電離定数 K_a は

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{C\alpha \cdot C\alpha}{C-C\alpha} = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha}$$

酢酸の電離度 α が非常に小さい場合、 $1-\alpha \div 1$ と近似できるので

$$K_a = C\alpha^2$$

(2) 温度が一定のとき、 $\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$ より、弱酸の電離度は酸の濃度が小さくなるほど大きくなる。電離定数は濃度によらず一定である。

問 6. 弱酸または弱塩基とその塩の混合水溶液には、その中に酸や塩基の水溶液がわずかに混入しても pH の値をほぼ一定に保つはたらきがある。このはたらきを緩衝作用といい、緩衝作用のある水溶液を緩衝液という。

3

解答

(A)問 1. (1)ーイ (2)ーカ (3)ーア

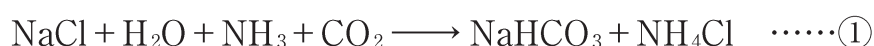
(B)問 2. カ 問 3. ア 問 4. (1)ーカ (2)ーウ

解説

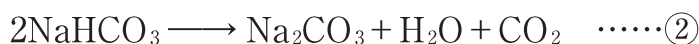
《炭酸ナトリウムの製法、周期表 2 族元素の反応と性質》

(A)問 1. アンモニアソーダ法は、塩化ナトリウム NaCl と炭酸カルシウム CaCO_3 を原料とし、これらから炭酸ナトリウム Na_2CO_3 を製造する方法であり、その反応は次のとおりである。

反応 1：塩化ナトリウム飽和水溶液にアンモニアを吸収させてから二酸化炭素を吹き込むと、比較的溶解度の小さい炭酸水素ナトリウム NaHCO_3 が沈殿し、また塩化アンモニウム NH_4Cl も生じる。



反応 2：沈殿した炭酸水素ナトリウム NaHCO_3 を分離し、加熱することで炭酸ナトリウム Na_2CO_3 を得る。また、二酸化炭素 CO_2 を生じるので、回収して反応 1 に再利用する。



反応 3：一方，炭酸カルシウム CaCO_3 を熱することで酸化カルシウム CaO （物質 **A**）とともに二酸化炭素が生じるので，反応 1 に再利用する。



反応 4：得られた酸化カルシウム CaO （物質 **A**）に水を加えて水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ （物質 **B**）とする。



反応 5：水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ （物質 **B**）を，反応 1 で生じた塩化アンモニウムと反応させると，塩化カルシウム CaCl_2 とともにアンモニアが生じるので，アンモニアを回収して反応 1 に再利用する。



反応式①～⑤を 1 つの式にすると， $(\textcircled{1} \times 2 + \textcircled{2} + \textcircled{3} + \textcircled{4} + \textcircled{5})$ より

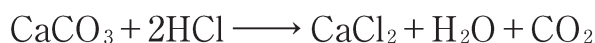


⑥より，反応する塩化ナトリウム NaCl （式量 58.5）と生成する炭酸ナトリウム Na_2CO_3 （式量 106）の物質量の比は 2：1 であることがわかる。
求める炭酸ナトリウムの質量を $x[\text{kg}]$ とすると

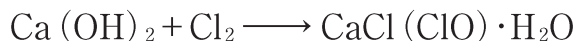
$$\frac{58.5 \times 10^3 \times \frac{30}{100}}{58.5} : \frac{x \times 10^3}{106} = 2 : 1$$

$$\therefore x = 15.9 [\text{kg}]$$

(B)問 2. 反応 a を化学反応式で書くと次のようになり，塩化カルシウム CaCl_2 を生じる。



同様に，反応 b を化学反応式で書くと，次のようになり，さらし粉 $\text{CaCl}(\text{ClO}) \cdot \text{H}_2\text{O}$ を生じる。



問 3. 石灰水は水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の飽和水溶液であり，これに二酸化炭素 CO_2 を通じると，炭酸カルシウム CaCO_3 の白色沈殿が生じるため，溶液が白濁する。



その後さらに CO_2 を通じると，炭酸カルシウム CaCO_3 は炭酸水素カルシウム $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ となり，電離して沈殿が消え，無色の溶液になる。



問 4. (1) 周期表 2 族の元素のうち、ベリリウム Be とマグネシウム Mg は炎色反応を示さない。よって、ア～オは誤り。カは Sr が深赤色、Ba が黄緑色の炎色反応を示す。

(2) b. 誤文。Mg(OH)₂ の水溶液は弱塩基性を示す。

c. 誤文。Sr は周期表の第 5 周期に属する元素である。

4

解答

(A)問 1. エ 問 2. ア 問 3. ウ

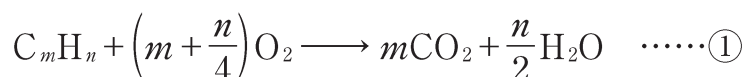
(B)問 4. エ 問 5. カ 問 6. (1)ーオ (2)ーウ

解説

《脂肪族炭化水素の反応と性質、不飽和炭化水素の反応と性質》

(A)問 1. エ. 誤文。メタンは無極性分子のため、水に溶けにくいので、水上置換で捕集することができる。

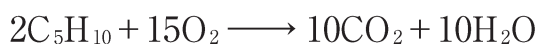
問 2. 炭化水素の分子式を C_mH_n とすると、完全燃焼の化学反応式は



発生した水 H_2O (分子量 18) の物質量は

$$9.0 \div 18 = 0.50 [\text{mol}]$$

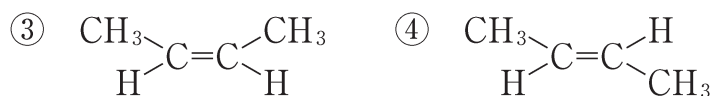
となり、炭化水素 0.10 mol と反応して生じた水が 0.50 mol であることから、炭化水素と水の物質量の比が 1 : 5 であることがわかる。よって、先の反応式①の水の係数は 5 であることから $n = 10$ となり、 $n = 10$ の選択肢はア。C₅H₁₀ のみであるので、これが解答となる。確認のため、反応した酸素の物質量は、 $16.8 \div 22.4 = 0.75 [\text{mol}]$ で反応式に矛盾がないことがわかる。



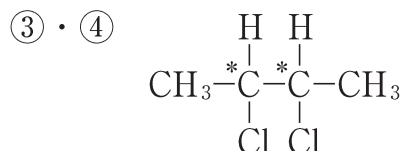
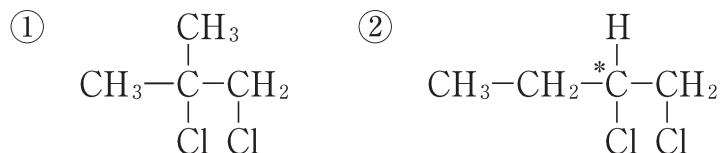
問 3. 25℃、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ で直鎖状のアルカンのうち、 $n = 1 \sim 4$ は気体であり、沸点は同族体どうしにおいて、炭素数 n が大きくなるにつれて高くなる。よって、ウのグラフが正しい。

(B)問 4. 分子式 C₄H₈ で表される化合物の異性体のうち、アルケンであるものは、シス-トランス異性体を含むと以下の 4 種類である。

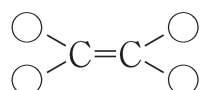




これらのアルケンのうち、塩素 1 分子を付加すると、以下のようになり、
よって、①を除く 3 種類に不斉炭素原子がある。(*C は不斉炭素原子)



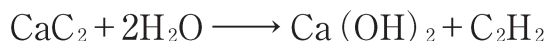
炭素原子が、炭素の二重結合のあるところに直接結合している場合はすべての炭素原子が常に同一平面上に存在する（次の構造）。よって 4 種類のアルケンの異性体のうち、②を除く 3 種類が同一平面上に存在する。



問 5. ア. 誤文。アセチレンの分子の形は直線形である。

イ. 誤文。アセチレンは常温・常圧で無色無臭の気体である。

ウ. 誤文。アセチレンは炭化カルシウムに水を作用させて得る。



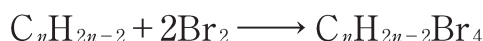
エ. 誤文。2 mol のアセチレンを完全に燃焼するのに必要な酸素の物質量が 5 mol である。



オ. 誤文。アセチレン 1 分子に水 1 分子を付加させると、不安定なビニルアルコールを経て、異性体であるアセトアルデヒドが生成する。

問 6. (1) 炭素間二重結合 $\text{C}=\text{C}$ をもつ炭化水素を赤褐色の臭素水に通すと、臭素が付加して溶液が無色になる。この反応は不飽和結合の検出に使われる。

(2) 1 mol の炭化水素の不飽和結合 1 つにつき、1 mol の臭素が付加するので、2 個もつ炭化水素は 2 mol の臭素が付加して物質 **B** となる。炭化水素 **A** の分子式を $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ とすると



物質 **B** の分子量は物質 **A** の分子量のおよそ 5.7 倍であるので

$$14n - 2 + 320 = 5.7 \times (14n - 2) \quad \therefore n = 5$$

よって、炭化水素 **A** の分子式は C_5H_8 である。