

直前東大化学発展演習

【3 回目】



問題

【1】－I

解答・解説

ア 室温 7℃において，湿度 28%であったことから，水蒸気圧は

$$1.000 \times 10^3 \times \frac{28}{100} = 2.80 \times 10^2 \text{ [Pa]}$$

気体の状態方程式より，この部屋の中に存在する水蒸気のも質量は

$$\frac{2.80 \times 10^2 \times 100 \times 10^3}{8.3 \times 10^3 \times 280} = 12.0 \text{ [mol]}$$

17℃における飽和水蒸気圧は $1.926 \times 10^3 \text{ Pa}$ であることから，飽和水蒸気量は

$$\frac{1.926 \times 10^3 \times 100 \times 10^3}{8.3 \times 10^3 \times 290} = 80.0 \text{ [mol]}$$

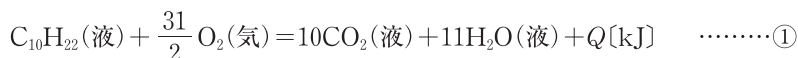
以上より，湿度は

$$\frac{12.0}{80.0} \times 100 = 15.0 \text{ [%]}$$

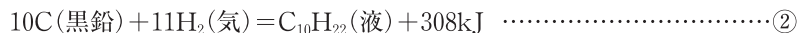
(答) 水蒸気のも質量；12mol，飽和水蒸気量；80mol，湿度；15%

イ $2\text{C}_{10}\text{H}_{22} + 31\text{O}_2 \longrightarrow 20\text{CO}_2 + 22\text{H}_2\text{O}$

ウ デカンの燃焼熱を $Q \text{ [kJ/mol]}$ とすると，熱化学方程式は



与えられた生成熱を熱化学方程式で表すと



③×10＋④×11－②より

$$Q = 394 \times 10 + 242 \times 11 - 308 = 6294 \text{ [kJ/mol]}$$

1.0L に含まれるデカンのも質量は

$$\frac{1.0 \times 0.71 \times 10^3}{142} = 5.0 \text{ [mol]}$$

したがって，発熱量は

$$6294 \times 5.0 = 3.14 \times 10^4 \text{ [kJ]}$$

(答) デカンの燃焼熱；6294kJ/mol，発熱量； $3.1 \times 10^4 \text{ kJ}$

エ 1.0L すなわち 5.0mol のデカンが燃焼したときに生じる水のも質量は 55.0mol である。ア

で元々の水蒸気量は 12.0mol と求めているので，湿度は

$$\frac{12.0 + 55.0}{80.0} \times 100 = 83.7 \text{ [%]}$$

(答) 84%

オ 室内の湿度が一定になるまで運転したことから、冷却器内と室内で蒸気圧が同じになっている。すなわち、このときの蒸気圧は7℃におけるものと等しい。

$$\frac{1.000 \times 10^3}{1.926 \times 10^3} \times 100 = 51.9 \text{ [\%]}$$

(答) 52%

カ 部屋全体の容積を $\frac{1}{4}$ にしたと仮定し、そのときの飽和水蒸気量を求める。アで求めた飽和水蒸気量より

$$80.0 \times \frac{1}{4} = 20.0 \text{ [mol]}$$

これが、除湿後に存在する水蒸気量である。オの条件より、湿度は80.0%であったことから、元々存在していた水の物質量は

$$80.0 \times \frac{80.0}{100} = 64.0 \text{ [mol]}$$

したがって、 $64.0 - 20.0 = 44.0 \text{ [mol]}$ の水がタンクに存在することになる。したがって水の体積は

$$44.0 \times 18 = 792 \text{ [g]} = 0.792 \text{ [L]}$$

このときの湿度は

$$\frac{20.0}{80.0} \times 100 = 25.0 \text{ [\%]}$$

(答) 湿度：25%，水の体積：0.79L

(名古屋工業大 改)

【配点のめやす】 14 点

ア 3点(各1点)

イ 1点

ウ 2点(各1点)

エ 2点

オ 2点

カ 4点(各2点)

(イ以外、途中の過程が示されていないものは不可。)

【1】－Ⅱ

解答・解説

キ ア；2 イ；8 ウ；8 エ；1

ク a；Ar b；2 c；4 d；6 e；12 f；4.4 g；8

f の計算式；塩化ナトリウム型イオン結晶において，同符号のイオンは互いに面心立方格

子内の粒子と同じ間隔で並んでいる。したがって，面の対角線の $\frac{1}{2}$ を求めればよい。

$$6.30 \times 10^{-8} \times \sqrt{2} \times \frac{1}{2} = 4.44 \times 10^{-8} \text{ [cm]}$$

(答) $4.4 \times 10^{-8} \text{ cm}$

ケ 1mol の K^+ を還元するのに必要な電子の物質量は 1mol である。必要な時間を t [分] とすると

$$\frac{100 \times t \times 60}{9.65 \times 10^4} = \frac{97.2}{39.1} \quad \therefore t = 40.0 \text{ [分]}$$

(答) 40 分

コ I $2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$

II $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

サ 陰極では 2mol の電子が流れると，1mol の H_2 が生じる。標準状態での体積を求めるので

$$\frac{10 \times 5 \times 60}{9.65 \times 10^4} \times \frac{1}{2} \times 22.4 = 0.348 \text{ [L]}$$

(答) 0.35L

シ 化学反応式； $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$ 生じる弱酸；次亜塩素酸

ス クより，単位格子には 4 単位の KCl が含まれるので，密度は次の式で求められる。

$$\frac{(39.1 + 35.5) \times 4}{6.0 \times 10^{23} \times (6.30 \times 10^{-8})^3} = 1.98 \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

(答) 2.0 g/cm^3

【配点のめやす】17 点

キ 1 点(ア～エがすべて正しくて可)

ク 6 点(a, b がともに正しくて 1 点, c ～ g 各 1 点)

ケ 2 点

コ 2 点(各 1 点)

サ 2 点

シ 2 点(各 1 点)

ス 2 点

【2】－I

解答・解説

ア (1) Mg (2) K (3) Al

イ $F > Ne$

ウ (1) $Mg + 2H_2O \longrightarrow Mg(OH)_2 + H_2$

(2) $Zn + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$

(3) $Cu + 2AgNO_3 \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + 2Ag$

(4) $Fe + CuSO_4 \longrightarrow FeSO_4 + Cu$

エ A；水和，過程；(C)

オ イオン化エネルギーは原子から電子を取り去り，陽イオンにする際に必要なエネルギーである。一方，イオン化傾向は水溶液中での金属のイオンへの変化のしやすさを表す。イオン化傾向は，金属単体から原子状の金属を経てイオン化し，さらに水和される過程のエネルギーを総て含んでいる。(132字)

カ 水溶液中での金属の陽イオンへのなりやすさを比較するので，電子親和力は不要である。表に示された値のうち，「イオンが水中で水分子と相互作用することによって発生した熱量」が発熱であり，その他必要な3つは吸熱である。それぞれの金属について，水中でイオン化するのに必要なエネルギーは

$$Mg = 147 + 738 + 1451 - 1996 = 340$$

$$Fe = 414 + 763 + 1562 - 2006 = 733$$

$$Cu = 337 + 745 + 1958 - 2172 = 868$$

$$Zn = 130 + 906 + 1733 - 2118 = 651$$

よって，イオン化傾向は $Mg > Zn > Fe > Cu$ の順になる。

(答) $Mg > Zn > Fe > Cu$

(岡山大)

【配点のめやす】14点

ア 2点(3つが正しく答えられて可)

イ 1点

ウ 4点(各1点)

エ 1点(ともに正しく答えられて可)

オ 3点

・イオン化エネルギーについて正しく述べられて1点

・イオン化傾向について，正しく述べられて2点

(このとき，水溶液中での金属の陽イオンへのなりやすさのみを述べたものは1点)

カ 3点(推定の根拠がないものは不可)

【2】－Ⅱ

解答・解説

キ KNO_3 は温度による溶解度の差が非常に大きい。また、低温では尿素の溶解度が大きく、高温では KNO_3 の溶解度が大きいので、なるべく多くの純粋な尿素と KNO_3 を得るためには次の二つの方法が考えられる。語群から数値を選べばよいので、以下では小数点以下第1位を四捨五入した。

方法1

- ① 高温(80℃)において KNO_3 の飽和水溶液となるだけの水を用いて混合物を溶解し、溶け残った尿素を得る。80℃において KNO_3 50g を完全に溶解するのに必要な水の量は

$$\frac{50}{169} \times 100 = 29.58 = 30 \text{ [g]}$$

80℃において水 30g に溶解する尿素の質量は

$$80 \times \frac{30}{100} = 24 \text{ [g]}$$

得られる尿素の質量は

$$50 - 24 = 26 \text{ [g]}$$

- ② ①の水溶液を冷却し、低温(0℃)において尿素の飽和水溶液になるような水の量にして析出してくる KNO_3 を得る。24g の尿素と 50g の KNO_3 を含む水溶液を 0℃に冷却し、尿素の飽和溶液とする。0℃において 24g の尿素を完全に溶解するのに必要な水の量は

$$\frac{24}{40} \times 100 = 60 \text{ [g]}$$

したがって、①の後の水溶液に水を 30g 加えてから冷却すればよい。析出する KNO_3 の質量は

$$50 - 13 \times \frac{60}{100} = 42.2 \text{ [g]}$$

方法2

- ③ 低温(0℃)において尿素の飽和水溶液となるだけの水を用いて混合物を溶解し、溶け残った KNO_3 を得る。0℃において尿素 50g を完全に溶解するのに必要な水の量は

$$\frac{50}{40} \times 100 = 125 \text{ [g]}$$

0℃において水 125g に溶解する KNO_3 の質量は

$$13 \times \frac{125}{100} = 16.25 \text{ [g]}$$

より、得られる(溶け残る) KNO_3 の質量は

$$50 - 16.25 = 33.75 \text{ [g]}$$

- ④ ③の水溶液を加熱し、高温(80℃)において KNO_3 の飽和水溶液になるような水の量にして析出してくる尿素を得る。16.25g の KNO_3 と 50g の尿素を含む水溶液を 80℃に加熱し、 KNO_3 の飽和水溶液とする。80℃において 16.25g の KNO_3 を完全に溶解するのに必要な水の量は

$$\frac{16.25}{169} \times 100 = 9.615 \div 10 \text{ [g]}$$

したがって、③の後の水溶液を、水が10gになるまで濃縮すればよい。析出する尿素の質量は

$$50 - 80 \times \frac{10}{100} = 42 \text{ [g]}$$

以上より、方法2の方がよい。

(答) ① (c) ② (c) ③ (a) ④ (e) ⑤ (a) ⑥ (b)

ク、ケ 温度が上昇するにつれて溶け残る量が減少していることより、20℃および40℃においてはまだ KNO_3 も溶けきれずに残っていることがわかる。これより、20℃および40℃では KNO_3 の飽和水溶液となっていると考えてよく、この実験に用いた水の質量を w [g]、混じっているサリチル酸の質量を x [g]、 KNO_3 (サリチル酸を含まない)の質量を y [g]とすると、次式が成立する。

$$20^\circ\text{C} : \quad x + y = 32 \times \frac{w}{100} + 100$$

$$40^\circ\text{C} : \quad x + y = 64 \times \frac{w}{100} + 60$$

$$\therefore 32 \times \frac{w}{100} + 100 = 64 \times \frac{w}{100} + 60$$

$$\therefore w = 125 \text{ [g]}$$

ここで、60℃においてもまだ KNO_3 の溶け残りがあり、水溶液は KNO_3 の飽和水溶液となっているならば

$$60^\circ\text{C} : \quad x + y = 109 \times \frac{w}{100} + 10$$

が成り立つはずであるが

$$109 \times \frac{125}{100} + 10 = 146.25 > x + y (=140)$$

より、60℃では KNO_3 は残らず溶けており、溶け残った10gはサリチル酸のみであるとわかる。以上より、混じっていたサリチル酸は10g、 KNO_3 の質量は $140 - 10 = 130$ [g]となる。

(答) ク；10g, ケ；125g

【配点のめやす】18点

キ 12点(各2点)

ク 3点

ケ 3点

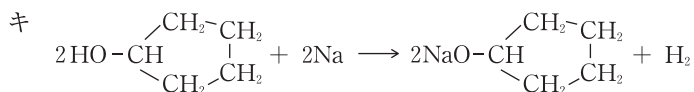
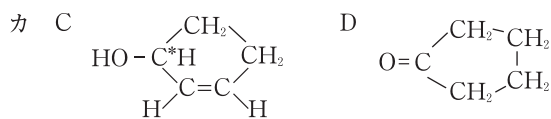
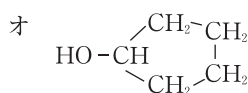
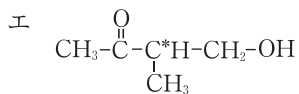
【3】- I

解答



イ 実験1；アルキン，実験2；第一級アルコール

ウ 極性の大きいアルコール性ヒドロキシ基が水分子と水素結合するため。(32 字)



(東北大 後期)

【配点のめやす】 19 点

ア 6 点(各 3 点)

イ 1 点(ともにできて可)

ウ 2 点

エ 2 点

オ 2 点

カ 4 点(各 2 点)

キ 2 点

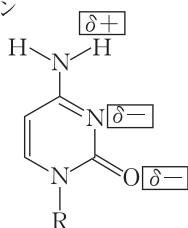
【3】－Ⅱ

解答

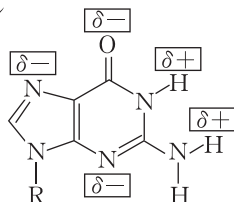
ク a；遺伝情報 b； α -アミノ酸 c；ペプチド d；電気陰性 e；配位

f；静電気 g；イオン h；水素 i；変性

ケ シトシン



グアニン



コ (1) DNA-1 はチミンのみなので 1 本鎖のままであるが， アデニンのみの DNA-2 を同物質量混合すると， アデニンとチミンが水素結合して二重らせんを形成し， 溶質粒子の濃度が半分になったため。

(2) 水溶液の体積を 0.500mL と仮定すると

$$1.23 \times 10^5 \times \frac{0.500}{1000} = \frac{0.164}{M} \times 8.31 \times 10^3 \times 300$$

$$\therefore M = 6648$$

(答) 6.65×10^3

サ 平衡状態において $[\text{DNA-3} \cdot \text{DNA-4}] = x [\text{mol/L}]$ とすると， $[\text{DNA-3}] = (2.0 \times 10^{-4} - x) [\text{mol/L}]$ ， $[\text{DNA-4}] = (8.0 \times 10^{-4} - x) [\text{mol/L}]$ であるから

$$\frac{[\text{DNA-3} \cdot \text{DNA-4}]}{[\text{DNA-3}][\text{DNA-4}]} = K_s$$

$$[\text{DNA-3} \cdot \text{DNA-4}] = [\text{DNA-3}][\text{DNA-4}] K_s$$

$$\therefore x = (1.0 \times 10^6) (2.0 \times 10^{-4} - x) (8.0 \times 10^{-4} - x)$$

$$\therefore 0 \div (2.0 \times 10^{-4} - x) (8.0 \times 10^{-4} - x)$$

$$\therefore x = 2.0 \times 10^{-4} [\text{mol/L}]$$

(答) a；DNA-3・DNA-4 b， c；DNA-3， DNA-4(順不同) d 2.0×10^{-4}

(大阪大 後期)

【配点のめやす】 18 点

ク 9 点(各 1 点)

ケ 2 点(シトシン， グアニンそれぞれについてすべて正しく埋められて各 1 点)

コ (1) 2 点

(2) 2 点

サ 3 点(a～c は 3 つ正しくて 1 点， d は 2 点)



会員番号	
------	--

氏 名	
-----	--