

福岡大学医学部 化学

2022年2月2日実施

1

問 1 (9) 問 2 (3) 問 3 (2)

解説

問 1 シュウ酸二水和物 A g は $\frac{A}{M}$ mol であり, これを 500 mL にした溶液は $\frac{2A}{M}$ mol/L である. このシュウ酸水溶液 V mL と C mol/L の水酸化ナトリウム 25 mL がちょうど中和するので,

$$\frac{2A}{M} \times \frac{V}{1000} \times 2 \text{価} = C \times \frac{25}{1000} \times 1 \text{価} \implies C = \frac{4AV}{25M}$$

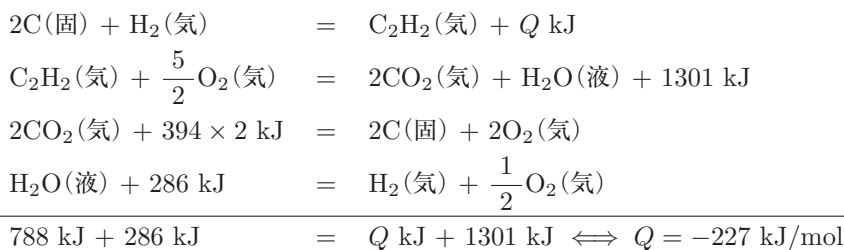
問 2 アセチレンの生成熱を Q kJ/mol とする. (反応熱) = (生成物の生成熱の総和) - (反応物の生成熱の総和) の関係から,

$$1301 = 394 \times 2 + 286 - Q$$

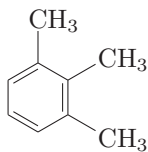
を解いて, $Q = -227$ kJ/mol

別解

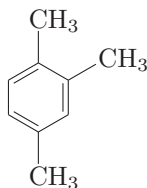
次の熱化学方程式を足し合わせる.



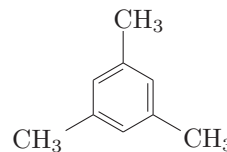
問 3 (a) 正文. ベンゼンの水素原子 3 個をメチル基で置換した化合物には以下の 3 つの構造異性体が存在する.



1,2,3-トリメチルベンゼン



1,2,4-トリメチルベンゼン

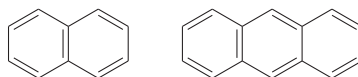


1,3,5-トリメチルベンゼン

(b) 誤文. ベンゼン環をもち分子式 $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$ で表される化合物には, ベンジルアルコール, *o*-クレゾール, *m*-クレゾール, *p*-クレゾール, アニソール (メチルフェニルエーテル) の 5 つの構造異性体が存在する.

(c) 正文. エチルベンゼンの ベンゼン環の水素原子 1 個を塩素原子で置換した化合物は *o*-, *m*-, *p*- の 3 つが存在する.

(d) 誤文. ナフタレン (分子式は $C_{10}H_8$), アントラセン (分子式は $C_{14}H_{10}$) の構造は以下のとおりである. 異性体どうしは分子式が同じであるため, これら二つの物質は異性体関係にない.



ナフタレン

アントラセン

2

問1 ア:(13) イ:(18) ウ:(20) エ:(22) オ:(21) カ:(26) キ:(28) ク:(33) ケ:(25)

問2 $A: 2CuO + H_2O + CO_2$ $B: 2Cu_2S + 2Fe_2O_3 + 6SO_2$ 問3 $2.40 \times 10^{-1} \text{ g}$ 問4 (6)

解説

問1 ア 銅とスズの合金は「青銅」

イ 銅の電解精錬では陽極に粗銅, 陰極に純銅を用いて電気分解する.

ウエオ 粗銅に含まれる金属元素のうち, イオン化傾向が銅より大きいものは溶液中にイオンとなって溶け出し, イオン化傾向が銅より小さい金属は陽極下に沈殿して陽極泥になる. 鉛はイオン化傾向が銅より大きいがいオン化すると溶液中の硫酸イオンと反応して硫酸鉛(II) $PbSO_4$ となり沈殿する.

カ 酸化銅(II) CuO は黒色, 酸化銅(I) Cu_2O は赤色.

キク エタノールは酸化銅(II) CuO により酸化されてアセトアルデヒド CH_3CHO になり, 酸化銅(II) CuO はその際還元されて銅になる.

ケ $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ は青色の結晶, $CuSO_4$ は白色の粉末.

問2 A $Cu_2(OH)_2CO_3 \longrightarrow 2CuO + H_2O + CO_2$

B $4CuFeS_2 + 9O_2 \longrightarrow 2Cu_2S + 2Fe_2O_3 + 6SO_2$

問3 反応式は $2CuO + C \longrightarrow 2Cu + CO_2$ なので

$$CuO : C = 2 : 1 = \frac{3.18}{79.5} : \frac{x}{12.0} \text{ を解いて } x = 2.40 \times 10^{-1} \text{ g}$$

問4 $Cu(OH)_2 \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2OH^-$ なので $K_{sp} = [Cu^{2+}][OH^-]^2 = 1.0 \times 10^{-20} \text{ (mol/L)}^2$

ここに $[Cu^{2+}] = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ を代入すると $[OH^-]^2 = 1.0 \times 10^{-17} = 10 \times 10^{-18} \text{ (mol/L)}^2$ となり,

$$[OH^-] = \sqrt{10} \times 10^{-9} = \sqrt{2} \times \sqrt{5} \times 10^{-9} = 3.14... \times 10^{-9} \doteq 3.1 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$$

3

問1 あ:(3) い:(2) 問2 イオン 問3 (3) 問4 (5) 問5 (2)

問6 (i) (2) (ii) (3) (iii) 2.85 問7 (i) (4) (ii) 2 (iii) (2)

解説

問1 水に溶解し, 水中で(ほぼ)完全にイオンに分かれる(つまり電離する)物質を強電解質, 一部が電離する物質を弱電解質, 全く電離しない物質を非電解質という.

問2, 問5 水の電離平衡は,



であり, それぞれの物質の濃度を $[\]$ で表すと本来その平衡定数 K は,

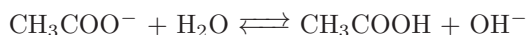
$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

となるが, 水の電離はごくわずかしか進行せず水の濃度 $[H_2O]$ は $[H^+]$ や $[OH^-]$ に比べて十分に大きい値で一定値とみなすことができるので, 新たな定数である K_w を定義して,

$$K_w = K[H_2O] = [H^+][OH^-]$$

と表せる. この値 K_w を水のイオン積といい, $25^\circ C$ における値は $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ で一定である.

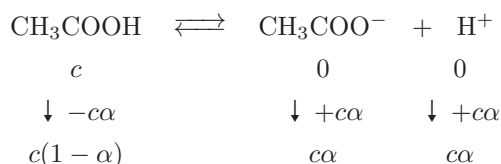
問3 強塩基と弱酸から生じた塩，例えば酢酸ナトリウムは水中で電離したのち，酢酸の電離定数が小さいことから水と反応して，



のように元の酢酸分子の形に戻ろうとする。この時に OH^- を生じるので酢酸ナトリウムの水溶液は（弱）塩基性を示す。またこの反応を塩の加水分解という。

問4 知識問題である。(a) リン酸は酸としては中程度の強さであるが，完全電離するわけではないので弱電解質である。(b) ヨウ化水素は強電解質で水溶液は強酸性（ちなみにハロゲン化水素では HF のみ弱酸で，HCl, HBr, HI は強酸であることは覚えておこう）。(c) アンモニアは弱電解質で水溶液は弱塩基性。(d) 水酸化カルシウムは強電解質で水溶液は強塩基性（金属の水酸化物は，アルカリ金属とアルカリ土類金属のみ強電解質）。

問6 (i) 酢酸の電離について，水溶液 1 L 中でバランスシートを書く（データの単位は mol）と，



となるが，これはそれぞれ水溶液 1 L 中の値なので，電離平衡時のそれぞれの濃度を電離定数 K_a の定義式に代入して，

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

(ii) 電離度 α が小さいので，上式で $1-\alpha \doteq 1$ と近似すると，

$$2.0 \times 10^{-5} = c \times (1.4 \times 10^{-2})^2 \iff c = 1.02\dots \times 10^{-1} \doteq 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$$

$$\left(\text{もし近似しなかったとしても，} c = \frac{(1-\alpha)K_a}{\alpha^2} = \frac{(1-0.014) \times 2 \times 10^{-5}}{1.42 \times 10^{-4}} = 1.00\dots \times 10^{-1} \text{ mol/L} \right)$$

(iii) 前問と同じように近似すると， $\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{c}}$ なので，

$$[\text{H}^+] = c\alpha = \sqrt{cK_a} = \sqrt{1.0 \times 10^{-1} \times 2.0 \times 10^{-5}} = \sqrt{2.0} \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = 3 - \frac{1}{2} \log_{10} 2 = 2.85$$

問7 (i) 電離定数の式を変形して，

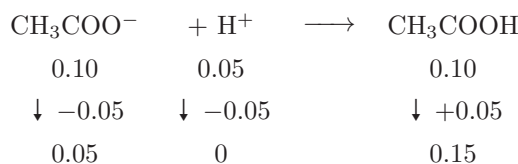
$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \iff [\text{H}^+] = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} K_a$$

$$\text{pH} = -\log_{10} \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} K_a = -\log_{10} K_a + \log_{10} \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

(ii) pH 5.0 $\iff [\text{H}^+] = 10^{-5} \text{ mol/L}$ を電離定数の式に代入すると，

$$2.0 \times 10^{-5} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \times 10^{-5}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \iff \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 2 \text{ より，求める倍率は 2 倍。}$$

(iii) 加えた HCl は CH_3COONa と弱酸遊離反応を起こす。その反応を水中のイオンで表し，溶液 1 L 中でバランスシートを書く（データの単位は mol）と，



(i) の式 $\text{pH} = -\log_{10} K_a + \log_{10} \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$ で考える。

HCl を加える前は， $[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{CH}_3\text{COO}^-]$ なので， $\text{pH} = -\log_{10} K_a$

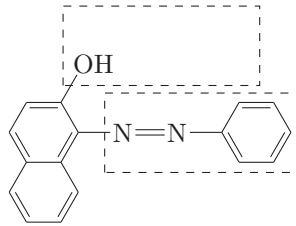
加えた後はバランスシートのデータより， $\text{pH} = -\log_{10} K_a + \log_{10} \frac{0.05}{0.15} = -\log_{10} K_a - \log_{10} 3$

となったので，その差は $\log_{10} 3 = 0.48 \doteq 0.5$ である。

問1 ア：(13) イ：(17) ウ：(15) エ：(21)

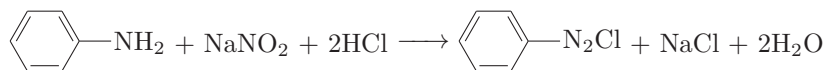
問2 a：(15) b：(15) c：(11) d：(13) e：(11) f：(12) g：(22) h：(11) i：(12) j：(13)

問3 (3) 問4 アニリンブラック 問5

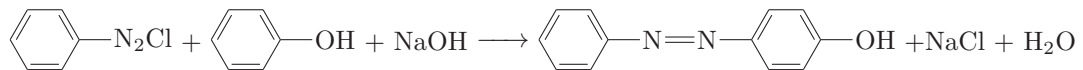


解説

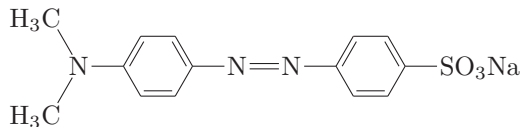
問1 アニリン塩酸塩を氷冷しながら亜硝酸ナトリウムと反応させると塩化ベンゼンジアゾニウムが生じる。反応式は以下の通り。



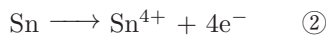
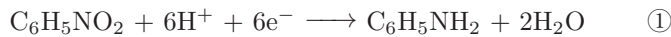
また塩化ベンゼンジアゾニウムにフェノールと適量の水酸化ナトリウム水溶液を反応させると *p*-ヒドロキシアゾベンゼンが生じる。反応式は以下の通り。



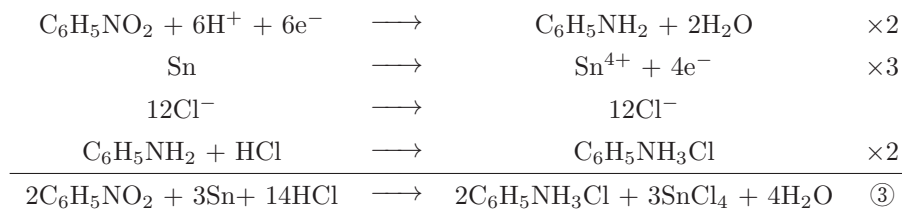
同様の方法を行うとスルファニル酸ナトリウムのアミノ基の部分がアゾ基になり、*N,N*-ジメチルアニリンのパラ位に結合しメチルオレンジが生じる。なおメチルオレンジの構造は次の通り。



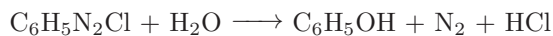
問2 反応式は次の通り



①×2+②×3の両辺に12Cl⁻を足して酸化還元反応式を作り、生成したアニリンと塩酸の中和の式を足して③の式を得る。



問3 塩化ベンゼンジアゾニウムは温度が5℃以上になると次の反応を起こし加水分解してしまう。



問4 アニリンを二クロム酸カリウムと硫酸で酸化すると黒色の染料アニリンブラックが生じる。

問5 与えられた構造は2-ナフトール由来のナフタレン環なので2位につくのがヒドロキシ基、1位につくのがアニリン由来のフェニルアゾ基になる。

講評

1 [小問集合] (易)

中和滴定は文字計算，熱化学は数値計算だがいずれも容易．問3の異性体の問題は引っかけりそうなところもあるが，正解数が2つと決まっているので与し易い．

2 [金属各論 (Cu)] (標準)

銅の精錬，精製，銅の化合物に関する問題で，酸化銅(II)や無水硫酸銅(II)の色などをしっかり覚えていれば，どれも難しくない．最後の溶解度積の問題で $K_{sp} = [\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^{-}]^2$ になることを忘れなければ，計算は簡単．

3 [電解質・水の電離・弱酸の電離平衡] (標準)

問題量は多かったが，それぞれの問題はどれも解き方に悩むようなものではなく，対応可能なものばかりだったので，この範囲を丁寧に学習した受験生は完答できる内容だった．ただ，緩衝液など苦手な受験生も多い分野ではあるのでそういう意味では差がつく問題といえそう．

4 [アゾ染料] (標準)

アゾ染料に関する問題．反応式を作る誘導なども丁寧に書かれており得点しやすかった．アゾ染料を作る反応をしっかりと理解していれば最後まで完答できるはずである．満点を目指したい．

解きやすい問題が並び，2021年度よりやや易化したか．一次合格には80%は必要だろう．引っかけりやすい選択肢が紛れていたの注意して選びたい．

本解答速報の内容に関するお問合せは

医学部専門予備校

英進館メビオ 福岡校

☎0120-192-215 受付 9:00~21:00(土日祝可)
福岡市中央区渡辺通4-8-20 英進館 天神本館新2号館2階
<https://www.mebio-eishinkan.com/>

医学部進学予備校
メビオ

☎0120-146-156
<https://www.mebio.co.jp/>

医学部専門予備校
YMS

☎03-3370-0410
<https://yms.ne.jp/>



無料登録で全科目を閲覧！

メールマガジン

◀ 英進館メビオのメルマガ登録はこちら