

東北医科薬科大学医学部 化学

2020年1月25日実施

1

【I】

問 1 原子内部の構造を調べるために、ラザフォードらは α 線を金箔に照射する実験を行った。

(答) ⑦

問 2 α 粒子は ${}^4_2\text{He}$ 原子核、 β 粒子は電子 e^- 、 γ 粒子は光子（電磁波を粒子と考えたもの）であり、電荷は電気素量を e としてそれぞれ $+2e$ 、 $-e$ 、 0 である。それぞれの粒子の流れが α 線、 β 線、 γ 線である。電荷の絶対値が小さいものほど周囲と相互作用しにくく透過力が強くなるので、最も強いのは γ 線である。以上より、c のみ誤りである。

(答) ③

問 3 「金箔に照射された α 粒子の数に対する大きく曲げられたり、はね返された α 粒子の数の割合は、原子の断面積に対する原子核の断面積に等しいものとする」とあるので、原子核の直径の、原子の直径に対する割合は、はね返された α 粒子の割合に等しいと考えてよいと思われる。

(答) ⑩

問 4 Cu^{2+} は 4 配位の正方形の錯イオンを形成する。 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ では 4 個の H_2O 分子が Cu^{2+} に配位結合し、残りの 1 個は配位結合した H_2O 分子と SO_4^{2-} の O 原子との間で水素結合を形成している。

(答) ⑦

問 5 Zn^{2+} は正四面体形、 Cu^{2+} は正方形、 Fe^{2+} は正八面体形の錯イオンを形成する。

(答) ⑦

問 6 Cl^- 、 Cr^{3+} 、 Cl^- が同一直線上にないシス形と、同一直線上にあるトランス形の 2 種類の幾何異性体がある。

(答) ①

【II】

問 7 $0.8 \text{ mmol}/(\text{L} \cdot \text{s}) \times \frac{3}{2} = 1.2 \text{ mmol}/(\text{L} \cdot \text{s})$

(答) ⑦

問 8 求める時間を t_1 とすると、 $t = t_1$ のとき $[A] = 0.20 [A]_0$ で、これを与式に代入する。

$$\log_e (0.20 [A]_0) = -kt_1 + \log_e [A]_0$$

$$\therefore t_1 = -\frac{\log_e 0.20}{k} = \frac{\log_e 10 - \log_e 2}{k} = \frac{2.30 - 0.693}{7.00 \times 10^{-2}/\text{min}} = 23.0 \text{ min}$$

(答) ⑧

問 9 a 正しい。一般に、反応が起こるためには活性化状態に到達する必要があるが、逆に活性化状態に到達したからといって必ず反応が起こるわけではない。

b 誤りである。分子の結合エネルギーの和は、分子内にある全ての結合の切るのに必要なエネルギーであるが、実際にはそれよりも小さいエネルギー（最小値が活性化エネルギーである）でも起こることが知られている。

c 誤りである。温度を変えても活性化エネルギーは変化しない。

d 誤りである。水に溶解すると乱雑さの度合いは増加する。

(答) ①

問 10 反応速度を v ，反応速度定数を k とすると $v = k[X]^2[Y]$ と表せる。 $[X]$ と $[Y]$ をともに 3 倍にすると， k は変化しないので v は $3^2 \times 3 = 27$ 倍になる。

(答) ⑨

問 11 a 誤りである。多段階反応において，全体の反応速度を支配する段階のことを律速段階といい，通常，反応速度が一番小さい反応が該当する。

b 正しい。水素の燃焼は発熱反応であるが，初めに活性化エネルギー以上のエネルギーを与える必要がある。反応が始まると大きな反応熱が放出され，そのエネルギーを利用して他の分子も次々と反応できるようになるため，点火で反応は急速に進行する（加熱し続ける必要はない）。

c 誤りである。触媒を加えると反応速度定数は増加するが，平衡定数は変化しない。

d 正しい。三元触媒は主成分が白金 Pt，パラジウム Pd，ロジウム Rh であり，自動車の排ガス中に含まれる有害物質を浄化するのに用いられている。

(答) ⑨

問 12 b と c の触媒が逆である。他は正しい。

(答) ⑦

【Ⅲ】

問 13 a 誤りである。 O_2 は直線形であるが， O_3 は折れ線形である。

b 誤りである。同温・同圧下でも分子量が異なるため密度は異なる。

c 誤りである。イオン化傾向が非常に小さい金や白金は酸素によっては酸化されない。

d 正しい。 O_3 は酸化力が強く I^- を酸化して I_2 を生成し，ヨウ素デンプン反応により青紫色を呈する。

e 正しい。化学反応式は $2KClO_3 \rightarrow 3O_2 + 2KCl$ となる。

(答) ⑩

問 14 化学反応の量的関係は次表のようにまとめられる（単位は L）。

	$3O_2$	\rightarrow	$2O_3$	計
反応前	10		0	10
変化量	-0.60		+0.40	-0.20
反応後	9.4		0.40	9.8

(答) ③

問 15 a 誤りである。 ZnO は両性酸化物に分類される。

b 誤りである。 P_4O_{10} は酸性酸化物に分類される。

c 正しい。 SO_2 は通常，還元剤として作用するが， H_2S に対しては酸化剤として作用する。

d 正しい。オキソ酸の中心となる原子に，H 原子と結合していない O 原子が多く結合しているほど，中心原子の酸化数は高くなり電子不足となる。そのため，周囲の電子を引き付ける効果によって O-H 結合が弱くなり電離しやすくなる。

e 誤りである。 $Cl_2O_7 + H_2O \rightarrow 2HClO_4$ の反応により過塩素酸が生成するが，Cl の酸化数は +7 である。

(答) ⑧

問 16 加圧すると赤褐色の NO_2 の濃度が増加して色が濃くなるが，そのうち気体分子数が減少する右向きに平衡移動するので色が薄くなる。

(答) ②

問 17 化学反応の量的関係は次表のようにまとめられる (単位は mol)。

	2NO ₂	⇌	N ₂ O ₄	計
反応前	x		0	x
変化量	-2y		+y	-y
平衡時	x - 2y		y	x - y

よって、平衡定数を K L/mol とすると、次のように表せる。

$$K \text{ L/mol} = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{\frac{y \text{ mol}}{V \text{ L}}}{\left\{ \frac{(x - 2y) \text{ mol}}{V \text{ L}} \right\}^2} = \frac{yV}{(x - 2y)^2} \text{ L/mol}$$

(答) ⑦

問 18 $V = 5.0$, $x - 2y = 2.0$, $K = 2.5$ として 問 17 の結果に代入する。

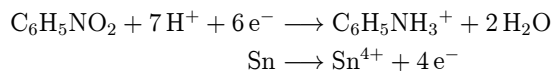
$$2.5 = \frac{y \times 5.0}{2.0^2}$$

$$\therefore y \text{ mol} = 2.0 \text{ mol}$$

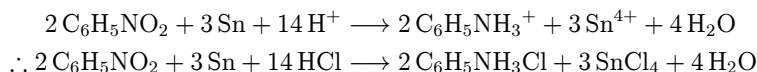
(答) ⑥

【IV】

問 19 芳香族化合物 A はニトロベンゼン, 芳香族化合物 B はアニリン塩酸塩である。ニトロベンゼンとスズの半反応式は, それぞれ



である。 e^- を消去して対イオン Cl^- を加えると化学反応式になる。



よって $a = 2$, $b = 3$, $c = 14$ であり $a + b + c = 19$ となる。

(答) ⑧

問 20 芳香族化合物 C はアニリン, 芳香族化合物 D はアセトアニリドである。反応した芳香族化合物 A (ニトロベンゼン) の物質質量から計算すればよい。

$$\frac{7.38 \text{ g}}{123 \text{ g/mol}} \times \frac{88.0}{100} \times \frac{75.0}{100} \times 135 \text{ g/mol} = 5.35 \text{ g}$$

(答) ⑥

問 21 a 正しい。ニトロ基は電子吸引基でありメタ配向性を示す。

b 誤りである。アニリンに硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を作用させると染料のアニリンブラックが生成する。

c 誤りである。一般に、芳香族アミンの塩基性はアンモニアの塩基性よりも弱い。これはアミノ基が電子供与基でベンゼン環に電子が供与され、N 原子上の電子密度が低下するためである。

d 誤りである。アセトアニリドは中性である。解熱鎮痛剤として使用されたことがあるが、副作用が強いため現在では用いられない。

(答) ①

問 22 静置して平衡になったとき、ジエチルエーテル層および水層に存在する芳香族化合物 Y の質量を、それぞれ $m_{\text{エ}}$ 、 $m_{\text{水}}$ とすると、

$$m_{\text{エ}} + m_{\text{水}} = 5.00 \text{ g}$$

である。また、芳香族化合物 Y のモル質量を M とすると、分配係数の式より

$$K = \frac{[\text{Y}]_{\text{エ}}}{[\text{Y}]_{\text{水}}} = \frac{\frac{m_{\text{エ}}}{M} \times \frac{1}{50 \text{ mL}}}{\frac{m_{\text{水}}}{M} \times \frac{1}{100 \text{ mL}}} = \frac{2m_{\text{エ}}}{m_{\text{水}}} = 3.0$$

$$\therefore \frac{m_{\text{エ}}}{m_{\text{水}}} = \frac{3}{2}$$

の関係が得られる。 $m_{\text{エ}} = 3.00 \text{ g}$ 、 $m_{\text{水}} = 2.00 \text{ g}$ より、求める割合は次のようになる。

$$\frac{m_{\text{エ}}}{5.00 \text{ g}} \times 100 \% = 60 \%$$

(答) ⑥

問 23 問 22 と同様にして、2 回目の分液操作で平衡になったとき、ジエチルエーテル層および水層に存在する芳香族化合物 Y の質量を、それぞれ $m_{\text{エ}'}$ 、 $m_{\text{水}'}$ とすると、

$$m_{\text{エ}'} + m_{\text{水}'} = 3.00 \text{ g}$$

$$\frac{m_{\text{エ}'}}{m_{\text{水}'}} = \frac{3}{2}$$

$$\therefore m_{\text{エ}'} = 1.20 \text{ g}, \quad m_{\text{水}'} = 0.800 \text{ g}$$

と求まる。よって、求める質量は次のようになる。

$$m_{\text{エ}} + m_{\text{エ}'} = (3.00 + 1.20) \text{ g} = 4.20 \text{ g}$$

(答) ⑧

問 24 酸触媒の存在下、フェノール（過剰量）とホルムアルデヒドを付加縮合させると、低重合体のノボラックが生成する。これに硬化剤を加えて加熱するとフェノール樹脂になる。一方、塩基触媒の存在下、フェノールとホルムアルデヒド（過剰量）を付加縮合させると、2、3 個程度縮合したレゾールという中間体を生じる。これは $-\text{CH}_2\text{OH}$ を多く持つ構造をしており、硬化剤を加えなくても加熱するだけでフェノール樹脂が生成する。

(答) ②

問 25 2 分子のフェノール間で HCHO による付加縮合が起こる場合、2 個の H 原子が取れて $-\text{CH}_2-$ が導入されるので、付加縮合 1 回につき C 原子 1 個分増加することが分かる。つまり、フェノール 1 分子当たりでは C 原子 $\frac{1}{2}$ 個分である。図に示されたフェノール樹脂は、1 分子のフェノール当たり 3 か所で付加縮合が起きて生成するので、フェノール樹脂を構成するフェノール単位の平均個数（平均重合度）を n とすると、分子量は $\left(94 + 12 \times \frac{1}{2} \times 3\right) n = 112n$ と表せる。よって、求める HCHO の質量は次のように求められる。

$$\frac{560 \text{ g}}{112n \text{ g/mol}} \times \frac{3n}{2} \times 30 \text{ g/mol} = 225 \text{ g}$$

(答) ⑤

【化学（講評）】

問題数は昨年と同じ 25 題であり、計算問題の割合も同程度であった。一昨年までと異なり、昨年からは特に難しい設問は出題されなくなり、昨年度と同様の難易度といえる。化学の歴史や無機化学の知識問題（工業的製法など）が比較的多い点も従来からの特徴を踏まえている。正誤問題という形式が毎年よく見られる。

【Ⅰ】は原子の構造に関する問題である。ラザフォードの散乱実験についてしっかり学習していれば戸惑うことはないだろう。普段から歴史に気を配る学習を心がけたい。放射線の知識も定着させておくこと。

【Ⅱ】のリード文は少し長いですが、学習したことがあるはずの内容である。差が付きそうなのは正誤問題であろう。理論の完全な理解が問われている。

【Ⅲ】では特に難しい問題は見当たらず、完答を目指したい。

【Ⅳ】の分配平衡は類題をやったことがあると思う。内容は平易である。最後のフェノール樹脂の計算は高分子化合物について演習を積んでいないと難しく感じるだろう。

全体としては基本的な問題が多く、計算も平易なものが増えて取り組みやすいが、正誤問題や知識問題の出来で差が付く。70% の得点率はほしい。

メルマガ無料登録で全教科配信！ 本解答速報の内容に関するお問合せは YMS ☎03-3370-0410 まで

☎ 03-3370-0410

受付時間 8～20時 土日祝可

<https://yms.ne.jp/>

東京都渋谷区代々木 1-37-14



☎ 0120-146-156

☎ 携帯からOK 受付時間 9～21時 土日祝可

<https://www.mebio.co.jp/>

大阪市中央区石町2-3-12ベルヴォア天満橋