

2024年度大学入学共通テスト 解説 〈化学〉

第1問

問1 NH_4^+ , H_3O^+ , $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ は、それぞれ次のように配位結合してできたイオンである。

NH_4^+ … NH_3 分子中の N 原子の非共有電子対が H^+ に配位結合

H_3O^+ … H_2O 分子中の O 原子の非共有電子対が H^+ に配位結合

$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ … NH_3 分子中の N 原子の非共有電子対が Ag^+ に配位結合

HCOO^- は配位結合してできたイオンではない。以上より、④が正解である。

(答) …④

問2 16 g のメタン (分子量 16) の液体 (111 K, 1.0×10^5 Pa) および気体 (300 K, 1.0×10^5 Pa) の体積は、それぞれ次の通りである。

$$\text{液体} : \frac{16 \text{ g}}{0.42 \text{ g/cm}^3} \doteq 38.1 \text{ cm}^3$$

$$\text{気体} : \frac{\frac{16 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}} \times 8.3 \times 10^3 \frac{\text{Pa} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \times 300 \text{ K}}{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}} \times 10^3 = 2.49 \times 10^4 \text{ mL}$$

よって、求める値は $\frac{2.49 \times 10^4}{38.1} \doteq 6.5 \times 10^2$ 倍である。以上より、①が正解である。

(答) …①

問3 砂はろ紙も半透膜 (セロハン膜) も通過できない。また、水溶液中のグルコース分子は、ろ紙も半透膜も通過できる。一方、トリプシン (コロイド粒子) は、ろ紙は通過できるが半透膜は通過できない。以上より、④が正解である。

(答) …④

問4

a 図1より、 1.01×10^5 Pa における水の沸点が 100°C であり、 9×10^4 Pa における沸点は 100°C よりも低い。よって、④の記述は誤りである。なお、①～③の記述は正しい記述である。以上より、④が正解である。

(答) …④

b

①…誤 0°C において、「氷の密度 < 水の密度」より、同じ質量では「氷の体積 > 水の体積」である。よって、この記述は誤りである。

②…誤 図2より、温度が -4°C から 0°C に上昇するにつれて氷の密度は減少している。よって、この記述は誤りである。

③…正 図2より、12℃の水の密度(実線)と-4℃での過冷却の水の密度(破線)を比べると、12℃の水の密度の方が大きい。

④…誤 「4℃の水の密度>4℃よりも低温の水の密度」より、4℃よりも低温の水の方が軽く、上の方に存在する。よって、この記述は誤りである。

以上より、③が正解である。

(答) …③

c 加えた熱量によって融解した氷の質量は、

$$\frac{6.0 \text{ kJ}}{6.0 \text{ kJ/mol}} \times 18 \text{ g/mol} = 18 \text{ g}$$

であり、残った氷の質量は、

$$54 \text{ g} - 18 \text{ g} = 36 \text{ g}$$

である。ここで、図2より、0℃における氷の密度は0.917 g/cm³より、求める体積は、

$$\frac{36 \text{ g}}{0.917 \text{ g/cm}^3} \doteq 39 \text{ cm}^3$$

である。以上より、⑤が正解である。

(答) …⑤

第2問

問1 「NH₄NO₃(固)+aq」から「NH₄NO₃aq」の変化が吸熱反応、すなわち「エネルギーが低い状態」から「エネルギーが高い状態」の変化で表されている図は、①である。以上より、①が正解である。

(答) …①

問2 式(1)の平衡が右へ移動する操作を選べばよい。①の操作では、平衡が左へ移動する。②および④の操作では、平衡は移動しない。③の操作では、右へ移動する。以上より、③が正解である。

(答) …③

問3 アルカリマンガン乾電池では、式(2)より、「2 molのMnO₂、1 molのZn、2 molのH₂O」が消費されるときに「2 molの電子」が流れる。同様に、空気亜鉛電池およびリチウム電池では、それぞれ式(3)、(4)より、「1 molのO₂、2 molのZn」が消費されるときに「4 molの電子」、「1 molのLi、1 molのMnO₂」が消費されるときに「1 molの電子」が流れる。よって、反応物の消費量(g)と流れる電子の物質質量(mol)の関係は、それぞれ次の通りである。

アルカリマンガン乾電池

$$2 \text{ mol} \times 87 \text{ g/mol} + 1 \text{ mol} \times 65 \text{ g/mol} + 2 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 275 \text{ g} \cdots \text{電子 } 2 \text{ mol}$$

空気亜鉛電池

$$1 \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol} + 2 \text{ mol} \times 65 \text{ g/mol} = 162 \text{ g} \cdots \text{電子 } 4 \text{ mol}$$

リチウム電池

$$1 \text{ mol} \times 6.9 \text{ g/mol} + 1 \text{ mol} \times 87 \text{ g/mol} = 93.9 \text{ g} \cdots \text{電子 } 1 \text{ mol}$$

よって、ファラデー定数を F (C/mol) とおくと、各電池の放電反応において、反応物の総量が 1 kg 消費されるときに流れる電気量の大小関係は次の通りである。

$$\frac{4 \text{ mol} \times F(\text{C/mol})}{0.162 \text{ kg}} > \frac{1 \text{ mol} \times F(\text{C/mol})}{0.0939 \text{ kg}} > \frac{2 \text{ mol} \times F(\text{C/mol})}{0.275 \text{ kg}}$$

空気亜鉛電池 リチウム電池 アルカリマンガン電池

以上より、④が正解である。

(答) 9 …④

問 4

a 平衡時の HA, H^+ , A^- のモル濃度は、それぞれ次の通りである。

$\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$
はじめ c 0 0 (mol/L)
変化量 $-c\alpha$ $+c\alpha$ $+c\alpha$
平衡時 $c(1-\alpha)$ $c\alpha$ $c\alpha$

ここで、HA の電離定数を K_a (mol/L) とおくと、

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{c\alpha \times c\alpha}{c(1-\alpha)} = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha} \doteq c\alpha^2$$

であり、温度一定のもとでは K_a は定数であることより、 c と α^2 は反比例する。よって、 c と α の関係を正しく表しているグラフは④である。なお、⑤は c と α が反比例したグラフである。以上より、④が正解である。

(答) 10 …④

b 図 1 より、NaOH 水溶液の滴下量が 2.5 mL のとき、 $[\text{HA}] = 0.060 \text{ mol/L}$, $[\text{A}^-] = 0.020 \text{ mol/L}$ である。よって、

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{8.1 \times 10^{-5} \times 0.020}{0.060} = 2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

である。以上より、②が正解である。

(答) 11 …②

c NaOH 水溶液の滴下量が 10 mL に達したところが中和点であるため、その後は中和反応が起こらず、水溶液の体積増加によって $[\text{A}^-]$ が減少する。よって、④の記述の下線部は誤りである。なお、①～③は正しい記述である。以上より、④が正解である。

(答) 12 …④

第 3 問

問 1 ナトリウムは空気中の酸素や水と反応するため、灯油(または石油)中に保存する。また、濃硫酸の水に対する溶解熱は大きく危険なため、濃硫酸から希硫酸をつくるときは、多量の水

に濃硫酸をゆっくりと注いでいく。よって、①、③の記述は誤りである。なお、②、④、⑤は正しい記述である。以上より、①、③が正解である。

(答) , …①, ③

問2 F, Cl, Br, Iの単体の酸化力は $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$ であるため、 Br_2 の酸化力はアスタチンの単体の酸化力よりも強いと考えられる。よって、臭素水をNaAt水溶液に加えると、酸化還元反応が起こり、アスタチンの単体が生成する。ゆえに、④の記述は誤りである。なお、①～③は正しい記述である。以上より、④が正解である。

(答) …④

問3 ステンレス鋼の主な構成元素はFe, Cr, Niである。また、トタンの主な構成元素はFe, Znである。以上より、は③、は④が正解である。

(答) …③, …④

問4

a 式(1)の反応の前後で、Ni原子の酸化数は+2のまま変化していない。一方、S原子の酸化数は-2から0に減少している。よって、式(1)の反応においてNi原子は酸化も還元もされず、S原子は酸化される。以上より、③が正解である。

(答) …③

b 式(1)+式(2)は以下のとおり。



よって、1 molのNiS(分子量91)が反応するとき消費される Cl_2 が1 molであることより、今回の条件で消費された Cl_2 の物質量は、

$$\frac{36.4 \times 10^3 \text{ g}}{91 \text{ g/mol}} \times \frac{1}{1} = 400 \text{ mol}$$

である。以上より、⑤が正解である。

(答) …⑤

c 式(3)および式(4)の反応した電子の総物質量は、

$$\frac{w \text{ (g)}}{M \text{ (g/mol)}} \times 2 + \frac{PV_{H_2}}{RT} \text{ (mol)} \times 2$$

である。また、式(5)で生成した電子の物質量は、

$$\frac{PV_{Cl_2}}{RT} \text{ (mol)} \times 2$$

である。ここで、陰極に入っていく電子の物質量と、陽極から出ていく電子の物質量は等しいため、次の関係式が成り立つ。

$$\frac{w(g)}{M(g/mol)} \times 2 + \frac{PV_{H_2}}{RT}(\text{mol}) \times 2 = \frac{PV_{Cl_2}}{RT}(\text{mol}) \times 2$$

よって、

$$w = \frac{MP(V_{Cl_2} - V_{H_2})}{RT}$$

である。以上より、②が正解である。

(答) …②

第4問

問1 塩化パラジウム(Ⅱ)と塩化銅(Ⅱ)を触媒として、エチレン(エテン)を酸素で酸化すると、アセトアルデヒドが生成する。



以上より、③が正解である。

(答) …③

問2 デンプンの成分の一つであるアミロペクチンは、水に溶けにくい。一方、同じくデンプンの成分であるアミロースは、温水にはコロイドとなって溶解する。よって、①の記述の下線部は誤りである。なお、②～④は正しい記述である。以上より、①が正解である。

(答) …①

問3 図1のトリペプチドは、分子の末端にアミノ基 $-\text{NH}_2$ をもつため、ニンヒドリン反応を示す。また、構成アミノ酸として芳香族アミノ酸を含むため、キサントプロテイン反応を示す。さらに、2つのペプチド結合をもつため、ビウレット反応を示す。以上より、⑦が正解である。

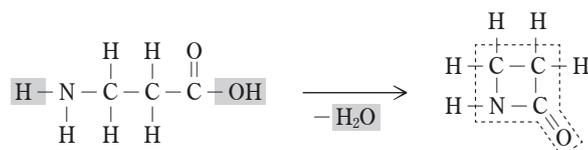
(答) …⑦

問4

a サリシンはグルコースの開環部分でグリコシド結合した構造をもち、水溶液中で開環できず、ホルミル基を生じない。よって、銀鏡反応は示さず、②の記述は誤りである。なお、①、③、④は正しい記述である。以上より、②が正解である。

(答) …②

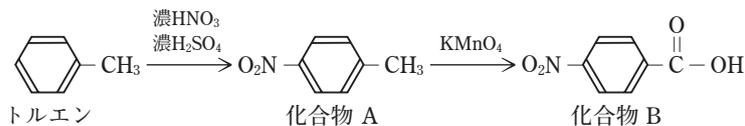
b ②の化合物は、分子内の脱水反応により β -ラクタム環ができる。



以上より、②が正解である。

(答) …②

c 図5で示された反応において、トルエンから化合物Bの流れは、次の通りである。



以上より、⑤が正解である。

(答) 26 …⑤

第5問

問1 A^+ の信号強度が10であるとき、尿3.0 mL中のテストステロンは 5.0×10^{-9} gである。よって、求める質量は、

$$5.0 \times 10^{-9} \text{ g} \times \frac{90 \text{ mL}}{3.0 \text{ mL}} = 1.5 \times 10^{-7} \text{ g}$$

である。以上より、④が正解である。

(答) 27 …④

問2 金属試料Xに含まれていたAgの物質量を x (mol)とおくと、実験Iでは、 x (mol)のうち ^{107}Ag が $0.5x$ (mol)、 ^{109}Ag が $0.5x$ (mol)となる。また、実験IIより、次の関係式が成り立つ。

$$\begin{aligned}
 ^{107}\text{Ag} : ^{109}\text{Ag} &= 0.5x \text{ (mol)} \times \frac{100 \text{ mL}}{200 \text{ mL}} + 5.00 \times 10^{-3} \text{ mol} : 0.5x \text{ (mol)} \times \frac{100 \text{ mL}}{200 \text{ mL}} \\
 &= 75.0 : 25.0
 \end{aligned}$$

よって、 $x = 1.00 \times 10^{-2}$ molである。以上より、③が正解である。

(答) 28 …③

問3

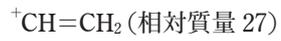
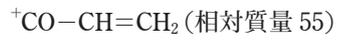
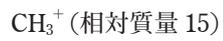
a 同位体の存在比がおおよそ $^{35}\text{Cl} : ^{37}\text{Cl} = 3 : 1$ であることより、用いた CH_3Cl 中の $\text{CH}_3^{35}\text{Cl}$ (相対質量50)と $\text{CH}_3^{37}\text{Cl}$ (相対質量52)の存在比もおおよそ3 : 1である。よって、図3と同じエネルギーでイオン化した場合、相対質量が50のイオンと52のイオンの相対強度がおおよそ3 : 1となる。以上より、④が正解である。

(答) 29 …④

b CO^+ 、 C_2H_4^+ 、 N_2^+ の相対質量は、それぞれ27.995、28.032、28.006である。以上より、②が正解である。

(答) 30 …②

- c. メチルビニルケトンの相対質量は70である。また、メチルビニルケトンから生じやすい断片イオンとその相対質量は、それぞれ次の通りである。



以上より、①が正解である。

(答)

31

 …①