医学部進学予備校 メビオ × 医学部専門予備校 YMS heart of medicine 医学部専門予備校 英進館メビオ 福岡校

解答速報

久留米大学医学部（前期）　化学

2023年 2月　1日実施

1

(1)　2.6 g/L　　(2)　25.0 g　　(3)　−0.57 ℃　　(4)　アミノ基　　(5)　(あ)

解説

(1)　$C_4H_{10} = 58$ より，$\dfrac{58}{22.4} = 2.58... \fallingdotseq 2.6$ g/L

(2)　必要な酢酸水溶液を x g とすると，水 490 g と混合したのちの溶液，溶媒，溶質の量および，溶媒と溶質の比率は以下のような表で表される．

溶液	$x + 490$ g	
溶媒	$\dfrac{40.0}{100}x + 490$ g	1000 g
溶質	$\dfrac{60.0}{100}x$ g $= \dfrac{x}{100}$ mol	0.500 mol

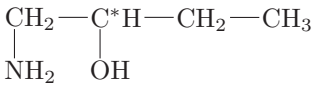
$$\left(\frac{40.0}{100}x + 490\right) : \frac{x}{100} = 1000 : 0.500$$

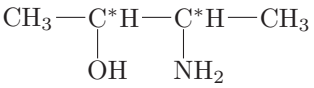
より，$x = 25.0$

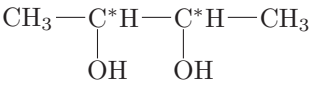
(3)　塩化カルシウムは水溶液中で $CaCl_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2Cl^-$ と 3 つのイオンに電離するため，凝固点降下度は $\Delta t = 1.9 \times 0.10 \times 3 = 0.57$ K となる．したがって水溶液の凝固点は $0 - 0.57 = -0.57$ ℃

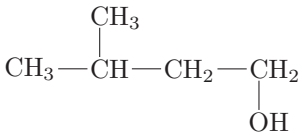
(4)　ニンヒドリンはアミノ酸やペプチドの遊離アミノ基と反応して紫色を呈する．これをニンヒドリン反応という．

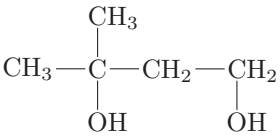
(5)　それぞれの物質の構造式は以下のとおり．不斉炭素原子は「C*」で示す．

(あ)


(い)


(う)


(え)


(お)


《 模試・講座のご案内 》

受験相談会・後期模試・攻略講座を実施します

※詳細は最終面をご確認ください

2

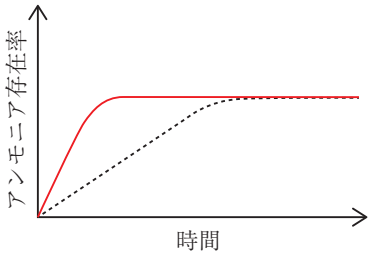
(1) N_2(気) + $3H_2$(気) = $2NH_3$(気) + 92 kJ　(2) $K_p = \dfrac{{p_{NH_3}}^2}{p_{N_2} \cdot {p_{H_2}}^3}$　(3) 5.0×10^6 Pa

(4) 36 %（「0.36」も可）　(5) 15 mol

(6) (b) 理由 反応 A の正反応は発熱反応なので，温度を上げると平衡がアンモニア分解の向きへ移動し圧平衡定数が小さくなるから．

(7) ハーバー・ボッシュ法

(8)



(9) 2.0×10^{-3} mol/L　(10) 11.30

解説

(1) 与えられた結合エネルギーから次のように計算する．

$$
\begin{array}{lll}
 & N_2(気) & = & 2N(気) - 946\ \text{kJ} \\
 & 2N(気) + 6H(気) & = & 2NH_3(気) + 391 \times 3 \times 2\ \text{kJ} \\
+) & 3H_2(気) & = & 6H(気) - 436 \times 3\ \text{kJ} \\
\hline
 & N_2(気) + 3H_2(気) & = & 2NH_3(気) + 92\ \text{kJ}
\end{array}
$$

圧平衡定数の単位が Pa^{-2} なのでアンモニアの係数が 2 のままでよい．

(3) $K_p = \dfrac{{p_{NH_3}}^2}{p_{N_2} \cdot {p_{H_2}}^3}$ に与えられた値を代入すればよい．

$4.0 \times 10^{-13} = \dfrac{(4.0 \times 10^6)^2}{p_{N_2} \times (2.0 \times 10^6)^3}$　これを解いて $p_{N_2} = 5.0 \times 10^6$ Pa

(4) 分圧はモル数に比例するので $N_2 : H_2 : NH_3 = 5.0 \times 10^6 : 2.0 \times 10^6 : 4.0 \times 10^6 = 5 : 2 : 4$

よって求める答は $\dfrac{4}{5+2+4} \times 100 = 36.3... \fallingdotseq 36$ %

(5) 窒素の変化量を x mol としてバランスシートを作ると次のようになる．

$$
\begin{array}{cccc}
N_2(気) & + 3H_2(気) & \rightleftarrows & 2NH_3(気) \\
10\ \text{mol} & 30\ \text{mol} & & 0\ \text{mol} \\
\downarrow -x & \downarrow -3x & & \downarrow +2x \\
\hline
(10-x)\ \text{mol} & (30-3x)\ \text{mol} & & 2x\ \text{mol}
\end{array}
$$

アンモニアの存在率が 60 % とあるので

$\dfrac{2x}{10 - x + 30 - 3x + 2x} = 0.60$　これを解いて $x = 7.5$

よって生じたアンモニアは $7.5 \times 2 = 15$ mol

(8) 触媒を加えると反応速度が上がりグラフの傾きが大きくなるが，温度や初期濃度が一定なので平衡時のアンモニアの存在率は変化しない．(平衡定数は触媒で変化しない)

(9) アンモニアの濃度を C，電離している割合を α とするとバランスシートは次のようになる．

$$
\begin{array}{lcccc}
\text{溶液 1 L 中} & NH_3 & + H_2O & \rightleftarrows & {NH_4}^+ & + OH^- \\
 & C\ \text{mol} & - & & 0 & 0 \\
 & \downarrow -C\alpha & & & \downarrow +C\alpha & \downarrow +C\alpha \\
\hline
 & (C - C\alpha)\ \text{mol} & - & & C\alpha\ \text{mol} & C\alpha\ \text{mol}
\end{array}
$$

$K_b = \dfrac{[{NH_4}^+][OH^-]}{[NH_3]} = \dfrac{C\alpha \cdot C\alpha}{C - C\alpha} = \dfrac{C\alpha^2}{1-\alpha} \fallingdotseq C\alpha^2 \iff \alpha = \sqrt{\dfrac{K_b}{C}}$，$[OH^-] = [{NH_4}^+] = \sqrt{CK_b}$

アンモニアの濃度は $C = \dfrac{1.0}{5.0} = 0.20$ mol/L，これと電離定数 $K_b = 2.0 \times 10^{-5}$ mol/L を代入し

$[NH_4{}^+] = \sqrt{0.20 \times 2.0 \times 10^5} = 2.0 \times 10^{-3}$ mol/L

（溶媒 5.0 L に NH_3 を溶解する前後の体積変化は無視できるものとして解答した）

(10) $pOH = -\log_{10}[OH^-] = -\log_{10}\left(2.0 \times 10^{-3}\right) = 3 - 0.30$

$pH = 14 - pOH = 14 - 3 + 0.30 = 11.30$

3

(1) (ア) 両性水酸化物　(イ) 重金属　(ウ) 黒　(エ) 朱（赤）

(2) $Zn(OH)_2 + 2NaOH \longrightarrow Na_2[Zn(OH)_4]$　(3) テトラアンミン亜鉛(Ⅱ)イオン

(4) 亜鉛は高濃度のアンモニア水中でアンミン錯イオンを形成するが，アルミニウムは形成しないから．

(5) ・金属単体なので熱伝導性が高い．　・熱膨張率が大きく，温度変化に対して一定である．　(6) 33 %

解説

(1) (ア) 酸にも塩基にも溶解する，両性金属の水酸化物を両性水酸化物という．

(イ) 密度の大きい金属を重金属といい，小さい金属を軽金属という．両者は一般に 4.0 g/cm^3 を境界値とする．

(ウ) 水溶液中で Hg^{2+} イオンと S^{2-} イオンが反応して生成する HgS は黒色沈殿である．

(エ) 黒色の HgS を昇華して生成する HgS は朱色（ややオレンジかかった赤色）を呈する．同じ化学式の物質で黒色と朱色が存在するのは結晶構造の違いと言われている．朱色の HgS は昔から朱肉の材料，神社の鳥居などの朱塗り等に用いられてきた．

(2) 水酸化亜鉛のような両性水酸化物は強塩基の水溶液中でヒドロキシド配位子を有する錯イオンとなって溶解する．

(3) テトラ = 4，アンミン = NH_3 である．Zn の錯イオンは 4 配位となり，その立体構造は正四面体である（ちなみに Cu の錯イオンも 4 配位だが立体構造は正方形である）．

(4) 亜鉛はアンミン錯イオンを形成するが，アルミニウムは形成しないことを記述しておけば正解だろう．さらにその理由となると高校化学の範囲を大きく超えるので知っておく必要はないと思われる．

(5) 金属である水銀は熱伝導性が大きいので，温度変化に対して鋭敏に反応して体積が変化すること，および水銀は温度変化に対して熱膨張率が大きく，かつ一定であることから温度変化が観察しやすいことの 2 つが主な理由として挙げられる．

また，「常温付近の広い温度範囲で液体である」ということも温度計に用いられる理由の一つである．

(6) $ZnSO_4 \xrightarrow{Na_2CO_3aq} ZnCO_3\downarrow \xrightarrow[\text{加熱}]{-CO_2} ZnO$ のように変化するが，物質量の変化はないことから，生成した ZnO の物質量が元の試料 3.0 g 中に含まれていた $ZnSO_4$ の物質量となる．よって求める割合〔%〕は，$ZnSO_4 = 161$，$ZnO = 81$ より，

$$\frac{\dfrac{0.50}{81} \times 161}{3.0} \times 100 = 33.1... \fallingdotseq 33\ \%$$

（注）(6) の最後に亜鉛が「酸化」されたとあるが，「酸化物が生成した」という意味であろう．厳密な意味でいえば亜鉛の酸化数は変化していないので酸化は起こっていない（酸化＝電子を失うこと）．

4

(1)　ギ酸エチル　　(2)　B：$CH_3—CH_2—OH$　　D：$H—\underset{\underset{O}{\|}}{C}—OH$

(3)　反応の名称：ヨードホルム反応　　C の化学式：CHI_3　　(4)　+1 から 0　　(5)　$CH_3—CH_2—\underset{\underset{O}{\|}}{C}—H$

(6)　$CH_3COOCH_3 + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + CH_3OH$　　(7)　エステル結合　　(8)　水素

解説

エステルを水酸化ナトリウムで加水分解するとアルコールとカルボン酸のナトリウム塩ができる．このうち蒸留されるのはアルコールの方で，カルボン酸のナトリウム塩は残留する．従って，

A（$C_3H_6O_2$）＋ NaOH ⟶ B ＋ (D の Na 塩)

で，B がヨードホルム反応陽性のアルコール，D は銀鏡反応陽性のカルボン酸であるから B：エタノール（CH_3CH_2OH），D：ギ酸（HCOOH）と決まる．

E（$C_3H_6O_2$）はエステルで A の構造異性体であるから酢酸メチル（CH_3COOCH_3）である．

(1)　A は B と D のエステルであるからギ酸エチル（$HCOOCH_2CH_3$）．

(3)　以下の反応により黄色沈殿ヨードホルムを生じる（ヨードホルム反応）．

$$CH_3CH_2OH + 4I_2 + 6NaOH \longrightarrow CHI_3\downarrow + HCOONa + 5NaI + 5H_2O$$

この反応は，アセチル基（$CH_3CO–$）またはその還元体（$CH_3CH(OH)–$）の検出反応である．

(4)　この反応は銀鏡反応とよばれ，ホルミル基の還元性を利用したアルデヒドの検出反応である．構造内にホルミル基を持つギ酸も銀鏡反応陽性である．

$$HCOOH + 2[Ag(NH_3)_2]^+ + 2OH^- \longrightarrow CO_2\uparrow + 2H_2O + 2Ag\downarrow + 4NH_3$$

(6)　エステルは強塩基である水酸化ナトリウムと反応すると完全に加水分解され，元のアルコールとカルボン酸のナトリウム塩となる．この反応をケン化という．

(8)　アルコールにナトリウムを反応させるとナトリウムアルコキシドと水素が生成する．F はメタノールであるから，反応式は以下の通り．

$$2CH_3OH + 2Na \longrightarrow 2CH_3ONa + H_2\uparrow$$

講評

1 ［小問集合］（易）2022 年度同様，取り組みやすい問題が並んだ．有効数字の桁数など細かな部分にまで配慮を配って完答を目指したい．

2 ［ハーバー・ボッシュ法］（標準）アンモニアの製法に関する出題．熱化学方程式や圧平衡定数，平衡時のモル数の計算，ルシャトリエの原理に関する出題，グラフの描画問題，pH 計算など様々な問題が並んだがどれも基礎〜標準の難易度．丁寧に解いて失点を防ぎたい．

3 ［12 族元素の性質］（標準）亜鉛と水銀およびその化合物の性質や反応を問う内容，および化学反応に伴う量論計算についての出題だった．基本的な内容も含まれていたが，あまり出題頻度の高くない硫化水銀（II）を昇華すれば朱色物質となることや，(4) や (5) のような書きにくい論述も含まれていたことから難易度は標準とした．落とせない基本問題と最後の計算問題を正確に合わせて得点したい．

4 ［エステルの構造推定］（易）分子式 $C_3H_6O_2$ の構造推定．問われている事項はいずれも有機化学の基礎事項であり，短時間で完答を目指したい．分子式 $C_3H_6O_2$ のエステルがギ酸エチルと酢酸メチルの 2 種しか存在しないため，化合物 A（あるいは E）に「水酸化ナトリウムを加えて十分反応させ」た操作からこの化合物がエステルであることさえ読み取れたら，その後の検討は易しかった．

分量は 2022 年度より増したが，平均的な難易度は低下したため，全体的には 2022 年度並と言えるだろう．2 をしっかりクリアできたかどうかがカギになりそう．一次通過には 75 % 欲しい．

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… メビオ 0120-146-156 まで

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 heart of medicine ☎ 03-3370-0410 https://yms.ne.jp/
医学部専門予備校 英進館メビオ 福岡校 0120-192-215 https://www.mebio-eishinkan.com/
登録はこちらから

医学部入試攻略ガイダンス

大阪	2.5(日)	14:00〜15:00(ガイダンス) 14:00〜15:00(個別相談) 阪急梅田グランドビル会議室

医学部受験相談会

大阪	2.2(木)	9:00 〜 12:00 ホテルフクラシア大阪ベイ
福岡	2.2(木)	9:00 〜 12:00 TKPガーデンシティPREMIUM 天神スカイホール
名古屋	2.5(日)	11:00 〜 16:00 オフィスパーク名駅プレミア会議室
広島	2.5(日)	11:00 〜 16:00 TKPガーデンシティPREMIUM 広島駅前

後期模試
金沢医科大学 2.17 関西医科大学 2.22

後期攻略講座
近畿大学医学部 2.18・23
関西医科大学 2.20・3.2
金沢医科大学 2.21・27/2.24（名古屋）
藤田医科大学 2.24（名古屋）
久留米大学医学部 3.6
大阪医科薬科大学 3.7

詳しくは Web またはお電話で

医学部進学予備校 メビオ フリーダイヤル 0120-146-156 校舎にて個別説明会も随時開催しています。【受付時間】9:00〜21:00（土日祝可） 大阪府大阪市中央区石町 2-3-12 ベルヴォア天満橋 天満橋駅（京阪/ 大阪メトロ谷町線）より徒歩4 分