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

2024年2月1日実施

1

(1)　He　　(2)　Al　　(3)　H:Ö:H　　(4)　ファントホッフの法則　　(5)　オキソニウムイオン

解説

(1)　常圧で沸点が最も低い単原子分子はヘリウムである．

(2)　第 3 周期の元素の中では Al が両性元素で酸とも強塩基とも反応する．

(3)　分子の形はそれぞれ，塩化水素＝直線，シアン化水素＝直線，二酸化炭素＝直線であり，水と硫化水素が折れ線構造．

(4)　浸透圧はファントホッフの式 $\Pi = cRT$ で与えられる．

(5)　H^+ は水溶液中で水分子と配位結合して $H{-}\overset{H^+}{\overset{\uparrow}{O}}{-}H$ （H_3O^+）になる．

2

(1)　水素：5.0×10^5 Pa，酸素：1.2×10^5 Pa　　(2)　（う）　　(3)　2.5×10^5 Pa

(4)　5.8×10^5 Pa　　(5)　水素：4.6×10^5 Pa，酸素：1.0×10^5 Pa，水：3.6×10^3 Pa

(6)　実在気体には分子間力が働くから．　実在気体には分子自身の体積が存在するから．

((2)，(3) は反応後の容器 A 内の温度を 300 K として解答した)

解説

(1)　水素と酸素を混合した後，コックを閉じる前後で圧力は不変なので，コックを閉じる前で考えると，

$P_{H_2} \times 4.0 = 0.80 \times 8.3 \times 10^3 \times 300 \Longrightarrow P_{H_2} = 4.98 \times 10^5 \fallingdotseq 5.0 \times 10^5$ Pa

$P_{O_2} \times 4.0 = 0.20 \times 8.3 \times 10^3 \times 300 \Longrightarrow P_{O_2} = 1.24... \times 10^5 \fallingdotseq 1.2 \times 10^5$ Pa

(2) と (3) について，燃焼反応は発熱反応なので，反応直後だと容器 A 内の温度がわからない．容器 A 内の反応後の温度が 300 K にまで戻った状態として解答する．

(2)　反応前の A 内：H_2 が 0.20 mol，O_2 が 0.050 mol
（容器 B 内：H_2 が 0.60 mol，O_2 が 0.15 mol）
容器 A 内の反応について，

	$2H_2$	$+$	O_2	$\longrightarrow$	$2H_2O$
反応前	0.20		0.050		0
	$\downarrow -0.10$		$\downarrow -0.050$		$\downarrow +0.10$
反応後	0.10		0		0.10

H_2O がすべて気体だと仮定すると，

$$P_{H_2O} \times 1.0 = 0.10 \times 8.3 \times 10^3 \times 300 \Longrightarrow P_{H_2O} = 2.49 \times 10^5 \fallingdotseq 2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

だが，これは 300 K における飽和蒸気圧 3.6×10^3 Pa を超えており，容器内の H_2O は気液共存になっている．

（燃焼後の水の状態を求めたいのだが，燃焼反応は発熱反応であり，今回の反応で温度が何 K まで上昇したか不明である．また，その温度における飽和蒸気圧も記されていないため，この状況下での水の状態は判明しない．そういう意味で選択肢（え）を選んだ場合でも間違いとは言えないだろう．）

(3)　A 内に存在している H_2 と H_2O は同物質量なので，すべて気体の H_2 の圧力 P_{H_2} は H_2O がすべて気体として計算した (2) の 2.49×10^5 Pa となる．水蒸気の分圧は 300 K における飽和蒸気圧の $P_{H_2O} = 3.6 \times 10^3$ Pa であり，全圧は分圧の総和で求まるので，求める全圧 P_{all} は，

$$P_{all} = P_{H_2} + P_{H_2O} = (2.49 + 0.036) \times 10^5 \fallingdotseq 2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

(4)　H_2 はすべて気体であり，容器の体積も変化しないので，(3) で求めた圧力を絶対温度と比例させて，

$$P_{H_2} = 2.49 \times 10^5 \times \frac{400}{300} = 3.32 \times 10^5 \text{ Pa}$$

H_2O がすべて気体の場合も同様に $P_{H_2O} = 3.32 \times 10^5$ Pa となるが，これも飽和蒸気圧を超えているので，やはり H_2O は気液共存であり，水蒸気の圧力 $P_{H_2O} = 2.5 \times 10^5$ Pa になっている．よって全圧 P_{all} は，

$$P_{all} = P_{H_2} + P_{H_2O} = (3.32 + 2.5) \times 10^5 = 5.82 \times 10^5 \fallingdotseq 5.8 \times 10^5 \text{ Pa}$$

(5)　やはりコックを閉じる前と後とでは同じ圧力なので，閉じる前の圧力で考える．温度が異なっていてもコックが開いている時の A 内と B 内の圧力は同じである．

すべて気体の物質の場合，その圧力を P とすると，容器 A 内に存在する気体と B 内の気体の合計が全物質量 n となればよいので，P と n の関係は，

$$\frac{P \times 1.0}{8.3 \times 10^3 \times 400} + \frac{P \times 3.0}{8.3 \times 10^3 \times 300} = n$$
$$\Longleftrightarrow \frac{5}{4}P = 8.3 \times 10^5 \times n$$
$$\Longleftrightarrow P = 6.64 \times 10^5 \times n$$

H_2 の全物質量は 0.70 mol なので，$P_{H_2} = 6.64 \times 0.70 \times 10^5 = 4.648 \times 10^5 \fallingdotseq 4.6 \times 10^5$ Pa

O_2 の全物質量は 0.15 mol なので，$P_{O_2} = 6.64 \times 0.15 \times 10^5 = 0.996 \times 10^5 \fallingdotseq 1.0 \times 10^5$ Pa

H_2O がすべて気体であれば，0.10 mol なので，$P_{H_2O} = 6.64 \times 0.10 \times 10^5 = 6.64 \times 10^4$ Pa となるはずであるが，これは 300 K における飽和水蒸気圧を超えており，400 K における飽和蒸気圧を超えていない．この場合，容器 B の方で凝縮がおこり，全体の圧力が 300 K における飽和蒸気圧である 3.6×10^3 Pa になったところで気液平衡状態となって見かけ上安定となる（当然容器 A と B 内の水蒸気は同じ圧力であり，容器 A 内ではこの圧力で 400 K の飽和蒸気圧を超えていないのですべて気体として存在することに問題はない）．この状態でコックを閉めたので，A 内の水蒸気圧は 3.6×10^3 Pa を示す．

(6)　実在気体と理想気体の異なる点は以下の 2 点である．

- 理想気体には分子間力が一切働かないが，実在気体には必ず存在すること
- 理想気体は分子自身に体積がなく，いくらでも圧縮できるが，実在気体には分子に有限の体積が存在すること

3

(1) (ア) 共有 (イ) 同位体 (ウ) 水素化物（ヒドリドも可） (エ) 水素化ナトリウム (オ) 酸化 (カ) 6 (キ) アルカリ金属（元素）(ク) 灯油（石油も可）(ケ) 体心立方 (コ) 2

(2) H_2S (3) $4Na + O_2 \longrightarrow 2Na_2O$ (4) 原子半径：1.8×10^{-8} cm 充填率：67 %

(5) 1 族の金属イオンは 2 族に比べて電荷が小さく，自由電子の数が少なく，イオン半径が大きい．そのため，形成される金属結合が弱くなるから．

解説

(1) 水素が電子を取り込んでできるイオンは水素化物イオンである．ヒドリドとも呼ばれる．$H + e^- \longrightarrow H^-$
融解ナトリウムに水素ガスを通じると水素化ナトリウムが生じる．$2Na + H_2 \longrightarrow 2NaH$
この場合水素の酸化数は 0 から -1 に減少しているので酸化剤として働いていることになる．

(2) 沸点の低い順に $CH_4(-161\,℃) < H_2S(-60\,℃) < NH_3(-33\,℃) < HF(20\,℃) < H_2O(100\,℃)$ である．
メタンは無極性で沸点が低いこと，NH_3, HF, H_2O は水素結合するので沸点が高いことから判断すればよい．

(4) ナトリウムの単位格子の 1 辺の長さを a，原子半径を r とすると，単位格子の長い対角線の長さを考えることにより

$$\sqrt{3}a = 4r \Longrightarrow r = \frac{\sqrt{3}a}{4} = \frac{1.7 \times 4.3 \times 10^{-8}}{4} = 1.82 \times 10^{-8} \fallingdotseq 1.8 \times 10^{-8}\ \mathrm{cm}$$

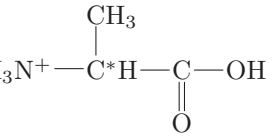
また充填率は

$$\frac{\dfrac{4\pi r^3}{3} \times 2}{a^3} = \frac{\dfrac{4\pi r^3}{3} \times 2}{\left(\dfrac{4r}{\sqrt{3}}\right)^3} = \frac{\sqrt{3}\pi}{8} = \frac{1.7 \times 3.14}{8} = 0.667 \fallingdotseq 0.67$$

となる．$\sqrt{3} = 1.73$ だと 0.679 になるのだが，指定された値を用いて答えなければならないことに注意．
また，分子を有理化して値を代入すると，原子半径は $\dfrac{3a}{4\sqrt{3}} = 1.89... \times 10^{-8} \fallingdotseq 1.9 \times 10^{-8}$，充填率は $\dfrac{3\pi}{8\sqrt{3}} \times 100 = 69.2... \fallingdotseq 69\ \%$ とも求まる．

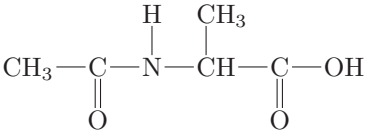
(5) 1 族の金属は一原子あたり一個の価電子を放出し，それを自由電子として 1 価のイオンどうしが結合している．
2 族の金属は一原子あたり二個の価電子を放出し，それを自由電子として 2 価のイオンどうしが結合している．
また，同周期では 1 族の元素より 2 族の元素の方が半径が小さい．その結果として，1 族よりも 2 族の方が単位体積あたりの自由電子数が多くなり，より強い金属結合が形成される．

4

(1) 

(2) 双性イオン　(3) $K_2 = \dfrac{[C][H^+]}{[B]}$

(4) 等電点　(5) $K_2 = 2.0 \times 10^{-10}$ mol/L　(6) 分子数：55　結合の名称：ペプチド結合

(7) 名称：ビウレット反応　色：紫色　(8) 

解説

(1) A は陽イオン，B は双性イオン，C は陰イオンである．

(2) 分子内に正電荷と負電荷を合わせもつイオンを双性イオンまたは両性イオンと呼ぶ．

(3) 水溶液中では二つの電離平衡がそれぞれ成立しているため，

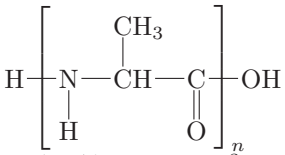
$$K_1 = \frac{[B][H^+]}{[A]} \cdots\cdots ① \qquad K_2 = \frac{[C][H^+]}{[B]} \cdots\cdots ②$$

が成立する．

(4) $[A] = [C]$ が成立し，水溶液中のアミノ酸の電荷の総和が 0 となる状態およびその pH を等電点と呼ぶ．

(5) (3) の解説に記した①と②を辺々掛け合わせると $K_1K_2 = \dfrac{[C]}{[A]} \times [H^+]^2$ が得られるが，等電点においては $[A] = [C]$ が成り立つため，$[H^+] = \sqrt{K_1K_2}$ が得られる．これに $[H^+] = 1.0 \times 10^{-6.0}$，$K_1 = 5.0 \times 10^{-3}$ を代入すると $K_2 = 2.0 \times 10^{-10}$ mol/L が求まる．

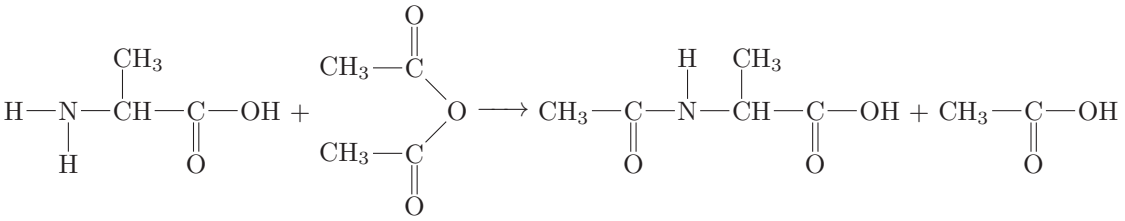
(6) 重合度を n として，ポリアラニンの構造式は以下のように表される．



この分子量が 3.9×10^3 であるため，$89n - 18(n-1) = 3.9 \times 10^3$ を解いて $n = 54.6... \fallingdotseq 55$ が求まる．

(7) 一般に，分子内にペプチド結合を二つ以上持つ物質に水酸化ナトリウム水溶液および硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると**紫色**の呈色を示す．この検出反応を**ビウレット反応**という．

(8) アラニンのアミノ基がアセチル化される反応であり，以下の反応式で表される．



生成する物質のうちアセチルアラニンの分子量は 131，酢酸の分子量は 60 である．

講評

1 ［小問集合］（易）

単体の性質，分子の立体構造と電子式，法則名，多原子イオンの名称に関する問題．とても基本的なので落としてはいけない．

2 ［気体の法則］（やや難）

化学反応自体は難しくないが，連結された容器それぞれで温度を変えるなど操作が複雑なので，状況を正確に把握して解くのが難しい．温度が異なっていても連結された容器内の圧力は同じであることを利用して解くのだが，この設定の問題を解いたことがあるかどうかの経験値で差がついただろう．

3 ［1 族元素］（やや易）

ほとんどの問題は解きなれたものであったと思うが，水素化物イオン H^- はなじみがなかったかもしれない．また，体心立方格子の充填率が 68 % と覚えている人も多いと思うが，$\sqrt{3} = 1.7$，$\pi = 3.14$ を使うと 66.7 % になることにも注意が必要である．

4 ［アミノ酸とペプチド］（やや易）

アラニンの電離平衡とアラニン誘導体，ポリアラニンについての出題．どの設問も基礎的な内容であり，短時間で完答を目指したい．

2023 年度と比較して，問題の難易度が上がり，計算量が増えたため得点しづらくなった．1 4 を確実に押さえて 70 % を目指したい．

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
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

後期入試もチャンスあり！最後まで諦めない受験生をメビオは応援します

医学部後期模試
2/16(金) 近畿大学医学部
2/19(月) 金沢医科大学
詳しくはこちら

医学部後期入試ガイダンス
2/4(日) 14:00〜14:30
大阪梅田ツインタワーズ・ノース
詳しくはこちら

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3 分