

YMS 解答速報

2018年度 東北医科薬科大学



解答速報はYMS HP (<http://www.yms.ne.jp/>) にも掲載しています



【I】

問 1 ラボアジエはスズ（原子番号 50）の酸化実験より質量保存の法則を確立し、フロギストン説を否定した。

(答) ⑨

問 2 定比例の法則はプルースト、原子説および倍数比例の法則はドルトン、気体反応の法則はゲーリュサックによるものである。

(答) ②

問 3 ケイ素の単体はダイヤモンド型の結晶格子なので、単位格子中に原子が 8 個存在する。

$$N_A [\text{個/mol}] = \frac{8 \text{ 個} \times w [\text{g/mol}]}{d [\text{g/cm}^3] \times (a [\text{cm}])^3} = \frac{8w}{da^3} [\text{/mol}]$$

(答) ⑨

問 4 滴下したステアリン酸の分子数を N とすると、

$$N = \frac{35.5 \times 10^{-3} \text{ g}}{284 \text{ g/mol}} \times \frac{0.100 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ 個/mol} = \frac{35.5 \times 6.02 \times 10^{17}}{284} \text{ 個}$$

となる。単分子膜の面積を S とすると、求める分子断面積は $\frac{S}{N}$ で与えられる。

$$\frac{S}{N} = 165 \text{ cm}^2 \times \frac{284}{35.5 \times 6.02 \times 10^{17}} / \text{個} = 2.19 \times 10^{-15} \text{ cm}^2/\text{個}$$

(答) ③

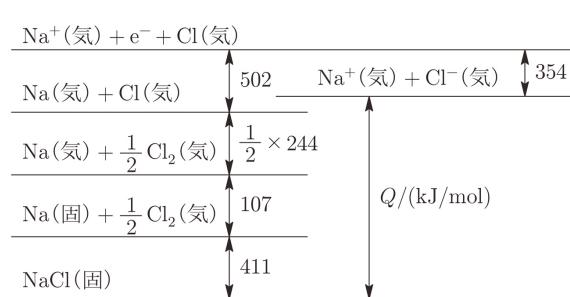
問 5 格子定数は $2 \times (0.116 + 0.167) \text{ nm} = 0.566 \text{ nm}$ なので、求める密度は次のようにになる。

$$\frac{4 \text{ 組} \times 58.5 \text{ g/mol}}{6.02 \times 10^{23} \text{ 組/mol} \times (0.566 \times 10^{-7} \text{ cm})^3} = 2.14 \text{ g/cm}^3$$

(答) ④



問 6 与えられたエネルギーの関係を図示すると次のようになる。



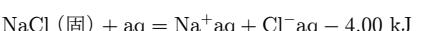
$$Q = \left(411 + 107 + \frac{1}{2} \times 244 + 502 - 354 \right) \text{ kJ/mol} = 788 \text{ kJ/mol}$$

(答) ④

問 7 (2) 式と (3) 式より、



であるから、 NaCl (固) の水和熱は 784 kJ/mol と分かる。溶解熱は水和熱から格子エネルギーを引いたものである。(1) 式と (4) 式より次のようになる。



(答) ⑤

問 8 本問のように、イオン結晶の格子エネルギーを間接的に求める一連の反応をボルン・ハーバーサイクルという。これを応用し、パートレットらは世界初の希ガス化合物である XePtF_6 を合成した。カメラのストロボにはキセノンランプが用いられている。

(答) ⑧

問 9 a 誤りである。気体の溶解は発熱反応である。

b 正しい。植物は光エネルギーを利用して有機物を合成する。

c 誤りである。 C_2H_4 (気) の生成熱は -52 kJ/mol で吸熱である。

d 誤りである。水(気)と水(固)が逆である。

e 正しい。問 11 にあるように C (黒鉛) + O_2 (気) = CO_2 (気) + 394 kJ となる。

(答) ⑦

問 10 a 誤りである。15 族元素は p 軌道が半閉殻となるため電子配置がわずかに安定となり、第 1 イオン化エネルギーは小さな極大を示す。そのため、P の方が S よりも大きくなる。

b 誤りである。原子番号が大きいほど最外殻電子と原子核との距離が長くなるため、クーロン引力が弱くなつて第 1 イオン化エネルギーが小さくなる。

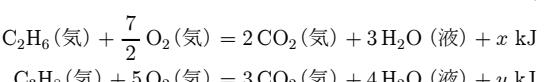
c 正しい。第 2 イオン化エネルギーは、1 倍の気体陽イオンから電子 1 個を取り去るのに必要なエネルギーなので、1 倍の陽イオンの電子配置が He (第 1 イオン化エネルギーが最大) と同じになる Li が該当する。

d 正しい。第 1 電子親和力は、気体原子が電子 1 個を取り入れて 1 倍の気体陰イオンになると放出されるエネルギーであるから、逆に 1 倍の気体陰イオンから電子 1 個を取り去って気体原子にするのに必要なエネルギーともいえる。

(答) ⑩

【注】d では測定法が問われているが、実際には陰イオンから電子を取り去るのに必要なエネルギーを測定する電子離脱法と、陰イオンが生成するときに放出される光を測定する電子捕獲法があるので、前者が「一般」的であるかの判断は難しい。

問 11 エタン (気) とプロパン (気) の燃焼熱を、それぞれ $x \text{ kJ/mol}$, $y \text{ kJ/mol}$ とすると、



と表せる。ここで、各元素の単体のエネルギーを 0 kJ とすると、次の関係が成り立つ。

$$-84 + \frac{7}{2} \times 0 = 2 \times (-394) + 3 \times (-286) + x$$

$$-106 + 5 \times 0 = 3 \times (-394) + 4 \times (-286) + y$$

$$\therefore x \text{ kJ/mol} = 1562 \text{ kJ/mol}, \quad y \text{ kJ/mol} = 2220 \text{ kJ/mol}$$

混合気体の物質量は $\frac{22.4 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 1.00 \text{ mol}$ なので、 C_2H_6 と C_3H_8 の物質量を、それぞれ $z \text{ mol}$, $(1.00 - z) \text{ mol}$ とすると、発生した熱量より次のようになる。

$$1562 \text{ kJ/mol} \times z \text{ mol} + 2220 \text{ kJ/mol} \times (1.00 - z) \text{ mol} = 1957 \text{ kJ}$$

$$\therefore z \text{ mol} = 0.400 \text{ mol}$$

したがって、求める O_2 の体積は次のように求まる。

$$\left\{ 0.400 \text{ mol} \times \frac{7}{2} + (1.00 - 0.400) \text{ mol} \times 5 \right\} \times 22.4 \text{ L/mol} = 98.6 \text{ L}$$

(答) ⑥

【III】

問 12 実験結果(2)より、Aの分子量は $32 \times 3.81 = 122$ であり、芳香族カルボン酸であるから安息香酸 C_6H_5COOH である(完全燃焼の生成物の計算は不要!)。凝固点降下の実験で用いたAの物質量は $\frac{305\text{ mg}}{122\text{ g/mol}} = 2.50\text{ mmol}$ である。Aの会合度を α とすると、次のように量的関係をまとめられる(単位はmmol)。

	2A	\rightleftharpoons	A ₂	計
反応前	2.50		0	2.50
変化量	-2.50α		$+1.25\alpha$	-1.25α
平衡時	$2.50(1-\alpha)$		1.25α	$2.50 - 1.25\alpha$

よって、凝固点降下度に関して次の式が成り立つ。

$$0.192\text{ K} = 5.12\text{ K} \cdot \text{kg/mol} \times \frac{(2.50 - 1.25\alpha)\text{ mmol}}{40.0\text{ g}}$$

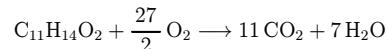
$$\therefore \alpha = 0.800 = 80.0\%$$

(答) ⑧

問 13 実験結果(4)より、アルコールBはヨードホルム反応に陽性なので、2位の炭素に-OHが結合している。実験結果(5)と(7)より、その脱水生成物であるアルケンのうちのDとEをオゾン分解して同じ化合物Gが得られたことから、Bの炭素数は4と分かり、Bは2-ブタノール $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$ と決定する。これは実験結果(3)と合致する。B(分子式 $C_4H_{10}O$)には7種類の構造異性体があり、そのうち2-ブタノールには光学異性体が存在するので、合計8種類となる。

(答) ⑦

問 14 エステルCは安息香酸 $C_7H_6O_2$ と2-ブタノール $C_4H_{10}O$ のエステルで、分子式は $C_{11}H_{14}O_2$ であるから、完全燃焼の化学反応式は次のようにになる。



(答) ⑧

問 15 a 正しい。D, E, Fの分子式は C_4H_8 で、シクロアルカンも含めて5種類の構造異性体がある。そのうち2-ブテンにはシス・トランス異性体が存在するので、合計6種類となる。

b 正しい。実験結果(6)より、Dはトランス-2-ブテン、Eはシス-2-ブテンである。一般に、融点は分子の形などに依存し、細長い形のトランス形の方が分子どうしが密集しやすく融点が高くなる。また、トランス形は点対称な構造をしているので無極性であるが、シス形はそうではないので少し極性を持つ。そのため、分子間力に依存する沸点はシス形の方が高くなる。

c 誤りである。分子内脱水反応の主生成物を予想するのはザイツェフ則である。

d 誤りである。ザイツェフ則より1-ブテンが副生成物、2-ブテンが主生成物となる。

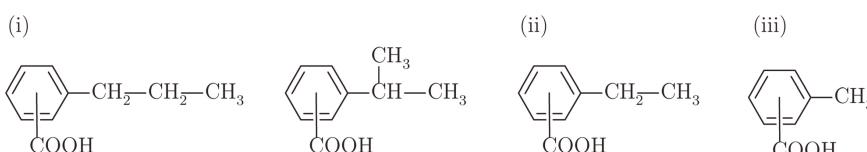
e 誤りである。Fは1-ブテンであり、臭素を付加すると1,2-ジブロモブタン $CH_2BrC^*HBrCH_2CH_3$ が生成するが、不斉炭素原子は1個である。

(答) ①

問 16 化合物Gはアセトアルデヒド CH_3CHO である。これは工業的にはエチレンに塩化パラジウム(II)と塩化銅(II)を触媒に用いた酸化により製造される。また、ヨードホルム反応に陽性である。フェノール樹脂の製造に用いられるのはホルムアルデヒドであり、酢酸カルシウムの乾留により得られるのはアセトンである。以上より、bとdが正しい。

(答) ⑥

問 17 問題文の初めの方にもあるように、芳香族カルボン酸はベンゼン環にカルボキシ基が直接結合したカルボン酸である。芳香族エステルCの分子式は $C_{11}H_{14}O_2$ なので、芳香族カルボン酸に由来する部分の炭素数は、下図のように、(i)10, (ii)9, (iii)8のいずれかで、それぞれ $2 \times 3 = 6$ 通り、 $1 \times 3 = 3$ 通り、 $1 \times 3 = 3$ 通り考えられる(炭素数7だと安息香酸で二置換体にならない)。なお、o, m, p-体をまとめて記している。



それぞれに対応するアルコールは(i)メタノール、(ii)エタノール、(iii)1-プロパノールまたは2-プロパノールとなるので、求める異性体の数は次のようになる。

$$6 \times 1 + 3 \times 1 + 3 \times 2 = 15$$

(答) ⑧



【IV】

的中! 問 18 スチレンブタジエンゴム(SBR)は自動車のタイヤなどに用いられる。イオン交換樹脂に用いられる单量体の1つはスチレンである。

(答) ⑤

問 19 (答) ⑨

問 20 スチレン(分子量104)とp-ジビニルベンゼン(分子量130)を物質量比9:1で共重合させているので、平均重合度をnとすると共重合体の平均分子量は

$$104 \times 0.9n + 130 \times 0.1n = 106.6n$$

と表せる。スルホン化により-Hが-SO₃Hに変化するので、1か所につき分子量が80増加する。よって、もしある全てのベンゼン環がスルホン化されたとすると、生成する共重合体(分子量 $(106.6+80)n = 186.6n$)の質量は

$$\frac{80.0\text{ g}}{106.6n\text{ g/mol}} \times 186.6n\text{ g/mol} = 140\text{ g}$$

になるはずである。実際は110gなので、スルホン化された割合は次のようにになる。

$$\frac{(110 - 80.0)\text{ g}}{(140 - 80.0)\text{ g}} \times 100\% = 50\%$$

【別解】平均分子量より

$$106.6n = 1.00 \times 10^5$$

$$\therefore n = 938$$

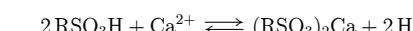
となる。スルホン化されたベンゼン環の割合をx%とすると、スルホン化前後で共重合体の物質量が不变であることから、次の関係が成り立つ。

$$\frac{80.0\text{ g}}{1.00 \times 10^5\text{ g/mol}} = \frac{110\text{ g}}{\left(1.00 \times 10^5 + 938 \times \frac{x}{100} \times 80\right)\text{ g/mol}} = \frac{30.0\text{ g}}{938 \times \frac{x}{100} \times 80\text{ g/mol}}$$

$$\therefore x\% = 50\%$$

(答) ⑤

問 21 陽イオン交換樹脂をRSO₃Hとすると、イオン交換の反応式は次のように表せる。



よって、求めるCaCl₂水溶液のモル濃度は次のようにになる。

$$0.10\text{ mol/L} \times 60\text{ mL} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{10\text{ mL}} = 0.30\text{ mol/L}$$

(答) ②

問 22 pH11では全てのアミノ酸は陰イオンとして存在し、陰イオン交換樹脂に吸着している。pHを下げていくと、等電点の大きいものから電荷を失つて流出してくるので、塩基性アミノ酸(リシン)、中性アミノ酸(グリシン)、酸性アミノ酸(アスパラギン酸)の順となる。

(答) ⑨

問 23 (答) ⑥

問 24 (答) ③



東北医科薬科大学
化学
大的中！

【化学（講評）】

今までより問題数が4減って24となった。YMSの東北医科薬科大直前講習で扱った内容が次々と出題され大的中！受講生は落ち着いて取り組めたのではないだろうか。

【I】は基本的・標準的な出題である。YMSの直前講習ではダイヤモンド型の結晶格子を扱った（配布したビラにも載せた）。ただ、計算が煩雑であり大変である。NaClの密度は覚えていて計算しなかった人も多いだろう。

【II】はNaClの格子エネルギーに関する問題で、何とこれもYMS直前講習でKClについてやつており大的中！正誤問題については判断に苦しむものが見られた。問9のcは知らなくても仕方がないので、消去法で行くしかない。キセノンに関する問題など、細かい無機の知識を要求するのが本学の特徴である。

【III】は芳香族エスティルに関する構造決定で、Aはすぐ決まるが、Bの決定で手間取ると大変である。問題文を読みながら2-ブタノールではないかと推測できた人は自信を持とう。

【IV】はイオン交換樹脂に関する問題で、共重合の計算問題で差が付く。何とこれもYMSの東北医科薬科大直前講習および配布ビラで扱っている！

全体としては標準的な問題が多いが、一部に思考力や計算力を要求する問題となっている。計算問題および正誤問題の出来が勝負を分けるだろう。75%の得点率があれば安心である。

よく出題される問題です。押さえておきましょう！ YMS

東北医科薬科大学
入試直前Check!

YMS HPにアクセス
<http://yms.nes.ac.jp>

解答速報

【化学】

1) 格子エネルギー
カリウムの昇華熱：89 kJ/mol、カリウムのイオン化エネルギー：418 kJ/mol
塩素の解離エネルギー：244 kJ/mol、塩素の電子親和力：349 kJ/mol
KClの生成熱：437 kJ/mol を用いて、KClの格子エネルギー[kJ/mol]を求めよ。

2) 合成高分子の計算
主な分子量（末端無視）
PET : 192n ナイロン 66 : 226n ナイロン 6 : 113n
SBR (混合比 1 : α) : (104 + 54α)n

3) 合成高分子の計算
主な分子量（末端無視）
PET : 192n ナイロン 66 : 226n ナイロン 6 : 113n
SBR (混合比 1 : α) : (104 + 54α)n
ビニロン（重合度nのPVAのヒドロキシ基のうちα反応）: $100 \times \frac{n\alpha}{2} + 44(1-\alpha)n$

入試日の朝、会場で配布していた
この問題から!!

1) 格子エネルギー
問 カリウムの昇華熱：89 kJ/mol、カリウムのイオン化エネルギー：418 kJ/mol
塩素の解離エネルギー：244 kJ/mol、塩素の電子親和力：349 kJ/mol
KClの生成熱：437 kJ/mol を用いて、KClの格子エネルギー[kJ/mol]を求めよ。

答
$$\begin{array}{c} K^*(\text{気}) + e^- + Cl(\text{気}) \\ \uparrow \quad \downarrow 349 \\ 418 \\ K(\text{気}) + Cl(\text{気}) \\ 89 \uparrow 244/2 \\ K(\text{固}) + \frac{1}{2} Cl_2(\text{気}) \\ \downarrow 437 \\ KCl(\text{固}) \end{array}$$

エネルギー図より
 $Q [kJ]$ $Q = 717$

直前講習会のプリントから!!

1 結晶

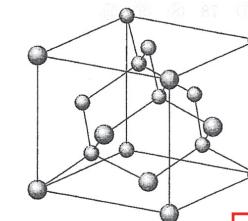
(1) ダイヤモンドは、図に示した一辺の長さが0.40 nm の立方体が繰り返された結晶である。この結晶の密度[g/cm³]に最も近い値を解答群から選びなさい。

炭素の原子量 12、アボガドロ定数 $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

(2) 炭素の単体に炭素原子が60個、球状に配置されたC₆₀がある。この結晶ではC₆₀分子が最密に充填されている。C₆₀を球とみなし、中心間の距離を1.0 nm とすると、この結晶の密度[g/cm³]はいくらく。最も近い値を解答群から選びなさい。

(1)と(2)の解答群

0	0.6	1	1.1	2	1.6	3	2.1	4	2.6	5	3.1
6	3.6	7	4.1	8	4.6	9	5.1				



(4) Kの昇華熱：89kJ/mol、Kのイオン化エネルギー：418 kJ/mol
塩素の解離エネルギー：244kJ/mol、塩素の電子親和力：349kJ/mol
KClの生成熱：437kJ/mol を利用して、KClの格子エネルギーを求めよ。

3 ゴム

問 1 分子量1000のピロジンがある。1分子中に2つ以上の結合部位をもつ。
2 430gのNBRを燃焼させたところ、標準状態で22.4mLの窒素ガスが生成した。
3 分子量1000のPVCが燃焼した際の熱量(△H)は、
4 分子量1000のPVCが燃焼した際の熱量(△H)を算出せよ。
5 分子量1000のピロジンが燃焼する際の熱量(△H)を算出せよ。

アクリロニトリルと1,3-ブタジエンを共重合させたアクリロニトリル-1,3-ブタジエンゴム(NBR)は、耐油性に優れたゴムとして利用されている。0.430gのNBRを燃焼させたところ、標準状態で22.4mLの窒素ガスが発生した。共重合したアクリロニトリルと1,3-ブタジエンのモル比として最も適当なものを、下の解答群の(?)～(f)のうちから一つ選べ。NBRに含まれる窒素原子は、燃焼によりすべて窒素ガスN₂になるものとする。

解答群

- (?) 1:1 (f) 1:2 (g) 1:3 (i) 2:1 (j) 2:3 (k) 3:1