

I

問 1

(1)

 ア 少な イ 自由電子 ウ 金属

(2)

(a)・(e)

解説

何をもって密度が高い低いとするのかはわからないが、
 金属は密度が約 4g/cm^3 より小さい軽金属とそれより大きい重金属に分類される。
 これに従えば、「密度が高い」は適当でないといえる。

問 2

(1)

$$5.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

(2)

23.0

解説

窒素ガスを満たすと質量が 28.0g 増加したことから、窒素の物質量は 1.00mol
 元素 A からなる物質の物質量を x mol とすると、
 状態量の成分表示 (P, V, n, T) は、
 窒素ガスを満たしたとき、 $(1.00 \times 10^5, V, 1.00, 273)$
 元素 A からなる物質を加えたとき、 $(5.25 \times 10^5, V, 1.00 + x, 1365)$

$$\frac{nT}{PV} = \text{一定より,}$$

$$\frac{1.00 \cdot 273}{1.00 \times 10^5 \cdot V} = \frac{(1.00 + x) \cdot 1365}{5.25 \times 10^5 \cdot V}$$

$$\therefore 1365x = 273 \cdot 5.25 - 1365$$

$$\therefore x = 0.0500$$

$$0.0500\text{mol の質量が } 1.15\text{g だから, モル質量} = \frac{1.15}{0.0500} = 23.0$$

よって、原子量は、23.0

補足

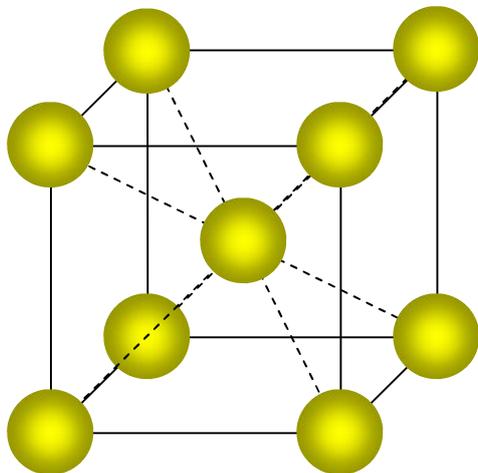
気体の問題では、状態量を (P, V, n, T) とメモ書きすると解きやすくなる。

また、 $PV = nRT$ を使うより、

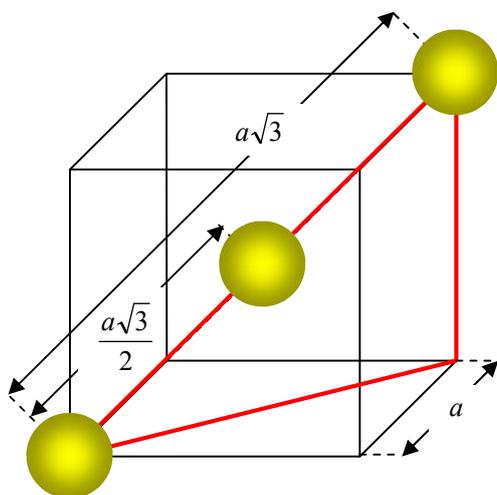
比例式 $\frac{PV}{nT} = \text{一定}$ または比例式 $\frac{nT}{PV} = \text{一定}$ を使う方が便利な場合が多い。

問 3

(1)



(2)



単位格子の1辺の長さを a とすると、原子間の距離 = $\frac{a\sqrt{3}}{2}$

$$\therefore \frac{a\sqrt{3}}{2} = 3.46 \times 10^{-8} \quad \therefore a = 3.46 \times 10^{-8} \times \frac{2}{\sqrt{3}}$$

$$\text{よって、単位格子の体積} = \left(3.46 \times 10^{-8} \times \frac{2}{\sqrt{3}} \right)^3 \text{ cm}^3$$

単位格子中の原子数は 2 だから、

原子 1mol, すなわち原子数が 6.02×10^{23} のときの体積は、

$$\left(3.46 \times 10^{-8} \times \frac{2}{\sqrt{3}}\right)^3 \times \frac{6.02 \times 10^{23}}{2} \approx 19.21 \quad \therefore 19.2 \text{cm}^3 \quad \dots (\text{答})$$

II

問 1

57.2kJ

解説

$$2 \times 33.2 = 9.2 + Q \quad \therefore Q = 57.2$$

熱化学方程式の楽な解き方

結合エネルギーを考えなくていい場合

熱化学方程式の物質をすべて単体で表すと、左辺と右辺の単体の種類と数は等しいので、単体が消去され、数式になる。

結合エネルギーを考える場合

熱化学方程式の物質をすべて原子で表すと、左辺と右辺の原子の種類と数は等しいので、原子が消去され、数式になる。

例題

CH₄, CO₂, H₂O (液体) の生成熱はそれぞれ 75kJ, 394kJ, 286kJ である。

これらの値を使って CH₄ の燃焼熱をもとめよ。

解法のポイント

燃焼熱の熱化学方程式の両辺の化合物を生成熱と単体に置き換えてから整理すればよい。

求める燃焼熱を Q とすると、

CH₄ の燃焼の熱化学方程式は、



注意：燃焼熱で生成する水は液体という約束になっている。

熱化学方程式も化学反応式と同様、式の左辺の右辺で原子の種類と数が等しい。

ということは、

両辺の化合物を単体に置き換えると、**単体の種類と数が両辺で等しい**ことになる。

また、生成熱の熱化学方程式は、

化合物 1mol の成分元素の単体 = 化合物 1mol + 生成熱

より、

化合物 1mol = 化合物 1mol の成分元素の単体 - 生成熱

したがって、熱化学方程式の両辺の化合物を単体と生成熱で表して整理すると、

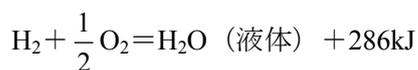
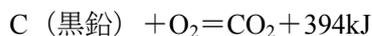
単体が消去され、燃焼熱 Q と生成熱だけの 1 次方程式になってしまうので、

燃焼熱 Q が簡単に求められる。

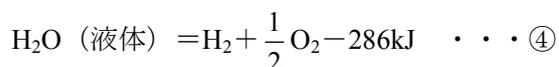
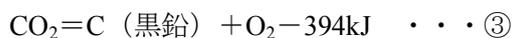
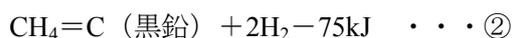
解法

手順 1.

化合物を成分元素の単体と生成熱で表す。

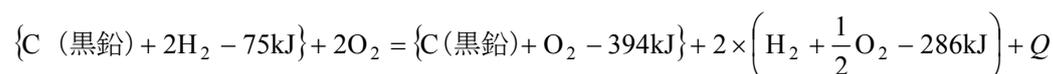


より,



手順 2.

①式に②, ③, ④を代入し, 整理する。



よって,

$$Q = 572\text{kJ} + 394\text{kJ} - 75\text{kJ} = 891\text{kJ}$$

補足

記述問題でなければ,

単体が消去されるのは明らかなので,

すべての単体, すなわち熱化学方程式に含まれる単体および

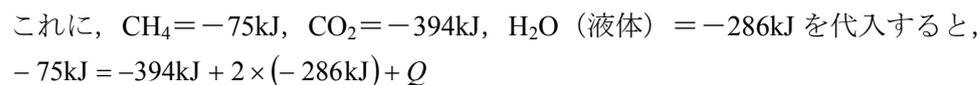
「化合物 1mol = 化合物 1mol の成分元素の単体 - 生成熱」の単体を無視し,

単体を除いた熱化学方程式に, **化合物 1mol = -生成熱**を代入すればよい。

したがって,



の単体を無視し,



よって,

$$Q = 891\text{kJ}$$

問 2

ア 赤褐色 イ 無色 ウ 可逆反応

問 3

$$K = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2}$$

問 4

(c)

問 5

NO_2 : 0.200 mol N_2O_4 : 0.250 mol N_2 : 0.450 mol

解説

$[\text{NO}_2] = 5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ より, NO_2 の物質量は, $5.00 \times 10^{-2} \times 4.00 = 0.200 \text{ mol}$

$$K = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} \text{ について, } 25.0 = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{(5.00 \times 10^{-2})^2}$$

$$\therefore [\text{N}_2\text{O}_4] = 25.0 \times 25.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

よって, N_2O_4 の物質量は, $25.0 \times 25.0 \times 10^{-4} \times 4.00 = 0.250 \text{ mol}$

N_2 の物質量 = 混合気体の物質量より, $0.200 + 0.250 = 0.450 \text{ mol}$

問 6

$$\frac{0.450(V_A - V_B)}{V_A}$$

解説

状態量の成分表示 (P, V, n, T) は, 窒素 $(P_2, V_A, 0.450, T)$, 混合気体 $(P_2, V_B, 0.450 - y, T)$

よって,

$$\frac{0.450T}{P_2V_A} = \frac{(0.450 - y)T}{P_2V_B}$$

$$\therefore \frac{0.450}{V_A} = \frac{0.450 - y}{V_B}$$

$$\therefore y = \frac{0.450(V_A - V_B)}{V_A}$$

問 7

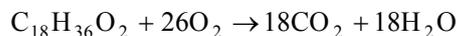
(b)

解説

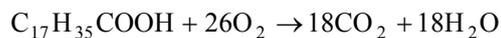
平衡定数は温度だけで決まる。

III

問 1



解説



ステアリン酸

問 2

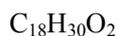
7.92g

解説

1mol の $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ (284g) が完全燃焼すると, 18mol の CO_2 (18×44 g) が発生する。

$$x \text{ g の二酸化炭素が発生したとすると, } \frac{x}{2.84} = \frac{18 \times 44}{284} \quad \therefore x = 7.92$$

問 3



解説

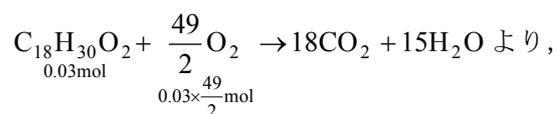
$$1 \text{ mol の Y が完全燃焼すると, } \text{H}_2\text{O} \text{ が } \frac{8.10}{0.03} = 15 \text{ mol 発生する。}$$

よって, Y はリノレン酸 $\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$

問 4

23.5g

解説



$$0.03 \times \frac{49}{2} \times 32 = 23.52 \approx 23.5 \text{ g}$$

問 5

(c)・(f)

解説

(a) X は飽和脂肪酸だから, 付加反応が起こらない。

(b) X, Y はジカルボン酸ではない。

(d) 有機溶媒によく溶ける。

分子式を暗記しておかなければならない脂肪酸

C17 高級脂肪酸

ステアリン酸	$C_{17}H_{35}COOH$	炭素間二重結合数 0	} 飽和脂肪酸
オレイン酸	$C_{17}H_{33}COOH$	炭素間二重結合数 1	
リノール酸	$C_{17}H_{31}COOH$	炭素間二重結合数 2	
リノレン酸	$C_{17}H_{29}COOH$	炭素間二重結合数 3	

C15 高級脂肪酸

パルミチン酸	$C_{15}H_{31}COOH$	炭素間二重結合数 0	飽和脂肪酸
--------	--------------------	------------	-------

解説

炭素間二重結合のない脂肪酸を飽和脂肪酸,

炭素間二重結合のある脂肪酸を不飽和脂肪酸という。

上記の不飽和脂肪酸の炭化水素は炭素間二重結合に対しシスに付加しているので、分子全体が折れ曲がった構造をとる。

折れ曲がった分子の集合体は、そうでない分子の集合体よりかさばるのは明らかであり、これは、折れ曲がった分子の集合体のほうが、そうでない分子の集合体より、分子間の距離が大きいことを意味している。

また、分子間の距離が大きくなると分子間力は弱くなるので、融点が低くなる。

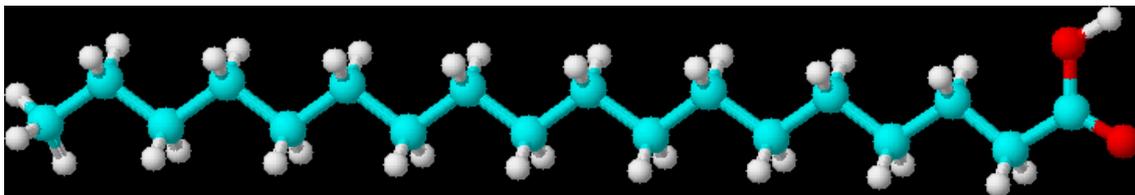
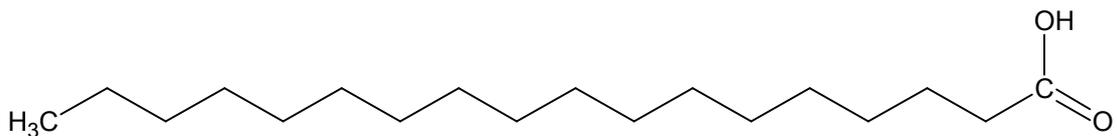
実際、

飽和脂肪酸のステアリン酸、パルミチン酸の融点がそれぞれ $70^{\circ}C$, $60^{\circ}C$ であるのに対し、オレイン酸、リノール酸、 α -リノレン酸の融点はそれぞれ $13^{\circ}C$, $-5^{\circ}C$, $-10^{\circ}C$ である。

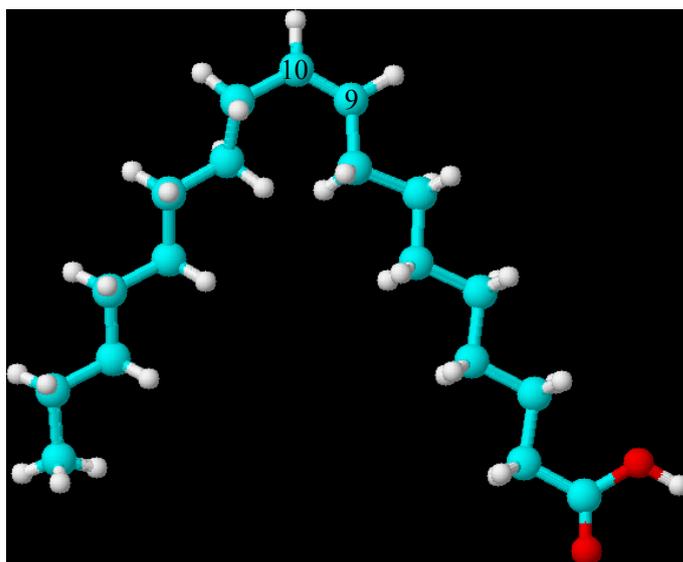
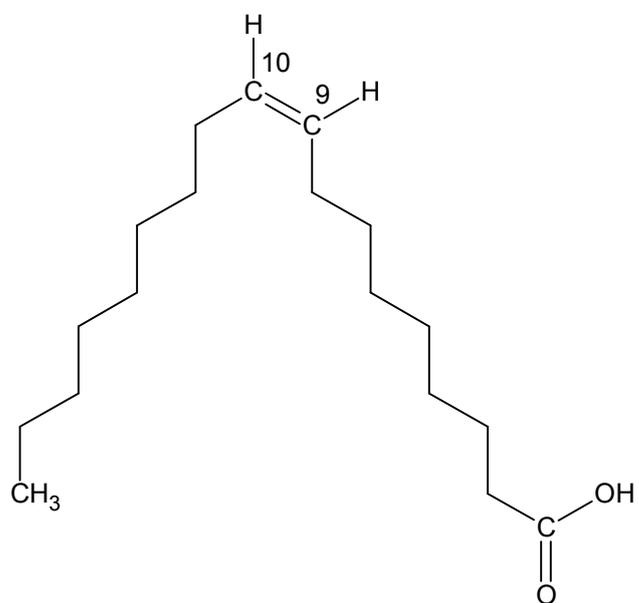
補足

動物は、炭素間二重結合が 2 つ以上の脂肪酸を体内で合成することができないので、リノール酸やリノレン酸は植物から摂取しなければならない。
体に必要だが自ら合成できない脂肪酸を必須脂肪酸という。

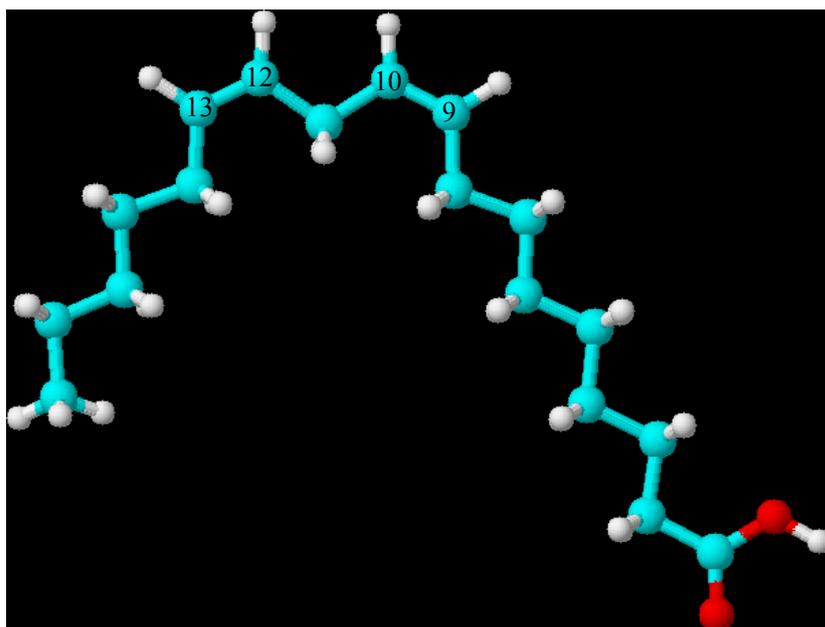
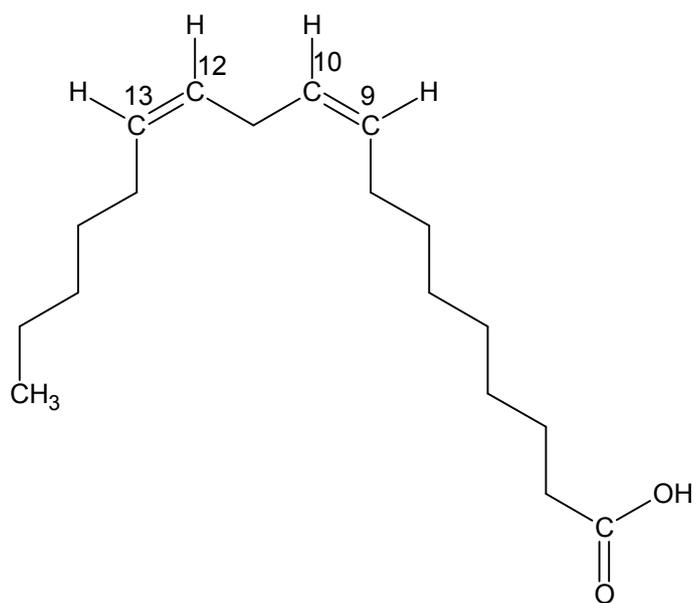
ステアリン酸



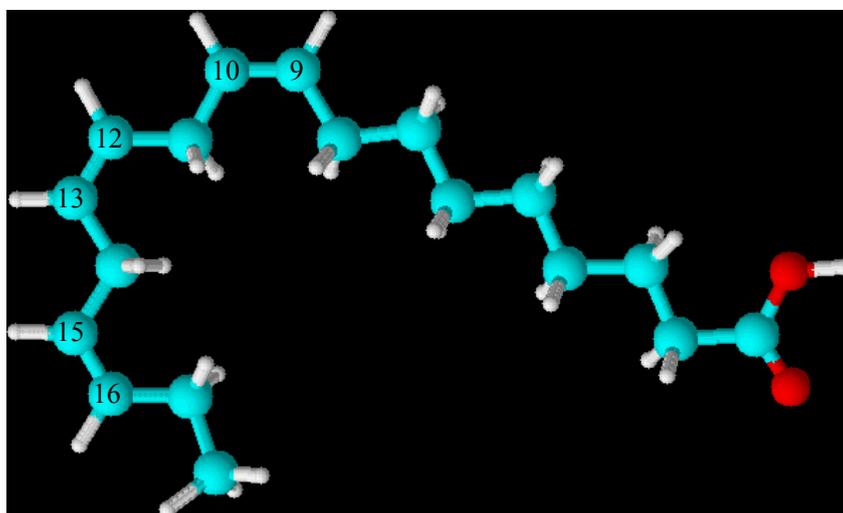
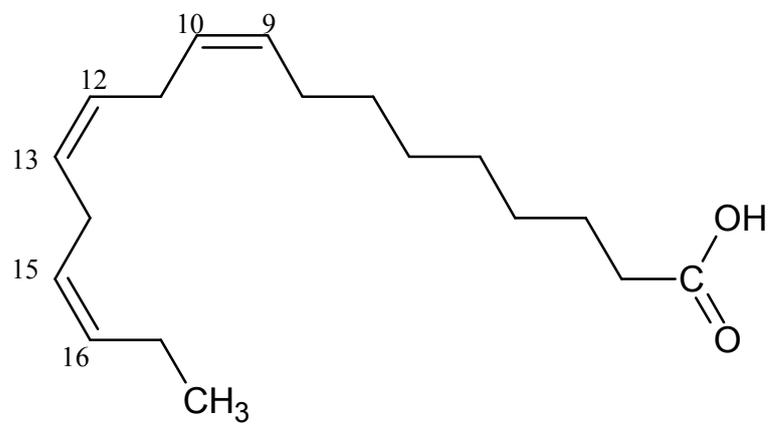
オレイン酸



リノール酸



α -リノレン酸

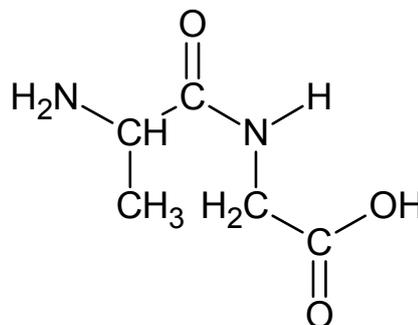
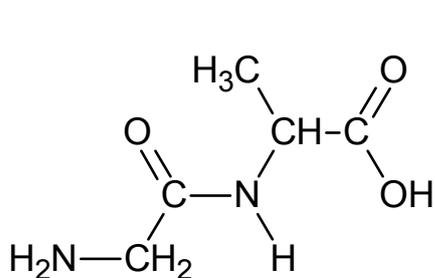


IV

問 1

ア 不斉 イ 光学 ウ タンパク質 エ 酵素 オ 活性化エネルギー カ 水素

問 2



問 3

4 種類

解説

グリシンを Gly, L-アラニン を L-Ala, D-アラニン を D-Ala と表すと,
Gly-L-Ala, Gly-D-Ala, L-Ala-Gly, D-Ala-Gly の 4 種類

問 4

14 種類

解説

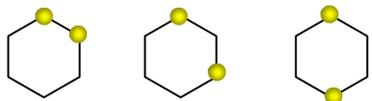
N 末端から 1-2-3-4 とすると, グリシンと L-アラニンの重複順列より,
全部で 2^4 通りの配列ができるが,
グリシンのみと L-アラニンのみの配列は許されないので,
 $2^4 - 2 = 14$ 種類

問 5

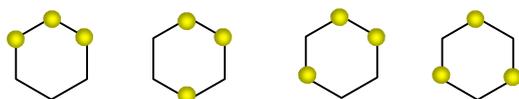
12 種類

解説

グリシン 2, アラニン 4 (グリシン 4, アラニン 2)



グリシン 3, アラニン 3



別解

グリシン 5, アラニン 1 (グリシン 1, アラニン 5) の円順列の場合の数は 1

グリシン 4, アラニン 2 (グリシン 2, アラニン 4) の円順列の場合の数

$$3 \div 3 + \left(\frac{6!}{4!2!} - 3 \right) \div 6 = 3$$

グリシン 3, アラニン 3 の円順列の場合の数

$$2 \div 2 + \left(\frac{6!}{3!3!} - 2 \right) \div 6 = 4$$

よって, $1 + 1 + 3 + 3 + 4 = 12$

参照

本ホームページ <http://www.toitemita.sakura.ne.jp/>

小ネタの部屋 数学小ネタ 「区別できないものを含む円順列の求め方」