

物理学Ⅱ レポート問題② (2016年10月26日付) 解答編1

問2-1. 瓶を振る事で、豆の間に空間が作られる。小さな豆はより高い確率でその隙間に落ちる。上部に大きな豆が、下部に小さな豆が選択的に集積されることは、全エントロピーを少なからず減少させる。しかし、熱力学第二法則には反していない。何故なら、瓶を振る事によって、外から加えられた仕事は熱エネルギー(内部エネルギー)を上昇させ、系が温まることで系全体のエントロピーはむしろ増大するからである。加えて、豆の隙間が埋まり、全体的に高密度化することで重力による位置エネルギーが失われる分も、内部エネルギーを上昇させる。

問2-2. (a)  $K_{\text{total (trans)}} = N \left( \frac{1}{2} m_0 \overline{v^2} \right) = \frac{3}{2} N k_B T$   
 $= \frac{3}{2} n R T = \frac{3}{2} \times (2.00 \text{ mol}) \times (8.31 \text{ J/mol}\cdot\text{K}) \times 293 \text{ K}$   
 $= 7.30 \times 10^3 \text{ J}$

(b)  $\frac{1}{2} m_0 \overline{v^2} = \frac{3}{2} k_B T = \frac{3}{2} \times (1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}) \times 293 \text{ K}$   
 $= 6.07 \times 10^{-21} \text{ J}$

(c)  $20.0^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$   
 $40.0^\circ\text{C} = 313 \text{ K}$  } したがって  $\frac{313}{293} = 1.07$  倍になる

問2-3 (a) 左縮後の圧力は  $P_f = P_i \left( \frac{V_i}{V_f} \right)^\gamma = (1.00 \text{ atm}) \times \left( \frac{800.0 \text{ cm}^3}{60.0 \text{ cm}^3} \right)^{1.40} = 37.6 \text{ atm}$

圧縮後の温度は  $T_f = \frac{P_f V_f}{P_i V_i} T_i = \frac{37.6 \text{ atm} \times 60.0 \text{ cm}^3}{1.00 \text{ atm} \times 800.0 \text{ cm}^3} \times 293 \text{ K}$   
 $= 826 \text{ K} = 553^\circ\text{C}$

(b) ジェール(軽油)とガソリンの「自己着火点」と「引火点」を比較すると、

	ジェール(軽油)	ガソリン
着火点	300~400 °C	400~500 °C
引火点	+45~80 °C	-35 °C ~ +46 °C

このことから、ガソリンは「引火」し易く、軽油は「着火」(自然に発火)し易いことがわかる。ガソリンエンジンには点火プラグが付いており、放電によってガソリンに着火する仕組みであるが、ジェールエンジンは点火プラグが付いておらず

(→ プラグ)

(continued) 問2-3 ... 燃料の軽油を圧縮して高温にすることで、自然発火する現象

を用いている。(「ガ-ソリン」という予備加熱装置は付いている)

よって、それぞれが機構が異なる為、ディーゼルエンジンにガソリンを入れても始動しない。

ちなみに、それぞれのエンジンの長所と短所をまとめると以下の通り。

	ディーゼル(軽油)	ガソリン
長所	低回転でも高トルク 低燃費・低CO <sub>2</sub> 排出量 高耐久性	構造が簡単で、軽量。 高速回転でも静粛

短所	構造が複雑で、重量 高速回転に向かない PM, NOxの発生	トルクが低い 高燃費 高CO <sub>2</sub> 排出量
----	--------------------------------------	---------------------------------------

↓  
「軽」自動車に  
軽油を入れないと!!

問2-4 (a) 定積比熱は  $nC_V$  である。

並進運動 (x, y, z 方向) 3自由度

回転運動 (x, z 軸回り) 2自由度 (y 軸方向を分子鎖方向にする)

Total 5自由度 にエネルギーが等分される

$$N \frac{5}{2} k_B T = n N_A \frac{5}{2} k_B T = n \frac{5}{2} R T = n C_V T$$

$$n C_V = n \frac{5}{2} R = (2 \text{ mol}) \times \frac{5}{2} \times (8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K})$$

$$= 41.6 \text{ J/K}$$

(b) 上記に加えて y 方向の振動における運動エネルギー 1自由度 (が追加される)  
ポテンシャルエネルギー 1自由度

5 + 2 = 7 自由度がある。

$$n C_V = n \frac{7}{2} R = 58.2 \text{ J/K}$$

定圧比熱は  $n C_P = n (C_V + R)$  から求める。(略)

問2-5 (a)  $\eta_c = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{300\text{K}}{500\text{K}} = 0.400$  40.0%

☺ これは理論上の(理想的な)最大効率であり、実際の効率は極端に悪いはず。

→ 776k

(continued) 問2-5 (b)

$$T_h \text{ を } 20\text{K 上げた場合 } \eta_c = 1 - \frac{300}{520} = 0.423$$

$$T_c \text{ を } 20\text{K 下げた場合 } \eta_c = 1 - \frac{280}{500} = 0.460$$

$T_c$  (外気温) を冷やす方が理論上効率的だが、  
外気温を制御するのは非現実的である。

よって  $T_h$  (スチムの温度) を上げる方がより現実的。

問2-6 (a) 等温過程に於いて  $Q = nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

$$\text{よって } Q_1 = nR(3T_c) \ln 2$$

$$Q_3 = nR(T_c) \ln\left(\frac{1}{2}\right)$$

定積変化において(単原子分子の時)

$$Q_2 = \Delta U_2 = \frac{3}{2} nR(T_c - 3T_c)$$

$$Q_4 = \Delta U_4 = \frac{3}{2} nR(3T_c - T_c) \quad \odot Q_2 + Q_4 = 0.$$

$$Q_{\text{net}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 2nRT_c \ln 2$$

(b) 熱量が正の値なので、外から流入するエネルギーは

$$|Q_{\text{in}}| = Q_1 + Q_4 = 3nRT_c(1 + \ln 2)$$

熱サイクルを一周したときの内部エネルギーの変化は零  $\Delta U = 0$ ,  $W_{\text{eng}} = Q_{\text{net}}$

$$\text{よって 効率} \eta_c = \frac{W_{\text{eng}}}{|Q_{\text{in}}|} = \frac{Q_{\text{net}}}{|Q_{\text{in}}|} = \frac{2 \ln 2}{3(1 + \ln 2)} = 0.273$$

※ = 単原子分子の場合  $Q'_1 = nR(3T_c) \ln 2$

$$Q'_4 = \frac{5}{2} nR(3T_c - T_c)$$

$$|Q'_{\text{in}}| = Q'_1 + Q'_4 = nRT_c(3 \ln 2 + 5)$$

$$\eta'_c = \frac{Q_{\text{net}}}{|Q'_{\text{in}}|} = \frac{2 \ln 2}{(3 \ln 2 + 5)} = 0.196$$

これは  
正解である。