

[ 第12回目 ] 熱力学の第2法則

授業の目標 熱と仕事は完全に同等ではない。(ともにエネルギーの一種だが)

熱力学の第2法則 : 不可逆変化の向きを表す法則(いろいろな表し方がある)

荒っぽい理解『エネルギーの質と物質の質は「劣化」していく』(総量は一定 第1法則)

クラジウスの原理・・・高温から低温への熱伝導は不可逆

「熱を低温から高温に移して、他に何の変化も残さないにはできない」

トムソンの原理・・・仕事を熱に変えるのは不可逆 トムソンはケルビンと同一人物

「1つの熱源から熱をえて、それをすべて仕事に変える以外に何の変化も

残さないにはできない」(第2種永久機関は存在しない)

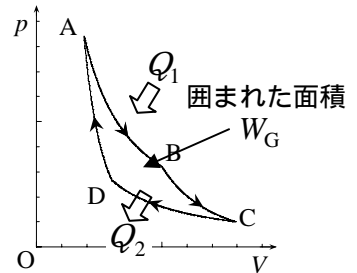
カルノーの原理

「カルノー・サイクル(可逆サイクル)の効率 $\eta_c$ は、すべての熱機関の中で最大である」

○カルノー・サイクルの効率

$$\eta_c = \frac{W_G}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

(高温熱源 $T_1$  [K], 低温熱源 $T_2$  [K])



学習到達目標 (5) 熱力学の第2法則の意味を理解できる。

次回予定 [ 第13回目 ] まとめ

\*\*\*\*\*

レポート問題 第12回目(右側の半分の解答用紙を切り取って提出しなさい)

- B... 問1 我々は時間の流れの向き(過去 未来)を何によって区別する(知る)ことができるか。  
 C... 熱力学第1法則と第2法則から、エネルギーと熱と仕事の性質について、簡単に説明せよ。

問2 「クラジウスの原理」と「トムソンの原理」を表す図を選べ。[教科書 p.53]

B... (a) (b) (c) (d)

B... 第2種永久機関とはどのような熱機関か。それを作ることは可能か不可能か。[教科書 p.48]

C... 摩擦のある斜面を物体が滑り落ちる運動が、不可逆変化であることを「トムソンの原理」から説明せよ。(摩擦力がする仕事 $W$ が何に変わるかを考えよ。)

問3  $n$  [mol] の理想気体を、右の $p$ - $V$ 図のように、A B C D Aの順で変化させた。

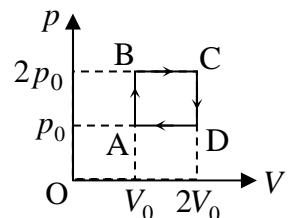
B... 変化が一巡する間に気体が外部にする仕事 $W_G (= -W; W$ は気体に与える仕事)を求めよ。

A... 気体Aの温度を $T_0$  [K]として、B, C, Dの各温度を $T_0$ で表せ。(状態方程式から考えよ。)

B... 吸熱過程 A B と B C での合計の吸熱量 $Q_1 = Q_{A \rightarrow B} + Q_{B \rightarrow C}$ と、排熱過程 C D と D A での合計の排熱量 $Q_2 = -Q_{C \rightarrow D} - Q_{D \rightarrow A}$ を、定積モル比熱 $C_V$ 、定圧モル比熱 $C_p$ を用いて表せ。

C...  $C_p - C_V = R$ を用いて、 $Q_1 - Q_2 = W_G$ であることを確認せよ。

C... この熱機関の効率 $\eta = W_G / Q_1$ を求めよ。



問4

B... 教科書の問3.22の を答えよ。 A... 熱機関を逆運転すると何になるか。

C... 電気ストーブで電気エネルギー $E$ を直接熱 $Q_1$ に変えて暖房するよりも、電気エネルギー $E'$ を仕事 $W_G$ として使ってエアコン(ヒートポンプ)で暖房する(同じ熱 $Q_1$ を部屋の空気を与える)方が、電気エネルギーが少なくすむ( $E' < E$ である)。この理由を説明せよ。

解答用紙 ( 曜 限) 学籍番号 \_\_\_\_\_ 氏名 \_\_\_\_\_

問1

問2 「クラジウスの原理」[ \_\_\_\_\_ ], 「トムソンの原理」[ \_\_\_\_\_ ]

可能・不可能

摩擦力がする仕事  $W$  が, \_\_\_\_\_ にかわる。「トムソンの原理」から, それを完全にもとにもどすことは, 可能・不可能 である。したがって不可逆変化である。

問3 気体が外部にする仕事  $W_G$  は, 気体に与える仕事  $W$  を使って,  
 $W_G = -W_{A \rightarrow B} - W_{B \rightarrow C} - W_{C \rightarrow D} - W_{D \rightarrow A}$  と表される。  $W = -p \cdot \Delta V$  だから,

$$W_G =$$

$$T_B = \quad, \quad T_C = \quad, \quad T_D =$$

$$Q_1 = Q_{A \rightarrow B} + Q_{B \rightarrow C} =$$

$$Q_2 = -Q_{C \rightarrow D} - Q_{D \rightarrow A} =$$

$$\eta = \frac{W_G}{Q_1} =$$

問4

$$T_1 = \quad \text{K}, T_2 = 300 \text{ K のとき}, \eta_c = \frac{T_1 - T_2}{T_1} =$$

$$T_1 = \quad \text{K}, T_2 = \quad \text{K のとき}, \eta_c = \frac{T_1 - T_2}{T_1} =$$

$$\eta_c = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 \quad \text{となるのは}, T_2 =$$

電気エネルギー  $E$  [J] を熱  $Q_1$  [J] に直接変える場合は,  $Q_1 =$  。ヒートポンプの場合,  $W_G = E'$  [J] の仕事を使って低温熱源 (屋外) から  $Q_2$  [J] を取りこみ, 室内に  $Q_1 =$   [J] の熱を与える。したがって,

$E' =$    $E$  である。

このレポートをやるのに \_\_\_\_\_ 時間 \_\_\_\_\_ 分,

それ以外に基礎物理 の予習復習を \_\_\_\_\_ 時間 \_\_\_\_\_ 分した。