

[第10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)

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ようにはできない」

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ようにはできない」(第2種永久機関は存在しない)

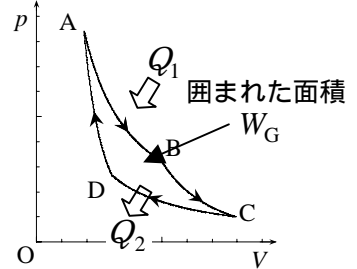
カルノーの原理

「カルノー・サイクル(可逆サイクル)の効率 η_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11回目] 進行波(教科書 65 ページの下から 7 行目まで)

レポート問題 第10回目(右側の半分の解答用紙を切り取って提出しなさい)

A... 問1 理想気体の定積, 定圧, 等温, 断熱の各微小変化について, 熱力学第1法則を書け。

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]

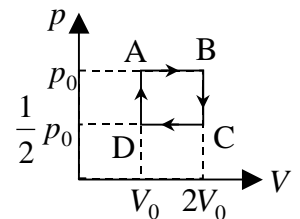
C... 摩擦のある斜面を物体が滑り落ちる運動が, 不可逆変化であることを「トムソンの原理」から説明せよ。(摩擦力がする仕事 W がどうなるかを考えよ。)

問3 n [mol] の理想気体を, 右図のように, 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 D A での合計の吸熱量 $Q_1 = Q_{A \rightarrow B} + Q_{D \rightarrow A}$ と, 廃熱過程 B C と C D での合計の廃熱量 $Q_2 = -Q_{B \rightarrow C} - Q_{C \rightarrow D}$ 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てすむ($E' < E$ 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 定積変化 $dU =$ _____ , 定圧変化 $dU =$ _____

等温変化 $dU =$ _____ , 断熱変化 $dU =$ _____

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,

$$W_G =$$

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

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

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

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

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。