

[第 10 回目] 熱力学の第 2 法則

考える内容

- ・ 熱力学の第 2 法則にはいろいろな表し方がある

授業の目標

熱力学の第 2 法則 (どれも等価である)

クラジウスの原理

「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

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)

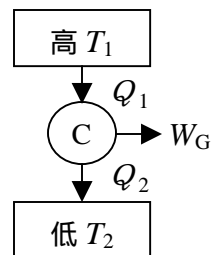
カルノーの原理

「カルノー・サイクル (可逆サイクル) の効率 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

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

高熱源の絶対温度 T_1 , 低熱源の絶対温度 T_2



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)

問 1

「クラジウスの原理」を書きなさい。[教科書 53 ページ]

第 2 種永久機関とはどのような熱機関か説明しなさい。[教科書 48 ページ]

「トムソンの原理」を書きなさい。[教科書 53 ページ]

第 2 種永久機関を作ることは可能か。

仕事 W を全て熱 Q に変えて、絶対温度 T の物体 (熱源) に与え、それ以外に何の変化も残さない変化が、不可逆変化であることを、「トムソンの原理」から説明せよ。

の結果を用いて、気体の拡散が不可逆変化であることを説明せよ。

問 2

カルノー・サイクルの効率 η_c を、高熱源の絶対温度 T_1 [K] と低熱源の絶対温度 T_2 [K] を用いて式で表しなさい。[教科書の式 (3.55)]

教科書の問 3.22 の を答えよ。

熱機関を逆運転すると何になるか。

電気エネルギー E を直接熱 Q に変えてお湯を沸かすよりも、電気エネルギー E' を仕事 W_G として使ってヒートポンプ (効率 η) で熱 Q を与えてお湯を沸かす方が、必要な電気エネルギーが少なくすむ ($E' < E$ である) 理由を説明せよ。

カルノー・サイクルを逆運転してヒートポンプとして用いる。17 ($T_2 = 290$ K) の空気から熱 Q_2 をうばい、97 ($T_1 = 370$ K) のお湯に熱を $Q_1 = 1$ J 与えるとき、必要な仕事 W_G を求めよ。それは熱 Q_1 の何%か。

解答用紙 (曜 限) 学籍番号 _____ 氏名 _____

問1

もとに戻す逆の変化は, _____
 という変化なので, 「トムソンの原理」から, それは _____ である。
 拡散した気体を, 等温圧縮でもとの体積と温度にもどすには, _____ を
 _____ に変えなければならない。したがって の結果より不可逆変化である。

問2

$$\eta_c = \text{_____}$$

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

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

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

電気エネルギー E [J] を熱 Q [J] に直接変える場合は, $E = \boxed{\quad}$ 。

電気エネルギー E' [J] を使ってヒートポンプで熱 Q [J] を与える場合は,

$$E' = W_G = \boxed{\quad} \quad \text{。} \quad \eta < \boxed{\quad} \quad \text{なので, } E' < E \text{ である。}$$

$$\eta_c = \frac{W_G}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \text{ より, } W_G = \eta_c Q_1 = \frac{T_1 - T_2}{T_1} Q_1. \quad Q_1 = 1 \text{ J 与えるのに必要な仕事 } W_G$$

$$\text{は, } T_1 = 370 \text{ K}, T_2 = 290 \text{ K の値を用いると, } W_G = \frac{T_1 - T_2}{T_1} Q_1 = \text{_____} \quad [\text{J}]$$

したがって, 約 _____ %