

[第10回目] 理想気体のモル比熱

授業の目標 定積変化と定圧変化のモル比熱を熱力学の第1法則に基づいて考える。

理想気体の内部エネルギー

$$U = \frac{f}{2} nRT \quad \left(= Nf \frac{1}{2} k_B T \right) \quad \text{自由度 } f \quad \begin{cases} \text{単原子分子: } f=3 \\ \text{2原子分子: } f=5 \end{cases}$$

○定積変化 ($dV=0$ $dW=0$) と 定圧変化 ($p=$ 一定 $dW=-pdV \neq 0$)

$$\text{定積モル比熱} \quad c_V = \frac{1}{n} \left(\frac{dQ}{dT} \right)_{\text{定積}} = \frac{1}{n} \frac{dU}{dT} \quad \text{定圧モル比熱} \quad c_p = \frac{1}{n} \left(\frac{dQ}{dT} \right)_{\text{定圧}}$$

モル比熱 = 1 mol あたりの熱容量 単位 [J/mol·K]

理想気体では $c_V = \frac{1}{n} \frac{dU}{dT} = \frac{f}{2} R$ $c_p = c_V + R$: マイヤーの関係式

$$c_p > c_V$$

: 定圧変化の場合, 熱 dQ としてもらったエネルギーの一部を外部に仕事を失う ($dW < 0$) ので, 温度上昇 dT が定積変化より小さい。

学習到達目標 (5) 熱力学の第1法則の式が書け, エネルギー保存則との関係がわかる。

次回予定 [第11回目] 理想気体の断熱変化 (教科書 68 ページまで)

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 熱力学の第1法則を表す式を書け。[教科書の式(9.2)参照]
- B... 熱量と内部エネルギーの違いを説明せよ。[教科書56ページ2段落目を参照]
- B... 理想気体の内部エネルギー, 圧力, 絶対温度について, 分子運動という観点から説明せよ。
[教科書56ページの補足1, 57ページの最下行, 58ページの補足を参照]
- B... 問2 教科書の演習問題 A.9 の を答えよ。
- B... 問3 ピストン付きの容器に圧力 $p = 1.0 \times 10^5$ [Pa] の気体が入っている。この気体をピストンでゆっくりと圧縮して $dV = -1.0 \times 10^{-5}$ [m³] だけ体積を微小変化させると同時に, ヒーターで加熱して $dQ = 0.10$ [J] の熱を与えた。気体の内部エネルギーの変化 dU [J] を求めよ。
- B ~
C... 問4 教科書の演習問題 B.9 の を答えよ。
- C... 問5 ルビジウム (⁸⁷Rb) という金属を蒸発させた希薄な気体を考える。この気体を $T = 3.00 \times 10^{-8}$ [K] まで冷却したときの, 原子の平均の速度 $\sqrt{\langle v^2 \rangle}$ を教科書の(9.5)式より求めよ。⁸⁷Rb 原子の質量は $m = 1.44 \times 10^{-25}$ [kg] である。(2001年度ノーベル物理学賞参照)
- (チャレンジ問題)
- A ~
C... 問6 水の中で木片が浮く理由を説明せよ。(直方体型の木片で考えよ。)
暖められた空気は上昇していく。この理由を と関係させて説明せよ。

解答用紙 (曜 限) 学籍番号 _____ 氏名 _____

問 1

内部エネルギー :

圧力 :

絶対温度 :

問 2 a)

b)

問 3 $dU =$ []

問 4 a)

b)

c)

a)

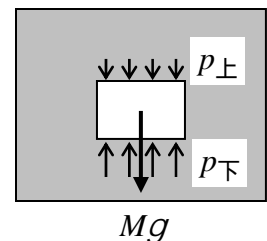
b)

問 5 $\sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}} =$ []

問 6 まず水の中で、木片と同じ直方体型の水の一部について考える。水の質量を $M_{\text{水}}$ 、底面積を S とすると、水の中で水は浮きも沈みもしないから、力のつり合いより、 $p_{\text{上}} \cdot S + M_{\text{水}} \cdot g$ と $p_{\text{下}} \cdot S$ となる。次に、その水を同じ形状(体積)の木片に変えると、木片の質量は $M_{\text{木片}}$ と $M_{\text{水}}$ だから、

$p_{\text{上}} \cdot S + M_{\text{木片}} \cdot g$ と $p_{\text{下}} \cdot S$ となり、木片は水に浮く。(浮力)

空気は暖められると、**収縮・膨張** する。したがって、暖められた空気は、同じ体積の冷たい空気よりも **軽い・重い**。と同様に考えて、暖められた空気は上昇する。



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。