

容積 V の部屋が、温度 T_1 の空気で満たされている。ストーブをたいたら温度が T_2 に上昇した。部屋の中の空気を理想気体と仮定して以下の問いに答えよ。

1. 部屋の中の空気の圧力は変化するか、同じか。その理由を含めて答えよ。
2. ある瞬間の内部エネルギー U と、気体分子のモル数 n 、定積モル比熱 C_v 、絶対温度 T との関係式を記せ。
3. 前問の結果を用いて、内部エネルギーの変化 ΔU の式を記せ。
4. 前問の結果と理想気体の状態方程式(気体定数 R)を用いて、温度が温まった場合の内部エネルギーが変化するかどうかを調べよ。

(解答例)

1. 部屋の中の空気の圧力は変化せず、常に部屋の外の気圧と同じに保たれる。なぜならば、通常、部屋は密閉されていないので、空気は部屋に閉じ込められていない。温度が上昇すると空気分子は隙間からもれて、部屋の中の空気分子のモル数 n は減る。

2. 題意より

$$U = nC_vT + \text{constant.} \quad (1)$$

3. 題意より

$$\Delta U = C_v\Delta(nT) \quad (2)$$

(注意：今、部屋の中の空気分子のモル数 n は一定ではないので、 $\Delta U = nC_v\Delta T$ とはならない！)

4. 理想気体の状態方程式 $pV = nRT$ を前問の結果に代入すると

$$\Delta U = C_v\Delta\left(\frac{pV}{R}\right) = C_v\frac{\Delta(pV)}{R} \quad (3)$$

ところが、今の場合、圧力 p も体積 V も変化せず一定であるので、

$$\Delta U = 0 \quad (4)$$

となり、温度が変化しても内部エネルギーは変化しない！

5. (参考)この問題の結果は奇妙に感じられるだろう。部屋が温まるとなぜ心地よく感じるのだろうか。少なくとも2つの要因がある。

(a) 部屋の内壁と電磁放射(熱放射)のやりとりをしている。

(b) あなたに衝突する空気分子とエネルギーのやり取りをしている。

部屋の温度が上がると、(1)内壁から放出されてあなたが吸収する放射の量が増え、(2)空気分子の衝突であなたが得るエネルギーの量も増える。