

# 強者の戦略

物理の内多です。今回は2006年の京都大学前期試験から、熱力学に関する問題にチャレンジしてもらいたいと思います。京都大学の物理の問題は長文の空所補充形式ですから、受験生の中には問題を解く前に文章を読むことに疲れてしまう人もいるかも知れません。しかし、内容は非常によく練られていて、受験生の物理的思考力を養うには最適です。問題作成者は京都大学の教授グループでしょうから、問題を通してその「知の巨人たち」と物理対話ができるんだ、というイメージで問題に取り組んでほしいですね。

では、以下に問題を記します。

次の文を読んで、には適した式を答えよ。また{  }からは正しいものを選びその記号を答えよ。

(1) 一般に熱の出入りを伴わない状態変化を断熱変化と呼ぶが、気体の断熱変化では、変化の各段階で平衡状態が実現しているならば、 $(\text{圧力}) \times (\text{体積})^\gamma = (\text{一定})$ という関係が成り立つ。べき定数 $\gamma$ は気体の種類によって異なるが、必ず1より大きい値を持つ。以下では、空気に対するべき定数を、 $\gamma$ と表す。

空気は断熱性がよいので、大気中の空気のゆっくりとした移動は、断熱変化とみなすことができる。いま、こうした断熱変化をくりかえした結果、大気の大気圧や温度は、高度によって決定されているとしよう。また、空気1 molあたりの質量を $w$ とし、この値は高度によらず一定とする。このとき、地表の気温を絶対温度で $T_0$ （以下、温度はすべて絶対温度とする）、気体定数を $R$ 、地表における空気の密度を $\rho_0$ とすれば、地表における大気の大気圧はあで与えられる。また、ある高度における大気の大気圧を $T$ とすると、その高度での大気の大気圧はい、密度はうと表される。

(2) さて、大気が上に述べたような状態にあるときに、熱気球を飛ばすことを考えてみよう。気球は断熱性の布でできており、気体の部分を除いた気球の質量は $M$ である。最初、気球は空気が入っていない体積0(ゼロ)の状態であった。飛ばないように気球を固定し、気球の下部が開いた状態で、外気を熱して温度 $T_1$ にした空気を体積えだけ詰めたところ、気球は浮かび始めた。さらに続けて、温度 $T_1$ の空気を気球の体積が $V$ になるまで入れた。このときの気球内の空気の物質量はお molである。また、空気の定積モル比熱を $C_V$ とすると、気球内に入った空気には、もとの大気の状態からかの熱が加えられ、内部エネルギーはきだけ増加したことになる。

(3) ここで、気球の下部を閉じ、固定をはずして気球を飛ばしたところ、ある高度まで上がって静止した。気球内の空気の温度 $T_1$ と体積 $V$ が変化しないとすると、この高度での大気の大気圧はくである。さらに、気球の下部を開き、体積は $V$ のまま気球内の空気の温度をけにしたとき、気球の高度は変わらなかった。このときの気球内の空気の温度は、{ こ ①  $T_1$ より高い ②  $T_1$ より低い ③  $T_1$ と同じである }。