

第2回 リスナー参加型 天下一学問会

高校レベル

問題用紙

物理②

作問者：いーんちょ

問題数：大問1問

記述式

解答時間：45分

注意事項

1. 解答提出は専用フォームから行うこと
2. 解答は専用の解答用紙に記入すること
(ア) 解答欄の不足時は末尾の予備用紙を利用してよい
 - ① 元の解答欄に「予備へ続く」など明記すること
 - ② 解答する問題番号を明記すること(イ) 計算用を含め、予備用紙は2枚分用意している
3. 解答は以下の形式のみ受け付ける。
 - PDF (直接記入または記入した解答を pdf 化)
 - 画像ファイル (png, jpg など 写真を含む)
4. 答案は採点者が読めるよう丁寧に書くこと
5. 解答提出時、ファイルを複数選択して提出可能

次ページより問題を掲載

物理問題

断熱材でできた一様な断面積 S の円筒容器があり、その中に滑らかに動く断熱材でできたピストンが設置されている。図1のように、円筒容器は内部で二つの小部屋 A と B に別れており、それら内部は気密に保たれている。小部屋 A の左端と小部屋 B の右端には温度調節可能な装置が設置されており、それぞれの小部屋内部の温度を変化できる。小部屋 A および小部屋 B にはそれぞれ同一種類である 1 mol の単原子分子理想気体が封入されている。初期状態において、小部屋 A および小部屋 B の圧力は P_0 、温度は T_0 、ピストンから温度調節器の壁までの距離は L であった。ここで気体定数を R とする。また単原子分子理想気体の定積モル比熱 C_V は $\frac{3}{2}R$ となること、理想気体 1 mol の内部エネルギー U は絶対温度を T として、 $U = C_V T$ であることが知られている。以下の問いに答えよ。

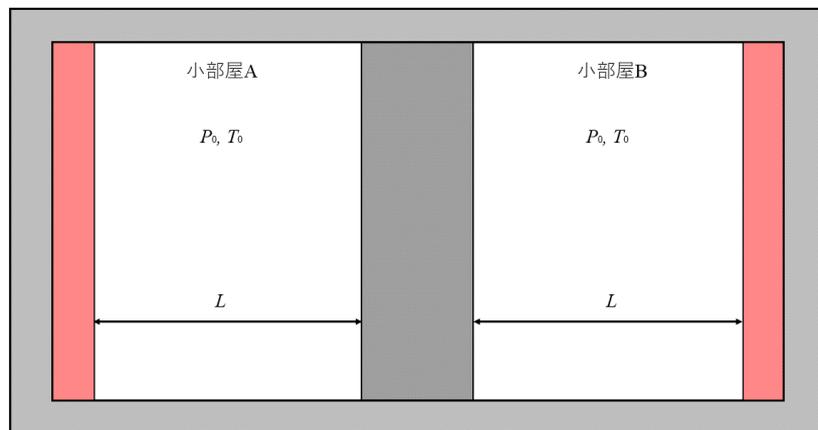


図 1

問1. このときの圧力 P_0 を S 、 L 、 R 、 T_0 を用いて表せ。

初期状態から小部屋 B の温度を T_0 に保ったまま小部屋 A の温度を $T_1 (T_1 > T_0)$ までゆっくり上昇させたところ、ピストンが距離 $x (x > 0)$ だけゆっくり移動して停止した。

問2. ピストンの移動距離 x を L 、 T_0 、 T_1 を用いて表せ。またこのときの小部屋 A の圧力 P_A と小部屋 B の圧力 P_B を P_0 、 T_0 、 T_1 を用いて表せ。

問3. この変化の過程で小部屋 A に加えられた熱を $Q_A (Q_A > 0)$ 、小部屋 B から取り除かれた熱量を $Q_B (Q_B > 0)$ とする。 $Q_{AB} = Q_A - Q_B$ とするとき、 Q_{AB} を R 、 T_0 、 T_1 を用いて表せ。

次に図2のように初期状態の小部屋Bに、バネ定数が k で自然長が L のバネを取り付ける。この状態から小部屋Bの温度を T_0 に保ったまま小部屋Aの温度をゆっくりと再び $T_1(T_1 > T_0)$ まで上昇させると、ピストンが $y(y > 0)$ だけゆっくり右に移動して静止した。

問4. 移動後の小部屋Aの圧力を P_C 、小部屋Bの圧力を P_D とする。 P_C と P_D の関係を P_C 、 P_D 、 S 、 k 、 y を用いて表せ。

問5. P_C および P_D を P_0 、 L 、 S 、 k 、 y の中から必要なものを用いて表せ。

問6. この変化の過程で小部屋Aに加えられた熱を $Q_C(Q_C > 0)$ とし、小部屋Bから取り除かれた熱量を $Q_D(Q_D > 0)$ とする。さらに $Q_{CD} = Q_C - Q_D$ と定め、 ΔQ を $\Delta Q = Q_{CD} - Q_{AB}$ と定める。 ΔQ を R 、 T_0 、 T_1 、 P_0 、 L 、 S 、 k 、 y の中から必要なものを用いて表せ。

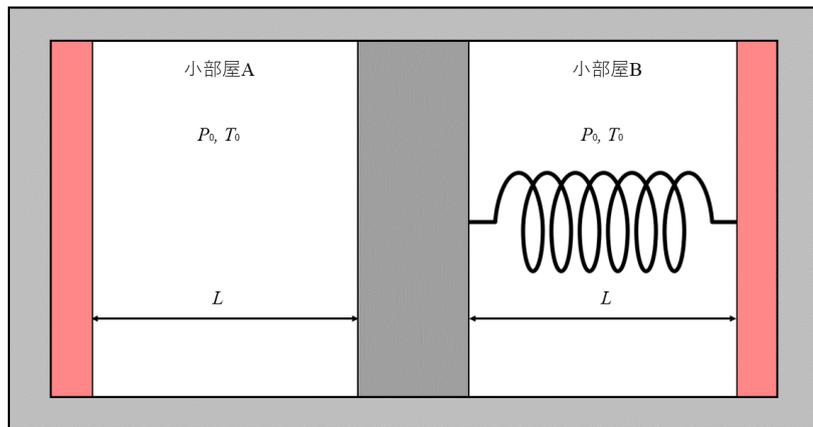


図 2

(2003 気象大学校 改題)