

物 理 (全2の1)

物理量は SI 国際単位系で表現してある。解答欄に[]がある所はその単位を SI 国際単位系による簡潔な形で記入せよ。

- 1 図 1-1 のように、水平な直線レール上を右向きに走る列車がある。質量 m の小さなボールを、列車の天井に固定された点 P より静かに放す。点 P の真下にある列車の床の点を O とする。この点 O を原点とし、右向きを x 軸正の向きとする、列車に固定された座標系を考える。OP 間の距離を h 、重力加速度の大きさを g として以下の問いに答えよ。ただし、ボールの運動は、 x 軸を含む床に鉛直な平面に限られるとする。また、列車は十分に長く、ボールの大きさや空気抵抗は無視できるとする。以下に述べる列車の運動は、地上から見たものとする。列車は適切な速度で走っており、減速しても左向きに走ることはないものとする。

- (1) 列車が止まっているとき、ボールが天井から離れて床に達するまでの時間は、どのように表されるか。
- (2) 列車が一定の速度 v_0 で走っているとき、ボールが床に当たる位置の x 座標はいくらか。
- (3) 列車が一定の加速度の大きさ a ($a > 0$) で減速している場合、ボールが床に当たる位置の x 座標はいくらか。
- (4) 列車の速度が一定の加速度 $-\frac{g}{20}$ で変化しているとき、ボールの運動を列車内で見ると、図 1-2 のように、鉛直に対し x 軸正の向きに角度 θ 傾いた方向にボールの落下が始まったとする。 $\tan \theta$ の値はいくらになるか。数値で答えよ。
- (5) 列車が一定の加速度 $-\frac{g}{20}$ で運動している。列車の速度が v の瞬間にボールを落とすと、列車が停止すると同時にボールは列車の床に当たった。OP 間の距離 h はどのように表されるか。

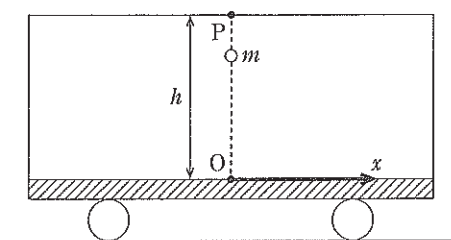


図 1-1

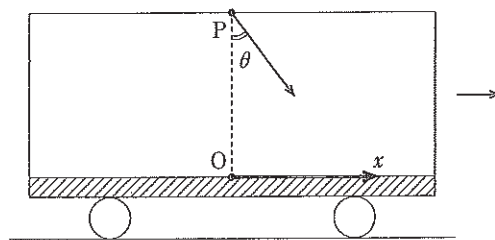


図 1-2

- 2 分子量 M の単原子分子理想気体 1.00 mol がなめらかに動くピストンの付いた円筒容器に入れられている。図 2 に示すように、はじめの状態 A から過程 I, II, III の順でこの気体の状態を変化させたところ、等温変化、定積変化、定圧変化、断熱変化のうちの異なる 3 つの過程を経て、はじめの状態 A に戻った。途中の状態を順次、状態 B, 状態 C とする。状態 B における圧力は、状態 A における圧力の x 倍である。断熱変化においては、圧力 P と体積 V の間に、 $PV^{\frac{5}{3}} = (\text{一定})$ の関係がある事が知られている。アボガドロ定数を N_A として、以下の問いに答えよ。それぞれの問いで指定される記号や数値は、他の問いの解答には用いないこと。

- (ア) この気体分子 1 個の質量はどのように表されるか。
- (イ) 気体分子の 2 乗平均速度を v とすると、この気体の内部エネルギーの大きさは、 v を用いてどのように表されるか。
- (ウ) 絶対温度を T 、気体定数を R とすると、この気体の内部エネルギーの大きさはどのように表されるか。
- (エ) 圧力が $2.15 \times 10^4 \text{ Pa}$ 、体積が $3.00 \times 10^{-1} \text{ m}^3$ のとき、この気体の内部エネルギーの大きさを有効数字 2 桁で求めよ。
- (オ) 状態 A における圧力を P_A 、体積を V_A とすると、状態 A における分子の 2 乗平均速度はどのように表されるか。
- (カ) 分子量を $M = 1.00 \times 10$ 、状態 A における圧力を $P_A = 4.00 \times 10^4 \text{ Pa}$ 、体積を $V_A = 1.20 \times 10^{-1} \text{ m}^3$ として、状態 A における分子の 2 乗平均速度を有効数字 2 桁で求めよ。

(キ) 過程Ⅲは、等温変化、定積変化、定圧変化、断熱変化のうちのどれか。

(ク) 状態Aから過程Ⅰを行って状態Bに達したときに、気体分子の2乗平均速度はどれほど増加したか、理由をつけて答えよ。

(ケ) 状態Cにおける体積は、状態Aにおける体積 V_A を用いてどのように表されるか。

(コ) 状態Aにおける圧力を P_A 、体積を V_A とすると、過程Ⅱで気体が外部にした仕事の大きさはいくらか。

(サ) 過程Ⅲにおいて、気体の受け取った熱量は、(正、負、ゼロ)のいずれか。

(シ) 過程Ⅲにおいて、気体が外部にした仕事は、(正、負、ゼロ)のいずれか。

(ス) 状態Cの温度は、状態Aにおける温度 T_A を用いてどのように表されるか。

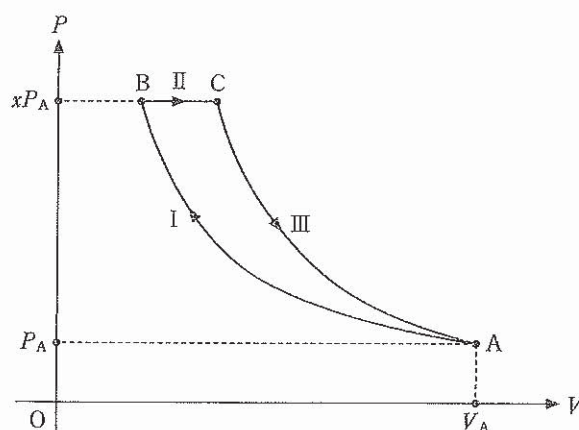


図2

3 図3-1のような、同じ形の2枚の広い極板A、Bを向い合せた平行板コンデンサーがある。極板の面積は S で、極板の間隔は、はじめ d に保たれているとする。極板A、Bにそれぞれ、 $+Q$ 、 $-Q$ の電荷が与えられている。コンデンサーはすべて真空中にあるものとし、真空の誘電率を ϵ_0 として、以下の問いに答えよ。

(1) コンデンサーの電気容量、極板間の電位差の大きさ、コンデンサー内の電界の強さはいくらか。

(2) コンデンサーが蓄えている静電エネルギーはいくらか。

(3) 電荷が逃げないようにしながら、極板に一定の外力を加えて極板の間隔をゆっくりと広げ、極板間隔を $d+x$ とした。この状態でコンデンサーの蓄えている静電エネルギーはいくらか。

(4) (3)において、外力のした仕事はいくらか。

(5) (3)において、加えた外力が極板間に働いている引力に等しいとすると、極板間に働いている引力はいくらか。

(6) コンデンサーを間隔 d のはじめの状態に戻し、広い極板M、Nを持つ、別の帯電していない平行板コンデンサーと図3-2のようにつないだ。極板M、Nは同じ形で、ともに面積は S_1 で、極板の間隔は d であるとする。十分に時間が経った時の極板M、N間の電位差の大きさはいくらか。

(7) (6)の状態から、極板A、Bの間隔をゆっくりと広げ、極板A、Bの間隔を $2d$ としたところ、極板Mの電気量は $\frac{Q}{6}$ 増加した。極板Mの面積 S_1 はどのように表されるか。ただし、 $S_1 < S$ であるとする。

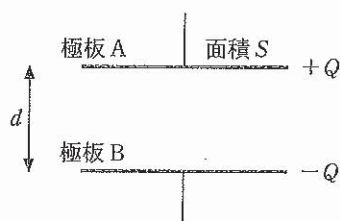


図3-1

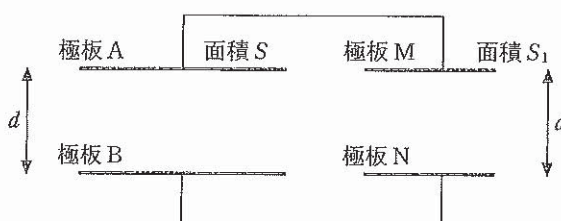


図3-2