

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  $\theta$  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。

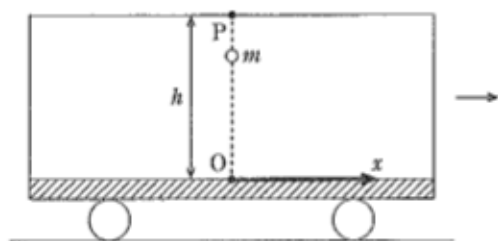


図1-1

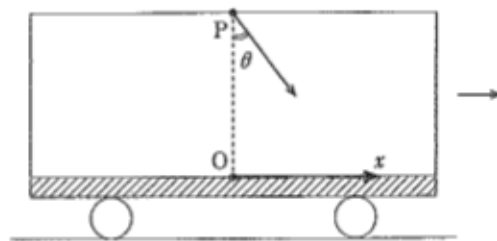


図1-2

2 分子量  $M$  の単原子分子理想気体  $1.00 \text{ mol}$  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、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。
- (ロ) 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。
- (ハ) 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。
- (ニ) 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。
- (ホ) 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、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。

物 理 (全2の2)

- (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。
- (コ) 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。
- (セ) 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。
- (ソ) 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。

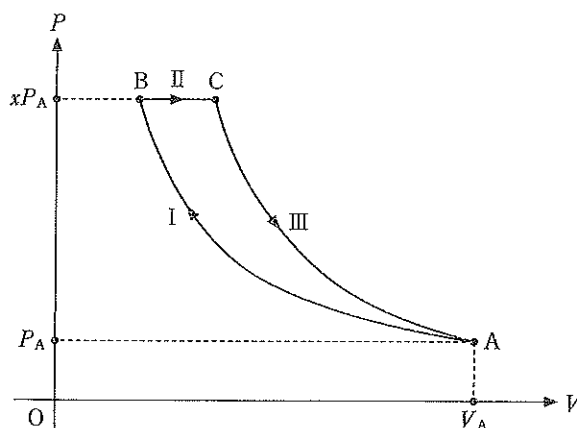


図2

- 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  $\epsilon_0$  とし、以下の問いに答えよ。
- 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。
  - コンデンサーが蓄えている静電エネルギーはいくらか。
  - 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。
  - (3)において、外力のした仕事はいくらか。
  - (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。
  - 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。
  - (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。

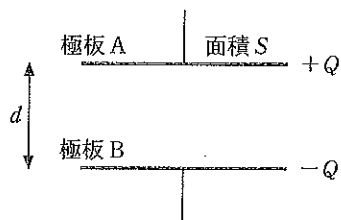


図3-1

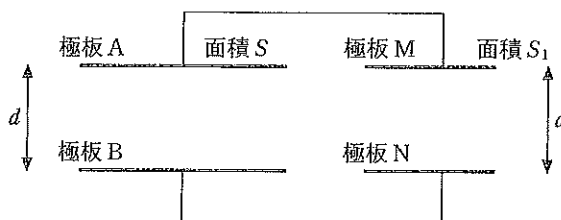


図3-2