

# 物 理

第1問 図1のように、長さ  $l$  で質量の無視できる棒によってつながれた、質量  $M$  の物体 A と質量  $m$  の物体 B の運動を考える。ただし  $M > m$  とする。棒は物体 A および物体 B に対してなめらかに回転でき、棒が鉛直方向となす角を  $\theta$  とする。はじめ、物体 A は水平な床の上で鉛直な壁に接していた。一方、物体 B は物体 A の真上 ( $\theta = 0^\circ$ ) から初速度 0 で右側へ動き始めた。その後の運動について以下の設問に答えよ。なお、重力加速度の大きさを  $g$  として、物体 A と物体 B の大きさは考えなくてよい。また、棒と物体 A および物体 B との間にはたらく力は棒に平行である。

I まず、物体 A と床との間に摩擦がない場合について考える。

- (1) 物体 B が動き出してからしばらくの間は、物体 A は壁に接したままであった。この間の物体 B の速さ  $v$  を、 $\theta$  を含んだ式で表せ。
- (2) (1) のとき、棒から物体 B にはたらく力  $F$  を、 $\theta$  を含んだ式で表せ。棒が物体 B を押す向きを正とする。
- (3)  $\theta = \alpha$  において、物体 A が壁から離れて床の上をすべり始めた。  $\cos \alpha$  を求めよ。
- (4)  $\theta = \alpha$  における物体 B の運動量の水平成分  $P$  を求めよ。
- (5) 物体 B が物体 A の真横 ( $\theta = 90^\circ$ ) にきたときの、物体 A の速さ  $V$  を求めよ。  $P$  を含んだ式で表してもよい。
- (6)  $\theta = 90^\circ$  に達した直後に、物体 B が床と完全弾性衝突した。その後、物体 B が一番高く上がったとき  $\theta = \beta$  であった。  $\cos \beta$  を求めよ。  $P$  を含んだ式で表してもよい。

II 次に、物体 A と床との間に摩擦がある場合について考える。今度は、 $\theta = 60^\circ$  において、物体 A が壁から離れた。これより、物体 A と床との間の静止摩擦係数  $\mu$  を求めよ。

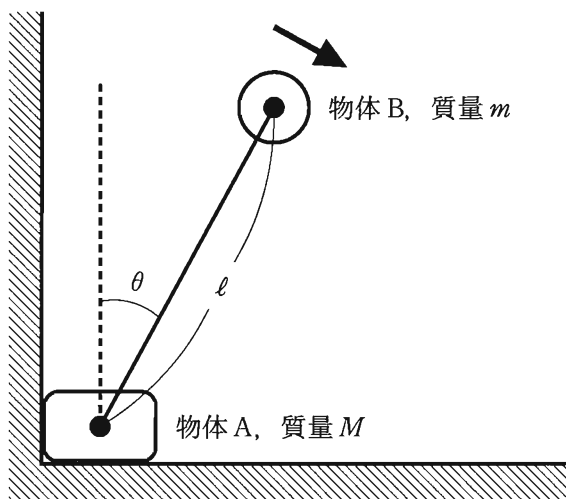


图 1

第2問 電気製品によく使われているダイオードを用いた回路を考えよう。簡単化のため、ダイオードは図2—1のようなスイッチ $S_D$ と抵抗とが直列につながれた回路と等価であると考え、 $P$ の電位が $Q$ よりも高いか等しいときには $S_D$ が閉じ、低いときには $S_D$ が開くものとする。なお以下では、電池の内部抵抗、回路の配線に用いる導線の抵抗、回路の自己インダクタンスは考えなくてよい。

I 図2—2のように、容量 $C$ のコンデンサー2個、ダイオード $D_1, D_2$ 、スイッチ $S$ 、および起電力 $V_0$ の電池2個を接続した。最初、スイッチ $S$ は $+V_0$ 側にも $-V_0$ 側にも接続されておらず、コンデンサーには電荷は蓄えられていないものとする。点 $G$ を電位の基準点(電位0)としたときの点 $P_1, P_2$ それぞれの電位を $V_1, V_2$ として、以下の設問に答えよ。

- (1) まず、スイッチ $S$ を $+V_0$ 側に接続した。この直後の $V_1, V_2$ を求めよ。
- (2) (1)の後、回路中の電荷移動がなくなるまで待った。このときの $V_1, V_2$ 、およびコンデンサー1に蓄えられている静電エネルギー $U$ を求めよ。また、電池がした仕事 $W$ を求めよ。
- (3) (2)の後、スイッチ $S$ を $-V_0$ 側に切り替えた。この直後の $V_1, V_2$ を求めよ。
- (4) (3)の後、回路中の電荷移動がなくなったときの $V_1, V_2$ を求めよ。

II 図2—2の回路に多数のコンデンサーとダイオードを付け加えた図2—3の回路は、コッククロフト・ウォルトン回路と呼ばれ、高電圧を得る目的で使われる。いま、コンデンサーの容量は全て $C$ とし、最初、スイッチ $S$ は $+V_0$ 側にも $-V_0$ 側にも接続されておらず、コンデンサーには電荷は蓄えられていないとする。

スイッチ $S$ を $+V_0$ 側、 $-V_0$ 側と何度も繰り返し切り替えた結果、切り替えても回路中での電荷移動が起こらなくなった。この状況において、スイッチ $S$ を $+V_0$ 側に接続したとき、点 $P_{2n-2}$ と点 $P_{2n-1}$ の電位は等しくなっていた( $n=1, 2, \dots, N$ )。また、スイッチ $S$ を $-V_0$ 側に接続したとき、点 $P_{2n-1}$ と点 $P_{2n}$ の電位は等しくなっていた( $n=1, 2, \dots, N$ )。スイッチ $S$ を $+V_0$ 側に接続したときの点 $P_{2N-1}, P_{2N}$ の電位 $V_{2N-1}, V_{2N}$ を $N$ と $V_0$ で表せ。なお、点 $G$ を電位の基準点(電位0)とせよ。

ダイオード P ○ —▷— Q

等価回路 P ○ — $S_D$ — 抵抗 — Q

図 2-1

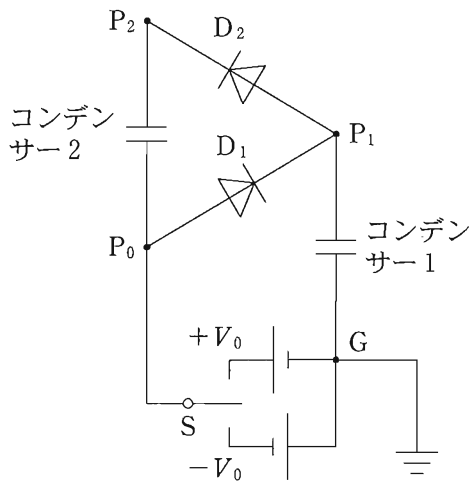


図 2-2

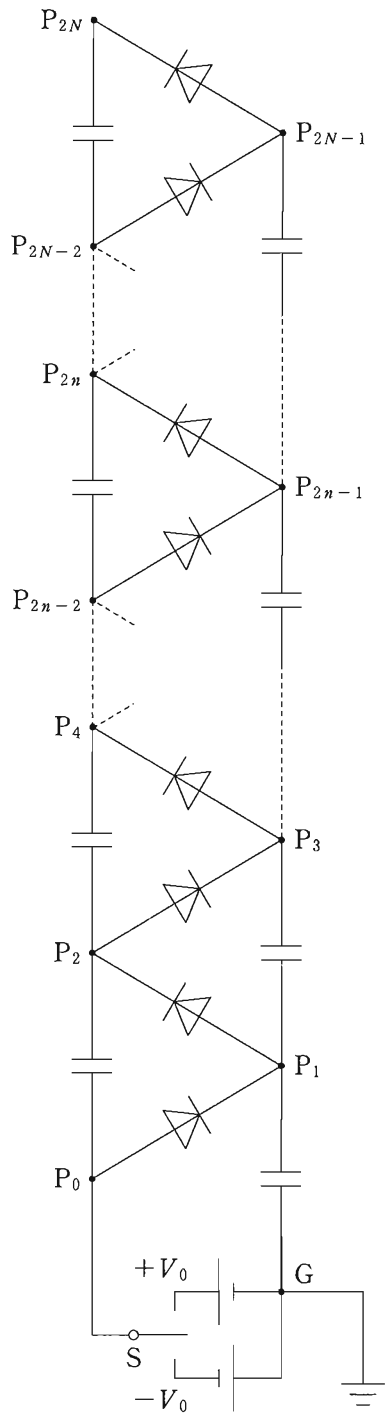


図 2-3

第3問 図3—1のように、摩擦なしに動くピストンを備えた容器が鉛直に立っており、その中に単原子分子の理想気体が閉じ込められている。容器は断面積  $S$  の部分と断面積  $2S$  の部分からなっている。ピストンの質量は無視できるが、その上に一様な密度の液体がたまっており、つりあいが保たれている。気体はヒーターを用いて加熱することができ、気体と容器壁およびピストンとの間の熱の移動は無視できる。また、気体の重さ、ヒーターの体積、液体と容器壁との摩擦や液体の蒸発は無視でき、液体より上の部分は圧力0の真空とする。重力加速度の大きさを  $g$  とする。以下の設問に答えよ。

I まず、気体、液体ともに断面積  $S$  の部分にあるときを考える。このときの液体部分の高さは  $\frac{h}{2}$  である。

- (1) はじめ、気体部分の高さは  $\frac{h}{2}$ 、圧力は  $P_0$  であった。液体の密度を求めよ。
- (2) 気体を加熱して、気体部分の高さを  $\frac{h}{2}$  から  $h$  までゆっくりと増加させた(図3—2)。この間に気体がした仕事を求めよ。
- (3) この間に気体が吸収した熱量を求めよ。

II 気体部分の高さが  $h$  のとき、液体の表面は断面積  $2S$  の部分との境界にあった(図3—2)。このときの気体の温度は  $T_1$  であった。さらに、ゆっくりと気体を加熱して、気体部分の高さが  $h+x$  となった場合について考える(図3—3)。

- (1)  $x > 0$  では、液体部分の高さが小さくなることにより、気体の圧力が減少した。気体の圧力  $P$  を、 $x$  を含んだ式で表せ。
- (2)  $x > 0$  では、加熱しているにもかかわらず、気体の温度は  $T_1$  より下がった。気体の温度  $T$  を、 $x$  を含んだ式で表せ。
- (3) 気体部分の高さが  $h$  から  $h+x$  に変化する間に、気体がした仕事  $W$  を求めよ。
- (4) 気体部分の高さがある高さ  $h+X$  に達すると、ピストンをさらに上昇させるために必要な熱量が0になり、 $x$  が  $X$  を超えるとピストンは一気に浮上してしまった。 $X$  を求めよ。

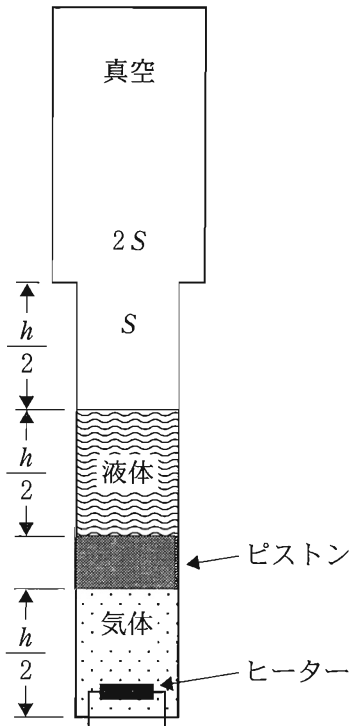


図 3-1

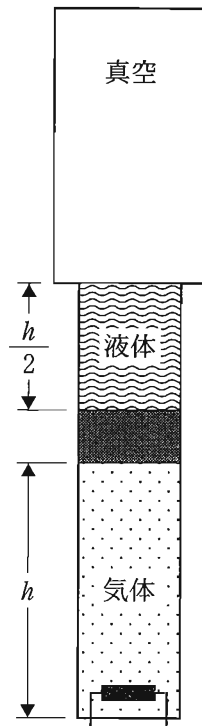


図 3-2

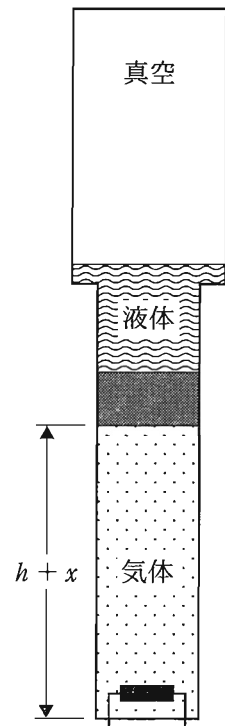


図 3-3