

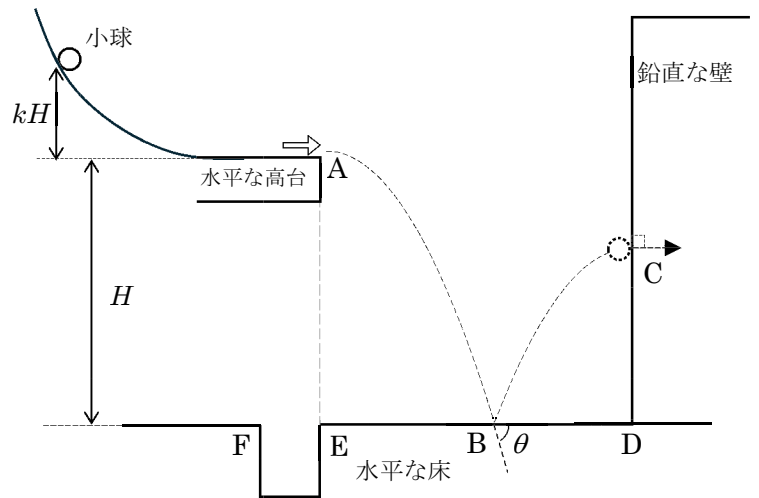
物 理 (その1)

第1問

図のように、斜面とつながった水平な高台、その下に水平な床、さらに右側に鉛直な壁がある。高台の上面の端点 A の床からの高さは H である。床には穴 EF があり、穴の端の点 E は高台の端点 A の鉛直真下にある。点 D 、 E 、 F は水平な床面上にあり、点 F は点 E よりも壁から離れた位置にある。

床からの高さが $(k+1)H$ に位置する斜面上の点に質量 m の小球をおいて静かに手をはなす。ここで、 $k > 0$ である。その後、小球は点 A から水平に飛び出し、床で一度はね返った後、壁に対して垂直に衝突した。

小球は床ではね返るとき非弾性衝突し、壁(点 C) ではね返るとき完全弾性衝突をするものとする。小球と床の間の反発係数(はね返り係数)を e ($0 < e < 1$) とし、重力加速度の大きさを g とする。



問1 小球が点 A から水平に飛び出すときの速さを求めよ。

問2 小球が床に衝突する直前の速度の向きと床面(水平方向)との間の角を θ ($0 < \theta < 90^\circ$) とするとき、 $\tan \theta$ を求めよ。

問3 小球が壁に衝突する位置(点 C)の床からの高さを求めよ。

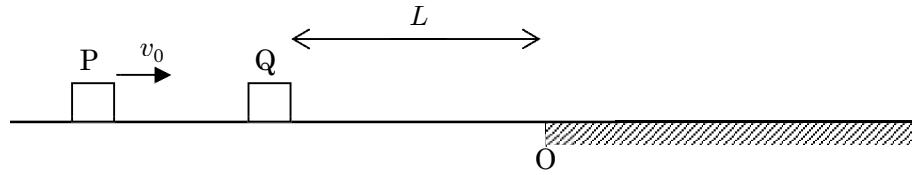
問4 点 A と壁との水平距離(長さ ED)を e 、 k 、 H を用いて表せ。

いま、高台と壁の水平距離が $ED = H$ の場合について考える。このとき小球が壁ではね返った後、床で一回だけはね返って穴 EF に入るように穴 EF の幅を決めたい。

問5 $e = 0.75$ として、穴 EF の幅をいくら以上にすればよいか求めよ。

物 理 (その2)

第2問



図の様に、水平な床の上面が点 O を境にして右側があらい面、左側がなめらかな面になっている。点 O の左側、点 O から距離 L の床の上に質量 M_Q の物体 Q を置き、さらにその左側に質量 M_P の物体 P を置く。はじめ、物体 P 、 Q は床に対して静止しており、物体 P 、 Q の大きさは無視できるものとする。

いま、物体 P に速さ v_0 を与え、図中左側から物体 Q に衝突させる。物体 P と Q は非弾性衝突し、このときの反発係数（はね返り係数）を e ($0 < e < 1$) とする。また、あらい面と物体 P および物体 Q との間の動摩擦係数は共に μ であるとする。重力加速度の大きさを g とする。

問1 物体 P が物体 Q と衝突した直後の各々の物体の速度を求めよ。ここで、物体 P の初速度の向きを正の向きとせよ。

衝突後、物体 P が物体 Q と同じ向きに進んだ。

問2 このとき、質量 M_Q と M_P の間にどのような関係が成り立つか答えよ。

問3 物体 Q が点 O に達した瞬間における、物体 P の位置（点 O からの距離）を求めよ。

問4 あらい床面上で物体 Q が静止する位置（点 O からの距離）を求めよ。

問5 物体 Q が点 O に達した瞬間からあらい床面上で静止するまでにかかる時間を求めよ。

問6 この問題を解いていたある生徒が

「物体 Q があらい床面上で止まるのだから、

後から物体 P が物体 Q に追いついて衝突する場合がある」

と考えた。

この生徒の考えは正しいか、それとも正しくないか、解答欄の選択肢を○で囲み、次の指示に従って解答を記述せよ。

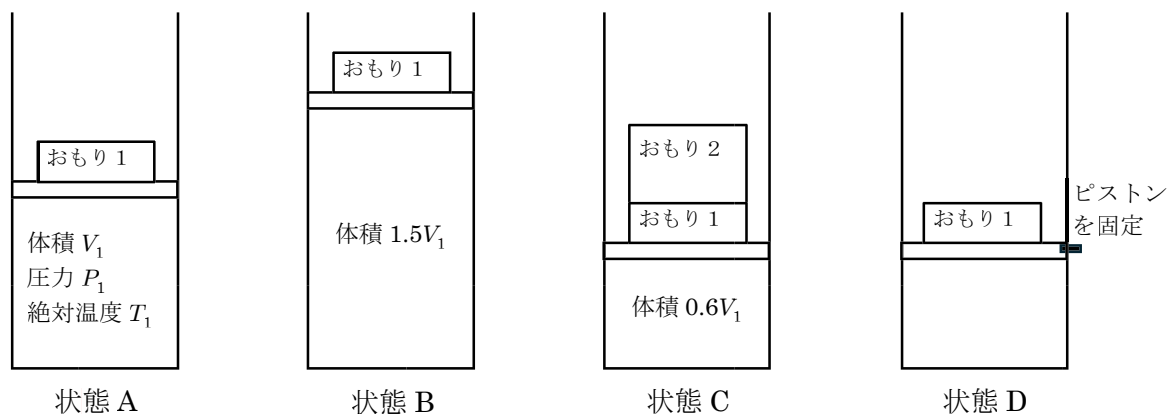
- (i) 「正しい」を選択した場合、どのような条件を満たすとき衝突するか説明せよ。
- (ii) 「正しくない」を選択した場合、絶対に衝突することはないということを説明せよ。

物 理 (その3)

第3問

なめらかに動くピストンのついたシリンダーに物質量 n の理想気体を入れてシリンダーを鉛直に立てる。この気体の定圧モル比熱を C_p とし、比熱比を γ とする。以下において、必要であれば、断熱変化のとき (圧力) $\times$ (体積) $^\gamma$ =(一定) という関係があることを用いてよい。

最初、ピストンの上におもり 1 をのせてピストンを釣り合いの位置に静止させる。この状態の気体の体積を V_1 、圧力を P_1 、絶対温度を T_1 とする (状態 A)。まず、状態 A の気体に熱を加え、気体の体積 $1.5V_1$ になるまでゆっくり変化させた (状態 B)。つぎに、外部と熱のやりとりが無いようにして、おもり 1 の上におもり 2 をのせ、ピストンを釣り合いの位置までゆっくり動かした。このときの気体の体積は $0.6V_1$ であった (状態 C)。さらに、ピストンを状態 C の位置に固定し、おもり 2 だけ取り除いて気体の圧力が P_1 になるまで気体の温度をゆっくり下げた (状態 D)。



[A] つぎの気体の比熱に関連する問いに答えよ。

問1 定積モル比熱を C_p と γ を用いて表せ。

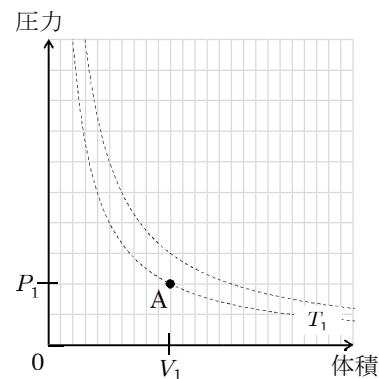
問2 気体の絶対温度が ΔT 上がったときの内部エネルギーの変化を n 、 C_p 、 γ 、 ΔT を用いて表せ。

[B] シリンダー内の理想気体の状態変化 (A $\rightarrow$ B $\rightarrow$ C $\rightarrow$ D) に関して以下の問いに答えよ。

問3 解答欄の圧力-体積図に状態 B、状態 C、状態 D を表す点を記し、状態変化 A $\rightarrow$ B、B $\rightarrow$ C、C $\rightarrow$ D の過程を示す線を描き、変化の向きを矢印で示せ。解答欄の圧力-体積図の中に破線で表された曲線は、同じ曲線上の点が同じ温度の状態を表す曲線である。

曲線を描くにあたって次の値 $5^\gamma=9.52$ 、 $0.5^\gamma=0.379$ を用いて良い。

ただし、これらの値を以下の問4～問10では用いないこと。



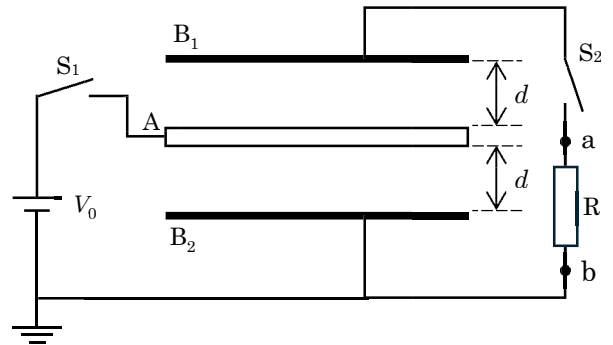
物 理 (その4)

- 問4 $A \rightarrow B$ の過程で気体が外部にした仕事を P_1 、 V_1 を用いて表せ。
- 問5 $A \rightarrow B$ の過程で気体が吸収した熱量を n 、 C_P 、 T_1 を用いて表せ。
- 問6 C_P を n 、 P_1 、 V_1 、 T_1 、 γ を用いて表せ。
- 問7 状態 C の気体の絶対温度を T_1 、 γ を用いて表せ。
- 問8 $B \rightarrow C$ の過程での気体の内部エネルギーの変化を P_1 、 V_1 、 γ を用いて表せ。
- 問9 $A \rightarrow D$ の過程での気体の内部エネルギーの変化を P_1 、 V_1 、 γ を用いて表せ。
- 問10 状態 D でピストンの固定を外すとピストンの位置はどうなるか、その根拠が分かるように簡単に述べよ。

物 理 (その5)

第4問

右図のように、起電力 V_0 の電源と抵抗 R と面積 S の極板 B_1 、 B_2 からなる平行平板コンデンサーおよびスイッチ S_1 、 S_2 を接続し、極板 B_1 と B_2 の間の中央に極板と平行に金属板 A を入れる。このときの金属板 A と極板 B_1 との距離、および金属板 A と極板 B_2 との距離を d とする。金属板 A の面積は極板 B_1 、 B_2 と等しく S である。以下において、金属板 A と極板 B_1 、 B_2 は常に平行になっているとする。



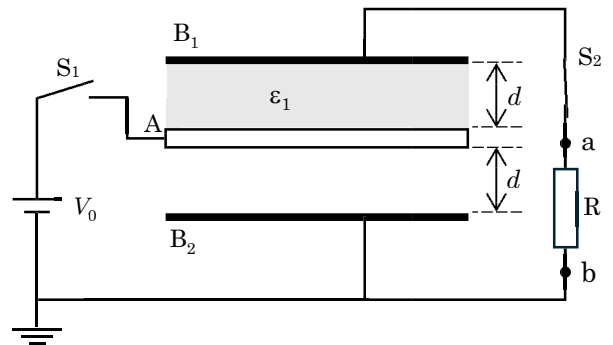
この回路は空気中にあり、図に示されているように接地（アース）されている。空気の誘電率を ϵ_0 とする。

はじめ、極板 B_1 、 B_2 と金属板 A に電荷は蓄えられていないものとする。

まず、スイッチ S_1 と S_2 をともに閉じる。十分に時間が経過した後、

問1 極板 B_1 、極板 B_2 および金属板 A に蓄えられている電気量を各々求めよ。

つぎに、スイッチ S_1 だけ開いてから金属板 A と極板 B_1 の間に厚さ d の誘電体を隙間なく挿入する。この誘電体の誘電率を ϵ_1 ($\epsilon_1 > \epsilon_0$) とする。



問2 誘電体を挿入することによって電荷の移動が生じる。このとき抵抗 R に流れる電流は $\{a \rightarrow b, b \rightarrow a\}$ どちら向きに流れるか答えよ。

問3 電荷の移動が終わった後、極板 B_1 および極板 B_2 に蓄えられている電気量を各々求めよ。

問4 誘電体を挿入することで抵抗 R において熱として失われたエネルギーを求めよ。

続いて、スイッチ S_2 を開いてから、金属板 A を極板 B_2 に h ($h < d$) だけ近づける。この際、金属板 A と極板 B_1 の間に挿入した誘電体の厚さは d のままであり、金属板 A と誘電体の間には厚さ h の空気の層ができるとする。

問5 金属板 A の電位を求めよ。

問6 極板 B_1 の電位を求めよ。

