

- 1 図のように、なめらかな水平面上に静止した台がある。台の水平でなめらかな上面の点 P, Q の位置に、直線 PQ に対して垂直な壁があり、PQ 間に質量 m の小球が置かれている。壁を含んだ台の質量は $6m$ 、PQ 間の距離は L 、小球と壁との間の反発係数(はねかえり係数)は $\frac{3}{4}$ である。空気抵抗は無視できるものとして、次の問(1)~(3)に答えよ。

はじめに、小球に右向きに速さ v_0 を与えたところ、小球は点 P で壁と衝突した。

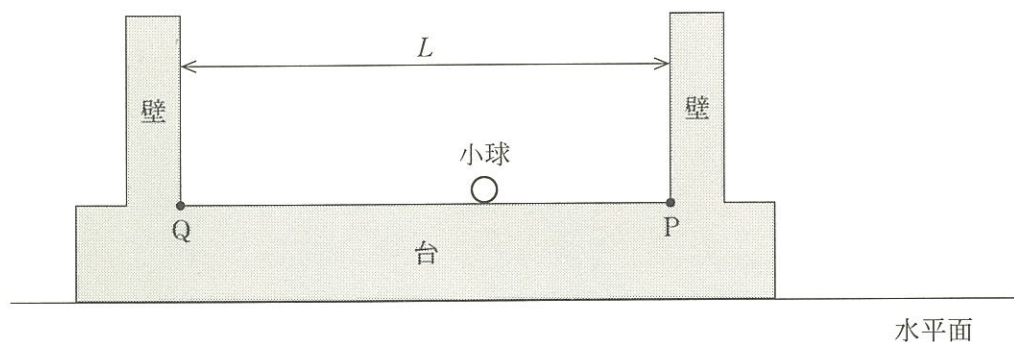
- (1) 衝突した直後の小球および台の速度を求めよ。

その後、小球は点 Q で壁と衝突した。

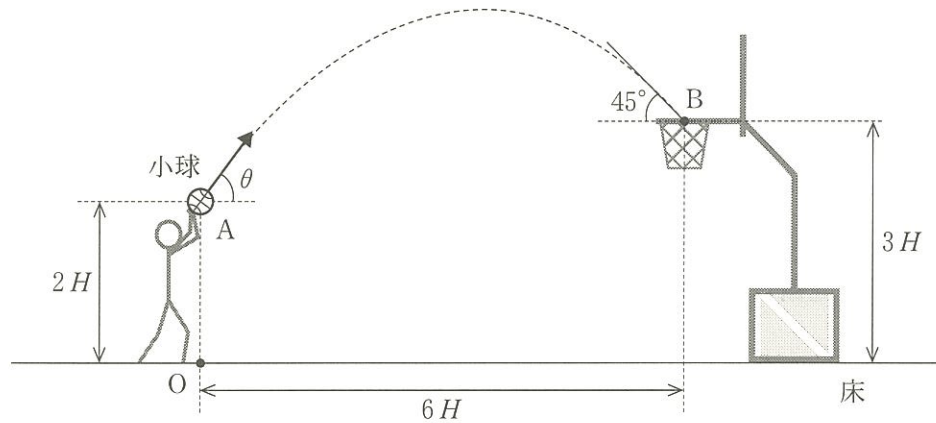
- (2) 衝突した直後の小球および台の速度を求めよ。

さらにその後、小球は再び点 P で壁と衝突した。

- (3) 小球に速さを与えてから、この時まで、台が移動した距離を求めよ。



- 2 バスケットボールのシュートをモデル化して考える。図のように、水平な床上の点 O から高さ $2H$ の位置を点 A とする。また、点 O から水平方向の距離 $6H$ 、床からの高さ $3H$ の位置を点 B とする。点 A から水平方向となす角 θ ($45^\circ < \theta < 90^\circ$) で小球を投げ出し、小球が最高点を通過した後、床に落ちることなく、水平方向となす角 45° で点 B を通過するようにしたい。この条件を満たす $\tan \theta$ の値を求めよ。ただし、空気抵抗は無視できるものとする。なお、解答の過程で問題に与えられていない記号が必要なときは、定義してから用いること。



- 3 図のように、抵抗値がそれぞれ R , $2R$, $3R$ の3つの抵抗、電気容量が C のコンデンサー、起電力が E で内部抵抗の無視できる電池および2つのスイッチ S_1 , S_2 が接続されている。最初、スイッチは2つとも開いており、コンデンサーに電荷は蓄えられていないものとする。次の問(1)~(4)に答えよ。

まず、 S_2 を開いたまま、 S_1 を閉じた。

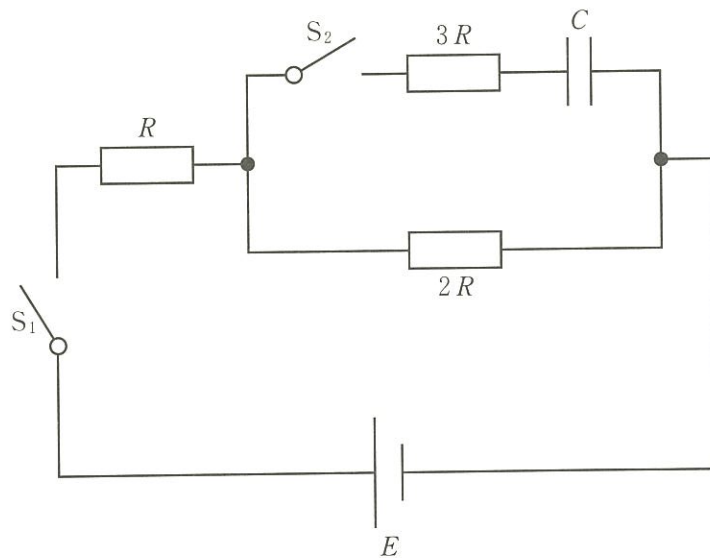
- (1) S_1 に流れる電流の大きさを求めよ。

次に、 S_1 を閉じたまま、 S_2 も閉じた。

- (2) S_2 を閉じた直後、 S_2 に流れる電流の大きさを求めよ。
(3) S_2 を閉じて十分に時間が経過したとき、コンデンサーに蓄えられる電気量を求めよ。

その後、 S_2 を閉じたまま、 S_1 を開けた。

- (4) S_1 を開けた直後、 S_2 に流れる電流の大きさを求めよ。



4 次の文中の (ア) ~ (エ) には最も適切な語句を解答群から選び、(1) ~ (3) には適切な式を、(a) ~ (c) には適切な数値を有効数字3桁で、それぞれ解答用紙の解答欄に記入せよ。

理想気体とは、分子の大きさや分子間にはたらく力を無視できる仮想的な気体である。一定質量の理想気体の場合には、

$$\frac{\text{圧力} \times \boxed{\text{ア}}}{\boxed{\text{イ}}} = \text{一定} \dots \text{①}$$

という関係式が正確に成り立ち、これを (ウ) の法則と呼ぶ。式①の一定値は、気体分子の個数に比例する。気体分子の個数は、一般にアボガドロ定数 N_A [mol] を単位とした物質質量 n [mol] によって表され、式①の一定値を nR とおいた関係式は、理想気体の状態方程式に対応する。ここで、 R [J/(mol·K)] は気体定数である。圧力と温度がそれぞれ1気圧 (= 1.013×10^5 Pa) と 0°C の気体の状態は、一般に (エ) 状態と呼ばれ、この状態にある1 mol の理想気体の体積は、(a) m^3 である。

気体の温度や圧力などの巨視的な物理量は、気体分子の微視的な運動と関連づけることができる。一辺の長さが L [m] の立方体の容器内に密閉された気体分子の運動を考えると、容器内の気体の圧力 P [Pa] は、

$$P = \frac{Nm\overline{v^2}}{3L^3} \dots \text{②}$$

で与えられ、式②を気体の密度 ρ [kg/m³] を用いて書き直すと $P = \boxed{\text{1}}$ となることから、 P と ρ がわかれば $\sqrt{\overline{v^2}}$ を知ることができる。ここで、 N は容器内の気体分子の個数、 m [kg] は気体分子1個の質量、 $\sqrt{\overline{v^2}}$ [m/s] は気体分子の2乗平均速度である。ヘリウム原子1 mol の質量は4.00 g であるので、(エ) 状態の気体のヘリウムでは、 $\rho = \boxed{\text{b}}$ kg/m³ である。したがって、 $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\boxed{\text{c}}} \times 10^3$ m/s である。 N_A 個の気体分子の運動エネルギーについて、理想気体の状態方程式を用いて式②を整理すると、

$$N_A \frac{m\overline{v^2}}{2} = \boxed{\text{2}} \times T \dots \text{③}$$

を得る。ここで、 T [K] は理想気体の絶対温度である。理想気体では分子間にはたらく力を無視することができるため、内部エネルギー U [J] は気体分子の熱運動による運動エネルギーの総和と等しい。したがって、1 mol の単原子分子理想気体の U は、

$$U = \boxed{\text{3}} \times T \dots \text{④}$$

となり、 T に比例することがわかる。

解答群

面積	体積	温度	標準
力積	比熱	断熱	熱平衡
絶対温度	熱力学第1	熱力学第2	ボイル
シャルル	マイヤー	ボルツマン	ボイル・シャルル