

1 図のように一端が壁に固定された自然長のバネに質量  $m$  の小球 B が取り付けられ、水平面上 Q の位置に静かに置かれている。さらに、同じ質量  $m$  の小球 A を水平面と角度  $\theta$  をなす斜面上 P の位置に静かに置く。A は斜面上をすべり始め、斜面上を水平距離  $a$ 、水平面上を  $b$  だけすべった後、B と衝突した。小球の大きさ、斜面や水平面との摩擦、空気抵抗は無視できるものとする。また、斜面と水平面は滑らかに接続しているが、接続部分の長さや小球の通過に要する時間は無視できるものとする。重力加速度を  $g$ 、バネ定数を  $k$  とするとき、次の問いに答えよ。

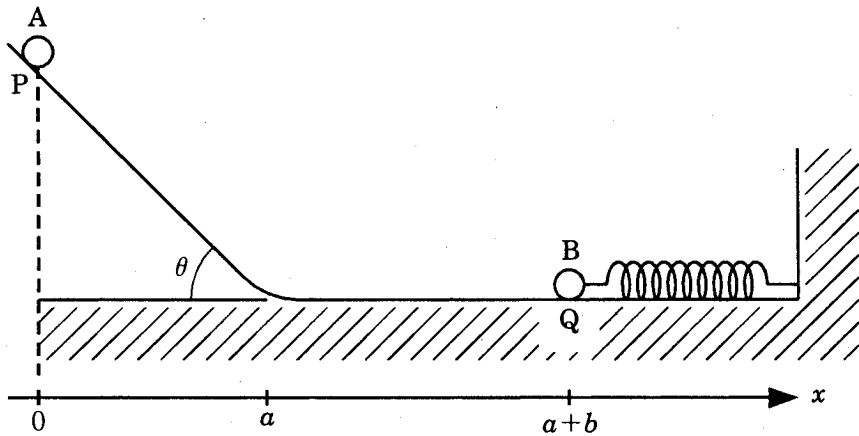
- (1) 小球 A が B に衝突する直前の速さ  $v_1$  を求めよ。
- (2) 小球 A が B と衝突したときの時刻  $t_1$  を求めよ。ただし、A がすべり始めたときの時刻を  $t=0$  とする。

小球 A と B の衝突が弾性衝突である場合について考える。なお、ここからの解答は  $v_1$ ,  $t_1$  を用いて表せ。

- (3) 衝突直後の小球 A および B の速さ  $v_A$ ,  $v_B$  を求めよ。
- (4) 小球 B は A と衝突した後、バネに押し戻され A と再び衝突する。B の Q からの変位の最大値  $l$ 、および A と B が 2 回目に衝突する時刻  $t_2$  を求めよ。
- (5) 小球 A がすべり初めた時刻 ( $t=0$ ) から A と B が 4 回目に衝突する時刻 ( $t=t_4$ ) までの A, B それぞれの水平方向の位置の変化を横軸  $t$ 、縦軸  $x$  のグラフ上に図示せよ。ただし、A の位置を実線、B の位置を破線で示し、同一グラフ上に図示せよ。また、図の P の位置を原点 ( $x=0$ )、右方向を正方向とせよ。

次に、小球 A と B が非弾性衝突する場合について考える。ただし、反発係数を  $e$  とする。

- (6) 最初の衝突直後の小球 A および B の速さ  $v'_A$ ,  $v'_B$  を求めよ。
- (7) 小球 A と B が 2 回目に衝突する時刻 ( $t = t_2$ ) までの A, B それぞれの位置の変化の概略を(5)と同様の要領で横軸  $t$ , 縦軸  $x$  のグラフ上に図示せよ。ただし、衝突する時刻, 位置などを具体的に求める必要はない。
- (8) 小球 B の変位が最大で速さが 0 になったとき 2 回目の衝突が起きた。このときの衝突の反発係数  $e$  の値を求めよ。



2

図のように、起電力  $V$  の電池、インダクタンス  $L$  のコイル、抵抗値  $R$  の抵抗、容量  $C$  のコンデンサーが、スイッチ  $S_1$  とスイッチ  $S_2$  で接続された回路がある。ただし、電池の内部抵抗は無視できるものとする。最初スイッチ  $S_1$ 、 $S_2$  は開かれていて、コンデンサーに蓄えられている電荷量は 0 とする。

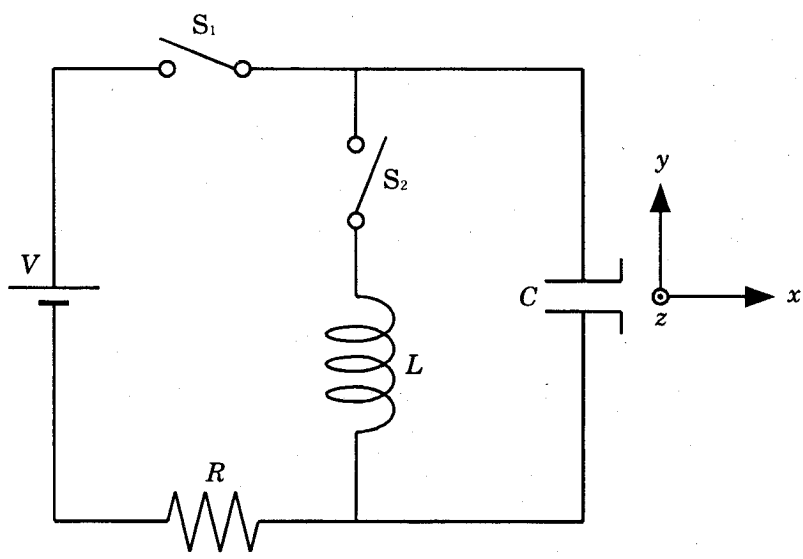
まず、スイッチ  $S_1$  を閉じる。

- (1) スイッチ  $S_1$  を閉じた直後に抵抗に流れた電流を求めよ。
- (2) コンデンサーが充電された後に、コンデンサーに蓄えられた電荷量  $Q_0$  と静電エネルギー  $U$  を求めよ。

次にスイッチ  $S_1$  を開き、スイッチ  $S_2$  を閉じた。

- (3) コンデンサーの電荷量とコイルを流れる電流は、時間とともにどのような変化をするか図示せよ。
- (4) 電荷量の振動の周期を求めよ。
- (5) コイルを流れる電流の最大値  $I_0$  を求めよ。
- (6) コンデンサーからは空間に電磁波が放射されている。図の  $x$  方向に放射される電磁波では、電場(電界)と磁場(磁界)は  $x$  方向に沿ってどのように変化しているか図示せよ。ただし、紙面垂直手前方向を  $z$  方向とする。
- (7)  $L = 0.1 \text{ mH}$ 、 $C = 0.010 \text{ } \mu\text{F}$  の場合、放射される電磁波の波長を求めよ。ただし、光の速さは  $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$  とする。
- (8) (7)の波長の電磁波は下のいずれであるかを答えよ。

イ. マイクロ波    ロ. 可視光    ハ. 長波    ニ. X線



**3** 図のようなピストンつきシリンダー装置によって以下の実験 A から C を行った。内部の気体はシリンダー内の 100 W のヒーターによって加熱することができる。実験中は、それ以外に熱の出入りがないものとする。ヒーターが発生する熱量はすべて内部の気体のみに吸収され、その他の部分による吸収はないものとする。周囲の圧力は 100 kPa であり、気体定数は  $8.31 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$  とする。

【実験 A】 シリンダー内に 0.500 mol の理想気体 X を入れ、ピストンが自由に動く状態で、ヒーターに 10.2 秒間通電して気体 X を加熱した結果、温度が 300 K から 370 K になった。

- (1) 気体 X が吸収した熱量を求めよ。
- (2) この結果からモル比熱を計算し、その比熱の気体定数に対する比を簡単な分数で示せ。

【実験 B】 実験 A 終了後の状態のまま、ピストンを動かないように固定し、さらに 12.5 秒間ヒーターに通電して気体 X を加熱した。

- (3) 実験 B でのモル比熱が、実験 A の場合とは異なることを説明し、そのモル比熱を数値で示せ。
- (4) 加熱後の気体 X の温度と圧力を求めよ。

【実験 C】 シリンダー内の気体を 0.500 mol の理想気体 Y と入れ替え、温度を 300 K に戻した。実験 B と同様に、ピストンを動かないように固定した後、ヒーターに 10.0 秒間通電して気体 Y を加熱した結果、温度が 460 K になった。

- (5) この結果からモル比熱を計算し、その比熱の気体定数に対する比を簡単な分数で示せ。
- (6) 以上の実験結果から、気体 X と気体 Y の違いについて考察せよ。

