

物

物理

物理 問題 I

図1のように、水平面上の上に質量 M 、長さ L の薄い板 A があり、この板の上面からの高さが $2L$ の棚の右端に、質量 m の小球 B がある。棚の右端から鉛直方向に下ろした水平面上の点を O 点とする。この板 A と小球 B は同じ鉛直面内で運動する。重力加速度を g とし、空気の抵抗は無視できるものとして、次の問いに答えよ。

問1. 図2のように、なめらかな水平面上で自然長 l 、ばね定数 k の軽いばねの左端を壁に固定した。自然長のばねの右端は、棚の右端を鉛直方向に下ろした線上にあり、板 A の左端と接触している。板 A に力を加え、ばねを自然長から a だけ縮めて静かに離れたところ、ばねが自然長になったときに板 A はばねと離れた。板 A がばねと離れたときの時刻を $t=0$ とする。 $t=0$ のとき、棚の右端にある小球 B を水平方向右向きに投げ出したところ、小球 B は板 A の右端で衝突した。

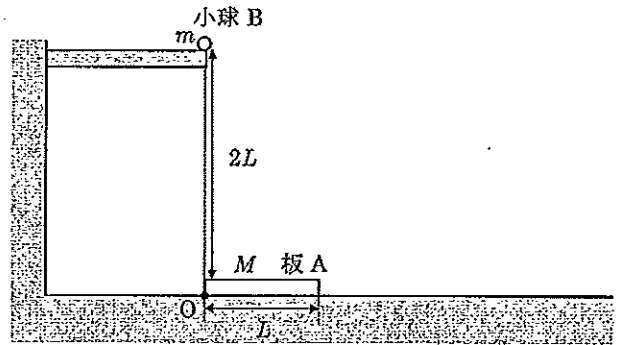


図1

- (1) 縮んだばねが、最初に自然長になるまでに要する時間を求めよ。
- (2) $t=0$ のときの板 A の速さを求めよ。
- (3) 板 A と小球 B が衝突した時刻を求めよ。
- (4) $t=0$ のときの小球 B の速さを求めよ。

問2. 次に、図3のように、板 A が動摩擦係数 μ' のあらい水平面上を運動する場合について考える。板 A の左端が O 点を通り過ぎるまで、板 A に右向きに力を加えたところ、板 A の左端は速さ v で O 点を通り過ぎた後、P 点で静止した。板 A の左端が O 点を通り過ぎたときの時刻を $t=0$ とする。 $t=0$ のとき、棚の右端にある小球 B を板 A と同じ速さ v で水平方向右向きに投げ出した。

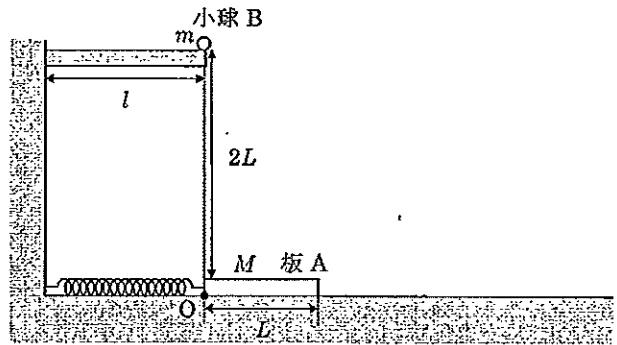


図2

- (1) 板 A の左端が OP 間を運動するとき、板 A の加速度を求めよ。
- (2) OP 間の距離を求めよ。
- (3) 小球 B が棚の上から $2L$ だけ落下した時点で、板 A が運動しているための v の条件を g 、 L 、 μ' を用いて表せ。
- (4) v が (3) の条件を満たしているとして、小球 B と運動している板 A が衝突する場合、 μ' の最大値を求めよ。
- (5) $t=0$ のときの板 A と小球 B の速さを共に v_0 とすると、小球 B は運動している板 A の左端から $\frac{L}{3}$ の位置に衝突した。
 $t=0$ のときの板 A と小球 B の速さを共に $3v_0$ にすると、小球 B は運動している板 A の左端からどれだけの位置に衝突するか。 L を用いて表せ。

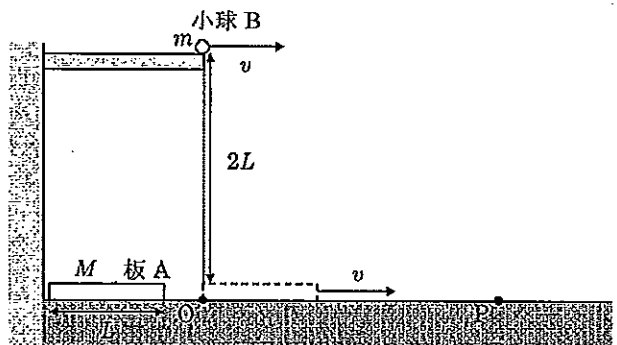


図3

物

物理

物理 問題 II

問1. 図1のように、水平面からの高さが h のところを水平な境界面があり、境界面の上下で媒質の種類が異なっている。境界面上の側を媒質A、下側を媒質Bとし、媒質Aでの音速を V 、媒質Bでの音速を $\frac{5V}{4}$ とする。鉛直方向を y 軸とし、 y 軸上で水平面との交点をP点、境界面との交点をO点、水平面からの高さが $2h$ の点をQ点とする。振動数 f の音波を発生する音源をQ点に設置し、P点で観測する。境界面での反射は無視できるものとして、次の問いに答えよ。

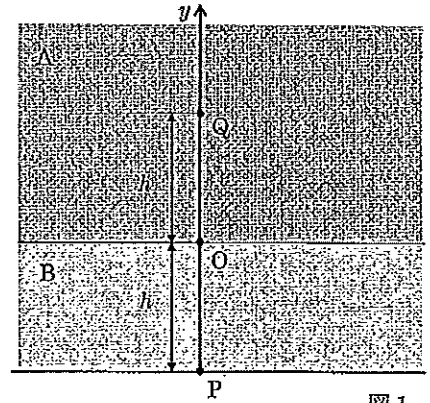


図1

- (1) 次の媒質中における振動数 f の音波の波長をそれぞれ求めよ。
(a) 媒質A (b) 媒質B
- (2) Q点にある音源を、音波を発生しながら一定の速さ v で y 軸上をP点から遠ざける。このとき、P点で観測する振動数を求めよ。ただし、 v は V に比べて十分小さい。
- (3) (2)でP点から遠ざけた音源を、 y 軸に沿って一定の速さ v でP点に近づける。音源がQ点を通り過ぎてからしばらくすると、P点で観測する音波の振動数が変化した。
(a) 音波の振動数が変化するのは、音源がQ点を通り過ぎてからどれだけ時間が経過した後か。
(b) 変化前の振動数を f_1 、変化後の振動数を f_2 として、 $\frac{f_2}{f_1}$ を求めよ。
(c) 振動数 f 、 f_1 、 f_2 の関係について次の(ア)～(コ)の中から適当なものを選び、記号で答えよ。

- | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| (ア) $f_2 > f_1 > f$ | (イ) $f_2 > f > f_1$ | (ウ) $f_1 > f_2 > f$ | (エ) $f_1 > f > f_2$ | (オ) $f > f_2 > f_1$ |
| (カ) $f > f_1 > f_2$ | (キ) $f_1 > f_2 = f$ | (ク) $f_1 < f_2 = f$ | (ケ) $f_2 > f_1 = f$ | (コ) $f_2 < f_1 = f$ |

問2. 図2のように、水平な境界面上側に空気、下側に液体がある。境界面上の水平方向を x 軸、鉛直方向を y 軸とし、境界面上の原点Oを中心とした半径 $5a$ の円周を考える。この円周上で、液体中にあるR点 $(-3a, -4a)$ に単色光の点光源を設置する。この単色光の空気中での光速を c 、液体中での光速を $\frac{3}{4}c$ とする。

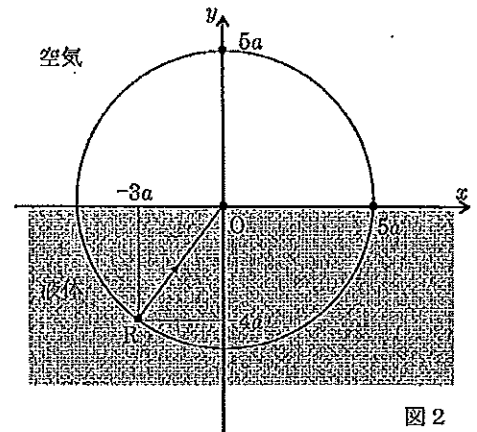


図2

- (1) 単色光の液体に対する空気の屈折率を求めよ。
- (2) 原点Oで屈折した単色光は、空気中にある円周上のある点に到達して観測される。この観測点の座標を、 a を用いて表せ。
- (3) x 軸上で、 $x < 0$ の領域に光を通さない板を置き、光源を液体中の円周に沿って移動させる。光源からの単色光が、空気中の円周上($y > 0$)のどの点にも達することができないのは、液体中の円周上のどの範囲に光源を置いたときか。光源の位置の x 座標を x_1 として、このときの x_1 の条件を求めよ。

物

物 理

物理 問題 Ⅲ

図のように、起電力 E の電池、抵抗値がそれぞれ $R, 2R, 3R, 4R$ の抵抗 R_1, R_2, R_3, R_4 、電気容量がそれぞれ $C, 2C, 3C$ のコンデンサー C_1, C_2, C_3 、スイッチ S_1, S_2, S_3, S_4 を抵抗の無視できる導線で接続した回路がある。コンデンサー C_1 は平行板コンデンサーであり、電極板は広く、極板の間隔を d とする。最初、スイッチはすべて開いており、すべてのコンデンサーの極板には電荷はなく、電池の内部抵抗は無視できるものとして、次の問いに答えよ。

問 1. スイッチ S_3 を閉じた後、スイッチ S_1 を閉じた。スイッチ S_1 を閉じた直後に抵抗 R_1 を流れる電流を求めよ。

問 2. 問 1 の状態で、スイッチ S_1 を閉じてから十分時間が経過した後の次の各量を求めよ。

- (1) コンデンサー C_1 に蓄えられる電荷
- (2) コンデンサー C_1 の極板間の電位差
- (3) コンデンサー C_1 の極板間の電界（電場）の大きさ

問 3. 問 2 の状態から、スイッチ S_2 を閉じた。十分時間が経過した後の状態での次の各量を求めよ。

- (1) 抵抗 R_1 を流れる電流
- (2) コンデンサー C_2 に蓄えられる電荷
- (3) コンデンサー C_2 に蓄えられるエネルギー

問 4. 問 3 の状態から、スイッチ S_2, S_3 を同時に開いた後、 S_1 を開き、次に S_4 を閉じた。スイッチ S_4 を閉じてから十分時間が経過した後の状態での次の各量を求めよ。

- (1) コンデンサー C_3 の極板間の電位差
- (2) 抵抗 R_4 で消費されたエネルギー

問 5. 問 4 の状態から、平行板コンデンサー C_1 の極板の間隔を d から $d+\Delta d$ へとゆっくり広げた。次の各量を求めよ。

- (1) コンデンサー C_1 の極板間の電位差
- (2) コンデンサー C_1 の極板の間隔を広げるのに必要な仕事

