

物 理

I. 鉛直平面内で水平右向きに x 軸, 鉛直上向きに y 軸をとり, その原点 O に小球 A を置き, 小球 B を糸で同じ鉛直平面内につり下げる (図1参照)。 A, B の質量は共に m , 糸の長さは l , 重力加速度は g である。 A, B の大きさと糸の質量は無視できるとして, 文中に指定された物理量を用いて以下の問いに答えよ。

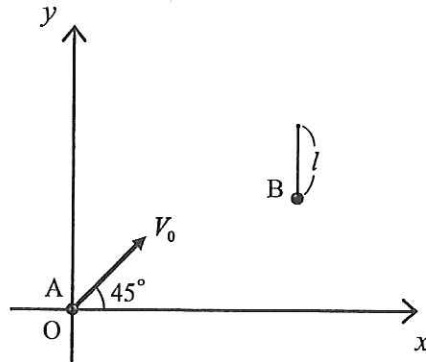


図1

図1に見るように, A を水平から 45° の角度で速さ V_0 を与えて鉛直平面内に打ち上げた。

- (1) 打ち上げ後の A の座標を (x, y) で表すとして, x と y の関係式を求めよ。
- (2) A の軌道の最高点 (x_0, y_0) を V_0 を用いて表せ。

A は, (x_0, y_0) に配置された B に弾性衝突した後, 鉛直方向に落下した。図 2 に見るように, 衝突後の B が角度 θ まで円弧を描いて上昇した時点の速さを v とする。

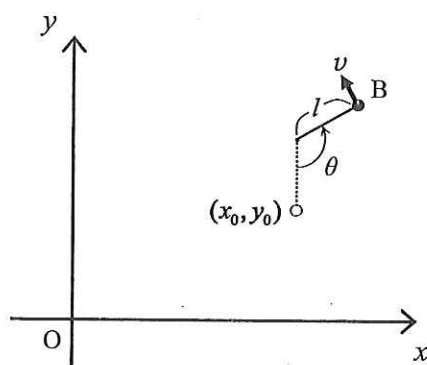


図 2

(3) 糸にかかる張力の大きさ F を v と θ を用いて表せ。

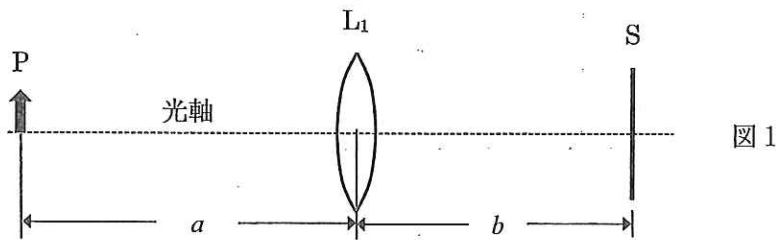
打ち上げ時の A には, 衝突後の B が鉛直平面内で円運動を繰り返すのに必要最小限の運動エネルギー K_0 が与えられていた。

(4) K_0 および (x_0, y_0) を l を用いて表せ。

Ⅱ. 以下の問いに答えよ。

(1) 凸レンズの焦点および焦点距離とは何か説明せよ。

(2) 図1に示すように、凸レンズ L_1 の光軸上、 L_1 の左方に高さ 6 cm の物体 P、右方にスクリーン S を置く。 L_1 と P との距離を a 、 L_1 と S との距離を b で表す。

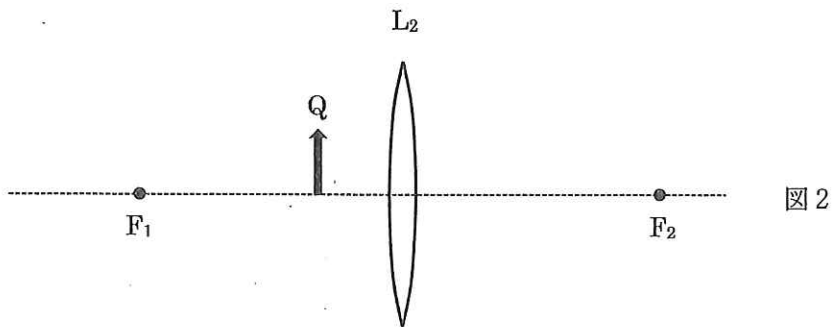


$a = a_0$ および $a = a_0 - 10\text{cm}$ のとき、それぞれ $b = 20\text{cm}$ および $b = 30\text{cm}$ のところで実像ができた。

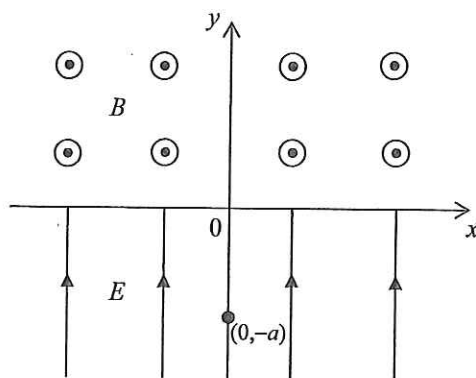
(ア) L_1 の焦点距離 f および a_0 を求めよ。

(イ) $b = 30\text{cm}$ のとき、像の倍率 m を計算し、結像の様子を解答用紙の図1に作図せよ。

(3) 図2のように焦点 F_1, F_2 を持つ凸レンズ L_2 と物体 Q を置いたときにできる像 R を解答用紙の図2に作図して求めよ。



- Ⅲ. 図に示すように、 xy 平面において、 $y < 0$ の領域には y 軸の正の向きに強さ E の一様な電界があり、 $y > 0$ の領域には紙面に垂直で裏から表の向きに磁束密度 B の一様な磁界がある。電気量 q 、質量 m の粒子をスタート位置 $(0, -a)$ に初速度が 0 になるように静かに置き、その後の運動を考える。ただし、 $E > 0$ 、 $B > 0$ 、 $q > 0$ 、 $a > 0$ とし、重力の影響は無視する。



- (1) 以下の文中の空欄に語句または E 、 B 、 q 、 m 、 a を用いた数式を入れよ。

$y < 0$ の領域では電界と ① 向きで大きさ ② の力が粒子にはたらく。粒子はスタート位置に置かれてから時間 ③ が経過した後に速さ ④ で x 軸を横切る。

$y > 0$ の領域では速度と ⑤ 向きで大きさ ⑥ の力が粒子にはたらく。粒子は最初に x 軸を横切ってから時間 ⑦ が経過した後に原点から距離 b の点で再び x 軸を横切る。ただし、 $b =$ ⑧ である。

その後、粒子が再び $y = -a$ に到達したときにその速さは ⑨ になる。

- (2) 粒子が小問 (1) で示されたように運動するときの軌道を解答用紙の図 1 に描け。

- (3) 粒子の速度の y 成分 v_y が時間 t の経過とともにどのように変化するかを解答用紙の図 2 に描け。なお、粒子がスタート位置に置かれた時刻を 0、最初に x 軸を横切る時刻を t_A 、そのときの粒子の速さを v_A 、再び x 軸を横切る時刻を t_B 、再び $y = -a$ に到達する時刻を t_C でそれぞれ表す。