

高度な記述式問題（物理） 【サンプル問題】（解答時間 60分）

I 次の文章を読み以下の間に答えよ。

図1のように地球上で、質量 m の小球を、水平な床からの高さ h の点 A から、速さ v_0 で水平方向に投げ出した。点Aの鉛直下方向の床上の点を原点Oとし、図のように x 、 y 軸をとる。重力加速度の大きさを g とし、この小球にはたらく空気抵抗は無視できるものとする。

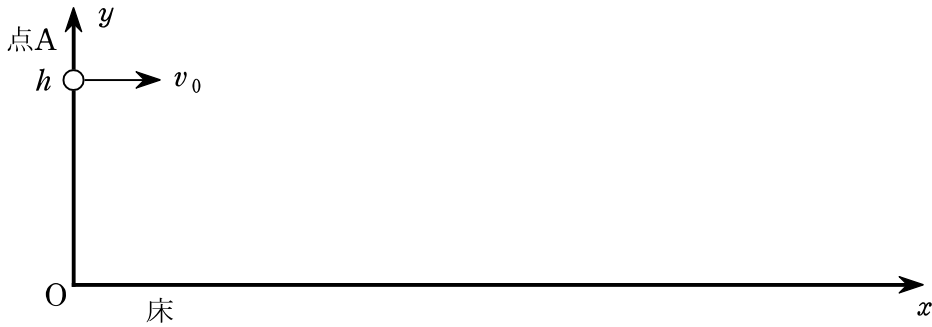
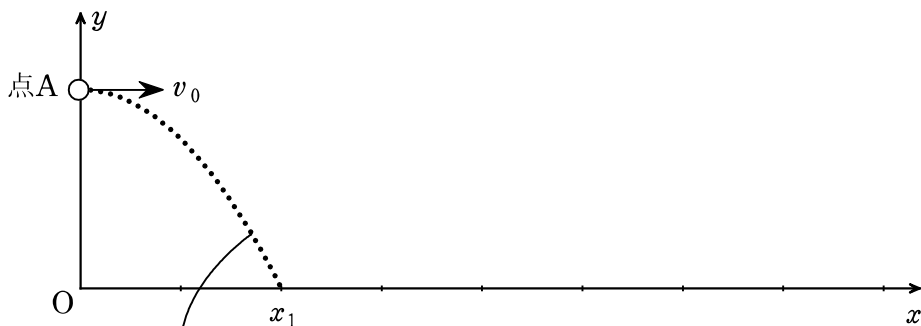


図 1

(1) 床に落下するまでの時間 t_1 及び落下した点と原点Oとの距離 x_1 を求めよ。

(2) 同じ実験を重力加速度の大きさが $\frac{1}{6}g$ の月面で行った。地球で行った時、投げてから床に落下するまでの小球の軌跡が図2で表される点線であるとき、月面で行ったときの軌跡の概形を実線で記入し、なぜそうなるかを説明せよ。必要があれば次の数値を用いてよい。

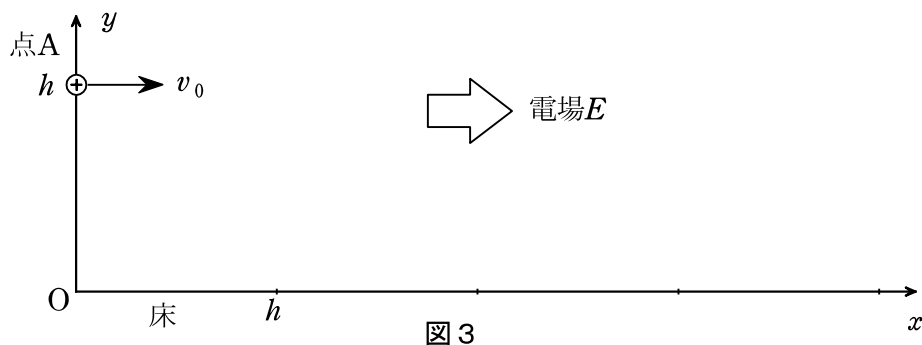
$$\sqrt{2} = 1.4 \quad \sqrt{3} = 1.7 \quad \sqrt{6} = 2.4 \quad \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.7 \quad \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.6 \quad \frac{1}{\sqrt{6}} = 0.4$$



重力加速度 g
のときの軌跡

図 2

次に、地球上で、図3のように質量 m の小球に電気量 q ($q > 0$) の正の電荷を加え、更に水平方向に一様な電場 E ($E > 0$) を加えた。その後、点Aから電場の方向に小球を速さ v_0 で投げ出した。点Aの鉛直下方向の床上の点を原点Oとし、図のように x 、 y 軸をとる。重力加速度の大きさを g とし、この小球にはたらく空気抵抗は無視できるものとする。



- (3) 床に落下するまでの時間 t_2 及び落下した点と原点Oとの距離 x_2 を求めよ。
- (4) 床と衝突直前の小球の速さ v を、 x_2 を用いて求めよ。
- (5) 小球の運動の軌跡は放物線となる。 $mg = qE$ のとき、軌跡の概形を実線で書け。

II 図に示すように、滑らかで水平な面の上に、質量 M の上面が滑らかなブロックを置き、水平方向右向きに x 軸をとる。ブロックの上に、自然長 L ($L > 0$) の軽いバネ (バネ定数 k) を置く。バネの左端はブロック上に固定し、右端には質量 m の小球を取りつける。最初、バネの左端を $x = -L$ の位置に、右端を $x = x_0$ の位置まで縮めた状態となるように、小球とブロックを静止させる。この状態を【状態 A】とする。

小球の位置を x_m 、速度を v_m 、加速度を a_m 、ブロックの重心の位置を x_M 、速度を v_M 、加速度を a_M とする。手を離す前のブロックの重心は $x = 0$ 上にあり、小球はブロックの上のみを運動するものとする。速度の向きは水平方向右向きを正とせよ。また、図に示すように、最初にバネが縮んでいる場合、 x_0 は負の値になることに留意せよ。

解答にあたって、根拠を記述したうえで式を立て、最終的な解答に至る過程を記せ。

最初に、ブロックからは手を離さず、ブロックを静止させた状態で、小球だけから手を離すと、小球は水平方向に運動を開始した。

(1) 小球の速度が最大となるときの v_m の値を求めよ。

続いて、いったん【状態 A】に戻した後に、今度は小球とブロックから全ての手を同時に離すと、小球、ブロックともに水平方向に運動を開始した。

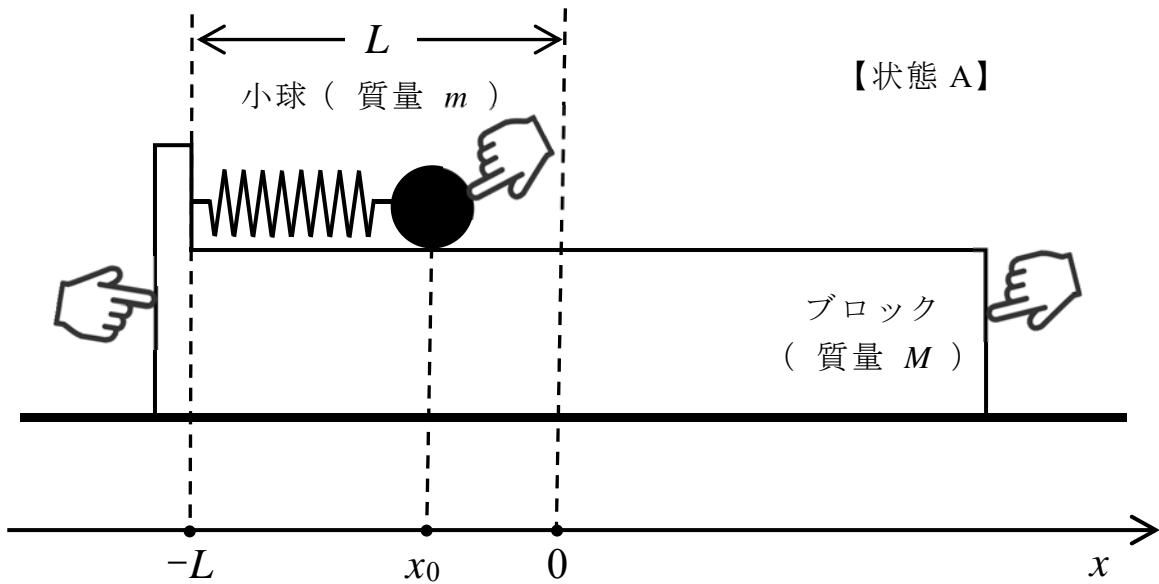
(2) 小球とブロックに働く、水平方向の力を図示せよ。解答欄に、自分で作図すること。

さらに、小球とブロックに関する運動方程式を、それぞれ記せ。

(3) バネの長さが初めて自然長になった瞬間の v_m と v_M を、それぞれ求めよ。さらに、それらを求めるにあたって必要な式を記せ。

(4) バネの長さが最大になった瞬間の v_m と v_M , および, ブロックに対する小球の速度 v_{mM} は, いずれも 0 となる。その理由を説明せよ。

(5) 小球とブロックは, とともに単振動を示すことを示し, その周期を求めよ。



図