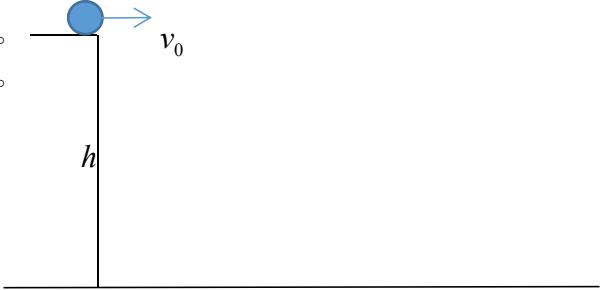


(問題 1)

図のように高さ  $h$  の台から球を初速  $v_0$  で水平向きに投射した。

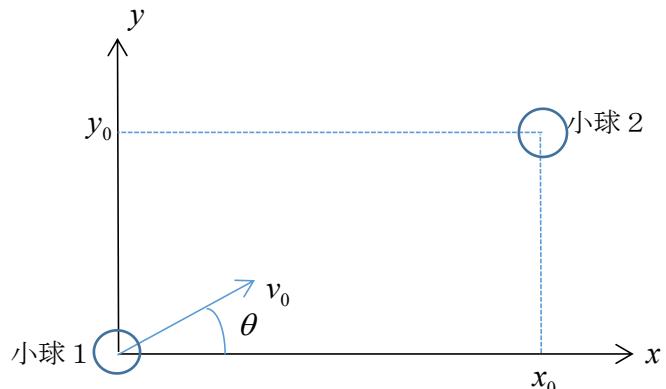
- (1) 地面に達するまでの時間  $t$  を求めよ。 
- (2) 台から着地点までの距離  $l$  を求めよ。

(問題 2)

小球 1 を原点 O から水平方向から  $\theta$  の向きに投射した。それと同時に、原点から

$(x_0, y_0)$  の位置から小球 2 を落下させた。小球 1 が  $x_0$  の位置に到達したとき、同時に小球 2 と衝突した。

- (1) 2 つの小球が衝突したするまでの時間を求めよ。
- (2) 小球 1 の高さ  $y_1$  と小球 2 の高さ  $y_2$  を求めよ。
- (3)  $\theta$  を求めよ。

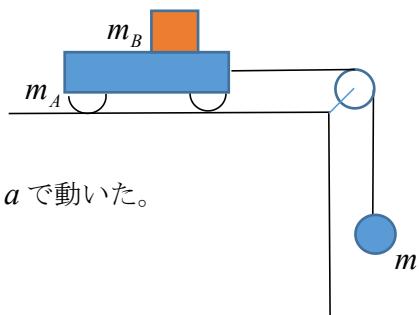


(問題 3)

図のように質量  $m_A > m_B$  の親子亀が滑車を通した質量  $m$  小球と糸でつながっている。

- (1)  $m = m_0$  のとき小球と親子亀は一定の加速度  $a$  で動いた。  
 $a$  を求めよ。

(2)  $m = m'$  のとき  $m_B$  は  $m_A$  の上を滑り始めた。



$m_A$  と  $m_B$  の間の最大静止摩擦係数  $\mu_0$  を求めよ。

(2)  $m = m''$  のとき,  $m_B$  は水平な台に対して加速度  $a' > 0$  で動き始めた。 $m_A$  と  $m_B$  間の動摩擦係数と  $m_A$  の加速度を求めよ。ただし  $m_0 < m' < m''$  とする。

(問題4)

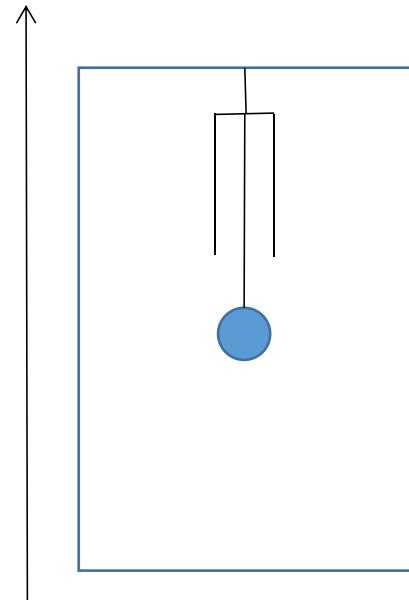
エレベーターの天井に軽いばねばかりをつるし、質量  $m[\text{kg}]$  の物体をつるした状態でエレベーターを上昇させた。

(1)~(3)の状態で、エレベーター内から見て物体が静止していたとするとばねばかりが示す目盛り  $F[N]$  を求めよ。重力加速度の大きさを  $g[m/s^2]$  とする。

(1) 上向きの加速度 (大きさ  $a[m/s^2]$ ) で上昇中

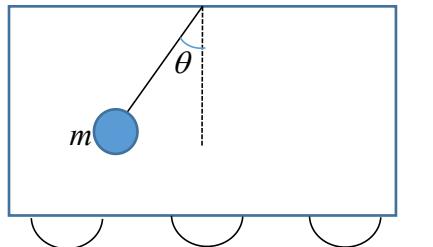
(2) 等加速度

(3) 下向きの加速度 (大きさ  $a[m/s^2]$ ) で下降中



(問題5)

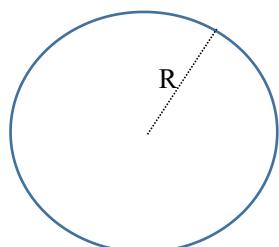
図のように、水平に等加速度運動する電車の中で、天上から質量  $m[\text{kg}]$  のおもりをつるした軽い糸が鉛直に対して  $\theta$  の角度で静止していた。このときひもがおもりをひく力の大きさ  $S[N]$ 、および電車の加速度



の大きさ  $a[m/s^2]$  を求めよ。重力加速度の大きさを  $g[m/s^2]$  とする。

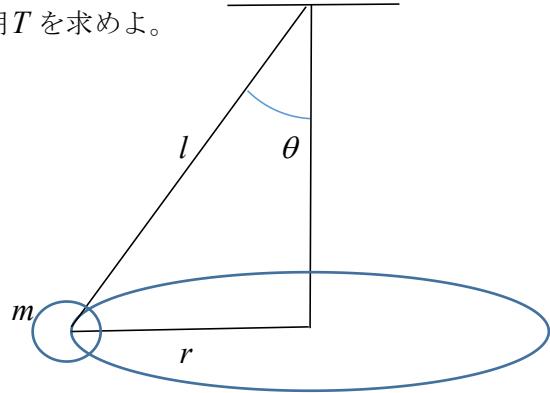
(問題6)

(1) 第1宇宙速度を求めよ。  
(2) 第2宇宙速度を求めよ。



(問題 7)

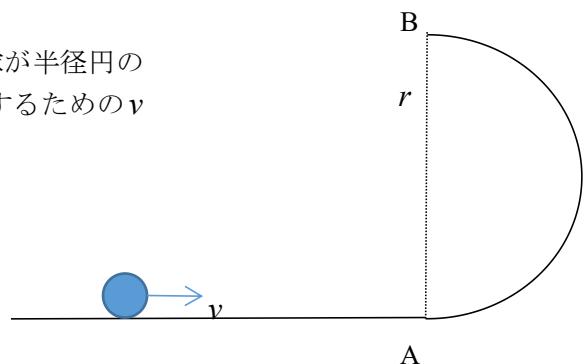
図のような円錐振り子の糸の張力  $S$  と周期  $T$  を求めよ。



(問題 8)

図のように水平方向に速さ  $v$  で進んでいる球が半径円のループに向かっている。球が点 B まで到達するための  $v$

の最小値を求めよ。



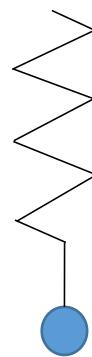
(問題 9)

自然長  $l$  のバネに質量  $m$  のおもりをつるしたところ

$x_0$  伸びて静止した。その後、おもりを自然長になるまで

手で支えてから離したところ単振動を始めた。

単振動の振幅  $A$ , 周期  $T$ , 最大の速さ  $v_{\max}$  を求めよ。



(問題 1 0)

点 O に固定した長さ  $2r[m]$  の軽い糸に、質量  $m$  の小球をつける。糸がたるまないように小球を水平の位置 A まで持ち上げ、静かに離す。小球が最下点 B を通る瞬間、糸は B の真上  $r[m]$  の距離の点 C にある釘に触れ、その後、小球は点 C を中心とする円運動をする。

(1) 小球が点 B を通るときの、小球の速さ  $v_B[m/s]$  を求めよ。

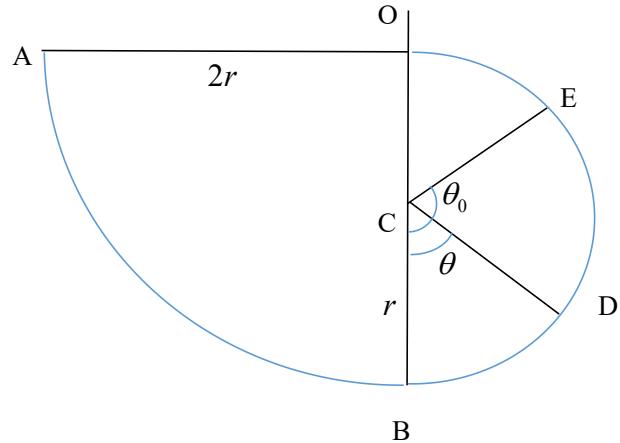
(2) 小球が点 B を通る直前の糸が小球を引く力の大きさ  $T_{B1}[N]$  と

小球が点 B を通った直後の糸が小球を引く力の大きさ  $T_{B2}[N]$  を求めよ。

(3) 小球が点 D を通るときの、小球の速さ  $v_D[m/s]$  と糸が小球を引く力

の大きさ  $T_D[N]$  を求めよ。

(4) 小球が点 E に達したとき、糸がたるんだとする。 $\cos \theta_0$  を求めよ。

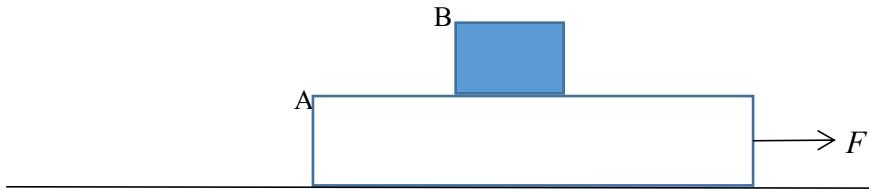


(問題 1 1)

床の上に物体 A, B がのっている。A と B の質量をそれぞれ  $M, m$  とし、A と床の摩擦は無視できる。A と B の間の静止摩擦係数を  $\mu_0$ 、動摩擦係数を  $\mu'$  とする。A を力  $F$  で水平に引く。右向きを正とする。

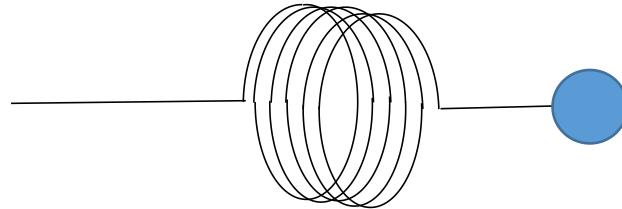
(1)  $F$  が小さいとき、A と B は一体となって運動する。このときの A の加速度  $a$ , B にはたらく摩擦力の大きさ  $f$  を求めよ。

- (2)  $F$  がある大きさ  $F_0$  を超えると, B は A の上を滑り始める。 $F_0$  を求めよ。
- (3)  $F$  がある大きさ  $F_0$  を超えると, B は A の上を滑りだす。このときの A, B の加速度  $a_A, a_B$  を求めよ。



(問題 1-2)

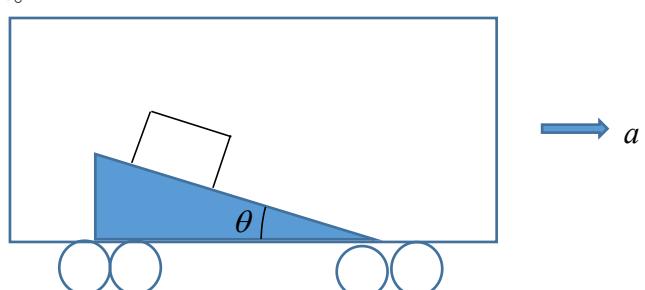
自然長  $0.10\text{m}$ , ばね定数  $30\text{N/m}$  の軽い一つの巻きばねの一端に質量  $0.50\text{kg}$  の小球を取り付け, ばねの他端を中心として滑らかな水平面上で等加速度運動させた。このときの角速度が  $6.0\text{rad/s}$  であった。ばねの伸び  $x[\text{m}]$  を求めよ。



(問題 1-3)

図のように、電車内の水平な床の上に傾きの角  $\theta$  の滑らかな斜面を固定して置き、その上に台車を載せる。地面に静止した人から見た電車の加速度を  $a[\text{m/s}^2]$  (右向きを正とする。)

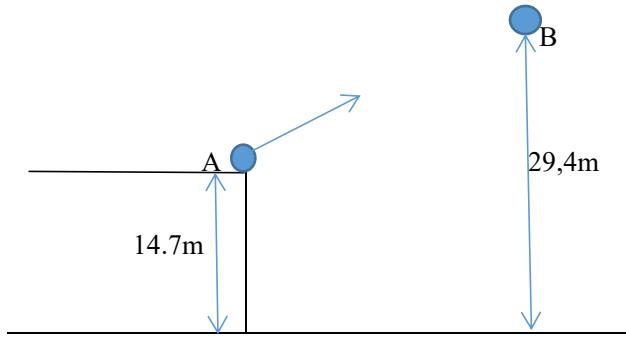
- (1) 車内の人から見たときの、台車の斜面方向の加速度  $a'[\text{m/s}^2]$  を求めよ。斜面下方を制とする。
- (2) 電車の加速度  $a$  がある値  $a_0$  であったとき、車内の人から見て台車は静止しているように見えたとする。 $a_0[\text{m/s}^2]$  を求めよ。



(問題 1 4)

地上からの高さが 14.7m の点 A から、仰角  $30^\circ$  で小球を投げた。これと同時に、地上からの高さが 29.4m の点 B から、点 A から投げた小球と同じ初速度の大きさで鉛直下向きにもう 1 つの小球を投げ下したところ、地上の点 C に 2 つの小球が同時に落下した。

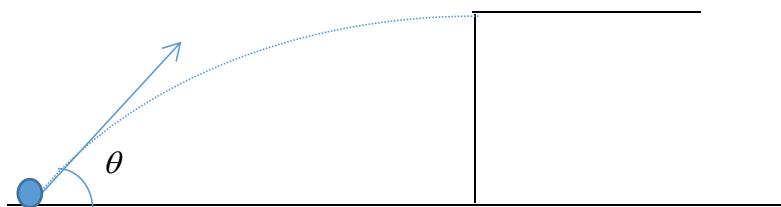
- (1) 点 A から投げた小球が点 C に達するまでの時間を求めよ。
- (2) 小球の初速度の大きさを求めよ。
- (3) 点 A と点 B は水平距離でいくら離れているか。



(問題 1 5)

図のように小球を放物運動させて、ちょうど最高点に達したとき、高さ  $H$  の台の上にのせたい。次の問い合わせに答えよ

- (1) 小球が最高点に達するまでの時間を  $g, v_0, \theta$  で表せ。
- (2) 最高点の高さが  $H$  に等しいことより、 $H$  を  $g, v_0, \theta$  で表せ。
- (3) (1)で求めた時間で水平方向に  $L$  だけ進むことにより、 $L$  を  $g, v_0, \theta$  で表せ。
- (4) (2),(3)より  $\tan \theta$  を、 $H, L$  で表せ。
- (5) このような条件を満たす初速度の大きさ  $v_0$  を  $g, H, L$  で表せ。



(問題 1 6)

小球を水平から  $\theta$  の角度で速さ  $v_0 [m/s]$  投射した。次の問いに答えよ。重力加速度を  $g [m/s^2]$  とする。

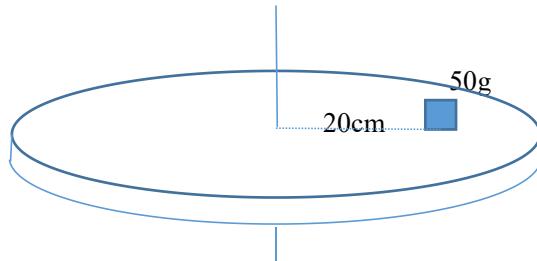
- (1) 最高到達点に達するまでの時間を求めよ。
- (2) 最高到達点までの高さを求めよ。
- (3) 飛距離を求めよ。
- (4) 最も遠くへ飛ばすためには  $\theta$  がいくらであればよいか。



(問題 1 7)

図のように、水平面内で回転する円板上の、中心 O から 20cm だけ離れたところに、質量 50g の物体を置いた。円板の回転数を徐々に増やしていくと、1 分間に 30 回転を超えたときに物体は滑りだした。

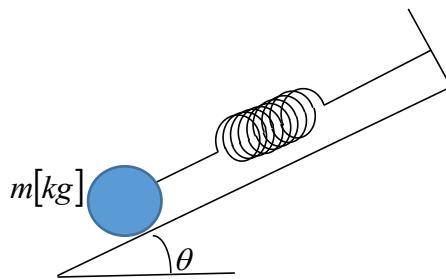
- (1) 滑りだす直前の物体にはたらく向心力の大きさはいくらか。
- (2) 物体と円板との間の静止摩擦係数はいくらか。



(問題 1 8)

図のように、傾きの角  $\theta$  のなめらかな斜面上にばね定数  $k[N/m]$  のばねの一端を固定し、他端に質量  $m[kg]$  の小球をつなぐ。小球は斜面の方向にそってのみ運動するとする。また、重力加速度の大きさを  $g[m/s^2]$  とする。

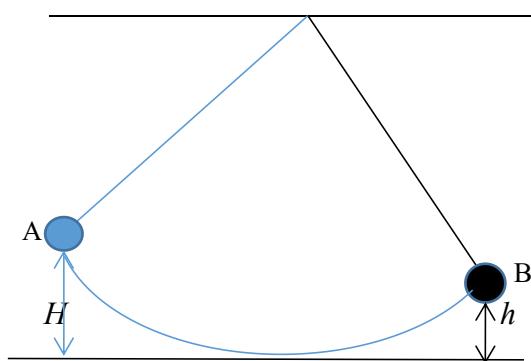
- (1) 小球が斜面に静止しているときのばねの伸び  $x_0[m]$  を求めよ。
- (2) ばねの伸びが  $x[m]$  であるとき、小球にはたらく斜面方向の力  $F[N]$  を  $k, x, x_0$  を用いて表せ。斜面下向きを正とする。
- (3) 小球を手で支え、ばねを自然の長さにしてから手をはなすと、小球は振動を始めた。このとき、振動の周期  $T[s]$  と、小球の速さの最大値  $v_{\max}[m/s]$  を  $m, k, x_0$  を用いて表せ。



(問題 1 9)

軽い糸の先に質量  $M$  のおもり A をつけて、長さ  $L$  の振り子を作る。同様に、軽い糸の先に質量  $m$  のおもり B をつけて同じ長さの振り子を作り、最下点で A と B が接触するようにする。図のように、最下点から高さ  $H$  の位置で A を静かにはなすと、最下点で B に衝突し、A は静止して B が振れた。B はその後、最下点から高さ  $h$  の位置まで上がった。

- (1) 衝突直前の A の速さを求めよ。
- (2) 衝突直後の B の速さを求めよ。
- (3) このような運動になるには A と B の質量の比  $\frac{m}{M}$  はいくらでなければならないか。
- (4) A と B の反発係数を、 $M, m$  を用いて表せ。

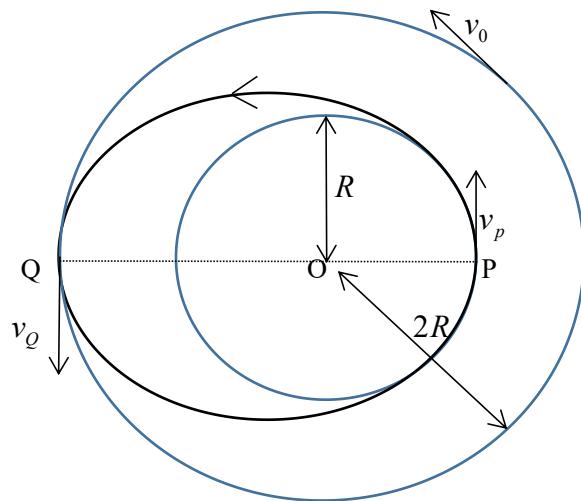


(問題20)

地球(中心O,半径R)の表面の点Pから人工衛星を打ち上げ,点Oを中心とする半径2Rの円軌道ののせる。初め,図の点Pと点Qを通る橢円軌道にのせた後,点Qで瞬間に速さを変化させて目的の円軌道に移す。この人工衛星の点Pでの速さを $v_p$ , 楕円軌道を動いているときの点Qでの速さを $v_Q$ , 半径2Rの円軌道上を動いているときの速さを $v_0$ とする。

(1)  $v_Q$ は $v_p$ の何倍か。

(2)  $v_0$ は $v_Q$ の何倍か。



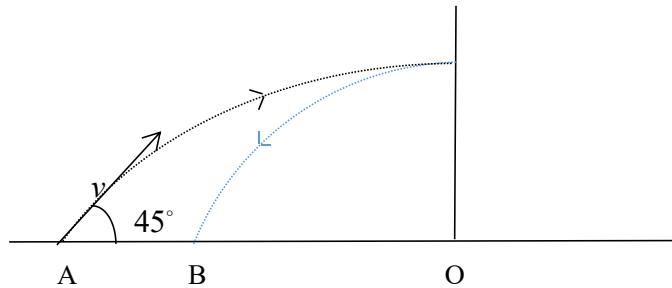
(問題21)

図のように,水平面上の点Aから仰角45°,速さvでボールを投げたところ,鉛直で滑らかな壁に垂直に衝突し,はね返って点Bに落下した。ただし $OB = \frac{2}{3}OA$ である。

(1) ボールを投げてから壁と衝突するまでの時間 $t_1$ と,壁に衝突してから点Bに落下するまでの時間 $t_2$ の比, $t_1:t_2$ を求めよ。

(2) 点Aと壁との水平距離を,v,t<sub>1</sub>で表せ。

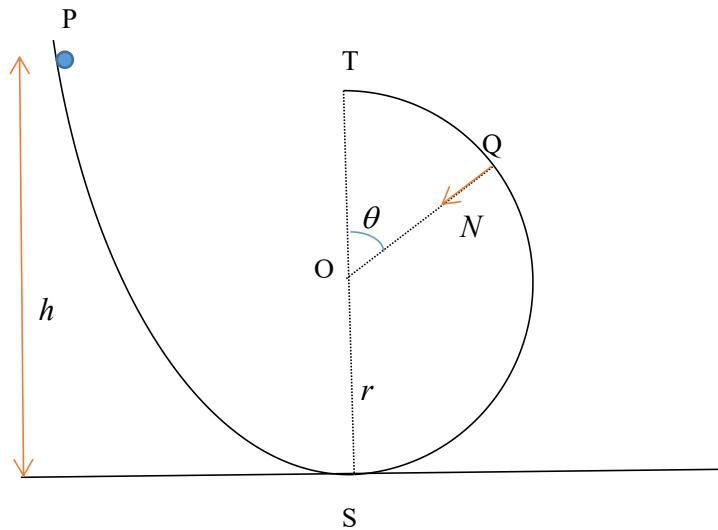
(3) ボールと壁との反発係数を求めよ。



(問題 22)

半径  $r$  の内面のなめらかな半円筒が、縦断面 ST を鉛直にして固定され、下端 S に滑らかな斜面が続いている。斜面上、S からの高さ  $h$  の点 P から、質量  $m$  の小球を初速度 0 ですべらせる。

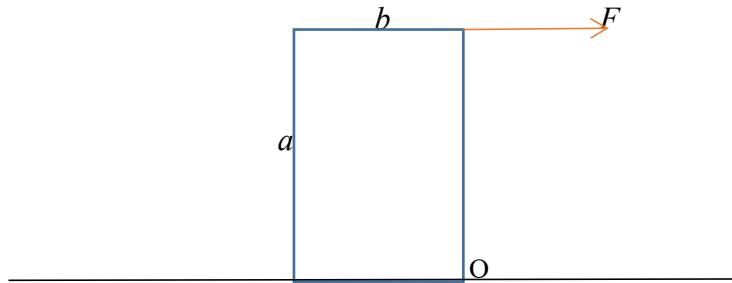
- (1) 小球が  $\angle TOQ = \theta$  の点 Q を通る瞬間に面から受けける抗力  $N$  の大きさを求めよ。
- (2) 小球が円筒の頂点 T を通るために  $h$  はいくら以上でなければならないか。
- (3)  $h = 2r$  のとき、小球は T の手前の点 E で面から離れ、放物運動に移る。放物運動の最高点 H の、E からの高さ  $H$  を求めよ。



(問題 2 3)

水平面上に置いた図のような質量  $m$  の一様な直方体の物体の右上の角に水平右向きの力を加え、その大きさ  $F$  を次第に大きくしていく。物体と水平面の間の静止摩擦係数を  $\mu$  とする。

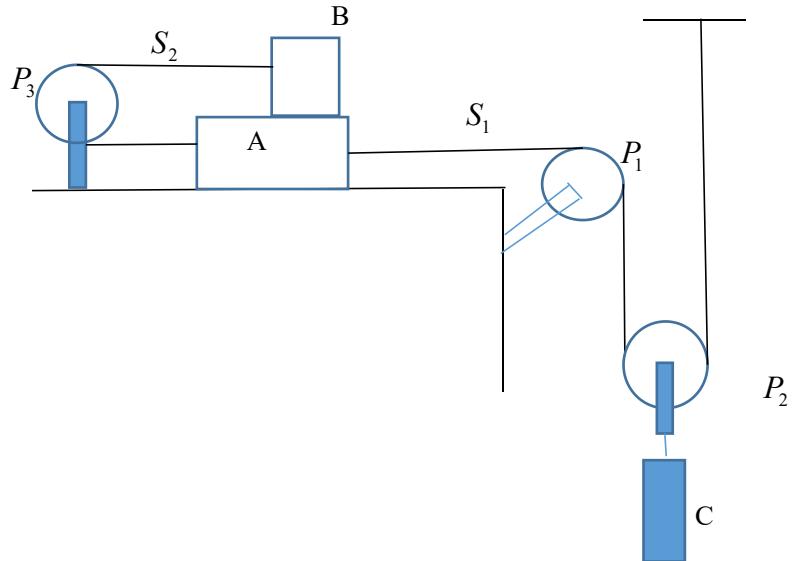
- (1) 物体が静止しているとき、抗力の作用点は点 O からいくらの距離か。
- (2) 物体が傾くより先に滑りだすとすれば、滑りだすのは  $F$  がどんな大きさを超えたときか。
- (3) 物体が滑りだすより先に傾いたとすれば、傾くのは  $F$  がどんな大きさを超えたときか。
- (4) 物体が傾くより先に滑りだす条件を示せ。



(問題 2 4)

図に示すように、なめらかな水平で床面に置かれた質量  $m$  の物体 A の水平な上面に、質量  $m$  の物体 B が置かれている。物体 A は、なめらかにまわる軽い定滑車  $P_1$  と動滑車  $P_2$  を通した伸び縮みしない糸  $S_1$  で天井と結ばれている。また、物体 A と物体 B は、なめらかなまわる軽い定滑車  $P_3$  を通した伸び縮みしない糸  $S_1$  で天井と結ばれている。また、物体 A と物体 B は、なめらかにまわる軽い定滑車  $P_3$  を通した伸び縮みしない糸  $S_2$  で繋がれている。物体 A と物体 B の間の静止摩擦係数を 0.4, 動摩擦係数を 0.2 とする。重力加速度の大きさを  $g$  とする。

はじめに、動滑車  $P_2$  に質量  $M$  のおもり C をつけて静ずかに手を離したところ、物体 A, 物体 B はそのまま静止していた。



- (1) 糸  $S_1$  の張力の大きさ  $T_1$  を、  $M, g$  を用いて表せ。
- (2) 糸  $S_2$  の張力の大きさ  $T_2$  を、  $M, g$  を用いて表せ。
- (3) 物体 A, B は動き出さなかったことから、おもり C の質量  $M$  はある値  $M'$  より小さくなければならない。この  $M'$  を  $m$  を用いて表せ。

次に、おもり C を質量  $2m$  のおもりのかえて、静かに手を離したところ、物体 A, B は動き始めた。ここで、物体 A が右向きに動く加速度の大きさを  $\alpha$  とする。糸  $S_2$  でつながれた物

体 B が左向きに動く加速度の大きさは同じく  $\alpha$  となり、糸  $S_1$  にかけられている動滑車  $P_2$  につけたおもり C が下向きに動く加速度の大きさは  $\frac{\alpha}{2}$  となる。

- (4) 物体 A, B 間の摩擦力の大きさを、  $m, g$  を用いて表せ。
- (5) 糸  $S_1$  の張力の大きさ  $T_1$  を、  $m, g$  を用いて表せ。
- (6) 糸  $S_2$  の張力の大きさ  $T_2$  を、  $m, g$  を用いて表せ。
- (7) 物体 A の加速度の大きさ  $\alpha$  を  $g$  を用いて表せ。

(問題 2 5)

木星の第1衛星イオは、木星を中心とする半径 $4.2 \times 10^8 [m]$ の円軌道上を運動している。

イオの公転周期を $1.5 \times 10^5 [s]$ 、木星の半径を $7.1 \times 10^7 [m]$ 、万有引力定数を

$6.67 \times 10^{-11} [N \cdot m / kg^2]$ とし、木星の自転の影響は無視できるものとする。

(1) イオの面積速度は何 $[m^2 / s]$ か。

(2) 木星の質量は何 $kg$ か。

(3) 木星表面における重力加速度の大きさは何 $[m / s^2]$ か。

(4) 地球上で周期 $1 [s]$ の単振り子を木星上に持っていくと、その周期は何 $[s]$ になるか。

地球上の重力加速度の大きさを $9.8 [m / s^2]$ とする。

(問題 2 6)

次の文中の空欄を正しく埋めよ。

図 1 のように、なめらかな水平面上に、質量が  $M$  で水平面と  $\theta$  の角をなすなめらかな斜面をもつ台を置き、台が移動しないようにストッパー S を図のように固定した。いま、斜面上に質量  $m$  の小物体を静かに置いたところ、小物体は初速 0 で斜面上を降下し始めた。重力加速度の大きさを  $g$  とする。

このとき、小物体が斜面を下降する加速度の大きさは  $\boxed{\text{ア}}$  であるから、小物体が斜面に沿って距離  $l$  だけ下降したときの速さ  $v$  は、 $v = \boxed{\text{イ}}$  である。小物体が斜面上を下降している間、ストッパー S が台に加えている水平方向左向きの力の大きさは  $m \times \boxed{\text{ウ}}$  である。

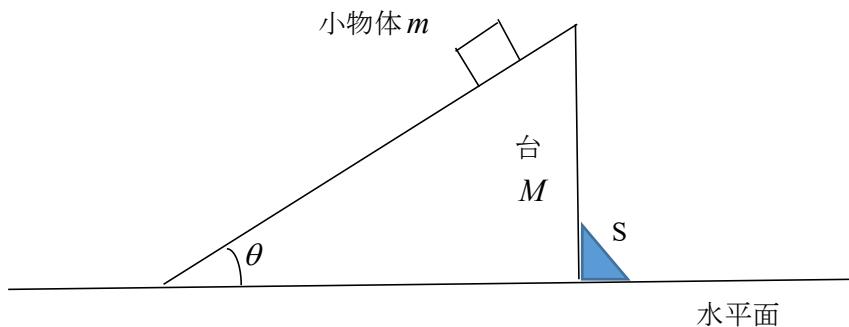
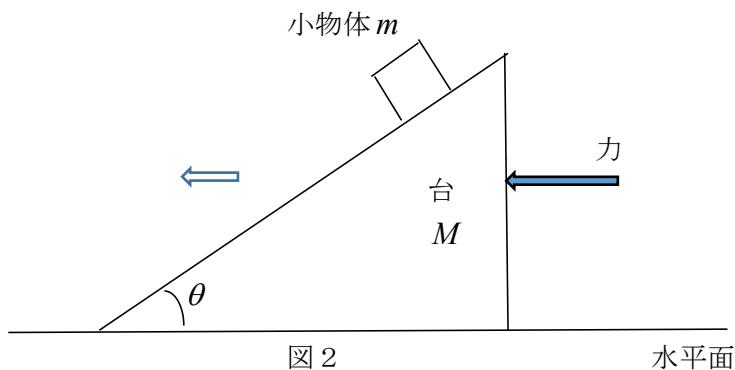


図 1

次に、図 2 のように、斜面上に質量  $m$  の小物体を静かに置くと同時に、台に水平方向左向きの一定の力を加えて台を移動させたところ、小物体は斜面に対して静止していた。

このとき、小物体が斜面から受けている垂直抗力の大きさ  $N$  は  $N = m \times \boxed{\text{エ}}$  である。小物体の水平方向の加速度の大きさ  $a$  は、小物体が斜面から受けている垂直抗力の水平成分によって加速度が生じることから  $a = \boxed{\text{オ}}$  である。よって、台に加えている水平方向左向き力の大きさは  $(M+m) \times \boxed{\text{カ}}$  である。



(問題27)

図1のように、水平面と $\theta$ の角度をなす、なめらかな斜面がある。斜面にそって $x$ 軸をとり、上がる向きを正の向きとする。速度も、斜面にそって上がる向きを正とする。斜面の下端を $x$ 軸の原点とし、そこには斜面に対して垂直な壁がある。この斜面を、質量 $m$ の小球Aが時刻 $t=0$ において、 $x=a$ に位置から静かに滑り始める。

ここで、小球の大きさは無視することができ、 $a > 0$ とする。重力加速度の大きさを $g$ 、小球Aと壁の間の反発係数（はね返り係数）の値は $e$ とする。 $(0 \leq e < 1)$ このとき、次の問い合わせよ。解答は $a, e, g, m$ の中から必要なものを使って表せ。

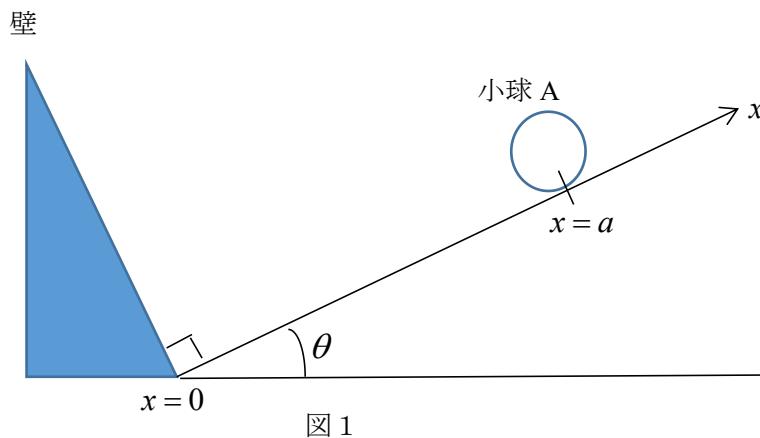


図1

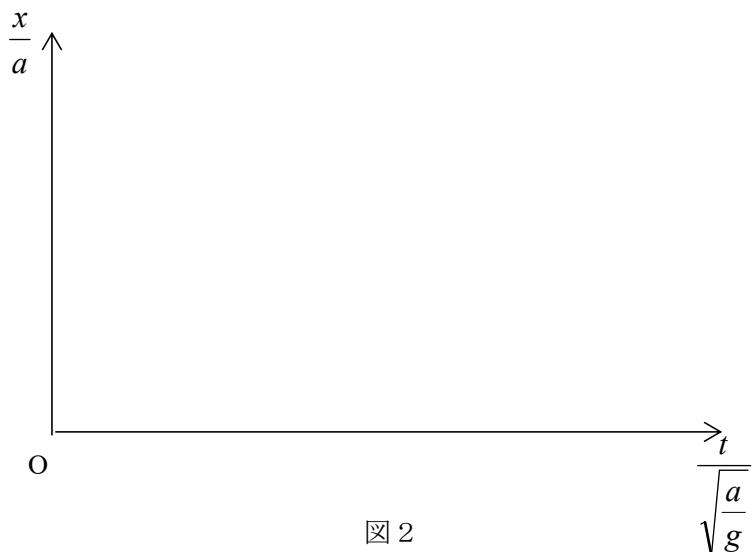
- (1) 小球Aが壁に衝突する時刻 $t_1$ を求めよ。
  - (2) 小球Aが壁に衝突する直前の速度 $v_1$ を求めよ。
  - (3) 小球Aが壁に衝突した直後の速度 $v'_1$ を求めよ。
  - (4) 衝突直前と直後の運動エネルギーの差 $\Delta E$ を求めよ。
  - (5) 小球Aは壁に衝突したあと、斜面を上がる。小球Aが到達する $x$ の最大値 $x_1$ を求めよ。
  - (6) 小球Aが、最初に壁に衝突してから、ふたたび壁に衝突するまでの時間 $T_1$ を求めよ。
  - (7) 小球Aは壁との衝突と斜面にそって、上がり下がりを繰り返す。小球Aが $n$ 回目に壁に衝突してから $(n+1)$ 回目に壁に衝突するまでの時間 $T_n$ を求めよ。 $n$ は正の整数とする。
- 解答には $n$ を使ってよい。

(8)  $n$  回目に壁に衝突してから小球 A が到達する  $x$  の最大値  $x_n$  を求めよ。解答には  $n$  を使ってよい。

(9) 反発係数  $e = \frac{1}{2}$  のときに、小球が時刻  $t = 0$  ですべり始めてから壁に衝突するまでの間の時刻  $t$  と斜面上の位置  $x$  の関係を図 2 に図示せよ。

図は、図 2 に示すように、時刻  $t$  を  $\sqrt{\frac{a}{g}}$  で除した  $\frac{t}{\sqrt{\frac{a}{g}}}$  を横軸に用いて、位置  $x$  を  $a$  で除した

$\frac{x}{a}$  を縦軸に用いてかけ。



(問題28)

図1に示すように、水平面となす角度が $\theta$ のあらい斜面がある。ばね定数 $k$ の軽いばねの一端を斜面の下端に固定し、このばねを斜面上に置くと、ばねは自然の長さであった。このときのばねの上端の位置をAとする。点Aから斜面に沿って距離 $L$ だけ離れた位置に質量 $m$ の物体を置き、すべりださないように手で支えておく。物体から静かに手を離すと、物体は斜面上をすべり下り始めた。重力加速度の大きさを $g$ 、物体と斜面の間の静止摩擦係数を $\mu$ 、動摩擦係数を $\mu'$ とし、物体の大きさは無視してもよいとする。以後の運動について次の文章の空欄に当てはまる式を記入せよ。

- (1) 物体から静かに手を離したとき、物体が斜面上を滑り下り始めるためには  $\tan \theta$  は  
ア より大きくなければならない。
- (2) 物体が点Aに到達するまでの間、斜面に沿った物体の加速度の大きさ $a$ は イ となる。
- (3) 物体がすべり下り始めてから点Aへ到達するまでの時間 $t$ を、(2)の加速度の大きさ $a$ を含む式で表すと ウ である。また、点Aに到達したときの物体の速さ $v$ を、同様に $a$ を含む式で表すと エ となる。

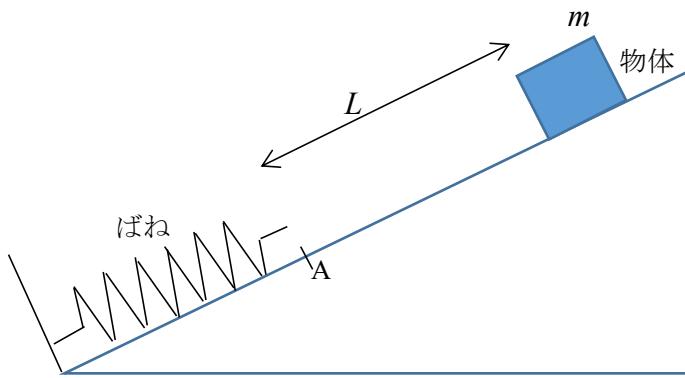


図1

物体は点Aで接触した後、ばねを縮ませながら斜面を滑り下りる。ばねが最も縮んだ瞬間の物体の位置が点B(図2)であり、物体は点Bで瞬間に静止したあと、ばねの復元力によって斜面を上昇し始め、点Aでばねから離れたとする。点Aから点Bまでの距離を $d$ とする。

(4) 次の手順で距離 $d$ を求めよう。

(a) 物体が点Aから点Bまで動く間の運動エネルギーの変化([点Bにおける運動エネルギー] - [点Aにおける運動エネルギー])を $a$ を含む式で表すと オ となる。

また、物体が点Bに達したときのばねの弾性エネルギーは カ となる。

(b) 物体が点Aから点Bまで動く間に、重力が物体にする仕事を $d$ を含む式で表すと キ である。また、この間に摩擦力が物体にする仕事は負であり、これを $d$ を含む式で表すと ク である。(キ)と(ク)の和を、 $a$ と $d$ を含む式で表すと ケ である。

(c)(a),(b)の結果を用いて力学的エネルギーと摩擦力が物体にする仕事の関係を考えると距離  $d$  についての2次方程式が得られる。これを解いて距離  $d$  を  $a$  を含む式で表すと  
コ となる。

- (5) 物体が点 B で瞬間に静止したあと、ばねの復元力によって斜面を上昇し始めるためには、距離  $d$  は サ より大きくなければならない
- (6) 物体が点 A でばねから離れた瞬間の物体の速さを  $v'$  とすると、この  $v'$  を  $d$  を用いた式で表すと シ となる。

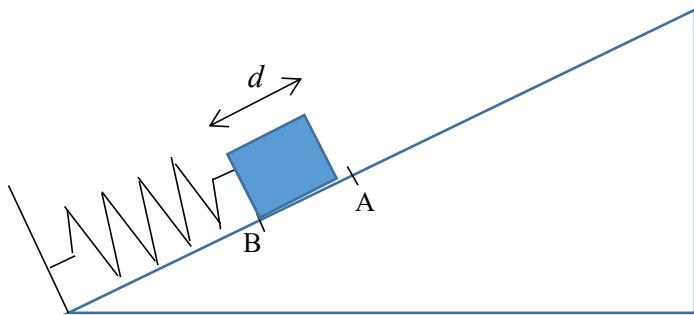


図 2

(問題 2 9)

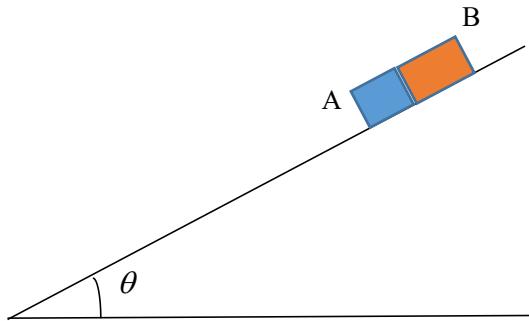
図のように、水平面からの傾きが  $\theta$  であるあらい斜面上に、質量がともに  $m$  である物体 A と物体 B が互いに接するように置かれている。斜面と物体 A の間の静止摩擦係数は  $\mu$ 、動摩擦係数は  $\mu'$  である。また、斜面と物体 B の間の静止摩擦係数は  $\frac{\mu}{2}$ 、動摩擦係数は  $\frac{\mu'}{2}$  である。重力加速度の大きさを  $g$  として、次の問いに答えよ。

- (1) 物体 A と物体 B が静止しているとき、それぞれの物体にはたらく摩擦力の合力の大きさを求めよ。
- (2) 傾きの角  $\theta$  が徐々に大きくなり、 $\theta_0$  を超えたとき、物体 A と物体 B は同時にすべり始める。  
 (a) このときの  $\tan \theta_0$  の値を求めよ。
- (b) 傾きの角を  $\theta_1 (> \theta_0)$  としたとき、物体 A と物体 B がすべり落ちないように、斜面に対して垂直な力を物体 A に加える。この力の大きさはいくら以上でなければならないか。
- (3) 傾きの角を  $\theta_1$  に保って、全問(2)(b)の力を取り除くと、物体 A と物体 B は一体となってすべり始めた。  
 (c) 斜面下向きを正に取り、物体 A と物体 B の間にはたらく力の大きさを  $F$ 、加速度の大きさを  $a$  とする。この  $F$  と  $a$  の関係式を求めよ。

さを  $a$  として、物体 A と 物体 B それぞれについて、斜面に沿った方向の運動方程式を書け。

(d) 加速度の大きさ  $a$  を  $g, \mu', \theta_1$  で書け。

(e) 物体 A と B の間にはたらく力の大きさ  $F$  を  $m, g, \mu', \theta_1$  で書け。



(問題 30)

図のように、なめらかで段のある水平な床 ab と床 cd の上に、質量  $M[\text{kg}]$  で傾斜角  $\theta[\text{rad}]$  をもつ三角形状の台 Q と、質量  $3m[\text{kg}]$  で長さ  $h[\text{m}]$  の台 R がそれぞれ置かれている。台 Q の斜面上の高さ  $h$  の場所 A に、質量  $m[\text{kg}]$  の小さな物体 P をそっと置いたあとの物体 P と台 Q, R の運動を考える。台 R の左面 CE は、垂直面 bc に接するように置かれている。台 R の上面 CD はあらい面であり、物体 P が CD 上をすべるときの動摩擦係数は  $\mu'$  である。また、面 CD は台 Q が乗っている水平な床と同じ高さである。ここで、物体 P が台 Q の先端 B を通過し床 ab 上を運動するときは、なめらかにその運動方向を変え、力学的エネルギーの損失は考えないとする。重力加速度の大きさを  $g[\text{m/s}^2]$  とする。

まず、物体 P が台 Q 上を運動している場合を考える。次の問いに答えよ

- (1) 台 Q から物体 P に生じる垂直抗力の大きさを  $N[N]$ 、台 Q の加速度の大きさを  $\alpha[m/s^2]$  とするとき、台 Q の運動方程式を求めよ。
- (2) 台 Q と一緒に運動している観測者から見た、物体 P に生じる斜面に対して垂直な方向の力の関係式を  $m, N, \alpha, g, \theta$  を用いて求めよ。
- (3) 垂直抗力の大きさを  $M, m, g, \theta$  を用いて求めよ。
- (4) 次の文章の空欄を記号  $M, m, g, h, \theta$  から適当なものを用いて埋めよ。

物体 P が台 Q 上を運動しているとき, 床 ab 上で静止している観測者から見た物体 P の鉛直方向と水平方向の加速度の大きさはそれぞれ  [m/s<sup>2</sup>],  [m/s<sup>2</sup>] である。そ

のため, 物体 P が高さ  $\frac{h}{2}$  に達するときの物体 P の水平方向の速さは,

$$M \cos \theta \sqrt{\boxed{\text{ウ}}} [m/s] \text{ となる。}$$

(5)

次に, 物体 P が台 Q をすべり降りたのち, 物体 P は台 R に向かい一定の速さ  $V_p [m/s]$  で,

台 Q は反対向きに一定の速さ  $V_Q [m/s]$  で運動する。次の問い合わせよ。

物体 P が点 A にいるときの物体 P と台 Q の全力学的エネルギーは  [J], 全運動量は

[kg·m/s] であり, また, 物体 P が床 ab 上を水平方向に運動しているときの物体

P と台 Q の全力学的エネルギーは  [J], 全運動量は  [kg·m/s] である。これ

らの値に成立する関係式を用いることにより, 物体 P と台 Q の速さはそれぞれ

$$V_p = \boxed{\text{e}} [m/s], V_Q = \boxed{\text{f}} [m/s] \text{ である。}$$

(6) 物体 P が台 R 上を運動しているとき, 物体 P と台 R の加速度の大きさを求めよ。

(7)  $V_p$  が  $\sqrt{\frac{5}{3}} gh [m/s]$  となるような台 Q を用いたとき, 物体 P が台 R をすべり落ちないで台

R 上で停止するための  $\mu'$  の条件を求めよ。

