

# 中京大学工学部電気電子工学科

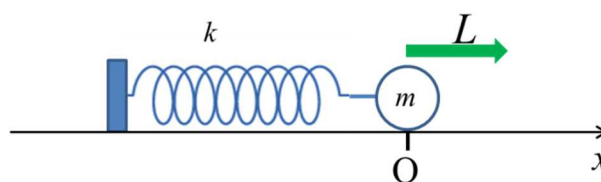
物理学 (力学)	出題者	白井 英俊	試験日	2018年 5月 28日 月曜日 実施
持ち込み不可。すべての問題に対し、答だけではなく説明もつけること。不正行為者には今学期の試験をすべてFにする。				

**問題1.** 太陽と地球の距離は  $150 \times 10^6$  km, 光の速さは  $3.0 \times 10^8$  m/sとする。単位や有効数字に注意して、以下の間に答えよ

(1) 光が太陽から地球に到達するのに要する時間を求めよ。

(2) 地球は太陽を中心とした円周上を運動している(円運動)とみなせる。この円運動における地球の角速度  $\omega$ [rad/s]と速さ  $v$ [m/s]を求めよ(単位も明記すること)。ただし  $\pi = 3.14$ , 1年は365日として計算せよ。なお、計算には、 $365 \times 24 \times 60 \times 60 \doteq 3.14 \times 10^7$  を用いても良い。

**問題2.** 平地では正確に時を刻んでいる振り子時計を標高が高い(例えば標高2,000m)山の上に持って行くと時計が正確に時を刻まなくなる(注意: 気圧の変化は無関係とする)。山の上では振り子時計はどのように狂うか(平地に比べて進む、もしくは遅れる)を述べ、なぜこのことが起きるかを振り子時計の仕組みと万有引力との関係から説明せよ。なお、地球の質量を  $M$ , 地球の半径を  $R$ , 万有引力定数を  $G$  で表す。



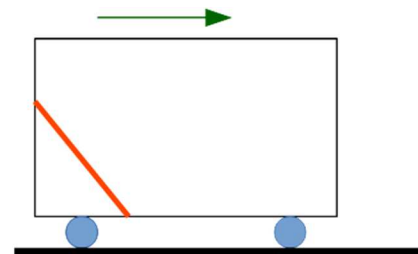
**問題3.** 微分方程式  $\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x$  が  $x = C_1 \sin \omega t + C_2 \cos \omega t$  ( $C_1$  と  $C_2$  は初期条件によって定まる)という一般解を持つことを前提として、以下の間に答えよ。

質量が無視できるバネ定数  $k$ [N/m]のつる巻きばねの一端に、質量  $m$ [kg]の質点をつけ、摩擦力が無視できる水平な台の上ののせる。バネの他端は台上に固定する。質点をつり合いの位置からばねの方向に距離  $L$ [m]だけ引っ張って静かに放すとき、振動の周期が  $2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$  [s]で与えられることを、公式ではなく運動方程式と上記の前提から示せ。

工学部 電気電子工学科	年	番号								名前		点数	
-------------	---	----	--	--	--	--	--	--	--	----	--	----	--

問題4. 以下の問題を読み、問に答えよ。

右図のように水平面上を一定の加速度  $a$  で等加速度直線運動している電車内に、水平な床と垂直な壁がある。そこにまっすぐで一樣な長さ  $l$  の細い棒を立てかけたい。棒の質量を  $m$ 、重力加速度の大きさを  $g$  とする。壁はなめらかで、床は棒との静止摩擦係数が  $\mu$  である粗い平面とする。この棒が倒れない(滑り出さない)ための条件を求めたい。



(A) 初めに、図に示す方向に正の加速度  $a$  で電車が動いているとして以下を求めよ。

(1) 鉛直方向の力のつりあいの式を書け。ただしここでは、 $N_1$  を床から棒が受ける垂直抗力とする。

(2) 水平方向の力のつりあいの式を書け。ただしここでは  $N_2$  を壁から棒が受ける垂直抗力、 $a$  を電車の加速度、 $F$  を棒が床から受ける静止摩擦力とする。

(3) 棒と床との接点を A 点と名前をつける。 $N_2$  を壁から棒が受ける垂直抗力として、A 点まわりの力のモーメントの式を書け。ただしここでは、棒と鉛直な壁とのなす角度を  $\theta$  とせよ。

(4) この棒が倒れない(滑り出さない)ための、床からの摩擦力  $F$  がとるべき値の範囲を  $\mu$ 、 $m$ 、 $g$  を用いて表せ。

(5) 以上を解くことにより、この棒が倒れない(滑り出さない)ための  $\tan \theta$  の値の範囲を  $\mu$ 、 $g$ 、 $a$  を用いて表せ。

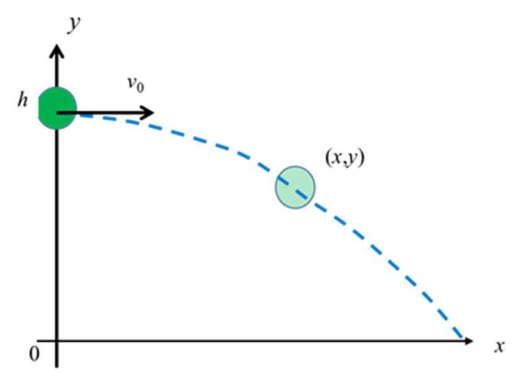
(6) 電車は負の加速度もちうる。それも考慮して、この棒が倒れない(滑り出さない)ための  $\tan \theta$  の値の範囲を  $\mu$ 、 $g$ 、 $a$  を用いて表せ。

中京大学工学部電気電子工学科

物理学 (力学)	出題者	白井 英俊	試験日	2018年 5月 28日 月曜日実施
----------	-----	-------	-----	--------------------

持ち込み不可。すべての問題に対し、答だけではなく説明もつけること。不正行為者には今学期の試験をすべてFにする。

**問題 5.** 右図のように、時刻  $t = 0$  において質量  $m$  の小物体を地表  $h$  の高さの点から速さ  $v_0$  で水平方向に投げた。この小物体が地表に落ちるまでの運動を問う。ただし、地面に平行に  $x$  軸、垂直に  $y$  軸をとって小物体の位置を表す。また、重力加速度の大きさを  $g$ 、空気の抵抗は小物体の速度だけに比例し、空気抵抗の比例係数は  $k$  とする。



なお、以下では、物体の速度の  $x$  成分を  $v_x$ 、 $y$  成分を  $v_y$  で表すものとする。  
 (1) 時刻  $t \geq 0$  における運動の  $x$  成分の運動方程式、および  $y$  成分の運動方程式をそれぞれ答えよ。ただし加速度はそれぞれ  $\frac{dv_x}{dt}$ ,  $\frac{dv_y}{dt}$  で表すものとする。

水平方向(運動の  $x$  成分)の運動方程式:

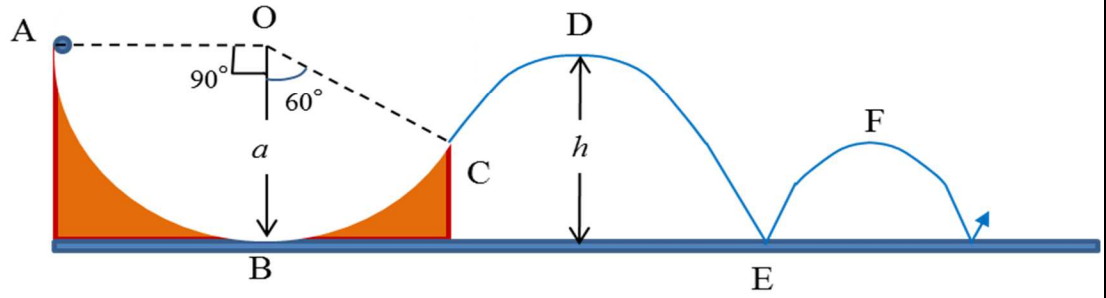
鉛直方向(運動の  $y$  成分)の運動方程式:

(2) 時刻  $t \geq 0$  におけるこの物体の速度の  $x$  成分  $v_x$  を表す式を、 $k, g, m, t, v_0$  から適切なものを用いて答えよ。(定数  $e$  も用いてよい)

(3)  $h$  が十分大きいとして、時刻  $t \rightarrow \infty$  のときの物体の速度の  $y$  成分  $v_y$  を求めよ。ただし答えだけではなく、その根拠も示すこと。

工学部 電気電子工学科	年	番号							名前			点数
-------------	---	----	--	--	--	--	--	--	----	--	--	----

問題 6. 右図のように、半径  $a$  の円弧の形をしたなめらかなすべり台 ABC が、水平な床に B 点で接して固定されている。中心を O とする円弧 ABC は鉛直な平面内にあり、 $\angle AOB=90^\circ$ 、 $\angle BOC=60^\circ$  である。A 点に静止していた質量  $m$  の小球が、すべり台をすべり落ちて B 点を通り、C 点ですべり台から飛び出す。その後、最高点 D に到達し、再び落下して E 点において床と衝突する。重力加速度の大きさを  $g$  とし、空気の抵抗は無視できるものとする。



なお、分数や平方根の数を小数点数表す必要はない

(1) 小球が B 点を通過するときの速さを、 $g$  と  $a$  の中から適切な記号を用いて表わせ。

(2) 小球が C 点を離れるとき、小球の速度の水平成分  $v_x$  と鉛直成分  $v_y$  を  $g$  と  $a$  の適切な記号を用いてそれぞれ表わせ。

(3) 小球が C 点を離れてから最高点 D に達するまでの時間を  $g$  と  $a$  の適切な記号を用いて表わせ。

(4) 床がなめらかであるとする、小球は床と衝突するとき、床から鉛直方向にだけ力積を受ける。また、小球と床との衝突のはね返りの係数(反発係数)を  $e$  ( $0 < e < 1$ ) とする。

(a) 小球は、E 点で床と衝突してから再び上昇し、最高点 F に到達して落下した。床から D 点までの高さを  $h$  とするとき、F 点の高さを  $h$  と  $e$  を用いて表わせ。

(b) 小球は、床と何回も衝突を繰り返し、やがて速度の鉛直成分は失われてしまう。小球が最終的に持つ力学的エネルギーは、最初に A 点で静止していたときと比べてどのように変化しているか、以下の候補のうち最も適切なものを選んで丸印を付け、簡単に理由を述べよ。

- ① 増えも減りもしない      ②  $\frac{1}{8}mga$  だけ減っている。      ③  $\frac{1}{4}mga$  だけ減っている。      ④  $\frac{3}{8}mga$  だけ減っている。  
 ⑤  $\frac{1}{2}mga$  だけ減っている。      ⑥  $\frac{5}{8}mga$  だけ減っている。      ⑦  $\frac{3}{4}mga$  だけ減っている。      ⑧  $\frac{7}{8}mga$  だけ減っている。  
 ⑨  $mga$  だけ減っている。      ⑩  $mga$  よりも多く減っている。

理由: