

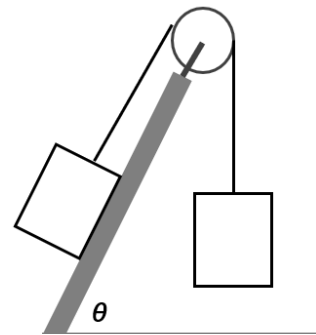
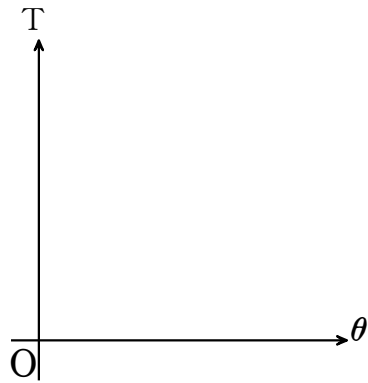
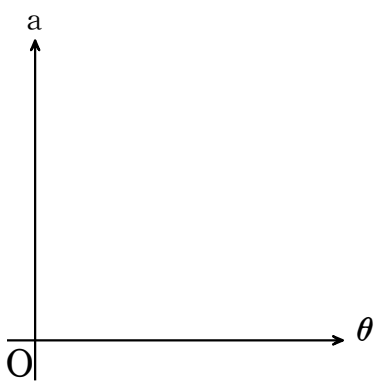
# 物理

運動の法則

【鳥取大 改題】

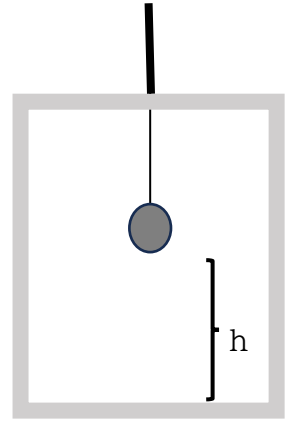
図のような水平面と傾斜角 $\theta(\text{rad})$ をなす角がある。 $\theta$ は0から $\frac{\pi}{2}$ の範囲で自由に変えられる。板の端には滑車があり、その滑車を通して同じ質量 $M(\text{kg})$ の物体AとBが細く伸び縮みしない丈夫な糸でつながれている。空気抵抗、糸および滑車の質量、物体の大きさ、物体Bと板との摩擦は無視できるものとする。また滑車は滑らかに回転し、物体は滑車や地面にぶつからないものとする。重力加速度の大きさを $g(\text{m/s}^2)$ として、次の問いに答えよ。

- (1)  $\theta$ をある角度に固定し、物体AとBから静かに同時に手をはなすと、物体Aは鉛直下方に加速度の大きさ $a(\text{m/s}^2)$ で運動を始めた。糸の張力の大きさを $T(\text{N})$ および物体Aの加速度の大きさ $a$ を、 $g$ 、 $M$ 、 $\theta$ のうち必要なものを用いて表せ。
- (2) (1)の操作を様々な傾斜角 $\theta$ に対して試みた。張力の大きさ $T$ および物体Aの加速度の大きさ $a$ の傾斜角 $\theta$ に対する変化を表すグラフの概形をかけ ( $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$ )。



【愛知工大】

図のように、箱をひもでつり下げ水平に静止させ、その上面に糸で小球を取り付けた。箱と小球の質量はそれぞれ  $3m$ ,  $m$  であり、小球の箱の底からの高さは  $h$  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。ただし、ひもと糸は同じ鉛直線上にあり、軽くて伸びないものとする。



(1) 箱をつり下げるひもの張力の大きさはいくらか。

次に、ひもを引く力を大きくして、ひもの張力の大きさを一定値  $F$  にすると、箱は鉛直方向に等加速度で上昇した。

(2) 箱の加速度の大きさはいくらか。

同じ大きさ  $F$  の力でひもを引きながら、糸を切ったところ、小球は箱の底に落下した。

(3) 糸を切ってから、小球が箱の底に落下するまでの時間はいくらか。

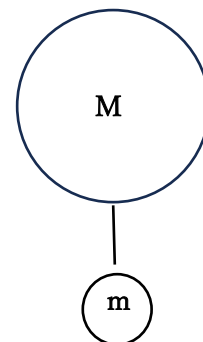
(4) 小球が箱の底に落下する直前の箱に対する小球の相対速度の大きさはいくらか。

【佐賀大】

質量  $M$  の気球に質量の無視できる軽いひもが取り付けられていて、ひもの他端に質量  $m$  の小球がつるさされている。気球には鉛直上向きに一定の力(浮力)がはたらく。

重力加速度の大きさを  $g$  として、次の問いに答えよ。ただし、空気の抵抗および小球にはたらく浮力はないものとする。

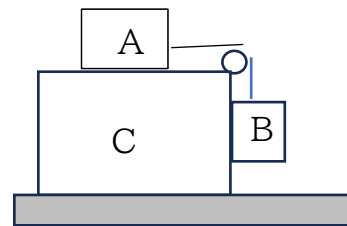
図のように、ひもがたるまず鉛直に保たれたまま、気球と小球が初速度0で地上から鉛直上向きに上昇し始めた。時間が  $T$  だけ経過したとき、小球の地上からの高さは  $h$  であった。



- (1) 気球の加速度の大きさ  $a$  を  $h, T$  を用いて表せ。
  - (2) 気球が上昇し始めてから、時間  $T$  だけ経過したときの気球の速さ  $V_0$  を  $a, T$  を用いて表せ。
  - (3) ひもが小球を引く力の大きさを  $m, g, a$  を用いて表せ。
  - (4) 気球にはたらく浮力の大きさを  $M, m, g, a$  を用いて表せ。
- 小球の地上からの高さが  $h$  になった瞬間にひもが切れた。
- (5) ひもが切れてから、小球が地上に到達するまでの時間を  $V_0, h, g$  を用いて表せ。
  - (6) ひもが切れてから時間が  $t$  だけ経過したとき、気球から見た小球の速度を、浮力の大きさを  $F$  として、 $M, F, t$  を用いて表せ。ただし、小球は地上に到達していないとし、鉛直上向きを速度の正の向きとする。

【福岡大】

図のように、なめらかで水平な床の上に質量 $M$ の直方体の物体 $C$ が置かれている。 $C$ の上に質量  $m_A$  の物体 $A$ があり、 $A$ から軽い糸を水平に張って滑車を通し、その糸の先端に質量  $m_B$ の物体 $B$ を取り付け、鉛直につり下げる。 $B$ の側面は $C$ と接しており $A$ と $C$ 、 $B$ と $C$ の間には摩擦力ははたらかないものとする。重力加速度の大きさを $g$ として、次の問いに答えよ。



【A】  $A, B, C$  を静止させるために、 $A$ には水平方向左向きに、 $C$ には水平方向右向きに手で押して力を加える。

- (1)  $A$ を押す力の大きさはいくらか。
- (2)  $C$ を押す力の大きさはいくらか。

【B】  $C$ が動かないように手で水平方向右向きに力を加え、 $A$ から静かに手を離すと、 $A$ と $B$ は運動を始めた。

- (3) 糸の張力の大きさを $T$ 、 $B$ の落下加速度の大きさを  $a$  として、 $A$ の水平方向の運動方程式をかけ。
- (4)  $B$ の鉛直方向の運動方程式をかけ。
- (5)  $a$ を  $m_A, m_B, g$  を用いて表せ。
- (6)  $T$ を  $m_A, m_B, g$  を用いて表せ。
- (7)  $A$  と  $B$  が運動しているとき、手が  $C$  に加えている力の大きさを  $m_A, m_B, g$  を用いて表せ。

(8)  $C$ にはたらく床からの垂直抗力の大きさを、 $M, m_A, m_B, g$  を用いて表せ。

【C】  $C$ を押す水平方向右向きの力を大きくすると、 $A, B, C$  は同じ加速度で等加速運動をするようになった。

- (9) 加速度の大きさを $m_A, m_B, g$  を用いて表せ。

【九州工大】

次の問いに答えよ。ただし、糸および滑車の質量、物体の大きさはないものとする。また、糸は伸び縮みせず。滑車はなめらかに回転できるものとする。重力加速度の大きさを  $g$  とする。

【A】 図1のように、質量  $m$  の物体Aと質量  $5m$  の物体Bを糸1で結び、滑車Pにつるす。さらにこの滑車Pと物体Cを糸2で結び天井から糸3でつるされた滑車Qにつるす。

(1) 物体Aと物体Bおよび物体Cを同時に静かにはなしたとき、物体Aと物体Bは動きだしたが、物体Cは静止したままであった。物体Cの質量はいくらであったか。数字ならびに、 $m$ 、 $g$  の中から必要なものを用いて答えよ。

【B】 次に、図2のように、物体Aと物体Bを同じ高さに固定し、図1の物体Cを糸2から取り外す。その後、糸2の右端を一定の大きさ  $F$  の力で鉛直下方に引くと同時に、物体Aと物体Bを静かにはなすと、滑車Pは上昇した。物体の運動中に、滑車どうしの接触や物体と滑車の接触はおこらないものとする。数字ならびに、 $m$ 、 $g$ 、 $F$ 、 $d$  の中から必要なものを用いて次の設問に答えよ。

(2) 物体Aと物体Bを静かにはなした後の、糸1の張力の大きさはいくらか。

(3) 物体Aと物体Bの高さの差が  $d$  になった瞬間の物体Aの速さはいくらか。

図1

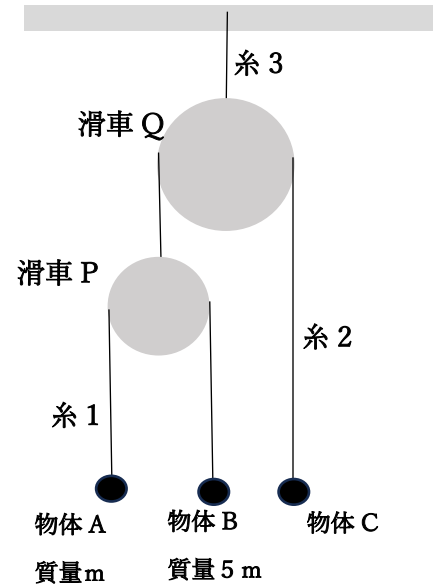
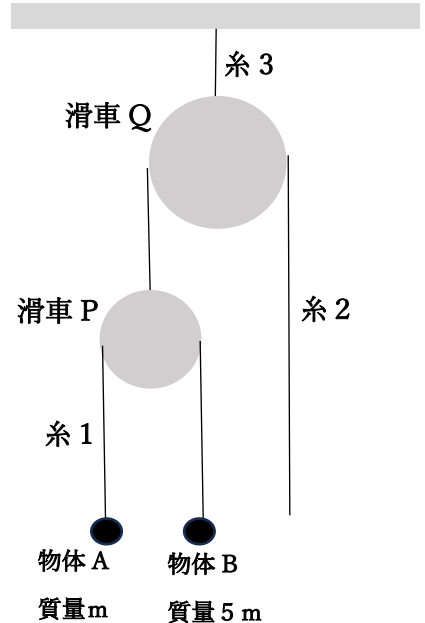


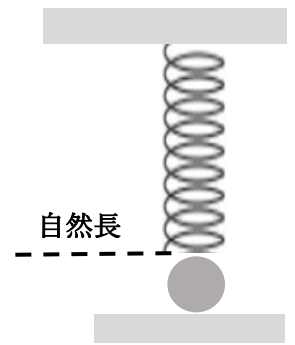
図2



【拓殖大 改題】

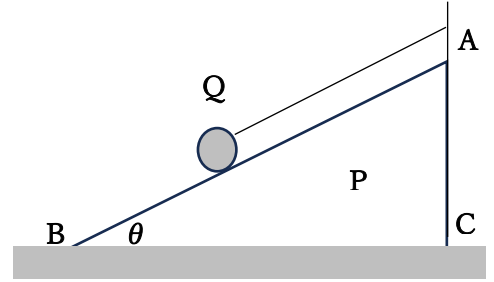
ばね定数  $k$  のばねを天井に固定し、下端に質量  $m$  の物体を取り付ける。ばねの長さが自然の長さになるように、板を用いて支える。ばねの質量は無視でき、重力下億度の大きさを  $g$  とする。

- (1) 図の状態から板をゆっくりと下げていくとき、板が物体から離れるまでの間は、板と物体との間には力がはたらいている。いま、ばねの伸びを  $x$  軸。板と物体の間にはたらいている力の大きさを  $y$  軸としてグラフの概形をかけ。
- (2) 図の状態から板をゆっくりと下げていき、板が物体から離れるまでの間に手のした仕事はいくらか。
- (3) 図の状態において、板を急に取り去ると、物体は単振動を行う。この運動においてばねの伸びの変化とともに、物体の速さも変わる。物体の速さが  $0$  になるときのばねの伸びと、物体の速さが最大になる時のばねの伸びと、速さを求めよ。
- (4) ばねの伸びを  $x$  軸、物体の運動エネルギーを  $y$  軸としてグラフの概形をかけ。



【静岡大】

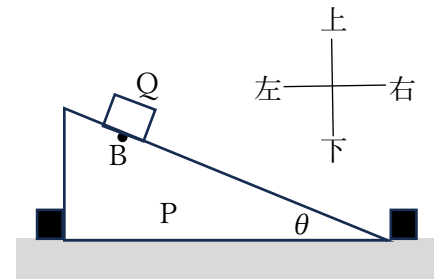
水平面上に対する傾斜角が $\theta$  (rad) の滑らかな斜面 AB をもった台 P がある。その斜面上に質量 $m$  (kg) の小球 Q をのせ、これに軽い糸をつけて斜面の上端 A に固定してある。このとき P と Q は静止している。P は床の上を自由に動かすことができる。重力加速度の大きさを $g$  ( $\text{m/s}^2$ ) とする。



- (1) P が静止しているとき、糸の張力および斜面から受ける抗力の大きさはいくらか。
- (2) P を一定の加速度  $a$  ( $\text{m/s}^2$ ) ( $a > 0$ ) で紙面左方向へすべらせた。  $a$  が小さく、Q が P に対して静止している場合、糸の張力および Q が斜面から受ける抗力の大きさはいくらか。
- (3) (2) において、  $a$  がある値  $a_0$  ( $\text{m/s}^2$ ) より大きくなると、Q は斜面にそって上昇する。  $a_0$  はいくらか。
- (4) 次に P を一定の加速度  $b$  ( $\text{m/s}^2$ ) ( $b > 0$ ) で紙面右方向へすべらせた。  $b$  が小さく、Q が P に対して静止している場合、糸の張力および Q が斜面から受ける抗力の大きさはいくらか。
- (5) (4) において、  $b$  がある値  $b_0$  ( $\text{m/s}^2$ ) より大きくなると、Q は斜面を離れて糸にひかれたまま宙に浮く。  $b_0$  はいくらか。

【名城大】

図のように、水平でなめらかな床に質量  $M$  の三角形の台  $P$  を置き、ブロックで両端を固定した。  $P$  は床と角度  $\theta$  をなすなめらかな斜面を持つ。斜面上の点  $B$  に質量  $m$  の小物体  $Q$  を置き、静かにはなしたところ、  $Q$  は斜面をすべり落ちた。重力加速度の大きさを  $g$  として、次の問いに答えよ。



(1)  $Q$  が斜面をすべっているとき、  $Q$  の加速度の大きさはいくらか。

(2) 点  $B$  から斜面にそって距離  $d$  だけすべったときの  $Q$  の速さはいくらか。

次に、両端のブロックを取り除いて、すべり落ちた  $Q$  を再び点  $B$  に置いた状態で、  $P$  と  $Q$  を保持した。そして  $P$  と  $Q$  を同時に静かにはなしたところ、  $Q$  は斜面をすべり、  $P$  は加速度の大きさ  $A$  の等加速運動をした。  $Q$  が  $P$  から受ける垂直抗力の大きさを  $N$  とする。

(3) 加速度  $A$  の向きは、図中の上下左右のいずれか。

(4)  $P$  の水平方向の運動方程式を記せ。

(5)  $Q$  の運動を、等加速度運動する  $P$  から見た時

(a)  $Q$  にはたらく慣性力の向きは、図中の上下左右のいずれか。

(b)  $Q$  にはたらく慣性力の大きさはいくらか。

(c) 斜面に垂直な方向についての  $Q$  の運動方程式を記せ。

(6) 小問 (4) と (5) (c) で得られた式から  $A$  と  $N$  を求め、それぞれを  $M$ ,  $m$ ,  $g$ ,  $\theta$  で記せ。

(7)  $Q$  が点  $B$  から斜面にそって距離  $\ell$  だけすべる間に  $P$  が移動した距離  $L$  を  $M$ ,  $m$ ,  $g$ ,  $\ell$ ,  $\theta$  の中から必要なものを用いて表せ。

【北海道大】

次の文中の（ア）～（ケ）に適切な数式を入れよ。また（あ）（い）には図2に示す選択肢①～⑧の中から適切な記号を選択し記入せよ。

図1のような、一端を固定されたばねから打ち出された質量 $m$  [kg] の小球の運動を考える。ばねおよび台が置かれている床面は水平で同じ高さであり、それを高さの基準とする。水平面上に傾斜角 $\theta$  [rad] , 高さ $h$  [m] 質量 $M$  [kg] の台が置かれている。点Aの前後で傾斜角はともに $\theta$ であり、なめらかに接続されている。小球はばねと台を含む鉛直平面内を、床もしくは台から離れることなく運動するものとする。また空気の抵抗、小球と床および小球と台との摩擦、小球の大きさは無視できるとし、重力加速度の大きさを $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。

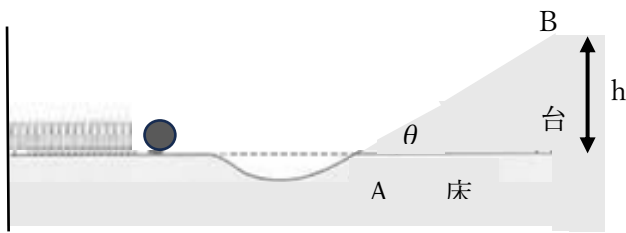


図1

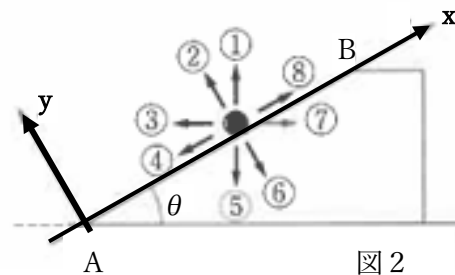


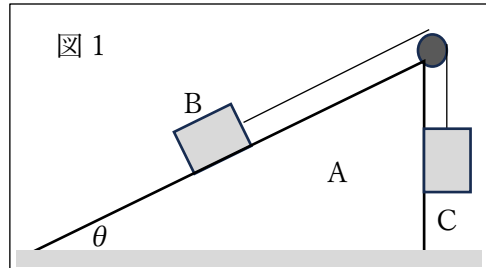
図2

- (1) 最初に、台が床に固定されている場合を考える。ばねを自然の長さから台の高さの4分の1すなわち $\frac{h}{4}$ 縮め、小球を打ち出したところ、小球は台の最上部Bに到達したところで速さが0になった。このばねのばね定数は（ア） [N/m] であり、点Aを通過したときの小球の速さは（イ） [m/s] である。小球が台の斜面を運動している間、小球の加速度の大きさは（ウ） [m/s<sup>2</sup>] である。小球が点Aを通過してから、点Bに初めて到達するまでにかかる時間は（エ） [s] となる。また、台の斜面にある小球が受ける垂直抗力は、向きが（あ）、大きさが（オ） [N] である。
- (2) 次に、床と台との摩擦がなく、台が水平に自由に動ける場合を考える。台は最初、床に対して静止していたが（1）と同様に打ち出した小球が台の斜面に乗ると台は動き始めた。図2に示すように、台の下端Aを原点としx軸、y軸をとる。台に対する小球の加速度のx成分を $\alpha$  [m/s<sup>2</sup>] 水平右向きを正の向きとしたときの床に対する台の加速度を $\beta$  [m/s<sup>2</sup>] とする。小球が台の斜面から受ける垂直抗力の大きさを $N$  [N] とすると、台の水平方向の運動方程式は $N$ ,  $\theta$ を用いて $M\beta =$ （カ）と表される。台に乗った座標系から見ると、小球には向きが（い）の慣性力がはたらいっているので、台から見た時の小球のx軸方向の運動方程式は、 $m$ ,  $g$ ,  $\beta$ ,  $\theta$ を用いて $m\alpha =$ （キ）となる。 $\alpha$ ,  $\beta$ について解くと垂直抗力 $N$ を使わずに $\alpha =$ （ク） [m/s<sup>2</sup>] となる。このことは、台が床に対して等加速度運動をしていることを意味している。また、小球が最高点に達したときの高さは（ケ） [m] である。

【関西学院大学】

図1のような、水平となす角が $\theta$ のなめらかな斜面となめらかな鉛直面からなる質量 $M$ の台 $A$ を考え、その斜面上に質量 $m$ の小物体 $B$ を置く。この小物体 $B$ に軽く伸びない糸の一端をつなぎ、それをこの斜面の上端に固定された軽く伸びない滑車に通し、そのもう一方の端に質量 $m$ の小物体 $C$ をつないで、小物体 $C$ を滑車から鉛直につり下げたとき台 $A$ の鉛直面に接するようにする。小物体 $B$ と滑車の間の糸は斜面に平行に保たれ、さらに、小物体 $B$ と $C$ はいずれも台 $A$ の上端または下端に達しないとし、また、重力加速度の大きさを $g$ とおく。空気の影響はないものとして、次の問いに答えよ。

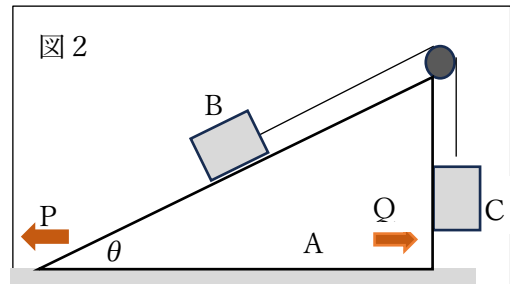
[A]図1のように、台 $A$ を水平面上に固定し、小物体 $B$ を斜面上に止めた状態から静かにはなすと、小物体 $B$ と $C$ は動き始めた。このとき、次の問いに答えよ。



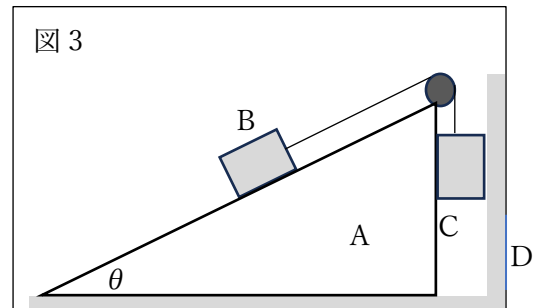
- (1) 小物体 $C$ は上昇するか、下降するか。
- (2) 小物体 $C$ の加速度の大きさを求めよ。
- (3) 糸が小物体 $B$ を引く力の大きさを求めよ。
- (4) 糸が滑車を通して台 $A$ を押す力の水平方向の成分の大きさを求めよ。

[B]図2のように、台 $A$ をなめらかな水平面上に置き、それを水平に一定の力で引くことにより等加速度運動させると、小物体 $B$ が斜面上のある位置に止まったままになった。

このとき、次の問いに答えよ。



- (1) 台 $A$ を引く力の向きは図2の矢印 $P$ と $Q$ のいずれの向きか。
- (2) 台 $A$ の加速度の大きさを求めよ。
- (3) 小物体 $B$ が台 $A$ から受ける抗力の大きさを求めよ。
- (4) 台 $A$ を引く力の大きさを求めよ。



[C]台 $A$ がなめらかな水平面上を自由に動くことができるようにする。さらに、図3のように、小物体 $C$ の右側になめらかな鉛直の壁 $D$ を台 $A$ に固定し、小物体 $C$ が台 $A$ の鉛直面に接しながら台 $A$ に対し上下にのみなめらかに動くようにする。この状況で、小物体 $B$ をその斜面上で動かないように支え、かつ、台 $A$ を水平面上で動かないように支える。この状態から、台 $A$ と小物体 $B$ の支えを同時に静かに外すと、台 $A$ および小物体 $B$ と $C$ は動き始めた。台 $A$ に取りつけた壁 $D$ からなる部分の質量はないものとして、次の問いに答えよ。

- (1) 台 $A$ の加速度の大きさを $a_A$ 、また、台 $A$ に対して静止した（台 $A$ とともに動く）観測者から見たときに、小物体

$C$ が鉛直方向に動く加速度の大きさ $a_C$ とすると、加速度の大きさの比 $\frac{a_C}{a_A}$ を $M$ 、 $m$ 、 $\theta$ を用いて表せ。

- (2)  $a_C$ を $M$ 、 $m$ 、 $g$ 、 $\theta$ を用いて表せ。