

物理学

- ・力学とは何か、運動の3法則
- ・等速運動、等加速度運動
- ・自由落下、鉛直投射、速度の合成・分解、水平投射、斜方投射
- ・力の大きさ、力のつりあい、力の合成
- ・糸の張力、ばねの弾性力、圧力、浮力
- ・空気の抵抗、摩擦力
- ・剛体のつりあい、力のモーメント、重心

必要な知識

一次関数・二次関数、微分・積分、三角関数、ベクトル



知識に不足がある場合は
高校数学のⅠAとⅡBの復習を！！

○物理・力学とは何か？

「運動の3法則」に従い、
「物体」が「いつ」、「どこ」にあるかを予測する学問

本項で扱う数値

	質量	時間	位置(距離)
単位			
文字式			

第一法則 慣性の法則

物体は外から力を受けないとき、
あるいは受けていてもそれがつりあっているとき、
静止している物体は静止し続け、
運動している物体は等速直線運動を続ける

第二法則 運動の法則

力を受けている物体は、その力の向きに加速度を生じる。
その加速度の大きさは力の大きさに比例し、
物体の質量に比例する。

第三法則 作用・反作用の法則

物体が2つの力を受けてつりあっているとき、
2つの力は同一作用線上にあり、逆向きで大きさが等しい

○等速運動、等加速度運動

速度の一般式

$$V =$$

V :速度(m/s)
 a :加速度(m/s²)
 V_0 :初速度(m/s)
 t :時間(s)

速度:時間あたりに変化する距離

$$V = \frac{dx}{dt}$$

加速度:時間あたりに変化する速度

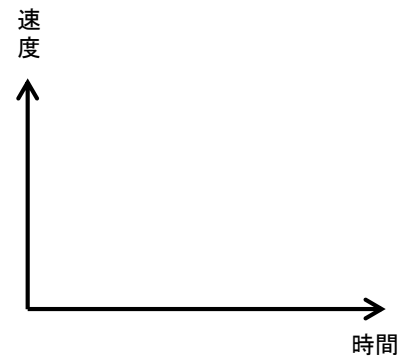
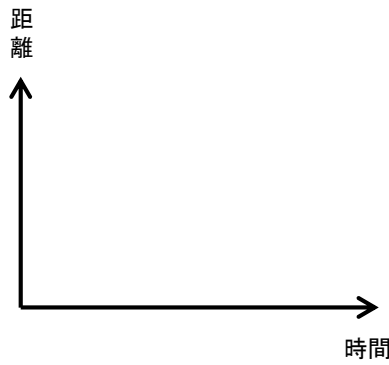
$$a = \frac{dV}{dt}$$

初速度: $t=0$ のときの速度

等速度運動



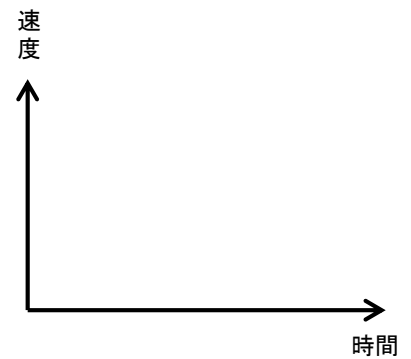
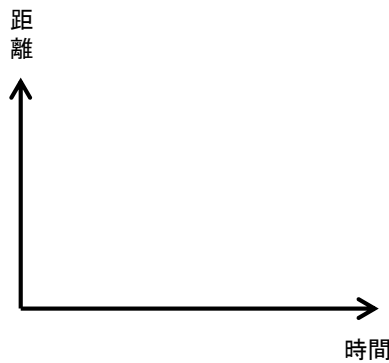
$$V =$$



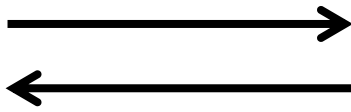
等加速度運動



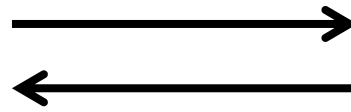
$$V =$$



距離



速度



加速度

距離の一般式

$x =$

x : 距離 (m)
 V : 速度 (m/s)
 a : 加速度 (m/s²)
 V_0 : 初速度 (m/s)
 x_0 : 初期位置 (m)
 t : 時間 (s)

積分

$$\int ax \, dx = \frac{1}{2} ax^2$$

$$\int ax^2 \, dx = \frac{1}{3} ax^3$$

微分

$$ax \frac{d}{dx} = a$$

$$ax^2 \frac{d}{dx} = 2ax$$

練習問題①

以下の式の加速度と初速度を答えなさい。

(1) $V = 3t + 2$

(2) $x = 2t^2 + 4t$

(3) $x = 5t^2 + 10$

○自由落下

地球上にある物体には、物体の運動状態に関係なく、常に地球の重力による加速が鉛直下向きに働いている。



一般式

速度

$V =$

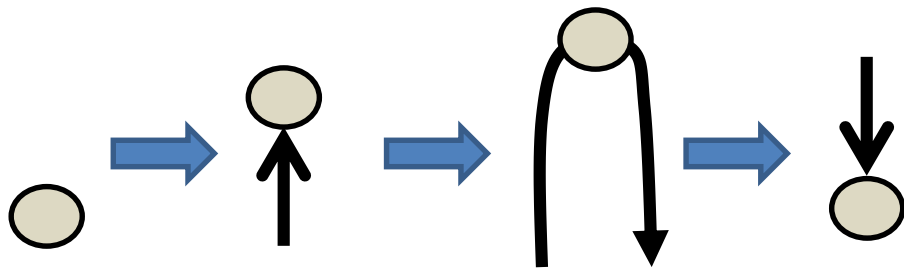
距離

$x =$

例題

質量10 kgの物体が空中を落下している。
 落下開始から20秒後の物体の速度を求めなさい。
 なお、重力加速度は9.8 m/s²とする。

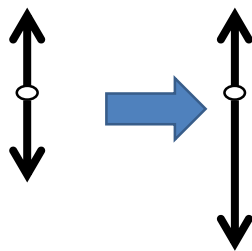
○鉛直投射



初期速度 V_0 で
鉛直上方に移動開始

重力加速度 g で
鉛直下方に移動開始

合成前の速度ベクトル



プラス(上)
方向の速度

初速度
 V_0

マイナス(下)
方向の速度

重力による速度
 $-gt$

速度の合成



一般式

速度

$$V =$$

距離

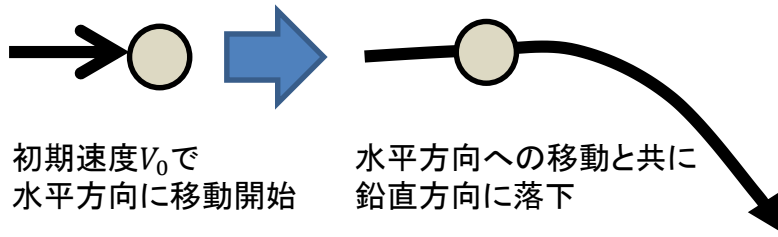
$$x =$$



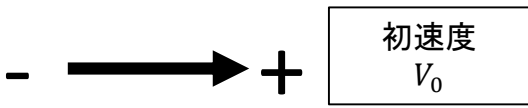
速度がゼロになった瞬間

→最高点に達した瞬間

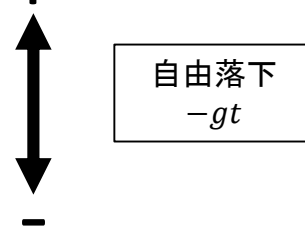
○水平投射



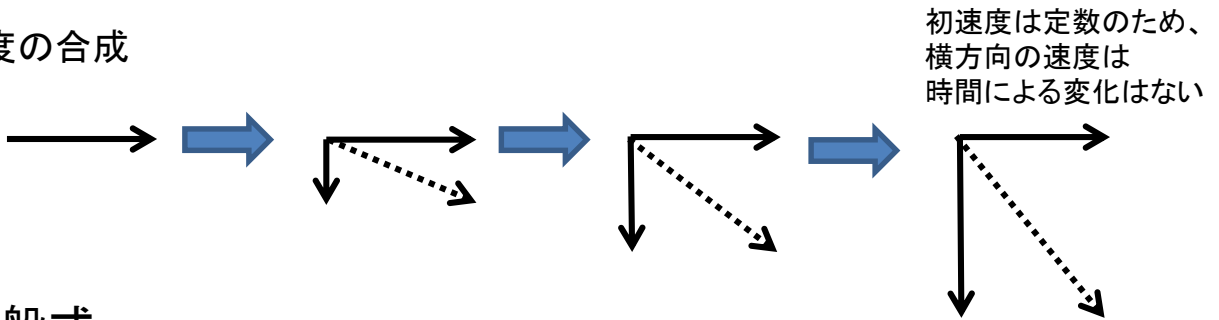
x方向の速度



y方向の速度



速度の合成



一般式

速度 $V_x =$

$V_y =$

距離

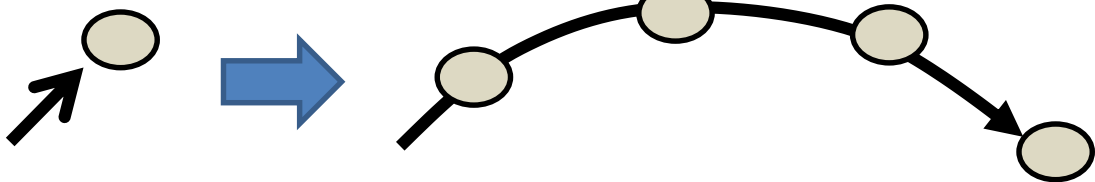
$x =$

$y =$

t を消去し、 $y = f(x)$ の形に直し、そのグラフを描くと、その運動の軌道を見ることができる

$y = f(x) =$

○斜方投射



初期速度 V_0 、
角度 θ で投げる

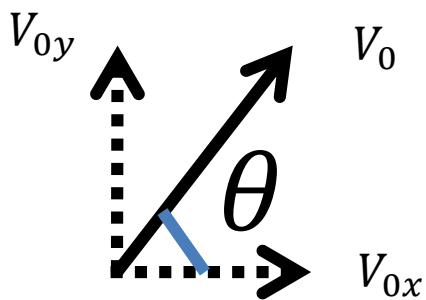
速度の分解

x方向の速度



初速度(x方向)

()



y方向の速度



初速度(y方向)

()

自由落下

$-gt$

一般式

速度 $V_x =$

$V_y =$

距離

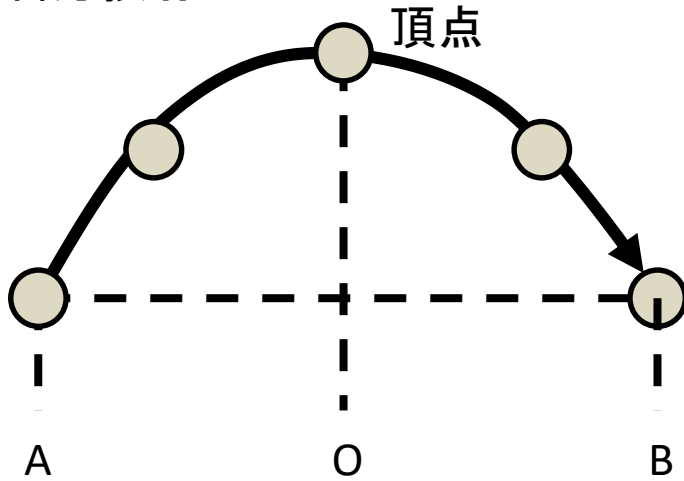
$x =$

$y =$

軌道式

$y = f(x) =$

斜方投射



$AB=2AO$ となることを証明しなさい

ヒント:頂点ではy方向の速度は0になる

練習問題①

問1.以下の条件のとき、速度と距離を一般式の形で書き、
 $t=50$ sの時の速度と距離を示しなさい

(1) $V=4t + 40$

(2) $t=0$ sのときは $V=30$ m/s であり、
 $t=60$ sのときは $V=-270$ m/s である。

(3) $t=60$ sのときは $V=270$ m/s であり、 $x=9000$ m である

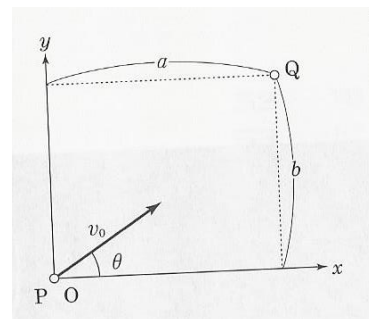
問2.

気球が地上から初速度0で鉛直上向きに一定の加速度で上昇し、40秒後に高さ98mに達した。このとき、気球から小石を静かにはなした。重力加速度の大きさを 9.8m/s^2 とする。

- (1) 気球の加速度の大きさはいくらか
- (2) 小石をはなしたときの小石の速度はいくらか
- (3) 小石が最高点に達するのは、小石をはなしてから何秒後か
- (4) 小石が地面に達するのは、小石をはなしてから何秒後か

問3.

図のように水平方向にx軸、鉛直方向にy軸をとる。時刻 $t=0$ に、原点Oから小球Pを速さ v_0 でx軸から θ の角度で投げ出す。これと同時に点 (a, b) から小球Qを自由落下させる。運動はx、y面内で起こるとし、重力加速度を g とする。

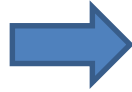


- (1) 投げ出されたPが、Qの置かれた点を通る鉛直線($x=a$)を横切る時刻 t を求めよ。
- (2) この時刻のP、Qのy座標を求めよ。
- (3) Pを投げ出す角度 θ がある値のとき、 v_0 の値にかかわらず両物体は衝突する。そのときの $\tan\theta$ を求め、 a 、 b で表せ。
- (4) x軸の上側($y \geq 0$)で衝突が起こるために必要な v_0 に対する条件を a 、 b 、 g で表せ

○力の大きさ

第二法則 運動の法則

力を受けている物体は、その力の向きに加速度を生じる。
その加速度の大きさは力の大きさに比例し、
物体の質量に比例する。



- 物体は力を加えた方向に加速する
- 力が大きければ加速度も大きい
- 一定の力を加えた場合、質量が小さいものに比べ、質量が大きいものは加速しにくい

	力の大きさ	質量	加速度
単位			
文字式			

$$F =$$

重力

地球上にある物体には、物体の運動状態に関係なく、常に地球の重力による加速が鉛直下向きに働いている。
物体に働く重力による加速で生じる力の大きさは物体の質量に比例する。

$$F =$$

重力加速度 $g: 9.8 \text{ m/s}^2$

例題1: 質量10kgの物体にかかる重力による力の大きさは?

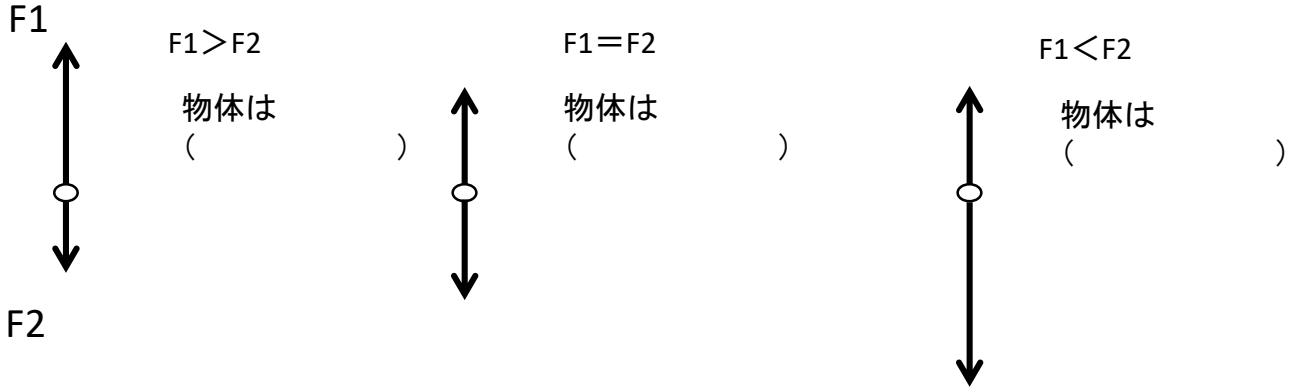
例題2: 質量10kgの物体に90 Nの力を加え、上昇させた。このとき、物体の加速度は?

○力のつりあい

第三法則 作用・反作用の法則

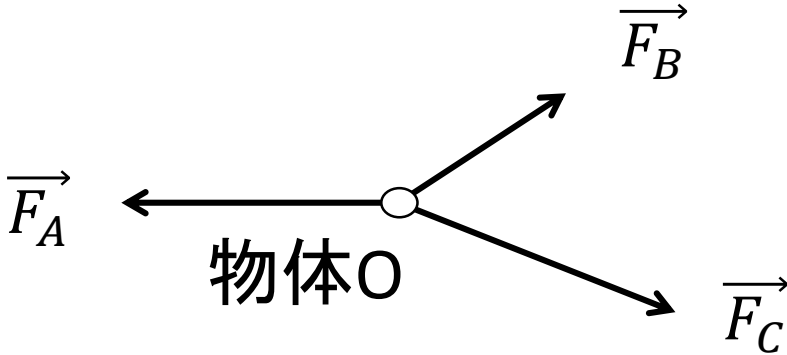
物体が2つの力を受けてつりあっているとき、
2つの力は同一作用線上にあり、逆向きで大きさが等しい

つりあっている→物体が静止している



○力の合成

速度と同様に力も合成・分解可能

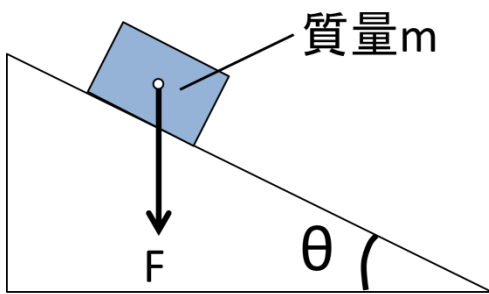
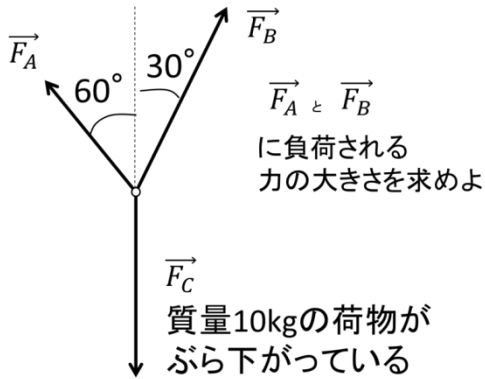


物体Oが静止しているとき、
3つの力はつりあっている。

すなわち、
上下方向でも、
左右方向でも
力はつりあった状態である。

練習問題②

(1) 物体は静止した状態である

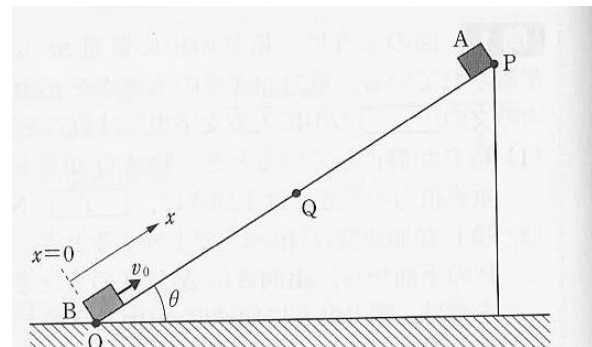


(2) このとき、物体が斜面を下りはじめた。
 物体の加速度を求めよ。ただし、摩擦は存在しないものとする。

発展問題

図のように、水平な床面となす角が θ の斜面がある。今、質量 m の物体Aを斜面の頂点Pから斜面に沿って初速度0で静かにすべらせた。また、物体Aをはなすのと同時に斜面の下端Oから質量 M ($M > m$)の物体Bを斜面に沿って上方へ初速度 V_0 ですべらせた。このとき、物体Aと物体Bは斜面OP間の中央の点Qで正面衝突した。図のように、斜面の下端Oを原点とし、斜面に沿って平行に x 軸をとり、斜面の上方を x 軸の正の向きとする。OP間の距離は l であり、QP間の距離は $1/2l$ である。物体A、Bの大きさは無視するものとし、斜面の摩擦はないものとする。また、重力加速度は g とする。

- (1) 物体Aが点Pを離れてから点Qに到達するのに
かかった時間 t を求めよ
- (2) 物体Bの初速度 V_0 を求めよ
- (3) 点Qにおける衝突直前の物体Aの速度 V_A および
物体Bの速度 V_B を求めよ

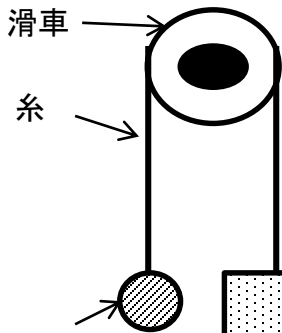
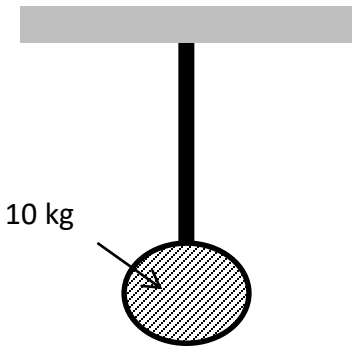


○系の張力

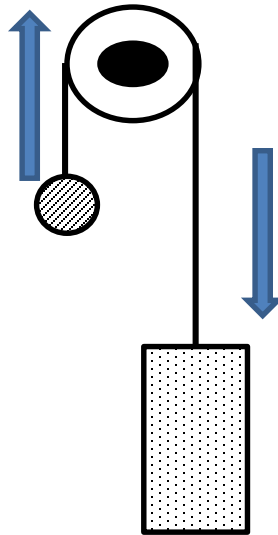
張力・・・ 糸が引く力
糸の両端につながれた物体に対して、
同じ大きさで働く

例題1

天井と糸の間で働いている力について説明しなさい



$m_A < m_B$
のとき



例題2

このとき、
物体Aが移動する加速度および
物体Bが移動する加速度を求めよ

○ばねの弾性力

フックの法則(弾性の法則)

力が大きくなると、ばねの伸びは比例して長くなる



$$F =$$

x :ばねの伸び(mm)
 k :ばね定数(N/mm)

ばね定数はばねの「硬さ」を示す。
ばね定数が大きいばねは、「硬い」ばね
ばね定数が小さいばねは、「柔らかい」ばね

○圧力

物体の単位面積あたりに垂直に働く力の大きさ

$$P =$$

P :圧力(Pa)
 F :力の大きさ(N)
 S :面積(m^2)

身近な圧力

気圧:地球上の大気による圧力
→高い位置にいるときほど気圧は低くなる

標高0m: 1.0×10^5 Pa

標高1000m: 0.9×10^5 Pa

水圧:水の重量による圧力と大気圧の合力
→水深が深い程、圧力が高くなる

○浮力

パスカルの原理

静止している液体の中の任意の一点に作用する
圧力はすべての方向に対して等しい。

浮力の大きさは

パスカルの原理と水圧による力の釣り合いから導き出せる

練習問題③

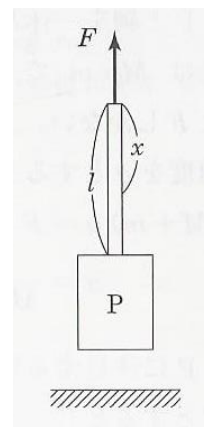
問1. 質量 1.0 kg の物体を床に置き、自然の長さが 0.20 m 、ばね定数 98 N/m のばねをつけ、鉛直上方に引っ張った。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

- (1) ばねの長さが 0.25 m になったとき、物体が床から受ける力の大きさはいくらか
- (2) 物体が床から離れるときのばねの長さを求めよ

問2. 質量 $m(\text{kg})$ 、長さ $l(\text{m})$ の伸び縮みしない一様な綱の下端に、質量 $M(\text{kg})$ の重りPをつるし、綱の上端に一定の大きさの力 $F(\text{N})$ を鉛直上向きに加えて引き上げる。重力加速度を $g(\text{m/s}^2)$ とし、 $F > (M + m)g$ とする。

- (1) Pの加速度を求めなさい
- (2) Pに働く綱の張力を求めなさい
- (3) 綱の上端から $x(\text{m})$ のところでの綱の張力を求めなさい。
- (4) はじめ、Pは地上で静止していたとする。

鉛直な綱の上端に $F = 2(M + m)g$ の力を加えて引き上げたところ、Pが地上 $h(\text{m})$ の高さに達したとき、綱からPがはずれた。Pが引き上げられ始めてから地上に落下するまでの時間を求めよ

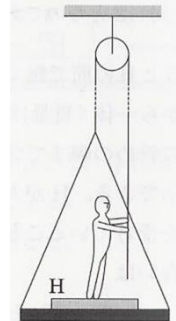


問3. 密度が $5.2 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ 、一片の長さが 0.40 m の立方体の木片を、水深 3.0 m のプールの底に固定された長さ 1.0 m の軽くて丈夫な糸に付けて沈ませた。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 、大気圧を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、水の密度を $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ とする。

- (1) 木片の質量はいくらか
- (2) 木片の底面にはたらく大気圧と水圧の和はいくらか
- (3) 糸の張力はいくらか

問4. ゴンドラの上の体重計に乗っている人が、定滑車に通した綱を引張って、空中で静止している。人、ゴンドラ、体重計の質量を 60 kg 、 20 kg 、 10 kg とし、綱の重さは無視するものとする。また、重力加速度は $g \text{ (m/s}^2)$ とする。

- (1) 綱の張力はいくらか？
また、体重計の目盛はいくらとなっているか？
- (2) 綱を動かし、上昇や下降を行った。
このとき、体重計の目盛は 16.5 kg となった。
このときのゴンドラの加速度を求めよ。

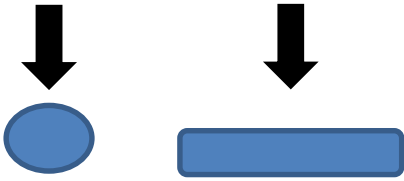


○空気の抵抗

物体の落下について

理論上は 同じ速度で
落ちていく

実際には 空気抵抗による
制動が負荷される



空気抵抗を考慮した物体の落下の際の加速度

$$ma = mg - f$$

$$a =$$

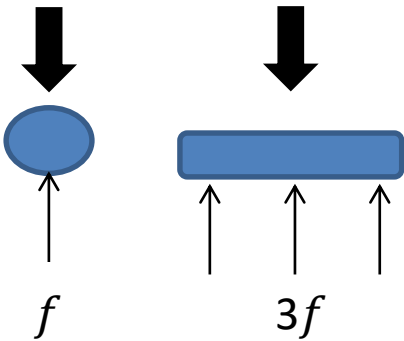
m :質量(kg)

a :加速度(m/s^2)

g :重力加速度(m/s^2)

f :空気抵抗(N)

例題



○ 摩擦力

物体を引く際に摩擦による抵抗「**摩擦力**」が発生する。

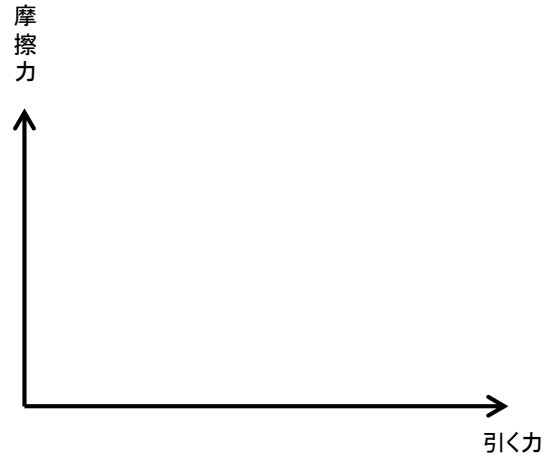
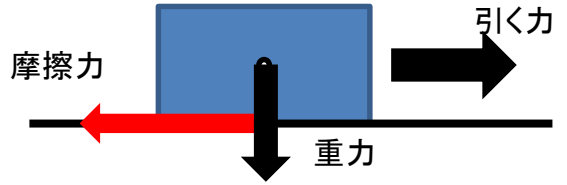
摩擦力は2つに分類され、それらの大きさはそれぞれ物体の質量に比例する。

① 静止摩擦力

$$f_0 =$$

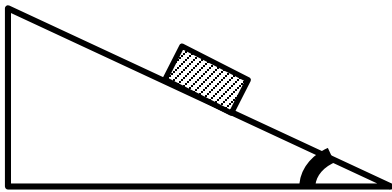
② 動摩擦力

$$f' =$$



- m : 質量 (kg)
- g : 重力加速度 (m/s^2)
- μ : 静止摩擦係数
- μ' : 動摩擦係数
- f_0 : 静止摩擦力 (N)
- f' : 動摩擦力 (N)

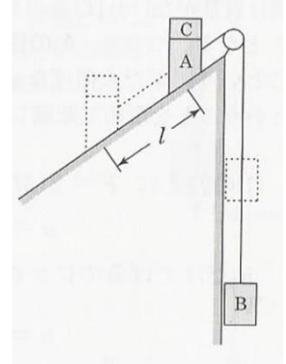
例題



質量 m の物体を角度 θ の斜面に置いた。
このとき、物体は静止しているものとする。
静止摩擦力を答えなさい。

練習問題④

物体A(質量 M)および物体B(質量 $\frac{1}{2}M$)を糸の両端に結び、Aを滑らかな斜面上におき、Bを斜面の上端に取り付けた滑車を通してつり下げる。今、Aを手で支え、その水平な上面に物体Cをのせたまま斜面に沿って加速度 $\frac{g}{8}$ (g は重力加速度)で滑りおり始めた。Aが距離 l だけ進んだとき、CをAの上から取り去ったところ、Aはその後一定の速度で滑り降りていった。



- (1) 斜面が水平面となす角はいくらか
- (2) 加速度運動をしているときの糸の張力はいくらか
- (3) 等速度運動をしているときのAの速さはいくらか
- (4) 物体Cの質量はいくらか
- (5) 加速度運動をしているとき、CがAに及ぼす鉛直方向の力はいくらか
- (6) 加速度運動中、CとAの間に滑りを起こさないためには、両者間の静止摩擦係数はいくら以上でなければならないか