第1章　物体の運動とエネルギー

1　運動の表し方

チェックポイント

1　速さ

(1)　**速さ**

物体が，時間 t の間に距離 s だけ移動するときの速さ v は，

$$v=\frac{s}{t}$$

速さの単位…〔m/s〕，〔cm/s〕，〔km/h〕など

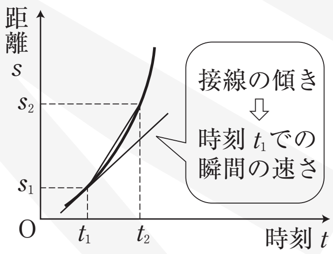
(2)　**変位**

位置の変化を，距離と向きで表したもの。

(3)　**平均の速さ**

全移動距離を，全所要時間で割った速さ。

$$\bar{v}=\frac{s_2-s_1}{t_2-t_1}$$



(4)　**瞬間の速さ**

極めて短い時間での平均の速さ。単に速さという。

2　速度

(1)　**速度**

速さに運動の向きも考えたもの。

(2)　**速度ベクトル**

速度を矢印で表したもので，矢印の長さで速さを表し，矢印の向きで運動の向きを表す。記号では，$\vec{v}$ のように表す。

(3)　**速度の合成・分解**

平行四辺形の法則を用いる。

(4)　**相対速度**

速度 $\overrightarrow{v_A}$ で運動している物体 A から，速度 $\overrightarrow{v_B}$ で運動している物体 B を見たときの相対速度 $\overrightarrow{v_{AB}}$ は，

$$\overrightarrow{v_{AB}}=\overrightarrow{v_B}-\overrightarrow{v_A}$$

■ v

velocity の頭文字

■時間の単位

s：second (秒)

h：hour (時間)

⬅ 注意 ➡

公式の文字と単位を混同しないこと。

例：距離を表す s ⟷ 秒の s

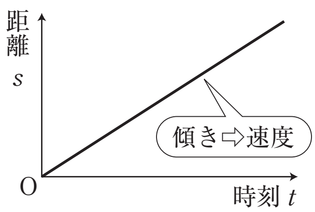
質量を表す m ⟷ メートルの m

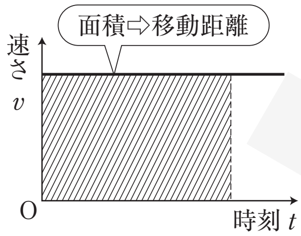
(5) **等速直線運動**

速度が一定の直線運動。

速さ v〔m/s〕で t〔s〕間に動く距離 s〔m〕は，

$$s=vt$$





3　加速度

(1) **加速度**

時間 t の間に，速度が v_1 から v_2 に変化したときの加速度 a は，

$$a=\frac{v_2-v_1}{t}$$

加速度の単位…〔m/s²〕，〔cm/s²〕など

(2) **等加速度直線運動**

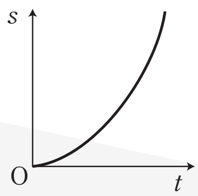
加速度が一定な直線運動。

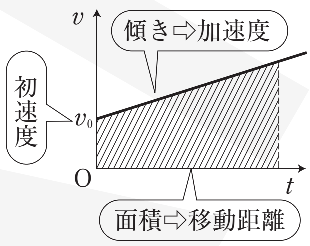
初速度(はじめの速度)を v_0，加速度を a，時間 t の間の変位を s，時間 t 後の速度を v とすると，次式が成り立つ。

$$v=v_0+at$$

$$s=v_0t+\frac{1}{2}at^2$$

$$v^2-v_0{}^2=2as$$





⬅ 考え方 ➡

・$v-t$ グラフの傾きは加速度を表す。

（傾き 0 のとき…等速直線運動）

・$v-t$ グラフと t 軸で囲まれた面積は距離を表す。

・変位 s は，時間 t 後の出発点からの位置の変化で，動いた道のりに等しいとは限らない。

例題と解法

1 新幹線ののぞみ 1 号は，東京を 6 時ちょうどに出発し，名古屋に 7 時 36 分に到着する。東京から名古屋までの道のりは 3.4×10^2 km である。東京―名古屋間ののぞみ 1 号の平均の速さは何 km/h か。また，何 m/s か。

⬅ 考え方 ➡

途中の速さの変化は考えないで，距離を所要時間で割って求める。

〔**解法**〕東京―名古屋間の道のり：3.4×10^2 km

所要時間＝1 時間 36 分＝$\dfrac{96}{60}$ h

平均の速さ＝$\dfrac{3.4 \times 10^2\,\mathrm{km}}{\dfrac{96}{60}\,\mathrm{h}} \fallingdotseq 2.1 \times 10^2\,\mathrm{km/h}$

単位が m/s のときは，

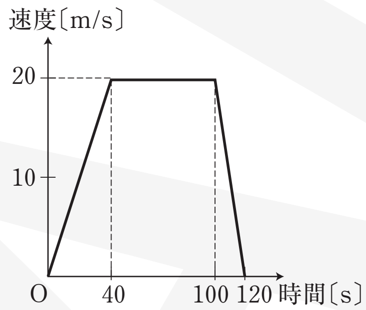
平均の速さ＝$\dfrac{3.4 \times 10^2 \times 1000\,\mathrm{m}}{96 \times 60\,\mathrm{s}} \fallingdotseq 59\,\mathrm{m/s}$

〔**解答**〕2.1×10^2 km/h，59m/s

■有効数字

問題文では有効数字 2 桁で表されているので，解答も有効数字 2 桁で表している。

2 次のグラフは，電車が A 駅を出発してまっすぐな線路を進み，B 駅に到着するまでの速度と時間の関係を示したものである。下の(1)～(5)の問に答えよ。



(1) 0～40s の間の加速度は何 $\mathrm{m/s^2}$ か。

(2) 0～40s の間に電車は何 m 進むか。

(3) 一定の速度で進む距離は何 m か。

(4) 100～120s の間の加速度は何 $\mathrm{m/s^2}$ か。

(5) A 駅－B 駅の距離は何 m か。

■$v-t$ グラフ

グラフの傾き→加速度

グラフと時間軸とで囲まれた面積→距離

〔解法〕(1)　加速度$=\frac{20-0}{40}=0.50$〔m/s²〕

(2)　進む距離$=\frac{1}{2}\times0.50\times40^2=400$〔m〕

(別解)

グラフと時間軸とで囲まれた面積を求めてもよい。

進む距離＝面積$=\frac{1}{2}\times40\times20=400$〔m〕

(3)　一定の速度で進むのは，40～100s の間である。この間に進む距離を求めればよいから，

進む距離$=20\times(100-40)=1200$〔m〕

(4)　グラフは右下がりで，時間とともに速さは減少するので，加速度は負となる。

加速度$=\frac{0-20}{120-100}=\frac{-20}{20}=-1.0$〔m/s²〕

(5)　(2)より，0～40s の間に進む距離＝400m

(3)より，40～100s の間に進む距離＝1200m

100～120s の間に進む距離＝三角形の面積$=\frac{1}{2}\times20\times20=200$〔m〕

したがって，

A 駅―B 駅の距離$=400+1200+200=1800$〔m〕

(別解)

台形の面積を求めて，$\frac{1}{2}\times(60+120)\times20=1800$〔m〕としてもよい。

〔解答〕(1)　0.50m/s²　(2)　400m　(3)　1200m　(4)　−1.0m/s²　(5)　1800m

⬅ 考え方 ➡

(2)　初速度 $v_0=0$ とおく。

⬅ 考え方 ➡

(4)　加速度

$=\frac{あとの速度-はじめの速度}{経過時間}$

基本問題

1 6.0km を 10 分で歩く人がいる。平均の速さは何 km/h か。また，何 m/s か。

2 まっすぐな道路を自動車が速さ 36km/h で走っている。1 時間 20 分で何 km 進むか。また，500m 進むのに何 s かかるか。

3 止まっていた自動車がまっすぐな道路を動き始めてから 10s 経過したら，速さが 40m/s になった。動き始めた向きを正として，この間の平均の加速度は何 m/s² か。

← ヒント →

加速度 $a=\frac{v_2-v_1}{t}$〔m/s²〕

$$\begin{cases} v_2=40\text{m/s} \\ v_1=0\text{m/s} \\ t=10\text{s} \end{cases}$$

4 まっすぐな道路を速度 15m/s で走っていた自動車が，一定の加速度で加速し，10s 後には 30m/s になった。この間に自動車は何 m 走ったか。有効数字は考えなくてよいものとする。

← 考え方 →

まず加速度 a を求める。それから，等加速度直線運動の式を用いる。

5 まっすぐな道路を時速 36km で走っていた自動車が急ブレーキをかけて，一定の加速度で減速し，100m 先で停車した。進行する向きを正として，この間の加速度を求めよ。また，止まるまでに何 s かかるか。

____

◆ヒント◆

進行する向きに正をとると，加速度 $a<0$ となる。

$v^2-v_0{}^2=2as$

$$\begin{cases} v_0=36\text{km/h}=10\text{m/s} \\ v=0\text{m/s} \\ s=100\text{m} \end{cases}$$

6 直線上をはじめ右向きに速さ 20m/s で運動していた物体が，一定の加速度で運動し，5.0s 後には左向きに速さ 10m/s で運動していた。次の(1)〜(2)の問に答えよ。

(1) 加速度の向きと大きさを求めよ。

(2) 5.0s 後の物体の位置は，はじめの位置を基準にして，どちら側に何 m か。

(1) ________________ (2) ________________

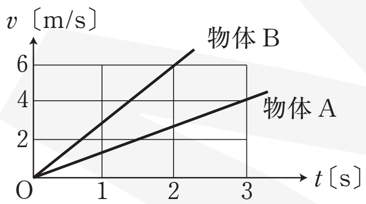
◆ヒント◆

右向きを正とすると，

加速度 $a=\dfrac{v-v_0}{t}$〔m/s²〕

$$\begin{cases} v_0=20\text{m/s} \\ v=-10\text{m/s} \\ t=5.0\text{s} \end{cases}$$

7 次図は，物体 A，B の時刻 t〔s〕での速度 v〔m/s〕を表したグラフである。下の(1)〜(4)の問に答えよ。



(1) $t=3$s のとき，物体 A の速度を求めよ。

(2) グラフの傾きは何を表すか。

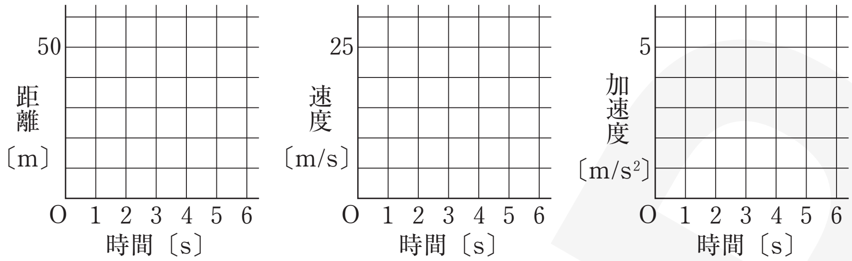
(3) 物体 B の加速度を求めよ。

(4) どちらの物体の加速度が大きいか。

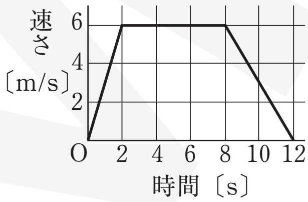
(1) ________ (2) ________ (3) ________ (4) ________

応用問題

1 一直線上を等速度運動する物体について，静止した状態から出発して1s 後，2s 後，3s 後，4s 後，5s 後の位置は，それぞれ出発点から 2m，8m，18m，32m，50m の距離にあった。運動している向きを正として，距離と時間，速度と時間および加速度と時間の関係をグラフで表せ。また，出発してから 3s 後の速度を求めよ。



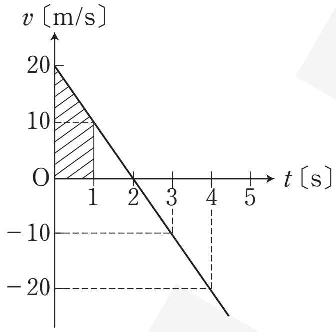
2 ある物体が A 地点から出発して，一直線上を運動をして B 地点に着いて静止した。そのときの速さが，図のように出発してからの時間に対して変化した。A 地点から B 地点までの距離を求めよ。



⬅ ヒント ➡

グラフと時間軸で囲まれた面積が移動距離に等しい。

3 ある物体が，x 軸上を運動している。この物体は，時刻 $t=0$s に x 軸の原点を通過し，$t=0$s 以後は図のグラフのように速度 v〔m/s〕が変化した。次の(1)〜(3)の問に答えよ。



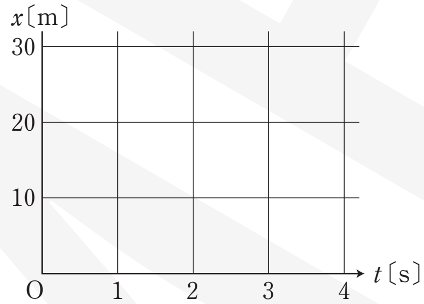
(1)　この物体の加速度の大きさを求めよ。また，その向きは x 軸の正の向きか，負の向きか。

(2)　図の斜線の部分の面積は何を表すか。

(3)　$t=0$s から $t=4$s までの間における物体の位置 x〔m〕と時刻 t〔s〕との関係を，グラフに描け。

(1) ＿＿＿＿＿＿＿＿　(2) ＿＿＿＿＿＿＿＿

(3)



4 停止していた自動車 A が，一定の加速度でまっすぐな道路に沿って走り始めた。そのとき，その横を一定の速さ 36km/h で同じ向きに走っている自動車 B が通り過ぎた。自動車 A が発進してから 100m 走ったとき，自動車 B と同じ速度になったとすると，あと何 m 走れば自動車 A は自動車 B に追いつくか。

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

⬅ 考え方 ➡

$v-t$ グラフでは，

- 傾き……加速度
- 面積……移動距離

2 落体の運動

チェックポイント

1　自由落下

(1) **自由落下**

初速度 0 で落下させたときの物体の運動。

(2) **自由落下の式**

鉛直下向きを正として，落下し始めてから時間 t 後の物体の速度を v，変位を y とすると，

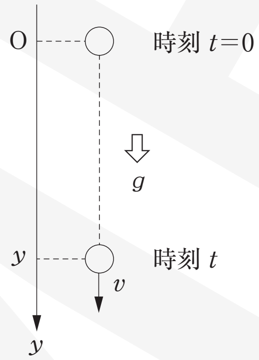
$$v=gt$$

$$y=\frac{1}{2}gt^2$$

ただし，g は重力加速度の大きさである。

この 2 式から t を消去すると，

$$v^2=2gy$$



■空気抵抗

ここでは，空気抵抗を無視できるものとする。

■自由落下の式

P.5　3(2)の式において，$v_0=0$，$s=y$，$a=g$ とすると，自由落下の式になる。

■重力加速度

重力による加速度のこと。

$g=9.8\mathrm{m/s^2}$ である。

2　鉛直投げ下ろし

(1) **鉛直投げ下ろし**

鉛直下向きに投げ下ろしたときの物体の運動。

(2) **鉛直投げ下ろしの式**

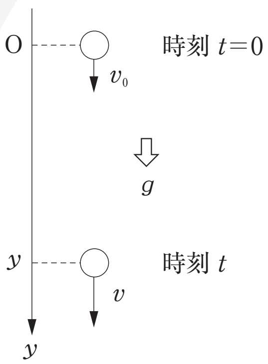
鉛直下向きを正として，初速度 v_0，落下し始めてから時間 t 後の物体の速度を v，変位を y とすると，

$$v=v_0+gt$$

$$y=v_0t+\frac{1}{2}gt^2$$

この 2 式から t を消去すると，

$$v^2-{v_0}^2=2gy$$



■鉛直投げ下ろしの式

P.5　3(2)の式において，$s=y$，$a=g$ とすると，鉛直投げ下ろしの式になる。

3　鉛直投げ上げ

(1)　鉛直投げ上げ

鉛直上向きに投げ上げたときの物体の運動。

(2)　鉛直投げ上げの式

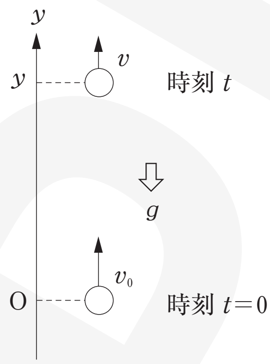
鉛直上向きを正として，初速度 v_0，投げ上げてから時間 t 後の物体の速度を v，変位を y とすると，

$$v=v_0-gt$$

$$y=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$$

この 2 式から t を消去すると，

$$v^2-v_0{}^2=-2gy$$



■鉛直投げ上げの式

P.5　3(2)の式において，$s=y$，$a=-g$ とすると，鉛直投げ上げの式になる。

4　放物運動

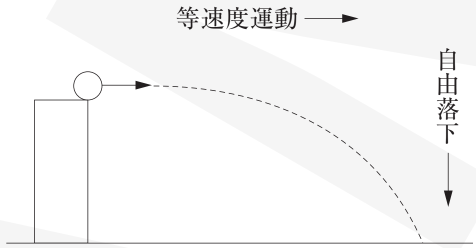
(1)　水平投射

水平方向へ投射したときの物体の運動。

鉛直方向：自由落下

水平方向：等速度運動

となる。



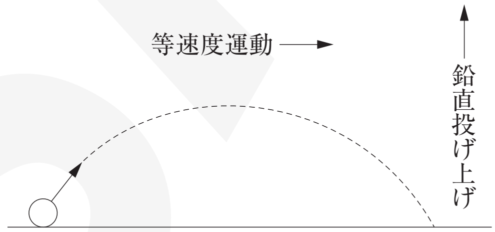
(2)　斜方投射

水平に対して斜め上方に投射したときの物体の運動

鉛直方向：鉛直投げ上げ

水平方向：等速度運動

となる。



例題と解法

1 建物の屋上から小物体を静かにはなしたところ，はなしてから 3.0s 後に小物体は地面に到達した。次の(1)~(3)の問に答えよ。重力加速度の大きさを $9.8\mathrm{m/s^2}$ とする。

(1) 地面に到達する直前の小物体の速さは何 m/s か。

(2) 建物の高さは何 m か。

(3) はなしてから 2.0s 後の地面から小物体までの高さは何 m か。

〔解法〕(1) 地面に到達する直前の小物体の速さを v〔m/s〕とすると，

$$v = 9.8 \times 3.0 = 29.4$$
$$\fallingdotseq 29\ \text{〔m/s〕}$$

(2) 建物の高さを h〔m〕とすると，

$$h = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 3.0^2 = 44.1$$
$$\fallingdotseq 44\ \text{〔m〕}$$

(3) はなしてから 2.0s 後までの移動距離を x〔m〕とすると，

$$x = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 2.0^2$$
$$= 19.6\ \text{〔m〕}$$

したがって，地面から小物体までの高さは，

$$h - x = 44.1 - 19.6$$
$$= 24.5 \fallingdotseq 25\ \text{〔m〕}$$

〔解答〕(1) 29m/s　(2) 44m　(3) 25m

■有効数字

問題文では有効数字 2 桁で表されているので，解答も有効数字 2 桁で表している。

■有効数字の途中の計算

途中の計算では，有効数字より 1 桁多くとる。

2 地面から初速 19.6m/s で鉛直上向きに小球を投げ上げた。次の(1)～(4)の問に答えよ。重力加速度の大きさを $9.80\mathrm{m/s^2}$ とする。

(1) 小球が最高点に達したときの速さは何 m/s か。

(2) 小球を投げ上げてから最高点に達するまでの時間は何 s か。

(3) 地面から最高点までの高さは何 m か。

(4) 地面に戻ってきたときの小球の速さは何 m/s か。

〔解法〕(1) 最高点での速さは 0m/s である。

(2) 鉛直上向きを正とする。小球を投げ上げてから最高点に達するまでの時間を t〔s〕とすると，

$$0 = 19.6 - 9.80 \times t$$

ゆえに，$t = 2.00\mathrm{s}$

(3) 地面から最高点までの高さを h〔m〕とすると，

$$h = 19.6 \times 2.00 - \frac{1}{2} \times 9.80 \times 2.00^2$$

$$= 19.6〔\mathrm{m}〕$$

(4) 鉛直投げ上げでは，投射した高さに戻ってきたときの速さは初速に等しく，向きは鉛直下向きである。したがって，地面に戻ってきたときの小球の速さは 19.6m/s である。

〔解答〕(1) 0m/s　(2) 2.00s　(3) 19.6m　(4) 19.6m/s

■鉛直投げ上げ

鉛直投げ上げでは，投げ上げてから最高点に達するまでの時間と，最高点から投げ上げた高さに達するまでの時間が等しい。このことからも(4)は求められる。

基本問題

1 ビルの屋上から小物体を静かにはなしたところ，3.0s 後に小物体は地面に衝突した。次の(1)〜(3)の問に答えよ。ただし，重力加速度の大きさを $9.8\mathrm{m/s^2}$ とし，有効数字は考えなくてよいものとする。

(1) 物体はどのような運動であるか。最も適当なものを，次のア～オのうちから 1 つ選び，記号で答えよ。

ア 自由落下　　イ 鉛直投げ下ろし　　ウ 鉛直投げ上げ
エ 水平投射　　オ 斜方投射

(2) 小物体が地面に衝突する直前の速さは何 m/s か。

(3) 地面からビルの屋上までの高さは何 m か。

(1) ＿＿＿＿＿＿　(2) ＿＿＿＿＿＿　(3) ＿＿＿＿＿＿

⬅ ヒント ➡

「静かにはなす」は初速度 0 のことを示す。

2 橋の上から小物体を初速 4.9m/s で鉛直下向きに投げたところ，2.0s 後に小物体は水面に衝突した。次の(1)〜(2)の問に答えよ。ただし，重力加速度の大きさを $9.8\mathrm{m/s^2}$ とし，有効数字は考えなくてよいものとする。

(1) 小物体が水面に衝突する直前の速さは何 m/s か。

(2) 水面から橋の上までの高さは何 m か。

(1) ＿＿＿＿＿＿　(2) ＿＿＿＿＿＿

⬅ 考え方 ➡

鉛直下向きに投げているので，鉛直投げ下ろしの式を用いる。

3 地面から小物体を初速 19.6m/s で鉛直上向きに投げたところ，小物体は地面に戻ってきた。次の(1)~(2)の問に答えよ。ただし，重力加速度の大きさを 9.8m/s^2 とし，有効数字は考えなくてよいものとする。

(1) 小物体を投げ上げてから戻ってくるまでの時間は何 s か。

(2) 地面から小物体の最高点までの高さは何 m か。

(1) ＿＿＿＿＿＿　(2) ＿＿＿＿＿＿

4 次の文章中の(　　)にあてはまる運動の名称を答えよ。

建物の上から小物体を水平方向に投射することを(①)という。(①)は，水平方向は等速度運動，鉛直方向は(②)と同じ運動をする。

また，地面から小物体を斜め上方に投射することを(③)という。(③)は，水平方向は等速度運動，鉛直方向は(④)と同じ運動をする。

① ＿＿＿＿＿＿　② ＿＿＿＿＿＿

③ ＿＿＿＿＿＿　④ ＿＿＿＿＿＿

⬅ 考え方 ➡

鉛直上向きに投げているので，鉛直投げ上げの式を用いる。

⬅ ヒント ➡

(2) 投げ上げてから戻ってくるまでの時間は，投げ上げてから最高点に達するまでの時間の 2 倍に等しい。

応用問題

1 地面からの高さ $2h$ の建物の屋上から，小球を静かにはなした。次の(1)～(3)の問に答えよ。重力加速度の大きさを g とする。

(1) はなしてから地面に達するまでの時間を求めよ。

(2) 地面からの高さが $\dfrac{h}{3}$ の位置での小球の速さを求めよ。

(3) 小球の速さが $\sqrt{gh}$ となったとき，小球の地面からの高さを求めよ。

(1) ______ (2) ______ (3) ______

2 水面からの高さ H の橋の上から，鉛直下向きに小球を投げたところ，小球が水面に達する直前の速さは v であった。次の(1)～(3)の問に答えよ。重力加速度の大きさを g とする。

(1) 小球の初速度の大きさを求めよ。

(2) 小球を投げてから水面に達するまでの時間を求めよ。

(3) 初速を 2 倍にして同様に橋の上から水面に向かって投げたとき，小球が水面に達する直前の速さを求めよ。

(1) ______ (2) ______ (3) ______

⬅ 考え方 ➡

小球を静かにはなしているので，自由落下の式を用いる。

⬅ ヒント ➡

(2)(3) 自由落下の式では，はなした位置からの変位であって，地面からの高さではない。

3 地面から初速 v_0 で小球 A を鉛直上方に投げ上げると同時に，初速 $2v_0$ で小球 B を鉛直上方に投げ上げた。次の(1)～(3)の問に答えよ。重力加速度の大きさを g とする。

(1) 地面から小球 A，B が達する最高点までの高さをそれぞれ求めよ。

(2) 地面に先に達するのは小球 A，B のいずれかを答えよ。

(3) 一方が地面に達してから，もう一方が地面に達するまでの時間を求めよ。

(1) ＿＿＿＿＿＿ (2) ＿＿＿＿＿＿ (3) ＿＿＿＿＿＿

4 水平な地面からの高さ h のビルの屋上から，初速 v_0 で小物体を水平投射したところ，時間 t_0 後に小物体は地面に達した。次の(1)～(3)の問に答えよ。重力加速度の大きさを g とする。

(1) 投射した位置から地面に落ちた点までの水平距離を求めよ。

(2) 地面に到達する直前の小物体の速度の水平成分，鉛直成分の大きさをそれぞれ求めよ。

(3) t_0 を g，h を用いて表せ。

(1) ＿＿＿＿＿＿ (2) ＿＿＿＿＿＿ (3) ＿＿＿＿＿＿

⬅ 考え方 ➡

水平投射では，

鉛直方向：自由落下

水平方向：等速度運動

として考える。

3 運動の法則

チェックポイント

1　力のつりあい

（1）**力の合成**

方向が異なる2力の合力は，2力のベクトルを2辺とした平行四辺形の対角線の長さと向きに等しい。

（2）**力の分解**

力の合成とは逆に，力のベクトルを平行四辺形の対角線としたときの平行四辺形の2辺を表すベクトルとして，力を分解できる。

（3）**2力のつりあい**

同一作用線上にあって，逆向きで大きさが等しい2力はつりあう。

（4）**3力のつりあい**

3力 $\vec{F_1}$～$\vec{F_3}$ の成分が，

$\vec{F_1}=(F_{1x},\ F_{1y})$，$\vec{F_2}=(F_{2x},\ F_{2y})$，$\vec{F_3}=(F_{3x},\ F_{3y})$

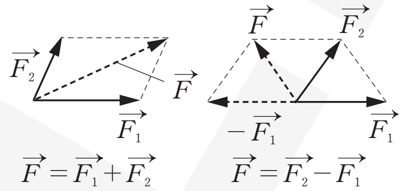
と表されるとき，

$F_{1x}+F_{2x}+F_{3x}=0$

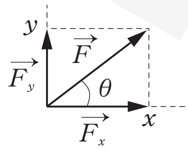
$F_{1y}+F_{2y}+F_{3y}=0$

が成り立てば，この3力はつりあっている。

1（1）



（2）



2　運動の法則

（1）**運動の第1法則（慣性の法則）**

物体に外力が作用しないか，作用してもつりあっているとき，静止している物体は静止しつづけ，運動している物体は等速直線運動を続ける。

（2）**運動の第2法則（作用反作用の法則）**

物体Aから物体Bに力がはたらくと（作用），BからもAに力がはたらき（反作用），この2力は同一作用線上にあり，大きさが等しく逆向きである。

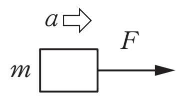
（3）**運動の第3法則（運動の法則）**

質量 m〔kg〕の物体に合力 F〔N〕の外力が作用するとき，物体の加速度を a〔m/s²〕とすると，

$ma=F$

の関係が成り立つ（運動方程式）。

2（3）

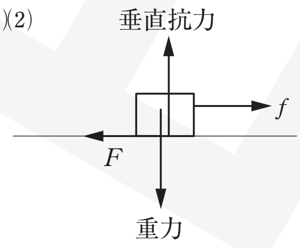


3　摩擦力

(1)　**垂直抗力**

面上にある物体が，面から受ける面に垂直な力。

3(1)(2)



(2)　**静止摩擦力**

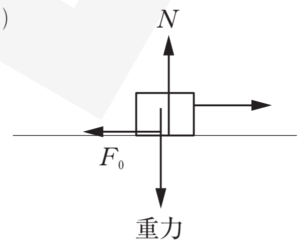
あらい面上にある物体に，面に平行で大きさ f の力がはたらいても静止しているとき，面から物体にはたらく静止摩擦力の大きさ F は，

$$F=f$$

である。静止摩擦力の向きは，物体にはたらく面に平行な力の合力と逆向きである。

(3)　**最大摩擦力**

(3)



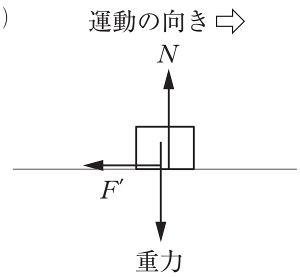
あらい面上にある物体に対して，面に平行にはたらく力の合力が大きくなっていき，物体が動き出す直前になったとき，面から物体にはたらく摩擦力は最大になる（最大摩擦力）。このとき，最大摩擦力の大きさ F_0 は，

$F_0=\mu N$（μ：静止摩擦係数，N：面からの垂直抗力の大きさ）

である。最大摩擦力の向きは，物体が動き出そうとする向きと逆向きである。

(4)　**動摩擦力**

(4)



あらい面上を物体が動くとき，面から物体にはたらく動摩擦力の大きさ F' は，

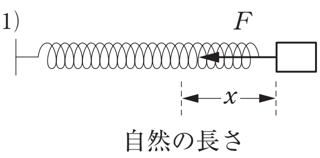
$F'=\mu' N$（μ'：動摩擦係数，N：面からの垂直抗力の大きさ）

である。動摩擦力の向きは，物体の運動の向きと逆向きである。

4　ばねの弾性力・浮力

(1)　**ばねの弾性力**

4(1)



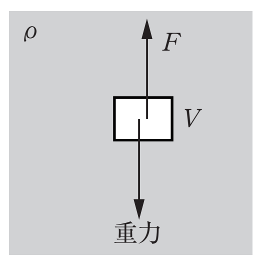
自然の長さより x だけ伸びたばねの弾性力の大きさ F は，

$F=kx$（k：ばね定数）

である。ばねが自然の長さより x だけ縮んだときも，同様に求められる。

(2)　**浮力**

(2)



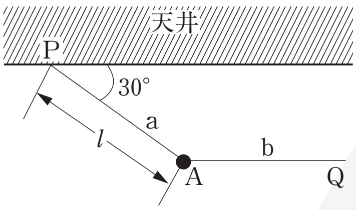
密度 ρ の流体（液体または気体）中の体積が V の物体にはたらく浮力の大きさ F は，

$F=\rho Vg$（g：重力加速度の大きさ）

である。

例題と解法

1　水平な天井の１点Ｐから長さ l の軽い糸ａで質量 m の小球Ａをつるし，Ａに別の軽い糸ｂをつけてその他端Ｑを手で図のように水平に引っぱり，静止させた。このとき，天井と糸ａとのなす角は30°であった。重力加速度の大きさを g とし，糸の伸びを無視して，下の⑴〜⑵の問の答えを，ア〜コのうちから１つずつ選び，記号で答えよ。



⑴　糸ａの張力の大きさはいくらか。

⑵　糸ｂの張力の大きさはいくらか。

ア　0　　イ　$\frac{1}{2}mg$　　ウ　$\frac{\sqrt{3}}{3}mg$　　エ　$\frac{\sqrt{2}}{2}mg$　　オ　$\frac{\sqrt{3}}{2}mg$

カ　mg　　キ　$\frac{2\sqrt{3}}{3}mg$　　ク　$\sqrt{2}\,mg$　　ケ　$\sqrt{3}\,mg$　　コ　$2mg$

〔解法〕糸ａ，ｂの張力の大きさを T_1，T_2 とする。天井と糸ａのなす角は30°であるので，小球Ａの力のつりあいの式は，

水平方向の力のつりあい

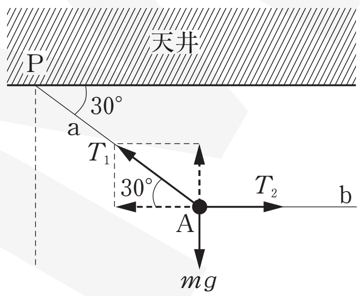
$0 = T_2 - T_1\cos30°$　……①

鉛直方向の力のつりあい

$0 = T_1\sin30° - mg$　……②

②より，$T_1 = 2mg$　……③

①，③より，$T_2 = \sqrt{3}\,mg$



〔解答〕⑴　コ　　⑵　ケ

⬅ヒント➡

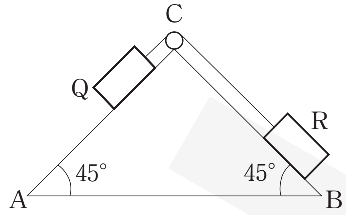
力のつりあいの条件を式で表す。

・力の水平成分の和は０である。

・力の鉛直成分の和は０である。

2 図に示すように，水平面 AB と 45° の角をなすあらい斜面 AC および なめらかな斜面 BC がある。また，質量 M の物体 Q と質量 m の物体 R，軽い伸びない糸，軽いなめらかな滑車を用意して次の実験を行う。

物体 Q を物体 R と糸で結び，斜面の頂上 C にある滑車（その質量と摩擦は無視できる）にかけて，図のように Q，R をそれぞれ斜面 AC と BC 上に置き，Q を手で押さえて静止させておく。このとき，糸はそれぞれの斜面に平行になっている。手をはなすと，糸はたるまずに Q は下方に，R は上方にすべり出した。Q と斜面 AC の間の動摩擦係数を μ，重力加速度の大きさを g として，上の運動をしているとき，Q の加速度の大きさ a，および糸の張力の大きさ T を M，m，μ，g を用いてそれぞれ表せ。



⬅ 考え方 ➡

・物体 Q，R に作用する力をすべて図の中に矢印で示す。

・物体 Q，R の運動方程式をそれぞれ立てる。

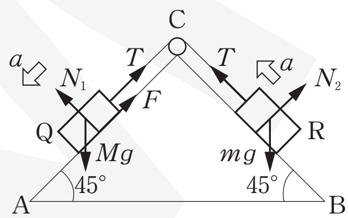
〔解法〕 物体 Q に作用する力は，重力（大きさ Mg），糸の張力（大きさ T），垂直抗力（大きさ N_1 とする），動摩擦力（大きさ F とする）である。

Q の運動方程式は，

$Ma = Mg\sin 45° - F - T$ ……①

$F = \mu N_1 = \mu Mg\cos 45°$ ……②

物体 R に作用する力は，重力（大きさ mg），糸の張力（大きさ T），垂直抗力（大きさ N_2 とする）である。



R の運動方程式は，

$ma = T - mg\sin 45°$ ……③

①，③を加えて，それに②を代入して，

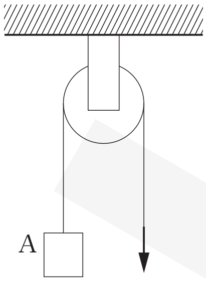
$$a = \frac{M(1-\mu) - m}{\sqrt{2}(M+m)}g$$

$$T = \frac{Mm(2-\mu)}{\sqrt{2}(M+m)}g$$

〔解答〕 $a = \dfrac{M(1-\mu) - m}{\sqrt{2}(M+m)}g$　　$T = \dfrac{Mm(2-\mu)}{\sqrt{2}(M+m)}g$

基本問題

1 図のように，天井に軽くてなめらかに動く定滑車をつけた。定滑車に糸をかけて，一端に質量 m の小物体Aをつけ，他端を引っぱって小物体Aを静止させた。重力加速度の大きさを g として，下の(1)～(3)の問に答えよ。



(1) 糸の他端を引っぱる力の大きさを求めよ。

糸を引っぱる代わりに質量 M $(M>m)$ の小物体Bを糸の他端につけ，静止させて静かにはなしたところ，小物体A，Bは加速度の大きさ a で運動を始めた。

(2) 糸の張力の大きさを T，運動する向きを正として，小物体A，Bの運動方程式をそれぞれ書け。

(3) a，T をそれぞれ求めよ。

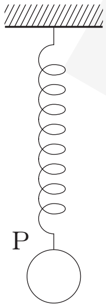
(1) ＿＿＿＿　(2) ＿＿＿＿　＿＿＿＿

(3) ＿＿＿＿　＿＿＿＿

⬅ 考え方 ➡

小物体A，Bとも重力と糸の張力がはたらいている。このことから，力のつりあいの式や運動方程式を立てる。

2 図のように，ばね定数 k の軽いばねの一端を天井につけ，他端に質量 m の小物体をつけて静かにはなしたところ，小物体は点Ｐで静止した。重力加速度の大きさを g として，次の(1)〜(3)の問に答えよ。



(1)　このときのばねの自然の長さからの伸び x を求めよ。

点Ｐにあった小物体をさらに下に引っぱり，静かにはなしたところ，小物体は上昇して点Ｐに達した。

(2)　点Ｐでの小物体の加速度の大きさを a，運動の向きを正として，点Ｐでの小物体の鉛直方向の運動方程式を m，a，k，x を用いて表せ。

(3)　(1)，(2)の結果より a を求めよ。

(1) ＿＿＿＿＿＿　(2) ＿＿＿＿＿＿　(3) ＿＿＿＿＿＿

3 密度 ρ の液体の中に体積 V の物体を，鉛直下向きに押して完全に沈めた。重力加速度の大きさを g として，次の(1)〜(2)の問に答えよ。

(1)　このとき，物体にはたらく浮力の大きさを求めよ。

物体を静かにはなしたところ，物体の体積が $\frac{V}{4}$ だけ液面より上に出て，物体は静止した。

(2)　物体の質量を求めよ。

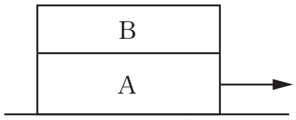
(1) ＿＿＿＿＿＿　(2) ＿＿＿＿＿＿

⬅ヒント➡

(2)　液体中の物体の体積は $\frac{3}{4}V$ であることから，物体にはたらく浮力の大きさを求め，力のつりあいの式を立てる。

応用問題

1 図のように，水平面上に質量 M〔kg〕の板A があり，その上に質量 m〔kg〕の板Bがのせてある。板Aと板Bの間の静止摩擦係数を μ，板Aと水平面との間の動摩擦係数を μ'，重力加速度の大きさを g〔m/s²〕，$\mu>\mu'$ として次の(1)～(5)の問に答えよ。



(1) 板A及および板Bに作用する重力の大きさをそれぞれ求めよ。

(2) 水平面が板Aに及ぼす垂直抗力の大きさを求めよ。

(3) 板Aに糸をつけて水平方向に引っぱって動かす。板Bが板Aの上を動かないようにして，板A，Bの加速度を最大にしたい。その加速度の大きさとそのとき糸を引っぱっている力の大きさを求めよ。

(4) 板Bに糸をつけて水平方向に引っぱって動かす。板Bが板Aの上を動かないようにして，板A，Bの加速度を最大にしたい。その加速度の大きさとそのとき糸を引っぱっている力の大きさを求めよ。

(5) (3)と(4)の場合で，最大の加速度の大きさが等しいとき，$\dfrac{m}{M}$ を求めよ。

(1) ________ ________ (2) ________

(3) ________ ________

(4) ________ ________

(5) ________

⬅ 考え方 ➡

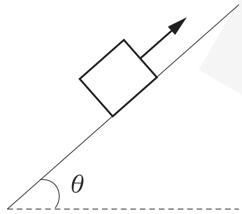
・板A，Bに作用する力をすべて図に描く。

・板A，Bの運動方程式をそれぞれ立てる。

⬅ ヒント ➡

(3)，(4) 板A，Bの加速度が最大のとき，板Bは板Aの上を動き出す直前なので，板A，Bの間には最大摩擦力がはたらく。

2 水平面と角度 θ をなしたあらい斜面がある。質量 m〔kg〕の物体に，斜面に沿って上向きにある大きさの力を加えると，物体は一定の速さ v〔m/s〕でこの斜面を上がっていく。物体と斜面との間の動摩擦係数を μ とし，重力加速度の大きさ g〔m/s²〕として，次の(1)〜(4)の問に答えよ。



(1)　この物体を斜面に沿って加えた力の大きさを求めよ。

いま，この加えた力がある瞬間になくなったとする。すると物体の速さはしだいに減少する。

(2)　このときの物体の加速度の大きさを求めよ。

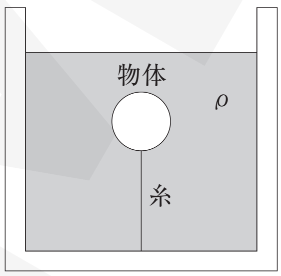
(3)　加えた力がなくなった瞬間から静止するまでの間に，物体が斜面上を移動した距離を求めよ。

(4)　加えた力がなくなった瞬間から，物体が静止するまでに要した時間を求めよ。

(1) ＿＿＿＿＿＿＿＿　(2) ＿＿＿＿＿＿＿＿

(3) ＿＿＿＿＿＿＿＿　(4) ＿＿＿＿＿＿＿＿

3 図のように，密度 ρ の液体の入った容器の中に密度 ρ_0 ($\rho_0<\rho$)，体積 V の物体を完全に沈め，軽くて細い糸が鉛直になるように容器の底と物体をつないだところ，糸はたるむことなく，物体は完全に液体の中に入った状態で静止した。重力加速度の大きさを g として，次の(1)〜(3)の問に答えよ。



(1)　物体の質量を求めよ。

(2)　このとき，糸の張力の大きさを求めよ。

糸を静かに切ったところ，物体は鉛直上向きに上昇しはじめた。

(3)　物体が上昇しはじめた直後の物体の加速度の大きさを求めよ。

(1) ＿＿＿＿＿＿　(2) ＿＿＿＿＿＿　(3) ＿＿＿＿＿＿

⬅ 考え方 ➡

・物体に作用する力をすべて図に描く。

・物体の運動方程式を立てる。

・等加速度直線運動の式

$v^2-v_0{}^2=2ax$

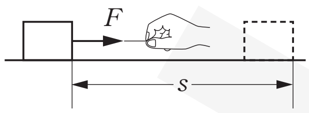
$v=v_0+at$

4 仕事と力学的エネルギー

チェックポイント

1 仕事

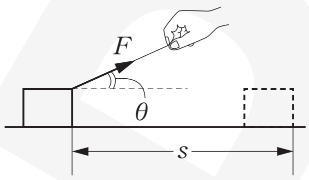
(1) **仕事**



物体に大きさ F〔N〕の力を加え続けて，力の向きに距離 s〔m〕だけ物体を移動させたとき，この力のした仕事 W〔J〕は，

$W=Fs$〔J〕

(2) **仕事の一般的な表示**



力の向きと，物体の移動方向とのなす角 θ で，大きさ F〔N〕の力で距離 s〔m〕だけ移動させたときに，力のした仕事 W〔J〕は，

$W=Fs\cos\theta$〔J〕

(3) **仕事の単位**

$1\mathrm{J}=1\mathrm{N}\times 1\mathrm{m}=1\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}$

(4) **仕事率**

単位時間にする仕事。

t〔s〕間に W〔J〕の仕事をするときの仕事率 P〔W〕は，

$P=\dfrac{W}{t}$〔W〕

また，大きさ F〔N〕の力を加えているときに，物体の速さが v〔m/s〕だったとすると，

$P=Fv$〔W〕

(5) **仕事率の単位ワット**（記号 W）

$1\mathrm{W}=1\mathrm{J/s}$　　$1\mathrm{kW}=1000\mathrm{W}$

⬅ 注意 ➡

仕事を表す W と，仕事率の単位〔ワット〕の W を混同しないように。

2　運動エネルギーと位置エネルギー

(1)　エネルギー

仕事をする能力。単位は，仕事の単位と同じ。

(2)　運動エネルギー

$U_K = \frac{1}{2}mv^2$〔J〕　　m：質量〔kg〕

v：速さ〔m/s〕

(3)　重力による位置エネルギー

$U_P = mgh$〔J〕　　m：質量〔kg〕

g：重力加速度の大きさ〔m/s²〕

h：基準からの高さ〔m〕

(4)　ばねの弾性力による位置エネルギー（弾性エネルギー）

$U_P = \frac{1}{2}kx^2$〔J〕　　k：ばね定数〔N/m〕

x：ばねの自然の長さからの伸び，または縮み〔m〕

3　力学的エネルギー保存の法則

(1)　力学的エネルギー

物体の運動エネルギー U_K と，位置エネルギー U_P の和。

$U = U_K + U_P$

(2)　力学的エネルギー保存の法則

重力やばねの弾性力などの力のみを受けて運動する物体は，力学的エネルギーが保存される。

$U = U_P + U_K =$ 一定

⬅ 参考 ➡

重力やばねの弾性力のように，位置エネルギーを考えることのできる力を保存力という。

(3)　仕事と力学的エネルギー

非保存力（ここでは重力やばねの弾性力以外の力としてよい）が仕事をすると，その分だけ力学的エネルギーは変化する。

例題と解法

1 次の(1)〜(4)の仕事は何Jかを答えよ。ただし，重力加速度の大きさを $9.8m/s^2$ とし，有効数字は考えなくてよい。

(1) 荷車を30Nの力で，力の向きに5m動かしたとき，この力がする仕事

(2) 質量2kgの物体が1.5mだけ自由落下したとき，重力がする仕事

(3) 質量2kgの物体を手で支え，真上にゆっくり1mだけ持ち上げるとき，

① 手がする仕事　　② 重力がする仕事

(4) なめらかな水平面上で質量2kgの物体を3mすべらせたとき，

① 垂直抗力がする仕事　　② 重力がする仕事

〔解法〕(1) 力の大きさ $F=30$N，移動距離 $s=5$m より，

仕事 $W=Fs=30\times5=150$〔J〕

(2) 重力の向きと落下する向きは一致している。

力の大きさ $F=2\times9.8$〔N〕 移動距離 $s=1.5$m より，

仕事 $W=Fs=2\times9.8\times1.5=29.4$〔J〕

(3) 手が支える力は鉛直上向きで，物体の移動する向きと同じである。重力は鉛直下向きで，物体の移動する向きとは反対なので，仕事は負になる。

① 力の大きさ $F=2\times9.8$〔N〕，移動距離 $s=1$m

仕事 $W=Fs=2\times9.8\times1=19.6$〔J〕

② 力の大きさ $F=2\times9.8$〔N〕，移動距離 $s=1$m

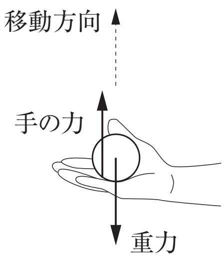
仕事 $W=Fs\cos180°=2\times9.8\times2\times(-1)=-19.6$〔J〕

(4) 垂直抗力も重力も，物体の移動方向に対して垂直にはたらくので，仕事は0Jである。

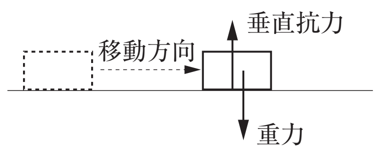
〔解答〕(1) 150J　(2) 29.4J　(3) ① 19.6J ② −19.6J

(4) ① 0J　② 0J

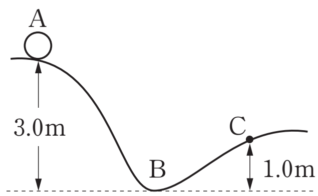
(2)



(4)



2 図のようななめらかな曲面を，質量2.0kgの物体が点Aから初速0m/sですべり落ちた。重力加速度の大きさを$9.8\mathrm{m/s^2}$，$\sqrt{39.2}≒6.3$とし，点Bを重力による位置エネルギーの基準として，下の(1)〜(3)の問に答えよ。



(1) 点Aでの物体の力学的エネルギーを求めよ。

(2) 点Cに来たときの物体の重力による位置エネルギーを求めよ。

(3) 点Cでの物体の速さを求めよ。

〔解法〕(1) 点Aでは速さ0m/sなので，重力による位置エネルギーのみを考えればよい。

$2.0\times9.8\times3.0=58.8≒59$〔J〕

(2) 点Cは点Bからの高さ1.0mなので，

$2.0\times9.8\times1.0=19.6$

$≒20$〔J〕

(3) 点Cでの速さをv〔m/s〕とすると，点Aと点Cでの力学的エネルギー保存の法則より，

$$58.8=\frac{1}{2}\times2.0\times v^2+19.6$$

ゆえに，

$v=\sqrt{39.2}≒6.3$〔m/s〕

〔解答〕(1) 59J　(2) 20J　(3) 6.3m/s

⬅考え方➡

物体には重力のみが仕事をしているので，力学的エネルギーが保存される。

基本問題

1 次の(1)～(4)の場合について，力が物体にした仕事を求めよ。

(1) 3.0N の力がはたらき，力の向きに 5.0m 動いた。

(2) 4.0N の力がはたらき，力と 30° の向きに 5.0m 動いた。

(3) 2.0N の力がはたらき，力と 90° の向きに 5.0m 動いた。

(4) 5.0N の力がはたらき，力と 180° の向きに 5.0m 動いた。

(1) ＿＿＿＿＿ (2) ＿＿＿＿＿ (3) ＿＿＿＿＿ (4) ＿＿＿＿＿

2 質量 60kg の人が 5.0s かかって，ゆっくりと高さ 10m の所に上がって静止した。次の(1)～(2)の問に答えよ。重力加速度の大きさを 9.8m/s² とする。

(1) この人が重力にさからってした仕事は何 J か。

(2) このときの仕事率は何 W か。

(1) ＿＿＿＿＿＿＿＿ (2) ＿＿＿＿＿＿＿＿

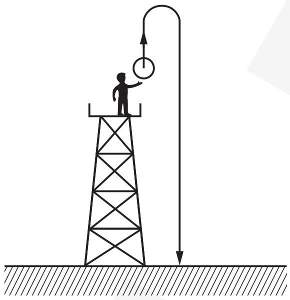
ヒント

$\cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2} \fallingdotseq 0.87$

$\cos 90° = 0$

$\cos 180° = -1$

3 地上 10m のやぐらから，質量 0.20kg の物体を初速 20m/s で真上に投げ上げた。重力加速度の大きさを $9.8\mathrm{m/s^2}$，地面を重力による位置エネルギーの基準として，次の(1)〜(3)の問に答えよ。ただし，$\sqrt{149}=12.2$ とする。



(1) 投げ上げた直後の物体の運動エネルギーを求めよ。

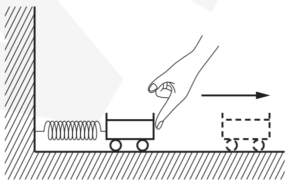
(2) 最高点での運動エネルギーと地上からの高さを求めよ。

(3) 地面に落下する直前の速さを求めよ。

(1) ＿＿＿＿＿＿ (2) ＿＿＿＿＿＿ ＿＿＿＿＿＿

(3) ＿＿＿＿＿＿

4 自然の長さのとき，大きさ 50N の力で引くと，25cm 伸びる軽いつる巻きばねがある。このばねの一端を壁に固定し，他端に 1.0kg の力学台車をつけてなめらかな水平面上におく。次の(1)〜(3)の問に答えよ。ただし，$\sqrt{2}=1.4$ とする。



(1) このばねのばね定数は何 N/m か。

(2) 台車を手で押してばねを自然の長さから 10cm 縮めたとき，ばねの弾性力による位置エネルギーは何 J か。

(3) 静かに手をはなすとばねがもとに戻ろうとして，台車が動き出す。ばねが自然の長さになったときの台車の速さは何 m/s か。

(1) ＿＿＿＿＿＿ (2) ＿＿＿＿＿＿ (3) ＿＿＿＿＿＿

⬅ **注意** ➡

長さの単位は〔m〕にする。

⬅ **ヒント** ➡

(1) ばね定数〔N/m〕は，ばねを自然の長さから 1m 伸ばすのに加える力の大きさ〔N〕で表される。

応用問題

1 機関車が 4.0×10^5 N の力で貨車を引っぱると，貨車は力の向きに一定の速さ 20m/s で 5 分間走った。次の(1)～(2)の問に答えよ。

(1) 機関車が，5 分間に貨車を引っぱる仕事を求めよ。

(2) (1)の機関車の仕事率を求めよ。

(1) ＿＿＿＿＿＿＿＿ (2) ＿＿＿＿＿＿＿＿

⬅ヒント➡

(1) 移動距離＝速さ×時間

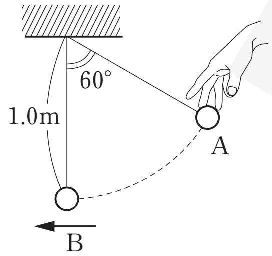
2 あらく水平な床の上に置かれた質量 6.0kg の物体に水平方向に力をはたらかせて，一定の速さで 30m だけ動かす場合と，同じ物体を傾斜角 30° のなめらかな斜面上にのせ，斜面に平行な力をはたらかせて，一定の速さで最大傾角の方向に 10m だけ引き上げる場合の仕事をそれぞれ求めよ。ただし，重力加速度の大きさを 9.8m/s^2，物体と水平な床との間の動摩擦係数を 0.20 とする。

＿＿＿＿＿＿＿＿ ＿＿＿＿＿＿＿＿

⬅ヒント➡

一定の速さで運動しているので，引く力に平行な方向では力がつりあっている。

3 図のように，軽くて伸び縮みしない長さ 1.0m の糸と質量 2.0kg のおもりからなる振り子を，鉛直となす角 60° の点 A から静かに手をはなす。最下点 B を重力による位置エネルギーの基準として，次の(1)～(3)の問に答えよ。ただし，$\sqrt{0.2}=0.447$ とする。



(1) 点 A でのおもりの重力による位置エネルギーを求めよ。

(2) おもりが点 B にきたときの速さを求めよ。

(3) おもりが点 A から点 B まで運動する間に，糸の張力がする仕事を求めよ。

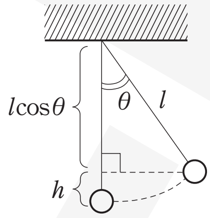
(1) ＿＿＿＿＿＿　(2) ＿＿＿＿＿＿　(3) ＿＿＿＿＿＿

ヒント

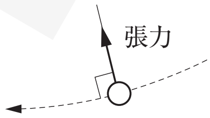
(1) 図のようなとき，

$h=l-l\cos\theta$

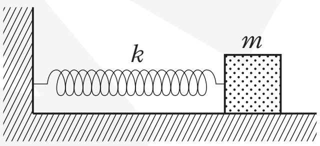
$=l(1-\cos\theta)$



(3) 糸の張力とおもりの運動方向は垂直。



4 図のように，水平でなめらかな台の上にばね定数 k のばねを置き，その一端を固定し，他端には質量 m の物体を取りつけた。次の(1)～(2)の問に答えよ。



(1) この物体に力を加え，ばねを自然の長さから水平に距離 x だけゆっくり引き伸ばして静止させた。このとき，ばねに対して外力のした仕事を求めよ。

(2) (1)の状態から静かに力を加えるのをやめた後，物体の速さの最大値を求めよ。

(1) ＿＿＿＿＿＿　(2) ＿＿＿＿＿＿

ヒント

(1) 外力のした仕事

＝ばねの弾性力による位置エネルギーの変化

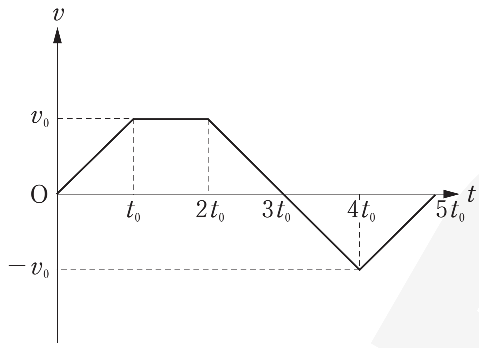
(2) ばねが自然の長さになったとき，物体の運動エネルギーが最大になる。

時間 60 分

／100 点

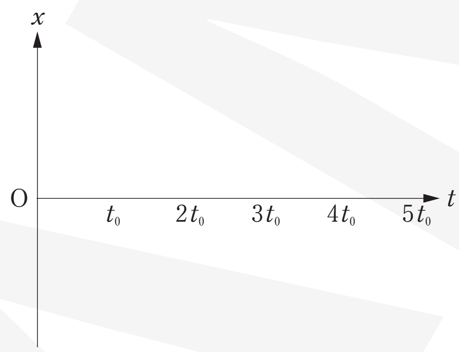
実戦問題①

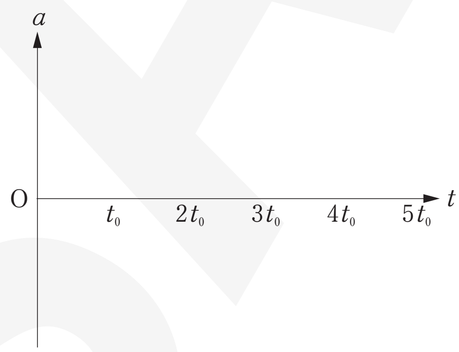
1 x 軸上を運動する小物体がある。時刻 $t=0$ に原点 O を出発した小物体は，時刻 t での速度 v がグラフのようになっている。ただし，x 軸の正の向きを速度の正の向きとする。下の(1)～(2)の問に答えよ。　　（各 10 点）



(1)　縦軸に小物体の位置 x，横軸に時刻 t をとったグラフを描け。

(2)　縦軸に小物体の加速度 a，横軸に時刻 t をとったグラフを描け。ただし，x 軸の正の向きを加速度の正の向きとする。

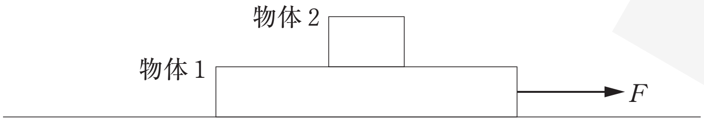
(1)


(2)


⬅ フィードバック ➡

P.5　チェックポイント 3(2)

2 図のように，なめらかな水平面上に上面があらくて水平な質量 m_1 の物体1を置き，物体1の上に質量 m_2 の物体2を置いて静止させる。物体1を大きさ F の力で水平右向きに引いたところ，物体1は水平右向きに動き出し，物体2は物体1上をすべり出した。重力加速度の大きさを g，物体1と物体2の間の動摩擦係数を μ として，下の(1)～(4)の問に答えよ。　　(各８点)



(1) 物体2にはたらく動摩擦力の大きさを求めよ。

(2) 物体1の加速度の大きさを求めよ。

(3) 水平右向きに引きはじめてから時間 t_0 後までの物体1の水平面上での移動距離を求めよ。

(4) 物体1を水平右向きに引いてから時間 t_0 後の，水平面上から見た物体2の速さを求めよ。

(1) ______

(2) ______

(3) ______

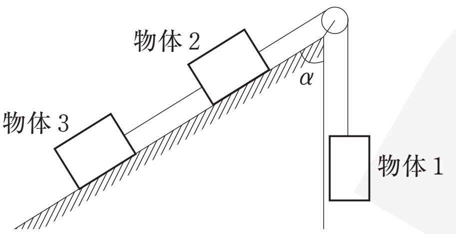
(4) ______

⇐ フィードバック ⇒

P.21　チェックポイント3(4)

3 鉛直面と α の角をなす十分に長くあらい斜面がある。質量がそれぞれ M_1, M_2, M_3 の物体 1，2，3 があり，図のように軽くて伸び縮みしない糸でつながれていて，物体 1，2 をつないだ糸は滑車にかけられている。物体 1 を手で支えて全体を静止させる。

いま，物体 1 から静かに手をはなしたところ，物体 1 は鉛直上向きに，物体 2，3 は斜面に沿って下向きにそれぞれ動き出した。物体 2，3 と斜面の間の動摩擦係数を μ，重力加速度の大きさを g とし，滑車は軽くてなめらかに動くものとする。下の(1)～(3)の問に答えよ。 (各８点)



(1) 物体 1～3 の加速度の大きさを a，糸の張力の大きさを T，運動している向きを正として，物体 1，2，3 の運動方程式をそれぞれ書け。

(2) a を求めよ。

(3) T を求めよ。

(1) ＿＿＿＿＿＿＿＿ ＿＿＿＿＿＿＿＿

＿＿＿＿＿＿＿＿

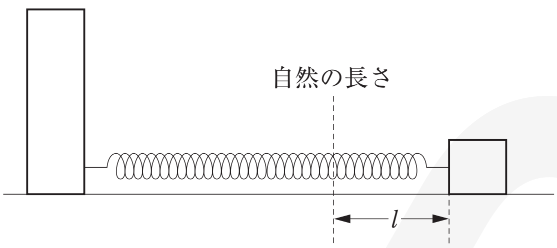
(2) ＿＿＿＿＿＿＿＿

(3) ＿＿＿＿＿＿＿＿

⬅ フィードバック ➡

P.5 チェックポイント 3(2)
P.20 チェックポイント 2(3)

4 図のように，あらい水平面と鉛直な壁があり，水平面上に質量 m の物体を置き，壁と物体の間をばね定数 k のばねでつなぐ。はじめ，ばねは自然の長さであった。物体を水平右向きに距離 l だけゆっくりと動かして静かにはなしたところ，物体は動き出したが，ばねが自然の長さよりも x だけ縮んだ点で静止した。物体と水平面との間の動摩擦係数を μ，重力加速度の大きさを g とする。下の(1)〜(3)の問に答えよ。　（各８点）



(1)　水平面を重力による位置エネルギーの基準として，物体をはなした直後の物体の力学的エネルギーを求めよ。

(2)　物体をはなしてから静止するまでに，動摩擦力がした仕事を求めよ。

(3)　x を求めよ。

(1) ＿＿＿＿＿＿＿＿

(2) ＿＿＿＿＿＿＿＿

(3) ＿＿＿＿＿＿＿＿

⬅ フィードバック ➡

P.29　チェックポイント 2

P.29　チェックポイント 3(3)