

# 教養の物理 問題集2015

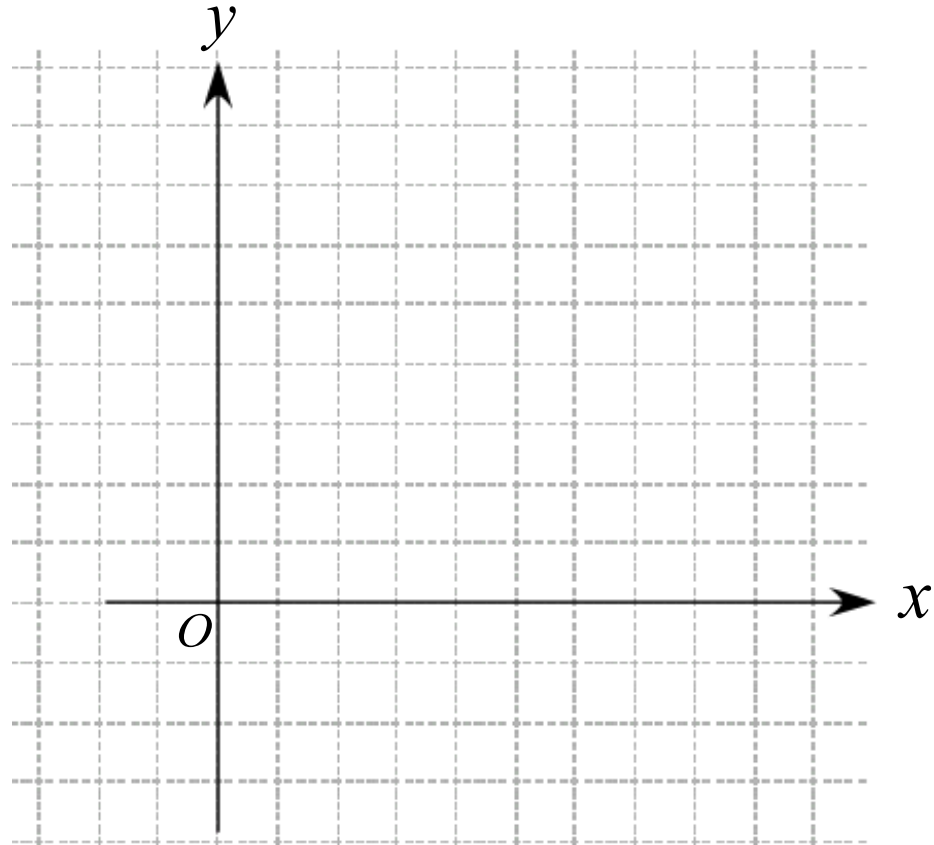
～力学～

## 例題-01

ある歩行者が東に7km及び北に4km歩く。

合成変位を作図し、大きさを求めよ。

(1目盛は1km)



### 例題-02

$x$ 軸に沿って運動する質点  $t_1 = 1[s]$  のとき  $x_1 = 14[m]$  の位置にあり、  
 $t_2 = 3[s]$  のとき  $x_2 = 4[m]$  の位置にある。

この時間における変位と平均速度を求めよ。

### 例題-03

$x$ 軸に沿って運動する質点が  $v = 5 + 10t [m/s]$  に従って運動する。  
この質点は  $t = 0[s]$  における位置は  $20[m]$  である。

1. 加速度を時間  $t$  の関数として表せ。
2.  $t = 0$  における質点の速度を求めよ。
3. 位置を  $t$  の関数として表せ。

#### 例題-04

等速度運動と等加速度運動の変位と加速度を定義式から導け。  
(但し、初期条件は  $t = 0$  で  $x = 0$  とする。)

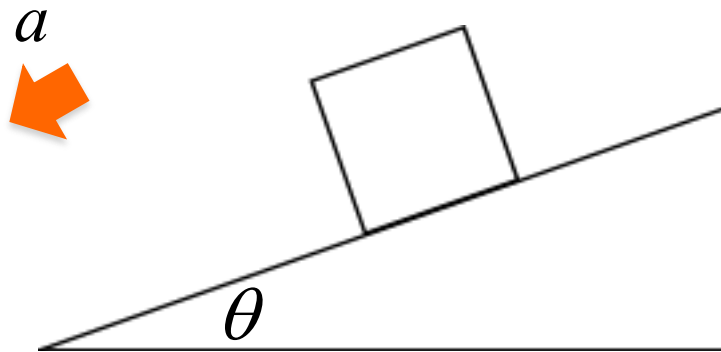
等速度運動 :  $v = v_0$

等加速度運動 :  $v = v_0 + at$

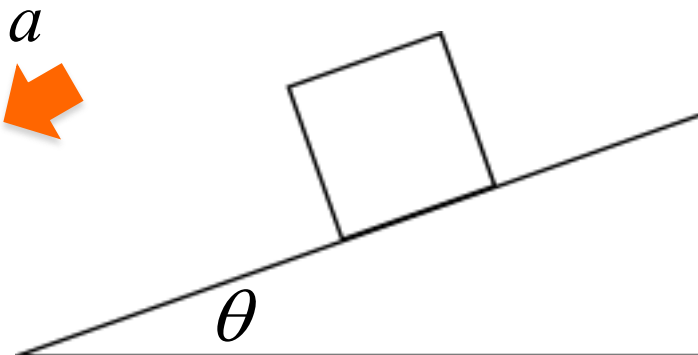
## 例題-05

それぞれの状態に置いて図に作用する力を書き込み、運動方程式を書け。

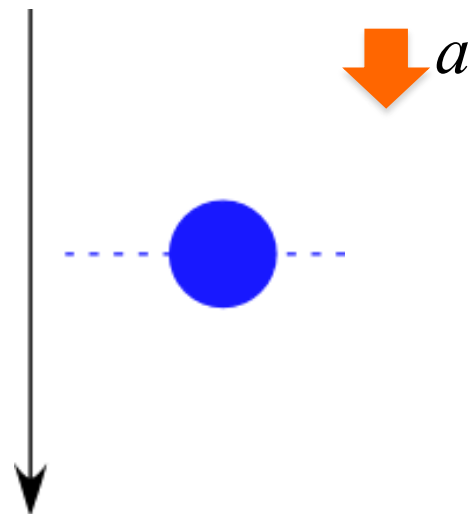
1. 質量  $m$  の物体が斜面を滑り降りる (摩擦なし)



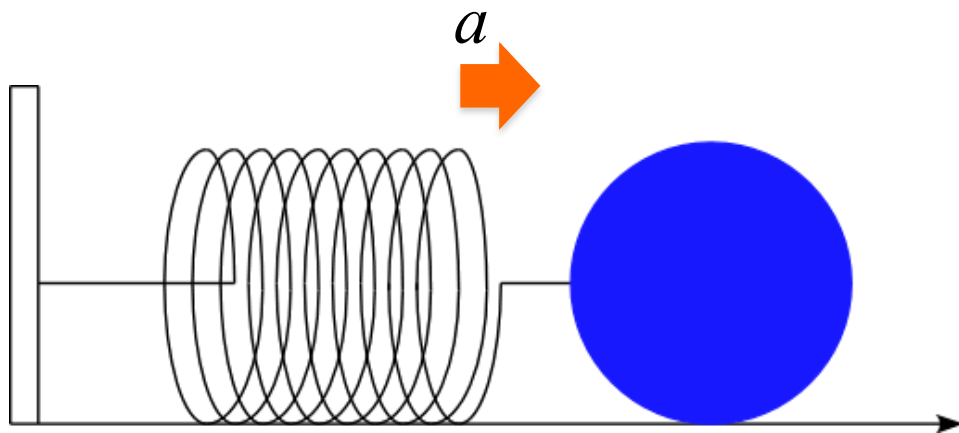
2. 質量  $m$  の物体が斜面を滑り降りる (摩擦力  $f$  あり)



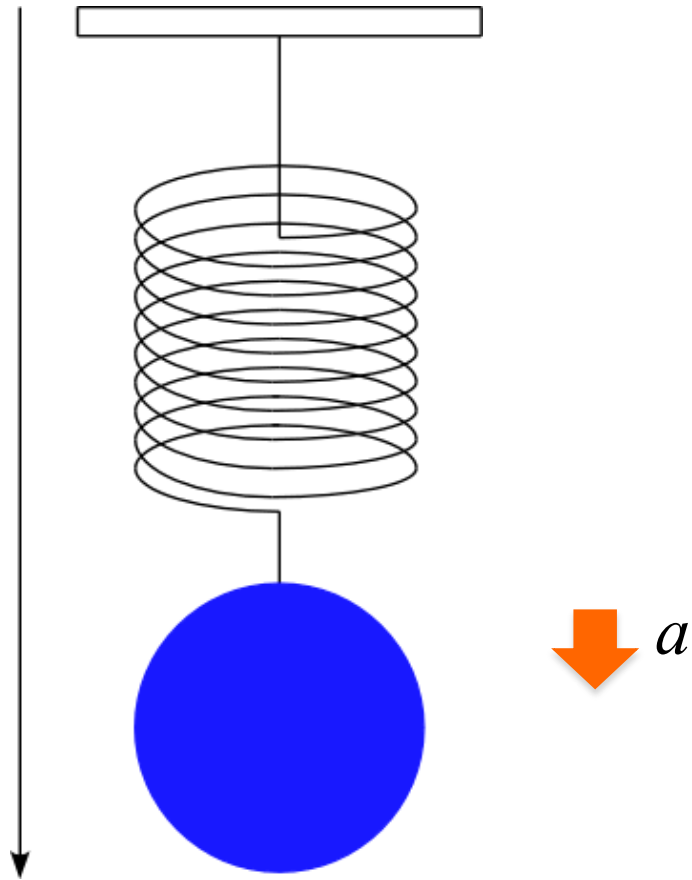
3. 質量  $m$  雨滴が落下する (空気の抵抗力の大きさは  $kv$ )



4. バネに質量  $m$  の物体がついている (バネの復元力は  $f_s$  とし、床との摩擦なしとする)



5. バネに質量  $m$  の物体がついている (バネの復元力は  $f_s$  とする)



## 例題-06

質量  $m$  の質点が時間に依存する力  $F = kt^2$  を受けて運動している。

以下の問いに答えよ。

但し、 $k > 0$  , 定数とし、運動は一直線上の運動であるとする。

1.  $t = 0$  から  $t = t$  までの間の速度増加量  $\Delta v$  を求めよ。
2.  $t = 0$  から  $t = t$  までの間の質点の移動距離  $\Delta x$  を求めよ。  
(初速度を  $v_0$  として用いてよい。)



### 例題-07

摩擦がある斜面を質量  $m$  の物体がすべり降りる運動の運動を考える。以下の問に答えよ。

但し、動摩擦力は  $f = \mu_k N$  として用いてよいとする。

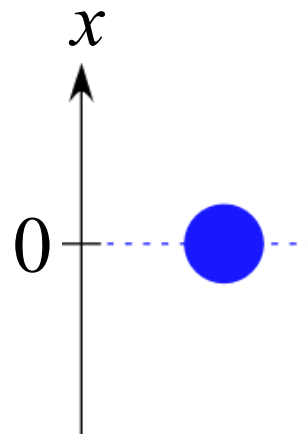
- (1) 物体に作用する力を図に書き込め。
- (2) この運動の運動方程式を記述せよ。
- (3) この運動の加速度  $a$  を求め、この運動が等加速度運動であることを示せ。

### 例題-08

質量  $m$  の物体を自由落下させる。

以下の問に答えよ。

但し、重力加速度は  $g$  とする。



(1) 物体に作用する力を書き込め。

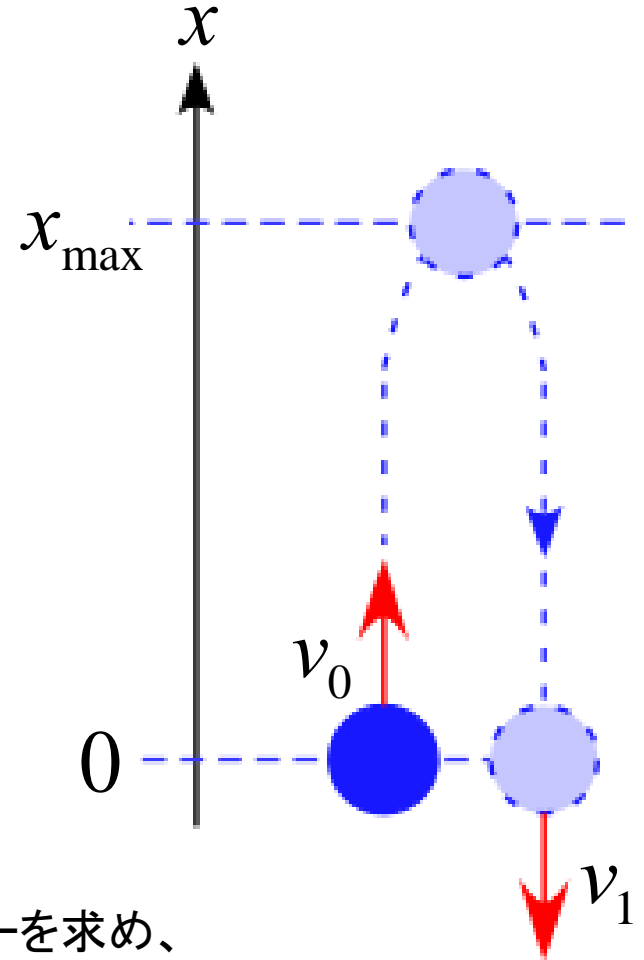
(2) この運動の運動方程式を記述せよ。

(3) この運動において力学的エネルギーが保存していることを運動方程式から導け。

## 例題-09

質量  $m$  の物体を鉛直方向に初速度  $v_0$  で投げ上げる運動

1. この運動の運動方程式を記述せよ
2. 運動方程式から速度  $v(t)$  を導け
3. 運動方程式から変位  $x(t)$  を導け
4. 最高点に達する時刻  $t_{\max}$  を求めよ
5. 最高点の位置  $x_{\max}$  を求めよ
6. 再び戻ってきた時の速度  $v_1$  を求めよ
7. ある時刻  $t$  での運動エネルギーと位置エネルギーを求め、その和が時間に寄らず一定であることを示せ



### 例題-10

質量  $m$  の雨滴が落下する。

このとき、空気抵抗が働くものとし、その空気の抵抗力の大きさは  $kv$  とする。

以下の問に答えよ。

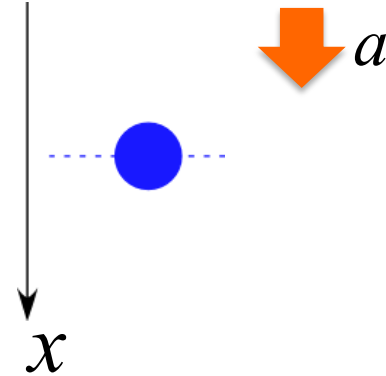
- (1) 物体に作用する力を書き込め。
- (2) この運動の運動方程式を記述せよ。

運動方程式を解くと、速度  $v(t)$  は

$$v(t) = \frac{mg}{k} \left( 1 - e^{-\frac{k}{m}t} \right)$$

となる。

- (3)  $v-t$  グラフを書け。
- (4) 十分時間が経過した状態の速度を記述せよ。



### 例題-11

水平と  $\theta$  の角をなす斜面上に帆のついたそりを置き、そりが斜面に沿ってすべり落ちる運動を考える。

そりの質量を  $M$  , 動摩擦係数を  $\mu$  , 重力加速度を  $g$  , とする。

そりには帆が張ってあり、そりの速さに比例した抵抗力がはたらくとする。

比例定数を  $k$  , として、以下の問いに答えよ

1. そりの速度が  $v(t)$  になったときのそりの加速度を  $a(t)$  として、運動方程式を書け。
2. この運動の  $v-t$  グラフを書け。
3. そりが等速運動するようになったときの速度を求めよ。

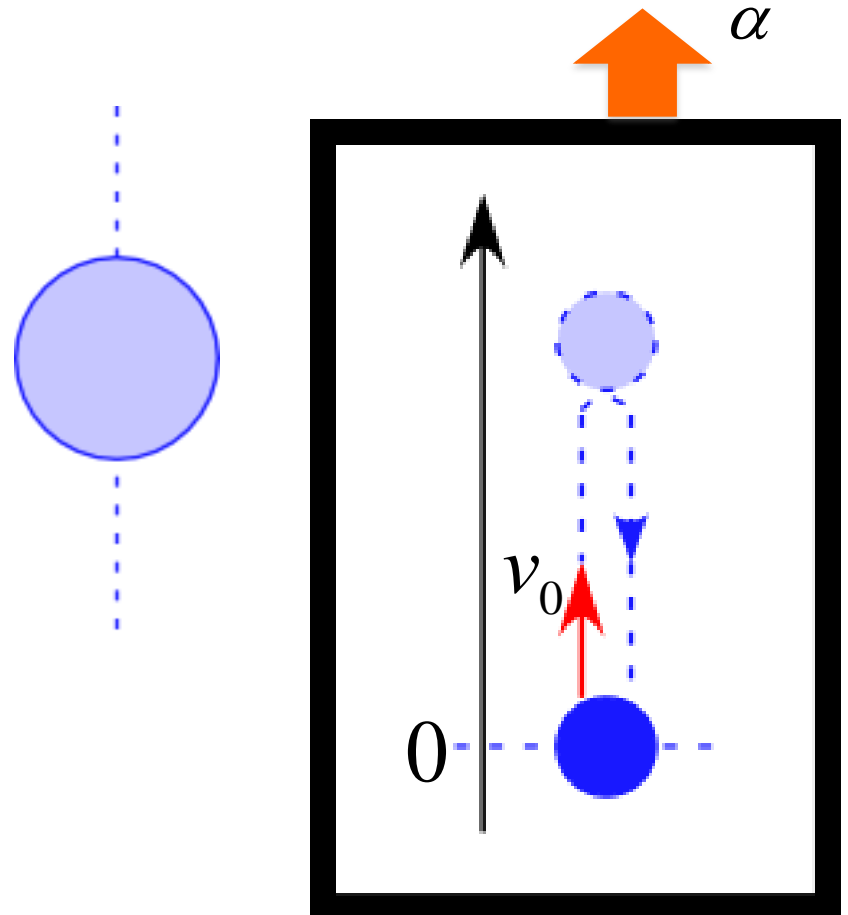
## 例題-12

一定の加速度  $\alpha$  で上昇するエレベータがある。

このエレベータ内で質点を原点から初速度  $v_0$  で鉛直方向に投げ上げたところ、 $t_0$  秒後に再び原点に戻ってきた。以下の問に答えよ。

(但し、重力加速度は  $g$  として用いること)

1. 質点に作用する力を記入せよ。
2. この運動の運動方程式を書け。
3. エレベータの加速度を求めよ。

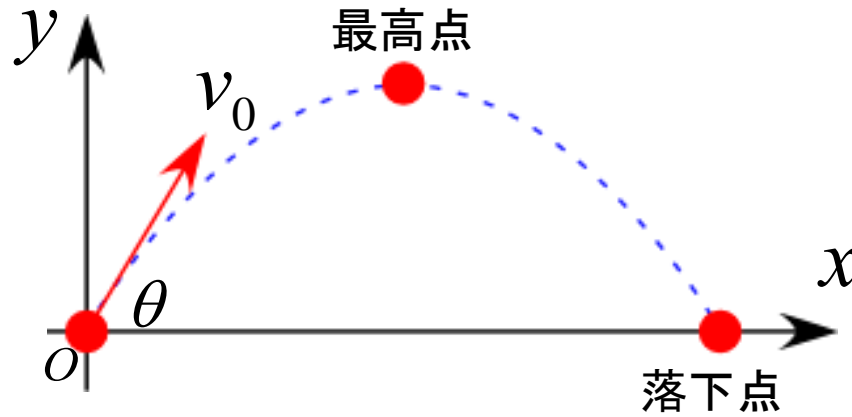


### 例題-13

質量  $m$  の物体を斜めに投げる運動を考える  
初速度  $v_0$ 、水平面との角度  $\theta$  で投げたとする。

以下の問に答えよ。

(但し、重力加速度は  $g$  として用いること)



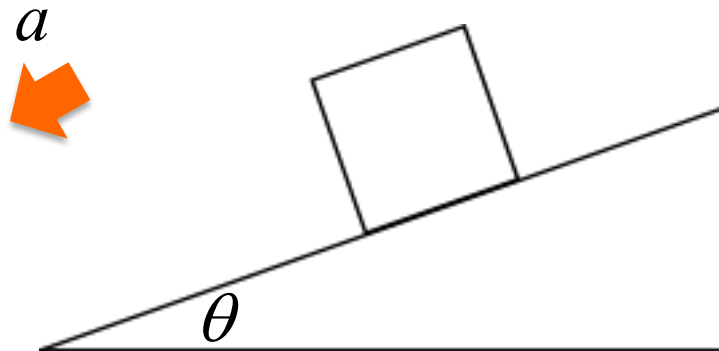
- (1) 初速度を  $x, y$  成分に分解し、図に書き込め。
- (2) この運動の運動方程式を  $x, y$  方向それぞれ記述せよ。
- (3) 運動方程式から速度  $v_x(t), v_y(t)$  を計算せよ。
- (4) 運動方程式から変位  $x(t), y(t)$  を計算せよ。

- (5) 落下点に達する時刻  $t_1$  を求めよ。
- (6) 落下点の位置  $x$  を求めよ。
- (7) 最高点に達する時刻  $t_2$  を求めよ。
- (8) 最高点の座標 を求めよ。
- (9) 飛距離最大となるための角度  $\theta_0$  を求めよ。



### 例題-14

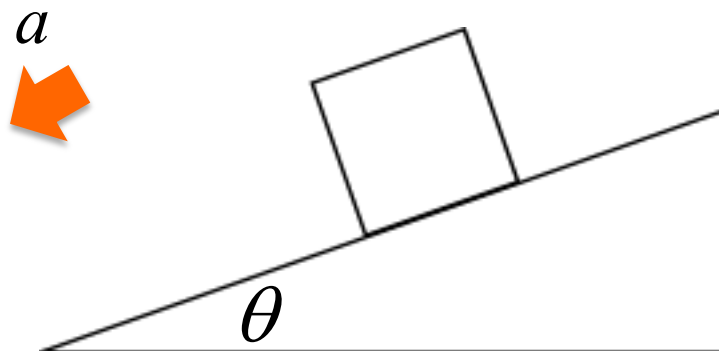
質量  $m$  の物体が斜面を滑り降りる。(初速度は無いものとする)  
斜面との摩擦がない場合について以下の問に答えよ。



- (1) 物体に作用する力を書き込め。
- (2) この運動の運動方程式を記述せよ。
- (3) 時間  $t$  後に物体が斜面を移動した距離を求めよ。

斜面との摩擦力 $f$ がある場合について以下の問に答えよ。

(動摩擦力  $f = \mu_k N$  として用いよ)



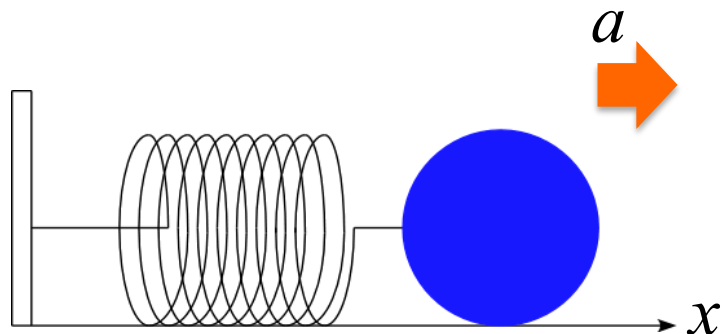
- (4) 物体に作用する力を書き込め。
- (5) この運動の運動方程式を記述せよ。
- (6) この運動は等加速度運動であることを示せ。

### 例題-15

バネに質量  $m$  の物体がついている。

バネ定数は  $k$  とし、床との摩擦なしとする。

以下の問に答えよ。



(1) 物体に作用する力を書き込め。

(2) この運動の運動方程式を記述せよ。

(3) バネを  $x_0$  だけ縮めたときの弾性力による仕事を計算せよ。

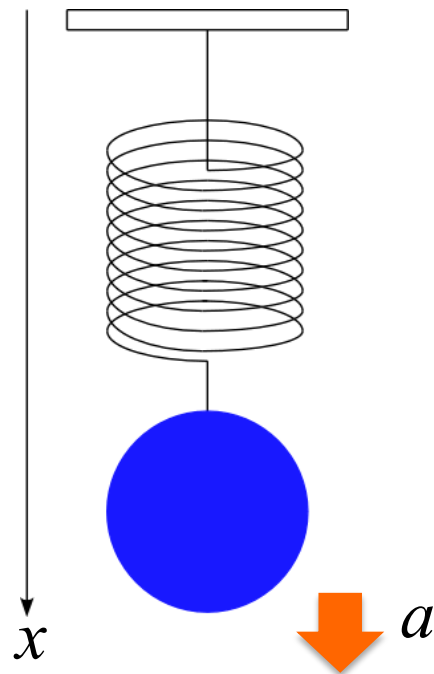
(4) バネの運動においてエネルギー保存則が成立していることを示せ。

続いて、同じバネを上から吊るした。

(5) 物体に作用する力を書き込め。

(6) この運動の運動方程式を記述せよ。

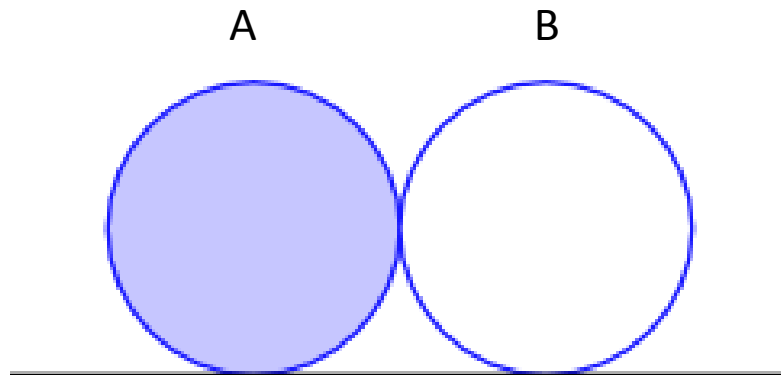
(7) この運動においてエネルギー保存則が成立していることを示せ。



## 例題-16

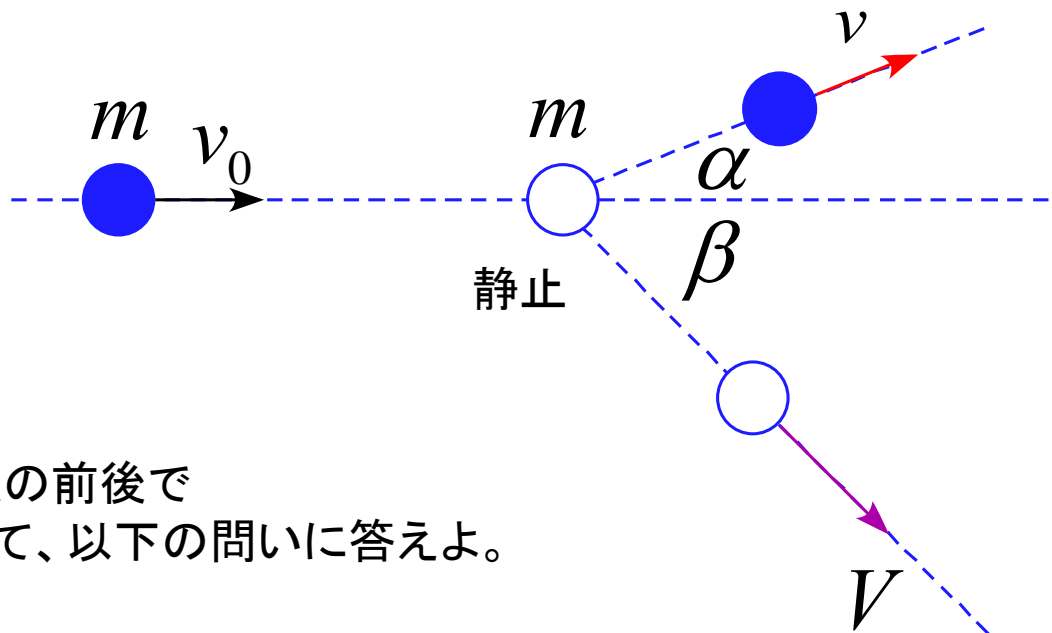
2球の正面衝突を考える。

1. 衝突した瞬間の力を図に書き込め。
2. この運動で運動量が保存していることを示せ。



### 例題-17

斜衝突において、質量が同じであるとする。



衝突は弾性衝突であり、衝突の前後でエネルギーは不変であるとして、以下の問いに答えよ。

1. 図の角  $\alpha + \beta$  を求めよ。

2. 速度比  $\frac{v}{V}$  を  $\beta$  を使って表せ。

## 例題-18

滑らかな水平面上で、後方に単位時間あたり  $m_0$  の物質を噴出しながら運動する物体がある

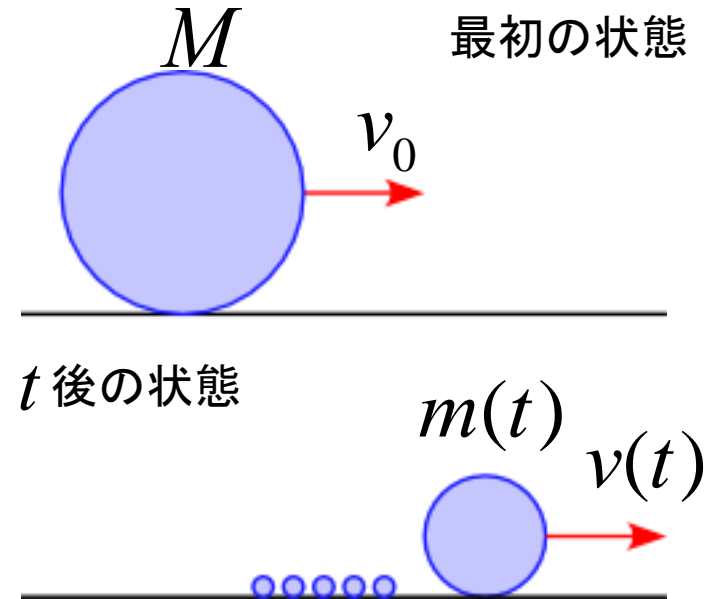
物体の初期質量を  $M$ 、初速度を  $v_0$  とする

噴出物質の速度は常に 0 になるように噴出されるものとする

1. 時間  $t$  後の質量  $m(t)$  を記述せよ

2. 時間  $t$  後の速度  $v(t)$  を求めよ

3. 時間  $t$  後の移動距離  $x(t)$  を求めよ

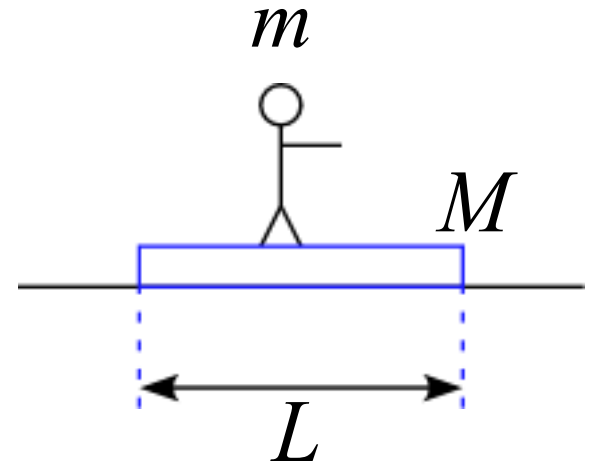


### 例題-19

滑らかな水平面上に質量  $M$ 、長さ  $L$  の板がある。  
この板の上を質量  $m$  の人が端から端まで歩くとする。

1. この運動に作用する力を図に書き込め。  
但し、板が人から受ける水平方向の力を  $F$  とする。
2. この運動で人と板の運動方程式を書け。  
但し、板の変位  $x_1(t)$ 、人の加速度  $x_2(t)$  とする。

3. 初速度  $v_0 = 0$  のとき、板の移動距離を求めよ。





## 例題-20

床の上に線密度  $\rho$  の鎖が置いてある。

この鎖の端を持って鉛直に引き上げる運動を考える。

重力加速度を  $g$  として以下の問いに答えよ。

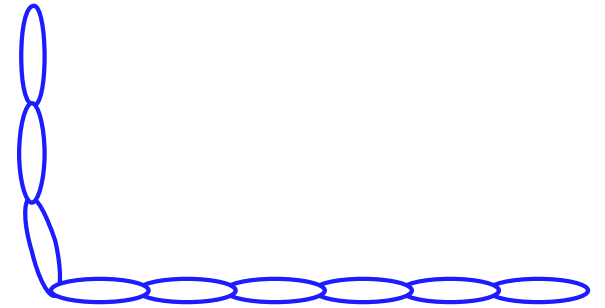
引き上げた部分の長さが  $x$ 、速度が  $v$ 、加速度が  $a$  となったとき

1. 引き上げた部分の質量  $m$  を記述せよ。

2. この時の運動方程式を記述せよ。

3. 引き上げる力  $F$  の大きさを求めよ。

4. 一定の速度  $v$  で引き上げる場合の力の大きさを求めよ。



## 例題-21

一直線上での質点の衝突を考える。

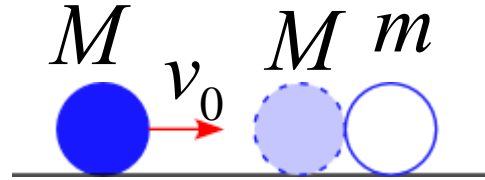
静止している質量  $m$  の質点に、質量  $M$  の質点が  
速度  $v_0$  で衝突する。

但し、反発係数は

$$-e = \frac{\text{衝突後の相対速度}}{\text{衝突前の相対速度}}$$

となることを利用してよい。

以下の問に答えよ。



(1) 質点  $M$  の衝突後の速度  $v_1$  を求めよ。

(2) 質点  $m$  の衝突後の速度  $v_2$  を求めよ。

(3) 質点  $M$  が衝突後に跳ね返るための  $M, m, e$  関係式を  
記述せよ。

(4)  $M = m, e = 1$  のとき、どのような現象になるか記述せよ。

注) 解答は全て解答用紙に記述すること。

途中式などは省略せず記述すること。

必要であれば重力加速度は  $g$  として用いよ。

1. 次の物理量の定義式、単位を記述せよ。

また、次元解析を行い次元を示せ。

但し、解答のみではなく計算途中も記述すること。

単位には MKS 単位系を用いること。

- |         |             |
|---------|-------------|
| (1) 速度  | (5) 運動エネルギー |
| (2) 加速度 | (6) 運動量     |
| (3) 力   | (7) 力積      |
| (4) 仕事  |             |

2.  $x$  軸に沿って運動する質点が  $v = 7 + 2t$  に従って運動する。

この質点は  $t = 0$  [s]における位置は 5 [m] である。

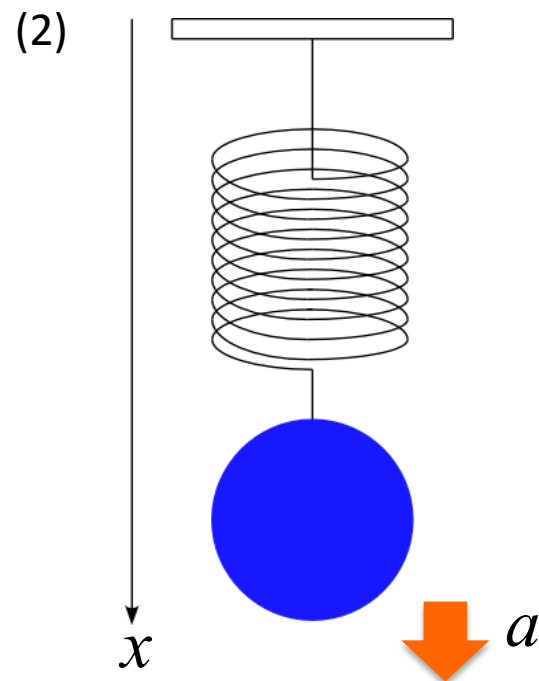
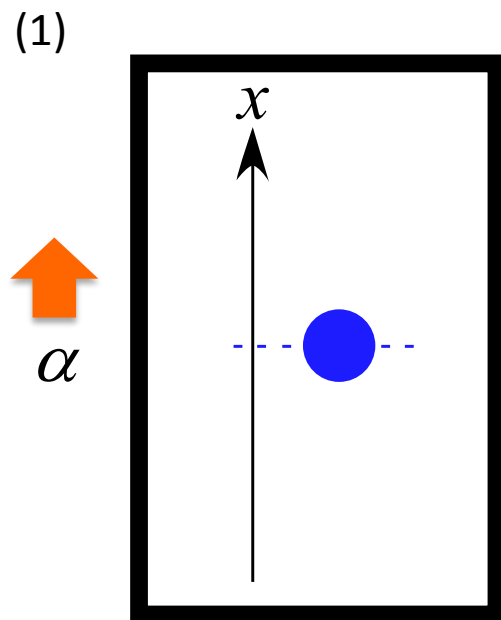
(1)  $t = 0$ における質点の速度  $v(0)$ を求めよ。

(2) 変位  $x(t)$ を  $t$  の関数として表せ。

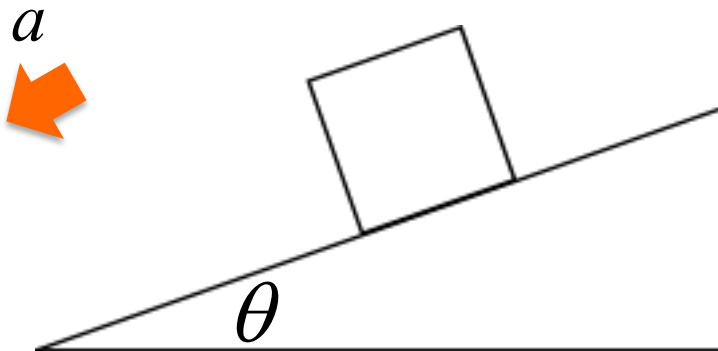
3. 以下の運動について物体に作用する力を図に書き込み、  
その運動の運動方程式を記述せよ。  
いずれの運動も物体の質量は  $m$  とし、地球上で行ったとする。

(1) 一定の加速度  $\alpha$  で上昇するエレベータ内で物体を  
落下させる運動 (初速度無し)

(2) 物体をバネを吊るした状態での単振動運動  
(バネ定数は  $k$  として用いよ)



4. 斜面との摩擦力  $f$  がある運動について以下の問に答えよ。  
(動摩擦力  $f = \mu_k N$  として用いよ)

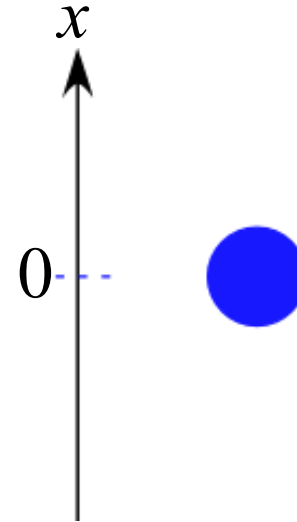


- (1) 物体に作用する力を書き込め。
- (2) この運動の運動方程式を記述せよ。
- (3) この運動は等加速度運動であることを示せ。

5. 質量  $m$  の物体を自由落下させる。

以下の問いに答えよ。

初期条件は  $t = 0$  で  $x = 0$  とする。



(1) この物体に作用する力を書き込め。

(2) この運動の運動方程式を記述せよ。

(3) 運動方程式から速度  $v(t)$  を導け。

(4) 運動方程式から変位  $x(t)$  を導け。

(5) ある時刻  $t$  での運動エネルギー  $K(t)$  と位置エネルギー  $U(t)$  を求め、その和  $E(t) = K(t) + U(t)$  が時間に寄らず一定であることを示せ。

(6) 運動エネルギー  $K(t)$ 、位置エネルギー  $U(t)$ 、全力学的エネルギー  $E(t)$  をそれぞれ時間  $t$  のグラフで表せ。

注) 解答は全て解答用紙に記述すること。

途中式などは省略せず記述をすること。

### 必修問題

1. 力学の基礎的な物理量について答えよ。

(1) 速度  $v$  の定義式とその次元を記述せよ。

(2) 加速度  $a$  の定義式とその次元を記述せよ。

(3) 力  $F$  は   $= F$  と表される。

その次元は  である。

(4) (3)の式は運動方程式であり、この式を変形することにより  
さまざまな物理量を導くことができる。

(3)の式の両辺に速度  $v$  を掛け、整理すると

$$\frac{d}{dt} \left( \boxed{\text{①}} \right) = \frac{d}{dt} \left( \boxed{\text{②}} \right)$$

となる。

左辺の①の部分は運動エネルギーを右辺の②の部分は  
仕事を表している。



(5) また、(3)の式を変形すると

$$\frac{d}{dt} \left( \text{③} \right) = F$$

と表される。

③の部分は運動量である。

③を  $p$  とおくと

$$\frac{d}{dt}(p) = F \qquad dp = Fdt$$

この左辺  $Fdt$  が力積であり、その次元は  である。

2.  $x$  軸に沿って運動する質点が  $v = 7 + 12t + 6t^2$  に従って運動する。この質点は  $t = 0 [\text{s}]$  における位置は  $5 [\text{m}]$  である。

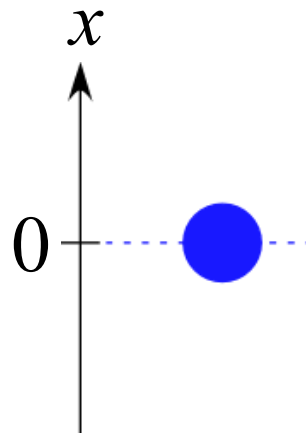
(1)  $t = t_1$  における質点の加速度  $a(t_1)$  を求めよ。

(2) 変位  $x(t)$  を  $t$  の関数として表せ。

10. 質量  $m$  の物体を自由落下させる。

以下の問に答えよ。

但し、重力加速度は  $g$  とする。



(1) 物体に作用する力を書き込め。

(2) この運動の運動方程式を記述せよ。

(3) この運動において力学的エネルギーが保存していることを運動方程式から導け。

11. 滑らかな水平面上で、後方に単位時間あたり  $m_0$  の物質を噴出しながら運動する物体がある。

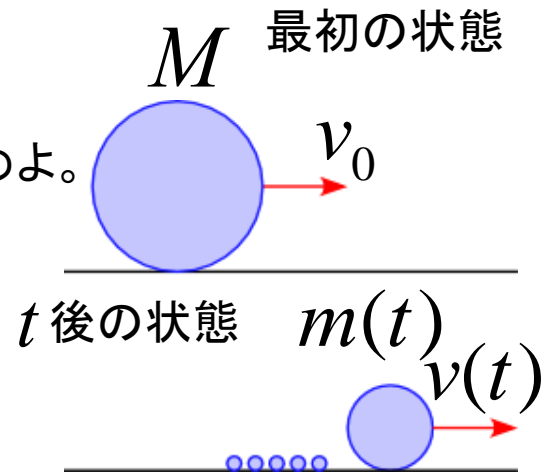
物体の初期質量を  $M$ 、初速度を  $v_0$  とし、噴出物質の速度は常に 0 になるように噴出されるものとする。

以下の問に答えよ。

(1) 時間  $t$  後の質量  $m(t)$  を記述せよ。

(2) 時間  $t$  後の速度  $v(t)$  を求めよ。

(3) 時間  $t$  後の移動距離  $x(t)$  を求めよ。



12. 質量  $m$  の物体を鉛直方向に初速度  $v_0$  で投げ上げる運動を考える。

初期条件は  $t = 0$  で  $x = 0$  とする。

(1) この運動の運動方程式を記述せよ。

(2) 運動方程式から速度  $v(t)$  を導け。

(3) 運動方程式から変位  $x(t)$  を導け。

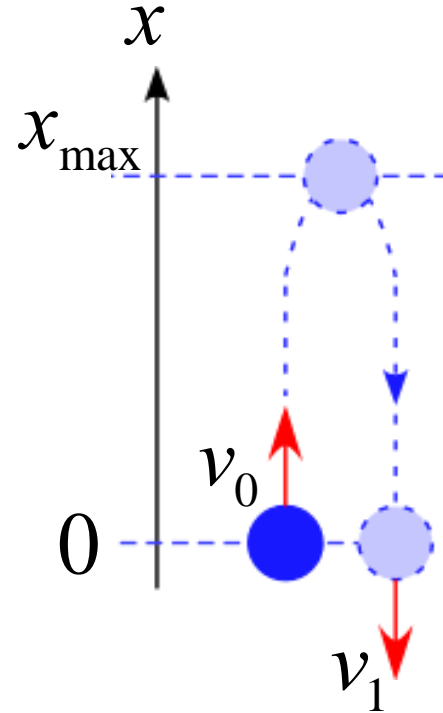
(4) 最高点に達する時刻  $t_{\max}$  を求めよ。

(5) 最高点の位置  $x_{\max}$  を求めよ。

(6) 再び戻ってきた時の速度  $v_1$  を求めよ。

(7) ある時刻  $t$  での運動エネルギー  $K(t)$  と位置エネルギー  $U(t)$  を求め、その和  $E(t) = K(t) + U(t)$  が時間に寄らず一定であることを示せ。

(8) 運動エネルギー  $K(t)$  、位置エネルギー  $U(t)$  、全力学的エネルギー  $E(t)$  をそれぞれ時間  $t$  のグラフで表せ。



13. 摩擦がある斜面を質量  $m$  の物体がすべり降りる運動の運動を考える。以下の問に答えよ。

但し、動摩擦力は  $f = \mu_k N$  として用いてよいとする。

- (1) 物体に作用する力を図に書き込め。
- (2) この運動の運動方程式を記述せよ。
- (3) この運動の加速度  $a$  を求め、この運動が等加速度運動であることを示せ。

注) 解答は全て解答用紙に記述すること。

途中式などは省略せず記述すること。

必要であれば重力加速度は  $g$  として用いよ。

1. 力学の基礎的な物理量について答えよ。

(1) 速度  $v$  の定義式とその次元を記述せよ。

(2) 加速度  $a$  の定義式とその次元を記述せよ。

(3) 力  $F$  は   $= F$  と表される。

その次元は  である。

(4) (3)の式は運動方程式であり、この式を変形することにより  
さまざまな物理量を導くことができる。

(3)の式の両辺を  $x$  で積分し、式を整理すると

$$\int \frac{d}{dt} \left( \text{①} \right) dt = \int F dx$$

となる。

左辺の①の部分は運動エネルギーを右辺は仕事を表している。

(5) また、(3)の式を変形すると

$$\frac{d}{dt} \left( \boxed{\text{②}} \right) = F$$

と表される。

②の部分は運動量である。

②を  $p$  とおくと

$$\frac{d}{dt} (p) = F \qquad dp = Fdt$$

この左辺  $Fdt$  が力積であり、その次元は  である。

2.  $x$  軸に沿って運動する質点が  $v = 9t^2 + 6t + 3$  に従って運動する。この質点は  $t = 0$  [s] における位置は 3[m] である。

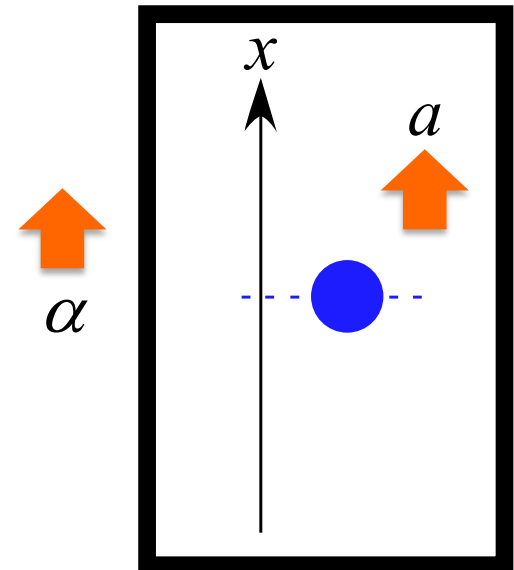
(1)  $t = t_1$  における質点の加速度  $a(t_1)$  を求めよ。

(2) 変位  $x(t)$  を  $t$  の関数として表せ。

3. 以下の運動について物体に作用する力を図に書き込み、その運動の運動方程式を記述せよ。

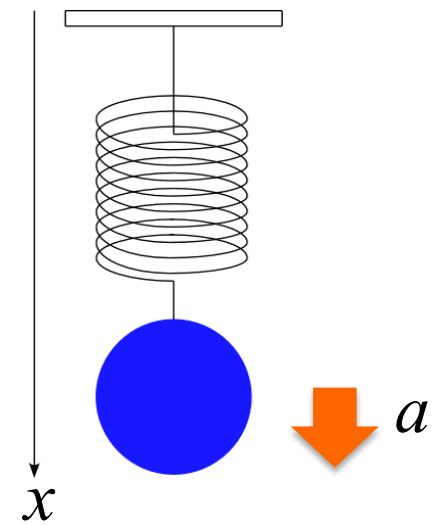
いずれの運動も物体の質量は  $m$  とし、地球上で行ったとする。

(1) 一定の加速度  $\alpha$  で上昇するエレベータ内で物体を落下させる運動 (初速度無し)

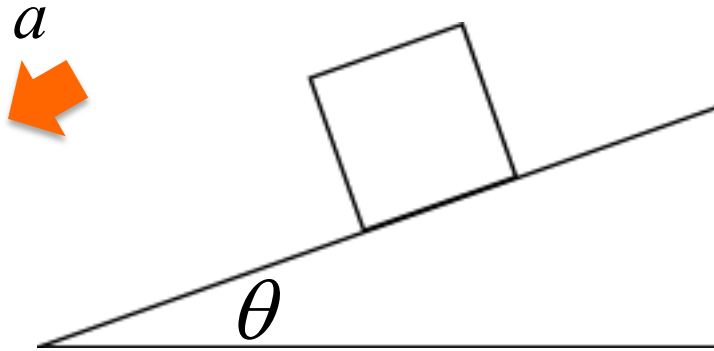




(2) 物体をバネを吊るした状態での単振動運動  
(バネ定数は  $k$  として用いよ)

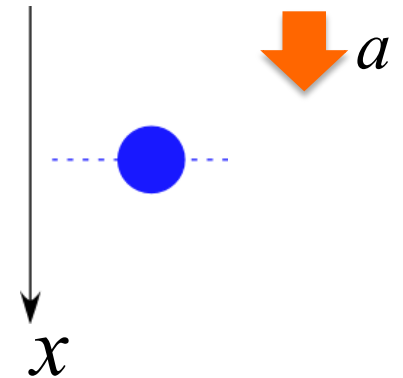


(3) 摩擦力が働く斜面を滑り降りる運動  
(動摩擦力  $f = \mu_k N$  として用いよ)



(4) 雨滴の落下運動

このとき、空気抵抗が働くものとし、その空気の抵抗力の大きさは  $kv$  とする。



4. 質量  $m$  の物体を鉛直方向に初速度  $v_0$  で投げ上げる運動を考える。

初期条件は  $t = 0$  で  $x = 0$  とする。

(1) この運動の運動方程式を記述せよ。

(2) 運動方程式から速度  $v(t)$  を導け。

(3) 運動方程式から変位  $x(t)$  を導け。

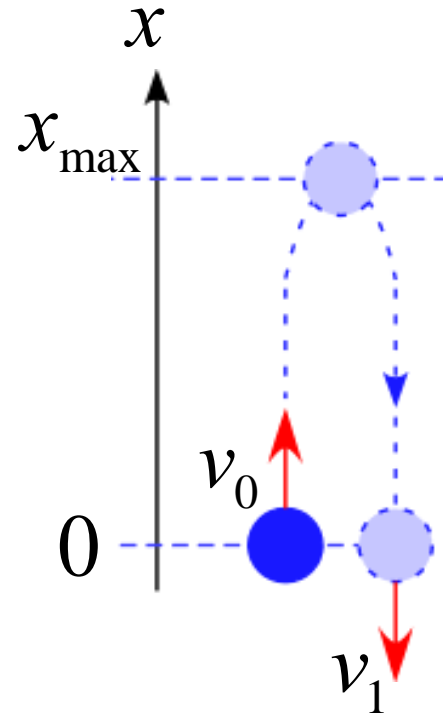
(4) 最高点に達する時刻  $t_{\max}$  を求めよ。

(5) 最高点の位置  $x_{\max}$  を求めよ。

(6) 再び戻ってきた時の速度  $v_1$  を求めよ。

(7) ある時刻  $t$  での運動エネルギー  $K(t)$  と位置エネルギー  $U(t)$  を求め、その和  $E(t) = K(t) + U(t)$  が時間に寄らず一定であることを示せ。

(8) 運動エネルギー  $K(t)$  、位置エネルギー  $U(t)$  、全力学的エネルギー  $E(t)$  をそれぞれ時間  $t$  のグラフで表せ。



1. 力学の基礎的な物理量について答えよ。

(1) 速度  $v$  の定義式とその次元を記述せよ。

(2) 加速度  $a$  の定義式とその次元を記述せよ。

(3) 力  $F$  は   $= F$  と表される。

その次元は  である。

(4) (3)の式は運動方程式であり、この式を変形することにより  
さまざまな物理量を導くことができる。

(3)の式の両辺に速度  $v$  を掛け、整理すると

$$\frac{d}{dt} \left( \text{①} \right) = \frac{d}{dt} \left( \text{②} \right)$$

となる。

左辺の①の部分は運動エネルギーを右辺の②の部分は  
仕事を表している。

(5) また、(3)の式を変形すると

$$\frac{d}{dt} \left( \boxed{\text{③}} \right) = F$$

と表される。

③の部分は運動量である。

③を  $p$  とおくと

$$\frac{d}{dt}(p) = F \qquad dp = Fdt$$

この左辺  $Fdt$  が力積であり、その次元は  である。

2.  $x$  軸に沿って運動する質点が  $v = 5 + 6t^2$  に従って運動する。

この質点は  $t = 2$  [s] における位置は 30[m] である。

(1)  $t = t_1$  における質点の加速度  $a(t_1)$  を求めよ。

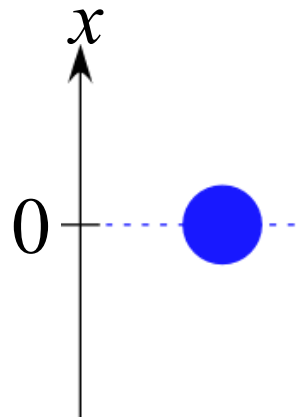
(2) 変位  $x(t)$  を  $t$  の関数として表せ。

選択問題 (力学) 以下の問題10～13のうち2題を選択して解答せよ。

10. 質量  $m$  の物体を自由落下させる。

以下の問に答えよ。

但し、重力加速度は  $g$  とする。



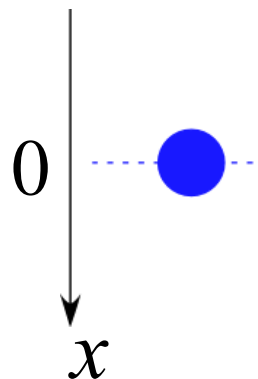
(1) 物体に作用する力を書き込め。

(2) この運動の運動方程式を記述せよ。

(3) この運動において力学的エネルギーが保存していることを運動方程式から導け。

11. 質量  $m$  の雨滴が落下する運動を考える。

このとき、空気抵抗が働くものとし、  
その空気の抵抗力の大きさは  $k\nu$  とする。  
以下の問に答えよ。



(1) 物体に作用する力を書き込め。

(2) この運動の運動方程式を記述せよ。

運動方程式を解くと、速度  $\nu(t)$  は  $\nu(t) = \frac{mg}{k} \left( 1 - e^{-\frac{k}{m}t} \right)$   
となる。

(3)  $\nu - t$  グラフを書け。また、原点での傾きを求めよ。

(4) 十分時間が経過した状態の速度を記述せよ。

12. 質量  $m$  の物体を鉛直方向に初速度  $v_0$  で投げ上げる運動を考える。

初期条件は  $t = 0$  で  $x = 0$  とする。

(1) この運動の運動方程式を記述せよ。

(2) 運動方程式から速度  $v(t)$  を導け。

(3) 運動方程式から変位  $x(t)$  を導け。

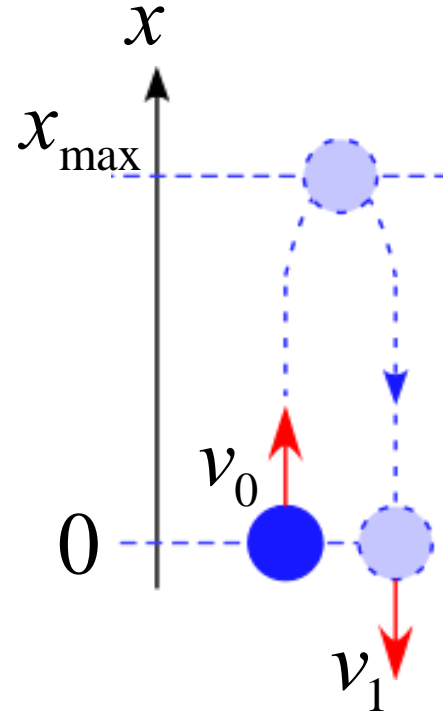
(4) 最高点に達する時刻  $t_{\max}$  を求めよ。

(5) 最高点の位置  $x_{\max}$  を求めよ。

(6) 再び戻ってきた時の速度  $v_1$  を求めよ。

(7) ある時刻  $t$  での運動エネルギー  $K(t)$  と位置エネルギー  $U(t)$  を求め、その和  $E(t) = K(t) + U(t)$  が時間に寄らず一定であることを示せ。

(8) 運動エネルギー  $K(t)$  、位置エネルギー  $U(t)$  、全力学的エネルギー  $E(t)$  をそれぞれ時間  $t$  のグラフで表せ。



13. 摩擦がある斜面を質量  $m$  の物体がすべり降りる運動の運動

を考える。以下の問に答えよ。

但し、動摩擦力は  $f = \mu_k N$  として用いてよいとする。

(1) 物体に作用する力を図に書き込め。

(2) この運動の運動方程式を記述せよ。

(3) この運動の加速度  $a$  を求め、この運動が等加速度運動であることを示せ。