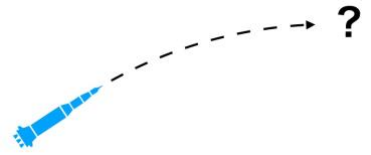


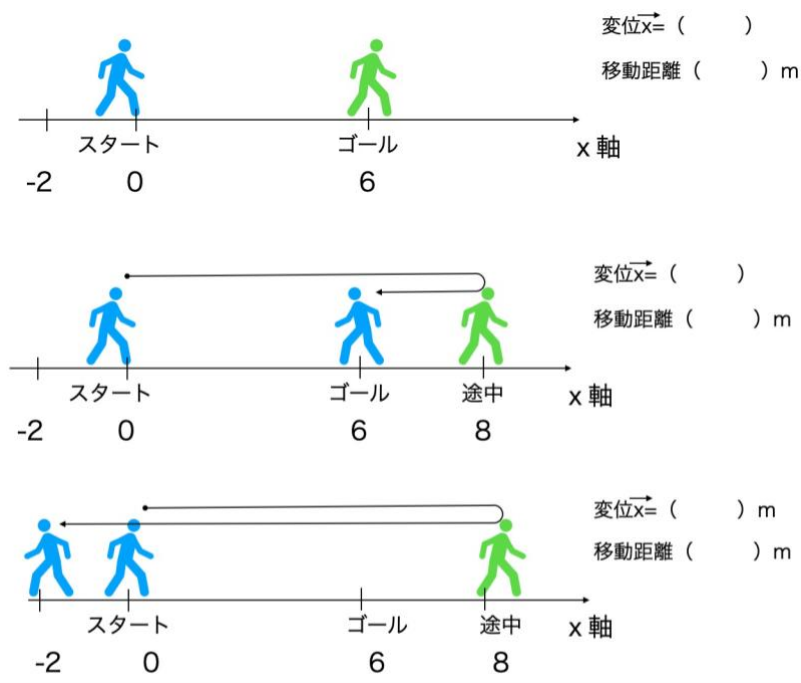
目的

ロケットを打ち上げるときなどに活躍するのが力学です。力学分野の目的の1つに「未来の物体の運動状態を予測する」ことがあります。自然界には様々な複雑な運動がありますが、単純な運動の組み合わせで表現できるものが多くあります。ここでは等速度直線運動と等加速度直線運動を学び、物体の未来の位置や速度を計算し、予測してみましょう。



○ 位置の表し方

位置の変化を（ ）(displacement) といいます。変位と移動距離はたまたま同じ時もありますが、いつも同じとは限りません。



変位を表す文字 ($\quad$)

変位の他に、時間は time の ($\quad$)、速度は velocity の ($\quad$) を使って表す。

○ 単位

理科は単位が重要です。物理では基本的に距離は ($\quad$)、質量は ($\quad$)、時間は ($\quad$) を使います。

○ 速さと速度

・速さ…単位時間 ($\quad$) 秒あたりに移動する ($\quad$) (変位の大きさ)

速さの定義式 $v =$

・速さの単位… ()

このようにある単位を組み合わせた単位を、組立単位といいます。実はこの単位のスラッシュ (/) は分数の線を示しています。

※ 速さの単位の成り立ち

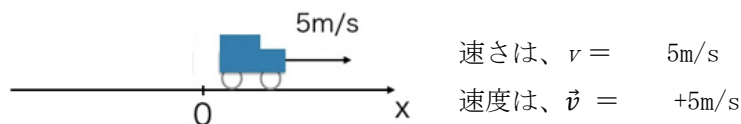
$$\text{速さ } v[\quad] = \text{変位 } x[\quad] / \text{時間 } t[\quad]$$

物理では「速度」と「速さ」という言葉は使い分けて使っています。速度はベクトル量です。

・速度 $\vec{v}$ … 「速さ」 + 「()」 を持つ ベクトル量

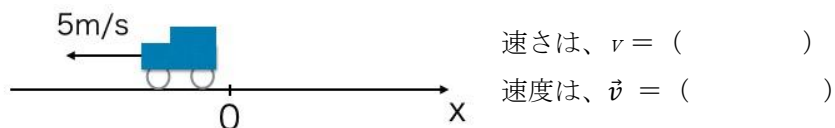
・速さ v … 速度の大きさ = ベクトルでは絶対値をつけて表す $|\vec{v}|$

例えば次のような場合 (右向きを正とする)



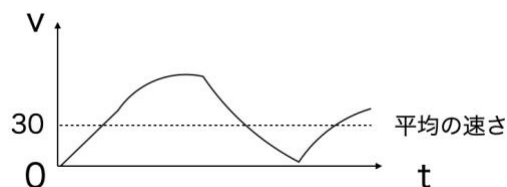
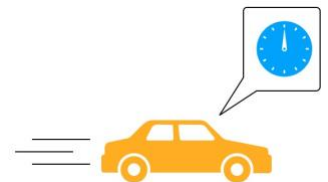
となり、一直線上の場合、速度は+や-をつけて向きを示すことができます。または言葉で添えて、図の「x 軸正の向きに 5m/s」としても○。

問題 次の速さと速度を答えなさい。ただし右向きを正とする。



○ 平均の速さと瞬間の速さ

1 時間をかけて 30km を車で走った場合、車の「平均の速さ」は () km/h です。でも実際には信号で止まったり、50km/h などで走ったり。車のスピードメータは、その時々「() の速さ」を示している。



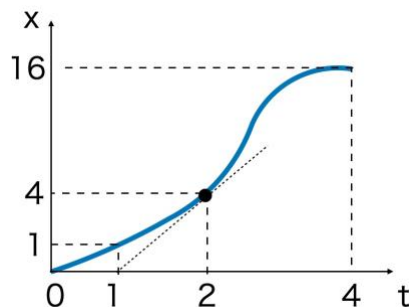
問題 次の各問に答えなさい。



- (1) 直線上を 4 秒間で、16m 移動した。このときの平均の速さを求めなさい。またこの速さで 5 秒移動したとすると、何m 移動するか。

この動きを詳しく測定すると、次のような $x-t$ グラフを得た。

- (2) 「0-2 秒」と「1-2 秒」の平均の速さをそれぞれ求めなさい。
 (3) (2) の平均の速さを傾きに持つ直線とその区間に描きなさい。
 (4) 2 秒の「瞬間の速さ」を求めなさい。割り切れない場合は、少数第 1 位まで答えなさい。



ここまでのポイント

- ・速さがわかると、将来の変位（位置）を予測することができる。 (1) より
- ・ $x-t$ グラフのポイント 速さは $x-t$ グラフの（ ）を示す。 (3) より
- ・「速さ」には「平均の速さ」と「瞬間の速さ」の 2 つがある。

$$\text{平均の速さ } \bar{v} = \frac{\text{変位の変化}(\Delta x)}{\text{時間の変化}(\Delta t)}$$

$$\text{瞬間の速さ } v = x-t \text{ グラフの ()} = \frac{\text{小さな位置の変化 } (dx)}{\text{小さな時間変化 } (dt)}$$

○ 加速度

加速度とは、単位時間（1秒）あたりの（ ）の変化を示します。

$$a = \frac{\text{速度の変化}}{\text{時間の変化}} =$$

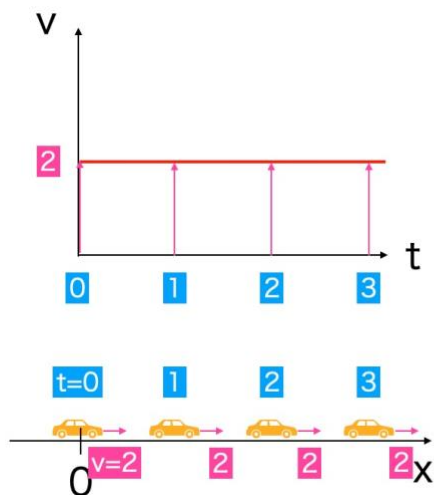
- ・ 加速度 (acceleration) は () で表す。
- ・ 単位は m/s をさらに s で割っているため、() で表す。
- ・ 加速度も速度と同じベクトル量である。
- ・ 問題などで大きさのみ問う場合は「加速度の大きさ」という。「加速度を求めなさい」という場合には、x 軸正の向きに○m/s²など、向きをつけて表す必要がある。
- ・ 加速度も「平均の加速度」や「瞬間の加速度」がある。

問題 遊園地のジェットコースターの中には、0km/h から 180km/h まで 1.6 秒で加速するものがあります。このときの平均の加速度を求めなさい（有効数字 2 桁とする）。

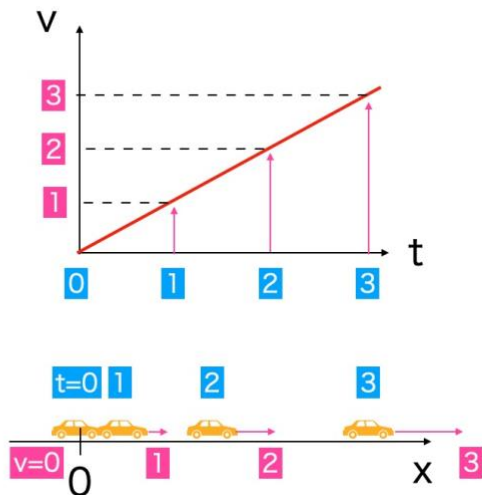
○ 等速直線運動と等加速度直線運動

直線運動において速度が変化しない運動を等速直線運動、速さが一定の割合で変化する運動を等加速度直線運動といいます（下図は例）。

等速度直線運動



等加速度直線運動

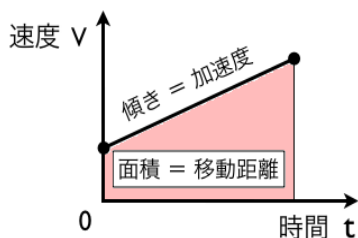


問題 1 次の各問に答えなさい。

- (1) それぞれのグラフの加速度を求めなさい。
- (2) 速さは単位時間に進む距離である。等速度直線運動の v - t グラフにおいて、2 秒間に進んだ距離を求めて、それが示す部分を色で塗りなさい。

v - t グラフのポイント

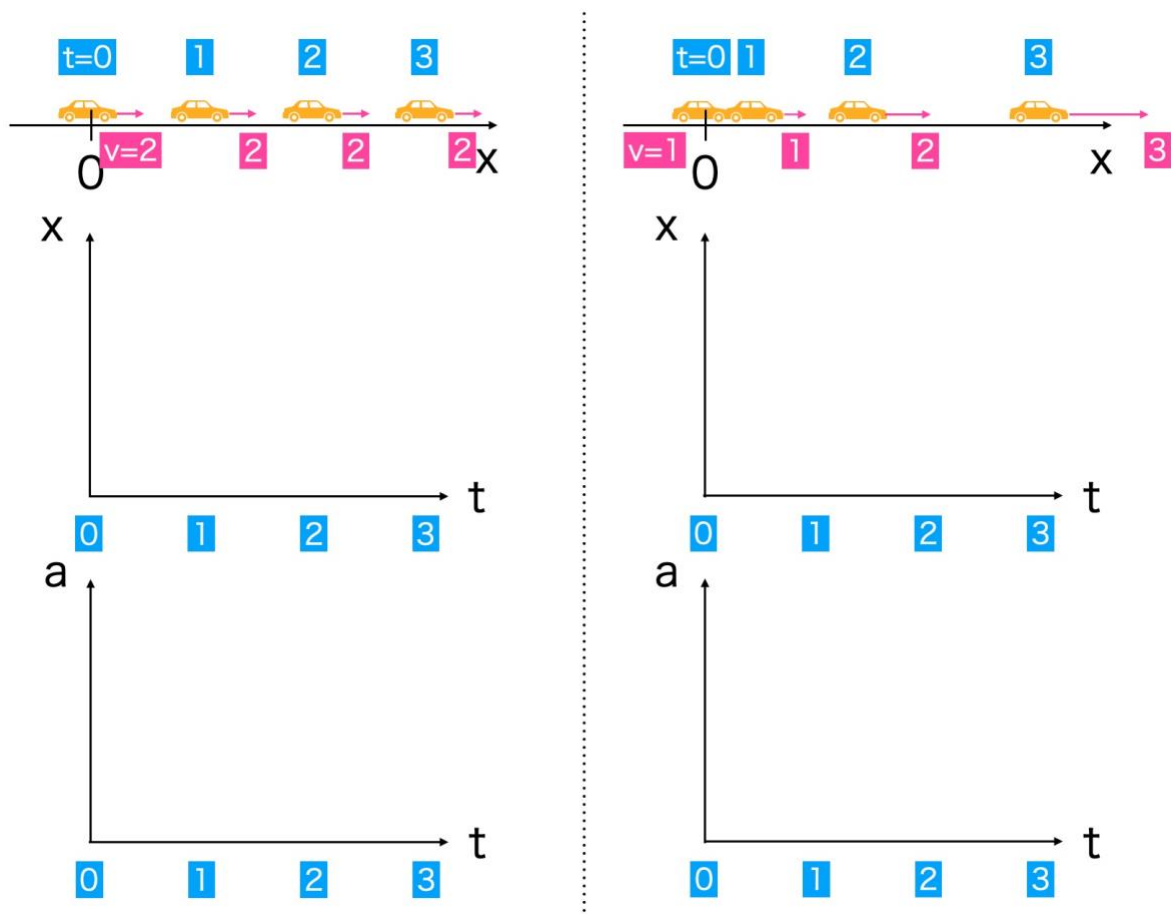
- ・ v - t グラフの（ ）は加速度を示す。
 - ・ v - t グラフの（ ）は移動距離（=変位）を示す。
- （等加速度直線運動においても）



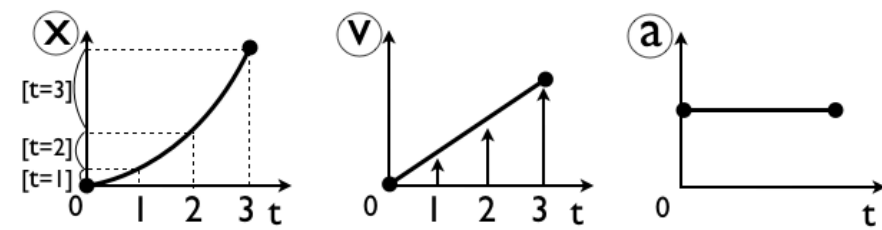
問題2 v - t グラフのポイントを踏まえて、

(1) 0-2 秒の間の上の「等加速度直線運動」で進む距離を求めなさい。

(2) 上の2つの運動において、 x - t グラフと a - t グラフを作りなさい。

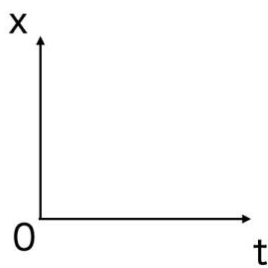
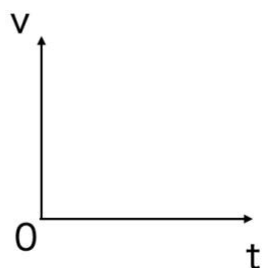
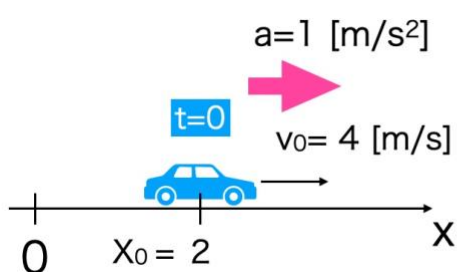


まとめ 例) 等加速度直線運動



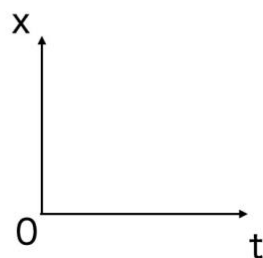
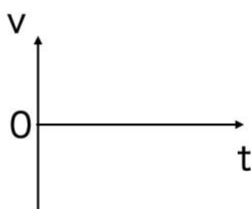
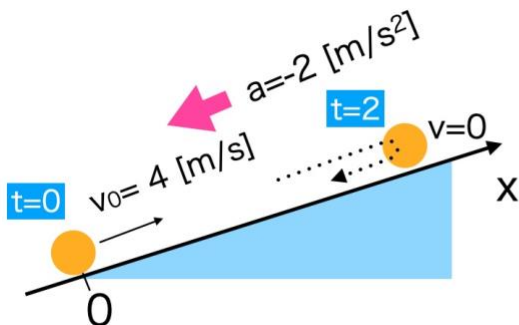
○ 初期条件

物体の運動は初めに止まっているものもあるが、もうすでに速度を持っているものもある。時刻 $t=0$ での速度を（ ）という。また $t=0$ のときにいつも原点 $x=0$ にいるわけではない。はじめにいる位置を（ ）という。



○ 負の加速度

斜面上でボールに上向きに初速度を与えると、等加速度直線運動をする。このとき加速度は斜面下方向を向く。



○ 等加速度直線運動と3つの式

次の3つの式を覚えて、 a , v_0 , (x_0) に条件を入れると、 v - t グラフを描かなくても、物体の速度や位置が予測できる。

等加速度直線運動の3つの式

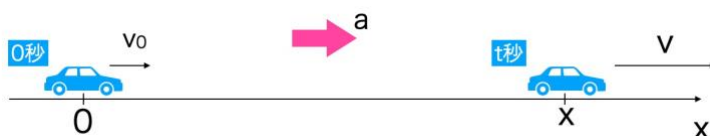
① 速度の式 ()

② 位置の式 ()

※ 初期位置 x_0 がある場合には、 $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$

③ 時間 t を含まない式 ()

※ 初期位置 x_0 がある場合には、 $v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$



問題 直線上を速さ 2.0m/s で走っていた車が、あるとき一定の加速度 0.40m/s^2 で 20 秒間加速した。この 20 秒の間の移動距離と、 20 秒後の速度を求めなさい。

等加速度直線運動の問題 式を使った解き方

- ① 絵を描いて、動く方向に軸をのぼす
- ② 軸の方向を見て、速度・加速度に+または-をつける
- ③ a 、 v_0 、 x_0 を等加速度運動の公式に入れる。

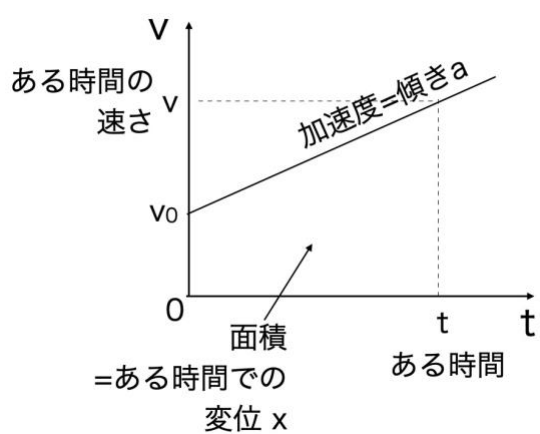
問題 x 軸上で等加速度直線運動をしているボールが原点を 2.0m/s で通過した後、 $x=5.0\text{m}$ の点を速度 6.0m/s で通過した。このボールの加速度を求めなさい。

<速度の式と位置の式を使って解く>

<時間を含まない式を使って解く> 便利!

○ 等加速度直線運動と3つの式の導き方

3つの式は v - t グラフの性質から導き出せます。あらゆる等加速度直線運動について扱いたいの
で次のような v - t グラフの運動を考えます。



<導出>

○ 有効数字について

問題集の答えを見ると、100 を 1.0×10^2 と奇妙な感じで表しています。なぜでしょうか。実験で使ったメスシリンダーを読む時、メモリは（ ）まで読みます。例えばピッタリ 50mL に見えたら、そのときは（ ）mL と書きます。50 ではなく 50.0 という「.0」部分が 1/10 まで読んだことを示しており、**大切な数字です**。50 は有効数字 2 桁、50.0 は有効数字 3 桁です。理科の数字はこのような測定値を示すことが多く、**この有効数字を意識して計算しなければいけません**。



○ 有効数字の表し方

理科で扱う数字は $\bigcirc.\bigcirc\bigcirc \times 10^\square$ と表して、 $\bigcirc$ の数を有効数字の数に合わせると、相手に間違いなく・わかりやすく伝わります。例えば 50.0mL (有効数字 3 桁) は、有効数字変えないようにして単位をリットルで表すと（ ）L です。なお、はじめの「0.0」は有効数字とは関係なく、「500」の部分が有効数字 3 桁。これは 5.00×10^{-2} と表したほうが、間違いなく伝わりますよね。同様に 1000 を表すときに有効数字が 2 桁なら 1.0×10^3 、3 桁なら 1.00×10^3 と表します。

問題 次の有効数字は何桁ですか。桁数を答えなさい。

- (1) 0.050 (2) 5.0×10^{-15} (3) 1234.5 (4) 0.000234

参考 10 の累乗の表し方・計算について

$$\begin{array}{c} 1 \, \underbrace{000}_{3 \, 2 \, 1} \end{array}$$

・ 1000 は $10 \times 10 \times 10$ で、（ ）と表す。

$$\begin{array}{c} 0. \underbrace{001}_{-1 \, -2 \, -3} \end{array}$$

・ 0.001 は $\frac{1}{1000}$ で $\frac{1}{10} \times \frac{1}{10} \times \frac{1}{10} = \frac{1}{10^3}$ となり、これを（ ）と表す。

・ $10_2 \times 10_3$ は、 100×1000 だから、 $100000 = 10_5$ となるので、 $10_\bigcirc \times 10_\Delta =$ （ ）

・ $10_2 \times 10_{-3}$ は、 $100 \times \frac{1}{1000} = \frac{1}{10} = 10^{-1}$ となるので、 $10_\bigcirc \times 10_{-\Delta} =$ （ ）

問題 次の物理量を有効数字2桁で表しなさい（3桁目を四捨五入する）。

(1) 光の速さ



2 9 9 8 0 0 0 0 0 m/s

(2) 赤血球の体積



0. 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 8 9 m³

○ 有効数字のルール（掛け算・割り算）…有効数字のもっとも少ない桁数に合わせる

例 1) $2.10 \times 1.234 = 2.5914 = 2.59$ 例 2) $2.1 \times 1.234 = 2.5914 = 2.6$
3桁 4桁 3桁にする 2桁 4桁 2桁にする

→ 測定値の有効数字の桁が少ないと、計算をすると信頼できる桁が減っていつてしまう（泣）
（実験は丁寧に・できるだけ有効数値の桁数を多くとりましょう）

○ 有効数字のルール（足し算・引き算）…最後の桁の位が最も大きいものに合わせる

例) $1.234 + 234.1 = 235.334 = 235.3$
少数第3位 少数第1位 桁が大きいのは少数第1位

問題 縦 30.2cm、横 9.8cm の長方形の面積 (cm²) の図形の面積を求めなさい。

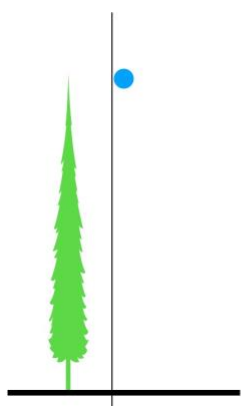
問題演習等で練習しましょう。中には有効数字に気をつけていない問題もありややこしい。有効数字は慣れの問題もあるので、量をこなしましょう。

○ 落下運動

等加速度直線運動は身近にあります。物体を落とすと、その加速度は常に一定で（ ） m/s^2 となることがわかっています。この加速度の大きさを（ ）といい、9.8 は特別な数字であるので（ ）という文字をあてます。直線上の落下運動は、**自由落下**、**鉛直投げ下ろし**、**鉛直投げ上げ**があります。どれも等加速度直線運動なので、解き方の手順は同じです。

- ① 絵を描いて、動く方向に軸をのばす
- ② 軸の方向を見て、速度・加速度に+または-をつける
- ③ a 、 v_0 、 x_0 を等加速度運動の公式に入れる。

自由落下の問題 高い木の頂上から小球を自由落下させました。2.0 秒後に地面にぶつかりました。木の高さを求めなさい。またその時の速度を求めなさい。重力加速度を 9.8m/s^2 とする。



v_0	
a	

$$y = \frac{1}{2}at^2 + v_0t = \quad \text{①}$$

$$v = at + v_0 = \quad \text{②}$$

鉛直投げおろし問題 ある物体を初速度 $v_0[\text{m/s}]$ で下方に投げ下ろしました。このときの 1 秒後の速さと位置を求めなさい。重力加速度は $g [\text{m/s}^2]$ とする。



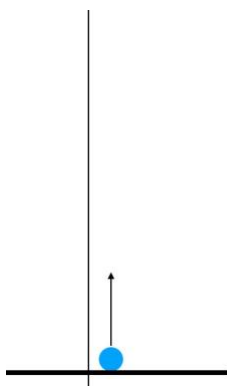
v_0	
a	

$$y = \frac{1}{2}at^2 + v_0t = \quad \text{①}$$

$$v = at + v_0 = \quad \text{②}$$

鉛直投げ上げの問題

小さな球を鉛直上向きに速さ 14.7m/s で地面から投げ上げました。重力加速度は 9.8m/s^2 とし、空気抵抗は無視できるものとします。次の問いに答えなさい。



v_0	
a	

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

①

$$v = at + v_0 =$$

②

- (1) 最高点に達するまでの時間を求めなさい。
- (2) 最高点に達したときの、地面からの高さは何mですか。
- (3) 再び地面に戻ってくるまでの時間は、投げてから何秒後ですか。またこのときの速度を求めなさい。

鉛直投げ上げの運動では以下のポイントを押さえておきましょう。

ポイント1 軸の向きはずっと（ ）に向ける。

ポイント2 最高点では速度が瞬間的に（ ）になる。

ポイント3 最高点を折り返し地点として、速度の大きさ（速さ）や時間が左右対称になる。

○ 2次元の運動

2次元の運動は「物理」の範囲ですが、1次元の運動を応用すると、未来の運動の様子を予測することができます。例えばこれは教室でボールを投げたときのストロボ写真の様子です。

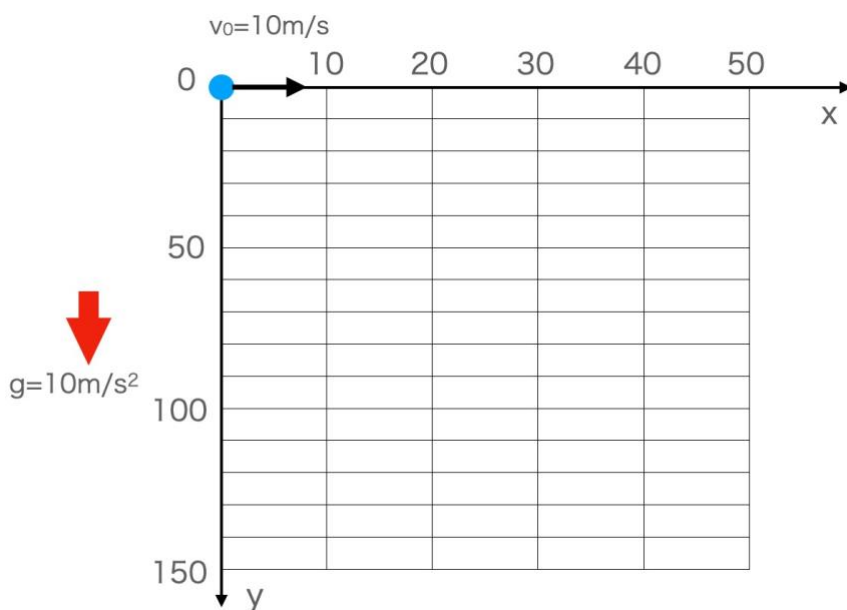


水平方向と鉛直方向に分けて、この運動について分析をしてみましょう。

このように、2次元の放物運動については、水平方向は（ ）直線運動、鉛直方向は（ ）直線運動になっている。

○ 水平投射 水平方向に初速度を加えて落下運動

例) 初速度 10m/s の水平投射の場合 (重力加速度 10m/s²)



X 方向 初速度 v_{0x} () 加速度 a_x ()

$$x = \frac{1}{2} a_x t^2 + v_{0x} t =$$

$$v_x = at + v_{0x} =$$

Y 方向 初速度 v_{0y} () 加速度 a_y ()

$$y = \frac{1}{2} a_y t^2 + v_{0y} t =$$

$$v_y = at + v_{0y} =$$

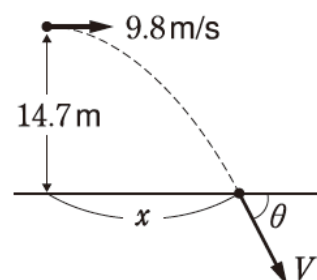
問題 上のグラフに物体の動く様子と速度の様子を書き込んでみましょう。

<計算欄>

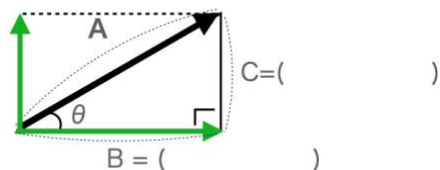
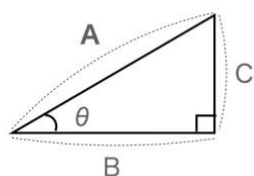
問題 リードα 基本例題 9

地上 14.7m の高さから小球を水平方向に初速度 9.8m/s で投げた。重力加速度の大きさを 9.8m/s^2 とする。

- (1) 小球が地面に当たるまでの時間 t [s] を求めよ。
- (2) 投げた点から地面に当たる点までの水平距離 x [m] を求めよ。



参考 三角関数



$$\sin\theta = \frac{C}{A}$$

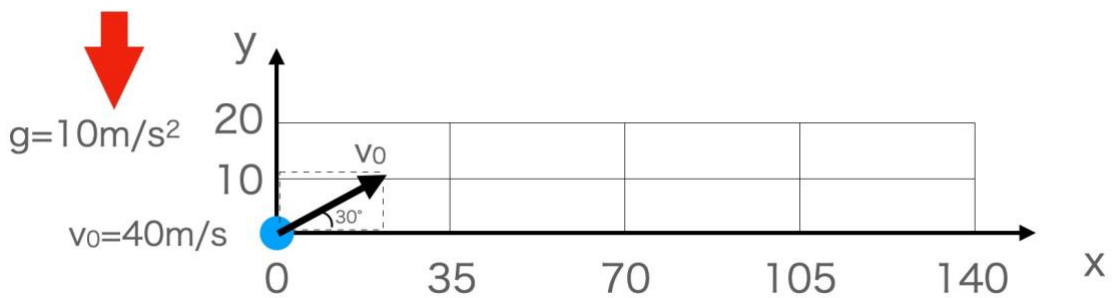
$$C = (\quad)$$

$$\cos\theta = \frac{B}{A}$$

$$B = (\quad)$$

○ 斜方投射 斜めの方向に初速度与えた落下運動

例) 初速度 40m/s、角度 30° の水平投射の場合 (重力加速度 10m/s^2)



X方向 初速度 v_{0x} () 加速度 a_x ()

$$x = \frac{1}{2}a_x t^2 + v_{0x}t =$$

$$v_x = at + v_{0x} =$$

Y方向 初速度 v_{0y} () 加速度 a_y ()

$$y = \frac{1}{2}a_y t^2 + v_{0y}t =$$

$$v_y = at + v_{0y} =$$

上のグラフに物体の動く様子と、最高点の速度を描き込んでみましょう。

<計算欄>