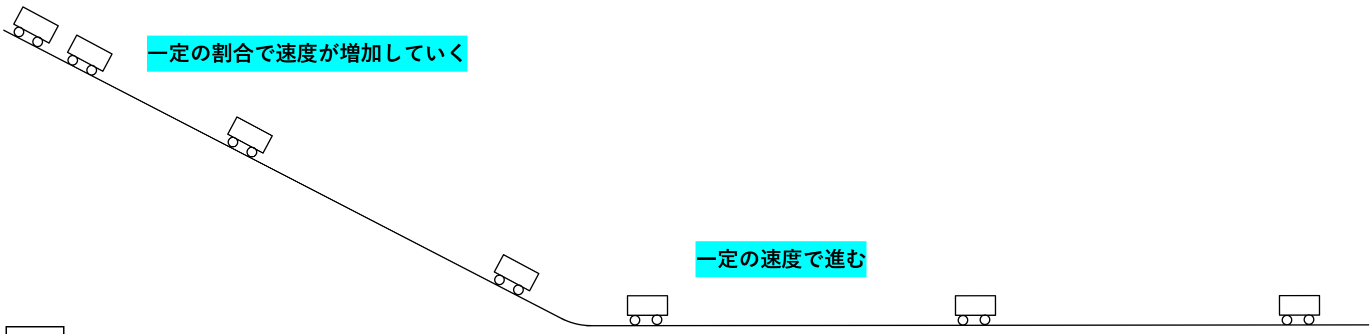
1　運動を表す方法が分かる

どんな運動を扱うの？

一定の速度の運動，または一定の割合で速度が増加したり，減少したりする運動を扱います。

例えば，図のような斜面と水平な面があり，台車を斜面の上に置くと，斜面では一定の割合で速度が増加し，水平面では一定の速度で進みます。

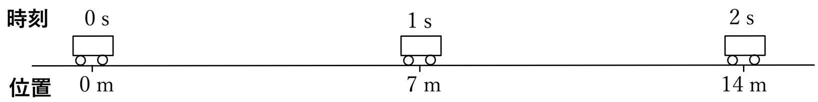


速度　「速さ」とは？

1 s（秒）あたり何 m 進むかを「速さ」といいます。 $\boxed{（速さ）=\dfrac{（距離）}{（時間）}}$ で定義されます。

距離の単位に m ，時間の単位に s（秒）を用いると，速さの単位は m/s となります。単位の読み方は（ メートル毎秒 ）です。

問　右図の台車の速さはいくらか。



$（速さ）=\dfrac{7\text{ m}}{1\text{ s}}=\mathbf{7\ m/s}$　または $\dfrac{14\text{ m}}{2\text{ s}}$ や $\dfrac{14\text{ m}-7\text{m}}{2\text{ s}-1\text{s}}$ としてもよい。

「速さ」と「速度」は同じ？

違います。

「速度」は「速さ」に運動の向きを加えたものです。上図の場合，「速度」は『右向きに 7m/s』となります。あらかじめ正の方向を決めている場合は，＋や－の符号で向きを表すこともできます。

したがって，「速さ」を「速度の大きさ」ということもあります。

一定の速さでまっすぐ進む運動を（　等速直線　）運動または（ 等速度 ）運動といいます。

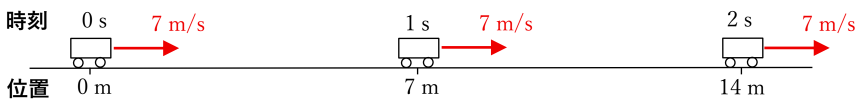
「速度」は見える？

見えません。

見ることができるのは，時間が経過したときの位置の変化です。

見えない「速度」を矢印でイメージします。矢印の向きが「速度」の向き，矢印の長さが「速さ（速度の大きさ）」となるようにします。矢印の長さの取り決めはありません。ただし，速さが２倍になったら，矢印の長さを２倍にします。

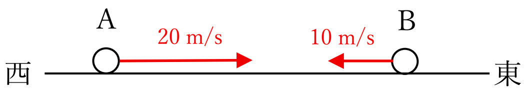
問　図の１s ，２s の台車の速度を矢印で示せ。



問　物体Aが『　東向きに 20m/s　』，物体Bが『　西向きに 10m/s　』で動いている。

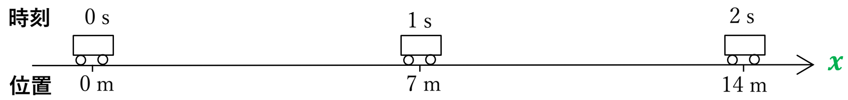
東向きを正の向きとすると，物体Aの**速度**は（　+20　）m/s，物体Bの**速度**は（　−10　）m/s と表される。
+の符号は省略してもよい

右図にA，Bの速度を矢印で示せ。



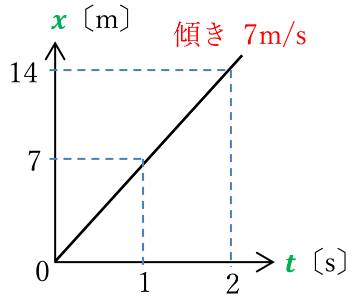
グラフで運動を表せる？

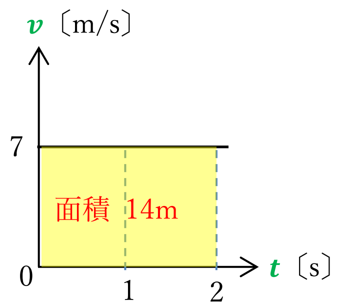
グラフで運動の様子を表すことができます。



図のように，x 座標を設定して，物体の位置を表します。

時刻を t，速度を v として，x と t のグラフ（$x-t$ グラフ），v と t のグラフ（$v-t$ グラフ）は，右のようになります。





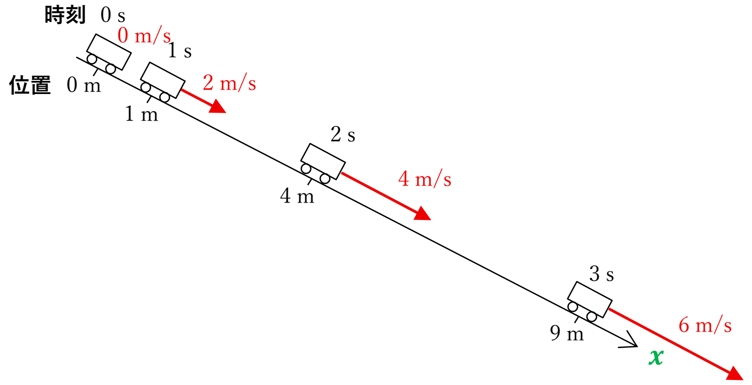
「エックス ティーグラフ」「ブイ ティーグラフ」と読みます。−は引き算記号ではありません。

$x-t$ グラフの傾きは（　速度　），$v-t$ グラフの下の面積は（　距離　）となります。

加速度　速度を増加させて斜面を下りていく運動はどうやって扱うの？

新しく，「加速度」という物理量が必要となります。

例えば，1 s（秒）あたり速度が 2 m/s 増加している場合，「加速度」は 2 m/s² です。この単位の読み方は（　メートル毎秒毎秒　）です。



図のように，台車が斜面を下りていくとき，時刻 0 s から 1 s の平均の速度は $\frac{1\,\mathrm{m}-0\,\mathrm{m}}{1\,\mathrm{s}-0\,\mathrm{s}}$ ＝1 m/s です。

速度は増加しているのでは？

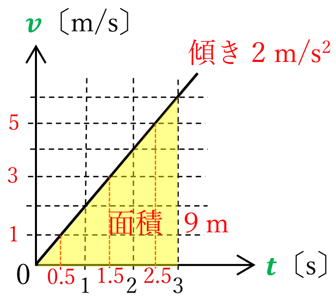
一定の割合で速度が増加しているとき，平均の速度は平均に用いた時刻のまんなかの時刻の瞬間の速度になります。

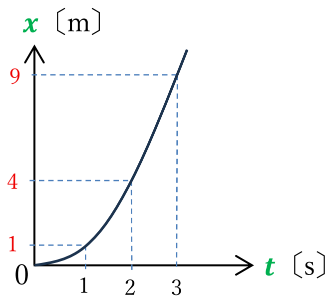
1 m/s は時刻 0.5 s の瞬間の速度です。

時刻 1 s から 2 s の平均の速度 $\frac{4\,\mathrm{m}-1\,\mathrm{m}}{2\,\mathrm{s}-1\,\mathrm{s}}$ ＝3 m/s は 時刻 1.5 s の瞬間の速度，時刻 2 s から 3 s の平均の速度 $\frac{9\,\mathrm{m}-4\,\mathrm{m}}{3\,\mathrm{s}-2\,\mathrm{s}}$ ＝5 m/s は 時刻 2.5 s の瞬間の速度　となります。

位置座標を x，時刻を t，速度を v として，$v-t$ グラフと $x-t$ グラフを描くと，右のようになります。

$v-t$ グラフを見ると，速度が一定の割





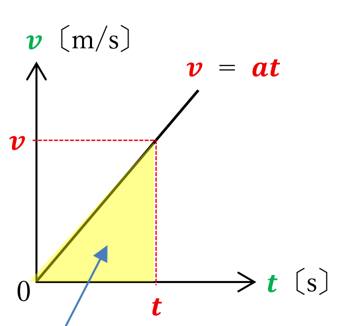
合で増加しているのが分かります。またグラフから，時刻 1 s の速度は（ 2 m/s ），時刻 2 s の速度は（ 4 m/s ），時刻 3 s の速度は（ 6 m/s ）のように，各時刻の瞬間の速度を読み取ることができます。さらに， 1 s あたりの速度の増加が加速度なので，グラフの傾きが（加速度 ）となります。

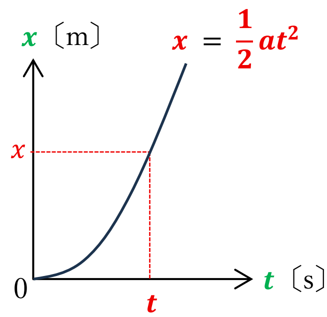
したがって，この台車の加速度の値は（ 2 m/s² ）です。

v − t グラフの中には，まだ情報が隠されています。時刻 0 s から 1 s のグラフの下の三角形の面積は（ 1 m ），時刻 0 s から 2 s は（ 4 m ），時刻 0 s から 3 s は（ 9 m ）となり，グラフの下の面積は台車が斜面を下りた（ 距離 ）となります。

問 図の 1 s ， 2 s ， 3 s の台車の速度を矢印で示せ。

x − t グラフは曲線になるの？





２次関数の曲線となります。

台車の運動を文字を用いて表してみましょう。

加速度を ***a*** とすると，時刻 ***t*** のときの速度は ***v* = *at*** ，右の ***v − t*** グラフの直線の式となります。

v − t グラフの下の三角形の面積は，台車が斜面を下りた距離，すなわち台車の位置 ***x*** なので， $\boldsymbol{x} = \dfrac{v \times t}{2} = \dfrac{at \times t}{2} = \dfrac{1}{2}at^2$ となり， ***x*** は ***t*** の 2 次関数となります。

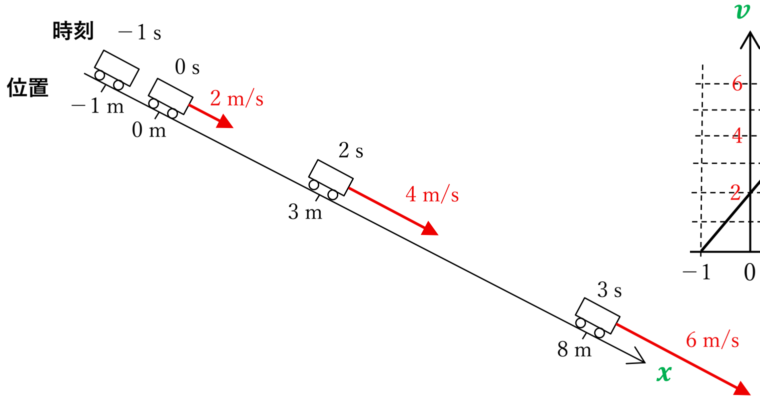
時刻 0 秒や位置 0 mの取り方は決まっているの？

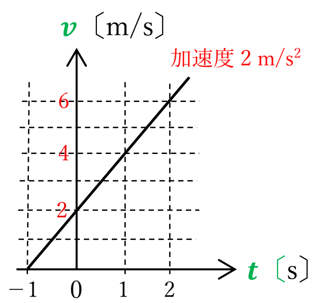
決まっていません。

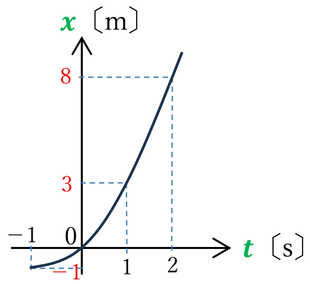
問題文で指示がなければ，時刻 0 秒や位置 0 m の取り方は自由です。前記の運動を，下図のように時刻と位置を設定しても，移動した距離，速度，加速度の値は変わりません。

また，時刻 0 秒の位置を 0 m にしなくてもいいのですが，ややこしくなるのでおすすめしません。

時刻 0 秒のときの速度を（ 初速度 ）といいます。したがって，下図の初速度は（2 m/s ）です。



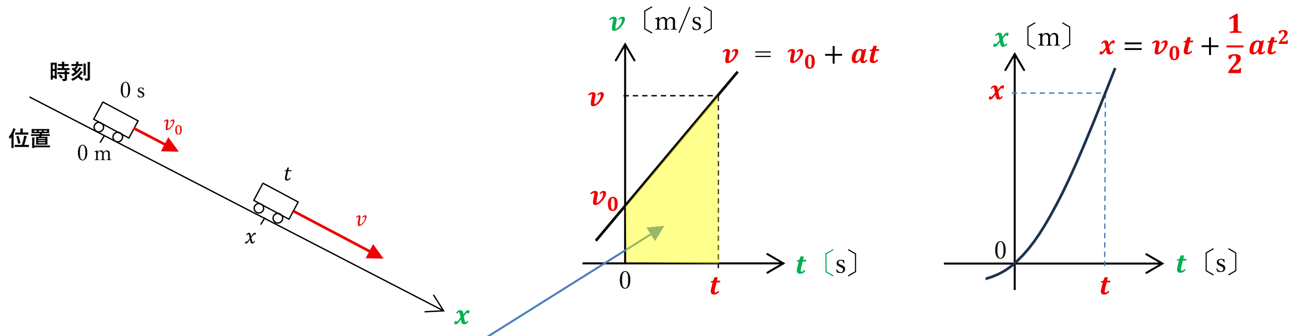




一定の割合で速度が増加（または減少）する運動を（ 等加速度 ）運動といいます。

等加速度運動の問題を解くときの公式はどうなりますか？

$\boxed{v = v_0 + at \qquad x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \qquad v^2 - {v_0}^2 = 2ax}$ です。



初速度を v_0 ，加速度を a とすると，時刻 t のときの速度は $v = v_0 + at$ となり，上の $v - t$ グラフの直線の式となります。

$v - t$ グラフの下の台形の面積は，台車が斜面を下りた距離，すなわち台車の位置 x なので，

$$x = \frac{(v_0 + v) \times t}{2} = \frac{(v_0 + v_0 + at) \times t}{2} = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$ となります。

$v = v_0 + at$ を $t = \dfrac{v - v_0}{a}$ と変形し，$x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ の t に代入すると $v^2 - {v_0}^2 = 2ax$ となります。

問　初速度 4.0 m/s，加速度 2.0 m/s^2 で等加速度運動する物体がある。

(1) 5.0 秒後の速度とその間に移動した距離を求めよ。

(2) 物体が 60 m 移動したときの速度を求めよ。

(3) 物体の運動の $v - t$グラフ を描け。

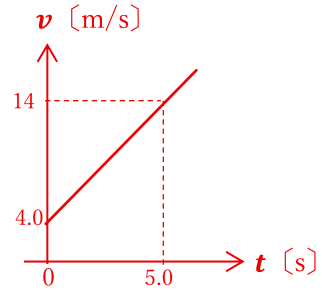
(1) $v = v_0 + at$ より，5.0 秒後の速度は v = 4.0m/s + 2.0m/s^2×5.0s = **14m/s**

$x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ より，5.0 秒間に移動した距離は $x = 4.0\text{m/s} \times 5.0\text{s} + \frac{1}{2} \times 2.0\text{m/s}^2 \times (5.0\text{s})^2 =$ **45m**

(2) $v^2 - {v_0}^2 = 2ax$ より，60m 移動したときの速度は $v^2 - 4.0^2 = 2 \times 2.0 \times 60$ ∴ v = **16m/s**

式中の単位は慣れてきたら書く必要はありません。ただし，左辺と右辺で計算したとき異なる単位になると，用いた公式や代入した値が間違っていることになるので，初めのうちは書くようにしてください。（例：$x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ のとき，m=m/s×s＋m/s^2×s^2 は m=m+m となり両辺の単位が同じになります。）

(3)



グラフを描くときは，縦軸と横軸が何か，また，その単位を書く。軸の交点が 0 の場合，「0」と書く。

直線のグラフの場合，グラフが通る 2 点を図のように示す。2 点以上示す必要はありません。また，細かく目盛りを入れる必要もありません。

負の加速度　速度が減少するときは？

等加速度運動の公式　$v = v_0 + at$　　$x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$　　$v^2 - {v_0}^2 = 2ax$　を使います。

ただし，加速度 a の値を「負」とします。例えば，１秒あたり速度が２m/s 減少している場合，「加速度」は－２m/s² です。

図１

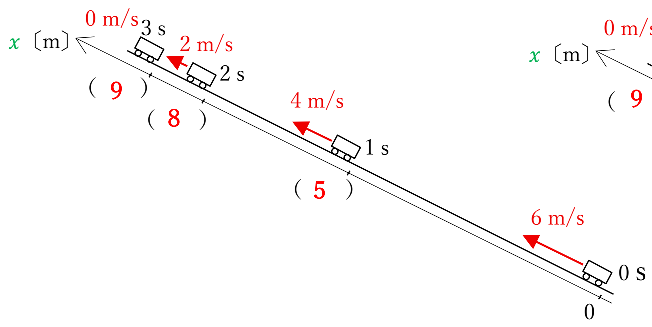


図２

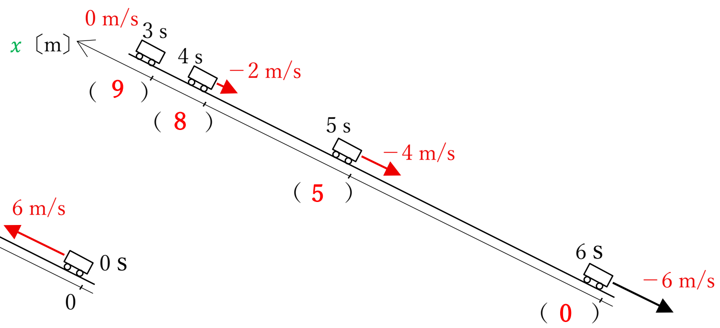
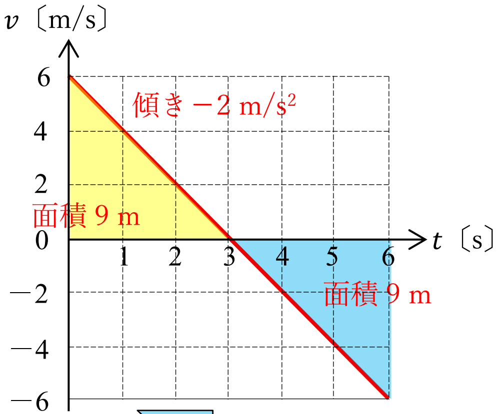
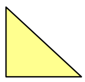
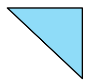


図１のように，初速度６m/s で斜面上方に向けて台車を押し出した。台車は減速しながら斜面上方に向かって進み，最高点で速度が一瞬 0m/s になった後，図２のように斜面下方に下ってきます。

図のように座標軸 x をとると，上方に向かう速度は正，下方に向かう速度は負となります。



問　台車の運動の $v-t$グラフ を描け。

 は上方に移動した距離　 は下方に移動した距離

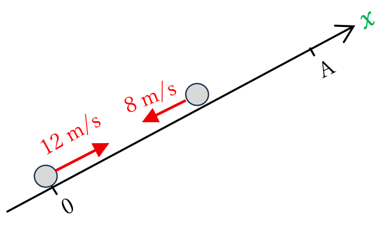
問　１秒あたり速度が２m/s 減少しているので，加速度は a ＝ －２m/s² である。等加速度運動の公式より $v = 6 + (-2) \times t$，$x = 6 \times t + \frac{1}{2} \times (-2) \times t^2$ となる。この式を用いて，次の表を完成せよ。

t	0 s	1 s	2 s	3 s	4 s	5 s	6 s
v	6 m/s	4 m/s	2 m/s	0 m/s	−2 m/s	−4 m/s	−6 m/s
x	0 m	5 m	8 m	9 m	8 m	5 m	0 m

また，この結果を用いて，図１，図２中の（　）に値を記せ。

【重要】x は距離でなく，座標！

問　図の x軸に沿って小球が等加速度運動している。小球は時刻 t ＝0 s に原点 O をx軸の正の向きに 12 m/s の速さで通過した。その後，小球は点 A で折り返し，時刻 t ＝5.0 s には x軸の負の向きに 8.0 m/s の速さになった。



(1)　小球の加速度を求めよ。

(2)　点 A の座標を求めよ。

(3)　小球が再び原点 O に戻る時刻を求めよ。

(4)　時刻 t ＝5.0 s までの道のり（小球が移動した距離）を求めよ。

【解】

(1)　時刻 t ＝5.0 s の速度は（ －8.0 m/s ）となるから，$v = v_0 + at$ より，

$-8.0 = 12 + a \times 5.0$　∴ $a = \mathbf{-4.0\ m/s^2}$

(2)　点 A での速度は（ 0 m/s ）となるから，$v^2 - {v_0}^2 = 2ax$ より，

$0^2 - 12^2 = 2 \times (-4.0) \times x$　∴ $x = \mathbf{18\ m}$

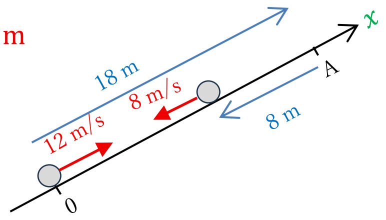
(3)　原点 O は $x =$（ 0 m ）だから，$x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ より，

$0 = 12 \times t + \dfrac{1}{2} \times (-4.0) \times t^2$　$t^2 - 6t = 0$　∴ $t = 6.0$ s

(4)　時刻 t ＝5.0 s の座標は，$x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ より，（ 10 m ）だから，点 A から戻ってきた距離は（ 18 m ）－（ 10 m ）＝（ 8 m ）となる。したがって，求める道のりは，

時刻 t ＝5.0 s の座標　$x = 12 \times 5.0 + \dfrac{1}{2} \times (-4.0) \times 5.0^2$　∴ $x = 10$ m

したがって，求める道のりは 18 m＋ 8 m ＝ **26 m**



〔参考〕