

物理基礎

例題 1) 長さが 4.0 m の紐をつかって四角形をつくる。その面積が最大になるような四角形の形、辺の長さを説明しなさい。(理由も説明すること！)

例題 2) 長さが 50 m の橋がある。A さんは橋を 1.5 m/s で進む。B さんは A さんとは反対側から 1.0 m/s で、A さんと同時に進み始めた。二人が橋の上ですれ違うのは進み始めてから何秒後か。また、それは A さんがスタートしたところから何 m のところか。(求め方も説明すること！)

○指数と有効数字

物理ではとても大きな数字や小さい数字を扱う。指数を使うと便利である。

例 3.0×10^8

この部分は $1 \leq x < 10$ の範囲になるようにする。ただし、指数の数字が 1 と -1 になるときは $0.1 \leq x < 100$ で OK

指数の部分の上の小さい数字は、1 と -1 にならないようにする！

第1部 物体の運動とエネルギー

第1章 物体の運動

特にこの章では、物体が（ ）、（ ）にあるのか、またどのくらいの（ ）なのかを計算により予測する。

1 速度

～今回の物理量～

名称	記号	単位

※これらの関係を式で表していく。

◆質問：「速さ」とは、何ですか？

（自分の考え）

（友達のかえ）

（かえ合わせ）「速さ」とは…

◆質問：「速さ」のかめ方は？

○単位の変換

◆ 72 km/h は何 m/s か。

◆ 15 m/s は何 km/h か。

◆ フォローアップドリルの1で練習してみよう！【要項】もちゃんとやること！

○速さと速度

「速さ」 speed …

「速度」 velocity …

速さ (スカラー)

速度 (ベクトル)

※一直線上の場合 (東西、南北、左右、上下など) は、どちらかを正、もう一方を負と定めて表現することができる。



①の速さは ()、②の速さは ()

①の速度は ()、②の速度は ()

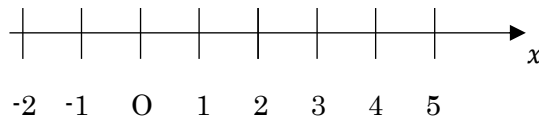
→ 東向きを正、西向きを負と定めれば、

①の速度は ()、②の速度は () と表すことができる。

※「速さ」がマイナスの値になることはない。

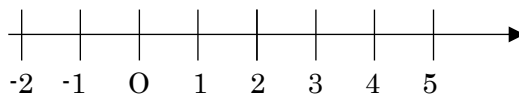
○変位と移動距離 (道のり)

変位…



このときの変位は () である。

このときの移動距離 (道のり) は () である。



①の変位は () で座標は () である。②は変位も座標も () である。

◆p7 問2

x 軸上の $x=2.0$ m の位置にあった物体が x 軸上を運動し、 $x=-3.0$ m の位置に移動した。この間の物体の変位の大きさは何 m か。また、変位の向きはどちら向きか。

◆p8 問3

東西方向の高速道路を、自動車 A は東向きに 20m/s、自動車 B は西向きに 25m/s の速さで走っている。東向きを正の向きとして、それぞれの速度を答えよ。

○等速直線運動

等速直線運動・・・

等速直線運動の式

◆p9 問5

x 軸上を正の向きに一定の速さ 3.0 m/s で運動している物体が、時刻 0 s に原点 O を通過した。時刻 0.80 s での物体の位置を求めよ。また、時刻 3.0 s から 5.0 s までの間の物体の変位を求めよ。

◆p9 問6

x 軸上を負の向きに一定の速さ 2.0 m/s で運動している物体が、時刻 0 s に $x=4.0$ m の点を通過した。時刻 1.5 s での物体の位置を求めよ。

○等速直線運動のグラフ



☆ポイント

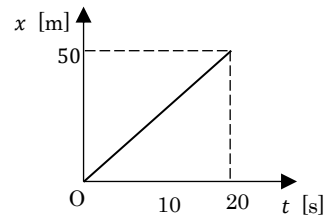
グラフから読み取ろう！！

① $x-t$ 図の傾きは（ ）と等しい。

② $v-t$ 図の面積は（ ）と等しい。

※これは等速直線運動でなくても、どんな運動でも成り立つ。

- ◆ 図は、一直線上を運動する物体の、移動距離 x と経過時間 t の関係をグラフに表したものである。このグラフの区間における、物体の速さは何 m/s か。



◆p10 問7

図5の $x-t$ グラフで表される2つの物体A、Bの運動を考える。AとBは互いに衝突することなくすれ違うことができるものとして、次の問いに答えよ。

- (1) 時刻 t [s]におけるA、Bの位置 x_A [m]、 x_B [m]をそれぞれ表せ。
- (2) AとBがすれ違うのはいつか。

- ◆ フォローアップドリルの□2で練習してみよう！

○平均の速度と瞬間の速度



平均の速度は ()

A : 区間①では

B : 区間②では

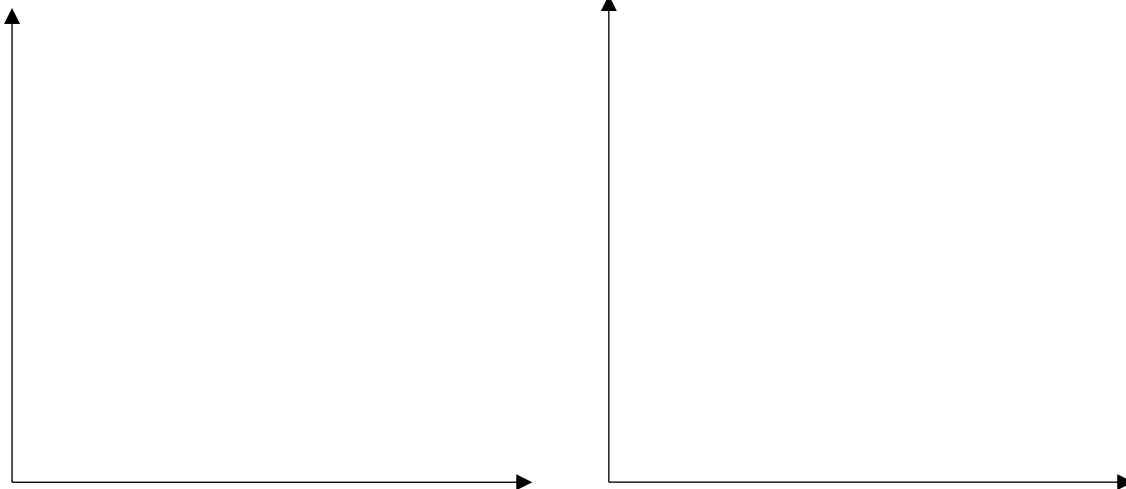
C : 区間③では

D : 区間①+②では

E : 全体では

平均の速度

グラフに描いてみよう!



区間を狭めて、 Δt をきわめて小さくしていくと、平均の速度は () となる。これは、グラフの () の傾きから求めることができる。

◆p7 問1

A 駅を出発した電車が 80 s 後に 1.2 km 離れた B 駅に到着した。このときの電車の平均の速さは何 m/s か。また、それは何 km/h か。

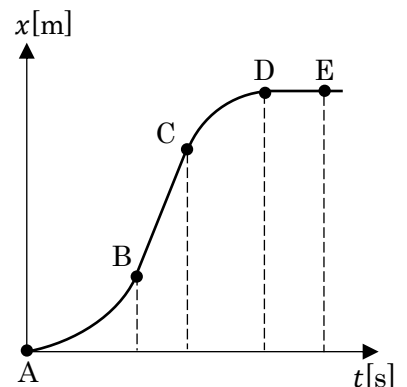
◆p8 問4

止まっていた自動車が進む向きに移動して、10 s 後には止まっていたところから 50 m、20 s 後には 200 m の位置を走っていた。進む向きを正として、動き出して 10 s 後から 20 s 後の平均の速度を求めよ。

◆ 一直線の道路上にある 36 m 離れた場所へ、30 秒かけて歩き、すぐに折り返して、走って 10 秒でもとの場所にもどった。行きと帰りの平均の速さはそれぞれ何 m/s か。また、往復の間の平均の速さは何 m/s か。

◆ 図は、一直線上を運動する物体の、位置 x と経過時間 t の関係をグラフに表したものである ($x-t$ 図)。次の(1)~(4)に該当するのはどの区間か。AB、BC、CD、DE の中から選べ。

- (1) 速度が 0
- (2) 速度が正で一定
- (3) だいに速くなっている
- (4) だいに遅くなっている



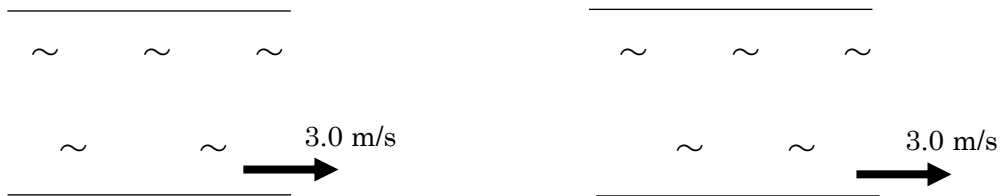
平均の速度と瞬間の速度の違いを説明しなさい。

一番説明が上手だった人は

さん

○速度の合成

(1) 一直線上の場合



☆合成速度

※向きに注意

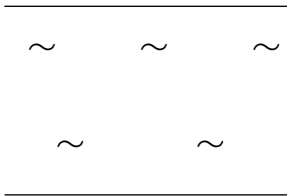
◆p11 問8

流れのない水に対して 5.0 m/s の速さで進む船がある。この船が、地面に対して 2.0 m/s の速さで流れる川を、川下に向かって進む場合の船の速度はどちら向きに何 m/s か。また、同じ船が川上に向かって進む場合の船の速度はどちら向きに何 m/s か。

◆p11 問9

ある速さで流れる川を、地面から見て 3.0 m/s の速さで川上に向かって進む船がある。この船が進む向きを変えて川下に向かって進むと、地面から見て 6.0 m/s の速さであった。この川の流れの速さは何 m/s か。

(2) 平面の場合



作図のポイント

◆p13 問 A

流れのない水に対して 5.0 m/s の速さで進む船で、地面に対して 3.0 m/s の速さで流れる川を流れに垂直な方向に横切る。このとき、流れに垂直な方向に船が進む速さは何 m/s か。また、図の角 θ は何度か、三角関数表 (p247) で調べて答えよ。

○相対速度

(1) 一直線上の場合



(2) 平面の場合

◆p15 例題 1

東向きに 60 km/h の速さで進む電車 A がある。次の問いに答えよ。

- (1) 東向きに 80 km/h の速さで進む自動車 B を A から見ると、B はどちら向きに何 km/h の速さで進むように見えるか。
- (2) 西向きに 50 km/h の速さで進むバイク C を A から見ると、C はどちら向きに何 km/h の速さで進むように見えるか。

◆p17 例題 A

風がなく、雨滴が鉛直下向きに降っているとき、10 m/s の速さで水平に走っている電車の中から外を見たところ、図のように、雨滴が鉛直方向に対して 60° の角をなして前方から降ってくるように見えた。このとき、地上に対して雨滴が落下する速さは何 m/s か。

◆ フォローアップドリルの 3 で練習してみよう！

② 加速度

人と電車が競争したら、どちらが先にゴールするだろうか。

速度が変化する場合について考えよう。

例) Aさん



Bさん



速度の変化量 ()

速度の変化量 ()

要した時間 ()

要した時間 ()

加速度とは…

Aさんの加速度は

Bさんの加速度は

～新しい物理量～

名称	記号	単位

☆加速度の定義

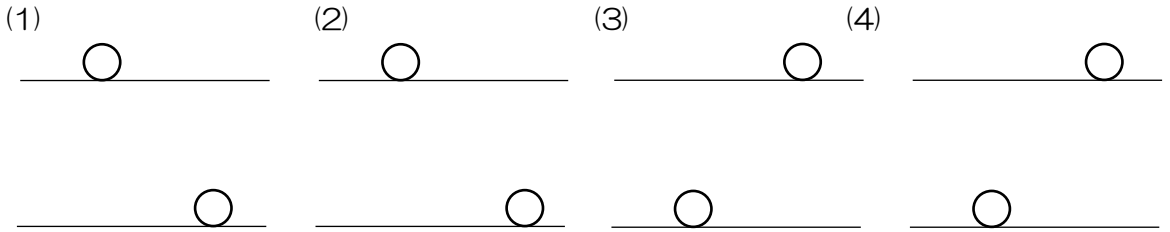
◆p18 問 10

自動車 A は、動き始めて 6.0 s 後に 12 m/s の速さになった。また、8.0 m/s の速さで進んでいた自動車 B は、加速して 8.0 s 後に 20 m/s の速さになった。A と B の加速度の大きさはそれぞれ何 m/s^2 か。

○加速度の向き

加速度はベクトル量であり、向きがある。加速度の向きは、速度の変化の向きに等しい。

右向きを正として、次の4つの場合の加速度を求めてみよう。



◆p19問 11

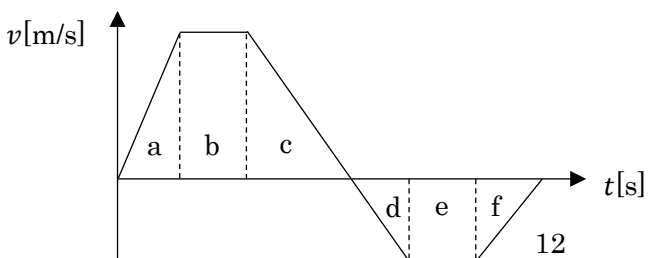
x 軸上を運動する物体の速度が、時刻 1.0 s には 6.0 m/s、時刻 3.0 s には 1.0 m/s であった。時刻 1.0 s から 3.0 s の間の平均の加速度は、どちら向きに何 m/s^2 か。

◆ 次の問いに答えよ。

図は、一直線上を運動する物体の速度 v と経過時間 t の関係をグラフに表したものである

($v-t$ 図)。区間 a~f について、次の(1)~(3)に該当するものをすべて選べ。

- (1) 加速度が 0 (2) 加速度が正 (3) 加速度が負



☆ポイント

グラフから読み取ろう！！

① $v-t$ 図の傾きは（ ）と等しい。

※これはどんな運動でも成り立つ。

(復習)

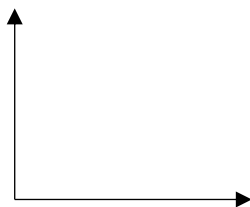
$x-t$ 図の（ ）は（ ）と等しい。

$v-t$ 図の（ ）は（ ）と等しい。

○等加速度直線運動

例) 斜面を小球が転がる時

速度と時間の関係をグラフに表すと、 $v-t$ 図は以下のようなになる。



() は $v-t$ 図の () で表される。

このグラフは、() が一定なので、加速度も一定であることが分かる。

() …… 一直線上を一定の加速度で進む運動。

・時刻 0 s での(つまりスタート時の)速度を()という。記号は()と書く。速度は、 t 秒間で()だけ変化するので、時刻 $t[\text{s}]$ での速度は

(①) となる。

◆p20 問 12

東向きに速さ 10 m/s で進んでいた自動車が一一定の加速度で速さを増し、 5.0 s 後に東向きに 20 m/s の速さになった。このときの自動車の加速度はどちら向きに何 m/s^2 か。

・時刻 t [s]での変位を求めよう。

変位は () の () で求められる。



面積から、変位は (②) となる。

①の式からは () 分かる。

②の式からは () 分かる。

この2つの式から t を消去すると、 x と v の関係が分かる。

計算すると、(③) となる。

～計算～

☆等加速度直線運動の3つの式

◆p21 問 13

速さ 10 m/s で進んでいた自動車が、 3.0 m/s^2 の一定の大きさの加速度で速さを増しながら 4.0 s 間進んだ。この間に自動車は何 m 進んだか。

◆p21 問 14

停止していたリニアモーターカーが直線軌道上を一定の大きさの加速度で走り出し、 $1.0 \times 10^2 \text{ s}$ 間に 7.0 km 走って最高速度に達した。最高速度に達するまでの加速度の大きさはいくらか。また、最高速度の大きさはいくらか。

3つの式を使い分けるポイントを自分なりにまとめよう。

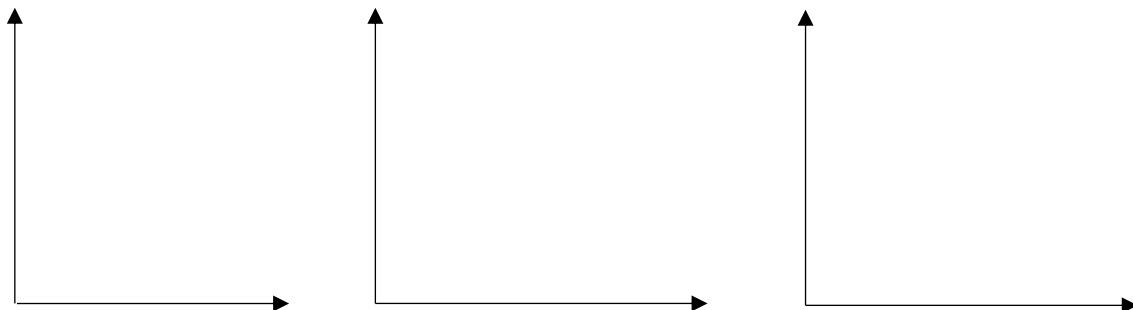
一番説明が上手だった人は

さん

チャレンジ!

○等速直線運動のグラフ（復習）

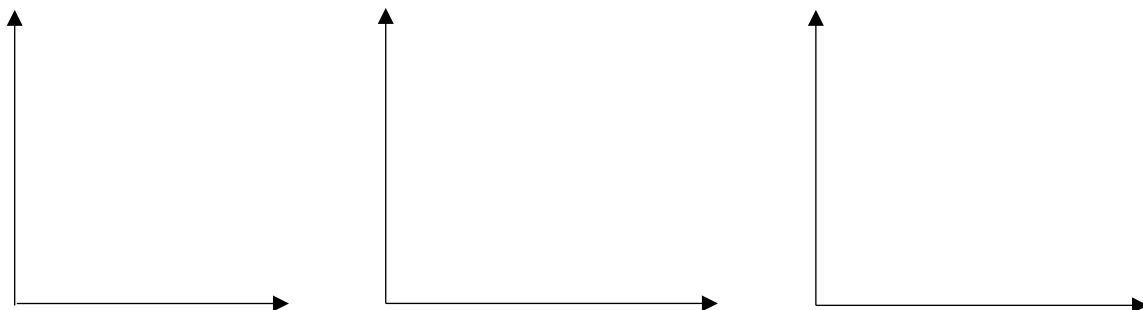
等速直線運動では速度が変わらないので、（ ）である。



○加速度が正の等加速度直線運動

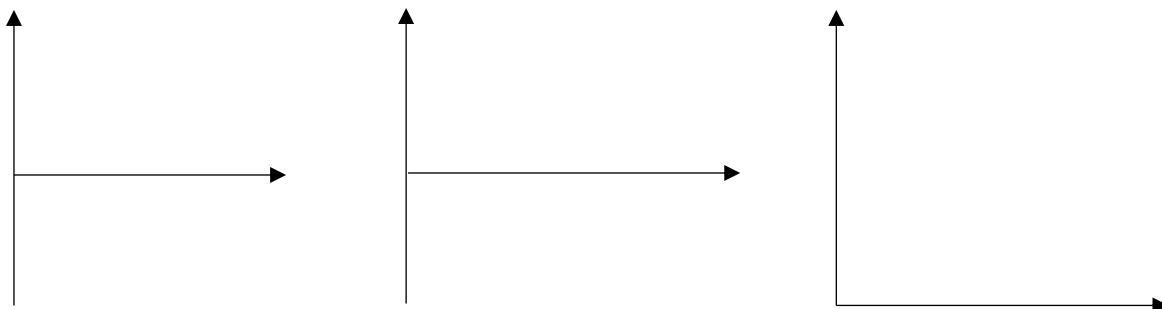
式

式



○加速度が負の等加速度直線運動

斜面を上向きに物体が転がる運動について考えよう。初めは前進しながら速さが減少していき、やがて一瞬（ ）となる。その後は後退しながら速さが増していく。



☆ポイント

◆p22 問 15

20 m/s の速さで直線軌道を走っていた列車が、ブレーキをかけて一定の加速度で減速し、400 m 進んだところで停止した。この列車の加速度の向きと大きさを求めよ。また、ブレーキをかけ始めてから停止するまでの時間を求めよ。

◆p23 問 16

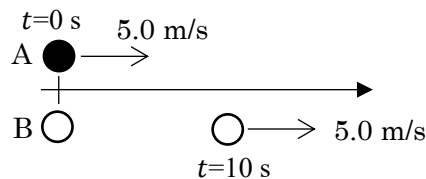
時刻 $t=0$ s になめらかな斜面に沿って上向きに速さ 2.0 m/s で小球を打ち出したところ、斜面に沿って下向きに大きさ 2.5 m/s^2 の加速度で等加速度直線運動をして、元の位置に戻った。打ち出した位置から最も離れたときの時刻と、元の位置に戻ったときの時刻をそれぞれ求めよ。

◆ フォローアップドリルの④、⑤、⑥で練習してみよう！

◆p24 例題 2

図のように、小球 A は x 軸上を正の向きに 5.0 m/s の速さで等速直線運動をし、時刻 $t=0 \text{ s}$ に原点 O を通過する。また、原点 O にあった小球 B は、時刻 $t=0 \text{ s}$ から等加速度直線運動を初め、 $t=10 \text{ s}$ のとき、 x 軸の正の向きに 5.0 m/s の速さであった。次の問いに答えよ。

- (1) A、B の運動を表す $v-t$ グラフをそれぞれ描け。
- (2) $t=10 \text{ s}$ での、A、B の位置をそれぞれ求めよ。
- (3) B が A に追いつく時刻と、そのときの位置を求めよ。



◆p24 類題 2

例題 2 の小球 A、B の運動について、次の問いに答えよ。

- (1) $0 \text{ s} \leq t \leq 20 \text{ s}$ の間で、A と B との間の距離が最も大きくなるのはいつか。
- (2) A、B の運動を表す $x-t$ グラフをそれぞれ描け。

◆p25 例題 3

x 軸上の原点 O から、時刻 $t=0$ s に x 軸の正の向きに初速度の大きさ 0.60 m/s で小球を打ち出したところ、時刻 $t=2.0$ s に $x=0.80$ m の位置を x 軸の正の向きに通過した。小球は等加速度直線運動をするものとして、次の問いに答えよ。

- (1) この小球の加速度を求めよ。
- (2) 小球が再び $x=0.80$ m の位置を通過する時刻と、そのときの速度を求めよ。

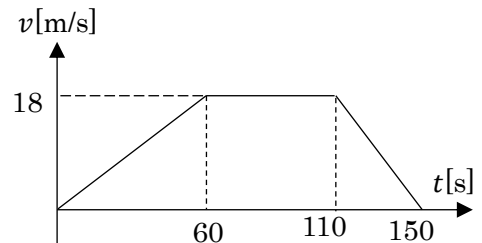
◆p25 類題 3

例題 3 の小球の運動について、次の問いに答えよ。

- (1) 小球が再び x 軸上の原点 O を通過する時刻と、そのときの速度を求めよ。
- (2) 時刻 0 s から 6.0 s までの $v-t$ グラフと $x-t$ グラフをそれぞれ描け。

◆p25 問 17

右の図は、ある列車が A 駅を出発してから B 駅に到着するまでの $v-t$ グラフである。この列車が A 駅を出発してから B 駅に到着するまでの列車の加速度 a と位置 x の時間変化を表すグラフをそれぞれ描け。



③ 落体の運動

・物体が落下するとき、()が異なる物体でも同じ加速度で落下する。その加速度は、常に鉛直下向きに()である。
→物体が落下するときは()の()である！

この加速度を()といい、()で表す。
単位は()である。

※緯度や標高などによってわずかに異なるが、同じ場所では物体の質量によらず一定。

落体の運動を、次の5つに分類して考える。

① 自由落下

・物体を()にはなして落下させる。
→()の落下運動。

② 鉛直投げ下ろし

・物体を下向きに投げ下ろして落下させる。物体は加速していく。

③ 鉛直投げ上げ

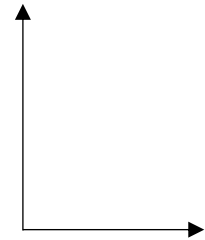
・物体を上向きに投げ上げて落下させる。一度上昇したあと最高点で折り返し落下する。

④ 水平投射

・物体を水平方向に投げ出す。水平方向に進みながら落下する。

⑤ 斜方投射

・物体を斜めの方向に投げ出す。水平投射も斜方投射も放物線を描く。



① 自由落下

自由落下は、初速度が()の等加速度直線運動である。加速度の値は()
なので、等加速度直線運動の式は以下のようになる。

※y座標は下向きにとる。

☆等加速度直線運動の3つの式

$$v = v_0 + at$$

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

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



☆自由落下の3つの式

◆p27 問 18

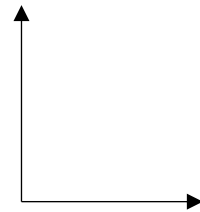
水面より高さ 4.9 m のところから、小石を自由落下させた。小石が水面に達するまでの時間と、水面に達する直前の小石の速さを求めよ。ただし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

② 鉛直投げ下ろし

物体を下向きに投げ下ろして落下させるので、

下向きの初速度がある。

※y座標は下向きにとる。



☆等加速度直線運動の 3 つの式

$$v = v_0 + at$$

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

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



☆鉛直投げ下ろしの 3 つの式

◆p29 問 19

高い橋の上から小石を初速度の大きさ 5.0 m/s で鉛直下向きに投げおろしたところ、 2.0 s 後に水面に達した。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 として、次の問いに答えよ。

- (1) 水面に達する直前の小石の速さを求めよ。
- (2) 投げおろした 位置の水面からの高さを求めよ。

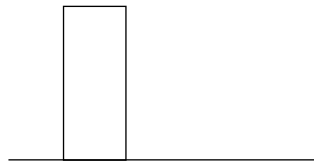
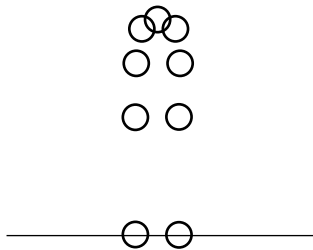
◆p29 問 20

高い橋の上から物体 A を自由落下させ、その 1.0 s 後に同じ位置から物体 B を鉛直下向きに速さ 14.7 m/s で投げおろしたところ、A と B は同時に水面に達した。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 として、次の問いに答えよ。

- (1) B を投げおろしてから水面に達するまでの時間は何 s か。
- (2) B を投げおろした時刻を $t = 0 \text{ s}$ として、A、B それぞれの $v - t$ グラフを描け。

③ 鉛直投げ上げ

物体を上向きに投げ上げる。したがって、鉛直上向きに y 軸をとる。
重力加速度は常に () なので、() となる。
例)



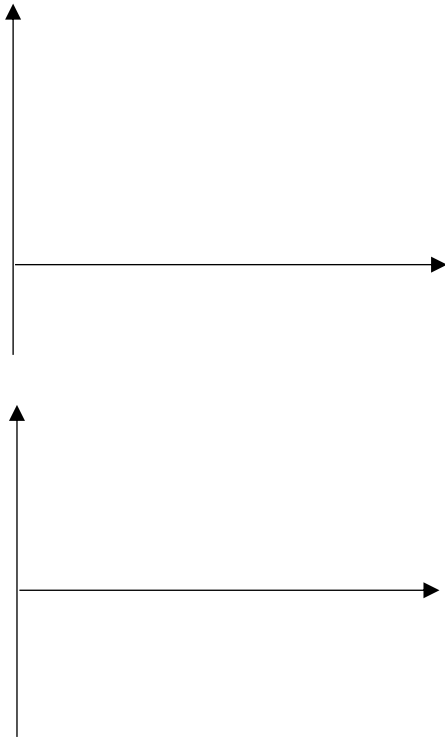
☆等加速度直線運動の 3 つの式

$$v = v_0 + at$$

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

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


☆鉛直投げ上げの 3 つの式



☆ポイント

◆p31 例題 4

時刻 $t = 0$ s に高さ 14.7 m のビルの屋上から、鉛直上向き 9.8 m/s の速さで物体を投げ上げた。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 として、次の問いに答えよ。

- (1) 物体が最高点に達するのはいつか。また、そのときの投げ上げた点からの高さを求めよ。
- (2) 地面に落下するのはいつか。また、そのときの速度を求めよ。

◆p31 類題 4

時刻 $t = 0$ sに鉛直上向きに初速度の大きさ $v_0 = 4.9$ m/sで物体を投げ上げた。鉛直上向きを正として、次の問いに答えよ。ただし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s²とする。

- (1) 時刻 t における物体の速度 v を、 $v - t$ グラフに表せ。
- (2) 物体が初めの位置に戻るのはいつか。また、そのときの物体の速度を求めよ。
- (3) 投げ上げてから 0.30 s後と同じ高さを物体が通過したのはいつか。

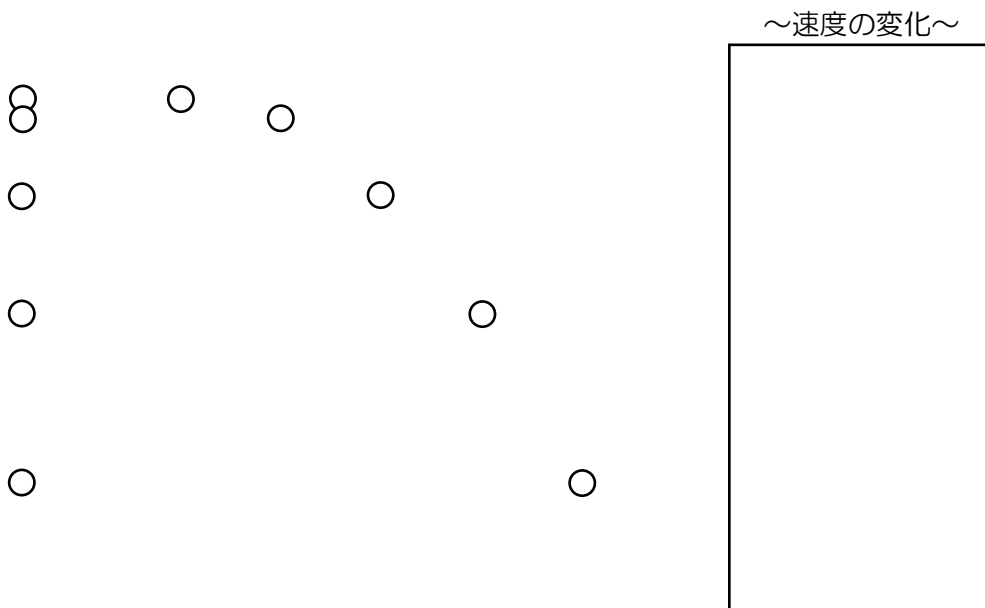
◆p31 問 21

時刻 $t = 0$ sに地上の点 P から、鉛直上向きに初速度の大きさ v_0 [m/s]で物体 A を投げ上げるのと同時に、ある高さの点 Q から物体 B を自由落下させた。鉛直上向きを正として、時刻 t における物体 A、B の速度 v_A 、 v_B を、それぞれ $v - t$ グラフに表せ。

◆ フォローアップドリルの□7で練習してみよう！

④ 水平投射

- 物体を水平方向に投げ出す。水平方向に進みながら落下する。



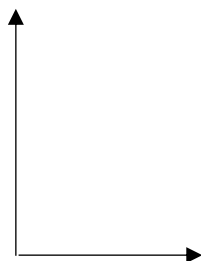
水平投射は

水平方向には（ ）と同様の運動をしており、
鉛直方向には（ ）と同様の運動をしている！！

☆ポイント

- 速度を x 方向と y 方向に分解して考える。(実際の速度は三平方の定理から求まる。)
- 変位も x 方向と y 方向に分けて考える。 x 座標と y 座標で考える。

～実際の速度の求め方～



☆実際の速度の大きさ

☆水平投射の式

～ x 方向～

～ y 方向～

※ $t[s]$ のみが共通。 $t[s]$ が与えられているかがポイント！
 x 方向、 y 方向どちらに注目するのははっきりさせること！

◆p33 例題 A

水平な床からの高さが 4.9 m の点から、物体を速さ 3.0 m/s で水平に投げ出した。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 として、次の問いに答えよ。

- (1) 物体を投げ出してから床に着くまでの時間は何 s か。
- (2) 物体は、投げ出した点の真下から何 m 離れた位置に落下するか。

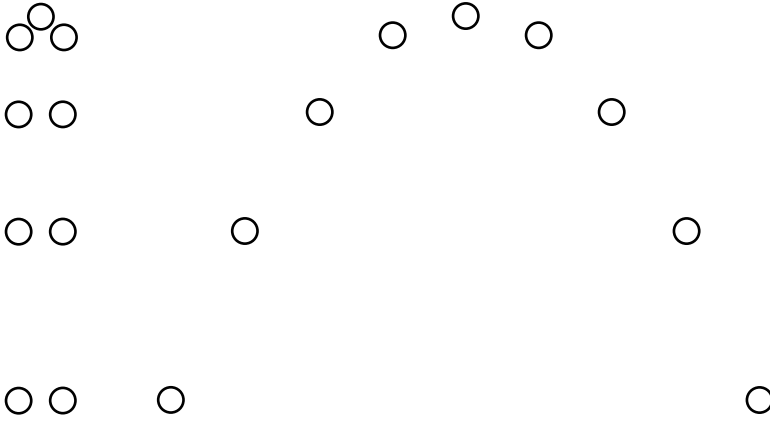
◆p33 類題 A

水平な床からの高さが同じ点から、物体 A と物体 B をそれぞれ 2.0 m/s 、 5.0 m/s の速さで同時に水平に投げ出したところ、A は投げ出した点の真下から 1.2 m 離れた位置に落下した。B は投げ出した点の真下から何 m 離れた位置に落下したか。

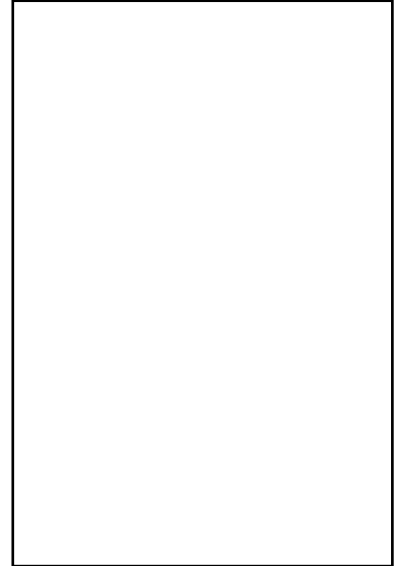
⑤ 斜方投射

・物体を斜めの方向に投げ出す。斜方投射も放物線を描く。

水平投射や斜方投射の運動は（ ）と呼ばれる。

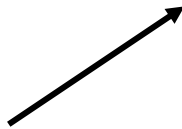


～速度の変化～



斜方投射は
 水平方向には（ ）と同様の運動をしており、
 鉛直方向には（ ）と同様の運動をしている！！

～初速度を分解する！～



☆初速度の分解

☆斜方投射の式
 ～x方向～ ～y方向～

※ x方向、y方向どちらに注目するのははっきりさせること！

《発展》

斜方投射の軌跡の式を導いてみよう！

時刻 $t = 0$ s に、原点 O から水平方向より角 θ だけ上向きに初速度の大きさ v_0 で物体を投げ出したときの運動を考える。このとき、初速度の水平成分と鉛直成分の大きさはそれぞれ ()、() となる。また、時刻 t における位置座標を (x, y) とすると、 x と y はそれぞれ以下ようになる。



ここから t を消去してみよう。

物体が描く曲線を表す式は () となる。これは、軌跡が放物線となることを示している。

◆ フォローアップドリルの **8** で練習してみよう！

◆p35 例題 A

図 (p35) のように、時刻 $t = 0$ s に、地上の点 O から小物体を仰角 θ の向きに速さ v_0 で投げ出した。重力加速度の大きさを g として、次の問いに答えよ。

- (1) 放物運動の最高点の高さ H を求めよ。
- (2) 落下するまでに水平方向に移動する距離 (水平到達距離) D を求めよ。

《発展》 v_0 が一定の場合、水平到達距離が最大になるのは θ が何° のときか。

◆p35 類題 A

高さ 9.8 m の点から、仰角 30° の向きに 9.8 m/s の速さで小球を投げ出した。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 として、次の問いに答えよ。

- (1) 最高点の地面からの高さは何 m か。
- (2) 地面に達するのは投げ出してから何 s 後か。
- (3) 地面に達するまでに水平方向に移動する距離は何 m か。

チャレンジ!