

【01 等加速度直線運動】

- ・等速直線運動

$$x = vt$$

- ・合成速度

$$v = v_1 + v_2$$

- ・相対速度

$$v = v_{\text{相手}} - v_{\text{自分}}$$

- ・等加速度直線運動

$$v = v_0 + at$$

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

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

A 速さ

【距離】

[]

【時間】

[]

【速さ】

[]

【速さ】

--

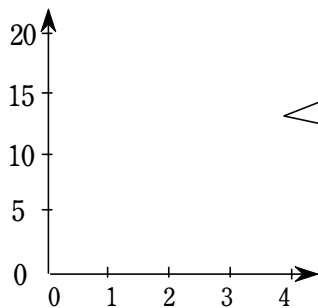
Diagram illustrating the position of the train at 1-second intervals:

- At $t = 0\text{ s}$, the train is at 0 m .
- At $t = 1\text{ s}$, the train is at 5 m .
- At $t = 2\text{ s}$, the train is at 10 m .
- At $t = 3\text{ s}$, the train is at 15 m .
- At $t = 4\text{ s}$, the train is at 20 m .

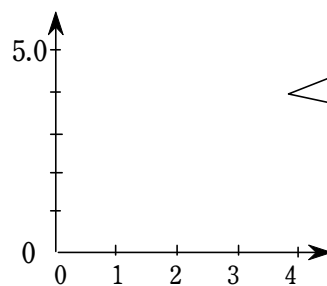
【等速直線運動】

--

< 図 >



< 図 >



- 2-

- 1 30 秒間に歩いた距離が 36 m であったとき、平均の速さは何 m/s か。

$$\text{平均の速さ} = \frac{\text{移動距離}}{\text{経過時間}} = \frac{36 \text{ m}}{30 \text{ s}} = 1.2 \text{ m/s}$$

- 2 72 km/h は何 m/s か。また、15 m/s は何 km/h か。

$$72 \text{ km/h} = \frac{72 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{72 \times 10^3 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 20 \text{ m/s} \quad 15 \text{ m/s} = \frac{15 \text{ m}}{1 \text{ s}} = \frac{15 \times 10^{-3} \text{ km}}{\frac{1}{3600} \text{ h}} = 54 \text{ km/h}$$

- 3 100 m を 10 秒で走るとき、速さは何 m/s か。

$$\text{速さ } v \text{ は } v = \frac{x}{t} = \frac{100 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}$$

- 4 エレベーターが一定の速さ 2.0 m/s で上昇中のとき、15秒間に上昇する距離は何 m か。

$$x = vt = 2.0 \times 15 = 30 \text{ m}$$

- 5 自動車が一定の速さ 15 m/s でまっすぐに進むとき、4.0 秒間の移動距離 x は何 m か。

等速直線運動の式「 $x = vt$ 」より

$$x = 15 \times 4.0 = 60 \text{ m}$$

- 6 自動車が直線道路を一定の速さ 90 km/h で走行している。

(1) 90 km/h は何 m/s か。

(2) この自動車が 3.0 分間に進む 距離 x は何 m か。

(1) 1 km = 1000 m, 1 h = 60 分 = 60 × 60 s なので、「 $x = vt$ 」より

$$v (= 90 \text{ km/h}) = \frac{x}{t} = \frac{90 \times 1000 \text{ m}}{60 \times 60 \text{ s}} = 25 \text{ m/s}$$

(2) 3.0 分 = 3.0 × 60 s であるから^[1]←

$$x = vt = 25 \times (3.0 \times 60) = 4500 = 4.5 \times 1000 = 4.5 \times 10^3 \text{ m}$$

- 7 金沢駅で新幹線に乗り、2 時間 30 分後に東京駅に到着した。金沢駅と東京駅の間の新幹線の走行距離は $4.5 \times 10^2 \text{ km}$ であるとする。この新幹線の平均の速さは何 km/h か。

解説 2 時間 30 分 = 2.5 h より、平均の速さは

$$\bar{v} = \frac{\text{移動距離}}{\text{経過時間}} = \frac{4.5 \times 10^2 \text{ km}}{2.5 \text{ h}} \stackrel{[1]}{\leftarrow} = 1.8 \times 10^2 \text{ km/h}$$

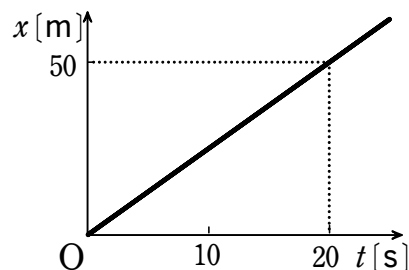
←[1] 求めたい速さの単位が km/h であるから、距離の単位は km、時間の単位は h とする。

- 8 Tさんは、家の門から郵便ポストまで走り、手紙をすぐに投函し、同じ経路で家の門まで歩いてもどった。行きの平均の速さは 4.0 m/s で、帰りの平均の速さは 1.0 m/s であった。往復の間の Tさんの平均の速さは何 m/s か。なお、Tさんの通った経路の片道の距離は 100 m であったとする。

$$\text{Tさんが行き、帰りにかかった時間はそれぞれ} \quad \text{行き: } \frac{100}{4.0} = 25 \text{ s} \quad \text{帰り: } \frac{100}{1.0} = 100 \text{ s}$$

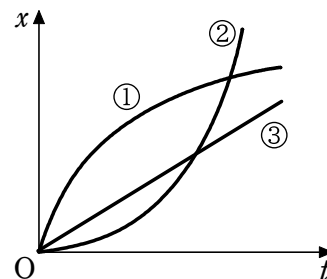
$$\text{よって、往復の間の平均の速さは} \quad \frac{2 \times 100}{100 + 25} = 1.6 \text{ m/s}$$

- 9 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 ($x-t$ 図)。この物体の速さは何 m/s か。



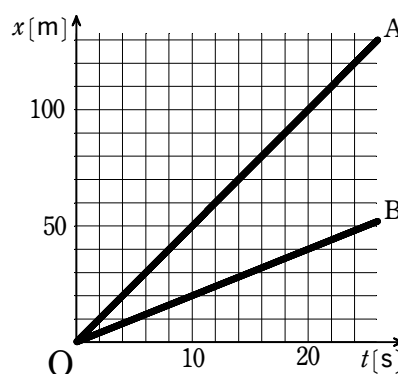
【解答】 2.5 m/s

- 10 右の $x-t$ 図で、
 (1) だんだん速くなる運動
 (2) 速さが変わらない運動
 (3) だんだん遅くなる運動
 を表すグラフはそれぞれどれか。



【解答】 (1) ② (2) ③ (3) ①

- 11 図は、 x 軸上を一定の速さで運動する物体 A と物体 B の、位置 x [m] と経過時間 t [s] の関係を表すグラフである。
 (1) A と B の速度 v_A , v_B [m/s] をそれぞれ求めよ。
 (2) A と B の間の距離が 120 m となるまでの時間 t_1 [s] を求めよ。



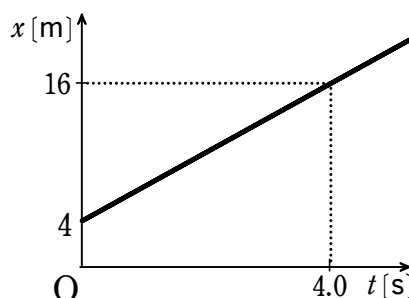
(1) グラフ A を読み取ると、10 s のとき、50 m の位置に移動する。 よって $v_A = \frac{50 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 5.0 \text{ m/s}$

グラフ B を読み取ると、10 s のとき、20 m の位置に移動する。 よって $v_B = \frac{20 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 2.0 \text{ m/s}$

(2) A と B の進む距離の差が 120 m となるので

$$v_A t_1 - v_B t_1 = 120 \quad (5.0 - 2.0) \times t_1 = 120 \quad t_1 = \frac{120}{3.0} = 40 \text{ s}$$

- 12 右の図は、 x 軸上を一定の速さで運動する物体の $x-t$ 図である。
 (1) この物体の速さ v は何 m/s か。
 (2) この物体が 10 秒間に移動する距離 s は何 m か。
 (3) 時刻 $t = 10 \text{ s}$ のとき、物体の位置の x 座標は何 m か。



(1) $t = 0 \text{ s}$ から $t = 4.0 \text{ s}$ の間の 4.0 秒間に $x = 16 - 4 = 12 \text{ m}$ 移動したので、

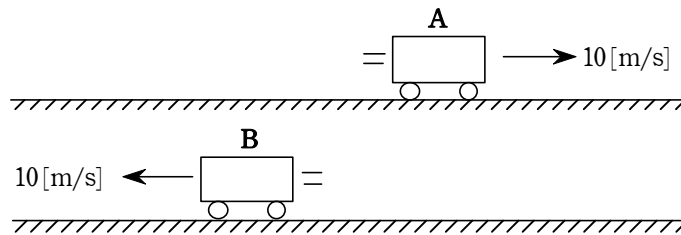
$$x-t \text{ 図の傾きの大きさ、すなわち速さ } v \text{ は } v = \frac{x}{t} = \frac{12}{4.0} = 3.0 \text{ m/s}$$

(2) 「 $x = vt$ 」より $s = vt = 3.0 \times 10 = 30 \text{ m}$

(3) $t = 0 \text{ s}$ のとき $x = 4 \text{ m}$ で、そこから $s = 30 \text{ m}$ 進んだから $x = 4 + 30 = 34 \text{ m}$

C 速度

下図のように一直線上を走る2台の自動車が同じ速さ10[m/s]で運動していました。



同じ速さだけど、全然違う運動ですよ。そこで、しっかり向きまで考えた速さのことを「速度」と言います。向きを考えると必ず、ある方向を「正の向き」として定義し、

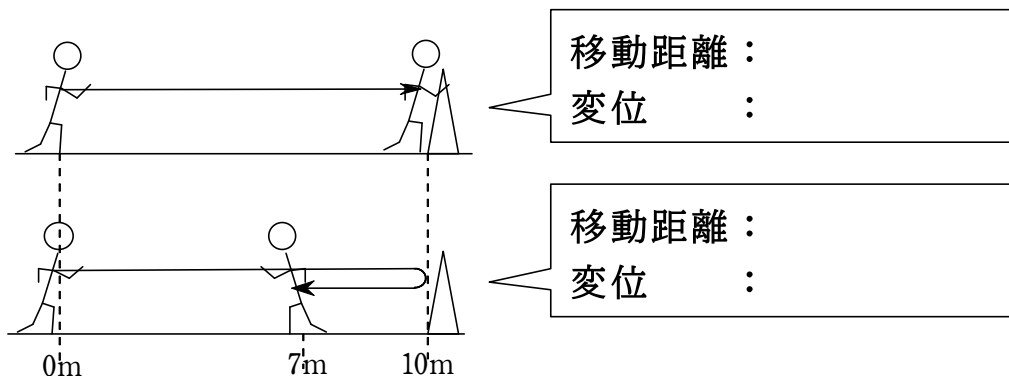
- ・ 正の向きと同じときは「プラスの値」で
- ・ 正の向きと逆のときは「マイナスの値」で考えます。

例えば『右向き』を正の向きと定義したとするなら、

- ・ 自動車Aの速さは「10」
- ・ 自動車Bの速さは「10」
- ・ 自動車Aの速度は「10」 (※通常は+は省略します。)
- ・ 自動車Bの速度は「-10」

このように「速さ」と「速度」の2つの情報を持つ値を「速度ベクトル」といいます。記号では文字の上に矢印を付けて「 $\vec{v}$ 」のように表します。(数学Cで習います。)

D 変位



「変位」とは、単なる移動距離ではなく数直線上における「変化した位置」という意味です。つまり、変位は「始まり」と「終わり」だけを見て判断します。(途中は考えません。)

速度と同じで、ある方向を正の向きと定め、

- ・ 正の向きと同じときは「プラスの値」で
- ・ 正の向きと逆のときは「マイナスの値」で考えます。

また、変位も「移動距離」と「変位」の2つの情報を持つ「変位ベクトル」です。

E 平均の速度

人が100m走を走っているときは等速ではなく、その時々で速さは変わりますよね。
そこで、速さが一定でない運動において「」というのを考えます。

$$\boxed{} = \frac{}{} = \frac{}{} = \frac{}{}$$

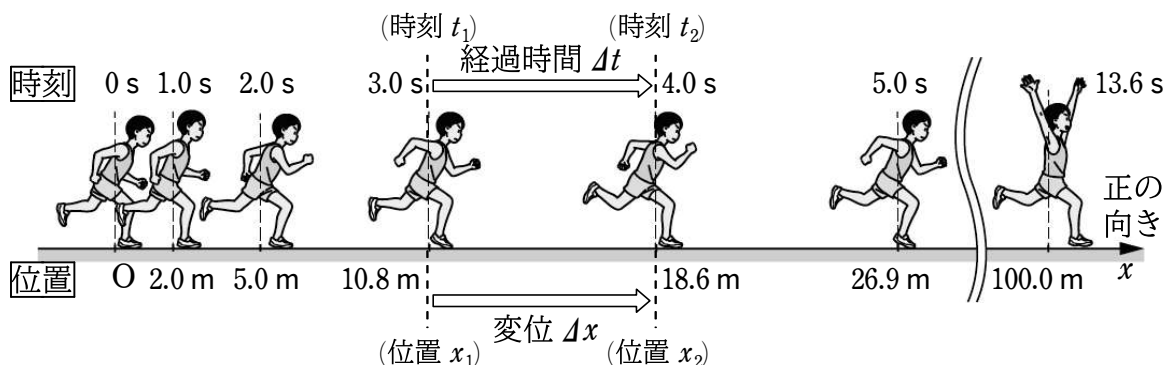
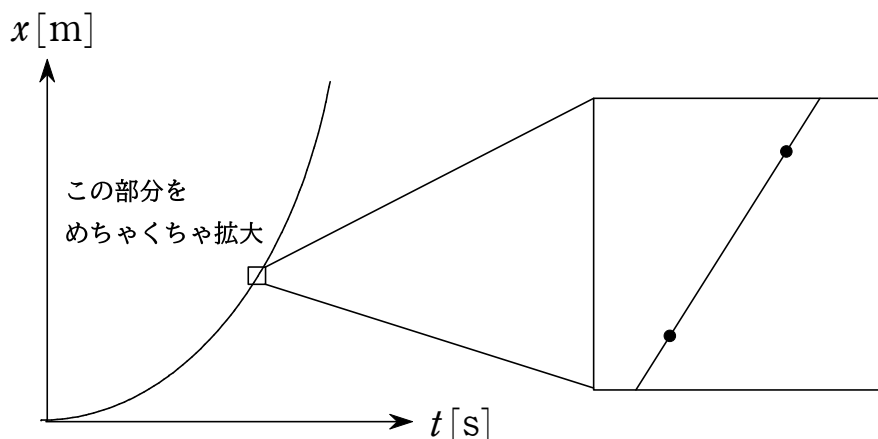


図 7

直角三角形の記号「 Δ 」は「デルタ」と読みます。意味は、「少しの〇〇の変化」という意味です。 Δ のうしろには必ず何かの物理量がつきます。例えば Δt なら少しの時間の変化、 Δx なら少しの距離の変化、 Δv なら少しの速度の変化という意味です。ほんのちょっとした変化量を表します。計算するときは、「あとの状態」－「まえの状態」をします。

F 瞬間の速度

曲がったグラフも、その一部をめちゃくちゃ拡大するとほぼ直線になります。そのほぼ直線の「少しの距離の変化」を「少しの時間の変化」で割るとその一瞬の「速度」が求められます。これをもとのグラフに戻すとそのグラフと一点で交わる「接線」になります。つまり、曲がったグラフの接線の傾きを求めることが「」を求めることになります。



少し発展的ですが、この手法を「微分」と言います。(これは数学Ⅱで習います。)

問題演習(アウトプット) シャべる、質問する、説明する、動く、他者と協力する

1. 速さと運動の向きをあわせてもつ量のことを^[1]] という。
 . 一般に、大きさと向きをもつ量を^[2]] という。

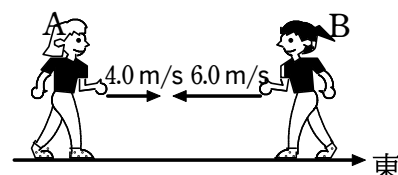
【解答】 (1) 速度 (2) ベクトル

2. 北向きに 12 m/s の速さで走っている自動車 A と、南向きに 15 m/s の速さで走っている自動車 B がある。北向きを正の向きとしたときの、自動車 A、自動車 B の速度をそれぞれ求めよ。

自動車 A、自動車 B の速度をそれぞれ v_A 、 v_B [m/s] とすると

$$v_A = 12 \text{ m/s}, \quad v_B = -15 \text{ m/s}$$

3. 右図で東向きを正の向きと定める。
 A、B の速度はそれぞれどのように表されるか。



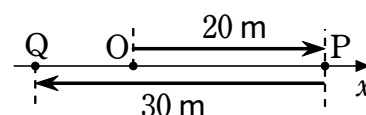
A は東向きに 4.0 m/s よって 4.0 m/s

B は西向きに 6.0 m/s よって -6.0 m/s

4. 物体の位置の変化を^[1]] という。

【解答】 (1) 変位

5. x 軸上において、物体が原点 O から点 P ($x=20 \text{ m}$) まで 20 m 進み、次に点 Q ($x=-10 \text{ m}$) まで 30 m 進んだ。O から Q までの運動について、進んだ道のりと変位をそれぞれ求めよ。



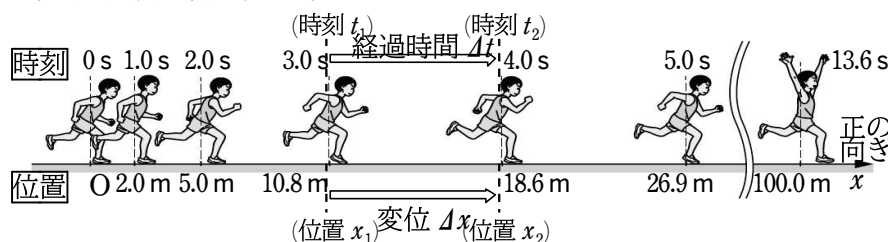
道のり : $20 + 30 = 50 \text{ m}$

変位 : $20 - 30 = -10 \text{ m}$

6. 速さが一定でない運動についても、単位時間当たりの変位で速度を表すことができる。
 この場合の速度を^[1]] の速度という。

【解答】 (1) 平均

7. 下図で、時刻 3.0 秒から時刻 4.0 秒の間の平均の速度は何 m/s か。また、時刻 5.0 秒からゴールするまでの間の平均の速度は何 m/s か。



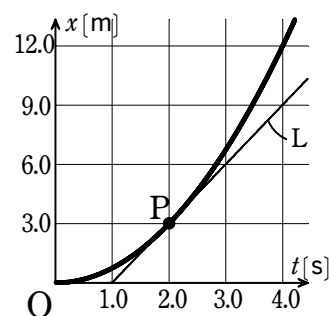
3.0 秒から 4.0 秒の間の平均の速度を $\overline{v_1}$ [m/s] とすると $\overline{v_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{18.6 - 10.8}{4.0 - 3.0} = 7.8 \text{ m/s}$

5.0 秒からゴールまでの間の平均の速度を $\overline{v_2}$ [m/s] とすると $\overline{v_2} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{100.0 - 26.9}{13.6 - 5.0} = 8.5 \text{ m/s}$

8. 経過時間をきわめて小さくとしたときの平均の速度を^[1]] の速度という。

【解答】 (1) 瞬間

- 9 図は、 x 軸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)。図の直線 L は、点 P における接線である。



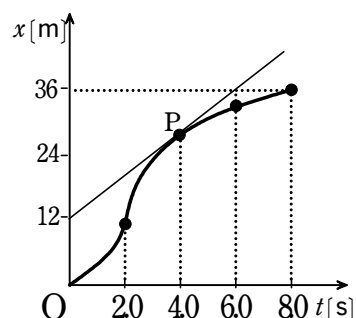
(1) 時刻 2.0 秒での位置は 3.0 m, 時刻 4.0 秒での位置は 12.0 m なので, $\frac{12.0 - 3.0}{4.0 - 2.0} = 4.5 \text{ m/s}$

(2) 瞬間の速度は, 接線の傾きで表されるので, グラフより $\frac{3.0 - 0}{2.0 - 1.0} = 3.0 \text{ m/s}$

- 10 ある選手の 100 m 走の記録が 10 秒であった。この選手が走っている最中に, 瞬間の速さは 10 m/s をこえることはあるだろうか。

このとき, この選手の平均の速さは 10 m/s であるが, 実際には, 0 m/s から徐々に速さが大きくなっていく。初めの速さが平均の速さ (=10 m/s) より小さいので, 100 m を 10 秒で走るためには, どこかの区間で接線の傾き, つまり瞬間の速さが平均の速さ (=10 m/s) より大きくなる必要がある。よって, 瞬間の速さは 10 m/s をこえることはある。

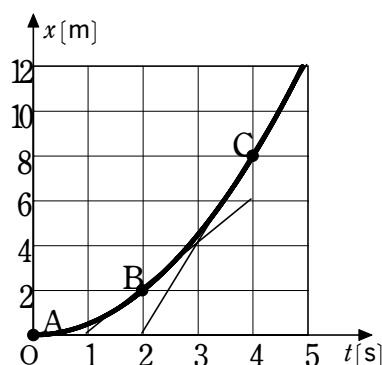
- 11 右図は, x 軸上を運動する物体の位置 x [m] と時間 t [s] の関係を表す $x-t$ 図である。点 P を通る直線は, 点 P における接線を表している。



(1) 8.0 秒間に 36 m 移動しているから, 平均の速さは $\bar{v} = \frac{\text{移動距離}}{\text{経過時間}} = \frac{36}{8.0} = 4.5 \text{ m/s}$

(2) 点 P でグラフに引いた接線の傾きがその時刻の瞬間の速さ v を表すから $v = \frac{36 - 12}{6.0 - 0} = 4.0 \text{ m/s}$

- 12 右の図は x 軸上を運動する物体の位置 x [m] と経過時間 t [s] の関係を表す $x-t$ 図である。図中の点 B , C を通る直線は, それぞれ点 B , C における接線である。



- (1) 0~2.0 秒の間, 2.0~4.0 秒の間の平均の速さ $\overline{v_{AB}}$ [m/s], $\overline{v_{BC}}$ [m/s] を求めよ。
(2) 時刻 2.0 秒, 時刻 4.0 秒における瞬間の速さ, v_B [m/s], v_C [m/s] を求めよ

(1) $\overline{v_{AB}} = \frac{2.0 - 0}{2.0 - 0} = 1.0 \text{ m/s}$ $\overline{v_{BC}} = \frac{8.0 - 2.0}{4.0 - 2.0} = \frac{6.0}{2.0} = 3.0 \text{ m/s}$

(2) 瞬間の速さは $x-t$ 図の各時刻における傾きの大きさを求められる。

$$v_B = \frac{6.0 - 0}{4.0 - 1.0}^{[1] \leftarrow} = \frac{6.0}{3.0} = 2.0 \text{ m/s} \quad v_C = \frac{8.0 - 0}{4.0 - 2.0}^{[2] \leftarrow} = \frac{8.0}{2.0} = 4.0 \text{ m/s}$$

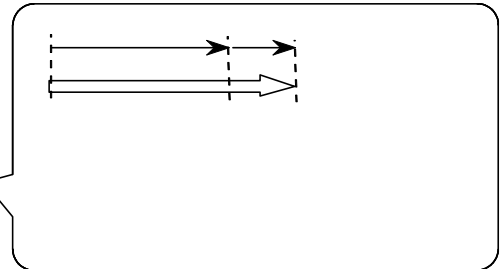
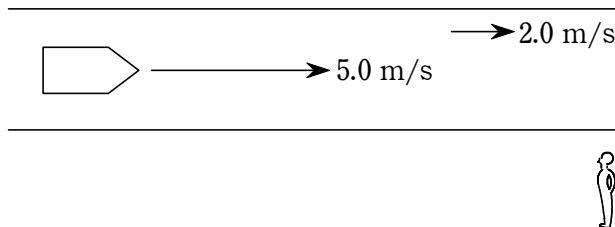
G 速度の合成

流れる川の上でさらに船が動くと、はたから見たときにもものすごい速さになったり、逆に遅くなったりしますよね。2つの速度を足し合わせた速度を「合成速度」と言います。

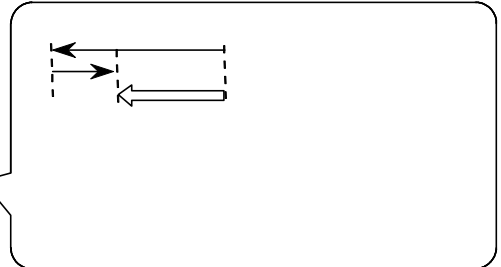
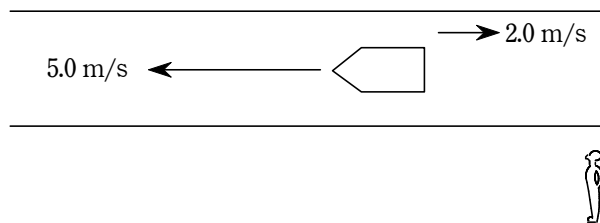
【合成速度】

※必ず「速度」で
計算すること！

I 川上から川下へ進むとき



II 川下から川上へ進むとき



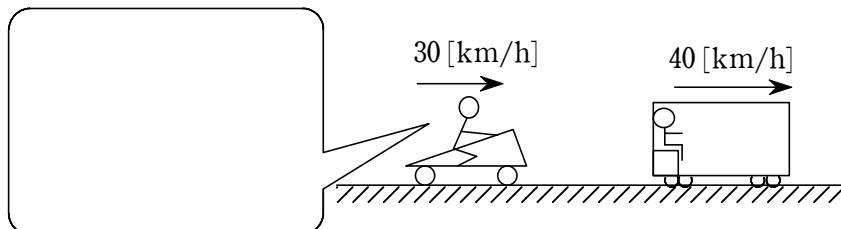
H 相対速度

動いている自分から見た相手の相対的な速度のことです。自分も動いているので、「相手の速度」から「自分の速度」を引いた値が「相対速度」になります。イメージとしては、景色の変わらない真っ白な世界の中で、相手だけが見えていて、そのときに見える相手の速度という感じです。

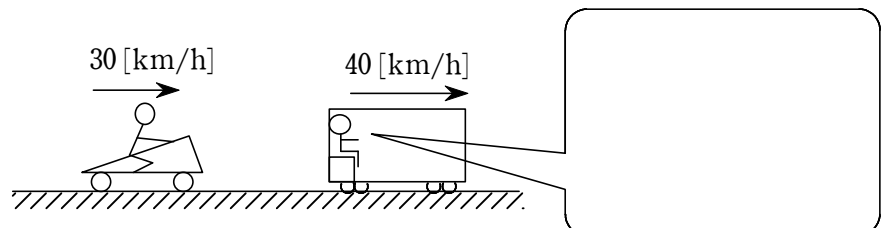
【相対速度】

※必ず「速度」で
計算すること！

I 30 km/h で走るバイクから見た、40 km/h で走るバスの相対速度は、



II 40 km/h で走るバスから見た、30 km/h で走るバイクの相対速度は、



- 1 流水の速さが 1.5 m/s のまっすぐな川を静水時の速さが 5.0 m/s の船が進んでいる。下流に向かって進んでいるときと、上流に向かって進んでいるときの、川岸で静止している人から見た船の速さ(速度の大きさ)はそれぞれ何 m/s か。

川の流れる向きを正の向きとする。

下流に向かって進んでいるとき $v = 5.0 + 1.5 = 6.5 \text{ m/s}$ よって **6.5 m/s**

上流に向かって進んでいるとき $v = (-5.0) + 1.5 = -3.5 \text{ m/s}$ よって **3.5 m/s**

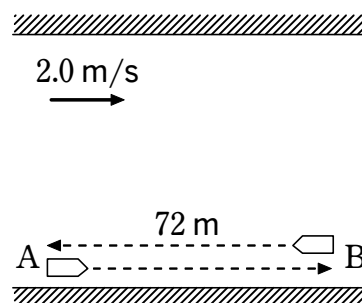
- 2 流水の速さが 2.0 m/s のまっすぐな川を静水時の速さが 4.5 m/s の船が進んでいる。下流に向かって進んでいるときと、上流に向かって進んでいるときの、川岸から見た船の速さ(速度の大きさ)はそれぞれ何 m/s か。

川の流れる向きを正の向きとし、川岸から見た船の速度を v とする。

下流に向かって進んでいるとき $v = 4.5 + 2.0 = 6.5 \text{ m/s}$ よって **6.5 m/s**

上流に向かって進んでいるとき $v = (-4.5) + 2.0 = -2.5 \text{ m/s}$ よって **2.5 m/s**

- 3 流れの速さが 2.0 m/s のまっすぐな川がある。この川を、静水上を 4.0 m/s の速さで進む船が、同じ岸の上流と下流にある、 72 m 離れた点 A と点 B を往復する。



- (1) 船の上りの速度を求めよ。
- (2) 上りに要する時間 t_1 [s] を求めよ。
- (3) 船の下りの速度を求めよ。
- (4) 下りに要する時間 t_2 [s] を求めよ。

(1) **$B \rightarrow A$ の向きに $4.0 + (-2.0) = 2.0 \text{ m/s}$**

(2) (1) より、上りに要する時間 t_1 [s] は **$t_1 = \frac{72}{2.0} = 36 \text{ s}$**

(3) **$A \rightarrow B$ の向きに $4.0 + 2.0 = 6.0 \text{ m/s}$**

(4) (3) より、下りに要する時間 t_2 [s] は **$t_2 = \frac{72}{6.0} = 12 \text{ s}$**

- 4 東西に通じる道路上を、次のように自転車 A, B が進むとき、自転車 A に対する自転車 B の相対速度はどの向きに何 m/s か。

- (1) A は東向きに 3.0 m/s の速さ、B は東向きに 4.0 m/s の速さ
- (2) A は東向きに 3.0 m/s の速さ、B は西向きに 4.0 m/s の速さ

東向きを正の向きとし、自転車 A に対する自転車 B の相対速度を求める。

(1) **$v_{AB} = v_B - v_A = 4.0 - 3.0 = 1.0 \text{ m/s}$ よって 東向きに 1.0 m/s**

(2) **$v_{AB} = v_B - v_A = (-4.0) - 3.0 = -7.0 \text{ m/s}$ よって 西向きに 7.0 m/s**

- 5 自動車 A が東向きに 30 km/h で進み、自動車 B が東向きに 40 km/h で進んでいる。

- (1) 自動車 A に対する自動車 B の相対速度はどの向きに何 km/h か。
- (2) 自動車 B に対する自動車 A の相対速度はどの向きに何 km/h か。

東向きを正にとり、 $v_A = 30 \text{ km/h}$, $v_B = 40 \text{ km/h}$ とする。

(1) **$v_{AB} = v_B - v_A = 40 - 30 = 10 \text{ km/h}$ よって 東向きに 10 km/h**

(2) **$v_{BA} = v_A - v_B = 30 - 40 = -10 \text{ km/h}$ よって 西向きに 10 km/h**

問題演習(アウトプット) シャベる、質問する、説明する、動く、他者と協力する

- 6 西向きに 25 km/h で進む自動車 P から、東向きに 15 km/h で進む自動車 Q を見たときの速度はどの向きに何 km/h か。

西向きを正にとり、 $v_{PQ} = v_Q - v_P = -15 - 25 = -40$ km/h よって 東向きに 40 km/h

- 7 東向きに 30 km/h で進む自動車 P を、東向きに 50 km/h で進む自動車 Q から見たときの速度はどの向きに何 km/h か。

東向きを正にとり、 $v_{QP} = v_P - v_Q = 30 - 50 = -20$ km/h よって 西向きに 20 km/h

- 8 東向きに 30 km/h で進む自動車 P から、東向きに 30 km/h で進む自動車 Q を見たときの速さは何 km/h か。

東向きを正にとり、 $v_{PQ} = v_Q - v_P = 30 - 30 = 0$ km/h よって 0 km/h

- 9 東西方向のまっすぐな線路を走る電車 A と、それに平行な線路を走る電車 B がある。A は東向きに速さ 30 m/s で走っているとする。

- (1) A に乗っている人からは、B が西向きに速さ 48 m/s で走っているように見えたとする。B の速さとその向きを求めよ。

- (2) B が、(1) の B と逆向きに同じ速さで走っているとする。このとき、A に乗っている人から見た B の速度の大きさとその向きを求めよ。

- (1) 東向きを正とする。「 $v_{AB} = v_B - v_A$ 」より、B の速さを v_B [m/s] とすると

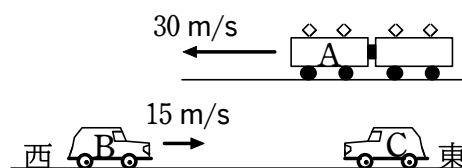
$-48 = v_B - 30$ よって $v_B = -18$ m/s ゆえに 18 m/s, 西向き

- (2) (1) と同様に、「 $v_{AB} = v_B - v_A$ 」より、A に乗っている人から見た B の速度の大きさを v_{AB} [m/s] とすると $v_{AB} = 18 - 30 = -12$ m/s ゆえに 12 m/s, 西向き

- 10 東西方向に直線の鉄道と道路が並行している。西向きに速さ 30 m/s の列車 A、東向きに速さ 15 m/s の自動車 B、速度のわからない自動車 C が同時に走っている。

- (1) A から見た B の速度はどの向きに何 m/s か。
(2) B から見た A の速度はどの向きに何 m/s か。
(3) C から見た A の速度が西向きに 10 m/s であった。

C の速度はどの向きに何 m/s か。



- (1) 東向きを正とすると、列車 A、自動車 B の速度はそれぞれ $v_A = -30$ m/s,

$v_B = 15$ m/s となる。「 $v_{AB} = v_B - v_A$ 」より、求める速度 v_{AB} [m/s] は

$v_{AB} = 15 - (-30) = 45$ m/s よって 東向きに 45 m/s

- (2) (1) で、A と B を入れかえて考える。求める速度 v_{BA} [m/s] は

$v_{BA} = (-30) - 15 = -45$ m/s よって 西向きに 45 m/s

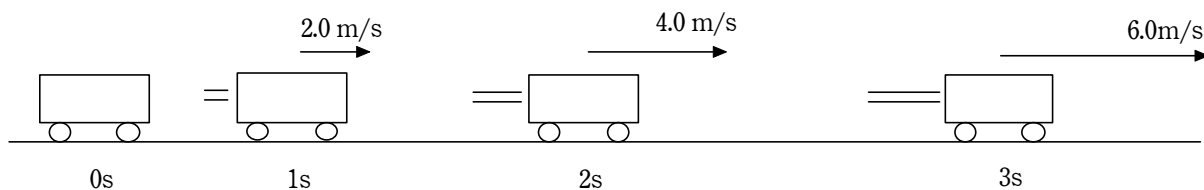
- (3) 自動車 C の速度を v_C [m/s] とする。C から見た A の速度 $v_{CA} = -10$ m/s であるから

$v_{CA} = v_A - v_C$ より $-10 = (-30) - v_C$ よって $v_C = (-30) - (-10) = -20$ m/s

ゆえに 西向きに 20 m/s

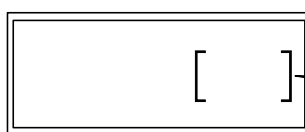
2 加速度

A 加速度



このように時間ごとに速度が変わるとき、1秒あたりの速度の変化のことを、「」と言います。また、この運動のことを「」と言います。

【加速度】



単位の読み方は

$$\frac{m}{s^2}$$

m/s^2 という単位は「1秒間あたりの速度の変化量」という意味なので $\frac{m}{s^2}$ となり、その分母分子

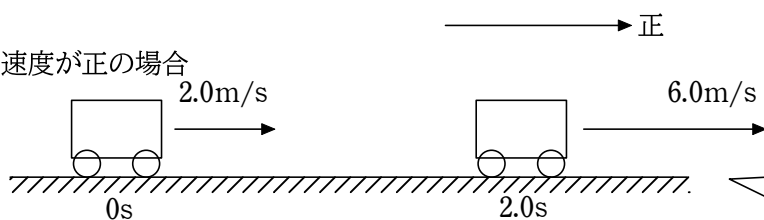
にsをかけて $\frac{\frac{m}{s} \times s}{s \times s}$ 、これを整理すると $\frac{m}{s^2}$ となるわけです。

$$\boxed{} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

上の例では、1秒間あたりに速度が2.0m/s ずつ大きくなっているから、「」となります。

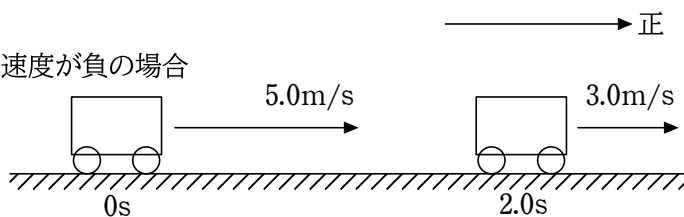
加速度も「大きさ」と「向き」の2つの情報を持つ「ベクトル」です。考えるときはしっかり正の向きを定め、符号に注意する必要があります。

- ・ 加速度が正の場合



$$a = \underline{\hspace{2cm}}$$

- ・ 加速度が負の場合



$$a = \underline{\hspace{2cm}}$$

- 1 新幹線が速さ 50 m/s のままで 10 秒間まっすぐに進むときの加速度を求めよ。

速さが変化していないので、加速度は 0 m/s^2

- 2 一直線上を正の向きに 4.0 m/s の速さで進む物体が、2.0 秒後に正の向きに 7.0 m/s の速さになった。このときの物体の平均の加速度 $\bar{a}$ [m/s²] を求めよ。

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{7.0 - 4.0}{2.0} = 1.5 \text{ m/s}^2$$

- 3 次の各場合について、物体の平均の加速度 $\bar{a}$ [m/s²] を求めよ。

- (1) 一直線上を正の向きに 8.0 m/s の速さで進む物体が、2.0 秒後に正の向きに 5.0 m/s の速さになったとき。
 (2) 一直線上を正の向きに 2.5 m/s の速さで進む物体が、3.0 秒後に負の向きに 2.0 m/s の速さになったとき。

$$(1) \bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{5.0 - 8.0}{2.0} = -1.5 \text{ m/s}^2 \quad (2) \bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-2.0 - 2.5}{3.0} = -1.5 \text{ m/s}^2$$

- 4 次のような x 軸上の運動について、平均の加速度 $\bar{a}$ はそれぞれどの向きに何 m/s² か。

- (1) 自動車が正の向きに動きだしてから 4.0 秒後に 16 m/s の速さになった。
 (2) 正の向きに 1.0 m/s の速さで進んでいた力学台車が、4.0 秒後に負の向きに 3.0 m/s の速さになった。
 (3) 負の向きに進む自動車が 15 m/s の速さから減速して、6.0 秒後に負の向きに 3.0 m/s となった。
 (1) 自動車ははじめ静止しているので、はじめの速度 $v_1 = 0 \text{ m/s}$ である。

また、終わりの速度 $v_2 = 16 \text{ m/s}$ 、経過時間 $\Delta t = 4.0 \text{ s}$ より

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{16 - 0}{4.0} = 4.0 \text{ m/s}^2 \quad \text{よって、正の向きに } 4.0 \text{ m/s}^2$$

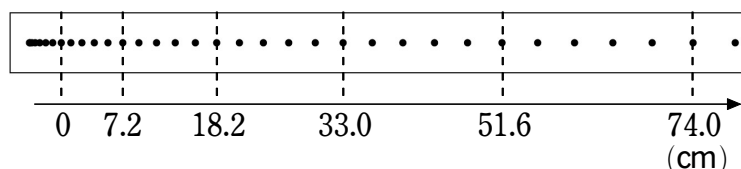
- (2) はじめの速度 $v_1 = 1.0 \text{ m/s}$ 、終わりの速度 $v_2 = -3.0 \text{ m/s}$ 、経過時間 $\Delta t = 4.0 \text{ s}$ より

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{(-3.0) - 1.0}{4.0} = \frac{-4.0}{4.0} = -1.0 \text{ m/s}^2 \quad \text{よって、負の向きに } 1.0 \text{ m/s}^2$$

- (3) はじめの速度 $v_1 = -15 \text{ m/s}$ 、終わりの速度 $v_2 = -3.0 \text{ m/s}$ 、経過時間 $\Delta t = 6.0 \text{ s}$ より

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{(-3.0) - (-15)}{6.0} = \frac{12}{6.0} = 2.0 \text{ m/s}^2 \quad \text{よって、正の向きに } 2.0 \text{ m/s}^2$$

- 5 記録タイマーに通した紙テープを力学台車の後部につける。この台車を斜面上に置いてはなすと、台車の



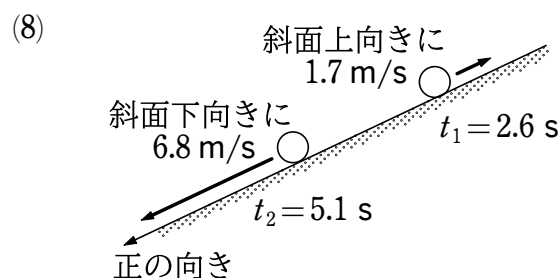
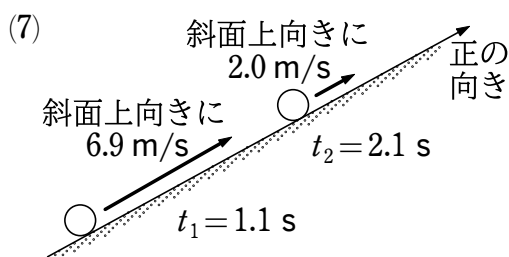
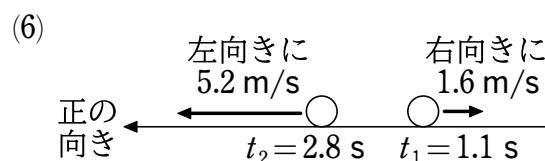
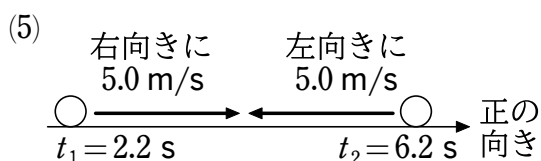
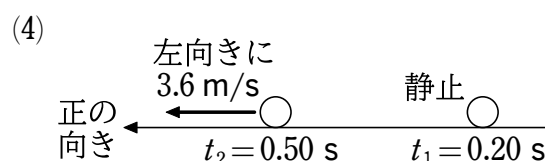
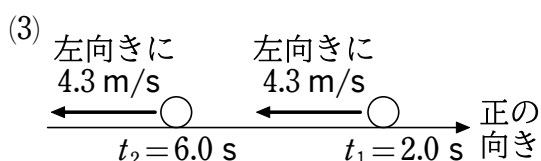
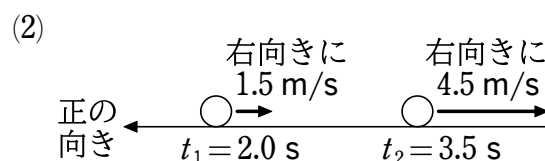
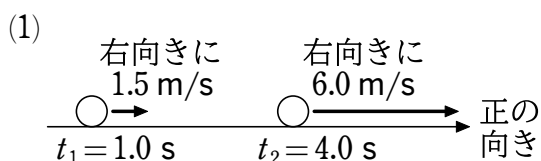
運動につれて紙テープに図のような打点が記録された。記録タイマーの 5 打点ごとの時間間隔は 0.10 秒である。台車の加速度の大きさを求めよ。

各区間の間での速さの増加分は 0.38 m/s となる。5 打点ごとの時間間隔は 0.10 秒なので、

$$\text{台車の加速度は } \frac{0.38}{0.10} = 3.8 \text{ m/s}^2$$

6

次の各場合について、時刻 $t_1 \sim t_2$ 間の平均の加速度を求めよ。ただし、図で、「正の向き」と示した矢印の向きを正の向きとする。



(1) $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{6.0 - 1.5}{4.0 - 1.0} = 1.5 \text{ m/s}^2$ (2) $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-4.5 - (-1.5)}{3.5 - 2.0} = -2.0 \text{ m/s}^2$

(3) $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-4.3 - (-4.3)}{6.0 - 2.0} = 0 \text{ m/s}^2$ (4) $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3.6 - 0}{0.50 - 0.20} = 12 \text{ m/s}^2$

(5) $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-5.0 - 5.0}{6.2 - 2.2} = -2.5 \text{ m/s}^2$ (6) $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{5.2 - (-1.6)}{2.8 - 1.1} = 4.0 \text{ m/s}^2$

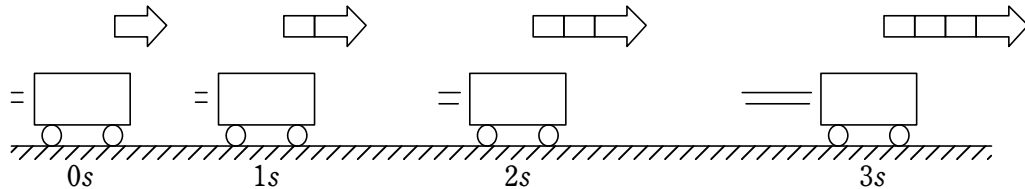
(7) $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2.0 - 6.9}{2.1 - 1.1} = -4.9 \text{ m/s}^2$ (8) $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{6.8 - (-1.7)}{5.1 - 2.6} = 3.4 \text{ m/s}^2$

B 等加速度直線運動

一直線上を一定の加速度で進む運動を「」といいます。
また、初めの速度のことを特別に「」といいます。

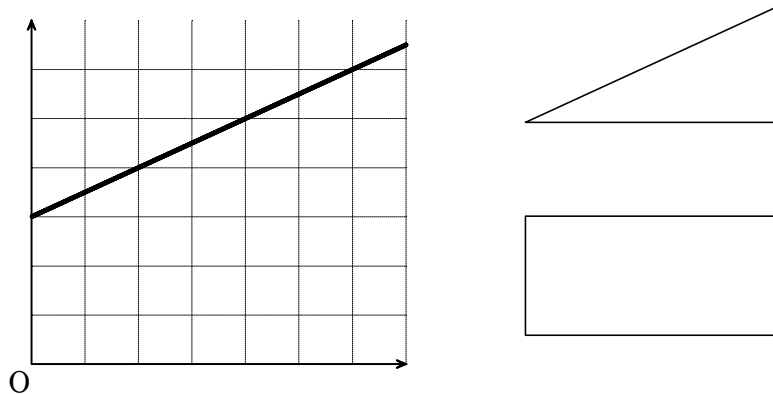
【初速度】

例えば、初速度を $v_0 = 6.0 \text{ m/s}$ 、加速度を $a = 2.0 \text{ m/s}^2$ とすると、



【等加速度直線運動Ⅰ】

これを $v-t$ 図で描くと、グラフと t 軸で囲まれる部分の面積は変位(移動距離)と等しいので、



【等加速度直線運動Ⅱ】

上の2式を連立方程式のように書いて、 t を消去するように計算します。

【等加速度直線運動Ⅲ】

等加速度直線運動の3式をつかった練習をしましょう！！

$$\begin{aligned}v &= v_0 + at \\x &= v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \\v^2 - v_0^2 &= 2ax\end{aligned}$$

物体の動く向きを正の向きとします。

(動く向きが途中で変わる場合は、最初の初速度の向きを正とします。)

- (1) 静止していた物体が、右向きに加速度 $3.0 [\text{m/s}^2]$ で、 2.0 秒間運動した。 2.0 秒後の速度と移動距離を求めよ。

- (2) $4.0 [\text{m/s}]$ で右向きに動いていた物体が、 5.0 秒間動いている向きに $2.0 [\text{m/s}^2]$ で加速された。この 5.0 秒間に動いた距離と、 5.0 秒後の速度を求めよ。

- (3) 静止していた物体が左向きに動き出してから、 2.0 秒後に左向きに $6.0 [\text{m/s}]$ の速さになった。加速度と移動距離を求めよ。

- (4) 自動車が右向きに動き出してから、3.0 秒間に18 [m] 進んだ。このときの加速度を求めよ。
- (5) 右向きに 10 [m/s]の速さで進んでいた電車が、ブレーキをかけてから、20 [m] 進んで止まった。このときの加速度を求めよ。
- (6) 右向きの加速度 $2.0 \text{ [m/s}^2\text{]}$ で、初速度 28 [m/s]で原点を通過してから速度が右向きに 52 [m/s]となるまでの時間 t は何秒か。
- (7) 加速度 $-4.0 \text{ [m/s}^2\text{]}$ のとき、初速度 28 [m/s]で原点を通過してから速度が 0 [m/s]となるまでの時間 t は何秒か。また、この間に動いた距離はいくらか。
- (8) 4.0 [m/s]で右向きに動いていた物体が、6.0秒後左向きに2.0 [m/s]の速度になった。この物体の加速度を求めよ。

1 1.0 m/s の速さで動いていた物体が一定の加速度 1.5 m/s^2 で速さを増した。

- (1) 2.0 秒後の物体の速さは何 m/s か。
- (2) 2.0 秒後までに物体が進んだ距離は何 m か。

(1) 「 $v = v_0 + at$ 」で、

$$v_0 = 1.0 \text{ m/s}, a = 1.5 \text{ m/s}^2, t = 2.0 \text{ s} \text{ とおくと } v = 1.0 + 1.5 \times 2.0 = 4.0 \text{ m/s}$$

(2) 「 $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ 」で、

$$v_0 = 1.0 \text{ m/s}, a = 1.5 \text{ m/s}^2, t = 2.0 \text{ s} \text{ とおくと } x = 1.0 \times 2.0 + \frac{1}{2} \times 1.5 \times 2.0^2 = 5.0 \text{ m}$$

2 4.0 m/s の速さで動いていた物体が、一定の加速度 2.5 m/s^2 で速さを増し、6.0 m/s の速さになった。この間に物体が進んだ距離は何 m か。

「 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ 」で、

$$v_0 = 4.0 \text{ m/s}, a = 2.5 \text{ m/s}^2, v = 6.0 \text{ m/s} \text{ とおくと}$$

$$6.0^2 - 4.0^2 = 2 \times 2.5 \times x$$

$$\text{より } x = 4.0 \text{ m}$$

3 速さ10.0 m/s で進んでいた自動車が一定の加速度で速さを増し、3.0 秒後に 16.0 m/s の速さになった。

- (1) このときの加速度の大きさを求めよ。
- (2) 自動車が加速している間に進んだ距離を求めよ。
- (3) こののち自動車が急ブレーキをかけて、一定の加速度で減速し、40 m 進んで停止した。このときの加速度の向きと大きさを求めよ。

(1) 加速度を $a [\text{m/s}^2]$ とする。「 $v = v_0 + at$ 」より

$$16.0 = 10.0 + a \times 3.0 \quad \text{よって } a = 2.0 \text{ m/s}^2$$

(2) 進んだ距離を $x [\text{m}]$ とする。「 $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ 」より

$$x = 10.0 \times 3.0 + \frac{1}{2} \times 2.0 \times 3.0^2 \quad \text{よって } x = 39 \text{ m}$$

(3) 加速度を $a' [\text{m/s}^2]$ とする。「 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ 」より

$$0^2 - 16.0^2 = 2a' \times 40 \quad \text{よって } a' = -3.2 \text{ m/s}^2$$

ゆえに、運動の向きと逆向きに大きさ 3.2 m/s^2

- 4 速さ 4.0 m/s で右向きに進み始めた物体が、等加速度直線運動をして 3.0 秒後に左向きに速さ 2.0 m/s となった。

- (1) 物体の加速度の向きと大きさを求めよ。
- (2) 物体の速さが 0 m/s になるのは、物体が進み始めてから何秒後か。
- (3) 物体が速さ 0 m/s になるまでに進む距離を求めよ。

右向きを正の向きとする。

- (1) 「 $v = v_0 + at$ 」で、 $v_0 = 4.0 \text{ m/s}$, $v = -2.0 \text{ m/s}$, $t = 3.0 \text{ s}$ とおくと $-2.0 = 4.0 + a \times 3.0$

よって $a = \frac{-2.0 - 4.0}{3.0} = -2.0 \text{ m/s}^2$ ゆえに 左向きに 2.0 m/s^2

- (2) 「 $v = v_0 + at$ 」で、 $v = 0$ とすると $0 = 4.0 + (-2.0) \times t$

よって $t = \frac{-4.0}{-2.0} = 2.0 \text{ s}$ ゆえに 2.0 秒後

- (3) 「 $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ 」より $x = 4.0 \times 2.0 + \frac{1}{2} \times (-2.0) \times 2.0^2 = 4.0 \text{ m}$

別解 「 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ 」より $0^2 - 4.0^2 = 2 \times (-2.0) \times x$ よって $x = 4.0 \text{ m}$

- 5 x 軸上を運動する物体を考える。正の向きに 6.0 m/s の速さで原点を通過した物体が、一定の加速度で運動し、 12 m 進んで停止した。

- (1) このときの加速度はどの向きに何 m/s^2 か。
- (2) 12 m 進むのにかかる時間は何秒か。

- (1) 「 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ 」で、 $v_0 = 6.0 \text{ m/s}$, $x = 12 \text{ m}$, $v = 0 \text{ m/s}$ とおくと

$0^2 - 6.0^2 = 2 \times a \times 12$ よって $a = -1.5 \text{ m/s}^2$ ゆえに 負の向きに 1.5 m/s^2

- (2) 「 $v = v_0 + at$ 」で、 $a = -1.5 \text{ m/s}^2$, $v = 0 \text{ m/s}$, $v_0 = 6.0 \text{ m/s}$ とおくと

$0 = 6.0 + (-1.5) \times t$ よって $t = 4.0 \text{ s}$ ゆえに 4.0 秒

- 6 まっすぐな道路を一定の速度で進む自動車が、あるとき一定の加速度で加速し始めた。その後 2.0 秒間で 28.0 m 進み、そのときの速さは 16.0 m/s であった。自動車の加速度の大きさは何 m/s^2 か。

加速度の大きさを $a [\text{m/s}^2]$ 、初めの速度の大きさを $v_0 [\text{m/s}]$ とおくと

「 $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ 」より $28.0 = v_0 \times 2.0 + \frac{1}{2} a \times 2.0^2 \dots \textcircled{1}$

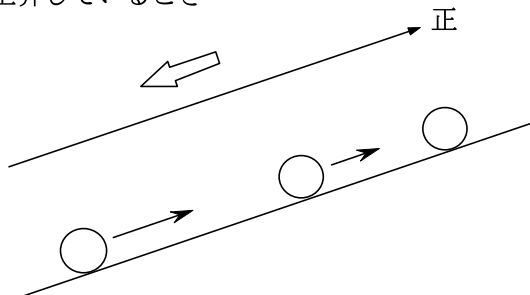
また、「 $v = v_0 + at$ 」より $16.0 = v_0 + a \times 2.0 \dots \textcircled{2}$

$\textcircled{2} \times 2 - \textcircled{1}$ 式より、 v_0 を消去すると $4.0 = 2.0a$ よって $a = 2.0 \text{ m/s}^2$

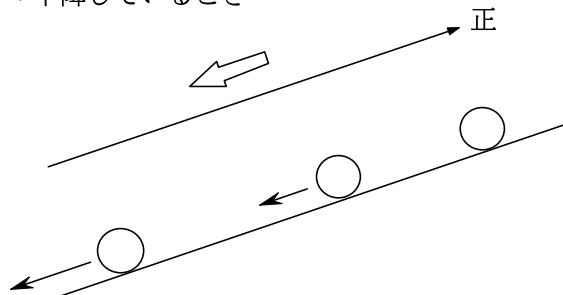
加速度が負の運動

小球を斜面にそって上向きに転がす運動を考えてみます。

・上昇しているとき

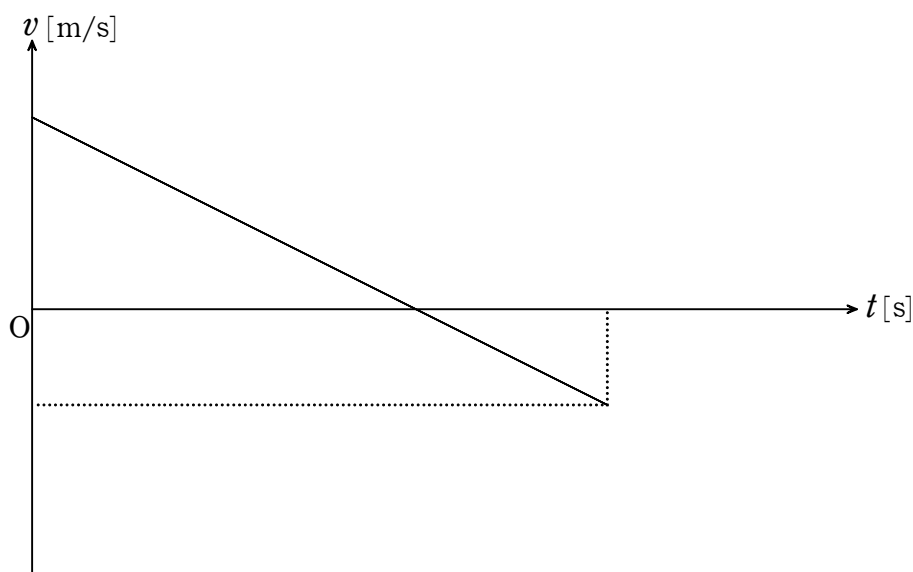


・下降しているとき



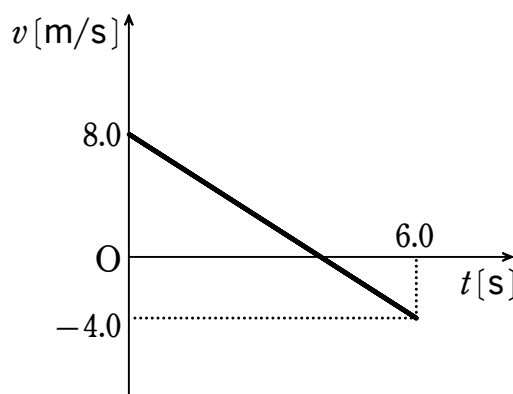
運動する向きは変化しているけれども、「上昇中」でも「下降中」でも常に「一定の負の加速度」となっていることがポイントです。負の加速度というのは、単純に速さが減っていくだけでなく、速さが0になった後は、今度は逆向きに加速していくわけです。そこに注意してください。

・ $v-t$ 図



- ・ $v-t$ 図のグラフの傾きは、「」を意味する。
 ・ $v-t$ 図のグラフの面積は、「」を意味する。
 ・ - は、「」を意味する。

- 1 図は、 x 軸上を等加速度直線運動している物体が、原点を時刻 0 s に通過した後の 6.0 秒間の速度と時間の関係を表す $v-t$ 図である。



- (1) 物体の加速度 $a\text{ [m/s}^2\text{]}$ を求めよ。
- (2) 物体が原点から最も遠ざかるときの時刻 $t_1\text{ [s]}$ と、その位置 $x_1\text{ [m]}$ を求めよ。
- (3) 6.0 秒後の物体の位置 $x_2\text{ [m]}$ を求めよ。
- (4) 経過時間 $t\text{ [s]}$ と物体の位置 $x\text{ [m]}$ の関係をグラフに表せ。

(1) a は、 $v-t$ 図の傾きで表されるので

$$a = \frac{(-4.0) - 8.0}{6.0 - 0} = \frac{-12.0}{6.0} = -2.0\text{ m/s}^2$$

(2) 速度が 0 m/s となると、物体は最も遠ざかる。

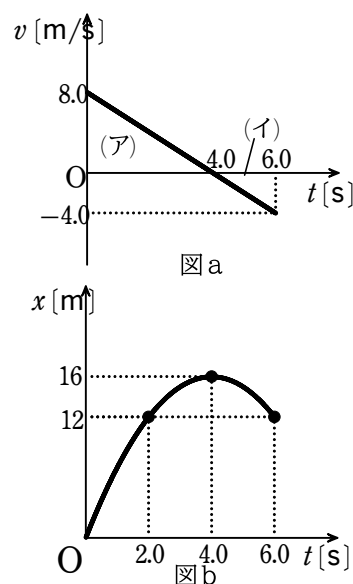
$$「v = v_0 + at」より \quad 0 = 8.0 + (-2.0) \times t_1 \quad \text{よって} \quad t_1 = 4.0\text{ s}$$

$$x_1 \text{ は、図 a の (ア) の面積に等しいので} \quad x_1 = \frac{1}{2} \times 4.0 \times 8.0 = 16\text{ m}$$

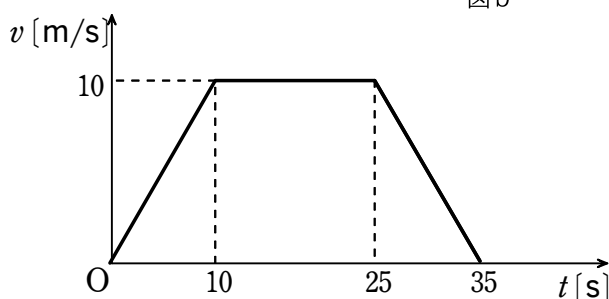
(3) x_2 は図 a の「(ア) の面積 - (イ) の面積」

$$\text{より} \quad x_2 = 16 - \frac{1}{2} \times 2.0 \times 4.0 = 12\text{ m}$$

(4) $t = 0\text{ s}, 2.0\text{ s}, 4.0\text{ s}, 6.0\text{ s}$ での x の値を求め、 $x-t$ 図に点を記して各点を結ぶと、図 b のような放物線の一部となる。



- 2 図は、エレベーターが上昇するときの速度と経過時間の関係を表す $v-t$ 図である。



- (1) この運動の、加速度と経過時間の関係を表す $a-t$ 図をつくれ。
- (2) エレベーターが 35 秒間に上昇した高さ $h\text{ [m]}$ を求めよ。

(1) 問題の $v-t$ 図の傾きより

$$t = 0 \sim 10\text{ s} \text{ では} \quad a = \frac{10}{10} = 1.0\text{ m/s}^2$$

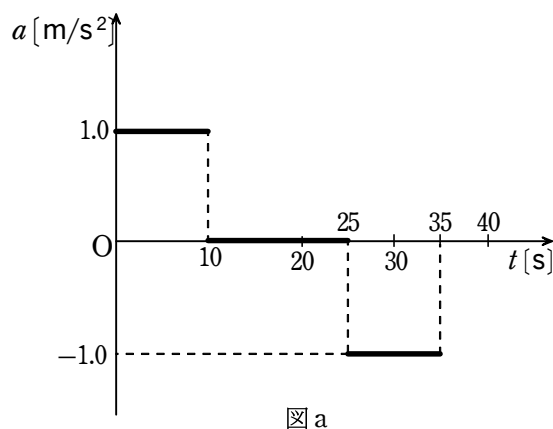
$$t = 10 \sim 25\text{ s} \text{ では} \quad a = \frac{0}{15} = 0\text{ m/s}^2$$

$$t = 25 \sim 35\text{ s} \text{ では} \quad a = \frac{-10}{10} = -1.0\text{ m/s}^2$$

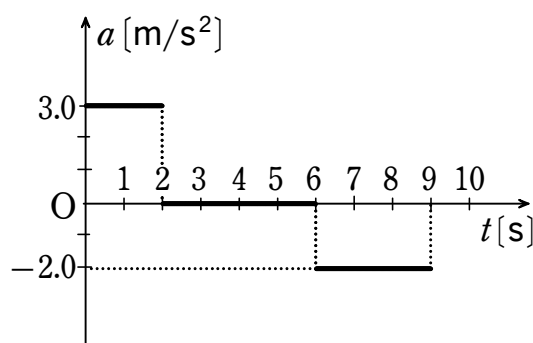
よって、図 a のような $a-t$ 図が得られる。

(2) $h\text{ [m]}$ は $v-t$ 図が囲む台形の面積に等しいので

$$h = \frac{(15 + 35) \times 10}{2} = 2.5 \times 10^2\text{ m}$$



- 3 右の図は、止まっていたエレベーターが上昇し、停止するまでの加速度 a [m/s²] の時間変化を表したグラフである。



- (1) エレベーターの速度 v [m/s] と時間 t [s] との関係を表すグラフに表せ。
- (2) エレベーターが上昇し始めてから 7.0 秒後の速度 v' [m/s] を求めよ。
- (3) 9.0 秒間にエレベーターが上昇した高さ h は何 m か。

(1) v - t 図 (図 a)

0 ~ 2.0 s 間：傾き (加速度) 3.0 m/s² の直線

2.0 ~ 6.0 s 間：傾き 0 m/s² の直線

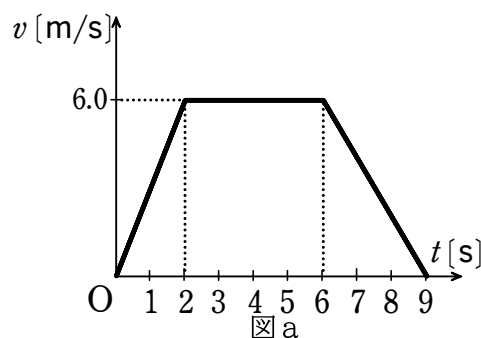
6.0 ~ 9.0 s 間：傾き -2.0 m/s² の直線

- (2) エレベーターは $t=6.0$ s に、初速 6.0 m/s、加速度 -2.0 m/s² の等加速度直線運動を始める。よって、 $t=7.0$ s における速度はこの等加速度直線運動の 1.0 秒後の速度を求めればよい。

$$\text{ゆえに、「} v = v_0 + at \text{」より } v' = 6.0 + (-2.0) \times 1.0 = 4.0 \text{ m/s}$$

- (3) v - t 図 (図 a) の台形の面積がエレベーターの上昇した高さ h を表す。

$$h = \frac{1}{2} \times (4.0 + 9.0) \times 6.0 = 39 \text{ m}^{[1]}$$



- 4 x 軸上を運動する物体を考える。時刻 $t=0$ s のとき原点を初速度 0 m/s で出発した物体は、次のように速度を変化させながら運動したとする。

- ① $0 \text{ s} \leq t < 5.0 \text{ s}$ 等加速度直線運動 (加速度 0.40 m/s²)
- ② $5.0 \text{ s} \leq t < 15.0 \text{ s}$ 等速直線運動 (加速度 0 m/s²)
- ③ $15.0 \text{ s} \leq t \leq 25.0 \text{ s}$ 等加速度直線運動 (加速度 -0.20 m/s²)

- (1) 区間 ② での物体の速度 v_2 [m/s] を求めよ。
- (2) 物体の速度 v [m/s] と経過時間 t [s] の関係を表すグラフをかけ。
- (3) $t=5.0$ s, 15.0 s, 25.0 s での物体の位置 x_1 , x_2 , x_3 [m] をそれぞれ求めよ。

- (1) 区間 ② においては等速度だが、その速度 v_2 [m/s] は区間 ① の等加速度直線運動によって得られたものであるから $v_2 = a_1 t = 0.40 \times 5.0 = 2.0 \text{ m/s}$

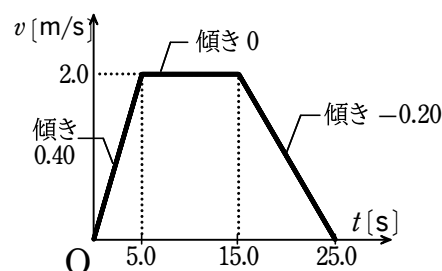
- (2) v - t 図の傾きが加速度を表すから、次の図が得られる。

- (3) (2) の図で、0 s から 5.0 s, 15.0 s, 25.0 s までの t 軸とによって囲まれた部分の面積が位置 x_1 , x_2 , x_3 [m] である。

$$x_1 = \frac{1}{2} \times 5.0 \times 2.0 = 5.0 \text{ m}$$

$$x_2 = 5.0 + (15.0 - 5.0) \times 2.0 = 25 \text{ m}$$

$$x_3 = 25 + \frac{1}{2} \times (25.0 - 15.0) \times 2.0 = 35 \text{ m}$$



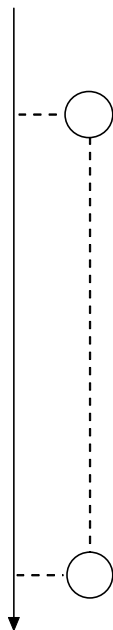
3 落体の運動

ものが落ちるときは、だんだん速くなる。つまり、地面に向かって加速度があるということです。特に、重力による加速度を「」と言います。約「」として扱います。

【重力加速度】

[]

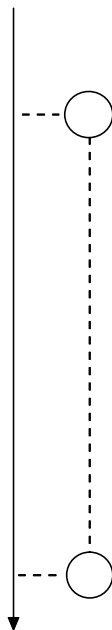
1、



初速度は

加速度は

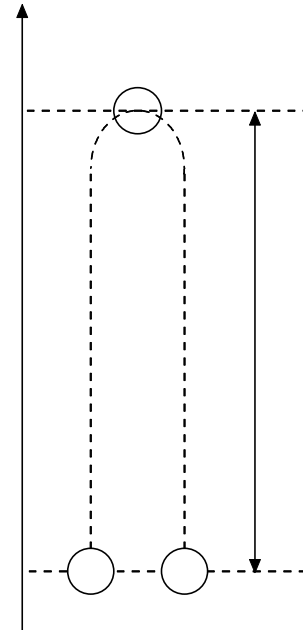
2、



初速度は

加速度は

3、



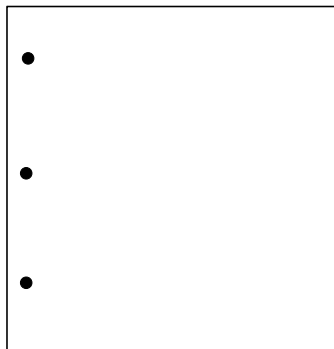
初速度は

加速度は

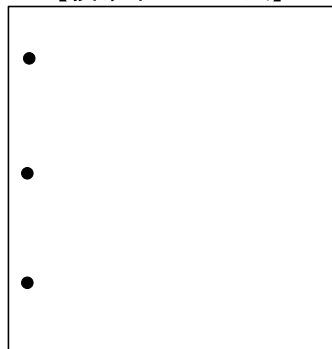
これらを等加速度直線運動の3式に代入しつつ $x \rightarrow y$ にすると

$$v = v_0 + at \quad x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \quad v^2 - v_0^2 = 2ax$$

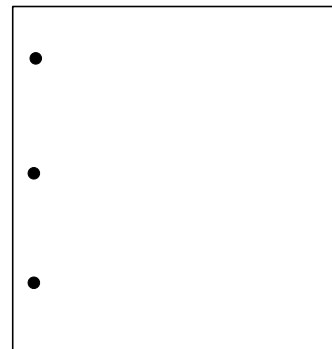
【自由落下の式】



【投げ下ろしの式】



【投げ上げの式】



※この3パターンそれぞれの式を全て覚えるのは愚かな行為です。3式を覚えていれば、その場で作ればいいだけです。脳のメモリを無駄遣いしないように。

- 1 2階の窓から小球を静かにはなすと、1.0秒後に地面に達した。小球をはなした点の高さと、地面に達する直前の小球の速さを求めよ。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

小球をはなした点の高さを $h \text{ [m]}$ 、地面に達する直前の小球の速さを $v \text{ [m/s]}$ とする。

$$「y = \frac{1}{2}gt^2」より \quad h = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 1.0^2 = 4.9 \text{ m}$$

$$\text{また, } 「v = gt」より \quad v = 9.8 \times 1.0 = 9.8 \text{ m/s}$$

- 2 小球をある高さから初速度 5.0 m/s で鉛直下向きに投げると、2.0秒後に地面に達した。小球を投げた点の高さと、地面に達する直前の小球の速さを求めよ。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

小球を投げた点の高さを $h \text{ [m]}$ 、地面に達する直前の小球の速さを $v \text{ [m/s]}$ とする。

$$「y = v_0t + \frac{1}{2}gt^2」より$$

$$h = 5.0 \times 2.0 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times 2.0^2 = 29.6 \approx 30 \text{ m}$$

$$\text{また, } 「v = v_0 + gt」より$$

$$v = 5.0 + 9.8 \times 2.0 = 24.6 \approx 25 \text{ m/s}$$

- 3 ビルの屋上から、小球 A を自由落下させ、その 1.0 秒後に同じ所から小球 B を鉛直下向きに投げた。B を投げてから 1.0 秒後に、B が A に追いついたとすると、B の初速度の大きさは何 m/s か。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

問題文より、小球 A が 2.0 秒間落下した距離と、小球 B が 1.0 秒間落下した距離は同

じである。「 $y = v_0t + \frac{1}{2}gt^2$ 」より、落下した距離を $h \text{ [m]}$ 、B の初速度の大きさを

$$v_B \text{ [m/s]} \text{ とおくと 小球 A : } h = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 2.0^2 \quad \text{小球 B : } h = v_B \times 1.0 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times 1.0^2$$

$$2 \text{ 式より } \frac{1}{2} \times 9.8 \times 2.0^2 = v_B \times 1.0 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times 1.0^2$$

$$\text{よって } v_B = \frac{1}{2} \times 9.8 \times (4.0 - 1.0) = 14.7 \approx 15 \text{ m/s}$$

- 4 小球を鉛直上向きに投げた。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

(1) 最高点での小球の速さは何 m/s か。

(2) 最高点での小球の加速度の大きさは何 m/s^2 か。

(1) 鉛直投げ上げでは、最高点の速度が 0 m/s となる。

(2) 鉛直投げ上げでは、小球にはたらく力は重力のみであり、重力は変化しないので、

加速度は重力加速度で一定となる。つまり、その大きさは 9.8 m/s^2

- 5 小球を初速度 30 m/s で地面から真上に投げる。投げてから 5.0 秒後の小球の速度はどの向きに何 m/s か。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

鉛直上向きを正とする。

「 $v = v_0 - gt$ 」より、5.0 秒後の小球の速度を $v \text{ [m/s]}$ とすると

$$v = 30 - 9.8 \times 5.0 = -19 \text{ m/s}$$

よって 鉛直下向きに 19 m/s

- 6 小球を初速度 9.8 m/s で真上に向けて投げるとき、次の値を求めよ。ただし、鉛直上向きを正とし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

- (1) 最高点に達するまでの時間 $t_1[\text{s}]$ とその高さ $h_1[\text{m}]$
 (2) もとの位置にもどるまでの時間 $t_2[\text{s}]$ とそのときの速度 $v_2[\text{m/s}]$

(1) 最高点では速度が 0 m/s となる。

$$[v = v_0 - gt] \text{ より } 0 = 9.8 - 9.8 \times t_1 \text{ より } t_1 = 1.0 \text{ s}$$

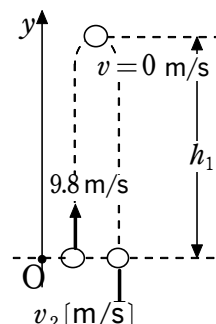
$$[y = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2] \text{ より } h_1 = 9.8 \times 1.0 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 1.0^2 = 4.9 \text{ m}$$

(2) もとの位置にもどると、変位(高さ)が 0 m となる。

$$[y = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2] \text{ より } 0 = 9.8 \times t_2 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t_2^2 \quad t_2 \neq 0 \text{ より } t_2 = 2.0 \text{ s}$$

$$[v = v_0 - gt] \text{ より } v_2 = 9.8 - 9.8 \times 2.0 = -9.8 \text{ m/s}$$

別解 運動の対称性より $t_2 = 2t_1 = 2.0 \text{ s}$ 初速度を v_0 とすると $v_2 = -v_0 = -9.8 \text{ m/s}$



- 7 小球を初速度の大きさ $v_0[\text{m/s}]$ で真上に向けて投げるとき、次の値を求めよ。ただし、鉛直上向きを正とし、重力加速度の大きさを $g[\text{m/s}^2]$ とする。

- (1) 最高点に達するまでの時間 $t_1[\text{s}]$ とその高さ $h_1[\text{m}]$
 (2) もとの位置にもどるまでの時間 $t_2[\text{s}]$ とそのときの速度 $v_2[\text{m/s}]$

(1) 最高点では速度が 0 m/s となる。 $[v = v_0 - gt] \text{ より } 0 = v_0 - gt_1 \text{ より } t_1 = \frac{v_0}{g} [\text{s}]$

$$[y = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2] \text{ より } h_1 = v_0 t_1 - \frac{1}{2}gt_1^2 = v_0 \frac{v_0}{g} - \frac{1}{2}g\left(\frac{v_0}{g}\right)^2 = \frac{v_0^2}{2g} [\text{m}]$$

(2) もとの位置にもどると、変位(高さ)は 0 m となる。 $[y = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2] \text{ より}$

$$0 = v_0 t_2 - \frac{1}{2}gt_2^2 \quad 0 = -\frac{1}{2}gt_2\left(t_2 - \frac{2v_0}{g}\right) \quad t_2 \text{ は } 0 \text{ s} \text{ ではないので } t_2 = \frac{2v_0}{g} [\text{s}]$$

$$[v = v_0 - gt] \text{ より } v_2 = v_0 - gt_2 = v_0 - g\frac{2v_0}{g} = -v_0 [\text{m/s}]$$

- 8 小球を初速度 14.7 m/s で地面から真上に向けて投げるとき、高さ 9.8 m の地点を上向きの速度で通過するまでの時間 $t_1[\text{s}]$ と、下向きの速度で通過するまでの時間 $t_2[\text{s}]$ を求めよ。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

鉛直上向きを正の向きとする。

投げ上げた時刻を 0 s とし、高さ 9.8 m の地点を通過する時刻を $t[\text{s}]$ とすると

$$[y = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2] \text{ より } 9.8 = 14.7 \times t - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$$

両辺を 4.9 でわって整理すると

$$t^2 - 3.0t + 2.0 = 0 \quad (t - 1.0)(t - 2.0) = 0 \quad \text{よって } t = 1.0 \text{ s}, 2.0 \text{ s}$$

上向きの速度で通過するときは上昇中で、下向きの速度で通過するときは下降中なので、 $t_1 < t_2$ である。

ゆえに $t_1 = 1.0 \text{ s}, t_2 = 2.0 \text{ s}$

- 9 ビルの屋上の点 P から物体を鉛直上向きに速さ 9.8 m/s で投げたところ、 3.0 秒後に地面に達した。点 P の地面からの高さは何 m か。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

「 $y = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$ 」より、点 P の地面からの高さを $h [\text{m}]$ とすると

$$-h = 9.8 \times 3.0 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 3.0^2$$

$$= -14.7 \approx -15 \text{ m} \quad \text{よって} \quad h = 15 \text{ m}$$

- 10 高さ 8.0 m の点から物体を鉛直上向きに投げたところ、 2.0 秒後に地面に達した。初速度の大きさは何 m/s か。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

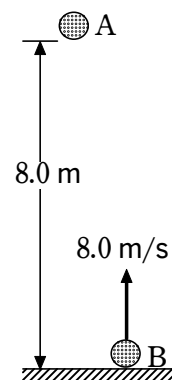
鉛直上向きを正とする。

「 $y = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$ 」より、初速度の大きさを $v_0 [\text{m/s}]$ とすると

$$-8.0 = v_0 \times 2.0 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 2.0^2 \quad \text{よって} \quad v_0 = 5.8 \text{ m/s}$$

- 11 地上から高さ 8.0 m の所より小球 A を自由落下させると同時に、地上から小球 B を初速度 8.0 m/s で鉛直上方へ投射した。2 球は地上に落下する前、同時に同じ高さの点を通じた。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 、鉛直上向きを正とする。

- (1) 同じ高さの点を通じるまでの時間 $t [\text{s}]$ と、その高さ $h [\text{m}]$ を求めよ。
- (2) 同じ高さの点を通じるときの A と B の速度 $v_A, v_B [\text{m/s}]$ を求めよ。



- (1) A が $t [\text{s}]$ 間に自由落下する距離を $y_1 [\text{m}]$ 、B の $t [\text{s}]$ 後の地上からの高さを $y_2 [\text{m}]$ とすると、 y_1 と y_2 の合計が 8.0 m である。

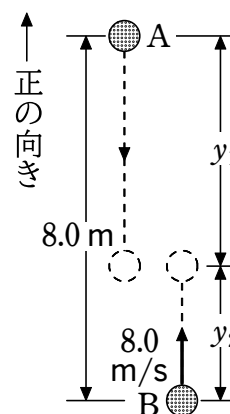
$$\text{「} y = \frac{1}{2} g t^2 \text{」より} \quad y_1 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$$

$$\text{「} y = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \text{」より} \quad y_2 = 8.0 t - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$$

$$\left(\frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2 \right) + \left(8.0 t - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2 \right) = 8.0 \quad \text{よって} \quad t = 1.0 \text{ s}$$

$$h = 8.0 \times 1.0 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 1.0^2 = 3.1 \text{ m}$$

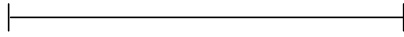
- (2) $v_A = -9.8 \times 1.0 = -9.8 \text{ m/s}$ $v_B = 8.0 - 9.8 \times 1.0 = -1.8 \text{ m/s}$



・有効数字

有効数字とは、その値のどこまでが信用できる桁なのかを示すものです。

例えば、定規で下の線分の長さを測ってくださいと言われたとします。では、皆さん実際に測ってみましょう。



何cmでしたか。ここに書いてみてください→_____cm

普通、定規というものは1mmの間隔まで目盛りが刻んであるので、そこまでの値は読むことができます。さらにその10分の1までは、目分量で読み取ることになっています。もし、「5.2285727734891737cmです。」っていう人がいたら、そいつはAIです。5.22まではわかるけど、その下の値はウソでしょ（笑）ってことになりますね。でも顕微鏡などを使ってガチで測ったら本当にそれくらい細かい値なのかもしれません。とは言っても、手持ちの市販の定規ではせいぜい小数第2位までが限界です。そこまでは信用に値する数値、意味のある有効な数字です。これを有効数字といいます。

もうひとつ例を考えてみましょう。50m走を3人の人に走ってもらったとします。それぞれのタイムは下のようになりました。では3人のタイムの平均値を求めてみてください。

Aさん	Bさん	Cさん
7.58 s	7.47 s	7.82 s

いくらになりましたか？ここに書いてみてください→_____秒

割り切れませんよね。このストップウォッチでは、小数第2位までが正確に測ることのできる値であり、それ以下の値は、計算が割り切れないためにできてきた何の意味もない数字と考えます。この場合は、小数第3位を四捨五入して、小数第2位までの平均値を答えるのが正解です。

有効数字は、「最初の0以外の数字が始まってから、そのうしろにいくつの数字があるか」で桁数が決まっています。最初はちょっと難しいですが、慣れれば簡単です。

例えば、18.5mm→有効数字3桁 18.50mm→有効数字4桁 となります。「5」のうしろの「0」にもちゃんと意味があるため有効数字の桁として数えます。

さらに0.0185m のような場合は、「0.0」は有効数字ではなく、位取りのための「0」と考えるので、桁数には数えません。そのため0.0185m→有効数字3桁 となります。

では、次の値は有効数字何桁で表されているか考えてみましょう。

- | | | | |
|--|----------|-----------------------------------|----------|
| ☐ 12 m | 有効数字()桁 | ☐ 12.0 m | 有効数字()桁 |
| ☐ 120 m | 有効数字()桁 | ☐ 1200 m | 有効数字()桁 |
| ☐ 0.12 m | 有効数字()桁 | ☐ 1.2 m | 有効数字()桁 |
| ☐ 0.0012 m | 有効数字()桁 | ☐ 120.00 m | 有効数字()桁 |
| ☐ 1.2×10^2 m | 有効数字()桁 | | |

また、ある値を有効数字に合わせる場合、基本的には「最上位の桁を1の位のところに書いた数値× 10° 」のように指数を用いて表します。例えば180mを有効数字2桁にする場合は、このままだと有効数字3桁ですが、「 1.8×10^2 m」とすると有効数字2桁になります。ただし「53cm」では「 5.3×10 cm」のようになりますが、この場合は指数を用いず「53cm」のままでもよいです。

次の値を有効数字2桁で表してみましょう。

- | | |
|---|-----|
| ☐ 172cm | () |
| ☐ 44.1m | () |
| ☐ 39.2m/s | () |
| ☐ $\pi = 3.141592$ | () |
| ☐ 830470g | () |
| ☐ 7 m/s | () |
| ☐ 1013hPa | () |
| ☐ 300000km/s | () |

今後問題を解くときには、問題文中で有効数字が最も小さい桁に合わせて答えていきます。なお途中計算では有効数字の桁数より1桁多く取って計算し、最後に四捨五入を行って桁をそろえるようにします。



「不屈不撓の物理ホームページリンク」

パスワード ○○○○