第1部 様々な運動

第1章 物体の運動 →p.16〜57

問1　電車の速さを v_A[m/s]とすると，

$$v_A=\frac{500\ \mathrm{m}}{40\ \mathrm{s}}=12.5\ \mathrm{m/s}\fallingdotseq 13\ \mathrm{m/s}$$

短距離走者の速さを v_B[m/s]とすると，

$$v_B=\frac{100}{10}=10\ \mathrm{m/s}$$

よって，電車のほうが速い。　答 電車

問2　求める平均の速さを v とすると，

$$v=\frac{150\ \mathrm{m}}{30\ \mathrm{s}}=5.0\ \mathrm{m/s}$$

この結果を km/h に変換すると

$$5.0\ \mathrm{m/s}=\frac{5.0\ \mathrm{m}}{1.0\ \mathrm{s}}=\frac{5.0\times10^{-3}\ \mathrm{km}}{\left(\frac{1.0}{3600}\right)\mathrm{h}}=18\ \mathrm{km/h}$$

答 5.0 m/s，18 km/h

問3　自転車の速さを v[m/s]とすると，

$$v=\frac{75\ \mathrm{m}}{30\ \mathrm{s}}=2.5\ \mathrm{m/s}$$

また，この自転車が 50 s 間に進む距離を x[m]とすると，

$$x=2.5\ \mathrm{m/s}\times50\ \mathrm{s}=125\ \mathrm{m}\fallingdotseq1.3\times10^2\ \mathrm{m}$$

答 2.5 m/s，1.3×10^2 m

問4　物体の速さを v[m/s]とすると，

$$v=\frac{24\ \mathrm{m}}{12\ \mathrm{s}}=2.0\ \mathrm{m/s}$$

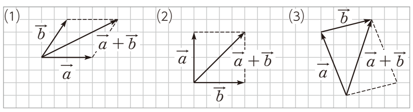
答 2.0 m/s

問5　東向きを正とすると，自動車Aの速度は東向きだから 20 m/s，自動車Bの速度は西向きだから −25 m/s となる。

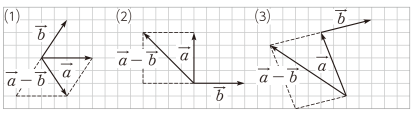
答 A：20 m/s，B：−25 m/s

p.20　レベル UP　ベクトルの扱い方と速度

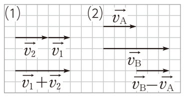
問 i



問 ii



問 iii



問 iv　(1) x：2，y：4，大きさ：$2\sqrt{5}$

(2) x：−4，y：3，大きさ：5

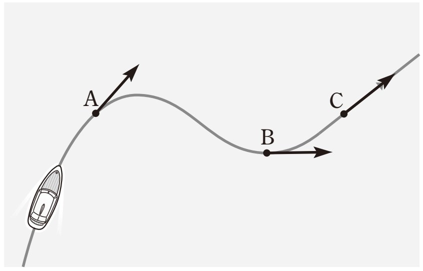
(3) x：4，y：2，大きさ：$2\sqrt{5}$

問6　求める変位を Δx[m]とすると，

$$\Delta x=5.0\ \mathrm{m}-2.0\ \mathrm{m}=3.0\ \mathrm{m}$$

答 x 軸の正の向きに 3.0 m

問7　答



問8　東向きを正として，求める平均の速度を $\bar{v}$[m/s]とすると，

$$\bar{v}=\frac{200\ \mathrm{m}-50\ \mathrm{m}}{20\ \mathrm{s}-10\ \mathrm{s}}=15\ \mathrm{m/s}$$

答 15 m/s

問9　(1)　A の速度を v_A[m/s]，B の速度を v_B[m/s]，C の速度を v_C[m/s] とすると，

$$v_A=\frac{6.0\ \mathrm{m}-3.0\ \mathrm{m}}{2.0\ \mathrm{s}-1.0\ \mathrm{s}}=3.0\ \mathrm{m/s}$$

$$v_B=\frac{5.0\ \mathrm{m}-3.0\ \mathrm{m}}{3.0\ \mathrm{s}-1.0\ \mathrm{s}}=1.0\ \mathrm{m/s}$$

$$v_C=\frac{5.0\ \mathrm{m}-6.0\ \mathrm{m}}{3.0\ \mathrm{s}-2.0\ \mathrm{s}}=-1.0\ \mathrm{m/s}$$

答 A：3.0 m/s，B：1.0 m/s，C：−1.0 m/s

(2)　Aの速度 $v_A=3.0$ m/s，B の速度 $v_B=1.0$ m/s，C の速度 $v_C=-1.0$ m/s より，

$$x_A=3.0\ \mathrm{m/s}\times t[\mathrm{s}]=3.0t[\mathrm{m}]$$

$$x_B=2.0\ \mathrm{m}+1.0\ \mathrm{m/s}\times t[\mathrm{s}]=2.0\ \mathrm{m}+1.0t[\mathrm{m}]$$

$$x_C=8.0\ \mathrm{m}-1.0\ \mathrm{m/s}\times t[\mathrm{s}]=8.0\ \mathrm{m}-1.0t[\mathrm{m}]$$

答 $x_A=3.0t$[m]，$x_B=2.0\ \mathrm{m}+1.0t$[m]，$x_C=8.0\ \mathrm{m}-1.0t$[m]

問10　川の流れの速さを v_1[m/s]，静水時の船の速さを v_2[m/s]とする。

船が川上に向かうとき，川上に向かう向きを正の向きとして，

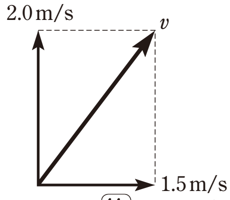
$3.0\ \mathrm{m/s} = v_2 - v_1$ ……①

船が川下に向かうとき，川下に向かう向きを正の向きとして，

$6.0\ \mathrm{m/s} = v_2 + v_1$ ……②

式①，②より，$v_1 = 1.5\ \mathrm{m/s}$　答　1.5 m/s

問 11　川岸に対する船の速さを v〔m/s〕とする。静水に対する船の速さと，川の流れの速さを合成して，



$v = \sqrt{(1.5\ \mathrm{m/s})^2 + (2.0\ \mathrm{m/s})^2}$

$= 2.5\ \mathrm{m/s}$　答　2.5 m/s

問 12　船の速度の x 成分は，$v\cos\theta$ で表すことができるので，速度の大きさ $v = 5.0\ \mathrm{m/s}$，x軸となす角 $\theta = 30°$ を代入すると，

$$v\cos\theta = 5.0\ \mathrm{m/s} \cdot \cos 30° = 5.0\ \mathrm{m/s} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$= 4.325\cdots\ \mathrm{m/s} \fallingdotseq 4.32\ \mathrm{m/s}$$

同様に，船の速度の y 成分は，$v\sin\theta$ で表すことができるので，速度の大きさ $v = 5.0\ \mathrm{m/s}$，y 軸となす角 $\theta = 30°$ を代入すると，

$$v\sin\theta = 5.0\ \mathrm{m/s} \cdot \sin 30° = 5.0\ \mathrm{m/s} \cdot \frac{1}{2} = 2.5\ \mathrm{m/s}$$

p.28　特集　相対速度　東，(a) 60，30，30，東，30，(b) 30，60，-30，西，30

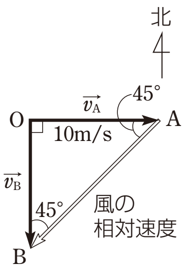
(西向きを正にした場合，西，(a) -60，-30，-30，東，30，(b) -30，-60，30，西，30)

類題 1　北向きを正として，求める速度を v〔km/h〕とすると，

$-30\ \mathrm{km/h} = v - 80\ \mathrm{km/h}$　∴　$v = 50\ \mathrm{km/h}$

答　北向きに 50 km/h

類題 2　自転車の速度を $\vec{v_A}$〔m/s〕，風の速度を $\vec{v_B}$〔m/s〕とする。自転車に対する風の相対速度は $\vec{v_B} - \vec{v_A}$〔m/s〕なので，図の $\overrightarrow{AB}$ である。題意より，△OAB は直角二等辺三角形だから，



$|\vec{v_B}| = 10\ \mathrm{m/s}$　答　10 m/s

問 13　自動車 A の加速度の大きさを a_A〔m/s^2〕とすると，

$$a_A = \frac{12\ \mathrm{m/s} - 0\ \mathrm{m/s}}{0.6\ \mathrm{s}} = 2.0\ \mathrm{m/s^2}$$

自動車 B の加速度の大きさを a_B〔m/s^2〕とすると，

$$a_B = \frac{20\ \mathrm{m/s} - 8\ \mathrm{m/s}}{8.0\ \mathrm{s}} = 1.5\ \mathrm{m/s^2}$$

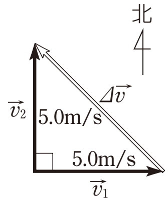
答　A：2.0 m/s^2，B：1.5 m/s^2

問 14　x 軸の正の向きを正とし，求める平均の加速度を a〔m/s^2〕とすると，

$$a = \frac{1.0\ \mathrm{m/s} - 6.0\ \mathrm{m/s}}{3.0\ \mathrm{s} - 1.0\ \mathrm{s}} = -2.5\ \mathrm{m/s^2}$$

答　x 軸の負の向きに 2.5 m/s^2

問15　東向きの速度を $\vec{v_1}$，北向きの速度を $\vec{v_2}$ とすると，図のように直角二等辺三角形であるから，この間の速度の変化 $\varDelta\vec{v}$ は北西の向きで，その大きさは，



$|\varDelta\vec{v}| = 5.0 \times \sqrt{2}\ \mathrm{m/s}$

平均の加速度 $\vec{a}$ は，単位時間あたりの速度の変化より，

$$\vec{a} = \frac{\varDelta\vec{v}}{\varDelta t} = \frac{5.0 \times \sqrt{2}\ \mathrm{m/s}}{10\ \mathrm{s}} = 0.705\cdots\ \mathrm{m/s^2} \fallingdotseq 0.71\ \mathrm{m/s^2}$$

答　北西の向きに 0.71 m/s^2

問 16　東向きを正とし，自動車の加速度を a〔m/s^2〕とすると，

$$a = \frac{20\ \mathrm{m/s} - 10\ \mathrm{m/s}}{5.0\ \mathrm{s}} = 2.0\ \mathrm{m/s^2}$$

答　東向きに 2.0 m/s^2

問 17　4.0 s 間に加速して進んだ距離を x〔m〕とすると，

$$x = 10\ \mathrm{m/s} \times 4.0\ \mathrm{s} + \frac{1}{2} \times 3.0\ \mathrm{m/s^2} \times (4.0\ \mathrm{s})^2$$

$$= 64\ \mathrm{m}$$

答　64 m

問 18　求める加速度の大きさを a〔m/s^2〕とすると，

$$7.0 \times 10^3\ \mathrm{m} = \frac{1}{2} \times a \times (1.0 \times 10^2\ \mathrm{s})^2$$

$$\therefore\quad a = \frac{2 \times 7.0 \times 10^3\ \mathrm{m}}{1.0 \times 10^4\ \mathrm{s^2}} = 1.4\ \mathrm{m/s^2}$$

最高速度の大きさを v〔m/s〕とすると，

$$v = 1.4\ \mathrm{m/s^2} \times 1.0 \times 10^2\ \mathrm{s} = 1.4 \times 10^2\ \mathrm{m/s}$$

答　1.4 m/s^2，1.4×10^2 m/s

問 19　列車が進む向きを正として，列車の加速度を a〔m/s^2〕とすると，

$0^2-(20\ \mathrm{m/s})^2=2\times a\times 400\ \mathrm{m}$

$\therefore\quad a=-0.50\ \mathrm{m/s^2}$

また，停止するまでの時間を t〔s〕とすると，

$0=20\ \mathrm{m/s}+(-0.50\ \mathrm{m/s^2})\times t\qquad\therefore\quad t=40\ \mathrm{s}$

答　進む向きと逆向きに 0.50 m/s^2，40 s

問 20　最も離れたときの時刻を t〔s〕とし，斜面に沿って上向きを正とすると，

$0\ \mathrm{m/s}=2.0\ \mathrm{m/s}-2.5\ \mathrm{m/s^2}\times t$

$$t=\frac{2.0\ \mathrm{m/s}}{2.5\ \mathrm{m/s^2}}=0.80\ \mathrm{s}$$

元の位置に戻った時間は，$0.80\ \mathrm{s}\times 2=1.6\ \mathrm{s}$

答　0.80 s，1.6 s

類題 3　(1)　例題 3 の(3)より，A の位置 x_A〔m〕と B の位置 x_B〔m〕は，

$x_A=5.0\ \mathrm{m/s}\times t$　……①

$$x_B=\frac{1}{2}\times 0.50\ \mathrm{m/s^2}\times t^2$$

$=0.25\ \mathrm{m/s^2}\times t^2$　……②

A と B との間の距離を x〔m〕とすると，

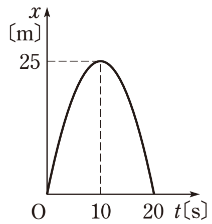
$x=x_A-x_B$　……③

式③に式①と式②を代入すると，

$x=5.0\ \mathrm{m/s}\times t-0.25\ \mathrm{m/s^2}\times t^2$

$=-0.25\ \mathrm{m/s^2}\times(t-10\ \mathrm{s})^2+25\ \mathrm{m}$

したがって，x は図のような放物線となり，$t=10\ \mathrm{s}$ のとき x は最大となる。



答　10 s

別解　時刻 t〔s〕における A の速度 $v_A=5.0\ \mathrm{m/s}$，B の速度 $v_B=0.50\ \mathrm{m/s}\times t$

よって，B に対する A の相対速度 v_{BA}〔m/s〕は，

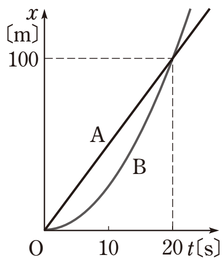
$v_{BA}=v_A-v_B=5.0\ \mathrm{m/s}-0.50\ \mathrm{m/s}\times t$

$=0.50\ \mathrm{m/s}\times(10\ \mathrm{s}-t)$

ゆえに，$t<10\ \mathrm{s}$ のとき，$v_{BA}>0$ で，B に対して A は遠ざかる。$t>10\ \mathrm{s}$ のとき，$v_{BA}<0$ で，B に対して A は近づく。

A と B との間の距離が最も大きくなるのは，相対速度が 0 になるときで，$t=10\ \mathrm{s}$

(2) A と B の x-t グラフは，上の式①，②より，右のようになる。



類題 4　(1)　小球が再び原点を通過する時刻を t'〔s〕とすると，

$$0\ \mathrm{m}=0.60\ \mathrm{m/s}\times t'+\frac{1}{2}\times(-0.20\ \mathrm{m/s^2})\times t'^2$$

よって，$0=0.10t'(6.0\ \mathrm{s}-t')$

$t'\neq 0\ \mathrm{s}$ より，$t'=6.0\ \mathrm{s}$

このときの小球の速度を v〔m/s〕とすると，

$v=0.60\ \mathrm{m/s}-0.20\ \mathrm{m/s^2}\times 6.0\ \mathrm{s}=-0.60\ \mathrm{m/s}$

答　6.0 s，-0.60 m/s

(2)　時刻 t〔s〕のときの，小球の速度 v〔m/s〕と位置 x〔m〕は以下の式で表せる。

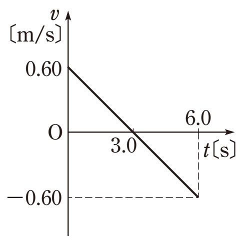
$v=0.60\ \mathrm{m/s}-0.20\ \mathrm{m/s^2}\times t$

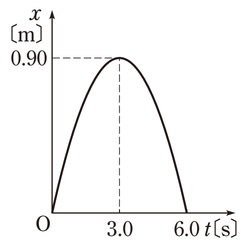
$x=0.10\ \mathrm{m/s^2}\times t(6.0\ \mathrm{s}-t)$

また，時刻が 0 s と 6.0 s のとき，それぞれの値は以下のようになる。

$t=0\ \mathrm{s}$ のとき，$v=0.60\ \mathrm{m/s}$，$x=0\ \mathrm{m}$

$t=6.0\ \mathrm{s}$ のとき，$v=-0.60\ \mathrm{m/s}$，$x=0\ \mathrm{m}$



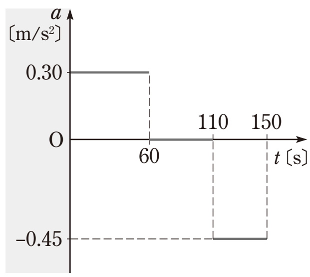


問 21　各区間での列車の加速度 a〔m/s^2〕を求めると，

$$0\sim 60\ \mathrm{s}:\quad a=\frac{18\ \mathrm{m/s}-0\ \mathrm{m/s}}{60\ \mathrm{s}-0\ \mathrm{s}}=0.30\ \mathrm{m/s^2}$$

$$60\sim 110\ \mathrm{s}:\quad a=\frac{18\ \mathrm{m/s}-18\ \mathrm{m/s}}{110\ \mathrm{s}-60\ \mathrm{s}}=0\ \mathrm{m/s^2}$$

$$110\sim 150\ \mathrm{s}:\quad a=\frac{0\ \mathrm{m/s}-18\ \mathrm{m/s}}{150\ \mathrm{s}-110\ \mathrm{s}}=-0.45\ \mathrm{m/s^2}$$



$t=0\sim60\,\text{s}$ での時刻 t〔s〕のときの列車の位置 x〔m〕を求めると，

$$x=-\frac{1}{2}\times0.30\,\text{m/s}^2\times t^2=-0.15\,\text{m/s}^2\times t^2$$

$t=60\,\text{s}$ のときの列車の位置は，

$$-0.15\,\text{m/s}^2\times(60\,\text{s})^2=540\,\text{m}$$

$t=60\sim110\,\text{s}$ での時刻 t〔s〕のときの列車の位置 x〔m〕を求めると，

$$x=18.0\,\text{m/s}\times(t-60\,\text{s})+540\,\text{m}$$
$$=18.0\,\text{m/s}\times t-540\,\text{m}$$

$t=110\,\text{s}$ のときの列車の位置は，

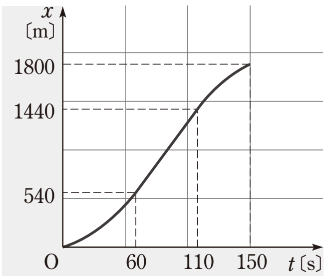
$$18.0\,\text{m/s}\times110\,\text{s}-540\,\text{m}=1440\,\text{m}$$

$t=110\sim150\,\text{s}$ での時刻 t〔s〕のときの列車の位置 x〔m〕を求めると，

$$x=\frac{1}{2}\times(-0.45\,\text{m/s}^2)\times(t-110\,\text{s})^2+18.0\,\text{m/s}\times(t-110\,\text{s})+1440\,\text{m}$$
$$=-0.225\,\text{m/s}^2\times t^2+67.5\,\text{m/s}\times t-3262.5\,\text{m}$$

$t=150\,\text{s}$ のときの列車の位置は，

$$-0.225\,\text{m/s}^2\times(150\,\text{s})^2+67.5\,\text{m/s}\times150\,\text{s}-3262.5\,\text{m}$$
$$=1800\,\text{m}$$



問 22　求める時間を t〔s〕とすると，

$$4.9\,\text{m}=\frac{1}{2}\times9.8\,\text{m/s}^2\times t^2$$

$$t^2=\frac{2\times4.9\,\text{m}}{9.8\,\text{m/s}^2}=1.0\,\text{s}^2\qquad t>0\ \text{より，}\ t=1.0\,\text{s}$$

求める速さを v〔m/s〕とすると，

$$v=9.8\,\text{m/s}^2\times1.0\,\text{s}=9.8\,\text{m/s}$$

答　1.0 s，9.8 m/s

問 23　(1)　求める速さを v〔m/s〕とすると，

$$v=5.0\,\text{m/s}+9.8\,\text{m/s}^2\times2.0\,\text{s}=24.6\,\text{m/s}$$
$$\fallingdotseq25\,\text{m/s}$$

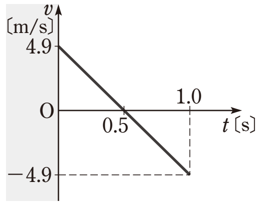
答　25 m/s

(2)　求める高さを y〔m〕とすると，

$$y=5.0\,\text{m/s}\times2.0\,\text{s}+\frac{1}{2}\times9.8\,\text{m/s}^2\times(2.0\,\text{s})^2$$
$$=29.6\,\text{m}\fallingdotseq30\,\text{m}$$

答　30 m

類題 5　(1)　$v=4.9\,\text{m/s}-9.8\,\text{m/s}^2\times t$ となる。



(2)　求める時刻を t〔s〕とする。鉛直上向きを正として，

$$0\,\text{m}=4.9\,\text{m/s}\times t-\frac{1}{2}\times9.8\,\text{m/s}^2\times t^2$$

$t\neq0\,\text{s}$ より，$t=1.0\,\text{s}$

また，初めの位置に戻るときの速度を v〔m/s〕とすると，

$$v=4.9\,\text{m/s}-9.8\,\text{m/s}^2\times1.0\,\text{s}=-4.9\,\text{m/s}$$

答　1.0 s，−4.9 m/s

(3)　物体の高さについては，最高点に達する時刻の前後で対称的である。投げ上げてから 0.30 s 後は，最高点に達する 0.20 s 前なので，同じ高さを通過する時刻は，

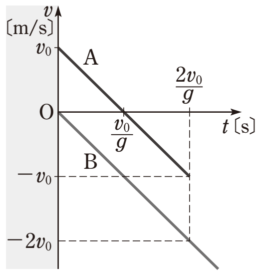
$$0.50\,\text{s}+0.20\,\text{s}=0.70\,\text{s}$$

答　0.70 s

問 24　物体Aは鉛直投げ上げ，物体Bは自由落下だから，物体 A の速度 v_A〔m/s〕，物体 B の速度 v_B〔m/s〕は，鉛直上向きを正，重力加速度の大きさを g〔m/s²〕として，

$$v_\text{A}=v_0-gt\qquad v_\text{B}=-gt$$

また，$v_\text{A}=0$〔m/s〕のとき，$t=\dfrac{v_0}{g}$〔s〕となり，グラフは以下のようになる。



問25　(1)　点Oを原点，初速度の向きに x 軸，鉛直下向きに y 軸をとる。y 軸方向には自由落下と同じ運動をするから，

式(28)より，　$19.6\,\text{m}=\dfrac{1}{2}\times9.8\,\text{m/s}^2\times t_1{}^2$

$t_1>0$ より　$t_1=2.0\,\text{s}$

答　2.0 s

(2)　x 軸方向には等速度運動をするから，

式(26)より，　$L=14.7\,\text{m/s}\times2.0\,\text{s}=29.4\,\text{m}\fallingdotseq29\,\text{m}$

答　29 m

問26 (1) 投げ出してから 0.50 s 後の物体の速度の水平成分を v_x[m/s]，鉛直成分を v_y[m/s] とすると，式(32)，(34)より

$v_x=19.6\ \mathrm{m/s}\times\cos 60°=9.8\ \mathrm{m/s}$

$v_y=19.6\ \mathrm{m/s}\times\sin 60°-9.8\ \mathrm{m/s^2}\times 0.50\ \mathrm{s}$

$=12.0\cdots\ \mathrm{m/s}≒12\ \mathrm{m/s}$

答 x 成分：9.8 m/s，y 成分：12 m/s

(2) 投げ出してから 2.0 s 後の物体の位置 $(x,\ y)$ は，式(33)，(34)より

$x=19.6\ \mathrm{m/s}\times\cos 60°\times 2.0\ \mathrm{s}=19.6\ \mathrm{m}≒20\ \mathrm{m}$

$y=19.6\ \mathrm{m/s}\times\sin 60°\times 2.0\ \mathrm{s}-\dfrac{1}{2}\times 9.8\ \mathrm{m/s^2}\times(2.0\ \mathrm{s})^2$

$=14.3\cdots\mathrm{m}≒14\ \mathrm{m}$　　答 (20 m，14 m)

類題6 (1) 点Oを原点とし，水平右向きに x 軸，鉛直上向きに y 軸をとる。投げ出してから最高点に達するまでの時間を t_1[s] とすると，式(34)で $v_y=0$ であるから，

$0=19.6\ \mathrm{m/s}\times\sin 30°-9.8\ \mathrm{m/s^2}\times t_1$

よって，$t_1=1.0\ \mathrm{s}$　　答 1.0 s 後

(2) 投げ出してから小石が 39.2 m 下の地面に着地するまでの時間を t_2[s] とすると，式(35)で $y=-39.2\ \mathrm{m}$ であるから，

$-39.2\ \mathrm{m}=19.6\ \mathrm{m/s}\times\sin 30°\times t_2-\dfrac{1}{2}\times 9.8\ \mathrm{m/s^2}\times t_2{}^2$

$t_2{}^2-2t_2-8=0$

$(t_2-4)(t_2+2)=0$

$t_2>0\ \mathrm{s}$ より，$t_2=4.0\ \mathrm{s}$　　答 4.0 s 後

(3) 式(33)より

$L=19.6\ \mathrm{m/s}\times\cos 30°\times 4.0\ \mathrm{s}=67.8\cdots\mathrm{m}≒68\ \mathrm{m}$

着地する直前の速さを v[m/s] とすると，

$v=\sqrt{(19.6\ \mathrm{m/s}\times\cos 30°)^2+(19.6\ \mathrm{m/s}\times\sin 30°-9.8\ \mathrm{m/s^2}\times 4.0\ \mathrm{s})^2}$

$=2\times 9.8\times\sqrt{3}\ \mathrm{m/s}=33.9\cdots\ \mathrm{m/s}≒34\ \mathrm{m/s}$

答 68 m，34 m/s

p.56　章末問題

1 (1) エレベーターが動き出してから 5.0 s 後に速度は最大となる。鉛直上向きを正として 5.0 s 後の速度を v[m/s] とすると，

$v=1.2\ \mathrm{m/s^2}\times 5.0\ \mathrm{s}=6.0\ \mathrm{m/s}$　　答 6.0 m/s

(2) 最後の 6.0 s 間の加速度を a[m/s²] とすると，

$0\ \mathrm{m/s}=6.0\ \mathrm{m/s}+a\times 6.0\ \mathrm{s}$

$\therefore\ \ a=-1.0\ \mathrm{m/s^2}$

よって，求める加速度の大きさは，$1.0\ \mathrm{m/s^2}$

答 $1.0\ \mathrm{m/s^2}$

(3) 初めの 5.0 s 間，次の 10 s 間，その後の 6.0 s 間に，エレベーターが上昇した距離をそれぞれ x_1[m]，x_2[m]，x_3[m] とすると，「$x=vt$」，「$x=v_0t+\dfrac{1}{2}at^2$」より，

$x_1=0\ \mathrm{m/s}\times 5.0\ \mathrm{s}+\dfrac{1}{2}\times 1.2\ \mathrm{m/s^2}\times(5.0\ \mathrm{s})^2=15\ \mathrm{m}$

$x_2=6.0\ \mathrm{m/s}\times 10\ \mathrm{s}=60\ \mathrm{m}$

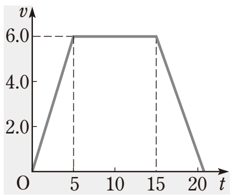
$x_3=6.0\ \mathrm{m/s}\times 6.0\ \mathrm{s}+\dfrac{1}{2}\times(-1.0\ \mathrm{m/s^2})\times(6.0\ \mathrm{s})^2$

$=18\ \mathrm{m}$

動き出してから止まるまでにエレベーターが上昇した距離を x[m] とすると，

$x=x_1+x_2+x_3=93\ \mathrm{m}$　　答 93 m

解説 **1** 問題文で示された内容を v-t グラフに表すと考えやすい。鉛直上向きを正とすると，右のようになる。



(1) グラフからエレベーターは，時刻 5.0 s に速さの最大値に達するということがわかる。

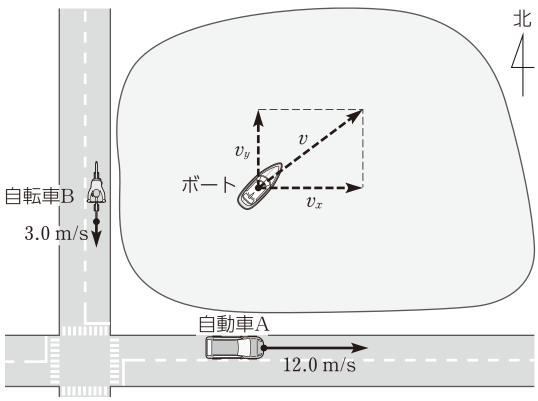
(2) 加速度を v-t グラフの傾きから求めると，

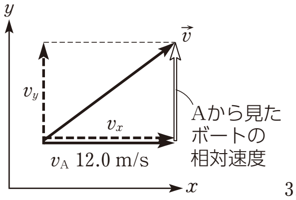
$a=\dfrac{0\ \mathrm{m/s}-6.0\ \mathrm{m/s}}{21\ \mathrm{s}-15\ \mathrm{s}}=-1.0\ \mathrm{m/s^2}$

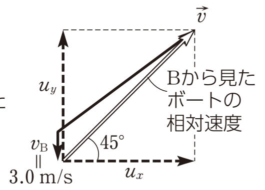
となる。ただし，この設問では加速度の向きは問われていないので，大きさのみ答える。

(3) v-t グラフと t 軸とで囲まれた台形の面積からも求めることができる。

2 東向きに x 軸，北向きに y 軸をとる。ボートの速度の x 成分（東西）を v_x[m/s]，y 成分（南北）を v_y[m/s] とする。







(1)　自動車Aから見たボートの相対速度の東西成分が0なので，

$$v_x - 12.0\ \mathrm{m/s} = 0$$

よって，$v_x = 12.0\ \mathrm{m/s}$　　答　12.0 m/s

(2)　自転車Bから見たボートの相対速度の x 成分，y 成分をそれぞれ u_x[m/s]，u_y[m/s]とすると，

$$u_x = v_x - 0\ \mathrm{m/s} = 12.0\ \mathrm{m/s}$$

$$u_y = v_y - (-3.0\ \mathrm{m/s}) = v_y + 3.0\ \mathrm{m/s}$$

自転車Bから見た相対速度が北東の方向(東から北へ45°)であるので，

$$u_x = u_y$$

$$12.0\ \mathrm{m/s} = v_y + 3.0\ \mathrm{m/s}$$

よって，$v_y = 9.0\ \mathrm{m/s}$　　答　9.0 m/s

(3)　ボートの速さ v[m/s]は，

$$v = \sqrt{v_x{}^2 + v_y{}^2} = \sqrt{12.0^2\ \mathrm{m/s} + 9.0^2\ \mathrm{m/s}} = 15.0\ \mathrm{m/s}$$

また，$\tan\theta = \dfrac{v_y}{v_x} = \dfrac{9.0\ \mathrm{m/s}}{12.0\ \mathrm{m/s}} = 0.75$

答　速さ：15.0 m/s，$\tan\theta$：0.75

3　(1)　求める時間を t[s]とすると，小物体Aが水面に達するのにかかる時間は $t + 1.0$ s と表される。橋の上から水面までの距離を y[m]とすると，等加速度直線運動の式より，AとBそれぞれについて，

$$y = 0 + \frac{1}{2} \times 9.8\ \mathrm{m/s^2} \times (t + 1.0\ \mathrm{s})^2$$

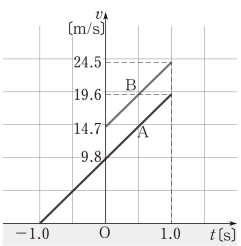
$$y = 14.7\ \mathrm{m/s} \times t + \frac{1}{2} \times 9.8\ \mathrm{m/s^2} \times t^2$$

よって，

$$t = 1.0\ \mathrm{s}$$

答　1.0 s

(2)



4　(1)　最高点に達するまでの時間を t_0 とすると，

$$0 = v_0\sin\theta - gt_0 \quad よって，\ t_0 = \frac{v_0\sin\theta}{g}$$

答　$\dfrac{v_0\sin\theta}{g}$

(2)　式(31)と式(1)より，

$$H = v_0\sin\theta \cdot t_0 - \frac{1}{2}gt_0{}^2 = \frac{(v_0\sin\theta)^2}{g} - \frac{1}{2}g\left(\frac{v_0\sin\theta}{g}\right)^2$$

$$= \frac{v_0{}^2\sin^2\theta}{2g}$$

答　$\dfrac{v_0{}^2\sin^2\theta}{2g}$

(3)　式(29)と式(1)より，

$$L = v_0\cos\theta \times t_0 = v_0\cos\theta \times \frac{v_0\sin\theta}{g} = \frac{v_0{}^2\sin\theta\cos\theta}{g}$$

三角関数の公式を用いて整理すると，

$$L = \frac{v_0{}^2\sin 2\theta}{2g}$$

答　$\dfrac{v_0{}^2\sin\theta\cos\theta}{g}$ $\left(または，\dfrac{v_0{}^2\sin 2\theta}{2g}\right)$

(4)　(2)，(3)より，

$$\frac{H}{L} = \frac{\dfrac{v_0{}^2\sin^2\theta}{2g}}{\dfrac{v_0{}^2\sin\theta\cos\theta}{g}} = \frac{\sin\theta}{2\cos\theta} = \frac{1}{2}\tan\theta$$

よって，$\tan\theta = \dfrac{2H}{L}$　　答　$\dfrac{2H}{L}$

(5)　$v_0 > 0$ なので(2)より，$v_0 = \dfrac{\sqrt{2gH}}{\sin\theta}$

(4)より，$\tan^2\theta = \dfrac{\sin^2\theta}{\cos^2\theta} = \dfrac{\sin^2\theta}{1 - \sin^2\theta} = \dfrac{4H^2}{L^2}$

$$\frac{1}{\sin\theta} = \sqrt{\frac{4H^2 + L^2}{4H^2}}$$

よって，$v_0 = \sqrt{2gH}\sqrt{\dfrac{4H^2 + L^2}{4H^2}} = \sqrt{\dfrac{g(4H^2 + L^2)}{2H}}$

答　$\sqrt{\dfrac{g(4H^2 + L^2)}{2H}}$

p.57　思考力を鍛える

1　(1)　各区間の時間は全て 0.10 s であるので，各区間の移動距離＝テープの長さ を，時間 0.10 s で割って，瞬間の速さを求める。

時刻[s]	0～0.10	0.10～0.20	0.20～0.30	0.30～0.40	0.40～0.50	0.50～0.60	0.60～0.70	0.70～0.80
時刻の中央値 t[s]	0.050	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75
瞬間の速さ v[m/s]	2.1	2.5	3.0	3.4	3.7	4.1	4.5	4.9

求めた時刻の中央値を横軸に，各区間の瞬間の速さを縦軸にとりグラフを描く。点がほぼ直線上に並ぶ

ので，できるだけ多くの点の近くを通るように直線を引く。テープの途中を時刻 0 s としているため，原点を通らない。

答 ③

(2) v-t グラフの傾きが加速度を示す。(1)のグラフより，速度は時間とともに増加するが，傾き一定の直線であるので物体の加速度は一定である。①は正しく，②は誤っている。

加速度は物体にはたらく合力に比例する。加速度が一定であるので合力は一定である。③は誤りで，④が正しい。

答 ①，④

2 (1) 小球Aを投げ出してから衝突するまでの時間を t_0 として，

$$L=v_0t_0 \qquad \text{よって，} t_0=\frac{L}{v_0}$$

点Pの高さ h は，

$$h=H-\frac{1}{2}gt_0^2=H-\frac{1}{2}g\times\left(\frac{L}{v_0}\right)^2=H-\frac{gL^2}{2v_0^2}$$

答 $H-\dfrac{gL^2}{2v_0^2}$

(2) $h>0$ であればよいので，

$$h=H-\frac{gL^2}{2v_0^2}>0 \quad \text{よって，} v_0>L\sqrt{\frac{g}{2H}}$$

答 $v_0>L\sqrt{\dfrac{g}{2H}}$

(3) 水平右向きに x 軸，鉛直下向きに y 軸をとる。投げ出してからの時間を t，速度の x 成分，y 成分を小球Aについて $v_{\mathrm{A}x}$，$v_{\mathrm{A}y}$，小球Bについて $v_{\mathrm{B}x}$，$v_{\mathrm{B}y}$ とする。

Aは水平投射，Bは自由落下の式より，

$v_{\mathrm{A}x}=v_0$，$v_{\mathrm{A}y}=gt$

$v_{\mathrm{B}x}=0$，$v_{\mathrm{B}y}=gt$

Bから見たAの相対速度の x 成分，y 成分をそれぞれ u_x，u_y とすると，

$u_x=v_{\mathrm{A}x}-v_{\mathrm{B}x}=v_0-0=v_0$

$u_y=v_{\mathrm{A}y}-v_{\mathrm{B}y}=gt-gt=0$

相対速度の大きさは v_0 である。また，相対速度の鉛直成分が 0 なので向きは水平で，Bへ向かう向きである。

答 (例) Bへ向かって速さ v_0 で水平方向に等速直線運動をしている。