問題解答

1. 章

問 1-1-1.

1) $\dfrac{2}{\dfrac{3}{4}+1}$ = 2/(3/4+1) → $\dfrac{2}{\dfrac{3+4}{4}} = \dfrac{2}{\dfrac{7}{4}} = \dfrac{2*4}{7} = \dfrac{8}{7}$.

2) $\dfrac{\dfrac{3}{4}+1}{2}$ = (3/4+1)/2 → $\dfrac{\dfrac{3+4}{4}}{2} = \dfrac{\dfrac{7}{4}}{2} = \dfrac{7}{2*4} = \dfrac{7}{8}$.

3) $\dfrac{\dfrac{-1}{3}}{\dfrac{4}{-3}}$ = ((–1)/3) / (4/(–3)) → $\dfrac{(-1)*(-3)}{3*4} = \dfrac{3}{12} = \dfrac{1}{4}$.

4) $\dfrac{\dfrac{2}{3}}{\dfrac{4}{5}}$ = (2/3)/(4/5) → $\dfrac{2*5}{3*4} = \dfrac{5}{6}$.

5) $\dfrac{\dfrac{\frac{2}{3}}{3}}{2}$ = ((2/3)/3)/2 → $\dfrac{\dfrac{2}{3*3}}{2} = \dfrac{\dfrac{2}{9}}{2} = \dfrac{2}{2*9} = \dfrac{1}{9}$.

6) $\dfrac{\dfrac{\frac{2}{3}}{4}}{5}$ = ((2/3)/4)/5 → $\dfrac{\dfrac{2}{3*4}}{5} = \dfrac{\dfrac{1}{6}}{5} = \dfrac{1}{30}$.

7) $\dfrac{2}{\dfrac{3}{\frac{4}{5}}}$ = 2/(3/(4/5)) → $\dfrac{2}{\dfrac{3*5}{4}} = \dfrac{2*4}{15} = \dfrac{2}{\dfrac{3*5}{4}} = \dfrac{8}{15}$.

8) $\dfrac{\dfrac{a^2}{b}}{\dfrac{a}{b^3}}$ = $(a^2/b)/(a/b^3)$ → $\dfrac{a^2*b^3}{a*b} = a\,b^2$.

9) $\dfrac{1+a}{1-\dfrac{1}{2+a}}$ = $(1+a)/(1-1/(2+a))$ → $\dfrac{1+a}{\dfrac{2+a-1}{2+a}} = \dfrac{1+a}{\dfrac{1+a}{2+a}} = \dfrac{(1+a)*(2+a)}{1+a} = 2+a$.

10) $\dfrac{1}{\dfrac{a}{b}+\dfrac{b}{a}}$ = $1/(a/b+b/a)$ → $\dfrac{1}{\dfrac{a^2}{ab}+\dfrac{b^2}{ab}} = \dfrac{1}{\dfrac{a^2+b^2}{ab}} = \dfrac{a\,b}{a^2+b^2}$.

11) $\dfrac{a^2-1}{\dfrac{1}{a}+1}$ = $(a^2-1)/(1/a+1)$ → $\dfrac{a^2-1}{\dfrac{1+a}{a}} = \dfrac{a*(a^2-1)}{1+a} = \dfrac{a\,(a-1)\,(a+1)}{1+a} = a\,(a-1)$.

12) $\dfrac{\dfrac{a}{b}-\dfrac{b}{a}}{\dfrac{1}{b}+\dfrac{1}{a}}$ = $(a/b-b/a)/(1/b+1/a)$ → $\dfrac{\dfrac{a^2-b^2}{ab}}{\dfrac{a+b}{ab}} = \dfrac{ab*(a^2-b^2)}{ab*(a+b)} = \dfrac{(a-b)(a+b)}{(a+b)} = a-b$.

13) $\dfrac{1}{1-\dfrac{1}{1-\dfrac{1}{a}}}$ = $1/(1-1/(1-1/a))$ → $\dfrac{1}{1-\dfrac{1}{\dfrac{a-1}{a}}} = \dfrac{1}{1-\dfrac{a}{a-1}} = \dfrac{1}{\dfrac{a-1-a}{a-1}} = \dfrac{1}{\dfrac{-1}{a-1}} = -(a-1) = 1-a$.

14) $\dfrac{1}{a-\dfrac{1}{a-\dfrac{1}{a}}}$ = $1/(a-1/(a-1/a))$ → $\dfrac{1}{a-\dfrac{1}{\dfrac{a^2-1}{a}}} = \dfrac{1}{a-\dfrac{a}{a^2-1}} = \dfrac{1}{\dfrac{a\,(a^2-1)-a}{a^2-1}} = \dfrac{1}{\dfrac{a\,(a^2-2)}{a^2-1}} = \dfrac{a^2-1}{a\,(a^2-2)}$.

問 1-1-2.

1) $\dfrac{2}{0.2} = \dfrac{2*5}{0.2*5} = \dfrac{10}{1} = 10$.

2) $\dfrac{2}{\frac{1}{2}-\frac{1}{3}} = \dfrac{2}{\frac{3-2}{6}} = \dfrac{2}{\frac{1}{6}} = \dfrac{2*6}{1} = 12$.

3) $\dfrac{2}{\frac{1}{2}+0.2} = \dfrac{2}{\frac{1}{2}+\frac{1}{5}} = \dfrac{2}{\frac{5+2}{10}} = \dfrac{2}{\frac{7}{10}} = \dfrac{20}{7}$.

4) $4/(1+(2+1)/4+3/(1+3)) = \dfrac{4}{1+\frac{2+1}{4}+\frac{3}{1+3}} = \dfrac{4}{1+\frac{3}{4}+\frac{3}{4}} = \dfrac{4}{\frac{4+3+3}{4}} = \dfrac{4}{\frac{10}{4}} = \dfrac{16}{10} = \dfrac{8}{5}$.

5) $3-(2/(-4))/(1/3) = 3-\dfrac{\frac{2}{-4}}{\frac{1}{3}} = 3+\dfrac{6}{4} = \dfrac{9}{2}$.

問 1-2-1.

1) $100^0 = 1 = 10^0$. 2) $(10^2)^3 = 10^{2*3} = 10^6$. 3) $0.01 = 10^{-2}$. 4) $10^4/10^5 = 10^{4-5} = 10^{-1}$. 5) $(10^1)^3 = 10^3$.

6) $(10^{-3})^4 = 10^{-3*4} = 10^{-12}$. 7) $\dfrac{10}{0.01} = \dfrac{10^1}{10^{-2}} = 10^{1-(-2)} = 10^{1+2} = 10^3$.

8) $(10^4\,10^2)/(\frac{1}{100}) = 10^{4+2}/10^{-2} = 10^{4+2-(-2)} = 10^8$. 9) $\dfrac{10^{-4}}{(10^{-3})^{-2}} = 10^{-4-6} = 10^{-10}$.

10) $\dfrac{(10^2)^4\times 5^3\times 2^3}{(10^{-3})^2} = \dfrac{10^8\times 10^3}{10^{-6}} = 10^{8+3+6} = 10^{17}$. 11) $(10^{-2})^3\times 5^6\times 2^5 = 10^{-6}\times 10^6\times 2^{-1} = 2^{-1} = 0.5 = 5\times 10^{-1}$.

12) $8^3 = (2^3)^3 = 2^{3*3} = 2^9$. 13) $(2^4\,5^3)/10^2 = 2\times 10^{3-2} = 2\times 10^1$. 14) $125^2/5^5 = (5^3)^2\times 5^{-5} = 5^{6-5} = 5^1 = 5$.

問 1-2-2.

1) $(-a^2 b)^2 (a b^2)^3 = (-1)^2 a^4 b^2 a^3 b^6 = a^{4+3} b^{2+6} = a^7 b^8$.

2) $(-3ab^2)^2/(3ab^2)^3 = 3^2 a^2 b^4/(3^3 a^3 b^6) = 3^{2-3} a^{2-3} b^{4-6} = 3^{-1} a^{-1} b^{-2}$, or $\dfrac{1}{3ab^2}$.

3) $\dfrac{(-2a^2b)^3}{(4ab^3)^2} = \dfrac{-8a^6b^3}{16a^2b^6} = \dfrac{-a^{6-2}b^{3-6}}{2} = -2^{-1}a^4b^{-3}$, or $\dfrac{-a^4}{2b^3}$.

4) $\dfrac{\frac{a^2}{b^3}}{a^4b^3} = \dfrac{a^2b^{-3}}{a^4b^3} = a^{2-4}b^{-3-3} = a^{-2}b^{-6}$.

5) $\dfrac{(a^2b^{-1})^3}{(a^{-1}b^2)^2} = \dfrac{a^6b^{-3}}{a^{-2}b^4} = a^{6+2}b^{-3-4} = a^8b^{-7}$.

問 1-2-3.

1) $4^{-\frac{3}{2}} = (2^2)^{-\frac{3}{2}} = 2^{2\times(-3/2)} = 2^{-3}$. or $\dfrac{1}{2^3} = \dfrac{1}{8}$

2) $(\sqrt{2}\times\sqrt[3]{2})^{12} = (2^{\frac{1}{2}}\times 2^{\frac{1}{3}})^{12} = 2^{\frac{12}{2}}\times 2^{\frac{12}{3}} = 2^6\times 2^4 = 2^{10}$.

3) $16^{1.25} = (2^4)^{(5/4)} = 2^{4\times(5/4)} = 2^5$. or 32.

4) $(8^{\frac{1}{2}})^{-\frac{2}{3}} = 8^{(1/2)\times(-2/3)} = 8^{-\frac{1}{3}} = (2^3)^{-\frac{1}{3}} = 2^{3\times(-1/3)} = 2^{-1}$. or $\dfrac{1}{2}$.

5) $\dfrac{1}{4^{0.5}} = 4^{-0.5} = (2^2)^{-0.5} = 2^{-2\times 0.5} = 2^{-1}$, or $\dfrac{1}{2}$.

6) $\dfrac{1}{4^{-2.5}} = 4^{2.5} = (2^2)^{2.5} = 2^{2\times 2.5} = 2^5$.

7) $\sqrt[3]{\sqrt{64}} = \sqrt[3]{64^{1/2}} = \sqrt[3]{(8^2)^{1/2}} = \sqrt[3]{8} = 8^{1/3} = (2^3)^{1/3} = 2^{3\times(1/3)} = 2^1 = 2$.

8) $\dfrac{a\sqrt[3]{a}}{\sqrt[6]{a}} = a^{1+1/3-1/6} = a^{7/6}$.　　9) $\sqrt[4]{a^{3}} \times \dfrac{1}{a^{-3/2}} = a^{3/4+3/2} = a^{9/4}$.　　10) $\sqrt[4]{a} \times a^{0.5} = a^{1/4+0.5} = a^{3/4}$.

11) $(\sqrt[3]{a^{2}}\ b^{2})^{3} / (a\sqrt[3]{b}\ a^{2/3})^{3} = (a^{2/3} b^{2})^{3} / (a^{1+2/3} b^{1/3})^{3} = a^{2} b^{6}/(a^{5} b) = a^{-3} b^{5}$.

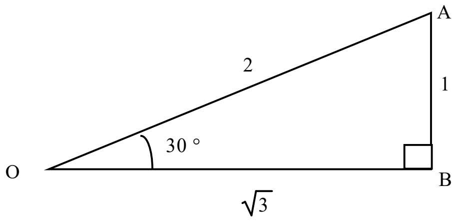
問 1-3-1.　$\tan\theta = \dfrac{\sin\theta}{\cos\theta} = \dfrac{\mathrm{AB/OA}}{\mathrm{OB/OA}} = \dfrac{\mathrm{AB \cdot OA}}{\mathrm{OB \cdot OA}} = \dfrac{\mathrm{AB}}{\mathrm{OB}}$　→　(1-3-3)式となる.

問 1-3-2.

1)　$\angle \mathrm{O} = \theta = 30°$

$\cos 30° = \dfrac{\sqrt{3}}{2}$,

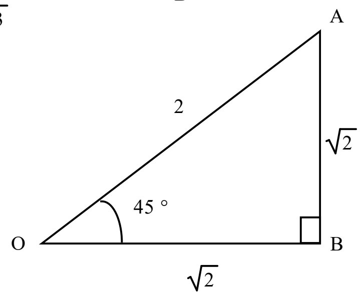
$\sin 30° = \dfrac{1}{2}$.



2)　$\angle \mathrm{O} = \theta = 45°$

$\cos 45° = \dfrac{\sqrt{2}}{2}$,

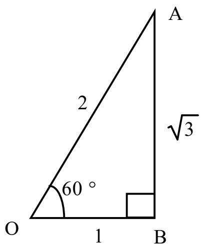
$\sin 45° = \dfrac{\sqrt{2}}{2}$.



3)　$\angle \mathrm{O} = \theta = 60°$

$\cos 60° = \dfrac{1}{2}$,

$\sin 60° = \dfrac{\sqrt{3}}{2}$.

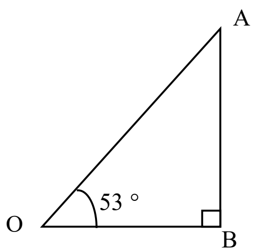


問 1-3-3.

1)

OA = 5

AB = 4



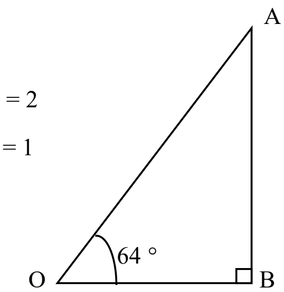
→　$\mathrm{OB} = \sqrt{(\mathrm{OA})^2 - (\mathrm{AB})^2} = \sqrt{25-16} = 3$

$\cos 53° = \dfrac{3}{5}$,　　$\sin 53° = \dfrac{4}{5}$.

2)

AB = 2

OB = 1



$\mathrm{OA} = \sqrt{(\mathrm{OB})^2 + (\mathrm{AB})^2} = \sqrt{5} =$

$\cos 64° = \dfrac{\sqrt{5}}{5}$,　　$\sin 64° = \dfrac{2\sqrt{5}}{5}$.

問 1-3-4.

$\cos 30° = \dfrac{\sqrt{3}}{2}$,　$\sin 30° = \dfrac{1}{2}$,　→　$(\cos 30°)^2 + (\sin 30°)^2 = \dfrac{3}{4} + \dfrac{1}{4} = 1$.　→ 成立.

$\cos 45° = \dfrac{\sqrt{2}}{2}$, $\sin 45° = \dfrac{\sqrt{2}}{2}$, → $(\cos 45°)^2 + (\sin 45°)^2 = \dfrac{2}{4} + \dfrac{2}{4} = 1$. → 成立.

$\cos 60° = \dfrac{1}{2}$, $\sin 60° = \dfrac{\sqrt{3}}{2}$, → $(\cos 60°)^2 + (\sin 60°)^2 = \dfrac{1}{4} + \dfrac{3}{4} = 1$. → 成立.

$\cos 64° = \dfrac{\sqrt{5}}{5}$, $\sin 64° = \dfrac{2\sqrt{5}}{5}$, → $(\cos 64°)^2 + (\sin 64°)^2 = \dfrac{5}{25} + \dfrac{20}{25} = \dfrac{25}{25} = 1$. → 成立.

問 1-3-5.

「 $1 = (\cos\theta)^2 + (\sin\theta)^2$ 」の両辺について，$(\cos\theta)^2$ で割る. → $1/(\cos\theta)^2 = 1 + (\sin\theta/\cos\theta)^2 = 1 + (\tan\theta)^2$

問 1-3-6.

θ (°)	0	30	45	60	90	120	135	150	180
$\cos\theta$	1	$\sqrt{3}/2$	$\sqrt{2}/2$	1/2	0	– 1/2	$-\sqrt{2}/2$	$-\sqrt{3}/2$	– 1
$\sin\theta$	0	1/2	$\sqrt{2}/2$	$\sqrt{3}/2$	1	$\sqrt{3}/2$	$\sqrt{2}/2$	1/2	0

θ (°)	180	210	225	240	270	300	315	330	360
$\cos\theta$	– 1	$-\sqrt{3}/2$	$-\sqrt{2}/2$	– 1/2	0	1/2	$\sqrt{2}/2$	$\sqrt{3}/2$	1
$\sin\theta$	0	– 1/2	$-\sqrt{2}/2$	$-\sqrt{3}/2$	– 1	$-\sqrt{3}/2$	$-\sqrt{2}/2$	– 1/2	0

問 1-3-7.

$\cos(-30°) = \sqrt{3}/2$, $\sin(-30°) = -1/2$, $\cos(-45°) = \sqrt{2}/2$, $\sin(-45°) = -\sqrt{2}/2$,

$\cos(-60°) = 1/2$, $\sin(-60°) = -\sqrt{3}/2$,

$\cos(390°) = \cos(30°) = \sqrt{3}/2$, $\sin(390°) = \sin(30°) = 1/2$, $\cos(405°) = \sqrt{2}/2$, $\sin(405°) = \sqrt{2}/2$,

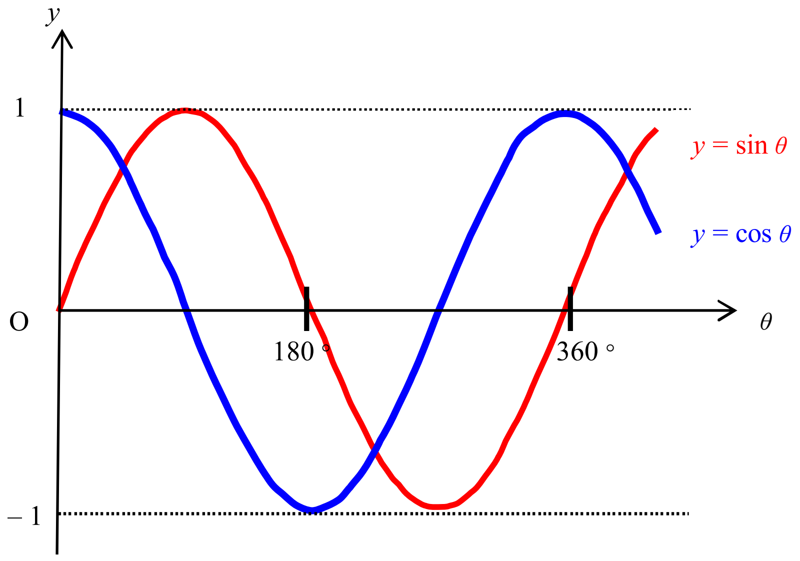
問 1-3-8.

「 $-1 \leqq \cos\theta \leqq 1$, $-1 \leqq \sin\theta \leqq 1$ 」は表より明らか！

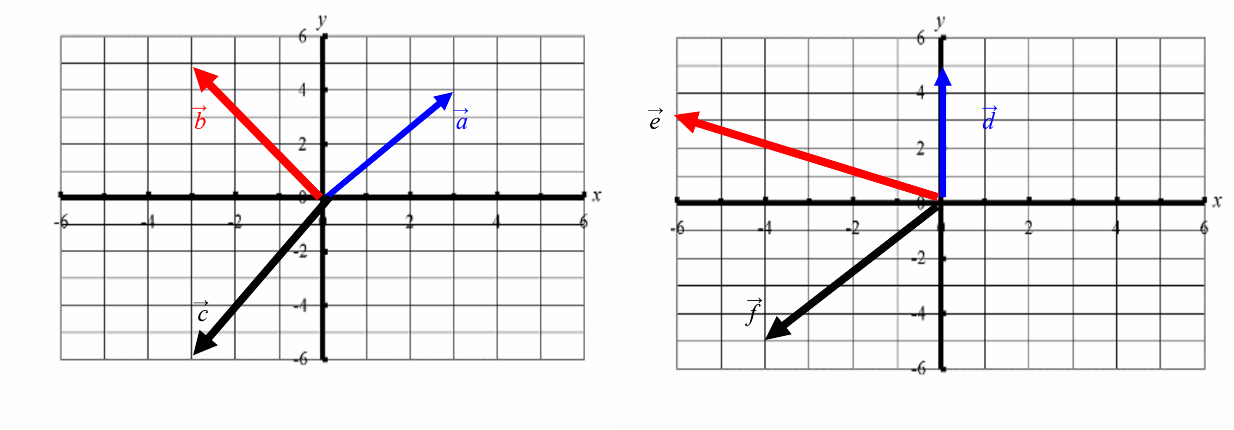
θ (°)	0	30	45	60	90	120	135	150	180
$\cos^2\theta$	1	3/4	2/4	1/4	0	1/4	2/4	3/4	1
$\sin^2\theta$	0	1/4	2/4	3/4	1	3/4	2/4	1/4	0
$\cos^2\theta+\sin^2\theta$	1	1	1	1	1	1	1	1	1

θ (°)	180	210	225	240	270	300	315	330	360
$\cos^2\theta$	1	3/4	2/4	1/4	0	1/4	2/4	3/4	1
$\sin^2\theta$	0	1/4	2/4	3/4	1	3/4	2/4	1/4	0
$\cos^2\theta+\sin^2\theta$	1	1	1	1	1	1	1	1	1

問 1-3-9.



問 1-4-1.



$\vec{a} = (3, 4)$, $\vec{b} = (-3, 5)$, $\vec{c} = (-3, -6)$

問 1-4-2. ベクトル $\vec{d} = (0, 5)$, $\vec{e} = (-6, 3)$, $\vec{f} = (-4, -5)$ で表されたベクトルを上の右の図に書き込め.

問 1-4-3.

$|\vec{a}| = a = \sqrt{1^2+2^2} = \sqrt{1+4} = \sqrt{5}$, $|\vec{b}| = b = \sqrt{(-3)^2+4^2} = \sqrt{9+16} = \sqrt{25} = 5$,

$|\vec{c}| = c = \sqrt{(-5)^2+(-12)^2} = \sqrt{25+144} = \sqrt{169} = 13$

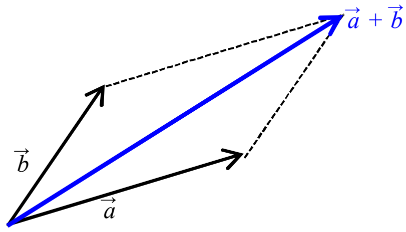
問 1-4-4. $\theta = 0° \to \vec{a} = (2,0)$, $30° \to \vec{a} = (\sqrt{3},1)$, $45° \to \vec{a} = (\sqrt{2},\sqrt{2})$, $60° \to \vec{a} = (1,\sqrt{3})$, $90° \to \vec{a} = (0,2)$,

$120° \to \vec{a} = (-1, \sqrt{3})$, $135° \to \vec{a} = (-\sqrt{2},\sqrt{2})$, $150° \to \vec{a} = (-\sqrt{3},1)$, $180° \to \vec{a} = (-2,0)$,

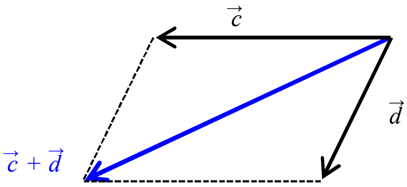
$210° \to \vec{a} = (-\sqrt{3}, -1)$, $225° \to \vec{a} = (-\sqrt{2}, -\sqrt{2})$, $240° \to \vec{a} = (-1, -\sqrt{3})$, $270° \to \vec{a} = (0, -2)$,

$-30° \to \vec{a} = (\sqrt{3}, -1)$, $-45° \to \vec{a} = (\sqrt{2}, -\sqrt{2})$, $-60° \to \vec{a} = (1, -\sqrt{3})$.

問 1-4-5.



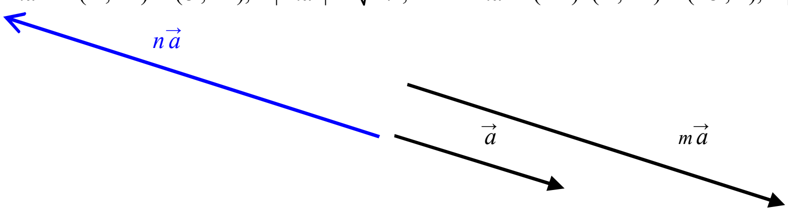
$\vec{a}+\vec{b}=(4,1)+(1,3)=(4+1,\ 1+3)=(5,4)$



$\vec{c}+\vec{d}=(-5,0)+(-1,-4)=(-5+(-1),\ 0+(-4))=(-6,-4)$

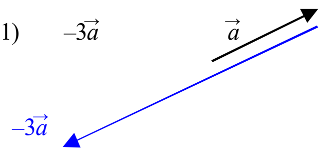
問 1-4-6.

$m\vec{a}=2\,(4,-1)=(8,-2)$,　$|\,m\vec{a}\,|=2\sqrt{17}$,　　$n\vec{a}=(-2)*(4,-1)=(-8,2)$,　$|\,n\vec{a}\,|=2\sqrt{17}$

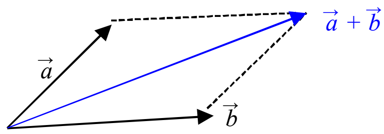


問 1-4-7.

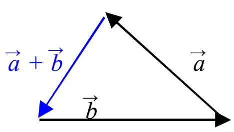
1)　$-3\vec{a}$



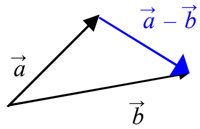
2)　$\vec{a}+\vec{b}$



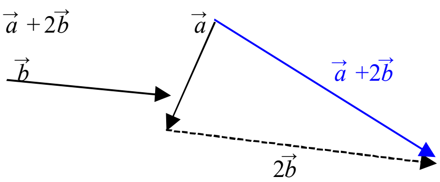
3)　$\vec{a}+\vec{b}$



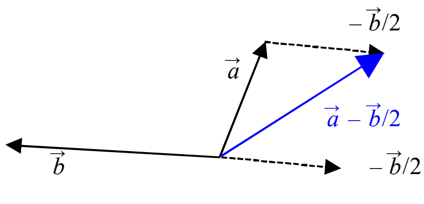
4)　$\vec{a}-\vec{b}$



5)　$\vec{a}+2\vec{b}$



6)　$\vec{a}-\vec{b}/2$



問 1-4-8.

$\vec{a}+2\vec{b}=(4+2\times1,\ 1+2\times3)=(6,7)$,　$|\,\vec{a}+2\vec{b}\,|=\sqrt{85}$,　$\vec{a}-\vec{b}=(4-1,\ 1-3)=(3,-2)$,　$|\,\vec{a}-\vec{b}\,|=\sqrt{13}$,

$\vec{a}-2\vec{b}=(4-2\times1,\ 1-2\times3)=(2,-5)$,　$|\,\vec{a}-2\vec{b}\,|=\sqrt{29}$,　$\vec{c}-\vec{d}=(-5+1,\ 0+4)=(-4,4)$,　$|\vec{c}-\vec{d}|=4\sqrt{2}$.

2. 章

問 2-0-1.

1) $0.2\ \mathrm{h} = 0.2 \times 1\ \mathrm{h} = 0.2 \times 3600\ \mathrm{s} = 720\ \mathrm{s}.$

2) $1\ \mathrm{s} = \dfrac{1}{3600}\ \mathrm{h} = 2.7777\times 10^{-4}\ \mathrm{s} \sim 2.8\times 10^{-4}\ \mathrm{s}.$

3) $\dfrac{1}{12}\ \mathrm{d} = \dfrac{1}{12} \times 24\ \mathrm{h} = 2\ \mathrm{h} = 2\times 3600\ \mathrm{s} = 7200\ \mathrm{s}.$

4) $15\ \mathrm{s} = \dfrac{15}{60}\ \mathrm{min} = 0.25\ \mathrm{min} = \dfrac{15}{3600}\ \mathrm{s} = 4.1666\times 10^{-3}\ \mathrm{s} \sim 4.2\times 10^{-3}\ \mathrm{s}.$

5) $2\ \mathrm{h}\ 15\ \mathrm{min} = 2\dfrac{15}{60}\ \mathrm{h} = 2\dfrac{1}{4}\ \mathrm{h} = 2.25\ \mathrm{h} = (2\times 3600+15\times 60)\ \mathrm{s} = 7200+900\ \mathrm{s} = 8100\ \mathrm{s}.$

6) $8130\ \mathrm{s} = 7200 + 900 + 30\ [\mathrm{s}] = 2\times 3600 + 15\times 60 + 30 = 2\ \mathrm{h}\ 15\ \mathrm{min}\ 30\ \mathrm{s} = 2 + \dfrac{15}{60} + \dfrac{30}{3600}\ [\mathrm{h}] = 2.25833\ \mathrm{h} \sim 2.26\ \mathrm{h}.$

問 2-1-1.

1) $x_1 = 2.0\ \mathrm{m},\quad x_2 = -4.0\ \mathrm{m},\quad \Delta x = x_2 - x_1 = -4.0 - 2.0 = -6.0\ \mathrm{m}$

2) $\vec{r}_1 = (2.0\ ,-5.0)\ \mathrm{m},\ \vec{r}_2 = (-3.0\ , 7.0)\ \mathrm{m},\quad \Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = (-5.0\ , 12)\ \mathrm{m},\quad \Delta r = |\Delta\vec{r}| = \sqrt{(-5)^2+12^2} = \sqrt{169} = 13\ \mathrm{m}.$

3) $\Delta x = x_2 - x_1$ より, $x_2 = x_1 + \Delta x = -3.0 + 8.0 = 5.0\ \mathrm{m}.$

4) $\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$ より, $\vec{r}_1 = \vec{r}_2 - \Delta\vec{r} = (2.0\ , 5.0) - (3.0\ , 1.0) = (-1.0\ , 2.0\ )\ \mathrm{m}.$

問 2-2-2.

1) $10\ \mathrm{m/s} = \dfrac{10\ \mathrm{m}}{1\ \mathrm{s}} = \dfrac{\frac{10}{1000}\mathrm{km}}{\frac{1}{3600}\mathrm{h}} = \dfrac{10\times 3600}{1000} = 36\ \dfrac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 36\ \mathrm{km/h}.$

2) $90\ \mathrm{km/h} = \dfrac{90\ \mathrm{km}}{1\ \mathrm{h}} = \dfrac{90\times 1000\ \mathrm{m}}{3600\ \mathrm{s}} = 25\ \mathrm{m/s}.$

3) 40 分 $= 4/6\ \mathrm{h} = 2400\ \mathrm{s} \ \rightarrow v = \dfrac{x}{t} = \dfrac{4.0\ \mathrm{km}}{\frac{4}{6}\mathrm{h}} = \dfrac{4.0\times 6\ \mathrm{km}}{4\ \mathrm{h}} = 6.0\ \mathrm{km/h},\quad v = \dfrac{4000\ \mathrm{m}}{2400\ \mathrm{s}} = 1.6666\ \mathrm{m/s} \sim 1.7\ \mathrm{m/s}$

4) $v = \dfrac{x}{t} \ \rightarrow x = v\,t = 20\ \mathrm{m/s} \times 20\ \mathrm{s} = 400\ \mathrm{m}.$

5) $v = \dfrac{x}{t} \ \rightarrow t = \dfrac{x}{v} = \dfrac{600}{20} = 30\ \mathrm{s} = 0.5\ \mathrm{min}.$

6) 2 分 30 秒 $= 2*60+30\ [\mathrm{s}] = 150\ \mathrm{s},\quad v = \dfrac{x}{t} = \dfrac{750}{150} = 5.0\ \mathrm{m/s}.$

7) 2 時間 15 分 $= 2.25\ \mathrm{h},\quad v = \dfrac{x}{t} = \dfrac{42}{2.25} = 18.6666\ \mathrm{km/h} \sim 18.7\ \mathrm{km/h},\quad v = 5.185\ \mathrm{m/s} \sim 5.2\ \mathrm{m/s}.$

問 2-2-2.

1) $v = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} = \dfrac{x_2 - x_1}{\Delta t} = \dfrac{-4.0 - 2.0}{30} = \dfrac{-6.0}{30} = -0.2\ \mathrm{m/s}.$

2) 変位 $\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = (-1.0, 3.0) - (2.0, -1.0) = (-3.0\ , 4.0)\ \mathrm{m},\quad \Delta r = |\Delta\vec{r}| = \sqrt{(-3)^2+4^2} = \sqrt{25} = 5.0\ \mathrm{m},$

$$\vec{v} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{(-3.0\ , 4.0)}{0.5} = (-6.0\ , 8.0)\ \mathrm{m/s},\quad v = |\vec{v}| = \sqrt{(-6)^2+8^2} = \sqrt{100} = 10\ \mathrm{m/s}.$$

3) $v = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} = \dfrac{+120}{4\times 60} = +0.5$ m/s.　　　4) $\vec{v} = \dfrac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$ より, $\Delta\vec{r} = \vec{v}\,\Delta t = (2.0,\ 3{,}0) \times 3.0 = (6.0\ ,\ 9.0)$ m.

5) $v = \dfrac{x}{t}$ → 要した時間 $t = \dfrac{x}{v} = \dfrac{+36}{+3.0} = 12$ s.

6) 東を$+x$ 方向, 北を$+y$ 方向にとる. 始めの位置$\vec{r}_0 = (0{,}0)$m, 終わりの位置$\vec{r}_1 = (-16\ ,\ 12)$ m,

速度$\vec{v} = \dfrac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \dfrac{\vec{r}_1 - \vec{r}_0}{\Delta t} = \dfrac{(-16\ ,\ 12)}{4.0} = (-4.0\ ,\ 3.0)$ m/s. 速さ $v = |\vec{v}| = \sqrt{(-4)^2+3^2} = \sqrt{25} = 5.0$ m/s.

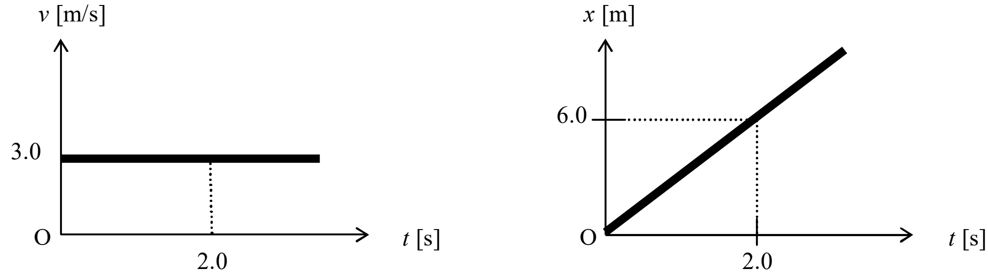
7) 変位 $\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = (-4.0,\ 7.0) - (2.0,\ -1.0) = (-6.0\ ,\ 6.0)$ m, 動いた距離 $\Delta r = |\Delta\vec{r}| = 6\sqrt{2} = 8.484$ m ~ 8.5 m,

速度$\vec{v} = \dfrac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \dfrac{(-6\ ,\ 6)\text{ m}}{3\text{ s}} = (-2.0\ ,\ 2.0)$ m/s, 速さ $v = |\vec{v}| = 2\sqrt{2} = 2.828$ m/s ~ 2.8 m/s,

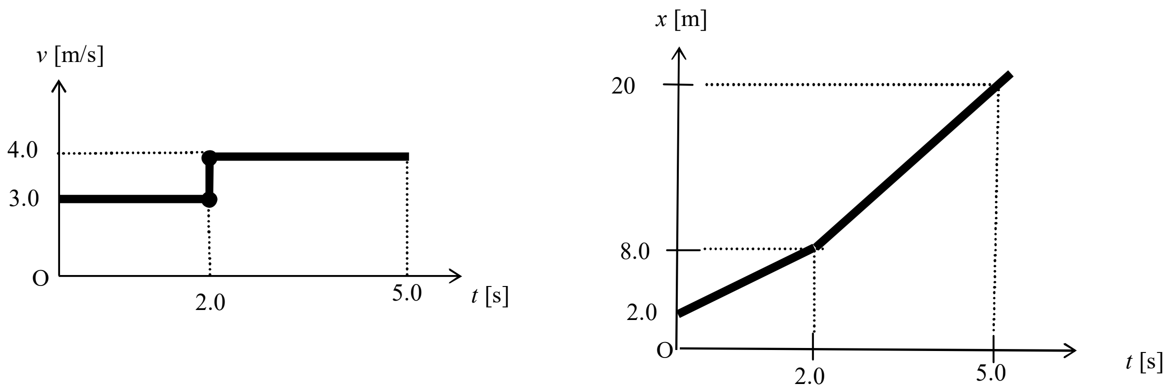
位置$\vec{r}_3 = \vec{r}_2 + \vec{v}\ (t_3 - t_2) = (-4.0\ ,\ 7.0) + (-2.0\ ,\ 2.0)\cdot(10-5) = (-4.0\ ,\ 7.0) + (-10\ ,\ 10) = (-14\ ,\ 17)$ m.

問 2-2-3.

1)

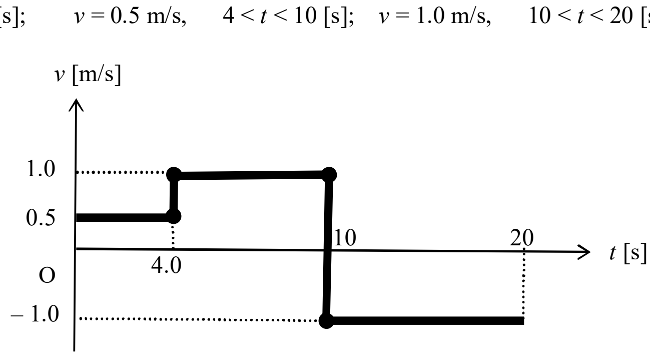


2)



3) 3 つの領域に分けて, x-t グラフの傾きを求める.

$0 < t < 4$ [s]; $v = 0.5$ m/s,　$4 < t < 10$ [s]; $v = 1.0$ m/s,　$10 < t < 20$ [s]; $v = -1.0$ m/s.



4) $t_1 = 4$ s での位置

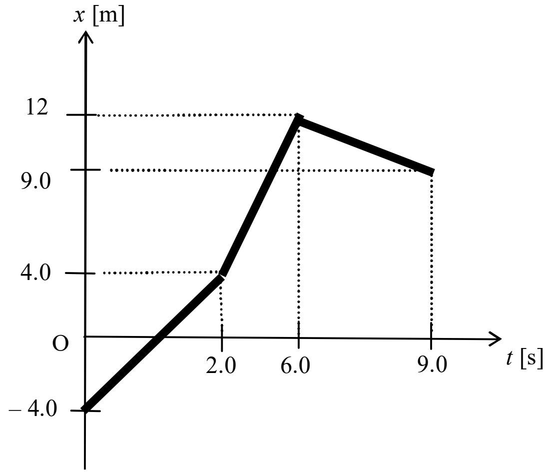
$x_1 = x_0 + v_1\, t_1 = -4$ m + 2m/s × 4 s = 4.0 m,

$t_2 = 6$ s での位置

$x_2 = x_1 + v_2\, \Delta t = 4$ m + 4m/s × 2 s = 12 m,

$t_3 = 9$ s での位置

$x_3 = x_2 + v_3\, \Delta t = 12$ m + (–1) m/s × 3 s = 9.0 m,



問 2-3-1.

1) $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \dfrac{20 - 4.0\ \mathrm{[m/s]}}{4.0\ \mathrm{[s]}} = 4.0\ \mathrm{m/s^2}$.

2) $v_2 = 72\ \mathrm{km/h} = \dfrac{72000\ \mathrm{m}}{3600\ \mathrm{s}} = 20\ \mathrm{m/s}$ (単位換算してから計算する), $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \dfrac{20 - 0\ \mathrm{[m/s]}}{20\ \mathrm{[s]}} = 1.0\ \mathrm{m/s^2}$.

3) $v_1 = 54\ \mathrm{km/h} = \dfrac{54000\ \mathrm{m}}{3600\ \mathrm{s}} = 15\ \mathrm{m/s}$, , $v_2 = 9.0\ \mathrm{km/h} = 2.5\ \mathrm{m/s}$, $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \dfrac{2.5 - 15\ \mathrm{[m/s]}}{5.0\ \mathrm{[s]}} = -2.5\ \mathrm{m/s^2}$.

4) $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{v_2 - v_1}{\Delta t}$ より, $v_2 = v_1 + a\,\Delta t = 4.0\ \mathrm{m/s} + 2.0\ \mathrm{m/s^2} \times 3\ \mathrm{s} = 4 + 6 = 10\ \mathrm{m/s}$.

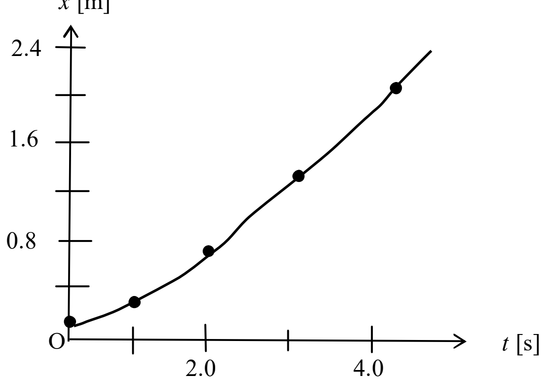
問 2-3-1.

1)

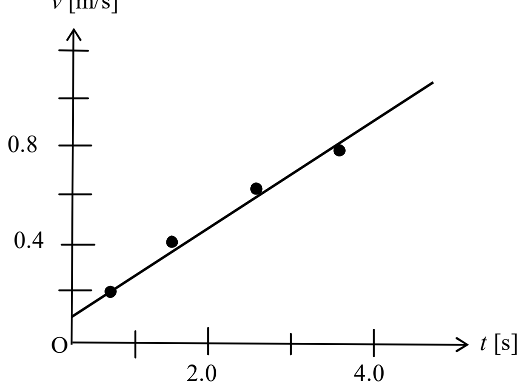
t [s]	x [m]	t_v [s]	v [m/s]	t_a [s]	a [m/s^2]	
0.0	0.10	0.5	0.20			
1.0	0.30	1.5	0.40	1.0	0.20	
2.0	0.70	2.5	0.60	2.0	0.20	
3.0	1.30	3.5	0.78	3.0	0.18	
4.0	2.08					

2)

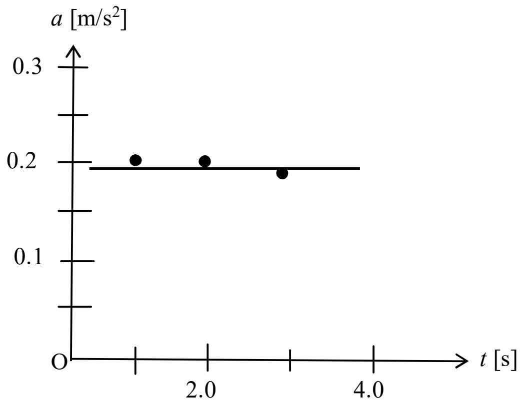
x-t グラフ



v-t グラフ



a-t グラフ



3) 上のデータより,加速度 $a = 0.2$ m/s^2 となる.

速度 $v = v_0 + a\,t = v_0 + 0.2\,t$ より, $t = 0.5$ s を代入すると, $v_0 + 0.2\times0.5 = v_0 + 0.1 = 0.2$ (データより) $\rightarrow v_0 = 0.1$ m/s,

$t = 1.5$ s を代入すると, $v_0 + 0.2\times1.5 = v_0 + 0.3 = 0.4$ (データより) $\rightarrow v_0 = 0.1$ m/s,

$t = 2.5$ s を代入すると, $v_0 + 0.2\times2.5 = v_0 + 0.5 = 0.6$ (データより) $\rightarrow v_0 = 0.1$ m/s,

故に, $v_0 = 0.1$ m/s.

4) 速度 $v = v_0 + a\,t = 0.1 + 0.2\,t$ $\rightarrow$ $t = 6.0$ s を代入 $v = 0.1 + 0.2\times6.0 = 0.1 + 1.2 = 1.3$ m/s,

位置 $x = v_0\,t + a\,t^2/2 = 0.1\,t + 0.1\,t^2$ $\rightarrow$ $t = 0.6$ s を代入 $x = 0.1\times6.0 + 0.1\times36 = 0.6 + 3.6 = 4.2$ m.

問 2-3-3.

1) 等加速度運動における時刻 t での速度 v と位置(変位)x は次の式で表すことができる. 「$v = v_0 + a\,t$」,「$x = v_0\,t + a\,t^2/2$」この式に代入する. 「$5 = 3 + 0.4\,t$」 $\rightarrow t = 2/0.4 = 5.0$ s, その時の変位 $\Delta x = 3\times5 + 0.4\times5^2/2 = 15 + 2.5 = 17.5$ m.

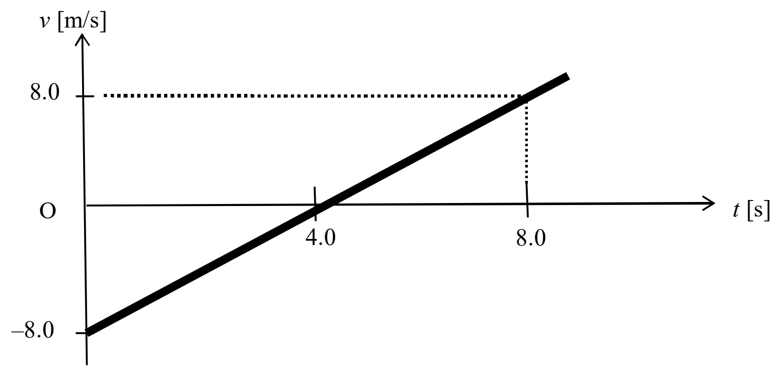
2) 「$x = v_0\,t + a\,t^2/2 = 2\,t + 0.25\,t^2$」より, 「$9 = 2\,t + 0.25\,t^2$」, 両辺に 4 をかけると, 「$36 = 8\,t + t^2$」 $\rightarrow$ 移項する「$t^2 + 8\,t - 36 = (t - 4)(t - 8) = 0$」 $\rightarrow$ $t = 4.0$ s or 8.0 s, そのときの速度 $v = v_0 + a\,t = 2.0 + 0.5\,t = 4.0$ m/s or 6.0 m/s.

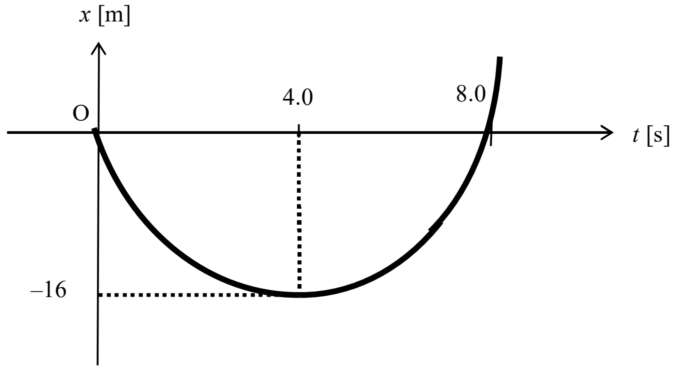
3) 「$v = v_0 + a\,t = 2 - 0.5\,t$」 最も右に到達するのは速度 $v = 0$ となるとき $\rightarrow t = 2/0.5 = 4.0$ s,「$x = v_0\,t + a\,t^2/2 = 2\,t - 0.25\,t^2$」より, 位置 $x = 2\times4 - 0.25\times4^2 = 8 - 4 = 4.0$ m.

4) 位置 x が 0 になるときなので,「$x = v_0\,t + a\,t^2/2 = 4\,t - t^2 = t\,(4 - t) = 0$」より, 時刻 $t = 4.0$ s 後, そのときの速度 $v = v_0 + a\,t = 4 - 2\,t = 4 - 2\times4 = -8.0$ m/s.

5) 「$v = v_0 + a\,t = -8 + 2\,t$ ①」,「$x = v_0\,t + a\,t^2/2 = -8\,t + t^2$ ②」, 速度 $v = 0$ となる時刻 t_1 は①式より,「$t_1 = 4.0$ s」で, その時の位置 x_1 は②式より, $x_1 = -8\,t_1 + t_1^2 = -8\times4 + 42 = -32 + 16 = -16$ m.

v-t グラフ



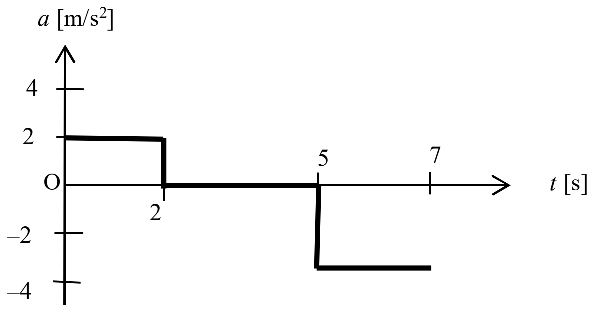


問 2-3-4.

1) (i) $0 \leqq t \leqq 2.0$ [s] ; $a = \dfrac{v_1 - v_0}{t_1 - t_0} = \dfrac{6-2}{2} = 2.0$ m/s^2, (ii) $2.0 \leqq t \leqq 5.0$ [s]; $a = 0.0$ m/s^2,

(iii) $5.0 \leqq t \leqq 7.0$ [s] ; $a = \dfrac{v_3 - v_3}{t_3 - t_2} = \dfrac{0-6}{7-5} = -3.0$ m/s^2.

2)



3) *v-t* グラフの面積より, $\Delta x_1 = (2+6)\times 2/2 = 8.0$ m or $\Delta x_1 = v_0\, t + a\, t^2/2 = 2\times 2 + 2\times 2^2/2 = 4 + 4 = 8.0$ m.

4) $\Delta x_2 = v_2\, \Delta t = 6$ m/s × 3 s = 18 m.

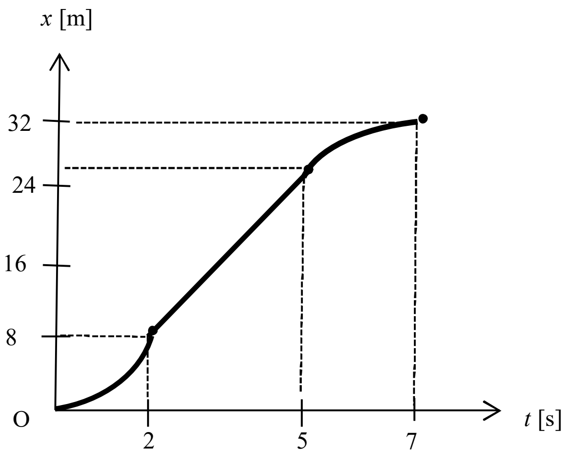
5) *v-t* グラフの面積より, $\Delta x_3 = 6\times 2/2 = 6.0$ m or $\Delta x_3 = v_0\, \Delta t + a\, (\Delta t)^2/2 = 6\times 2 - 3\times 2^2/2 = 12 - 6 = 6.0$ m.

6) 時刻 t =5.0 s 位置 $= \Delta x_1 + \Delta x_2 = 8.0 + 18 = 26$ m, 時刻 t =7.0 s 位置 $= \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 = 26 + 6 = 32$ m.

7) 位置 $x = v_0\, t + a\, t^2/2 = 2\, t + 2t^2/2 = 2\, t + t^2$. 8) 位置 $x = 2$ 秒での位置 $+ v\, t' = 8 + 6\, t'$.

9) 位置 $x = 5$ 秒での位置 $+ v_0\, t'' + a\, \Delta t''^2/2 = 26 + 6\, t'' - 3\, t''^2/2$.

10)



問 2-3-5.

1) $0 \leqq t \leqq 4.0$ [s]の領域で速度 v は，$v = v_0 + a\,t = -12 + 6\,t$, なので，$v = 0$ となるのは， $t = 2.0$ s.

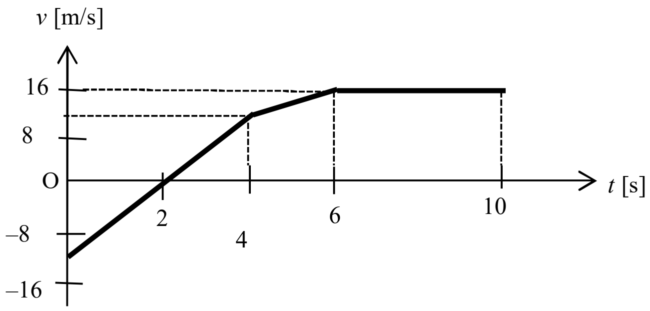
2) 時刻 $t =$ 1 s で，$v = v_0 + a\,t = -12 + 6\times1 = -12 + 6 = -6.0$ m/s,

時刻 $t_2 = 4$ s で， $v = v_0 + a\,t_2 = -12 + 6\times4 = -12 + 24 = 12$ m/s,

時刻 $t_3 = 6$ s (4 s から, $\Delta t = 2$ s 経過，$t_2 = 4$ s の速度を初速度 v_0として)で，$v = v_0 + a\,\Delta t = 12 + 2\times2 = 16$ m/s,

時刻 $t = 8$ s と 10 s では加速度 $= 0$ なので，速度はそれぞれ， 16 m/s.

3)



4) 時刻 $t_1 =$ 2 s での位置 $x_1 = v_0\,t_1 + a\,t_1{}^2/2 = -12\times2 + 6\times2^2/2 = -24+12 = -12$ m,

時刻 $t_2 =$ 4 s での位置 $x_2 = v_0\,t_2 + a\,t_2{}^2/2 = -12\times4 + 6\times4^2/2 = -48+48 = 0$ m,

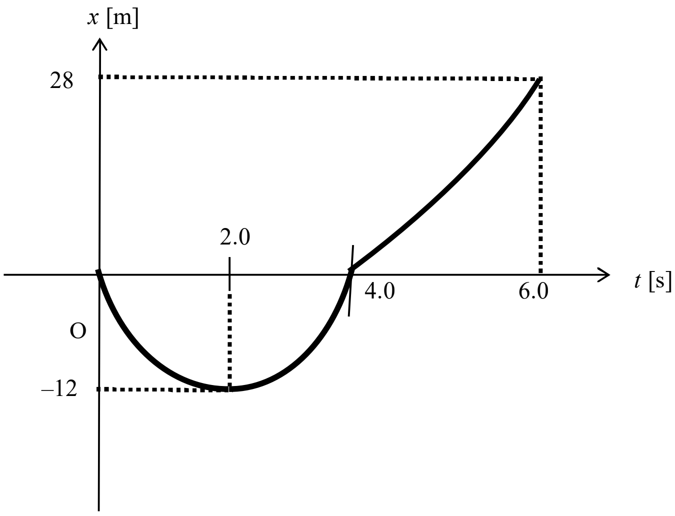
時刻 $t_3 = 6$ s (4 s から, $\Delta t = 2$ s 経過，$t = 4$ s の速度を初速度 v_0として)で，$\Delta x = v_0\,\Delta t + a\,\Delta t^2/2 = 12\times2 + 2\times2^2/2$

$= 24+4 = 28$ m → $x_3 = x_2 + \Delta x = 28$ m,

時刻 $t_4 = 10$ s (6 s から, $\Delta t = 4$ s 経過，$t = 6$ s の速度を初速度 v_0として)で，$\Delta x = v_0\,\Delta t = 16\times4 = 64$ m

→ $x_4 = x_3 + \Delta x = 28\text{ m} + 64 = 92$ m.

5)



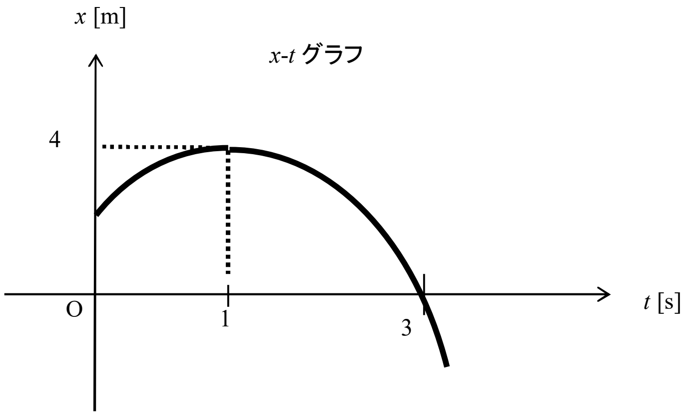
問 2-3-6. 時刻 t [s]における，物体の位置 x [m] が $x = 3 + 2t - t^2$ で動いているものとする.

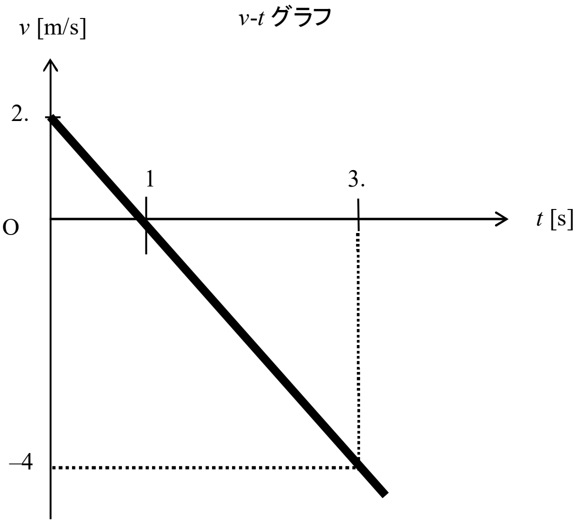
1) 等加速度運動では，初期位置 x0，初速度 v_0，加速度 a で，時刻 t での位置 x は下の式で表される.

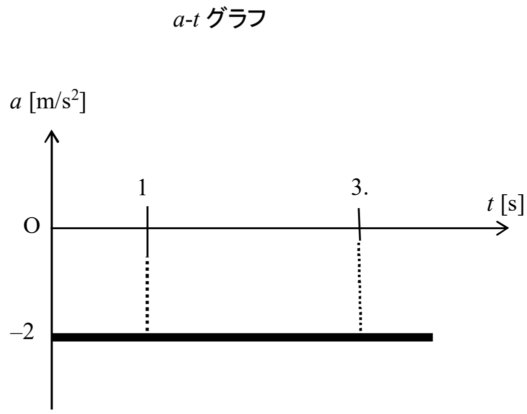
$$x = x_0 + v_0\,t + \frac{1}{2}\,a\,t^2$$

与えられた式と比べる.　　初速度 $v_0 = 2.0$ m/s,　加速度 $a = -2.0$ m/s^2.

2)　位置 $x = 3 + 2t - t^2 =\ x = -t^2 + 2t + 3 = -(t^2 - 2t - 3) = -(t-3)(t+1) = -(t-1)^2 + 4$,







3)　速度 $v = v_0 + a\,t = 2 - 2\,t = 0$, より,　時刻 $t = 1.0$ s, 位置　$x = 3 + 2t - t^2 = 3 + 2\times1 - 1^2 = 3+2-1 = 4.0$ m.

問 2-3-7.　(2-3-10)式「 $2\,a\,x = v^2 - v_0{}^2$ 」 各々の速度 v を代入し，位置(変位)x を求める.

$v = -2.0$ m/s で,　$x = \dfrac{v^2 - v_0{}^2}{2a} = \dfrac{(-2)^2 - (-4)^2}{2\times2} = \dfrac{-12}{4} = -3.0$ m,

$v = 0$ m/s で,　$x = \dfrac{v^2 - v_0{}^2}{2a} = \dfrac{0 - (-4)^2}{2\times2} = \dfrac{-16}{4} = -4.0$ m,　$v = 2.0$ m/s で,　$x = \dfrac{2^2 - (-4)^2}{2\times2} = -3.0$ m,

$v = 4.0$ m/s で,　$x = 0.0$ m,　　$v = 6.0$ m/s で,　$x = \dfrac{6^2 - (-4)^2}{2\times2} = 5.0$ m.

＊ 別解　例えば,　$v = -2.0$ m/s では(2-3-6)式より,　$v = -2 = v_0 + a\,t = -4 + 2t$　$\rightarrow t = 3.0$ s　これを(2-3-8)式に代入する

$x = v_0\,t + a\,t^2/2 = -4\times3 + 2\times3^2/2 = -12 + 9 = -3.0$ m.

以下，同様にして求めることができる.

3.　章

問 3-1-1.

1)　地面に落下する寸前の速さ v は(3-1-1)式を使う．　$v = g\,t = 9.8\times2.0 = 19.6$ m/s,

ビルの高さはその時の物体の到達距離 y と等しいので，(3-1-2)式を使う．　$y = h = \frac{1}{2}\,g\,t^2 = 4.9\times2^2 = 19.6$ m.

2)　(3-1-2)式を使う．　$y = h = 44.1 = \frac{1}{2}\,g\,t^2 = 4.9\,t^2$　→　$t^2 = 44.1/4.9 = 9$,　→ ($t > 0$ より)　$t = 3.0$ s.

問 3-2-1.

1)　小石が最も高くなるのは投げてから一瞬，静止するとき(v=0)なので，(3-2-1)式を使う．　$v = 0 = v_0 - g\,t = 19.6 - 9.8\,t$　→　$t = 2.0$ s.

2)　$t = 2.0$ s を(3-2-2)式に代入して最高点 $y_{\max}$ を求める．　$y_{\max} = 19.6\,t - 4.9\,t^2 = 19.6\times2 - 4.9\times2^2 = 39.2 - 19.6 = 19.6$ m.

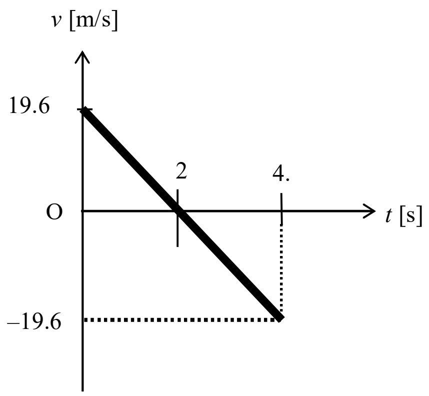
3)　(3-2-2)式に投げた地点と同じ高さ(y=0)を代入して求める．　$y = 0 = 19.6\,t - 4.9\,t^2 = 4.9\,t(4-t)$　→　$t = 4.0$ s.

4)　$t = 4.0$ s を(3-2-1)式に代入する．　→　$v = = v_0 - g\,t = 19.6 - 9.8\times4 = -19.6$ m/s,　　下向きで速さ 19.6 m/s.

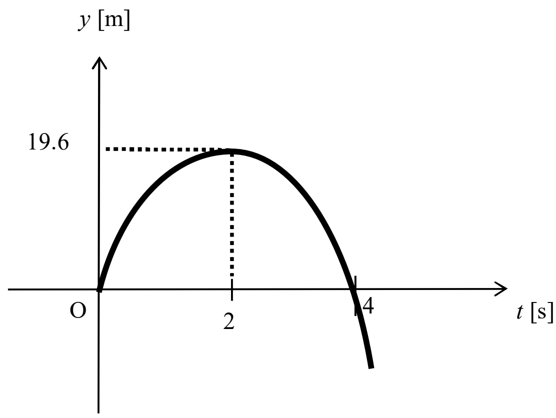
5)　(3-2-1)式に代入する．1 秒後は 9.8 m/s，2 秒後は 0.0 m/s，3 秒後は –9.8 m/s，4 秒後は –19.6 m/s，5 秒後は –29.4 m/s.

6)　(3-2-2)式に代入する．1 秒後は 14.7 m，2 秒後は 19.6 m，3 秒後は 14.7 m，4 秒後は 0.0 m，5 秒後は –27.5 m.

7)



8)



問 3-2-2.

小石 A を投げてからの経過時刻を t とし，小石 B を自由落下させてからの経過時刻を t'とする．2 つの時刻の関係は「$t = t'+2$」となる．小石 A の速度 v_A と位置 y_A は，　$v_A = 14.7 - g\,t$,　$y_A = 14.7\,t - g\,t^2/2$,　小石 B の速度 v_B と位置 y_B は，　$v_B = -g\,t'$,　$y_B = -g\,t'^2/2$,　と表すことができる．

1)　小石 A と B が衝突するのは，位置が一致したときである．　→　$y_A = y_B$　→　$14.7\,t - g\,t^2/2 = -g\,(t-2)^2/2$　→　$14.7\,t = 2g\,t - 2\,g$　→　$4.9\,t = 19.6$　→　$t = 4.0$ s.

2)　$y_B = -g\,t'^2/2 = -g\,(t-2)^2/2 = -9.8\times2^2/2 = -19.6$ m.

3)　$v_A = 14.7 - g\,t = 14.7 - 9.8\times4 = 14.7 - 39.2 = -24.5$ m/s.

4)　$v_B = -g\,t' = -9.8\times2 = -19.6$ m/s.

問 3-2-3.

1)　下向きを+方向として，速度 $v = v_0 + g\,t = 9.8 + 9.8\,t$　より，1 秒後の速度 = 19.6 m/s,　2 秒後の速度 = 29.4 m/s.

2) 位置 $y = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 = 9.8\, t + 4.9\, t^2$ より，1 秒後の位置 = 14.7 m,　2 秒後の位置 = 39.2 m.

問 3-3-1.

1) 水平成分 $v_x = 9.8$ m/s で一定，鉛直成分 $v_y = -g\, t$ より求める.

鉛直成分 $v_y = -9.8$ m/s(1 秒後), -19.6 m/s(2 秒後), -29.4 m/s(3 秒後), -39.2 m/s(4 秒後),

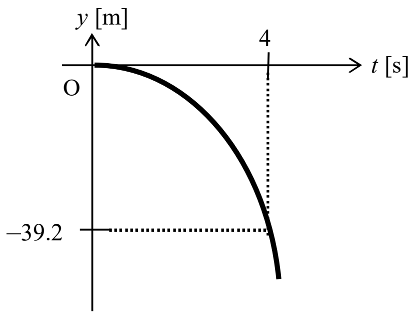
速さ $v = 9.8\sqrt{2}$ m/s(1 秒後), $9.8\sqrt{5}$ m/s(2 秒後), $9.8\sqrt{10}$ m/s(3 秒後), $9.8\sqrt{17}$ m/s(4 秒後).

2) 水平移動距離 $x = vt$, 高さ $y = -g\, t^2/2$ より求める.

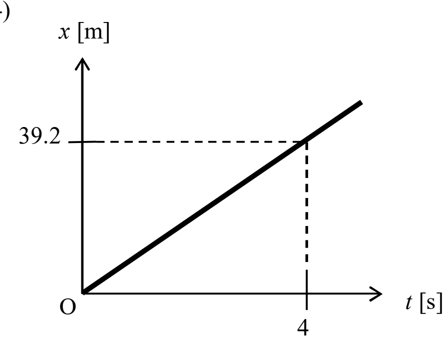
$x = 9.8$ m(1 秒後), 19.6 m(2 秒後), 29.4 m(3 秒後), 39.2 m(4 秒後),

$y = -4.9$ m(1 秒後), -9.8 m(2 秒後), -22.05 m(3 秒後), -39.2 m(4 秒後).

3)

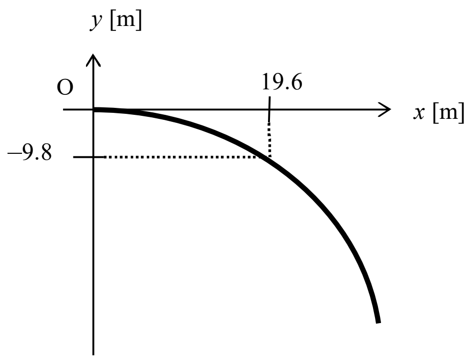


4)



5) $x = v\, t \quad \rightarrow \quad t = x/v \quad \rightarrow \quad y = -\frac{1}{2} g\, t^2 = -\frac{1}{2} g \left(\frac{x}{v}\right)^2$.

6)



問3-4-1.　ボールを水平方向から上向きに角度$\theta = 30$ °で速さ$v_0 = 19.6$ m/sで投げた. $\sqrt{3} = 1.73$とし，下の問いに答えよ.

1) 初速度の水平成分$v_{0x} = v_0 \cos\theta = 19.6 \cos 30° = 19.6 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 9.8\sqrt{3} = 16.954 \sim 17$ m/s.

2) 初速度の鉛直成分$v_{0y} = v_0 \sin\theta = 19.6 \sin 30° = 19.6 \times \frac{1}{2} = 9.8$ m/s.

3) 速度の水平成分は変わらないので，$v_x = 16.954 \sim 17$ m/s.

4) 最高点での速度の鉛直成分は一瞬，静止するので，$v_y = 0$ m/s.

5) 速度の鉛直成分v_yは，$v_y = v_{0y} - g\, t$ なので，「$0 = 9.8 - 9.8\, t_1$ 」より，　$t_1 = 1.0$ s.

6) 位置のy成分は，　$y = v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} g\, t^2$ なので，時刻t_1 =1.0 sを代入して，最高点の高さ$y_1 = 9.8 \times 1 - 4.9 \times 1^2 = 4.9$ m.

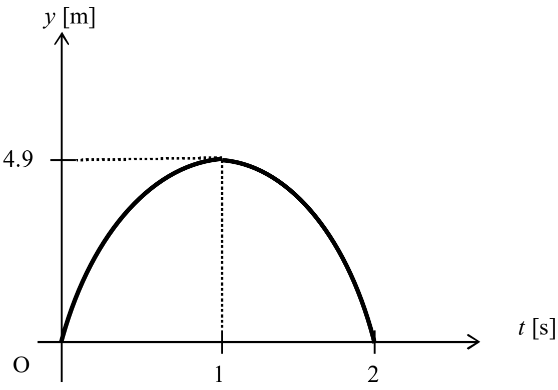
7) そのときの水平距離$x_1 = v_{0x} \cdot t_1 = 16.954 \times 1 = 16.954 \sim 17$ m.

8)　位置のy成分は，　$y = v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} g\, t^2 = 9.8t - 4.9t^2 = 4.9t(2-t) = 0$，より，時刻$t_2$= 2.0 s，水平到達距離$x_2$ = 33. 9 m.

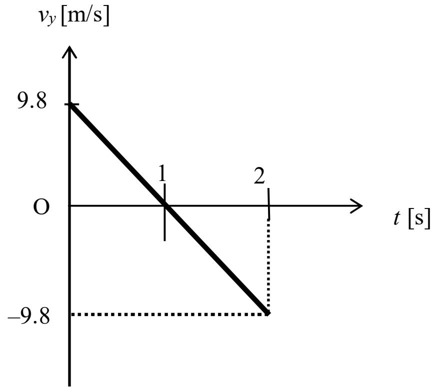
9)　$v_x = v_{0x} = 16.954 \sim 17$ m/s.

10)　$v_y = v_{0y} - g\, t_2 = 9.8 - 9.8\, t_2 = -9.8$ m/s.

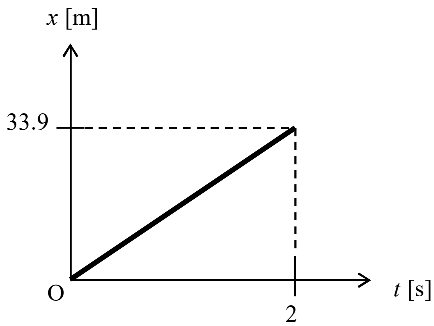
11)



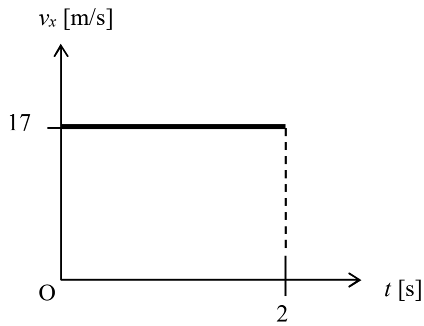
12)



13)



14)



15)　増える．　(角度30 °までは到達距離は増す)

16)　より高くなる．　(角度θにともなって高くなる　(90 °まで))

4.　章

問 4-1-1.　　①,　③,　⑥.

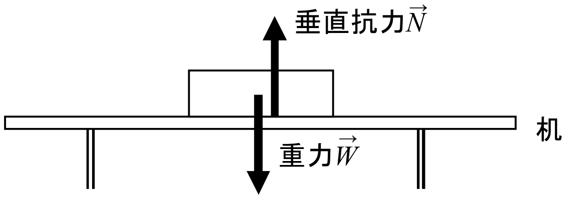
問 4-2-1.　3 つの力がつり合っている　→　$0 = \vec{F}_A + \vec{F}_B + \vec{F}_C = (3, 0) + (0, 4) + \vec{F}_C$　→　$\vec{F}_C = (-3, -4)$ N, → $F_C = |\vec{F}_C| = 5$ N.

問 4-2-2.　$\vec{F}_A = F_A(\cos 210°, \sin 210°) = 2(-\sqrt{3}/2, -1/2) = (-\sqrt{3}, -1)$ N,　$\vec{F}_B = F_B(\cos 60°, \sin 60°) = 4(1/2, \sqrt{3}/2) = (2, 2\sqrt{3})$ N.

$\vec{F}_A + \vec{F}_B + \vec{F}_C = 0$　→ $\vec{F}_C = (\sqrt{3} - 2, 1 - 2\sqrt{3}) = (-0.268, -2.464)$ N,　$|\vec{F}_C| = \sqrt{20 - 8\sqrt{3}} = 2.479 \sim 2.5$ N

問 4-2-3.　図より，$\vec{F}_1 = (4, 2)$ N,　$\vec{F}_2 = (-3, 5)$ N,　$\vec{F}_3 = (-2, -5)$ N,　合力$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = (-1, 2)$ N,　$\vec{F}_A = (1, -2)$ N.

問 4-3-1.



重力の大きさ W = 垂直抗力の大きさ $N = 3.0$ kgw.

問 4-3-2.

1)　張力$\vec{T}$は$+x$ 方向を向いている．　→　$\vec{T} = (T, 0)$.

2)　$\angle$AOD $= 180 - 60° = 120°$.

3)　張力$\vec{S} = (S\cos 120°, S\sin 120°) = (-S/2, S\sqrt{3}/2)$.

4)　右に図示した.

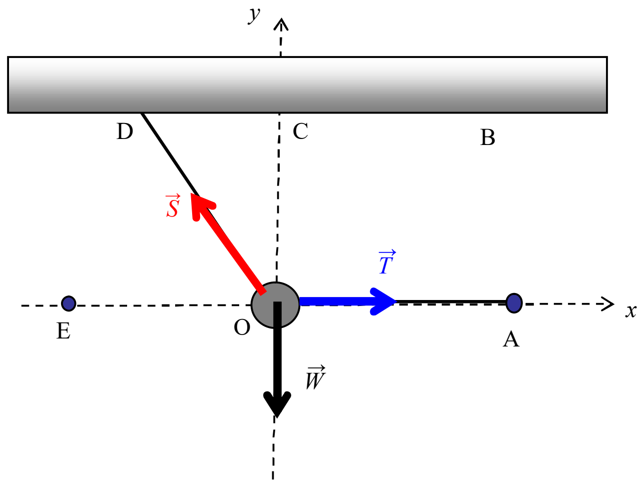
5)　重力$\vec{W} = (0, -W) = (0, -17.3)$ kgw.

6)　つりあいの関係　→　$\vec{T} + \vec{S} + \vec{W} = 0$.

7)　$\vec{T} + \vec{S} + \vec{W} = (T - S/2, S\sqrt{3}/2 - W) = 0$　より,

y 成分から，　$S = 2W/\sqrt{3} = 20$ kgw,

x 成分から，　$T = S/2 = 10$ kgw.



問 4-3-3.

水平右向きを$+x$ 方向，鉛直上向きを$+y$ 方向にとり，3 つの力を成分表示する.

張力$\vec{T} = (T_x, T_y)$,　張力$\vec{S} = (-S, 0)$,　重力$\vec{W} = (0, -W) = (0, -4)$ kgw

3 つの力はつりあっているので，「合力 $=0$」となる．また，三角形 OCB

辺の比と張力$\vec{T}$の間の関係より，下のようなの関係式が成立する.

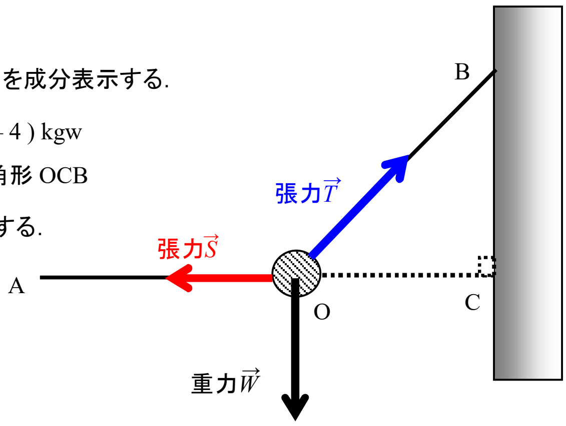
OB : OC : BC $= T : T_x : T_y = 10 : 6 : 8$

力の y 方向のつり合いより，　$T_y = W = 4$ kgw,

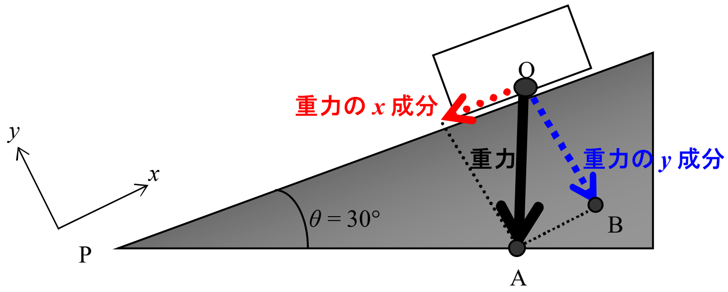
これより，張力の大きさ $T = (10/8) \times T_y = 5$ kgw,

さらに，力の x 方向のつり合いより，張力の大きさ

$S = T_x = (6/8) \times T_y = 3$ kgw.



問 4-3-4.



1) 斜面の角度 $\theta = \angle$OPA$= 30°$,
∠OAP$= 90°$なので，∠POA
$= 60°$となる．そして，∠POB
$=$∠POA$+$∠AOB$= 90°$なので，
∠AOB$= 90° -$ ∠POA
$= 90° - 60° = 30°$となる．

2) AB $= a = \ell \sin 30°$,　OB $= b = \ell \cos 30°$.

3) OA の長さが重力の大きさ W に比例する．重力$\vec{W}$の x 成分の大きさが AB に比例し，y 成分の大きさが OB に比例する．
向きを考えて正負を決める．　$\vec{W} = (-W \sin 30°, -W \cos 30°) = (-2, -2\sqrt{3}) = (-2.0, -3.46) \sim (-2.0, -3.5)$ kgw.

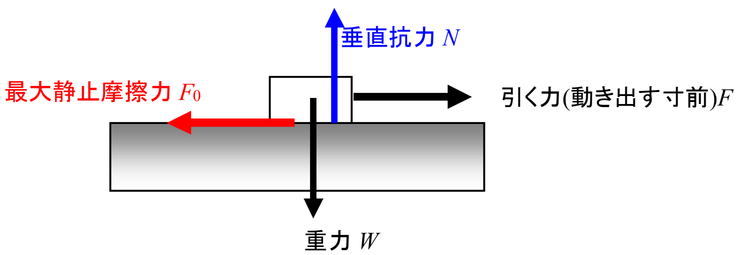
問4-3-5.

おもりに働く力(ここでは重力)の大きさ$F = 50$ gw $= 5.0\times10^{-2}$ kgw $= 4.9\times10^{-1}$ N，ばねの伸び$x = 2.5$ cm $= 2.5\times10^{-2}$ m.
フックの法則「$F = k\,x$」より，ばね定数$k = F/x = 50$ gw/2.5 cm $= 20$ gw/cm $= 5.0\times10^{-2}$ kgw/2.5×10^{-2} m $= 2.0$ kgw/m
$= 2\times9.8$ N/m $= 19.6$ N/m.

問4-3-6.

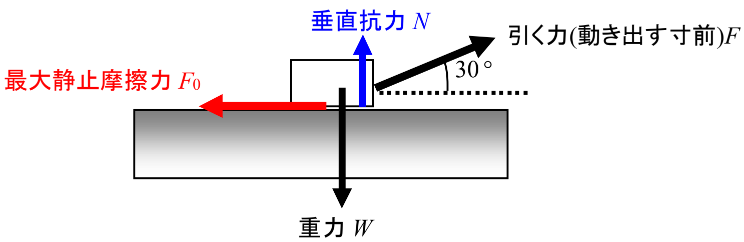
ばね定数$k = 0.4$ kgw/m $= 4.0$ gw/cm．フックの法則「$F = k\,x$」より，ばねの伸び$x = F/k = 20$ gw/(4.0 gw/cm) $= 5.0$ cm.

問4-3-7.



動き出す寸前に物体に働く力を図示する．
動き出す寸前の，水平方向の力のつり合いから，
「最大静止摩擦力$F_0 =$ 引く力F」
なので，$F_0 = 1.2$ kgw,
鉛直方向の力のつりあいから，
「重力$W =$ 垂直抗力N」
なので，$N = 5.0$ kgw，また，静止摩擦係数μを使うと，「$F_0 = \mu N$ 」の関係より，$\mu = F_0/N = 1.2/5.0 = 0.24$.

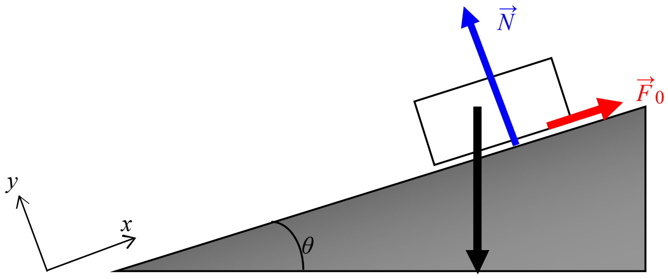
問4-3-8.



上の問題と同じように力のつり合いを考える．水平方向の力のつり合いから
「$F_0 = F \cos 30°$」
鉛直方向の力のつり合いから
「$W = N + F \sin 30°$ 」
なので，垂直抗力$N = W - F \sin 30° = 10 - 4.0\times(1/2) = 8.0$ kgw，最大静止摩擦力$F_0 = F \cos 30° = 4.0\times(\sqrt{3}/2) = 3.46$ kgw,
「$F_0 = \mu N$ 」の関係より，$\mu = F_0/N = 3.46/8.0 = 0.433$.

問4-3-9.

1)



2) 重力 $\vec{W}$ = $(-W\sin\theta\,,\,-W\cos\theta\,)$, $\vec{N}$ $=(\,0\,,\,N)$, $\vec{F}_0=(\,F_0\,,\,0)$

3) 力のつり合いから,「$\vec{W}+\vec{N}+\vec{F}_0=(-W\sin\theta+F_0\,,\,-W\cos\theta+N\,)=0$ 」→ $F_0=W\sin\theta\,,$ $N=W\cos\theta\,,$

4) 最大静止摩擦力の大きさ F_0, 垂直抗力の大きさ N, 静止摩擦係数 μ の間には「$F_0=\mu N$ 」の関係がある.

→ $\mu=F_0/N=W\sin\theta/(\,W\cos\theta)=\sin\theta\,/\,\cos\theta=\tan\theta.$

5. 章

問 5-1-1.　右向きを$+x$ 方向とし，上向きを$+y$ 方向と定める．力$\vec{F}$を成分表示して，加速度$\vec{a}$を求める．

1) $\vec{F} = (F, 0) = (4.0, 0)$ N　→　加速度 $\vec{a} = \vec{F}/m = (4.0/2.0, 0) = (2.0, 0)$ m/s^2, 加速度の大きさ $a = |\vec{a}| = 2.0$ m/s^2.

2) $\vec{F} = (-F, 0) = (-2.0, 0)$ kgw $= (-19.6, 0)$ N

　→ 加速度 $\vec{a} = \vec{F}/m = (19.6/2.0, 0) = (-9.8, 0)$ m/s^2, 加速度の大きさ $a = 9.8$ m/s^2.

3) $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = (4.0, 0) + (0, -4.0) = (4.0, -4.0)$ N

　→　加速度 $\vec{a} = \vec{F}/m = (2.0, -2.0)$ m/s^2,　加速度の大きさ $a = 2\sqrt{2} = 2.82 \sim 2.8$ m/s^2.

4) $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = (4.0, 0) + (0, -4.0) + (-8.0, 0) = (-4.0, -4.0)$ N

　→　加速度 $\vec{a} = \vec{F}/m = (-2.0, -2.0)$ m/s^2,　加速度の大きさ $a = 2\sqrt{2} = 2.82 \sim 2.8$ m/s^2.

5) $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = (3.0, 0)$ kgw $+ (-9.8, 0)$ N $= (29.4, 0)$ N $+ (-9.8, 0)$ N $= (-19.6, 0)$ N

　→　加速度 $\vec{a} = \vec{F}/m = (-9.8, 0)$ m/s^2,　加速度の大きさ $a = 9.8$ m/s^2.

6) $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = (F_1 \cos 60°, F_1 \sin 60°) + (-F_2, 0) = (4\times(1/2), 4\times(\sqrt{3}/2)) + (-2.0, 0) = (2-2, 2\sqrt{3}) = (0, 2\sqrt{3})$ N

　→　加速度 $\vec{a} = \vec{F}/m = (0, \sqrt{3}) \sim (0, 1.7)$ m/s^2,　加速度の大きさ $a = \sqrt{3} \sim 1.7$ m/s^2.

問 5-2-2.

重力の大きさ $W = m\,g = 3.0\times 9.8 = 29.4$ N $= 3.0$ kgw.

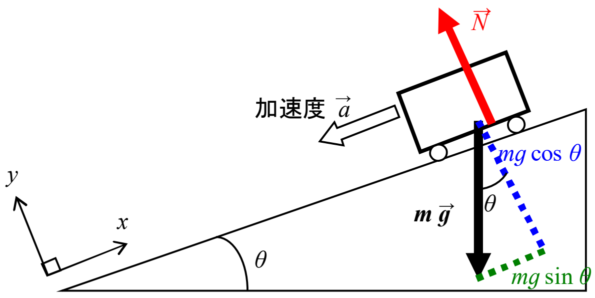
問 5-2-3.

ばね定数 $k = 0.2$ kgw/m $= \dfrac{0.2\times 1\ \text{kgw}}{1\ \text{m}} = \dfrac{0.2\times 10^3\ \text{gw}}{10^2\ \text{cm}} = \dfrac{2.0\ \text{gw}}{1\ \text{cm}} = 2.0$ gw/cm $= \dfrac{0.2\times 9.8\ \text{N}}{1\ \text{m}}$ (1 kgw = 9.8 Nより) = 1.96 N/m.

問 5-2-4.　ばねに働く力の大きさ $F =$ 重力の大きさ $W = m\,g = 40$ gw $= 4.0\times 10^{-3}\times 9.8 = 3.92\times 10^{-2}$ N,

ばねは伸び $x = 5.0$ cm $= 5.0\times 10^{-2}$ m,　→　ばね定数 $k = F/x = 40$ gw/5 cm $= 8.0$ gw/cm $= 7.84$ N/m $= 0.8$ kgw/m.

問 5-2-5.



1) 加速度$\vec{a} = (-a, 0)$.

2) 重力$\vec{W} = m\vec{g} = (-m\,g\sin\theta\ ,\ -m\,g\cos\theta)$.

　右の図に重力 $m\vec{g}$を成分に分解した示した

3) 垂直抗力$\vec{N} = (0, N)$.

4) 運動方程式

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N}.$$

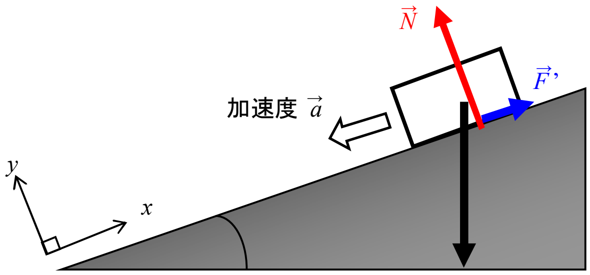
5) 上の問で答えたベクトルの y 成分に代入する

　→　$0 = -m\,g\cos\theta + N$　→　$N = m\,g\cos\theta$

6) 上の問で答えたベクトルの x 成分に代入する

　→　$-m\,a = -m\,g\sin\theta$　→　$a = g\sin\theta$.

問 5-2-6.



1) 図に示した.

2) 動摩擦力$\vec{F}$'$= (F', 0)$.

3) 動摩擦力の大きさ $F' = \mu' N$.

4) 運動方程式

$$m\,\vec{a} = m\,\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}'.$$

5) 運動方程式の y 成分

$$\rightarrow \quad 0 = -mg\cos\theta + N$$

6) 運動方程式の x 成分

$$\rightarrow \quad -ma = -mg\sin\theta + F' = -mg\sin\theta + \mu' N\,.$$

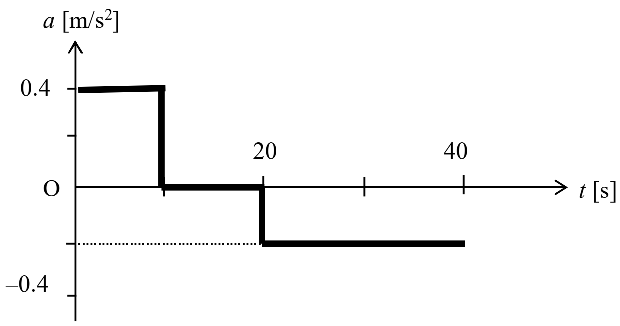
7) 加速度の大きさ $a = g\sin\theta - \mu' g\cos\theta = g(\sin\theta - \mu'\cos\theta)$.

問 5-2-7.

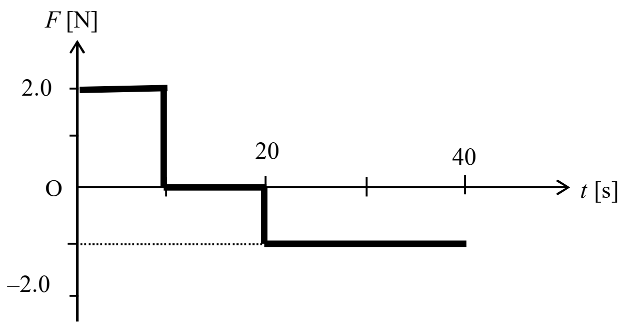
1) 「加速度 $a = (v\text{-}t$ グラフの傾き$)$」なので, 3 つの領域に分けて傾きを求める.

$$0 < t < 10\text{ s} \ \text{で},\ a = \frac{4-0}{10-0} = 0.4\text{ m/s}^2,\quad 10 < t < 20\text{ s} \ \text{で},\ a = 0.0\text{ m/s}^2,\quad 20 < t < 40\text{ s} \ \text{で},\ a = \frac{0-4}{40-20} = -0.2\text{ m/s}^2.$$

2)



3) $F = m\,a = 5\,a$ より計算する.



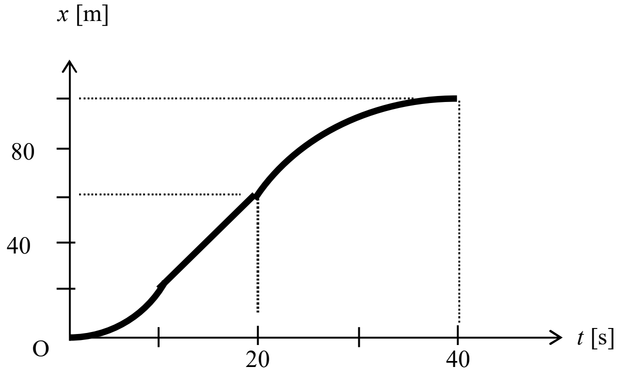
4) グラフより, 時刻 $t = 0$ s での速度(初速度) $v_0 = 0$ m/s なので, 時刻 $t = 10$ s での位置 $x_1 = a\,t_1{}^2/2 = 20$ m,

時刻 $t = 20$ s ($\Delta t = 10$ s)での位置 $x_2 = x_1 + v\,\Delta t = 20 + 4\times 10 = 60$ m,

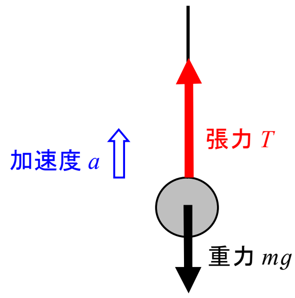
時刻 $t = 20$ s 以降は, 初期位置 $x_2 = 60$ m, 初速度 $v_2 = 4.0$ m/s, 加速度 $a = -0.2$ m/s^2 の等加速度運動で,

時刻 $t = 30$ s (時刻 $t = 20$ s 以降で $\Delta t = 10$ s)での位置 $x_3 = x_2 + v_2\,\Delta t + a\,(\Delta t)^2/2 = 60 + 40 - 10 = 90$ m,

時刻 $t = 40$ s (時刻 $t = 20$ s 以降で $\Delta t = 20$ s)での位置 $x_3 = x_2 + v_2\,\Delta t + a\,(\Delta t)^2/2 = 60 + 80 - 40 = 100$ m.



問 5-2-8.



1) 右に図示した.

2) 運動方程式　　$m\,a = T + (-mg)$.

3) 静止していると, 加速度 $a = 0$ となり, 運動方程式より,

張力の大きさ $T =$ 重力の大きさ $mg = 0.5\times9.8 = 4.9$ N.

4)-5) 一定の速さで動く場合は, 加速度 $a = 0$ となり, 運動方程式より,

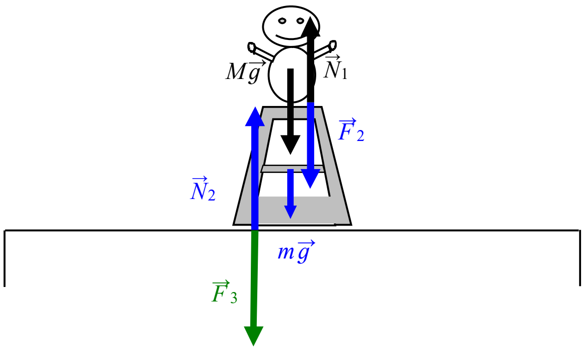
張力の大きさ $T =$ 重力の大きさ $mg = 0.5\times9.8 = 4.9$ N.

6) 運動方程式から, 張力 $T = m\,a + m\,g = m(a+g)$,

上向き(+方向)の加速度 $a = 2.0$ m/s^2 を代入する. 張力 $T = 0.5\ (9.8{+}2.0) = 5.9$ N.

7) 下向き(–方向)の加速度 $a = -3.0$ m/s^2 を代入する. 張力 $T = 0.5\ (9.8{-}3.0) = 3.4$ N.

問 5-3-1.



1) 右に図示した.

2) $M\vec{g}$ ＝ 人に働く重力,

$\vec{N}_1$ = (はしごが)人を持ち上げる垂直抗力,

$\vec{F}_2$ = (人が)はしごを押す力,

$m\vec{g}$ ＝ はしごに働く重力,

$\vec{N}_2$ = (床が)はしごを持ち上げる垂直抗力,

$\vec{F}_3$ = (はしごが)床を押す力,

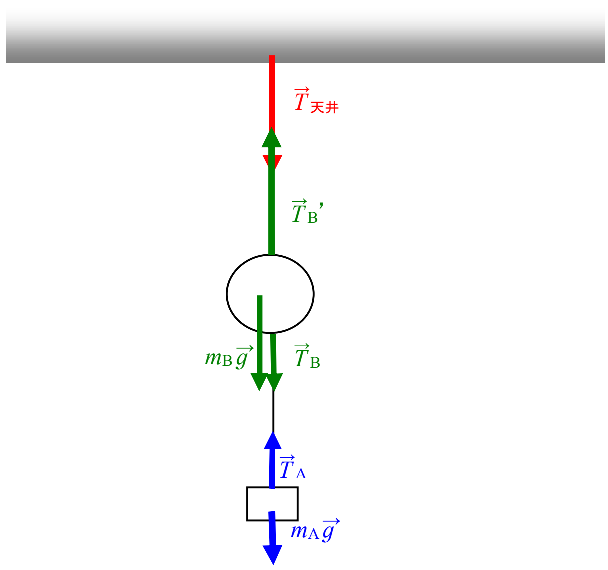
3) $\vec{N}_1$ と $\vec{F}_2$ ；人とはしごの間に働く力,

$\vec{N}_2$ と $\vec{F}_3$ ；はしごと床の間に働く力.

4) $M\vec{g}$ と $\vec{N}_1$ ；人に働く力,　$m\vec{g}$ と $\vec{F}_2$ と $\vec{N}_2$ ；　はしごに働く力.

5) $M\,g = 40\times9.8 = 392$ N, $N_1 = 392$ N, $F_2 = 392$ N, $m\,g = 20\times9.8 = 196$ N, $N_2 = 588$ N, $F_3 = 588$ N.

問 5-3-2.



1) 右に図示した.

2) $m_A\vec{g}$ = 物体 A に働く重力,

$\vec{T}_A$ = (下の糸から)物体 A に働く糸の張力,

$m_B\vec{g}$ ＝ 物体 B に働く重力,

$\vec{T}_B$ = (下の糸から)物体 B に働く糸の張力,

$\vec{T}_B'$ = (上の糸から)物体 B に働く糸の張力,

$\vec{T}_{天井}$ = (上の糸から)天井に働く糸の張力.

3) $\vec{T}_A$ と $\vec{T}_B$ ；糸を介して物体 A と物体 B に働く力,

$\vec{T}_B'$ と $\vec{T}_{天井}$ ；糸を介して物体 B と天井に働く力.

4) $m_A\vec{g}$ と $\vec{T}_A$ ；物体 A に働くつり合う 2 つの力,

$m_B\vec{g}$ と $\vec{T}_B$ と $\vec{T}_B'$ ；物体 B に働くつり合う 3 つの力.

5) $m_A\,g = 0.5\times9.8 = 4.9$ N, $T_A = 4.9$ N, $T_B = 4.9$ N,

$m_B\,g$ = 2.0×9.8 = 19.6 N, T_B' = 4.9+19.6 = 24.5 N, $T_{天井}$ = 24.5 N.

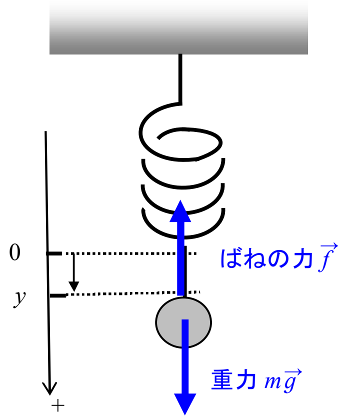
6) 物体 A と物体 B の間にある糸を切ると，張力$\vec{T}_A$ と $\vec{T}_B$は 0 になる．この時，物体 A に働く力は重力 $m_A\vec{g}$（下向き, 4.9 N）のみになる．物体 B に働く力は重力 $m_B\vec{g}$(下向き, 19.6 N)と張力$\vec{T}_B$' (上向き, 19.6 N)となる．

問 5-3-3.

1) 右に図示した．

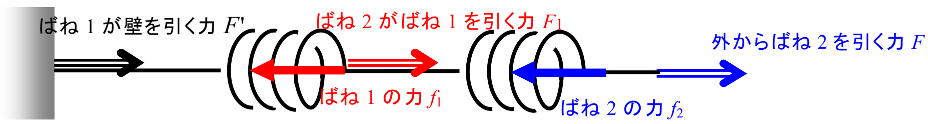
2) 重力 $m\vec{g}$（下向き，大きさ mg)と
ばねの力(弾性力) $\vec{f}$ (上向き，大きさ ky)．

3) 重力とばねの力はつり合いの関係にある(物体に働く力)．



問 5-3-4.

1) 下に図示した．

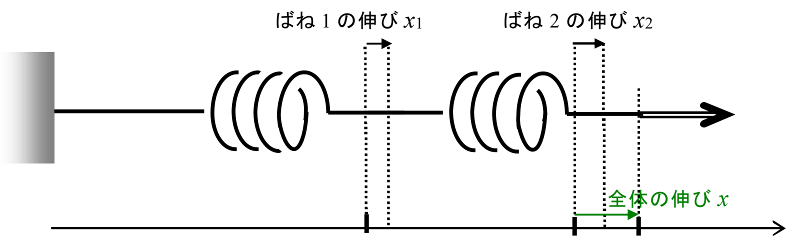


2) , 3) F = 外からばね 2 を引く力， f_2 = ばね 2 に働くばねの力(弾性力),
F_1 = (ばね 2 が)ばね 1 を引く力， f_1 = ばね 1 に働くばねの力(弾性力), F' = (ばね 2 が)壁を引く力．

4) f_2 と F_1； ばね 1 とばね 2 の間に働く力， f_1 と F' ； ばね 1 と壁の間に働く力．

5) F と f_2；ばね 2 に働く力， F_1 と f_1；ばね 1 に働く力．

6) それぞれの力が，作用・反作用の関係かつり合いの関係の力なので，力の大きさは全て等しい．
$F = f_2\ (= k_2 x_2) = F_1 = f_1\ (= k_1 x_1) = F'$

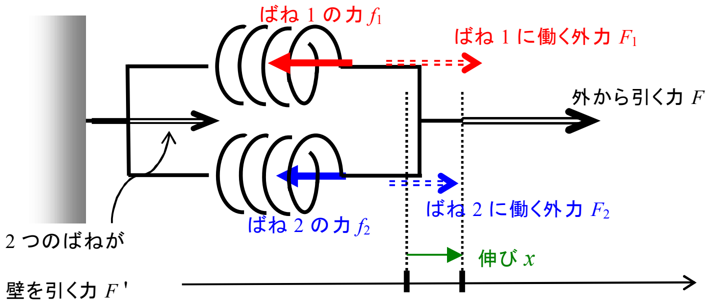


また，2 つのばねをつないだ全体の伸び x は，ばね 1 ののび x_1 とばね 2 の伸び x_2 を合わせたものに等しい($x = x_1 + x_2$)．
したがって，「$F = k\,x$」の関係を満たす 2 つのばねをつないだ全体のばね定数 k を求めることができる．

$$x = x_1 + x_2 \quad \rightarrow \frac{F}{k} = \frac{f_1}{k_1} + \frac{f_2}{k_2} \quad \rightarrow (F = f_1 = f_2 \text{ より}) \rightarrow \quad \frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \quad (\text{or} \quad k = \frac{k_1\,k_2}{k_1 + k_2}).$$

問 5-3-5.

1)　右に図示した.



2) , 3)　$F =$ 外から 2 つのばねを引く力(そのうち，ばね 1 に働く分力を F_1，ばね 2 に働く分力を F_2 として，$F=F_1+F_2$ が成立),

$f_1 =$ ばね 1 に働くばねの力(弾性力),　$f_2 =$ ばね 2 に働くばねの力(弾性力), $F' =$ (ばね 1 とばね 2 が)壁を引く力.

4)　(f_1, f_2)と F'　;　2 つのばねと壁の間に働く力.

5)　F_2 と f_2；ばね 2 に働く力,　　F_1 と f_1；ばね 1 に働く力.

6)　ばね 1 とばね 2 の伸びは各々，等しい($x = x_1 = x_2$).　外からばねを引く力 F は 2 つのばねを引く合力となる.

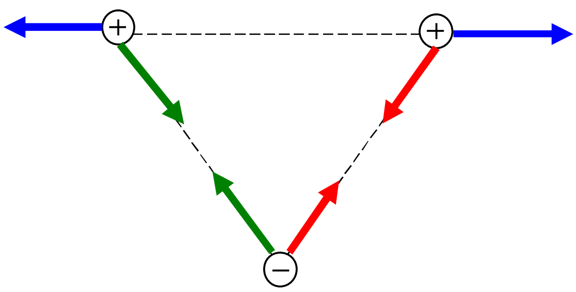
$F = F_1+F_2 = k_1 x_1 + k_2 x_2 = (k_1 + k_2)\,x$　$\rightarrow$ ($F = k\,x$ より) $\rightarrow$　$k = k_1 + k_2$.

問 5-3-6.

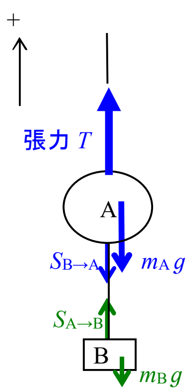
1)

2)

3)



問 5-4-1.



上向きを+方向にとる. 2 つの物体に働く力を右に図示した.

1)　2 つの物体は糸で結ばれているので，同じ加速度 a で運動する.

2 つの物体に対する運動方程式を下に表す.

物体 A;　$m_A\,a = T + (-\,m_A\,g - S_{B\rightarrow A})$,　　①

物体 B;　$m_B\,a = S_{A\rightarrow B} + (-\,m_B\,g)$,　　②

張力 $S_{B\rightarrow A}$ は(物体 B によって)物体 A を引く力の大きさで,

張力 $S_{A\to B}$ は(物体 A によって)物体 B を引く力の大きさで，2 つの力は作用・反作用の関係にある．

$$S_{B\to A} = S_{A\to B}, \qquad ③$$

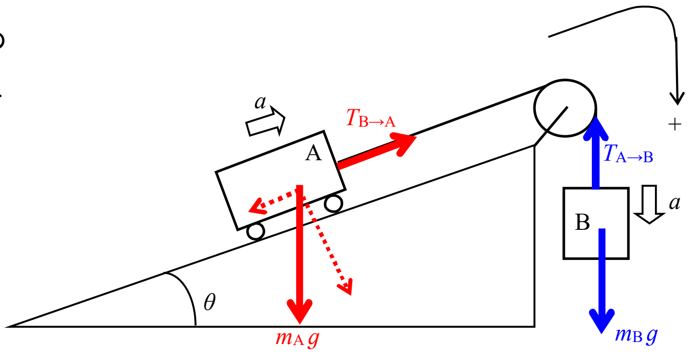
③式を考慮し，①式+②式　から下のように加速度 a を求めることができる．

$$(m_A + m_B)\, a = T - m_A\, g - m_B\, g \quad \to \quad a = T/(m_A + m_B) - g = 59/5 - 9.8 = 2.0\ \mathrm{m/s^2}.$$

2)　②式より，AB 間に働く糸の張力 S は下のように求めることができる．

$$S = S_{A\to B} = m_B\, a + m_B\, g = m_B\,(a + g) = 2\times(2.0+9.8) = 23.6\ \mathrm{N}.$$

問 5-4-2.



図のように物体 A では斜面に沿って上方を正の向き，物体 B では鉛直下向きを正の向きとする．

物体 A には鉛直下向きに重力(大きさ)$m_A\, g$ (斜面に沿って下向きの分力 $m_A\, g \sin\theta$ と斜面斜面と垂直下向きに分力 $m_A\, g \cos\theta$ の合力)と糸を介して(物体 B から)引かれる張力 $T_{B\to A}$ が作用している．一方，物体 B には，鉛直下向きに重力 $m_B\, g$ と糸を介して(物体 A から)引かれる張力 $T_{A\to B}$ が作用している．

2 つの物体の運動する向きに関する運動方程式は下のように表すことができる．

物体 A;　　$m_A\, a = T_{B\to A} + (-m_A\, g \sin\theta)$,　　①

物体 B;　　$m_B\, a = m_B\, g + (-T_{A\to B})$,　　②

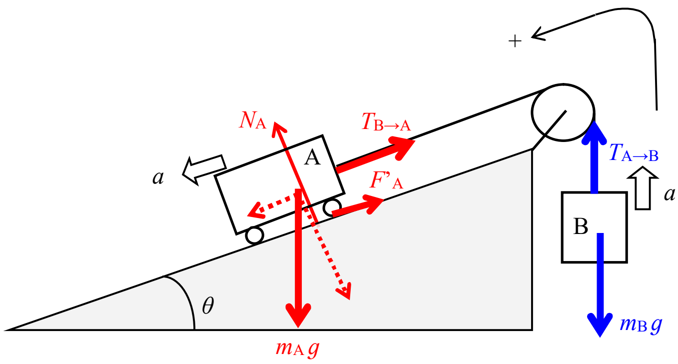
張力 $T_{B\to A}$ と張力 $T_{A\to B}$ は物体 A と物体 B の間に働く力であり，作用・反作用の関係にある．

$$T_{B\to A} = T_{A\to B} \qquad ③$$

③式を考慮し，①式+②式　から下のように加速度 a を求めることができる．

$$(m_A + m_B)\, a = (m_B - m_A \sin\theta)\, g \quad \to \quad a = \frac{m_B - m_A \sin\theta}{m_A + m_B}\, g.$$

問 5-4-3.



, ,　前の問に対し，物体 A に動摩擦力 F'_A が作用している.物体 A が乗っている斜面に対し，垂直上方に垂直抗力 N_A(斜面に垂直方向の力のつり合いより，$N_A = m_A\, g \cos\theta$)が作用している．したがって，物体 A に働く動摩擦力の大きさ

$$F'_A = \mu' N_A = \mu' m_A\, g \cos\theta$$

となる．

ここで，物体 A は斜面を下って行ったので斜面に沿って下向きを正とする．物体 A と物体 B に対する運動方程式は下の式となる．

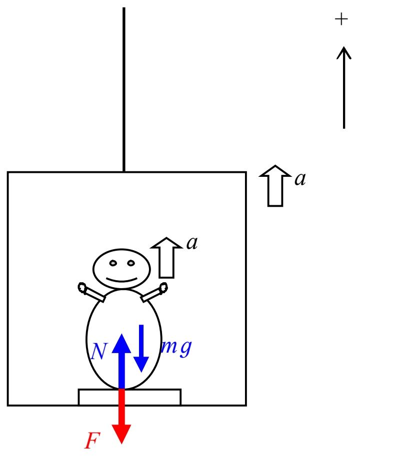
物体 A;　　$m_A\, a = m_A\, g \sin\theta + (-T_{B\to A} - \mu' m_A\, g \cos\theta)$,　　①

物体 B;　　$m_B\, a = -\, m_B\, g + T_{A\to B}$,　　②

作用・反作用の法則は変わらないので，加速度 a は下の式のように求めることができる.

$$a = \frac{m_A(\sin\theta - \mu'\cos\theta) - m_B}{m_A + m_B}\,g.$$

問 5-4-4.



エレベータ内にいる人には，重力 mg と体重計が持ち上げる力(垂直抗力)N が働いている. また，人が体重計を押す力 F は人に働く垂直抗力と作用・反作用の関係にあり，その大きさは等しい. 体重計を押す力 F が，体重計の示す値(kgw 単位)となる。

$$F = N, \qquad ①$$

エレベータ内の人が加速度 a で上向きに上昇しているとき，鉛直上方を正にとると，人に対する運動方程式は下の式で表すことができる.

$$m\,a = N + (-mg), \qquad ②$$

①式と②式から，体重計を押す力 F は下の式で表すことができる.

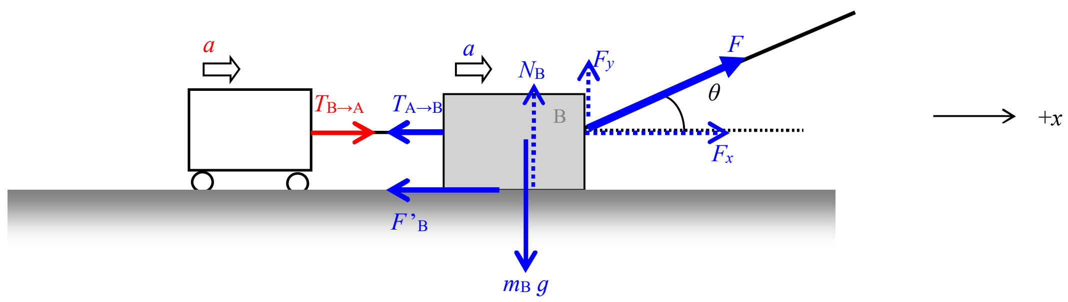
$$F = N = m\,(a + g)$$

1) 一定の速さで動いているときは，加速度 $a = 0$ となる. → $F = m\,(a + g) = 50\times(0+9.8) = 50\times9.8\text{ N} = 50\text{ kgw}$.

2) 加速度 $a = +\,4.0\text{ m/s}^2$ → $F = m\,(a + g) = 50\times(4.0+9.8) = 50\times13.8\text{ N} = 50\times13.8/9.8\text{ kgw} = 70.4\text{ kgw}$.

3) 加速度 $a = -\,4.0\text{ m/s}^2$ → $F = m\,(a + g) = 50\times(-4.0+9.8) = 50\times5.8\text{ N} = 50\times5.8/9.8\text{ kgw} = 29.6\text{ kgw}$.

問 5-4-5.



糸で結ばれている物体 A と物体 B に(水平方向に)加速度 a が発生する原因となる力を上の図に示す.

物体 A には，(糸で結ばれている物体 B)からの張力 $T_{B\to A}$ が作用してる.

物体 B には引く力 F(分力として，水平方向の成分を $F_x(= F\cos\theta)$，鉛直方向の成分を $F_y\ (= F\sin\theta)$とする), (糸で結ばれている物体 A)からの張力 $T_{A\to B}$，動摩擦力 $F'_B\ (= \mu' N_B)$が作用している. 2 つの物体に対する運動方程式を下に示す.

物体 A;　　$m_A\,a = T_{B\to A}$,　　①

物体 B;　　$m_B\,a = F_x + (-T_{A\to B}) + (-F'_B)$,　　②

物体 A と物体 B は糸で結ばれており，張力 $T_{B\to A}$ と張力 $T_{A\to B}$ は作用・反作用の関係にある.

$$T_{B\to A} = T_{A\to B}, \qquad ③$$

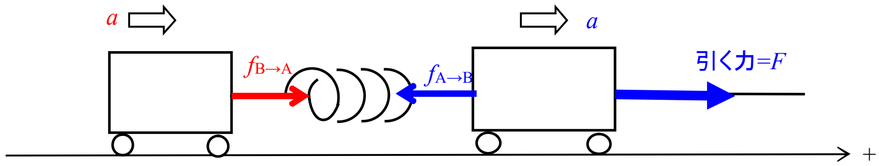
さらに，物体 B の垂直抗力 N_B は物体 B の鉛直方向の力のつり合い($N_B + F_y = m_B\, g$)から下のように表すことができる.

$$N_B = m_B\, g - F_y = m_B\, g - F \sin\theta, \qquad ④$$

これらの 4 つの式より，加速度 a は下の式のように表すことができる.

$$a = \frac{F\cos\theta - \mu'(m_B\, g - F\sin\theta)}{m_A + m_B}.$$

問 5-4-6.



1) ばねを介して物体 A と物体 B に働く力を $f_{B\to A}$(物体 A に働く力)と $f_{A\to B}$(物体 B に働く力) とする. 2 つの物体に対する運動方程式は下のようになる.

物体 A; $m_A\, a = f_{B\to A}$, ①

物体 B; $m_B\, a = F + (-f_{A\to B})$, ②

物体 A と物体 B はばねで結ばれており，ばねの力 $f_{B\to A}$ とばねの力 $f_{A\to B}$ は作用・反作用の関係にある.

$$f_{B\to A} = f_{A\to B}, \qquad ③$$

これらの 3 つの式より，加速度 a は下の式のように表すことができる

$$a = \frac{F}{m_A + m_B}.$$

2) ①式より，ばねの力 $f_{B\to A} = \dfrac{m_A}{m_A + m_B} F$ となり，ばねの伸びを ℓ とすると，「$f_{B\to A} = k\,\ell$」となる.

$$\rightarrow \qquad \ell = \frac{m_A}{m_A + m_B}\,\frac{F}{k}.$$