第1編　運動とエネルギー

第1章 運動の表し方

p.6　問1

$$72\,\text{km/h}=\frac{72\,\text{km}}{1\,\text{h}}=\frac{72\times10^{3}\,\text{m}}{3600\,\text{s}}=\mathbf{20\,m/s}$$

$$15\,\text{m/s}=\frac{15\,\text{m}}{1\,\text{s}}=\frac{15\times10^{-3}\,\text{km}}{\frac{1}{3600}\,\text{h}}=\mathbf{54\,km/h}$$

p.7　問2

「$v=\dfrac{x}{t}$」より

行き：$v=\dfrac{36}{30}=\mathbf{1.2\,m/s}$

帰り：$v=\dfrac{36}{10}=\mathbf{3.6\,m/s}$

往復：$v=\dfrac{36\times2}{30+10}=\mathbf{1.8\,m/s}$

p.8　問3

$x=vt=2.0\times15=\mathbf{30\,m}$

p.9　問4

x-t 図の傾きの大きさは速さを表すから

$$v=\frac{50\,\text{m}}{20\,\text{s}}=\mathbf{2.5\,m/s}$$

p.9　問5

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

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

p.10　問6

スタートから3.0秒後までの間の平均の速度を $\overline{v_1}$〔m/s〕とすると

$$\overline{v_1}=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{10.8-0}{3.0-0}=\mathbf{3.6\,m/s}$$

また，5.0秒後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

$$\overline{v_2}=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{100.0-26.9}{13.6-5.0}=\mathbf{8.5\,m/s}$$

p.11　問7

(1)　速度が0となる区間は，x-t 図上で傾きが0となる所である。　**DE**

(2)　速度が正で一定となる区間は，x-t 図上で傾きが正で一定となる所である。　**BC**

(3)　傾きの大きさが徐々に大きくなっている所である。　**AB**

(4)　傾きの大きさが徐々に小さくなっている所である。　**CD**

p.12　問8

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

$v=5.0+1.5=6.5\,\text{m/s}$

より　**6.5 m/s**

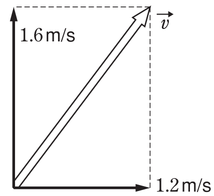
上流に向かって進んでいるとき

$v=(-5.0)+1.5=-3.5\,\text{m/s}$

より　**3.5 m/s**

p.12　問9

川岸から見た船の速度 $\vec{v}$〔m/s〕は図のようになるので



$v^2=1.2^2+1.6^2$

より　$v=\mathbf{2.0\,m/s}$

p.13　問10

$v_x=v\cos\theta=2.0\times\cos60^\circ$

$=2.0\times\dfrac{1}{2}=\mathbf{1.0\,m/s}$

$v_y=v\sin\theta=2.0\times\sin60^\circ$

$=2.0\times\dfrac{\sqrt{3}}{2}\fallingdotseq\mathbf{1.7\,m/s}$

p.14　問11

$v_{AB}=v_B-v_A$，$v_{BA}=v_A-v_B$ であるから

$\boldsymbol{v_{AB}=-v_{BA}}$

p.14　問12

(1)　$v_{AB}=v_B-v_A=4.0-3.0=\mathbf{1.0\,m/s}$

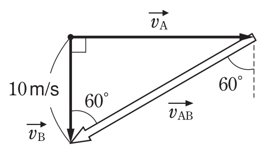
$v_{BA}=v_A-v_B=3.0-4.0=\mathbf{-1.0\,m/s}$

(2)　$v_{AB}=v_B-v_A=(-4.0)-3.0=\mathbf{-7.0\,m/s}$

$v_{BA}=v_A-v_B=3.0-(-4.0)=\mathbf{7.0\,m/s}$

p.15　類題1

電車，雨滴，電車から見た雨滴，それぞれの速度を $\vec{v_A}$，$\vec{v_B}$，$\vec{v_{AB}}$〔m/s〕とすると，これらのベクトルの関係は図のようになる。よって，$\vec{v_A}$ の大きさ v_A は



$v_A=10\tan60^\circ=10\times\sqrt{3}\fallingdotseq\mathbf{17\,m/s}$

p.19　問13

(1)　$\bar{a}=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=\dfrac{7.0-4.0}{2.0}=\mathbf{1.5\,m/s^2}$

(2)　$\bar{a}=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=\dfrac{(-2.0)-2.5}{3.0}=\mathbf{-1.5\,m/s^2}$

p.19　問 14

(1)　加速度が 0 となる区間は，v-t 図上で傾きが 0 となる所である。　ⓑ，ⓔ

(2)　加速度が正となる区間は，v-t 図上で傾きが正となる所である。　ⓐ，ⓕ

(3)　加速度が負となる区間は，v-t 図上で傾きが負となる所である。　ⓒ，ⓓ

p.21　問 15

(1)　「$v=v_0+at$」で，
$v_0=1.0\,\mathrm{m/s}$，$a=1.5\,\mathrm{m/s^2}$，$t=2.0\,\mathrm{s}$ とおくと

$$v=1.0+1.5\times2.0=\mathbf{4.0\,m/s}$$

(2)　「$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$」で，
$v_0=1.0\,\mathrm{m/s}$，$a=1.5\,\mathrm{m/s^2}$，$t=2.0\,\mathrm{s}$ とおくと

$$x=1.0\times2.0+\frac{1}{2}\times1.5\times2.0^2$$
$$=\mathbf{5.0\,m}$$

p.21　問 16

「$v^2-v_0{}^2=2ax$」で，$v_0=4.0\,\mathrm{m/s}$，
$a=2.5\,\mathrm{m/s^2}$，$v=6.0\,\mathrm{m/s}$ とおくと

$$6.0^2-4.0^2=2\times2.5\times x$$

より　$x=\mathbf{4.0\,m}$

p.23　類題 2

右向きを正の向きとする。

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

$$-2.0=4.0+a\times3.0$$

より　$a=\dfrac{-2.0-4.0}{3.0}=-2.0\,\mathrm{m/s^2}$

$2.0\,\mathrm{m/s^2}$，左向き

(2)　「$v=v_0+at$」で，$v=0$ とすると

$$0=4.0+(-2.0)\times t$$

より　$t=\dfrac{-4.0}{-2.0}=2.0\,\mathrm{s}$　　**2.0 秒後**

(3)　「$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$」より

$$x=4.0\times2.0+\frac{1}{2}\times(-2.0)\times2.0^2$$
$$=\mathbf{4.0\,m}$$

〔別解〕　「$v^2-v_0{}^2=2ax$」より

$$0^2-4.0^2=2\times(-2.0)\times x$$

よって　$x=\mathbf{4.0\,m}$

p.26　問 A

(1)　$\bar{a}=\dfrac{6.0-1.5}{4.0-1.0}=\dfrac{4.5}{3.0}=\mathbf{1.5\,m/s^2}$

(2)　$\bar{a}=\dfrac{(-4.5)-(-1.5)}{3.5-2.0}=\dfrac{-3.0}{1.5}$
$=\mathbf{-2.0\,m/s^2}$

(3)　$\bar{a}=\dfrac{(-4.3)-(-1.3)}{6.0-2.0}=\dfrac{-3.0}{4.0}$
$=\mathbf{-0.75\,m/s^2}$

(4)　$\bar{a}=\dfrac{3.6-0}{0.50-0.20}=\dfrac{3.6}{0.30}=\mathbf{12\,m/s^2}$

(5)　$\bar{a}=\dfrac{(-2.0)-6.0}{4.7-2.2}=\dfrac{-8.0}{2.5}$
$=\mathbf{-3.2\,m/s^2}$

(6)　$\bar{a}=\dfrac{5.2-(-1.6)}{2.8-1.1}=\dfrac{6.8}{1.7}=\mathbf{4.0\,m/s^2}$

(7)　$\bar{a}=\dfrac{2.0-6.9}{2.1-1.1}=\dfrac{-4.9}{1.0}=\mathbf{-4.9\,m/s^2}$

(8)　$\bar{a}=\dfrac{6.8-(-1.7)}{5.1-2.6}=\dfrac{8.5}{2.5}=\mathbf{3.4\,m/s^2}$

p.28　類題 3

(1)　問題の v-t 図の傾きより

$t=0\sim10\,\mathrm{s}$ では　$a=\dfrac{10}{10}=1.0\,\mathrm{m/s^2}$

$t=10\sim25\,\mathrm{s}$ では　$a=\dfrac{0}{15}=0\,\mathrm{m/s^2}$

$t=25\sim35\,\mathrm{s}$ では　$a=\dfrac{-10}{10}=-1.0\,\mathrm{m/s^2}$

よって，**図 a** のような a-t 図が得られる。

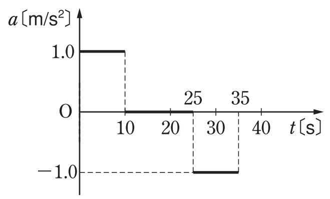


図 a

(2)　h〔m〕は v-t 図が囲む台形の面積に等しいので

$$h=\frac{(15+35)\times10}{2}=\mathbf{2.5\times10^2\,m}$$

p.29　問 17

小球をはなした点の高さを h〔m〕，地面に達する直前の小球の速さを v〔m/s〕とする。

「$y=\frac{1}{2}gt^2$」より

$$h=\frac{1}{2}\times9.8\times1.0^2=\mathbf{4.9\,m}$$

「$v=gt$」より　$v=9.8\times1.0=\mathbf{9.8\,m/s}$

p. 30　問 18

小球をはなした点の高さを h〔m〕，地面に達する直前の小球の速さを v〔m/s〕とする。

「$y=v_0t+\frac{1}{2}gt^2$」より

$$h=3.0\times2.0+\frac{1}{2}\times9.8\times2.0^2$$

$$=25.6\fallingdotseq\mathbf{26\,m}$$

「$v=v_0+gt$」より

$$v=3.0+9.8\times2.0$$

$$=22.6\fallingdotseq\mathbf{23\,m/s}$$

p. 32　類題 4

鉛直上向きを正の向きとする。

投げ上げた時刻を 0 とし，高さ 9.8m の地点を通過する時刻を t〔s〕とすると

「$y=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$」より

$$9.8=14.7\times t-\frac{1}{2}\times9.8\times t^2$$

両辺を 4.9 でわって整理すると

$$t^2-3.0t+2.0=0$$

これから

$$(t-1.0)(t-2.0)=0$$

より　$t=1.0\,\text{s},\ 2.0\,\text{s}$

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。したがって

$$\mathbf{t_1=1.0\,s},\ \mathbf{t_2=2.0\,s}$$

p. 34　類題 5

投げ出してから地面に到達するまでの時間を t〔s〕とする。

水平方向は，速さ 3.0m/s の等速直線運動と同様の運動を行う。

「$x=vt$」より

$$l=3.0\times t \quad \cdots\cdots①$$

鉛直方向は，自由落下と同様の運動を行う。

「$y=\frac{1}{2}gt^2$」より

$$9.8=\frac{1}{2}\times9.8\times t^2 \quad \cdots\cdots②$$

②式より　$t=\sqrt{2}\,\text{s}$

これを①式に代入して l が得られる。

$$l=3.0\times\sqrt{2}\fallingdotseq\mathbf{4.2\,m}$$

p. 38　類題 6

(1)　$v_{0x}=v_0\cos\theta$

$$=24.5\times\frac{3}{5}=\mathbf{14.7\,m/s}$$

$v_{0y}=v_0\sin\theta$

$$=24.5\times\frac{4}{5}=\mathbf{19.6\,m/s}$$

(2)　最高点では速度の鉛直成分（y 成分）が 0m/s となる。

「$v_y=v_0\sin\theta-gt$」より

$$0=19.6-9.80\times t_1$$

よって　$t_1=\frac{19.6}{9.80}=\mathbf{2.00\,s}$

「$y=v_0\sin\theta\cdot t-\frac{1}{2}gt^2$」より

$$h=19.6\times2.00-\frac{1}{2}\times9.80\times2.00^2$$

$$=\mathbf{19.6\,m}$$

(3)　落下点では鉛直方向の変位が 0m となる。

「$y=v_0\sin\theta\cdot t-\frac{1}{2}gt^2$」より

$$0=19.6\times t_2-\frac{1}{2}\times9.80\times t_2{}^2$$

$$0=4.90\times t_2\times(4.00-t_2)$$

$t_2>0$ より　$t_2=\mathbf{4.00\,s}$

水平方向については，「$x=v_0\cos\theta\cdot t$」より

$$l=14.7\times4.00=\mathbf{58.8\,m}$$

p. 39　演習 1

(1)　問題の v-t 図より

0s ～ 10s までは速度が 6.0m/s

10s ～ 20s までは速度が 0m/s

20s ～ 60s までは速度が −2.0m/s

x-t 図の傾きは速度を表すから，**図 a** のようになる。

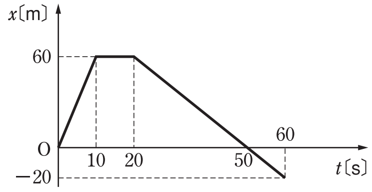


図 a

(2)　図 a で，$x=0$m となるときの時刻 50s が再び原点にもどってくるときの時刻となるので，$t_1=\mathbf{50\,s}$

p. 39　演習 2

東向きを正とする。

(1)「$v_{AB}=v_B-v_A$」より

$$-48=v_B-30$$

よって

$$v_B=-18\,\mathrm{m/s}$$

Bの速さは **18m/s，西向き**

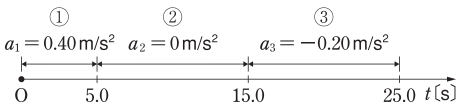
(2) Bは東向きに速さ 18m/s で走っているから

$$v_{AB}=18-30=-12\,\mathrm{m/s}$$

相対速度の大きさは **12m/s，西向き**

p. 39　演習 3

$t=0\,\mathrm{s}$ ～ 25.0s における物体の加速度 a_1，a_2，a_3〔m/s²〕を下図に示す。



(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

$$v_2=a_1t=0.40\times5.0=\mathbf{2.0\,m/s}$$

(2) v-t 図の傾きが加速度を表すから，次の**図 a** が得られる。

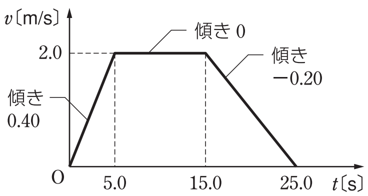


図 a

(3) 図 a で，0s から 5.0s，15.0s，25.0s 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。

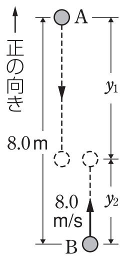
$$x_1=\frac{1}{2}\times5.0\times2.0=\mathbf{5.0\,m}$$

$$x_2=5.0+(15.0-5.0)\times2.0=\mathbf{25\,m}$$

$$x_3=25+\frac{1}{2}\times(25.0-15.0)\times2.0=\mathbf{35\,m}$$

p. 39　演習 4

(1) A が t〔s〕間に自由落下する距離を y_1〔m〕，B の t〔s〕後の地上からの高さを y_2〔m〕とすると，y_1 と y_2 の合計が 8.0m である。



「$y=\dfrac{1}{2}gt^2$」より

$$y_1=\frac{1}{2}\times9.8\times t^2$$

「$y=v_0t-\dfrac{1}{2}gt^2$」より

$$y_2=8.0t-\frac{1}{2}\times9.8\times t^2$$

$$\left(\frac{1}{2}\times9.8\times t^2\right)+\left(8.0t-\frac{1}{2}\times9.8\times t^2\right)=8.0$$

よって　$t=\mathbf{1.0\,s}$

$$h=8.0\times1.0-\frac{1}{2}\times9.8\times1.0^2=\mathbf{3.1\,m}$$

(2) $v_A=-9.8\times1.0=\mathbf{-9.8\,m/s}$

$v_B=8.0-9.8\times1.0=\mathbf{-1.8\,m/s}$

第 2 章 運動の法則

p.41　問 19

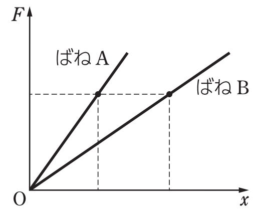
「$W=mg$」より　$10\times9.8=$**98N**

p.43　問 20

ばね定数を k〔N/m〕とすると，「$F=kx$」より $4.0=k\times0.20$　よって　$k=$**20N/m**

p.43　問 21

(1)　グラフより，同じ大きさの力を加えたとき，ばねの伸びがより大きいのは，**ばねB**であることがわかる。



(2)　「$F=kx$」の関係より，ばね定数 k は F-x 図の傾きで表される。F-x 図で傾きが大きいのは，**ばねA**である。

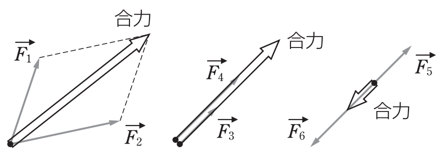
p.45　問 22

①　力の矢印をそれぞれ $\vec{F_1}$，$\vec{F_2}$ とすると，合力は $\vec{F_1}$，$\vec{F_2}$ を 2 辺とする平行四辺形の対角線で表される。

②　力の矢印をそれぞれ $\vec{F_3}$，$\vec{F_4}$ とすると，合力は $\vec{F_3}$，$\vec{F_4}$ と同じ向きで大きさはこれらの長さの和に等しい。

③　力の矢印をそれぞれ $\vec{F_5}$（短いほう），$\vec{F_6}$ とすると，合力は $\vec{F_6}$ の向きで大きさは $\vec{F_6}$ と $\vec{F_5}$ の長さの差に等しい。

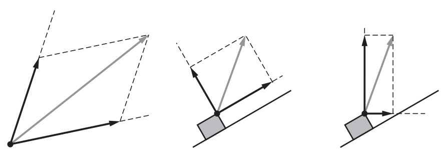
①　②　③



p.45　問 23

分力は下図の実線の矢印のようになる。

①　②　③



p.45　問 24

①　x 成分：**6N**，y 成分：**2N**

②　x 成分：**−2N**，y 成分：**3N**

③　x 成分：**0N**，y 成分：**−3N**

④　x 成分：$6.0\times\cos30°=6.0\times\dfrac{\sqrt{3}}{2}$
　　$\fallingdotseq$ **5.2N**

　y 成分：$6.0\times\sin30°=6.0\times\dfrac{1}{2}=$ **3.0N**

⑤　x 成分：$4+(-1)=$ **3N**
　y 成分：$0+3=$ **3N**

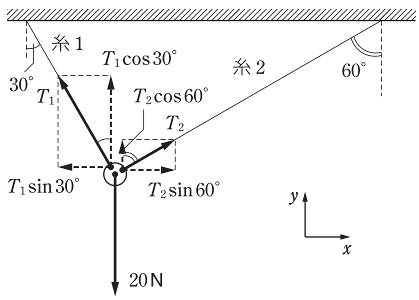
⑥　x 成分：$-4.0\times\sin30°=-4.0\times\dfrac{1}{2}$
　　$=$ **−2.0N**

　y 成分：$-4.0\times\cos30°=-4.0\times\dfrac{\sqrt{3}}{2}$
　　$\fallingdotseq$ **−3.5N**

p.47　類題 7

水平方向右向きに x 軸，鉛直方向上向きに y 軸をとる。

糸 1，糸 2 が引く力の x 成分，y 成分の大きさは，それぞれ下図のようになる。



x 軸方向の力のつりあいより

$$-T_1\sin30°+T_2\sin60°=0 \quad \cdots\cdots①$$

y 軸方向の力のつりあいより

$$T_1\cos30°+T_2\cos60°-20=0 \quad \cdots\cdots②$$

①，②式より

$T_1=10\sqrt{3}\fallingdotseq$ **17N**

$T_2=$ **10N**

p. 51　問 25

(1) $\vec{F_1}$：**地球が物体Bに及ぼす力**
　$\vec{F_2}$：**物体Aが物体Bに及ぼす力**
　$\vec{F_3}$：**物体Bが物体Aに及ぼす力**
　$\vec{F_4}$：**地球が物体Aに及ぼす力**
　$\vec{F_5}$：**床が物体Aに及ぼす力**
　$\vec{F_6}$：**物体Aが床に及ぼす力**

(2) $\vec{\boldsymbol{F}_3}$, $\vec{\boldsymbol{F}_4}$, $\vec{\boldsymbol{F}_5}$

(3) A：$\boldsymbol{F_5-F_4-F_3=0}$
　B：$\boldsymbol{F_2-F_1=0}$

p. 52　問B

(1) ① (地球から) **受ける力**
　② (箱の面から) **受ける力**
　③ (箱に) **及ぼす力**

(2) ④ (指から) **受ける力**
　⑤ (壁から) **受ける力**
　⑥ (壁に) **及ぼす力**

(3) ⑦ (ばねに) **及ぼす力**
　⑧ (天井に) **及ぼす力**
　⑨ (ばねに) **及ぼす力**

p. 54　問C

(1) $\vec{\boldsymbol{F}_1}$, $\vec{\boldsymbol{F}_2}$

(2) つりあいの関係になっている力は，りんごが外から受けている力についてであるから，(1)の答えと同じである。
　$\vec{\boldsymbol{F}_1}$, $\vec{\boldsymbol{F}_2}$

(3) $\vec{\boldsymbol{F}_2}$, $\vec{\boldsymbol{F}_3}$

(4) りんごにはたらく力のつりあいより

$$F_2-F_1=0 \qquad \cdots\cdots①$$

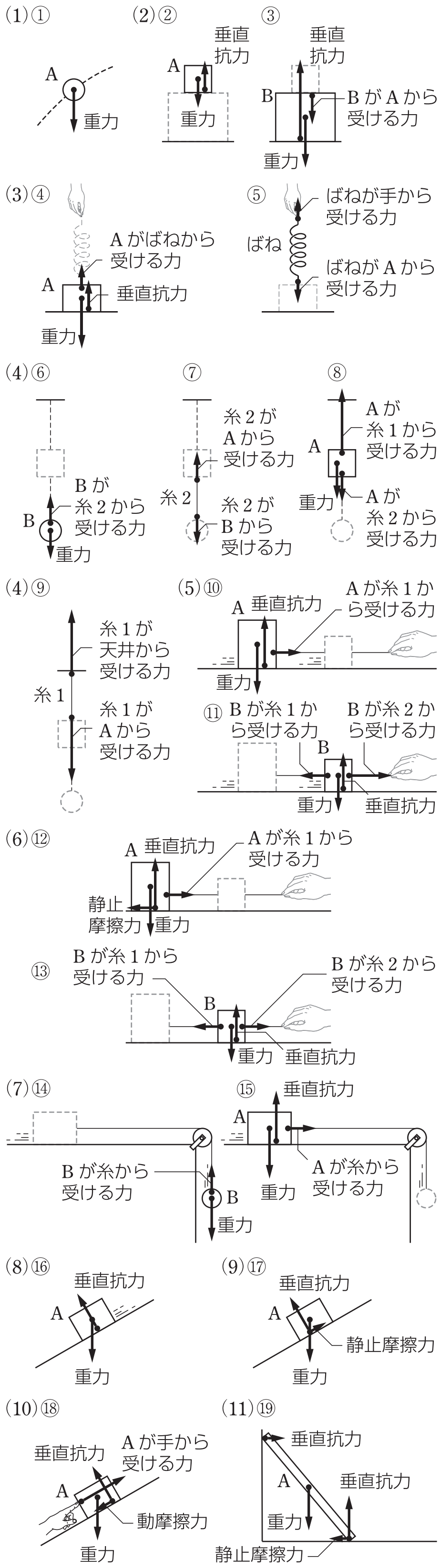
作用反作用の法則より

$$F_2=F_3 \qquad \cdots\cdots②$$

①，②式より

$$F_1=F_3$$

p. 55　問D



p. 61　問 26

「$ma=F$」より　$1.5\times3.0=F$

よって　$F=$**4.5N**

p. 61　問 27

「$ma=F$」より　$2.0a=5.0$

よって　$a=$**2.5m/s²，右向き**

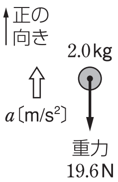
p. 61　問 28

地球上では　$5.0\times9.8=$**49N**

月面上では　$5.0\times1.6=$**8.0N**

p. 62　類題 8

(1)　**Step ❶**　小球にはたらく力をかきこむ。この場合，はたらく力は重力のみである。



Step ❷　問題にあるように，鉛直上向きを正とする。

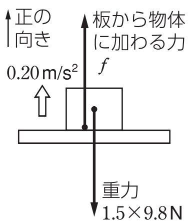
Step ❸　「$ma=F$」に　$m=2.0$kg，$F=-19.6$N を代入して

$$\mathbf{2.0a=-19.6} \quad \cdots\cdots①$$

(2)　①式より　$a=\dfrac{-19.6}{2.0}=$**−9.8m/s²**

p. 63　類題 9

Step ❶　物体にはたらく力は図のようになる。物体には，鉛直下向きに重力 1.5×9.8N，鉛直上向きに板から加わる力 f〔N〕がはたらいている。



Step ❷　鉛直上向きを正とする。

Step ❸　物体にはたらく力の合力は

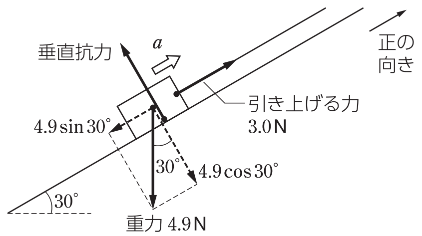
$f-1.5\times9.8$〔N〕

これを「$ma=F$」に代入して

$1.5\times0.20=f-1.5\times9.8$

よって　$f=$**15N**

p. 64　類題 10



Step ❶　小物体にはたらく力は，重力 $0.50\times9.8=4.9$N，垂直抗力，引き上げる力 3.0N の 3 つである。

Step ❷　斜面方向上向き (小物体の運動の向き) を正とする。

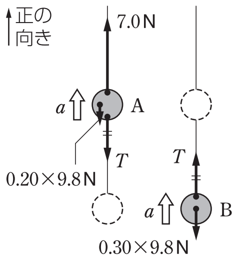
Step ❸　重力の斜面方向の成分は $-4.9\sin30°$N，垂直抗力の斜面方向の成分は 0N であるから，斜面方向の合力は $(3.0-4.9\sin30°)$N　したがって，小物体の運動方程式は

$$0.50a=3.0-4.9\sin30°$$

よって　$a=\dfrac{3.0-4.9\times\frac{1}{2}}{0.50}=$**1.1m/s²**

p. 65　類題 11

(1)　**Step ❶**　糸がAを引く力とBを引く力は，同じ大きさで逆向きとなる。A，Bにはたらく力は図のようになる。



Step ❷　鉛直上向きを正の向きとする。

Step ❸　A，B それぞれの運動方程式は

A：$0.20a=7.0-0.20\times9.8-T$　…①

B：$0.30a=T-0.30\times9.8$　…②

①式＋②式より　$0.50a=2.1$

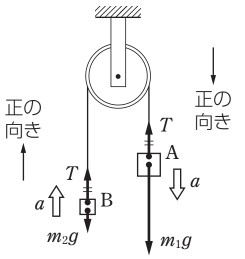
よって　$a=$**4.2m/s²**

(2)　②式に　$a=4.2$m/s² を代入して

$T=$**4.2N**

p. 66　類題 12

(1)　$m_1 > m_2$ なので，おもりAは下降し，Bは上昇する。



Step❶　糸がAを引く力とBを引く力の大きさは，同じである。A，Bにはたらく力は図のようになる。

Step❷　Aについては鉛直方向下向きを正，Bについては鉛直方向上向きを正とする。

Step❸　A，Bそれぞれの運動方程式は次のようになる。

$$\text{A}: m_1 a = m_1 g - T \quad \cdots\cdots①$$

$$\text{B}: m_2 a = T - m_2 g \quad \cdots\cdots②$$

①式＋②式より

$$(m_1 + m_2)a = (m_1 - m_2)g$$

よって　$\boldsymbol{a = \dfrac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g}$ **〔m/s²〕**

(2)　②式×m_1－①式×m_2 より

$$0 = -2m_1 m_2 g + (m_1 + m_2)T$$

よって　$\boldsymbol{T = \dfrac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} g}$ **〔N〕**

p. 67　問 29

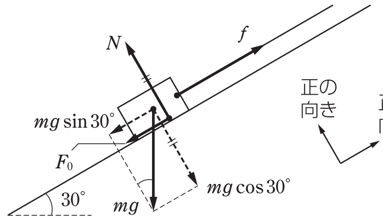
水平面上にある質量 2.0kg の物体にはたらく垂直抗力 N〔N〕の大きさは $N = 2.0 \times 9.8 = 19.6$N である。水平に引く力が 4.9N をこえた直後に物体が動き始めたので，最大摩擦力 F_0〔N〕の大きさは 4.9N である。

「$F_0 = \mu N$」より

$$\mu = \frac{F_0}{N} = \frac{4.9}{19.6} = \mathbf{0.25}$$

p. 68　類題 13

斜面上の物体にはたらく力は，重力，垂直抗力，静止摩擦力，糸が引く力の 4 つである。静止摩擦力は，物体が動き始める直前なので斜面方向下向きの最大摩擦力となる。物体の質量や力の大きさなどを文字で表す。



物体の質量を m〔kg〕，重力加速度の大きさを g〔m/s²〕，垂直抗力の大きさを N〔N〕，静止摩擦係数を μ，最大摩擦力の大きさを F_0〔N〕とする。物体にはたらく力を斜面に平行な成分と斜面に垂直な成分とに分解する。物体が動きだす直前は物体にはたらく力がつりあっている。

斜面に平行な方向の力のつりあいの式は

$$f - mg\sin 30° - F_0 = 0 \quad \cdots\cdots①$$

斜面に垂直な方向の力のつりあいの式は

$$N - mg\cos 30° = 0 \quad \cdots\cdots②$$

②式より　$N = \dfrac{\sqrt{3}}{2} mg$〔N〕

ここで，$F_0 = \mu N = \dfrac{\sqrt{3}}{2} \mu mg$〔N〕

①式より　$f = mg\sin 30° + F_0$

$$= \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{1}{\sqrt{3}}\right) mg$$

$$= 0.50 \times 9.8$$

$$= \mathbf{4.9N}$$

p. 70　問 30

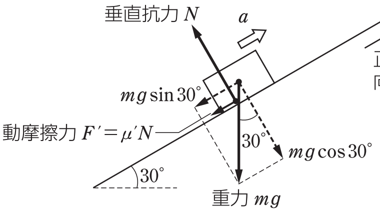
垂直抗力の大きさ　$N = 5.0 \times 9.8$N

「$F' = \mu' N$」より　$F' = 0.20 \times 5.0 \times 9.8$

$= \mathbf{9.8N}$

p. 70　**類題 14**

物体の質量を m〔kg〕，重力加速度の大きさを g〔m/s²〕，動摩擦係数を μ' とすると，物体にはたらく力は図のようになる。



斜面に平行な方向について，物体の運動方程式を立てると

$$ma=-mg\sin 30°-\mu' N \quad \cdots\cdots①$$

一方，斜面に垂直な方向の力はつりあっているから

$$N-mg\cos 30°=0 \quad \cdots\cdots②$$

②式より　$N=mg\cos 30°$

これを①式に代入して整理すると

$$a=-g(\sin 30°+\mu'\cos 30°)$$
$$=-9.8\times\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{2\sqrt{3}}\times\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$
$$=-9.8\times\frac{3}{4}=-7.35\fallingdotseq\mathbf{-7.4\,m/s^2}$$

p. 71　**問 31**

「$p=\dfrac{F}{S}$」より

$$p_1=\frac{20}{1.0\times10^{-4}}=\mathbf{2.0\times10^5\,Pa}$$

$$p_2=\frac{20}{2.0\times10^{-8}}=\mathbf{1.0\times10^9\,Pa}$$

p. 73　**問 32**

「$p'=p_0+\rho hg$」より

$$p'=(1.0\times10^5)+(1.0\times10^3)\times50\times9.8$$
$$=\mathbf{5.9\times10^5\,Pa}$$

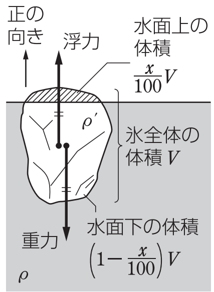
p. 74　**問 33**

「$F=\rho Vg$」より

$$F=(1.0\times10^3)\times(5.0\times10^{-5})\times9.8$$
$$=\mathbf{0.49\,N}$$

p. 75　**類題 15**

(1)　氷には重力と浮力の 2 力がはたらき，つりあっている。氷全体の体積を V〔m³〕，水面上の割合を x〔%〕とする。水の密度を ρ〔kg/m³〕，氷の密度を ρ'〔kg/m³〕，重力加速度の大きさを g〔m/s²〕とすると，氷全体の重さは $\rho' Vg$〔N〕，氷にはたらく浮力の大きさは $\rho\left(1-\dfrac{x}{100}\right)Vg$〔N〕となる。



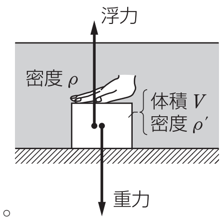
氷にはたらく力のつりあいの式は

$$\rho\left(1-\frac{x}{100}\right)Vg-\rho' Vg=0$$

よって　$x=\dfrac{\rho-\rho'}{\rho}\times100$

$$=\frac{(1.0\times10^3)-(9.2\times10^2)}{1.0\times10^3}\times100$$
$$=\mathbf{8\,\%}$$

(2)　図のように，直方体の物体を液体に沈めた状態で考える（物体にはたらく力は重力と浮力のみをかいている）。



おさえている手をはなしたとき，物体が浮上する条件は，浮力の大きさが重力の大きさよりも大きいことである。ここで，物体の体積を V〔m³〕，重力加速度の大きさを g〔m/s²〕とすると，重力は $\rho' Vg$〔N〕，浮力は ρVg〔N〕となり，

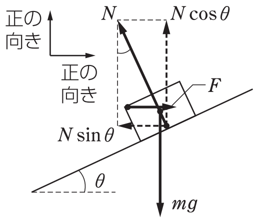
$$\rho' Vg<\rho Vg$$

したがって，物体が浮くための条件は

$$\boldsymbol{\rho'<\rho}$$

p.77　演習 1

斜面上の物体には重力，水平方向の力，垂直抗力の 3 力が図のようにはたらき，つりあっている。これらの力を水平方向(右向きを正)と鉛直方向(上向きを正)に分解して，それぞれの力の成分のつりあいを考える。



水平方向の力のつりあいより

$$F-N\sin\theta=0 \qquad \cdots\cdots①$$

鉛直方向の力のつりあいより

$$N\cos\theta-mg=0 \qquad \cdots\cdots②$$

②式より　$N=\boldsymbol{\dfrac{mg}{\cos\theta}}$〔N〕

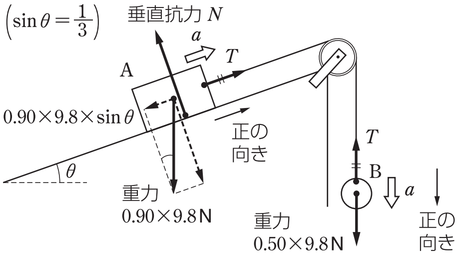
これを①式に代入して整理すると

$$F=\boldsymbol{mg\tan\theta}\text{〔N〕}$$

p.77　演習 2

物体 A，B にはそれぞれ図のような力がはたらいている。このとき，A，B に生じる加速度の大きさは等しい。また，ひもがAを引く力の大きさとBを引く力の大きさは等しい。

$\left(\sin\theta=\dfrac{1}{3}\right)$



A については斜面方向上向きを正とし，運動方程式を立てると

$$0.90a=T-0.90\times9.8\times\frac{1}{3} \qquad \cdots\cdots①$$

B については鉛直方向下向きを正とし，運動方程式を立てると

$$0.50a=0.50\times9.8-T \qquad \cdots\cdots②$$

①式＋②式より

$$1.40a=0.20\times9.8$$

ゆえに　$a=1.4\,\mathrm{m/s^2}$

これを②式に代入して計算すると

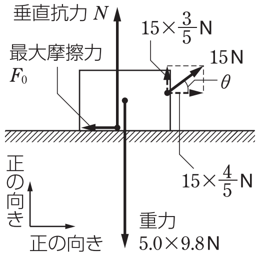
$$T=4.2\,\mathrm{N}$$

(1)　a の値は正となるので，A は斜面を**上昇する**。

(2)　加速度の大きさは **1.4m/s²**，引く力の大きさは **4.2N**

p.77　演習 3

(1)　物体がすべり始める直前までは，物体にはたらく力はつりあっている。このときの水平方向の力のつりあいの式は



$$15\times\frac{4}{5}-F_0=0 \qquad \cdots\cdots①$$

鉛直方向の力のつりあいの式は

$$15\times\frac{3}{5}+N-5.0\times9.8=0 \qquad \cdots\cdots②$$

②式より　$N=\mathbf{40\,N}$

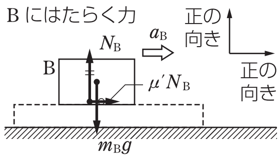
(2)　①式より　$F_0=\mathbf{12\,N}$

(3)　「$F_0=\mu N$」より　$\mu=\dfrac{F_0}{N}=\dfrac{12}{40}=\mathbf{0.30}$

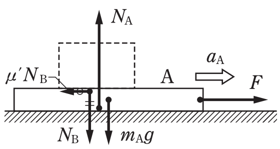
p.77　演習 4

A が床面から受ける垂直抗力の大きさを N_A〔N〕，B が A から受ける垂直抗力の大きさを N_B〔N〕とする。B にはたらく N_B と A にはたらく N_B は，作用反作用の法則より，大きさは等しく向きは反対である。A と B の間の動摩擦力の大きさは $\mu'N_\mathrm{B}$〔N〕である。B にはたらく $\mu'N_\mathrm{B}$ と A にはたらく $\mu'N_\mathrm{B}$ とは，作用反作用の法則より，大きさは等しく向きは反対である。

B にはたらく力



A にはたらく力



B にはたらく力について考える。水平方向の運動方程式は　$m_\mathrm{B}a_\mathrm{B}=\mu'N_\mathrm{B}$　……①

鉛直方向の力のつりあいより

$$N_\mathrm{B}-m_\mathrm{B}g=0 \qquad \cdots\cdots②$$

A の水平方向の運動方程式は

$$m_\mathrm{A}a_\mathrm{A}=F-\mu'N_\mathrm{B} \qquad \cdots\cdots③$$

(1)　②式より　$N_\mathrm{B}=m_\mathrm{B}g$

これを①式に代入して　$m_\mathrm{B}a_\mathrm{B}=\mu'm_\mathrm{B}g$

よって　$a_\mathrm{B}=\boldsymbol{\mu'g}$〔m/s²〕

(2)　③式に $N_\mathrm{B}=m_\mathrm{B}g$ を代入して

$$m_\mathrm{A}a_\mathrm{A}=F-\mu'm_\mathrm{B}g$$

よって　$a_\mathrm{A}=\boldsymbol{\dfrac{F-\mu'm_\mathrm{B}g}{m_\mathrm{A}}}$〔m/s²〕

第 3 章 仕事と力学的エネルギー

p. 79　問 34

「$W=Fx$」より

$W=2.0\times6.0=\mathbf{12\,J}$

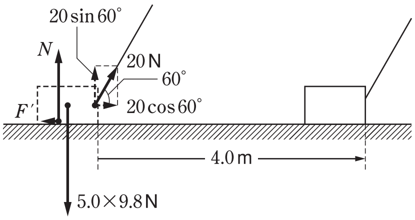
p. 80　問 35

「$W=Fx\cos\theta$」より

$W=10\times2.0\times\cos30^\circ=10\times2.0\times\dfrac{\sqrt{3}}{2}$

$\fallingdotseq\mathbf{17\,J}$

p. 81　類題 16



「$W=Fx\cos\theta$」より

$W_1=20\times4.0\times\cos60^\circ=20\times4.0\times\dfrac{1}{2}$

$=\mathbf{40\,J}$

垂直抗力を N〔N〕とすると，鉛直方向の力のつりあいより　$20\sin60^\circ+N-5.0\times9.8=0$

よって　$N=(49-10\sqrt{3})$ N

「$F'=\mu'N$」,「$W=Fx\cos\theta$」より

$W_2=0.25\times(49-10\sqrt{3})\times4.0\times\cos180^\circ$

$\fallingdotseq\mathbf{-32\,J}$

p. 82　問 36

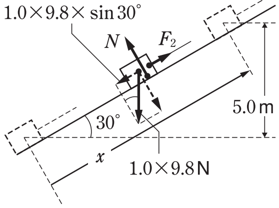
(1)　ゆっくり持ち上げるので，鉛直方向の力のつりあいより

$F_1-1.0\times9.8=0$

よって　$F_1=\mathbf{9.8\,N}$

$W_1=9.8\times5.0=\mathbf{49\,J}$

(2)　ゆっくり持ち上げるので，斜面に平行な方向の力はつりあっている。



$F_2-1.0\times9.8\times\sin30^\circ=0$

よって　$F_2=\mathbf{4.9\,N}$

移動距離を x〔m〕とすると

$x=\dfrac{5.0}{\sin30^\circ}=10$ m

$W_2=F_2x=4.9\times10=\mathbf{49\,J}$

p. 83　問 37

$W=500\times9.8\times20=\mathbf{9.8\times10^4\,J}$

「$P=\dfrac{W}{t}$」より

$P=\dfrac{9.8\times10^4}{10}=\mathbf{9.8\times10^3\,W}$

p. 85　問 38

「$K=\dfrac{1}{2}mv^2$」より

$K=\dfrac{1}{2}\times(1.5\times10^3)\times20^2=\mathbf{3.0\times10^5\,J}$

p. 86　問 39

「$\dfrac{1}{2}mv^2-\dfrac{1}{2}mv_0{}^2=W$」より

$\dfrac{1}{2}\times2.0\times v^2-\dfrac{1}{2}\times2.0\times2.0^2=6.0\times10$

よって　$v=\mathbf{8.0\,m/s}$

p. 88　問 40

(1)　地面からの高さ $h=4.0$ m より

$U=mgh=2.5\times9.8\times4.0=\mathbf{98\,J}$

(2)　2 階の床を基準水平面とすると，物体の高さ $h=0$ m となる。

$U=mgh=2.5\times9.8\times0=\mathbf{0\,J}$

(3)　3 階の床を基準水平面とすると，基準水平面よりも下にある物体の高さ $h=-4.0$ m となるから

$U=mgh=2.5\times9.8\times(-4.0)$

$=\mathbf{-98\,J}$

p. 89　問 41

「$U=\dfrac{1}{2}kx^2$」より

$U=\dfrac{1}{2}\times50\times0.20^2=\mathbf{1.0\,J}$

p. 90　問 42

始点の位置エネルギー

$U_A=0.25\times9.8\times3.6$ J

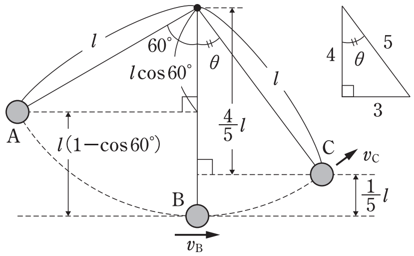
終点の位置エネルギー

$U_B=0.25\times9.8\times1.6$ J

「$W_{AB}=U_A-U_B$」より

$W_{AB}=0.25\times9.8\times(3.6-1.6)=\mathbf{4.9\,J}$

p. 93　類題 17



おもりの質量を m〔kg〕，点Bの高さを重力による位置エネルギーの基準水平面とする。
点Aと点Bの間での力学的エネルギー保存則より

$$mgl(1-\cos 60^\circ)=\frac{1}{2}mv_B{}^2$$

よって　$v_B=\boldsymbol{\sqrt{gl}}$〔m/s〕

点Aと点Cの間での力学的エネルギー保存則より

$$mgl(1-\cos 60^\circ)=\frac{1}{2}mv_C{}^2+mg\times\frac{1}{5}l$$

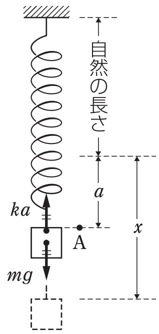
よって　$v_C=\boldsymbol{\sqrt{\frac{3gl}{5}}}$〔m/s〕

p. 94　類題 18

(1)　鉛直方向の力のつりあいより

$$ka-mg=0$$

よって　$a=\boldsymbol{\frac{mg}{k}}$〔m〕



(2)　自然の長さの位置を，重力による位置エネルギーの基準水平面とすると，各点における力学的エネルギーは次の表のようになる。

点	運動エネルギー	重力による位置エネルギー	弾性力による位置エネルギー
自然の長さ	0	0	0
A	$\frac{1}{2}mv^2$	$-mga$	$\frac{1}{2}ka^2$
最下点	0	$-mgx$	$\frac{1}{2}kx^2$

自然の長さの点と点Aの間での力学的エネルギー保存則より

$$0=\frac{1}{2}mv^2-mga+\frac{1}{2}ka^2$$

よって　$v=\sqrt{2ga-\frac{k}{m}a^2}$

これに　$a=\frac{mg}{k}$　を代入して

$$v=\boldsymbol{g\sqrt{\frac{m}{k}}}\text{〔m/s〕}$$

(3)　自然の長さの点と最下点の間での力学的エネルギー保存則より

$$0=-mgx+\frac{1}{2}kx^2$$

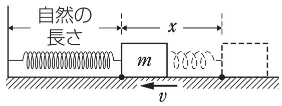
よって　$x=0,\ \frac{2mg}{k}$

最下点での伸びを表すのは　$x=\frac{2mg}{k}$

$a=\frac{mg}{k}$　を代入して　$x=\boldsymbol{2a}$〔m〕

p. 96　類題 19

(1)　各点における力学的エネルギーは次の表のようになる。



点	運動エネルギー	弾性力による位置エネルギー
初めの点	0	$\frac{1}{2}kx^2$
自然の長さ	$\frac{1}{2}mv^2$	0

動摩擦力のする仕事は　$W=-\mu' mgx$　であり，力学的エネルギーの変化がWに等しいので

$$\left(\frac{1}{2}mv^2+0\right)-\left(0+\frac{1}{2}kx^2\right)$$
$$=-\mu' mgx$$

よって　$v=\boldsymbol{\sqrt{\frac{kx^2}{m}-2\mu' gx}}$〔m/s〕

(2)　(1)で，$v=0$　となればよい。

$$v=\sqrt{\frac{kx^2}{m}-2\mu' gx}$$
$$=\sqrt{\frac{k}{m}x\left(x-\frac{2\mu' mg}{k}\right)}$$

よって　$x=0,\ \frac{2\mu' mg}{k}$

$x=0$　は不適。

ゆえに　$x=\boldsymbol{\frac{2\mu' mg}{k}}$〔m〕

p.100　問E

(1)　①，④，⑤

②　直線運動ではない。

③　加速度が途中で変化する。

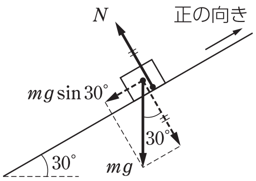
⑥　ばねの伸び縮みに応じて，合力Fが変化するため，加速度 $a=\dfrac{F}{m}$ も変化する。

(2)①　物体にはたらく力は重力だけなので

$$\boldsymbol{ma=-mg}$$

よって　$a=-g$〔m/s²〕

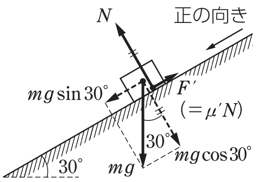
④　物体には重力 mg と垂直抗力Nがはたらいている。斜面方向の合力は $-mg\sin 30°$ であるから



$$\boldsymbol{ma=-mg\sin 30°}$$

よって　$a=-\dfrac{1}{2}g$〔m/s²〕

⑤　物体には重力 mg，垂直抗力 N，動摩擦力 F' がはたらいている。



斜面方向の合力は

$$mg\sin 30°-F'$$
$$=mg\sin 30°-\mu' mg\cos 30°$$

であるから

$$\boldsymbol{ma=mg\sin 30°-\mu' mg\cos 30°}$$

よって　$a=\dfrac{1-\sqrt{3}\,\mu'}{2}g$〔m/s²〕

(3)　①，②，④，⑥

①，②，④　重力だけが仕事をしている。

⑥　重力と弾性力が仕事をしている。

③，⑤　非保存力の動摩擦力が仕事をしているから，力学的エネルギーは保存されない。

(4)①　$\boldsymbol{\dfrac{1}{2}mv_0{}^2=\dfrac{1}{2}mv^2+mgh}$

よって　$v=\sqrt{v_0{}^2-2gh}$〔m/s〕

②　$\boldsymbol{\dfrac{1}{2}mv_0{}^2=\dfrac{1}{2}mv^2+mgh}$

よって　$v=\sqrt{v_0{}^2-2gh}$〔m/s〕

④　$\boldsymbol{\dfrac{1}{2}mv_0{}^2+mgh=\dfrac{1}{2}mv^2}$

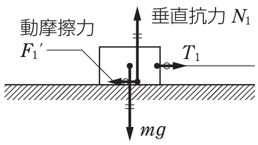
よって　$v=\sqrt{v_0{}^2+2gh}$〔m/s〕

⑥　$\boldsymbol{\dfrac{1}{2}mv_0{}^2+mgh+\dfrac{1}{2}kh^2=\dfrac{1}{2}mv^2}$

よって　$v=\sqrt{v_0{}^2+2gh+\dfrac{kh^2}{m}}$〔m/s〕

p.101　演習1

(1)　物体の質量を m〔kg〕，ロープを引く力を T_1〔N〕，重力加速度の大きさを g〔m/s²〕とすると，一定の速さで移動しているので，T_1 と動摩擦力 $F_1'(=\mu' N_1)$ の大きさは等しい。



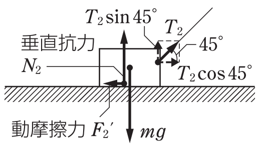
よって

$$T_1=\mu' N_1=\mu' mg$$
$$=0.40\times 2.5\times 9.8=9.8\,\text{N}$$

「$P=Fv$」より　$P_1=9.8\times 0.50=$**4.9 W**

「$W=Pt$」より　$W=4.9\times 20=$**98 J**

(2)　ロープを引く力を T_2〔N〕とすると，物体にはたらく力は図のようになる。



水平方向の力のつりあいより

$$T_2\cos 45°-F_2'=0 \quad \cdots\cdots①$$

鉛直方向の力のつりあいより

$$T_2\sin 45°+N_2-mg=0 \quad \cdots\cdots②$$

$F_2'=\mu' N_2$ を①式に代入して

$$T_2\cos 45°-\mu' N_2=0 \quad \cdots\cdots③$$

②式より　$N_2=mg-T_2\sin 45°$

これを③式に代入して

$$T_2\cos 45°-\mu'(mg-T_2\sin 45°)=0$$

よって

$$T_2(\cos 45°+\mu'\sin 45°)=\mu' mg$$

ゆえに

$$T_2=\frac{\mu' mg}{\cos 45°+\mu'\sin 45°}$$
$$=\frac{0.40\times 2.5\times 9.8}{1/\sqrt{2}+0.40\times(1/\sqrt{2})}$$
$$=7.0\sqrt{2}\,\text{N}$$

「$P=Fv$」より

$$P_2=T_2\cos 45°\times v$$
$$=7.0\sqrt{2}\times\frac{1}{\sqrt{2}}\times 0.50=\textbf{3.5 W}$$

p. 101　演習 2

水平面を重力による位置エネルギーの基準水平面とすると，各点における力学的エネルギーは次の表のようになる。

点	運動エネルギー	弾性力による位置エネルギー	重力による位置エネルギー
初めの点	0	$\frac{1}{2}kx^2$	0
A	$\frac{1}{2}mv_A{}^2$	0	0
B	$\frac{1}{2}mv_B{}^2$	0	mgh

(1)　初めの点と点Aの間での力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}mv_A{}^2$$

よって　$v_A=\boldsymbol{x\sqrt{\frac{k}{m}}}$〔m/s〕

(2)　初めの点と点Bの間での力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}mv_B{}^2+mgh$$

よって　$v_B=\boldsymbol{\sqrt{\frac{kx^2}{m}-2gh}}$〔m/s〕

(3)　x〔m〕が最小値 x_0〔m〕のとき，物体は点Bで静止する($v_B=0$)ので，(2)の力学的エネルギー保存則の式は

$\frac{1}{2}kx_0{}^2=mgh$　となる。

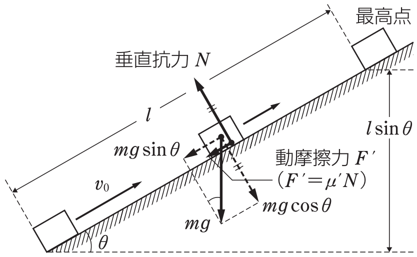
よって

$$x_0=\sqrt{\frac{2mgh}{k}}=\sqrt{\frac{2\times2.0\times9.8\times0.50}{40}}$$

$$=\mathbf{0.70\,m}$$

p. 101　演習 3

(1)　斜面の下端を通る水平面を，重力による位置エネルギーの基準水平面とする。



物体の質量を m〔kg〕とすると，初めの力学的エネルギー E_1 は

$$E_1=\frac{1}{2}mv_0{}^2$$

最高点での力学的エネルギー E_2 は

$$E_2=mgl\sin\theta$$

動摩擦力 F' のした仕事 W は

$$W=-F'l=-\mu' mg\cos\theta\cdot l$$

力学的エネルギーの変化が W に等しいので

$$E_2-E_1=W$$

$$mgl\sin\theta-\frac{1}{2}mv_0{}^2=-\mu' mg\cos\theta\cdot l$$

よって　$l=\boldsymbol{\frac{v_0{}^2}{2g(\sin\theta+\mu'\cos\theta)}}$〔m〕

(2)　下端にもどってきたときの物体の速さを v'〔m/s〕とすると，そのときの力学的エネルギー E_3 は

$$E_3=\frac{1}{2}mv'^2$$

最高点から下端にもどるまでに動摩擦力のした仕事は，(1)と同じく W であるから

$$E_3-E_2=W$$

$$\frac{1}{2}mv'^2-mgl\sin\theta=-\mu' mg\cos\theta\cdot l$$

よって　$v'=\sqrt{2gl(\sin\theta-\mu'\cos\theta)}$

ここで，(1)の l を代入すると

$$v'=v_0\sqrt{\frac{\sin\theta-\mu'\cos\theta}{\sin\theta+\mu'\cos\theta}}$$

ゆえに　$\boldsymbol{\sqrt{\frac{\sin\theta-\mu'\cos\theta}{\sin\theta+\mu'\cos\theta}}}$ **倍**

第2編　熱

第1章 熱とエネルギー

p.117　問1

「$T=t+273$」より

$T=15+273=$**288 K**

$300=t+273$　よって　$t=$**27 °C**

p.119　問2

「$Q=C\varDelta t$」より

$$C=\frac{Q}{\varDelta t}=\frac{500}{20}=\mathbf{25\ J/K}$$

p.119　問3

「$Q=mc\varDelta T$」より

$1.8\times10^3=100\times c\times(60-20)$

よって　$c=\dfrac{1.8\times10^3}{100\times(60-20)}$

$=\mathbf{0.45\ J/(g\cdot K)}$

p.119　問4

比熱が大きい物質は小さい物質に比べ，同じ熱量の出し入れがあった際の温度の変動が小さい。すなわち，比熱の大きい水は，「**温まりにくく冷めにくい**」物質であるといえる。

p.120　類題1

熱量の保存より

$100\times c\times(100-30)$

$=(84+120\times4.2)\times(30-20)$

よって　$c=\mathbf{0.84\ J/(g\cdot K)}$

p.122　問5

$20\times(3.3\times10^2)=\mathbf{6.6\times10^3\ J}$

p.122　問6

$30\times(2.3\times10^3)=\mathbf{6.9\times10^4\ J}$

p.125　問7

走っていたトラックの運動エネルギー

$\dfrac{1}{2}mv^2$ が，すべて熱量Qに変わる。

$$Q=\frac{1}{2}\times(4.2\times10^3)\times10^2=\mathbf{2.1\times10^5\ J}$$

p.126　問8

「$\varDelta U=Q+W$」より

$\varDelta U=(-1.5\times10^2)+(4.0\times10^2)$

$=\mathbf{2.5\times10^2\ J}$

p.126　問9

気体に与えられた熱量は $Q=5.0\times10^2$ J，気体が外部に 2.0×10^2 J の仕事をしたので，気体がされた仕事は $W=-2.0\times10^2$ J となる。したがって，

「$\varDelta U=Q+W$」より

$\varDelta U=(5.0\times10^2)+(-2.0\times10^2)$

$=\mathbf{3.0\times10^2\ J}$

p.128　問a

求める圧力を p〔Pa〕とすると，「$pV=$一定」より　$(1.0\times10^5)\times0.55=p\times0.50$

よって

$$p=\frac{0.55}{0.50}\times(1.0\times10^5)=\mathbf{1.1\times10^5\ Pa}$$

p.129　問b

求める体積を V〔m^3〕とすると，「$\dfrac{V}{T}=$一定」より

$$\frac{1.0}{300}=\frac{V}{360}$$

よって　$V=\dfrac{360}{300}=\mathbf{1.2\ m^3}$

p.130　問c

求める体積を V〔m^3〕とすると，

「$pV=nRT$」より

$(1.66\times10^5)\times V=0.20\times8.3\times300$

よって

$$V=\frac{0.20\times8.3\times300}{1.66\times10^5}=\mathbf{3.0\times10^{-3}\ m^3}$$

p.131　問d

(1)　定積変化なので　$W=$**0 J**

$\varDelta U=Q=$**75 J**

(2)　等温変化なので　$\varDelta U=$**0 J**

$W=-Q=$**−75 J**

(3)　定圧変化では，気体がする仕事は「$W'=p\varDelta V$」で与えられるので

$W'=(1.0\times10^5)\times(3.0\times10^{-4})$

$=30$ J

よって　$W=-W'=$**−30 J**

「$\varDelta U=Q+W$」より

$\varDelta U=75+(-30)=$**45 J**

p. 131　問 e

断熱変化なので $Q=0\,\mathrm{J}$ である。これと，気体がされた仕事 $W=-65\,\mathrm{J}$ を「$\varDelta U=Q+W$」に代入して

$$\varDelta U=0+(-65)=\mathbf{-65\,J}$$

p. 133　問 10

得られた仕事 $W'=500-425=\mathbf{75\,J}$

熱効率 $e=\dfrac{75}{500}=\mathbf{0.15}$

p. 134　演習 1

(1) 「$Q=mc\varDelta T$」より

$$Q_1=14.0\times2.10\times\{0-(-10.0)\}$$
$$=\mathbf{2.94\times10^2\,J}$$

(2) $Q_2=14.0\times(3.30\times10^2)=\mathbf{4.62\times10^3\,J}$

(3) 熱平衡の状態になるまでに水が失った熱量は $36.0\times4.20\times(50.0-t)$

水が得た熱量は

$$Q_1+Q_2+14.0\times4.20\times(t-0)$$

これらが等しいので

$$36.0\times4.20\times(50.0-t)$$
$$=(2.94\times10^2)+(4.62\times10^3)+14.0\times4.20\times(t-0)$$

よって

$$t=\frac{(7.56\times10^3)-(2.94\times10^2)-(4.62\times10^3)}{210}$$
$$=\mathbf{12.6\,^\circ C}$$

p. 134　演習 2

重力がする仕事は

$$2.0\times9.8\times1.0\times50=9.8\times10^2\,\mathrm{J}$$

これと「$Q=C\varDelta T$」より

$$9.8\times10^2=C\times1.4$$

よって　$C=\mathbf{7.0\times10^2\,J/K}$

「$C=mc$」より

$$c=\frac{C}{m}=\frac{7.0\times10^2}{2.0\times10^3}=\mathbf{0.35\,J/(g\cdot K)}$$

p. 134　演習 3

(1) 外部が気体にする仕事は負であるから，「$\varDelta U=Q+W$」より

$$\varDelta U_1=(7.2\times10^2)+(-2.4\times10^2)$$
$$=\mathbf{4.8\times10^2\,J}$$

(2) $Q_{\mathrm{out}}=(4.8\times10^2)+(2.0\times10^2)$

$$=\mathbf{6.8\times10^2\,J}$$

(3) $e=\dfrac{(7.2\times10^2)-(6.8\times10^2)}{7.2\times10^2}$

$$=\frac{0.4}{7.2}=\mathbf{\frac{1}{18}}$$

第3編　波

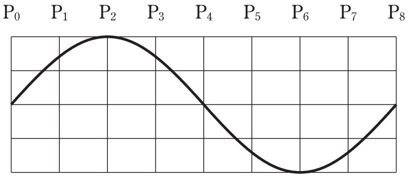
第1章 波の性質

p.140　問1

「$f=\dfrac{1}{T}$」より　$f=\dfrac{1}{0.10}=$ **10Hz**

p.141　問2

波が時間 $\dfrac{12}{8}T$ の間に進む距離は，時間 T の間に進んだ距離 P_0P_8 の長さの $\dfrac{12}{8}(=1.5)$ 倍となる。したがって，時刻 $\dfrac{12}{8}T$ での波形は下図のようになる。



p.142　問3

「$v=f\lambda$」より

$v=3.0\times1.5=$ **4.5m/s**

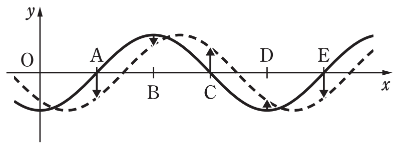
p.143　問4

(1)　振幅 $A=$ **4.0m**

波長 $\lambda=$ **2.0m**

(2)　周期 $T=0.60-0.12=$ **0.48s**

p.143　問5



波形をわずかに進めたときの，媒質の動きを調べる。山と谷の位置では媒質の速度が0であることに注意して，速度が正の向きであるのは点**C**である。

p.144　問6

(1)　同位相の点：**G**

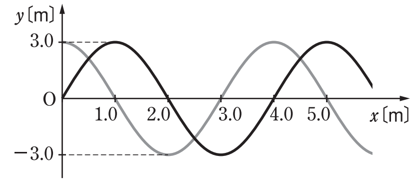
(2)　逆位相の点：**A，E，I**

p.145　類題1

波の速さは1.0m/sなので，3.0秒間に波形の進む距離は

$1.0\times3.0=3.0$m

よって，波の進む負の向きに3.0m平行移動させればよい。

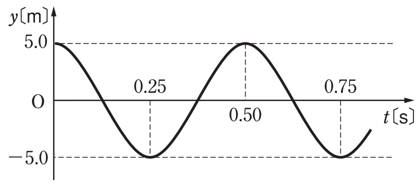


p.145　類題2

まず，振動の周期 T〔s〕を求める。y-x 図より波長は $\lambda=4.0$m，波の速さは $v=8.0$m/s である。「$v=\dfrac{\lambda}{T}$」より

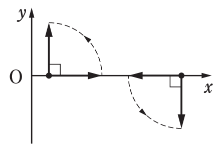
$$T=\frac{\lambda}{v}=\frac{4.0}{8.0}=0.50\text{s}$$

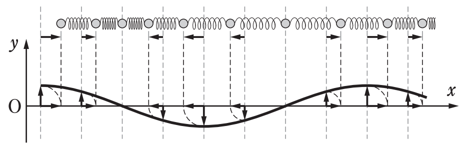
次に，位置 $x=2.0$m の媒質がどのように時間変化するかを調べる。$t=0$s での変位は y-x 図より $y=5.0$m である。そして，その次の瞬間には下向きに動く。以上より，y-t 図をかく。



p.148　問7

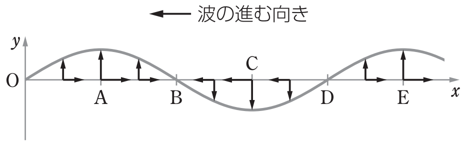
x 軸の正の向きの変位は y 軸の正の向きへ，x 軸の負の向きの変位は y 軸の負の向きへそれぞれ90°回転させる。





p. 150　類題 3

まず，y 軸方向に表された変位を x 軸方向にかき直す。



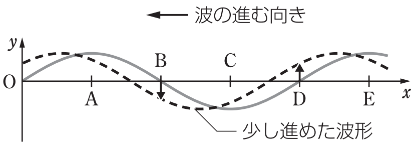
(1)　最も密な点は媒質が周囲から集まる点である。よって　**B**

(2)　最も疎な点は媒質が周囲へ遠ざかる点である。よって　**D**

(3)　媒質の速さが 0 の点は，媒質の変位の大きさが最大の点である。
よって　**A，C，E**

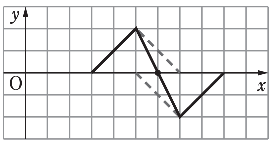
(4)　媒質の速さが最大となるのは，媒質が振動の中心を通過するときであるから，**B, D**

(5)　媒質の速度が右向きのとき，これを横波表示にすると y 軸の正の向きとなる。
(4)で求めた B，D のうち，波形を少し進めたとき，媒質が y 軸の正の向きに動いているのは **D**

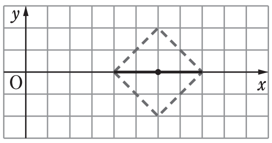


p. 153　問 8

(1)　初めの状態から波Aは右に，波Bは左にそれぞれ 2 目盛りずつ進む。



(2)　初めの状態から波Aは右に，波Bは左にそれぞれ 3 目盛りずつ進む。



p. 154　問 9

反対の向きに進む正弦波の波長 λ は 4.0 m，振幅は 1.5 m である。また，正弦波の周期を T_0 としたとき，波の速さ v は「$v=\dfrac{\lambda}{T_0}$」より

$T_0=\dfrac{\lambda}{v}=\dfrac{4.0}{2.0}=2.0\,\mathrm{s}$ である。

(1)　節と節の間隔 d は，もとの進行波の波長 λ の半分に等しいから

$$d=\frac{1}{2}\lambda=\frac{1}{2}\times4.0=\mathbf{2.0\,m}$$

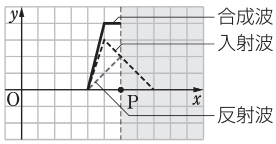
(2)　腹の位置の振動の振幅 A はもとの進行波の振幅の 2 倍，周期 T はもとの進行波の周期 T_0 に等しいから

$A=2\times1.5=\mathbf{3.0\,m}$

$T=T_0=\mathbf{2.0\,s}$

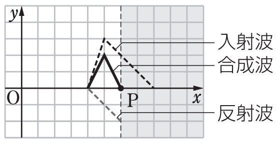
p. 156　問 10

(1)　入射波を 2.0 cm 右に進め，自由端を軸に折り返した波が反射波である。



合成波は，入射波と反射波を重ねあわせの原理に従って作図して求める。

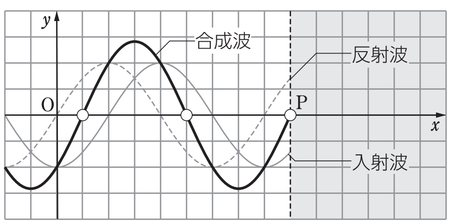
(2)　入射波を 2.0 cm 右に進め，固定端の軸の右側にまで進んだ波を上下反転し，さらにその波を固定端を軸に折り返した波が反射波である。



合成波は，入射波と反射波を重ねあわせの原理に従って作図して求める。

p. 157　類題 4

固定端での反射であることに注意して反射波を作図する。次に，入射波と反射波の合成波をかく。合成波が x 軸と交わる位置が節の位置である（固定端の位置は節となる。また，節と節の間隔は進行波の波長の半分になる）。



p. 159　問 11

(1)　それぞれの波源からの距離の差を求める。

$$AP = 3.0\,\mathrm{cm} = \frac{3}{2}\lambda$$

$$BP = 5.0\,\mathrm{cm} = \frac{5}{2}\lambda$$

$$|AP - BP| = \lambda$$

よって，点 P は**強めあう点**である。

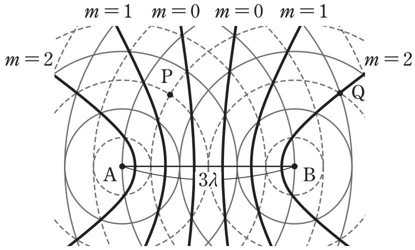
$$AQ = 8.0\,\mathrm{cm} = 4\lambda$$

$$BQ = 3.0\,\mathrm{cm} = \frac{3}{2}\lambda$$

$$|AQ - BQ| = \frac{5}{2}\lambda$$

よって，点 Q は**弱めあう点**である。

(2)



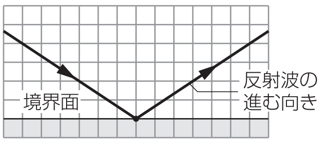
$|AR - BR| = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$

直線 AB 上にある弱めあう点を R とする。

R は $AR - BR = \pm\frac{1}{2}\lambda,\ \pm\frac{3}{2}\lambda,\ \pm\frac{5}{2}\lambda$ を満たす 6 点である（$AB = 3\lambda$ であるので $|AR - BR|$ の最大値は 3λ より小さい）。これらの 6 点を含む双曲線は全部で **6 本**ある。

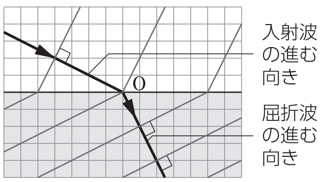
p. 160　問 12

反射波の進む向きは，反射角が入射角と等しくなる向きである。



p. 161　問 13

入射波と屈折波の進む向きは，それぞれ波面に垂直な向きである。



p. 161　類題 5

(1)　「$\dfrac{\sin i}{\sin r} = n_{12}$」より　$\dfrac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = n_{12}$

よって　$n_{12} = \dfrac{\sqrt{3}/2}{1/2} = \sqrt{3} \fallingdotseq \mathbf{1.7}$

(2)　屈折の法則より

$$\frac{v_1}{0.20} = \frac{\lambda_1}{0.10} = n_{12}$$

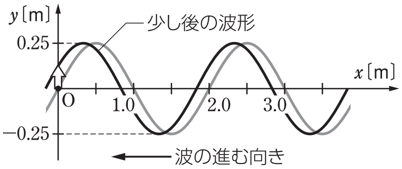
よって

$$\lambda_1 = 0.10 \times \sqrt{3} \fallingdotseq \mathbf{0.17\,m}$$

$$v_1 = 0.20 \times \sqrt{3} \fallingdotseq \mathbf{0.35\,m/s}$$

p. 165　演習 1

(1)　原点にある媒質の速度の向きが y 軸の正の向きであるから，$t = 0\,\mathrm{s}$ の直後，原点にある媒質は y 軸の正の向きに変位する。したがって，$t = 0\,\mathrm{s}$ より少し後の波形は図のようになり，波は x 軸の負の向きに進んでいることがわかる。



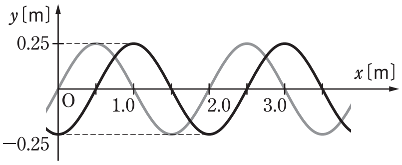
波長 $\lambda = 2.0\,\mathrm{m}$，周期 $T = 0.40\,\mathrm{s}$ より

$$v = -\frac{\lambda}{T} = -\frac{2.0}{0.40} = \mathbf{-5.0\,m/s}$$

(2)　0.70 秒間での波の進む距離は

$$5.0 \times 0.70 = 3.5\,\mathrm{m}$$

よって，波の進む負の向きに 3.5 m 平行移動させればよい。



p. 165　演習 2

(1)　波長 $\lambda=\mathbf{0.80\,m}$

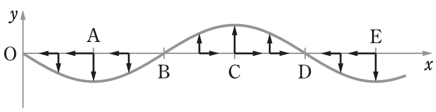
振動数 f は「$v=f\lambda$」より

$$f=\frac{v}{\lambda}=\frac{2.0}{0.80}=\mathbf{2.5\,Hz}$$

周期 T は「$T=\dfrac{1}{f}$」より

$$T=\frac{1}{f}=\frac{1}{2.5}=\mathbf{0.40\,s}$$

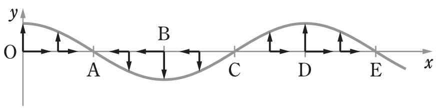
(2)　y 軸方向に表された変位を x 軸方向にかき直す。



最も密な点は媒質が周囲から集まる点である。

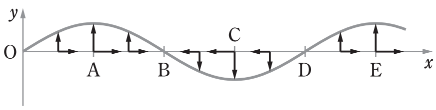
よって **D**

(3)　0.10 秒後の波のグラフは下図のようになり，最も密な点は **A**，**E**



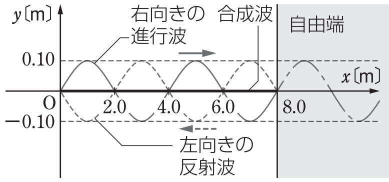
(4)　1.0 秒後の波のグラフは下図のようになる。最も疎な点は媒質が周囲へ遠ざかる点である。

よって **D**



p. 165　演習 3

(1)　入射波が自由端の右側にまで進んだと仮定して(下図の一点鎖線の波)，それを $x=8.0\,\mathrm{m}$ の位置にある自由端を軸として折り返したもの(破線の波)が反射波である。この瞬間に観察される合成波は，図の実線の波と破線の波を重ねあわせたものである(太線の波)。

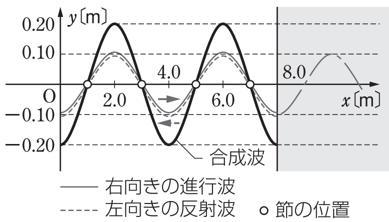


(2)　定在波の腹と節は交互に並び，腹どうし(節どうし)の間隔は左右に進む進行波の波長の半分なので 2.0 m である。この定在波は $x=8.0\,\mathrm{m}$ の位置が自由端であるので，そこは腹である。したがって，腹の位置は $x=0$，2.0，4.0，6.0，8.0 m である。また，節の位置は腹と腹の中間の

$\boldsymbol{x=1.0，3.0，5.0，7.0\,\mathrm{m}}$

の位置である。

〔**別解**〕 (1)の状態から波を少し進め，合成波の波形をかいて，節の位置を求めてもよい。



(3)　正で最大の変位が，再び正で最大となるのに要する時間は定在波の 1 周期 T〔s〕である。また，定在波の周期は反対向きに進む 2 つの進行波の周期に等しい。進行波の波長 λ は 4.0 m，速さ v は 10 m/s だから「$v=\dfrac{\lambda}{T}$」より　$T=\dfrac{\lambda}{v}=\dfrac{4.0}{10}$

$=\mathbf{0.40\,s}$

第2章 音

p.168　問14

「$V=331.5+0.6t$」より

$V=331.5+0.6\times10=337.5\fallingdotseq$**338 m/s**

p.168　問15

音が壁に当たって反射してもどってくるまでの時間は0.40秒であるから，音が壁に届くまでの時間は0.20秒である。壁までの距離 l〔m〕は　$l=(3.4\times10^2)\times0.20=$**68 m**

p.170　類題6

管を0.17m引き出すと2つの経路の長さの差は　$2\times0.17=0.34$ m　となる。
この経路の差が波長の半分に等しいとき，音は弱めあって最小になる。

よって　$0.34=\dfrac{\lambda}{2}$

したがって　$\lambda=0.34\times2=$**0.68 m**

「$v=f\lambda$」より　$f=\dfrac{v}{\lambda}=\dfrac{3.4\times10^2}{0.68}$

$=$**5.0×10²Hz**

p.171　問16

おんさAの振動数を f_A〔Hz〕とする。毎秒4回のうなりが聞こえたので

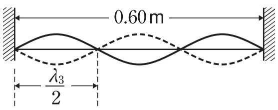
$|f_A-400|=4$

より　$f_A=404$ Hz　または　$f_A=396$ Hz

$f_A>400$ Hz　であるから　$f_A=$**404 Hz**

p.173　問17

3倍振動の波長 λ_3〔m〕は



$0.60=3\times\dfrac{\lambda_3}{2}$

より　$\lambda_3=$**0.40 m**

「$v=f\lambda$」より　$f_3=\dfrac{v}{\lambda_3}=\dfrac{1.2\times10^2}{0.40}$

$=$**3.0×10²Hz**

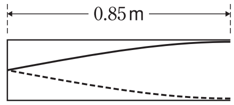
p.173　問18

「$v=\sqrt{\dfrac{S}{\rho}}$」より

$v=\sqrt{\dfrac{0.98}{2.0\times10^{-4}}}=\sqrt{49\times10^2}=$**70 m/s**

p.174　問19

長さ0.85mの閉管内の気柱が基本振動するときの波長



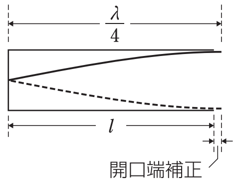
λ_1〔m〕は　$\lambda_1=\dfrac{4\times0.85}{1}=3.4$ m

このときの振動数 f_1〔Hz〕は「$V=f\lambda$」より

$f_1=\dfrac{V}{\lambda_1}=\dfrac{3.4\times10^2}{3.4}=$**1.0×10²Hz**

p.175　問20

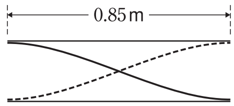
閉管内で基本振動しているとき，管底から腹の位置までの距離は $\dfrac{\lambda}{4}$〔m〕である。



したがって，管口から腹の位置までの距離は $\boldsymbol{\dfrac{\lambda}{4}-l}$〔m〕となる。

p.175　問21

長さ0.85mの閉管内の気柱が基本振動するときの波長

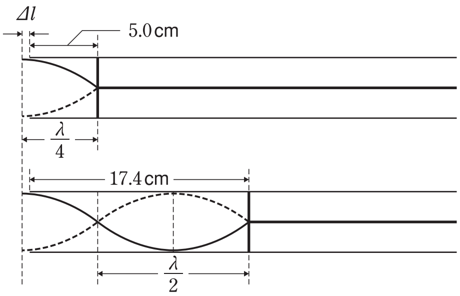


λ_1〔m〕は　$\lambda_1=\dfrac{2\times0.85}{1}=1.7$ m

このときの振動数 f_1〔Hz〕は「$V=f\lambda$」より

$f_1=\dfrac{V}{\lambda_1}=\dfrac{3.4\times10^2}{1.7}=$**2.0×10²Hz**

p.176　類題 7



(1)　5.0cm，17.4cm の位置で固有振動となるから，この距離の差が半波長となる。

$$17.4-5.0=\frac{\lambda}{2}$$

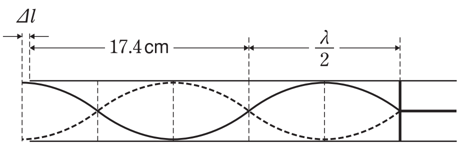
よって　$\lambda=2\times(17.4-5.0)=$**24.8cm**

(2)　最初に固有振動が起こるときの，ピストンと管口との距離 5.0cm に開口端補正 $\varDelta l$ を加えると，4 分の 1 波長となる。

$$5.0+\varDelta l=\frac{\lambda}{4}$$

よって　$\varDelta l=\frac{24.8}{4}-5.0=$**1.2cm**

(3)　次に固有振動が起こるのは，17.4cm の位置からさらに $\frac{\lambda}{2}$ だけピストンを管口から遠ざけたときである。



$$17.4+\frac{\lambda}{2}=17.4+\frac{24.8}{2}=29.8\,\text{cm}$$

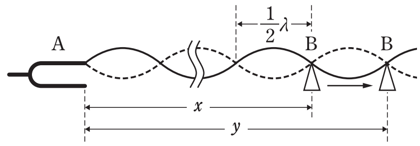
よって，**管口から 29.8cm の距離のとき**となる。

p.177　問 22

気柱の振動が図の実線で表されているとき，最も圧力が高い(密な)点は b，最も圧力が低い(疎な)点は d である。半周期後，気柱の振動が図の破線で表されているとき，最も圧力が高い(密な)点は d，最も圧力が低い(疎な)点は b である。すなわち，定在波の節となる b と d は，半周期ごとに圧力(密度)の最大と最小をくり返す。したがって，空気の圧力(密度)の時間変化が最大の点は **b** と **d** である。

p.180　演習 1

題意により，弦には下図のような定在波ができている。



(1)　横波の波長を λ〔m〕とすると

$$\frac{1}{2}\lambda=y-x$$

ゆえに　$\boldsymbol{\lambda=2(y-x)}$**〔m〕**

(2)　弦を伝わる波の速さを v〔m/s〕とすると「$v=f\lambda$」より　$\boldsymbol{v=2f(y-x)}$**〔m/s〕**

p.180　演習 2

開管の長さを l〔m〕，音の速さを V〔m/s〕とする。開管内の気柱が m 倍振動したとき，その波長 λ_m〔m〕は

$$\lambda_m=\frac{2l}{m}\quad(m=1,\ 2,\ 3,\ \cdots)$$

であるから，3 倍振動では $\lambda_3=\frac{2l}{3}$ となる。

したがって「$V=f\lambda$」より

$$V=(4.5\times10^2)\times\frac{2l}{3}\qquad\cdots\cdots①$$

一方，開管内の気柱が 4 倍振動すると

$\lambda_4=\frac{2l}{4}$ であるから

$$V=f\times\frac{2l}{4}\qquad\cdots\cdots②$$

①，②式より　$(4.5\times10^2)\times\frac{2l}{3}=f\times\frac{2l}{4}$

よって　$f=(4.5\times10^2)\times\frac{4}{3}=$**6.0×10²Hz**

第 4 編　電気

第 1 章　物質と電気

p. 187　問 1

電子数を N，電気量の大きさを Q〔C〕とすると $Q=Ne$ と表される。

よって $N=\dfrac{Q}{e}=\dfrac{|-3.2\times10^{-8}|}{1.6\times10^{-19}}=$ **2.0×10^{11} 個**

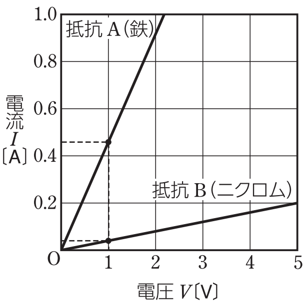
p. 190　問 2

「$I=\dfrac{Q}{t}$」より　$I=\dfrac{9.6}{30}=$ **0.32 A**

p. 191　問 3

同じ電圧を加えたとき，抵抗値の大きい抵抗ほど流れる電流が小さい。

よって，抵抗値が大きいのは，**抵抗 B** のほうである。



p. 191　問 4

「$V=RI$」より　$R=\dfrac{V}{I}=\dfrac{10}{0.40}=$ **25 Ω**

p. 192　問 5

「$R=\rho\dfrac{l}{S}$」より

$\rho=\dfrac{RS}{l}=\dfrac{0.85\times(2.0\times10^{-7})}{10}=$ **1.7×10^{-8} Ω·m**

p. 193　問 6

アルミニウムの抵抗率の温度係数 α は $\alpha=4.2\times10^{-3}$/K である。0°C，t〔°C〕のときのアルミニウムの抵抗率をそれぞれ ρ_0，ρ〔Ω·m〕とすると $\rho=\rho_0(1+\alpha t)$ より ρ と ρ_0 の差は

$$\rho-\rho_0=\rho_0+\rho_0\alpha t-\rho_0=\rho_0\alpha t$$

よって，$t=40$°C のとき

$$\rho-\rho_0=(2.5\times10^{-8})\times(4.2\times10^{-3})\times40$$
$$=\mathbf{4.2\times10^{-9}\ \Omega\cdot m}$$

p. 194　問 7

「$R=R_1+R_2$」より　$R=30+20=$ **50 Ω**

p. 195　問 8

「$\dfrac{1}{R}=\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}$」より　$\dfrac{1}{R}=\dfrac{1}{30}+\dfrac{1}{20}$

よって　$R=$ **12 Ω**

p. 196　問 A

R_1 と R_2 は並列接続なので，R_1 の両端の電圧 V_1 と R_2 の両端の電圧 V_2 は等しい。

(1)　$V_2=R_2I_2=30\times1.2=$ **36 V**

(2)　$V_1=V_2=$ **36 V**

(3)　電源の電圧 V は V_2 に等しいので **36 V**

(4)　$V_1=R_1I_1$ より　$I_1=\dfrac{V_1}{R_1}=\dfrac{36}{20}$
$=$ **1.8 A**

(5)　$I=I_1+I_2=1.8+1.2=$ **3.0 A**

p. 197　問 B

①，③，⑤

R_1 と R_2 に加わる電圧が，電池の電圧と等しい回路を選ぶ。②と④の回路は，R_1 と R_2 に同じ電流が流れる直列接続である。

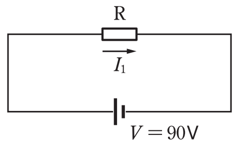
p. 198　類題 1

R_2 と R_3 は並列接続なので，これら 2 つの合成抵抗を R_{23}〔Ω〕とおくと

$$\frac{1}{R_{23}}=\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}=\frac{1}{30}+\frac{1}{60}=\frac{1}{20}$$

よって　$R_{23}=20$ Ω

R_1 と R_{23} は直列接続とみなせるので，合成抵抗 R〔Ω〕は



$$R=R_1+R_{23}=5.0+20=25\ \Omega$$

合成抵抗 R に電流 I_1 が流れると考えて

$$I_1=\frac{V}{R}=\frac{90}{25}=\mathbf{3.6\ A}$$

R_1 の両端の電圧は

$$V_1=R_1I_1=5.0\times3.6=18\ \mathrm{V}$$

R_2，R_3 の両端の電圧はともに

$$V_{23}=V-V_1=90-18=72\ \mathrm{V}$$

よって　$I_2=\dfrac{V_{23}}{R_2}=\dfrac{72}{30}=$ **2.4 A**

$I_3=\dfrac{V_{23}}{R_3}=\dfrac{72}{60}=$ **1.2 A**

p. 199　問 9

(1)「$Q=IVt$」より

$$Q=1.2\times10\times30=\mathbf{3.6\times10^2\,J}$$

(2)「$Q=\dfrac{V^2}{R}t$」より

$$Q=\frac{20^2}{30}\times1.0\times60=\mathbf{8.0\times10^2\,J}$$

p. 200　問 10

(1)「$P=IV$」より

$$P=3.0\times100=\mathbf{3.0\times10^2\,W}$$

(2)「$W=IVt$」より

$$W_1=3.0\times100\times60=\mathbf{1.8\times10^4\,J}$$

(3) $W_2=3.0\times100\times4.0=1.2\times10^3\,\mathrm{Wh}$

$$=\mathbf{1.2\,kWh}$$

p. 201　演習 1

抵抗線に加える電圧と抵抗線に流れる電流は比例し，オームの法則「$V=RI$」が成りたつ。

(1) $V_A=10\,\mathrm{V}$ のとき $I_A=50\,\mathrm{mA}=50\times10^{-3}\,\mathrm{A}$

よって　$R_A=\dfrac{V_A}{I_A}=\dfrac{10}{50\times10^{-3}}=\mathbf{2.0\times10^2\,\Omega}$

$V_B=12\,\mathrm{V}$ のとき $I_B=30\,\mathrm{mA}=30\times10^{-3}\,\mathrm{A}$

よって　$R_B=\dfrac{V_B}{I_B}=\dfrac{12}{30\times10^{-3}}=\mathbf{4.0\times10^2\,\Omega}$

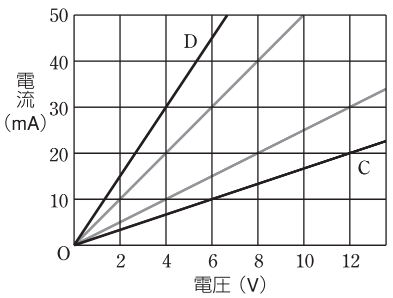
(2) AとBを直列接続すると，AとBに同じ電流 I_{AB} が流れる。$I_{AB}=20\,\mathrm{mA}$ のとき，$V_A=4\,\mathrm{V}$，$V_B=8\,\mathrm{V}$ であるから，AとBを直列接続したときの合成抵抗Cに加わる電圧 $V_C=V_A+V_B=4+8=12\,\mathrm{V}$

よって，$I_C(=I_{AB})=20\,\mathrm{mA}$，$V_C=12\,\mathrm{V}$ の点を通る直線のグラフをかく。

AとBを並列接続すると，AとBに同じ電圧 V_{AB} が加わる。$V_{AB}=4\,\mathrm{V}$ のとき，$I_A=20\,\mathrm{mA}$，$I_B=10\,\mathrm{mA}$ であるから，AとBを並列接続したときの合成抵抗Dに流れる電流

$$I_D=I_A+I_B=20+10=30\,\mathrm{mA}$$

よって，$I_D=30\,\mathrm{mA}$，$V_D(=V_{AB})=4\,\mathrm{V}$ の点を通る直線のグラフをかく。



p. 201　演習 2

抵抗Aの長さを l_A〔m〕，抵抗Bの長さを l_B〔m〕，抵抗A，Bの抵抗率を ρ〔Ω・m〕とすると，「$R=\rho\dfrac{l}{S}$」より

$$0.75=\rho\frac{l_A}{\pi\times(0.20\times10^{-3})^2}\quad\cdots\cdots①$$

$$0.80=\rho\frac{l_B}{\pi\times(0.30\times10^{-3})^2}\quad\cdots\cdots②$$

②式÷①式より

$$\frac{0.80}{0.75}=\frac{0.20^2}{0.30^2}\times\frac{l_B}{l_A}$$

よって

$$\frac{l_B}{l_A}=\frac{0.80\times0.30^2}{0.75\times0.20^2}=2.4$$

ゆえに　**2.4 倍**

p. 201　演習 3

(1) R_2，R_3 の合成抵抗を R_{23}〔Ω〕とおくと

$$R_{23}=R_2+R_3=r+r=2r$$

よって　$\dfrac{1}{R}=\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_{23}}=\dfrac{1}{r}+\dfrac{1}{2r}=\dfrac{3}{2r}$

ゆえに　$R=\boldsymbol{\dfrac{2r}{3}}$〔Ω〕

(2)「$I=\dfrac{V}{R}$」より　$I=\dfrac{V}{2r/3}=\boldsymbol{\dfrac{3V}{2r}}$〔A〕

(3) $I_1=\dfrac{V}{R_1}=\boldsymbol{\dfrac{V}{r}}$〔A〕

(4) $I_2=\dfrac{V}{R_{23}}=\boldsymbol{\dfrac{V}{2r}}$〔A〕

(5)「$P=IV$」より

$$P_1=I_1V=\frac{V}{r}\times V=\boldsymbol{\frac{V^2}{r}}\text{〔W〕}$$

R_2 の両端の電圧は $\dfrac{V}{2}$〔V〕であるから

$$P_2=I_2\times\frac{V}{2}=\frac{V}{2r}\times\frac{V}{2}=\boldsymbol{\frac{V^2}{4r}}\text{〔W〕}$$

p. 201　演習 4

(1)「$Q=IVt$」より

$$Q=2.0\times10\times3.0\times60=\mathbf{3.6\times10^3\,J}$$

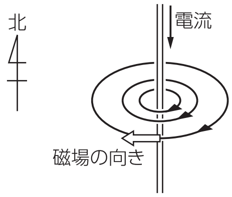
(2)「$Q=C\varDelta T$」より

$$\varDelta T=\frac{Q}{C}=\frac{3.6\times10^3}{150}=\mathbf{24\,K}$$

第 2 章　磁場と交流

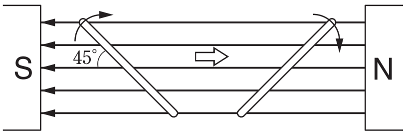
p. 203　問 11

右ねじの法則より，導線の上側では西向きの磁場ができる。よって，方位磁針のN極は**西向き**に振れる。



p. 209　問 12

図の瞬間，コイル面を貫く磁力線の数は増加している。この状態から 90° だけコイルが回転した瞬間，コイル面を貫く磁力線の数は減少している。したがって，電流は初めとは逆の(イ)の向きに流れる。



p. 210　問 13

(1)「$V_{1e}:V_{2e}=N_1:N_2$」より

$$100:25=N_1:N_2$$

よって　$N_2=0.25N_1$　ゆえに　**0.25倍**

(2) 二次コイルの交流の周波数は，一次コイルの交流の周波数に等しいから **50 Hz**

p. 210　問 14

抵抗 R〔Ω〕の送電線に，I_e〔A〕の電流が流れるときの電力損失 P'〔W〕は，$P'=I_e{}^2R$〔W〕である。

(1) $P'=I_e{}^2R=1^2\times5=\mathbf{5\,W}$

(2) $P'=I_e{}^2R=10^2\times5=\mathbf{5\times10^2\,W}$

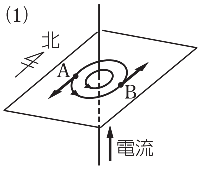
p. 211　問 15

「$c=f\lambda$」より　$\lambda=\dfrac{c}{f}=\dfrac{3.0\times10^8}{2.0\times10^8}=\mathbf{1.5\,m}$

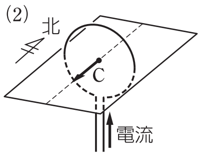
p. 212　演習 1

(1)　A：**南向き**

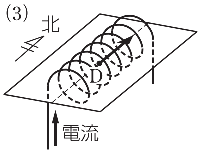
　　B：**北向き**



(2)　C：**南向き**



(3)　D：**北向き**



p. 212　演習 2

(1)「$V_e=RI_e$」より

$$I_e=\frac{V_e}{R}=\frac{1.0\times10^2}{4.0\times10^3}$$

$$=25\times10^{-3}\,\mathrm{A}=\mathbf{25\,mA}$$

(2)「$P=I_eV_e$」より

$$P=(25\times10^{-3})\times(1.0\times10^2)=\mathbf{2.5\,W}$$

p. 212　演習 3

「$V_{1e}:V_{2e}=N_1:N_2$」より

$$(1.0\times10^2):V_{2e}=200:1000$$

よって　$V_{2e}=\mathbf{5.0\times10^2\,V}$

$V_{2e}=RI_{2e}$　より

$$I_{2e}=\frac{V_{2e}}{R}=\frac{5.0\times10^2}{0.10\times10^3}=\mathbf{5.0\,A}$$

「$P=I_eV_e$」より

$$P_2=I_{2e}V_{2e}=5.0\times(5.0\times10^2)=\mathbf{2.5\times10^3\,W}$$

$I_{1e}V_{1e}=I_{2e}V_{2e}$　より

$$I_{1e}\times(1.0\times10^2)=5.0\times(5.0\times10^2)$$

よって　$I_{1e}=\mathbf{25\,A}$

第 5 編　物理学と社会

第 1 章 エネルギーの利用

p. 219　**問 1**

ⓐの例：**石油ストーブ，ガスコンロ，使い捨てカイロ**

ⓑの例：**植物の光合成**

ⓒの例：**電気ストーブ，電気湯わかし器，電気アイロン**

ⓓの例：**乾電池，燃料電池**

ⓔの例：**蒸気機関，蒸気タービン**

ⓕの例：**白熱電灯，蛍光灯，発光ダイオード**

ⓖの例：**電車，リニアモーターカー，エレベーター**

p. 221　**問 2**

陽子の数＝原子番号

中性子の数＝質量数－原子番号

(1)　陽子の数：**1 個**

中性子の数：3－1＝**2 個**

(2)　陽子の数：**2 個**

中性子の数：4－2＝**2 個**

(3)　陽子の数：**17 個**

中性子の数：35－17＝**18 個**

(4)　陽子の数：**17 個**

中性子の数：37－17＝**20 個**

p. 225　**問 a**

崩壊後の原子核(安定な原子核)の原子番号を x，質量数を y とする。α 崩壊では質量数が 4，原子番号が 2 減少し，β 崩壊では質量数は不変で，原子番号が 1 増加するので

$x=92-2\times7+1\times4=\mathbf{82}$

$y=235-4\times7=\mathbf{207}$

本文補足

1　剛体にはたらく力のつりあい

p.235　問1

「$M=Fl$」より

$M_P=6.0\times2.5=$ **15N·m**

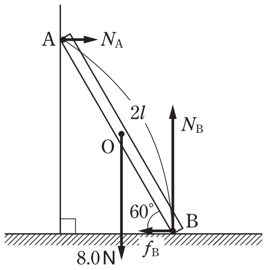
$M_Q=-6.0\times1.6=$ **−9.6N·m**

p.235　問2

$M=3.0\times3.0-1.5\times(3.0+2.0)=$ **1.5N·m**

p.237　類題1

棒の長さを $2l$〔m〕とする。棒にはたらく力は，上端Aが壁から受ける垂直抗力 N_A〔N〕，下端Bが床から受ける垂直抗力 N_B〔N〕と床から受ける静止摩擦力 f_B〔N〕，重力8.0Nである。



並進運動し始めない条件より

$N_A-f_B=0$　……①

$N_B-8.0=0$　……②

回転運動し始めない条件より，点Bのまわりの力のモーメントを考えて

$8.0\times l\cos60°-N_A\times2l\sin60°=0$ ……③

(1)　②式より　$N_B=$ **8.0N**

(2)　③式より　$4.0-N_A\times\sqrt{3}=0$

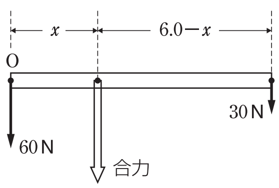
よって　$N_A=\dfrac{4.0}{\sqrt{3}}\fallingdotseq$ **2.3N**

これと①式より　$f_B=N_A=$ **2.3N**

p.239　問3

点Oから合力の作用線までの距離を x〔m〕とする。

(1)　2力とも下向きだから，合力も**下向き**である。
大きさは
$60+30=$ **90N**

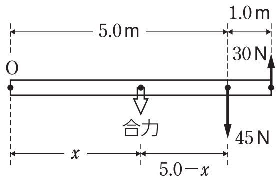


また，図より　$x:(6.0-x)=30:60$ が成りたつ。これより

$60x=30(6.0-x)$

よって　$x=$ **2.0m**

(2)　上向きを正とすると，合力は
$30-45$
$=-15$N



よって，向きは**下向き**で大きさは**15N**である。

また，図より

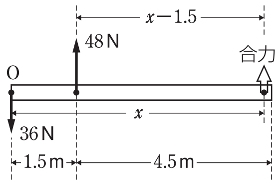
$(5.0-x):\{(5.0-x)+1.0\}=30:45$

が成りたつ。これより

$45(5.0-x)=30(6.0-x)$

よって　$x=$ **3.0m**

(3)　上向きを正とすると，合力は
$48-36$
$=12$N



よって，向きは**上向き**で大きさは**12N**である。

また，図より

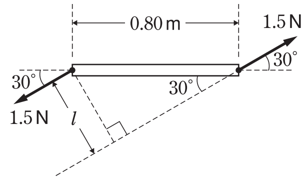
$(x-1.5):x=36:48$ が成りたつ。

これより　$48(x-1.5)=36x$

よって　$x=$ **6.0m**

p.239　問4

偶力の作用線間の距離を l〔m〕とすると，l は次のように表される。



$l=0.80\times\sin30°=0.40$m

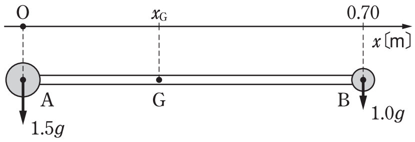
ゆえに，偶力のモーメント

$Fl=1.5\times0.40=$ **0.60N·m**

この偶力は，棒を反時計回りに回転させるはたらきをもつので正である。

p. 241　問 5

図のように x 軸をとり，重心の座標を x_G〔m〕とする。



「$x_G=\dfrac{m_1x_1+m_2x_2}{m_1+m_2}$」より

$$x_G=\frac{1.5\times0+1.0\times0.70}{1.5+1.0}=\mathbf{0.28\,m}$$

p. 241　問 6

棒の重心の位置と重さが未知数であり，それに対しての力のモーメントのつりあいの式を2つ立てる。

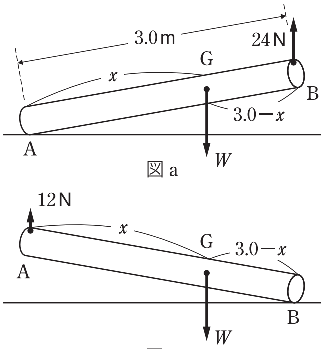


図 a

図 b

棒の重心の位置をA端より右に x〔m〕の所とし，棒の重さを W〔N〕とする。

図 a で，点Aのまわりの力のモーメントの和＝0 より

$24\times3.0-Wx=0$　……①

図 b で，点Bのまわりの力のモーメントの和＝0 より

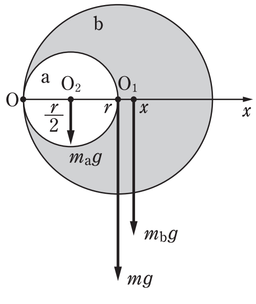
$W(3.0-x)-12\times3.0=0$　……②

①，②式より

$x=\mathbf{2.0\,m}$　　$W=\mathbf{36\,N}$

p. 241　問 7

(1)　質量(あるいは重さ)は面積に比例する。



半径 r の円板の面積 S_1 は

$$S_1=\pi r^2$$

半径 $\dfrac{r}{2}$ の円板の面積 S_2 は

$$S_2=\pi\left(\frac{r}{2}\right)^2=\frac{\pi r^2}{4}$$

b 部分の面積 S_3 は

$$S_3=S_1-S_2=\pi r^2-\frac{\pi r^2}{4}=\frac{3\pi r^2}{4}$$

a の質量 m_a は

$$m_a=m\cdot\frac{S_2}{S_1}=m\cdot\frac{\pi r^2/4}{\pi r^2}=\boldsymbol{\frac{m}{4}}$$

b の質量 m_b は

$$m_b=m\cdot\frac{S_3}{S_1}=m\cdot\frac{3\pi r^2/4}{\pi r^2}=\boldsymbol{\frac{3m}{4}}$$

(2)　a 部分$\left(重心の位置は\ x=\dfrac{r}{2}\right)$と b 部分(重心の位置を x とする)の 2 つの部分からなるものの全体の重心の位置 x_G が，$x_G=r$ (点O$_1$) である。

「$x_G=\dfrac{m_1x_1+m_2x_2}{m_1+m_2}$」より

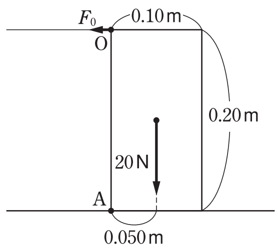
$$r=\frac{m_a\cdot\dfrac{r}{2}+m_bx}{m_a+m_b}=\frac{\dfrac{m}{4}\cdot\dfrac{r}{2}+\dfrac{3m}{4}\cdot x}{m}$$

$$=\frac{r}{8}+\frac{3x}{4}$$

ゆえに，x 軸上で $x=\boldsymbol{\dfrac{7r}{6}}$

p. 242　問 8

引く力の大きさが F_0〔N〕のとき，下の図で点Aのまわりの力のモーメントの和 M〔N·m〕は 0 となる。



$$M=F_0\times0.20-20\times0.050=0$$

これより　$F_0=\mathbf{5.0\,N}$

2　正弦波の式

p.243　問 9

半径 $r=0.30\,\mathrm{m}$，角速度 $\omega=4.0\,\mathrm{rad/s}$ であるから，「$v=r\omega$」より

$$v=r\omega=0.30\times4.0=\mathbf{1.2\,m/s}$$

「$T=\dfrac{2\pi}{\omega}$」より　$T=\dfrac{2\pi}{\omega}=\dfrac{2\times3.14}{4.0}$

$$\fallingdotseq\mathbf{1.6\,s}$$

p.244　問 10

振動数 $f=2.5\,\mathrm{Hz}$ であるから

$f=\dfrac{1}{T}$ より　$T=\dfrac{1}{f}=\dfrac{1}{2.5}$

$$=\mathbf{0.40\,s}$$

「$\omega=2\pi f$」より

$$\omega=2\times3.14\times2.5\fallingdotseq\mathbf{16\,rad/s}$$

p.246　類題 2

(1)　図より原点の媒質は，振幅が 0.5m，周期が 0.4s の単振動を行う。また，初期位相 $\phi=\pi$ であることに注意すると

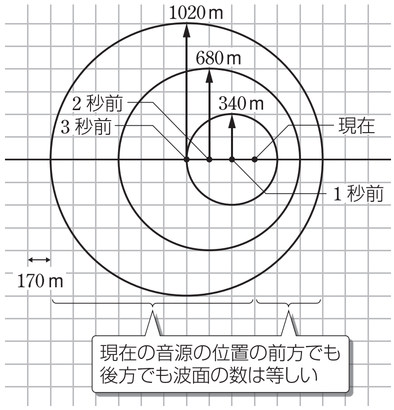
$$y=0.5\sin\left(2\pi\frac{t}{0.4}+\pi\right)$$
$$=-0.5\sin2\pi\frac{t}{0.4}$$
$$=\boldsymbol{-0.5\sin5\pi t}$$

(2)　原点から位置 x〔m〕まで振動が伝わるのに時間 $t_0=\dfrac{x}{2}$〔s〕かかる。よって，時刻 t〔s〕での位置 x〔m〕の媒質の変位 y〔m〕は，(1)で求めた式の t を，$t-t_0$ で置きかえればよい。

$$\boldsymbol{y=-0.5\sin5\pi\left(t-\frac{x}{2}\right)}$$

3　ドップラー効果の式

p.247　問 11



音源が動きながら音を出しても，音波は静止した空気中を伝わっていくので，どの方向にも 340m/s の速さで伝わる。したがって，t〔s〕前に音源を出た音波は，音が発せられたときの音源の位置から半径が $340\times t$〔m〕の円周上に達している。また，音源の速さが音の速さよりも小さいので，音源は音波を追いこすことはできない。そのため，図からも明らかなように，現在の音源の位置の前後にある波面の数は等しい。

p.248　問 12

音源から観測者へ向かう向きを正とする。

「$f'=\dfrac{V}{V-v_\mathrm{S}}f$」より

(1)　$f'=\dfrac{340}{340-20}\times720=\mathbf{765\,Hz}$

(2)　$f'=\dfrac{340}{340-(-20)}\times720=\mathbf{680\,Hz}$

p.248　問 13

音源から観測者へ向かう向きを正とする。

「$f'=\dfrac{V-v_\mathrm{O}}{V}f$」より

(1)　$f'=\dfrac{340-20}{340}\times510=\mathbf{480\,Hz}$

(2)　$f'=\dfrac{340-(-20)}{340}\times510=\mathbf{540\,Hz}$

p.249　問 14

音源から観測者へ向かう向きを正とする。

「$f'=\dfrac{V-v_\mathrm{O}}{V-v_\mathrm{S}}f$」より

$$f'=\frac{340-10}{340-20}\times640=\mathbf{660\,Hz}$$

資料編

物理のための数学

p.250　問1

$\dfrac{\mathrm{PQ}}{\mathrm{OQ}}=\dfrac{\mathrm{P'Q'}}{\mathrm{O'Q'}}$ より　$\dfrac{\mathrm{PQ}}{20}=\dfrac{3.5}{5.0}$

よって

$\mathrm{PQ}=\dfrac{3.5}{5.0}\times 20=\mathbf{14\,m}$

p.251　問2

$\sin\theta_1=\mathbf{\dfrac{3}{5}}$，$\cos\theta_1=\mathbf{\dfrac{4}{5}}$，$\tan\theta_1=\mathbf{\dfrac{3}{4}}$

$\sin\theta_2=\mathbf{\dfrac{4}{5}}$，$\cos\theta_2=\mathbf{\dfrac{3}{5}}$，$\tan\theta_2=\mathbf{\dfrac{4}{3}}$

p.252　問3

(1)　$W=Fx\cos 30°=\boldsymbol{\dfrac{\sqrt{3}}{2}Fx}$〔**J**〕

(2)　$W=Fx\cos 90°=\mathbf{0\,J}$

(3)　$W=Fx\cos 135°=\boldsymbol{-\dfrac{\sqrt{2}}{2}Fx}$〔**J**〕

(4)　$W=Fx\cos 180°=\boldsymbol{-Fx}$〔**J**〕

p.252　問4

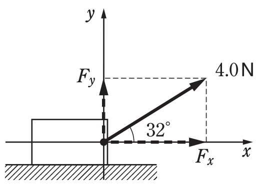
①　$\sin 32°$

$=0.52992$,

$\cos 32°$

$=0.84805$

より



$F_x=4.0\times\cos 32°\fallingdotseq\mathbf{3.4\,N}$

$F_y=4.0\times\sin 32°\fallingdotseq\mathbf{2.1\,N}$

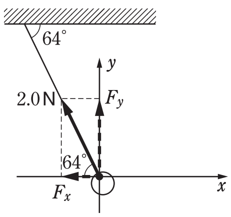
②　$\sin 64°$

$=0.89879$,

$\cos 64°$

$=0.43837$

より



F_x

$=-2.0\times\cos 64°\fallingdotseq\mathbf{-0.88\,N}$

$F_y=2.0\times\sin 64°\fallingdotseq\mathbf{1.8\,N}$

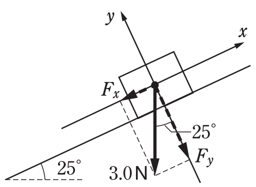
③　$\sin 25°$

$=0.42262$,

$\cos 25°$

$=0.90631$

より



$F_x=-3.0\times\sin 25°\fallingdotseq\mathbf{-1.3\,N}$

$F_y=-3.0\times\cos 25°\fallingdotseq\mathbf{-2.7\,N}$

p.258　問5

(1)　$c=300\ 000\ 000\,\mathrm{m/s}=\mathbf{3\times 10^8\,m/s}$

(2)　$\lambda=0.000\ 000\ 6\,\mathrm{m}=\mathbf{6\times 10^{-7}\,m}$

(3)　$f=\dfrac{c}{\lambda}=\dfrac{3\times 10^8}{6\times 10^{-7}}=0.5\times 10^{15}$

$=\mathbf{5\times 10^{14}\,Hz}$

p.259　問6

(1)　$10^6\times 10^3=10^{6+3}=\mathbf{10^9}$

(2)　$(10^3)^2=10^{3\times 2}=\mathbf{10^6}$

(3)　$10^4\div 10^6=10^{4-6}=\mathbf{10^{-2}}$

本文資料

p.260　問1

$v=h^x g^y$ の両辺の単位を比較すると

$\mathrm{m/s}=\mathrm{m}^x\cdot(\mathrm{m/s^2})^y=\mathrm{m}^x\cdot\mathrm{m}^y/\mathrm{s}^{2y}$

$=\mathrm{m}^{x+y}/\mathrm{s}^{2y}$

よって　$x+y=1$

$2y=1$

これを解いて　$x=\mathbf{\dfrac{1}{2}}$，$y=\mathbf{\dfrac{1}{2}}$