●解答解説

●序章

問1 (p.5)　(1) 3.4×10^2 m/s　(2) 3.0×10^8 m/s
(3) 4.0×10^4 m　(4) 1.5×10^{-3} kg

物理量を科学的表記すると，有効数字の桁数が明確になる。科学的表記とは，物理量を $A \times 10^n$(ただし，$1 \leqq A < 10$，n は整数)の形で表すことである。

また，10 を n 個掛けたものを $10n$ 乗といい，10^n と表記する。この n のことを指数という。

$$10^n = \underbrace{10 \times 10 \times \cdots\cdots \times 10}_{n\text{個}}$$

有効数字 2 桁の科学的表記は，○.○ × 10^n の形で表す。

(1)　$340\ \text{m/s} = 3.4 \times 100\ \text{m/s} = 3.4 \times 10^2\ \text{m/s}$

(2)　$300000000\ \text{m/s} = 3.0 \times 100000000\ \text{m/s} = 3.0 \times 10^8\ \text{m/s}$

(3)　$40000\ \text{m} = 4.0 \times 10000\ \text{m} = 4.0 \times 10^4\ \text{m}$

(4)　$0.0015\ \text{kg} = 1.5 \times 0.001\ \text{kg} = 1.5 \times \dfrac{1}{1000}\ \text{kg}$
$= 1.5 \times \dfrac{1}{10^3}\ \text{kg} = 1.5 \times 10^{-3}\ \text{kg}$

●1章1節

問1 (p.9)　1.3 m/s

$$\text{速さ〔m/s〕} = \frac{\text{移動した距離〔m〕}}{\text{時間〔s〕}}\ \text{で表される。}$$

駅から家まで 640 m の距離を徒歩で移動するのに 8 分 ＝ 8 × 60 s かかるので人の歩く速さ v〔m/s〕は，「$v = \dfrac{x}{t}$」より，

$$v = \frac{640\ \text{m}}{8\text{分}} = \frac{640\ \text{m}}{8 \times 60\ \text{s}} = \frac{4\ \text{m}}{3\ \text{s}} = 1.3\ \text{m/s}$$

問2 (p.9)　36 km/h

まず，1 km/h ＝ 何 m/s か求めてみよう。

1 km ＝ 1000 m，1 h ＝ 60 × 60 s であるから，

$$1\ \text{km/h} = 1 \times \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1000\ \text{m}}{60 \times 60\ \text{s}} = \frac{10\ \text{m}}{36\ \text{s}} = \frac{10}{36}\ \text{m/s}$$

よって，速さ 10 m/s ＝ 36 km/h

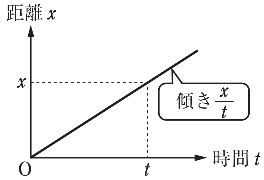
なお，この関係は速さの単位換算に役立つ。

問3 (p.10)　1.4 m/s

縦軸が移動距離 x〔m〕，横軸が所要時間 t〔s〕のグラフ(x–t グラフ)が原点を通る直線となるのは等速直線運動の場合である。その直線の傾き $\dfrac{x}{t}$ は速さ v〔m/s〕を表す。

よって，v〔m/s〕は「$v = \dfrac{x}{t}$」より，

$$v = \frac{1.0 \times 10^3}{7.2 \times 10^2} = 1.4\ \text{m/s}$$

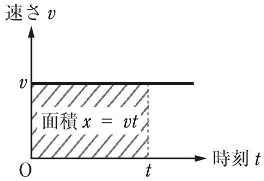


問4 (p.10)　2.5×10^3 m

縦軸が速さ v〔m/s〕，横軸が時刻 t〔s〕のグラフ(v–t グラフ)で速さ v〔m/s〕が一定なので等速直線運動である。そのグラフの直線と t 軸で囲まれる面積は，v〔m/s〕と t〔s〕の積になるので，移動距離 x〔m〕を表す。

よって，x〔m〕は「$x = vt$」より，

$$x = 1.4 \times 1.8 \times 10^3 = 2.5 \times 10^3\ \text{m}$$



問5 (p.11)　家の西側 120 m にコンビニエンスストア，家の東側 240 m に学校が位置する。

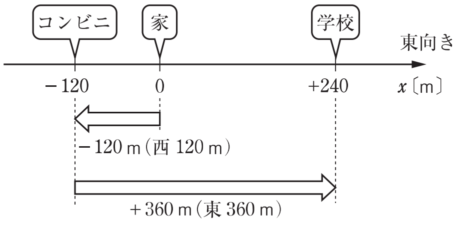
直線道路に沿って東向きを正とした x 軸を考える。家の位置を x 軸の原点 O と定めると，コンビニエンスストアの位置 x_1〔m〕は，家の位置 O から西向き(負の向き)に 10 m/s で 2 分 ＝ 2 × 60 s の位置にあるので，

$$x_1 = 0 - 1.0 \times 2 \times 60 = -120\ \text{m}$$

また，学校の位置 x_2〔m〕は，コンビニエンスストアの位置 x_1〔m〕から東向き(正の向き)に 1.0 m/s で 6 分 ＝ 6 × 60 s の位置にあるので，

$$x_2 = x_1 + 1.0 \times 6 \times 60 = -120 + 360 = +240\ \text{m}$$

よって，コンビニエンスストアの位置は家の位置 O から負の向き(西側)に 120 m，学校の位置は家の位置 O から正の向き(東側)に 240 m にある。



問 6 (p.12)　　移動距離：23 m　変位：＋3.0 m

移動距離（道のり）は実際に進むときの距離の和である。10 m 移動した後 13 m 移動したので，移動距離は

$$10\ \text{m} + 13\ \text{m} = 23\ \text{m}$$

最初の位置 x_1〔m〕，最後の位置 x_2〔m〕とすると，変位 Δx〔m〕は次式で表される。

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

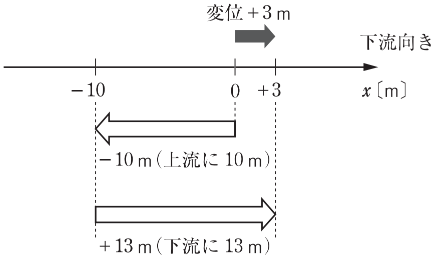
一直線の河川敷を上流から下流への向きを正とした x 軸を考える。最初の位置 x_1〔m〕を x 軸の原点 O と定めると，$x_1 = 0$ m

最後の位置 x_2〔m〕は，原点 O から上流（負の向き）に 10 m 移動した後，下流（正の向き）に 13 m 移動したので，

$$x_2 = -10 + 13 = +3\ \text{m}$$

よって，変位 Δx〔m〕は，「$\Delta x = x_2 - x_1$」より，

$$\Delta x = +3 - 0 = +3\ \text{m}$$

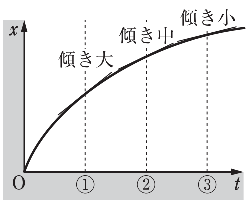


問 7 (p.14)　　v_3，v_2，v_1

瞬間とは，微小時間を表す，微小時間 Δt〔s〕あたりの微小変位 Δx〔m〕とすると，速度 v〔m/s〕は $\dfrac{\Delta x}{\Delta t}$ となり，x–t グラフの接線の傾きに等しい。

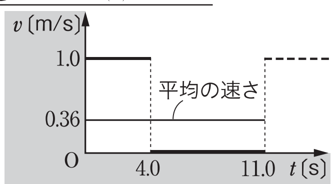
瞬間の速度が最も小さいのは接線の傾きが最も小さいの③の時刻の v_3 である。

以下，小さい順に v_2，v_1 となる。



考えてみよう (p.14)　　(1) 0.36 m/s

(2)



(3) 3800 日

(1) 平均の速さ $\bar{v}$〔m/s〕は，経過時間 $t_2 - t_1 = \Delta t$〔s〕あたりの変位 $x_2 - x_1 = \Delta x$〔m〕なので次式で表される。

$$\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

歩行と計測を合わせた平均の速さは，経過時間 $\Delta t = T_2 = 11.0$ s あたりの変位 $\Delta x = X_1 = 4.0$ m なので「$\bar{v} = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$」より，

$$\bar{v} = \frac{4.0}{11.0} = 0.36\ \text{m/s}$$

(2) x–t グラフが原点を通る直線となるのは等速直線運動の場合である。その直線の傾き $\dfrac{x}{t}$ は速さ v を表す。よって，時刻 $t = 0$ s から $t = T_1 = 4.0$ s までは，「$\bar{v} = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$」より，

$$\bar{v} = \frac{X_1}{T_1} = \frac{4.0}{4.0} = 1.0\ \text{m/s}$$

$t = T_1 = 4.0$ s から $t = T_2 = 11.0$ s までは，

「$\bar{v} = \dfrac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$」より，

$$v = \frac{X_1 - X_1}{T_2 - T_1} = \frac{4.0 - 4.0}{11.0 - 4.0} = 0\ \text{m/s}$$

(3) 1 日あたり 8 時間 ＝ 8 × 60 × 60 s で歩いた距離 d〔m〕は，歩行と計測を合わせた平均の速さ $\bar{v}$ = 0.36 m/s なので，

$$d = 0.36\ \text{m/s} \times 8 \times 60 \times 60\ \text{s}$$

で求められる。よって，測量のために一行が歩いた総距離を約 39000 km とすると，測量を行った総日数 D は

$$D = \frac{39000 \times 10^3}{d} = \frac{39000 \times 10^3}{0.36 \times 8 \times 60 \times 60}$$
$$= 3.8 \times 10^3\ \text{日}$$

（3800 日）

問 8　類題 (p.16)　　下流へ向かう場合：下流へ 2.20 m/s
上流へ向かう場合：下流へ 0.20 m/s

川の流れる速度 v_1〔m/s〕，流れがないとき P さんが泳ぐ速度 v_2〔m/s〕とすると，合成速度 v〔m/s〕は次式で表される。

$$v = v_1 + v_2$$

上流から下流への向きを正とする。

〈P さんが下流へ向かう場合〉

川の流れる速度は，下流へ 1.20 m/s なので，v_1 = ＋1.20 m/s，P さんが泳ぐ速度は，下流へ 1.00 m/s なので v_2 = ＋1.00 m/s

よって合成速度 v〔m/s〕は，「$v = v_1 + v_2$」より，

$$v = +1.20 + (+1.00) = +2.20\ \text{m/s}$$

下流への向きを正としているので，正の向き，つまり下流へ 2.20 m/s の速さである。

〈P さんが上流へ向かう場合〉

川の流れる速度は，下流へ 1.20 m/s なので v_1 = ＋1.20 m/s，P さんが泳ぐ速度は，上流へ 1.00 m/s なので v_2 = −1.00 m/s

よって合成速度 v〔m/s〕は，「$v = v_1 + v_2$」より，

$$v = +1.20 + (-1.00) = +0.20\ \text{m/s}$$

下流へ 0.20 m/s の速さである。

考えてみよう (p.16)　Pさんは止まっているように見える。

上流から下流への向きを正とする。川の流れる速度は，下流へ 0.40 m/s なので $v_1 = +0.40$ m/s，Pさんが泳ぐ速度は上流へ 0.40 m/s なので $v_2 = -0.40$ m/s

よって合成速度 v〔m/s〕は，「$v = v_1 + v_1$」より，

$$v = +0.40 + (-0.40) = 0\ \text{m/s}$$

岸にいる人にはPさんは止まっているように見える。

問9 (p.18)　右向きに 0.10 m/s

Aの速度 v_A〔m/s〕，Bの速度 v_B〔m/s〕とすると，Aに対する(Aから見た)Bの相対速度 v_{AB}〔m/s〕は，次式で表される。

$$v_{AB} = v_B - v_A$$

右向きを正とすると，$v_A = +0.30$ m/s，$v_B = +0.40$ m/s なのでAさんに対するBさんの相対速度 v_{AB}〔m/s〕は，「$v_{AB} = v_B - v_A$」より，

$$v_{AB} = +0.40 - (+0.30) = +0.10\ \text{m/s}$$

正の向きなので，右向きに 0.10 m/s

問10 類題 (p.18)　左向きに 0.20 m/s

右向きを正とすると，$v_A = +0.60$ m/s，$v_B = +0.40$ m/s なのでAさんに対するBさんの相対速度 v_{AB}〔m/s〕は，「$v_{AB} = v_B - v_A$」より，

$$v_{AB} = +0.40 - (+0.60) = -0.20\ \text{m/s}$$

負の向きなので，左向きに 0.20 m/s

考えてみよう (p.18)　+ 0.80 m/s

Pさんの合成速度 v_P〔m/s〕は「$v = v_1 + v_2$」より，

$$v_P = +0.60 + (-0.80) = -0.20\ \text{m/s}$$

一方，浮き輪の静水時の速度は 0 m/s なので，浮き輪の合成速度 v_F〔m/s〕は「$v = v_1 + v_2$」より，

$$v_F = +0.60 + 0 = +0.60\ \text{m/s}$$

したがって，Pさんに対する浮き輪の相対速度 v_{PF}〔m/s〕は，「$v_{AB} = v_B - v_A$」より，

$$v_{PF} = v_F - v_P = +0.60 - (-0.20) = +0.80\ \text{m/s}$$

（下流へ 0.80 m/s の速さ）

問11 (p.23)　(1) 1.5 m/s²　(2) 2.5 m/s²

平均の加速度 $\overline{a}$〔m/s²〕は，経過時間 $t_2 - t_1 = \Delta t$〔s〕あたりの速度変化 $v_2 - v_1 = \Delta v$〔m/s〕である。「$\overline{a} = \dfrac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$」より，

(1) $$\overline{a} = \frac{11.5 - 7.0}{4.0 - 1.0} = +1.5\ \text{m/s}^2$$

(2) $$\overline{a} = \frac{9.5 - 7.0}{2.0 - 1.0} = +2.5\ \text{m/s}^2$$

問12 (p.23)　(1) 0.75 m/s²　(2) 0 m/s²　(3) − 0.75 m/s²

v–t グラフの傾きが加速度である。

加速度 $\overline{a}$〔m/s²〕は，「$\overline{a} = \dfrac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$」より，

(1) $$a = \frac{12 - 0}{16 - 0} = +0.75\ \text{m/s}^2$$

（上向きに 0.75 m/s² の大きさ）

(2) $$a = \frac{12 - 12}{22 - 16} = 0\ \text{m/s}^2$$

(3) $$a = \frac{0 - 12}{38 - 22} = -0.75\ \text{m/s}^2$$

（下向きに 0.75 m/s² の大きさ）

問13 (p.24)　$t = 1.0$ s　速度：1.0 m/s，変位：0.50 m
$t = 2.0$ s　速度：2.0 m/s，変位：2.0 m
$t = 3.0$ s　速度：3.0 m/s，変位：4.5 m
$t = 10$ s　変位：50 m

〈速度〉

初速度 v_0〔m/s〕，加速度 a〔m/s²〕で等加速度直線運動をすると，t〔s〕後の速度 v〔m/s〕は $v = v_0 + at$ と表される。

電車の進む向きを正とする，電車は時刻 $t = 0$ s で静止していたので $v_0 = 0$ m/s。また，$a = +1.0$ m/s² の等加速度直線運動をはじめたので速度 v〔m/s〕は，「$v = v_0 + at$」より，

時刻 $t = 1.0$ s のとき

$$v = 0 + 1.0 \times 1.0 = +1.0\ \text{m/s}$$

時刻 $t = 2.0$ s のとき

$$v = 0 + 1.0 \times 2.0 = +2.0\ \text{m/s}$$

時刻 $t = 3.0$ s のとき

$$v = 0 + 1.0 \times 3.0 = +3.0\ \text{m/s}$$

〈変位〉

初速度 v_0〔m/s〕，加速度 a〔m/s²〕で等加速度直線運動をすると，t〔s〕後の変位 x〔m〕は，$x = v_0 t + \dfrac{1}{2}at^2$ と表される。

変位 x〔m〕は「$x = v_0 t + \dfrac{1}{2}at^2$」より，

時刻 $t = 1.0$ s のとき

$$x = 0 \times 1.0 + \frac{1}{2} \times (+1.0) \times 1.0^2 = +0.50\ \text{m}$$

時刻 $t = 2.0$ s のとき

$$x = 0 \times 2.0 + \frac{1}{2} \times (+1.0) \times 2.0^2 = +2.0\ \text{m}$$

時刻 $t = 3.0$ s のとき

$$x = 0 \times 3.0 + \frac{1}{2} \times (+1.0) \times 3.0^2 = +4.5\ \text{m}$$

時刻 $t = 10$ s のとき

$$x = 0 \times 10 + \frac{1}{2} \times (+1.0) \times 10^2$$
$$= +50\ \mathrm{m}$$

問14 (p.25)　(1) 3.0 s　(2) 36 m　(3) 80 m

東向きを正とするx軸をとり，点Aを原点Oと定める。

(1)　初速度 $v_0 = 3.0\ \mathrm{m/s}$，加速度 $a = +1.0\ \mathrm{m/s^2}$，時刻 t_1〔s〕で速度 $v = 6.0\ \mathrm{m/s}$ とすると，等加速度直線運動の式「$v = v_0 + at$」より，

$$6.0 = 3.0 + 1.0 \times t_1$$
$$t_1 = 3.0\ \mathrm{s}$$

(2)　初速度 $v_0 = 3.0\ \mathrm{m/s}$，加速度 $a = +1.0\ \mathrm{m/s^2}$，時刻 $t = 6.0\ \mathrm{s}$ での点A(原点O)からの変位 x〔m〕とすると，等加速度直線運動の式「$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$」より，

$$x = 3.0 \times 6.0 + \frac{1}{2} \times (+1.0) \times 6.0^2$$
$$= 36\ \mathrm{m}$$

(3)　等加速度直線運動の式「$v = v_0 + at$」をtについて解き，等加速度直線運動の式「$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$」に代入して整理すると，$v^2 - v_0{}^2 = 2ax$ が得られる。この式は時間 t〔s〕を含まない等加速度直線運動の式である。

初速度 $v_0 = 3.0\ \mathrm{m/s}$，加速度 $a = +1.0\ \mathrm{m/s^2}$，速度 $v = 13\ \mathrm{m/s}$ のときの変位 x〔m〕は，「$v^2 - v_0{}^2 = 2ax$」より，

$$13^2 - 3.0^2 = 2 \times (+1.0) \times x$$

よって，$x = 80\ \mathrm{m}$

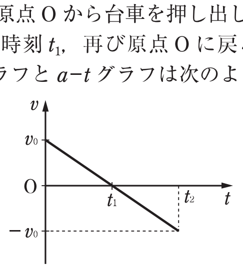
話し合ってみよう (p.27)

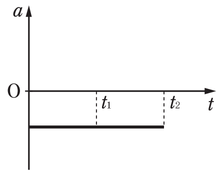
斜面に沿って上向きを正として考える。

斜面上方(正の向き)に原点Oから台車を押し出し，最上点(速度が0となる位置)までの運動(上り)は，加速度が負の等加速度直線運動となり，速度は時間とともに一定の割合で小さくなる(減速している)。

最上点から再び原点Oに戻るまでの運動(下り)は，上り同様加速度が負の等加速度直線運動となり，速度は0から時間とともに一定の割合で小さくなる(減速している)。

初速度 v_0，原点Oから台車を押し出した時刻0，最上点に達した時刻 t_1，再び原点Oに戻る時刻 t_2 とすると，v–t グラフと a–t グラフは次のようになる。





なお，速度の大きさである速さと時間との関係は，上りは時間とともに一定の割合で速さが小さくなり，下りは時間とともに一定の割合で速さが大きくなることに注意すること。

問15 (p.28)　(1) $-4.0\ \mathrm{m/s^2}$
(2) 時刻：0.63 s，距離：0.78 m
(3) 変位：0.5 m，移動距離：1.1 m

斜面に沿って上向きを正として考える。

(1)　初速度 $v_0 = 2.5\ \mathrm{m/s}$，$t = 0.50\ \mathrm{s}$ での速度 $v = 0.50\ \mathrm{m/s}$，加速度 a〔$\mathrm{m/s^2}$〕とすると，等加速度直線運動の式「$v = v_0 + at$」より，

$$0.50 = 2.5 + a \times 0.50$$
$$a = -4.0\ \mathrm{m/s^2}$$

(別解)　経過時間 $\Delta t = 0.50 - 0 = 0.50\ \mathrm{s}$ あたりの速度変化 $\Delta v = 0.50 - 2.5 = -2.0\ \mathrm{m/s}$ なので，加速度 a〔$\mathrm{m/s^2}$〕は，「$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$」より，

$$a = \frac{-2.0}{0.50} = -4.0\ \mathrm{m/s^2}$$

(2)　台車が原点から正の向きに最も離れるのは最上点に達したときで速度は $v = 0\ \mathrm{m/s}$ である。初速度 $v_0 = 2.5\ \mathrm{m/s}$，加速度は(1)より $a = -4.0\ \mathrm{m/s^2}$ なので，原点から最もはなれる時刻 t〔s〕は等加速度直線運動の式「$v = v_0 + at$」より，

$$0 = 2.5 + (-4.0)t$$
$$t = 0.63\ \mathrm{s}$$

台車が原点から正の向きに最も離れるときの原点からの距離は変位の大きさに等しい。変位 x_1〔m〕とすると，等加速度直線運動の式「$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$」より，

$$x_1 = 2.5 \times 0.63 + \frac{1}{2} \times (-4.0) \times 0.63^2$$
$$= 0.78\ \mathrm{m}$$

(x_1 を求める別解)

等加速度直線運動の式「$v^2 - v_0{}^2 = 2ax$」より，

$$0^2 - 2.5^2 = 2 \times (-4.0)x_1$$
$$x_1 = 0.78\ \mathrm{m}$$

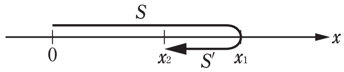
(3)　時刻 0 s～1.0 s の変位 x_2〔m〕とすると，等加速度直線運動の式「$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$」より，

$$x_2 = 2.5 \times 1.0 + \frac{1}{2} \times (-4.0) \times 1.0^2$$
$$= 0.5\ \mathrm{m}$$

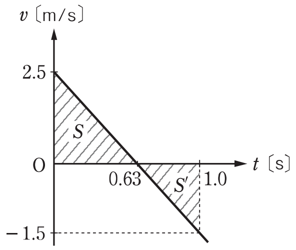
移動距離は，原点から斜面に沿って上向きに最上点まで x_1〔m〕移動し，さらに最上点から斜面に沿っ

て下向きに $x_1 - x_2$〔m〕移動したので，

$$x_1 + (x_1 - x_2) = 2x_1 - x_2 = 2 \times 0.78 - 0.5 = 1.1\,\mathrm{m}$$



（別解）　v-t グラフと t 軸で囲まれる面積は移動距離を表す。面積 S は正の向きに移動した距離（原点から最上点までの距離）を表し，S' は負の向きに移動した距離（最上点から時刻 1.0 s の位置までの距離）を表す。



よって，時刻 0 s〜1.0 s の変位 x_2〔m〕は，

$$x_2 = S - S' = \frac{1}{2} \times 2.5 \times 0.63 - \frac{1}{2} \times |-1.5| \times (1.0 - 0.63) = 0.79 - 0.3 = 0.5\,\mathrm{m}$$

時刻 0 s〜1.0 s の移動距離は，

$$S + S' = 0.79 + 0.3 = 1.1\,\mathrm{m}$$

問16 (p.31)　1.0 s 後：(1) 9.8 m/s^2　(2) 9.8 m/s　(3) 4.9 m　2.0 s 後：(1) 9.8 m/s^2　(2) 20 m/s　(3) 20 m

鉛直下向きを正とする。自由落下運動は，初速度 $v_0 = 0$ m/s^2，加速度 $a = g = 9.8$ m/s^2 の等加速度直線運動である。

(1)　落下中の加速度は，鉛直下向きに大きさ $a = g = 9.8$ m/s^2 で一定となる。

(2)　速度 v〔m/s〕は，等加速度直線運動の式「$v = v_0 + at$」より，

$$v = 0 + 9.8t$$

$t = 1.0$ s のとき

$$v = 9.8 \times 1.0 = 9.8\,\mathrm{m/s}$$

$t = 2.0$ s のとき

$$v = 9.8 \times 2.0 = 19.6\,\mathrm{m/s}$$

よって，20 m/s

(3)　落下距離（変位）x〔m〕は，等加速度直線運動の式「$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$」より，

$$x = 0 \times t + \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$$

$t = 1.0$ s のとき

$$x = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 1.0^2 = 4.9\,\mathrm{m}$$

$t = 2.0$ s のとき

$$x = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 2.0^2 = 19.6\,\mathrm{m}$$

よって，20 m

問17 (p.34)　(1) 1.0 s 後：9.8 m/s^2，2.0 s 後：9.8 m/s^2　(2) 1.0 s 後：15 m/s，2.0 s 後：25 m/s　(3) 5.0 s

鉛直下向きを正とする。ボールは初速度 $v_0 = 4.9$ m/s，加速度 $a = g = 9.8$ m/s^2 の等加速度直線運動（鉛直投げ下ろし運動）する。

(1)　手からはなれて落下中のボールの加速度は，鉛直下向きに大きさ 9.8 m/s^2 で一定となる。

(2)　速度 v〔m/s〕は，等加速度直線運動の式「$v = v_0 + at$」より，

$$v = 4.9 + 9.8 \times t$$

$t = 1.0$ s のとき

$$v = 4.9 + 9.8 \times 1.0 = 14.7\,\mathrm{m/s}$$

よって，15 m/s

$t = 2.0$ s のとき

$$v = 4.9 + 9.8 \times 2.0 = 24.5\,\mathrm{m/s}$$

よって，25 m/s

(3)　塔の上から地上までの変位は $x = 147$ m である。ボールが落下するまでの時間 t〔s〕は，等加速度直線運動の式「$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$」より，

$$147 = 4.9 \times t + \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$$

よって，$t^2 + t - 30 = 0$

因数分解して，

$$(t - 5.0)(t + 6.0) = 0$$

$$t = 5.0\,\mathrm{s},\ -6.0\,\mathrm{s}$$

$t = -6.0$ s は投げ下ろす前の時刻なので不適。

よって，$t = 5.0$ s

問18 (p.35)　(1) 9.8 m/s　(2) 9.8 m/s　(3) 上昇中：−9.8 m/s^2　落下中：−9.8 m/s^2

鉛直上向きに投げ上げられたボールは，一定の割合で速さを減少させながら上昇，最高点に達して 0 m/s になった後，一定の割合で速さを増加させながら落下する。ボールは鉛直下向きに大きさ 9.8 m/s^2 の一定の加速度で等加速度直線運動（鉛直投げ上げ運動）する。

(1)　上昇中のボールの速さは毎秒（1.0 s 間あたり）9.8 m/s^2 × 1.0 s = 9.8 m/s 減少する。

(2)　落下中のボールの速さは毎秒（1.0 s 間あたり）9.8 m/s^2 × 1.0 s = 9.8 m/s 増加する。

(3)　上昇中，落下中どちらも鉛直下向きに大きさ 9.8 m/s^2 の加速度である。よって，鉛直上向きを正とすると，鉛直下向きは負となるので，−9.8 m/s^2 である。

問19（類題） (p.36)　(1) 0.40 s　(2) 0.78 m

地面を原点，鉛直上向きを正とする。バスケットボ

ール選手は鉛直下向きに 9.8 m/s^2 の等加速度直線運動(鉛直投げ上げ運動)する。

(1) 0.80 s 後に着地したので，時刻 $t = 0.80$ s で変位 $x = 0$ m。加速度 $a = -g = -9.8$ m/s^2，初速度 v_0〔m/s〕とすると，等加速度直線運動の式

「$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$」より，

$$0 = v_0 \times 0.80 + \frac{1}{2} \times (-9.8) \times 0.80^2$$

$$v_0 = 3.92\ \text{m/s}$$

最高点では速度 $v = 0$ m/s である。最高点に到達するまでにかかった時間 t〔s〕は，等加速度直線運動の式「$v = v_0 + at$」より，

$$0 = 3.92 + (-9.8)t$$

$$t = 0.40\ \text{s}$$

(2) 最高点の高さ x〔m〕は，等加速度直線運動の式

「$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$」より，

$$x = 3.92 \times 0.40 + \frac{1}{2} \times (-9.8) \times 0.40^2$$

$$= 0.78\ \text{m}$$

（別解） 最高点では速度 $v = 0$ m/s なので，最高点の高さ x〔m〕は，等加速度直線運動の式

「$v^2 - v_0{}^2 = 2ax$」より，

$$0^2 - 3.92^2 = 2 \times (-9.8)x$$

$$x = 0.78\ \text{m}$$

話し合ってみよう (p.36)　(1) ③　(2) ①　(3) ③

はじめの高さを原点 $x = 0$，鉛直上向きを正，球Aの初速度を $+v_0$ とすると，球Bの初速度は $-v_0$ と表せる。球Aは鉛直投げ上げ運動，球Bは鉛直投げ下ろし運動で，球Aと球Bのどちらも加速度 $a = -g$ の等加速度直線運動とみなせる。

(1) 球Aの加速度の(向きと)大きさは球Bと同じ③。

(2) 球Aが投げた位置 $x = 0$ に落ちてきたときの速度 v_A は，等加速度直線運動の式「$v^2 - v_0{}^2 = 2ax$」より，

$$v_A{}^2 - v_0{}^2 = 2 \times (-g) \times 0$$

$$v_A = \pm v_0$$

$+v_0$ は投げたときの速度なので落ちてきたときの速度 $v_A = -v_0$ で速さはどちらも v_0 である。

また，球Aが投げた位置に落ちてきたときの時刻 t_1 は，等加速度直線運動の式「$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$」より，

$$0 = v_0t_1 + \frac{1}{2} \times (-g)t_1{}^2$$

$$0 = t_1\left(v_0 - \frac{1}{2}gt_1\right)$$

$$t_1 = 0,\ \frac{2v_0}{g}$$

$t_1 = 0$ は投げたときの時刻なので不適。よって，$t_1 = \frac{2v_0}{g}$ である。同じ時刻の球Bの速度 v_B は，等加速度直線運動の式「$v = v_0 + at$」より，

$$v_B = -v_0 + (-g) \times \frac{2v_0}{g} = -3v_0$$

よって，速さは $3v_0$ である。球Aの速さ v_0 は球Bの速さ $3v_0$ より小さい①。

(3) 投げてからの任意の時刻 t での球Aの位置 x_A，球Bの位置 x_B とすると，等加速度直線運動の式

「$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$」より，

$$x_A = v_0t + \frac{1}{2} \times (-g)t^2 \quad \cdots ㋐$$

$$x_B = -v_0t + \frac{1}{2} \times (-g)t^2 \quad \cdots ㋑$$

球Aと球Bの距離は，両球の位置の差 $x_A - x_B$ で表される。

㋐ − ㋑より，

$$x_A - x_B$$

$$= \left(v_1t - \frac{1}{2}gt^2\right) - \left(-v_0t - \frac{1}{2}gt^2\right)$$

$$= 2v_0t$$

よって，投げた時刻 $t = 0$ から，球Aと球Bの距離は長くなっていく。

なお，球Aが投げられた位置に戻ってきた時刻 $t_1 = \frac{2v_0}{g}$ からは，投げた時刻 $t = 0$ からに含まれるので，球Aと球Bの距離は長くなっていく③。

話し合ってみよう (p.37)　②

同じカーブのなめらかなレール上で小球AとBを同時にすべらせたので，途中で水平投射された小球Aと水平面上をすべり続けた小球Bはどちらも水平方向には等加速度直線運動する。よって，小球AとBの水平方向の変位は常に等しくAとBは衝突する②。

節末問題【1】(p.41)　(1) 0〜10 s：2.5 m/s, 4〜10 s：2.5 m/s　(2) 4 s：3.8 m/s, 8 s：1.7 m/s, 10 s：0 m/s　(3) 4 s のとき　(4) 10 s のとき

(1) 経過時間 $t_2 - t_1$〔s〕あたりの変位 $x_2 - x_1$〔m〕とすると，平均の速度 $\bar{v}$〔m/s〕は，

$$\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$ で表される。

〈0 s から 10 s〉

$$\bar{v} = \frac{15 - (-10)}{10 - 0} = 2.5\ \text{m/s}$$

〈4 s から 10 s〉

$$\bar{v} = \frac{15 - 0}{10 - 4} = 2.5\ \text{m/s}$$

(2) 微小時間 Δt〔s〕あたりの微小変位を Δx〔m〕とすると，瞬間の速度 v〔m/s〕は，$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ で表される。

これは，x-t グラフの接線の傾きである。

〈4 s〉 接線が座標(4 s, 0 m)と座標(8 s, 15 m)の2

解答解説 1章

点を通るので，

$$v = \frac{15 - 0}{8 - 4} = 3.8\ \mathrm{m/s}$$

〈8 s〉　接線が座標(6 s，10 m)と座標(12 s，20 m)の2点を通るので，

$$v = \frac{20 - 10}{12 - 6} = 1.7\ \mathrm{m/s}$$

〈10 s〉　接線の傾きが0なので，

$$v = 0\ \mathrm{m/s}$$

(3)　0 sから4 sにかけて接線の傾きが増加し，4 sから10 sにかけて接線の傾きが減少している。4 sのとき，接線の傾きが最大，すなわち瞬間の速度が最大になる。

(4)　接線の傾き，つまり瞬間の速度の正負が運動の向きを表す。0 sから10 sにかけて接線の傾きが正で，10 sから12 sにかけて接線の傾きが負となっている。10 sのとき，接線の傾きが正から負へと変わるので，運動の向きが変わる。

節末問題【2】(p.41)　(1) A：0.60 m/s²，B：0.50 m/s²　(2) 48 s後　(3) 96 m　(4) 70 s後

(1)　v–tグラフの直線の傾きが，加速度を表す。

〈普通列車A〉

$t = 40$ sで，$v = 24$ m/sなので，

$$a = \frac{24 - 0}{40 - 0} = 0.6\ \mathrm{m/s^2}$$

〈急行列車B〉

$t = 60$ sで，$v = 30$ m/sなので，

$$a = \frac{30 - 0}{60 - 0} = 0.5\ \mathrm{m/s^2}$$

(2)　急行列車Bが普通列車Aから最もはなされるのは両者の速度が等しくなるときである。その時刻はv–tグラフが交差するときなので，$t = 48$ sである。

(3)　v–tグラフとt軸で囲まれた面積は，t〔s〕間の変位となる。

$t = 48$ sでの普通列車Aの変位をx_A〔m〕，急行列車Bの変位をx_B〔m〕とする。

$$x_A = \frac{1}{2} \times 24 \times 40 + 24 \times (48 - 40)$$
$$= 480 + 192 = 672\ \mathrm{m}$$
$$x_B = \frac{1}{2} \times 24 \times 48 = 576\ \mathrm{m}$$

はなされる距離は両者の変位の差の大きさなので，

$$|x_A - x_B| = 672 - 576 = 96\ \mathrm{m}$$

(4)　$t = 48$ s以降は，急行列車Bが普通列車Aにだんだん近づき，追いつく。$t = 60$ sが，急行列車Bの運動が等加速度直線運動から等速度運動に変わる節目の時刻なので，$t = 60$ sでの変位x_A〔m〕とx_B〔m〕を求める。

$$x_A = \frac{1}{2} \times 24 \times 40 + 24 \times (60 - 40)$$
$$= 480 + 480 = 960\ \mathrm{m}$$
$$x_B = \frac{1}{2} \times 30 \times 60 = 900\ \mathrm{m}$$

よって，$x_A > x_B$なので，急行列車Bが普通列車Aに追いつくのは$t = 60$ s以降である。追いつく時刻をt_1〔s〕とすると，

$$x_A = \frac{1}{2} \times 24 \times 40 + 24 \times (t_1 - 40)$$
$$x_B = \frac{1}{2} \times 30 \times 60 + 30 \times (t_1 - 60)$$

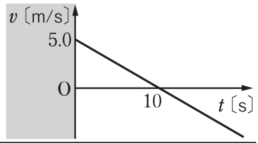
追いつく条件は$x_A = x_B$なので，

$$480 + 24 \times (t_1 - 40) = 900 + 30\,(t_1 - 60)$$
$$t_1 = 70\ \mathrm{s}$$

節末問題【3】(p.41)　(1) －0.50 m/s²(x軸負の向きに0.50 m/s²)

(2) －1.0 m/s(x軸負の向きに1.0 m/s)

(3)



(4) 時間：10 s，変位：25 m

(1)　初速度$v_0 = 5.0$ m/s，$t = 12$ s後の変位が$x = 24$ m。加速度a〔m/s²〕とすると，等加速度直線運動の式「$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$」より，

$$24 = 5.0 \times 12 + \frac{1}{2} \times a \times 12^2$$
$$a = -0.50\ \mathrm{m/s^2}$$

(2)　$t = 12$ sの速度をv〔m/s〕とする。(1)より，加速度$a = -0.50$ m/s²なので，等加速度直線運動の式「$v = v_0 + at$」より，

$$v = 5.0 + (-0.50) \times 12 = -1.0\ \mathrm{m/s}$$

(4)　物体の変位が正の向きに最大になる時間をt_1〔s〕，その変位をx_1〔m〕とする。そのときの速度は$v = 0$ m/sである。初速度$v_0 = 5.0$ m/s，加速度$a = -0.50$ m/s²なのでt_1〔s〕は，等加速度直線運動の式「$v = v_0 + at$」より，

$$0 = 5.0 + (-0.50) \times t_1$$
$$t_1 = 10\ \mathrm{s}$$

x_1〔m〕は，等加速度直線運動の式「$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$」より，

$$x_1 = 5.0 \times 10 + \frac{1}{2} \times (-0.50) \times 10^2$$
$$= 25\ \mathrm{m}$$

(別解)　x_1〔m〕は，等加速度直線運動の式「$v^2 - v_0{}^2 = 2ax$」より，

$$0^2 - 5.0^2 = 2 \times (-0.50) \times x_1$$
$$x_1 = 25\ \mathrm{m}$$

節末問題【4】(p.41)　(1) (ア)　(2) (ウ)　(3) (エ)

自由落下運動では，鉛直下向きをy軸正の向きとすると，時間t〔s〕後の速度v〔m/s〕，変位y〔m〕は，重力加速度の大きさg〔m/s²〕とすると，次式で表される。

$$v \ = \ gt \qquad \cdots①$$

$$y \ = \ \frac{1}{2}gt^2 \quad \cdots②$$

(1)　①より，速度 v は時間 t に比例するので原点を通る直線である。

(2)　②より，変位 y は時間 t の2乗に比例するので原点を頂点とする下に凸の放物線である。

(3)　①より，$t \ = \ \dfrac{v}{g} \quad \cdots①'$

①′ 式を②に代入すると，

$$y \ = \ \frac{1}{2}g\left(\frac{v}{g}\right)^2 \ = \ \frac{v^2}{2g}$$

よって，$v = \sqrt{2gy}$

速度 v は変位 y の平方根に比例する。

節末問題【5】(p.41)　(1) $\dfrac{1}{2}gt^2$　(2) $\dfrac{3}{4}gt$　(3) gt

(1)　屋上から小石Aを自由落下させた。鉛直下向きを正の向きとする。初速度 $v_0 = 0$ m/s，加速度の大きさ $a = g$ の等加速度直線運動をする。

等加速度直線運動の式「$x = v_0t + \dfrac{1}{2}at^2$」より

時間 t での変位 x は，

$$x \ = \ 0 \times t + \frac{1}{2}gt^2$$

ビルの高さ $h = x$ となるので，

$$h \ = \ \frac{1}{2}gt^2$$

(2)　屋上から小球Bを鉛直下向きに投げ下ろした。鉛直下向きを正の向きとする。初速度 v_0，加速度の大きさ $a = g$，時間 $\dfrac{t}{2}$ で変位 x が h となる等加速度直線運動をする。等加速度直線運動の式

「$x = v_0t + \dfrac{1}{2}at^2$」より，

$$h \ = \ v_0 \times \frac{t}{2} + \frac{1}{2}g\left(\frac{t}{2}\right)^2$$

(1)より $h = \dfrac{1}{2}gt^2$ なので，

$$\frac{1}{2}gt^2 \ = \ \frac{1}{2}v_0t + \frac{1}{8}gt^2$$

$$t(3gt - 4v_0) \ = \ 0$$

t は地面に落下するまでの時間なので，$t = 0$ は不適。よって，$v_0 = \dfrac{3}{4}gt$

(3)　小石Aと小球Cがすれ違うまでの時間を t' とする。鉛直下向きを正の向きとすると，屋上から小石Aは時間 $t = t'$ で，変位 $x = \dfrac{h}{4}$ の自由落下をしたので，

$$\frac{h}{4} \ = \ \frac{1}{2}gt'^2 \quad \cdots①$$

地上から小球Cを鉛直上方に投げ上げた。このとき，鉛直上向きを正の向きとする。初速度 $v_0 = v_0'$，加速度 $a = -g$，時間 $t = t'$ で変位 $x = h - \dfrac{h}{4}$ $= \dfrac{3}{4}h$ となる等加速度直線運動をする。等加速度直線運動の式「$x = v_0t + \dfrac{1}{2}at^2$」より，

$$\frac{3}{4}h \ = \ v_0't' + \frac{1}{2} \times (-g) \times t'^2 \quad \cdots②$$

①より，$t' \ = \ \sqrt{\dfrac{h}{2g}} \quad \cdots①'$

①′ を②に代入すると，

$$v_0' \ = \ \sqrt{2gy}$$

(1)より $h = \dfrac{1}{2}gt^2$ なので，

$$v_0' \ = \ \sqrt{2g \times \frac{1}{2}gt^2} \ = \ gt$$

●1章2節

問20(p.44)　20 N/m

弾性力の大きさ F〔N〕，ばねの伸びまたは縮み x〔m〕，ばね定数 k〔N/m〕とすると $F = kx$ の関係がなりたつ。$F = 0.50$ N，$x = 2.5$ cm $= 2.5 \times 10^{-2}$ m なのでこのばねのばね定数 k〔N/m〕は「$F = kx$」より，

$$0.50 \ = \ k \times 2.5 \times 10^{-2}$$

$$k \ = \ 20 \text{ N/m}$$

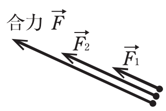
問21(p.44)　(1) ばねB　(2) ばねA

(1)　弾性力の大きさ F，ばねの伸び x，ばね定数 k とすると，「$F = kx$」より F−x グラフは原点を通る直線になり，直線の傾きは，ばね定数 k を表す。よって，ばねBはばねAより直線の傾きが大きいのでばね定数 k が大きい。

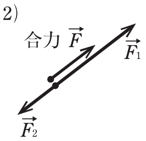
(2)　「$F = kx$」より，ばねの伸び x を一定とするとばね定数 k に弾性力の大きさ F が正比例するので，k が小さいとより小さい力で伸ばせる。よって，ばね定数 k が小さいばねAである。

問22(p.47)

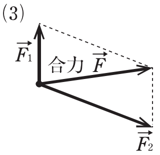
(1)



(2)



(3)



$\vec{F_1}$，$\vec{F_2}$ の2力の合力 $\vec{F}$ は，「$\vec{F} = \vec{F_1} + \vec{F_2}$」と表される。

(1)　$\vec{F_1}$，$\vec{F_2}$ が平行で同じ向きのときは，その合力の大きさは2力の大きさの和で，合力の向きは2力と同