

第1部第1章 物体の運動

p.12~43

1 速さ

問1 電車の速さ v_A [m/s] は、

$$v_A = \frac{500 \text{ m}}{40 \text{ s}} = 12.5 \text{ m/s} \div 13 \text{ m/s}$$

短距離走者の速さ v_B [m/s] は、

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

よって、電車のほうが速い。

〔答〕 電車

問2 求める平均の速さを v とすると、

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

$$v = \left(\frac{0.15 \text{ km}}{\left(\frac{30}{3600} \right) \text{ h}} \right) = 18 \text{ km/h}$$

〔答〕 5.0 m/s, 18 km/h

2 等速直線運動

問3 自転車の速さを v [m/s] とすると、

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

また、この自転車が 50 s 間に進む距離を x [m] とすると、

$$x = 2.5 \text{ m/s} \times 50 \text{ s} = 125 \text{ m} \div 1.3 \times 10^2 \text{ m}$$

〔答〕 2.5 m/s, $1.3 \times 10^2 \text{ m}$

問4 東向きを正とすると、自動車Aの速度は東向きだから 20 m/s, 自動車Bの速度は西向きだから -25 m/s となる。

〔答〕 A : 20 m/s, B : -25 m/s

描いてみよう グラフの見方・描き方

問1 (1) グラフは点(0, 1)と点(4, 5)を通り、切片は1である。グラフが表す式は、

$$y = \frac{5-1}{4-0}x + 1 \quad \therefore y = x + 1$$

〔答〕 $y = x + 1$

(2) グラフは点(0, y_1)と点(x_2 , y_2)を通り、切片は1である。グラフが表す式は、

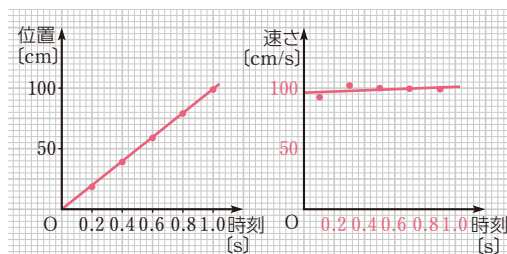
$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - 0}x + y_1$$

$$\text{よって、} y = \frac{y_2 - y_1}{x_2}x + 1$$

〔答〕 $y = \frac{y_2 - y_1}{x_2}x + y_1$

問2

時刻[s]	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
物体の位置[cm]	0	18.5	38.9	58.9	78.8	98.6
2点間の距離[cm]	18.5	20.4	20.0	19.9	19.8	
2点間の平均の速さ[cm/s]	92.5	102	100	99.5	99.0	



問5 求める変位を Δx [m] とすると、

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

〔答〕 3.0 m, x 軸の正の向き

問6 東向きを正として、求める平均の速度を $\bar{v}$ [m/s] とすると、

$$\bar{v} = \frac{200 \text{ m} - 50 \text{ m}}{20 \text{ s} - 10 \text{ s}} = 15 \text{ m/s} \quad \text{〔答〕 } 15 \text{ m/s}$$

問7 (1) A の速度を v_A [m/s], B の速度を v_B [m/s], C の速度を v_C [m/s] とすると、

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

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

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

〔答〕 A : 3.0 m/s, B : 1.0 m/s, C : -1.0 m/s

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

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

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

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

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

(3) B と C がすれ違うのは、B と C が同じ位置を通過するときなので、それぞれの $x-t$ グラフが交わる場所の時刻を読む。よって、3.0 s である。

〔答〕 3.0 s

3 直線上の速度の合成

問8 (1) 川下に向かう向きを正の向きとして、求め

る船の速度を v [m/s] とすると、

$$v = 5.0 \text{ m/s} + 2.0 \text{ m/s} = 7.0 \text{ m/s}$$

答 川下に向かって 7.0 m/s

(2) 川下に向かう向きを正の向きとして、求める船の速度を v' [m/s] とすると、

$$v' = (-5.0 \text{ m/s}) + 2.0 \text{ m/s} = -3.0 \text{ m/s}$$

答 川上に向かって 3.0 m/s

問 9 川の流れの速さを v [m/s]、静水時の船の速さを V [m/s] とする。

船が川上に向かうとき、川上に向かう向きを正の向きとして、

$$3.0 \text{ m/s} = V - v \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

船が川下に向かうとき、川下に向かう向きを正の向きとして、

$$6.0 \text{ m/s} = V + v \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$$

式①、②より、 $v = 1.5 \text{ m/s}$

答 1.5 m/s

4 直線上の相対速度

問 10 東向きを正とする。A に対する B の相対速度 v_{AB} [km/s] は、

$$v_{AB} = 50 \text{ km/h} - 40 \text{ km/h} = 10 \text{ km/h}$$

C に対する B の相対速度 v_{CB} [km/s] は、

$$v_{CB} = 50 \text{ km/h} - 60 \text{ km/h} = -10 \text{ km/h}$$

答 東向きに 10 km/h 、西向きに 10 km/h

類題 1 北向きを正として、求める速度を v [km/h] とすると、

$$-30 \text{ km/h} = v - 80 \text{ km/h} \quad \therefore v = 50 \text{ km/h}$$

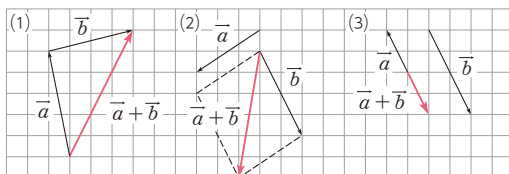
答 北向きに 50 km/h

描いてみよう ベクトルの扱い方

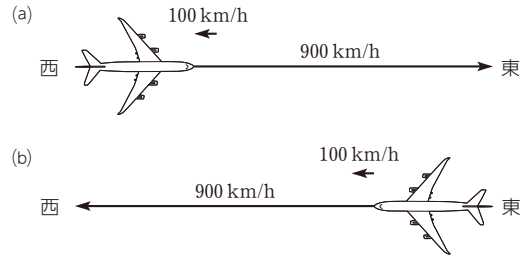
問 1 (1) スカラー (2) ベクトル (3) スカラー

(4) ベクトル (5) スカラー

問 2

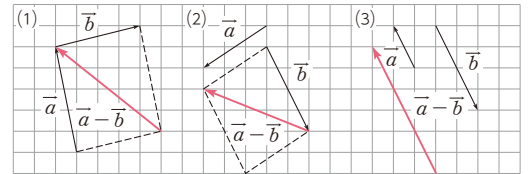


問 3 (1)



(2) (a) +, -, 800 (b) -, -, -1000

問 4



問 5 (1) 60, 30, 30, 東, 30

(2) 30, 60, -30, 西, 30

5 加速度

探究 1

ア: 6.7, イ: 30, ウ: 0.22,

エ: 5.8, オ: 26.7, カ: 160,

キ: 130, ク: -20.9, ケ: 30, コ: -0.70

問 11 (1) 自動車 A の加速度の大きさを a_A [m/s²] とすると、

$$a_A = \frac{12 \text{ m/s}}{6.0 \text{ s}} = 2.0 \text{ m/s}^2 \quad \text{答 } 2.0 \text{ m/s}^2$$

(2) 自動車 B の加速度の大きさを a_B [m/s²] とすると、

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

問 12 x 軸の正の向きを正とし、求める平均の加速度を a [m/s²] とすると、

$$a = \frac{1.0 \text{ m/s} - 6.0 \text{ m/s}}{3.0 \text{ s} - 1.0 \text{ s}} = -2.5 \text{ m/s}^2 \quad \text{答 } x \text{ 軸の負の向きに } 2.5 \text{ m/s}^2$$

6 等加速度直線運動

問 13 東向きを正とし、自動車の加速度を a [m/s²] とすると、

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

〔答〕 東向きに 2.0 m/s^2

問 14 加速している間に進んだ距離を $x[\text{m}]$ とすると、

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

$$= 64 \text{ m} \quad \text{〔答〕 } 64 \text{ m}$$

問 15 (1) 列車が進む向きを正として、列車の加速度を $a[\text{m/s}^2]$ とすると、

$$(20 \text{ m/s})^2 - 0^2 = 2 \times a \times 400 \text{ m} \quad \therefore a = -0.50 \text{ m/s}^2$$

〔答〕 進む向きと逆向きに 0.50 m/s^2

(2) 求める時間を $t[\text{s}]$ とすると、

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

〔答〕 40 s

7 自由落下

問 16 求める時間を $t[\text{s}]$ とすると、

$$4.9 \text{ m} = \frac{1}{2} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times t^2$$

$$t^2 = \frac{2 \times 4.9 \text{ m}}{9.8 \text{ m/s}^2} = 1.0 \text{ s}^2 \quad t > 0 \text{ より, } t = 1.0 \text{ s}$$

求める速さを $v[\text{m/s}]$ とすると、

$$v = 9.8 \text{ m/s}^2 \times 1.0 \text{ s} = 9.8 \text{ m/s}$$

〔答〕 1.0 s, 9.8 m/s

8 鉛直投射

問 17 (1) 求める速さを $v[\text{m/s}]$ とすると、

$$v = 5.0 \text{ m/s} + 9.8 \text{ m/s}^2 \times 2.0 \text{ s} = 24.6 \text{ m/s}$$

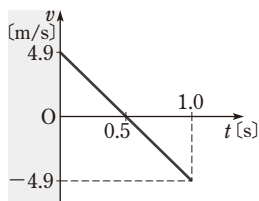
$$\approx 25 \text{ m/s} \quad \text{〔答〕 } 25 \text{ m/s}$$

(2) 求める高さを $y[\text{m}]$ とすると、

$$y = 5.0 \text{ m/s} \times 2.0 \text{ s} + \frac{1}{2} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times (2.0 \text{ s})^2$$

$$= 29.6 \text{ m} \approx 30 \text{ m} \quad \text{〔答〕 } 30 \text{ m}$$

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



(2) 求める時刻を $t[\text{s}]$ とする。鉛直上向きを正として、

$$0 \text{ m} = 4.9 \text{ m/s} \times t - \frac{1}{2} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times t^2$$

$t \neq 0 \text{ s}$ より, $t = 1.0 \text{ s}$

また、初めの位置に戻るときの速さを $v[\text{m/s}]$ とすると、

$$v = 4.9 \text{ m/s} - 9.8 \text{ m/s}^2 \times 1.0 \text{ s} = -4.9 \text{ m/s}$$

〔答〕 1.0 s, 鉛直下向きに 4.9 m/s

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

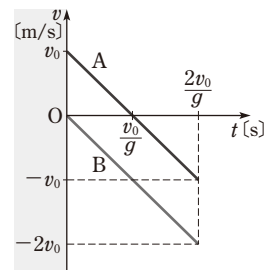
$$0.50 \text{ s} + 0.20 \text{ s} = 0.70 \text{ s} \quad \text{〔答〕 } 0.70 \text{ s}$$

問 18 物体 A は鉛直投げ上げ、物体 B は自由落下だから、物体 A の速度 $v_A[\text{m/s}]$ 、物体 B の速度 $v_B[\text{m/s}]$ は、鉛直上向きを正、重力加速度の大きさを $g[\text{m/s}^2]$ として、

$$v_A = v_0 - gt \quad v_B = -gt$$

また、 $v_A = 0$ のとき、 $t = \frac{v_0}{g}[\text{s}]$ となり、グラフは

以下ようになる。



問 i (1) 求める時間を $t[\text{s}]$ とすると、

$$\frac{1}{2} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times t^2 = 4.9 \text{ m} \text{ より, } t = 1.0 \text{ s}$$

〔答〕 1.0 s

(2) 求める距離を $x[\text{m}]$ とすると、

$$x = 3.0 \text{ m/s} \times 1.0 \text{ s} = 3.0 \text{ m} \quad \text{〔答〕 } 3.0 \text{ m}$$

類題 i (1) 最高点では鉛直方向の速度が 0 になる。鉛直上向きを正として、投げ出した点から最高点までの高さを $h[\text{m}]$ とすると、

$$(0 \text{ m/s})^2 - (9.8 \text{ m/s} \times \sin 30^\circ)^2 = 2 \times (-9.8 \text{ m/s}^2) \times h$$

$$\therefore h = 1.225 \text{ m}$$

したがって、最高点の地面からの高さは、

$$1.225 \text{ m} + 9.8 \text{ m} = 11.025 \text{ m} \approx 11.0 \text{ m}$$

〔答〕 11.0 m

(2) 求める時間を時間を $t[\text{s}]$ とする。鉛直上向きを正とすると、

$$-9.8 \text{ m} = (9.8 \text{ m/s} \times \sin 30^\circ) \times t$$

$$-\frac{1}{2} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times t^2$$

整理すると, $(t-2.0 \text{ s})(t+1.0 \text{ s})=0$

$t>0$ より, $t=2.0 \text{ s}$ [答] 2.0 s 後

(3) 水平方向には等速度運動をする。よって, 求める距離を $x[\text{m}]$ とすると,

$$x=9.8 \text{ m/s} \times \cos 30^\circ \times 2.0 \text{ s}=16.9 \cdots \text{ m} \doteq 17 \text{ m}$$

[答] 17 m

p.43 章末問題

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

$$v=1.2 \text{ m/s}^2 \times 5.0 \text{ s}=6.0 \text{ m/s} \quad \text{[答] } 6.0 \text{ m/s}$$

(2) 最後の 6.0 s 間の加速度を $a[\text{m/s}^2]$ とすると,

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

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

よって, 求める加速度の大きさは, 1.0 m/s^2

[答] 1.0 m/s^2

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

$$[x=v_0 t + \frac{1}{2} a t^2] \text{ より,}$$

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

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

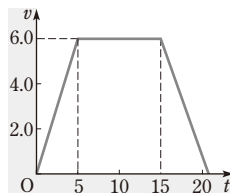
$$x_3=6.0 \text{ m/s} \times 6.0 \text{ s} + \frac{1}{2} \times (-1.0 \text{ m/s}^2) \times (6.0 \text{ s})^2=18 \text{ m}$$

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

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

[答] 93 m

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



(1) エレベーターは, 時刻 5.0 s に速さの最大値に達する。

(2) 加速度を $v-t$ グラフの傾きから求めると,

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

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

(3) $v-t$ グラフと t 軸とで囲まれた台形の面積を求め

る。

② 都市Aから都市Bへ飛ぶときの速さを $v_1[\text{km/h}]$ とすると,

$$v_1=900 \text{ km/h}-100 \text{ km/h}=800 \text{ km/h}$$

よって, 都市Aから都市Bへ飛ぶときに要する時間を $t_1[\text{h}]$ とすると,

$$4000 \text{ km}=800 \text{ km/h} \times t_1 \quad \therefore t_1=5.00 \text{ h}$$

同様に, 都市Bから都市Aへ飛ぶときの速さを $v_2[\text{km/h}]$ とすると,

$$v_2=900 \text{ km/h}+100 \text{ km/h}=1000 \text{ km/h}$$

都市Bから都市Aへ飛ぶときに要する時間を $t_2[\text{h}]$ とすると,

$$4000 \text{ km}=1000 \text{ km/h} \times t_2 \quad \therefore t_2=4.00 \text{ h}$$

よって, 都市Aから都市Bへ飛ぶときの時間は, 都市Bから都市Aへ飛ぶときよりも 1.00 時間すなわち 60.0 分だけ長くなる。 [答] 60.0 分

解説 ② 都市AからBに向けて飛ぶとき, 都市BからAに向けて飛ぶときの, ジェット機の地球(地面)に対する速度を求めてから, それぞれの場合の所要時間を求める。

③ (1) 物体の加速度を $a[\text{m/s}^2]$ とすると, グラフの傾きより,

$$a=\frac{0 \text{ m/s}-4.0 \text{ m/s}}{10 \text{ s}-0 \text{ s}}=-0.40 \text{ m/s}^2$$

[答] -0.40 m/s^2

(2) 物体の x 座標が最も大きくなるのは速度が 0 m/s になるとき, すなわち時刻が 10 s のときである。このときの x 座標を $x_1[\text{m}]$ とすると,

$$x_1=4.0 \text{ m/s} \times 10 \text{ s} + \frac{1}{2} \times (-0.40 \text{ m/s}^2) \times (10 \text{ s})^2$$

$$=20 \text{ m}$$

[答] 10 s, 20 m

(3) グラフから, 時刻が 0~10 s までは x 軸の正の向きに進み, 10~15 s までは x 軸の負の向きに進むことがわかる。時刻が 15 s のときの物体の位置を $x_2[\text{m}]$ とすると,

$$x_2=4.0 \text{ m/s} \times 15 \text{ s} + \frac{1}{2} \times (-0.40 \text{ m/s}^2) \times (15 \text{ s})^2$$

$$=15 \text{ m}$$

よって, 10~15 s の間に物体が動いた距離 $s[\text{m}]$ は,

$$s=x_1-x_2=5 \text{ m}$$

したがって, 0~15 s までの間に物体が移動した距離(道のり)を $L[\text{m}]$ とすると,

$$L=x_1+s=25 \text{ m}$$

[答] 25 m

解説 ③ (1) $v-t$ グラフの傾きから求めるか,

「 $v=v_0+at$ 」の式から求める。

- (2) 物体が運動の向きを変えるのは $v=0$ となるときで、そのとき正の向きの変位が最大となる。
- (3) 時刻 10 s から 15 s までの間は、物体は負の向きに運動することに注意する。

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

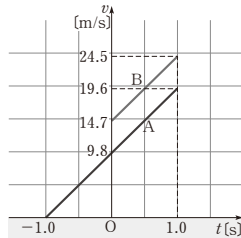
$$x=0+\frac{1}{2}\times(9.8\text{ m/s}^2)\times(t+1.0\text{ s})^2$$

$$x=14.7\text{ m/s}\times t+\frac{1}{2}\times(9.8\text{ m/s}^2)\times t^2$$

よって、

$$t=1.0 \quad \text{[答] } 1.0\text{ s}$$

(2)



- ⑤ 気球から落下させた小物体は、地面にいる人には、大きさ 4.9 m/s の初速度で鉛直上向きに投げ上げられたように見える。鉛直上向きを正として、この物体が最高点に達するまでの時間を $t_1[\text{s}]$ とすると、

$$0\text{ m/s}=4.9\text{ m/s}-9.8\text{ m/s}^2\times t_1[\text{s}]$$

$$\therefore t_1=0.50\text{ s}$$

最高点の地面からの高さを $h[\text{m}]$ とすると、地上からの高さが 98 m のところから運動していることに注意して、

$$h=98\text{ m}$$

$$+\left\{4.9\text{ m/s}\times 0.50\text{ s}-\frac{1}{2}\times 9.8\text{ m/s}^2\times (0.50\text{ s})^2\right\}$$

$$=99.2\cdots\text{ m}\doteq 99\text{ m}$$

一方、地表に物体が達するまでに要する時間を $t_2[\text{s}]$ とすると、地上からの高さ 98 m のところに原点 ($y=0$) をとると、

$$-98\text{ m}=4.9\text{ m/s}\times t_2-\frac{1}{2}\times 9.8\text{ m/s}^2\times t_2^2$$

整理すると、 $(t_2-5.0\text{ s})(t_2+4.0\text{ s})=0$

$t_2>0$ より、 $t_2=5.0\text{ s}$

また、このときの物体の速度を $v[\text{m/s}]$ とすると、

$$v=4.9\text{ m/s}-9.8\text{ m/s}^2\times 5.0\text{ s}$$

$$=-44.1\text{ m/s}\doteq -44\text{ m/s}$$

[答] 99 m , 5.0 s , 鉛直下向きに 44 m/s

解説 ⑤ この小物体の運動を地面から見ると、地面からの高さ 98 m の位置から鉛直上向きに速さ 4.9 m/s で投げ上げたように見える。地面からの高さ 98 m の位置を原点 ($y=0\text{ m}$) とし、鉛直上向きに y 軸をとると、最高点の y 座標 $h[\text{m}]$ は、

$$(0\text{ m/s})^2-(4.9\text{ m/s})^2=-2\times 9.8\text{ m/s}^2\times h$$

からも求められる。ゆえに、求める最高点の高さ $H[\text{m}]$ は、 $H=98\text{ m}+h$ として求められる。

また、小物体が地面に達するのは、 $y=-98\text{ m}$ となるときである。