

第2章 練習問題

ただし、重力加速度は $10[\text{m/s}^2]$ を使用すること。

1. $80[\text{m}]$ のビルの屋上から水平にボールを初速度 $4[\text{m/s}]$ で投げた。このとき、以下の問いに答えよ。
 - (1) このボールが地面に落ちるまで何秒かかるか。
 - (2) ボールが地面に落ちるまでにボールは水平に何 $[\text{m}]$ 進んだか。
2. ボールを水平から 30° 上向きに初速度 $40[\text{m/s}]$ で投げ上げた。このとき、以下の問いに答えよ。ただし、 $\sin 30^\circ = 0.5$ 、 $\cos 30^\circ = 0.85$ とする。
 - (1) 投げ上げた瞬間の水平方向の速度 $v_{0h}[\text{m/s}]$ と鉛直方向の速度 $v_{0v}[\text{m/s}]$ を求めよ。
 - (2) このボールが最も高くなるまで何秒かかるか。
 - (3) このボールが地面に落ちるまで何秒かかるか。
 - (4) このボールが地面に落ちるまでに水平方向にどれくらいの距離を飛んだか。
3. 枝に掴まった猿をめがけてハンターが銃を撃とうとしている(モンキーハンティング)。猿は銃を撃った瞬間の光に驚いて、枝から手を離し真下に落ちていく(自由落下)。ハンターはどこをめがけて撃ったら猿に弾を命中させられるだろうかについて、以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度を $g[\text{m/s}^2]$ とする。
 - (1) 弾の初速度を $v_0[\text{m/s}]$ 、銃を水平から角度 $\theta_b[^\circ]$ で撃ったとすると、撃った瞬間の弾の水平方向の速度 $v_{0h}[\text{m/s}]$ と鉛直方向の速度 $v_{0v}[\text{m/s}]$ を求めよ。
 - (2) ハンターから猿の掴まった木までの距離を $L[\text{m}]$ とすると、弾が撃った瞬間から木の位置まで届くのにかった時間 $t_b[\text{s}]$ を求めよ。
 - (3) (2) で求めた時間 $t_b[\text{s}]$ での弾の高さ $h_b[\text{m}]$ を求めよ。
 - (4) 弾を撃った瞬間から猿は自由落下する。猿が掴まっていた枝の高さを $h[\text{m}]$ としたとき、時間 $t_b[\text{s}]$ だけ時間が経ったときの猿の高さ $h_m[\text{m}]$ を求めよ。
 - (5) 弾が猿に命中するためには、(3) で求めた高さ $h_b[\text{m}]$ と(4) で求めた高さ $h_m[\text{m}]$ が同じになれば良い。このことから、猿が掴まっていた枝の高さ $h[\text{m}]$ を求めよ。
4. 伝統行事として行われる流鏝馬(やぶさめ)について考える。一定の速度 $10[\text{m/s}]$ で水平な直線上を走る馬に乗った射手が、矢を馬の進行方向から直交する方向に水平に打ち出して的に当てた。射手から見た矢の打ち出される速度を $20[\text{m/s}]$ とする。射手が矢を放ったときの矢の位置を原点 O とし、馬の進行方向に x 軸、進行方向から矢を射た側に直交する方向に水平に y 軸、鉛直上向きに z 軸をとる。的は、馬の走路から水平に $5[\text{m}]$ 離れている。矢の大きさは無視できるものとして以下の間に答えよ。

- (1) 矢を射た瞬間の矢の速度と向きを求めよ。向きは x 軸からの角度を θ とし、 $\tan \theta$ で答よ。
 - (2) 矢を射た瞬間を時刻 $t=0[\text{s}]$ とする。矢が的に当たる前の時刻 t での矢の位置座標 (x, y, z) を、 t を用いて表せ。
 - (3) 矢が的に当たるまでにかかる時間を求めよ。
 - (4) 的の x 座標と、 z 座標を求めよ。
 - (5) 矢が的に当たった瞬間の、矢の速度を求めよ。
5. 直線上を走る自動車のタイヤについて考える。ただし、タイヤの半径は $r=0.3[\text{m}]$ とする。
 - (1) このタイヤが回転数 $n_1=300[\text{rpm}] (=5.0[\text{Hz}])$ で回転しているとき、タイヤの回転の周期 $T_1[\text{s}]$ 、角速度 $\omega_1[\text{rad/s}]$ 、速度 $v_1[\text{m/s}]$ 、加速度 $a_1[\text{m/s}^2]$ を求めよ。
 - (2) (1) のタイヤが回転数 $n_2=600[\text{rpm}] (=10.0[\text{Hz}])$ まで加速したとき、タイヤの回転の周期 $T_2[\text{s}]$ 、角速度 $\omega_2[\text{rad/s}]$ 、速度 $v_2[\text{m/s}]$ 、加速度 $a_2[\text{m/s}^2]$ を求めよ。
 - (3) (1) から(2) の状態まで $4[\text{s}]$ の時間がかかった。自動車が一定の加速度で加速したとすると、その間に自動車はどれくらいの距離を走行したこととなるか求めよ。
 - (4) (1) から(2) の状態まで $4[\text{s}]$ の時間がかかった。自動車が一定の加速度で加速したとすると、その間の自動車の平均の加速度および、タイヤの平均の角加速度を求めよ。

第2章 練習問題(解答)

1.

- (1) 4[s]
- (2) 16[m]

2.

- (1) $v_{0h} = 34[\text{m/s}]$, $v_{0v} = 20[\text{m/s}]$
- (2) 2[s]
- (3) 4[s]
- (4) 136[m]

3.

- (1) $v_{0h} = v_0 \cos \theta_b$ [m/s], $v_{0v} = v_0 \sin \theta_b$ [m/s]
- (2) $t_b = \frac{1}{v_{0h}} = \frac{1}{v_0 \cos \theta_b}$ [s]
- (3) $h_b = v_{0v} t_b - \frac{1}{2} g t_b^2 = L \tan \theta_b - \frac{gL^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta_b}$ [m]
- (4) $h_m = h - \frac{1}{2} g t_b^2 = h - \frac{gL^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta_b}$ [m]
- (5) $h = L \tan \theta_b$

4.

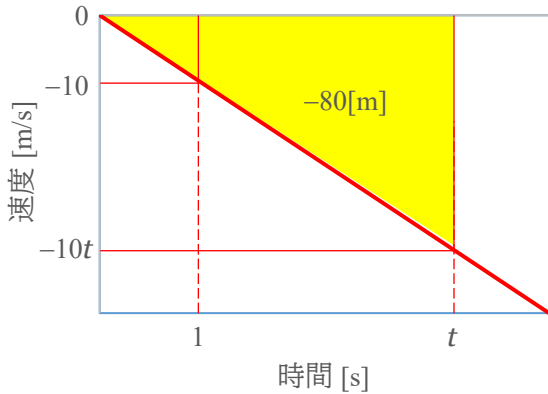
- (1) 22.4[m/s], $\tan \theta = 2.0$
- (2) $(x, y, z)_t = (10.0t, 20.0t, -5.0t^2)$
- (3) 0.25[s]
- (4) $x = 2.5[\text{m}]$, $z = 0.31[\text{m}]$
- (5) 22.5[m/s]

5.

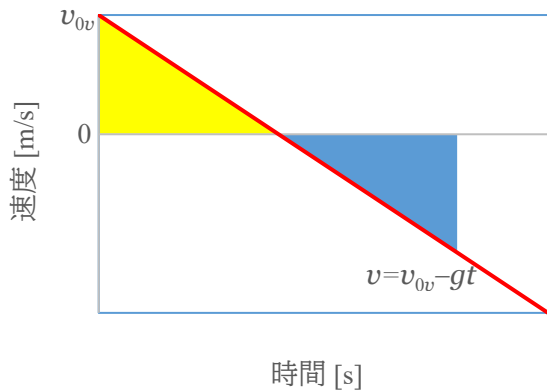
- (1) $T_1 = 0.2[\text{s}]$, $\omega_1 = 10\pi[\text{rad/s}]$, $v_1 = 3\pi[\text{m/s}]$, $a_1 = 30\pi^2[\text{m/s}^2]$
- (2) $T_2 = 0.1[\text{s}]$, $\omega_2 = 20\pi[\text{rad/s}]$, $v_2 = 6\pi[\text{m/s}]$, $a_2 = 120\pi^2[\text{m/s}^2]$
- (3) $18\pi[\text{m}]$
- (4) $a = 0.75\pi[\text{m/s}^2]$, $\alpha = 2.5\pi[\text{rad/s}^2]$

第2章 練習問題(解説)

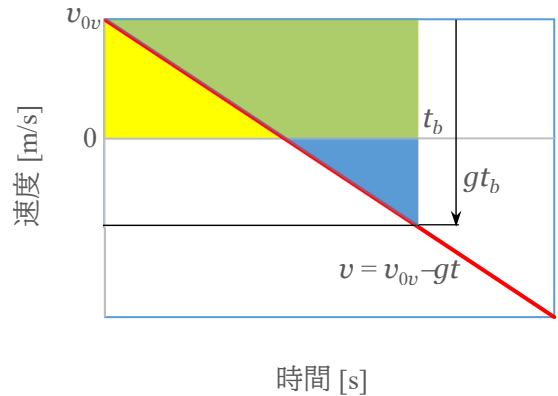
1. 水平に投げたということは、鉛直方向の初速度がないので、水平方向は等速運動、鉛直方向は自由落下と考えることができる。地面まで落ちるのに 80[m] 自由落下することになるので、グラフは下図のようになる。この図より地面まで落ちるのに必要な時間を求め、その間に水平に移動した距離を求める。



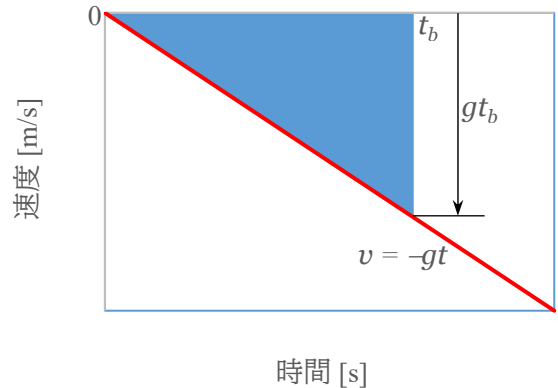
2. $v_{0h} = 40 \cos 30^\circ$ 、 $v_{0v} = 40 \sin 30^\circ$ より、水平方向、鉛直方向の初速度を求める。ボールが最も高くなるのは鉛直方向の速度が 0 となる時。すなわち下図のグラフが t 軸と交わるとき時間を求める。このボールが地面に落ちる、ということは、鉛直方向に上がった距離 \triangle と同じ距離 \triangle だけ下に落ちることとなる。ここまでかかる時間を求めることで、この間に水平方向に移動した距離が求まる。



3. 角度 θ_0 で撃った弾の水平方向と鉛直方向速度は初速度 v_0 をそれぞれの方向に分解する。この水平方向速度から木の位置まで届くのにかかる時間 t_b が求まる。時間 t_b での弾の高さ h_b は、図の \triangle (高さ v_{0v} 、幅 t_b の長方形) の面積から \triangle (高さ gt_b 、底辺 t_b の三角形) の面積を引いた面積から求めることができる。



- 猿の高さ h_m は高さ h から自由落下運動を考えれば良いので、下図の \triangle (高さ gt_b 、底辺 t_b の三角形) の面積を h から引けば良い。 h_b と h_m が同じとなることから h を求める。結果より、ハンターは銃を猿に向けて撃てば良いということがわかる。



4. 射った瞬間の速度は、 $v_x=10\text{[m/s]}$ 、 $v_y=20\text{[m/s]}$ 、 $v_z=0\text{[m/s]}$ なので、ここから速度と向きを求める。 x 方向、 y 方向に関しては等速運動、 z 方向に関しては自由落下となる。的に当たるまでの時間は、 y 方向の動きだけで距離と速度から求めることができ、そこからの x 座標と z 座標が求まる。

5. 周期 $T[\text{s}] = \frac{1}{n[\text{Hz}]}$ 、角速度 $\omega[\text{rad/s}] = \frac{2\pi}{T[\text{s}]}$ 、
速度 $v[\text{m/s}] = r[\text{m}] \times \omega[\text{rad/s}]$ 、加速度

$a = r\omega^2$ 。等加速度運動なので、グラフは下のようになり、この面積から走行距離が、傾きが平均の加速度となる。角加速度も同じように求めることができる。

