

○等加速度直線運動を表す式

初速度 v_0 、加速度 a の等加速度直線運動する物体の

・時刻 t における速度 $v =$ _____

・時刻 t における変位 $x =$ _____ … ☆

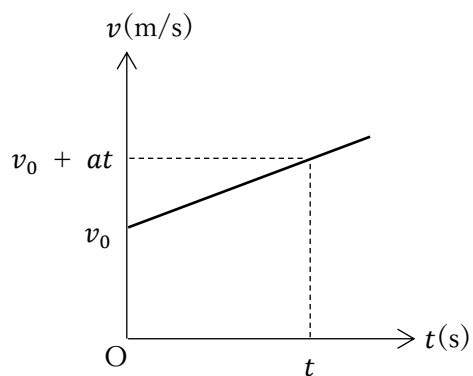
と表すことができる。



2式から時刻 t を消去すると _____ となる

… この式を使えば、時刻 t が分からない場合でも速度 v 、加速度 a 、
変位 x などの関係を求められる。

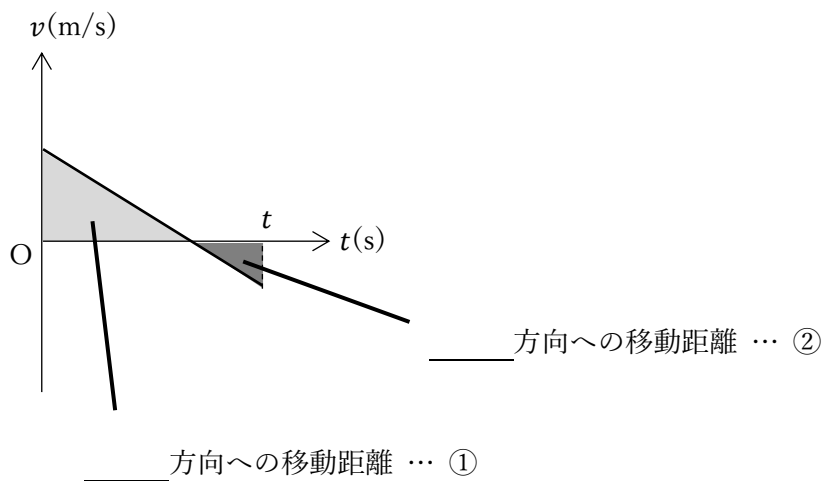
☆ 物体の変位 x は、 $v-t$ グラフをもとに次のように求められる。



(練習) 速さ 10 m/s で進んでいた自動車は、 3.0 m/s^2 の一定の大きさの加速度で速さを増しながら 4.0 s 間進んだ。この間に自動車は何 m 進んだか。

(練習) 停止していたリニアモーターカーが直線軌道上を一定の大きさの加速度で走り出し、 $1.0 \times 10^2 \text{ s}$ 間に 7.0 km 走って最高速度に達した。最高速度に達するまでの加速度の大きさはいくらか。また、最高速度の大きさはいくらか。

※ 加速度が負の等加速度直線運動の $v-t$ グラフは、次のようになる。



時刻 t における正方向への変位 = _____ と求められる。

(練習) 20 m/s の速さで直線軌道を走っていた列車が、ブレーキをかけて一定の加速度で減速し、400 m 進んだところで停止した。この列車の加速度の向きと大きさを求めよ。また、ブレーキをかけはじめてから停止するまでの時間を求めよ。

(練習) 時刻 0 s になめらかな斜面に沿って上向きに速さ 2.0 m/s で小球を打ち出したところ、斜面に沿って下向きに大きさ 2.5 m/s^2 の加速度で等加速度直線運動をして、元の位置に戻った。打ち出した位置から最も離れたときの時刻と、元の位置に戻ったときの時刻をそれぞれ求めよ。

(練習) 小球Aは x 軸上を正の向きに 5.0 m/s の速さで等速直線運動し、時刻 0 s に原点 O を通過する。また、原点 O にあった小球Bは、時刻 0 s から等加速度直線運動をはじめ、時刻 10 s のときに x 軸の正の向きに 5.0 m/s の速さであった。

- (1) 時刻 10 s での、A、Bの位置をそれぞれ求めよ。
- (2) BがAに追いつく時刻と、そのときの位置を求めよ。
- (3) 時刻 0 s から 20 s の間で、AとBの間の距離が最も大きくなるのはいつか。
- (4) A、Bの運動を表す $x - t$ グラフをそれぞれ描け。

(練習) x 軸上の原点 O から、時刻 0 s に x 軸の正の向きに初速度の大きさ 0.60 m/s で小球を打ち出したところ、時刻 2.0 s に $x = 0.80\text{ m}$ の位置を x 軸の正の向きに通過した。小球は等加速度直線運動をするものとする。

- (1) 小球の加速度を求めよ。
- (2) 小球が再び $x = 0.80\text{ m}$ の位置を通過する時刻と、そのときの速度を求めよ。
- (3) 小球が再び x 軸上の原点 O を通過する時刻と、その時の速度を求めよ。
- (4) 時刻 0 s から 6.0 s までの $x - t$ グラフを描け。

○自由落下

自由落下 = 初速度 0 で、_____だけを受けて落下する運動

… _____だけを受ける場合、加速度の大きさは

物体の質量によらず _____である。

→ 自由落下は _____運動であると分かる。

重力加速度（重力によって生じる加速度）の大きさは約 9.8 m/s^2 である。

実際の落下運動では、物体によって生じる加速度の大きさが異なる。

その原因は _____の影響である。

※ 「重いものほど速く落下する（大きな加速度で落下する）」という考えが間違いであることは、次のように理解できる。

・実験を通して

・紙と本：別々に落下させたら _____ が、
重ねて落下させたら _____

・真空管の中で落下させたら、軽いものも重いものも _____

・ガリレオは、ピサの斜塔から質量の異なる物体を同時に落下させた（約 400 年前）
… その頃までは、「重いものほど速く落下する」と考えられていたということ

・思考実験を通して

・重いものと軽いものを別々に落下させたとき、重いものの方が速く落下する
（大きな加速度で落下する）とすると、2つを連結させて落下させたらどうなる？

↓

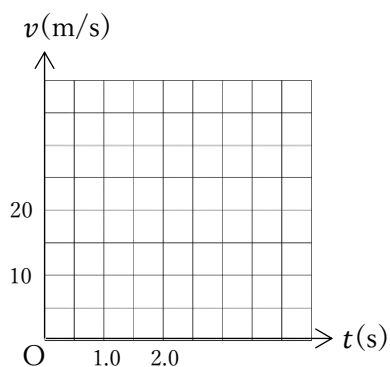
(_____) という矛盾する 2つの結論が得られる

※ 厳密には、地球上の位置によって重力加速度の値はわずかに異なる

… _____ や _____ で最大、 _____ で最小となっている。

_____ が最大

(練習) 時刻 0 s に自由落下をスタートする物体の $v - t$ グラフを描け。



(練習) 時刻 0 に位置 $y = 0$ から自由落下をスタートする物体の、時刻 t における速度 v 、位置 y をそれぞれ式で表せ。ただし、鉛直下向きに y 軸をとる。重力加速度の大きさは g とする。

(練習) 上で求めた 2 式から時刻 t を消去し、速度 v と位置 y の関係を表す式を求めよ。

(練習) 水面より高さ 4.9 m のところから、小石を自由落下させた。小石が水面に達するまでの時間と、水面に達する直前の小石の速さを求めよ。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

○鉛直投げおろし

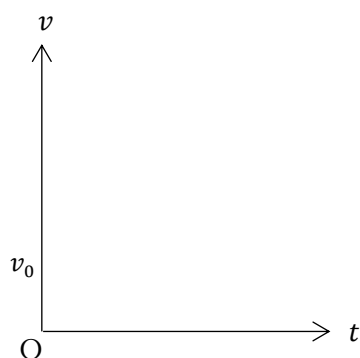
鉛直投げおろし = 鉛直下向きに初速度でスタートする運動

鉛直方向 = 重力がはたらく方向

↑

自由落下と同じく、_____運動である。

(練習) 時刻 0 に大きさ v_0 の初速度で鉛直下向きに投げおろされた物体の $v - t$ グラフを描け。



鉛直下向きを正 (+) の向きとして描け。

↑

鉛直上向きを正の向きとしてもよいが、
初速度の向きを正の向きとして描かれることが多い。

(練習) 時刻 0 に位置 $y = 0$ から大きさ v_0 の初速度で鉛直下向きに投げおろされた物体の、時刻 t における速度 v 、位置 y をそれぞれ式で表せ。ただし、鉛直下向きに y 軸をとり、速度の正の向きも鉛直下向きとする。重力加速度の大きさは g とする。

(練習) 上で求めた 2 式から時刻 t を消去し、速度 v と位置 y の関係を表す式を求めよ。

(練習) 高い橋の上から小石を初速度の大きさ 5.0 m/s で鉛直下向きに投げおろしたところ、 2.0 s 後に水面に達した。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

- (1) 水面に達する直前の小石の速さを求めよ。
- (2) 投げおろした位置の水面からの高さを求めよ。

(練習) 高い橋の上から物体Aを自由落下させ、その 1.0 s 後に同じ位置から物体Bを鉛直下向きに速さ 14.7 m/s で投げおろしたところ、AとBは同時に水面に達した。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

- (1) Bを投げおろしてから水面に達するまでの時間を求めよ。

○鉛直投げ上げ

鉛直投げ上げ = 鉛直上向きの初速度でスタートする運動



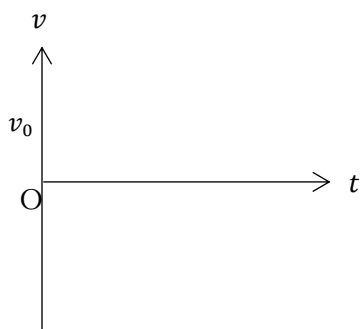
これも、_____運動である。

(練習) 時刻 0 に大きさ v_0 の初速度で鉛直上向きに投げ上げられた物体の $v - t$ グラフを描け。

鉛直上向き (初速度の向き) を正 (+) の向きとして描け。



重力加速度は鉛直下向きであることに注意する。



(練習) 時刻 0 に位置 $y = 0$ から大きさ v_0 の初速度で鉛直上向きに投げ上げられた物体の、時刻 t における速度 v 、位置 y をそれぞれ式で表せ。ただし、鉛直上向きに y 軸をとり、速度の正の向きも鉛直上向きとする。重力加速度の大きさは g とする。

(練習) 上で求めた 2 式から時刻 t を消去し、速度 v と位置 y の関係を表す式を求めよ。

(練習) 時刻 0 s に高さ 14.7 m のビルの屋上から、鉛直上向きに 9.8 m/s の速さで物体を投げ上げた。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

- (1) 物体が最高点に達する時刻を求めよ。
- (2) 物体が初めの高さに戻る時刻を求めよ。
- (3) (2)のときの物体の速度を求めよ。
- (4) 物体が地面に落下する時刻を求めよ。
- (5) (4)のときの物体の速度を求めよ。

(練習) 時刻 0 s に鉛直上向きに 4.9 m/s の速さで物体を投げ上げた。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

- (1) 物体が最高点に達する時刻を求めよ。
- (2) 物体が初めの高さに戻る時刻を求めよ。
- (3) 投げ上げてから 0.30 s 後と同じ高さを物体が通過する時刻を求めよ。

(練習) 時刻 0 に地上から物体 A を大きさ v_0 の初速度で鉛直上向きに投げ上げた。これと同時に、物体 A の真上の高さ h の地点から物体 B を自由落下させた。重力加速度の大きさは g とする。

- (1) A と B が衝突する時刻を求めよ。
- (2) A と B が衝突した点の地面からの高さを求めよ。

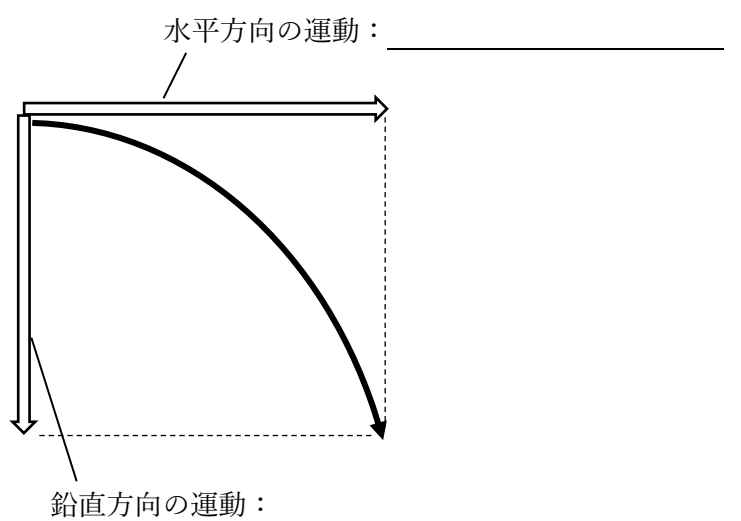
問題に登場する値に単位がついていないときには、
答えに単位をつけない。

○水平投射

水平投射 = 水平向きの初速度でスタートする運動（放物運動：放物線を描く）

… 「水平方向の運動」と「鉛直方向の運動」の組み合わせ

→ 「水平方向の運動」と「鉛直方向の運動」に分けて考えるのがポイント



(練習) 時刻 0 に位置 $(x, y) = (0, 0)$ から大きさ v_0 の初速度で水平に投げ出された物体の、時刻 t における速度の x 成分 v_x と y 成分 v_y 、および位置 (x, y) をそれぞれ式で表せ。ただし、初速度の向きに x 軸をとり、鉛直下向きに y 軸をとる。重力加速度の大きさは g とする。

(練習) 地上からの高さが 19.6 m のところから、水平方向に 14.7 m/s の初速度で小石を投げ出した。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

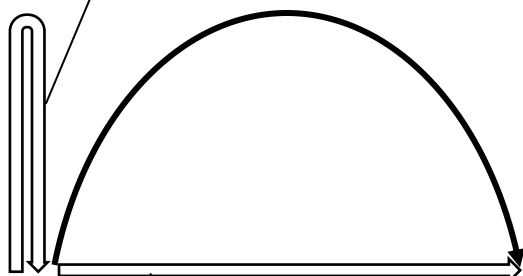
- (1) 小石が地面に達するまでの時間を求めよ。
- (2) 投げ出した点から着地点までの水平距離を求めよ。
- (3) 着地する直前の小石の速さを求めよ。

○斜方投射

斜方投射 = 斜め上向きの初速度でスタートする運動

… 水平投射と同じく「水平方向の運動」と「鉛直方向の運動」の組み合わせなので、この2つに分けて考える

鉛直方向の運動： _____



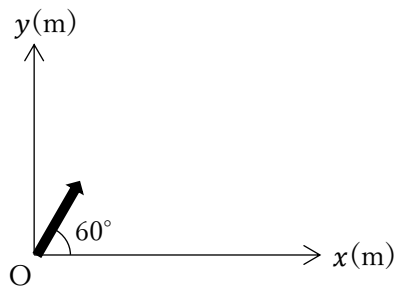
水平方向の運動： _____

(練習) 図のように、仰角 60° の向きに初速度の大きさ 19.6 m/s で小物体を投げ出した。

重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする ($\sqrt{3}=1.7$ として、有効数字 2 桁で答えよ)。

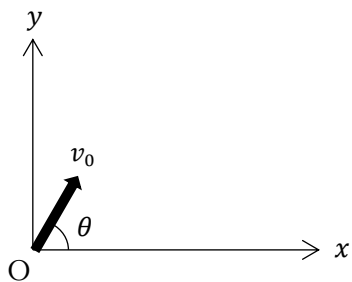
(1) 投げ上げてから 0.50 s 後の小物体の速度の x 成分、 y 成分をそれぞれ求めよ。

(2) 投げだしてから 2.0 s 後の小物体の位置 (x 、 y) を求めよ。



(練習) 図のように、地上の点 O から仰角 θ の向きに初速度の大きさ v_0 で小物体を投げ出した。小物体を投げ出した時刻を 0 、重力加速度の大きさを g とする。

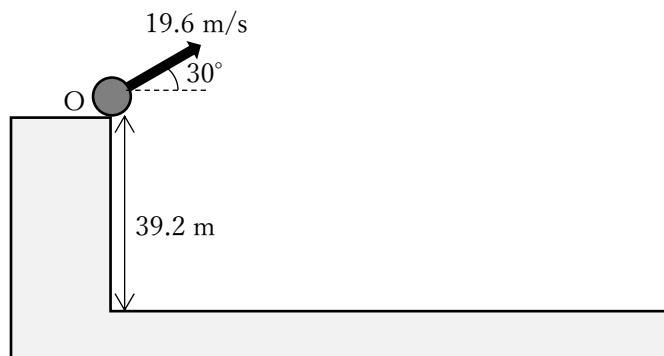
- (1) 小物体が放物運動の最高点に達する時刻と、最高点の高さを求めよ。
- (2) 小物体を投げ出した地点 O から落下点までの水平距離を求めよ。
- (3) 初速度の大きさを一定にして仰角 θ を変えて投げ出したとき、小物体が最も遠くに落下するときの仰角 θ を求めよ。



(練習) 図のように、点 O から仰角 30° 、初速度の大きさ 19.6 m/s で小石を投げた。

重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする ($\sqrt{3}=1.7$ として、有効数字 2 桁で答えよ)。

- (1) 小石が放物運動の最高点に達するのは、小石を投げてから何 s 後か。
- (2) 小石が点 O から 39.2 m 下の地面に着地するのは、小石を投げてから何 s 後か。
- (3) 点 O から小石が着地したところまでの水平距離は何 m か。また、着地する直前の速さは何 m/s か ($\sqrt{3}=1.7$ として、有効数字 2 桁で答えよ)。



(練習) 球1を発射すると同時に、球2が自由落下を始める。球1を球2に命中させるには、球1を図のア～ウのどの向きに発射すればよいか。

