

物理基礎

- 第1章 等加速度運動
- 第2章 落下運動
- 第3章 力
- 第4章 運動方程式
- 第5章 エネルギー
- 第6章 波
- 第7章 電子・原子

ver 1.0

物理基礎 0時間目

1.物理の勉強法について

物理と聞くと難しいものと思う人もいますが、そんなことはありません。あきらめずにこつこつ繰り返し取り組めば、誰でも理解することができます。分からなかったことも、繰り返し勉強をしているうちに“ふっと分かる”瞬間がやってきます。

ポイントは

①このテキストを繰り返し見る。

②プリントで問題を解く。

③教科書を見ない。

です。分からないことがあると教科書を見たくになりますが、教科書の文章は初めて物理を学ぶ人には難しいので、初めのうちは教科書を見ないことをおすすめします。

2.電卓について

計算は電卓を使っても構いません。授業中も試験のときも電卓を使うことができます。できれば√の計算のできるものを用意しましょう。

3.分数が理解できていますか？

$$\frac{1}{2} \text{ は } 1 \div 2 = 0.5$$

$$\frac{3}{4} \text{ は } 3 \div 4 = 0.75 \text{ です。}$$

電卓で確認をしてみよう。

4. 「乗除優先」覚えていますか？

計算の順番を表す言葉です。

計算の順番は、

- ①最初に「2乗や3乗を計算」し、
- ②次に「かけ算・割り算」。
- ③最後に「足し算・引き算」を行います。

例 $3 + 4 \times 5^2 = 3 + 4 \times 25$ (2乗優先)
 $= 3 + 100$ (かけ算優先)
 $= 103$ (最後に足し算)

5. プリントについて

プリントおもて面は“全員が必ず解答”すること。

裏面の「おかわり問題」は、自分の進路に物理が必要な人、もっと頑張ってみたい人、よく眠れない人用です。でも、できるだけチャレンジしてください。

6. ノートについて

ノートをとるときは、常に新しいページの一番上の行から書き始めること。画面1枚をできるだけノート1ページに収め、ページをめくらなくても全体が見渡せるようにしよう。「まえがき」と「あとがき」は写す必要はありません。

この画面は、ひと画面がノート1ページになるように、23文字×30行で制作しています。スクリーンショットも撮っておきましょう。

7. このテキストはスマホの画面に最適化するために、縦横の比率が16：9になっています。

物理基礎 1 時間目

1. 平均の速さ・速さ・速度

① 平均の速さ

その途中の経過にかかわらず、移動した距離とそれに要した時間によって決まる量。

② 速さ（瞬間の速さ）

その一瞬一瞬における速さ。

③ 速度

速度 = 速さ + 方向

2. 等速度運動（等速直線運動）

一定の速さで一定の方向へ進む運動

3. 等速度運動における速さ v [m/s] と時間 t [s] と距離 s [m] の関係

日本語で書くと → 記号で書くと

$$\text{速さ} = \frac{\text{距離}}{\text{時間}} \rightarrow \boxed{v = \frac{s}{t}}$$

$$\text{距離} = \text{速さ} \times \text{時間} \rightarrow \boxed{s = v t}$$

$$\text{時間} = \frac{\text{距離}}{\text{速度}} \rightarrow \boxed{t = \frac{s}{v}}$$

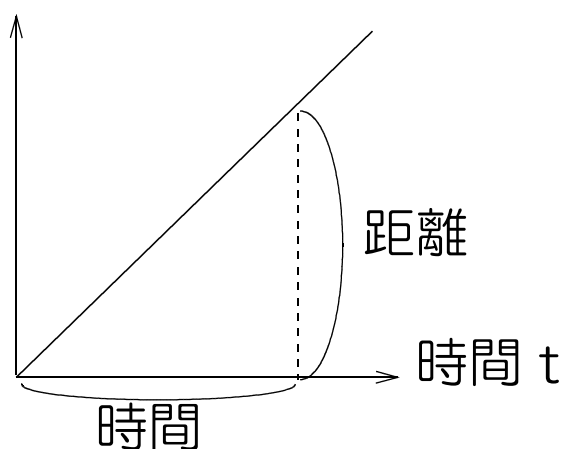
記号と単位

v : 速度 [m/s] s : 距離 [m] t 時間 [s]

4.等速度運動とそのグラフ

① s - t グラフ

距離 s と時間 t の関係を表すグラフのこと
距離 s



グラフの傾きを求めると、傾き = 縦 ÷ 横 = 距離 ÷ 時間 となりますが、距離 ÷ 時間 = 速度 v なので、

s - t グラフの特徴

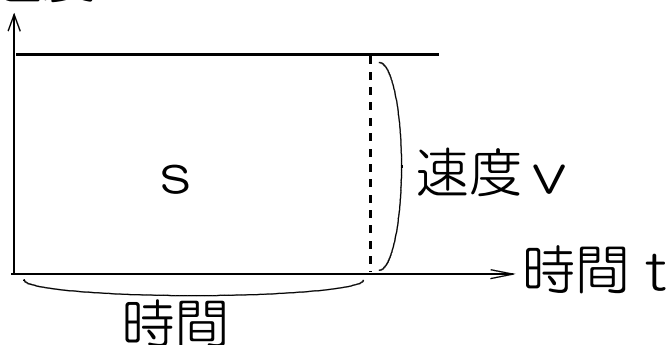
s - t グラフにおいて傾きは速度 v を表す。

傾き 大 → 速い

小 → 遅い

② v - t グラフ

速度 v と時間 t の関係を表すグラフのこと
速度 v



グラフの面積 s を求めると、面積 = 縦 × 横 = 速度 × 時間 となるが、速度 × 時間 = 距離 なので、

v - t グラフの特徴①

v - t グラフにおいて面積は距離を表す。

●あとながき（ノートに写さなくても良い）

グラフのお約束について

$v-t$ （読み方は“ブイティー”。真ん中の横棒は読まない）グラフといった場合、 v が速度、 t が時間なので、速度 v と時間 t の関係を表すグラフということになります。また、初めの記号が縦軸、次が横軸というグラフのお約束があるので、 $v-t$ グラフは縦軸が速度 v 、横軸が時間 t になります。

内容が理解出来たら、プリント「等速度運動(等速直線運動)」に挑戦しよう。問題文の最後の()の中は答えです。自分の解答があっているかどうか確認しながら先に進もう。

※重要 プリントの解答の書き方

1. 公式を書く。
2. 公式に値を代入する。
※時間は秒、距離はメートルに直して代入する。
3. 途中計算を書く。
4. 答えを最後に書く。
5. 答えに単位をつける。

例 速度 3 [m/s] で運動する物体が、2分間に進む距離はいくらか。

$s = v t$ より（最初に公式）

（2分は 2×60 秒なので t に 2×60 を代入）

$s = 3 \times (2 \times 60)$ （代入と途中計算）

$= 360 \text{ [m]}$ （答えと単位）

面倒くさいけど、途中を省略せずに丁寧に書こう。これが物理が得意になる近道です。

物理基礎 2時間目

1. 加速度 a [m/s^2]

「加速度とは、**速度の変化する割合**」のこと
→ 1秒たったら速度がどのくらい変化するかを表す量

例1 はじめ 3 [m/s] だった物体の速さが、1秒ごとに 2 [m/s] ずつ速くなる場合。これを表とグラフにすると以下のようになる。

時間 t [s]	0	1	2	3	4	...
速度 v [m/s]	3	5	7	9	11	...
速度の変化		+2	+2	+2	+2	...

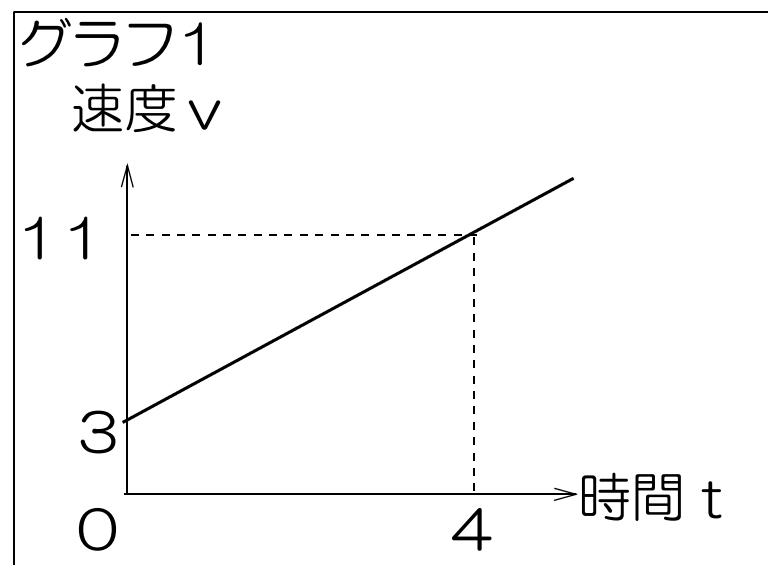


表1とグラフ1より

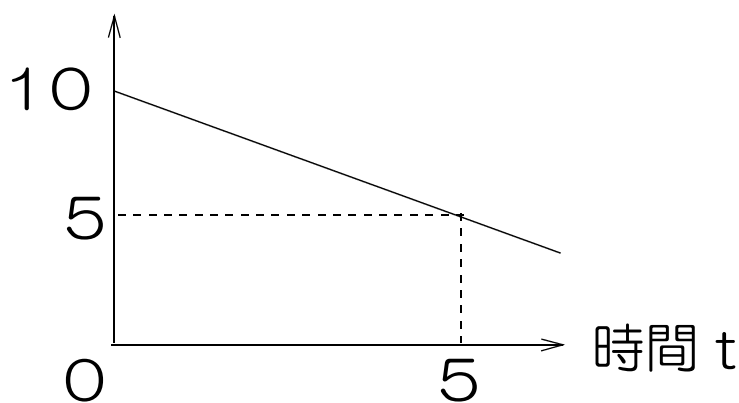
「1秒ごとに速度が 2 [m/s] ずつ増えた。」

→ **加速度 $a = 2$ [m/s^2]**

例2 はじめ10[m/s]だった物体の速さが、
1秒ごとに1[m/s]ずつ遅くなる場合。

時間 t [s]	0	1	2	3	4	5
速度 v [m/s]	10	9	8	7	6	5
速度の変化		-1	-1	-1	-1	-1

グラフ2
速度 v



「1秒ごとに速度が1[m/s]ずつ減った。」

→ **加速度 $a = -1$ [m/s²]**

2. 初速度 v_0 [m/s] (記号の読み方は「**ブイゼロ**」)
時間 $t = 0$ における速度を特に「初速度 v_0 」と呼ぶ。
例2の場合、初速度 $v_0 = 10$ [m/s]。

●あとかき

何となく「加速度」のイメージがつかめましたか？
加速度を理解できるかどうか、物理の第一関門です。

では、プリント「加速度」をやってみよう。

物理基礎 3時間目

1. 等加速度直線運動

加速度の値が常に一定で一直線上を移動する物体の運動のこと。

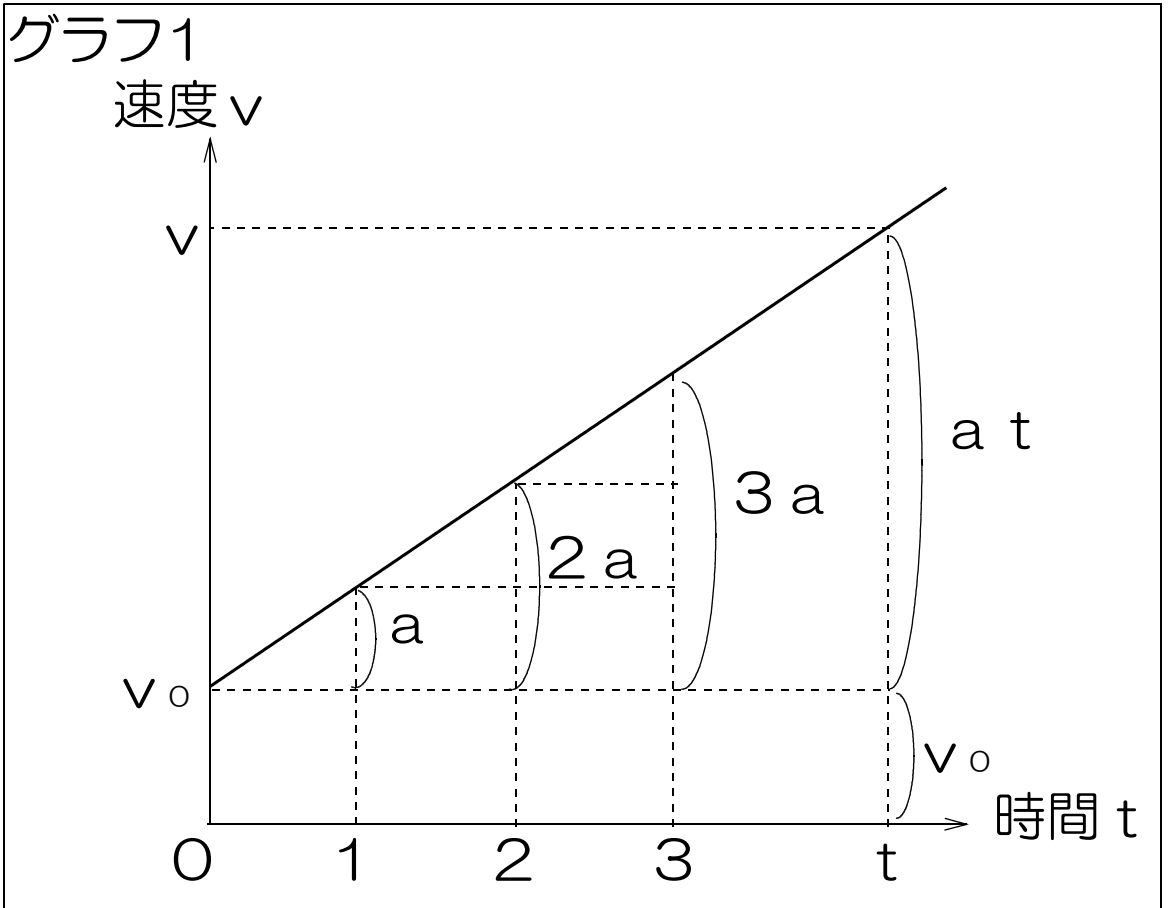
2. 等加速度直線運動における時間 t と速度 v の関係

初速度 v_0 [m/s], 加速度 a [m/s²] で運動する物体の t 秒後の速度を v [m/s] とする。これを表にすると、次のようになる。

時間 t [s]	0	1	2	3	...
速度 v [m/s]	v_0	$v_0 + a$	$v_0 + 2a$	$v_0 + 3a$...
速度の変化		$+a$	$+a$	$+a$...

表 1 を見ると、1 秒ごとに速度が a ずつ増えていることがわかります。前回の授業を思い出すと、加速度の値が a であることがわかります。

これをグラフにすると、次のようになる。



表とグラフから、はじめの速度は v_0 で、1秒ごとに速度が a ずつ増えていくことが分かる。よって t 秒後の速度 v を v_0 と a と t をつかって表すと、次のようになる。

時間と速度の関係を表す式

記号

$$v = v_0 + at$$

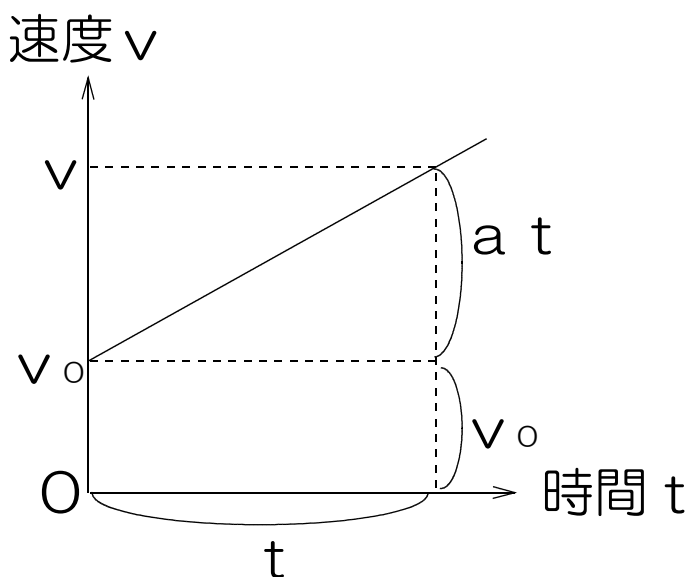
v : 速度 [m/s]

v_0 : 初速度 [m/s]

a : 加速度 [m/s²]

t : 時間 [s]

3. v - t グラフの特徴②



$$\text{グラフの傾き} = \frac{\text{高さ}}{\text{底辺}} = \frac{a t}{t} = a$$

よって

v - t グラフの特徴②

v - t グラフにおいて傾きは加速度 a を表す。

●あとかき

公式は丸暗記するのではなく、それがもともとなった図を思い浮かべ、公式がどのようにしてできたかを思い出せるようにしよう。

単位について

“/” は \div と同じで、 $1 / 2 = 1 \div 2$ を表します。速度は距離 \div 時間なので、速度の単位は、距離の単位 $[m]$ を時間の単位 $[s]$ で割った $[m/s]$ になります。このように単位は計算式と密接な関係があります。

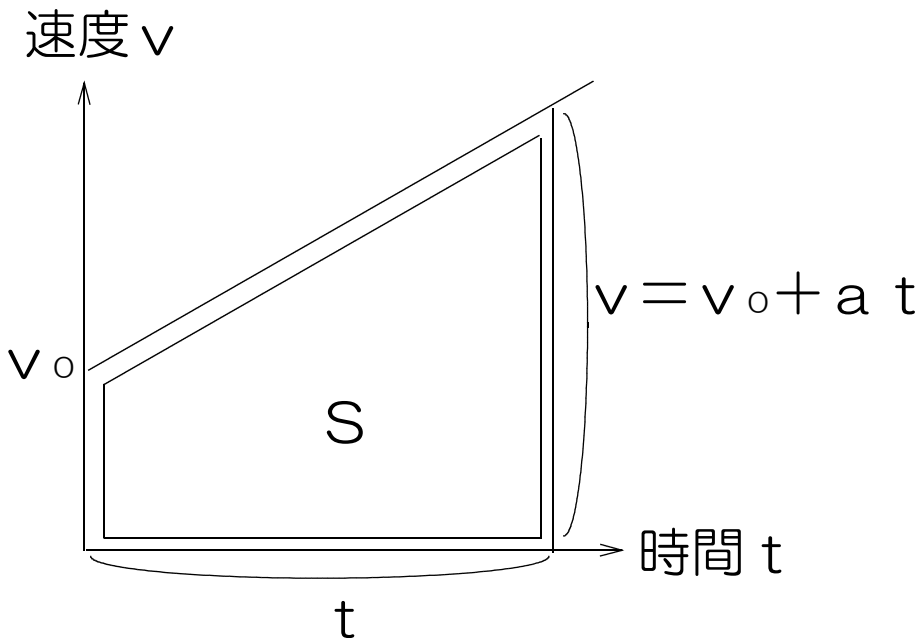
では、プリント「等加速度直線運動における時間 t と速度 v の関係」をやってみよう。

物理基礎 4時間目

1. 等加速度直線運動における時間 t と距離 s の関係
初速度 v_0 [m/s]，加速度 a [m/s²] で運動する物体の移動距離 s [m] について考える。

「 v - t グラフにおいて面積は距離 s を表す」(1時間目参照) ので、この物体の移動距離 s を知るためには、下の図1の面積 S を求めればよい。

図1



このまま台形の面積を求めてもよいが、 v_0 を境目にして上下2つに分けると図2のようになる。



図2

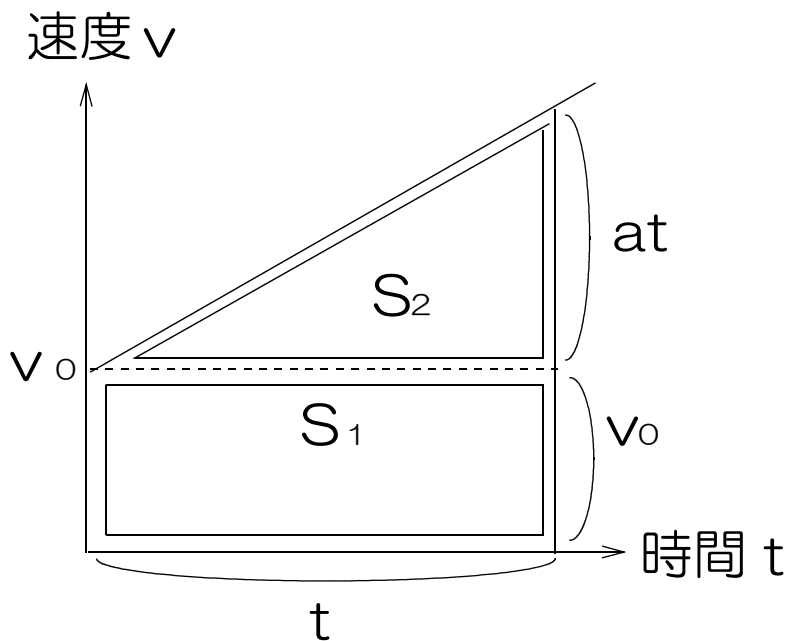


図2より、 $s = s_1 + s_2$
 $= v_0 \times t + at \times t \div 2$
 $= v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$

時間 t と距離 s の関係を表す式

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

s : 距離[m]
 v_0 : 初速度[m/s]
 a : 加速度[m/s²]
 t : 時間[s]

●あとながき

今回は時間とともに速度の変化する物体が進む距離について考えてみました。公式を丸暗記するのではなく、図2を理解しましょう。そうすれば自然と「時間と速度の関係」と「時間と距離の関係」の式が思いつくはずです。

計算の順番に注意！（0時間目の繰り返し）

計算は、2乗が最優先、掛け算・割り算を先に行い、足し算・引き算はその次に行う「乗除優先」でしたね。今回も公式を使って計算をするときは、まず t の2乗を計算し、次に $v_0 t$ と $\frac{1}{2} a t^2$ を計算し、その2つの答えを最後に足し合わせることになります。計算の順番に気をつけよう。

例 初速度 $v_0 = 4$ [m/s]、加速度 $a = 3$ [m/s²]で運動する物体が、5秒間に進む距離 s はいくらか。

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad \text{より（最初に公式）}$$

$$s = 4 \times 5 + \frac{1}{2} \times 3 \times 5^2 \quad \text{（公式に値を代入）}$$

$$= 20 + \frac{1}{2} \times 3 \times 25 \quad \text{（2乗が最優先）}$$

$$= 20 + 37.5 \quad \text{（かけ算優先）}$$

$$= 57.5 \quad \text{（最後に足し算）}$$

$$= 57.5 \text{ [m]} \quad \text{（答えと単位）}$$

では、プリント「等加速度直線運動における時間 t と距離 s の関係」をやってみよう。

物理基礎 5時間目

1.等加速度直線運動における速度 v と距離 s の関係

$$v = v_0 + a t \cdots \textcircled{1} \text{時間 } t \text{ と速度 } v \text{ の関係}$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \cdots \textcircled{2} \text{時間 } t \text{ と距離 } s \text{ の関係}$$

前に出てきた2つの式から3つ目の式を導く

①より

$$v - v_0 = a t$$

$$t = \frac{v - v_0}{a} \cdots \textcircled{3}$$

③を②に代入

$$s = v_0 \times \left(\frac{v - v_0}{a} \right) + \frac{1}{2} a \left(\frac{v - v_0}{a} \right)^2$$

$$s = \frac{v v_0 - v_0^2}{a} + \frac{a}{2} \frac{v^2 - 2 v v_0 + v_0^2}{a^2}$$

足し算をするために分母を $2a$ で通分。

$$s = \frac{\cancel{2} v v_0 - \cancel{2} v_0^2}{2a} + \frac{v^2 - \cancel{2} v v_0 + v_0^2}{2a}$$

$2 v v_0$ が消える。 v_0^2 をまとめると。

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

分母の $2a$ を左辺に移項。

$$2 a s = v^2 - v_0^2$$

右辺と左辺を入れ替える。

速度 v と距離 s の関係を表す式

$$v^2 - v_0^2 = 2as$$

v : 速度[m/s]
 v_0 : 初速度[m/s]
 a : 加速度[m/s²]
 s : 距離[m]

●あとかき

等加速度運動における速度と距離の関係の式は、2つの公式から導かれました。自分自身で式の変形を確認し、一度「納得」してください。ただし、その途中経過を覚える必要はありません。

移項ができますか？

移項はとても大事なので復習をしておこう。

$a = b + c$ のとき、

c を移項すると $a - c = b$ から $b = a - c$

b を移項すると $a - b = c$ から $c = a - b$

となります。

悩む人が多いのは、次の場合です。

$a = \frac{b}{c}$ のとき、 $ac = b$ そして $c = \frac{b}{a}$

と移項できますか？

では、プリント「等加速度運動における距離 s と速度 v の関係」をやってみよう。

物理基礎 6時間目

1.等加速度直線運動まとめ

- ① $v = v_0 + a t$ …時間 t と速度 v の関係
- ② $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ …時間 t と距離 s の関係
- ③ $v^2 - v_0^2 = 2 a s$ …速度 v と距離 s の関係

記号（記号は主役と脇役に分けます）

主役

v : 速度[m/s]
 s : 距離[m]
 t : 時間[s]

脇役

v_0 : 初速度[m/s]
 a : 加速度[m/s²]

2.問題を解くときの公式の選び方（超重要）

- ①問題文の中から“主役を2人”を見つける。
- ②脇役は無視する。

例：初速度9[m/s]で運動する物体の4[s]後の
初速度→脇役 時間→主役
速度は1[m/s]であった。この物体の加速度
速度→主役 加速度→脇役
aはいくらか。

この例題では、問題文の中に、3人の主役のうち2人の主役、「時間」と「速度」がいるので、この2人の関係を表す式「①時間と速度の関係の式」を使って問題を解く。

●あしがき

解答の書き方について（0時間目の繰り返し）

面倒くさいけど、公式・公式に値を代入したもの・途中計算・答え・単位の5つを必ず書くこと。

例題の解答例

$$v = v_0 + a t \text{ より（最初に公式）}$$

$$1 = 9 + a \times 4 \text{（公式に値を代入したもの）}$$

$$1 - 9 = 4 a \text{（途中計算）}$$

$$-8 = 4 a \text{（途中計算）}$$

$$-\frac{8}{4} = a \text{（途中計算）}$$

$$a = -2 \text{ [m/s}^2\text{]（答えと単位）}$$

今回は「等加速度直線運動」のまとめです。

小学校でも時間と距離と速さの関係について勉強したと思いますが、高校でも同様に、時間と距離と速度の関係を中心に式にしています。

主人公が3人いるので、それぞれお互いの関係（ t と v 、 t と s 、 v と s ）についてひとつずつ式がつかられ、合計3つの式が登場することとなりました。

ここまでで時間とともに速度の変化する物体の基本的なお話は終わりです。全体を通して見直を試みてください。

では、プリント「等加速度運動 練習問題」と「等加速度運動 練習問題2」をやってみよう。

●落下運動 まえがき

ここからは、等加速度直線運動の話をもとにして落下運動の話をしていきます。等加速度直線運動の理解のできていない人は、まず復習をしましょう。

1.落下運動とは、空中に投げられた物体の運動のことで、自由落下、鉛直投射、水平投射、斜方投射の4つがあります。それらに共通していることは、

- ①これらは「真空中」でのお話であり、空気中では空気が邪魔をするので、結果が少し異なる。
- ②物体に働く力は重力のみであり、
- ③上向きに動くときは徐々に遅くなり、
- ④下向きに動くときは徐々に速くなる。

ということですが、③④は経験的に理解のできることだと思えます。

今までは、横方向に動く物体の等加速度直線運動のみを考えてきましたが、縦方向に動く物体の運動であっても、徐々にその速度が変化するのであれば等加速度運動であるということができるので、今後はこの考え方にもとづいて話を進めていきます。

2.「自由落下」とは、物体を手を持ち、空中で手を離れた時の物体の運動のことです。ここで注意しなければならないのは、手を離すのであって、投げることはしません。よって物体の初速度 v_0 は 0 [m/s] となります。物体に働く力は重力のみで、物体が落下するときの加速度の値は物体の種類や重さにかかわらず常に 9.8 [m/s²] であり、変化することはありません。よって、この特別な加速度の値のことを重力加速度と呼び、記号 g で表します。

3. 「鉛直投射」とは、初速度 v_0 で真上に向かって投げられた物体の運動のことです。物体に働く力は重力のみであり、上昇しているとき物体の速さは徐々に遅くなるので加速度が負の値の等加速度直線運動とすることができます。このときの加速度の値は $-9.8 [m/s^2] = -g$ ということになります。

4. 「水平投射」とは、真横に向かって初速度 v_0 で投げられた物体の運動のことです。真横に向かって投げられた物体に働く力は重力のみなので、横方向の速度は変化せず、下向きに徐々に速くなるので、横方向の動き方と縦方向の動き方を分けて考えると、

横方向は速度が変化しないので「等速度運動」、
縦方向は徐々に速度が増すので、「等加速度運動」と考えることができます。

5. 「斜方投射」とは、初速度 v_0 で斜め上方に向かって水平面からの角度 θ で投げられた物体の運動のことです。我々が日常の中で物を投げる場合は、これに当てはまります。

このとき物体に働く力は重力のみなので、横方向の速度は変化せず、縦方向の速さのみが変化します。よって、横方向の動き方と縦方向の動き方を分けて考えると、

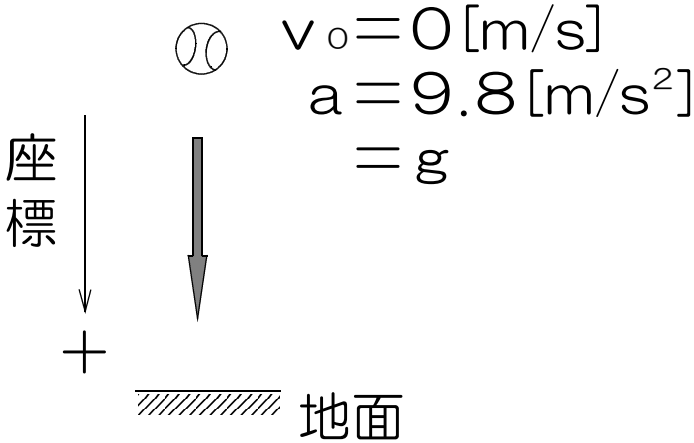
横方向は速度が変化しないので、「等速度運動」、
縦方向は「鉛直投射」と同じ動き方となります。

では、これらを頭に入れて、次の章へ進みましょう。

物理基礎 7時間目

1.自由落下

図



物体が静止の状態($v_0 = 0 \text{ [m/s]}$)から、重力のみによって落下する運動のこと

これを今までの言い方で表すと、

自由落下とは
初速度 0 [m/s]
加速度 $a = 9.8 \text{ [m/s}^2\text{]} = g$ の
等加速度直線運動のことである。

となる

2.自由落下の公式

自由落下の特徴(初速度 0 ， 加速度 $9.8 = g$)を、
等加速度直線運動の基本公式に代入すると、自由落下の公式が得られる。

等加速度直線運動の基本公式

自由落下の特徴

$$\left(\begin{array}{l} \textcircled{1} v = v_0 + a t \\ \textcircled{2} s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \\ \textcircled{3} v^2 - v_0^2 = 2 a s \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{代入} \\ \leftarrow \end{array} \left(\begin{array}{l} v_0 = 0 [\text{m/s}] \\ a = g [\text{m/s}^2] \end{array} \right.$$



自由落下の公式

- ① $v = g t$ …時間 t と速度 v の関係
- ② $s = \frac{1}{2} g t^2$ …時間 t と距離 s の関係
- ③ $v^2 = 2 g s$ …距離 s と速度 v の関係

記号

v : 速度 [m/s]

g : 重力加速度

s : 距離 [m]

$g = 9.8$ [m/s²]

t : 時間 [s]

●あとかき

公式の選び方は、等加速度直線運動と同じです。問題文の中から主人公(速度 v 、距離 s 、時間 t)の中から二人を見つけよう。また、乗除優先も忘れずに。

では、プリント「自由落下1」と「自由落下2」をやってみよう。

※ここで距離 s が表すのは、出発点からの落下距離です。また、ほかの本では s の代わりに y を使っている場合があります。使う記号は本により少しずつ異なります。

●鉛直投射 まえがき

1.座標の取り方について

物理では、座標の正の向きを決めるとき、初めに物体が動いているときは、その向き、初めに物体が止まっているときは、物体が動き出す方向をプラスの向きとします。鉛直投射の場合は、物体は始めに上向きに進むので、上向きを座標のプラスの向きとします。そして物体の速度は徐々に遅くなるので、加速度の値はマイナスということになります。

2.速度の符号(+-)と物体の動く向きについて

いま、座標の正(プラス)の向きを右向きとします。

①物体の速度の符号がプラスのとき、
物体は右向きに進みます。

②物体の速度の符号がマイナスのとき、
物体は左向きに進みます。

速度の符号は物体の進む向きを表すことを覚えておきましょう

3.最高点について

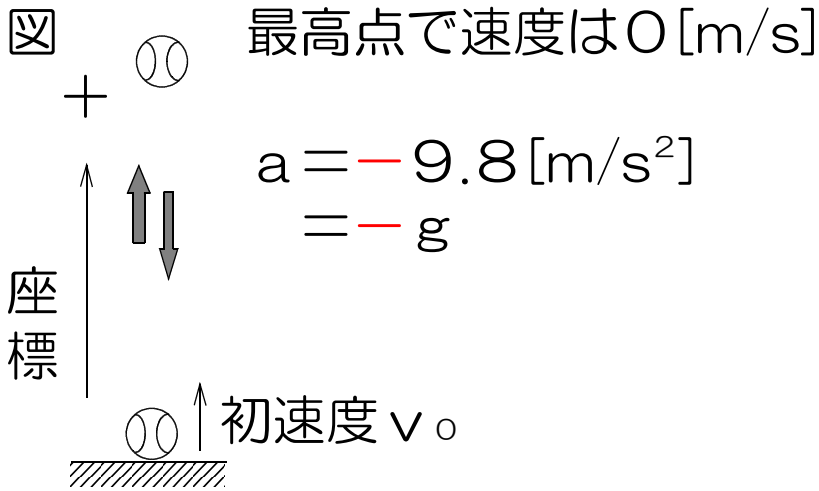
物体を真上に向かって投げると最高点に達した後に出発点に戻ってきます。

このとき加速度がマイナスなので、物体が上昇していくときに速度は徐々に遅くなり、やがて速度が0になる瞬間がやってきます。その後、速度はマイナスになり、物体は下向きに動いていくので、「**物体の速度が0になった瞬間、その物体は最高点にある**」ということが分かりますか？

言い換えると、**最高点で物体の速度は0 [m/s]**ということになります。

物理基礎 8時間目

1.鉛直投射（投げ上げ）



鉛直投射とは

初速度 v_0 で、真上に向かって
投げられた物体の運動のこと。

これを今までの言い方で表すと、

鉛直投射とは、
初速度 $v_0 [\text{m/s}]$
加速度 $a = -9.8 [\text{m/s}^2] = -g$ の
等加速度直線運動のことである。

となる。

2.鉛直投射の公式

今回も自由落下のときと同様に、等加速度直線運動の基本公式に鉛直投射の特徴を代入して鉛直投射の公式を導く。

等加速度直線運動の基本公式

$$\left(\begin{array}{l} \textcircled{1} v = v_0 + a t \\ \textcircled{2} s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \\ \textcircled{3} v^2 - v_0^2 = 2 a s \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{代入} \\ \leftarrow \end{array}$$

鉛直投射の特徴

$$a = -g \text{ [m/s}^2\text{]}$$



鉛直投射の公式

$$\textcircled{1} v = v_0 - g t \dots \text{時間 } t \text{ と速度 } v \text{ の関係}$$

$$\textcircled{2} s = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \dots \text{時間 } t \text{ と距離 } s \text{ の関係}$$

$$\textcircled{3} v^2 - v_0^2 = -2 g s \dots \text{距離 } s \text{ と速度 } v \text{ の関係}$$

記号

v : 速度[m/s]

v_0 : 初速度[m/s]

s : 距離[m]

g : 重力加速度

t : 時間[s]

$$g = 9.8 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

●あとなぎ

公式③の $-2 g s$ の“ $-$ ”をよく忘れるので気をつけてください。

g はいつでも9.8。 $-g$ は -9.8 です。

では、プリント「鉛直投射1」と「鉛直投射2」をやってみよう。

●水平投射 まえがき

今回は、水平方向に投げられた物体の運動について考えます。前回までは一直線上を移動する物体の話をしてきましたが、今回は縦にも横にも移動します。

水平投射は物体を真横に向かって投げるので、水平方向の初速度はありますが、縦方向の初速度は0です。また、物体に働く力は下向きに重力のみで、横方向には働きません。

ここで、縦方向と横方向の動き方を分けて考えてみます。まず縦方向は、落下すると徐々に速さが速くなるので、等加速度運動ということになりますが、その加速度の値は $9.8 [m/s^2]$ です。また、初速度が $0 [m/s]$ であることから、自由落下と同じということになります。

そして、横方向には力が働かないため、速さは変化しません。つまり、横方向は等速度運動をすることになります。以上の話をまとめると

- ①物体の動きを縦方向と横方向に分けて考える。
- ②縦方向の動き方は、自由落下と同じ。
- ③横方向の動き方は、等速度運動と同じ。

ということになります。

力と速度の関係

物体に力が働くと速度が変化します。ということは、力が働かなければ速度は変化しないことになります。

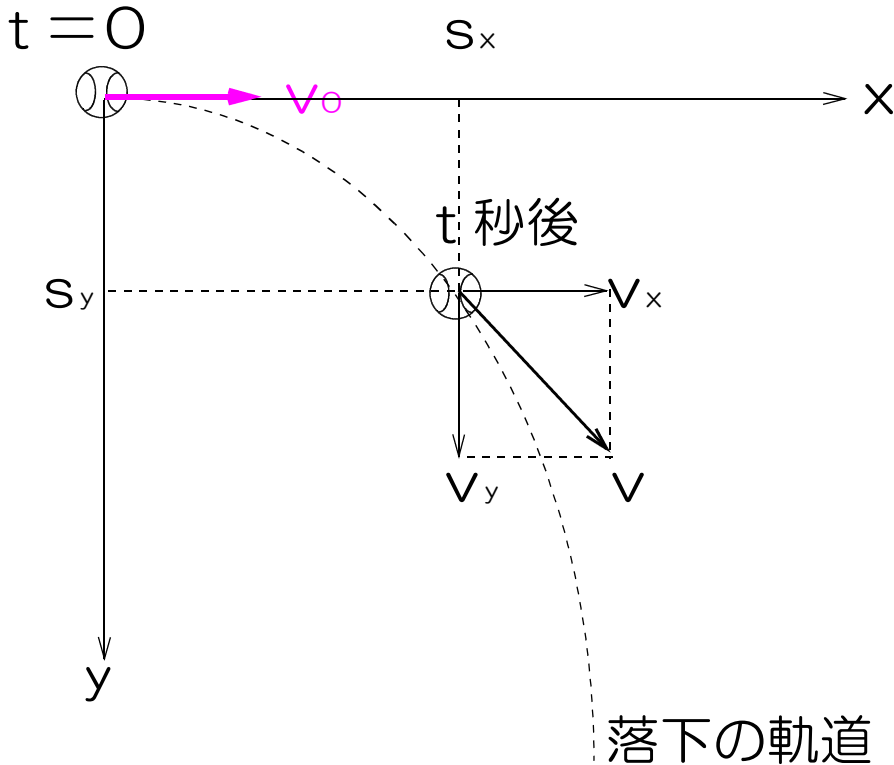
以上を頭に入れて、話を進めましょう。

言葉：「鉛直(えんちよく)」＝「縦」と思って今後このテキストを読んでください。

物理基礎 9時間目

1. 水平投射

初速度 v_0 で、真横に向かって投げられた物体の運動のこと。



ポイント

物体の運動を水平方向と、鉛直方向の2つに分けて考える。

水平投射された物体は、

- ① 水平方向には等速度運動をする。
- ② 鉛直方向には自由落下をする。

2. 水平方向の運動(動き方)について

物体に水平方向の力は働かない。

→ 水平方向の速度は v_0 のまま変化しない。

→ 物体は「等速運動」をする。

よって、等速度運動の公式の v を v_x に、 s を s_x に置き換えると水平投射の公式が出来上がる。

水平投射の公式（水平方向）

$v_x = v_0$ …時間 t と速度 v_x の関係を表す式

$s_x = v_0 t$ …時間 t と距離 s_x の関係を表す式

記号（横方向の公式には記号の右下に x をつけて
縦方向と区別する）

v_x : 横方向の速度[m/s]

s_x : 横方向の距離[m]

t : 時間[s]

3.鉛直方向の運動(動き方)について

物体の鉛直方向の初速度は 0 [m/s]。

重力のみによって運動するので、

物体は自由落下と同じ動き方をするので、

自由落下の公式

$$v = g t \quad s = \frac{1}{2} g t^2 \quad v^2 = 2 g s$$

の v を v_y に、 s を s_y に置き換えて

水平投射の公式（鉛直方向）

① $v_y = g t$ …時間 t と速度 v_y の関係

② $s_y = \frac{1}{2} g t^2$ …時間 t と距離 s_y の関係

③ $v_y^2 = 2 g s$ …速度 v_y と距離 s_y の関係

記号（縦方向の公式には記号の右下に y をつけて
横方向と区別する）

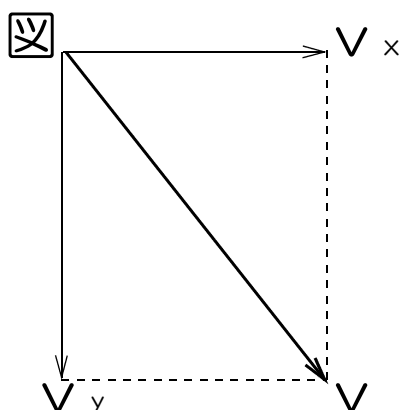
v_y : 縦方向の速度[m/s]

s_y : 縦方向の(落下)距離[m]

g : 重力加速度[m/s²]

t : 時間[s]

4. 「実際の速さ v [m/s]」 (物体の斜め方向の速さ)
図より、 v の大きさを三平方の定理より求める。



三平方の定理

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 \text{ に}$$

$$\left(\begin{array}{l} v_x = v_0 \\ v_y = g t \end{array} \right.$$

$$\text{を代入すると}$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}$$

記号

v_0 : 初速度[m/s] (水平方向の)

g : 重力加速度 $g = 9.8$ [m/s²]

t : 時間[s]

●あとかき

水平投射は、縦方向は自由落下、横方向は等速度運動という点を理解できましたか?物理では、斜めが出てくると、それを縦と横に分けて考えていきます。

では、プリント「水平投射1」と「水平投射2」をやってみよう。

●斜方投射 まえがき

物を投げるときは、斜め上向きに投げることが多いと思いますが、これが斜方投射です。水平投射と同様に、縦にも横にも動くので、**縦の動き方と横の動き方を分けて考えて**いきます。

物体に働く力は重力のみで、横方向には力は働かないので、**横方向の速度は変化しません**。また、**縦方向の加速度は $-9.8 \text{ [m/s}^2\text{]}$** で、物体は鉛直投射と同じ動き方をします。つまり、この縦の動き方と横方向の動き方を組み合わせたものが、斜方投射ということになります。

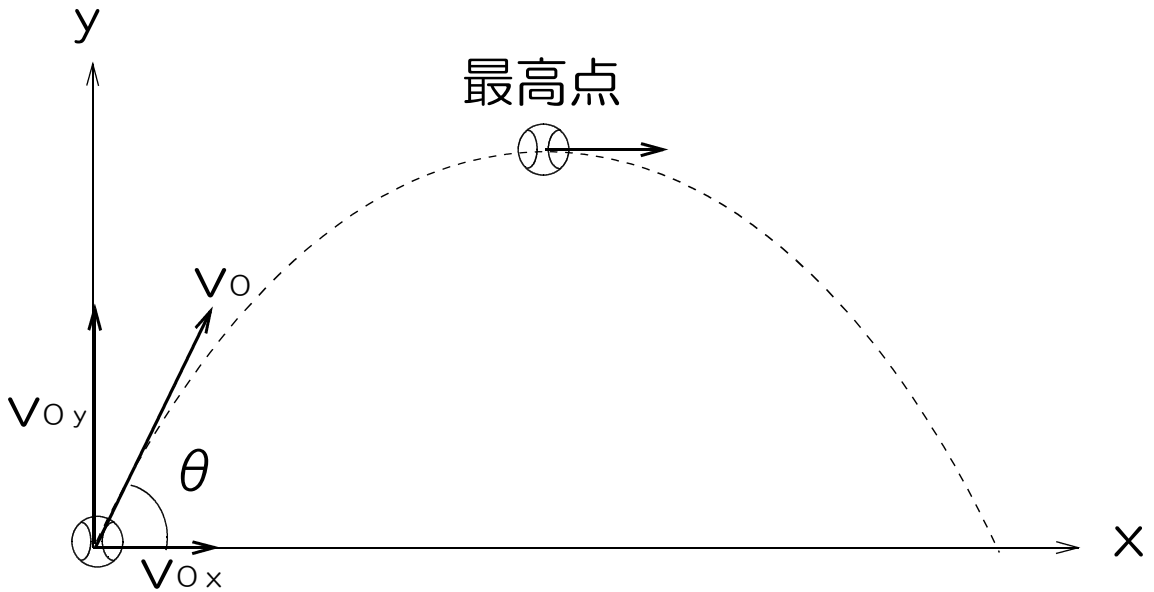
では、落下運動のラスボス、斜方投射に挑もう。

※斜方投射は、1年生と2年生はパスして良い。

物理基礎 10時間目

1. 斜方投射

斜め上方に向かって投げられた物体の運動のこと。

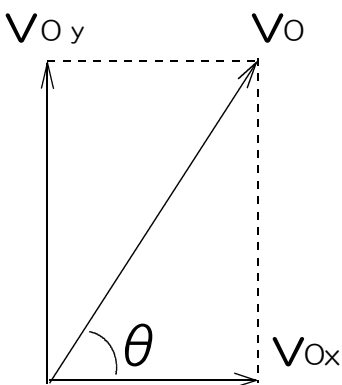


ポイント

- ① 物体に働く力は重力のみ。
- ② 縦と横の動き方を分けて考える。
- ③ 物体は横方向には等速度運動をする。
- ④ 物体は縦方向には鉛直投射と同じ動き方をする

2. 初速度 v_0 について

物体を斜め上向きに投げるので、初速度 v_0 の向きも斜めである。よって、初速度 v_0 も縦と横に分けて考える。



v_0 : 初速度

v_{0y} : 初速度の縦の大きさ

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

v_{0x} : 初速度の横の大きさ

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta$$

3. 水平方向の運動(動き方)について

物体には水平方向には力が働かない。よって物体の速度は変化しないので、物体は等速度運動をする。

等速度運動の公式の v を v_x に、 s を s_x に、 v_0 を $v_0 \cos \theta$ に置き換えると斜方投射の公式(水平方向)が出来上がる。

斜方投射の公式 (水平方向)

$$v_x = v_0 \cos \theta \quad \cdots \text{時間 } t \text{ と速度 } v_x \text{ の関係}$$

$$s_x = v_0 \cos \theta t \quad \cdots \text{時間 } t \text{ と距離 } s_x \text{ の関係}$$

記号 (横方向の公式には記号の右下に x をつけて縦方向と区別する)

v_x : 横方向の速度[m/s]

s_x : 横方向の距離[m]

t : 時間[s]

4. 鉛直方向の運動(動き方)について

物体に働く力は重力のみなので、物体は初速度 v_{0y} , 加速度 -9.8 の鉛直投射と同じ動き方をする。

斜方投射の公式 (鉛直方向)

鉛直投射の公式の v を v_y に、 s を s_y に、 v_0 を $v_0 \sin \theta$ に置き換えると、斜方投射の鉛直方向の公式が出来上がる。

斜方投射の公式 (鉛直方向)

$$\textcircled{1} v_y = v_0 \sin \theta - g t \quad \cdots \text{時間と速度の関係}$$

$$\textcircled{2} s_y = v_0 \sin \theta t - \frac{1}{2} g t^2 \quad \cdots \text{時間と距離の関係}$$

$$\textcircled{3} v_y^2 - v_{0y}^2 = -2 g s_y \quad \cdots \text{距離と速度の関係}$$

記号（縦方向の公式には記号の右下に y をつけて横方向と区別する）

v_y : 速度[m/s]

v_0 : 初速度[m/s]

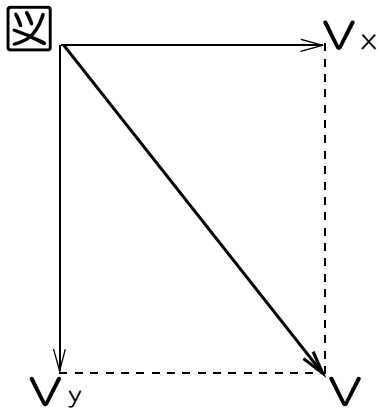
s_y : 距離[m]

g : 重力加速度

t : 時間[s]

$g = 9.8$ [m/s²]

5. 「実際の速さ v [m/s]」（物体の斜め方向の速さ）
図より、 v の大きさを三平方の定理より求める。



三平方の定理を使う

$$\begin{cases} v^2 = v_x^2 + v_y^2 \\ v_x = v_0 \cos \theta \\ v_y = v_0 \sin \theta - g t \end{cases}$$

記号

v_0 : 初速度[m/s]

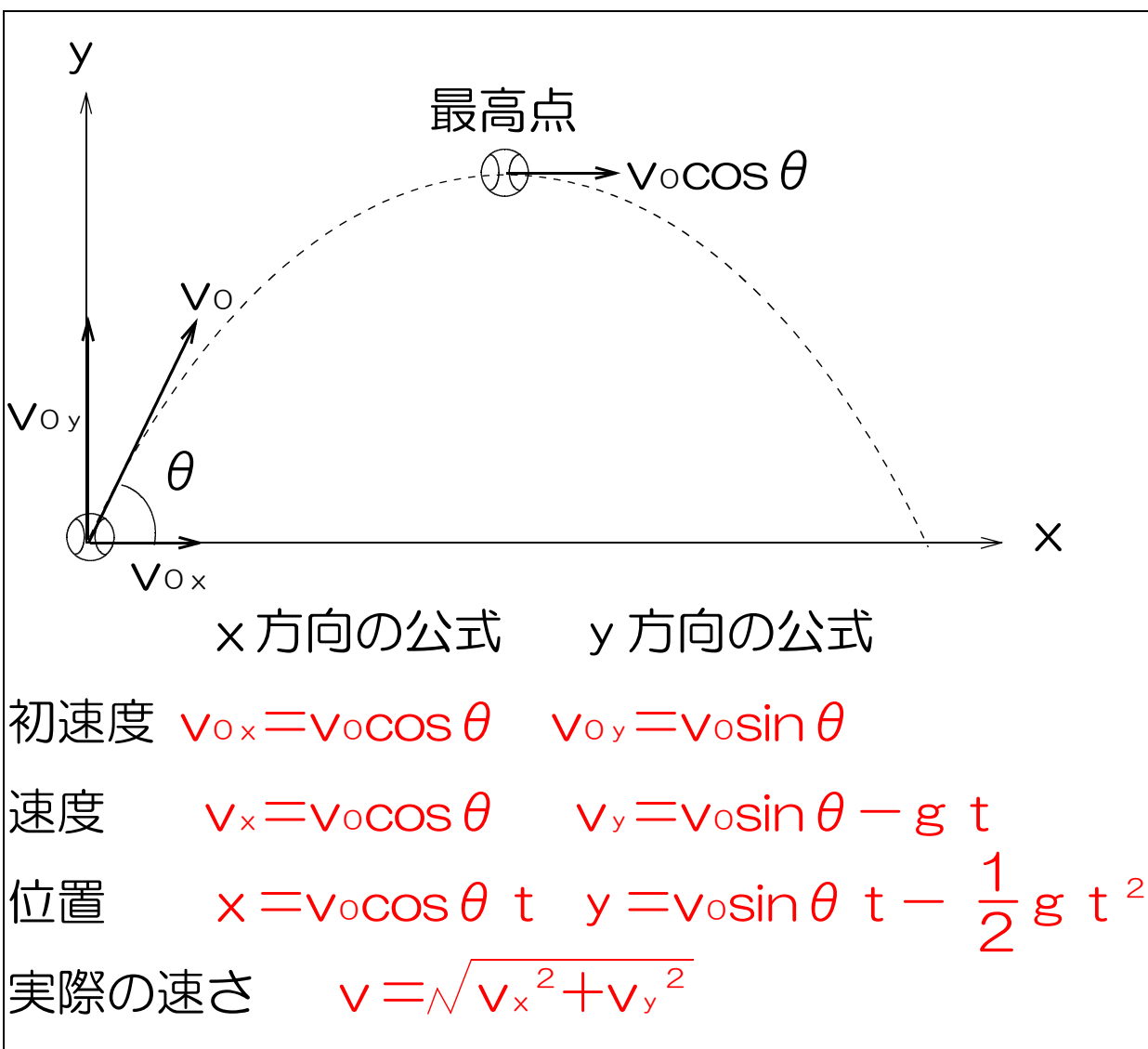
g : 重力加速度

$g = 9.8$ [m/s²]

t : 時間[s]

※三平方の定理を使って求めることだけ覚えておけば良い。実際には、こんな面倒くさい計算の問題は出ない。

6.斜方投射まとめ



●あとなぎ

一見複雑そうに見えますが、単純なことの組み合わせです。自由落下、鉛直投射、水平投射とともにまとめて繰り返し勉強すると、「そういうことか！」と思う日がやってきます。

入試の問題でよく出るのは、この斜方投射です。いろいろな問題がありますので、解いてみてください。

では、プリント「斜方投射1」「斜方投射2」をやってみよう。

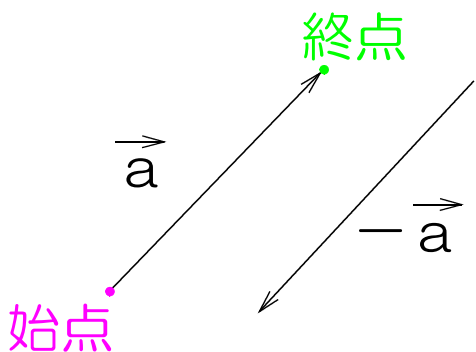
物理基礎 1 1 時間目

1. ベクトル

向きと大きさを持つものの総称。

例 力、速度、…

2. ベクトルの表し方

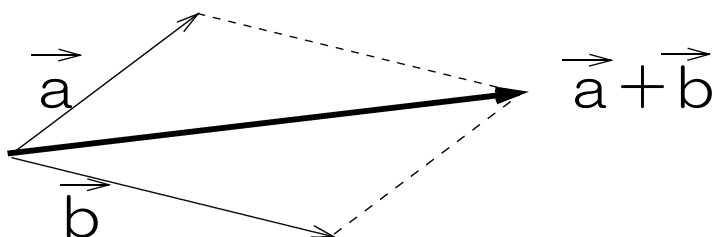


\bullet $\vec{0}$: ゼロベクトル
↑ 大きさ0
これ 向きなし

3. ベクトルの足し算

平行四辺形を用いて足し算をする。

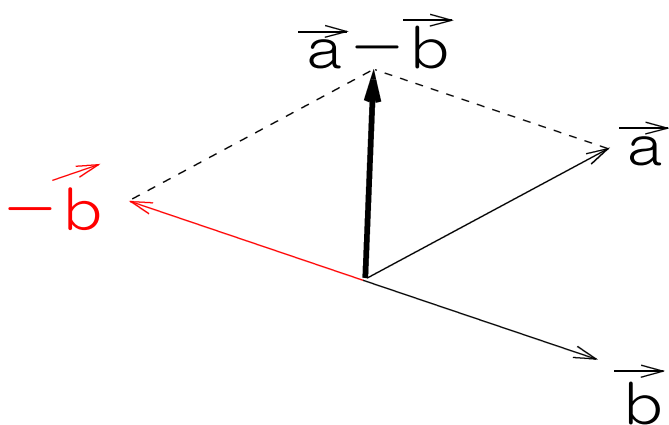
例 $\vec{a} + \vec{b}$



4. ベクトルの引き算

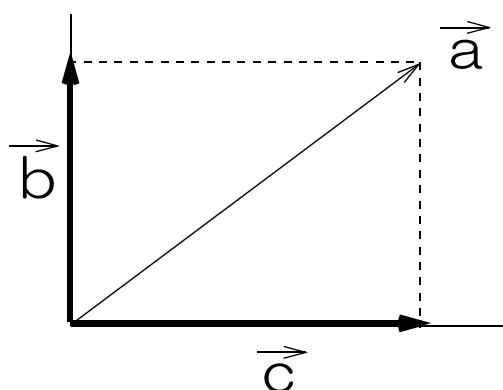
$a - b = a + (-b)$ より

$\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})$



5. ベクトルの分解

1つのベクトルを二つに分ける。



※3つのベクトルの
始点是一緒

ポイント

足し算も、引き算も、分解も始点はいつも一緒。

では、プリント「ベクトル」をやってみよう。

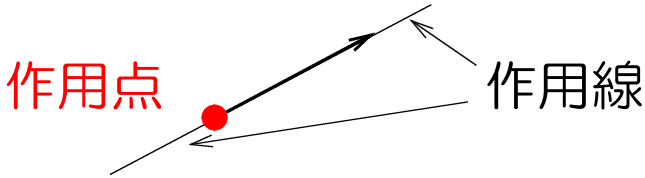
●あともがき

今回は物理でよく使う「ベクトル」の話をしました。数学でもベクトルを習いますが、足し算・引き算のやり方が違うかもしれませんが、答えは一緒なので安心してください。

物理基礎 1 2 時間目

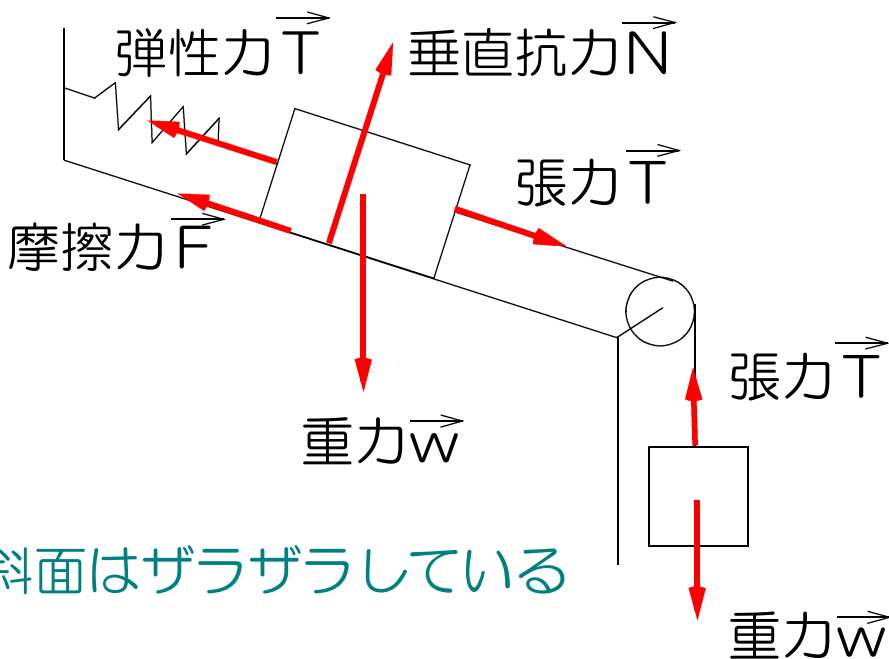
1.作用点：力の働く場所。

2.作用点：力のベクトルを、前後に延長した線。



3.力の種類

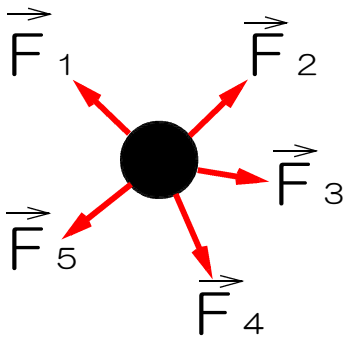
	名前	記号	作用点	力の向き
①	重力	\vec{w}	重心	鉛直下向き
②	垂直抗力	\vec{N}	接面	面に垂直
③	摩擦力	\vec{F}	接面	面に平行
④	張力	\vec{T}	接点	糸の方向
⑤	弾性力	\vec{T}	接点	ばねに平行



ポイント 物体に働く力のみを考え、壁や床、糸に働く力は無視する。力の作用点に注意。では、プリント「力を見つける」をやってみよう。

物理基礎 13時間目

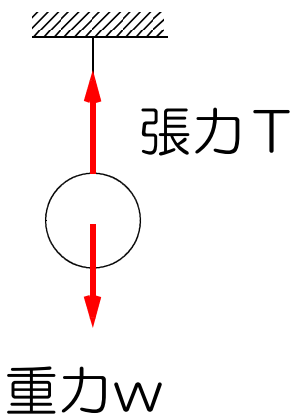
1.力のつり合い



一つの物体に複数の力が同時に働くとき、お互いに打ち消しあって0になり、力がひとつも働かなるときと同じ状態になること。

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = \vec{0}$$

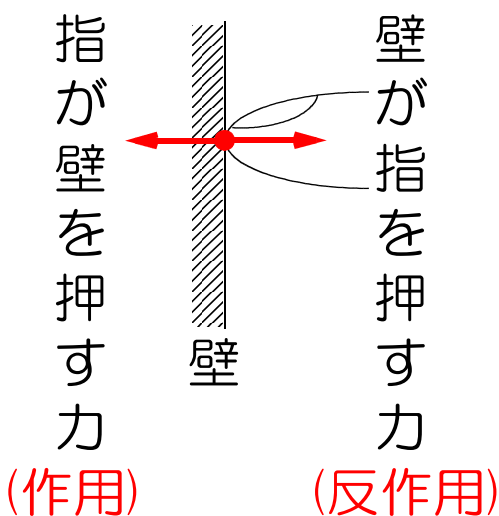
2. 2力のつり合い



- ①同一作用線上で
- ②大きさが等しく
- ③向きが反対

の2力が1つの物体に同時に働くとき、この2力はつり合う。

3.作用反作用の法則



物体に力(作用)を加えると

- ①同一作用線上で、
- ②大きさが等しく
- ③向きが反対

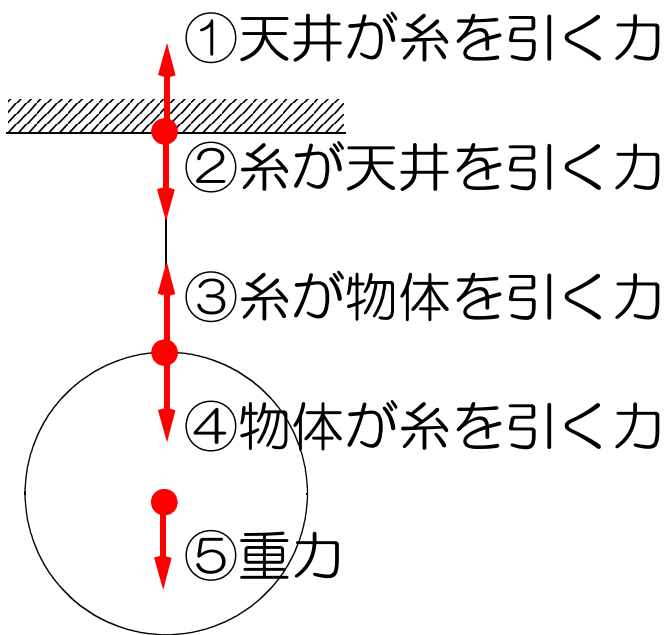
の力(反作用)が同時に生じる。

※壁を押し出す力は壁に、指を押し出す力は指に働いている。

4. 「2力のつり合い」と「作用反作用」の違い。

- ①「作用」が無くなると「反作用」も無くなるが、2力のつり合いの場合は、一方の力が無くなっても他方の力は無くならない。
- ②2力のつり合いの力は同じ一つの物体に働くが作用反作用の力はそれぞれ別々の物体に働く。

例 物体に糸をつけ、天井からつるす。この時、天井・糸・物体に働く力の「2力のつり合い」と「作用反作用」について考える。



2力のつり合い ①と④ ③と⑤

作用反作用 ①と② ③と④

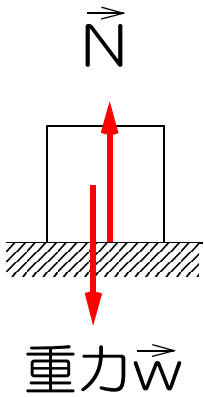
①と④は2力のつり合いだが、①と②は作用反作用の関係になる。①のように同じ力であっても組み合わせによって関係が異なることに注意。

では、プリント「2力のつり合いと作用反作用の法則」をやってみよう。

物理基礎 14時間目

1. 重力 \vec{w} [N] (ニュートン)

地球が物体を引きつける力



$$w = m g$$

m : 質量 [kg]

g : 重力加速度

$$g = 9.8 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

例 質量 2 [kg] の物体に働く重力の大きさ。

$$w = m g \text{ より}$$

$$w = 2 \times 9.8$$

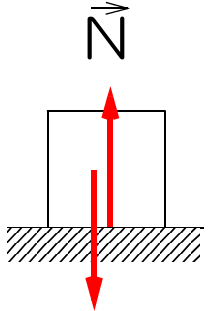
$$= 19.6 \text{ [N]}$$

2. 垂直抗力 \vec{N} [N]

面が物体を押し出す力

① 水平面上の物体に働く垂直抗力 N

力のつり合いより



$$N = w$$

$$w = m g \text{ より}$$

$$N = m g$$

m : 質量 [kg]

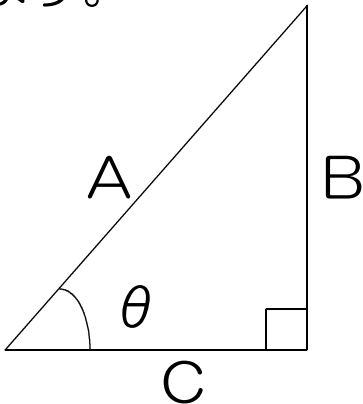
g : 重力加速度

$$g = 9.8 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

では、プリント「重力 w 垂直抗力 N 」をやってみよう。

●まえがき sin(サイン)とcos(コサイン)

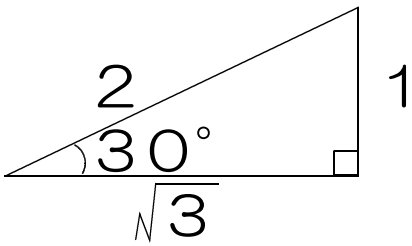
1. 角度 θ の直角三角形において、それぞれの辺の長さを A, B, C とするとき、 \sin と \cos は次のように定義されます。



$$\sin \theta = \frac{B}{A}$$

$$\cos \theta = \frac{C}{A}$$

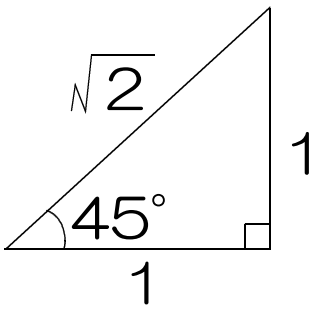
$\theta = 30^\circ$ のとき



$$\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$$

$$\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

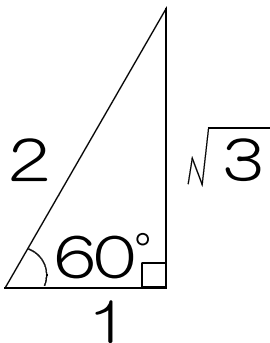
$\theta = 45^\circ$ のとき



$$\sin 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\cos 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$\theta = 60^\circ$ のとき



$$\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

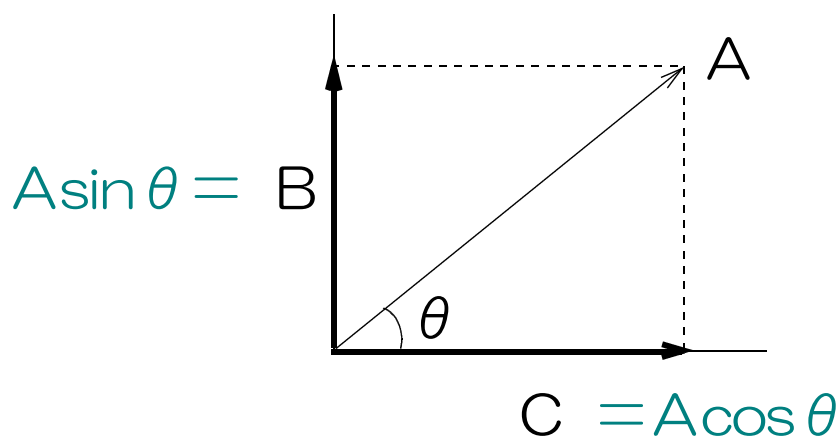
$$\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$$

2. $\sin \cdot \cos$ まとめ

	0°	30°	45°	60°	90°
$\sin \theta$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$\cos \theta$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0

3. $\sin \cdot \cos$ の意味とその使い道

物理では斜めが出てくると、縦と横に分解することが多い。Aを縦Bと横Cに分解するとき、**BやCの大きさをAと $\sin \cdot \cos$ を使って表したい**のです。



ひと言でいうと、 **\sin は「BはAの何倍か」**を表し、 **\cos は「CはAの何倍か」**を表すので、
 $B = A \sin \theta$ とか、
 $C = A \cos \theta$ と表せます。

また、見てのとおりBとCがAよりも長くなることはないので、 **\sin と \cos の値は1以下**になります。

物理基礎 15時間目

②斜面上の物体に働く垂直抗力 \vec{N} [N]

図1

$w = mg$
 $w_1 = mg \sin \theta$
 $w_2 = mg \cos \theta$
 斜面を見たら重力を分解！

重力を分解

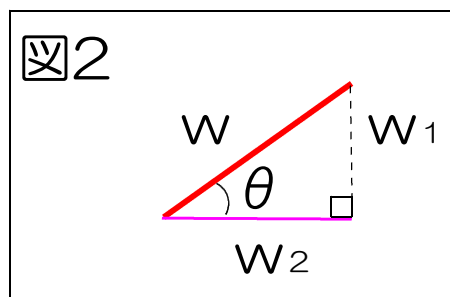
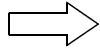
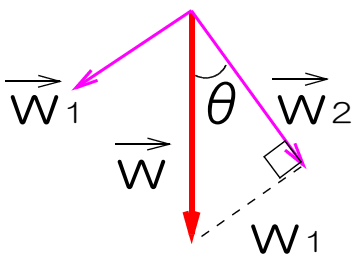


図2より

$$\frac{w_2}{w} = \cos \theta$$

$$\therefore w_2 = w \cos \theta$$

$$w = mg \text{ より}$$

$$w_2 = mg \cos \theta$$

公式ではないが、よく使う。

図1より、
 \vec{N} と \vec{w}_2 がつり合っている。

$$\therefore N = w_2$$

$$w_2 = m g \cos \theta \text{ より}$$

斜面上の物体に働く垂直抗力N[N]

$$N = m g \cos \theta$$

m : 質量[kg]

g : 重力加速度

$$g = 9.8 [\text{m/s}^2]$$

θ : 斜面の角度

おまけ

図2より

$$\frac{w_1}{w} = \sin \theta$$

$$\therefore w_1 = w \sin \theta$$

$$w = m g \text{ より}$$

$$w_1 = m g \sin \theta$$

公式ではないが、よく使う。

では、プリント「斜面上の物体に働く力」のプリントをやってみよう。

物理基礎 16時間目

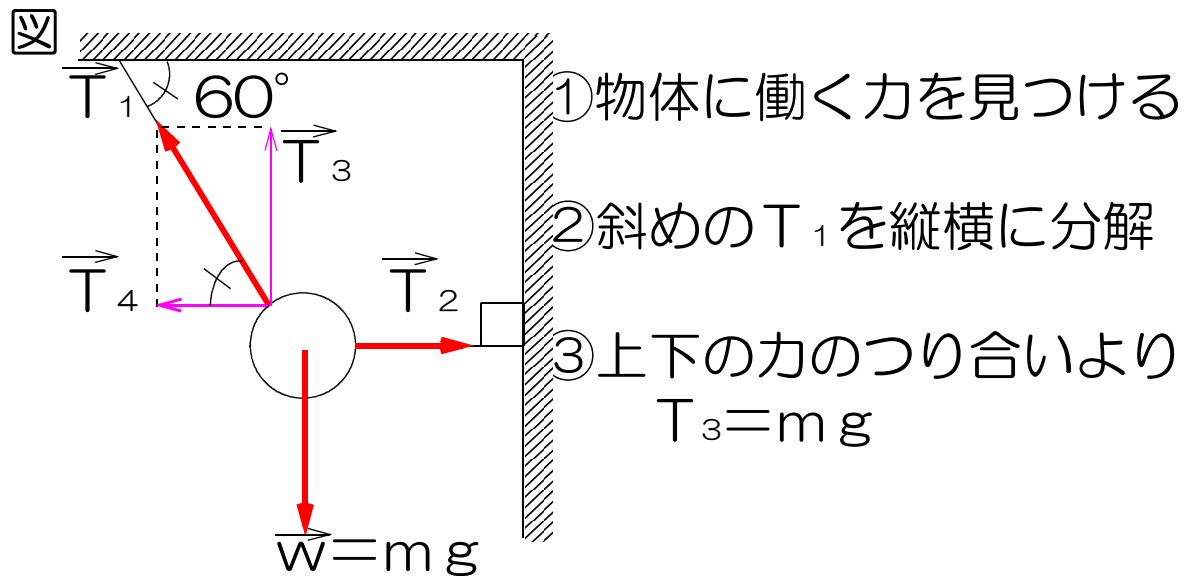
ここを勉強する前に「sinとcos」を読むこと。

1.張力T [N]

糸が物体を引っ張る力。

- ① 1本の糸の両端に生じる2つの力の大きさは等しい。
- ② 張力の大きさは、力のつり合いにより求める。

例 天井と壁から伸びた2本の糸によってつるされた質量 m の物体に働く張力 T の大きさ。



T_1 と T_4 に挟まれた直角三角形について考える。

図より

$$\frac{T_3}{T_1} = \sin 60^\circ$$

$$T_3 = mg \text{ より}$$

$$\therefore \frac{mg}{T_1} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$m g = T_1 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{2}{\sqrt{3}} m g = T_1$$

図より

$$\frac{T_4}{T_1} = \cos 60^\circ$$

$$T_4 = T_1 \times \cos 60^\circ$$

$$= \frac{2}{\sqrt{3}} m g \times \frac{1}{2}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{3}} m g$$

左右の力のつり合いより、

$$T_2 = T_4$$

$$\therefore T_2 = \frac{1}{\sqrt{3}} m g$$

では、プリント「張力」「張力2」をやってみよう。

物理基礎 17時間目

1. 摩擦力

物と物がこすれ合うときに生じる力。

2. 摩擦力の種類

① 静止摩擦力

静止する物体に働く摩擦力。

② 動摩擦力

運動する物体に働く摩擦力。(運動=動く)

3. 粗い水平面上の物体に働く摩擦力の大きさ

摩擦力の大きさの変化を三段階に分けて考える。

① 物体が静止しているとき

摩擦力 \vec{F} と張力 \vec{T} がつり合っている。

$$\therefore F = T$$

② 物体が滑り出す直前

静止摩擦力は最大になる。

$$\text{最大静止摩擦力 } F = \mu N$$

ミュウ

μ : 静止摩擦係数 単位なし

N : 垂直抗力[N]

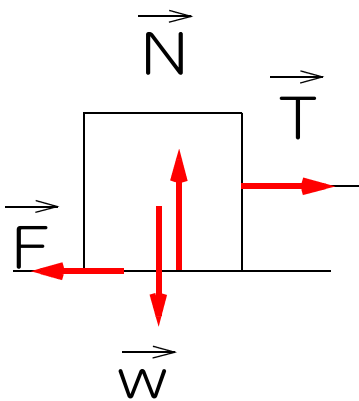
③ 物体が滑り出した後

摩擦力は最大静止摩擦力よりも小さくなり、一定になる。

$$\text{動摩擦力 } F' = \mu' N$$

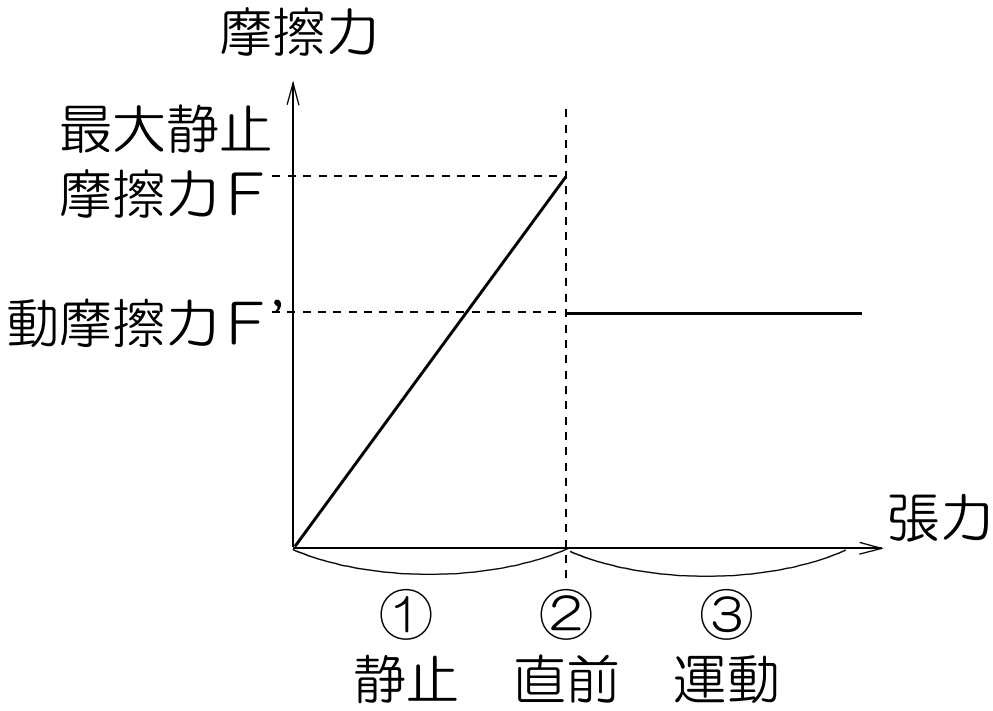
μ' : 動摩擦係数 単位なし

N : 垂直抗力[N]



糸をつけて
右向きに引く

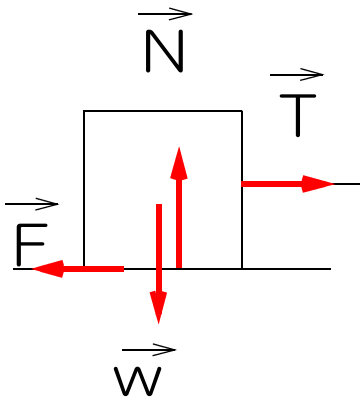
4. 摩擦力の大きさの変化とそのグラフ。



では、「摩擦力」をやってみよう。

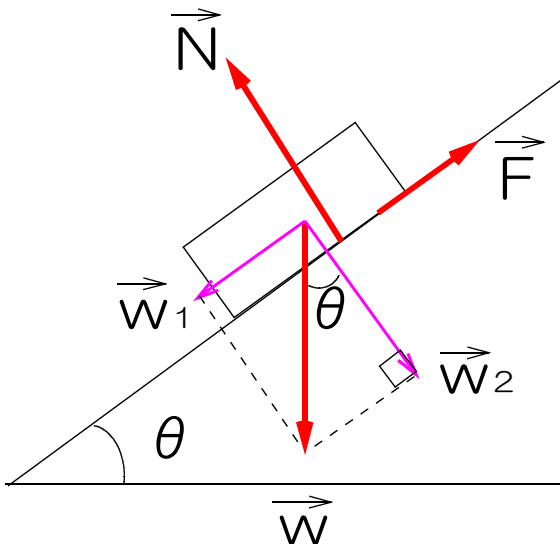
物理基礎 18時間目

1. 静止摩擦係数 μ ^{ミユウ} 単位なし



- ① 物体の滑りにくさを表す値
- ② 物体に働く垂直抗力の何倍の力を横向きに加えれば物体が滑りだすかを表す値。

2. 斜面を使った静止摩擦係数 μ の求め方



粗い斜面上で滑り出す直前の状態の物体について考える。このとき摩擦力は最大になっており、 \vec{F} と \vec{w}_1 が釣り合っている。

$$\therefore F = w_1$$

$$w_1 = mg \sin \theta \text{ より}$$

$$F = mg \sin \theta$$

$$F = \mu N \quad N = mg \cos \theta \text{ より}$$

$$\mu = \frac{F}{N} = \frac{mg \sin \theta}{mg \cos \theta}$$

$$= \tan \theta$$

$$\boxed{\mu = \tan \theta} \quad \theta : \text{摩擦角}$$

では、「静止摩擦係数」をやってみよう。

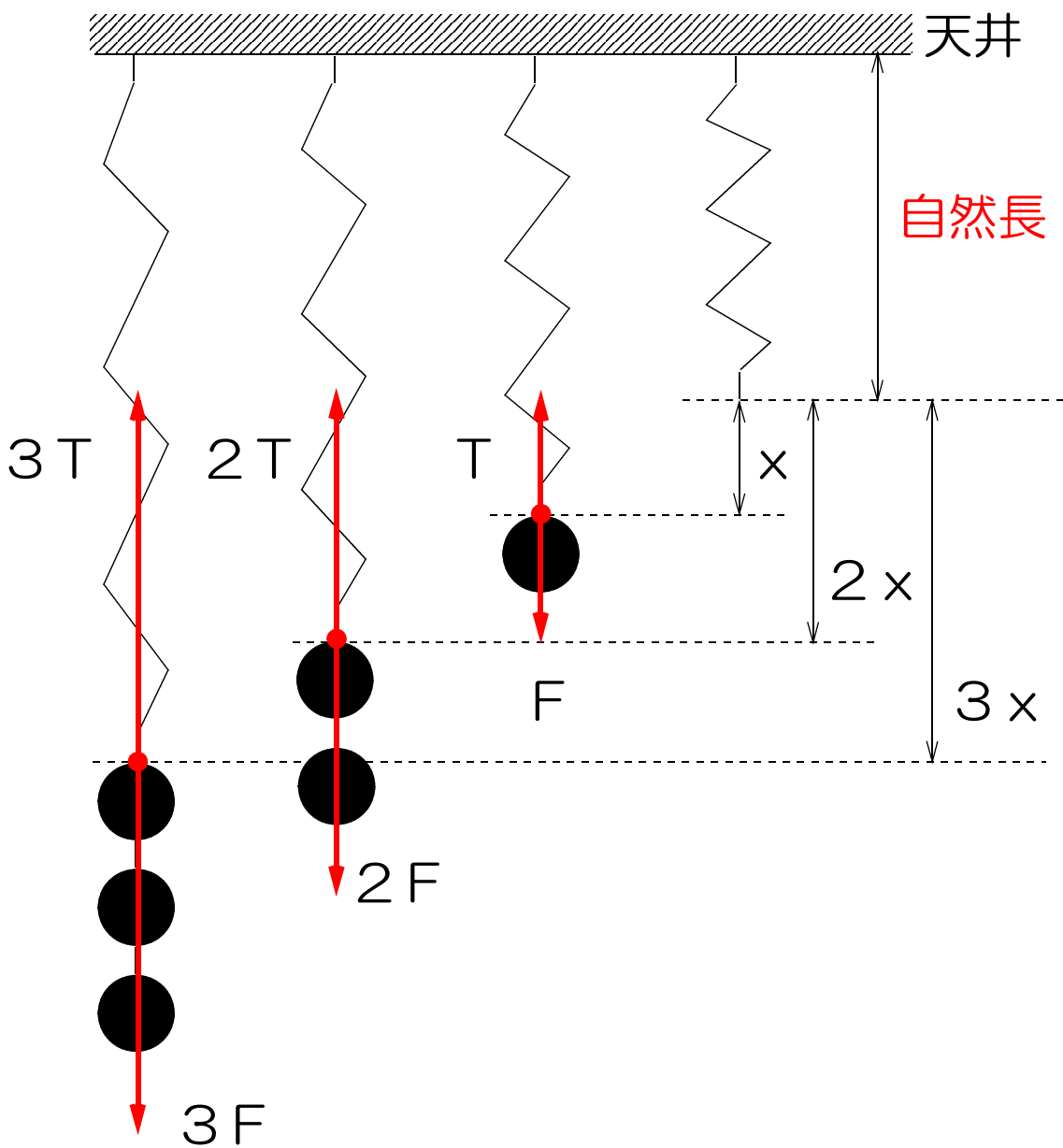
物理基礎 19時間目

1.弾性力

変形した物体がもとの形に戻ろうとするとき
に生じる力

2.フックの法則

バネの伸び(縮み) x は、加えられた力の大きさに
比例する。



3.弾性力とバネの伸び(縮み)の関係

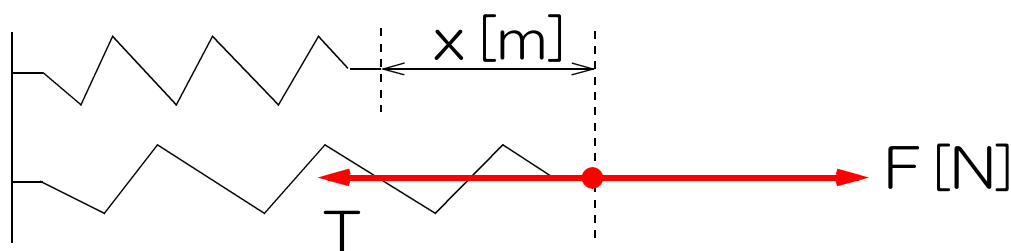
フックの法則より、

弾性力 T の大きさはバネの伸び(縮み) x に比例する。

4.バネ定数 k [N/m]

バネの硬さを表す値。

2本の同じバネの一方に力 F を加えたら x [m]伸びた。



$$\text{バネ定数 } k = \frac{\text{加えた力の大きさ } F}{\text{バネの伸び } x}$$

$$k = \frac{F}{x} \text{ より}$$

$$\boxed{F = kx}$$

作用反作用の法則より

$$T = F$$

$$\therefore \boxed{T = kx}$$

T : 弾性力[N]

k : バネ定数[N/m]

x : バネの伸び[m]
(縮み)

※ バネの「伸び」と「長さ」は違うので注意!

では、「弾性力」「摩擦力弾性力総合問題」をやってみよう

物理基礎 20時間目

1. 慣性の法則（運動の第一法則）

力の働かない物体についての法則

① 静止している物体

いつまでも**静止**の状態を続ける。

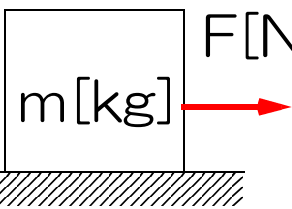
② 運動している物体

いつまでも**等速度運動**を続ける。

2. 運動の法則（運動の第二法則）

一定の力が働き続ける物体の法則

→ a [m/s^2]



物体に一定の力が働きつづけると、物体は等加速度直線運動をする。そのときの物体に働く力 \vec{F} と質量 m と加速度 \vec{a} の関係を表す法則。

運動の法則

物体に生じる加速度 a は、

① 加えられた力 \vec{F} と同じ向きに生じる。

② 加えられた力 \vec{F} の大きさに比例する。

③ 物体の質量 m に反比例する。

④ 力 \vec{F} は物体に働く力の合力で考える。

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$$

3. ニュートンの運動方程式 運動の法則を式にしたもの

$$a = \frac{\vec{F}}{m}$$

F : 力[N]

m : 質量[kg]

a : 加速度[m/s²]

→ $\vec{F} = m\vec{a}$ (ベクトルの矢印は無くてもよい)

では、「慣性の法則・運動の法則」をやってみよう

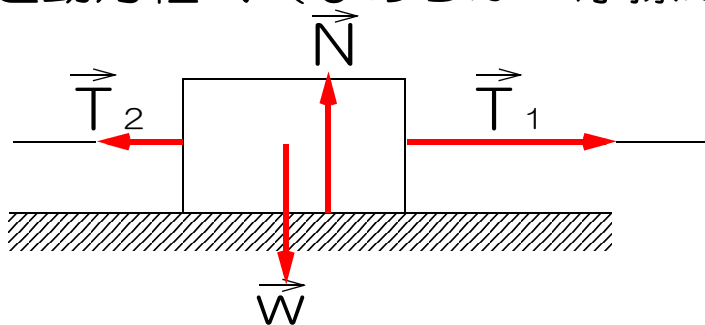
物理基礎 21時間目

1. ニュートンの運動方程式の応用①

「運動方程式を立てる」

$F = ma$ の式にその物体の状態
(質量や働く力)を代入すること。

例 なめらかな水平面上で左右から引かれる物体の
運動方程式 (なめらか=摩擦がない)



座標 \longrightarrow 正

① 打ち消し合う力を見つける。

\vec{N} と \vec{w} は向きが反対で大きさが等しいので
打ち消し合う。

② 座標の正の向きを決める。

$T_1 > T_2$ より

右向きを座標の正の向きとする。

③ N と w は mg をつかって表す。

④ 式を立てる。

$ma = F$ より

物体の質量

物体に働く力を
並べてかく

$$Ma = T_1 - T_2 \quad \leftarrow \text{運動方程式}$$

では、「運動方程式を立てる」をやってみよう

1. ニュートンの運動方程式の応用②

「運動方程式を解く」

立てた運動方程式をもとに、加速度 a や張力 T の大きさを求めること。

例 天井からつるされた滑車に糸を通し、質量 M の物体 A と質量 m の物体 B をつけた場合。

$M > m$ とする

物体 A の運動方程式

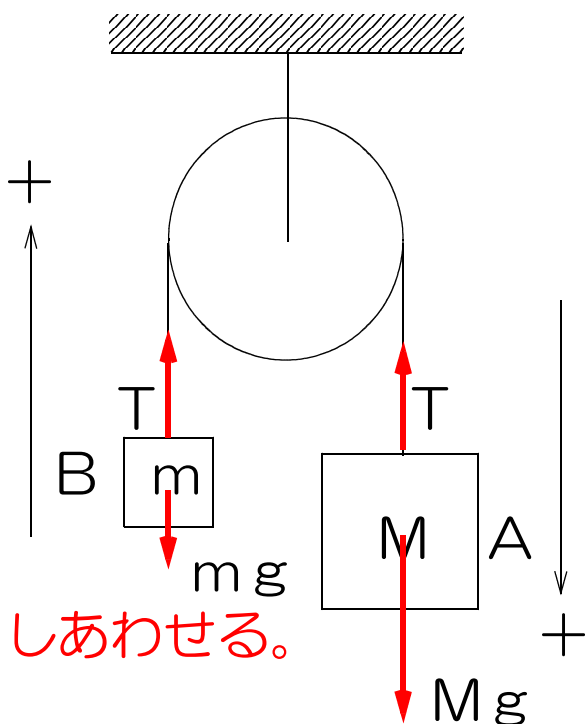
$$m a = F \text{ より}$$

$$M a = M g - T \dots \textcircled{1}$$

物体 B の運動方程式

$$m a = F \text{ より}$$

$$m a = T - m g \dots \textcircled{2}$$



1. 加速度の求め方

立てた運動方程式を足しあわせる。

$$\textcircled{1} + \textcircled{2}$$

$$M a = M g - T$$

$$+ \quad m a = T - m g$$

$$M a + m a = M g - m g$$

$$(M + m) a = (M - m) g$$

$$\therefore a = \frac{(M - m) g}{M + m}$$

$$\therefore a = \frac{M - m}{M + m} g \dots \textcircled{3}$$

左辺と左辺,
右辺と右辺を足す

$M + m$ を移項

g を分数の外へ

2. 張力Tの求め方

求めた加速度 a を、もとの運動方程式に代入する。

①より

$$T = Mg - Ma$$

Mでくくる

$$= M(g - a)$$

aに①を代入

$$= M \left(g - \frac{M-m}{M+m} g \right)$$

gを括弧の外へ

$$= Mg \left(1 - \frac{M-m}{M+m} \right)$$

1を分数にする

$$= Mg \left(\frac{M+m}{M+m} + \frac{M-m}{M+m} \right)$$

分数の足し算

$$= Mg \left(\frac{2M}{M+m} \right)$$

gを一番右へ

$$T = \frac{2Mm}{M+m} g$$

以上

では、「運動方程式を解く」「運動方程式練習問題」
「運動方程式練習問題2」をやってみよう

物理基礎 23時間目

1.仕事 w [J](ジュール)