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

今回のバージョンアップ
　1.「物理基礎　＊＊時間目」の部分をタップすると解説動画にジャンプします。
　2.プリントのタイトルの部分も同様。

ver 1.1

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？

$\frac{1}{2}$ は　１÷２＝0.5

$\frac{3}{4}$ は　３÷４＝0.７５です。

　電卓で確認をしてみよう。

4.「乗除優先」覚えてますか?
　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＋４×５^2 ＝ ３＋４×２５（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りなく、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

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

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

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

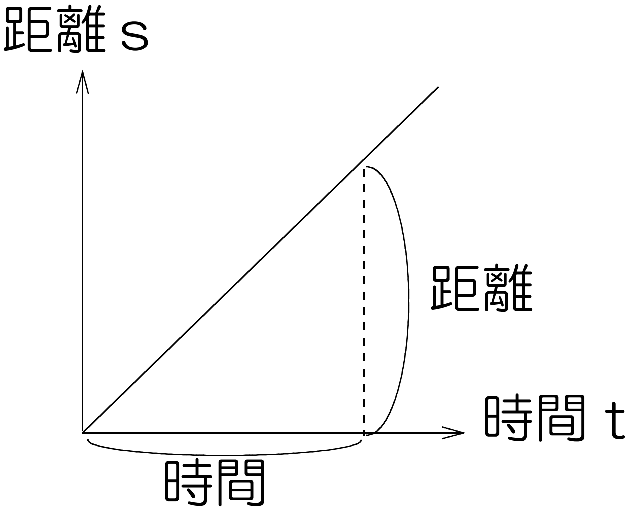
記号と単位

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

①ｓ－ｔグラフ

距離ｓと時間ｔの関係を表すグラフのこと

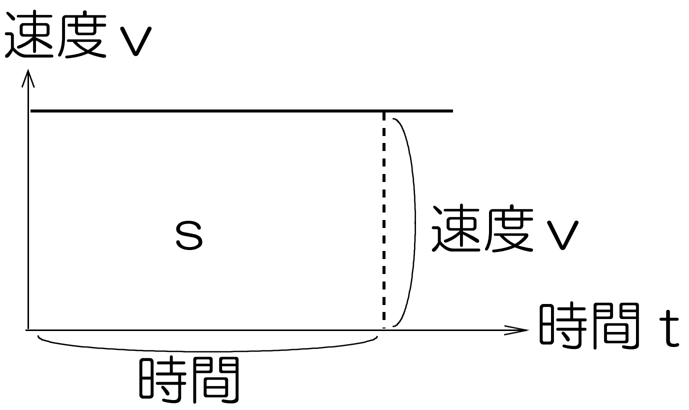


グラフの傾きを求めると、傾き＝縦÷横＝距離÷時間となりますが、距離÷時間＝速さｖなので、

ｓ－ｔグラフの特徴
ｓ－ｔグラフにおいて傾きは速さｖを表す。
傾き　大　→　速い
小　→　遅い

②ｖ－ｔグラフ

速度ｖと時間ｔの関係を表すグラフのこと



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＝ｖｔ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 ×（2×６０）（代入と途中計算）
＝３６０[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のかを表す量

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。

表１

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		…

グラフ1

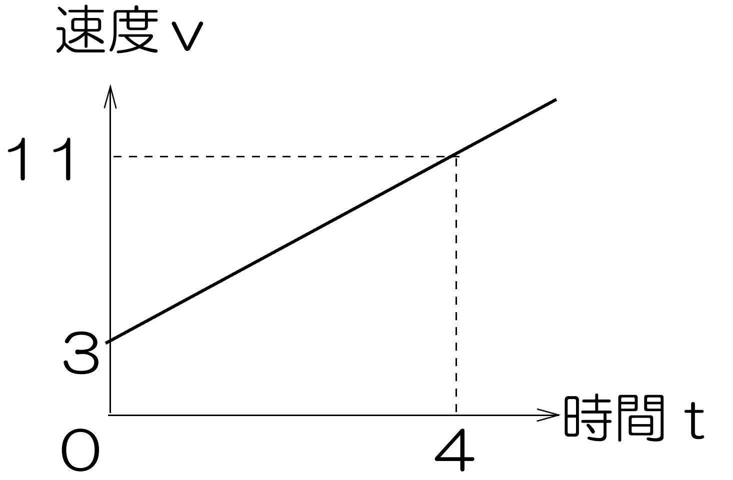


表１とグラフ１より

「１秒ごとに速度が２[m/s]ずつ増えた。」

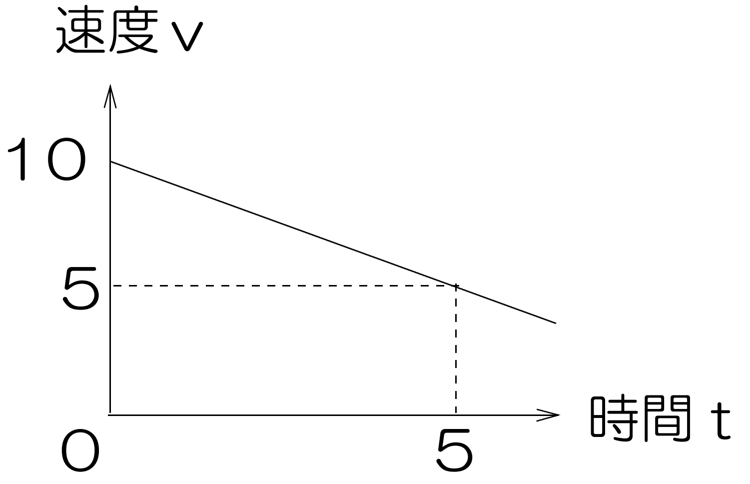
→加速度ａ＝２[m/s^2]

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。

表２

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



「１秒ごとに速度が１[m/s]ずつ減った。」
→加速度ａ＝－１[m/s^2]

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]。

●あとがき
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が、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/s^2]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。

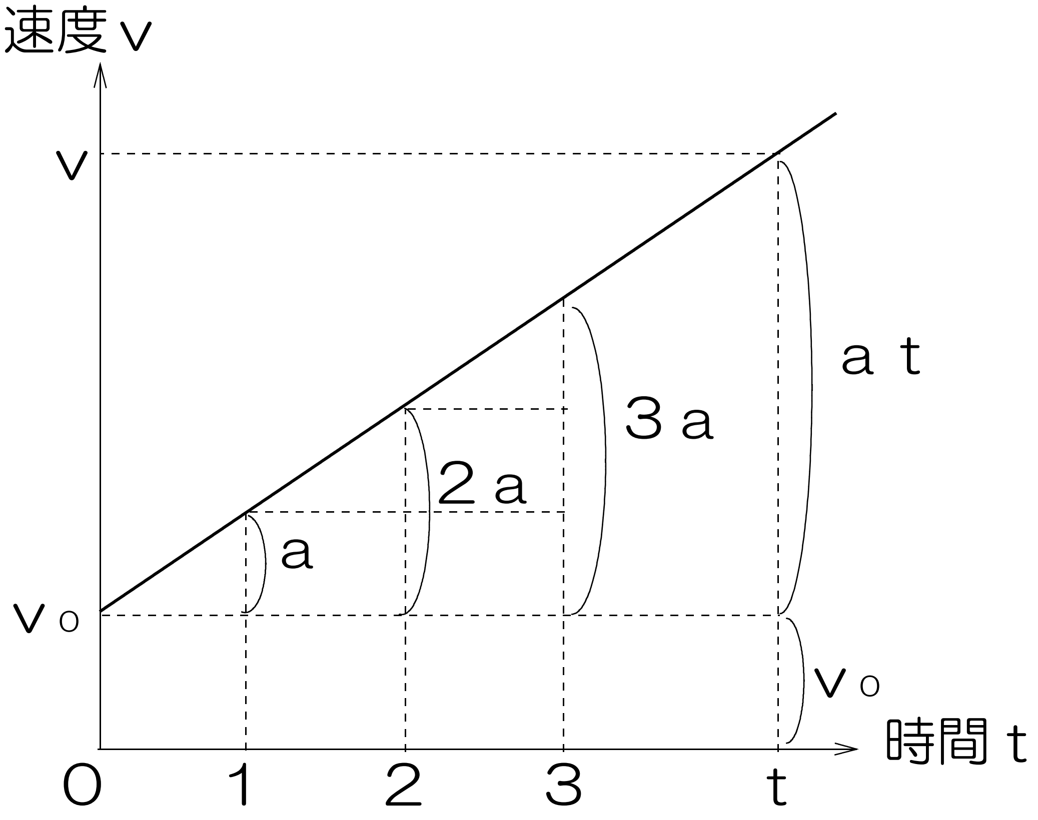
表１

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であることが分かります。

　これをグラフにすると、次のようになる。

グラフ1



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

$$\boxed{v = v_0 + at}$$

記号

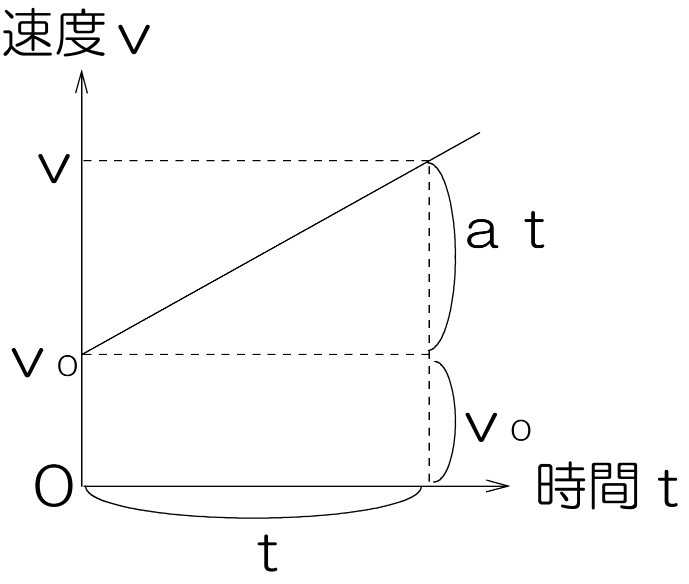
v ：速度[m/s]

v_0：初速度[m/s]

a ：加速度[m/s^2]

t ：時間[s]

3. v－t グラフの特徴②



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

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。

●あとがき

　公式は丸暗記するのではなく、それがもと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÷と同じで、1／2＝1÷2を表します。速度は距離÷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。

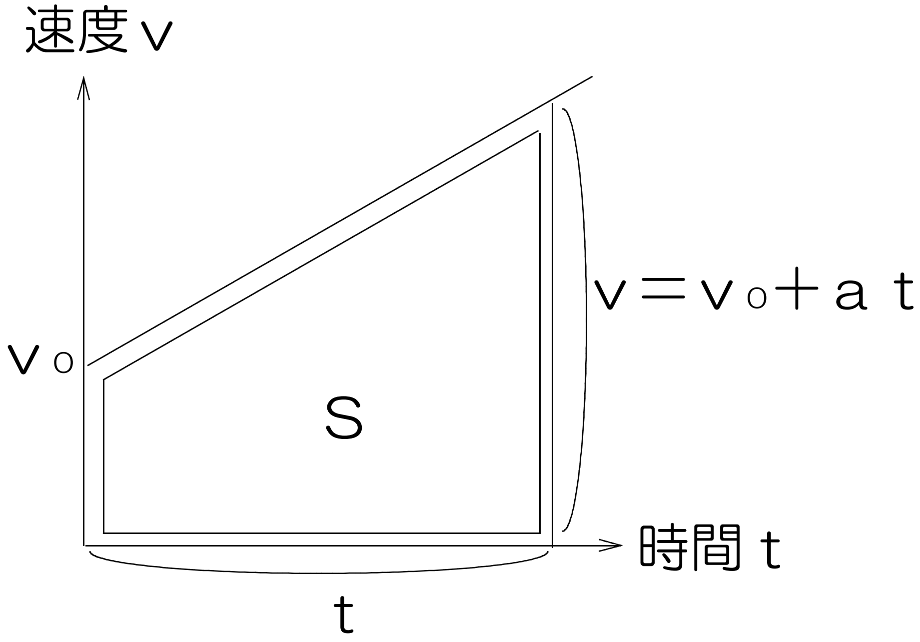
物理基礎　４時間目

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/s^2]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

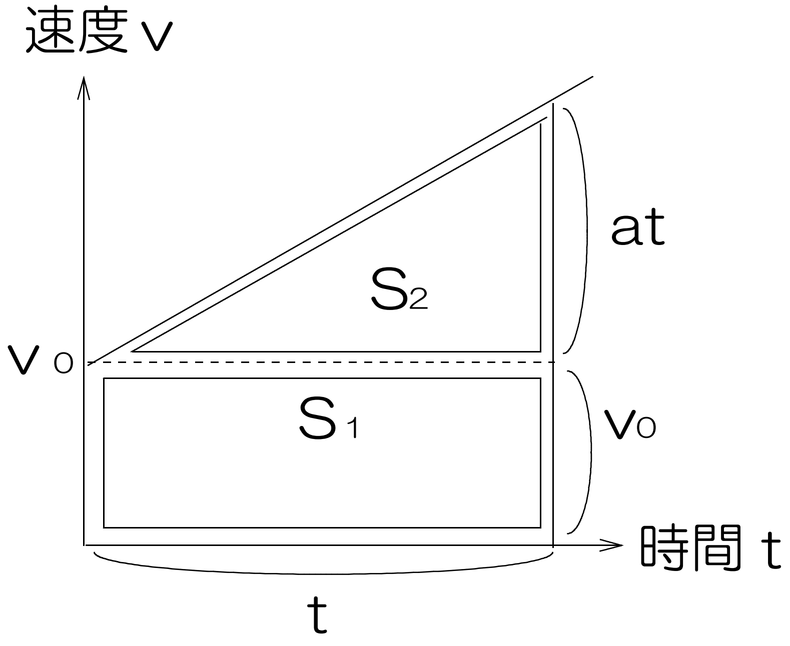


図２より、$s = s_1 + s_2$

$= v_0 \times t + at \times t \div 2$

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

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/s^2]
ｔ：時間[s]

●あとがき

　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無く、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$\frac{1}{2}at^2$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/s^2]で運動する物体が、５秒間に進む距離sはいくらか。

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

$$s = 4\times5 + \frac{1}{2}\times3\times5^2$$（公式に値を代入）

$$= 20 + \frac{1}{2}\times3\times25$$（２乗が最優先）

$$= 20 + 37.5$$（かけ算優先）

$$= 57.5$$（最後に足し算）

$$= 57.5\,[\mathrm{m}]$$（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

$v = v_0 + at$ …①時間ｔと速度ｖの関係

$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ …②時間ｔと距離ｓ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

$v - v_0 = at$

$t = \frac{v - v_0}{a}$ …③

③を②に代入

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

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

足し算をするために分母を２ａで通分。

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

$2vv_0$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。

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

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/s^2]　ｓ：距離[m]

●あとがき

　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。

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

　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 $v = v_0 + at$ …時間tと速度vの関係

② $s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ …時間tと距離sの関係

③ $v^2 - v_0^2 = 2as$ …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	脇役
v ：速度[m/s]	v_0：初速度[m/s]
s ：距離[m]	a ：加速度[m/s²]
t ：時間[ｓ]	

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”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]後の速度は１[m/s]であった。この物体の加速度aはいくらか。

初速度→脇役　時間→主役　速度→主役　加速度→脇役

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。

●あとがき

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

$v = v_0 + at$ より（最初に公式）

$1 = 9 + a \times 4$（公式に値を代入したもの）

$1 - 9 = 4a$（途中計算）

$-8 = 4a$（途中計算）

$\frac{-8}{4} = a$（途中計算）

$a = -2\,[\mathrm{m/s^2}]$（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くられ、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してみてください。

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います。

　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、物体を手に持ち、空中で手を離し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/s^2]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言うことができます。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。

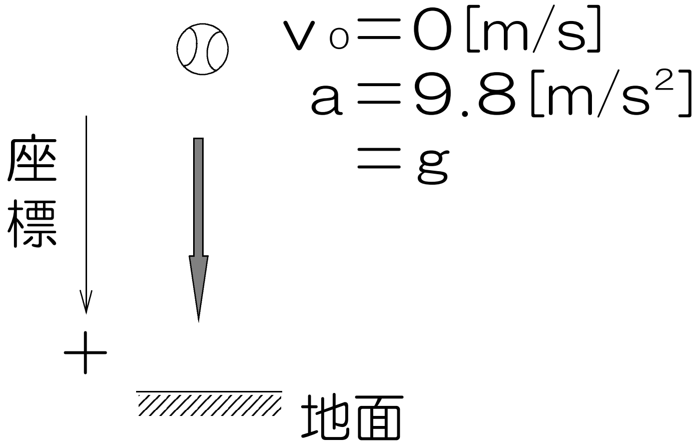
4.「水平投射」とは、真横に向かって初速度v_0で投げられた物体の運動のことです。真横に向かって投げられた物体に働く力は重力のみなので、横方向の速度は変化せず、下向きに徐々に速くなるので、横方向の動き方と縦方向の動き方を分けて考えると、
　横方向は速度が変化しないので「等速度運動」、
　縦方向は徐々に速度が増すので、「等加速度運動」
と考えることができます。

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。

1.自由落下

図



物体が静止の状態($v_0=0$ [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$a=9.8$ [m/s^2] $=g$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

$$\begin{cases} ①\ v = v_0 + at \\ ②\ s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \\ ③\ v^2 - v_0^2 = 2as \end{cases}$$

代入 ⇐

自由落下の特徴

$$\begin{cases} v_0 = 0\,[m/s] \\ a = g\,[m/s^2] \end{cases}$$

⇩

自由落下の公式

① $v = gt$ …時間 t と速度 v の関係

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

③ $v^2 = 2gs$ …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]　　　$g = 9.8\,[m/s^2]$

t ：時間[s]

●あとがき

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。そして物体の速さ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

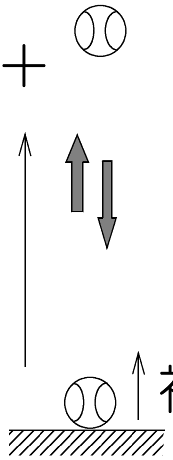
　物体を真上に向かって投げると最高点に達した後に出発点に戻ってきます。

　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さは徐々に遅くなり、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」と言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。

1.鉛直投射（投げ上げ）

図



最高点で速度は0[m/s]

$a = -9.8[m/s^2]$
$= -g$

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[m/s] 　加速度$a = -9.8[m/s^2] = -g$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

$$\begin{cases} ①\ v = v_0 + at \\ ②\ s = v_0 t + \dfrac{1}{2}at^2 \\ ③\ v^2 - v_0^2 = 2as \end{cases}$$

代入 ⇐

鉛直投射の特徴

$a = -g\,[m/s^2]$

⇩

鉛直投射の公式

①$v = v_0 - gt$…時間ｔと速度ｖの関係

②$s = v_0 t - \dfrac{1}{2}gt^2$…時間ｔと距離ｓの関係

③$v^2 - v_0^2 = -2gs$…距離ｓと速度ｖ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]　　$g = 9.8\,[m/s^2]$

●あとがき

公式③の$-2gs$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

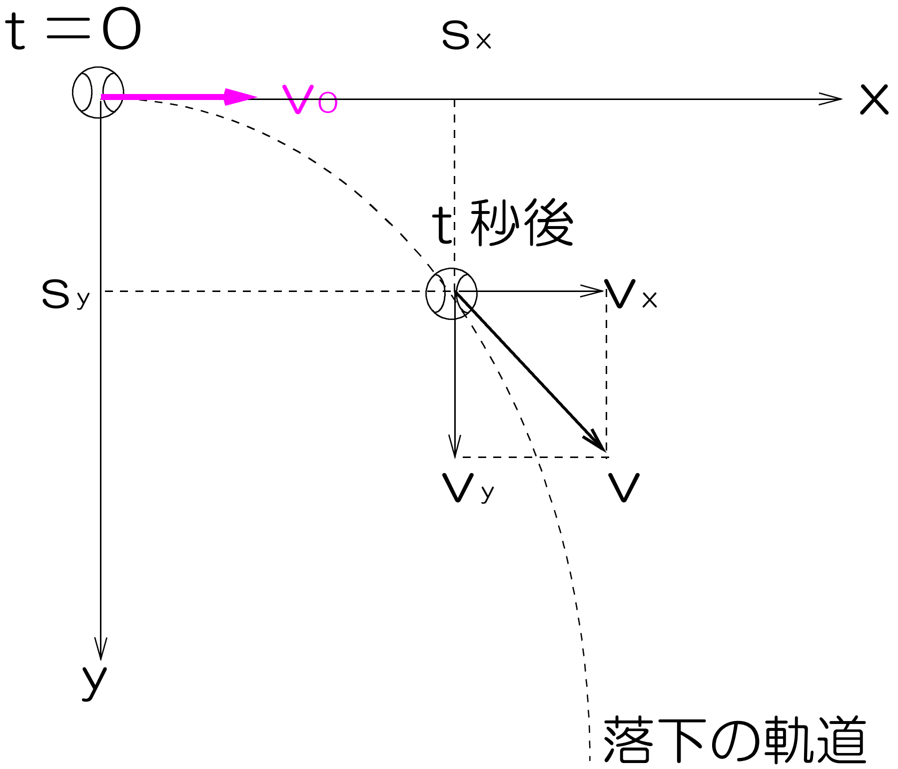
　物体に力が働くと速度が変化します。ということは、力が働かなければ速度は変化しないことになります。

　以上を頭に入れて、話を進めましょう。

言葉：「鉛直(えんちょく)」＝「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_y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、

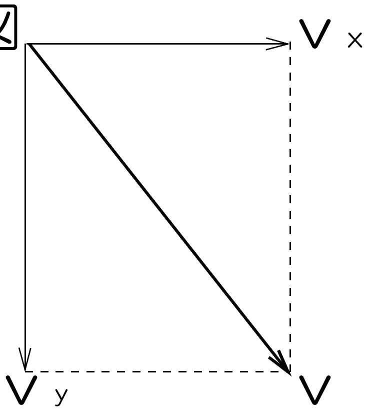
自由落下の公式
$v = gt \quad s = \frac{1}{2}gt^2 \quad v^2 = 2gs$
の v を v_y に、s を s_y に置き換えて

水平投射の公式（鉛直方向）
① $v_y = gt$ …時間 t と速度 v_y の関係
② $s_y = \frac{1}{2}gt^2$ …時間 t と距離 s_y の関係
③ $v_y^2 = 2gs$ …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/s^2]
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。

図



三平方の定理
$v^2 = v_x^2 + v_y^2$ に

$$\begin{cases} v_x = v_0 \\ v_y = gt \end{cases}$$

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/s^2]
t：時間[s]

●あとがき

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[m/s^2]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。

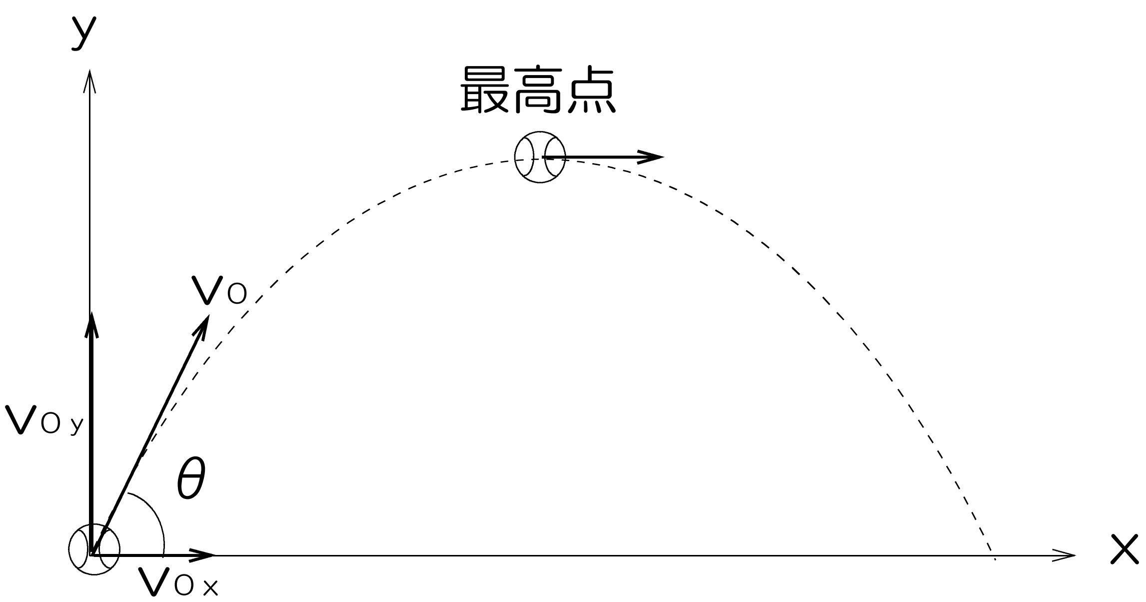
　では、落下運動のラスボス、斜方投射に挑もう。

※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。

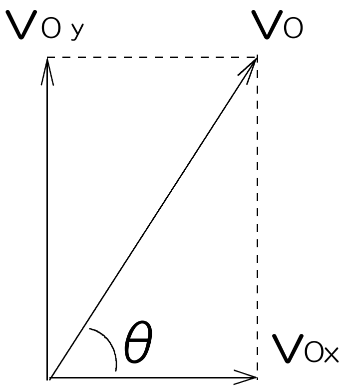


ポイント

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)

$v_x = v_0\cos\theta$ …時間tと速度v_xの関係

$s_x = v_0\cos\theta\, t$ …時間tと距離s_x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)

①$v_y = v_0\sin\theta - gt$ …時間と速度の関係

②$s_y = v_0\sin\theta\, t - \frac{1}{2}gt^2$ …時間と距離の関係

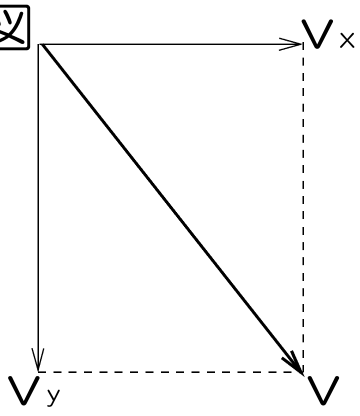
③$v_y^2 - v_{0y}^2 = -2gs_y$ …距離と速度の関係

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/s^2]

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。

図



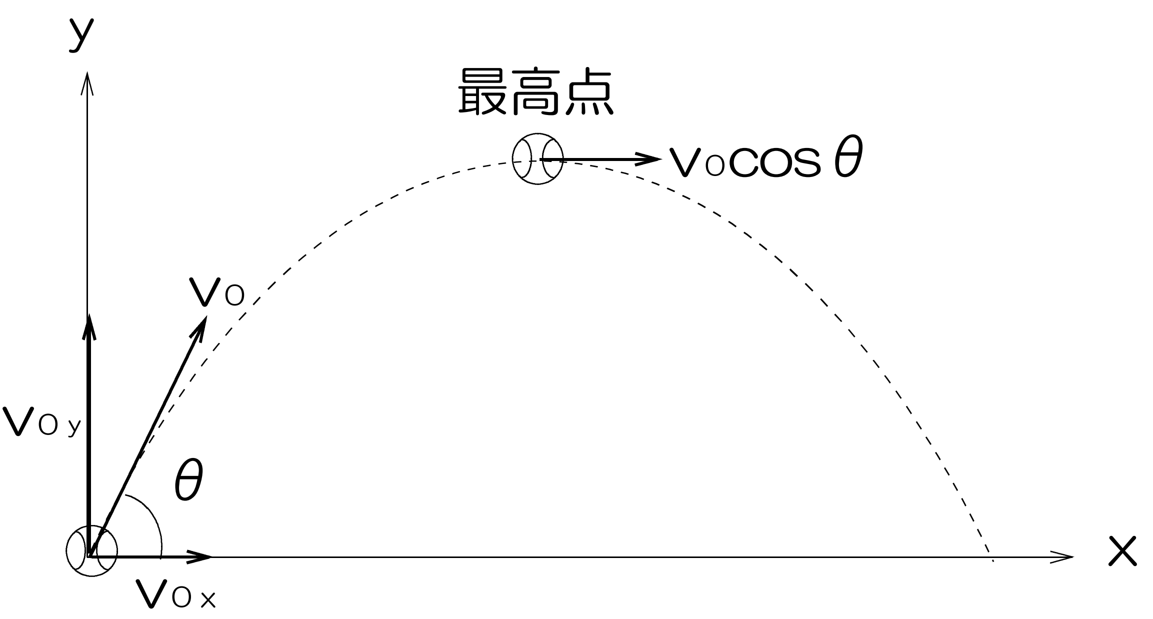
三平方の定理を使う

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

記号
v_0：初速度[m/s]
ｇ：重力加速度
$g = 9.8$ [m/s^2]
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



	x方向の公式	y方向の公式
初速度	$v_{0x}=v_0\cos\theta$	$v_{0y}=v_0\sin\theta$
速度	$v_x=v_0\cos\theta$	$v_y=v_0\sin\theta-gt$
位置	$x=v_0\cos\theta\, t$	$y=v_0\sin\theta\, t-\frac{1}{2}gt^2$
実際の速さ	$v=\sqrt{v_x^2+v_y^2}$	

●あとがき

　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。

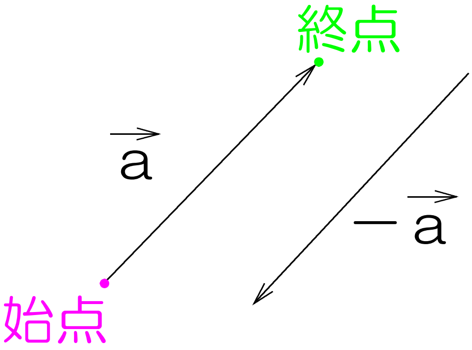
物理基礎　１１時間目

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



・ $\vec{0}$ ：ゼロベクトル

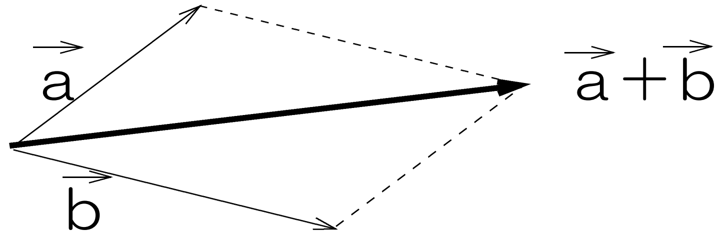
↑　　　大きさ０

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。

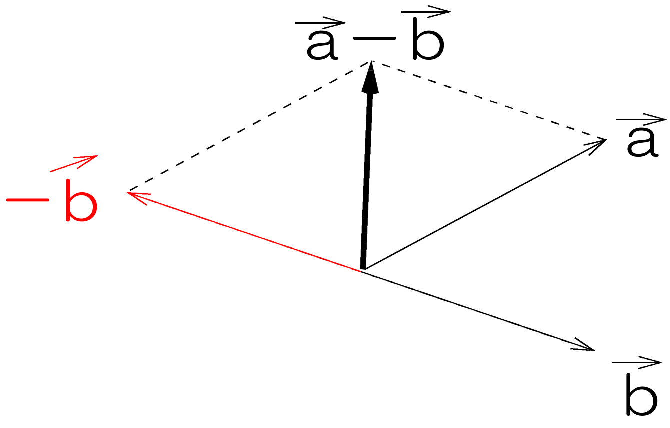
例　$\vec{a}+\vec{b}$



4.ベクトルの引き算

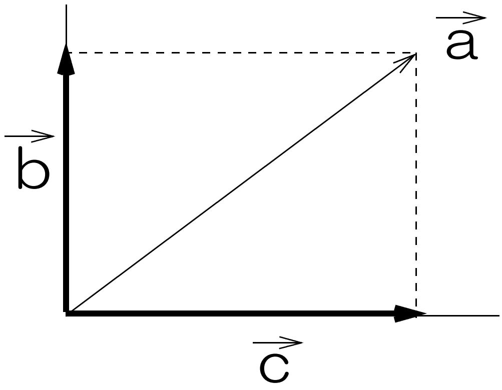
$a-b=a+(-b)$ より

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



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
始点は一緒

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。

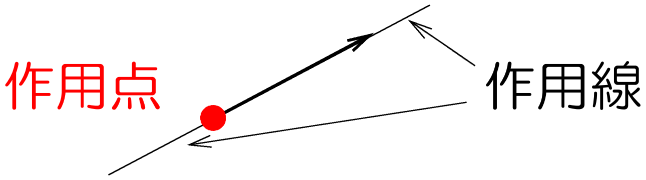
●あとがき

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　１２時間目

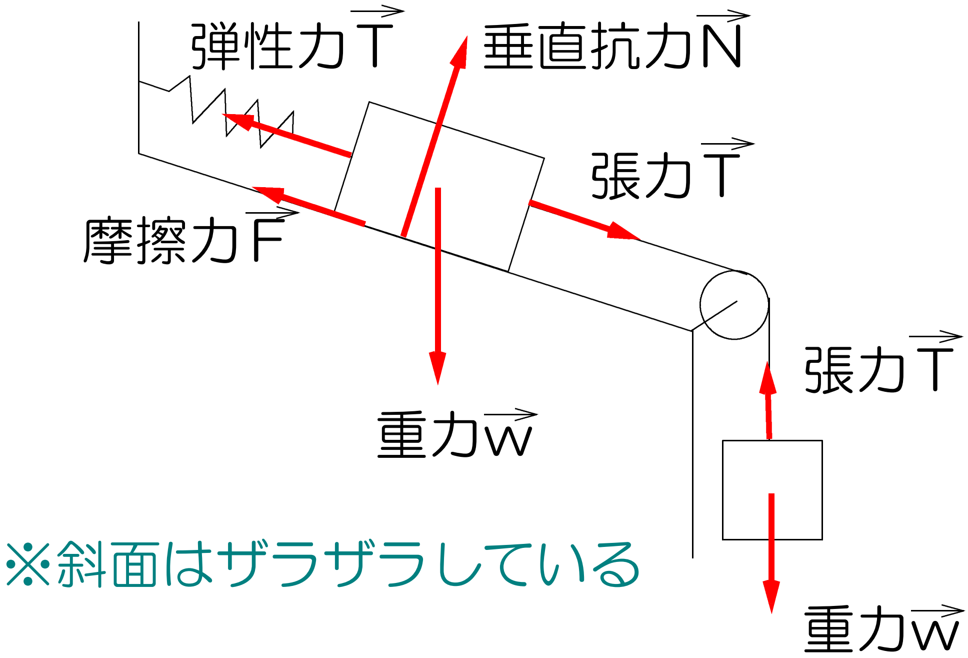
1.作用点：力の働く場所。

2.作用線：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

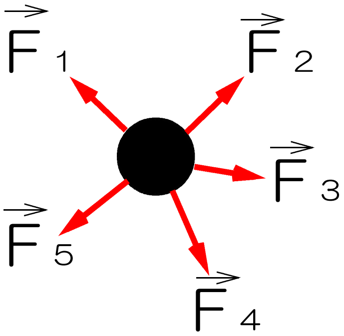


ポイント　物体に働く力のみを考え、壁や床、糸に働く力は無視する。力の作用点に注意。

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

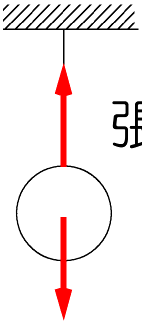
1.力のつり合い



　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ときと同じ状態になること。

$$\boxed{\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots = \vec{0}}$$

2.　2力のつり合い



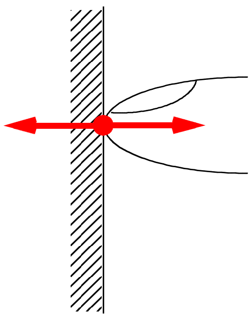
張力T

重力w

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

指が壁を押す力
(作用)



壁

壁が指を押す力
(反作用)

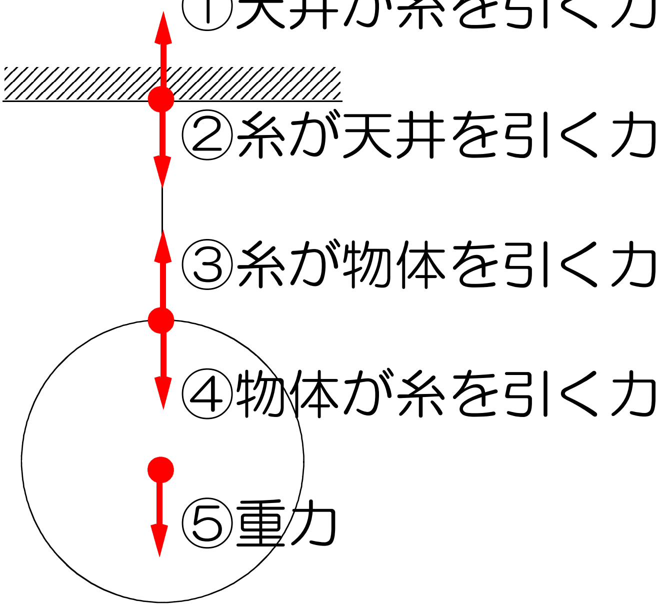
物体に力(作用)を加えると
①同一作用線上で、
②大きさが等しく
③向きが反対
　の力（反作用）が同時に生じる。
※壁を押す力は壁に、指を押す力は指に働いている。

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

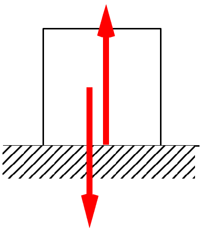
①と④は2力のつり合いだが、①と②は作用反作用の関係になる。①のように同じ力であっても組み合わせによって関係が異なることに注意。

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



$\boxed{w=mg}$　m：質量[kg]
g：重力加速度
$g=9.8[m/s^2]$

例　質量２[kg]の物体に働く重力の大きさ。

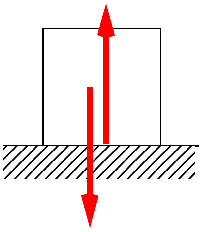
w＝ｍｇより
w＝２×9.8
＝１9.6[N]

2.垂直抗力$\vec{N}$[N]

面が物体を押す力

①水平面上の物体に働く垂直抗力N

力のつり合いより



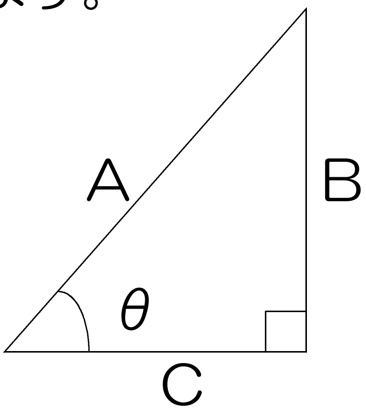
N＝w
w＝ｍｇより

$\boxed{N=mg}$　m：質量[kg]
g：重力加速度
$g=9.8[m/s^2]$

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)

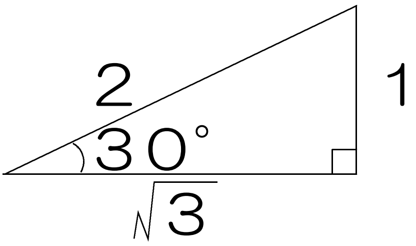
1.角度θの直角三角形において,それぞれの辺の長さをA,B,Cとするとき、sinとcosは次のように定義されます。



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

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

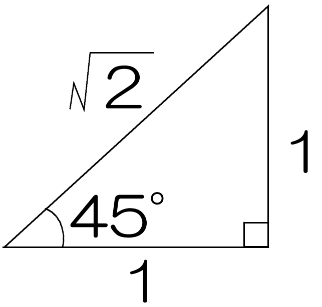
$\theta = 30^\circ$　のとき



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

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

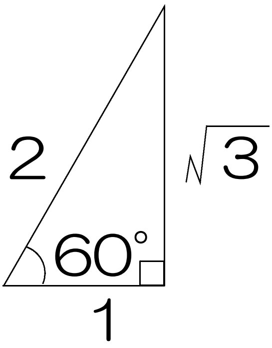
$\theta = 45^\circ$　のとき



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

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

$\theta = 60^\circ$　のとき



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

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

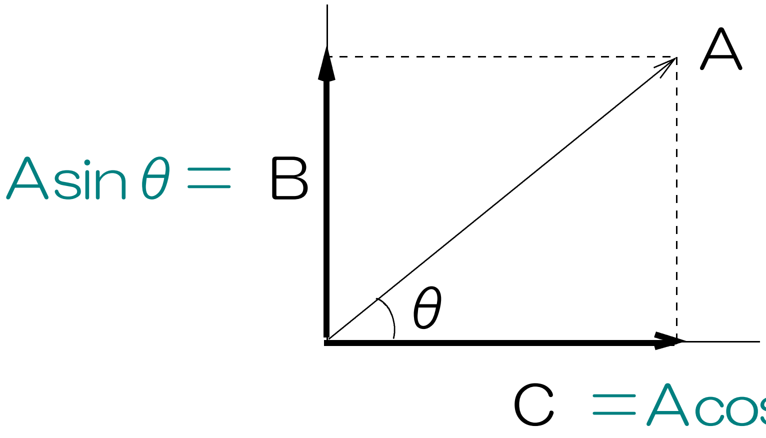
2. sin・cos　まとめ

	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

※　$\sqrt{2} = 1.41$　$\sqrt{3} = 1.73$

3.sin・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・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、

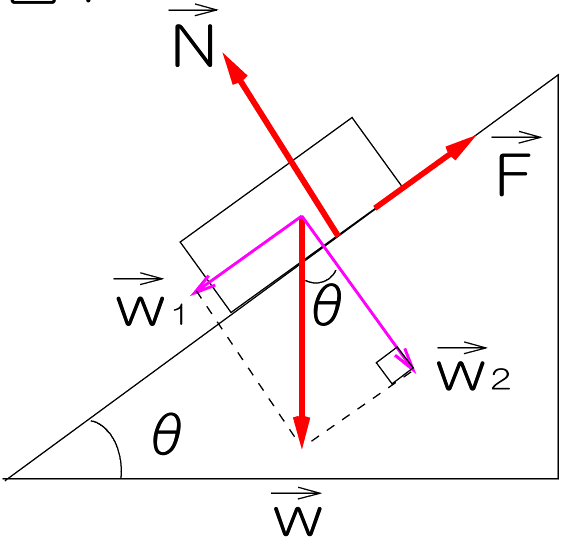
$C = A\cos\theta$　と表せます。

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

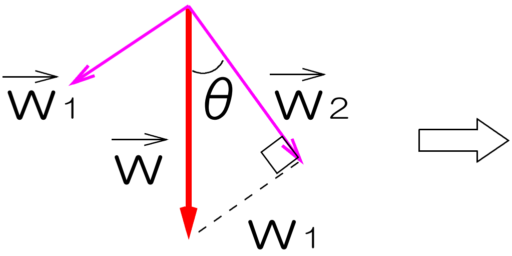


図2

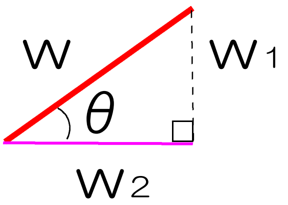


図2より

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

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

$w=mg$より

$$\boxed{w_2=mg\cos\theta}$$

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。

$\therefore N = w_2$

$w_2 = mg\cos\theta$より

斜面上の物体に働く垂直抗力N[N]

$\boxed{N = mg\cos\theta}$　m：質量[kg]

g：重力加速度

$g = 9.8\,[m/s^2]$

θ：斜面の角度

おまけ

図2より

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

$\therefore w_1 = w\sin\theta$

$w = mg$より

$\boxed{w_1 = mg\sin\theta}$　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]

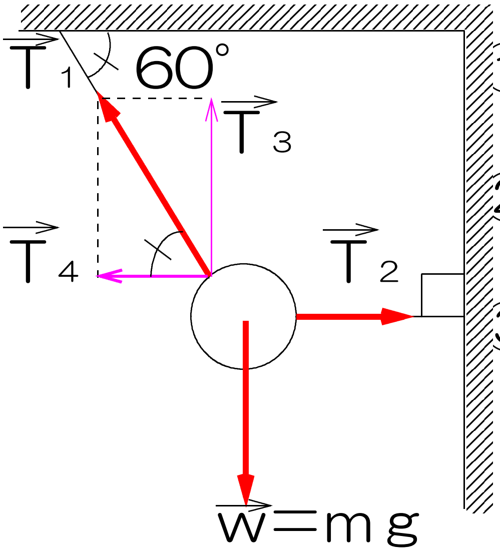
糸が物体を引っ張る力。

①１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。

図



①物体に働く力を見つける

②斜めのT_1を縦横に分解

③上下の力のつり合いより

$T_3=mg$

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

$$\frac{T_3}{T_1}=\sin 60°$$

$T_3=mg$より

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

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

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

図より

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

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

$$= \frac{2}{\sqrt{3}} mg \times \frac{1}{2}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{3}} mg$$

左右の力のつり合いより、

$$T_2 = T_4$$

$$\therefore T_2 = \frac{1}{\sqrt{3}} mg$$

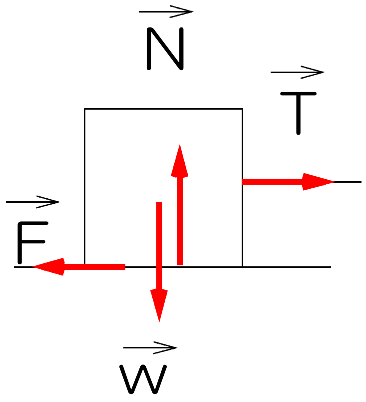
では、プリント「張力」「張力２」をやってみよう。

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。



糸をつけて
右向きに引く

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。

$\boxed{\text{最大静止摩擦力} F = \mu N}$

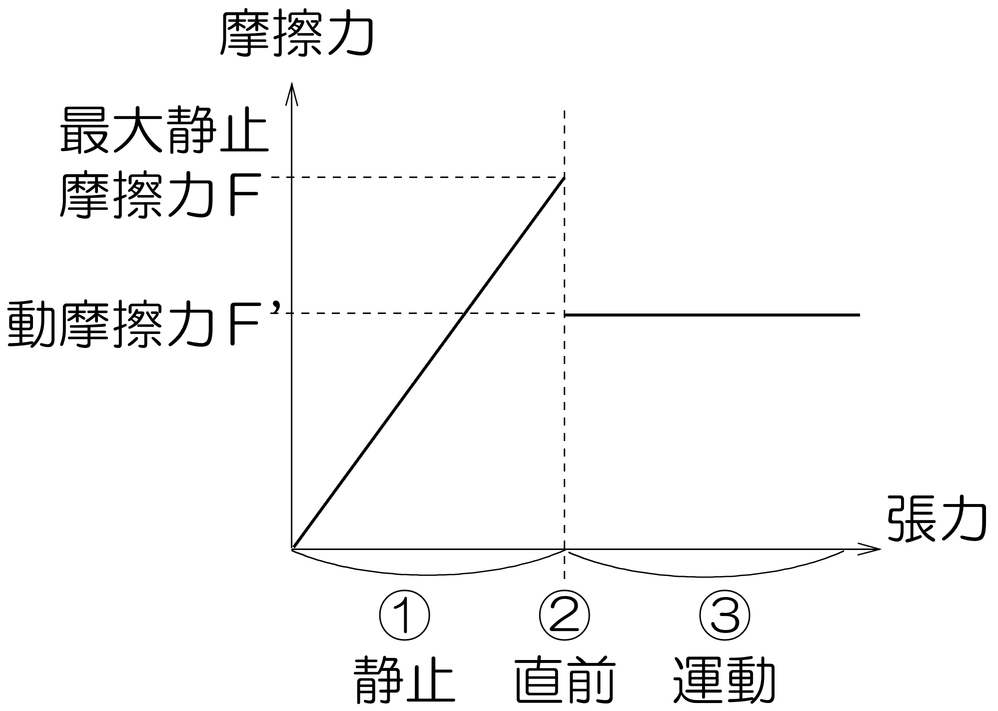
μ（ミュウ）：静止摩擦係数　単位なし
N：垂直抗力[N]

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。

$\boxed{\text{動摩擦力} F' = \mu' N}$

μ'：動摩擦係数　単位なし
N：垂直抗力[N]

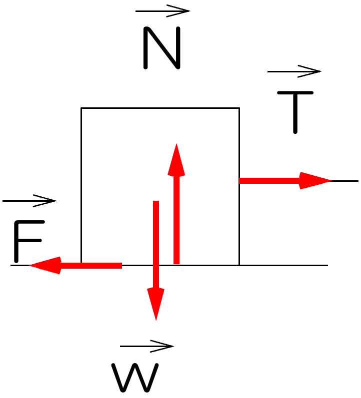
4.摩擦力の大きさの変化とそのグラフ。



では、「摩擦力」をやってみよう。

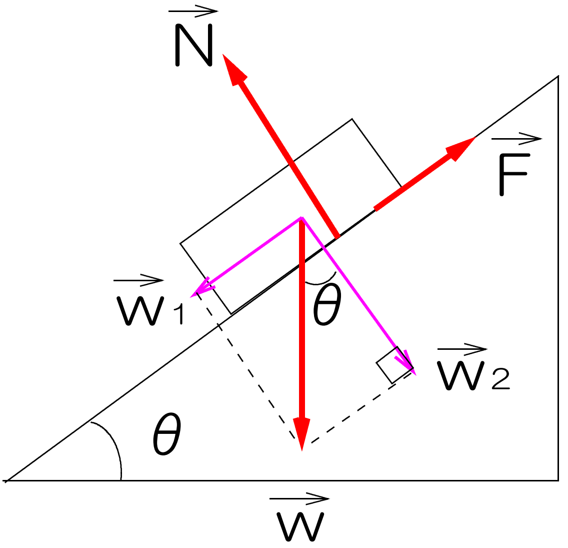
物理基礎　18時間目

1.静止摩擦係数 μ（ミュウ）　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カ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 $\vec{w}_1$ がつり合っている。

$\therefore F = w_1$

$w_1 = mg\sin\theta$ より

$F = mg\sin\theta$

$F = \mu N$　$N = mg\cos\theta$　より

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

$= \tan\theta$

$\boxed{\mu = \tan\theta}$　θ ：摩擦角

では、「静止摩擦係数」をやってみよう。

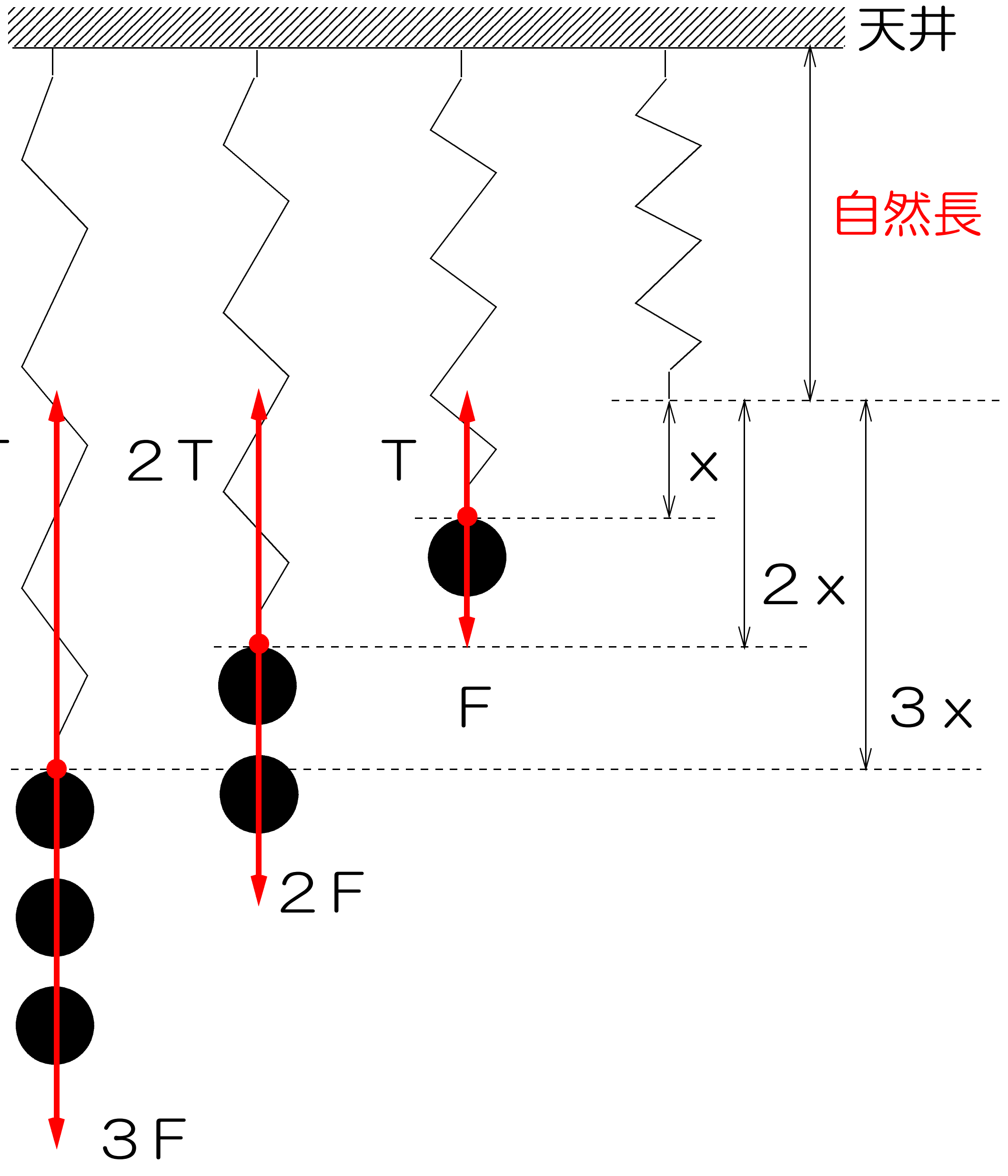
物理基礎　19時間目

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。

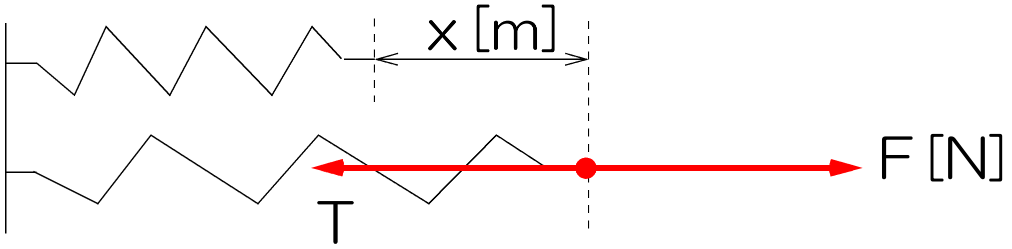


3.弾性力とバネの伸び(縮み)の関係

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。



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

$$k = \frac{F}{x}$$ 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

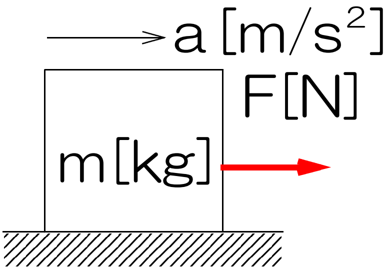
いつまでも静止の状態を続ける。

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



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。
>
> $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots$

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]

→ $\boxed{\vec{F} = m\vec{a}}$ (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

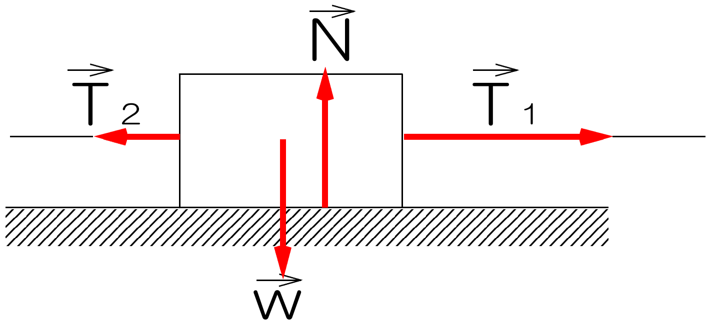
物理基礎　21時間目

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 ⟶ 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。
Ｔ１＞Ｔ２より
右向きを座標の正の向きとする。

③Ｎ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

$$Ma = T_1 - T_2$$ ←運動方程式

では、「運動方程式をたてる」をやってみよう

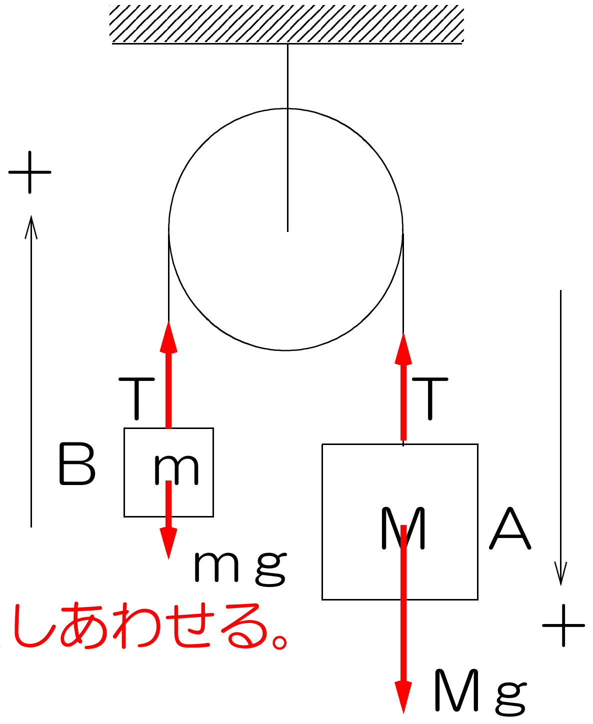
物理基礎　22時間目

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

$ma = F$ より

$Ma = Mg - T \cdots ①$

物体Ｂの運動方程式

$ma = F$ より

$ma = T - mg \cdots ②$

1．加速度の求め方

立てた運動方程式を足しあわせる。

①＋②

$$
\begin{array}{rr}
 & Ma = Mg - T \\
+ & ma = T - mg \\
\hline
 & Ma + ma = Mg - mg
\end{array}
$$

左辺と左辺,
右辺と右辺を足す

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

M＋mを移項

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

ｇを分数の外へ

$$\therefore a = \frac{M-m}{M+m}g \quad \cdots ③$$

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

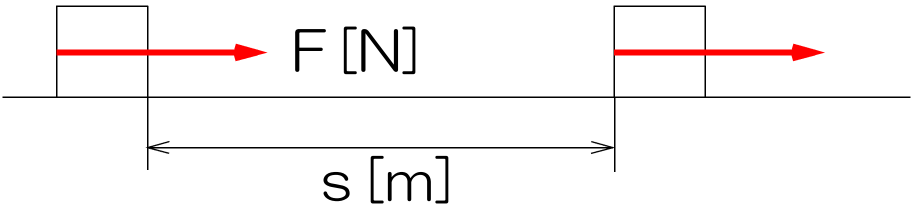
$$T = \frac{2Mm}{M+m}g$$

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)

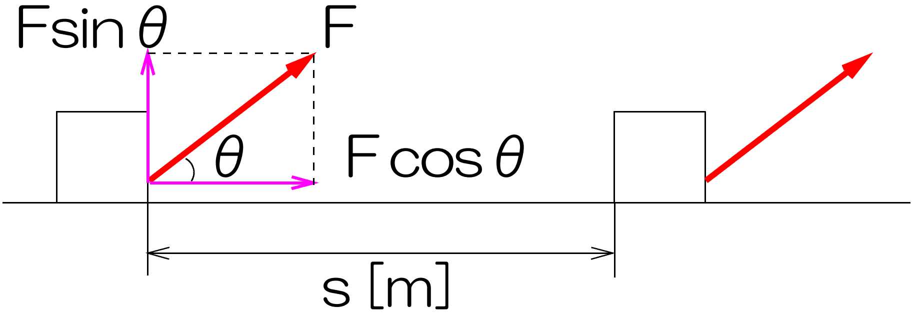


仕事w＝力F　×　その方向に動いた距離

$\boxed{w = Fs}$

w：仕事
F：力[N]
s：距離[m]

2.加えた力の向きと物体の動く向きが異なる場合の仕事w



全仕事量w＝x方向の仕事　＋　y方向の仕事
＝$F\cos\theta \times s$　＋　$F\sin\theta \times 0$
＝$Fs\cos\theta$　＋　0

$\boxed{w = Fs\cos\theta}$

F：力[N]
s：距離[m]

3.仕事率P[W](ワット)

１秒間にする仕事の量

$\boxed{P = \frac{w}{t}}$

w：仕事[J]　t：時間[s]

では「仕事・仕事率」をやってみよう

物理基礎　２４時間目

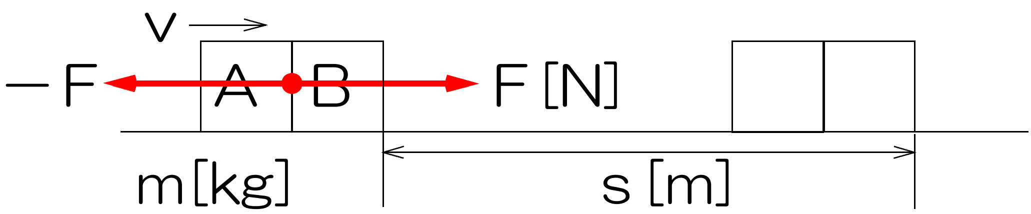
1.エネルギー

$\boxed{\text{エネルギー　＝　仕事をする能力}}$

物体が持つエネルギーの量　＝　物体ができる仕事の量

2.運動エネルギーU_K[J]

運動する物体の持つエネルギーのこと。



(Aと床μ'=0　Bと床μ'≠0)

質量m[kg]のAが速さｖ[m/s]でBにぶつかり、力Ｆ[N]を加え続けながらｓ[m]進んで止まったとする。このときのAの加速度をａとすると

$$\begin{cases} a = \dfrac{-F}{m} \\ v^2 - v_0^2 = 2as \end{cases}$$ より

$$0^2 - v^2 = 2 \times \frac{-F}{m} \times s$$

$$-v^2 = \frac{-2Fs}{m}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = Fs$$

└ AがBにした仕事の量w
||
Aが持っていたエネルギーの量U_K

運動エネルギーU_K

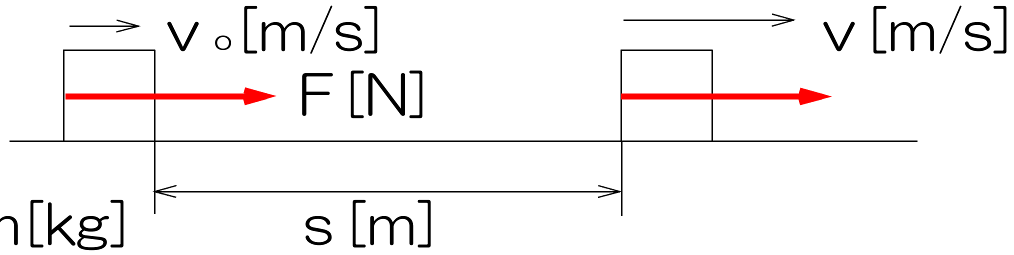
$$\boxed{U_K = \frac{1}{2}mv^2}$$

m：質量[kg]
v：速度[m/s]

では、「運動エネルギー」をやってみよう。

物理基礎　２５時間目

1.仕事wと運動エネルギーU_Kの関係



なめらかな水平面上を初速度v_0で運動する質量m[kg]の物体に、力Fを加え続けながらs[m]移動させたら速度がvになったとする。

この物体に生じる加速度をaとすると、

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

$$v^2 - v_0^2 = Fs \quad \text{より}$$

$$v^2 - v_0^2 = 2 \times \frac{F}{m} \times s$$

$$\frac{1}{2}m(v^2 - v_0^2) = Fs$$

$$\underbrace{\underbrace{\frac{1}{2}mv^2}_{\text{物体が仕事をされた後に持つ運動エネルギー}} - \underbrace{\frac{1}{2}mv_0^2}_{\text{物体がはじめに持っていた運動エネルギー}}}_{\text{運動エネルギーの変化量}} = \underbrace{Fs}_{\text{物体がされた仕事の量}}$$

物体の持つ運動エネルギーの量は、された仕事と同じ量だけ変化する。

運動エネルギーと仕事の関係を表す式

$$\boxed{\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_o^2 = Fs}$$

ｍ：質量[kg]
ｖ：速度[m/s]
v_o：初速度速度
Ｆ：力[N]
ｓ：距離[m]

では、「運動エネルギーと仕事の関係」をやってみよう。

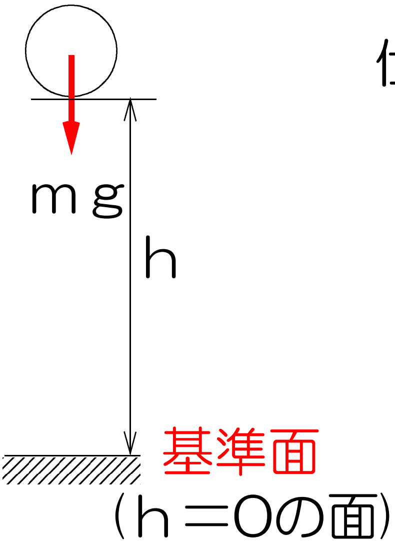
物理基礎　２６時間目

1.重力による位置エネルギーU_P[J]

高いところにある物体が持つエネルギーのこと。

物体は落下するときに重力によって仕事をされるので、(運動)エネルギーを得る。
そして、このエネルギーを使って他の物体に仕事をすることが出来る。

物体の持つ重力による位置エネルギーU_P
||
物体が重力によってされる仕事の量w



仕事$w = Fs$　より

$$w = mg \times h$$

$U_P = w$　より

重力による位置エネルギーU_P

$$\boxed{U_P = mgh}$$

m：質量[kg]
g：重力加速度
$g = 9.8$[m/s^2]
h：高さ[m]

では、「重力による位置エネルギー」をやってみよう。

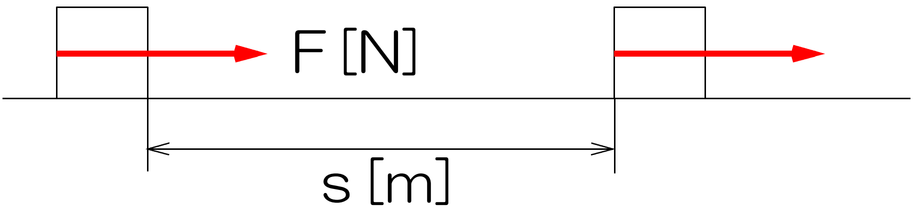
物理基礎　２７時間目

1.弾性力による位置エネルギーU_P[J]
(弾性エネルギー)

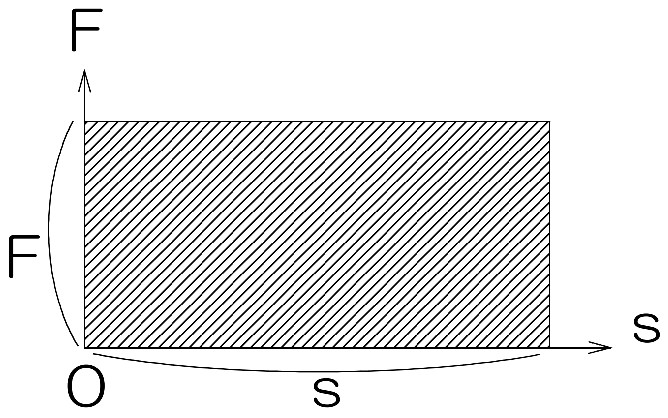
伸び縮みしたバネの持つエネルギーのこと。

①Ｆ－ｓグラフの特徴

物体に力Ｆを加えてｓ[m]動かしたとする。



これをＦ－ｓグラフに表すと、



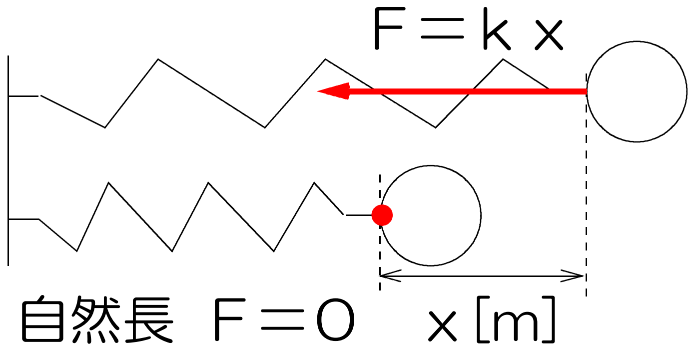
縦軸と横軸とグラフによって囲まれた面積は

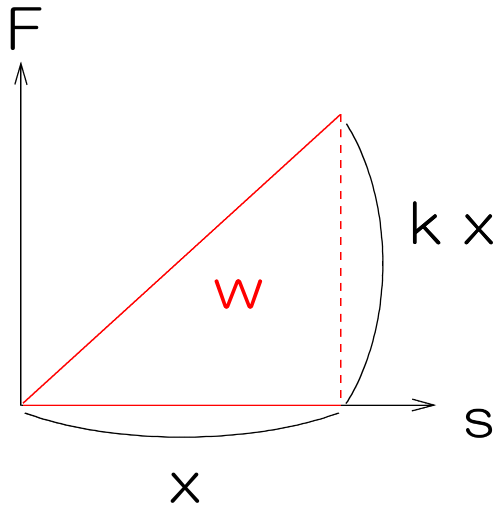
縦×横 ＝ Ｆ×ｓ ＝ 仕事wなので

Ｆ－ｓグラフの特徴
Ｆ－ｓグラフにおいて面積は仕事の量を表す

②バネのする仕事w

なめらかな水平面上で、物体にバネ定数kのバネをつけ、おもりをつまんでx[m]バネを伸ばしてから手を離す。バネの伸びが0になるまでに、バネが物体にする仕事wについて考える。





F-sグラフにおいて面積は仕事wを表すので

$$w = x \times kx \div 2$$
$$= \frac{1}{2}kx^2$$

バネの持つエネルギーU_P＝バネのする仕事wより

弾性力による位置エネルギーU_P[J]

$$\boxed{U_P=\frac{1}{2}kx^2}$$

k：バネ定数[N/m]
x：バネの伸び(縮み)[m]

では、「弾性エネルギー」をやってみよう。

物理基礎　２８時間目

1.力学的エネルギーU[J]

$$\boxed{U = U_K + U_P + U_P}$$

$U_K = \frac{1}{2}mv^2$　(運動エネルギー)

$U_P = mgh$　(重力による位置エネルギー)

$U_P = \frac{1}{2}kx^2$　(弾性力による位置エネルギー)

2.力学的エネルギー保存の法則

自由落下する物体の持つ力学的エネルギーの変化について考える。

	m[kg]	高さ	U_K	U_P	U
A点	●　0[m/s]		0	mgh_A	mgh_A
B点	●↓v_B	h_A	$\frac{1}{2}mv_B^2$	mgh_B	①
C点	●↓v_C	h_B	$\frac{1}{2}mv_A^2$	0	②

自由落下の公式

$v^2 = 2gs$より

$v = \sqrt{2gs}$

(sは落下距離)

$\therefore v_B = \sqrt{2g(h_A - h_B)}$

$v_C = \sqrt{2gh_A}$

次①②の計算から、力学的エネルギーの値はＡＢＣどの点においても等しいことが分かる。

①$U = U_K + U_P + U_P$ より

$$U = \frac{1}{2}mv_B{}^2 + mgh_B + 0$$

$$= \frac{1}{2}m(\sqrt{2g(h_A - h_B)})^2 + mgh_B$$

$$= \frac{1}{\cancel{2}}m \times \cancel{2}g(h_A - h_B) + mgh_B$$

$$= mgh_A - \cancel{mgh_B} + \cancel{mgh_B}$$

$$= mgh_A$$

②$U = U_K + U_P + U_P$ より

$$= \frac{1}{2}mv_C{}^2 + 0 + 0$$

$$= \frac{1}{2}m \times (\sqrt{2gh_A})^2$$

$$= \frac{1}{2}m \times 2gh_A$$

$$= mgh_A$$

力学的エネルギー保存の法則

　重力や弾性力のみによって運動する物体の持つ力学的エネルギーは一定に保たれる。
(保存される)。

$$\boxed{U = U_K + U_P + U_P = 一定}$$

$U_K = \frac{1}{2}mv^2$ (運動エネルギー)

$U_P = mgh$ (重力による位置エネルギー)

$U_P = \frac{1}{2}kx^2$ (弾性力による位置エネルギー)

　では、「力学的エネルギー保存の法則」「力学的エネルギー保存の法則２」をやってみよう。

物理基礎　２９時間目

1.温度の表示方法

①セルシウス温度(摂氏)ｔ[℃]

水の沸点を１００[℃]
水の凝固点を０[℃]とし、
その間を１００等分したもの。

②絶対温度Ｔ[K](ケルビン)

自然界の最低温度(－２７３.１５[℃])を
０[K]としたもの。

2.絶対温度Ｔとセルシウス温度ｔの関係

Ｔ[K]	ｔ[℃]
３７３[K]	１００[℃]
２７３[K]	０[℃]
０[K]	－２７３[℃]

$\boxed{T=t+273}$　ｔ：セルシウス温度[℃]

3.比熱ｃ[J/gK]

その物質の１[g]の温度を１[K](１[℃])上昇させるのに必要な熱の量

例　水　４.２[J/gK]
　　銅　０.３９[J/gK]

4.熱容量Ｃ[J/K]

　その物体の全体の温度を１[K]（１[℃]）上昇させるのに必要な熱の量。

$\boxed{C = mc}$　ｍ：質量[g]
　　　　　　ｃ：比熱[J/gK]

例　水１０[g]の熱容量Ｃ

Ｃ＝ｍｃより

Ｃ＝１０×4.2

　＝４２[J/K]

5.熱量Ｑ[J]

　熱の量のこと。

　質量m[g]、比熱ｃ[J/gK]の物体の全体の温度を△Ｔ[K]上昇させるのに必要な熱の量をＱとすると

$\boxed{Q = mc\triangle T}$　ｍ：質量[g]
　　　　　　ｃ：比熱[J/gK]
Ｃ＝ｍｃより　△Ｔ：温度差[K]
　　　　　　Ｃ：熱容量[J/K]

$\boxed{Q = C\triangle T}$

　では、「熱と温度１」をやってみよう。

※注意

　物理では質量は[kg]を使って計算するが普通であるが、熱の範囲のみ昔のなごりで[g]を使って計算するので気をつけること。特に、他の分野と熱の分野が混在するときは間違いやすい。

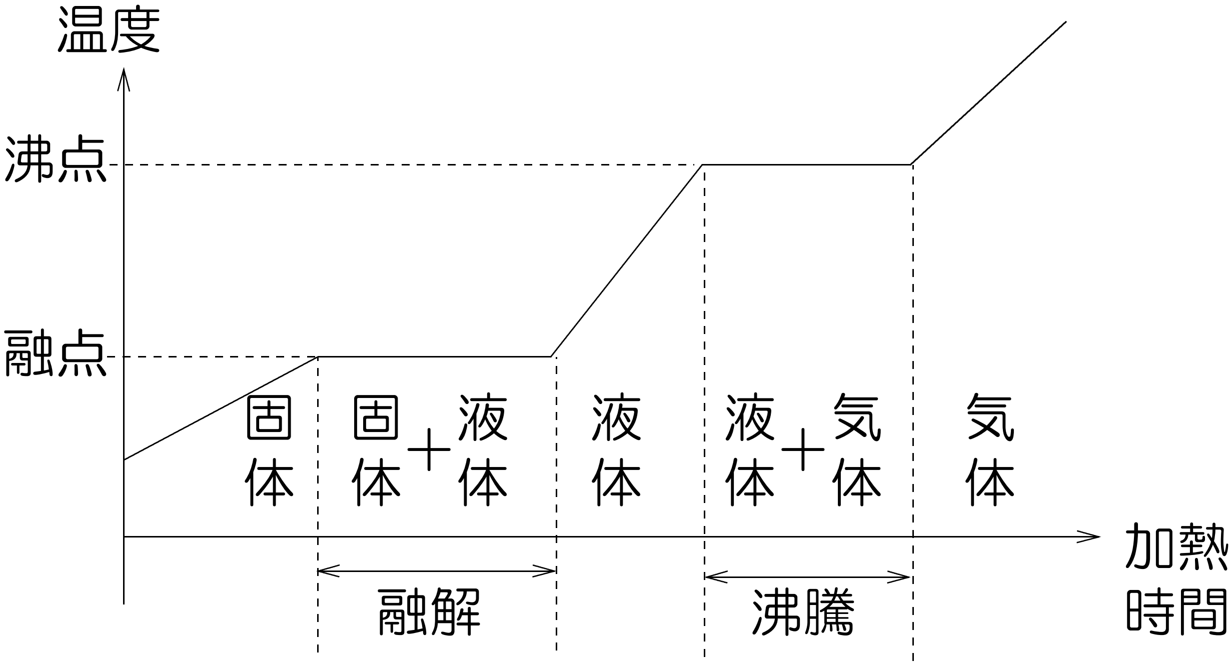
物理基礎　３０時間目

1.物質の三態

物質の3つの状態(固体・液体・気体)のこと。

2.温度の変化と状態の変化

固体に熱を加えたときの温度の変化と状態の変化について考える。



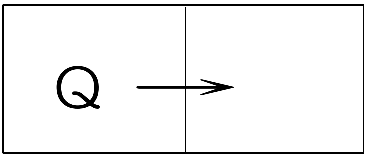
融点［℃］：固体がとけ始める温度。
沸点［℃］：液体が沸騰する温度。
融解熱[J/g]：融点にある固体１[g]を液体の状態にするのに必要な熱の量。
蒸発熱[J/g]：沸点にある液体１[g]を気体の状態にするのに必要な熱の量。
潜熱：温度の変化ではなく、状態の変化に使われる熱(融解熱・蒸発熱)のこと。

例　水の場合
　融点　０［℃］
　沸点　１００［℃］
　融解熱３３０[J／g]
　０[℃]の氷１[g]　→　０[℃]の水１[g]
　　　　　　　　　↑　Q＝３３０[J]

　蒸発熱　２３００[J／g]
　100[℃]のお湯１[g]　→　100[℃]の水蒸気１[g]
　　　　　　　　　　↑Q＝２３００[J]

3.熱量保存の法則

　A　　B



熱は温度の高い方から低い方へ移動する

　T_A　T_B　$(T_A > T_B)$

熱量保存の法則 　温度の異なる2物体を接触させるとき、高温の物体が失う熱量Q_1と，低温の物体が得る熱量Q_2は等しい。 $\boxed{Q_1 = Q_2}$

では、「熱と温度２」をやってみよう。

物理基礎　３１時間目

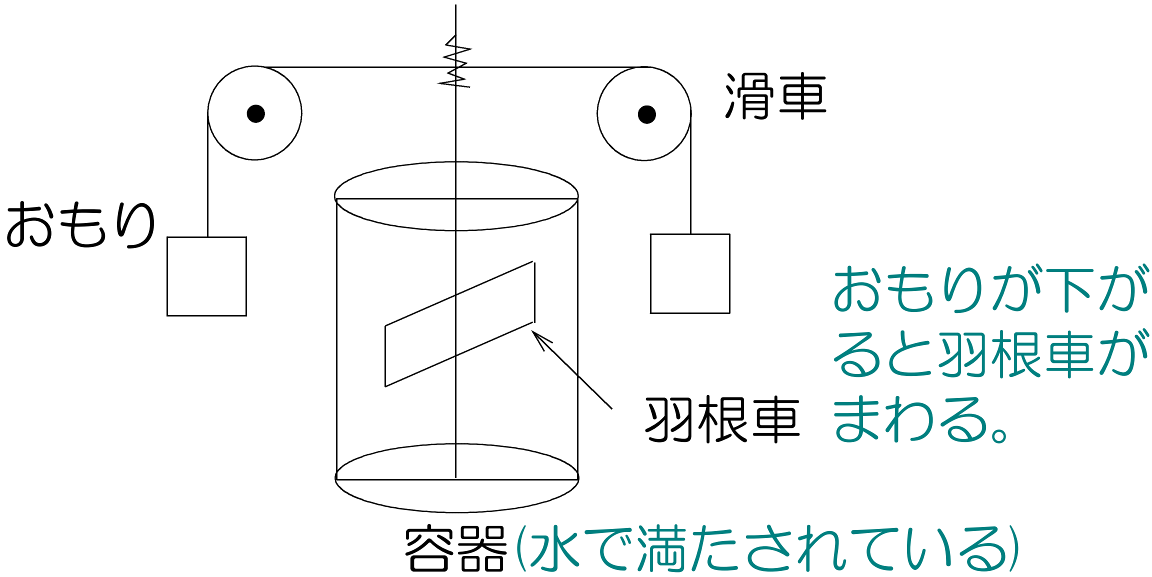
1.ジュールの実験（ジュールは人の名前）

　容器を水で満たし、その中に羽根車を入れ、容器の両側のおもりが下がると、容器内で羽根車が回転するようにした。

　おもりが下がると、羽根車と水の摩擦により熱Qが発生し、水温が上がる。

　このとき、おもりが失うエネルギーUと発生する熱Qの関係を調べた。

図(超簡略版)　軸には糸が巻き付けられている。



実験結果

発生する熱の量Q ＝ 失われた力学的エネルギーの量U

熱Qと力学的エネルギーUの関係

$\boxed{Q=U}$

では、「熱と温度の3」をやってみよう。

※公式を用いて計算するとき、質量の単位に注意。

Q＝ｍｃ△Ｔは　[g]　それ以外は[kg]

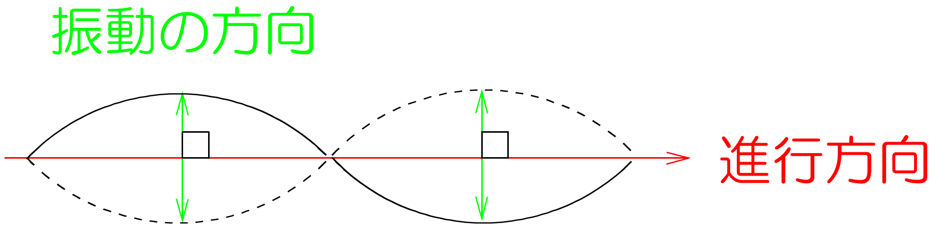
物理基礎　３２時間目

1.波動
　ある場所に生じた振動が次々ととなりに伝わっていく現象。

2.媒質
　波を伝える物質のこと。

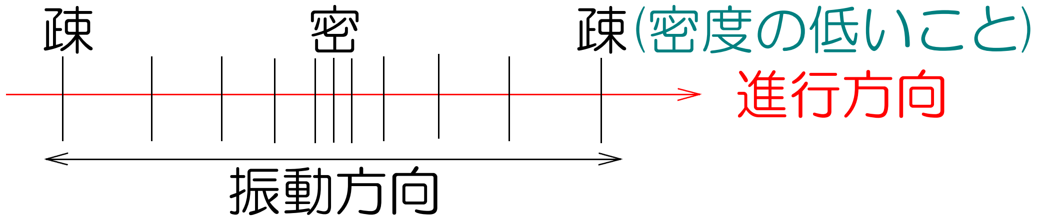
3.波源
　最初に振動を始めた点。

4.横波
　波の振動方向が波の進行方向に垂直な波。



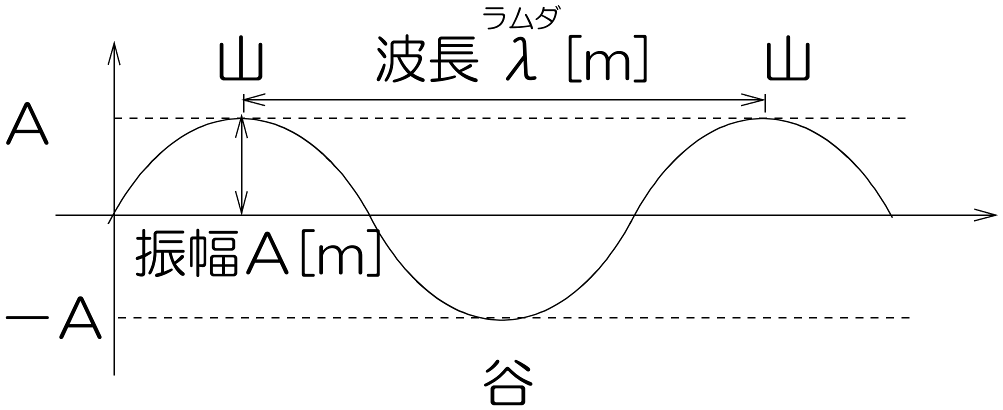
　例：水面上の波　光　地震のＳ波

5.縦波（疎密波）(そみつは)
　波の進行方向と波の振動方向が平行な波。



　例：音　地震のＰ波

6.波の要素



山：最も高い点
谷：最も低い点
波長λ[m]：山から山までの距離
振幅A[m]：山の高さ(谷の深さ)

では、「波の要素と波形」をやってみよう。

物理基礎　３３時間目

1.周期Ｔ[s]
　媒質中の１点が１往復するのに必要な時間。

2.振動数ｆ[Hz](ヘルツ)
　媒質中の1点が1秒間に往復する回数。

3.振動数ｆと周期Ｔの関係

$$T = \frac{1}{f}$$ なので $\boxed{fT=1}$

4.波の速さｖ[m/s]
　波形の移動する速さのこと。
　媒質中の１点が１往復するごとに、波は１波長(λ[m])進む。また、波の振動数をｆ[Hz]とすると、媒質は１秒間にｆ回往復するので、波が１秒間に進む距離をｓとすると、
　$s = f\lambda$となる。

$$v = \frac{s}{t}$$ より

$$v = \frac{f\lambda}{1} = f\lambda$$

$\boxed{v = f\lambda}$　ｖ：波の速さ[m/s]
ｆ：振動数[Hz]
λ：波長[m]

5.波の進距離ｘ[m]

$\boxed{x = vt}$　ｖ：波の速さ[m/s]
ｔ：時間[s]

　では、「波の速さ」をやってみよう。

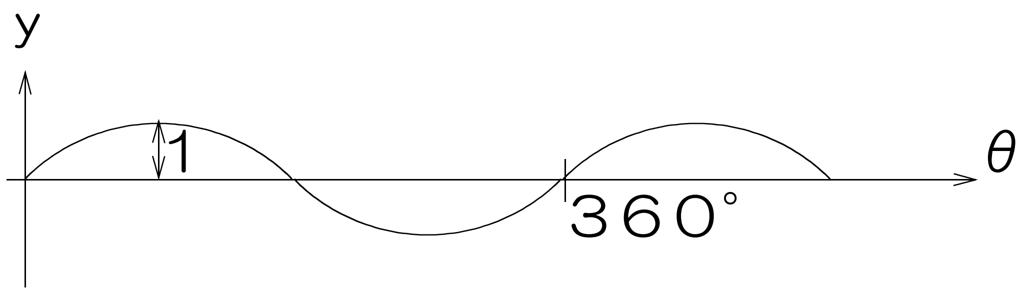
物理基礎　３４時間目

1.[rad](ラジアン)
角度の単位のひとつ
３６０°＝２π[rad]

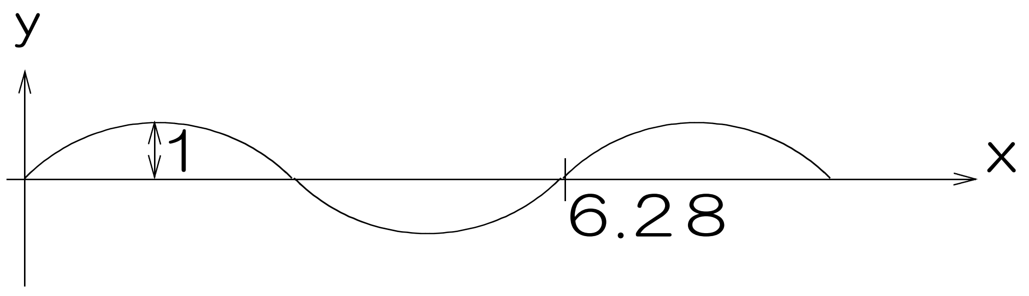
2.プリント「波の式」の説明

θ°	０	９０	１８０	２７０	３６０
x[rad]	０	$\dfrac{\pi}{2}$	π	$\dfrac{3\pi}{2}$	2π
x[rad]	0	1.57	3.14	4.71	6.28
sin x	0	1	0	－1	0

グラフ２　y＝sinθ

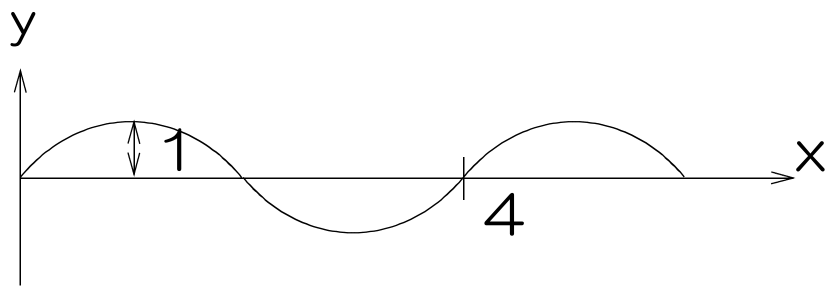


グラフ３　y＝sin x

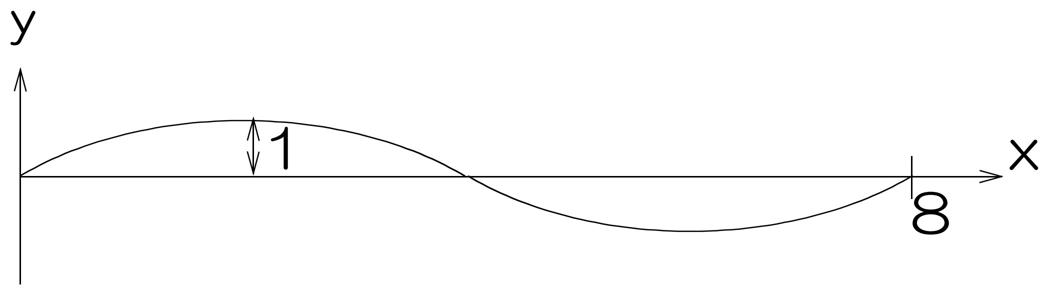


グラフ４　$y = \sin 2\pi x$

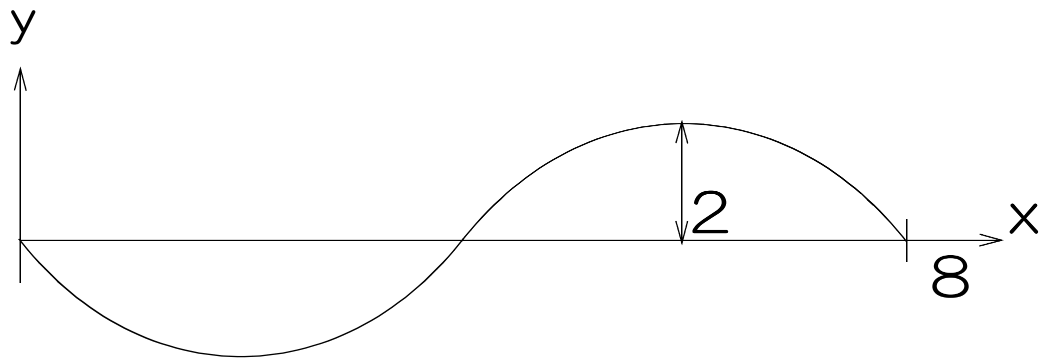
グラフ５　$y = \sin\left(\dfrac{2\pi x}{4}\right)$



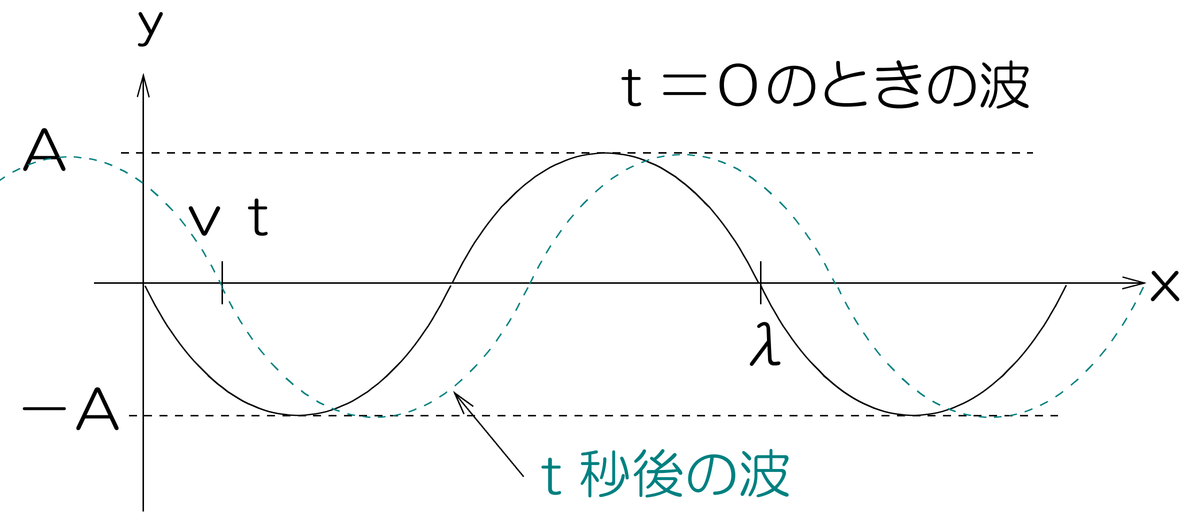
グラフ６　$y = \sin\left(\dfrac{2\pi x}{8}\right)$



グラフ７　$y = 2\sin\left(\dfrac{-2\pi x}{8}\right)$



3.波の式



波長λ[m]、振幅A[m]の波が速さV[m/s]で右向きに進むことを考える。

時間t＝0における波形を式で表すと、プリントより

$$y=A\sin\left(\frac{-2\pi x}{\lambda}\right)$$

となる。

この波は、t秒後にはvt[m]右へ移動するので、t秒後の波形を式で表すと、

$$y=A\sin\left(\frac{-2\pi(x-vt)}{\lambda}\right)$$

$$=A\sin\left(\frac{2\pi(vt-x)}{\lambda}\right)$$

$$=A\sin 2\pi\left(\frac{vt-x}{\lambda}\right)$$

$$=A\sin 2\pi\left(\frac{vt}{\lambda}-\frac{x}{\lambda}\right)$$

$v = f\lambda$ より

$$y = A\sin 2\pi\left(\frac{f\cancel{\lambda}t}{\cancel{\lambda}} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

$$= A\sin 2\pi\left(ft - \frac{x}{\lambda}\right)$$

$T = \frac{1}{f}$ より

$$y = A\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

◎波の式（右向きに進む波）

$$\boxed{y = A\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)}$$

A：振幅[m]　x：位置[m]
t：時間[s]　λ：波長[m]
T：周期[s]

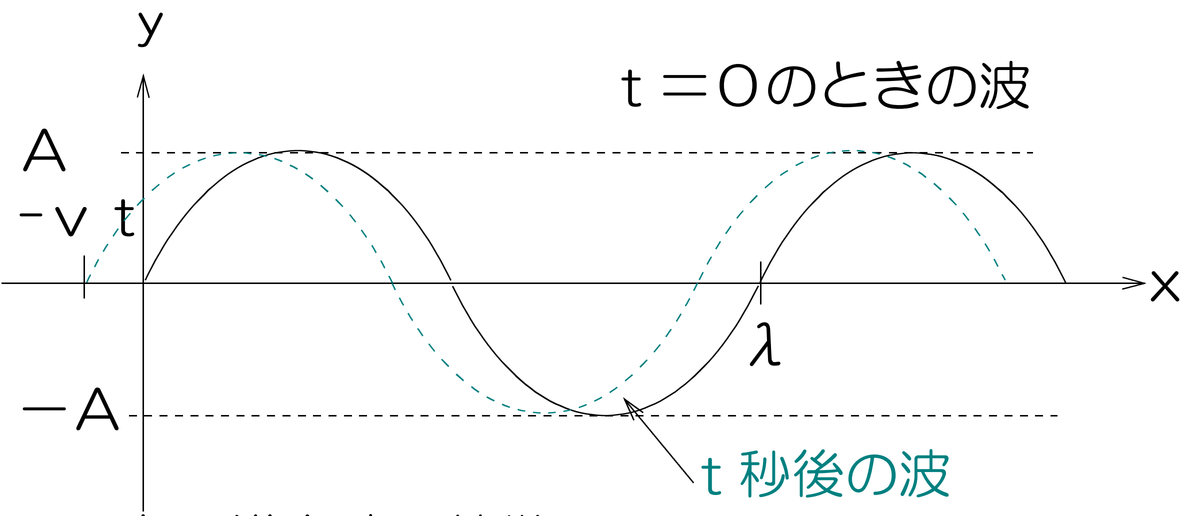
では、「波の式」をやってみよう。

物理基礎　35時間目

1.左向きに進む波

$$y = A\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right)$$

A：振幅[m]　x：位置[m]　波の進む向きは
t：時間[s]　λ：波長[m]　ここで判断する
T：周期[s]



※　左に進む波の特徴
t＝0のとき　原点から山が始まる。

2.波の式と波の要素

例　$y=0.2\sin\pi(0.8t-4x)$

$$=0.2\sin 2\pi(0.4t-2x)$$

$0.4=\dfrac{1}{2.5}$　　$2=\dfrac{1}{0.5}$　なので

$$y=0.2\sin 2\pi\left(\frac{t}{\boxed{2.5}}-\frac{x}{0.5}\right)$$

公式　$y=A\sin 2\pi\left(\dfrac{t}{\boxed{T}}-\dfrac{x}{\lambda}\right)$と比較

式と公式の同じ場所を見比べると、

振幅$A=0.2$[m]
周期$T=2.5$[s]
波長$\lambda=0.5$[m]

振動数$f=\dfrac{1}{T}=\dfrac{1}{2.5}=0.4$[s]

速さ$v=f\lambda=0.4\times0.5=0.2$[m/s]

では、「波の式と波の要素」をやってみよう。

※分かる?

$0.4=\dfrac{4}{10}$　なので

分子・分母を4で割ると

$$0.4=\frac{4}{10}=\frac{1}{2.5}$$

物理基礎　３６時間目

1.「波の式　演習問題」をやってみよう。
2.「波の式　演習問題２」をやってみよう。

　ここまでで波の式のお話はいったん休憩。
次からは波の性質について話をしていきます。

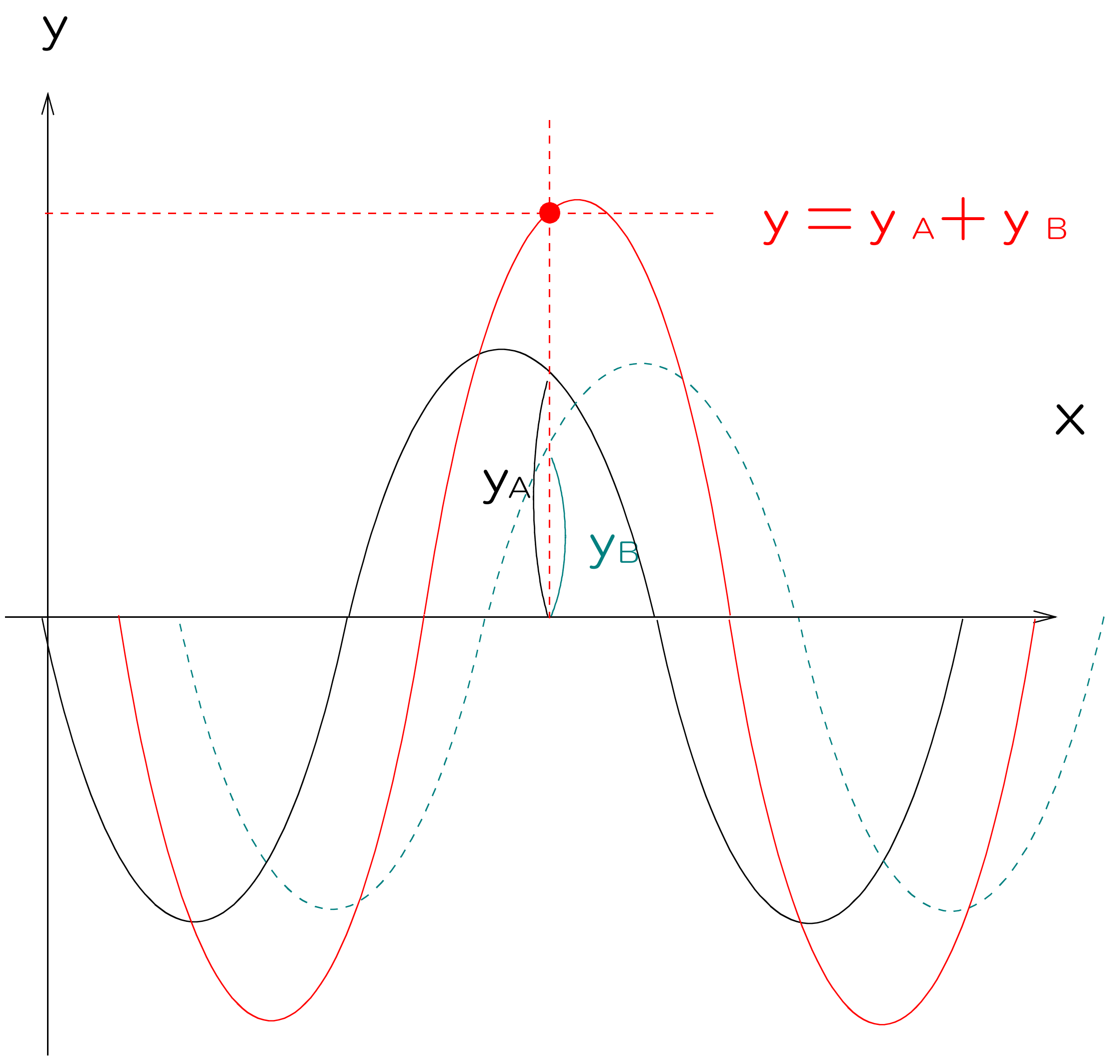
物理基礎　３７時間目

1.波の独立性

　波と波はぶつかって(重なって)も壊れたりはね返ったりせずに、何事もなかったかのようにお互いにすり抜けていく。

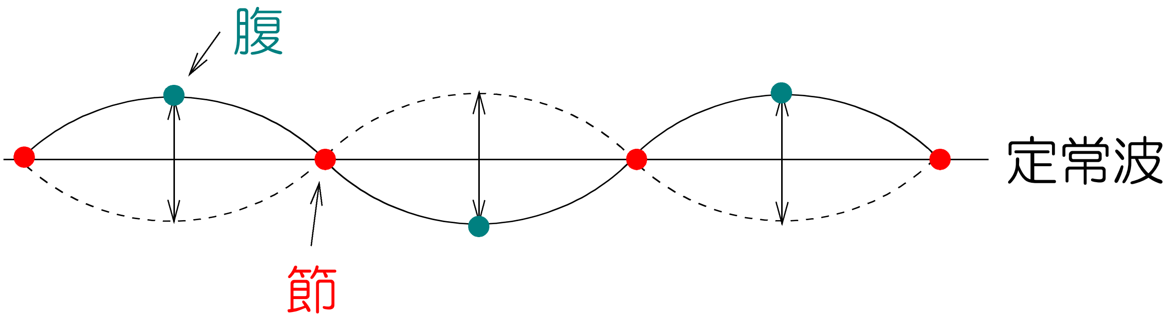
2.波の重ね合わせの原理

　波と波が重なったときの高さ(変位) ｙは、それぞれの波の高さ(変位) y_A，　y_Bの和に等しい。



3.定常波（ていじょうは）

　波長λ、震幅A、速さvの等しい2つの波が互いに逆向きに進んで重なり合うときに生じる左右に動かない波のこと。



　節：振動が常に0の点
　腹：振動が最も大きい点

※できた定常波の波長λはもとの波の波長に等しいので、腹と腹・節と節の間隔はλ／２になる。

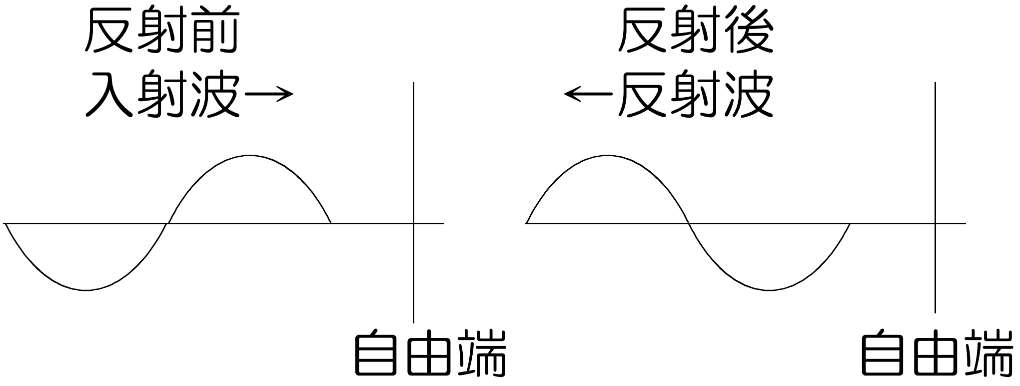
　では、「波の重ね合わせの原理」「定常波」をやってみよう。

物理基礎　３８時間目

１.波の反射

①自由端の場合

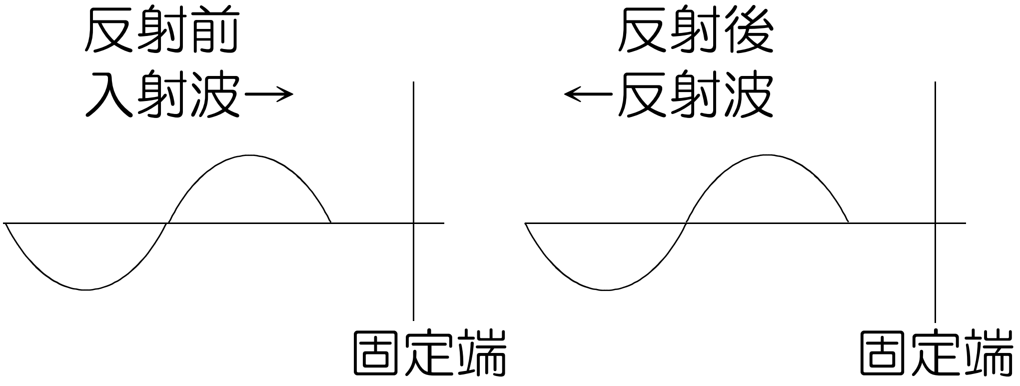
固定されておらず、自由に動ける端のこと。



反射波の形は、入射波が端でUターンした形

②固定端の場合

固定されており、動くことの出来ない端のこと



反射波の形は、端でUターンした波が上下逆さまになった形。

③波が端で反射するときに出来る波形は、入射波と反射波が重なり合って出来る。

では、「波の反射　自由端　固定端」をやってみよう。

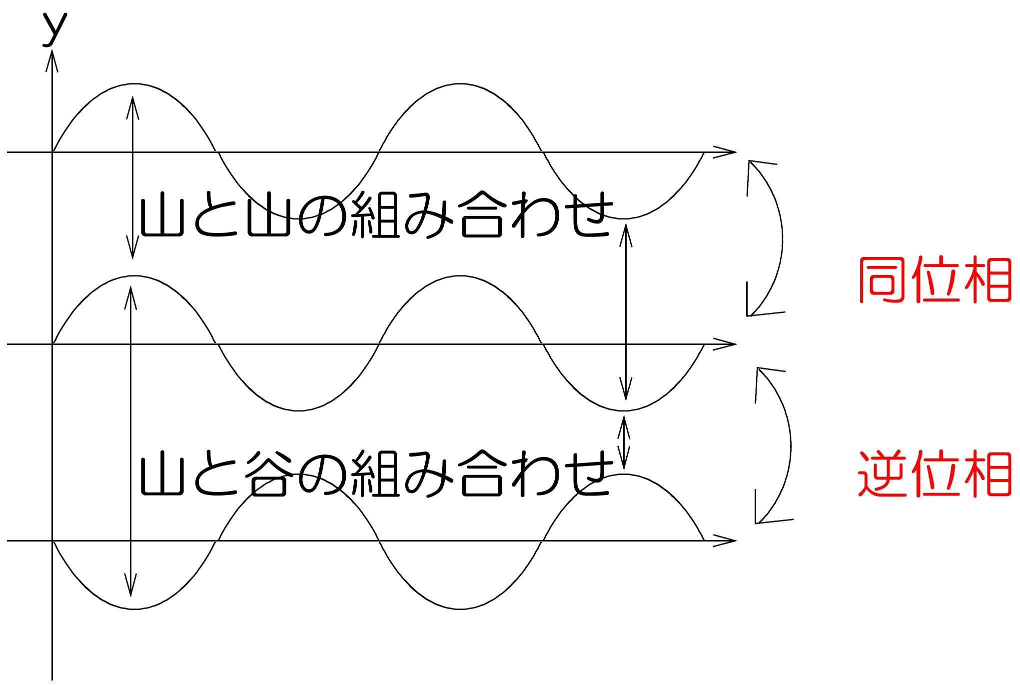
物理基礎　３９時間目

今回はプリントの作業から入ります。

1.プリント「水面上の波の干渉１」
　水面に石を投げると同心円状の波が外側に広がっていく様子を目にするが、同時に2カ所に石を投げたときに広がっていく波が干渉するとどのような模様が出来るかを考える。

プリントのやりかた
　①プリントには似たような図が4つ描かれているが、少しずつ異なる。
　②中心の黒丸は波源を表す。
　③図１から始まり、時間とともに2,3,4と進む。
　　図1では一番内側にある太線が１つずつ外側へ移動している。
　　これは、水面上の波が時間とともに外側へ広がっていく様子を表している。
　④円は波を表し、太線は山を、点線は谷を、細線は高さ0を表す。
　⑤赤ペンで太線と太線の交わる点を縦につなぐ。
　⑥鉛筆で太線と点線の交わる点を縦につなぐ。
　⑦赤い線と黒い線は決して交わらない。
　⑧図１から図4まで同様に線をかく。
　⑨4つの図を見比べ、2番の問いに答える。

1.同位相と逆位相

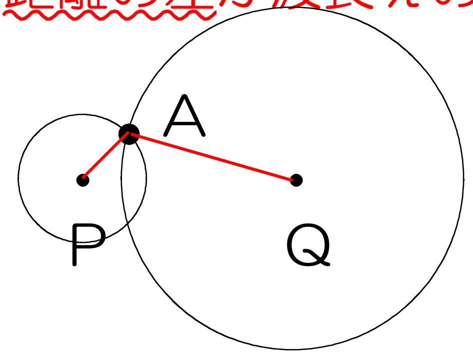


　２つの波を比べたときに、同じ場所に山と山、谷と谷があるものを同位相、同じ場所に山と谷、谷と山があるものを逆位相という。

2.水面上の波の干渉
（波源が同位相・同振幅・同波長の場合）

水面上の2つの波源から同心円状の波が広がり、重なり合うと、水面上に定常波が出来る。

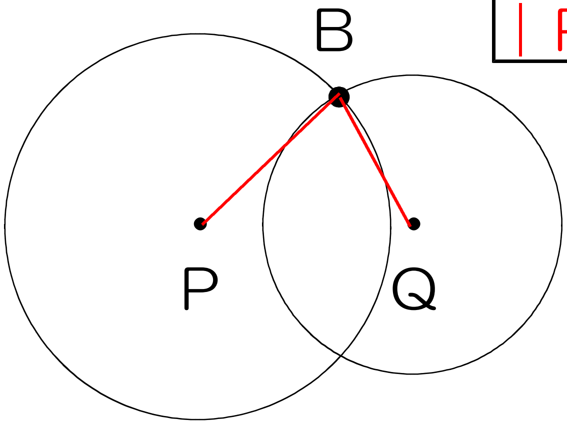
①点Ｐ,点Ｑから来る波が、点Ａで強め合う条件。
波源ＰＱから点Ａまでの
距離の差が波長λの整数倍のとき。



$|PA-QA|=m\lambda$
$(m=0,1,2\cdots)$

点Ａには点Ｐと点Ｑから
同位相の波がやってくる。
→お互いに強め合う。
→振幅は2倍になる。

②点Ｐと点Ｑから来る波が、点Ｂで打ち消し合う条件
波源ＰＱから点Ｂまでの
距離の差が波長の整数倍＋λ／２のとき。



$|PB-QB|=m\lambda+\lambda/2$
$(m=0,1,2,\cdots)$

点Ｂには点Ｐと点Ｑから
逆位相の波がやってくる。
→互いに打ち消し合う。
→振幅は０になる。

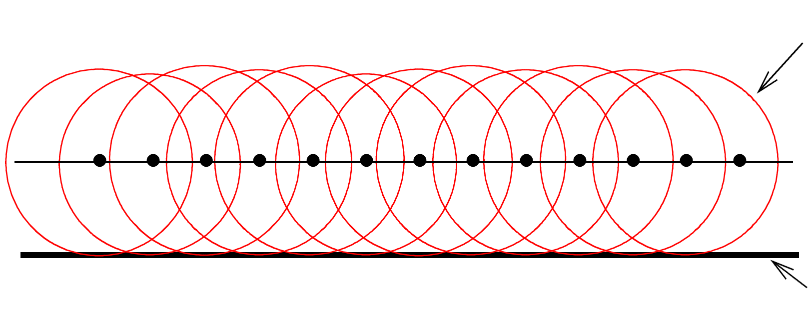
では、「水面上の波の干渉２」をやってみよう。

物理基礎　４１時間目

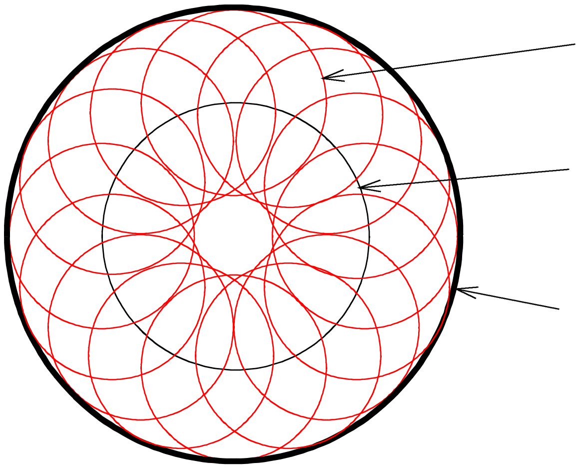
1.ホイヘンスの原理

　ある瞬間に波面上の各点から「素元波(そげんは)」が出て重なり合い、共通に接する面ができて、これが次の瞬間の波面になる。

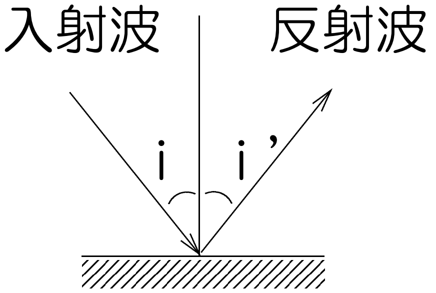
　例１　平行に進む波



　例2　同心円状に広がる波



2.波の反射



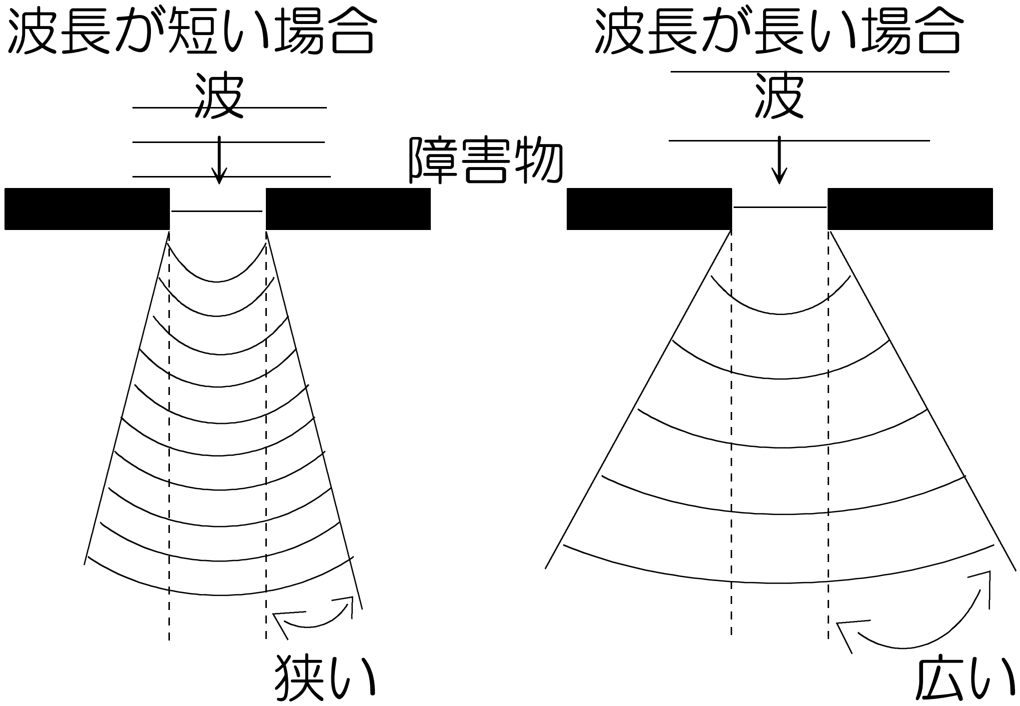
ホイヘンスの原理より

$\boxed{\text{入射角 i ＝ 反射角 i'}}$

3.波の回折(かいせつ)

波が障害物の裏側に回り込む現象。

特徴　隙間の幅に対して波長が長いほど波の回折は大きい。



※線は波の山を表す。
　線の間隔が広い→波長が長い。

では、コンパスを用意して「ホイヘンスの原理」をやってみよう。

物理基礎　４２時間目

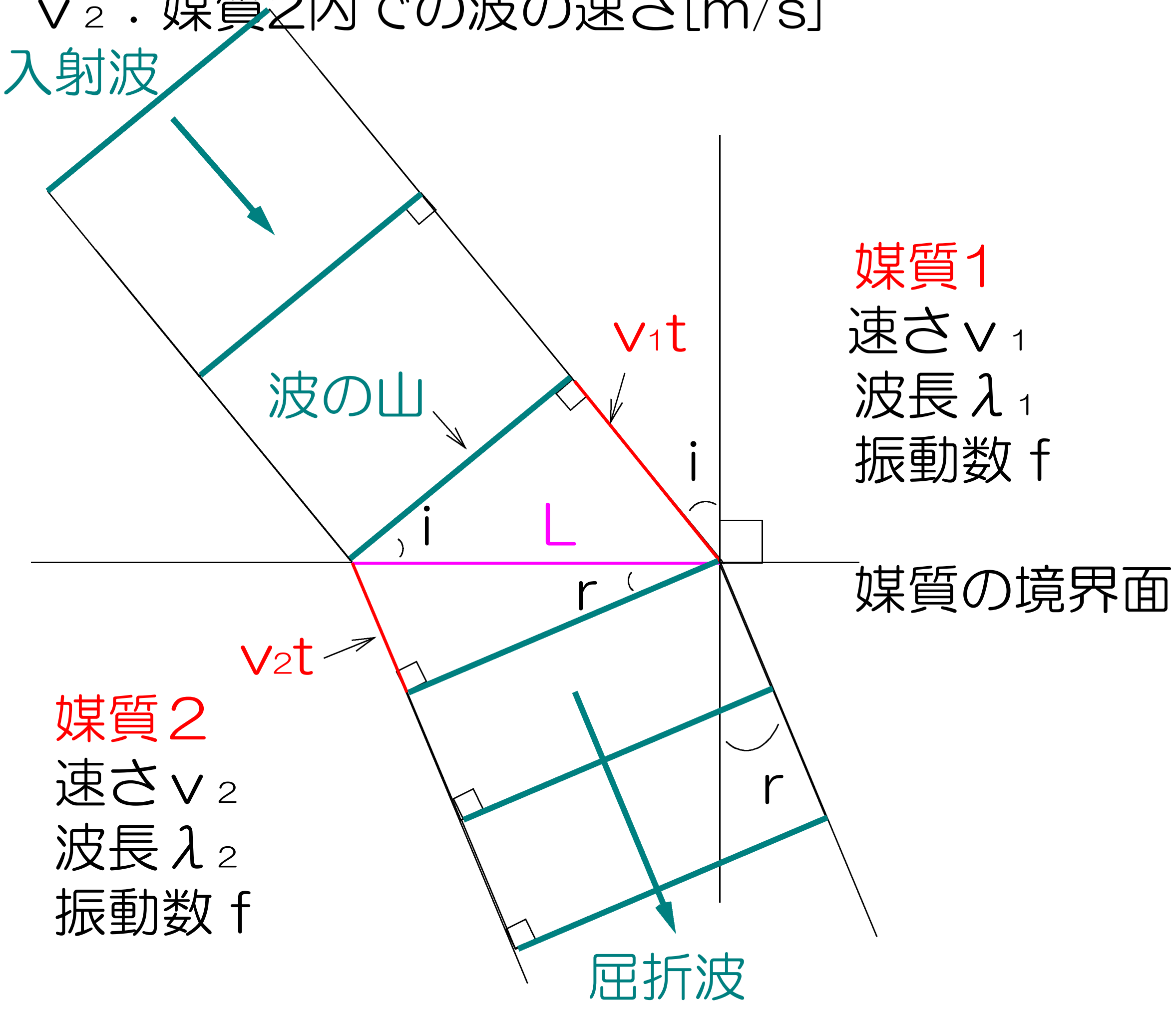
1.波の屈折
　速さの異なる媒質(ばいしつ)の境界面に波が斜めに入射するときに、波の進行方向が曲がる現象。

2.(相対)屈折率n_{12}(エヌいちに)単位なし
　2つの媒質内での波の速さの比のこと。

$$\boxed{n_{12} = \frac{v_1}{v_2}}$$

と定義する。

n_{12}：媒質1に対する媒質2の相対屈折率
v_1：媒質1内での波の速さ[m/s]
v_2：媒質2内での波の速さ[m/s]



図より

$$\sin i = \frac{v_1 t}{L}$$

$$\therefore L = \frac{v_1 t}{\sin i} \quad \cdots ①$$

$$\sin r = \frac{v_2 t}{L}$$

$$\therefore L = \frac{v_2 t}{\sin r} \quad \cdots ②$$

① ＝ ②より

$$\frac{v_1 \cancel{t}}{\sin i} = \frac{v_2 \cancel{t}}{\sin r}$$

$$\boxed{\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin i}{\sin r}}$$

※波は屈折しても振動数ｆは変化しないので、

$v = f\lambda$ より

$v_1 = f\lambda_1$

$v_2 = f\lambda_2$

$$\boxed{\frac{v_1}{v_2} = \frac{\cancel{f}\lambda_1}{\cancel{f}\lambda_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}}$$

$n_{12} = \dfrac{v_1}{v_2}$ より

$$n_{12} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

n_{12}：媒質１に対する媒質２の相対屈折率
i：入射角
r：屈折角

では、「波の反射・屈折・回折」「波の屈折　練習問題」をやってみよう。