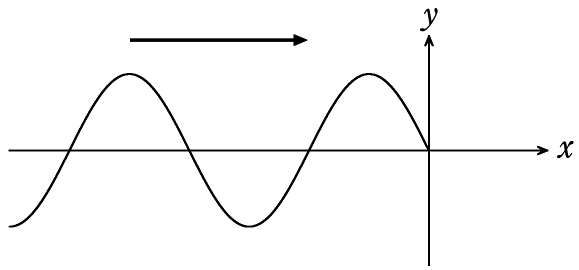
第１講　波とは動くもの

まずは、**波は動くもの**ということをしっかりイメージできるようにしましょう。

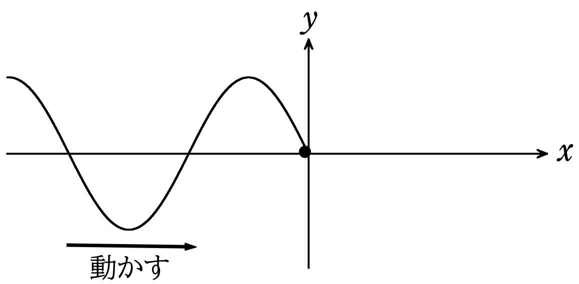
【波が通過すると上下に振動する】１点だけ見るとどんな動きをしているか

まずは、右図のような波が右に動いていく様子を考えてみよう！

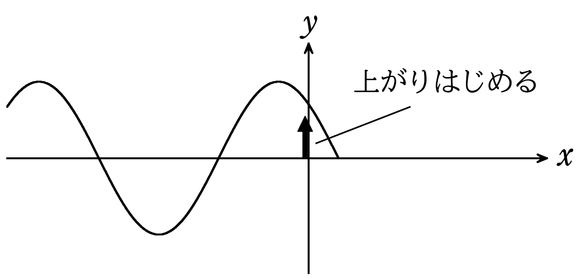


ここで注意!!
今は、波全体ではなく、

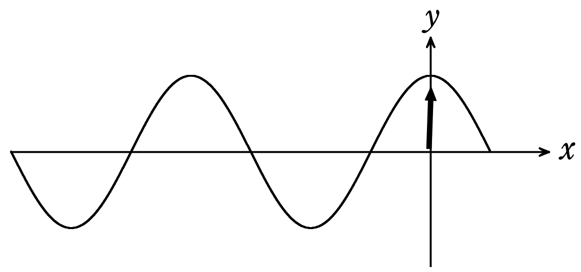
『座標の原点』に注目！



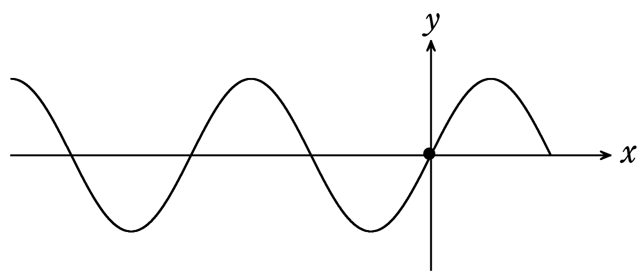
$x=0$ の場所で波の高さを０だとする。



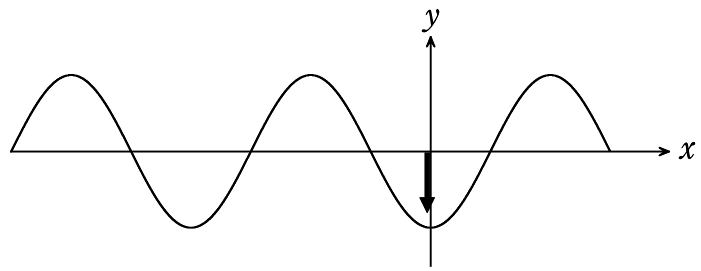
波が少し動くと、$x=0$ での
高さがだんだん上がっていく!!



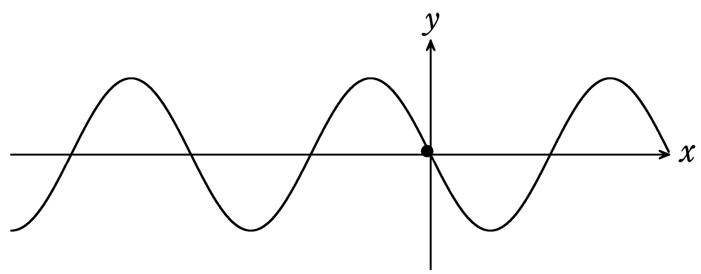
波の４分の１で、水位が一番高くなる。



水位が下がり始めて、波の半分が通り過ぎた瞬間に水位は０になる。



波の「谷」がやってくると水位はマイナス！
波の$\frac{3}{4}$が過ぎる瞬間、水位はもっとも低い。



ちょうど波１つが通り過ぎた瞬間
水位はまた０も戻る！

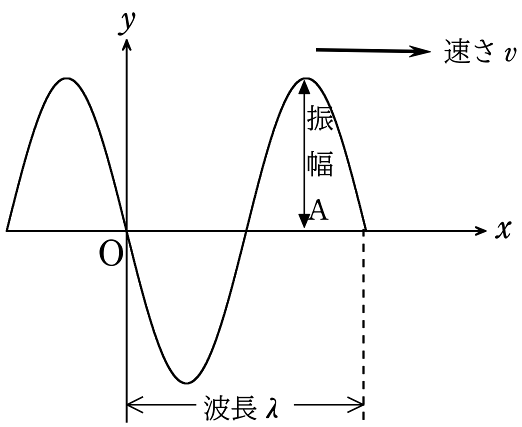
－Point－

波が通り過ぎると、$x=0$（だけでなく、あらゆるところ）で、**水位は上下に振動をする**

『波が１個通り過ぎると、その場所は１回振動する!!!!』

物理基礎範囲　正弦波②

【波の物理量】４つの波の物理量



①波長　λ [m]

波の「山」と「谷」を合わせた「波１個」の長さを波の波長と呼び、通常 λ（ラムダ）という記号であらわす。

②速さ　v [m/s]

波の進んでいく速さのこと。

③振動数　f [Hz]　※重要※

波が通り過ぎていくとき、ある場所（たとえば $x=0$ の原点）をじっと見つめると、その場所は上がったり下がったりの単振動をする。

この振動の回数、つまり、『１秒間にそこの水位が何回上下するかの回数』を、振動数という!!

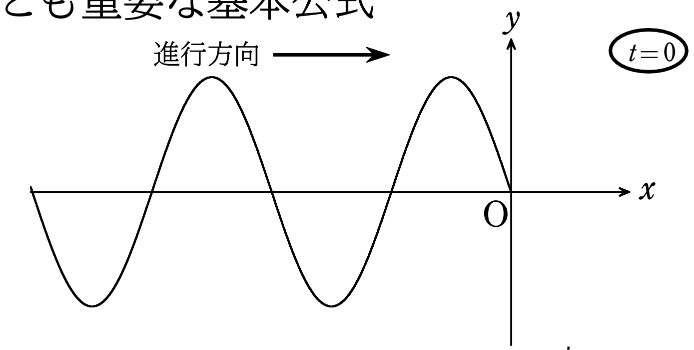
④周期　T [s]

『波が１回振動するのにかかる時間』を周期という。上の振動数の定義と比較すると次のような関係が成り立つ。

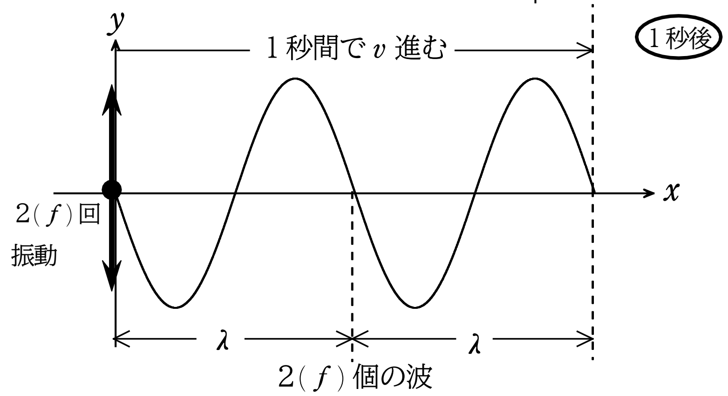
____

【波の基本公式】波のもっとも重要な基本公式

時刻 $t=0$ において、波の様子が右図のようであったとする。



上の波が右に進んでいくとして、１秒後、波の様子は右図のようになったとする。



右図より、

$$v = 2\lambda$$

が成り立つ！

左下の式『$v = 2\lambda$』において、２という数字に着目!!

波２個分　→　原点での振動の回数　→　波の振動数 f に等しい！

一般にもし振動数 f の波だったら ....

- Point -

波の３つの物理量の間には ...

______________________ の関係が成り立つ！

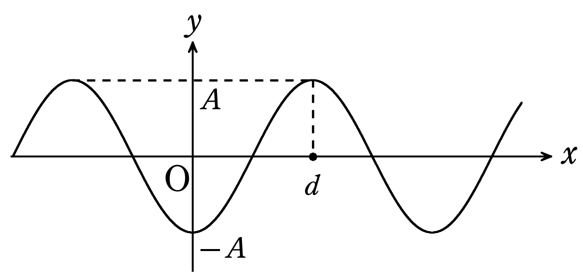
［問１］ある時刻における波の形が図のようで、その周期が T である正弦波がある。

(1) この波の振幅はいくらか。

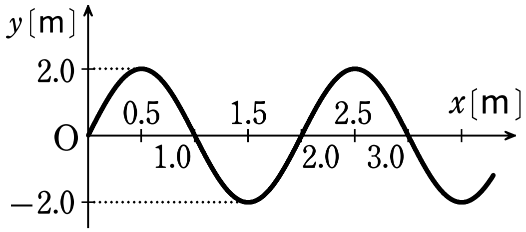
(2) この波の波長はいくらか。

(3) この波の振動数はいくらか。

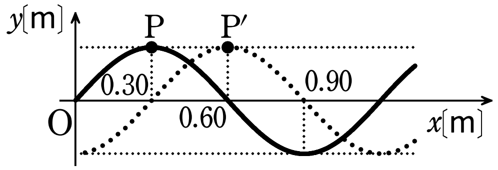
(4) この波の速さはいくらか。



[問２]図は，x 軸上を正の向きに速さ 0.10 m/s で進む正弦波の時刻 $t=0$ s での波形を表す。時刻 $t=5.0$ s での波形を図にかきこめ。

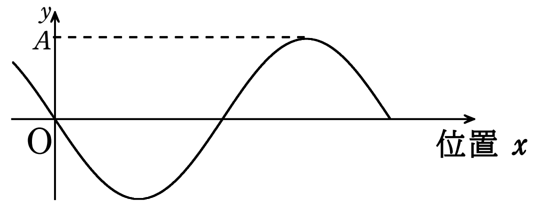


[問３]図のように，実線の波形が移動し，0.20 秒後には破線の波形になった。この間に山 P は P′ まで進んだ。この波の速さ v は何 m/s か。
また，周期 T は何秒か。

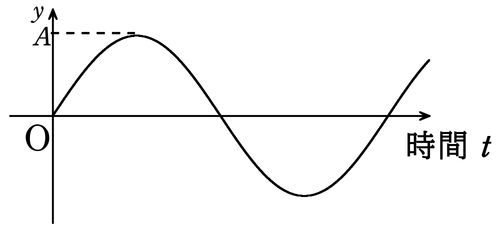


第２講　波の様子を表す2種類のグラフ

次の2種類のグラフを使い分けれるようになるのが目標です。



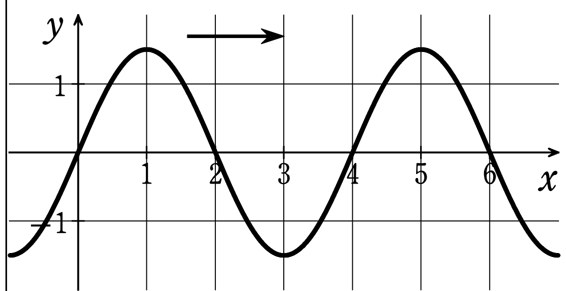
＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿の図



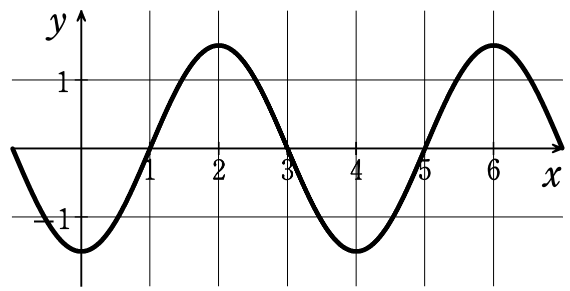
＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿の図

それぞれの時間の時間における各位置での波に印をつけ、次プリントの $y-t$ グラフを描いてみよう！

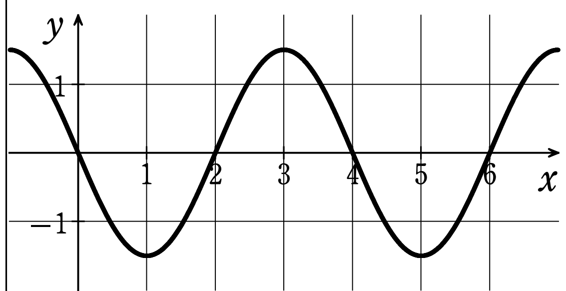
$t=0\,[s]$



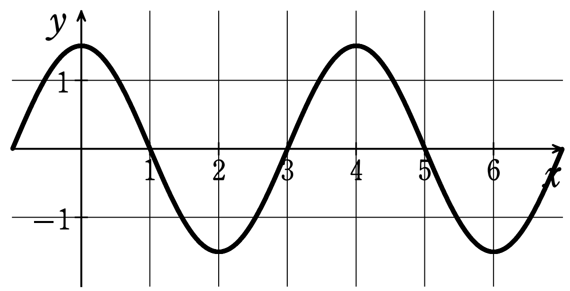
$t=1\,[s]$



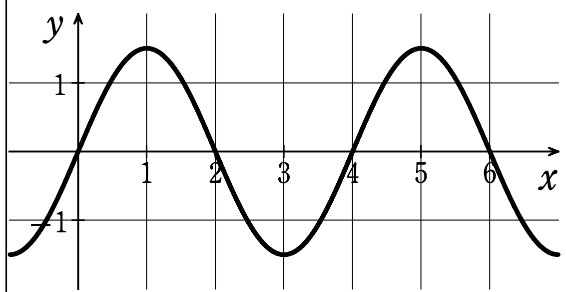
$t=2\,[s]$



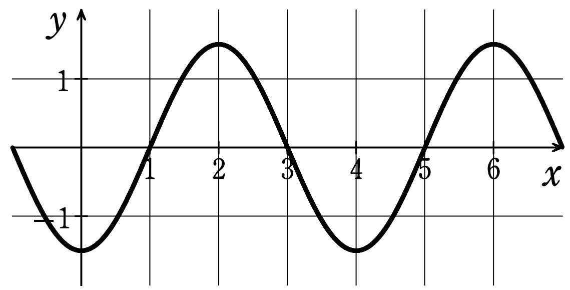
$t=3\,[s]$



$t=4\,[s]$

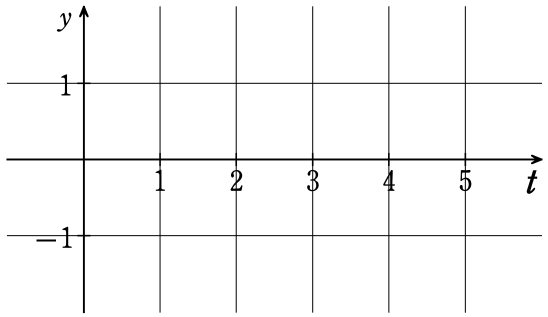


$t=5\,[s]$

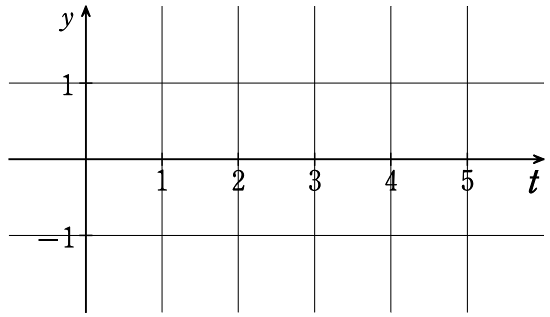


物理基礎範囲　正弦波④

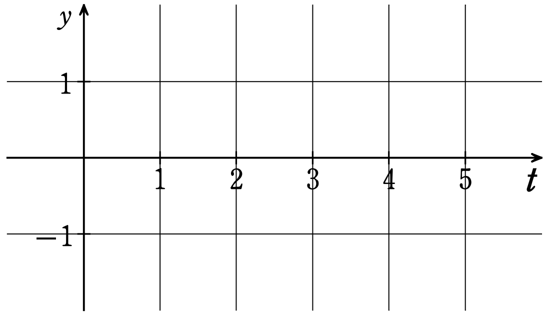
$x=0$ での振動の様子



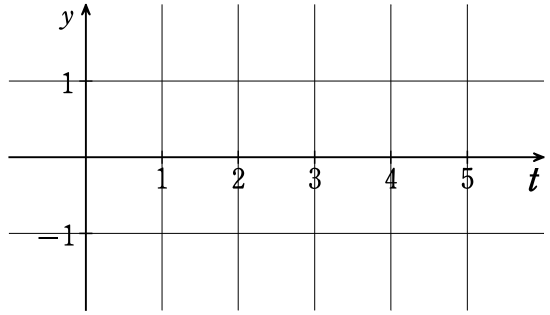
$x=1$ での振動の様子



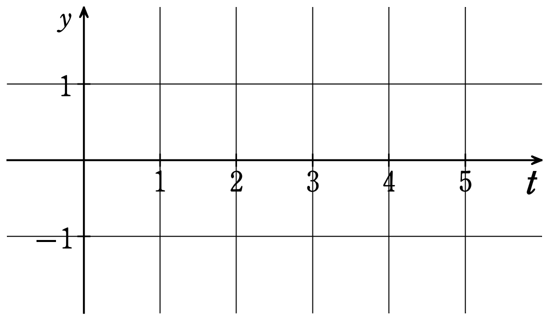
$x=2$ での振動の様子



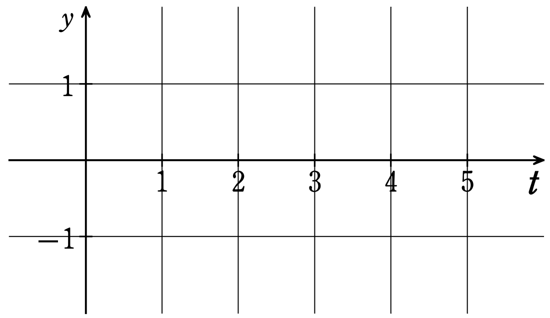
$x=3$ での振動の様子



$x=4$ での振動の様子



$x=5$ での振動の様子

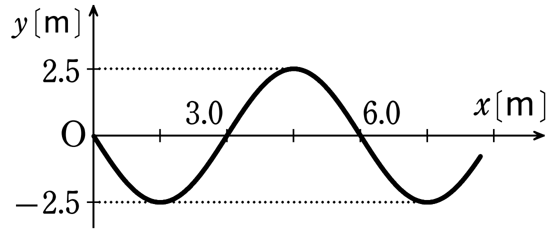


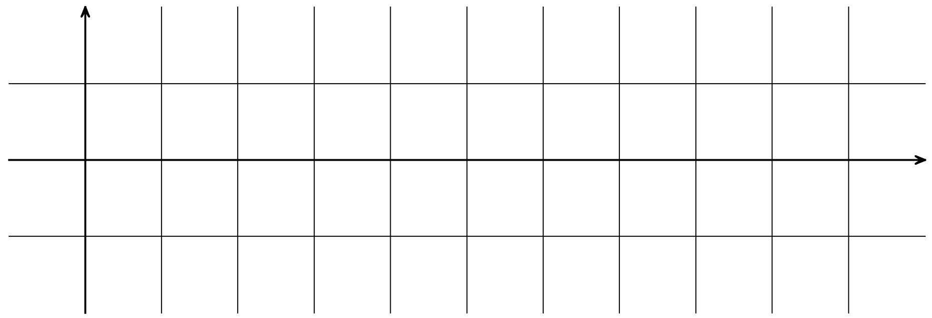
— Point —

・$y-x$ グラフは＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿の図

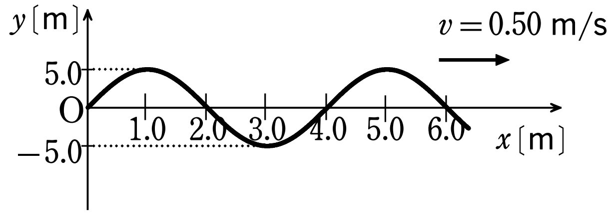
・$y-t$ グラフは＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿の図

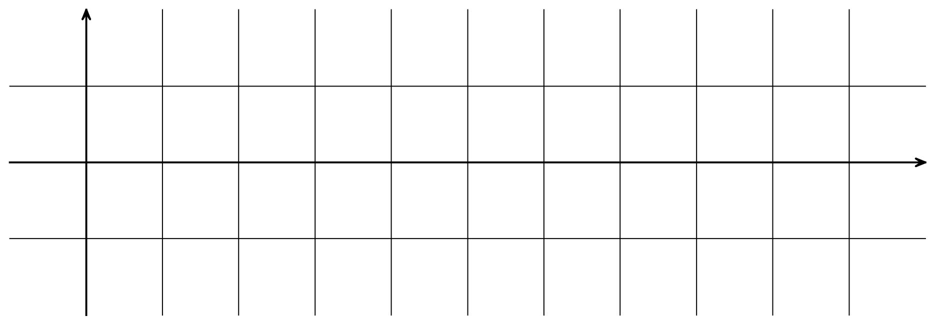
［問４］図は，x 軸上を正の向きに速さ 1.5 m/s で進む正弦波の時刻 $t=0$ s での波形を表す。位置 $x=3.0$ m での媒質の振動のようすを y-t 図に表せ。





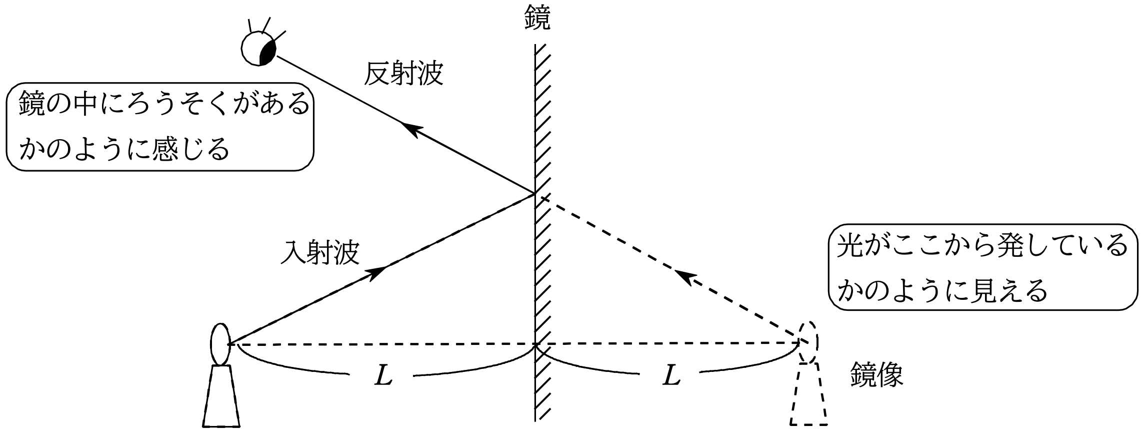
［問５］次の y-x 図は，x 軸上を正の向きに進む正弦波の，時刻 $t=0$ s での波形を表す。$x=4.0$ mにおける媒質の変位の時間変化を y-t 図に表せ。





第３講　反射波

次の図のように、光が鏡に反射して、ろうそくの光が目に入る場合を考えてみよう！



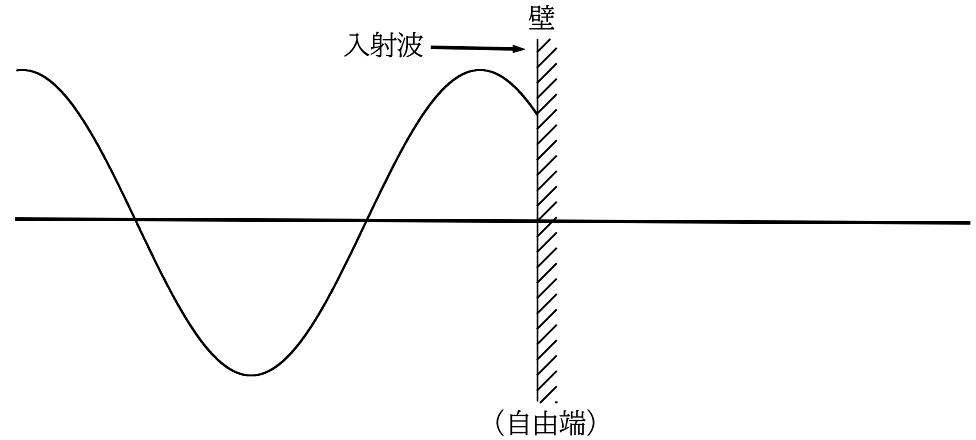
反射波の作り方

［**手順①**］鏡面に対して、実際のろうそくと対称な点に、鏡像のろうそくを書く。

［**手順②**］その鏡像から見ている所の方向に真っ直ぐ光線を引けば、それが『**反射波**』になる。

【自由端反射波】絵を書けばすぐ完成!!

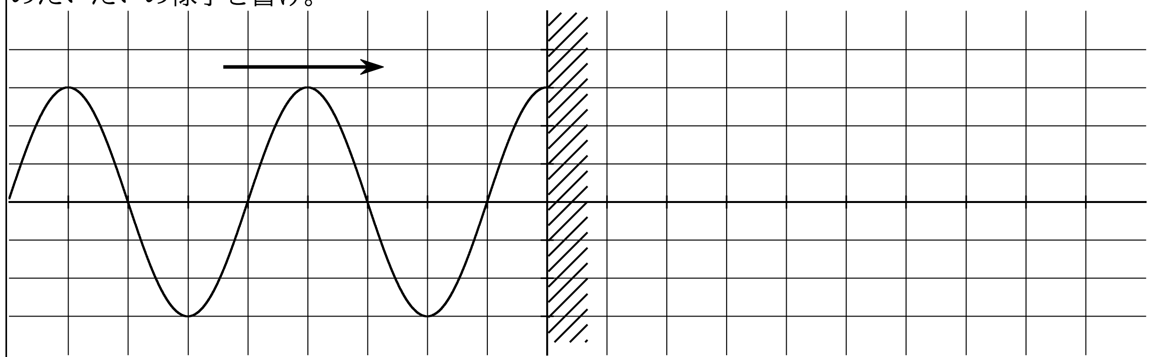
進行波が壁に向かって打ち寄せている場合を考えてみよう！



［手順①］壁の反対側まで入射波を延長させる
［手順②］手順①の波を壁を軸にヨコに倒す(線対称)

※ 注意 ※
反射波はもちろん、**左方向に進む！**（正確には入射波と反対方向）

［問６］ある瞬間に壁に入射している波が図のようであるとき、波は自由端反射するとして、反射波のだいたいの様子を書け。



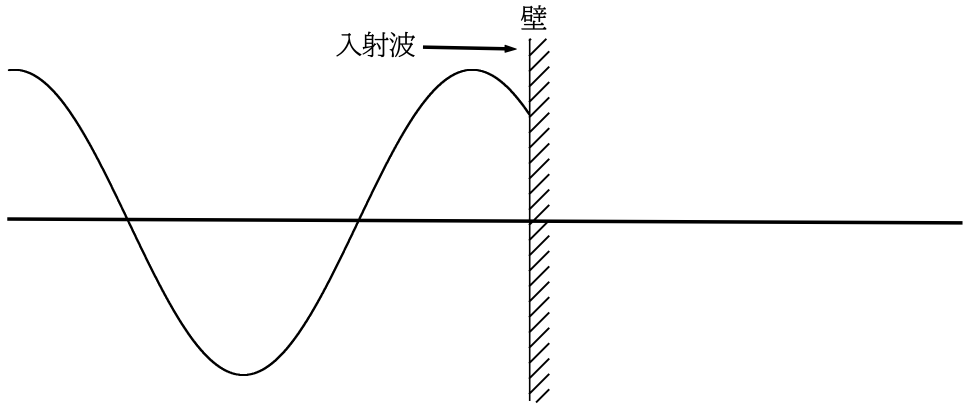
物理基礎範囲　正弦波⑥

《Image》『自由端』と『固定端』の違いって？

『自由端』→壁面で波の媒質（振動しているもの）が＿＿＿＿＿状態

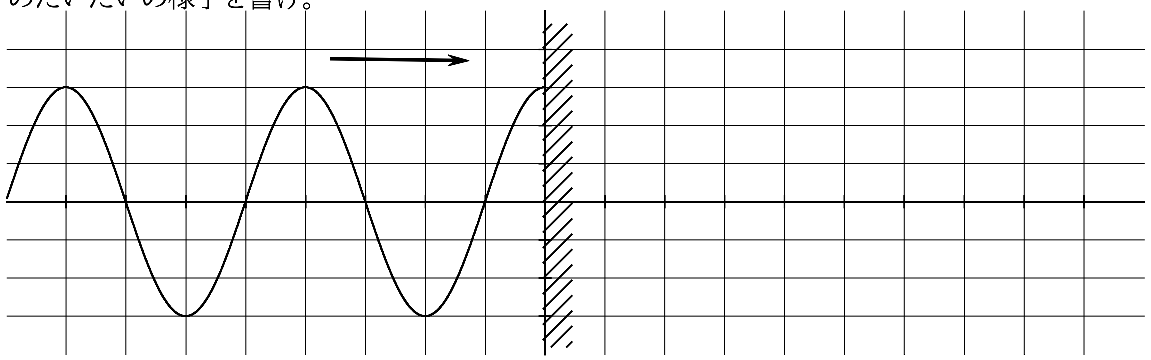
『固定端』→壁面で波の媒質（振動しているもの）が＿＿＿＿＿状態

【固定端反射波】自由端の手順にプラスαするだけ！



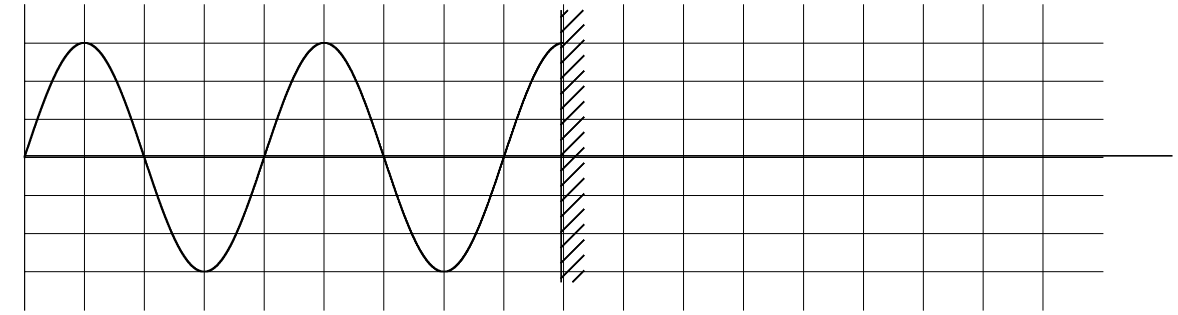
［手順①］壁の反対側まで入射波を延長させる
［手順②］手順①の波を、横軸に関して上下にひっくり返す(線対称)
［手順③］手順②の波を、壁を軸にヨコに倒す(線対称)

［問７］ある瞬間に壁に入射している波が図のようであるとき、波は固定端反射するとして、反射波のだいたいの様子を書け。

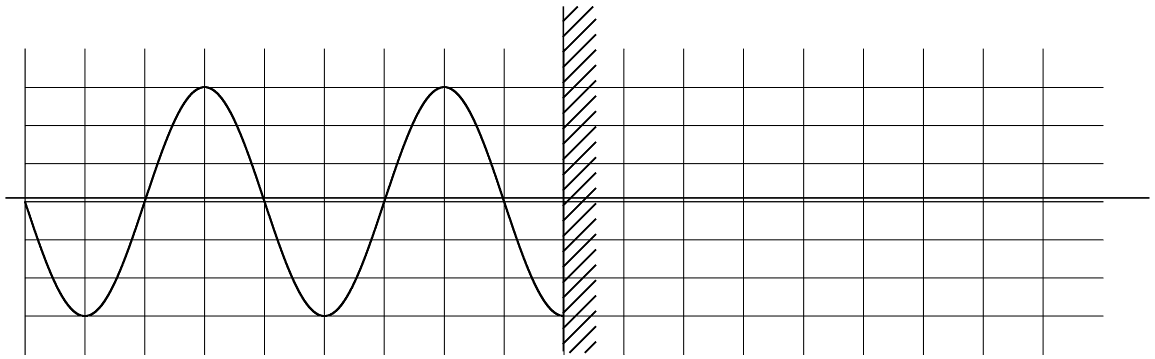


物理基礎範囲　正弦波⑦

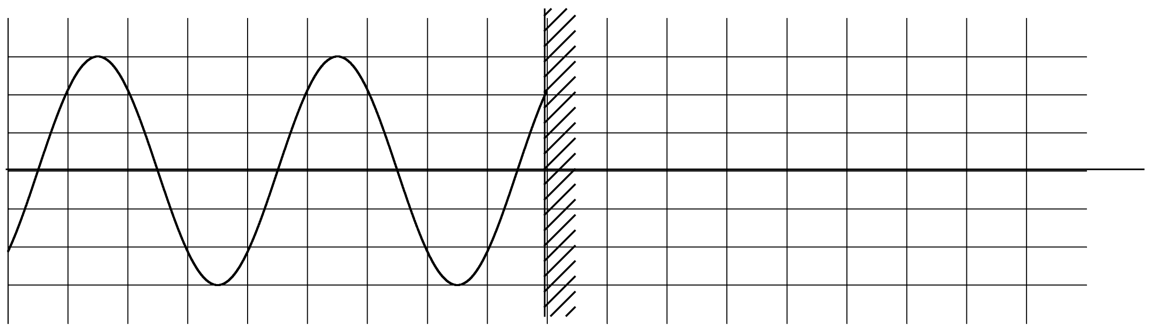
［問８］ある瞬間に壁に入射している波が図のようであるとき、波は自由端反射するとして、反射波のだいたいの様子を書け。



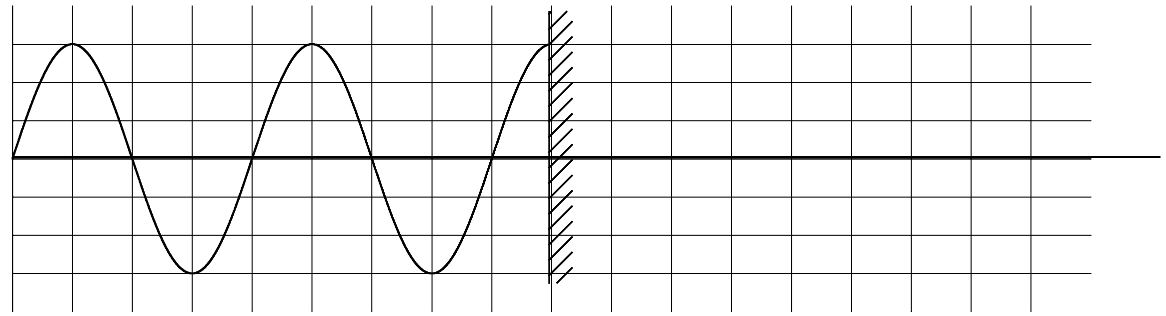
［問９］ある瞬間に壁に入射している波が図のようであるとき、波は自由端反射するとして、反射波のだいたいの様子を書け。



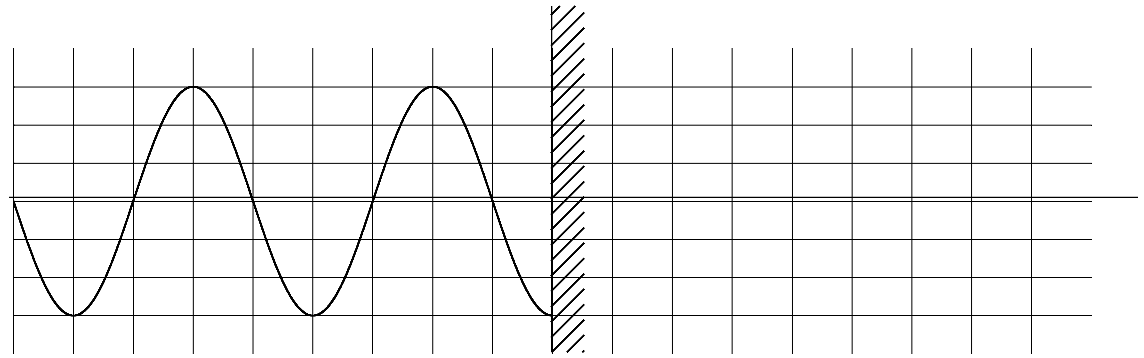
［問10］ある瞬間に壁に入射している波が図のようであるとき、波は自由端反射するとして、反射波のだいたいの様子を書け。



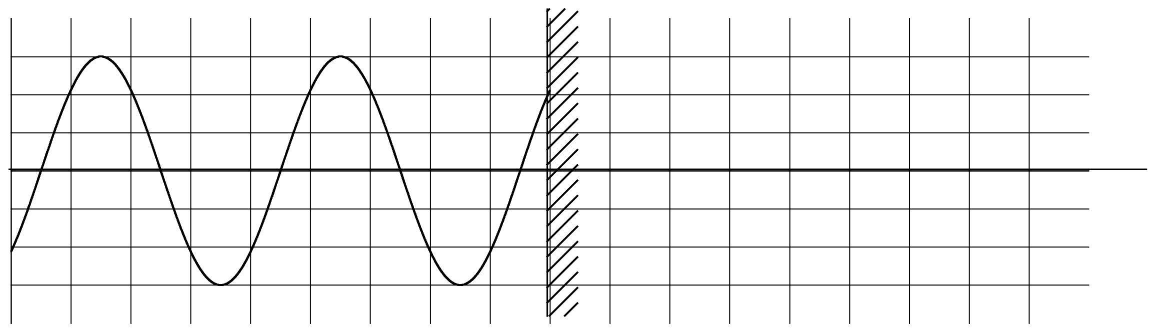
［問11］ある瞬間に壁に入射している波が図のようであるとき、波は固定端反射するとして、反射波のだいたいの様子を書け。



［問12］ある瞬間に壁に入射している波が図のようであるとき、波は固定端反射するとして、反射波のだいたいの様子を書け。



［問13］ある瞬間に壁に入射している波が図のようであるとき、波は固定端反射するとして、反射波のだいたいの様子を書け。

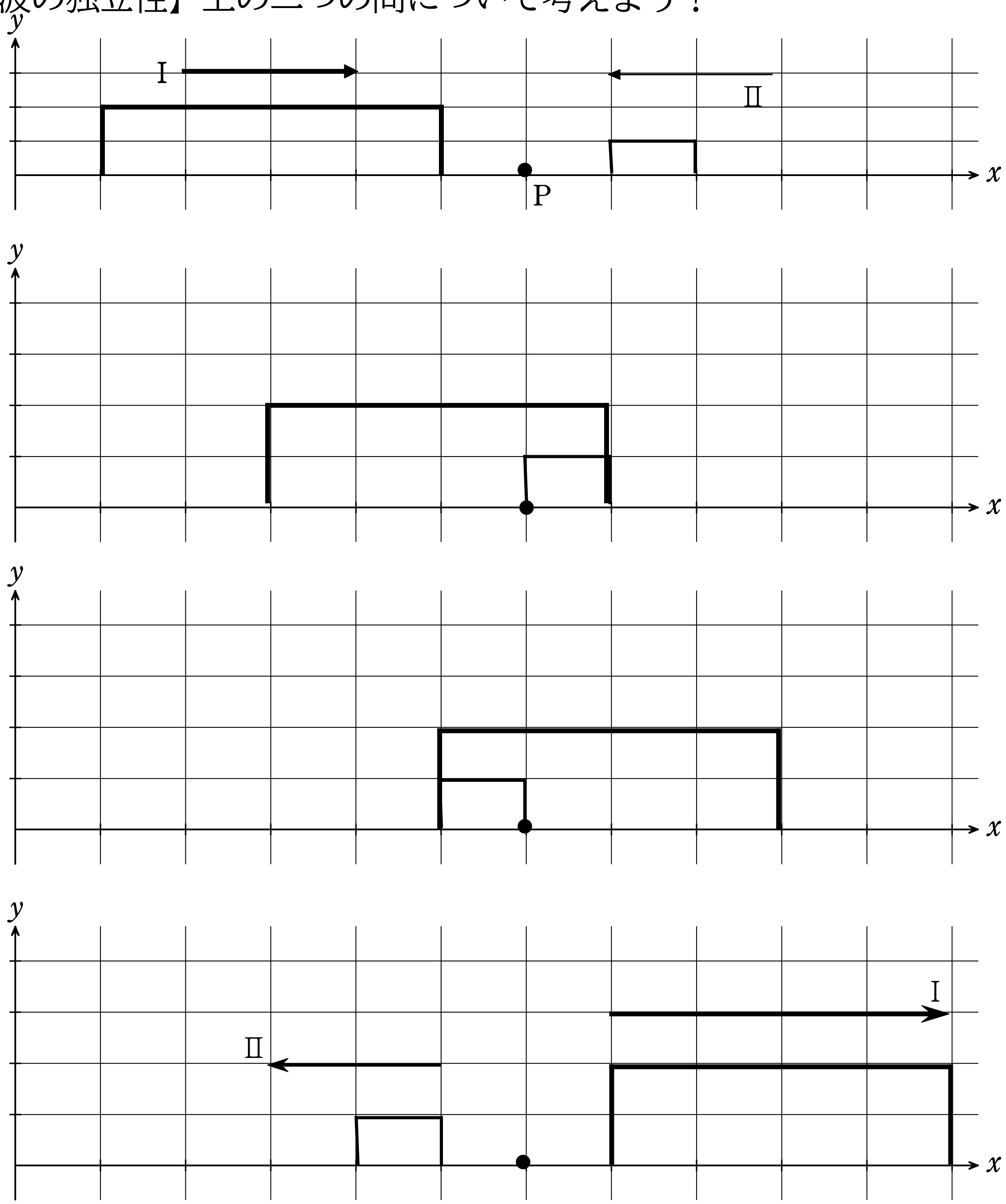


第４講　波の重ね合わせの原理

［準備１］二つの波がぶつかったときはどのようになるのだろうか？予想しよう。

［準備２］衝突後、波の波形はどのようになるだろうか？予想しよう。

【波の独立性】上の二つの問について考えよう！



結論

１つの媒質をいくつかの波が重なって伝わるとき、それぞれの波は互いに、影響を＿＿＿＿＿＿＿＿。

⟹『波の独立性』

結論

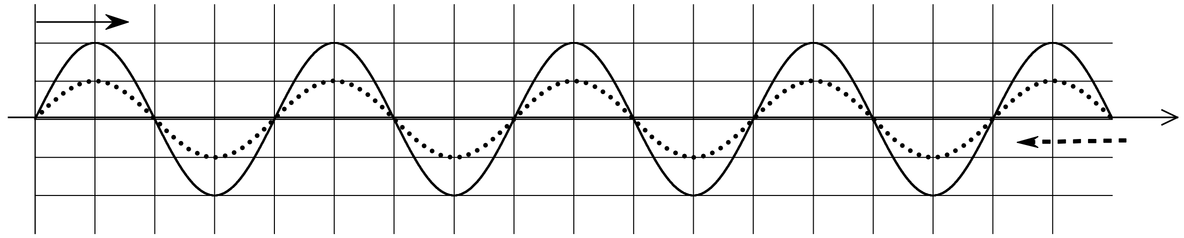
実際に表れる波形は、それぞれの波を足し合わせたもの。（合成波）

⟹『波の重ね合わせの原理』

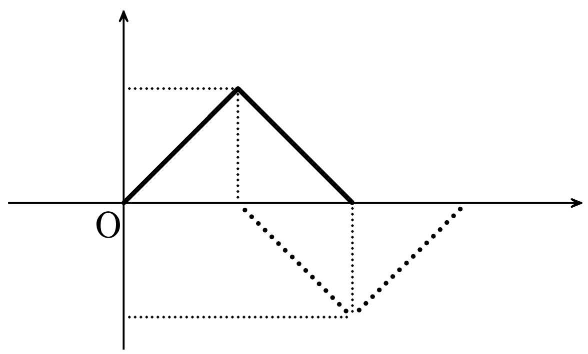
$$\boxed{y = y_1 + y_2}$$

y_1：波Ⅰの変位　　y_2：波Ⅱの変位

［問14］次の二つの正弦波が重なった時に観察される波形を描け。

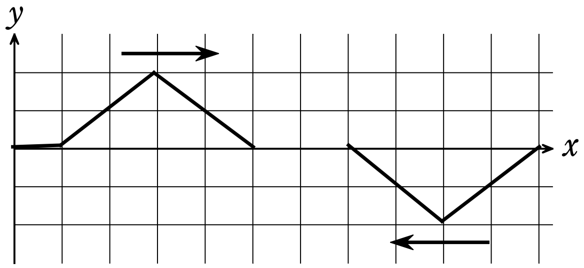


［問15］図のように、実線と破線で表された２つの波が重なるとき、観察される波形を描け。

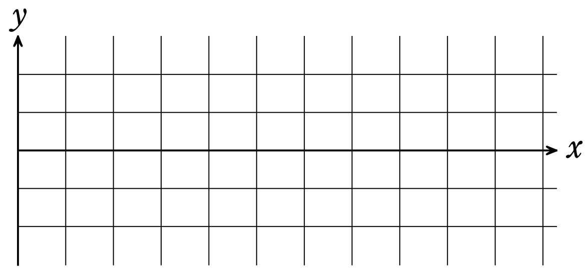


物理基礎範囲　正弦波⑨

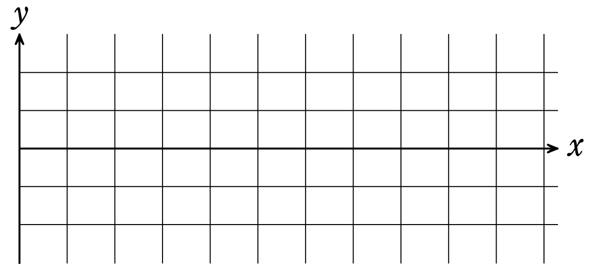
［問16］三角形の波形をもつ２つの波が、互いに逆向きに１ cm/s の速さで進んでいる。図の時刻から１ s ごとに観察される波形を描け。グラフの１目盛りを１ cm とする。



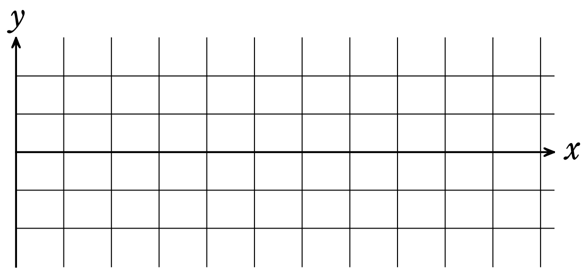
$t=1$ s



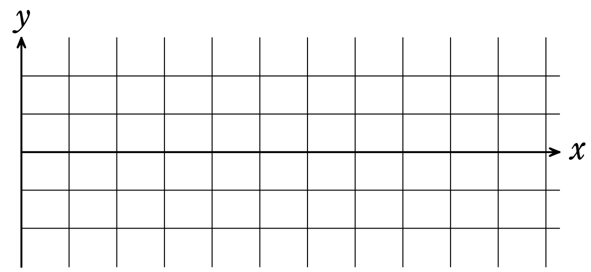
$t=2$ s



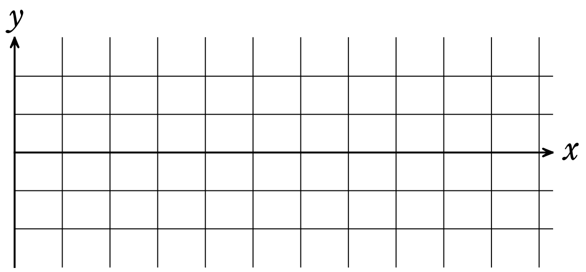
$t=3$ s



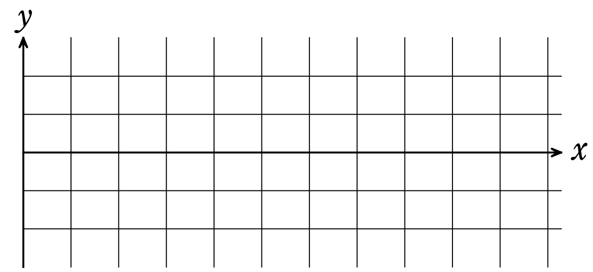
$t=4$ s



$t=5$ s

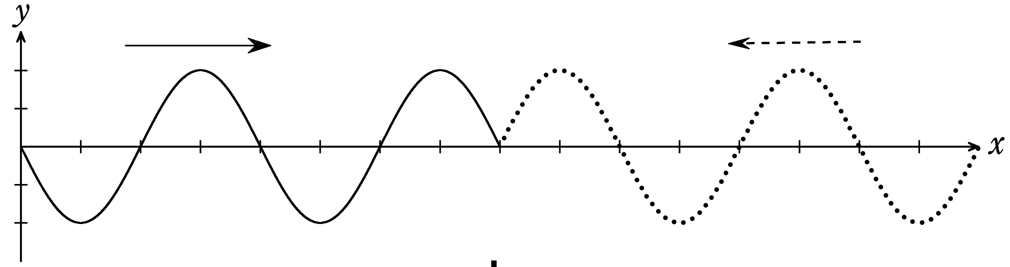


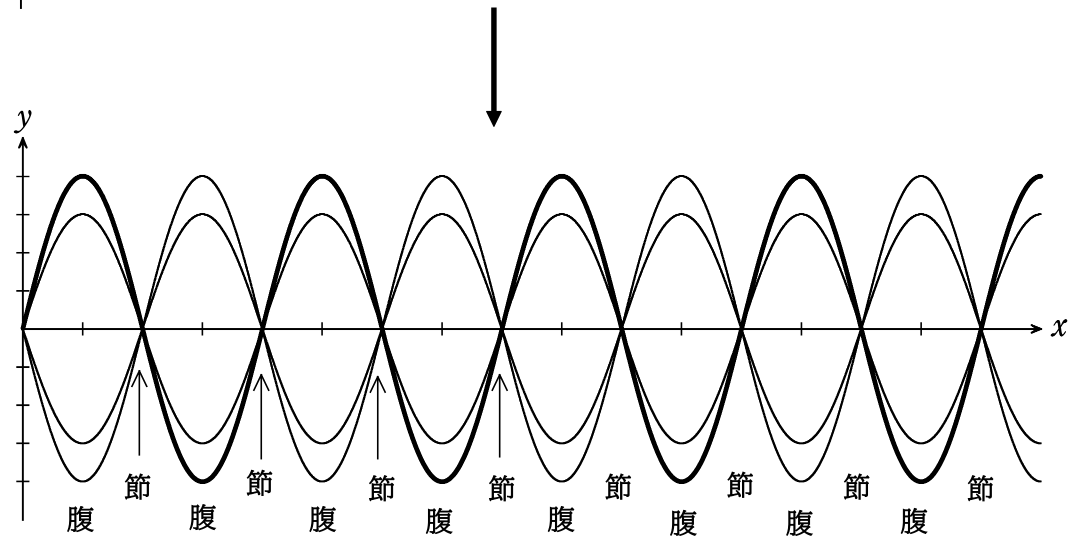
$t=6$ s



【定常波】波が進んでいないように見える!!

「周期、波長、振幅、速さ」が同じ正弦波が逆向きに進むとき、重なってできる合成波を考えよう!!





『**定常波**』⟹ 媒質の各部分は振動するが、その波形は進まない波。

『**腹**』→ **もっとも大きな振幅で振動**している点

『**節**』→ まったく**振動しない**点

定常波の特徴

①節と腹は、「交互」に「等間隔」で並んでいる。

②節と腹の間隔は、定常波を作る進行波の波長の＿＿＿＿倍に等しい。

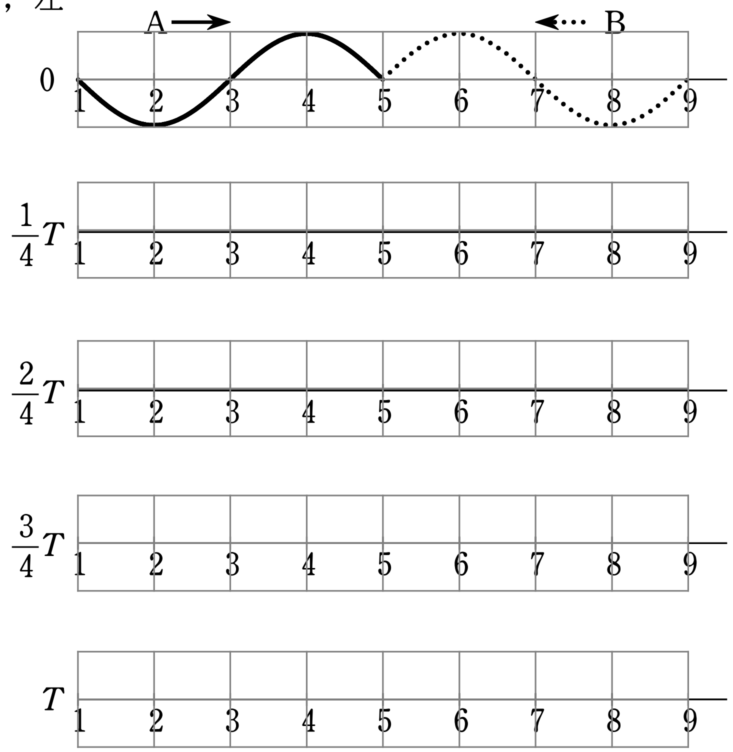
③定常波の周期は、進行波の周期と等しい。

物理基礎範囲　正弦波⑩

［問17］直線上を右へ進む波Aと，左へ進む波Bがある。A，Bともに振幅，波長および振動数の等しい正弦波で，$t=0$ で2つの波の先端がであった状態になっている。

(1)　周期を T とするとき，$t=\frac{1}{4}T$，$\frac{2}{4}T$，$\frac{3}{4}T$，T におけるA，Bの波をAは実線，Bは破線で図示し，A，Bの合成波を太実線で図示せよ。

(2)　時間が経過すると合成波は定常波になる。1〜9の間で節の位置，腹の位置を番号で示せ。



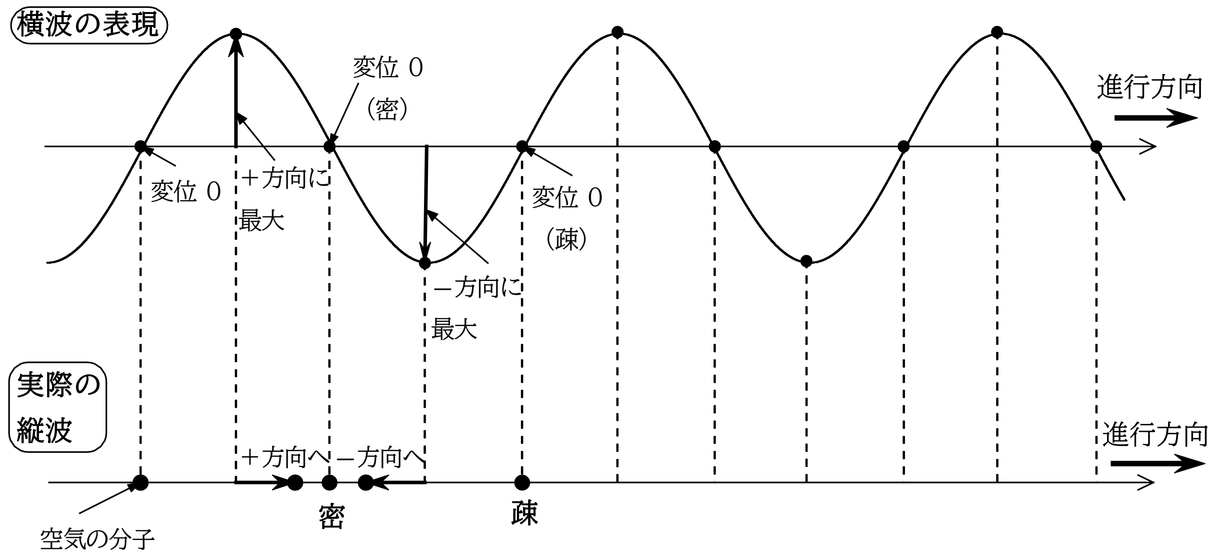
※次の音波のための準備※

【縦波と横波】

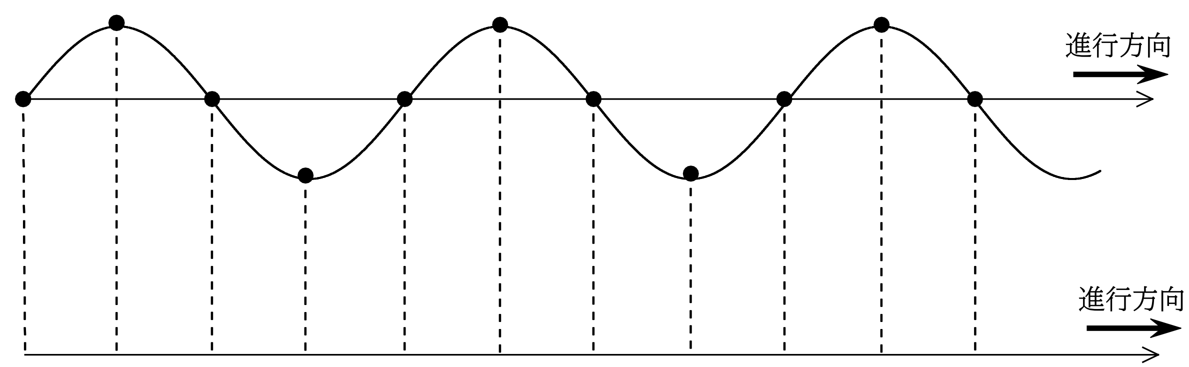
『横波』→波の伝わる方向と、振動が垂直（水やロープの波）
『縦波』→波の伝わる方向と、振動が平行（音波など）

【縦波の疎と密】横波の表現を縦波に変える作業！

次のような横波の表現で書かれた波を、実際の縦波に変えてみよう！



［問18］次の横波表現で書かれた波を、実際の縦波に書き表し、疎の部分は□、密の部分は△で囲め。



第５講　　弦と気柱の振動

【音波とは？】音の高い低いは、振動数と関係がある!!

― 音が伝わる仕組み ―

- スピーカーなどが音を出す。

↓

- 膜が激しく振動する。

↓

- 膜のそばの空気が振動を始める。

↓

- 振動が隣の空気に伝わっていく。

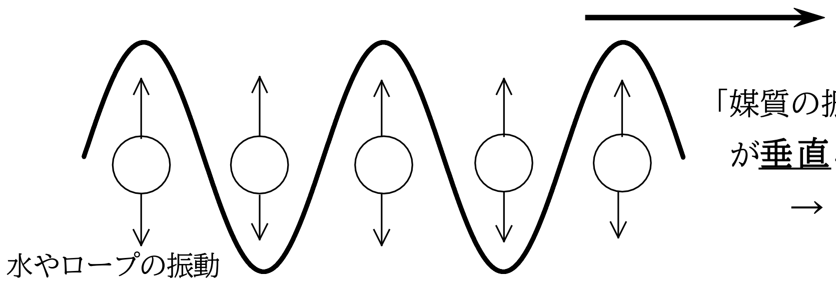
↓

- その振動を鼓膜で受け取ると音が聞こえる！

この振動の伝播こそが
『音波』!!

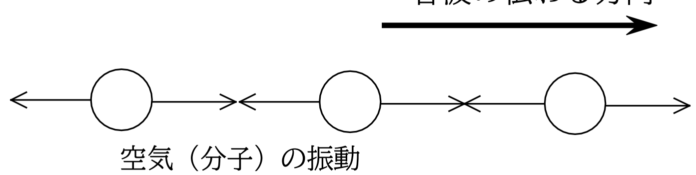
《Point》「水やロープの波」と「音波」との決定的な違い!!

＜水やロープの波＞



「媒質の振動」と「波の伝播方向」
が<u>垂直</u>な波
→**『横波』**

＜音波＞



「媒質の振動」と「波の伝播方向」
が<u>平行</u>な波
→**『縦波』**

※ 注意 ※
空気が振動して音を伝えていく　⇒　**空気がなければ音を聞くことができない!!**

― 高い音と低い音 ―

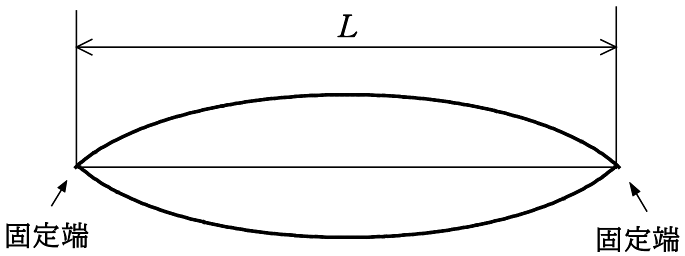
音波の振動数（１秒間に何回振動するか）が

大きい →＿＿＿＿＿＿　　　小さい →＿＿＿＿＿＿

物理基礎範囲　音波②

【弦の振動】ギターを弾いたときの弦が振動する様子

右の図のように、長さ L の弦があるとする。

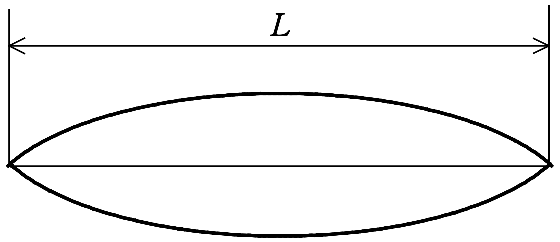


弦の両側が止められている
→弦が振動しないところ
→<u>固定端</u>

《 **共鳴** 》ギターの弦が大きく振動して大きな音が聞こえる現象
弦の上を伝わる波が固定端で反射する。
→反対方向へ進む波になる。
→また反対方向で固定端反射する。
→この繰り返しの波が重なると大きな振幅になる。
という現象を『**共鳴**』という!!

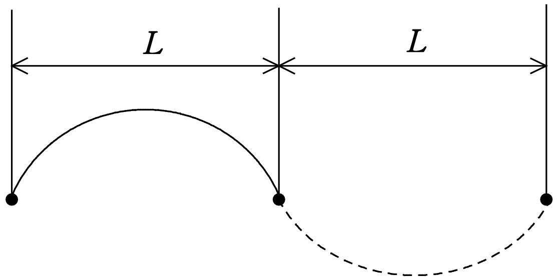
【基本振動と倍振動】振動数の大きさの違いのこと！

右の弦（上と同じ）の振動の波長 λ は



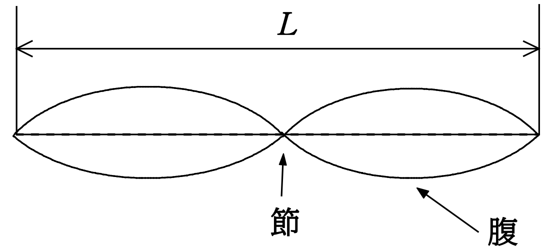
$\lambda =$ ＿＿＿＿＿＿＿＿

振動数はとりあえず f_0 にしておく。



右図のように、
「弦の中心が膨らんだ振動」
↓
『<u>弦の基本振動</u>』という！

右図のように、弦が１回ねじれている振動もある！



この場合両端はもちろん固定端だが、真ん中に、
「振動をしない場所」→『<u>節</u>』
ができる振動になる！
逆に、
「固定端と節の間のもっともよく振動をする部分」→『<u>腹</u>』
という。

このときの波の波長 λ' は、

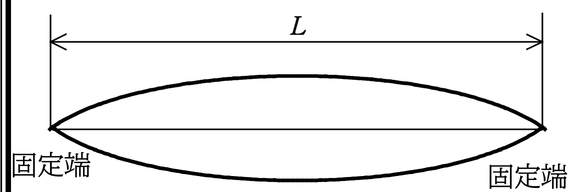
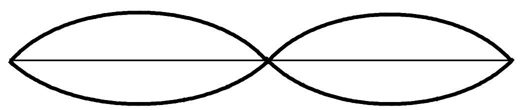
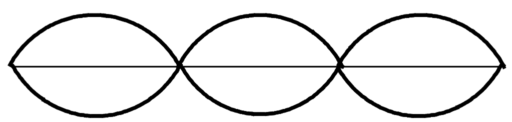
$\lambda' =$ ＿＿＿＿＿＿＿＿

この場合の振動数 f' を求めよう！
波の基本公式　$v = f\lambda$　より、波の速さ v が常に一定だとすると…

$\lambda' =$ ＿＿＿ λ　　　つまり　　　$f' =$ ＿＿＿ f_0

『<u>２倍振動</u>』

結論（弦の振動）

	波長	振動数	名称
	$\lambda = 2L$	f_0	基本振動
	$\lambda = \frac{2}{2}L = L$	$2f_0$	２倍振動
	$\lambda = \frac{2}{3}L$	$3f_0$	３倍振動

物理基礎範囲　音波③

【弦を伝わる波の速さ】張力と線密度に依存する!!

弦を伝わる波の速さ v を求める式、結論から!!

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}}$$

弦の張力→強く張るほど高い音

弦の線密度＝１mあたりの質量

→弦が太いほど低い音

《弦を張るほど速くなる》

緩い糸を振動させる　→　振動はあまり速く伝わらない！

張った糸を振動させる　→　振動は早く伝わる！

弦を張ると高い音が出るのはなぜか？

基本公式 $v=f\lambda$ より、弦が基本振動をしているとすると λ＝一定 なので…

『 v が大きくなる　→　f が大きくなる　→　高い音』

《弦が太ければ遅くなる》

『線密度 ρ 』：弦のなかにどれくらいの質量がつまっているか。

→　軽いかどうか!!

高い音を出す弦　→　細い弦

低い音を出す弦　→　太い弦

つまり、

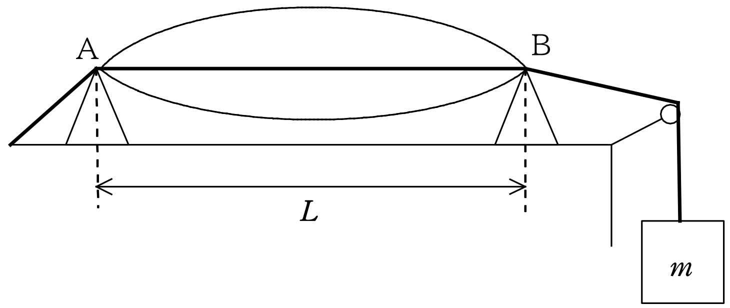
『 v が遅い　→　f が小さい　→　低い音』

結論

弦を伝わる波の速さ v は…

$$v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$$

［問19］図のように線密度 ρ の弦に質量 m のおもりがなめらかな滑車を経てつり下げられている。ＡＢの長さが L の状態で弦をはじくと、基本振動が生じた。この振動の振動数はいくらか。ただし、重力加速度の大きさを g とする。

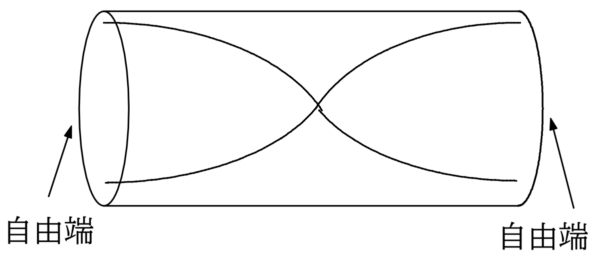


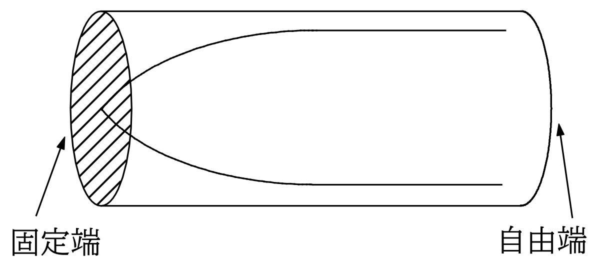
物理基礎範囲　音波④

【気柱の振動】考え方の基本は弦と同じ!!

まずは、気柱の振動には２つのタイプがある!!

①笛型　　　　　　　　**②コップ型**

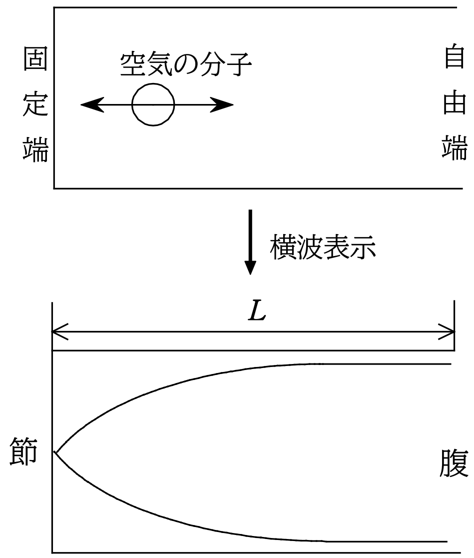




『**自由端**』→ 振動する媒質が自由に動ける状態

【②コップ型の気柱の振動】

②コップ型の場合、片側が固定端になる。
このときの振動は右図のようになっている。



実際の振動ではイメージしにくいので、弦の振動と同じように横波で書くと右図のようになる！

この波の波長 λ は…

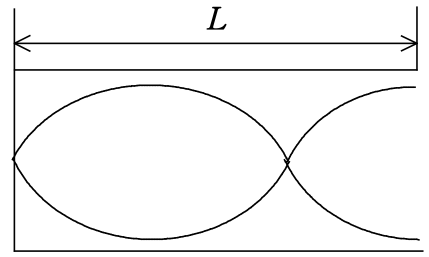
『基本振動』

$\lambda =$ ＿＿＿＿＿＿＿＿

振動数は、とりあえず f_0 としておく。

> <u>この波の速さは弦の波の速さとは違う!!</u>
> → 振動しているものは「空気の分子」つまり『音波』なので
> 音の速さと同じ、約340 m/s !!

次に、基本振動以外にどのような振動が可能なのか考える！



次に起こる振動は波長が１回ひねられた右図のような状態になるはずである!!

右の振動において波長 λ' は…

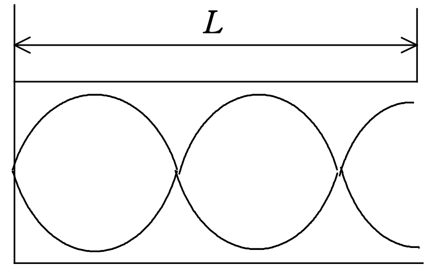
＿＿＿倍振動

$\lambda' =$ ＿＿＿＿＿＿　← 基本振動の＿＿＿＿倍

よって、振動数 f' は…

$f' = \dfrac{\quad}{\quad} f_0$　← 基本振動の＿＿＿＿倍

さらに次に起こる振動は、もう１回ひねられた右図のような状態になるはずである!!



右の振動において波長 λ'' は…

$\lambda'' =$ ＿＿＿＿＿＿　← 基本振動の＿＿＿＿倍

＿＿倍振動

よって、振動数 f'' は…

$f'' =$ ＿＿＿＿ f_0　← 基本振動の＿＿＿＿倍

> **結論（片側固定端の気柱の振動）**
> 振動数が大きくなるに従い基本振動、＿＿倍振動、＿＿倍振動…となる。

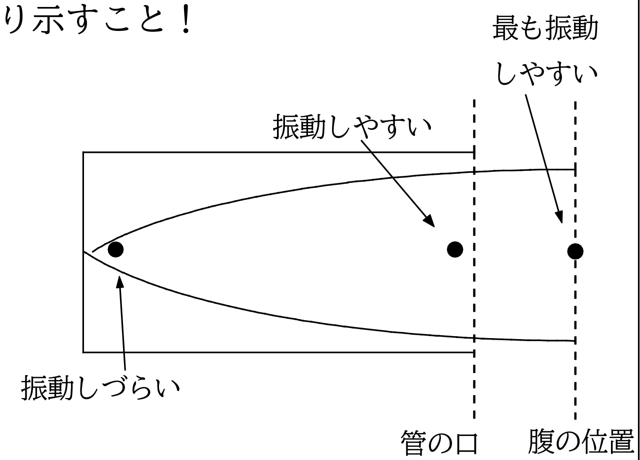
【開口端補正】誤差をなくしてきっちり示すこと！

右図のような気柱の基本振動を考える！

壁の位置が固定端。

空気の分子がもっとも自由に動ける場所は、管の口の部分ではなく、

『管の口から少し外に出たところ!!』

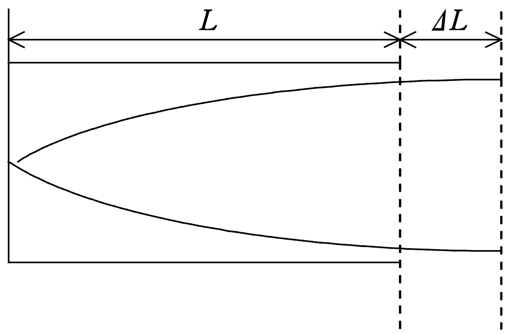


波長を管の長さの４倍としておくことは、

『厳密に言えば誤差が生じてしまう!!』

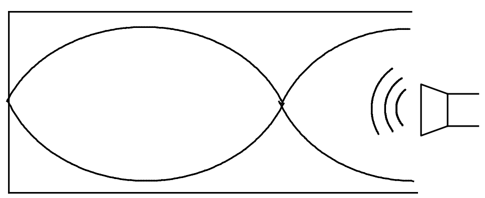
この誤差をなくして、きっちり示すことを

『開口端補正』という！



$$\boxed{\lambda = 4\,(L + \Delta L)}$$

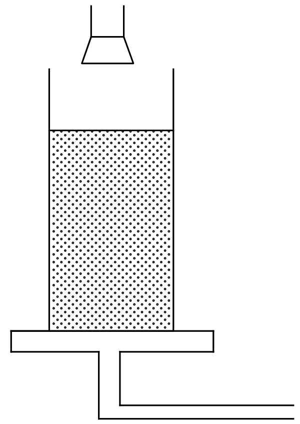
［問20］片方が閉じたガラス管の入り口付近で振動数 680 Hz の音を鳴らしたところ、音が大きく聞こえた。管内で３倍振動が生じているとすれば、この管の長さはおよそいくらか。ただし、音波の速さは 340 m/s で、開口端補正は無視できるものとする。



［問21］図のように、ガラス管を鉛直に立て、その中に水を入れ、水位を自由に変えられるようにする。ガラス管の上部に振動数 600 Hz のスピーカーを置いて鳴らす。水位を管の一番上の点Aからしだいに下げていくと、13.9 cm、43.1 cm のところで音が大きく聞こえた。次に、水位をその状態に保って、スピーカーの振動数をしだいに上げていくと、再び音が大きく聞こえた。

(1) このときのスピーカーの振動数はいくらか。

(2) 開口端補正値はいくらか。ただし、振動数によってその値は変わらないものとする。



第６講　波の式を作る

《Image》波動と単振動の違いは？

第１講で、波が通過していくとき、それぞれの場所で**水位が**ばねの振動のように**単振動する**ことを見た！

そこで、次のような単振動の式を考えてみる。

$$y = A\sin 2\pi ft \quad \cdots\cdots \quad ※$$

いま、

A ：定数　　　　　　f ：定数

である。肝心なことは….

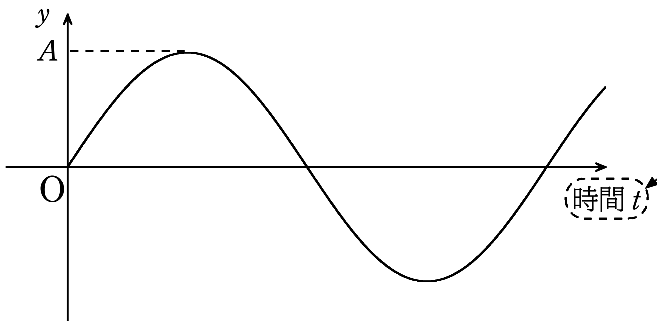
『t と y は変数である』ということ!!

↓ つまり…

『物体がいつ、どこにあるか』を表す式!!

> **※注意※**
> いまここで扱っている話は、波が水面を通過していくとき、
> 「ある場所で、ある瞬間瞬間に水位がどんな高さになっているか」を表す式である。

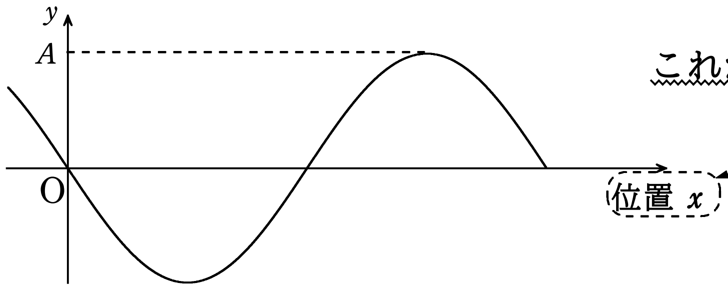
上の式をグラフに描くと下のようになる。



これは波の図ではない!!!!

これが原因！
横軸が時間 t になっている

実際に水面にできた波を見ると、次のような形になる。

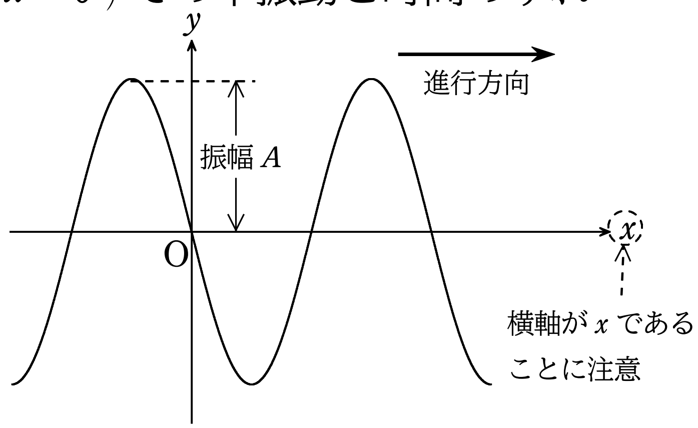


これが実際に見える波の図

横軸が位置 x なので
実際の光景を表している！

【波の式】ポイントは原点($x=0$) での単振動と時間のずれ

右のような波の絵から
『波の式』を考えてみよう!!



横軸が x である
ことに注意

この波の絵には、問題文中に
次のような文章がかいてある。
「この図は**時刻 $t=0$ における**
波の形を表し、波は x の**正方向**
へ伝播していく」

上図の波長 λ 、速さ v 、振動数 f 、振幅 A はわかっているものとする。

〔手順①〕 $x=0$ での単振動の式を作る！

左ページの単振動の式 $y = A\sin 2\pi ft$ を使ってスタートする！

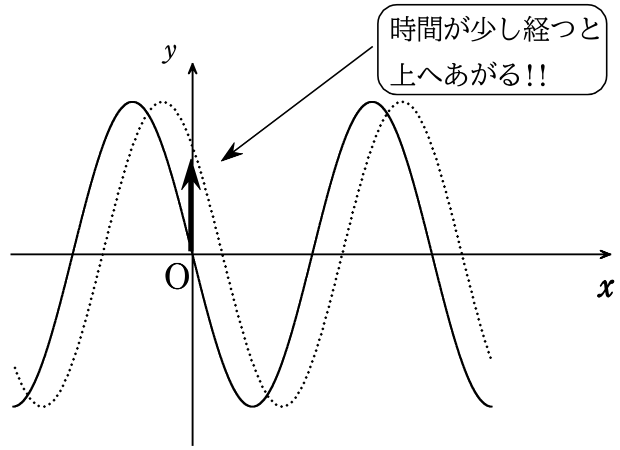
力学の「単振動」のときと同様に、もちろん上の式は cos になったりもする。

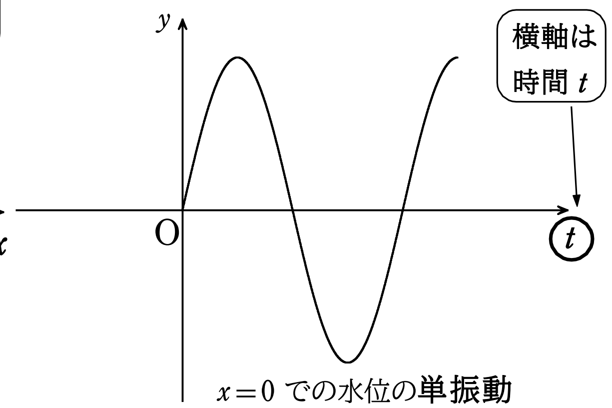
－振動の４パターン－

$y = A\sin 2\pi ft$　（＋sin　型）	$y = A\cos 2\pi ft$　（＋cos　型）
$y = -A\sin 2\pi ft$（－sin　型）	$y = -A\cos 2\pi ft$（－cos　型）

この４パターンのどれになるかを見つける方法

→　『**波をほんの少し動かしてみる**』





$x=0$ での水位の**単振動**

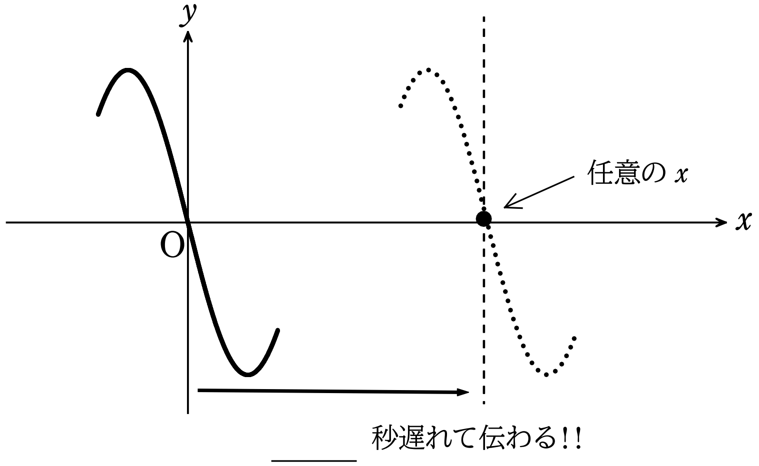
よって、原点での**単振動**は　$y=$ ＿＿＿＿＿＿＿＿

物理範囲　正弦波②

［手順②］あらゆる場所（任意の x）での単振動を作る！

「あらゆる場所」→「どこでもいい」→『**任意の x**』と考えられる。

ここでは、$x=0$ の場所に固定しないで、適当な任意の x 地点での振動について考えよう！



注）波の進む速さを v とする

つまり ....

原点での単振動の式　→　$y=A\sin 2\pi ft$

↓

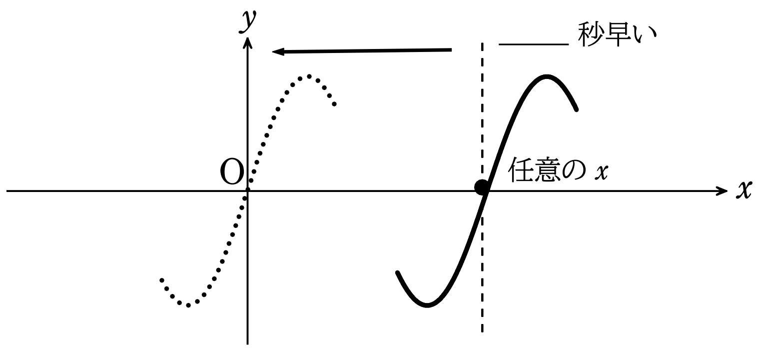
任意の位置 x での単振動の式　→　$Y=$ ________________________

これが『**波の式**』

※ 単振動の式と区別するために、大文字の Y を使っているだけ!!

※ 補足 ※

波が x の負の方向に進んでいるときは ....



よって波の式は、

$Y=$ ________________________

【波の式の表現方法】全部で４パターンの重要表現方法

まずは、左のページで大切なことを ....

重要

左の波の式で重要なのは、**時間 t と位置 x が変数である**ということ!!

以下、波で重要な物理量、『**波長 λ**』と『**周期 $T\left(=\dfrac{1}{f}\right)$**』を使って式を書き換える！

① $Y=A\sin\left\{2\pi f\left(t-\dfrac{x}{v}\right)\right\}$

② $Y=A\sin\left\{2\pi\left(ft-\dfrac{x}{\lambda}\right)\right\}$　　$v=f\lambda$ を利用するパターン

③ $Y=A\sin\left\{2\pi\left(\dfrac{t}{T}-\dfrac{x}{\lambda}\right)\right\}$　　$T=\dfrac{1}{f}$ を利用するパターン

④ $Y=A\sin(\omega t-kx)$　　$2\pi f=\omega$，$\dfrac{2\pi}{\lambda}=k$ と簡略化したパターン

ω ：角振動数

【波の式】手順の最終確認

［手順①］波を動かしてみて、$x=0$ での単振動の式を作る！

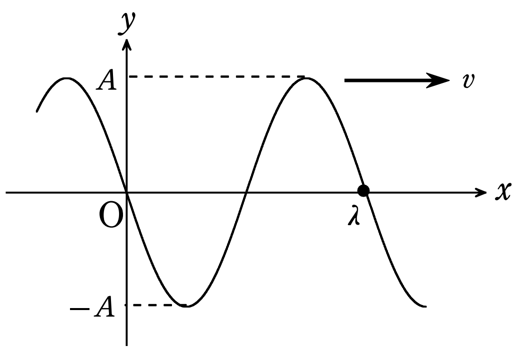
［手順②］進行波なら　$t\Longrightarrow\left(t-\dfrac{x}{v}\right)$

後退波なら　$t\Longrightarrow\left(t+\dfrac{x}{v}\right)$　　に書き換える！

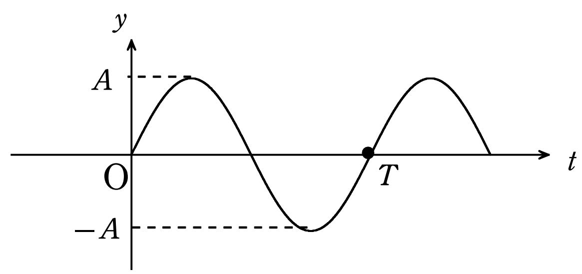
物理範囲　正弦波③

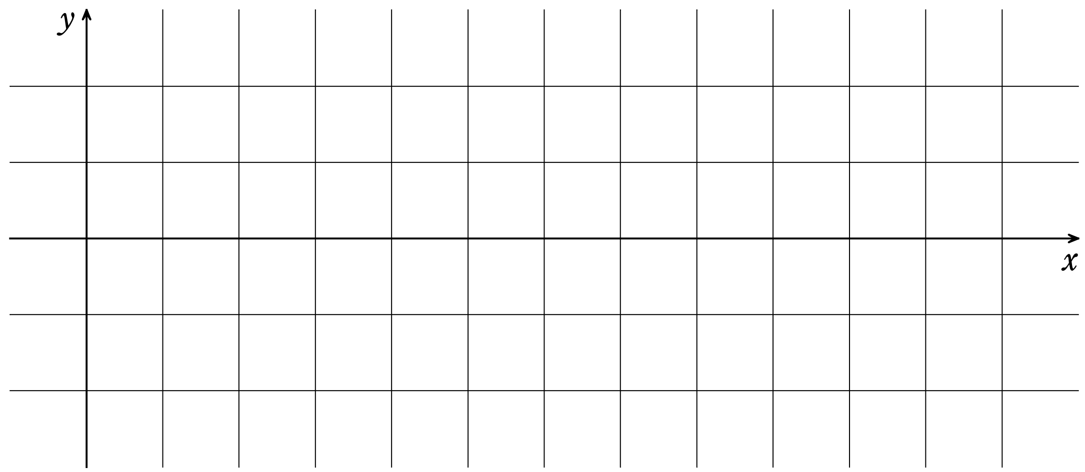
［問22］時刻 $t=0$ における波の形が図のようで、x 軸の正方向に速さ v で進む正弦波がある。

$x=\frac{3}{4}\lambda$ における媒質の変位は、時間 t の関数としてどのようにかけるか。

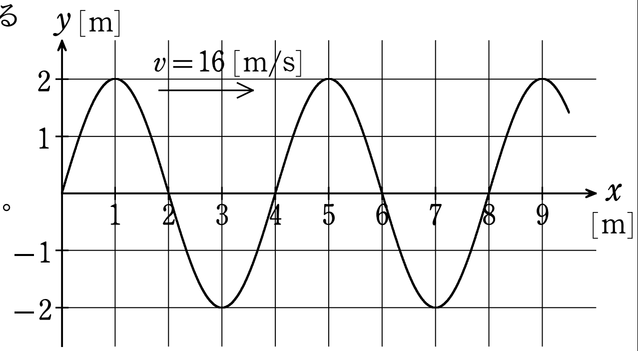


［問23］$x=0$ における媒質の時間変化の様子が図のようで、波長が λ の x 軸に沿って正方向に進む正弦波がある。時刻 $t=0$ におけるこの波の形をグラフに書け。





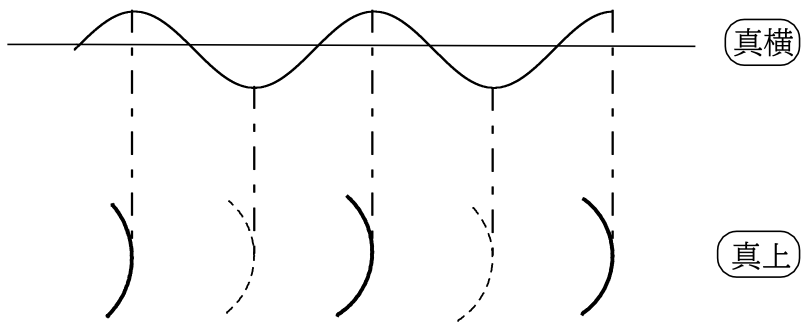
［問24］図は、x 方向に速さ $v=16$［m/s］で伝わる正弦波の、時刻 $t=0$［s］における位置 x［m］と変位 y［m］の関係を示したものである。この正弦波の振幅は［(1)］［m］、波長は［(2)］［m］周期は［(3)］［s］、振動数は［(4)］［Hz］である。そこで、この波の式は $Y=$［(5)］となる。



第７講　波の干渉・反射・屈折

【波の干渉】２つ以上の波が重なり合うときに起きる現象

まず、ある波（正弦波）を真上から眺めた場合を考えてみよう！

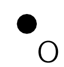


真上から見たとき、

「山の部分」→　実線で描く　　　　「谷の部分」→　破線で描く

ことにする！

［問25］１つの波源Oから波が広がっていく様子を、真上から見た図で描け。



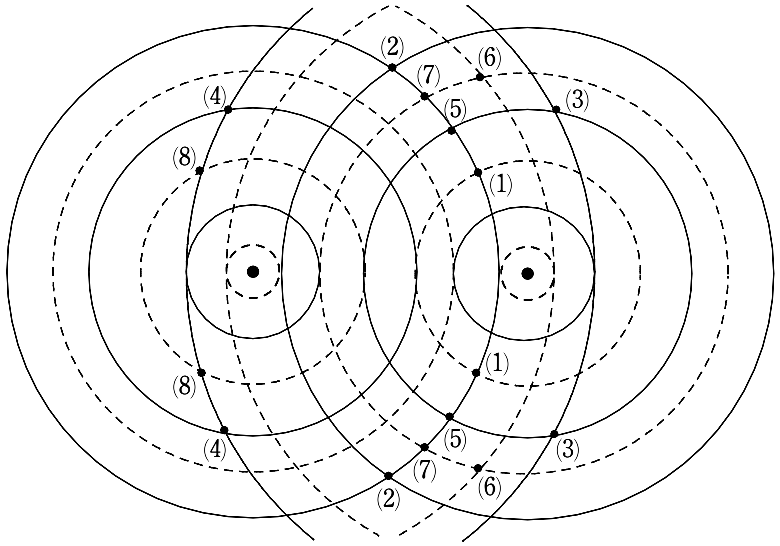
このような波を＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿という！

物理範囲　正弦波⑤

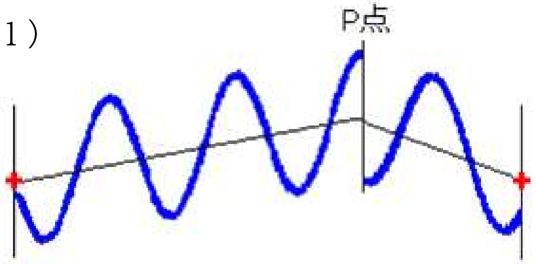
【２つの円形波の干渉】

下図のように、２つの波源S_1、S_2から同じ周期の波を発生させると、ある場所では常に強めあい、ある場所では常に弱めあう。

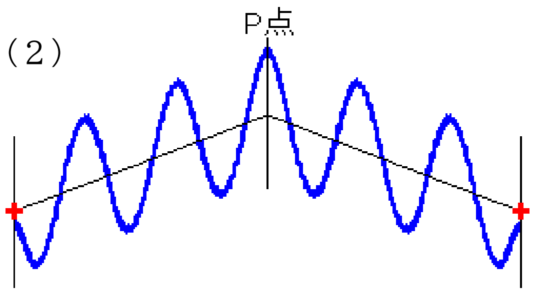
⟹ この現象を『**波の干渉**』という！



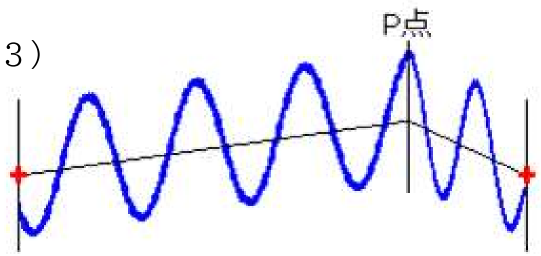
（1）



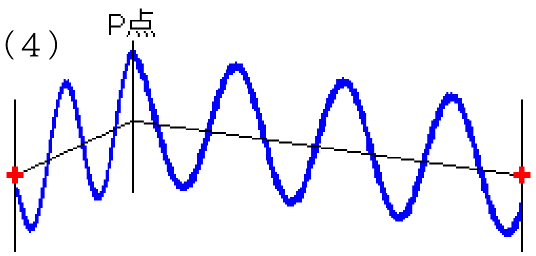
（2）



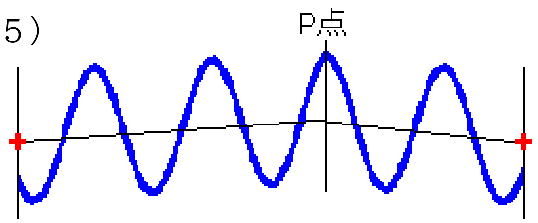
（3）



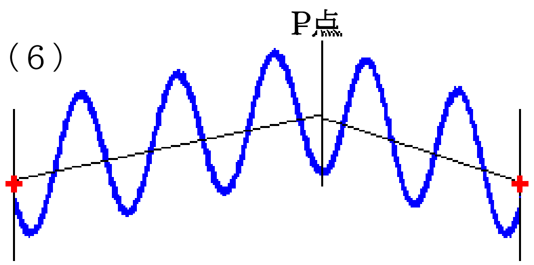
（4）



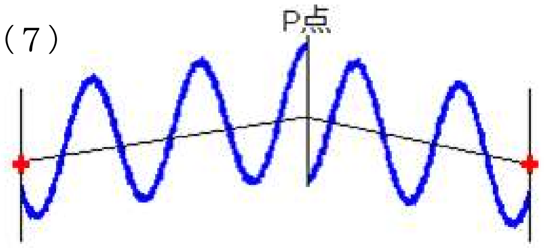
（5）



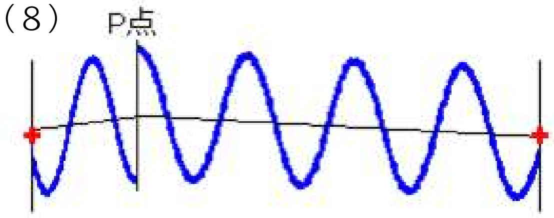
（6）

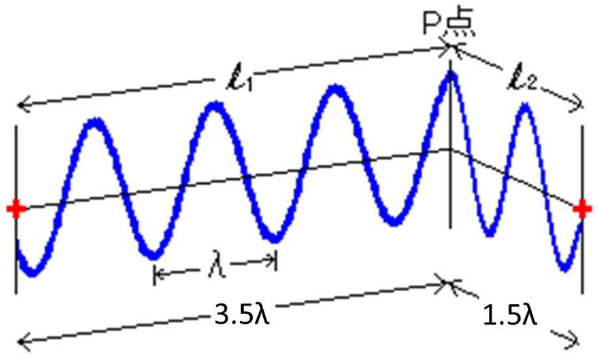


（7）



（8）





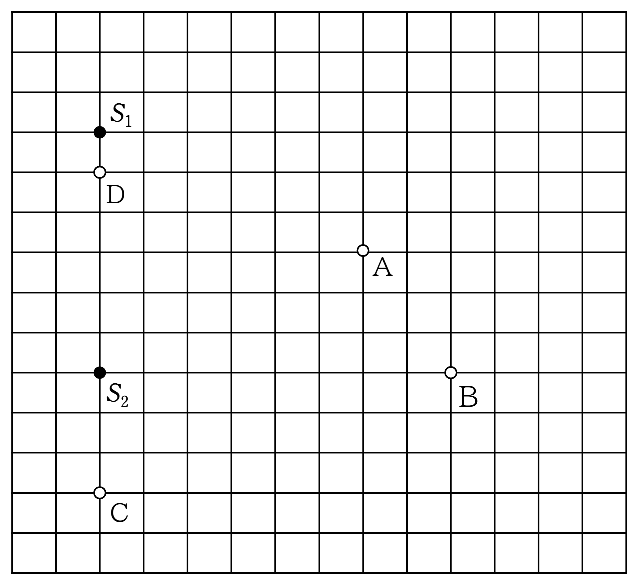
$|\,l_1-l_2\,| = m\lambda\ \ (m=0,1,2,\cdots)$

のとき、２つの波が「**強め合う**」

$|\,l_1-l_2\,| = m\lambda+\dfrac{\lambda}{2} = \left(m+\dfrac{1}{2}\right)\lambda\ (m=0,1,2,\cdots)$

のとき、２つの波が「**弱め合う**」

［問26］右図のように、水面に置いた２つの小球S_1、S_2を同位相で振動させ、波長 4.0 cm の円形波を干渉させた。図中の位置Ａ～Ｄの中で、２つの波が強め合うのはどこか。また、弱め合うのはどこか。

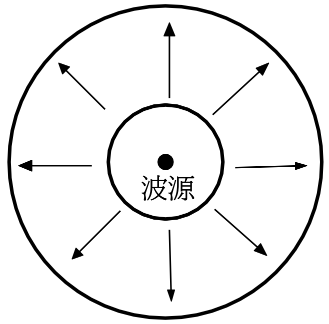


１目盛り１cm

物理範囲　正弦波⑥

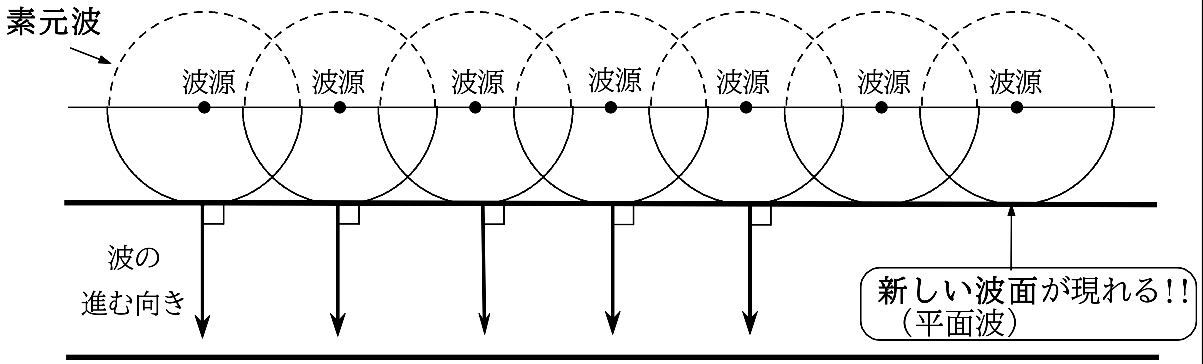
【ホイヘンスの原理】円形波と平面波（海のさざなみなど）の関わり

ある点で発生した円形波は下図のように広がっていく。



同心円状に広がっていく!!

この円形波を複数並べて発生させるとどのようになるか？



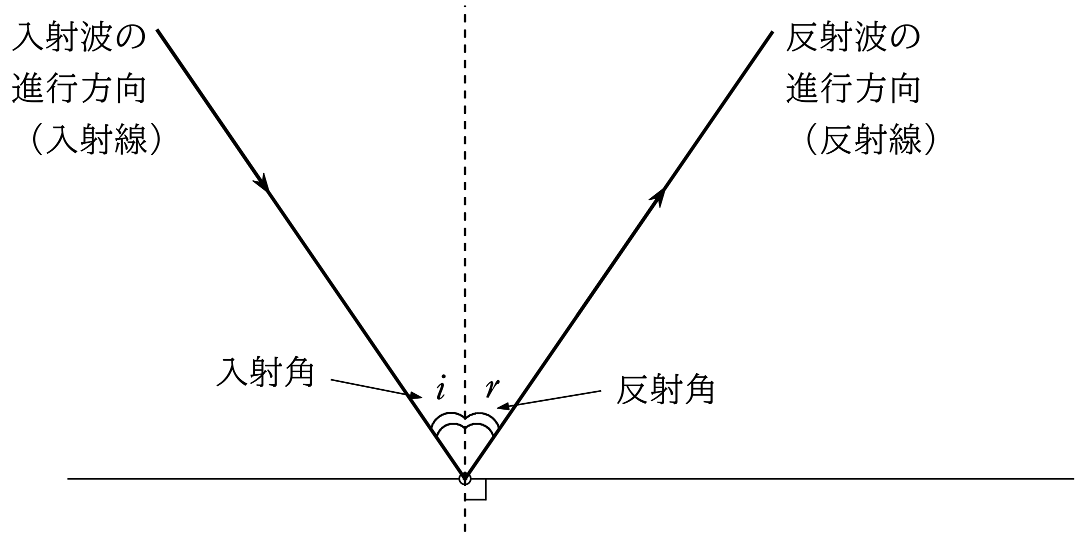
> **※重要※**
> 「**波面**」と「**波の進む向き**」は**常に垂直**!!!!

> **Point　ホイヘンスの原理**
> 「平面波」は、円形波が重なったときに発生する。
> その円形波を『**素元波**』と呼ぶ。
> <u>ある時刻の波面から出た素元波に共通に接する直線または曲線が</u>
> <u>新しい時刻の波面になる</u>!!

【波の反射】

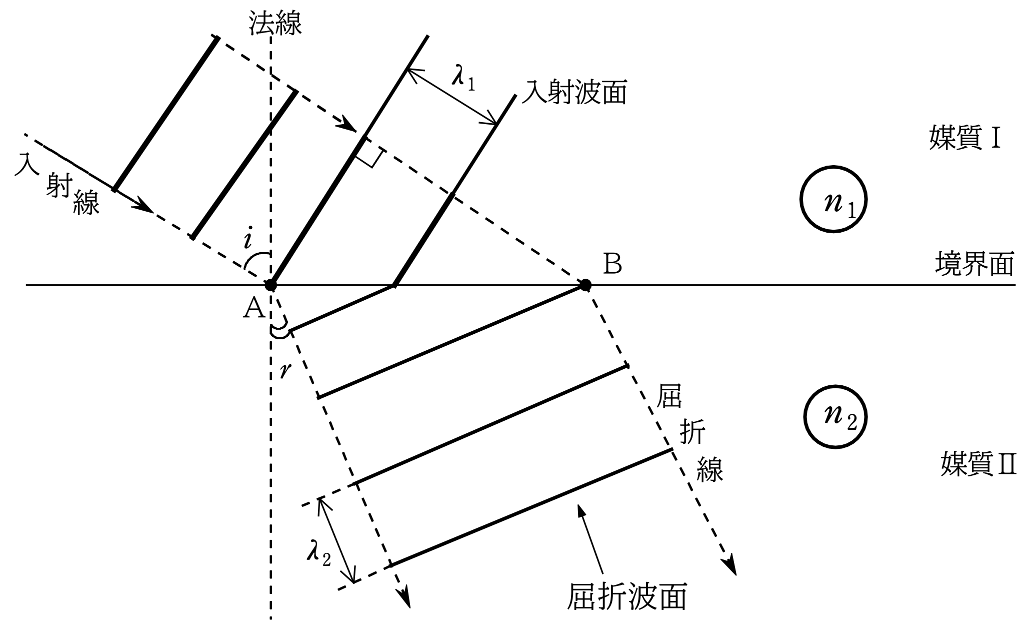
中学校で既習事項の「**反射の法則**」をもう一度示しておく。

『　入射角　＝　反射角　』



【波の屈折】

波がある媒質から違う媒質に進むとき、その境界面で波の進む向きが変わる現象。



屈折の法則

媒質Ⅰから媒質Ⅱへ波が進むとき、波の速さ（波長）が$\frac{1}{n}$倍になるとする。

このとき、媒質Ⅰに対するⅡの屈折率を $n\left(=\frac{n_2}{n_1}\right)$ と決める!!

また、入射角 i と屈折角 r の間に成り立つ関係は…

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$　（上ペア＝下ペア）

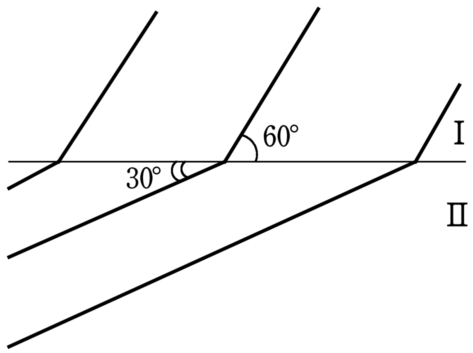
［問27］右図は、水面波が深い所（領域Ⅰ）から浅い所（領域Ⅱ）へ進むときの、波の波面を表している。

(1) 入射波や屈折波の進む向き（入射線、屈折線）、また、入射角 i、屈折角 r を図中に書け。

(2) 領域Ⅰに対するⅡの屈折率はいくらか。

(3) 入射角 i が次の場合、$\sin r$ の値はいくらか。

（ア）30°　（イ）45°　（ウ）60°



屈折の法則の拡張

媒質Ⅰ、媒質Ⅱにおける波の速さをそれぞれ v_1、v_2、波長を λ_1、λ_2、振動数を f とすると、ペア作りの相手は誰でも構わない。

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{f\lambda_1}{f\lambda_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

［問28］ある波が媒質 Ⅰ から媒質 Ⅱ に進んでいく。この波の，媒質 Ⅰ での速さは 330 m/s，振動数は 550 Hz であり，媒質 Ⅰ に対する媒質 Ⅱ の屈折率は 1.50 である。

(1)　この波の媒質 Ⅱ での速さは何 m/s か。

(2)　この波の媒質 Ⅰ での波長は何 m か。

(3)　この波の媒質 Ⅱ での振動数は何 Hz か。

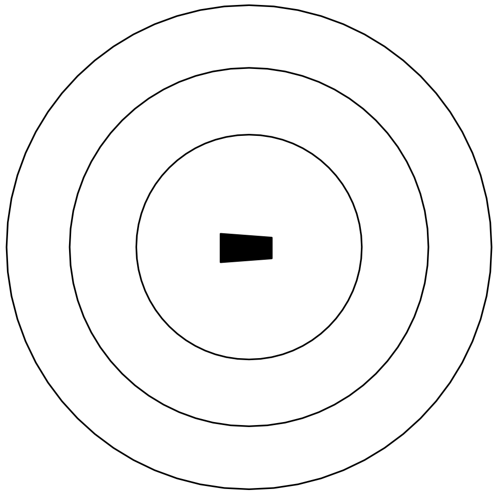
(4)　この波の媒質 Ⅱ での波長は何 m か。

［問29］1 つの直線を境界とした深さの違う水槽があって，深い側での水面波の伝わる速さは1 m/s，浅い側では 0.5 m/s である。深い側から浅い側へ向かって平面波を送りこみ，入射角を 60° にした場合，屈折角 θ はいくらになるか。$\sin\theta$ の値を示せ。

第８講　ドップラー効果

【波の速さは媒質次第】波が発生した地点を中心に同心円上に広がる

簡単にするために「水の波」で考えよう！



ボートに乗って水を振動させるとき、

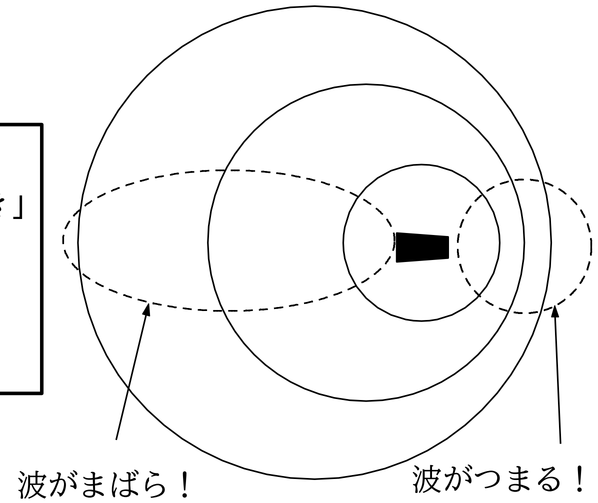
「ボートが静止しているとき」

→　ボートを中心に
　　同心円状に広がっていく!!（右図）

「ボートが動いているとき」

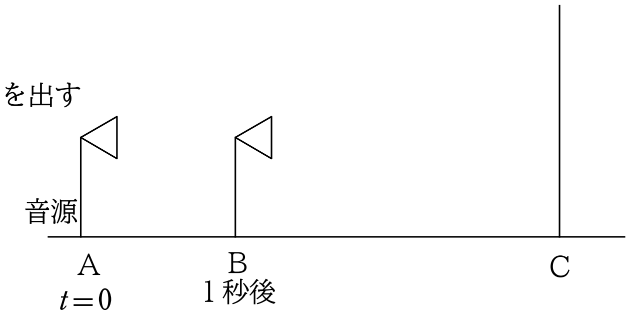
→

> **Point**
> ・「波の速さ」は「ボートの動き」とは一切関係ない!!
> ・波が発生した地点を中心に同心円的に広がる!!



【音源が動くとどうなるか？】波長が縮むことがドップラー効果の原因

右図のように、
　　　振動数 f の音
を出す音源が、右方向に音を出しながら、
　　　速さ v_S
で右方向に進んでいるとする。
音波の速さを c としておく。
　（音速 c ：空気中で 340 m/s）



> 時刻 $t=0$ で出た音は、**『音源の動きに関係なく』** 速さ c で進む!!

⟹　**１秒後には、Ａ地点から c だけ進んでＣ地点まで来ているはず!!**

また、音源も１秒後には v_S だけ進んでＢ地点に移動しているはずである！

⟹　**ＢＣ間（距離 $c-v_S$）に f 個の波が入っている！**

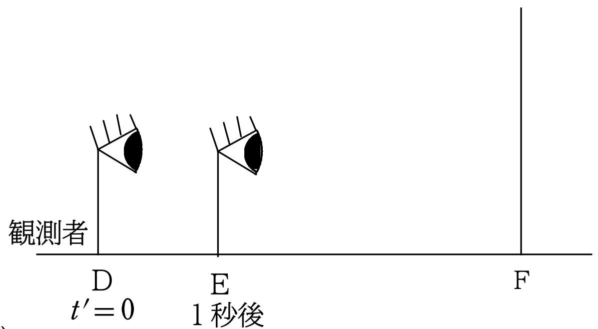
⟹　**このときの波長 λ' は…**

$\lambda' =$ ＿＿＿＿＿＿＿＿　←　**波長が縮んでいる!!!!**

【観測者が動くとどうなる？】

時刻 $t'=0$ に観測者（速さ v_O）が
Ｄ地点にいるとする。

この瞬間左方向から来た音波が観測者の所に
やってきたとする。
（この音波を、上の縮んだ波長 λ' の波だとする）



> １秒間の間に
> 　　音波：右に c だけ進む　　　　観測者：右に v_O だけ進む

⟹　**観測者には、ＥＦ間の波しか届いていない!!**

物理範囲　音波②

この１秒間に観測者を通過した波の数 f' は、
ＥＦ間の距離 $c-v_O$ 、波１個の長さは λ' なので…

$f' =$ ＿＿＿＿＿＿＿＿

観測者の実際に聞く振動数!!

結論

音源も観測者も両方動いたとき、最終的に観測者が聞く振動数は…

$$f' = \frac{c-v_O}{c-v_S} f$$

【ドップラー効果の問題の解法】絵と矢印を書けば簡単!!

音源Ｓ(Sound Source)が速さ v_S で右方向へ、観測者Ｏ(Obsserver)が速さ v_O で左方向へ進んでいるとする。
音波の速さ c 、音源の出す音の振動数 f とする。

〔手順①〕ＳとＯの速度の矢印 v_S と v_O を書く。
〔手順②〕音波の矢印を書く。
〔手順③〕それぞれの２本の矢印の先端間の長さを、図で見た通り公式に入れる!!

つまり、上図の場合…

$f' =$ ＿＿＿＿＿＿ f

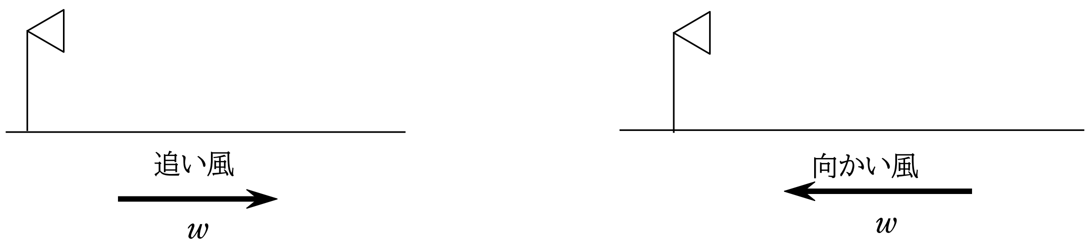
［問30］真っ直ぐな道路を、一定の速さ v_S で走る車Ａから、振動数 f の音を出す。
この車の前方から、車Ｂが一定の速さ v_O で近づいてくる。このとき、車Ｂで聞こえる音の振動数はいくらか。ただし、音波の速さを c とする。

［問31］真っ直ぐな道路を、一定の速さ v_S で走る車Ａから、振動数 f の音を出す。
この車の前方を、車Ｂが一定の速さ v_O で遠ざかっていく。このとき、車Ｂで聞こえる音の振動数はいくらか。ただし、音波の速さを c とする。

物理範囲　音波③

【風が吹くときのドップラー効果】絵に風の分を付け足すだけ!!

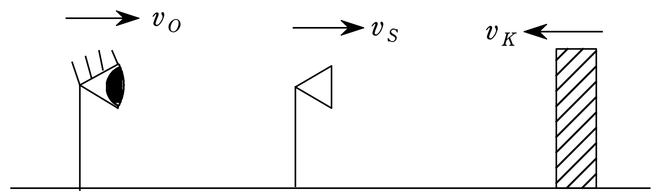
追い風の場合　→　音波は速くなる　　向かい風の場合　→　音波は遅くなる
つまり、音速 c 、風の速さ w (Wind) とすると…
追い風の場合　→　$\boldsymbol{c+w}$　　向かい風の場合　→　$\boldsymbol{c-w}$



［問32］静止している観測者Aに対して、振動数 325 Hz の音を出す音源Bが 10 m/s の速さで真っ直ぐ近づいている。AからBに向かって 5 m/s の風が吹いているとき、観測者Aが聞く音の振動数はいくらか。ただし、音波の速さを 340 m/s とする。

【壁が動くときのドップラー効果】手順は２段階!!

音源S、観測者Oがともに右方向へ、そして壁Kが速さ v_K で左方向へ動いているときを考える。



［手順①］**壁を観測者O′とみなして、壁の聞く振動数を求める！**

このとき、壁Kの聞く振動数 f_K は…

$$f_K = \frac{\qquad}{\qquad} f$$

［手順②］**壁を振動数 f_K の音を出す音源S′とみなす！**

このとき、観測者Oの聞く振動数 f' は…

$$f' = \frac{\qquad}{\qquad} f_K$$

$$= \frac{\qquad}{\qquad} \cdot \frac{\qquad}{\qquad} f$$

物理範囲　音波④

【うなりとは？】振動数の違う２つの音が重なると？

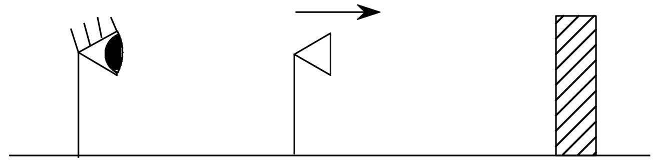
上の状況において、**観測者は２つの音を聞くことになる!!**

① 壁からはねかえってくる音 f_1　　　　**② 音源から直接聞く音 f_2**

振動数のわずかに違う f_1, f_2 の１秒間あたりのうなりの回数 n は

$$\boldsymbol{n = |f_1 - f_2|}$$

［問33］壁に向かって立っている人の前を、振動数 f の音を出しながら、音源が速さ v_S で壁に向かっていく。このとき、立っている人が聞く音のうなりの回数は毎秒いくらか。ただし、音波の速さを c とする。



第９講　　光波

「光の面白い特徴」→　**真空の中で媒質がなくても伝わる!!**

遠くの星の光は、宇宙空間の真空の中を伝わって来ている！

【光の性質】

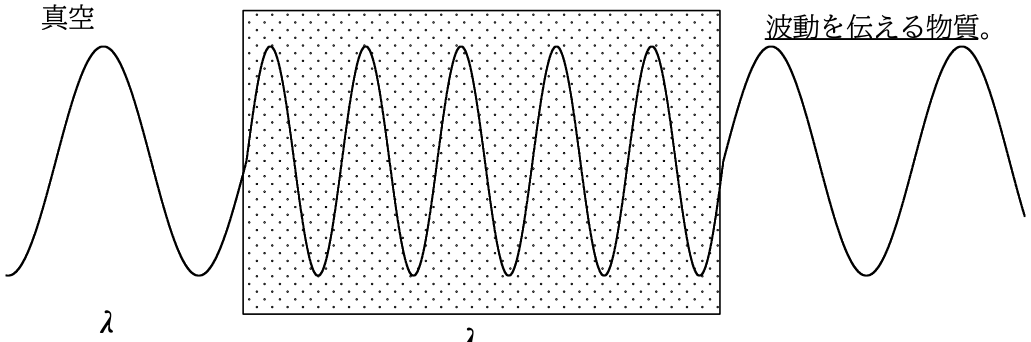
真空中での光の速さ（光速）→　30 万 km/s　　1 秒間で地球７周半!!

└─ この速さを上回って動くものはこの宇宙にない!!

光波は、波の形として肉眼では見れないので、（波長 1 mmの1/1000 より少し小さい）分かりやすく、この先は水の波と同じように考える！

《光の独特の性質》

屈折率 n のガラス（**媒質**）→ 下のガラスのような、波動を伝える物質。



$\lambda' = \dfrac{\lambda}{n}$ 縮む

真空中を進む光波が媒質の中に入ると、上図のように…   **『波長が縮んでしまう!!』**

《屈折率》

・波長の縮み方

媒質が込みあっている　　→　縮みは「**大きい**」

媒質が込みあっていない　→　縮みは「**小さい**」

［問34］波長が媒質の中で $\dfrac{1}{2}$ に縮む媒質Ａと、$\dfrac{1}{3}$ に縮む媒質Ｂでは、どちらが波長の縮む割合が大きいか。

左下の問での縮む割合のことを、この媒質の**『屈折率』**という！

媒質中では、光波の速さは遅くなり、波長が縮む   ↓   真空に対して波長が$\dfrac{1}{n}$ に縮むとき、   この媒質の屈折率を n と決める!!   また、空気の屈折率を$n = 1$ とする!!

［問35］次の屈折率のガラスに入る波長は、真空中の波長の何倍になるか答えよ。

(1) $n = 2$　　(2) $n = 3$　　(3) $n = 5$

(4) $n = 10$　　(5) $n = \dfrac{3}{2}$

【屈折の法則(復習)】

［問36］真空中からガラスへ波長 6.0×10^{-7} m の光が入射した。そのときの入射角 i を測定したところ $\sin i$ は 0.30 であった。真空中の光の速さは 3.0×10^{8} m/s であるとする。

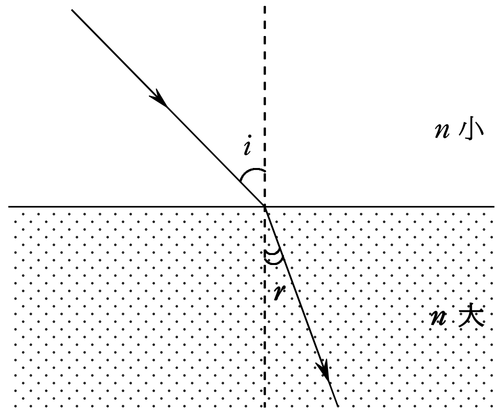
(1)　この光の振動数を求めよ。

(2)　屈折角 r を測定したところ，$\sin r$ は 0.20 であった。ガラスの屈折率を求めよ。

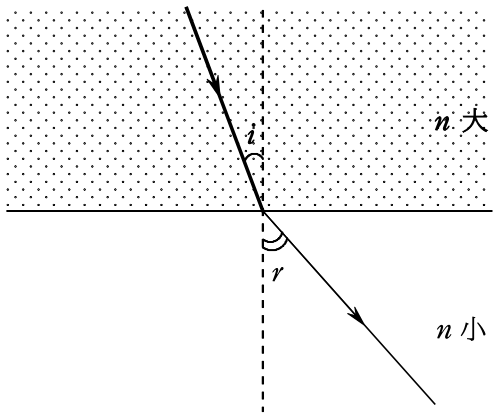
物理範囲　光波②

【全反射】

右図のように、
屈折率が小さな媒質から大きな媒質へ
光が進むとき、
『入射角 i ＞ 屈折角 r 』
となる！



逆に屈折率が大きさな媒質から小さな
媒質へ進むとき、
『入射角 i ＜ 屈折角 r』
となる！



右図のように、入射角 i をどんどん大きく
していく。

↓

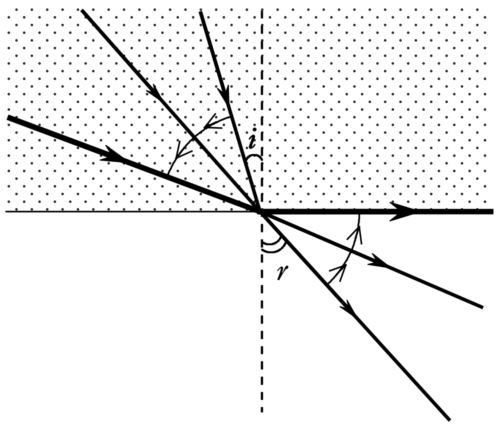
屈折角 r もどんどん大きくなる。

↓

どこかで屈折角 r が 90° になる。

↓

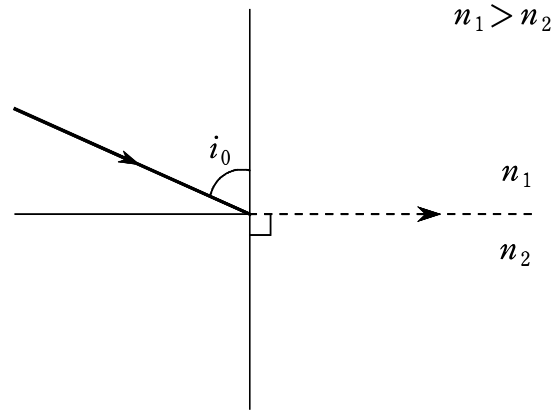
『光が媒質に入っていかない!!!!』



屈折角が 90° に達すると、すべての光が反射する！
この現象を、『＿＿＿＿＿＿＿』という。

《全反射が起こった時の入射角》

光が n_1 の媒質から n_2 の媒質へ
入ってきたとする。



左のように、屈折率が 90° になり、
屈折する光がなくなったとする。

このように、
「屈折が起こるか起こらないかという
境目の入射角」のことを …
『＿＿＿＿＿＿＿』という！

屈折の法則より …

＿＿＿＿＿＿＿ ＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿＿
媒質n_1　　　　媒質n_2

よって …

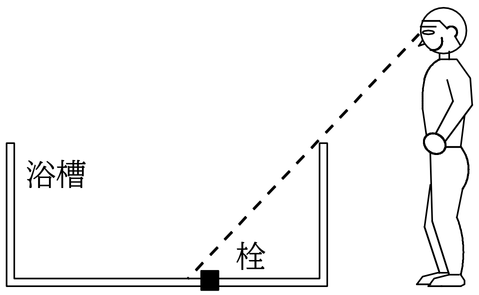
＿＿＿＿＿＿＿ ＝ ＿＿＿＿＿

［問37］空気中から水中へ光が入射するとき，その境界で全反射が起こることはあるか，ないか。

［問38］水の屈折率は $\frac{4}{3}$ である。水中から空気中へ光が進む際の全反射の臨界角を i_0 とすると，$\sin i_0$ はいくらになるか。

［問39］光の進み方について考えよう。

(1)　下図のように，風呂 (ふろ) 場で A さんがある位置に立つと，お湯の入っていないときには，浴槽の底の栓が浴槽のふちに隠れて見えなかった。ところが，お湯が入っているときには，同じ位置から栓が見えた。



浴槽にお湯が入ると栓が見えるようになった事実に関係のある現象として最も適当なものを，次の ①～⑤ のうちから 1 つ選べ。$\boxed{1}$

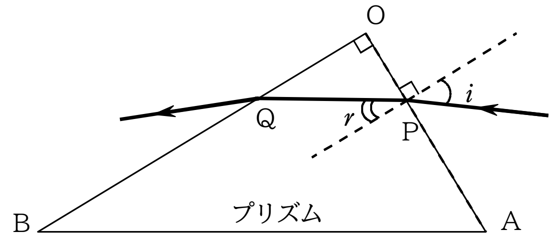
①　全反射　　②　干渉　　③　回折　　④　散乱　　⑤　屈折

(2)　A さんは，プラスチック製の透明なボトルを持ってお風呂に入って遊んでいた。水がいっぱい入ったボトルをお湯に沈めた場合にはボトルは透明のままだったが，空にしたボトルをお湯に沈めるとボトルの表面が鏡のように銀色になった。

このことに関係のある現象として最も適当なものを，次の ①～⑤ のうちから 1 つ選べ。$\boxed{2}$

①　全反射　　②　干渉　　③　回折　　④　散乱　　⑤　屈折

［問40］光の屈折に関する次のような実験をした。図のように角ＡＯＢが直角の、ガラスでできたプリズムを置き、レーザー光線を当てた。レーザー光線は、ＯＡ面上の点Ｐに入射角 i で入射し、角 r で屈折したあと、ＯＢ面上の点Ｑからプリズムの外にでた。ガラスの屈折率を n とする。



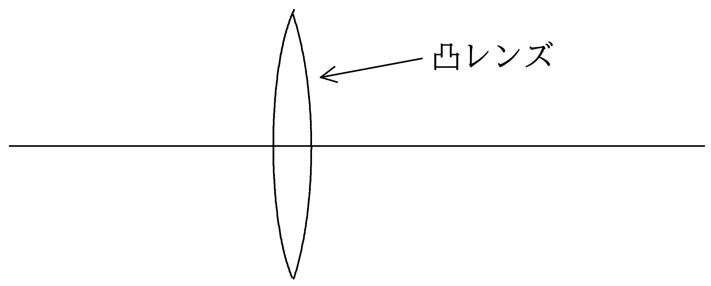
(1) 入射角 i 、屈折角 r 、屈折率 n の間にどのような関係が成り立つか。

(2) 入射角 i を小さくしていったところ、ある角度 i_0 になったとき、レーザー光線はＯＢ面から外へ出なくなった。　角度 i_0 と屈折率 n との間にどんな関係が成り立つか。

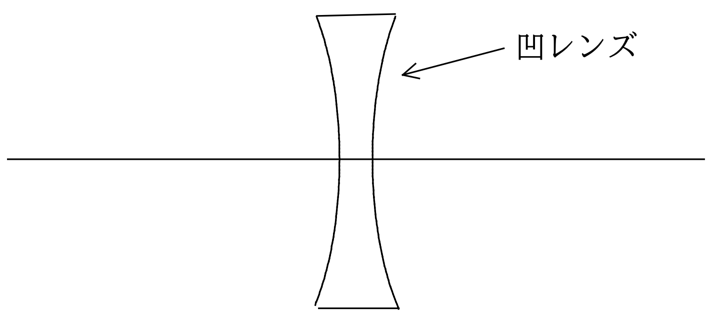
物理範囲　光波④

【レンズ】凸(とつ)レンズと凹(おう)レンズ

『凸レンズ』→　中央部分が周辺よりも厚いレンズ

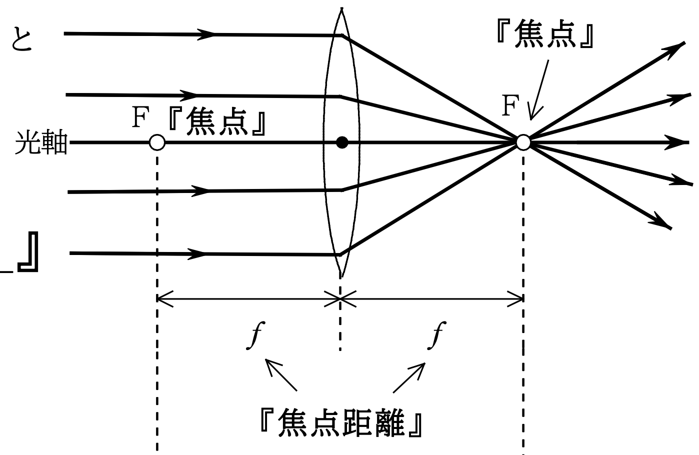


『凹レンズ』→　中央部分が周辺よりも薄いレンズ

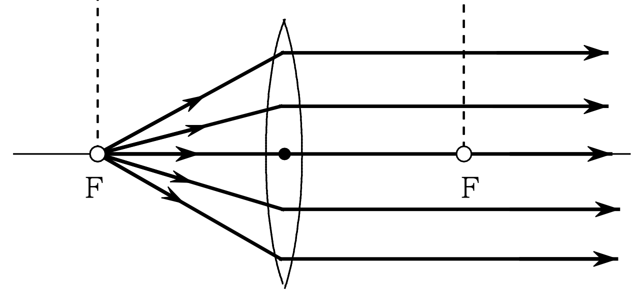


　右図のように、光軸（レンズの軸）と平行な光線を凸レンズに照射すると、光は一点Fに集まる！

この点Fを凸レンズの『＿＿＿＿＿』という!!

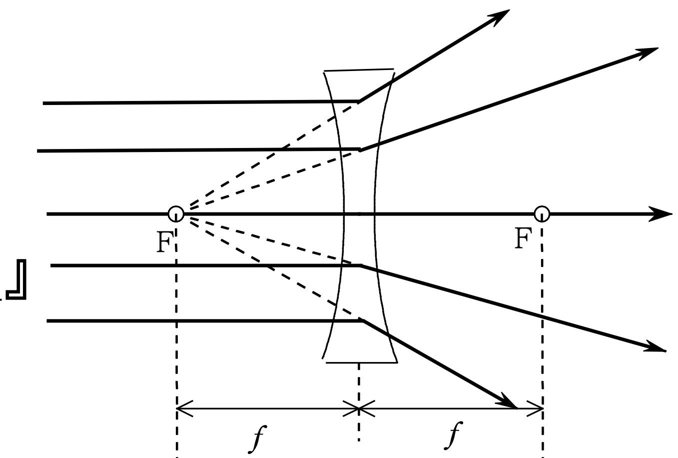


　また、焦点Fを通過して凸レンズに入射した光は、レンズを通過したあと平行に進む!!

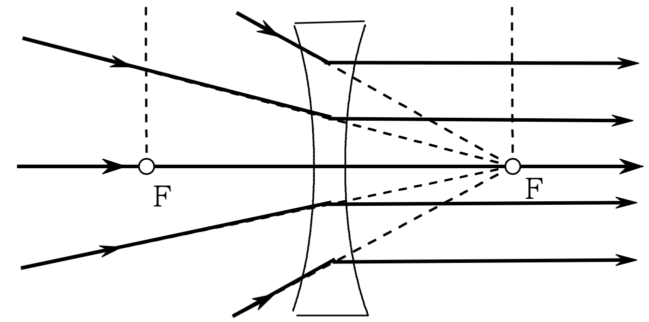


　右図のように、光軸と平行な光線を凹レンズに照射すると、レンズの手前の一点Fから広がるように進む!!

この点Fを凹レンズの『＿＿＿＿＿』という!!



　レンズの反対側の焦点に向かうように凹レンズに入射した光は、レンズを通過したあと、平行に進む!!



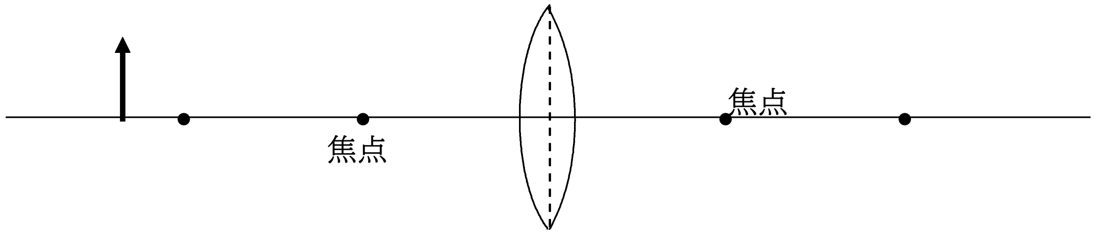
【レンズによる像の作図】ポイントは３つのみ!!

《凸レンズ編》
①光軸に平行に入射する光線は、後方の焦点を通る。
②前方の焦点を通って入射する光線は、光軸に平行になる。
③レンズの中心を通る光線は直進する。

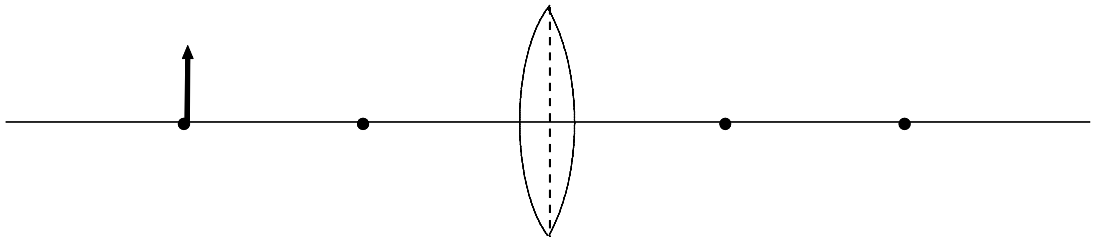
《凹レンズ編》
①光軸に平行に入射する光線は前方の焦点から出たように進む。
②後方の焦点をめがけて入射する光線は、光軸に平行になる。
③レンズの中心を通る光線は直進する。

物理範囲　光波⑤

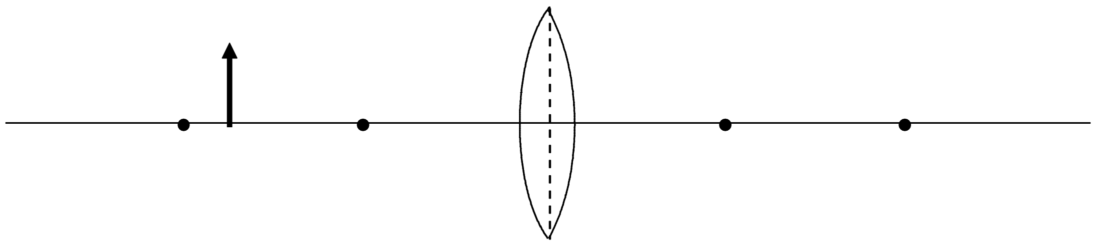
[問41] (1) 物体が焦点距離の２倍よりも遠い位置にあるとき



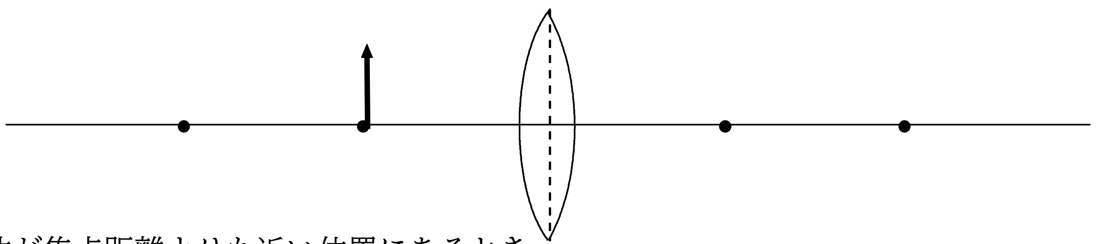
(2)物体が焦点距離の２倍の位置にあるとき



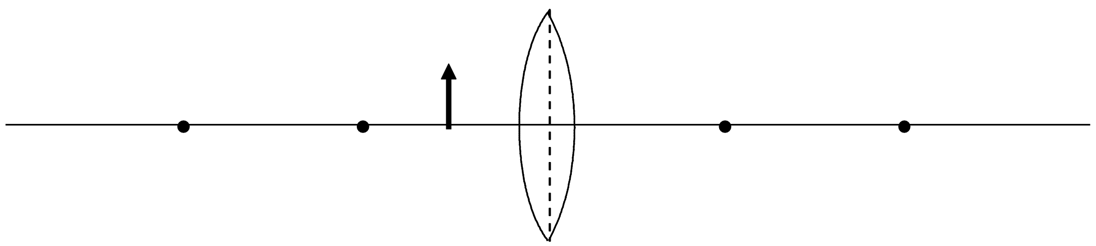
(3) 物体が焦点距離の２倍の位置と焦点の間にあるとき



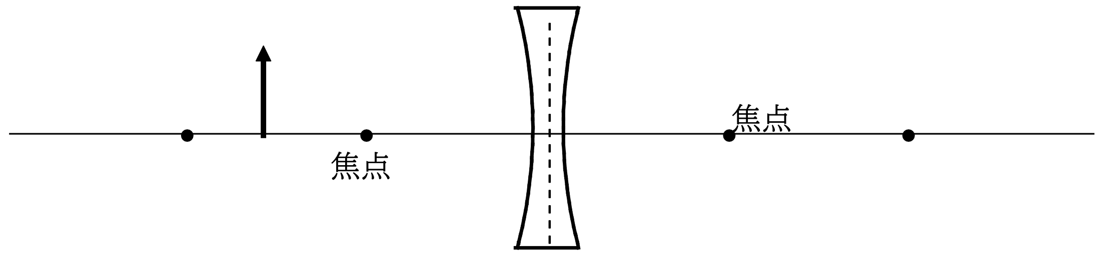
(4)物体が焦点にあるとき



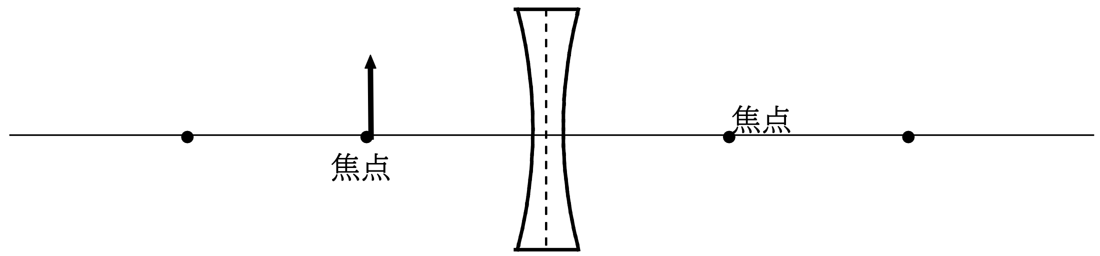
(5)物体が焦点距離よりも近い位置にあるとき



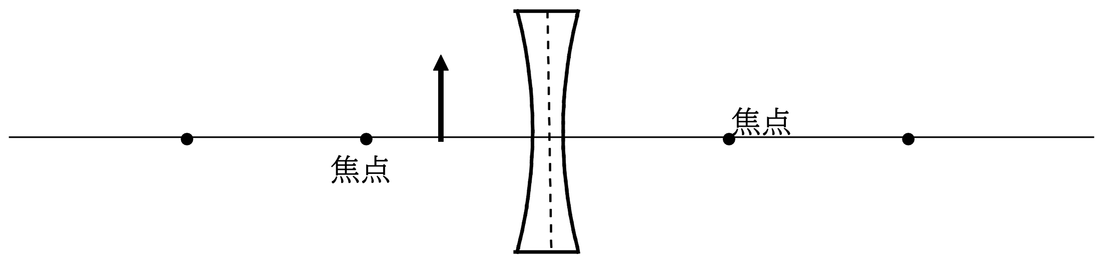
(6) 物体が焦点より遠い位置にあるとき



(7) 物体が焦点にあるとき



(8) 物体が焦点距離よりも近い位置にあるとき

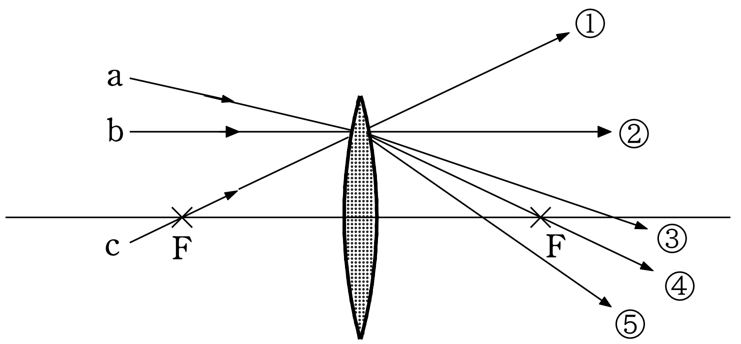


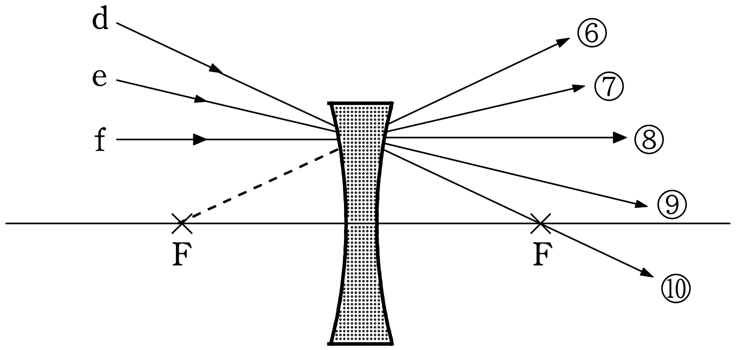
物理範囲　光波⑥

［問42］図に示したように凸レンズと凹レンズの左側から光線 a～f が入射する。レンズの左側では光線 b，f は光軸に平行である。また図中の F はレンズの焦点の位置を表す。

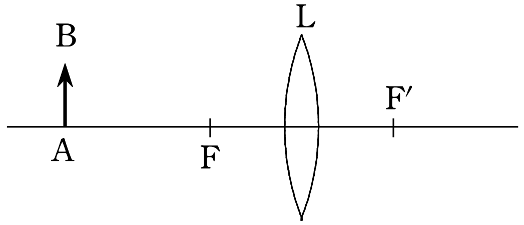
光線 a～f がレンズを通過した後の光路として最も適当なものを，次の ①～⑩ のうちから 1 つずつ選べ。

光線	a	b	c	d	e	f
光路	1	2	3	4	5	6

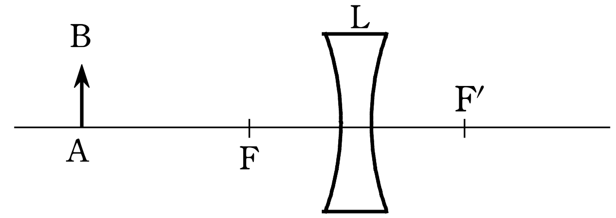




［問43］右図で 凸 レンズ L による物体 AB の像を作図によって求めよ。F，F′ はレンズの焦点とする。



［問44］右図で 凸 レンズ L による物体 AB の像を作図によって求めよ。F，F′ はレンズの焦点とする。



レンズの公式

写像公式　　　　　　　　　　　　像の倍率

＿＿＿＿＿＿＿＿　　　　＿＿＿＿＿＿＿＿

レンズから物体までの距離 a ：レンズの前方（実際の物体）のとき正

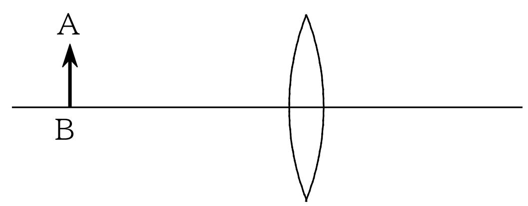
レンズから像までの距離　b ：レンズの後方（実像）のとき正、前方（虚像）のとき負

焦点距離　f ：凸レンズのとき正、凹レンズのとき負

実像　：実際に光が集まってできる像

虚像　：実際に光が集まってできる像ではない見かけの像

［問45］焦点距離 f の凸レンズの中心軸上に、中心軸と垂直に物体を置く。レンズが作る物体の像が実際の物体より大きな実像となるためには、物体をどの範囲に置かねばならないか。



第10講　　光の干渉

【光の干渉】２つ以上の光が重なるとどうなる？

右のように、二つの光が同じところにやってきて、山と山、谷と谷が一致している場合を考える。

- 山と山が重なる → 高い山になる
- 谷と谷が重なる → 低い谷になる

↓

『波の振幅が大きくなる』

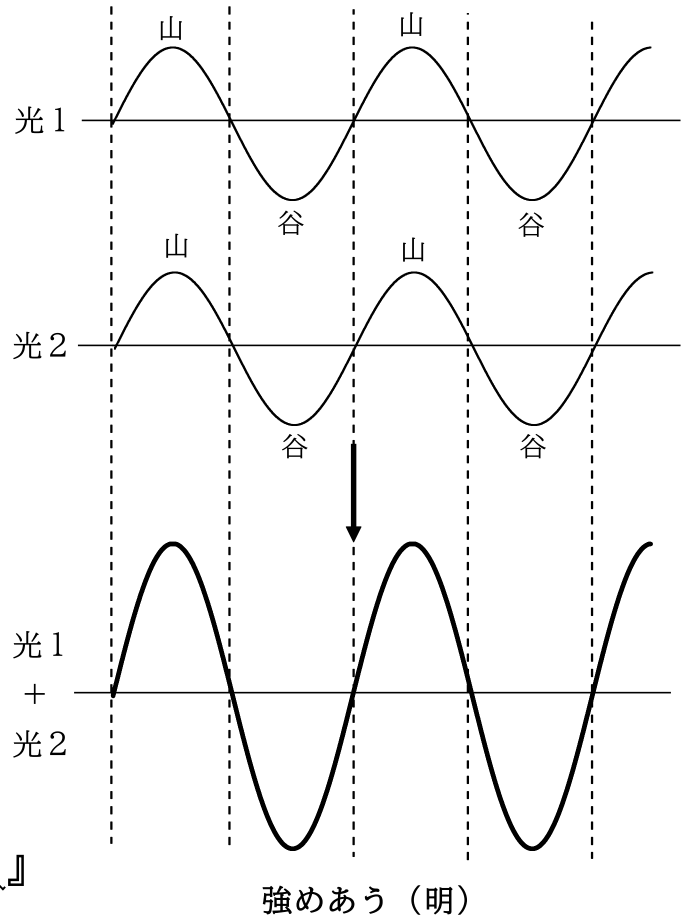
↓

『光は強め合う』

右のように、山と山、谷と谷がそろっている状態を…

『位相がそろっている』

という！



また、右のように光１に対して光２がちょうど波長半分ずれるようにやってくるとき、

- 山と谷が重なる → 振幅０
- 谷と山が重なる → 振幅０

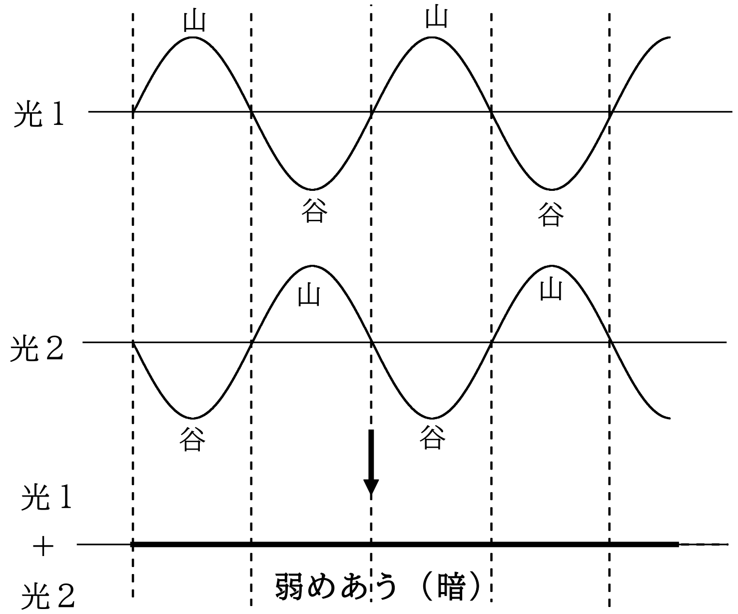
↓

『光は打ち消しあってしまう』

↓

『光は弱め合う』

暗くなって見えなくなる！



右のように、山と谷がずれている状態を…

『位相が π ずれている』

という！（１波長を2π ラジアンだとすれば、半波長は π ラジアンなので）

＜干渉問題の解法＞

①距離の差 ΔL を求める

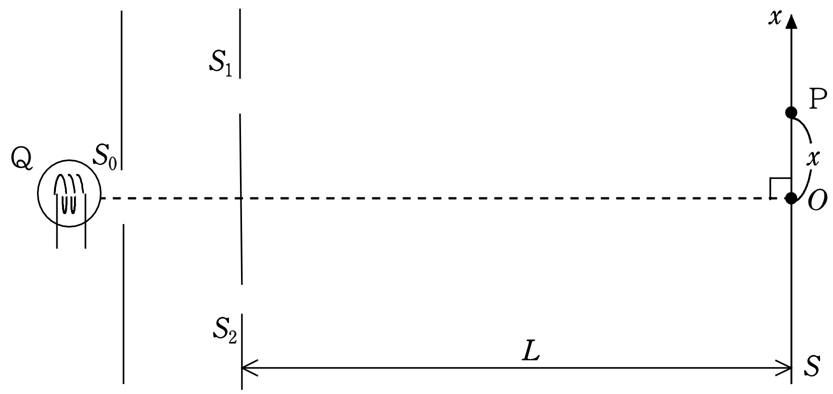
②条件式を作る

強め合うとき → $\Delta L = m\lambda$　　　$(m = 0, 1, 2, \cdots)$

弱め合うとき → $\Delta L = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$　　$(m = 0, 1, 2, \cdots)$

③質問に合わせて、条件式を使って計算する

［問46］図はヤングの実験を行う装置で、Qは波長 λ の単色光源、S_0 は単スリット、S_1、S_2 は S_0 から等距離にある複スリットで、S_1 と S_2 の間隔は d である。複スリットから距離 L にあるスクリーン S 上で干渉縞を観察する。$S_1 S_2$ の中点からおろした垂線と S との交点 O を原点とし、S 上に図のように x 軸をとり、S 上の点Pの位置を座標 x で表す。d および $|x|$ は L に比べて十分小さいとする。



(1) スリットS_1 とS_2 を通る２つの光の径路差$S_2P - S_1P$ を d, x, L を用いて表せ。

(2) S 上に生じる明線の位置 x を求めよ。

(3) 隣り合う明線の間隔はいくらか。

物理範囲　光波⑨

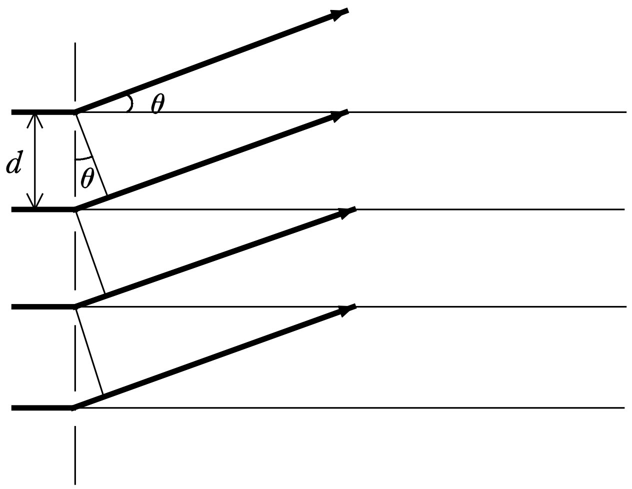
【回折格子】スリットがたくさんあって間隔も狭い!!

ヤングの実験装置に似ていて、それよりも …

「スリットがたくさんある」

「スリットの間隔が狭い」

のが、『回折格子』である。



この回折格子のずっとさきにスクリーンを置いたとき、この光はスクリーンまで平行に進んでいく。

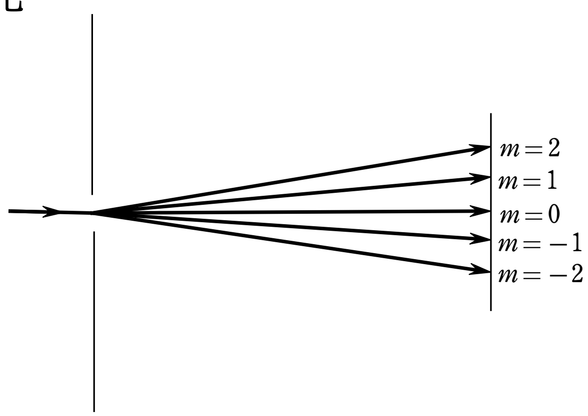
隣り合う光の径路差は …

径路差 = ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

【回折光】回折格子で強め合う光

回折格子を通過する光はどうなるか？

スリットの間隔 d は非常に小さいので、光は１点から出るように見える。



光の強め合う条件

$$d\sin\theta = m\lambda$$

の意味は？？

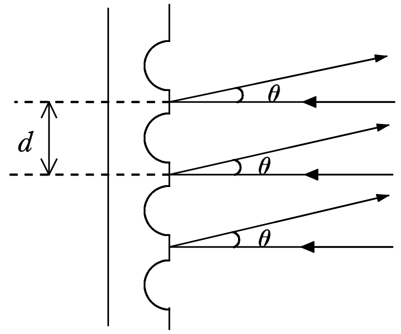
［問47］$m=0$ のときの θ の値を求めよ。

［問48］$m=1$ のとき、$\sin\theta$ の値を求めよ。

また、スリット間隔 d が波長 λ の２倍のとき θ の値を求めよ。

$\boldsymbol{d\sin\theta = m\lambda}$　（m ：整数）のとき、m 次の回折光が見える

［問49］図はＣＤの断面である。ディスクの表面には等間隔で溝が刻まれ、溝の部分では光が乱反射するが、溝ではない、なめらかな凸部では光は鏡面のように反射する。そのため白色光を当てるとディスクの表面には虹色の干渉模様が現れる。隣り合う凸部の間隔を d とし、ディスク面に直角に単色光をあてるとして、以下の設問に答えよ。



(1) 入射光に対して角 θ をなす隣り合う２つの反射光の径路差はいくらか。

(2) $\theta=30°$ の方向に１次の反射光が生じた。この光の波長 λ はいくらか。

(3) このとき２次の反射光を見ることができるか、できないか。その理由も述べよ。

【媒質があるときの光の干渉】単純に比較できるようにする!!

光の干渉② での径路差 Δl の２つの条件式

$\Delta l = m\lambda$　＜強め合う＞　　　　$\Delta l = \left(m+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$　＜弱め合う＞

は、**『光が真空中を進むときだけ使える式』**である!!

では、**光が媒質（ガラス中や水中）を通るとき**にはどうなるか？

↓

『波長が縮む!!』（以前学習した、『屈折率の定理』）

復習（屈折率の法則）

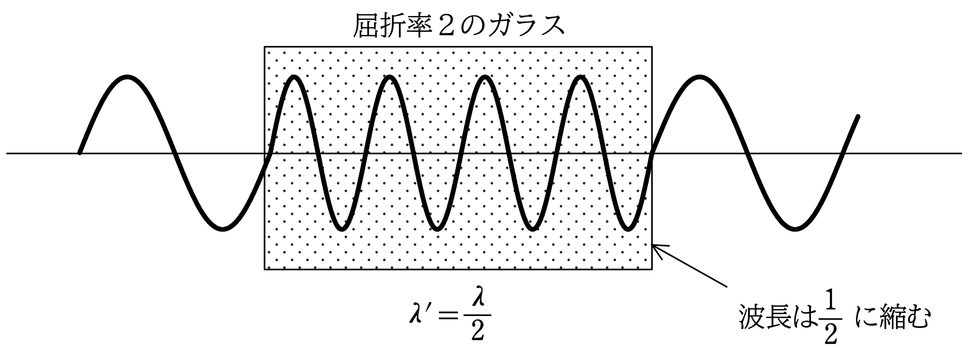
	真空中	屈折率 n の媒質中
波　長	λ	$\dfrac{\lambda}{n}$
速　さ	c	$\dfrac{c}{n}$
振動数	ν	ν

＜実際に問題を解くときの解法＞

『２つの光を単純に比較できるようにする!!』

⇒**『光の波長をすべて同じにしてしまう!!』**

下図を使いながら考えてみよう！



屈折率２のガラスの中を光が通っているとし、
ガラスの厚さを10 センチ、光の（真空中での）波長を5 センチだとする。

このガラスの中での波長は、

$\lambda' = \dfrac{\lambda}{n} = \dfrac{\qquad}{}$　センチ

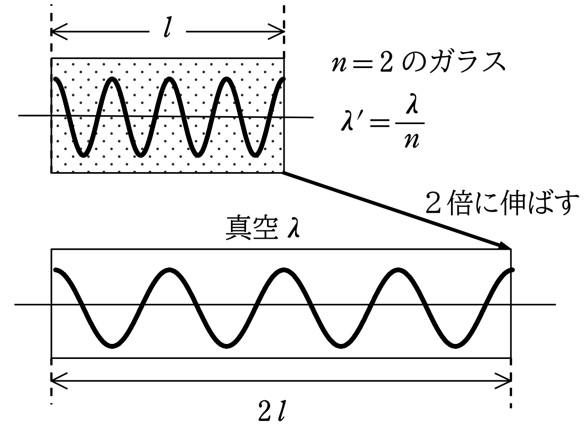
なので、このガラスの中に＿＿＿＿個の波が入っていることになる。

もし真空中であれば、

$4 \times 5 = 20$ センチ

に相当する。

そこで!!



『ガラス10 センチのかわりに真空20 センチに図を描き直してしまう!!』

↓

光の波長が全部真空中のものになって、２つの光を比較できる!!

媒質を通過する光を、あたかも真空中を通過しているとみなしたときの長さ

⇒　**『光学的距離』**

光学的距離 ＝ 実際の長さ × 屈折率 n

※ 注意 ※

媒質があるときは、径路差 Δl（実際の距離の差）は無意味!

→ ２つの光の「光学的距離の差（**光路差 ΔL**）」が意味を持つ!!!!

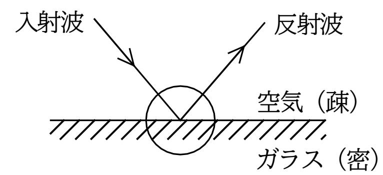
【媒質があるときの光の干渉条件】

２つの光の光路差 $\Delta L = m\lambda$　　　のとき強め合う（明）

$\Delta L = \left(m+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$　のとき弱め合う（暗）

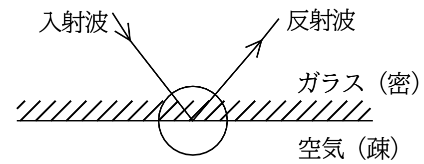
m：整数

【反射するときの位相のずれ】疎 → 密 への反射では位相がずれる



位相が π ずれる

→　明暗の条件が逆になる!!

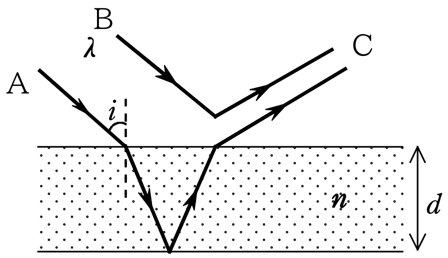


位相はずれない

→　明暗の条件は変わらない

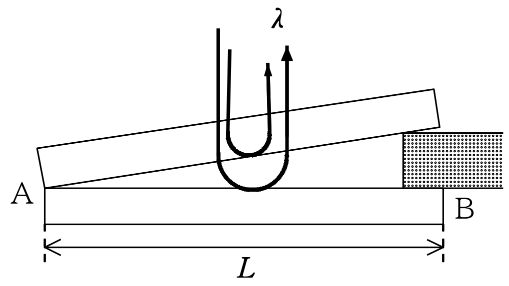
物理範囲　光波⑪

［問50］屈折率 n 、厚さ d の薄いフィルムに、波長 λ の単色光を入射角 i で入射させた。図のA→CとB→Cの２つの径路を通る光が強め合う条件を求めよ。



［問51］<くさび形空気層>

図のように平らなガラス板２枚を、Ａ端は密着させ、Ｂ端には薄いシートを挟む。ＡＢ間の長さは L である。このガラス板の上から、波長 λ の単色光をガラス板に垂直に当て、上から見たところ、間隔 l の等間隔の縞模様が生じた。Ｂ端に挟んだシートの厚さはいくらか。



［問52］<ニュートンリング>

ニュートンリングに単色光を上から入射させ、それを上から観察した。球面レンズとガラスの間が真空のとき、強め合う条件式を求めよ。また、間が真空のときのレンズの中心から数えて３番目の明リングが、レンズとガラスの間にある液体を入れたときの４番目の明リングの位置と一致した。液体の屈折率 n はいくらか。