

理数探究基礎
理数探究
「サイエンス入門」
物理実験編

年 組 番 氏名

月 日 年 組 番 氏名

◎本時の実験・実習項目 ※簡単に内容を書く	
◎本時の自己評価	自己評価 (○をつける)
① 本時の内容に興味・意欲を持って取り組み、積極的に参加したか。	A B C
② 本時の内容をよく理解できたか。	A B C
③ 資料の整理や記入等手際よく行うことができたか。	A B C
◎本時を振り返って (自由記述)	
・この実験で学んだこと (科学の本質である はかる: 重さ (量る), 長さ (測る), 時間 (計る), 温度 (測る) など) をまとめよう。	
・この実験で気がついたこと・自分で調べたこと・今後の展望・感想・反省・疑問などを具体的に書こう。	

9組 番	共同研究者
------	-------

サイエンス入門 物理 「測定と計算」

- 〔目的〕 1. 測定する態度を養う。
2. 有効数字について理解を深める。

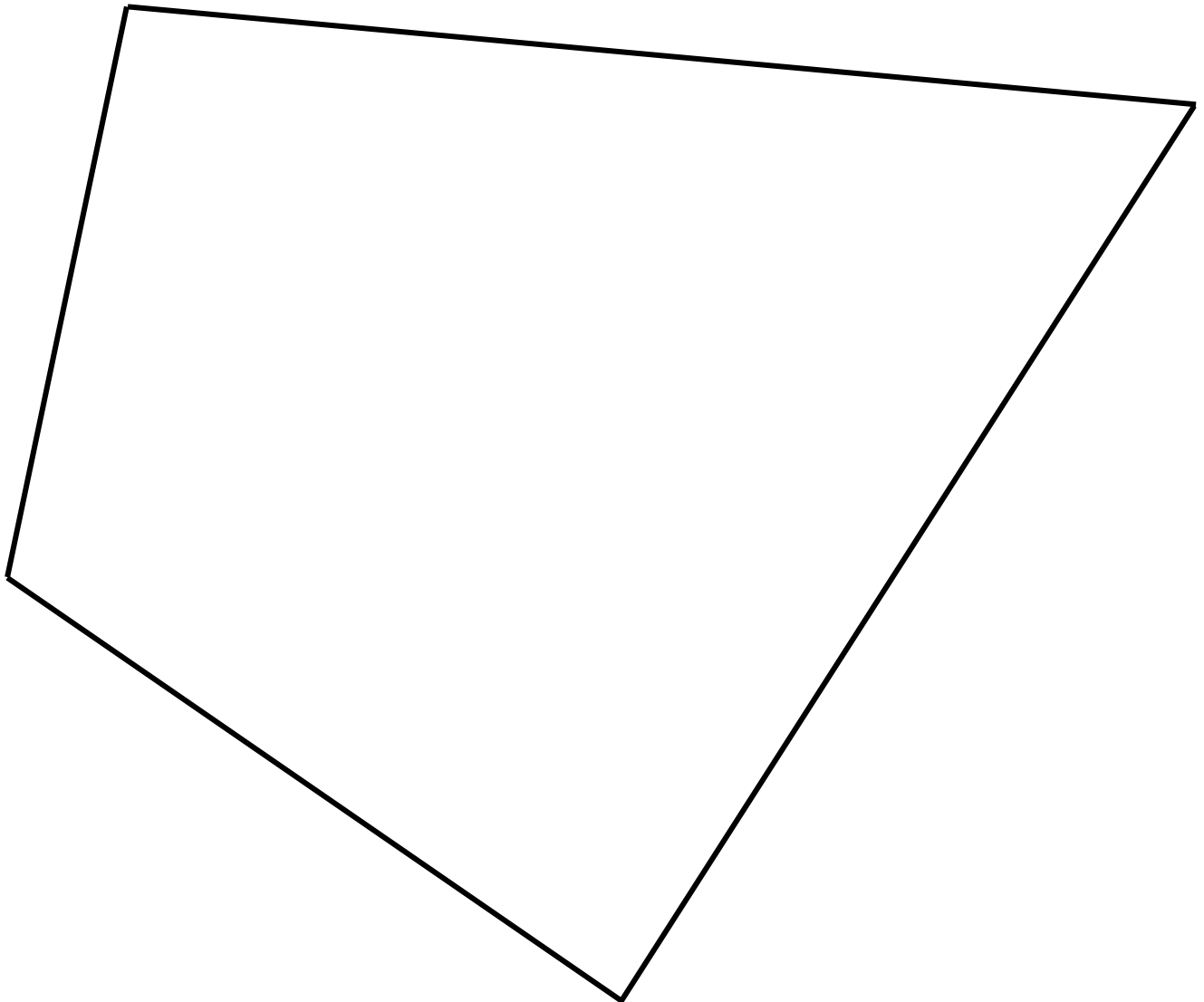
記録上の注意(今後も以下のとおりとせよ。)

- ① 提出する用紙へは、黒のボールペン等を用いてはっきり・丁寧に記入する。
- ② 「読んで頂くために記録する」ことに留意せよ。特に方法の記述では、「一般の人が読んで再現できる」よう、整理・工夫して記入する。

I 面積を求める。～各自で行え。

お題「四角形の面積を求めよ。」 注1) 四角形は線の外側を含むとする。

- ① 測定値と計算方法を記せ。
- ② 測定誤差を考慮して、実際の面積はどの範囲であると考えられるか。述べよ。
- ③ 有効数字をふまえ、面積をどのように記せばよいと考えられるか。述べよ。



I ①～③論述欄

Ⅱ 密度を求める。～3名以上5名以下で行え。

お題「物体(直方体ぽいガラス)の密度を求めよ。」

注2) 均一の物体であると考えてよい。

- ①物体の何をどのように・何を用いて測定するか、を相談し、「方法1」として記述せよ。
- ②方法がある程度確定させてから、実際に測定する。有効数字を考慮して密度を求めよ。
- ③途中で誤りやより良い方法等に気付いたら、「方法2」として記述後、やり直す。

注3) 「方法1」は消さずに残しておく。

<記述欄>

有効数字について(教科書総合物理1 P244 参照)

以下、HP「高校物理の備忘録」より

有効数字の考え方

物理では、ある物理量を測定し、その測定量を他の測定量と組合せて別の量を計算することが頻繁に行われる。例えば、

- 二つの物体の質量をそれぞれ測定したあと、二つの物体をくっつけた場合の質量を計算で求める。
- 直方体の縦・横・高さの三つを測定したあとで、縦×横×高さで体積を計算で求める

などが頻繁にあるだろう。

そこで、最小の目盛り間隔の 1/10 程度までを有効として読み取り、それよりも一つ小さな位を四捨五入したと考えることが一般的である。ただし、読み取った値のうち、どの桁までを有効とするのかは、アナログやデジタル、測定器の目盛り間隔など、実際に測定に用いる器具によって異なってくるので、その都度適した値まで読み取る必要があることを頭に留めておいて欲しい。

続いて、有効数字の桁数(有効桁数)というものを紹介する。

ある直方体の縦・横・高さを別々に測定した結果、縦 12.3 cm , 横 4.5 cm , 高さ 6 cm と報告してきたとしよう。

このとき、測定値の有効な数字の数を有効数字の桁数といい、縦(12.3 cm)の有効数字の桁数は 3 桁、横(4.5 cm)の有効数字の桁数は 2 桁、高さ(6 cm)の有効数字の桁数は 1 桁であるという。

また、有効数字の桁数が 3 桁の 12.3 cm は約 12.25 cm から約 12.35 cm 程度の 4 桁の数字から算出されたであろう値で末位は信頼出来ない数字であったということの意味する。

位取りのゼロ

測定値が 0.030 cm の有効数字の桁数について考える場合、0.0 は 3 という意味のある数字を表すまでの桁合わせに必要というだけの意味しかなく、位取りのゼロという。

有効数字の計算ルールでは位取りのゼロは有効数字の桁数には含めない。

したがって、意味のある数字 3 より低い位の数、30 のみが有効なのであって、測定値 0.030 cm の有効数字の桁数は 2 桁ということになる。

有効数字の明示的記法(科学的記法)

有効数字の桁数がわかっている有効数字は、次に示すような形で統一して書くことにしよう。

ルールは、以下のとおりである。

1. 数は一の位から書き始める。
2. 有効数字の数と同じ桁数を持つ小数を書く。
3. 10 のべき乗を用いて数の大きさを調整する。

このようなルールに則った記法を科学的記法という。

基本的には上で述べたルールで有効数字を明示できるのだが、

10 の指数部が ± 1 程度の数の場合にはわざわざ上で述べた形に統一しないことも多い。

例えば、 $12=1.2\times 10^1$ や $0.2=2\times 10^{-1}$ といった具合である。この辺りは個人の裁量によるところであるが、本稿では科学的記法の基本に沿った書き方をすることにする。

以下に科学的記法を用いて数値を書き表す具体例を示しておく。

$$1234 \rightarrow 1.234 \times 10^3 \quad 0.02 \rightarrow 2 \times 10^{-2} \quad 0.340 \rightarrow 3.40 \times 10^{-1} \quad 0.080 \text{ kg} = 80 \text{ g} \rightarrow 8.0 \times 10^1 \text{ g}$$

科学的記法を用いることの恩恵について少しだけ触れておこう。

例えば、「測定値が 300 でした」と報告されたときは注意してほしい。というのも、この 300 は科学的記法に則って書かれていないため、測定値の実際の有効桁数が何桁なのかは測定者以外にはよくわからなくなってしまうのである。

そこで、300 という数字の有効桁数が 2 桁だとわかっているならば科学的記法を用いて $300 \rightarrow 3.0 \times 10^2$ として人に報告することで上記のような誤解は生じにくくなる。

測定値同士の四則演算

測定値同士の和差計算

測定値同士の和差計算では、有効数字の末位の最も高い位のものに合わせる。

測定値 $A=1.23 \text{ cm}$ と測定値 $B=4.5 \text{ cm}$ が得られたとする。A は有効数字の末位が小数第二位、B は有効数字の末位が小数第一位であるので、有効数字の末位が大きいのは B である。したがって計算結果の有効数字は有効数字の末位が小数第一位になるよう、小数第二位を四捨五入する。

$$1.23+4.5=5.73 \rightarrow 5.7$$

以下に幾つかの具体例を示しておく。

$$23.2+1=24.2 \rightarrow 24 \quad 0.444-0.05=0.394 \rightarrow 0.39 \quad 8.6+3.4=12.0$$

$$3.01-3.00=0.01 \rightarrow 1 \times 10^{-2}$$

特に、具体例の 4 つめの式のように有効数字の桁数が 3 桁の二つの数から有効数字 1 桁の数が生じる例は桁落ちと言われ、コンピュータの計算などでも問題になる注意すべき例である。また、3 つめの式のように有効数字の桁数が 2 桁の二つの数から有効数字 3 桁の数が生じることもある。このように、有効数字の和差計算では有効数字の桁数が増減する可能性がある。

測定値同士の乗除計算

測定値同士の乗除計算では、計算結果を有効数字の桁数の最も少ないものに合わせる。

測定値 $A=1.1 \text{ cm}$ と測定値 $B=3.45 \text{ cm}$ が得られたとする。A は有効数字の桁数が 2 桁、B は有効数字の桁数が 3 桁であるので、有効数字の桁数が少ないのは A である。したがって計算結果の数字 $1.1 \times 3.45=3.795$ は有効数字の桁数が 2 桁にあわせるように上から 3 桁目の数 9 を四捨五入して 3.8 とする。

以下に幾つかの具体例を示しておく。

$$1 \div 3.0=0.33\cdots \rightarrow 0.3=3 \times 10^{-1} \quad 1.5 \times 300=450 \rightarrow 4.5 \times 10^2$$

測定値同士の計算方法

測定値の中で信頼できる数字の桁数を有効数字の桁数という。

測定値同士の和差計算 : 計算結果を有効数字の末位の最も高い位のものに合わせる。

測定値同士の乗除計算 : 計算結果を有効数字の桁数の最も少ないものに合わせる。

以上 参考 ; HP「高校物理の備忘録」より

例題 「物体（直方体ガラス）の物理量を測定し、物体の正確な密度を求める。」について

1 全般に

- ・「正確に」とはどういうことなのか。そもそも、測定は道具、測定者の力量などにより誤差を含むものである。それを理解した上で測定・計算を行うべきである。そこに、有効数字の意味がある。

2 質量について

- ・例えば、電子天秤を使用したとしよう。精密なものであれば細かい測定ができるが、その際には「風」「振動」などの影響を小さくするための技量、工夫が求められる。10分の1グラムまで測定できたとして、誤差の範囲として0.1グラム未満にはなつたと考えてよい。

〈例〉測定値；115.4 g → 115.35 g ~ 115.44 g に真の値がある。∴115.4 の4には意味がある。

3 計算について

〈例 1〉質量 115.4 g、体積 36.7 cm³ が得られたとする。上記の通り質量の「4」と体積の「7」には意味があるとすると、この二つの値による計算は $115.4 \div 36.7 = 3.1444141\dots$ となる。ここで、密度は、

$$\text{最大で } 115.44 \div 36.65 = 3.1497953\dots、\text{最小で } 115.35 \div 36.74 = 3.1396298\dots$$

であるから、密度の値の小数第4位以降は全く意味がない。3.149 と 3.139 の中央値として、はじめの計算値 3.144 の小数第3位を四捨五入した 3.14 が意味のある数値となる。教科書等にある通り、「有効数字同士の乗除では、最も少ない有効数字の桁数にあわせる」のが普通である。

〈例 2〉ある物体の長さを2つに分けて測定したとしよう。その結果、113.4 mm と 69.7 mm であったとする。物体の長さは、この和を計算すると、 $113.4 + 69.7 = 183.1 \text{ mm}$ となる。ここで誤差を考慮すると、実際の物体の長さは、

$$\text{最短で } 113.35 + 69.65 = 183.00 \text{ mm}、\text{最長で } 113.44 + 69.74 = 183.18 \text{ mm}$$

で、その中央値は 183.09 mm であるから、初めの計算値 183.1 mm が意味のある値、と考えるとよい。教科書等にある通り、「有効数字同士の加減では、測定値の末位が最も高い位のものにあわせる」のが普通である。

月 日 年 組 番 氏名

◎本時の実験・実習項目 ※簡単に内容を書く

◎本時の自己評価

自己評価 (○をつける)

① 本時の内容に興味・意欲を持って取り組み、積極的に参加したか。

A B C

② 本時の内容をよく理解できたか。

A B C

③ 資料の整理や記入等手際よく行うことができたか。

A B C

◎本時を振り返って (自由記述)

- ・この実験で学んだこと (科学の本質である はかる: 重さ (量る), 長さ (測る), 時間 (計る), 温度 (測る) など) をまとめよう。
- ・この実験で気がついたこと・自分で調べたこと・今後の展望・感想・反省・疑問などを具体的に書こう。

サイエンス入門 物理 「重力加速度を求める」

- 〔目的〕
1. 測定する態度を養う。
 2. 有効数字について理解を深める。
 3. 重力加速度の実験的な求め方を理解する。

第2回 単振動の周期を測定することから、この地点の重力の加速度の大きさを求める。有効数字二桁で 9.8m/s^2 になる（三桁で求めて $9.75\sim 9.84$ の間になる）ことを目指す。

直線上の往復運動のうち、ばねのように「中心に引き戻そうとする力の大きさが中心からの変位に比例する（フックの法則が成り立つ）」ときの往復運動を単振動といい、1往復に要する時間を「周期」という。

単振動の具体例として①ばね振り子と②単振り子がある。教科書等を参照して下表を埋めよ。

	①ばね振り子	②単振り子
概要		
周期の公式		
備考 (留意点)		

※本日の作業

「ばね振り子と単振り子を実際に作成してその周期を求め、重力加速度の大きさを計算する。」

- (1) それぞれ、作成・測定方法と注意した点・測定値等、詳細に述べよ。
- (2) 両者の結果が異なる場合、その理由について考察せよ。
- (3) (1) (2)を踏まえ、この地点での重力加速度の大きさはいくらといえよ。必要ならば、より良い方法で再度測定・計算せよ。次ページに記述しなさい。

班名	共同実験者名
----	--------

月 日 年 組 番 氏名

◎本時の実験・実習項目 ※簡単に内容を書く

◎本時の自己評価

自己評価 (○をつける)

① 本時の内容に興味・意欲を持って取り組み、積極的に参加したか。

A B C

② 本時の内容をよく理解できたか。

A B C

③ 資料の整理や記入等手際よく行うことができたか。

A B C

◎本時を振り返って (自由記述)

- ・この実験で学んだこと (科学の本質である はかる: 重さ (量る), 長さ (測る), 時間 (計る), 温度 (測る) など) をまとめよう。
- ・この実験で気がついたこと・自分で調べたこと・今後の展望・感想・反省・疑問などを具体的に書こう。

サイエンス入門 物理 「乾電池の起電力と内部抵抗を求める。」

- 〔目的〕
1. 測定及びデータ処理についての基本的な態度を養う。
 2. データのグラフ化について、理解を深める。
 3. 乾電池の起電力と内部抵抗の実験的な求め方を理解する。

第3回 乾電池の起電力と内部抵抗を実験により求める。

0 乾電池について

乾電池；化学的エネルギー→電気エネルギー→(回路が成立しているときは)電流が仕事をする。

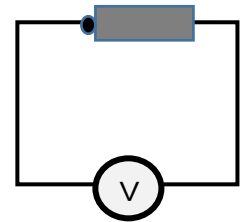
⇒ 回路が成立し電流が流れると、電池内にも電流が流れている。

∴電池にも「抵抗」がある。＝「内部抵抗 r (Ω)」という。

<例>

このように電圧計を接続しても、電池には電流が流れているので電池の「起電力 E (V)」を測定していない。

測っているのは「端子間電圧 V (V)」



1 測定

- (1)回路図の通り配線する。
- (2)可変抵抗 R を変えて、その時々電圧 V - 電流 I を測定する。
(これをグラフ化するので、多くの値をとるのが望ましい。)
- (3)電池は2種類以上で測定するのが望ましい。

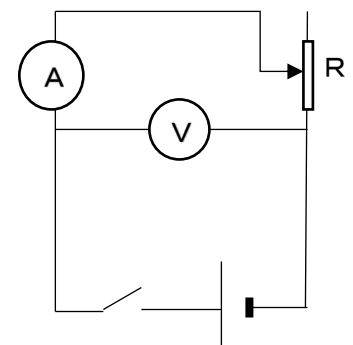
注) ①電圧計を流れる電流、電流計にかかる電圧は無視してよい。

(電圧計・電流計の内部抵抗は無視する。)

②回路図の通り配線するが、空中結線をしないようにする。

③可変抵抗 R には3つの端子がある。仕組みを考え、正しく接続せよ。

④スイッチはこまめに切って、電池の消耗を少なくする。



2 データ処理

- (1)測定した電圧 V 、電流 I を、縦軸 V 、横軸 I にしてグラフ化する。エクセルの使用可。
- (2)グラフから電池の起電力 E と内部抵抗 r を求める。

注) ①データは班で共有してよいが、グラフは各自で描く。

②グラフ化では、誤差の拡大に注意する。

③グラフは評価・振り返りシートの裏面に添付する。

3 考察

- (1)どのようにして E と r を求めるのか、詳細に記せ。
- (2)電池の違いは起電力・内部抵抗にどのような違いを生むか。考察せよ。

※ヒント

・オームの法則より、 $I = \frac{E}{R+r}$ 。

・電圧計の測定値 V は電池の端子間電圧かつ可変抵抗 R にかかる電圧。 r にかかる電圧は？

・測定し、グラフ化するのは V と I 。知りたいのは E と r 。

班名	共同実験者名
----	--------

電流 I										
電圧 V										

電流 I										
電圧 V										

電流 I										
電圧 V										

電流 I										
電圧 V										

電流 I										
電圧 V										

電流 I										
電圧 V										

考察(1)

考察(2)

月 日 年 組 番 氏名

◎本時の実験・実習項目 ※簡単に内容を書く

◎本時の自己評価

自己評価 (○をつける)

① 本時の内容に興味・意欲を持って取り組み、積極的に参加したか。

A B C

② 本時の内容をよく理解できたか。

A B C

③ 資料の整理や記入等手際よく行うことができたか。

A B C

◎本時を振り返って (自由記述)

- ・この実験で学んだこと (科学の本質である はかる: 重さ (量る), 長さ (測る), 時間 (計る), 温度 (測る) など) をまとめよう。
- ・この実験で気がついたこと・自分で調べたこと・今後の展望・感想・反省・疑問などを具体的に書こう。

サイエンス入門 物理 「屈折率を考える」

- 〔目的〕
1. 測定する態度を養う。
 2. 屈折率について理解を深める。

第4回 光の進み方から、光の空気に対する水の屈折率を考える。

- (1) 参考資料にて、波動の基本を理解する。
- (2) 写真を参考に、「空気中から水中・水中から空気中」への光の進み方を調べる。
- (3) 光は水槽のガラス内も進む。ガラスの影響をどのように処理すればよいか。考察せよ。
- (4) ある角度以上の方向から見ると向こう側が見えなくなることがある(全反射)。どのような条件の下で全反射が起こりうるか、考察せよ。

※記録上の注意(再掲)

- ① 提出する用紙へは、黒のボールペンで記入する。
- ② 「読んで頂くために記録する」ことに留意し、丁寧に記述せよ。特に方法の記述では「一般の人が読んで再現できる」よう、整理・工夫して記入する。
- ③ 用紙が不足する場合、レポート用紙を付け足してよい。



班名	共同実験者氏名
----	---------

光の進み方を調べる方法及びガラスの影響について

(つづき)

水の絶対屈折率 = 真空(空気)に対する水の相対屈折率 を求めよ。

全反射の条件についての考察

参考

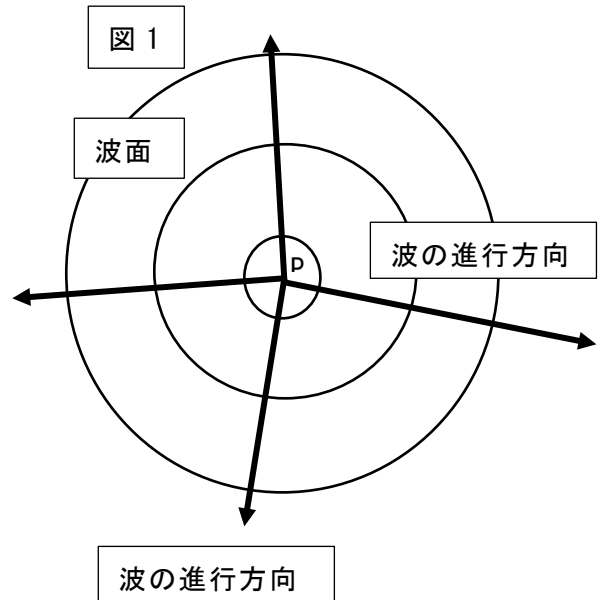
波動について

1 波動とは

- ・振動が物質中(波を伝える物質を「媒質」という)を伝わっていく現象。
- ・振動が伝わる速さ＝「波の速さ」(例；空気中の音速は約 340m/s 等)
- ・伝わっている振動そのものは変化しない(音楽を考えてみよ)。

<例；水面を伝わる波：図 1 は水面を上から見たもの>

- ①静かな水面の一点 P に小石を落とす。
- ②P が上下に振動する。
- ③その上下振動が水面(媒質)を同心円状に伝わっていく。



「波面」同じ振動をしている点を連ねた線(面)。

※波面と波の進行方向は必ず直交する。

2 屈折について

- ・媒質が変わると、波の速さが変わる。
- ∴異なる媒質の境界面では波面の進み方が変わる。
- 波は曲がって進む＝「屈折」

<図 2>

媒質 1 から 2 へと波が進む。波面 P₀N について(波面 A)

- ①N が P₁ に達したとき、P₀ は B₀ に達する。
- ②媒質 2 での波面は B₀P₁ となる。
- ③角度 i を入射角、r を屈折角という。媒質 1、媒質 2 での波の速さをそれぞれ v₁、v₂ とする。

$$\text{このとき、} \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = n_{12} = \text{一定値}$$

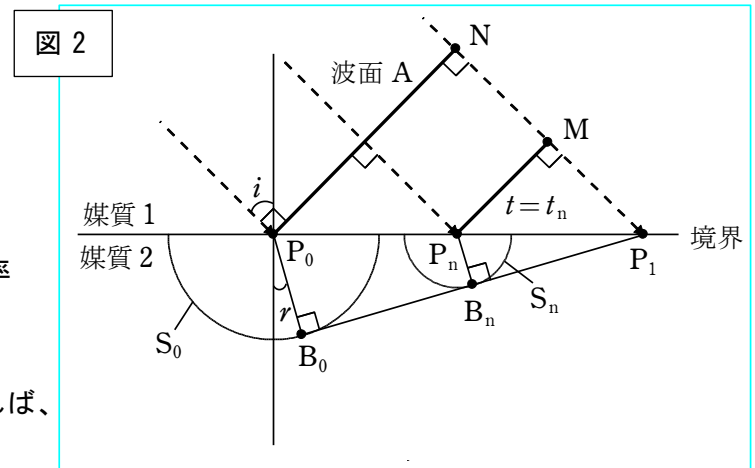
の関係があり、「屈折の法則」という。

n₁₂ ; 「媒質 1 に対する 2 の(相対)屈折率」

<例題>

媒質 1 から媒質 2 へと進む波の入射角が 45°、
屈折角が 30° であった。媒質 1 に対する 2 の屈折率
を求めよ。また、入射角が 60° のときの屈折角を
求めよ。

※角度を測る以外に、図 2 のどの部分の何を測れば、
求められるか。



※真空中の光速は一定である。空気中の光速は真空中とほぼ同じなので、
「真空(空気)」に対する物質の相対屈折率をその物質の「絶対屈折率」という。