

即ち何れの系から見ても他系の或長さが  $\sqrt{1-\beta^2}$  だけに短縮して見えるので、それが相対的で自分の系を静止して居るとし他系を動いて居るとしての話である。これ即ちローレンツ短縮である。マイケルソン・モーレーの實驗は運動して居る地球の上でやつた實驗だから  $PS_0$  の方向を往復する光に就ては  $PS$  の長さをローレンツ収縮があるなど不思議な解釋を施さずとも相対性的なる説明によつて極めて明瞭に解釋せられるのである。

次に  $S'$  系に於て  $x'=0$  と場所にある時計の示す  $t'_1=0$  と  $t'_2=t'_0$  なる二つの時刻を考へる。これは  $S$  系では

$$t_1=0, \quad t_2=\frac{t'_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

之を  $t_2=t_0$  とすれば即ち  $S'$  系に於ける  $t'_0$  は  $S$  系では  $t_0=\frac{t'_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$  に長くなつて見えるのである。逆に  $S$  系に於て  $x=0$  にある時計の  $t=t_0$  は

$$t'_0=\frac{t_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

で  $S'$  系で矢張り長くなつて見える、即ち常に

$$\text{静止 } t = \frac{\text{運動 } t'}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad (545/2)$$

他系の  $t$  は延長して見えるのである。

### 第 546 節 アインシュタインの運動學 其二

速度轉換の式に於て  $S'$  系を一次元のもので空間座標は  $x'$  だけであるとして  $u'_x$  を單に  $u'$  として之を  $S$  系に轉換して  $u$  となるとすれば

$$u = \frac{u'+v}{1+\frac{u'v}{c^2}} \quad (544/1)$$

である。  $v$  が普通の力學で取扱つて居る如く光速度  $c$  に比して小なる場合には  $u=u'+v$  となることは此場合の  $x=x'+vt$  から當然の歸結である。

此式中に  $u'=c$  として  $S'$  系中に光が  $x'$  方向に傳播して居る場合を考へるとそれは  $S$  系からは

$$u = \frac{c+v}{1+\frac{cv}{c^2}} = c. \quad (546/1)$$

となる。これ即ち光速度の一義性を示すもので相対性原理の出發點を爲した根本事實でマイケルソン・モーレーの實驗の意味はこれである。

次に  $S'$  系が  $S$  系に対して光速度で動いて居るといふ突飛な場合を考へて  $v=c$  とすれば  $S'$  系に於ける速度  $u'$  は  $S$  系に於ける

$$u = \frac{u'+c}{1+\frac{u'c}{c^2}} = c. \quad (546/2)$$

で之れは  $c$  に比して  $u'$  は省略せらるべきものなりといふに外ならぬ。

更に  $S'$  系中に屈折率  $\mu$  なる物體があつて其中を光を通過せしめると物體中の速度は  $u'=\frac{c}{\mu}$  であるが、それが  $S'$  系と共に速度  $v$  で動く。それを  $S$  系から見た速度は

$$\begin{aligned} u &= \frac{\frac{c}{\mu}+v}{1+\frac{v}{\mu c}} \\ &= \left(\frac{c}{\mu}+v\right)\left(1-\frac{v}{\mu c}\right) \\ &= \frac{c}{\mu}+v\left(1-\frac{1}{\mu^2}\right). \end{aligned} \quad (538/3)$$

となる。これ即ちフレネルのエーテル隨伴の説明であつて物體の中のエーテルが物體と共に隨伴運動  $\left(1-\frac{1}{\mu^2}\right)$  を有すなどと言はず又エーテルの存在等は全く否定して相對運動の自然の結果だと見てよいのである。

### 第 547 節 ローレンツ轉換式の圖示

第 865 圖に於て  $S$  系の座標軸を  $OX, OT$  とし  $S'$  系のを  $OX', OT'$  とし



た.  $OX, OT$  は直角軸,  $OX', OT'$  は斜角軸であつたが直角軸にしたのは別に理由があるのでなく兩方とも斜角軸でもよいのである.

然かし兎に角  $OX, OT$  を直角軸にして置いてロレンツ轉換式を圖示する爲に  $S$  系を  $OX, OT$  に  $S'$  系を  $OX', OT'$  にして見ると  $x'=0$  なる  $OT'$  軸は

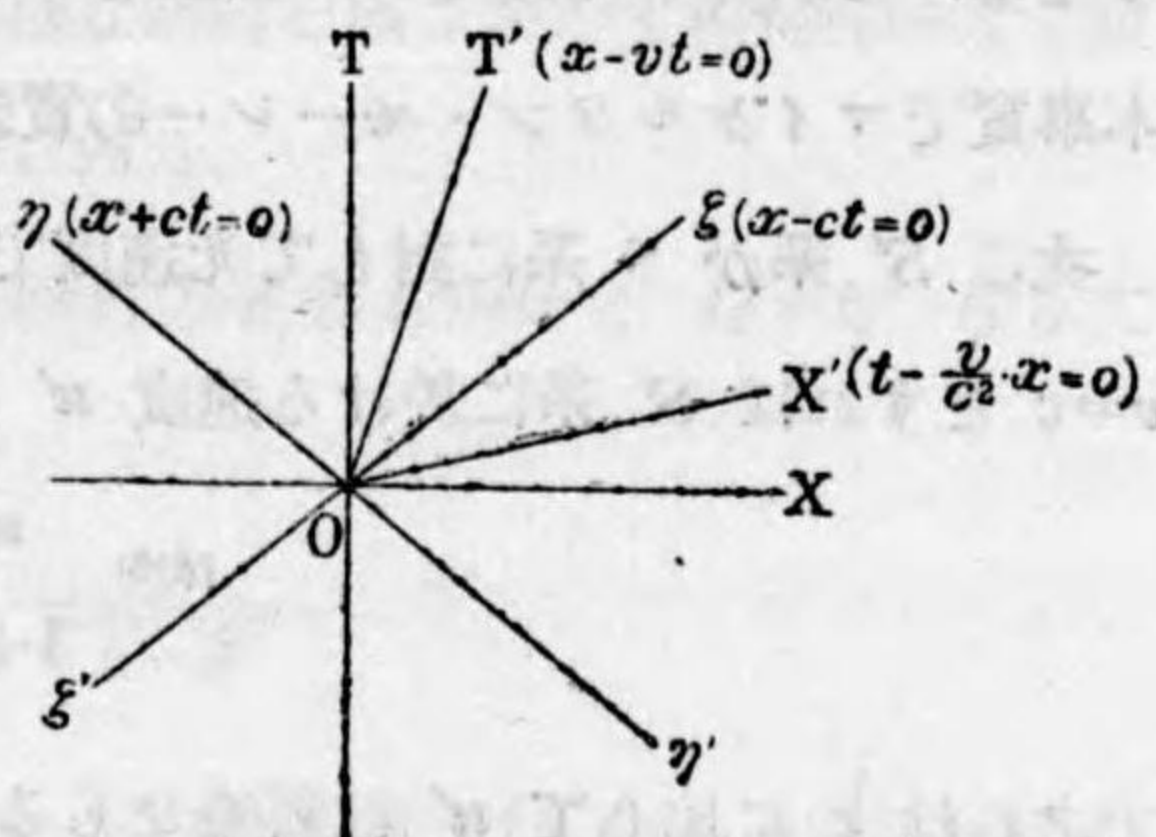
$$x-vt=0.$$

なる式で表はされ  $t'=0$  なる  $OX'$  軸

は

$$t-\frac{v}{c^2}x=0.$$

で表はされる.



第 868 圖

故に速度の大なる  $S'$  系では  $OX', OT'$  兩軸共にそれぞれ  $OX, OT$  に對して傾角が大となる. 速度には最大限度が光速  $c$  を超えることがない. その時には上式に  $x=c$  と置けば  $OX', OT'$  共に同一直線

$$x-ct=0.$$

で表はされる. 之を  $O\xi$  直線とする.  $OX', OT'$  の兩軸は此線の兩側にあつて同側に在ることはない.

次に  $v < 0$  として  $S'$  系が左方に向つて動くとする  $OX'$  も  $OT'$  も共にそれぞれ  $OX, OT$  の他側にある  $t+\frac{v}{c^2}x=0$  と  $x+vt=0$  となり  $v$  を最大限度の  $c$  にすれば  $OX'$  も  $OT'$  も共に  $x+ct=0$  なる一直線  $O\eta$  の上にある.

以下便利の爲に速度の單位として光速  $c$  を取り  $\frac{v}{c}$  即ち  $\beta$  を以て  $S, S'$  兩系間の相對速度とすると  $O\xi, O\eta$  兩線は  $OX, OT$  軸と  $45^\circ$  の傾角を爲し平面を四つの象限に分かつ.

而して  $OX'$  及び  $OT'$  は  $O\xi$  によつて折半せられ  $\beta=1$  ならば  $O\xi$  上に重なり  $\beta$  が小さくなるに従つて  $O\xi$  の兩側に分かれ  $\beta=0$  になると  $OX, OT$

になる. 故に  $OX'$  線上にある點  $P(x, t)$  は此系  $OX, OT'$  に對しては  $O$  と

同時刻で  $OT'$  軸上の  $t'=0$  であるが之れより  $\beta$  の小なる系  $OX''$  に就て言へば  $t' > 0$  で  $O$  よりは後の時刻で即ち未來に屬し  $\beta$  の大なる系  $OX'''$  に就て言へば  $t' < 0$  で  $O$  よりは前の時刻で過去に屬するのである. 若し  $P$  點が

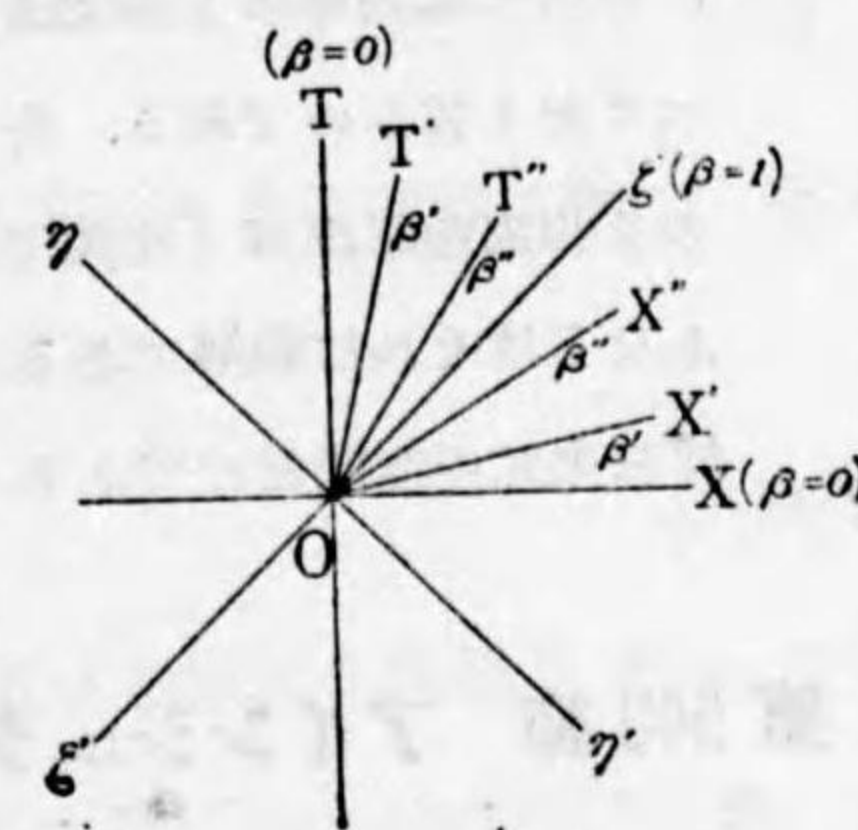
$O\xi, O\eta$  象限の中にあればその系の  $OX', OT'$  軸が何たるに拘はらず必ず原點  $O$  よりは後の

時刻即ち未來に屬し又  $P$  が  $O\xi', O\eta'$  象限の中にあれば必ず  $O$  點より前の時刻即ち過去に屬する. 故に  $O\xi, O\eta$  象限を未來圈  $O\xi', O\eta'$  象限を過去圈,

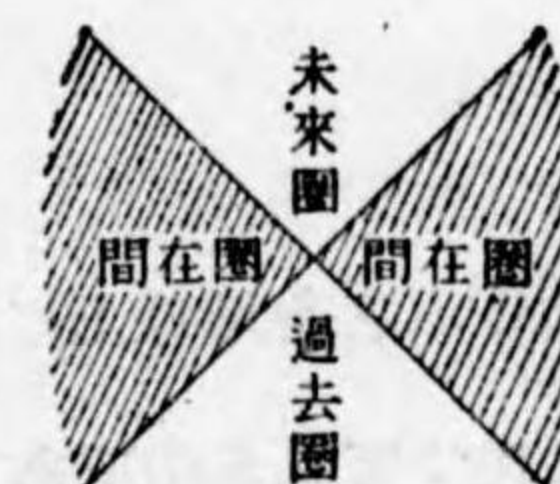
左右にある二つの象限を間在圈といふ. 之によつて時刻も空間的位置も共に  $S'$  系の  $\beta$  次第で變化して行き  $x, t$  は共に相對的のものであること又特に注目すべきことは時間  $t$  といふものが空間  $x$  と全く同じ資格を以て相對的に取り扱はるべきことである. 以上の

解説では空間を一次元  $x$  のみのものとして置いたが  $t$  と  $x$  とが互に關係して不可分のものであるから一次元の空間に起つた自然現象即ち時間と空間とを考へる場合には之を  $x, t$  の二次元の世界と考へるが至當になる. 一般の場合の如く空間座標に  $x, y, z$  の三つを考へると之に時間座標を加へれば天然現象を論ずるには  $x, y, z,$  と  $t$  の四次元の世界中の出來事なりとして議論するのが穩當である. 此の如き見解を始めて我等に教えたのは ミンコフスキー (Minkowski ドイツの數學者 1864—1909) で 1908 年に四次元の時空世界といふものを形成したのである.

繰返して言へば吾等の生息する空間は三次元の世界である. 此空間に於て時間的に變化する天然現象を論ずる時に従來は  $x, y, z$  と  $t$  とは全く別種のものとして考へ



第 869 圖



第 870 圖



来たつたのであるが相対性原理の考へ方ではロレンツ轉換式の示す如く  $x, y, z, t$  の四つは同等のものであるから天然現象は此四次元の時空世界にあるものと思ふべきだと言ふのである。若し之を吾等の棲む三次元の世界に居るのだと思ふて居たのを相対性原理が「左様ではない、汝等は四次元の世界に居るのだ」と教へたと思ふならばそれは誤解である。時の推移などを考へない萬物の排列だけを論じて居れば三次元の空間だけである。

### 第 548 節 アインシュタインの運動學 其三

天體から來る光の錯行(第 539 節)を相対性原理に照らして調べて見る爲に天體に固定した  $S$  系を取り  $x$  軸を水平に  $y$  軸を垂直にして光線が  $y$  軸に平行に光速度  $c$  を以て天頂より下降し來るとすると光線の方程式は

$$\begin{aligned}x &= a, \\y &= b - ct.\end{aligned}$$

である。之を地球上に居る人が地球の速度  $v$  で水平に  $x'$  軸の方向に動く  $S'$  系に在つて見るのである。然るときはロレンツ轉換式は

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{a - vt}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

を與へ又

$$y' = y = b - ct.$$

である。此二式から  $t$  を消去すれば  $S'$  系中に於ける光線の方程式として

$$y' = \frac{c}{v} \sqrt{1 - \beta^2} x' - \frac{c}{v} \left( a - \frac{bv}{c} \right)$$

を得る。即ち光線は  $S'$  系の天頂と爲す傾角  $\alpha$  は

$$\tan \alpha = \frac{v}{c \sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{\beta}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

で第 539 節の結果とは  $\sqrt{1 - \beta^2}$  だけ違ふが  $\beta = \frac{1}{10000}$  だから  $\sqrt{1 - \beta^2}$  は實際上 1 と見て差支ない。

### 第 549 節 アインシュタインの運動學 其四

ドップラー効果を調べて見る。それには第 537 節のときと同様に唯  $t$  を  $S$  系と  $S'$  系とで區別して  $t, t'$  として (537/1) の代りに

$$v \left( t - \frac{x}{c} \right) = v' \left( t' - \frac{x'}{c} \right) \quad (549/1)$$

とし、これにロレンツ轉換式 (543/6) を代入して此方程式の兩側を  $x', t'$  で表はして  $t'$ 、及び  $x'$  の係数を比較して見る。但し注意すべきは此所の波動の速度は  $S$  系では  $c$ 、 $S'$  系では  $c'$  としてロレンツ轉換式では光速度を  $c$  としてあつて、 $c$  が二様に使用されて居る。故に光速度を此所では特に改め  $V_0$  とする。即ち  $\beta = \frac{v}{V_0}$  とすれば

$$v \left( 1 - \frac{v}{c} \right) = v' \sqrt{1 - \beta^2} \quad (549/2)$$

$$v \left( \frac{1}{c} - \frac{v}{V_0^2} \right) = \frac{v'}{c'} \sqrt{1 - \beta^2} \quad (549/3)$$

を得る。

此 (549/2) 式は第 537 節のドップラーの (537/2) 式とは  $\sqrt{1 - \beta^2}$  の係数が  $v'$  にかかつて居るだけの差があるのみだし又 (549/2) (549/3) を邊々相除すれば

$$\frac{1 - \frac{v}{c}}{\frac{1}{c} - \frac{v}{V_0^2}} = \frac{c - v}{1 - \frac{cv}{V_0^2}} = c'.$$

で之は第 544 節の速度の轉換式と一致して居る。

之を要するに以上の類例でロレンツ轉換式一つで相対的な二つの座標系  $S, S'$  の間の關係が満足に説明せられるのであつて然も  $v$  が小なるときはロレンツ式は普通のニュートンの轉換式になるのである。



## 第 550 節 アインシュタインの力学

以上は相対運動のことだけに就てアインシュタイン相対性原理の應用を記したのである。ニュートン力学では  $t$  は絶対的で  $x$  のみが相対的であつたのを、アインシュタインは  $x$  も  $t$  も二つとも相対的としたのであつた。

然るにアインシュタインは更に考を發展させて力學的の質量をも相対的とし静止系  $S$  に対する質量  $m$  と運動系  $S'$  に対する質量  $m'$  とに相対的の差があるとしたのである。次に此に就て説明をする。此所に一言して置くが光の速度は本節より再び舊の如く  $c$  で表はす。

一體質量とは素樸的には物體を特性づける一つの不變量であつて、それを何所に運ぶも又他の物體と衝突して衝撃的な力に作用せられても、甲體は甲體の質量を、乙體は乙體の質量を保留するとして居る。而して質量には二通りの全く異なつた考へ方があつた。その第一は萬有引力の作用するときに考へられるものである。その格段の場合として重力の作用で物體の重量によつて質量が具現せられるものである。その第二は上記の慣性的の質量で此方のは運動の第二法則  $f=ma$  で定義する  $m$  である。

アインシュタインは彼の相対性理論に於て空間や時間の相対性を説いたのみならず質量の相対性を説き静止せる  $S$  系に於ける質量  $m_0$  と運動する  $S'$  系に於ける質量  $m$  とは次式に示す如く異なつて居ると説くのである。

$$\text{運動 } m = \frac{\text{静止 } m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad (550/1)$$

但し  $S'$  系は  $S$  系に對して 一定の速度  $v$  で運動して居るのである。

此式 (550/1) を説明するために次の場合を取り上げて見る。

静止して居る  $S$  系に對して  $S'$  系が是迄通り關係速度  $v$  で  $x$  軸の方向に進んで居る。此時  $S$  系に屬する物體  $A$  が  $S'$  系に屬する物體  $B$  と  $x=0$  に於て  $y$  軸上に於て正面衝突を爲し完全弾性體 (第 86 節) の如く別れるとす

る。衝突前の速度は物體  $A$  (質量  $m_0$ ) のが  $+U$ 、であり物體  $B$  (質量  $m$ ) のが  $-U$  で、衝突後の  $A$  のは  $-W$ 、 $B$  のは  $+W$  であるとする。先づ此  $B$  の有する速度を  $S$  系に轉換することを第一に行ふ、

$y$  軸上に於ける速度の轉換は第 544 節の  $x$  軸上のとは異なつて

$$y=y' \quad t = \frac{t' + \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{t'}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

但し  $x'=0$  なればであるから  $y$  軸の速度は

$$\frac{y_2' - y_1'}{t_2' - t_1'} = \frac{y_2' - y_1'}{t_2' - t_1'} \sqrt{1-\beta^2}$$

$$\text{静止系の速度} = \text{運動系の速度} \times \sqrt{1-\beta^2} \quad (550/2)$$

となる。

此結果を上記衝突の場合に應用すれば  $S$  系で觀れば衝突前の速度は  $A$  のが  $+U$ 、 $B$  のが  $-U\sqrt{1-\beta^2}$  であり衝突後の  $A$  のが  $-W$  で  $B$  のが  $+W\sqrt{1-\beta^2}$  である。衝突によつて運動量保存の原則が成立して居て兩物體の運動量の和は不變だとすることは (86/6) 式の通りだとすれば

$$+m_0U - mU\sqrt{1-\beta^2} = -m_0W + m'W\sqrt{1-\beta^2}$$

然るときは

$$(U+W)(m_0 - m\sqrt{1-\beta^2}) = 0.$$

となる。  $U+W$  は零であり得ないから

$$m_0 - m\sqrt{1-\beta^2} = 0.$$

即ち

$$\text{静止質量 } m_0 = \text{運動質量 } m \times \sqrt{1-\beta^2} \quad (550/3)$$

となるので、正に (550/1) に記した如くである。



## 第 551 節 エネルギーと質量

前節によると

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

であるから

$$\begin{aligned} m &= m_0(1-\beta^2)^{-\frac{1}{2}} = m_0 \left(1 + \frac{1}{2}\beta^2\right) \\ &= m_0 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2}\right) \end{aligned}$$

$$\therefore c^2(m-m_0) = \frac{1}{2} m_0 v^2.$$

$\frac{1}{2} m_0 v^2$  は運動のエネルギーである。之を  $E$  とすれば

$$m = m_0 + \frac{E}{c^2}$$

之によると運動系中の質量と静止系中の質量との相異は系の運動の速度によつて生じ質量とエネルギーとの間に密接なる関係があることを示して居て  $\frac{E}{c^2}$  が一種の質量である。と考ふべきであることになる。

## 第 552 節 一般相対性理論

以上説明した相対性理論は  $S'$  系が  $S$  系に対して速度  $v$  で等速運動を爲すといふ特別な場合でアインシュタインは最初に之を展開したのであるが其後に相対運動が等速運動でない一般の場合を研究大成した。よつて區別の爲に初期のものを特殊相対性理論といひ後のものを一般相対性理論といふ。前者でも、その研究には特殊の數學を要するのであるから後者は勿論本書に於て解説することは不能である。

唯その結論の中の興味あるものを二三摘記すれば次のものがある。

(一) 前節に記した質量の相対性は彼の場合の記述で明白な通り兩系の相対運動の方向に垂直なる質量関係である。一般相対性理論には相対運動の方向に沿ふ質量の関係は又別のものであることを明かし(第 550 節)記述のものは運動  $v$  の方向に垂直なもので彼を横質量とし區別のために  $m_t$  とする。

$$m_t = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad (552/1)$$

であるが相対運動の方向のものを縦質量  $m_e$  とし、それは

$$m_e = \frac{m_0}{(1-\beta^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (552/2)$$

であることを示した。此の如き質量が方向によつて變はることは陰極線に於ける電子の如く速度の大なるものに於ては著しい程度に起る筈である。ブッヘラー (Bucherer 1863—1927) は 1908 年に實驗的に其ことを證明した。

(二) 質量に二通りの考へ方があつて重力的の質量と慣性的の質量とがあるが其間の関係は明瞭を缺いて居たが一般相対性理論はその同一のものであることを明かにした。

(三) 太陽系に於て太陽に最近の遊星たる水星が太陽を循行する運動に於て、ニュートン力學では説明し得なかつた一つの異常があつた。それは水星の軌道中で太陽に最近の點即ち近日點が百年間に角度の 43 秒づつの割合で移動することである。これはルベリエー (Leverier フランスの天文學者) が 1845 年に實測したものであるが、それが一般相対性で説明せられた。

(四) 質量の大なる恒星から來る光を分光器で検査すると、そのスペクトルが質量の小なる星に比して常に赤色端の方へ移動して居る事實を説明した。

(五) 恒星から來る光が太陽の近傍を通過するとき恰も光が太陽の引力で牽きつけられたかの如くに彎曲するといふのが一般相対性理論の示す所である。諸國の大天文臺では(我國でも左様であるが)之を實際に検討せんとして所謂アインシュタイン塔と稱する建築物の中で特別に觀測を行つて居る。



(六) 前節に於てエネルギーと質量との關係に就て觸れて置いたが一般相対性理論では兩者の關係が非常に緊密になされた。一體ニュートン力學では速度  $v$  で運動する質點は  $\frac{1}{2}mv^2$  の運動のエネルギーを有して居るとされた。故に  $v=0$  ならばエネルギーは零となる筈である。然るに此  $v=0$  なる状態に於て、その質點は地球と共に動き太陽と共に動いて居る。その速度によるエネルギーもある筈であるといふ様な疑問もある。

一般相対性理論では静止質量  $m_0$  のものは、そのエネルギーは

$$E_0 = m_0 c^2.$$

であるといふのである。即ちエネルギーは本質的には質量と同等のものであつて兩者とも同様に慣性を有して居ると見て居るのである。

(七) 原子物理學、特に量子力學の方面に於ては相対性理論は研究上極めて必要なるもので既に幾多の功績を表はして居る。

憶むらくは此學説は餘りに難解で筆者が之を説明する力量が乏しいのである。將來に於て量子論や相対性理論が一般人士の話題となる日の來らんことを希望して已まない。

終

附録第一 キリシヤ文字

本書中に使用したギリシヤ文字(読み方は外國にても多少異なれり)

$\alpha$	アルファ	$\theta, \theta$	シータ	$\rho$	ロー
$\beta$	ベータ	$\kappa$	カッパ	$\Sigma, \sigma$	シグマ
$\Gamma, \gamma$	ガムマ	$\Lambda, \lambda$	ラムダ	$\tau$	タウ
$\Delta, \delta$	デルタ	$\mu$	ミュー	$\varphi$	ファイ
$\epsilon$	エプシロン	$\nu$	ニュー	$\chi$	クシー
$\zeta$	ゼータ	$\xi$	グゼータ	$\psi$	プシー
$\eta$	イータ	$\Pi, \pi$	パイ	$\Omega, \omega$	オメガ

附録第二 數學

I 級數  $1+2+3+4+\dots+n = \frac{1}{2}n(n+1)$

$$1^2+2^2+3^2+4^2+\dots+n^2 = \frac{1}{6}n(n+1)(2n+1)$$

$$1^3+2^3+3^3+4^3+\dots+n^3 = \frac{1}{4}n^2(n+1)^2$$

$$1+r+r^2+r^3+\dots+r^n = \frac{1-r^{n+1}}{1-r}$$

II 二項定理  $(x+y)^n = x^n + \frac{n}{1}x^{n-1}y + \frac{n(n-1)}{1.2}x^{n-2}y^2$

$$+ \frac{n(n-1)(n-2)}{1.2.3}x^{n-3}y^3$$

+.....

$$+nxy^{n-1}+y^n$$

$z < 1.$  (1)  $(1+z)^{-1} = 1-z+z^2-z^3+z^4-\dots$

(2)  $(1+z)^{\frac{1}{2}} = 1 + \frac{1}{2}z - \frac{1}{8}z^2 + \frac{1}{16}z^3 - \frac{5}{128}z^4 + \dots$

(3)  $(1+z)^{-\frac{1}{2}} = 1 - \frac{1}{2}z + \frac{3}{8}z^2 - \frac{5}{16}z^3 + \frac{35}{128}z^4 - \dots$



III 指数函数

$$(1) 1 + \frac{1}{1} + \frac{1}{1.2} + \frac{1}{1.2.3} + \frac{1}{1.2.3.4} + \dots$$

= e 自然対数の底数

此級数の始めより一項の和 1.

二項	2.
三項	2.5
四項	2.6666666
五項	2.7083333
六項	2.7166666
七項	2.7180555
八項	2.7182539
九項	2.7182787
十項	2.7182815
十一項	2.7182818
十二項	2.7182818
十三項	2.7182818

次第に一定値に近づき、之を e とす

(2) δ を有限なる小さき数とすれば

$$\begin{aligned} (1+\delta)^{\frac{1}{\delta}} &= 1 + \frac{1}{\delta}\delta + \frac{1}{1.2}\left(\frac{1}{\delta}\right)\left(\frac{1}{\delta}-1\right)\delta^2 \\ &+ \frac{1}{1.2.3}\left(\frac{1}{\delta}\right)\left(\frac{1}{\delta}-1\right)\left(\frac{1}{\delta}-2\right)\delta^3 \\ &+ \dots \\ &= 1 + 1 + \frac{1}{1.2}(1-\delta) + \frac{1}{1.2.3}(1-\delta)(1-2\delta) \\ &+ \dots \end{aligned}$$

δ を無限に小にすれば

$$= 1 + 1 + \frac{1}{1.2} + \frac{1}{1.2.3} + \dots = e$$

$$(3) e^z = [(1+\delta)^{\frac{1}{\delta}}]^z = (1+\delta)^{\frac{z}{\delta}}$$

$$\begin{aligned} &= 1 + \frac{1}{1}\left(\frac{z}{\delta}\right)\delta + \frac{1}{1.2}\left(\frac{z}{\delta}\right)\left(\frac{z}{\delta}-1\right)\delta^2 \\ &+ \frac{1}{1.2.3}\left(\frac{z}{\delta}\right)\left(\frac{z}{\delta}-1\right)\left(\frac{z}{\delta}-2\right)\delta^3 \\ &+ \dots \end{aligned}$$

$$= 1 + \frac{z}{1} + \frac{z(z-\delta)}{1.2} + \frac{z(z-\delta)(z-2\delta)}{1.2.3} + \dots$$

δ を無限に小にすれば

$$e^z = 1 + \frac{z}{1} + \frac{z^2}{1.2} + \frac{z^3}{1.2.3} + \dots$$

(4) 同様にして

$$\frac{1}{e} = e^{-1} = [(1+\delta)^{\frac{1}{\delta}}]^{-1} = (1+\delta)^{-\frac{1}{\delta}} = \dots \text{の } \delta \text{ を無限に小にして}$$

$$e^{-1} = 1 - 1 + \frac{1}{1.2} - \frac{1}{1.2.3} + \dots$$

(5) 同様に又

$$e^{-z} = \frac{1}{e^z} = \dots$$

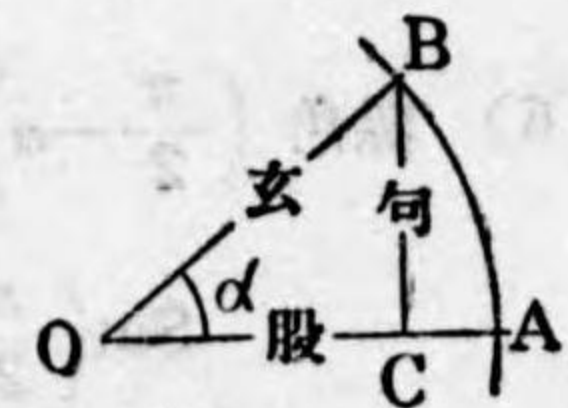
$$= 1 - \frac{z}{1} + \frac{z^2}{1.2} - \frac{z^3}{1.2.3} + \dots$$

(本書第 73 節を見よ)

IV 三角函数

(1) OA, OB 直線の作る角を α とする. O を中心として任意の半径の圓を畫き此二直線が圓の上に弧 AB を作るとし B より OA 上に垂線 BC を立て、直角三角形 OBC を作る.

此三角形の斜邊 OB を三角形の弦と云ひ、垂線 BC を勾、底邊 OC を股と云ふ. 以前は直角三角形のこゝとを勾股弦と呼んだものである. 略して勾、股、玄とも書す.





(2) 此三邊の相互の比を角  $a$  の三角函數と云ふ。即ち

$$\frac{BC}{OB} = \frac{\text{勾}}{\text{弦}} = \text{正弦, Sine, 記號にては } \sin a \text{ と書す}$$

$$\frac{OC}{OB} = \frac{\text{股}}{\text{弦}} = \text{餘弦, Cosine, } \cos a$$

$$\frac{BC}{OC} = \frac{\text{勾}}{\text{股}} = \text{正接, Tangent, } \tan a$$

(3) 弦即ち圓の半徑の長さを 1 と取れば勾は正弦で股は餘弦である。

故に

$$\begin{aligned} \text{勾} &= \text{半徑} \times \sin a & \text{又} & \tan a = \frac{\sin a}{\cos a} \\ \text{股} &= \text{半徑} \times \cos a \end{aligned}$$

である。

		正弦	餘弦	正接
(4) 點 $B$ が第一象限にあるときは	$0 < a < \frac{\pi}{2}$	正	正	正
第二象限	$\frac{\pi}{2} < a < \pi$	正	負	負
第三象限	$\pi < a < \frac{3}{2}\pi$	負	負	正
第四象限	$\frac{3}{2}\pi < a < 2\pi$	負	正	負

とす。これは  $B$  點が水平線  $OA$  の上か下かによつて正弦の符號が定まり、 $C$  點が  $O$  の右か左かによつて餘弦の符號が定まるのである。

(5) 直角三角形では

$$\text{勾}^2 + \text{股}^2 = \text{弦}^2$$

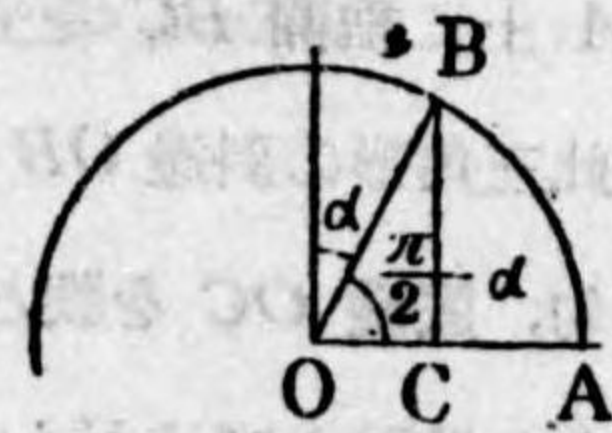
であるから

$$\sin^2 a + \cos^2 a = 1.$$

(6) 餘角  $(\frac{\pi}{2} - a)$  及び補角  $(\pi - a)$  に就ては

$$\sin\left(\frac{\pi}{2} - a\right) = \cos a,$$

$$\cos\left(\frac{\pi}{2} - a\right) = \sin a,$$



$$\sin(\pi - a) = \sin a,$$

$$\cos(\pi - a) = -\cos a.$$

であることは明白である。又角が負になると

$$\sin(-a) = -\sin a$$

$$\cos(-a) = +\cos a.$$

(7) 二つの角  $a, \beta$  の和の正弦、餘弦を求める。  
 $OR$  の長さを 1 と取る。直角三角形  $ORR'$  に於て  
 $RR'$  は  $\sin(a + \beta)$  である。

$$\begin{aligned} RR' &= TR' + RT \\ &= SS' + RT \end{aligned}$$

直角三角形  $ORS$  に於て

$$RS = \sin \beta, \quad OS = \cos \beta.$$

直角三角形  $OSS'$  に於て  $OS$  は弦で  $SS'$  は勾であるから

$$SS' = OS \cdot \sin a = \sin a \cos \beta.$$

直角三角形  $SRT$  に於て、 $RS$  は弦で  $RT$  は股であるから

$$RT = RS \cdot \cos a = \cos a \sin \beta.$$

故に

$$\sin(a + \beta) = \sin a \cos \beta + \cos a \sin \beta.$$

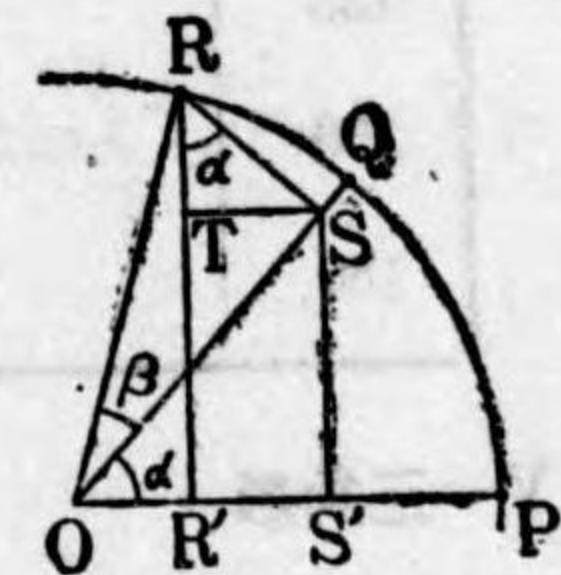
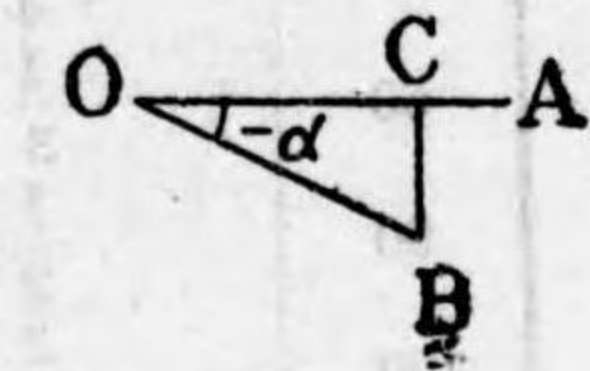
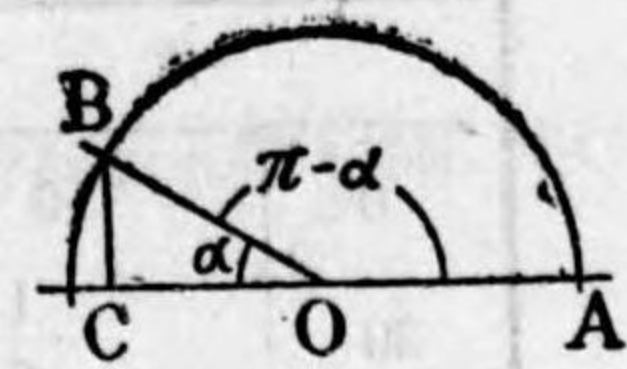
同様にして

$$\cos(a + \beta) = \cos a \cos \beta - \sin a \sin \beta$$

$$\sin(a - \beta) = \sin a \cos \beta - \cos a \sin \beta$$

$$\cos(a - \beta) = \cos a \cos \beta + \sin a \sin \beta$$

(8) 特別なる角の三角函數





角		正 弦	餘 弦	正 接
0°	0 ラザアン	0.000	1.000	0.000
30	$\frac{1}{6}\pi=0.524$	0.500	0.866	0.577
45	$\frac{1}{4}\pi=0.785$	0.707	0.707	1.000
60	$\frac{1}{3}\pi=1.047$	0.866	0.500	1.732
90	$\frac{1}{2}\pi=1.571$	1.000	0.000	$\infty$
120	$\frac{2}{3}\pi=2.094$	0.866	-0.500	-1.732
135	$\frac{3}{4}\pi=2.356$	0.707	-0.707	-1.009
150	$\frac{5}{6}\pi=2.618$	0.500	-0.866	-0.577
180	$\pi=3.142$	0.000	-1.000	0.000

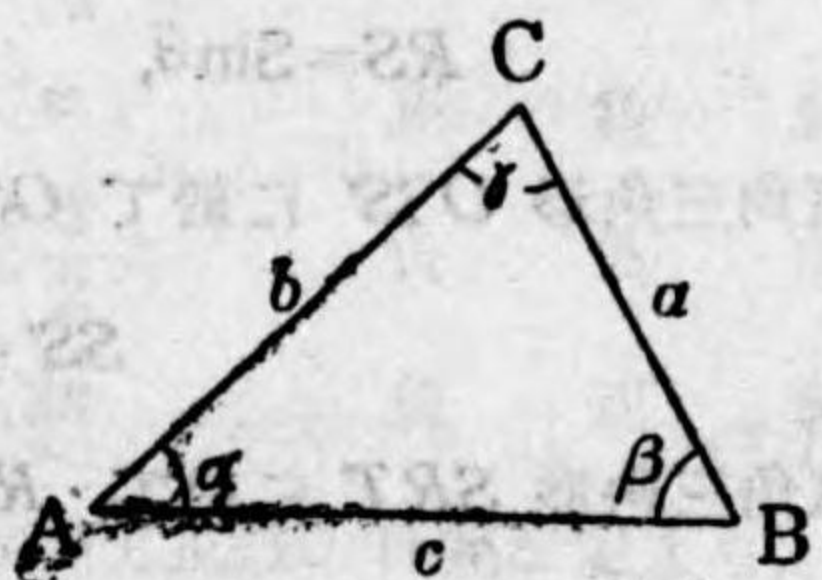
V 三角形

(9) 三角形 ABC に於て

$$a : b : c = \sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma$$

$$a = b \cos \gamma + c \cos \beta.$$

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha$$



(10) 三邊の和  $a+b+c=2s$  とすれば、三角形の面積は

$$S = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

又

$$S = \frac{1}{2}bc \sin \alpha.$$

VI 對數

或數  $N$  を 10 の何乗といふ形に書き表はして

$$N = 10^a$$

とすると  $a$  を  $N$  の常用對數だと稱して之を

$$a = \log_{10} N$$

と書き表はす。10を常用對數の底數といふ。例へば 100 は  $10^2$  だから

$$2 = \log_{10} 100$$

である。普通の對數表は與へられた  $N$  に対する  $a$  を探がし得る様につてある。

同じ數  $N$  が前記  $e=2.718281\dots\dots$  の何乗といふ形に書き表はして

$$N = e^K$$

とすると  $K$  を  $N$  の自然對數だとして之を

$$K = \log_e N$$

と書き表はす。  $e$  を自然對數の底數といふ。

與へられた同一の數に対する  $a$  と  $K$  との関係は次の如くして求められる。

$$10^a = e^K$$

$$10 = e^{\frac{K}{a}}$$

此式の兩側の自然對數を求めると上の定義に従へば

$$\frac{K}{a} = \log_e 10$$

である。10 の自然對數  $\log_e 10$  は 2.3026..... なることが計算の結果知られてあるから

$$\frac{K}{a} = 2.3026\dots\dots$$

$$K = 2.3026\dots\dots \times a$$

即ち  $\log_e N = 2.3026\dots\dots \times \log_{10} N$

となる。與へられた  $N$  に対する自然對數  $K$  を探がす表は普通使用せられない。

對數表が乗除の計算に用ひられることは周知のことである。即ち  $M, N$ , 二數の相乘積  $P$  を求めるには

$$P = M \times N$$

$$= 10^a \times 10^b = 10^{a+b}$$

$$a + b = \log_{10} P$$



$$= \log_{10} M + \log_{10} N.$$

だから對數表によつて與へられた二數  $M$  及び  $N$  の對數  $a$  及び  $b$  を求め之を加へて  $a+b$  を得. 此  $a+b$  に相當する眞數を逆に對數表から求めればそれが  $P$  である.

同様に

$$Q = M/N$$

$$= \frac{10^a}{10^b} = 10^{a-b}$$

$$a-b = \log_{10} Q = \log_{10} M - \log_{10} N$$

であるから  $M, N$  二數の對數  $a, b$  の差  $a-b$  に相當する眞數を求めればそれが  $Q$  である.

附録第三 元素表

記 號	元 素 名	原子番 號 Z	萬國原子量 (1941) A	同位元素の質量數 M
A	アルゴン	18	39.944	36, 38 40,
Ac	アクチニウム	89	227.05	
Ag	銀	47	107.880	107, 109
Al	アルミニウム	13	26.97	
Am	アメリシウム	95	—	
As	砒素	33	74.91	75
At	アスタチン	85	—	
Au	金	79	197.2	
B	硼素	5	10.82	10, 11
Ba	バリウム	56	137.36	{130, 132, 134, 135 136, 137, 138
Be	ベリリウム	4	9.02	9
Bi	蒼鉛	83	209.00	209,
Br	臭素	35	79.916	79, 81
C	炭素	6	12.010	12, 13
Ca	カルシウム	20	40.08	40, 42, 43, 44, 46, 48
Cd	カドミウム	48	112.41	{106, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 116,

記 號	元 素 名	原子番 號 Z	萬國原子量 (1941) A	同位元素の質量數 M
Ce	セリウム	58	140.13	136, 138, 140, 142
Cl	塩素	17	35.457	35, 37
Cm	キュウリウム	96	—	
Co	コバルト	27	58.94	57, 59
Cr	クローム	24	52.01	50, 52, 53, 54
Cs	セシウム	55	132.91	133
Cu	銅	29	63.57	63, 65
Dy	ヂスプロシウム	66	162.46	158, 160, 161, 163, 164,
Er	エルビウム	68	167.64	162, 164, 166, 167, 168, 170
Eu	ユーロピウム	63	152.0	151, 153
F	弗素	9	19.00	19
Fe	鐵	26	55.85	54, 56, 57, 58
Fr	フランシウム	87	—	
Ga	ガリウム	31	69.72	69, 71
Gd	ガドリニウム	64	156.9	{152, 154, 155, 156, 157, 159, 160
Ge	ゲルマニウム	32	72.60	70, 72, 73, 74, 76
H	水素	1	1.0080	1, 2
He	ヘリウム	2	4.003	3, 4
Hf	ハフニウム	72	178.6	{174, 176, 177, 178, 179, 180
Hg	水銀	80	200.61	{196, 198, 199, 200, 201, 202, 204
Ho	ホルミウム	67	164.94	165
I	沃素	53	126.92	127
Il	イリニウム	61	—	
In	インヂウム	49	114.76	113, 115
Ir	イリヂウム	77	193.1	191, 193
K	カリウム	19	39.096	39, 40, 41
Kr	クリプトン	36	83.7	78, 80, 82, 83, 84, 86
La	ランタン	57	138.92	139
Li	リチウム	3	6.940	6, 7,
Lu	ルテシウム	71	175.0	175
Ma	マズリウム	43	—	
Mg	マグネシウム	12	24.32	24, 25, 26
Mn	マンガン	25	54.93	55



記 號	元 素 名	原子番 號 Z	萬國原子量 (1941) A	同位元素の質量數 M
Mo	モリブデン	42	95.95	92, 94, 95, 96, 97, 98, 100
N	窒素	7	14.008	14, 15
Na	ナトリウム	11	22.997	23
Nb	ニオブ	41	92.91	93
Nd	ネオヂウム	60	144.27	142, 143, 144, 145, 146
Ne	ネオン	10	20.183	20, 21, 22
Ni	ニッケル	28	58.09	58, 60, 61, 62, 64
Np	ネプチュニウム	93	—	
O	酸素	8	16.0000	16, 17, 18
Os	オスミウム	76	190.2	{184, 186, 187, 188, 189, 190, 192, 31}
P	燐	15	30.98	
Pa	プロトアクチニウム	91	—	
Pb	鉛	82	207.21	204, 206, 207, 208
Pd	パラヂウム	46	106.7	{102, 104, 105, 106, 108, 110}
Pl	プリュトニウム	94	—	
Po	ポロニウム	84	—	
Pr	プラセオヂム	59	140.92	
Pt	白金	78	195.23	192, 194, 195, 196, 198
Ra	ラヂウム	88	226.05	
Rb	ルビヂウム	37	85.48	85, 87
Re	レニウム	75	186.31	185, 187
Rh	ロヂウム	45	102.91	103
Rn	ラドン	86	222.	
Ru	ルテニウム	44	101.7	{96, 99, 100, 101, 102, 104}
S	硫黄	16	32.06	32, 33, 34, 36
Sb	アンチモン	51	121.76	121, 123
Sc	スカンジウム	21	45.10	45
Se	セレン	34	78.96	74, 76, 77, 78, 80, 82
Si	珪素	14	28.06	28, 29, 30
Sm	サマリウム	62	150.43	{144, 147, 148, 149, 150, 152, 154}
Sn	錫	50	118.70	{112, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 124}
Sr	ストロンシウム	38	87.63	84, 86, 87, 88
Ta	タンタル	73	18.088	181

記 號	元 素 名	元子番 號 Z	萬國原子量 (1941) A	同位元素の質量數 M
Tb	テルビウム	65	159.2	159
Te	テルル	52	127.61	{122, 123, 124, 125, 126, 128, 130}
Th	トリウム	90	232.12	232
Ti	チタン	22	47.90	46, 47, 48, 49, 50
Tl	タリウム	81	204.39	203, 205
Tm	ツリウム	69	169.4	169
U	ウラン	92	238.14	234, 235, 238
V	ヴァナヂン	23	50.95	51
W	ウォルフラム (タン グステン)	74	183.92	180, 182, 183, 184, 186
Xe	キセノン	54	131.3	{124, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 136, 89}
Y	イトリウム	39	88.92	{168, 170, 171, 172, 173, 174, 176,
Yb	イテルビウム	70	173.04	64, 66, 67, 68, 70
Zn	亜鉛	30	65.38	90, 91, 92, 94, 96
Zr	ジルコニウム	40	91.22	

## 追加第一

第25. 26. 27節の追加.

如何なる事件でも論理的に研究する場合に、しばしば出逢ふことで一つ注意して置きたい事がある。

観察にせよ假定にせよ、それにつき何等かの言明を行ふとき「何が何した」いとふ形式の文章を二つ列ねて叙述したものを以て二つの事柄の間の関係を論ずることがある。此の如く言明したものを一つの**命題**と名づける。此二つの文章に於て「何が」といふのは文章の主格で、それは有形のものにせよ又は無形のものにせよ、之を**物**といひ、文法では現在は**名詞**、古くは**體言**といふたものである。又「何した」といふのはその物の働らきで、之を**事**といひ文法では**動詞**即ち**用言**である。此物事の関係を二つ列ねて一つの命題が成立するのである。

例へば「雨降れば地濕ふ」と宣言する一つの命題に於て第一の文章たる前半



の「雨降る」といふ事件と第二の文章たる後半の「地濡ふ」といふ事件との間に原因結果の関係ありとして命題が成立して居る。雨と地が物で降ると濡ふとがそれぞれの物に伴ふ事である。

扱て今命題の前半を  $A$  とし後半を  $B$  とすれば命題の一般形式は「 $A$  ならば  $B$  なり」といふのである。そこで、われわれは此命題の主張を正しいものとして常に同時に論理的に次の三命題を思索の中に入るべき必要がある。即ち本命題を第一命題と名づければ

第一命題  $A$  ならば  $B$  なり、……………原命題

第二命題  $B$  ならば  $A$  なり、……………逆

第三命題  $A$  ならざれば  $B$  ならず、……………裏

第四命題  $B$  ならざれば  $A$  ならず、……………對偶

の四つの命題を取りあげ、その正否を考へなければならぬといふのである。

今前例の「雨降れば地濡ふ」といふのを取れば

第一命題 雨降れば地濡ふ

第二命題 地濡へば雨降り

第三命題 雨降らざれば地濡はず

第四命題 地濡はざれば雨降らざりしなり

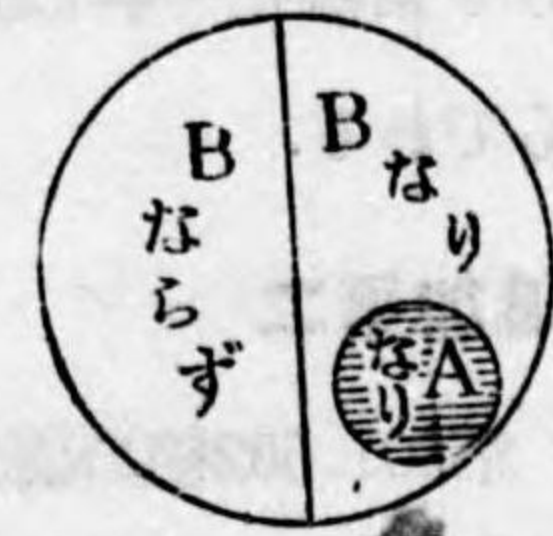
といふことになる。此第一命題は確實に正しいが残りの三つの命題の正否は如何であらう。

第二命題は必ずしも正しくない。地が濡つて居ても、それは降雨によることもあらうが、或人の撒水したために濡れたのかも知れない。正しいこともあるが一般には正しくない。

第三命題も一般には正しくない。降雨がなくとも地が濡れることがある。

第四命題は正しい。地が濡れて居ないならば確實に降雨が無かつたに相違ない人が撒水したか、どうかは與かり知らず少なくとも雨は降つて居ない。

第一第四命題が正しくて第二第三命題が正しくないことを圖解して示さう。圖に於て圓をあらゆる事件を含むものとし、此圓を兩つの領域に別けて右半を「 $B$  なるところ」、左半を「 $B$  ならざるところ」とする。 $A$  に就ては「 $A$  なるところ」は必ず右半の  $B$  なる領域の中に入つて居なければならぬから陰影を附した部分の如く右半の中の一部を占めて居るべきである。而してその外の領域が全部「 $A$  ならざるところ」である。此圖によれば第四命題が成立し、第二、第三命題が成立しないことは明白であらう。



若し「 $A$  なり」の領域が「 $B$  なり」の領域と完全に一致して「 $B$  なり」の右半が全部陰影を施して可なる場合には四個の命題が悉く成立することは明白であらう。

本書の第 25 節に於て述べたものを第一命題として速度が變化すれば必ず力が作用して居るといふ言明によると第 26 節に於て論じた「力が作用しなければ速度の變化なし」といふのは第四命題であるから、これは正しい。然るに第 27 節に於ける「速度が變化しなければ力が作用して居らぬ」といふ場合は第三命題であるから、これは必ずしも正しくはない。同様に第二命題たるべき「力が作用すれば速度の變化あり」といふことも必ずしも眞ではない。

四つの命題が總て成立する例を揚げれば

第一命題 温度が  $100^{\circ}\text{C}$  に達すれば水は沸騰する。

第二命題 水が沸騰すれば温度は  $100^{\circ}\text{C}$  に達した。

第三命題 温度が  $100^{\circ}\text{C}$  に達しなければ水は沸騰せず。

第四命題 水が沸騰しなければ温度は  $100^{\circ}\text{C}$  に達して居ない。

これは勿論氣壓が一氣壓のときとの條件の下に述べて居るのであるが、この四命題が成立する理由は水の沸騰といふ事件は即ち温度が  $100^{\circ}\text{C}$  であるといふ事件と一致して居て  $A$  を以て  $B$  を定義したからである。幾何學から引例



すれば二等邊三角形に於て

頂角の二等分線は底邊の中點に於て之に垂直なり  
を第一命題とすればその第二命題たる

底邊の中點に於て立てたる垂線は頂角を二等分す。  
といふのが正しいのは頂角の二等分線は唯一本しかない。而して底邊の中點に於ける垂線も一本しかない。その一本の線が同時に二つの性質を兼有して居るからである。

### 追加第二

#### 第501.502節の追加

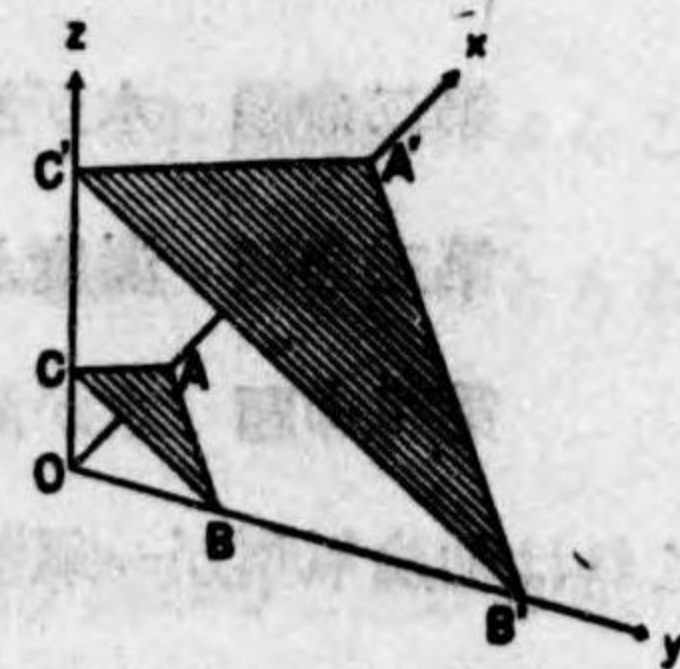
結晶體を  $X$  線の廻折格子として實驗するとき色々の網平面が使用される。  
第501節に於ては岩鹽の正六面體（立方體）の表面に平行なる網平面を使用し  
第502節に於ては斜方十二面體と正八面體との表面に平行なる網平面を使用した。

結晶學に於ては此等の結晶體の表面を表はす一種の記號を使用して居る。一般の結晶體に就ては之を鑛物學か結晶學の書物に譲つて、次に岩鹽の如き等軸系に屬する結晶體に就て此記號のことを説明する。

先づ互に垂直なる  $Ox, Oy, Oz$  の三つの座標軸を考へる。

今問題として居る表面が此等の三軸を  $OA=p, OB=q, OC=r$  の長さで切り取る如き方向を有して居るとする。今は表面の位置は問題でなく唯其方向のみが論ぜられるのであるから、 $p, q, r$  の長さの絶対値でなく  $p:q:r$  の比だけが重要なのであつて此比の價を以て表面が決定せられるのである。若し  $ABC$  に平行なる平面  $A'B'C'$  を畫けば

$OA'=p' OB'=q', OC'=r'$  とすると



$$p':q':r' = p:q:r$$

であることは明白で、 $ABC, A'B'C'$  の方向即ち座標軸に對する面の傾斜の工合が  $p:q:r$  の比で定まるのである。

扱て平面  $ABC$  が幾何學で論ぜられる所の普通一般の平面であると  $p, q, r$  の三數に何等の制限がなく、有理數（數整又は分數）でも無理數（ $\pi$  や  $e$  の如き）でも一向差支へはないが、此平面が結晶體の表面だとすると、此所に顯著なる事實がある。即ち結晶體の表面に於ては

$p, q, r$  は有理數である

といふ制限の在存することである。之が結晶體の表面たる特徴である。

$p, q, r$  が整數でなく分數であるときは分母を同じもの書き替へれば  $p:q:r$  はその分數の分子の比であるから、要するに  $p, q, r$  の三數は常に公約數を有せざる三つの整數なりと考へてよい。

$ABC$  平面の傾斜の工合によつては、その座標軸に交はる點  $A, B, C$  が軸の正の側にあること、負の側にあることゝある。負の側にあるときには  $p, q, r$  に負號を冠することにする。

更に一步を進めて

$$h = \frac{1}{p} \quad k = \frac{1}{q} \quad l = \frac{1}{r}$$

と置く。即ち

$$OA:OB:OC = \frac{1}{h} : \frac{1}{k} : \frac{1}{l}$$

である。此三數の比  $h:k:l$  は前と同様に分數  $\frac{1}{p}, \frac{1}{q}, \frac{1}{r}$  の分母を同じくしたものゝ分子の比としてよい。即ち此三分子をその儘  $h, k, l$  と採用して差支ない。

例へば  $p=2, q=3, r=5$  ならば

$$\frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{5} = \frac{15}{30} : \frac{10}{30} : \frac{6}{30}$$



であるから  $h=15, k=10, l=6$

とするのである。

故に結晶體の表面は  $h, k, l$  といふ三つの整数（正又は負）で決定し得ることになる。此三數  $h, k, l$  を問題の面を指定するものとして、之を面の指數と名づけ、その面を  $(hkl)$  といふ記號で表はす。指數が負のときは負號を文字の前に置かずに文字の上に置く、例へば  $h=15, k=-10, l=6$  の面の記號は  $(15\bar{10}6)$  である。

**正六面體** 正六面體即ち立方體の表面の一つは  $Ox$  軸の正の側に於て之を垂直に切り  $Oy, Oz$  兩軸に平行であるから  $OB=q=\infty, OC=r=\infty$  であるので、 $h=1, k=0, l=0$  としてよい。故にその指數記號は  $(100)$  である。 $Ox$  軸を負の側で切るものは  $(\bar{1}00)$  である。同様にして  $Oy$  軸に垂直なる  $(010)$  及び  $Oz$  軸に垂直なる  $(001)$   $(00\bar{1})$  がある。

**正八面體** 正八面體の表面は三軸に同じ傾斜を有して居るから  $p=q=r$ 、従て  $h=k=l=1$  である。而して軸を切る側の正負によつて

$(111)$   $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$   $(1\bar{1}\bar{1})$   $(\bar{1}1\bar{1})$   $(\bar{1}\bar{1}1)$   $(1\bar{1}1)$   $(\bar{1}11)$   $(\bar{1}\bar{1}1)$

の八つの面がある。

**斜方十二面體** 斜方十二面體の表面は座標軸の一つに平行で他の二つに等しく傾斜して居るから  $p, q, r$  の一つが  $\infty$  で他の二つが相等しく、従て  $h, k, l$  の一つが  $0$  で他の二つが  $1$  である。故に面の記號には

$(011)$   $(0\bar{1}\bar{1})$   $(0\bar{1}1)$   $(01\bar{1})$   $(101)$   $(\bar{1}01)$   $(10\bar{1})$   $(\bar{1}0\bar{1})$   $(110)$   $(\bar{1}\bar{1}0)$   $(1\bar{1}0)$   $(\bar{1}10)$

の十二がある。

廻折格子の網平面としては正六面體の  $(100)$  は  $(\bar{1}00)$  と同一のものであり、正八面體の  $(111)$  は  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$  と同一のものである。他も之に倣ふ。

## 索引

## 凡例

- (1) 索引は五十音順に排列しその所在は頁數によつて示してある。上巻は第 556 頁を以て終り下巻は第 557 頁を以て始まり第 944 頁を以て終る。
- (2) 發音假名遣は表音式により

キ は イ  
ヲ は オ  
クッ は カ  
ヂ は ジ  
ヅ は ズ

として排列してある。

ア		——の飛跡	
アインシュタイン		$\alpha$ 粒子の散亂	854
——の運動學	933, 938	アンテナ	860
——の光電效果	886	アンペア(電流の單位)	799, 800
——の力學	940	アンペア計(電流計)	655
アクチニウム系放射性元素	866		714
アストンの實驗	825	イ	
壓力	33	イオン	56, 625
——の單位	98	——の移動	650
——の強さ	48	——の價數	639
大氣の——	93	イオン化傾向	640
重力による液體の——	82	異常光線	528
壓力計	99, 100	位相	320
壓電氣(ピエゾ電氣)	621, 806	一軸性結晶	549
アボガドロの法則	50	一般相對性論	942
アルキメデスの原理	88	緯度	
$\alpha$ 線	850	——と $g$	136
		色	



物體の——	521	流線——	206
光の波長と——	488	亂流——	206
温度と——	488	ブラウン——	53
色消レンズ	423	——の相對性	29, 904
色収差	422	運動量	120
陰極	626	——保存の原則	123
陰極線	809, 810	運動質量と静止質量	940
——の廻折	901		
インピーダンス(交流抵抗)	775		
		<b>エ</b>	
		永久瓦斯	252
<b>ウ</b>		永久運動	193
ヴィーアの變位法則	511	エーテル	
ウェストン電池	674	光の——	909
ヴォルタ効果	623	——の隨伴運動	914
ヴォルト(電位差の單位)	612, 655	液化	251
浮秤	91	液體	47
宇宙線	878	——の平衡	84
唸り(音の)	354	——の自由表面	47
ウランラヂウム系放射性元素	865	——の彈性	76
ウキルソンの霧函	852	——の表面張力	60
運動	29	液體壓力計	99
——の三法則	35, 36,	液體空氣	256
	117, 906	X線	
直線——	30	——の發見	828
曲線——	30	——の性質	829
等速——	30	○ 硬——	830
不等速——	30	軟——	830
——の速さ	30	——の廻折	834
——の方向	31	特性——	844
——の速度	32	X線管球	829, 831
並進——	142	クーリッジ——	832
廻轉——	142	エナ硝子	214
剛體の——	143	エネルギー	180
歳差——	147	位置の——	181
輾轉——	147	運動の——	182

——の變形	184	輻射——	513
——の恒存	184, 192	温度輻射	498, 506
——の授受	185, 189	温度餘效	214
並進運動の——	188	音	338
廻轉運動の——	188	——の速度	340
——の種類	191	——の三要素	342
熱——	227	——の高さ	343
化學的——	228	——の強さ	345
エネルギーと質量	942	——の色	348
エルグ	173	——の大きさ	345
エルステッド(磁界の單位)	574	——の調和	351
エルステッドの實驗	688	——の異常傳播	341
遠心力	124	音階	344
遠日點	11	音程	352
圓運動		音叉	348
等速——	124	音波	339
單振動と——	293	——の記録	348
圓形電流の磁界	690, 695	——のエネルギー	345
圓孔による廻折	475		
		<b>カ</b>	
<b>オ</b>		ガイスレル管	809
横波と縦波	327	廻折	
オーヂオメートル	348	光の——	364, 470
オーム(電氣抵抗の單位)	655, 659	X線の——	834
——の法則	658, 661	廻折角	477
オシログラフ	722	廻折格子	476
オゾン層	280	廻折スペクトル	483
温度	19	廻折像	478
——と密度	209	圓孔群の——	481
絶對——	20	廻折分光器	484
熱力學的——	274	廻轉	142, 904
温度計(寒暖計を見よ)		——の合成と分解	146
水銀——	213	——能率	154
光學——	512	廻轉體のエネルギー	188
色——	512	開管と閉管	316



開口補正	359	加法	
解像力		—の觀念の擴張	110
顯微鏡の—	434	ガルバニの實驗	643
望遠鏡の—	439	カロリー	226
解離	56	岩鹽に於ける原子排列	638
化合物	50	眼鏡	
化學當量	647	近—	427
化學發光	498, 508	遠—	◇
鏡	363	老—	◇
表面—	399	—の度	410
拋物線鏡—	403, 797	關係圖	25
球面—	399, 404	函數	26
擴聲器	767	干涉(光の)	460
擴大鏡	429	—色	463
角加速度	143	薄膜による—	464
角速度	143, 144	—縞	461
角度	18	慣性	36
度分秒法	18	慣性能率	164
弧度法	19	完全暗黒體	509
暈	398	完全氣體	79
可視光線	486	寒暖計(溫度計を見よ)	19
瓦斯(ガス)	47	水銀—	213
風	283	最高—	215
加速度	113	最低—	215
重力による—	125	氣體—	222
角—	143		
直線運動に於ける—	112	<b>キ</b>	
曲線運動に於ける—	114	氣壓	95
等速圓運動に於ける—	115	壓力の單位	99
—の分解	117	—の測定	95
—の單位	113	—と場所の高さ	102
—の轉換	931	氣壓計	95
假想仕事	174	水銀—	95
假想變位	174	空函—	97
可變形體	30	氣界圖	279

機械的エネルギー	190	—に於ける反射	399
幾何學的和(方向量の)	111	—に於ける屈折	405
幾何光學と物理光學	362, 363	球面収差	420
氣體		起偏子と檢偏子	539
完全—	79	極光	597, 819
—の彈性率	77	共鳴、共振(同調)	352, 353
—の液化	251	—電壓	896
—の膨脹率	219	極板の分極	665
—の示性方程式	220	強磁性體	723, 725
—のファンデルワール		虚像	373
スの式	221	凝固	238
—の壓力	229	凝集力	52
—の仕事	262, 264	凝結核	852
—分子の速度	54	キルヒホッフの法則	508
—分子の平均自由行路	55	キログラム(質量の單位)	16
氣體論	54, 228	釐米(キログラム・メートル)	
記數法	27	仕事の重力單位	173
起電機		紫外線(紫外線)	486
摩擦—	606	近日點	11
誘導—	606	<b>ク</b>	
起電力		空間格子	835
電池の—	642	偶力	159
—の測定	672	—の廻轉能率	74, 159
電磁誘導の—	739	クーロン(電氣量の單位)	602
輝度	516	クーロンの法則	
基本單位	8	磁氣に關する—	563
吸収		靜電氣に關する—	701
光の—	519	屈折	369
—の合成	524	平面に於ける光の—	374
—スペクトル	492	球面に於ける光の—	399
選擇—	519	誘導力線の—	631
キューリーの法則	732	屈折率	369
球面		絶對—	369
—凹鏡	399	相對—	371
—凸鏡	404		



——の測定	387
屈折プリズム	385
雲	281
グラフ	25
瓦カロリー	226
瓦分子	78
クルックス管	809
クルックス暗黒層	809
<b>ケ</b>	
経年変化	214
経験法	2
螢光	498, 499
螢光燈	500
結晶體	
——に於ける分子	57
——とX線	834
——の内部構造	834
結晶發光	498
ケネリー・ヘビサイド層	801
ケノトロン	888
ケプラーの法則	140
原器	
度量衡の——	15
原子	
——の構造	860
——の人工破壊	873
——壊變説	870
原子核	861
——と電子	889
——の構造	877
——の質量數	827, 872
原子番號	861
原子量	51
元素	50

——と輝線の波長	488
——の質量數	827, 872
元素週期表	869, 871
顯微鏡	431
——の筒の長さ	434
——の倍率	433
——の解像力	434
——の開口數	436
検査棒	604
檢電器	607
檢波器	797
檢偏子(ニコル)	539
檢流計(ガルバノメーター)	658
動磁針——	711
動コイル——	713
衝擊——	720

**コ**

コイルの磁界	696
國際オーム	659
固體	47
弧燈	677
弧度法	19
光角	426
光環	481
光學溫度計	512
光學實驗臺	416
光機關	513
高氣壓と低氣壓	284
光源	498
向心力	124
恒星の固有運動	912
合成	
變位の——	108
速度の——	112

力の——	112
方向量の——	112
加速度の——	117
色感の——	525
色光の——	523
吸収の——	524
剛性率(捻りの強性率)	74
光線	362, 363
通常——	528
異常——	528
彎曲せる——	382
光束	366
並行——	366
發散——	366
收斂——	366
非點——	367
剛體	30
——の運動	150, 153
——に働く力	163, 167
の運動のエネルギー	187
光彈性學	548
鋼鐵	561
光點	364
光電管	887
光電效果	830, 885
光電子	887
光度	513
光度計	513, 516
光年	28, 426
光波	365, 450
——の波長	487
——の媒質	908
光流	513
交流	760
——の整流	803

交流回路	768, 769
	771, 775
交流抵抗(インピーダンス)	775
光量子	887
光路程	457
古典物理學	902
古典力學	902
コマ收差	420
コリメートル(視準器)	387
コロナ放電	776
混色廻轉板	525
コンプトン效果	900
<b>サ</b>	
歳差運動	147
サイクロイド(擺線)	300
桿秤	13
サイフォン	86
砂糖計	555
座標	25
作用	35, 40
作用量子	884
散光	367
三極真空管	802
三原色	526
三要素	
音の——	342
地磁氣の——	585
<b>シ</b>	
色感の合成	525
色光の合成	523
自記磁力計	595
子午線	586
仕事	171



——の単位	173	——に於ける電流	701
——の原理	175	磁界レンズ	821
假想——	174	磁氣嵐	590
機械に出し入れた——	179	磁氣子午面	585
仕事當量	259, 263	磁氣指力線	572
仕事率	174	磁氣能率	569
C.G.S.單位	18	磁氣ポテンシャル(磁位)	582
指數函數	104, 946	磁氣誘導	727
示性方程式(氣體の)	220	磁氣誘導量, B	729
質點	29	磁石	
——の運動	30	——の兩極	558, 561
濕度	245	——の指北性	564
濕度計	246	——の吸鐵性	558
質量	12, 119	——の長さ	557
——と重量	12	——の長さ	569
——の測定	13	——の能率	569
——の單位	15	——の作り方	559
——の中心	162	磁針	558
質量數(元素の)	827, 872	磁性體內の磁氣	728
質量スペクトル	825	磁媒質(透磁質)	723
實驗法	1	寫真器械	443
實效値		斜面	176
壓力の——	346	シャール法則	219
電流, 電壓の——	762	主宰波長(物體色の)	522
實像	400	主點(レンズの)	414
實體鏡	852	主變數	26
視動と實動	903	週期運動	287
自由帶電量	629	集光鏡	431
自由表面(液體の)	47	重心	161
指力線	572, 611	重力	125
視準器(コリメートル)	387	——と緯度	136
磁界	572	重力界	574
——の強さの單位(エル		重量	12,
ステップ)	574	空氣中に於ける——	106
——に於ける電子	817	ジュール(仕事の單位)	173

從屬變數	26	彈性體の——	308
術語	37	棒, 板其他の——	309, 311
焦點(レンズの)	400		314, 315, 318, 319
——距離	407, 409	基本——	309
焦電氣(電氣石と水晶の)	620	原——	309
照度	514	部分——	310
燭(光度の單位)	515	振動回路	791
燒鈍	561	振動數	288
蒸氣	47, 241	——の測定	356
飽和——	243	振動體	288
過熱——	251	振動放電	779
蒸氣機關	268	振幅	287
蒸發	241, 244		
上昇運動	130	ス	
常磁性體	723	水銀電燈	506
狀態變化	237	水晶	554
乗除の觀念の發展	21	——の複屈折	530
屋氣樓	383	——の屈折率	530
眞空		——の旋光性	552
トリチェリーの——	94	——の焦電氣	620
眞空放電	807	——の壓電氣	621, 806
眞空管	802	水素	
人工放射能	873	——原子の質量	649
人造磁石	558	——の輝線スペクトル	497, 888
眞帶電量	629	水當量	231
振子	287	水平分力(地磁氣の)	586
單——	289, 300	水平なる管を流れる液	198
複——	289, 302	垂直なる管を流れる液	202
相當單——	302	數値量(スケアー量)	32
可逆——	303	數量的の研究	2
振動	287	スタルク効果	894
減幅——	287	ステファン・ボルツマンの法則	511
自由——	287	ストークスの法則(螢光の)	500
廻轉的——	304	ストークスの公式(落下球の)	206
潮水の——(セイシュ)	319	ストロボスコープ	356



スペクトル	391	赤道	11
日光の—	391	赤外線	486
發光—	393	接眼鏡	
吸收—	393, 492	顯微鏡の—	431, 432
連続—	394, 488	望遠鏡の—	438
輝線—	394, 489	接觸電氣	623
	495	接線分加速度	117
分散—	392	接地	603
廻折—	483	絶縁線	658
—の反轉	492	絶縁體	603
—中のエネルギー分布	494	絶對溫度	219, 230
—分析	490	旋光性	552
質量—	825	選擇吸收	519
圖式表現法	25	潜熱	237
		—の測定	239
<b>セ</b>		潜望鏡	442, 443
静壓(液體の深さによる—)	83	線密度	165
静壓と動壓	200	全反射	377
晴雨計(氣壓計を見よ)		—プリズム	379
正弦曲線	298	ゼーマン効果	894
静止系と運動系			
—の速度	931	<b>ソ</b>	
—の加速度	933	相互誘導	
—の長さ	933	—と自己誘導	743
—の時間	934	—に於ける起電力	745
—の質量	941	速度	32
セイシュ(湖水の振動)	319	—の合成と分解	112
静電氣	598	角—	143
—學	599	噪音と樂音	343
—の吸引と反撥	600	双眼鏡	441
—の傳導	602	双曲線	26, 460
—のエネルギー	618	相對性	
—の誘導	604	—理論	903
成層圈	279	運動の—	904
正比例	23	等速運動の—	908

像	373, 400	C.G.S.單位	18
實像と虚像	401, 411	時間の—	8
歪像	421	速度の—	18
非點收差による—	421	加速度の—	113
球面收差による—	421	仕事の—	173
色收差による—	420	光の實用諸—	513
		電氣, 電流に関する諸—	655, 697
<b>タ</b>		單顯微鏡	429
對陰極	829	單振子	300
大氣		單振動	289
—の壓力	93	—のエネルギー	291
—の諸層	278	—と圓運動	293
	280, 801	—の週期	295
對稱		—の合成	297
—の中心	834	—と他運動との合成	298
體積		單色光と複色光	463, 522
—の彈性	74	彈性	66
臺秤	14	—の餘效	75
對物鏡		—に関するフックの法則	69
顯微鏡の—	431	彈性波	336
望遠鏡の—	438	彈性體	30
太陽霧圍氣中の元素	493	—の内部の力	67
太陽日の測定	9	—の内部の歪	71
大陸颱風	286	單節振動と双節振動	
對流	233	(セイシュに於ける)	319
對流圈	278	單體	50
ダイン(力の單位)	119	斷熱操作	265
惰性	38	炭素マイクロフォン	765
球軸受け(ボール・ベアリング)	59	短波通信	801
タムソンの實驗	823		
タムソン効果	685	<b>チ</b>	
單位	7	地學子午面	585
—基本—	8	力	
—誘導—	8	—の單位	32, 34,
—の冠頭詞	17		118



—の效果	35	デュールの実験	259
—の釣合	39, 40	超音波	343
剛體に於ける力の移動の		張力	33
原理	151	調和分析	350
—の合成	152	直線電流の磁界	696
平行する—	156	直列と並列	
等速圓運動に於ける—	124	導線の—	662
運動の方向と一致せざる		電池の—	664
—	123	直流	
地球		—と交流	760
—の自轉と公轉	8		
—の半徑	136	ツ	
—の質量	136	•月の運動	138
—の密度	136	釣合	39
—軌道	141		
地球磁界	585	テ	
—の測定	591	低温度の實現	254
蓄電器	617	抵抗箱	670
蓄電池	667	帝國中央標準時	12
地震	337	デシベル	347
地磁氣	585	定常波	333
—の兩極	587	蹄鐵磁石	558
—の三要素	585	定比例の法則	50
—の方位角(偏差)	586	デューワールの容器	257
—の伏角	586, 592	電壓	617
—の水平分力	586	電壓計(電位計を見よ)	658
—の鉛直分力	589	電位	611
—の變化	590	電位計(ヴォルト・メーター)	714
—の經年變化	590	電位差計(ポテンシ・オメーター)	672
—誘導器	756	電界	610
地電流	598	—に於ける電子	811
通常光線	528	電界レンズ	820
中性子	874	電解(電氣分解の略)	646
中間子	881	—質	639
重量	12		

—槽	646	誘導コイルの—	758
電氣に関する符號	656	真空管の—	803
電氣エネルギー	618	電子	807
電氣化學當量	648	—の帶電	857
—指力線	611	—の質量	817
—振動	779	—顯微鏡	819
—の週期	781	—の比荷電量	816
—のエネルギー	782	電界に於ける—	811
—の解釋	784	磁界に於ける—	814, 817
—の指力線	787	電子ヴォルト	
電氣收塵法	627	—の速度	812
電氣石偏光器	549	—のエネルギー	814
電氣素量	602, 649	電磁エネルギー	751
—の測定	858	電磁石	707
電氣軸(水晶の)	622	電磁共振	790
電氣抵抗	658, 660	電磁光論	793
	661	電磁波	793, 794
—温度計	671	無線用—	799
電氣の傳導	602	電磁誘導	
—傳導度	660	—に関するファラデー	
電氣二重層	623	の法則	732
電氣發光	498, 506	—に関するレンツの	
電氣分解	646	法則	738
—の應用	653	—の起電力	739
電氣盆	606	—と力學	749
電氣ポテンシアル	611	—の應用	754
電氣容量	615	電池	
—の測定	637	—の起電力	642
電氣誘導量	629	—の兩極	642
電氣溶壓	641	ヴォルタの—	642
電氣に関する諸量の單位	655	ダニエルの—	644
電氣爐	680	ル克蘭シェーの—	644
電極	626	乾—	645
電池の—	642	蓄—(二次—)	667
電解槽の—	646	電鍍, 電鑄	653







擺線	149, 300		
倍率			
像の—	402		
擴大鏡の—	429		
顯微鏡の—	433		
望遠鏡の—	439		
白金抵抗溫度計	671		
白熱陰極	888		
白熱電燈	679		
白色光による旋光	555		
薄膜の干渉色	464		
パーシェン系列	891		
パスカルの原理	80		
波長	320		
音の波長の測定	358		
發電機(ダイナモ)			
グラム式—	759		
シーメンス式—	761		
波動			
—の媒體	320		
—の山と谷	320		
—のエネルギー	320		
波動力學	901		
ベネ秤	15		
バルマー系列	891		
反作用	36, 40		
反比例	24		
反磁性體	731		
反射			
平面に於ける光の—	373		
球面に於ける光の—	399		
半減期	863		
半波長帯	472		
萬有引力	134, 574		
		ヒ	
		ビエーの双レンズ	461
		ビエゾ水晶の振動回路	806
		ビオー・サベールの法則	692
		光	
		—の廻折	364, 470
		—の干渉	460
		—の屈折	454
		—の錯行	918
		—の速度	365, 444
			445, 446, 447, 449
		—の直進	362, 366
			452
		—の波長の測定	462
		—の反射	362, 369
			452
		—の分散	382, 385
		—の輻射	362
		光の電磁論	793
		光の波動説	365
		引金作用	193
		鬚ゼンマイ	306
		微視的と巨視的	883
		比重	44
		—瓶	46
		非點光束	367, 377
		非點收差	
		—による像	377, 421
		比傳導度	660
		比熱	231
		—の測定	231
		氣體の—	261
		微熱陰極	888
		火花放電	776

—の電壓	776	物理學と化學	2
表面張力	60	フックの法則	69
表面波	325	浮遊體	90
表面密度	166, 613	フューズ線	678
標準時	12	フラウンホーフェル線	395, 485
標準電池	674	ブラウン運動	53
標準燈	515	ブランク	
		—の輻射式	511
		—の作用量子	884
		ブラッグの實驗	839
		ブラケット系列	891
		プリズム	379
		屈折—	385
		全反射—	379
		分散—	390
		ニコルの—	535
		ブリュースターの法則	538
		ブルドン管	101
		フレネルのエーテル隨伴運動	914
		不連続面	283
		霧圍氣	93
		—の構成(大氣の諸層)	278
		分解	
		變位の—	108
		速度の—	112
		加速度の—	117
		力の—	112
		方向量の—	112
		分光寫眞器	486
		分光器	387
		分散—	392
		廻折—	484
		分光學	483
		分散(光の)	389
		—スペクトル	392
		フ	
		ファラデー	
		—の恒數	648
		—の實驗	609
		—の法則	647
		ファラッド(電氣容量の單位)	618, 655
		ファンデルワールスの式	221
		フォルマント(母音の)	351
		フォン・ヘークの實驗	916
		不可壓縮體	30, 48
		複屈折(二重屈折)	527
		復原力	290
		輻射	233
		—線	486, 828
		伏角	586
		—計	591
		附着力	52, 63
		物質	
		—の不滅	43
		—の三態	47
		—と物體	3
		—の構造	49
		物體	521
		—の色	
		—の視角	425, 437
		沸騰	249
		—點	250



分子 49  
 —の存在 56  
 —會合 56  
 —磁石 563  
 分子説 49, 52  
 分子量 51  
 プラント系列 891

β線とγ線 852  
 —の飛跡 856  
 ベックレル線 848  
 平衡  
 放射— 866  
 熱— 225  
 平行力 156  
 並進運動 142  
 ペルチエー効果 685  
 ヘルツの實驗 796  
 變壓器(トランス) 763  
 變位 108  
 —の合成と分解 108, 110  
 假想— 174  
 變位律(ファヤンス, ソッデーの) 868  
 偏光 530  
 平面— 531, 533  
 圓— 532, 540  
 橢圓— 532, 540  
 543  
 直線— 531  
 —による干涉 544, 548  
 偏光面 533  
 —の廻轉 553  
 偏光子 537  
 偏光顯微鏡 547

ヘンリー(誘導係数の單位) 656

水  
 ボアジュイユの實驗 204  
 ホイヘンスの原理 450  
 ボイルの法則 76  
 母音の特性音域(フォルマント) 350  
 ホートストーン橋 668  
 方位角 585  
 望遠鏡 437  
 無限遠の— 416  
 屈折— 438  
 反射— 438  
 異型— 441  
 地上— 441  
 天體— 440  
 —の倍率 527  
 方解石  
 —の複屈折 527  
 —屈折率 529  
 方向量(ヴェクトル) 32  
 —の幾何學的和 112  
 —の合成と分解 112  
 —としての角速度 144  
 —としての廻轉 145  
 —の移動性 146  
 放射性物質 850  
 放射性元素 848, 862  
 —の壞變 860, 868  
 放射能 848  
 放射平衡 866  
 放電 607  
 放電叉 620  
 棒磁石 558  
 棒

—の延長 68  
 —の彎曲 72  
 —の捻振 73  
 —の縦振動と横振動 312  
 法線分加速度 117  
 法則 5  
 膨脹  
 見掛けの— 211  
 線— 206, 210  
 體— 206, 210  
 —率 206  
 水の— 216  
 北極光 597  
 ポテンシアル 576  
 —と界の強さ 581  
 —の變化度 582  
 —エネルギー 576  
 132  
 拋物線 403, 797  
 —鏡 91  
 ポーメの浮秤 537  
 ポラロイド(偏光子) 59  
 ボール・ベアリング 244  
 飽和 243  
 —壓と溫度 243  
 —蒸氣

マイケルソンの干涉實驗 468  
 マイケルソン・モーレーの實驗 920  
 マックスウェルの功績 793  
 摩擦 57  
 固體間の— 57  
 最大靜止— 57  
 運動— 58  
 滑り— 58

輾轉— 58  
 流體の内部— 59  
 —發光 498  
 —電氣 599  
 魔法瓶 258

見掛けの膨脹 211  
 ミクロン 437, 487  
 水  
 —の膨脹 216  
 —當量 231  
 —の波 323, 325  
 —の電解 650  
 密度 44  
 —の測定 45, 87, 90, 92  
 表面— 166  
 線— 165  
 ミリカンの實驗 858  
 ミンコフスキーの四次元世界 937

無彩の色 522  
 虫眼鏡 429  
 無線通信 805

眼 423  
 近視— 427  
 遠視— 427  
 亂視— 429  
 老視— 427  
 —の遠點と近點 424  
 —による遠近の判断 425







1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100

101	102	103	104
105	106	107	108
109	110	111	112
113	114	115	116
117	118	119	120
121	122	123	124
125	126	127	128
129	130	131	132
133	134	135	136
137	138	139	140
141	142	143	144
145	146	147	148
149	150	151	152
153	154	155	156
157	158	159	160
161	162	163	164
165	166	167	168
169	170	171	172
173	174	175	176
177	178	179	180
181	182	183	184
185	186	187	188
189	190	191	192
193	194	195	196
197	198	199	200

中村物理学 上 卷 正誤及び訂正表

本表は普通の正誤の外に原文の意味を明かにするために補足を加ふるを可とせるものを掲げたるなり、行の欄にある●印はその行を頁の下端より數ふる符號なり。



●八頁ノ下ヨリ

頁	行	原文	正
目次14	12	キルヒホーフ	キルヒホッフ
6	● 6	その 二は	その第二は
7	● 7	との 度の	との精度の
12	表	昭和廿一年の圖	最初の11時を残し他の11時は皆削る
15	4	擴大して	削る
19	7	1.5708...	...削る
19	8	0.01745...	0,017453
19	9	0.01745÷60	0.017453÷60
19	〃	0.0002909...	0.00029089
19	10	0.01745÷3600	0.017453÷3600
19	〃	0.00000485...	0.0000048481
25	● 2	金生で	金で生
26	8	xがyの	yがxの
28	● 1		最後に(第277節)を入れる
37	● 3	注意を有する	注意を要する
38	● 13	(又は惰性と)	( )を去る
39	● 6,5	幾何學で學んだ論理	論理學の教へる學理
92	● 1	となる	となる。の次に追加。然かし此式によるものと上表の實驗値とは完全には一致しない。これはホーメの度は精々液の密度が小數點下二位ほど出ればよいといふ程度のものであり、又食鹽の密度は正確に定められないからである。フランスの度量衡局では146.6の代りに144.32を取るがよからんとして居る。そうすると15%の食鹽の密度は1.116となる。
98	第71圖		圖の下の圓筒の側面にAの字を入れ上面の波形の板にPの字を入れる。

頁	行	原文	正
98	● 4,3	緯度45°.....高さが	後文(89)式に緯度45°, H=0とした $g_n$ に於て
98	● 2	$d=13.60$	$d=13.596$
99	1	13.60	13.596
99	3	$g$	$g_n$
99	10	今後用.....ことになる。	今後多く用ゐられる。
99	12	1,013	1,013
99	● 7	於て「東京の	於て以前は「東京の
99	● 6	と云ふが如きである。	云ふたが今は中央
		最近	
100	第73圖		右側の乙とあるを甲として左側に、左側の甲とあるを乙として右側に移す
100	第74圖		右側の圖に乙字を加へ左側の圖に甲字を加へ水銀柱の上の空所にA, 下の水銀のある所にB字をつける。
101	2	知れる,	知れる。第75圖は $h'=0$ になつたときのもので、その目盛は壓力を氣壓で示すやうにしてある。
101	5	第75圖以下訂正	第74圖乙は壓力が小なるときのものでA脚中に少しの氣體が入れてある。第75圖を右に寄せ眞空計の三字削る。
101	第75圖		左側の圖の□ cm の□を□にする。
101	第76圖		
105	表右側	107	105
105	● 5	—	=
106	1	等差級數的 等比級數	等差數列的 等比數列
109	第80圖	圖の AB, CD, AD	それぞれ第79圖の AB, CD, AD に平行に長さを同じものに訂正。
127	2	9.8(1種	9.81(種
128	第91圖	右側の圖 $R_s$	$R_s'$
		左側の圖	OP線上に $P_1P_2P_3P_4$ の字を入れる。



頁	行	原文	正
130	1	(88)	(78)
131	第94圖甲		(f) の右側の縦線に下向の矢↓, 左側の縦線に上向の矢↑をつける.
133	第99圖	O	O'
133	● 5	$=mg = m \frac{v_0^2}{v}$	削除
134	第100圖乙	$\frac{1}{2}gt$	$\frac{1}{2}gt^2$
135	7	關する	關する
137	10	求心力	向心力
138	● 7	求心力	向心力
139	● 9	求心力	向心力
140	3	求心力	向心力
141	12	地球のを	地球の軌道を
141	表 r 欄	19.190 30.070	19.191 30.071
141	右側欄	1.0500 0.9984 0.9986	1.0000 0.9987 0.9987
143	● 7	i'	i <sub>1</sub>
144	6	を O	O を
145	7	反時計的	反時計的
145	10	計的	針的
148	12	B 點を	全體が
149	5	四角は板	四角な板
150	● 9	見地	見解
150	● 7	地面は左	地面は後
151	6	向つては進行	向つて進行
151	● 5	着力點	着力點
151	● 4	O' とに	O' に
152	第120圖	O からの矢の端 f <sub>1</sub>	f
〃	〃	O' から上に向ふ矢	f <sub>1</sub> をつける
〃	● 2	A'	A <sub>1</sub>
153	8	れば A 點	れば, A 點

頁	行	原文	正
158	第128圖	右下端の g	g <sub>2</sub>
158	● 4	f <sub>1</sub> : f <sub>2</sub>	f <sub>2</sub> : f <sub>1</sub>
159	3	合力をを	合力をも
159	10	A'A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>
160	7	+fa	-fa
160	10	-gb	+gb
160	12	-gb	+gb
160	● 2	+fa -gb	-fa +gb
161	1	偶力は	偶力 +gb は
161	1	f <sub>1</sub> f <sub>2</sub> と反対に向ふ二つの	削除
161	2	-fa	+fa
161	5	+fa	-fa
161	7	過するもの	過する反時計的のもの
161	第131圖	A	A <sub>1</sub>
161	第131圖	A <sub>1</sub> より上方に向ふ f <sub>1</sub> の矢	g <sub>1</sub> ' と同じ長さにする
		A <sub>2</sub> より下方に向ふ f <sub>2</sub> の矢	〃
161	● 7	gb	+gb
161	● 6	fa なる偶力と……ことになる	-fa なる偶力と正反対の作用を爲すのである.
161	● 4	能率だけで	能率 (その大きさと符號とを併せて) だけで
166	8	板面に圓の	板面に垂直に圓の
166	● 1	式を改める	$= \frac{\pi \rho}{4} \left(\frac{R}{n}\right)^4 \cdot n^2 (2n^2 - 1) = \frac{\pi \rho}{4} R^4 \left(2 - \frac{1}{n^2}\right)$
167	● 6	すそば	すれば
168	8	$\frac{Tr^2}{I}$	$\frac{Tr^2}{I}$
168	11	分母の mr <sub>2</sub>	mr <sup>2</sup>
168	12	分母の mr <sup>2</sup>	mr <sup>2</sup>
168	15	と考へてよい	として質量なしとしてよい
170	4	m'b	m'g



頁	行	原文	正
171	4,5	( $W+w$ )以下 $o'$ 點に働く力と	$A, C, O'$ 點にそれぞれ働く ( $W+w$ ), $G$ , 及び $F$ の三つの力と
171	5	偶力からなるがそれが	偶力が
	● 7	人足が	或人が
	● 6	人足の	此人の
172	第142圖	$AC$ の間の $s$	$s'$
172	第142圖	説明文 ' $\times s$	$f' \times s$
173	4	の力が	の力で
176	第144圖	$AB$ 線上の矢の先に	$f$ をつける
176	〃	$AB$ に直角なる矢の先に	$R$ をつける
176	〃	$Bh$ 線の下端地面に	$C$ をつける
177	8	を爲せばよだけい	だけを爲せばよい
179	7	仕事は	仕事率は
182	● 10	矢が弓から離れれば	矢が動けば
182	● 9	仕事をしたのでエネ	そのために仕事を爲し, それに相當するだけのエネ
183	● 11	にに前	でに前
184	● 2	$\frac{1}{2}mv^2$	$\frac{1}{2}mv'^2$
185	3	る. そして	ある. そして
186	5	あて $m$	つて $m$
186	● 7	$\frac{1}{2}mv_2$	$\frac{1}{2}mv^2$
190	● 14	るまこと	まること
194	8	くて縁	なくて縁
201	第159圖	右端に	$C$ の字入れる
201	● 13	少く	少しく
201	● 12	氣體でも, 動	氣體でも動
203	8	の自由…… $p_a =$	を自由表面としそこでは $p_a =$
203	9	$h_a - h_b$ とすれば	$h_a - h_b$ があるとすれば

頁	行	原文	正
203	● 13	トリチューリー	トリチェリー
204	● 10	式中の分子の 4	4 を分母に移す
204	● 8	式中の分子の 4	4 を分母に移す
206	8	$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_0 g$	$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_0 g$
208	● 1	白熱雷燈	白熱電燈
209	● 13	0.000009	0.0000009
211	1	頃	項
211	5	$s, s'$	$s, s'$
213	● 2	360	357
216	2	に其	その
217	表密度の3	0.99999	0.99997
223	4	あるが, 温度	あるが, 故に温度
223	6	よつて温度	よつても温度
223	6	定壓力	定體積
224	● 3	$p_0 v_0 (1+3\beta f)$	$p_0 v_0 (1+3\beta f)$
225	1	定氣壓氣體	定壓力氣體
225	● 4	$Q$	$Q_0$
227	5,6	八釜しく	やかましく
228	第179圖		$O$ 字不明, $O$ より直立する矢の端に $Z$ 字をつける
228	● 1	${}_1Z$ 面	$yz$ 面
232	8	$\theta_2$ から	$\theta_2$ から
232	8	$W(\theta_0 - \theta_2)$	$W(\theta_0 - \theta_2)$
235	6	地面	他面
237	● 1	9 庇	6 庇
239	4~10	文章を次の如く改める	金屬を接合するとき使用するハンダ 蠟は鉛と錫との合金でその割合の割合 によつて融解點が變化する. ウッド合 金の融解點はその組成分の金屬の融解 點よりは著しく低いので有名である.



頁	行	原文	正
240	1	0°C	0 <sub>1</sub> °C
240	2	0°C	0 <sub>2</sub> °C
240	第181圖	左側 A の矢←	→
240	〃	右側 V	V'
241	3	V 室	V' 室
242	表	水の欄 3570	数字の列を正せ
250	〃	770.99	770.9
251	10	不飽和熱	不飽和蒸
254	2	アンモニア……である	削除
256	6	$\frac{1_0}{4}$	$\frac{1^0}{4}$
〃	第189圖	P の下の矢↑↓	二つとも逆にして↓↑
261	表C <sub>p</sub> の欄	アルゴンの所に ヘリウムの所に 窒素の所 アンモニアの所に 炭酸瓦斯の所に	0.12 を入れる 1.25 を入れる 0.25 に改める 0.51 を入れる 0.20 を入れる
	C <sub>v</sub> の欄 Y の欄 2 行目	1.67	省く 1.66
261	● 4	比熱を測	比熱特にC <sub>v</sub> を測
264	● 2	過ぎ後に	に過ぎ後
266	8	は ρ 軸	は ρ 軸
266	9	して ρ <sub>1</sub> よ	して ρ <sub>0</sub> よ
266	10	ρ に對し	ρ <sub>1</sub> に對し
266	11	大なる ρ に對し	大なる ρ <sub>2</sub> に對し
266	第195圖	最上の……の左端 ρ <sub>0</sub> P <sub>0</sub> の間 下より初めの……左端の ρ	ρ <sub>2</sub> をつける ……でつなく ρ <sub>1</sub>
266	● 4	高熱の	高温の

頁	行	原文	正
	● 3	高熱氣	高温氣
267	第196圖	右邊 B の上の活栓	C 字をつける
269	第197圖	圖の説明 變 <sub>2</sub>	變化
271	12	P <sub>1</sub> Q <sub>1</sub> Q <sub>2</sub> P <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> Q <sub>1</sub> Q <sub>2</sub> P <sub>2</sub> P <sub>1</sub>
273	12	一度で	一定で
276	● 1	假定	假想
277	1	なく熱源	なく唯熱源
277	2	變形し尙……居るので	變形したので
277	3	械的エネルギーを以て	械的仕事を以て
277	4,5	物體…… 削り、且つ二行分増す。	重い物體を高い所に上げたとする、それは誠に奇怪千萬な事である。タムソン (Thomson) は第二法則を次の如く言明して居る。 物質が熱を消失して、それに相應するだけの或重量のものが高所に上がる事以外に何等の變化をも伴はない現象は自然界には存在しない。
281	● 1	きり雲	きり雲
290	● 9	OA $\frac{1}{2}$	OA
290	● 6	$\frac{k}{m} \cdot OA$	$\frac{k}{m} \cdot OA$
290	● 6	P $\frac{1}{2}$	P
290	● 3	$\frac{1}{2}f=O \frac{1}{2}$	f=0
291	2	O $\frac{1}{2}$	O
291	表	下方	横線を二本入れて三段にする
303	12	$\frac{Mh}{I}$	$\frac{I}{Mh}$
309	● 6	r=	v=
314	第238圖		黒線の終に a 字を入れ一のある白い所に b 字を入れる。



頁	行	原文	正
317	5	三つある	と三つある
317	10	所に二つ	所にと二つ
317	第241圖	甲圖の下の右端	縦線が密であるのを疎にして上圖のと同じく揃へる
319	第246圖 説明文	單振動節	單節振動
319	●9	左に週期	左に或は右に周期
327	上右端	頁の番號 327	並び方を正せ
327	4	$(\frac{1}{2})$	$(\frac{1}{2})^2$
330	第259圖	反射波	不明なり、鮮明にせよ
331	第260圖	右側の圖	$t = \frac{T}{4}$ の左端の山を二倍に高く
		〃	$t = \frac{3T}{4}$ の左端の谷を二倍に深く
331	第260圖 左側の圖 下より二段	$t = \frac{T}{4}$	$t = \frac{3T}{4}$
333	●11	第264圖	第265圖
333	●4	上下動の腹	上下動の節
333	●3	上下動の節	上下動の腹
334	●6	A, E	O, S
	●5	疎部 C	疎部 Q
	●5	A, E	O, S
	●5	密部 C	密部 Q
	●4	B, D	P, R
	●3	A, C, E	O, Q, S
338	●2	20より大で20000	16より大で36000
340	12	(230)	(230/1)
341	6	(230)	(230/2)
344	表の振動 数の欄	417.6	410.6
347	3	(234/2)	(234/4)
347	5	(234/3)	(234/2)

頁	行	原文	正
349	第278圖		mの上方にH, Sの細隙の所にPの字を入れる。
349	5	照された細隙 S	照されたSにある細隙 P
353	●14	ABC	A'B'C'
353	●13	AB'C	A'B'C'
353	●12	A'B'C	A'B'C'
354	第282圖 の説明文	空氣柱	空氣柱
355	9	242圖	284圖
359	8	第171圖	第241圖
359	12	第214圖	第241圖
359	●4	0:6r	0.6r
365	8	1310	1810
369	8	反射光線屈折光線	反射光線, 屈折光線
369	第292圖	NN	NN'
369	●3	以上の法則によると	下より第一行の「投射角を」の前に移す。
370	12	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{4}$
374	第297圖		Aの下にCの字を入れる。
375	8	避する	避ける
377	●6	Qの所に	Pの所に
378	6	Eが	βが
378	6	APH	∠APH
379	●5	A=	∠A=
379	●2	AQ	PQ
379	第306圖		Q, R, S'の三點が一直線上にある如くS'及び……を移す
330	5	RQA	RQP
380	●9	BT	ST
381	1	QA	PQ



頁	行	原文	正
381	3	全反射が	全反射で
381	10	第307圖	第308圖
382	1	反第面	反射面
382	第311圖	$\mu$ 小 $\mu$ 大の文字	不鮮明を直す
385	第317圖		FC線の上端に $N_2$ の字を入れる.
387	●7	週轉	廻轉
388	●13	第319圖	第318圖
392	第325圖		上の圖に甲, 下の圖に乙と傍記する.
396	第330圖	Cより下に向ふ線	下端にDの字を入れる.
396	●5	計	不鮮明なり, 直す
898	10	雨中	空中
399	●3	AP, AP'	PA, PA
399	●3	弧PT	弧AT
399	●2	弧PT	弧AT
400	1	PT	三つともAT
400	5	點がに	點がAに
400	●9	$\overline{PF}$	$\overline{AF}$
401	第336圖	$\theta'$	P'T線の左側の角に移せ
402	4	皆Pに	皆Aに
402	●10	(265/1)	(265/2)
403	5.6	二行訂正	球面鏡や平面鏡に於ける虚像では右の頬に黒子のある人が左の頬に黒子のある人として此方に向つて立つて居る.
404	12	焦點P	焦點F
405	第344圖		文字 <i>i, i', P, P'</i> 不鮮明なり
405	●12	P	A
	●11,10	PT	AT
	●6	A'	P
405	●4	Pの左方	Aの左方

頁	行	原文	正
406	●6	き $uu'$ の	き $u, u'$ の
411	2	QV	QU
411	●7	(266/5)	(265/5)
411	●4	像P	その像PQ'
413	6	その焦點	$L_1$ の焦點
413	8	向ふので	向つたので
413	10	$f$	$f_1$
415	●7,6		TLUの三字を離さずに並べる.
420	第364圖 右の楕圓 の中心		Pの字を入れ, $K_1$ の字をその左にP と $K_2$ との間にする
420	9	直角に移動して	垂直にして移動して
422	圖	圖	第370圖
423	第372圖	R細膜	R網膜
426	12	OA'O'を	OA'O'の $\frac{1}{2}$ を
426	●12	せば $1'' =$	せば(第13節) $1'' =$
426	●10	$\frac{OO'}{OA}$	$\frac{1}{2} \frac{OO'}{OA}$
426	●9	直徑は $OO' = 1.495 \times 10^{13}$	半徑は $\frac{1}{2} OO' = 1.495 \times 10^{12}$
426	●7	分子の $10^{13}$	$10^{12}$
426	●7	8.26×	8.27×
427	1	8.73 光年である	8.7光年である(第18節)
429	●4	$m_2 =$	$m_1 =$
429	●3	$\omega : \omega' \quad y : y'$	$\omega' : \omega \quad y' : y$
434	●5	$f_0$	$f_0$
	第386圖		兩圖とも右下側に(中村原圖)を入れる.
435	第387圖	屈折像	廻折像
436	●9	上式による……	全部をその上の行●10に繰り上げつゞける
〃	●3	開口徑U……	第386圖の1は油浸顯微鏡(N.A.=1.3)



頁	行	原文	正
438	9	第276節	を使用して水銀燈(第323節)の緑色の単色光を以て撮影したものである。
438	●11	第287節	第275節
439	1	(272/3)式により	第277節
439	3	(272/4)式により	(270/4)式及び第359圖により
448	8	ML	同様に
448	●7	ML	FM
448	●4	ML	FM
449	2	u	FM
450	7	矢の方向	u
451	7	第180節	左の方向
492	第409圖	$W_1 W_2$	第223節
453	第410圖	矢 $\angle \alpha$ を	$W_1 W_2$
454	●5	(295/1)	$\sphericalangle \alpha$ とする。
457	●4	(295/2)式の	削る
458	11	第269節	(294/2)式にある如く
458	●12	(269/2)	第268節
458	●6	此場に	(268/2)
461	第421圖		此場合に
462	6	第418圖	レンズの上下の兩半に $L_1 L_2$ の字を入れる。
465	●10	式の右端の分子	第419圖
469	8	左方向に向ひ	$2d \tan \theta'$
471	3	波動鏡	右方向に向ひ
471	●3	かき實	波動鏡
472	第428圖	$p + \frac{1}{2} \lambda \cdot 2$ の矢を	やき實
475	第430圖		一つ上の斜線まで延ばす。
			AB板の中心にOの字を入れる。

頁	行	原文	正
475	10	に左方に	に右方に
476	1	きす如	す如き
478	●4	第426圖	第427圖
479	12	A',	A''
484	●8	圓盤板と	圓盤と
486	第439圖		上下顛倒せり
486	●4	水晶又は岩鹽	岩鹽又は水晶
488	●11	代の字横になつて居る。	
493	表	Se Ia	$S_{\alpha} L_{\alpha}$
496	2	$H^{\alpha}, H^{\beta}$	$H_{\alpha}, H_{\beta}$
496	6	を示ことした。	ことを示した。
496	8	$10^{-9}$	$10^{-9}$
496	9	$m=3$ は	<u>3</u> とはの間少し明ける
496	〃	$H^{\alpha}$	$H_{\alpha}$
496	〃	$m=4$ は	<u>4</u> とはの間少し明ける
496	〃	$H^{\beta}$	$H_{\beta}$
497	4	常數	定數
497	●2	常數	定數
506	12の終に追加		(第488頁の表参照)
507	●11	陽イオンが陰極に	陰イオンが陽極に
508	6	$\lambda_m$ 高い程低く	$\lambda_m$ 高い程高く
508	11	キルヒホッフ	キルヒホッフ
508	●9	キルヒホッフ	キルヒホッフ
508	●6	キルヒホッフ	キルヒホッフ
509	12	キルヒホッフ	キルヒホッフ
512	●11	一につく	一削る
512	●4	條に消	條は消
514	●6	光流 Fは	光流(又は光束ともいふ) Fは



頁	行	原文	正
515	1	燭光	燭
515	2,3	此二行の間に挿入	タングステン真空白熱電球では1ワットの電力につき6~10ルーメン, 同じタングステン瓦斯入電球では1ワットにつき8~30ルーメンの光流を出す.
515	4	光流即ち照度は	光流を照度といふ. 照度は
	6	米燭光	光削る
	7	燭光 燭光	光削る
	8	燭光	光削る
	10	燭光	光削る
	12	燭光	光削る
515	●13,12		二行削除
518	●10	算術級数 幾何級数	等差数列 等比数列
523	第454圖	第4 54圖	第454圖
523	● 2	第457圖	第458圖
525	3	第459圖	第454圖
527	2	濾合板	濾光板
527	第465圖		AA' 直線の両端に XX の字を附し A より斜下にある隅角に C' の字を附す
527	● 6	AC,	AC',
527	第466圖		第465圖と同様に C' の字を附す
528	第467圖		A より斜め右下の隅角に B 字を附す.
528	〃 説明文 に追加		AC は短かい對角線, BD は長い對角線
528	10	第253節のスネルの法則	第250節の法則
529	● 7	(第292節)	(第294節)
530	第471圖 の説明文	横浪	横波
531	● 7	$p^2$ 正に	$p^2$ に正
533	● 6	(第466圖……紙面)	(第465圖第467圖では AC, A'C')

頁	行	原文	正
533	● 6	對角線	對角線 AC
〃	● 5	對角線を	對角線BDを
533	第477圖 説明文	波通常光	波の字削る
534	● 1	$\frac{\pi}{2}-0$	$\frac{\pi}{2}+0$
536	第480圖		BK 二點を直線でつなぐ
〃	第481圖 の説明文	バルム	バルサム
539	12,14, ●9,●4	驗偏子	檢偏子
540	第483圖		PO 線の下端に P' をつける
540	第483圖 の説明	OA=OA'=a	OX=OX'=a
〃	〃	OB=OB'=b	OY=OY'=b
541	1	O から A	O から OX 上の A
541	2	O から B	O から OY 上の B
541	4	第245圖参照	削除
541	第484圖		O の左に A', O の下に B', O から斜左下に P' の字を入れる.
542	● 5	( $\mu_0-\mu_e$ )	( $\mu_e-\mu_0$ )
543	5,7,11,12, 14, 第487 圖説明文	驗偏子	檢偏子
544	●11,●8,	驗偏子	檢偏子
545	5,10	驗偏ニコル	檢偏ニコル
547	第490圖 説明文	顯微鏡偏光	偏光顯微鏡
550	● 4	氣石……LL	氣石 A, P の偏光面が一つは第494圖の LL
550	● 3	主軸……平面は板	主軸が此圖の平面に直角であるから LL, MM 等は板
550	● 2	第171圖	第488圖
551	第495圖 説明文		甲乙削る
552	9	第469圖	第466圖
552	10	1.658	1.6584



頁	行	原文	正
552	11	5	5 削る
	〃	$N_A$	$N_P$
552	12	驗偏子 $N_P$	檢偏子 $N_A$
552	● 7	1.5142	1.5442
552	● 1	驗偏子	檢偏子
553	1,2	驗偏子	檢偏子
555	3,9,●8	驗偏子	檢偏子
556	2	驗偏ニコル	檢偏ニコル $N_A$

發行者寄贈

昭和二十四年九月一日 初版印刷  
昭和二十四年九月十日 初版發行



中村物理學 下卷

定價 Y350.00

著者 中村清二

東京都千代田區神田神保町一ノ三

發行所 會社 富山房

代表者 坂本守正

京都市下京區西洞院七條南

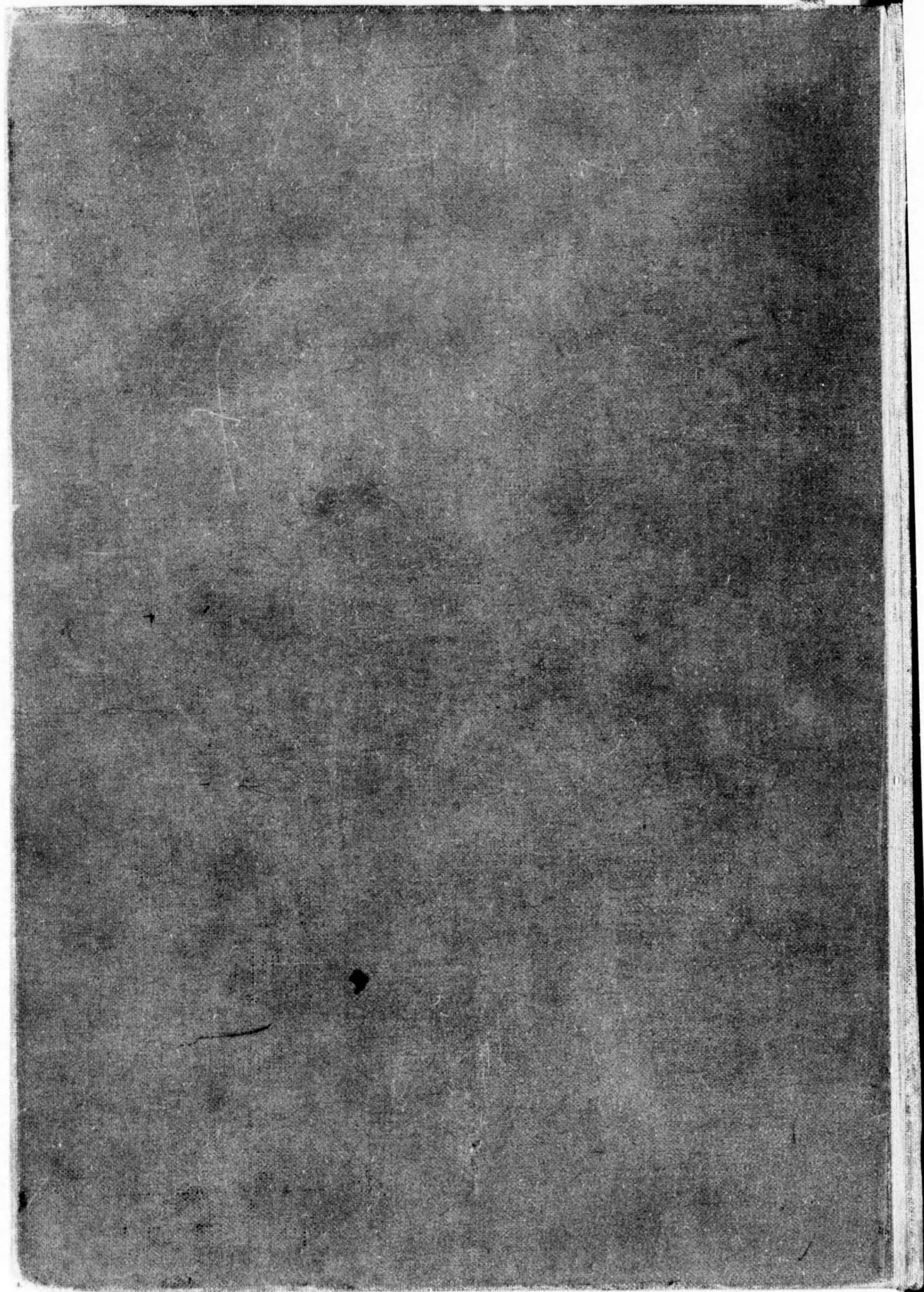
印刷所 内外印刷株式會社

代表者 富森茂彭









終