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，それが相對的で自分の系を靜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_3 の方向を往復する光に就ては PS の長さをローレンツ收縮があるなど不思議な解釋を施さずとも相對性的なる說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

$$t_1=0,\qquad t_2=\frac{t_0'}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

之を $t_2=t_0$ とすれば 即ち S' 系にかける t_0' は S 系では $t_0=\frac{t_0'}{\sqrt{1-\beta^2}}$ に長くなつて視えるのである．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視える，即ち常に

$$\text{靜止 } t=\frac{\text{運動 } t'}{\sqrt{1-\beta^2}} \tag{545/2}$$

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

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

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

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

となる．これ即ち光速度の一義性を示すもので相對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 系に對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

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

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 μ 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

$$u=\frac{\frac{c}{\mu}+v}{1+\frac{v}{\mu c}}$$

$$=\left(\frac{c}{\mu}+v\right)\left(1-\frac{v}{\mu c}\right)$$

$$\doteqdot\frac{c}{\mu}+v\left(1-\frac{1}{\mu^2}\right). \tag{538/3}$$

となる．これ即ちフレネルのエーテル隨伴の說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.

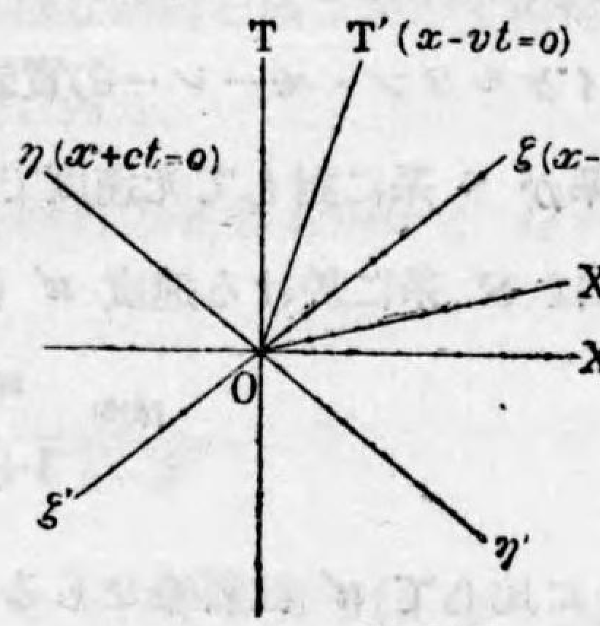
然かし兎に角 OX, OT を直角軸にして置いてロレンツ轉換式を圖示する爲に S 系を OX, OT に S' 系を OX', OT' にして見ると $x'=0$ なる OT' 軸は

$$x-vt=0.$$

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度 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

$$x-ct=0.$$

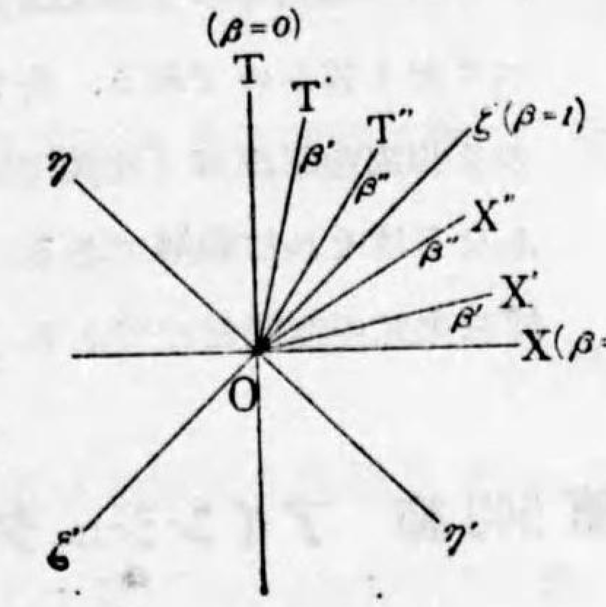
で表はされる. 之を $O\zeta$ 直線とする. OX' OT' の兩軸は此線の兩側にあつて同側に在ることはない.

次に $v<0$ として S' 系が左方に向つて動くとすると OX' も OT' も共にそれぞれ OX, OT の他側にある $t+\frac{v}{c^2}v=0$ 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度 c を取り $\frac{v}{c}$ 即ち β を以て S, S' 兩系間の相對速度とすると $O\zeta$ $O\eta$ 兩線は OX, OT 軸と 45° 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 $O\zeta$ によつて折半せられ $\beta=1$ なれば $O\zeta$ 上に重なり β が小さくなるに從つて $O\zeta$ 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 β 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 β 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 $O\zeta, O\eta$ 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 $O\zeta', O\eta'$ 象限の中にあれば必ず O 點よりは前の時刻即ち過去に屬する. 故に $O\zeta, O\eta$ 象限を**未來圏** $O\zeta', O\eta'$ 象限を**過去圏**, 左右にある二つの象限を**間在圏**といふ. 之によつて時刻も空間的位置も共に S' 系の β 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.



第 869 圖

第 870 圖

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從來は x, y, z と t とは全く別種のものと考へ

來たつたのであるが相對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考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對性原理が「左様ではない，汝等は四次元の世界に居るのだ」と敎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）を相對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

$$x=a,$$
$$y=b-ct.$$

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 α 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

ドップラー效果を調べて見る．それには第 537 節のときと同樣に唯 t を S 系と S' 系とで區別して t, t' として (537/1) の代りに

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

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' の係數を比較して見る．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 が二樣に使用されて居る．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

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

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

を得る．

此 (549/2) 式は第 537 節のドップラーの(537/2)式とは $\sqrt{1-\beta^2}$ の係數が ν' 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對的な二つの座標系 S, S' の間の關係が滿足に說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學

以上は相對運動のことだけに就てアインシュタイン相對性原理の應用を記したのである．ニュートン力學では t は絶對的で x のみが相對的であつたのを，アインシュタインは x も t も二つとも相對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對的とし靜止系 S に對する質量 m と運動系 S' に對する質量 m' とに相對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．

一體質量とは素撲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．それ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對性理論に於て空間や時間の相對性を説いたのみならず質量の相對性を説き靜止せる 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．

$$\text{運動}\ m=\frac{\text{靜止}\ m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \tag{550/1}$$

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．

靜止して居る 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彈性體（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，衝突後のが 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

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

但し $x'=0$ なればであるから y 軸の速度は

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

$$\text{靜止系の速度}=\text{運動系の速度}\times\sqrt{1-\beta^2} \tag{550/2}$$

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 $-U\sqrt{1-\beta^2}$ であり衝突後のは 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

$$\text{靜止質量}\ m_0=\text{運動質量}\ m\times\sqrt{1-\beta^2} \tag{550/3}$$

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

$$m=m_0(1-\beta^2)^{\frac{1}{2}}=m_0\left(1+\frac{1}{2}\beta^2\right)$$

$$=m_0\left(1+\frac{1}{2}\frac{v^2}{c^2}\right)$$

$$\therefore\quad c^2(m-m_0)=\frac{1}{2}m_0v^2.$$

$\frac{1}{2}m_0v^2$ 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靜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關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 一般相對性理論

以上說明した相對性理論は S' 系が S 系に對して速度 v で等速運動を為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對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**特殊相對性理論**といひ後のものを**一般相對性理論**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說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對性は彼の場合の記述で明白な通り兩系の相對運動の方向に垂直なる質量關係である．一般相對性理論には相對運動の方向に沿ふ質量の關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．

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

であるが相對運動の方向のものを**縦質量** m_e とし，それは

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

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關係は明瞭を缺いて居たが一般相對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い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說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い點卽ち**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，それが一般相對性で說明せられた．

(四) 質量の大なる恒星から來る光を分光器で檢査すると，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說明した．

(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對性理論の示す所である．諸國の大天文臺では（我國でも左樣であるが）之を實際に檢討せんとして所謂**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對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 $v=0$ なればエネルギーは零となる筈である．然るに此 $v=0$ なる狀態に於て，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樣な疑問もある．

一般相對性理論では靜止質量 m_0 のものは，そのエネルギーは

$$E_0=m_0c^2.$$

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樣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對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．

憾むらくは此學說は餘りに難解で筆者が之を說明する力量が乏しいのである．將來に於て量子論や相對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

附錄第一 ギリシャ文字

本書中に使用したギリシャ文字（讀み方は外國にても多少異なれり）

α	アルファ	Θ, θ	シータ	ρ	ロー
β	ベータ	$\varkappa$	カッパ	Σ, σ	シグマ
Γ, γ	ガムマ	Λ, λ	ラムダ	τ	タウ
Δ, δ	デルタ	μ	ミュー	φ	ファイ
ε	エプシロン	ν	ニュー	χ	クシー
ζ	ヅータ	ξ	グツー	ψ	プシー
η	イータ	Π, π	パイ	Ω, ω	オメガ

附錄第二 數學

I 級數

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

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

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

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

II 二項定理

$$(x+y)^n=x^n+\frac{n}{1}x^{n-1}y+\frac{n(n-1)}{1.2}x^{n-2}y^2$$
$$+\frac{n(n-1)(n-2)}{1.2.3}x^{n-3}y^3$$
$$+\cdots\cdots$$
$$+nxy^{n-1}+y^n$$

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

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

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

III 指數函數

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

$=e$ 自然對數の底數

此級數の始めより一項の和	1.
二項	2.
三項	2.5
四項	2.66666666
五項	2.70833333
六項	2.71666666
七項	2.718055555
八項	2.718253968
九項	2.718278769
十項	2.718281525
十一項	2.718281801
十二項	2.718281826
十三項	2.718281828

次第に一定値に近づく，之を e とす

(2) δ を有限なる小さき數とすれば

$$(1+\delta)^{\frac{1}{\delta}}=1+\frac{1}{\delta}\delta+\frac{1}{1.2}\left(\frac{1}{\delta}\right)\left(\frac{1}{\delta}-1\right)\delta^2$$

$$+\frac{1}{1.2.3}\left(\frac{1}{\delta}\right)\left(\frac{1}{\delta}-1\right)\left(\frac{1}{\delta}-2\right)\delta^3$$

$$+\cdots\cdots$$

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

$$+\cdots\cdots$$

δ を無限に小にすれば

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

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

$$=1+\frac{1}{1}\left(\frac{z}{\delta}\right)\cdot\delta+\frac{1}{1.2}\left(\frac{z}{\delta}\right)\left(\frac{z}{\delta}-1\right)\delta^2$$

$$+\frac{1}{1.2.3}\left(\frac{z}{\delta}\right)\left(\frac{z}{\delta}-1\right)\left(\frac{z}{\delta}-2\right)\delta^3$$

$$+\cdots\cdots$$

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

$$+\cdots\cdots$$

δ を無限に小にすれば

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

(4) 同様にして

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

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

(5) 同様に又

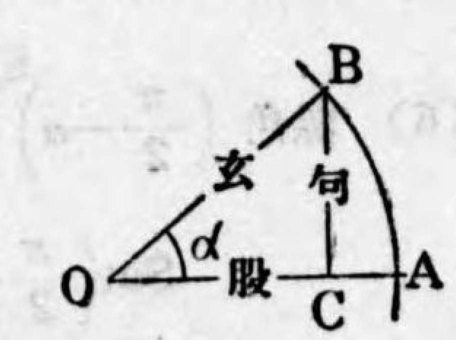
$$e^{-z}=\frac{1}{e^z}\cdots\cdots$$

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

(本書第 73 節を見よ)

IV 三角函數

(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徑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 を立てゝ直角三角形 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とを勾股弦と呼んだものである．略して勾，殳，玄とも書す．

(2) 此三邊の相互の比を角 α の三角函數と云ふ．即ち

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

$$\frac{OC}{OB}=\frac{\text{股}}{\text{弦}}=\text{餘弦, Cosine,}\quad 〃\quad \text{Cos}\,\alpha\ 〃$$

$$\frac{BC}{OC}=\frac{\text{勾}}{\text{股}}=\text{正接, Tangent,}\quad 〃\quad \text{Tan}\,\alpha\ 〃$$

(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

勾=半徑×$\text{Sin}\,\alpha$ 又

股=半徑×$\text{Cos}\,\alpha$ $\quad \text{Tan}\,\alpha=\dfrac{\text{Sin}\,\alpha}{\text{Cos}\,\alpha}$

である．

(4)

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

$$\text{勾}^2+\text{股}^2=\text{弦}^2$$

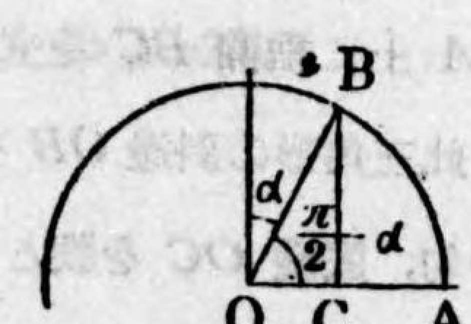
であるから

$$\text{Sin}^2\,\alpha+\text{Cos}^2\,\alpha=1.$$

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

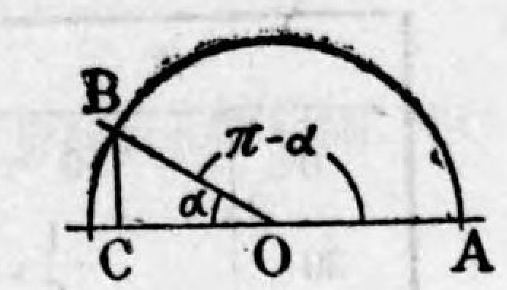
$$\text{Sin}\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)=\text{Cos}\,\alpha,$$

$$\text{Cos}\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)=\text{Sin}\,\alpha,$$



$$\text{Sin}(\pi-\alpha)=\text{Sin}\alpha,$$

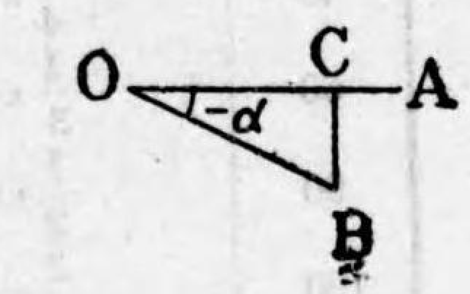
$$\text{Cos}(\pi-\alpha)=-\text{Cos}\alpha.$$



であることは明白である．又角が負になると

$$\text{Sin}(-\alpha)=-\text{Sin}\,\alpha$$

$$\text{Cos}(-\alpha)=+\text{Cos}\,\alpha.$$

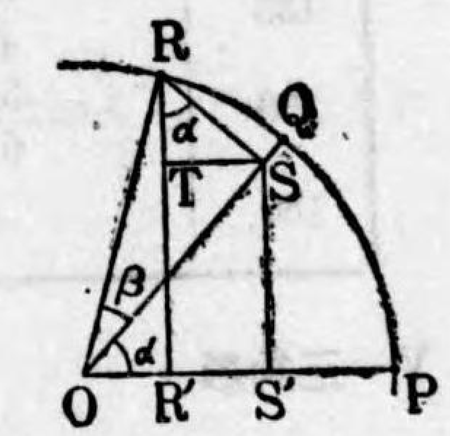


(7) 二つの角 α, β の和の正弦，餘弦を求める．

OR の長さを 1 と取る．直角三角形 ORR' に於て RR' は $\text{Sin}(\alpha+\beta)$ である．

$$RR'=TR'+RT$$

$$=SS'+RT$$



直角三角形 ORS に於て

$$RS=\text{Sin}\beta,\qquad OS=\text{Cos}\beta.$$

直角三角形 OSS' に於て OS は弦で SS' は勾であるから

$$SS'=OS\cdot\text{Sin}\,\alpha=\text{Sin}\,\alpha\,\text{Cos}\,\beta.$$

直角三角形 SRT に於て，RS は弦で RT は股であるから

$$RT=RS\cdot\text{Cos}\,\alpha=\text{Cos}\,\alpha\cdot\text{Sin}\,\beta.$$

故に $\quad \text{Sin}(\alpha+\beta)=\text{Sin}\,\alpha\cdot\text{Cos}\,\beta+\text{Cos}\,\alpha\cdot\text{Sin}\,\beta.$

同樣にして

$$\text{Cos}(\alpha+\beta)=\text{Cos}\alpha\cdot\text{Cos}\beta-\text{Sin}\alpha\cdot\text{Sin}\beta$$

$$\text{Sin}(\alpha-\beta)=\text{Sin}\alpha\cdot\text{Cos}\beta-\text{Cos}\alpha\cdot\text{Sin}\beta$$

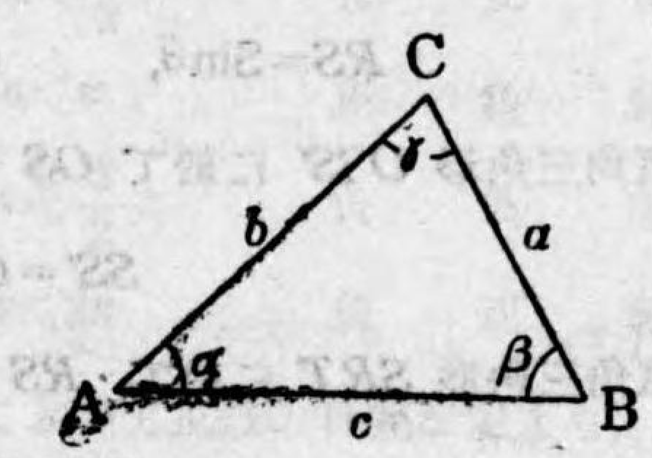
$$\text{Cos}(\alpha-\beta)=\text{Cos}\alpha\cdot\text{Cos}\beta+\text{Sin}\alpha\cdot\text{Sin}\beta$$

(8) 特別なる角の三角函數

角		正 弦	餘 弦	正 接
0°	0 ラヂアン	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	∞
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



$$a:b:c=\mathrm{Sin}\,\alpha:\mathrm{Sin}\,\beta:\mathrm{Sin}\,\gamma$$

$$a=b\,\mathrm{Cos}\,\gamma+c\,\mathrm{Cos}\,\beta.$$

$$a^2=b^2+c^2-2bc\cdot\mathrm{Cos}\,\alpha.$$

(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

$$S=\frac{1}{2}bc\cdot\mathrm{Sin}\,\alpha.$$

VI 對數

或數 N を 10 の何乘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 に對する a を探がし得る樣に作つてある．

同し數 N が前記 $e=2.718281\cdots\cdots$ の何乘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對する a と K との關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從へば

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

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

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

$$K=2.3026\cdots\cdots\times a$$

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

となる．與へられた N に對する自然對數 K を探がす表は普通使用せられない．

對數表が乘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

$$P=M\times N$$

$$=10^a\times10^b=10^{a+b}$$

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

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

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．

同樣に

$$Q=M/N$$

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

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

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．

附錄第三　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	ニツケル	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,
P	燐	15	30.98	31
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	スカンヂウム	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	ヴォルフラム（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,
Y	イトリウム	39	88.92	89
Yb	イテルビウム	70	173.04	168, 170, 171 172, 173, 174, 176,
Zn	亜鉛	30	65.38	64, 66, 67, 68, 70
Zr	ジルコニウム	40	91.22	90, 91, 92, 94, 96

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.

觀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關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. 此物事の關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「地濕ふ」といふ事件との間に原因結果の關係ありとして命題が成立して居る．雨と地が物で降ると濕ふとがそれぞれの物に伴ふ事である．

扨て今命題の前半を A とし後半を B とすれば命題の一般形式は「A なれば 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 なれば B なり，………………原命題

第二命題　B なれば 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「雨降れば地濕ふ」といふのを取れば

第一命題　雨降れば地濕ふ

第二命題　地濕へば雨降れり

第三命題　雨降らざれば地濕はず

第四命題　地濕はざれば雨降らざりしなり

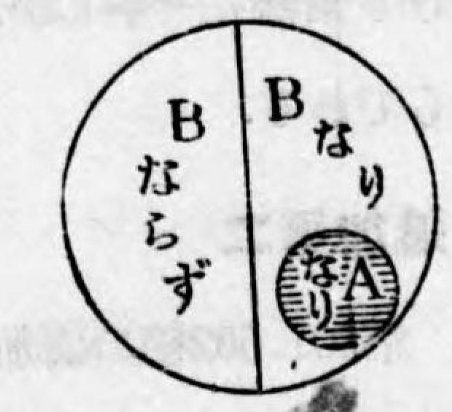
といふことになる．此第一命題は確實に正しいが殘りの三つの命題の正否は如何であらう．

第二命題は必ずしも正しくない．地が濕つて居ても，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分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．同樣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　溫度が 100°C に達すれば水は沸騰する．

第二命題　水が沸騰すれば溫度は 100°C に達した．

第三命題　溫度が 100°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溫度は 100°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卽ち溫度が 100°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

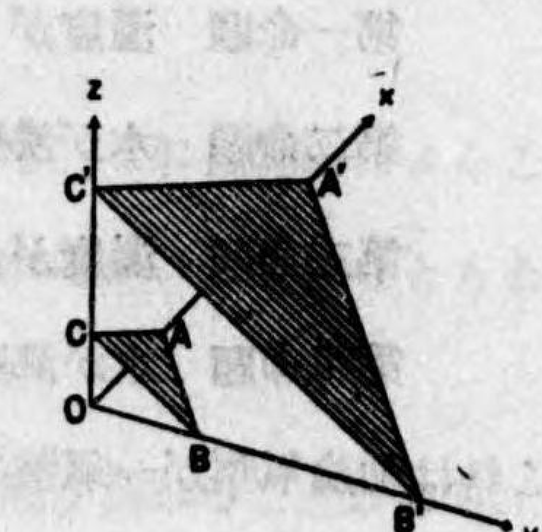
第501. 502節の追加

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讓つて, 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 の長さの絶對値でなく $p:q:r$ 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.

扨て平面 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（π 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

といふ制限の存在することである. 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に書き替へれば $p:q:r$ 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.

更に一歩を進めて

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

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 $h:k:l$ は前と同樣に分數 $\frac{1}{p}$, $\frac{1}{q}$, $\frac{1}{r}$ 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 といふ三つの整數（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 $(15\,\overline{10}\,6)$ である.

正六面體 正六面體卽ち立方體の表面の一つは Ox 軸の正の側にて之を垂直に切り 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．同樣にして Oy 軸に垂直なる (010) $(0\bar{1}0)$ 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 $p=q=r$, 從て $h=k=l=1$. である．而して軸を切る側の正負によつて

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

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 ∞ で他の二つが相等しく，從て 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

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

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。上卷は第 556 頁を以て終り下卷は第 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

ヰ は イ
ヲ は オ
クヮ は カ
ヂ は ジ
ヅ は ズ

として排列してある。

キ

ク

ト

ナ

ニ

ネ

ノ

ハ

中村物理學 上 巻 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.

●ハ頁ノ下ヨリ

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	昭和廿一年の欄	最初の11時を殘し他の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	論理學の敎へる學理
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．これはボ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．最近	云ふたが今は中央
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．
101	第75圖		第75圖を右に寄せ眞空計の三字削る．
101	第76圖		左側の圖の □ cm の □を□にする．
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糎	9.81（糎
128	第91圖	右側の圖 R_3	R_3'
		左側の圖	OP線上に $P_1P_2P_3P_4$ の字を入れる．

頁	行	原文	正文
130	1	(88)	(78)
131	第94圖甲		(t) 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	關するゐ	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	$_1t$	t_1
144	6	を O	O を
145	7	反時計的	反時針的
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	著力點	着力點
151	● 4	O' とに	O' に
152	第120圖	O からの矢の端 f_1	f
〃	〃	O' から上に向ふ矢	f_1 をつける
〃	● 2	A^1	A_1
153	8	れば A, 點	れば，A 點

頁	行	原文	正文
158	第128圖	右下端の g	g_2
158	● 4	$f_1 : f_2$	$f_2 : f_1$
159	3	合力をを	合力をも
159	10	$A'A_2$	A_1A_2
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_1f_2 と反對に向ふ二つの	削除
161	2	$-fa$	$+fa$
161	5	$+fa$	$-fa$
161	7	過するもの	過する反時針的のもの
161	第131圖	A	A_1
161	第131圖	A_1 より上方に向ふ f_1 の矢 A_2 より下方に向ふ f_2 の矢	g_1'' と同じ長さにする 〃
161	● 7	gb	$+gb$
161	● 6	fa なる偶力と……ことになる	$-fa$ なる偶力と正反對の作用を爲すのである.
161	● 4	能率だけで	能率（その大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	$\frac{T_r^2}{I}$	$\frac{Tr^2}{I}$
168	11	分母の mr_2	mr^2
168	12	分母の $m\gamma^2$	mr^2
168	15	と考へてよい	として質量なしとしてよい
170	4	$m'6$	$m'g$

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	說明文 $'\times s$	$f'\times s$
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	矢が弓から離れゝば	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	くて線	なくて線
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にあるとすれば

頁	行	原文	正
203	●13	トリチュリー	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	$\frac{4}{3}\pi r^3\rho_0 r$	$\frac{4}{3}\pi r^3\rho_0 g$
208	● 1	白熱雷燈	白熱電燈
209	●13	0.000009	0.0000009
211	1	頃	項
211	5	s_1s'	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，溫度	あるが，故に溫度
223	6	よつて溫度	よつても溫度
223	6	定壓力	定體積
224	● 3	$p_0v_0(1+3\beta t)$	$pv_0(1+3\beta t)$
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	$\theta_2{}^0$ から	θ_2 から
232	8	$W(\theta-\theta_2)$	$W(\theta_0-\theta_2)$
235	6	地面	他面
237	● 1	9 瓩	6 瓩
239	4〜10	文章を次の如く改める	金屬を接合するときに使用するハンダ蠟は鉛と錫との合金でその調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	$0°C$	$\theta_1°C$
240	2	$0°C$	$\theta_2°C$
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	數字の列を正せ
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	$\frac{1_0}{4}$	$\frac{1°}{4}$
〃	第189圖	P の下の矢↑↓	二つとも逆にして↓↑
261	表C_pの欄	アルゴンの所に	0.12 を入れる
		ヘリウムの所に	1.25 を入れる
		窒素の所	0.25 に改める
		アンモニアの所に	0.51 を入れる
		炭酸瓦斯の所に	0.20 を入れる
	C_vの欄		省く
	γ の欄 2 行目	1.67	1.66
261	● 4	比熱を測	比熱特にC_vを測
264	● 2	過ぎ後に	に過ぎ後
266	8	は p 軸	は v 軸
266	9	して p_1 よ	して p_0 よ
266	10	p に對し	p_1 に對し
266	11	大なる p に對し	大なる p_2 に對し
266	第195圖	最上の…の左端	p_2 をつける
		p_0P_0の間	……でつなぐ
		下より初めの……左端の p	p_1
266	● 4	高熱の	高溫の

頁	行	原文	正
	● 3	高熱氣	高溫氣
267	第196圖	右邊 Bの上の活栓	C 字をつける
269	第197圖	圖の說明 變le	變化
271	12	$P_1Q_2Q_2P_2P_1$	$P_1Q_1Q_2P_2P_1$
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，且つ二行分增す.	重い物體を高い所に上げたとすると，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	$\frac{k.}{m}\overline{OA}$	$\frac{k}{m}\cdot\overline{OA}$
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	橫線を二本入れて三段にする
303	12	$\frac{Mh}{I}$	$\frac{I}{Mh}$
309	● 6	$r=$	$\nu=$
314	第238圖		黑線の終に 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	縱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	$\left(\frac{1}{2}\right)$	$\left(\frac{1}{2}\right)^2$
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	表の振動數の欄	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	空氣桂	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	$\angle APH$
379	● 5	$A=$	$\angle A=$
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	μ小 μ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, P'A*
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	θ'	*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虛像では右の頰に黑子のある人が左の頰に黑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', P, P'*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 *P'Q'*
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	*OAO'* を	*OAO'* 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$OO'=1.495\times10^{13}$	半徑は$\frac{1}{2}OO'=1.495\times10^{8}$
426	● 7	分子の10^{13}	10^{8}
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	$\omega:\omega'$ $y:y'$	$\omega':\omega$ $y':y$
434	● 5	f^{c}	f_c
	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
			を使用して水銀燈（第323節）の綠色の單色光を以て撮影したものである．
438	9	第276節	第275節
438	●11	第287節	第277節
439	1	(272/3) 式により	(270/4) 式及び第359圖により
439	3	(272/4) 式により	同樣に
448	8	ML	FM
448	● 7	ML	FM
448	● 4	ML	FM
449	2	u	n
450	7	矢の方向	左の方向
451	7	第180節	第223節
492	第409圖	W^1 W^2	W_1 W_2
453	第410圖	矢↙↖を	↘↗とする．
454	● 5	(295/1)	削る
457	● 4	(295/2) 式の	(294/2) 式にある如く
458	11	第269節	第268節
458	●12	(269/2)	(268/2)
458	● 6	此場に	此場合に
461	第421圖		レンズの上下の兩半に L_1 L_2 の字を入れる．
462	6	第418圖	第419圖
465	●10 式の右端の分子	$2\tan\theta'$	$2d\tan\theta'$
469	8	左方に向ひ	右方に向ひ
471	3	波動鏡	波動說
471	● 3	かき實	やき實
472	第428圖	$p+\frac{1}{2}\lambda\cdot 2$ の矢を	一つ上の斜線まで延ばす．
475	第430圖		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		上下顚倒せり
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_c L_a
496	2	H^α, H^β	H_α, H_β
496	6	を示ことした．	ことを示した．
496	8	10^{-9}	10^{-8}
496	9	$m=3$は	3 とはの間少し明ける
496	〃	H^α	H_α
496	〃	$m=4$は	4 とはの間少し明ける
496	〃	H^β	H_β
497	4	常數	定數
497	● 2	常數	定數
506	12の終に追加		（第488頁の表參照）
507	●11	陽イオンが陰極に	陰イオンが陽極に
508	6	λ^n 高い程低く	λ_m 高い程高く
508	11	キルヒホーフ	キルヒホッフ
508	● 9	キルヒホーフ	キルヒホッフ
508	● 6	キルヒホーフ	キルヒホッフ
509	12	キルヒホーフ	キルヒホッフ
512	●11	—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	タングステン眞空白熱電球では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	光流卽ち照度は	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	算術級數　幾何級數	等差數列　等比數列
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' 直線の兩端に 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圖と同樣に 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	〃 說明文に追加		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圖の說明文	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圖說明文	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圖の說明文	パルム	パルサム
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圖の說明	$OA=OA'=a$	$OX=OX'=a$
〃	〃	$OB=OB'=b$	$OY=OY'=b$
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圖參照	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	$(\mu_o-\mu_e)$	$(\mu_e-\mu_o)$
543	5,7,11,12, 14, 第487圖說明文	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圖說明文	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圖說明文		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　￥350.00

著者　中村清二

東京都千代田區神田神保町一ノ三
發行所　合資會社 冨山房
代表者 坂本守正

京都市下京區西洞院七條南
印刷所　內外印刷株式會社
代表者 富森茂彪

終