の吾人の耳朶に感ずるものにして光は「エーテル」の横波に由りて生ずるものなり今縱波の狀況を少しく說明せんとす若し第一位の質點其列の方向に變位するときは之と近接せる第二の質點は平衡を失し從ふて第二點亦同じく變位し第三亦之れが爲めに變位し次を追ふて其各點間密接するの形狀波及すべし次に第一位の質點其速度を減じ遂に靜止し其より復び歸路に就き其平均位置を去りて反對の方向に來るときは第二第三等の各質點は又其影響を蒙る故に此の如き波動に於て疎密の狀況の傳播するものになり而して波の長さは疎より疎、密より密に至る長さなること明かなり

吾人は已にいへり波動をなす質點列に於ける質點振動の位相は順次變位するものなること今Cを以て波動の速度としλを波の長さとしTを周期とすれば$\lambda=CT$なく之と同じく其所に於ける質點の位置の狀況t'時の後に於ては$x=ct'$を距てたる質點振動の狀況にして換言すれば原點を去るxの距離に於ける質點の狀況は其時の前即ち$t-t'$に在て始原點に於ける振動と同じからざるべからず即ち振動變位をyとすれば

$$y=a\sin 2\pi\left(\frac{t-t'}{T}\right)=a\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)$$

なること明かなり而して質點に同時に數多の振動作用する時は其結果は其振動の合成動なるが故にy^1 y^2……を以て一質點に起れる振動とすれば

$$y_1=a\sin 2\pi\left(\frac{t}{T_1}-\frac{x}{\lambda_1}\right)\qquad y_2=a_2\sin 2\pi\left(\frac{t}{T^2}-\frac{x}{\lambda_2}\right)\cdots\cdots$$

にして合成動Yは

$$Y=y_1+y_2+\cdots\cdots$$

なるを知るなり之れ實に波動の干涉の生ずる所以なり

一〇九、波動の干涉

波の干涉は上に示せる數學式により之が說明を得べしと雖も吾人は一二の例を以て之れが解說を試みんとす今波動の長さ振幅及び周期の同じき即ち同一の二つ波ありて一は他に後るること波動の長さの半ばなるときは各質點は一の波動によりて一方に變位すべきと同時に他の波動によりて之れと同一の變位を他方になさざるべからず即ち此等に波動は互に干涉して各質點をして悉く平均位置に止らしめ嘗て波動を生ずることなし若し周期にして僅の相違あるときは其形狀圖の如く振幅大なること周期的に生

唸り

ず而して其數兩者の振動數の差に等しこれ即ち音響に於て唸りを生ずる所以なり

質點組に於ける波動傳播の速度は其の波動の存する物質の彈性如何によるものなれば其の物體にして「ホモゲニヤスアントロップ」(均一の儀)なるときは彈性は各所毫も異ることなく從つて其の係數も同一にして波動傳播の速度及び波の長さ相同じかるべしと雖ども若し其物體にして結晶體の如きものならんには彈性度數は方向によりて異るを以て從て傳播の速度及び波の長さも亦た同じからず今振動の源泉は物質中の一質點とすれば此質點より四方に引きたる線上にある各質點は一の質點列を形成するを以て前已に說けるによりて波動の傳播を生ず而して吾人其質點の周圍に無數の直線を想像し得るを以て波響は四方に傳播するものなり故に「ホモケニヤムアイソトロップ」なる物質に於てはt時の後に於てはcを傳播の速度とすれば$R=ct$なる半徑を有する球上の各點は振動源泉の質點の有せし振動を有すべし即ち波響面は一の球面なり而して次に此球面上の各點は振動するを以て又振動の源泉となり以て次の波

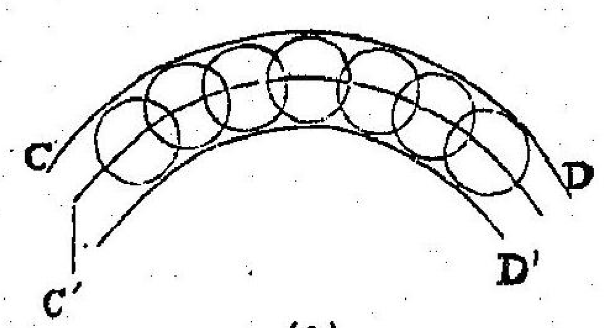
動面を形成す若し其物質にして「アイソトロップ」なるときは其波動面は球面ならずして極めて複雜なる表面を形成す而して同一の位相を有する質點を波の前面と云ふ

「ホイゲン」の原理

一一〇、「ホイゲン」の原理

「ホイゲン」は波動の構成に關する一方法を用ゐたり蓋し屢々用ゐたる如く微少の運動は之を加ふることを得べくして其振動は各振動の合成に外ならずとの理に基けるものなり即ち同一點(A)より振動傳播して某時の後波動面は某表面を形成せりとするは其次の時に於ては此波動面の各點は振動の新深泉となるが故に$r=ct$なる半徑を以て此表面の各點より球を畫き此各球に切する一の面を作れば此面は即ち其時に於ける波動面となすものなり故に今波動面の外部の表面をCDとし內部の表面をC'D'とし其の物質を「ホモケニヤステアリソトロップ」とすればCD及びC'D'及びRを有せる一の球面たるを知るべく又たt時間の後に於ける波動面は$R+ct$及び$R+ct$を半徑とせる球面たること直に知るとを

第九十七圖



(A)

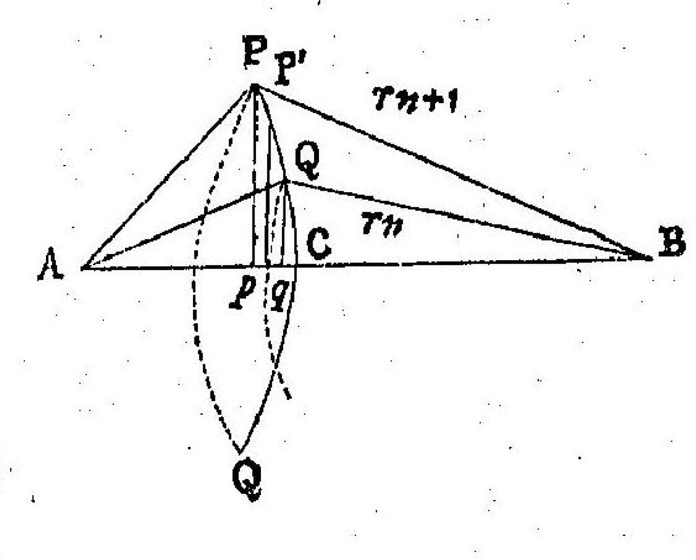
得べし故にホイゲンの原理に依り恰も(A)を源泉と考察し其之に相當なる半徑を以て構成したる表面は常に波動面上の各點を源泉として構成したる波動面と同一にして其傳播の方法は源泉質點(A)より引ける直線の方向と見て不可なることなきを知るなり然らば即ち何故に直線的に波動は傳播して波動表面各點より來る各振動は毫も影響を及ぼすことなきか之れ將に說かんとする所なり

半周期要素

一二、波動直線的傳播

Aを振動の源泉としPCQを其時に於ける波動面としBはACの方向にCの前面に位する一點とす然るときはBに於ける振動はCの影響のみにしてCの近傍より來るものは互に相消殺す今Bより$b+\frac{\lambda}{2}, b+\lambda, b+\frac{3\lambda}{2}$なる半徑を以てBを中心とし球を畫くときは此球は波動面と交叉して波動面上にCを中心とせる數多の帶を形成す此の如き帶中にある要素を半周期要素と云ふ而して同一帶中の質點より來る振動は其Bに達する距離同一なるを以てBに對しては同一の作用を有す又之と近隣せ

第九十八圖



る他帶中の各質點皆Bに對して同一の作用を有すと雖も之を前の帶中の質點振動の作用に比すれば其距離の差恰も$\frac{\lambda}{2}$なるを以てBに對しては互に反對の方向に作用し相消殺せんとするものなり而して其振動の大さは其帶中にある質點の數に比例するを以て其帶の面積に比例すべし今第n位の球と第$n+1$位の球に依て切斷せられたる帶の面積を求めんとす$AC=a$. $BC=b$. $r_{n+1}=r_n+\frac{\lambda}{2}$とすれば其所要の面積はPQを軸ABの回りに回轉して生じたる帶の面積なりP點に極めて接近せる一點P'を取りAB上のP P' Q點の投影響をp p' qとす然るときはP P'の回轉に依りて形成せられた帶の面積は

$$a=2\pi PP, PP'=2\pi PA\sin APP',$$

然るにPAP'は甚だ小なるを以てPp'はAPに垂直と見做すも不可なることなし然らばAP⊥PP', Pp⊥APなるを以て$\angle p$PP'$=\theta$なり故に

$$pp'=PP'\sin\beta$$

$$\therefore\quad 面積\ a=2\pi PA, pp'$$

$$PQ帶の全面積(Z_n)=2\pi PA(pp'+p'p''+\ldots\ldots)=2\pi PA, pq=2\pi a, pq$$

然るに

$$r^2_n = BA^2 + DA^2 - 2BA,Ap,\ r^2_{n+1} = BA^2 + QA^2 (=PA^2) - 2BA,Aq = (r_n + \lambda/2)^2$$

$$\therefore\ r^2_{n+1} - r^2_n = \lambda\left(r_n + \frac{\lambda}{4}\right) = 2BA(Ap - Aq) = 2BA,pq$$

$$\therefore\ 面積(Z_n) = \frac{\pi\lambda(r_n + \lambda/4)a}{b+2}$$

同法に依り次の面積 $z_n+1 \cdot z_n+2$ を求むれば即ち r の代りに $r+\frac{\lambda}{2} = r+\frac{2\lambda}{2}$ 等を置けば

$$Z_{n+1} = \frac{\pi\lambda a}{(b+a)}\left(r_n + \frac{3\lambda}{4}\right) Z_{n+2} = \frac{\pi\lambda a}{a+b}\left(r_n - \frac{5\lambda}{4}\right)$$

故に

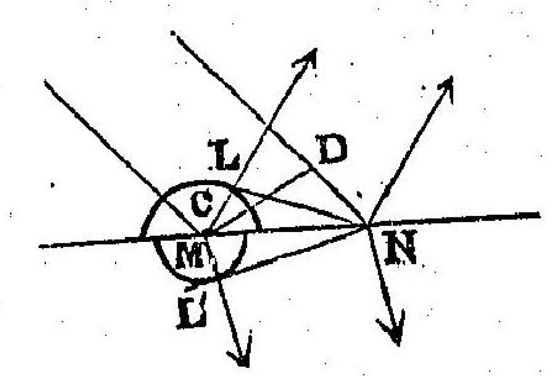
$$Z_n + 1 = \frac{1}{2}(Z_n + Z_{n+2}).$$

以上論する所に依り之を見れば近傍の振動の結果のみBに作用するを知るなり

一二二、波動の反射屈折

「ホモケニヤスアイツトロップ」物質中を波動の傳播する時は波間は振動源の中心とせる球面なりと雖ども若し此の如き波動他の之と異りたる彈性を有する物質に遭遇するときは波動の狀態は自ら變せざるを得ず「ホモケニヤスアイソトロップ」物質中に於ては其之を形成する質點は皆一樣なるを以て質點の振動傳播の狀況は正に同一質量を有する彈性衝突の場合と同一にして同一の質量を有する球の衝突するときは其之に衝突する球は全く自己の速度を他球に與へて靜止するを以て從つて「ホモケニヤスアイソトロップ」物質中に於ては波動の歸來する事なし然るに今此波動異りたる物質の表面に衝突するときは恰も質量の同しからざる球の衝突の場合と同じ結果を生ずべく若し被衝突球にして大ならば衝突球は後方に反發せらるべく又後者にして大ならば後者は尚ほ前方に進み次に後方に歸來すべし故に其境界に於ける質點は第一物質中より來れる波動を受得し嘗て論せし方法に依りて自己の物質中に球面をなし傳播せしむるのみならず又其幾分を第一物質中に返却す而して第二物質の疎密に關せず第一物質中に逆行する波動の傳播速度は其來りし波動の速度と同一なる事明なり故に波動の一物質中を通過して他の物質に進入するときは一部は其境界に於て反射せられ殘餘の部分は第二物質中に進入す換言すれば反射と屈折とをなす

第九十九圖



「ホソゲン」の原則によれば波面の各點を波動原と見做し得るなり今CDなる波面が「ミヂユム」の界MNに達せりとせばDを波動原とせる小波MNに達する時刻にはCを中心とする小波はもとの「ミヂユム」にてはCL=DNなる半徑の球面をなすべく他の「ミヂユム」にてはそれと異りたる半徑の球をなすべし故に反射波の波面はLNとなり屈折波の波面はL′Nとなるべし

一一三、複屈折　吾人は質點組に於ける波動の傳播の條下に於て其物質に振動は球面をなして波及すと雖ども其物質「アンアイソトロップ」なるときは振動源より振動の傳播するが故に常「ホモゲンヤスアイソトロップ」なるときは振動源より振動の傳播するが故に常に振動は球面をなして波及すと雖ども其物質「アンアイソトロップ」なるときは傳播の速度は四方に同一にあらず方向を異にするに從ふて異なる事を說けり而して波動の表面球狀なるときは其波の前面と波動面と一致すと雖ども結晶體の如きものに於ては其波動面は甚だ複雜にして波の前面と必しも一致するにあらず是實に結晶體に於て波線の複屈折及び圓錐狀屈折等をなす所以なり

一一四、共鳴　小なる振動と雖ども常に之を同方面に作用せしむれば其振動は遂に蓄積增加して大なる振幅を有するに至る今一物體aと振期を同ふする他の一物體bありとせよ而してa振動して其運動をbに與ふるときbの振動周期はaに等しきを以てbの復び來りて將に前と同一の方向に動かんとするときに於てaよりbに與ふる力はbの運動の方向に反對に作用するにあらずして返てbの運動と同一方向に作用するを以て其運動をして增々盛ならしむる傾向を有するものなり是故に一物體振動するとき之と同一周期を有する物體は其振動を受けて振動するに至る之を共鳴と云ふ

一一五、「ヂフラクシヨン」　「ホイゲン」の原理に依りて受授動點は又新に一の振動源となりて振動を波及する事を知れり故に今波線小なる穴隙を通過し若くは抵抗物體に遭遇するときは其細隙若くは抵抗物體の接近する所は一の振動源となり其振動を四方に傳播すべし然るに此塲合に於ては前の直行的傳播の條に於て說ける所と異にして全く能く干涉消滅する振動源の缺乏するを以て其前面に於ける各點に於ける振動は直に其後方の振動と同一に、あら

ずして某點に於ては振動増加し某點に於ては振動相減殺す是れ即ち「ヂフラクション」の顯象にして光線の場合等に於て波動一の抵抗物體に遭遇するとき物體の陰影は幾何學的投影にあらずして陰影の生ずべき所に幾分の光を認むるが如き又音響の場合に於て吾人若し其波動の長さに比して小なる家屋等の如き抵抗物體の陰影中にありて猶ほ能く音響を聞くは全く之が爲めなり

一一六、偏り　縱波の運動は單に其傳播の方向と一致して其傳動は一方向にのみ生ずるものなりと雖ども横波の場合に於ては其傳播の方向に直角に振動するを以て質點の運動は傳播の方向に直角なる平面內に於ては如何なる方向に於て生ずるも皆悉く横波動を生ず故に横波動に於ては質點振動の方向は無限大の自由を有す然るに某源因若くは其裝置によりて此無限の自由を有せる横波動は某平面の中に制限せらるるに至る事あり之れ即ち振動の偏りの現象なり尚ほ一層之を說明せんには糸を横に波動せしめ二箇の棒を以て之を挾むときは其棒の方向にして糸の振動の方向と一致するときは其振動を繼續すと雖ども若し棒をして直角ならしむるときは糸は最早振動する事能はざるに

至る此の如き現象は音響には之れなしと雖ども光及電氣波には之を生ずるを以て光の部に於て尚ほ詳說する所あらんとす

第六編　光學論

第一章　總論

一一七、光の性質　光は何により又如何にして生ずる乎換言すれば光とは何ぞやとの疑問は古來より學者の大に研究せし所にして近來に至りては種種の論證に依り宇宙間に充滿せる「エーテル」と稱し一種の輕き彈性を有せる「ミヂユム」の横振動に依りて起るものにして吾人は眼の網膜によりて此振動を感知し以て光の感覺を生ずるを確むるに至れり蓋し波動論は近來漸く行はるるに至りしものにして彼の有名なる「ニユトン」の如きも之を排して物質放射說を

維持せり放射說に曰く發光體より光なる物質放射して光の傳播を生ずること恰も大砲より砲丸を發射するが如しと然れども此の如き學說の誤謬は今日已に摘發證明せられ亦之を信ずるものなし

光は彈性物質の「エーテル」の振動によりて生ずるとなす以上は光に於ても波動に於けるが如く反射屈折干涉「ヂフラクション」等の諸現象を呈すべし而して此等の現象に關する法則は音響に於けると等しく波動の法則に從わざる可からざること勿論なり

エーテルは非常に稀薄にして重力の影響を蒙らず又諸物體の運動に抵抗することなしと思考して可なり尤も「エンデ」彗星の軌道の變化は或は「エーテル」の抵抗に因するにあらずやとの說をなす者なきに非ず「ロード、ケルビン」は其比重を算法して 10^{-18} より少ならずとなし「グレッツ」は之を 9×10^{-16} となせり

一一八、發光體透明體及不透明體　光を發する太陽恒星燈火の如きものを發光體と云ひ玻璃空氣の如く光を吸收することなく之を通過せしむる物を透明體と云ふ之れに反して全く光を吸收し毫も之を通過せしめざる物を不透體と云ふ金屬木片等の如き是なり吾人の知る處を以てすれば宇宙間の萬物は完全に透明體と名づくべき物なく又完全に不透明體と稱すべき物なし何となれば諸物皆多少光を吸收し又多少光を通過するを以てなり玻璃及空氣の如きも其厚さ非常に大なるに至らば光を吸收して青色を呈し又金屬も之を剝ぎて非常に其厚さを減ずるは能く光を通ずるを以てなり

透明體、不透明體

一一九、光の波及　光の發光體より波及するや若し其「ミヂュム」にして「ホモゲニャス」なるときは傳播は四方に均一にして光波の前面は常に發光體を中心とせる球面上に存せざるべからず而して光の波及する方向を光線と云ひ光線の集合せるものを光束と云ふ若し發光體無限の距離にあるときは球面は平面に變じて光線の方向互に平行なりとす又「ミヂュム」の狀況均一ならざるときは光は最短時に通過し得べき行路を取る

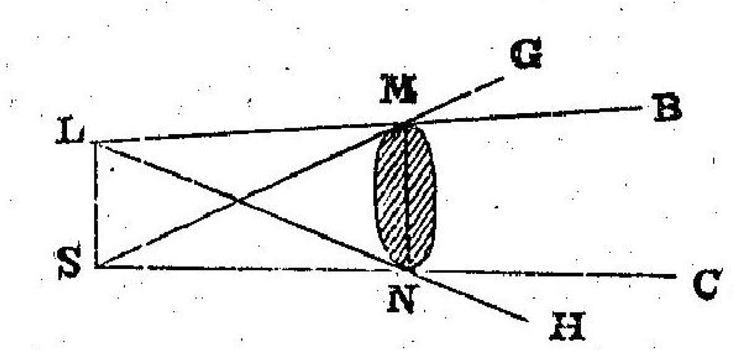
一二〇、陰影及半陰影　一點より光の發射するとき不透明體を以て之を其掩へば光は之れが爲めに遮られ其後方に光の達せざる部分を生ず之れを其物體の陰影と云ふ若し發光體點にあらずして面積を有するときは其狀前と

陰影

半陰影

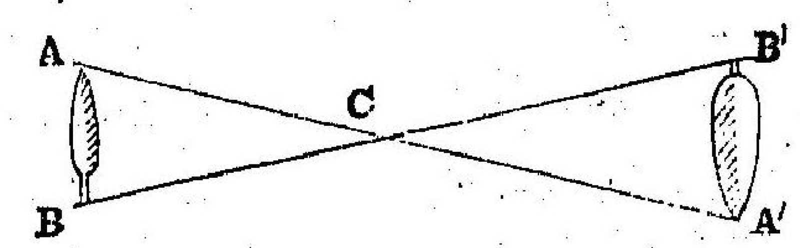
異にして圖に示す如き狀を呈す發光體をLS不透明體をMNとすMN及びLSに切線SMG及びLNHを引き之をして二物體に切せしめながら其周圍に旋轉すれば一の表面を得べしMNの後方にありて此表面の包圍せる部分GHは即ちMNの陰影なり然るにSより來る光線はSG及びSCの方向にあるを以てHCはSに對してMNの陰影にしてLに對しては陰影たることを得ず此の如き部分は之を半陰影と云ふ實に半陰影部はSMGなる切線をも物體の回りに旋轉し得たる表面と前に得たる表面とによりて包まれたるMNの後方の部分なり

第百圖



一二二、細隙を通過して生ずる物像　均一なる「ミヂユム」に於ては光線は直線なるが故に若し不透明體中の細隙を通じて光の進むとき其細隙にして波の長さに比し非常に大なる以上は光線は必ず直線なるべし今Cを細隙としABを物體とすればAより來り細隙を通過する光線はACA'にしてBより來る光線はBCB'なり故にCの後方にA'B'なる衝立を置くときは吾人は倒にABの像を見るべしA'B'是なり

第百一圖

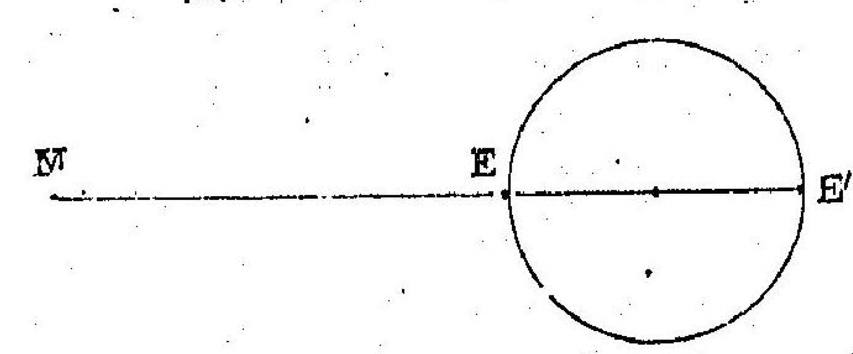


一二三、光の速度　光線の一所より他所に達するや甚だ瞬時にして光波の傳播の速度は一見無限なるが如しと雖も決して然るにあらず波動の定理に從ふときは一定の速度を有するや論を待たず然れども其速度甚だ大にして之が測定を得たるは和蘭人「レーメル」を以て嚆矢とす即ち木星に於ける衛星中第一衛星Mは地球に對する月の如く木星の周圍を回轉し始終其陰影中に出沒し其狀況は明に地球より之を望見することを得べし而して蝕より蝕に至る間は實に四十二時二十八分三十六秒なりとす今地球のE近傍即ち星と最近距離にあるときは衛星Mの周轉の時間は殆ど同一なりと雖も地球太陽の周圍を周轉し其行路次第に進むに從ひ其間漸く大となり六ヶ月の後地球E'の近傍に至るときは其經過の時の後るると十六分三十六秒に達す此れ實に實測と計算とにより得たる時間の差異なりとす

「アベレーション」

蓋し此の如き差の生ずるは必竟光の速度に原因するものにして地球E′にあるときはMより來る光の通路はMEにして地球E′にあるときは其通路はME′なるを以て光は地球E′にあるときは地球にあるときより尙ほEE′の路を通過せざるべからず換言すれば光のEE′を通過するに十六分三十六秒の時間を要するなり「レーメル」の此の説を唱導せし當時は充分に之を承認するものなかりしが其後「ブラニトレー」は「アベレーション」の顯象を發見し光の速度を有することを證し爾來其速度の測定をなせしもの寡からず「アベレーション」の顯象は光の速度と地球の速度との關係によりて生ずるものにして恒星SよりVなる速度を有するSAB′光來るとし觀測者はBよりBに向てvなる速度を有するとすれば相對速度の理によりて光はAB′(=V)とBB′(=v)との合成速度の方向ABにABなる速度を有すべし故に吾人は恒星をSに望まずして却て之をS′に望む然るときは

第百二圖

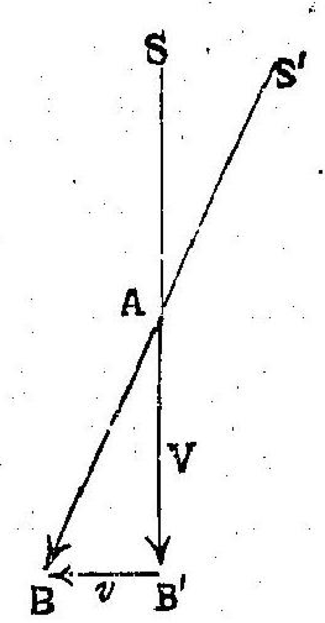


$$V : v :: \sin A'B'B : \sin A'B'S'$$

$$\therefore V = v\sin A'B'B / \sin A'B'S'$$

なり此の如くにして光の速度を測定し得るのみならず實驗によりて尙ほ能く之を測定し得べし今其二三の法を説かん

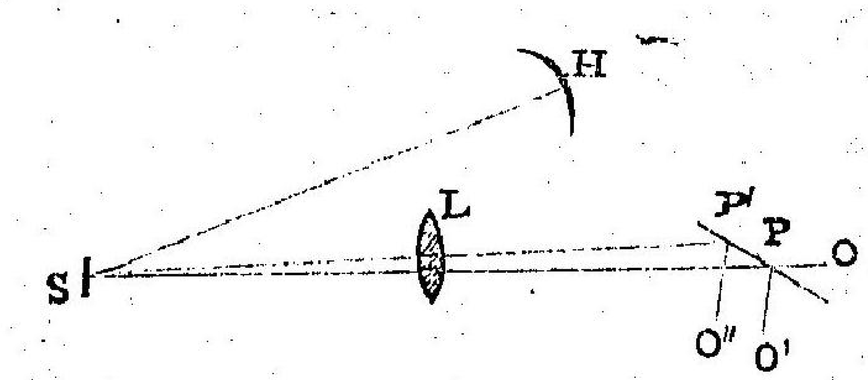
第百三圖



一二三、「フーコー」の方法

左圖は其概畧を示すものなり光線は直方形の細隙よりOSの方向に暗室Kに來り「色消レンズ」Lを通過し平面鏡Sに依りて反射せられ凹面鏡Hに遭遇す而してSは紙面に直角なる軸の回りに回轉し得べからしめ且其回轉軸はHの曲面中心と一致せしむ然るときはHに投射したる光線は反射の法則に依り復びSに歸來しSより舊路を取りOに歸るべし故に其細隙に白金銀を緊張する時は白金より出る光線は再び白金の所に歸來し像を結ぶ今途中Pなる鍍金せざる鏡を殆んど四十五度の傾斜に置く時は歸り來れる光線は此鏡面より反射してPO′の方向を取り擴大力を有する「レンズ」の上に落つ此の如き裝置の後Oより來れる光線を顯微鏡Mに依りて望めば若しS鏡靜止するときは吾人は白金の像をO′點に見認むべし又S鏡靜止せずして徐

徐に回轉するときは光線SよりHに行き再びS歸來する時間にS鏡は格別其位置を變せざるを以て吾人は猶O'點に其像を認むべく而て鏡の回轉と共に物像陰影出沒すべし然るに若しS鏡の回轉速度增して一秒間に三十回以上に至れば瞬時間網膜に印像の存する理に依りて白金の像は最早陰影することなく常に之を望むことを得べし而して回轉益甚しきに至れば回轉の增加と共にHSなる光線はS鏡の變位に伴ひSPの方向を取らず少しく偏倚してSP'に來り吾人は像のO''點に得べし今$HS=l$,$SL=l'$,$OL=r$,$O'O''=\delta$としnをS鏡の一秒間に於ける回轉數とすれば



第百四圖

$$V=\frac{8\pi l^2 nr}{\delta(l+l')}$$

にして此方式に依りて光の速度を算出し得べし「フーコー」の實驗に於いては$HS=13ft$ O'點の變位せる量は〇三乃至〇二「ミリメートル」にして之に係りて一秒間一八五、一五七哩の速度を得たり液體に於ても此裝置を用ゐて實驗するとを得べし即ちHとSと間に管ABを置き其の中に液體を入れてS鏡を回轉せしむるときは光鏡HSは管中の液を往復するが故に液體に於ける速度の影響を蒙り像は猶一層變位してO'''に至る之に依りて之を見るときは速度は空氣中に於ては水中に於けるより一層大ならざるべからずして能く波動論の結果と一致すと雖も放射說の結果と一致することなし

一二四、「フヒゾー」方法　一千八百四十九年「フヒゾー」は直接に光の速度を測れり即ち之に用ゐたる機械の主要部は均一に分劃せられたる齒車反射鏡及望遠鏡なりとす而して齒車の齒の大さは各齒間の距離に等しく且齒中は回轉し得べきものにして其回轉の數も亦之を測ることを得べき構造を有す而して兩齒間の間隙を過ぎて通過せる光は遠距離にある反射に依りて反射せられ再前位置に歸來するの裝置あり今若し齒車靜止するときは甲乙兩齒間通過せる光は再び甲乙兩齒間に歸來すべしと雖も齒車某速度を以て廻轉するときは甲乙兩齒間を通過し反射鏡に依り反射せられ歸來する光は乙齒の爲めに遮られ吾人は之を見ること能はざることあるべく又或は乙丙二齒間の間隙より歸來すると

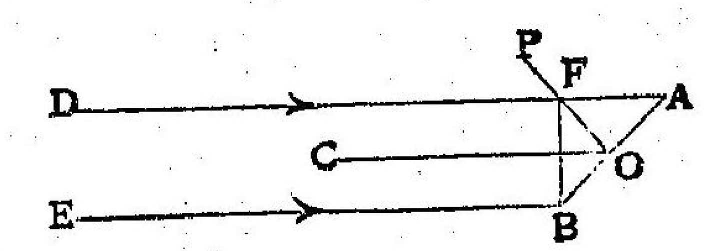
あるべし之を要するに其光の見ゆるは見えざるとは全く齒車廻轉の速度反射鏡の距離光の速度及び齒車の大さ等に關係するを以て「フヒゾー」は此方法に依りて光の速度を測定して一秒時に一九六〇〇〇哩なりとせり「コルヌー」「ニューカム」等之が測定を試むと雖も玆に之を説かず

一二五、光の强弱　光は發光點より球面をなして四方に波及するが故に其强度の距離に關するとは理の見易きものなく即ち光の强弱に關する法則は

一　光の强さは光源よりの距離の自乘に反比例す

又光を受くる面積大小に關するを以て

二　斜面に於ける光の强さは其光線と斜面に於ける垂直線となす角の餘弦に正比例す



第百五圖

DA 及び EB を光線の方向とし AB を斜面とし OP を AB の垂直線とし POC=α とすれば斜面 AB に受くる處の光は DA 及び EB により て限界せられたるものにして此光束に於ける光の全量を a とし光束の切斷面 BF を s とし AB の面積を A とすれば

$$I=\frac{a}{A}=\frac{a\cos\alpha}{A\cos\alpha}$$

然るに　$\angle POC=\angle ADF$　なるを以て　$A\cos\alpha=s$

$$\therefore I=\frac{a}{s}\cos\alpha$$

即ち第二則の正しきを知るなり

「ラムホルト」光度計

一二六、光度計　光度計は種々の光線に於ける光の强さを比較する器械なり「ラムフホルト」の光度計は磨したる玻璃板の上に二箇の發光體によりて生ずる一物體の陰影を投射し其影の暗さを一樣にして以て光の强弱を比較す假令へば始め二つの光に因りて生じたる陰影の暗さ一樣ならざるときは其一光の距離を變化して暗さを同うすべし此場合に於て其陰影は完全なる陰影にあらずして一方の陰影を他光の照すものなれば其暗さの度一樣なれば是れ即ち玻璃板上に於ては一方の光度の他光の光度と同一なるを證するに外ならず今光の强さを i 及び i' とし又陰影に至る距離を d 及び d' とすれば

$$\frac{i}{d^2}=\frac{i'}{d'^2}\quad 即ち\quad \frac{i}{i'}=\frac{d^2}{d'^2}$$

を得るを以て光の强さを比較することを得「ブンセン」の光度計は同理に基きて作れるものなり

光度の强弱を比較するに當りては先づ其單位を定むることを要す電氣社會に於ける萬國共同の光の單位は一平方「センチメートル」の融解せる白金の其將に凝固せんとする時發する光(大略十五燭光)なりとす

第二章　光の反射及鏡

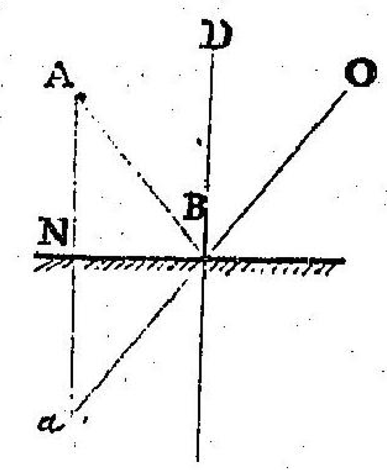
一二七、光の反射　光が磨きたる面上に投射する時は反射する者にて其反射に關する法則は波動の場合と同一なるを以て之を略す唯だ之を實驗する方法を述べんとす即ち垂直なる分度圓板の中心に圓板に沿ふて旋轉する望遠鏡を先づ光の方向に向しめ其方向を指示する度を讀み次に適當なる距離に置ける水銀盤面に望遠鏡を向はしむれば前の光線に平行し來る光線は水銀盤面により反射せられ望遠鏡の視界に來るべし此れ即ち反射せる光は投射せる光と同一平面にあるを示すものなり又此の時に於ける望遠鏡の指示せる度盛

を見れば其水平線となす角は前者と正に相等しきを見る即ち投射光線と反射光線は反射面に對して同一の角をなすものなるを知なり

一二八、鏡　鏡とは磨かれたる物體の表面にして光の反射によりて物像を映ずるものなり鏡は其形狀に依て之を區別す平面鏡、凸面鏡、凹面鏡、球面鏡、拋物面鏡、圓錐面鏡等の種類なり

一二九、平面鏡によりて物像の構成　物像の位置並に大さを定めんとせば其物體の各點の像を求めざるべからず故に先づ一點Aの像を求めん

第百六圖



Aより發する任意の光線ABを考ふるにBに於いてBOの方面に反射せらる而して垂線DBを引けばDBA角はDBO角に等し今Aより垂直線Aaを下しOBの延長部とaに會せしむれば二つの三角形ABN及びNBaに於てBNは共通にして$\angle ANB=\angle aNB$　$\angle ABN=\angle aBN$なるを以て此の二つの三角形は互に相等しく即ち$AN=aN$なり然るに光線ABは任意のものなるを以てAより發する凡ての光線はANと其延長部に於て長さANと等

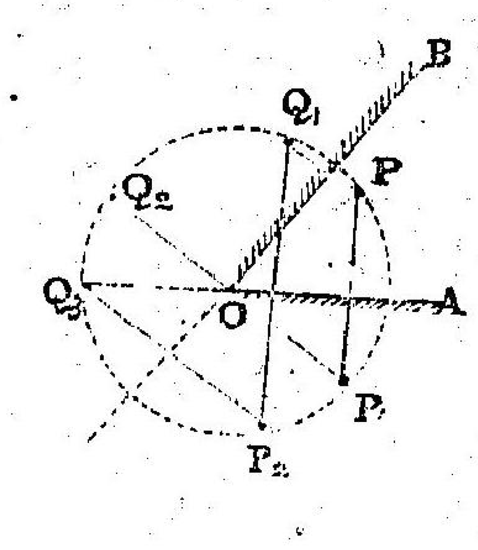
しき點にa於て會せざるべからず此の故を以て光の平面より反射するときは恰も其鏡面後a點より來る如き感を生ず即ち平面鏡に在ては點の像は鏡の後面に於て其點より鏡に引ける垂直線上にあり而して鏡面より點に至る距離は像に至る距離に等し

此法則によりて平面鏡に對する物體の像は直に之を作ることを得べし平面鏡に於ては像は決して倒映せらるるものにあらず而して像の大さ實物に同じ

一三〇、虛像及び實像　物像に二種の區別あり即ち反射後の光線の收歛すると發散するとに因り物像に差異を生ず反射後の光線發散するときは此光線は再び會合することなく反對の側に延長するときは始めて交叉するものなり故に實際像なしと雖も恰も鏡面の後に像ありて之れより光線發散するが如き感をなす之を虛像と云ふ之に反して反射後の光線收歛するときは此等の光線は實際一所に集合して像を結びて光線再び此所より發射し來るべし之を實像と云ふ實像は必ず物體と同側にあり

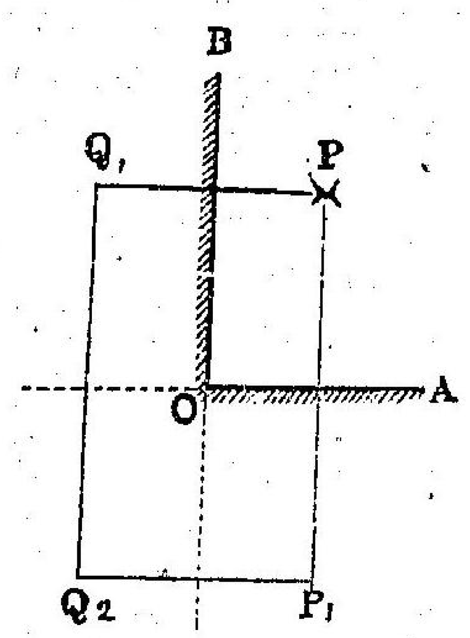
一三一、交叉せる平面鏡より生ずる物像　二平面互に傾交して

第百七圖



其角度二直角の整分數なるときは數多の物像を生ずるものにて其數は角度に應じて一定せりAOBを以つて二平面鏡の交叉線に直角なる切斷面とし$\angle AOB=\frac{\pi}{n}$（nは整數）としPを光線とす今Pより垂線をOBに下し前法によりPのOB鏡に映ずる像Q_1を求め次にQ_1のOA鏡に映ずる像P_2を求め順次此の如くなしてQ_3 P_3等を求めんに此等の像は皆OよりOPに等しき距離にあるを以てCを中心としOPを半徑とせる圓周上に配列すべし次に又Pより先づOAに垂直線を下し其像を求め2の像P_3を求め順次此の如くするときは先に求めたる像を逆に逐ふと異ならず何となれば物體P及び其像P_2 P_3等は各々AOB角の二倍を隔てて配列し又Q_1 Q^2等の點も同一の角度を距てて配列するを以てなり故に若し$2\angle AOB$にして2πの整分數なるときは即ち$\angle AOB=\frac{\pi}{n}$なるときは像の數は一定せるものにて即ち$2n-1$なり

第百八圖



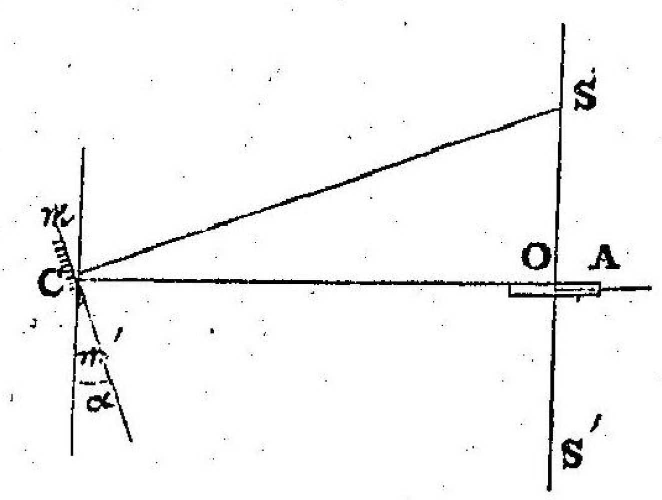
今$n=2$即ち二鏡互に直角に交るときは其形狀圖に示す如く三個の像を生ず若し又二鏡互に平行するときは$n=\infty$となりて其像無窮に配列し曾て止むことなきは直に之を知ることを得べし

一三二、不正反射　光若し能く磨かれたる表面に遭遇するときは光の法則に從ひ正く反射せらるべし之れを正反射と云ふ然るに若し粗糙なる表面を有する不透明體に遭遇するときは其一部は正く反射し一部は四方に擴散し一部は其中に吸收せらる之を不正の反射と云ひ其不正に反射せられたる光を散布せられたる光と云ふ而して此の光こそ吾人に物體の表面觀を與ふるものなり何となれば然らずして表面能く研磨せらるるときは吾人は唯其反射せられたる物像をのみ見るべきを以てなり暗室にありて細隙より來る日光を見るは空氣中に浮遊せる細塵の爲めにして「チンダル」は其空氣中に細微の浮游物なくんば決して電光等を見ることなしと云へり實に此の浮游物の爲めに日光は散亂し彼の昔昏昧爽等の顯像を生ず

一三三、反射せる光の强さ　光が表面より反射するときは反射光と投射光との强さ相同じからずして反射せる光は常に弱し而して同一物體にありては投射角益々大なれば其强さ益々大なるものなり白紙の一片を燭光の前に置き極めて斜に之を覗ふときは反射によりて燭光の像を見ることを得れども少しく眼を高くすれば見ることを得ざるは蓋し是が爲めなり又た反射せる光の强弱は假令其研磨の度及傾角同一とするも物體によりて同じからず即ち金屬の鏡に於ては反射せる光の强さは投射せる光の五分の三にして水銀面に於ては四分の三玻璃面に於ては廿五分の一水面より來るものは五十分の一なりとす

微少角の測定

第百九圖



一三四、回轉せる鏡面より光の反射　鏡面或位置よりα角回轉するときは其位置に在て反射せる光線は最初の位置に在て反射せる光線の方向と2αなる角をなす

平面鏡の反射によりて微少の角を測ることを得べし是れ實に「カウス」の始めて用ゐたる方法にして種々の

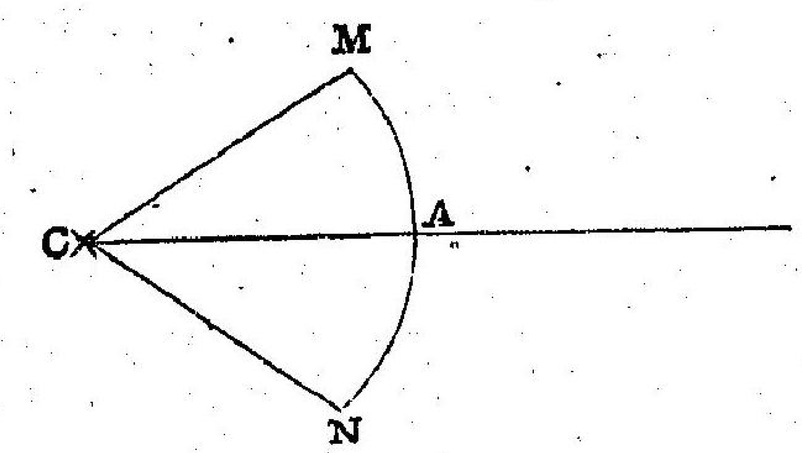
研究上極めて必要なるものなり即ち mm' は鏡にして AO は望遠鏡 SS' は物指なり今鏡 SS' に平行なる位置にあるときは O より發する光は復び O に歸ると雖も mm' の位置を取るときは S より來る光線反射して望遠鏡に來るべし即ち鏡の回轉したる角を α とす

$$\tan 2\alpha = os/oc$$

に依りて測ることを得るなり

其他平面鏡の應用は枚擧するに遑あらず

第百十圖



曲率中心　曲率半徑　鏡心　主軸

一三五、球面鏡　球面鏡の其反射面が球面の一部分より成るものと而して球の中心が反射面の前にあるか或は後にあるかにより凹面鏡凸面鏡の別あり球の中心Cを曲率中心と云ひ球の半徑を曲率半徑と云ふ而て鏡の周緣圓狀なるときは周緣より等距離なる反射面の點Aを鏡心と云ふ鏡心曲率中心を貫ける線CAを鏡の主軸と云ふ又MCNなる角を鏡の開きと云ふCを貫ける主軸外の各々の線を副軸と云ひ主軸を含でなせる切斷面を主斷面と云ふ

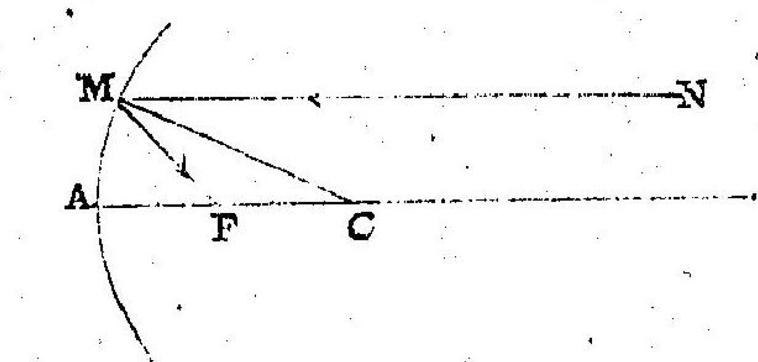
副軸　主斷面　實焦點　虛焦點　主焦點　主焦點距離

一三六、球凹面鏡に於ける焦點　曲面鏡に於ける焦點とは反射光線の集合する點若くは反射光線の延長部の相會する點を云ふ而て其實際光線集合するときは之を實焦點と云ひ然らざるときは之を虛焦點と云ふ先づ實焦點の塲合を論せんとす

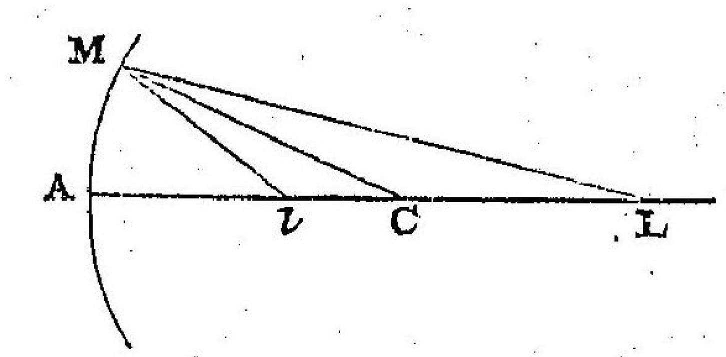
MN は主軸に平行なる光線にして M に於て MF の方向に反射するものとす又 C は曲率中心にして A は鏡心とす然るときは CM は M に於て球面に垂直なるを以て $\angle NMC=\angle CMF$ なり然るに MN 及 AL は平行なるを以て $\angle NMC=\angle MCA$ 即ち三角形 CFM は兩等邊三角形にして CF＝MF なり若し鏡面の開き少にして五六度を越へざるときは格別の誤差なくして MF＝AE と見做すことを得べし即ち F 點は AC の中點なり之と同理により主軸と平行の光線は悉く反射の後 F 點を通過すべし F を主焦點と云ひ AF の距離を主焦點距離と云ふ

共軛焦點

第百十一圖



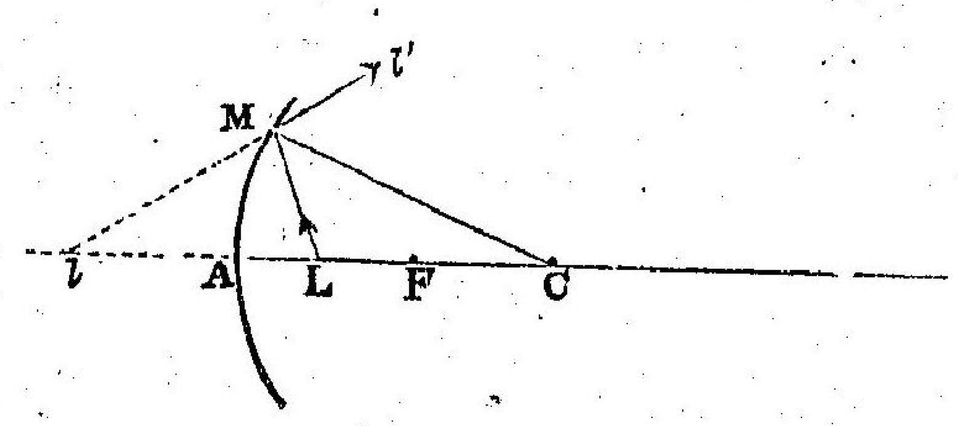
第百十二圖



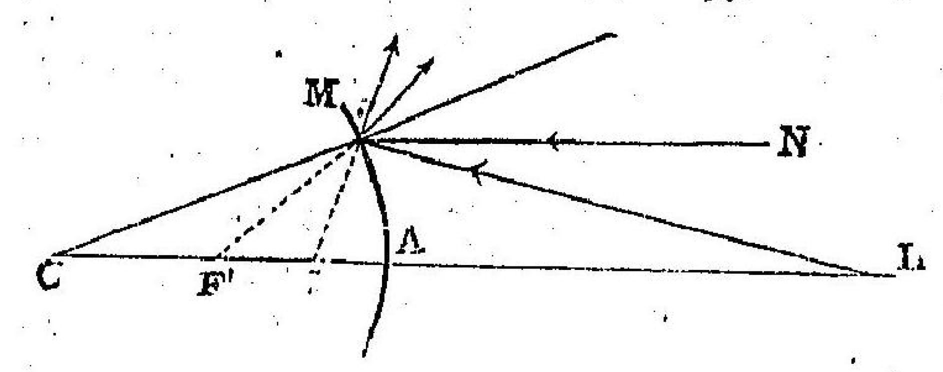
主軸に平行せる光線は無限の距離にある光點より來るものなり若し光點Lが主軸上有限の距離にあるときには光線は鏡面に向て發し來るなり而して此の場合に於ては其の投射角はNMCより小なるを以て反射光線はCとFとの中間點lを通過せざるべからず而して若し鏡面の開き小なるときは總ての反射光線はl點に集合す此L及びl點を稱して共軛焦點と云ふ今L點進んでCに近くときはlも亦Cに近き其Cに至るときはlは又Cに合し投射及び反射光線は同一となる尚進んでCFの間に來るときは是れ前の場合を唯だ轉換せるに過ぎず而して遂にLがFに至るときは其の共軛點は無限の距離に去る以上の場合に於ては悉く實焦點なりとす

一三七、虛焦點　然るに若しL點進んで焦點と鏡面の中間にあるときは投射角LMCはFMCより大なるを以て反射角CMl'はCMNより大ならざるべからず即ち光線は反射後發散し決して集合することなかるべし然るにMl'を鏡の後面に

第百十三圖



第百十四圖



引長するときは主軸の一點lに會し反射波の光線は恰も背後lより來るの觀を呈す此の如き點を虛焦點と云ふ故に虛焦點は平面鏡に於ける物像點に類するものなり

一三八、凸面鏡に於ける焦點　凸面鏡に於ては光線鏡面に於て反射するときは悉く發散するを以て實焦點を結ぶことなし凸面鏡に於ても亦前と同一法によりて虛主焦點は曲率半徑の二分の一なることを證することを得べし又光點Lにあるときは其共軛點lは又鏡背にありて焦點Fと鏡心との中間に存するを知るなり

一三九、球面鏡に於ける共軛焦點の關係

共軛焦點をL及びl球面の中心をC鏡心をA半徑をpとし$\mathrm{PA}=f_1$, $l\mathrm{A}=f_2$, $\mathrm{AF}=\frac{\mathrm{R}}{2}=f$とす

今三角形$l\mathrm{ML}$に於てMCはlLNC角を二等分するを以て

$$\mathrm{M}l:\mathrm{ML}=\mathrm{C}l:\mathrm{CL}$$

然るに鏡の開き小きときにはMLは殆どALに等くMlは殆どAlに等きを以て

$$\mathrm{A}l:\mathrm{AL}=\mathrm{C}l:\mathrm{CL}$$

即ち

$$\mathrm{C}l\times\mathrm{AL}=\mathrm{CL}+\mathrm{A}l$$

$$\therefore\ (\mathrm{R}-f_2)f_1=(f_1-\mathrm{R})f_2$$

$$\therefore\ \frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}=\frac{1}{f}\cdots\cdots\cdots\cdots(\mathrm{A})$$

或は又た

$$f_2=\frac{f}{1-\frac{f}{f_1}}\cdots\cdots\cdots\cdots(\mathrm{B})$$

此の方程式の詳論をなさんに種々の場合を考察せざる可からず

(一)共軛焦點の一即ち發光點Lが主軸上にありて其距離無限大なるときは$f_1=\infty$にして(B)は$f_2=f$となる

(二)今若し發光點L漸次鏡面に近くときははf_1は無限大より漸次減少するを以てf/f_1は増加し從ふて$1-f/f_1$の價は漸次減少す故にf_2の値は漸次増加す即ち像は漸次曲率中心の方に近けるものにして且つ$f_1>\mathrm{R}$なる間は必すFとCの間にあり

(三)發光點の曲率中心の上にあるときは$f_1=\mathrm{R}=2f$なるを以て$f_2=2f=\mathrm{R}$となる即ち像は光點と合す

(四)尚發光點從面の方に進むときは像は遂に中心Cの外に出で次第に鏡面を遠かるべし

(五)今若し光點Fに來るときは$1-\frac{f}{f_1}=0$とするを以て$f_2=\infty$即ち像點は無限大の距離に遠かるべし

(六)尚進で光點主焦點の內に來るときは$f/f_1>1$となるを以て$1-\frac{f}{f_1}$は負數なり

故にf_2は負の價を有するに至る此場合に於て像は鏡の後方に生ず故に今鏡の後方に計りたる距離を負とし鏡の前方に計りたるものを正としf_1 f_2 fを以て距離の數價を表はすとせば此の場合に於ては

$$\frac{1}{f_1}-\frac{1}{f_2}=\frac{1}{f}$$ となるべし

凸面鏡の場合に於てはf_2及びfは常に鏡面の同一の側にありてf_1は他の側にあるを以て公式は

$$\frac{1}{f_1}-\frac{1}{f_2}=-\frac{1}{f}$$

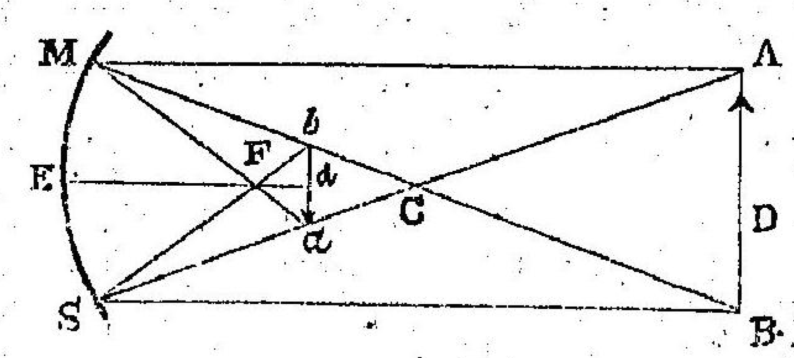
即ち

$$\frac{1}{f_2}-\frac{1}{f_1}=\frac{1}{f}$$

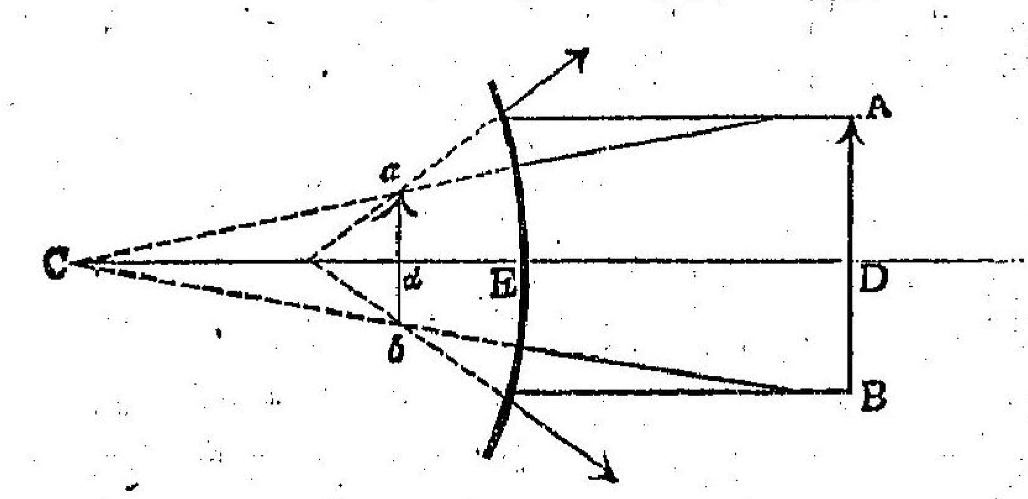
となる其詳論の如きは凹面鏡に於けると一般なるを以て復た贅するを要せず

一四〇、球面鏡によりて像の構成　以上は平面鏡に於けるが如く光點の像を考察せしと雖も物體の像を構成するに際しては其各點に相應ずる像を作り之を聯結せざる可からず而して軸に平行なす光線は皆主焦點Fを通過し又副軸に沿ふて來る光線は反射後同一の路を取りて歸るを以て吾人は左の

第百十五圖



第百十六圖



方法によりて物像を構成し得るなり即ちABを物體としCを曲率中心としDCEを主軸としFを焦點とす然るときはDEに平行なる光線AMは反射後MFとなり又光線ACSの反射線はSAなる故A點の像はSA及びMFの會點aならざるべからず同理によりB點の像はb點に生じ其他の點の像はaとbとの間に生ずべし即ち物體ABはabに於て倒に實像を作る此の場合に像は實像なり又乙圖に於ては像は虚焦點を聯結せるものなるが故に虚像なり而して實像の場合に於ては倒映すると雖も虚像の時に於ては正映す其詳細は前述せる實焦點虚焦點の關係を見れば自から瞭然たるべし

球狀收差

一四一、物體の大さと像の大さとの關係　前圖に於てABC abcの兩三角形は相似三角形なるを於て $AB:ab=CD:cd$

然るに　$CD:cd=ED:Ed$　なるが故に

$$AB:ab=ED:Ed$$

即ち物體の大さと立像の大さの比は物體及び像の鏡心よりの距離の比に等し

一四二、球狀收差　球面鏡を論ずるに際し吾人の鏡の開きて小なるものとし微少の數量は之を捨て光線は反射後必ず軸上の一點に會するものとなせり然れども實際は決して一點に集るものにあらず即ち鏡の開き大なるに至れば鏡の周邊より反射し來る光線は其偏倚の度大にして軸は交叉する點は鏡面に接近すると圖の如く從て像は自から明瞭を缺くに至る之を稱して反射の球收差と云ふ上圖に於けるが如く反射光線は互に順次相交叉し而して各光線によりて一の曲面(切斷面に於ては曲線なり)を包成す是を稱して火面と云ひ其切斷面に於ける曲線を火線と云ふ

一四三、「ハラボラ」鏡　此の鏡の表面は拋物線を其軸の回りに回轉して得たるものなり然るに拋物線の性質として其線中の一點及其焦點を聯結したる線と其點に於ける切線の爲す用は其切線と軸となす角に等しきを以て軸に平行し來る凡べての光線は漸近算法によるにあらずして悉く一定點に集合す換言すればFより發散する光線は反射後主軸に平行す此鏡は此の如き性質を有するを出て甚だ重要のものなりと雖も之を作ること容易ならず

一四四、日本魔鏡　一我邦固有の鏡によりて光線を反射し之を天井或は障子の上に映せしむるときは其裏面に刻印せる景色文字等悉く投映して美麗なる觀を呈す之を魔鏡と云ふ是れ他なし鏡裏に存する種々の文字及圖畫によりて鏡の厚さ同一ならざるを以て其表面を研磨するに際して薄き部分を厚き部分に比して撓むこと多く自ら鏡面の各所に曲率半徑の相違を來す而して屈曲度の少なる部分は光を分散すると少きを以て反射の光強く屈折度の少なる部分は光の分散すると甚だしきを以て反射の光弱し即ち文字及圖畫の存する厚き部分は其光強く從て其投映を見るに至る

第三章 屈折

絕體屈折率

一四五、屈折率 光が一の「ミヂユム」より他の「ミヂユム」に入るときは屈折するものにして其法則は波動の屈折の法則と同一なり波動の場合に於ける如く投射角の正弦の屈折角の正法に於ける比を兩物體間の屈折率と云ふ而して第一の「ミヂユム」眞空なるときは此の比を特に第二「ミヂユム」の絕對屈折率と云ふなり波動論によれば屈折率は二つの「ミヂユム」內に於ける光の速度の比に等しきを以て今を第一「ミヂユム」に於ける光の速度を第二の「ミヂユム」に於ける速度とし光が第一「ミヂユム」より第二「ミヂユム」に入ときは屈折率を ${}_1n_2$ とすれば

$${}_1n_2=\frac{v_1}{v_2}$$

第二「ミヂユム」より第一「ミヂユム」に入るときの屈折率を ${}_2n_1$ とすれば

$${}_2n_1=\frac{v_2}{v_1}$$

故に

$${}_1n_2=\frac{1}{{}_2n_1}$$

關係屈折率

即ち光が第一「ミヂユム」より第二「ミヂユム」に入るとき兩者間の屈折率の第二の「ミヂユム」より第一「ミヂユム」に入るときの屈折率の倒數なり n_1 n_2 て以て第一第二の絕對屈折率とし v を直空內に於ける光の速度とすれば

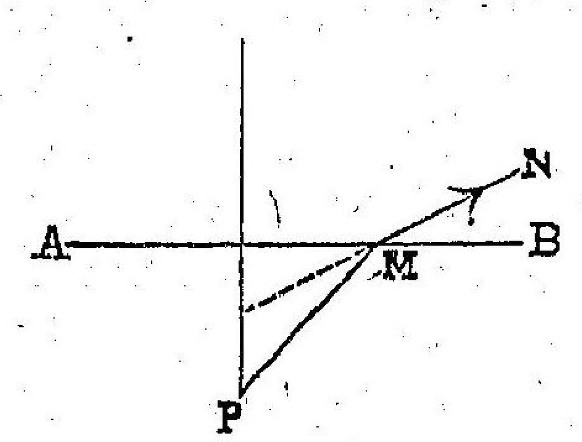
$$n_1=\frac{v}{v_1}\qquad n_2=\frac{v}{v_2}$$

$$\therefore\ {}_1n_2=\frac{n_2}{n_1}\qquad {}_2n_1=\frac{n_1}{n_2}$$

即ち光が甲の「ミヂユム」より乙の「ミヂユム」に入るとき兩者間の關係屈折率は乙の絕體屈折率と甲の絕對屈折率との比に等し

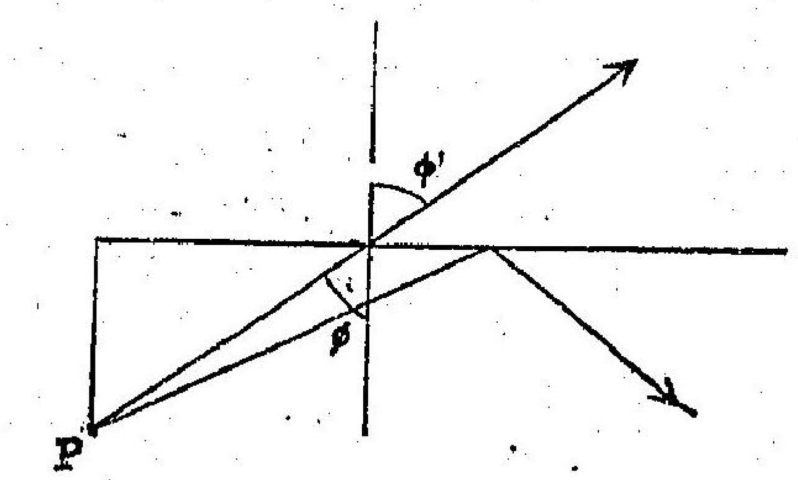
一四六、光の屈折に關する現象 光が疎なる「ミヂユム」より密なる「ミヂユム」に入る時は境界面に於ける垂直線の方向に近きを屈折し密なるものより疎なる者に入る時は垂直線に遠ざかりて屈折す即ちABを水及空氣の境界とすれば水中にある一點例令ばPより來る光線PMはMに於て屈折してMNとなるを以て吾人は之NM

第百十七圖



の延長線の方向に認むべく即ちPなる物體は多少浮上するが如き觀を呈す之れ即ち棒の一半を水中に入るれば棒は水と空氣の境界に於て折れて其先端浮上する狀を呈する所以なり又地球を包圍する空氣は下部より上部に至る迄均一の密度を有せずして下部は密に漸次上方に進むに從ひ疎となるを以て星辰より來る光線は空氣中にて漸次屈折し彎曲せる行路をとり吾人の眼に達するを以て吾人は星辰を其眞位置よりは寧ろ天頂に近づけ認むべし

第百十八圖



一四七、光の全反射　今nを屈折率としφを投射角としφ'を屈折角とすれば$n=\frac{\sin\varphi}{\sin\varphi'}$なるを以て密境より疎境を進むとすれば$\varphi$は$\varphi'$より小なるが故に$n<1$而して屈折角九十度即ち換言すれば屈折の光其境面に沿ふて進む時は投射角φ_0は$\sin\varphi_0=n$によりて定むることを得べし又一投射角φがφ_0より大なりとすれば$\frac{\sin\varphi}{n}>\frac{\sin\varphi_0}{n}(=1)$なるを以て前公式により

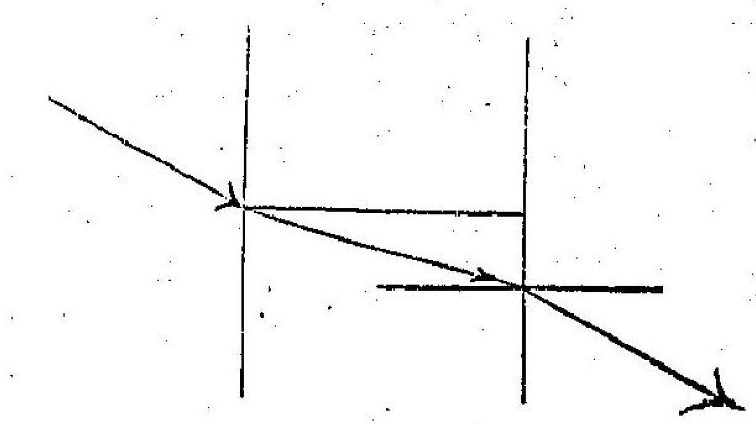
$$\sin\varphi'\left(=\sin\varphi/n\right)>1.$$

となる然るに正弦は一より大なる能はざるを以て此の如きことは到底成立すべきものにあらず實に光は他物質中に反射すべし此の如き顯象を稱して光の全反射と云ひ全反射の場合と其然らざる場合を區別する角φ_0を境角と云ふ水と空氣の場合には境角は殆と四十八度三十分なりと云ふ彼の熱帶地方及夏時海濱に現出する「ミラージ」の理は全く之に基因するものなり即ち地上に近き空氣の層は地上の熱の爲めに熱せられて稀薄となり上層は却て濃厚となる故に高處の物體より來る光線は屈折して層みの境界に於ける垂直線より遠ざかり遂に所謂境角に至りて是に於て全反射をなし是より再び上方に向て屈折して層みの間の垂直線に近づき遂に吾人の眼界に來る故に圖に示せる如く吾人は高處の物體を眼下に認むるに至る

境角

一四八、平行面を有する物體を通ぜし光の屈折　光が或ミヂユムより平行面を有する他のミヂユムを通過し復た元と同じミヂユムの內に出るときは光の進入する方向は其出る方向は互に平行なり左に是を證せんに今

第百十九圖



第一面に於ける投射角をφにし屈折角をφ'とし之に相當する屈折率をnとし第二面に於ける屈折角をψとす然るときは $\sin\varphi=n\sin\varphi'$ なり而して第一第二の內面は互に平行なるを以て第二回に於ける投射角はφ'且つ第二次の屈折に相當する屈折率は $\frac{1}{n}$ に等しきを以て

$\sin\varphi'=\frac{1}{n}\sin\psi$ $\therefore\sin\varphi'=\sin\psi$ 從て $\psi=\varphi$ なり

稜、頂角

一四九、プリズム

光學上に於ける「プリズム」とは互に傾斜せる二平面によりて包まれたる透明體の「ミヂュム」を云ふ而して二平面の交叉してなせる線を稜と云ひ其二面のなせる角を「プリズム」の頂角と云ひ稜に直角なる切斷面を主切斷面と稱す光線「プリズム」に遭遇する時は第一面に於て屈折せられ其面の垂直線の方に近づき次に第二面に於て屈折し垂直線に遠ざかるを以て「プリズム」は光線を常に其厚き部分に曲ぐる作用をなす(但「プリズム」は空氣より密なるものとす)而して始と終りに於ける光線の方向の差を「フレ」と云ふ「フレ」の大小は屈折率の大小投射の方向に關すと雖も「プリズム」の頂角の大小如何は亦た大に與て力あり今ABCを「プリズム」の主切斷面とし光線の方向に來りIに於て屈折しIEとなりEに於て再び屈折してEiとなるものとす然るときはL'DE角が偏倚なり

IN EMを各I及びEに於ける垂直線とし

$\angle NIL'=i$ $\angle PIE=r$ $\angle IEP=i'$, $\angle MEO=r'$, $\angle BAC=A$ とし

偏倚をDを以て表はせば

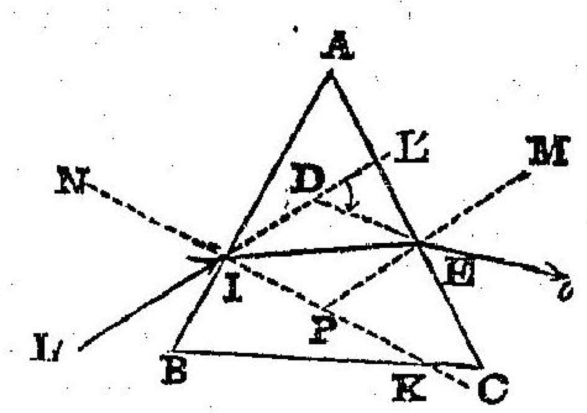
$$D=\angle DIE+\angle DEI=(i-r)+(r'-i')=i+r'-(r+i').$$

IP EPは各々AB ACに垂直なるを以て $\angle EPK=\angle BAC=A$ 且つ $\angle EPK=r+i'$ なるを以て

$$A=r+i'\ \ldots\ldots(1)$$

$$D=i+r'-A\ \ldots\ldots(2)$$

第百二十圖



i 角增加するときは r は自から增加し從て(1)式によりて i' は減少するものなり故に i' を出來得る丈け小ならしむるには　を出來得

る丈け大ならしめざるべからず然るにiの最も大なるときはLIがABに平行しrが境角r_0となりたるときなり故に最小のi'の値は$A-i$なるべし而して光線第二面に於て屈折し得る爲めには　はr_0より小なるか若くは之を等しならざるべからざる勿論なり

$$A-r' \ngtr r_0 \qquad \therefore A \ngtr 2r_0$$

是に由り之を觀れば光線第一面より入りて第二面より出る爲めにはプリズムの頂角は境角の二倍より大なるべからず

一五〇、最小偏倚　偏倚角をして最小ならしめんと欲せば第一面に於ける投射角は第二面に於ける屈折角をして相等しからしむるを要す今此理を説かんとす

任意の點Oを中心とし二つの「ミヂユム」に於ける光の速度に比例する半徑OA及びOCを以て二個の共心圓を書くべし通常の三稜鏡の場合に於てはOCは空氣中に於ける光の速度に比例しOAは玻璃内に於ける光の速度に比例するものなり今投射光線に平行にOAを引きAより第一面の垂直線に平行にCANを引くべし然るときは$\angle OAN=i$なり今OCを連結するときは三角形OCAに於て

$$\frac{OC}{OA}=\frac{\sin OAN}{\sin OCA}=\frac{\sin i}{\sin OCA}$$

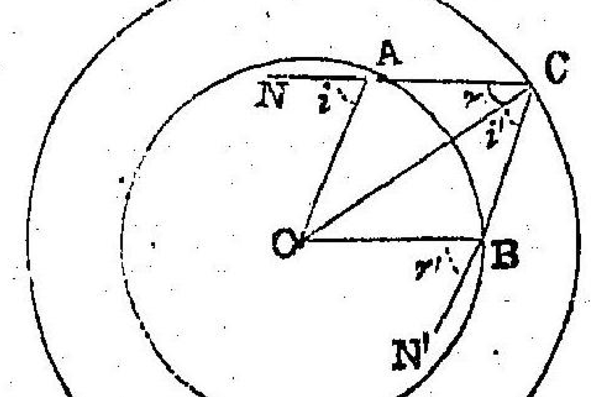
然るにOC OAは空氣及び玻璃に於ける光の速度なるを以て其比は屈折率に等しかるべし故に

$$\frac{\sin i}{\sin OCA}=n$$

故にOCA角はrに等しく従てOCは第一次の屈折光線は平行なり又第一面に於ては偏倚は$\angle AOC$なり今又Cより第二面に於ての垂直線に平行にCBを引てBOを聯結するときは

$$\frac{OC}{OB}=n=\frac{\sin OBN'}{\sin OCB}$$

第百二十一圖



然るにOCBはi'なるを以てOBN'はr'に等しく従てOBはプリズムより出る光線は平行ならざる可かす而て第二面於て偏倚角は$\angle BOC$なり故に總體の偏倚はBCN'なるを知る又CN及びCN'は各垂直線に平行なるを以て$\angle ACB$はプリズム頂角(A)に等しきを知る故

に「プリズム」の偏倚最小の問題は一點Cを頂點として一定の角(A)を有する角邊を作り之によりて有せらるる弧を最小ならしむると同一なり今$i'=r$なるときはCA=CBにしてOCに對して相對の處にあり而て此の如き位置のときAB最小なり何となれば之に相隣接したる位置を

$$B'CA' \text{ とし } ACA'=BCB' \text{ とすれ}$$

$$\frac{AA'}{CA}=\frac{sin\theta}{sinAA'C,} \quad \frac{BB'}{CB}=\frac{sin\theta}{sinBBc'}$$

然るにCB=CAなるを以て

$$\frac{AA'}{BB'}=\frac{sinBB'C}{sinAA'C,}$$

而して$sinAA'C<sinA', sinBB'c>sinB, sinA=sinB$なるを以て

AA'>BB'即ちA'B'>ABにして$i=r$の中最小の偏倚角を有するを知るなり故に偏倚角最小なるときは

$$A=i'+r=2r, \ D=i+r'-A=2i-A$$

是に依て若し「プリズム」の頂角と最小傍倚とを知れば屈折率を測ることを得

$$n=\frac{sini}{sinr}=\frac{sin\dfrac{D+A}{2}}{sin\dfrac{A}{2}}$$

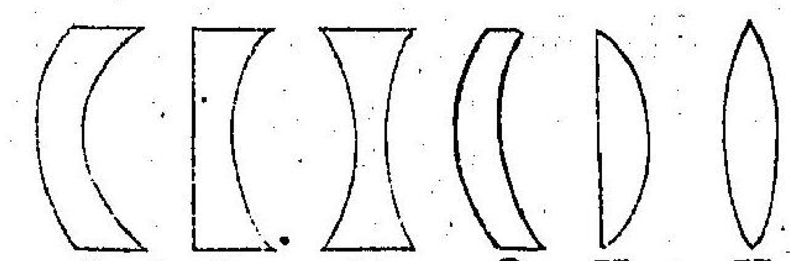
此の理に依て透明なる固體の屈折率を測ることを得るのみならず又平行面を有つ玻璃を以て作れる内空の「プリズム」内に液體若くは瓦斯體を入れ最小偏倚用と頂角とを測り以て液體及瓦斯體の屈折率を測ることを得其二三を示せば

金剛石	2·47 乃至 2·475	アルコール	1·363
硫黃	2·215	エーテル	1·358
フイントカラス	1·0119	水	1·336
アイスランドスパン	1·654	氷	1·310
クラウンダラス	1·608		
眞空	1·000	窒素	1·0003000
水素	1·000138	炭酸瓦斯	1·000449
酸素	1·000272	亞硫酸瓦斯	1·000665

空氣	1·000294	鹽素	1·000772

一五一、「レンズ」　通常光學上に用ゆるものは其面球面にして玻瑠よりなる其球面の組合せの如何によりて種々の類別あり即ち圖に示せる切斷面の如くMは二凸面より成りNは一平面と一凸面Oは一凸面はPは二凹面Qは一平面と一凹面Rは一凸と一凹面とより成る而てOとRの差異は一は中央厚くして兩端に薄く他は之に反して中央尤も薄くして兩端に厚を增すMNOは光線の收斂に用ゆるものにして他の三者は發散に用ゆるものなり皆各々名稱ありMを「兩高「レンズ」Nを平高「レンズ」Pを兩底「レンズ」Qを平底「レンズ」と云ひOを收斂「メニスク」Rを發散「メニスク」と云ふ

第百二十二圖



MOPNに於ては左右兩球面の率中心を聯結する直線を主軸と云ひNQに於ては右方なる球面の曲率中心を通りて左方の平面に引たる垂直線を主軸と云ふ

光線「レンズ」の上に投射するときは恰も「プリズム」を通過するときの如く二面の屈折の後「レンズ」の外に出で而して或發光點より發したる光線が第二次屈折及集合する點若くは之を延引するとき相會する點を集點と云ふ

主焦點
焦點距離

兩高「レンズ」の場合に於ては其一方より主軸に平行して來る光線之を通過したる後殆ど主軸上の一點に會合す此點を「レンズ」の主軸と云ふ「レンズ」內の一定點より主焦點に至る距離を焦點距離と云ふ然れどもレンズの曲率半徑大なる場合には其表面よりの距離とするも敢て不可なるなし凡て「レンズ」には左右に一個づつ都合二個の主焦點あるなり

發散「レンズ」に於ては主軸に平行に來る光線は「レンズ」を通過したる後發散す然れども之を後力に延長するときは殆ど一點に集合す故に此場合には主焦點は虛なり

一五二、「レンズ」に關する公式　AA′を「レンズ」の主斷面としPP′を主軸とし光Pより來りてIに於て屈折し「レンズ」に入りIEの方向を取りEに於て出てEP′の方向に去りP′に達するものとすC及びC′を曲面の中心とし曲面に垂線

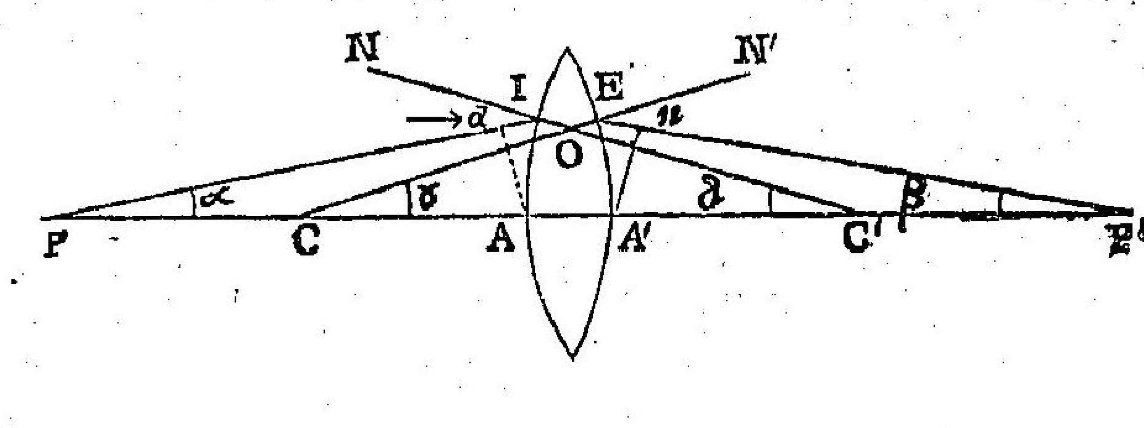
NC及びNC′を引き其會合點をOとす

$\angle PIN=i, \angle EIO=r$　$\angle IEO=i'$,　$\angle N'EP'=r'$,　$\angle API=\alpha \angle EP'A=\beta$,

$\angle OCO'=\gamma \angle O'C'C=\delta$

$AP=f_1$　$A'P'=f_2$

第百二十三圖



とすれば

$i=\alpha+\delta, n'=\beta+\gamma$,　$\therefore i+n=\alpha+\beta+\gamma+\delta$

$\sin i=N\sin p$,　$\sin p'=n\sin i'$,

なり若しAI甚だ少く球面の半徑大なるときは投射角及び屈折角は甚小となし從て i r も亦た甚だ小となる是等の角の正弦の代りに i i' r r' を用ゆるを得べし

$i=nr$,　$r'=ni'$,　$i+r'=n(r+i')$

を得、而して三角形IEO及びOCC′は頂角Oを共有するを以て

$i'+r=\delta+\gamma$,

故に

$n(\gamma+\delta)=\alpha+\beta+\gamma+\delta$

即ち

$$(n-1)(\delta+\gamma)=\alpha+\beta$$

P及びP′を中心とし f_1 及び f_2 半經としそれぞれ弧Ad及びA′nを畫けば

$\alpha=Ad/f_1$　$\beta=A'n/f_2$　$\varepsilon=AI/AC$　$\gamma=A'E/A'C$

$$(n-1)\left(\frac{A'E}{R}+\frac{AI}{R'}\right)=\frac{Ad}{f_1}+\frac{A'n}{f_2}$$

然るに「レンズ」の厚さ小にして且諸角小なるときはA′E=AI=Ad=A′nと置くを得

故に

$$(n-1)\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right)=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}\cdots\cdots\cdots(1)$$

光線主軸に平行し來るときは $f_1=\infty$ にして f_2 は焦點距離 f となる

即ち

$$(n-1)\left(\frac{1}{R}=\frac{1}{R'}\right)=1/f$$

故に

$$\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}=\frac{1}{f}\cdots\cdots\cdots(2)$$

を得而してPより發する各光線に付き f f_1 f_2 の間に此の關係あるを以てPより發する光線は皆悉くPに集るなり以上は兩高レンズの場合に於けるものなりと雖も總ての「レンズ」に通じて誤りなく唯だ f_1 f_2 及び f 等の符號に正負の差異を生ずるのみ

一五三、公式の詳論

公式(2)は左の如く記することを得

$$f_2=\frac{f}{1-f/f_1}$$

(一) $f_1=\infty$ なれば $f_2=f$ 即ち投射光線平行なれば光は主焦點に集る
(二) $f<f_1<\infty$ なれば $f_2>f$
(三) $f_1=2f$ なれば $f_2=2f$
(四) $f_1=f$ なれば $f_2=\infty$ 即ち主焦點より發する光は「レンズ」を出でて平行となる
(五) $f>f_1$ なれば f_2 　となり虚焼點を結ぶ

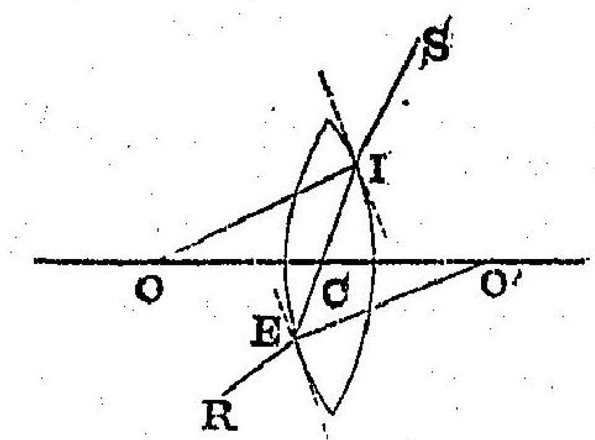
數多の「レンズ」の組の場合　一個の「レンズ」を以つてする時は右の方程式を得るを以て若し數多の「レンズ」を配列し之に對する共軛焦點の位置を求めんと欲せば先づ各「レンズ」間の距離を測り右の方程式により第一の「レンズ」に對する f_2 を求め次順次此くの如くに各「レンズ」に施こせば遂に「レンズ」の組に對する共軛焦點の距離を得るなり

一五四、「レンズ」の中心及副軸

左圖に於て OO′ を「レンズ」の兩球面の中心とし平行せる一の半徑 OI O′E を引き IE を連結し I に投射せる光線が「レンズ」內に於て IE の行路をとると假定せよ今若し I 及び E に於て「レンズ」の面に接觸せる二つの平面（點線にて示す）を畫かば此の二の面は平行なると勿論なり故に屈折光線 IE は二の平行面によりて包圍せられたる「ミヂユム」を過通するものと見做すを得べし從て投射光線 SI は「レンズ」より出る光線 ER に平行すべし此 IE の線が主軸 OO′ と交はる點 　を「レンズ」の中心と云ふ

副軸

第百二十四圖



OCI O′CE の兩三角形は相似三角形なるを以て

$$OC/CO'=OI/O'E=R/R'$$

但し R R′ は「レンズ」の球面の半徑なり即ち C 點は OO′ 線を R と R′ の比に分つ所の點にて其位置一定せり通常「レンズ」の厚は甚だ小なるを以て SI と ER は C を貫く同じ直線上にあるものと見做すを得「レンズ」の中心を貫く主外軸の凡ての直線を副軸と云ふ而て副軸に沿て來る光線は偏倚を受ることなしに直行す

一五五、「レンズ」に於ける物像の構成

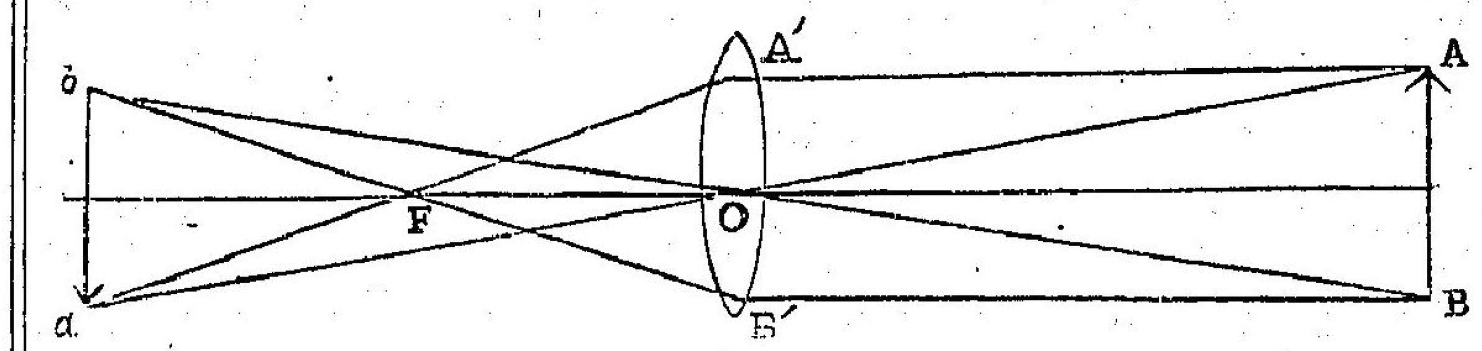
AB て物體とし「レンズ」の中心

をO主焦點をFとせんにAより發して主軸に平行して來る光線は「レンズ」を通過したる後Fを通て副軸にAO沿ふて來る光線は「レンズ」內を直進するを以てAOとA′Fの交點aが即ちAの像なり同じ方法によりBの像Gを求めabを聯結すればab即ちBAの像なり三角形AOBと三角aob形は相似三角形なるを以て

$$\frac{AB}{ab}=\frac{OA}{oa}=\frac{f_1}{f_2}$$ 然るに $$\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}=\frac{1}{f}$$ なるを以て

$$\frac{AB}{ab}=\frac{f_1-f}{f}$$

第百二十五圖



(一) $2f<f_1<\infty$なれば$ab<AB$　即ち像は實物より小なり

(二) $f_1=2f$なれば$ab=AB$　即ち像は實物と同じ大さなり

(三) $f<f_1<2f$なれば$ab>AB$　即ち像は實物より大なり

右三つの塲合に於ては像は實像なり

(四) $f_1<f$なれば像は虛像なり而して其大さは實物より大

なり

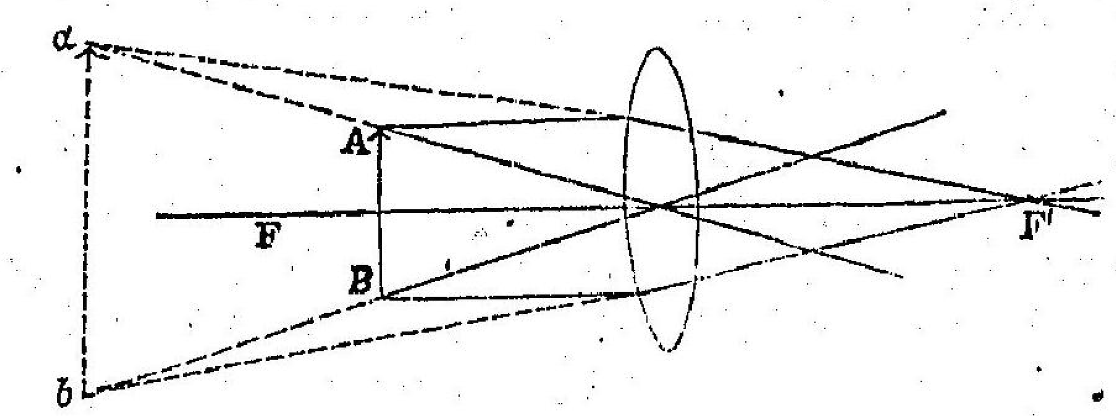
一五六、屈折に因る球狀收差　以上吾人は各光線皆一點に集るものとして論せり然れども是れ小なる數量を捨てたる漸近等法より來る結果なり通常の「レンズ」に於ては實際各光線一點に集合するものにあらずして集點の近傍に於いて交錯せり此現象を屈折に因する球狀收差と云ひ屈折光線により包成せられたる表面を屈折に因する火面と云ふ球狀收差は象の不明瞭不精確を來すを以て方法を設けて之を避けざるべからず

第四章　光學上の諸機械

一五七、虫目鏡　顯微鏡は物體を擴大して視る用に供するもの虫目鏡と複顯微鏡の二あり

虫目鏡は顯微鏡の最閑單なるものにて一個の兩高「レンズ」にて之を使用するには物體を主焦點距離內に置き他より之を視ふなり今に及F′を「レンズ」の主焦點としOを其中心としABを物體とし前節の方法により其像を求むればabなる虛

第百二十六圖

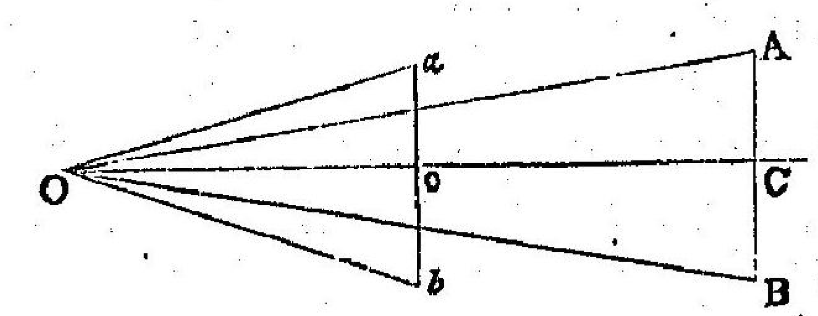


像を得べし今若し物體AB「レンズ」に近くときは副軸OAa OBb間の角大くなるを以て像は次第に「レンズ」に近づき其大さを減すべし

一五八、明視の距離　吾人の眼は一定の距離以外は明瞭に見得ざる者にて若し物體が此距離以内に在るときは之を明視せんと欲せば眼に多少の苦を感ずべし此の眼に苦なくして明瞭に見得る最少距離を稱して最小距離と云ふ而て此距離は人によりて異なれども通常の眼に於ては凡そ廿五「センチメートル」内外なり虫目鏡に於ては通常物象を最小明視距離の處に生せしむ

一五九、見懸の大さは　物體見懸の大さとは其物體の眼に於て開く角を云ふ左圖に於てABを物體としOを眼とすればOA OBの視線がなせる角AOBは即ちABの見懸の大さなり光學上の機械を用る際に於て此角概して甚だ小なるものにて其場合には次の法則あり

第百二十七圖



同一物體を異りたる距離に於て視るときには見懸の大さは眼よりの距離に反比例し同一の距離に於て異りたる物體を視るときには物體の大に正比例す今之を證せんにAB abを異りたる位置にある同大の物體とせばAOB aObの兩角は甚だ小なるを以て各々Oを中心としOC Ocを半徑とする圓周の弧と思するを得べし

故に、

$$\angle AOB : \angle aOb = AB/OC : ab/Oc = Oc : OC$$

又AB A'B'を同じ距離にある二の物體とすれば

$$\angle AOB : \angle A'OB' = AB/OC : A'B'/OD = AB : A'B'$$

一六〇、倍率　或る物體を虫眼鏡にて廓大して見たる時其虚像と實物との比を其眼鏡の倍率と云ふ圖中「レンズ」に接近して眼を置きたりとしOCを最小明視距離と倍率をmとせよしかる時は

$$m = \frac{ab}{AB}$$

今　$O=cf_1$　$Oc=f_2$　$OF=f$　とせば

$$m=\frac{ab}{AB}=\frac{Oc}{OC}=\frac{f_2}{f_1}$$

然るに

$$\frac{1}{f_1}-\frac{1}{f_2}=\frac{1}{f}$$

$$\therefore\ \frac{f_2}{f_1}=1+\frac{f_2}{f}$$

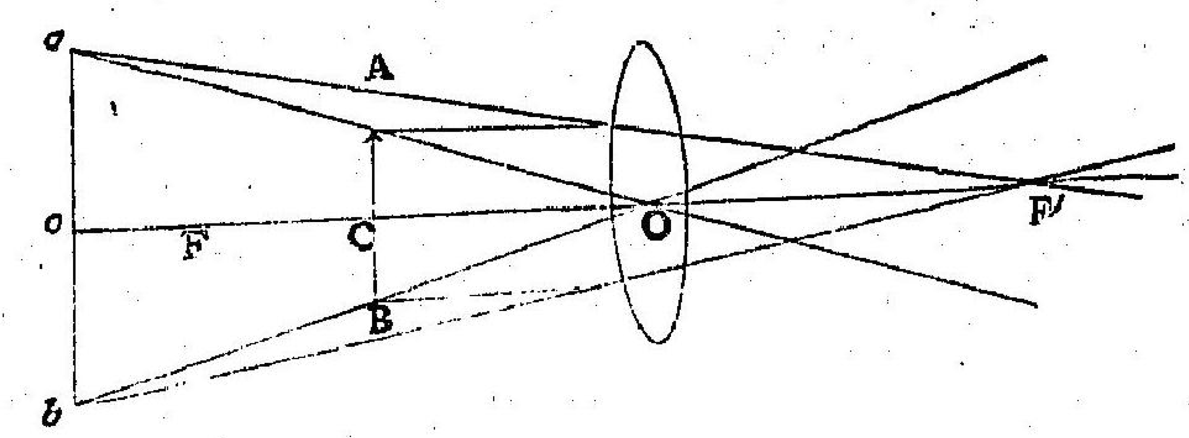
$$\therefore\ m=1+\frac{f_2}{f}$$

通常最小明視距離を d と表はす故に

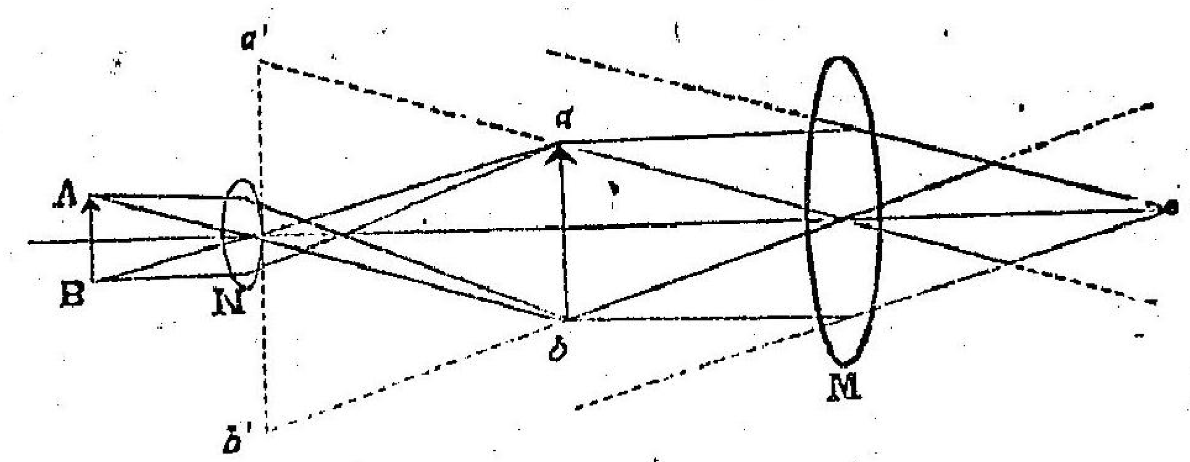
$$m=1+\frac{d}{f}\quad なり$$

一六一、複顯微鏡　複顯微鏡に於ては或は球狀收差或は色の收差等を除くが爲め種々複雜なる裝置をなすと雖も其簡單なるものにあつては二の「レンズ」より成る一は物體に對するものにして之れを筒先「レンズ」と云ひ一は眼に對するものにして之れを接眼「レンズ」と云ふ上圖に於てはN筒

第百二十八圖



第百二十九圖



先「レンズ」にてM接眼「レンズ」なり物體は先づNの爲め廓大したる實像 ab をMの焦點距離內に作り更に之がMの爲め廓大せられて虛像 $a'b'$ となる此の如く複顯微鏡に於て現るる像は必ず虛像にて且つ倒に位せり

今 $a'b'$ なる像が最小明視距離にあるものとせば複顯微鏡の倍率 m は

$$m=\frac{a'b'}{AB}=\frac{a'b'}{ab}\times\frac{ab}{AB}$$

然るに $a'b'/ab$ はNの倍率なるを以て若し f を以てNの焦點距離とすれば

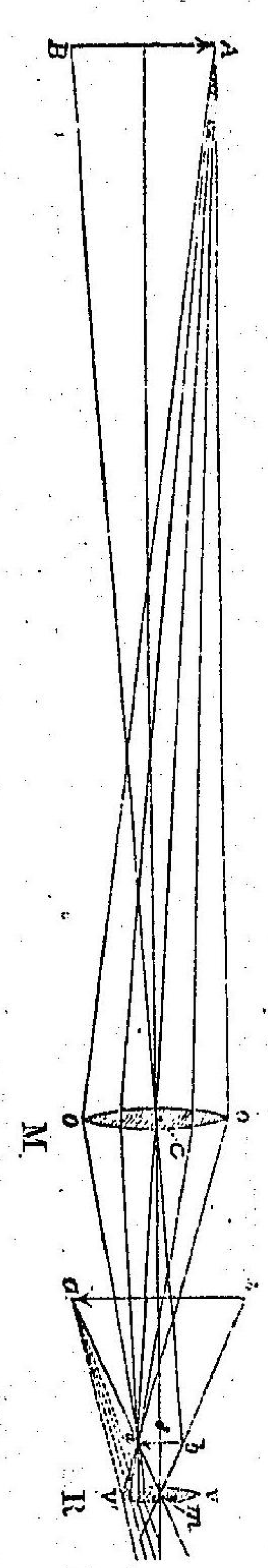
$$m=\left(1+\frac{d}{f}\right)\frac{ab}{AB}$$

d は最小明視距離なり

一六二、望遠鏡　天體觀測用の望遠鏡は複式顯微鏡と同く筒先「レンズ」と接眼「レンズ」より成る複顯微鏡に於ては物體筒先「レンズ」の近傍にありて之により生ずる所の像は主焦點の外に落ち其大さ實物よりも大なり然れども望遠鏡に在りては物體非常の遠距離にありては之より來る光線は殆ど平行し從て像は主焦點の極近傍に生じ其大さ實物より遙に小なり即ち複顯微鏡にありては兩「レンズ」とも廓大の作用なせど

も望遠鏡に在つては唯だ接眼「レンズ」のみ廓大の作用をなす又望遠鏡に於ては物體より來る光弱きを以て光を成るべく多く集むる爲め筒先「レンズ」を大くする必要ありと雖も顯微鏡に於ては物體に隨意に光を與ふるを得るが故に筒先「レンズ」を大くするの必用なし望遠に於て如何にして物像の生ずるかは上圖を見れば説明を要せずして自から明かなるべし但Fは筒先「レンズ」Mの主焦點にしてfは接眼「レンズ」Nの主焦點なり望遠鏡に於ける倍率は望遠鏡にて見たるときの物體の見懸の大さと肉眼にて見たる同物體の見懸の大さの比なり望遠鏡にて見たるときの物體の見懸けの大さは$a'ob'$角にて又ABは非常の遠距離にあるを以て肉眼にて見たるときの物體の見懸の大さはACB角とするを得べし故に倍率mは

第百三十圖



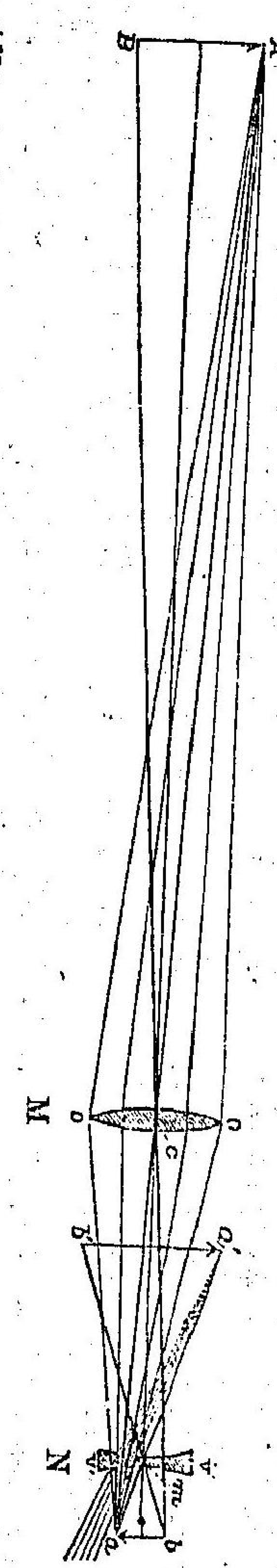
$$m=\frac{\angle a'ob'}{\angle ACB}=\frac{\angle aob}{\angle acb}$$

若し$a'b'$なる像が遠距離に生ずる様に接眼「レンズ」を装置しあるときはFとfとは極接近しaob角とacb角の比は殆どMとNの焦點距離の比に等くなるなり即ち倍率は筒先「レンズ」は接眼「レンズ」の焦點距離の比に等くなる

其他尚ほ天體觀測用の望遠鏡は數多ありと雖も其構造の多少異なるのみにして其基く所の理に至ては相同じ

一六三、「ガリレオ」の望遠鏡　は地球上遠距離の物體を觀るに用ひらるるものにして所謂双眼鏡なるもの是れなり此望遠鏡に於ては左圖に示す如く其筒先「レンズ」Mは兩高「レンズ」なれども接眼「レンズ」Rは兩低「レンズ」なり而して接眼「レンズ」は筒先「レンズ」の主焦點の後方殆ど自己の焦點距離に等き處にあ

第百三十一圖



るを以てMは物像をatの位置に現出せしめんとするとも光線がRに遭て擴散し$a'b'$の處に正立せる虚像を作るなり

一六四、黑「カメラ」　光線が暗室に穿ちたる細孔を通過する時は其後壁に物像を映ずると已に記載せし如し黑「カメラ」は即ち此理に基て作られたるものにて内面を黑塗したる一の箱より成る而して前面に一の細孔あり之に兩高「レンズ」を嵌む即ち物體より來る光線は「レンズ」を通過して箱壁に倒像を作る而して其像は天然の色を呈すものなり古人は之を改良して物體を描寫するの用に供せしかども寫眞術の發明は全く此方法を棄てしむるに至れり

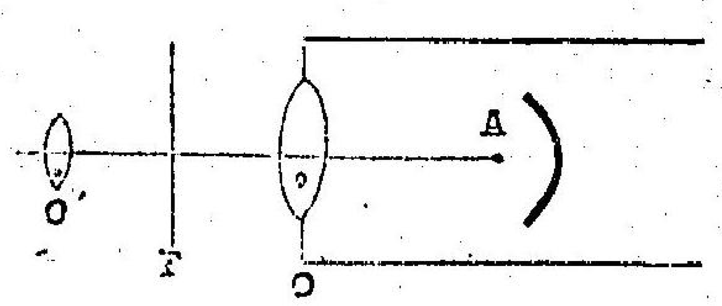
一六五、寫眞器　寫眞器は隨意に伸縮し得べき一の黑「カメラ」にて其後背に具へたる磨消「ガラス」の上に物像を映せしめ次に此「ガラス」板を取り去り之に代ゆるに臭化銀を混じたる膠の膜にして覆ひたる「ガラス」板（通常の乾板と云ふ）を以てするときは光の作用によい臭化銀分解して其色を變ず然るに臭化銀の分解は物體より發する光の強さに應じて異なるが故に實物に類する像を印するなり寫眞術は近來大に進歩せりと雖も未だ天然の色を現はす能はざりしが

有色寫眞

佛人「ソップマン」は之が研究をなし明治三十年に至り其結果を得之を世に公にせり其法は乾板に於ける臭化銀の分解の割合を各色に相當せしめ遊離銀の各層より來る波を互に干渉せしめて相當に消殺し以て七色を作り實物と同一の天然色を現出せしむ

一六六、幻燈　幻燈は圖畫の廓大したる像を衝立の上に現はれ衆人に觀せしむるの用に供する具にて上圖は其構造を示せるものなり圖中Aは暗箱内に置く發光體でOは收斂「レンズ」なりPは發條にて之にて圖畫を描きたる「ガラス」板を支ふ發光體より來る光はOの「レンズ」を通過して殆ど平行となり圖畫を照して更にO′なる「レンズ」を過ぎ衝立の上に廓大したる圖畫の像を現出するなり發光體の後方には通常凹面鏡を置き後方に來る光を前方に反射し光の强を增さしむるなり

第百三十二圖

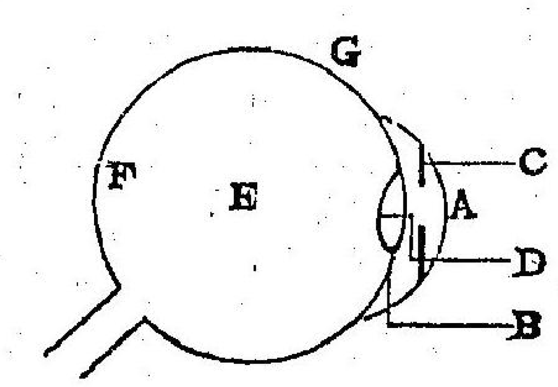


角膜

一六七、眼球　眼球は又一種の光學上の器械なり上面は其構造の概略を示せるものにてはA角膜Bは水様液Cは

虹彩膜
水晶體
硝子液
網膜
硬膜

第百三十三圖



虹彩膜Dは水晶體Eは硝子液には網膜Fは硬膜と稱するものなり角膜は眼球の前面の凸起せる部分を覆へる透明にして兩面平行なる厚き膜なり之に接せる「ミヂユム」は內外に於て異なるを以て之を通過する光線は屈折してふれいを起す硬膜は角膜に連り眼球を包圍する厚き角質の不透明の膜にて眼球を保護するの用をなす虹彩膜は角膜の後にある黒色を帶べる不透明の膜にて其中央に孔あり之を瞳孔と云ふ光は此の孔を通過して內部に進む虹彩膜は光の强さに應じ筋肉の作用により自在に伸縮して瞳孔の大さを變じ以て通過する光線の量加減す水樣液は角膜と水晶體の間の空處を充す液にて光線を屈折せしむる作用をなす水晶體は眼球中主要の部分にて其形「レンズ」に似幾多の層より成る其狀恰も葱根のごとく中心に至りて球形の樣となる而して各層の密度同じからず上層は疎にして中心に進むに從ひ漸次密となる換言すれば中心に進むに從ひ其屈折率增加するなり是れ實に色の收差を消殺するの構造なりとす又た光と瞳孔を通過して水晶體の中央部に投射するを以て屈折に因す水球狀收差も自から消ふるものなり又た水晶體は筋肉の作用にして自在に其灣曲の度を變じ像をして物體の遠近に關せず常に網膜上に結ばしむ硝子液は水晶體の後方の定洞を充す透明なる粘性の液にして網膜は角膜の內面を覆ふ膜なり網膜の上には視神經の枝梢來りて之に結べる線を感知し以て吾人に視感を與ふ

第五章　光の干涉

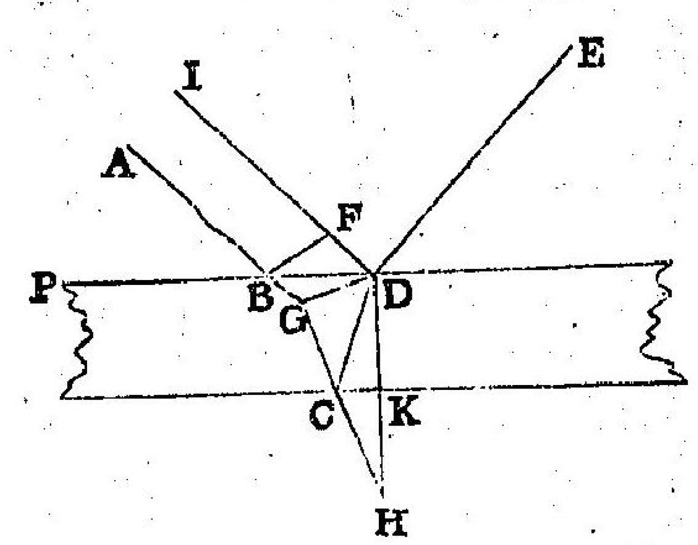
一六八、薄板に於け色　日光來て透明體の極めて薄き膜假令へば石鹼球の如き或は水面に蔓延せる石油の如きものを射るときは美麗なる彩色を呈し又窓「ガラス」の二小片を取り之を互に壓するときは共心の七色の環を生ず是れ第一表面より反射せる光と第一面に於て屈折し而る後第二面に於て反射し來る光の干涉に因るなり今此理を說明せん

ABなる光線はBCDなる道を經てDに出てHDなる光線と合す而して平面波とす今B及びDより垂直線BF及びDGを引くときはBF及びDGは共に波の前面にして

其のDに達する時BはGに達す故に其後るるにはP GC+CD なりDよりCKに垂直線DKを下しBCを引長し之をHに交らしむ然るときは$\angle DHC=\angle r=\angle CDK$なるを以て $CD=CH$ なり故に

$$GC+CD=GH=DH\cos r=2d\alpha\cos r$$ なり但しαは薄板の厚さとす今屈折率をμとし突氣中に於ける行路に之を換算すれば反射し來る光波の後れδは$=2\mu d\cos r$なり

第百三十四圖



δ若し$\lambda/2$の偶倍數なるときは波は互に助成し奇倍數なるときは互に相消殺するが如しと雖も實驗の結果は之に反して奇倍數の中に助成し偶倍數のときに消殺す是れ抑も何が故に然る乎蓋し疎境より密境に進む場合と密境より疎境に進む場合は彈性質點の衝突異にして兩者に於ける位相の差は$\lambda/2$なり然るに此場合に於て光波若し疎境より密境に入り密境より疎境に出づるときは第一面に於ては密境より疎境に向ひ第二面に於ては疎境より密境に向ひて反射せらるるを以て其位相が已に$\lambda/2$の差を生せざるべからず故に全體の差は$2\mu d\cos r+\frac{1}{2}\lambda$となるが故に$\delta$若し$\lambda/2$の奇倍數なるときは波動互に助成し光の强さを增し偶倍數なるときは互に消殺して强を減ず換言すれば$2\mu\cos r=n\lambda$なる波は之を見ること能はざるなり然るに波の長さは各色に相當する光に依りて異なるを以て種々の色帶を生ず

此證明は固より完全なるものにあらず何となればDに於て合する光は獨りBより來るもののみにあらずしてB_1 B_2……より來るを以てなり光線ABはBに於て反射及び屈折をなしBC及びBDとなる而して各光波に於ける振幅の關係を見んとすABに於ける振幅をaとしBに於て反射せらるるときは減じてabとなり又屈折光は振幅acを有するものとす今若し之を逆にしてCBの方向にabの振幅を有する光を送りDBに振幅acを有するものを送ればBAにαなる振幅を有する光を得べし但し「ミヂユム」M′よりMに進むときは其系數e及びfとす然るにBD及びCBは二つに分れてBF及びBAとなるべきを以て

$$acb+ace=0$$

$$ab^2+acf+a$$

$$\therefore\ b=-e,\ fc=1-b^2=1-e^2;$$

故に光波$y=a\sin\varphi$第一「ミリユー」より來て反射するときは$y=ab\sin\varphi$となり第二「ミヂユム」

に在て反射するときは$y=abs\sin\varphi$となる故にDに於てB　B¹　B²……より來れるものを算入すれば

$$y=a2\sin\varphi+\{ace f\sin(\varphi+x)+ace^{3}f\sin(\varphi+2x)+\cdots\cdots\}$$

$$=abs\sin\varphi.-\frac{acf}{b}\{b^2\sin(\varphi+x)+b^4\sin(\varphi+2x)+\cdots\cdots\}=abs\sin\varphi-(P\sin\varphi+Q\cos\varphi)\frac{acf}{b}$$

$$P=b^2\cos x+b^4\cos 2x+\cdots\cdots$$

$$Q=b^2\sin x+b^4\sin 2x+\cdots\cdots$$

但しは薄片の厚さに關係する位相の後れとす

$$P+iQ=b^2(\cos x+i\sin x)+b^4(\cos 2x+i\sin 2x)+\cdots\cdots=b^2\varepsilon^{ix}+b^4\varepsilon^{2ix}+\cdots=\alpha(1+\alpha+\alpha^2+\cdots)$$

$$\alpha=b^2\varepsilon^{ix}.$$

$$\therefore\quad P+iQ=\alpha\frac{1}{1-\alpha}=\frac{b^2\varepsilon^{ix}}{1-\varepsilon^{ix}b^2}=\frac{b^2\cos x+ib^2\sin x-b^4}{1-2b^2\cos x+b^4}$$

$$\therefore\quad P=b^2\frac{\cos x-b^2}{1-2b^2\cos x+b^4},\quad Q=\frac{b^2\sin x}{1-2b^2\cos x-b^4}$$

$$\therefore\quad y=X\sin\varphi=Y\cos\varphi-\sqrt{X^2+Y^2}\sin(\varphi+\zeta)\quad \zeta=\left(ab-\frac{acf}{b}\right)(P\sin\varphi+Q\cos\varphi)$$

$$\therefore\quad X^2+Y^2=\frac{4a^2b^2\sin^2\frac{1}{2}x}{1-2b^2\cos x+b^4}$$

之に依りて之れを見れば前結論の正確なるを知るなり何となればλ_m及びγ_mをM′及びM′に於ける波長とすれば

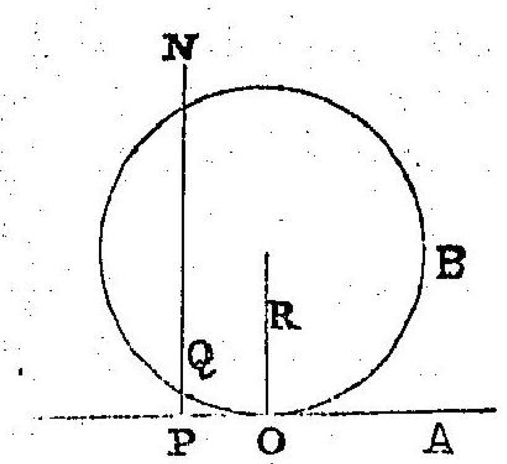
$$x=\frac{2\pi}{(\lambda_m')}2d\cos\gamma=\frac{2\pi}{\lambda_m}2\gamma d\cos\gamma$$

にして

なるとき$X^2+Y^2=0$なるを以てなり　$\frac{1}{2}x=\pi$　即ち　$2\mu d\cos\gamma=2\pi$

一六九、薄き空氣層の色

「ニュートン環」平面を有する玻璃板上に一方球面にして他方は平面なる玻璃を置く時は其二物の切する點は黯黑にして其周邊に共通の中心を有する有色の環を生ず而して其環に於ける「スペクトル」は即ち左の如し(1)中央黯黑、青綠白、黃、赤(2)紫青綠黃赤(3)紫紅綠黃赤等なり



第百三十五圖

OQMを以て半徑をRを有する球面としQOBを「レンズ」としPOAを同一物質の平面板とす而てOを切點としOに近接してPQMをOPに垂直に引きPQ=eとすれば(但し半徑は甚だ大なるものとす)

$$OP^2=PN.PQ=2Re,$$

故に中心より等距離にある空氣層の厚さは同一にして從て厚さeを有する點は中心Oの回りに一の環を作る

二板間の空氣層

然るに前節の結果に依れば $2d\cos r$ の $\lambda/2$ の奇倍數なるときは光波互に助成し偶倍數なるときは互に相消殺す此の如くにして有色環の列を生じ若し單色光を用うるときは其明なる環の半徑は

$$\rho=\sqrt{R\sec r(2n+1)\frac{\lambda}{2}}$$

にして黯黑なる環の半徑は

$$\rho=\sqrt{R\sec r . n\lambda}$$

なり

而して實驗の結果に依れば水層に於ては各環の距離空氣の層に於けるよりも一層接近す是れ實に水に於ける光の速度の小なるを示すものにして波動説の確なるを證するに外ならず

其他又二箇と稍や厚き板を少しく傾斜せしめ各板より反射と屈折とに依りて來る光の干渉に依り色を生ずることありと雖も其理は大同小異なるを以て此を説明するの要なし

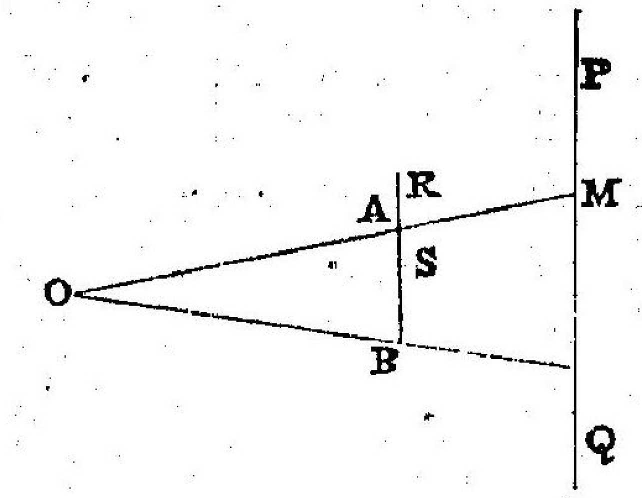
ヂフラクション

第六章　「ヂフラクション」

一七〇「ヂフラクション」　光が微少の隙孔を通過するか或は刄の如き極めて鋭きものを以て遮るときは幾何學的陰影を作らずして其行路を變じ或は彩縞を生じ或は輝點を生ず之れ即ち光の「ヂフラクション」なり此顯像は十七世紀の半ばに「グリマルヂ」の始めて發見せる所なり

一七一、眞直なる邊緣に於ける顯象　「ヂクラクション」の現像は「フイゲン」の原則と波の干渉に依りて説明することを得べし一點Oより球面波來るものとしABを眞直なる邊像を有する不透明體とし對立PQを其前に置く時はABなる物體は幾何的陰影を作ることなくAに對するM點の上部は光輝一樣ならず處々明白の度を異にし其下部は尙ほ光ありて此光は連續的に而も急劇に其强さを減じ遂にABの陰影に沒し其邊像に縞を生ず而して

第百三十六圖



對立PQに近く或は遠ざくるも顯象の狀況は毫も變ずることなく唯々其大さを異にするのみ

今Mの上部Pに於ける光の强さを算出せんとすA點の上下にR, Sの二點をとれ吾人は波の直行的傳播の條下に於てPに於ける振動はRの兩側に於ける$\lambda/2$の間に存する要素の結果なるを證せり故に若しP點非常にMを遠ざかる時はPに於ける有効要素はABなる抵抗物體に依りて妨得せらるることなし然るにMの近傍に於ては換言せばRAなる弧は此有効要素の一部なるときは前に反して其影響を蒙るが故にPに於ける光の强さはRSとRAとの二部分より來る影響を考察せざるべからず若しRAにして半周期要素(波動論參照)を有すること偶數なるときは此等は互に相消殺してRSのPに於ける影響は甚だ寡しと雖も若し奇數なるときは然らざるを以てM點の上部に於ては光の强さの最大最小を生ず詳言すれば

$$AP-RP=(2n+1)\frac{\lambda}{2}$$　なるときは最大强度を有し

$$AP-RP=n\lambda$$　なるときは最小强度を有す

今$OA=a$, $AM=b$, $PM=d$　とすれば

$$OP=\sqrt{(a+b)^2+x^2}=(a+b)\left\{1+\frac{x^2}{(a+b)^2}\right\}^{\frac{1}{2}}=(a+b)\left\{1+\frac{1}{2}\frac{x^2}{(a+b)^2}\right\}$$

即ち

$$OP=(a+b)+\frac{x^2}{2(a+b)}$$

$$AP=\sqrt{b^2+x^2}=b\left(1+\frac{x^2}{b^2}\right)^{\frac{1}{2}}=b+\frac{1}{2}\frac{x^2}{b}$$

$$AP-RP=OR-OP+AP=\frac{x^2}{2}\left(\frac{1}{b}-\frac{1}{a+b}\right)$$

故に

$$x=\sqrt{\frac{b(a+b)}{a}(2n+1)\lambda}$$　なるときは光最も强くして

$$x=\sqrt{\frac{b(a+b)}{a}2n\lambda}$$　なるときは最弱し

次にMの下部の一點Pに對しては其最も有効なる點は遮らるるを以てPに來るものはASは部分ならざるべからず今此部分を半周期要素AM_1, AM_2……に分つときは其最も有効なるものはAM_1にして次にAM_2……なるべし而して其大さは急に減じて互に同一となり相接せる要素より來るものは互に消殺するに至る故にAの近傍に存するもののみ有効要素となり其助成消殺に依りて色を生ず

若しP點Mを距ること大なるときはPAの方向波の前面に非常に傾斜するを以て自からPに對しては各要素殆ど同一となりて相消殺するに至り以てPBの陰影を生ず

一七二、細き線に依て生ずる顯象

ABを微細の金屬線若しくは毛髮等の如き極めて小なる抵抗物體とす之れ恰も前條に於ける抵抗物ABの下部短縮してAに接近したるものに類するを以てA及びBの作用に依り對立MNに生ずる顯象は前と同一にしてMの上部及びNの下部に縞を生ず且幾何的陰影MNに在ても若しAB充分に小なるときは極めて細微に而も均一なる幅を有する縞を生ず今此理を說かんとす前已に幾何的陰影中の一點Pに於ける光はASの波の作用の結果にして而してAより遠き所の者は相消殺しAの近傍のもののみ作用するを說けり之れと同一の理に依りて此場合に於てはASをAに於ける光源泉としBTをBに於ける光源泉として考察し得べし而してAB若し充分に小ならざるときはMNに生ずる顯像は前節に於けると同一なりとも若し非常に小なるときは其漸次消失する縞は又直に相重りて干渉するを以て前述の如き顯像を生ず即ち

$$AP-BP=n\frac{\lambda}{2}$$

なる方程式に依りてn偶數なるときは最大光輝の點を得奇數なるときは最小强度の所に相當す

其他之と反對の場合即ち直方形の隙より來るときに於ても同一の顯像を生じ同法に依りてnの偶數なるときは黯黑の帶を得其奇數なるとき明なる帶を得るを知るべし

一七三、圓狀細隙の場合

圓狀細隙を通じて發散する光の來るとき「レンズ」を以て之を見れば「ヂフラクション」を生じ中心は細隙の像にして其光强く周圍に有色の環あり而して其狀況は細隙より眼に至る距離に依りて變じ時に或は中央の輝點の僅かに點となることあり又或は消失することあり有色環の狀態も亦距離の變ずるに從ふて順次に變化するものなり今Oを光源泉としABを細隙の切斷としMを圓の中心としPをOMの上の一點とす而してMよりMA間をMM_1, M_1M_2……の半周圍期要素の長に分ち

$OM=a,\ MP=b,\ MM_1=r_1,\ M_1M_2=r_2,\cdots\cdots M_{n-1}A=r_n$

としMを中心として $r_1\ r_2\cdots\cdots r_{n-1}$ を半徑として圓を畫くときはABなる細隙は數多の環狀の帶に區分せらる然るに

$$OM_1=a+r_1^2/2b_1\ PM_1=b+r_1^2/2b_1\quad OM_1+PM_1=a+b+\frac{r_1^2}{2}\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}\right)$$

にして又作法に依り

$$OM_1+PM_1=a+b+\lambda/2$$

なるを以て

$$r_{1^2}\left(\frac{1}{a}+1/b\right)=\lambda\quad 即ち\quad r_1^2=\frac{\lambda ab}{a+b}$$

同理に依り

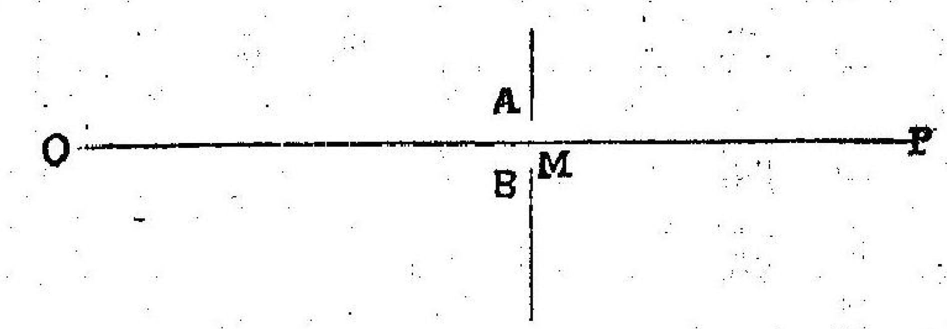
$$r_2^2=\frac{2ab\lambda}{a+b},\ r_3^2=\frac{3ab\lambda}{a+b}\cdots\cdots r_n^2=\frac{nab\lambda}{a+b}.$$

なり故に各圓の面積は

$$\pi\lambda ab/a+b,\ 2\pi\lambda a2/a+b,\ 3\pi\lambda ab/a+b,\cdots\cdots n\pi\lambda ab/a+b$$

なるを以て各環の面積は $\pi ab\lambda/a+b$ なり然るに各環內より

第百三十七圖



來る光は $\lambda/2$ の差ありて而も其送り來る量相同じきを以て相隣接する環より來るものは互に相消殺す故に若し r を細隙の半徑とし $PM=x$ とすれば

$$r^2(1/a+1/x)=n\lambda\quad 即ち\quad x=ar^2/(na\lambda-r^2)$$

に於て n 偶數なるときは光著しく奇數なるときは黠黑となり然るに波の長さは各光に依りて異なるを以て有色の環を生ず

「バビチー」の原則

一七四、「ハビ子ー」の原則

極めて小なる隙より光の通過するとき幾何的像の外部に於て光の輝くとは前已に之を說けり而して細隙漸次大となるに從ひて光輝漸く減じ遂に消失する所以亦已に之を說けり之に依りて之を觀れば細隙の部分若しくは部分の集合より來る作用は其殘餘の部分より來るものと同一の作用をなし而も反對なるを知るべし今 S_1 を部分の集合の面積とし S_2 を他の面積とし全體の面積をSとして S_1 より來る振動を $y=a\sin\varphi$ とすれば S_2 より來るものは $y=-a\sin\varphi$ にして而して光の强さは振幅の自乘に比例するを以て S_1 と S_2 と同一の作用を生ず即ち S_1 の抵抗體にして S_2 の透明部なるときも S_2 抵抗體にして S_1 の透明なるときも其Pに於ける作用は更に異なるとなし之

を「バビチー」の原則と云ふ彼の金屬線と直方形の細隙と同一の作用を生ずるは全く之れが爲なり

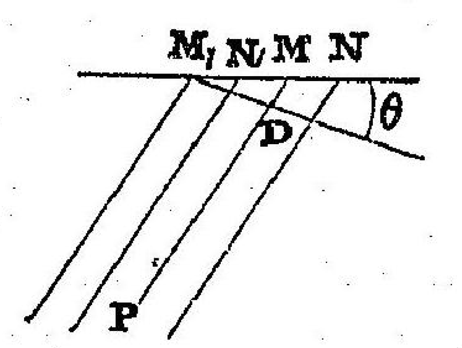
「デフラクション」格子

一七五、「クラウン」 水蒸氣多き夜又は雲多き日に於ては時として大陽及大陰の周圍に美麗なる有色の環を見る此れ亦「デフラクション」の顯象に外ならず即ち雲を形成せる水分子は光を遮る一の圓き抵抗體として作用する而して此等無數の圓き抵抗體は之れを無數の圓き透明體と考察し其周邊之れを置き部分を不透明體と見做すも「バビチー」の原則に依りて毫も其不可を見ず此理に依り前條に於けると同一の論法を以て之を解說するときは此の如き有色の環を生ずる結果を得べし又玻璃板上に「リユポヂウム」の粉を散布し日光に對して之を見るときは同一顯象を見る

一七六、「デフラクション」格子 「デフラクション」格子には數多の種類あり反射に依るものあり又は光の通過に依るものあり而して皆表面に無數の線を整正に畫し其部分を不透明となすものなり而して其表面或は平面なるあり或は曲面なるあり

今一例として單に平面上に線を畫せる格子に而も光の方向垂直なる場合のみを論せんとす一の玻璃板上に一吋間に四萬許の均一の距離を有する線を金剛石を以て畫し之に光を垂直に射らしめ「レンズ」を以て之を眺むるときは其光に對する處は輝きたる光の像を見るべしと雖ども其之を去るときは直に「スペクトル」の幾度となく順次繰り返さるるを見る而して中央に尤も近きものは鮮明にして其巾狹く之を遠ざかるものは其狀朦朧として其幅大なり

第百三十八圖



光線の方向をMとしPは中央にあらずしてOM_1とθの角をなすものとす又M_1N_1 M_2N_2等を玻璃の滑かなる面としM_1M_2等を線のある不透明の部分とす而して

$$M_1N_1=M_2N_2=M_3N_3=\cdots\cdots=a,\quad N_1M_2=N_2M_3=\cdots\cdots=b$$

とす今M_1よりM_2Pに垂線M_1Dを下すときは

$$M_2D=M_1M_2\sin\theta=(a+b)\sin\theta$$

なり然るに光線はM_1M_2に垂直なるを以て「デフラクション」格子に達するとき皆悉く同の位相にあり若しM_2N_2よりしてPに達するものはM_1N_1よりするものに比す

れば$(a+b)\sin\theta$の後れを生ず而してP點の黯黑なると否とは實にM_2Dの如何に依るものにして其距離$\lambda/2$の奇數なるときは互に相消殺し偶數なるときは相助成す即ち

$$(a+a)\sin\theta=2n\frac{\lambda}{2}\quad\text{のときは輝き}$$

$$=(2n+1)\frac{\lambda}{2}\quad\text{のときは黯黑なり}$$

蓋しθはn及びλに依りて變ずるを以て幾度となく「スペクトル」を見るなり光線の斜に來る時も同一の法に依りて之を證するを得べく又曲面より反射するものも其理前と大同小異にして「ローランド」の曲面格子は後者の一例なり

第七章　複屈折

一七七、複屈折

第一編に於て論せし處は皆光の透明體を通過するときは其物體に依て單一の而も一定せる屈折の方向ありとなせり然るに各物體皆此の如きものにあらず千六百六十九年和蘭人「エラムス、バルソニユス」は寒水石に於ける光の狀態を研究して一光線來るときは同時に二箇の異りたる方面に屈折するを發見せり啻に寒水石に止まらず其結晶の立方體に屬するものを除きては全べて皆此の如き性質を有す此顯像を光を複屈折と云ふ而して此複屈折をなす結晶體に於ても光の其方向に來るときは二箇の屈折光互に一致することあり其方向を光軸と云ふ又唯一の光軸を有するものあり又二箇の光軸を有するものあり前者を單軸結晶體と云ひ後者を複軸結晶體と云ふ

單軸結晶體
複軸結晶體

波動論に於て「ホモゲニヤス、アイソトロツプ」物體に在ては波動の傳播は四方に均一に其波面は常に球面にして「アイソトロツプ」ならぬ物體中に於ては傳播の狀態均一ならずして其波面は複雜なることを説けり光の場合に於ても此の如きことの之あるは當然の理なり即ち「ホモゲンニヤス、アイソトロツプ」物體に於ては「エーテル」の波は球面をなすと雖も結晶體に於ては然らず結晶體は剛性、彈性、電氣及熱に對する傳導等に至るまで凡ての物理的性質は方向に依りて異なるを以て若し此の如き「ミヂアム」に於ける一分子を變位せしむるときは其回復力は一般に變位の方向に平行ならずして之と斜傾し從て眞直に其平均位置に復さし

めんとするものにあらず故に波面は球面たらず且其傳播の速力は四方に均一ならざるを知るなり

「ノイマン」「コヲシー」等は結晶體中は「エーテル」を「ホモゲンヤス、アイソロップ」にて彈性を有する固體と見做し且各の分子を質點と見做し而して互に之を連結する方面に力の作用するものとなせり且結晶體中に於ては「エーテル」分子の並列する狀況は直角座標線の三線に對しては對稱にして異なりたる方面に對しては異なる者となし之れが解說をなせり「ヘルムホルツ」「ロンメル」「タムソン」は「エーテル」は其の所在の何處なるを問はず常に「アイソトロフプ」にして其存在する物體の如何に依らず常に同一なるものとなし種々の顯像を說明せり即ち光の透明體を通過するときは其物體の各質點は「エーテル」の振動を吸收して振動し而して其吸收する量は結晶體に於ては波の傳播の方面に依りて異にして「アイフトロップ」物體に於ては凡ての方向に對して同一なりとなせり且又結晶體に於ては傳播の速度從つて吸收する「エネルギー」の量は振動の方向と傳播の方向に關係するものなりとなせり此二設中後者は寧ろ有理の說なるが如く

「フレネル」の假想

「エーテル」の力學的性質に差異說ありと雖も要するに複屈折の顯像は各方向に於ける平面波の傳播の速度と其振動の狀態の決定問題に外ならず「フレネル」は(一)偏りたる光の振動は其偏り與に垂直なること(二)平面波の傳播に關する彈力は單一質點(他の質點が靜止すと見做し)の變位に依りて生じたる彈力と單一の比を有すること(三)「ホモゲニヤス」の「ミデユム」中に於ける平面波の傳播の速度は振動に依りて生じたる彈力の有效部分の平方根に比例すること(四)平面波の「ホモケニヤス」物體中に傳播するときは波の傳播に有效なる彈力の部分は波の前面に平行なることとの五條件を假想して一點より平面波の傳播する方向に線を引き其線上に其時の後到達したる平面波の位置即ち傳播の速度に比例する長さを切り之を各方向に行ひて以て某時後の波面を研究せり固より其假想の當否は一の疑問に屬すと雖も之れ依りて得たる結果を實驗に徵するに能く符合するのみならず此結果に依りて光學上一大新事實即ち圓錐屈折を發見せるを見れば敢て不當の理論にあらざるべし

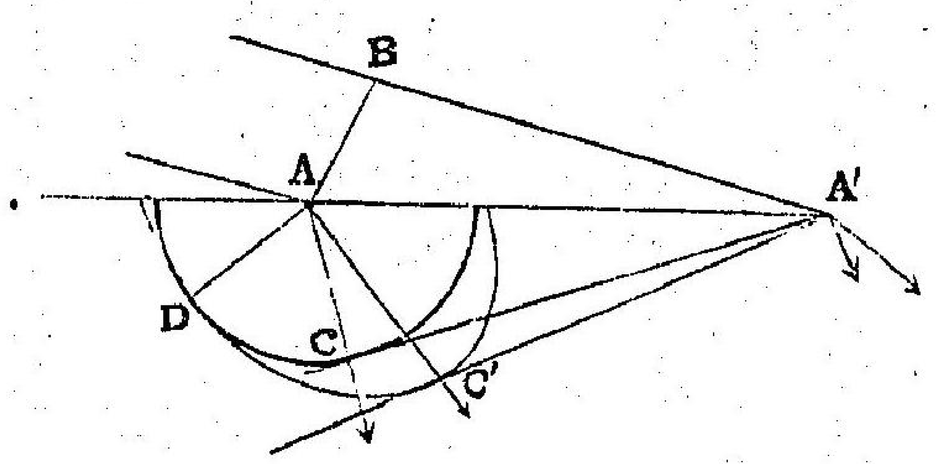
「フレネル」の說に從ひて數學上の研究をなせば波面は六次の方程式を以て示さ

るべき複雜なる表面となり而して其軸式面に於ける切斷面は圓と楕圓の二曲線となる是れ即ち「ホイゲン」の作法の依て起る所なり

一七八、單軸結晶體に於ける複屈折　「フレチル」の説を單軸結晶體の場合に應用すれば互に相切する圓と楕圓を得る「バルソニユス」の此顯像を發見せる後「ホイゲン」は之を自己の波動説に依りて説明せんとし通常光の波面を球とし非常光の波面は回轉楕圓體となし以て屈折方向を求むるの法を作れり此法は實に「フレチル」の結果に相一致し單軸晶體に於ける光の方向を與ふるものなり

一七九、「ホイケンの作法」　光線LAの方向に來りAA'の平面界を以て分畫せられたる結晶體Mに進むものとす而してABを波の前面換言すれば射入波の前面はABを含みて紙上に垂直なるものとす然るときは振動來てAに達するやAは又一の振動源となりて球面波を空氣中に反射し同時に結晶體に於て傳播する二波の中心となる今結晶體中にAC及びAD'なる圓と楕圓とを畫くべし此二箇の曲線は若し射入面光軸を有するときはBに於て相切す即ちABは光軸なり

第百三十九圖



而して光軸は結晶體に附隨するものなるを以てAA'の方向一定するときは其位置一定するものなり(故に上圖はAA'をかかる方向に切りたる特別の場合なり)今A'よりAに於て紙面に直角なる線を含してACに切面$A'C$を作れば此平面は通常光波に於ける波の前面にしてACは屈折光線なり又Aより同一の垂直線を含みてに切面を作るべし此場合に於ては紙面光軸を含むが故に切點は紙面にありと雖も一般の場合に於ては切點紙面外にあるべし而して此作られたる平面は非常光波の前面なり何となればAA'間の各點を中心として波面の切斷圖を作れば皆其面に切すべければなり然るときはAC'は非常光線なりとす是に由て之を觀れば通常光線は通常の屈折の法則に從ふと雖も非常光線は決して其法則に從はざるを知る若し光線にして射入面に存するときは非常光線も亦射入面にありて彼の法則の一に從ふべし

正號結晶體

負號結晶體

單軸結晶體に於ては波動面は球と及び之に切する回轉回轉楕圓體とにして球の外切する場合と內切する場合あり前者の如き波動面を有するもの(例令へば水晶)之を正號結晶體と云ひ後者の如き波動を有するもの(例令へば「アイスランドスパー」)之を負號結晶體と云ふ

一般の場合に於ては前者の如く波面の切斷面に於て圓と楕圓と必しも切せずと雖も其作法に至りては毫も異なることなし

一八〇、圓錐屈折 結晶體に於ける平面波にして光軸の方向に射入するときは其結晶體を通過するに方て單に二箇の光線に分れずして波動面と光軸に直角する切面と互に相切する點と其波動面の中心とを連ねて得たる圓錐の表面に分散すべし之を圓錐屈折と云ふ「アラゴナイト」を取り之を光軸間の角を二等分する線に直角に切りて光線を適當の方向に射入せしむれば此顯象を見ることを得べし而して結晶體中に於て圓錐狀をなすとき之を內圓錐屈折と云ひ其之を去るとき圓錐狀をなすものを外圓錐屈折と云ふ

第八章　光の吸收及び分散

一八一、吸收 光の物體を通過するや其一部は必ず物體の爲めに吸收せられ其吸收せらるる度は光の異なるに從ひて異なるものにり水及び空氣の如きも亦之を吸收して蒼々たる色を示すとは前已に之を說けり實に分光器を用ゐて「スペクトル」を驗するに無數の暗黑線の存するは全く吸收の顯象を示すものなり而して其物體は可視「スペクトル」中の波を收吸し某物體は之に反して不可視「スペクトル」の波を收吸す

吸收の顯象は音響に於ける共鳴と同一なるものなり蓋し物體の分子を圍繞する「エーテル」の振動するや其質點は自已の振動に尤も適切なる「エーテル」振動の作用に依りて振動するに至るべく其吸收したる「エネルギー」は遂に熱となりて顯出す即ち自色光を構成する波の中に於て物體分子の自由振動と同一の振動を有するものあるときは其物體は之に共鳴りして之を吸收し又此に依りて振動する分子は振動源となりて再び之を他に與ふ是に依りて之を見れば物體

の異なるに從ひて其の吸收する光の異なるを知るに足る而して其自己に適する波を吸收することを撰擇吸收と云ふ

撰擇吸收

音響の場合に於て「ヴァイヲリン」の胴の如きものは總てのに共鳴し「ヲルガン」管の如きは特殊の音に共鳴するが如く光の場合に於ても黯黒體は全べての光を吸收し瓦斯の如きは特別の光を吸收す今鐵の一片を取り之を見るに鐵は多くの光を吸收するものにして之を熱する中低溫度に於ては長き波即ち熱波を發し高溫度に於ては振動漸次劇甚となり短週期の波を發す而して其發する光波は始めは赤色より終に白色に至る然るに瓦斯の場合に於ては分子の運動自用なるを以て常に自己の固有なる振動をなし吸收する光波は常に一定す故に之を熱するときは其發する「スペクトル」は常に數箇の鮮明の光輝ある線にして冷却せる瓦斯の吸收する光と同一なり假令へば「ソヂユム」の一片を取り之を燃燒し分光器を以て檢すれば其發する光はD線にして又白色光をして其冷却せる瓦斯を通過せしめは之に相當する位置に黯黒線を認む

黯黒線

溫度の上昇に伴ひ瓦斯亦發する「スペクトル」の數を增ざるにあらず然れども是れ決して前述せし理論と矛盾するにあらず却て其確なるを證するなり何となれば之を熱すれば分子の振動劇甚となりて壓力を增加し壓力の增加は分子をして相接近せしむるの傾向を有し從つて衝突の數を增し之をして自由に自己の振動をなすを得ざらしむるに至るを以てなり

凡そ透明物體より射出する光は皆有色のものにして同一行路を經たるものは皆同一色を有し其行路大なるときは其色增々濃厚となる而して通常物體の有色なるは之と少しく趣を異にす即ち其表面に於て光の一部は擴散消失し吾人は唯だ殘餘の光のみを感ずるを以てなり又組織の差異に依りて光は一たび物體の表面下に入り再び反射して歸來するときは光度減殺せらるるのみならず其幾分の光波を失ひて色を生ずるあり例令へば注意して濾過したる溶液を器に盛れば色を呈するが如きは全く之れが爲にして射入せる光は器の壁に於て擴張せられ又溶液に依りて吸收せらるるを以てなり故に之を盛りたる器を黒色に塗れば溶液は色を失ふに至る之に依りて之を見れば光の吸收は色を與ふる主要の原因なり多くの物體は又表面色を有す假令へば「アニリン」溶液は之を

透見すると表面に對して望見するときとに依り其色を異にするが如し之れ一は光の一部の擴散と其之を通過する際に於ける吸收の結果にして透明の時に於ける色は表面の反射と吸收の結果の合成なるが如し

一八二、大陽の「スペクトル」に於ける吸收線　大陽の「スペクトル」には無數の黯黑線の存在するを說けり若し大陽より發する光にして單一のものならんには假令ひ三稜鏡を通過して分散するも吾人は僅に細隙の像をのみ見ん若し又單に二箇の波より成るときは其間全く距りたる二箇の細隙の像を結ぶべく又數多の波より成るときは數多の有色像を見るべく而して其光波のなき處は一の黑線として顯出すべし蓋し「スペクトル」は細隙の像の互に相隣接して連續せるものなればなり故に光波の數非常に多きときは吾人は間斷なく連續せる「スペクトル」を見るべしと雖も分光器の分散力を大にし細隙の小にするときは之をして黑線を有するに至らしむる事能はざるの理なし即ち「スペクトル」の連續的なるや否やは固より光波の數に關係すと雖も細隙の大さと其之を分散する器の如何は又與て力なしとせず

大陽の「スペクトル」中に存する黯黑線は實に此理に依りて生ずるものにして黯黑線の存在せる部分は光波の缺乏を意味す然らば則ち大陽は全く始めより之に相當する光を發せざる乎將又吾人と大陽との中間位する物體の爲めに光の吸收せられたるに依る乎蓋し炭火及び鐵の如き固體の灼熱するや其「スペクトル」は連續的にして決して黯黑線を顯出する事なきを見れば大陽より發射する光は始めは連續的なるも大陽を包圍する而も之より冷き瓦斯を通過するに際し之れが爲めに吸收せられ之を失ふに至るものなりと推論する敢て不當の事にあらざるべし乃ち彼のD線は「ソヂユム」瓦斯の爲めに又某線は某物體の爲めに吸收せらるるとなすなり換言すれば大陽の近傍に黑線に相當する光を吸收する物體の存在を示すものなり今地上に於ける物體を檢して其黑線に相當する光を發するものを求めば其存在する物體は即ち其物體たるを知るべし從つて大陽附近に存在する物體を知るべし

一八三、「スペクトル」線の變位　運動せる分子より發射する光波「ドップレル」の原理に依り發音體の或は近き或は遠ざかるに依りて音の高低を生ずる

が如く光に於ても又之と同一の現象を生ず若し發光體にして光の速度に比し得べき速度を以て吾人に近づく時は吾人は一秒間に其光の發すべき光波より多くの光波を感知すべく又吾人に遠かる時は之に反して少き波動を感知すべし乃ち發光體の運動に依りて振動數の變化を生じ從つて屈折度の變化を來し以て「スペクトル」線の變位を生ず v を光の速度 n を發光體の速度 θ を光の傳播の方向と發光體の運動の方向の差とし n を本來の振動數とし n' を所要の振動數とすれば

$$n'=n\left(\frac{v+n\cos\theta}{v}\right)$$

然るに波の長さ λ' は v/n' にして原波の長さ λ は v/n なるを以て

$$\lambda'=\lambda/(v+n\cos\theta)=a\left(1-\frac{n}{v}\cos\theta\right).$$

なり第一の漸近算法を用ゆれば物體の各分子は同一の速度を有するものと見做す事を得べし故に n' の値は

$$n\left(1+\frac{n}{v}\right) \text{ 及び } n\left(1-\frac{n}{v}\right)$$

なりとす故に物體分子吾に近づく時は屈折度を增して紫色の方に變位し之に反するときは赤色の方に變位す

一八四、幅射の變化

物體分子の「エーテル」の振動に共鳴りして其振動を吸收するときは多くは之を熱として再び發射するものなり乃ち短週期の光波を吸收して長週期の波を出す此と同じく又一層短週期例令へば紫及び紫外線に於ける光を吸收して之を短週斯の光乃ち赤及び青等の可視光に變ずる事あり此顯象を「フルオレッ、センス」と云ふ之を撿せんと欲せば三稜鏡に依りて分散したる「スペクトル」の各點に「ウラニウム」玻璃の小片を曝すべし然るときは「ウラニウム」は赤色及び綠色の近傍に於ては決して變狀を呈せずして赤或は綠色に見ゆるも一たび紫に至るに及んでは直に其特異なる黃色を呈するに至る尙ほ進んで紫外に至るも其狀態を繼續す且又其物體を通過して其物體に「フルオレッセンス」の顯象を起したる光は再び之と同一の物體を通過せしむるも決して復び其現象を生ずる事なし之れ他なし此現象は短週期の光波を長週期の光波に變じたるものにして其物體の分子は一定の光波と同一の自由振動週期を有

して其光波を全く吸收するを以て其物體を通過したる光は其特殊の光波を缺くを以てなり此現象は紫外線の狀況を研究するの用をなす乃ち「フルオレッセンス」を爲す物體を紫外部に置きて黑線の形狀位置を知る事猶ほ熱「エレキ」に依りて黯熱線の狀況を知るが如し

一八五、燐光　「フォルヲッセンス」に於ては光源の存在する間のみ其現象繼續し光源消滅するときは現象亦消滅す然るに燐光と稱する現象あり此現象の狀態は前の現象に髣髴たりと雖ども少しく趣を異にし一たび光源に曝らさるるときは其消滅の後も現象尚繼續す

一八六、「カロレセンス」　以上は短周期の光波長週期の光波に變ずるものなりと雖も物體分子は「エーテル」の長週期の振動を吸收して短週期の振動に變ずるとあり之を「カロレッセンス」と云ふ假令へば熱線を「レンズ」を以て集合せしめ其燒點に白金の一片を置けば白金は次第に灼燒して可視光波を發するに至る

一八七、分散　音響に於ては音の高低に關係せず其傳播の速度は同一なり然れども之れ唯だ波の長さ大なる者と考察したる漸近算法の結果たるに過ぎず故に波の長さ小なる時は傳播の速度に變化を來すべしと想像するは敢て不當の事にあらず近來學者の說く所に依れば光の分散は「エーテル」分子と其物體の分子の間に存する一の力の結果に外ならずとなせり實に光の分散は光波の長に依るものなり

$$\mu = v_0/v$$

なる方程式に於て v_0 は「エーテル」の「ミヂュム」に於ける光の速度を示すものなり若し分散にして前述の如くんば v_0 は光波を異にするも決して變ずべきにあらず之れ果して直なるや否や然れども v_0 は一定のものたる論證なきにあらず彼の變光星即ち之れなり蓋し變光星に於ける變光の原因の何たるを問はず若し光波の異なるに從ひて「エーテル」中に於ける速度異なるものとし赤は速度大にして紫は速度小なりと假定せば星光の減少するときは次第に紫色に變じ其增大するときは赤色に見ゆべきは當然の理なり何となれば若し其速度微少の差を有するものとするも赤紫兩光の吾人の眼に達するに數時間の差を生ぜざる

トルマリン

べからざればなり而して其之れなきを見ればv_0は各光波に對して一定にして分散を生ずるは物體分子及び「エーテル」分子の相互の作用に歸するが如し

一八八、變則分散　「ヘルムホルツ」「ケットレル」等は變則分散の原因を研究して「エーテル」の彈性力物體分子に於ける彈性反動作用及び二者の相互の作用に依るものとなり即ち「エーテル」の各分子の振動は自己の彈性と生體分子の反動に依るのみならず其之に近接する物體分子との摩擦の結果に外ならずとなせり

第九章　偏り

一八九、偏り　光をして光軸に平行に切斷したる「トルマリン」通過しめ次に又之れと同一の「トルマリン」を取り前と平行に置くときは光は自由に通過すと雖も其一を回轉するときは光次第に減少し互に直角の位置に來るときは遂に光消滅す尚ほ回轉を繼續するときは再び次第に光度を增し二直角を回轉して互に平行となるに及んで光度再び最大の域に達す而して之を回轉して三直角に至るときは光又消滅し回轉尙ほ增すときは光又增して故位に歸るときは故の狀態に復す之れ他なし無限大の自由を有せる橫波は「トルマリン」に依りて僅に二方向に振動するに至るが故に他の之と同一の「トルマリン」を直角なる位置に置くときは此僅に振動せる二向方の自由も亦害妨せられて振動する能はざるに至るべければなり

一九〇、反射に依りての偏り　偏りは反射に依りて生ず「トルマリン」に依りて一たび偏りたる光を玻璃面にて反射せしめ玻璃面の方向を種々に變じ射入光線をして其方向ならしむるときは反射せる光の强さは最小の極に達し又其方向に於ては最大の光度を有するを見る之を顚換して玻璃板より反射し來る光線を「トルマリン」を以て驗するに「トルマリン」を回轉し其方向に至るときは最小の光度を得某方向にあるときは最大の光度を得是れ即ち反射に依りて光の偏りを證するものなり

一九一、偏りの角　二箇の玻璃鏡を取りて一の玻璃鏡より反射する光をして再び他の玻璃鏡に依り反射せしめ而して始め玻璃鏡をして互に平行なら

偏らせ角

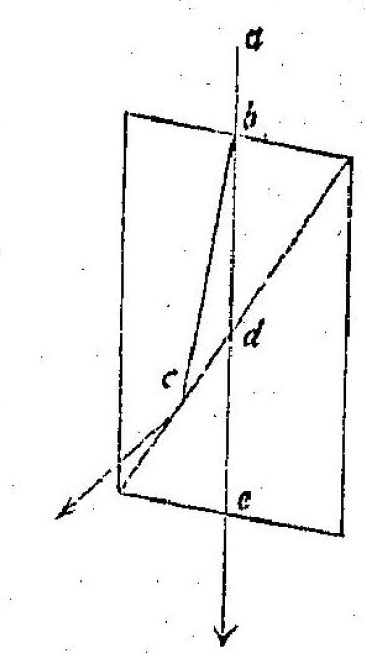
しめ然る後其一をして其間を連ぬる線の回りに回轉せしむれば九十度を回轉するとき光度最小の域に達す今又其線を對する角を變ずるときは光度又從ふて變ず實に反射光の光度は射入角の如何に依るものにして射入光垂直線より去て射入角増加するときは光度次第に減じ最小の域に達し之より又次第に光度を増す而して光度最小に達する特殊の射入角を玻璃の「偏らせ角」と云ふ啻に玻璃のみならず他の物體亦同一の性質を有し特殊の射入角に對して光度最小に達す之れを其物體の「偏らせ角」と稱す「マラス」は反射光の偏りを研究して左の法則を得たり即ち二表面より反射する光の光度は其二反射面のなす角の餘弦の自乘に比例すと

一九二、屈折に依りての偏り　屈折亦偏りを生ずる者のみにして反射に依りて生じたる偏りと密接の關係を有す「アラゴー」の研究に依れば偏りなき光若し透明體の面に投射し反射及屈折をなすときは之に依りて偏りを生じ反射及び屈折の二邏は同一量の偏りの光を爲し其偏りの面は互に直角なりと「ブリユースター」の一の法則を發見せり曰く屈折率は「偏りの角」の正切を等しと

一九三、複屈折に依りての偏り　複屈折に依りて生じたる通常光及び非常光を「トルマリン」にて驗するに皆悉く二方向の自由振動をなすものにして「トルマリン」を回轉するときは某方向に於ては光度最小に某方向に於ては光度最大なるを見る之れ即ち其偏れるを證するに外ならず又左の方法に依り撿ずることを得べし例令へば「アリスランドスパー」を取りて之に光を通ずれば通常光線Oと非常光線Eとに分る今又之を他の結晶體例令へば寒水石を取り之をして屈折せしむればOはO_e及びO_oとなりEはE_e及びE_oとなりて四箇の線を生ず今第二結晶體を回轉するとき若し始めO_e及びE_o共に光度微弱なるときは回轉に依りて漸次其光を増し之に反してO_oとE_eは光度を減じ九十度を回轉するときはO_e及びE_e組の光は全く消失す尚ほ之を回轉するときは前と反對の現象を生ずると尚ほ「トルアリン」に於るが如し之に依りて之を見れば一の位置に於ては通常光線を通常光線として非常光線をして非常光線として通過せしめ之と九十度をなせる位置に於ては通常光線を非常光線として通常光線を通常光線として屈折するを知らん

一九四、「ニコル」三稜鏡　此器は「アイスランドスパー」にて作れるものにして其形狀圖に示すが如く二箇の三稜鏡を合成にして互に「カナダバルサム」を以て結合せるものなり其原理は「カナダバルサム」の屈折率は一、五四九なるを以て「アイスランドスパー」の通常光の屈折率(一、六五四)より小にして非常光の屈折率(一、四八三)より大なるを應用せるものなり故に光若し ab 方向に來りて b に達するときは通常光と非常光に別れ非常光は c に於て全反射をなし通常光のみ de 方向に屈折通過す之を「偏らせ」若くは「偏り驗」として用す「偏らせ」は光を偏らしむるものを云ひ「偏り驗」とは其偏たるや否やを撿するものなり

第百四十圖



一九五、直線偏り　光波若し偏りを生じて僅に二方向の自由を生ずるとき換言すれば「エーテル」分子の振動は某平面内に制限せらるるときは之を直線偏りと云ふ直線偏りせる光偏りの角を以て玻璃面上に投射するときは其光度は射入面の方向如何に依るものにして特殊の射入面の方向に對し反射光の光

偏面

度極めて强大なることあるなり此射入面を稱して「偏の面」と云ふ

直線偏りの光は複屈折に對して左の二性質を帶ぶ

(一)　複屈折結晶體の主要截斷面に於ては分れて二箇の光波とならずと雖も他の位置に於ては分れて二となる

(二)　射入面若し「偏り面」に直角にして且射入角若し其物體に於ける特殊の「偏の角」なるときは其透明體の表面に於て反射せず

一九六、「偏り面」の回轉　若し射入光にして射入面と異りたる面に於て「直線偏り」をなすときは其光は射入面と及び之に直角なる面に「偏り」をなせる二箇の光に區分することを得べく而して其各々に就きて反射光を算出し然る後之を合成するときは其「偏りの面」は前と異りたる面たるに至る而して此二面のなす角を「偏りの回轉角」と云ふ

偏の回轉角

一九七、圓偏り及び楕圓偏り　前已に波動論に於て周期及び振動同じくして其振動互に直角をなすものは圓振動をなし其振幅同じからざるものは楕圓振動をなすを說けり故に「エーテル」分子の運動の軌跡圓若しくは楕圓なる

ときは其光波の偏りを「圓偏り」若しくは「楕圓の偏り」と云ふ「圓偏り」の光投射するときは之を互に直角に振動せる二箇の光に分解することを得べきを以て其各々に就いて反射光の狀況を考察し然る後之を合成するに「楕圓偏り」をなすに至る故に「圓偏り」の光は反射に依りて「楕圓偏り」となる而して唯だ垂直に射入するときのみ變化あることとなし「圓偏り」の屈折光に於ても亦同じ若し射入光波「楕圓の偏り」をなすときは屈折反射の光波は皆「楕圓の偏り」をなす

第十章 偏光の干渉

一九八、偏光の干渉 偏りたる光結晶體の薄片を通過するときは通常及び非常の二光に分解す然るに此二光は薄片を通過するに際し速度の差異あるを以て位相の相違を來す此位相の差を生じたる二光は之を通過する後結晶體の厚を非常に小なるを以て其方向相距ること遠からずして復び干渉合成す故に光の干渉條下に說明せると略ぼ同一の理に從ひて色圖を顯はす而して偏りの光の種類及結晶體の切斷の狀態に依りて顯出する縞の形狀甚だ異なりとす

一九九、平行なる直線偏光 一般に複屈折をなす結晶體の薄片を直線偏光の通過するときは之を他の複屈折をなす「偏り驗」を以て檢するに通常光及び非常光は各々色を顯出し此二色の互に蔽ふ處は白光を呈す乃ち二光の顯はす色は補色なり今直線偏りの光を「ニコル」の三稜鏡を以て見るに之を回轉して其位置に至るときは全く光線を通過せしむることなし然るに其間に複屈折結晶體の薄片を挿入すれば暗黑は變じて明鏡となる而して明暗の度は其結晶體の位置に依るものなり之に由りて之を觀れば偏り光に依りて生ずる此顯象は射入光の偏の狀況複屈折結晶體薄片の挿入及び偏り驗の作用に外ならず

二〇〇、偏光の收斂發散 收斂直線偏光を用うるときは其狀大に前者に異にして左の如し

單軸結晶體に於ては其薄片の切斷せらるる面の狀況に依りて異なりとす

(一)薄片面光軸に直角なるときは共心を有せる色圓を生ず

(二)光軸に平行なるときは共燒點を有する有色雙曲線を生ず

(三)光軸に斜なるときは其斜角の如何に依りて其燒點を有する有色の楕圓弧及

び曲雙線弧を生ず

(一)光軸に直角なるときは色を有する環を顯し

(二)光軸に平行なるときは雙曲線をなす

(三)光軸に斜なるときは「レムニスケート」を生ず

此塲合に於ても前と同一の論法に依り光波の光度を算出し其形狀を證し得べしと雖も事繁雜に渉るの恐れあるを以て復た之を說かず

一般に同一色を有する線を同一色線と云ふ此同一色線を貫通して無色の線あり之を無色線と云ふ

又若し結晶體を種々の方向に切斷し之に依りて生ずる同一色線を檢し各切斷面に於ける同一色線の相當なるものを考ふれば此等の色線は空間に對しては一の曲面を作るべし此面を稱して同一色面と云ふ故に若し此同一色面の形狀を知る時は各切斷面に於ける同一色線の形狀を知ること容易なり

單軸結晶體に於ける同一色面の形狀は雙曲回轉體の形を有し複軸結晶體に於ては其形甚だ複雜にして圖の如し而して其形式は數學上より之を研究し其方程式を得べしと雖も玆に之を說くこと難し

二〇一、圓偏りの色　平行なる圓偏り光の塲合に於ても前と同一の論法に依り通常光に依りて生ずる色と非常光に依りて生ずる色とは互に補色なり

二〇二、收斂圓偏光の塲合　此塲合に於ても前と同樣に說明することを得べし而して無色線は又 $\sin 2a=0$ にして單軸結晶體の光軸に直角なる薄片に於ては無色線は十字狀にして一は「偏り驗」の主截面に平行に一は之に直角なり又圓偏光は縞らして變位せしむる作用をなし相對せる四分圓に於ては縞は中心に吸引せられ他の相對せる四分圓に於ては外方に押出さる

二〇三、楕圓偏光の塲合　此塲合に於ても前と同一の法に依りて無色線は $\sin 2a=0$ に依りて決定せらる而して其狀況圓偏光に於けると大同小異なりとす

二〇四、光軸の分散　單軸結晶體に於ては光軸は各光波に對して同一なりと雖も複軸結晶體に於ては光軸間の角は主要屈折率に關係し此屈折率は亦波の長さに依るを以て光軸間の角は光波の異なるに依りて同じからず從ふて

光軸の分散を生ず而して結晶軸式の直角なる乎は斜傾なる乎は大に此顯象の生成に與て力あるものなり

(a)直角軸系此場合に於ては結晶軸は互に直角にして互に垂直なる三個の對稱面を有す然るに光波は最大及び最小彈性を有する二方向を含む面内にあるを以て全べての光波に對する光軸は中間彈性を有する線に對して對稱にして光軸を含む面は中間彈性の線を通過す故に最大彈性軸若くは最小彈性軸に直角なる薄片に依りて生じたる「レミニスケート」は各色に通じて中心を共にし燒點を異にするは全く之れが爲なり

(b)二斜光系此場合に於ては二光互に斜傾し第三光は之に垂直なるを以て一個の對稱面を有す即ち互に傾斜せる光を含める面之れなり故に此場合に於ては左の二項に區別す

(甲)某光波に對し光線間の角の等分線にして垂直なる結晶光と一致するときは第三光は光光間を等分す然るに對稱面内に於て傾斜光の位置は光波に依りて變ずるを以て光軸を有する面は種々の位置にあることを得べし「ボラックス」は其一例なり

(乙)某光波に對して光軸面若し對稱面と一致するときは對稱面は各光波の光軸面なりとす然れ共其光軸の方向種々にして從ふて光軸角等分線も亦共通ならず故に其之に依りて生じたる同一色線は共心を有することなく反て此等の中心は同一色線に對稱する一直線上にあり

三斜軸系此場合に於ては對稱面なきを以て各光波に對する光軸は異なりたる面内にあるのみならず又共通の等分線を有することなし

第十一章　回轉偏り

二〇五、回轉偏り　直線偏りの條下に於て反射及び屈折に依りて偏り面の回轉することを云へり而して其回轉の方向右より左に赴くものを右回りすると云ふ之に反するものを左り回りすると云ふ「偏り面」の回轉は又磁石と關係することあり而して先づ諸物體を通過する光波より論ぜんとす

「アラゴー」の始めて水晶に於て此顯象の研究後「ビオー」又た之を研究して左の方

則を得たり

(1) 回轉角の多少は光線の通過する厚さに依る

(2) 二個の物體に依りて生ずる回轉は各々の回轉の代數的和なり

(3) 回轉は屈折率と共に增し波長の自乘に逆比例す

而して第三の法則は單に近似の法たるに過ぎず

二〇六、流動體の回轉偏り

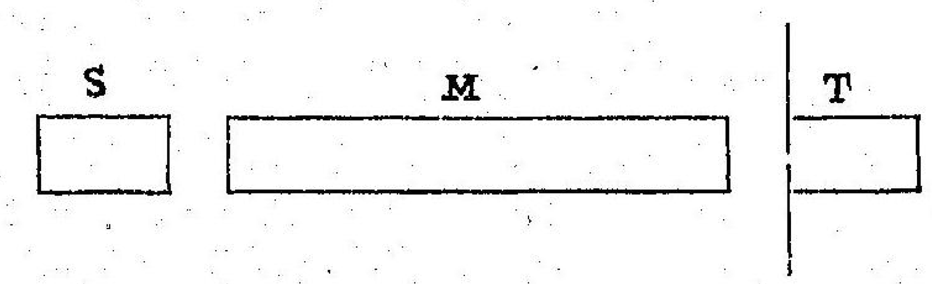
「偏りの回轉」は水晶にのみ限るにあらず種種の液體及び瓦斯體亦此性質を有す例令へば「ターヘンチン」の如き之れなり之れを知らんと欲せば液體若しくは瓦斯體を管に入れ其回轉するや否やを驗するにあり「ビオー」は此法に依りて回轉性を有する液と之れを有せざる液の混合物を驗して尙ほ其回轉性を有することを發見せり加之其瓦斯體も亦之を有するを知れり此點に關して水晶と大に趣を異にす水晶の回轉性は其結晶狀況の然らしむる處にして之を溶融する乎若し之れを溶體に解す時は其性質を失ふと雖も之に於ては然らざるを以て「ビオー」は回轉性は其物體分子に固有せりとなせり

右轉を正とし左轉を負とし左に二三の液體の回轉角を示す

砂糖の溶液 (50%) +33°.64 ｝赤色に對して
「キニーネ」の酒精溶液 (6%) −30°

水晶 21°.67
眞砂 32°.5
鹽酸曹達 3°.67
次亞硫酸曹達 8°.39′
次亞硫酸鉛 5°53′
次亞硫酸石灰 2°9′ ｝D線に對しての回轉なり但し一粍の厚さとす

第百四十一圖



分子の回轉が前條の結果に依れば溶體に於ける回轉は其回轉に對する有効分子の數に比例するを以て一單位容積中に有効液ωを有するとし其の液體の比量をδとすれば有効物體の量は$\omega\delta$なり故に厚さをdとすれば回轉角ρは $\rho=M\omega\delta$ 但しMは常數なり此常數を稱して其物體分子の回轉力と云ふ故にMは一物體に對しては常數なりと雖も物體の異なるに依りて同しからず

二〇七、砂糖汁

前節の學理を應用して回轉偏光を生ずべき溶液の濃度

を其回轉の度數にて測ることを得べし此裝置を砂糖汁(サカリメーター)と云ふSTは「ニコル」の「プリズム」にして一は「偏らせ」一は「偏り驗」の用をなし中間Mは溶液を入れし管にして光線はSより入りMなる液體を通過してTに出づTを回轉して光度の最大最小の角度即ち回轉の度合を知り以てM中の溶液の濃度を測定す

普通物理學上卷終

普通物理學上卷奥付並製

明治三十九年一月廿七日印刷
明治三十九年[illegible]月[illegible]日發行

(定價金四拾錢)

編者　東京市日本橋區本町三丁目八番地　福井政一
發行者　東京市小石川區久堅町百〇八番地　大橋新太郎
印刷者　東京市小石川區久堅町百〇八番地　山田英二
印刷所　博文館印刷所

發兌元　東京市日本橋區本町三丁目　博文館

第百卅三編 鑛物學
第百卅四編 韓國新地理
第百卅五編 清國商業地理
第百卅六編 西洋音樂史
第百卅七編 近世美術史
以下續出（略之）

▲分類目錄▼

●ハ既刊ノ分
○ハ續刊ノ分

◎法科 政治、經濟、法律

● 政治汎論 法學士 永井惟直君著
● 日本帝國憲法論 法學士 田中次郎君著
● 議會及政黨論 法學士 菊地學而君著
● 政治史 法學士 森山守次君著
● 政治學 法學士 津田欽一郎君著
○ 國家學 法學士 南弘君著
● 國法學 法學士 岸崎昌君 故中村孝君著
● 日本法制史 文學士 三浦菊太郎君著
● 支那法制史 文學士 淺井虎夫君著
● 國際公法 法學士 北條元篤君 法學士 熊谷直太君譯
● 國際私法 法學士 中村太郎君著
● 最近外交史 法學士 原田豐次郎君著
● 行政法汎論 法學士 小原新三君著
● 行政法各論 法學士 小原新三君著
● 行政裁判法論 法學士 小林魁郎君著
● 議院法提要 法學士 工藤重義君著
● 經濟汎論 法學士 池袋秀太郎君著
● 經濟政策概論 法學士 守屋源次郎君著
○ 家事經濟學 法學士 河津暹君著
○ 日本經濟史 法學士 柳田國男君著
● 財政學 法學士 笹川潔君著
● 最新統計學 法學士 夏秋龜一君著
● 法律汎論 法學士 熊谷直太君著
● 法理學 法學士 丸山長渡君著
● 民法親族編相續編釋義 法學士 上田豐君著
● 民法總則編物權編釋義 法學士 丸尾昌雄君著
● 民法債權編釋義 法學士 丸尾昌雄君著
● 民事訴訟法釋義 法學士 梶原仲治君著
● 刑事訴訟法論 法學士 溝淵孝雄君著
○ 新刑法論 法學士 島田鐵吉君著

○ 英米法 法學士 永井亨君著
○ 獨逸法 法學士 宮內國太郎君著
● 保險通論 理學士 奧村英夫君著
● 運送法 法學士 菅原大太郎君著
○ 社會政策 法學士 小野儀一君著
○ 殖民政策 法學士 兒玉秀雄君著

◎商科

● 金融論 法學士 佐々木雄二郎君著
● 商法汎論 法學士 添田敬一郎君著
● 商業經濟學 法學士 清水泰吉君著
● 銀行新論 附外國爲替 法學士 野口弘毅君著
● 稅關及倉庫論 法學士 岸崎昌君著
● 船舶論 法學士 赤松梅吉君著

◎文科 歷史、文學、哲學、美術、宗教、教育

● 日本歷史 文學士 木寺柳次郎君著
● 東洋歷史 文學士 幸田成友君著
● 朝鮮史 文學士 久保天隨君著
● 西洋歷史 文學士 吉國藤吉君著
● 露國侵略史 法學士 須崎芳三郎君著
● 現代露西亞史 法學士 須崎芳三郎君著
● 世界文明史 文學博士 高山林次郎君著
● 日本文明史 文學士 大町芳衞君著
● 支那文明史 文學士 白河次郎君 國府種德君著
● 日本風俗史 文學士 阪本健一君著
● 世界殖民史 法學士 山內正瞭君著
○ 史學 文學士 阪本健一君著
● 日本儒學史 文學士 久保天隨君著
○ 近世儒學史 文學士 久保天隨君著
● 支那文學史 文學士 笹川種郎君著
○ 世界文學史 文學士 橋本忠夫君著
○ 英國文學史 文學士 藤澤周二君著
○ 獨逸文學史 文學士 中村鄒次郎君著
○ 日本文章史 文學士 大町芳衞君著
● 批評解說 日本文典（上下二冊） 文學士 岡田正美君著
● 邦語英文典 文學士 畔柳都太郎君著
● 邦語獨逸文典 文學士 青木昌吉君著

27/8/39

● 邦語獨逸文章論 文學士 青木昌吉君著
● 邦語佛蘭西文典（上下二冊） 文學士 松井知時君著
● 修辭學 文學士 武島又次郎君著
● 哲學汎論 文學士 藤井健治郎君著
● 西洋哲學史 文學博士 蟹江義丸君著
● 支那哲學史 文學士 中內義一君著
● 近世美學 文學博士 高山林次郎君著
● 世界美術史（上下二冊） 文學士 小川銀次郎君著
● 近世美術史（上下二冊） 文學士 小川銀次郎君著
● 西洋音樂史 文學士 石倉小三郎君著
● 論理學 文學博士 高山林次郎君著
● 社會學 文學士 十時彌君著
● 比較神話學 文學士 高木敏雄君著
● 進化論 文學士 十時彌君著
● 認識論 文學士 藤井健治郎君著
● 倫理學 文學博士 蟹江義丸君著
○ 東洋西洋倫理學史 文學博士 井上哲次郎君閱 文科大學卒業 木村鷹太郎君著
● 社會倫理學 文學士 德谷豐之助君著
● 心理學 文學士 速水滉君著

● 兒童心理學 文學士 松本孝次郎君著
● 世界宗教制度論 法學士 工藤重義君著
● 日本佛教史 文學士 石原即聞君著
● 世界宗教史 文學士 加藤玄智君著
● 宗教進化論 文學士 融道玄君著
● 宗教哲學 文學博士 姉崎正治君著
● 佛教哲學汎論 文學士 石原即聞君著
● 教育學 文學士 熊谷五郎君著
● 東洋西洋教育史 文學士 中野禮四郎君著
○ 普通教育學 文學士 小西重遠君著

◎理科 理化、天文、數學、地理、博物、

● 有機化學 理學士 龜高德平君著
● 無機化學 理學士 眞島利行君著
● 衛生化學 一名飲食物嗜好物日用品撿査法 仙臺醫學專門學校教授 須田勝三郎君著
● 普通物理學（上下二冊） 理學士 福井政一君著
● 近世氣象學 理學士 岡田武松君著
● 應用定量分析 仙臺醫學專門學校教授 須田勝三郎君著

● 植物學新論 理學士 飯塚啓君著
● 新撰動物學（上下二冊） 理學士 會田龍雄君著
● 鑛物學 理學士 大築佛郎君 理學士 八谷彪一君著
● 新撰算術 理學博士 高木貞治君著
● 新撰代數學 理學博士 高木貞治君著
● 新撰幾何學 理學士 林鶴一君著
● 近世幾何學 理學士 藤田外次郎君著
○ 新撰三角法 理學士 松村定次郎君著
● 新撰微分積分學 理學士 松村定次郎君著
● 新撰解析幾何學 理學士 松村定次郎君著
● 日本新地理 理學士 佐藤傳藏君著
● 萬國新地理 理學士 佐藤傳藏君著
● 政治地理學 法學士 山本信博君著
● 商工地理學 法學士 永井惟直君著
● 星學 理學士 須藤傳治郎君著
● 地文學 理學士 吉田弟彥君著
● 地質學 理學士 佐藤傳藏君著
● 地震學 理學博士 大森房次郎君著
○ 測地學 理學士 芦野敬三郎君著

● 普通人類學 理學博士 坪井正五郎君閱 八木奘三郎君著

◎農科 農業、栽培、園藝、家畜、畜產、森林

● 農政學 農學士 石坂橘樹君著
● 農學汎論 農學士 恩田鐵彌君著
● 農業經濟學 農學博士 橫井時敬君 農學博士 澤村眞君著
● 土地改良論 農學士 上野英三郎君 農學博士 有働良夫君著
● 植物病理學 農學士 大森順造君 農學士 山田玄太郎君著
● 植物營養論 農學博士 稻垣乙丙君著
● 肥料學 農學士 木下義道君著
● 黴菌學 農學士 井上正賀君著
● 氣候及土壤論 農學士 佐々木祐太郎君著
○ 農業植物學 農學博士 大森順造君著
● 農藝化學 農學士 井上正賀君著
● 日用化學 農學士 井上正賀君著
● 栽培汎論 農學博士 橫井時敬君著
● 增訂補正栽培各論 農學士 田中節三郎君著
● 稻作改良論 農學博士 橫井時敬君著
● 園藝通論 農學士 高橋久四郎君著

園藝各論　農學士 高橋久四郎君著
農產製造學　農學士 楠 巖君著
農用器具學　農學士 西村榮十郎君著
食物論　農學士 井上正賀君著
養蠶及製絲論　農學士 井上正賀君著
畜產汎論　農學士 高見長恒君著
畜產各論　農學士 田口晋吉君著
家禽學　農學士 月田藤三郎君著
水產學　農學士 保本道遂君 農學士 井上正賀君著
獸醫學汎論　獸醫學士 小倉鉀太郎君著
森林學　林學士 奥田貞衛君著
提要造林學　林學博士 本多靜六君著
森林保護學　林學士 新島善直君著

◎工科

分析化學　工學士 內藤游君 工學士 藤井光藏君著
應用化學　工學士 蜂屋貞與君著
應用機械學　工學士 重見道之君著
新撰應用重學　理學士 刈谷他人次郎君著
工業政策　法學士 窪田隆次郎君著

以下工業書類は工業叢書中に收め
又醫學書類は醫學新書中に收む

帝國百科全書發刊當時の計畫は全部一百冊を以て完結の豫定なりしも、出版進行の結果各科必要の科學多くして豫定の卷冊に到底網羅し難きを以て、其醫科と工科に屬するものを中途に分割したり、然れ共尙各科共半にして旣に一百冊に滿ちたるを以て、本館は更に一百冊を續刊するの盛運に到りぬ、是續刊一百冊は每月一回若くは二回出版して、來る明治四十年我館創立滿二十週年に達するの時までに完成すべし。

48

園藝各論　農學士　高橋久四郎君著
農產製造學　農學士　楠　巖君著
農用器具學　農學士　西村榮十郎君著
食物論　農學士　井上正賀君著
養蠶及製絲論　農學士　井上正賀君著
畜產汎論　農學士　高見長恒君著
畜產各論　農學士　田口晋吉君著
家禽學　農學士　月田藤三郎君著
水產學　農學士　塚本道遠君　農學士　井上正賀君著
獸醫學汎論　獸醫學士　小倉鉀太郎君著
森林學　林學士　奥田貞衞君著
提要造林學　林學博士　本多靜六君著
森林保護學　林學士　新島善直君著

◎工科

分析化學　工學士　內藤游君　工學士　藤井光藏君著
應用化學　工學士　蜂屋貞興君著
應用機械學　工學士　重見道之君著
新撰應用重學　理學士　刈谷他人次郎君著
工業政策　法學士　窪田隆次郎君著

以下、工業書類は工業叢書中に收め
又、醫學書類は醫學新書中に收む

帝國百科全書發刊當時の計畫は全部一百冊を以て完結の豫定なりしも、出版進行の結果各科必要の科學多くして豫定の卷冊に到底網羅し難きを以て、其醫科と工科に屬するものを中途に分割したり、然れ共尙各科共半にして旣に一百冊に滿ちたるを以て、本館は更に一百冊を續刊するの盛運に到りぬ、是續刊一百冊は每月一回若くは二回出版して、來る明治四十年我館創立滿二十週年に達するの時までに完成すべし。

48