

46
13



始

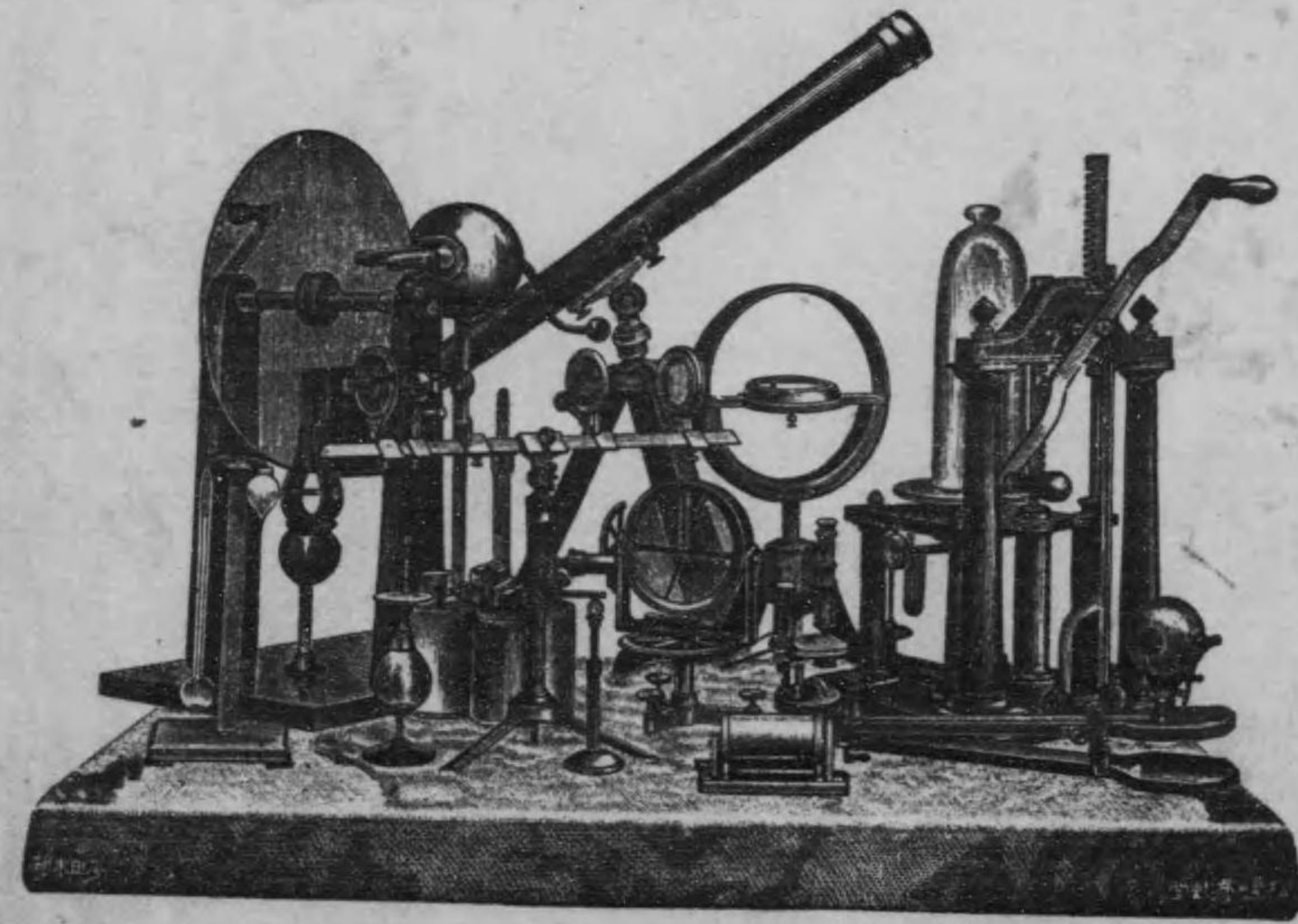


46-12

物理學

中篇

第二十三版



波動總論
音響學
光學
熱學



物理學中篇目次

第一款 分子運動學.....一

第一編 波動汎論.....一

第一節 波動ノ本態.....一

○定義○水ノ波○結論

第二節 波動ノ區別.....九

○振動ノ終始期ニ關スル區別○振動方向ト波及方向トニ關スル區別

第三節 波動ノ要義.....一〇

○波及速度○振動時間及振動數

第四節 波動ノ原則.....一一

○波ノ長サノ定律○波及速度振動數及波ノ長サナル三者間關係ノ定律○波動ノ價値

第二編 音響學.....一四

第一章 音響汎論.....一四

第一節 音響ノ本態及發生.....一四

○音響ノ定義及發生○音響ノ差異

第二節 音響ノ波及.....一六

○定律○空氣中ニ於ケル音響波及ノ狀態○音響ノ感覺

第三節 音響ノ速度.....二二

○定義○音響速度ノ測定○定律

第四節 音響ノ強度.....二七

○定義○定律○音響ノ反射ニ基因スル現象○音響ノ反射ニ基因セル器具

第五節 音響ノ反射.....二九

○定義○定律○音響ノ反射ニ基因スル現象○音響ノ反射ニ基因セル器具

第六節 音響ノ屈折.....三五

第二章 樂音及最重要ノ發音體.....三六

第一節 樂音.....三六

○定義○樂音ノ高低ニ關スル定律○樂音ノ振動數ト波長トノ關係○樂音感覺ノ限界○ドツアレル氏ノ原理

第二節 音程.....四二

○定義○種類○一音及半音○樂音ノ基音

第三節 絃樂器.....四六

○定義及區別○絃線ノ全長ノ振動ニ對スル定律○絃線ノ數部ニ分レタル振動

第四節 板面樂器.....五一

○定義○振動ノ方法○調音器又音叉……………五九

第五節 吹奏樂器……………五九

○定義及種類○唇管○舌管○謠フ火炎○人身ノ發聲機官

第六節 記音機……………七一

○定義○構造○動作方法

第七節 共鳴及強鳴……………八〇

○定義○區別

第八節 上音及音色……………八二

○副音及上音○複音及音色

第九節 音ノ交叉……………八四

○定義○交叉ノ現象及定律

第三編 光學……………八九

第一章 光ノ發生及波及……………八九

第一節 要義……………八九

○光ノ定義○落射シ來ル光ニ對スル物體ノ關係

第二節 光ノ本性……………九〇

○光ノ本性ニ關スル想説

第三節 光源……………九一

○太陽○熾灼體○燃燒體○電擊及電流ノ通過セル物體○燐光體

第四節 光ノ波及……………九五

○定義及定律○光ノ直線波及ニ基ケル現象

第五節 光ノ強度……………九九

○照輝ノ強度○光度計

第六節 光ノ速度……………一〇七

○光速度ノ測算○測算ノ結果

第二章 光ノ反射……………一一四

第一節 汎論……………一一五

○定義○反射ノ區別○反射ノ價值○反射ノ定律○鏡ノ定義及區別

第二節 平面鏡ニ於ケル現象……………一二〇

○構造○反射光線ノ方向○光點ノ像○物體ノ像○上文(三)(四)ノ二項下ニ於ケル要則ノ結果○平面鏡ノ用途

第三節 凹面鏡ニ於ケル現象……………一二二

○名稱要義○反射光線ノ徑路○凹面鏡ノ焦點距離、光點距離及像距離ノ間ニ於ケル關係ノ數學的言明○光點鏡軸外ニ在ル場合ニ於ケル反射光線ノ方向○物體像○凹面鏡ニ由ル生像ノ實驗○凹面鏡ニ於ケル虚像○球形收差

第四節 凸面鏡ニ於ケル現象……………一四八

○名稱要義○反射光線ノ徑路○凸面鏡ニ由ル生像○日本電鏡

第三章 光ノ屈折……………一五三

第一節 汎論……………一五三

○定義○名稱要義○屈折定律○落射角ト屈折角トノ間ニ於ケル數學上ノ關係○各種物質ノ屈折率○光ノ屈折ニ基因セル天空及空氣中ノ現象○全反射ニ基因スル現象及寫影器○光ヲ屈折スル媒間體ノ差異

第二節 平面硝子ニ於ケル光ノ屈折……………一七二

○平面硝子ノ種類○並行境界面ノ平面硝子ニ於ケル現象○稜柱硝子ニ由レル現象

第三節 凸面レンズニ於ケル光ノ屈折……………一七九

○定義及種類○名稱要義○光線ノ徑路○凸面レンズノ焦點距離光點距離及像距離ノ間ニ於ケル關係ノ數學的言明

○光點レンズノ軸外ニ在ル場合ニ於ケル光線ノ方向○物體像○凸面レンズニ由ル生像ノ實驗○凸面レンズニ由レル虚像○球形收差○燈臺用レンズ

第四節 凹面レンズニ於ケル光ノ屈折……………一九七

○定義及種類○名稱要義○光線ノ徑路○物體像

第五節 並列レンズ……………二〇一

第四章 光ノ色分散……………二〇三

第一節 光ト色……………二〇三

○定義○定律○色ノ區別

第二節 光ノ吸收……………二一一

○定義○吸收ノ効果

第三節 日光スペクトルム各種ノ作用……………二一七

○清淨ノ日光スペクトルムヲ得ル法○清淨ナル日光スペクトルムノ各部○スペクトルムノ各部ニ於ケル光ノ作用

第四節 アクロマチズム……………二二二

○全色分散及部分色分散○色線收差○色消シ三稜硝子及色消シレンズ○色消シ硝子ノ効用

第五節 スペクトルム分析……………二二八

○定義○分光鏡即スペクトロスコープ○スペクトルムノ種類○スペクトルム分析ノ價值

第五章 光學上ノ機器……………二二六

第一節 眼目……………二二六

○眼目ノ構造○視覺○調節機能又遠視機能○調節機能ノ缺損及其補償○明視ノ要約○生理的ノ光現象○視覺上ニ於ケル精神作用

第二節 單式顯微鏡即ルーペ……………二五五

○構造○作用ノ説明○廓大度

第三節 複式顯微鏡……………二五八

○構造○作用ノ説明○廓大度○複式顯微鏡ノ價值

第四節 日光顯微鏡……………二六二

○構造及用法○廓大度

第五節 幻燈……………二六六

第六節 暗箱及寫真術……………二六七

○暗箱○寫真術

第七節 瞰視箱……………二七二

第八節 望遠鏡……………二七三

○定義及區別○屈折望遠鏡○反射望遠鏡

第六章 光ノ本性ニ關スル現象……………二八三

第一節 光ノ本性ニ關スル想說……………二八三

第二節 エーテル振動ノ狀態……………二八五

第三節 光ノ反射ノ説明……………二八六

第四節 光ノ屈折ノ説明……………二八九

第五節 光ノ交叉……………二九〇

○定義○定律

第六節 光ノ枉撓……………二九三

○定義○枉撓現象ノ説明○日常實見スル枉撓現象

第七節 光波ノ長サ及其振動數……………二九八

○光波ノ長サ○光波ノ振動數

第八節 薄片ノ色彩……………三〇一

第九節 光ノ分極……………三〇四

○反射ニ由ル光ノ分極○分極裝置○透過ニ由ル分極○分極ノ説明○二重屈折○現色分極○迴環分極

第四編 熱學……………三二六

第一章 熱ノ本性及熱源……………三二六

第一節 熱ノ定義及本性……………三二六

○定義○種別○熱ノ度量○熱ノ本性ニ關スル想說

第二節 熱源……………三二九

○器械的作業ノ消失○太陽○化合殊ニ燃燒○電氣

第三節 熱ノ作業的等量……………三三五

第二章 熱ノ第一作用即膨脹……………三三六

第一節 膨脹ノ要約及原因……………三三六

第二節 膨脹ノ定律……………三三七

○固液氣三體ノ膨脹○固體ノ膨脹○液體ノ膨脹○氣體ノ膨脹

第三節 水ノ特異性……………三四八

○攝氏四度ニ於ケル水ノ最大密度○氷結ノ際ニ於ケル水ノ膨脹

第四節 熱ニ由ル膨脹ノ應用……………三五三

○寒暖計又驗溫器○補整○空氣ノ流通

第三章 熱ノ第二作用及三態ノ變化……………三六四

第一節 三態變化ノ種類……………三六四

第二節 熔融……………三六四

○定義○熔融ノ際ニ於ケル容積變異○熔融點○熔融熱

第三節 凝固……………三七一

○定義○凝固ノ際ニ於ケル容積變異○凝固點○凝固熱

第四節 蒸發……………三七六

○定義○蒸發ノ際ニ於ケル容積變異○蒸散○蒸散ニ由ル寒冷○沸騰○沸騰點○蒸發熱

第五節 蒸發ノ性質……………三九七

○擴張性○飽和蒸氣○一局處ニ於テ含有シ得ル蒸氣○過熱蒸氣○飽和蒸氣ノ張力○各種液體ノ蒸氣張力○蒸氣ノ密度○空氣ヲ充盈セル局處ノ蒸氣張力ト密度○不等ニ熱

シタル局處ニ於ケル蒸氣ノ張力

第六節 濃縮又液化……………四〇九

○定義○蒸氣濃縮ノ定律○瓦斯濃縮ノ定律

第七節 汽機……………四一三

○汽機ノ種類○高壓汽機○低壓汽機○機關車ノ作業量

第四章 熱ノ第三作用即溫熱……………四三一

第一節 比熱……………四四〇

○定義○デュロンプチー兩氏ノ定律○混和物ノ溫度及其計算○固液二體ノ比熱測定法○水ノ比熱ト氣候トノ關係

第五章 熱ノ波及……………四四一

第一節 熱ノ傳導……………四四一

○定義○熱ノ良導體及不良導體

第二節 熱ノ對流及輪導……………四四五

○定義○應用

第三節 熱ノ放射……………四四七

○定義○暗熱線其直線波及及反射○放射能○吸收能○透熱體、不透熱體

物理學中篇目次畢

物理學中篇



第一款 分子運動學。

第一編 波動汎論。

第一節 波動ノ本態。

(一)定義。 物體分子又ハ其小部分ノ彼方此方ニ動キツ、アル所ノ運動(振動)ハ之ヲ名ケテ波動ト云フ。
まぢらこぢら
 名稱ノ由來。 波動ナル名稱ハ人ノ知悉セル水波ノ現象ヨリ轉用セル者ナリ、而シテ

飯盛挺造纂著
 ドクトル
 藥學博士 丹波敬三
 藥學博士 柴田承桂 校補

波動ノ定義
 波動名稱ノ由來

水波ニ於テハ**振動**ヲ以テ其運動ノ**本態**トナス、是故ニ設トヒ其波動ノ状態ハ認視シ得ベカラザルモノト雖ドモ物體小部分ノ**正整ナル振動**ハ總テ之ヲ**波動**ト稱ス。物體分子ノ振動ハ固液氣ノ三體ニ論ナク何レノ物體ニモ之ヲ發起セシムルヲ得ルモノナリ。

(一) **水ノ波動**。波ハ靜止セル**液體(水表面)**ノ一部ニ於テ其平均打破セラレ交互高處ト低處トヲ生ズルニ由テ成ル(第一圖)。

其靜止セル水平面以上ニ生ジタル高處(甲丁乙)ヲ波山ト名ケ、其

低處(乙己丙)ヲ波谷ト名ク。此一山一谷合シテ一ノ全波ヲ成シ、其山ノ最高點ヨリ谷ノ最低點ニ至ル垂直ノ距離(丁戊)ト(庚己)トノ和ハ之ヲ名ケテ**波ノ高サ**ト云ヒ、而シテ波山ノ始點(甲)ト之ニ隣接セル波谷ノ終點(丙)トノ距離ヲ名ケテ**波ノ長サ**ト云フ。

凡ソ波動ヲ觀察スルニ或ル位置ニ於ケル波山ハ消滅シ直チニ

水波ノ生成
波山
波谷
波ノ高サ
波ノ長サ

第一圖



之ニ隣接セル波谷ノ位置ニ於テ再ビ浮現スルガ如ク見ユルガ故ニ、外觀上恰モ波山ノ水、波谷ノ位置ニ進行シテ箇々水部分ノ**水平運動**ヲ營ムノ觀ヲ呈スルモノナリ、然レドモ此現象ヲ精細ニ研究スルトキハ水ノ波動ハ唯其小部分ノ上下ニ振動スルモノニ外ナラザルヲ明知スベシ。斯ノ如キ水ノ振動ハ其原因既ニ歇ムモ漸々次位ノ水分ニ波及シ、而シテ各次位ノ者ハ其前者ヨリ順次後レテ同様ノ振動ヲ爲スモノトス。

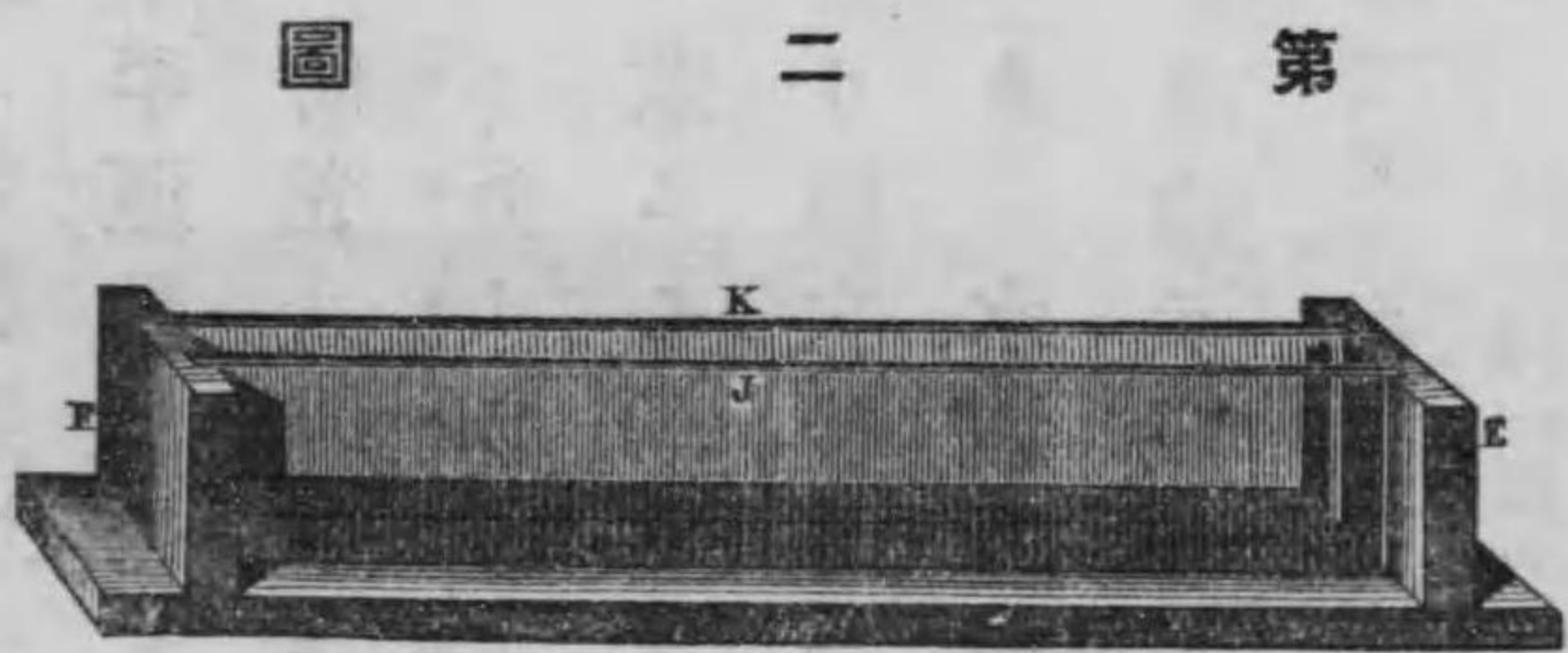
(A) **水波**ハ前記ノ如キ状態ヲ以テ水ノ上下ニ振動スルノミニ由テ成ルモノト考想スベキ理由多々アリ。

(1) 湖池ノ如キ靜水面上ニ輕キ物體ノ一小片(例之バ木葉)ヲ投ジ置キ**波動**ヲ起サシムルニ終始同一處ニ浮沈スルノミニシテ波ノ爲メニ他方ニ逐進セラル、コトナシ。

(2) 水波ハ落チ來ル所ノ物體又ハ風ニ由テ發起スル**靜水壓ト重力**トニ因リテ成ルヲ以テ、水部分ハ實ニ上下ノ運動ヲナサザルヲ得ザルモノナリ。

水波ハ水部分ノ上下振動ヨリ成ルト考想スベキ理由

波動ノ進行
ト水分子ノ
運動トノ關
係

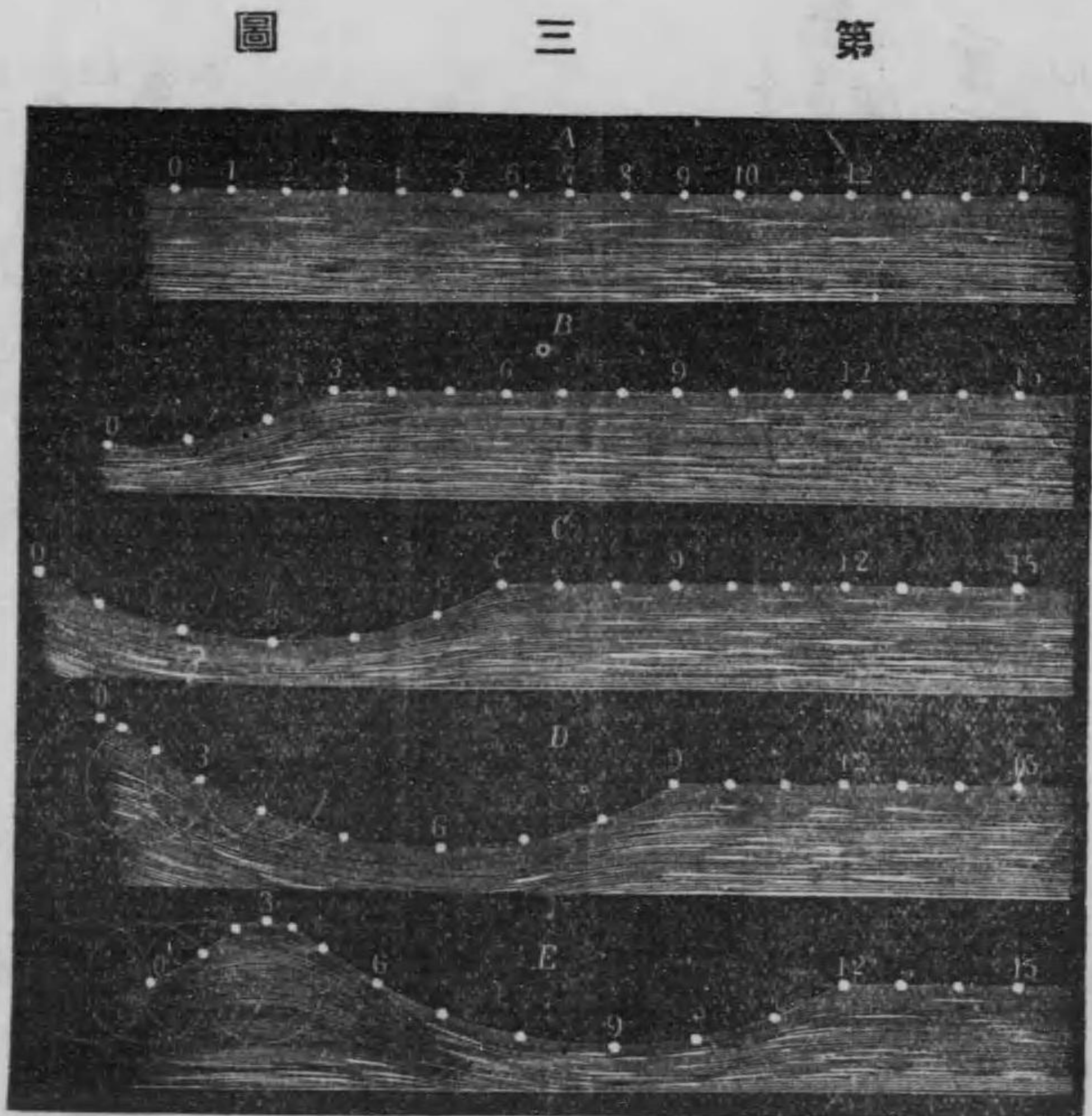


第 二 圖

(3) ウーベル (Wheeler) 氏兄弟ハ(千八百二十五年)下文ノ方法ヲ以テ水部分ノ振動状態ヲ確
證セリ、即チ第二圖ノ如ク硝子板(KJ)ヲ以テ作レル樋箱(EF)
所謂波樋中ニ水ヲ盛リ之ニ琥珀ノ片々ヲ混ジ而シテ波動ヲ起シテ
之ヲ研究觀察セシニ其琥珀ノ片々ハ圓軌ノ曲線ニ沿ウテ上
下ニ運動スルヲ發見セリ。

(4) 水面ニ一石ヲ投ズレバ波動ハ逐次圓圈ヲナシテ擴ガルヲ
以テ互ニ相次グ所ノ水部分ノ後者ハ前者ヨリ順次後レテ其運動ヲ
始メザルヲ得ザルナリ。

今水部分ガ漸次運動ノ爲メニ侵サレ曲線動ニ由テ波形ヲ生成スルノ順序ヲ示セバ下文ノ
如シ、即チ第三圖ニ現示スル所ハ均整ノ波動ヲ發起シテ左方ヨリ右方ニ進行シ已ニ
點ノ位置ニ在ル分子ニ到達シ其分子ヲシテ圓軌道ヲ畫セシメントス。今○ノ分子已ニ
斯ノ如キ圓形ノ一線路ヲ廻轉シ了スル時ニハ波動モ亦已ニ一定ノ距離ニ波及セシナル
ベシ、例之バ12ヲ以テ標記シタル水ノ分子ハ○ノ分子ガ一回圓形ノ運動ヲ遂ゲルノ際恰
モ其分子ヨリ波動ノ傳達シ來レル所ノ點ナリトス、是故ニ12ノ分子初メテ廻轉ヲ爲サン
トスル瞬間ハ○ノ分子ノ第二回ノ運動ヲ始メントスル時期ナリ。今○ノ分子ノ畫出セル圓及
○ノ分子ト12ノ分子トノ間ニ在スル距離ヲ均等ニ十二分シタリト假想スレバ、○ノ分子ガ其圓
ノ十二分一ヲ經過スルノ波動ハ○ヨリ12點ノ方向ニ於テ此兩點ノ距離十二分ノ一ヲ進行
スベシ。是故ニ○ノ分子始メテ圓ノ十二分一ヲ經過シタルトキハ波動ハ1ノ分子ニ到達
スベシ。B○ノ分子ガ圓ノ四分一即チ十



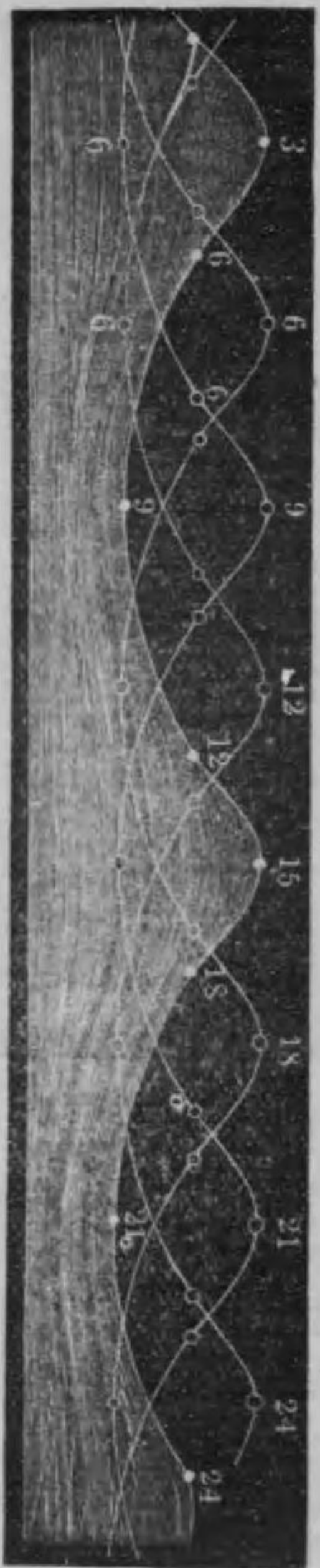
第 三 圖

二分ノ三ヲ經過シタル状態ヲ現ハス者ニシ
テ此瞬間ニ於テ1ノ分子ハ十二分ノ二、2
ノ分子ハ漸ク十二分ノ一ヲ經過シ、3ノ分
子ハ未ダ全ク平均ノ位置ヨリ攪擾セラレザ
ルノ状態ニ在リ。C圖ハ○ノ分子ハ恰モ
圓ノ中ヲ通過シ、1ノ分子ハ十二分ノ五、
2ノ分子ハ十二分ノ四、3ノ分子ハ十二分
ノ三ヲ經過シ、4、5ノ分子ハB○ニ於ケ
ル1、2ノ分子ト同一ナル位置ニ居リ、6
ノ分子ハ未ダ全ク平均位置ヲ離ラズシテ今
廻轉ヲ始メントスルノ瞬間ニ在ルヲ示ス、
茲ニ於テ3ノ分子ハ最深キ位置即チ波谷
ノ中央ニ在リ。今若シ一分子ノ廻轉時間更
ニ其十二分ノ一ヲ經過シタリトスレバ、3
ノ分子ハ現ニ2ノ分子ノ位セル處ニ廻リ來
ルベシ、然ルトキハ4ノ分子ハ已ニ圓ノ四
分一ヲ經過シテ最深キ位置ニ達スベシ、
此際即チ波谷ノ最深キ位置ハ3ノ分子ヨ
リ4ニ到達シタルモノトス。

又D圖ハ○ノ分子已ニ其廻轉路ノ四分ノ
三ヲ過キテ線路中ノ最高點ニ達シ以テ波山
ノ頂ヲ成スノ現狀ヲ示ス。茲ニ於テ1ノ分
子ハ其線路ノ十二分ノ八、2ハ十二分ノ七
3ハ十二分ノ六ヲ經過シ、4、5、6、7及

8ノ分子ハ前圖(C圖)ニ於テ1, 2, 3, 4及5ノ分子ト同一ノ位ニ居リ、而シテ波谷ノ最深位置ハ已ニ進ンテ6分子ノ位置ニ達セリ。今0ノ分子更ニ其廻轉路十二分ノ四即チ最後ノ四分ノ一ヲ經過シタリトスレバ、波山ノ頂ハ已ニ0ノ分子ヨリ3ニ到リ波谷ノ最深位置モ亦6ヨリ9ニ進行スル所ノ瞬間ニ於テハ、0ノ分子全ク第一廻動ヲ遂ゲテ更ニ第二ノ廻動ヲ始メ、12ノ分子第一廻動ヲ始メントスルノ期ニシテ、E圖ハ其狀ヲ示スモノトス。

第四圖ハ0ノ分子已ニ第二廻動ヲ遂ゲ、12ノ分子ハ第一廻動ヲ終リテ波動ハ既ニ21ノ分子ニ到達シ、第一ノ山頂ハ3ノ分子ニ在リテ第二ノ山頂ハ15ニ位シ、第一谷ノ最深位置ハ9ニ在リテ第二谷ノ最深位置ハ21ニ位スルノ瞬間ヲ現ハスモノナリ



四

圖

將

今若シ波動ニ障礙ヲ受クルコトナクシテ持續スルトキハ各箇ノ水分子悉皆圓形ノ行路ヲ畫シ且ツ逐次ニ交代シテ其線路ノ最高點ト最低點トニ達シ波ノ山谷ハ整正ニ右方ニ進行スルナルベシ、是故ニ波山波谷ノ進行スルハ逐次ニ全部分ニ同様ノ廻轉運動ヲ賦與セラル、ニ由ルモノナルヤ明カナリ。

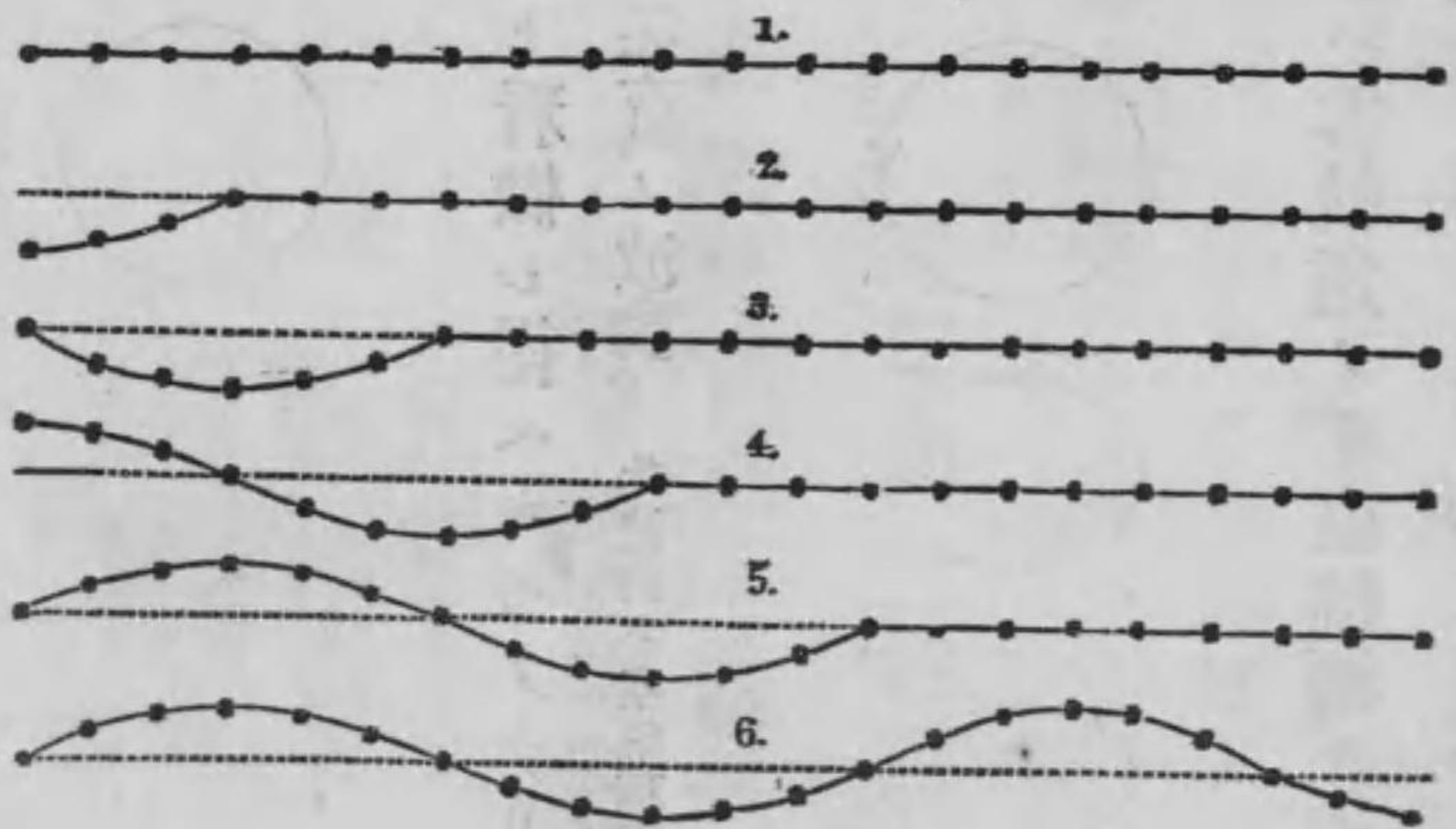
(B) 水ノ波動ニ類似スル波動。水ノ波動ニ類似スル現象頗ル多シ。

(I) 稻穂ノ波動。稻穂方ニ稔熟セントスルノ候田畝ノ間風力ニ由テ稻穂ノ振搖スルヲ觀

水波ニ類似スル波動
稻穂ノ波動

繩索ノ波動

第五圖



ルニ其運動恰モ水波ノ動ニ異ナラズ、是レ風ノ方向ニ當レル若干ノ穗莖ハ先ヅ風力ノ度ニ應ジテ偃伏シ以テ波谷ノ風ノ經過シ去ルヤ自己ノ彈性ニ因テ故態ニ復スルノ際以テ波山ヲ生ズ、次位ノ若干穗ハ更ニ屈伏ヲ始メ宛然水波ノ狀ヲ爲スニ由ルモノナリ。

(2) 繩索ノ波動。長キ繩索ヲ張り其一端ニ打撃ヲ加フレバ茲ニ波動ヲ起シ漸次他ノ一端ニ及ボスコト恰カモ水波ニ類似シテ第五圖ヲ以テ之ヲ示スガ如シ。今本圖ノ1乃至6ノ現況ヲ第三圖ノA乃至E及第四圖ニ比較スレバ其波及ノ状態更ニ説明ヲ俟タズシテ明瞭ナリ、但シ繩索ノ波動ニ於テハ水波ニ於ケル如ク其各小部分ガ廻動ヲ爲スニ非ズ唯上下ニ運動スルノミ、即チ此類ノ波動ハ其軌道ノ水平軸

圖六第



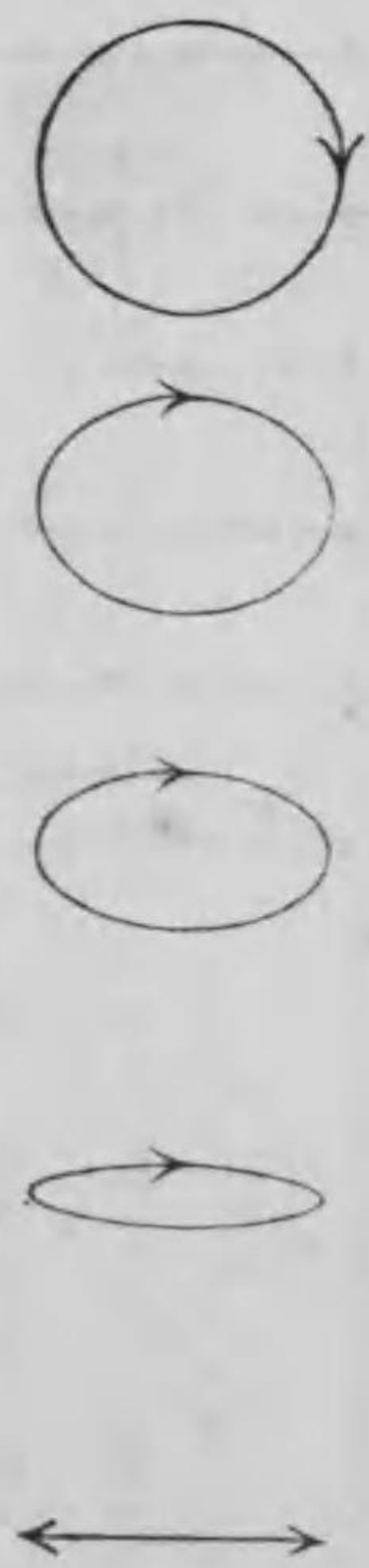
漸々消滅ニ歸シ垂直軸(圖六)ニ沿ウテ振動スル水ノ波

動ト看做シ得ベキモノナリ。

(3) 空氣ノ波動。

此波動ハ空氣稠度ノ變異ニ由テ成リ、其一波動毎トニ空氣ノ濃厚部及

圖七第



稀薄部各一箇ヲ含ミ、而シテ其濃厚部ハ波山ニ當リ其稀薄部ハ波谷ニ一致ス、即チ此類ノ波

動ハ其軌道ノ垂直軸漸々消失シ物質ノ各小部分ハ水平ノ軸(圖七)ニ沿ウテ振動スル水ノ波動ト看做シ得ベキモノナリ。

波動ノ結論

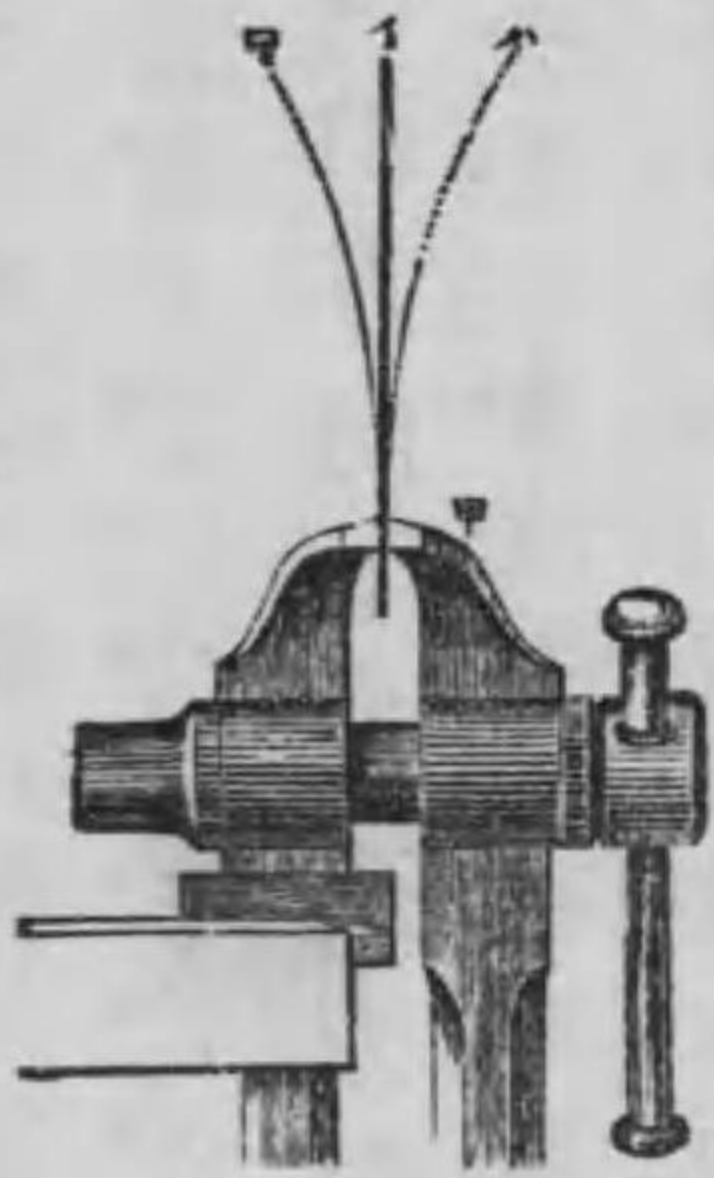
(三) 結論。以上説示スル所ノ各種ノ波動ニ由テ之ヲ觀ルニ波動ハ運動スル實質自己ノ進移ニアラズ實質間ニ傳ハル各實質小部分ノ振動ニシテ簡單ニ之ヲ云ヘバ即チ波動ハ進移スル所ノ振動ナリ。

第二節 波動ノ區別。

波動區別ノ進行波動

定在波動

圖八第



(一) 振動ノ終始期ニ關スル區別。此關係ニ於テハ波動ヲ區別シテ進行波動及定在波動ノ二トナス。進行波動トハ水波動空氣波動ノ如ク各次位ノ小部分ガ其振動ヲ前位ノ小部分ヨリ後チニ始メ後チニ終ル者ヲ云ヒ、定在波動トハ物質ノ全小部分同時ニ其振動ヲ始メ同時ニ終ル

波動區別ノ
二

縱波及橫波

者ヲ云フ、例之バ第八圖ニ示ス如ク其一端ヲ〔甲〕ニ緊定シタル一
片ノ鋼鐵〔イ〕ノ〔ロ〕ハ間ニ於ケル振動琴絃ノ振動等ノ如シ。
〔二〕振動方向ト波及方向トニ關スル區別。茲ニ於テ
モ亦縱波及橫波ノ二種ニ區別ス。縱波トハ空氣波ノ如ク其各
小部分ガ運動ノ波及スル方向ニ振動スルモノヲ云ヒ、之ニ反シ
テ繩索ノ波動ノ如ク其振動方向ガ波及方向ニ對シテ直角ヲナ
スモノヲ名ケテ橫波ト云フ。

第三節 波動ノ要義。

波及速度ノ
定義

〔一〕波及速度。凡ソ波動ガ一秒時間ニ經過スル道路ノ長サ
ヲ名ケテ波及速度ト云フ。

振動時間及
振動數ノ定
義

〔二〕振動時間及振動數。物質小部分ノ一旋廻即チ一振動ニ
要スル時間ハ通例秒時ノ分數ヲ以テ之ヲ示シ名ケテ振動時間

ト云ヒ、而シテ一秒時間ニ於ケル振動ノ數ハ之ヲ名ケテ振動數
ト云フ。

振動時間(T)愈、小ナレバ振動數(n)ハ愈、大ナルコト論ヲ俟タズ、隨テ $n \parallel 1 : n$ 秒時、
 $n \parallel 1 : T$ ナルコト明カナリ、例之バ $n \parallel 1 : 1000$ 秒時ナルトキハ $n \parallel 1 : (1 : 1000) \parallel 1000$
ナルガ如シ、但シ振子ニ於テハ彼方或ハ此方ノ一動ヲ一振動ト云ヒ、波動ニ在リテハ彼方此
方ノ運動ヲ一括シテ一振動ト云フ。

第四節 波動ノ原則。

波ノ長サノ
定律

〔一〕波ノ長サノ定律。波ノ長サハ第一小部分ガ其一振動ヲ
遂グルノ時間内ニ波動ノ進行スル道路ニ均シ、即チ波ノ長サハ
全一振動間ノ道路ニ均等ナリ。

波ノ長サハ
全キ一振動
間ノ道路ニ
均シキコト
ノ證明

〔A〕證明。本定律ノ確證ハ單ニ前ノ第三圖ヲ注視スルニ由テ之ヲ得ベシ、即チ第一ノ小部
分ガ其振動ヲ完了シタル時ヲ期シ或ル小部分ガ其振動ヲ始ムルノ處ハ即チ波ノ終點ナリ、例
之バ0乃至12、12乃至24、又3乃至15、9乃至21ニ至ルノ距離ハ波ノ長サナリ。

波及速度・
振動數・波
ノ長サナル
三者間ノ關
係

(B)結果。上述スル所ニ由テ之ヲ觀レバ一波長或ハ數波長即チ半波長ニ偶數ヲ乘ジタル大サダケ互ニ相距ル所ノ小部分ハ同一ノ振動狀態ニ在リ、之ニ反シテ互ニ半波長ニ奇數ヲ乘ジタルノ距離ニ存スル小部分ハ反對ノ方向ヲ取レル振動狀態ニ在リ。

(二)波及速度(c)・振動數(n)及波ノ長サ(λ)ナル三者間關係ノ定律。波及速度ハ振動數ト波ノ長サトノ乘積ニ等シ、即チ $c = n\lambda$ ナリ。

(A)證明。一秒時間ニn回ノ振動ヲ遂グルトスレバ其時間内ニル數ノ波ヲ生成スベシ、依テ波動ハ一秒時間ニnナル道路ヲ經過ス、蓋シテハ波ノ長サナルヲ以テナリ、故ニ $c = n\lambda$ トナル。

(B)結果。(1) $c = n\lambda$ ナリ、即チ波ノ長サヲ以テ速度ヲ除スレバ振動數ヲ得。
(2) $\lambda = \frac{c}{n}$ ナリ、即チ振動數ヲ以テ波及速度ヲ除スレバ波ノ長サヲ得。

波動ノ價值

(三)波動ノ價值。(第一)音響光熱ハ波狀ノ運動ナルノミナラズ、磁氣電氣ノ現象モ亦恐クハヘルツHertz氏ノ研究ニ據レバ分子ノ振動ニ歸スベシ、故ニ此等諸現象ノ本性ト其定律ト

ヲ窺ハントスルニハ先ヅ波動ノ知識ヲ得ルチ緊要トス。

(第二)波動ハ或ル位置ヨリ他ノ位置ニ向テ力ヲ運搬スル者ナリ、例之バ或ル場處ニ生起シタル波進ンデ邊岸ニ衝突シ以テ船舶ヲ上下進退セシムルガ如シ。又吾人が太陽ヨリ受クル所ノ熱ハ太陽ヨリ地球ニマデ傳播スル波動ノ結果ト看做シ得ベキモノナリ。

第二編 音響學。

第一章 音響汎論。

第一節 音響ノ本態及發生。

(一)音響ノ定義及發生。聽官ヲ以テ感覺スル所ノモノハ總テ之ヲ稱シテ音響ト云フ。音響ハ固液氣三體何レノ振動ニ由テモ發生ス。

音響ノ定義及發生

(A) 音響ノ例。鐘鳴・汽笛・銃聲・瀧ノ音・雷鳴・風聲等はナリ。

(B) 音響ハ振動ニ由テ生起スルノ證例。(I) 琴・太鼓等ノ如何ニシテ發音スル乎ヲ見ヨ。

(2) 琴絃ノ如キ長絃ヲ振動セシムルトキハ肉眼ニ由テ其振動ノ狀態ヲ認視スルコトヲ得。

(3) 發音シツ、アル物體例之ハ呼鈴ノ鳴響シツ、アルモノヲ握リ其振動ヲ止ムレバ鳴響忽チ歇ム。

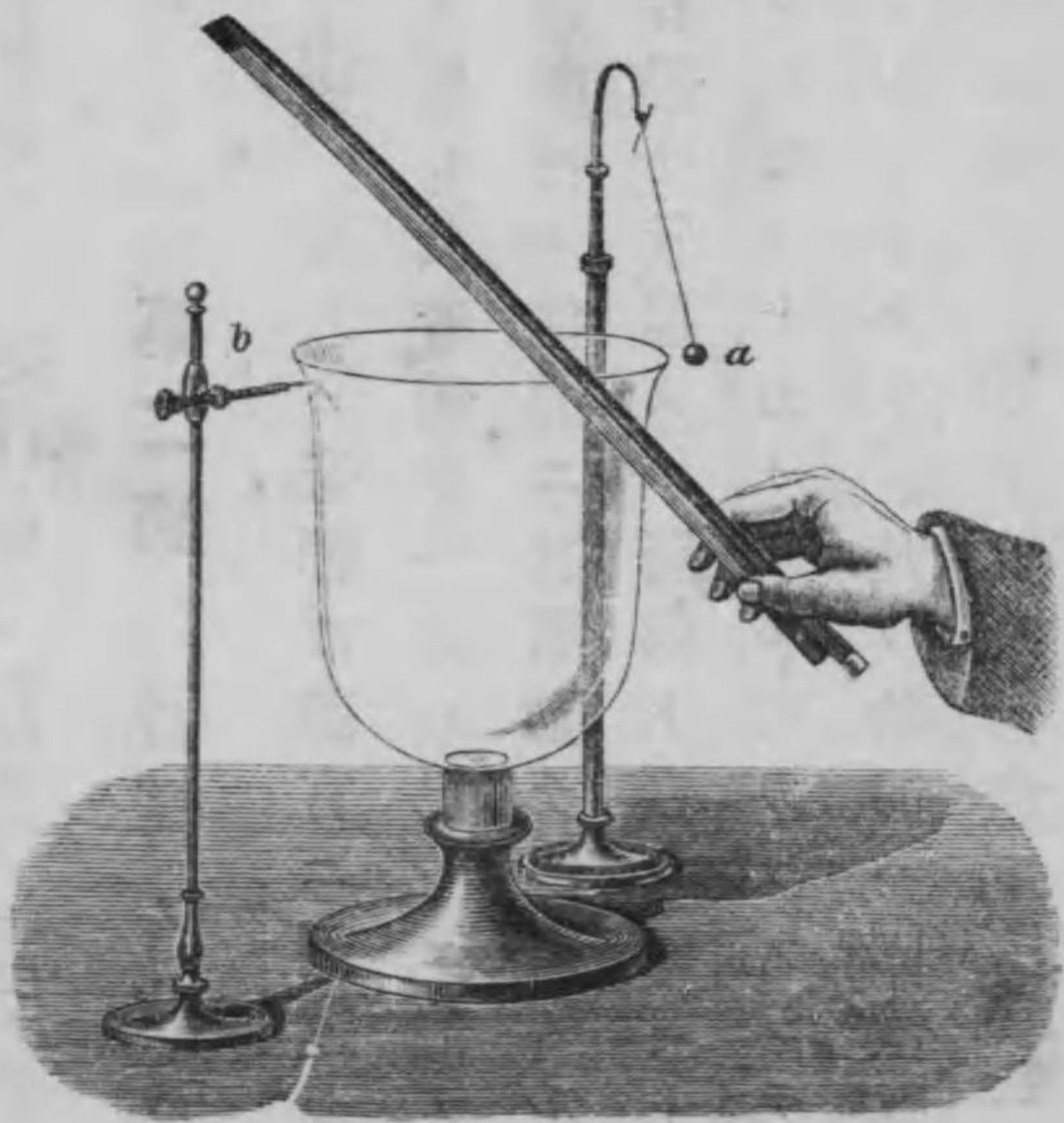
(4) 第九圖ニ示スガ如ク絲ニ繫垂シタル枹球(a)ヲ取り一鐘ノ外側ニ來シテ其球ヲ觸レシ

音響發生ノ例
音響ハ振動ニ由テ生ズルノ證例

第

九

圖



メ弓弦ヲ以テ其鐘ヲ擦レバ枹球運動シテ鐘ノ振動スルヲ證ス、又鐘ニハ毫モ觸レザレドモ甚ダ近ク(b)ナル鋼鐵鍼ヲ置キ、弓弦ヲ以テ擦リ鐘ヲ振動セシムレバ其鍼ノ鐘ニ抵リテ生ズル一列ノ小衝突音ヲ聞ク。

(5) 發音シツ、アル絃線ハ之ニ騎跨セシムル紙製小騎士ヲ飛ばス。

(6) 發音シツ、アル板ハ其上ニ撒布セル砂ヲ活潑ニ運動セシム。

(7) 發音シツ、アル音叉後ニ本ヲ水中ニ挿入スレバ其水ヲ運動セシム。
(二)音響ノ差異。音響ノ差異ハ振動ノ數ト其狀態トニ關ス。

音響ノ差異

單一或ハ一二ノ巨大且ツ瞬速ナル振動ヨリ成ル所ノ音響ハ之ヲ名ケテ爆鳴ト云フ、例之バ爆鳴瓦斯ヲ充テタル膀胱・鞭・電氣火光ノ鳴響ノ如シ。振動ノ順次不正ナルモノハ之ヲ稱シテ噪響又雜音ト云フ例之バ砂磔ヲ箱ニ納レテ振盪シ又一紙片ヲ揉ムトキノ如シ、而シテ其次序正整ナルモノヲ樂音ト稱ス、各種樂器ノ音即チ是ナリ。

第二節 音響ノ波及。

音響波及ノ定律
者 音響ノ傳導者
(一)定律。吾人ハ音響ガ聽官ニ到達シタルトキノミ其存在ヲ認識ス、是レ發音體ガ一方ハ已レニ他ノ一方ハ吾人ノ耳ニ直觸セル振動性ノ他體ニ其振動ヲ傳與スルニ由テ成ルモノナリ。故ニ音響ヲ發起スル局處ト吾人ノ耳トノ間ニ於テハ音響ノ傳導者タルモノナカラザル可カラズシテ、音響ハ真空内ニ於テハ波及スルコトナシ。凡ソ物體ハ固液氣ノ三體ニ關セズ音響ヲ傳導スルモノニシテ其物體愈緻密ニ愈彈性ニシテ且ツ愈均等ノ質ナルトキハ傳導スルコト愈佳良ナリ、而シテ通常音

響ノ傳導者タルモノハ空氣トス。

真空内ニ於テ音響ヲ波及セザル證例

固液二體中ニ音響ノ波及スル證例

- (A) 稀薄ナル空氣ハ音響ヲ傳導スルコト甚ダ微弱ニシテ真空内ニ於テハ音響全ク波及セザルヲ證スルノ事實。(1)高山ニ於テ短銃ヲ發射スレバ其銃聲微弱ニシテ平地ニ於ケル翫弄銃ニモ及バズ、又輕氣球ニ乘リ高騰スレバ人聲ノ甚ダシク減弱スルヲ覺ユ。
- (2) 上篇排氣機ノ條下ニ示セシ如ク其鐘下ニ自鳴鐘ヲ置クトキハ吸子ヲ進退スルニ從テ音響漸々ニ微弱トナル。
- (B) 固液二體ヲ經テ音響ノ能ク波及スル證例。(1) 机上ニ置キタル袖珍時儀ノ鳴音ハ耳ヲ机上ニ附着スレバ最モ著明ニ之ヲ聽取スルコトヲ得。
- (2) 砲聲ノ轟々・軍隊ノ進行等ハ耳ヲ地上ニ觸ルレバ遠大ノ距離ト雖ドモ之ヲ聽取スルコトヲ得。
- (3) 耳ヲ鐵道線路ニ觸ルレバ進行シ來ル所ノ列車ノ響ハ遙ニ遠方ヨリシテ之ヲ聽取スルコトヲ得。
- (4) 池中ノ魚ハ手ヲ打チテ之ヲ集ムルコトヲ得。
- (5) 水中ニ於テ鐘ヲ打ツトキハ其響ハ水中ニ於テモ水外ニ於テモ一樣ニ之ヲ聽取スルコトヲ得。

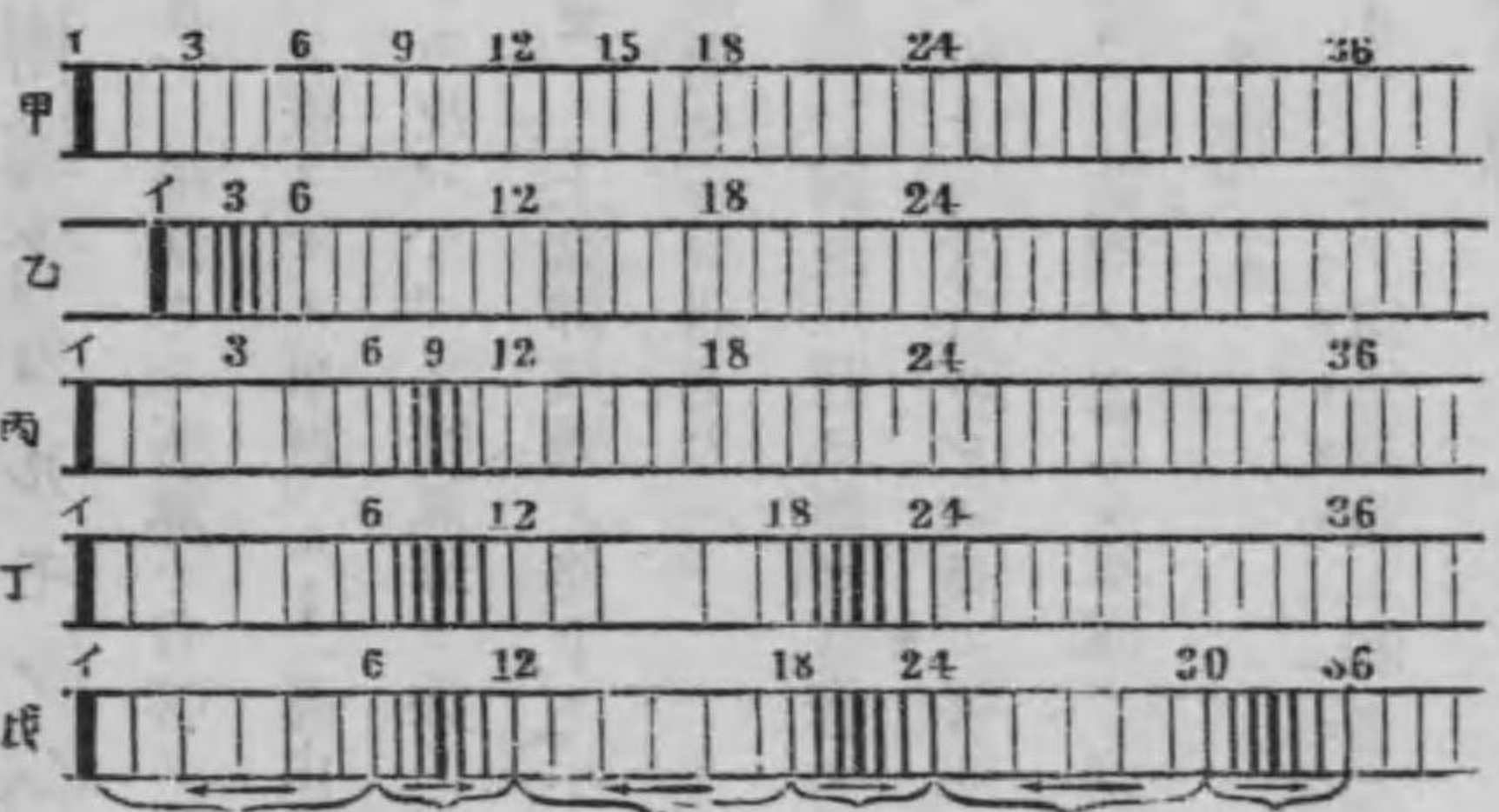
空氣中ニ於ケル音響波及ノ状態

(二)空氣中ニ於ケル音響波及ノ状態。空氣中ニ於テ音響ノ波及スルハ直チニ發音體ニ逢會シタル空氣ノ部分ガ吾人ノ耳ニ迄到達スルニアラズシテ、左ニ述ブル如キ状態ヲ以テ成ルモノトス。

ルモノトス。

音響ノ空氣中ニ波及スル状態ヲ觀察スル方法

第十圖



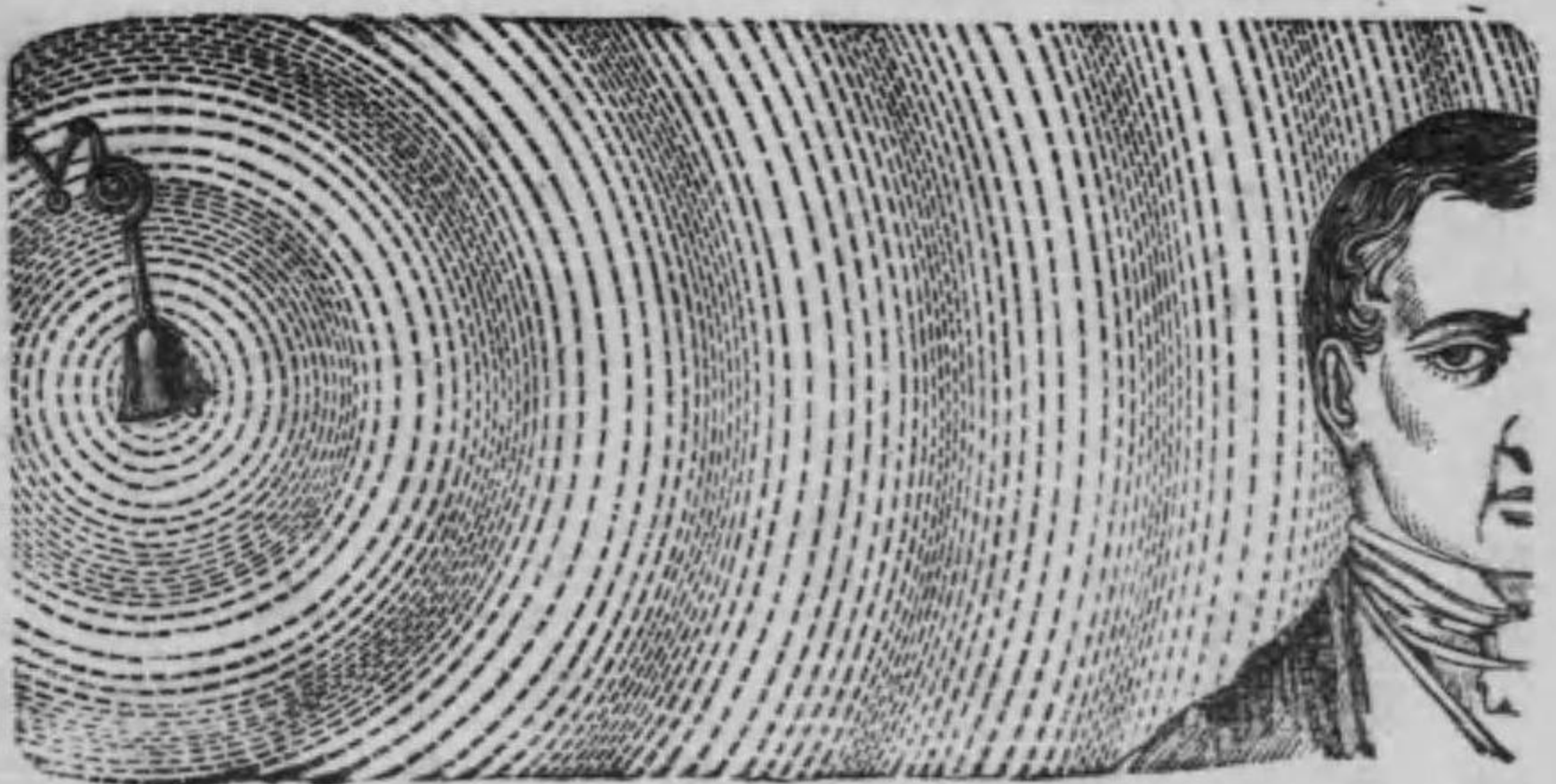
音響ノ空氣中ニ波及スルノ状態如何ヲ理會セントスルニハ先ヅ一端ハ栓(唧筒ノ吸子ニ同様ナリト考想セラ、モノ)ヲ挿入セル管中ニ包有セル空氣ガ其栓ノ運動ニ由テ振動セラル、状態ヲ考察スルヲ以テ簡便ノ法トス。即チ第十圖ハ此種ノ管ヲ示ス者ニシテ其〔甲〕號ニ於テ均一ノ距離ヲ有スル各線ハ管中何レノ處ヲ選バズ均等ノ稠度ヲ有スル空氣ノ各層ヲ現ハス、而シテ〔イ〕ハ其栓ナリ。今此栓〔甲〕號ノ位置ヨリ〔乙〕號ノ位置ニ移リ、後再ビ故位ニ歸リ更ニ復タ變位シテ左右ニ運動スルコト急速ナルトキハ、其運動ヲ以テ逐次ニ各

氣層ニ傳ヘ之ニモ亦左右反復ノ運動ヲ發起スベシ、只其各氣層栓ヲ距ルコト愈、大ナルノ度ニ隨テ振動ヲ始ムルコト愈、後ル、ノミ。栓ガ其原位ヨリ右方ニ進動スルノ際空氣若シ無彈性ノ物體ナルトキハ其一部分ハ栓ノ運動スルト同時ニ管ヨリ壓出セラルベキノ理ナレドモ、空氣ハ頗ル有彈性ノ物體ナルガ故ニ一瞬間ニ其運動ヲ傳達スルモノニアラズ、先ヅ栓ノ前ニ當テ濃厚ナル局部ヲ生ズ、是レ栓ノ最右方ノ位置ニ達シタルノ時期ニシテ〔乙〕號ニ見ル所ノ如シ。然レドモ6ノ氣層ハ尙ホ原位ニ止マリ、只6ノ氣層ト栓トノ間ニ位スル者ノミ右方ニ壓逐セラレ、而シテ此際6ノ氣層ト栓トノ間ニ存スル氣層ハ栓ノ爲メニ壓縮セラ、ヲ以テ其右ニ位スル氣層ニ衝突シ、逐次ニ6、7、8、9等ノ氣層ヲ右方ニ壓逐ス。斯クシテ濃厚ノ局部ハ各氣層ヲ經テ漸次右方ニ進ム。今〔乙〕號ニ就テ見ルニ栓ト6ノ氣層トノ間ニ於ケル濃厚ノ極度ハ中央(即チ3ノ氣層)ニ在リ、而シテ濃厚ノ局部ハ尙ホ右方ニ進ムノ際已ニ原位ニ復スレバ此回歸的ノ運動モ亦順次1、2、3、4等ノ氣層ニ波及ス。是故ニ濃厚ノ部ハ6、7、8、9等ノ氣層ヲ經テ右方ニ進ミ、1、2、3ノ部分却テ再ビ左方ニ運動ス、是レ即チ栓ノ故位ニ復スル運動ニ由テ濃厚部ニ次グ所ノ稀薄部ヲ生ジ、同ジク右方ニ進行スルモノナリ。〔丙〕號ハ栓既ニ一トタビ左右ノ運動ヲ完了セル所ノ瞬間ヲ示ス。此際運動已ニ12ノ氣層ニ達シ9ノ氣層ニ於テ濃厚ノ極度、3ノ氣層ニ於テ稀薄ノ極度ヲ見ル、而シテ

音波ノ長サ
ハ一箇ノ濃
厚部ト一箇
ノ稀薄部ト
ヨリ成ル

耳ハ外・中・
内耳ノ三部
ヨリ成ル

圖 一 十 第



栓ノ逐次ニ移動スルニ由テ再ビ濃厚及稀薄ノ部ヲ生ジ、第一ノ者ニ次グコト數回ニ及ブトキ

ハ其數增多スベシ。〔丁〕號ハ栓ノ二回左右ニ移動セル後ノ状態ヲ示シ、〔戊〕號ハ三回後ノ状態ヲ示スモノニシテ濃厚部ニ在テハ氣増ハ栓ノ方向ニ隨ウテ前進シ、稀薄部ニ在テハ栓ニ對向シテ運動スルコト箭ヲ以テ示スガ如シ、霧圍氣中ニ於ケル音響ノ波及モ亦之ニ差異アルコトナク其状態ハ第十一圖ニ示スガ如クナルベシ。然ラバ則チ音響ノ波及ハ進行スル縦波ニ由テ成ルモノニシテ濃厚部ハ波山ヲ爲シ稀薄部ハ即チ波谷ニ當ル而シテ其一山ト之ニ隣接セル一谷ト合シテ空氣波ヲ成シ、其長サハ即チ波ノ長サナリ。

(三)音響ノ感覺。音響ノ感覺ハ吾人ノ聽官即チ耳ニ由テ成ル。

(A)耳ノ構造。耳ハ外耳・中耳・内耳ノ三部ヨリ成リ其構造極メテ特異ナルモノナリ。

四箇ノ聽骨

圖 二 十 第



(1) 外耳ハ耳輪〔ヘ〕及聽道〔イ〕ノ二部〔第十二圖〕ヨリ成リ聽道ノ終端ニハ鼓膜〔リ〕アリテ外耳ト中耳トノ境界ヲ爲ス。
(2) 中耳ハ其内面薄膜ヲ以テ覆ヘル小空洞ニシテ茲ニ空氣ヲ充盈ス、而シテオイスタキウス氏管〔ロ〕ニ由テ口内ニ通ジ此空洞内ノ氣ハ外氣ト平均ス。中耳内ニハ四箇ノ小聽骨アリテ互ニ相連繫ス、即チ錘骨〔ニ〕・砧骨〔ハ〕・馬鐙骨〔ニ〕圖中シベ及環骨〔即チ砧骨ト馬鐙骨ノ相シベ〕
シトスル所ノ中間ニ位スル骨〔是〕
錘骨ノ柄部ハ鼓膜ノ内側ヨリ起始
(3) 内耳ハ内耳腔〔前庭〕聽神經先ヅニ茲ニ來ル三半規管〔トトト〕及蝸牛殼〔チ〕ノ三部ヨリ成レルモノニシテ〔ル〕ナル神經ノ末梢茲

耳ニ於テ音響ヲ感覺スル状態

ニ蔓延シ且ツ液體アリテ之ニ充盈ス。内耳ニハ卵圓窓(ホ)及圓窓(ヌ)ト名クル二孔ヲ具ヘ、圓窓ニハ彈性ノ膜アリテ展張セリ、而シテ卵圓窓ハ馬鐙骨ノ基部ニ由テ閉鎖セラレ内耳中ノ液體ヲシテ他ニ漏洩スルコトナカラシム。

(B)聽覺ノ生成。諸方ヨリ發シ來ル所ノ音波ヲ耳輪ノ内方ニ受ケテ茲ニ束聚セシメ其聽道ニ進入スルヤ先ヅ之ヲ鼓膜ニ傳ヘ鼓膜之ガ爲メニ振動シ、其振動ハ内方ニ向テ鼓膜ニ連接スル四小骨ニ波及シ之ニ由テ内耳中ノ液體ヲ壓迫ス、然レドモ其液ハ壓縮シ難ク且ツ他ニ避路ナキヲ以テ圓窓ノ彈性膜ヲ壓ス。今鼓膜ヲ壓スルノ力原トニ復スレバ諸部亦原トノ状態ニ還リ鼓膜ノ振動スル毎トニ液體ヲ顫動スルヲ以テ液中ニ浸在スル所ノ神經末梢之ニ由テ刺衝セラレ、以テ聽覺ヲ發起スルモノナリ。

第三節 音響ノ速度。

音響速度ノ定義

(一)定律。音響ノ波及ニハ一定ノ時間ヲ要ス、即チ其一秒時中

ニ經過スル所ノ道路ノ長サヲ名ケテ之ヲ音響ノ速度ト云フ。

證例。音響ガ其發起點ヨリ吾人ノ耳ニ到達スル迄ニ一定ノ時間ヲ要スルハ諸現象ニ由テ其事實ナルヲ證明シ得ベシ。

(1) 遠ク伐木ヲ見テ後丁々ノ響ヲ聞ク。

(2) 遙カニ電光・砲火ヲ見テ後雷鳴・砲聲ヲ聞ク。

(3) 港外ニ碇泊スル船ノ汽笛ヲ吹クトキ先ヅ其湯氣ヲ見然ル後其音ヲ聞ク。

音響速度ノ測定法

(二)音響速度ノ測定。各物質中ニ於ケル音響ノ速度ハ種々ノ方法ヲ以テ測定スルヲ得ベシ。

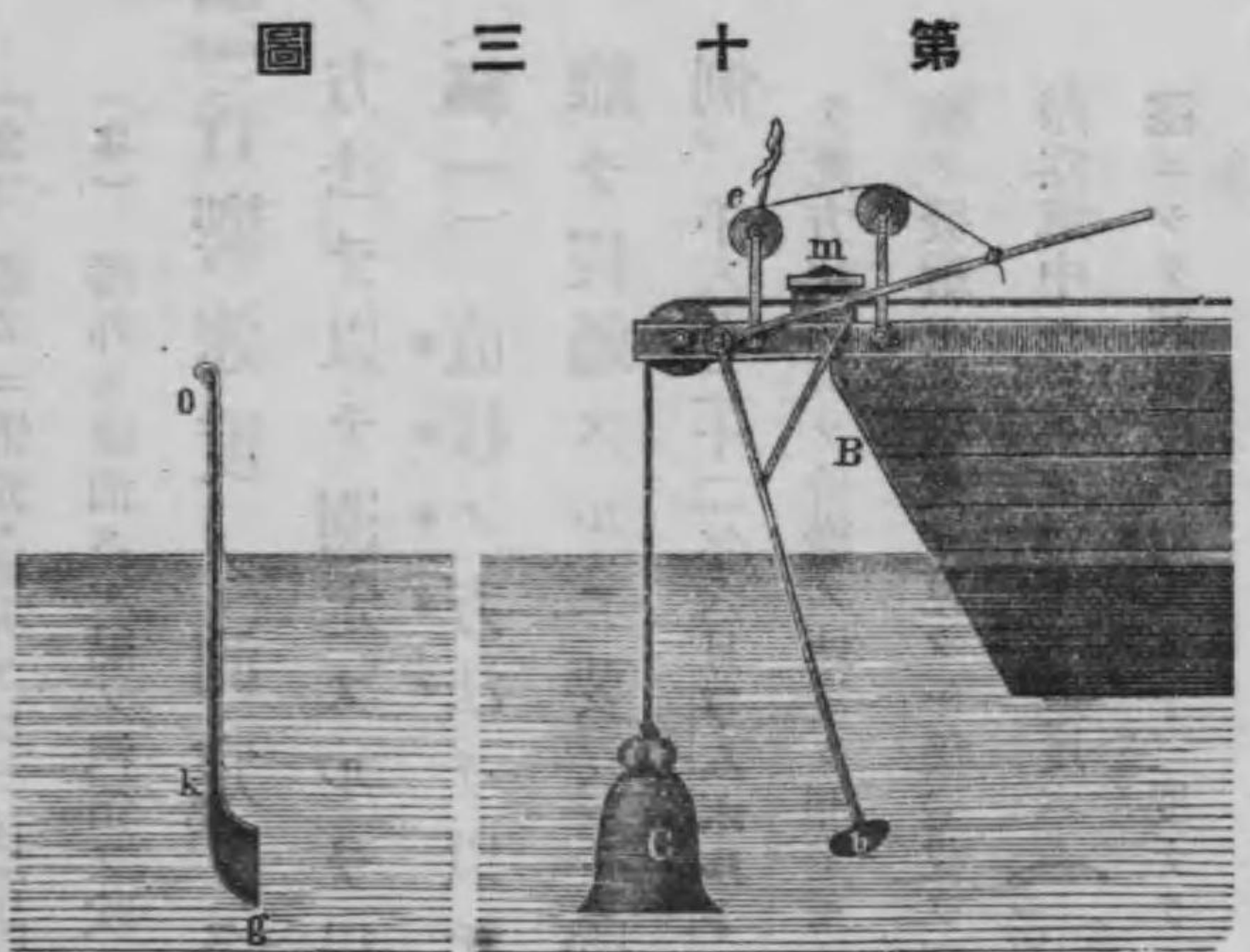
(第一) 直接ノ方法ヲ以テス、即チ音響ガ精密ニ計測シタル距離ヲ經過スルニ要スル所ノ時間ヲ測定ス。

例。千八百二十二年六月フムボルト Humboldt、アラゴ Arago ノ兩氏巴里市ノ近傍ニ於テ此方法ヲ以テ音響ノ速度ヲ測定セリ、即チ一萬八千六百十三米互ニ相距ルノ二點ニ於テ大砲ヲ發射シ其砲火ヲ見タル後砲聲ヲ聞クニ平均五四・六秒時經過セシコトヲ發見セリ。故ニ此際空氣中ニ於ケル音響ノ速度ハ $\left(\frac{18613}{54.6} = 341.2\right)$ 即チ大約三百四十一米ナリキ但シ空氣靜穩ニシテ其温度ハ列氏ノ十三度ナリシト云フ。

(第二) 波動波及ノ速度ニ對シテ理論上ヨリ導キタル公式ヲ用フルノ法ナリ。

其公式ハ最初ニヒートン氏 $V = \sqrt{\frac{P}{\rho}}$ (Vハ速度、gハ重力加速度、eハ氣壓ニシテ平方種ノ所
シテ千三十三瓦、dハ温度零、氣壓七十六種ノ際ニ於ケル空氣ノ密度ニシテ 0.001273ナルコトヲ

示シタレドモ實驗ト相一致セズ即チ實驗上ニハ三百
三十三米温度零、氣壓七十六種ノ際チレドモ之ヲ計算
スレバ二百七十ヲ得タリ其原因ハ急速ノ壓縮ニ由リ
テ熱ヲ起シ彈性ヲ増加スルニ由リ其公式ニ一・四二ヲ
乘スルノ必要ナルコトヲ發見シラフラス Laplace氏シタ
リ而シテ其式ハ次ノ如ク變ズ $V = \sqrt{\frac{140000}{\rho}}$



第三十圖

(第三) 水中及固體中ニ於ケル音
響ノ速度モ亦空氣中ニ於ケルト
同ジク直接ニ測定シ又公式ニ據
リテ計算ス。

例。千八百二十七年コラドン Colladon、スツル
ム Sturmノ兩氏ガ瑞西國ジネーヴ湖ニ於テ鐘ヲ
打鳴シ聽管ヲ以テ之ヲ聞キ以テ其水中ニ於ケル速度ヲ測定セリ、即チ其試驗ノ大要ハ第十三

圖ニ據テ示スガ如シ、Cハ小船(B)ヨリ水中ニ沈入懸垂シタル鐘ニシテ槌子(b)ノ柄ニ固
繫シタル槓杆ヲ下方ニ壓スレバ其槌子(b)ハ鐘ヲ打鳴シ、而シテ同時ニ火繩(e)ノ火ハ積
ミ置ケル火藥(m)ニ觸レテ之ヲ點火セシムルノ際湖水ノ對岸ニ於テハ此點火ノ光ヲ見ルノ瞬
間ヨリ水中ニ波及スル鐘響ヲgkノナル聽管ニ由テ聽取スル迄ノ時間ヲ測ルノ方法ナリ。

又 $V = \sqrt{\frac{140000}{\rho}}$ ナル公式ニ由ル、gハ重力加速度、iハ物體自己ノ重サニ由テ壓縮セラルルベキ長サナリ
例之バ水ニ對スル $\rho = 1.0000005$ ニシテ之ヲ計算スレバ $V = \sqrt{\frac{140000}{1.0000005}} = 14000$ ナルガ如シ。

(三) 定律。(第一) 音響ノ波及ハ各種ノ物質ニ對シテ等差アル
所ノ一定時間ヲ要ス。

(第二) 空氣中ニ於ケル音響ノ速度ハ其氣温零度ノ際三百三
十三米ニシテ、空氣ノ温度愈高ケレバ音響ノ波及愈速カナリ、
而シテ其加ハル所ノ速度ハ攝氏ノ一度ニ對シテ大約〇・六米
ニシテ氣壓ハ毫モ音響ノ速度ニ關係ナシ。

說明。音ノ速度ノ温度ニ關スル所以ハ上ノ公式 $V = \sqrt{\frac{140000}{\rho}}$ ノeノ價バeノ増減ニ

空氣中ニ於
ケル音ノ速
度ト温度ト
ノ關係

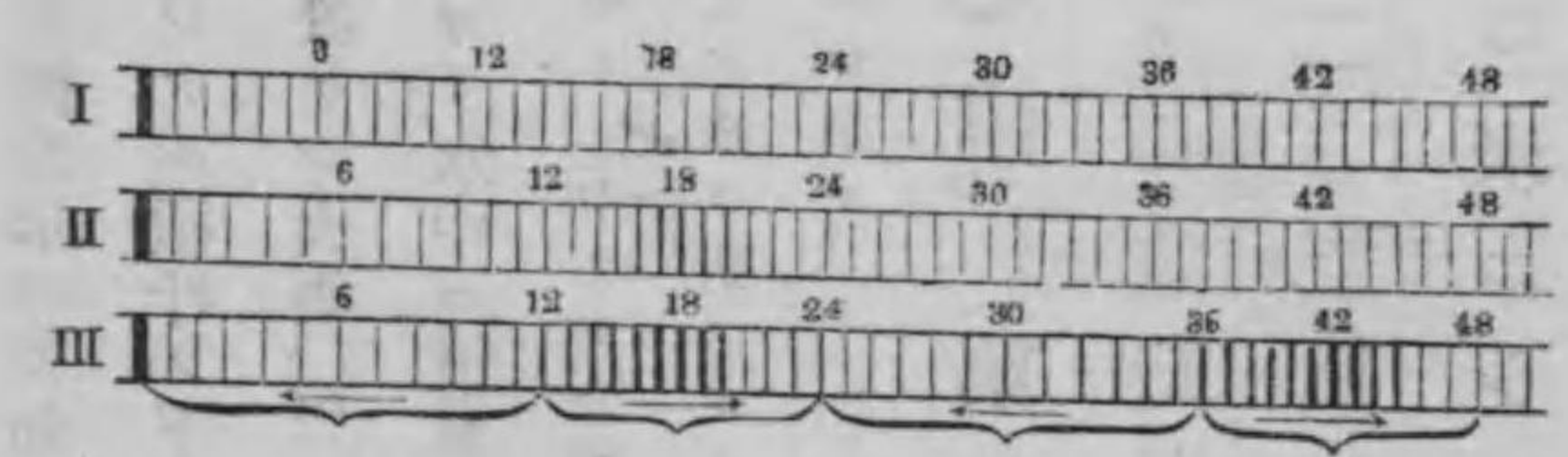
音響速度ノ
定律

從テ 1:1 + 0,00366t² ノ割合ニ増加スルニ在リ、故ニガニ對シテハ空氣中ニ於ケル音ノ速度ハ左式ノ如ク變ズバシ V = 333 + 1 + 0,00366t² 氣壓ノ音ノ速度ニ關係ナキハ eトdトガ同ジ比例ニ變ズルヲ以テナリ。

固液氣三體
中音響波及
ノ差異

音響ノ速度
ハ其高低強
弱ニ關スル
コトナシ

圖 四 十 第



(第三) 液體ハ氣體ヨリモ固體ハ液體ヨリモ音響ヲ波及セシムルコト速カナリ。

例。ウルトハイム Werdhain 氏ノ測定結果ニ據テ見レバ空氣中ニ於ケルヨリモ固液二體中ニ於テハ音響波及ノ速度大ナルコト左表ノ如シ。

酒精	三・四倍。	水	四・三倍。	鉛	四・三倍。
黃金	六・四倍。	錫	七・五倍。	銀	八・二倍。
白金	八・二倍。	亞鉛	一・〇倍。	銅	一・二倍。
鑄鋼鐵	一・五・一倍。				

(第四) 高音モ低音モ又強音モ弱音モ均等ノ速度ヲ以テ波及ス。

音ノ高低強弱ニ關シテ若シ其波及ニ緩急アルトキハ同一ノ奏樂ヲ聽取スル所ノ聽衆ハ其位置各々奏樂處ヲ距ルコト一樣ナラザル爲メ同一ノ音節及合調ヲ識別シ能ハザルノ理ナルニ、實際皆同

一ニ其調節ヲ聽取スルヲ以テ之ヲ觀レバ、音ハ其高低強弱ニ關スルコトナク均一ノ速度ヲ以テ周方ニ波及スルヲ知ルベシ、其理蓋シ左ノ如シ、即チ既ニ第十圖ニ示シタル栓ノ右方ニ運動スルコト二倍ノ時間ヲ費スモノトスレバ其進動ニ伴フ空氣ノ進動モ亦第六層ニ止マラズシテ其二倍ノ層即チ第十二層ニ至ル、栓ノ原位ニ返ルノ時間モ亦二倍ノ時間ヲ要スルトキハ空氣ノ二十四ノ層上ニ至リテ第十四圖ノIIニ示スガ如シ、即チ二倍ノ時間ヲ費セバ二倍ノ遠キニ達スルナリ、然ラバ則チ音ノ高低ニ從テ其速度ニ差異アラザルコト明カニシテ強弱ニモ亦關セザルコト言フ俟タズ。

第四節 音響ノ強度。

音響ノ強度
上ニ影響チ
及ボス種々
ノ原因

音響感覺ノ強度上ニ影響チ及ボスベキ種々ノ要因アリ、即チ左ニ示スガ如シ。

(第一) 音響發起ノ強サ是ナリ、發音體ノ質量愈大ニシテ振幅愈大ニ且ツ振動愈速カナルトキハ其音響愈強シ。

例之バ巨鐘ノ響ハ數十町ノ遠キニ達スルモ小鈴ノ響ハ數歩ノ外ニ出デズ、又大砲ノ響ハ數里外ニ聞ユレドモ小銃ノ響ハ數町ノ外ニ聞エザルガ如シ。

(第二) 音響其中ニ於テ發起シ且ツ波及セラル、所ノ媒間體ノ状態是レナリ、媒間體愈稠密ニシテ且ツ愈均等ナルトキハ音響ハ愈強シ。

(A) 説明。媒間體愈稠密ナルトキハ愈多量ノ實質ヲ運動セシムルヲ以テ音響愈強シ、又媒間體ノ疎密ニ變化ヲ生ズレバ必ズ音響ノ反射ヲ起シ其方向ヲ進行スル音響ノ減少ヲ來スモノナリ。

(B) 觀察。(1) 泳氣鐘内ニ於テ談話スレバ其言語ノ響クコト甚ダ強シ、故ニ潜水者ハ互ニ柔弱ナル音響ヲ以テ談話ス。

(2) 高山ニ於テ銃聲ノ甚ダ弱キコト已ニ第二節ニ其例ヲ見タルガ如シ。

(3) 水中ニ於ケル袖時計ノ響ハ七米ノ距離ニ於テ聴取シ得ラル、モ空氣中ニ於テハ僅カニ三米ノ距離ニ在テ聴官ニ入ル。

(4) 音ハ塙壁ヲ通過スルコト甚ダ弱ク、綿・藁・鋸屑ノ如キ疎鬆體ヲ透セバ尙ホ一層減弱ス。

(5) 晝間ハ夜間ヨリモ音響弱シ、如何トナレバ晝間ハ空氣ノ變化常ナラザレドモ夜間ニ於テハ晝間ニ於ケルヨリモ均一ナレバナリ。

媒間體ノ疎密ニ關シテ音響ニ強弱ヲ生ズルノ例

(第三) 音源ト耳トノ距離是レナリ、音響ノ強度ハ音源距離ノ自乘ニ反比例ス。

基因。音響ノ波ハ即チ空球トシテ考想スルヲ得ベク、而シテ球ノ表面ハ其半徑ノ自乘ニ比例ス、故ニ他ノ音響ヨリモ音源ヲ距ルコト n 倍スル所ノ或ル音響ハ n^2 倍大ナル空間ヲ占領スベシ。依テ音源ヲ距ルコト二倍ノ處ニ於ケル音響ハ四分ノ一ノ強度ヲ有シ、三倍ノ距離ヲ有スルモノハ九分ノ一ノ強度ヲ有ス(重力・光・熱ノ定律ニ酷似ス)。

(第四) 耳ノ銳鈍是レナリ、他ノ噪響ニ由テ鈍却セラル、コト愈少ナケレバ耳ノ感受力愈銳シ、故ニ耳ハ夜間ニ於テハ晝間ヨリモ音響ヲ感ズルコト銳敏ナリ。

第五節 音響ノ反射。

(一) 定義。波形ニ擴布スル所ノ音響其密度ヲ異ニスル媒間體例之バ雲・山腹・森林・水等ノ如キモノニ逢ヒ之ヨリ反歸スルノ現象ヲ名ケテ音響ノ反射ト云フ(彈性球ノ反射光ノ反射ト同様ノ

音響反射ノ定義

現象ナリ。

經驗。(1) 山中ニ於テ大聲ヲ發スレバ反射音ヲ聞ク。

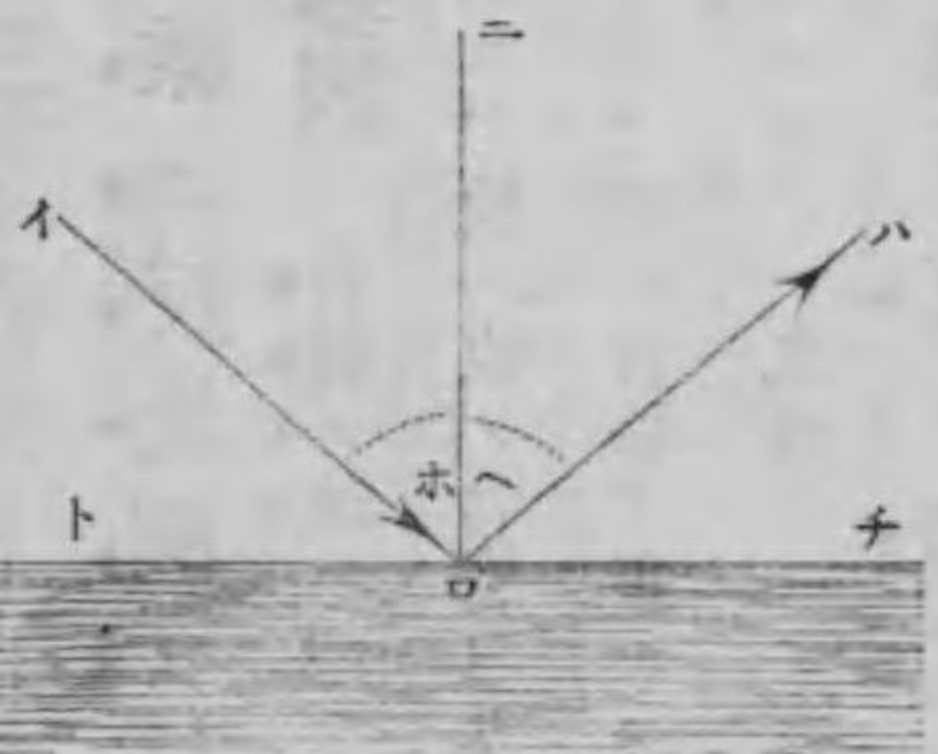
(2) 土塀ニ向テ強大ニ發聲スレバ反射音ヲ聞ク。

(二) 定律。(第一) 音響ノ方向若シ反射面上ニ對シテ垂直ナルトキハ音響モ亦其方向ニ反射ス。

(第二) 音響ノ方向若シ反射面ニ對シテ斜角ヲ爲ストキハ同度ノ斜角ヲナシテ他方ニ反射ス、而シテ反射角ノ大サハ落射角ニ均等ナリ。

(A) 解説。第十五圖ニ示ス所ノ「トチ」ハ反射ヲ起ス所ノ面例之バ水面トシ、音響若シ「イロ」ノ方向ニ進ミ來レリトスレバ其「イロ」ヲ名ケテ落射線ト云ヒ、其落射點「ロ」ニ垂直線「ニコ」ヲ下シ其二線間ニ構成スル角「ホ」ヲ名ケテ落射角ト云フ。而シテ其音響「ロハ」ノ方向ニ反射シタリトスレバ其「ロハ」ヲ名ケテ反射線ト云ヒ、之ト垂直線トノ間ニ構成スル角「ヘ」ヲ名ケテ反射角ト云フ。

圖五十第



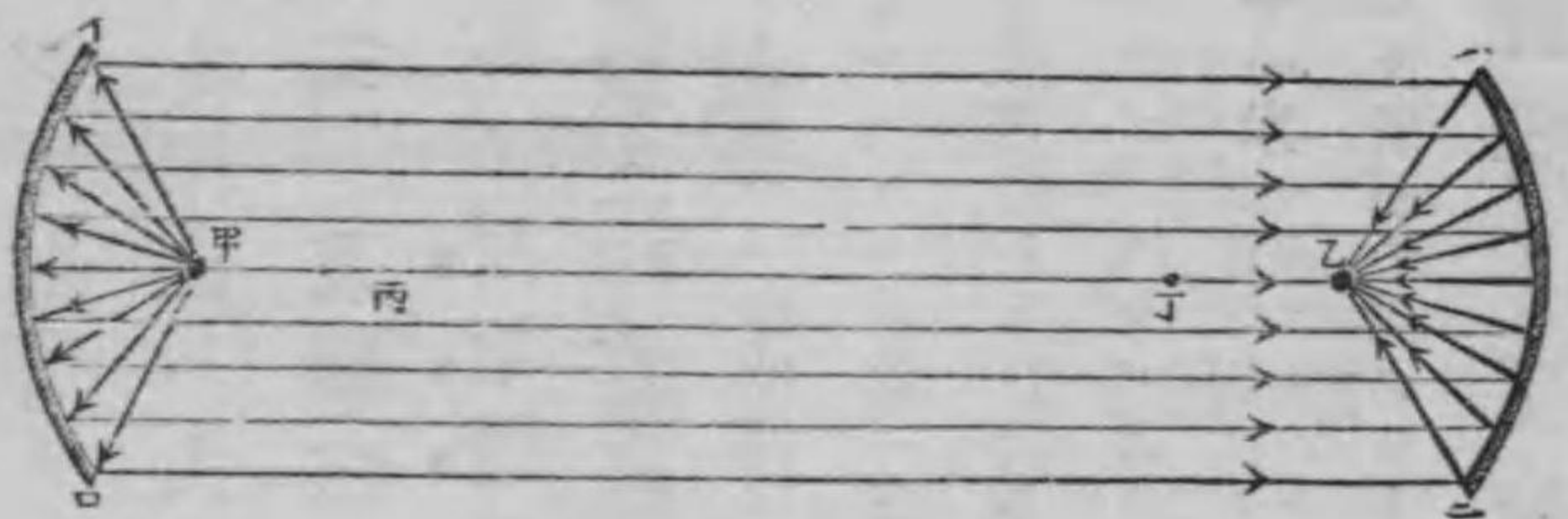
音響反射ノ定律

落射角及反射角

音響ノ反射ハ光線ト同一ノ反射定律ニ從フヲ實驗上ニ確證スルノ方法

音響ノ反射ニ基因スル現象

圖六十第



(B) 實驗。反射ノ定律ハ光學ニ於テ詳説スル凹面鏡ノ幫助ニ由テ容易ニ實驗上ノ確證ヲ得ベシ、即チ第十六圖ニ示ス所ノ「イロ」

及「ハニ」ハ共ニ凹面鏡ニシテ互ニ五乃至六米ヲ隔ツル位置ニ在テ且ツ兩鏡ノ軸ハ共ニ同一直線中ニ存スル様ニ設置セルモノナリ。今「イロ」鏡ノ燒點「甲」ニ於テ一箇ノ袖時計ヲ置キ、「ハニ」鏡ノ燒點「乙」ニ耳ヲ置ケバ其音ヲ聞クコト最モ著ルシ、蓋シ「甲」點ヨリ出發シテ「イロ」ナル鏡ノ面ニ抵ル所ノ各音線ハ其軸ト並行ニ反射シ、再ビ「ハニ」ナル鏡面ニ抵リ反射シテ燒點「乙」ニ束聚スレバナリ。然レドモ耳ヲ「乙」點ヨリ遠ザクレバ設トヒ却テ「甲」點ニ近ヅクルモ音響ヲ聽クコト難シ、是レ音線ヲ束集スルノ點ニ在ラズシテ只僅微ノ音響ノミ耳中ニ受クルニ由ルモノトス。

(三) 音響ノ反射ニ基因スル現象。(第一) 音響ノ增強ナリ、即チ反射セル音響ガ原響ト全ク同時ニ聽官ニ入ルヲ以テ強盛トナル、通常ノ室内ニ於テ此現象アリ。

やまびこ

(第二) 後響ナリ、即チ唯其一部分ノミ原響ト相會合シ多少其原響ヲ強メ且ツ延長スル所ノ反射音響ヲ名ケテ後響ト云フ、是レ反射響ノ始部ト原響ノ終部ト同時ニ聽官ニ入ルニ由テ成ル、例之バ大講堂寺院等ニ於テ之ヲ聽ク。

(第三) 反響(俗ニやまびこ)ナリ、即チ原響ト明瞭ニ區別セラルル所ノ反射響是レナリ。

反響生起ノ距離。

反響ハ反射ヲ起ス所ノ面ヲ距ルコト大約十七米以上ニ在テ成ル、即チ人耳ハ一秒時間ニ只十種ノ音ノミヲ明瞭ニ聽別シ得ルヲ以テ或ル音響ガ前者ト明確ニ區別セラル、ニハ第一者ノ發シタル後十分ノ一秒時ヲ經テ第二者ノ發スルヲ要ス、依テ反響ヲ生起スルニハ反射セル音響ハ原響ヨリ少ナクモ十分ノ一秒時ヲ經テ後チ耳中ニ入ラザル可カラズ。然ラバ則チ少ナクモ往反ニ十分ノ一秒時ヲ費スベキ距離即チ十分ノ三百四十一米

通常空氣中ノ速度ハ三百四十一米ナルコト前節ニ詳ナリ $\frac{341}{10} = 34.1$)ノ道路ヲ經過スルヲ以テ緊要トス、是レ反射面ノ少クモ十七米餘ノ距離ナラザルヲ得ザル所以ナリ。

(四)音響ノ反射ニ基因セル装置。其重要ナルモノハ左ノ

音響ノ反射ニ基因スル

二管トス。

語管

(第一) 語管ナリ、是レ千六百七十年英人モルランド Morland 氏

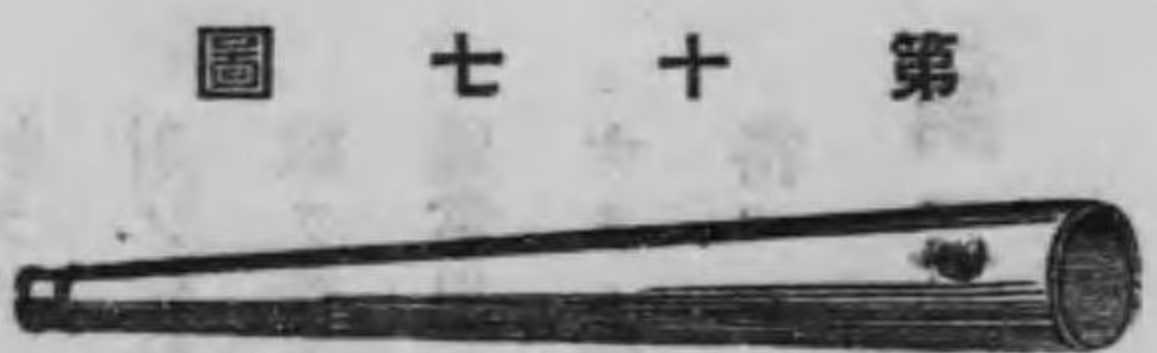
ノ發明ニ係ル者ニシテ第十七圖ニ示スガ如キ金屬製ノ管ヨリ成リ、一端(甲)ハ廣ク他ノ一端(乙)ハ狹キ圓錐形ヲナス。今狹

口(乙)チ人口ニ接シ音聲ヲ發スレバ、

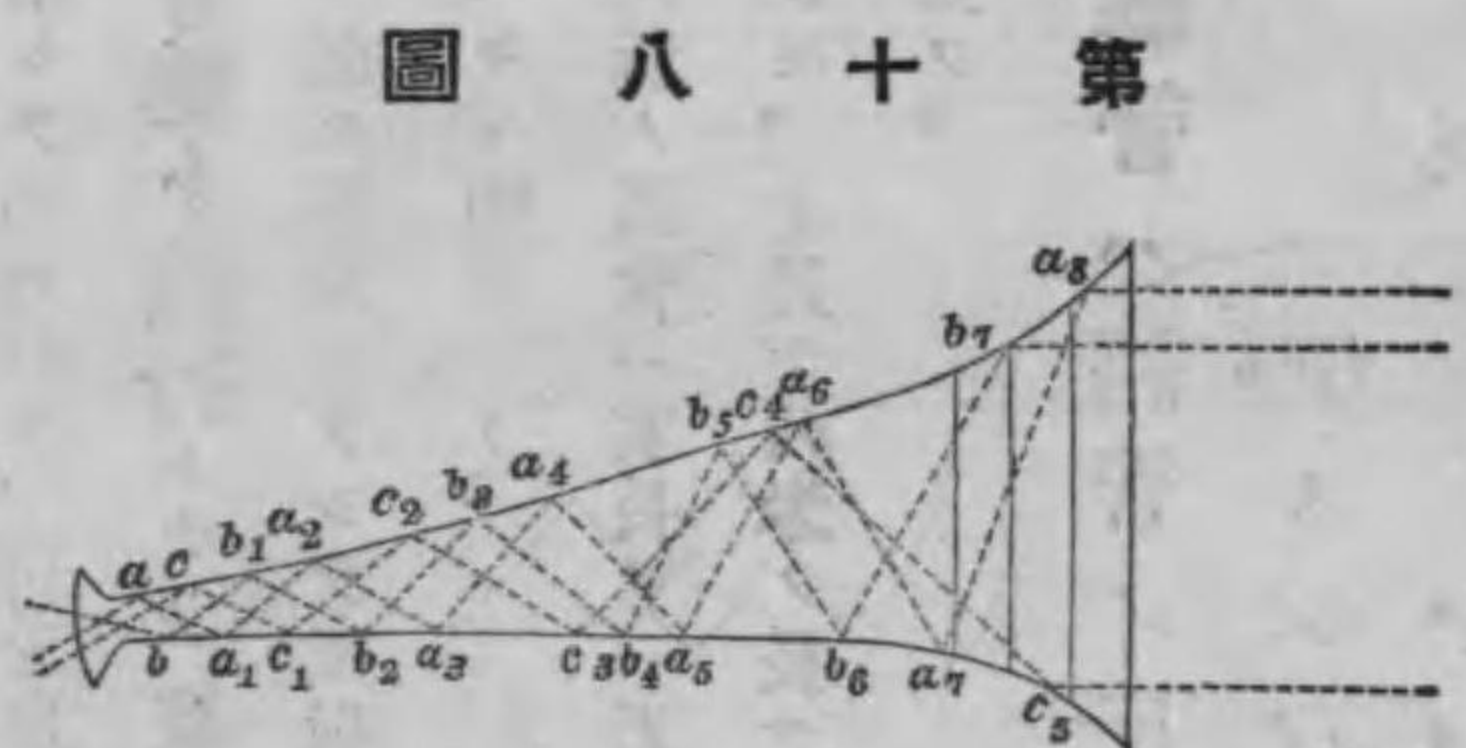
音響側面ヨリ反射シ諸方ニ散布スル能ハズ並行シテ廣口(甲)ヨリ出ツルヲ以テ微弱ノ音聲ト雖ドモ能ク遠處ニ輸送セラレ、著大ノ距離ニ在ルノ人ト談話スルヲ得ルモノナリ。

音聲反射ノ状態。第十八圖ニ由テ其反射ノ状態ヲ示セバ即チ狭口ヨリ入り來ル音線ノ内ニ達シタル

語管中ニ反射スル音波ノ状態



圖七十第



圖八十第

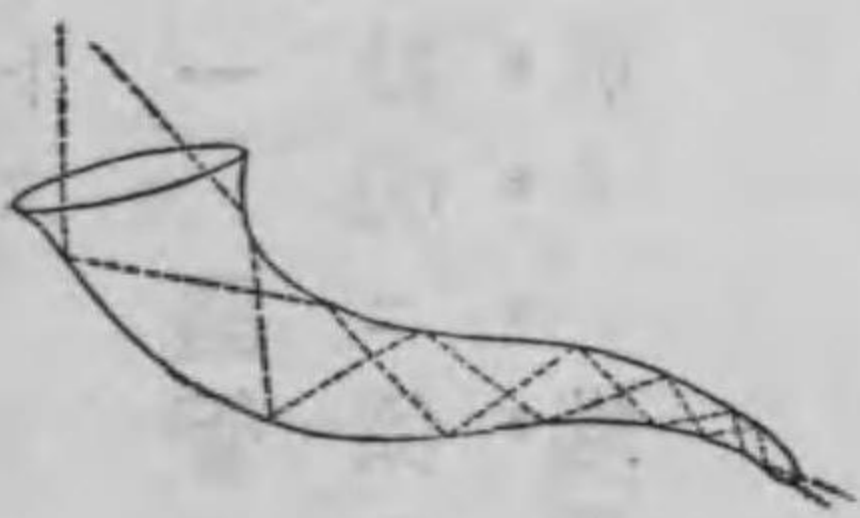
モノハ反射シテ a_1 ニ到リ、再ビ反射シテ a_2 ニ到リ、更ニ $a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8$ ニ到リテ反射シ、茲ニ於テ終ニ**管軸ト並行トナリ**、廣口ヨリ射出スベシ。又 b ニ抵ルモノ c ニ來ルモノ等悉ク反射ノ定律ニ從ヒ等角ヲナシテ反射シ皆交互並行スルニ由リ、其方向ニ位スル人耳ハ數多ノ音線ヲ受クベキヤ明白ナリ。

通常用フル所ノ語管ハ其長サ一乃至二米ニシテ狭口ノ直徑五糎、廣口ノ直徑一五乃至二五糎ナリト雖ドモ、七乃至八米ノ長サヲ有スル語管ヲ造レバ大約半里ヲ隔ツルモ尙ホ聴取スルヲ得ベシト云フ。

聽管

(第二) 聽管ハ語管ノ反對タル者ニシテ、前記ノ語管ハ之ヲ顛

圖九十第



倒スレバ直チニ聽管トシテ使用スルコトヲ得、即チ狭口〔乙〕ヲ耳ニ接シ廣口〔甲〕ヲ音ノ來ル方向ニ向クレバ微弱ノ音聲ト雖ドモ能ク聴取スルヲ得ベシ。

其理ハ亦第十八圖ニ就テ考フレバ容易ニ了解スルコトヲ得、即チ管ノ軸ト並行ニ射入シ來ル所ノ音線若シ管ノ廣口ニ於テ攝取セラレザルトキハ

只耳孔ニ因テ攝取セラレベキ者ノミ僅ニ來ルベシト雖ドモ、今廣口ニ入ル所ノ數多ノ音線ハ一ヲモ殘サズ束聚シテ耳中ニ輸致セラレ、ヲ以テ弱音タリトモ能ク聴取セラレ得ルモノナリ、但シ聽管ニハ短小ニシテ屈曲セルモノヲ用フルヲ常トス(第十九圖ノ如シ)。

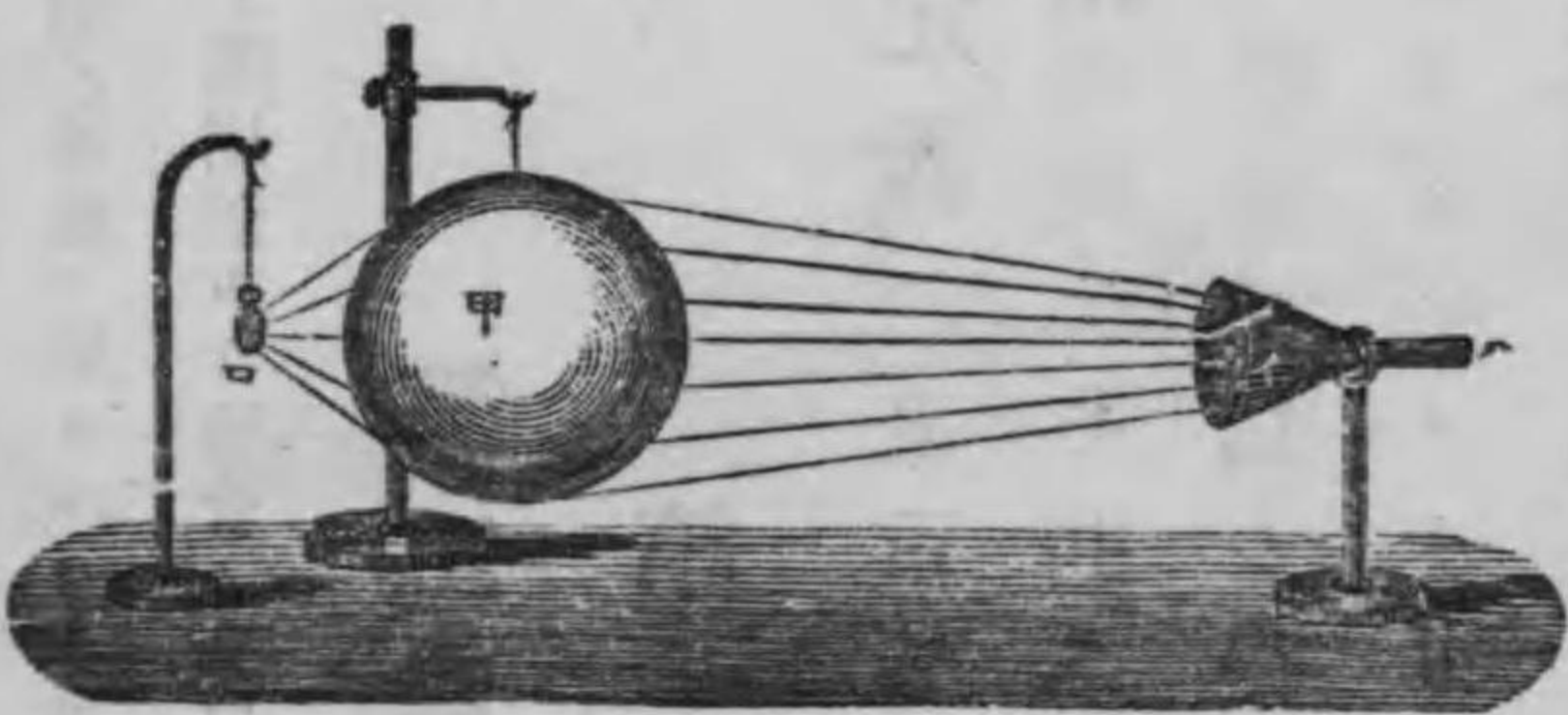
第六節 音響ノ屈折

凡ソ音響一ノ媒間體ヨリ他ノ媒間體ニ進移シ、而シテ其中ニ於ケル速度ニ差アルトキハ光學ニ於テ詳述スベキ定律ニ從ヒ必ズ多少其進路ヲ變更スベシ、之ヲ**音響ノ屈折ト云フ**。

證例。一例ヲ以テ之ヲ證明セントス、即チ第二十圖ニ示ス如ク碳酸瓦斯ヲ充テタル護謨球〔甲〕ヲ一ノ支柱ニ懸ケ、之ニ近ク支柱ニ一ノ袖珍時辰儀〔ロ〕ヲ吊リ、球ノ左方ニ聽管ヲ置キ、〔ハ〕ナル狭口ニ耳ヲ接シテ聞クトキハ、時辰儀ノ鳴音近

音響ハ光線
屈折ノ定律
ニ從テ屈折
ス
音響ノ屈折
スル實例

圖十二第



圍ノ各處ニ於ケルヨリモ迥ニ著大ナリ、是レ時辰儀ヨリ周方ニ發スル音線此球子ヲ透過スルノ際屈折シテ聽管ノ廣口〔イ〕ニ入り〔ハ〕ニ東聚スルヲ以テナリ。

第二章 樂音及最重要ノ發音體。

第一節 樂音。

樂音ノ定義

(一)定義。最重要ノ音響ハ樂音ナリ。抑樂音ハ形狀ニ於テモ保續ニ於テモ共ニ均等ナル振動ノ一順列ニシテ、斯ノ如キ均等ナル振動ヲ爲シ得ベキ物體例之バ琴、絃、鐘、音叉等ノ如キ器ノミニ發スルモノナリ。

樂音ノ振動ヲ明視スル實驗

確證法。樂音ノ果シテ均整ナル振動ヨリ成ルコトハ所謂振動描記器ノ幫助ニ由テ之ヲ明視シ得ベシ。此器ハ即チ第二十二圖ニ示ス如ク煤燻セル硝子板上ニ、其一又端ニ彈性鍼ヲ固着シタル音叉〔F〕ヲ來シ發音セシメツ、手ヲ以テ均等ニ之ヲ曳クノ裝置ナリ。斯クノ如クシテ板面上ニ生ジタルmnナル曲線ハ所謂波線ニシテ、各波ノ充分均等ナルニ由リ振動ノ保續及形狀ハ供ニ均等ナルベキヤ必然ナリ。

樂音ノ高低ハ其振動數ニ關ス

(二)樂音ノ高低ニ關スル定律。樂音ノ高低即チ音調ノ高低ハ單ニ振動數ノミニ關ス、或ル一定時間ニ振動スルコト愈多ナルトキハ之ニ由テ發起シタル音調ハ愈高シ。

實驗上ノ證明法。音ノ

高低ガ果シテ其振動數ノミニ關スルヤ否ヤハ實驗上之ヲ證明シ得ベシ。

實驗上證明法ノ(サ)ヴァール氏ノ「ジレ」子

圖 一 十 二 第

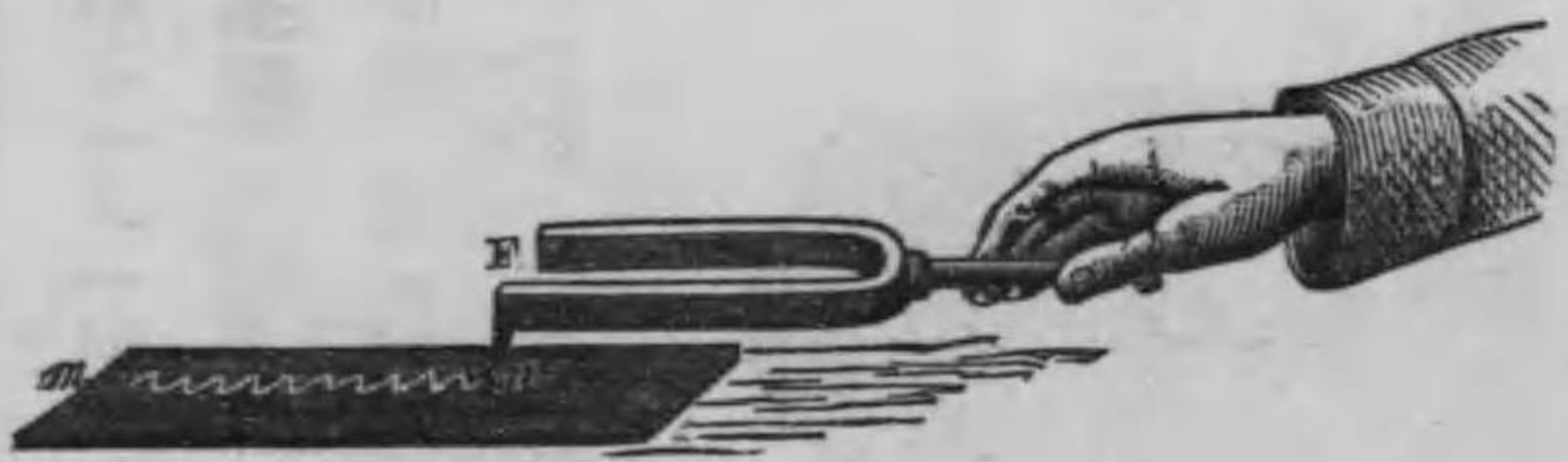
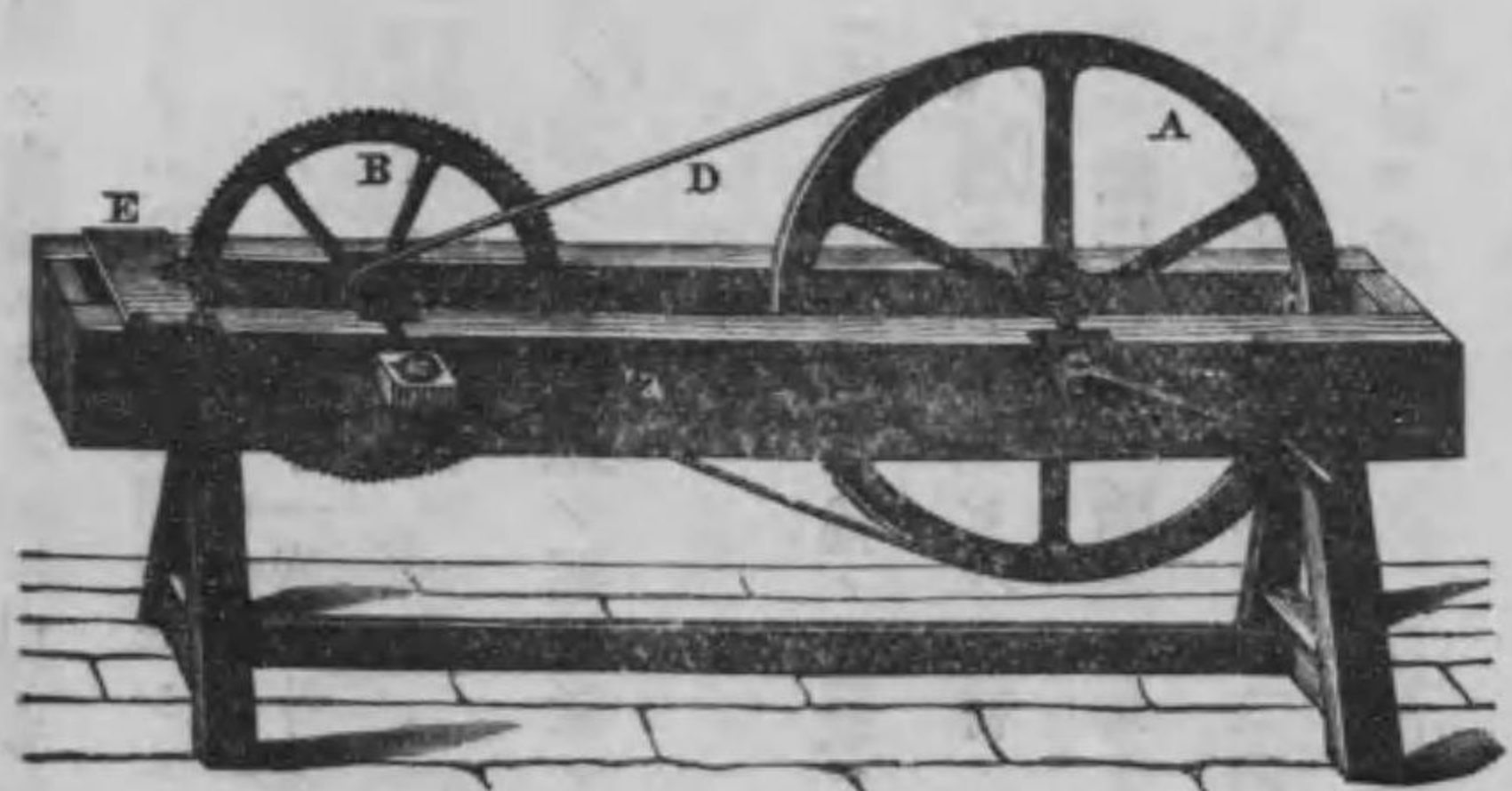


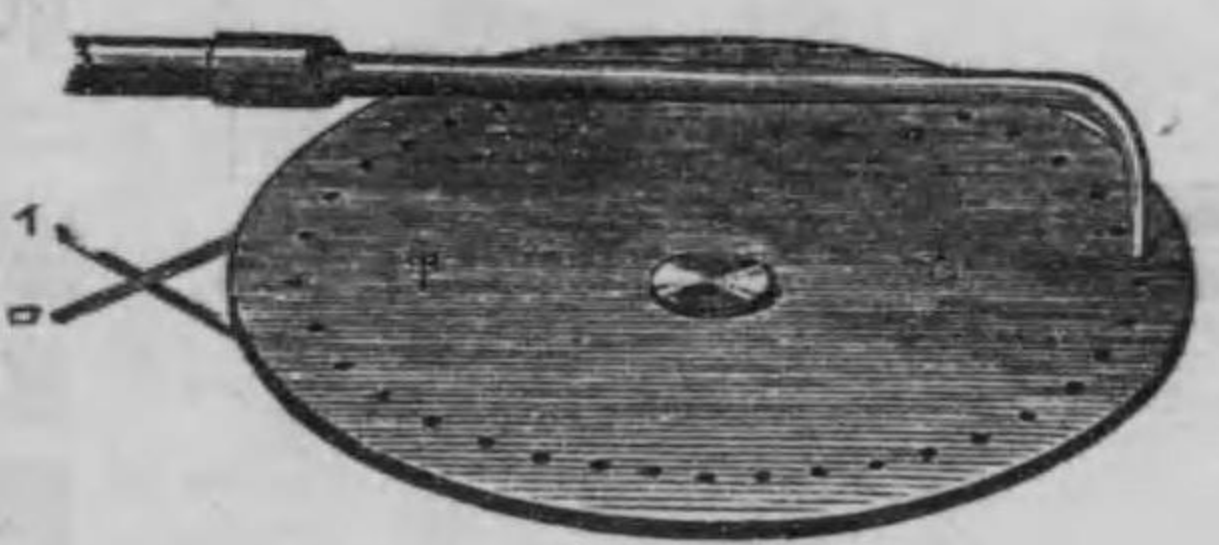
圖 二 十 二 第



(A) サヴァール氏 Savart 氏ノ「ジレ」ネヲ以テス。
(1)構造。a(第二十二圖)ハ堅固ナル木製臺、Aハ一・八米ノ直徑ヲ有スル輪ニシテ曲柄ヲ以テ廻轉セラレ得ルモノナリ、而シテ其輪ハDナル

無端索ニ由テBナル金屬製ノ齒輪ニ連ナルヲ以テ其Bヲシテ急速ニ廻轉セシムルコトヲ得、
 例之バA一回ノ廻轉ニ由リテハBヲ十回廻轉セシム、蓋シ其廻轉數ハBノ軸ニ連ナル計
裝置ヲ以テ算フルヲ得ルモノナリ。今一葉ノ骨牌片或ハ他ノ厚キ紙片ヲ取リテE部ニ嵌ミ
 齒輪ノ齒ニ接スレバ銳烈ナル一種ノ音ヲ發ス、而シテ其廻轉愈急速ナレバ發スル所
 モ亦愈高シ、是レ紙片齒ノ爲メニ**振動**シ廻轉數ノ増加スルニ從テ其振動數ノ増加スル
 ルモノナリ。

圖 三 十 二 第



同上ノ二
 (ゼーベック
 氏ノ圓板ジ
 レー子)

(2) 使用法。輪ノ齒數ヲ三十二箇トシ一秒時間内ニ廻轉スルコト
 八回ナリトスレバ其音ノ振動數ハ一秒時間ニ二百五十六ナリ、
 蓋シ紙片ノ齒ニ觸ル、毎トニ一度ノ振動ヲ爲スヲ以テ齒輪一廻轉ス
 レバ三十二回振動シ、八廻轉スレバ其八倍即チ二百五十六回ノ
 振動ヲ爲セバナリ、是故ニ或ル樂器ノ音ト同調ナルトキハ同振動數
 ナルヲ知ル。

(B) **ゼーベック** Seebeck 氏ノ圓板ジレーネヲ用フ。
 (1) 構造。第二十三圖ニ於テ其要部ヲ示ス如ク其周邊ニ於テ均一
 ノ距離ニ多數ノ小圓孔ヲ穿テル厚紙製或ハ金屬製ノ圓板(甲乙)ヨリ成ル。

(2) 使用法。上記ノモノト類似ノ方法ニ由テ急速ニ之ヲ廻轉セシメ其際曲管ヲ以テ圓孔上
 ニ吹ケバ、空氣ハ其一孔ガ管ノ口端下ヲ通過スルトキハ下方ニ向テ一衝突ヲ得ベク、之ニ反
 シテ無孔ノ部位其口下ヲ過グルトキハ上方ニ反歸ス。之ニ由テ一秒時間ニ小圓孔ガ管口下ヲ
 通過スル度數ト同數ナル空氣ノ濃厚部ト稀薄部(即チ振動)トヲ生ジ以テ音ヲ發ス、而シテ圓
 板ヲ廻轉セシムルコト愈急速ナレバ茲ニ生ズル所ノ音愈高シトス。

(C) **カニヤール** Cagniard-Latour 氏ノ計數機ヲ具有セル
 ジレーネヲ以テ樂音ノ振動數ヲ測定ス。

(1) 構造。第二十四圖ハ表面ヲ示シ第二十五圖ハ裏面ヲ現ハス所ノ兩圖ニ就テ見ル如ク孔

同上ノ三
 (カニヤール
 氏ノ計數機
 ヲ具有セル
 ジレー子)

圖 四 十 二 第

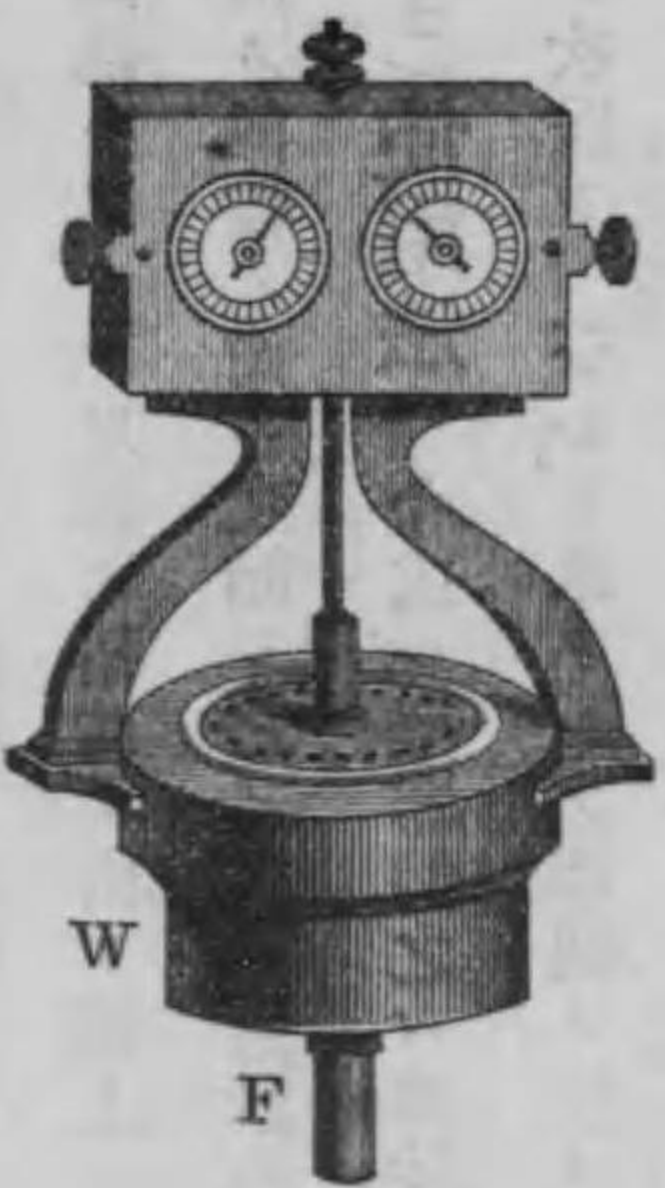


圖 五 十 二 第



列ヲ有スル金屬ノ水平圓板ハ垂直ノ軸ニ沿ヒ圓筒(W)上ニ在テ甚ダ容易ニ廻轉ス、其圓筒ノ

上蓋ニモ圓板ノ孔ト一致スル孔列アリテ兩方ノ孔互ニ反對ノ方向ニ斜向シ、上蓋ノ孔ヨリ外
出スル空氣ノ流レハ圓板ノ孔側ニ向ヒ殆ンド直角ニ撞突シ而シテ圓板ヲシテ廻轉セシム、圓
筒部ハFナル足部ノ幫助ニ由リ軸上ニ堅立セラル、圓板ノ軸ハ上方ニ無終螺旋ヲ具有シ計數
機ノ齒輪ノ齒ニ交錯シ之ニ由テ計數板上ニ廻轉數ヲ計算シ得ルナリ。

(2) 使用法。今或ル樂器例之バ琴。絃ヲ彈シテ任意ノ音ヲ發セシメ、而シテ適當ノ度ニ空氣
ヲ吹送シ、ジレーネヲシテ等調ノ音ヲ發セシムベシ。斯クシテ一分時間ニジレーネノ廻轉數
ヲ計算シ例之バ其數壹千四百四十ナルヲ測知シ、而シテ孔列ヲ十六トスレバ其時間則チ一分
時間ニ空氣ノ振動スルコト二萬三千零四十 (16 × 1440 = 23040) ナリトス、然ラバ即チ琴
絃モ亦一分時間ニ振動スルコト二萬三千零四十ナルヤ明カナリ。是故ニ六十ヲ以テ二萬三千
零四十ヲ除スレバ $\frac{23040}{60} = 384$ 一秒時間ノ振動數(三百八十四)ヲ得ベシ。

(三) 樂音ノ振動數ト波長トノ關係。已ニ波動汎論ニ記
載セル如ク、 $\lambda = \frac{v}{n}$ ナルヲ以テ、 $n = \frac{v}{\lambda}$ ナリ、即チ或ル波長ハ其振
動數ヲ以テ波及速度ヲ除シタルモノトス。

(四) 樂音感覺ノ限界。凡ソ振動ヲ音トシテ感覺スル人耳ノ

樂音ノ波長
ハ其振動數
ヲ以テ波及
速度ヲ除シ
タル者ナリ
樂音ヲ感知
スル限界

官能ニハ限界アリ、而シテ各異ノ人ニ於テ其限度モ亦各異ナレ
リ、**プライエル** Preyer 氏ハ其限界ヲ十四振ト四萬振一秒時ニ取レ
リ。十四以下及四萬以上ノ振動ハ已ニ人耳ニ聽覺ヲ感起セズ
加之、十四乃至二十四振及三萬乃至四萬振ノ音ニ至テハ各人悉
トク之ヲ聽取シ得ルモノニアラズ、而シテ通常音樂ニ用フル音
ノ振動數ハ四十乃至五千振ノ間ニ在リ。

(五) **ドップレル** Doppler 氏ノ原理。發音シツ、アル音源ト耳
ト互ニ相近ヅクトキハ其音ノ聞ユルコト實際ヨリモ高ク之ニ
反シテ互ニ相遠ザカルトキハ音ハ實際ヨリハ低ク聞ユ、是レ千
八百四十五年同氏ノ發見セシ所ニシテ名ケテ**ドップレル**氏ノ原
理ト云フ。

(A) 觀察。(1) 汽笛ヲ鳴ラシツ、アル所ノ汽關車ノ近ヅクトキハ著大ニ其汽笛ノ高クナ
ルヲ聞キ、遠ザカルトキハ反テ著大ニ低クナルヲ覺ユ。

(2) ボイス・パロト Puy's Palott 氏ハ汽車中ニ喇叭ヲ設ケテ之ヲ吹キツ、往返セシメタルニ、近ヅク際ニハ其音甚ダ高クナルヲ覺エ遠ザカル際ニハ著大ニ低クナルヲ聞キシト云フ。
(B) 基因。 ロヲ以テ或ル音ノ**振動數**ト假定スレバ静止スル所ノ耳ハ各秒時n數ノ濃厚波ヲ受領ス然レドモ其耳若シ音源ニ近ヅクトキハ多數ノ音波ヲ受領スルコト恰モ舟ノ進行スルトキニ際シ静止スルトキニ比スレバ多數ノ波ニ逢會スルガ如シ。

第二節 音程。

(一) 定義。 振動數ノ比ニ由テ言明シタル二音ノ高サノ距離ヲ名ケテ其**音程**ト云ヒ、而シテ兩音ノ内其低キモノヲ名ケテ**音程ノ原音**ト云フ。
(二) 種類。 音程ヲ大別シテ二種類トナス。
(第一) 全音階ノ音程ナリ、其名稱及振動數ノ比ハ左表ニ示スガ如シ。

音程及原音ノ定義

1 ¹	2 ²	3 ³	4 ⁴	5 ⁵	6 ⁶	7 ⁷	8 = 1
第一音	第二音	第三音	第四音	第五音	第六音	第七音	第八音
1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2/1

即チD(2)ハ均等時間中ニ原音ヨリ八分ノ九倍、E(3)ハ四分ノ五倍ノ振動ヲ遂グルト云フ義ニシテ其他皆ナ原音ニ對スル倍數ヲ示スモノナリ。
 分數ヲ避ケ振動數ノ比ヲ一目瞭然タラシメント欲セバ、Cノ振動數ヲ24ト定ムレバCヨリニ至ル振動數ノ比ハ左表ノ如シ。

C	D	E	F	G	A	H	c
24	27	30	32	36	40	45	48

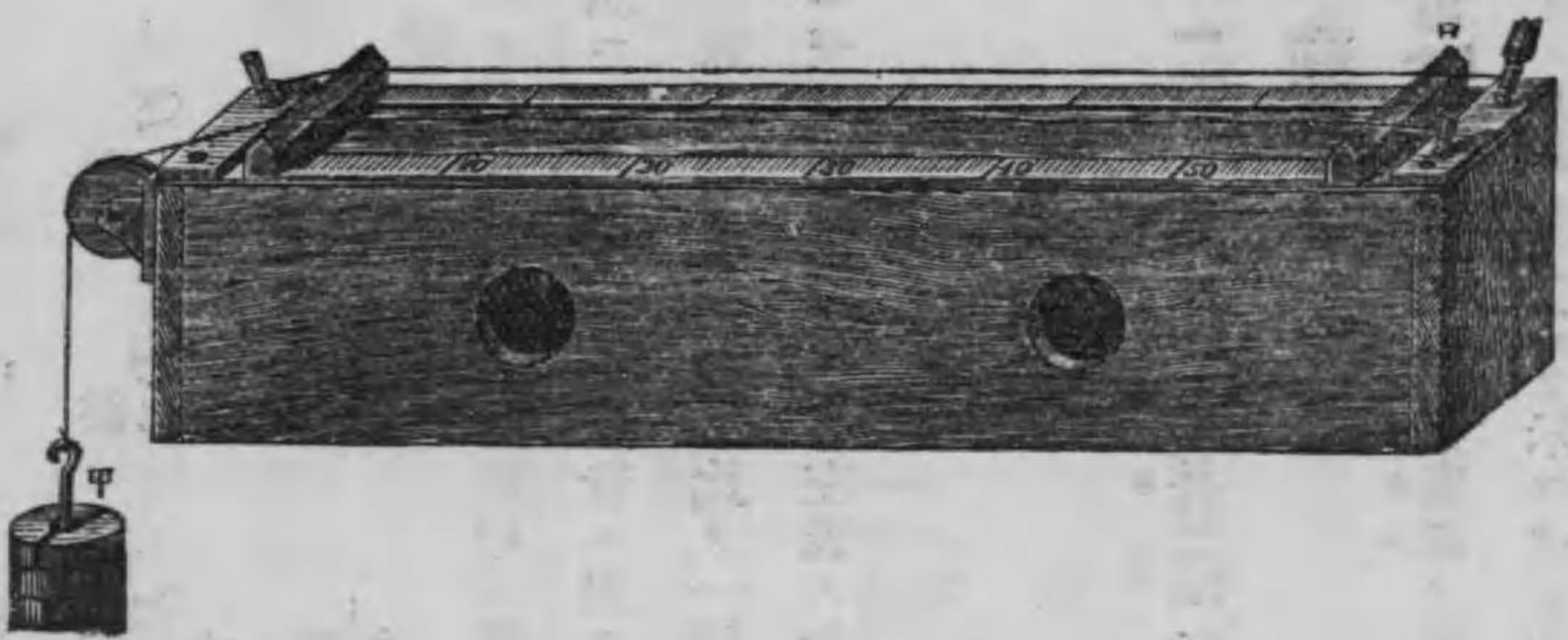
(第二) 調和上音倍音ナリ、即チ原音ヨリ二・三・四・五・六等ノ**倍數**振動音ヲ云フ。

實驗的證明。 振動數ノ比ハ果シテ前記ノ如クナリヤ否ヤヲ實驗上ニ確證スル方法數多アリ、左ニ其一ニヲ示スベシ。

倍音ノ定義
 音程振動數ノ比ヲ知ル
 實驗ノ第一

同上第二

圖 六 十 二 第



(1) ジレールネノ幫助ニ由ル。即チ 24、27、30、32、36、40、45 及 48ノ齒ヲ有スル八列ノ輪ヲ取り、均等ノ廻轉速度ヲ以テ廻轉セシメ一列宛順次ニ發音セシムレバ全音階ノ音ヲ生起ス。

(2) モノコルドノ一琴絃ヲ用フ。モノコルドハ第二

十六圖ニ示ス如ク箱臺上ニ緊張シタル絃線ナリ、但シ之ヲ緊張スルニハ或ハ鍵ヲ用ヒ或ハ重量ニ依ル、今琴柱ヲ以テスレバ絃線ニ各異隨意ノ長サヲ與フルヲ得ベシ、故ニ上記ノ絃ニ一致スル長サヲ與ヘテ發音セシムレバ其長サノ比ハ左表ノ如シ。

C	D	E	F	G	A	H	c
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	$\frac{1}{1}$

例之バ絃線ノ全長ヲ振動セシメテ發スル所ノ音ヲ原音(C)トスレバ、其緊張度ヲ變ズルコトナク第八音(c)ヲ發セシムルニハ絃線ノ長サハ最初ノ半バナルヲ要ス(後ノ絃線振

動ノ定律ヲ參考スベシ)。

(三) 一音及半音。上記(二)ノ第一ノ表ハ音階中ノ總音ト原音トノ間ニ於ケル音程ヲ示セリ。今之ヲ應用スレバ音階中互ニ相次グ所ノ二箇ノ音程ハ容易ニ之ヲ算出スルヲ得ベシ、即チ此目的ニハ只次ノ音ノ振動數ハ前ナルモノ、振動數ヨリ幾何倍大ナルカヲ索ムルヲ要スルノミ。故ニ各音程ノ數ヲ以テ次ノモノヲ除スレバ之ヲ得ベキコト左表ノ如シ。

C	D	E	F	G	A	H	c
$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	

是ニ由テ之ヲ觀レバ或ル一音ヨリ他ノ一音ニ移ルハ同様ノ音程ヲ有スルニ非ズシテ $\frac{9}{8}$ 、 $\frac{10}{9}$ 、 $\frac{16}{15}$ ノ三様アリ、 $\frac{9}{8}$ ト $\frac{10}{9}$ トハ固トヨリ差アレドモ其差ハ甚ダ僅微ナルヲ以テ其二者ハ共ニ一音ト云ヒ $\frac{16}{15}$ ヲ半音ト云フ。

(四) 樂音ノ基音。全音階中ノ或ル音ノ振動數ヲ知ルトキハ

樂音振動數ノ測算

音階中逐次ノ音程ヲ算出スル法

總樂音ノ振動數ヲ計算シ得ベシ、蓋シ其音程ノ數已ニ明知セラ
ルレバナリ。今基音トシテ撰用セラル、ハ巴里ニ於テ催シタ
ル音樂家大集會ノ際ニ決定シタル四百三十五ノ振動數ヲ
有スルニナリ。

$$\text{例 } \lambda : 1 : \frac{2}{3} = c : 485, \quad c = 435 : \frac{5}{3} = \frac{3 \times 435}{5} = 261, \quad c = \frac{261}{2} = 130,5$$

$$\text{依テ } c = \frac{130,5}{2} = 65,25 \text{ ナルガ如シ。}$$

第三節 絃樂器。

絃樂器ノ定
義及區別

(一)定義及區別。絃絲ノ振動ニ由テ發音スル樂器ヲ名ケテ絃
樂器ト云フ而シテ之ヲ發音セシムル方法ニ從テ區別スレバ左
ノ三種トナル。

(第一) 摩擦樂器ナリ、此種ノ樂器ハ弓絃ヲ以テ絃絲ヲ擦リ
發音セシムルモノトス、例之バ胡弓、バイオリン等ノ如シ。

(第二) 彈樂器ナリ、此種類ニ在テハ爪ヲ以テ絃絲ヲ彈キ發
音セシムルモノトス、例之バ琴ノ類チーテル等ノ如シ。

(第三) 觸擊樂器ナリ、此種ノ樂器ハ觸擊ニ由テ發音スルモ
ノトス、例之バ洋琴ノ如シ。

(二)絃線全長ノ振動ニ對スル定律。絃線ノ長サ、大サ、緊
張ノ度及比重ハ其振動數即チ其音調ノ高低上ニ著大ノ影響ヲ
及ボスモノナリ、其定律ハ即チ左ニ言明スルガ如シ。

絃線ノ振動數ハ其長サ・大サ及比重ノ平方根ニ反
比例シ緊張度ノ平方根ニ正比例ス。

絃線ノ振動
數ト長サト
ノ關係

(A)解説。振動數即チ音調ノ高低ハ絃線ノ長サニ反比例ス、之ヲ換言スレバ絃線ノ半長ハ

二倍セル振動數ノ音ヲ發シ三分一ノ長サハ三倍セル振動數ノ音ヲ發ス。

絃線愈小ナレバ其音調ハ愈高シ、例之バ二條ノ絃ニ就テ一條若シ他ノ一條ヨリ三倍大ナル
トキハ三分一ノ振動ヲ爲ス。

絃線ノ密度
及緊張度ト
振動數トノ
關係

絃線ノ質愈緻密即チ比重愈大ナレバ其振動數愈小、即チ其音調愈低シ。今三條ノ絃線アリテ第二ノモノハ第一ヨリ四倍緻密ニシテ第三ノモノハ夫ヨリ九倍緻密ナルトキハ、同時ニ第二ノモノハ二倍少ク、第三ノモノハ三倍少キ振動ヲ爲ス。
絃線ノ張ルコト愈緊シケレバ其音調愈高シ、即チ二倍ノ振動數ヲ得ンニハ四倍緊シク張リ、三倍ノ振動數ヲ得ンニハ九倍緊シク張ルヲ要ス。
其振動數ヲ數式ヲ以テ示セバ大要左ノ如シ。

$$z = \sqrt{\frac{p}{d \cdot l}}$$

式中zハ振動數、lハ長サ、dハ大サ、sハ比重、pハ緊張度ヲ示スモノナリ。

同上ノ實例

(B) 觀察。日常吾人ノ觀察シ得ル所ハ左ノ如シ。

- (1) 琴類ノ樂器ニ於テ低調ノ音ヲ發スル絃線ハ他ノモノヨリ長シ。
- (2) 三絃ノ如キ樂器ニ於テ低調ノ音ハ大ナル絃線ヨリ發シ、高調ノ音ハ小ナル絃線ヨリ發ス。
- (3) 三絃ノ如キ樂器ニ於テ絃線ヲ張ルコト愈急ナレバ其音調愈高シ。

(C) 實驗上ノ證明。此定律ハ已ニ第二十六圖ニ示シタルモノコルドヲ以テスレバ實驗上

絃線ノ數部
ニ分レタル
振動

振動ノ節及
腹部

第二十七圖



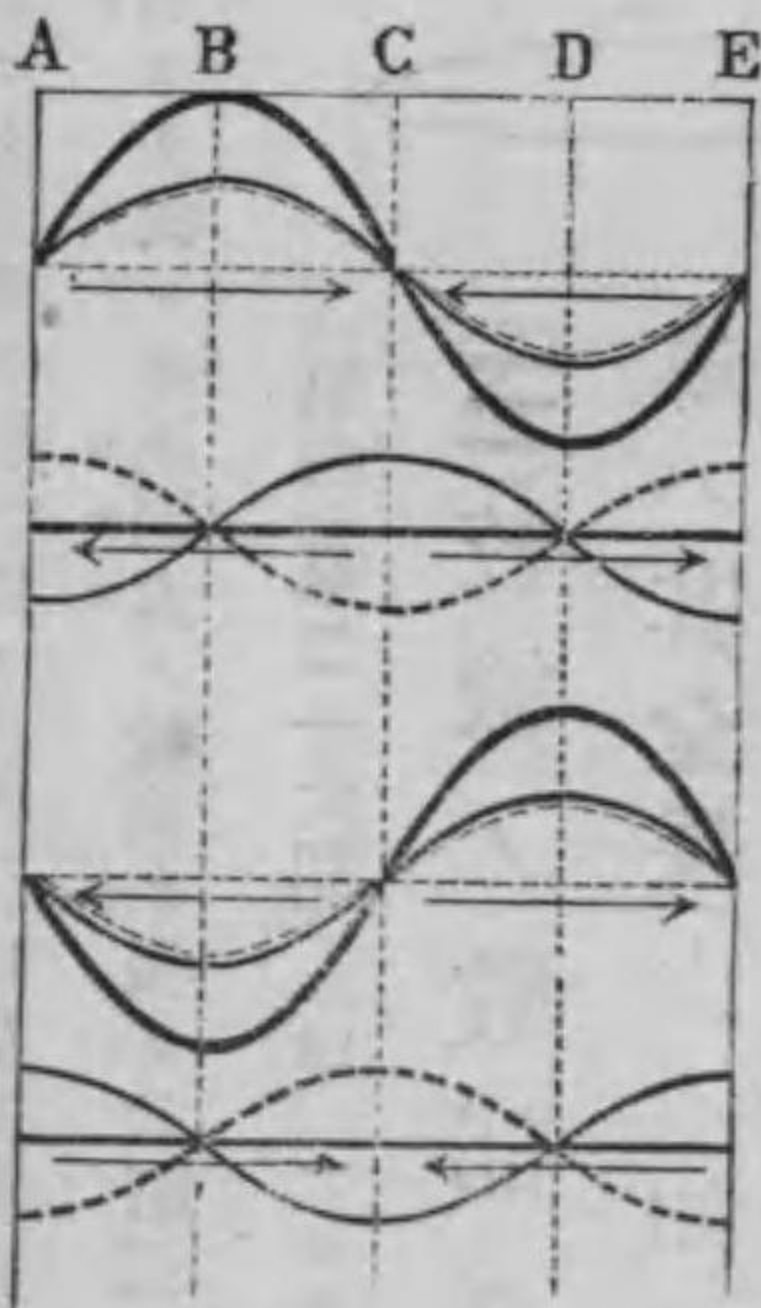
容易ニ其證明ヲ得、即チ(第一)琴柱ヲ彼方此方ニ進退セシメテ絃線ノ長サヲ變ジ、(第二)同物質ヨリ成レル不同大ノ數線ヲ張リ、(第三)比重ノ異ナル物質ヨリ成レル同大ノ數線ヲ張リ、(第四)第二十六圖ノ〔甲〕ナル重錘ヲ四倍シ九倍スルニ由テ其證明ヲ得。

(三) 絃線ノ數部ニ分レタル振動。同一ノ絃線或ハ其全長(上ノ如ク)ニ於テ或ハ其等除分ニ於テ振動シ得ルモノナリ。其等除分ノ場合ニ於テハ全長ハ其各部分獨立ニ振動スル所ノ數多ノ均等分即チ一二三四五等ノ部分ニ分カル、但シ隣接シタル各二部分ハ常ニ反對セル振動状態ニ在リ。均等部分ノ終點ハ毫モ振動スルコトナク常ニ靜止ス、此點ヲ名ケテ振動ノ節ト云ヒ、二節間ノ振動スル部分ヲ腹部ト云フ、是レ畢竟進行波ト反射波トノ集合作用ニ由テ成レルモノナリ、例之バ第二十七圖ニ示ス所ハ三

部ニ均分セル振動ニシテ、(イ)ト(ロ)ハ振動節、(ハ)ト(ニ)ハ腹部ナリ。等除部分ニ於テ振動スル絃線ハ其部分愈多ナレバ其音愈高シ、例之バ第二十七圖ノ場合ニ於テ全長ノ三倍高キ音ヲ發スベシ、蓋シ振動シツ、アル所ノ部分ハ全長三分一ナルヲ以テ三倍數ノ振動ヲ爲セバナリ、強風ノ時ニ電信線ノ鳴ルモ亦恐クハ此現象ト同一ノ原因ニ歸スベシ。

(A)進行反射ノ兩波集合シテ定在波ヲ生ズル理。第二十八圖ノ矢ヲ以テ示ス如ク一ハ進行波一ハ反射波ニシテ眞線ト點線トヲ以テ其二波ヲ示ス、今其往返ノ波加ハリ

圖八十二第



テ大曲線トナリ圖ノ現狀ノ如ク其高サ二倍トナル週期ノ四分一宛ヲ費シタル後ハ漸次下圖ノ狀ニ變ズ、即チA B D Eノ下ニ當ル部分ニ於テハ其變化著シケレドモCノ部ニ在テハ毫モ變化スルコトナクシテ節ヲ生ズ。

(B)實驗上ノ證明。

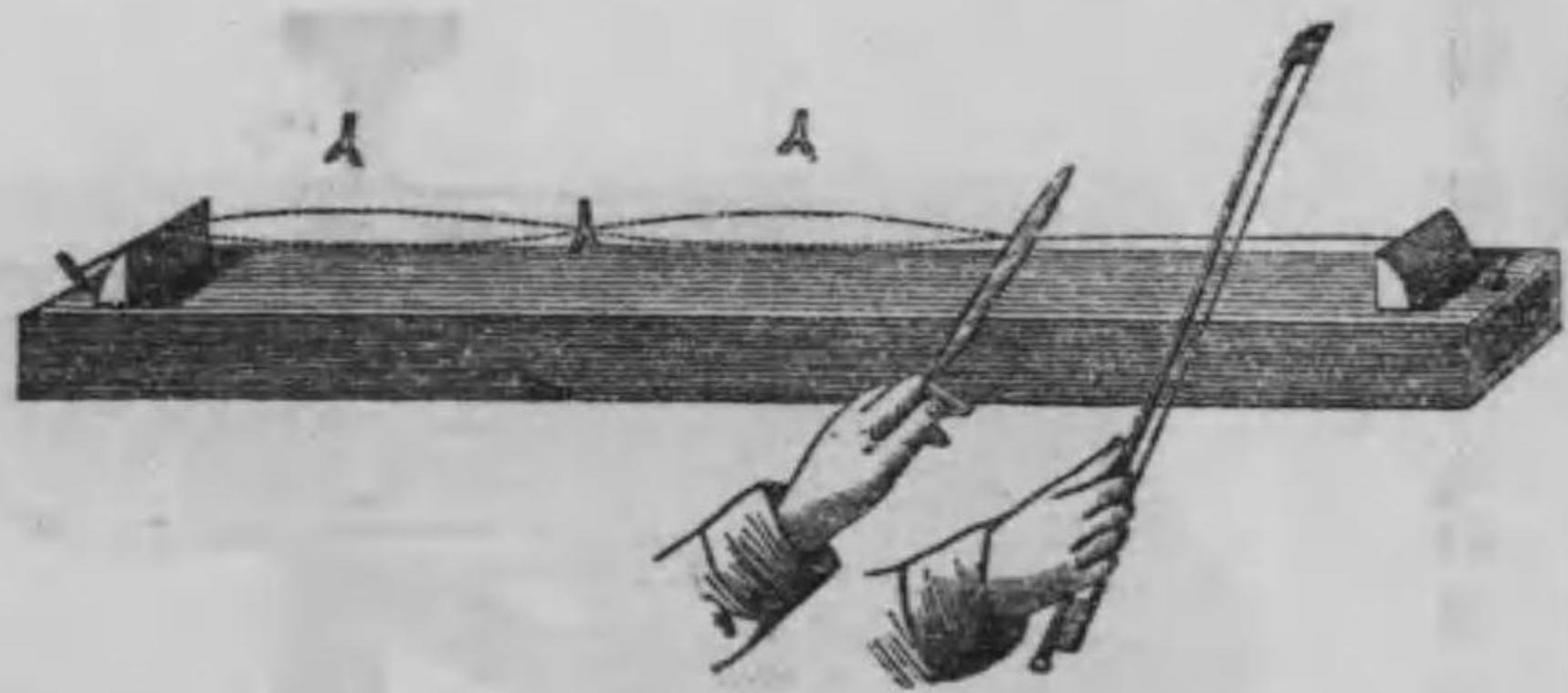
是レ亦モノコルドノ幫助ニ由テ實驗上容易ニ其證明ヲ得ベシ、例之バ其三部分ノ處ニ琴柱ヲ置キ或ハ第二十九圖ニ示ス如ク羽片ヲ以テ輕ク其點ヲ觸レ弓弦ヲ以テ擦ルコト本圖ノ現狀ノ如クスベシ。此際其各部ニ紙製ノ小騎子ヲ乗セ置クトキハ節部ト腹部トニ於ケル振動ノ狀態モ亦能ク認知セラレ得ベシ。

第四節 板面樂器。

(一)定義。緊張セル膜或ハ板ノ振動ニ

由リテ發音スル所ノ樂器ハ之ヲ名ケテ板面樂器ト云フ、太鼓・鼓・銅鑼・鐘等ノ如キモノ即チ是ナリ。

(二)振動ノ方法。板ハ或ル一點ニ於テ固定シ弓弦ヲ以テ縁端ヲ摩擦シテ之ヲ振動セシメ得ル者ナリ、例之バ第三十圖ニ示



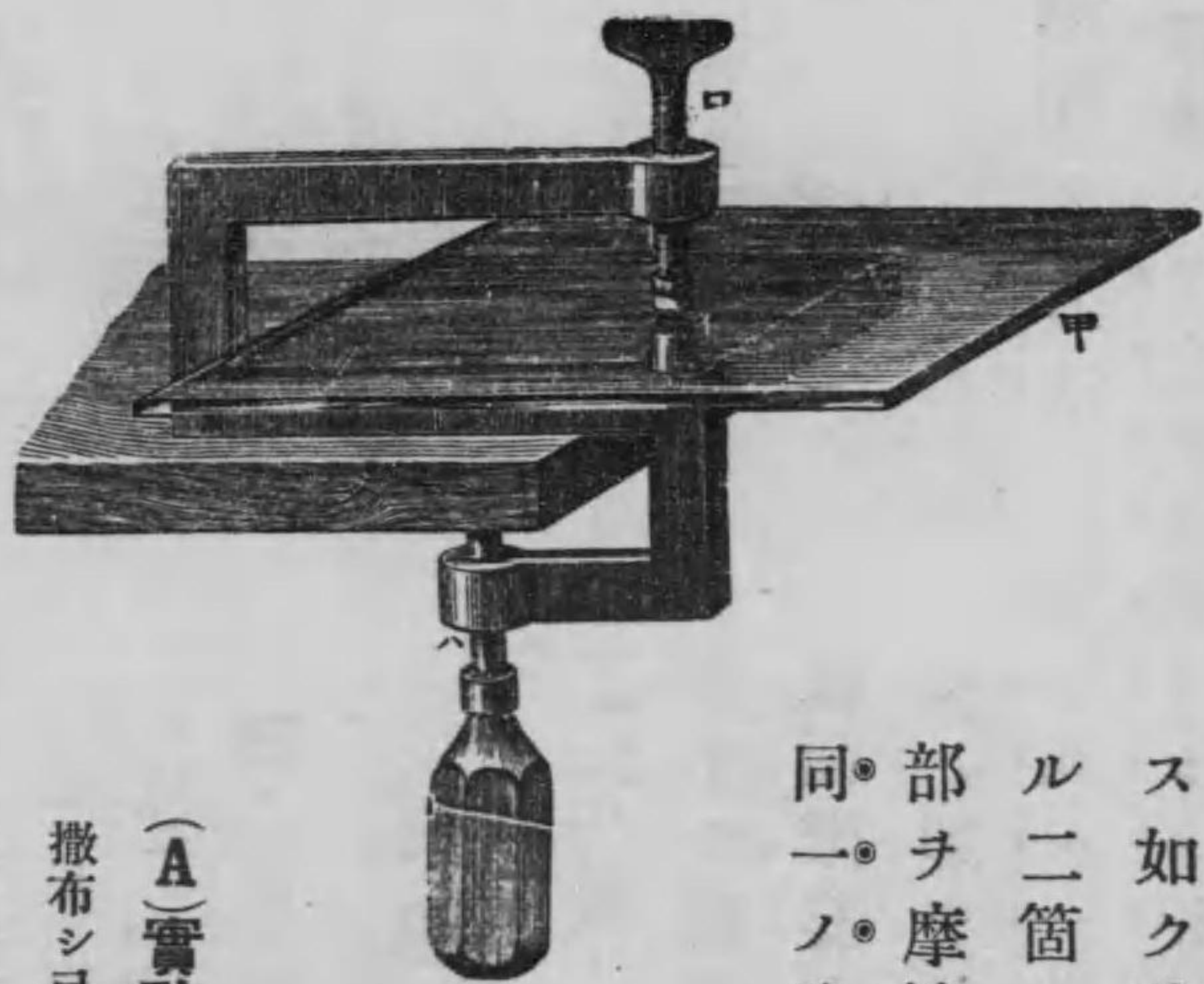
板面樂器ノ定義

板面ノ振動ノ方法

圖九十二第

筋線

圖 十 三 第



ス如ク硝子板若クハ眞鍮板ヲ(ロ)ハナ
ル二箇ノ螺旋ニ由テ(イ)部ニ固定シ(甲)
部ヲ摩擦スルガ如シ。此際板ハ全體
同ノ状態ニ於テ振動スルニ非ズ、數
小部ニ分レテ振動ス。其反
對ノ方向ニ振動スル部分ヲ
互ニ區劃スル所ノ靜止點ハ
相連續シテ線ヲ爲ス、之ヲ名
ケテ筋線ト云フ。

砂圖ヲ現出ス。此砂圖ハ其發明者(千八百二十七年)ノ名ニ依リク**クラドニー** Chladni氏
ノ響圖ト稱スルモノニシテ其單一ナル圖紋ノ一二ヲ示セバ第三十一圖ノ如シ。但シ指頭ヲ

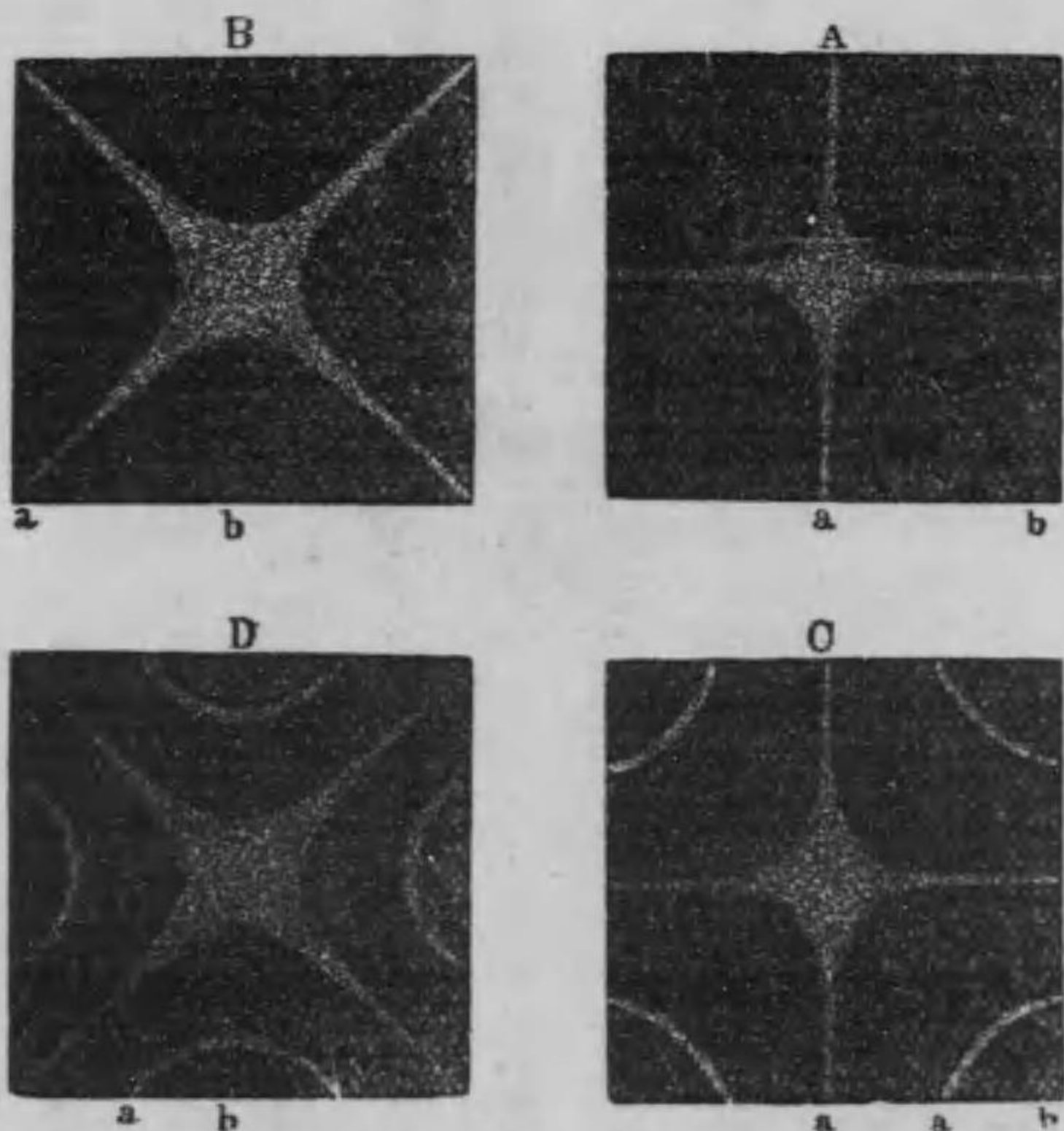
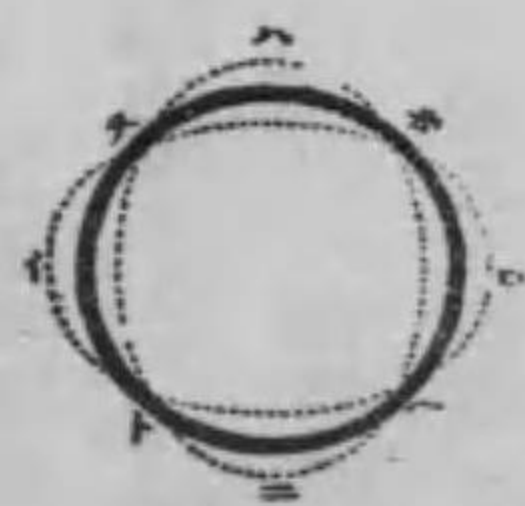
(A)實驗上ノ證明。板上ニ乾燥セル細微ノ砂粉ヲ
撒布シ弓弦ヲ以テ擦リ之ヲ發音セシムレバ、其砂ハ振
動スル部分ヨリ追ヒ退ケラレテ靜止部ニ集リ整然タル

以テ或ル一點ニ觸ル、ト摩擦スル部ノ異ナルトニ從ツテ其形狀ヲ異ニス、例之バA Bノ二圖
ハaニ指ヲ觸レbヲ摩擦シテ得タル砂圖ニシテ、C Dノ二圖ハaaヲ指ヲ以テ觸レbヲ摩擦シ
テ得タル所ノ砂圖ナリ。

圖二十三第



圖三十三第



鐘ノ筋線

圖 一 十 三 第

(B)鐘。鐘ハ板ノ變形ト看做スベキモノニシテ是亦其各部同様ノ状態ニ振動スルニアラズ必

鐘ニ節線ヲ
生ズルノ理
由

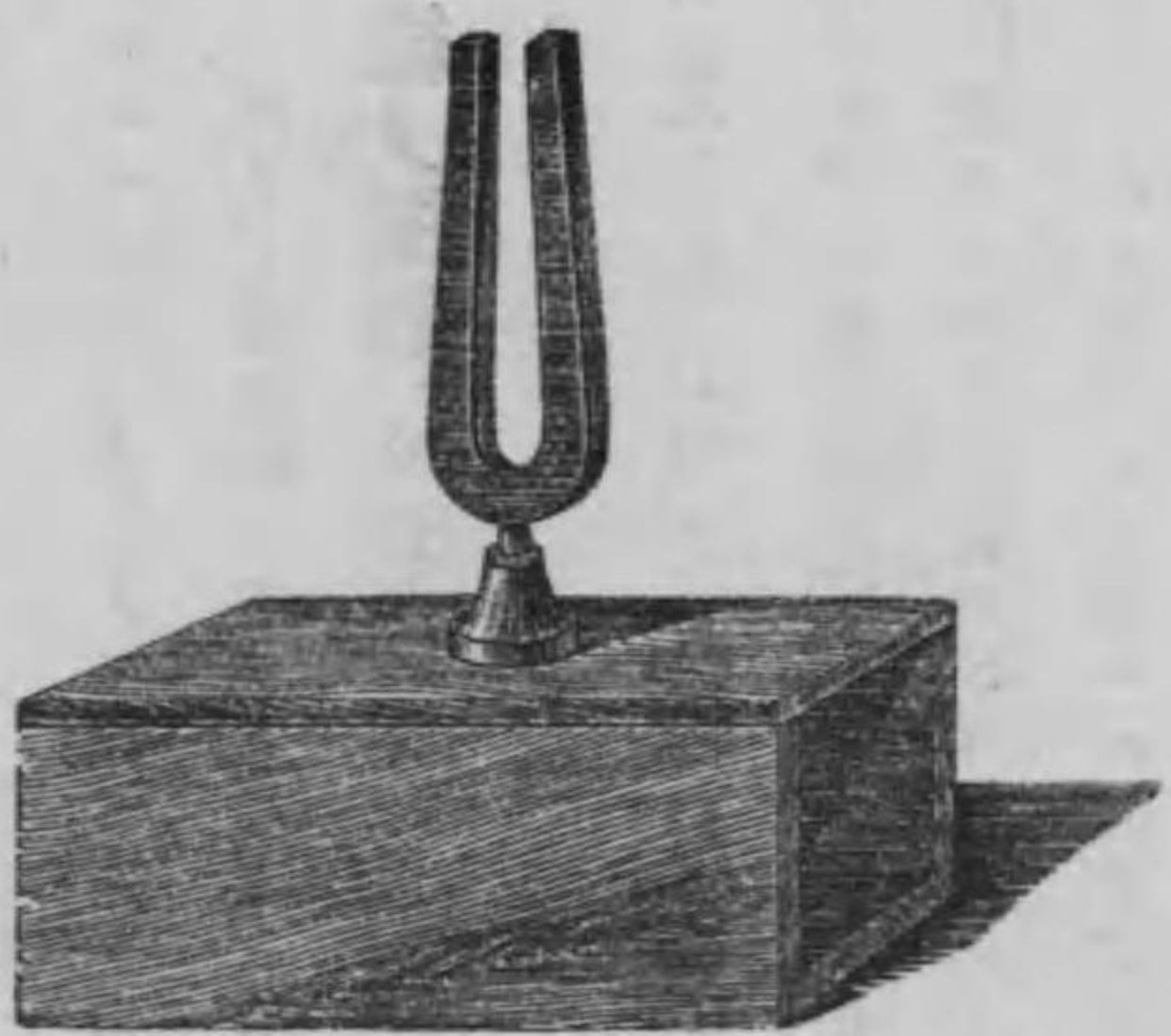
ズ振動セザル部分即チ節線アリテ存ス、此節線ハ通常四條ニシテ其各條ハ鐘ヲ懸垂スルノ點ニ於テ互ニ相交又ス。今實驗上ニ鐘ノ節線ヲ認知セント欲スレバ硝子製或ハ金屬製(第三十二圖)ノ小鐘ヲ取り適度ニ水ヲ盛リテ其鐘ヲ發音セシムレバ水面ノ諸部分飛躍スト雖モ必ズ運動ノ微ナキ四箇ノ部分アルヲ見ルベシ、此部ハ即チ鐘ノ節線ナリ。今振動ノ状態ニ在ル所ノ鐘ハ如何ナル變態ヲ呈スルニ因テ四條ノ節線ヲ有スルカノ理由ヲ下ニ論述セントス、即チ第三十三圖ニ示ス所ノ圈線ハ鐘ノ圓周ノ大サトシ、一度之ヲ衝突シテ振動セシムレバ始メ橢圓形(イロ)ニ變ジ、次ニ又原形ノ圓圈狀ニ復ヘリ再ビ橢圓形(ハニ)ニ變ズ。斯ノ如クシテ其振動ヲ反復スト雖ドモ(ホヘトチ)ノ點ハ決シテ動クコトナカルベシ、是ニ由テ之ヲ觀レバ凡ソ鐘ノ振動スルニ當テ四條ノ節線ヲ生ズルノ理自ラ明白ナリ。

調音器ノ定
義

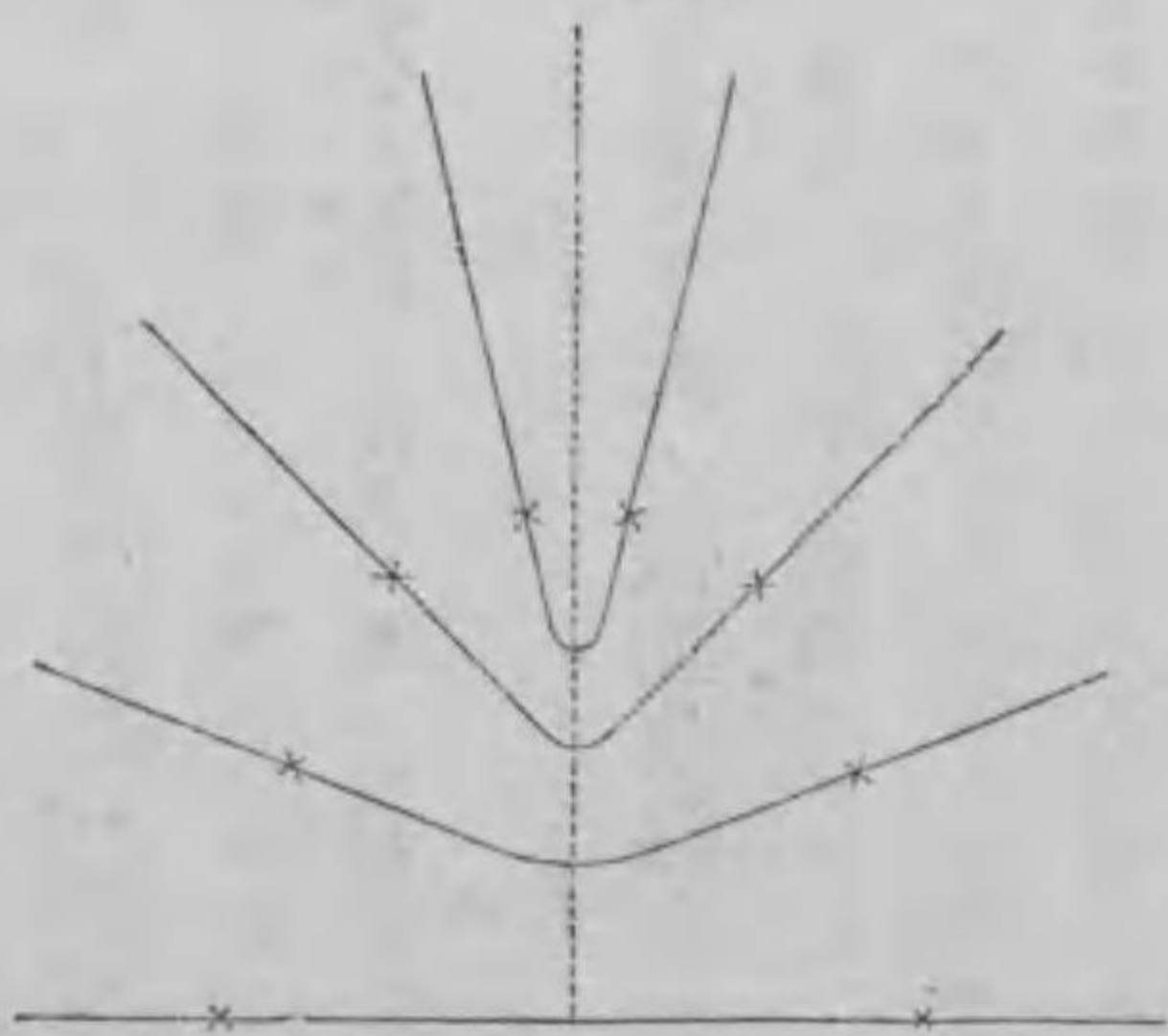
(三)調音器又音叉。杆モ亦板ノ如ク振動セラレ得ベキノミナラズ其振動ハ縱ニモ横ニモ成ルモノナリ。樂器ノ調音ニ用フル所ノ音叉(第三十四圖)ハ其一ニシテU字狀ニ屈曲シタル鋼鐵製ノ方釵ヨリ成リ其屈曲シタル部ニ於テ更ニ一釵柄即チテ固着シ之ニ由テ筐上ニ螺定シ樹立セラレタルモノナリ是レ蓋シ

方釵ノ漸々屈曲(第三十五圖)シテ並行スルニ至リタルモノト看做シ得ベクシテ胡弓ヲ以テ兩臂ヲ擦ルカ又ハ柔軟ナル物體ヲ以テ之ヲ彈ケバ兩臂左右ニ振動シテ發音ス。

第三十四圖



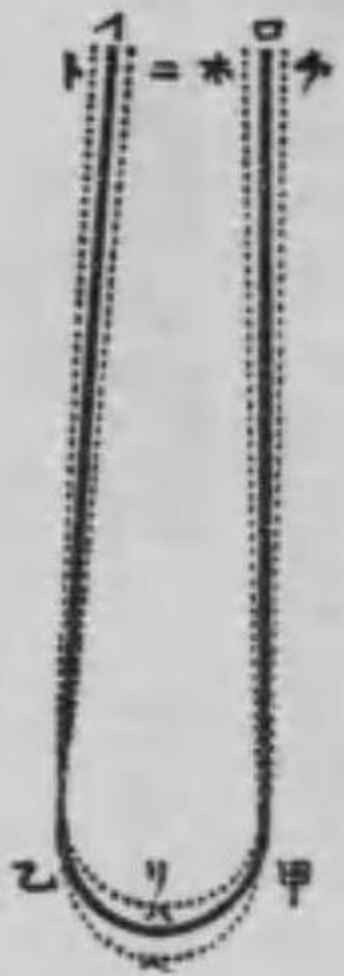
第三十五圖



調音器ノ振
動シテ發音
スル状態

(A)振動ノ状態。調音器ノ振動シテ發音スル状態ハ下文ニ述ブルガ如シ。即チ第三十六圖ニ示ス所ノ曲線(イロハ)ハ兩脚ノ常態ヲ示スモノニシテ、其一脚ヲ外方ニ振動スレバ兩脚

圖六十三第



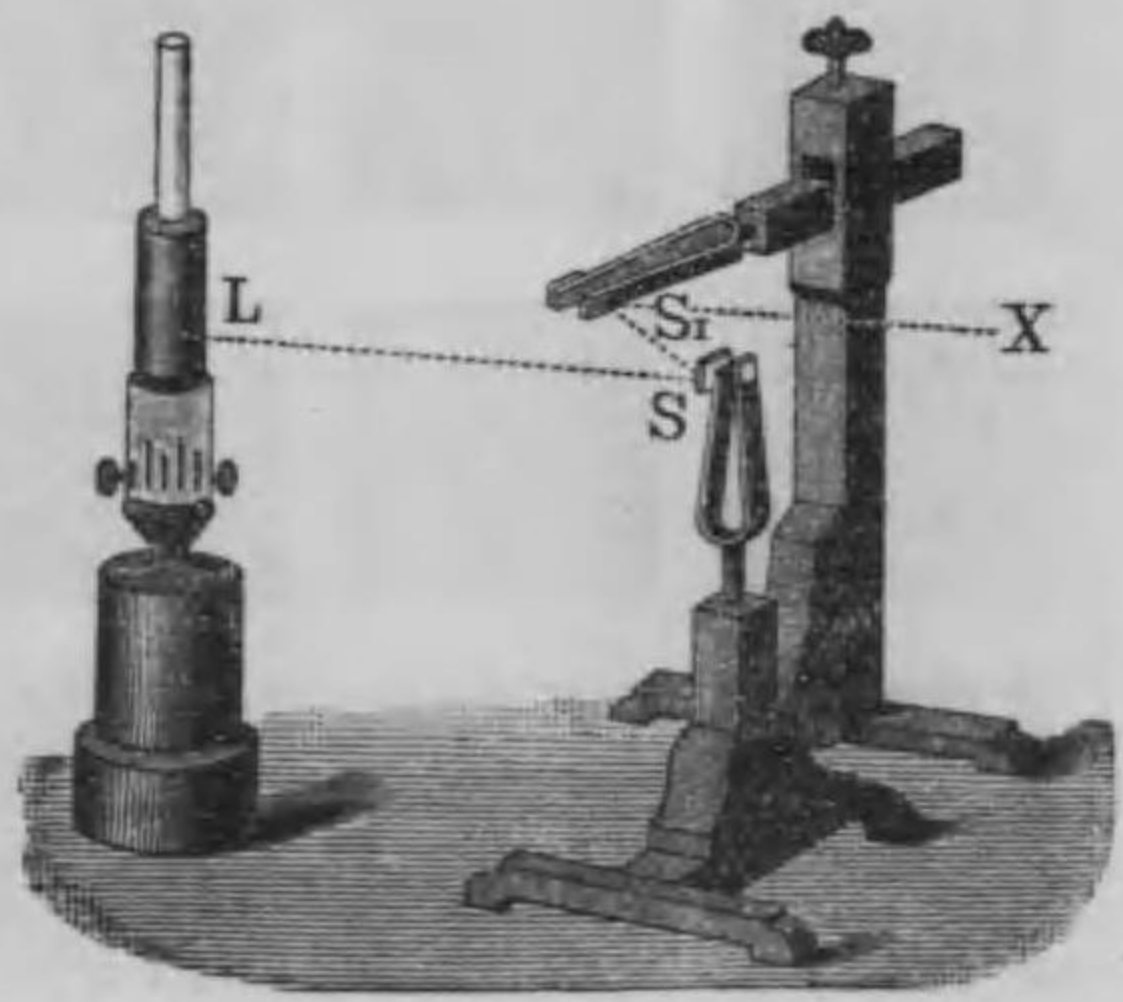
共ニ外ニ向ヒ屈曲部ハ上リテ、其狀態恰モ「トリチ」ヲ以テ示スガ如シ。既ニシテ其原位ニ復シタル後更ニ内方ニ振動スレバ「ニヘホ」ノ狀態ヲ呈スベシ。故ニ之ヲ振動セシムルノ際「甲乙」ノ二點ニ節ヲ生シ、屈曲部「ハ」ハ上下即チ「リ」及「ヘ」ノ間ニ於テ運動スルニ因リ、此運動ハ直チニ筐臺ニ樹立スル柄杓ニ轉移シ之ヲシテ其長徑ニ沿フ所ノ振動（即チ**縦ノ振動**）ヲ爲サシメ、以テ筐ノ木質及筐中ノ氣柱ニ波及シ共ニ振動シテ其音ヲ強盛ナラシム。

(B) 光學的音叉ノ比較 **リッサージュ** Lissajous 氏ノ振動曲線。

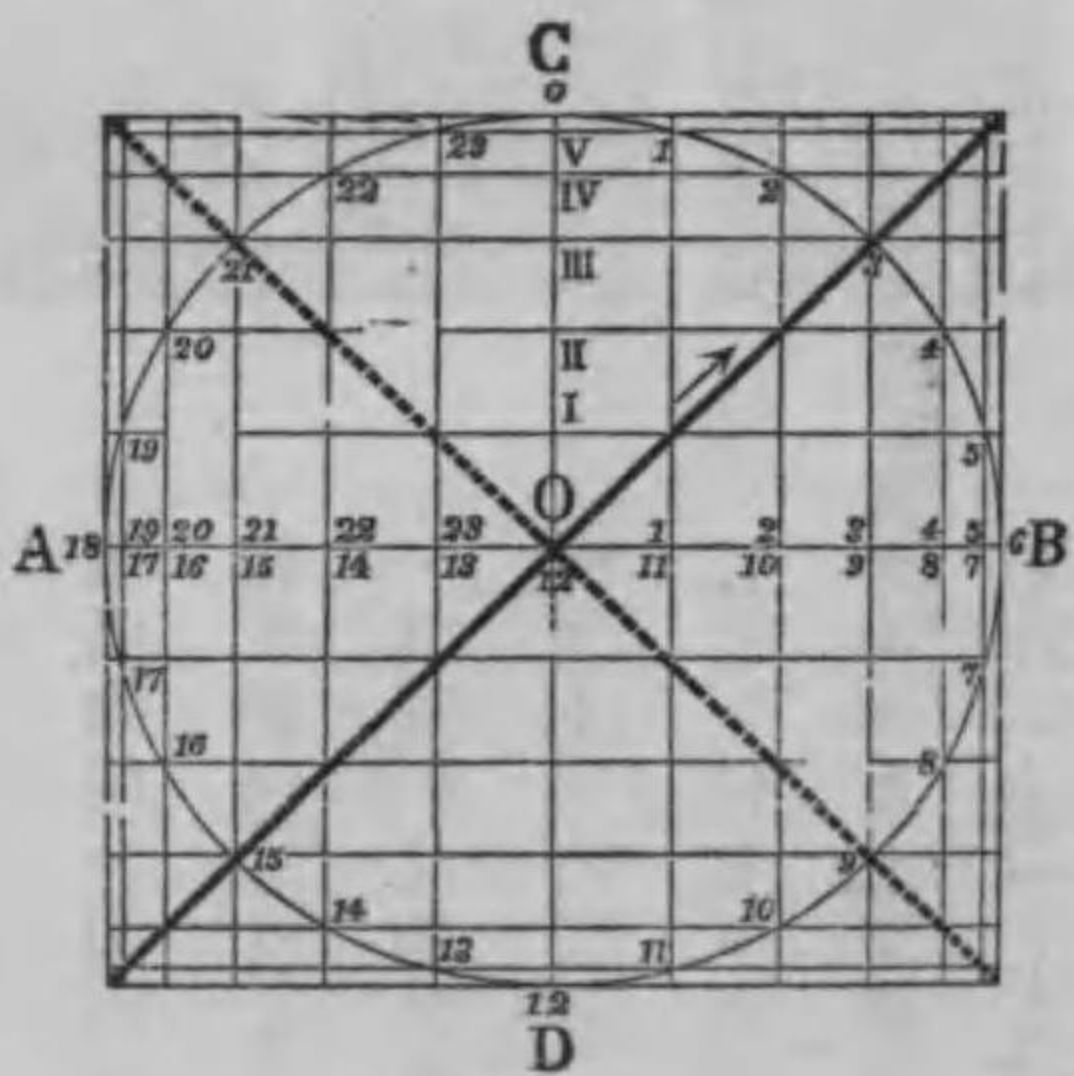
示ス如ク一箇ノ音叉「S」ハ垂直ニ振動シ他ノ一箇「S₁」ハ水平ニ振動スベク而シテ洋燈「L」ヨリ出發スル所ノ光若シ「S」ニ具フル小鏡ニ落射シ之ヨリ反射シテ「S₁」ニ具ヘタル小鏡上ニ落射シ之ヨリ「X」ノ方向ニ反射スル如ク設備セラル、若シ垂直ノ音叉「S」ノミ振動スルトキハ「X」ナル光點垂直ノ光帶ニ變ジ之ニ反シテ水平ノ音叉「S₁」ノミ振動スルトキハ水平ノ光帶ニ變ズ、兩者同時ニ振動スルトキハ振動數ト位相トノ異ナルニ從テ種々ノ曲線ヲ得ルコト左ノ如シ。

(I) 第三十八圖ノ如ク振動數1:1ナルモノ、一點AB間ニ振動シ其一點ノO點ヲ通過スル瞬間ニ同大ナル振動OCノ方向ニ侵サル、トキハ兩運動ハ對角線ニ從テ成リ或ハ3:15或ハ9:21ノ直

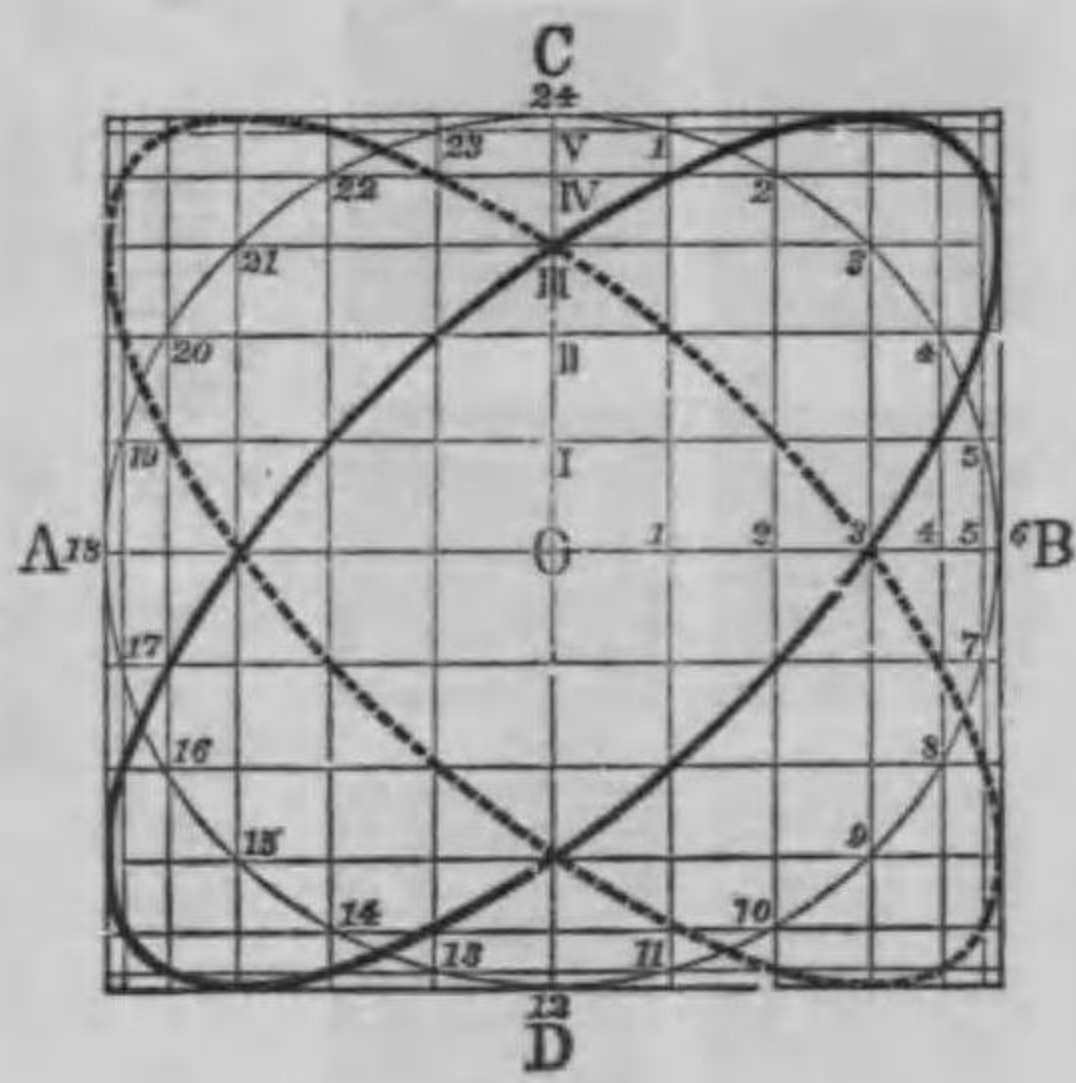
圖七十三第



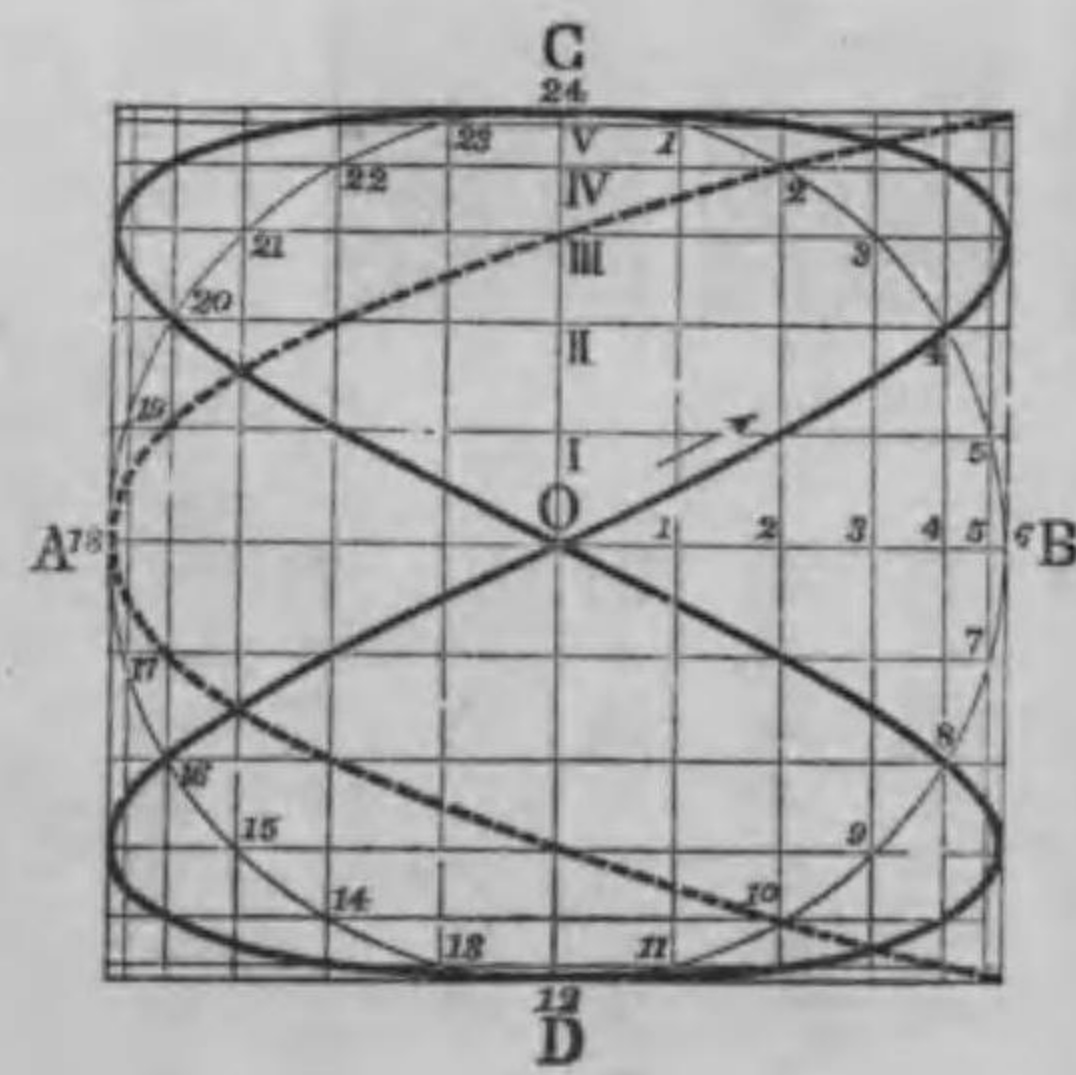
圖八十三第



圖九十三第

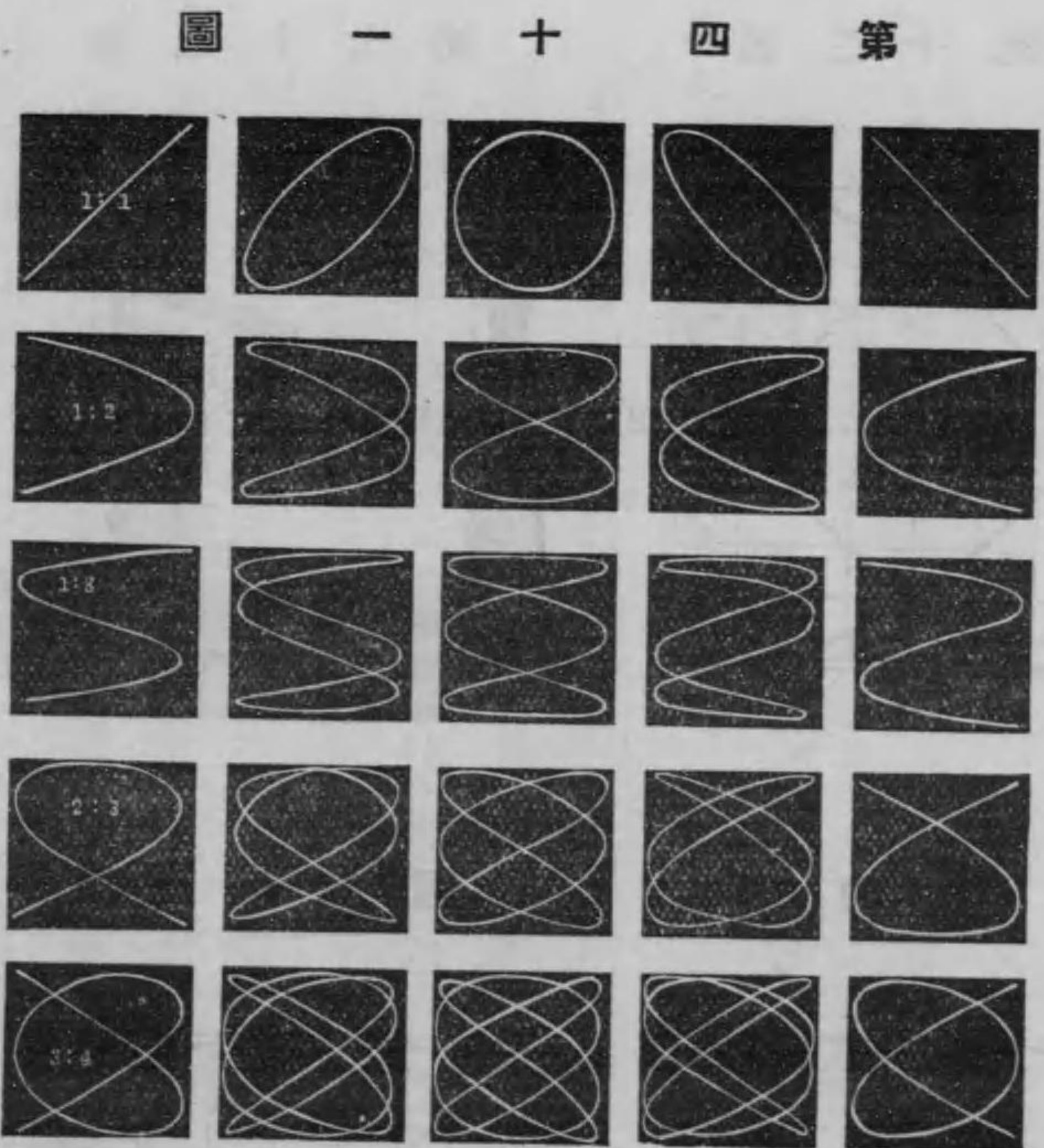


圖十四第



線上ニ運動ス、即チ此運動ニ於テハ位相ハ零ナリ。

(2) 第三十九圖ノ如ク一點Cニ來着シタル一瞬間ニ若シOニ於ケル一點或ル速度ヲ以テ右



方ニ侵サル、トキハ $\frac{1}{24}$

振動時間ノ經過ノ後1ナル

點ニ達シ尙ホ振動時間ノ經

過後漸次該點ハ2、3、4

等ニ進ミ來ルベシ、即チ位

相ノ差 $\frac{1}{4}$ ナルトキハ其

振動曲線ハ圓圈ナリ、其位

相ノ差若シ $\frac{3}{4}$ ナルトキ

ハ其圓圈反對ノ方向ニ巡ル

モノトス。

(3) 位相ノ差若シ $\frac{1}{8}$ $\frac{3}{24}$

ナルトキ之ヲ換言スレバ一

點若シ(第三十九圖)IIIニ在

ルキハ其一點ハ直角ノ對角線ニ進ミ而シテ圓圈ヲ畫キ位相 $\frac{1}{8}$ $\frac{21}{24}$ ナルトキハ反對ノ方向ニ巡ル、若シ又 $\frac{3}{8}$ $\frac{9}{24}$ 及 $\frac{5}{8}$ $\frac{15}{24}$ ナルトキハ點線ノ圓圈ヲ畫ク。

(4) 第四十圖ニ示ス如ク水平ノ運動若シ垂直ノモノヨリ二倍スルトキハ水平ニハOヨリ2ニ進ミ垂直ニハOヨリ1ノ高サ迄昇ル、故ニ其結查圖ノ現狀ノ如キ形狀ノ曲線(8字狀)ヲ呈ス。

振動數ト位相トノ異ナルニ從テ各種ノ曲線ヲ呈スルコト其一二ヲ第四十一圖ニ示スガ如シ。

第五節 吹奏樂器(管)

吹奏樂器即チ管ノ定義

(一) 定義 及 種類。縱直ニ振動スル氣柱ニ由テ發音スルモノハ即チ吹奏樂器ナリ。此種類ノ樂器ニ於テ眞ニ發音スル物體ハ空氣ニシテ、其器壁ノ振動セザルハ手ヲ以テ之ヲ握ルモ又器壁ノ無彈性ナルモ敢テ發音ヲ妨グルコトナキニ由テ確知セラレ得ベシ。音響學ニ於テハ斯ノ如キ樂器ヲ名ケテ管ト云フ。管ノ兩端共ニ開キタルモノハ之ヲ名ケテ開管ト云ヒ、之ニ反シ

管ノ種別

唇管

テ一端(即チ上端閉ヂタルモノハ之ヲ閉管ト名ク。凡ソ管ハ發音法ノ異ナルニ從テ左ノ二種類ニ區別ス。

(第一) 唇管ナリ。即チ閉鎖セラレタル空氣ガ狹窄ナル氣流ノ侵入ニ由テ振動シ發音スルモノニシテ其氣流ハ或ハ人口ヲ以テシ或ハ吹子ニ依テ生起セラル、之ニ屬スルモノハ汽笛、相圖笛、風琴管等ノ數種ナリ。

(第二) 舌管ナリ。即チ吹入シタル氣流ニ由テ彈性板片ノ振動ヲ起スモノニシテ喇叭ノ類皆之ニ屬ス。

(A) 管中ニ於ケル空氣ノ振動狀態。凡ソ管中ニ閉鎖セラレタル空氣ノ自カラ發音スルトキニ爲ス所ノ振動ハ外氣ガ音響ヲ波及スルトキニナスモノニ異ナレリ。波及ノ場合ニ於ケル振動ノ狀態ハ已ニ前章ニ説述セル如ク空氣ノ各小部分其前者ヨリ順次後レテ振動ヲ始ムルヲ以テ特色トスレドモ、斯ノ如キ振動ハ自カラ生音スル能ハズ、唯音響ヲ波及スルニ止マルノミ、是レ進行波動ナリ。之ニ反シテ生音スル所ノ管中ニ於ケル空氣振動ハ其全小部分同時ニ一方ニ赴キ而シテ同時ニ原路ヲ返歸ス、此運動ハ即チ定在波動

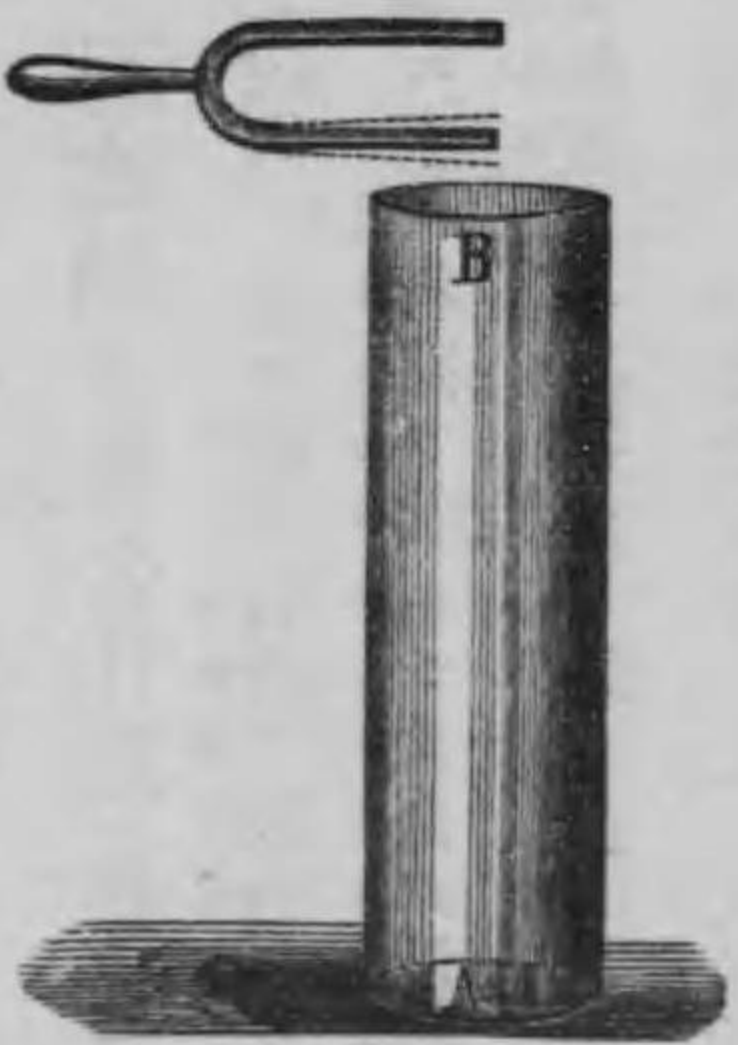
舌管

進行波動及
定在波動

空氣ノ自鳴
ヲ證スル實
驗

同上

圖二十四第



圖三十四第



圓筒ニシテ其下端ハ閉塞セラレ、圓筒ノ長サヲ隨意ニ減ジ得ンガ爲メ〔乙部〕ハ〔甲〕部ヲ被ヒ

ナリ。

(B) 空氣ノ定在波動ヲ生起シ鳴音スル實驗。管ノ鳴音スル理ヲ明カニセンニハ

先ツ空氣ノ定在波動ハ如何ナル場合ニ生起スルカラ詳カニセザル可カラズ。此目的ニハ下ニ記スル所ノ方法ヲ以テスルヲ最良トス。即チ其筐臺ヨリ取放シタル一箇ノ調音器ヲ取リ

其柄ヲ握リ之ヲ打ツニ其音甚ダ弱ク、之ガ鳴音ヲ聽取セントスルニハ耳ノ直前ニ保持スルニ非ザレバ能ハザレドモ、第四十二圖ニ示スガ如ク大約四釐ノ廣サヲ有スル一箇ノ硝子圓筒(BA)ヲ置キ一定ノ高さニ至ル迄水ヲ注ギ其上ニ調音器ヲ來ストキハ乍チ其音ヲ強クシ之ヲ聽取シ得ルニ至ルベシ、然レドモ圓筒ニ水ヲ注グコトニ過不及アレバ其氣柱ノ長サハ不適當トナリ其音ヲ增強スルコトナシ。又第四十三圖ニ示ス如クスレバ其實驗容易ニシテ現象モ亦一層著明ナリ、即チ〔甲乙〕ハ大約十釐ノ廣サヲ有スル厚紙製

管中ノ空氣
自鳴スルノ
理由

互ニ相固着セザルモノナリ。今〔丙〕ナル小鐘ヲ取り之ヲ鳴ラシテ管上ニ保持シ、〔乙〕ヲ上下ニ進退シテ氣柱ノ長サ適度ニ至レバ鐘音最モ著明トナル。斯ノ如ク鳴音ノ強盛トナルノ原因ハ即チ管中ノ氣柱自カラ定在波動ヲ起シ之ガ爲メニ自鳴ヲナセバナリ。

〔C〕閉管中ニ於ケル空氣ノ自鳴スル理。一ノ音波アリテ其一端ハ閉テ其一端ハ開放セル管ニ射入シ來リ管中ニ進行スレバ乍チ底面ヨリ反射ス。然レドモ斯ク反射スル所ノ波動ハ更ニ進入スル者ニ撞着スルガ故ニ、其管ノ長サ・射入スル音波ノ長サノ四分一ナルトキハ、兩波動ノ集合作用(即チ交叉)ニ由テ管中空氣ノ定在波動ヲ生成ス。今一管ヲ取り射入シ來ル所ノ音波ノ四分一ナルト定ムレバ、管口ヨリ下底ニ至リ而シテ復タ下底ヨリ口端ニ至ル行路ヲ共ニシテ全ク波長ノ半バヲナス。故ニ管ノ口端ニ於テ會合スル所ノ射入波ト反射波トハ其進路ニ差ヲ生ジ其差波長ノ二分一ニ當リ、茲ニ射入波ノ濃厚極度ト反射波ノ稀薄極度ト相會合シ或ハ之ニ反ス。是故ニ管ノ口端ニ於テハ決シテ濃厚ヲ生ズルコトナシ、蓋シ濃厚極度ノ將ニ管口ニ進入セントスル瞬間ニハ稀薄極度ハ之ヨリ進出ス。此際管ノ下底ニ於テモ亦稀稠ヲ生ズルコトナク氣層ハ悉皆平均ノ状態ニ在リ、然レドモ各部分ハ進入濃厚波ノ爲メニ下底ニ向テ壓逐セラレ、而シテ反射稀薄波アリテ尙ホ之ヲ扶ク。是レ既ニ本編第一章第二節ニ於テ論述セル如ク凡ソ振動スル所ノ氣層ハ濃厚部分ニ於テハ音

圖 四 十 四 第

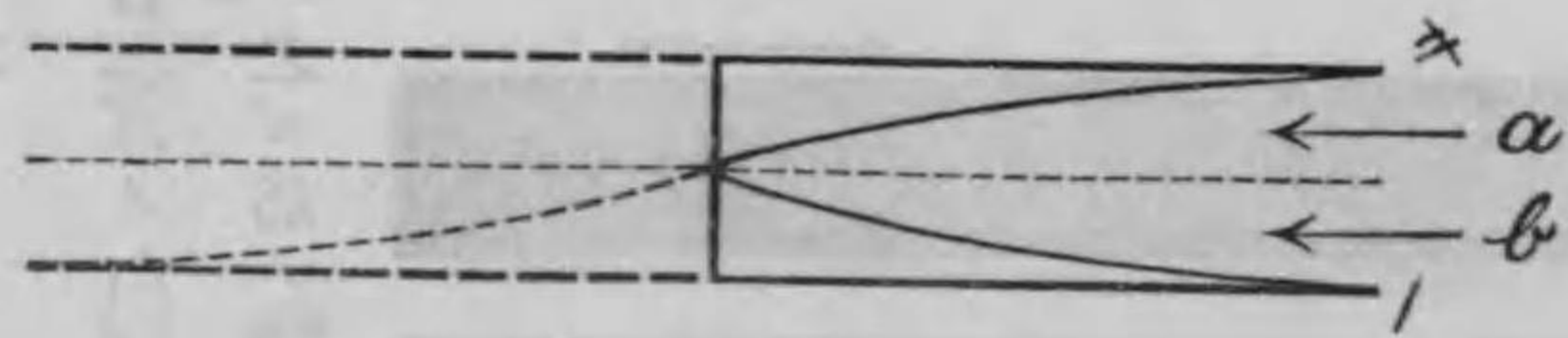
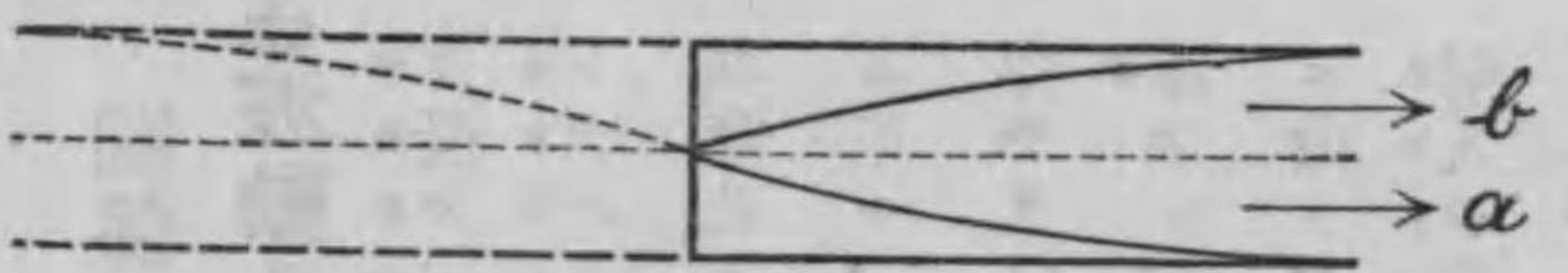


圖 五 十 四 第



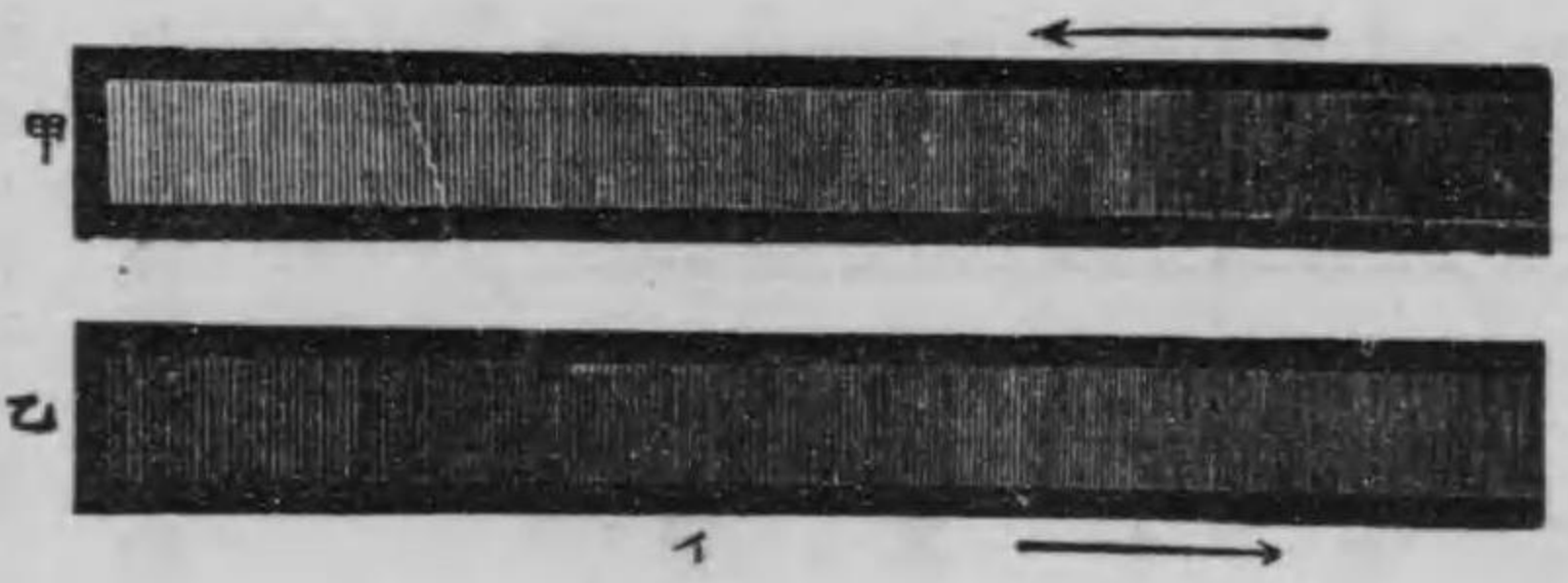
響ノ進行スル方向ニ運動シ稀薄部分ニ於テハ其方向ニ反對シテ運動スレバナリ。是ニ由テ之ヲ觀レバ管中ニ於ケル各氣層ハ悉皆同時ニ平均位置ヨリ下底ニ向テ運動シ而シテ各半振動ヲナシタル後再ビ平均位置ヲ經過シテ同時ニ下底ヨリ遠ザカルベシ。

此理蓋シ第四十四圖ヲ以テ説明スルガ如クナルベシ、即チ濃厚ノ極度ハ管口ニ進入シツ、アルノ際管底ヨリ反射シタル波ノ稀薄ノ極度モ正ニ茲ニ進ミ來レバ濃厚ノ差殆ンド生ゼザルベシ、然レドモ空氣ハ射入波ノ爲メニaナル矢ノ方向ニ進ミ反射波ノ爲メニbナル方向ニ進ムヲ以テ射入反射ノ兩波ノ爲メニ同一方向即チ管底ニ向テ運動スルコト恰モ固體ノ一方ニ向フガ如シ、今第四十五圖ニ示ス如ク反對ニ稀薄ノ極度管口ニ進入シツ、アリトスレバ、射入波ノ爲メニ空氣ハbヲ以テ示セル矢ノ方向ニ向ヒ反射波ノ爲メニaナル矢ノ方向ニ向フヲ以テ射入反射兩波ノ爲メニ外方ニ向フコト恰モ固體ハ彼方此方ニ運動スルガ如クナル

空氣ノ定在
波動其生成
ニ障礙ヲ受
ク

氣柱ノ自鳴
スルニハ管
ノ長サ一定
ナラザル可
カラズ

圖 六 十 四 第



ベシ。

(D)管ノ自鳴ト孔トノ關係。管ノ一點例之バ第四十六圖ノ乙圖ノ(イ)ニ於テ孔ヲ穿テ

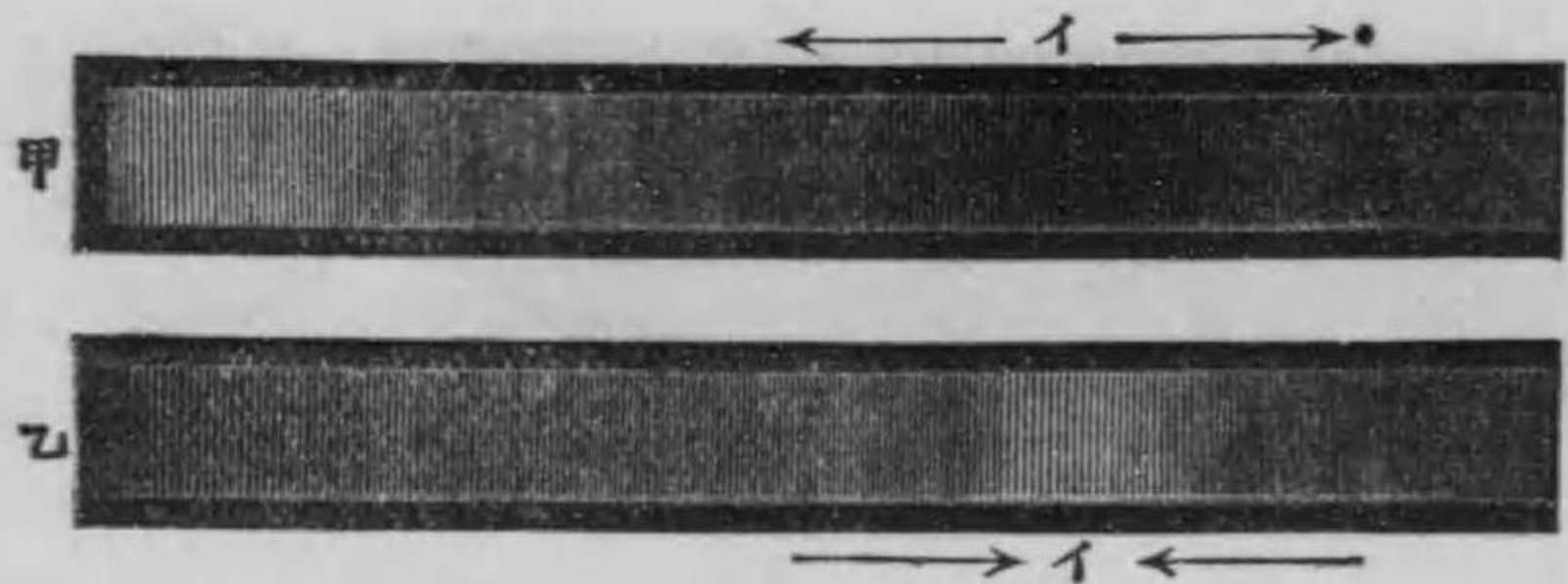
バ之ガ爲メ空氣ノ定在波動ヲシテ全ク休止セシムルコトナシト雖ドモ、必ズ其生成ニ障礙ヲ受クベシ、蓋シ氣層濃厚トナルトキハ空氣其孔ヨリ避出シ其稀薄トナルトキハ却テ空氣ノ侵入ヲ來サハルヲ得ザレバナリ。然レドモ其穿孔ノ位置愈、口端ニ近ヅケバ其障礙ヲ爲スノ度モ亦愈、減少スルニ至ル、是レ濃厚ノ度甚ダ僅少ナルヲ以テナリ。斯ノ如ク一小孔ヲ穿テテ已ニ波動ニ障礙ヲ爲スガ故ニ穿孔スベキ點ニ於テ全ク管ヲ截斷スレバ障礙ヲ爲スコト尙ホ著大ナルベキヤ固ヨリ論ヲ俟タズ。是ニ由テ之ヲ觀レバ管中ニ於テ空氣ノ定在波動ヲ發起スル管ノ長サト射入シ來ル音波ノ長サトノ間ニ一定ノ關係ヲ有スルヤ明カナリ。

(E)管ノ自鳴ト管長トノ關係。上文既ニ論述セシ如ク管ノ長サハ射入音波ノ長サニ比シテ其四分一ナルヲ必要トス、然レドモ管長ト波長トノ間ニ存スル比ヲ異ニスルモ亦其管中ニ於テ

定在波動ヲ發起スルヲ得ルモノナリ。凡ソ管中ニ於テ定在波動ヲ發起セシメンニハ其下底ニ

近接スル氣層ノ振動ハ最小ニシテ交互ニ稀薄濃厚トナルヲ缺ク可カラズシテ、管口ニ於テハ著大ニ濃厚稀薄ノ別ヲ生ズ可カラズ、是故ニ管ノ口端ニ在テハ反射波ノ濃厚部ハ入射波ノ稀薄部ト會合シ或ハ之ニ反スベシ。

圖 七 十 四 第



放セル管中ニ於ケル空氣モ亦定在性ノ波動ヲ發起スト雖ドモ其管ノ長サニ等差アリ。即チ第四十八圖ニ示ス如ク隨意ニ進退シ得ベキ厚紙製ノ二管(甲乙)ニシテ既ニ第四十三圖ニ

(F)開管ニ於ケル空氣自鳴ノ實驗及其理。兩端共ニ開

ハ即チ振動ノ腹部

此要約ヲ得ントスルニハ上文ニ概記セシ如ク管ノ口端ヨリ下底ニ至ル距離ハ波長四分ノ一ニ奇數ヲ乘ジタル者ナルヲ要ス、即チ管ノ長サハ波長ノ四分一、四分三、四分五等ナルヲ必要トスルモノナリ。第四十七圖ハ射入波長四分ノ三ノ長サヲ有スル管中ニ於ケル定在波動ノ發起シタル狀ヲ現ハスモノニシテ、甲圖ニ於テハ濃厚ノ極度(イ)點ニ位シ稀薄ノ極度ハ管底ニ在ルノ一瞬間ヲ示ス、斯クテ(イ)點ノ左方ニ位スル所ノ氣層ガ總テ同時ニ自己ノ運動ヲ左方ニ始ムル際(イ)點ノ右ニ位スル氣層ハ總テ右方ニ運動ヲ始メ、而シテ四分一ノ振動ノ後チ管中ニ於ケル空氣ノ各層ハ全ク同一ノ稠度ヲ有シ、更ニ四分一ノ振動ヲナセバ乙圖ノ現狀ヲ得ベシ、今下底ニハ濃厚ノ極度アリテ(イ)點ニ稀薄ノ極度アリ、此瞬間ニ於テ各氣層ハ再ビ兩方ヨリ(イ)點ニ向テ運動シ、二分一ノ振動ノ後チ復タ甲圖ノ狀ニ變ズ、即チ(イ)點ノ左右ニ位スル氣層ハ或ハ同時ニ(イ)點ヲ離レ或ハ同時ニ(イ)點ニ向テ進ムモノナリ。然レドモ(イ)點ハ總テ運動スルコトナシ、即チ(イ)點ニ於ケル氣層ハ所謂振動ノ節ニシテ氣層ノ振動スルコト最モ著シク且稀薄ヲ生ゼザル位置(即チ管ノ口端及(イ)點ト管底ノ中央)ハ即チ振動ノ腹部

振動ノ節及
腹部
開管中ニ於
ケル空氣モ
亦自鳴ス而
シテ管ノ長
サハ閉管ニ
異ナレリ

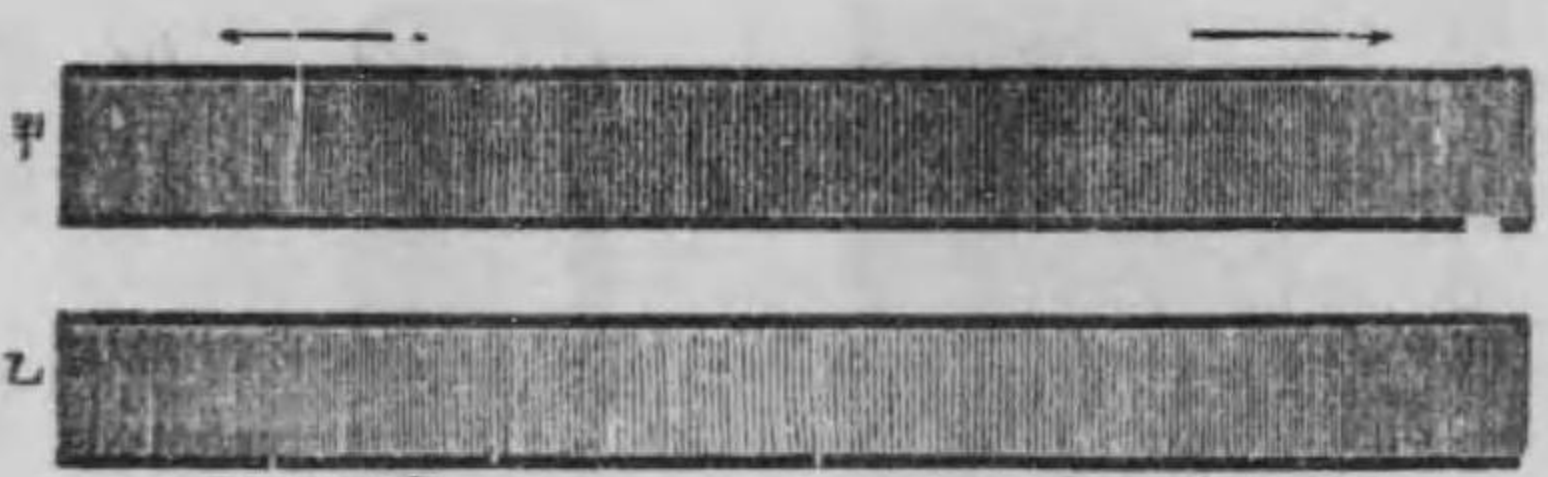
示シタル者ト同一ノ直徑及**二倍ノ長サ**ヲ有スルモノヲ取り、之ヲ机上ニ横タヘ〔丙〕ナル鐘（是レ亦第四十三圖ヲ以テ示シタル實驗ノ用ニ供セシモノ）ヲ以テ其管前ニ保持シ弓弦ニテ之ヲ摩擦スレバ忽チ著大ニ鳴音スベシ。



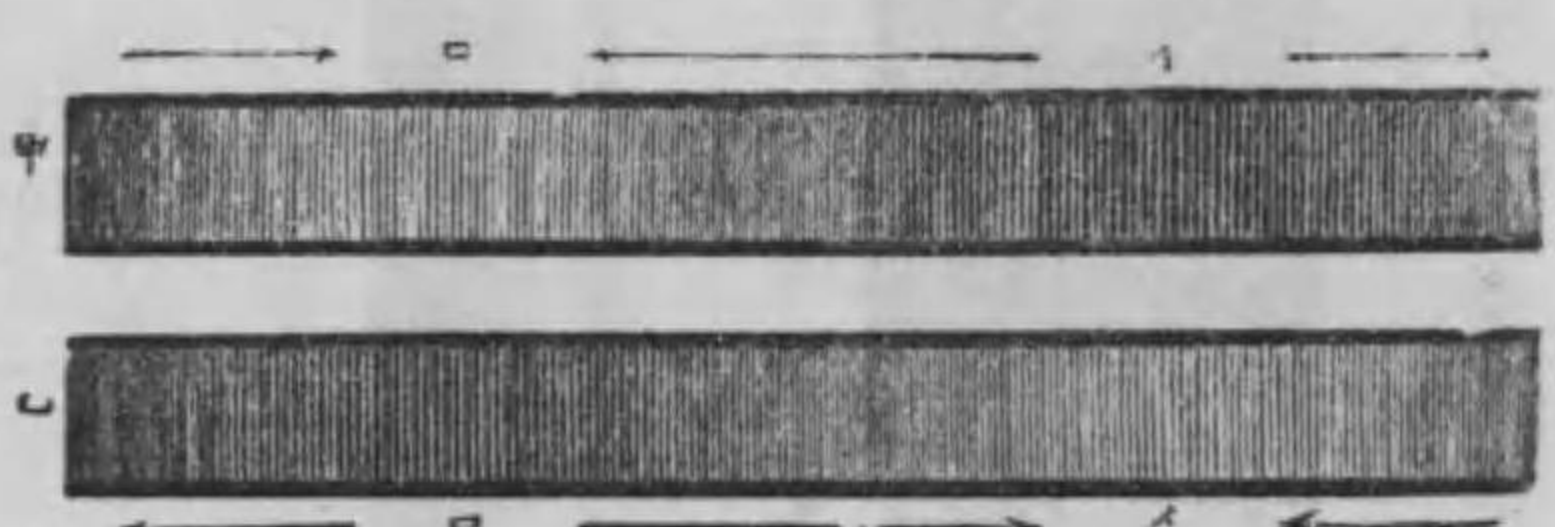
圖八十四第

今〔丙〕ナル鐘ノ最低音ニ一致スル閉管ノ長サヲ示スニ以テスルトキハ、開管中ニ存在スル空氣ヲシテ同一ノ音ヲ以テ共ニ鳴音セシメンニハ其管ノ長サハ**二（二倍）**ナラザル可カラズ、然ラバ則チ兩端開放セル管ニ一致スル所ノ最低音ノ波長ハ管ノ長サニ二倍ス。其開管中ニ於テ定在波動ヲ發起スルノ理ハ即チ或ル波動ノ濃厚部若シ管ノ全徑ヲ通過シタル後佗ノ口端ニ達シ來ルトキハ**壓縮セラレタル空氣ノ部分**容易ク諸方ニ避出シ之ニ由テ稀薄部ヲ生ジ、其稀薄部ハ再ビ管ノ進出口ニ進入シツ、元來射入シタル波動ニ反對スルノ方向ヲ取りテ管中ヲ經過ス。此方法ニ由リ管ヨリ進出スル所ノ稀薄波ハ側邊ヨリ空氣ノ來加スルモノアレヲ以テ乍チ變態シテ後方ニ運動スル濃厚波トナル、但シ後方ニ反歸スル波動ハ元來射入シタル者ノ如ク強大ナラズ、然レドモ斯ノ如ク後方ニ反歸スル所ノ波動ハ更ニ進入シ來ル所ノ波動ト撞着シテ相互ニ交叉スベシ。

圖九十四第



圖十五第



圖一十五第



然ルトキハ前文ニ詳説セル理由ニ因リ管中ニ於ケル氣柱ハ定在性ノ波動ヲ發起シ、而シテ其管ニ適當スル最低音ノ波長ハ必ズ管ノ長サノ二倍ナリ、斯ノ如クナルトキハ**第四十九圖**ニ示ス如ク一箇ノ振動節其管ノ中央ニ位シ其兩端ニ於テ各一箇ノ腹節ヲ生ズ。甲圖ハ管ノ中央ニ當リテ濃厚ノ極度トナリタル瞬間ヲ示スモノニシテ、管ノ中央ニ於ケル氣層ハ静止ノ狀ニ在ルノ際空氣ハ中央ヨリ左右ニ離去スル所ノ運動ヲ始ム、而シテ四分一ノ振動ヲ遂ケルノ後氣層ハ總テ其平均ノ狀態ニ來ル、即チ此瞬間ニ於テ管中空氣ノ稠度ハ盡トク均一ナリ。此狀態ヨリ更ニ四分一ノ振動ヲ完了スレバ乙圖ニ示スガ如ク管ノ中央ニ於テ稀薄ノ極度ニ達ス。茲ニ各氣層ハ再ビ左右ヨリ中央ニ向テ運動ヲ始メ更ニ間斷ナク其波動ヲ反復スベシ。又開管中ニ於ケル氣柱ヲシテ定在波動ノ狀態ニ來ラシメ尙ホ一層高調ノ音ヲ發スル者ニ在テハ**第五十圖**ニ示ス如ク中央ニ一ノ腹節ヲ生ジ〔イ〕及〔ロ〕點ニ於テ節點ヲナス、而シテ此二箇ノ節ハ共ニ管ノ兩端ヨリ隔タルコト其管ノ長徑四分一ノ距離ニ在リ。甲圖ニ示ス如ク〔イ〕點ニ於テ濃厚ノ極度ニ達シタリトスレバ〔ロ〕點ニ於テ稀薄部分ヲ生ジ、之ニ反シテ乙圖ニ示ス所ノ狀態ニ變移ス。斯ノ如キ音ノ波長ハ即チ管ノ長サニ等シ、而シテ其振動時間ハ管ノ第一音（最低音）ノ時間ニ半バスルモノトス。

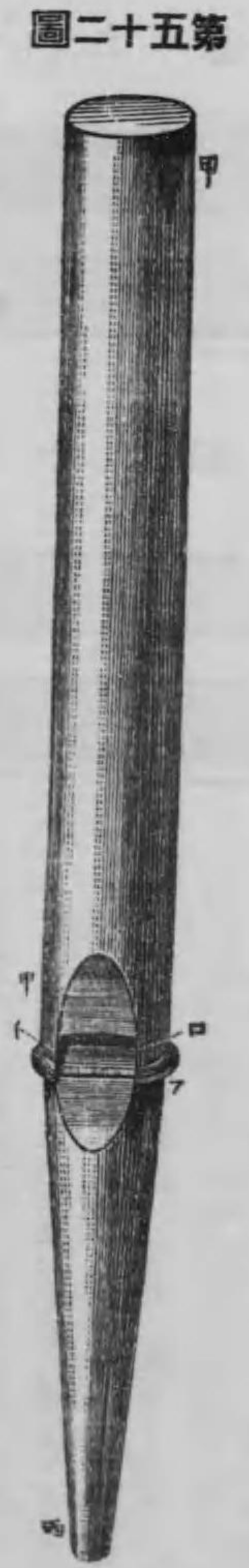
管中ニ於ケル空氣ヲシテ最モ容易ニ定在波

動ヲ起シ且ツ發音セシメンニハ一節ヲ有スル一片ノ竹ヲ取り第五十一圖ノ現狀ノ如ク吹クベシ。

(二)唇管。唇管ハ第五十二圖及第五十三圖ヲ以テ示ス如ク或ハ圓筒形或ハ方筒形ヲ有ス。

(A)構造。唇管ハ其形狀ニ關セズ足部・口部及管部ノ三部ヨリ成ル。

唇管ノ構造



[丙]ハ其足部ニシテ之ヲ通ジテ空氣ヲ吹入スルノ處ナリ。(イロ)ノ下ナル狹キ横窓ハ口部ニ

シテ之ニ由テ空氣ガ足部ヨリ外出スルヲ得ルノ處トス、但シ口部ハ上唇(イロ)、下唇(ハニ)ト名ヅクル二箇ノ板ニ由テ境界セラル。(甲)ト記シタル處ハ即チ管部ニシテ圓筒形ノモノハ通常錫製、方筒形ノモノハ木製ナリ。

(B)鳴音ノ生成。上文ニ説述シタル如ク唇管中ニ於テハ其閉鎖セラレタル空氣ハ狹窄ナル氣流ノ侵入ニ由テ振動シ之ガ爲メニ管ハ鳴音スルナリ。

空氣ノ足部ニ吹入セラル、ヤ(乙)ナル空洞部ニ於テ濃厚トナルヲ以テ、其空氣ハ口部ヲ經テ上昇シ銳薄ナル上唇(イロ)ニ衝突シテ唯其一部分ノ氣流ノ管中ニ侵入シ殘餘ハ外方ニ遁ル。其管中ニ侵入スル所ノ部分ハ茲ニ於テ空氣ノ濃厚部ヲ生成シ之ニ續ギテ入り來ラントスル氣流ニ抵抗シ全氣流ヲシテ外方ニ遁ル、ノ止ムヲ得ザルニ至ラシム。今濃厚部ノ管中ヲ進行スル際尙ホ續キテ外方ニ進ミツ、アル所ノ氣流ハ管中ノ空氣ヲモ共ニ持チ去ルヲ以テ却テ稀薄部ヲ生成ス、之ガ爲メニ管中ニ於ケル抵抗ハ減弱シ足部ヨリ侵入シ來ル空氣ハ其一部分管中ニ流れ、更ニ濃厚部ヲ形成ス。斯ノ如クシテ交互ニ空氣ノ濃厚部ト稀薄部トヲ生ジ、順次管中ニ波及シテ其終端ニ到達シ茲ニ於テ反射スルナリ、此直接ト反射トノ兩

唇管中ニ於ケル定在波動ノ生起

波ノ系統ハ已ニ上文説述シタル理由ヲ以テ相集合シ所謂定在波動ヲ生起シテ發音スルモノトス。

(C)定律。(第一) 閉管ノ長サハ其原音ノ定在波長ノ半バ即チ此音ノ進行空氣波ノ四分一二均シ。

啓管ノ定律
五項

基因。閉管ハ上端ニ振動節ヲ有シ開端(口部)ニ其腹部ヲ有スルヲ以テ此管ノ最モ單一ナル振動ハ全空氣柱ガ半定在波即チ生成シタル音ノ四分一。波長ヲ生ズルトキニ成ル。

(第二) 管ノ音調即チ一秒時間ニ爲シタル振動ノ數ハ其幅ト形狀トニ關スルコトナク唯其長サニ關スルノミ而シテ管愈短ケレバ長サノ音調ニ影響スルコト愈大ナリ(音調ハ管ノ長サニ反比例ス、即チ半バノ長サヲ有スル管ハ二倍ノ振動數ヲ有ス。

基因。管愈短ケレバ其波長愈小ナルヲ以テ振動數愈大ナルニ在リトス。

(第三) 同調ノ音ヲ發スル開管ノ長サハ閉管ノ二倍ナリ。開管若シ閉管ト均等ノ長サヲ有スルトキハ其開管ハ閉管ノ第

八音ヲ發ス。

基因。閉管中ニ於テ氣柱ハ全長振動シ開管ニ在テハ二部分ニ別レテ振動スルニ由リ閉管ノ波長ハ二倍長シ、即チ振動數ハ同長ノ開管ニ於ケルヨリモ二倍小ナリ。

(第四) 管ハ其種類ヲ問ハズ強吹ニ由テ原音ノ他尙ホ高調ノ音(調和上音)ヲ發ス。

(a) 基因。急吹ニ由テハ濃厚稀薄ノ二部ヲ口部ノ近傍ニ生ジ、空氣ハ數多ノ等除部分(絃樂器ノ條ヲ參考スベシ)ニ於テ振動シ、隨テ數多ノ振動節ヲ生成シ得ルナリ、故ニ吹奏ノ差異ニ由テ各種ノ音ヲ發ス。

(b) 實驗。(1) 第五十四圖ニ示ス如ク開管ヲ取り小輪桶ノ一方ヲ紙ニテ張り絲ヲ繫ギテ

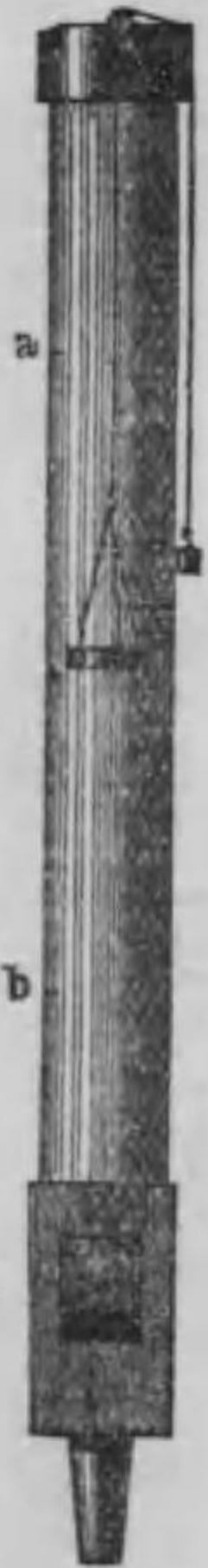
垂レ中央ニ至ラシメ置キ

發音セシムルニ其ノ振動

ヲ聞カザレドモ一層強

吹スレバ其振動著シク

圖四十五第



聞ユ、是レ先キニハ中央ニ節部アリシモ今ヤ節ハa部トb部トニ移リ中央ハ腹部ニ變ジタル

圖 五 十 五 第



ノ證ナリ。

(五) **クンド** Kundt 氏ノ塵圖ニ由レバ空氣ノ定在波動ヲ起シ且ツ
振動節ヲ生ズルコトヲ直接ニ證明シ得ベシ、即チ第五十五圖ニ示ス
如ク長サ一米幅一纏ノ硝子大管ヲ取り其中ニ柶ノ粉末ヲ擴布シテ之
ニ硝子ノ小管ヲ挿入シ濕リタル木綿ノ切レヲ以テ擦レバ空氣波ヲ起
シ一方ニ抵リテ反射シ之ニ由テ空氣ノ定在波ヲ生起シ柶末ヲシテ圖
ヲ以テ示ス所ノ模様ヲ描カシム、圖ノ規則正シキ處ハ腹部ニシテ團
塊ノ處ハ節部ナリ。

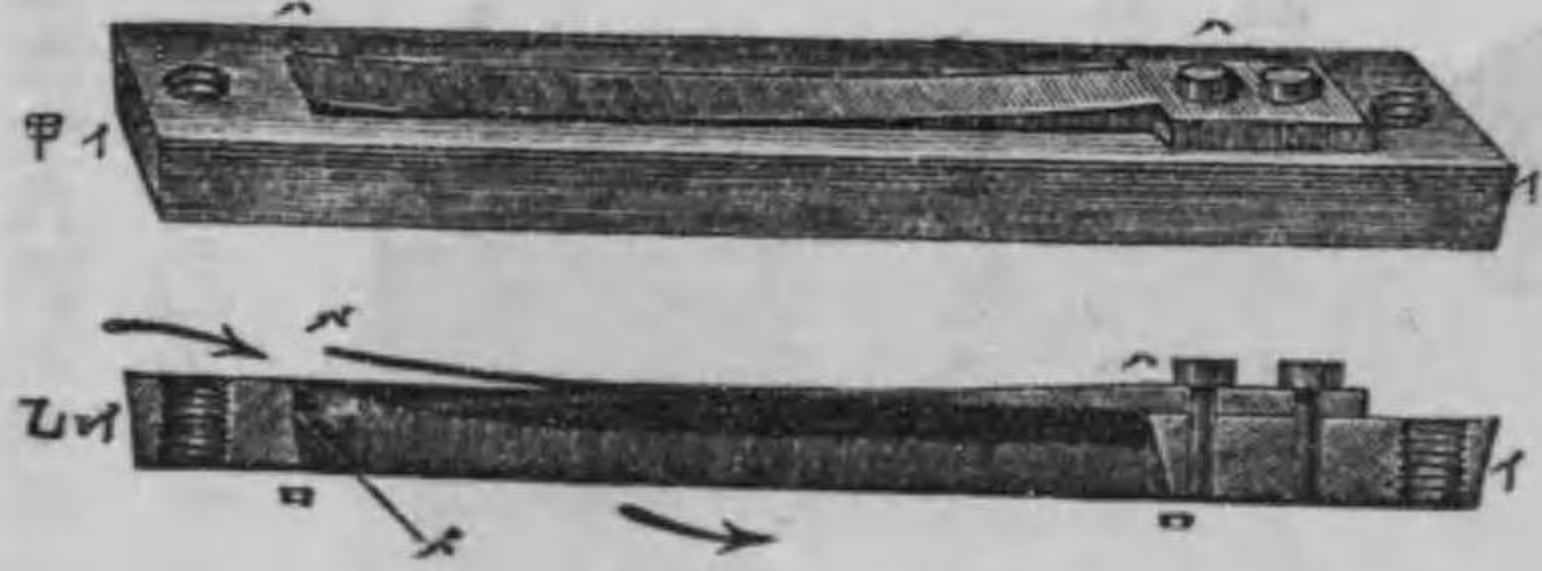
(第五) 管ノ側壁ニ於テ數孔ヲ有スルトキニ
(横笛尺八等其第一孔ヲ閉ヂザル場合ニ於テ
ハ之ヲ管ノ開端ト看做シ得ベシ故ニ孔ノ開閉ニ由テ其音調
ノ高サヲ變ズ。

舌管ノ構造
及舌ノ作用

(三) **舌管**。舌管ノ發音ハ孔穴ヲ通過スル所ノ氣流ヲ以テ舌ト
名クル黃銅板片ノ振動セラル、ニ由テ成レリ。舌若シ正ニ孔

遊離舌ノ構
造

圖 六 十 五 第

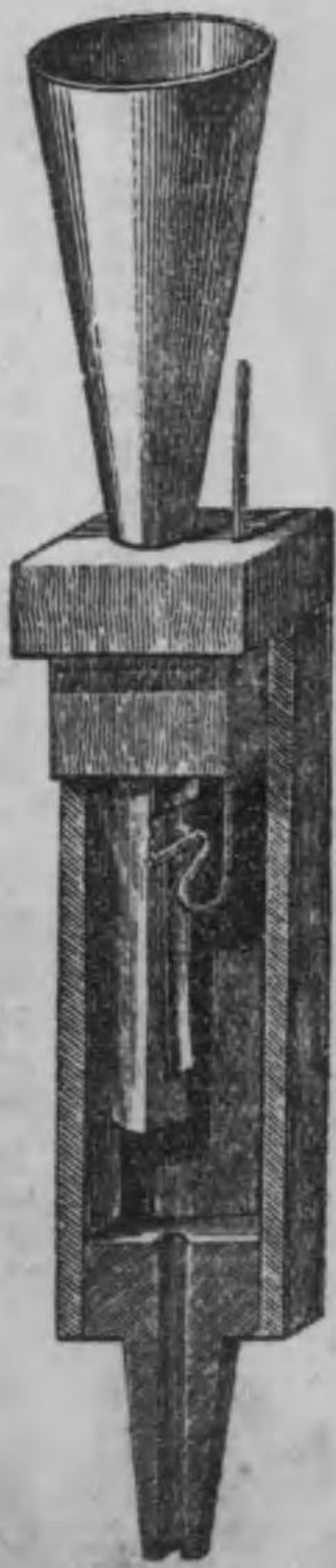


穴ヲ通過シ得ルノ大ナルトキハ之ヲ名ヅケテ遊離舌ト云ヒ、
然ラズシテ孔口ノ邊緣ニ觸擊スルトキハ其舌ヲ名ヅケテ觸
擊舌ト云フ。

構造。第五十六圖ニ示ス所ハ遊離舌ノ構造ニシテ「イイ」ハ金屬ノ厚板ナリ、其中央ニ於テ

長キ孔口(ロロ)ヲ穿チ、「ハハ」ナル舌ヲ設ク。甲圖ニ在テハ其舌板
ノ靜止セル状態ヲ示シ、乙圖ハ振動セル状態ヲ示ス。今之ヲ第五十
七圖ニ示スガ如キ筒内ニ裝置シ、其下部即チ足部ヨリ空氣ヲ吹入ス
レバ容易ニ發音セシムルコトヲ得。又其音ヲ強大ニセント欲セバ空
氣ノ流出セル孔口ニ於テ音蓋ト名ヅクル圓錐形ノ管ヲ挿附スルヲ要
ス。

第 五 十 七 圖



第五十八圖ハ觸擊舌管ノ全體ヲ示ス者ニシテ即チ鑿開シタル木製圓柱(「ロロ」)ノ下ニ眞鍮製ノ小管(「ニニ」)ヲ固挿ス。此小管ヲ橫截スレバ其形殆ド半圓規ヲ爲シ、其上端ハ開キ、下口ハ全ク閉塞シ、側面ノ長キ口孔ハ彈力性ノ舌(「ホ」)ニ由テ蓋覆セラレ、此舌板若シ振動スレバ(「ニニ」)ナル小管ノ縁端ニ進向シテ長キ口孔ヲ充分ニ閉鎖

圖八十五第



シ、其板更ニ反振シ氣流ヲシテ小管中ニ進入セシム、而シテ小管(「ニニ」)及舌ヲ保有スル所ノ圓柱(「ロロ」)ハ共ニ短管(「イヘ」)中ニ受容セラル。今下方ヨリ其短管中ニ空氣ヲ送入スレバ舌ハ濃稠氣ノ爲メニ振動セラレテ發音スベキコト復タ説明ヲ要セズ。若シ其音ヲ強大ニセント欲セバ前者ニ同ジク(「ハ」)部ニ音蓋ヲ挿立スベシ。又音ノ高低ハ舌ノ長短ニ關スルヲ以テ外方ヨリ其長サヲ隨意ニ變化シ得ンガ爲メ下方ニ於テ屈曲シタル杆(「ト」)ヲ設ク。

圖九十五第



(四) 謠フ火炎。水素瓦斯

又石炭瓦斯ヲ直立セル小硝子管(第五十九圖)ニ導キ之ニ火ヲ點

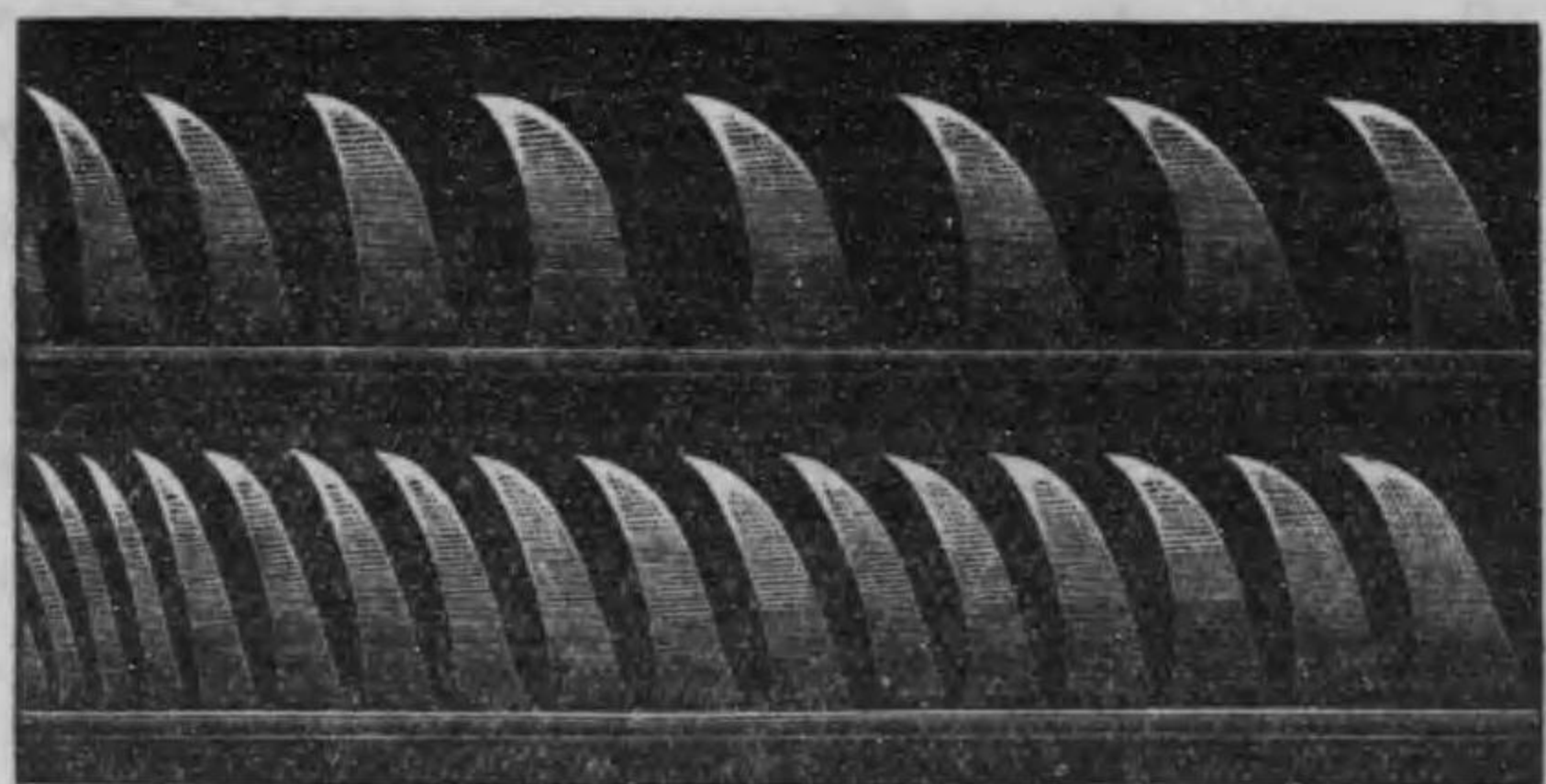
ジテ燃燒ヲ保續セシメ之ヲ覆フニ大硝子管ヲ以テスルトキハ鳴音ヲ發ス、斯ノ如キ現象ヲ呈スル所ノ火炎ヲ謠フ火炎ト名ヅク。音ノ高低ハ開管ノ定律ニ從テ管ノ長サニ反比例シテ其幅ト物質トニ關スルコトナシ。

說明。フラデー氏ニ從ヘバ火炎ハ各瞬間ノ氣流

ニ由テ殆ンド消滅シ、而シテ急速ニ生成スル爆鳴瓦斯ノ爲メ最小ノ爆鳴ヲ以テ再ビ點火シ以テ空氣ノ振動ヲ生起スルニ由ル。故ニ其火炎ヲ廻轉スル鏡ニ移

シ見ルトキハ謠ハザル間ハ廣キ光帶ニ見ユレドモ、謠ヒ始ムルヤ否ヤ其光ノ狀態第六十圖ニ示スガ如クナルベシ。

圖十六第



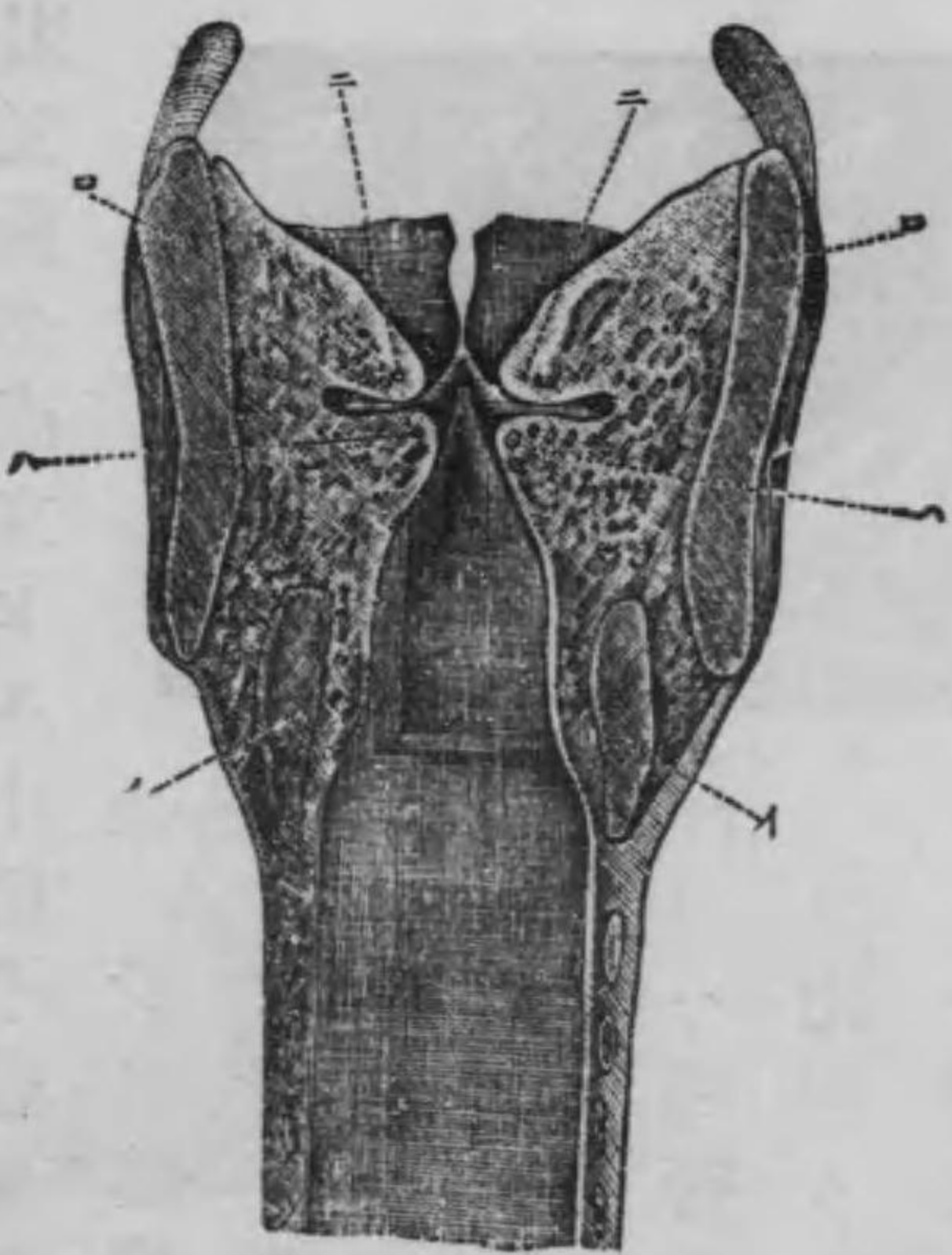
人ノ發聲機
官ト舌管ノ
類似

(五) 人身ノ發聲機官。人身ノ發聲機官ハ舌管ニ類似スルモノニシテ口腔喉頭氣管及肺臟ノ四要部ヨリ成ル即チ其肺臟ハ空氣ヲ吹送スル輔ニ氣管ハ輔ヨリ足部ニ至ル風管ニ喉頭ハ足部此部ノ最上ニ口腔ハ音蓋ニ一致ス。

氣管ノ上端
即チ喉頭ハ
發聲機官ヲ
構成ス

聲門
聲帶

圖一十六第

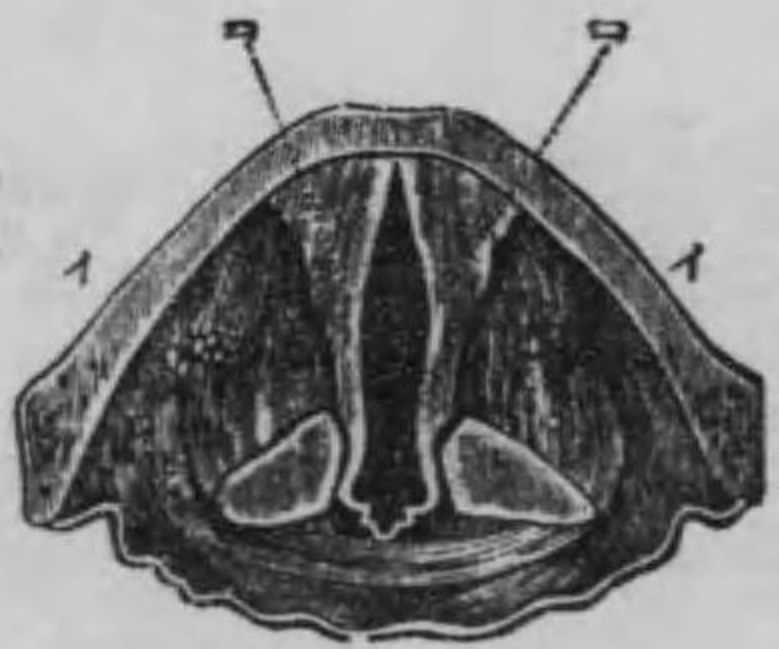


(A) 喉頭ノ構造。

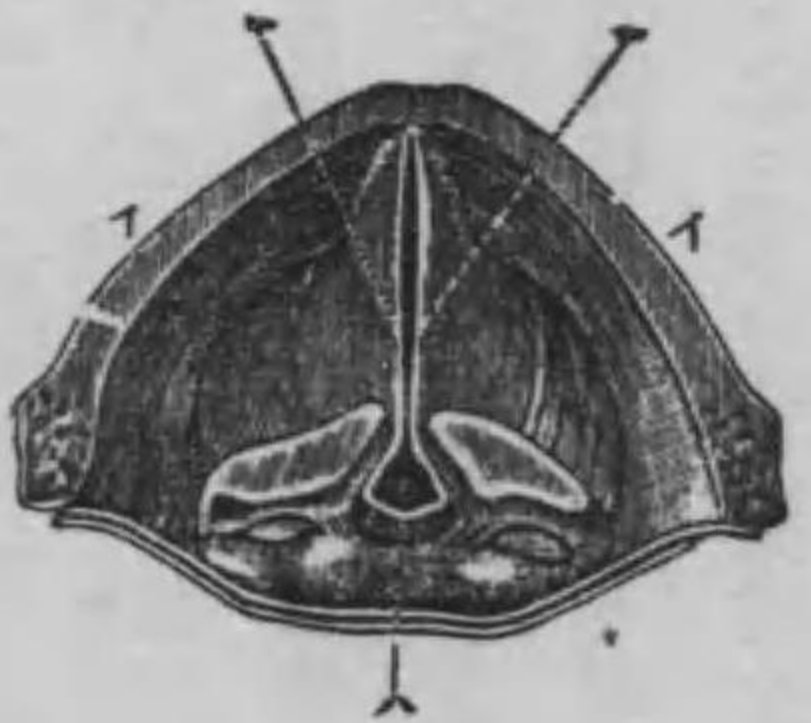
氣管ノ上端即チ喉頭ハ發聲機關ヲ構成スル最要部ニシテ四箇ノ軟骨ヨリ成ル、一チ環狀軟骨ト云ヒ、二チ甲狀軟骨ト云ヒ、三チ披裂軟骨ト云フ、而シテ披裂軟骨ニ一箇アルヲ以テ總數四箇ナリ。此四箇ノ軟骨タルヤ互ニ相連續シテ氣管ノ上端ニ連繫シ且種々ノ筋ニ由テ運動セラレ得ルモノトス、喉頭ノ内壁上方ニ至テ狹隘トナリタル氣管ノ上格ヨリ成レリ、而シテ其狹部ハ只前方ヨリ後方ニ向ヒテ開ケル間隙即チ聲門ヲ殘スノミナリ。此聲門ノ邊緣ハ所謂聲帶ヲ以テ成リ、聲帶ハ前方ニ於テハ甲狀軟骨ヨリ起シテ成リ、而シテ其抵止スル所ヲ見レバ一箇ノ聲帶ハ一披裂軟骨ニ、他ノ一箇ハ他ノ披裂軟骨ニ接ス。故ニ此軟骨ハ已レニ屬スル所ノ筋ニ由テ或ハ相離シ或ハ相接スルニ從ヒ、聲帶ヲ張ルコト或ハ緊ニ或ハ緩ニ、聲門ヲ開クコト或ハ狭ク或ハ廣キヲ得ベシ。凡ソ聲帶ノ實體ハ甚ダ強キ彈力ヲ有スル所ノ組織ヨリ成リ聲門ノ唇上ニハ二箇ノ囊狀ナル空室ヲ存ス、一箇ハ右方ニ、他ノ一箇ハ左方ニ

即チモルガニ一氏室 Ventriculi Morgagni 是レナリ。其上端ハ會厭軟骨ニ由テ蓋閉セラレベキ第二ノ廣キ間隙ヲナス。此會厭軟骨ハ其一邊ニ於テ前方ニ向テ挺出ス、而シテ此軟骨が聲門ヲ閉蓋スルニ由リ人ノ嚥下スル所ノ飲食物ヲシテ其軟骨上ヲ越エテ食道ニ入ラシメ誤ツテ氣管中ニ陥ルヲ防グモノトス。喉頭ノ構造ハ第六十一圖及第六十二圖ニ示ス所ノ概型ヲ以テ明カナリ。第六十一圖ハ縱截セル喉頭ノ前半ヲ示ス、ノモニシテ後方ヨリ視タル所ノ状態ナリ、即チ

圖二十六第



圖三十六第



(イ) ハ環狀軟骨ヲ截斷セル者、
(ロ) ハ甲狀軟骨ヲ截斷セル者、
(ハ) ハ下聲帶ヲ截斷セル者、
(ニ) ハ上聲帶ヲ截斷セル者、
圖中モルガニ一氏室ハ上下聲帶ノ間ニ於テ著明ニ之ヲ認メ得ベシ、且ツ氣管ガ下聲帶ノ方ニ向ヒテ如何ニ狹窄トナレルカハ本圖ニ於テ明瞭ナリ。第六十二圖及第六十三圖ハ下聲帶チ上方ヨリ視タル状態ヲ現ハス(但シ發聲セザル上聲帶ヲ除去シタルモノ)。第六十二圖ハ緊張セザル状態ニ在リテ聲門(ロロ)廣ク開キ爲メニ發聲セザル所ノ聲帶ノ状態ヲ示ス。

聲帶ノ發音
スル理由

示シ、第六十二圖ハ其緊張(ロロ)ヲ見ルベシセル際ニ於ケル聲帶ノ状態ヲ示ス。
(B) 發聲ノ生成。 靜カニ呼吸スル際ハ空氣ハ兩聲帶間ヲ通過スレドモ談話又ハ唱歌スルトキハ喉頭軟骨ノ位置ヲ變ジテ聲帶ヲ緊張シ同時ニ聲門ヲ狹窄スルニ由リ、此處ヲ通過スル所ノ空氣ニ由テ聲帶ヲ振動セシム、而シテ其振動ヲ喉頭及口腔内ノ空氣ニ傳ヘ、聲帶緊張ノ度ト聲門廣狭ノ度トヲ任意ニ變化スルニ由リテ音聲ノ高低ヲ調節スルモノナリ。

第六節 記音機。

記音機ノ定義

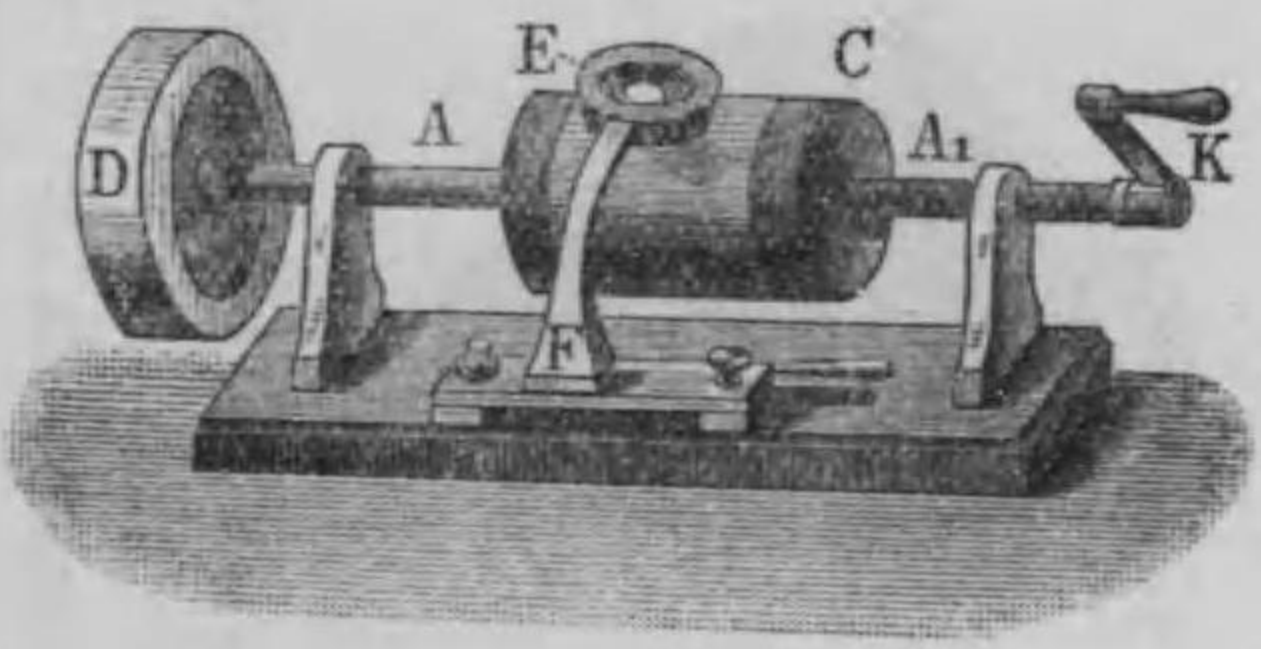
(一)定義。記音機即チ蓄音器ハ音響ヲ記取シテ他日再ビ之ヲ發音セシメ得ル所ノ機器ニシテ、一千八百七十七年エヂソン Edison 氏ノ發明ニ係ル。

(二)構造。記音機ハ主トシテ左ノ二部分即チ記音圓塙及音蓋ヨリ成ル。

記音機ノ二部

要部

圖四十六第

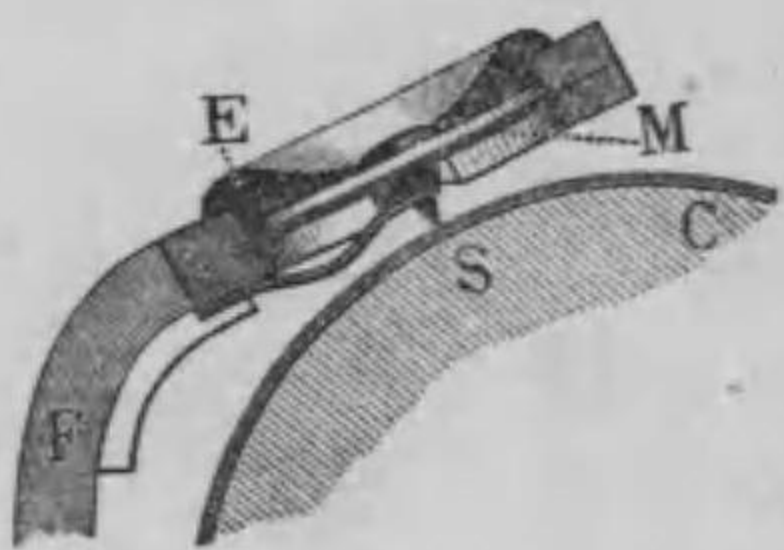


(A)記音圓塙(第六十四圖ノC)ハ長サ大約八乃至十五糎、太サ大約五乃至十糎ノ真鍮製圓塙ニシテ水平ノ軸(AA₁)ニ固着セラレ、其軸ハ把柄(K)及正轉車(D)ヲ具ヘ、而シテ基板上ニ固定シタル二箇ノ架柱ヲ穿通ス。此軸ヲ回轉スルトキハ各回轉毎トニ軸ハ記音圓塙ト共ニ左右ニ進退移動ス。是レ軸ノ一部分(A₁)ニ螺旋ヲ刻ミ之ニ適合スル架柱ハ雌螺旋ヲ刻ミタルニ由テ成ルモノナリ。記音圓塙ノ外面ニ於テハ螺旋線ノ凹溝ヲ具ヘ此螺旋溝ハ軸ノ細微ナル螺旋線ト精密ニ符合シ而シテ圓塙ハ錫箔ヲ以テ被敷セラレ。近時ノ記音機ニ於ケル記音圓塙ハ蠟ヨリ成リ、時

記音機ノ動作

辰儀裝置ヲ以テ徐々ニ之ヲ回轉セシム。

圖五十六第



(B)音蓋(E)ハ別ニ第六十五圖ニ示ス如ク漏斗形ノ空洞物ニシテ其小ナル開口ハ強キ彈性ヲ有スル薄板(E)(雲母板・鐵板等)ニ由テ閉鎖セラレ記音圓塙ニ對向ス、而シテ膜板ト圓塙トノ間ニ於テ圓塙ニ向フ所ノ一ノ鍼筆(S)アリ、此鍼筆ハ真鍮ノ彈條ニ附設セラレ薄板ノ振動スル毎トニ精密ニ之ニ件ウテ共動スルモノトス。

(三)動作方法。記音機ノ動作ハ先ヅ之ニ由テ音響ノ振動ヲ印記シ而シテ後其音響ヲ生ゼシムルニ在リ。

裝置ノ靜止スル間ハ鍼筆ノ尖端ハ記音圓塙ニ對シテ輕微ノ壓ヲ爲シツ、アリ。人若シ其圓塙ヲ回轉スルトキハ圓塙外面ノ錫箔上ニ(近時ノモノニ在テハ蠟上ニ)極メテ輕微ナル凹線ヲ印壓ス、而シテ此印壓痕ハ素トヨリ圓塙ノ螺旋線ニ追隨スルモノトス。今人アリテ高聲ニ此裝置ノ音蓋中ニ言語シ若クハ唱歌スルトキハ、之ニ由テ薄キ膜板(隨テ鍼筆)ヲ振動セシメ其膜板ノ反回スル毎トニ印壓線ノ斷歇ヲ生ジ、膜板ノ圓塙ニ向ウテ進ミ來ル毎トニ新タニ

印壓ヲ始メ、其壓痕ノ深淺ハ正ニ發音ノ強弱(即チ之ヨリ生ズル壓力ノ強弱)ニ一致スルモノナリ。此際同時ニ把柄ニ據テ軸ヲ回轉スルトキハ鉞筆ノ尖端ハ斷エズ圓塼面ノ各異ナル位置ニ中リ以テ圓塼上ニ其螺旋線ニ沿ウテ**一列ノ凹痕**(音字)ヲ生ズ。而シテ後斯ク印記セル音ノ振動ヲシテ再ビ發生セシメ之ヲ人耳ニ聽取セントスルニハ、先ヅ音蓋ヲ退ケタル後圓塼ヲ後方ニ却回シテ當初ノ位置ニ來シ、茲ニ再ビ鉞筆ノ尖端ヲシテ圓塼面ニ輕觸セシメ、把柄ヲ以テ始メノ如ク圓塼ヲ回轉スルトキハ、鉞筆ハ嚮ニ其表面ニ生ジタル凹痕ト隆起トノ上ニ滑走シテ始メ音響ヲ導入セル時ト全ク同一ナル振動ヲ受ケ隨テ此振動ヲ薄膜ニ傳へ、薄膜ハ空氣ニ之ヲ傳達シ以テ再ビ音聲ヲ發起スルモノナリ。

第七節 共鳴及強鳴。

共鳴及強鳴ノ定義

(一)定義。 靜止スル物體ノ固有音若シ發音シツ、アル物體ノ音ト一致スルトキハ前者ハ後者ノ鳴音ノ爲メニ激セラレテ自鳴ヲ起ス、此現象ヲ各ケテ**共鳴**ト云フ、之ニ反シテ**強鳴**トハ隣

接セル物體ノ共ニ振動スルニ由テ弱音ノ強盛トナルヲ云フ。

(A)説明。 物體ノ振動ハ之ヲ包圍セル空氣ニ傳播スル如ク其發音體ニ接觸スル佗ノ物體ニモ亦傳播ス、而シテ振動シツ、アル空氣ハ復タ之ニ觸ル、所ノ佗ノ物體ヲ振動セシムルモノトス。

共鳴ノ實驗

(B)共鳴ノ實驗。(1) 洋琴ノ近傍ニ於テ強ク發聲スルトキハ其音聲ノ音調ト同一ナル琴絃ガ之ニ依テ發音スルヲ聞ク。

(2) 木篋臺上ニ樹テタル全ク同調ノ音又ニ二箇ヲ取り其一箇ヲ打チ鳴ラセバ稍遠ク相隔タリタル他ノ一箇モ鳴音スルヲ聞ク。

(3) 琴ノ二絃ヲ同調音ニ合セ其一絃上ニ紙製小騎士見ユヲ騎跨セシメ、他ノ一絃ヲ發音セシムレバ飛躍シテ落ツ、二絃ノ調音同一ナラザルトキハ否ラザルナリ。

強鳴ノ證例

(C)強鳴ノ證例。(1) 木篋臺ヨリ取離シタル音又ヲ手ニ保持シ之ヲ發音セシムルモ只弱音ヲ聞クノミ、然ルニ之ヲ隨意ノ木板上ニ樹ツレバ頗ル強盛ノ音トナル。

(2) 樂器ニ設備シタル木臺・木箱ハ其音ヲ強盛ナラシムルノ用ヲ爲ス。

共鳴ト強鳴トノ區別

(二)區別。 共鳴ハ其原音ヨリモ永ク保續シ、強鳴ハ原音ト其終始ヲ共ニス。而シテ共鳴ノ原音ハ共鳴スベキ音ト同調ナラザ

ル可カラズ、之ニ反シテ強鳴臺ハ音調ニ關スルコトナク、之ヲ強盛ナラシム。

第八節 上音及音色

副音及上音ノ定義

(一) 副音及上音。 或ル發音體ガ其原音ヲ發スルノ際ニ伴發スル音ヲ名ヅケテ之ヲ副音ト云ヒ、其副音ノ振動數若シ原音ヨリ二倍・三倍・四倍・五倍等全數倍ナルトキハ之ヲ名ヅケテ調和スル上音ト云フ、例之バC(1)ニ對スル倍音ヲ示ストキハ左表ノ如シ。

分音	1	2	3	4	5	6	7	8	9
倍音	C	c	b	B	B [♯]	c [♯]	B [♯]	c [♯]	d

凡ソ原音並ニ其上音ノ各音ハ之ヲ名ケテ分音ト云フ、例之バ原音ハ即チ第一ノ分音、第一ノ上音ハ第二ノ分音、第二ノ上音ハ第三ノ分音ナル等是レナリ。 通常ノ樂音ハ單一ナルモノニアラズシテ數分音ヨリ成ルモノナリ。

音樂ノ單一ナラザル證

(A) 證例。(1) 絃樂器ノ一絃ヲ發音セシムレバ其原音ノミナラズ尙ホ他ニ數多ノ音ヲ聞ク。但シ能ク樂器ヲ明瞭シ得ル所ノ耳ニ於テ然リ。

(2) 上音ハ碩學ヘルムホルツ Helmholtz 氏ノ共鳴球(第六十六圖)ヲ以テスレバ著明ニ之ヲ聞クコトヲ得。共鳴球トハ即チ二口孔ヲ有スル硝子ノ空球ニシテ其一口(a)ハ廣ク(此

第六十六圖



口ヲ進ミ來ル音ノ方向ニ保持ス)、而シテ他ノ一口(b)ハ狹シ(正ニ前者ニ相對シテ耳口ニ通ズルノ管ヲ具フ)。今或ル音中ニ如何ナル上音ノ含有セラル、乎ヲ檢索セント欲スルトキハ、逐次一定ノ原音ヲ有スル數箇ノ共鳴球ヲ耳ヲ插ミ、一共鳴球ノ音著大ニ聞ユルトキハ其音ハ即チ複雜音中ニ含有セラル、モノト知ルベシ。

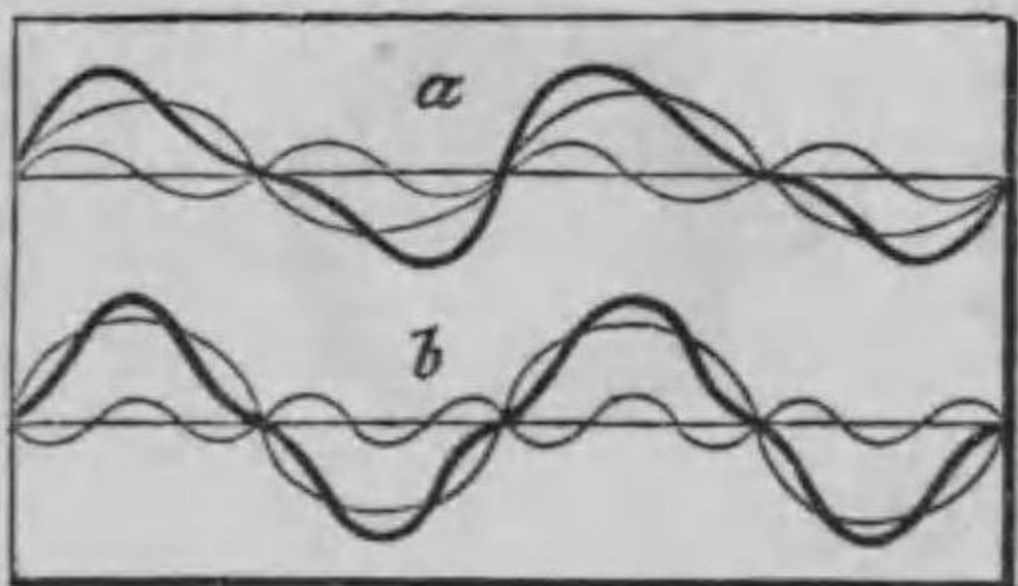
(B) 說明。 樂音ノ單一ナラザル所以ハ即チ發音體ハ前ニ述ベシ如ク二様ニ振動シ得ルモノニシテ、或ハ其全體同一ノ状態ニ振動シテ原音ヲ發シ、且ツ小部ニ分レテ振動シ以テ副音ヲ發ス。數多ノ發音體ハ同時ニ其全體ト小部トニ於テ振動シ、之

ニ由テ強盛ナル原音ニ隨伴シテ數多ノ弱キ上音ヲ發起スルモノナリ。

複音及音色ノ定義

(二)複音及音色。上文ニ記述シタル如ク樂音ハ數多ノ單音互ニ相集合シテ成ル。斯ノ如ク原音ト其音トヲ集合シテ成リタル音ヲ複音ト云フ各音ノ音源ヨリ發スル複音ニシテ同調同強ナルモ吾人ノ耳ニ感ズルノ差異ヲ音色ト名ヅクヘルムホルツ氏ニ從ヘバ音色ヲ生ズル所以ハ原音ニ混ズル所ノ倍音ノ數ト高低及強弱トニ在リ。

圖七十六第



複音ノ波形。複音ノ波形ハ上音ノ高低ト其數トニ由テ其狀一樣ナラズ、例之バ第六十七

圖ノaニ示スモノハ原音ト二倍音トニ由テ生ジタルモノニシテ、bハ原音ニ三倍音ノ加ハリテ生ジタル波ノ形ナリ。

第九節 音ノ交叉

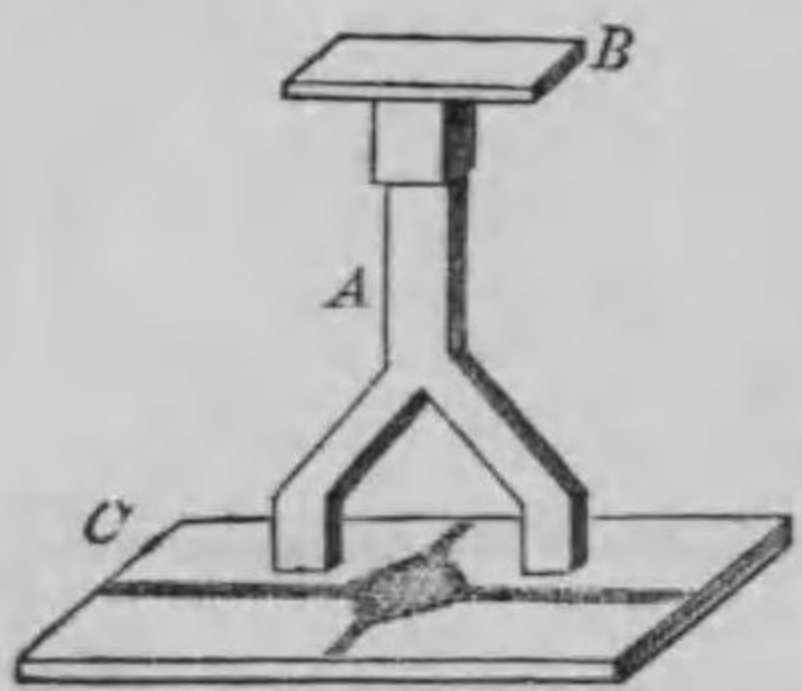
音ノ交叉ノ定義

(一)定義。音ノ交叉トハ各異ノ音源ヨリスル二音波ノ會合ヲ云フ。

音波交叉ノ定律

(二)交叉ノ現象及定律。(第一)等波長(即チ同調ノ音)ノ二音波一方ニ向テ波及シ、而シテ其二波ノ濃厚部或ハ其稀薄部互ニ相會合シ、其會合點ノ音源ヲ距ルノ差半波長ニ偶數ヲ乘ジタルニ均シキトキハ互ニ一致シテ波動ヲ強メ、其音即チ強盛トナル。然レドモ其會合點若シ音源ヲ距ルノ差正二半

圖八十六第

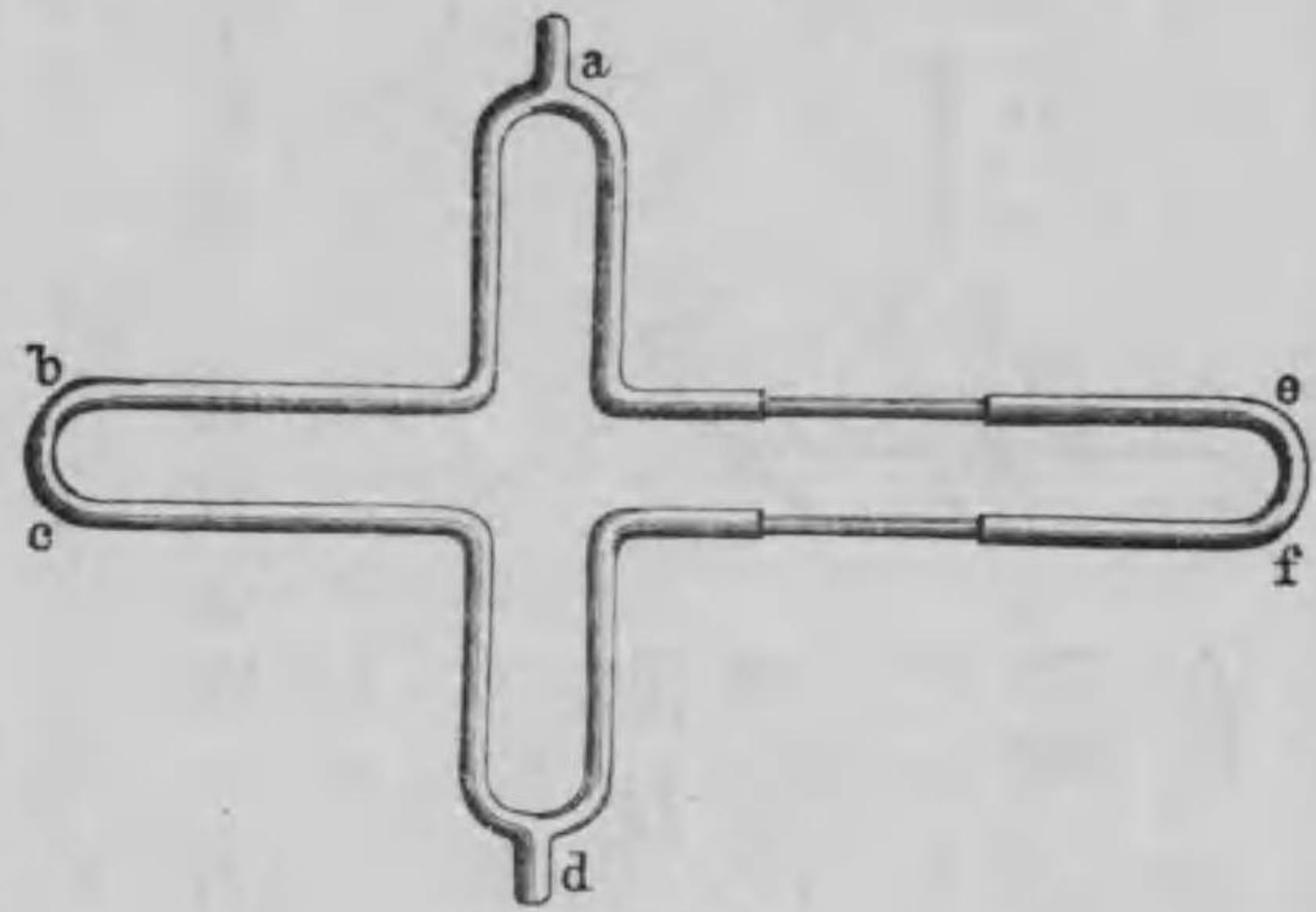


波長ニ奇數ヲ乘シタルニ均シキトキハ其兩音ヲ弱クシ、加之兩者ノ強度若シ均等ナルトキハ互ニ相均消ス。

證明。今實驗上之ヲ確證セント欲セバ音叉狀ノ一管(第六十

八圖)ヲ製シテ其共有セル上管(A)ノ口端ヲ廣クシ彈性膜(B)ヲ以テ閉ヂ茲ニ細砂ヲ撒布シ、發音シツ、アル板(C)ノ一節ヲ隔テ

圖九十六第



テ隣接セル兩部上ニ下方ノ兩管ヲ保持スレバ砂ハ
 静止シテ膜ノ動カザルヲ見ル、是レ管中ニ進入シ
 タル兩音ノ相均消スル證ナリ、之ニ反シテ兩管口
 間ニ二節線ヲ存スル様其管ヲ保持スレバ砂ノ飛躍
 スルコト甚ダ活潑ナルヲ見ル。

又ク、**インケ** Quinke 氏ノ管ニ由レバ交叉現象尙ホ
 一層著明ナリ即チ第六十九圖ニ示ス所ノ a ナル管
 ハ abcd ナル二臂ニ分枝シ而シテ d ニ於テ再ビ一
 管トナル、aefd ナル一臂ノ長サハ隨意ニ變化セラル
 ベキ構造ヲ有ス、今 d ナル管端ニ護管ヲ繋ギ之
 ヲ耳ニ來タシ a ナル口端ニ於テ音又ヲ打鳴シ他ノ
 耳ヲ閉ヅレバ **兩臂同長** ナルノ際音又ノ音著明ニ
 聞ユ、然レドモ一臂ノ長サヲ變ズレバ殆ンド聞エザルノ一點ニ達スベシ而シテ其際兩臂長ノ
 差ハ正ニ半波長ナリ。

(第二) 同時ニ發シツ、アルニ音若シ其音調ニ於テ甚ダ僅微

音ノ昇沈

ノ差アルトキハ交替的ニ強弱ノ變更スルヲ聽ク、之ヲ名ヅケ
 テ昇沈俗ニうなりト云フ、而シテ昇沈ノ數ハ兩音振動數ノ差
 ニ等シ。

同上ノ證例

(A) **昇沈ノ證明**。(1) 其音調ニ僅微ノ差ヲ有スル二絃琴ヲシテ同時ニ發音セシムレ
 バ交代ニ強音ト弱音トヲ聞ク。

(2) 同調ノ二音又ヲ取り其一箇ニ些少ノ蠟ヲ附着セシメ之ニ依テ僅カニ其音調ヲ低クシ同
 時ニ發音セシムレバ(1)ト同様ナル音ヲ聞ク。

昇沈ヲ生起
スル理由

(B) **基因**。其基因ハ第七十圖ニ示ス所ヲ以テ之ヲ明解スルコトヲ得。即チ圖中ノ細キ曲線
 ハ一音波ノ系統ヲ示シ點線ハ復タ他ノ一音波ノ系統ヲ示ス、而シテ其波山ハ濃厚部ニシテ波
 谷ハ稀薄部ニ符合スルコト已ニ前章ニ論述セルガ如シ。今兩線ノ縱線ヲ總加スレバ各瞬間ニ



圖

十

十

十

於ケル兩系統ノ波動ニ就キ其濃厚度ト稀薄度トノ全況ヲ見ルヲ得ベシ、圖中ノ太キ線條ハ即チ此法ニ由テ得タル**兩音ノ總加**ヲ示スモノナリ。「イ、ロ、ハ、ニ、ホ、ヘ、ト、チ」ノ部ニ在テハ兩音同時ノ作用ニ由テ著大ナル**濃厚部ト稀薄部**トヲ生ズ。即チ此際強盛ノ音ヲ聞クベシ。然レドモ〔甲〕ノ近傍ハ二音ノ系統殆ンド相中和スルノ處ニシテ其曲線モ亦殆ンド直線ノ狀ヲ呈シ、茲ニ波動ノ減弱シテ間歇ニ近キヲ覺ユ。故ニ兩音系ノ**振動數ノ差愈**、少ナケレバ昇沈ノ數モ亦愈、少ナシ、故ニ例之バ一音源ノ振動數二百ニシテ他ノ一音源ノ振動數二百ニナルトキハ一秒時中ニ二昇沈ヲ聞キ、二百ト二百一ナルトキハ只一昇沈ヲ聞クノミ、此現象ヲ應用シテ樂器ノ調音ヲ爲シ得ルコト少シク樂器ヲ弄ブ人ノ知ル所ナリ。

第三編 光學。

第一章 光ノ發生及波及。

第一節 要義。

(一)光ノ定義。 光ハ**物體ノ視覺ニ觸ル**、原因ナリ、故ニ**物體ハ之ヨリ出發スル所ノ光アリテ吾人ノ眼目ニ到達スルトキノミ**、**視覺ニ入ル**。

光體ト暗體。 其發射スル所ノ光ヲ自カラ生起スル物體ハ之ヲ**光體**又**光源**ト云ヒ、之ニ反シテ出發スル光ハ他ノ光體ヨリ受ケタルモノナルトキハ之ヲ名ケテ**暗體**ト云フ、例之バ吾ガ地球・月等ノ如シ。

(二)落射シ來ル光ニ對スル**物體ノ關係**。 硝子・水・空氣等ノ如ク落射スル光ヲ受ケ透過セシムル所ノ物體ハ之ヲ名ヅケテ**透明體**ト云フ。 之ニ反シテ金石ノ如ク光ヲ透過セシメザル

光ノ定義

光體及暗體

落射シ來ル光ニ對スル物體ノ關係

所ノ物體ハ之ヲ名ヅケテ不透明體ト云フ、又紙粗磨セル硝子ノ如ク只些少ノ光ヲ透過セシムルモノハ之ヲ名ヅケテ透映體(半透明體)ト云フ。

上ノ如ク區別スルモ厚キ硝子・深キ水ノ如キハ光ヲ透過セシムルコト甚ダ僅少ニシテ殆ンド不透明ナリ、然ルニ黄金ノ如キモ至薄ノ金箔トナセバ多少ノ光ヲ透過セシメ不透明ニアラザルナリ。是ニ由テ之ヲ觀レバ透明不透明ノ別ハ絶對的ノ區別ニアラズ、只比較的ノ等差タルニ過ギザルモノナリ。

第二節 光ノ本性。

光ノ本性ニ關スル想説。光ノ本性ニ關シテハ古來二般ノ想説アリ。

(第一) 流出説ナリ。此説ノ創設者(千六百九十二年)ハ碩學ニ一トン Newton 氏ニシテ光ハ光素ト名ヅクル至微至渺計測スベカラザル物質ヨリ成リ光體ヨリ周方ニ流出スルコト恰モ

香氣ノ芳香體ヨリ放散スルガ如ク、而シテ吾人ノ眼目上ニ於ケル直接ノ作用ニ由テ視覺ヲ營爲ストナセルモノナリ。

(第二) 振動説即波動説ナリ。此説ノ創設者(千六百九十年)ホイゲンス Huyghens 氏ニシテオイレル Euler ヤング Young 及

フレネル Fresnel ノ三氏ニ由テ發達セリ。此説ニ從ヘバ光ハ光體最小部分ノ至微至渺ナル振動ニ由テ發生シ、而シテ其振動ハ宇宙ニ瀰漫シ且ツ總テ物體中ニ含有セラル、エーテルニ傳移シテ吾人ノ眼目ニ波及ス。然ラバ則チ光ハエーテルノ波狀運動ヨリ成ルモノニシテ其エーテル振動ハ音ノ空氣ニ於ケル如ク波及ノ方向ニ成ルニアラズ之ニ直角ヲナス所ノ振動即チ横波ナリ。

此第二説ハ後章(第六章)ニ示スベキ數多ノ理由ニ依リ現今一般ニ行ハル、モノトス。

第三節 光源。

光源タル太陽

(一)太陽。太陽ハ地球ニ對スル最重要ノ光源ニシテ、其光ハ恒星ノ光ヨリ數百萬倍強ク、又ツルネル Zöllner 氏ニ從ヘバ日光ハ月光ヨリ六十萬倍強シ。

日光ノ生成。日光ノ原因ハ恐クハ二三十萬度ノ高サヲ有スル太陽自體ノ溫熱ナリ、蓋シ近世ノ熱論ニ據ルニ、熱ハ分子ノ振動ヨリ成レルヲ以テ見レバ太陽ノ分子ハ甚ダ活潑ナル振動ヲ爲シツ、アラザルヲ得ズ、而シテ此振動ハ太陽自體ノエーテルニ轉移シ、遂ニ波動ノ定律ニ從ヒ宇宙ノエーテルヲ經テ周方ニ波及スルモノナルベシ。

(二)熾灼體。物體ハ強烈ノ熱ニ由テ熾灼セラレ以テ光體トナル、此熱作用ハ電流ニ由テモ亦生成スベシ。ドレーパー Draper 氏ニ從ヘバ總テ固體ハ大約五百二十五度ニ於テ紅光ヲ以テ熾灼ヲ始メ大約千七百七十度ニ至リテ白光ニ達ス。熾灼ニ因ル光源ニ屬スルモノハ數種アリ。

(a) ドルモンド Drimmond 氏ノ石灰光ナリ、即チ爆鳴瓦斯酸素瓦斯ト水素ト混和物ノ火焰中ニ一片ノ石灰ヲ投ジ熾灼セルモノナリ。

光源タル熾灼體實例

光源タル熾灼體

近時家々ニ用フル白熱瓦斯燈即チアウエルト^{Draper}氏燈ニ用ヒラル、マントル焰套モ亦此種ニ屬スルモノニシテ莫大小筒ニ硝酸トリウム(僅量ノ硝酸セリウムヲ加フ)溶液ヲ浸蝕乾燥セル者ヲ燒キ酸化トリウム(少許ノ酸化セリウムヲ含ム)ノ灰ヨリ成レル圓筒トナシ之ヲ以テ瓦斯燈燭ヲ包圍スルトキハ白熾ニ由テ烈光ヲ發スルナリ。

(b) 通常ノ電燈ノ如ク電流ニ由レル熾灼光ナリ。

(c) 通常ノ火焰中ニ於テ熾灼セル金屬ノ光ナリ。

熾灼光ノ原因。熾灼光ノ原因ハ熾灼セル物體ノ溫熱ニ在リ、即チ物體常溫度ヲ有スル間ハ其分子ノ振動數ハ一定ノ限界下ニ存スレドモ、其熱昇レバ分子ノ振動漸次ニ増大シ、溫度既ニ五百二十五度ニ達スレバ其振動ニ由テ物體ニ接觸スル所ノエーテルハ各秒時四百ビリオン (1 Billion = 1,000,000,000,000) ノ振動ヲ爲シ以テ物體ハ紅熾ス。溫度猶ホ昇騰スレバ振動數モ亦増加シ、物體ハ黃熾シ、順次斯ノ如クシテ最高ノ溫度ニ達シテ白熾シ、終ニ青熾ニ至ルモノナリ。

熾灼光ノ原因及其溫度

光源タル熾灼體

(三)燃燒體。燃燒體ハ吾人ノ通常光源タル者ナリ、即チ此光源ハ燃燒ニ由テ發生シタル熱ヲ以テ、火焰中ニ浮遊スル固體ノ小部分ヲ熾灼スルニ基因ス、之ニ屬スルモノ頗ル多シ。

(a) 燭光・燈光並ニ瓦斯光ナリ。

光源タル熾灼體

燒體ノ實例

(b) 純粹ノ酸素瓦斯中ニ燃燒スル所ノ燐光ナリ。

(c) マグネシウム光ナリ。

(d) 電流ニ由レル炭光(弧光)ナリ。

同上ノ原因

燃燒ニ由ル光ノ生成。

燃燒ハ化合(即チ分離セル原子ガ其親和力ニ由テ抱合スルモノ)ナリ。今互ニ相引ク所ノ原子ノ衝突スルヤ之ニ由テ一層大ナル振動速度ヲ有スル化合原子ヲ生成ス、而シテ已ニ分子運動ノ強盛トナルトキハ其運動ヨリ成ル所ノ熱モ亦増加スルハ言フ俟タザル所ニシテ、熱ノ昇騰スルニ從テ光ノ發生ヲ見ルナリ。

(四)電撃及電流ノ通過セル物體。本項ニ關シテハ上文(二)

(三)ノ兩項ヲ見ルベシ。

光源タル燐光體

(五)燐光體。燐光トハ熾灼及燃燒ノ温度以下ニ於テ物體ノ光

ルヲ云フ。此光ハ唯暗處ニ於テノミ視覺ニ觸ル、ヲ常トス。

燐光ノ原因ハ左ニ分説スルガ如シ。

燐光ノ原因

(A)徐々ノ酸化ナリ。燐ノ光輝ハ燐蒸氣ノ徐々ナル酸化ニ由テ生ズ。木肉ノ如キ有機體ノ腐敗スル際ニ光ヲ發スルモ亦酸化作用ニ由テ説明スルコトヲ得、蓋シ其現象ハ酸素ノ

存在スルトキノミ成ルモノナレバナリ。其他光ル植物(菌・苔)及光ル動物(海中ノ光リ)ノ燐光モ亦同様酸化作用ニ由テ其説明ヲ得ベシ。

(B)日光電光等ニ曝露ス。硫酸重土・大理石等ヲ暫時日光電光等ニ曝露スルトキハ燐光トナル。

第四節 光ノ波及。

光線ノ定義

(一)定義及定律。光ノ波及スル方向ヲ名ヅケテ光線ト云フ。

光線ハ光點ヨリ周方ニ射出シ、其媒間體 Medium 例之ハ空氣水等 均同ナル

トキハ直線ヲナス。

觀察。(a) 光源ト吾人ノ眼目トノ間ニ不透明體ナキトキ周方ヨリ之ヲ視得ベキコト

日常吾人ノ經驗スル所ナリ。

(b) 一光點ト眼目トノ間ニ於ケル直線中ニ不透明體ヲ置ケバ其光點ハ消失スルナリ。

(二)光ノ直線波及ニ基ケル現象。(第一)陰影ナリ。光

ノ途上ニ不透明體アリテ之ヲ遮ルトキハ光ハ其後位ニ至ルコ

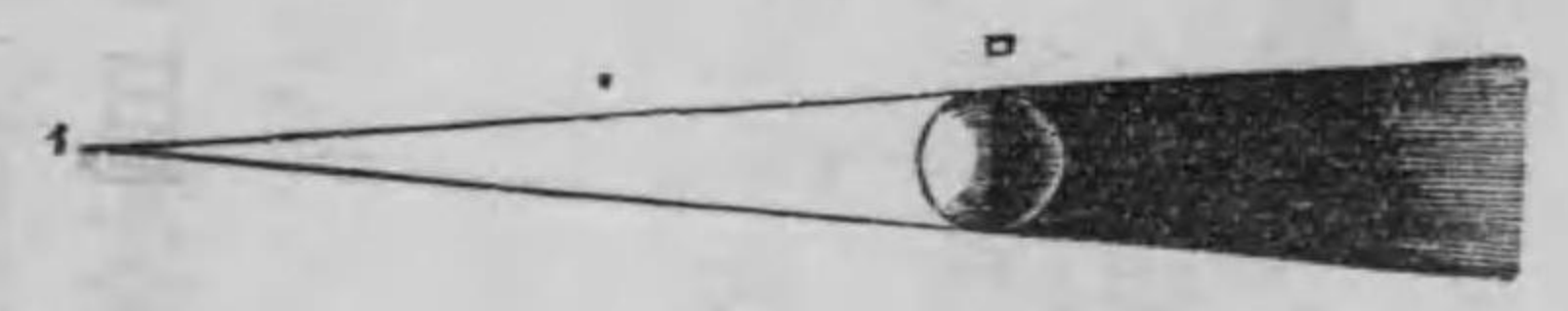
陰影ノ定義

ト能ハズ其光ノ達セザル部分ヲ陰影ト名ヅク。

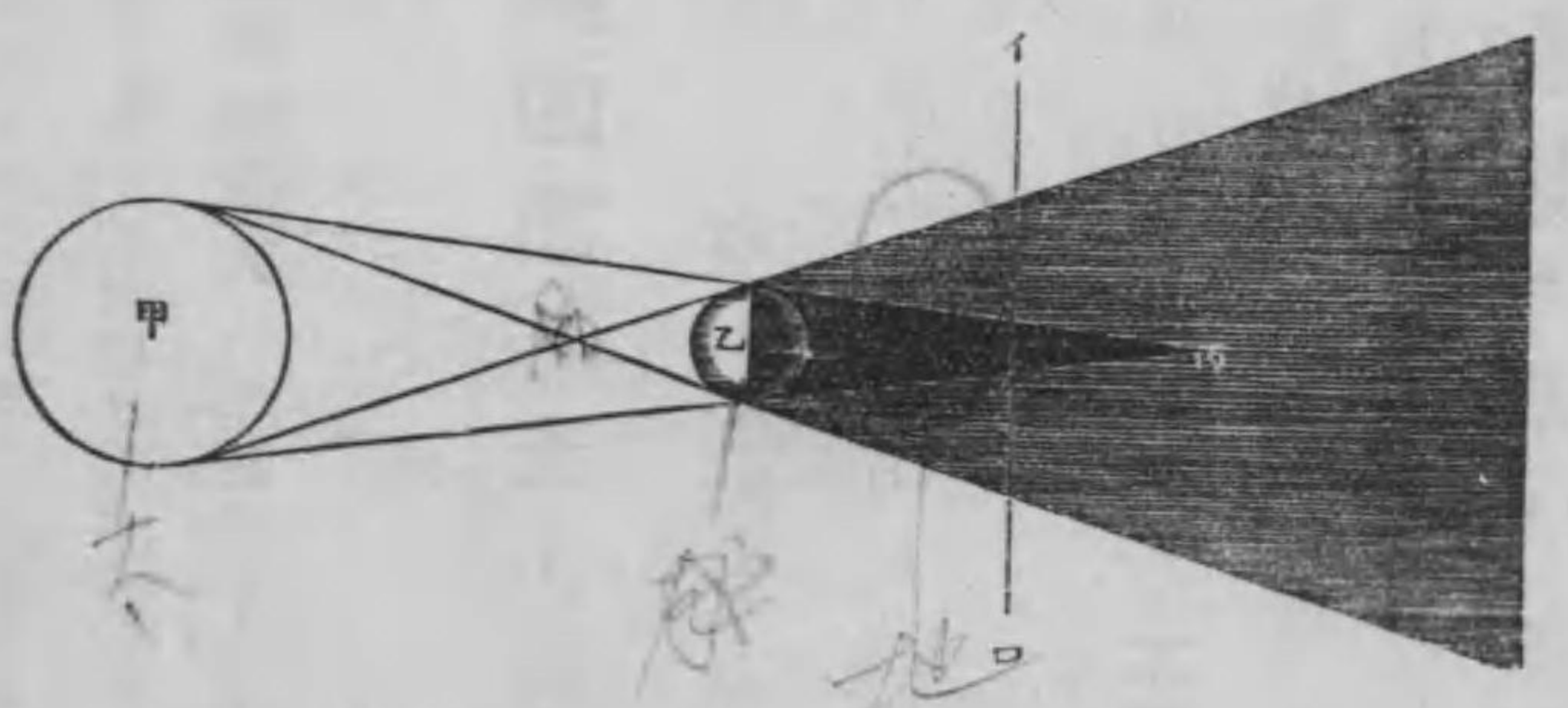
(A)陰影ノ差異。光體ト其光ヲ遮ル物體

トノ大小ニ從ツテ陰影ヲ生ズルコト一様ナラズ。即チ第七十一圖ニ示スガ如ク光ヲ發射スルモノハ只一小點(イ)ニシテ、之ヲ受クル物體(ロ)ノ巨大ナルトキハ其陰影ノ狀態恰モ圓錐體ヲ中斷シタルモノ、如ク、之ヲ光點(イ)ニ延長シテ始メテ圓錐狀態ヲ得ベシ。然ルニ第七十二圖ニ示スガ如ク光體(甲)ハ巨大ニシテ此光ヲ受クベキ物體(乙)ノ細小ナルトキハ本圖ニ示ス如キ陰影ヲ生ズ、即チ前圖ニ就テ說述セル陰影ニ反シテ真正ノ圓錐狀態ヲ成スニ至リ、其錐尖ハ(丙)點ニ於テ終ル。此際眞ノ陰影部ノ外ニ於テ所謂半陰影ナルモノヲ生ズ。此半陰影ハ圖中ニ見ル如ク光ノ一少部

第七十圖



第七十二圖



半陰影ノ定義

陰影核

日蝕及月蝕ノ説明

第三十七圖



分ノミヲ受クルニ因リテ生ズルモノナリ。斯ノ如ク半陰影ヲ生ズル時ニハ眞ノ陰影ヲ名ヅケテ陰影核ト云フ。今陰影核及半陰影ヲ併セ其一部例之バ(イロ)ニ於テ中斷スレバ第七十三圖ニ示ス如キ狀態ヲ得ベシ。

(B)日蝕ノ説明。

陰影ノ理ニ由レバ日蝕及月蝕ノ生ズル所以ヲ説明スルコト容易ナリ、即チ第七十二圖ニ就テ示ス所ノ光體(甲)ヲ太陽トシ、(乙)ヲ地球ト假定スルノ際、太陽若シ地球ノ爲メニ生ジタル陰影中ニ進行シ來ルトキハ所謂月蝕ヲ成ス。之ニ反シテ(乙)ヲ太陽ト看做シ、地球其陰影中ニ循環シ來ルトスレバ之ガ爲メニ日蝕ヲ生ズベシ。

(第二)光學室ノ現象ナリ。光體ノ光線ガ不透明ナル壁障ニ於ケル形狀隨意ノ小孔ヲ經過シテ暗室内ニ入ルトキハ對向セル壁面上ニ物體ノ倒像ヲ生ズ。

説明及例。

(a) 第七十四圖ニ示ス如ク小孔(イ)ヨリシテ暗室(乙)内ニ光ヲ射入セシムレバ、此小孔ニ相對スル所ノ壁上ニ外景(即チ室外ノ光景)ノ倒像ヲ生ズ、是レ光線小孔ニ集マルト雖ドモ屈折スルコトナク直射スルガ故ニ外物(甲)ノ下端ヨリ發シテ室内ニ射入シ來

光學室ノ現象

全上ノ一、即チ壁面ニ倒像ヲ生ズル所以

全上ノ二、
即チ小孔ヲ
通過スル日

圖 四 十 七 第

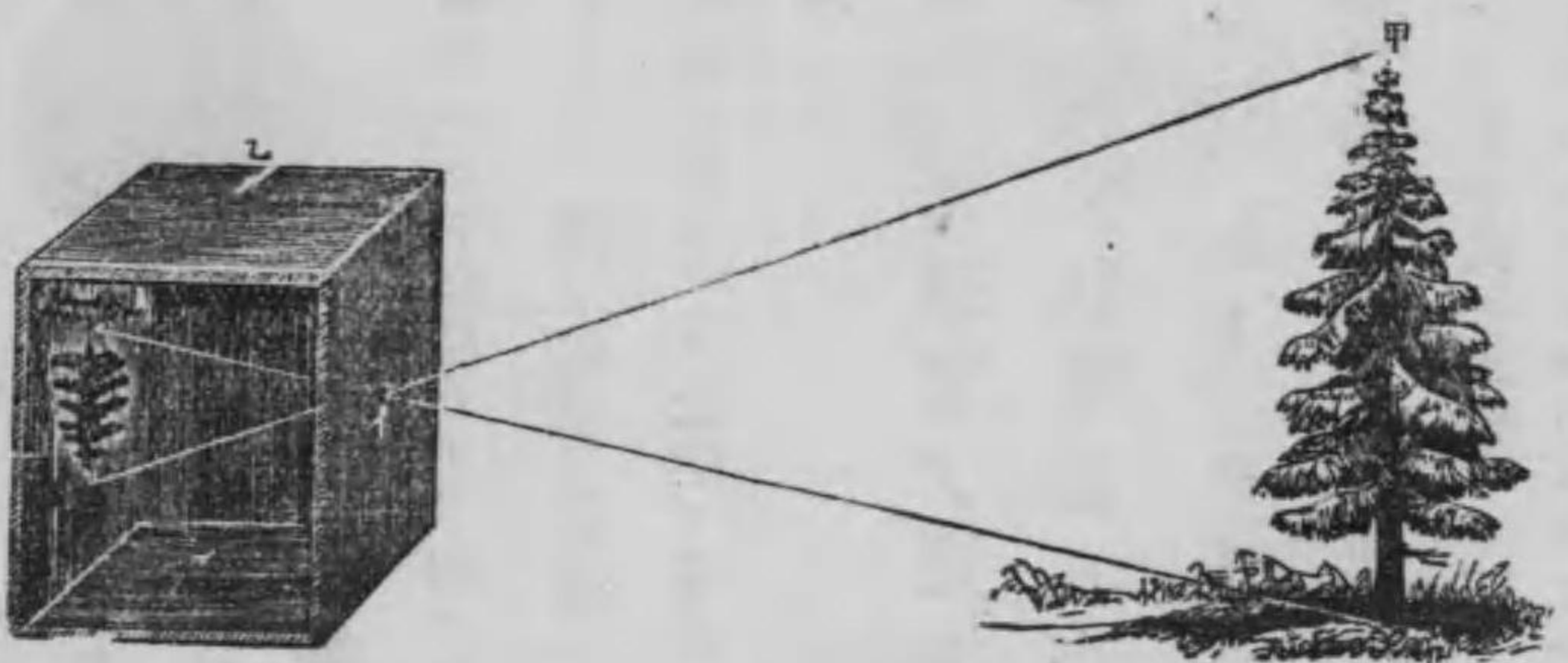
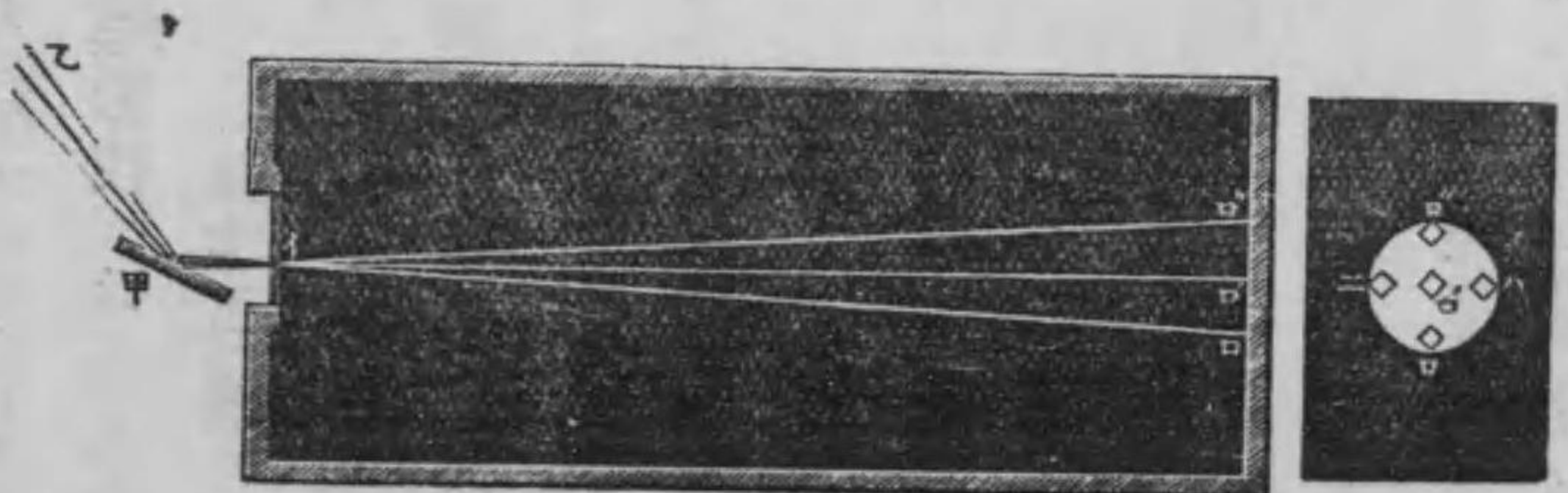


圖 五 十 七 第



ル所ノ光ハ其上方ニ到達シ、
外物ノ上端ヨリ發射シテ室内
ニ入ルモノハ其下方ニ至リ、
各自ニ其點ノ影像ヲ爲
セバナリ。穿孔若シ大ナルト
キハ物體ノ各點ヨリ射入シ來
ル所ノ光線各々相符合スル一
點ニノミ束聚セズシテ彼此紊
亂シ共ニ相重疊スルヲ以テ著
明ノ影像ヲ生ズルコトナシ、
是故ニ通常ノ窓間ヨリ射入ス
ル所ノ光ニ由テハ此現象ヲ見
ルコト能ハズ。

(カ)第七十五圖ニ示スガ如ク
暗室ノ外ニ平面鏡(甲)ヲ裝置

光ノ強度ヲ
消長セシム

シ、之ニ由テ太陽ヨリ落射スル所ノ光線(乙)ヲシテ水平ノ方向ニ反射セシメ小孔ヲ通過シテ
室内ニ入ラシムレバ、孔ノ形状(例之バ三角或ハ四角或ハ正圓)ニ關スルコトナク常ニ圓
キ影像ヲ得ルモノトス。即チ太陽若シ一點ノ光源ナルトキハ孔穴ノ形状ニ一致スル所
ノ明像ヲ得ベキノ理ナルニ其光像ノ狀態穿孔ノ如何ニ關セザルハ太陽ノ球體ナルニ由ル。即
チ太陽ノ最高點ヨリ發射シ來ル所ノ光線ハ鏡ニ由テ反射シ、(イロ)ノ方向ヲ取リテ壁面上ニ
達シ、(ロ)點ニ於テ細小ナル正方形ノ光像ヲナシ(孔穴ノ形状ヲ正方向ト看做スニ因ル)、太
陽ノ最下點ヨリ射來スル光線モ亦(ロ)點ニ於テ光像ヲナシ、中點ヨリ發射シ來ル者ハ(ハ)ニ
於テ正方形ノ像ヲナス、而シテ(ニ)ニ生ズル光像ハ太陽ノ右方最外點ヨリ來ル光線ニ由リ、
(ハ)ニ生ズル光像ハ左方ノ最外點ヨリ來ル光線ニ因ル。其他ノ諸邊縁及内部ノ各點ヨリ發射
シ來ルモノモ之ニ同ジク各々之ニ一致スル所ノ點ニ於テ正方形ノ像ヲナスモノトス。斯ノ如クシ
テ生ズル各箇正方形ノ全數ハ終ニ球體ニ一致シテ圓像ヲ成ス。是ニ由テ之ヲ觀レバ凡ソ日光
ハ如何ナル形状ノ孔穴ヲ通過スルモ必ず圓形ノ像ヲ生ゼザルヲ得ザルナリ。

第五節 光ノ強度。

(一)照輝ノ強度。 光體ノ光ガ暗體ノ表面上ニ落射スルトキ

ル三要因

第一、光源
自己ノ強度

第二、光源
ノ距離

ハ其表面ハ照輝セラルト云フ、此照輝ノ強サ即チ光ノ強度ハ左ノ要因ニ關ス。

(第一) 光源自己ノ強度ニ關ス、即チ發スル光ノ強度愈大ナレバ照輝スルコト愈強盛ナラザルヲ得ズ、而シテ光源自己ノ強度ハ其本性ト發光部分ノ熾灼ノ度トニ關ス。

(第二) 光源ノ距離ニ關ス、即チ二表面ニ於ケル照輝ノ強度 i ト i_1 トハ光源ヨリノ距離 n ト n_1 トノ相反ノ自乘ニ比例ス之ヲ換言スレバ照輝ノ強度ハ距離ノ自乘ニ反比例ス、即チ左式ノ如シ。

$$i:i_1 = \frac{1}{n^2} : \frac{1}{n_1^2} \quad \text{或ハ} \quad i:i_1 = n_1^2 : n^2$$

(A) 解釋。光源ヲ距離一米ノ處ニ於テ一ノ強度ヲ以テ照輝セラレタルモノニ米ノ距離ニ至レバ四分一ノ強度ニ減弱スル等左表ニ示スガ如シ。

n	1	2	3	4	5
距離	1	2	3	4	5
光ノ強度	1	1/4	1/9	1/16	1/25

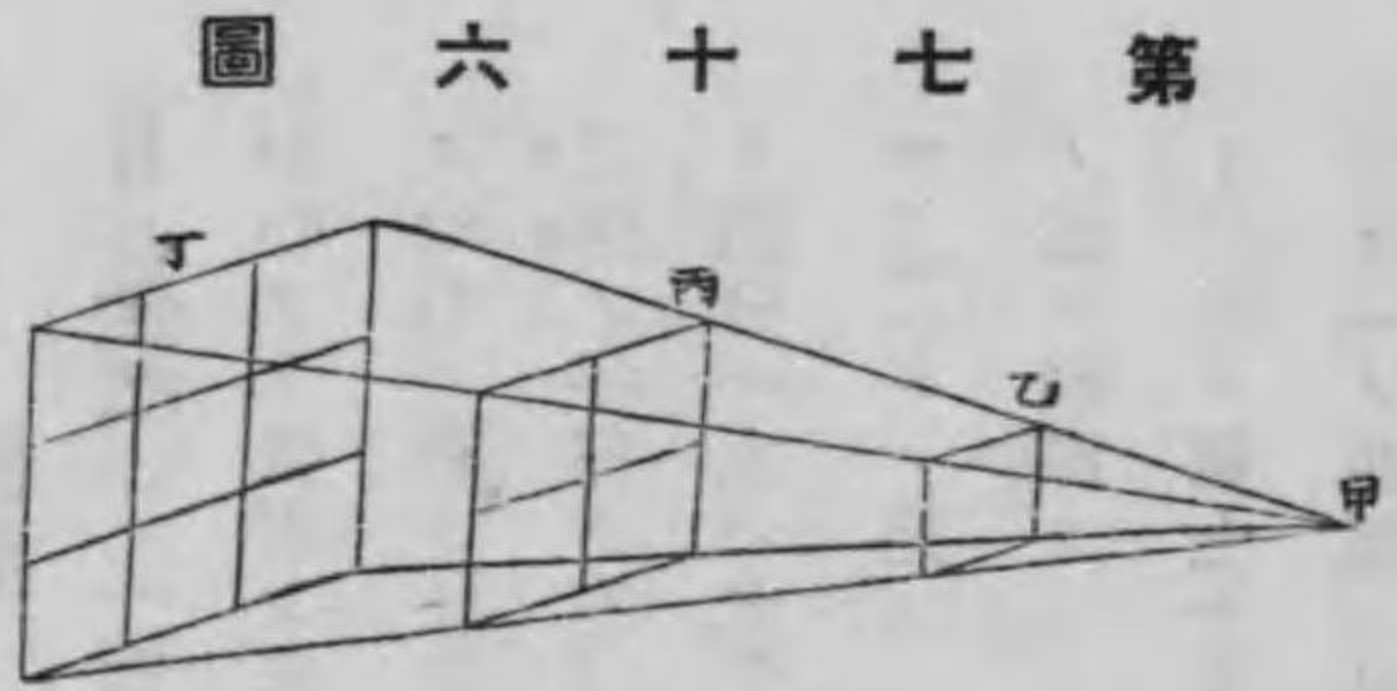
光ノ強度

距離

光ノ強度ハ
光源ノ距離
ニ倒比スル
定律ノ基因

(B) 基因。一箇ノ空球アリテ其中心ニ光點アリト考想スレバ、其面ノ各小部分ハ悉ク中心ヨリ發射シ來ル所ノ光ヲ受クルナルベシ。其光點若シニ二倍或ハ三倍ノ半徑ヲ有スル空球ノ中心ニ在リトスルモ亦此各小部分ノ光ヲ受クルハ前球ノ狀ニ齊シカルベシ。然レドモ二倍三倍ノ半徑ヲ有スル球面ノ各小部分ハ一ノ半徑ヲ有スル球面ノ各小部分ヨリモ光ヲ受クルコト四分一或ハ九分一ニ止マルモノトス、蓋シ幾何學ノ定理ニ從テ圓球ノ面積ハ其半徑 $1:2:3$ ノ比ニシテ $1:4:9$ ノ比ナルヲ以テ、一定ノ強度ヲ有スル光ヲシテ四倍或ハ九倍ノ面ヲ照輝セシムレバ、其各小部分ニ於テハ四分一或ハ九分一ノ強度ニ減弱スベキヲ以テナリ。即チ第七十六圖ニ就キテ其狀況ヲ示スヲ得、(甲)ニ於テ光點アリ之ヨリ發射スル光ヲ一ノ距離ニ位シ且ツ一定ノ大サヲ有スル面(乙)ヲ照スモノト假定ス、然ルニ此同一

其三、光ノ照輝表面ニ合スル角度



第七十七圖



第七十七圖

線已ニ二ノ距離ニ至レバ其面ニ並立シテ其大サ四倍スル所ノ面〔丙〕ヲ照ラシ、三ノ距離ニ至レバ始メニ九倍スル所ノ面〔丁〕ヲ照サマル可カラザルヤ明白ナリトス。

(第三) 光線ノ照輝面ニ逢會スル角度ニ關ス、即チ其角度愈小ナレバ(光線愈斜メニ落射スレバ)照輝ノ強度ハ愈小ナリ、即チ其落射角ノ正弦ニ比例ス。

(二)光度計。各種光源ヨリ發スル光ノ強度ヲ比較測定スルニ

解明。例之バ第七十七圖ニ示ス所ノ〔甲乙〕ナル面ハ落射光線ト斜角ヲナシ〔甲丙〕ハ直角ヲ爲ストスレバ、設トヒ〔甲乙〕面ハ〔甲丙〕面ヨリ廣シト雖ドモ其兩面ハ同數ノ光線ヲ受クベシ、然ラバ則チ〔甲乙〕面ハ〔甲丙〕面ヨリモ照輝セラル、コト弱シ、而シテ〔甲乙〕面愈傾ケバ其照輝セラル、ノ度モ愈弱カラザルヲ得ザルナリ

$$\frac{照輝}{甲乙} = \frac{照輝}{甲丙} \times \frac{甲丙}{甲乙}$$

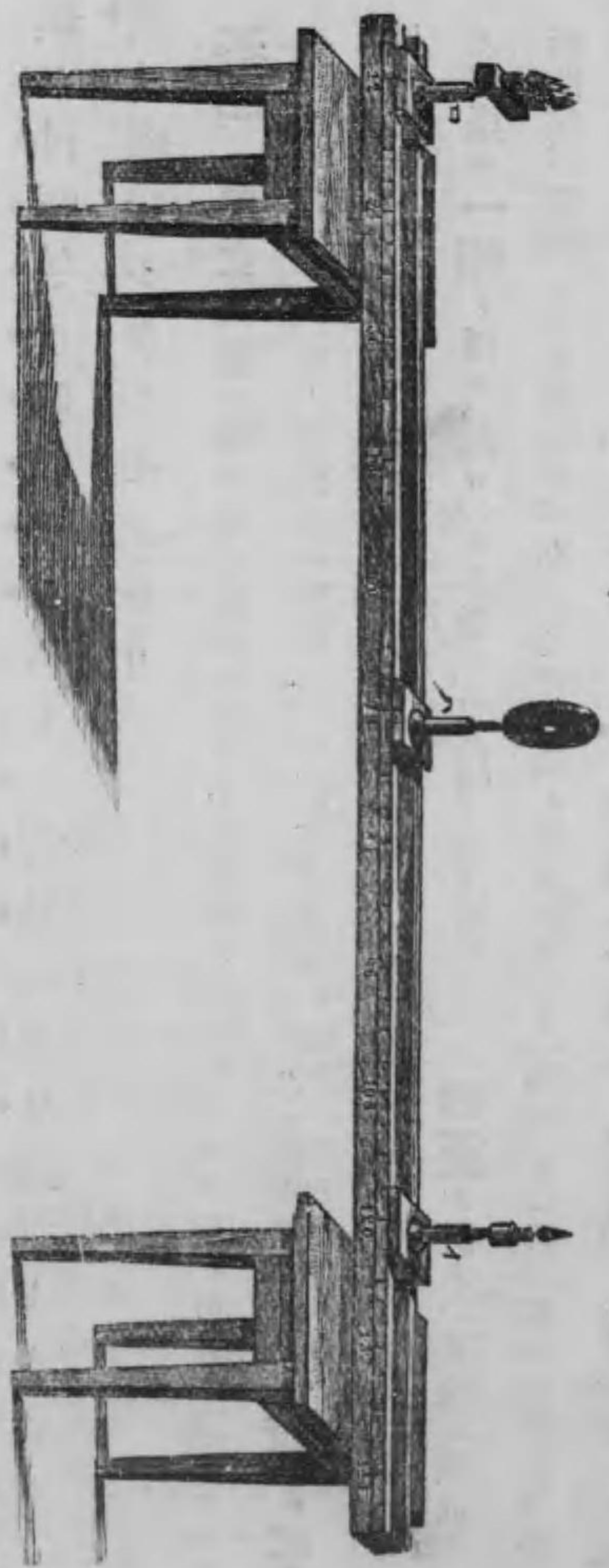
要スル装置ハ之ヲ名ヅケテ光度計ト云フ。抑光度計ハ上ノ第一定律ニ基ヅケルモノニシテ其光強ノ單位トシテハ六本ノ重量半粒ナル蠟製或ハパラフィン製一燭光ノ強度ヲ選用ス。光度計ノ最モ廣ク實用セラル、モノハ左ノ二者ナリ。

(第一) **ブンゼン** Bunsen 氏ノ脂肪點光度計一千八百五十年ノ發明ナリ、即チ紙ニ油蠟等ヲ吸收セシムレバ容易ニ光ヲ通過セシムルノ性質ヲ應用シタルモノナリ。

基因。第七十八圖ニ示ス所ノ装置ニ據リテ其原理ヲ説明スベシ、即チ凹溝ヲ設ケタル木杆ニ尺度ヲ劃シタルモノヲ机上ニ安置シ、〔ハ〕ナル支臺イロハノ支臺三箇ハ共ニ容易ニ紙片ヲ貼附シタル圈輪ヲ挿立シ其中央ニステアリンヲ附著シテ一小脂肪點ヲ作り、而シテ〔イ〕ノ支臺ニ一燭ヲ挿シ、〔ロ〕ノ支臺ニハ其燭ト同様ナルモノ四箇ヲ樹テ、其燭ニ點火スルニ脂肪點ハ依然トシテ現ハル。今〔ハ〕ヲ一定ノ處ニ置キ〔イ〕或ハ〔ロ〕ノ一箇モ亦〔ハ〕ヲ距離コト一定ノ位置ニ在ラシメ、而シテ其一箇ヲ進退スレバ遂ニ脂肪點ハ全ク消失シテ復タ見ル可カラザルニ至ル。此際〔ハ〕ヨリ〔イ〕及〔ハ〕ヨリ〔ロ〕ノ距離ヲ測ルニ一ト二トニ於ケルガ

ブンゼン氏ノ脂肪點光度計
同上ノ理

圖 八 十 十 號



如シ、即チ是レ一ノ距離ニ在ル所ノ一燭ト二ノ距離ニ在ル所ノ四燭ト脂肪點ヲ照スコト同強ナルノ徴ニシテ光強ハ距離ノ自乘ニ反比例スルヲ以テナリ、蓋シ脂肪點ハ何故ニ同一ノ強度ヲ有スル光ヲ受クレバ消失スルカノ理由ハ下ノ如シ。

今脂肪點ヲ有スル紙片ノ側邊ニ光點ヲ置キ、此方ヨリ紙片ヲ望メバ脂肪ノ附着シタル點ノミハ其他ノ諸點ニ比較スレバ多少暗黒ニ現ハル。之ニ反シテ他方ヨリ之ヲ望メバ脂肪點ノミ

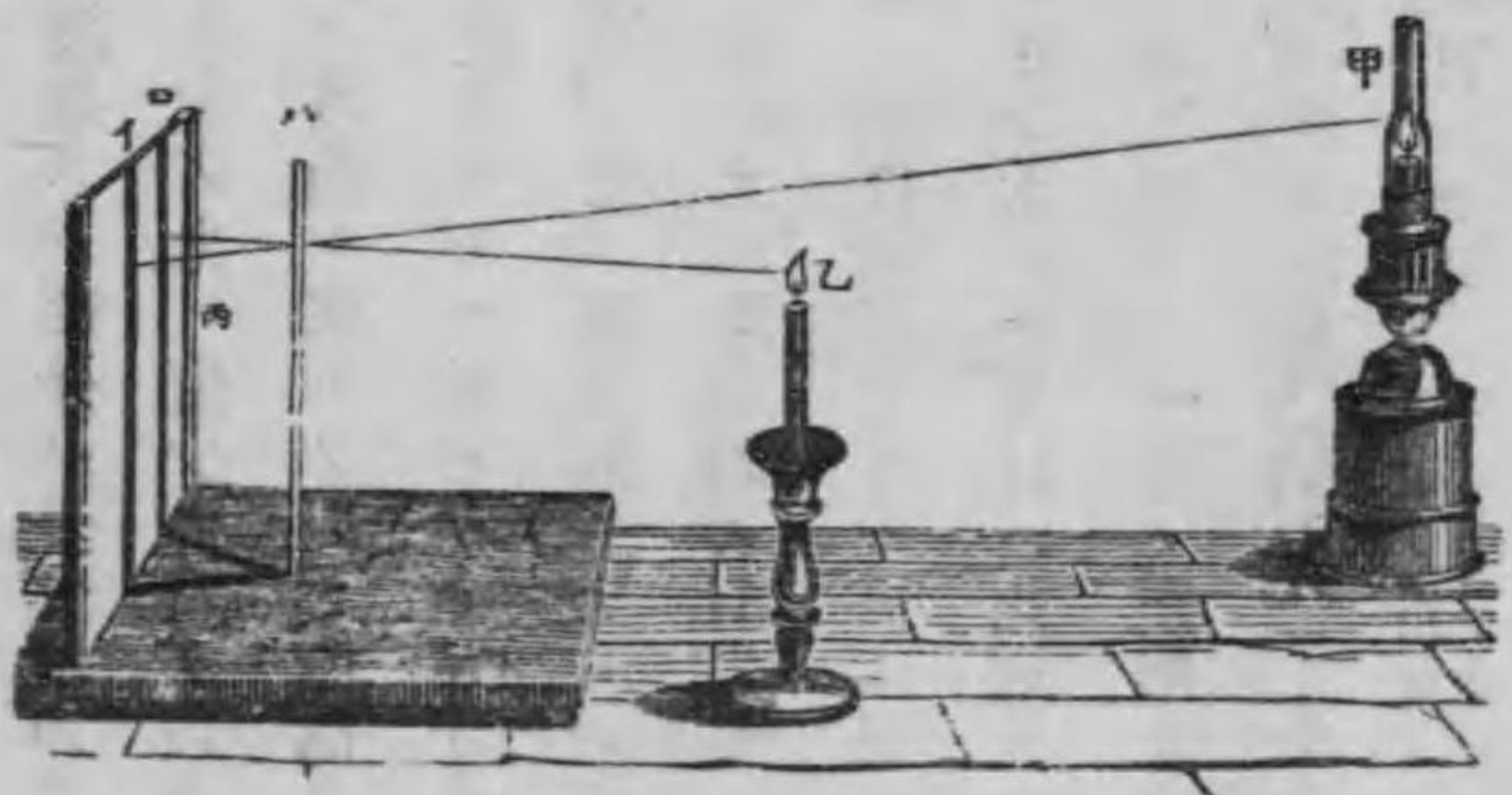
鮮明ニシテ其他ノ各點ハ悉ク暗黒ナルヲ覺ユ。是レ紙片ノ如キ物體上ニ光ノ落射スルキハ其一分ハ直チニ其面ヨリ反射シ他ノ一分ノミ透過スルニ由リ、脂肪ヲ以テ其面ニ附着スルトキハ其透過スル部分ハ多少増加スベキガ故ニ、光點ノ存在スル方邊ヨリ之ヲ望メバ脂肪點ヨリ反射スルノ光ハ僅少ナルヲ以テ其點ノミ暗黒ナルヲ覺エ、他方ヨリ視フトキハ脂肪點ノ部ヨリ多ク透過シ來ルヲ以テ他部ヨリ鮮明ナルヲ覺ユルモノナリ。是故ニ若シ兩方ニ光源ヲ置キ強度同等ナルニ至レバ一方ヨリ他方ニ透過スルノ量ヲ補足スルニ他方ヨリ來ル者ヲ以テスルニ由リ、光ノ強度同一ナレバ脂肪點ハ宛モ消失シタルガ如ク毫モ茲ニ發現スルコトナシ。然ラバ則チ上記脂肪點ノ消失セシハ一ノ距離ニ在ル一燭ト二ノ距離ニ在ル四燭ト其光ノ強度同等ナリシコト果シテ明カナリ。

フンゼン氏ノ光度計ハ此理ニ基ツキ構成セルモノニシテ、單位燭光ヲ脂肪點ヲ有スル紙片ノ一方ニ於ケル一定ノ距離ニ定置シ、他方ニハ其比較ヲ取ラント欲スル所ノ光源例之バ電燈若クハ瓦斯光ヲ來スベシ。今之ニ由テ脂肪點ヲ消失セシムルニハ nl ノ距離ニ定メザル可カラズ、蠟燭ノ距離ヲ示スニシテ以テス是故ニ其比較シタル光ノ強度ハ即チ n ナリ。

(第二) ルムフォルド Rumford 氏ノ光度計 千七百九十ナリ。是レ即チ白壁ノ前ニ垂直ニ樹立セシメタル小杆ヲ兩光源ヨリ照輝

ルムフォルド氏ノ光度計

シ、以テ其白壁上ニ生ズル所ノ兩陰影ノ濃淡均一ナルニ際シ
光源ヨリノ距離ヲ測リ光強度ヲ測定スルモノナリ。



第七十九圖

第七十九圖ニ示ス所ハ即チ其光度計ナリ。(丙)ハ白壁ニ
シテ其前面ニ近ク(ハ)ナル一小杆ヲ樹立セシム。今(乙)
ニ單位燭光ヲ置キ、(甲)ニ比較セント欲スル光ヲ置クト
キハ壁上ニ杆(ハ)ノ陰影二箇(イ)及(ロ)ヲ生ズ、而シ
テ此二箇ノ陰影ヲ生ゼザル部ハ(甲)及(乙)ナルニ光ノ爲
メニ照輝セラル、ヤ言フ俟タズ。然レドモ陰影ハ各一
光ノ爲メニ照輝セラル、ヲ以テ其光源共ニ同強ノ光ヲ發
スルトキハ、兩光ノ其壁面ヲ遠ザカルコト均一ナル
距離ニ於テハ此兩陰影共ニ濃淡ノ度等シカルベシ。然
ルニ一光若シ強大ナルニ於テハ此兩陰影ヲシテ同度ニ至
ラシメンガ爲メ、其強光ヲシテ壁面ヨリ遠ザカラシメザ
ル可カラズ、今I及iヲ以テニ光ノ強度ヲ示シ、壁面ヨリニ光ノ距離ヲ標スルニL及lヲ以
テスレバニ光強度ノ比ハ左式ノ如シ。

$$I:i = L^2:l^2$$

第六節 光ノ速度。

光ノ波及ノ
速ナル所以

光ハ巨大ノ速度ヲ以テ波及スルモノナリ、遠ク伐木ヲ見テ後丁
丁ノ響ヲ聞キ、遙ニ電光烽火ヲ見テ後雷鳴爆聲ヲ聞クガ如キ皆
之ヲ證スルモノナリ。然レドモ其波及ハ瞬間ニ成ルニ非ズシ
テ一定ノ時間ヲ要ス、即チ一秒時間ニ地理里程ノ四萬有餘里ノ
遠キニ達ス。

(一)光速ノ測算。 光ノ速度ハ或ハ星學上ノ測算ニ由リ或
ハ適當ノ裝置ヲ以テ測算スルコトヲ得、左ノ方法即チ是レナリ。

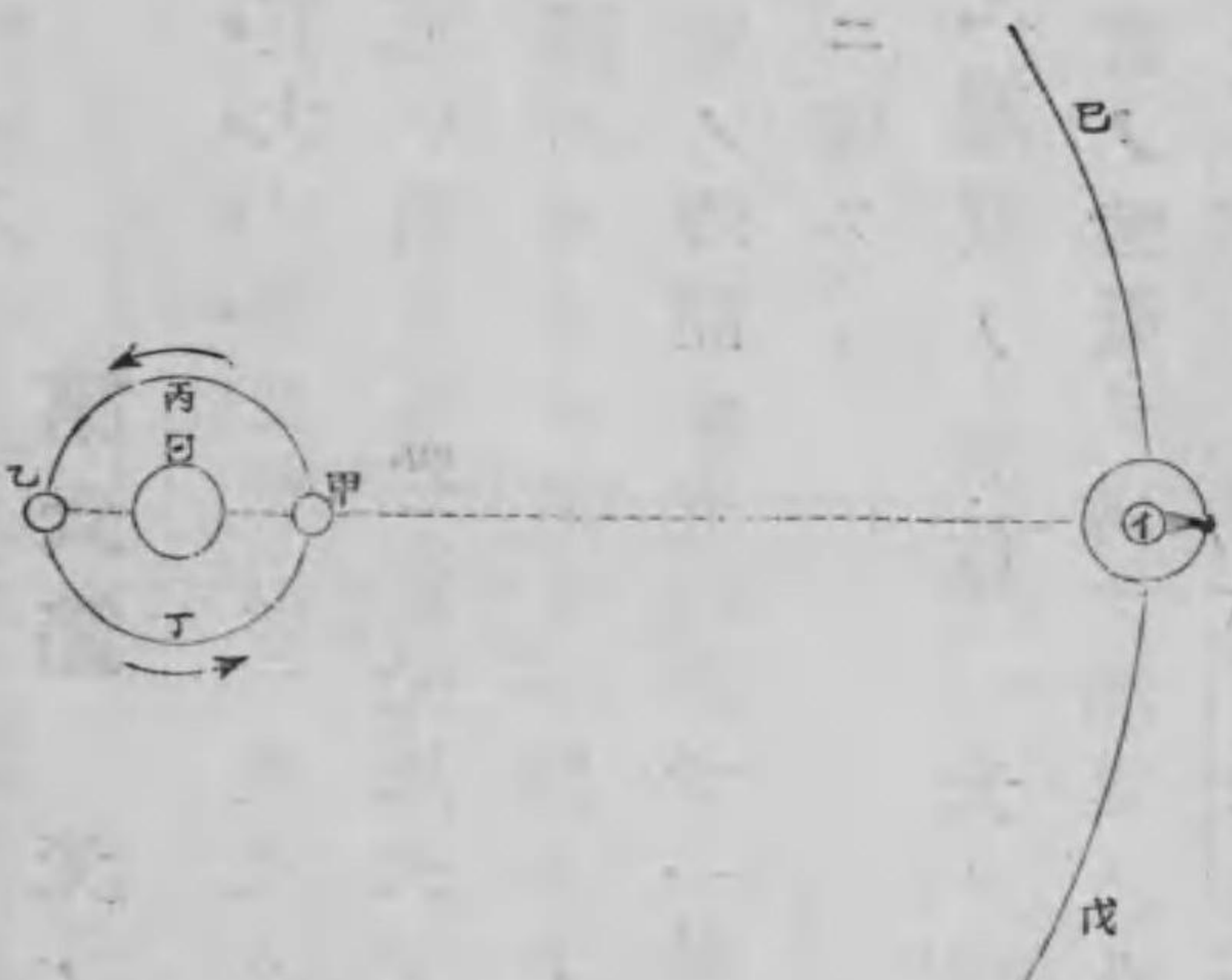
木星ノ衛星
蝕ニ憑據ス
ル光速度ノ
測算(リ)
イメル氏ノ

(第一) オラーフリーメル Olaf Römer 氏ハ千六百七十五年ヨリ
翌年ニ至ル一週年間木星ノ一衛星蝕(即チ木星ノ月蝕)ヲ觀測
シテ光ノ速度ヲ發見セリ。

發見)

木星 *Jupiter* ニハ四箇ノ衛星(即チ四箇ノ月)アリ、其内木星ニ最モ近キモノハ每巡行ノ際木星ノ陰影中ニ入り所謂月蝕ヲ生ズ、而シテ其影中ニ入ル瞬間或ハ影外ニ出ヅル瞬間ノ前後二回ノ間ニ要スル時間ハ其衛星ノ巡行時間ニ同一ナラザルヲ得ズ。今第八十圖ニ示ス所

圖 十 八 第



ノ〔日〕ヲ太陽、〔甲乙丙丁〕ヲ地球ノ軌道、〔戊己〕ヲ木星ノ軌道トシ〔イ〕ヲ木星ト定メ、地球一定ノ位置例之バ〔甲〕ニ在ルノ際即チ一回影中ニ入ルト次回ニ影中ニ入ル間ニ於ケル時間或ハ一回影外ニ出ヅルト、次回ニ影外ニ出ヅル間ニ於ケル時間中ニ地球ト木星トノ距離ハ變ゼザル者ト看做シ得ベキ處ニ於テハ、前後二回影中ニ入ルノ時間或ハ影外ニ出ヅル前後二回ノ間ニ於ケル時間ハ四十二時二十八分三十五秒ナリ。然ルニ地球ガ〔甲〕離最小ナリヨリ〔丙〕ヲ過ギ〔乙〕木星トノ距離最大ナリニ向テ巡行シ木星トノ距離愈々遠大ナレバ衛星ノ速度ハ愈々減少スルカノ如ク、其最大ノ距離ニ於テハ最近ノ處ニ於ケルヨリハ

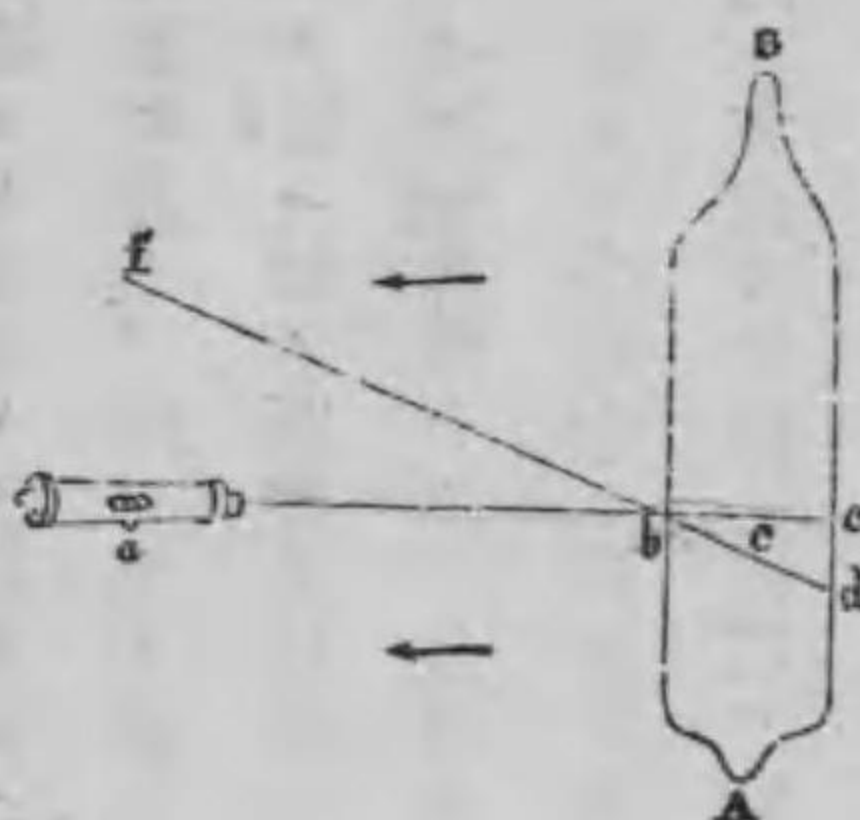
十六分半ノ時間ヲ遅刻セルヲ見ル。是レ其原因ハ光ノ速度ニ歸スルノ他アラザルモノニシテ〔甲〕ヨリ〔乙〕ニ至ルノ距離即チ地球軌道ノ直徑四千萬里ヲ經過スルニ十六分半ノ時間ヲ要スルコト明白ナリトス。故ニ其十六分半ヲ以テ四千萬里ヲ除スレバ光ノ速度ヲ得ルコト左ノ如シ。

$$\frac{40,000,000}{16.5 \times 60} = \frac{40,000,000}{990''} = 40,404 \text{ 地理里}$$

(第二) ブラドレー Bradley 氏ハ千七百一十七年光ノアベラチオン(行差)ニ由テ光ノ速度ヲ測定セリ。

光ノアベラチオンニ憑據スル光速度ノ測定 (ブラドレー) 氏ノ發見 アベラチオンノ解

圖 一 十 八 第

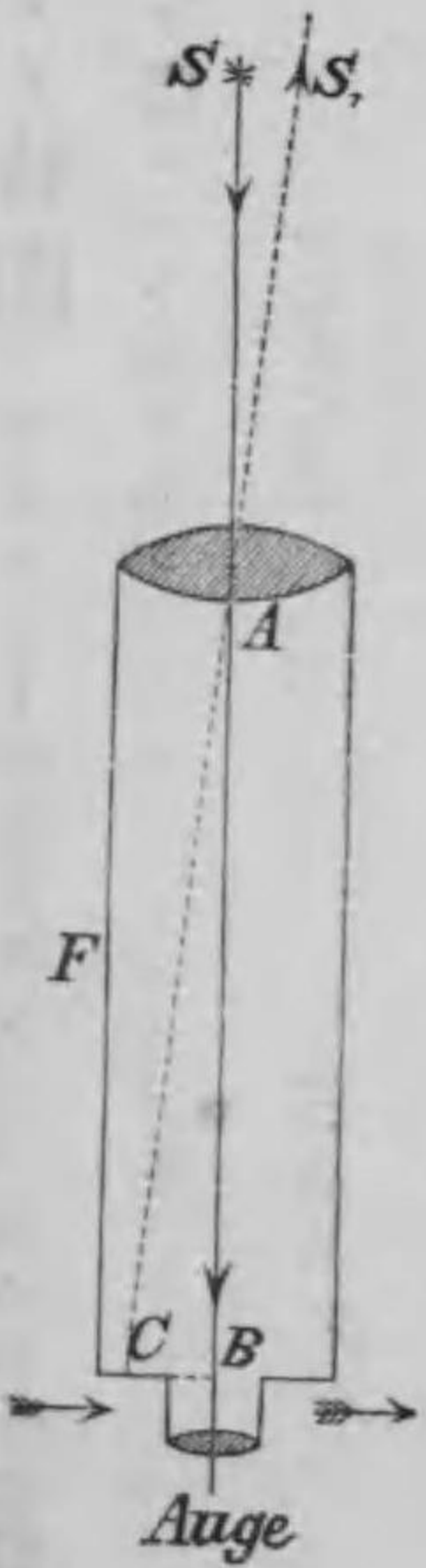


アベラチオントハ如何ナル現象ナルカ茲ニ先ヅ之ヲ説明セントス。即チ第八十一圖ニ示ス所ノ AB ヲ以テ一箇ノ船ト看做シ、a ヲ以テ其船ニ向テ照準セル大砲ト定ム、船若シ静止セルトキハ a ヨリ發射スル所ノ砲丸ハ b 點及 c 點ニ於テ穿孔シ船ヲ通過スベシ、故ニ此穿孔ヲ透シテ大砲ヲ見ルヲ得ベキヤ固ヨリ言ヲ俟タズ。設トヒ其船運動シテ箭ノ方向ヲ以テ示スガ如ク大砲ニ向テ進行スルカ或ハ正ニ之ト反對ノ方向ヲ取リテ

アベラチオンノ角

大砲ヨリ離ル、モ其成績ハ前者ニ同一ナリトス。然レドモ船若シ運動シテAヨリBノ方向ヲ取リテ進ミ、而シテ大砲ヨリ發射セル所ノ砲丸ノ船腹即チbcノ距離ヲ飛過スルト同一時間ニ於テ船ハdcノ距離ヲ經過スト看做ストキハ第二ノ穿孔即チc孔ハc點ニ生ゼズシテd點ニ來ルベキヤ必然ナリ。是故ニdbナル線ノ方向ニ砲丸ノ方向ト同一ナラザルコト明瞭ナリ。然ルト雖ドモ今船中ニ在ルノ人若シ船ノ進行ヲ覺知セザルトキハdbナル線ノ方向ヲ以テ直チニ砲丸ノ方向及大砲ノ所在ヲ指示スル者ト信ズルナラン。茲ニdb及cbナル線ノ間ニ生ズル所ノ角ヲ名ツケテアベラチオン角ト云フ、而シテ船ノ進行スル速度愈々大ナルカ又ハ砲丸ノ速度愈々小ナルトキハ其アベラチオンモ亦愈々大ナリトス、故ニ此角度ト船ノ速度トニ由テ砲丸ノ速度ヲ算出シ得ベシ。

圖二十八第



達スルナラン、然レドモ其光線望遠鏡中ニ於テABナル距離ヲ經過スル内ニ望遠鏡ガ地球ト共ニ一小片ノ距離(BC)ヲ通過スルキハ光線ハBニ來ラズ寧ロCニ到達シ眼(Auge)ニ來ルコトナ

今第八十二圖ニ示ス所ノFヲ望遠鏡トシ地球ト共ニ之レガ静止スルトキハ一ノ恒星(S)ヨリ射來スル光線(SA)ハ眼(Auge)ニ到

シ、是故ニAニ射來スル所ノ光線ヲシテ眼(Auge)ニ達セシムルニハ望遠鏡ヲACナル方向ニ傾ケザル可カラズ、依テ星ヨリ射來スル所ノ光ハACナル方向ニ眼中ニ射入スルヲ以テ恒星ヲ真正ナル位置(S)ニ見ズ却テS₁ナル位置ニ觀ルナリ、其BACナル角ハ即チアベラチオンニシテ之ヲ示スニαヲ以テシ而シテ其價ハプラトレー氏ニ從ヘバ二〇・四四五秒(= 20.445")ナリ、依テ左式ヲ得。

$$\text{tang } \alpha = \frac{BC}{AB} = \frac{\text{地球ノ速度}}{\text{光ノ速度}} = \frac{C}{V}$$

故ニ

$$V = \frac{C}{\text{tang } \alpha} = \frac{4,128}{\text{tang } 20,445''} = 41,065 \text{ 地理里.}$$

(第三) **フゾー Fizeau 氏**ハ千八百四十九年ニ於テ二箇ノ望遠鏡ト一箇ノ齒輪トヲ裝置シ以テ光ノ速度ヲ測定セリ。

(1)原理。均整ノ齒ヲ具有スル一箇ノ齒輪ヲ取り之ニ非常ノ速度ヲ與ヘテ平等ニ廻轉セシムルトキハ、其一箇ノ齒部若クハ甲齒ト乙齒トノ間ニ存スル一箇ノ空隙ガ、或ル一定點ノ前ヲ經過スルニ費ス所ノ時間ハ非常ニ短小ナルヤ疑ナシ、今一定ノ裝置ヲ設クレバ其短小ノ時間ハ大約一萬分ノ一秒時ニ當ル如ク齒輪ヲ廻轉セシムルモ亦難事ニアラザルベシ。

光ノ速度ヲ測知スル方法ノ第三即チフゾー氏ノ法

然リ而シテ光ノ速度ハ太ダ巨大ナルモ此ノ如キ短小時間中ニハ著大ナル距離ヲ經過ス

ルモノニアラズ。大約地理里程ノ四里ヲ過グルノミ。故ニ齒輪ヲ距ルコト若干ノ位置ニ在ル所ノ鏡面ニ落射シ來ル光ヲシテ同一ノ方向ニ反射セシムル様装置シ、該齒輪ノ齒間ヲ通過セシムルトキハ、其齒輪上ニ反射シ來ルノ際其廻轉ノ緩急ニ隨ヒ、始メ光線ノ通過セシ齒間ノ位置ニハ更ニ齒若クハ他ノ齒間ノ廻轉シ來ルモノアルベシ、是故ニ茲ニ反射シ來ル所ノ光ハ或ハ齒ノ爲メニ遮ラレ、或ハ他ノ齒間ヲ通過スベキノ理ナリ。

(2) 裝置。第八十三圖ニ示ス所ハフツリー氏ノ實用セシ裝置ノ概形ナリ、即チ〔甲〕及〔甲〕ハ共ニ一箇ノ望遠鏡（後章ニ詳カナリ）ニシテ互ニ相距ルコト八六三三米ノ位置ニ在リ、而シテ一ノ望遠鏡ヨリ佗ノ望遠鏡ヲ覗フモ亦彼ヨリ此ヲ望ムモ均シク對物レンズヲ透視スルヲ得ル様即チ兩鏡ノ軸ガ同一直線ヲ爲ス様設置シタル者トス。〔甲〕ナル望遠鏡中ニハ其側

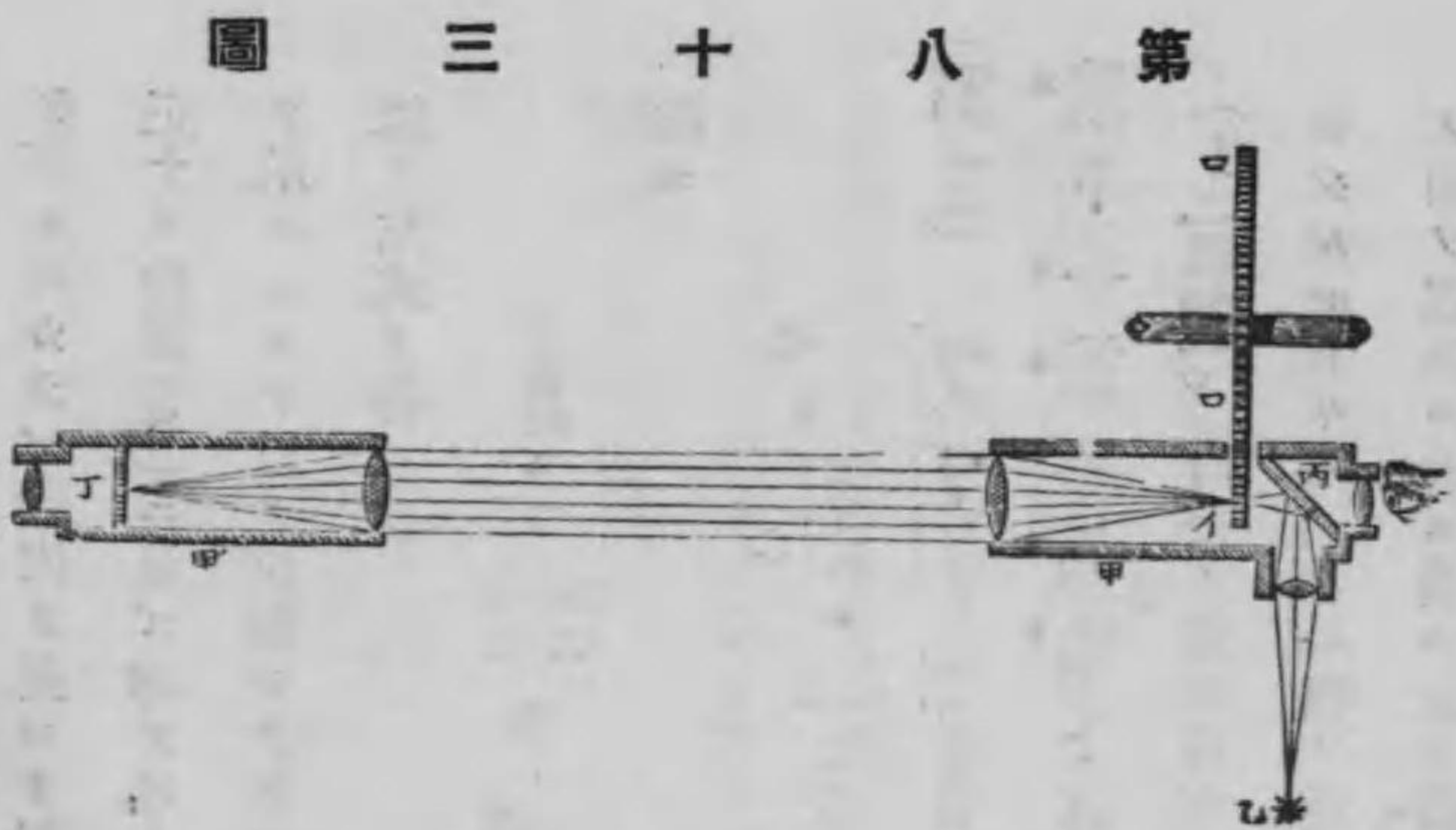


圖 三 十 八 第

同上ノ測定ニ於テフツリー氏ノ應用シタル裝置

邊ニ於ケル光源ヨリ發射シ來ル所ノ強キ光ヲ對物レンズニ向テ反射セシメンガ爲メ、接眼レンズト對物レンズノ燒點トノ間ニ望遠鏡ノ軸ト四十五度ノ角度ヲナサシメテ透明ナル硝子板ヲ設置シ、而シテ望遠鏡ノ側面ニ附着シタル管中ニハ一箇ノ凸面レンズヲ嵌挿ス。此レンズニ由テ〔乙〕ナル光線ヨリ發シタル光ヲ〔丙〕ニ受ケテ反射セシメ、其光線ヲシテ〔甲〕ナル望遠鏡ノ對物レンズヨリ一束ノ並行線トナラシメ之ニ因テ再ビ〔甲〕ナル望遠鏡ノ對物レンズノ燒點ニ束聚セシム。然レドモ茲ニハ通常ノ平面鏡〔丁〕ヲシテ〔甲〕ノ軸ニ直角ヲナシテ位置セシムルヲ以テ、光線ハ之ヨリ反射シテ前ニ進行セシト同一ノ路ヲ經過シテ再ビ〔甲〕ニ來リ其對物レンズノ燒點〔イ〕ニ束聚ス。今〔甲〕ノ接眼レンズニ由リ〔丙〕鏡ヲ透シテ〔乙〕ナル光線ノ像ヲ明視スルヲ得ベシ。〔甲〕ナル望遠鏡ノ他ノ側邊ニハ更ニ一箇ノ穿孔ヲ有シ、茲ニ〔ロロ〕ナル齒輪ノ邊端ヲ來ラシム、而シテ此齒輪ノ面ハ正シク對物レンズノ燒點ヲ通過ス。

(3) 測定。今廻轉速度ヲ均整ニ測知シ得ンガ爲メ齒輪ニ連ナリテ裝置シタル機器（此機器ノ部ハ圖中ニ見エズ）ニ由テ〔ロロ〕ナル齒輪ヲ廻轉セシムルニ、其速度ノ大小ニ從テ或ハ光源ノ明ラカナルヲ覺エ、或ハ其暗キヲ覺ユ。即チ其廻轉速度若シ一秒時中ニ二サニ至レバ始メテ暗黒ナルヲ感ジ、其速度若シ二倍スルトキハ光明ヲ覺エ、三倍スレバ明ヲ感ズ。而シテ齒輪ハ七二〇箇ノ齒ヲ具有シ且ツ各齒間ノ廣サハ輪周ノ一四〇〇

ノ一ナルガ故ニ、齒輪一秒時中ニ廻轉スルコト一二・六度ナルトキハ、一箇ノ齒間ガ「イ」ナル燒點ヲ經過スルニハ一八二四四分ノ一秒時 $(\frac{1}{1440 \times 12,6} = \frac{1}{18144})$ ヲ費スベシ。

然レドモ齒間已ニ旋過シ其次ギノ齒部正シク燒點ニ廻轉シ來ルノ際、即チ一八一四四分ノ一秒時中ニ最初齒間ヲ通過シタル所ノ光ハ再ビ茲ニ反歸ス。然ラバ則チ光ハ一八一四四分ノ一秒時中ニ八六三三ノ二倍ノ距離即チ一七二六六米 $(2 \times 8633 = 17266m)$ ヲ經過セザルヲ得ズ。是故ニ光ノ速度ハ即チ $\frac{313274304}{7420} = 42220$ 里ナリ。

(二) 測算ノ結果。 光ノ速度ヲ測算スルノ方法ハ種々アリト雖ドモ其成績ハ皆大約四萬有餘里ナルニ就テ觀ルトキハ、光ハ實ニ此浩大ナル距離ヲ經過スルモノナルヤ殆ンド疑ヲ容レズ、故ニ各般ノ觀察ニ由テ得タル所ノ成績ヨリ其中數ヲ取レバ光ノ速度ハ大約四萬二千地理里ナリト定ムルヲ得ベシ。

第二章 光ノ反射。

第一節 汎論。

光ノ反射ノ定義

(一) 定義。 光ノ反射トハ光ガ密度ヲ異ニスル二媒間體(例之バ空氣ト水)ノ境界面ニ於テ其一部分最初ノ媒間體中ニ反歸スル現象ヲ云フ。抑、物體ハ粗糙ナル黑色物ノ外ハ其透明ナルト不透明ナルトニ論ナク必ズ光ノ反射ヲ起スモノニシテ、其物體ノ性質ト其表面ノ性質トニ從テ反射ノ状態ニ差異ヲ生ズルハ論ヲ俟タズ。

光ノ反射ノ實例

反射ノ證例。(一) 太陽ノ光線若クハ他ノ光線ノ落射スル机上ニ於テ鏡ヲ水平ニ横タフレバ、對向セル壁或ハ天井ニ於テ鏡形ノ光面ヲ現ハシ、而シテ鏡ヲ旋廻セシムレバ之ニ從テ其位置ヲ變ズ。

(二) 水ヲ盛リタル槽器上ニ光ヲ落射セシムレバ(一)ト類似ノ現象ヲ認ム。

(三) 晴天ノ時ハ池水湖水ノ靜水面ニ於テ太陽ノ像ヲ見ル。

(四) 太陽出沒ノ際其光ヲ受ケタル硝子窓ノ赫々タルヲ見ルコト稀ナラズ。

反射ノ種別
即チ正反射
及不正反射

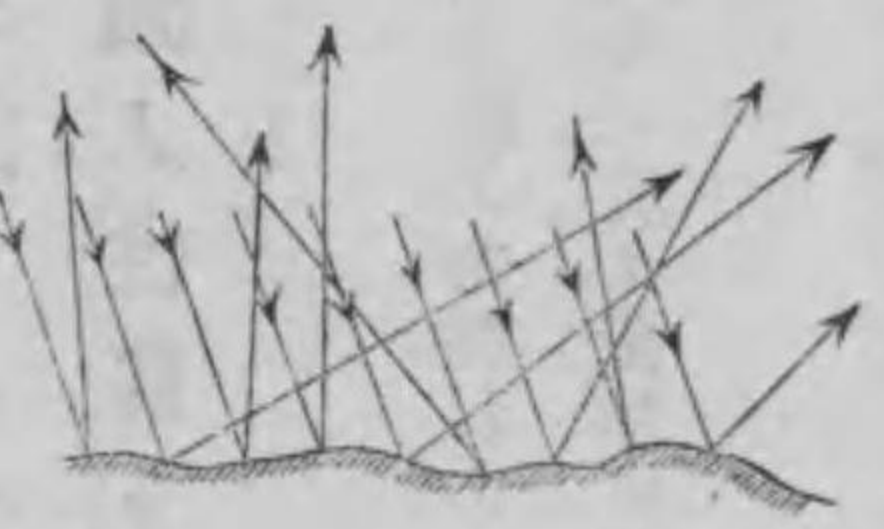
二 反射ノ區別。

反射ヲ分チテ正反射(鏡映)及不正反射(彌散)ノ二トス。正反射トハ面ノ一小部分上ニ落射シタル光線反射

圖 四 十 八 第



圖 五 十 八 第



射ナリ。而シテ正反射ハ平滑ナル面ニ於テ起リ光ノ由來スル物體ノ像ヲ生ジ不正反射ハ粗面ニ於テ起リ、其物體ヲ現ハス(視得ル)モノナリ。

三 反射ノ價值。光ノ反射ハ一瞬時モ間斷ナク吾人ノ逢着スル現象ニシテ、通常ノ粧鏡ニ於ケル清淨ナル水ニ於ケル、數多

光ノ反射ノ
價值

ノ學術的裝置ニ於ケルガ如キ總テ鏡ノ現象ハ正反射ニ歸スベキモノトス、而シテ吾人ガ光ノ不正反射ニ感謝スベキ現象ハ左ノ如シ。

(A)晝間ハ到處明ラナリ。即チ晝間ハ到處明カニシテ且ツ太陽ヨリ直接ニ照輝セラル、コトナキ物體ノ現ハル、(視得ラル)ハ、太陽光線ガ地表面上ノ物體及空氣ノ各小部分ニ由テ受クル所ノ彌散ニ依レリ。

(B)朝夕ノ朦朧即チ暗夜ト明晝トノ間ニ於ケル徐々ノ推移ナリ。此現象ハ水平下ニ存スル太陽ノ光線高處ノ空氣層ニ逢會スルヤ空氣自己ハ固トヨリ其他空氣中ニ浮游スル塵埃・霧泡及細微ノ氷鍼等ニ由テ下際ノ空氣層及地表面ニ向テ反射セラル、ニ依ルモノナリ、但シ斯クノ如クシテ地表面ヲ照ラサル、ハ太陽ノ地平下ニ在ルコト愈々低ケレバ愈々弱キコト論ヲ俟タズトス。

光ノ反射ノ
定律三項

四 反射ノ定律。

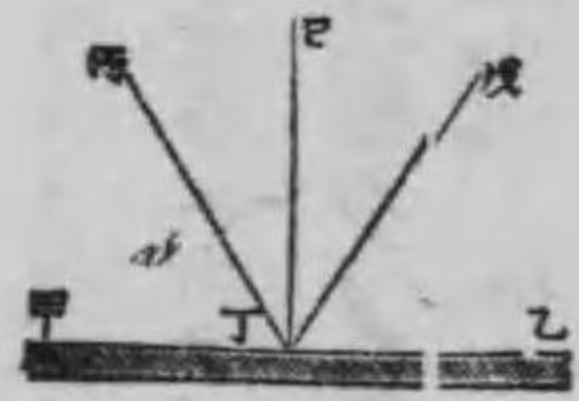
(第一) 反射線ハ落射面中ニ在リ。
(第二) 反射線ト落射線トハ反射面ノ同一側ニ於テ垂直線ノ反對側ニ在リ。

反射定律ノ
解義

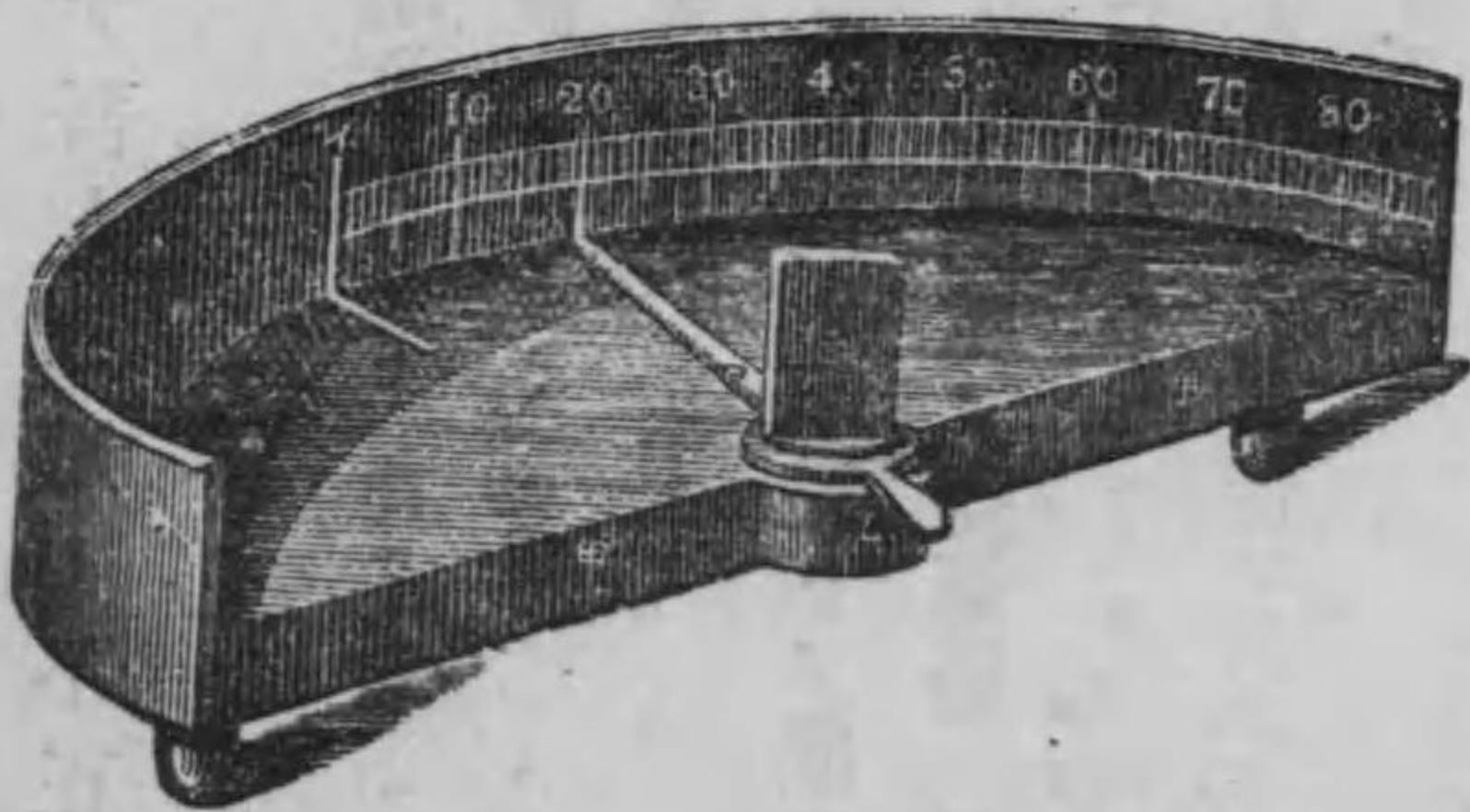
(第三) 反射角ハ落射角ニ均シ。

(A) 解義。面(甲乙)(第八十六圖)上ニ(丙丁)ノ方向ヲ以テ(丁)點ニ落射シ來ル所ノ光線ハ所謂落射線ニシテ(丁戊)ノ方向ヲ取リテ反射ス、是レ即チ反射線ナリ、而シテ此上ニ落射線ノ逢會シタル一點(丁)ニ向テ直チニ下シタル所ノ線(己丁)ハ即チ垂直線ニシテ其線ト(丙丁)線トノ間ニ生ズル角ヲ落射角ト云ヒ、其線ト(戊丁)線トノ間ニ生ズル角ヲ反射角ト名ヅク。兩角ノ度數ハ互ニ均一ニシテ且ツ共ニ垂直線ト同一ノ面ニ在ルヤ本圖ノ現狀ノ如シ。

圖六十八第



圖七十八第



平ノ半圓圖狀板(甲甲)ノ中點ヲ貫ケル軸ニ沿ウテ旋廻ス、又之ニ附スルニ垂直線ヲ示ス所ノ

射線ノ逢會シタル一點(丁)ニ向テ直チニ下シタル所ノ線(己丁)ハ即チ垂直線ニシテ其線ト(丙丁)線トノ間ニ生ズル角ヲ落射角ト云ヒ、其線ト(戊丁)線トノ間ニ生ズル角ヲ反射角ト名ヅク。兩角ノ度數ハ互ニ均一ニシテ且ツ共ニ垂直線ト同一ノ面ニ在ルヤ本圖ノ現狀ノ如シ。

(B) 證明。ミルレル Muller 氏ノ反射驗器(第八十七圖)ニ由レバ容易ニ上文ノ定律ヲ確證スルヲ得。即チ本圖ニ於テ其後面ヲ示ス所ノ小平面鏡(ニ)ハ水

黃銅製ノ小杆(ロハ)ヲ以テシ、其終端ハ屈曲シテ垂直ニ上方ニ向ヒ、其小杆ハ鏡ト共ニ旋廻ス。而シテ(甲甲)ノ半圓狀ノ弧線ヲナシタル部ニ於テハ黃銅製ノ半規圈ヲ附シ、其半規圈ハ中央(イ)ニ於テ狹細ノ間隙ヲ有シ、(イ)ヨリ右方ハ九十度ニ分割セリ。今鏡(ニ)ヲ旋轉シ小杆(ロハ)ヲシテ十(10)度、二十(20)度或ハ三十(30)度ヲ指示セシムルニ至リ、半規圈ノ外方ニ或ル光源ヲ置キ(イ)ヨリシテ其光ヲ射入セシムルトキハ、必ズ二十(20)度、四十(40)度、或ハ六十(60)ノ位置ニ於テ反射光ノ來ルヲ見ルベシ。是レ即チ垂直線(ロハ)ト十(10)度ノ角度ヲナシテ落射シタル光ハ其反射スル際ニ成ス所ノ角モ亦十(10)度ヲナシ、落射角ニ十(20)度ナレバ反射角モ亦二十(20)度ヲナシ、落射角三十(30)度ナルトキハ反射角モ亦三十(30)度ヲナシ、反射角ハ常ニ落射角ト均一ノ度ヲ有スルノ理由ナリ。

鏡ノ定義及
種別

(五) 鏡ノ定義及區別。鏡トハ成ルベク平滑ナル表面ヲ有シ

光ヲ反射セシムル物體ヲ云フ。鏡ヲ大別シテ平面及曲面ノ二種トス。曲面鏡ニハ球面鏡、橢圓鏡、パラベル鏡等ノ數種アレドモ就中貴重ナルハ球面鏡ニシテ其鏡映スル面ハ即チ球面ノ一部分ナリ。更ニ球面鏡ヲ區別スレバ凹面鏡及凸面鏡ノ二

トナル。

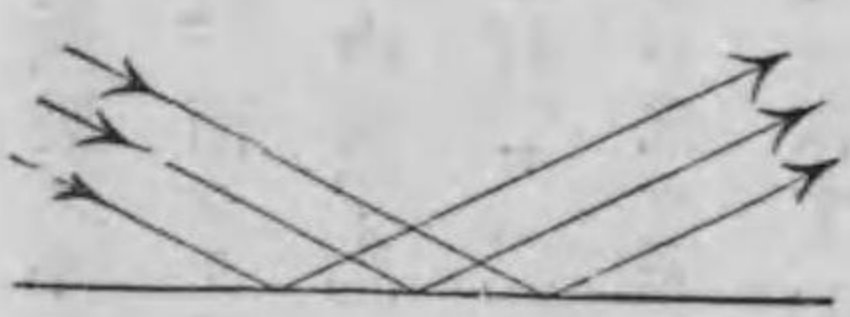
第二節 平面鏡ニ於ケル現象。

平面鏡ノ構造

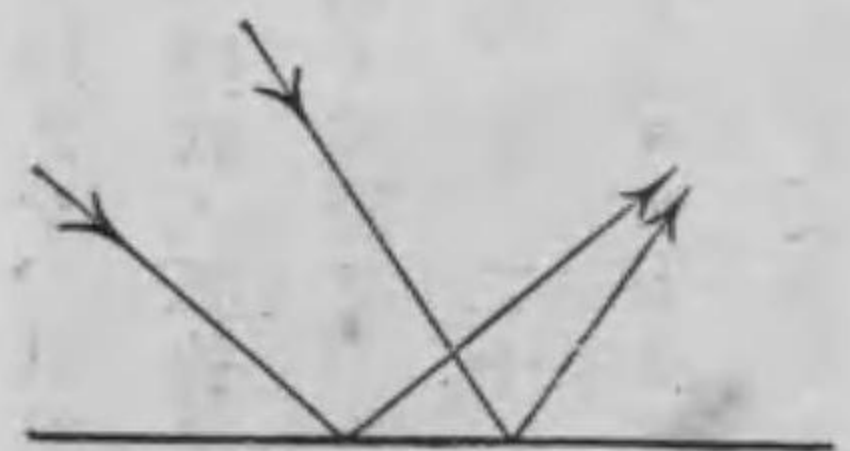
(一)構造。 近今廣ク用ヒラル、所ノ平面鏡ハ其後面ニ錫アマ
 ルガム水銀中ニ錫ヲ溶解セル者ヲ塗附シタル硝子板ヨリ成ル、故ニアマルガ
 ム面ハ即チ其反射面ナリ、但シ硝子ノ表面ニ於テモ亦多少ノ反
 射ヲ起スハ論ヲ俟タズ。本邦在來ノ金屬鏡ハ平面ノ如ク見ユレドモ實ハ凸面ナリ、依テ凸面鏡ノ條下ニ記述スベシ。

(二)反射光線ノ方向。 凡ソ平面鏡上ニ落射シタル光線ハ反

圖八十八第



圖九十八第



圖十九第



射ノ定律ニ從ヒ、並
 行ニ落射スル光線
 ハ反射ノ後モ亦並
 行ニ止マリ(第八
 八圖)收斂的ニ落射

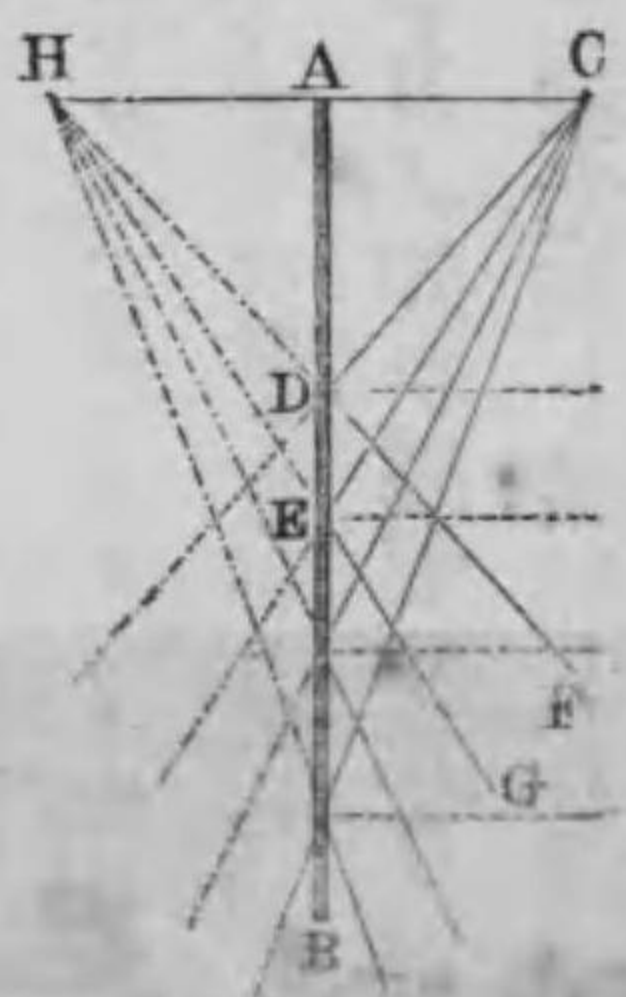
スルモノハ收斂的ニ(第八十九圖)分散的ニ落射スルモノハ分散
 的ニ止マルモノトス(第九十圖)。

光點ノ像

幾何學的ノ像即チ虛像

同上ノ説明

圖一十九第



(三)光點ノ像。 一光點ヨリ發射シタル光線平面鏡上ニ落射ス
 ルトキハ其反射光線ハ恰モ其主要光線即チ鏡面上ニ直角ニ達
 會スル光線ノ長サヲ鏡後ニ延長シタル終點ヲ
 ク反射スルモノトス。 是故ニ該點ヲ名
 而シテ此像ノ如ク實際光線ノ茲ニ
 リ光線ノ發シ來ル如ク見ユル所
 的

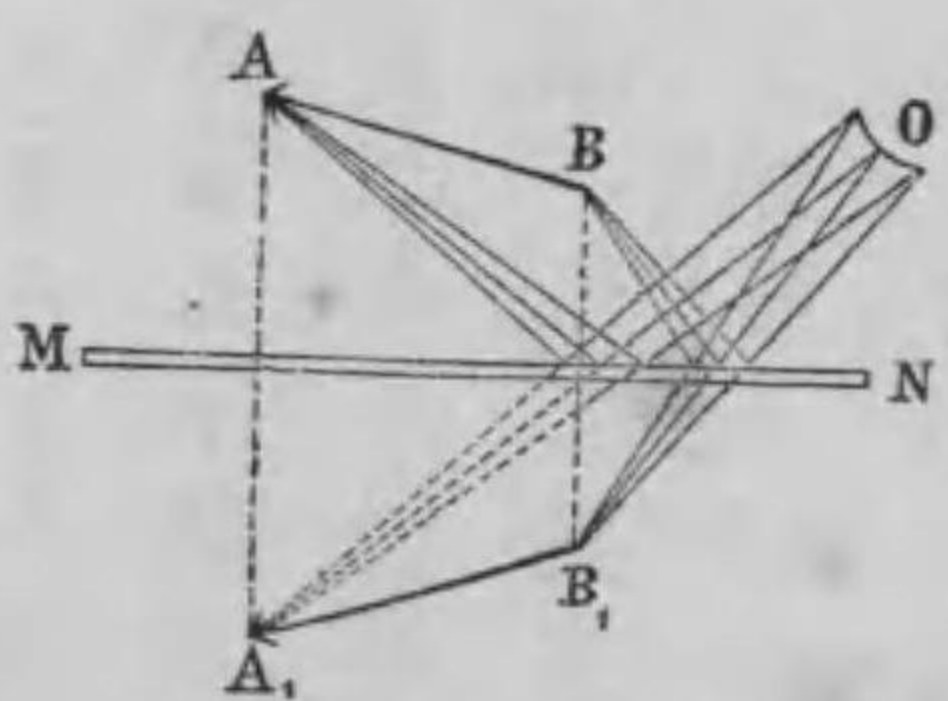
者ハE Gノ方向ニ反射ス。今若シ
而シテ此二線ヲ以テ示ス如クCヨリ
シ。然ラバ則チ鏡前ニ眼目アリテ其
シカノ如ク感ゼザルヲ得ザル。
(B)發光點ト像點トガ鏡面ヲ距ル
ナル三角ト CAD ナル三角ノ兩者ニ於テ
 $\angle FDB = \angle HDA = \angle FDB$ ナルヲ以テ
相似形且ツ等積 ($\triangle HAD \cong \triangle CAD$) ナルコト

物體ノ像

圖二十九第

大日本
大日本

圖三十九第



(四)物體ノイ
カナ
物體ガ鏡面ヲ距ルト均等ナ
ル距離ノ鏡後ニ在リテ其大
サモ亦均等ナリ、然レドモ像
ニ於ケル前面後面ハ物體ニ

於ケルト反對ナルヲ以テ像ニ於テハ左右前後反對ニ現ハル、
モノトス(第九十二圖)

證明。第九十三圖ノMNハ鏡面ニシテABヲ一物體トスレバ、上ノ一點ニ就テ證明シタル理
ニ由リA₁B₁ハ其像トシテOニ在ル眼ニ見ユルコト明カナリ。

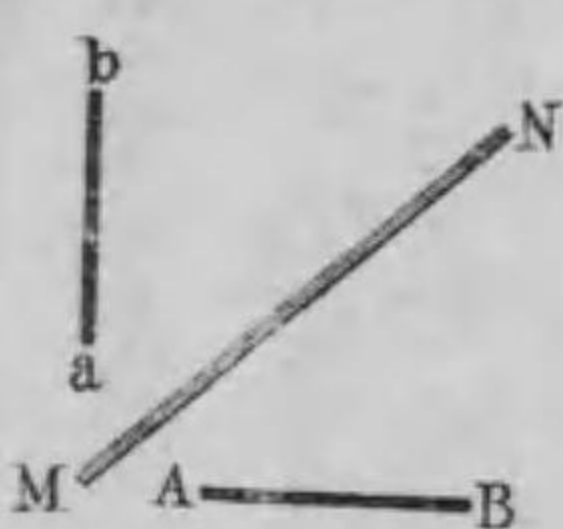
(五)上文(三)(四)ノ二項ニ下ニ於ケル要則ノ結果。左ノ
數項ニ於テ説述スルガ如シ。

(第一) 平面鏡ハ物體ト其像トノ間ニ形成スル角ヲ截半ス。

故ニ物體ト鏡面トノ間ニ四十五度ノ角ヲ爲ストキハ像ト鏡
面トノ間ニ於テモ亦均等ノ角度ヲ爲ス、依テ此場合ニ於テハ
像ト物體トハ互ニ直角ニ立ツモノトス。

例及應用。第九十四圖ニ示ス如ク一箇ノ平面鏡(MN)ヲ取り之ヲ四十五
度ニ傾ケ、其前ニ水平ニ物體(AB)ヲ置ケバ其像ハ垂直(ab)ニ現ハレ、又
垂直ニ物體ヲ置ケバ其像ハ水平ニ現ハル。此四十五度ニ傾ケル平面鏡ノ
實用ハ頗ル廣シ、即チ後章ニ記載スベキ暗箱ニ一トニ氏ノ望遠

圖四十九第

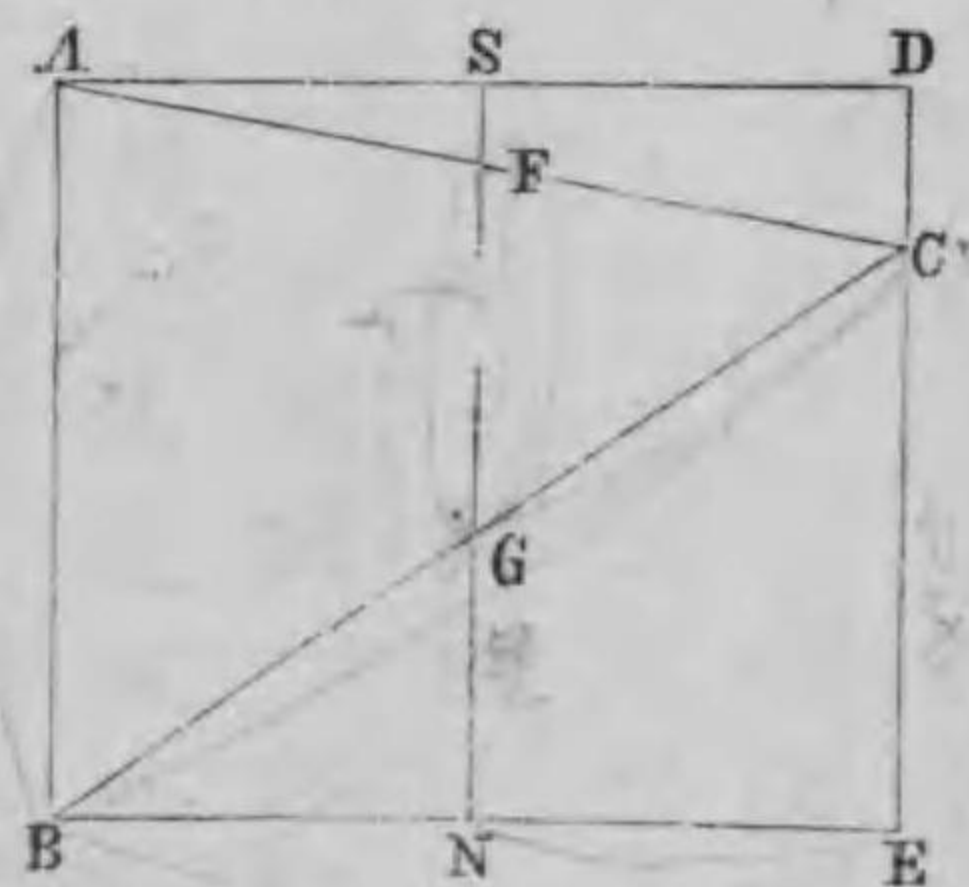


平面鏡ハ物
體ト像トノ
間ニ形成ス
ル角ヲ截半
ス

鏡等ニ就テ其應用ヲ見ルガ如シ。

(第二) 人が自身ヲ全ク視得ル所ノ垂直ニ立ツ鏡ハ唯身長ノ半分ヲ要ス。

圖五十九第



證明。第九十五圖ノSNハ垂直立ノ鏡、DEハ其前ニ存スル人ノ身長、ABハDEノ像ニシテCハ人ノ眼ノ位置ナリ、蓋シ人ノ眼ハABナル像ヲ鏡中ノFG間ニ目撃スルヲ以テ、FGトDEトノ間ニ於テ如何ナル關係ノ存スルカヲ明カニスルヲ要スルノミ。今CG:CB = FG:AB 而シテ CG:CB = EN:EB; 故ニ又FG:AB = EN:EB 依テFG:AB = 1:2ナルヲ以テFGハDEノ半バナリ。

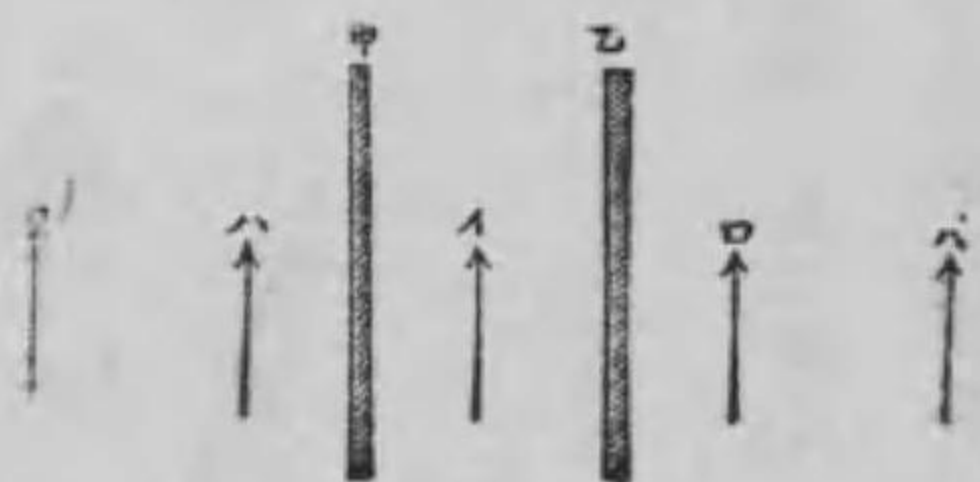
(第三) 互ニ相並行セル二箇ノ平面鏡ハ其中間ニ置キタル物體ノ像ヲ一直線中ニ正整並列シテ無限ニ現出セシム、但シ其光ノ強度ハ順次ニ減少ス。

説明。是レ即チ一鏡ニ於ケル像ハ他ノ一鏡ニ對シ發光シツ、アル物體ト同様ノ作

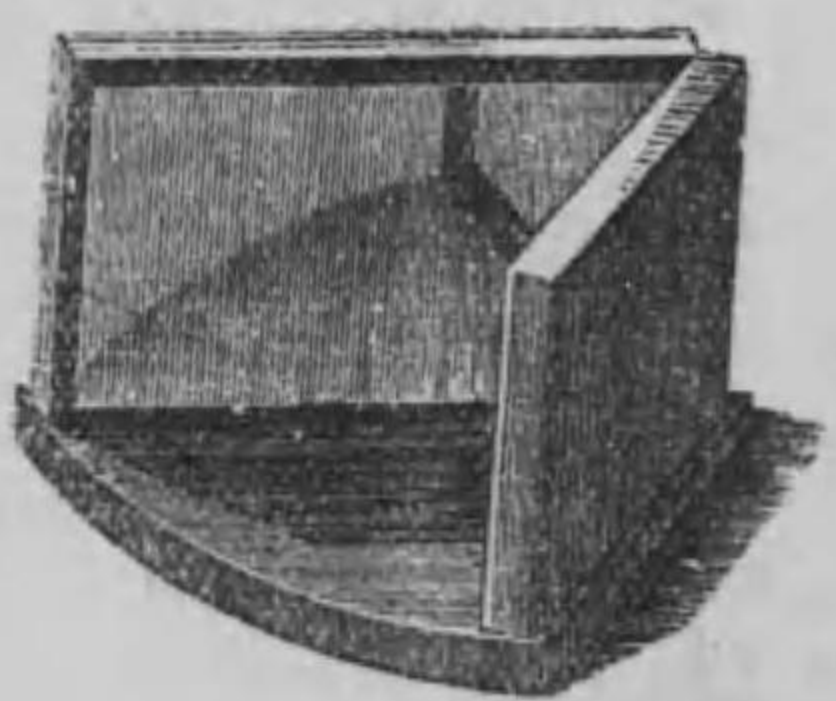
並行スル二平面鏡ハ其

間ニ位スル物體像ヲ無限ノ多數ニ現出セシム

圖六十九第



圖七十九第



用ヲ爲スニ由ルモノナリ、例之バ第九十六圖ニ示ス所ノ〔甲〕〔乙〕ハ並行セル二鏡ニシテ、〔イ〕ヲ物體トスレバ〔甲〕鏡ノ爲メニ〔ハ〕像ヲ生ジ、〔乙〕ノ爲メニ〔ロ〕像ヲ生ズ。然レドモ其〔ロ〕ハ〔甲〕ニ對シテハ光源ト同様ノ作用アルヲ以テ〔ロ〕像ヲ生ジ、〔ハ〕モ亦〔乙〕ニ對シテハ〔ロ〕ノ〔甲〕ニ於ケルト同様ナルニ依リ〔ハ〕像ヲ生ズ、斯ノ如ク逐次互映シテ無限ノ數ニ至ルナリ。

互ニ角度ヲナセル二平面鏡(角度鏡)ノ間ニ生ズル光像ノ數ハ其角度ガ三百六十度中ニ含有セラル、數ニ關ス

(第四) 二箇ノ鏡互ニ角度ヲ爲ス者即チ所謂角度鏡(第九十七圖)ノ間ニ光體ヲ置ケバ茲ニ現ハル、像數ハ其角度ガ三百六十度ノ内ニ含有セラル、數ヨリ一ヲ減ジタル數即チ $\frac{360}{\theta} - 1$ ナルカ、或ハ其數ニ均シキ $\frac{360}{n}$ カ其數ノ奇偶ト光體ノ位置トニ關ス。

證例。第九十八圖ニ就テ其一例ヲ示スベシ、即チ二鏡IトIIトハ四十五度ノ角度鏡ニシテ

aナル物體ノ像七個ヲ呈ス。先ヅI鏡ニ於テ1像ヲ生ジ、其像ニ由テII中ニ2像ヲ成シ、其2ハI中ニ於テ3像ヲ生成シ、其3ニ由テII鏡中ニ4像ヲ生ズ。而シテII鏡中ニ5像ヲ生ジ其像ニ由テI中ニ6ヲ成シ之ニ由テII中ニ7、其像ヲI中ニ8トシテ生成ス。故ニ三百六十度中ニ四十五度ノ含有セラル、數即チ八個ノ像ヲ生ズ、然レドモ8ハ4ト重ナルヲ以テ七個ノ像ヲ見ルノミ。但シ其含有セラル、數若シ奇數ナルトキハ其光點ヲ二鏡中ノ一鏡ニ近ク定置スルノ際其數ノ像ヲ爲ス、然レドモ之ニ近接セザルトキハ偶數ニ於ケルト同様其含有セラル、數ヨリ一ヲ減ジタル數ノ像ヲ得ベシ、即チ其角度若シ七十二度ナルトキハ其近接シタルトキニ

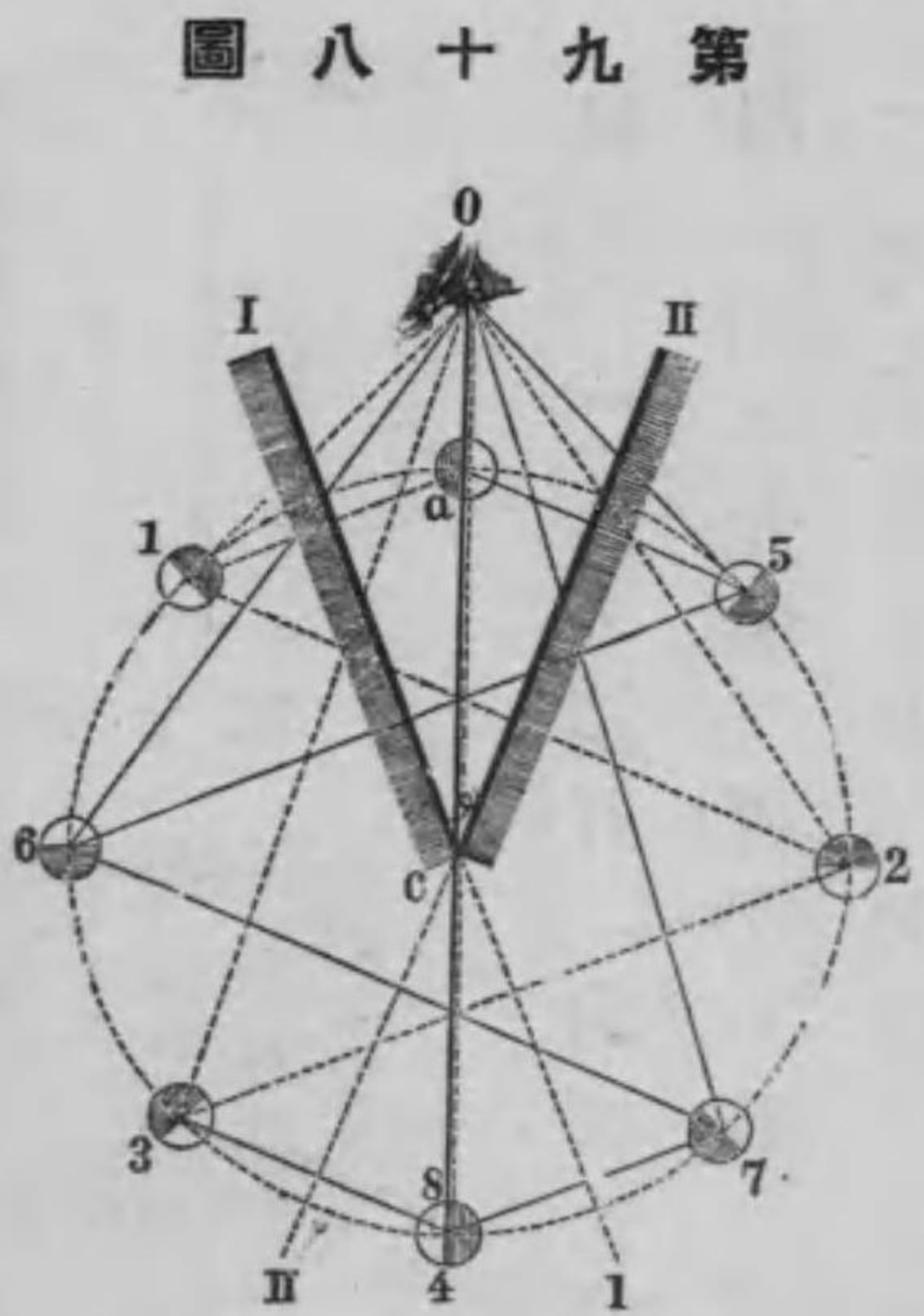


圖 八 十 九 第

五個ノ像ヲ現ハシ其中央ニ置キタルトキニ四個ヲ生ズ、角度鏡ノ實用ハ所謂**照美畫鏡**(さうまがね)ニ於テ見ル所ナリ。此鏡ハ六十度或ハ四十度ノ角ヲ爲ス所ノ二鏡ヨリ成リ、色硝子ノ破片數箇ヲ其間ニ置キ徐々ニ廻轉スレバ其映寫ノ景狀ニ因リ數片ノ硝子ニシテ種々

照美畫鏡

ノ狀態ヲ現出セシムルノ裝置ナリ。

平面鏡ノ實用及其例

(六) 平面鏡ノ用途。 平面鏡通常ノ用途ハ人ノ普ク知ル所ニシテ茲ニ贅言ヲ要セズ、物理學、星學、測量諸機械ノ重要部分ヲ爲ス等其範圍甚ダ廣シ、今重要ナルモノ、一二例ヲ示セバ左ノ如シ。

ヘリオスター

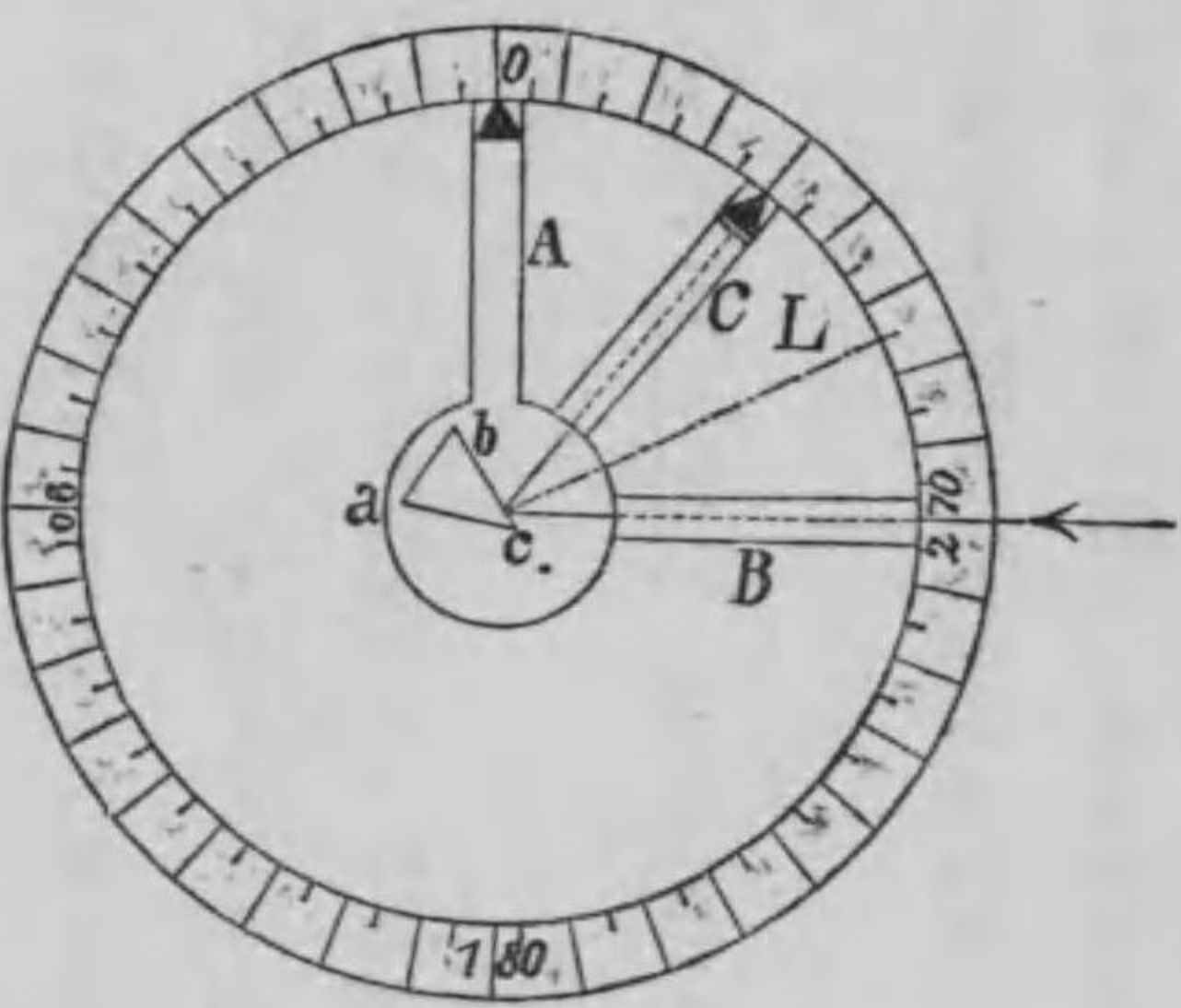
(A) ヘリオスター。 ヘリオスターハ暗室ノ壁頭ニ裝置シ小孔ヨリ室内ニ日光ヲ射入セシムルノ要具ニシテ傾キタル平面鏡ヨリ成ル。而シテ或ハ手ニ依リ或ハ時儀裝置ニ由テ太陽ノ位置ニ向ケ其反射光線ヲ終始室内ニ**落射セシム**、曩ニ第七十五圖ニ示シタル(甲)ハ即チ其一ナリ。

ウオラステ
トン氏ノ反
射角度計

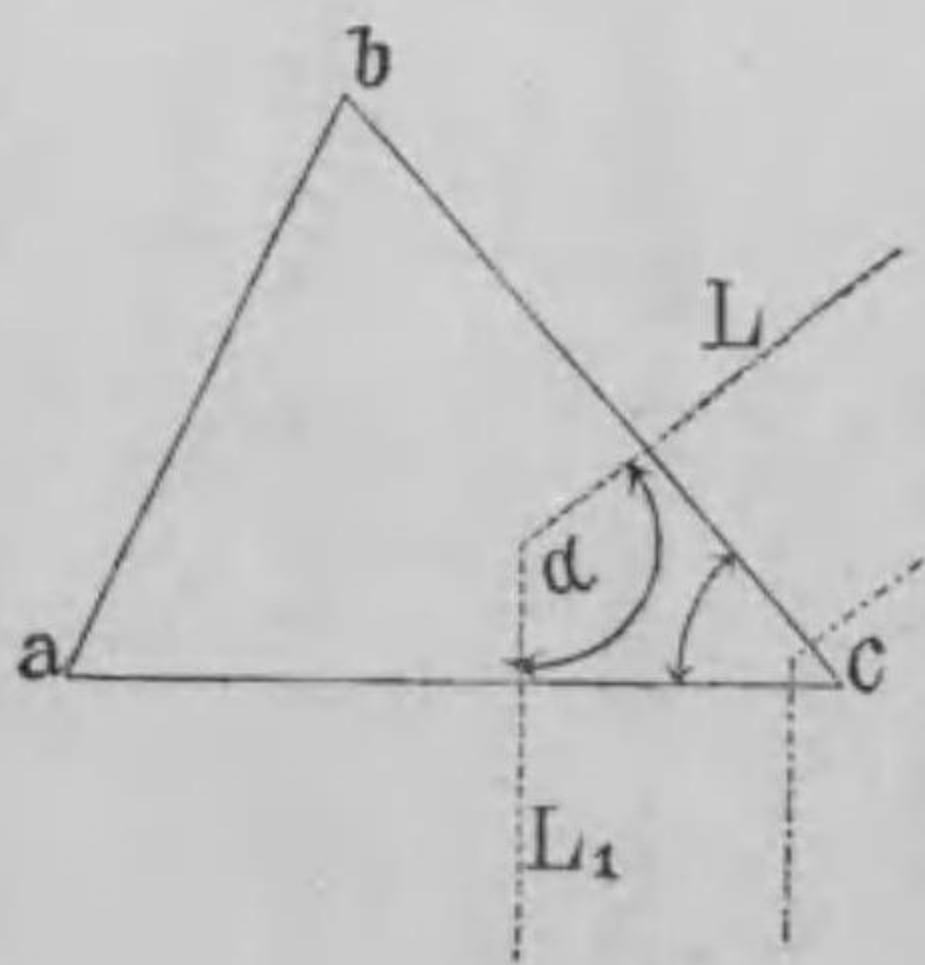
(B) ウオラステ Wollaston 氏ノ**反射角度計**。 結晶體ノ兩角ヲ測定スルニ供ス。即チ第九十九圖ニ示ス所ハ其概圖ニシテ其角度ヲ測ラント欲スル所ノ結晶體ヲ中央ニ於テ旋廻スベキ平板上ニ置キ、光ヲシテ箭ノ方向ヲ取ラシメbcナル面上ニ落射セシメ其反射光ヲCナル示數器 Alidadeニ附スル衝立上ニ受ケ而シテ之ヲ固定スレバLハ即チ垂直線ナリ、今ac

ナル面上ニ光ガ落射シ且ツ最初ノ方向ト同方向ニ反射スル迄結晶體ヲAナル示數器ト共ニ廻

圖九十九第



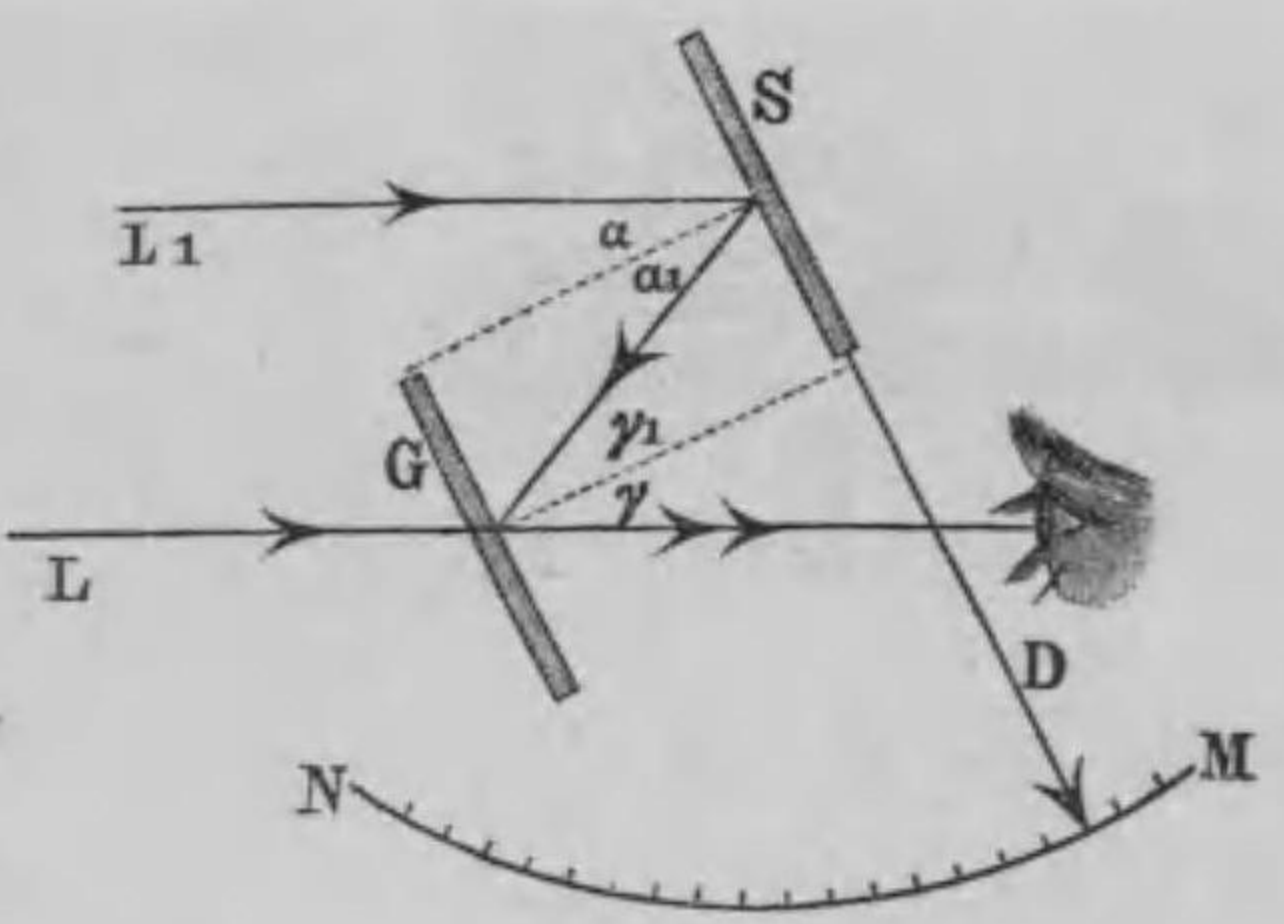
圖百第



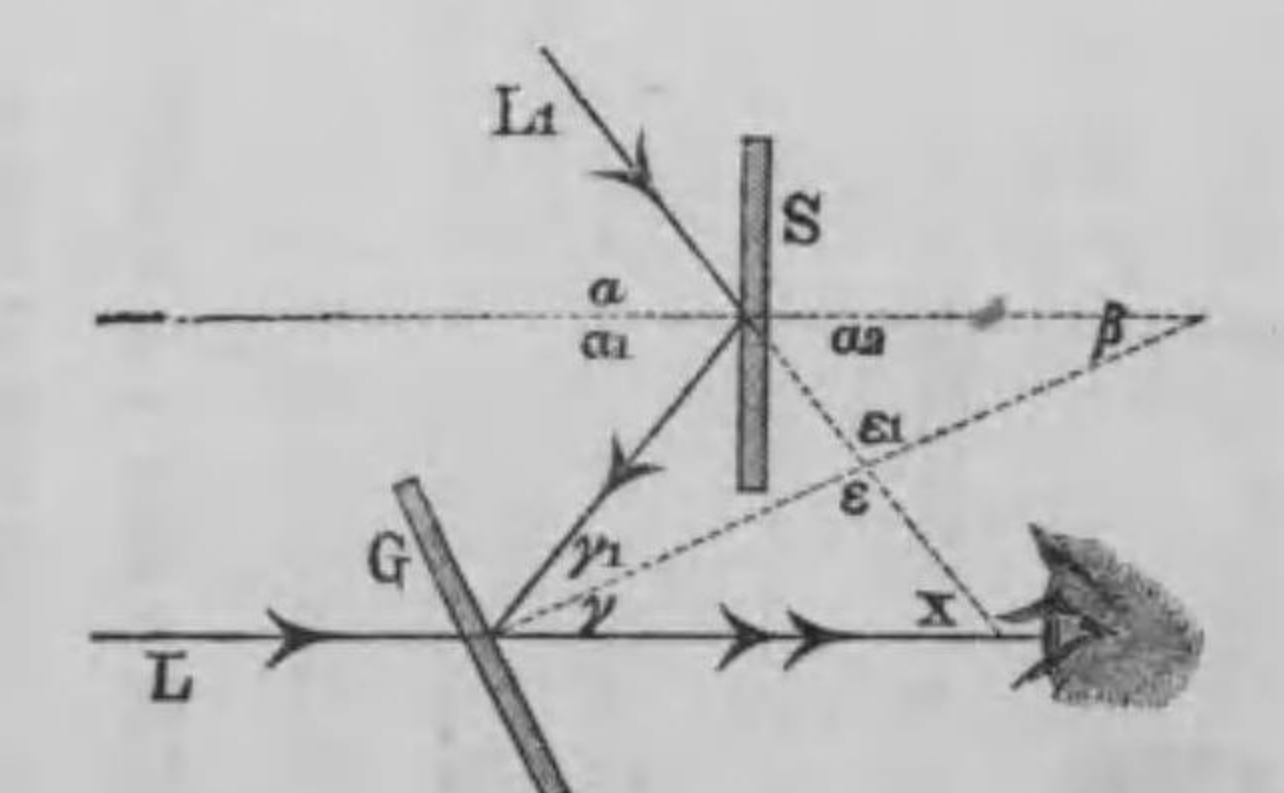
ハシ而シテ第百圖ノ如クL並ニL₁ナル兩垂直線ヲ延長スルトキハαナル角度ハ即チAナル示數器ノ廻ハサル、大サナリ、蓋シαトCヲ加ヘテ百八十度ナルヲ以テ計測セントスル角度(C)ハC=180-αナリ。

(C)六分儀。六分儀ハ遠距離ニ在ルガ爲メ非常ニ微小ニ見ユル物體ノ角度ヲ測定スルニ供用スル器械ナリ即チ第百一圖乃至第百三圖ニ示ス如ク半度ニ劃度セル圓弧(MN)ノ中心ニ於テ

圖一百第



圖二百第

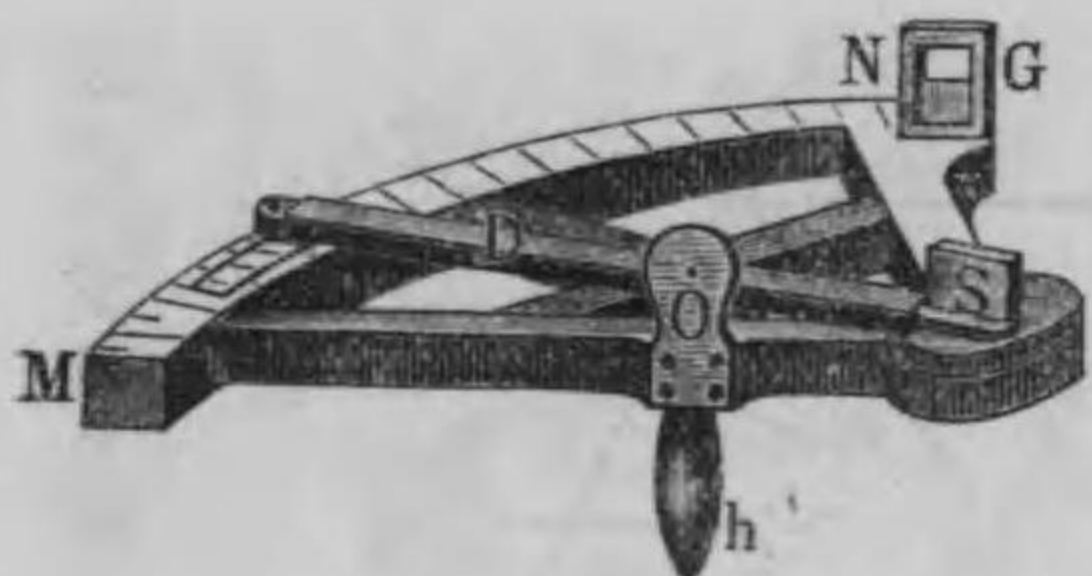


圓板面ニ直角ニ立ツ所ノ軸ニ沿ウテノニウスト共ニ廻轉スベキ指針(D)ヲ具フル鏡(S)アリ、斜メニ其Sニ對シテ尙ホ一ノ固定セル硝子鏡(G)アリ、此鏡ノ上半ハ透明ニシテ下半ニノミアマルガムヲ貼附セリ之ニ相對シテO(第百三圖)ナル小孔ヲ穿テ爾黃銅板ヲ螺定ス、通常圓弧ハ圓ノ六分一ヨリ稍大ナリ依テ六分儀ノ名アリ。

今若シ兩鏡並ニ遠距離ノ光點(L)互ニ並行ナルトキハ垂直線モ亦並行ニシテα||α1||β||β1ナルコト明カナリ(第百一圖)、是故ニSニ據リ且ツGノ下方ヨリノ反射ニ由テ生ジタル像トGノ上方ヨリ直接ニ見タル物體相逢會シDナル指針ハ零上ニ在ルベシ、L₁ナル光線ノ像ト直接ニ見タルLト相重ナル様ナスニハSナル鏡(第百二圖)ヲ一定ノ角度(βノ大サ)ダケ廻スノ必要アリ、然ルト

ボッケンドルフ氏ノ鏡裝置

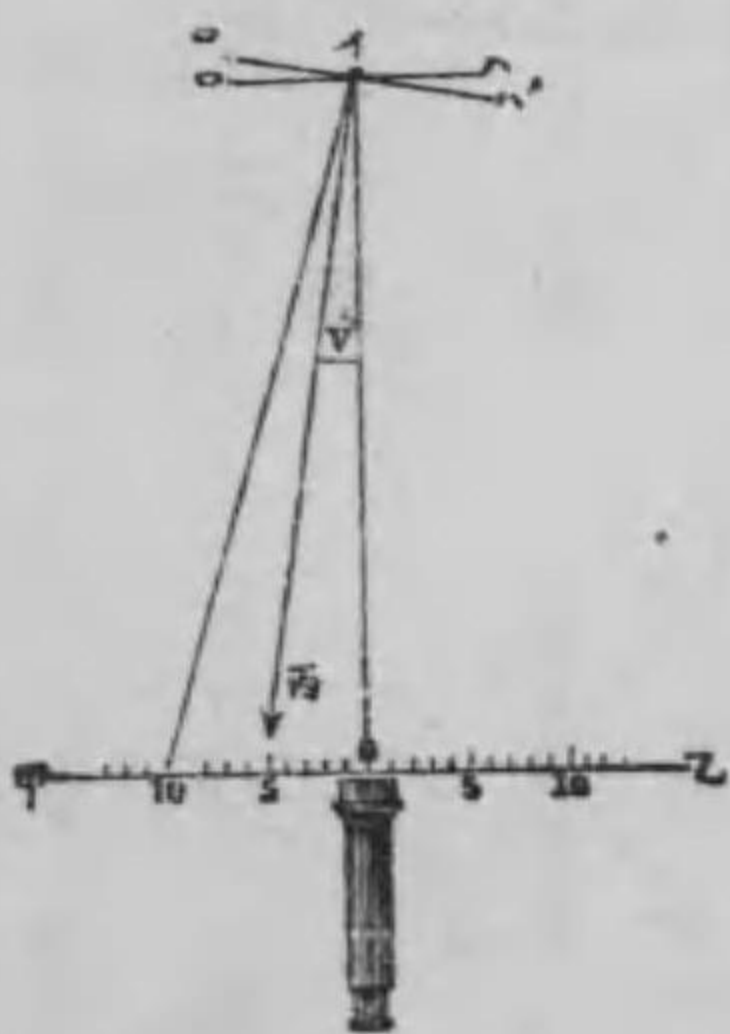
圖三百第



$$\begin{aligned} \angle x + \gamma &= 2R - \epsilon \\ \beta + a_2 &= 2R - \epsilon_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x + \gamma &= \beta + a_2 \\ x &= \beta + a_2 - \gamma \\ x &= \beta + a_1 - \gamma_1 \\ x &= \beta + \beta \\ x &= 2\beta \end{aligned}$$

圖四百第



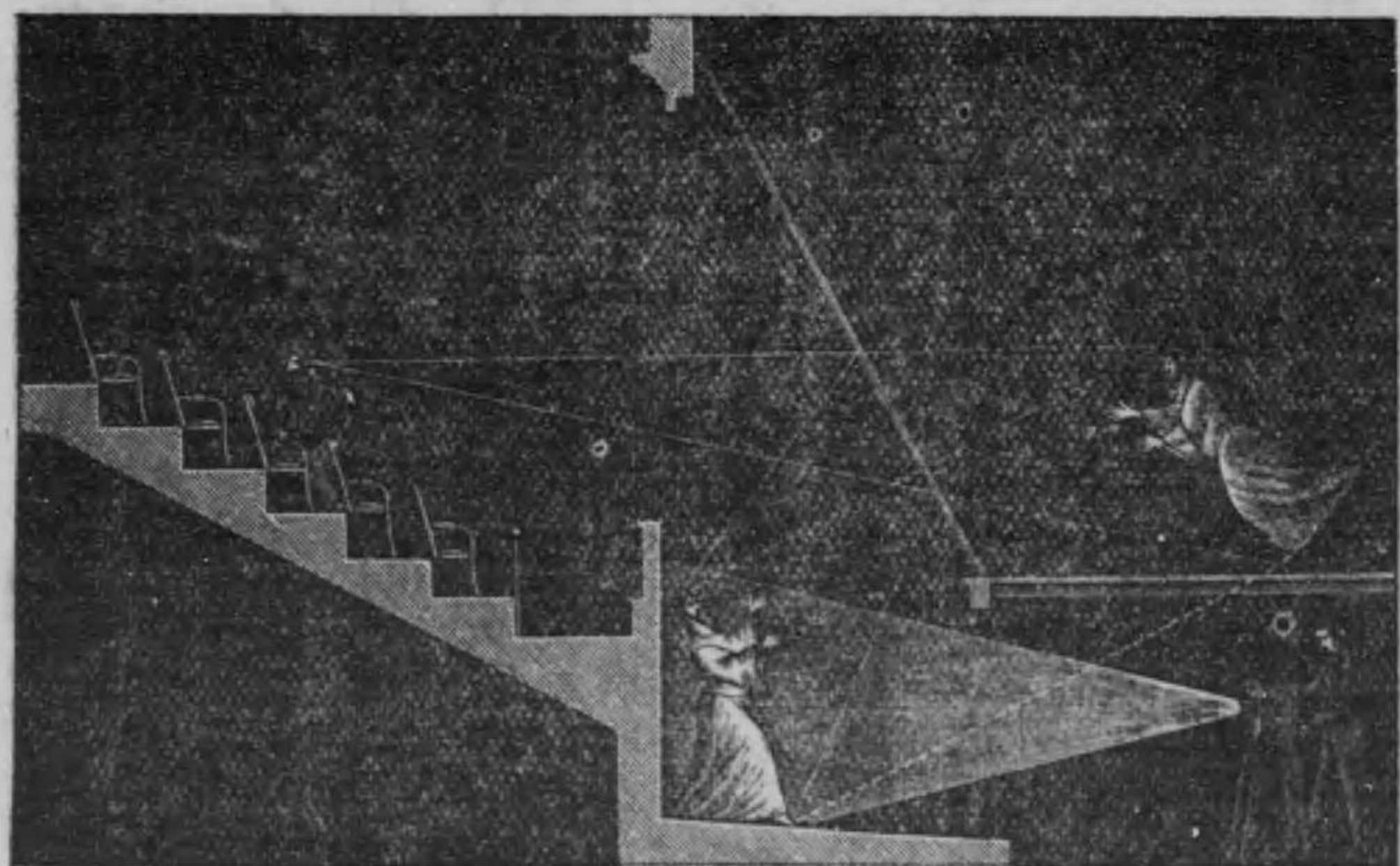
(D)ボッケンドルフ氏ノ鏡裝置。此裝置ハ甚

ダ微少ナル廻轉ヲ精測スルニ使用セラル、モノニシ

キハ垂直線交互ノ間ニ成ル所ノ角度モ亦βナリ。此器械ヲ使用セントスルトキハhニ於ケル把柄(第百三圖)ヲ握リ且ツ下ノ方向ニ保持スルヲ必要トス即チOナル孔ヲ通ジテ見ルトキハLノ像トL₁像ヲ認ムベシ、而シテ此二像ハ其光度ヲ異ニスルヲ以テ容易ニ識別スルヲ得、此位置ヨリ始メテ漸々S鏡ヲ廻

轉スルトキハ直接ニ見ユルLト二回ノ反射ニ由リテ見ユルL₁ノ像ト相重ナルニ至ルベシ。

圖五百第



テ、第百四圖ニ示セル(イ)ハ其中點ニ沿ヒ甚ダ微少ナル角度ニ於テ左右ニ廻轉スベキ所ノ或ル物體ノ廻轉軸ナリ。而シテ此軸ニハ其廻轉ヲ共ニシ且ツ決シテ之ニ對スルノ位置ヲ變ズルコトナキ一箇ノ平面鏡(ロハ)ヲ附着セシメ、又此鏡ノ中央ニ對向シテ一箇ノ望遠鏡ヲ裝定ス、而シテ其望遠鏡ニ光ノ射入スルヲ妨ゲザル位置ヲ取リ少シク其下方ニ當リテ(ロハ)ト並行スル所ノ尺度(甲乙)ヲ具フ、但シ其度標ノ影像ハ望遠鏡ニ由テ鏡中ニ瞰視スルヲ得ベキ様設置シタルモノトス。

今平面鏡ノ廻轉軸(イ)ニ由テ旋轉セラル、ヤ否ヤ望遠鏡ノ十字形絲線(微細ノ絲線ヲ十字形ニ張り其會合點ヲシテ望遠鏡ノ光學的軸中ニ來ラシメタルモノナリ)ノ前ニハ尺度ノ他

點ヲ來スガ故ニ些少ノ廻轉モ著明ナルニ至ル。茲ニ設ケタル尺度ノ標目ハ鏡ガ其中位(ロ)ニ在ルノ際望遠鏡ノ十字形絲線ニ當ル點ヲ零トシテ之ヨリ左右ニ數ヘテ何度或ハ何十度トナス。鏡若シ廻轉セラレテ(ロ)ナル位置ヲ取ルト假定スレバ望遠鏡ノ十字形絲線ノ位置ニ度目ノ他點即チ零ヨリ算シテn度ヲ現ハスベシ。然ルトキハ鏡面ノ垂直線(イ丙)ハnノ半バヲ指スマヤ反射ノ定律ニ從テ明ラカナリ。故ニ廻轉度ノ大サハnノ半バナリト知ルベシ。今vヲ以テ廻轉角度ヲ示シ、iヲ(イo)ナル距離トスレバ左式ヲ得。

$$\tan v = \frac{n}{2i}$$

而シテ之ニ由テvノ量價ヲ算出シ得ルモノトス。

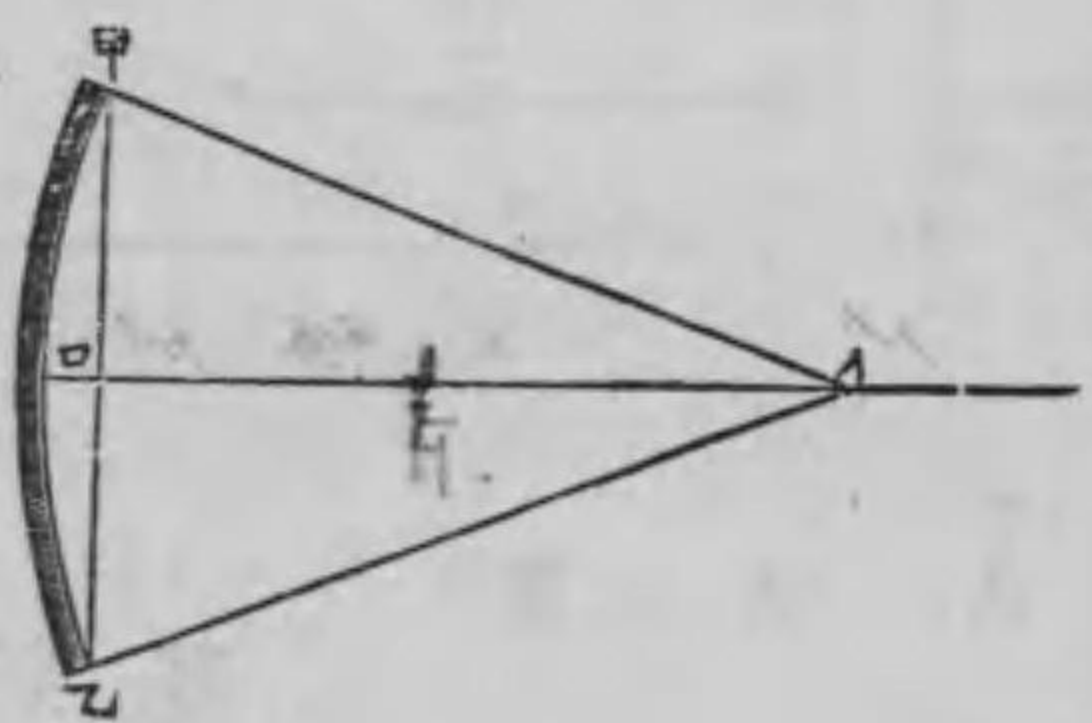
(E)妖怪現出。歐洲ニ於テ劇場等ニ幽靈ヲ現出セシメントスルニハ裏面ニアマルガムヲ塗ラザル平面硝子ヲ用フ、例之バ第百五圖ニ示ス如シ。

第三節 凹面鏡ニ於ケル現象。

(一)名稱要義。凹面鏡鏡球面ハ第百六圖ニ示ス如ク内部ヲ研磨シタル球面ノ一部分ナリ、其中點(ロ)ヲ名ヅケテ光學的ノ中心ト

凹面鏡ニ於ケル光學的
名稱ノ要義

第百六圖



云ヒ、球ノ中心(イ)ヲ名ヅケテ幾何學的ノ中心ト云フ、而シテ其光學的ト幾何學的トノ兩點ヲ經過スル所ノ直線ヲ凹面鏡ノ軸ト名ヅケ、(イ甲)(イロ)(イ乙)ノ如キ球ノ各半徑ヲ凹面鏡ノ彎曲半徑ト云フ。依テ幾何學的ノ中心ヲ經過スル所ノ各光線ハ凹面鏡上ニ垂直ニ逢會シテ垂直線ヲ爲ス、故ニ之ヲ名ヅケテ首要光線ト云フ。軸上ニ於ケル半徑ノ中點ハ之ヲ名ヅケテ燒點ト云ヒ而シテ其凹面鏡ヨリノ距離ヲ燒點距離

(f)ト云ヒ、(甲乙)ニ屬スル中心角(甲イ乙)ヲ凹面鏡ノ開キト名ヅク。
(二)反射光線ノ徑路。凹面鏡上ニ落射スル光線ハ其方向ニ從テ反射ノ徑路ヲ異ニス。

(第一) 首要光線ハ總テ元徑路ニ反射ス。

基因。首要光線ハ鏡面ニ垂直ニ會ス、故ニ元徑路ニ反射セザルヲ得ズ。

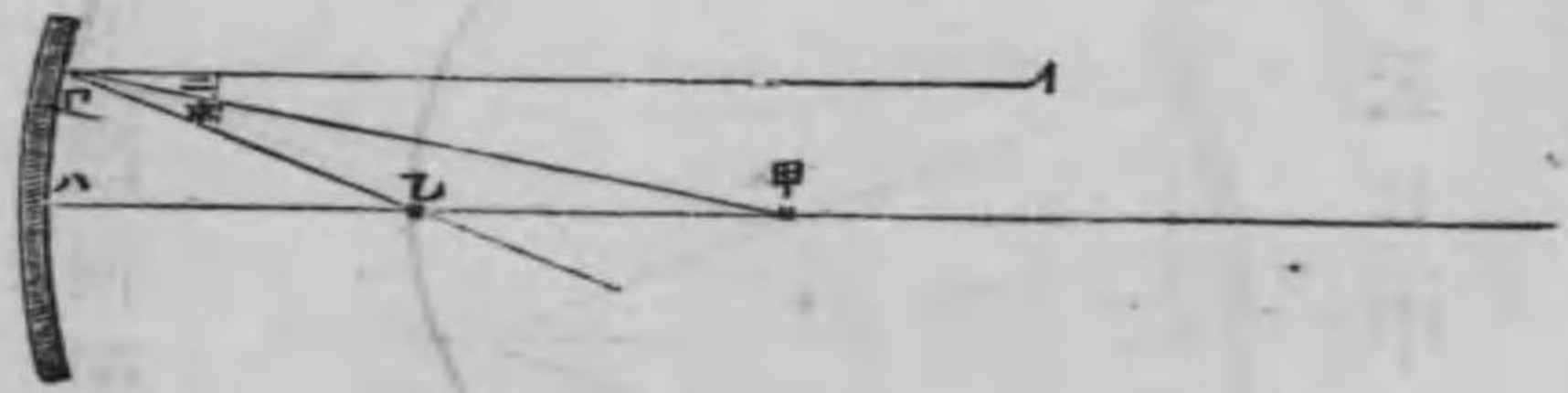
(第二) 軸ト並行ニ凹面鏡上ニ落射スル所ノ光線ハ軸ノ一點(即チ燒點)ニ於テ交リ截ルベク反射セラル。

基因。即チ第七百圖ニ示ス如ク軸ト並行

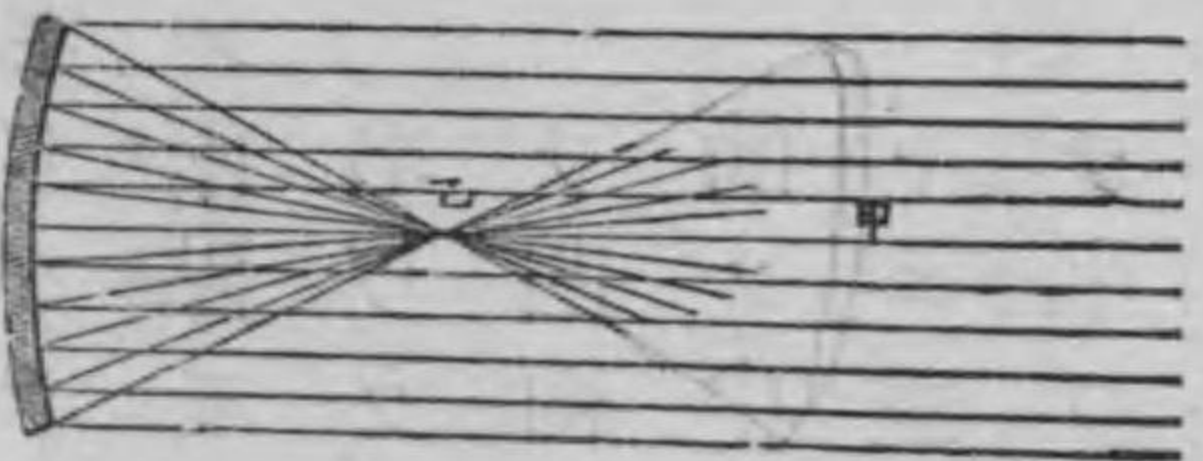
源トセ軸上ニ存在スル所ノ光線ト雖ドモ凹面鏡ヲ距ルコト甚大ナルトキハ其光線ト軸トノ間ニ成レル角度ハナニ射來シ其(ロ)點ニ達スル光線アリトシ、球ノ中心(甲)ヨリ(ロ)點ニ向テ半徑線ヲ引クトキハ、此線ハ即チ落射線(イロ)ノ垂直線ナリ。今此線ト(イロ)トノ間ニ生ズル角(ニ)ハ即チ落射角ニシテ反射線ハ之ト同等ノ角(ホ)ヲ爲シ軸上(乙)點ニ於テ相會合ス、而シテ(甲乙ロ)ナル三角ハ等脚三角幾何學上容易ニ證ナルヲ以テ(甲乙)線ト(乙

凹面鏡ノ軸ト並行ニ射來スル光線ノ反射スル方向

第七百圖



第八百圖



燒點

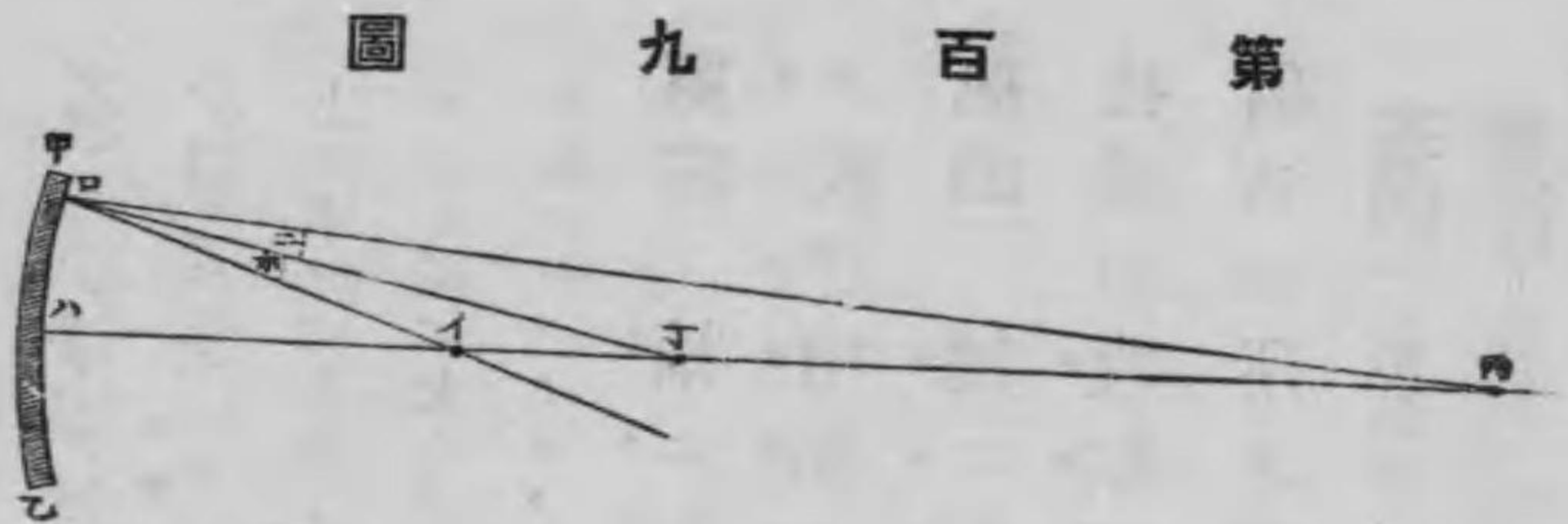
ロ)線トハ同長ナリ。今若シ(ロハ)ナル弧線ヲ以テ極メテ短小ナルモノナリト看做セバ(ロ乙)ニ(乙甲)ヲ加ヘタル線ノ長サヲ以テ(甲ロ)ナル半徑ニ比スルモ著シク大ナラズ、故ニ(乙甲)モ亦(ハ甲)ノ半バニシテ即チ亦(ロ甲)ノ半バナリ。是ニ由テ之ヲ推セバ反射光ノ軸上ニ來ルベキ點(乙)ハ球ノ中心ト鏡面トノ中央點ニ在ルヤ必セリ。今此理ニ據リ(ハ)點ヲ距ルコト甚大ナラザル各點ニ射來スル所ノ光線ハ悉皆(乙)點ニ轉聚スルコト第八百圖ニ示スガ如クナルベシ、此點即チ上文ニ所謂燒點ナリ。

(第三) 軸ニ對シテ收斂的ニ徑路ヲ取ル所ノ光線ハ尙ホ收斂ノ度ヲ増加ス。後ノ第十圖ニ示

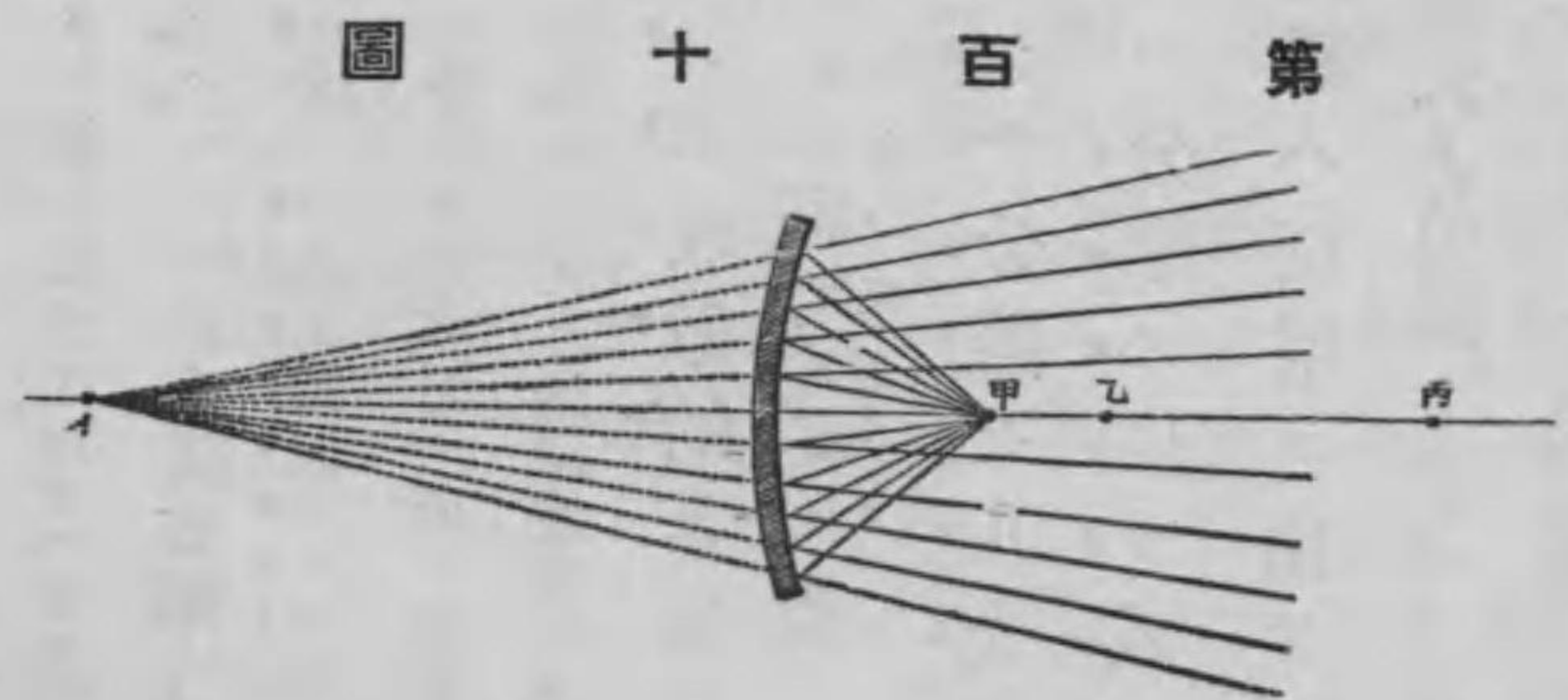
(第四) 軸ニ對シテ分離セル光線ハ其分離ノ度ニ從テ反射ノ後或ハ收斂或ハ分離ノ度ヲ減ジ殊ニ燒點ヨリ凹面鏡上ニ落射スル所ノ光線ハ反射ニ由テ軸ト並行ニ變ズ。

基因。光點若シ遠大ノ位置ニ在ラズシテ鏡面ニ射來スル所ノ光線分離ノ度已ニ並行ト看做シ能ハザルトキハ其反射光線ノ轉聚スル點モ亦從テ變位セザルヲ得、鏡面ニ近ヅクニ隨テ轉聚點ハ却テ愈、鏡面ヨリ遠ザカルベシ、其理ハ第九百圖

凹面鏡ノ軸ト角度ヲ爲ス所ノ光線ノ反射ノ方向



第九百圖



第十百圖

ル所ヲ以テ明瞭ナリ。即チ
トナシ其軸上〔丙〕ニ在ル所ノ

テ〔ロ〕點ニ落射セル光線ハ落射

同等ノ角〔ホ〕ヲナシテ反射シ軸上

ニ會合ス。此點ハ〔丙〕ヨリ發シタル光線ノ

總テ輻聚スベキ點ナリト雖ドモ前圖ノ如ク

〔丁〕即チ球ト〔ハ〕トノ中央ニ在ラズシテ多

少〔丁〕ニ近シ、是レ落射線ト〔丁ロ〕トノ

間ニ生ズル角ガ前圖ニ於ケルヨリモ小ナル

ヲ以テナリ。故ニ光點愈、鏡面ニ近ヅケバ

〔ニ〕角愈、減少スルヲ以テ反射光ノ輻聚ス

ル點ハ愈、鏡面ヲ遠ザカルモノトス其光點

漸々鏡面ニ近ヅキ遂ニ中心〔丁〕ニ達スルト

キハ落射光線ノ方向ハ皆半徑即チ首要光

線ナルヲ以テ反射光モ亦〔丁〕點ニ輻聚ス

ベシ、更ニ、光點ヲ移シテ之ヨリモ尙ホ鏡面ニ近ツカシメ幾何學的中心内ノ一點例之バ
〔イ〕點ニ來レリト看做ストキハ、反射光ノ輻聚點ハ〔丙〕點ナルコト固ヨリ論ヲ俟タズ。而
シテ尙ホ接近シテ燒點ニ到達スレバ反射線ハ盡トク軸ト並行スルニ至ルベキヤ上文ノ理
ニ由テ自ヅカラ知ルベシ。

光點若シ凹面鏡ニ近ヅキ燒點ト鏡面ノ間ニ來ルトキハ反射スル所ノ光線ハ悉皆分離線トナ
リ、決シテ鏡前ニ於テ輻聚スルコトナシ、即チ第一百圖ニ示ス所ノ〔乙〕ハ燒點ニシテ〔甲〕ニ
在ル所ノ光線ヨリ發スル光ノ反射スルヤ本圖ノ状態ノ如シ、故ニ何レノ處ニ至ル迄之ヲ延長
スルモ決シテ鏡前ニ輻聚スルコトナシ、而シテ總反射線ノ方向ヲ熟視スルニ其狀恰モ鏡後ノ
一點〔イ〕點ナリ。ヨリ發シテ互ニ分離シ來ルモノ、如シ。

（三）凹面鏡ノ燒點距離（ f ）光點距離（ a ）及像距離（ β ）ノ間
ニ於ケル關係ノ數學的言明。相反ノ光點距離ト相反ノ
像距離トノ和ハ相反ノ燒點距離ニ等シ。即チ

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{a}$$

（A）公式ノ由來。 第一百十一圖ニ示ス如ク凹面鏡ノ軸上Aニ光點アリ、之ヨリ發シタル一

光點燒點内
ニ在ルノ際
光線ノ反射
スル方向

凹面鏡ノ燒
點距離、光
點距離及像
距離ノ間ニ
存スル關係
ノ數學的言
明

光線ハb點ニ落射シ、之ヨリ反射シテa點ニ來ル。而シテAbナル三角中ノAbナル角ハbCニ由テ截半セラル、故ニ幾何學上左ノ比例式ヲ得ベシ。

$$Ab:ab = AC:aC \dots \dots \dots (1)$$

然レドモ今Abナル光線(小開ノ鏡ニ於テハ常ニ然リト看做シ得ベキ如ク)軸ニ對シテ微小ノ角ヲ爲スベク傾斜スルトキハAbハAdニ等シク而シテabモ亦adニ等シト看做スモ大過ナカルベシ。依テ前式ヲ次ノ如ク變換シ得ベシ。

$$Ad:ad = AC:aC \dots \dots \dots (2)$$

今 $Ad = a, ad = \beta, AC = a - r, aC = r - \beta$ トスレバ(2)式ハ左ノ如ク變ス。

$$a:\beta = (a-r):(r-\beta) \dots \dots \dots (3)$$

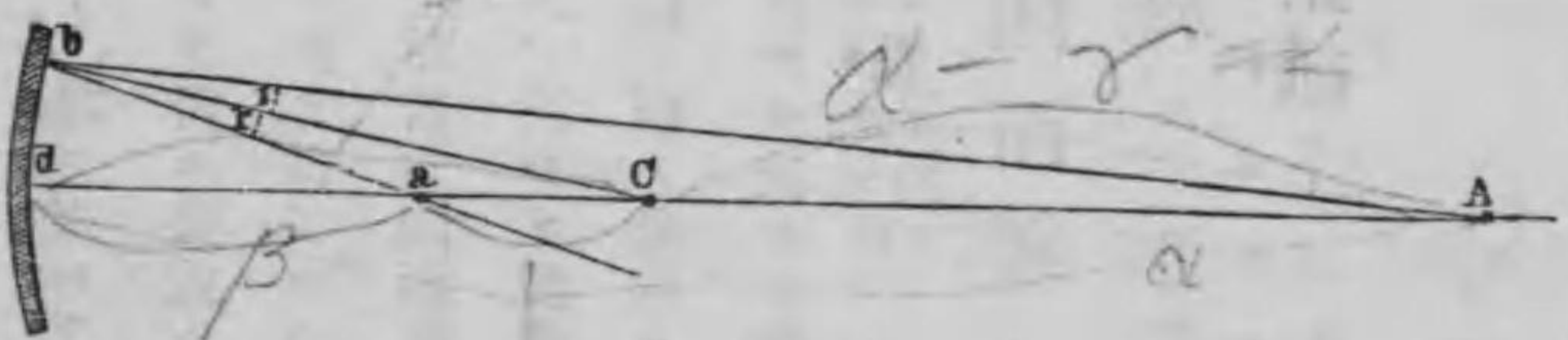
半径(r)ハ二倍ノ燒點距離($r = 2f$)ナルヲ以テ(3)式ニ代ハル所ノ左式ヲ得。

$$a:\beta = (a-2f):(2f-\beta) \dots \dots \dots (4)$$

而シテ(4)式ヨリハ又左式ヲ得ベシ。

三身P主点

第 百 十 一 圖



$$\beta(a-2f) = a(2f-\beta)$$

或ハ $a\beta - 2f\beta = 2af - a\beta$ 或ハ $2a\beta - 2f\beta = 2af$ 今之ヲ除スルニ2ヲ以テスレバ

$$a\beta - f\beta = af'$$

尙 $a\beta$ ヲ以テ除スルニ $\frac{a\beta}{a\beta} - \frac{f\beta}{a\beta} = \frac{af}{a\beta} \cdot \frac{1}{f} - \frac{1}{a} = \frac{1}{\beta}$ トナル、

$$\text{即チ } \frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

(B)公式應用ノ例。(1) 光點遠大

所ノ光、鏡軸ト並行スル際ニ於テハ、 $\frac{1}{a} = 0$ ナリ。是故ニ $\frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$ トナリ、依テ $\beta = f$ トナル、即チ光ノ轉聚點ハ球ノ中心ト面トノ中央ニ在リ。

(2) a若シ2fヨリ大ナルノ時即チ光點cナル球心ヨリモ遠處ニ在ルトキハβハ2fヨリ小ニシテfヨリ大ナリ。爰ニ光ノ轉聚點ハ球ノ中心ト燒點トノ間ニ在リ。

(3) a若シ2fニ等シキ際即チ光點、球ノ中心ニ在ルトキハβハ2fニ等シ、故ニβハ其中心ニ在リ。

(4) a若シ2fヨリ小ニシテfヨリ大ナルトキハβハ2fヨリ大ナリ、爰ニ光ノ轉聚點ハ球心ノ外ニ在リ。

(5) a若シfヨリ小ナル際即チ光點、燒點ト鏡面トノ間ニ在ルトキハβハ負數ナリ。爰ニ

上ノ公式ニ適當スルノ例五則

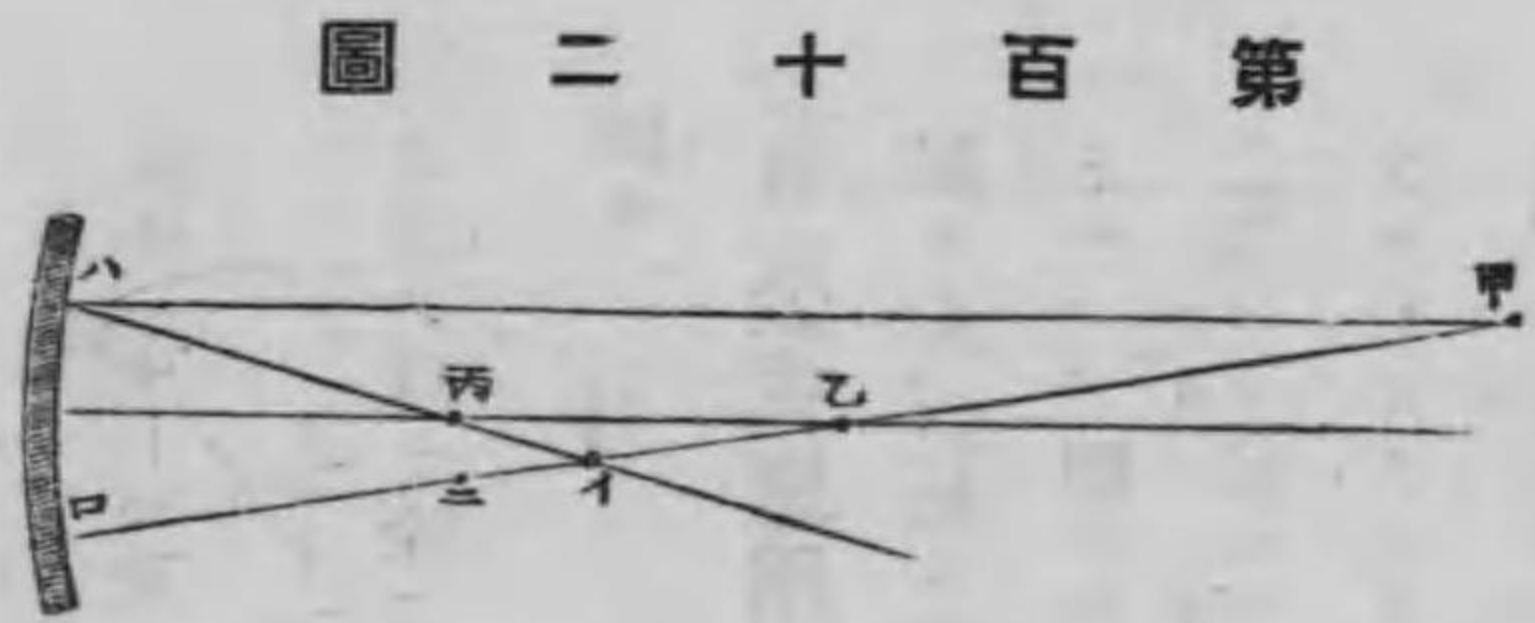
反射光ノ延長線ハ鏡後ニ轉聚ス。

(C) 對應點。f 若シ不變ナルトキハαヲ與ヘラルレバβヲ算出スルヲ得、反對ニβヲ與ヘラルレバαヲ算出シ得ルコト論ヲ俟タザル所ニシテα若シ物體距離ナルトキハβハ像距離ニシテ、β若シ物體距離ナルトキハ像距離ナリ。斯ノ如ク互ニ相一致スル所ノ點ヲ名ヅケテ對應點ト云フ。

(四) 光點鏡軸外ニ在ル場合ニ於ケル反射光線ノ方向。上文論述セシ所ハ亦一般ニ軸外ニ在ル所ノ光點ニ適當ス。

說明。第百十二圖ノ(甲)ハ即チ軸外ニ在ル光點ナリ。今(甲)ヨリ中心(乙)ヲ過ギ鏡上ニ一線ヲ引クトキハ即チ(甲)ヨリ鏡上ニ射來スル光線ノ軸トナル、故ニ(甲)ヨリ發射シタル光線ハ反射ノ後總テ此軸上ニ轉聚スベシ。此全光線若シ(甲乙丙)ト並行シテ鏡上ニ射來スルトキハ反射ノ後(乙)ト(丙)ノ中間ニ在ル所ノ一點(ニ)ニ於テ轉聚スルナラン。

凹面鏡ノ軸外ニ在ル光點ヨリ發スル光線ノ反射方向



第百二十圖

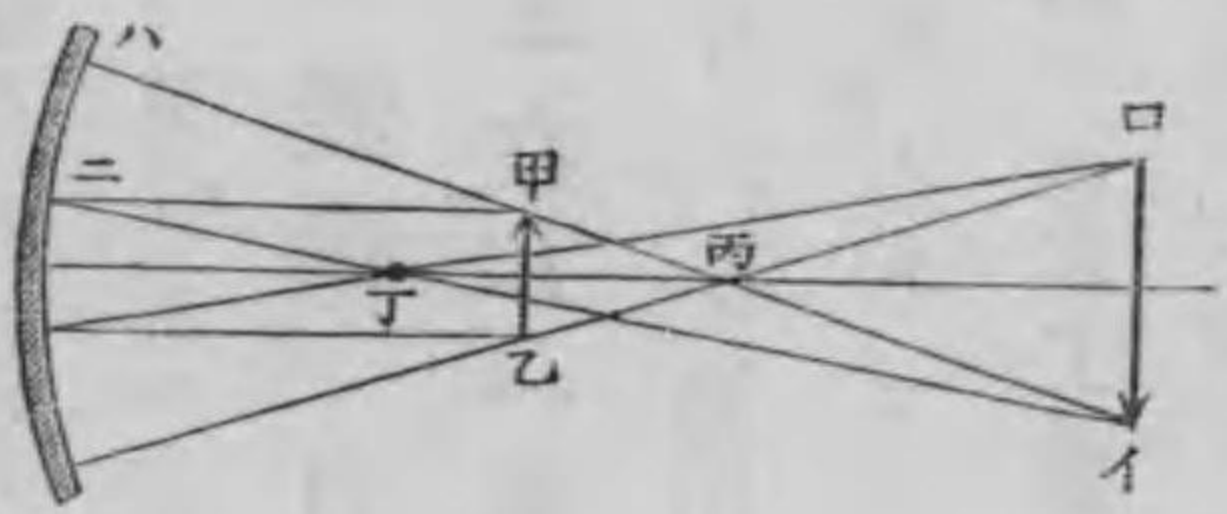
然レドモ(甲)ヨリ出發スル所ノ光線ハ分離スルヲ以テ光ノ轉聚スル點ハ鏡面ヲ距ルコト(ニ)點ヨリ尙ホ遠キニ在リトス。眞ニ轉聚スルノ點ヲ搜索セント欲セバ(甲)ヨリ鏡軸ト並行シテ(甲ハ)ナル一線ヲ引クベシ、此方向ヲ取リテ鏡面ニ射來スル光ハ前ノ諸項ニ論述シタル定律ニ從ヒ燒點ニ向テ反射ス。故ニ(ハ)點ヨリ(丙)ヲ過ギ一直線ヲ引クトキハ此線ハ(甲乙丙)ナル線ノ一點ニ會合ス。(イ)ハ即チ此會合點ニシテ(甲)ヨリ發スル光線ハ悉皆茲ニ轉聚スベシ、故ニ此點ニ光點アリトスレバ其光ノ(甲)點ニ於テ轉聚スルヤ必セリ。

(五) 物體像。以上論述セシ所ノ諸項ハ或ハ鏡軸上ニ存シ或ハ軸外ニ在ル一點ノ光源ニ關スル光線ノ方向ヲ示ス所ノ定律ナリ。今之ヲ應用スレバ作圖ニ由テ物體像ノ生成ヲ説明シ得ルモノトス。

例。第百十三圖ニ示スガ如ク凹面鏡ノ球心ト燒點トノ間ニ一箇ノ物體(甲乙)アリ。(甲)ヨリ(甲ハ)ノ方向ヲ取リテ落射スル光線ハ中心(丙)ヨリ發セシモノト同一ノ方向ナルガ故ニ中心(丙)ヲ通過シ(ハイ)ノ方向ヲ取リテ反射スベシ、之ニ反シテ鏡軸ト並行シ(甲ニ)ノ方向ニ進行シタル光線ハ燒點ヲ經過シ(ニイ)ノ方向ニ反射スベシ。斯ノ如ク(甲)ヨリ發スル光

凹面鏡前ニ置キタル物體ノ像

圖三十百第

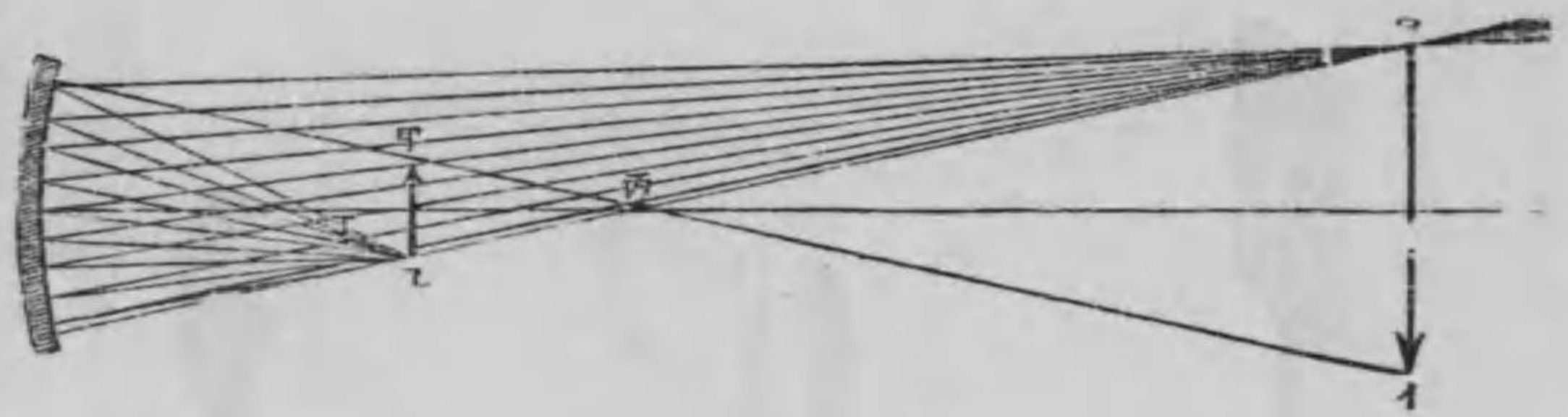


線ハ悉ク反射シテ「イ」點ニ轉聚シ茲ニ**物體上端(甲)**ノ像ヲ生ズ。物體ノ**下端(乙)**ヨリ發スル所ノ光モ亦上端ヨリ發セシモノト同一ノ理ニ據リ「ロ」ニ轉聚シテ其像ヲ生ズ。上端ト下端トノ中間ノ各點ヨリ發スル光線ハ各々皆其適應ノ點ニ轉聚スベキヤ論ヲ待タズシテ明瞭ナルガ故ニ爰ニハ細小ナル物體ノ像ヲシテ**巨大ニ且ツ顛倒**シテ現出セシムルモノナリ。今若シ「イロ」ヲ物體トスレバ上文ニ反シテ「甲乙」ナル倒像ヲ生スベシ。而シテ中心外ニ在ル所ノ物體愈々中心ヲ遠ザカレバ中心ト燒點トノ間ニ生ズル像ハ愈々**燒點ニ近クシテ愈々小**ナリ。故ニ中心ト燒點トノ間ニ在ル物體愈々**燒點ニ近クシテ愈々小**ニ生ズル像ハ**中心ヲ遠ザカルコト愈々大ナリ**。此等ノ理由ハ反射光ノ角度ニ關スルノミニシテ前ノ諸項ヲ參考スレバ容易ニ其解明ヲ得ベシ。

本圖ニ就テ見タル所ハ物體ノ各點ヨリ發スル一ニ重要光線ノミニ止マレリト雖ドモ今**第十四圖**ヲ以テ示セル状態ヲ見レバ各點ヨリ發スル光線ハ悉ク之ニ適合スルノ點ニ轉聚スルモノナルコト明瞭ナリ。即チ中心ト燒點トノ間ニ一**小體(甲乙)**アリ其下端「乙」ヨリ發スル光

凹面鏡ニ由テ實像ヲ生ズル實驗

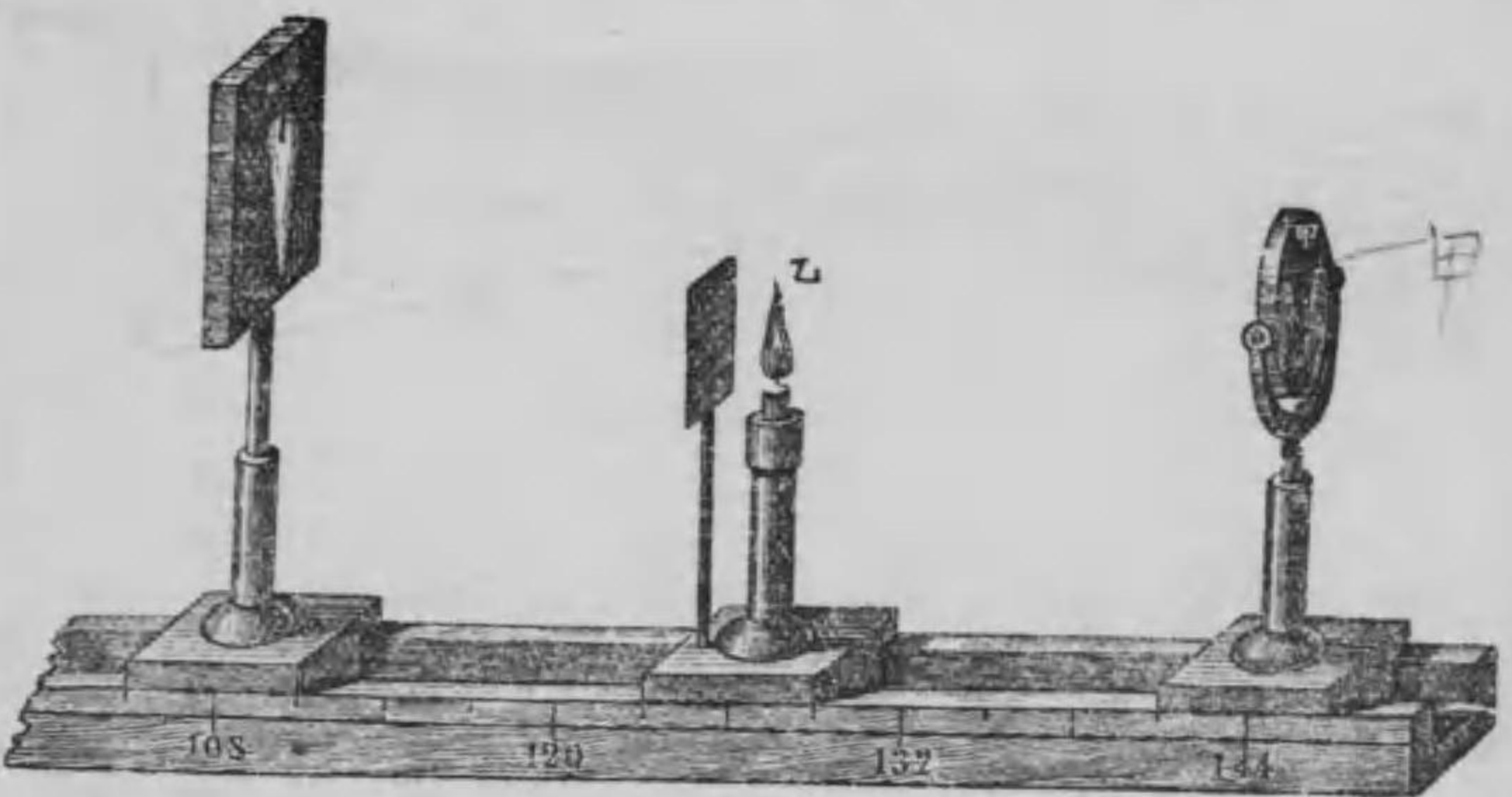
圖四十百第



線反射スレバ悉皆「ロ」點ニ聚マリ茲ニ物體下端ノ像ヲ生ズ。斯ノ如クシテ物體ノ上端及其他ノ各點ヨリ發スル者モ各々一定ノ位置ニ轉聚スルヲ以テ「イロ」ナル全像ヲ現ハスナリ、但シ物體ノ下端ニ於ケル「乙」點ノ佗ヨリ發スル光線ヲ圖中ニ省略セルハ多線混亂シテ其方向ノ不分明ナランコトヲ恐ルレバナリ。物體「ロイ」ニ在ルノ時ハ「甲乙」ナル像ヲ現ハスモ亦上ト同一理ニシテ若シ物體ヲ球心ニ置ケバ像モ亦球心ニ來リ、**其大サ實物ニ均シクシテ顛倒セリ**。以上論述セシ如ク凹面鏡前ニ置キタル物體ヨリ發スル光線ハ鏡面ノ爲メニ反射シ一定ノ位置ニ轉聚シ茲ニ其像ヲ生ズルモノニシテ、斯ノ如キ像ハ總テ之ヲ名ヅケテ**實像ト云フ**。

(六)凹面鏡ニ由ル生像ノ實驗。 凹面鏡ニ由テ果シテ實像ヲ得ルヤ否ヤハ實驗上之ヲ確證シ得ベシ。

第百五十圖



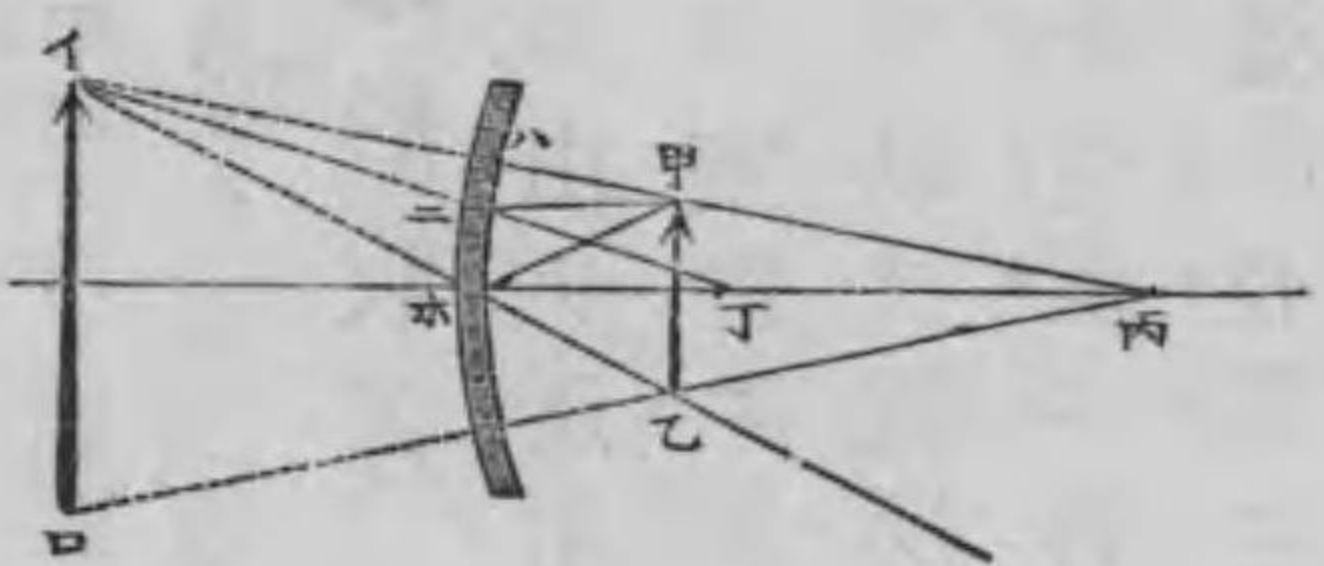
即チ第百十五圖ニ示ス如キ簡單ノ設備ヲ以テ之ヲ實行スルコトヲ得。今凹面鏡〔甲〕・燭光〔乙〕及像ヲ受クベキ方扁板〔小衝立〕ヲ並列シ燭光ヲ進退シテ適度ニ至レバ其方扁板上ニ於テ本圖ニ見ルガ如キ**巨大明確ナル倒像ヲ呈ス**、若シ其像ヲ受クベキ板ヲ除却シ隔タル位置ヨリ鏡面ヲ望メバ**空中ニ倒像ノ浮游スルヲ見ルベシ**。

(七)凹面鏡ニ於ケル虚像。

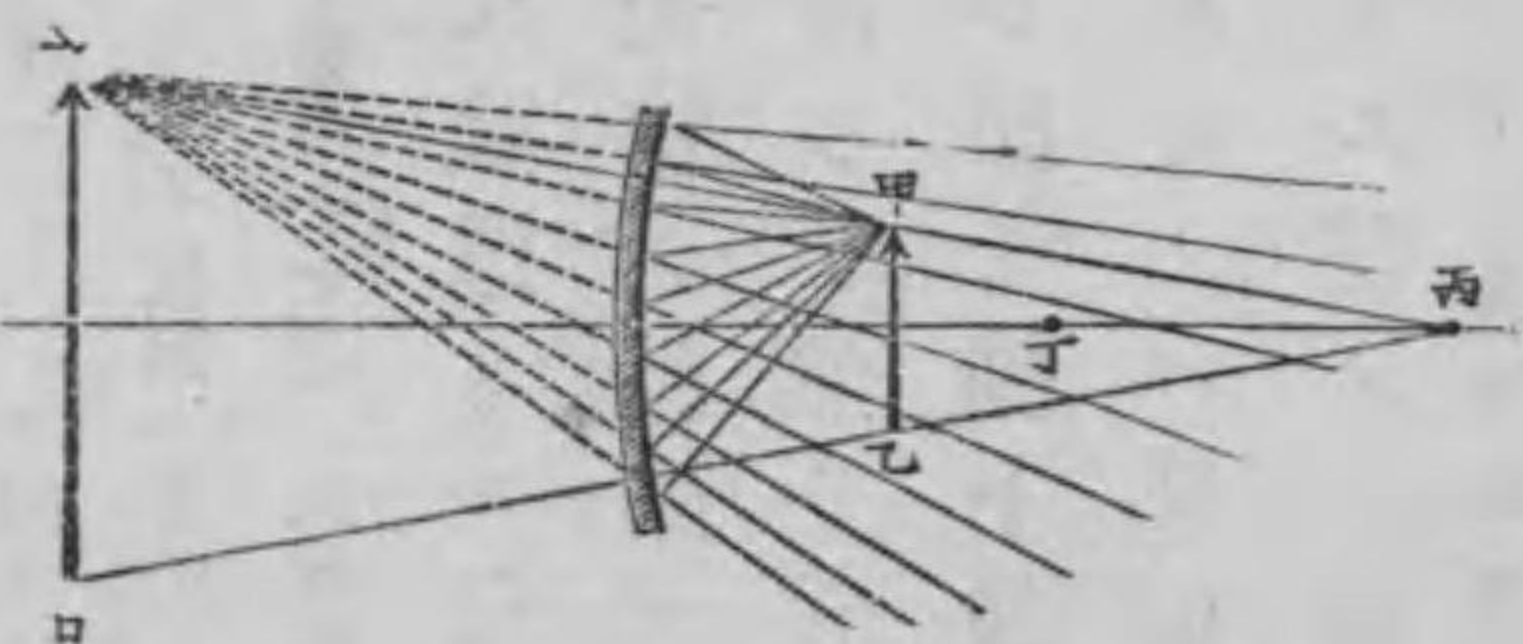
光點若シ凹面鏡ノ面ト燒點トノ間ニ在ルトキハ其反射光ガ鏡前ニ轉聚スルコトナキハ既ニ前文ニ述ブルガ如シ、故ニ茲ニ物體ヲ置クトキハ之ヨリ發スル光線ハ

都テ鏡前ニ於テ轉聚スルノ理ナク決シテ其實像ヲ得ルコト能ハザルナリ。

第百六十圖



第百七十圖



鏡前ニ於テ轉聚スルコトナク之ガ爲メニ〔甲〕ノ像ヲ現ハサズト雖ドモ之ヲ鏡後ニ延長スレバ圖中點線ヲ以テ示ス如ク〔イ〕點ニ於テ轉聚ス、下端ヨリ發スル所ノ光モ亦上端ニ於ケルガ如

第百十六圖ヲ以テ示ス所ノ作圖ニ因リ何レノ處ニ如何ナル像ヲ生ズルカヲ搜索スベシ。即チ燒點〔丁〕ノ内部ニ物體〔甲乙〕アリ、其上端〔甲〕ヨリ〔甲ハ〕ノ方向ヲ取リテ發射セル光線ハ直チニ其方向ニ反射ス、是レ蓋シ球ノ半徑ノ方向ナレバナリ。軸ト並行シテ〔甲ニ〕ノ方向ニ發射シタル光線ハ燒點ノ方向ニ反射シ〔甲ホ〕ノ方向ヲ取レル者ハ〔ホ乙〕ノ方向ヲ取リテ反射ス。是故ニ〔甲〕ヨリ發シタル諸光線ハ

凹面ニ於ケル虚像ノ形成

ク〔ロ〕ニ轉聚シ其他各點ヨリスル者モ各其適當ノ位置ニ轉聚スルヲ以テ鏡後ニ於テ**巨大ナル像**〔イロ〕ヲ見ルベシ。是故ニ凹面鏡ニ此像ハ上文ノ如ク實ニ光ノ轉聚スルニ非ズシテ只延長シタル線ニ由テ見得ベキモノナルヲ以テ已ニ平面鏡ニ就テ見タル如ク之ヲ名ヅケテ幾何學的ノ像又虚像ト云フ。此像ノ現出スル際ニ於テ物體ノ各點ヨリ發射シタル光線ハ悉皆其適位ノ一點ニ轉聚スルコト第百十七圖ニ示ス所ノ現狀ノ如シ。

(八)球形收差

上文論述スル所ノ諸項ニ就テ之ヲ觀レバ凹面鏡ニ由テ反射スル光線ノ轉聚スベキ點ハ一定ナルガ如シト雖ドモ實際ニ於テハ決シテ然ラズ、今第百十八圖ニ就テ其然ラザル所以ヲ説明スベシ、即チ**軸ト並行ニ射來スルニ光線アリ、軸ニ近キ位置ニ落射スルモノハ反射シテ〔乙〕**此點ハ即チ前ニ達シ軸ニ遠キ位置ニ落射スル佗ノ一線ハ反射シテ〔ロ〕ニ到ル。是レ即チ前ニモ論述シタル如ク球ノ中心〔甲〕ヨリ垂線ヲ鏡面上ニ引クトキハ〔ハ〕ナル角ト〔ニ〕ナル角ト等角ヲナスヲ以テナリ。然ラバ則チ設トヒ**軸ト並行スル所ノ光線ナルモ軸ヲ距ルノ遠近ニ從テ同一ノ點ニ轉聚スルコト能ハズ、之ニ由テ不鮮明ノ像ヲ生ズ、之ヲ名ヅケ**

球形收差

テ球形收差ト云フ。

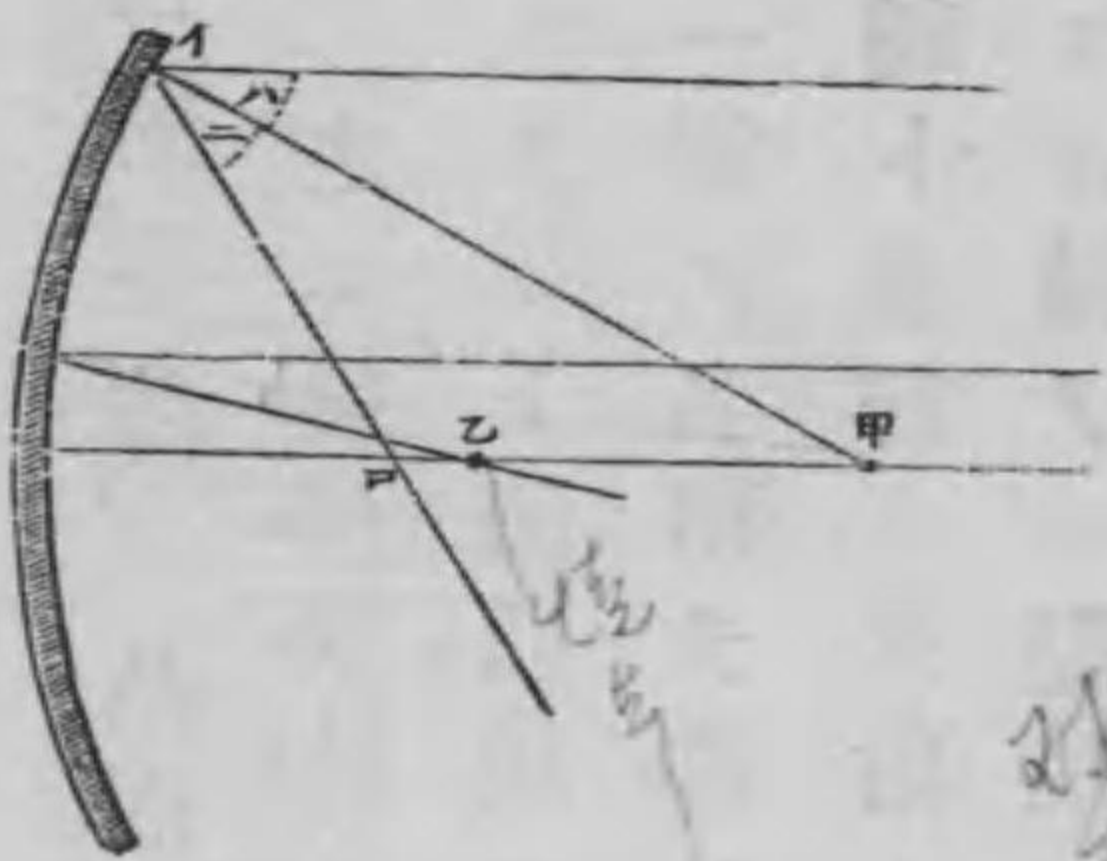
此二線ノ間ニ於テ鏡面ニ落射セル後反射シタルモノハ各〔乙〕點ト〔ロ〕點トノ間ニ來ルヤ固ヨリ論ヲ俟タザルガ故ニ、

茲ニハ一ノ燒點ヲ成サズシテ所謂**燒線**ヲ生ズ。其球形收差ノ著大ナルハ第百十九圖ヲ見テ明カナリ。

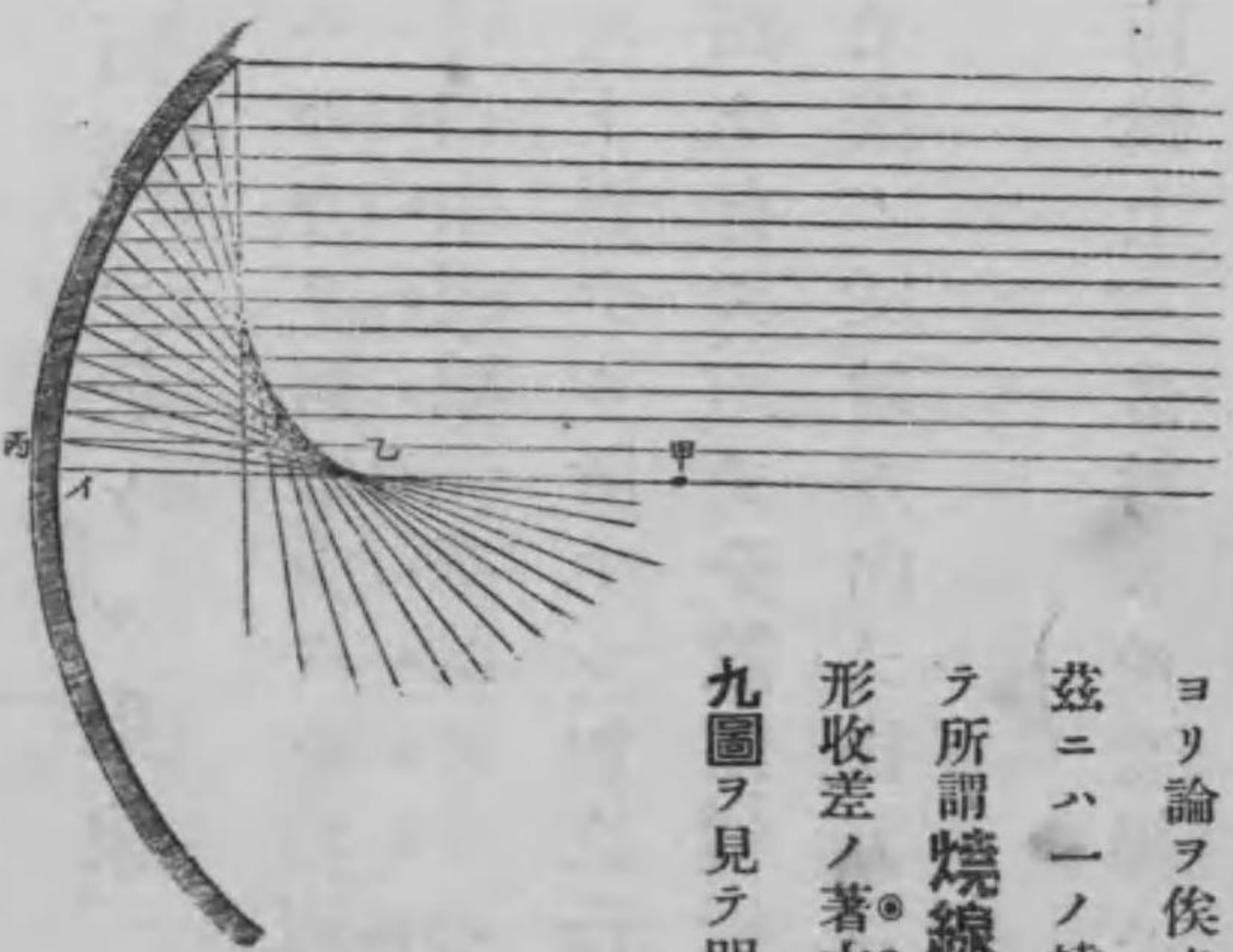
此收差ヲ避ケント欲セバ第百十九圖ニ示スガ如キ凹面鏡ヲ用フ可カ

燒線ノ形成

第百十八圖



第百十九圖



ラズ、即チ其開キ小ニシテ第百十一圖ノAbトAdヲ換用スルモ其差殆ンド無シト看做シ得ベキ者至八度以内ニ在ル者ヲ用フベシ。又燈臺ニ於ケル反射鏡等トナシテ實用ニ供スルニハ

ラーベル形ノ凹面鏡ヲ佳トス、蓋シ其形狀ヲ有スルモノハ能ク並行光線ヲシテ一點ニ稜聚セシムルヲ得レバナリ。

第四節 凸面鏡ニ於ケル現象。

(一)名稱要義。凸面鏡鏡球面ハ外方ヲ研磨シタル球面ノ一部分ナリ。之ニ幾何學的ノ中心彎曲半徑軸光學的ノ中心等ノ名稱ヲ附スルコト凹面鏡ニ於ケルト異ナル所ナシ、加之凸面鏡ニハ尙ホ一箇ノ名稱ヲ附スル一點ヲ有ス、即チ分散點消極ノ燒點ニシテ軸ト並行ニ落射シタル光線ノ反射方向ヲ後方ニ延長シ其會合スル軸ノ一點是レナリ。

凸面鏡ニ於ケル光線ノ徑路ニ關スル定律

(二)反射光線ノ徑路。凸面鏡上ニ落射スル光線ハ其方向ニ從テ反射ノ徑路ヲ異ニス。

(第一) 首要光線即チ球心ニ向テ其方向ヲ取り落射スル所ノ

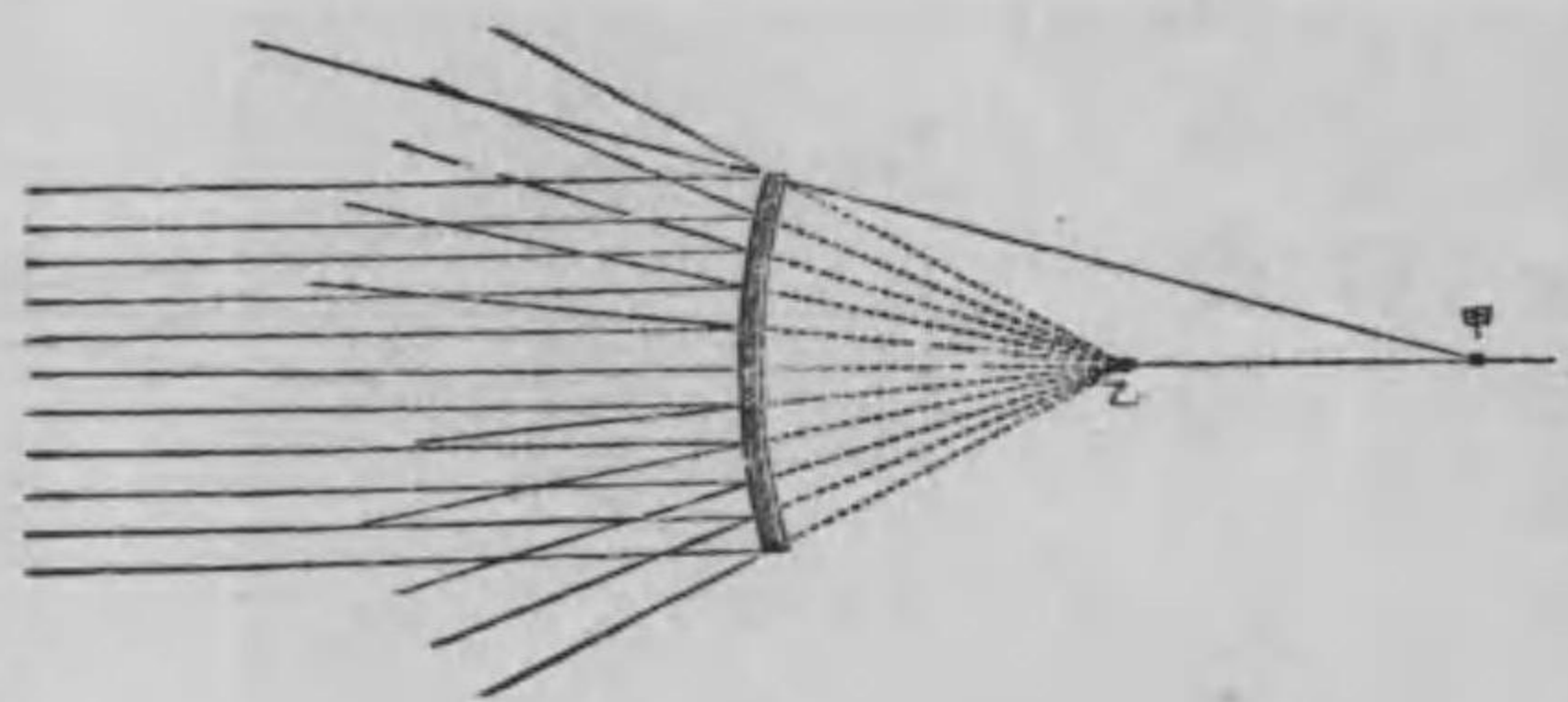
光線ハ其舊路(即チ自己)ニ反射ス(凹面鏡ノ二ノ第一ノ定律)

(第二) 軸ト並行ニ落射スル所ノ光線ハ分散シテ反射ス。其後方ニ延長シタル線ノ互ニ相會合スル軸ノ一點ハ即チ上記ノ分散點ナリ。

第二百十圖ハ此場合ヲ示スモノニシテ(甲)ハ凸面鏡ノ球心(乙)ハ即チ其分散點ナリ。

(第三) 分散光線ハ益分散シ、收斂光線ハ其收斂ノ度ヲ減ジ或ハ並行線トナリ或ハ分散線トナル、是故ニ凸面鏡ニハ分散鏡ノ別名アリ(反射定律ヲ參考セヨ)。

第 百 二 十 圖



凸面鏡ニ於テモ凹面鏡ニ於テ記述セシガ負數(一)ナルノミ。

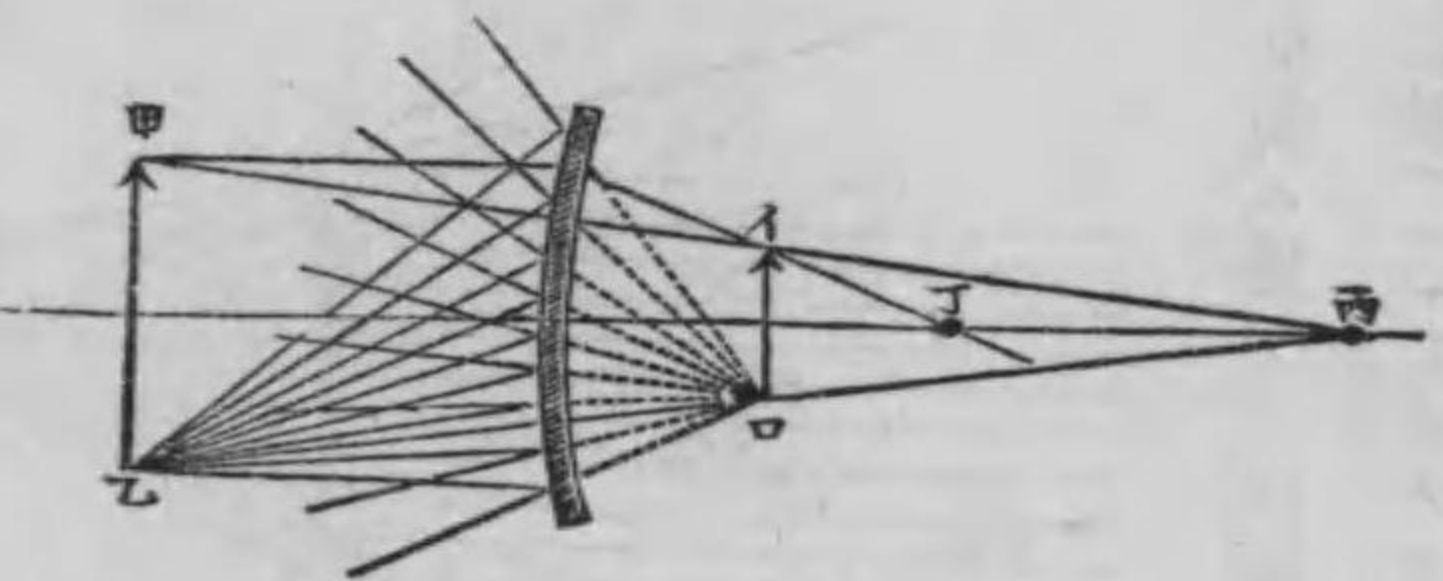
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

ナル公式適當ス、只異ナル所ハ

凸面鏡ニ由
テ生ズル像

日本魔鏡
(日本固有
ノ青銅鏡)
ハ凸面鏡ノ
一ナリ

圖 一 十 二 百 第



(三)凸面鏡ニ由レル生像。凸面鏡ハ
單ニ直立セル小虚像ヲ生ズルノミ。

作圖ニ由レル證明。第二百一圖ニ就テ其證例ヲ見ル

ベシ即チ(甲乙)ハ凸面鏡前ニ置キタル一箇ノ物體ニシテ其上

端(甲)ヨリ(甲丙)ノ方向ヲ取リテ落射シタル光線ハ直チニ

反射シ軸ト並行ニ落射シタルモノハ即チ(丁)ヨリ發射シタ

ル光線ノ方向ヲ取リテ反射シ、之ヲ鏡後ニ延長スレバ(イ)

ニ轉聚ス。而シテ其下端(乙)ヨリ發射スル者ハ反射ノ後之ヲ

鏡後ニ延長スレバ悉トク(ロ)ニ轉聚スルヲ以テ茲ニ小ナル像

(イロ)ヲ現ハス、是故ニ凸面鏡ニ又小視鏡ノ名アリ。

(四)日本魔鏡。日本固有ノ青銅鏡ハ凸面鏡ノ一ナリ。之ニ

魔鏡ノ名稱ヲ附シタルハ表面ヨリ反射スル光線ヲ衝立ニテ遮

ギルノ際第百二十二圖ニ示スガ如ク裏面ニ於ケル文字繪畫等

ノ現ハレ出ヅル一種奇異ノ現象ヲ呈スルニ由ル。

(A)奇異ノ現象ヲ呈スル理由。

此現象ハ近時内外物理學者ノ注意ヲ惹ケ

ル者ニシテ山川健次郎氏等ノ研究ニ據レ

バ魔鏡ノ面ハ一見スレバ平等ニ凸ク屈曲

セルガ如キ觀アレドモ實際ハ然ラズシテ

各局部ニ於テ屈曲ノ度ニ大小ノ差

アリ、例之バ千歳ト鑄出セル處即チ鏡體

厚キ部分ノ屈曲度ハ薄キ部分ヨリ小ナリ

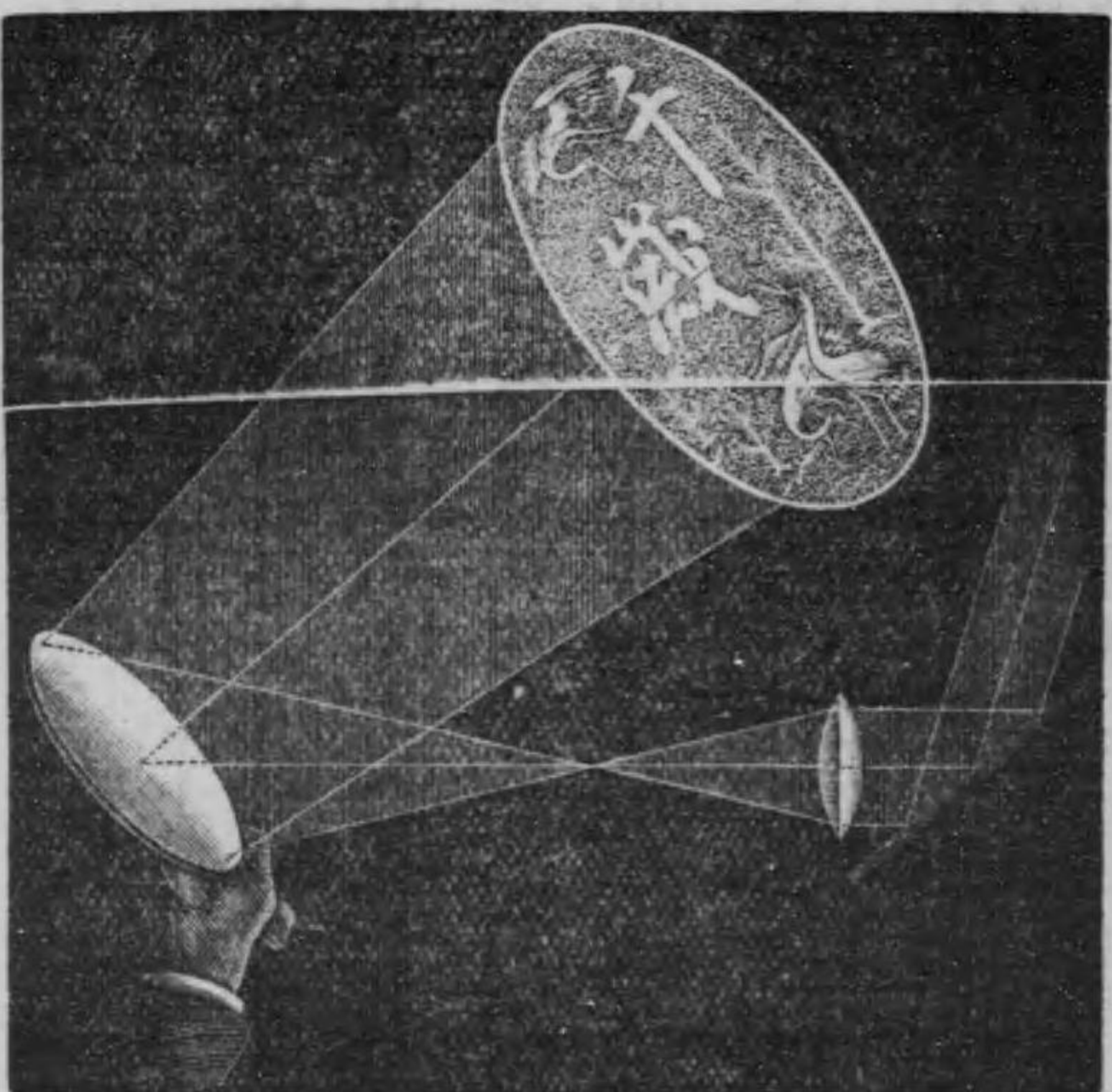
(即チ屈曲半径大ナリ)而シテ屈曲度ノ小

ナル部分ハ光線ヲ分散スルコトナキヲ以

テ其千歳ナル文字ノ部分ハ他ノ部分ヨリ

強ク光ルモノナリト。

圖 二 十 二 百 第



日本鏡ノ裏
面ニ於ケル
文字繪畫ノ
映出スルハ
鏡體ノ厚薄
ニ隨テ屈曲
度ヲ異ニス
ルニ因ル

日本魔鏡ニ
關スル村岡
氏ノ研究

(B)屈曲度ニ差異ヲ生ズルノ理由。

上文ノ如ク屈曲度ニ差異ヲ生ズル理由等ニ就テ

ハ村岡範爲馳氏ノ研究アリ、即チ氏ハ金屬板ノ彈性ニ就テ研究シ左ノ成績ヲ得タリ。曰ク凡

ソ金屬板ハ研磨ニ由テ其面凸起シ其凸起ノ度ハ金屬ノ種類ト板ノ厚薄トニ由リテ著大ノ等

差アリ、又同一金屬ニ於テハ薄キ部分ノ凸起ハ厚キ部分ヨリモ大ナリ。今 r ヲ以テ屈曲半徑トシ、金屬板ノ厚サヲ示スニ d ヲ以テシ、而シテ c ヲ以テ各金屬ニ固有スル常數トスレバ、

$$r = cd^2$$

ナル關係ヲ有ス。是ニ由テ之ヲ觀レバ一金屬板ニシテ處々厚薄ノ度ヲ異ニスルモノヲ取り之ヲ研キ上グレバ其全體凸ク圓形ニ屈曲スルモ部分ニ依リテ其度ニ差異ヲ生ズベキヤ明カナリ、而シテ其差異タルヤ上式ニ據レバ厚サニ倍トナレバ屈曲半徑ハ八倍トナルノ割合ナルヲ以テ、至微至細ナル厚薄ノ差モ至大ナル屈曲度ノ變異ヲ生ズルナリ。

(C) 魔鏡トナルハ單ニ研磨ニ由ル。日本鏡ヲ製スルニハ最初千歳・松竹梅・鶴龜等ノ部分ヲ厚ク裏面上ニ鑄タル青銅板ノ表面ヲ研磨シテ作ル者ナルヲ以テ、研磨ノ際表面ハ漸々凸ク圓形ニ屈曲スルナリ。是故ニ其厚キ部分ハ屈曲度小ナルニ依リ之ヨリ反射セル光線ハ分散スルコト少カラザルヲ得ズ、是レ裏面ニ於ケル文字繪畫ノ部分他部ヨリモ強ク光ル所以ナリ。

屈曲半徑ノ變化ハ上式ニ就テ見ル如ク著シク板ノ厚薄ニ關スルモ鏡全體ノ厚サ甚大ナルトキハ精密ナル測定ニ依ラザレバ認識スルコト能ハザルニ至ル。故ニ魔鏡ノ現象ヲ呈スルハ必ズ薄キ日本鏡ニ限ルナリ、依テ厚キ鏡ニテモ充分薄ク研ギ上グルトキハ必ズ魔鏡トナルモノナリ。此理未ダ明カナラザリシ前ハ日本鏡師ニ祕術アリテ製作スルモノナラント想像セルモノ少カラザリシモ、是レ決シテ然ラズ。鏡師ハ意アリテ製作スルニアラズ、全ク偶然ニ之ヲ得タルモノナリ、加之鏡師自己モ全ク此現象ヲ知ラザルモノ多シトス。

第三章 光ノ屈折。

第一節 汎論。

(一) 定義。光ノ屈折トハ凡ソ光線ガ一ノ媒間體ヨリ稠度ヲ異ニスル他ノ媒間體ニ移入スルノ際斜メニ其境界面上ニ落射スルニ由テ受クル所ノ方向變差ヲ云フ。

光ノ屈折ノ定義證明スルノ實驗

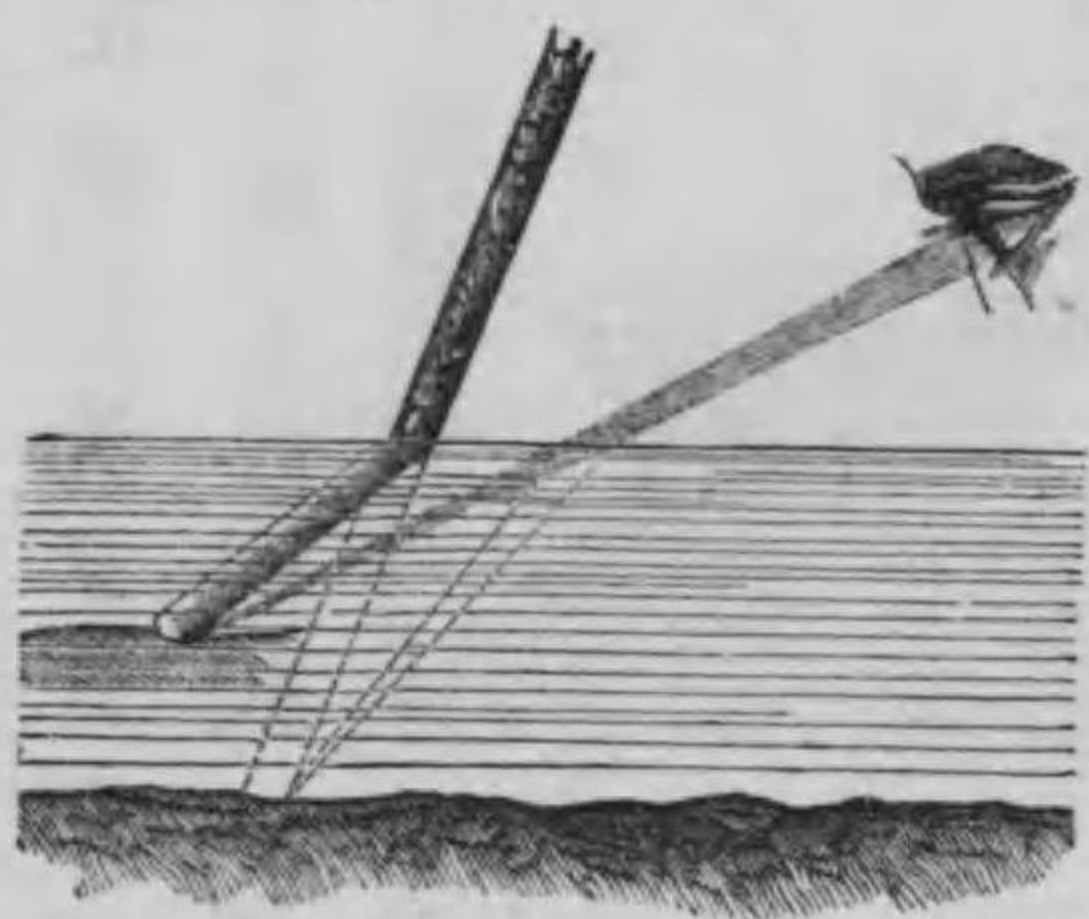
第百二十三圖



(A) 實驗。(1) 第百二十三圖ニ示ス如ク不透明ノ盂皿中ニ一箇ノ貨幣(イ)ヲ置キ、眼(ニ)ヲ退ケテ器縁ガ貨幣ヲ遮リテ之ヲ視ル可カラザルニ至リ、而シテ皿中ニ水ヲ注入スレバ雷ニ其貨幣ヲ認メ得ルニ至ルノミナラズ、水量ノ増加スルニ從ヒテ恰モ貨幣ノ浮キ出デ(ハ)ニ在ルヲ覺ユベシ。是レ(イ)ヨリ發射スル光線(例之バ(イロ))最初ハ眼中ニ入ラザリシト雖ドモ、水ヲ注入スルニ當リ其光線濃厚ナル物體即チ

水ヨリ稀薄ナル物體即チ**空氣**ニ移ルノ際〔ロ〕ノ一點即チ水ト空氣トニ於テ垂直線ヲ遠ザカリテ屈折シ以テ眼中ニ入ルガ故ニ〔ハ〕ニ在ルヲ覺ユルナリ、是ニ由テ之ヲ觀レバ凡ソ光ハ濃薄ヲ異ニスル甲ノ透明體ヨリ乙ノ透明體ニ移ルノ際必ズ屈折スルモノナルヤ疑ナシ。

圖 四 十 二 百 第



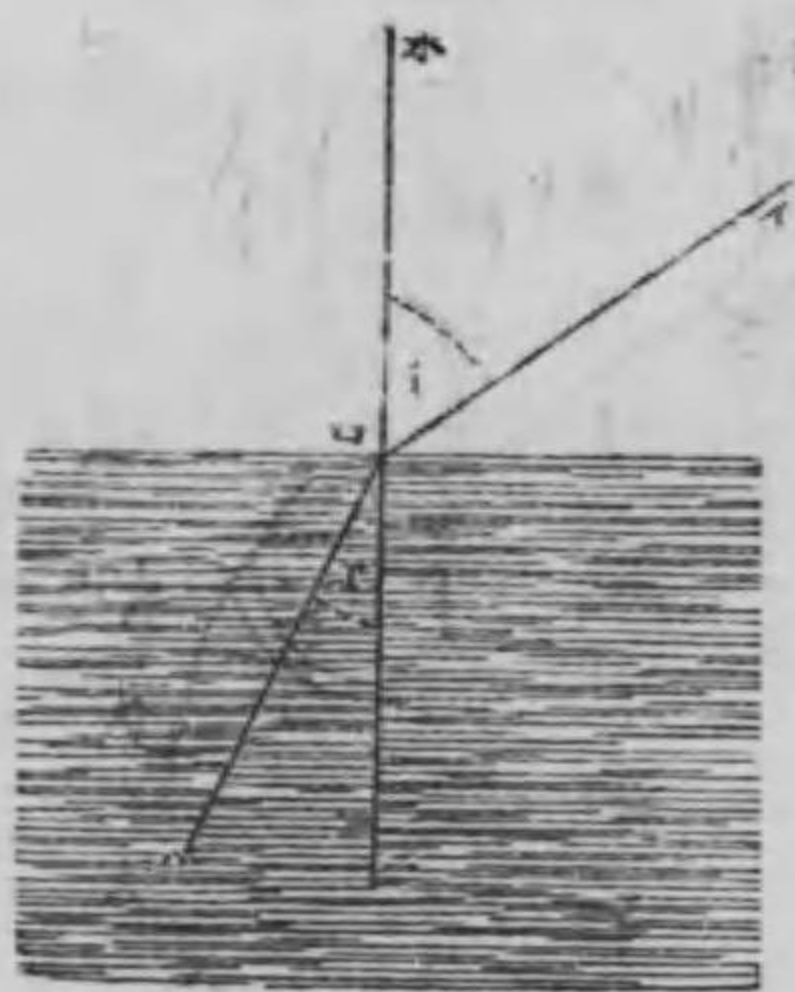
(B) 觀察。(1) 其底面ヲ透見シ得ベキ**河川**ハ實際ヨリモ淺キガ如ク見ユ。

(2) 深水ニ游泳スル魚ハ實際ヨリモ淺キ處ニ見ユ。

(二) 名稱要義。 第二百二十五圖ニ示ス所ノ〔ロ〕ハ二種ノ媒間體例之バ**空氣ト水**ノ境界面ニ於ケル一點ニシテ〔イ〕〔ロ〕チ一ノ**落射線**

光線屈折ニ關スル諸要目ノ定義

圖 五 十 二 百 第



トスレバ〔ロハ〕ハ他ノ媒間體ニ於ケル其方向ナリ。然ルトキハ境界面ニ對シテ直角チナス如ク〔ロ〕チ通ジテ引キタル直線〔ホロ〕チ名ヅケテ**垂直線**ト云ヒ**落射線**〔イ〕ト垂直線トノ間ニ生成スル角〔i〕チ**落射角**ト名ヅケ〔ロハ〕チ**屈折線**ト云ヒ、而シテ其屈折線〔ロハ〕ト垂直線〔ロニ〕トノ間ニ生成スル角〔r〕チ名ヅケテ**屈折角**ト云フ。

屈折ノ定律六項

(三) 屈折定律。(第一) 屈折線ハ**落射線**ト**垂直線**トニ由テ確定セル面中ニ在リ。

第二百二十五圖ノ〔イ〕〔ロ〕トヲ通ジテ面ヲ置キタリト考フレバ〔ロハ〕ハ即チ其面中ニ在リ。

(第二) 屈折線ト**落射線**トハ**屈折スル面**ト**垂直線**トノ**反對方**

邊ニ在リ。

第二百二十五圖ノ屈折スル面ヲ以テ別テバ「イロ」ハ上方、「ロハ」ハ下方ニ在リ、又「ホニ」ヲ以テスレバ「イロ」ハ右方、「ロハ」ハ左方ニ在リ。

(第三) 光線若シ其移入セントスル媒間體ノ表面上ニ垂直ニ立ツトキハ屈折スルコトナク進行ス。

落射角零ナルヲ以テ屈折角モ亦零ナリ。

(第四) 斜メニ落射スル光線ハ必ズ屈折シ而シテ其落射スルコト愈斜メナレバ屈折スルコト愈強シ。

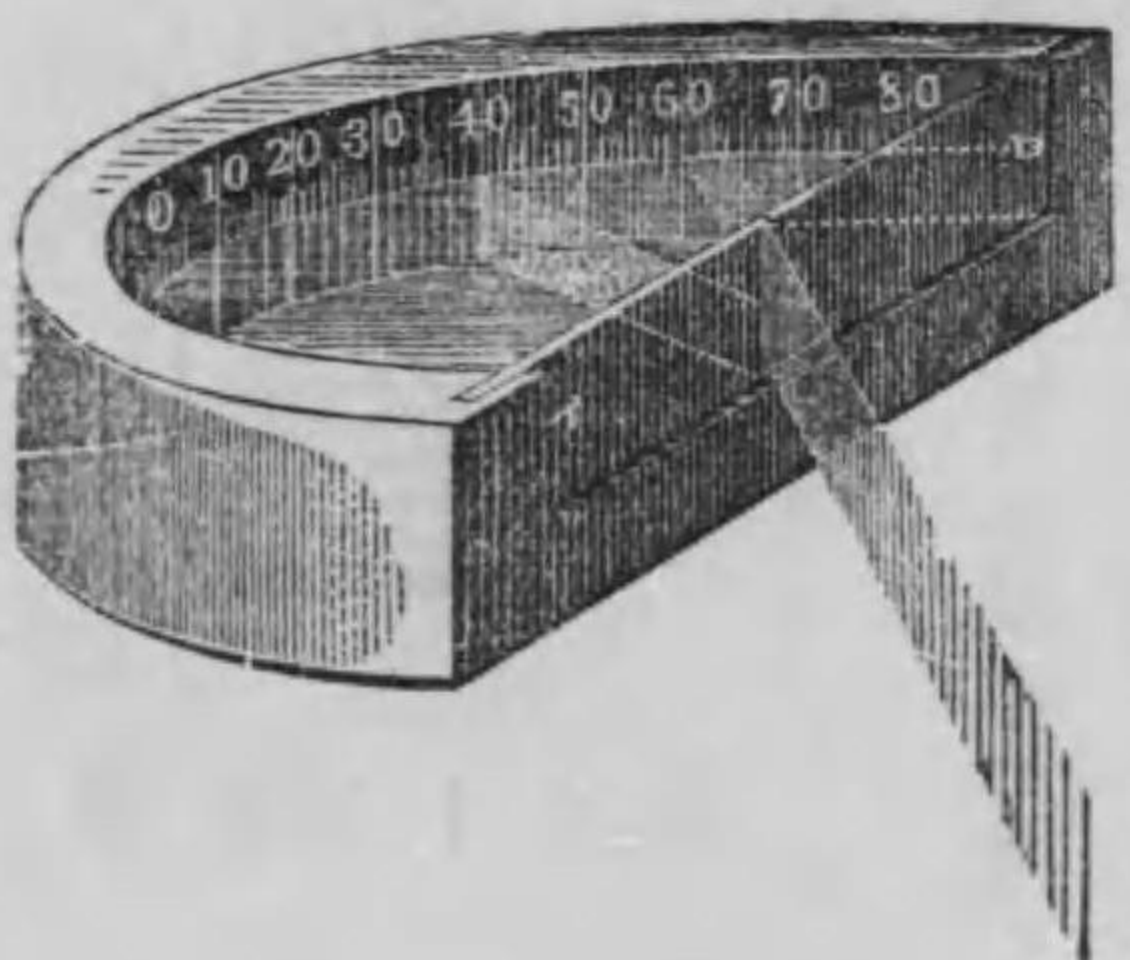
(第五) 光線稀薄媒間體ヨリ濃稠媒間體ニ移入スルトキハ(例之バ空氣ヨリ水ニ移入スルガ如シ)通常垂直線ニ向テ屈折シ之ニ反シテ濃稠媒間體ヨリ稀薄媒間體ニ移入スルトキハ(例之バ水ヨリ空氣中ニ移入スルガ如シ)通常垂直線ヲ遠ザカリテ屈折ス。

(第六) 濃稠媒間體中ニ於テ屈折角ガ九十度ヨリ大ナラザル

全反射

ミユルレル
氏屈折器ヲ
以テスル屈
折定律ノ實
驗

圖 六 十 二 百 第



ヲ得ザル様斜メニ其表面ニ會スル所ノ光線ハ當ニ稀薄媒間體中ニ移入セザルノミナラズ、全ク其濃稠媒間體中ニ反射ス、此現象ヲ名ヅケテ全反射ト云フ。

(A) 屈折定律ニ關スル實驗。 屈折ノ定律ハ所

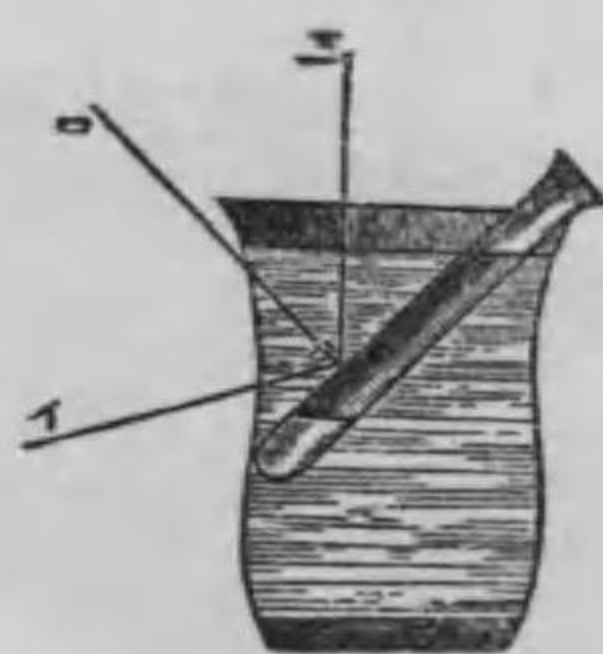
謂ミユルレル *Müller* 氏ノ屈折器ニ依テ實驗上ノ證

明ヲ得ベシ。第二百二十六圖ニ示ス所ハ即チ其屈折器ニシテ一方ニハ硝子ノ平板「イロ」ニ依リ他ハ半圓規狀ノ垂直壁ニ依テ境界セラレタル皿狀ノ器ナリ「イロ」ハ中央ニ於テ狹長ノ孔隙ヲ殘シ、餘ハ錫箔ヲ貼附シテ不透明トナシ、彎曲面ハ0度ヨリ90度ニ分割シタル度目ヲ有ス、但シ其0度ハ平板中央ノ孔隙ト相對向セルモノ

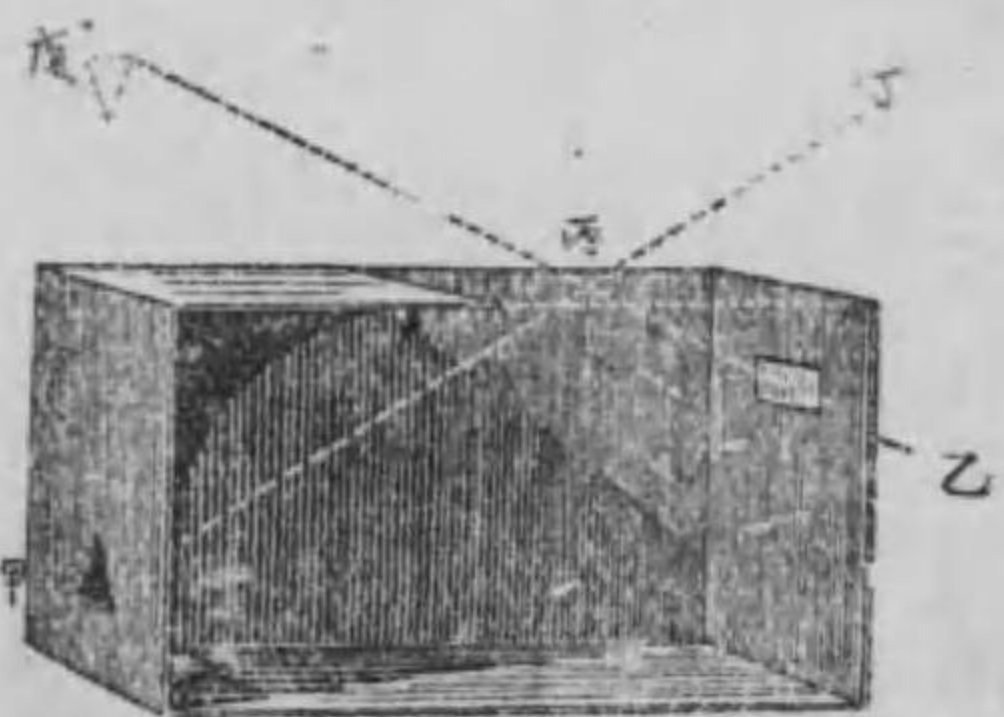
ナリ。今此器ニ大約半バ水ヲ充テ孔隙前ニ燭光ヲ來セバ光ノ一部分ハ空氣中ニ進ミ、他ハ水中ヲ透過ス。此際光ヲシテ前面上ニ垂直ニ落射セシムルトキハ水中ニ於ケルモ空氣中ニ於ケルモ孔隙ヲ進入シタル光帶ニ區別ヲ見ルコトナク0度上ニ達ス(第三定律)。之ニ反シテ進入スル光線斜メナルトキハ兩媒間體中ニ於ケル光帶ノ徑路ニ差ヲ生ズ、加之、水中ノ

光帯ハ空氣中ノモノヨリ0ニ近ク落射ス、即チ垂直線ニ向フ(第四定律)。例之バ空氣中ノモノ60度ニ落射スルトキハ水中ニ於ケルモノハ40度ニ落射ス(第五定律ノ前段)。又第五定律ノ後段ハ第百二十三圖ヲ以テ示シタル實驗ニ於テ其確證ヲ得ベク(第六定律ハ下文ニ説述スル

圖七十二百第



圖八十二百第



所ノ簡單ナル實驗ヲ以テ其證明ヲ得ベシ。即チ第百二十七圖ニ示ス如ク少許ノ水ヲ入レタル一ノ試験管ヲ取リテ斜メニ水ヲ充テタル硝子器中ニ挿入スレバ空氣ノ充テタル部分ニシテ水中ニ存スル處ハ恰モ水銀ノ如ク輝キ、水ヲ含有スル部分ハ却

テ水ノ如ク見ユ、是レ甚ダ斜メニ落射スル所ノ光線(イハ)ハ已ニ空氣中(管中)ニ移入スルコト能ハズ(ハニ)ノ方向ニ全反射スルヲ以テナリ。直線ナリ又第百二十八圖ニ示ス如ク内部ヲ黒ク塗りタル長方形小箱ノ半バ蓋覆セラレ、其左方ノ一壁ニ三角形ノ小孔(甲)ヲ穿チ右壁ニ四角形ノ小窓(乙)ヲ穿テルモノヲ取り、之ニ水ヲ充テズシテ(丁丙甲)ノ方向ヨリ望メバ(甲)ノ三角孔ヲ認メ、箱中ニ水ヲ注入シテ同一ノ方向ニ之ヲ望メバ尙ホ其孔ヲ視ルコトヲ得。

然ルニ(乙丙戊)ノ方向ニ之ヲ視フモ(戊)ニ於テ三角孔ノ倒像ヲ見ルベシ、是レ(甲)ヨリ來ル光線若シ水ナキトキニハ諸方ニ擴進シ得ベシト雖ドモ注入スレバ(甲丁)ノ方向ニ進ミ來ル光線甚ダ斜メニ水面ニ會スルヲ以テ空氣中ニ移入スル能ハズシテ(丙乙)ノ方向ニ全反射スルニ因ルモノナリ。

落射角ト屈折角トノ間ニ存スル數ニ學上ノ關係

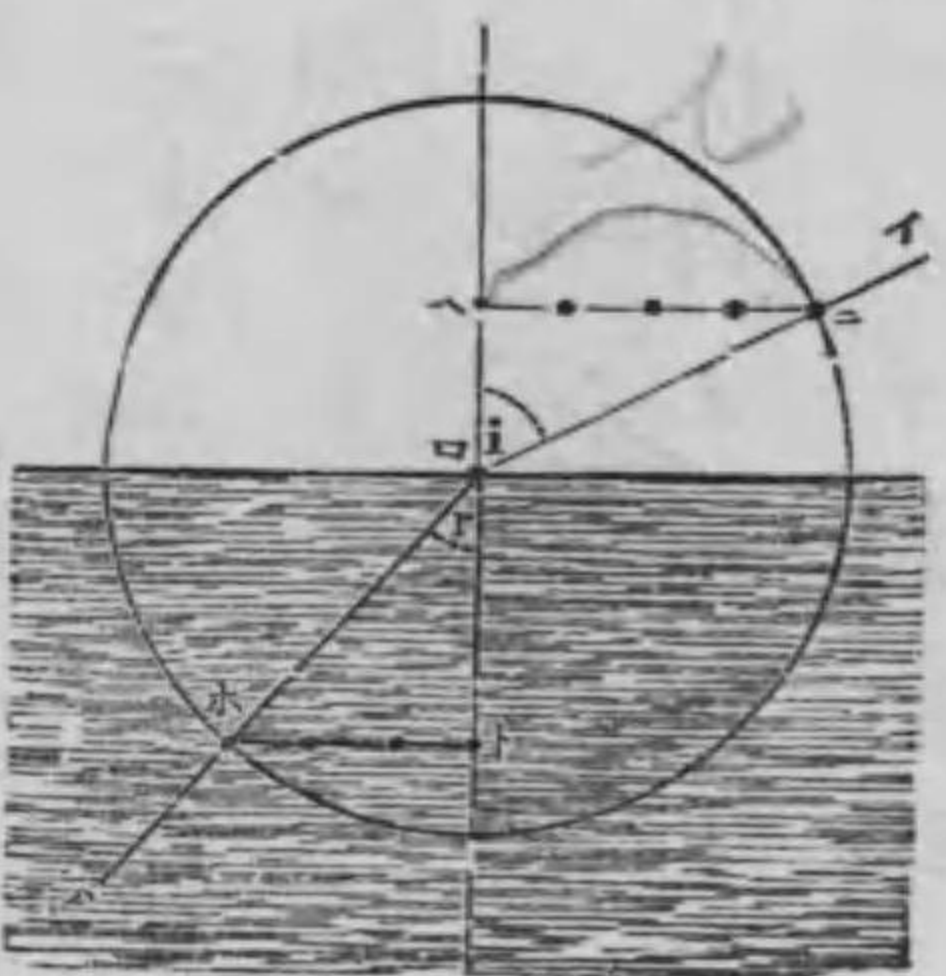
四落射角ト屈折角トノ間ニ於ケル數學上ノ關係。

此關係ハ千六百二十年和蘭人スネルリウス Snellius 氏ノ發見セル所ニシテ一般ノ屈折定律ニ於テ言明セラル、モノトス、即チ左ノ如シ。

同ジキ二種ノ媒間體ニ於テハ其落射角ノ正弦ト屈折角ノ正弦トノ間ニ一定ノ比ヲ有ス。此比ヲ名ヅケテ屈折率ト云ヒ、一般ニnヲ以テ示ス、例之バ空氣ト水トニ在リテハ其n大約ハ3ニシテ空氣ト硝子トニ在リテハ3.5ナリ。

落射角ノ正
弦ト屈折角
ノ正弦トノ
比

圖九十二百第



(A) 解説。

第二百二十九圖ニ據テ之ヲ解説スベシ、即チ「イロ」ハ水面上ノ「ロ」點ニ落射スル所ノ光線ニシテ、「ロハ」ハ其屈折光線ナリ。今「ロ」點ヲ中心トシテ圓線ヲ描ケバ其圓線ハ「ニ」點ニ當リテ落射線ト會シ、「ホ」點ニ當リテ屈折線ニ會ス。今「ニ」ヨリシテ垂直線上ニ更ニ直線「ニヘ」ヲ下シ且ツ「ホ」ヨリ「ト」ニ向テ直線ヲ垂ルレバ「ホト」ハ「ニヘ」ノ四分ノ三ナルベシ。茲ニ圓線ノ半徑ヲ一ト定ムルトキハ其二條ノ直線ヲ以テ各之ニ一致スル角ノ正弦トナスコトヲ得、即チ「ニヘ」ハ「イナル落射角ノ正弦」ノ如シ。

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{4}{3}$$

但シ sin ハ正弦ノ標ナリ。

例之バ已ニ第二百二十六圖ニ示シタル屈折器ノ空氣中ニ進ム所ノ光帶ハ60度ノ處ニ達スルノ際水中ニ經過スル所ノ光帶ハ40度ノ處ニ達ス、而シテ其兩角度ノ正弦ヲ取レバ上式ノ比

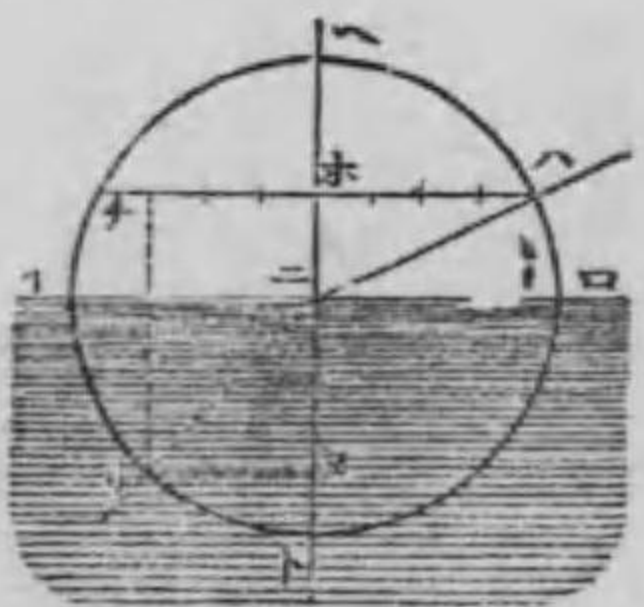
$$\frac{\sin 60}{\sin 40} = \frac{4}{3} \text{ヲ得ヤシ。}$$

(B) 屈折線ノ到ルベキ位置ノ搜求法。

正弦ノ比已ニニ知ラレタル媒間體ニ在リテ

同上ノ例

圖十三百第



ハ其屈折線ノ到ルベキ位置ハ下文ノ方法ニ由リテ搜求スルヲ得ベシ、例之バ空氣ヨリ水中ニ移入スレバ第三百三十圖ニ示スガ如シ。即チ「イロ」ヲ氣水境界面トシ、「ハニ」ヲ落射光線トシ、而シテ「ニ」點上ニ「ヘト」ナル垂直線ヲ引キ、「ニ」ヲ中心ト

シテ圓線ヲ描キ、其「ハ」點ヨリ「ヘト」上ニ「ハホ」線ヲ下シ、之ヲ延長シテ「ハホ」ノ四分ノ三ノ長サ「ホチ」ヲ取り、其「チ」點ヨリ下方ニ向ヒ垂直線「ヘト」ト並行ニ直線ヲ引クトキハ、之ガ圓線ニ會スル點「リ」ハ即チ其搜求シタル位置ナリトス。

(C) 限界角ノ算定。

起スベキ限界ノ角度即チ限界角ヲ算定シ得ベシ。今上式ニ sin r ヲ乘ジ、而シテ n ヲ以テ除スレバ左式ヲ得。

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

今若シ i ヲ九十度トスレバ其正弦ハ一 (sin 90° = 1) トナリ、隨テ

$$\sin r = \frac{1}{n}$$

トナルナリ、而シテ空氣ト水トニ於テハ n ハ $\frac{4}{3}$ ナルヲ以テ

$$\sin r = \frac{1}{\frac{4}{3}} = \frac{3}{4} = 0,75$$

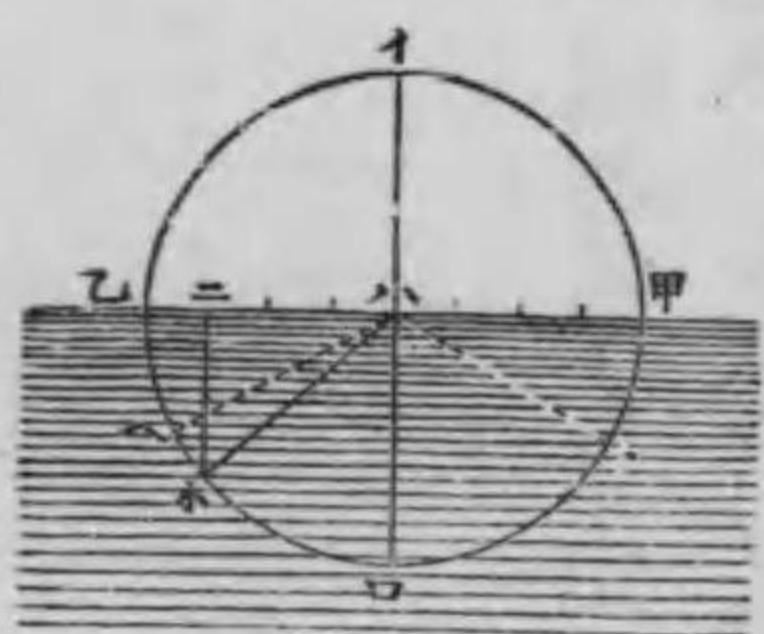
トナル、然レニ 0,75 = sin(48°35') ナリ。

限界角

然ラバ則チ**限界角**ハ四十八度三十五分(48°35')ニシテ、光線ノ空氣中ヨリ水中ニ移ルノ際其屈折角ハ決シテ其角度ヨリ大ナルコトナシ、之ニ反シテ光線若シ水中ニ於テ**四十八度三十五分ノ角**ヲナスシテ水面ニ落射シ空氣中ニ移レバ九十度ノ角ヲナスヤ必セリ。即チ其光線ハ境界面ト並行シテ空氣中ニ移入スベシ、是故ニ水中ノ光線若シ四十八度三十五分ヨリ大ナル角度ヲナストキハ決シテ空氣中ニ移入スルコト能ハズ、必然水中ニ於テ**全ク**反射セザルヲ得ザルナリ。

作圖ニ由テ
限界角ヲ搜
求スルノ法

圖一十三百第



又作圖ニ由テ**限界角**ヲ搜求スルノ法ヲ示セバ下ノ如シ。即チ第百三十一圖ノ〔甲乙〕ハ氣水ノ境界面ニシテ、〔イロ〕ナル垂直線ノ一點〔ハ〕ヲ中心トシテ圓ヲ描キ、〔乙ハ〕ヲ四分シ、其三分ノ點〔ニ〕ヨリ垂直線〔イロ〕ト並行ニ直線ヲ下シ、之ガ圓ニ逢會スルノ一點ヨリ〔ハ〕ニ向テ直線ヲ引クトキハ、之ト垂直線トノ間ニ生ズル所ノ角ハ即チ**限界角**ナリ。今此角度ヲ測レバ四十八度三十五分ナルヲ發見スベシ、故ニ〔ホハ〕ノ方向ヲ取ルトキハ空氣中ニ出ヅルモ之ヨリ大ナル角度ヲナスキ例之バ〔ヘハ〕ノ方向ニ落射スルトキハ反射ノ定律ニ從テ〔ハト〕ノ方向ニ反射ス。又水ニ代フルニ**硝子**ヲ以テスレバ其**限界角**ハ四十一度ニシテ**金剛石**ヲ以テスレバ二十四度ナルヲ

各種物質ノ
屈折率

(五)各種物質ノ屈折率。各種物質ニ於テ n ノ量價同等ナラザルハ嚮ニ其例ヲ見タリ。今重要ナル物質ニ對スル者ノ一二ヲ示セバ左表ノ如シ。

水	一・三三四	アルコホル	一・三七二
クローン硝子	一・五三三	フリント硝子	一・六六四
アニス油	一・八一	金剛石	二・九四〇
		ベンツォール	一・五〇〇
		硫化炭素	一・六八〇

但シ水ニ對スル n ハ上文ニ於テ大約 $\frac{4}{3}$ ト記シタレドモ精密ニ之ヲ云ヘバ本表ニ示ス所ノ一・三三四ヲ得ベシ。

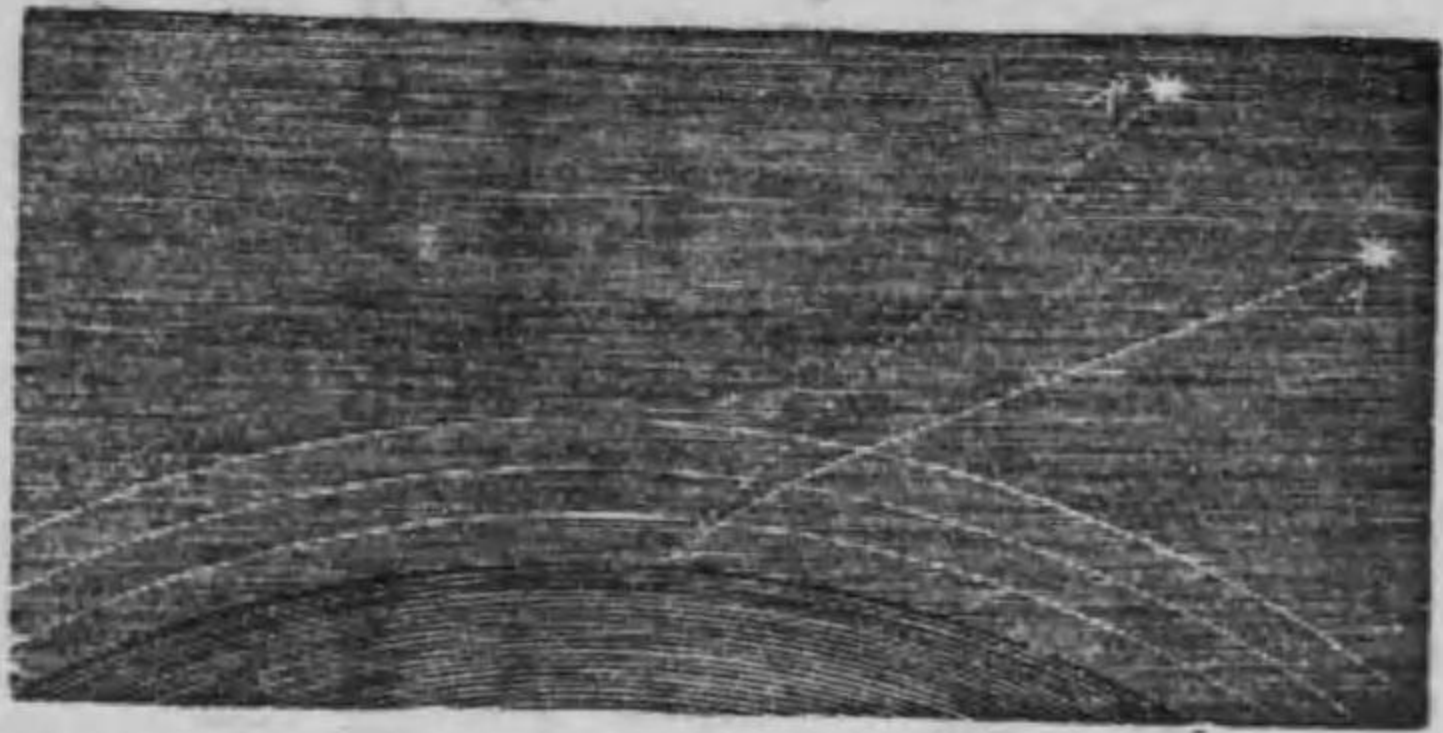
(六)光ノ屈折ニ基因セル天空及空氣中ノ現象。左ノ數項ニ分ツテ解説スルガ如シ。

(第一)星學的光線ノ屈折ナリ。即チ天體ヨリ發射スル所ノ光ハ霧圍氣中ニ於テ屈折シ之ガ爲メ天體ハ實位ヨリモ高ク見ユ是レ蓋シ天體ノ光ハ空間ヨリ先ヅ稀薄氣層ニ進入シ漸次ニ濃稠氣層ニ移ルニ由リ、逐次垂直線ニ向テ屈折スル

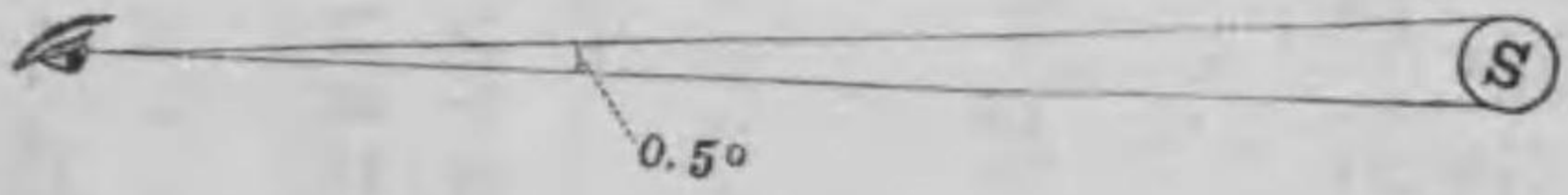
星學的光線
ノ屈折

ヲ以テナリ。

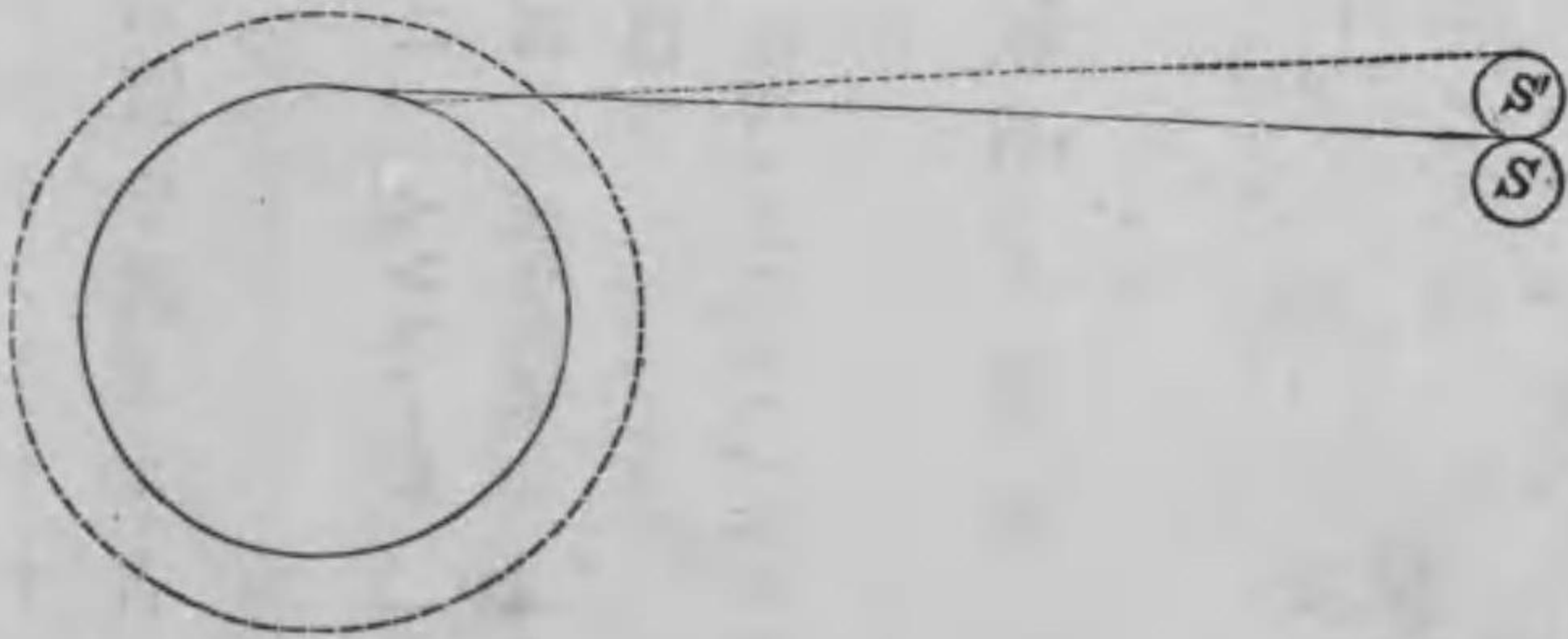
圖二十三第



圖三十三第



圖四十三第



天體ヨリ發
スル光線屈
折ノ例

說明。例之バ第百三十二圖ニ依テ容易ニ其說明ヲ得、即チ「イ」ナル星ハ「イ」ニ於テ現ハル而シテ之ニ屬スル現象頗ル多シ、左ニ其一ニ例ヲ示ス。

(1) 吾人ハ太陽太陰ノ未ダ地平上ニ昇ラザルニ先ダチテ早ク已ニ之ヲ見、而シテ已ニ地平下ニ没シタルモ尙ホ之ヲ視得ルモノナリ、蓋シ地平ニ於ケル光線屈折ハ半度ノ大ニシテ太陽太陰ハ吾人ニ大約半度ノ大サニ(第百三十三圖ノS)見ユルヲ以テナリ、是故ニ其天體ガ實ニ下方ヨリ其上端ヲ以テ水ニ觸ル、トキ(第百三十四圖)ニ示スSノ如ク(即チ全ク地平下ニ在ルトキハ、恰モ地平上ニ在テ其下端ヲ以テ地平上ニ安坐スルガ如ク(S'ノ如ク)見ユルモノトス。

(2) (1)項ニ說明セシ結果トシテ一日ノ長サヲ増ス。

(3) 太陽モ太陰モ地平ニ於テハ其高サヨリ廣ク即チ平坦ナル如ク見ユ、如何トナレバ半度ノ高サニ於ケル此兩天體ハ其上端ニ在リテハ屈折ノ爲メニ二十八分高メラル、モ、其下端ニ在リテハ三十五分高メラル、ガ故ニ、下端ノ高メラル、コト上端ヨリモ大ニシテ左右兩端ハ變化ナキモ上下兩端ハ互ニ相接近スルヲ以テナリ。

(第二) 星ノ閃搖ナリ、即チ星ノ振顛シ且ツ閃ク現象ニシテ、嚴寒ノ候最モ著明ナルモノトス。

是レ恐ラクハ寒温ノ度ヲ異ニスル空氣ノ流通ニ基因シ、各瞬間ニ光ノ屈折傾斜ヲ生ズルモノナラン。

地上ニ於ケル光線ノ屈折

(第三) 地上ニ於ケル光線ノ屈折ナリ、即チ遠處ニ在ル地上ノ物體ヨリ發射シテ吾人ノ眼目ニ達スル光線ガ稀稠ノ度ヲ異ニスル空氣ヲ通過スルノ際ニ受クル所ノ屈折ニシテ之ガ爲メ遠處ノ物體ハ實際ヨリモ高ク現ハレ、加之稀ニハ通例地平下ニ在リテ見エザル物體ヲ現出セシムルニ至ル所ノ現象アリ、之ニ屬スルモノハ左ノ如シ。

同上ノ例

(1) 通例見エザル遠キ海岸ノ現ハル、コトアリ、例之バ英國ノヘスチングス Hastings ガ大約九十軒距リタル佛國ノ海岸ニ見ユルコト稀ナラズ。

(2) 種々ノ場處殊ニ海岸ニ於テ地平下ニ在ル物體例之バ市街ノ乍チ高キニ見エ作チ消失スル所ノ現象ナリ、是レ恐ラクハ非常ニ強キ光線屈折ノ爲メニ遠ク地平下ニ存スル物體ノ霎時現出スルモノナラン。

全反射ニ基因スル現象

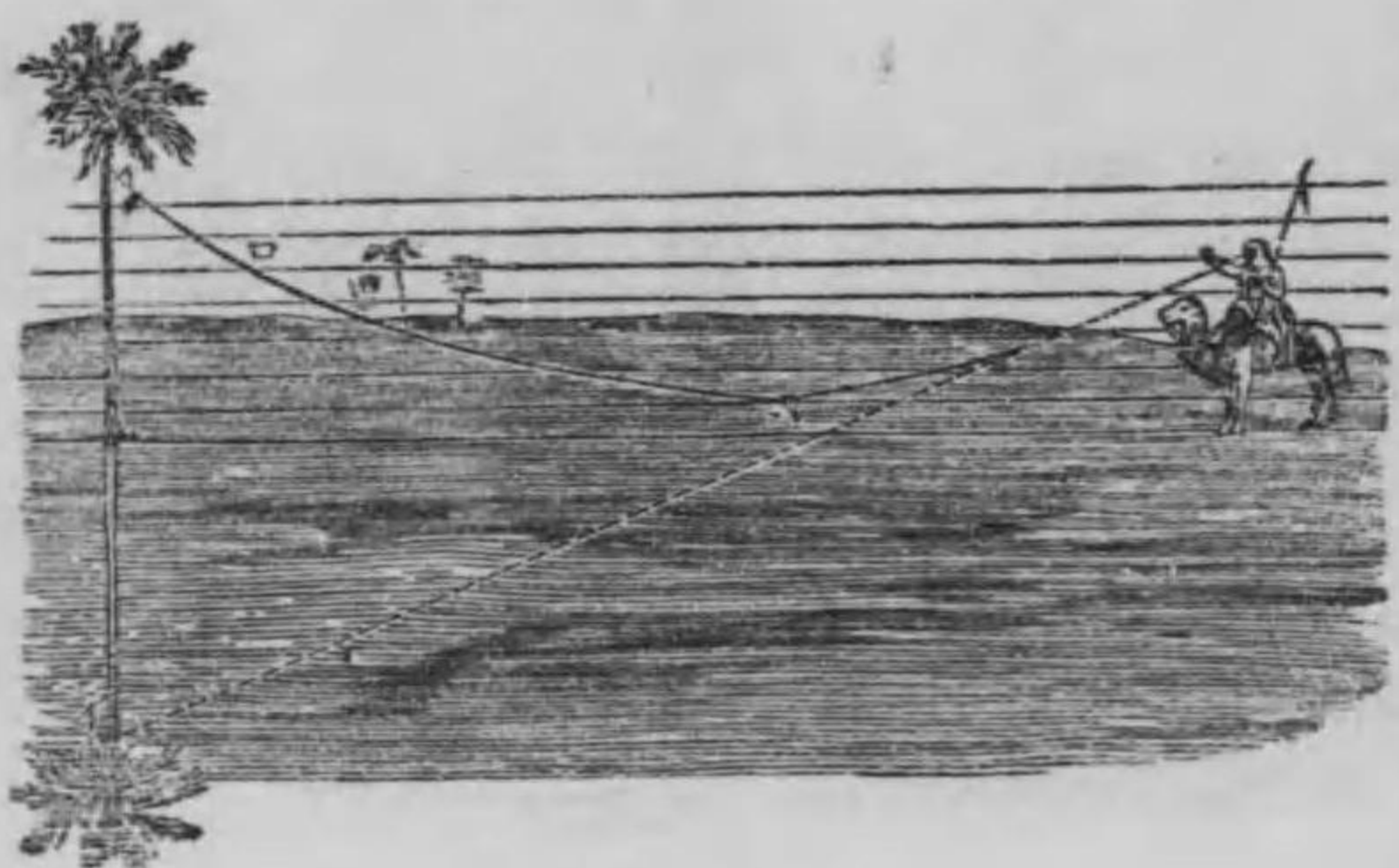
(七) 全反射ニ基因スル現象及寫影器。(第一) 一部ハ廣

空氣鏡映

熱帶ノ沙漠
中人家樹木
ノ水面ニ映
ズル如キ現
象

漠タル熱地ノ平原ニ於テ現ハレ、一部ハ海上ニ於テ現ハル、所ノ所謂空氣鏡映ナリ。

(A) 亞細亞及亞弗利加ノ熱帶沙漠中ニ於ケル空氣鏡映。水ナキ處ニ於テ人家



第三百五十五圖

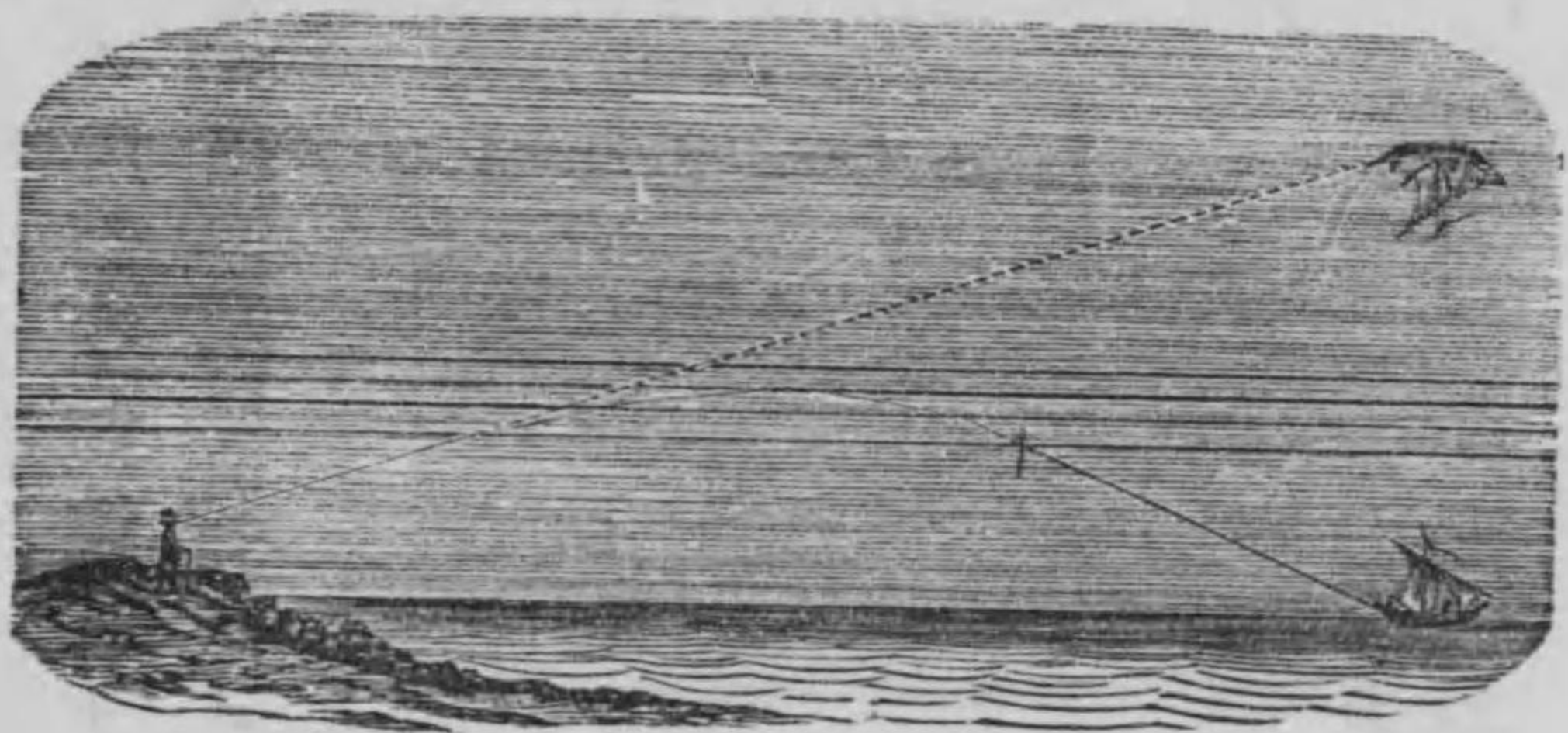
(B) 緯度高キ地方ノ海上ニ於ケル空氣鏡映。海上ニ於テ空氣靜穩ナルノ候空中

樹木等ノ如キ高キ物體ノ恰モ水面ニ映ズルガ如キヲ見ルコトアリ、其理蓋シ砂石ハ強熱ノ爲メニ或ル一定ノ上層空氣ヨリモ強ク烘熱セラレ、而シテ地面ニ近接スル空氣ノ大ニ稀薄トナルガ故ニ、人家樹木等ヨリ發シ斜メニ下方ニ向テ擴進スル所ノ光線ガ一定ノ處ニ至リテ全反射ヲナスニ在リ。即チ第三百三十五圖ニ示ス如ク樹木ノ上部ヨリ發スル光線ハ(イロ)ノ方向ヲ取リテ射來シ、(ロ)點ニ於テ第一層ノ稀薄ナル熱氣中へ垂直線ヲ遠ザカリテ移入シ、漸々次ヲ逐ウテ稀層ニ移リ(ハ)點ニ射來スレバ、已ニ下層ニ移入スル能ハズ、全反射シテ人目ニ入ル、是レ(イ)點ヲ(イ)點ニ視ル所以ナリ。

海面上ノ空
氣中ニ船舶
ノ倒影ヲ映
出スル現象

全反射ニ基
因スル現象
ノ實例

圖 六 十 三 百 第



ニ船舶ノ倒影ヲ見ルコトアリ、是レ海上ノ氣層屢々甚ダ濃厚ニシテ其上層ノ空氣ト大ニ稀濃ヲ異ニシ船ヨリ斜メニ上方ニ發射スルノ光線漸次ニ垂直線ヲ遠ザカリテ屈折シ限界角ノ度ニ至レバ、已ニ上層ノ空氣ニ移入スルコト能ハズ、**全反射**ヲナシテ人目ニ射來シ船舶ノ倒影ヲ視ルコト**第三百三十六圖**ニ示スガ如シ、世ニ所謂**蜃氣樓**ナル現象ハ即チ之ト同一ナリ。

(第二) 水中ニ於ケル**氣泡**ハ恰モ**眞珠**ノ如ク光リ、**透明體**ニ於ケル**裂痕**ハ**銀帶**ノ如ク輝クコト日常吾人ノ經驗スル所ナリ。

此現象ハ斜メナル光線**氣泡**或ハ**裂痕**ノ空氣中ニ移ラントスルノ際**全反射**スルニ基ヅク。又**硝子**ノ**小片**、**寶石**等ノ**光輝**モ**全反射**ニ因由スルモノナリ。

(第三) **透明體**ノ各箇**小片**、**空氣**ニ由テ隔テラレタルトキハ**不透明**トナルコト普ク人ノ知ル所ナリ、例之バ**水晶**ノ**粉末**、**硝子**ノ**粉末**、**泡沫**、**雲**、**雪**等ノ如シ。

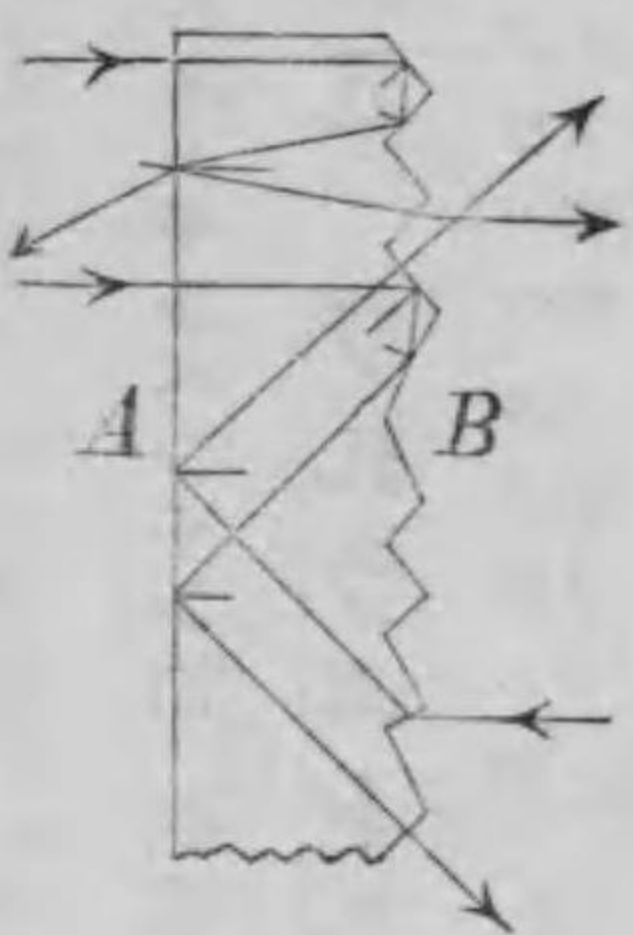
斯ノ如キ物體ニ在リテハ落射スル光ト侵入スル光ト濃稠ノ媒間體ヨリ空氣中ニ轉移セザルヲ得ズ、之ガ爲メニ漸次**全反射**スルヲ以テ弱光トナルモノナリ。

(第四) **通常**ノ**硝子板**ハ**透明**ナレドモ其一面ヲ**粗糙**ナラシムレバ**透映體**トナルモ上文ト同一ノ現象ナリ。

透明體ノ不
透明トナル
理由

說明。 **第三百三十七圖**ニ示ス如ク一面(A)ハ**琢磨**シテ平滑ニ、一面(B)ハ**粗糙**ナル所ノ**硝子**片アリ。但シ實際ニ於テハ(B)面ノ凸凹素トヨリ本圖ノ如ク著明ナラザルモ其兩面ヨリ矢ノ方向ヲ取リテ射入スル光アリ、其多分ハ**全反射**シテ透過スルコトナシ、之ニ由テ**透映體**トナル。

圖 七 十 三 百 第



斯ノ如キ**粗磨**セル**硝子**及**紙**等モ**水**或ハ**テルペンチン油**ヲ塗ルトキハ**透明**トナル、是レ**凹面**ヲ**填メテ平面**トナシ且ツ**硝子**ヨリ**水**若クハ**テルペンチン油**中ニ入ルハ**硝子**ヨリ

空氣中ニ入ルヨリ屈折スルコト少ナクシテ其移入容易ナルヲ以テナリ、蓋シ硝子ノ稠度ト水若クハテルベンチン油ノ稠度トノ差ハ硝子ト空氣トノ差ノ如ク著大ナラザレバナリ。

明室(カメラ)ラ、ルチダ

第五 ウルラストーン Wollaston 氏ノ發明ニ係ルカメラ、ルチダ

カメラハ室ルチダハ明ト名ヅクル寫影器ニシテ全反射ノ理ニ基ヅキテ構造セラレ物體ノ形狀ヲ模寫スルニ用フ。

説明。第三百二十八圖ニ示ス所ハ其要部ニシテ特異ノ形狀ヲ有スル硝子ノ小稜柱體〔イ

カメラ、ルチダ中ヲ經過スル光ノ方向

ロハニ〕ナリ。其〔イ〕角ハ直角(即チ九十度)ニシテ、〔ハ〕角ハ百三十五度、〔ロ〕角及〔ニ〕角ハ各六十七度半ナリ。此硝子體ヲ取り殊ニ之ヲ適當ノ小支臺上ニ安置シ、上面〔イロ〕

ハ水平ヲナシ、右面〔イニ〕ハ垂直ニ豎立スル様之ヲ安置スレバ、或ル

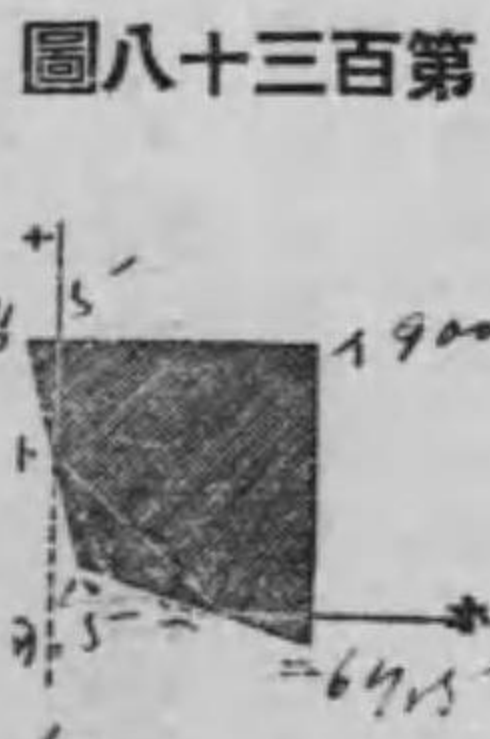
物體〔ホ〕ヨリ發シテ水平ニ射來スル光線ハ垂直線ト同一ノ方向ヲ以テ

〔イニ〕面ニ落射シ、屈折スルコトナク硝子中ニ移入スベシ。其光線遂

ニ〔ヘ〕點ニ到達シ空氣中ニ移ラントスルモ、已ニ六十七度半ノ角度ヲ

ナスヲ以テ全反射ヲナシテ〔ト〕ニ到ル。茲ニ於テモ亦〔ヘ〕ニ於ケル

同ジク全反射シテ〔チ〕ニ在ル所ノ眼中ニ入ル、是故ニ〔ホ〕ニ在ル所ノ物體ヲ〔リ〕ノ方向ニ於



圖八十三百第

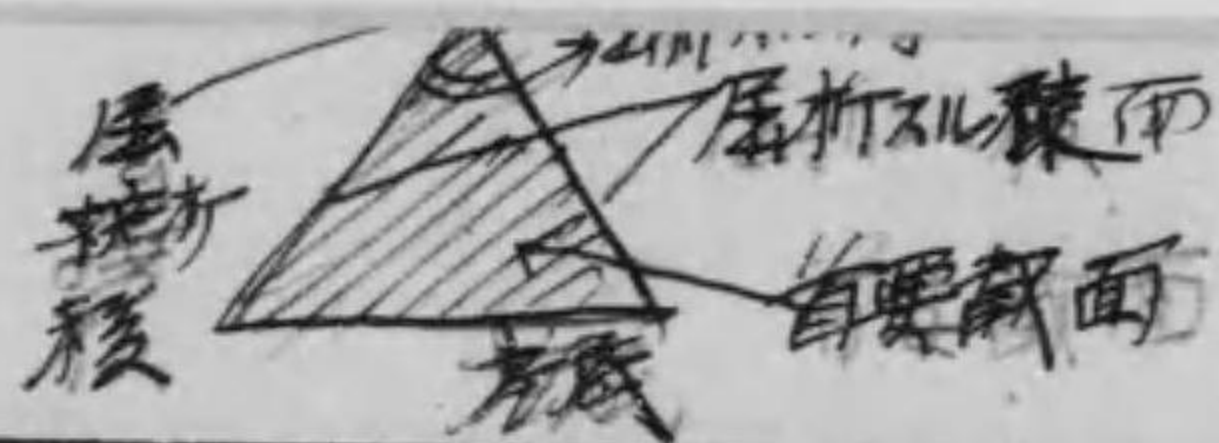
テ視ルヲ得、茲ニ紙片ヲ置キテ模寫スルトキハ眞物ニ近キ圖象ヲ作ルヲ得ベシ。

硝子ニ於ケル光ノ屈折

(八) 光ヲ屈折スル媒間體ノ差異。空氣・水・硝子ハ最モ廣ク

平面硝子及レンズノ定義及種別

存在スル透明體ナリ。而シテ其空氣ト水トニ於ケル屈折現象ハ前項已ニ之ヲ述べタルヲ以テ尙ホ研磨セル硝子ニ由テ起ル屈折現象ヲ明ラカニスレバ足レリ。凡ソ硝子ハ表面ノ性質ニ從テ平面硝子トレンズトノ二種類ニ區別セラル。平面硝子トハ平坦ナル面ニ由テ境界セラレタル透明體ニシテ、レンズトハ一面或ハ二面共ニ彎曲面ニ由テ境界セラレタル透明體ヲ云フ。其兩境界面共ニ球面ナルカ若クハ一面ハ球面ニシテ一面ハ平坦ナルトキハ其レンズハ之ヲ名ヅケテ球面レンズト云フ、而シテ其球面レンズノ中央若シ縁端ヨリモ厚キトキハ凸面レンズト名ヅケ、之ニ反シテ中央ヨリモ縁端厚キトキハ凹面レンズト名ヅク。



平面硝子ノ分類
稜柱硝子
平面硝子各要部ノ名義

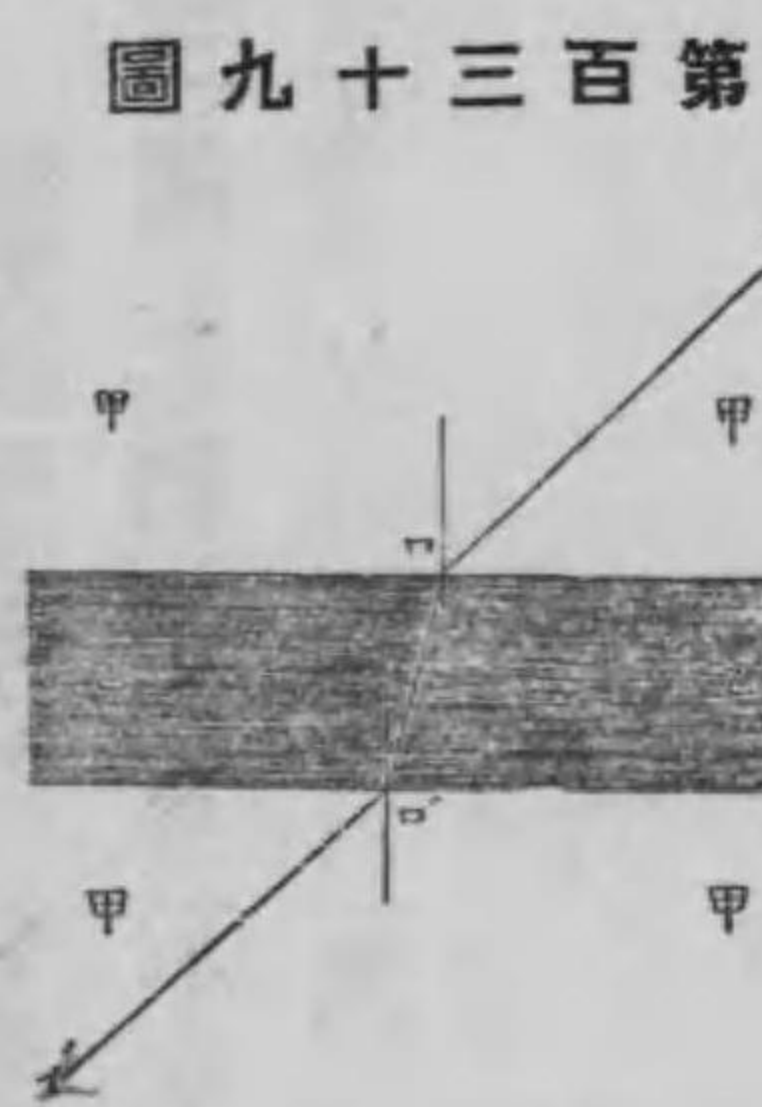
第二節 平面硝子ニ於ケル光ノ屈折。

(一)平面硝子ノ種別。平面ニ於テ境界セラレタル硝子ヲ別チテ二種トナス、即チ相對向セル兩面共ニ並行スルカ或ハ其兩面互ニ相傾ク者ニシテ其前者ハ窓戶等ニ用井テ普ク人ノ知ル所ナリ。後者ハ之ヲ名ヅケテ稜柱硝子ト云フ、故ニ物理學上ニ於テハ稜柱硝子トハ互ニ相傾キタル二平面ヲ有スル透明體ヲ指スモノニシテ其二面ハ之ヲ名ヅケテ屈折スル面ト云ヒ、其二面ノ實ニ相會合シタルカ或ハ會合シタリト考想シタル線ヲ名ヅケテ屈折稜トナシ兩面ノ相互間ニナス所ノ角ヲ屈折スル角トシ、屈折稜ニ並行シテ實在スルカ或ハ並行スト考想シタル面ヲ基底トナシ、稜ニ對シテ直角ニ截リタル面ヲ首要截面ト云フ。最モ廣ク用ヒラル、稜柱硝子ハ三邊ヲ有スル硝子又水或ハ硫

化炭素ヲ充テタル三邊ノ空洞硝子ナリ、依テ通常之ヲ稱シテ三稜硝子ト云フ。

並行ノ境界面ヲ有スル平面硝子ニ於ケル現象

(二)並行境界面ノ平面硝子ニ於ケル現象。光若シ並行セル境界面ノ透明體ヲ通過スルトキハ出射スル所ノ光線ハ落射光線ニ並行ス、故ニ其透明體甚ダ薄キトキハ出射線ト落射線ト殆ンド同一直線中ニ會合ス、依テ斯ノ如キ硝子(例之バ通常ノ硝子窓)ヲ透シテ物體ヲ望ムトキハ其實位ヲ見テ其位置ヲ誤視スルコトナシ、然レドモ厚キ硝子ニ於テハ物體ノ位置ハ多少側方ニ見ユ。



基因。第百二十九圖ニ據テ其解明ヲ得、即チ(乙乙)ナル硝子板上ニ空氣(甲)ヲ以テ所在ヲ示ヨリ一光線(イロ)落射スルトキハ垂直線ニ向テ屈折スルニ因リ、(ロロ)ノ方向ヲ得然レドモ硝子ヨリ出射スルトキニハ之ニ反シテ垂直線ヲ遠ザカリ(ロイ)ノ方向トナル、是故ニ出射スル光線ハ落

稜柱硝子ニ於ケル現象

射光線ニ並行セザルヲ得ザルナリ。

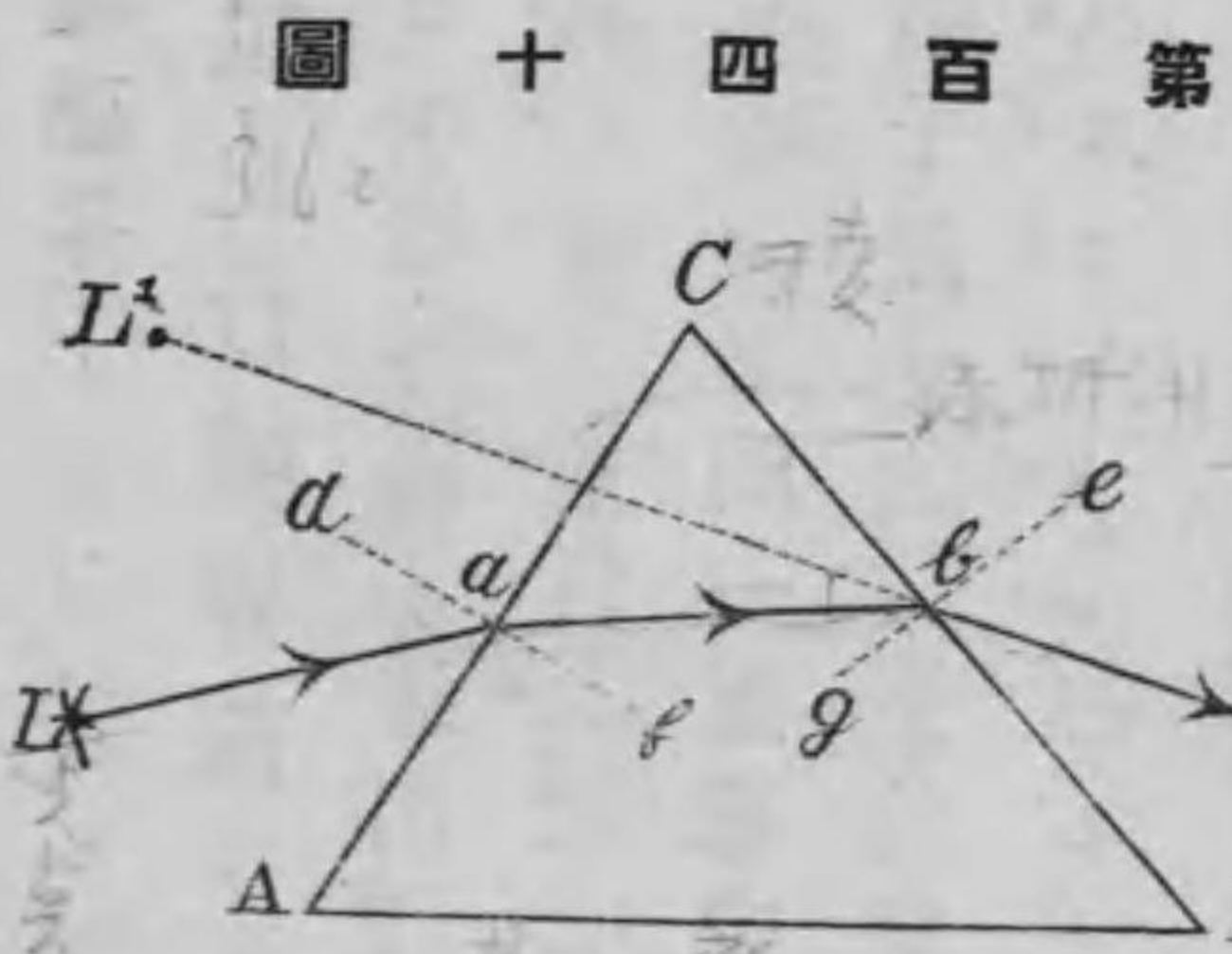
(三)稜柱硝子ニ於ケル現象。

現象ヲ呈ス。(第一)光ハ之ニ由テ著大ノ方向變差ヲ受ケ屈折稜

ヨリ遠ザカリツ、傾斜ス、(第二)光ハ色ニ分解セラルルニ此第二ノ現象ハ次章凡ソ稜柱硝子ヲ透シテ觀望スル物體ハ第一ノ變差ノ爲メニ屈折稜ノ方向ニ偏シ著シク變位シテ現ハル。

(A)徵證。第四百十圖ニ示ス所ノABCハ三稜硝子ノ首要截面ナリ。今Lニ一光點アリテ、Laハ其落射セル一光線、dfハ其光線ニ對スル垂直線ナリトスレバ、

屈折定律ニ從ヒ其垂直線ニ向ヒ屈折シテabノ方向ニ變ジ、bニ達スレバ茲ニ垂直線(eg)ヲ遠ザカリテ屈折シbhノ方向ニ變ズ。是故ニ光點ハhbヲ延長シタル方向



三稜硝子中ヲ通過スル光ノ傾斜度

第四百十圖

[E]ニ現ハル即チ稜ノ方ニ著シク變位シテ見ユ。
(B)三稜硝子ニ由ル傾斜ノ大サ。第四百十一圖ニ示ス所ノ落射線(LD)ノ延長線ハ出射線(FL)ノ延長線ト會合シテハナル角ヲナス、其ハxニシテ尙ホ

$$x + i = i$$

$$y + v = v$$

$$x + y + i + v = i + v$$

ナリ、蓋シADGFナル四角ニ於テDトFニ於ケル角ハ直角ナルガ故ニ $v + i = 180^\circ$ ナリ、尙ホ $i + v + v = 180^\circ$ ナルヲ以テ $i + v = i$ ナルコト論ヲ俟タズ。

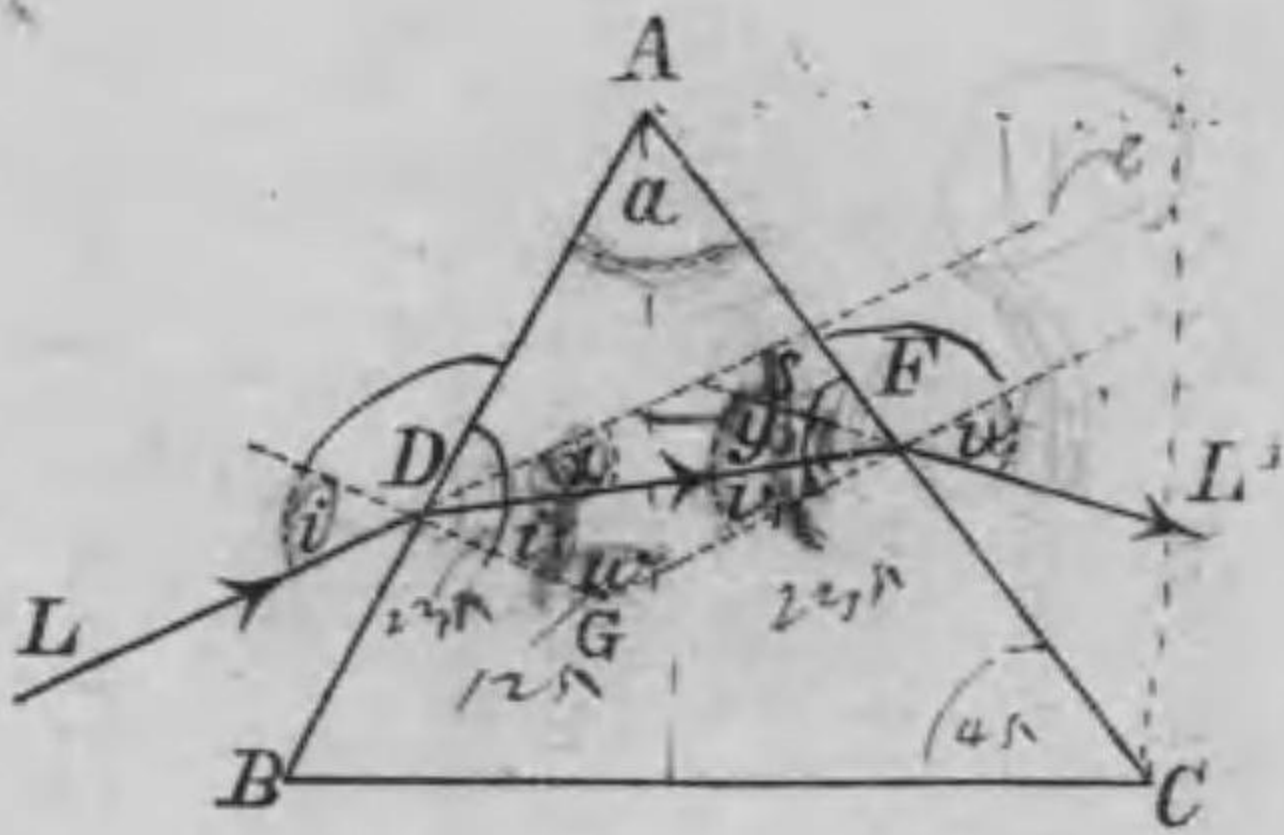
今此價ヲ上ノ方程式ニ入ル、トキハ左ノ二式ヲ得ベシ。

$$x + y + a = i + v$$

$$x + y + a = i + v$$

(C)三稜硝子ニ由ル傾斜ノ減極度。光線ノ落射角(i)第四百十一圖ヲ變ズルトキハハナル傾斜角モ亦變異ヲ受ク、今其ハ減極度ニアルベキ落射角ヲ搜索セントス。

第四百一十圖



是故ニ

$$\frac{\sin i}{\sin i_1} = n, \quad \frac{\sin v}{\sin v_1} = n, \quad \sin i = n \sin i_1 \quad \text{及} \quad \sin v = n \sin v_1$$

$$\sin i + \sin v = n(\sin i_1 + \sin v_1) \dots\dots\dots(1)$$

$$\sin i - \sin v = n(\sin i_1 - \sin v_1) \dots\dots\dots(2)$$

或ハ

$$\sin \frac{1}{2}(i+v) \cos \frac{1}{2}(i-v) = n \sin \frac{1}{2}(i_1+v_1) \cos \frac{1}{2}(i_1-v_1) \dots\dots\dots(3)$$

$$\cos \frac{1}{2}(i+v) \sin \frac{1}{2}(i-v) = n \cos \frac{1}{2}(i_1+v_1) \sin \frac{1}{2}(i_1-v_1) \dots\dots\dots(4)$$

今 $i_1 + v_1 = \alpha$ 而シテ $i_1 + v_1 = \alpha$ ナルヲ以テ $i + v = \alpha + \delta$ ナリ、依テ上式(3)ヨリ左式ヲ得ベシ。

$$\sin \frac{1}{2}(\alpha + \delta) = n \sin \frac{1}{2} \alpha \frac{\cos \frac{1}{2}(i-v)}{\cos \frac{1}{2}(i_1-v_1)} \dots\dots\dots(5)$$

上式(3)ト(4)ヨリ除スルニ由テ左式ヲ得。

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2}(i+v) \cot \frac{1}{2}(i-v) = \operatorname{tg} \frac{1}{2}(i_1+v_1) \cot \frac{1}{2}(i_1-v_1) \dots\dots\dots(6)$$

或ハ $\operatorname{tg} \frac{1}{2}(i+v) \operatorname{tg}(i_1-v_1) = \operatorname{tg} \frac{1}{2}(i_1+v_1) \operatorname{tg} \frac{1}{2}(i-v) \dots\dots\dots(7)$

今若シ \angle 一ナルキハ $i + v$ モ亦終始 $i_1 + v_1$ ヨリ大ナルコト論ヲ俟タズ蓋シ此場合ニ於テハ屈折角ハ落射角ヨリ終始大ナルヲ以テナリ。是ニ由テ復(7)ナル方程式ニ於テ左ノ價トナル。

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2}(i+v) > \operatorname{tg} \frac{1}{2}(i_1+v_1)$$

然ルトキニハ此方程式ニ於テ $\operatorname{tg} \frac{1}{2}(i_1+v_1) > \operatorname{tg} \frac{1}{2}(i-v)$ ナルカ或ハ $i_1 - v_1 > i - v$ 而シテ $\cos \frac{1}{2}(i_1 - v_1) > \cos \frac{1}{2}(i - v)$ ナル結果ヲ來ス、是故ニ尙ホ $\frac{\cos \frac{1}{2}(i_1 - v_1)}{\cos \frac{1}{2}(i - v)} > 1$ トナル、依テ此比ノ最小ナル價ハ即チ一ナリ而シテ $i > v$ 及 $i_1 > v_1$ ナルトキニ始メテ一トナル、蓋シ然ルトキハ $i_1 - v_1 = 0, i - v = 0$ 及 $\cos 0 = 1$ ナルヲ以テナリ。

上文ニ論述セル如ク三稜硝子ニ由レル傾斜ハ $i + v = \alpha$ 即チ $\alpha + \delta = i + v$ ナリ而シテ α ハ不變ナルガ故ニ δ ノ價最小ナルトキニ $\alpha + \delta$ ノ價最小ナリ。

方程式(5)ニ從ヘバ

$$\sin \frac{1}{2}(\alpha + \delta) = n \sin \frac{1}{2} \alpha \frac{\cos \frac{1}{2}(i-v)}{\cos \frac{1}{2}(i_1-v_1)}$$

此式中 $\sin \frac{1}{2}(\alpha + \delta)$ ノ價最小ナル場合ニ於テ δ 即チ傾斜角最小ナルベシ而シテ $i = v$ 及 $i_1 = v_1$ ナルトキニ其 $\sin \frac{1}{2}(\alpha + \delta)$ 最小ナルベシ、若シ $\alpha = i_1 + v_1$ 及 $i_1 = v_1$ ナルトキニ光線ハ三稜硝子ノ基底ト並行ニ通過ス。

此際即チ落射線ト屈折スル面トノ間ニナス角ト出射スルモノト面トノ間ニナス角ト同等ナルトキハ傾斜ハ減極度ニ在リ、今之ヲ示スニ \angle ヲ以テスルトキハ左ノ如シ。

通常光學上ニ使用スル三稜硝子

圖二十四百第



(D)常用ノ三稜硝子。

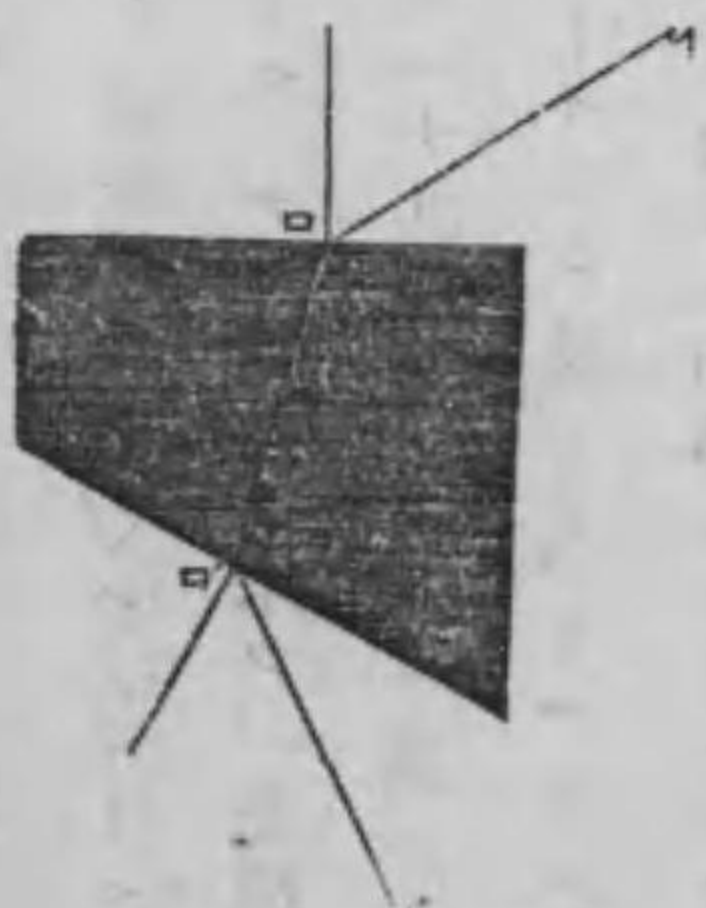
通常人ノ光學上ニ實用スル三稜硝子ハ第四百十二圖ニ示ス如ク真鍮製ノ支臺上ニ附着シタルモノニシテ、(ロ)ナル小杆ヲ支臺ノ管中ニ挿入シ容易ニ上下進退スルヲ得セシメ、又(イ)ニ於ケル關節ニ由テ正斜隨意ノ位置ヲ與フルコトヲ得。

此裝置ニ由リ三稜硝子ヲシテ光線ノ方向ニ對シ隨意ノ方向ヲ取ラシメ得ルヲ以テ(ハ、イ、イ) (第四百十三圖ヲ見ヨ)ガ屈折稜トナリ或ハ(ロ、ロ)ガ屈折稜トナリ又ハ(ハ、ハ)ガ屈折稜トナルコトアルハ固ヨリ言フ俟タズ。

圖三十四百第



圖四十四百第



屈折稜ハ實際ニ存スルコトアリ、又假想上ニノミ存スルコトアリ。例之バ第四百十四圖ニ示ス所ノ稜柱硝子ハ其屈折稜ノ實存セザルモノナリ、然レドモ(イ、ロ)ノ方向ニ落射スル光線ハ屈折シテ(ロ、ロ)ノ方向ニ變ジ(ロ、イ)ニ射出スルヲ以テ光線ノ傾斜ニ關スルノミニシテ其屈折稜ノ實存スルト否トニハ毫モ關係スルコトナシ。

凸面レンズノ定義及種類

(一)定義及種類。凸面レンズトハ第四百四十五圖ニ示ス如ク二箇ノ球面或ハ一球面ト一平面トニ由テ境界セラレ而シテ其中

第三節 凸面レンズニ於ケル光ノ屈折。

央ニ於テハ縁端ニ於ケルヨリモ厚キ透明體ナリ、之ヲ別テ三種トナス。即チレンズノ兩面共ニ凸ナルトキハ兩凸レンズ(甲)ト云ヒ、其面一ハ凸ニシテ一ハ平ナルトキハ平凸レンズ(乙)ト云ヒ、而シテ一面凸ニシテ他ノ一面ハ凹ク且ツ凸面ノ彎曲度凹面ノ

圖五十四百第



モノヨリ強キトキハ凹凸レンズ(丙)ト云フ。

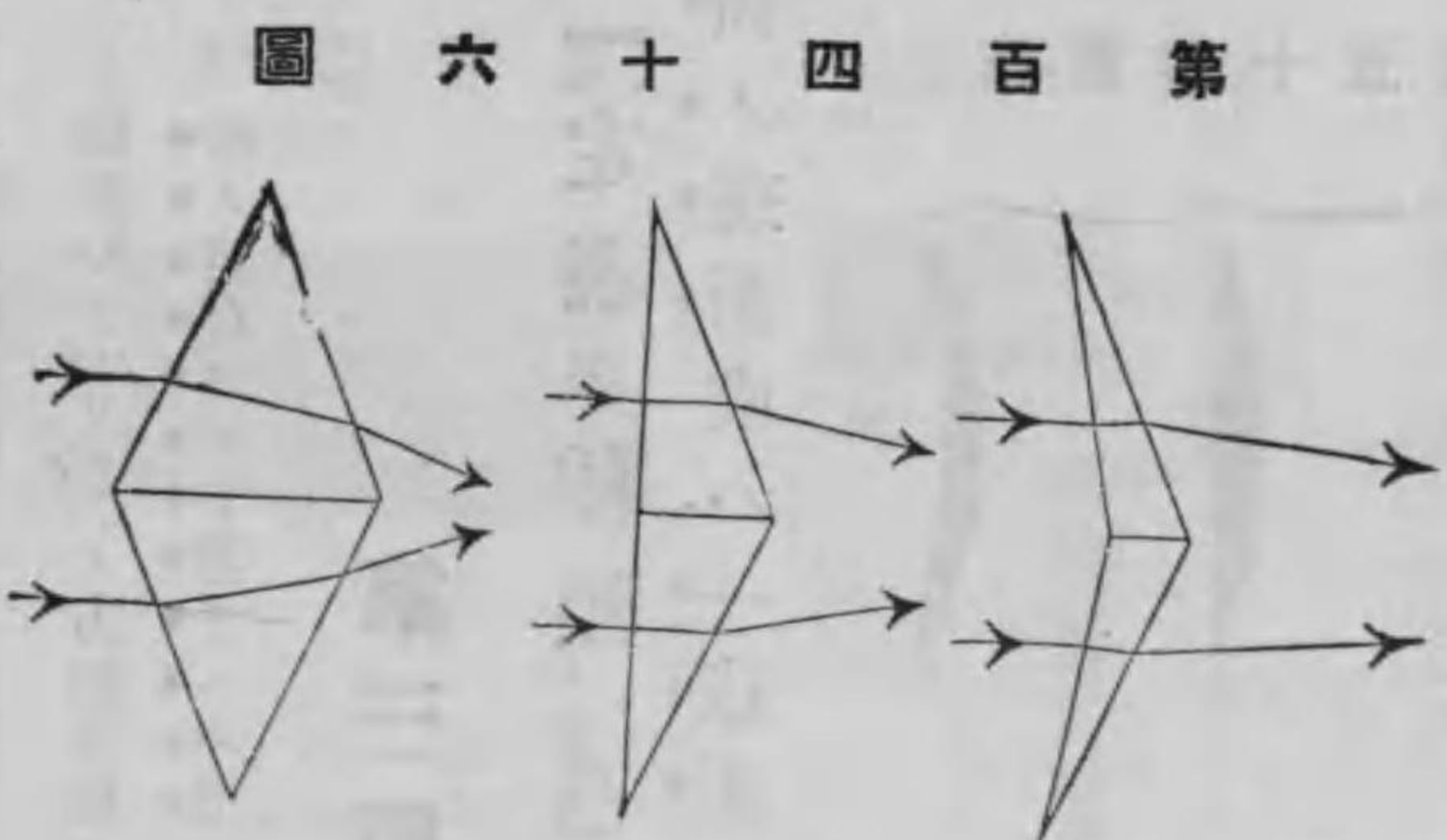


圖 六 十 四 百 第

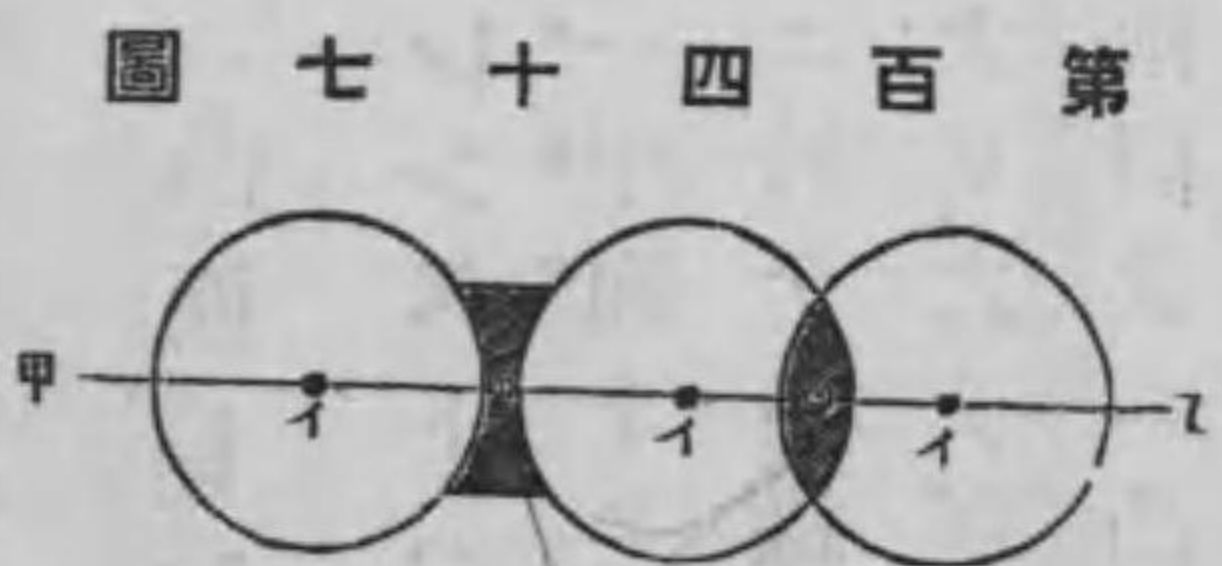


圖 七 十 四 百 第

的中心ヲ通ジテ引キタル直線(甲乙)ヲ名ヅケテ軸ト云ヒ、其軸中

斯ノ如ク區別スレド三種共ニ同様ノ現象ヲ呈ス、即チ光ヲ轉聚スルノ作用ヲ有ス、蓋シ三種共ニ各ニ筒ノ三稜硝子其基底ニ於テ重疊シタルモノト看做シ得ベケレバナリ (第四百十六圖)。

(二)名稱要義。兩球面ノ中心(第四百十七圖ノ「イイ」ハ之ヲ名ヅケテ幾何學的中心或ハ彎曲中心ト云ヒ、其半徑ヲ彎曲半徑ト名ヅケ、兩幾何學

凸面レンズニ於ケル光線方向ノ定律

ニ在ルレンズノ中點(ロ)ヲ名ヅケテ光學的中心ト云フ。而シテ軸ト並行ニ射來スル光線ノ屈折シテ轉聚スル點ヲ燒點ト名ヅケ、此點ヨリ光學的中心ニ至ルノ距離ヲ燒點距離兩面共ニ均等ノ彎曲半徑トシテ同大ナリト云フ。レンズノ兩面ノ内光線ノ落射スル面ヲ前面ト云ヒ、他ヲ後面ト稱ス。

(三)光線ノ徑路。凸面レンズ上ニ落射スル光線ハ其方向ニ從テ其屈折光線ノ徑路ヲ異ニス。

(第一) 軸ニ沿ウテ落射スル光線ハ屈折スルコトナク通過ス。
原理。是レ蓋シ落射光線ノ徑路垂直ナルニ由ル、屈折定律ヲ參考スレバ復タ説明ヲ俟タズシテ明カナリ。

(第二) 光學的中心ヲ通過スル所ノ光線ハ其方向甚ダ僅微ニ傾斜ス。

原理。是レ蓋シ光學的中心ニ對スル各二箇ノ小部ハ並行ト看做シ得ベキヲ以テ落射線ト出射線ト互ニ相並行スルニ由ルモノナリ。

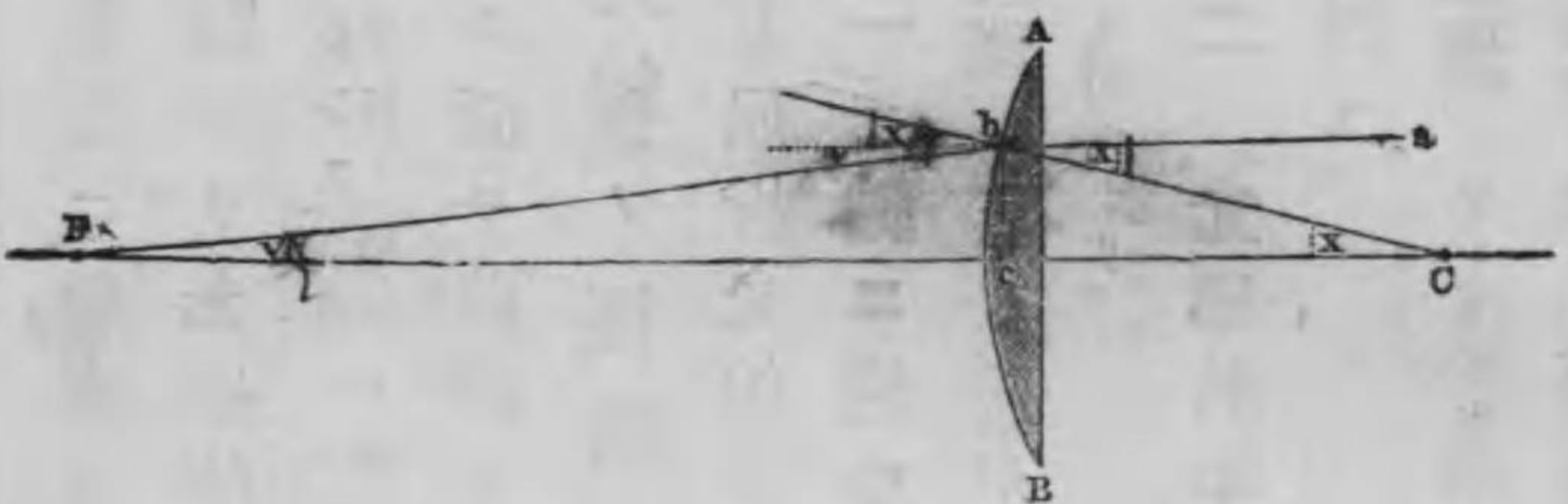


圖 八 十 四 百 第

(第三) 軸ト並行ニ ナルトモ遠大ノ距離ニ在ルト光源 射來スル所ノ光線ハレンズノ後
ハ並行ト看 面ニ於テ軸上ノ一點即チ燒點ニ轉聚ス。

原理。茲ニ第四百四十八圖ニ示ス如ク一箇ノ平凸レンズノ平坦
 ナル面(AB)ニ軸ト並行ノ方向(ab)ヲ取リテ射來スル光線アルト
 キハ垂直線ト同様ナルヲ以テ毫モ屈折スルコトナク硝子體中ニ
 進入ス、而シテ其b點ヨリ射出スルノ際ニハbFノ方向ヲ取リテ
 屈折スベシ。今ヤ先ヅ其射出線ト軸ト互ニ相會合スルノ點(F)
 ニ至ルノ距離(即チCFナル長サ)ヲ檢出セントス。即チC點(即
 球ノ中心)ヨリb點ニ向テ其半徑線(Cb)ヲ引クトキハxハ光線未ダ屈
 折セザルノ前ニ於テ其半徑線ト共ニ構成スル所ノ角ニシテ、y
 ハ其已ニ屈折シタル後ニ構成スル所ノ角ナリ。故ニレンズヲ成
 セル物質ノ屈折率ヲ示スニnヲ以テスルトキハ $\sin y = n \sin x$ トナル、然レドモ茲ニx角ノ小ナル間ハ $y \approx nx$ ナリ

平凸レンズ
 上ニ軸ト並
 行ニ來射ス
 ル光線ハ凸
 面ノ半徑ニ
 倍スレ一點

圖 九 十 四 百 第



トスルモ大過ナシ、而シテ射出スル光線(bF)ト軸トノ間ニ生成スル角
 [v]ハ實ニy-xニ同ジ。今若シ硝子ノ屈折率[n]ヲ二分ノ三ナリ
 トスレバ即チ左式ヲ得ベシ。

$$y = nx = \frac{3}{2}x$$

而シテ

$$v = y - x = (n-1)x = \frac{1}{2}x$$

然レドモ今vトxトハ甚ダ小ナルヲ以テFbCナル三角ニ於テ左式ノ比ヲ
 得。

$$Fb : Cb = x : v = 1 : (n-1) = 1 : \frac{1}{2}$$

而シテ「レンズ」ノCbナル彎曲半徑ヲrトスレバ左式ヲ得。

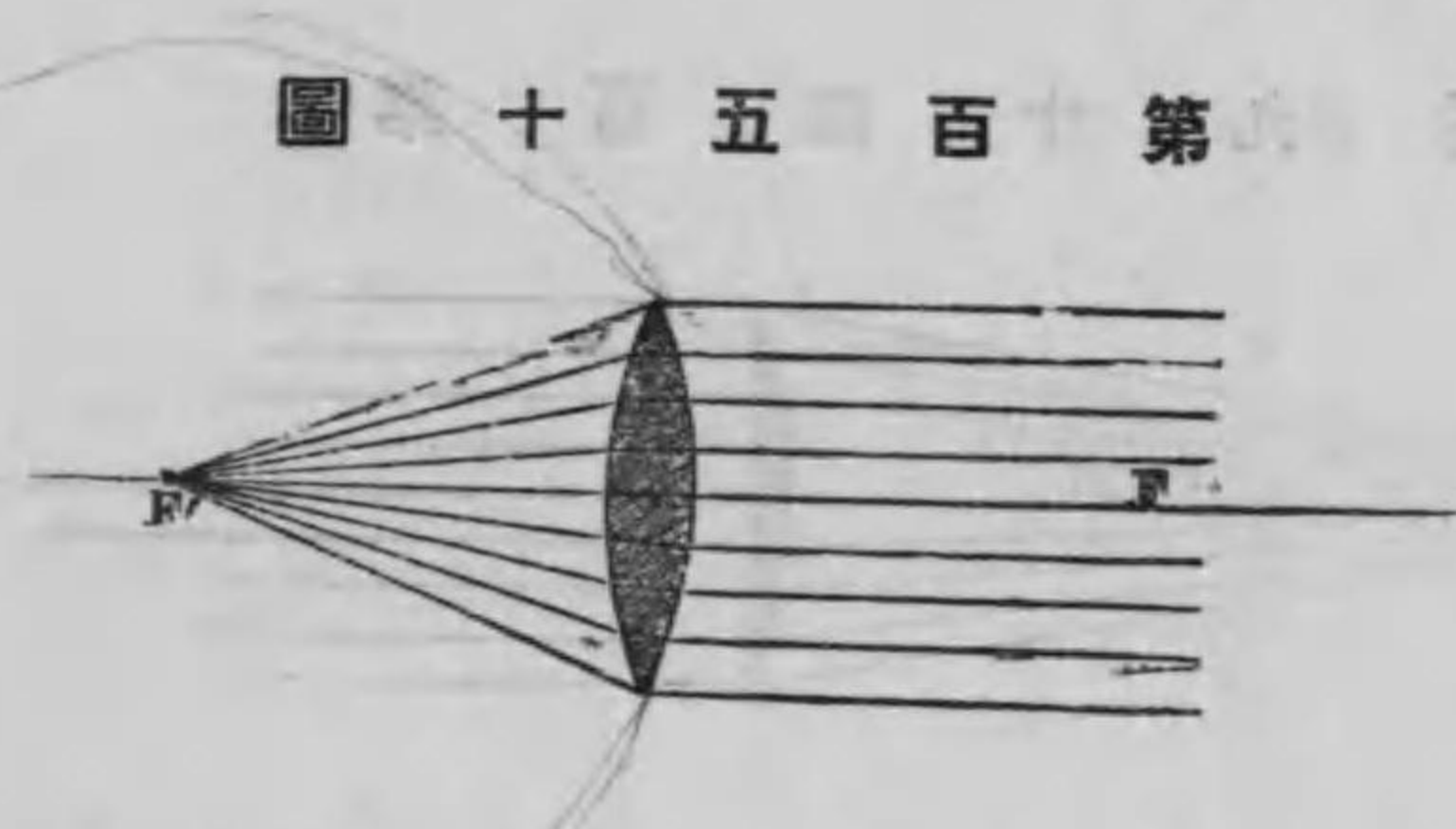
$$Fb = \frac{r}{n-1}$$

此ヲ以テレンズ甚ダ非薄ニシテ其厚サ算數中ニ入ラザルトキハ右ノ成
 績ヲ言明スルコト下文ノ如クナルヲ得ベシ、曰クFナル點ノレンズヲ
 距ルヤCナル球心ノレンズヲ距ルニ倍セリト。但シ此ノ際 茲ニ此
 量價ヲ導キ來レルヤxハ一モ特定ノ數量ヲ以テシタルニハアラズ、即

ニ於テ轉聚ス

兩凸レンズハ平凸レンズニ箇ヲ其平面ニ於テ重疊セル者ナルヲ以テ軸ト並行ニ射來スル光線ハ半距離ノ處ニ於テ轉聚ス

第五百十圖



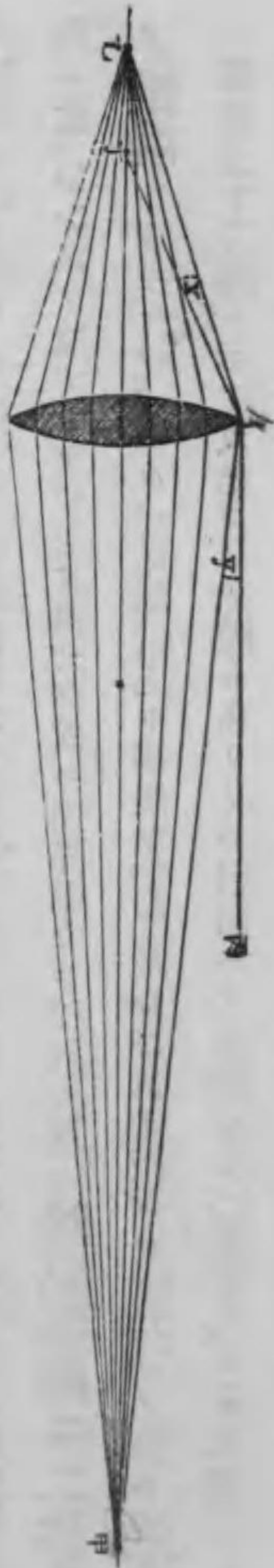
チヌハ其正弦ニ代フルニ其所屬ノ弧線ヲ以テスルモ著シキ過誤ヲ來サザルベキ程度ニ在リテ變ズ、然レドモFナル點ノ位置ハ依然トシテ變易スルコトナシ、是故ニ軸ト並行セル多數ノ光線其一點(F)ニ會合スルコト第四百十九圖ニ示スガ如クナルベシ。

凡ソ兩凸レンズハ二箇ノ平凸レンズヲ以テ其平面ニ於テ互ニ相固着シタルモノト看做スヲ得ベシ。是故ニ其兩面共ニrナル半徑ヲ有スル一箇ノ兩凸レンズハ其凸面均等ナルrナル半徑ヲ有スル平凸レンズニ比スレバ光線ヲ屈折スルノ強度之ニ倍セザルヲ得ズ。之ヲ以テ第五百十圖ニ示ス如ク兩面共ニ彎曲ノ度ヲ均シクスル兩凸レンズノ軸ニ並行スル一東ノ光線アリテ射來スルトキハF'點即チ球ノ中心ニ轉聚スベシ、而シテ此點ハ前圖ニ於ケルモノニ比スレバレンズヲ距ルコト正ニ其半バニ在ルヤ亦論ヲ俟タズ、但シ上文述ブル所ハ只二分ノ三即チ一・五ナル屈折率ヲ有スル物質ノレンズノミニ適合スベシ。然ルニ尋常硝子ノ各種類ハ大抵其屈折率ヨリ少シク大ニシテ一・五二乃至一・六六ナリ、依テ其レンズノ燒點距離モ亦上文記スル者ヨリハ多少小ナラザルヲ得ザルナリ。

(第四) 軸ニ對シ分散ノ状態ニ於テ射來スル光線ハ其分散ノ度ニ從ヒ或ハ收斂或ハ並行トナリ或ハ分散ノ度ヲ減少ス、是ヲ以テ凸面レンズニ聚光レンズノ名アリ。

解説。光點已ニ遠大ノ處ニ存セザルトキハ其光線ハ分散ノ状態ニ在リ、例之バ第五百十一圖ニ示ス所ノ〔甲〕點ニ在リトスレバ〔イ〕ナル縁端ヲ通過スル光線ノレンズヲ通過シタ

圖 一 十 五 四 號



ルノ後、軸ト相會合スル所ノ〔乙〕ナル點ヲ搜索スレバ〔甲〕ヨリ發シテレンズニ射來スル光線ノ轉聚點ヲ得ベシ、然リ而シテレンズノ爲メ屈折シテ傾斜スルノ度ハ屈折スル角ノ充分微小ナルトキハ茲ニ射來スル光線ノ方向ニ隨ツテ一々變化スルコトナカルベシ。然ラバ則チ〔甲イ〕ナル光線ガレンズノ縁端ノ爲メニ屈折シテ傾斜スル度ハ軸ニ並行シテ射來スル〔丙イ〕

ナル光線ニ於ケルガ如シ。然レドモ其〔丙イ〕ハ〔丁〕ナル燒點ニ向テ屈折ス、依テ入射線ト出射線トノ間ニハ〔丙イ丁〕ナル角ヲナシ且ツ〔甲イ乙〕ナル角モ亦之ニ同度ナルベシ、故ニY即チ〔丙イ甲〕ナル角ト其度ヲ均シクナル所ノXナル角ヲシテ〔イ丁〕ナル線ノ上方ニ生成セシムルトキハ**射出スル所ノ光線〔イ乙〕ノ方向ヲ知ルベシ。**

レンズニ近
ヅキニ倍ノ
燒點ニ到レ
バ透過シタ
ル光線ノ束
聚スル處モ
亦均一ノ距
離ニ在リ

此圖解ニ由テ觀レバ〔甲〕ナル光點**レンズノ軸上ニ在リテ愈々レンズニ近ヅケバ〔乙〕ナル轉聚點ハ愈々レンズヲ遠ザカラザルヲ得ズ。**故ニ光點漸々ニ接近シ遂ニ**燒點距離ニ二倍スルノ距離ニ達スレバ、一たび光點〔甲〕ト轉聚點〔乙〕トレンズヲ距ルコト均一ノ度ニ至ル、即チ第五十二圖ニ示スガ如シ。**此際ニ在リテハ射出スル光線〔イ乙〕及射入スル光線〔甲イ〕ハ共ニ之ト軸トノ間ニ於テ同等ナル角度ヲナサザル可カラズ、即チ〔甲乙イ〕ナル角ハ〔乙甲イ〕ニ等シカラザルヲ得ズ。今ヤ又Mニシテ且ツMニナルヲ以テXハ〔乙甲イ〕ナ

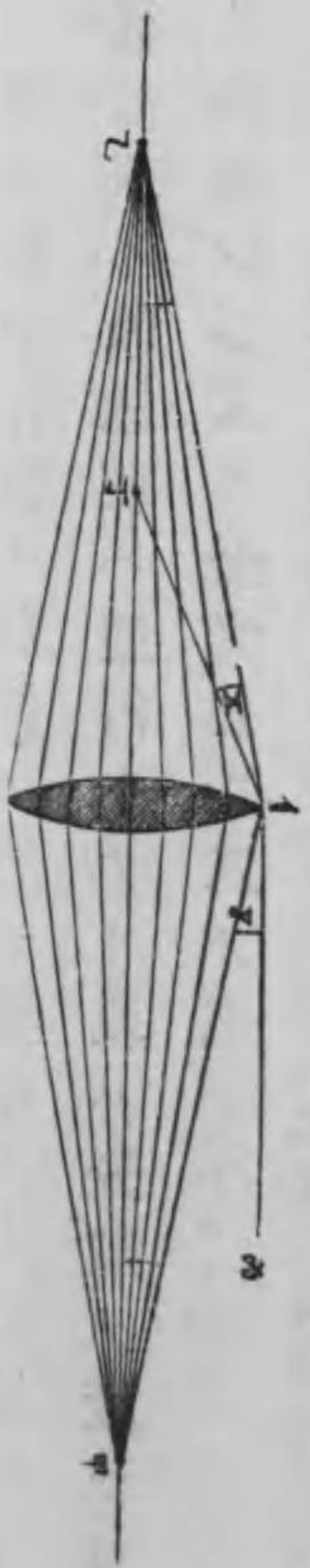
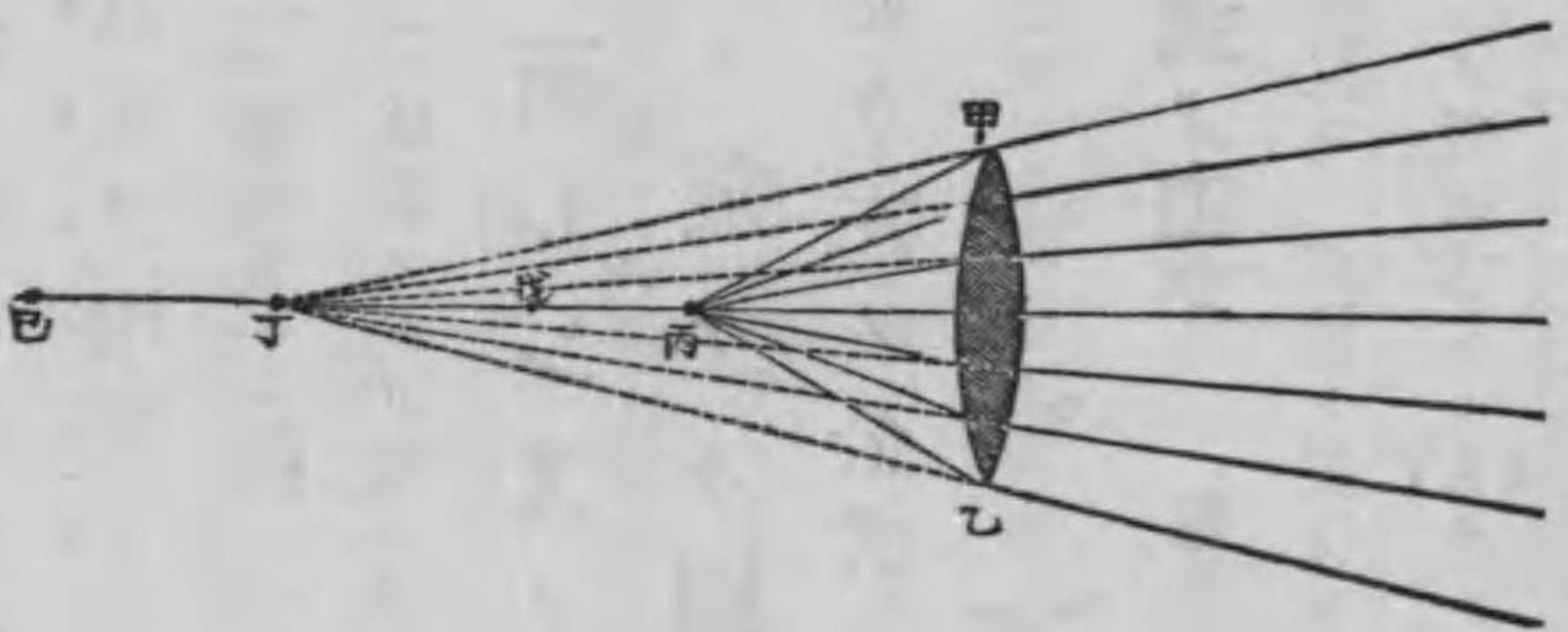


圖 二 十 五 四 號

燒點距離内
ニ在ル光點
ヨリ發スル
光ハレンズ
ヲ透過スル
モ分散線ノ
状態ニ在リ

圖 三 十 五 百 第



ル角度ニ均等ナリ、從テ〔乙イ丁〕ナル三角ハ等脚トス、然ラバ則チ〔乙丁〕ハ〔丁イ〕ニ均シク轉聚點〔乙〕ハ並行線ノ轉聚スル點〔丁〕ニ比スレバ**レンズヲ距ルコト二倍ノ處ニ位セリ。**即チ光點ヨリ**レンズニ至ルノ距離若シ燒點距離ニ二倍スルトキハレンズノ他方ニ於テ轉聚スル點モ亦レンズヲ距ルコト均一ノ點ニ來リ光點尙ホレンズニ近ヅケバ其轉聚點ハ却テレンズヲ遠ザカルベシ。**例之バ已ニ**第五十一圖ニ示セシ所ノ〔乙〕ヲ以テ一個ノ光點トナストキハ之ニ一致スル轉聚點ハ即チ〔甲〕點ナラザルヲ得ズ。**光點更ニ進ンデ正ニ**レンズノ燒點ニ來ルトキハ轉聚點ハ無限ノ遠處ニ在リ、即チ軸ト並行シテ射出スル者ナリ。**第五十九圖及第五十圖然レドモ光點若シ**第五十三圖ニ示ス如ク甚ダレンズニ接近シ燒點距離ノ内部ニ在リニ來ルトキハ之ヨリ發スル光線ハ著シク分散ノ状態ヲナシテレンズニ射來スルヲ以テ、レンズヲ經由スルモ已ニ轉線狀ヲナス能ハザルノミナラズ軸ト並行スルニモ至ラズ。然レドモレンズヲ透過セル後ハ其以前ヨリモ分散ノ度ヲ減ズ、故ニ其光線ハ恰モ光點ノ眞位ヨ**

リモ遠キニ位スル點〔丁〕ニ光點アリテ發射シ分散スルモノ、如シ。

第五、軸ニ對シ收歛的ニ射來スル所ノ光線ハ屈折ニ由テ尙ホ其度ヲ増加ス。

例之バ第五十三圖ノ〔丁〕點ニ於テ轉聚セントスル徑路ヲ取レル光線アリトスレバ屈折シテ〔丙〕ニ轉聚スルガ如シ。

四、凸面レンズノ燒點距離(f)・光點距離(a)及像距離(b)ノ間ニ於ケル關係ノ數學的言明。此關係ハ凹面鏡ニ於ケル如ク左ノ公式ヲ以テ示スガ如シ。

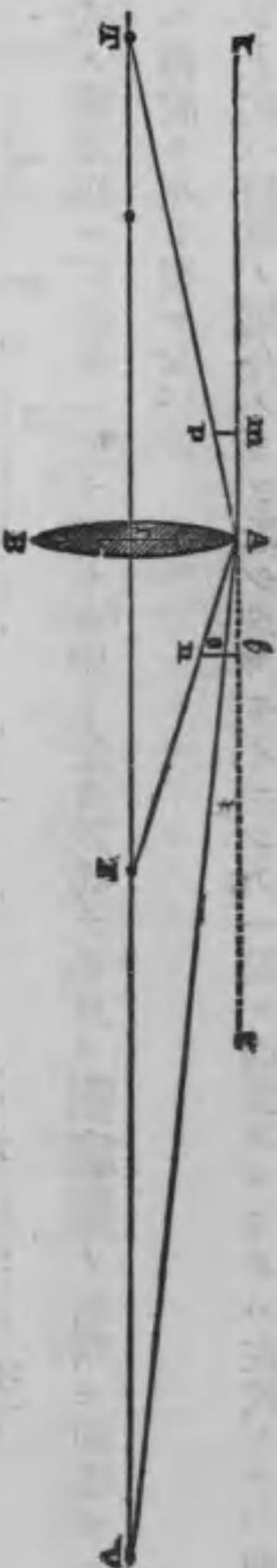
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

公式ノ由來。

第五十四圖ニ示ス如ク一箇ノ兩凸レンズ〔AB〕アリ、而シテ其燒點ハF點ニ位シ、其軸ト並行シテ射來スル所ノ光線〔KA〕ハFニ向テ屈折ス。又Tヨリ發射スル光線〔TA〕ノ屈折方向ハFAナル角ヲシテTAKナル角ニ等シカラシムルキニ於テ容易ク之ヲ得ベシ。茲ニIA = nA = Arトシ(rハ即チレンズノ光學的中心)ニ於テnoナル垂直線ヲ下シmニ於テPmナル垂直線ヲ下ストキハPmハ殆ンドnoニ等シカルベシ、蓋シTAKナル角トFANナル角トハ同度

凸面レンズノ燒點距離・光點距離及像距離ノ間ニ於ケル關係ノ數學的言明

圖 四 十 四 號



ニ居リ、AVナル角ハ頗ル微小ニシテ恰カモnoガAV上ニ立ツヤ殆ンド直角ナルガ如キヲ以テナリ、之ニ由テ左ノ方程式ヲ得。

$$In = lo + on = lo + mp \dots \dots \dots (1)$$

今FANナル三角トA'nナル三角トハ相似形ナルニ由リ又左式ヲ得ベシ。

$$Fr : Ar = A'l : In \dots \dots \dots (2)$$

茲ニFrナル燒點距離ハfニシテ且ツレンズノ半徑rAハ即チA'lニ等シクシテ之ヲ1ト定ムレバ、(2)式ヲ變ジテ左式トナスコトヲ得。

$$f : 1 = 1 : In$$

故ニ

$$In = \frac{1}{f}$$