

義烏陳梈著

物理易解

教科書譯輯社發行

義烏陳梈著

物理易解

教科書譯輯社發行

序

科學爲立國之本固夫人而知之矣然而其理精其功實其造深要非獵等所能至故造車自輿始造衡自權始必循途漸進而後科學至焉中等物理學與各種科學已多相啣接之處吾國人學此者頗多苦之然我國士夫之聰明材力而謂未足語此斷無是理意者倘亦無善本爲之啓發乎壬寅春同人設清華學校于東京以計留學者修普通學之便忝命予講物理學予于此非所專執之門顧以同人之命不獲辭也遂與來聽者相切磋初則聽者頗有苦意乃未及三月則見解領悟

各蒸蒸日上矣而時已暑假無事時輒將從前之講稿
採輯他書以補所不足語非一家務期明意書成名曰
物理易解因即梓以公諸世亦欲爲求科學者之一助
云爾

光緒二十八年八月

樂書氏陳梶自序

例言

一是書爲中等教育而輯故論理只以中等程度爲限
一中等教育之書理不能深詞不必費惟照中國現在學者情形
苟立言太簡則于以習者殊多不便故雖淺近之理亦不敢畧
去不論高明諒之

一教科之書期于明理而中國舊所譯之理化書頗有句語模糊
設詞兩可之病輯本書時爲暇無多字句愧不能斟酌然不敢
模糊影響滋學者之惑

一物理與算理原相輔而行然中學程度則學算未造于深是書
用算式適與中學所習算理之程度相稱

一是書爲輯西書東書而成字句有間存東文舊者然甚少不過
現象呈形呈象之意又含
有變化證據等意遊離散出散
在之意二三語而已又化學名目多
用東名

一輯是書時最難者莫如化學名目中國向有元質表列有各原
質名今之譯東書者多沿用東名與從前之表不同矣然如輕
氣球人所習知也未便改稱而遇硫輕二時用東名硫化水素
豈不自相刺膠乎諸如此類甚多輯時不得已于中國人所已
熟知者用前元質表名其畧生疎者即用東名似不歸一致然
日人輯書時同一元質而一人而異譯者多矣如曹達亦譯那
篤留安一英文音一德文音也而讀者毫不害事是在學者
一鬼神禍福謬妄無稽埃及人以那衣耳河之水流卜歲印度人
以溺死于剛其司河爲登天而二國一夷一亡庚子義和團之
禍幾危大局然此等邪說往往可以物理學之理破之特于已
見所及者解釋而附于舉例之內似東西教科書所無之例然
于体例似無甚礙閱者諒之

物理易解

義烏樂書氏陳 槐輯著

海甯朱宗萊

仁和任 允

遵義黎 邁

海甯張競仁

合校

目錄

總論

一 物体之組織

二 物体三態

三 物理學上之現象

四 可分性

五 不可入性

目錄

一

一 一 三 三 三

六 慣性

七 穴性

八 受壓性

九 物質不滅

第一卷 力學

第一章 力

十 靜止及運動

十一 力

十二 運綫

十三 二力穩定

十四 分力及合力

十五 用于一點之二力

十六	用于一點之多力	一一
十七	力之能率	一三
十八	平行二力之合成法	一四
十九	對力	一六
第二章	引力及重力	一八
二十	萬有引力及重力	一八
二十一	重量	一九
二十二	質量	一九
二十三	密度	二〇
二十四	C G S 單位法	二〇
二十五	萬有引力之定例	二〇
二十六	重心	二三

目錄

二十七	三角形板之重心	二三
二十八	穩定要則	二三
二十九	穩定三態	二四
第三章 運動		
三十	等速運動變速運動	二六
三十一	速度及加速度	二六
三十二	運動第一法	二八
三十三	運動量	二八
三十四	運動第二法	二八
三十五	力之極限單位	二九
三十六	運動第三法	三〇
三十七	等加速度運動公式	三〇



第四章	墜體及圓運動	三三
三十八	真空中物體之下落	三三
三十九	阿梯吾特器	三四
四十	墜體之公式	三七
四十一	圓運動	四〇
第五章	擺及波動	四二
四十二	擺	四二
四十三	弦波線	四四
第六章	功用及能力	四六
四十四	功用	四六
四十五	能力	四七
四十六	能力不減	四八

目錄

五

第七章 摩阻

四十七 靜摩阻及動摩阻

第八章 簡單機器

四十八 槓桿

四十九 斜面

五十 輪軸

五十一 滑車

五十二 秤

五十三 螺旋

五十四 尖劈

第二卷 流体靜力學

第一章 液体之壓力

四九

四九

五二

五二

五三

五四

五四

五六

五六

五七

五九

五九

	五十五	流体	五九
	五十六	液体傳力	五九
	五十七	壓力與深相比例	六二
	五十八	液体表面	六三
	五十九	液体壓力及于器之底面及側面	六五
	六十	連通器	六九
	六十一	水準	七〇
第二章		液体浮力	七三
	六十二	阿機美狄法	七三
	六十三	浮体之理	七六
第三章		固体及液体比重	七九
	六十四	比重	七九

六十五	固体比重測定法	八一
六十六	液体比重測定法	八二
第四章	氣體壓力	八六
六十七	空氣壓力	八六
六十八	晴雨表	八八
六十九	天氣豫報	八九
第五章	氣體容積壓力之關係	九〇
七十	容積壓力相逆比例	九〇
七十一	測壓器	九二
第六章	空氣唧筒	九六
七十二	抽氣筒	九六
七十三	壓氣筒	一〇〇

第七章 液体流出

一〇一

七十四 提水筒

一〇一

七十五 吸管及虹吸

一〇三

七十六 海倫噴水器

一〇四

第八章 輕氣球

一〇四

七十七 輕氣球

一〇五

第九章 分子作用

一〇六

七十八 纖維管現象

一〇七

七十九 瀰散及滲透

一〇七

第三卷

第一章 溫度及寒暑表

一〇九

八十 熱及溫度

一〇九

八十一 物体膨胀大

八十二 寒暑表

八十三 水银寒暑表之製法

八十四 寒暑表度数

八十五 最高最低之寒暑表

第二章 膨胀大

八十六 綫膨胀面膨胀体膨胀

八十七 膨胀大比率

八十八 固体膨胀大

八十九 液体膨胀大

九十 水之膨胀大

九十一 气体膨胀大

一〇九

一一一

一一一

一一三

一一四

一一五

一一五

一一六

一一七

一一九

一二〇

一二一

九十二	極限零度	一二三
第三章	熱量	一二五
九十三	熱之單位	一二五
九十四	固體液體之比熱	一二五
九十五	熱量表	一二六
九十六	氣體之比熱	一二九
第四章	熱量與能力之關係	一三〇
九十七	功用變熱	一三〇
九十八	功用之相當量	一三一
第五章	溶解及凝結	一三四
九十九	溶解及結凝	一三四
一百	潛熱	一三六

百〇一 溶點與壓力相關係

一三七

百〇二 複冰

一三八

第六章 氣化液化

一三九

百〇三 真空中之氣化

一三九

百〇四 蒸騰

一四一

百〇五 沸騰

一四三

百〇六 氣化熱

一四四

百〇七 液化

一四五

百〇八 寒劑

一四六

第七章 溫度

一四七

百〇九 大氣中之溫度

一四七

百一十 濕度及測定法

一四八

第八章 傳熱

百十一 傳熱

百十二 安全燈

百十三 對流

百十四 輻射

第九章 空氣及海水之運動 水蒸氣之凝結

百十五 風

百十六 潮流

百十七 霧露

百十八 雲

百十九 雨雪

第十章 蒸汽機

目錄

一五〇
一五〇
一五二
一五三
一五四
一五四
一五五
一五六
一五七
一五七
一五八

百二十一 蒸汽機

一五八

百二十二 氣動機

一六一

第四卷 音學

第一章 音波

百二十三 音之高低

一六二

百二十四 人之聲音

一六三

百二十五 音叉

一六四

百二十六 音之傳達

一六五

百二十七 音之波及

一六六

百二十八 音之強弱

一六七

百二十九 音之反射

一六九

百三十 音波混疊

一七〇

第二章 振動數之測定

百三十 發音體振動數之測定

百三十一 留音器

第三章 音調

百三十二 諧和音

百三十三 鞞鞞

百三十四 應節

第四章 絃棒等振動

百三十五 絃之橫振動

百三十六 絃之縱振動

百三十七 棒之振動

百三十八 板之振動

一七二

一七二

一七三

一七四

一七四

一七六

一七七

一七八

一七八

一八〇

一八〇

一八一

百三十九	鐘之振動	一八二
百四十	空氣柱之振動	一八二
第五卷	光學	一八六
第一章	總論	一八六
百四十一	光體	一八六
百四十二	光之傳播	一八六
百四十三	全陰影及半陰影	一八八
第二章	光度	一八九
百四十四	光之強弱	一九〇
第三章	光之速度	一九二
百四十五	羅美爾之法	一九二
第四章	光之反射	一九四

百四十六 反射之法

一九四

百四十七 影

一九六

第五章 球面鏡

一九九

百四十八 球面凹鏡

一九九

百四十九 影之大小

二〇三

百五十 球面凸鏡

二〇四

第六章 折光

二〇六

百五十一 折光

二〇六

百五十二 累折

二〇九

百五十三 全反射

二一〇

百五十四 蜃樓

二一一

第七章 靈視

二二三

目錄

十七

百五十五	靈視	二二三
百五十六	凸靈視	二二三
百五十七	凹靈視	二二七
第八章	三稜柱及光質影	二二八
百五十八	三稜柱	二二九
百五十九	分光	二二九
百六十	光質影之定線	二三〇
百六十一	物体之色	二二一
百六十二	餘色	二二二
百六十三	虹	二二三
第九章	偏光及重屈折	二三四
百六十四	偏光	二三四

百六十五 重屈折 二二七

第十章 光學器具 二二八

百六十六 虫眼鏡 二二八

百六十七 眼鏡 二二九

百六十八 遠鏡 二三〇

百六十九 顯微鏡 二三二

百七十 照相器具 二三三

百七十一 幻燈 二三三

第六卷 磁氣學 二三五

第一章 磁石 二三五

百七十二 磁石 二三五

百七十三 兩極之作用 二三七

百七十四 紀爾罷脫說 二三七

第二章 磁氣感應 二三九

百七十五 磁氣感應 二三九

百七十六 克倫定例 二四〇

百七十七 指力線 二四一

百七十八 造磁法及保磁法 二四三

第三章 地球磁氣 二四四

百七十九 地球磁氣 二四五

百八十 偏角俯角 二四六

百八十一 水平分力 二四七

百八十二 等磁線 二四七

百八十三 地球磁氣之變改 二四八

第七卷 電氣學上

第一章 總論

百八十四	發電	二五〇
百八十五	驗電器	二五〇
百八十六	傳電	二五一
百八十七	二種電氣	二五三
百八十八	克倫定例	二五五
百八十九	摩擦所生正負二電量	二五五
百九十	電氣之配布	二五六
百九十一	尖端作用	二五八
百九十二	電氣感應	二五八
百九十三	放電	二六〇

百九十四 感應授電法

二六〇

第二章 電學器具

二六一

百九十五 電盆

二六二

百九十六 發電機

二六三

百九十七 實驗

二六六

第三章 電氣能力

二六八

百九十八 電位

二六八

百九十九 電氣能力

二七〇

二 百 電容

二七一

二百〇一 蓄電器

二七三

二百〇二 放電桿

二七四

第四章 大氣中之電氣

二七五

二百〇三	大氣中之電氣	二七五
二百〇四	避雷針	二七六

第八卷	電氣學下	二七八
-----	------	-----

第一章	電池	二七八
-----	----	-----

二百〇五	電池	二七八
------	----	-----

二百〇六	輪道及電動力	二七九
------	--------	-----

二百〇七	塗水銀之亞鉛	二八〇
------	--------	-----

二百〇八	電池分極	二八〇
------	------	-----

二百〇九	達紐耳電池	二八一
------	-------	-----

二百一十	彭仁電池	二八二
------	------	-----

第二章	電流及磁氣	二八三
-----	-------	-----

二百一十一	安培定例	二八三
-------	------	-----

二百十二	電流對磁針之作用	二八四
二百十三	度電圈	二八五
二百十四	電磁石	二八七
二百十五	電鈴	二八八
二百十六	電信機	二八九
二百十七	電流表	二九一
二百十八	電流單位	二九三
二百十九	無定磁針及反射電流表	二九三
第三章	歐姆定例	二九四
二百二十	歐姆定例	二九四
二百二十一	抵抗	二九六
二百二十二	輪道上之電位	二九七

二百二十三	分輪道	二九七
二百二十四	電池聯結法	二九九
第四章	電流及熱	三〇〇
二百二十五	喬巍兒定例	三〇〇
二百二十六	白熱電燈	三〇一
二百二十七	弧電燈	三〇二
第五章	感應電流	三〇三
二百二十八	感應電流	三〇三
二百二十九	生感應電流法	三〇四
二百三十	感應電流之電動力	三〇五
二百三十一	電流之自感應	三〇五
二百三十二	凌可富感應器	三〇六

二百三十三 火花 三〇七

二百三十四 林達根試驗 三一〇

二百三十五 德律風 三一〇

二百三十六 微音器 三一〇

二百三十七 代那模 三一〇

二百三十八 電動機 三一三

第六章 電氣分解 三一三

二百三十九 電氣分解 三一四

二百四十 鹽類分解 三一五

二百四十一 酸類分解 三一五

二百四十二 法賴第定例 三一六

二百四十三 朴爾大表 三一八

二百四十四 電鍍法
二百四十五 分極作用

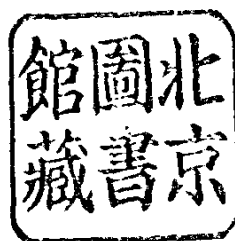
三一八
三一九

表 度 尺									表 刻 時		
英			法								
一英里	一碼	一英尺	一基米突	一海克米突	一疊加米突	一米突	一特米突	一纖米突	一分	一點鐘	一日
等於	等於	等於	等於	等於	等於	等於	等於	等於	等於	等於	等於
一七六〇碼	三英尺	一二英寸	一〇海克米突	一〇疊加米突	一〇米突	一〇特米突	一〇纖米突	一〇咪里米突	六〇秒	六〇分	二四點鐘

時刻表 尺度表 重量表

物理易解

義烏樂書氏陳 梶輯著



(南)

總論

一 物体之組織 凡占宇宙間之地位者名物体物体之組織可想像而定之即數小塊物体合之可成一大塊也故反言以明此義則一大塊可分爲數小塊此數小塊又可分爲無數更小之塊而屢分之分至極小之點此極小之點名分子分子合而成小塊則此分子與彼分子相合時具有力焉所謂分子之凝集力是也分子再分之可得二原子或二以上之多數原子原子不能再分

二 物体三態 凡組織物体之分子其作用可分物体爲三

類一固体二液体三氣體

固体之分子其凝集力最大非少許之外力所能變其形狀也

液体之分子其凝集力甚弱如水一盃欲分爲兩盃則取此盃之水注幾多于彼盃即分爲兩盃矣故加液体以少許之外力即可變其形狀

氣體之分子不僅無凝集力而且具有反撥之斥力試以空囊盛氣少許置之真空<sup>見七十
三節</sup>中其容積即陡然漲大此氣體何以漲大必分子互相反撥而容積不得不漲大也

固体液体氣體不足以云物体特有之性質如冰爲固体而溫之則變爲水成液体矣再熱之則變爲蒸氣成氣體矣而爲冰爲水爲蒸氣時其分子之凝集力各不同故固体液体氣體不過依分子之作用而有是三者之別未足以云性質之關係也

三 物理學上之現象 物理學上之現象專就形迹而言即
物体分子之位置形狀所變化之現象也然其分子之性情則與
前毫無異如池水當無風時平如鏡一有風則皺疊生波其形迹
上之現象大異于前而波遇物仍能使物潤濕則波之性質與水
毫無異也若輕氣養氣化合而成水此水之性質與輕氣養氣之
性質截然不同則爲性質之變化性質之變化爲原子間之現象
形迹之變化爲分子間之現象

四 可分性 凡物体具有可分性故一塊可分爲兩小塊又
可分爲無數小塊如屢分之則必分至分子分子又分之則爲原
子照上理物体若無可分性則木不能鋸開銅鐵不能割斷甚苦
于人之應用矣

五 不可入性 二物体不能同時而並居于一位置案面擺

書則書所處之案面其位置已爲書占去視不得與書同時占此案面也如將書移過則書所占之案面已自行讓出然後可移視居此位置投石于水皿中則水之容積必增高此乃水之分子讓石以所居之位置故水上昇而水面增高也

六 慣性 慣性者物体常欲守其本來固有之性也人疾馳下坡時其足急切不能自止因下坡疾馳其身體本動常欲循其運動之習慣故也戶半開時以銃放彈擊之彈穿過而門仍不動以門本靜正常欲守其靜止之習慣故也

七 穴性 組成物体之分子不能緊相接觸故分子間必有空隙空隙大者可視而見即視之若無空隙者用力壓之其體積減小即爲穴性之明證也

空隙即穴性

八 受壓性 物体皆有受壓性氣體之受壓性最大固体次

之流体最小

九 物質不滅 物質永不能消滅燒木時如見木之消滅實則搆成此木之質變爲灰變爲烟依然在宇宙內也故自有地球以來物質之數無所增減于其間

例一 器具之破何也

解 可分性

例二 物体從高處下落以鐵板當之往往躍起何也

解 彈性

例三 俗言明遁甲之術者其人能在地中奔駛信乎

解 人之出也以戶否則不能穿壁而出不可入性之公理也
地面無戶地下無隧道而曰奔駛不與土同時並居一位置
哉闖地而不能入此中具有理焉流俗不明此理之爲不可

入性故謬謂能在地中奔駛又墓無戶而俗謂尸能現形其
謬亦可知

第一卷 力學

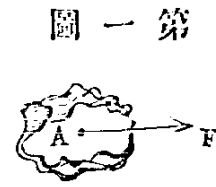
第一章 力

十 靜止及運動 甲物体與乙物体之位置相較而見甲物体位置屢變乙物体位置不變則甲物体爲對乙物而運動乙物体爲對甲物体而靜止凡運動與靜止全由比較位置而見

人在地球上行地球山川之位置比之于人不見其變而人之位置比之山川則屢見其變故人爲運動然地球每日自旋一周又繞太陽而行則地球本係運動之物体惟此時與人相比較則人爲對地球而運動地球爲對人而靜止也

十一 力 使靜止之物体運動使運動之物体靜止或改變速度及運動之方向等作用之原因名爲力

十二 運綫 運綫所以表明力之作用之線也力有三要項
一用 力點 一方向 一大小 運綫兼具此三要項故可以表力



由着力點引一直綫 A F 則此直綫之長短可以表力
之大小 直綫端之矢可以表力之方向 即用力于一物
體其着力點為 A 力之大小為 A F 力之方向為 A F

之矢也 矢即綫端之尖
稜所示者是

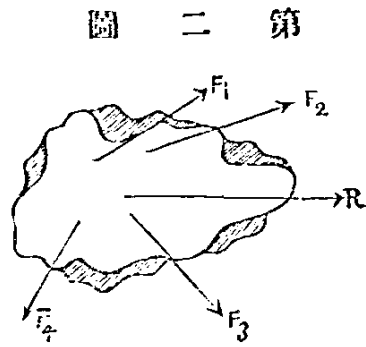
十三 二力穩定 用二力于一物體而物體不生作用與不
受此二力無異此二力為自相穩定之力故不可撓引之物體用
以二力而穩定其要如下

一此二力必同在一直綫上而反向

一二力之大小必相等

十四 分力及合力 一物體動以多力其所生之作用與一

力之作用相等則此一力爲多力之合力而反言之則多力爲此一力之分力



試加 F_1 F_2 F_3 F_4 等力于一物体而物体進行之路只有一條且成一直線則照此條路上用一相當力 R 于物体其作用即可與 F_1 F_2 F_3 F_4 多力相等可知反言之 F_1 F_2 F_3 F_4 多力其作用僅與 R 相等可知 R 爲多力之合力多力爲 R 之分力

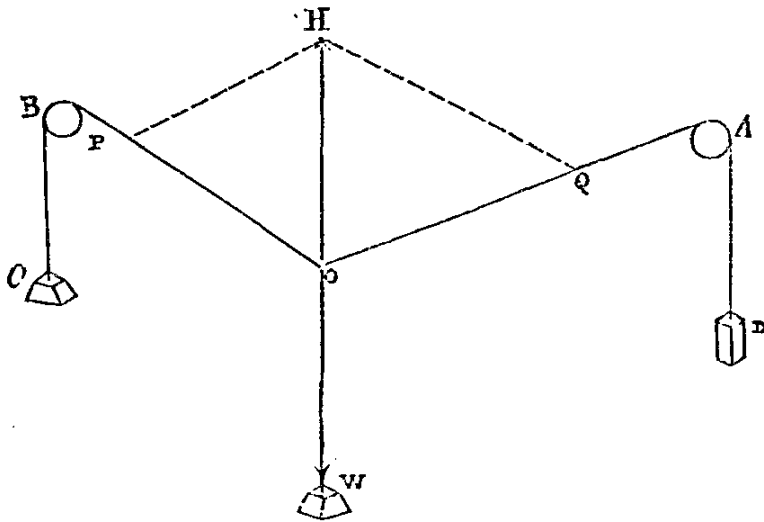
十五 用于一點之二力 用于一點之二力其合力可分言之如下

- 一二力同向則合力爲二力之和而仍與二力同向
- 一二力反向則合力爲二力之差而仍與大力同向

一二力之方向不同在一直線上則合力為表二力運線所作
 平行四方形之對角線

十

圖 三 第



以上三條之理第一第二甚明易而
 第三條對角線之理應用尤廣今更
 以實驗申明其理
 如圖挂物体 CD 于絲之兩端又挂
 一物体 W 于其一點 A B 為兩輪將
 物体及絲照圖裝置之而三物体適
 相穩定取 O P O Q O W 三運線以
 表 C D W 三力照十三節理作 O H
 運線與 O W 等量而反向則 W 物体
 必穩定今 W 穩定則 O P O Q 二力

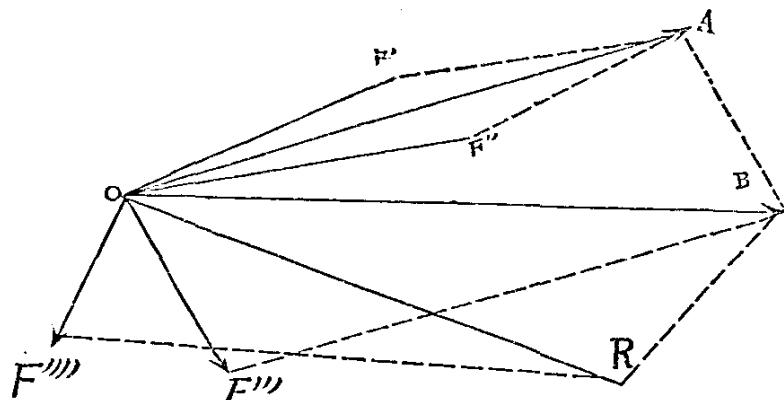
之作用與 $O H$ 相等可知即 $O P O Q$ 二力之合力為 $O H$ 也由
 且出二直線平行于 $O P O Q$ 適遇于 $P Q$ 二點而成平行四邊
 形故 $A B$ 二力之合力為二力連線 $O P O Q$ 所作平行四邊形
 之對角線 $O H$

例一 六斤力及八斤力直角相交而同用于物体之一點其
 合力若干

解 合力之大小可以二力連線所作平行四邊形對角線表
 之今二力直角相交故 合力 $= \sqrt{6^2 + 8^2} = 10$

十六 用于一點之多力 $F' F'' F''' F''''$ 四力同時加于物体之
 一點可先求 $F' F''$ 之合力照上節平行四邊形法求得合力為 $O A$
 再求此合力與 F''' 之合力照平行四邊形法求得合力為 $O B$ 又
 照法求 $O B$ 與 F'''' 之合力得 $O R$ 即 $F' F'' F''' F''''$ 四力之合力也

第 四 圖



一力欲分爲二力亦用平行四邊形法而爲分力求合力之反夫二力可合爲一力則一力亦必可分爲二力不待言也

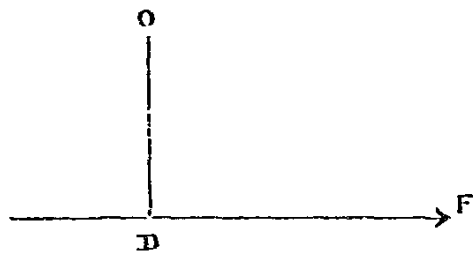
十七 力之能率 力對一定點之作

用宜以能率量之力乘定點至力方向之距離名能率此距離名能率柄

如五圖 O 爲定點 F 爲力 O D 爲 O 至力方向之距離 O D 乘 F 之積爲能率 O D 爲能率柄多力對一定點之能率宜分正負定能率柄向此方向旋之能率爲正則

逆此方向旋之能率必爲負
一定量之力用于可繞一定點而迴轉之物体其強弱全係于力

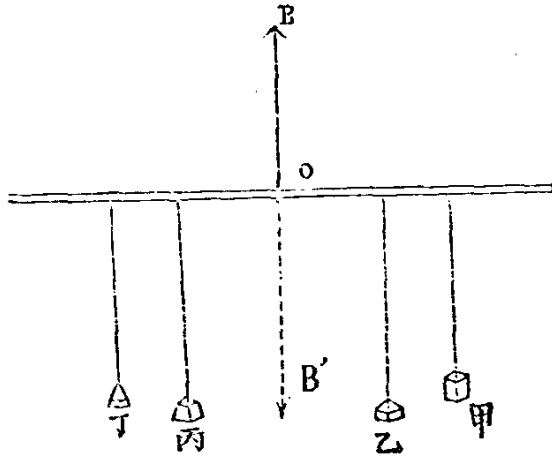
第五圖



之方向及着力點之位置即作用全視乎能率之大小也又合力之作用與分力作用之和等故分力能率之和與合力之能率等取一棒懸諸中點則棒照水平位置穩定今挂以甲乙丙丁四物体仍可使棒穩定如前惟所挂之點必有一定之

位置取棒中點至所挂物体各點之距離乘各物体之重量即各物体對中點之能率據試驗所得棒照水平位置穩定四物体對中點能率之和實為零夫能率之和所以必為零者因四物体各力用于棒上而棒一如前舊與不用無

第六圖



異即力不生作用故也而此處力之作用爲能率能率不生作用必能率自相消失可知故能率之和爲零也然四數相和必正負適等始可爲零甲乙二力之能率不能定爲一正一負丙丁亦然故必甲乙二力能率之和與丙丁二力能率之和適等量而旋轉

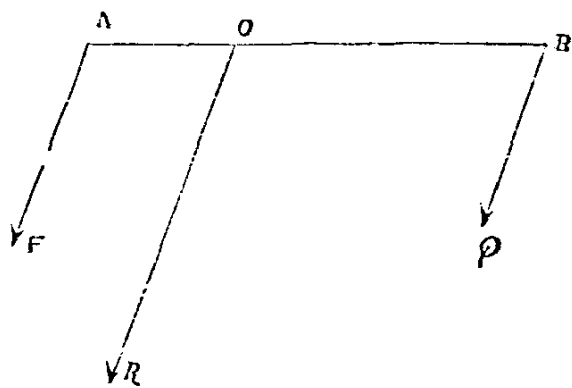
反向故作用全失而成零也

十八 平行二力之合成法 平行力

者力之方向相平行之謂也

同方向之平行二力用于物体二點 A B 上其合力可以 R 表之何則試于上節所說之棒取去乙丙二物体餘甲丁二物体假定棒之位置仍穩定如前此時絲提棒之力爲 O B 于 O B 一直線上用一與 O

第七圖



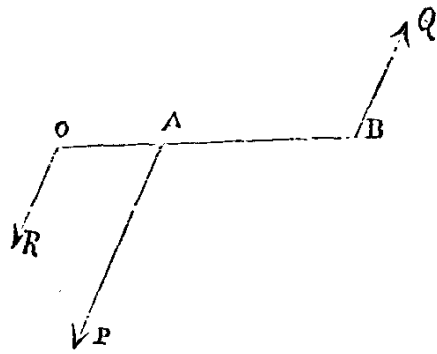
B 等量反向之 O B' 力則棒必穩定今棒受甲丁二力而穩定則甲丁二力之作用與 O B' 等可知而甲丁爲二平行力即甲丁二平行力之合力爲 O B' 也 O B 提物體之力等于甲丁之和而反向故 O B' 等于甲丁之和而同向
 O B' 即此處之 R 故 $R = P + Q$ 又據以上所說 R 之用力點亦可用上節能率之理求之

$$P \times AC = Q \times BC = Q(AB - AC)$$

$$AC = \frac{Q}{P+Q} AB = \frac{Q}{R} AB$$

如 Q P 爲反向之平行二力用于 A B 二點則合力 R 爲 P 與 Q 之差而與大力同向將上式之 Q 變正爲負即得

第 八 圖



$$R = P - Q \quad P \times AO = Q \times BO$$

$$AO = \frac{Q}{P - Q} AB$$

求許多平行力之合力可先取二力求其合力再求此合力及第三力之合力順次遞求最後所求之合力即許多力之合力也

例一 八尺長之棒甲端懸物体三斤此物体與乙端所懸物体之合力其用力點離甲端二尺問乙端之物体若干斤
棒重

畧去
不算

解 公式 $AO = \frac{Q}{P + Q} AB \quad \therefore 2 = \frac{Q}{3 + Q} 8 \quad \therefore Q = 1 \text{ 斤}$

十九 對力 平行二力用于一物体上等量而反向名對力
 此二力之作用不能以一相當力代之故無合力凡受對力之物

体必生廻旋

例題 各題棒重皆
器去不算

一 三基葛蘭四基葛蘭之二力動于物体之一點而相交成
直角其合力若干

二 直角相交之二分力一爲二磅其合力爲十三磅問他分
力若干

三 二斤之物体懸于絲之下端而將絲之上端固繫于壁用
力照水平方向引物体則絲與水平線成四十五度角問引
物体之力若干

四 二十四尺長之棒取中點挂之其甲乙兩端各挂以三磅
及八磅之物体今欲使棒穩定問中點與甲端之中點當懸
物体若干磅

- 五 上題所懸之物体爲十五磅問離中點當若干遠
- 六 設如壯幼二人擡百二十斤物体壯者之力三倍幼者如棒長爲三尺六寸欲使二人所用之力適如其二力之比問二人所用力各若干又物体當懸于棒之何處

第二章 引力及重力

二十 萬有引力及重力 宇宙間之物体皆有互相引近之作用名萬有引力地球與地球上物体相引之力名重力

物体之有引力其說加釐來阿首創之至牛頓時此說始大明于世一物体牽近他物体之性爲萬物所同具而各物体之分子間因此引力不同之故各物遂各成固有之形狀物体間分子之引力距離極近時其用始顯稍遠其用即失

地球之引力可遠及于物体雖其間相離頗遠而作用可顯高處落石必向地而墜即其証也

二十一 重量 置不甚大之石于掌上則掌之感覺與無石時不同而此感覺由何而起則因石欲向地墜而掌抵之使不墜故也夫石之向地墜爲地球重力引石使然故石之能使掌生此感覺者其原在于地球重力

又試加置一石于掌上則掌之感覺較之于前有易載不易載之別夫此即流俗所謂輕重之別也輕重之量名重量而照以上所說可舉要以言之曰重量後畧者地球重力及于物体分子之合力也

二十二 質量 質量者物体所含物質多少之量也上節掌上加石時其所增多者僅爲物體之質量質量增而掌即覺其難

載是重隨質量而增也故物体重者其質量必多物體輕者其質量必少舉鐵一立方寸較舉木一立方寸甚覺其難即鐵之質量多木之質量少也

二十三 密度 上節木一立方寸質量少鐵一立方寸質量多而容積同爲一立方寸此其間必有疎密之別焉物體之質量以物體之容積除之名物體之密度

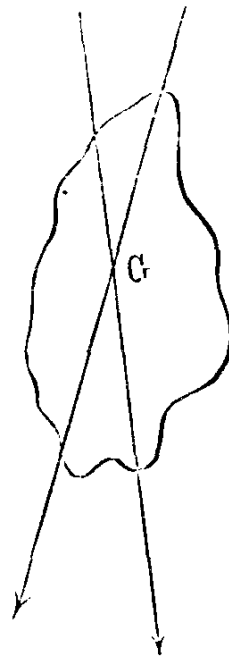
二十四 C G S 單位法 物理學所用之單位甚多而皆出于時路質量三者時久暫之關係也路長短之關係也質量多寡之關係也以一秒爲時之單位一纖米突爲路之單位一葛蘭爲質量之單位名 C G S 法

二十五 萬有引力之定例 二物體引力之大小與二物體質量之相乘積成正比例與其間之距離相反比例

也

二十六 重心 分子集合而成物体此各分子之重必彼此

第九圖



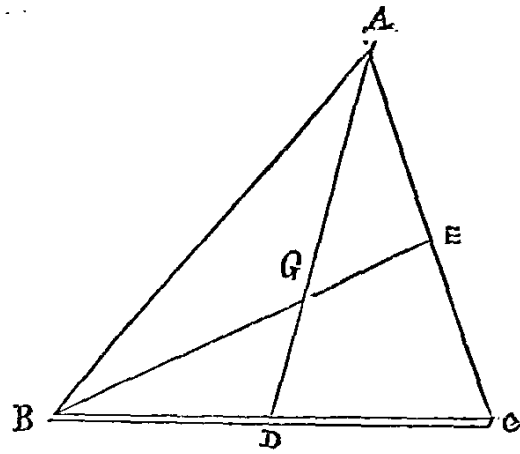
皆等而動于各分子之重力
可定為各相平行此無數平
行力之合力即為重論重量

時已明言之而此合力必有一用力點此用力點即重心

求物体重心之法甚為簡便試取絲下端懸一物体物体靜止時
其動于重心之重力必與絲之方向同在一直線上即第十三節
二力穩定之理也今取物体他點又懸之于前絲靜止時動于重
心之重力亦必與絲同在一直線上兩直線之交點G必為重心

二十七 三角形板之重心 凡三角形板可視為無數平行
于底邊之直線所集合而成如圖ABC為三角形板試照底邊

第十圖

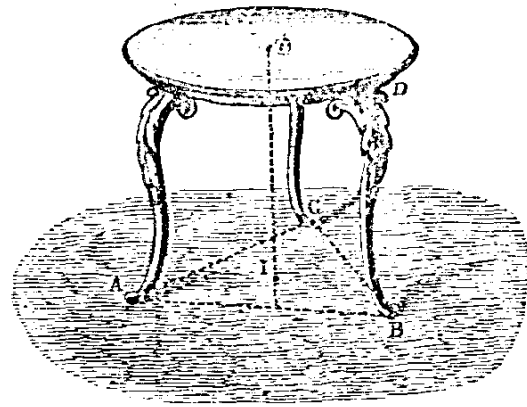


BC 縷縷切開之必可得無數平行直線反言之則此無數直線合之必適成三角形板也而此無數直線之重心皆在中點聯無數中點而成線照幾何定理此線必為 AD 直線故重心在 AD 直線上可知又三角形板可視為無數直線平行于 AC 邊所集合而成而重心亦必皆在其中點聯之得 BE 直線 BE 與 AD 之交點 G 即

重心照幾何定理 G 點之位置其距 D 為 DA 之三分之一

二十八 穩定要則 欲物體穩定則由重心垂直向下之線不可不在支物體之足所包圍之多角形面內如圖圓桌之重心為 G ABC 為三足所包圍之平面試于 G 挂一圓環由環懸一

第十圖

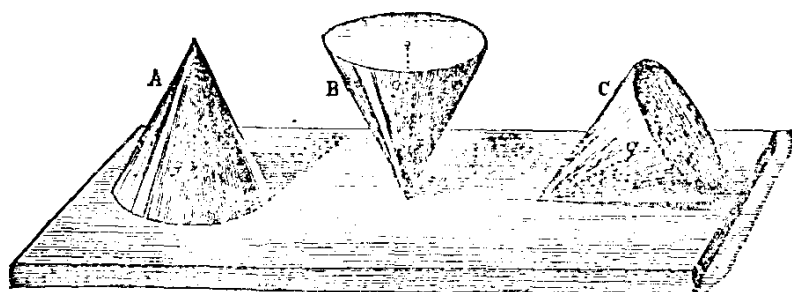


直線G，I然後以手捺于B足上D處畧
 向上推之如G I線一出A C線外則桌
 即向所推之方向傾倒此乃G I之垂直
 線足表重力作用之方向而此作用常欲
 將物引近至地在A B C面內時足能
 妨其作用出此面時足不能妨其作用故
 也

左手提重之人則身右倚右手提重之人則身左倚負重之人則
 身前倚無非欲使身體及所提物二重力之合力在兩足所作多
 角形之面內而已

二十九 穩定三態 物体之穩定可分三態一安態穩定二
 非安態穩定三中態穩定安態穩定時重心必在最下之位置試

圖 二 十 第



以手畧動物體而物體即顯欲復其原位之意此乃動時重心畧舉高而旋墜歸最下之位置故物體恆欲復原也非安態穩定重心必在最高之位置試以手畧動物體物體即顯欲遠其原位之意此乃動後重心向下行必欲至最低之位置而後止故愈見其與原位相遠也中態穩定重心恆在同高之位置試以手畧動物體而物體不欲遠其原位亦不欲復其原位此乃手動後重心之高仍與前適相等而重力不生運動故物體與原位不欲遠近也取尖錐體置于水平面上如A法置之為安態穩定重心在最下之位置故也如B法置之為非安態穩定重心在最高之位置故也如C法

置之爲中態穩定重心恆在同高之位置故也

二十六

第三章 運動

三十 等速運動變速運動 運動之物体所費之時相等所進之路亦相等者名等速運動此外運動統名曰變速運動

三十一 速度及加速度 運動物体單位時內所可進之路名曰運動之速度等速運動之物体三點鐘內共進二百七十丈以一丈一點鐘爲單位則速度每點鐘九十丈以一秒一寸爲單位則速度每秒二寸半法以所費之時除所行之路即得而時路速度三者之關係可立式如下

$$S = Vt \quad t = \frac{S}{V} \quad V = \frac{S}{t}$$

上三式中 S 爲路 V 爲速度 t 爲時變速運動之物体所費之時同所進之路不同物体在路上其速度時變化故求速度不能如等速運動之簡易法可于路上甲處取極近之左右二點測得物体行過此二點所費之時以時除二點之距離爲物体在甲處之速度又若干時後照法測得物体在乙處之速度此兩速度之差名曰此若干時內之加速度

物体之速度初爲每秒六尺至三秒後爲每秒十八尺則三秒之內共增多速度十二尺定第一秒內增多五尺第二秒內增多三尺第三秒內增多四尺合之成十二尺其所增者每秒不等名不
等加速度如第一第二第三秒內各增多四尺則所增者每秒皆
等名等加速度故求等加速度可取物体在二處速度之差以其
間所費之時除之即得試命等加速度爲 α 前後二速度爲 v v'

時爲 t 則

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = a$$

是也

三十二 運動第一法 牛頓研究力與運動之關係立有三法其第一法

物体不受外力作用則靜止者永靜止運動者永運動而速度之大小及方向永不變

此法爲慣性之定義故又名慣性法

三十三 運動量 物体之質量乘物体之速度名運動量凡量運動物体之慣性必用運動量量之

三十四 運動第二法 物体受力之作用後其變化若何不難想像而知蓋其速度變大變小而運動量必生有變化也牛頓據此立第二法

凡力加于物体其變化之運動量與力乘時之積相正比例而

與力之方向相關係與物體之靜動不相關係

上法又名等加速度法何則試定物體之質量為 M 速度為 v 物體受 f 力 t 秒之末速度變為 v' 則運動量之變化為由 Mv 變 Mv' 而其差為 $M(v' - v)$ 然物體每秒所受者同此 f 力其作用必每秒皆等故每秒運動量之變化必為 $M(v' - v)$ 照三十一節式

$f = \frac{M(v' - v)}{t}$ 即每秒所加之速度皆等也故名等加速度法

又 f 力用于物體而其所生之變化能使物體之運動量每秒差

$M(v' - v)$ 故又可知力之大小與質量乘加速度之積相正

比例

三十五 力之極限單位 力之大小照上節所說可本質量及加速度而知故力之極限單位以動于單位質量之物體生單位加速度之力為單位即命力為 f 質量為 M 加速度為 α 則

Foot-pounds 是也英國單位法定動于一磅質量之物体生一尺加速
 爲單位名一小磅法國單位法定動于一葛蘭質量之物体生一
 纖米突加速度爲單位名一功

三十六 運動第三法 用力推物体時物体即顯抵拒作用
 牛頓本此關係立第三法

甲物体與乙物体以力則乙物体必還以力所與之原力及所
 還之反力等量而反向

照此法所說甲與乙以力時乙受力之作用乙還甲以力時甲亦
 受力之作用而力相等其作用亦必相等故所生之二運動其運
 動量亦必相等

三十七 等加速度運動公式 命加速度爲 α 照三十一節
 公式得 $s = \frac{1}{2} \alpha t^2$ 而 v 爲物体任意若干時後之速度上式變之

$$V' = V + \alpha t \dots\dots\dots 1$$

故加速度及初動時速度 V 可知即任意若干時後之速度可算而知也 V 名原有速度

定物休所行之路為 S 速度在路上雖無時不變然于相等時內皆有一定之差故 $S \parallel \frac{V + V'}{2} t$ 以可取前後之等差中數 $\frac{V' + V}{2}$ 而視為等速運動也用 1 式代此式之 V' 得

$$S = Vt + \frac{\alpha}{2} t^2 \dots\dots\dots 2$$

再用 1 式消去 2 式之 t 得

$$V'^2 - V^2 = 2\alpha S \dots\dots\dots 3$$

如物休由靜止而運動則

$$V = 0 \quad \therefore V' = \alpha t \dots\dots\dots 4$$

$$S = \frac{\alpha}{2} t^2 \dots\dots\dots 5$$

$$V^2 = 2\alpha S \dots\dots\dots 6$$

又速度在路上漸行漸減成等減速運動其加速度宜用負號即

$$V' = V - \alpha t \dots\dots\dots 7$$

$$S = Vt - \frac{\alpha}{2} t^2 \dots\dots\dots 8$$

$$V^2 - V'^2 = 2\alpha S \dots\dots\dots 9$$

例題

- 一 設如甲乙兩停車場相距十八里由甲場發之火車加速度每點鐘二里由乙場發之火車加速度每點鐘三里問二火車相遇時離甲場若干遠
- 二 設有人在一二二、五米突高之塔頂取石照水平方向擲之其速度每秒二五米突間石所落之地點離塔址若干又

石落地費時若干

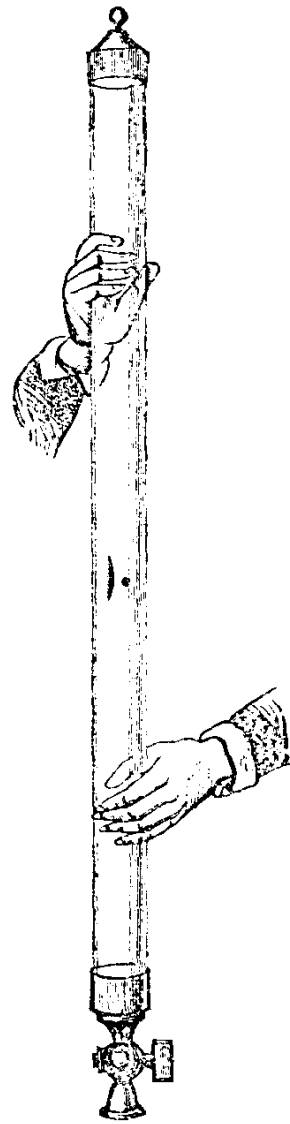
三 設如二村墅甲臨河乙臨湖湖口離甲村四九〇〇米突離乙村一二〇〇米突今由甲乘船赴乙船在湖內每點鐘之加速度二〇〇米突船在河內每點鐘生負加速度至乙處時速度每秒一〇〇〇米突問負加速度每秒若干又由甲至乙費時若干

四 上題由乙返甲費時若干

第四章 墜體及圓運動

三十八 真空中物體之下落 下落之物體名墜體物體在空氣中下落羽毛紙綿等物甚遲于銅鐵木石等物而真空中不然空洞無物試于圓玻璃筒內置銅塊及羽毛二者用抽氣筒見七十節

圖 三 十 第



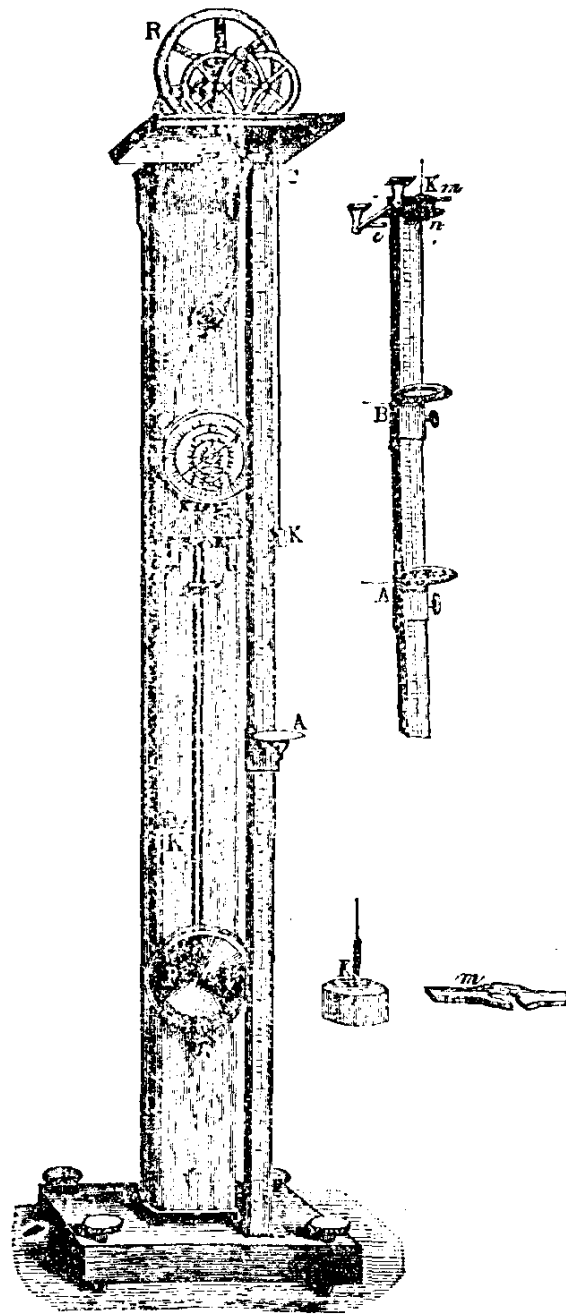
抽去玻璃筒中空氣而緊閉之將玻璃筒上下傾倒羽毛及銅塊同時下落速度相等可望而知而在空氣中則受有空氣阻力妨其運動故質量多表面小之銅塊遂比質量少表面大之羽毛速也

三十九 阿梯吾特器 物体由高處下落爲等加速度運動

可憑重力而知惟加速度頗大據實驗所測物体離地不甚遠在真空下落每秒之加速度約三十二英尺或九百八十纖米突而阿梯吾特器爲試驗墜体加速度器之一種此器可使墜体之加

速度變小故墜體之運動其變化易于測見如圖取絲之兩端繫以等重二錘銅K K'而懸于極光之R輪上器之後板左側附有

第 十 四 圖



尺所以量錘銅下行之路尺附以A環能上下移動而環孔可通過錘銅後板中部附有鐘所以測時刻

絲兩端所懸之錘銅爲等重故二者可靜止不行加一片薄銅板
 m 于 K 上則 K 下行 K' 上行而 m 片較大于 Δ 環一遇環時即爲
 所載今于尺之 C 處加 m 于 K 上將 Δ 移之令費一秒鐘而 m 適
 載于環故一秒內墜體所行之路可知命爲 S_1 又由 C 處加 m 于
 K 上將 Δ 移之令費二秒鐘而 m 適載于環爲二秒內墜體所行
 之路命爲 S_2 測三秒四秒內墜體所行之路亦然命爲 S_3 S_4 而
 $S_1 = \frac{1}{2}g$, $S_2 = g$, $S_3 = 1\frac{1}{2}g$, 知與上章末節 5 式 脗合即墜體之爲
 等加速度運動據此而容易可知

用阿梯吾特器試驗時如知 m 銅板及二錘銅之重則加速度可
 算而知也試命 K' K 之質量各爲 P 銅片 m 之質量爲 Q 加速度
 爲 α 則一秒末之運動量爲 $(P+Q)\alpha$ 又定地球重力所生加速度
 爲 g 定銅版由靜止在空中下落則一秒之末其運動量爲 Qg

而此二運動量相等何則以均為 Q 質量受地球引力所生之作
用故也據此則

$$(2P + Q)\alpha = Qg \quad \therefore \quad \alpha = \frac{Qg}{(2P + Q)}$$

而 α 可以算矣

四十 墜體之公式 墜體既為等加速度運動則等加速度
公式即為墜體公式第此處之加速度恒以 g 字表之其數為三
十二英尺或九八〇纖米突今特將公式重列于下

$$V = V + gt \dots\dots\dots 1$$

$$S = Vt + \frac{g}{2}t^2 \dots\dots\dots 2$$

$$V^2 - V_0^2 = 2gS \dots\dots\dots 3$$

如物體由靜止下落則無原有速度故 $V_0 = 0$ 而

$$V = gt \dots\dots\dots 4$$

$$S = \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots 5$$

$$V^2 = 2gs \dots\dots\dots 6$$

如物体由地面上擲則速度漸次減小故加速度爲負而垂直上擲時

$$V = V - gt \dots\dots\dots 7$$

$$S = Vt - \frac{g}{2}t^2 \dots\dots\dots 8$$

$$V^2 - V'^2 = 2gs \dots\dots\dots 9$$

例一 橋上落石三秒至水面問橋離水面之高若干

解 用 5 公式 $S = \frac{v^2}{2g}$ $\frac{v^2}{2 \times 9.8} = \frac{9.8 \times 3 \times 3}{2}$ $v = 1$ 米突

例二 由樹底取石垂直上擲之樹高一八二、八米突四秒之

末石適指樹頂而過問石離手時速度若干又石能高至若干

解 先求離手時速度用 8 公式

$$182.8 = Vt - \frac{g}{2}t^2 = V \times 4 - \frac{9.8}{2} \times 4 \times 4 \quad \therefore V = 65.3 \text{ 米突}$$

次求所上之高凡物体速度盡消失必不能再上行否則必上行故此時物体之速度必為零定 $V = 0$

用 9 公式 $65.3 \times 65.3 = 2 \times 9.8 S \quad \therefore S = 234.53 \text{ 米突}$

為上行之高

例三 石上升至最高點所費之時與由最高點下落至原水

平面所費之時相等試證明之

解 試命上升所費時為 t 下落所費時為 t' 則

$$S = Vt - \frac{g}{2}t^2 \quad S = \frac{g}{2}t'^2$$

而上升至最高點時 $V - gt = 0 \quad \therefore V = gt$

物体在路上之往復方向雖相反其遠近相等故

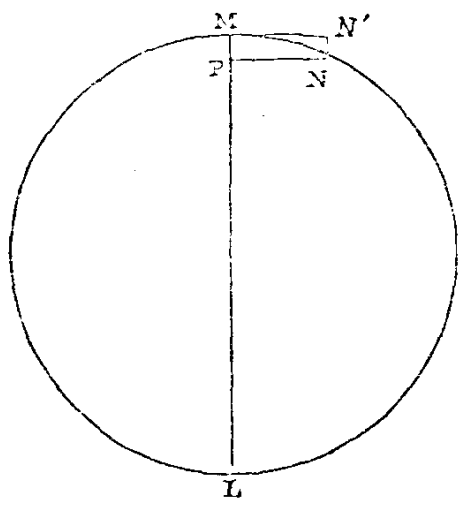
$$S = \frac{g}{2} t^2 \parallel Vt - \frac{g}{2} t^2 \parallel \frac{g}{2} t^2 - \frac{g}{2} t^2 \parallel \frac{g}{2} t^2$$

觀上式而 t 不能不與 V 等可知故上下所費時必相等

四十一 圓運動 照運動第一法物体不受外力作用則運

動者永運動其速度之大小及方向皆一定不變故欲使物体在曲線上行即不可不加物体以力可知試取石懸于絲端而手盪

之石之經路成一圓圈此乃絲端之石無刻不為絲所引故石實無刻不受手之外力作用也試將絲切斷之則石不受手之外力作用即飛去而遠于圓心點矣然質量 m 速度 V 之物体欲使之在 r 半徑之圓周上運動其所用之力若干可算而知試于



第十 五 圖

圓周上取極近二點MN定物體由M至N所費之時為t則M
 N'即可表物體不受此力作用在t時內所行之路而MP即可
 表物體受此力作用在P時內所行之路今命此力為F而命α
 為此力所生之加速度則

$$F = m\alpha \dots\dots\dots 1$$

而 $MN' = Vt \dots\dots\dots 2$ $MP = \frac{\alpha}{2} t^2 \dots\dots\dots 3$

照幾何定理 $MN'^2 = PN'^2 = MP \times PL \dots\dots\dots 4$

此處可視PL為2r故以2r代PL得

$$V^2 t^2 = \frac{\alpha}{2} t^2 \times 2r \quad \therefore \quad \alpha = \frac{V^2}{r} \quad \text{因之} \quad F = \frac{mV^2}{r}$$

上所說之力恆向圓心一點名向心力照運動第三法有原力即
 有反力此反力名遠心力

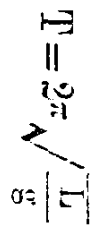
例題 各題之加速度
 g為九八米突

- 一 墜體十五秒末其速度若干
- 二 上題墜體所行路若干
- 三 二三〇四米突高之塔上落下一石問石至地面費時若干
- 四 取一物垂直上擲之十秒之末落至原處問擲石時速度若干
- 五 垂直上擲物體之速度每秒四九米突應升至若干高
- 六 絲長四九纖米突能勝一〇葛蘭重今懸以二葛蘭之物而急旋之間絲斷時物體之速度每秒若干

第五章 擺及波動

四十二 擺 取絲之上端懸于固定之點O而繫下端以物

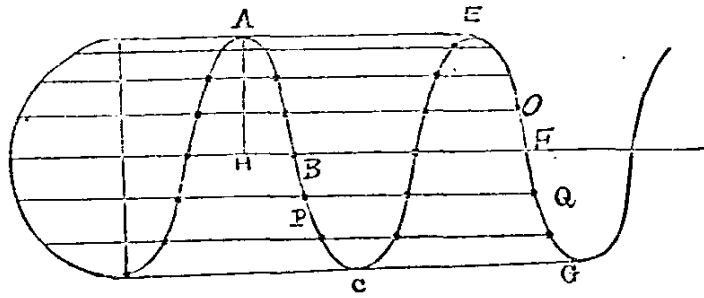
m 爲 L 地球重力之加速度爲 g 得 τ 爲圓周率



觀上式則擺之振動與質量及振幅無關係名曰擺之等時性
擺每秒振動次數之多少爲擺長平方根之反比即甲擺長一尺
乙擺長二尺則乙擺之振動數比甲少四倍若乙擺長三尺則比
甲少九倍也

四十三 弦波線 上節所說之擺其運動爲單弦運動凡單
弦運動之物体若直角于振動之方向而成等速運動其所成之
曲線名弦波線如圖 A C E G 之曲線即弦波線是也
水生波時其運動之經路爲弦波線此弦波線上各部 A 名波峯
C 名波谷 P 與 Q 或 C 與 G 名曰同位相之位置 A E 或 B F 等
同位相而鄰近之二點名波長 A H 名振幅由 A 至 E 或由 B 至

圖 七 十 第



例題

- 一 長二〇纖米突之擺一振動所費之時若干
- 一 四秒間振動五次之擺當長若干

F 所費之時名周期位相之差常以周期之分數表之如 P C 二位相之差以周期 3/16 表之是也命波長為 λ 周期為 T 波及之速度為 V 則

$$V = \frac{\lambda}{T} \quad \therefore \lambda = VT$$

上所說者為橫波亦名高低波此外有縱波亦名疎密波橫波時速度與振動成直角縱波時速度與振動相平行其波及之速度與周期及波長之關係橫波與縱波一律

三 甲處之擺移之乙處其振動所費之時每日遲二秒問甲乙二處地球重力之比若干

第六章 功用及能力

四十四 功用 一物体受力之作用照力之方向行若干路名曰此力所成之功用以手舉物体于高手之力即作有功用焉墜体向地下落地球之重力即作有功用焉而用力與行路兩相關係故功用之量爲力乘路之積

功用之單位尋常所用者有三一定舉一基葛蘭重之物体于一米突高之功用爲單位名曰一基葛蘭米突二定舉一磅重之物体于一英尺高爲單位名一尺磅三定舉一葛蘭重之物体于一纖米突高名一愛格

四十五 能力 飛行之彈丸可以破鐵艦轟城堡而有作功用之能高處之水雖靜止于所蓄之池內一旦洩之則迴轉水車可成功用故蓄于池內之水亦有作功用之能凡物体有作功用之能者謂之具有能力之物体能力分二種如飛行之彈丸等物体所具能力名曰動能力如高處之水等物体所具之能力名曰還原能力此二種能力可互相授受人當引弓射箭引弓時弓具有還原能力焉而箭射出時則弓之還原能力頓失而箭具有動能力其例也

能力之大小與功用相因應故常以物体所能成之功用量之試舉十基葛蘭之物体于十米突之高則此物体可復落下至地而成功用其量爲百基葛蘭米突而其還原能力亦即爲百基葛蘭米突故命高爲 h 物体之質量爲 m 則其所有之還原能力爲

$mg h$ 也而量動能力之大小試定物體垂直上擲之速度為 v 質量為 m 則物體所可升之高為 $\frac{v^2}{2g}$ 照上節所說此時所成之功
用為 $\frac{mg \frac{v^2}{2g}}{\frac{v^2}{2g}} = \frac{mv^2}{2}$ 而動能力即為 $\frac{mv^2}{2}$ 也

四十六 能力不滅 上節言二種能力可互相授受而授受之餘其總量毫無增減名曰能力不滅

今試定質量 m 之靜止物體由 h 高下墜至 h' 高物體在 h 高時其還原能力為 $mg h$ 落至至 h' 高時其還原能力為 $mg h'$ 而速度變為 v 故其動能力為 $\frac{mv^2}{2}$

$$mg h' + \frac{mv^2}{2} = mg h' + \frac{1}{2} m 2g(h-h') = mg h$$

即物體在 h 高處所有之能力與落至 h' 高處所有之能力相等也此不僅墜體為然凡一物與數物之能力互相授受莫不若是故能力不滅與物質不滅之理甚相似第物質不滅為化學所研

究能力不減爲物理學所研究二者所屬科學之門類微有不同而物理學中如熱爲物體分子之動能力電體之有還原能力及音光等之能力種類繁多甚爲學者所宜研究

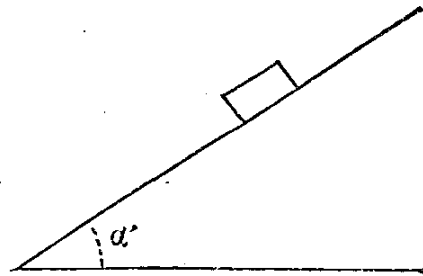
例題

- 一 舉二五磅重之物體于三〇尺高間功用若干
- 二 百五十葛蘭質量之彈丸其速度每秒四百米突間動能力若干
- 三 上題彈丸中壁時壁之抵力平均爲三千基葛蘭間壁厚逾若干米突彈丸始不穿過

第七章 摩阻

四十七 靜摩阻及動摩阻 置P物體于水平面之板上則

圖 八 十 第



物体之重壓于板面與板之反力可互相穩定
試將板側之則動于重心之重力可得沿板面
之分力物体宜即生運動然實驗所及知物体
仍穩定如前惟板側至一定之極限角 α 而物
体始現運動之象據此則物体與板接觸面間
時必有一力與沿板面之分力等量而反向者

可知此力名曰靜摩阻力而 α 角名曰靜摩阻角

又物体在板上運動欲使之靜止將板與水平面所作角度側小
之至一定之極限角 α 而物体遂現靜止之態此 α 名動摩阻角
而此時之摩阻名曰動摩阻力

用上所說之板載以種種物体試驗摩阻力知靜摩阻與板面所
受壓力相正比例與兩物体觸接面之大小無關係而動摩阻常

比靜摩阻小又凡摩阻之大小與兩接觸面之光糙甚有關係

例一 俗以盃盛水置之地面投符水中而覆桌面于盃上令多人手持桌各足而旋之桌旋初慢繼則甚速非持足之人所能奔隨呼曰神磨其故何也

解 此本爲加速度運動以持足之人旋桌時其手力能使桌生加速度而速度因之增大馴至遠過于人之奔隨惟所用各物皆能省小摩阻今特一一言之

桌木不甚重之物故壓力不大又桌足之面積甚小故在空氣中迴旋其受空氣之阻力亦小而加速度不致大爲所減用他物所不及也

此空氣之阻力與本章所說摩阻之阻力異

盃面之白磁甚滑滑則能省摩阻故加速度不致爲桌與盃口之接觸面之動摩阻所減用他物所不及也

水在盥中因桌之廻旋而振盪流出故桌與盥口之接觸面
 間必濡有水凡兩固体間濡以水其摩阻大減此水之用也
 不可少也

至于符何也曰流俗信鬼神黠者以此欺人耳

第八章 簡單機器

四十八 槓桿 支于一點之棒用力于其一處即可起他處
 所懸之重此等器械名曰槓桿槓桿有三要點棒所支之點名支
 點力所用之點名力點重所懸之點名重點照此三點位置之關
 係槓桿分三類第一類槓桿支點在力點重點中間如甲圖是第
 二類槓桿重點在力點支點中間如乙圖是第三類槓桿力點在
 重點支點中間如丙圖是支點至重點及至力點之距離名槓桿

柄今命力為P重為W重與力相穩
定時

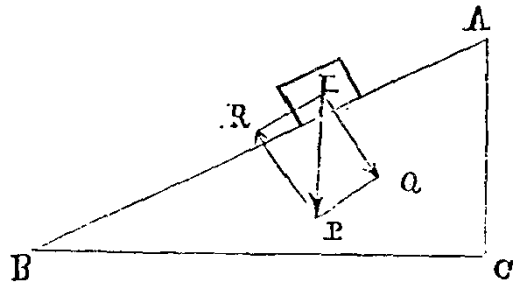
$$P \times AF = W \times FB \quad \therefore P = \frac{FB}{AF} W$$

即至力點之槓桿柄愈長或至重點
之槓桿柄愈短則力愈省也

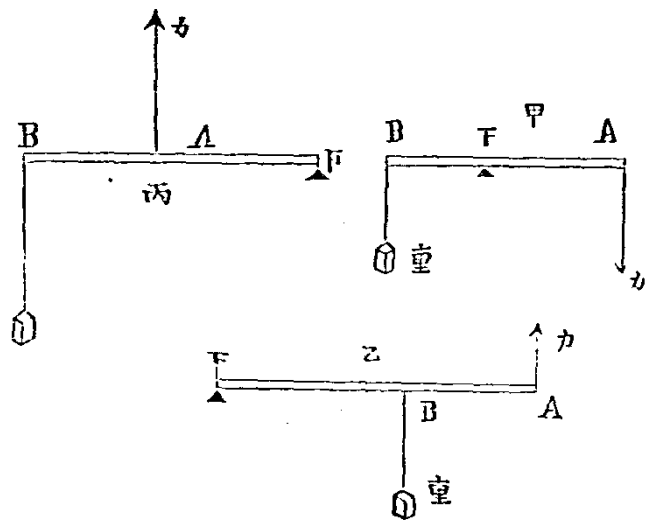
四十九 斜面

第十圖

第十二圖



物体可由斜面而圖
舉於高如圖A B
為斜面B C為水
平面A C為斜面之高以斜面舉重所用之力
宜平行于斜面今命力為f動于物体重心之
重力為L P分此力為二分力一直角于斜面



上如 L Q 一平行于斜面如 L R L Q 之分力與此運動無關係
 故欲使物體沿斜面上所用之力宜勝過于 L R 之分力其摩擦阻
 算而力與重相穩定時其比猶斜面高比斜面長以 L P R 與 A
 C B 為相似形也即

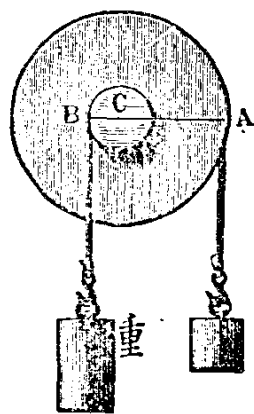
$$LR = f = \frac{AC}{AB} LP = \frac{AC}{AB} mg$$

上式 m 為物體之質量 g 為地球重力之加速度又觀上式則斜
 面長愈增高愈減而力必愈省可知

五十 輪軸 輪軸之理與橫桿同

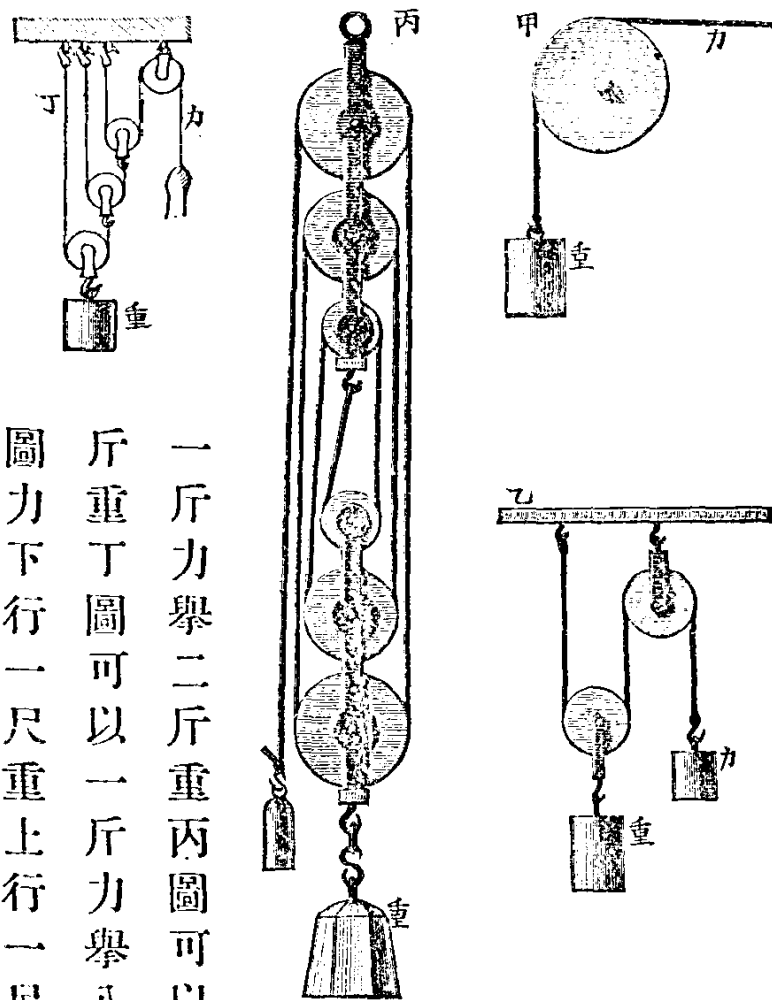
如圖力用于 A 輪而捲于 B 軸之繩即
 可舉重 A 輪半徑大于 B 軸半徑故所
 用之力可小于所舉之重

第二十一圖



五十一 滑車 如圖輪貫以軸使可繞此軸迴旋置繩于輪

圖 二 十 二 第



故力與重等乙圖力下行二尺重上行一尺而功用相等故重爲力之二倍丙丁類推

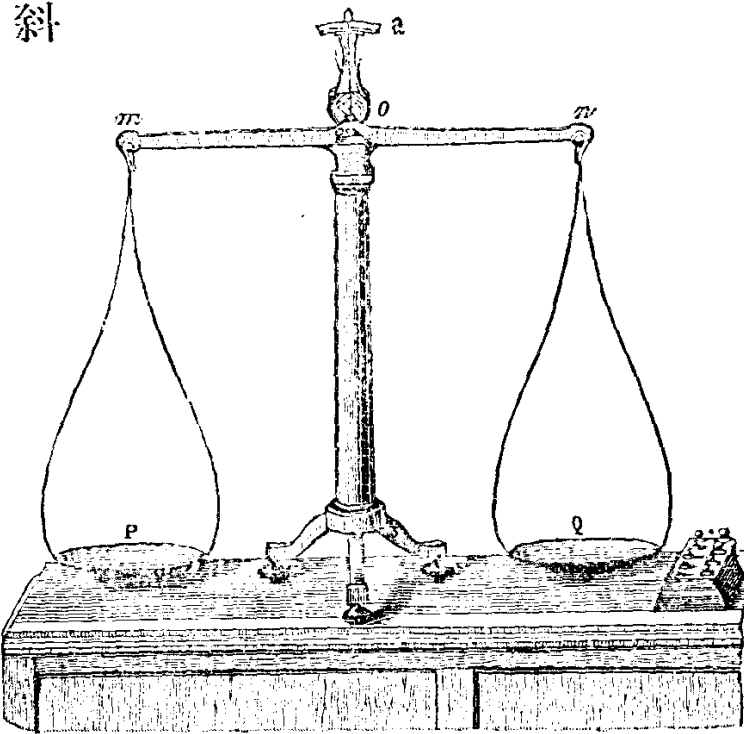
麻凹道之內
以力引繩即
可舉重而輪
愈多則力愈
省如甲圖祇
一輪不能省
力乙圖可以

一斤力舉二斤重丙圖可以一斤力舉六
斤重丁圖可以一斤力舉八斤重何則甲
圖力下行一尺重上行一尺而功用相等

五十二 秤 秤之

種類甚多而皆為橫杆
之應用如圖俗所謂天
平者是也其 m n 即力
點重點 o 即支點 n o
 m o 即二橫桿柄 o 上
之針指于刻有度數之
弧板 a 上所以視 m n
之為水平否也

第二十三圖

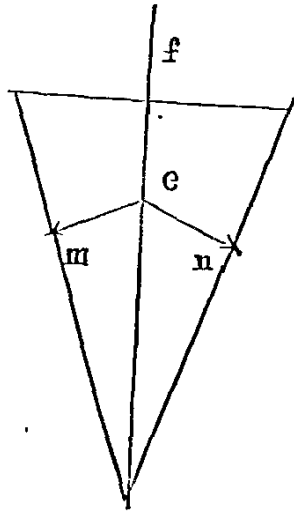


五十三 螺旋 螺旋為斜

面之應用如圖 a b c 為斜面 a b d e 為圓柱將斜面捲于圓
柱即成 a r h g 之螺旋紋照螺旋紋刻成陽紋級路復于適合之圓

體之抵力亦垂直于尖劈兩面故此二分力能勝過物體之抵力

圖五十二第



一 e m 各垂直于尖劈兩面而物
分力一 e n

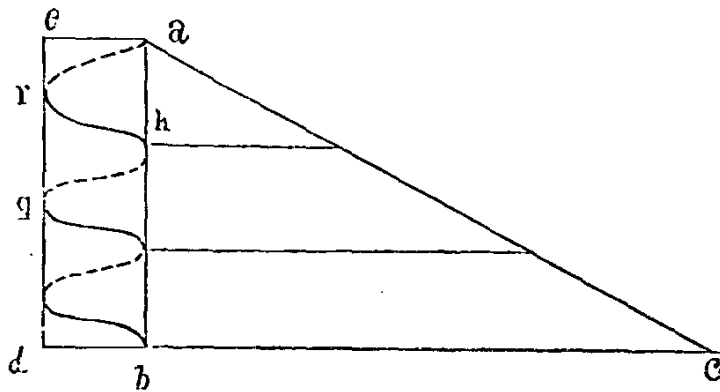
體之器也斧鑿等類皆是如圖押于尖劈

五十四 尖劈 尖劈者用以劈開物

$$f : W = 1 : 2\pi r \quad \therefore f = \frac{1}{2\pi r} W$$

筒內面刻成相當之陰紋級路兩相配合即成螺旋 a h 名螺旋級用螺旋起重時力與重相穩定命力為 f 重為 W 螺旋級之高為 l 螺旋柄半徑為 r 則

圖四十二第



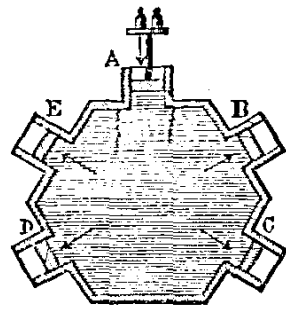
即可使物体开裂

第二卷 流体靜力學

第一章 液体之壓力

五十五 流体 流体者液体氣體之總稱也物体分二類曰
固体曰流体流体又分二類一液体一氣體

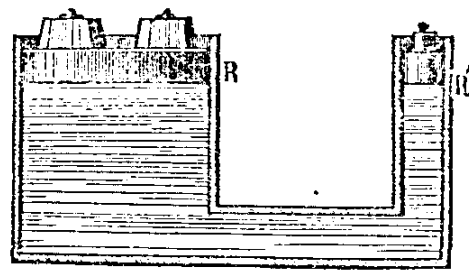
五十六 液体傳力 入液体于器內而加壓力于其一部則
壓力四面傳開如圖 A B C D E 爲盛水器之五圓筒口其大小



皆相等五圓筒口內各附以活塞載錘銅于
A 塞上則全部液体受有壓力顯欲收縮之
意而分子之彈性作用能使液体復其原積
故此時生有一種斥力此斥力能傳達于上
下左右故 B C D E 各活塞皆向外而動必于四活塞上各垂直

抵以與錘銅相等之力則五活塞相穩定即錘銅壓活塞內行之力偏傳于各筒也故液体一部受壓力可即傳達于各部

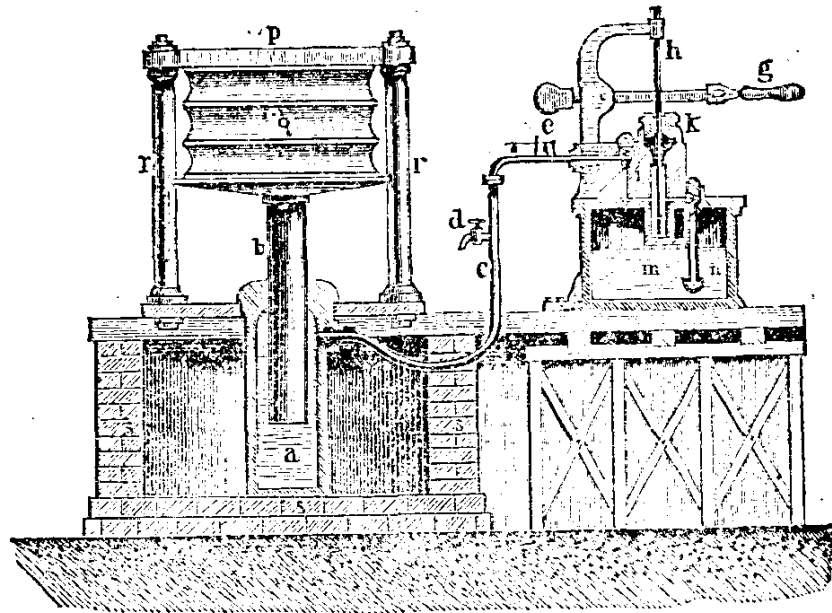
第 二 十 七 圖



上所說試驗之器其五圓筒口之面積大小皆等而水之壓于活塞內面之力皆相等然五圓筒可隨意設于五處定圓筒口之面積為一平方纖米即所傳壓力之及于器內面者每平方纖米突皆相等也據此則壓力之大小與面積之大小相正比例可知如圖底部相通之大小兩圓筒入以液体使液体可由底部往來今于大小圓筒活塞上載以錘銅使兩活塞相穩定試驗得兩邊錘銅重輕之比猶兩面積大小之比故命兩圓筒口之面積為 R R' 兩活塞所受壓力為 P P' 則穩定時

$$\frac{P}{R} = \frac{P'}{R'}$$

第 二 十 八 圖

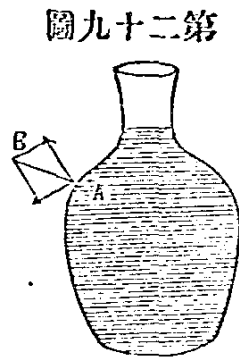


面積極大時則壓力極大

第一章 液体之壓力

上法名貝慈考定例白賴禡應
 用具慈考之定例作一壓水機
 名白賴禡壓水機
 如圖 m h 爲提水筒 見七十之
 四節
 活塞可藉 g e 上下柄以移動
 壓水時水由 c 管進入 a 器大
 圓筒 b 因之上升 b 圓筒上面
 載以板板上置所欲壓之物体
 板上升與架上之 p 鋼板相近
 則物体在鋼板與板中間遂爲
 二者所壓壓水機之 b 圓筒其

上所說之液体壓力皆垂直于活塞內面凡穩定液体之壓力不



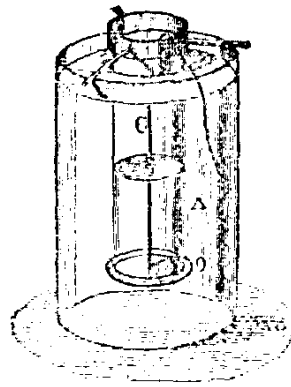
論器之何處皆垂直于其所壓之面如圖試定
 壓力A B不垂直于器面分此壓力為二分力
 一垂直于器面一切線于器面而切線于器面
 之分力必能使液体運動今不然故無此分力可知即壓力必垂
 直于器面可知

五十七 壓力與深相比例 凡流体皆有其体之重故入液
 体于器內其分子受重力作用上層之分子壓于下層而上節所
 論者僅就液体之傳達壓力而言與重力之作用無關係然上端
 開口之器以液体入之而穩定甚與重力有關係今舉其要如下
 一等深之各點其壓力各相等而各點之壓力前後左右上下諸
 方向之強弱亦各相等何則試定為不相等即生有運動故也

二不等深之各點其壓力與深相比何則試于不等高二水平面

上取平方積相等之二圓面乘至表面之高作二圓柱體則及于二圓面之壓力必各為圓柱體之重而二圓柱體之重與高相正比例即不等高二點之壓力與其深相正比例也又圓面

第三十圖



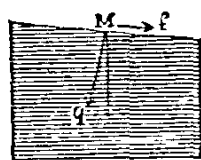
上之壓力與圓柱體之重相等可以實驗明之如圖取開口之圓玻璃筒A以一平玻璃板O蓋之此板務宜與口相照合而倒壓入之液体中從筒上口取

液体灌入之如筒中液体表面低于筒外液体表面則O板不下落如適與筒外液体表面同高則O板下落即壓力與液体柱重量相等之証也

五十八 液体表面 入液体于器內而液体靜止其表面恆

與重力成直角即表面恆爲水平面也試定表面爲非水平面如圖 M 分子之重力常垂直向下分此重力爲二分力一垂直于表

圖一十三第



面一切綫于表面命垂直于表面之分力爲 q 切綫于表面之分力爲 f 則 q 分力所以壓下層液體而下層液體之反力與之相等可使液體穩定 f 分力所以使分子沿此切綫方向運動此方向

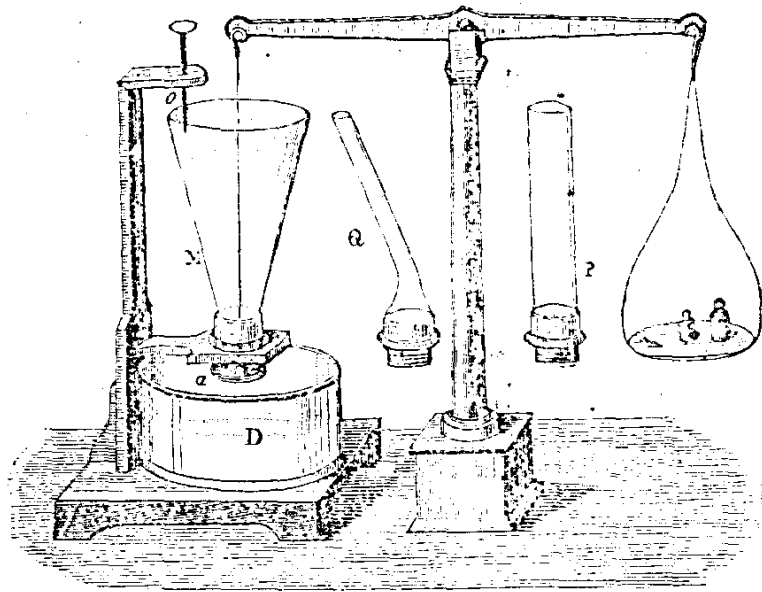
既有運動則液體必不能在器內穩定今不然故無此 f 分力可知即液體靜止時其表面常與重力成直角而爲水平面亦可知川湖之水當靜止時其表面恆成水平面而餉及少許水銀入之器中則表面常有凹凸夫凹凸由何而生乃重力之外別有他種原因故也即分子與分子之作用勝于重力之作用其原因也試以二種不溶解之液體入于一器之內則比重見第三章大者常在

下層比重小者常在上層而上層與下層相界限之表面照上理亦必爲水平面

五十九 液体壓力及于器之底面及側面 入液体于器中則及于器底面之壓力與器之形式無關係而常爲由底面垂直至表面液体柱之重即器之底面及底面至液体表面之距離相等時可不問器之形式若何而及于底面之壓力恆相等也試以實驗證明之如圖M P Q各管其底口之大小各相等而形式各異故容積亦各異 a 板之圓孔與管底口之大小適合先取M管底口配入 a 板圓孔中以螺旋旋緊之別取一玻璃薄板附于管之底口此玻璃板附有絲絲之上端繫于天平桿之一端天平桿他端之戩盤載以錘銅使玻璃板與管之底口緊相接觸然後注液体于管中如管中之液体過多則及于玻璃板之壓力大于錘

銅之重故液体由玻璃板及管口之縫流出如及于玻璃板之壓

第三十二圖



璃板至表面之高仍與前等取出 P 管而易入 Q 管其與錘銅穩

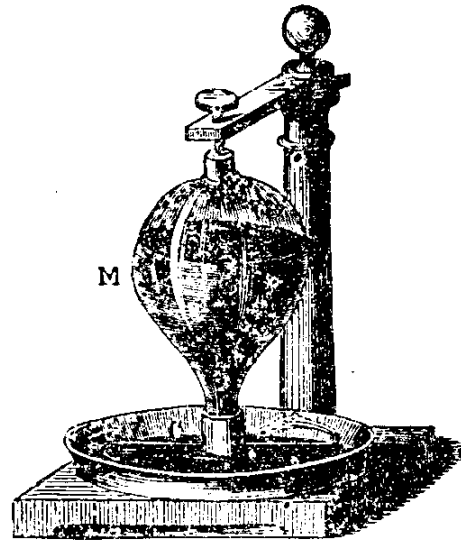
力與錘銅之重適相穩定則液体不復流出此時由玻璃板至液体表面之高以 O 柱記之。可以上下移動故玻璃板至液体表面之高可移。柱下端使適接觸于浮面以記之。然後取出 M 管入以 P 管此外裝置一仍前舊注液体于 P 管中 P 管之容積小于 M 管然及于玻璃之壓力與錘銅之重相穩定時管中液体之高其表面仍適接觸于 O 柱下端故自玻

定時玻璃板至表面之高亦然故底面之大小相等由底面至液
体表面之高又相等則不問器之形式若何而及于器底面之壓
力恆相等也由此理可用少許液体而使及于器底面之壓力甚
大

上所說之M P Q三管照上法試驗時其及于玻璃板之壓力各
相等而及于a板之壓力以M管爲最大P管次之Q管最小其
理易明學者諒不難于得解也

液体壓力及于器之側面可証明之如下如圖M爲盛水之器C
爲水流出之管管口與管身成直角水從管口流出時則全器反
水流之方向而運動此運動乃水之側壓力所生也何則試將管
口塞之則水之側壓力及于管之各面者與管之各面之反力等
故全器穩定而運動無由起今管口不爲他物所塞故此流口之

第三十三圖



比例故M器內之水漸流漸少而全器運動之速度亦漸流漸減至水流盡則全器仍穩定不動

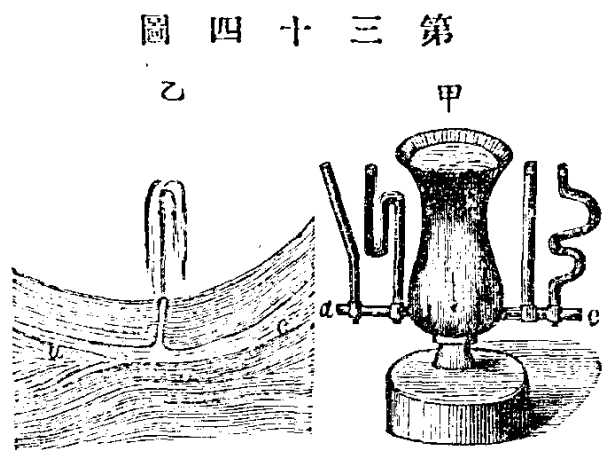
例一 各邊長一米突之立方水槽以水盛滿之間各旁面之總壓力若干

解 液体之壓力與深相比例故垂直于旁面之壓力各處不同而各處壓力之平均皆與深二分之一米突處相等故每

面無反力而對此流口之面其反力使水從流口流出然對此流口之面與水以力水亦與此面以力二力反向故全器反水流出之方向而運動也水及于管之各面之壓力與水之深相

旁面之總壓力爲一萬平方纖米突乘五十葛蘭之積即
 $(50 \times 100^2 = 500000)$ 五百基葛蘭也

六十 連通器 各器之底通以相連之管則各器合成一器

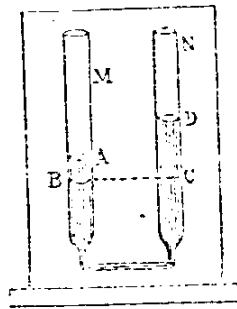


名連通器如圖五器之形式各不同而通以 a c 之管使五器內所盛之液体可由此管往來相通故于五器內任以水注其一器則各器內水之表面皆同在一水平面上何則 a c 水平面上各處之壓力照前條理必各相等即表面之高不能不同在一水平面也掘地成井其理與連通器同如圖 a c 爲含水之地層掘至此地層則水由所掘之孔湧出而水之表面升高與地層內所含水之表

面同在一水平上而成井

入連通器以不溶解兩液体則兩液体之表面不同在一水平面

圖五十三第



上如圖入M管以水銀入N管以水則水銀之表面下于水之表面今水銀及水之界面面為B作水平綫BC命C至水表面之高為CD命B至水銀表面之高為BA命水

之高為及水銀之比重為 W_1 W_2 則

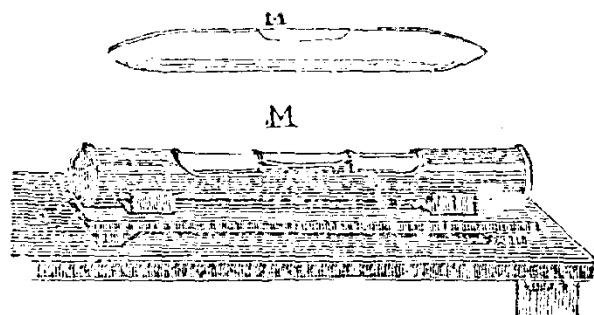
$$W_1 \cdot AB = W_2 \cdot CD$$

$$\text{即 } \frac{W_1}{W_2} = \frac{CD}{AB}$$

故CD與AB之高之比可本比重以定之M管所入之水銀與N管所入之水其重相等時水銀之比重約大于水十三倍故AB之高約為CD之十三倍

六十一 水準 水準者所以驗平面之為水平面與否也如

第三十六圖



圖入火酒或他液体于玻璃管中而留玻璃管以少許空氣然後閉之則少許空氣在管內成一M氣泡可視而見置此管于平面上如平面傾斜則此管之位置亦必傾斜而氣泡常占管中最高之位置試將板畧傾之則氣泡即移動故置管于板上而氣泡之位置在管之中央者則板之位置必為水平面氣泡位置雖在管之中央而製管時未必能使管之形式左右均勻故板仍不能遽定其為水平面法可將管旋之如旋至百八十度而氣泡常處于原位置略不移動則板必為水平面

例題 各題所云物体之比重即物体與水相比之重也
 物体比重一〇八意為物体比水重一〇八倍

- 一 白賴碼壓水機之小圓筒口徑爲大圓筒口徑之百分之
一問加小筒上以五斤之重則大圓筒受壓力若干
- 二 盛水匣上面之小圓筒之口徑二纖米突大圓筒之口徑
六十纖米突問小圓筒活塞上載重一基葛蘭則大圓筒活
塞上當載重若干基葛蘭
- 三 比重一、〇二五之海水深二十米突其壓力若干面積以平
方纖米突
- 四 半徑二纖米突之圓筒中入以水油及火酒三者水深五
纖米突油深八纖米突火酒深二十五米突定水之比重爲
一油之比重爲〇、九火酒之比重爲〇、七九問圓筒底之全
壓力若干
- 五 U 字形之圓管入以水銀及水二液体穩定時水與水銀

界限面至水銀表面之高爲二十纖米突間至水表面之高
若干 定水銀比重
爲一三五九

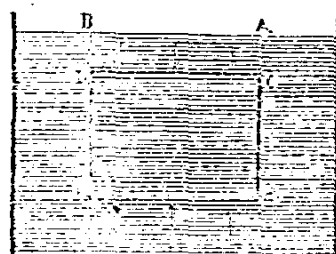
六 U 字形圓管之半徑爲一纖米突盛三十六立方纖米突
之水及六十四立方纖米突之油定水之比重爲一油之比
重爲〇、九二間二液体穩定時其兩表面之高之差若干

第二章 液体浮力

六十二 阿機美狄法 人在水中覺身體時欲爲水浮上在
水中動石覺其易動故固体在液体中其重若較輕者然阿機美
狄發明此理立定義如下

固体在液体中其所失之重與固体所壓開同容積液体之重
相等即固体原重內減去同容積液体之重爲固体在此液体

第三十七圖



固體

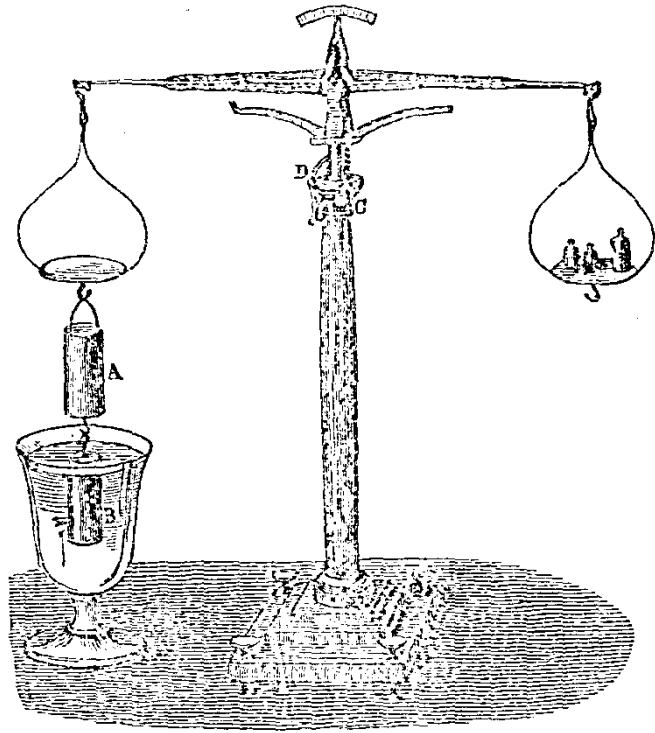
內之重也

欲明此理試于液体中畫取與固体同容積之一部此部上面之壓力即及于C D 面之壓力為上部 A B C D 液体柱之重而及于 E F 面之壓力為 A B

E F 液体柱之重即 A B C D 液体柱之重加入所畫 C D E F 部液体柱之重也故及于 E F 面之壓力與及于 C D 面壓力之差為 C D E F 所畫部之重今易所畫部之液体以固体則固体之重為此二力之差所支即支固体之重之力為此 C D 面及 E F 面之壓力之差其量與所畫部液体之重相等也故固体在液体中其所失之重與所壓開同容積液体之重相等

試以實驗明之如圖 B 為鐵圓柱其長及半徑與 A 圓筒內面之

圖 八 十 三 第



鍾銅下行而失其穩定如滿注液体于 A 筒則手放開而鍾銅與左盤底所懸之重穩定如前 A 筒內之液体與 B 圓柱之容積相等即 B 圓柱沈入液体中須加以等容積液体之重而後不失其

長及半徑相等故置 B 圓柱于 A 圓筒之內大小可以適合而 A 圓筒之底面有鈎今將 B 圓柱挂于此鈎又將 A 圓筒挂于天平左戩盤下面之鈎而置鍾銅于天平之右戩盤使相穩定然後以手捺 B 圓柱沈入液体中如手放開則

穩定也故固体在液体中其所失之重與同容積液体之重相等

六十三 浮体之理 物体在液体中其所失

之重與同容積液体之重相等照上節所說其理

已曉然可知故物体浮于液体上時必物体之重

壓下之力與液体浮上之力即液体向上之壓力是也相等然後

可以穩定因之物体之重小于同容積液体之重

則物体恆浮出于液体之表面物体之重與同容

積液体之重相等則任置物体于液体中之何位

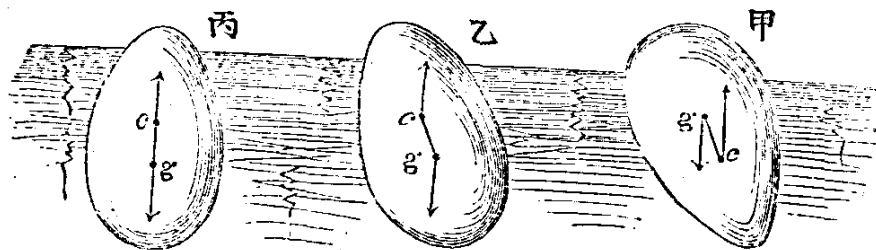
置恆穩定于其所置之處物体之重若大于同容

積液体之重則物体必下沈此理本極明易今試

以下圖明之

如圖取卵置之淡水中則卵下沈試溶鹽于水使

第三十九圖



水加重然後取與卵同容積之鹽水權之如其重適與卵之重等則置卵于鹽水中不沈亦不浮如較卵重則卵可以浮出水面丙圖之 g 爲卵之重心 c 爲同容積鹽水之重心而 g 在 c 下爲安態穩定因浮力動于 c 點而向上重力動于 g 點而向下雖將卵畧動之使如乙圖而二力成對力常欲使卵復其原位置故也甲圖則 g 在 c 上爲非安態穩定因此對力常欲使卵變其原位置故也

例一 重六十四葛蘭比重八之物体置諸水中則物体當重若干

解 物体之比重爲以同容積之水比物体之重之倍數故比重八即物体比水重八倍也見下章而物体在水中所失之重與同容積水之重相等一立方纖米突之水其重爲一葛蘭

故此物体在水中所失之重必爲八葛蘭以物体之容積爲八葛蘭故也六十四葛蘭減八葛蘭餘五十六葛蘭爲物体在水中之重

例二 比重 Q 、七五高二十纖米突底面半徑五纖米突之直圓錐体將其尖端倒置于水間當沈下若干

解 先求圓錐体之重量得

$$\frac{1}{3} \pi \times 25 \times 20 \times 0.75 = 125\pi$$

試命沈下之高爲 x 則水之表面切圓錐体爲二其所切圓面之半徑爲 $\frac{x}{4}$ 而此所切圓錐体之容積即所壓開水之容積其重爲

$$\frac{1}{3} \pi \times \frac{x^2}{16} \times x = \frac{\pi \times x^3}{3 \times 16}$$

二重量必相等 $\therefore 125 \times 3 \times 16 = x^3$ $\therefore x = 18.17$

即沈下一八、一七纖米突也

例題

各題所言比重即各物體與同容積水相比之重

一 比重〇、八二邊三寸之立方體置諸比重一、二之液體間沈下部深若干

二 今有長方櫃浮于比重一、〇三之液體其長爲一百二十米突濶一米突半沈下之部爲一特米突半問櫃及櫃中所載物體之全重若干

三 今有立方體浮出于水銀面若載三百葛蘭重于立方體上則較前沈下二纖米突半問立方體之容積若干水銀比重爲一三、五九

第三章 固體及液體比重

六十四 比重 物質之密度相比較常取同容積物體之質

量相比名曰比重試取甲乙同容積二物體命其質量為 M M' 密度為 D D' 容積均為 V 則 $D = \frac{M}{V}$ $D' = \frac{M'}{V}$ $\therefore D = \frac{M'}{M} = d$

上式 d 為比重比重須以一物體為標準而與他物體相比故所取之標準物體一異則同一物體其比重必異所以定物體之比重時其所取之標準物體宜善為採擇今最通用之標準物體恆為攝氏表四度時之蒸餾水極清淨之水

比重本為比密度以水為標準物體甚屬簡便何則一纖米突蒸餾水當攝氏表四度時其重為一葛蘭而質量亦即為一葛蘭故以表質量之葛蘭表重而于物體之比重其法甚便也今命重為 P 容積為 V 比重為 d 則

$$P = Vd$$

而上式所用重之單位為葛蘭容積之單位為立方纖米突學者

宜留意不可與他單位混淆

六十五 固体比重測定法 物体比重測定法皆為阿機美

狄法之應用試定固体在真空中其重為 W 在蒸餾水中其重為

w 則 W 減 w 即為與固体同容積蒸餾水之重故比重為 $\frac{W-w}{W}$ 然

行此實驗時蒸餾水之溫度苟非攝氏表四度即畧有不確之處

宜訂正之法以蒸餾水不在攝氏表四度時之重與四度時之重

之比 四度時重為分母不在四度時重為分子 乘之即得

若顆粒之物体欲測其比重宜用比重瓶如圖長頸之玻璃瓶名

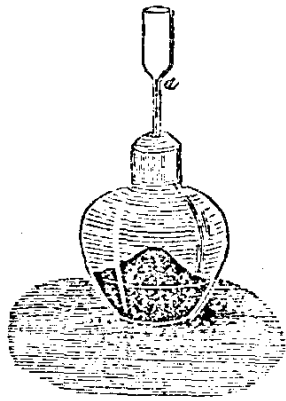
比重瓶滿入以蒸餾水而權之得重命

為 w_1 又以所量物自頸漏入此瓶而拭

乾所溢出之水權之得重命為 w_2 所量

物本來之重命為 W 則與所量物同容

第十四圖



積蒸餾水之重必為 $\frac{W}{1 + \epsilon}$ 故比重為

$$\frac{W}{W + \epsilon W}$$

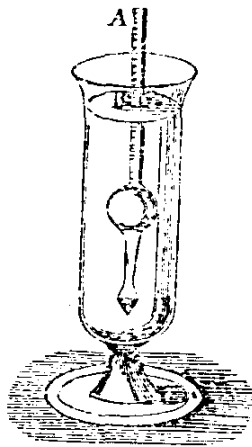
六十六 液体比重測定法 應用阿機美狄氏法可以測定

液体之比重試任取一液体以固体入之其所失之重與同容積液体之重相等今命固体在此液体內所失之重為 w_1 又以此固体入之攝氏表四度之蒸餾水中其所失之重與同容積蒸餾水之重相等命此固体在蒸餾水中所失之重為 w_2 命比重為 d 則

$$d = \frac{w_1}{w_2}$$

浮秤所以測液体比重之器也如圖浮秤之玻璃圓管上記以度數其下部盛以鉛或水銀中部較大置浮秤于液体中其所壓開液体之重必與浮秤之重相等而所壓開液体之容積可視度數而定故液体之比密度可

圖一十四第



知即液体之比重可知也

今畧舉數種物体之比重于下

伊里第安銀 二二、四 白金鉑 二一、五

金 一九、四 鉛 一一、三

銀 一〇、五 銅 八、八

鐵 七、八 阿路米尼安鋁 二、七

象牙 一、九 火酒 〇、七九

冰 九二 水銀 一三、五六九

海水 一、〇二 煤油 〇、八九

例一 圓柱体長六纖米突半徑一、二纖米突比重一、六問此

圓柱重若干葛蘭

解 先求得圓柱体容積次以比重乘之即得故

$$\text{重} = \pi(1.2)^2 \times 6 \times 1.6 = 43.43$$

例二 今有粗銅絲長二四米突于空氣中權之重百五十葛蘭于水中權之重百三十八葛蘭問銅絲之容積及比重各若干又兩端圓面積若干

解 空氣中重與水中重之差為十二葛蘭故與銅線同容積水之重為十二葛蘭而水之比重恆為一比重乘容積等于重故容積為十二立方纖米突又命銅絲與水之比重為 d

$$\text{則 } d = \frac{150}{12} = 12.5$$

又容積等于長乘圓面積故 $2400 \times r^2 = 12$

即 $r^2 = \frac{\text{圓面積}}{2400} = 0.005$ 平方纖米突

例題

一 長三二寸濶二五寸高三寸之物體重二磅其比重若何

二 比重瓶盛水時共重八十葛蘭盛火酒時共重七十五葛蘭瓶本身之重五十葛蘭問火酒之比重若何

三 盛比重一、八之硫酸百五十兩于比重瓶中瓶適滿將硫酸倒出盛一千百三十三兩水銀于瓶中瓶亦適滿問水銀比重若干

四 二、五立方寸之物体于比重〇、八之液体中權之得重三百兩問此物体之比重若干

五 一物体在空氣中權之重六百八十一葛蘭在油中權之重五百二十八葛蘭于海水中權之重五百十葛蘭問油與海水之比重若干

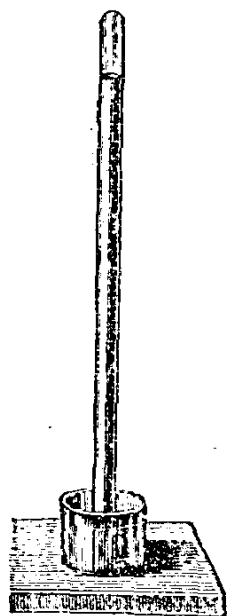
六 比重瓶滿盛以水而權之重四百二十四兩入以百兩金類之細粉用巾拭去溢出之水而權之重五百八兩問金類

細粉之比重若干

七 今有玻璃之U字連通器中間有孔將器之一端倒立之火酒中他端倒立之水中別取象皮管一端與器中間之孔相聯他端與抽氣筒相聯而抽薄連通器內之空氣則水升高四、八纖米突火酒升高六纖米突問火酒之比重如何

第四章 氣體壓力

六十七 空氣壓力 氣體之性質甚與液体相類故本卷第



一章中所論液体壓力之理多可通用之于此包裹地球之空氣下層受上層之壓力

其理一如液体禿里賽離曾實驗空氣之壓力法用長一米突以

圖二十四第

上之玻璃管其端一閉一開滿盛管以水銀以拇指緊閉其開口之端而立之于水銀槽中然後抽出拇指則管中水銀漸漸低下低至槽內水銀面與管內水銀柱表面相距之高約七十六纖米突不復低下即槽中水銀面所受空氣之壓力與管內水銀柱之重相等故不復低下也因之空氣之壓力可知而管上部無水銀處空洞無物成真空謂之禿里賽離之真空而水銀柱之重為比重乘其容積今假定管口面積為一平方纖米突則重為一〇三二、八四葛蘭水銀比重約為一三五九故每平方纖米突上空氣之壓力為一〇三二、八四葛蘭

上所說水銀柱之高當天氣變更時其高亦略有變更即天氣晴雨變更而空氣壓力亦略變也測空氣壓力變更之器名晴雨表空氣別名之曰大氣

六十八 晴雨表 晴雨表者所以測大氣壓力之強弱也最通用者爲福亭之晴雨表如圖倒立盛水銀玻璃管于水銀槽而固定之于板面大氣之壓力變更時槽內之水銀面亦有變更僅

圖三十四第



視水銀柱之高則大氣之壓力無由定故宜用螺旋 a 使水銀面有一定之位置 a 螺旋可以旋上旋下故 而水銀柱之高可視板邊之度數而知

水銀晴雨表頗不便于攜帶而安奈羅得晴雨表較爲便利故出門人多川之如圖極薄金類板所製真空圓箱內有橫桿及旋針等物大氣壓力大則板內凹壓力小則板外凸而凹凸時力傳于

圖四十四第



橫桿橫桿傳于旋針故視旋針所迴轉之度數而大氣壓力之大小可知然此表不甚精確

大氣壓力僅以水銀柱之高為定故表大氣壓力亦單以水銀柱之高

之如稱壓力七五六咪里米突即水銀柱高七五六咪里米突是也而壓力七六〇咪里米突名曰一氣壓為量大氣壓力之單位

六十九

天氣豫報

乾燥之空氣比水蒸氣

即濕氣因其與蒸水時所上之氣同

故名水蒸氣

重故晴天則空氣密度大而水銀柱較高雨天則空氣密

度小而水銀柱較低因之水銀柱之高低遂可以定天氣之晴雨又空氣流動而成風壓力大之空氣常向壓力小之空氣處流故知各處之壓力即可知風吹之方向是以天文臺常廣收各測候

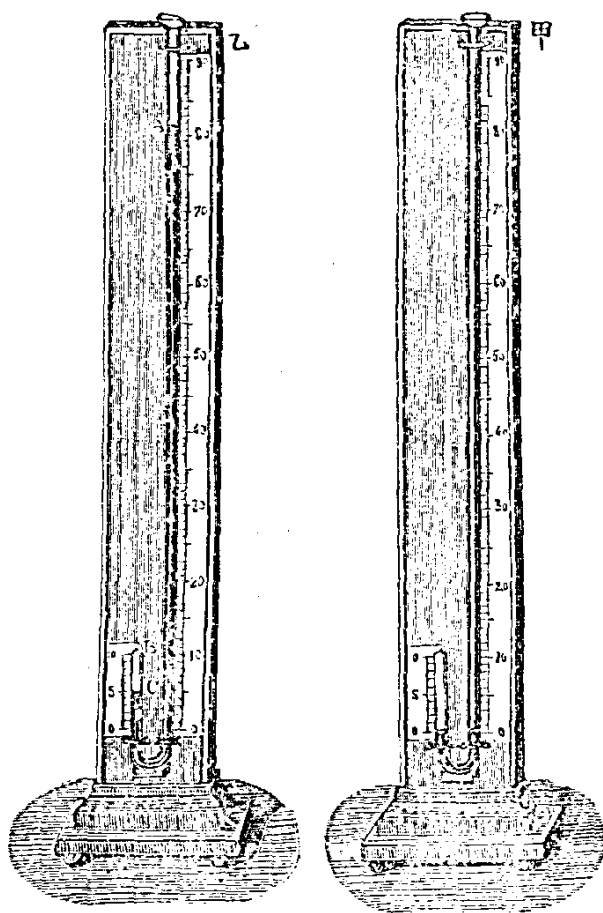
所之氣壓溫度及風之方向加以頻年之經驗而作天氣圖以豫防暴風及豫報天氣

第五章 氣體容積壓力之關係

七十 容積壓力相逆比例 西歷一千六百六十八年法人馬纒太英人薄以耳同時發明此理其例如下

氣體在同一溫度下其容積之大小與壓力相逆比例
 如圖一端閉口一端開口之玻璃曲管取水銀自開口之端灌入之如水銀之表面在兩管內適同一水平面上此時閉口管內空氣之壓力必適與外邊大氣之壓力等再以水銀自開口端注入之兩管內水銀面之差其距為 A C 如乙圖 如此時大氣壓力為 A C 則閉口管內空氣之壓力必二倍于大氣之壓力而此時閉口

圖 五 十 四 第



管內空氣之容積亦適為前之二分之一試再以水銀灌入之如兩表面相差之高為此時大氣壓力之二倍則閉口管內空氣壓力為外邊大氣

壓力之三倍而容積亦適減至三分之一也故閉口管內之壓力若 n 倍于大氣壓力時則容積可定其必減至 n 分之一以公式表之命壓力為 P P' 容積為 V V'

$$\frac{V}{V'} = \frac{P'}{P} \quad \therefore VP = V'P'$$

第五章 氣體容積壓力之關係

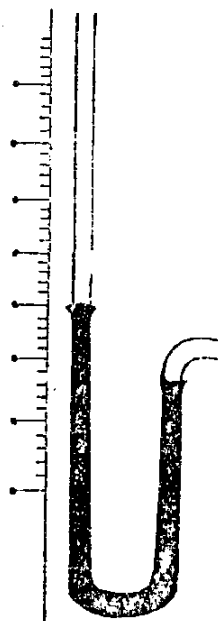
即一定量氣體之壓力容積相乘之積恆為定數也

七十一 測壓器 凡器之用以測知壓力者皆謂之測壓器

上節之晴雨表亦是分三類開管測壓器閉管測壓器金類測壓器是也

開管測壓器如圖兩端開口之U字形管由長管之口入以水銀

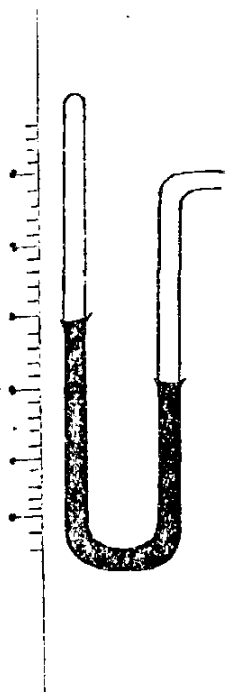
圖六十四第



而短管之口則以皮管聯于所測之氣體如水銀之兩表面同在一水平面則所測氣體之壓

力必與大氣之壓力相等如所測氣體之壓力較大氣有大小則長管之水銀柱較之短管必有高低其差可視所刻度而知

圖七十四第



閉管測壓器如圖管內之水銀柱為空氣所壓閉管內之空氣其壓力與容積有一定之數將開

口端以皮管接諸他氣體如他氣體之壓力大則閉口邊水銀柱上升因之空氣容積必減如他氣體之壓力小則閉口邊水銀柱下降因之空氣容積必增可用薄以耳法算出之
 安奈羅得晴雨表即金類測壓器凡金類測壓器最便于測蒸氣之壓力

例一 一端開口一端閉口之曲管開口管比閉口管內水銀面高二十四纖米突空氣容積長十纖米突今由開口之端再注入以水銀開閉口管內水銀柱比前升高七十纖米突時閉口管內水銀柱比前升高若干

大氣壓力為七六纖米突

解 命閉口管內水銀所升之高為 x 則閉口管內之空氣容積其長必為 $10-x$ 命此時之壓力為 P

$$\frac{10}{10-x} = \frac{P}{100} \quad \text{即} \quad P = \frac{1000}{10-x}$$

$$\text{又 } P = 70 + 100 - a \quad \therefore 170 - a = \frac{1000}{10 - a} \quad \text{得 } a = 3.98$$

即升高約四纖米突也

例二 上口閉下口開之直長玻璃管立諸深水銀槽中管內外水銀表面等高時則管高出水銀表面八十纖米突今將管提上二十纖米突問管內水銀當升高若干又管內空氣壓力如何

解 命管中空氣之壓力爲 a 管中水銀所升之高爲 y 則

$$\frac{80}{100 - y} = \frac{a}{76} \quad \text{而 } a = 76 - y$$

$$\text{故 } 6080 = (100 - y)(76 - y)$$

$$\text{即 } y^2 - 176y + 1520 = 0$$

$$\text{故 } y = 9.12$$

$$\text{因之 } a = 76 - 9.12 = 66.88$$

即水銀升高九、一二纖米突管內空氣壓力爲六六、八八纖米突也

例題

一 一端閉一端開之曲管入以水銀開口管內水銀柱比閉口管高二十五寸定此時大氣壓力爲三十寸問閉管內空氣壓力若干

二 大氣壓力七六纖米突時每千立方纖米突空氣重一、二九三葛蘭若大氣壓力爲八五纖米突問千立方米突當重若干

三 一端閉口之玻璃管入以水銀管內尙餘空氣二十立方纖米突今將管立之水銀槽中則管內空氣容積變成三十立方纖米突水銀柱高二十五纖米突問此時管外大氣壓

力若干

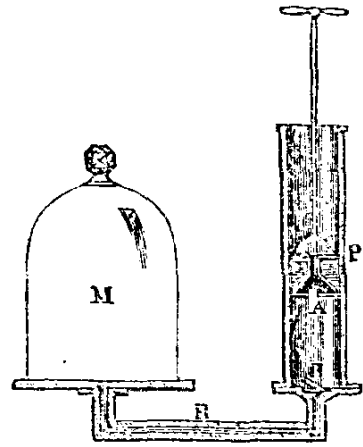
- 四 大氣壓力七六纖米突時測得一定量輕氣之容積爲二百五十立方纖米突翌日測得此定量輕氣之容積爲二百三十立方纖米突問翌日大氣之壓力若干
- 五 納等重空氣于半徑五纖米突六纖米突二空球內問所納氣在二球內壓力之比

第六章 空氣唧筒

七十二 抽氣筒 器中空氣用法抽去之或用法壓入之須用空氣唧筒而抽去空氣時所用之空氣唧筒名曰抽氣筒

如圖圓筒P內附有活塞此活塞可以上下移動其底附有A活舌能向上開而不能向下開圓筒底之B活舌亦然活塞向上提

第 四 十 八 圖



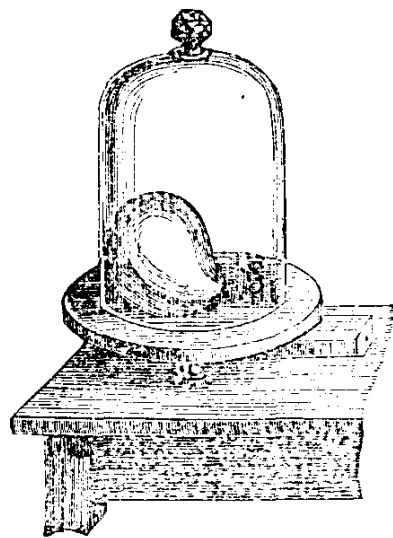
時 M 圓鐘內之空氣通過 R 管押 B 舌
 使上開而 A 舌則因上面空氣壓力之
 故閉而不開所以活塞上升 M 鐘內空
 氣必分輸于 P 筒而較疏于前活塞壓
 下時 B 舌下閉而 A 舌則為 P 筒內之
 空氣壓使上開因之 P 筒內空氣全從 A 舌
 筒之底後復上提 A 舌復閉 B 舌復開 M 鐘
 內空氣又分輸于 P 圓筒內而空氣更疏
 于前活塞屢上屢下 M 鐘內變成真空雖將
 活塞上提 B 舌亦不上開然 M 鐘將近于
 真空時所餘之空氣甚微其力已不能壓
 B 舌使上開故 M 鐘斷不能使成真空命 P
 圓筒之容積為 v M 鐘及 R 管容積之和為
 V 空氣壓力為 H 活塞由圓筒底提上
 至圓筒口時其容積由 V 變為 V_1 照薄以耳定

理其壓力必爲 $H \times \frac{V}{V+s}$ 而活塞下降時所抽者爲 P 筒空氣
 與 M 鐘內空氣壓力無關係再將活塞提上其容積又由 V 變爲
 $V+s$ 而壓力必爲 $H \times \left\{ \frac{V}{V+s} \right\}^n$ 活塞上下各 n 次命 M 鐘內空氣
 壓力爲 H_n 則

$$H_n = H \times \left(\frac{V}{V+s} \right)^n$$

而 n 之數愈大則右項之數愈小如 $n \parallel 8$ 則 $H_n \parallel 0$

圖九十四第



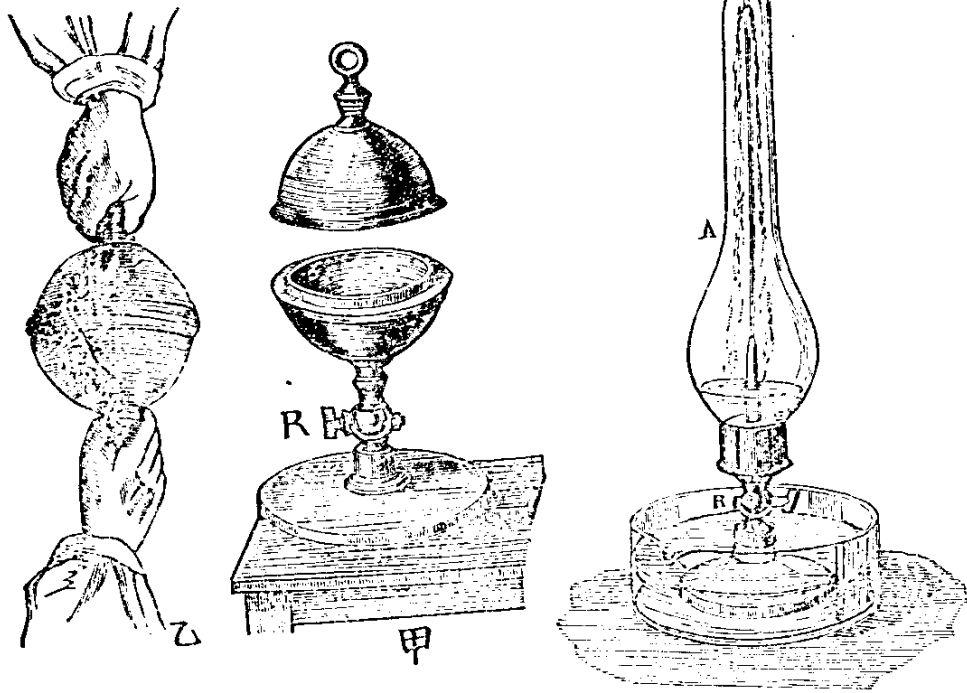
圖盛皮囊以少許空氣而固封其口置諸上圖之 M 鐘內用抽氣

上式所以明理實則 B 舌之重與
 M 鐘內所餘之空氣壓力相等時
 所餘空氣不復能抽出
 抽氣筒可以證明氣體分子之斥
 力其容積常欲占最大之位置如

圖一十五第

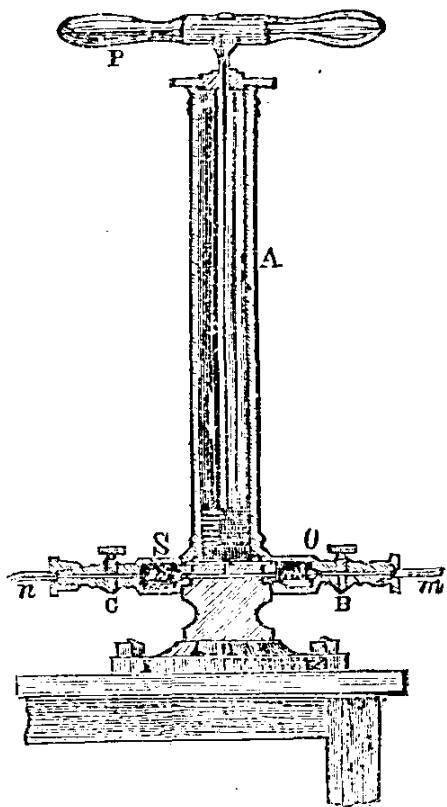
圖十五第

第六章 空氣唧筒



筒抽M鐘內之空氣皮囊
 漸漸漲大此乃皮囊內空
 氣分子之斥力大于囊外
 空氣之壓力故也
 噴水器亦應用上理而作
 者也如圖玻璃管A之下
 端附金類所製之轉栓R
 用抽氣筒抽去A筒空氣
 而插之于盛水槽內抽空
氣時
 R栓開抽去空氣時R栓
 閉置于水槽時R栓又開 因外
 邊空氣壓力之故而水噴
 上于A筒

麥葛得堡半球所以證明空氣壓力之大也如圖金類所製之二
 半空球口縫可以密合試驗時合妥之用抽氣筒抽去球內空氣
 而閉其R轉栓然後極力用手曳之二半球不即離開馴至用二
 馬反向曳之亦不能曳開故球外空氣壓力之大已可想而知
 七十三 壓氣筒 其作用與抽氣筒相反所以壓入空氣于
 器內使壓力增大也而其所以與抽氣筒相反者因活舌裝置與



圖二十七五第

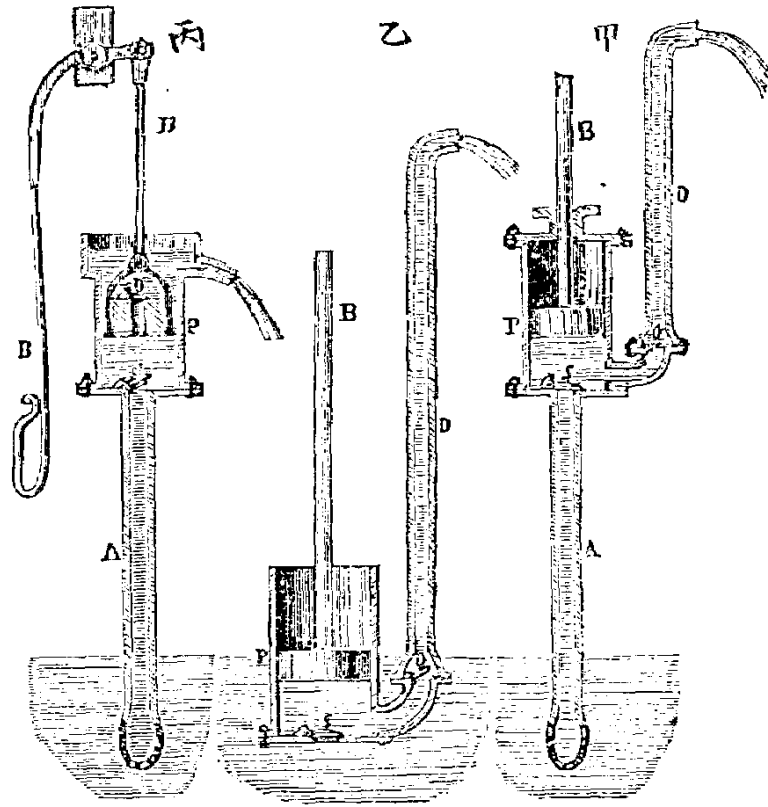
抽氣筒相反之故
 如圖A為圓筒筒內
 附有活塞筒底附以
 m n 兩管二管內口
 附有O活舌及S活
 舌O活舌只能向內

開 S 活舌只能向外開 二活舌以同 將活塞抽上則 S 舌閉而 O 舌
開空氣自 m 管入 A 筒內將活塞押下則 O 舌閉而 S 舌開 A 筒
空氣由 n 管駛出試將兩器之口緊接于 m n 二管之外口則接
于 m 管外口之器內空氣必抽疏而接于 n 管外口之器內空氣
必壓密故此空氣唧筒可視為壓氣筒亦可視為抽氣筒

第七章 液体流出

七十四 提水筒 提水筒即水龍也其形式各異尋常所用
多如甲乙二圖其活舌 S 附在 P 圓筒之底只可向上開放又活
舌 O 附于旁管 D 之頸亦僅能向上開放活舌柄 B 提上時則 P
筒內空氣稀薄因之 O 舌閉而 S 舌開而水可從 S 舌提上 P 筒
將 B 活舌柄下押時則筒內之壓力大于筒外之壓力故 O 舌開

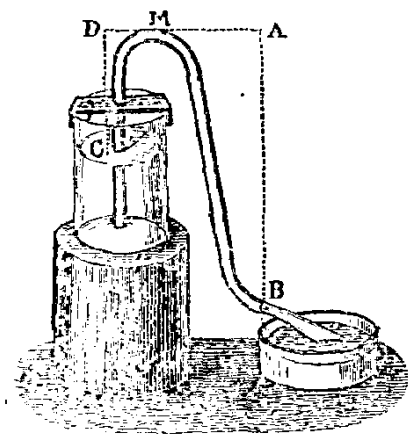
圖 三 十 五 第



柄 B 提上則 S 舌開而 O 舌閉水可由 S 舌提上 P 筒將活塞 B

而 S 舌閉而水可從 O 舌流入 D 管活塞屢上屢下而水之流入 D 管者愈多馴至 D 管不能容而水從 D 管上口流出丙圖之理畧異于甲乙二圖活舌 S 亦在 P 圓筒之底而活舌 O 則附在活塞上面僅能向上開放今將活塞

第五十五圖



下押則S舌閉而O舌開水從O舌迸出活塞之上活塞柄屢上屢下而水遂從旁管之口流出

七十五 吸管及虹吸 吸管者所以吸取少許液体之細管

第五十四圖



也如圖插吸管于液体中而口噙其上端

管內液体升高少許以食指緊將上端閉

之然後將吸管提出則管內液体不復滴下而少許液体遂可任

移諸他器

虹吸為彎曲之管其形如虹如圖C

M B即虹吸虹吸之內盛滿液体後

置其兩端之口于盛液体之兩器中

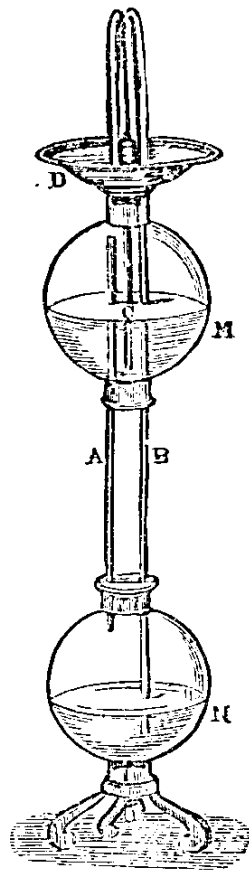
僅道一端口于盛液体器中亦可 此兩器所盛液体表

面上之空氣壓力本相等而虹吸內

之液体 D C 邊少 A B 邊多
是液体壓力與深相比例即以垂直距離相比例是也故 M B M C 雖視之若成斜曲之勢可徑
 以 D C A 故液体向 B 口流出如兩器所盛液体之表面其高相
 B 相比
 等則虹吸中之液体必穩定不流以兩邊壓力相等故也

七十六 海倫噴水器 如圖 M N 兩空圓球通以 A B 二管

第五十六圖

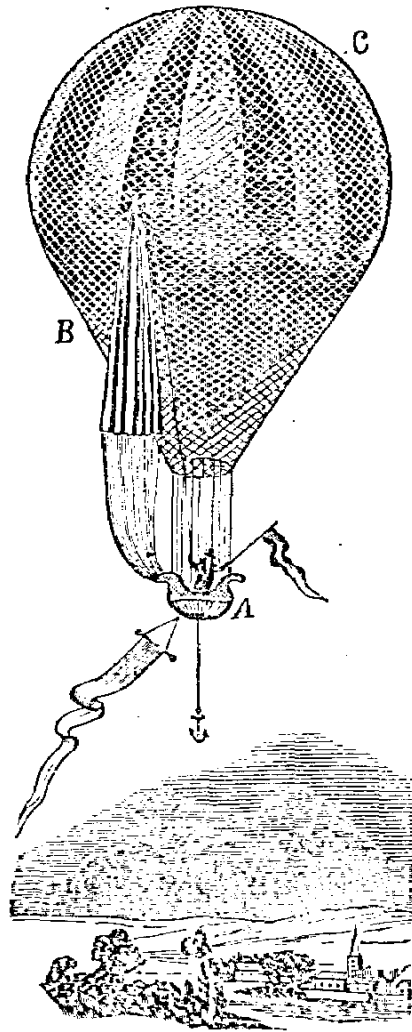


盛水于 M 空圓球
 內別以他管 C 通
 M 空圓球及 D 盤
 D 盤之水由 B 管

流至 N 空圓球內則球內空氣加密由 A 管駛入 M 空圓球而 M
 球內水面所受壓力較大于 C 管內之空氣因之水向 C 管噴出

第八章 輕氣球

圖 七 十 五 第



C 爲大絹
 囊絹囊外
 面塗以橡
 皮漆然後
 盛輕氣或
 煤氣于囊

七十七 輕球球 物体在液体中其所失之重與同容積液
 体之重相等則物体在氣體中所失之重亦必與同容積氣體
 之重相等而物体之重少于同容積液体之重故浮則物体少于
 同容積氣體之重亦必浮也輕氣球即應用此理而作者也
 空氣之浮力其理畧與水同故人在地上實與沈在海底之物無
 異而人乘輕氣球時實與比水輕之物自海底上升無異如圖B

中懸床于囊下以備人起坐之用囊上部設有少孔可以隨意開閉裝置妥備後人即可乘懸床而上升
輕氣球之上升力爲輕氣球同容積空氣之重與輕氣球懸床人及一切懸附物之重之差

例一 書言龍者甚多而流說相傳謂其能在空中行雨今可斷其無是物厥理安在

解 俗稱龍爲神物其神之者謂其在空中可騰雲駕霧以自來自往也然觀流俗所繪龍像則厥首甚異而蛇身多四足者既無翼矣而同是筋肉之體豈有不比空氣重者哉則不能騰躍空中可知即無龍可知

第九章 分子作用

七十八

纖管現象

極細之管插入液体中管中之液体表

面較諸管外表面恆有高低名纖管現象玻璃

纖管入水中管內之水恆升高入水銀中管內

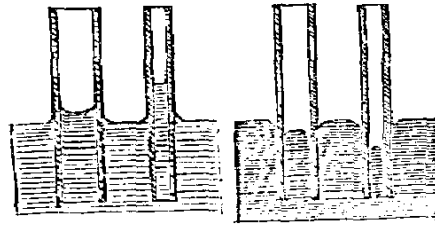
之水銀恆低下管越細則升高低下之度愈甚

此乃液体分子與管相接時之黏力使然也而

各液体與管相接時其黏力大小不同故現象

亦各異

第五十八圖



七十九

瀰散及滲透

互相溶解之兩液体相會合時則兩

液体漸漸溶混其界限不復能辨謂之瀰散試以玻璃器盛硫酸

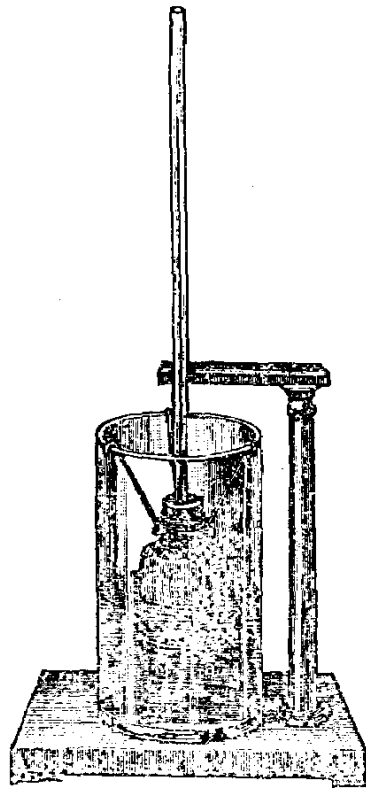
銅之濃液而注水于其上則硫酸銅及水漸漸溷淆不辨而瀰散

又氣體亦然如此種氣與彼種氣體相處時即漸漸混合而瀰散

是也

互相溶解之二液体以膀胱或象皮薄膜隔開之則兩液体可通

圖九十五第



過此膜名滲透如圖以膀胱為瓶底盛牛乳或砂糖汁等比水重之濃液而附于玻璃管之下將膀胱入之水中則管中之液

體漸升高可視而見

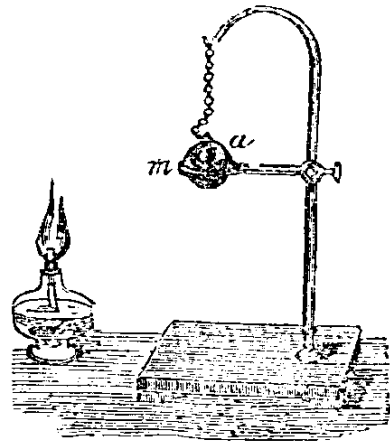
第三卷

第一章 溫度及寒暑表

八十 熱及溫度 寒溫之感覺何由而起有所起則必有所由起之因焉寒溫所由起之因名曰熱熱之生于化學作用者如燒木燒炭時是熱之生于物理學作用者如車輪車軸摩阻時是凡物體與以熱必較溫暖奪其熱必漸寒冷溫暖寒冷相差之數名曰溫度

八十一 物體膨大 取物體熱之則物體之容積較增于前名曰膨大固體之漲大如圖 a 爲金類所製之球 m 爲金類所製之環環孔之大小與球相適合故球可由孔下墜今取球熱之則球因膨大之故其容積遂較大于環孔故載 a 球于 m 環上球不

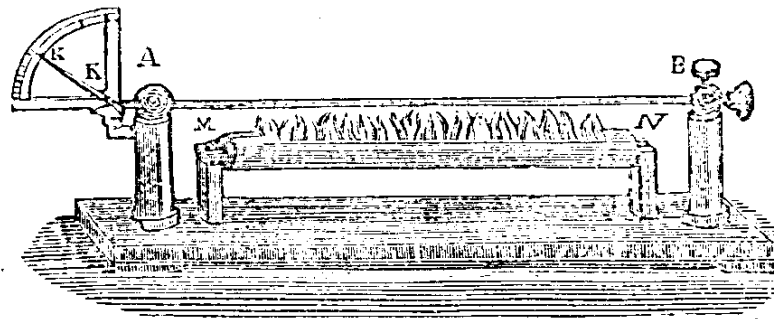
第 六 十 圖



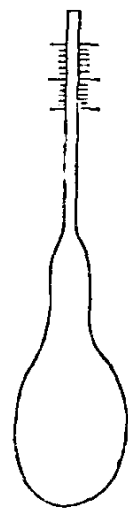
其B端以螺旋旋固之不使移動A端則可伸縮移動又倚A端于K針俾A端移動之大小可視針所指之度數而知取MN煤氣燈將BA熱之B端因螺旋之故雖脹大而不能向B移動而A端之K針所指度數則迥異于未熱之初故其脹大可知
 液体之脹大可本下法試驗之如圖長頸之玻

下墜俟球徐冷後其容積收縮如前
 始從孔中下落
 又試棒之脹大法
 以金類所製之棒
 AB支于兩短柱

第 六 十 一 圖



玻璃瓶內入以液体而加熱焉始熱之時玻璃瓶先脹大故頸內液体表面反暫下繼則表面迥高于前可



視頸外所刻度數而知

氣體脹大可將上所試驗之玻璃瓶倒插其頸之細管于水中隨即提上則少許水常在頸之細管內而有一定之位置試以手將玻璃瓶執之則瓶內空氣受手之熱而脹大而少許水向管口移動或更熱之則水或遂為空氣驅出

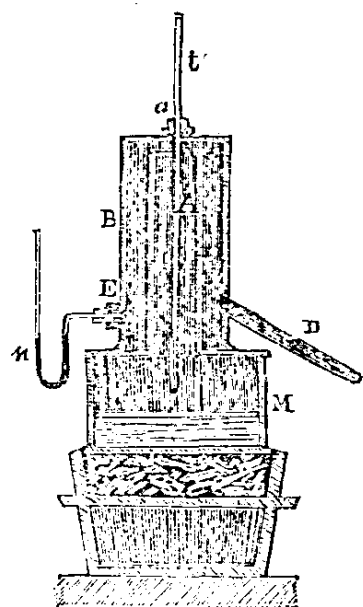
八十二 寒暑表 前言物体與以熱必較溫煖而溫煖出于感覺故使此物体與彼物体相比其溫煖究有若干之差即不能確定此時非用寒暑表不可寒暑表者所以測溫度之器也

八十三 水銀寒暑表之製法 寒暑表中最通用者莫如水銀寒暑表今畧述其製法如下

取一細長之圓玻璃管其管內之圓徑務宜一律均勻管下端宜成圓球形或圓筒形及他形亦可以水銀自管口灌入之用火酒燈燒管使熾熱則水銀脹大而管中空氣可全驅出將管口密閉而刻管周以度數即成寒暑表

刻度數之法將上所說封口後之玻璃管入之沸湯中管中水銀

第 六 十 三 圖



升高之定點命為沸點又以此管入之冰中水銀降下之定點命為冰點而測沸點時須用二重圍壁器如圖 B 為外圍壁 A 為內圍壁 t 為封口後玻璃管

n 曲管內盛以液体所以量壓力務使水在 M 筒內沸時其壓力適為一氣壓然後將水銀所升之高之定點命為沸點否則所定

沸點恐不一定

八十四 寒暑表度數 冰點沸點間之度數其刻法各不同
今最通用之法有二一命冰點爲零度沸點爲百度零度百度之間分爲百等分刻成度數名攝氏表物理學上用之一命冰點爲三十二度沸點爲二百十二度零度二百十二度之間分爲二百十二等分刻成度數名華氏表今命 c 爲攝氏表之度數 f 爲華氏表之度數則

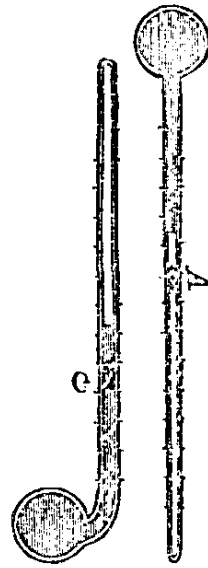
$$c = \frac{5}{9}(f - 32) \quad f = c \times \frac{9}{5} + 32$$

水銀當攝氏表零下三十九度時凝結而成固体故用水銀寒暑表以測零度以下之低溫度則非所宜而火酒于攝氏表零下百五十度左右始凝結而成固体故測零度以下溫度之寒暑表宜用火酒作之

凡言溫度時不明言何氏表者皆攝氏表溫度

八十五 最高最低之寒暑表

圖四十六第



最高最低寒暑表所以量一日內或半日內之最高最低溫度也最高寒暑表常置鐵一小片于水銀寒暑表中如圖置鐵一小片

△于管內水銀脹大時鐵片與之俱行水銀收縮時鐵片留于原處不動故視鐵片所在之位置一日內之最高溫度可知

最低寒暑表常置一小玻璃圓柱于火酒寒暑表中如圖小玻璃圓柱 C 在管內火酒收縮時則小圓柱被黏與俱移動火酒脹大時則小圓柱不動而止于原處故一日內最低溫度可視小圓柱所在之位置而知

此二寒暑表須橫臥不宜直立

例題

一 問華氏零下三度當攝氏表何度

- 二 攝氏溫度升高一度則空氣容積脹二百七十三分之一
問華氏表溫度升高一度則空氣容積脹幾分之幾
- 三 地球溫度每下地面五十尺則增華氏一度問下地面二百七十尺處當增攝氏幾度
- 四 華氏表與攝氏表相比較問溫度相等時而表溫度之數目字亦相等應係何度

第二章 脹大

八十六 綫脹面脹體脹 取銅絲熱之因脹大之故而長增取薄板熱之因脹大之故而面積增取立體熱之因脹大之故而容積增而長增謂之線脹面積增謂之面脹容積增謂之體脹凡線脹僅變其長面脹體脹雖使原形較大而要與原形成相似形

以各方面所脹皆等故也

八十七 脹大比率 溫度升高若干度線脹增多若干長以所升溫度除所增之長爲每一度所增之長再以原長除之爲線脹比率命原長爲 L 脹後之長爲 L' 所升高之溫度爲 t 線脹比率爲 α 則

$$\frac{L' - L}{L} = \alpha \quad \therefore L' - L = L\alpha t \quad L = L'(1 + \alpha t)$$

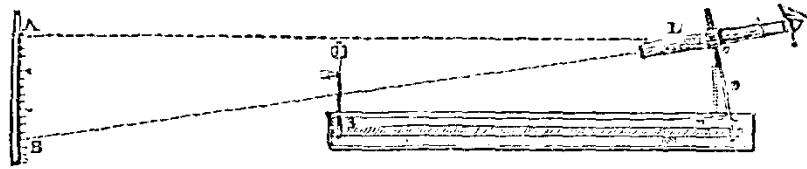
正方形當攝氏表零度時邊長爲 L 當溫度升至 t 度時邊長爲 L' 定線脹比率爲 α 則此兩面積之差爲

$$\begin{aligned} L'^2(1 + \alpha t)^2 - L^2 &= (2\alpha t + \alpha^2 t^2)L^2 \\ \frac{L'^2(2\alpha + \alpha^2 t)}{L'^2} &= 2\alpha + \alpha^2 t \end{aligned}$$

而 α^2 之數甚小可以畧去故面脹比率爲線脹之二倍即

$$L'^2 = L^2(1 + 2\alpha t)$$

第 六 十 五 圖



照上理則立方體脹大時其體脹比率為

$$\frac{(1 + \alpha)^3 - 1}{3\alpha} = 3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3$$

α^2 之數甚小 α^3 尤小皆可略去故體脹比率為線脹之三倍即

$$V^3 = V^0(1 + 3\alpha)$$

八十八 固體脹大 固體之線脹比率宜用

下法測之如圖取所量物之一端固定之于 a 點使不移動又將他端倚于橫桿之 n 點使可隨橫桿移動橫桿之上端附有遠鏡其位置與所量物相平行而與橫桿成直角以湯熱所量物則所量物脹大假定所脹之長為 n c 而橫桿亦由 o n 之位置變為 o c 之位置因之遠鏡之位置亦不

h 密度為 ρ' ρ 容積為 V' V 溫度之差為 t 脹大比率為 β 則

$$V = V'(1 + \beta t) \quad \therefore \quad \frac{V}{V'} = 1 + \beta t$$

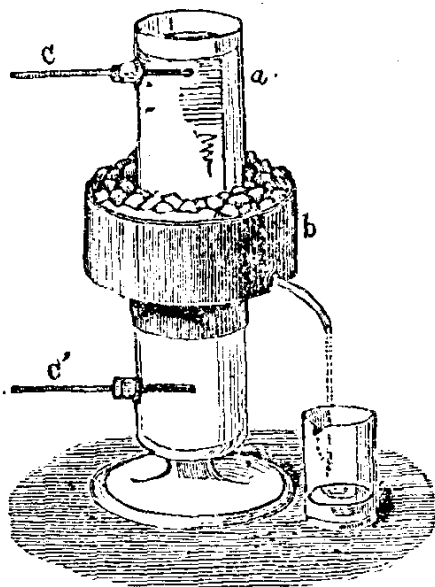
而 $\frac{V \cdot \rho'}{V' \cdot \rho} = \frac{h}{h'}$ $\therefore \quad \frac{h}{h'} = 1 + \beta t$

即 $\beta = \frac{h - h'}{h' t}$

九十 水之脹大 凡物体之脹大恆視溫度以為準即溫度

升高則物体必脹大也而水則微異零度之水溫度稍升高之其容積反減小溫度升至四度時其容積最小因之密度最大此後溫度再升則容積又漸脹而密度又漸小

圖七十六第



如圖 a 筒內入以蒸餾水其溫度約在十度左右以 b 器盛冰圍于 a 筒則筒內之水其溫度必漸降下而 c' 二寒暑表 c' 表之溫度常先 c 表降下此乃與冰相接處之冷水密度較大先降下至筒底故也至溫度降至四度以後則 c 表溫度常先 c' 表降下此乃與冰相接處之水密度較小而浮上故也因之四度之水其容積最大可如

九十一 氣體膨大 定壓力為一定之數則氣體之膨大比率每溫度升一度約為二百七十三分之一即溫度升一度而氣體容積增二百七十三分之一也令零度時之容積為 V_0 t 度及 t' 度時之容積為 V V' 膨大比率為 α 則

$$V_t = V_0(1 + \alpha t) \quad V_{t'} = V_0(1 + \alpha t')$$

$$\therefore V_{t'} = V_t \frac{1 + \alpha t'}{1 + \alpha t} \dots\dots\dots 1$$

然氣體之容積與壓力極相關係故溫度壓力二者不可偏棄今命溫度 t 度時之壓力及容積爲 $H_t V_t$ t' 度時之壓力及容積爲 $H_{t'} V_{t'}$ 姑視溫度爲一定之數則壓力 H 變 $H_{t'}$ 時其容積可以薄以耳法求之

$$V_{t'} = V_t \frac{H_t}{H_{t'}} \dots\dots\dots ?$$

而溫度 t 變溫度 t' 時其容積之變化照 1 式得

$$V_{t'} = V_t \frac{H_t(1 + \alpha t')}{H_{t'}(1 + \alpha t)}$$

$$\frac{V_{t'} H_t}{1 + \alpha t} = \frac{V_t H_{t'}}{1 + \alpha t'}$$

然照上所說氣體之容積若所受壓力爲一定之數其脹大比率約每溫度一度增原積二百七十三分之一故可寫式如下即命溫度爲 t 其式爲

$$V = V_0 \left(1 + \frac{t}{273} \right) \text{ 是也}$$

上式 V 爲 t 度時之容積 V_0 爲零度時之容積

九十二 極限零度 溫度每降下一度必減容積二百七十三分之一似乎溫度至零下二百七十三度時其容積可減盡而變零矣此乃必無之事也蓋各種氣體溫度當零下若干度變爲液体再低下若干度變爲固体而容積斷不至爲零然零下二百七十三度之溫度或名之爲極限零度故計溫度時如溫度在極限零度上幾度則謂之極限溫度若干度即照極限溫度數法冰點爲二百七十三度沸點爲三百七十三度是也

例題

- 一 黃銅尺當二十度時長一米突定黃銅之線脹比率爲〇、〇〇〇〇二問零度及二十五度時此黃銅尺長若干

二 設如銅絲當三十五度時比十度時長〇、〇五六咪里米
突定銅絲之線長比率爲〇、〇〇〇〇一八問零度時此銅
絲長若干

三 鋼擺當四度時長〇、九九米突周期二秒定鋼鐵之綫脹
比率爲〇、〇〇〇〇一二問二十五度時周期若何

四 玻璃器當零度時容積爲二立方米突定玻璃綫脹比率
爲〇、〇〇〇〇八問五度時容積若何

五 鋼鐵球當零度時直徑爲三、〇一咪里米突銅環當零度
時直徑爲三咪里米突置鋼鐵球于銅環上面熱之銅之線
脹比率爲〇、〇〇〇〇一八鋼鐵爲〇、〇〇〇〇一二問熱
至若干度則鋼鐵球從環孔墜下

第三章 熱量

九十三 熱之單位 受若干熱而物体之溫度高至若干其所受之熱必有一定之量然一次取水三升由四度溫至七度則所費之熱必與三次取水一升由四度溫至七度者相等故三升水由四度溫至七度其所費之熱必爲一升水由四度溫至七度之三倍可知定熱量時常以一基葛蘭水由零度溫至一度所費之熱爲單位名曰一級故取 P 基葛蘭水由零度溫至一度其所費之熱即爲 P 級若由零度溫至 t 度則爲 P 級之 t 倍

九十四 固体液体之比熱 比熱者物体由零度溫至一度所費熱量與同重之水由零度溫至一度所費熱量相比之謂也故水之比熱恆爲一

一基葛蘭之水由零度溫至一度時水所收之熱量爲一級而溫至 t 度則所收之熱量即爲 t 級今物體溫至 t 度其所收之熱量亦以級計算頗爲簡便試命熱量爲 Q 級物體之質量爲 P 基葛蘭比熱爲 S 則

$$Q = P \times t \times S$$

即熱量爲溫度比熱質量相乘之積也

九十五 熱量表 熱量表者所以測物體比熱之器也

熱量表之最簡便者莫如用冰法只取冰一塊而穿穴焉將冰上之水拭淨然後取物體溫至若干度急入諸穴中而以薄冰封蓋之物體在穴中其溫度爲冰所奪而降下至零度冰受物體之溫度融解爲零度之水貯于穴中此時先取海綿一塊權其重然後開穴口而以海線入之則水盡爲海綿所吸再權之得重減去前

所權之重為融解水之重也。命物體之質量為 P ，溫度為 t ，比熱為 w 。溶解水之質量為 Q ，而溶解一基葛蘭冰為零度之水，費八十級熱量。見下章 故此時所費熱量必為 Q 倍八十級，而 P 質量物體所失之熱量與 Q 質量冰所得之熱量必等，故

$$80 \times Q = P t w \quad \therefore \quad w = \frac{80 \times Q}{P t}$$

今畧舉數物體之比熱如下

冰	〇、五〇四〇〇	炭	〇、二四一五九
玻璃	〇、一九七六八	磷	〇、一八八七〇
金剛石	〇、一四六八〇	鐵	〇、一一三七九
尼喀爾 <small>即</small>	〇、一〇八六〇	亞鉛	〇、〇九五五五
銅	〇、〇九二一五	錫	〇、〇五六二三
銀	〇、〇五六一二	安脫莫尼 <small>即</small>	〇、〇五〇七七

黃金 〇、〇三二四四 白金 〇、〇三二四三

水銀 〇、〇三三三二 鉛 〇、〇三四一〇

火酒 ^{三十}六度 〇、六七三五〇

例一 零度之水三基葛蘭與八十五度之水銀五基葛蘭相

混則兩物之溫度若干 水銀比熱定為〇、〇三三

解 定溫度為 w 則水所得熱量為 $3w$ 水銀所失熱量為

$$5 \times 0.033(85 - w) \text{ 而二者相等即}$$

$$3w = 5 \times 0.033(85 - w) = 14.025 = 5w$$

$$\therefore w = 4.43$$

例二 八度之水一三、七基葛蘭二十六度火酒五基葛蘭相

混溫度變為十一度問火酒之比熱若干

解 定比熱為 w 則火酒所失之熱量為 $5 \times 15 \times w$ 水所得熱

量爲 3×13.7 而二者相等即

$$15 \times 5 \times \alpha = 3 \times 13.7 \quad \therefore \alpha = \frac{3 \times 13.7}{15 \times 5} = 0.548$$

九十六 氣體之比熱 氣體之比熱分二類一定容比熱一定壓比熱定容比熱者封氣體于閉口管而熱之其容積一定不變者是也定壓比熱者氣體受熱時其容積脹大而壓力恆爲七六纖米突是也據實驗所得定壓比熱常較定容比熱大空氣之定容比熱爲〇、一六九一定壓比熱爲〇、二三七五而其比爲二四一即定壓比熱爲定容比熱之一、四一倍也

例題 比熱視
上表

一 零度之水一基葛蘭十度之水〇、三基葛蘭相混則溫度如何

二 溫度四十五度比重一四容積五立方纖米突之鐵與溫

度十二度比重八容積二立方纖米突之水銀相混問溫度若何

三 溫度三十度容積三之水溫度二十度比重〇、八容積二之火酒溫度十度比重九容積一之銅相混問溫度若干

四 二百葛蘭重之銅塊從火中取出即置諸溫度十五度重百五十葛蘭之水中而溫度變成三十度問銅從火中取出時其溫度若何又銅所失熱量若干

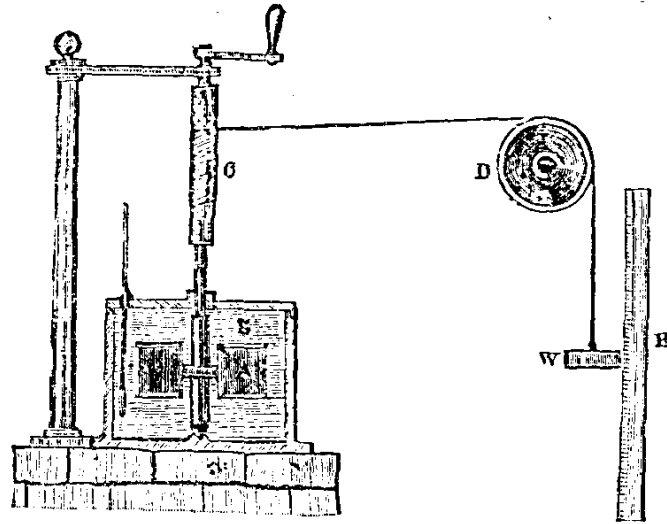
第四章 熱量與能力之關係

九十七 功用變熱 彈丸由高處下墜有動能力此第一卷論動能力時所已說明者也丸至地面驟歸靜止故此時動能力如驟行消滅而毫無功用之可見然試以鐵板當彈丸之下墜則

丸之動能力愈大時溫度愈變高始知動能力實未嘗消滅以所增之熱即此動能力之所生也故熱遂爲功用之變態而照上理反之熱即有成功用之能按之實事密封于筒內之空氣有時押筒口之活塞上升功用顯出而筒內空氣之溫度較低于前蒸氣之汽罐因受煤之熱能使機器運動是也

九十八 功用之相當量 喬巍兒測得一磅重之水升溫華氏表一度其所費功用與七百七十二尺磅相等又一基葛蘭水升高攝氏表一度所費一級之熱量與四百二十六基葛蘭米突之功用相等即四百二十六基葛蘭重之物体由一米突高下墜衝突于地面其能力悉變爲熱可使一基葛蘭水升高一度溫度也此四百二十六基葛蘭之功用名爲喬巍兒所發明之相當量喬巍兒之實驗法 如圖 B 爲盛水之器置圓柱于器中柱附以

第 六 十 八 圖



既可視寒暑表而知即相當量可求而知

例一 速度二十米突之鉛塊射于板面時定板之溫度不變而鉛塊之溫度上升則當升若干度鉛之比熱為〇、〇三一

A 翼故翼恆隨柱旋動捲圓柱上端 C 處以絲別以 W 重繫于絲于之他端 W 重下降則 C 筒所捲之絲使圓柱旋動而各翼亦旋動各翼攪水水之溫度升高可視挿于水中之寒暑表而知而 W 重行路若干可視 E 尺而知定絲為極柔滑 D 滑車為無摩阻則此時功用為 W 重乘 E 尺之路而水中溫度

四

解 命鉛之質量為 m 則此時鉛之動能力為

$$\frac{1}{2} m \times 400$$

$\parallel 200m$ 以 g 除之得基葛蘭米突單位再以四二六相當量

除之得熱量為 $\frac{200}{426g} m$ 級今命所升之溫度為 t 則熱量為

$m \times 0.0314 \times t$ 級而此二熱量必相等故

$$t = \frac{200}{426 \times 0.0314 \times g} = 15.26$$

例題

一 水銀由四五、九尺高下墜至地平其溫度約可升高一度
試證明之

二 鉛下落至地面增高溫度五度問鉛初落時離地若干米
突

三 取溫度二十度之鉛丸由若干高以若干速度垂直下擲

之五十秒末鉛丸落至地而溶解定鉛溶解時溫度爲三百二十六度間擲下之速度若干

第五章 溶解及凝結

九十九 溶解及凝結 取固体熾熱之則固体變成液体謂之溶解而溶解之溫度各物不同故各物皆各有其溶解之溫度而一定不易此溶解之溫度名爲其物体之溶點舉要如下

一 各物体之溶點各有一定之溫度

二 由物体始溶至溶盡其溫度恆爲溶點不稍有上下又取液体嚴冷之則液体變成固体謂之凝結舉要如下

一 物体凝結時之溫度恆與其溶點相等故凝點與溶點同意而溫度常一定不易

二 由物体初凝至終凝其溫度恆爲凝點不稍有上下
今列二三物体之溶點于後

水銀	零下三九度	泰來便油	零下 一度
冰	零度	脂	三三度
燐	四四度	加里 <small>錳即</small>	六三度
曹達 <small>鈉即</small>	九五度	硫黃	一一〇度
樟腦	一七五度	錫	二三〇度
鉛	三二六度	安脫莫尼 <small>銻即</small>	四三二度
青銅	九〇〇度	銀	一〇〇〇度
銅	一一五〇度	純黃金	一二五〇度
鋼鐵	一三〇〇度	軟鐵	一五〇〇度

熟鐵

一六〇〇度

白金

二〇〇〇度

百 潛熱

固体溶解爲液体時非驟溶爲液体也必漸漸化

其固体之狀而後溶成液体焉然由初溶以至溶盡其間溫度常不變而所費之熱只在于變改物体之形狀故溶解可視爲一種費熱而成之功用而因溫度不變之故所費之熱名曰潛熱或名爲溶解熱若將液体冷之使成固体亦非驟成固体必漸漸凝結失去液体之觀而後成固体焉然由初凝以至終凝其間溫度亦不變而所奪之熱亦只在于改變形狀凝結爲溶解之反故此時所奪熱量必與溶解時所受熱量相等如溶冰爲零度之水費熱量約八十級而凍零度之水成冰非奪去八十級量不能使盡成冰是也測溶解熱之法須用熱量表其要悉與測比熱時所用者同今舉二三物体之溶解熱于下

冰	八〇級	亞鉛	二八級
銀	二一級	錫	一四級
硫黃	九級	鉛	五級
燐	五級	水銀	三級

百〇一 溶點與壓力相關係 物体所受之壓力甚大其溶點即變不難試驗而知此理因物体溶解時其容積常脹大凝結時其容積常縮小今外界之壓力甚大妨其脹大故溶點因之不得不升高也反是則外界之壓力甚小溶點必降下

又有數種物体如水蒼鉛鉍即鐵安脫莫尼銻即其溶解時容積縮小凝結時容積脹大則外界之壓力大時其溶點降下壓力大時溶點升上即冰當一氣壓時溶點爲零度當十七氣壓時溶點爲零下十三度其明證也

例一 零度之冰二基葛蘭一百度之水銀五八基葛蘭相混

時定冰之溶解熱爲七九、二五級間溫度當變成若干

解 定溫度爲 t 則水銀所失熱量爲 $(100 - t)58 \times 0.033$ 級而

溶冰爲水所費之熱量爲 $2 \times 79.25 = 158.5$ 級又水升至 t 度

所費之熱量爲 $2t$ 級故 $58(100 - t)0.033 = 158.5 + 2t$ 得 $t = \frac{32.9}{3.214}$

百〇二 複冰 複冰即上節所論之一例也今取二冰塊相

接而強壓之則二冰塊可合成一冰塊此乃兩塊相壓時其相接

之處因壓力之故而冰點降下故相接各點易化爲水去此壓力

水又凍爲冰故兩塊遂合成一塊

試取絲三尺許懸兩端以重而載之于冰塊之上冰載絲時兩重

之壓力使冰與絲相接處溶解故絲下陷絲當下陷時則所溶之

水又結爲冰而所陷處之冰又化爲水故絲可由冰上陷至冰下

而冰仍毫無截斷之痕迹

第六章 氣化液化

百〇三 真空中之氣化 液体變爲氣體謂之氣化而所變之氣體謂之蒸氣蒸氣云者所以別于尋常氣體也液体在真空中氣化頗易取試驗空氣壓力時所用水銀柱之禿里賽離真空以吸管吸取少許液体由水銀柱下面送入之則液体升上管中悉變爲蒸氣彌布于管上端之真空內而水銀柱之高驟下降再以少許液体送入管中又變爲蒸氣而水銀柱又下降然送入之液体其氣化亦有一定之限若已達此限則後送入之液体不復氣化而浮于水銀上面仍其液体之舊觀照薄以耳定法氣體之容積與壓力成反比例今將管上升之則壓力減而容積增水銀

上面之液体又變幾分爲蒸氣將管下押之則容積減而壓力增而管中蒸氣又變幾分爲液体試升管至若干高使水銀面上液体悉變爲蒸氣則蒸氣壓力不難求而知之名爲此時蒸氣之最大張力而蒸氣所占之位置此謂之飽和之位置位置內之蒸氣名爲飽和之蒸氣故禿里賽離之真空中入以液体而尙能氣化必未達飽和之限

蒸氣之最大張力與溫度相關係即溫度升則張力增大溫度降則減小來局于各溫度測水蒸氣之最大張力立表如下

溫度

最大張力

零下三〇度

〇、三九咪里米突

全 二〇度

〇、九三全

全 一〇度

二、〇九全

一〇〇	九〇	八〇	七〇	六〇	五〇	四〇	三〇度	二〇度	一〇度	〇度
七六〇、〇〇全	五二五、四五全	三五四、六四全	二三三、〇九全	一四八、七〇全	九一、九八全	五四、九一全	三一、五五全	一七、三九全	九、一七全	四、六〇全

百〇四

蒸騰

液体在空氣中其表面發有蒸氣名之曰蒸

騰亦謂之氣化

液体氣化時蒸騰之量可即消失之量而知試盛液体于器中而密蓋之使不與外氣相通器內之液体漸漸蒸騰馴至最大之張力此後則再不能蒸騰若曝所盛之液体于空氣中則液体不易達其最大張力之限故無時不蒸騰今取一定之時刻以研究夫蒸騰之量如何第一爲溫度之關係因溫度高則蒸騰易如河水夏則易涸晒濕衣夏則易乾其例也第二爲液体與空氣接觸面之關係因接觸面大則蒸騰者多如取一定量之水蓄于細管中則不易失蓄于盤中則易失其例也第三爲空氣中所含有蒸氣之張力與甫生出蒸氣之最大張力之關係即空氣中所含有之蒸氣漸多則張力漸大而與甫生出蒸氣之張力幾于相等故蒸騰亦漸緩也第四爲空氣搖動之關係因空氣搖動則所含之多

量蒸氣散開可使蒸騰變速如晒濕物時宜使風流通其例也第五爲空氣壓力之關係因蒸騰之緩速視乎壓力之大小如真空中氣化甚易而至一定之界限後其壓力增則漸難氣化其例也

百〇五 沸騰 加液体以大熱則液体所發之蒸氣甚多而速名曰沸騰

沸騰之理可說明之如下液体各分子雖常欲蒸騰而其張力常小于空氣壓力及上部液体壓力之和故不得已仍其液体之觀所以液体在真空中其蒸騰甚易即此故也然溫度漸增則在液体內部蒸氣之最大張力馴至大于空氣壓力及上部液体壓力之和故蒸氣遂不斷由液体內部發出即沸騰是也據此則沸點必與壓力大有關係而高山上煮物其沸點較低密閉之器內煮物因蒸氣不外出其壓力大而沸點亦較高即其明驗矣

液体沸騰時其大要與固体溶解時略相似今列舉于下

一 物体所受之壓力不變其沸點不變

二 物体由初沸以至終沸其間之溫度常不變

又沸點不僅與壓力相關係而與所盛器之性質亦相關係

百〇六 氣化熱 照上節所說液体沸騰而氣化可受多量

之熱而溫度不少異此作用與固体溶解為液体時相似因熱量費于變化形狀成有功用故溫度不復上升也據此則氣化亦可謂之一種功用而氣化時所需之熱量名曰氣化熱或曰蒸氣之潛熱今略舉數物体之氣化熱如下

水	五三六級	木精	二六三級
純火酒	二〇八級	蟻酸	一六八級
醋酸	一〇二級	硫酸愛的兒	九一級

泰來便油

六九級

橙油

七〇級

氣化時物體之需熱甚易試驗注水或愛的兒于掌中則掌覺其寒冷此乃液體奪人身之熱而氣化故也又以試驗管盛水入之愛的兒中使愛的兒速蒸騰則水之熱為所奪去而成冰

百〇七 液化 液化為氣化之反即氣體變為液體也凡變

氣體為液體可將氣體冷之或壓之或兼用冷壓二術

亞硝酸次硝酸及安謨尼亞等氣體甚易液化試入氣體于U字形曲管內以寒劑見下圍而冷之即液化而成液體

第六十九圖



壓氣體使液化可取小塊物體入之堅固玻璃管中而熱之此小塊物體生出多量氣體而壓力甚大如圖玻璃曲管之右枝先盛以鹽化銀再入以安謨尼亞俟鹽化銀滿吸取安謨尼亞後將左枝管口閉合

而插入于寒劑中試熱其右枝管則鹽化銀放出所吸之多量安謨尼亞而壓力甚大又因受左枝管外寒劑之冷故變為液体存在左枝管內如將左枝管熱之則液体又變為氣體而為鹽化銀所收吸

空氣養氣輕氣等氣體僅用壓力不能使之變成液体宜加大壓力而大冷之則液化再冷之則為固体

百〇八 寒劑 固体變液体或液体變蒸氣時常奪取他物體之熱量以遂其作用利用此理可以製成寒劑上節所說愛的兒蒸騰時奪水之熱而水變為冰即其例也今略舉數種寒劑如下

食鹽
冰

1
2

重量配合
之比例

○

混合前
之溫度

零下二二

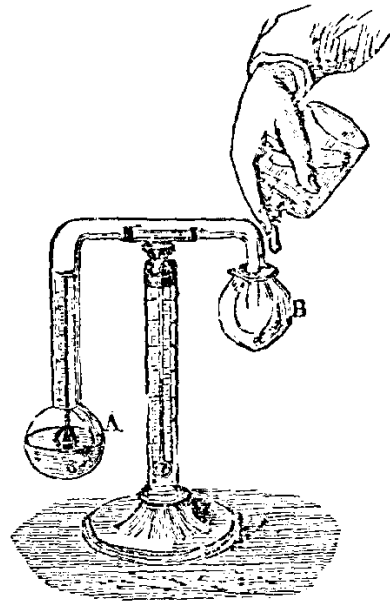
混合後
之溫度

蒸氣變成最大張力因之結爲水滴遇杯而相附也

百十 濕度及測定法 大氣中之水蒸氣當溫度降下時則結成水滴然空氣乾燥所含之水蒸氣無多雖溫度下降亦不易生水滴凡量空氣之濕度皆以當時之濕度較諸同溫度時之飽和濕度而求其比以定之故命此時之水蒸氣張力爲 f 此溫度之水蒸氣最大張力爲 F 則 $\frac{f}{F}$ 名曰濕度空氣之溫度低下面水蒸氣適達其最大張力此時之溫度名曰露點露點在冰點以下則成霜

測濕度之法甚多今舉達紐耳之法如下空氣之溫度至露點時其所含之水蒸氣成最大之張力若溫度再下則水蒸氣即液化達紐耳本此理作一濕度表如圖U字形曲管之兩端附以A B 二真空球A球盛愛的兒照前章所說之理此愛的兒必有幾分

第七十圖



化爲蒸氣又A球中納有寒暑表B球外包有麻布愛的兒氣化必奪取他物體之溫度以遂其作用故滴少量之愛的兒于B球外之麻布上使之奪球內之愛的兒蒸氣之熱而氣化因之聚于B球內之蒸氣變爲液體而蒸氣之張力減小故A球內之愛的兒又氣化使空氣生冷故接于A球空氣之水蒸氣凝于其外面纍纍如露視此時A球內寒暑表若干度再視露消失後其溫度若干而取其平均溫度以與此時空氣溫度相比較即與空氣溫度之最大張力比較而得濕度是也如生露之溫度爲二十度空氣之溫度爲二十五度據表二十度之最

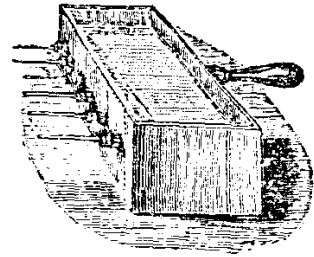
大張力爲一七三九而二五度之最大張力爲二三五五

$$\text{溫度} = \frac{17.39}{23.55}$$

第八章 傳熱

百十一 傳熱 金類所製之棒手持而熱之則熱由所熱之端以達于所持之端而溫度漸漸上升馴至于手不能執故熱可由此部移諸他部所謂傳熱是也傳熱之遲速依物質而異金類等物之善于傳熱者謂之導體木竹毛布等物之不善于傳熱者謂之非導體上所說鐵棒附以木柄或纏以毛布而手執之則雖熾熱其他端而手不甚覺其難受即非導體是以妨熱移動也導體之傳熱亦各有遲速如圖金類所製之函側面附有數管其大小皆相等而物質各異棒之外面各塗以蠟今注沸水于函內

第七一圖



則熱傳于棒而蠟溶解然蠟溶解各距離之遠近即傳熱之速慢故各物質傳熱之度可知又蠟溶解各距離之遠近與物質比熱相關係即比熱小者其傳熱速故蠟之溶解速比熱大者其傳熱緩故蠟之溶解緩

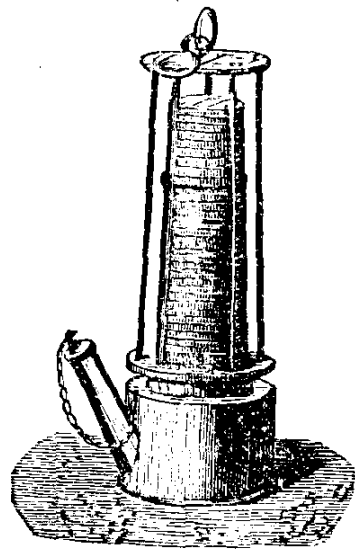
傳熱比率 物質傳熱之遲速可用法測定之試取各物體作厚一纖米突之板使兩面之溫度常差一度定一秒間通過一平方纖米突之熱量為由高溫度流向低溫度之單位可得各物質之傳熱比率今畧舉數種物體之傳熱比率如下

銀	一、〇九六	銅	〇、七二〇
黃金	〇、五八三	黃金	〇、一六四至〇、二八三
鐵	〇、一六六	白金	〇、〇九二

鉛 ○、○八四 花崗石 ○、○〇五

玻璃 ○、○〇〇五

百十二 安全燈 煤礦中常發有沼氣一觸空氣火燄即有爆發之虞故鑛坑中所照之光不用尋常燈而用安全燈以免沼



第七十二圖

氣之爆發如圖覆銅絲罩于燈焰之周圍則尋常燈即成安全燈用此燈時即使觸爆發性之氣體其爆發亦止于罩內以銅絲傳熱發散于空氣故罩內氣體雖遇高溫

度而爆發而罩外之熱無時不為所傳去不克至爆發之高溫故也

常溫度時以手捫金類頗覺其冷此乃金類之傳熱比率頗大故

多量熱由手傳去因而生冷之感覺也而金類之溫度較手大時則手覺其甚熱其理即上說之反若毛布等非導體雖與金類同此溫度而手捫之其感覺不若金類之甚故衣服所用布帛皆爲非導體所以使人身之熱不易傳于空氣而保其固有之溫度也

百十三 對流 凡液体除水銀及金類所溶化者外其傳熱皆甚緩今入試驗管中以水而沈冰塊于其底取火酒灯僅熱試驗管之上部雖至沸騰而冰塊尙未溶解則水傳熱之緩已可想見而此時管下部水之溫度迥異于上部水之溫度亦可知又試以火酒燈熱管之下部則冰易解而水之溫度上下皆同此乃管底之水受熱其密度減小因而浮至上層上層之冷水則沈至下層而受熱後又浮至上層與上層之冷水交換位置即分子上下不已是也此現象名曰對流對流者傳熱與重力兩作用所起之

現象也

百十四 輻射 熱可由一處移至他處以上各節已畧說其理矣而其要不外于對流傳熱二現象顧此二現象外猶有一種現象名曰輻射如太陽之熱能溫地球其間無傳熱之物質以爲之導由彼達此無非直射而來因其理與光同故論理在光學茲不先及

第九章 空氣及海水之運動 水蒸氣之凝結

百十五 風 空氣運動而爲風其源因在太陽即太陽之熱通過空氣而達于地面其溫度最高之處爲赤道離赤道漸遠則溫度漸低而氣候漸冷至兩極則最冷故赤道上之空氣最熱最疎比重最少最易上昇而他處之冷空氣即比重大之空氣則貼

附地面向赤道運動其理與液体之對流無異然熱空氣在赤道昇上時分而爲二一向南極一向北極而與由兩極向赤道進行之冷空氣方向相逆故成來往風又地球向東旋轉其速度以赤道處爲最大故赤道上空氣之速度亦較大因之由高緯度向赤道之來往風在北半球不由北向南而由東北向西南在南半球者不由南向北而由東南向西北又熱空氣在上層所生之風名逆來往風

日中陸地之熱較甚于海面故近海地方當日夕時風每由海向陸夜中則陸地變冷較甚于海面故朝則風之方向由陸向海而每日如是二回謂之陸風海風海陸之溫度相等時則空氣靜止不動謂之颯

百十六 潮流 空氣之運動照上節所說由于溫度之差而

大洋中之海水亦因溫度之差而流動謂之潮流赤道之海水甚熱兩極之海水甚冷故向赤道進行之冷海水常貼附海底向兩極進行之熱海水常浮在海面然水之脹大比率甚小故潮流之速度亦不大又潮流每爲島嶼岬等所阻而變其方向故潮流之方向不如風之一定

百十七 霧露 物体之溫度較空氣中水蒸氣冷則水蒸氣凝于其面而成露晴夜物体之表面生露即此理也物体晝間吸受太陽之熱夜則放出于空氣而溫度低下因之生露故露爲非導體且多生于放熱物体之表面夜間雲密則地球放熱有妨礙而露少又夜間有風則空氣流動而有害于生冷故露亦少空氣中所含有之水蒸氣溫度至露點以下則凝爲細小之水滴此水滴即爲霧因空氣之浮力故霧可浮于空中

百十八 雲 雲亦細小之水滴所集合而成其與霧分別之處或僅以霧在低雲在高而別之雲之所由生其原因甚多一爲空氣膨大之原因乃含水蒸氣之空氣升至高處其壓力減少故容積脹大因之奪取水蒸氣之熱而使之成雲二爲空氣放熱之原因乃下層空氣之熱放出于上層寒冷之空氣其水蒸氣漸變飽和而成雲三爲冷風之原因乃空氣遇冷風則水蒸氣之熱爲所奪去而成雲高山頂甚冷故往往覆有雲即此理也

百十九 雨雪 雨爲雲之細小水滴合爲大滴而成水滴大則地球之引力勝于空氣之浮力因之下落
大氣中之水蒸氣極冷則變成小粒之冰此小粒之冰再相集而結晶即爲雪

第十章 蒸汽機

百二十 蒸汽機 蒸汽機者藉熱之能力以成器械之功用

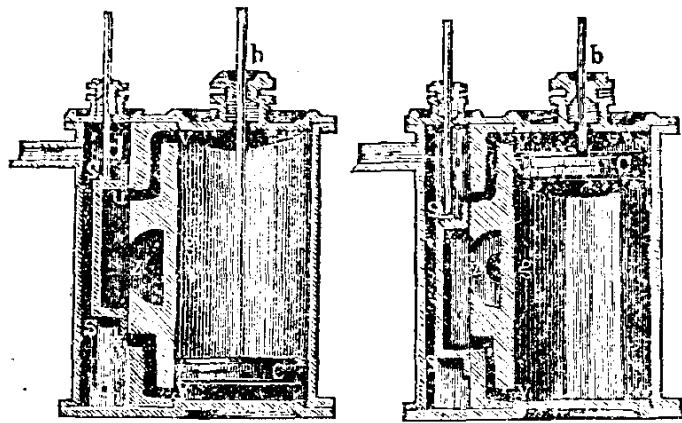


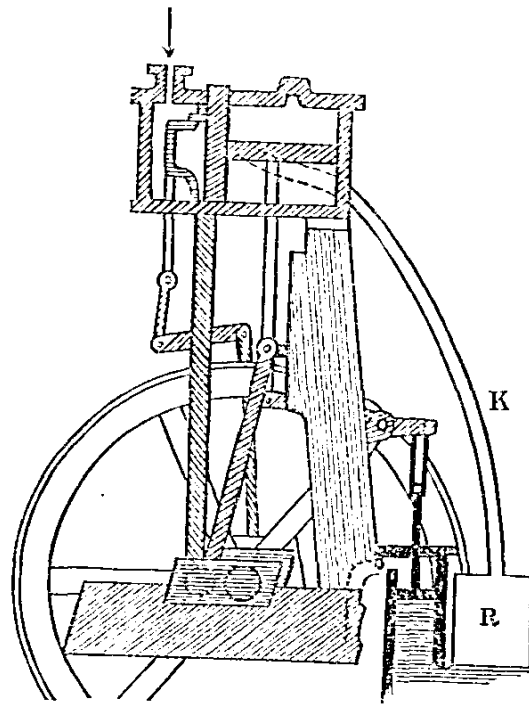
圖 三 十 七 第

也而所由變成之媒則在水蒸氣如圖
為蒸汽機之一種氣釜中圖不載之水蒸
氣引入于C活塞之圓筒G中以上下
活塞而轉車輪成各種功用
始創蒸汽機約在西歷千七百年左右
又經百年有名華達者將從前蒸汽機
大加修改始適于用其修改之最要緊
者為複動機及凝聚器複動機者所以
使活塞進退運動也即活塞上行時則

水蒸氣由下送入圓筒活塞下行時則水蒸氣由上送入圓筒而水蒸氣之由上由下送入運用之妙全在筒內左邊之配分器器中設有滑瓣用以開閉V Y二道當V道開時Y道爲滑瓣所閉圓筒下部之水蒸氣由X通過Z入于K管至R凝聚器變爲水而上部之水蒸器其張力使活塞下行然活塞下行至筒底時Y道開V道又爲滑瓣所閉圓筒上部之水蒸氣又由Z通過K管至R凝聚器變爲水而下部之水蒸氣其張力使活塞上行故V Y二道之開閉無已時活塞之上下亦無已時而活塞柄及滑瓣柄均以多桿聯附于車輪之軸軸動時而二柄適能彼上此下互相因應故複動機之製一出蒸汽機之大要已臻于盡善

凝聚器者所以使圓筒放出之水蒸氣不噴散于空氣中而凝結爲水存于R器中也法于R器之外澆以冷水則水蒸氣遂凝爲

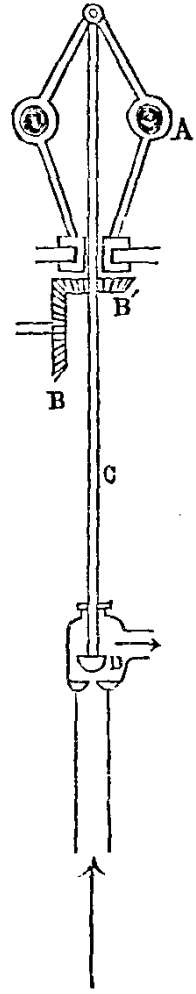
第七十四圖



使生過劇之運動也如圖金類所製之A球繫以蝶鉸而藉B B'二齒車以聯于車輪如活塞運動過劇時則A球之遠心力增大因之C軸下行其下端所附之D球遮斷水蒸氣所行之路使圓筒內水蒸氣張力減小如活塞運動稍緩時則A球旋轉緩而遠心力小因之C軸上引而送多量之水蒸氣于圓筒而運動變速

水因之一邊之張力小而
他邊之張力得盡其用又
凝集器中之水較煖以小
唧筒抽而送入之于釜中
俾略省煤以節費用
此外有節制器所以節制
圓筒內水蒸氣之張力不

第七十五圖



百二十一 氣動機 氣動機者將煤氣及空氣蓄于圓筒中而點火焉使爆發動活塞以成功用而此機無氣釜頗覺簡便今多用之又此機之運動不必活塞而旁均蓄以煤氣及空氣之混合物僅蓄之于一旁已足使活塞運動

第四卷 音學

第一章 音波

百二十二 音之高低 物体振動則生音彈琴者以指撥弦而音生焉指不撥則音不生因絃並未嘗振動故也擊鼓鳴鑼亦然故發音時物体必振動而轉言之物体振動則生音

然音之發也 不同而聽音者即因之不同故有等聲音聞而覺其清朗足使人愉快有等聲音聞而覺其鈍濁足使人厭惡清朗者謂之樂音鈍濁者謂之噪音本章所載者僅樂音之理

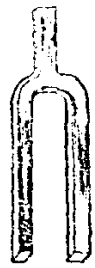
耳聞音而有高低之感者此乃振動之有急速與遲緩故也即振動急者其音銳而高振動緩者其音滯而低據實驗所測凡用絃或薄膜以試音之高低若發音部短而細薄而輕張甚緊者必發

高音長而粗厚而重張不甚緊者必發低音人耳之聽音各人不同其所及聽者大約由每秒振動十六次起至每秒振動三萬六千次爲止比十六次再少三萬六千次再多即非耳所能聽矣

百二十三 人之聲音 氣管之上端爲喉其間有聲線乃人聲音所由出者也聲線爲二重薄膜其振動也音斯發焉而音之高低則由于發音時張薄膜之緊慢女子小兒之音比成年之男人高因其薄膜薄而短振動之數多故也凡男人說話時其發音之振動數約每秒由九十次至百四十次女子說話時約每秒二百七十次至五百五十次

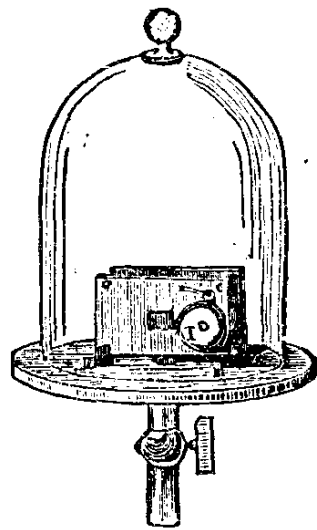
百二十四 音叉 音叉者所以測振動數之器也其形如U

第七十六圖



字常以極純之鋼鐵爲之畧一振動鏗然發音音叉兩臂長時音低兩臂短時音高

百二十五 音之傳達 音爲物体振動所生而無物以傳此振動則吾人仍不能聞尋常傳音之物爲空氣試以實驗明之如



第七十七圖

圖納响鐘于抽氣筒之玻璃罩內而抽去空氣鐘雖擊而分子之振動無物爲之傳播人竟不能聽鐘擊之音響與罩內空氣未經抽去時迥殊即音必藉物以爲傳達也

凡物体皆可傳音如人伏在水中耳之聞音較在空氣中清楚木材土石等物可傳音而絲綿等物不傳音此乃彈性之關係也音之速度 音發于甲處而至乙處必畧費若干時雷電之發也其時同而聞雷遲于見電因音之速度遲于光之速度故也然音之傳播與所傳物体之密度彈性相關係故速度與密度彈性相

關係而固体傳音最速液体次之氣體最慢又彈性及密度與溫度相關係故速度亦由溫度而異空氣當 t 度時其傳音速度約每秒 $330.7 \sqrt{1 + \frac{t}{273}}$ 米突今畧舉數種物体傳音之速度于下

烟	二五九米突	空氣	三三〇、七米突
輕氣	一二六六全	水	一四五三全
銅	四九六七全	鐵	五〇一六全

測空氣傳音之速度法甚多如平野發炮測知炮相離之遠則由見烟以至聞聲其間之時即為聲音行相離之路所費之時故以時除路即得平均速度然此時須四野無風方可又見烟亦畧費若干時第較之間聲所費者甚少不妨徑畧去也

例一 俗云鬼號信有之乎

解 人死後膚肉腐爛故喉中聲線之薄膜亦必腐爛則已無

振動空氣之具矣烏能發聲又烏有所謂鬼號

例二 設有鐵絲甚長以耳聆于一端而令人擊其他端由鐵絲傳到擊聲後費時〇、四秒又由空氣傳到擊聲定此時溫度爲零度問鐵絲長幾何

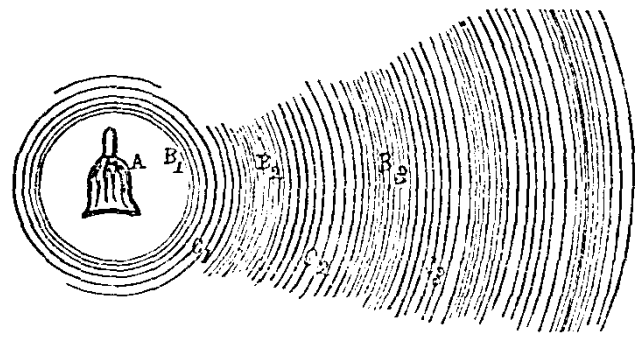
解 定長爲 x 米突則 $\frac{x}{331} - \frac{x}{3016} = 0.4 \quad \therefore x = 142$

百二十六 音之波及 以槌擊鐘則組成此鐘全体之各質點其振動皆有一定周期今于鐘外面任取一質點此點向外動時空氣之與此質點相接近者爲所壓迫而空氣更壓迫接近之空氣向外運動成厚層然若干時後此質點向內動空氣之與此質點相鄰近者甚爲稀薄而向外行之空氣返向內行以補其缺變成薄層即質點向內向外振動一次而空氣必變疎變密一次也空氣變疎變密順次運動傳播向外故傳音之空氣成疎密波

所謂音波是也

如圖 A 爲鐘 B₁ B₂ B₃ 等爲空氣厚層 C₁ C₂ C₃ 等爲空氣薄層厚薄

圖 八 十 七 第



層相間成疎密波故名音波而每一厚薄層即質點之一振動故厚薄層數可以振動次數定之即定鐘之質點每秒振動三百次則空氣必有三百重疎密層也

試定鐘之中心點爲起點一秒時內聲之速

度爲三百三十米突又命波長爲 λ 則

$$\lambda = Vt = \frac{1}{300} V = \frac{330}{300}$$

即波長約一米突多也

百二十七 音之強弱 音入耳時有高低亦有強弱高低由

發音體振動之急速緩慢而殊強弱則因一定時內耳所受能力

之多寡而殊凡振動體之能力與其振幅之二乘成正比故發音體之振幅大則覺其音之強振幅小則覺其音之弱大鼓之音甚低甚然強虫音甚高然甚弱此爲高低與強弱之辨

音之強弱又與發音體之距離相關係空氣中音之強弱與發音體距離之二乘相反比例

音波在空氣中播散其形如球近發音體處面積小遠發音體處面積大而其能力則一定不變即近球面與遠球面之能力恆相等是也凡球面與距離之自乘成正比故強弱與距離自乘相反比例

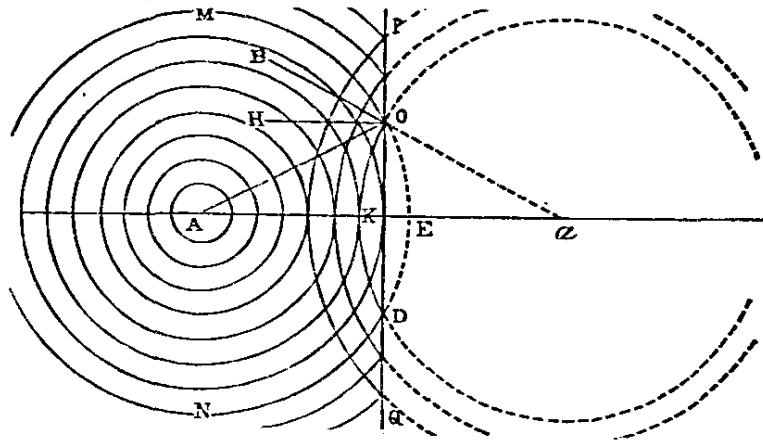
擊長鐵條之一端而音達于他端此時之音乃通過鐵條而傳達者其波不成球形故不能以上法概之凡傳音若此類者其音可達甚遠之處而不致變衰

例一 音叉由皮箱中取出而略振動之其音甚微耳不能聽
若微觸于皮臺上而略振動之其音能入聽何也

解 僅音叉振動則空氣之振動者少若觸于皮臺上則皮臺
亦同時振動而空氣之振動者多故能力增大較易聽見也

百二十八 音之反射 音波在空氣中前進一遇障礙物其
方向頓變而循新方向前進謂之反射如圖A點爲發音體其所
發音波皆以此點爲中心四面播散而前進今遇障礙之平面P
Q則音波由此面反射而反射波之中心點至此面之距離與原
波中心點至此面之距離等即將AK引長之取Ka等于AK
則a爲反射波之中心點也故以a爲中心畫各球形即爲反射
波所成之球形此反射波與水波遇阻面而反射同水波之反射
可見音波之反射雖不易見而以AC之方向前進者遇阻後

第七十九圖



乃以C B之方向反射其理悉與水波同
 試立于B點聞A點之音恍疑自a點來
 也此足爲音波反射之實證矣
 山間大聲呼則耳常聞二聲其第二聲竟
 如由山回應者然名回音此乃音波之反
 射也又大室之內往往有回音因人聲遇
 壁反射故也

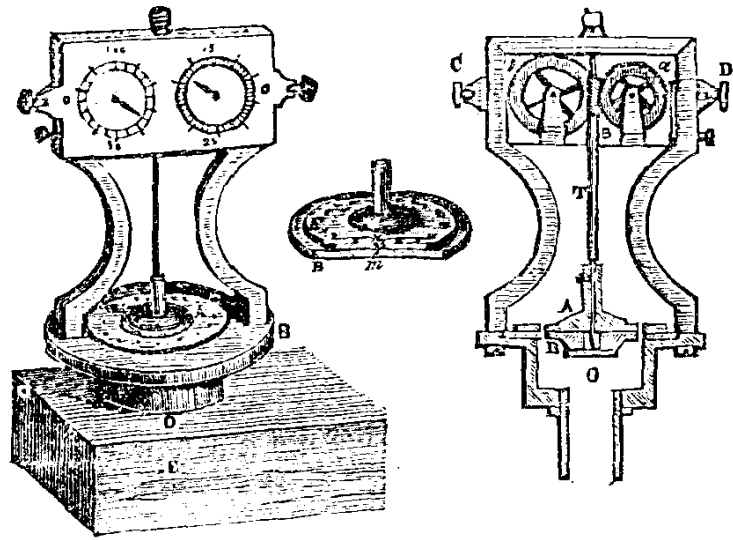
百二十九 音波混疊 二發音体或
 多發音体所生之波在空氣中相遇變合
 成運動名曰音波之混疊而合成後之音
 波名合波生合波之多音波名成分波凡音波混疊之狀一與水
 波混疊之狀同水波混疊而生合成之波音響混疊而生合成之

響向井中發音則由井底反射之音與口所發之音相混疊耳聽之不甚清楚即其例也今舉合波之例如下設如一定時內同方向之二音波一波之密層爲○、○三他波之疎層爲○、○一則合波之密層爲○、○二又如二音波其一速度爲○、○三他速度爲○、○一則同方向時合波之速度爲○、○四反方向時合波之速度爲○、○二成若干度之角度時爲平行四邊形法之合速度今試取二音叉使發等長二音波如二音叉之距亦與波長相等則二音叉所發之音相混疊而音增強如二音叉之距爲波長之半則混疊而音反變弱此乃厚層與厚層遇故增強薄層與厚層遇故變弱也即兩波之振動全相合時則音可強一倍全相反時則音可消失也若一部偶相合一部偶相反則強弱不定

第二章 振動數之測定

百三十 發音體振動數之測定 測音每秒間之振動數法
 常用「賽林」器如圖圓箱之上蓋B開有若干小斜孔B蓋上之A
 板亦照數開有小斜孔與B蓋各孔可以適合而斜左斜右不同
 今風自風箱E送入圓箱O則風常欲由B蓋之小斜孔透出而
 吹動A板A板小斜孔與B蓋小斜孔適合時則風吹出空氣生
 厚層不適合時則風被抑空氣反動而成薄層故孔一開閉空氣
 生一次厚薄層而A板迴轉速則振動速而音高迴轉緩則振動
 緩而音低
 試命小斜孔之數為 n 一秒間之迴轉數為 m 每迴轉一周則空
 氣生 n 次振動故一秒間空氣之振動數為 m 乘 n 之積

第 八 十 圖



音叉或鐘等物体之振動可用法
 畫出之法于振動体之端附以針
 其針尖觸于煤燠紙所捲之圓筒
 上圓筒迴轉則T之振動數即畫
 在煤燠紙面其凹凸可數而知故
 每秒振動數可知

百三十一 留音器 留音器

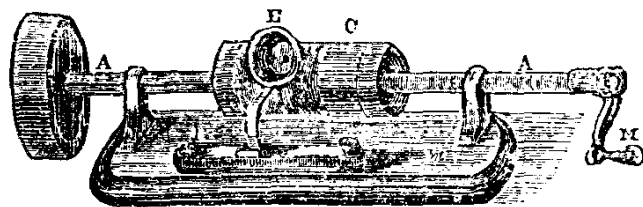
者美國人愛達生應用上節之理
 所製者也如圖A為螺旋M為柄
 C為附于螺旋之圓筒筒外捲以
 錫箔或塗以蠟E為喇叭喇叭底
 附以薄膜薄膜附以針針尖觸
 接于圓筒面之錫箔或蠟上人向
 喇叭發音則薄膜振動而針亦

振動此振動爲廻轉之圓筒所記而印迹于蠟或錫箔上其深淺因音之強弱而異故將音記畢後再取此筒套于A螺旋上旋之則針應從前所畫之迹而振動而人自喇叭聽之覺前所說之音字字從喇叭流出

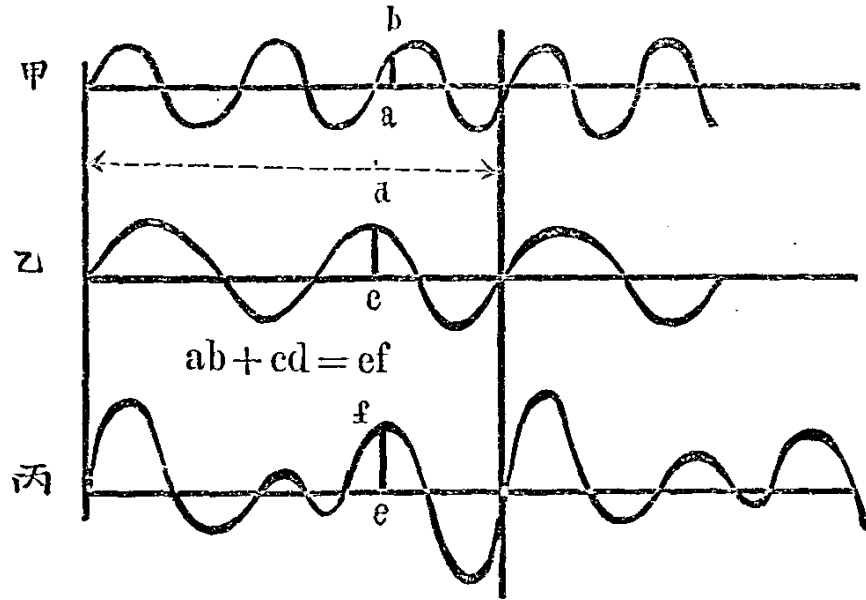
第三章 音調

百三十二 諧和音 二種音或二以上多數音同時合發其振動數之比名曰音調凡發多音比單音常增強而聽者視多音相合之關係有悅耳不悅耳之別悅耳者謂之諧和音不悅耳者謂之非諧和音諧和音之振動數之比極爲簡易如二音之比爲一比二則其音必極諧和即此音

第 八 十 一 圖



圖二十八第



是其理可說明之如下試定一音之振動數為每秒二百次他音

之振動數為彼音振動數之倍
則音之高低雖不同而其音之
諧和則一也

而音振動數之比為一比二時
則兩音為差一級故任取一振
動數之音為原音而振動數加
倍之音為尾音中間又入以六
音調名曰音調全級今列之如
下

$$\frac{1}{8} \quad \frac{2}{4} \quad \frac{3}{4} \quad \frac{3}{2} \quad \frac{5}{3} \quad \frac{15}{8} \quad 2$$

二音相諧和時音調何以必若

之振動數爲每秒三百次則空氣之厚薄亦各爲三百層及二百層而因二者相混疊之故空氣之厚薄層或相佐助或相抵消今試以空氣之厚層當波峯空氣之疎層當波谷則甲乙二圖可表二發音体所發之音波丙圖可表二者之合波而耳所聞者爲合波故悅耳不悅耳視乎合波之關係今丙圖之波峯波谷高下雖異而間三波後其高下相應而循環有一定規矩故悅耳若振動數之比甚爲複雜則合波之峯谷不能照此一定之規矩故覺其不悅耳也

百三十三

鞞鞞

音響混疊時頗極奇妙即振動數略相等

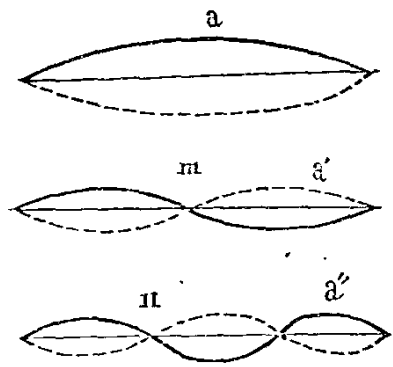
之兩音其合音忽強忽弱足令聞者恍漾名曰鞞鞞如聽梵鐘時縹渺斷續別饒餘韻是也其故因兩音幾同音調則兩音甚諧和而相佐助然周期略有微差故亦有時相銷失佐助時音增強以

置一音叉于臺箱前以口向臺箱使發適當之音則音叉每自鳴即應節之驗也此理因物體振動時其振動傳于空氣而生厚薄層之音波音波遇發音體則發音體遂爲所振動而與原發音體之振動數相等第屢爲空氣所振動之後其振幅漸大故音遂漸漸變強而原發音體雖止不鳴音尙從應節之發音體流出

第四章 絃棒等振動

百三十五 絃之橫振動 張絲于琴而彈之可使絲全部振動或分爲數部振動全部振動須彈于絃之中點分數部振動須將指抑絃長二分之一或三分之一或三分之一 m n 等點而彈所抑部之中點彈後將所抑之指放開則全絃即照抑時所分部數振動絃分數部振動時則絃成波形而各部分界之點常靜止不動此

圖三十八第



點名勾節勾節與勾節之中點即振幅最大之點名勾腹如圖 m n 等點即勾節 a a' a'' 等點即勾腹是也

絃之振動甚速故目視之若不成波形試持麻繩之一端而繫他端于固定之環上

而搖之則麻繩或全体振動或分數部振動其形如波可視見其勾節及勾腹

凡絃全体振動時其音必最低名爲原音若分爲數部振動則其音高即分爲 n 部振動其音比原音高 n 級也而渾稱之曰倍音原音之高低有種種關係一與絃長及絃橫切面之直徑相反比例二與張絃之力之平方根成正比例三與絃之密度平方根相反比例每一纖米突質量 m 葛蘭之絃而取 l 纖米突以 P 功力

張之其所發音每秒之振動數為 n 次得下式

$$n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{P}{m}}$$

例一 直徑〇、八咪里米突之銀線與直徑一、二咪里米突黃

銅綫以等力張之而發等音問二綫之長之比若何銀之比
重為一〇、五黃銅之比重為八、五

解 將 $n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{P}{m}}$ 式變之得 $l = \frac{1}{2n} \sqrt{\frac{P}{m}}$ 故定銀

綫之長為 l 黃銅綫之長為 l'

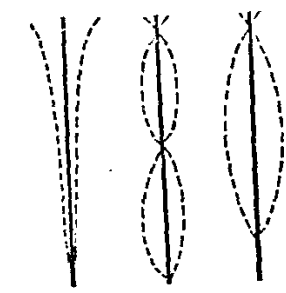
$$\begin{aligned} \therefore l : l' &= \frac{1}{\sqrt{m}} : \frac{1}{\sqrt{m'}} = \sqrt{m'} : \sqrt{m} \\ &= \sqrt{1.9^2 \times 8.5} : \sqrt{0.8^2 \times 10.5} = 1.35 : 1.00 \end{aligned}$$

百三十六 絃之縱振動 照上節所言則絃各質點之振動

與絃長相直角故成橫波取革塗以松脂順絃擦之則各質點順
絃而振動絃之各部或疎或密即成縱振動

百三十七 棒之振動 棒之振動畧與絃之振動同可以成

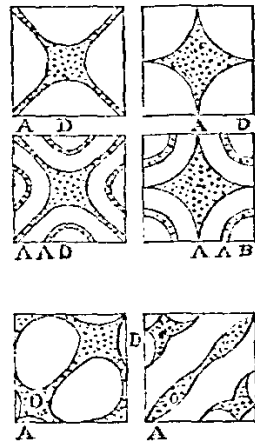
圖四十八第



橫振動及縱振動如圖即所以示棒之橫振動也然此不過其約畧而已如取截面矩形之棒則廣邊之振動漫狹邊之振動速故將此等棒斜彈之可成種種曲綫

百三十八 板之振動 玻璃板或金類所製之板固定其一

圖五十八第



點以胡弓絃擦于邊而振動之則板有數處振動數處不振動其不振動各質點之軌迹名曰節綫試撒板上以細砂則細砂之在節綫上者必不變其位置

故此法可將板之各點固定之而使成種種節綫之圖

右上四圖為將平方板中點固定之而手捺于A點以胡弓絃擦B點之節綫下二圖則固定點在O其A D所表者與上四圖

同

百三十九

鐘之振動

叩鐘時其振動常成四節綫或六節

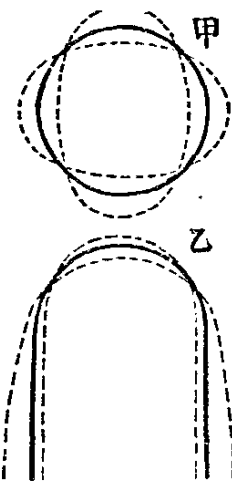
綫而一部向內振動則相鄰之部向外

振動欲試鐘振動之節綫若何試取玻

璃小鐘入以水而取胡弓絃擦之則紋

現于水面而節綫可見甲圖表鐘橫斷

第八十六圖



面時之節綫乙圖表鐘縱斷面時之節綫

百四十

空氣柱之振動

吹簫笛等物時其音所自出在于

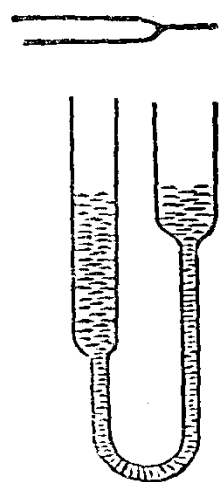
管中空氣之振動而此振動乃覆于管口之唇吹氣入之使然也

所吹之氣甚為激急而管中空氣柱則于所及應節者相與應節

而鳴故竹管可發音

空氣柱之應節可照下法試驗之試盛玻璃圓筒以水而以象皮

第八十七圖



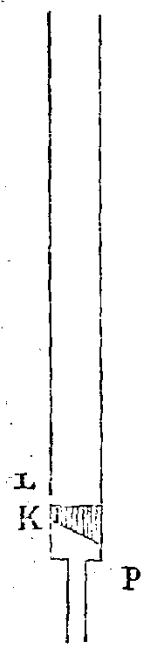
管聯諸盛水之他器將他器舉高之令水面適平玻璃管之上口然後取音叉向玻璃管微振動之其音約畧不甚清晰今將他器舉下之則玻璃

管中之水面下行下行至一位置而音忽然變強聽之甚清晰若水面再下行則音又變弱此強弱乃空氣應節使然也

音叉之臺箱即係此理製此器時使箱之大小得當故箱內空氣可與音叉應節而音較清晰

空氣柱振動與絃及棒之縱振動甚相似今試即風琴管以明其

第八十八圖



理如圖氣由管之P端送入經K之細狹孔而激動L之薄鏢生疎密波然吹氣緩則原音與

倍音同發吹氣急則只發倍音不發原音

風琴管有二種一上端閉者一上端開者閉者發原音時則管之上端爲勾節下端爲勾腹試命振動次數爲 n 管長爲 l 音之速度爲 v 則
$$n = \frac{4l}{\lambda}$$

而所發之倍音常爲奇倍數即常爲原音之三、五、七等倍數是也

第八十九圖



振動之勾節勾腹可用法試驗之取細粉入諸管中則吹管後

可自成節綫之軌迹如圖所示者是也

上端開者則管之兩端爲勾腹而中點爲勾節其振動數之式爲

$$n = \frac{2l}{\lambda}$$

而所發倍音爲一、二、三、四、五等倍數

中國之樂器多通用簧喇叭笙笛等多藉此以發音其製爲一極

薄之金類小片或他物所作之薄片振動時使空氣柱應節而因
以發音

第五卷 光學

第一章 總論

百四十一 光體 光爲何物耶徵究甚難第據吾人尋常所感察者以爲言凡物體之可得見者必由物體之光送入于吾人之目而目乃知其有是物體本此則凡眼所及見之物體皆可謂之光體而太陽恆星螢火電氣灯等能自發光者謂之自光體木石等物受所照之光而不自發光者謂之借光體借光體之能通過光者名透光體不通過者名不透光體畧通過者名半透光體

百四十二 光之傳播 今之論光者皆以爲光所由至藉一種以脫氣波動而來其傳播于各方向之路常沿直綫進行名曰光綫試驗光綫之爲直綫與否取燭火置于一處令與目相對中

間隔以一不透光物体則眼即不受光以光綫之路爲不透光物体所遮斷光不能向直綫進行故也又試以煙煤塗紙使不透光而開一小孔隔紙于目與灯之間如灯與小孔及目之位置在一直綫上則目可望見灯光

光体所發之光綫極多如無隔礙之物則不論在光体之前後左右上下皆可望見光体故光之進行爲一直綫而四面八方傳播名曰輻射輻射之綫名輻射綫

視物体時光綫之至眼者不僅一光綫其數頗多此多數之光綫名曰束綫束綫有三一平行束綫一收束綫一放束綫光由一點發出則物体所受束綫爲以光爲頂點物体表面爲底之錐形即放束綫是也

于壁上穿一小孔則光体之影由此孔映出者常成倒影其故因

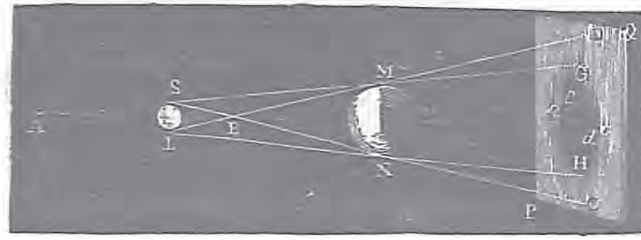
物體所發之光綫皆通過此孔而直綫進行故一過此孔則影之位置與物體之位置相反而成倒影燭燃時以不透光紙隔燭及壁如用錐穿紙成小孔則壁上燭焰之影恆倒即此理也

百四十三 全陰影及半陰影 光常由直綫進行故遇不透

光體時則此物體之背即無光而背部常暗此暗部之影名曰全陰影試以圖明之一點 S 所發之光綫遇 MN 不透光體則由 S 點引無數切綫至此體而成一錐體錐體內面受 S 點之光故明其背部不受 S 點之光生全陰影

然光體之光不爲一點如燭及燈等光皆爲無數光點所集合而成又如太陽之體積遠大于地球故光體甚大而其所發之光遇不透光體時能生二種影何則 S 、 L 光體所發之光遇 MN 不透光體則由光體引至此體之切綫不僅出于一點故此時切綫若

圖 十 九 第

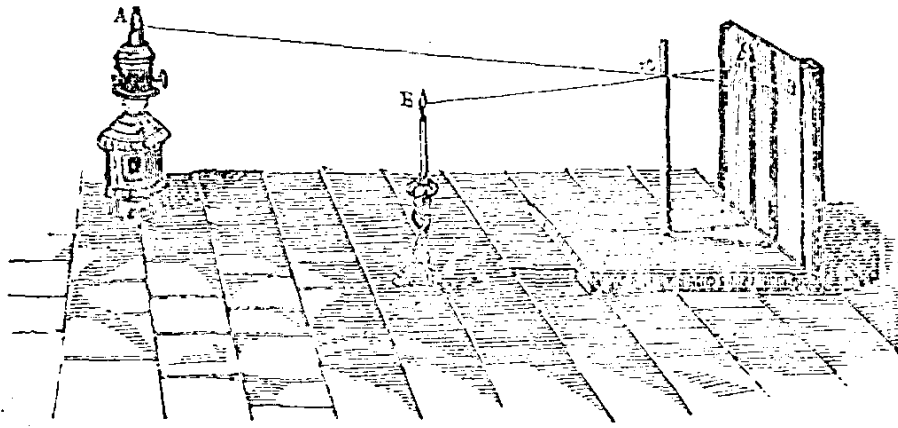


S M G L N H 等外切綫所包圍之背部成全
陰影即 G c H d 部成黑影毫不受光是也再
引 S N C 及 L M D 等內切綫則不透光體之
背後又生 C N H 及 G M D 影而較淡名曰半
陰影

上圖可以明日食月食之理月與地球皆為不
透光體 S L 為太陽 M N 為月 P Q 為地球則
日食自全陰影中望之為日食既自半陰影中
望之為環食又 S L 為日 M N 為地球 P Q 為
月則月食即地球之全陰影及半陰影遮月也

第二章
光度

第 九 十 一 圖



百四十四

光之強弱

自光體名光源由光源所發之光射

百九十

于一平面上則光之強弱與光源至此面
距離之自乘相反比例何則試以光源為
頂點平面為底作錐體則距離愈遠錐體
之底面愈大故同面積在兩處受光強弱
之比為照距離所作相似形之錐體底面
之反比即距離之反比是也量受光強弱
之器名光度表
如圖立不透光之 m 圓柱于臺上其旁立
以直板 AB 二光源之光照于板面如 A
光至 b 影比 B 光至 a 影遠一倍而兩半
陰影其暗相等則二光度必為四與一之

比也故命 B 光爲一燭則 A 光爲四燭

電氣燈十六燭五十燭因吾人取蠟燭以與他光相比較而測定其強弱故有是稱即定蠟燭爲標準光也

例一 九燭力之電氣燈與標準光相距十八米突問置物于何處則所受之光其明相等

解 定離電氣燈之遠爲 x 米突則離標準光必爲 $18 - x$ 米突而光之強弱爲距離自乘之反比故

$$\frac{9}{(18-x)^2} = \frac{1}{x^2} \quad \text{得} \quad x = 27 \quad \text{或} \quad 13.50$$

例題

一 設如洋燈之光比蠟燭強二倍半今洋燈離物之遠爲四米突而物所受于洋燈及蠟燭之光其明相等問兩光之距離若干

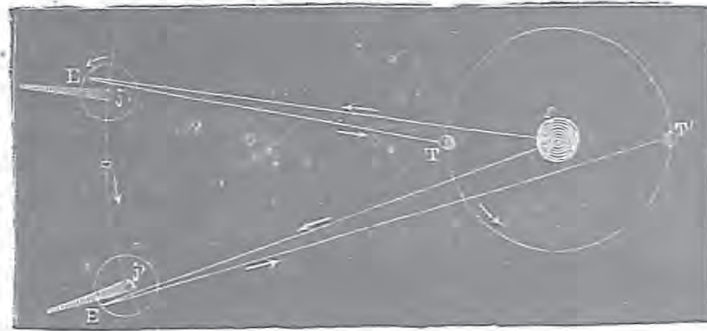
二 設有煤氣燈之光及標準燭光照于一平面其明相等煤氣燈離平面三米突燭離平面五米突問煤氣燈之燭力若干

第三章 光之速度

百四十五 羅美爾之法 光之傳播亦畧費若干時然光之速度極大故測定之法甚難羅美爾由木星旁之衛星測得光之速度約每秒三〇八〇〇〇基米突其法如下

如圖 S 爲太陽 T 爲地球 j 爲木星 W 爲木星之第一衛星地球在 T 處時 j T S 幾同在一直綫上 W 之衛星漸次爲木星之影所蔽其理與月食同即此時木星之衛星食也將始食至食既之時刻測定之而地球在他處時測得木星衛星由始食以至食既

圖 二 十 九 第



所費時刻增于前夫木星繞日之軌道大于地球其繞軌道一周亦甚遲于地球故地球行軌道之半而至T'處木星則僅至了處故地球離木星較遠路既遠于前則等速度前進之光其行路之時亦必費于前此時刻所以增也而時刻之差最多可增至十六分二六六秒定地球軌道之直徑爲三億基米突則以時除路得速度每秒約三〇八〇〇〇基米突

例一 視樵夫伐木時先見其動斧而

後聞伐木聲雷時先見電而後聞雷音何也

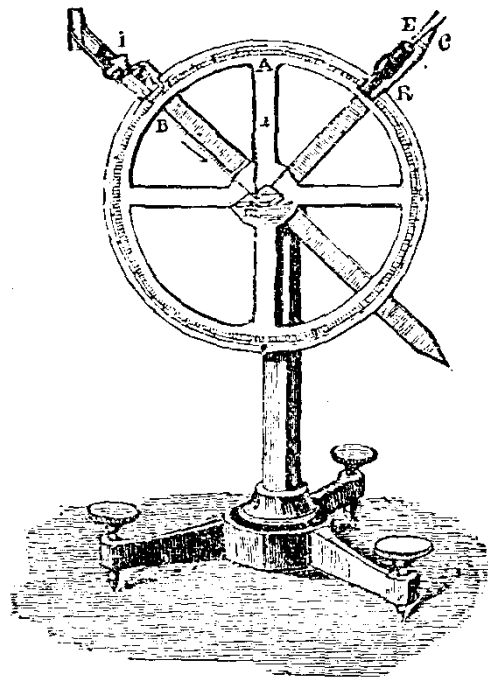
解 光之速度較音之速度大故先見後聞

第四章 光之反射

百四十六 反射之法 光照于物体上其光線忽變方向名曰反射如物体之面甚粗糙則反射之光無一定之方向而擴散于四方名曰散光吾人能認辨物体即此散光入目而生物体之感覺故也

壁孔通入之太陽光斜以鏡當之則有光自鏡面反射至對面壁上可望而見以盃盛水當之亦然即光反射之明證也測光反射之器如圖刻有度數之大圓輪可使之繞水平心軸迴轉輪後有 B R 兩柄同附于輪之心軸亦可任意旋轉輪前面照水平位置裝一 m 小鏡而 B R 兩柄附有 i c 兩管試令光線從 i 管通入射至 m 鏡則人眼在 c 管口覺有光從 m 鏡至目又取鏡當于

圖 三 十 九 第



之點引一垂直之法線 $a m$ 若 $a m c$ 角與 $a m i$ 相等則人目適望見光而 $m i$ 名投射綫 $m c$ 名反射綫 $a m i$ 角名投射角 $a m c$ 角名反射角光線投射于 m 鏡之點名投射點光所由反射之面名反射面今舉要如下

一 投射綫法綫反射綫三者必在同一平面上

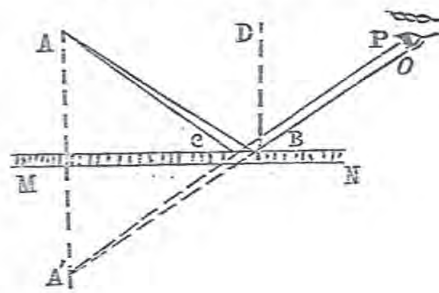
c 管之口即見光映在鏡上此乃光由 m 鏡反射也然將 R 柄略移上或略移下目在 c 管之口即不見有光故欲由 c 管望見光則 c 管自有一定位置據試驗所及由投射于 m 鏡

一 投射角與反射角相等

百四十七 影 置物体于鏡前則鏡後有物体之像名曰影

此理可說明之如下

圖 四 十 九 第



二綫同在一平面上即 AMB 同在投射反綫
 二綫之平面上也將 AMB 引長之令會

如圖 A 爲物体其光射于 MN 之平面鏡上
 成 A B A C 等投射線而反射之後則 A B
 變成 B O 據上節所說 A B D 角必等于 D
 B O 角又 D B、A B、B
 O 三綫同在一平面上
 故由 A 引至 MN 面之
 垂綫亦必與投射反射

圖 五 十 九 第

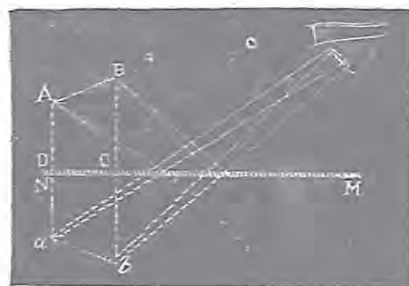
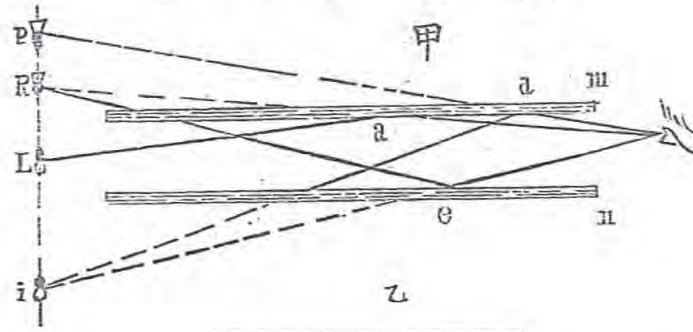
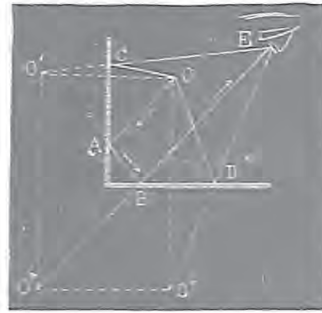


圖 六 十 九 第



于一點 A' 則三角形 $A'MB$ 與三角形 $A'MB$ 為全等形故 $M \cdot A$

與 $A'M$ 相等而 PC 引長之亦與 AM 引長線遇于 A' 點即衆反射線引長之皆與 AM 引長線遇于 A' 點也據此光收聚于 A' 點可知而自人觀之恰如光皆發自 A' 點故為 A 之影



上所說之物体僅為一點今試取細長之物体置之平面鏡前 A 點所發之光照上所說恰如由 a 點發 B 點光恰如由 b 點發 A 中間任意點光恰如由 a, b 中間相當點發故生 a, b 影

置 L 于平行之兩平面鏡 m n 中間則由 m 鏡 a 點生第一影 R 由 n 鏡 e 點生第二影 i 又由 m 鏡 d 點生第三影 P 因之二平面可生出無數影然每反射一次則光失去幾分故影至鏡之距離愈遠則愈模糊以愈遠之影其反射之次數必愈多也

乙圖之二平面鏡成直角置物體于二鏡中間之 O 點則由 C 點反射至眼得 O' 影由 D 點反射至眼得 O'' 影而 O' 影又由 B 點反射至眼得 O''' 影

甲圖所生之影其數雖無限然因愈遠影愈暗之故其數仍有限而各影纍纍若貫珠皆同在一直綫上甚爲奇妙

例題

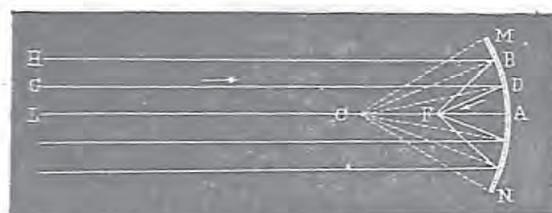
- 一 人離平面鏡六米突右置一燭燭離人二·八米突離鏡三米突問人與影之距若干

二 二平面鏡成六十度角置物体于角度之三分之一處則
在兩鏡後三影至鏡之距可即以角度表之又兩鏡之第三
影實合爲一影試證明之

第五章 球面鏡

百四十八 球面凹鏡 球面凹鏡者取球面截部之凹面以
爲反射面者也球之半徑謂爲鏡之曲率半徑其中心謂爲鏡之
曲率中心此凹鏡之邊常成一圓圈由邊至等距離之點名頂點
頂點與曲率中心聯之名正軸如圖 C 爲曲率中心 A 爲頂點 C
A 爲正軸平行于正軸之光線 H B 投射于此鏡面其反射線爲
B F 則 F B C 角必等于 C B H 角而 C A 與 H B 相平行故 C
B F 角與 F C B 角相等因之 B F 與 C F 相等如 B A 弧比之

圖七十九第



半徑 CA 其數甚小則 AF 可視為等于 BF 故 AF 與 CF 等即 F 可徑定為在 AC 之中點也據此凡平行于正軸之光線皆會于 F 點可知而 F 點名曰正焦點 F 至頂點之距離名焦點距離

置物體于凹鏡之前而生影與平面鏡無異今將此理說明之如下

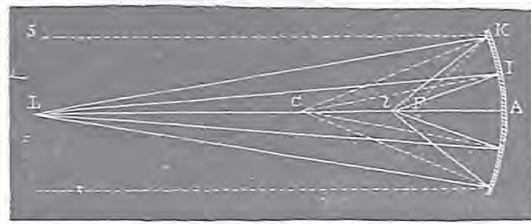
于正軸上取一點 L 欲使所生之影在此軸之 b 點可假定 L 為光源所在之點作一投射綫 LI 又作反射線

I 則 CI 角必與 CI 角等故可得比例

$$\frac{CI}{LI} = \frac{CI}{LI}$$

今命 AL 為 P 、 A 為 P' 、 AC 之球面半徑為 r 則

圖 八 十 九 第



$$\frac{IL}{IL} = \frac{P-r}{r-P'}$$

而 A I 甚小時則 A I 可視為等于 I I, A I 可視為等于 I L 故 $\frac{P}{P'} = \frac{P-r}{r-P'}$

即 $P-r-P' = P' - P'r$

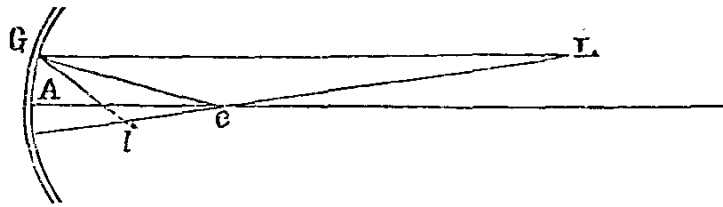
以 $PP'r$ 除之得 $\frac{1}{P} + \frac{1}{P'} = \frac{2}{r}$

據上式則發散之光線皆可聚于一點 I 而反之則由 I 點發散之無數光線亦必可聚于

一點 I 也 I, I 兩點稱曰對待焦點

若光源不在正軸 C A 上則影不映于正軸而映于副軸 I C L 其理悉與在正軸上者同而 I, I 二點亦名曰對待焦點光源在 I 點欲求其對待焦點先與正軸平行設一投射綫 L G 其反射

第九十圖



綫必通過正焦點又將 C L 聯之得副軸反射綫與副軸遇于 l 點即影映于 l 點也故 L 與 l 爲對待焦點

公式 $\frac{1}{P} + \frac{1}{P'} = \frac{2}{r}$ 可以表明影所在位置之

關係今說明之如下試定距離在由 A 之右旁爲正左旁爲負而上式可改寫作

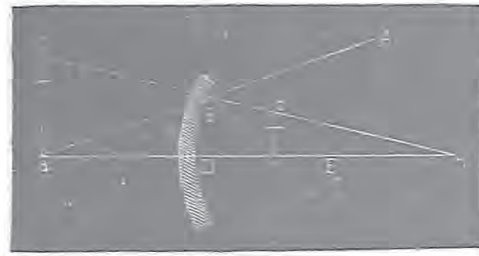
$$\frac{1}{P'} = \frac{2}{r} - \frac{1}{P} = \frac{2P - r}{rP}$$

$$\therefore P' = \frac{rP}{2P - r} = \frac{r}{2 - \frac{r}{P}}$$

$$\therefore P = \frac{r}{2} \quad \text{則} \quad P' = \infty$$

即反射線不聚于一點而各相平行故 P' 爲無窮遠也反言之即光源在無窮遠其正焦點離頂點之遠必爲 $\frac{r}{2}$ 也

第 百 圖

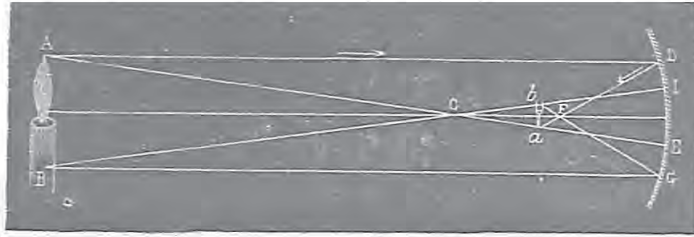


上式之 P P' 兩距離互相因應即 P 較大時 P' 必較小 P 較小時 P' 必較大如 P 為 r 則 P' 亦為 r 此時光源與影同在一位置而對待焦點合為一點

如 P 較 $\frac{r}{2}$ 小則 P' 為負數此時反射綫不會于一點而其延長綫則悉會于鏡之背後在 A 左旁故為負又 P 為零則 P' 亦為零反射綫聚于一點所生之影名實影反射綫不聚于一點而其延長綫聚于一點所生之影名虛影如 a' b' 為 a b 為虛影也凡虛影時 P 必小於 $\frac{r}{2}$ 實影恆倒立虛影恆正立

百四十九 影之大小 影之大小可本相似三角形之理而知如圖 c a b 及 c A B 兩三角形為相似形故

圖 一 百 第



$$\frac{ab}{AB} = \frac{aC}{AC}$$

命 A E 爲 P, a E 爲 P', C E 爲 r 則

$$\frac{ab}{AB} = \frac{r - P'}{P - r}$$

而
$$P' = \frac{rP}{2P - r}$$

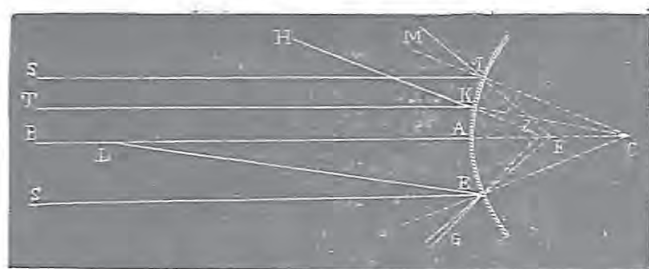
故
$$ab = \frac{r}{2P - r} AB$$

物体至鏡之距離可知即影之大小可知上圖爲真影之圖虛影視上節之第一百圖

百五十 球面凸鏡 球面凸鏡者取球面截部之凸面以爲

反射面者也其正軸頂點各名稱悉與凹鏡同

圖 二 百 第



其反射綫不能相平行也欲使反射綫皆平行宜用拋物綫面之鏡爲反射面凡光線皆平行時則光力能及于遠

凸鏡即凹鏡之反故理悉與凹鏡同今更說明之如下試作平行于正軸之各投射綫則各反射綫之延長綫皆會于F點因之F爲虛焦點而對待焦點之關係變凹鏡時所用公式之P爲負即得故此處公式爲

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

觀上式可知P之長短由無窮遠以至于零則P'之長短爲由 $\frac{r}{2}$ 以至于零

以上所論凹凸鏡之反射面必比諸球之全面其數極小始爲合理若用球面一大部則反射綫不能聚于一點反言之即光源在正焦點時

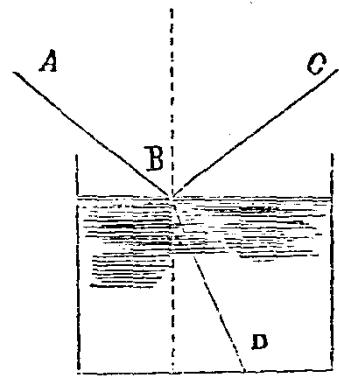
例題

- 一 半徑三三四米突之球面凹鏡其正焦點離頂點之遠若干又一點物体在鏡前二十米突則所生之影其位置當在何處
- 二 上題影之位置在鏡前五米突則物体當在何處
- 三 洋燈之後面置一逼光鏡則前面之光較增其理安在又逼光鏡宜用何種曲面試詳言之

第六章 折光

百五十一 折光 光線所通過之物体名曰光媒光媒中之光線恆成直線然二光媒之密度不同時光由此光媒入他光媒如光線非垂直于他光媒之面恆于二光媒之界限面變其方向

第三百三圖



然後以直線前進名曰折光折光恆與光之反射相伴試于暗室壁孔所透之太陽光 A B 斜以盆水當之則生反射綫 B C 又生折光 B D 折光之光綫名屈折綫凡屈折綫及反射綫之光皆弱于投射綫

由投射點 B 引一垂直之法線此法線與投射綫所成之角名投射角與屈折綫所成之角名屈折角屈折角與投射角之差名曰折差角今舉要如下

一 投射綫屈折綫法綫三者同在一平面上而投射綫與屈折綫則在法綫之兩側

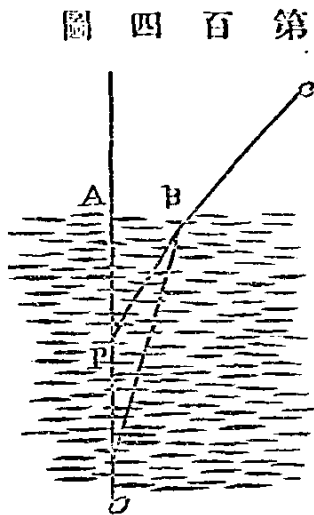
二 二光媒中之投射角與屈折角其正弦之比恆有一定之數名曰屈折比率

第二條所言屈折比率試將投射角命爲 i 屈折角命爲 r 屈折比率命爲 n 則

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

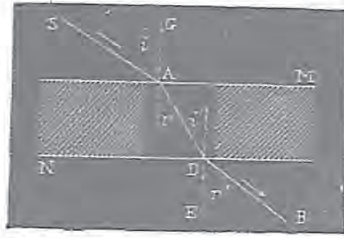
凡光媒對真空之屈折比率名極限屈折比率今舉二三物体之極限屈折比率于下

水	一、三三五八	火酒	一、三七四〇
泰來便油	一、四七八三	克蘭玻璃	一、五六三一
傅林玻璃	一、六四〇五	硫化炭	一、六七八〇
金剛石	二、七五五〇	空氣	一、〇〇〇三



人立于河濱時視河底每較淺于河之真深此乃折光之理使然也今試定 O 爲河底之石引 $O A$ 法綫于法綫之旁引 $O B$ 綫又引 $B C$ 綫將 $C B$ 綫引長

第 百 五 圖



第六章 折光

之與法線交于 T 點則 A T B 爲投射角 A O B 爲屈折角定屈折比率爲 n 則
$$n = \frac{\sin A T B}{\sin A O B} = \frac{O B}{T B}$$
 定法線與 B T 甚相接近可以 A T 代 B T 故

$$O A = n T A$$

據此則眞深爲以比率乘所見之深可知而水之屈折比率爲三分之四故所見之深約爲眞深之四分之三

百五十二 累折 透光物體之兩面相平行空氣中光線投

射于其上而屈折而入于物體離法線較近此屈折綫至物體下面又屈折而放出于空氣離法線較遠據實驗所得投射于上面之光線 S A 與放出于下面之光線 D B 恆相平行今試定第一次之投射角爲 i 屈折角爲 r 第三次

之投射角爲 i' 屈折角爲 r' 物体與空氣之屈折比率爲 n 則

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n \quad \frac{\sin i'}{\sin r'} = \frac{1}{n}$$

據以上二式上面之投射線與下面之放出線其理固不能不平

行何則

$$\frac{\sin i'}{\sin r} \times \frac{\sin i'}{\sin r'} = n \times \frac{1}{n} = 1$$

照三角定理則

$$\sin i' = \sin r \quad \therefore \sin i = \sin r'$$

故 S A 必平行于 D B

照此理則二次以上之折光其最先空氣中之投射線與最後空氣中之放出綫必相平行試令光線由空氣投射于水復由水投射于玻璃此後又放出之于空氣如各界限面相平行時則最先之投射線平行于最後之放出線亦可知

百五十三

全反射

光由密度小之物体投射于密度大之物体則生反射屈折二者若由密度大之物体投射于密度小之

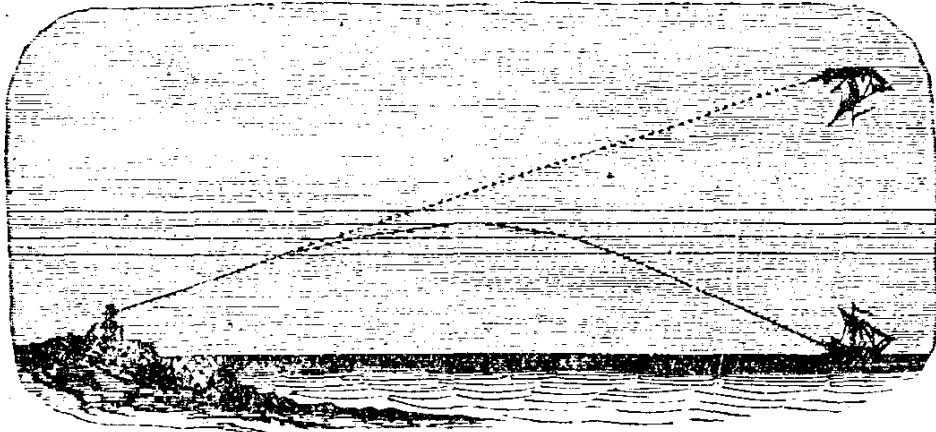
物体則視投射角之若何有能屈折不能屈折之別以公式

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

若 r 大于 i 則 n 必小于一 i 角未至九十度 r 角已至九十度不能屈折而光線由界限面反射復入于原物体中故也此反射名曰全反射全反射時屈折角必踰九十度故屈折角九十度時之投射角名滿限角

百五十四 蜃樓 航海之人往往見遠山及船舶等倒挂空中名曰蜃樓此乃光綫全反射所生也空氣上層之密度較小于下層之密度故船舶等所發光線由密度大之下層向密度小之上層屈折而密度之小也層累而上故屈折角亦層大一層投射角至滿限角後則投射線再不能向上層密度小之空氣屈折遂全反射而向下層故光線成曲線以入于人目因之人目可見船舶倒挂于空中實則空中何嘗有船舶等物不過其影映出于空

第 百 六 圖



中而倒挂也然非海水極穩靜海上空
氣整然成層則此倒影無由見

例題

一 屈折之滿限角爲三十度問此
物体之屈折比率若干

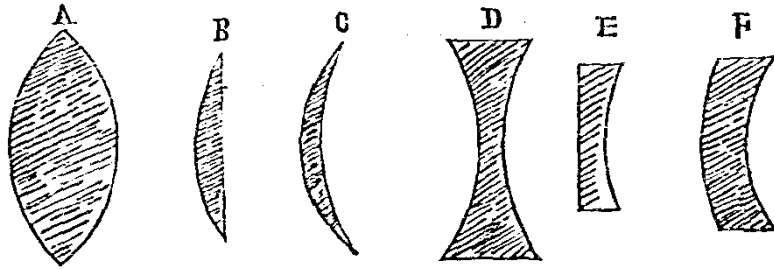
二 光由空氣入水中其屈折比率
爲三分之四由空氣入玻璃中其
屈折比率爲二分之三問由水入
玻璃中其屈折比率若干

三 光由空氣入油其屈折比率爲

一、四八問由水入油其屈折比率
若干

第七章 靈視

圖 七 百 第

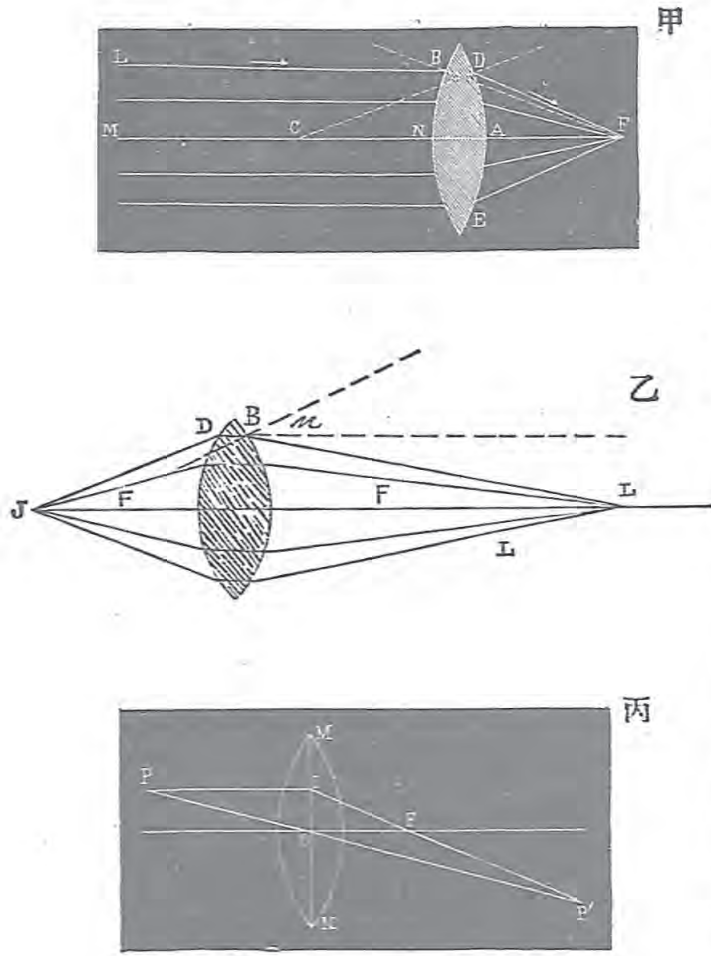


第七章 靈視

百五十五 靈視 靈視為一種透光體所作之器常以玻璃作之分二類如 A B C 等式中部最厚緣最薄名為凸靈視如 D E F 等式中部最薄緣最厚名為凹靈視凸靈視又分三類 A 名兩凸靈視 B 名平凸靈視 C 名凸美尼司格凹靈視亦分三類 D 名兩凹靈視 E 名平凹靈視 F 名凹美尼司格凡靈視二球面中心相聯之直綫名曰正軸

百五十六 凸靈視 平行于凸靈視正軸之光線投射于靈視生屈折線而屈折線又屈

第 百 八 圖

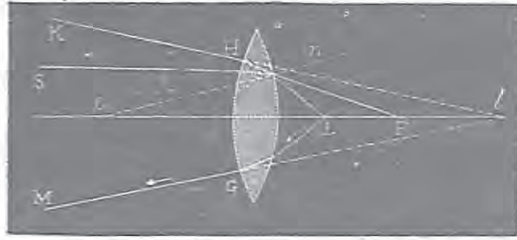


折而聚于 F 點如圖投射線為 L B 遇靈視生屈折線 B D 光線
 放出于空氣中時又屈折而為 D F 線各線皆聚于 F 點時則 F

二百十四

名正焦
 點今命
 A F 之
 距離為
 f 命兩
 球面之
 半徑為
 r r' 則

第 九 百 九 圖



第七 章 靈 視

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} - \frac{1}{p'}$$

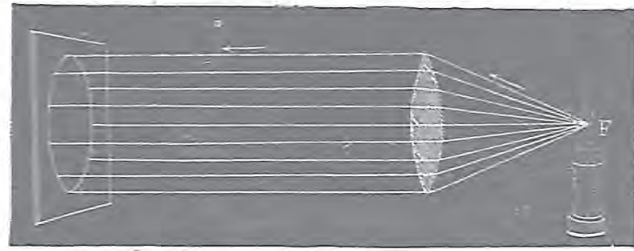
上式之 μ 即靈視對空氣之屈折比率如光線不平行于正軸須視光點在正軸與否而定影所在之點如乙圖光點在正軸上之 L 點此時光線所聚之點與 L 為對待焦點今試命為 l 又命靈

視至 L 及 l 距離為 P, P' 得

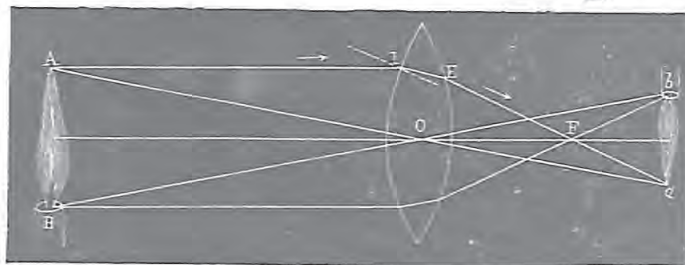
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

求對待焦點之法靈視與球面凹鏡同即求 P P' 之對待焦點如丙圖 P 為光點先引 PO 直線又引 PI 線平行于正軸又引 IF 線與 P O 線會于 P' 點則 P' 點即 P 之對待焦點
公式 $\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$ 可以究知對待焦點之
理定 P 為無窮遠則 P' 等于 f 而 P 漸近則 P'

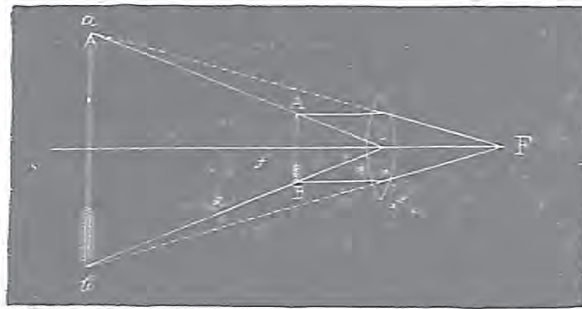
圖 十 百 第



甲



乙

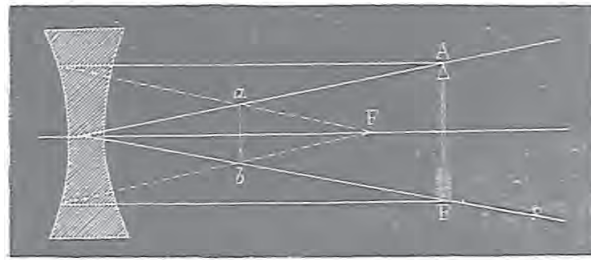


丙

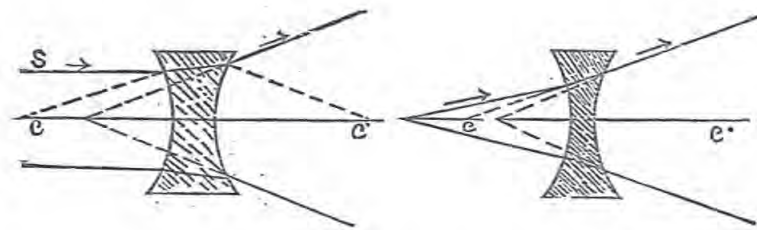
漸遠 P 等于 $2f$ 則 P' 亦等于 $2f$ P 比 f 小則 P' 爲負數即兩焦點不在靈視之兩側而在靈視之一邊然此時通過靈視之光線不

復聚于
一點唯
延長線
聚于一
點而成
虛焦點
如第百
九圖所
示是也

第一百一十圖



求物体影之大小須先求對待焦點今命A之對待焦點為a命



B之對待焦點為b其求法與
 百四十九節圖所示者同將a
 b聯之其像倒立為真影正立
 為虛影又置光點于靈視之正
 焦點則屈折綫與正軸平行如
 第一百十甲圖所示是也乙圖所
 示者為真影丙圖所示者為虛
 影

百五十七 凹靈視 凹靈
 視之正軸亦為兩曲面中心相
 聯之直線凡凹靈視時其平行

于正軸之光線屈折而發散而延長線則會于虛焦點
 凹靈視所生之影常爲虛影而與光點同在靈視之一邊故凸靈
 視時所用公式之 P' 爲正凹靈視時則爲負而因凹凸反對故凹
 靈視時之 f 亦爲負光點在正軸之一點 L 上其對待焦點之位
 置可以下式

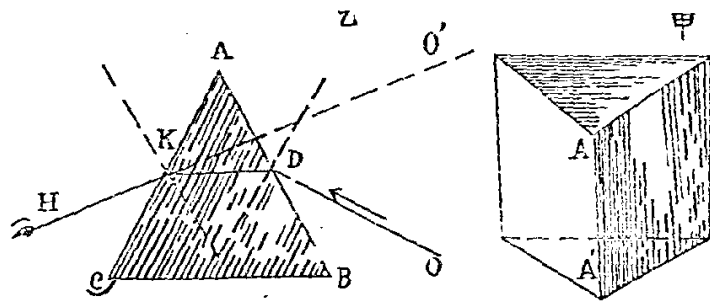
$$\frac{1}{P} - \frac{1}{P'} = \frac{1}{f}$$

求之

又物體之影始終正立故恆爲虛影而照以上所說凹靈視之性
 能使光綫發散凸靈視之性能使光線收斂故或稱凹靈視爲發
 散靈視凸靈視爲收斂靈視

第八章 三稜柱及光質影

第 百 二 十 二 圖



百五十八 三稜柱 三稜柱者透光体所作以分別光之顏

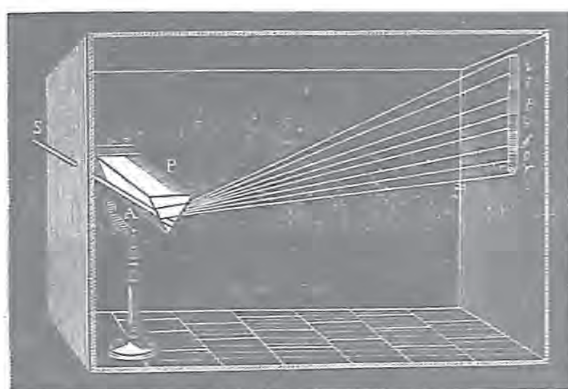
色之器也常用玻璃爲之三稜柱兩面相交之縫如甲圖 A' A 名稜直角于稜之面如乙圖 A B C 名正面正面之頂角名三稜柱之角

凡用三稜柱研究光線常定光線在同一正面上而由光點 O 所發之光線至三稜柱面 D 點屈折而爲 D K 又至三稜柱之他面屈折而爲 K H 故目在 H 處見光點之影在其延長線 O' 點上

百五十九 分光 暗室之壁穿一細長

小孔令太陽光由小孔透入而以三稜柱當之則映于他壁之光

第 百 三 十 三 圖



生細長之影而色毫無異如三稜柱之稜平行之于細長孔之邊則他壁之細長影分種種顏色甚美麗可觀名曰太陽之光質影

照上法試得太陽之光質影實爲無數顏色而大略排列其次序最下之部爲赤色稍上爲橙色再上爲黃色順次由綠青藍以至於紫爲止其故因太陽之光本爲此七色所合而成而七色屈折之度各不同故通過三稜柱而仍分爲七色也

百六十 光質影之定線 分太陽光時細察各部之色知各色之中含有無數暗線此暗線在各色中常有一定之位置傅賴

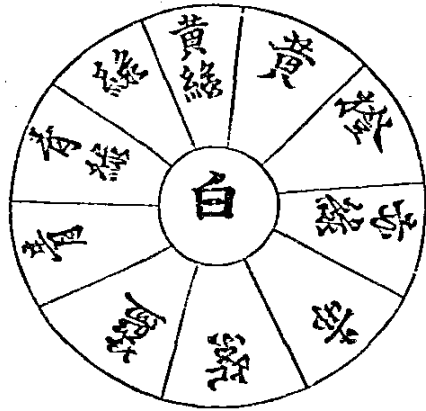
渾呵福耳發明此暗線故名傅賴渾呵福耳綫

光質影可以測知光源之質加加里錐即之光質影無暗線含有赤與紫兩條明線曹達錐即之光質影含有黃色明線是也新原質有由分光而發明者故光質影之研究一爲要事

百六十一 物體之色 物體之有色其源因在于所照之光何則暗夜無光之時則物體之色即無由辨其明例也日光照于物體而物體之色種種不同此色非物體所自有乃光照于物體因其性質之異而然也即太陽光投射于物體之表面時因物體之性質或吸收光線之若干或全行反射或使光線通過之各因物體而殊故組成日光之七種色悉數由物體之表面反射時則反射線至眼成白色悉數爲物體所吸收時則無光線反射至眼成黑色以紙晒諸日光中成白色即日光之七種色悉反射至眼故

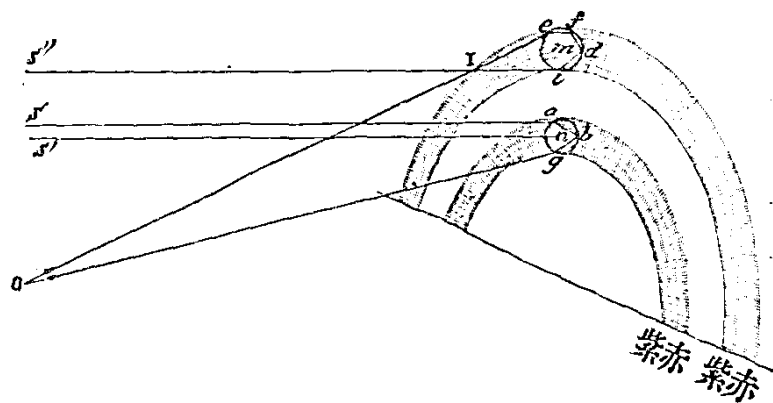
也物体赤者照以日光則成赤此乃日光中之七種色為所吸收
 僅餘赤者反射至眼故見赤若置食鹽于火酒燈之燄以照赤色
 之物体則成黑色因曹達乏此紅所反射之赤色光線而光悉為
 物体所吸收故見黑也透光体之色理亦同上通過透光体之光
 線成何色則其餘各色必為所吸收如青色玻璃所通過之日光
 為青色則以青色不為所吸收餘俱為所吸收也

第一百十四圖



百六十二 餘色 照太陽光質影
 之七種色順次繪于板上而急旋之七
 色可合而成白色或灰白色此乃目見
 一色時其感覺不能即時消滅而他六
 色已接踵而來故七色可以混合而成
 白也取各種着色紙二枚貼于板上急

第 百 十 五 圖



旋之亦可合成各種顏色試取橙色及青色紙二紙貼而急旋之即成白凡二色可混合而成白色者名餘色

太陽光質影之七種色赤與綠色橙與青色黃與藍色紫與黃綠色皆可互為餘色

百六十三 虹 日光照于集合空氣中之水滴而成虹如圖由太陽來之光線 s 投射于 n 水滴之 a 點屈折至 b 反射至 g 又屈折而入于目此時太陽光為水滴所分生七種色而光線在水滴屈折反射以及屈折而入于目皆有一定之角度紫色之角度為四十

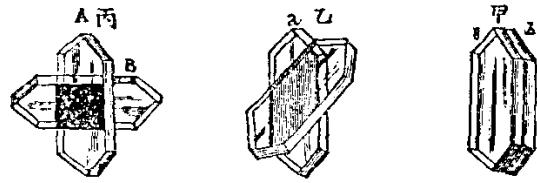
度十七分赤色之角度為四十度二分故虹常為以人目與太陽相聯之直綫為軸而成一圈狀內側紫外側赤而雨天見虹時往往虹外復有一虹而光微弱此乃光線在水滴中反射二次而生以反射次數多則光變弱故也

第九章 偏光及重屈折

百六十四 偏光 將透光之電氣石 鑽石其結晶成斜方六面形 照主軸 結晶三軸

之主 切成薄片而取二片疊之如二片之方向皆平行于主軸則所通過之光與一片時無異如兩片主軸之方向相交成若干角度則重疊之部光稍暗如相交成直角則重疊之部全暗如圖甲為二片主軸方向平行相重疊者將一片旋之變成乙則重疊部已較不透光再旋之為丙使直角相交則重疊部全不透光若旋

第百六十圖



至一百八十度則復透光如甲而其理可說明之如下

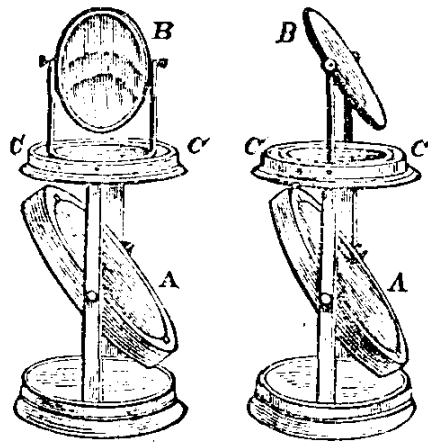
試定光之速度為直角于電氣石薄片而定光之波動為橫波則以脫氣之振動與波之進行方向成直角而前後振動或左右振動或以二者中間之方向振動然電氣石則僅許以脫氣沿結晶主軸振動以外振動悉行遮阻故兩片相疊如甲圖則振動無所妨礙而透光將一片旋之如乙圖則振動已畧有妨礙故較不透光旋之如丙圖則而全不透光

光之進行限于一定之方向者名曰偏光人目視偏光毫與尋常光無異而通過電氣石之偏光則因電氣石旋轉之角度而忽明

忽暗可分別于尋常光

馬利愛司驗偏光之器將二圓玻璃板A B配之于水平軸而上

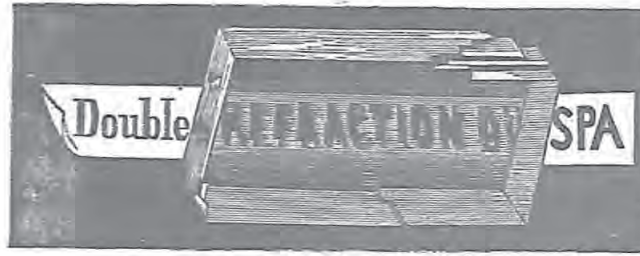
第百七十七圖



面之玻璃板又使之可繞垂直綫而迴轉其繞垂直綫迴轉角度之大小可據C之環形分度板上所刻之度數而知今先使兩板平行與垂直綫成三十三度角將光線投射于下板而反射之光線又投射于上板之中心其投射角與反射角各為五十七度此時上板之反射光線較然可見試將上板繞垂直綫旋之則反射線之光漸弱旋至九十度則上板之中心無反射光

木板及玻璃等非金類物質面之反射線常生偏光而兩板與垂

第 百 十 八 圖



直線所成之角則因物質而異其投射角謂之偏光角

百六十五 重屈折 置電氣石于字上則字影變成二重此

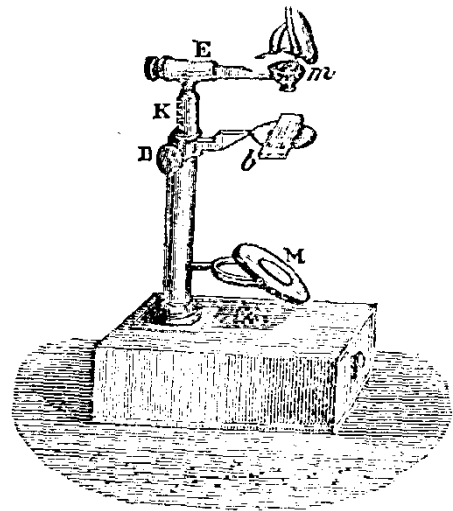
乃光線通過此石時一遲一速故影分而爲二
試置電氣石于黑點之上則生二黑點之影將
方解石旋之其一影所在之位置毫無變動而
他影則變動而繞于所旋軸之周不變動者與
尋常所論之折光無異名曰尋常光線變動者
不可例以尋常所論之法名曰特別光線
凡一投射線可分爲二屈折線而生二影者名
曰重屈折結晶体皆有此現象然將電氣石放
以適當之位置則此二影仍可變成一影
夫一投射線何以生二影則以分爲二屈折線

之故而何以分爲二屈折線則以結晶体分子之安排皆對主軸配列整齊成均等式均等式者言上面有是則下面必有是或前面有是則後面必有是其位置所在恆有彼此均等之妙也而分子間以脫氣振動之方向皆有一定之限與非結晶体迥異今光線投射于電氣石之面則以脫氣之振動不外乎含主軸之平面及直角于此平面之二方向而二方向之以脫氣彈力各不同故光通過時速度遲速各異而生重屈折

第十章 光學器具

百六十六 虫眼鏡 虫眼鏡者所以使小物体放大而視之較清晰也而兩凸靈視即可備虫眼鏡之用試置物体于正焦點及靈視中間隔靈視觀之則照第一百十圖丙所示即得物体放大之虛影

第百九十圖



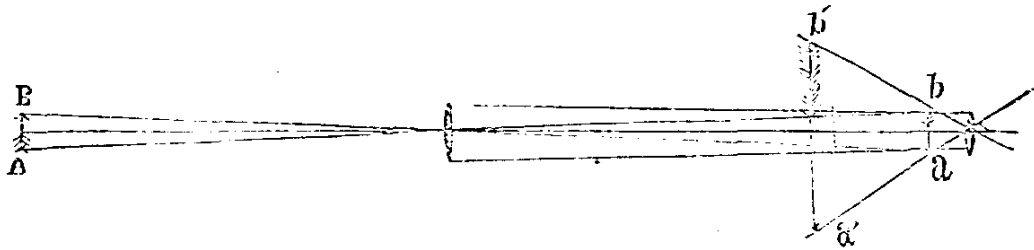
實驗時所用之虫眼鏡如圖附靈
視 m 于 E 柄之端而置所欲放大
之物体于 b 環所載之玻璃板上
又使 M 凹鏡之反射光線正照物
体倍見明瞭 E 柄可以隨意上下
故物体與靈視相離之位置可使

之遠近合宜而放大之影視之較爲清晰

百六十七 眼鏡 老人年長血衰其眼往往遠視而近處物

体視之不甚清晰此乃瞳孔後之兩凸靈視因精力衰而彎曲不
如少年人之飽故焦點距離較遠視近處之物体不清晰也其眼
鏡宜用凸靈視若近視眼之人則遠處物体視之不甚清晰此乃
瞳孔後之兩凸靈視彎曲太甚焦點距離太近故視遠處物体糢

第 二 百 十 圖



糊恰與遠視眼相反而眼鏡須用凹靈視

百六十八 遠鏡 遠鏡俗呼千里鏡其

用以視遠處物体有種種式今特舉一種而

言其理粗圓筒之底口配以長焦點距離之

凸靈視名對物鏡其上端套入一小圓筒筒

之上口配以短焦點距離之凸靈視名對眼

鏡遠處物体 A B 因對物鏡之故生真影于

圓筒內又因對眼鏡之故真影放大即 a b

放大而成 a' b' 虛影也對眼鏡之用恰與虫

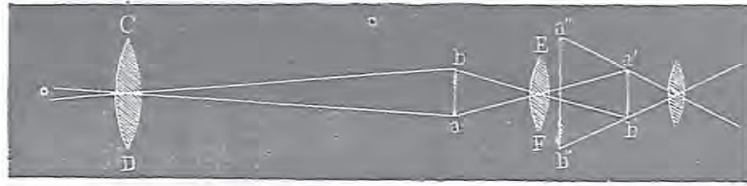
眼鏡同

對物鏡之焦點距離與對眼鏡之焦點距離

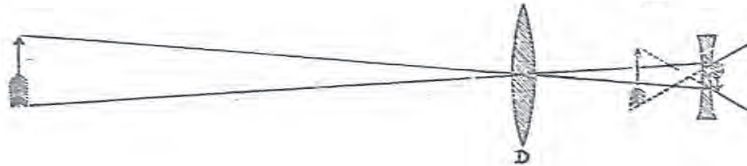
之比名遠鏡之倍率如對物鏡之焦點距離

圖 一 十 二 百 第

甲



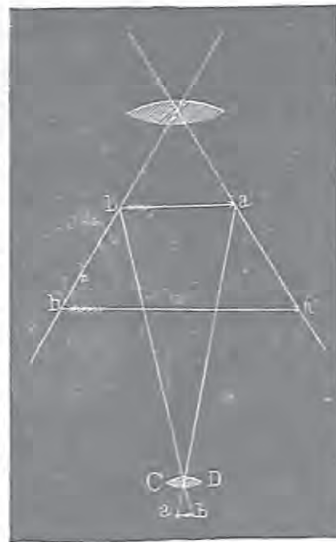
乙



爲五十纖米突對眼鏡之焦點距離
 爲一纖米突則其倍率爲五十以之
 視五百米突遠之物体恰如在十米
 突遠上所說之遠鏡其所見物体之
 影恆倒立欲避此病宜于對眼鏡之
 圓筒前口更配一靈視而物体之影
 可以正立又對眼鏡之玻璃爲凹靈
 視則對眼鏡圓筒前不更置一靈視
 亦可免物影倒立之病
 甲圖對眼鏡之前口配一靈視乙圖
 對眼鏡之前口不配一靈視而所生
 之物影均正立

百六十九 顯微鏡 顯微鏡之理與遠鏡同遠鏡使遠處之
大物體其影放大顯微鏡使近處之小物體其影放大而遠鏡之

圖 二 十 二 百 第



對物鏡用長焦點距離者顯微
鏡之對物鏡用短焦點距離者
焦點距離短則對物鏡與物體
相接甚近時已足使物體之真
影放大再以對眼鏡放大之故

雖極纖小之物體視之可以無微不至

百七十 照相器具 照相器具之要部爲C暗箱暗箱之上
下左右四面用板及摺革爲之可以隨意伸縮箱之前面附有A
管管口配有凸靈視箱之後面附有E之豔消玻璃板照相時將
螺旋D旋之或將箱伸縮之使凸靈視與E玻璃板相離適在得

當之位置物体之影映于艶消玻璃板上昭然可見然後將玻璃

板取出以種板換入之種板者銀

之鹽類

金屬與酸之輕氣互相置換皆名鹽食鹽其一也

與膠

相和之乳劑塗于玻璃上使光易

染之板也物体之影映于種板上

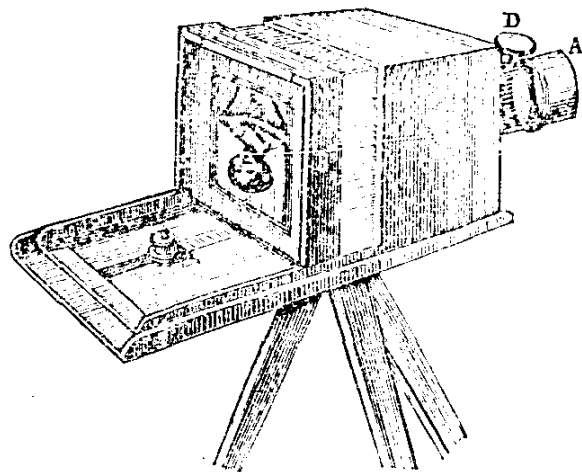
由光之強弱而生變化于是再以

相宜之藥水洗此板則物体之影

遂現于板上物体黑處爲影上白

處物体白處爲影上黑處欲使影

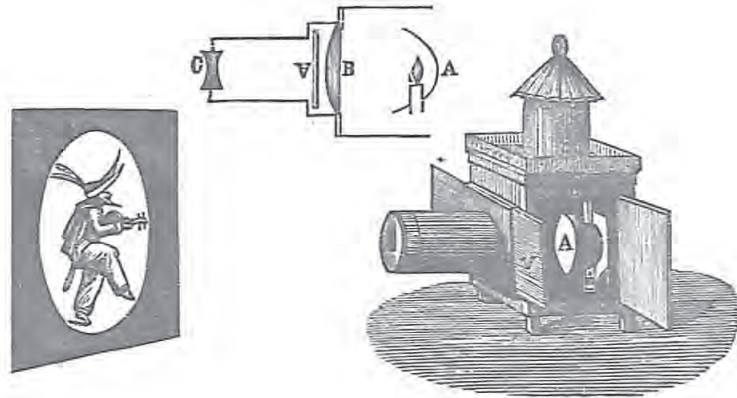
第 二 百 三 十 三 圖



上黑白與物体相同則于板上印以藥塗之感光紙而曝諸日光
再以藥塗之將紙取下即爲相片

百七十一 幻燈 金類所製之球面凹鏡前置以燈火其光

圖 四 十 二 百 第



二百三十四

反射遇凸靈視B而屈折通通畫板V
再通過凸靈視C畫板之影遂現于前
面之白布甲上
影映白布甲上恆倒立故將畫板倒放
之則影正立
近來活動照相將影放大時常藉幻燈
之助法將長狹之紙染以藥料而撮運
動物體之影于其上攝影時抽紙有一
定之速度將此紙置于幻燈之前照攝
影時所抽速度抽之則人物之影游戲
如生甚為可觀

第六卷 磁氣學

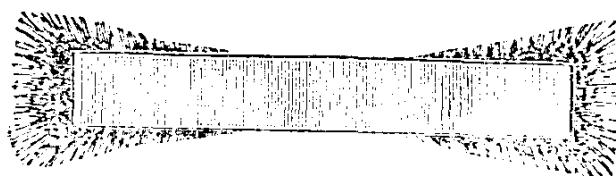
第一章 磁石

百七十二 磁石 鑛石有名酸化鐵亦名磁鐵者其性質與尋常之鐵迥異將磁鐵製成細長之計而支于中點則針能在一水平面自行運動而靜止之時其兩端所指之方向恆一定即此端指南他端指北斷不致他端指南此端指北也羅盤針即利用此性質所製

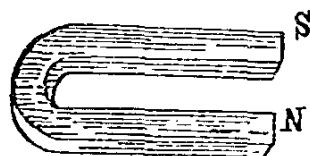
又磁鐵之性能吸引他鐵塊而吸引力以兩端爲最大中部爲最小試投磁石于鐵粉中而取出之則黏于磁石之鐵粉兩端最多漸近中部漸小至正中中部則絕無黏者吸引最強之兩端名磁極其在指北之端者爲北極指南之端者爲南極

圖五十二百第

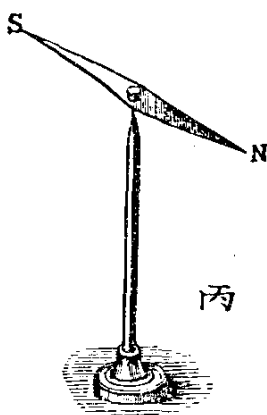
甲



乙



丙



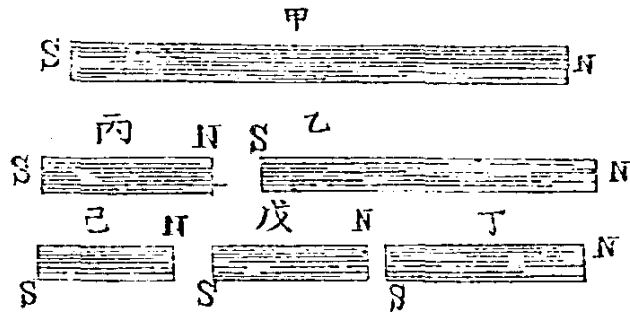
皆有此作用第比之于鐵其力甚弱凡物体爲磁石所吸引者名
 常磁性体至于蒼鉛即銅等物近磁極時反相排斥此等物質名
 反磁性体

此磁鐵名曰磁石尋常所
 用磁石約分三式一爲棒
 磁石如甲圖一爲馬蹄磁
 石如乙圖一爲磁針如丙
 圖馬蹄磁石用以驗吸引
 力之強弱時最爲合宜磁
 針則羅盤必用之
 磁石所吸引之物体鐵以
 外若白銅若哥擺列即鈷等

百七十三 兩極之作用 試取一磁針之北極近于他靜止磁針之北極則二者現互相離開之勢如取南極近于他磁針之北極則二者現互相牽近之勢而以南極近于他磁針之南極則又顯互相離開之勢即同極相斥異極相引是也磁石對尋常鐵片則無南極北極之分相近即兩相吸引而磁石對磁石則兩極之引斥其作用顯分

百七十四 紀爾罷脫說 鐵爲磁石北極所吸時別取他磁石之北極以重諸其上所吸之鐵愈固如以他磁石之南極重之所吸之鐵頓落據此試驗則磁石異極相接觸時其對外物之作用平均而消滅如毫無磁力可知又取長五六之磁棒隨意折爲數段各投入鐵粉中而取出之其所黏鐵紛皆在各段之兩端而各段皆各自成一磁石且細察其折時之斷面常相向而爲異極

圖六十二百第



如圖甲為長磁棒分為乙丙二短磁棒或丁
 戊己三短磁棒其極即現于斷面之處即甲
 磁棒斷于一處而乙磁棒之南極丙磁棒之
 北極並現于切斷處也圖中 N 為北極 S 為
 南極

紀爾罷脫照上所說之理推闡其要以為磁
 石乃無數小磁石之分子所集合而成而兩
 極之排列有一定之方向即各小磁石之兩
 極彼此互接而排列也而在中部互接之兩
 極為一南一北其作用相中和而磁力無由顯在兩端者無互接
 之異極故磁力顯出

例題

- 一 今有一鐵棒欲知爲磁石與否當用何法鑑定試詳言之
- 二 取磁石熱之或重擊之其磁力頓減試言其理

第二章 磁氣感應

百七十五 磁氣感應 凡磁石所在之處其四周受磁力作用名曰磁場磁棒之端置以鐵片則鐵片即變成磁石附于棒之端與棒爲異極他端與棒爲同極故置鐵片于磁場內可使鐵片變成磁性此作用名曰磁氣感應鐵片因感應之故而受有磁性亦視鐵之品質而有差異置軟鐵于磁場內其磁氣甚強而取出之則磁性登時消滅若置鋼鐵于磁場內其磁氣不如軟鐵之強而取出時則此性不甚失去唯畧減幾分而已蓋照紀爾罷脫說磁石爲小磁石之分子所集合而成而鐵之分子雖係無數小磁

石然其排列錯雜無一定方向故不顯磁氣之作用第置諸磁場內時其分子各迴轉而排列有一定之方向故磁氣顯出又軟鐵之分子可以自由運動而在磁場內因感應而分子整然一出磁場分子又錯亂至于鋼鐵之分子不能自由運動在磁場時其分子有大半排列整齊一出磁場尙餘有大半中之幾多不改整列之舊故軟鐵與鋼鐵之在磁場與出磁場其性質迥異又鋼鐵出磁場而磁氣不失名曰鋼鐵之保磁性

磁石之吸引鐵片亦可以感應之理明之即鐵片近磁石時感應而成磁石近磁石之端爲異極故兩相吸引

百七十六 克倫定例 上言同極相斥異極相引其引斥二力所及之強弱自必關於兩極之距離及磁石所有磁力之大小故欲定此關係須先定磁力而定磁力則單位不可不先定試取

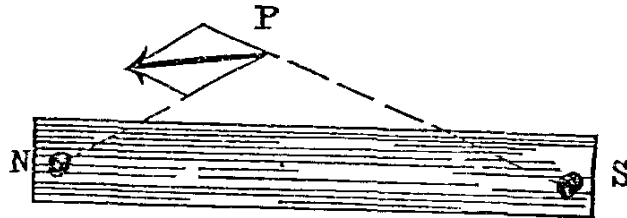
磁力相等之甲乙二磁石使兩同極相對如離開一纖米突而兩極恰如以一功力相反斥則兩極為單位磁力之極又于單位磁力之磁極前持同極之磁石與之相對如相距一纖米突手持之力為 m 功則磁石之力即為 m 功而此時持異極離一纖米突相對其引力亦必為 m 功

法國人克倫用上理而製振秤以量磁力得定例如下

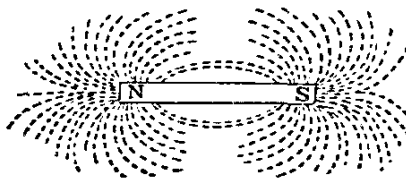
二極之磁力為 n m 而相離 r 纖米突則兩極間之力為 $\frac{nm}{r^2}$ 功即磁力與極之強弱相乘積相正比例距離之自乘積相反比例也

百七十七 指力線 磁石 N S 之磁場內置小磁針于 P 點則磁石之兩極與磁針之兩極生斥力引力作用而磁針極小時則其南極所受斥力及引力之合力與其北極所受之斥力及引

第百二十七圖



第百二十八圖



表磁力之方向又磁力強處鐵粉較密磁力弱處鐵粉較疏用此法實驗而磁場形狀可一望而知

上所說鐵粉排列之曲線名指力線指力線各點之切線即此點

力之合力可視為等量而反向而磁針遂照此二合力之方向靜止故置小磁針于磁場內之一點則此點磁

力之方向即可本磁針之方向而知

研究磁場之形狀若何其法甚便載

玻璃板于磁石之上而以細篩篩鐵

粉使撒布于玻璃板然後將此板輕

叩之則鐵粉排列成曲線此時鐵粉

感應而成小磁石其所在之點即可

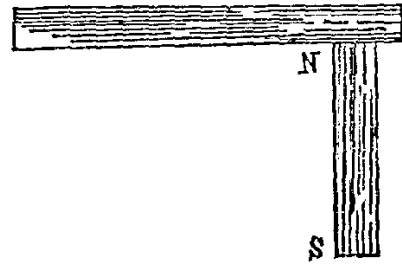
磁力方向

百七十八

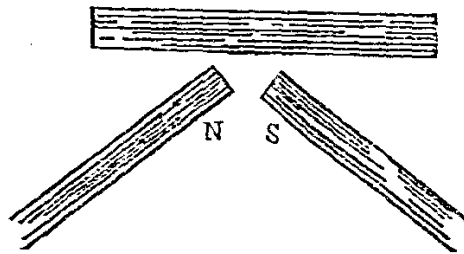
造磁法及保磁法

鋼鐵具有保磁性故作磁石

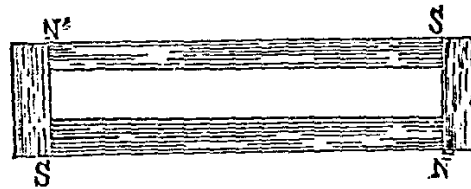
圖九十二百第



圖十三百第



圖一十三百第



常用鋼鐵而尤以赤熱而投諸冷水中者為善製鋼鐵為磁石時法取上所說之鋼鐵入磁場使受感應作用復從磁場取出橫

臥之于几上別取一棒磁石垂立于其一端之上而往復摩之即可使鋼鐵變磁石又法取二棒磁石之兩異極對立于鋼鐵之中部然後將兩異極以力引開之又推近之如此反覆再四鋼鐵

即成磁石而此所得者比前法更佳

二磁石之同極相並置則磁性減異極相並置則磁性增此乃同

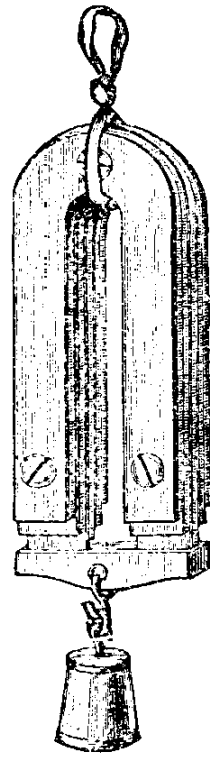
極相並置時其相近之端感應欲生異極與其本來之極相妨礙

故變弱若異極相並置

時其相近之端感應而

生異極與其本來之極

第三百三十三圖



相增助故變強據此則欲使磁石之性不失宜取二磁石以異極
 相並置若異極並置而更附以鐵片如百三十一圖則指力線收
 合而近傍之磁場益強故感應作用益甚其法尤妙馬蹄磁石亦
 然即馬蹄磁石之兩端附以一磁片則磁性可不虧失也

第三章 地球磁氣

百七十九 地球磁氣 磁針靜止時其方向恆指南北此乃地

球內藏有指南北一大磁石而地球表面皆爲此磁石之磁場故

也然地球磁石之磁力其方向不

正指南北唯據其大概而言則謂

磁針爲指南北也磁針照水平位

置指 O D 之方向則其指力線之

方向實爲 O E 何則支磁針于中

點其南北兩半部之重皆相等則

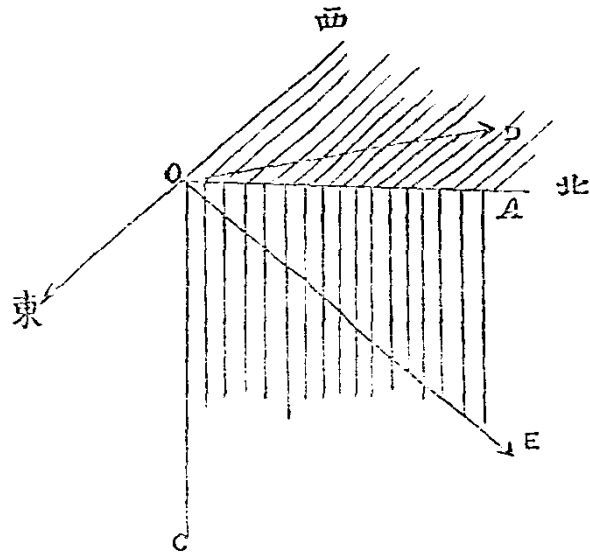
在北半球地面之磁針斷不照水

平方向靜止今照水平方向靜止

而指 O D 其所支必非中點即爲中點而南半部磁針必略重于

北半部磁針以磁針在北半球其至地球磁石兩極之距離不同

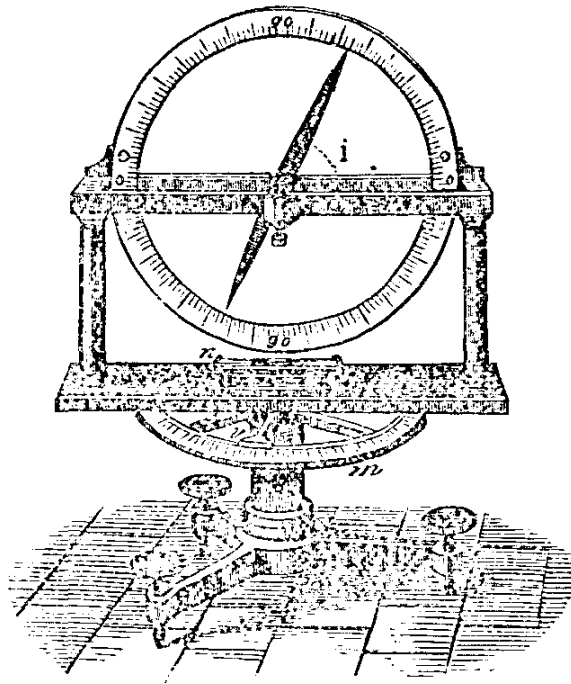
第三百三十三圖



故所受之引力斥力亦不同而合力與水平成角度故也

百八十 偏角俯角 磁針不正指南北故與星學之子午線

第三百四十四圖



成若干角度名曰偏角如
 上節圖中之D O A角是
 也O D名磁氣子午線
 然偏角各處不同即磁氣
 子午線或偏在星學子午
 線之東或偏在星學子午
 線之西各處皆異也量偏
 角時稱東幾度西幾度即

偏東偏西意又指力線與地平所作之角名俯角俯角亦各處不
 同量俯角之器如上圖取磁針之中點貫以水平軸令磁針可如

意繞此軸旋轉外附以大圓圈圈上刻有度數故旋轉角度可視而知今置此器與磁氣子午面平行則磁針與地平所作之 i 角定之甚易

百八十一 水平分力 地球磁力之方向各處不同強弱亦然照百十二圖地球磁力爲 $O E$ 則量地球磁力固宜以 $O E$ 爲斷而尋常量地球磁力則僅取 $O D$ 水平方向之分力名曰水平分力因動于尋常所用磁針者僅爲此水平分力故也地球之磁場偏角俯角所以定磁力之方向水平分力所以定磁力之強弱故偏角俯角水平分力爲研究地球磁氣之三大要項

百八十二 等磁線 將地球表面上同偏角各地點聯成曲線名等偏角線同俯角各地點聯成曲線名等俯角綫而磁力相等各地點聯成曲線名等磁線等偏角綫測量家及航海家宜熟

記之以其可據羅盤磁針之方向而定真方向也俯角零度之各地點所聯成之綫名磁氣赤道其至地球磁石兩極之距離互相等置磁針于此綫之處照水平方向靜止此綫以北則北極之端下垂此綫以南則南極之端下垂又俯角九十度之地點名地球磁極與地球南北極相離約十餘度

百八十三 地球磁氣之變改 地球磁氣不僅各處不同即同在一處亦四季不同晝夜不同然有一定規矩又多年統計而漸次不同今證之如下一日間之偏角屢有變改日本地震極多攷求地震而盡力攷求磁氣知日本全國磁氣之偏角最小時爲午前七八點鐘以後角漸增大至午後一點鐘則角增至最大以後又減小夜間則偏角幾于無所增減至第二日曉又減小而七八點鐘時又減至最小惟最大最小之差不踰十分法國巴黎之

偏角西歷千五百八十年時東十一度三十分千六百六十三年
零度千八百十四年西二十二度三十四分此後則千八百五十
年時測得西二十度三十分千八百九十一年時測得西十五度
三十六分照以上所說變改似有一定規矩然亦有時猝然變改
過兩三日後始復舊規者名曰磁嵐

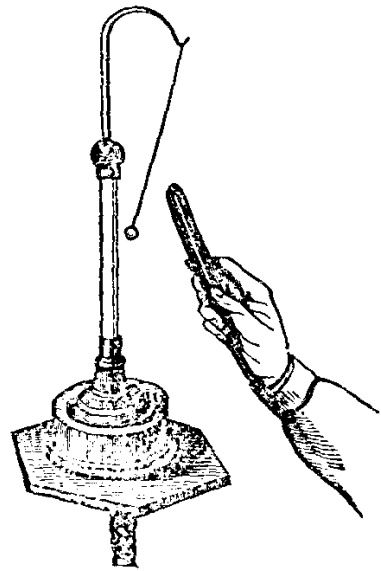
第七卷 電氣學上

第一章 總論

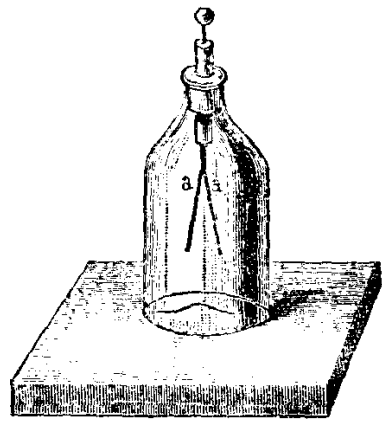
百八十四 發電 封蠟及松香之棒以乾燥之弗蘭絨擦之取而近諸紙片麥藁等輕細之屑即有吸引此等屑作用吸引後則又有斥此等屑作用與未擦前棒之作用迥不同此作用名曰電以弗蘭絨擦封蠟或松香之棒而電生焉名發電擦時絨與棒互相摩阻曰摩擦發電

百八十五 驗電器 驗物體已發電否之器名驗電器此器之最簡便者爲電擺如甲圖玻璃管上之尖端繫以絲絲之下端懸以通草球取電體上所言封蠟松香等即是近之如能吸引通草球又能斥開通草球則此物體已發有電氣

第三百五十五圖
甲



乙



金箔驗電器較之電擺易于驗電製亦甚簡便如乙圖玻璃瓶內插入一金類所作之棒棒之上端成球形下端懸二金箔 a 取發電體近上端之球則下端二金箔自開視其所開角度之大小可知電氣多少

百八十六 傳電 松香封蠟等物可摩擦而生電取玻璃柱以絹擦之亦然又取金類所製之棒棒擦之以近于驗電器則毫無發電之證故古之論電者分物質爲二種曰能發電體曰不能發

電體而英國人葛來試驗電理得其要領知物體皆可摩擦發電惟松香等物其發電僅在摩擦之部毫不散開若金類之物體則摩擦部之電登時散布于全體再由所持之手逸失即由所持之手散失于全地球也電氣可經過物體而散失其理與傳熱同導體一端之熱可散及于他端名傳熱一部之電氣可散達于全部名傳電而熱傳散後則溫度降下如未受熱者然電傳開後則電氣散滅如未經發電者然故金類之物體不能發電也若金類之物體以封蠟或玻璃隔斷之則電氣之擴散有所遮阻亦可用以發電如圖棒之上半部爲金類下半部爲玻璃將金類部摩擦之以近電擺顯吸引斥開作用即上半部棒已發電也

凡能傳電之物體名導體不傳電之物體名非導體導體與導體爲非導體所阻隔此非導體名絕緣體

導體 金類 木炭 酸類 鹽類溶液 水 植物

動物

非導體 冰 紙 絹 玻璃 封蠟 硫黃 樹脂

乾燥之空氣亦爲非導體而帶有濕氣即變成導體冬日空氣燥
夏日空氣濕故行電氣實驗以冬爲易又玻璃能使空氣中濕氣
凝集于其表面故用時空烘燥之

百八十七 二種電氣 電擺之通草球近以絹布所擦之玻
璃柱則吸引一次繼忽離開此後只相斥不相引而近以弗蘭絨
所擦之封蠟又吸引一次繼相離開然已爲玻璃柱所斥之通草
球以擦封蠟之弗蘭絨近之不相引而相斥與近以封蠟而吸引
一次者其作用異即弗蘭絨之電氣與玻璃柱同也正言之即封
蠟之電氣與玻璃柱異也凡物体所發電氣雖異然非爲玻璃柱

所吸引封蠟所反斥即爲玻璃所反斥封蠟所吸引故同異亦祇分二種定弗蘭絨之電氣爲正封蠟之電氣爲負其記號可即以代數之正號負號表之正負併合電氣驟減成中和電氣之有正負猶磁石之有南北極磁石同極相斥異極相引電氣亦同號相斥異號相引磁石異極相重疊失其作用電氣異號相中和亦失其作用電氣同號相斥異號相引可即上所說通草球之引斥明之因通草爲玻璃所引後受有正電而與玻璃之電爲同號故斥開近以封蠟爲異號之電氣故吸引然密着于封蠟時又受有封蠟同號之電氣故又斥開而近以玻璃則復相吸引也異號電氣相中和失其作用亦可以實驗明之試于金箔驗電器上載以金類之板將弗蘭絨袋摩擦封蠟而並列于板上則金箔不開如將弗蘭絨袋取開板上僅餘封蠟則金箔即刻開出此

爲然試取絹布擦玻璃而並列于金箔驗電器之板上亦然故絹布之電與玻璃異號而等量可知凡兩物體相摩擦其所生之電皆異號而等量上所說封蠟弗蘭絨之電如不等量則一邊多一邊少而多者爲少者所消失外餘有若干電量即餘有作用金箔必不致不開

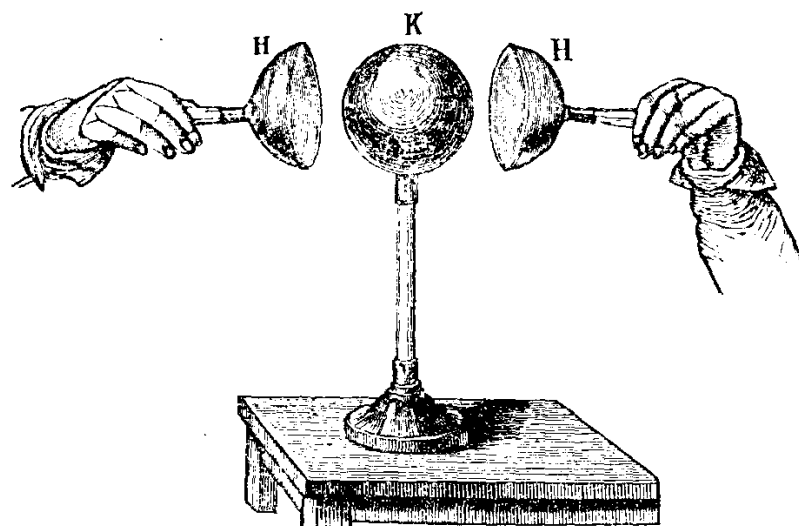
摩擦發電其正負不能一定以下所舉各物任取二物體摩擦之其在上位者恆發正電在下位者恆發負電

貓皮 弗蘭絨 象牙 玻璃 絹布 木 金類 象皮

封蠟 松香 硫黃

百九十 電氣之配布 與導體以電氣則電氣流動散布于全体至配布適當後電氣又止而不流然欲知適當時配布果若何可分舉種種實驗如下

第三百三十六圖



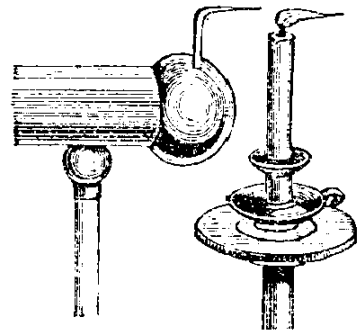
電氣之配布僅在導體之表面而不入于體中試取金類所製之

球K以兩且之金類半球面色圍之然後與以電氣再將且球引開用驗電器驗K之受電與否知K毫不受電故電氣不配布于體中可知又電氣配布因導體之形式而不同導體為圓球形時配布各處均勻為橢圓體時聚于銳端較多聚于中部較少為四方形時多聚于四角即面彎曲愈甚則聚電愈多也導體表面每平方纖米突之電量名電氣密度導體表面上之電氣密度不能各處皆等

即因電氣配布照物体形式而各處異故也

百九十一 尖端作用 將導體之一部製尖之則此尖端之

電量比之甚彎曲之面所聚者更多而空氣中之塵埃為聚于尖



第三百七十七圖

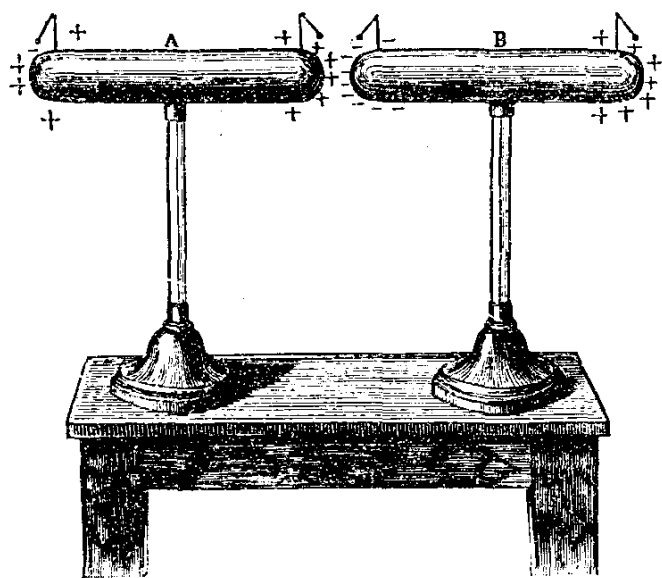
端之電氣所吸引密着于尖端繼則因受有同號之電氣復相斥開而新塵埃又吸引而密着于尖端塵埃來往成風以燭燄近于尖端則燄受吹可視而見然因塵埃來往之故而電氣遂由尖端散失故欲使

電氣不散失則物体斷不可有尖端上所說之現象名曰電氣對流

百九十二 電氣感應 電體之周圍其作用所能及者名曰

此物体之電場電場與磁場甚相似磁場之作用在感應電場之

第三百八十八圖



第一章 總論

作用亦爲感應如圖置絕緣之導體B于正電體A之電場內則近A之端生負電氣遠A之端生正電氣而以驗電器驗A物體電氣之分配則近B物體之面其密度較大因B導體之生電爲

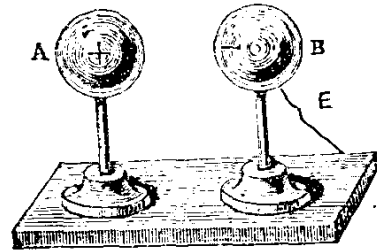
受A之感應而然第A亦受B之作用而分配不能不變也又B兩端之正負兩電量適相等何以知之試將B移出電場則正負兩電氣即擴布于全體而相中和毫不餘有電氣作用故可知其相等也取電體近渚金箔驗電器之球雖不相接觸而金箔已放開此

乃感應作用使然也球之電氣與物體異號金箔之電氣與物體同號將物體移遠之則金箔即閉合

百九十三 放電 上節所說之B物體與A物體相接甚近時則生爆音而發火花以驗電器驗A物體電氣知已消失大半此乃A、B相對之異號電氣因距離甚近互相引合而押破中間之空氣以相中和也然B物體他端之電氣毫無損失而散布于B之全體故此時恰如A物體電氣押破空氣而移諸B物體凡異號電氣相中和而電氣消滅名曰放電

百九十四 感應授電法 絕緣之導體以電體接觸之則導體受有電氣名曰傳導授電而感應時亦可使導體受電氣名曰感應授電法將導體B置于正電體A之電場內照上二節所說則B物體近A之端生負電遠A之端生正電今將遠A之端以

第三百九十九圖



E 導體聯于地球則 B 之正電氣由 E 導體傳
 散于地球惟餘近 A 端之負電氣試將 E 導體
 切斷之而移 B 出 A 電場外則 B 物體之負電
 氣即擴布于全體之面而永遠帶有負電氣為
 感應授電也

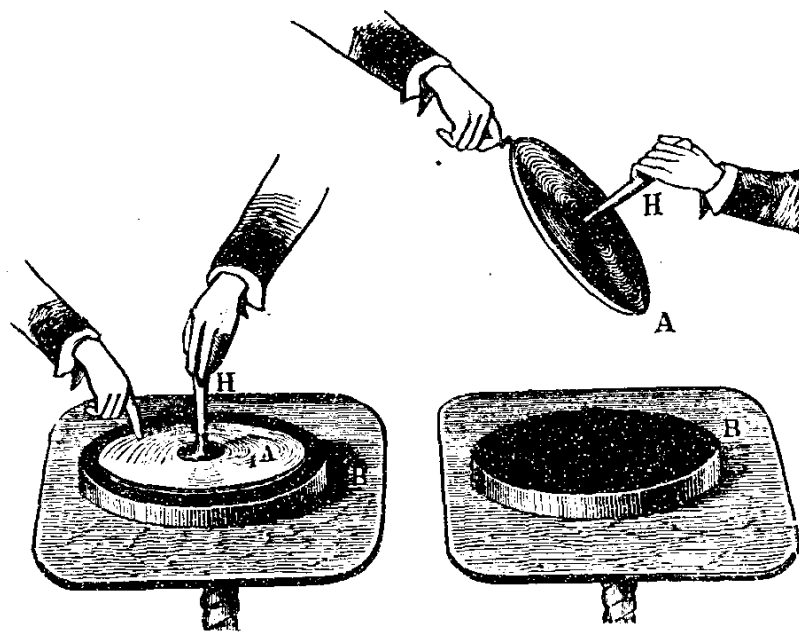
例題

- 一 電體能吸輕物其理若何
- 二 金箔驗電器以正電體觸之則金箔開今將電體取開別取一正電體近之則金箔如何

第二章 電學器具

百九十五 電盆 電盆者感應生電各器中最簡便之器也

第四百十四圖



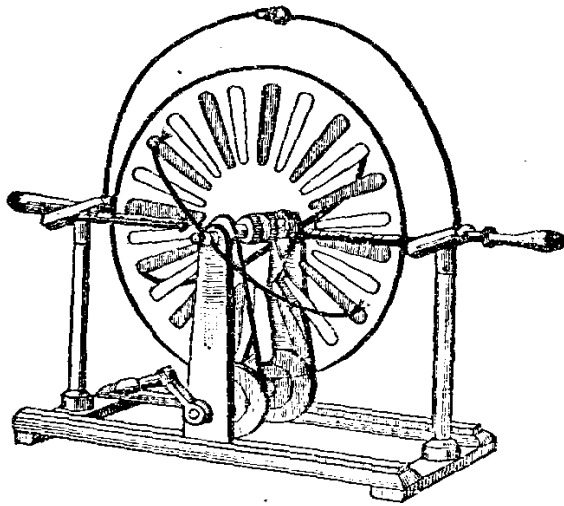
之上面則負電氣由指逸散于地球將蓋取開蓋面即滿布有正

氣上面生負電氣以指觸蓋
 生感應作用蓋下面生正電
 隔有一層極薄之空氣故亦
 實則不過數點相接觸中間
 脂上圓蓋與樹脂似相適合
 發有正電氣又載圓蓋于樹
 電氣由感應作用B板上面
 弗蘭絨擦樹脂則樹脂發負
 之金類圓蓋A所合而成取
 脂塗其上面及耳柄所絕緣
 此盆乃金類之B圓板以樹

電氣

百九十六 發電機 發電機所以發多量電氣之器分二種
一摩擦發電機一感應發電機自感應發電機出摩擦發電機大有廢去不用之勢

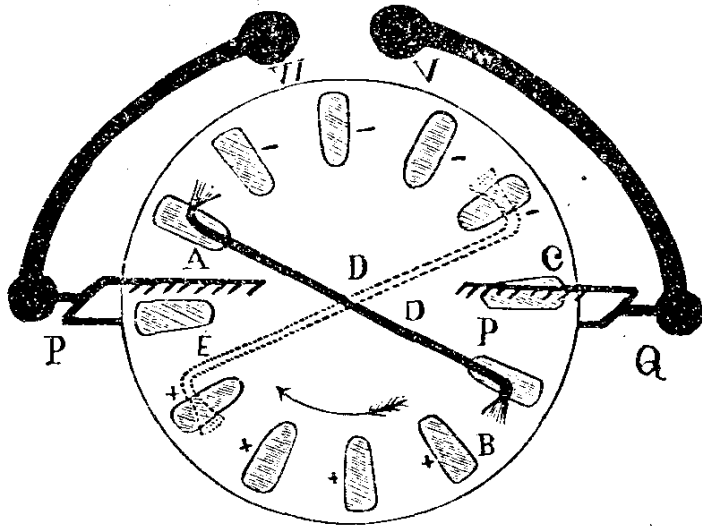
第四百一十四圖



渾迓士脫感應發電機 感應發電機之最通行者為渾迓士脫之起電機如圖距離極近兩圓玻璃板同套于水平心軸上而外面貼以細長之錫箔各兩兩相對其下面之滑車旋轉時此兩圓板可以反對之方向旋轉即一左旋一右旋是也

兩圓板圖中僅有一圓板可見其在後面圓板不能見

圖 二 十 四 百 第



軸端各附有一金類所作之D棒D棒端附有細軟之銅絲各一束形如毛刷而接觸于錫箔又挾兩圓板設金類兩橢與圓板不緊開PQ其橢齒之尖端向圓板而WV金類所製二球以導體柄

與橢相聯而絕緣于所支之部
橢支

之柱
是也

手持滑車軸所附之柄而旋之圓
玻璃板左轉右轉生少量電氣于
錫箔上以後則感應而生多量電
氣
欲明此機感應生電之理可說明
之如下試假定後板為靜止不動
而前板向右轉又定後板對毛刷

A 端所觸之錫箔上有正電氣此電氣使毛刷生感應 A 端生負電氣 B 端生正電氣而其所觸之前板二錫箔亦帶有電氣即 A 所觸者帶有負電氣 B 所觸者帶有正電氣也而前板右轉之際毛刷屢與錫箔觸接每觸接一雙錫箔皆可使之一帶正電氣一帶負電氣錫箔旋至櫛齒所對之處更與櫛齒相感應而櫛齒尖端因離錫箔極近之放火花而異號兩電變成中和過櫛齒後則所接觸之毛刷其電氣與前相反如此屢屢旋轉錫箔屢由毛刷得電氣屢由櫛齒變中和而 W 球之正電氣與 V 球之負電氣每次皆依然存在板愈轉量愈增

前板之錫箔離開毛刷 A B 而與後面毛刷 C E 相對時復生感應其理一與上所說者同二圓板一左旋一右旋所以使與 P 櫛相感應之電氣均爲負與 Q 櫛相感應之電氣均爲正也 W V 名

發電機兩極

百九十七

實驗

發電機實驗電氣頗多有趣之事今特撮

舉之如下

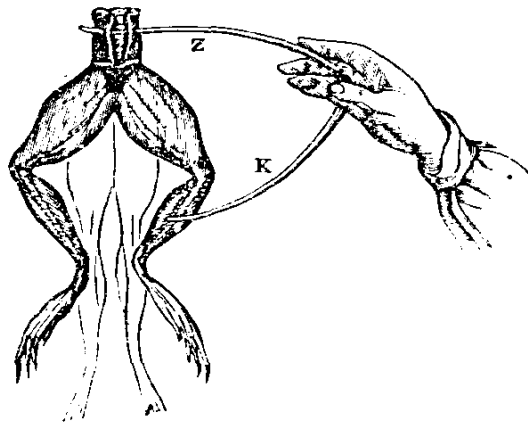
一 盛水之器置于高處而穿器之側壁成一小孔則水流下如

線今取一銅絲聯于發電機而絕緣其
盛水器則水滴四面紛散

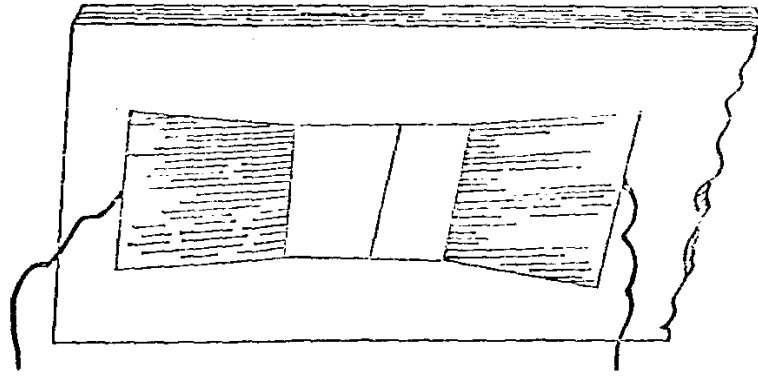
二 取金類板而絕緣于几上板與几
約離寸許置紙片麥藁等屑于板與几
中間而聯金類板于發電機則所置之
屑往復跳躍于板几之間

三 注泰來便油于玻璃器中約深五
分許而拌以少量之硫酸機尼奈將發

第四百三十四圖



第四百四十四圖



電機之兩極導入器中急將發電機旋之硫酸酸機尼奈排列成指力線與撒鐵粉于磁石上時所得者甚屬相似

四 蛙由腰部切斷而剝去其皮取銅絲一端繫于發電機一端觸于蛙之脊髓神經又將蛙之後肢以導體聯諸地然後將發電機旋之則後肢伸屈如生此與以手指觸起電機而生痙攣之感者同理

五 于玻璃板上貼以二枚錫箔而錫箔間置青色試驗紙及紅色試驗紙各一其緣畧相重疊而濕以數滴硫酸曹達 $ZnSO_4$ 之溶液然後將與青色試驗紙相接之錫箔以導體聯于發電機之正電氣極

將與紅色試驗紙相接之錫箔以導體聯于發電機之負電氣極
發電機回轉生電赤色試驗紙變成青色青色試驗紙變成赤色
此乃電氣化學作用之一例參照二百四十四節又發電機回轉時發有一種
臭氣此乃空氣之養氣變而爲臭養氣也

例題

- 一 實驗第一第二條之理如何試說明之

第三章 電氣能力

百九十八 電位 蓄水之器置于高處以管通于低處之器
則水向低處流動兩器同水平面後止不流溫度高之物体附以
溫度低之物体則溫度向低者移動兩器同溫度後止不移故水
之流爲水面之差熱之移爲溫度之差電位之理與上二者甚似

即電氣之流動爲電位之差也電氣流動之方向正電氣由高電位向低電位流負電氣由低電位向高電位流今試舉例以明之設A B二導體A所帶者爲正電氣B則不帶電氣取銅絲聯A B二導體則A之電氣由銅絲分布于B導體之表面故A之電位降下與B同電位如A所帶者爲負電氣則銅絲聯接于二體後負電氣分布于B之表面而A之電位上昇與B同電位即正電氣由高電位向低流負電氣由低電位向高流也正電氣之電位名正電位負電氣之電位名負電位

電體與地球相聯時電氣登時失去而電位變成零故論電位恆定地球表面之電位爲零而以正電位爲比地面高負電位爲比地面低又正電位可比冰點以上之溫度負電位可比冰點以下之溫度

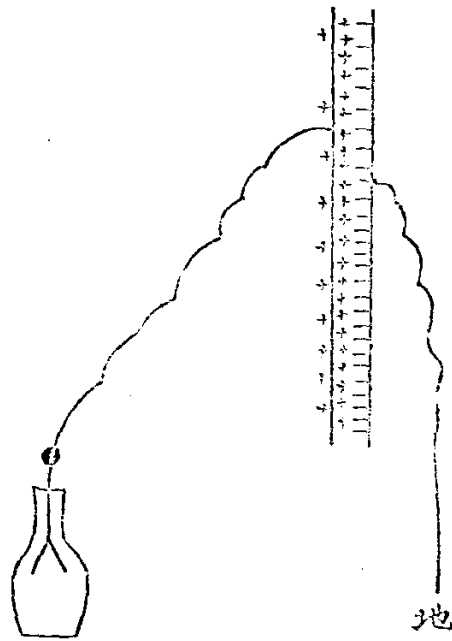
之溫度量溫度之高下用寒暑表量水面比地面高低用尺度量
電位之高低用量電表金箔驗電器即量電表之一種電位之高
低可據金箔之角度而知然不甚精確故欲精確時宜用他器

百九十九 電氣能力 水由高處向低處流成有功用然必
兩水面有差水始流電氣之成功用也亦然兩電位相差即可以
成功用何則以電位相差其間有還原能力故也試舉例以明之
設如A具有正電氣B具有負電氣其電位一正一負爲有高低
之差今取銅絲將二者聯之此時火花發焉爆聲起焉或變熱而
生化學作用焉皆所作之功用也功用必由能力而成故有能力
可知而此能力生于兩電位之差故其爲還原能力可知
水雖多而水面等高時無迴轉水車之能以兩水面間無還原能
力也電氣亦然電位相等時其間無所謂還原能力亦即無所謂

功用

二百 電容 導體與以一定之電量而以量電表測之其電位由導體之大小而不同即各導體與以一定之電量而電位各殊也此電位各殊之故在于電容電容者導體受電氣之容量也試以盛水之器喻注水于器則視器之小大而水面有高低器之小大為器受水之容量電容為導體受電氣之容量理亦猶是而

第四百五十五圖



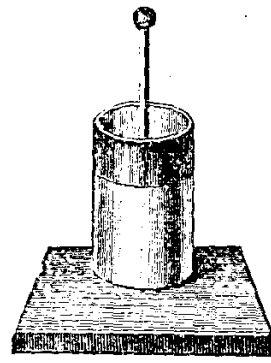
地

已而電位高低則與水面高低相似凡測之電容之單位常以昇一單位電位所費之電量定之

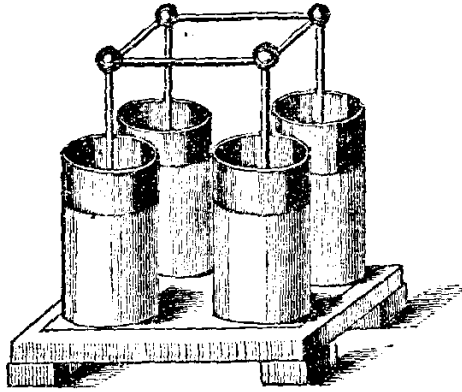
二平面板之導體平行相對距離極近時可使電容增大

而此時于上所說之關係外更有一種關係即二板中絕緣體之性質能使電容增大也凡平行兩平面板之電容與面積之大小相正比例與其間距離之大小相反比例與其間絕緣體之性質相關係而與板無關係試以實驗明之如圖二金類板平行相對以金箔驗電器驗之二板移近時則金箔畧閉移開時則金箔畧開故二板近則電容大二板遠則電容小可知而二金類板皆可摺疊疊去一部則面積小放開一部則面積大用金箔驗電器驗之面積大時金箔閉小面積小時金箔放大又二板中間夾入以玻璃或他絕緣體則金箔甚閉小故電容愈增大然其閉小之度視夾入物體而不同上所說二板中間夾入之以玻璃板較之空氣可增電容五六倍夾入之以樹脂板比空氣可增電容三倍夾入之以硫黃板比空氣可增電容四倍

圖六十四百第

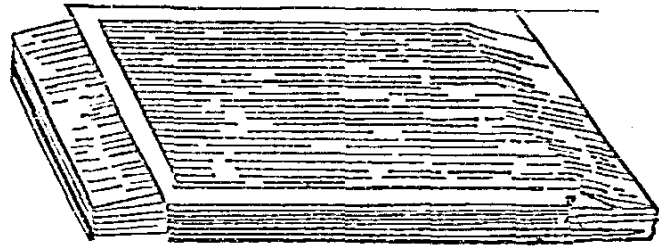


圖七十四百第



導體之電容大雖與以多量電氣其電
 位不甚升高而電氣可免散逸之虞故
 欲蓄積多量電氣須用電容大之器尋
 常所用之來頓瓶即蓄電器也如圖玻
 璃瓶之內外面俱貼以錫箔錫錫之高
 約為瓶之三分之二瓶口插一金類之
 棒棒下端以鏈聯于內面之錫箔上端
 以銅絲聯于發電機又外面之錫箔以
 導體聯于地發電機之電氣配布內面
 錫箔感應生電而此與上節所言二板
 之裝置無異且中間多一層增大電容
 之玻璃絕緣體故此瓶之電容頗大可

第 百 四 十 八 圖



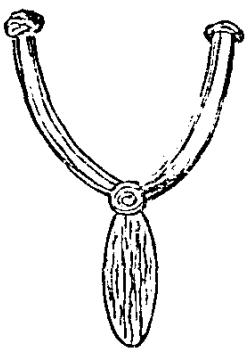
死故蓄電器中之電氣欲放出之則身體
切不可觸近聯蓄電器之導體放電桿所
以易于放電使不觸近導體之器也

以蓄電又欲蓄多量之電氣可將數來頓瓶之
內面錫箔聯之使面積增大而電容倍增
石蠟蓄電器為錫箔一層石蠟所浸之紙一層
間疊而成而第一第三第五等層錫箔為一組
第二第四等層為一組聯此組于地而與他組
以電氣電氣為石蠟所絕緣而此組遂感應生
異號電氣其理與來頓瓶毫無異

二百〇二 放電桿 多量之電氣通過人

身則生痙攣之感或驟

第 百 四 十 九 圖



如圖二金類之棒以蝶鉸合而爲一而于蝶鉸之下附以玻璃柱之柄放電之時手持玻璃柱之柄電氣爲玻璃所絕緣不能通過人身可免危險之處

例題

- 一 甲導體之電容十乙導體之電容十五與甲導體以百單位之正電氣問甲乙二體以銅絲相聯時各得電量若干
- 二 上題未聯以前電位若何既聯以後電位若何

第四章 大氣中之電氣

二百〇三 大氣中之電氣 大氣常帶有多少電氣雨天之時其所帶電氣正負不定晴天之時其所帶者恆爲正電氣而空氣何以帶有電氣論說各不同皆無徵信之據今畧去不錄

傅蘭琳當雷鳴時乘紙鳶在雲際測得上層之雲帶有多量電氣此帶電氣之雲與他雲感應而雲與雲之間相放電其轟音爲雷鳴其火花爲電光又近地面之雲與地相感應而放電名落雷殛擊物体之雷皆落雷也

二百〇四 避雷針 落雷時多量之電氣一齊放電其能力可以壞房屋殺動物避雷針所以避此災也裝製極簡便試取上端尖之金類棒蠱之于屋頂上棒下端以數條銅絲或鐵絲聯附諸埋于地下之金類板即成避雷針因帶電氣之雲與地感應時地面之電氣由金類棒之尖端作用屢放入于雲而相中和不生急烈之電故能避災也然聯絡不得法時反足以招災棒之端宜極銳須鍍白金或黃金以防鏽鈍近人研究避雷針之用知尋常落雷用此可避而極激烈之落雷亦非用此所能全避也

例題

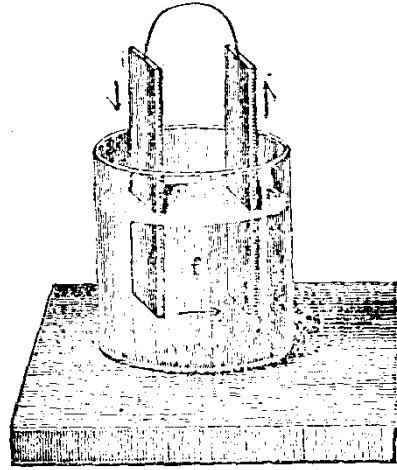
- 一 雷殛之人往往其膝曲如跪何也
- 二 雷殛之樹往往裂開何也

第八卷 電氣學下

第一章 電池

二百〇五 電池 少量硫酸與水相混而盛諸槽槽內對立純亞鉛板及銅板以精好之量電表驗二板知電位已相差然不如發電機兩極電位相差之甚電位之單位名曰弗打發電機兩極電位之差約數千弗打今所驗之差不過一弗打左右而已發電機之兩極一帶正電氣一帶負電氣此處亦然銅板帶正電氣亞鉛板帶負電氣試將二板以一條金類導線聯之則正電氣由銅板經過導線而流向亞鉛板負電由亞鉛板經過導線而流向銅板故兩板之電位恆欲交混其差然硫酸與亞鉛相作用而生硫酸亞鉛其硫酸之輕氣爲亞鉛所置換而遊離變成泡沫附

第五百五十五圖



銅板面而發出此化學作用可生電能力送正電氣于銅板負電氣于亞鉛板故以量電表再驗兩板知兩電位之差雖比之導線未聯以前畧小而尙餘有若干之差即導線既聯以後電氣不絕由導線流過也電氣不

絕由導線流過名曰電流

照以上所說化學作用可生電流故化學作用所由出之槽名曰電池電池兩端之金類板名極電位高之端名正極電位低之端名負極上所云之電池銅板端爲正極亞鉛板端爲負極

二百〇六 輪道及電動力 電流所通過之路名曰輪道電流沿輪道流時正電與負電反向而二者並論易于混雜故論電

流時僅用正電流之方向即上節之電流在電池外之部爲由銅板向亞鉛板流在電池內之部爲由亞鉛板向銅板流也

電池兩極導線未聯以前其兩極電位固已相差然使既聯之後即無此差則電氣不流動而無所謂電流矣故電流全由于電位之差電池兩極電位之差名電池之電動力

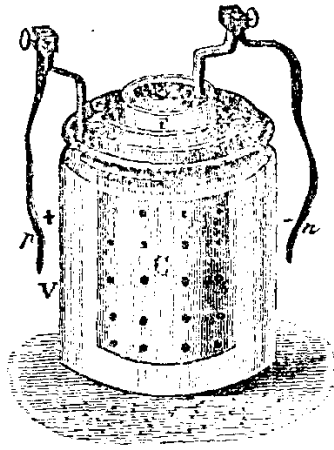
二百〇七 塗水銀之亞鉛 電流由導線流動則電池生化學作用如斷其導線則輪道斷而化學作用即止然尋常不純淨之亞鉛雖輪道中斷亦能起化學作用此乃亞鉛所含之雜質與亞鉛相接觸而已成電流所通之輪道故也純亞鉛頗難得以水銀塗亞鉛板面即可免此病

二百〇八 電池分極 上所說之電池頗有分極之病分極者輕氣遊離發泡包附銅板之面足妨電氣之運動又輕氣與全

電池作用相反欲在電池內由銅板送電流于亞鉛板而電動力漸次變弱之謂也

二百〇九 達紐耳電池 達紐耳電池可免分極之病甚適

第五百一十一圖

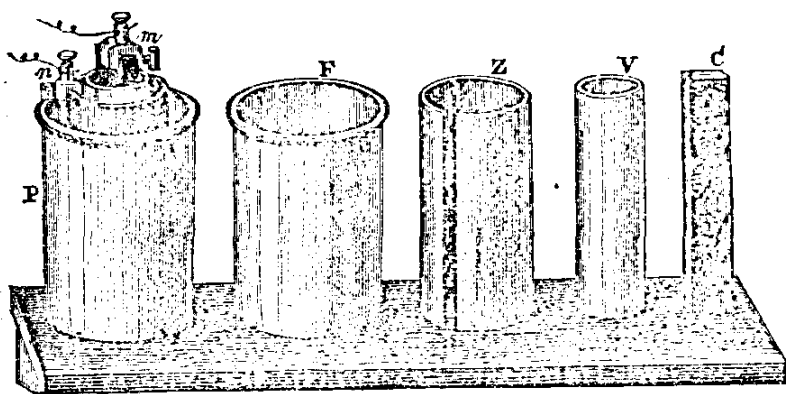


于用如圖最外圓磁瓶內盛以硫酸銅液而插入以圓銅筒圓銅筒之內復插入一素圓磁瓶內盛有稀硫酸而浸亞鉛柱于稀硫酸即成達紐耳電池此電池之可以免分極者硫

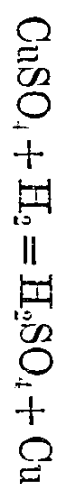
酸與亞鉛作用而生硫酸亞鉛其遊離之輕氣雖透過素磁瓶而欲附于圓銅筒之面然未附之先已與硫酸銅作用而生硫酸與銅即兩次化學作用第一次



第 五 十 二 圖



第二次



而輕氣不及附于圓銅筒面故電動力不致弱去也如圓玻璃瓶

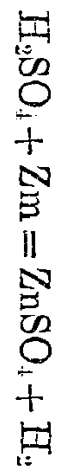
內之硫酸銅液漸次變薄宜取硫酸銅塊投入之此電池之電動力約一〇八弗打

二百十 彭仁電池 彭仁電池亦無

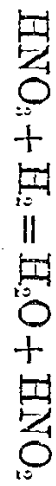
分極之病而與達紐耳之電池相似第最外之玻璃瓶所盛者為稀硫酸次入以圓亞鉛筒次插入素磁瓶瓶內盛以濃硝酸而浸炭棒于硝酸為與達紐耳之電池裝置微異此電池所以無分極之病者因硫酸與亞鉛作用變硫酸亞鉛而生輕氣輕氣遇硝酸又生水及亞硝酸即二次化學

作用

第一次



第二次



而亞硝酸爲氣體其發散與電動力之強弱無關係故無分極之病此電池之電動力約一、九弗打

達紐耳彭仁二電池均以亞鉛爲負極炭與銅爲正極而二電池外尋常所用者又有來克蘭希及格羅克等電池來克蘭希電池之電動力約一、五弗折格羅克電池約一、四弗打

表正極短
劃表負極

以下各圖表電池時
僅用長短二劃長劃

第二章 電流及磁氣

二百十一 安培定例 磁針靜止時常指南北試于磁針旁

第五百三十三圖



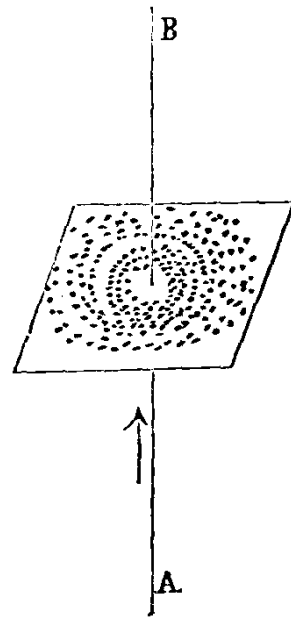
置一導線而通過以電流則磁針忽變方向與磁氣子午線成若干角度此乃磁氣與電流相作用而成此角度也至磁針所偏之方向如何安培試驗而立定例如下

人對磁針立時試定人爲導線定電流由足至頂則磁針北極常偏向左手一邊

試設例電明之設如導線在磁針下與磁針平行電流通過導線由南向北則磁針北極向東若導線與磁針平行而在其東側電流由北向南則磁針北極向下是也以電流試驗磁針所偏之方向名愛司退脫格試驗

二百十二 電流對磁針之作用 上節言磁針近旁通過電流磁針靜止之方向頓變則電流通過導體時即成一磁場可知

第五百四十四圖

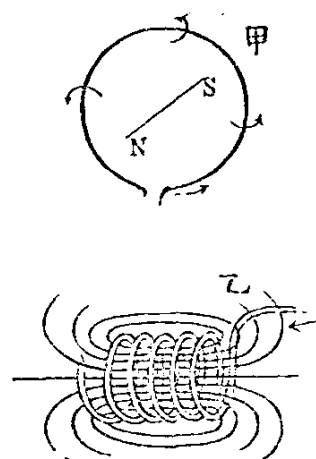


今欲證明之試取厚紙撒滿鐵砂于中央開一小孔垂直貫以導線通過電流則砂聚成圓圈指力線與磁石試驗時所得者無異即磁場之證也又據此則

電流所成磁場之指力線為直角于電流平面上之圓形亦可知上節所說之愛司退脫格試驗因磁針在電流之磁場內使之循所作指力線之方向靜止而磁針亦在地球磁石之磁場內使之照磁氣子午線之方向靜止故靜止時必為此二力之合力方向而電流不甚強時磁針斷不能與導線成直角

二百十三 度電圈 取導線曲之使成螺旋名度電圈通過度電圈以電流即成磁石甲圖為螺旋之一圓圈置磁針於圈之

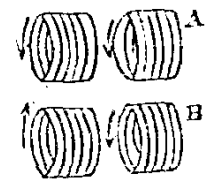
第五百五十五圖



中心點則磁針必直角向圓圈之平面以指力線壓磁針使不得不然也
 乙圖爲圓圈駢列而成螺旋其磁氣指力線與螺旋圓筒柱之軸相平行而圓筒外之作用與棒磁石毫無異故據此而度電圈之無異于磁石可知今更以實驗證之通過電流度電圈之兩端近以磁針其斥南極之端必引北極其斥北極之端必引南極此即兩磁石之同極相斥異極相引也又度電圈若能如意旋轉以固定之棒磁石向之其爲磁石所引斥也亦然故度電圈在地球上常欲照磁氣子午線靜止
 度電圈之二極孰與磁石之北極相當可定之如下
 尋常旋瓶塞之螺旋取以當度電圈而以手旋之方向當電流之

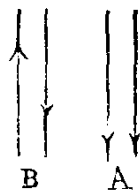
方向則手所執之端為南極

度電圈與磁石有磁力作用而兩度電圈亦有磁力作用如百五



第十六圖 A 兩度電圈互相引因異極相對故也 B 互相斥因同極相對故也

圖六十五百第



導線所作之圓環雖甚短亦有斥引之作用直導線可視為半徑極大圓環之一部而電流同

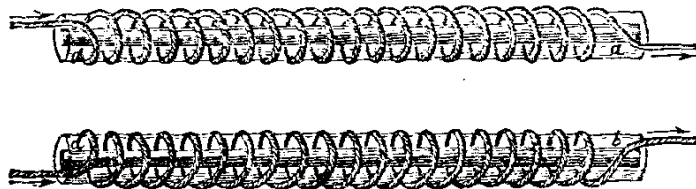
圖七十五百第

方向時則相引如百五十七圖 A 是反向則相斥如 B 圖是

二百十四 電磁石 取銅絲等導線外裹

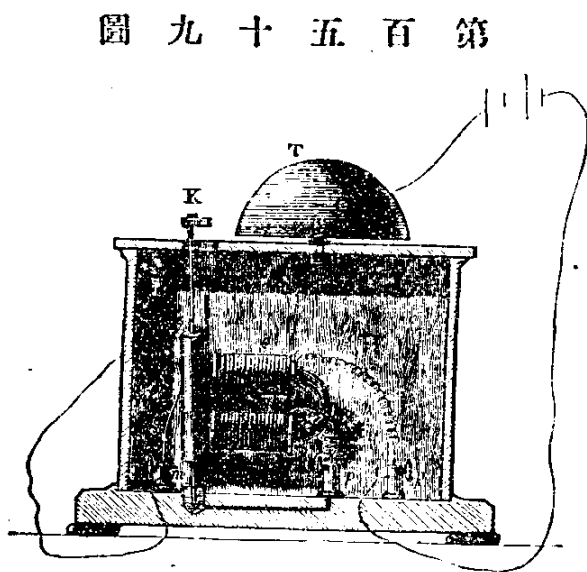
以絲然後繞諸圓筒之周面即成度電圈通以

圖八十五百第



電流即成甚強之磁場入度電圈中以鐵棒則感應而成磁石故便鐵含具磁性之最簡便法莫如用度電圈凡電流繞鐵而變磁石名電磁石其用甚便比之真磁石尤佳

二百十五 電鈴 電鈴之用全在電磁石電流通時則鐵成電磁石電流斷斷則電磁石復成鐵如圖 e 之馬蹄鐵裏以絕緣



之導線而于其前立一 f 鐵柱柱上附以 K 球使柱為 e 所吸引時此球可以敲 T 鈴發音 f 鐵柱後又附一 g 撥條此撥條與導線相聯且為鑰捺之則輪道通放之則輪道斷輪道通時 e 變磁石吸引 f 而 K 遂擊 T 發音此時 f 與 g 離開而輪道又斷

第五百五十九圖

e 頓失去磁性故 復其原位置 f 復原位置則輪道又通故 e 又引 f 使 K 擊 T 輪道屢續屢斷而 T 鈴連被擊矣

二百十六 電信機 電信可分三部其用全在磁電石三部者導線發信機受信機是也以前受信發信兩局設有二條導線今只用一條其他一條即以地球代之法將導線端懸二大銅板 P' P 而埋諸地下即可以代導綫下三圖甲爲總圖乙爲發信機圖丙爲受信機圖 v u 橫桿中部貫以水平之軸而支諸 M 短柱上橫桿下面垂有 C D 二趾而各鍍以白金以防酸化 e 爲撥條不用時俾輪道自斷 C D 兩趾緊對 C' D' 趾 C' 趾之導線與電池相聯 D' 趾之導線與地下銅板相聯 M 柱之導線經量電表而達于他局之受信機手抑橫桿之 u 端使下則 C 與 C' 接而輪道通手放開之則輪道斷而他局之受電機因電磁石之感應作用遂

圖 十 六 百 第

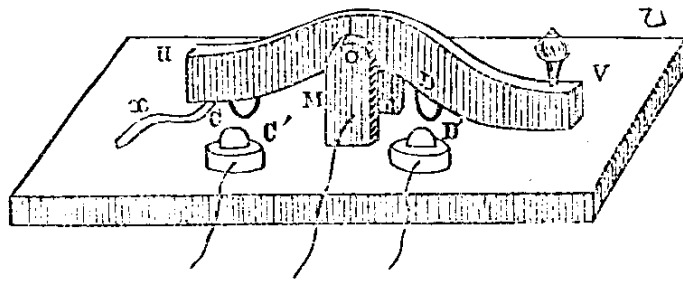
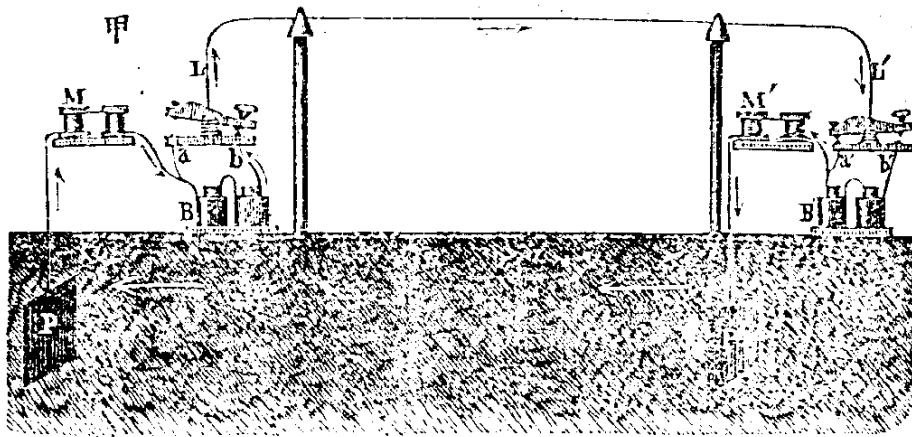
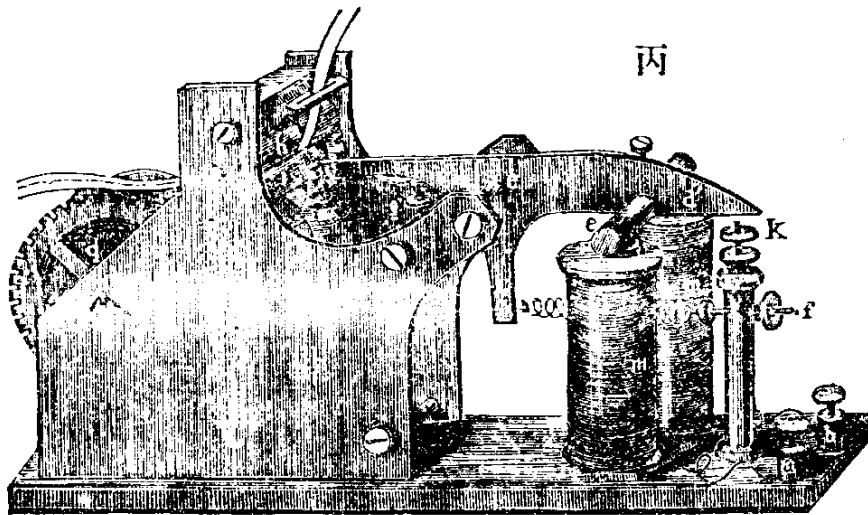


圖 一 十 六 百 第



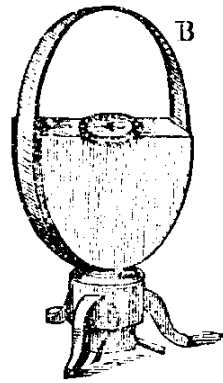
電信號碼

a --- b - - - c - - - d - - - e - - - f - - - g - - -
 h - - - i - - - j - - - k - - - l - - - m - - - n - - -
 o - - - p - - - q - - - r - - - s - - - t - - - u - - -
 v - - - w - - - x - - - y - - - z - - -

丙圖 m m' 爲電磁石 d' 爲附于橫桿端之鐵片 i 爲附橫桿端之筆輪道通時電磁石吸引 d' 鐵片 i 端上行而筆尖遂與紙條相觸紙條所卷之輪配有鋼製之法條故紙可徐引出而號碼遂印于紙上即發電機抑橫桿之時短則印于紙條者爲點抑橫桿之時稍長則印于紙條者爲劃也

二百十七 電流表 任于電流磁場內取一定點其磁力之強弱必與電流之強弱成正比例本此理作量電流強弱之器名電流表而最簡便者爲正切電流表如圖銅所作垂直大圓圈 B

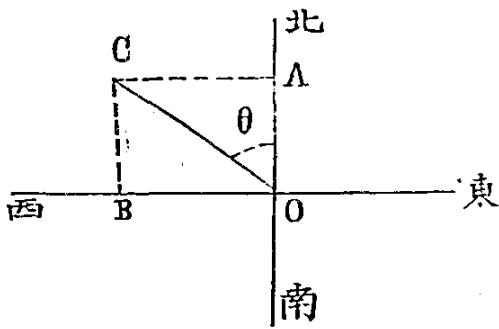
圖二十六百第



磁氣子午線列之然後通以電流電流磁場之指力線與磁氣子

午線成直角試假定此力為 $O B$ 地球磁石
 之周面裹以絲而絕緣之名廓衣耳此廓
 衣耳之中心照水平位置安放一磁針盤
 盤周刻有度數用此器時先取廓衣耳照

圖三十六百第



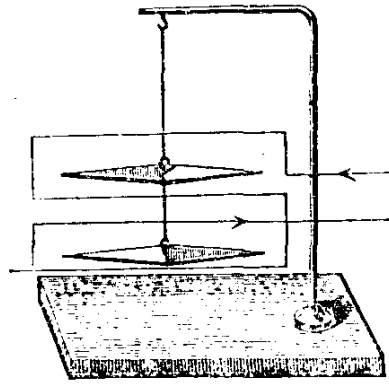
電流其電流之強弱與磁針所偏之角之大小相正比例

必為 $O C$ 照三角定理 $O B = O A \tan \theta$
 $O A$ 為一定之數 $O B$ 則與電流之強弱相
 正比例故命電流磁力為 H 則 $H = K \tan \theta$
 上式 K 為地球磁石之水平分力及廓衣耳
 等與磁針迴轉時相關係之定數用此器量

二百十八 電流單位 電流單位名安培一安培即一秒內
流過一克倫之電量是也

二百十九 無定磁針及反射電流表 電流弱時則磁針之
偏角不大可用他法變大之一使地球磁石之磁力變弱則偏角

第百六十四圖



必大此法取棒磁石置于電流表近旁地
球磁石之磁力相與抵牾消滅即變弱二
為無定磁針無定磁針者將兩磁針之異
極並列相對而懸諸中點則地球磁石對
二磁針之作用甚少因上下兩極相反故
也如兩磁針之強弱相等則地球磁石毫
無作用及之此兩磁針可自隨意靜止不守一定之方向即成無
定磁針

用無定磁針爲電流表時如圖于兩磁針之周圍附以兩廓衣耳而通以電流其電流之方向上下相反因之上磁針之北極欲押入于紙面下磁流之北極欲引出于紙面二者相助故偏角增大三爲反射電流表于桂磁針之線上附以小鏡偏角之大小由所附之小鏡光綫反射而知

第三章 歐姆定例

二百二十 歐姆定例 繫導線于電池兩極而成輪道通過輪道之電流導線粗則強細則弱又視導線之物質而有強弱之分如銅絲之電流較鐵絲強是也而同一導線時則通過之電流其強弱視乎電動力之大小

德國人歐姆試驗電流立定例如下

電流之強弱與電動力相正比例與輪道之抵抗相反比例
 上所云抵抗即導線之粗細及物質之關係是也其原由于傳電
 之良否蓋導體雖善傳電而亦不能無彼此之異乃理之固然也
 抵抗之單位名歐姆今定電流為 C 安培電動力為 E 弗打抵抗
 為 R 歐姆可立式

$$C = \frac{E}{R}$$

或

$$E = RC$$

橫斷面一平方咪里米突長一〇六、三纖米水銀柱溫度零度時
 其抵抗為一歐姆

凡物體皆有多少之抵抗試取導線電流表電池三者成一輪道
 而命抵抗為 R 此 R 必為電池之抵抗 b 廓衣耳之抵抗 g 導線
 之抵抗 r 之合量故
$$C = \frac{E}{R} = \frac{E}{b+g+r}$$

 而電池之抵抗名曰內抵抗此外抵抗統名曰外抵抗

二百二十一 抵抗 導線之抵抗據種種試驗知與長相正

比例與橫斷面相反比例試舉例以明之設如水銀柱長一〇〇
 纖米突橫斷面〇.五平方咪里米突其抵抗如何據上節所說水
 銀柱長一〇六.三纖米突橫斷面一平方咪里米突則抵抗為一
 歐姆故得 $\frac{100}{106.3} \times \frac{1}{1} = 1.881$ 歐姆

物体之抵抗與溫度大有關係尋常導線之抵抗溫度高則增溫
 度低則減然亦有不盡然者如炭則與上所說適相反是也凡抵
 抗小之物体必較之抵抗大之物体易于傳電故傳電為抵抗之
 反試定銀之抵抗當溫度零度時為一〇〇則十五度時其與各
 物体之比抵抗如下

銀	一〇七	銅	一一二	黃金	一五五
亞鉛	四一四	錫	七三四	鐵	八二五

二百二十二 輪道上之電位 電池兩極聯合而成輪道導
 體各處之電位常欲彼此平均而電池內之化學作用常使兩極
 之電位有一定之差然導線未聯以前其差為 E 既聯以後必略
 小于 E 試命為 E' 又命電池之內抵抗為 b 外抵抗為 r 則

$$E' = \frac{E}{r+b}$$

電流在一輪道上必隨處皆等而電位之差則視流之遠近而小
 大不等試于輪道上任取三點前兩點電位之差命為 E 後兩點
 電位之差命為 E_1 其抵抗命為 R R_1 則 $\frac{E}{R} = \frac{E_1}{R_1}$
 故未聯時兩極之差命為 E 既聯後兩極之差命為 E' 得 E 與 E'
 之比猶 $\frac{b}{r+b}$ 與 r 之比也

二百二十三 分輪道 如圖電流至 M 點其輪道分而為二

一 $M B L$ 一 $M D L$ 而 $M L$ 兩點間電位之差命為 $K M B L M$

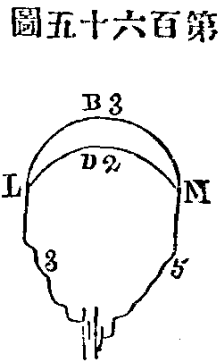
D L 之電流命為 C_1 C_2 抵抗命 R_1 R_2 照上節

$$C_1 = \frac{K}{R_1} \quad C_2 = \frac{K}{R_2}$$

$$O = C_1 + C_2 = K \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

故 而

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$



圖五十六百第

上式 R 為二輪道之全抵抗輪道分作多條理亦同

例一 輪道導線之抵抗如圖所記電池內抵抗為一、八歐姆

其電動力為二弗打問導線各部電流之強弱如何

解 M L 間之抵抗命為 R 則 $\frac{1}{R} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{5}{6} \therefore R = 1.2$

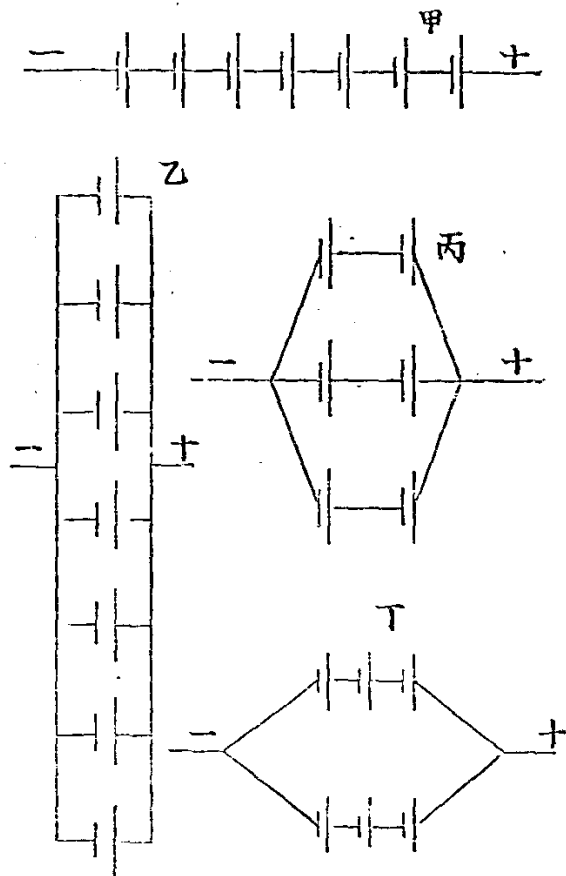
故全電池之抵抗為 $1.8 + 5 + 1.2 + 3 = 11$ 而通過電池之

電流其量為 $O = \frac{2}{11}$ L M 間之電流命為 C_1 C_2 $C_1 + C_2 = O$

又 $2C_1 = 3C_2 \therefore C_1 = \frac{6}{55}, C_2 = \frac{4}{55}$

二百二十四 電池聯結法 電池之力太弱不適于用將數

電池聯之名電槽可使電動力增強聯結約有三法一如甲圖逐



圖六十六百第

併用上二法凡聯合之電池其電流可算而知試命各電池之電動力為 E 內抵抗為 b 電池數為 n 則第一法之電動力為 nE 內

次各正極與各負極相聯名行聯法二如乙圖各正極與各正極相聯各負極與各負極相聯名列聯法三如丙圖或如丁圖

抵抗爲 nb 命電流爲 C_1 $C_1 = \frac{nE}{nb+r}$

第二法之電動力仍爲 E 而內抵抗爲 $\frac{b}{n}$ 命電流爲 C_2

$$C_2 = \frac{E}{\frac{b}{n}+r} = \frac{nE}{b+nr}$$

第三法之 n 電池中取 P 電池而行聯之共得 Q 隊此 Q 隊復列

聯之則 $n = P \times Q$

而電動力爲 PE 內抵抗爲 Pb/Q 定電流爲 C_3

$$C_3 = \frac{PE}{\frac{Pb}{Q}+r} = \frac{nPE}{Pb+Qr}$$

第四章 電流及熱

二百二十五 喬巍兒定例 電流通過輪道時各部必生熱

而抵抗大之部則熱特甚如圖盛蒸餾水之瓶入以精良之寒暑表又浸以白金線將白金線聯諸彭仁電池所作之電槽兩極水

之溫度上昇可視而見喬巍兒于此等相似之種種試驗細心考

第七百六十七圖



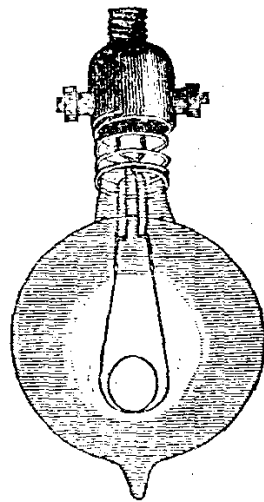
究或將電流變強之或將抵抗變大之
得定例如下

輪道一部若干時內所發之熱量與

抵抗乘電流之自乘積相正比例

等粗等長之白金線銀線二條聯合而通以電流則白金線之溫度比銀線高此乃白金之抵抗比銀大故也試將電流量為加減可使銀線黑暗而白金線已變紅熱

第六百八十八圖



二百二十六 白熱電燈 電燈

分二種一白熱燈一弧燈白熱燈如圖所示玻璃套之上蓋附以兩白金線兩白金線之端接以一條炭線將

玻璃內空氣抽成真空電流由白金綫通過炭線時生熱而發白光此炭線製法或剖竹成絲而黑燒之或浸綿絲于硫酸中善爲洗滌再黑燒之其抵抗甚大電燈之所以必需真空者以炭線熱時與養氣化合則消滅不能再用故也

二百二十七 弧電燈

弧燈之創設在白熱燈之前如圖二條炭棒相觸接通以甚強之電流則此觸接部因抵抗甚大之故

第一百六十九圖



遂生大熱此後兩炭棒燒去幾分相離開而電流乘火花飛過輪道仍相通炭棒兩端熱至二千度以上發弧狀白光故名弧燈

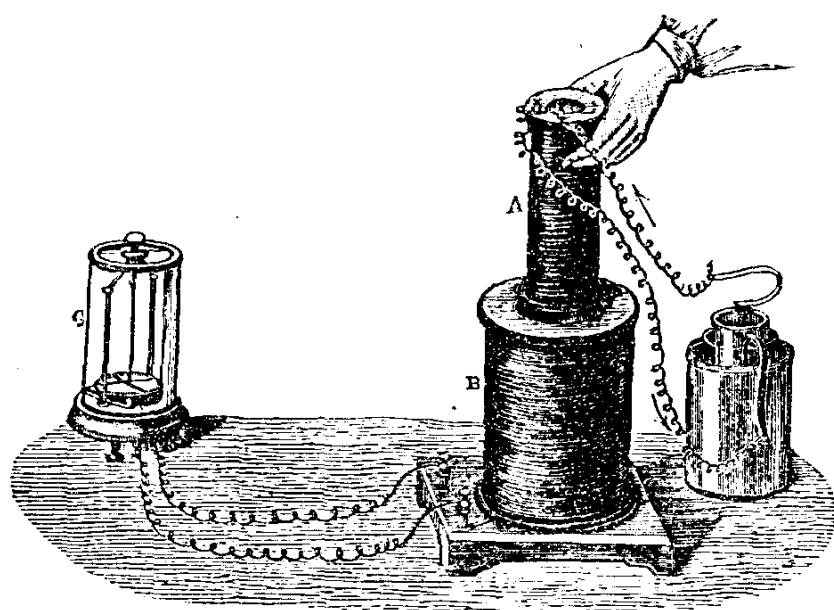
試近炭棒之發光部置一凸靈視其映出之真影知與正極相聯之炭棒其端凹而光強與負極相聯之炭棒其端凸而光弱又兩炭棒漸次耗失而與正極相聯者其耗失較他棒速二倍故必其

間存一定之距離有種種法可用尋常用電磁石法
弧燈點火時須用代那模供給電流白熱燈之小者用二三彭仁
電池即可點火

第五章 感應電流

二百二十八 感應電流 取A B兩度電圈一以導線繫于
電流表一以導線聯于電槽將A插入B時則電流表之磁針向
一方偏故B亦生有電流可知然瞬息之間磁針即復其原置故
B不過暫生電流須臾即滅又將A從B取出則電流表之磁針
復偏一次與前次所偏方向相反須臾復歸其原位置B度電圈
瞬時內所起之電流名感應電流又A名正度電圈B名副度電
圈正副兩圈相近時電流恆反向相遠時恆同向

第 百 七 十 七 圖



內不斷將電流斷續之即正者電流通時副者生反向之電流正

三百四

前言電流同向相引反向相斥
二百十而德人林慈原本此理
將感應電流之理立說如下

感應作用所生電流之方向
與相互運動之方向相反而
兩相抵拒

二百二十九 生感應電流

法 法雖異而理皆一致今分
舉之一正副兩度電圈使之忽
遠忽近即上節所說之實驗是
也二正度電圈插入副度電圈

者電流斷時副者生同向之電流而于正度電圈中更放軟鐵棒一條則感應電流益強三以磁石代正度電圈而照第一法忽遠忽近之則副度電圈即生感應電流

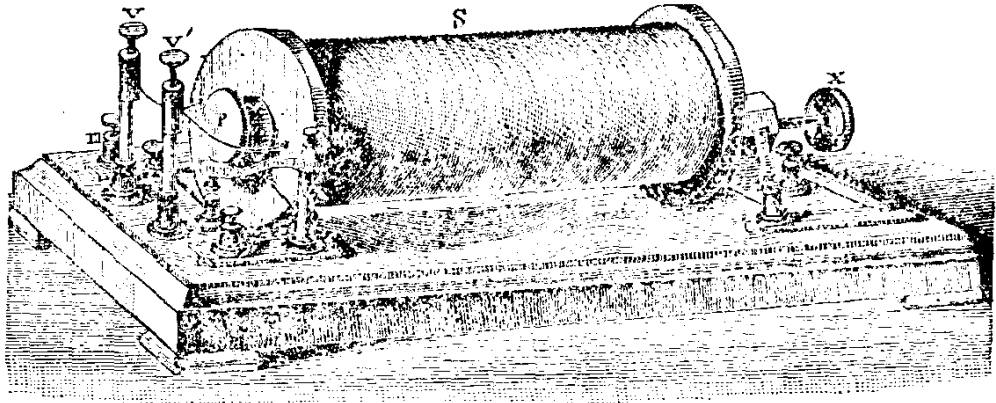
二百三十 感應電流之電動力 以上數節所言之理可約言之如下凡磁石或通過電流之度電圈取而近諸輪道或遠諸輪道使輪道之磁場生有變動則此輪道生出電動力而成感應電流之電動力欲變強之其磁場之變化須急激變化急激可生數百弗打之電動力

二百三十一 電流之自感應 上所論者爲此輪道與他輪道相感應名互感應然一輪道所成之磁場即可與輪道相感應名自感應如度電圈通以電流因忽成有磁場之故生有與電池相反之電動力而電流亦遂不能一時即強又輪道斷時因磁場

頓失之故生有與電池同向之電動力而電流亦遂不能一時即滅軟鐵線數十條合成一束以絕緣導線卷成度電圈其自感應甚大故通以電流而猝斷之則自感應所生之電流其電動力甚大往往于切斷部飛出火花然將導線解開不使成圈雖通以電流猝斷之不易生火花也

二百三十二 凌可富感應器 互感應時副度電圈電流之電動力可使之甚大凌可富本此理作一感應器如圖正度電圈P中置軟鐵絲一束而包副度電圈S于正度電圈外S爲極細之絕緣銅絲所作包捲約數百回通P以電流則副度電圈生感應然非將電流斷續之則磁場之起滅不急激而感應電流無由起斷續電流川電磁石與電鈴時同又正度電圈之自感應能使電流斷續畧緩而磁場之起滅因亦畧緩且電流斷時輪道切部

圖一十七百第

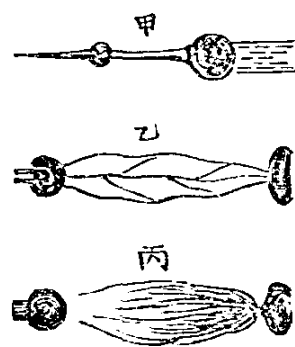


第五章 感應電流

往往放出火花于器不利欲免此病繫石蠟蓄電器于切部兩側電流斷時自感應之電流不變火花而聚于此蓄電器中電流通時放電而助電池作用此感應器可生強大之電動力與發電機之作用不相上下且便于用而副度電圈導線之兩端相近時發出火花與發電機兩極相近時同火花長約可及十纖米突以上人身偶觸于導線端即生痙攣之感甚危險

二百三十三 火花 感應器或發電機所發之火花其形甚多甲為短火

圖二十七百第



花畧如直綫乙爲長火花甚屈曲而分
 岐成數條丙爲兩導體相對時一導體
 爲尖端所發之火花其形如綉毛刷靜
 不發聲

電氣之火花在稀薄氣體中較之尋常

空氣易于通過如圖長一尺許之玻璃管抽去所盛之氣僅餘少
 許而封其兩口口內附有導線繫導線于發電機管內之光兩極
 處最弱餘則明暗相毗序列如鱗以分光器驗之各得其氣體固
 有之光質影故研究氣體之光質影時常用此法此處所用之管
 名蓋司來爾管

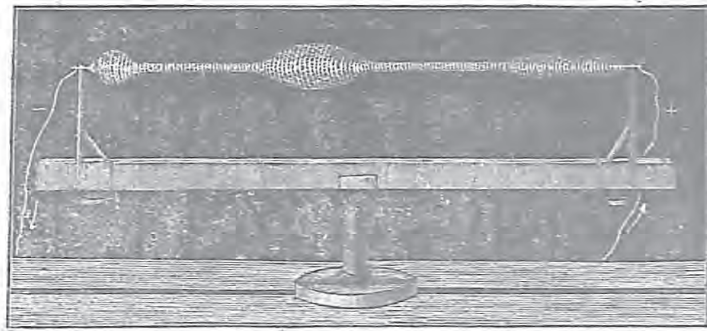
上所說鱗狀之光氣體之密度愈小其間隔愈大若真空時管中
 成黑闇唯對負極之玻璃內側發有青色或綠色之光此管名克

爾格司管與蓋司來爾管甚相似第管內之氣體壓力僅爲一氣

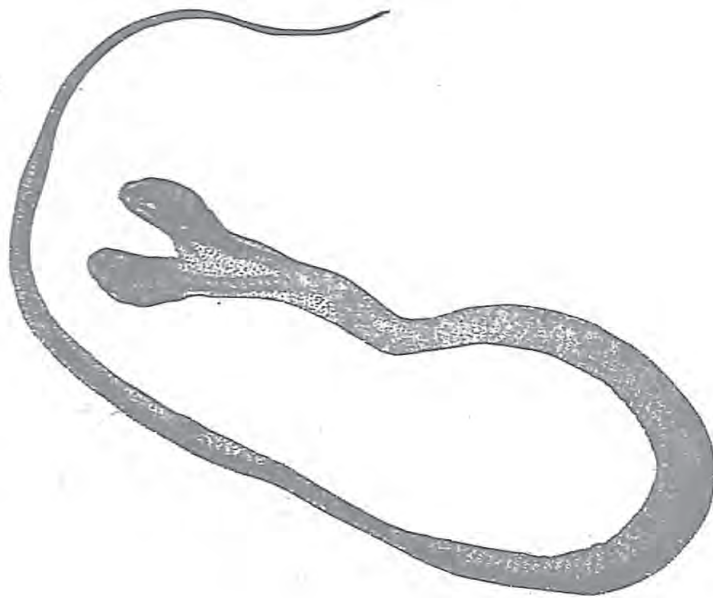
第五章 感應電流

三百九

圖三十七百第



圖四十七百第



壓之萬分之一

二百三十四

林達根試驗

德人林達根試克爾格司管發

明一種光線之作用即克爾格司管負極之光由玻璃反射有一種輻射線此輻射線雖無光然遇青酸白金拔里安即青酸白金加里及他物質則發光其對照相板與尋常光同一作用又對尋常光線所不透光之物質亦能透過之第因物質而殊木竹等物均透光金銀等物均不透光動物之骨比肉不透光故以此光照動物可使其骨歷歷照出上圖之兩頭蛇即用此光照出之骨印諸照相者也此光線名X光線

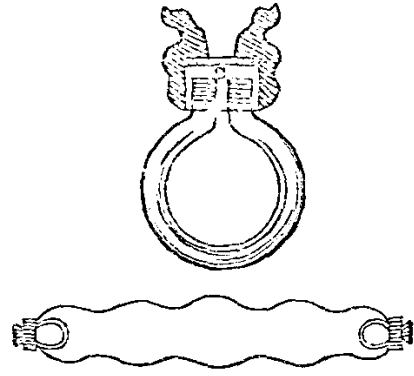
二百三十五

德律風

德律風乃藉電流以傳送言語之器

也如圖彎曲磁石C之兩極前附以軟鐵片而軟鐵片之周圍繞以導線成度電圈圈前更置一薄鐵板取此器二具以導線聯其

圖五十七百第



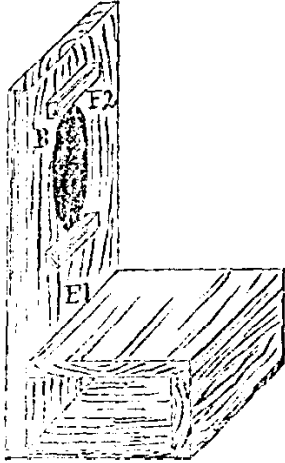
度電圈而成輪道入口向筒口發音時薄
鐵板振動與磁石之距離畧有增減而磁
場生有變動度電圈即生有感應電流此
感應電流能使對面電話機度電圈之磁
力應而增減使鐵板振動故以耳側于對
面電話機筒口可聞言語

二百三十六

微音器

今最通行之德律風率以上節所說

圖六十七百第

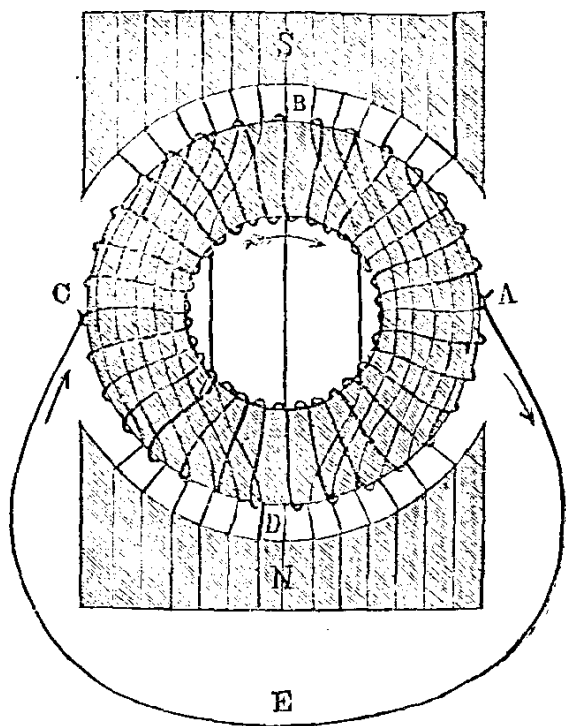


之器為聽音用之器而以微音器為發音用之器如圖E₁E₂兩炭
片一以導綫聯于電池一聯于聽音
器兩炭片之間立一B炭棒炭之抵
抗視壓力之大小而增減人向微音
器發音炭棒接觸部因壓力變改之

故而電流有強弱聽音器中之鐵板相應而振動故能聞微音器所發之言語

二百三十七 代那模 代那模乃度電圈在磁場內迴轉急激感應而生電流之器也工業上常用之其式亦甚多茲所舉者

圖七十七百第



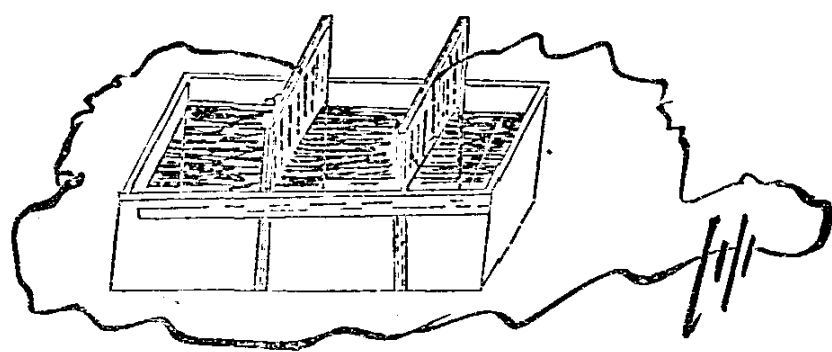
為法國人葛耶所製之代那模如圖 N S 為電磁石之兩極 A B C D 為軟鐵環環上繞以導線成度電圈名葛耶環磁氣指力線遇鐵則通過之其方向如圖中細線所示而此方向常不變今將葛耶環旋轉

則通過各度電圈之磁氣 A C 兩部瞬時間絕少變更而 B D 兩部變動甚大照林慈定例生感應電流而兩相反向即以 A C 爲兩電流之分界處其左右之度電圈各生反對電流也別設一導線 E 使常接于 A C 兩點則度電圈所起之感應電流可由此導線引出應用然須引一分至電磁石藉以增助磁場故始雖感應電流甚微繼則磁場與電流相輔佐而益強

二百三十八 電動機 葛郎環迴轉而生電流則通以電流度電圈與磁石相作用亦可使葛郎環迴轉于葛郎環之軸附以車輪而配以動機革則可使他器生運動其用爲代那模之反而別名之曰電動機

第六章 電氣分解

圖八十七百第



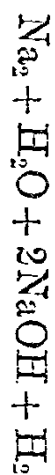
二百三十九

電氣分解

酸類及金類之鹽通以電流生化

學作用而分解名電氣分解其所分解之物名可電解物分解後之物名電解質電氣分解法如圖注可電解物之溶液于槽內而浸以二片金類之板以導線繫此二板于電池兩極即生分解作用然往往溶液分爲二物而現于兩板電流所由入之板名正極電流所從出之板名負極電解物集于正極一邊者爲正解質負極一邊者爲負解質有時電氣所分之正解質與負解質不即現于兩極往往與他物相作用變一種間生物然後現出

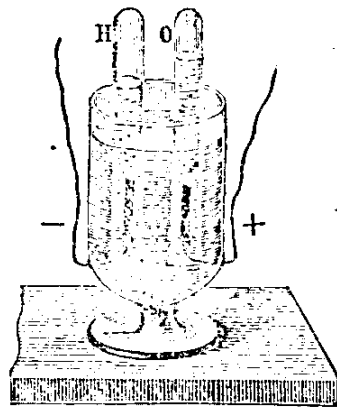
二百四十 鹽類分解 鹽類溶液分解時其正解質恆爲鹽基負解質恆爲金類試用白金板極分解硫酸銅溶液先分爲硫酸基 SO_4 及銅是也然 SO_4 不能現出因 SO_4 與溶液中之水更相作用而成酸硫及養氣故正極現出養氣負極現出銅也若用銅板極分解硫酸銅 SO_4 與銅板作用而生出硫酸銅故正極之銅板漸耗失負極之銅板益新鮮而增多又試將硫酸曹達溶液用電氣分解之其正解質爲 SO_4 負電解質爲 Na_2 而俱與水相作用一次故現于正極者爲養氣現于負極者爲輕氣二者與水之化學作用如下二式



二百四十一 酸類分解 分解硫酸之法如圖白金板之兩

極繫于彭仁電池所作之電槽入器中以稀硫酸則分解而輕氣

圖九十七百第



現于負極養氣現于正極因所現物之若是學者初以為水之分解則然今可照上節例斷知其為硫酸之分解蓋硫酸分解後變成 H_2 及 SO_4 而 SO_4 與水相作用復變硫酸及 O 故正極有 O 現出也

上所說之器內入以稀鹽酸則現于負極者為輕氣現于正極者為鹽素即綠氣其發出二原素之容積且相等

二百四十二 法賴第定例 英人法賴第考究電氣分解立二例如下

一 電流所分解電解物之量與電流乘時之積相正比例即與電流之總量相正比例是也

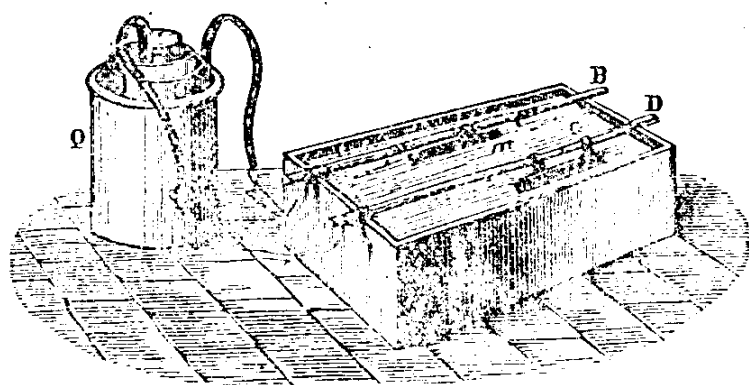
二 等量電流分解之電解質與電解質之相當量成正比例
 二法所云相當量乃原子根除原子量之數也試將硝酸銀硫酸
 亞鉛硫酸銅三者相分解如電流之量相等時則現于負極三金
 類之比其數爲 $107.9 : \frac{65.4}{2} : \frac{63.3}{2}$ 是也銀之原子量爲 107.9 而
 原子根爲 1 銅之原子量爲 65.4 亞鉛之原子量爲 63.3 而原子
 根均爲 2

據種種試驗測得銀鹽可于一秒時內用一安培電流解出 〇、〇
 一一一八葛蘭銀即費去一克倫電量而析出 〇、〇一一一八葛
 蘭銀也參照法賴第法即電氣分解時其電解質之量可算而知

例一 十安培之電流一點鐘內由銀鹽析出之銀可得若干
 解 $0.01118 \times 60 \times 60 \times 10 = 40.24857$ 葛蘭

例二 上題所析出者爲銅鹽當得若干

圖十八百第



解 定電解質爲 x 葛蘭

$$107.9 : \frac{63.3}{2} = 40.248 : x$$

三百十八

$$\therefore x = 11.81$$

二百四十三 朴爾大表 電氣分解時量知電解質之多少

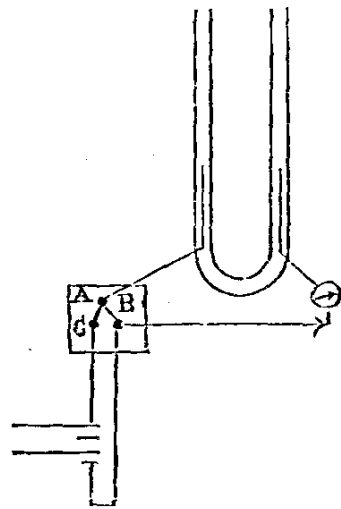
即可逆知電流之強弱以此法測電流之表名朴爾大表此表雖不及電流表之簡便然精確過之

二百四十四 電鍍法 電氣分解

之應用甚廣電鍍法其一也用此法鍍金鍍銀時先將所欲鍍之物体磨光以苛性曹達及稀硝酸洗之洗後復以清水洗一次務使表面無纖毫之垢因有垢即生有斑紋甚害雅觀故也

物体洗淨後即以之爲負極別取一所欲鍍之金類板爲正極並
 列之于槽中注槽中以所欲鍍金類鹽之溶液而通以電流即得
 二百四十五 分極作用 取白金板爲兩極分解硫酸而置
 一電流表于輪道中驗電流之強弱知電流實漸分解漸弱此乃
 兩板面附有氣泡使然也氣泡多時則抵抗畧增又附于負極之

第百八十一圖



輕氣與附正極之養氣欲反電池
 之電流方向而自生一電流試取
 去電池則輪道上所附之電流表
 磁針與從前所偏之方向相反其
 證也此試驗之裝置取有小孔之
 木板盛孔以水銀而以銅絲聯于 A B 或 B C 孔使電池可以隨
 意離合如初分解時電池之電動力爲 E 至若干時後變爲 e 命

輕氣養氣所作反電流之電動力爲 e' 則 $\text{PbO}_2 \parallel e'$
 電氣分解時 PbO_2 宜大于 e' 分解流酸 e' 可達二弗打左右故所用
 之達紐耳電池宜在三以之數

電流通過可電解物時常有分極作用而電池亦常自生有分極
 作用即二百八節所說是也電池之能免此病者爲蓄電池又名

副電池今將此電池之裝
 置作用畧說明之二酸化
 鉛 PbO_2 所塗之鉛板與鉛板
 對立之于稀硫酸中鉛板
 爲負極二酸化鉛所塗之
 鉛板爲正極電流由輪道
 迴環流動硫酸分解而爲

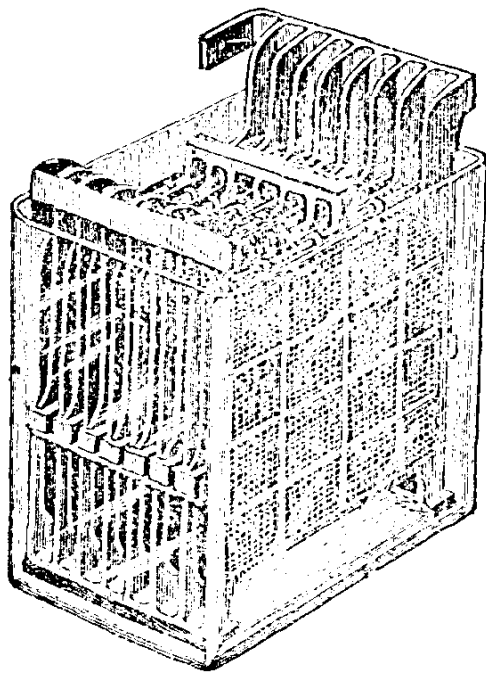
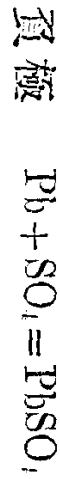
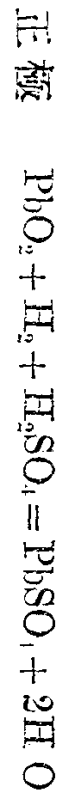
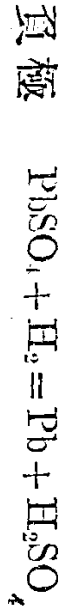
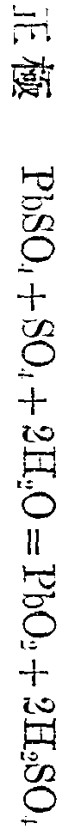


圖 二 十 八 百 第

H₂ 及 SO₄ 附于負極者為 H 附于正極者為 SO₄ 其二極之化學作用如下



因之兩極板漸變成同一物質其電位毫無彼此之差而電流欲止然由兩極送以反向之電流則稀硫酸又分解而蓄電池之正極附有 SO₄ 負極附有 H₂ 而兩極板因而復原其化學作用如下



今所用之蓄電池如上圖數枚棊盤對立于稀硫酸中而初作電池時各棊盤對孔先塗以一酸化鉛至通過電流時則一邊酸化而成二酸化鉛 PbO₂ 一邊還原而成綿鉛

此蓄電池之電動力約二、四弗打

三百二十二

物理易解終

例題答案

第一卷

第一章

一 五基葛蘭

二 一二八四磅

三 二斤

四 十磅

五 四尺

六 九十斤 三十斤 離壯者端九寸

第三章

一 三二里

二 一二五米突 五秒

三 每點鐘四〇〇米突 八點鐘

四 五、二點鐘

第四章

一 一四七米突

二 一一〇二、五米突

例題答案

三 二一、六秒

四 四九米突

五 一、二二米突

六 四、九米突

第五章

一 〇、八九七秒

二 一五七纖米突

三 1:0.99953

第六章

一 七五〇尺磅

二 一二〇〇〇〇〇葛蘭米突

三 四米突

第二卷

第一章

一 五〇〇〇〇斤

二 九〇〇基葛蘭

三 二〇五〇葛蘭

四 四一四、二葛蘭

五 二七一、八纖米突

六 〇、九九六纖米突

第二章

一 二、〇五寸

二 二七八一〇〇〇〇葛蘭

三 二六、二三五立方纖米突

第三章

一 二、三、一

二 〇、八三三

三 一三、五九六

四 一二、九四

一寸等于三、〇三纖米突
一兩等于三、七五葛蘭

五 十七分之十九

六 六、二五

七 〇、八

第五章

一 五五寸

二 一、四四六一葛蘭

三 七五纖米突

四 八二六纖米突

例題答案

五 百二十五分之二百十六

第三卷

第一章

一 攝氏零下一九、四度 二 二四五七分之五

三 三度 四 零下四十度

第二章

一 〇、九九九六米突一、〇〇〇一米突 二 一二四、四纖米突

三 二、〇〇〇二四秒 四 二〇〇〇七二立方米突

五 五五九、二度

第三章

一 三、二度 二 四二二、五度

三 二四、四度 四 一五二度 二二五〇級

第四章

二 六八、二四米突

三 每秒二〇、五九米突

第五卷

第二章

一 六、五三米突或一、四七米突 二 標準光之二五分之九

第四章

一 四、四五米突

第五章

一 一、六七米突 一、八二米突 二 二、五〇七米

第六章

一 二 八分之九

三 一、二

例題答案

三百二十七

第六卷

第一章

二 參照百七十四節

第七卷

第三章

一 四〇 六〇

二 六、六六單位 四單位

第四章

一 參照百九十七節及二百〇二節 二 八十一節

丁巳閏月得之於散帙中雖為

舊板仍可藉以參考也

習是廬主人記

J. J. Jones

明治三十五年十一月廿五日印刷
光緒二十八年十一月初一日發行

[定價大洋壹圓]



著作
發行者兼

義 烏 陳 梶

校對者

海 甯 朱 宗 萊
仁 和 任 允
遵 義 黎 邁
海 甯 張 競 仁

發行所

日本東京神田駿河臺鈴木町留學生會館
教科書譯輯社

印刷人

日本東京淺草區黑舟町廿八番地
酒 井 平 次 郎

印刷所

日本東京淺草區黑舟町廿八番地
東京並木活版所

