

40378

教科書文庫

4
421
51-1903
20000
65698

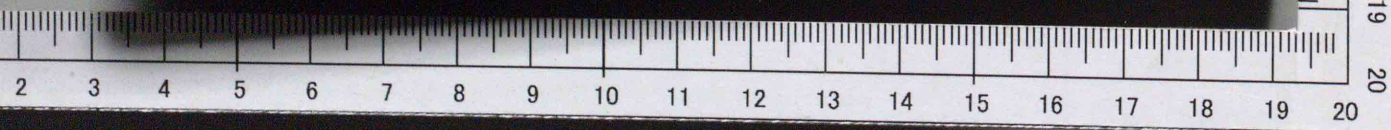
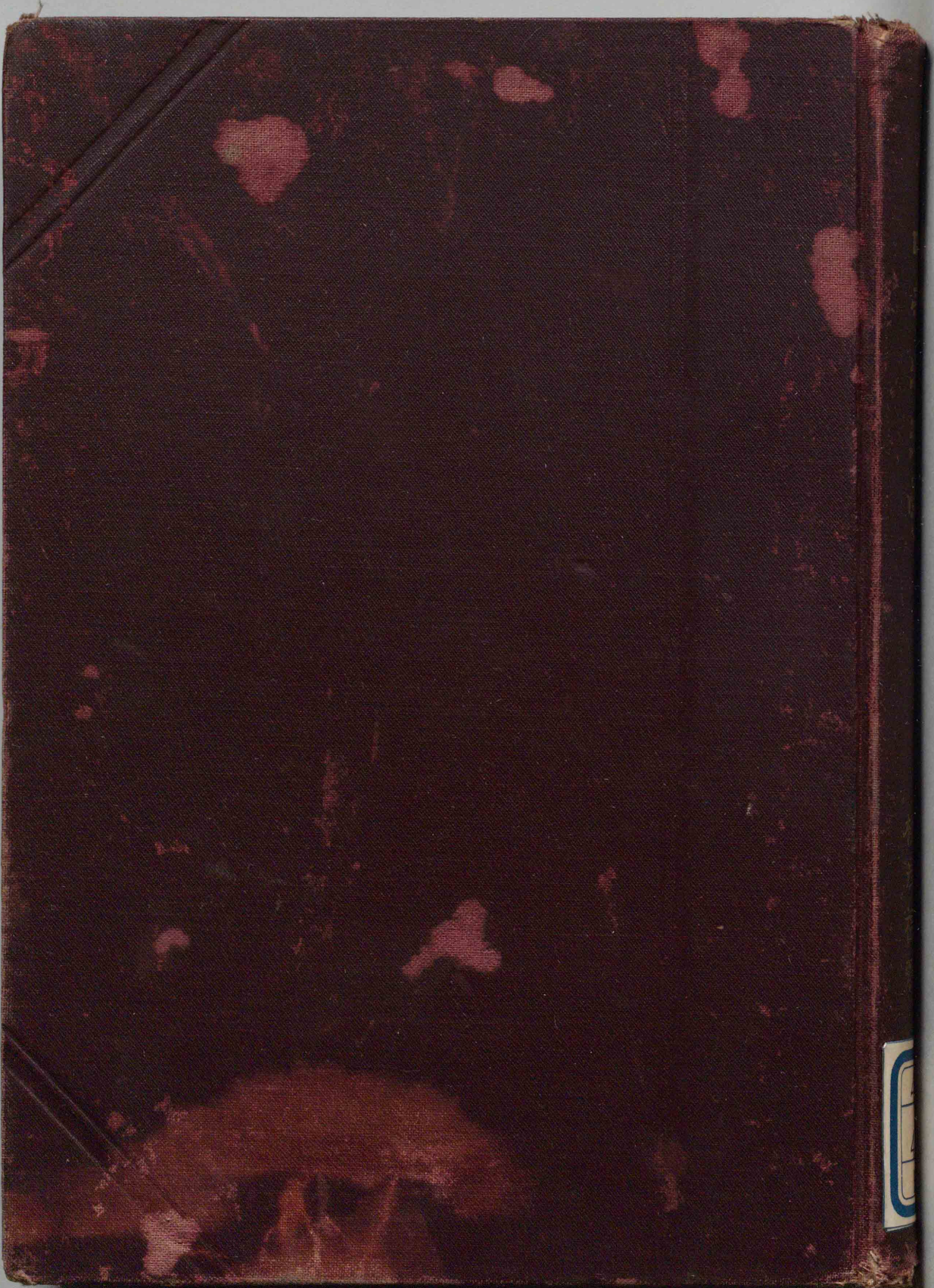
Kodak Gray Scale

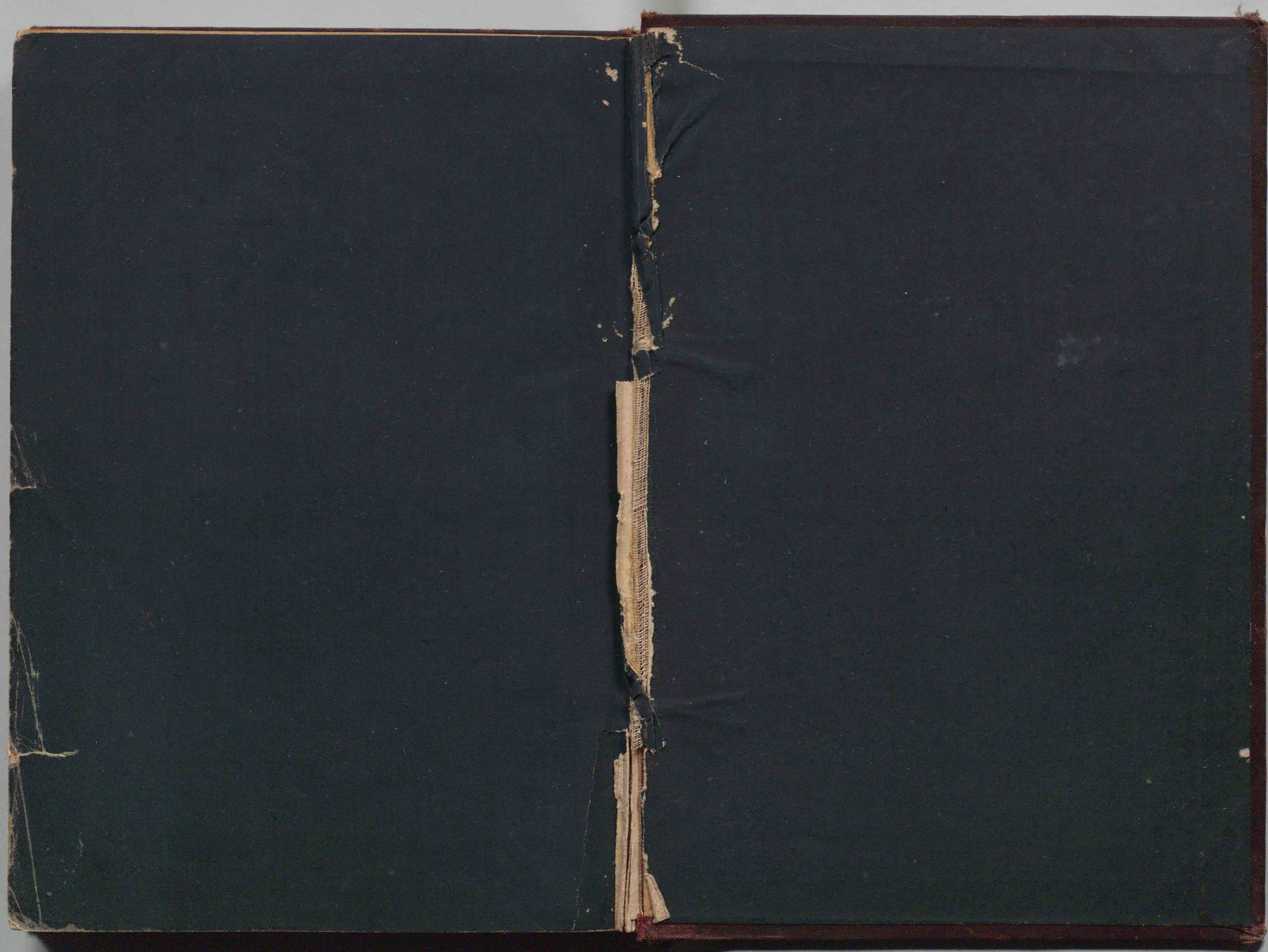


© Kodak, 2007 TM: Kodak

- A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
 inches
 cm
Kodak Color Control Patches
 Blue Cyan Green Yellow Red Magenta White 3/Color Black
 © Kodak, 2007 TM: Kodak





明治三十六年四月十六日

文部省檢定

中學師範學校物理教科書



資料室

42
421
明36

後藤 根岸
牧太 福彌
共著

中等物理學

東京

大日本圖書株式會社



中等物理學

緒言

余等曩に物理學教科書を編纂せしが、更に教授事項を増補し、初學者の理解し難き力學及エチルギー論を、最後に授くるの順序を執り、唯に中學校教科用に適するのみならず、師範學校其他中等程度の諸學校の教科用に適せしむる爲に、別に本書を編纂せり。

本書は之を分つて九編とし、物性より入りて、音・熱・光・磁氣・電氣を説き、最後に力學及エチルギーを説けり。

本書は成るべく説述を簡畧し、教授者をして、教科書運用の餘地を残し、並びに紙數を減ずることを勉めたり。抑も教科書の教科書たる價値は、教授者の方面より云へば、時と場所とに應じ、最も良く利用し得べきものたるべく、被教授者の方面より見れば、其教授せられたる事項の備忘録たらざるべからず。是れ教科書の獨修書と大に其編述を異にすべき點なり。本書

は此點につきては十分考慮を用ひたり。
 時間に餘裕あるときは、教授事項の理會を一層精確明瞭ならしめ、且得たる知識を應用せしむる爲めに、本書中所々に實驗及問題を數多挿入せり。本書の挿圖は、成るべく簡明なるものを撰めり。教科書の挿圖は、説明圖と外形圖との二種に區別し得べく、説明圖とは、理論の説述を輔くる圖畫にして、外形圖とは、外形の觀念を與ふる爲めの圖畫を云ふ。物理学の如き學科に於ては、器械等は、實驗の際に之を當然示すべきものなるが故に、説明圖の用多くして、外形圖の用は割合に少なし。若し説明圖にして外形圖に類する圖畫を用ひんか、指示すべき要所多くは不明なるが上に、被教授者の注意は、不要なる部分に散じ、以て教授の効果を減ずるの弊あり。之に由り、本書には簡明なる圖畫を挿入せしなり。

明治三十五年十二月

編者識

中等物理学

目次

第一編 物性

物質(一)	物体の重さ(重力)(二)	質量密度(二)	物体の運動(三)
時間、長さ及質量の單位(四)	物質の三態(五)	固体の性質(六)	液
體の性質(七)	パスカルの原理(八)	水壓機(九)	平均せる液体の
表面(一〇)	水準器(一一)	重さに由りて生ずる壓力(一二)	液体内の同
一水平面に於ける壓力の強さの等しさこと(二六)	アルキメデスの原	理(二〇)	比重(二二)
氣體の性質(二七)	氣體の重さ(二九)	大氣の壓力	(三〇)
晴雨計(三三)	ボイルの定律(三四)	排氣機(三六)	ポンプ(三八)
サイフォン(四〇)	分子説(四一)	潮散(四二)	滲透(四三)
吸收(四五)	表面張力(四六)	毛管現象(四七)	

第二編 音

振動(四八) 音の源(四九) 音の波及(四九) 音を傳ふる空氣の波動の狀態(五二) 音波(五六) 音の速度(五七) 音の反射(五八) 反響(六〇) 音波の干涉(六二) ウナリ(六三) 樂音及噪音(六五) 音の強さ(六五) 音の調子及音色(六七) 弦の振動(六八) オルガン管(六九) 共鳴(六九) 人聲(七〇) 蓄音器(七一)

第三編 熱

熱の本性(七四) 溫度(七五) 寒暖計(七五) 最高及最低寒暖計(七八) 熱量熱容量(七九) 比熱(八一) 物體の膨脹(シャルルの定律(八三) 絕對溫度(八八) 固體膨脹の應用(八九) 融解(九一) 融解熱(九二) 寒劑(九二) 蒸發(九四) 沸騰(九六) 蒸發熱(九九) 濕度計(一〇〇) 傳導(一〇二) 對流(一〇六) 輻射(一〇七)

第四編 光

光の本性(透明體不透明體(一〇九) 光の速度(一一〇) 光の直進(一一一) 陰影(一一二) 小孔に由りて生ずる像(一一三) 光の反射散光(一二五) 平面鏡(一二七) 凹面鏡(二一〇) 凹面鏡に由りて生ずる像(一二五) 凸面鏡(一三〇) 光の屈折(一三二) 全反射(一三六) プリズム(一三八) レンズ(一四〇) 凸レンズ(一四二) 凹レンズに由りて生ずる像(一四三) 凹レンズ(一四五) 暗箱及眼(一四六) 眼鏡(一四九) 幻燈(一五二) 虫眼鏡(一五三) 複顯微鏡(一五三) 望遠鏡(一五四) 光の分散(一五六) 虹(一五八) 色(一六一) 色消し(一六三) 分光器(一六六) スペクトルの種類(一六七) 輝線の暗線に變ずること(一六九) 輻射線(一七〇) 輻射線の強さ(一七一) 光度計(一七三) 透過及吸收(一七五) 輻射線の發射と吸收との關係(一七五) 物體の色(一七八) 繪の具の混合(一七九) 螢光及燐光(一八一)

第五編 磁石

磁石(一八三) 磁石の交互作用(一八三) 折りたる磁石(一八四) 感應(一八六) 鐵粉に由りて生ずる曲線(一八七) 磁石を作る法(一八九) 地球の磁石に對す

る作用(一九〇) 方位角及傾角(一九二)

第六編 靜電氣

摩擦に由りて生ずる發電(一九五) 導體及不導體(一九五) 二種の發電(一九七)
 七) 引力及斥力の定律(二〇〇) 金箔驗電器(二〇〇) 電氣の分配(二〇一) 感應に由りて生ずる發電(二〇五) 電氣盆(二〇七) 自由電氣及束縛電氣(二〇九)
 九) 摩擦起電機(二一〇) ウィムシャーストの起電機(二二二) レイデン瓶(二二五)
 五) 大氣の電氣(二一九) 避雷柱(二二〇)

第七編 動電氣

電池(二二二) 電池の分極(二二七) 二種の液を用ふる電池(二二八) 熱電流(二三〇)
 三〇) 電流の強さ電動力及抵抗(二三〇) オームの定律(二三二) 電池の排列法(二三三)
 電流の磁石に對する作用(二三五) 電流計(二三六) 電磁石(二三八) 電信機(二四〇) 中繼器(二四二) 電鈴(二四三) 電流の交互作用(二四四) 電流に對する地球の作用(二四六) アムペールの説(二四八) ジョールの定律(二五〇)

電流に由る温度の上昇(二五二) 電氣燈(二五二) 電氣分解(二五三) 電氣分解の定律(二五四) 電板術及電鍍術(二五六) 蓄電池(二五七) 感應電流レンツの定律(二五九) 感應コイル(二六一) 真空管(二六二) X放散線(二六三) 電話機(二六五) ダイナモ(二六九) 電氣鐵道(二七三) 無線電信(二七四)

第八編 力學

運動(二七九) 速度及加速度(二七九) 運動の組立(二八〇) 力(二八二) 慣性(二八六)
 六) 力の組立及分解(二八七) 力の釣合(二八九) 力の單位(二八九) 運動量(二九〇)
 働及反働(二九二) 圓運動及遠心力(二九二) 剛體に働く力(二九三) 力の能率(二九四) 偶力(二九五) 彈性體に働く力(二九六) フックの定律(二九六) 振れ及撓み(二九七) 仕事(二九七) 挺子(二九八) 輪軸(三〇〇) 滑車(三〇一) 斜面(三〇三)
 〇三) 螺旋(三〇六) 摩擦(三〇七) 宇宙引力(三〇七) 宇宙引力の定律(三〇八) 落體(三一〇) 重心(三一七) 物體の轉倒(三一九) 物體の座り(三二二) 振子(三二三)
 三) 天秤(三二五)

第九編

エ子ルギー

運動のエネルギー(三二九) 高所に在る物体のエネルギー(三二九) 運動體の質量及速度と其エネルギーとの關係(三三二) 位置のエネルギーと運動のエネルギーとの變換(三三二) エネルギーの保存(三三三) 噴水の速度(三三五) 諸種のエネルギー(三三六) 熱の仕事當量(三四二) 蒸氣機關(三四三) エネルギーの變遷(三四八) 地上のエネルギーの源(三四九)

中等物理學

後藤 牧太
根岸 福彌 共編

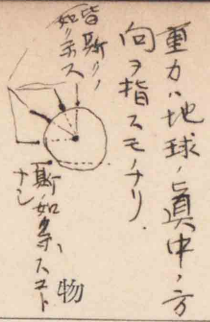
第一編 物性

一 物質 水・石・鐵・木材等の如く、空間中に場所を占め、且重さを有し、之を壓するとき、或は之を動かさんとするとき、抵抗するものを物質といふ。物質の個々に別れたるものを考ふるときは、之を物體といふ。

實驗 コップの内に鬚附油の類にて、點火したる短かき線香を立て、之を倒にして水中に入るゝも、火は消えず。

問題一 右の實驗は、如何なることを證するか。

全 二 物體は之を動かさんとするとき抵抗するものなること
事實を挙げよ。



二 物體の重さ 物體に重さあるは地球が物體を引くに
由る。此力を重力といふ。物體を絲にて吊せば、絲は重力の方
向を示す。而して此方向の線を直立線といふ。

三 質量 質量とは物體を形成せる物質の分量をいふな
り。爰に二立方寸の鐵塊と、一立方寸の鐵塊とあらば、前者の
質量は後者の二倍なり。又前者の重さは後者の重さの二倍
にして、質量は重さに比例す。而して異質の物體の質量を比
較する場合に於ても、質量は重さに比例するものとす。
異質の物體の同體積の重さには不同あり。従つて其の質量
を異にす。之を密度異なれりといふ。而して物體の密度は、單

物理ニ用フル容積單位
ヲ一種種ヲトス

位體積の質量を以て之を計る。
質量の微小なるものを採りて考ふるときは、之を質點とい
ふ。

四 物體の運動 物體が其位置を變ずるときは、物體が運
動すといふ。即運動とは物體の位置の變化をいふなり。
運動には方向あり、又速さあり。速さは運動の割合にして、單
位時間に運動すべき距離なり。例へば汽車あり、三時間に四
十五哩の距離を經過したりとせば、一時間には十五哩にし
て、一分時間には四分の一哩なり。故に一時間を時間の單位
に採れば、汽車の速さは十五哩にして、一分時間を時間の單
位に採れば、其速さは四分の一哩なり。
物體が運動を始むるときは、常に力の之に働くあり。而して

物體に大なる速さを與ふるには、大なる力を要し、且物體の質量大なる程、大なる力を要するものなり。

問題一 物體に大なる速さを與ふるには、大なる力を要する實例を擧げよ。

全 二 重力が現在より増すとせば、落體の運動は如何に變ずべきか。

全 三 質量の大なるもの程、之を運動せしむるに大なる力を要することの事實を擧げよ。

全 四 物體に重さなしとすとも、之を運動せしむるに力を要するか如何。

實驗 錘に絲を附けて吊し、又同じ太さの絲を錘の下部に附け、之を急に引かば、下部の絲のみ常に切るべし。

問題五 右の實驗の理を説明せよ。

五 時間、長さ及質量の單位 時間、長さ及質量の單位には種々ありて、混雜を來し、不便なるが故に、通例之を一定し、時間の單位には一・秒を用ひ、長さの單位には一・センチメートル

ル。を用ひ、質量の單位には一グラムを用ふ。

問題一 本文の如く單位を定めば、一分時間に一メートルの速さは、如何なる數にて表はすべきか。

全 二 一立方センチメートルの水の質量は一グラムにして、水銀の密度は水の十三・六倍、アルコールの密度は水の〇・八倍なり。水銀及アルコールの密度は如何なる數にて表はすべきか。

六 物質の三態 鐵、石、木材などは其形も體積も共に變じ難し。斯の如き物體を固體といふ。油、水の如きは、容易に其形を變じ得れども、其體積は固體の如く變じ難し。例へば水を滿盛したる瓶に、木栓を施さんとすとも、之を壓し入るゝと能はざるべし。斯の如き物體を液體といふ。空氣の如きは、液體と等しく、容易に其形を變じ得るが上に、液體に比すれば壓縮し易し。斯の如く、形も體積も共に變じ易き物體を氣

體といふ。

液體と氣體とは、其形變じ易くして流動するものなれば、兩者を總稱して流動體といふ。

七 固體の性質

固體は各部互に固着するが爲めに、其一部を引き離さんとする力に抵抗する性質を有す。之を展性といふ。又固體には堅さあり。今甲乙二固體を取り、之を相摩して、若し甲が乙を爬削し、乙に爬削せらるゝこと無ければ、甲は乙より堅しといふ。金剛石は最も堅き物質にして、能く水晶硝子等を爬削す。故に硝子切として使用せらる。又鎚を以て打つが如き激動に堪へざる固體あり。此性質を脆さといふ。

固體は又其形を變ぜんとするとき、之に抵抗する性質あり。

之を剛性といふ。然れども、金銀の如きは、鎚を以て打ち展すことを得、之を展性といふ。又細き針金に引き延ばすことを得、之を延性といふ。

固體は剛性を有すと雖、適應の力を用ふれば、其形を變ずることを得。又之を壓縮し、或は膨大せしめて、其體積を變ずることを得。前者を變形性といひ、後者を變積性といふ。

變形又は變積したる固體は、其變形或は變積を生ずる力に抵抗し、其力が或る限度を越えざれば、力を除くとき、元の形或は體積に復するものなり。之を彈性といふ。即彈性には形の彈性と體積の彈性との二種あり。

問題

變形性及變積性を例を擧げて説明せよ。

八 液體の性質

液體は固體と異りて、剛性なく、自由に其

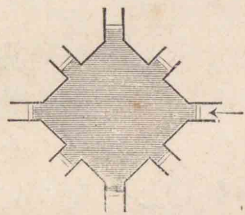
形を變じ得るものなり。故に之を一器に盛れば、其重さにより、流動して其器の形を取る。されど急に形を變せんとせば、多少抵抗するものなり。此性質を粘りといふ。而して粘りは、液體によりて差異あり。例へば水の粘りは、エーテルの粘りよりも大にして、油の粘りは、水の粘りよりも更に大なり。

問題 水飴を漏斗に盛りたるとき、其直ちに流れ出でざるは何故なるか。

九 パスカルの原理 液體は形を變ずること易くして、壓

縮すること難きものなれば、第一圖の如き器に液體を充て、其活栓の一つを壓するときは、若し液體に重さ無きものと假定すれば、他の同面積を有する數個の活栓は、各其

第一圖



方向を異にするに關らず、何れも前の活栓が受けたる壓力に等しき壓力を受くべし。故に液體は壓力を各方に等しく傳ふるものなり。之をパスカルの原理といふ。

實驗

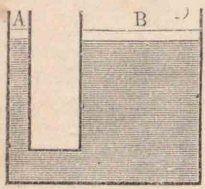
膀胱の各所に針にて小孔を穿ちたるものを、活栓を備ふる筒の一端に緊着し、膀胱中に水を充て、活栓を壓せば、水は壓力を各方に等しく傳へ、各所の小孔より、水が等しき勢を以て迸出すべし。

問題 紙袋に砂豆等を詰め込むとき、袋の横側の破るゝことあるは何故なるか。

一〇 水壓機 第二圖の如き、水を充てたる器の、活栓Bの

面積を、活栓Aの面積の百倍とすれば、液體は、壓力を受けたる面積と等しき面積毎に、等しき壓力を傳ふるを以て、上方よりAに或る壓力を加ふれば、Bは其百倍の壓力を

第二圖



下方より受くべし。水壓機は此理に基きて作りたるものにして、大小二個の活栓を有し、其小なる活栓に力を加へ、大なる活栓の受くる壓力を以て、仕事を爲さしむれば、大いに力を利することを得べし。

實驗

第三圖の如き器に水を滿盛し、A及Bに、夫れ々々適合する蓋をなし、且其上に錘を置き、Oなる活栓を押し入るゝときは、蓋の面積に比して、錘の割合に輕き方の蓋が先づ押上げらるべし。

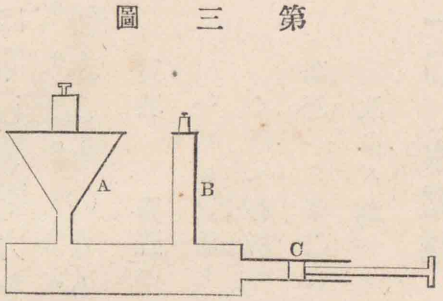
問題一

第二圖のA及Bなる活栓の動く距離は、各活栓に働く力の大きさに反比することを説明せよ。

全二

水壓機は如何なる仕事に使用せらるゝか。

一一 平均せる液體の表面 前項に於ては、液體に重さ無



第三圖

きものと假定したれども、是より重さありとしたる液體に就きて考ふべし。

液體は、其流動する性と、重さあるとにより、低き方に流れ行くが故に、液體の表面は、各部同高となり、重力の方向に直角を爲せる一平面をなして、始めて靜止し得べし。

實驗

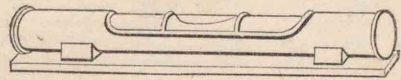
絲にて釣りたる錘を、墨にて黒くしたる水の表面下に下せば、絲と其水に映じたる影とが、一直線をなして見ゆ。是重力の方向が、水面に垂直なる證なり。

靜止せる液體の表面の如き、重力の方向に直角なる平面を、水平面といふ。家屋を建つるに當り、其土臺を水平ならしめ、柱を之と直角ならしむれば、家屋は直立するなり。故に大工は、土臺を水平ならしむる爲に、水盛りを用ふ。水盛りは、長さ二間餘の方柱形の木材の上面に、淺き溝を作りたるものに

して、之を土臺の上に載せ、溝の内に水を注ぎ、水の深さが、何れの部分も同様なれば、土臺が水平なることを知り得るものなり。

一二 水準器 大工、煉瓦職等は、又水平を驗するに、水準器と名づくる器械を用ふ。水準器は水盛りよりは甚だ便利なるものにして、學術上の器械にも多く用ひらる。

第四圖



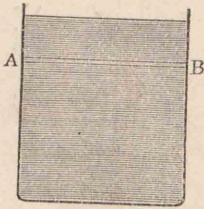
水準器(第四圖)は、少しく曲りたる硝子管中に、泡を残してアルコールを充し、平かなる面を有する臺に附けたるものなり。之を用ひて面の水平なりや否やを驗せんには、之を其面上に置きて、泡の位置を見、又之を廻して、前の位置と直角ならしめ、再び泡の位置を見、何れの場合に於ても、泡が管の中央

にあれば、此面の水平なるを知るなり。若し水準器を水平ならざる面上に置かば、泡は中央に在らずして、面の高さ方に偏るべし。

問題 水準器を用ふるとき、之を前と反對の方向に置きて、再び泡の位置を見る必要あるは何故なるか。

一三 重さに由りて生ずる壓力 第五圖の如き、直立せる

第五圖



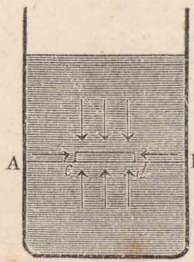
側壁を有する器に液體を盛るときは、其底の受くる壓力は、液體の重さに等しきが故に、其深さに比例す。而して底の單位面積の受くる壓力即壓力の強さは、液體の高さを h とし、其單位體積の重さを s グラムとすれば、 hs グラムの重さに等し。

液體中任意の高さに、 AB なる薄き層を想像すれば、此層は、其

は、其所の下壓力の強さに等しくして、其深さに比例するを知る。

一四 液体内の同一水平面に於ける壓力の強さの等しきこと 平均せる液体内に、 AB (第九圖) なる任意の水平面を採り、其二點 c 、 d の壓力の強さ相等しきことを證せん、に、液体内に極めて細き直角平行六面體を想像

第九圖

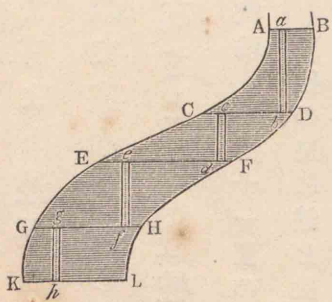


し、其兩端を c 、 d 二點に在らしむれば、此柱體の側面より受くる壓力は、其軸に直角なるが故に、之を軸の方向に運動せしむる働なし。然るに、此柱體は平均せる液體の一部分にして、軸の方向に運動せざるものなれば、其兩端の受くる壓力等しからざるを得ず。故に c 、 d 二點の壓力は相等し。而して c

d は任意の二點なれば、同一水平面内の壓力の強さは相等し。

如何なる形の器に於ても、其底面水平なれば、底の受くる壓力は、其底を基底とし、液の高さを高さとする液柱の重さに等し。如何となれば、第十圖の如き器に於て、 AB 、 CD 等の各水平面間に、 ab 、 cd 等の同じ太さの直立せる液柱を想像すれば、同

第十圖



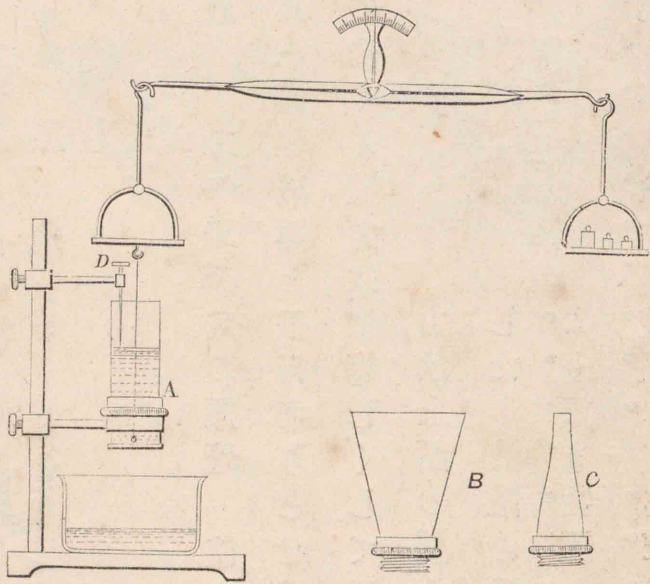
一水平面の壓力の強さは等しきものなれば、 cd 液柱の上端の壓力は、 ab 液柱の下端の壓力即其重さに等しく、 ef 液柱の上端の壓力は、 ab 、 cd 兩液柱の重さの和に等し。順次斯の如くなるが故に最下の液柱 gh の下端の壓力は、 ab 、 cd 、 ef 等の液柱の重さの和

に等しかるべし。即 gh 液柱の下端の壓力は、之と同じ太さにして、底より液面までの距離を高さとする、液柱の重さに等し。故に底面全體の受くる壓力は、其底を基底とし、液の高さを高さとする液柱の重さに等し。

實驗 第十一圖のA器の底は、天秤の皿の一つより吊したる圓板にして、他の皿に錘を置けば、A器の下端に密着す。又A器の上部は、螺旋により、B或はCと取り換え、底面の等しき異形の器となすことを得。今A器に水を注ぎ、底の圓板が離れて、水が溢れ出づるに至りて止め、Dなる目標により、器中の水の高さを認め置き、次にA器の上部を、B或はCと取り換え、再び水を注入すれば、水面が目標の下端に達したるとき、底が離るゝを見るべし。

第十二圖の如き種々の形の器ありて、其底相通ずるときは、其一つに液體を注入し、液體が平均すれば、何れの器の液面

第十圖



あるなり。

も、同じ高さにあるべし。如何となれば、平均せる液體に於ては、壓力の強さの等しき面は、水平面なるを以て、ABを此面とすれば、各器の液面は、此面より等距離にあらざるべからず。故に何れの器の液面も、同じ高さに

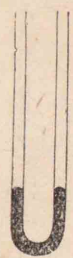
問題

第十三圖の如き曲管に、水銀を入れ置き、其一方の口より水を注

圖二十第



圖三十第

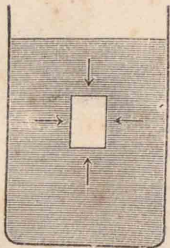


入し、水柱の長さが十五センチメートルなるとき、管の兩枝の液面の高さの差何程なるか。但水銀一立方センチメートルの重さは一三五九六グラムなり。

一五 アルキメデスの原理

直角六面體を液體中に没して、其一面が液面と平行なりとせば、(第十四圖)其相對する側面の受くる壓力は、相等しくして平均すれども、其下面の壓力は、上面の壓力よりも、其六面體が排除

圖四十第

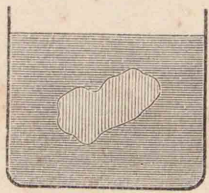


したる液體の重さだけ大なり。故に液體より重き物體を液體中に没するときは、其物體が排除する液體の重さだけ、其重さを減ずるものなり。

り。之をアルキメデスの原理といふ。

此原理は、唯に直角六面體のみならず、如何なる形の物體にも適合す。如何となれば、如何なる形の物體にても、之を極めて細き直角六面體に分つことを得べく、(第十五圖)而して各小六面體は、其排除する液體の重さだけ、其重さを減ずるが

圖五十第

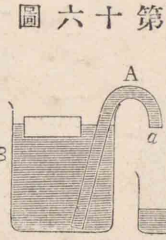


故に、此小六面體の總和なる物體は、各小六面體の排除する液體の總和、即物體の排除する液體の重さだけ、其重さを減ずればなり。

實驗一

天秤の一端に金屬製空圓壺を懸け、又其下部に、空圓壺の空部を充すべき實圓壺を吊して、天秤を平均せしめ、次に實圓壺のみを水中に入れば、天秤は平均を失ふ。茲に於て、空圓壺に水を滿盛せば、再び平均すべし。

物體の重さが、之と同體積の液體の重さより、大なるときは沈み、小なるときは浮びて、物體の一部が液面上に現はれ、其液體中に没する體積と同體積の液體の重さが、物體の重さと等しくなるまで昇るべし。又物體の重さが、之と同體積の液體の重さと等しきときは、物體は浮沈することなく、液體中隨所に留るべし。



圖六十第

實驗二

鶏卵は、淡水中に於ては沈むと雖、濃き鹽水中に於ては浮ぶべし。今此鹽水に鶏卵を浮べ、攪拌しつゝ、徐々に水を混じ、其濃度が適度に達すれば、鶏卵は浮沈することなく、中間に留るべし。

全三 第十六圖のAの如く曲げたる硝子管を用ひて、Bなる硝子器に盛りたる水を、aなる管口より流出せしむれば、水面が管口と同高に達して流出止む。茲に於て、豫め重さを計り置きたる木片を、水面に浮ぶれば、水は又管口より流出し、再び管口と水面と同高に達して止む。此時

圖七十第



空氣は膨脹するが故に浮き上るべし。

一六 比重 物體の重さの、之と同體積にして攝氏四度の溫度なる水の重さに對する比を、其物體の比重と云ふ。即比重は水を標準とし、之に比したる物體の密度なり。

流出したる水の量は、即木片が排除したる水の量に等し。而して其重さは木片の重さに等しきを見るべし。

問題一 實驗三に於て、水が木片に浸み入るも、其結果に差異を生ぜざるは何故なるか。

全二 鐵片は水中にては沈めども、水銀の中にては浮ぶ理由を述べよ。

全三 鐵艦が水上に浮ぶ理如何。

實驗四

第十七圖のAの如き硝子球を、水を滿盛したる硝子管中に浮べ、拇指を以て管口を閉ぢ、水を壓すれば、球中の空氣

は收縮するが故に球は沈み、壓力を減ずれば、球中の

物體の比重は、アルキメデスの原理に基きて測定し得るものにして、水より重き固體ならば、先づ其の重さを計り、之をWとし、次に水中にて其重さを計り、之をwとし、比重をSとすれば、

$$S = \frac{W}{W-w}$$

なり。

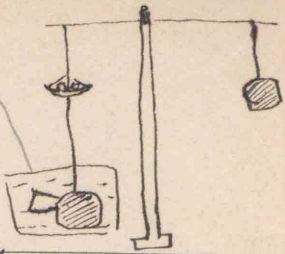
問題一

人體の體積は如何にして測り得るか。其方法を述べよ。

全二

昔、象の重さを計るに、之に用ふべき秤なき爲め、舟を用ひたりといふ話あり。其方法如何。

水より輕き固體ならば、之を沈むるに足る程の錘を天秤より水中に吊して平均せしめ、次に比重を知らんとする物體を錘に付け、天秤が平均を失ひたるるとき、其平均を回復する

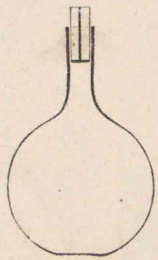


に用ひたる分銅の重さを物體の重さに加へたるものは、物體の排除する水の重さなれば、之を以て物體の重さを除し、其比重を得べし。

液體の比重を計るには、先づ固體を水中にて計り、其重さの減りを知り、次に比重を知らんとする液體中にて計り、再び其重さの減りを知り、前の減りを以て、後の減りを除せば、其液體の比重を得べし。

液體の比重を得べし。

圖八十第



又液體の比重を計るには、第十八圖の如く、栓に極めて細き孔を有する比重瓶と

名づくるものを用ふることあり。此瓶に液體を滿盛して栓を爲せば、餘分の液體は孔より溢れ出づるが故に、瓶内の液體の量は常に一定なり。之を用ふるには、先づ之に水を入れ

て重さを計り、瓶の重さを減じて水の重さを得、次に比重を知らんとする液体を入れて其重さを得、前者を以て後者を除せば、液体の比重を得。

又液体の比重を速に計るには、通常浮秤と名づくるものを用ふ。浮秤は硝子にて製したる第十九圖の如きものにして、

第十圖



其最下部に水銀又は鉛の小粒を入れ、直立して浮ぶ様になし

たるものなり。而して其上部の管には目盛りありて、其目盛りの何れの處まで沈むかを見て、液の比重を知るなり。

次に主なる物體の零度に於ける比重を擧ぐ。

- 白金 二二・五 氷 〇・九一八
- 金 一九・三 橙 〇・七より一・〇迄

鉛 一一・三 ヨルク 〇・二四

銀 一〇・五 水銀 一三・五九六

銅 八・九 牛乳 一・〇三

鐵 七・八 海水 一・〇二六

亞鉛 七・一 アルコール 〇・八 俗字「確貝」

問題三 昔アルキメデスがヒエロー王の冠の贗物なることを發見したりといふ物品を損せずして其純金なりや否やを驗するには、如何にすべきか。

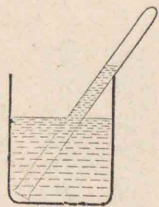
全 四 氷山を爲せる氷の比重を〇・九一八とし、海水の比重を一・〇二六とせば、氷山の海面上に現るゝ部分の體積は、其全體積の幾分なるか。

一七 氣體の性質 氣體は液体の如く、自由に其形を變じ得るのみならず、其體積も亦自由に之を變じ得るものなり。今活栓を具へたる筒中に氣體を入れ、活栓を押し入れれば、容

易に之を壓縮するを得べく、又活栓を引き出さば、之を膨脹せしむることを得べし。

活栓を引上げたるとき氣體の膨脹したるは、常に膨脹せんとする傾きあるが故にして、氣體は、一定の溫度に於て、之に一定の體積を保たしむるには、常に一定の壓力を要し、壓力を減ずるに従ひ、限りなく其體積を増すものなり。

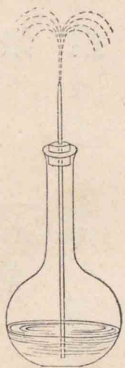
圖十二第



實驗一 膀胱内に少許の空氣を入れて

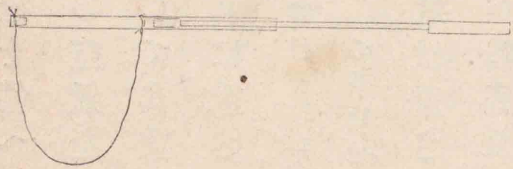
其口を緊約し、之を排氣鐘内に入れ、排氣すれば、膀胱は次第に膨大す。

圖一十二第

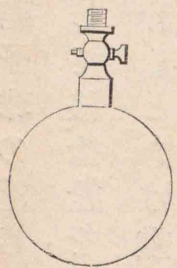


全 二 第二十圖の如く、少量の空氣を残して水を充てたる試験管を、水を盛りたるコップ中に倒に挿入し、之を排氣鐘

圖二十二第



圖三十二第



内に置き排氣せば、管中の空氣は次第に膨脹し、遂に泡となりて管口より出づべし。

全 三 第二十一圖の如く、一端尖りたる硝子管を、半ば水を充てたるフラスコの栓を貫きて其底に達せしめ、管口より強く呼氣を吹き込み、口を放たば、水は管口より噴出すべし。

全 四 丈夫なる硝子管と、之に堅く嵌るコルクとを用ひて、第二十二圖の如き空氣鐵砲を造り、棒を以て其コルクの一つを壓さば、爆聲を發して他のコルクが飛び出づべし。

問題 山吹の心を棒にて突き出し得るは、空氣の彈性に由ることを説明せよ。

一八 氣體の重さ 氣體

も亦他の物質の如く重さあり。今第二十三圖の如き、

捻栓を備へたる硝子球の重さを計り、之を排氣機に繋ぎ、其内の空氣を排除して後、捻栓を廻して之を閉ぢ、排氣機より離して、其重さを計るときは、重さの減ずるを見る。之に由り、空氣に重さあることを知るべし。

實驗

天秤の一つの皿に、厚紙製の底ある筒を載せ、他の皿に錘を置き、て平均せしめたる後、炭酸瓦斯を筒内に注がば、天秤が傾くを見るべし。

空氣は重さを有するが故に、我が地球を圍繞する大氣は、液體が器底及其中の物體に壓力を及ぼすと同様に、地面及其中の諸物體に壓力を及ぼすものなり。

一九 大氣の壓力 長さ一メートル餘の一端閉ぢたる硝

子管に、水銀を充て、指にて其口を塞ぎ、水銀を盛りたる器中に倒立し、指を放てば、管中の水銀は下り、凡そ七十六センチ

メートルの高さに至りて止る。之に由りて、器中の水銀面に及ぼす大氣の壓力の強さが、管中の水銀の壓力の強さ、即深さ七十六センチメートルの水銀の壓力の強さに等しきを見る。而して水銀の比重は一三・五九六なれば、大氣の壓力は、一平方センチメートル毎に、 13.596×76 グラム即凡そ一〇三三・三グラムなり。

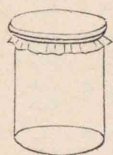
此實驗は、トリイチリーの行ひたるものにして、管の上部の眞空をトリイチリーの眞空といふ。

問題一 口にて液體を吸ひ上げ得るは、大氣に壓力あるによることを説明せよ。

全 二 蛭が皮膚に着き、蠅が天井にとまるは、皆吸ひ附く働あるによる。吸ひ附く働を説明せよ。

全 三 酒樽の呑口より酒の出づるとき、酒が續いて出でずして、間斷

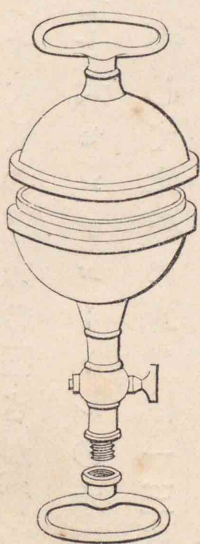
圖四十二第



あるは何故なるか。
 全 四 水入れに二つの孔を設くる理如何。
 實驗一 茶碗に水を満盛し、厚紙にて之を被ひ、茶碗を倒にして手を放つとも、紙及水は落下せざるべし。

全 二 第二十四圖の如く、兩端開きたる硝子器の一方の口に、膀胱を被ひ、絲にて之を約りて緊張し、排氣機を用ひて其内の空気を排除せば、膀胱は破裂すべし。
 全 三 マグテブルクの半球と稱する二個の金屬製の半球第二十五圖を密合し、排氣機にて其中の空気を排除すれば、兩半球

圖五十二第



凡そ一センチメートルの管を、護謨管にて附け、水素を徐々に發生せし

離し難くなるべし。然るに捻栓を廻して、空気を其中に入れば、容易に之を引き離し得べし。
 全 四 水素發生器に、直徑

めつ、管端に石鹼球を作り、之を振り放たば、球は昇騰すべし。

問題五 風船の昇る理を説明せよ。

全 六 空氣一立方メートルの重さは、一千二百九十三グラムにして、水素に對する空氣の密度は、一四四四なり。今風船及之に乗る人の重さを百キログラムとすれば、風船の袋の容積は、幾何立方メートル以上なるを要するか。

實驗五 實球と空球とを天秤にて平均せしめ、之を排氣鐘内に入れて、空氣を排除するときは、平均を失ふべし。

問題七 前實驗の理由を説明せよ。

全 八 トリイチェリーの實驗に於て、水銀の高さは硝子管の太さに關係を有せざるか、又管を傾くるとも高さに變化なきか。

二〇 晴雨計 大氣の壓力は、溫度の變化と、其中に含める

水蒸氣の多寡とに由りて、變ずるものなれば、前項の如く裝置したる管中の水銀の高さは、時々變化すべし。而して此裝

置を、大氣の壓力を計る目的に用ふるときは、之を晴雨計といふ。

空氣は壓力の大なる所より、壓力の小なる所に向つて流るゝが故に、風は高氣壓の方より、低氣壓の方に吹くものなり。又著しく低氣壓の所を生ずれば、通例暴風・大雨を起すものなれば、廣く各所に於て氣壓を計るときは、風の方向・晴雨・暴風等を豫知し得べし。又氣壓は海面に於て最大にして、高所に昇るに従ひ、次第に減ずるものなれば、晴雨計に依りて、土地の高低を知るを得べし。

二一 **ボイルの定律** 氣體の受くる壓力の變化と、其體積の變化との間には、一定の關係あるものにして、溫度が一定なれば、體積は壓力に反比例す。之をボイルの定律といふ。之

を證せん、に、第二十六圖の如き曲管を取り、之に水銀を注ぎて、短き枝の内に空氣を閉ぢ込め、兩枝の水銀面を同じ高さになしたる後、長き枝の内に水銀を注入し、兩枝

第二十六圖



の水銀面の高さの差が、其時の晴雨計の水銀の高さと等しくなれば、短き枝の内の空氣の體積は半分に減ずべし。又兩枝の水銀面の高さの差が、晴雨計の水銀の高さの二倍とならば、空氣の體積は三分の一となるべし。

問題一 一端閉ぢたる硝子管に、凡そ其三分の二だけ水銀を充て、之と同じ長さにして、一層太き硝子管に水銀を充てたるものゝ内に倒立し、之を下して、内外の水銀面を同じ高さとなし、管中の空氣の入りたる部分の長さを計り、然る後管を引上げて、空氣の入りたる部分の長さが始めの二倍になりたるときは、内外水銀面の高さの差幾何なるか。

七十三、七十四、七十五

にして、活栓を二回引き上げたる後の密度を d_2 とすれば、

$$\frac{p}{0 + \Delta} = \frac{p}{\Delta}$$

$$\left(\frac{p}{0 + \Delta}\right)^{\frac{1}{n}} = \left(\frac{p}{\Delta}\right)^{\frac{1}{n}}$$

なり。故に活栓を n 回引き上げたる後の密度を d_n とすれば、

$$\left(\frac{p}{0 + \Delta}\right)^{\frac{1}{n}} = \left(\frac{p}{\Delta}\right)^{\frac{1}{n}}$$

なり。

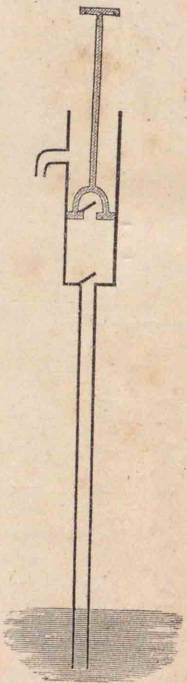
問題一 排氣機の活栓を筒底に達せしめずして、之を筒の底より、其長

さの三分の一の距離まで達せしめて、上下すれば、鐘内の空氣が最も稀薄となりたる時、其密度幾何なるか。

全 二 排氣機と反對に、空氣を壓縮する機械を案出せよ。

二三 ポンプ ポンプは大氣の壓力を利用し、水を揚ぐる

圖八十二第



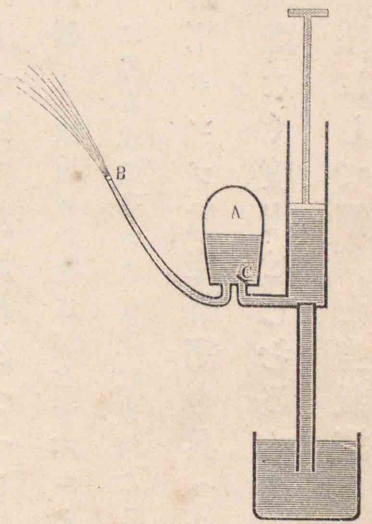
機械にして、第二十八圖の如く、圓筒と、其底に通ずる長管

とより成り、圓筒の構造は、排氣機の圓筒の構造と類似す。今活栓を上下せば、先づ圓筒及管内の空氣、活栓上に出で、大氣の壓力の爲めに、水は次第に管内より筒内に上り、遂に活栓上に出で、筒外に流れ出づべし。

問題 晴雨計の高さが、七十六センチメートルなるときは、ポンプの中に昇る水の高さの極限は幾何なるか。

消防用ポンプは、空氣室を具へ、其空氣の壓力を利用して、水を間斷なく噴出せしむるものなり。第二十九圖に於て、Aは空氣室にして、圓筒と空氣室との間に、空氣室の方に開く瓣

圖九十二第



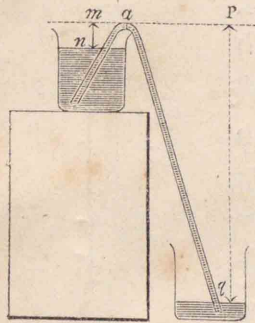
ありて、活栓には瓣なし。今活栓を上下して、空氣室に水を送れば、B管口は、C管口よりも、小になしあるが故に、水は空氣室に溜りて、空氣を壓縮し、其壓力にて、

管口より間斷なく噴出するなり。

二四 サイフォン

サイフォンは第三十圖の如き曲管にして、一つの器より他の器に、液體を移すに用ふるものなり。今之に液體を充て、其短枝を移さんとする液體中に入るゝときは、液體は長枝の下端

圖十三第



より、絶えず流出すべし。

曲管の最高部に、 a なる面を想像し、其面の左右より受くる壓力を考ふるに、左方より受くる壓力は、大氣の壓力より mn なる高さの水の壓力を減じたるものに等しく、右方より受くる壓力は、大氣の壓力より mn なる高さの水の壓力を減じたるものに等し。故に左方より受くる壓力は、右方より受くる壓力より、 $mn - bd - au - mn$ の高さの水の壓力だけ大なり。故に水は右方に流るべし。

問題一 管の何れの部分に面を想像するも、其兩方より受くる壓力の差が、常に $pm - mn$ の高さの水の壓力に等しきことを證明せよ。
全 二 煙筒は高く造る方、煙の流通し易きは何故なるか。

二五 分子説 總て物體は、分子と稱する物質の極めて微小なる部分より成り、各分子は個々に絶えず運動するもの

と考ふ。斯く分子は絶えず運動するに關らず、其離散せざるは、分子の距離極めて小なるとき、分子間に働く力あるに由るとするなり。液體に於ては、固體に於けるよりも、其分子の運動自由にして、氣體に於ては、液體に於けるよりも、更に自由なり。液體の分子は、其液體中の一所より他所に自由に其位置を移すことを得。氣體の分子は、其氣體中に於て位置を移し得るのみならず、互に相遠ざかりて離散するを得るなり。

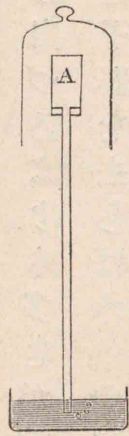
二六 瀾散 丹礬の濃溶液の上に、靜に水を注ぐときは、始は兩液の分界判然たれども、之を數日間放置すれば、兩液互に相混じて、其分界不明瞭となる。又器の下半に炭酸瓦斯を充て、上半に水素瓦斯を充て、之を密閉して放置するときは、

炭酸瓦斯 重なり、
水素瓦斯 軽なり、
ナリコシ風、
オニト 難、
多し。

兩氣體は漸々混合す。斯の如く、比重の異なるに關らず、流動體の混合するを瀾散といふ。大氣中に於て發生する、炭酸瓦斯、酸素等が一所に停滯すること稀なるは、此理に由るものなり。

問題 分子運動により、瀾散の現象を説明せよ。

二七 滲透 膀胱中に鹽或は砂糖の濃溶液を滿盛し、其口に細き硝子管を附けて、清水中に沈入するとき、水は溶液中に透入し、溶液の徐々に管中に上るを見るべし。又第三十圖の如く、素燒の器Aに、硝子管を通したる栓をなし、封蠟の類にて之を密閉し、素燒の器を、水素を充てたる硝子器を以て被ふときは、水中に入れたる管の下端より、直ちに泡の出



第三十圖の類にて之を密閉し、素燒の器を、水素を充てたる硝子器を以て被ふときは、水中に入れたる管の下端より、直ちに泡の出

青キ大ニ、
ナリコシ風、
オニト 難、
多し。

一瓦二分五厘重なり、
葉血塩、
フエレン化銅

してBは元の形に復せんが爲め、A及Cを壓し、一方に於ては、Aの運動を止め、他方に於ては、Cを壓縮す。Cも亦元の形に復せんが爲め、一方に於ては、Bの運動を止め、他方に於ては、Dを壓縮す。順次斯の如くして、最後の球Eのみ運動するなり。

螺旋狀針金(第三十五圖)の一端を箱に附け、他端を手に持ち、其手に近き部分を引き寄せて縮め、之を急に放てば、前の實驗と同理にて、縮みたる状態は、箱の方に進行し、箱に達して之に激動を與ふべし。又手に近き部分を急に引き寄せて、伸びたる所を生ぜしめば、其部分は元の形に復せんが爲め、其前の部分を引き伸ばし、此引き伸ばされたる部分は、また其前の部分を引き伸ばし、順次斯の如くして、伸びたる状態が、

第三十五圖



箱に達して激動を與ふべし。

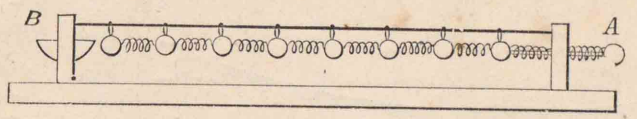
空氣が音を傳ふるも之と同理にて、發音體が速に前後に振動するとき、其進むときは、前方に空氣の濃厚部を生じ、其退くときは、稀薄部を生ず。斯く交互に生じたる濃厚部と稀薄部とは空氣中に波及して、吾人の耳に達し、濃厚部が耳に入れば、其鼓膜を壓し、稀薄部が耳に入れば、之を引き、以て鼓膜を前後に振動せしめ、音の感覺を起すものなり。

實驗一 第三十六圖に示したる機械は、木球の併列したるものにして、各球の間には、螺旋形のバネあり。今Aを槌にて打たば、運動は各球を傳はり、最後の球は、Bなる鈴に當りて之を鳴らすべし。

全 二 第三十七圖の如き、硝子球内に鈴を吊したるも

S. H. M. = 聲一三運和

圖六十三第

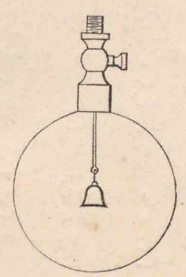


のを探り、始め球を振り動かして、其鈴の音を聞き置き、次に其内より空
氣を排除し、鈴の音を聞くに、殆ど聞えず。然れども捻栓を廻して空気を
入るれば、其音は始の如し。

四 音を傳ふる空氣の波動の狀態 音が空氣

中に波及するときは、濃厚部と稀薄部とが相繼
ぎて進行し、其進む方向に併列せる空氣の各質
點は、音源より遠きもの程遅れて、何れも前後に
振動するものなり。此狀態を波動といふ。

圖七十三第

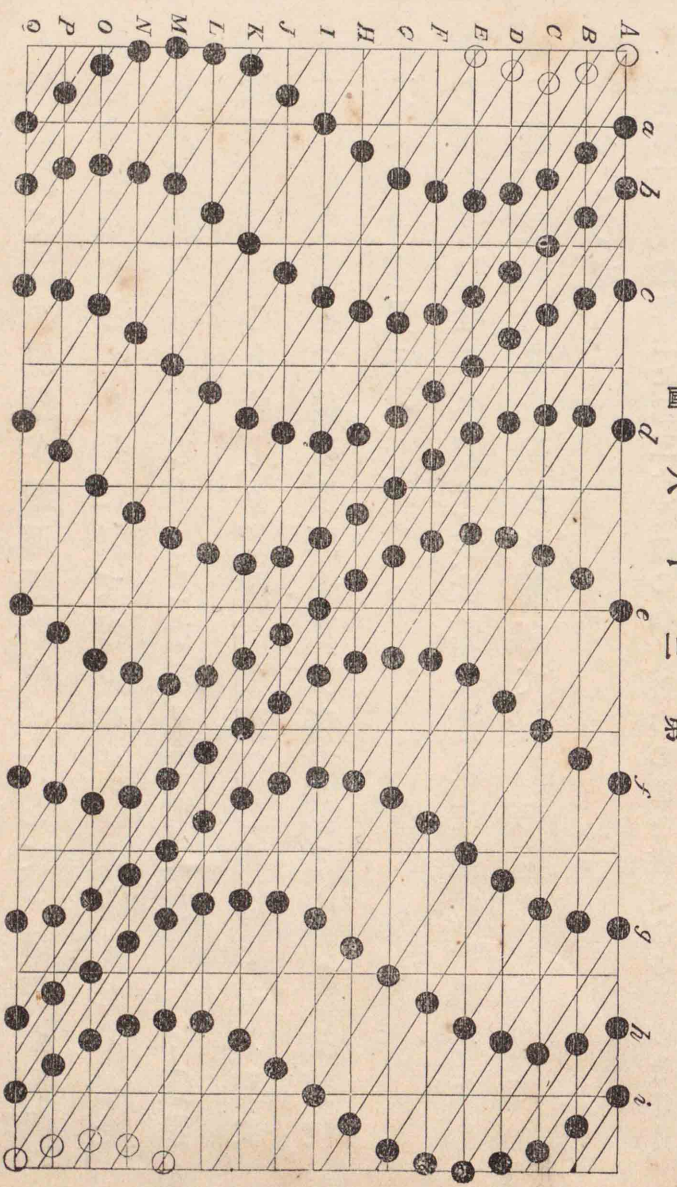


が左より右の方に進むものとす。然るときは、各

第三十八圖に於て、*a b c* 等
の黒點を、音の波及の方向に
併列せる空氣の質點とし、音

質點は何れも左右に振動し且右の方にあるもの程遅れて

圖八十三第



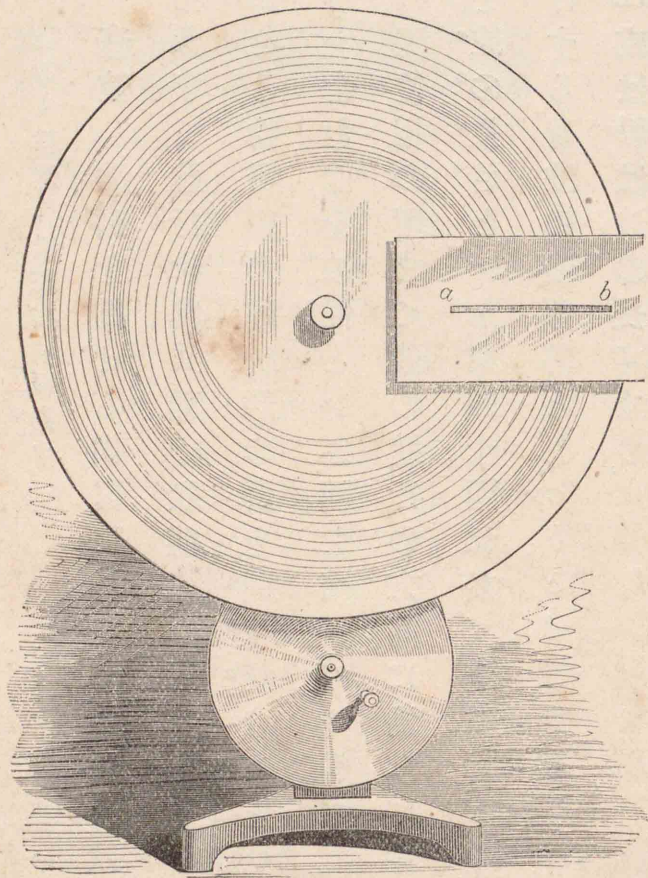
振動を爲すを以て、*B C D* 等の各列の黒點にて、振動の週期

の十六分の一づゝ時を経たる後の、各質點の位置を表せば、A列に於ては、a質點が濃厚部の中心にして、e質點が稀薄部の中心なれども、C列に於ては、r質點が濃厚部の中心となり、f質點が稀薄部の中心となる。又E列に於ては、e質點が濃厚部の中心となり、g質點が稀薄部の中心となる。更に下方の列に進むに従ひ、濃厚部及び稀薄部の中心は、次第に右方に移るを見るべし。

斯の如く、併列せる各質點が、次第に遅れて振動を爲すときは、二種の反対せる状態が相繼ぎて、振動の遅るゝ方向に進行するものなり。

實驗一 圓板上に、第三十九圖の如く、數多の圓を書きたるものを造り、之を速に廻轉せしめ、abなる細隙より之を望めば、粗なる所と密なる所とが、相繼ぎて進行するを見る。而して其一線を凝視すれば、其線は左右

圖九十三第



に振動するのみにして、進行することなきを認むべし。此圓を書くには、

先づ圓板の中心を中心として小圓を書き、其圓周を數個に等分し、其分點を順次に中心とし、且半徑を次第に増し

て書くべし。

全二 長さ繩の一端を手に持ち、之を左右に振り動かすときは、繩は

波動をなし、其右に彎曲したる状態と、左に彎曲したる状態とが、相繼ぎて、手より他端の方に進行すべし。此場合に於ては、繩の各質點は、手より離るゝ程、遅れて左右に振動す。

五 音波 波動を爲せる物質に於ては、異種の状態が交互に相繼ぎて進行す。其異種の状態の一組を波といふ。又波動を爲せる物質中の同状態の所を同位相なりといひ、同位相の所を含む面を波面といふ。而して一つの位相の所より、其次の同位相の所まで、波の進行の方向に沿ひて測りたる距離を波の長さといふ。第四十圖に於て、A B C D等を管中を進行する音波の濃厚部とし、a b c d等を其稀薄部とすれば、AB或はabは波の長さなり。

開きたる場所に於て、音が波及するとき、音波は各方に進

光の一秒時百七万二千
子をうけり

第十四圖



行し、波面は球形を爲すべし。

六 音の速さ 音波の空氣中を進行する速さは、空氣の溫度が攝氏十五度るとき、一秒時に三百四十一メートルにして、水中に於ける音の速さは、空氣中の速さの凡そ四倍なり。

一秒時間に n 回振動せる發音體あらば、一秒時間間に n の波を生ずべし。故に音の一秒時間に進む距離を d とし、波の長さを l とすれば、

$$n l = d$$

或は

$$l = \frac{d}{n}$$

なり。即發音體が一振動する間に、音は波の長さだけ進むな

り。

問題一 空氣の溫度攝氏十五度のとき、發音體が四秒時間に一千九百回振動せば、波の長さは何程なるか。

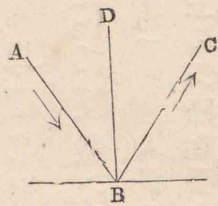
全二 發音體あり。之より發する音波の長さが〇六八二メートルなるとき、其振動數如何。

全三 電光を見てより三秒時にして雷鳴を聞きたり。其距離を問ふ。

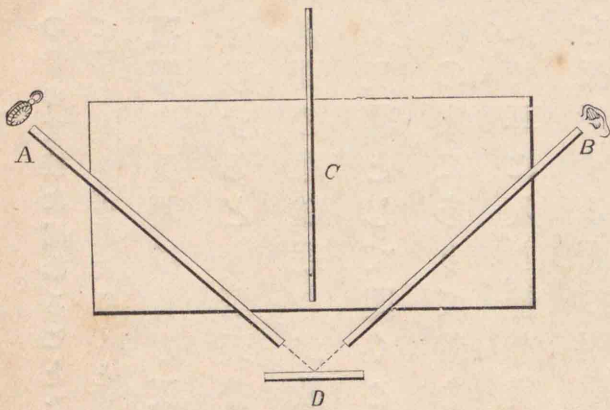
全四 鑄鐵中の音の速さは、空氣の凡そ十倍なり。今鐵管の一端を打ち、他端に耳を當て、其音を聞くに、鐵管を傳はり來る音は、鐵管中の空氣を傳はり來る音より〇・二秒時速かなりとせば、鐵管の長さは何程なるか。

七 音の反射 螺旋狀針金を取りて再び實驗を爲さば、其縮みたる所、或は伸びたる所が箱に達して、箱より手の方に戻り來るを見るべし。斯の如く、音は壁の如き面に當れば、壁より戻り來るものなり。之を音の反射といふ。而して音が反

圖一十四第



圖二十四第



射面に垂直に當れば、亦垂直に反射すれども、第四十一圖のABの如く、斜に投射すれば、BCの如く斜に反射し、投射線ABと投射點Bに於ける垂直線DBと爲す角即投射角は、反射線CBとDBと爲す角即反射角に常に相等し。

實驗 長さ四尺餘の筒二個を取り、第四十二圖の如く、角度を爲さしめて机の上に横へ、其一つの筒の端Aに近く懐中時計を置き、他の筒の端Bに耳を當て、Cなる板を時計と耳との間に置きて、時計

の音の直接に聞ゆることを防ぎ、Dなる板を兩筒と同角度を爲さしめて圖の如き位置に置くときは、時計の音を聞くを得べし。

八 反響 反響は、音の反射に由りて起るものなり。室内にて音を發するとき、壁・天井等より反射する音は耳に入れども、反射面の距離近きが故に、原音と重りて、唯之を強むるのみにて、反響として聞くこと能はざれども、寺院の如き大なる建物の内にありて音を發すれば、反射音が原音より少しく遅れて耳に入り、音を發する毎に、其後に響を残すことあり。音を反射する面の距離愈遠きときは、反射音愈遅れて耳に入り、單語の發聲を終りたる後に、反響を聞き得るに至る。山間にて經驗する山彦なるものは即是なり。

問題一 人が二つの音を區別して聞くには、其間に一秒の十分の一以上の間隔を要すとせば、原音と反響とを區別して聞き得べき、反射面の

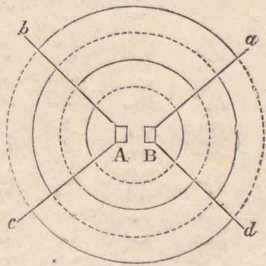
最短距離は何程なるか。

全 二 五音より成れる單語を發して、其語の全音を明かに反響として聞き得べき反射面の最小距離は幾何なるか。但一音を發するに要する時間を、一秒時の五分の一とす。

九 音波の干渉 同方向に進む同波長の二音波ありて、同一物體中を波及するとき、若し濃厚部と濃厚部、或は稀薄部と稀薄部とが相合すれば、濃厚と稀薄との度を増し、此音波が耳に入れば、個々の音波が耳に入りたる時より、強き音の感覺を起す。若し濃厚部と稀薄部とが相合すれば、濃厚と稀薄との度を減じ、或は全く消去して、音の感覺を弱め、或は全く音の感覺を起さざらしむ。之を音の干渉といふ。振動せる音義を縦に持ち、之を耳に近づけて廻轉するとき、音の強く聞ゆる位置と弱く聞ゆる位置とあり、其弱く聞ゆるは、干

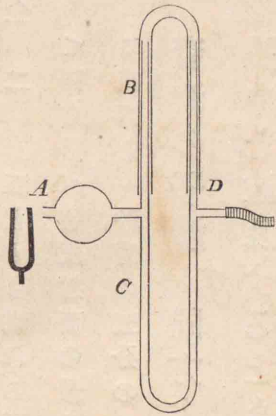
涉に由りて音の消ゆるに由るなり。第四十三圖のA Bを音

圖三十四第



又の上端とすれば、其振動するとき、A Bは相近づき、或は相遠ざかるが故に、其相遠ざかりて、左右に空氣の濃厚部を生ずるときは、之と同時に、A B間に稀薄部を生じ、相近づくときは、左右に稀薄部を生ずると同時に、A B間に濃厚部を生ずるが故に、實線を以て

圖四十四第



濃厚部を表はし、點線を以て稀薄部を表せば、圖の如く左右に波及する波と、上下に波及する波とは、a b c d線に於て、反對の状態にて相重り、耳が是等の線中に在るときは音が弱く聞ゆるな

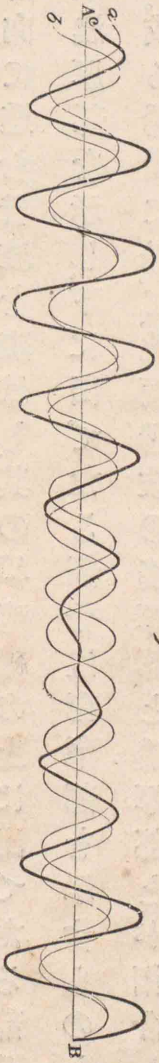
り。

實驗

第四十四圖の如き器械の、Aなる口の前にて音叉を鳴らせば、A口より入りたる音が、B C兩管に別れ進む。而してB管は伸縮するを得るものなり。今D管に耳を當て、B管を伸縮して、B C兩管の長さの差が波長の半ばに等しくなれば、B C兩管よりD管に達する音波は干涉して、音は弱く聞ゆべし。

一〇 ウナリ ^{ウナリ}振動數の少しく異なる二個の音叉を、同時に

振動せしむれば、音に浮沈あり。斯の如き音の浮沈をウナリといふ。第四十五圖に於て、a bの二曲線は、各音叉より矢の方向に進む音波を表はし、其のAB直線の上に出でたる部分は濃厚部を示し、下に出でたる部分は稀薄部を示すものとす。或る瞬間に於て、此兩音波の濃厚部と濃厚部とが相合し、濃厚の度を増して進むものとせば、波長異なるが故に、次第に



齟齬して、遂には濃厚部と稀薄部とが相合して、其稀濃を消し合ひて進み、又再び濃厚部と濃厚部とが相合して進むべし。斯の如くして、 c 曲線を以て示すが如き波を生じ、此波が耳に達して、浮沈ある音の感覺を起す。是即ウナリなり。

實驗一 二個の同様なる櫛を重ね、日光にて其影を生ぜしめ、其一方の櫛を傾けて、他の櫛と角度を爲さしむるときは、影の内に暗所を生ずべし。而して角度を大ならしむるに従ひ、暗所の數増すべし。

問題一 一秒時間に二百七十振動と三百六十振動なる音波が、同方向に進みたるときの合音波を作圖にて示せ。

全 二 振動數の差を減する程、ウナリの數少なくなるは何故なるか。
 全 三 一秒時間に二百五十六回振動する發音體と二百五十三回振動する發音體とありて、其音が干涉してウナリを生ずるときは、一秒時間間のウナリの數幾何なるか。

實驗二 同振動數の音又二個を取り、其一方の音又の一つの枝に荷を附け、兩音又を鳴らしてウナリを生ぜしむるとき、荷の位置を變ずれば、ウナリの數に變化を生ず。

一一 樂音及噪音 音又、笛、弦等の發する音の如く、振動規則正しくして、耳に快く感ずる音を樂音といふ。棚より物に落ちて發する音、走る車の音の如き、振動不規則にして、耳に快からざる音を噪音といふ。

樂音には三つの性質あり、強さ、調子、及音色是なり。

一二 音の強さ 音の強さは、發音體の振動の振幅の大小

に關するものなり。振幅大なれば、音波の稀濃の差大に、從つて強き音の感覺を起す。
 又音の強さは空氣の密度に關す。例へば高山の頂に於ける如く、空氣の稀薄なる所にては、發音體の振動を傳ふべき空氣の質量少きが故に、音は弱く聞ゆべし。
 又音の強さは、距離の自乘に反比例す。音波は發音體の周圍に球形を爲して擴がるが故に、距離が二倍になれば、音を傳ふべき空氣の量は四倍となり、同量の空氣に就きていへば、其傳ふべき音は四分の一となるが故に、二倍の距離に於ては、音の強さは四分の一となるなり。

實驗一 單弦器の弦を弾じき、其音の強さと振幅との關係を觀察するに其弾じきたる始めは、振幅大にして音強けれど、次第に振幅の減じ行

くにつれ、音も弱くなり行くべし

全二 第三項の實驗二に於て、捻栓を廻して球内に空氣を徐々に入れば、鈴の音は次第に強く聞ゆべし。

問題一 右の實驗は如何なることを證するか。

實驗三 懷中時計を、其音を聽き得ざる迄遠ざけ置き、長さ管の一端を耳に當て、他端を時計の方に向くるときは、其音を聽き得べし。

問題二 右の實驗の理由を説明せよ。

一三 音の調子及音色 張りたる弦の發する音の調子は、之を強く張るに従ひ、次第に高くなるべし。調子の高低は、弦の振動數の多少に由るものにして、凡て發音體の振動數多ければ、其調子高く、振動數少ければ、其調子低し、而して二個の發音體の振動數等しければ、其調子は相等し。

笛を取りて、之に音叉と同じ強さ、同じ調子の音を發せしむ

動教の傳へし三用管の其の長カク名は二等シキテ是れ純く共鳴るなり

現象を共鳴りといふ。今爰に懸垂せる重き物體ありて、之を小なる力にて振動せしめんとするに、力の働く度數を、其物體固有の振動數に合せしむれば、其始めは効果小なりとも、遂には大なる振幅を以て振動せしめ得べし。之と同理にて、發音體より發する音波が、之と同數の振動を爲すべき他の物體に衝突せば、其衝突の度數は其物體の振動數と合するが故に、始めは其効果小なれども、漸次其振幅を増し、遂に之をして發音せしむるに至る。

問題 琴三味線等に胴の必要なるは何故なるか。

一七 人聲 人聲は喉頭の聲帶の振動に由るものにして、

呼氣の出づる強さにより、強弱を生じ、聲帶の張弛により、調子の高低を生ず。又口腔の形を變ずれば、共鳴りにより、音色の差違を生じ、アイウエオ五母音を發するを得。父音は唇舌齒等を用ひて發する噪音なり。而して喉頭より發する音が父音に繼ぐときは、清音となり、兩音同時に發するときは濁音となる。

問題一 數多の弦を有する樂器に向ひ、大聲に母音を發するときは、樂器は之に應じて、同種の音を發すべし。其理由如何。

全 二 Bの清音は何なるか。

一八 蓄音器 蓄音器は、其受けたる音聲を、再び現はす器械にして、第四十七圖に示すもの即是なり。aは蠟にて造りたる圓筒にして、ゼンマイ仕掛によりて回轉す。其傍に器

第三編 熱

一 熱の本性 古人は熱を以て一種の實體と考へ、物體が之を得るときは、其温を増し、之を失ふときは、其温を減ずるものとせり。然れども、熱は實體に非ず。故に天秤を以て、熱したる物體を計るも、其重さは、其冷なるときと異なることなし。又二個の物體を相摩擦するときは、限りなく熱を生ぜしむることを得るものにして、氷の如き寒冷なる物體も、之を相摩擦するときは、熱を生じて融解するものなり。凡て物體の分子は、絶えず振動せるものにして、其振動烈しきと烈しからざるとに由り、温冷の差を生ずるものなり。

實驗

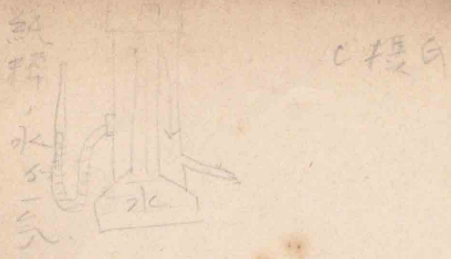
眞鍮製の管に水を充て、緊しく栓を爲したるものを、萬力にて固

定し、綱を巻き附けて、其兩端を手を持ち、之を交互に引きて、管を烈しく摩擦せば、管は熱して、其中の水は沸騰し、爆聲を發して、栓を發射するに至るべし。

問題 熱したる金屬球を、冷なる水中に入るとときは、水は温を増し、球は冷ゆべし。之を分子運動によりて説明せよ。

二 温度 甲乙二物體を接觸せしめ、兩物體共に熱の増減なきときは、二物體は同温度なりといふ。若し甲の熱が減じて、乙の熱が増せば、甲は乙より温度高しといふ。故に、物體の温度とは、他の物體に對する熱の附與の状態をいふ。

三 寒暖計 手の温度より低き物に觸るれば、手が熱を失ふが故に、冷に感じ、手の温度より高き物に觸るれば、手が熱を得るが故に、暖に感ず。而して、其温度の差大なる程、此感覺益強し。されば、手を以て、物體の温度の高低を判じ得べしと



雖も、物體の溫度が幾何なるかを言ひ表はさんには寒・暖・計
を用ふるを要す。寒・暖・計は、孔の細き管の一端球形を爲せる
ものに水銀を充て、之を閉ぢたるものにして、水銀が熱を
得れば膨脹し、熱を失へば收縮して、管中を昇降するを以て、
其昇降に依り、溫度を計り得べき器なり。

溫度が幾何なるかを言ひ表はすには、標準溫度を採用する
を要す。即氷と水との混合物の溫度を以て、此標準溫度とし、
之を氷・點と名づく。今此混合物中に、此器を挿入し、管中の水
銀柱の上端の靜止したる所に標線を附せば、此標準溫度に
對して、物體の溫度の高低を知り得べし。然れども、其高低を
數を以て表はさんには、尙ほ一つの標準溫度を採用するを
要す。即沸湯上の蒸氣の溫度を、此標準溫度とし、之を沸・騰・點

と名づく。而して、此器を此蒸氣中に挿入し、管中の水銀柱の
上端の靜止したる所に標線を附し、此標線と前の標線との
間を百等分して、目盛りを爲し、且同じ割合にて、兩標線外に
も目盛りを爲す。而して氷點の標線に、數字零を附し、沸騰點
の標線に、數字百を附し、其他の目盛りには、之に準じたる數
字を附す。斯の如く目盛りしたる寒・暖・計を、或る物體中に挿
入し、若、水銀柱の上端が、 n なる目盛りに達すれば、其溫度は
 n 度なりといふ。

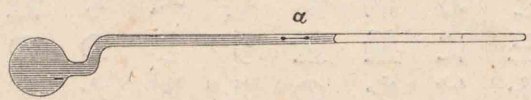
前に述べたるが如き目盛りを、攝・氏・の・目・盛・りといひ、學術上
の寒・暖・計に多く用ひらる。又氷點を三十二度とし、沸騰點を
二百十二度とし、兩標線間を百八十に等分したる目盛りは、
普通の寒・暖・計に多く用ひらる。之を華・氏・の・目・盛・りといふ。

問題一 寒暖計の管の徑は、一樣なるを要する理如何。

全 二 人體の溫度は攝氏の目盛りによれば三十七度乃至三十七度四なり。華氏の目盛りにては何度なるか。

四 最高及最低寒暖計 最高寒暖計は、或る時間内の最高溫度を示すものにして、最低寒暖計は、或る時間内の最低溫度を示すものなり。最高寒暖計は、其管の球に接する所に障碍を設け、溫度昇るときは、水銀が此所を通過し得れども、溫度降るときは、水銀が戻り得ざる如く造りたるものにして、或る時間内の溫度の最高の時、或る目盛りまで達したる水銀は、其後溫度が降るも、依然として退くことなきが故に、最高の溫度を示すべし。此寒暖計を用ふるには、之を直立せしめて、激動を與へ、管中の水銀を球内に戻し、而して之を水平

第四十九圖



に靜置すべし。

最低寒暖計は、水銀に代ふるにアルコールを以てし、第四十九圖の a の如き硝子製の目標を、管内のアルコール中に入れたるものなり。此寒暖計を用ふるには、之を倒立して、目標を管内のアルコールの端に接せしめて後、水平に靜置すべし。今溫度降るときは、目標はアルコールと共に退くと雖も、溫度昇るときは、アルコールは目標の傍を通過して、之を動かすことなし。故に此寒暖計は、最低の溫度を示すなり。

五 熱量 同物質の二個の物體の溫度を、同様に高むるとき、其一つの質量が他の n 倍なるときは、他に比

して n 倍の熱を與ふるを要す。即同物質にして、同温度の二物體の有する熱は、其質量に比例す。斯の如く、熱は計り得べきものなるが故に、單位を設けて、之を數にて表はすことを得べし。即一キログラムの水を攝氏一度だけ温度を高むるに要する熱を以て、熱量の單位とし、之をカロリと名づく。同質量の異種の物體の温度を、同様に高むるには、各異りたる熱量を要す。例へば一キログラムの水銀の温度を一度高むるには、一キログラムの水を、一度高むるに要する熱量の殆ど三十分の一にて足る。

物體の温度を一度高むるに要する熱量は、其質量と、物質の種類とに關係す。而して物體の温度を一度高むるに要する熱量を、其物體の熱容量といふ。

實驗 同質量の鐵・銅・鉛の三球を、沸湯中に入れ、同温度に高め、之を厚さ蠟板の上に、同時に載するときは、鐵球最も深く蠟中に沈入し、銅之に次ぎ、鉛は沈入すること最も少かるべし。

六 比熱 物體の温度を一度高むるに要する熱量の、之と同質量の水を一度高むるに要する熱量に對する比を、其物體の比熱といふ。即物體の比熱は、其一キログラムの熱容量なり。

物體の比熱を測定するには、其重さを計りて、之を或る温度に高め、重さ及温度の知れたる冷水中に投じ、水を攪拌して、物體と水とが同温度となりたる時、其温度を計るべし。今物體の質量と、温度と、比熱とを、 m 、 t 及 x とし、水の質量と、温度とを、 m' とし、混合物の温度を T とせば、物體の失ひたる熱

量と、水の得たる熱量とは、等しきが故に、次の等式を得、從つて比熱を算出するを得べし。

即

$$cm(t-T) = m'(T-t) \quad \text{比熱} \times \text{質量} \times (\text{温度} - \text{温度}) = \text{質量} \times (\text{温度} - \text{温度})$$

$$c = \frac{m'(T-t)}{m(t-T)} \quad \text{比熱} = \frac{\text{質量} \times (\text{温度} - \text{温度})}{\text{質量} \times (\text{温度} - \text{温度})}$$

次に主なる物體の比熱を擧ぐ。

- 鐵 〇・一一二
- 亞鉛 〇・〇九四
- 銅 〇・〇九三
- 銀 〇・〇五六
- 水銀 〇・〇三四
- 白金 〇・〇三二

鉛

〇・〇三二

問題一 質量百二十五グラムの鐵を、六十四度に熱して、之を溫度十六度、質量二百十グラムの水中に投じ、攪拌したるに、混合物の溫度十九度となりたり。鐵の比熱を問ふ。

全 二 質量三百二十四グラムの銀の溫度を、百度高むるに要する熱量を計算せよ。但銀の比熱は〇・〇五六なり

七 物體の膨脹

熱は物體を膨脹せしむるものにして、固體にありては、膨脹に長さの膨脹と、體積の膨脹との二種あり。物體の溫度を一度高むるとき、其單位の長さに於ける長さの増加を、其物體の長さの膨脹率といひ、單位の體積に於ける體積の増加を、其物體の體積の膨脹率といふ。

實驗一 第五十圖の如き装置を用ひ、一端を固定したる金屬棒 A を、アルコールランプにて熱せば、棒は膨脹して、B なる指針を押し動かすべし。

$$V = V_0(1 + \alpha t)$$

單位の長さの稜を有する立方體の溫度を一度高むるときは、各稜の長さは $1 + \alpha t$ となり、従つて體積は $1 + 3\alpha t + 3\alpha^2 t^2 + \alpha^3 t^3$ となる。而して α は甚だ小なる數なれば、其平方及立方を切り棄て、立方體の體積は増加して $1 + 3\alpha t$ となりたるものとなし得べし。故に體積の膨脹率は長さの膨脹率の三倍なり。

實驗五 眞鍮板と鐵板とを合せて造りたる板を熱するときには彎曲するを見るべし。

問題三 零度にて二尺七寸の長さの亞鉛棒を、九十五度に熱すれば、其長さ何程となるか。

全 四 溫度十六度るとき鐵製の尺度にて銅棒の長さを測りたるに、二六メートルありたり。零度るときの長さを求む。

全 五 硝子器あり。其内容積溫度零度るときは三リットルなり。溫度百

度するときの容積を求む。

液體の膨脹率は、固體の膨脹率より大なり。例へば水銀の膨脹率は 0.00018 にして、アルコールの膨脹率は 0.001 一なるが如し。

水は他の液體と異にして、之を熱するとき、零度より四度までは、膨脹せずして却つて收縮し、四度以上となれば膨脹す。故に水の密度は、四度に於て最大なり。是四度の水を以て、比重の標準と爲す所以なり。

氣體は液體よりも更に膨脹すること大なり。而して壓力一定なれば、何れの氣體に於ても、其膨脹等しく、且溫度に由りて異なることなし。之をシャルルの定律といふ。此膨脹率は 0.00366 、即二百七十三分の一なり。

問題六 十五度のとき二百立方センチメートルの水銀は、五十度のとき其體積幾何となるか。

全七 池の水の表面より凍る理如何。

全八 温度十二度、氣壓七百五十ミリメートルのとき、五リットルの體積を有する氣體が、温度三十五度、氣壓八百ミリメートルのとき有する體積を問ふ。

八 絶対温度 或る量の氣體の零度に於ける體積をVと

し、同じ壓力にてt度に於ける其體積をVとせば、

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

なり。今tを零度以下二百七十三度とせば、 $V_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right)$ は零となる。故に氣體が零度以下二百七十三度に至るまで、同じ割合にて收縮し、零度に於ける體積の二百七十三分の一づゝ體積を減ずるものとせば、此温度に於て、體積は終に零と

なるべし。此想像の温度を絶対零度と名づく。而して此零度を起點として計りたる温度を絶対温度といふ。

Tを以て絶対温度を表はせば、

$$T = 273 + t \quad \text{即ち} \quad t = T - 273$$

なり。此tの價を前の式に入れ換ふれば、

$$V = \frac{V_0}{273} T$$

となる。V、 $\frac{V_0}{273}$ は常數なるを以て、之をCにて表はせば、

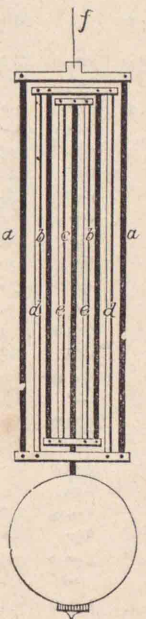
$$V = CT$$

なり。即ち同じ壓力にては、氣體の體積は絶対温度に比例す。又ボイルの定律により、同じ體積にては氣體の壓力は絶対温度に比例す。

九 固體膨脹の應用 固體の膨脹は、車輪に鐵の輪を嵌む

るときに應用せらる。即鐵の輪を充分に熱して膨脹せしめ、

圖二十五第



之を車輪に嵌めて冷却すれば、鐵の輪は收縮して車輪に固着す

るのみならず、車輪を周圍より壓して、其各部を緊着せしむ。又固體の膨脹は補正振子と名づくる時計の振子に應用せらる。振子を用ふる時計に於ては、振子の長さの變化が、時計の緩急を生じ、溫度の變化が、振子の長さの變化を生ずるが故に、溫度の變化は、時計の緩急を生ず。溫度の變化により、時計に緩急を生ぜしめざる爲めに、補正振子を用ふ。補正振子は第五十二圖の如く、*aa* *bb* *c* の鋼鐵棒と *dd* *ee* の眞鍮棒とを、格子狀に組合せ、溫度が昇るとき、鋼鐵のみ膨脹するとせば、

球が降り、眞鍮のみ膨脹するとせば、球が昇るが如く造りたるものにして、*a b c* の鋼鐵棒及 *f* なる鋼鐵の薄板の長さの和と、*d e* の眞鍮棒の長さの和が、各の膨脹率に反比し、溫度の變化により、振子の長さに變化なき様になしたるものなり。

融解(本) 融解(文) 融解(解)

一〇 融解 零度以下の氷を熱して、其溫度が零度とならば、氷は融解を始め、氷が盡くるまで、其溫度は零度に止る。此溫度を氷の融解點といふ。此溫度は一定なるを以て、寒暖計の目盛を爲す時、之を標準溫度の一として採用す。種々の固體は、各異りたる一定の融解點を有す。然れども亦熱の爲めに分解して、融解することなきものもあり。液體を冷して、其溫度が融解點に達するとき、凝固を始め、

氷、融解熱は、 $\frac{1}{100}$ 比ヒテ
 大ナリ
 例ハ、鉛ハ二百度、氷融解熱ハ
 一、四〇〇度ナルヲ以テ、融解熱
 ノテヨリ、要スル熱量大ナルヲ
 要ス
 雪ヲ握ルルハ、大ナル圧カラ、加フル
 ガ故ニ、雪ハ水トナリ、トスルヲ以テ
 水トナリ、トスルニ、熱ヲ要ス、其
 ノ熱ハ、何ヲ取ルルニ得、熱
 ずルハ、故ニ、雪ハ自、身ノ、熱ヲ、取
 ル、故ニ、雪ハ、自、冷、スル、ナリ



復氷

其全體が固體となるまでは、其温度之より降ることなし。

一一 融解熱 通例物體に熱を與ふれば、其温度を高むるものなれども、固體が融解を始むるときは、熱は其状態を變ずる爲めに費え、温度の昇ることなし。斯の如く固體の状態を變ずる爲めに費えたる熱を融解熱といふ。融解熱は物體に由りて異なるものにして、氷の場合に於ては、零度の氷一キログラムを、零度の水に變ずるに要する熱量は八十カロリーなり。

問題一 物體が凝固を始むれば、其全體が凝固するまで、温度の降らざる理如何。

全 二 物を冷やすとき、零度の水を用ふるより、同量の零度の水を用ふる方、よく冷ゆるは何故なるか。

一二 寒劑 雪或は搗き碎きたる氷に鹽を混ざるときは、

水 質量 $\times 80$
 = 變量 \times 比熱 \times 温度



氷も鹽も其固體の状態を失ひて、鹽水と成るべし。此時混合物は、状態の變化の爲めに、多量の熱を自體及其周圍の物體より取りて、甚しき寒冷を起す。故に此混合物は、寒劑の一として、氷菓子を製するとき、に使用せらる。次に數種の寒劑を擧ぐ。

物質	重さの割合	混合前の温度	混合後の温度
氷	2	0°	22°以下
食鹽	1	0°	22°以下
硝酸アンモニウム	1	10°	-15°
水	1	10°	-15°
硫酸ナトリウム	8	10°	-17°
鹽酸	5	10°	-17°



熱

燐酸ナトリウム
稀硝酸

1 9

10°

-29°

實驗

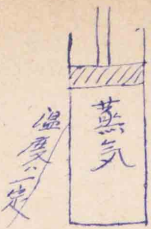
燐酸ナトリウムと稀硝酸とを用ふる寒劑中に、少許の水を入れ

たる試験管を挿入し、之を攪拌せば、管中の水は氷となるべし。

一三 蒸發 乾燥せる空氣を器中に閉ぢ込め、其内に蒸發

すべき液體を盛りたる器を入るゝときは、液體は其表面より蒸發して、空氣に混じ、蒸氣が或る密度に達せば、蒸發止むべし。此時の蒸氣を飽和蒸氣といふ。而して此蒸氣の量は、器中が眞空なるも、空氣を以て充さるゝも、異なることなし。唯眞空なるときは、蒸發速にして、空氣あるときは、蒸發遅きの差あるのみ。

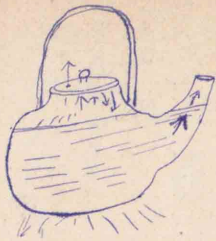
飽和蒸氣の密度又は壓力は、一定の溫度に於ては一定なる



溫度

水ヲハカレテ鉄ノ一ノ先ニシテ
タル時見ユルハナルモハ水蒸
氣ニシテ目ニ見ユルモノハ水蒸
氣ニイラス

熱



五九

ものにして、或る溫度に於ける飽和蒸氣の密度又は壓力を、其溫度に對する最大密度又は最大壓力といふ。

活栓を備へたる器中に、飽和せざる水蒸氣を充て、其溫度を一定に保ち、活栓を押し降して、其體積を減ぜば、水蒸氣の密度は増して、遂に飽和蒸氣となるべし。尙ほ活栓を押し降さば、其密度は増すこと能はざるが故に、體積の減ずるに従ひ、水蒸氣は凝結して水を生ずべし。又飽和せざる水蒸氣の體積を變ぜずして、其溫度を降すときは、低き溫度に對する最大密度は小なるが故に、或る溫度に達すれば、其水蒸氣は飽和蒸氣となり、夫より溫度を降さば、水蒸氣は凝結すべし。此溫度を露點といふ。

問題一

氷を入れたる器の周圍に露の生ずる理如何。

實地より見ると、水蒸氣ハ上ニ上リ、其ノ密積ヲ減ズルガ故ニ、何ナドモ空氣ハ上ニ上リテ薄クナルガ故ニ、水漏トスルヤリ。即チ晴レタルハケニテ、ナリカ知キヨアリ。

液体全体に於て気化作用
行はるる沸騰トイフ

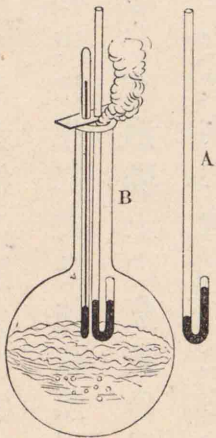
全二 冬時人の乗りたる汽車の窓硝子の内面が曇るは何故なるか。
全三 風あるとき物の乾くこと速き理を問ふ。

一四 沸騰 硝子器に水を盛りて、器底より之を熱すれば、始め小泡水中に現はる。是水中に含まれたる空氣なり。暫して器底に大なる水蒸氣の泡を生ず。然れども、其浮き上らんとするや直ちに消失し、爲に一種の音を發す。而して、遂には此器底に生じたる泡が、水面まで昇るに至る。此時泡は昇るに従ひて、次第に大きさを増すを見るべし。

液体を熱するとき、其温度の昇るに従ひ、其表面よりの蒸發次第に増し、遂には液体中にも蒸氣が發生し、前の實驗の如く、泡となりて液面まで上昇するに至る。此現象を沸騰といふ。



第五十三圖

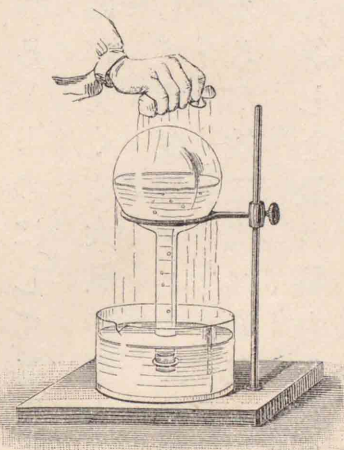


液体が沸騰するとき、其中に生じたる泡は、飽和蒸氣を以て充さるゝものにして、其壓力は、其上部にある液体の壓力と、液面の受くる大氣の壓力との和に等しからざるべからず。而して温度低きときは、其温度に對する蒸氣の最大壓力が小なるが故に、泡は成立する能はず。而して泡の受くべき壓力に等しき最大壓力を有する蒸氣を生ずる温度に達すれば、泡は始めて成立し、沸騰することを得るなり。

沸騰せる水より出づる蒸氣の壓力が、大氣の壓力に等しきを證せん、第五十三圖Aの如く、短き枝を閉ぢたる曲管を取り、短き枝に水銀を充て、且其上部に少許の水を入れ、之をB

の如く沸湯上の蒸氣中に挿入すれば、短き枝の上部の水は一部蒸氣に變じ、水銀は兩枝に於て同高となり、此飽和蒸氣の壓力が大氣の壓力に等しきことを示すべし。而して短き枝の内に生じたる飽和蒸氣の溫度は、沸湯上の蒸氣の溫度に等しく、沸湯上の蒸氣の溫度は、亦泡の水面に於て破裂するとき、其内に含まれたる飽和蒸氣の溫度に等しきを以て、

圖四十五第



追ひ出さるゝまで、之を沸騰せしめ、火を去ると同時に、フラスコに栓を

沸湯より出づる蒸氣の壓力が、其時の大氣の壓力に等しきを知る。

實驗一 フラスコ中に半ば水を充て、其上部の空氣が水蒸氣にて

圖五十五第



爲し、第五十四圖の如く、之を倒に支へ、其底を冷水にて冷せば、フラスコ中の水は再び沸騰す。是フラスコ中の水蒸氣が凝結して、壓力が減ずるに由るなり。

全二 第五十五圖の管は、水を充て、之を沸騰せしめ、管中の空氣を追ひ出したる後、封じたるものなり。今此管の球の一つを握るときは、手の溫度に由り、管内の水は沸騰すべし。

問題 高山に於て、沸騰點の低きは、何故なるか。又此沸騰點を知りて、山の高さを、知ることを得る理如何。

一五 蒸發熱 一旦沸騰を始めたる液體は、之に如何程熱を與ふとも、液體が悉く蒸發し終るまでは、其液體の溫度も、發生する蒸氣の溫度も、同一にして變ずることなし。是熱が液體を蒸發せしむる爲に費ゆるに由るものにして、此費えたる熱を蒸發熱といふ。

蒸發熱、潛熱といふ。

水の蒸發熱は、各種の液體中最大にして、百度の溫度の水の一キログラムを、之と同溫度の蒸氣に變ずるには、五百三十七カロリーの熱を要す。水は亦、融解熱及比熱に於ても、各種の固體・液體中最大なるものにして、此事實は、地文學上の現象に、大なる關係を有するものなり。

液體が蒸發するとき、熱を要するものなれば、揮發液を速に蒸發せしめ、寒冷を起すを得べし。此理に由り、人造氷はアンモニヤを蒸發せしめて多量に製出す。

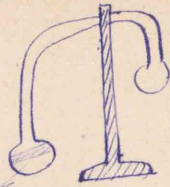
實驗 試験管に少許の水を充て、之をエーテルを容れたるコップ中に挿入し、輪を以てエーテル中に空氣を送り、之を速に蒸發せしめば、水は氷となるべし。

問題 手にアルコールを塗るとき、冷やかに感ずる理如何。

一六 濕度計 空氣の乾濕は、其内に含める水蒸氣の量の

台同溫度ノハ水蒸氣ノ分量也 大ナル濕トイヒセハ、アテレハ乾キナリトイフ

ガニル以濕度計



みならず、其溫度にも關するものにして、或る溫度に於て、一定體積の空氣中に含める水蒸氣の量の、同溫度に於て、同體積の空氣中に飽和すべき水蒸氣の量に對する比を濕度といふ。

問題 室内をストーブにて暖むるとき、其空氣の乾燥するは何故なるか。

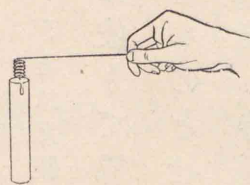
空氣中の濕度を計るに、乾濕球濕度計と名づくるものあり。此器械は、二個の同様なる寒暖計より成り、其一個の球部は、一端を水に漬したる綿布或は綿絲を以て之を包み、常に濕潤ならしめたるものなり。此濕潤せる球より、絶えず水が蒸發するを以て、其溫度を降らしめ、兩寒暖計の示す溫度に差を生ず。而して空氣の溫度が一定ならば、空氣が乾燥せる程、

蒸發速かなるが故に、其差も益大なるべし。此差と乾球寒暖計の示す温度とを知らば、此器械に附屬する表により、湿度を知るを得べし。

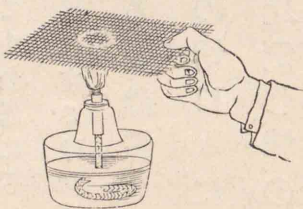
一七 傳導 眞鍮棒の諸所に、蠟にてコルクの小片を附け、其一端を熱せば、熱は其端より他端の方に傳へられ、コルクは火に近きものより、次第に落つべし。斯の如く熱を傳ふることを傳導といふ。而して物體には、長く熱を傳ふるものと、傳へざるものとあり。長く傳ふるものを、熱の良導體といひ、然らざるものを、熱の不良導體といふ。

實驗一 同じ長さ同じ太さの銅及硝子の棒を取り、其各の一端を相對せしめて支へ、各の棒の其端より同距離の所に蠟を以てコルクを附着し、此相對する端を、アルコールランプを以て熱せば、銅棒に附着せるコルクは、速に落つと雖も、硝子棒のコルクは、永く落ちざるべし。

圖六十五第



圖七十五第



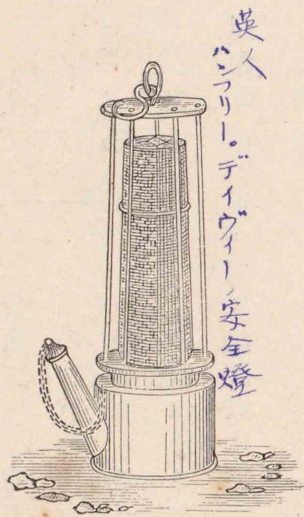
問題一 冬着に綿を入れる、理如何。
全二 火熨斗の柄を木にて造るは、何故なるか。

全三 氷を保存するに、毛布或は鋸屑にて、之を包む理如何。

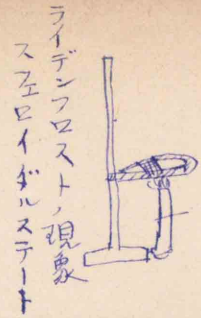
實驗二 第五十六圖の如き、螺旋形の針金を以て、蠟燭の炎を被へば、炎は消ゆべし。又第五十七圖の如く、アルコールランプの炎の上に金網を置けば、炎は金網の上に昇るを得ず。

問題四 石炭山にては、坑中に屢沼氣發生し、之が空氣と混じて、火焰に觸るれば、爆發して人命を損するが如き危険あり。坑夫等は、此

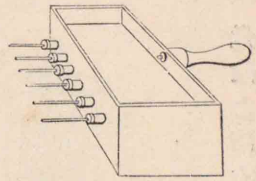
圖八十五第



危険を防ぐ爲めに、第五十八圖の如き、金網にて火焰を被ひたる燈火を



圖九十五第



携帯すといふ其理如何。

實驗三 第五十九圖の如き銅製の箱の側面に種々の物質の同大の棒を固定したるものを取り其棒に蠟を塗り置き之に沸湯を注ぐときは棒に於ける蠟の溶解する部分の長さ不同あるを見るべし。

問題五 コップに熱湯或は冷水を注げばコップの破るゝことある理如何

全六 同温度にても金属に手を觸るゝときと、毛布に手を觸るゝときとは寒暖の感を異にするは何故なるか。

棒に依りて傳へらるゝ熱量 Q は棒の外面に於て熱の受授なきものとせば棒の切口 A に比例し、兩端の温度の差 T に比例し、時間 T に比例し、棒の長さ l に反比例すべし。故に

$$Q = \frac{A(t-t_1)T}{l}$$

熱量ハ切口面積ニ比例ス 兩端温度ノ差ニ比例ス 時間ニ比例ス 長さ反比例ス

此式に於て、 Q は $A \cdot T \cdot T$ 及び l が各一なるときの Q の價にして、同物體に於ては常に一定なるものなり。之を物體の傳導率といふ。次に主なる物體の傳導率を擧ぐ。

綿	硝子	鐵	銅	銀
〇〇〇〇四	〇〇〇〇五	〇〇一六	一〇〇	一一一

cal. 大カリ
cal. 小カリ

右の表に於ける傳導率は一グラムの水の温度を一度高むるに要する熱量を、熱量の單位として得たるものなり。故に銀の傳導率が一なりと云ふは、一センチメートル立方の銀の、兩面の温度の差が一度なるとき、一秒時間に、其一面よ

り他面に傳へらるゝ熱量は、一グラムの水の溫度を一度高むるに要する熱量の、一・一倍なることを示す。

一八 對流 熱の不良導體なる液體及氣體に、上部より熱を加ふれば、其熱の下方に傳へらるゝこと甚だ遅けれども、之を下部より熱すれば、熱を受けたる部分は膨脹して軽くなるが爲に昇り、上部の冷やかなる部分は降りて、之と交代し、上下の流を生じ、速に全體が熱せらる。斯の如く、液體或は氣體に於て、其熱したる部分が、冷やかなる部分と交代して、熱が移るときは、之を對流といふ。

第六十圖



し。

實驗

硝子器に水を盛り、之に色を附けたる櫛の鋸屑を混じ、器底の中央を熱するとき、水は第六十圖の矢にて示す如く、循環するを見るべし。

問題一 ランプのホヤが空氣の流通を生ずる理を説明せよ。
全 二 風の起る理を説明せよ。

一九 輻射 火に對すれば溫暖を覺ゆ。是熱が空氣に依りて傳へらるゝに由るにあらず。何となれば、空氣は熱の不良導體にして、且熱したる空氣は上昇し、火の側方に來ること無ければなり。又寒暖計を熱したる體に近づければ、其中間が眞空なるも、或は寒冷なる空氣、或は氷の如き物體あるも、尙ほ寒暖計は熱を受け取りて、水銀の昇るを見るべし。之と同様に、太陽と地球との間には、非常に寒冷にして眞空なる空間あるも、尙ほ地球は太陽より熱を受くるを得。既に學びたる如く、熱したる體の分子は振動せるものにして、發音體が其振動を空氣に傳ふるが如く、分子の振動は、エ

一。テルと名づくる一種の媒介物に依りて傳へられ、音の波及するが如く、波動と爲りて各方に波及し、此波動が物體に達せば、音の共鳴りの場合に於けるが如く、再び分子運動となり、其物體の温度を高むべし。此波及を熱の輻射といふ。

問題

夜間露の生ずる理を説明せよ。

第四編 光

一 光の本性 火中にて熱したる鐵球は、温度の低きときは唯熱を輻射するのみなれども、温度の昇るに従ひ、光を放つに至るべし。古人は、光は發光體より發射する一種の粒子にして、之が眼に入りて光の感覺を起すものと考へたれども、光も亦輻射熱の如く、物體分子の振動が、エーテルに由りて傳へられ、其波動となりて波及するものにして、兩者の差異は、其波長の差異に由る。即輻射熱の波長は、光の波長よりも長くして、前者は唯温度の感覺を起すのみなれども、後者は眼にも感覺を起すものなり。而して發光體は、輻射熱のみを發する體よりも、其分子の振動速なり。

光



鉄球が甲にて熱するは、初
マ熱トナリ遠ニ白熱ナ
ルモノナリ
光ハ進々方向ニ直角ニ
テ種々ニ振動スルナリ
言ハ從波ニ進メドモ光
ハ横波トナリテ進ムナリ

光波長ハ一ミリメー
トル即チ三厘ニモ一
分

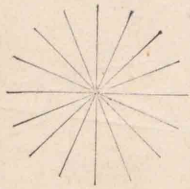
四口乃至八ノ波長トナリテ進ムモノナリ

透明体不透明体の大
 小の差を定むるに
 比較論ナリ

光と輻射熱とは、共にエーテルの波動にして、唯波長を異にするのみなれば、光の波及反射及屈折等に關する事實は、亦輻射熱にも適用せらるゝものなり。
 物體により光を透過せしむるものと、然らざるものとあり。前者を透明體といひ、後者を不透明體といふ。
 二 光の速度 光の速度は、デンマルクの天文學者レーモルが、一千六百七十五年頃に、木星の衛星の蝕に由り、始めて發見せり。此衛星は、四十二時二十八分三十六秒毎に、木星の影に入りて、蝕するものにして、蝕の起るべき時刻を、豫め算定することを得べし。而して地球が木星より最も遠き位置に在るときは、蝕の起る時刻が、豫定の時刻よりも、十六分四十秒遅るゝを見る。故に光が地球の軌道の直徑を通過す

るに、此時間を要することを知らるなり。而して軌道の直徑は、凡そ三億キロメートルなれば、光の速度は、一秒時に凡そ三十萬キロメートル、即七萬六千四百里なることを知る。
 三 光の直進 燭火と眼との中間に、小孔を穿ちたる板を置かば、其小孔が、燭火と眼とを結びたる直線上に來るときのみ、燭火を認むることを得べし。之に由りて、光は直線に進むものなることを知る。而して光の進む方向線を名づけて光線といふ。

圖一十六第

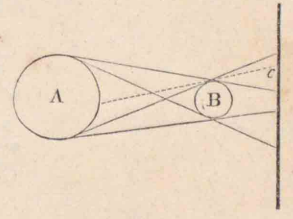


問題 光の直進を證すべき事實を挙げよ。

四 陰影 陰影は光の直線に進むに由

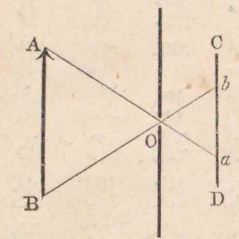
りて生ずるものなり。發光體は、發光點の集りたるものにして、光は、各發光點より

圖二十六第



各方に直線に進むこと、第六十一圖に示すが如し。今第六十二圖Aを發光體とし、Bを其光を遮る物體とすれば、A、B兩體を圍む圓錐形のBの後方の部分には、Aの何れの部分より發する光も、達することなし。之を本陰影といふ。又本陰影の周圍に、Aの一部分より光の達する所あり。此部分を半陰影といふ。半陰影中に、cなる點を取りて考ふるに、cを頂點とし、Bを圍む圓錐形中に含まるゝAの部分より發する光は、Bの爲に遮られて、cに達することなし。而して、c點が本陰影に近づくに従ひ、遮らるゝ部分が増し、之を遠ざかるに従ひ減じて、半陰影の境界に達すれば、全く遮らるゝことなし。故に半陰影中に達する光は、其境

圖三十六第



界より本陰影に近づくに従ひ、次第に減ずるものなり。又發光體に由りて生ずる物體の陰影は、各發光點の陰影の集りたるものと考ふることを得べく、其中央に於ては、是等の陰影の重り合ふこと多く、中央を遠ざかるに従ひ、重り合ふこと次第に減少して、本陰影と半陰影とを生ずるなり。

五 小孔に由りて生ずる像 曉け方戸の小孔に對する障子に、庭園の景色が、倒に天然の色を現して映ずるを見ることあり。此映じたる像は、孔が小なる程、明るさを減ずれども、精細の度を増すべし。而して孔の形の變化は、像に影響することなし。第六十三圖に於て、Oを戸の孔とし、CDを障屏とし、ABを室外の物體とせば、其一點Aより發す

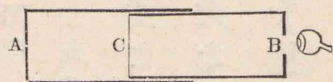
る光は、O 孔を通過し、障屏上 a に映じて、孔の像を現し、B 点より發する光は、b に孔の像を現し、物體の其他の點も同様に、各其點の明るさと色とに准じたる孔の像を、障屏上夫々の位置に現はすべし。此無數の孔の像が、相集りて物體の倒像を生ずるなり。

孔が小なる程、各發光點の生ずる孔の像も小にして、他の發光點の生ずる像と、重り合ふこと少きが故に、物體の像は精細の度を増すなり。

問題一 戸の小孔を通じて、日光が室内に映ずるとき、其孔の形如何に關らず、映じたる像が常に圓きは何故なるか。

全 二 茂れる木の葉の間より、太陽の光が漏れ來るとき、地面に圓形若くは楕圓形の明るき斑點を現はす。此斑點の形は、日蝕のとき如何に變ずるか。

圖四十六第



實驗 茶筒の如く相重りたる筒の、外のものゝ一端 A 第六十四圖に、墨を塗りたる厚紙を貼り、之に針にて小孔を穿ち、内の筒の一端 B に覗くべき孔を穿ち、他の端 C に薄き紙を貼り、A を窓の方に向け、B より覗くときは、C に窓外の景色の映ずるを見るべし。

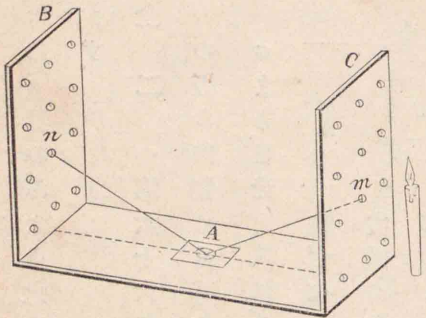
六 光の反射 暗室の戸の小孔より、日光を室内

に導き、之を鏡面に受けば、光は鏡面より反射すべし。而して

光の反射に於ては、**投射角と反射角と相等しく、且同一平面内にあり。**

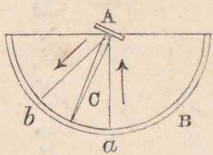
實驗一 第六十五圖の A は、圓き孔ある紙を以て被ひたる水平なる鏡にして、B、C 兩板は數多の孔を有す。今 C 板の孔の一つ、例へば m に近く燭火を置くときは、鏡面より反射する光は、m 孔に正しく相對せる B 板

圖五十六第



の孔のみより之を認め得べく、其他の孔よりは之を認むることを得ず。

第六十六圖



映すべし。此映じたる所を θ とせば、鏡に垂直なる指針 C の尖端は、常に a と θ との中央にありて、投射角と反射角との等しきことを見るべし。又 a より鏡面を覗き見れば、指針の指す目盛の角度の二倍の角度を示す目盛を認むべし。

問題 反射鏡の廻轉の角度は、常に其廻轉に由りて生ずる、反射線の方
向の變化の二分の一なることを證せよ。

平面より反射する光の強さは、投射光の傾斜の度、即投射角が大なるに従ひ、増すものなり。例へば光澤ある紙の前に燭火を置き、正面より見れば、燭火は紙に映じて見えざれども、

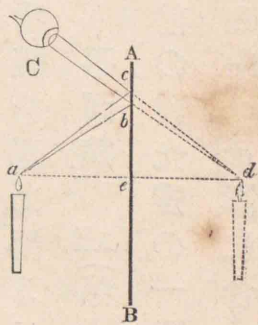
斜に見るときは、之を認むるを得べし。

鏡が燭火の光を反射するときは、一定の方向に於て燭火の映ずるを認むるのみにして、鏡は見えず。是鏡の如き平面は、規則正しき反射を爲すに由る。然るに木板の如き物體が、燭火の光を受くるときは、何れの方角よりも、等しく木板を認むるを得べし。是木板の平面が、平滑ならざる爲め、其受けたる光を、不規則に各方へ反射するに由る。斯の如く不規則に反射したる光を散光といふ。木、石、家屋等の自ら光を發せざる物體を認め得るは、此理によるなり。

七 平面鏡 AB(第六十七圖)を鏡面とし、 C を眼として、 a を

鏡前の發光體の一點とせば、 a より鏡面に向つて發する光線の内、 ab ac 間に含まるゝ光線のみ、鏡面より反射して後、眼

圖七十六第

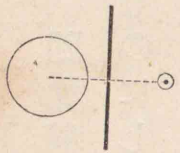


に入るを得べし。而して此眼に入りたる反射線を、後方に引長すれば、 d なる一點に相會す。即眼に入りたる光線は、恰も d 點より發したるが如くなれば、 d に於て a の像を見るべし。而して d 點は a 點より鏡に降したる垂直線中に在りて、且 ae と ed とは相等し。物體の其他の點も、之と同様な關係の位置に、其像を生ず。此各點の像の集りたるものが、即物體の像なり。故に物體鏡面に近づけば其像も亦鏡面に近づき、遠ざかれば、像も亦遠ざかる。而して物體と像とは、左右相反し、恰も印刷物と、其版木との關係を有す。

問題一 靜なる水の面に、對岸の景色が如何に映ずるか。圖を書きて説

由毎の月に各々見エサハモ
ナリトイフハ、恰アルが故ナリ
然レハ、家に在ルザルモ、
シテ、若シ、
リトイフ

圖八十六第



- 明せよ。
- 全 二 人が己の直立せる姿を、直立せる鏡に映さんとするには、鏡の大きさが身長半分の半にて足る理を説明せよ。
 - 全 三 人が己の直立せる姿を、鏡に映すとき、鏡が四十五度前方に傾けば、像は如何に變ずるか。
 - 全 四 田毎の月とは、高さの異なる田の水面に、月が同時に映りて見ゆるものなりといふものあり。かゝる理ありや如何。
 - 全 五 硝子製の鏡の硝子の厚さは、物體を硝子面に接觸せしむれば、物體と其像との距離によりて、知ることを得る理を説明せよ。
 - 全 六 第六十七圖に於て、 d は AB につきて a の對稱點なることを説明せよ。
 - 全 七 人の顔と、其鏡に映じたる像とは、如何に異なるかを説明せよ。

實驗 硝子板を直立し、其兩側に水を盛りたる硝子器と、點火せる蠟燭とを第六十八圖の如く置き、蠟燭の在

$$\frac{PC}{PO} = \frac{FC}{OF}$$

$$PC = p, FC = p'$$

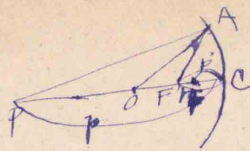
$$OP = p - r, FO = r - p'$$

$$\frac{p}{pr} = \frac{p'}{rp}$$

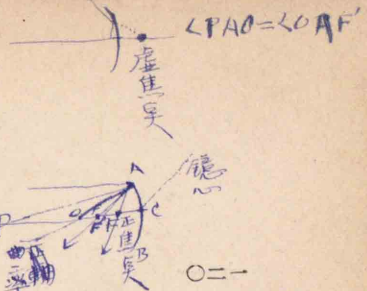
$$\frac{p+r}{p} = p$$

而して鏡の反射面は球面の一小部分をなれば、QAは、OA或はFAに比して小なるを以て、QFは殆どAFに等しく、F點は殆どAとOとの中央に在り。鏡面の他の點に投射する正軸に平行なる光線も、之と同理にて、反射の後、F點を通過するが故に、總てF點に集るべし。此點を正焦點といふ。

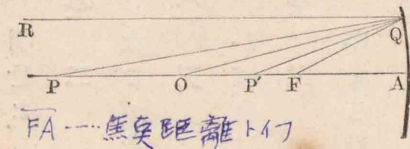
正軸に平行なる光線は、發光點が正軸上に於て、鏡面より無窮大の距離に在るときに發したる光線にして、發光點が正軸に沿うて、鏡に近づくに従ひ、光線は外方に開きて發散光線となり、其焦點は正焦點の位置よりOの方に移動し、發光點がOに來れば、焦點もOに生じ、發光點がOよりFの方に進めば、焦點は益鏡を遠ざかり、發光點がFに來れば、反射光線は平行し、焦點は無窮大の距離に達す。尙ほ發光點が進み



(一) PがOより左に在る時
 (二) Oの上を三九片
 (三) Oの右に在る時
 (四) Fの左に三九片



圖九十六第



と曲率中心との中央の一點に集合すべし。第六十九圖に於て、正軸に平行なる光線RQが、鏡面のQ點に投射して反射するとき、Oを曲率中心とすれば、OQはQ點に於て鏡面に垂直なるが故に、投射角RQOは、反射角OQFに等しく、角RQOは、角QOFに等しきを以て、OQとQFとは相等し。

八 凹面鏡

凹面鏡は、其反射面が、球面の一小部分より成るものにして、球の中心は、鏡の前にありて、之を曲率中心といひ、鏡の周邊圓形ならば、其反射面の中心を鏡心といひ、鏡心と曲率中心とを通過する直線を正軸といふ。今正軸に平行なる光線が、鏡面に投射して反射せば、反射線は、悉く鏡心

る側より視るときは、蠟燭が水中にて燃ゆるが如く見ゆべし。

平行線より無限に遠くを交へたり、無限より無きなり、一億一万里より一億一万里より、故に無限に

f とすれば、

$$r=2f$$

故に

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

なり。

問題一

左の各の場合に於ける p' の値を定めよ。

$$\begin{array}{l}
 p = \infty \quad p > r \quad p = r \quad r > p > f \quad p = f \quad p < f \\
 p = 0
 \end{array}$$

全二

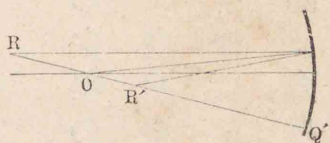
凹面鏡の曲率半径二尺にして、正軸上にある發光點の鏡心よりの距離を三尺とせば鏡心より何尺の處に、焦點を生ずべきか。

全三

凹面鏡の正軸上にある發光點の鏡心よりの距離が一・八尺にして、焦點の鏡心よりの距離が一・二尺ならば、凹面鏡の曲率半径は何程なるか。

發光點が正軸外 R (第七十圖) に在るときは、焦點は發光點よ

第七十圖

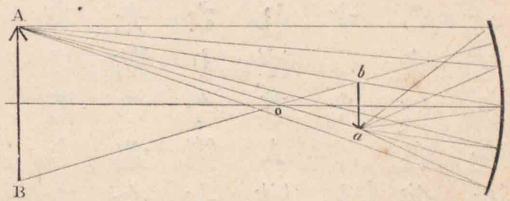


り曲率中心 O を通して引きたる直線 RQ' 上に生ずべし。此直線を副軸と名づく。而して發光點及焦點の Q' よりの距離の關係は、發光點が正軸上に在るときと異なることなし。

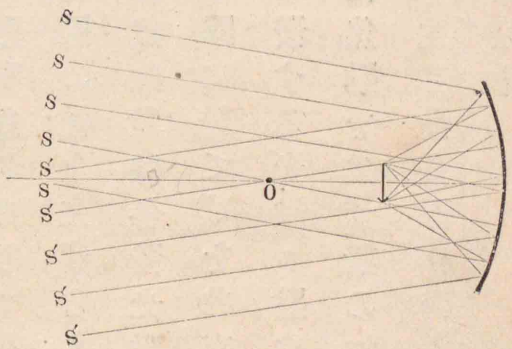
九 凹面鏡に由りて生ずる像 凹面鏡は其

前方に置きたる物體の像を生ずるものなり。而して物體は發光點の集合なれば、此像は各發光點の焦點が集りて生ずるなり。今第七十一圖に於て、AB を曲率中心外に在る物體とすれば、其 A 點より發する光は、a 點に焦點を生じ、B 點より發する光は、b 點に焦點を生ず。斯の如く物體の各點より發する光は、各焦點を生じ、此焦點が集りて、物體より小なる倒立せる像を生ずるなり。

圖一十七第



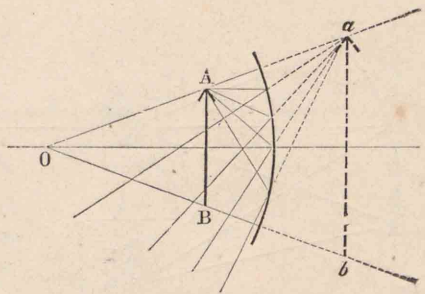
圖二十七第



凹面鏡の軸を太陽
に向はしめたと
きの如く、物體が凹
面鏡前無窮大の距
離に在れば、其各點
は夫々平行なる光
線を鏡に送り、曲率
中心より鏡の方に、

曲率半径の半分だけ隔りたる點に焦點を生じ、此焦點が集りて、曲率中心と鏡心との中央に像を生ず(第七十二圖)。太陽の場合に於ては、其直徑半度なるが故に、像が曲率中心に於て開く角は半度なり。

圖三十七第



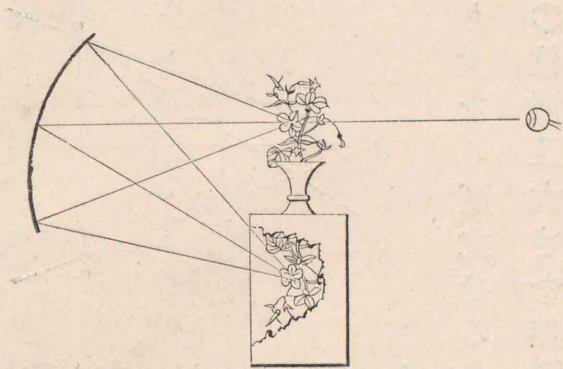
若し物體AB(第七十三圖)が、焦點距離以内に在るときは、其A點より發する光は、a點に虚焦點を生じ、B點より發する光は、b點に虚焦點を生ず。斯の如く物體の各點より發する光は、各虚焦點を生じ、此虚焦點が集りて、鏡後に物體

より大なる直立せる虚像を生ず。像の位置及大さを、作圖法に依りて知るには、物體を表はす所の線の一端より、曲率中心を通過する直線を引き、又此端より正軸に平行なる直線を引き、其鏡面に會したる點と、正焦點とを通過する直線が、前の直線と交る點が、其端の焦點なり。同法により、他端の焦點を見出し、此兩焦點を結び付け

ば、此線は像を表はすべし。

實驗一 凹面鏡の焦點距離以外の種々の位置に、點火せる蠟燭を置き、其像を障屏上に受け、蠟燭の位置の異なるに従ひ、像の距離及大きさに變化あるを見よ。又蠟燭を焦點距離より鏡面まで近づけて、虚像の位置及大きさに變化あるを見よ。

圖四十七第



全二 第七十四圖の如く、凹面鏡の曲率中心の距離に、内面黒き箱の開きたる方を鏡に向けて置き、箱の内に花束を倒し、又箱の上に適當の大きさの花瓶を置かば、若し鏡の位置適當なるときは、花は花瓶に生けたるが如く見ゆべし。更に好結果を得んには、花瓶に少しの綠葉を挿し置き、且花束及花瓶に、日光を反射せしむべし。

問題一 凹面鏡の曲率中心外にある物

體によりて生ずる像を作圖によりて求めよ。

全二 凹面鏡の曲率中心と正焦點との間にある物體によりて生ずる像を作圖によりて求めよ。

全三 凹面鏡の正焦點以内に在る物體によりて生ずる像を作圖によりて求めよ。

全四 第七十五圖の如き、凹面鏡前にある物體の像を作圖によりて求めよ。

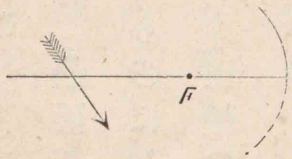
全五 凹面鏡前の如何なる位置に物體を置きたるとき、物體と像とが同大なるか。

全六 凹面鏡によりて生ずる實像は、像と鏡との間に眼を置きては、之を見る能はずして、其反對の側に眼を置きたるときのみ、見ることが得る理を説明せよ。

全七 凹面鏡前九寸の處に物體あり、其像の大き

は物體の三倍なり、鏡の曲率半径幾何なるか。

圖五十七第



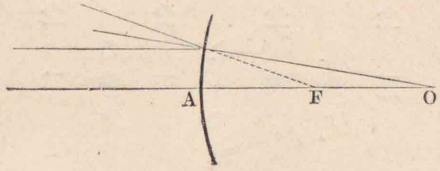
凸面鏡の像は虚像なり
特別の場合にのみ
外に実物よりなり

全 八 曲率半径二尺の凹面鏡の前方一尺五寸の所に物體あれば、其像の大きさは、物體の何倍なるか。

一〇 凸面鏡 凸面鏡も亦、其反射面が球面の一部より

成るものにして、其曲率中心は鏡の後方にあり。第七十六圖の如く、正軸に平行なる光線が、鏡面に投射するとき、其反射線を後方に引長すれば、鏡心と曲率中心との中央Fに於て、正軸に會し、此F點を虚の正焦點といふ。
凸面鏡に於ては、發光點が何れの位置にあるも、焦點は常に虚にして、發光點が鏡に近づくに從ひ、焦點も亦鏡に近づき、鏡面に於て相合す。而して凸面鏡に於ては、 p' 及 f が

圖六十七第



共に負數なるが故に、其公式は

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

即

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

となる。

凸面鏡によりて生ずる像は、常に直立せる虚像にして、其大きさは物體より小なり。而して其位置及大きさを作圖によりて知る法は、凹面鏡に於けると異なることなし。

問題一 凸面鏡の正焦點は、鏡心と曲率中心との中央に在ることを證明せよ。

全 二 凸面鏡によりて生ずる像を作圖にて求めよ。

全 三 凸面鏡に於ては、像が常に物體より小なることを説明せよ。

全 四 曲率半径二尺の凸面鏡前三尺の處に、物體を置けば、其像の大
さ幾何なるか。

一一 光の屈折 暗室の戸の小孔より日光を入れ、之を直
方形の硝子器に盛りたる水の表面に受くるときは、光が其
方向を變ずるを見るべし。而して光線が空氣より水或は硝
子に入るときは、如きは、光線曲りて、投射點の垂直線に近づ
き、水或は硝子より空氣に入るときは、如きは、垂直線に遠ざ
かる。斯の如く光線が一つの媒介物より、他の媒介物に入る
とき、其境界に於ける方向の變化を、光の屈折といふ。
光線が、兩媒介物の境界面に垂直に投射するときは、屈折す
ることなく、其斜なるに従ひ、屈折益大なり。第七十七圖に於
て、AOを投射光線とし、OBを屈折したる光線とし、NON'を投射點

風アノ日ノ前、日星ノギク
シテ見ユル

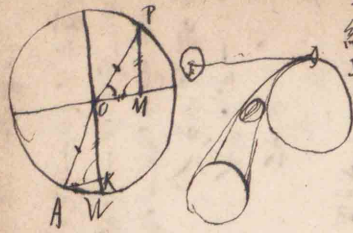
楓師ノササイヤ採ルヤ箱
ニ食ニカラスヲハオケスレヲ
ノソキ見テササイヤ知ルキ
ノ理

川ノ底ノ淺ク見ユルニト

カラス障子ヨリ外リ見
ハドモヒカシテ見ユル光

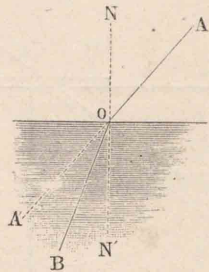
屈折差(像)多(差)

太陽ノ山ニアルヤハ其地
平線以下ニテヒキリ



三三一

圖七十七第



に於ける垂直線とすれば、角AONを投射
角といひ、角BON'を屈折角といひ、投射光
線の引長線と、屈折したる光線と爲す
角A'OBを方向差といふ。而して、投射角が

大なる程、方向差は大なり。然れども、投射角と屈折角との間
には、投射角の大小に拘らず、常に一定の關係あり。即、投射角
の正弦の屈折角の正弦に對する比は一定數にして、且、投射
角と屈折角とは同一の平面内に在り。之を光の屈折の定律
といふ。

兩正弦の比は、媒介物に由りて異なるものにして、之を名づ
けて屈折率といふ。光線が水と空氣との境界に於て屈折す
る場合には、兩正弦の比は三分の四にして、是即水の空氣に

さを減ずれども、悪路中に入らざるものは其速さ變らざるが故に、全列が悪路中に入りたるときは、 ee' 列の如く方向を變ず。光波が空氣より水に入る場合には、其空氣中の速度が水中の速度よりも大なるが故に、 AB を水面とし、光波が矢の方向に來りたりとすれば、之に直角なる波面は、兵士の列の如くに、其方向を變じ、從つて光の波及の方向は變ず。

問題一 光の屈折の理により説明し得べき二三の事實を擧げよ。
全 二 河の底が實際より淺く見ゆる理如何。

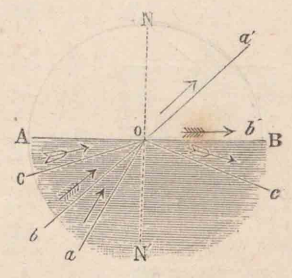
一二 全反射 光線が水或は硝子中より、空氣中に出づるとき、の如き場合には、投射角が或る極限に達すれば、光線が其境界面外に出づる能はずして、反射を爲すものなり。今 AB (第八十一圖)を兩媒介物の境界面とし、 ao を投射光線とし、 oa'

三角形ノガラスヲ序ノエニ
四角ヲ以テラテ序ヲ見レバ
見エズシテ其ノ紙片ヲツキ
見ル所ハ銀ノ如ク光ルベシ即
チ全反射ナリト生ズルモノナ
リ故ニガラスノ向ニモノヲ置
キバ却テテコレヲ見ルベシ



然レモガラスヲ以テテ光
水ニ入ルモノヲ見ルベシ
コレハ其ノ光ノ境度
ヲ境度ニサバテ射ルベシナリ
水ノ境度ハ四十八度ナリ
コレヲ大ナル境度ニサバテ及
射スルコトナレバ光レハ四十八
度ナリト生ズルモノナリ
ガラスノ向ニモノヲ置キ
バ却テテコレヲ見ルベシ

圖一十八第



に、 ooN' 角は四分の三を正弦とせる角なり。投射角が此角より尙ほ増して、 oo の如く投射すれば、光線は境界面外に出づること能はずして、 oc' の如く反射す。斯の如く投射角が此角を踰ゆれば、光は境界面外に出づること能はざるを以て、此角を境角といふ。而して投射角が境角より大なれば、光は全く反射するが故に、此反射を全反射といふ。

實驗一 フラスコ中に半ば水を容れ、鉛筆の一端を水中に挿入し、水面

ガラスノ向ニモノヲ置キ
バ却テテコレヲ見ルベシ
七三一

プリズム又は角錐
三稜鏡トイフ。

下より斜に水面を望まば、鉛筆の水面下に在る部分は、水面に映りて見ゆべし。

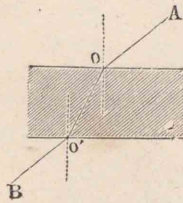
全 二 水を盛りたるコップ中に、試験管を挿入し、其水中に在る部分を上より視れば、全反射に由り、管面が銀白色を呈するを見るべし。而して管中に水を注がば、銀白色は消失すべし。

一三 コップを斜に用いて、人三稜鏡ヲ用フ、フレネル プリズム 両面平行なる硝子板に、光線が斜に投射

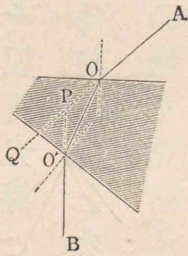
するときは、其両面に於て屈折し、板より出づる光線の方向は、其板に入る前と異なることなし。如何となれば、 $A_0O'B$ (第八十二圖)を以て此光線とすれば、 O に於ける屈折角は、 O' に於ける

投射角に等しきを以て、 O に於ける投射角は、 O' に於ける屈折角に等しければなり。然

圖二十八第



圖三十八第



れども若し両面平行ならざるときは、第八十三圖の如く、第二面を出づる光線は、第一面に入る光線と方向を異にし、両面の開きたる方に向ふべし。斯の如く平行ならざる二面を有する透明體をプリズムといひ、其二面間の角をプリズムの角といひ、二面の交りに直角なる平面を正平面といふ。今第八十三圖に於て、 AO を正平面内に在る投射光線とすれば、屈折光線 OO' 及プリズムより出づる光線 $O'B$ は、共に此平面内に在りて、 AO の引長線と $O'B$ の引長線とは P 點に於て會す。此角 $O'PQ$ はプリズムに由りて生じたる方向差にして、其大きさはプリズムの角及投射角に關係す。

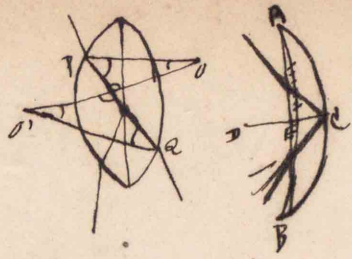
實驗

プリズムの角を上になし、之を透して燭火を見るときは、燭火は上の方に其位置を變じて見ゆべし。

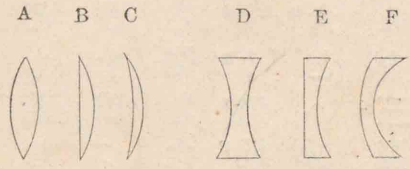


凸レンズ又収斂レンズ
ストイフ。

凹レンズ又散開(散)レンズ
ストイフ。



第四十八圖



一四 レンズ レンズは球面の一部を爲せる二つの面によりて圍まれたる透明體にして、之を凸レンズと凹レンズとの二種に大別す。第八十四圖のA B Cは、共に凸レンズにして、Aを兩凸レンズ、Bを平凸レンズ、Cを凸メニスクといふ。又D E Fは共に凹レンズにして、Dを兩凹レンズ、Eを平凹レンズ、Fを凹メニスクといふ。

如何なる形のレンズにも、光心と名づくる一點ありて、此點を通過する光線は、其方向を變ぜざるものなり。兩面の曲率等しき兩凸或は兩凹レンズに於ては、光心は其形の中心と一致し、平凸或は平凹レンズに於ては、光心は其曲面の中心にあり。

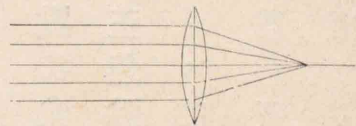


問題 兩面の曲率等しき兩凸及兩凹レンズに於ては、何故に光心が形の中心に一致するか。又平凸或は平凹レンズに於ては、何故に曲面の中心にあるか。

一五 凸レンズ 凸レンズに投射する光線が、其光心と曲率中心とを通過する直線、即正軸に平行なれば、レンズの中央より周邊に進むに従ひ、二面の爲す角次第に大なるが故に、光線の方向差も従つて増し、光線は屈折して後、正軸上の一點に集合すること、第八十五圖に示すが如し。此點を稱して正焦點といふ。

レンズに投射する光線が、正軸に平行なるときは、發光點の距離が正軸上に於て無窮大にして、之を正軸に沿ひレンズに近づくるに従ひ、焦點次第にレンズを遠ざかり、發光點が

圖五十八第



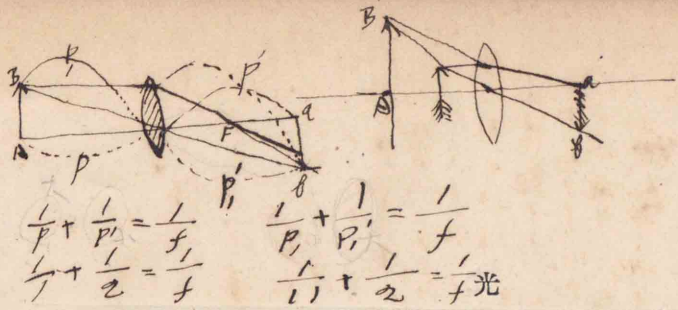
レンズの前方焦点距離に達するときは、焦点は無窮大の距離に達し、レンズより出づる光線は平行となるべし。尙ほ発光点をレンズに近づければ、レンズより出づる光線は發散し、之を後方に引長せば、正軸上の一点に集合すべし。此點を虚焦点といふ。更に發光点をレンズに近づければ、虚焦点も、亦レンズに近づき、遂にレンズに於て相會すべし。

發光點と其焦點とは、其位置を交換することを得。此關係あるが故に、此二點を共軛焦點といふ。而して共軛焦點のレンズよりの距離を、 p 及 p' とし、焦點距離を f とすれば、凹面鏡の公式と同形なる次の關係式あり。

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

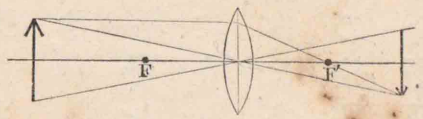
發光點が正軸外に在るときは、其焦點は發光點と光心とを通過する直線上に生ずべし。此直線を副軸といふ。而して前式は又此共軛焦點のレンズよりの距離の關係をも示すものなり。

一六 凸レンズに由りて生ずる像 物體がレンズの正焦点外に在れば、レンズの反對の側に倒立せる實像を生じ、正焦点内にあれば、同側に直立せる虚像を生ず。作圖法によりて、像の位置及大さを知るには、物體を表はす線の一端と光心とを通過する直線を引き、又此端より正軸に平行なる直線を引き、其レンズに會したる點と、反對の側の正焦点とを通過する直線が、前の直線と交る點が、其端の焦点なり。同法

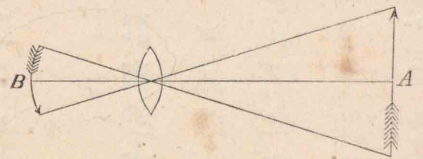


圖六十八第

により、他端の焦点を見出し、此兩焦点を結び付けば、此線は像を表はすべし(第八十六圖)。



圖七十八第



實驗 凸レンズの焦点距離以外の種々の位置に燭火を置き、其像を障屏上に受け、燭火の位置の異なるに従ひ、像の距離及大きさに變化あるを見よ。又燭火を焦点距離よりレンズに近づけ、虚像の位置及大きさに變化あるを見よ。

問題一 物體がレンズより如何なる距離に在るとき、其實像が之と、同大なるか。

全二 凸レンズに於て、第八十七圖のAの如き物體は實際Bの如き像を生ずる理を説明せよ。

全三 凸レンズの正焦点外にある第八十八圖の如き物體の像を作

圖によりて求めよ。

全四 球形硝子器中の金魚の、大きく見ゆる理を説明せよ。

一七 凹レンズ 凹レンズに投射する光線が、其正軸に平

行なれば、レンズより出づる光線は、發散し、之を後方に引長

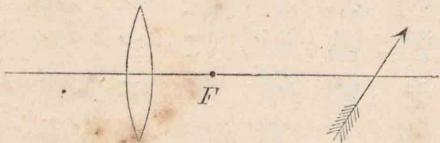
すれば、正軸上の一點に集合す。是即凹レンズの虚の正焦点なり。發光點がレンズに近づけば、虚焦点も亦近づき、遂にレンズに於て相會す。而して凹レンズに於ては、 p' 及 f が共に負數なるが故に、其公式は

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

となる。

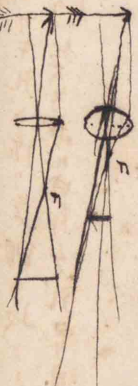
凹レンズに由りて生ずる像は、常に直立せる虚像にして、其

圖八十八第



人の眼は向き所ト異なり
 あり眼の所ニ其ノ所方
 二消子研、如キ透明体
 あり、角膜トイフ
 角膜ノ内ニ虹彩光
 膜トイフ不透明ノモノ
 あり、其ノ中ニ穴アリ、此
 穴トイフ、瞳孔トイフ
 瞳孔トイフ、如キモノアリ
 此トイフ水晶体トイフ、其ノ
 水晶体ノ前ニ液
 体アリ、其ノ内ニ
 網膜アリ、其ノ神經
 ニ至ル

大さは物體より小なり。而して作圖に依り像を得るの法は
 凸レンズに於けると異なることなし。
 一八 暗箱及眼 伸縮し得べき箱の前面に穿てる孔に、兩
 凸レンズを嵌めたるものに於ては、箱外の物體の像を箱の
 後壁に映せしむるを得べし。斯の如き箱を暗箱といふ。眼の
 構造は、暗箱に比較し得べきものにして、其角膜内の水様液
 と水晶體とは、暗箱のレンズに當り、其網膜は箱の後壁に當
 る。物體を明瞭に視るには、其像が網膜上に生ぜざるべから
 ず。然るに物體が眼に近づけば像が網膜の後方に生ずるが
 故に、水晶體は其前面の曲率を増して、焦點の距離を減じ、像
 を網膜上に來らしむ。斯の如く眼は物體の遠近に應じて整
 理せらると雖も、此整理には限あり。通常の眼にては、物體が

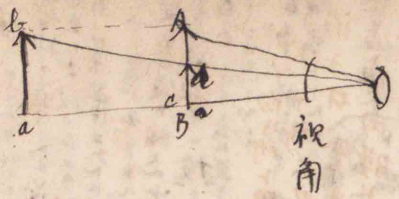


調節作用

ピント 網膜

瞳孔 水晶體

眼の調節作用は、
 長針の如き物にて、
 光



七四一

比較、或は知リ、人ノ
 知リ、或は知リ、人ノ
 又ハ、或は知リ、人ノ
 距離、或は知リ、人ノ

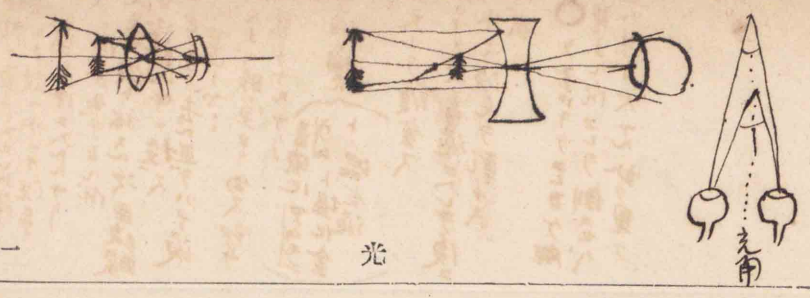
厚紙ニカサキヲ作りテ、眼ヲ以テテノゾキ見レバ、物體ニ眼ヲツケテモ見レズ、ナリシカニ、ナリ
 見レズ、ナリシカニ、ナリ
 眼ノ調節作用は、
 眼より十乃至十五センチメートル以内に来れば、之を明瞭
 に見ること能はず。
 物體は眼に近き程大に、従つて明瞭に見ることを得るもの
 なれば、物體を精細に視察せんとすれば、之を眼に近づけざ
 るべからず。然るに前に述べたる極限の距離以内に、之を持
 ち來れば、明瞭に見るを得ず。又其極限に達する前に於ても、
 之を視察せんとせば、眼に幾分の苦を感じずべし。眼に苦なく
 して、物體の最も精細に見ゆる距離を、明視の距離といふ。而
 して此距離は、通常の眼を有する人が、物體を精細に視察せ
 んとするとき、自然に之を持ち來る距離にして、凡そ二十五
 センチメートルなり。
 物體が眼に於て開く角を視角といふ。而して視角は殆ど距

フクリスタリステル
 現像液ヨリ水ヲ九割
 合ニシテモノ中ニ藥品
 ノ面ヨリニシテ
 加得初直ニ入ルハ洗ハ
 ぬまハ故ニ水ヲ洗ハ
 右ノ藥品中ニ入ルナリ
 十分ニ像ガあテハ
 定着液ヲ林ニ次ニ使
 曹達液中ニ投ス
 白色ノ全ク去ルニテハ液
 中ニ置キハシ
 在スバ暗室ヲ入ル
 陰影トナリナリ
 銀液ニ入ル
 銅液ニ入ル
 液ニテ液全ス
 後ニ定着液ニテ後
 水ヲ洗ヒテ乾カス
 陽照
 〇ソキヤカケケ
 テ見ルハ倒ニシテ
 上ハ甚ク大ニ見
 光

眼球運動頸部等ヨリ真ノ距離ヲ知覺スルニツク得

離に反比例するものなれば、物體の見懸けの長さ或は幅は
 其距離に反比例し、見懸けの面積は、其距離の自乗に反比例
 す。眼、モ上下ニ動カスハ、距離ニシテ左ニ動カスハ容易ナリ故ニ、
 上下ニ動カスハ、
 物體の明るさは、眼の物體よりの距離に關係なきものなり。
 如何となれば眼が物體に近づけば、物體の各點より發して
 瞳孔中に入る光の量は、眼と物體との距離の自乗に反比例
 して増すと雖も、之と同時に、物體の見懸けの面積が、距離の
 自乗に反比例して増し、同じ見懸けの面積の明るさを減ず
 るを以てなり。 実体鏡

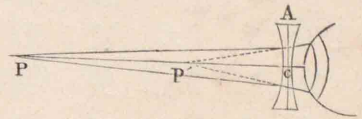
問題 寫眞の暗箱あり、長さ一尺の尺度が、ピントガラスに映じたるも
 のは、二寸五分にして、ピントガラスと尺度との間の距離八寸なりとす
 れば、暗箱のレンズの焦點距離は幾何なるか。
 五ヲワリシテ直ニ中ヲツカ



一九 眼鏡 眼鏡に二種あり。近眼鏡遠眼鏡是なり。近眼鏡
 は通常の眼より明視の距離小にして、遠方の物を明瞭に見
 る能はざる眼、即近視眼に用ひ、遠眼鏡は明視の距離大にし
 て、近きものを明瞭に見る能はざる眼、即遠視眼に用ふ。近眼
 鏡は凹レンズにして、通常の眼の明視の距離に在る物體の
 像を、近視眼の明視の距離に生じ、遠眼鏡は凸レンズにして
 通常の眼の明視の距離に在る物體の像を、遠視眼の明視の
 距離に生ずるものなり。第八十九圖に於て、Aを近眼鏡の凹
 レンズとせば、Aは眼に接するが故に、PCを通常の明視の距
 離とし、P'Cを近視眼の明視の距離とするを得べし。今PCをD
 とし、P'Cをdとすれば、凹レンズの公式により、

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

圖九十八第



なるが故に、之に由りて、眼鏡の焦點距離を求むるを得べし。又遠眼鏡の焦點距離は、

$$\frac{1}{D} - \frac{1}{d} = \frac{1}{f}$$

に由りて求むるを得べし。

焦點距離の逆数は、レンズの光線を収斂し、或は發散する能を表はすものにして、之をレンズの能と名づく。例へば焦點距離一メートルの凸レンズと半メートルの凸レンズとの能を比較すれば、後者の収斂する能は、前者の二倍なり。眼鏡に附したる新式の番號は、焦點距離一メートルのレンズの能を單位として、其能を表し、舊式の番號は、インチを單位とせる焦點距離を表はす。

問題一 近眼者は、通常の眼を有する人よりも、廓大したる物體を視る

ことを得るは何故なるか。

全 二 近眼者あり、其明視の距離十五センチメートルなり。焦點距離何程の凹レンズを用ひば、通常人の明視の距離に物體を明視し得べきか。

全 三 近眼者あり、焦點距離七十五センチメートルの眼鏡が適應すといふ、其人の明視の距離を問ふ。

全 四 焦點距離十六インチのレンズの新式番號を問ふ。但四十インチを一メートルとす。

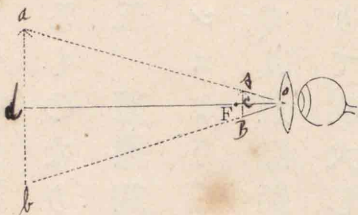
二〇 幻燈 幻燈は暗所に於て、小なる物體又は畫像を、廓大して障屏上に映ぜしむる器械なり。第九十圖は、其構造を示すものにして、凹面鏡 a と、レンズ b とにより燈光を集め、以て c に挿入せる物體又は畫像を強く照らさしめ、更に d なるレンズにより、廓大したる倒像を、障屏上に映ぜし

$$\frac{oc}{Ac} = \frac{ad}{Ac} \quad oc \times ad = od \times Ac \quad \text{両辺} \Rightarrow oc \times Ad = \dots$$

$$\frac{ad}{Ac} = \frac{od}{oc} \quad \text{而} n = oc \dots \text{故} =$$

$$\frac{ad}{Ac} = \frac{od}{oc} \div \frac{od}{f} \quad \text{即} \dots \text{明視距離}$$

圖一十九第



レンズに接するが故に、物體も像も等しき視角を有するを以て、其見懸けの大きさは同一なり。然るにレンズを用ひざれば、物體を明視の距離に置きて見ざる可からざるが故に、レンズを用ひるときと、用ひざるときとの物體の見懸けの大きさの比は、明視の距離と、焦點距離との比に等し。故に虫眼鏡の廓大の能、即倍率は、焦點距離を以て、明視の距離を除したる商にて表はすなり。

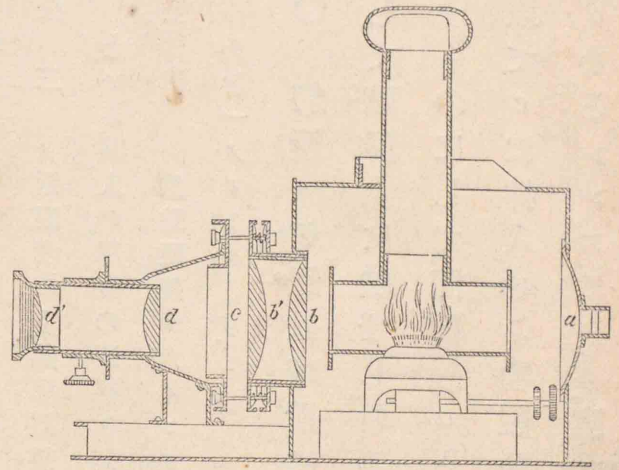
二二 複顯微鏡 複顯微鏡は二組のレンズより成り、眼に對するレンズの一組を、對眼レンズといひ、物體に對するレンズの一組を、對物レンズといふ。對眼レンズも、對物レンズも、通常數個のレンズより成ると雖も、其物體を廓大する理

$$\frac{1}{f} - \frac{1}{d} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{d} > \frac{1}{f}$$

$$\therefore \frac{1}{f} = \text{比} \dots \text{等し}$$

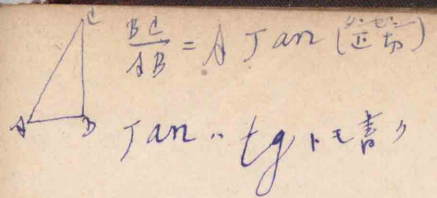
圖十九第



して用ふる凸レンズの焦點距離は、明視の距離に比して小なるが故に、物體の像が明視の距離に生ずるときは、物體は殆ど焦點距離に在り、而して第九十一圖に示すが如く、眼は

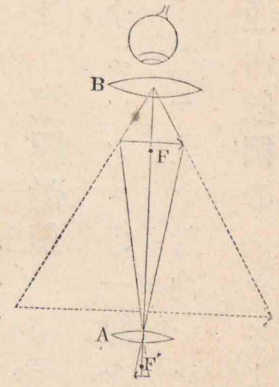
二一 虫眼鏡 物體を廓大して見る爲に、凸レンズを用ふるときは、之を虫眼鏡或は單顯微鏡といふ。虫眼鏡を用ふるには、之を眼に接し、物體を其正焦點内の適當なる距離に持ち來り、其虚像を明視の距離に生ぜしむ。虫眼鏡との距離に生ぜしむ。

顯微鏡、レニ、教マシク
 ス、明瞭ニ見エザルモノナリ
 顯微鏡、ハ、千五百八十八年
 和蘭人ヤンセン(ヤンセン)ヨリ
 三、四、五、六、七、八、九、十、十一、十二、十三、十四、十五、十六、十七、十八、十九、二十、二十一、二十二、二十三、二十四、二十五、二十六、二十七、二十八、二十九、三十、三十一、三十二、三十三、三十四、三十五、三十六、三十七、三十八、三十九、四十、四十一、四十二、四十三、四十四、四十五、四十六、四十七、四十八、四十九、五十、五十一、五十二、五十三、五十四、五十五、五十六、五十七、五十八、五十九、六十、六十一、六十二、六十三、六十四、六十五、六十六、六十七、六十八、六十九、七十、七十一、七十二、七十三、七十四、七十五、七十六、七十七、七十八、七十九、八十、八十一、八十二、八十三、八十四、八十五、八十六、八十七、八十八、八十九、九十、九十一、九十二、九十三、九十四、九十五、九十六、九十七、九十八、九十九、百



$\frac{BC}{AB} = \tan$ (正切)
 $\tan = tg$ (正切)

圖二十九第



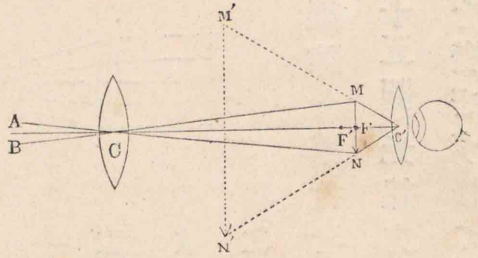
Aは廓大したる實像を生じ、Bは之を更に廓大したる虚像となす。故に複顯微鏡の倍率は、單顯微鏡に比すれば更に大なるものなり。

二三 望遠鏡 天文學用の屈折望遠鏡も亦、對眼對物の兩

レンスより成り、第九十三圖に示すが如く、對物レンスに由りて、其焦點距離に生じたる天體の實像MNは、對眼レンスに由りて、廓大したる虚像M'N'となる。圖に於て、角ACB即角MCNは、天體の視角にして、角M'CN'即角MCNは、其像の視角なり。故に望遠鏡

若、反射望遠鏡トモ、アリ、亦、用、シ、ラ、ス

圖三十九第

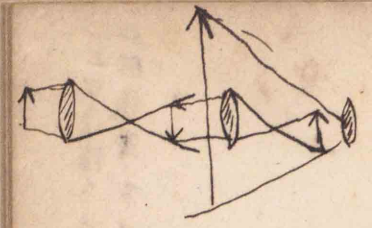


倍の率は、角MCNを以て、角MCNを除したるものならざるべからず。然るに角MCNの角MCNに對する比は、殆ど對物レンスの焦點距離の對眼レンスの焦點距離に對する比に等し。故に望遠鏡の倍率は、對眼レンスの焦點距離を以て、對物レンスの焦點距離を除したる商に等し。

明瞭に見るには、廓大の割合に應じて、眼に入る光を増し、其明るさを増さざるべからず。故に望遠鏡に於ては、顯微鏡と異りて、對物レンスは、常に對眼レンスより大なり。對物レンスの直徑を、瞳孔の直徑に倍率を乗じたるものと等しから

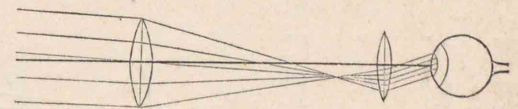
$\tan A = \frac{BD}{AD}$
 $\tan c = \frac{BD}{DC}$
 $\tan c' = \frac{MF}{CF}$
 $\frac{\tan c'}{\tan c} = \frac{CF}{CF} = \frac{d'}{d} = \frac{z'd'}{z'd}$
 $tg c' = \frac{MF}{CF}$

ト、F、ト、殆、ド、相、等、シ、キ
 カ、故、ニ、コ、レ、リ、反、ル、モ、重、ク、マ、ナ、レ



地上望遠鏡
地上望遠鏡の長きノ
双眼鏡等ノ別リ

圖四十九第



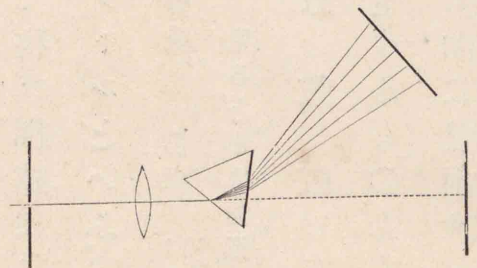
しめば、第九十四圖の如く、對物レンズに投射したる光線は、悉く眼に入るが故に、天體の廓大せらるゝに關らず、其明るさに變化なきことを得べし。

問題 複顯微鏡と望遠鏡との構造の異同を比較せよ。

二四 光の分散

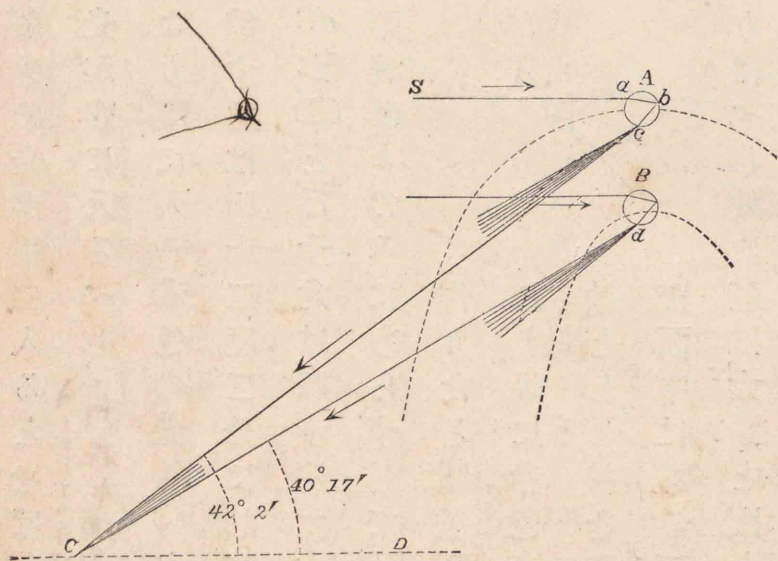
暗室内に、細長き孔、即細隙より日光を入れ、之をレンズにて受け、障屏上に細隙の像を生ぜしめ、然る後、度々ストロウプリズムの軸を細隙と平行せしめて、之を光線の通路中に置くときは、第九十五圖、光線方向を變ずるが故に、障屏のレンズよりの距離を變ぜずして、其位置を變じ、之を受くるときは、種々の色の並列せる直方形の像を見るべし。之をスペクトルといふ。

圖五十九第



ニウトンは、此色を赤色・橙黄色・黄色・綠色・青色・紺色・藤色の七種に分ちたれども、其實スペクトルは無數の色の細隙の像の並列したるものなり。太陽の光は、波長異なるが爲に屈折の度を異にせる無數の色の光の集合より成るものにして、波長の大なる赤の種類は、屈折すること最も少なく、波長の小なる藤色の種類は、屈折すること最も多く、其他の色の光は、其中間に在りて、各其屈折の度を異にするを以て、プリズムの爲に分解せられ、各異りたる位置に、細隙の像を生じ、スペクトルを現はすなり。此現象を光の分散といふ。

第九十六圖

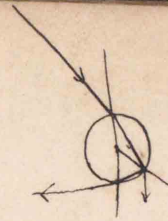


cに至り、此處にて亦一部は反射し、一部は屈折して、雨滴の外に出づべし。而して光は屈折するごとに分散するが故に、雨滴より出づる各色の光は、其進む方向を異にすべし。今Aなる雨滴より、屈折の度の最も少なき赤色の光が、Cに在る眼に入るとし、其下方の雨滴Bより、屈折の度の最も大な

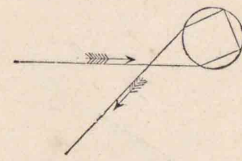
スペクトルは無数の色の並列するものなるが故に、細隙の幅大なるときは、其像の幅も大にして、スペクトルに於て、各色の重なり合ふこと多く、其幅を小にする程、重なり合ふこと減じて、各色の純粹なることを増すべし。斯の如く幅の極めて狭き細隙によりて生じたるスペクトルを、純粹なるスペクトルといふ。

實驗 黒板に白墨にて横線を引き、横にしたるプリズムを透して之を見るときは、黒板上にスペクトルを見るべし。

二五 虹 虹は日光が雨滴の爲めに分散せらるゝによりて生ずるものなり。今第九十六圖のAを雨滴とし、日光がSaの方向に投射すれば、aに於て一部は反射し、一部は屈折して、雨滴内に入り、更にbにて一部は透過し、一部は反射して



圖七十九第



る藤色の光が眼に入るとせば、其中間の雨滴よりは、他の色の光が眼に入るべし。何程水滴に入るとも、光を送るより、又、何程水滴に入るとも、光を送るより、
 Aより眼に入る赤色の光線cCが、太陽と眼とを貫く直線CDと爲す角は、四十二度二分にして、Bより眼に入る藤色の光線dCが、CDと爲す角は、四十度十七分なり。眼に赤色の光を送る雨滴は、Aのみにあらずして、CDを軸とし、cC線を廻轉して作りたる圓錐形の表面中にある雨滴は、何れも眼に赤色光を送り得べし。同様にCDを軸とし、dC線を廻轉して作りたる圓錐形の表面中にある雨滴は、何れも藤色光を眼に送り得べし。故に虹は、太陽と眼とを貫く直線の周圍に圓形の色帯を爲して見え、其外方は赤色にして、内方は藤色なり。

實驗 水を口に含み、太陽を背にして霧を吹けば、霧の中に虹を生ず。
 問題 本文に説明せしが如くして生ずる第一の虹の外、日光が第九十七圖の如く屈折して生ずる第二の虹ありて、二個同時に現はるゝことあり。第二の虹にては、色が如何に配置さるゝか。

二六 色 天然に於て見る所の色は、通例數種の色の混合によりて生じたるものなれども、紫の類を除けば、スペクトル中の或る色に、白を混じて、其濃淡を加減し、且其明るさを加減すれば、之を生ずるを得。紫の類はスペクトル中の赤と藤色とを混じ、或は尙ほ之に白を混じて、之を生ずるを得べし。白色はスペクトル中の總ての色、或は其中の二種以上の色を混じて、生ずるを得るものにして、二色を混じて白を生ずる場合には、其一つを他の色の補色といふ。例へば赤色と

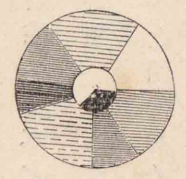
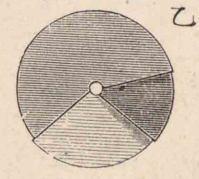
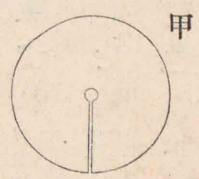
「赤、緑、青、黄、白、黒」の混合を以て白色となすアリ故ニミシラ三原色トイフ

或レラノ色ヲ見テ色ハ何ナ
 (但シ太陽ヲテテ見テ
 色ハ中) 或レ道ナニ白
 色ヲ見テト見レバ眼中光
 ノ混雑中ノ紅色ヲ感ス
 ルハ何レハツカナルカ故ニ
 色ノ神をヲ約トスル

帯緑青色(緑ノ多キモノ)、橙黄色と帯緑青色(緑ノ少キモノ)、黄色と青色、帯緑黄色と藤色、緑色と紫色との如し。

圖八十九第

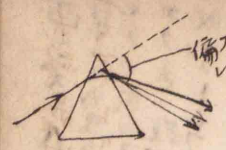
圖九十九第



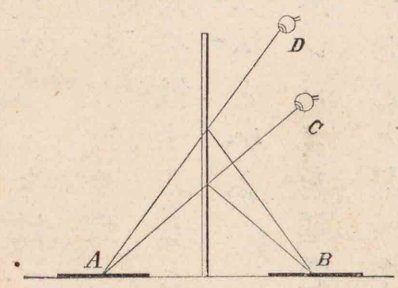
實驗一 種々の色紙を第九十八圖の甲の如く切り、乙の如く數枚を組合せ、廻轉臺にて廻し、色を混合すべし。又混合色の濃淡を加減せんには、白紙を用ひ、其明るさを加減せんには、黒き紙を用ふべし。

全二 スペクトルの各色と同色に、且スペクトルに於ける各色の廣さと同じ割合に彩色せる圓板と、前の實驗に用ひたる色紙と同形にして、稍や小なる白紙と黒き紙とを組合せたるものとを第九十九圖の如く重ね、廻轉臺にて廻し、白紙と黒き紙との廣さを加減すれば、彩色せる圓板と、白紙と黒き紙とを組み合せたるものが、同色に見ゆべし。

先分散度ハプリズムノ
 頂角ニ比例ス
 偏ハプリズムノ頂角ニ例ス



圖百第



問題 光が眼に生じたる感じは、凡そ半秒時間繼續するものなり。故に火繩を振り廻せば、火は圓形をなして見え、又雨は線をなして見ゆ。此理により、色紙を廻轉するとき、色の混合することを説明せよ。

實驗三 第百圖の如く、直立せる硝子板の兩側に、二種の色紙 A B を置き、眼を硝子板の一侧例へば C の如き位置に置かば、硝子板の反射によりて生ずる B の像は、A と重なり、色は混合して見ゆべし。眼を D の如き高き位置に移さば、反射する光の量は増して、透過する光の量は減するが故に、眼の位置を換へて、混合する色の割合を變ずるを得べし。

二七 色消し 光を分散する能は、硝子の種類によりて異り、フリント硝子

とクラウン硝子とを以て、屈折能の等しきプリズムを作るときは、フリント硝子のプリズムの分散能は、クラウン硝子

凸レンズのプリズム
 集りて光を色に分解す
 七色ヲ散らすモノナリ
 カリ色ノ故ナルヨリ
 収斂トイフ
 四六

のプリズムより大なり。今フリント硝子とクラウン硝子とを以て、分散能の等しきプリズムを作り、其角を反対に向けて重ねるときは、クラウン硝子のプリズムの方、屈折能大なるが故に、此合成プリズムを通過する光は、其方向を變ずると雖も、分散することなし。斯の如き合成プリズムを、色消しプリズムといふ。

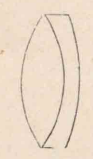
光がレンズを通過するときも亦、各色の光は分散せられ、屈折すること最も多き藤色の光は、レンズに最も近く焦点を生じ、屈折すること最も少なき赤色の光は、最も遠く焦点を生じ、其他の色の光は、其屈折の度に従ひ、夫れ々々、其中間に焦点を生ず。ル故ニ集ル大異ナリ

實驗 凸レンズにて日光を受け、其焦点に置きたる白紙を、少しくレン

スに近づければ、焦点の周圍に赤の覆輪を生じ、少しく遠ざくれば藤色の覆輪を生ず。

斯の如く各色の光の焦点は、其位置を異にするが故に、レンズの生ずる像も、色によりて其位置を異にす。今其像の一つの位置に障屏を置けば、此位置は此一色にのみ適し、他の色は朦朧たる像を障屏上に生ずるを以て、是等の像の重り合ひて生じたる像は不明瞭なり。是光學上の器械に於ける一

圖一百第



阻礙なり。此缺點を除く爲めに色消しレンズを用ふ。色消しレンズは、第一百圖の如く、曲率の適度なるクラウン硝子の凸レンズと、フリント硝子の凹レンズとを合せたるものにして、光を分散することなく之を收斂し、凸レンズの用をなす

太陽の周囲に物質がある
光は吸収せらるゝなり

プの心に食鹽を置き、其炎を分光器にて観察すれば、黄色の一線を見る。是ナトリウムのスペクトルなり。又電氣に由りて發光せる水素のスペクトルは、四線より成り、其一つは赤く、其二つは青く、他の一つは藤色なり。

吸収スペクトルは、連続スペクトルを現はすべき光が、物體を通過し來りたるを分解して生ずるスペクトルにして、物體が光の或る種類を吸収する爲に、連続スペクトル中に、暗線或は暗帯を生じたるものなり。例へば、綠葉をエーテル或はアルコールに浸して得たる葉綠素を透過したる光の如きは、此類のスペクトルを現はす。又太陽のスペクトルも、其内に數多の暗線あるものにして、之をフ・ラ・ウ・ン・ホー・フェル・の線といふ。此暗線は太陽より發する光が、太陽の大氣並に我

地球の大氣を通過し、其内の各種の光が吸収せらるゝが爲に生ずるなり。

三〇 輝線の暗線に變ずること アルコールランプ或はブンゼン燈の炎中に、リシヤ即酸化リシウムを置き、分光器を以て其スペクトルを視察し、然る後此炎を通過し來る日光のスペクトルを視察するとき、前に見たる輝線は、暗線に變ずるを見る。而して炎を取り去れば、此暗線は消失す。故にリシウムの蒸氣は自己の發する光と、同種の光を吸収すること、恰も發音體が自己と同振動數の音を吸収するが如きを知る。

此理に因り、太陽のスペクトル中の暗線を、地球上の諸元素のスペクトル中の輝線と比較し、太陽の大氣中に存在する

化学作用

光

紫外線



熱作用
赤外線

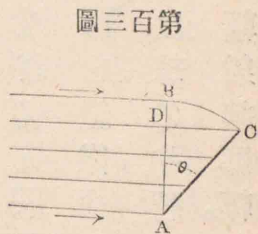
赤波長、一分の一
紫波長、一分の一

赤波長、一分の一、紫波長、一分の一、
赤波長、一分の一、紫波長、一分の一、
赤波長、一分の一、紫波長、一分の一、

元素を知ることを得。
三一 輻射線 太陽のスペクトルの明るさは、黄色の部最も大に、其兩端に至るに従ひ次第に減少す。寒暖計の類をスペクトル中に置き、其發熱作用を驗するに、其藤色の端より赤色の端に至るに従ひ、益大にして、赤色の外に於て最大となる。又寫眞の感板をスペクトル中に置き、其化學的作用を驗するに、赤の端より藤色の端に至るに従ひ、益大にして、藤色に於て最大となり、藤色外に於ても、尙ほ此作用あり。此實驗により、スペクトルの見得べき部分の兩端外に、屈折し來る輻射線あることを知る、然れども光輝作用、發熱作用、化學的作用の三作用を爲す三種の輻射線あるに非ず。是等は何れも太陽より來る同種の波動にして、其波長の異なるに由

り、屈折の度を異にし、又其作用を異にするものなり。スペクトルの見得べき部分に屈折し來る輻射線の、色を異にするも亦、波長の差異によるものにして、赤色光の波長は、藤色光の波長の二倍に近し。而して赤色端外に屈折し來る輻射線の波長は、赤色光よりも更に大に、藤色端外に屈折し來る輻射線の波長は、藤色光よりも更に小なり。

三二 輻射線の強さ 何れの輻射線も、物體が之を受けて全く吸收するとき、熱となる。此熱の量を以て、輻射線の量を測るを得。而して輻射線の源の周圍に、之を中心とせる球面を想像するとき、球面上單位面積の受くる輻射線の量は、球の半径の自乗に反比例するが故に、單位面積の受くる輻射線、即、輻射線の強さは、其源よりの距離の自乗に反比例



圖三百第

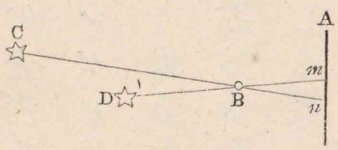
す。又輻射線を受くる面が、其方向と直角を爲さざるときは、第百三圖に示すが如く、輻射線を受くること減ずべし。今 AB を輻射線に直角なる面とし、AC を傾きたる同大の面とせば、AC は AB の受くる輻射線の $\frac{AD}{AB}$ だけを受くべし。AB の受くる輻射線を I とし、AC の受くる輻射線を I' とし、面の傾きの角即傾斜面に於ける輻射線の投射角を θ とすれば $\frac{AD}{AB}$ は $\cos\theta$ なるが故に、

$$I' = I \cos\theta$$

なり。

問題 太陽が赤道にあるとき、地球の各部分が受け取る熱は、緯度の餘弦に比例することを證明せよ。

圖四百第



三三 光度計 光度計は、眼に見ゆる輻射線、即光の光輝作用を比較する器械なり。
ラムフォードの光度計は、第百四圖の如く、障屏 A の前に直立せる棒 B を立てたるものにして、之を用ふるには、比較せんとする二種の光 CD により、障屏上に棒の接近せる二つの陰影 m n を生ぜしめ、光の障屏よりの距離を加減して、陰影の暗さを等しからしむ。障屏の陰影外の部分は、CD 兩光に由りて照さると雖も、 m は C のみに照され、 n は D のみに照さるゝが故に、 m n の暗さが等しくなりたるときは、即 CD が障屏を等しく照すときなり。而して輻射線の強さは、距離の自乗に反比例するにより、C と D との光輝作

用、即光度は、各光より障屏までの距離の自乗に比例すべし。若し兩光の一つを以て標準光とせば、之に比較したる他の光の光度を得べし。

ブンゼンの光度計の要部は、紙の障屏に脂を點したるものより成る。此障屏を一方より照し、其側より之を見れば、脂の斑點は暗らく、他の側より見れば明るし。又障屏が兩面より等しく照さるゝときは、殆ど斑點を認むるを得ず。今比較せんとする光を、障屏の兩側に置き、其距離を加減して、障屏が何れの側よりも等しく見え、斑點が殆ど消失するときは、兩側より等しく照さるゝが故に、兩光の光度は、其障屏よりの距離の自乗に比例すべし。

問題

ブンゼンの光度計の障屏の一方十センチメートルの所に、標準

蠟燭を置き、反對の側の障屏より四十二センチメートルの所に、電氣燈を置きたるとき、障屏が兩方より等しく照さるとせば、電氣燈は何燭光なるか。

三四 透過及吸收

空氣は何れの輻射線をも透過せしめ、之を吸收すること少し。水、硝子の如きは、光を透過せしむると雖も、熱線は之を吸收す。故に日光に晒したる水は温暖となる。又光を吸收すれども、熱線を透過せしむるものあり。沃度の二硫化炭素溶液、及エポナイトの如きは是なり。色硝子、有色液の如きは、光線中の或るものを特に吸收するものにして、此種の吸收は、既に第二九項に於ても之を學びたり。

三五 輻射線の發射と吸收との關係

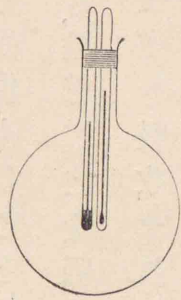
輻射線を良く吸收するものは、良く之を發射し、良く吸收せざるものは、良く發

射せず。例へば炭は輻射線を良く吸収するが故に、之を熱するときは、良く光と熱とを放射し、其熱したる炭の間にある空気は、之と同温度なるも、良く吸収せざる物體なるが故に、光も熱も良く放射せず。

實驗

二つの同様な寒暖計を取り、一つの球を黒く塗り、他の球に金箔を覆ひ、第百五圖の如く、相並べてフラスコ中に挿入し、球をフラスコの中心に在らしめて支へ、フラスコを熱湯中に没入するときは、黒く塗りたる寒暖計の方、水銀速に

第百五圖



昇り、又兩寒暖計の水銀を、同じ高さまで昇らしめ、フラスコを冷水中に没入すれば、黒く塗りたる寒暖計の方、水銀速に降る。

輻射線中の或ものを特に吸収するものは、又其輻射線を良く放射するものなり。氣體の吸収と放射とに、此關係あるこ

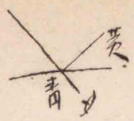
とは、第三〇項に於て既に之を學べり。尙ほ他の物體に就きて之を實驗せんに、黒き模様ある白色の磁器の破片を、火中に投じ、其白熱したるとき、之を取り出し、暗室中にて見るときは、其模様は他の部分より殊に明るく見ゆべし。是黒き模様は、光を良く吸収するが故に、又良く光を放射するに由る。又赤色硝子を火中に投ずるとき、其十分に熱せられざる前は、炭より發する光の内、赤色を除きたる他の色の光を吸収するが故に、赤色に見ゆれども、十分に熱するときは、其吸収する光と同じ光を放射するが故に、此放射光が赤色光と混じて、炭と同色に見ゆべし。

問題一 雪の上に土をかかるときは、其所の雪の解くること速かなるは、何故なるか。

補色
赤ト帶緑青色
橙黄色ト帶緑青色
黄ト赤
帶緑色ト藤
緑ト紫

色ハ物体ノ性質ニテ光波
動リ度ニズルモノナリ
白色ハ表面ヨリ光ヲ反射スル
ルニトアリ即チ白トシテ光
色ハ青色トシテ青トシテ光
シハ上方ニテアツクテ
表面ヨリ光ヲ反射スルモノナリ

無色トハ色ヲ皆通シ
セシムモノ即チ透明体
コレナリ

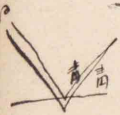


全二

露は曇夜よりも晴夜に多き理を説明せよ。

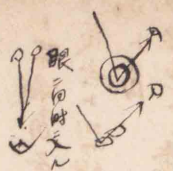
三六 物體の色

物體が白光を受くるときは、其一部は表面に於て反射し、一部は其體中に入る。而して此體中に入りたる光の一部が吸収せられ、吸収せられざる部分が體の内
部より反射するとき、吸収せられたる光の種類に由り、物體は種々の色を現はすなり。例へば白光中の黄色光が吸収せられたりとせば、物體は其補色なる青色に見ゆべし。表面より反射する光は、内部より反射する光と混じり、其色の濃淡を生じ、且其多少は、物體に光澤の多少を生ず。黒き漆器の如きは内部に入りたる光が、皆吸収せらるゝが故に、黒く見ゆれども、尙ほ表面より反射する白光の爲に光澤を有す。



鹽ハ赤橙黄ヲ吸収ス
其表面ニテ光ヲ吸収ス

手赤橙黄 吸収
黄青藍紫 吸収



アカイニキ
黄青藍紫
ト目光ノ入りテ見ルモノ
ト目光ノ入りテ見ルモノ
ト目光ノ入りテ見ルモノ

類の光のみを反射す。是金屬に特別の光澤ある所以なり。例へば金の表面に受けたる白光を、障屏に反射せしむるときは、其黄色なるを見るべし。

實驗

暗室に於て、アルコールランプの心に食鹽を置き、其光にて色紙

ゆべし。

三七 繪具の混合

二種の色硝子を重ねたるものを透して白光を見るときは、第二六項にて學びたる方法により、色硝子の色を混じて生ずる色を見ずして、之と異りたる色を見る。是色硝子を重ねたる場合には、二つの硝子の別々に透す光が混じて眼に入るに非ずして、一つの硝子が透したる或る色の光の中より、他の硝子が更に或る色の光を吸収し

て、其残りのものが眼に入るによるなり。
 繪の具を混合するときの色の混合は、色の眞の混合にあらず。例へば青色と黄色とを混ざれば、白色となるべきに、繪の具の混合の場合には、綠色となる。是繪の具の微粒は、多少透明にして、之を混じるときは、其相重り合ふが爲に、色硝子を重ねたるときは、如き色を呈するによる。然れども色硝子を重ねたるときと全く同一にはあらず。繪の具の微粒は、相重なり合ふのみならず、又相並列し居るが故に、色は又眞の混合をも爲す。微粒が並列するときには、各微粒の色を識別し得ずして、色の眞の混合を生ずることを實驗せんには、白紙に、赤色と青色との細線を交互に密接せしめて引き、之を遠方より見るべし。此時紙の全面は紫色を呈す。

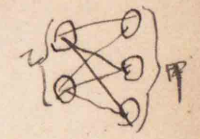
問題

赤色光のみを透す赤色硝子と、藤色紺色青色綠色及黄色の光を透す綠色硝子とを重ねて、天空の光を見るときは、如何に見ゆべきか。

三八 螢光及燐光 硝子器に盛りたる石油に、日光を直射

せしむれば、石油は元來黄色なれども、青色を呈するを見るべし。又レンズにて集めたる日光を、無色なる硫酸キニートの溶液に受くるときは、溶液は著しき青色を呈し、葉綠素の溶液を用ふれば、赤色を呈すべし。此種の光を螢光といふ。又或種の硫化物を日光に晒し、之を暗所に移せば、硫化物は暫くの間、光を發するを見るべし。此種の光を燐光といふ。螢光は日光を受くる間のみ發する光なれども、燐光は日光を受くること止みたる後も尙ほ繼續して發する光なり。燐光を發するものを混じて造りたるペンキあり。此ペンキ

$$\text{磁石力} = \frac{\text{甲の磁石} \times \text{乙の磁石}}{\text{距離}^2}$$



圖六百第

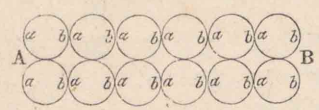


三 折りたる磁石 磁石と爲したる針を取り、
之を數片に折るときは、其折片が如何に小なる

BとDとは相引くを見るべし。之に由りて、磁石の兩極は、其種類を異にするを知る。又CとEとが、何れもAを引き、Bを衝かば、DとFとは、何れもAを衝き、Bを引くべし。依りてCとE及DとFとは、同種の極なるを知る。今同種の極を近づくるときは相衝き、異種の極を近づくるときは相引くを見る。故に磁石の同種の極は相衝き、異種の極は相引くものなり。而して此引力と斥力とは、距離の自乗に反比例す。此磁石の量を積比倒ス。コックローン法則トイフ。

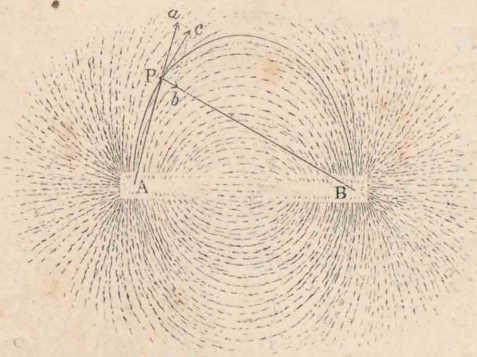
實驗 懷中時計のゼンマイを磁石となしたるものを、第百六圖の如く曲げて、兩極を重ね、之を鐵片に近づくるに、其作用を現はすことなし。依りて磁石の兩極の強さの等しきを知る。

圖七百第



も、尙ほ兩極を備ふる磁石たるを失はず。而して針の兩極をA及Bとすれば、各折片のAに向ひたる端は、Aと同種の極となり、Bに向ひたる端は、Bと同種の極となる。斯の如く磁石は如何に細かく之を分つても磁性を有す。而して物體を極めて微細に分ちたるものは分子なれば、磁石或は磁石となり得べき物體の分子は、各一個の磁石なりと考ふるを得べし。第百七圖の如く、各分子の同種の極が、同方向に向へば、其物體は磁石となり、其兩端に極を生じ、其中間に於ては、異種の極相接するが故に、其作用を現はすことなく、之を折るに及び、始めて新しき端に極を生ず。鐵の如き磁石となり得べき物體の、未だ磁石とならざるものに於ては、各分子の極の

第百九圖



て、第百九圖の如き曲線を現はすべし。此曲線は、場の内に於ける力の方向を示すものにして、之を指力線といふ。曲線の一つ APB を取り、其任意の一点 P に就きて考ふるに、P に磁石の A 極と同種の極ありとせば、其極は A 及 B より距離の自乗に反比例して、A に衝かれ、B に引かるべし。此力を Pa Pb とすれば、合力は Pc となる。若し此極が、A と異種ならば、合力は之と正反對なるべし。此 Pc 線は、P 點に於て、APB 曲線の切線を爲し、P 點に於ける曲線の方向を示すが故に、此曲線の方向は、磁石の場に於ける力の方向を示

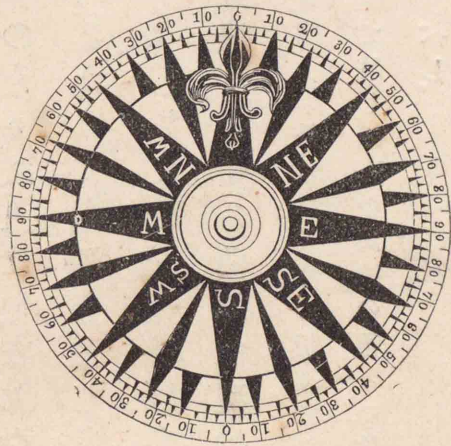
すものなり。紙上に散布したる鐵粉の小粒は、各感應に由り磁石となりて、兩極を生じ、其磁石の軸は、場の力の方向に一致すべし。故に紙を叩けば、各小粒の異種の極は、相附着して、指力線と合する曲線を現はすなり。

實驗 長さ二分餘の折りたる針を磁石となし、其中央に細き絲を附けて吊し、磁石の周囲の種々の位置に置くとときは、磁石の力の方向を示すべし。

六 磁石を作る法 磁石と爲さんとする鋼鐵の棒を取り、之を、強き磁石の一極を以て一端より他端に、數回擦れば、棒の各部が、順次に磁石の場の最も強き所に來るが故に、棒の各分子は、用ひたる極の進む方向に、之と異種の極を向け、棒は磁石となる。又磁石は電流を以て作ることを得るものな

保存を要せず。取扱上注意。磁石の保存は、常に磁石の性質を失はざるに注意す。磁石の性質を失はざるに注意す。磁石の性質を失はざるに注意す。

第百十圖



り、此事は第七編に至りて學ぶべし。
 七 地球の磁石に對する作用 磁石と爲したる針を、油の着きたる布片にて拭ひ、之を水上に浮ぶるときは、針は南北を指すべし。是地球は一大磁石にして、其周圍は其磁石の場なるに由るものにして、地球上に於て、自由に廻轉し得べき磁石は、常に一定の方向を指すものなり。
 航海者の用ふる羅針盤は、此理に基きて作りたるものにして、船の動搖に拘らず、常に水平の位置を保つ様に装置したる器内に、三十二の方位

を示す輕き圓板(第百十圖)を磁石針上に附したるものを、成るべく摩擦少き様に支へたるものなり、而して器の内側には、船首に向ひたる方に記せる一直立線ありて、此直立線に對したる圓板上の方位に由り、船の方向を知るなり。
 磁石の異種の極は相引くものなれば、磁石の北を指す端の極と同種の極は、地球の南にありて、南を指す端の極と同種の極は、地球の北に在るなり、而して北を指す端の極を指北極といひ、南を指す端の極を指南極といふ。

實驗

軟鐵棒を南北に向け、鎚を以て之を打ち、第五項の實驗に用ひたる磁石針を以て、其兩端を驗するに、北に向ひたる端は指北極にして、南に向ひたる端は指南極なるを見るべし。今此棒の向を反對にして、再び磁石針を以て驗するに、極の種類は前と異なることなし。然れども再び鎚を以て打たば、極は變じて、始めの如く、北に向ひたる端は指北極となり、

南に向ひたる端は指南極となるべし。

問題 水上に浮べたる磁石は、地球の作用にて方向を變ずるのみにして、南へも北へも運動せず。此理由を説明せよ。

八 方位角及傾角

自由に廻轉し得べき磁石が靜止せるとき、其軸を含む直立面を、地理學上の子午面と區別して、磁石の子午面といひ、此二面間の角を方位角といふ。而して指北極が、地理學上の北の西或は東を指すに従ひ、方位角は西或は東なりといふ。此方位角は、地球上各地に於て異なるものにして、現今東京に於ては、西四度二十分餘なり。

重心を貫く軸により、直立面内に廻轉し得る如く支へたる磁石針を取り、其廻轉の平面を磁石の子午面と一致せしめば、磁石針の北端は下に傾きて、一定の方向を取るべし。斯の

如く支へたる針を傾針といひ、傾針の軸が水平面と爲す角を傾角といふ。而して傾針の方向は、地球の周圍の磁場に於ける力の方向を示すものなり。傾角も亦、地球上各地に於て異なるものにして、現今東京に於ては、四十九度餘なり。傾角は赤道に近づくに従ひて減じ、赤道近傍に於て傾角の零なる所あり。是等の點を通過する線を、地球の磁石赤道といふ。又地球の極の近傍に於て、傾針の直立する所あり。之を地球の磁石極といふ。又地球表面上、傾角の等しき點を通過する線を、同傾角線といひ、方位角の等しき點を通過する線を、同方位角線といひ、方位角の零なる點を通過する線を、無方位角線といふ。

實驗

小なる傾針を、大なる磁石上の種々の位置に置くときは、其位置

に依り、針の傾きの異なるを見よ。

同一の地に於ても、地球の磁石力及其方向は一定なるものにあらずして、其方位角並に傾角は、永年間に徐々に變ずるものなり。而して此變化の外に、年々の變化、及日々の變化あり。又不時の變化あり。

第六編 靜電氣

一 摩擦に由りて生ずる發電 松脂封蠟或は琥珀を、毛布にて摩擦するとき、麥稈燈心等の如き、輕き物體を引き附くる性を得べし。斯の如き性を得たる物體を發電體といふ。硫黃の塊を乾きたる手にて摩擦し、又は硝子を絹にて摩擦するも亦此性を得て、輕きものを引くべし。

二 導體及不導體 猫皮を以て摩擦して、發電せしめたるエボナイトに、封蠟棒の一端を觸るゝときは、發電は此端に傳はり、此端は燈心の如き輕きものを引くべし。然れども封蠟棒の他の部分には此性なし。又封蠟の柄を附けたる金屬棒の一端を、發電せしめたるエボナイトに觸るゝときは、金

屬棒の何れの部分も、輕きものを引く性を有す。即發電は金屬棒の全體に傳はると雖も、之と連續せる封蠟の柄は、此性を受くることなし。金屬の如く、長く發電を傳導するものを導體といひ、封蠟の如く、發電を傳導せざるものを不導體といふ。導體・不導體の區別は、傳導の難易に由りて爲したるものにして、導體にも完全なるもの無く、不導體と稱するも全く發電を傳へざるにはあらず。金屬は最も良き導體にして、炭・水・人體・濕りたる物體は之に次ぎ、木紙の如きは半導體にして、乾きたる紙・絹・封蠟・硝子・空氣の如きは不導體なり。

實驗一

半紙を焙りて乾かし、爪にて其上に文字或は簡單なる圖書を畫き、此面を、散布したる煙草の粉に近づくとときは、粉は擦りたる所に附着し、文字又は圖書を現はすべし。是擦りたる所に起りたる發電が紙

の他の部分に傳導せられざるに由るなり。

金屬の如きも、摩擦に由りて發電すと雖も、導體なるが爲に、其發電は人體を経て地に擴散す。故に通例輕き物體を引く性を見ることなし。然れども、之に不導體の柄を附け、猫皮を以て打つときは、能く此現象を見るを得べし。斯の如く不導體を用ひて、導體の發電の散逸を防ぐときは、之を絶縁すといふ。

實驗二

硝子の脚を有する絶縁臺の上に人を立たしめ、猫皮にて其手を打つときは、人體は發電し、燈心の如き輕きものを引くを見るべし。

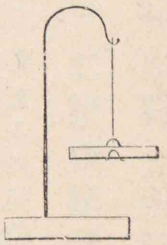
問題

電氣の實驗を爲すに當り、之に用ふる器具を、火等にて乾かす必要あるは何故なるか。

三 二種の發電

フラテルを以て摩擦して、發電せしめたる封蠟棒を、第百十一圖の如く吊し、之に他の發電せしめたる

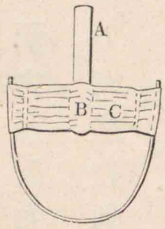
第百一十圖



る封蠟棒を近づければ、相衝くを見る。又封蠟棒の代りに、絹布にて摩擦して、發電せしめたる二個の硝子棒を用ふるも、亦相衝くを見る。然れども、發電したる封蠟棒と硝子棒とは相引くを見るべし。故に發電には二種あることを知る。而して絹にて摩擦して發電せしめたる硝子の發電を陽の發電といひ、フランネルにて摩擦して發電せしめたる封蠟の發電を陰の發電といふ。又此實驗に由り、同種の發電を爲したる物體は相衝き、異種の發電を爲したる物體は相引くことを知る。

實驗一 金箔を以て覆ひたる接骨木髓球を、絹絲にて不導體の支柱に吊したるものを、電氣振子といふ。今電氣振子の球に、絹にて擦りたる硝

第百二十圖



子を觸れしむるときは、其發電は球に傳はり、硝子に衝かるべし。然れども發電せる封蠟を近づくるときは、之に引かるべし。物體が摩擦せられて發電するときは、之を摩擦する物體にも亦發電し、常に其種類を異にするものなり。而して摩擦するもの、發電と、摩擦せらるもの、發電とは、其量相等し。即此兩者が、他の發電體より同距離に在るとき、其一つは衝き、一つは引けども、其力相等し。

實驗二 第百十二圖の如く、Aなる封蠟棒に適合するBなる袋を有する絹布Cを、ベテの兩端の間に張りたるものを取り、封蠟棒を廻して發電せしめ、B部を電氣振子に近づくるも、之に感ずること無けれども、棒を袋より抜き出して、棒と袋を別々に電氣振子に近づけば、其發電するを見るべし。之に由りて、封蠟棒も袋も共に發電

すれども、之を離さざれば、電氣振子に感ずることなきが故に、其同量なることを知る。

四 引力及斥力の定律 絶縁したる金屬球の發電せるものありて、之に他の之と同様に絶縁せる同大の金屬球を觸るゝときは、發電は前者より後者に傳はりて、發電の量は等分せらるゝが故に、前者の發電の量は以前の二分の一となる。今後者に指を觸れ、其發電を地に散逸せしめ、更に兩球を觸れしめば、前者の發電の量は、最初の四分の一となるべし。斯の如く、發電は其量を計ることを得るものにして、之を電氣と名づく。而して兩發電體間の斥力或は引力は、其電氣の量の相乗積に比例し、距離の自乗に反比例す。

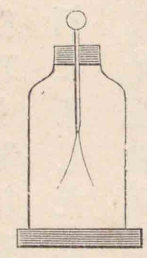
五 金箔驗電器 發電を驗する器械に、金箔驗電器と名づ

くるものあり。此器械は、第百十三圖の如く、硝子器の上部を貫ける金屬棒の下端に、二枚の金箔を吊し、上端に金屬の球

或は板を附したるものなり。今金箔に電氣を與へば、兩片は相衝きて開くべし。而して金箔は甚だ輕きものなれば、

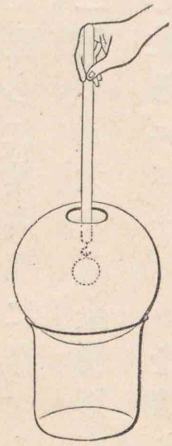
弱く發電したる物體にても、之を球に觸れしめば、其發電を驗するを得べく、又金箔の開きの多少に由り、其強さをも知るを得べし。

圖三十百第



前に學びたるが如く、電氣は導體の全體に擴散し、平均の狀

圖四十百第



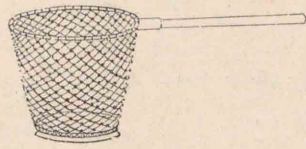
六 電氣の分配 導體の一

部に電氣を與ふるときは、電氣は互に相衝くものなれば、

態に達して止む。而して此逐斥の爲に、電氣は導體の表面のみに限られ、其内部に存することなし。不導體の柄に吊したる、二個の同大なる金屬製空球と實球とを取り、其一球に摩擦したるエポナイトを觸れて、電氣を與へ、之に他の球を觸るゝときは、一つは空にして他は實體なれども、之を金箔驗電氣器に觸るれば、金箔の同様に開くことに由り、其電氣の量の等しきを見るべし。又第百十四圖の如く、孔を穿ちたる金屬空球を、絶緣臺にて支へ、之に電氣を與へ、前に用ひたる絶緣柄に吊したる球を、此空球の外面及内面に交互に觸れしめて、金箔驗電器を以て驗するに、電氣は外面に在るも、内面に無きことを見るべし。

實驗一 第百十五圖の如き、絶緣柄を附したる重き底を有する網に、電

第百五十圖

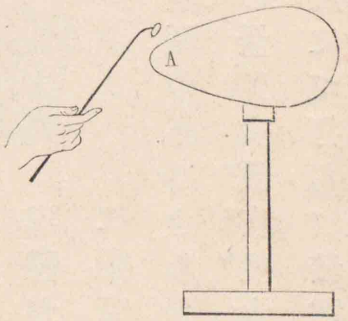


氣を與へ、絶緣柄に吊したる球を、網の内外に觸れしめて發電を驗し、次に網を倒にして之を裏返し、再び内外の發電を驗せば、何れの場合に於ても、電氣は外部のみに在るを見るべし。

全二 扇の要の所に、二つの電氣振子を吊し、其親骨に絶緣柄を附け、電氣を與へたる後、扇を閉ぢば、電氣振子は開き、扇を開かば、電氣振子は閉づるを見るべし。是電氣は表面のみに存するものにして、扇の開閉は、其表面積を増減するに由る。

導體が球形なるときは、電氣は其表面に一様に配布せらると雖も、球形ならざる場合には、其表面の凸出せる所程、電氣の量多くして、單位面積毎の電氣の量、即表面密度大なり。第百十六圖の如き卵形の導體を猫皮にて打ちて發電せしめ、試験板と名づくる、絶緣柄を附

第百六十圖



したる小なる金屬圓板を、此導體の表面の各部に密合せしめ、然る後之を離して、金箔驗電器を以て驗せば、曲率の大なる所程、電氣の量多きを見るべし。

若し導體のA端の曲率増して、尖端となるときは、表面密度非常に増し、遂に電氣は此尖端より空氣中に逃れ去るに至るべし。故に電氣の實驗に用ふる導體は、稜なき様に造る必要あるなり。

實驗 絶縁せる導體に、二つの電氣振子を並べて吊し、導體に電氣を與へて電氣振子を開かしたる後、絶縁柄を附したる針の頭を導體に觸れ、其尖端を外方に向はしめば、電氣は尖端より逃げ去るが故に、電氣振

子は閉づべし。

七 感應に由りて生ずる發電 導體を發電體に近づければ、其發電體に近き部に、之と異種の電氣を生じ、遠き部に、之と同種の電氣を生ずるものなり。此種の發電を感應に由りて生ずる發電といふ。

絶縁柄を附したる金屬圓板二枚を取り、之を重ねて發電體に近づけ、其位置にて引き離し、別々に第百十一圖の如く吊したる封蠟棒、或は電氣振子に近づけ、其發電を驗せば、發電體に近き板は、之と異種の電氣を生じ、遠き板は、之と同種の電氣を生じたるを見るべし。又板を重ねたる儘、發電體より遠ざくれば、此電氣は消失するが故に、感應に由りて生じたる陰陽の兩電氣は、同量なることを知る。

問題一 輕き物體が發電體に引かるゝ理を説明せよ。
 絶縁したる導體を發電體に近づけ置き、其何れの部分にて
 も指を觸れ、之を地に通じ、指を去りたる後、導體の發電を驗
 するに、發電體と異種に發電するを見る。是指を觸るれば、導
 體は地と通じて之と一體となり、導體は此集合體の發電體
 に近き部分となるが故に、異種の電氣を生ずるなり。

金箔驗電器の球に發電體を近づけば、感應に由り、球は之と
 異種の發電を爲し、金箔は之と同種の發電を爲して開くべ
 し。此時球に指を觸るれば、異種の電氣は指より金箔に傳は
 り、同種の電氣が箔より地に逃げ去ると考ふるも可なり、金
 箔は閉づべし、然る後、發電體を遠ざければ、球の電氣は金箔の
 方に傳はり、箔は再び開くべし。今發電體を再び球に近づけ

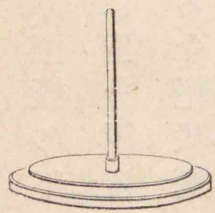
ば、金箔は再び閉づべし。若し此發電體と異種に發電せる物
 體を近づけば、金箔は益開くべし。故に此方法にて發電せし
 めたる金箔驗電器は電氣の種類を驗するに用ふることを
 得。

問題二 強き發電體を金箔驗電器の球に接近せしむるとき、金箔驗電
 器が異種の電氣を有する場合にも、金箔の開くことあり、之を説明すべ
 し。

八 電氣盆 電氣盆は感應の理に基き、稍多量の電氣を使

利に生ぜしむる器械にして、金屬製の盆
 中に、封蠟の如き發電し易き物體を充て
 たるものと、絶縁柄を附したる金屬圓板

第百七十七圖



とより成る(第百七十七圖)。先づ封蠟の面を猫皮にて打ちて發

電せしめ、其上に圓板を載すれば、封蠟の陰の電氣は、感應に由り、圓板の下面に陽の電氣、上面に陰の電氣を生ぜしむ。圓板に指を觸るれば、陰の電氣は地に逃げ去り、陽の電氣のみ残る。今絶縁柄にて圓板を引き上げば、圓板の強く發電するを見るべし。之を絶縁せる導體に近づければ、板と導體との間に火花と音を發し、導體は電氣を受取る。又之に拳を近づくれば、電氣は拳を経て地に逃げ去り、全く之を失ふ。斯の如く圓板の電氣を使用するも、封蠟の電氣には變化なきが故に、此方法は幾回も之を繰返すを得べし。此際圓板を封蠟面上に載する毎に、指を之に觸るゝの煩を避くる爲に、盆に通ずる錫箔の一小片を、封蠟面の周邊に貼り、圓板に觸るゝ如くなすも可なり。

問題 封蠟の電氣と圓板の電氣と、相移りて中和することなきは何故なるか。

實驗 電氣盆の圓板を引き上ぐる前、其上に燈心を散布し置き、之を引き上げて、圓板が封蠟より充分に離るゝときは、燈心飛散すべし。

九 自由電氣及束縛電氣 電氣盆の發電せる封蠟面上に載せたる圓板は、之に指を觸るれば、陽の電氣を得れども、此陽の電氣は、其作用を現はすことなくして、圓板は發電せざる體と異なることなく、封蠟面より之を引き離したる後に至りて、其作用を現はす。是陰陽兩電氣の、他の電氣に對する作用は反對なれば、圓板の電氣の作用は、封蠟の電氣の作用に打ち消さるゝに由るなり。斯の如く他の電氣の爲に作用を打ち消されたる電氣を、束縛電氣といひ、然らざるものを、自

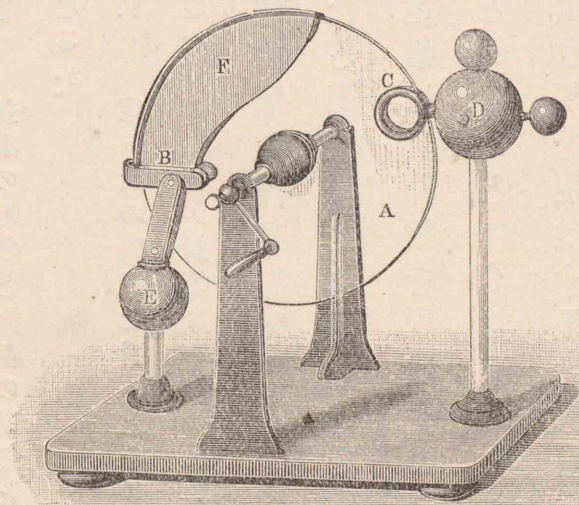
由電氣といふ。

一〇 摩擦起電機

電氣を引き續きて多量に生ぜしむる

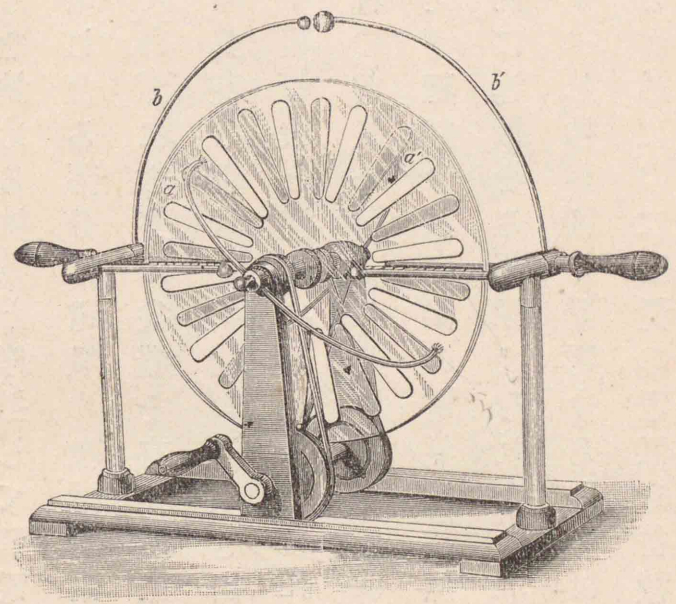
機械を起電機といふ。起電機に二種あり。一つを摩擦起電機といひ、他を感應起電機といふ。第百十八圖に示したるは、摩擦起電機の一。種にして、ウインダの起電機なり。硝子圓板Aを、把柄に依りて廻すときは、硝子板

第百十八圖



は之を挾める枕Bと摩擦して發電すべし、而して硝子板の發電したる部分は、電氣の散逸を防ぐ爲の絹製の被ひFを経て、内面に數多の尖端を有する二個の環Cの間を通過する際、異種の電氣を尖端より引き出して、硝子板の電氣は之と中和し、環と連続せる絶縁せられたる導體Dは、硝子板と同種の電氣を得べし。此導體を原導體といふ。尙ほ硝子板を絶えず廻轉すれば、陽の電氣は益原導體に蓄積す。之と同時に、枕に連続せる絶縁せられたる導體Eには、陰の電氣が蓄積すべし。枕が強く發電するときは、硝子板の發電するを妨ぐるが故に、Dに多量の電氣を蓄積せんとすれば、Eを地に通ずるを要す。又Eに多量の電氣を蓄積せんとすれば、Dを地に通ずるを要す。通例摩擦起電機を使用するには、枕に亞

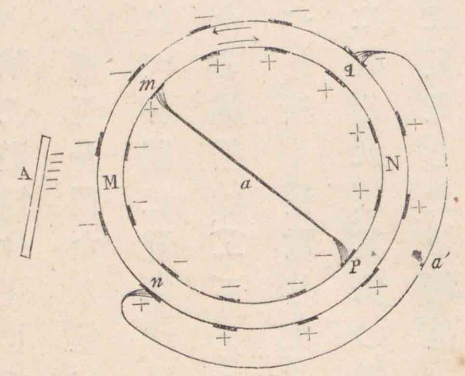
鉛錫及水銀を以て製したるアマルガムを塗る。
一 ウィムシャーストの起電機 第百十九圖に示したるは



ウィムシャーストの起電機と名づくる感應起電機の種類にして、同時に反対の方向に廻轉する二枚の硝子板の外側に、數多の分圓形の錫箔を貼りたるものより成り、兩端に刷毛を有する二條の導體 a a' が、二枚の

第百十九圖

第百二十圖

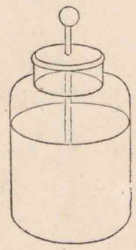


と假定す。今陰の發電を爲せる物體 A を圖の如き位置に持

硝子板を隔て、十字形に交叉し、硝子板が廻轉するとき、刷毛は軽く錫箔に接觸す。又 b なる原導體と連續せる、櫛と名づくる數多の尖端を有する導體ありて、左右より水平に硝子板を挟む。今把柄に依り、前方の板を右廻りに、後方の板を其反対の方向に廻轉せしむるときは、一つの原導體は陽に、他の原導體は陰に發電す。此機械の作用の理を説明するに便なる爲め、錫箔が第百二十圖の如く、圓形に排列せるものと假定し、 a a' を交叉せる導體

ち來すとすれば、左方の刷毛に觸るゝ錫箔 m と n とは、感應に由り陽に發電す。而して錫箔を矢の方向に廻轉せば、 m は陽の電氣を得たる儘にて刷毛より離れ、次の錫箔が刷毛に觸れて、亦陽に發電す。順次斯の如くして左方の刷毛を經過したる錫箔は、(+)なる符號を以て表はしたる如く、陽に發電すべし。斯く發電したる錫箔が p q の位置に來り、右方の刷毛に觸るれば、其陽の電氣を失ふのみならず、之と相對せる陽に發電したる錫箔の感應に由り、陰に發電す。故に右方の刷毛を經過したる錫箔は、(-)の符號を以て表はしたる如く、陰に發電すべし。今 m n の中間 M と p q の中間 N とに、原導體の櫛を置けば、之に錫箔の電氣を集むることを得。此機械は、 A の如き發電せる物體を用ひざるも、能く作用す

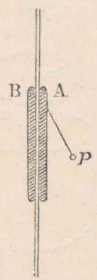
第二百一十一圖



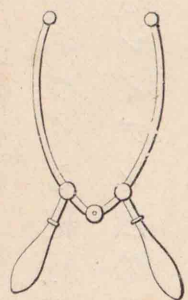
るものなり。發電體を用ひざるときは、此機械の左側を圍繞する物體も、右側を圍繞する物體も、共に最初は發電せざるものなれども、絶對的に發電せざるに非ざれば、縱令何程僅かにても、左右の物體の間に發電の差あるときは、此機械は其作用を始め、次第に其電氣を増すものなり。
 一、二、レイデン瓶、レイデン瓶と名づくる電氣を蓄積する器あり。此器は第二百一十一圖の如く、硝子瓶の内外に、其高さの凡そ四分の三だけ錫箔を貼附したるものにして、蓋を貫ける金屬棒ありて、上端に球を有し、其下端は鏈に依り内部の錫箔に連続す。此器に電氣を蓄積せんには、瓶を手に持ち、外側の錫箔を地に通じ、球を作用しつゝある起電

機の原導體に觸るゝときは、電氣は、瓶内に蓄積すべし。
 一つの導體に接近して地に通ずる他の導體あらば、前者に
 多量の電氣を蓄積するを得べし。第百
 二十二圖の如く、硝子板を隔てゝ相對
 するA、Bなる二個の絶縁したる金屬
 板ありて、先づBを遠ざけ置き、Aを起電機の原導體に連續
 せば、振子Pは開きて、其發電を示すべし。然るとき原導體と
 の連續を斷ちて、Bを其位置に復し、之を地に通ずるときは、
 Aの電氣は、感應に由りBに生じたる異種の電氣に束縛せ
 られて、其作用を失ひ、振子は閉づべし。此時Bと地との連續
 を斷ち、Aを原導體に連續せば、電氣は再びAに傳はり、振子
 は開くべし。Bを再び地に通ずれば、振子は再び閉ぢて、尙ほ

圖二十二百第



圖三十二百第



Aに電氣を傳ふることを得。此理に由り、最初よりBを地に
 通じ置き、Aを原導體に連續せば、多量の電氣をAに蓄積し、
 之と同時に、異種の電氣をBに蓄積することを得べし。レイ
 デン瓶に電氣の蓄積するは、此理に基くものなり。初めB板
 をA板に近づけたるとき、Bの電氣はAの電氣の全量を束
 縛せずして、幾分かの自由電氣を存す。此自由電氣の量は、兩
 板間の距離に關係するものなり。而して此自由電氣は、Aに
 電氣の蓄積するに従ひ増加し、遂に其量が、Bを近づけざる
 ときAに傳はりたる電氣の量に
 等しきに至れば、此時に於て蓄積
 の量は其極限に達す。
 レイデン瓶の内外に蓄積したる

放電に伴う現象
 一 生理的作用
 一 音の作用
 一 発熱的作用
 一 器機的作用
 一 化学的作用

異種の電氣を放ちて、相通せしめんには、放電又第百二十三
 圖と名づくる絶縁柄を有する金屬棒を用ふ。此棒の一端の
 球を、レイデン瓶の外側の錫箔に觸れ、他端の球を、レイデン
 瓶の球に近づくとときは、兩球の間に、烈しき音の伴ひたる
 火花を發して、内外の電氣は中和すべし。

實驗一 數人互に手を握りて環形に並列し、其一端の一人がレイデン
 瓶を手に持ち、他端の一人が拳を其球に觸れば、數人一度に激動を受く
 べし。

全二 數個のレイデン瓶を集合して、内部の錫箔を連續し、外部の錫
 箔を共に地に通じたるものをレイデンバッテリーといふ。今放電又の一
 端を、此バッテリーの外部の錫箔に連續し、其他端の球とレイデン瓶の一
 つの球との間に厚紙を置き、放電又の球をレイデン瓶の球に近づくと
 ときは、厚紙を通じて兩球の間に烈しき火花を發し、厚紙は孔を穿たる

べし、又尖りたる針金の尖端を、上下より相對せしめ、其兩尖端の間に、フ
 ラスコの破片の如き薄き硝子を挟み、上の尖端の硝子に觸るゝ所に、テ
 レピン油の一小滴を點したる後、レイデンバッテリーを用ひて、兩尖端の
 間に放電せしめば、硝子は孔を穿たるべし。

全三 極めて細き鐵の針金を通じて、レイデンバッテリーの電氣を放
 電せば、針金は熱し、熔解して飛散すべし。

問題 放電又を用ひてレイデン瓶を放電するとき、放電又を先づ外側
 の錫箔に觸るゝは何故なるか。

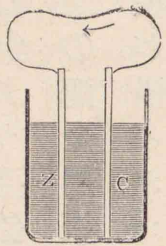
一三 大氣の電氣 大氣は常に發電せるものにして、雲は
 導體なるが故に、其電氣は之に集められ、其非常に強くなり
 て、雲と雲との間、或は雲と地との間に放電するとき、電光
 及雷鳴の現象を生ず。電光及雷鳴は、放電の際に發する火花
 及之に伴ふ音に外ならず。

第七編 動電氣

一 電池 導體に依りて發電體を地に通じたる時、或は電氣を蓄へたるレイデン瓶の内外の錫箔を連続したるとき、の如き場合には、電氣は導體を通じて傳はるべし。之を電流といふ。而して電流の通ずるとき、陽の電氣に就きて考ふるときと、陰の電氣に就きて考ふるときと、其方向反對なるが故に、便利上陽の電氣の方向を以て電流の方向とす。レイデン瓶の場合に於ては、其電流の通ずる時間極めて短けれども、電池と名づくる装置は、永續する電流を生ずるものなり。電池は第二百二十五圖に示すが如く、器に盛りたる稀硫酸中に亞鉛板及銅板を相觸れざる様に入れたるものにして

此兩板を液外に於て針金を以て連續するときは、電流は銅より亞鉛の方に、絶えず針金を流通すべし。而して電流の流

第百二十五圖



通する間は、稀硫酸と亞鉛との間に、化學作用行はれて、硫酸亞鉛 ($ZnSO_4$) を生じ、遊離したる水素は、泡沫となりて銅板の表面に現はるべし。今兩板を連續する針金を斷たば、電流止むと同時に、化學作用も止み、従つて水素の發出も止むべし。

凡て鹽類或は酸類が水に溶解するとき、其成分たる金屬或は水素と、酸の根とは、常に結合して存するものに非ずして、或は合し、或は離れ、其一部は常に分離して溶液中に存在するものなり。而して金屬或は水素は、陽に發電し、酸根は陰

に發電するものにして、前者を陽イオンといひ、後者を陰イオンといふ。例へば硫酸の水溶液中には、 H なる陽イオンと SO_4 なる陰イオンとあり。若し此内に亜鉛を入れれば、更に Zn なる陽イオンを増し、是等陰陽のイオンは、互に離合を爲すべし。今稀硫酸中に針金を以て繋ぎたる亜鉛板と銅板とを浸せば、亜鉛は陽イオン Zn を出し、銅板の方には陽イオン H が集るを以て、亜鉛板は陰に發電し、銅板は陽に發電す。故に電流は、銅より亜鉛の方に針金を流通するなり。

電池の兩金屬板を針金にて連続せざる場合を考ふるに、亜鉛板が陽イオン Zn を送り出せば、陰に發電して次第に其強さを増し、遂に電氣引力の爲に、陽イオンを送り出すこと止むべし。然れども之を銅板と連続するときは銅板も亦陰に

發電し、陽イオン H を引き、其電氣を得て中和するが故に、之に連続する亜鉛板の電氣も亦中和し、更に陽イオンを送り出すを得べし。故に兩金屬板を連続する間は、此作用常に行はれ、水素は銅板面に現はれ、同時に電流は銅より亜鉛の方に針金を流通すべし。而して針金を斷たば、此作用も電流も共に止むべし。

稀硫酸中に浸したる亜鉛板が、銅板と連続したるときのみ化學作用の行はるゝは、純粹なる亜鉛、或は水銀を塗りたる亜鉛に限るものにして、其内に鐵鉛等の他金屬を混ざるときは、之を銅と連続せざるも、亜鉛板中に電流を生じ、同時に化學作用行はれて、亜鉛板上に泡沫を生じ、亜鉛は次第に消費せらるべし。斯の如き亜鉛を電池に使用すれば、亜鉛は無

益に消費するのみならず、電流が亞鉛板中に生ずるが爲に、針金を通ずる電流は弱くなるべし。然れども純粹なる亞鉛は高價なるが故に、之と同一の効用ある水銀を塗りたる亞鉛を用ふるを通例とす。

電池の兩金屬板、或は之に附したる針金を、電池の兩極といふ。而して兩極を導體にて連續するときは、電流は液外に於ては銅より亞鉛の方に、液内にありては亞鉛より銅の方に流通して循環す。斯の如く兩極を連續するときは、輪道は閉ぢられたりといひ、兩極を分離するときは、輪道は開かれたりといふ。

電氣を蓄へたるレイデン瓶の内外の錫箔を連續したるときに生ずる電流と、電池の電流とを比較するに、レイデン瓶

レイデン瓶 電氣
 絶電氣
 短時間
 水は良導體
 人體を動かす
 火を起す
 針金を熱せし
 電氣
 絶電氣
 弱電氣
 人體を動かす
 水は良導體
 人體を動かす
 火を起す
 針金を熱せし
 針金を熱せし

に於ては、電氣は強けれども、電流の續く時間極めて短く、電池に於ては、電氣は弱けれども、化學作用に由り、電流は絶えず通ずるが故に、其一定時間に通ずる電氣の量は極めて短き時間に通ずるレイデン瓶の電氣の量に比して甚だ大なり。故に電池の電流は、レイデン瓶の電流に比すれば、其作用を異にす。例へば電池の電流は、物體を通ずること難くして、水の如きレイデン瓶の電流に對しては良導體なるものも、電池の電流に對しては不導體なり。又電池はレイデン瓶の如く人體に激動を與ふることなく、又激烈なる火花を發することなし。然れども電池の電流は、針金を熱する作用、或は鹽類を分解する作用に於て、レイデン瓶の電流に優る。

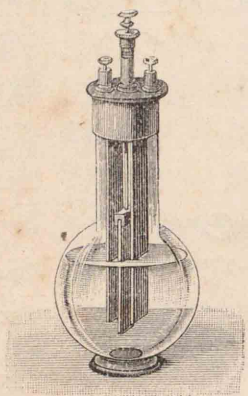
二 電池の分極 前項の如く裝置したる電池の輪道を閉

電池板に上り注意
 二種液を以て用ふる電池
 一、硫酸銅の飽和溶液を以て
 要す故に、此の液を以て用ふる
 二、稀硫酸を以て用ふる
 一、稀硫酸を以て用ふる
 二、稀硫酸を以て用ふる
 一、稀硫酸を以て用ふる
 二、稀硫酸を以て用ふる
 一、稀硫酸を以て用ふる
 二、稀硫酸を以て用ふる

ち置くときは、水素の泡は銅板面を覆ひ、電流は次第に弱くなるべし。是水素が銅面を覆ふときは、此水素は陽イオンHの集るを妨げ、液中に於ける電氣の移動を減じ、且水素は不導體なるが故に、電流の通ずるを妨ぐるに由るなり。此現象を電池の分極といふ。

三 二種の液を用ふる電池 電池の分極の爲に、電流の弱くなることは、二種の液を用ひば之を防ぐを得べし。ダニエルの電池は即此種の電池にして、稀硫酸を盛りたる硝子器中に、膽礬の飽和溶液を盛りたる素焼の器を入れ、稀硫酸中には亞鉛板、膽礬溶液中には銅板を挿入したるものなり。此電池の輪道を閉づるときは、銅板面に附着すべき水素は、膽礬中の銅と置換して、硫酸を生じ、銅が水素に代りて銅板面

第百二十六圖



に附着するを以て、此電池は分極することなし。ダニエル電池の銅板に代ふるに白金板を以てし、膽礬溶液に代ふるに濃硝酸を以てしたるものあり。之をグローブの電池といふ。又グローブの電池の白金の代りに炭素板を用ひたるものあり。之をブレンゼンの電池といふ。二種の液を用ひざるも、稀硫酸に重クロム酸加里を加ふるときは水素の發出なきが故に、分極を防ぐを得。此液を用ひたる電池を重クロム酸電池といひ、通例第百二十六圖の如き瓶形を爲し、其蓋に於て相通ずる二枚の炭素板の中間に、上下し得べき亞鉛板ありて、使用せざるときは之

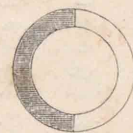
を引き挙げ、液外に出し置くを得るものなり。

四 熱電流 ビスマスとアンチモニーの如き二種の金屬

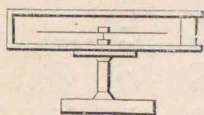
を連続して輪道第百二十七圖を作り、其接ぎ目の一つを熱して、二つの接ぎ目の間に温度の差あらしむるときは、其差

の存する間は、電流が熱したる接ぎ目に於て、ビスマスよりアンチモニーに向ひ輪道を通ずべし。此電流を熱電流といふ。

圖七十二百第



圖八十二百第



實驗 第百二十八圖の如き直方形の三邊は銅より成り、一邊はビスマスの棒より成るもの、内に磁石針を支へ、直方形の面を南北に向けて、銅とビスマスとの接ぎ目の一つをアルコールランプにて熱すると、きは針は熱電流に感じて其方向を變ずべし。

五 電流の強さ、電動力及抵抗 電流の強さは、一定時間に

導體を通ずる電氣の量を以て之を測る。而して電流の強さは、電池の種類及連續したる電池の數に關す。又電池の種類及數は同様なるも、電流の通路、即輪道の長さ、大さ、及其物質にも關するものなり。輪道は同一なるも、電池の種類、或は數に由り、電流強きときは、電動力大なりといひ、又電動力同一なるも、輪道異なるに由り、電流弱きときは、其抵抗大なりといふ。

六 オームの定律 電流の強さは、電動力に比例し、抵抗に

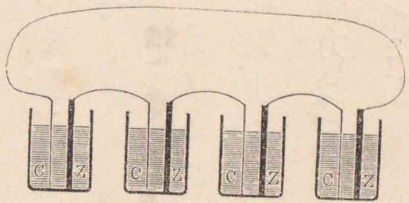
反比例するものなり。之をオームの定律といふ。

電動力是用ひたる電池の種類に由りて異なるのみならず、連續したる電池の數にも關するものにして、第百二十九圖の如く、數個の電池を並べ、各電池の亞鉛板Zと銅板Cとを針

針を、錆びたり、撥抗を
大なり。

金を以て連続するとき、若し電池の數 n 個ならば、電動力は

圖九十二百第



n 倍となるべし。斯の如く連続せる電池を
ヴォルタ・バッテリーといふ。又輪道の抵抗は、之
を電池内の抵抗と、電池外の抵抗とに分ち、
前者を内抵抗といひ、後者を外抵抗といふ。
而して同物質の導體の抵抗は、其長さに比
例し、切口の面積に反比例するものなり。

電動力の單位をヴォルトといひ、抵抗の單位
をオームといふ。ダニエルの電池の電動力は、凡そ一・一ヴォル
トにして、切口一ミリメートル平方、長さ一メートルの水銀
柱の抵抗は、凡そ一オームなり。電動力一ヴォルトにして、抵抗
一オームの輪道を通ずる電流の強さを一アムペールとい

ふ。斯の如く單位を定め、電流の強さを I とし、電動力を E と
し、抵抗を R とせば、オームの定律は左の如く表はすを得べ
し。

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

問題一 同種類の電池に於ては、電動力は其大小に關係せず、然れども
大なる電池を用ふる方、電流強きは何故なるか。

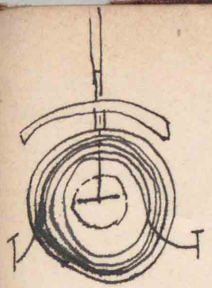
全二 五つのダニエルの電池を連続して用ひるとき、各電池の内抵
抗を二四オームとし、外抵抗を十オームとすれば、電流の強さは幾アム
ペールなるか。

七 電池の排列法 第三百十圖に於て、太き線と細き線の

並列せるものを以て電池を表はし、甲の如く連続するとき
は、之を行並べといひ、乙の如く連続するときは、之を列並べ

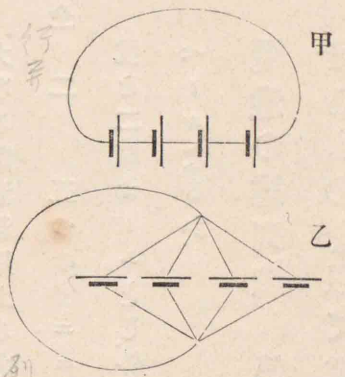
同種の電池の電動力
ハ凡ソ一・一ヴォルトナリ、然レ
ラ、コレニ三オームノ抵抗ヲ加
ヘ、電流ノ強キハ、如何ナル
カ。又、コレニ四オームノ抵抗ヲ
加ヘ、電流ノ強キハ、如何ナル
カ。又、コレニ五オームノ抵抗ヲ
加ヘ、電流ノ強キハ、如何ナル
カ。又、コレニ六オームノ抵抗ヲ
加ヘ、電流ノ強キハ、如何ナル
カ。又、コレニ七オームノ抵抗ヲ
加ヘ、電流ノ強キハ、如何ナル
カ。又、コレニ八オームノ抵抗ヲ
加ヘ、電流ノ強キハ、如何ナル
カ。又、コレニ九オームノ抵抗ヲ
加ヘ、電流ノ強キハ、如何ナル
カ。又、コレニ十オームノ抵抗ヲ
加ヘ、電流ノ強キハ、如何ナル
カ。

$i = \frac{E}{R+r}$ 即ち是トハ列並ベリヤ各電池ト一所ニシテハ
 各電池合ハル程ノ一ツノ大ナル電池ト見ルコトヲ得然ルニ其ノ大カ
 ナリトモ其ノ内抵抗ハ幾ラス高同ジモナリ即チ若シ四ツノ電
 池ヲ以テ列並ベトスルハ四ツツ在レハ程ノ長カノ電池トナル
 抵抗ハ幾ラガレ故ニ抵抗ハ大ナリ



といふ。

圖十三百第



外抵抗をR、各電池の内抵抗を
 r、電動力をE、電池の数をnと
 し、電流の強さをIとすれば、行
 並べに於ては、

$$I = \frac{nE}{R+nr}$$

にして、外抵抗大なるときは、此排列法を用ひて利あり。列並
 べに於ては、

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$$

にして、此排列法は、行並べに反し、外抵抗小なるときに用ひ
 て利あり。

トムラシク互射(鏡)電流計 トムラシク電流計ハ中ニ電流計アリテ其ノ周囲ニ
 トムラシク以テ用スルニ電流計ケレハ不ビハルニハ例ニテ針ハ鏡ト共ニ
 圓ハ故ニ輝ク像ヲ見テ其ノ電流ノ強カサ知ル

わじまはしノ高則

八 電流の磁石に對する作用 電流の通ずる針金を、南北

を指して平均せる磁石針の上に、之と平行に保つときは、磁
 石針は其方向を變じ、若し電流が北より南に向つて通ずる
 ときは、磁石針の指北極は東の方に偏るべく、電流が南より
 北に向つて通ずるときは、西に偏るべし。若し電流の通ずる
 針金が、針の下にあらば、針の偏る方向は、其上に在るときと
 反對なり。

磁石針の偏りの方向を記憶するには、人體ありて、頭より足
 の方に電流が通ずる如く、針金に沿ひて横はり磁石の方に
 面せりと想像すべし。然るときは、磁石針の指北極は常に其



右手の方に偏るべし。

電流の通ずる針金の横に、磁石針を平行に置くときは、磁石

針は何れの方にも其方向を變ずることなし。然れども傾針

を用ひば、針は傾くべし。此試験に於て明なるが如く、電流の

通ずる針金の磁石に對する作用は、其極をして、針金の周圍

を廻らしむるものにして、之を引き或は衝くものにあらず。

廻らしたるものにして、之を引き或は衝くものにあらず。

第百三十一圖に於てABを電流が上

より下に通ずる針金とせば、磁石の

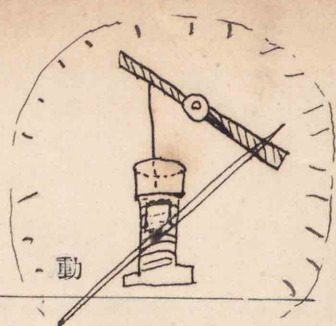
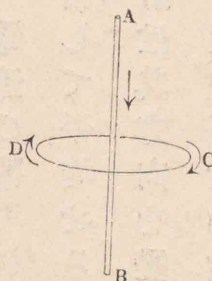
指北極はCDなる矢の方向に廻さ

れ、指南極は之と反對の方向に廻さ

るべし。

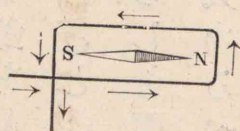
九 電流計 磁石針の偏りの方向は、電流の方向を示し、又

第百三十一圖



其偏りの多少は、電流の強さを示す。然れども前項の實驗の如く、電流の通ずる針金が、磁石針の上方に在るのみにては、電流の磁石に感ずること弱けれども、第百三十二圖の如く

第百三十二圖



電流が磁石針を取り巻くときは、針金の各部の電流は、何れも磁石針を同方向に偏らしむるが故に、磁石針に感ずること更に大なり。斯の如く尚ほ數回針金を繞らすとき

は、毎回の電流が磁石針に作用するを以て、磁石針に感ずること愈大なり。電流計は此理に基きて作りたるものにして、

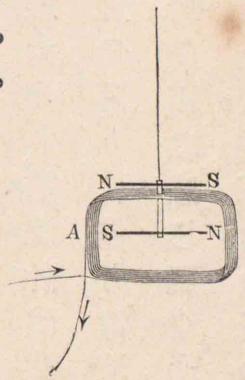
磁石針の偏りに依り、電流の強さを測る器械なり。

電流計を更に感じ良くするには、第百三十三圖の如く、二個

の同様なる磁石針の極の方向を反對にして固着したるも

電磁石

圖三十三百第



を無定位針といふ。今無定位針を絹の纖維にて釣り、下方の磁石針を、Aなる針金を巻きたるもの即コイルの内に在らしむるときは、コイルを通ずる電流は、兩磁石針を同方向に偏らしむ。而して磁石針は南北を指す傾き無きが故に、其偏り大なるべし。

一〇 電磁石 絶縁したる針金を軟鐵棒の周圍に幾回も一定方向巻き、之に電流を通ずれば、軟鐵棒は磁石となり、電流を止むれば、忽ち磁性を失ふ。斯の如く針金を巻きたる軟鐵を電磁

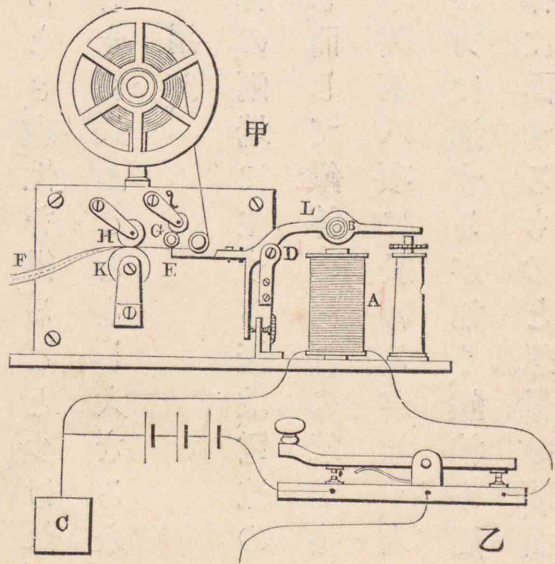
石といふ。若し軟鐵に代ふるに鋼鐵を以てせば、電流を通じたるるとき、磁性を得ること少けれども、電流を止むるも、其磁性を永く失ふことなし。大なる永久磁石を作るには、通常此法を用ふ。

鐵棒の兩端に生ずる極は、電流の方向を變ぜば反對となるべし。而して鐵棒の何れの端が指北極となるかを知らんには、本編第八項に於けるが如く、人體ありて、電流が其頭より足の方に通ずるが如く、鐵棒の周圍の針金の一巻に沿うて鐵棒に面するものと想像せば、指北極は其右手の方にあるべし。

問題 第五編第三項の説により、電流が軟鐵を磁石となす理を説明せよ。

一一 電信機 電流は針金に依りて遠所に傳はることを得るものにして、之を遠所に在る電磁石に通じて、他の軟鐵を引かしめば、遠所に通信することを得べし。モ・ル・ス・の電

第三百四十四圖

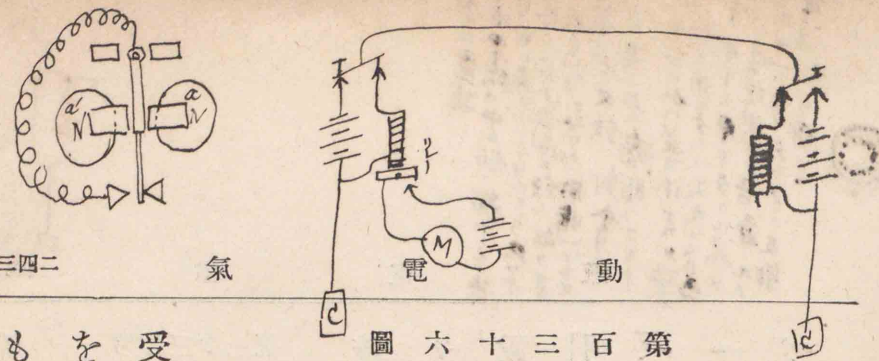


Dを支點としたるLなる挺子に固着せる軟鐵棒Bは電磁

信機と稱する最も普通の電信機は、此理に基きて作りたるものなり。第三百十四圖の甲は其受信機にして、其Aは電磁石なり。發信者が電流を斷續せば

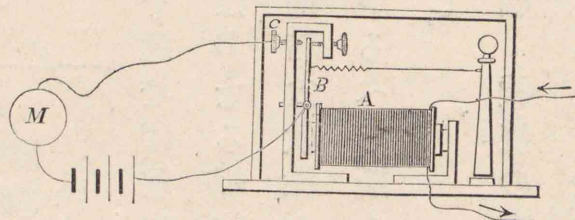
石に引かれ、或は放たれ、上下の運動を爲すべし。此時挺子の他の臂に附したる曲りたる薄板の端Eは、Fなる紙を墨の着きたる小圓板Gに壓し附け、之に墨痕を印すべし。而して紙はゼンマイ仕掛にて廻轉せるHKなる筒に依り送り出さるゝが故に、點及線より成る文字の符號は紙上に記し出さるべし。

第三百十五圖は電信機の全装置の簡單なるもの、略圖にして、A A'は兩地の受信機、Bは電信線なり。C C'は地中に埋めたる數尺平方の金屬板にして、此板を用ふるときは、電流は兩板の間に地を通じて傳はり得るが故に、電信線は唯一線にて足るべし。D D'は鍵と名づくる電流を斷續する器なり。平常鍵はD'の如く、電信線と受信機とを連續せしむれど



圖六十三百第

受信者の注意を喚起する爲め、若くは隔りたる室に在る人を呼ぶときなどに用ふる機械にして、電磁石を應用したるものなり。



一三 電鈴 電鈴は電信を通ずる際

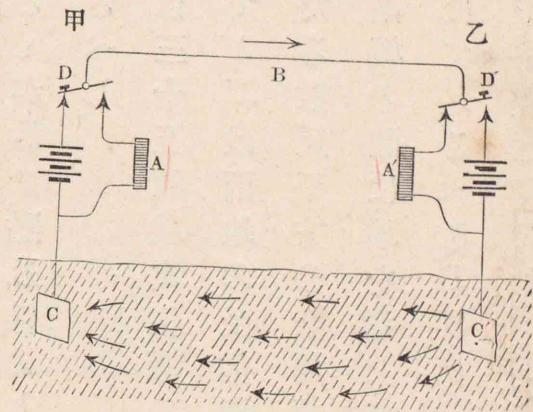
通じて働くなり。

ものにして、第三百三十六圖は其簡單なるものを示す。發信局より來る電流は、Aなるコイルに通じ、Bなる挺子を受信機の挺子の如く動かし、Cに觸れ或は離れしめて、受信局に備へたる電池の輪道を開閉す。而して此輪道中に置かれたるMなる受信機は、此強き電流通じて働くなり。



電流力十五ポルトアリテ百方のハハ電流強サ如何
、、、、、二百方のハハ電流強サ如何

圖五十三百第

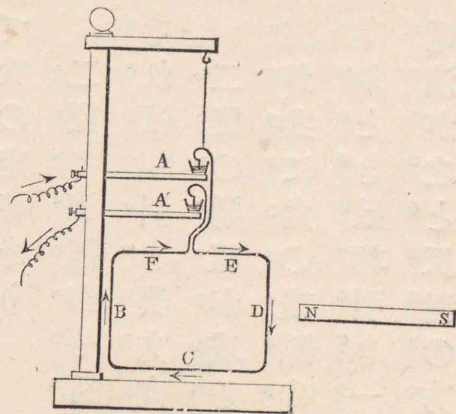


十四圖の乙は即此鍵なり。

一二 中繼器 發信局と受信局との距離遠く、モールの受信機に通ずる電流弱くして、之を働かすに足らざるときは、中繼器を用ふ。中繼器は、受信器よりも弱き電流にて働く

も、今甲地に於て鍵を壓すときは、電信線を電池に連続せしめ、受信機より離れしむべし。此時電流は矢にて示す如く通じ、A'に入るべし。又Dを壓さざるとき、乙地に於てD'を壓さば、電流は反對の方向に通じ、Aに入るべし。第三百

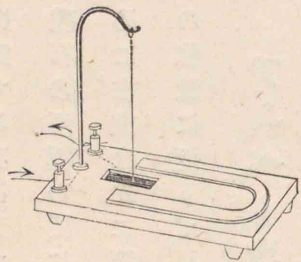
第三百九十九圖



なるが故に相引き、其都度輪道が断たるゝに由るなり。

一五 電流に對する地球の作用 第三百三十九圖の如く、四角形に曲げたる針金を細き絲にて吊し、其兩端を、A、A'なる金屬棒の端に附けたる金屬製の猪口に盛れる水銀に觸れしめ、之に圖の如く電流を通じ、磁石の指北極をD部に近づくとときは、D部の電流は、此極を紙面の前方に動かさんとすべし、然れども磁石は手に保持せらるゝが故に、四角形の針金は廻轉し、D部は紙面の後方に動くべし。若し指南極を近づくるか、或は電流

第四百十四圖

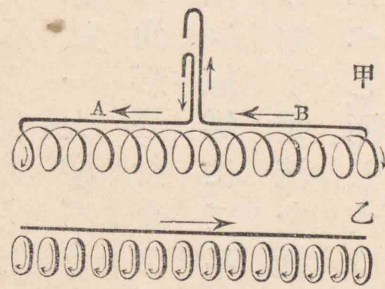


向を取るべし。

の方向反對ならば、運動の方向も反對なり。

地球は一大磁石なれば、其兩極は此實驗に於ける磁石の如く、四角形の針金のB及D部に作用するが故に、若し此針金を細き纖維にて吊さば、四角形の平面は一定の方向を取り圖の如く電流を通ずるときは、D部は東に向ひ、B部は西に向ふべし。而してC部の電流の方向は、E及F部の電流の方向と反對なれば、是等に對する地球の作用は反對にして相消し、針金の回轉に影響を及ぼすことなし。又四角形の針金を用ひずして、圓形の針金を用ふるも、圓の平面は東西の方

圖一十四百第

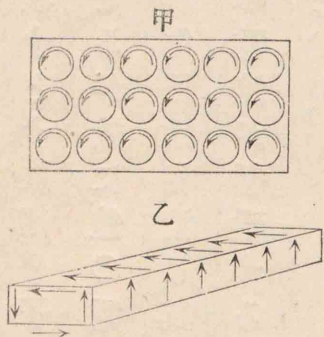


實驗 第四百十圖の如く、針金を自由に動く様に縦に吊し、其下端を臺に穿てる孔に充てたる水銀に觸れしめ、之に電流を通じて、馬蹄鐵形の磁石の兩極の間に在らしむれば、針金は其電流の方向に従ひ、磁石の爲めに右或は左に衝かれ、水銀より離るれば、重力に依り元の位置に返りて、再び水銀に觸る。斯くして針金は絶えず振動すべし。

一六 アムペールの説 第四百十一圖甲の如き、蔓と名づ

くる螺旋形の針金を、前項の四角形の針金の如く支へて、電流を通せば、蔓の軸は南北の方向を取るべし。如何となれば、螺旋形の電流は、乙に示すが如き圓形の電流と、直線の電流とを合せたるものにして、此直線電

圖二十四百第



流は、蔓のA及Bなる直線電流と方向反對にして、是等に対する地球の作用は相消し、蔓の廻轉に影響することなけれども、前項に學びたる如く、各圓形電流に對する作用は、圓形の平面をして、東西の方向を取らしむるが故に、蔓の軸は南北を指すなり。

又電流の通ずる蔓の一端を、他の吊したる蔓の一端に近づくとときは、電流の方向等しき端は相衝き、異りたる端は相引くを見るべし。故に蔓は恰も磁石の如き作用をなす。是等の事實に依り、アムペールは磁石の現象を説明して、磁石に於ては、其各分子の周圍に循環する電流あるも

ジュールの定率といふ

のとせり。即第百四十二圖甲の如く、各分子の周圍に電流が循環すとすれば、分子の相接する處に於ては、電流の方向反對なるが故に、他の電流に對する作用、或は他の電流より受くる作用は相消し、其結果は乙の如く、磁石の表面の周圍にのみ、電流が循環するに等し。故に磁石は恰も蔓と等しきものとせり。

一七 ジールの定率

電流が輪道を通ずるときは、之を熱するものなり。而して發生する熱量は、輪道の抵抗に比例し、電流の強さの自乘に比例し、又電流の通ずる時間に比例す。之をジュールの定率といふ。

熱量が電流の強さの自乘に比例する理を説明せんに、爰に同物質にして、同じ太さの針金甲乙ありて、甲に通ずる電流

印の面積は、 n^2 倍なるが故に、甲には、 n^2 倍の熱を發生すべし。而して其熱

は、乙に通ずる電流の n 倍なりとし、甲の針金を縦に n 分して考へば、其一條に通ずる電流は、乙に通ずる電流に等しかるべし。然るに、其抵抗は乙に n 倍するが故に發生する熱量は n 倍なり。斯の如く、各條に發生する熱量が n 倍なれば、甲全體に發生する熱量は $n \times n$ 即 n^2 倍ならざるべからず。

實驗 細き白金線に強き電流を通ずれば、白金線は白熱す。又細き鐵線に之を通ずれば、鐵線は熔解す。

一八 電流に由る温度の上昇

針金に電流を通ずるとき、其温度の上昇は、針金の直径の四乗に反比例するものなり。何となれば、爰に同じ強さの電流の通ずる同物質の針金甲乙ありて、甲の直径は乙の n 分の一なりとせば、甲の抵抗は n^2 倍なるが故に、甲には n^2 倍の熱を發生すべし。而して其熱



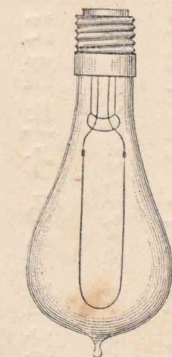
白熱燈ハネロノエジリン
タ明ニシムモノ

竹或ハ其ノ他ノ物質トシテ
管ニテハ細維素トモトモ
ノハ炭素ヲ用テ竹ノ中ニ
テ真空ニシテ壽命ハ八割
ニテハハ終リタリトモ
フノ時ハ凡リニ白熱
シテ百時位ナリ
弧狀燈ハデビールガ發明ス

せらるべき質量は、 n^2 分の一なるが故に、其温度の増加は n^2 倍なるべし。

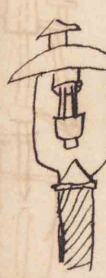
一九 電気燈 電気燈は電流の發熱作用を應用して作りたるものにして、白熱電気燈及弧狀電気燈の二種あり。

白熱電気燈は、竹或は其他の物質を以て製したる細き炭素線を、真空硝子球内に封入したるものにして(第百四十三圖)之に電流を通せば、炭素線は熱して強き光を放つべし。然れども真空中に在るが故に、燃燒することなし。

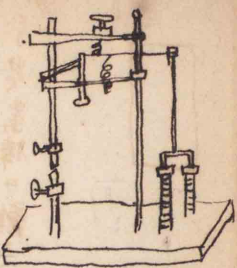


第百四十三圖

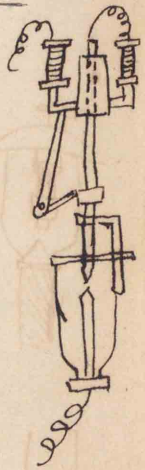
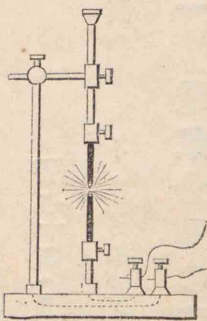
二個の尖りたる炭素棒(第百四十四圖)の尖端を相觸れしめ、其一のより他に強き電流を通じ、尖端を少しく離せば、其間



初メニ炭素棒ヲ離ス
ラズ



第百四十四圖



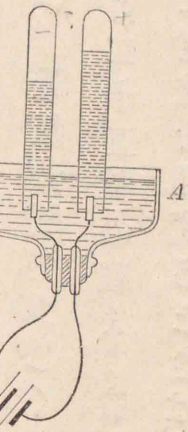
に炭素の蒸氣を生じ、電流は尙ほ其間隙を通ずべし。而して此間隙の抵抗は甚大なるが故に、甚強き熱を生じ、炭の尖端は強き光を發すべし。弧狀電気燈は、此理に基くものにして、電流通ずれば炭素棒の尖端を離し、又其消費するに従ひ、兩尖端間の距離を適當に保つ爲に整理器と名づくる装置を備ふるものなり。

二〇 電気分解 少しく硫酸を加へたる水を盛れる器A

(第百四十五圖)の底より、突出せる白金板を電池に連續し、水中に電流を通ずるときは、水は分解して、酸素は陽極の白金板面に、水素は陰極の白金板面に現はる。今水を充てたる二

實際に二倍より多量の酸素を生ずるは硫酸銅の分解の常あり

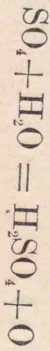
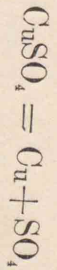
個の試験管を以て、白金板を覆へば、此兩瓦斯を管内に集む



圖五十四百第

るを得べし。而して其水素の體積は、酸素の體積の二倍なり。

硫酸銅の溶液中に、電池に連續したる二枚の白金板を入れるれば、銅は陰極の白金板面に現はれ、酸素は陽極の白金板面に現はる。而して其化學變化は次の如し。



問題

イオンに就き學びたる所に依り、電氣分解の理の説明を試みよ

二二 電氣分解の定律 電氣分解に次の定律あり。

- 一 一定時間に分解する量は電流の強さに比例す。
- 二 一定の強さの電流に由り、一定時間に分解する量は、其化學當價量に比例す。

例へば、等しき時間、等しき強さの電流を以て、硫酸銅と水とを分解すれば、分解したる銅の量は、分解したる水素の量の三十一倍半なり。

三 化學作用は、輪道の何れの部分に於ても等し。

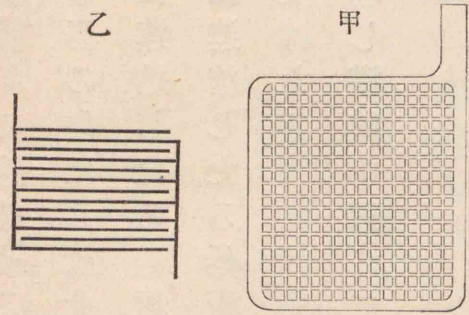
例へば、水の分解器數個を行並べに於て、同一の輪道中に置き、水を分解せば、何れの分解器に於ても、分解の量は等しかるべし。又水の分解器數個と、硫酸銅の分解器數個とを行並べに於て、同一の輪道中に置かば、各器に於て分解する銅の量と水素の量とは、化學當價量に比例すべし。

行並べにしたる電池を、電氣分解に用ふるときは、各電池に於て消費する亞鉛の量と、分解器に於ける分解の量とは、其化學當價量に比例す。例へば、分解器に於て分解したる水素の量を一とせば、各電池に於て消費したる亞鉛の量は三二・五なり。

二二 電板術及電鍍術

ガッターヘルカの類にて原物の型を取り、之を導體に爲すために、石墨を塗りたる後、電池の陰極に連續し、又銅板を陽極に連續して、共に硫酸銅の溶液中に入るれば、硫酸銅は分解して、其銅は型の表面に附着し、SO₄は陽極の銅板の銅と化合して、硫酸銅を生じ、以て消費したる硫酸銅を補ふ。斯の如くして型に附着したる銅が、適度の厚さになりたるとき、之を型より離さば、原物の模像を得べし。

第百四十六圖



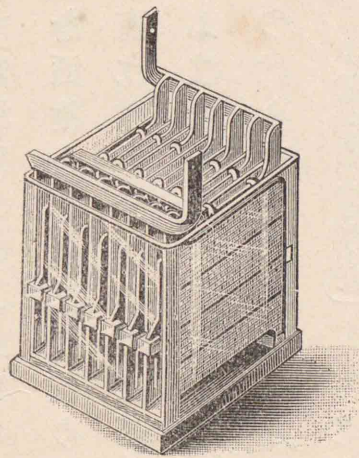
此術を電板術といふ。此書の挿圖に用ひたる銅版の如きは、木版を原物とし、此法に依りて製したるものなり。

電鍍術は、電氣分解の理に基き、金銀等を以て、他の金屬を薄く覆ふ法なり。例へば、鍍金するには、電板術に於ける硫酸銅溶液の代りに、金の溶液を用ひ、銅板の代りに金板を用ひ、型の代りに鍍金せんとするものを用ふるなり。

二三 蓄電池 第百四十六圖甲

の如く、數多の孔を有する鉛板に、鉛丹(或は鉛の他の酸化物)を填充したるもの數個を重ね、其間に絶縁物を挿みて、相觸接せざらしめ、

第四百七十七圖



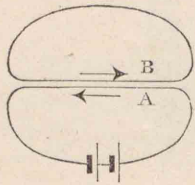
一つ置きに連結すること乙圖の如くし、之を稀硫酸を盛りたる器の内に入れ、此二組の鉛板の間に、電流を通ずれば、陽極に連結したる鉛板の鉛丹は、酸化して過酸化鉛となり、陰極に連結したる鉛板の鉛丹は、還元して鉛となる。斯く變化を受けたるものは、數日間之を放置するも、其儘に存すれども、若し導線を以て二組の鉛板を連續して、輪道を作らば、始め酸化したるものは還元し、始め還元したるものは酸化して、逆の電流を生ずべし。斯の如き装置は、一度之に電流を通じ置けば、隨時に之より電流を得るが

故に、之を蓄電池といふ。第四百四十七圖は、蓄電池の一個を示すものなり。

實驗 通常の方法にて水を分解したる後、電池を分離し、導線を以て分解器の兩白金板を電流計に連續せば、電流計は始め通じたる電流の方向と、逆に電流の通ずることを示すべし。

二四 感應電流 電流を通じ、得べき針金A(第四百四十八圖)に接近し、且平行に他の輪道を爲せる針金Bを置き、Aに電

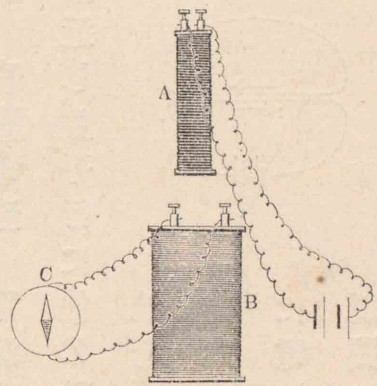
第四百四十八圖



流を通ずるときは、其瞬間に、Bに反對の方向の電流を生じ、Aの電流續く間は、Bに電流なく、Aの電流を止むるとき、又其瞬間に、Bに同方向の電流を生ずべし。斯の如くして生じたる電流を感應電流といふ。

動
B印々外周ノ針をノミ
ラスレテハ印々電流
ヲ通ズルモノソレ自身
ニモ感應ヲナスモノナリ
コレヲ自己感應トイフ

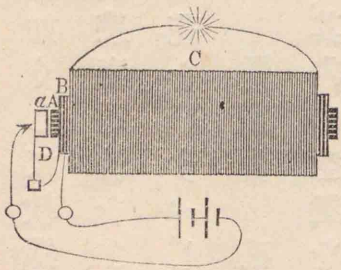
圖九十四百第



Aに電流を通じ、或は止むる代りに、Aの電流を強くし、或は弱くし、又は之をBに近づけ、或は遠ざくるも、其瞬間に感應電流を生ずべし。而して電流が他の輪道に近づき、或は遠ざかりて、感應電流を生ずる場合には、同方向の電流は相引き、異方向の電流は相衝くものなれば、感應電流は、常に之を生ずる電流の近づき又は遠ざかるを妨ぐるが如き方向を取るものなり。之をレンツの定律といふ。

第百四十九圖の如く、Bなるコイル中に、Aなるコイルを挿入し置き、Aに電流を通じ、或は之を止むれば、Cなる電流計

圖十五百第



に依り、其都度Bに電流を生ずるを見る。又Aに電流を通じ置き、之をBに挿入し、或はBより抽出するも、同様にBに電流を生ず。磁石は電流の通ずる蔓と等しきものなれば、B中に磁石を挿入し、或は抽出するも、Bに電流を生ずべし。

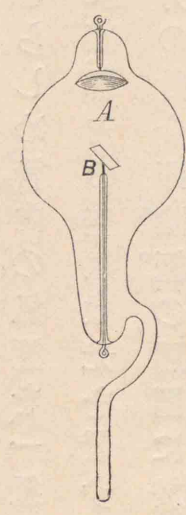
二五 感應コイル 感應コイルは、大なる電動力を得るための器械にして、第百五十圖の如く、鐵の針金を束ねたるものAを心とせる、相重りたる内外二個のコイルB、Cより成り、内のコイル即第一コイルは、太き針金を用ひ、外のコイル即第二コイルは、細き針金を用ふ。今Bに電流を通ずるときは、鐵の心は磁石となりて、斷續器Dの軟鐵aを引き、輪道は

吾ら通、ま、ト、思、つ、た、兵、
 黒布、ニ、テ、包、た、る、寫、眞、
 板、ニ、作、用、サ、ス、
 又、屈、折、五、射、縮、向、
 等、テ、レ、故、ニ、恐、リ、ハ、エ、
 テ、レ、ノ、故、初、ナル、ラ、ン、カ、何、
 カ、レ、カ、説、明、ス、ル、コ、ト、ヲ、傳、
 へ、ル、コ、ト、ヲ、セ、シ、サ、リ、
 四、六、二

動
 又、放、散、線、ヲ、既、時、於、テ、説、
 明、ス、ル、ニ、ハ、復、波、ニ、テ、長、
 一、ミ、リ、ト、カ、ク、一、百、分、ノ、ニ、
 下、ニ、テ、リ、ト、カ、ク、長、カ、レ、
 シ、以、テ、反、射、セ、ス、ト、イ、フ、
 波、長、短、キ、モ、ハ、反、射、電、
 面、凹、凸、大、小、ヲ、以、テ、テ、リ、
 居、折、モ、ヤ、レ、何、レ、ノ、物、体、
 毛、白、波、長、ヲ、以、テ、返、
 射、ス、リ、
 氣

又 X 放散線は、青化白金バリウムに作用して、螢光を發せしむ。今厚紙の一面を黒く塗り、他の面に青化白金バリウムを塗りたるものを用ひ、其黒き面に X 放散線を受け、木の鞘に納めたる小刀にて X 放散線を遮り、青化白金バリウムを塗りたる方より見れば、此放散線は、木を透過して鐵を透過せざるが故に、小刀の鐵より成る部分を螢光にて認め得べし。又錢の入りたる錢入を以て、X 放散線を遮らば、其中の錢を認め得べく、手を以て遮らば、骨格を認め得べし。

圖二十五百第



X 放散線は、又通常の寫眞の種板に作用するものにして、骨の状態、又は體內に入りたる銃丸の類を寫し取ることを得。故に X 放散線は醫

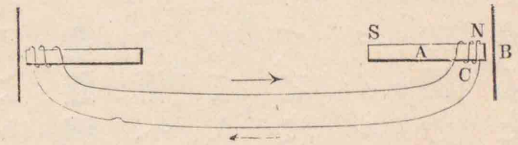
療上に應用せらる。

通常 X 放散線の實驗を行ふには、第百五十二圖の如き真空管を用ふ。其 A はアルミニウム製の凹面鏡にして、其焦點の所に、B をる白金板あり。A より發射したる陰極線が、B に投射し、此所より X 放散線を發す。

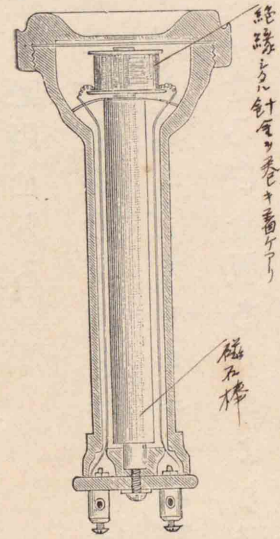
二八 電話機 電話機は、音聲の振動により電流を起し、之を遠所に傳へて、再び音聲を變ぜしむる機械なり。第百五十三圖に於て、A を磁石とし、其極の一つに接近せる薄き鐵板 B ありて、之に向ひて談話せば、板は其聲に應じて振動し、極を圍むコイル C に感應電流を生ず。即 B が近づくと、若しコイルの圍む極が指北極ならば、矢にて示す如き電流を生じ、遠ざかるときは、之と反對の方向の電流を生ずべし。斯の



圖三十五百第



如く、板の振動に由り、交互に方向を變ずる電流を生じ、其變化は發音の變化に全く伴隨すべし。而して電流は、遠所に在る他の同様なる装置に達し、其磁石を交互に強くし、或は弱くして、之に接近せる鐵板に、B板と同様なる振動をなさしめ、談話の發音と同様なる音を發せしむるなり。第百五十四圖は、此電話機の構造を示すものなり。



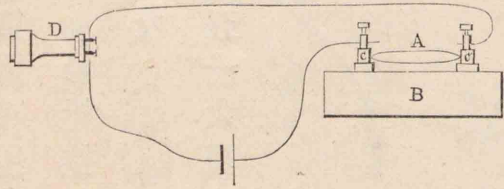
右に述べたるは、ベルの電話機にして、送話器受話器共に同一の構造なれども、現今普通に使用

圖四十五百第

する電話機に於ては、受話器は其理に於て之と異なること無けれども、送話器は炭素塊の如き導體の、軽く觸るゝ點の抵抗が壓力に由りて變化するの理に基きて造りたるものにして、**デ・ル・ピル**の送話器の如き即是なり。

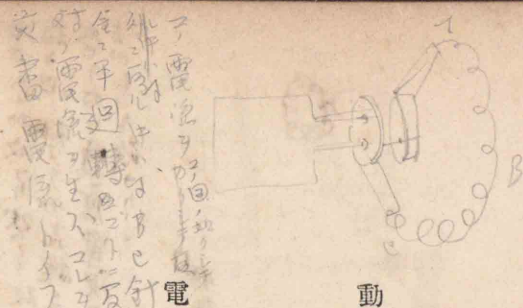
第百五十五圖のAは炭素棒にして、Bなる箱の上面に、固定したる炭素片C C'の側面に穿てる孔に、緩く嵌めて支へたるものなり。今C C'及Aと、隔りたる室にある受話器Dとを、電流の輪道中に在らしめ、箱の上面に對して音聲を發するとき、其音聲を受話器に於て聞くを得べし、是箱の上面が音聲に應じて振動し、從つ

圖五十五百第

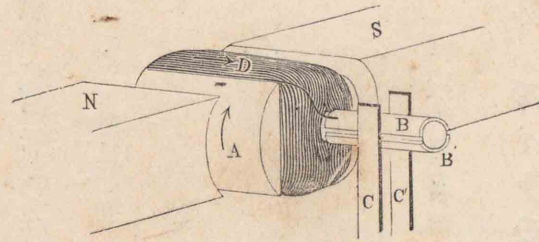


ルと共に廻轉するが故に、之に觸るゝパネは、電流の方向が反對となる瞬間に更代す。例へばコイルの電流が、Dなる矢の方向を取るとき、BがCに觸れ、B'がC'に觸るとせば、電流の方向之と反對になるときは、BがC'に觸れ、B'がCに觸るべし。故に外の輪道に通ずる電流は、常に同方向なるべし。斯の如く電流の方向を常に一定ならしむる装置をコイルの如くといふ。

ダイナモは此理に基き、電氣燈、電氣鐵道等に用ふる強き電流を起す機械にして、鋼鐵磁石の代りに電磁石を用ふ。其電磁石のコイルには、外の輪道に通ずる電流の全部、第百五十九圖或は一部、第百六十圖が通ずる如くなしたるものなり。電磁石は其コイルに電流通ぜざるときも、幾分か磁性を帶



圖八十五百第

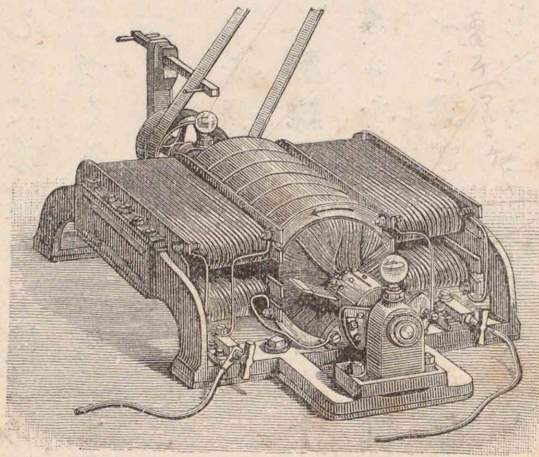


圖の如き位置を取るときは、磁石のN極に近き側はS極となり、S極に近き側はN極となる。之を半廻轉せしむれば、其極は反對となるが故に、本編第二四項の理に由り、卷きたる針金に電流を生ず。尚ほ之を半廻轉せしむれば、極は元の如くなりて、前の電流と方向反對なる電流を生ず。斯の如く、廻轉して電流を生ずるコイルをアルマチュールといふ。

此電流を外に導き、且常に同方向を取らしめんには、コイルの兩端を、互に絶縁したるB、B'なる半筒形の導體に接続し、更にC、C'なるパネを経て、外の輪道に接続す。而してB、B'はアルマチュール

動機といふ。
 三〇 電氣鐵道 電氣鐵道の客車は、其車臺の下に備へた

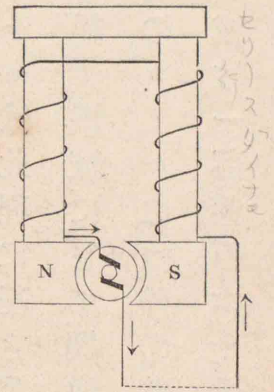
第百六十一圖



には、水力或は蒸氣力等を用ふ。第百六十一圖に示すものは、
 ジーメンズのダイナモなり。

ダイナモのアルマチュール
 のコイルに、他のダイナモ
 にて起したる電流を通ぜ
 ば、其アルマチュールは廻轉
 すべし。故に之を利用して、
 種々の仕事を爲さしむる
 を得。ダイナモを斯の如く
 用ふるときは、之を電氣發

第百五十九圖

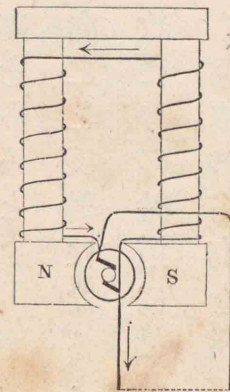


Series dynamo

ぶるものなるが故に、アルマチュールが廻轉を始むるときは

電流を生じ、此電流が電磁石
 のコイルを通じて、其磁性を
 強め、從つて強き電流を生ず
 べし。斯の如く相互に作用し

第百六十圖



Parallel dynamo

て極度に達するまで、電流は強めらるべし。ダイナモのアル
 マチュールのコイルは、前に述
 べたるアルマチュールの如く、
 一個にあらずして、數個より
 成り、コイルの兩端に接續す
 る導體も亦數個にして、之に觸るゝバテは刷毛と名づくる
 針金を束ねたるものなり。而してアルマチュールを廻轉する

成り、コイルの兩端に接續す
 る導體も亦數個にして、之に觸るゝバテは刷毛と名づくる

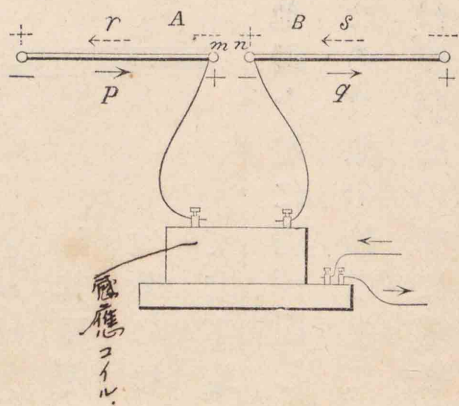
る電氣發動機によりて運轉するものにして、電流は鐵道の上
 上に張りたる針金より發動機に入り、レールを経て去るな
 り。而して又車臺の下に、數個のコイルより成れるリオスタ
 トと名づくる装置あり。之を電流の輪道中に入れて、抵抗を
 増減し、従つて電流の強さを變じ、以て客車の速さを加減す
 ることを得。

三一 無線電信 第六十二圖の如く、二個の金屬棒 A B

の端 $m n$ を接近せしめて置き、各の棒を感應コイルの第二
 コイルと繋ぎ、感應コイルを働かしめて、 $m n$ の間に火花を
 發せしむるときは、電氣は A B なる棒に於て、 $p q r s$ なる
 矢にて示す如く、交互に反對の方向に速に通じ棒の兩端の
 電氣の状態は、交互に棒の下と上とに記したる(十一)の符號

此の向きの、多量振動、ハナハナトイハレ、其ノ何ナカノ火花、
 飛ハラ見エテ、ソノ火花ヲ發シテ、ハナトイフ如ク、感ズ、而シテ、カク、
 ヲテ、スル、振動、放電、系、シ、ム、ト、ハ、同、速、ク、ハ、振動、大、ト、ナル、故、ニ、
 即チ、物、体、ニ、テ、電、流、中、ニ、ハ、振動、ス、レ、コ、レ、ヲ、如、キ、モ、ソ、ニ、テ、ハ、靜、カ、
 モ、ナ、リ。

第六百六十二圖



にて示す如くなるべし。斯の如く
 電氣が通ずるときは、之を電氣振
 動といふ。此電氣振動は、エーテル
 中に波を起すものにして、此波を
 電氣波といふ。

第六十三圖に示したるは、コ
 ヒーラーと名づくるものにして、確

子管に兩方より太き銀の針金を挿入し、其兩端を少しく隔
 て置き、其間に鐵粉の如き金屬粉を緩く滿てたるものなり。
 コヒーラーは、通常の状態にては電流が通ぜざれども、電氣
 波を受くるときは電流を通ぜしめ、之に激動を與ふるとき
 は、復元の状態に戻るものなり。無線電信は、電氣波とコヒー

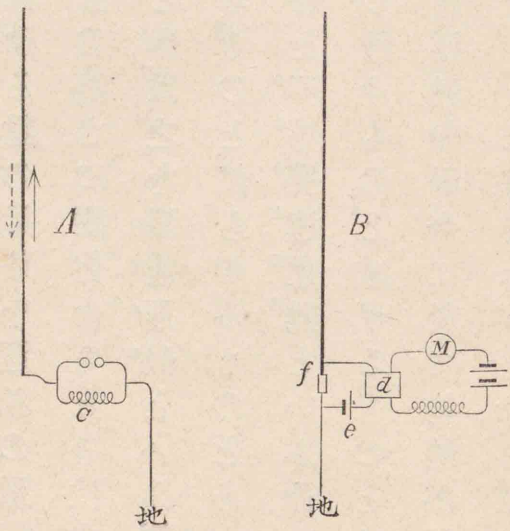
第三百六十六圖



ラーとを應用したるものにして、マルコニの工夫したるものなり。發信局に於ては、第六十四圖のAの如く、金屬棒を高く立て、其下端にCなる感應コイルの第二コイルの一極を繋ぎ、他の極を地に通じ、感應コイルを働かしむれば、矢にて示すが如き電氣振動を棒に起し、其周圍に電氣波を發せしむ。受信局に於ては、Bの如く、發信局と同様に高く金屬棒を立て、其下端にfなるコヒーラーの一端を繋ぎ、其他端を地に通ず。而してコヒーラーとdなる中繼器とは、なる電池の輪道中にあり。今電氣波が受信局に達するときは、受信局の棒に電氣振動を起し、従つてコヒーラーに作

コヒーラーの針を強引する
レシーバーの針を動かす
電氣波のハートが其の針
を動かす
コヒーラーの針を動かす

第三百六十四圖



一旦電氣波の作用を受けたるコヒーラーは、其都度元の状態に戻すの必要あるが故に、絶えず之を動かす装置あり。

用し、電流が中繼器に通じ、Mなる受信機を働かしむ。發信局に於て通常の電信に於ける如く、鍵を壓して、感應コイルを働かしむれば、受信機は、通常の電信の如く之に應ずべし。

第八編 力學

一 運動 運動の方向變ぜざるときは、之を直線運動といひ、其方向絶えず變ずるときは、之を曲線運動といふ。而して運動する點の通路を運動の道といふ。

運動の速さに變化なきときは、之を等速運動といひ、變化あるときは、之を變速運動といふ。變速運動の中に、又變化一様なるものと、然らざるものとあり。前者を等變速運動といひ、後者を不等變速運動といふ。而して何れの變速運動にも、速さの増すものと減するものとあり。

等速運動の場合に於て、物體が運動する距離を s とし、其時間をも t とし、速さを v とすれば、

$$s = vt$$

にして、變速運動の場合には、 s/t は平均の速さなり。而して變速運動に於ても、或る瞬間を採れば、其運動一様なるべきが故に、此一様の運動を單位時間繼續せば、物體が經過すべき距離を以て、其瞬間の速さとする。

二 速度及加速度 運動の速さに其方向を合せて考ふるときは、之を速度といふ。故に速度が變ずるときは、其大いさのみ變ずる場合と、方向のみ變ずる場合と、兩者共に變ずる場合とあり。

變速運動に於て、速度の變化の割合を加速度といふ。等變速運動に於て、始めの速度を v_0 とし、 t 時間を経たる後の速度を v とし、加速度を a とせば、

Speed 速
velocity 速度
力

なり。v が v' より大なる場合には、加速度は正にして、速度の増す割合なり。若し v が v' より小なる場合には、加速度は負にして、速度の減ずる割合なり。又 v が零なる場合には、なり。

$$a \parallel \frac{v - v'}{t}$$

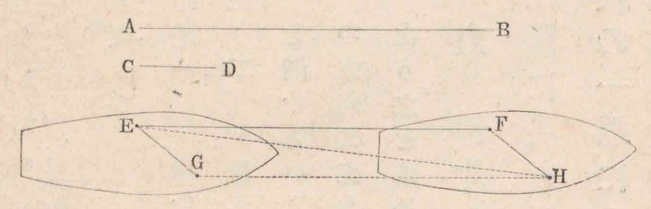
$$a \parallel \frac{v}{t}$$

問題一 一分時間に九メートルの加速度を以て、運動を始むる物體あり。其速度が一分時間に二百七十九メートルとなるには、何分時間を要するか。

全 二 運動する物體あり。一秒時に九七五センチメートルの速度を有す。此物體が一分十五秒時の後、全く静止せば、其加速度は何程なるか。

三 運動の組立 舟あり。一樣なる速度を以て單位時間に AB (第百六十五圖) の長さを以て表はしたる距離だけ、東方に

圖五十六百第



進むとす。然るときは、舟の如何なる部分も、同様に東方に進むが故に、舟の一點 E は、單位時間に AB に等しき距離 EF だけ東方に進むべし。E に人あり、同時間に CD の距離だけ、一樣なる速度を以て、東南に歩行すとすれば、單位時間に、其人は E に對して CD に等しき距離 EG だけ東南に進みて、G 點に在り。然るに其時間の終には、E 點は F 點にありて、G 點は H 點に在るが故に、其人は E より EH 線に沿ひて、H に運動せしなり。即ちこの等速運動の速度を表はすに、一點より引きたる二直線、其方向及長さを以てし、此二直線を二邊として、平行四邊形を

作るときは、其點より引きたる對角線は、合運動の速度を表はすべし。

問題一 變位運動と廻轉運動とを同時に爲すものゝ例を擧げよ。

全二 流れなき所にて、舟子は一秒時に三メートルの速度を以て舟

を漕ぐといふ。今渡船場にて、一秒時に二メートルの速度を有する流れの方向に直角に舟を進むるには、如何なる方向に漕ぐべきか。作圖法に由り之を求めよ。

四 力 竹片を撓めて之に小石を載せ、手を放てば、竹片は舊位置に戻り、同時に小石も竹片の戻る方向に飛び行く。又護謨の一端に小石を結び附けたるものを引き伸して、手を放てば、護謨の縮むと共に、小石が運動するを見る。前の場合には、竹が小石を押し運動せしめ、後の場合には、護謨が小石を引きて運動せしめたるなり。凡て物體が運動を始むる

には、引き或は押し働きあり。此働きを名づけて力といふ。而して生じたる運動の方向を以て、力の方向とす。

右の如く、力は一つの働きなるが故に、力が働くといふは、働きが働くといふに異ならずと雖も、便宜上力が働くといふ言葉を使用す。

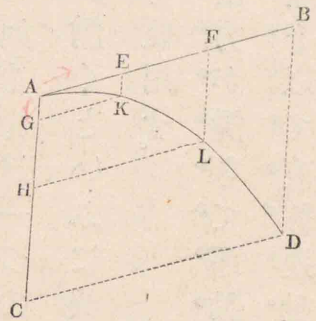
一度力が働きて運動を始めたる物體は、力の働き止むも等速度を以て直線運動を續くるものなり。而して力が絶えず働く時は、速度は絶えず増加して、力の働く時間に比例す。即ち一樣なる加速運動を爲す。

力の大きさは、同物體又は同質量の物體に、等しき時間働きて之に與へたる速度に比例するものとす。即ち二力が等しき速度を與ふれば、其大きさは等しい。甲の力が乙の力より

倍大なる速度を與ふれば、甲の力は乙の力の n 倍なりといふ。

既に等速度を以て運動する物體に力が働くときは、靜止せる物體に働く時と同様に、力の方向に加速運動を生ずべし。而して其運動の道は運動の組立によりて知るを得べし。

第百六十六圖



物體はADなる曲線に沿うて運動すべし、何となれば若し物體が靜止せるものならば、力は第一秒時間にAGだけ之を運

AB(第百六十六圖)の方向に、等速度を以て運動する物體ありて、其Aに在るとき、力がACの方向に働き始め、其方向と大さとを變ぜずして、絶えず其働きを續くるとせば、

動せしむるものとせんか、第二秒時間には、AGより大なる距離GHだけ、第三秒時間には、更に大なる距離HCだけ運動せしむべく、又力の働き無ければ、物體が第一秒時間にAEだけ運動するものとせんか、第二秒時間には、AEに等しき距離EFだけ、第三秒時間にも、亦之に等しき距離FBだけ運動すべし。故に物體は運動の組立に由り、第一秒時の終りにはKに在るべく、第二秒時の終りにはLに在るべく、第三秒時の終りにはDに在るべし。

問題一 一秒時に十五メートルの速度を以て運動する物體あり、之に同じ力が絶えず働きたる爲め、十秒時の後、物體の速度が、一秒時に二十メートルとなりたり。加速度は幾何なるか。但力は物體の始めの運動の方向に働くものとす。

全二 前問題に於て、力が反對の方向に働くときは、十秒時の終の速

内径三ハ丁ニ長キニ過ルハ二
カハ内径ノ倍ノ長キニ過ルハ二
カハ内径ノ倍ノ長キニ過ルハ二
カハ内径ノ倍ノ長キニ過ルハ二
カハ内径ノ倍ノ長キニ過ルハ二

慣性習性生り場性

度如何。

全三 銃の筒を短銃の如く短くするとき、同量の火薬を用ふるも、着弾の距離減ずるは何故なるか。

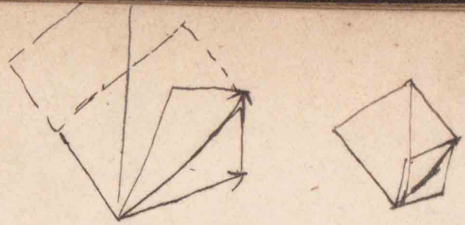
全四 球を机上に轉じ置き、其進む方向と直角の方向に、板を以て之を打たば、球は如何なる運動をなすか。

全五 走れる汽車の窓より物を落すとき、己れ之を見れば直下に落つる様に見ゆれど、車外より之を見れば如何に見ゆるか。

五 慣性 力が働くことなければ、静止せる物體は、其静止の状態を變ずることなく、運動する物體は、同方向に一様なる運動を續くるものなり。物質の此性質を慣性といふ。而して力が働きて、物體が静止或は一様なる直線運動の状態を變ずるとき、其力の大きさと、働く時間とが等しければ、物體の得る速度は、其質量に反比例するものなり。

同質の物體に於て、等しき力が等しき時間働きて得る速度は、質量に反比例するが故に、異質の物質に於ても、質量は、等しき力が等しき時間働きて得たる速度に反比例するものとす。故に兩物體の得る速度等しければ、其質量は等しといひ、一方の速度が他の n 倍なれば、其質量は n 分の一なりといふ。

六 力の組立及分解 二力が同時に一質點に働けば、質點は二力の各に由りて生ずる運動を組立て、得たる合運動を爲す。即ち二力が同時に一質點に働く結果は、恰かも此合運動の方向に、他の一力が働くに異ならず。斯く考へ得べき力を、前二力の合力といふ。而して力の方向は運動の方向に一致し、其大さの比は、速度の比に等しきが故に、合運動を求むる



と全く同法にて、合力の方向及大さを求むるを得べし。即一點に働く二力の方向及大さを、其點より引きたる二直線の方向及長さにて表はし、此直線を二邊とせる平行四邊形を作らば、其對角線は合力の方向及大さを表はすべし。
 一點に働く力を、二つの與へられたる方向の分力に分解するには、其點より與へられたる力を表はす直線と與へられたる二方向を示す二直線とを引き、後の二直線上に前の直線を對角線とせる平行四邊形を作らば、二直線上の兩邊が、分力の方向及大さを表はす。

問題一

荷車あり。水平と三十度の角度をなせる方向に、 a の力を以て挽くとせば、車を水平に挽く力は幾何なるか。

全二

平均せる液體の表面は、重力の方向に直角ならざるべからざるの理を力の分解によりて説明せよ。

全三

平均せる液體に於ては、其壓力は之を受くる面に常に直角なるの理を力の分解によりて説明せよ。

七 力の釣合

等しき二力が、反對の方向に一質點に働くときは力は釣合ひて、質點は何れへも運動せず。又三つの力が一質點に働き、其内の二力の合力と、他の一力とが等しくして、方向反對なれば、三力は運動を生ぜず。

八 力の單位

質量一グラムの物體に、一秒時間働きて、一秒時に一センチメートルの速度を與ふる力を以て、力の單位とし、之をダイーンと名づく。故に質量 m グラムの物體に t 秒時間力が働きて、 v の速度を與へたりとすれば、力は $\frac{mv}{t}$ ダイーンなり。而して、 $\frac{v}{t}$ は a に等しければ、力は又 ma ダイーン

力 = 質量 × 加速度



なり。

問題一 四十ダインの力が、二十四グラムの質量の物體に三分時間働きたるとき、其物體の得る速度を問ふ。

全二 質量三十二グラムの物體に、絶えず力が働きて、一分時間の後、四十メートルの速度を與へたりといふ。此力は幾ダインなるか。

全三 質量五四グラムの物體が、一秒時に五九メートルの速度を以て運動するあり。今其運動の方向と反對に力が働きて、十八秒時の後に、運動止みたりといふ。此力は幾ダインなるか。

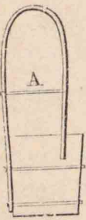
九 運動量 運動せる物體の質量と其速度との積を、其物體の運動量といふ。 m グラムの質量を有する物體に、 t 秒時間力が働きて、 v の速度を與へたりとすれば、物體の運動量は mv にして、單位時間に生じたる運動量は $\frac{mv}{t}$ なり。是前項に於て得たる力の價なり。故に力は單位時間に生じたる運

動量を以て測ることを得べし。

問題 地球を足にて蹴るも、其動かざるは何故なるか。

一〇 働及反働 甲の舟に在る人、乙の舟に結び附けたる綱を引かば、甲乙同時に相近づくを見るべく、又甲の舟に在る人、乙の舟を押さば、甲乙同時に相遠ざかるを見るべし。斯の如く、力が一方に働くときは、常に正反對の方向に、等しき力の働が伴ふものなり。故に働あれば、之に等しき反働あり。

實驗 第百六十七圖の如く、コップの外側に竹片を緊着し、之を撓めて、其他端をコップの内側に入れ、Aの所を絲にて縛ばり、之を水に浮べて、



其絲をマッチの焰にて焼き切るときは、竹片はコップの内側を激しく打つと雖も、コップは其力の方向に運動することなし。

問題 破裂彈が空中にて二片に破裂し、其一片

圖七十六百第

遠心力は、中心力に等しき反働あるの
 理により、中心力と正反對にして、且之と同大の力あり。此力
 を遠心力といふ。故に錘を振り廻すとき、手が錘を引くと同
 時に、錘は又同大の力を以て、手を引くなり。

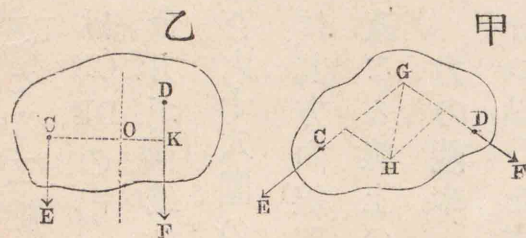
の質量が、他の三倍なりとせば、各片の運動の方向及速さは如何。但破裂
 の際、彈丸は靜止し、且重力の働なきものと假定す。

一一 圓運動及遠心力 錘に絲を附けて之を振り廻すと
 きの如く、物體が圓運動を爲す場合には、一定の力が、常に圓
 の中心の方に働き居るものなり。此力を中心力といふ。運動
 せる物體は、力の働き止めば、一樣なる直線運動を續くるも
 のなるに、圓運動に於ては、中心力あるが爲めに、物體は絶え
 ず其方向を變ずるなり。故に錘を振り廻すとき、手を放つか
 或は絲が切斷せば、中心力の働き止むにより、物體は其瞬間
 の方向、即圓の切線の方向に、其の時の速さを以て飛び去る
 べし。圓運動に於ては、力が運動の速さを變ぜずして、唯其方
 向のみを變ずるものなり。

物體が圓運動を爲すとき、働あれば之に等しき反働あるの
 理により、中心力と正反對にして、且之と同大の力あり。此力
 を遠心力といふ。故に錘を振り廻すとき、手が錘を引くと同
 時に、錘は又同大の力を以て、手を引くなり。

車輪は、中心力に等しき反働あるの
 理により、中心力と正反對にして、且之と同大の力あり。此力
 を遠心力といふ。故に錘を振り廻すとき、手が錘を引くと同
 時に、錘は又同大の力を以て、手を引くなり。

圖八十六百第



問題 速に廻轉する車輪に附きたる泥の
 飛ぶ理如何。又其飛ぶ方向を問ふ。
 實驗 薄き眞鍮環を、其直徑を軸として、速
 に回轉するときは、眞鍮環は形を變じて圓
 圓形となるべし。

一二 剛體に働く力 力の働を受け
 たるるとき、形も體積も變ぜざる物體を
 想像し、之を剛體といふ。剛體の二點 C
 D (第百六十八圖の甲) に、同一平面に在

るCE DFなる二線を以て表はしたる二力が働く場合には、其結果は、CE DFの引長線の交りG點に、一力が働くとして求めたる合力がGH或は其引長線上の一點に働くに等し。又CD二點(第百六十八圖の乙)に、方向等しき平行力が働く場合には、其結果は、其方向線間の距離CKを、力の大きさに反比して分ち且CKに垂直なる線上の一點に、兩力の和に等しき力が働くに等し。

一三 力の能率 第百六十八圖の乙に於て、CKを兩力に反比して分つ點Oを支ふれば、DFはOを中心として、剛體を右に廻轉せしめんとし、CEはOを中心として、之を左に廻轉せしめんとす。然るに此場合に於ては、右に廻轉せしめんとする力の能と、左に廻轉せしめんとする力の能と等しきが故に、剛體は何れへも廻轉せざるなり。此能を名づけて力の能率と

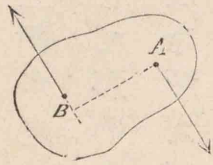


いふ。而して或る點に對する力の能率は、其點より力の方向線までの距離と力との積を以て其價を表はす。

一四 偶力 第百六十九圖の如く、剛體の二點A Bに働く

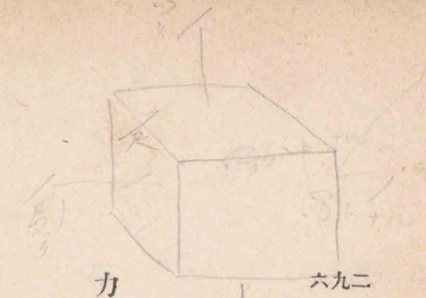
相等しき平行力が、方向反對なるときは、之を偶力といふ。偶力は、物體を廻轉せしめんとするものにして、此偶力の能を偶力の能率といひ、偶力の一つと、其方向線間の距離との積を以て、其價を表はす。偶

第百六十九圖



力は一力と釣合ふことを得ずして、之と能率相等しく、且物體を反對に廻轉せしめんとする、他の偶力と釣合ふことを得るものなり。

問題 二人にて棒を振り合ふとき、太き端を持つ方利なるは、何故なる



か。

一五 彈性體に働く力 物體の立方形なるものを想像し、其六面の各が之に直角なる等しき壓力を受くるか、或は等しき伸長力を受くれば、物體は形を變ずることなく、體積のみを變ず。又相對する二面が等しき壓力を受け、他の相對する二面が之と等しき伸長力を受くれば、物體は體積を變ぜずして、形のみを變ず。若し此物體が彈性體なれば、力が或る限度を超えざれば力を除きたるとき、物體は元の體積或は形を回復するものにして、此限度を彈性の極限といふ。

一六 フックの定律 彈性の極限内に於ては、體積或は形の變化は之を起す力に比例するものなり。之をフックの定律といふ。

一七 振れ及撓み 棒を振らんとするとき、其剛性大なれば、從つて大なる力を要す、而して同物質の棒に於て、其長さ同一なれば、之を振るに要する力は、半徑の四乗に比例するものなり。

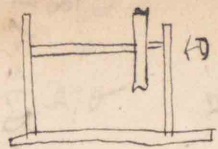
切口矩形なる棒を撓むるに要する力は、其棒の幅に比例し、厚さの立方に比例するものなり。

問題 梁は、横よりも上下の徑大なる様に置くは何故なるか。

一八 仕事 力が働きて、其働きたる所が運動するとき、力が仕事を爲したりといふ。而して仕事は、力と其働きたる所が力の方向に運動したる距離との積を以て測る。

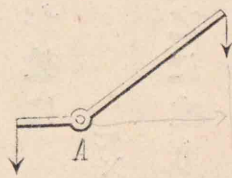
力が一ダインにして、其働く所が、力の方向に一センチメートル運動したるときの仕事は、以て、仕事の單位とし、之をエ

第七十二圖のDの方向の力
り見ゆる
百七十三圖のDより見ゆる



限らずして、次の諸機械に於ても同様なり。

圖一十七百第



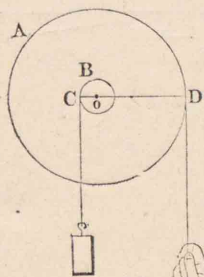
問題 第七十一圖の如く曲りたる槌子あり。A
を其支點とす、今其兩端に矢にて示す如く力が働
くときは、如何なるとき槌子は釣合ふか。

二〇 輪軸 輪軸は、A(第七十二圖)なる

輪とBなる軸とより成り、共にO點を中心
として、廻轉せしむることを得るものなり。

今軸に捲きたる綱に錘を掛け、
輪の周圍に力を働かしめば、錘
の重さより小なる力を以て、其

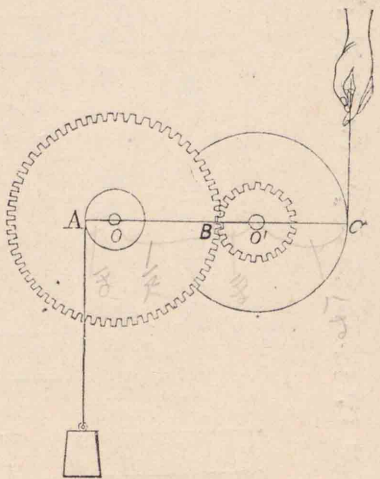
圖二十七百第



綱を捲き盡すまで錘を引き上げ得べし。

輪軸は槌子の變形にして、Oは其支點、CO、ODは其臂なり。而し
て輪軸が廻轉するも、CO、OD三點の關係は變ぜざるが故に

圖三十七百第



輪軸は常に同じ状態に
て働く槌子と見做し得
べし。

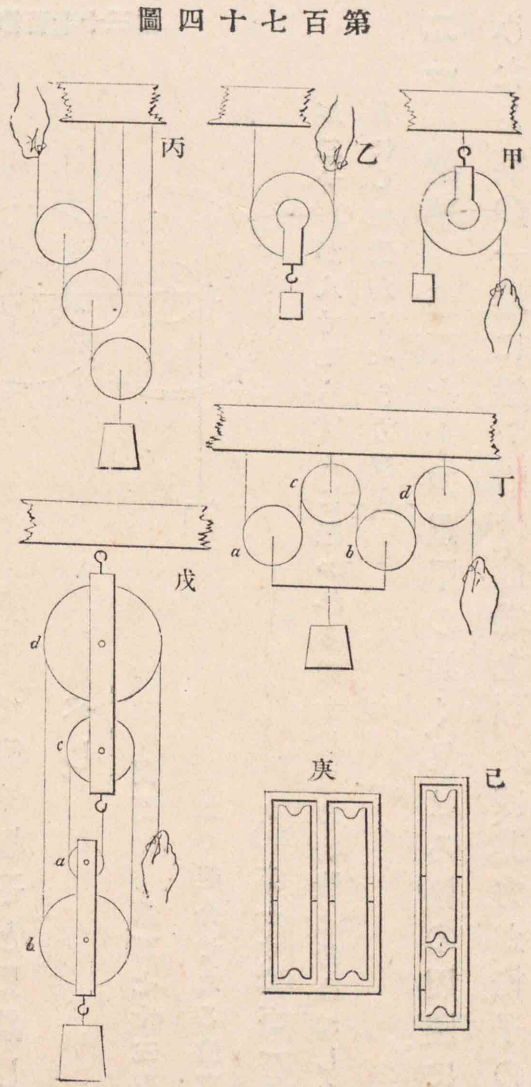
問題 第七十三圖の

如く組合せたる齒車あ
り、AOが一尺、OBが一尺、BO
が二寸、OCが八寸ならば、Aに懸かれる四十貫目の物體と釣合はしむる
爲に、Cに働かすべき力幾何。

二一 滑車 第七十四圖甲の如く、吊せる輪の周圍に纏

ひたる綱の一端に錘を付け、他端を引かば、其力が、槌子の理
により、錘の重さと等しきとき平均すべし。又乙の如く、輪の
周圍に纏ひたる綱の一端を固定し、他端を引き上げるとき
は、錘の外、重さなきものとせば、其重さの半分の力にて平均

すべし。斯の如く用ひたる輪を滑車といふ。又丙の如く、數個の滑車を組合せて、綱の端を引くときは、若し滑車の數 n 個ならば、錘の重さの $\frac{1}{2^n}$ の力にて平均すべし。又丁の如く組



圖四十七百第

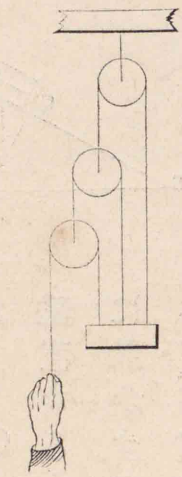
合せたるとき、滑車の數を n とせば、錘の重さの $\frac{1}{n}$ の力に

て平均すべし。今 a, b を一つの木匡中に納め、 c, d を他の木匡中に納めば、戊の如くなるべし。其納め方は、通常己の如く上下に置くもあり、或は庚の如く並置するもあり。

問題一 第七十五圖の如く、三個の滑車を組合すときは、力は重さの幾分の一にて釣合ふか。

全二 第七十四圖の丙に

於て、各滑車の重さを a とせば、滑車が釣合ふには、滑車に重さなしと假定したる場合より、力

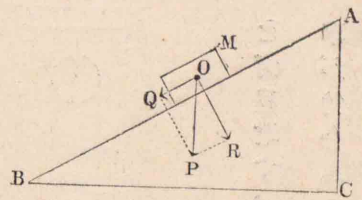


圖五十七百第

を何程増すべきか。又戊圖に於て下の一組の滑車の重さを b とせば、滑車が釣合ふには、力を何程増すべきか。

二二 斜面 AB (第七十六圖) を斜面とし、BC を水平面とし、

圖六十七百第



ACなる直立線を引けば、之を斜面の高さといひ、ABを斜面の長さといふ。斜面上に物體Mありとせば、其重さはBCに垂直なる方向に働くべし。此力をOPとし、之をABに平行なる力OQと、垂直なる力ORとに分てば、物體をBの方に動かす力はOQなり。故に此力に等しくして、方向の反対なる力を物體に働かしめば、物體を支ふることを得べし。而して、

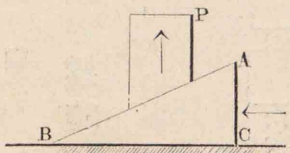
$$OQ : OP = AC : AB$$

なるを以て、此支ふる力をFとし、Mの重さをWとすれば、

$$F = \frac{AC}{AB} W$$

なり。故に斜面の長さの高さに対する比が大なる程、小なる

圖七十七百第



力にて大なる重さの物體を引き上ぐることを得べし。第百七十七圖のPを、上方にのみ動く物體とし、此物體と水平面との間に、斜面をBCだけ押し入るゝ時は、物體はACだけ押し上げらるべし。而して斜面を押し入るゝ力をFとし、物體を押し上ぐる力をF'とすれば、斜面に爲したる仕事はF'×BOにして、物體を押し上ぐる仕事はF×ACなり。然るに、凡て機械は仕事を増減することなきが故に、

$$F' \times BO = F \times AC \quad \text{或は} \quad F' = \frac{BO}{AC} F$$

問題一 高さ六寸、基底八寸なる斜面上に、二十貫目の物體を支持するに要する斜面に平行なる力の大きさを問ふ。

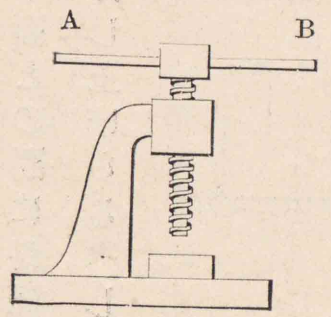
ハカ、方向の異なる力
ニカサハ、目的
三、目的の異なる力
在目的の異なる力
ヲ作ルモノナリ、然レモ、理想
的ニモ、之ニ過キス

全二 斜面に沿ふて其最高點まで物體を引き上げる仕事は、斜面の高さに沿ふて、其最高點まで引き上げる仕事に等しきことを證せよ。
全三 斜面の傾き異なるも、斜面に沿ふて、同じ物體を同じ高さまで引き上げる仕事は、常に等しきことを證せよ。
全四 刃物の刃を鋭くする程、よく切るゝは何故なるか。

二二三 螺旋

螺旋は圓柱の周圍に斜面を捲きたるものにして、其一捲きは、斜面の長さに當り、一捲きの始めと終りとの距離は、其高さに當る。之を螺旋の歩みといふ。螺旋を用ひたる壓搾器に於て、AB(第百七十八圖)なる棒の兩端に、各Fなる力を働かせ之を一廻轉せしめば、螺旋は其下端と臺との間に置きたる物體を押しつゝ、其一步みだけ下方に進むべし。

圖八十七百第



し。而して、仕事には増減なきが故に、此壓力をF'とし、歩みをLとし、棒の長さをLとせば、

$$2\pi LF = F' L \quad \text{即} \quad F' = \frac{2\pi L}{L} F$$

なり。故にABが長く、歩みが短き程、力は増すべし。

二四 摩擦

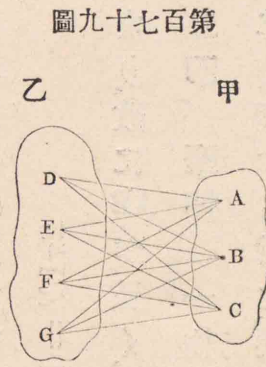
一物體を他物體の上に運動せしむるときは、其接觸する所に、運動に抵抗する力を生ず。此力を摩擦といふ。而して摩擦は、接觸表面の大小に關せずして、壓力に正比例す。總て機械を使用する場合には、摩擦あるを以て、機械に對して爲したるだけの仕事を、機械は爲すこと能はず。而して摩擦あれば、其所に必ず熱を起す。是即仕事の一部が熱に變じたるなり。

二五 宇宙引力

地球は地球上の萬物を牽引するものに

して、此引力を重力と名づくることは、第一編に於て既に之を學べり。此引力は單に地球と地球上の物體との間にのみ存するにあらずして、地球上の物體相互の間にも、地球と諸天體との間にも存す。故に之を宇宙引力といふ。

二六 宇宙引力の定律 A B C (第百七十九圖)を、甲物體の質點とし、D E F G を、乙物體の之と同質量の質點とす。然る



ときは、兩物體の各質點は、互に他物體の各質點を牽引すること、直線を以て示すが如し。故に兩物體の質點が多き程、引力は其強さを増す。又引力は、兩質點の距離の自乗に反比例するものなり。即二物體間の引力は、其質量の相乗に正比例

圖九十七百第

し、距離の自乗に反比例す。

甲物體の質量を m とし、乙物體の質量を m' とし、其距離を r とし、引力を f とすれば、

$$f \propto \frac{mm'}{r^2}$$

となる。若し兩物體の質量と、其距離とが、各單位なるときの引力を以て、引力の單位とせば、

$$f = \frac{mm'}{r^2}$$

なり。

問題一 地球が石を引くと同時に、石も亦同じ力を以て地球を引くものなるか。

全 二 物體に重さなければ、之を動かすに力を要せずと考ふるものあり、其誤なることを示せ。

力重さ同値と質量及単位時間速度同値と関係するなり

Handwritten notes at the top of the left page, including mathematical derivations and definitions of mass and force.

$$f = \frac{m v}{r^2} = \frac{f}{m} = \frac{m'}{m}$$

$$f = \frac{m v^2}{r} = \frac{f}{m} = \frac{m'}{m}$$

重さ、質量に比例
し、速度は又カ
倍する、同
ニ倍するナリ。

引力は質量の相乗に比例し、又地球の質量は一定なるが故に、地球上の物體の重さは、其質量に比例すべし。

問題三 空氣の抵抗なければ、輕き物も重き物も、同じ速度を以て落下するは何故なるか。

實驗 金屬製の猪口内に羽毛を入れ、之を手より放ちて落下せしむるときは、羽毛は輕きものなるに拘らず、猪口と同速度を以て落下すべし。然れども、猪口を急に引き降せば、羽毛は後に残さるべし。

又引力は距離の自乗に反比例するものなれば、地球上の物體が地心を遠ざかるに従ひ、其重さを減ずべし。故に高山の巔にては、海面に於けるよりも物體の重さ少く、又赤道にては、兩極近傍に於けるよりも、其重さ少し。而して重さの此差異は、ゼンマイ秤にて測るを得べし。天秤にては分銅も共に重さを減ずるが故に、其用を爲さず。

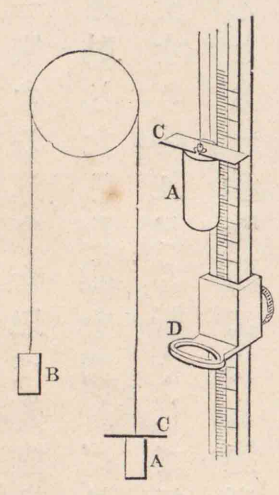
問題四 天秤は重さを測る器械なるか、將た質量を測る器械なるか。

二七 落體 重力が物體に一秒時間働きて與ふる速度は、落體の運動速きに過ぎ、直接に之を測定すること困難なれども、アトウッドの機械を用ふれば、間接に之を知るを得べし。

アトウッドの機械は、成るべく摩擦なき様に作りたる滑車に絲を懸け、其兩端に同質量の錘を吊したるものにして、各錘の質量を m とし、其一つ A (第百八十圖) に m' なる質量の錘 C を

加ふるときは、A B 兩錘は、C に働く重力の爲に運動を始め、次第に其速度を増すべし。而して其一秒時間

圖十八百第



運動したる後、C を取り去る爲めに、D なる環を適宜の位置

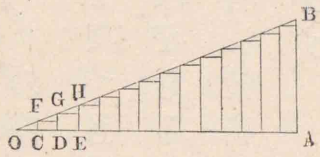
$v = gt$
 $v^2 = g^2 t^2$
 $s = \frac{1}{2} g t^2$
 $t^2 = \frac{2s}{g}$
 $t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$
 $v = g \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{2gs}$

一ミリグラムの重さに等し。
 アトウッドの機械にありては、力が錘のみならず、滑車にも亦運動を興へ、且滑車の摩擦等の妨げありて、錘に對する其効果を減ぜらるゝが故に、重力の加速度を精密に測定するを得ず。若し精密に測定せんとすれば、振子を用ふる方法に依るを要す。
 物體が落下するとき、重力は絶えず物體に働き居るが故に、物體の得る速度は時間に比例すべし。今重力の加速度を g として t 時間の終りの速度を v とすれば、
 $v = gt$ (1)
 $s = \frac{1}{2} g t^2$ (2)

に固定して、A を通過せしめば、重力の働き止むが故に、A B は一樣なる速度を以て運動すべし。而して通過後、一秒時間に運動したる距離を測れば、是即 A B が一秒時間に得たる速度なり。然れども斯くして得たる速度は、物體が自由に落つるとき一秒時間に得る速度の $\frac{200}{2000}$ なり。如何となれば、運動を生ずる力は、唯 m なる質量に働く重力のみにして、運動すべき質量は、 $2000m$ なればなり。
 此方法に由り、重力は物體に一秒時間働きて、一秒時に九百八十センチメートルの速度を興ふることを知る。之を重力の加速度といふ而して一グラムの質量に働く重力は、之に一秒時間働きて、一秒時に九百八十センチメートルの速度を興ふるを以て、九百八十ダイソンなり。故に一ダイソンは始ど

なり、如何となれば、落體の最初の速度は零にして、 t 時間の終りの速度は gt となれば、平均の速度は $\frac{1}{2}gt$ なるべく、之に時間 t を乗じたるものが、 t 時間に落下したる距離ならざるべからざればなり。尙ほ之を詳説せん、横線 OA (第百八十一圖) を以て、落下の時間 t を表はし、縦線 AB を以て、最終の速度を表はして、三角形を作り、落下の時を n 等分したる者を OC CD DE 等とせば、 CF DG EH 等の縦線は、各 $\frac{t}{n}$ $\frac{2t}{n}$ $\frac{3t}{n}$ 等の終りの速度を表はすべし。今 $\frac{t}{n}$ を極めて小なるものと考へば、其時間中は速度一樣なるものとするを得るが故に、 FD GE 等の矩形の面積は、順次 $\frac{t}{n}$ 時間に落下したる距離を表はすべし。故に是等の矩形の面積の總

圖一十八百第



$$v = \sqrt{2gs}$$

和は、 t 時間に落下したる距離を表はす。而して $\frac{t}{n}$ は極めて小なるものなれば、矩形の面積の總和は、 OAB 三角形の面積と等し。即其面積 $\frac{1}{2}gt^2$ は、物體の落下したる距離を表はす。

(1) (2) 兩式より t を消去すれば、次の式を得。

問題一 一秒時に三メートルの速度を以て、直下に投げ下したる物體は、七秒時に幾何の距離を經過するか。又最初より四秒時の終りの速度を問ふ。

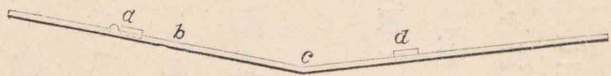
全 二 一秒時に二十八メートルの速度にて、直上に投げ上げたる物

體が、二秒時の終りに有する速度は幾何なるか。

全 三 五貫目の物體を、二十三尺一寸擧ぐる仕事を、エルツ單位にて示せ。但一貫目は一キログラムの四分の十五なり。

全 四 高さと基底とが三と四との比を爲せる斜面上にて、球を轉落

圖二十八百第

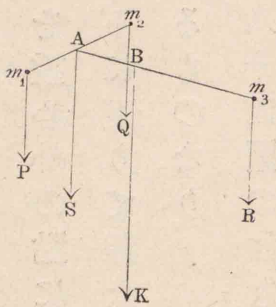


せしむるとき、球が三秒時の終りに得る速度如何、又五秒時間に落下する距離を問ふ。

實驗

幅一寸、長さ五尺許りの二枚の板を直角に合せて、樋形のもの二個を造り、且之に目盛りをなし、其端を接続して、第八十二圖の如く、一つを水平に、他を水平と或る角度を爲して支へ、傾きたる樋に球を置き、之を轉落せしむれば、球は加速運動を爲して落下すと雖も、水平なる樋に達すれば、等速運動を以て轉ずべし。今傾きたる樋の a 點に、木片を以て球を支へ置き、一二三四と呼びて拍子を取り、一と呼びたる時木片を取り除けば、二と呼びたる時、 b にて他の木片に衝突し、再び球を a より轉落せしめ、三と呼びたる時、 c にて木片に衝突し、更に球を a より轉落せしめ、四と呼びたる時、 d にて木片に衝突する様に、 a の位置を加減すれば、 bc の距離は ab の三倍にして、 cd の距離は ab の四倍なるを見るべし。

圖三十八百第



二八 重心

重力は物體の各質點に働きて、且互に平行なり。

m_1 m_2 m_3 m_4 等(第百八十三圖)を物體の同質量なる各質點とし、 P Q R 等を各質點に働く重力とすれば、 m_1P m_2Q 二力の合力は、 m_1m_2 の中央 A 點に働きて、且一質點に働く力の二倍なる AS なり。又 AS と m_3R との合力は、 Am_3 線中 A 點より、其長さの三分の一

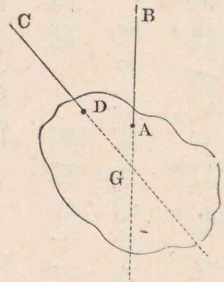
の距離に在る B 點に働きて、且一質點に働く力の三倍なる BK なり。順次斯の如くして物體の質點の盡くるに至り、最後に得たる點は、物體の總質點に働く重力の合力の働く點にして、此合力の大きさは、各質點に働く重力の總和、即物體の重量に等しかるべし、而して物體の位置如何に拘らず、各質點に

働く重力は常に平行なれば、最後に得たる點の位置は常に一定なるや明なり。此點を稱して物體の重心といふ。即物體の重心とは、其各質點に働く重力の合力の方向が、物體の位置如何に拘らず、常に通過する一點なり。故に重心を支へば、物體は常に平均し、其重さは其點に集り居るものと見做し得べし。

物體を重心外の點にて支ふれば、物體は廻轉し、重心が支點の直下に下りて靜止す。即重心は常に最低の位置を取らんとするものなり。

第百八十四圖の如き物體の重心を定めんには、先づ任意の一點Aに絲を附け、之を釣り下げば、物體の重心はA點の直下、即絲の方向BAの引長線中にあるべし。次に他の一點Dに

第百八十四圖



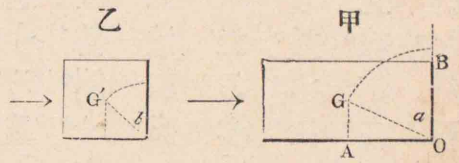
絲を附けて、之を釣り下げば、重心は又絲の方向CDの引長線中にあるべし。故に重心は、是等二線の交點Gなることを知るなり。

二九 物體の轉倒

平面上に立てる物體に於て、其重心を通過する重力の方向線、即直立線が、底面内を通過すれば、物體は轉倒せず。底面とは、物體と平面との觸接の面にして、三脚或は四脚の臺の如き物體に於ては、脚の下端を連結して作りたる多邊形を以て底面とす。

同じ重さにして、重心が同じ高さに在るも、重心を通過する直立線が、底面の周圍より遠き物體は、近き物體よりも轉倒し難し。第百八十五圖に於て、甲を底面の廣き物體とし、乙を

圖五十八百第

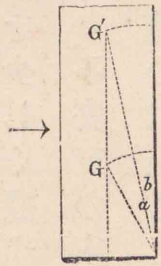


要する仕事は、乙體を倒すに要する仕事よりも大なり。故に甲體は乙體より轉倒し難し。

問題 第八十五圖甲の重さをWとし、水平なる力をB點に働かしめて甲が傾き始むるときは、其力幾何なるか。

又同じ重さにして、底面は等しきも、重心の低き物體は、其高

圖六十八百第



き物體よりも轉倒し難し。第八十六圖に於て、Gを低き重心、G'を高き重心とし、力が矢の方向に働きて、物體を倒さんとせば、重心の高き場合には、之をり角だけ、低き場合には、更に大なるa角だけ傾くるを要すべく、又舊位置に物體を戻さんとする重力の能率は、傾き始めには同一なれども、重心の高き場合に於ては、其低き場合よりも、傾きの増すに従ひ、此能率は速かに減ずべし。従つて亦重心の低き場合には、物體を倒すに要する仕事は、高き場合よりも大なるべし。故に重心が低き程、物體は轉倒し難し。

底が線或は點なるときは、物體は倒れ易くして、之を立たしむること困難なれども、物體の位置を少しく變ずるとき、重

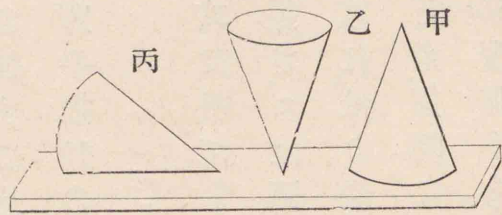
心却つて上るが如き特別の場合に於ては、物體は轉倒せず。彌次郎兵衛起き上り小法師等は此例なり。

三〇 物體の座り 物體の位置を少しく變じたる時、舊位置に戻るものを安定の座りにありといひ、少しく位置を變ずれば、益位置を變ずるものを不安定の座りにありといひ、又位置を變じたる時、舊位置に戻ることもなく、又益位置を變ずることもなくして、其位置に留るものを中立の座りにありといふ。

位置を少しく變ずるとき、物體が安定の座りにあれば、重心は上り、不安定の座りにあれば、重心は下り、中立の座りにあれば、重心は上ることも下ることもなし。

第百八十七圖の甲乙丙の如く置きたる圓錐形は、此三種の

第百八十七圖



座りにあるものなり。

三一 振り

糸の一端に錘を附け、他端

を固定すれば、糸は直立線の方向を取る

べし。之をOA(第百八十八圖)とす。今錘をB

の位置まで引き上げて之を放てば、錘は

BDなる重力の分力BFの働きにて、加速運

動を爲して舊位置に戻り、更に反對の方

に減速運動を爲して同じ高さのCに達

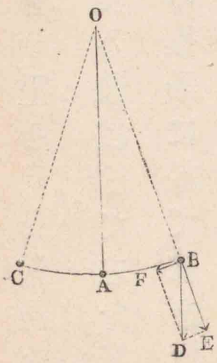
し、又下りて再びBに達す。順次斯の如くして振動を續け、空

氣の抵抗と、Oに於ける糸の抵

抗と無くば、振動は永久止まざ

るべし。糸にて吊したる錘のみ

第百八十八圖



ならず、重心外を通過する線を軸として、振動し得る如く爲したる體は、總て之を振子といふ。

前の振子に於て、絲を極めて軽く、且極めて撓み易きものとし、錘を極めて小なるものとせば、若しABなる距離即振幅が、絲の長さに比して小なるときは、錘がBよりCに達する時間即半振動の時間は、次の公式を以て表はすことを得べし。

$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ 半振動の時間

此式に於て、Tは半振動の時間、gは重力の加速度、lは振子の長さ、 π は圓周率なり。

此式に依り、振子の振動の時間は、其長さの平方根に比例すれども、振幅には關係せざるを知る。故に同一の振子に於ては、其振幅小なれば、振動の時間は振幅異なるも常に等し。之を

振子の等時性といふ。

又此式に依り、振子の振動の時間は、重力の加速度の平方根に反比例すれども、其質量には關係せざるを知る。是重力の加速度は、質量の大小に關係なきに由るなり。

又此式を變ずれば

$\frac{l}{g} = \frac{T^2}{4\pi^2}$

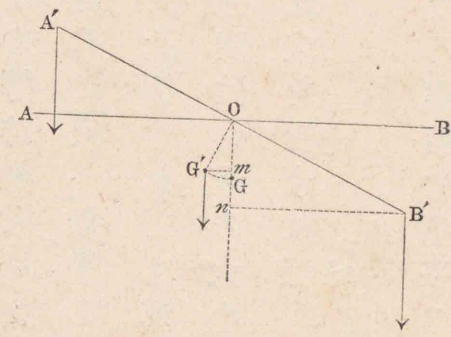
となるが故に、振子の長さと、其振動の時間とを知らば、重力の加速度を知るを得べし。

振子の錘を空虚となし、其中に種々の異りたる物質の同重量を入れて振動せしむるときは、其振動數異なることなし。之に由り、重力は質量に比例することを知る。

三二 天秤 天秤は物體の質量を測る器械にして、成るべ

天秤の扱工の注意
 天秤の扱工は水手ニシテ中絶
 ナリ
 鐘ハ手ニ取扱ハズニシテ
 中絶ニセテトコニ取扱フ
 フト申ス
 鐘ヲノセルニ天秤ノ向リチ
 在ラザルニ通トス

圖九十八百第



く軽く且撓まざる竿より成り、其中央に鋼鐵製の双ありて堅く且平滑なる面上に支へられ、竿の廻轉を自由ならしむ。又竿の兩端にも、上に向ひたる双ありて、之に皿を懸く。而して双尖きは何れも竿と直角をなして、同一の平面内に在り。天秤は第一に正しからざるべからず。之を正しからしむるには、兩端の双尖きが中央の双尖きより同距離に在るを要す。第二に感じの良きものならざるべからず。感じを良くせんには、竿の重心が中央の双尖きに近きを要す。天秤の兩方の皿に物體と分銅とを載せざる場合には、竿が水平の

位置に在りて、竿の重心 G (第百八十九圖) は、中央の双尖き O の直下に在るべし。又兩方の皿に載せたる物體と分銅との質量が等しきとき、即重さが等しきときも、同様に G は O の直下に在るべし。今 B の双尖きに懸けたる皿に載する分銅が、他の皿に載せたる物體より重ければ、天秤は $A'B'$ の如く傾くべし。此時は、物體の重さの O に對する能率は、之と同質量の分銅の重さの O に對する能率に等しきが故に、分銅の重さと物體の重さとの差の O に對する能率、即此差に nB' を乗じたるものが、竿の重さの能率、即竿の重さに mG' を乗じたるものと等しかるべし。故に竿の重心が中央の双尖きに近ければ、竿の重さの能率減ずるを以て、重さの差小なるも、天秤の傾くこと大なるべし。即天秤は感じ良くなるべし。

問題一 日本秤の感じを良くするには、如何に之を改良すべきか。

全 二 不正の天秤あり。某物體を計るに、物體を甲の皿に載すれば、乙の皿に四〇グラム（或ハミキヤルセト後を以テ）の分銅を置きて平均し、物體を乙の皿に載すれば、甲の皿に六二五グラムの分銅を置きて平均すといふ。物體の眞の重さを問ふ。

第九編

エ子ルギー *Energy* 勢カ

一 運動體のエ子ルギー 運動せる物體は仕事を爲し得るものなり。例へば、抛げたる石が梢に當れば、之を押し曲げ、或は吊したる物體に衝突すれば、之を押し動かす。而して運動體の爲し得る仕事は、其質量と速度とに關するものにして、其質量と速度とが大なる程、多くの仕事を爲すものなり。斯の如く、物體が仕事を爲し得る状態に在れば、其物體がエ子ルギーを有すといふ。即ちエ子ルギーとは、仕事を爲す能をいふなり。

二 高處に在る物體のエ子ルギー 高處に在る物體は、靜止するも亦仕事を爲し得るものにして、エ子ルギーを有す。

例へば、引上げたる時計の錘は、其下るとき時計を運轉せしむ。斯の如く、高處にある物體がエネルギーを有するは、地球の引力に逆ひ、地より離しあるに由るものにして、此種のエネルギーを位置のエネルギーといふ。而して高處に在る物體が、其最低の位置に下るとき爲す仕事は、兩處の距離を s とし、物體の質量を m とし、重力の加速度を g とすれば、 mgs なるが故に、之を以て其物體の位置のエネルギーを表はす。時計のゼンマイ、撓めたる竹片、伸したる護謨の如きも、各其部分の相互の關係の位置により、静止すとも仕事を爲し得るものにして、是等も亦位置のエネルギーを有す。位置のエネルギーに對し、運動體のエネルギーを運動のエネルギーといふ。

$v = g t$ $v = 2g$ $\frac{v}{g} = t$ Mgh

$\frac{1}{2} m v^2 = m g h$ $\frac{1}{2} m (gt)^2 = m g h$ $\frac{1}{2} g t^2 = h$ $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

$\frac{1}{2} m v^2 = m g h$ $\frac{1}{2} m v^2 = m g \frac{v^2}{2g}$ $\frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m v^2$

三 運動體の質量及速度と其エネルギーとの關係 重力に逆ひ、直上に抛り上げたる物體は、落體が速度を得ると同じ割合に、其速度を失ふが故に、 v なる速度を以て抛り上げたる物體が、静止するまでの時間及距離は、落體が v なる速度を得るに要する時間及距離に等し。而して質量 m にして速度 v なる物體が、重力に逆ひ直上に運動し、静止するに至る場合には、其静止するまでに昇る距離を s とし、重力の加速度を g とせば、其自體に爲したる仕事は mgs なり、然るに第八編第二七項に於ける落體の速度の公式(3)に由り、

$$s = \frac{v^2}{2g}$$

なるが故に、此仕事は $\frac{1}{2} m v^2$ にして、是即運動體のエネルギーを表はすものなり。

四 位置のエネルギーと運動のエネルギーとの變換 高處にある物體が落下するときは次第に速度を増し、運動のエネルギーが増すと同時に、位置のエネルギーは減ずべし、又運動體が重力に逆ひて高處に昇るときは、次第に速度を減じ、運動のエネルギーが減ずると同時に、位置のエネルギーは増すべし。而して位置のエネルギーと運動のエネルギーとの和は常に一定なり。爰に m なる質量の物體ありて、 s なる距離を落下し、最低の位置に達したりとせば、其エネルギーは、位置のエネルギーの形としては消失すれども、最大の運動のエネルギーとして存す。而して此運動のエネルギーは $\frac{1}{2}mv^2$ 即 mgs にして、最高處の位置のエネルギーに等し、又 $\frac{s}{2}$ だけ落下したるとき、位置のエネルギーは最高處の

和筆
 $\frac{1}{2}m \times 64 \times 64$
 $32 \times m \times 64$

工
 $\frac{1}{2}m \times (64)^2 =$
 $32 \times 2 = 64$
 $\frac{1}{2} \times 32 \times 4 = 64$
 $32 \times m \times 64 =$

此の運動體が落下する時、位置のエネルギーは減じ、運動のエネルギーは増す。其の和は常に一定なり。此の和は、振動體が何れの位置にあるも、常に一定なり。

位置のエネルギーの半となれども、其時の速度は、落體の公式に由り、 \sqrt{gs} なれば、運動のエネルギーは $\frac{1}{2}mgs$ にして、最高處の位置のエネルギーの半に等し。斯の如く位置のエネルギーと運動のエネルギーとの和は、常に一定なり。重力に逆ひて昇る運動體に於ても亦斯の如し。振動せる振子に於ては、振子が其最も偏りたる位置に在るとき、位置のエネルギーのみを有し、其中央の位置に在るとき、運動のエネルギーのみを有す。斯の如く、凡て振動體に於ては、其エネルギーは、交互に位置のエネルギーとなり、又運動のエネルギーとなる。然れども其和は、振動體が何れの位置にあるも、常に一定なり。

五 エネルギーの保存 物體の有するエネルギーは、無よ

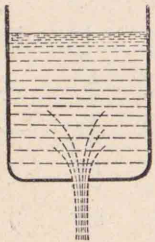
り生ずるものに非らずして、必ず由りて来る所あり。高處に在る物體、或は運動體が、エチルギーを有するは、他の體が、其エチルギーに等しき仕事を、是等の體に爲したるに由るものにして、若し是等の體が他の體に仕事を爲さば、其仕事に等しきエチルギーが、是等の體より他の體に移るべし。而してエチルギーを有する體が、他の體に仕事を爲すとき、其中間に如何なる機械の媒介ありとも、既に學びたる如く、機械は仕事を増減することなかるべし。前項に述べたる如く、位置のエチルギーと運動のエチルギーとの變換は、高處に在る體、或は運動體が、自體に仕事を爲したる場合にして、此場合に於ても亦エチルギーに増減なし。斯の如くエチルギーは無より生ずること亦減することなく、一つの體より

他の體に移り、或は自體に於て形を變ずとも、其量は常に一定にして、増減せざるものなり。此原理をエチルギーの保存といふ。

六 噴水の速度

水を盛りたる器の底に(第百九十圖)孔を穿てば、水は或る速度を以て噴出すべし。此噴出する水の運動のエチルギーは、器内の水の失ひたる位置のエチルギー

第百九十九圖



より來れるなり。今水を盛れる器の側壁を直立せるものとし、其水平の切口の面積を百平方センチメートルとし、或る時間に噴出する水の量を十グラムとせば、十グラムの水の體積は十立方センチメートルなるが故に、噴出の爲に、器内の水の全量は一ミリメートル降るべし。全量が一ミリ

メートル降りて失ふ位置のエネルギーは、孔より水面までの高さを h とせば、厚さ一ミリメートルの水平の層の水が、 h センチメートル降りて失ふ位置のエネルギーに等し。而して厚さ一ミリメートルの層の水の量は、噴出する水の量と等しければ、噴出する水は、 h センチメートルの高さより落下して得たる速度を有せざるべからず。即其速度を v とせば、

$$v = \sqrt{2gh}$$

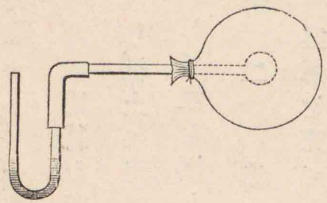
なり。

問題

空氣の抵抗及摩擦なければ、上方に噴出する水は、器内の水面の高さまで達することを説明せよ。

七 諸種のエネルギー 物體が高處より落下すれば、位置

第百九十一圖



のエネルギーが次第に減じ、運動のエネルギーが次第に増せども、物體が地に衝突すれば、其運動止むが故に、物體の有するエネルギーは、爰に全く消滅したる感あれども、物體間の衝突或は摩擦により、運動のエネルギーが全く消失するか、或は減ずるときには、常に熱を發生するものにして、此熱は、物體分子間の振動のエネルギーなるが故に、エネルギーは形を變じたるのみにして、消滅したるにあらず。

氣體を壓縮するときは、其仕事の爲に費えたるエネルギーは熱となり、氣體の温度は昇る。之と反對に、氣體が膨脹して仕事をなすとは、氣體の有する熱が費えて、氣體の温度

は降る。

實驗一 一端に球を有する硝子管に、第九十一圖の如く、空氣を充てたる膀胱を緊着し、之にゴム管を以て、着色液を入れたるU字管を接続し、机上にて膀胱を數回強く壓するときは、球内の空氣が熱の爲に膨脹して、液を壓し上ぐるを見るべし。

全二 第一編第十七項の實驗四に用ひたる空氣鐵砲内に、濕りたる空氣を充て、之を發砲するときは、發砲の際、砲口に霧の生ずるを見るべし。

問題 前の實驗に於て、霧の生ずる理を説明せよ。

燃燒によりて生ずる熱は、物質の化合より來る。化合すべき物質が離れ居るときは、恰も高所にある物體が地球より離れ居るが故に、位置のエネルギーを有するが如く、化學的分離のエネルギーと名づくる位置のエネルギーを有するも

のなり。而して化合の際、此エネルギーは熱に變ず。

物體が融解し或は蒸發する際には、之に熱を與ふるも温度の昇ることなく、熱が全く消滅するが如くなれども、融解或は蒸發は、物體分子の位置に變化を生ずるものなれば、此熱は物體分子の位置のエネルギーに變じたるなり。故に物體が凝固或は凝結するときは、融解或は蒸發の際に費へたる熱と同量の熱を發生す。余輩は此位置のエネルギーを變態のエネルギーと名づくべし。

物體が熱を輻射するとき、物體分子の振動のエネルギーが、エーテルの振動のエネルギーに變ず。是即輻射熱なり。光も亦輻射熱の如く、エーテルの振動のエネルギーなり。又物體分子の振動のエネルギーが、エーテルの振動のエネルギー

一に變ずるが如く、物體の振動のエネルギーが空氣の振動のエネルギーに變ずれば音となる。故に音も亦エネルギーの一種なり。

磁石の異種の極、或る異種に發電したる二物體が離れ居るときは、地上の物體が地球より離れ居るとき、位置のエネルギーを有す。而して異種に發電したる物體を、導體を以て連結するときは、電流を生ず。電流も亦エネルギーの一種にして、電流の通ずる導體は熱せらるべし。是電流が熱に變じたるなり。

以上述べ來りたる諸種のエネルギーを列記すれば、次の如し。

位置のエネルギー

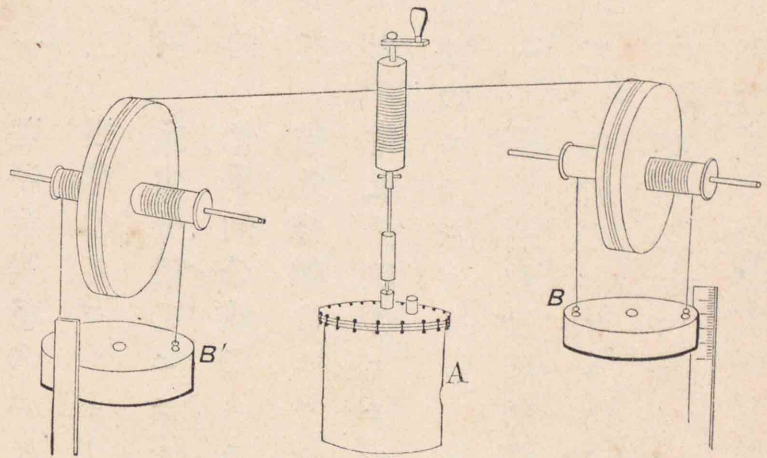
- 一 變形及變積のエネルギー
 - 二 變態のエネルギー
 - 三 重力分離のエネルギー
 - 四 化學的分離のエネルギー
 - 五 磁氣分離のエネルギー
 - 六 電氣分離のエネルギー
- 運動のエネルギー

- 一 變位運動及回轉運動のエネルギー
- 二 振動のエネルギー(音は此内に入る)
- 三 輻射のエネルギー(輻射熱・光及電氣波は此内に入る)

四 熱

五 電流

圖二十九百第

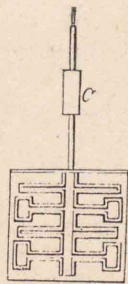
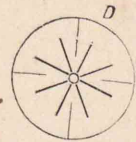


八 熱の仕事當量 熱は

エ子ルギーなるが故に、他のエ子ルギーが熱に變ずるとき、及熱が他のエ子ル

ギーに變ずるときは、其間に、量に於て常に一定の關係

なかるべからず。ジュールは此關係につき、初めて精密なる實驗を



き、初めて精密なる實驗を

行ひ、一・グ・ラ・ム・の・水・を・攝・氏・一・度・だ・け・高・む・る・に・要・す・る・熱・量・は、
 4.2×10^7 エルグの仕事に相當することを見出せり。其方法は、
 第百九十二圖のCなる縦斷圖及Dなる横斷圖を以て示すが如き、羽の附きたる車を備ふる器Aに水を盛り、B、B'の錘を以て、羽車を廻轉して水を攪拌せしむるなり。
 水は攪拌せらるゝ爲に摩擦して熱を生じ、其温度が上昇すべし。此温度を計りて發生したる熱量を知り、又錘の下降によりて費えたる仕事を知るなり。

問題 ジールの實驗に於て、錘の一個の重さが二百グラムにして、二十五メートル降るとし、水の量を百五十グラムとせば、水の温度は何程昇るべきか。但熱は水中にのみ發生し、且此熱は他に移らざるものと假定す。

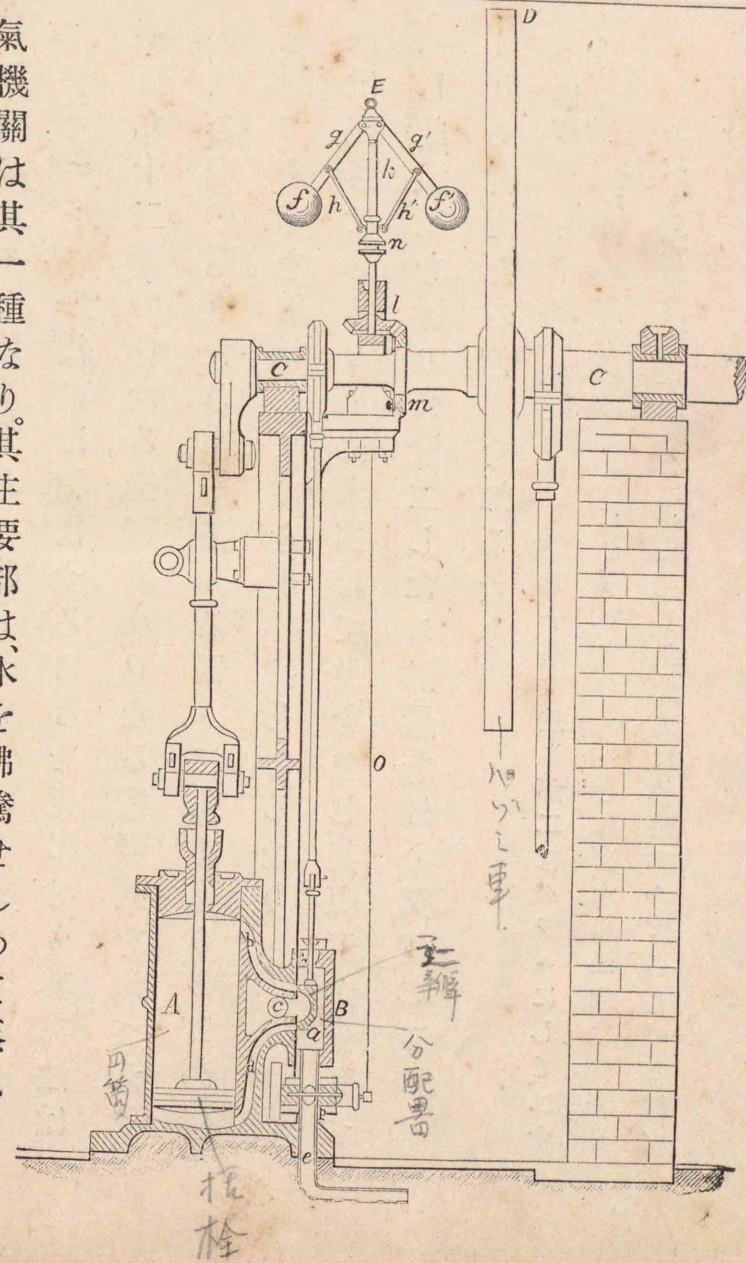
九 蒸氣機關

熱を仕事に變ずる装置を熱機關といふ。蒸

供給する釜、即汽罐と、蒸氣の張力により、進退し得べき活栓を備ふる圓筒とより成る。第百九十三圖のAは圓筒の内部を示すものにして、蒸氣が汽罐より圓筒に入る通路に、Bなる分配器と名づくる装置ありて、其内に進退し得べき活瓣aを備ふ。活瓣が分配器の上部にあるときは、圓筒内の活栓上の部分は、b及cを経て、外氣或は凝結器として蒸氣を冷却して凝結せしむる器に通じ、活栓下の部分は、d及eを経て汽罐に通ず。又活瓣が分配器の下部にあるときは、前と反對に、圓筒内の活栓下の部分は、d及eを経て外氣或は凝結器に通じ、活栓上の部分は、b及cを経て、汽罐に通ず。最初活瓣が分配器の上部にありて、蒸氣が活栓下に入り來りたりとせば、其張力にて活栓は壓し上げらるべし、次に活瓣が降り、

第百九十三圖

氣機關は其一種なり。其主要部は、水を沸騰せしめて蒸氣を



蒸氣が活栓上に入り來らば、活栓は壓し下げられ、其下方に



第百九十四圖

在る蒸氣は外氣或は凝結器中に逃
れ去るべし。順次斯の如くして、活栓
は上下の運動を續くることを得。而
して此上下の運動を曲柄により ω
なる幹軸の廻轉運動に變ず。

動せしむる爲に、第百九十四圖に示すが如き側心盤と名づ
くるものを用ふ。側心盤は幹軸に固着せる圓盤にして、其周
圍に之を圍む環あり。此環は棒により、 ω 瓣と連續す。而して
側心盤の中心は、幹軸の中心と一致せざるが故に、軸の廻轉
につれ、 ω 瓣は上下の運動をなす。

曲柄の位置により、幹軸に及ぶ力の能率に不同あると、機關
の爲すべき仕事に不同あるとにより、其廻轉の速さに變化
を來すが故に、之を避くる爲に、幹軸と共に廻轉する D (第百
九十二圖) なるハヅミ車を用ふ。此車は質量大なるが爲に、其
慣性により、廻轉の速さに急激の變化なからしむ。然れども
機關の負擔が引き續き増し或は減じたる場合にも、廻轉の
速さに變化なからしむる爲に、調節器 (第百九十二圖 E) と名
づくる装置を用ふ。其 f は重き球にして、 g, h, n なる棒
にて、直立せる n 軸上に支へらる。軸は l, m なる齒車によ
り、幹軸の廻轉運動を傳へ、球は遠心力の爲に n 軸より遠ざ
かる。球が n 軸より遠ざかるときは、 n 環を引き上げ、棒 o を
經て、 e 管中の瓣 p に作用を及ぼす。若し機關の廻轉速さに

過ぐるときは、球の軸を遠ざかること大となり、其結果 p 瓣は蒸氣の通路を狭め、其供給を減じて、運轉の速さの大に過ぐるを防ぐべし。

一〇 エ子ルギ一の變遷

エ子ルギ一の變化は、前に述べたれども、尙二三の例を擧げて其種々なることを示さんに、時計が鳴るときは、ゼンマイ或は錘の位置のエ子ルギ一は、順次に錠の運動のエ子ルギ一となり、鈴の振動のエ子ルギ一となり、音となる。而して音は遂に消失して熱となる。薪炭が燃燒するときは、化學的分離のエ子ルギ一が物體の熱となり、又輻射熱及光となる。而して是等の輻射エ子ルギ一が物體に吸収せらるゝときは、其物體の熱となる。電話機に於ては、音か電流に變じ、電流は再び音に變ず。水力を以てダイ

ナモを運轉し、其電流を電氣燈に用ふる場合に於ては、重力分離のエ子ルギ一が電流に變じ、電流が更に熱と光とに變ずるなり。エ子ルギ一の變遷は斯く種々なれども、其量に増減なきを以て、宇宙間のエ子ルギ一の總量は一定不變のものなり。

問題一 レンツの定律の述ぶる所のものは、エ子ルギ一の變化の一例なり。之を説明せよ。

全二 蓄電池に於けるエ子ルギ一の變化を述べよ。

全三 鐵砲を發射するとき、如何にエ子ルギ一が變遷するか。

一一 地上のエ子ルギ一の源

エ子ルギ一が物質の一部分より他の部分に移り、或は一つの形より他の形に變ずるに由りて生ずる諸現象は、我が地球上に活動を與ふるもの

中等物理學終

明治三十五年十二月廿七日印
 明治三十五年十二月三十日發行
 明治三十六年四月七日訂正印刷
 明治三十六年四月十日再版發行

中等物理學
 定價金九拾錢

著作者

後藤 牧

著作者

根岸 福彌

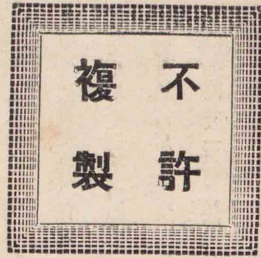
發行兼印刷者

大日本圖書株式會社

東京市京橋區銀座壹丁目廿二番地

右代表者

專務取締役 宮川保全



發賣所

東京市京橋區銀座壹丁目廿二番地

大日本圖書株式會社

大阪市東區北久太郎町四丁目十七番屋敷

大日本圖書株式會社支社

各府縣下 特約販賣所



大日本圖書株式會社出版圖書特約販賣所

北海道 小樽。菅間。白鳥。川南。池田。魁文舍。一二堂。山本。最上谷。村上。**東京府** 文林堂。水野。東京堂。六合館。丸善。仙鶴堂。中野。青野。中西屋。杉村。穴山。中央堂。松邑。森江。大倉。金刺。北隆館。三友。播磨屋。內田。東海堂。文會堂。嵩山房。榮進館。其明堂。青年堂。柏屋。**神戶縣** 弘集堂。田沼。丸屋。**新潟縣** 高桑。高橋。覺張。野鳥書店。西村。中山。萬松堂支店。北光社。松田。目黒。山本。柿村。**埼玉縣** 水野。いろは堂。盛化堂。尙古堂。**群馬縣** 煥平堂。文江堂。淨觀堂。木田。**千葉縣** 多田屋。**茨城縣** 伊沼。明文堂。川又。大塚屋。寺田。南龍堂。高木。宮田。**栃木縣** 內山。永樂屋。平石。青木。**三重縣** 安屋。**愛知縣** 永東書店。川瀬。**靜岡縣** 吉見。谷嶋屋。古澤。菅沼。大石。**山梨縣** 柳正堂。**岐阜縣** 郁文堂。**長野縣** 日新堂。水琴堂。小林。朝陽館。四澤。盛文堂。丸山。**富山縣** 藤崎。藤崎。虎屋。陽文堂。丁子屋。上野屋。**巖手縣** 文港堂。佐藤。近藤。築田。**青森縣** 浦山。今泉本店。今泉支店。伊吉。**山形縣** 盛文堂。日向。牧野。五十嵐。相原。**秋田縣** 曙堂。東海林。藤嶋。鮮進堂。**富山縣** 中田。學海堂。**臺灣** 柳田。**京都府** 若林。中井。河合。松田。村上。南波。**大阪府** 中村。岡島。金川。中川。柳原。小谷。松村。三木。梅原。吉岡。前川。丸善。田中。三宅。石田。北村。金尾。石井。本田。中井。竹內。**兵庫縣** 熊谷。石田。福浦。竹內。木村。藥師寺。**長崎縣** 虎與號。集英堂。**奈良縣** 木原。木原支店。高橋。**滋賀縣** 廣田。**福井縣** 品川。西村。**石川縣** 宇都宮。近田。古香堂。**鳥取縣** 德岡。今井。藤谷。**島根縣** 安達。大蘆。園山。川岡。板倉。**岡山縣** 武內。廣島縣 鈴木。兒玉。原田。**山口縣** 藤川。村田。白銀。小原。**和歌山縣** 宮井。**德島縣** 黒崎。**香川縣** 宮脇。筒井。入江。龜友。**愛媛縣** 向井。土肥。**高知縣** 澤本。**福岡縣** 石田。森岡。菊竹。梅津。中園。佐野。**大分縣** 甲斐。野依。**佐賀縣** 牧川。河內。**熊本縣** 長崎。**宮崎縣** 松井。津野。野崎。谷。**鹿兒島縣** 吉田。久永。**沖繩縣** 豐見城。有馬。

製本所



