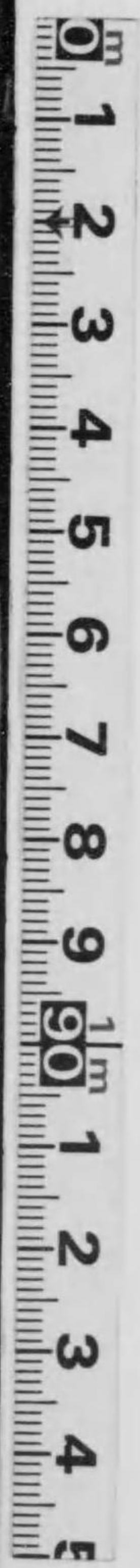


46
211



始



46-211



カチ
物理學史講義

理學博士一戸直藏譯

現代之科學社藏版
株式會社大鐙閣刊

大正
9.9.24
内交

序言

「此の歴史は主として物理学の學生や教師の爲めにと企てられた。著者は科学の歴史に注意を拂ふと、其の科学をば趣味あるものとなし、且つ科学の歴史の研究によりて得られた人智の發達の大観はそれ自らに於て鼓吹的のものであり、且考を公平ならしめるものであると堅く信ずる。

『オストワルドの精密科学の古典集』の發行趣旨中に次ぎの意味深い陳述がある。今日の教育方法では、科学の現時に於ける發達した有様が甚だ成功的に傳へられるが、而かも卓越せる達觀の士は現時の青年の科学教育方法に屢々随伴する一缺點を繰返へし、指摘した。而して其は歴史的意義の缺乏であり、又科学が其の上に築かるゝ大研究の知識の缺乏である。

『本書に述べた物理学の進歩の概觀がオストワルド教授によりてかくも明瞭に指示された此の缺陷を醫する一助となれば著者の幸甚とする所である。

『本書の編纂に際して豫定した紙數を超過せぬ方がよいと思はれるので、普通物理学の範圍の若干の問題を省略するの餘儀なきを來した。』

以上は著者の序である。譯者は元來主として天文學を修めたものであるが、物理學、化學とは言はず、生物學や其他諸方面に興味を有して居る。就中物理學は天體物理學に興味を有する余としては頭から離れない。譯者は教育に歴史的素質を加へることについては多年主張して止まない所である。近頃數學の歴史を傳へる目的でカジヨリの數學史を譯したが序に日本にかけて居る物理學史をも譯した。

譯者は數年以來健康が思ふやうでなく、活動も以前に比し三分一となつた。頭も一層鈍なものとなつた。本書の譯も思ふ程に成功しないどうか讀者から誤を教えて戴きます。

本書はカジヨリ氏が第十九世紀までの物理學の發達を叙せるもので、第二十二世紀に於ける最近二十年の進歩は全く本書にない。此の方面については何れ譯者が活動し得る時を得れば書いて見たいと思つて居る。

ヨカ
リヂ
物理學史講義

目次

第一編	ギリシヤ時代	一—三二
第一章	機械學	二
△第二章	光學	九
△第三章	電氣學及び磁氣學	二一
第四章	氣象學	二四
第五章	音響學	二五
第六章	原子論	二七
第七章	ギリシヤ人の物理學研究失敗の原因	二八
◎第二編	ローマ時代	三—三四
第三編	アラビヤ時代	三五—三九

第四編 中世紀の歐羅巴

第一章 火薬及び羅針盤

第二章 静水力學

第三章 光學

第五編 文藝復興時代

第一章 コバルニカスの系統

第二章 力學

第三章 光學

第四章 電氣學及び磁氣學

第五章 氣象學

第六章 科學討究の歸納法

第六編 第十七世紀

第一章 機械學

第二章 光學

第三章 熱學

第四章 電氣學及び磁氣學

第五章 音響學

第七編 第十八世紀

第一章 機械學

第二章 光學

第三章 熱學

第四章 電氣學及び磁氣學

第五章 音響學

第八編 第十九世紀

第一章 光學

第二章 熱學

目次

目次

第三章 電氣學及び磁氣學…………… 四

第四章 音響學…………… 三〇

第九編 物理學實驗所の開展…………… 四〇五

註解…………… 四一七—五三四

四四五

ヨカリヂ
物理學史講義目次終

ヨカリヂ
物理學史講義

理學博士 一戸直藏 譯

第一編 ギリシヤ時代

數學、純正哲學、文學及び美術に對してはギリシヤ人は驚くべき程の創造的天才を表現したが、自然科學に於いては彼等のなせるものは比較的少ない。併し此の人民が自然の現象を観察する傾向を有せなかつたと云ふのは正しくなからざれば、一般に彼等が實驗の技術に暗かつたことは確かである。従つて彼等の物理學的冥想の多くがつまらぬ價値の少ないものであるのは事實である。自然に關する理論的演繹の甚だ量の多きに比してギリシヤ人のなしたものと知られて居る實驗の数が驚くべき程少ないものである。彼等の冥想を實驗的

ギリシヤ時代

證據によつて實證せんとする企が殆んど見られない。曖昧なる哲學化の最も著しき例として、茲に世界が完全である云ふ證明を述べやう。此の世界のよつて作られた物體は固體である。従つて是等のものは三元のものである。皆て三は最も完全な數である。此の數は凡ての數の中の第一のものである。何故と云へば一なるものは吾々の數として稱するものではない。二は兩方と稱せられて居る。而かも三なるものは吾々の凡てと稱する最初のものである。且つ此の物は始、中、終を有して居る。

第一章 機械學

機械學上の諸々の問題はアリストートルの書物の内に取扱はれて居る。此の大哲學者は直角四邊形の特別の場合に力の平行四方形の觀念を知つて居た。彼は槓桿の理論をば支點よりより大なる點に於ける一つの力が、其の力がより大なる圓を描くによりて、よく容易に錘を動かすと云ふことを述べて説明せんと企てた。彼は槓桿の端に於ける運動をば切線的の部分と法線的の部分とに

分解した、其の切線的の運動を、自然に従ふものと云ひ、法線的の運動を、自然に反するものとした。近世の物理學者は此の自然に反すると云ふ言ひ現し方が自然現象に應用される場合には不適當で又混雜を起すものであると考へる。

落體に關するアリストートルの見解は正しいものでなかつた。併し其の見解が吾等の注意を引くのは中世紀及び文藝復興時代に尙ほ彼の權威は科學上の思想にも大なる勢力を振うて居た所以である。彼の曰く、物體が之と其の容積を同うする二物體の中でより速かに下方に動く物體の方がより重い。他の場所に於いて彼は又物體は其の重さと精密な比例をなしてより速かに落下するものであると教へて居る。是等の證明は何れも正しいものではない。

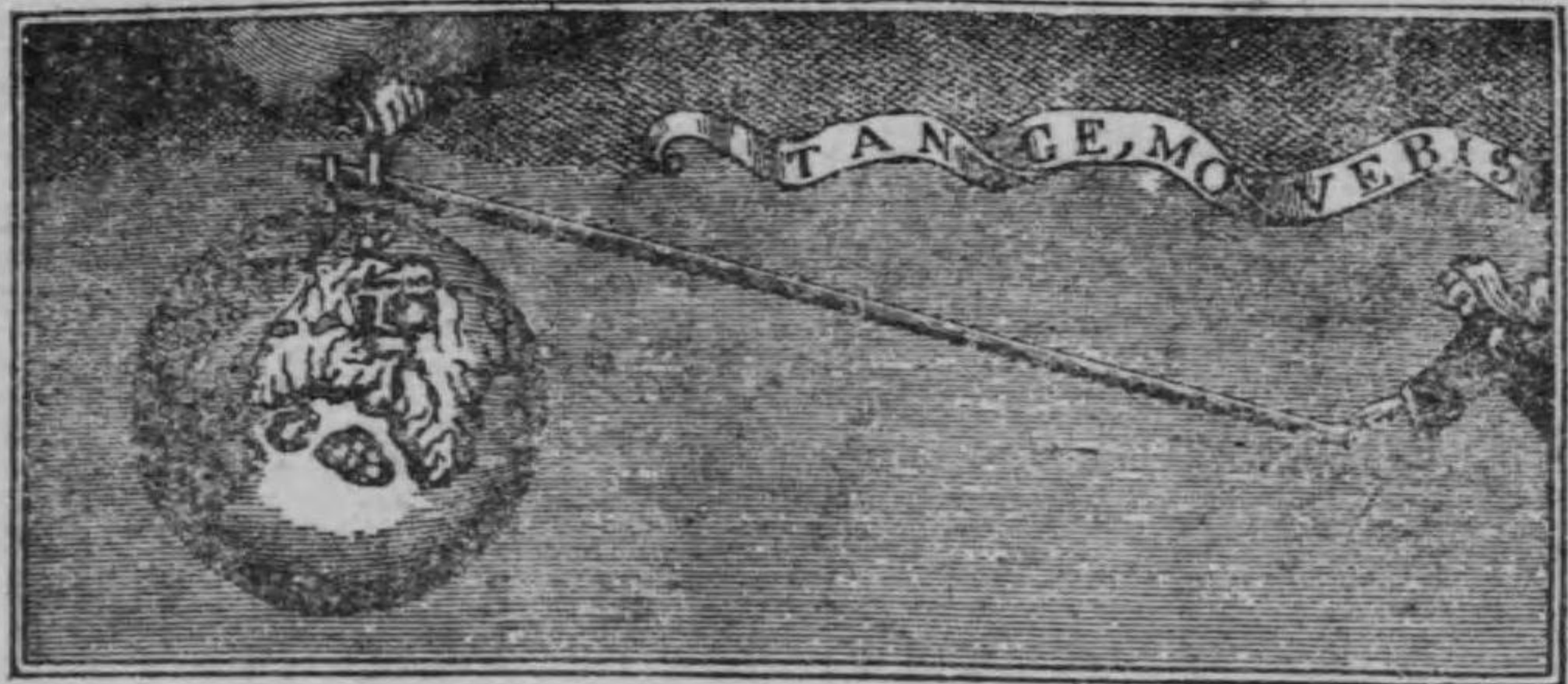
近代の著述家は物理學者としてのアリストートルの缺點を辯解せんと勉めて居る。若し彼が望遠鏡或は顯微鏡、又は寒暖計或は晴雨計の如き近代の觀測器械を有することが出来たなら、如何に喜んで斯の如きものを利用したであらうと。然るに落體運動の場合に於いては實驗が彼のなし得る範圍内にあつた。若し彼がアゼンスに於ける彼の學校に近い道を散歩する間に、重さを異にする

二つの石を取り上げて、是等を落して見たならば容易に一つの物例へば他の物よりも十倍の重さるあるものが他の物より十倍より速かに落ちないことを見出し得たであらう。

アルキメデス(紀元前二百八十七年—二百十二年)は機械學の學者としては遙にアリストートルよりも勝れて居る。重心の理論と槓杆の理論とは彼の發見したものである。彼の著書「平面の均重」中に、彼は先づ一つの廻轉軸の反對の側にある等距離の二點に作用する等しき重さが平衡をなすと云ふ公理を述べ、斯くて「槓桿に於いては不等の錘が是等が其の吊るされた處から計つた腕の長さには反比例する時にのみ平衡をなす」と云ふ原理を設定せんとした。彼が槓桿の能率を賞讃し、叫んで云ふた。「吾に休むべき支點を與へるならば、地球をも動かさう」と。

第一圖はアルキメデスの此の言葉を圖解したもので、千六百八十七年に巴里で公にされたバリニオンの力學書から引用したものである。圖中に見るラテンの題言は、それに觸れよ、然らばお前は夫を動かし得るであらう」と云ふのである。

第一圖



ギリシャ時代

る。

「平面の均重」は固體或は固體の平衡に就いて論じて居るものであるが、彼の著書「浮ける物體」に就ては静力學の問題を論じたものである。彼は比重の問題に始めて注意を向けたのは、ヒーロン王が銀と合金して居るものであるにも係はず其の製造者が純金のものであると云うた王冠をば果して然るや試験せよと云はれた時に始つたと云ふ。傳ふる處によれば、此の問題の解の正しき方法が彼の心に閃めいた時に、アルキメデスが風呂の中に入つて居たと云ふて居る。彼は此の時忽ち浴槽から飛び出し、遂に發見したと叫びつゝ、家に歸つたと云はれて居る。斯くて此の問題を解く爲めに彼は金の一片と銀の一片とを何れも

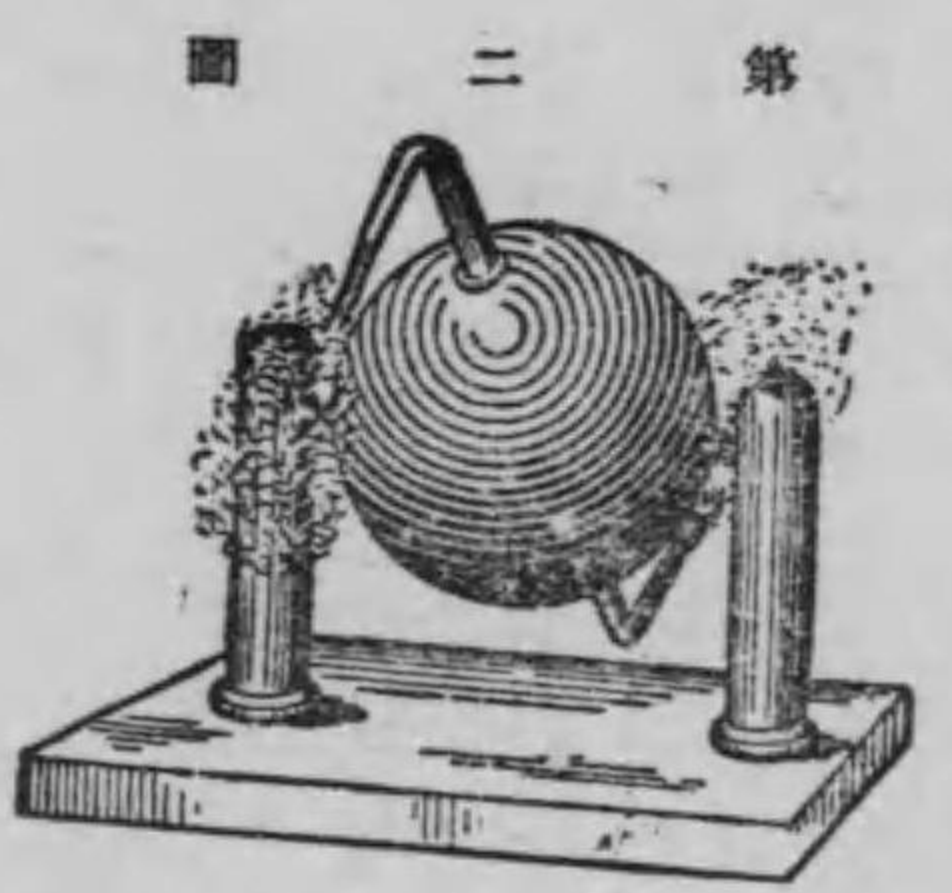
冠と同じ重さを有するやうな工合に切り取つた。又或る一人の著者に従へば彼は金銀及冠を水に入れて是等が夫れ／＼に排斥した水の量を決定し其の結果によつて冠の中の金と銀との量を計算したとのことである。(1)尙又他の著者に従へば彼は金銀及冠をば水中に浸した儘之を計り水の中て是等のものが失ふ重量を決定したとのことである。(2)是等の實驗結果からして彼は容易に問題を解くことが出来た。恐らくアルキメデスは是等兩方を用ゐて問題を解いたのであらう。

彼の「浮ける物體」の本の中でアルキメデスは彼の名を以て呼ばれて居る大切な原理即ち水中に浸された一物體の重さの減少は其の物體の排斥した水の重さに等しい。且つ一の浮ける物體は水から夫れ自身の重さを排斥すると云ふ原理を確立した。アルキメデスの時代以後永く學者は液體の壓力に關して誤れる決論をなして居た。「靜水學のパラドックス」なる語は此の問題についての普通の觀念を表現して居る。吾々がアルキメデスの研究を調べる時に其の研究の示す意味の明晰なること其の論理の嚴正なるのに感服せざるを得ない。(3)

アルキメデスは種々の器械の發明に驚くべき程の天才を示したと云はれて居る。傳ふる處によれば彼は滑車を集合したものを用ゐて重き船を動かし、ヒロン王の朝廷の人々を驚かした。戰爭器械及び船艙の水を排除するため用ゐられた無限螺線Archimedes' screwの發明は彼れのなしたものと云はれて居る。

アルキメデスの後殆んど一世紀頃アレキサンドリヤでクテシピウスと彼の弟子ヘロンが名をなした。是等の人々は理論的研究の進歩には貢獻する處が少ないが驚くべき程器械學上の精巧を示した。押し出しポンプは恐らくクテシピウスの發明である。吸ひ上げポンプは尙ほ一層古いものでアリストールの時代にも知られて居た。ヴァイトルヴィウスに従へばクテシピウスは二個の押し出しポンプを組み合はせ是等から交互に水を噴き出す消防用のポンプを設計した。但し其の器械は氣室を有せなかつたか爲めに絶えず水の流れを生ずることが出来なかつた。ヘロンは彼の著書 *Pneumatica* 中に此の器械を記載して居る。中世期の間には此の防火ポンプは知られて居ない。其の物は千五百十八年にアウグスブルグで始めて用ゐられたと云はれて居る。(4)尙クテシピ

ウスは水力オルガン、水時計其他の發明をなしたと云はれて居る。ヘロンはエオリパイル(第二圖)と稱せられる彼の玩具で、動力として蒸氣を應用する最初の企をなした。此の玩具が一つの中空なる球をば其の中心を過ぎる軸で支へ、更に此の軸と直角に二つの管を差込み、圖の如く其端を反對の方向に直角に曲げたものである。さて蒸氣が此の球内に發生すると、夫れが是等の二つの腕から逃れて球を廻轉せしむるに至る。是はパーカーの水車及近世のタービンの先驅である。ヘロンは Dioptra と題した測地學に關する大切な著書をなした。



ギリシヤ人は恐らく第四世紀に比重計を發見した。併しこれがアルキメデスの發明したものであると云はるべき證據はない。此の比重計は法王シネシウスがヒバチヤに送つた手紙に充分に記載せられて居る。即ち中の中空な目盛りした錫の圓錐形のもので、下の方に錘をつけたものである。之れは始め醫

學に用ゐられ、飲料水の性質を決定するのに使用されたと云ふ。蓋し其の時代に硬水が健康に害ありと考へられた爲めである。デザギユリアに從へば、此の器械が十八世紀に至るまでも同じ目的で用ゐられて居たと云ふ。

第二章 光學

エジプトで發見されたギリシヤ稿本の斷片は數多の光學上の現象に就いて語つて居る。例へば太陽は天頂に近い時よりも地平線に近い時に、より大きく見えると云ふ如きである。實に光學は物理學中最も古くから知られた一分科である。水晶の集合レンズがニネベの荒墟中に見出されたと云はれて居る。ギリシヤでは硝子が早き時代に製造されたやうに見える。アリストファネスは喜劇「雲」の第二幕目に綺麗な透明な石から火のともされることに就いて話をなし、且つ之を以つて太陽に對して立てば遠い所にあるながら臘の表面に書いた凡ての書物を溶すことが出来ると云ふことを述べて居る。而かも此の演劇は紀元前四百二十四年に演ぜられたものである。プラトンの學校では、光線の

直線的傳達及投射角の反射角に等しいことを教え、紀元百三十九年にアレキサンドリヤに生活した天文學者クラウジウス・トレミーは、投射角と屈折角とを計りて之を表にした。

金屬の鏡は著しく早き時代に製造されたものらしい。出埃及記第三十八章八節及約百記第三十七章十八節に鏡に關する記事がある。鏡はエジプトの木乃伊の墓にも發見された。球面狀の鏡も投物線面狀の鏡も共にギリシヤ人の知つて居たものである。Catopricsなる著書は紀元前三百年頃のユークリッドの著書と云はれて居るが、反射の現象を論じたものである。其の中に球面鏡の焦點に關係した最も古い記事が見出される。定理第三十に凹面鏡を太陽の方に向けると燃焼を起すと記載して居る。恐らくトライレースのアンテミウスが書いたものと思はれる。Fragmentum Boiense 中に拋物線面狀の反射鏡の焦點に關する性質が證明されて居る。數多のギリシヤの著者が凹面鏡に就いて記載して居るらしい。ローマ人がシラクウスを圍んだ時に、アルキメデスは日光を反射する鏡を用ゐて軍艦が丁度正しき位置に來た時に之を焼いて彼の郷里の町

を防いだと云ふ話は恐らく作り話であらう。

ギリシヤ人は視覺に就いて種々の學說を提供した。ピタゴラス派の學者デモクリタス及び其の他の學者に従へば、視覺は見られる物體から眼の瞳子に粒子の發射するによりて起される。之に反してエムピドクレス、紀元前四百四十年頃プラト一派の學者及びユークリッドは、奇妙な學說を唱へた。之に従へば眼夫れ自身が或物を送り出す、其の物が物體から發せられた他のものに出遇ふや否や視覺を惹き起す。

第三章 電氣學及び磁氣學

吾等は電氣や磁氣に關する若干の離れくの觀測をギリシヤ人の記録に見受ける。ミレタスのターレス(紀元前六百四十年—五百四十六年)は早きギリシヤ時代の七賢人の一人であるが、琥珀を摩すると、夫れが輕き物體を引くと云ふこと及び今日マグネタイトと稱せらるる或る金屬が鐵を引く力を有すると云ふ知識を有したと信ぜられて居る。金屬色を帯びた黄色の脂なる琥珀は昔時

裝飾に用ゐられた。美しく輝やく金と銀の合金及び金自身と共に琥珀がエレクトロンと稱せられて居た。故にエレクトロリシチーなる語が由來したと云ふ。タールスの後三世紀を経てテオフラストスは彼の著書「寶石中に摩擦によつて帯電される他の磁石を記して居る。吾等は今日凡ての物體が斯の如き方法によつて帯電され得るものであることを知つて居る。ブリニーは無智の人民は磁石を「早き鐵」と呼んだことを語つて居る。磁石の引力の此の現象が著しく人々の想像を刺戟したことは、羊飼マクネスの物語に現はれて居る。彼はリレートのマウント・エダの上で彼の履物(サンダル)の中の釘と彼の杖の鐵の玉とによつて地球に強く引かれ、殆んど地上から自分を離すことが出来なかつた、彼は其の原因を確かめやうとして其處らを探して驚くべき石「マグネタイト」を發見した。又他の物語は力強き磁石の山に就いて語つて居る。此の山は船が其の山から非常に遠方にある時にも尙ほ船の釘を抜き去つた。(一)

ブリニーは磁石に關する他の話を與へて居る。アレキサンドリヤでアルシノーの宮殿に「マグネタイト」を用ゐて圓天井を作る計畫がなされたが其の目的

は二王の鐵の像を空中に吊すためであつた。時の経過すると共に此の話は著しく文飾された。斯の如くにしてペーデに従へば、ローデス島のペレロフォンは馬は五千封度の重さがあるが、夫れが磁石で吊されて居る。(二)之れに類した話はモハメッドの柩にも話されて居る。勿論斯の如く物體を空中に吊るすことは機械學上不可能の事實である。

古代には鐵は主にエイジアン海の海岸及び地中海の諸島で掘られた。磁鐵鑛は小アジアのマグネシヤに近い處にも發見されたと云はれて居る。リュクリチウスに従へば「マグネタイト」なる語は此のマグネシヤから導れたものである。サモスラスの島にも亦鐵山がある。其の地方の鑛夫は所謂「サモスラスの指輪」と關連して磁石の作用を示して居る。ソクラテスは云うた「石が獨り鐵の指輪を引きしのみならず、而かも亦是等に他の輪を引く同じやうな力を與へる。従つて鐵片と輪の若干が交互に引き合つて長い鎖をなすことがあり、而かも是等のものゝ全體が此の支持力を元の石から得る。(三)」

磁石の兩極性及び帶電體又は磁極の間に存する反撥力の現象は古きギリシヤ

ヤ人には知られて居なかつた。

第四章 氣象學

第十五世紀の中頃前には組織的の氣象學上の記録が何處にも繼續されて行はれたと思はれない。(一)併しギリシヤ人は幾らか氣象學に注意を拂うた。風の方角を觀測する最も古き仕掛を見出したのはアゼンスである。今日まで存在して居るもの、其要點を云へば、是は紀元前一百年頃前に築かれた風の塔である。大理石の八邊形の上に屋根があり、其の最高の處にトリトン神の形をなせる風見がある。風見がギリシヤにもローマにも一般に行はれたものとは思はれない、蓋しギリシヤ語にもラテン語にも風見を示す名稱を有しないからである。(二)ギリシヤ人の間では氣象學は科學の域まで上つたとは云はれない。アリストートルの弟子なるエレサスのテオフラストス(紀元前三百七十一年—二百八十六年)は風及び天氣の徵候なる本を書いた。(三)併し彼れも多くの他のギリシヤ哲學者の如くて獨斷的學說の代りに忍耐深き又正確な觀測を適用せんとす

る人ではなかつた。アリストートルは露の形成に關して正しき觀察をなした即ち露が晴れた静かな夜にのみ結ばれると云ふとである。(四)紀元前二百七十五年頃に生存したソリのアラッスは天氣豫報の本を書き天文學的現象の觀測及動物に對する天氣の種々の影響から天氣の豫言をなすとを述べて居る。アラッスの此著書が幾度も刊行され一つの版はミランクトンによつて公にされた

第五章 音響學

エジプトの金字塔及び古代都市の古蹟は實用幾何學及び實用機械學が我々の有する抽象幾何學及理論機械學に關する最も古き記録よりも數多の世紀丈先んじて居ると云ふ證據を與へる、同時に昔の國民の有して居たと云はれる聲樂及び機械樂の知識は音樂の技術が音響の理論よりも甚だより古いことを證する。調和の理論はピタゴラス(紀元前五八〇年?—五〇〇年?)に遡る。然るに彼の研究の話は物語や誤と錯雜し果してピタゴラスが何物をなせしやを確かむるに困難である。傳ふる處によれば、彼はある鍛冶屋の店の前を通うた時

に、鍛冶屋が金砧を打つ時に金鎚が第四階第五階及びオリタープの音階を有する音を發するのを注意した。それで彼は金鎚の重が夫々に $1:2:3:4$ の如き比例をなして居るのを發見した。(1)同じ材料と長さ、と厚さを有する樂器の糸を以つて續いて行つた試験は $1:2:3:4$ の重さが上の如き音階を與へることを知つた。此の研究は音樂上の感覺の間に算術的關係を示し、算術及び音樂と云ふ如き離れて見える問題の間にも密接の關係あるを明かにした。

上の物語には二の誤を有することが容易に見受けられる。上に與へてある重さの鐵鎚は其の問題となつて居る音を發しない。又糸の重さの法則も亦正しく述べられて居ない。音調の高さは重さに比例して變化しない、其の實重さの平方根に従つて減ずるものである。

或る近世の著者はピタゴラスは實驗に基いて彼の説をなせるに非ずして、彼の教訓を得た鍛冶屋はエジプトの土地に居たもので、其の土地から彼の知識を輸入したのであると云うて居る。(2)他の著者はピタゴラスはその張力を變化せず、只其の長さを變化したがために音の高さが糸の長さに逆比例すると云ふ

正しき法則に到達したのであると云ふて居る。(3)又ピタゴラスは倍音の音階に入つた完全な音階を設けた始の人であると云はれて居る。(4)

調和及び音感覺に關する彼の冥想は事實に基いた研究に従つて調節されたものでない。七つの惑星は琴の七つの糸である。之が吾々に美しき球の調和を與へるものである。(5)此の考が詩として提出されたものでなくして物理哲學として提出されたものである。人間の耳が斯の如き惑星間の音樂を辨別し得ないと云ふ事實が、夫が存在すると云ふ彼の信念を弱くしたらしい形跡のないのが不思議なことである。

音の理論はアリストートルによりても研究された、彼は音を構成する空氣の運動の性質に對しては正しき觀念を有して居た。又彼は管の長さが二倍になると其の振動が二倍の時を要することを知つて居た。

第六章 原子論

原子論がギリシヤに於いて其の最も早い唱道者を有することは注目するに

足りる。物體の原子的構造の理論が自明の眞理ではないことは最も強く哲學界を支配した二大思想家アリストートル及びカントが共に空間が連續的に充滿されて居ることを教えた事實からも明かである。原子論の古き唱道者はアプデラのデモクリトス(紀元前四六〇—三七〇年頃)である。彼は世界が中空な空間と不可分、不可視の小さな原子の無限の數から成り立つものと教えた。物體は原子の結合と分離によつてのみ見え又消え失せる。感覺及び思想の現象さへも原子の結合の結果と考へられた。原子論はダルトンが化學上倍比の法則を發見せし後までは科學の進歩の上に何等有用なる刺戟を有せなかつた。

第七章 ギリシヤ人の物理學研究失敗の原因

ギリシヤ人が古代の他の國民のなせしよりも物理學上の研究に於いてより多くの貢獻をなしたが、併し彼等が他の方面に於いてなせし成功に比し此の方面の知識的活動に對しては遙かに劣つて居る。何故にギリシヤ人が物理學に進歩をなし得ざりしかの問題が、謎となつて容易に解かれざりしものである。

フランシス・ベーコンは次の如く云うた、其のやり方は感覺から直に飛び特別なものを最も一般的の命題即ち議論をなす爲めの定まつた軸の如きものへ向上し是等のものから中の言葉によつて殘のものを推論すると云ふことである。疑もなく近道であるが、而かもかくすれば澁む。且つよし之れは理論に對しては容易に且つ近道であるとしても斯の如くにしては自然に到達し得ざるものである。「古人は何事も頓智と抽象的の冥想に向けらるるものと考へた。誠に驚くべき人々である。ホエーエルに従へば、此の缺點は彼等が事實と觀念とを共に有せしにも保はらず、其の觀念が明瞭にして且つ事實に適當なものはなかつた。例へばアリストートルが槓桿に與へた、自然に従ふ運動と、自然に逆ふ運動とを考へて見れば瞭然である。但しベーコンの説明も又ホエーエルの説明も共に満足なものと思はれぬ。是等の各々が何故にと云ふよりも寧ろ如何にして斯ることが起つたかを説明したやうに思はれる。それで問題は尙何故に斯くも大なる洞察力のあつた人民が感覺より直に飛び上り特別なるものより最も一般的の命題に進んだのか。或は何故に彼等が明瞭にして且つ事實に

相應した觀念を適用しなかつたかの問題が解決されなかつたやうに見える。如何なる原因が鋭敏なるギリシヤ人を斯の如く迷はしたのであらうか。恐らくより満足な答はミルの「論理學」中に與へられて居る。ギリシヤ人は單に一つの現象が常に他の現象によつて繼續されると知る丈で満足せなかつた。彼等は若し一の現象の性質に於いて或物を感得し、それから之に前さだつて知るところを得べき或はしか假定し其の物が次ぎの現象として續いて起るべきものを知るにあらざれば學問の眞の目的に到達したものでないと考へた。……彼等は獨り彼等の叙述其の物に於いて彼等の能力の證據をともし原因を探したのみならず、彼等は斯の如き原因を既に見出したものと充分信じた。ヒッポとヒツポとは水分が普遍的の原因で永久的の原素であり、それから凡ての他のものが生れたもので、單に無限に異なる眼に見える現象に過ぎないと云うた時に、(二)又アナキシメネスが空氣に就いて同じことを述べ、(三)ピタゴラスが數についてやはり同じ考を抱き、尙ほ其他の人も之れに類する考を述べたのは彼等は、凡て既に眞の説明を見出し得たものと信じ、其の説明が終極のものとして確立し

たことを満足して居たのであつた。

第二編　ローマ時代

ローマ人の天才は戦争、征服、政府及び法律に現はれたが、而かも純正数学及び科学の進歩に關しては何等の努力も見出されなかつた。ローマの科学の著者はギリシヤの先輩の著述を編輯する丈で満足した。是等の學者の中にアウグスツス帝の建築家たるマルカス・ヴイトルヴイウス・ポリオ紀元前八五—二六六年
*De Rebus Natura*の著者であるチツスカルス・ルクレチウス(紀元前九五—五二年?)ネロ帝の師であるルシウス・アン・ネウス・セネカ(西暦二年—六六年)博物學に於ける大著述の編纂者なるプリニ(二三—七九年)及び一時はテオドロツク王の寵臣であつたアニシウス・マンリウス・セザエリヌス・ピウチウス(四八〇年?—五二四年)等がある。

ピウチウスは音樂に關する一の著述を書いて居るが、其の中にはギリシヤの調和の理論に關する數多の説明を載せて居る。セネカは虹の色とガラスの切片の端に出来る色と同じものなることを教えて居る。彼は又水を満たした球

状のガラスの器が物體を擴大することを觀察した。併し此の觀察によつて吾々に視覚ほど詐偽的のものはないと云ふ注意を與へた以上、何等の考にも到達し得なかつた。彼の書物は道德的感情に満たされて居る。此の事實は恐らく彼の著書 *Naturalium quaestionum Libri VII* が中世紀の間に物理學の教科書として長い間用ゐられたと云ふことを説明して居るものであらう。力學に對する彼の見解が彼が一呎に足りない長さを有する一尾の魚が船に喰ひ附いて暴風雨に於ける時よりも遙かに強く、船の運動を止めて仕舞うたと云ふことを物語つて居ることによつても分かる。彼はアクチウムの戦争の間にアントニウスの最も大きな船が斯の如き原因によつて進行を止られたと信じて居る。

生れた場所と時代とが知られないが、クレオメデスは恐らくアウグスツス帝の時代に名を博したものであらう。彼はアルキメデス及びユークリッドの如くに空虚な器の底にあり恰も其器の縁によつて隠されて見えなくなつた指輪が若し其の器に水を満たすと又もや見得るようになるかと云うて居る。然かのみならず彼は尙一步進んで太陽が勿論實際の上では既に地平線の幾らか下方

に位した時でさへも視覚に映ずるかも知れぬと暗示して居る。斯の如くにして彼は濛氣差を考へた最初の人である。

ルクレチウスは磁石の反撥的效果に就いて述べ且つ鐵屑を以て磁石を實驗した最初の人である。彼は鐵屑が若し其の下に磁石を置けば眞鍮の器の内て狂ひ廻ると述べてゐる。

第三編 アラビヤ時代

アラビヤ國民の進歩は學問の歴史に於いて異常な光景を呈する。散亂せる野蠻の民族が突然宗教的熱心の熔鑛爐中で熔合されて、一の有力なる國民となつた。戦争及び征服の仕事に次いで叡智の活動の時代が來た。第八世紀頃モハメット教徒は世界の知識の指導者として立つに到つた。驚くべき程の明敏を以て彼等は印度及びギリシヤの科學及び哲學の寶を獲取した。古き本がギリシヤ語よりアラビヤ語に譯された。化學、天文學、數學及び地理學は彼等の好む問題となつた。時としてアラビヤ人は科學に對して獨創的の貢獻をなしたこともあるが併し彼等は概して獨創的研究に勝れて居らず、創造的と云ふよりは寧ろ學習的であつた。

我等の知り得る範圍に於いてはアラビヤの土地で有力に開發された唯一の物理學の部門があつた。而かも是に就いて只一の學者のみがこれに關して見出される。其の部門と云ふのは光學であつて其の一人と云ふのはアル・ハゼン

(九六五?—一〇三八年)である。但しアラビヤ語で彼の名前を其の儘に書けばアラブ・アリ・アル・ハサル・イブン・アル・ハサン・イブン・アル・ハイタムである。彼はチゲリス河畔ボストラ市で生れ、大臣の位置に上つた人である。彼はエジプトのカリフの一人によつて招かれたが、其の理由は其のカリフがアル・ハゼンがナイル河の氾濫を調節すれば、灌溉のための水が毎年充分であると云ふ計畫をなしたのを聞いたためであつた。併し實地に就て充分視察をした結果、彼は此の企圖を捨てたのみならず、其他にも他の誤をなしたために、此のカリフと不和になり、難を免れる爲めに彼は狂を詐はりカリフの死するまで隠れることとした。其後彼は原稿を書くことによつて彼の生計費を得た。彼は天文学、數學及び光学に就いて著書をなした。

彼の光学が羅句語に譯され、千五百七十二年にパーレで印刷された。彼はギリシヤ人から學んだ反射に關する角の等しき法則の上に更に投射角と反射角とが同平面上に存すと云ふ法則を附け加へた。彼は球面鏡及び拋物線面鏡の研究をなした。又一點を通じて過ぐる光線の數が多ければ多い程其所に於け

る熱が益々強いと云ひ、又一の球面鏡に其の主軸に平行して投射する光線が此の軸に反射される。軸に直角な一の圓の圓周上に存する鏡の上の諸々の點から反射された光線が其の軸の上の同じ而かも唯一つの點を通過する。彼は何れも球面狀を有する輪の若干を用ゐて一の鏡を作つた。但し是等の輪の各々が何れも夫れ自身の半徑と夫れ自身の中心とを有して居るが、而かも凡べての輪が正しく一つ而かも同じ點に凡ての光線を反射する如く装置した。次ぎのものはアル・ハゼンの問題として知らるるものである。光源と眼の位置とを與へられて、球面鏡、圓錐鏡又は圓錐鏡上反射の起る一點を見出すこと。此問題は最初トレミーの「光学」の中に見出される。併しアル・ハゼンが之を充分に而かも複雑な論議を與へてから、此の問題が其の與へる幾何學的困難の關係上歐洲で有名な問題となつた。

トレミーのなした處を反覆して、アル・ハゼンは投射角と屈折角とを計つた。併し彼の先輩の如くに、彼も矢張り屈折に關する眞の法則を發見し損うた。其の器械は目盛りをなした圓形の銅環で之を垂直に支へ、半ば水に浸したもので

ある。投射光線は環の縁による一つの穴を通過し且つ其の機械の中心にある穴を穿がった板を通過する。此の器械は初等教育に於いて今日用ゐられて居るものとよく似て居り、投射角と屈折角とを直接に讀み得る利益がある。

地平線に近い時に太陽及び月の直徑が大きく見える事實をば彼は幻視であると主張し、其の理由は是等の大きさがより小なる地上の物體の大いさに比べて現されるによるとした。此の説明は現今に至るまで其の地盤を有して居るが併し凡てによつて認められて居るものではない。アル・ハゼンは惑星と恒星とは太陽から光を受けず自ら光を放つものであると云ふ結論をなして居る。(一)

アル・ハゼンは人の眼の精細な記載をなした最初の物理學者である。彼は此の記事を解剖學の著述から取つたと言つて居る。彼のアラビヤの先輩及び同時代の人々の若干及び彼自身も亦ユークリッド及びプラト一派の人々の學說即ち視覚は眼によつて發せられる光線によるものであるとの説を攻撃し、デモクリッス及びアリストートルが視覚の原因をば見らるゝ物體より進むものとした見解を採用した。(二)

アラビヤ人は「比重」の觀念を拓らさ且つ其の決定の實驗方法をも案出した。アル・ビルニは此の目的の爲めに下の方へと段々斜になつてゐる呑口を有する一つの器を用ゐた。其の器に呑口までも水を満たし然る後に比重を計る固體を水の中に押し込む、而して其のために溢れる水の重さを決定した。此の結果が空氣中に於ける固體の重さと共に用ゐられ比重を與へた。アル・クワツイニは千七百七十八年に書いた彼の「智慧の天秤」と云ふ本中に奇妙な天秤を記載して居る。(三)五つの皿を用ゐて空中と水中とで計る裝置である。一の皿は目盛をした棒に沿つて動かす得るようになつて居る。(四)

第四編 中世紀の歐羅巴

西暦第三世紀と共に歐羅巴に野蠻國民が移住をなし始めた。北方より南西の方向へ有力なるゴツス人が伊太利へ進み、ローマ帝國を卷席した。續いて暗黒時代が起り、基督教が輸入され、ラテン語が教會及び學者社會の用語となつた。思想の漠然と貧弱、觀念の不明瞭及び神祕主義とが中世紀の特徴である。科學の著者は主として仲介者であつて、古き著者の説明を實驗の試みにかけると云ふ者がなかつた。最初中世紀の科學は主にラテン系統より求められた。ローマの科學の陳腐なることは既に指摘した通りである。ローマの著者は屢々ギリシヤの著者を引用して居る。依つてギリシヤの著者を直接に讀まんとする希望が自ら生じた。此の熱望が一部分第十二世紀にアラビヤ人がギリシヤの著者を譯したのによつて達せられた。アリストートルの著者が人々の知る處となり、最大の權威を有するやうになつた。斯くてアリストートルの述べた説明に反對せんとした人々は處罰されるやうになつた。例へばベトルス・ラムス

(一五二五年—一五七五年)が、此の大哲學者に反した事を教へ或は書いたので體刑を課せられ、かくすることを禁ぜられたのを想へば思ひ半ばに過ぎる。物理學に於いてはアリストートルの權威がガリレオの時代まで其の權威を維持した。

第一章 火藥及び羅針盤

此の時代の歐洲人は文明の進歩を著しく進めた所の二つの發見を有する。即ち火藥と羅針盤である。是等の起源に就ては今日知ることを得ない。硫黃硝石及び木炭より火藥を作ることが第八世紀に(?)マルカス・グレカスに依つて知られて居た。又千二百五十年頃にアルベルツ・マグヌスも之を知つて居た。尙傳ふる處によれば第十二世紀には火藥が歐羅巴で爆發に用ゐられて居たとのことである。鐵砲は第十四世紀の終以前には作られたやうに思はれない。(一)火藥と羅針盤とが第十三世紀迄か以前に支那及び印度に知られて居つたのは事實らしい。

支那人が紀元百二十一年よりも以前には磁石に関する知識を有して居たと云ふ明白な證據は無いが、支那には指南車に関する物語りがあり、或人は之は甚だ古き時代から陸地用の羅針盤が用ゐられた證據であると云うて居る。併し陸地用の羅針盤に関する確かな證據は第十一世紀の終り以前には見受けられない。其の時代の支那の著者は魔術師が磁石に縫針を摩して夫れが南を指すようにしたが、併し其の針は常に少しく東の方に偏し正しく南を指さないと云うて居る。此の引照に従へば、支那人が當時磁石の偏差を知つて居たのである。

航海者の羅針盤に關して古き支那の百科全書が次の如く述べて居る。秦紀元二六五年—四一九年の時代に又南を指し示す船もあつた。此の文章は決定的ではない。實際上第十三世紀の終りに先立つて支那の海上に羅針盤の用ゐられたと云ふことを證明するに足る證據はない。

羅針盤がアラビヤ人によつて支那から歐羅巴に移入されたと云ふ主張を支ふべき證據がない。且つ東洋人が歐羅巴より羅針盤のよりよき装置を受取つ

と云ふことを信ずべき理由がある。

歐羅巴にありては、航海者の羅針盤の最初の記載が第十二世紀中に英吉利のセントアルバンスの人アレキサンダー・ネツカムによつて與へられた。尙其他にフランス人ギユヨ・プロヴァンが第十二世紀の終りに公にした詩の中に醜くき褐色の石に鐵が吸ひ附けられ、其の石によつて航海者が誤らずして航海し得る術を有して居ると物語つて居る。又千二百十八年にバレストインの僧正は針が海に於いては帆の如くに最も大切なものであると云うて居る。

古き航海者の羅針盤は甚だ原始的の仕方て装置されたものであつた。千二百八十二年の一著述中にアラビヤの著者が磁針が葦の中や或は木片の上に置かれた儘水の器に浮べられたと云うて居る。斯の如くにすれば磁針が静止した時に南北を指すに到る。之れと同じき取扱が古き伊太利人の間にも行はれたらし。

磁氣學の知識に於ける羅針盤の構造に關する著しき進歩がフランスのペーター・ド・マレクール一般にペレグリュヌスと呼ばれた人が千二百六十九年八月十

二日に書いた手紙に示されて居る。此の人はロージャール・ペーコンに大に賞讃せられたが而かも夫れには充分の理由がある。彼の手紙は磁石の兩極に關する彼れの知識を示し磁石を分てば其の切片が何れも亦二極を有することを述べ異なる極が互に引き合ふ法則を與へ、且つ強き磁石がより弱き磁石の極を逆にするをも記して居る。ペレグリヌスは目盛したスケールと廻轉軸とを有せる磁針を具ふる羅針盤を發明した。彼は磁石の引力を利用して永久運動をなす器械を設計したが、併し其の成功不成功の責任を製造者に課したのは極めてよき政策であつた。彼は其の時に一兵卒であつた。従つて恐らく複雑な器械を作る工具を有せなかつたのであらう。彼の手紙はルセラの要塞の堀の中で書かれたものであつた。

ペレグリヌスの後に目盛した環が通常三十二方位を示す一の星形の盤によつて置き換へられた。⁽¹⁾然るに近來は再び度毎に目盛りをしたペレグリヌスの圓盤に歸へる傾向がある。

ネーブルスの大藏省に羅針盤の發明者として知らるるフラグイオ・ギオヤの

ために千三百二年に建設した銅像がある。此の人は南方イタリヤに於けるアマルフィの住民で、永い間羅針盤の發明者と考へられて居た。併し今日では吾々は既に彼の時代以前に之れが歐羅巴で用ゐられたことを知つて居る。されど彼は恐らく羅針盤の構造に改良を加へたが爲めに其の發明者と云はるゝに至つたのであらう。

大切な改良はカルダンの支持法として知らるゝ常平架に磁石を支へることである。併しカルダン(一五〇一—一五七六年)は此の發明を主張して居ない。且つ又羅針盤に之れを用ゐたのが其の時が始めてない。彼は其の行進中に少しの揺れも受けることなく、帝王の坐するに適するやうな一つの椅子を作つたことを記載して居る。カルダンは同じ装置は油燈にも用ゐられたと記して居る。⁽²⁾

第二章 靜水力學

アルキメデスの原理は其の製造者が實は銀と合金してあるにも係はず純

金製のものであると主張した王冠の問題に應用されたことは第十世紀の或る原稿中に説明されて居る。恐らく第十三世紀になつたものであらうが、或る教科書に如何にしてアルキメデスの方法によりて不規則な物體の容積を見出すかを説明し、商品の多くの種類の價が容積に従ふことを指摘して、この方法の實際的の價値を高調して居る。此の原稿中に初めて比重なる語が出て居るとスーロは云うて居る。アルキメデスの原理と冠の問題とは數學者に流行問題となつたが、哲學者からは注意されなかつた。千六百十四年に至り、アリストートル學派の卓越した一學者であるケツケルマンは次の如く不合理のことを述べて居る。「重力は寒さ、比重及び容さより起る動的性質であつて、それによりて元素が下方へと運ばれるものである。」水はより低い中等の元素であつて、寒く且つ濕れるものである。水が水中で或は水の上で重力を有せない。何故と云ふと水が水自身の上にあるからである。又空氣も水の上で重力を持たない。水がポンプの中に高まる。何故と云へば、天然は空間を嫌ふが故である。此の哲學者の言うた是等の間違つた壓力に關する格言がホイールがアリストール

トルの説に矛盾する流體の力学に關する彼の實驗結果を公にせるときに、彼の見解をば静水力學的のパラドックスと云ふ表題の下に述べざるを得なかつた程に人々の固く信じた所であつた。

第三章 光 學

第十三世紀中に歐羅巴はアラビヤ人から得た光學を消化しつゝあつた。コリンスの大監督なるウイルヘルム・フォン・ミエルベックは千二百七十八年に拋物線面の鏡に關するアル・ハゼンの著書をラテン語に翻譯した。千二百七十年頃チューリングゲンの僧である彼の友人ウエテロ(又はグイテリオ)はアル・ハゼンの著書に基づいて居るが、アル・ハゼンの本よりも一層組織的の一書を著はした。ウエテロは星の閃めきを空氣の運動によるものと説明し、且つ星をば動ける水を通して望めば此の効果が一層強められることを證した。彼はアリストートルが教へた通り虹が反射のみで作られるものではなく反射及び屈折の兩方に基つくものであると指摘した。

中世紀の著者の中で、アラビヤの源泉から流を汲んだ著者で卓越した人はロ
ージャー・ベーコン(一二一四?—一二九四年)である。彼は光學の本を書いた。
而かも誤つて屈折望遠鏡の發明者と思はれた。疑ひもなくベーコンは眼から
大なる距離に置いた小さな書物を読み得るやうな一の器械を設計することが
可能であらうと述べて居る。されどベーコンは斯の如き器械を作らず又作ら
うとも企てなかつた。夫れにも係はず彼が其の發明者であるとの主張は彼
の著述中の一句を誤譯したことから起つた。(一)

ベーコンは中世紀に於ける最も才能ある人の一人であつた。オックスフォ
ード及びパリで教育を受け、オックスフォードの教授として有名になつた。
彼の煩瑣哲學に對する公然の非難及び僧侶の不道德に對する非難とが彼をし
て異端の宣告を受けしめ入獄を強ひられた。オックスフォードの牢から彼は
實驗科學に關する一の訴狀を送つて、彼の舊友である法王クレメント第四世を
殆んど改心させた。併しベーコンの思想は彼の時代のを一步抜いて居つたが
爲めに直接の効果を奏せなかつた。パリで彼は再び入獄せられ、十年の長き

に及んだ。斯の如くにして、彼の驚くべき天才も彼の時代の政治的及び精神的
の壓制の爲めに打破られた。

第五編 文藝復興時代

第十六世紀は知識上の激しき活動時代であつた。人々の心は彼等の古き鑑から切りはなされ、研究の廣い海へと乗り出した。

其の運動は範圍の廣いものであつた。吾人は茲にクラシツクの學問の復興を發見する。斯して美術に於てはミケール・アンジェロ、ラファエル、ダヴンチの傑作を見た。更に宗教革新と稱せられる大仕掛の教會の争を見た。幽居せる數學者も代數學と三角術とに新たなる生命を吹き込み、天文學者は星を見て宇宙の新たなる系統を創造した。物理學者は煩瑣的な空想を捨て、實驗を用ひて研究を始めた。

第一章 ユバルニカスの系統

文藝復興の間に於ける最初の大勝利はトレミーの系統を打破し、ユバルニカスの系統を確立したことである。吾人は一寸の間茲に物理學の姉妹たる天文

學の發展に就いて此の大なる時期を考へんとする。

ユードキスとピツバルカスなるギリシヤの大天文學者はエピサイクルス及び離心の有名な學説を用ひて惑星の運動を説明した。地球の周に於ける惑星の見掛けの進行が二つの運動即ち(一)エピサイクルと呼ばれる小圓の圓周に沿うて惑星が年毎に行ふ運動(二)地球を圍む第二の圓の圓周に沿うて行はるゝ其のエピサイクルの中心の移動との組合によつて示された。我等は今日、是等の中後なる圓が太陽の周りの惑星の眞の軌道を或る點まで代表するものであるが、エピサイクルの運動が見掛けに過ぎざるものなることを知つて居る。此の見掛けの運動は地球其自身の運動によるものである。若しある觀測者が一つの圓周上に運ばれるものとするならば、然る時には靜止して居る物體が彼に取つては、自己の乗つて居る圓と同じ大いさの圓周上に動くやうに見えやう。故に其の説は大體は正しいが、其の主な誤は實際は、是等の惑星に存しない地球の軌道上の運動の爲めに過ぎない振動を是等の惑星其のものに與へたことに存する。ピツバルカスは地球が上述した第二の圓の中心に正しく位すれば、エピ

サイクルの理論丈では惑星の運動を説明し得ないことを観察した、其處で離心の學説を設くる順序となつた。

此の古き系統が有名なるアレキサンドリヤの天文學者クラウヂウス・トレミーによつて一層研究され、トレミーの系統と呼ばれるに至つた。即ち其の系統では地球が宇宙の中心にあつて不動のものとなされ、其の周圍に夫れ／＼に月、水星、金星、太陽、火星、木星、土星及び最後に恒星を有する大きな球が週つて居る。

宇宙の地心説は絶えず其の敵を有した。而かも之れが始めて有力にニコラウス・コバルニカス（一四七三—一五四三年）によつて攻撃された。彼は恐らくポーランド出であつた、ポーランドに近きプロシヤのトルンで生れた。二十三年の間彼は聖職を務めること、醫術を實行すること及び天文學を研究することの三重の職業に従事した。彼はトレミーの系統によりて現はるるよりも複雑の度の少くない説明を見出さんとする望を抱いて、熱心に之れに關する學問上の記録を研究した。斯の如くにして彼は調査の結果、既にあらゆる種類の學説が提出されて居るのを見出した。即ちピタゴラス派の學者は地球の自轉を信

じ、フィロラウスは地球が太陽の周りに軌道を有するものであるとさへ述べて居る。此種の暗示に導かれてコバルニカスは次第に彼自身の系統を大成した。永い年月の間其の著書 *De orbium coelestium revolutionibus* の原稿を出版することを見合はしたが、遂に千五百四十二年に之を印刷するとに同意した。併し印刷が完成する前に彼は死んだ。此の事件は従つて彼を迫害から救うた。而かもゲオルダノ・ブルノー及びガリレオはコバルニカス系統の爲め苦しむことになつた。コバルニカスは地球は球狀にして其の軸の周りに自轉し、又太陽の周りに公轉することを説いた。且つ天體の運動が一般に圓狀のものであるか又は一様な運動であるか或は圓の運動と一様な運動とが結合したものであるかと稱えた。彼は初めて季節の變化と惑星の見掛けの振動の原因とを説明した。只彼の系統中に見る大缺點はすべての天體の運動が圓狀のものゝの組合であるとしたことである。トレミーの系統に對してコバルニカスのなした攻撃が結論のものであつたとは云はれない。完全に古き學説を打破する爲めに他の偉人ケプレルを要した。

ヨハンネス・ケプレル(一五七一—一六三〇)年はブラーグに於いて一時デンマルクの天文學者チホブラーへの助手であつた。チホに似ずしてケプレルは觀測及び實驗の才能を有せなかつた。併し彼は偉大なる思想家であつて、數學者として勝れて居た。彼はコバルニカスの考に熱中し、又早くより惑星の眞の道を定める問題に心を勞した。然るに彼の最初の企てに於いては數字及び數に關するピタゴラス派の夢を辿つて居た。チホと交るに至つて遂に斯る神祕主義を排し、彼の師によつて記録された惑星の觀測を研究する事になつた。彼は火星を選び、圓の組合せを以つてしては實際觀測し得た結果を凡て説明し得られぬことを發見した。或る場合には觀測による價と計算による價の差が八分上つた。されどチホの如き人がかくも正確に觀測した結果に斯の如き大なる差を生じないことを彼は知つて居る。底て彼は火星に對して卵形の軌道を企てが直に排斥し、更に一の橢圓を試みたが、恰かもよく當て嵌つた。斯くして四年以上に亘る勤勉な計算の後に、而かも又十九回の空想的の軌道を企て、是等を觀測と多少の不一致を示す爲めに凡て排斥した後、千六百十八年に彼は眞理を

發見し得た。一の橢圓！何故に彼は以前に是れに就いて考へなかつたであらうか。謎が一度び解けると、何んと簡單なことであるよ！彼はケプレルの法則として知らるゝものを明にした。是等のものは觀測と一致するが、トレミーの假説とは相容れない。斯の如くにして古き系統が論理上打倒された。されど科學と神學との間の苦々しき争が終るまでは新系統が一般に承認する處とならなかつた。(一)

第二章 力學

第十六世紀に靜力學が復興をなし且つ力學が創造された。アルキメデスの時代以後殆んど停滯的になつた靜力學が始めてベルジウムのブラッグのシモン・ステヴィン(一五四八—一六二〇)年の研究するところとなつた。此の人は學問に造詣の廣いこと、考の獨創的なること、權威に對する尊敬を激しく缺ける點とに於ては著しき人であつた。彼は分數の發明者である。千六百五年に彼はドイツ語で書いた一著述をライデンで公にしたが、其の本が千六百八年にロ

Pomponata mathematica なる表題の下にラテン語に譯された。ステヴィンは斜面上に一物體を支へるに必要な力を精密に決定し、又滑車の平衡條件を決定した。彼は力の平行四邊形の原理を利用したが、言語で之を言ひ表はさなかつた。事實上彼は平衡の完全な學理を凡べて知つて居た。(1) 有名な畫家であるダウンチ、グイド・ウバルヂ及びガリレオは矢張り靜力學に注意した。

力學の創立はピザの住民であるガリレオ・ガリレイ(一五六四—一六四二年)によるのである。彼はピザの大學で醫學を修めたが、而かも數年にして之を捨て、數學及び科學に没頭した。千五百八十九年に彼は三年の間ピザの大學の數學教授の任命を受けた。此の間に彼は落體運動に關する記念すべき實驗をなした。而かも彼の新たな見解が數多の人々の反對する處となり、彼は遂に千五百九十一年に其の職を辭するに至つた。千五百九十二年より千六百十年まで彼はパデユアの教授であつた。其の頃より彼は大膽にコバルニカスの教理を教へ始めた。爲めにローマの宗教裁判所に呼び出された。地球運動の學説は宗教裁判所で否定され、ガリレオは沈黙の宣告を受けた。若干年の間彼は絶

えず研究を續けたが、沈黙を守つた。千六百三十二年に千六百十六年の勅令に反して新著書 *Dialogo* を公にしたが、これはコバルニカスの學説を主張する議論として非常な成功であつた。其の結果として彼は再び宗教裁判所の審査を受けた。七十才の老人が其のために耻を受け、入獄を受け、呵責を受けた。彼は跪いて地球の運動を呪ひ其の誤れるを述べ、且つ異端なることを述べることを強ひられた。(2) 最初彼の家族及び友人から分離されたが、其の後盲目となり病氣に襲はれた時に幾らか自由を許された。(3)

ガリレオは聖書が科學の教科書として企てられたものでないことを主張した最初の人の一人であつたが、此の眞理が世界に認められたのは甚だ遅かつた。千六百三十二年以後の最初の數年間が力學の研究に供された。千六百三十八年にライデンで彼の運動に關する問答が *Discorsi e dimostrazioni matematiche* なる表題の下に現はれた。是等のものは今日彼の最大にして最も實質のある功績と考へられて居る。

ガリレオがピザで若き先生であつた當時に彼れのなした最初の實驗は全く

狂言的のものであつた。其の時には物體の落下する速さは其の物體の重さによりて變化するものであると云ふ教理が一般に眞理として納得せられて居た、而かも夫れは獨りアリストートルの權威によるが爲めのみであつた。更らに加速度が重さに比例して變はるものであると云ふ信仰さへ行はれて居た。ガリレオより前には敢て之れに關して實驗を試みんと企てたものがない。然るに若き先生のなした試験は二千年間固執されて居た教理と反對の結果を持ち來した。空氣の抵抗を勘定に入れると、凡ての物體が何れも同じ速さで落下すること、又其の經過した距離は時間の二乗に比例して變ずることを發見した。茲に於いてガリレオは青年の勇氣、熱心、機敏を以て當時何人にも一語一語に靈感を與へられるやうに信仰されて居たアリストートルが間違つて居ると宣言した。彼れは反對を受けたけれどガリレオは其の反對者に目前に其の證據を示さんと決した。恰かも好し、造化の戲がガリレオに此の公けのデモンストラーションをなすのに非常な便宜を與へた。あのピザの塔は其の頂上から落體の實驗をなすのに都合のよいやうに傾いて居る。

或朝大學の人々が集つた前で、ガリレオは此の斜塔に上り、一斤の彈丸と一斤の彈丸とを同時に落下せしめた。群集は目の當り是等の兩彈丸が同時に落ち始め一所に落ち來り、遂に同じ時刻に地を打つたのを目撃した。群集の或人等は之れによつて説破されたが、他の人々は彼等の室に歸へつてアリストートルを嬌き、自らの感覺を信ぜずして尙もアリストートルの教理に忠順を續けた。迂曲した徑路を蹈んで種々の發見の屢々された一例がガリレオが一樣に加速される運動の性質について最初になした假説にも奇妙にも示されて居る。彼れは速度が通過した距離に正比例するものと假定し、然る後吾等には夫れ自らが詭辯であるやうに思はれる一列の推理を経て此の假設の誤りなることを結論した。「若し一物體が四ヤードを過ぐる速度が最初の二ヤードを通過した速度の二倍であるならば是等兩方の經過に要した時間が等しくなければならぬ。併し瞬間的の運動がある時に限り四ヤードを經過する時間が二ヤードを經過する時間と同じ譯である。所が物體が落下する間に時間を要し、實際二ヤード落下するには四ヤード落下するよりも少き時間を要することを知つて

ガリレオはサグレドをして次ぎの如く率直に言はせて居る。「真に此の考は新しく巧みな又鋭いものである。之は即ち横の運動が一定不變に残り、且つ同時に自然に加速せられる運動も其儘保存されて時間の平方に正比する、而して是等兩方の運動が混合する、併し各が他のものを攪亂し變化し又は妨げるやうなことがない、従つて此の漸増的運動の爲めに拋物體の運動が減衰されることがないと云ふ假定の上に立つて居る——これは自分には殆んど解し得ざる行爲である。」

ガリレオは拋物體の途が拋物線であることを始めて示した人であつた。彼よりも以前には或學者は砲彈は先づ一直線上に前進し、然る後突然垂直に地上に落下し來るものと信じた。

ガリレオは遠心力を理解し又運動量の正しき定義を與へた。ステヂインや其の他の學者と共に、彼も亦靜力學に關して書いた。彼は力の平行四邊形の原理を組織的に陳述したが、而かも其の原理の全幅を充分に認めなかつた。更にガリレオの注意を引いた他の問題は振子の法則であつた。落體の場合

に於けるが如くに、茲でも亦彼は青年時代に之に關する最初の觀測を行つた。千五百八十三年に、彼はピザの寺院で祈禱をして居つた間に彼の注意は今しも點した大きなランプが揺れつゝ掛つて居ることに向けられた。茲に於いて彼は其の時彼の有つて居る唯一の時計即ち彼れ自らの脈搏で其の振動の時間を觀測し始めた。其の結果として運動其のものが大に減衰した後にはさへも尙各振動に要する時間が同一であることを發見した。かくて振子の等時性が發見されたのである。ガリレオは其の時には恰かも醫學を學んで居たのであつたが此の發見を逆に病床に於ける脈の測定に應用した。且つ又天文学上の觀測にも之を用ゐることを提出した。振子に關する一層念を入れた實驗は其の後になつて彼によつてなされ、其の結果は彼の著書 *Discorsi* に記載されて居り、振動の時間、振子の質量にも又之を作つた材料の如何にも無關係であり、其の長さの平方根に正比するものであることを明かにして居る。時間を測定する技術に對する彼の最後の貢獻は彼の盲目となつた後になしたものである。千六百四十一年に、彼は彼の子息ヴィセンツォ及び彼の弟子ヴィヴィアニをして振子時計の

説明と圖とを筆記させた。其の原圖は今尙存在して居るが、千六百四十九年に
ヴィヴィアニが作つたと云ふ其の模型は失せて傳はらない。ガリレオの發明は
其の時代に一般に知られなかつた其の後十五年、千六百五十六年にクリスチア
ン・フイゲンスが之と獨立に振子時計を發明したが、此の方が一般に而かも迅速
に人々の賞揚する所となつた。されば此の大發明の名譽はガリレオとフイゲ
ンスとの兩方に屬する。

千六百三十八年に公にされたガリレオの *Discorsi* は其の通俗的な説明の點で
傑作であり、其の點丈でも之が閲讀に値するが、而かも此の著書に更に他の功績
がある。アダムス W. G. Adams は之を能く道破した。「機械學を教える正しき
方法がガリレオが力學の第一原理を設定し且つ是等を彼の學生等に教えた場
合の其の方法で示された。實驗的機械學と理論機械學との兩方に適當な重み
を與ふべきものである。従つて學生に此の科目を了解せしむるには是等兩方面
を平行して而かも又別々に同時に授くべきものである。」
彼の同時代の人々の中で彼をして有名ならしめたのは天空中に發見した新

奇な天體に關係してである。併しラグラジュは言つた、彼れの天文學上の發見
は唯望遠鏡と耐忍とを要するが、然るに力學の場合には吾等が之を絶えず見て
居り而かも有ゆる以前の哲學者等さへも正しき説明を與へ得なかつた現象か
ら其の法則を發見したもので、之には非凡な天才を要すると。

第三章 光 學

文藝復興時代に於ける光學上の最大功績は無限に遠いものと無限に小なる
のとの微光を觀測者に與へるやうな機械の發明であつた。即ち望遠鏡と顯微
鏡との發明である。

傳説によれば、望遠鏡は偶然發明されたものである。偉大なるフイゲンスは
其の著書 *Dioptrica* 中に若し單に考へること、幾何學的原理の應用とのみで偶
然といふことの遭遇なしに望遠鏡を發明することの能力ある人ありとせば、そ
は人智以上の才能を有するものであると述べてゐる。此の注目すべき記述に
對してマツハは偶然のみが或發明を生ずるに充分なものでないと附言して居

る。發明者は、新たな特徴を識別し、之を彼の記憶に銘し、之を彼の思想の他の部分と聯合し、且つ之等を更に織り込まねばならない、之を要するに、發明者は經驗を利用する能力を有たねばならない。(1) これまで、是等の驚嘆すべき器械の發明者たる名譽を擔ふ候補者として、數多の名が提出された。即ち英國、伊國、和國及び獨國の四國民は、彼等の國民の一人の爲めに、此の名譽を捕へんと努力した。

而かも吾等の有する證據は、オーランダ人に味方するらしい。第一の望遠鏡は、恐らく千六百八年中にウエセルの生れてミッドルブルグで眼鏡を作つてゐたハンスリッパルシューによつて作られたものと思はれる。(2) 彼は彼のレンズをばガラスを用ゐてはなしに、巖鹽の結晶でこしらへた。ヘーグの記録所で發見された一原文は、千六百八十年十月二日に、彼は特許を出願したことを明かにして居る。所が彼は、其の構造を更へて、觀測者が兩方の眼を用ゐ得るやうにせよとの注意を受けたので、同年之を成就した。彼は特許權を獲なんだが、オーランダ政府は、其の代りに此の器械に對して九百グルデンを拂うたのみならず、千六百九年中に完成した二個の他の双眼望遠鏡に對しても、同額を支拂うた。(3)

顯微鏡の發明は望遠鏡の發明と殆んど同時代であつた。發明者として、フイゲンスは、コルネリウス・ドレッセルをあげて居るが、今日は一般にザカリアス・ヨアンニデスと彼の父とを發明者として居る。(4) 最初接眼鏡は、凹面レンズで出來て居つた。ネーブルスのフランシスクス・ファン・タナが、凹面接眼鏡の代りに凸面のものを用ゐたらしい。望遠鏡に同様の改良を暗示したのは、ケプレルであつた。が顯微鏡に就いて數え得る凡ての技術家は、望遠鏡の製造に於いても亦卓越した人々であつた。

是等の新器械の使用は、忽ち歐羅巴に擴がつた。イギリスでは、數學者トーマス・ハリットは、五十倍の倍率を有する望遠鏡を有して居り、ガリレオのなせると殆んど同時代即ち千六百十年に、木星の衛星を觀測した。(5)

望遠鏡の發明の報知は、これまで光學の研究に長き時を獻げたケプレルをして、更に一層此の方面に努力せしめた。千六百十一年に、彼は、*Dioptrice* を公にして、其の中に始めて望遠鏡の理論を完成せんと努力した。此の如き計畫には、屈折の法則の知識を要する。ケプレルは、單に近似的のものではあるが、經驗的法

則に到達した。精密な法則をば發明し損うた。小なる角に對する彼の近似の法則は $\frac{1}{2} \sin^2 \theta$ であり、茲で n は常數であつて空氣からガラスへ光線の通過する場合には $\frac{3}{2}$ に等しい。此の法則は大體望遠鏡の正しい理論を與へるのに充分眞理に近いものであつた。

望遠鏡の助けをかりて最も早き大切な科學上の發見をなしたのはガリレオである。彼はベルジウムで遠方にあるものが、それで明瞭に見得られるやうな器械が發明されたとの噂を聞き此の研究を行ふに至つた。彼は多分此の器械が一つの凹面レンズと一つの凸面レンズとを組合せて作られると云ふことを聞いたらしい、かくて彼は自ら此の如き器械を作らんとするに至つた。乃ち以上の如きセントと光學上の彼の知識に導かれ間もなく之に成功した。彼は兩方共に其の一面が平らな但し一個のものは一面が凹面であり、他の一個は凸面である二個のレンズを鉛の管の兩端に附けた粗雑な一望遠鏡を作つた。此の望遠鏡は物體を三倍より近く視せ、又九倍より大きく見せしめた。茲に於いて彼は費用をも又勞力をも惜まざ殆んど一千倍物體を大いにし且つ三十倍以

上もより近く物體を接近して見受けしめるやうな器械を作らんと努力をなすに至つた。

ガリレオはヴェニスに行き之を貴顯の人々に示した。彼は言うた。「多くの貴人と元老院議員等は高齢ではあつたがヴェニスで一番高い教會の塔へ登り行き私の望遠鏡で船を見た、而かも是等は港に入り來るのを肉眼で認めるよりも二時間より前に望遠鏡で見得た。」

ガリレオの望遠鏡は澤山賣られ彼は學者、王子、各國の政府から夥しき注文を受け、望遠鏡の本國なるオランダも此の注文に洩れなかつた。

ガリレオは彼の望遠鏡を月に向けて、其の上に山と噴火口とを發見した。彼は又之を木星に向けて其の衛星を見た(千六百十年一月七日)。彼は更に之を土星に向けて此の惑星が三個であるのを見出した—此は今日環が不完全に見える爲めと知られて居る。彼は太陽を檢査し、其の黒點が動いて居ることを認め、太陽が自轉すると結論した。凡て是等の發見は千六百十年中になされたものである。彼の觀測は凡てコパルニカスの系統を肯定する如く見えた。茲に

於いてガリレオに對する反對の雲が出て始めた。或人々は自分等の眼を信ずることを拒み望遠鏡は之を地上のものに向けると充分に能く辨へるが之を天體に向けると偽りて幻視であると斷言した。又他の人々は之を通して望むことをも拒んだ。是等の人々の中に、大學の一教授もあつた。ガリレオはケプレルに書いた「オー我が親しきケプレル！余は君と共に心から一と笑ひたいものと思ふ。此處即ちバヂェアに有力な哲學の一教授がある、彼は余が繰返へし繰返へし且つ強いて余の望遠鏡を通して月や惑星を見て呉れよと請うても頑固に之を拒んだ。なぜ君は茲に居らぬのであらう？此の尊き馬鹿者に對して吾等は一所にどつと笑うてやりたいものを！且つ大公爵の前に丁度魔術的呪文を以て天空から新らしき惑星を誘ひ出すが如き論理で説いて居るビザに於ける哲學の教授の説を聞くでもあらうのに。」ガリレオと彼の憎む可き望遠鏡とに對する敵意は益々烈しくなつた。僧侶は彼と彼の方法与を排斥し始めた。フザー・カッシニは「汝等ガリラヤ人！何故に汝等は天を眺め居るや」と云ふ聖書の句を引いて説教したので「しやれの旨い人として持嘯された。」

第四章 電氣學及び磁氣學

「近世物理学の創立者たるガリレオの側に、吾等は磁石の哲學の父なるガルバートを置くことが出来やう。ウィリアム・ギルバート(一五四〇—一六〇三年)は英國エッセキス郡コルチスターの人で、ケムブリッジのセント・ジョンズ・カレッジで勉學し、次いで大陸に旅行をした。大陸でも又はイギリスでも、彼は醫師として大なる成功と賞讃とを博した。彼はエリザベス女王によつて其の侍醫に任ぜられたが、女王は彼の哲學上の研究を補助する目的で彼に年金を與へた。彼の最初の研究は化學に關したものであつた。併し其の後十八年又はより以上の間彼は電氣學及び磁氣學に關する實驗を行つた。千六百年に彼は大著 *De Magnete* を公にした。ハーシェル *J. F. W. Herschel* は此の書をば「有益な事實と巧みに推理された實驗とに富めるものである」と批評した。實に之はイギリスで生れた物理学の最初の大著であり、ガリレオは之をば「羨しい程にも大なるもの」と賞したが、而も之は本國ではそんなに納け容れられず、次の代には全く忘れられた。」

學者等の方法に對するギルバートの輕蔑は彼の著書の到る處に表はれて居る。實に有力な彼の先輩に對する彼の批評は往々にして嚴に過ぐるものがある。彼は其の著述の出版を多年見出せた。彼は其の序に叫んだ。「自分は何しに此の尊き且つ……此の新しき且つ時人の納得し得ざる哲理をば他人の説に服従することに誓を立てた人々の判断に任せやうぞ。知識のこんな無感覺な惡化者流へ、學問をした馬鹿者へ、文法學者等へ、詭辯學者等へ、噴き出させる人等へ、不正の頭を有する惡漢等へ、非難され、さきにじられ、無禮を加へられに任せやうぞ。」眞の哲學者よ諸君即ち獨り書籍中にのみでなしに、物自らの中に知識を求めんとする寛容な心を有する學者諸君に私は磁氣學の基礎——哲學的新流義を獻げる。(序文四十九頁)。近代の哲學者は、書籍のみより由來し蓋然性や臆測による無用の論議に立脚する學問の種類を捨つるやうにせねばならない。(四十七頁)。「現實の事實に關する知識を欠き又は實驗の缺乏した鋭敏な智慧を有する人々は容易に誤りをなす。」(八十二頁)。ギルバートは「電氣力」、「電氣引力」、「磁氣的の極」の如き學語を始めて用ゐた人である。琥珀と同様に引力を及ぼす

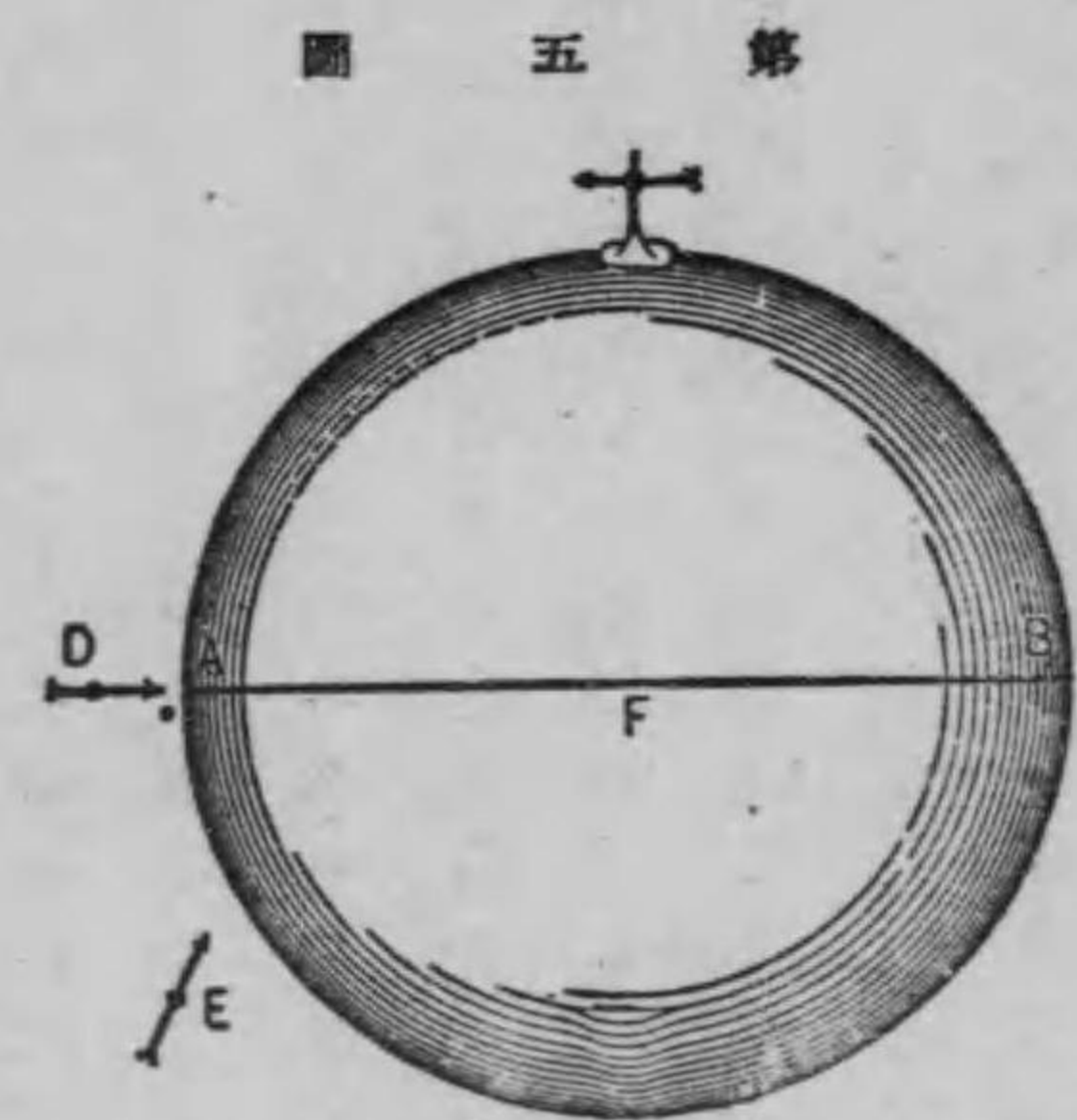
物體をば彼は“*attractio*”と稱した。又金屬や若干の他の物體をば摩擦によつて是等をば引力性を帯びしめることが出來ない理由で“*non-electrics*”と稱した。

物理学を始めて學ぶ人には往々にして磁氣作用と電氣引力或は斥力との區別を誤る。歴史は矢張り古き著者も矢張り同じ誤をなしたことを示して居る。是等の間に明劃な區別を始めて立てたのはミランの數學者ヒーロニモカルダン(一五〇一—一五七六年)である。(ギルバートは「磁石の運動の原因が琥珀に其の性質を與へる原因と甚だ異なることを知らない」連中をば輕蔑した七十五頁。イタリヤ人パプチスタボルタは鐵が金剛石と摩擦されると、丁度磁石で摩擦された場合のやうに北方に向ふことを教えた。之に對してギルバートは言うた「吾等は數多の監視の前で七十五の金剛石を取り、數多の鐵の棒や、多くの針金を用ゐて充分の注意を拂うて是等をコルクで支へ水中に浮べても而かもボルタによつて記載されたやうなものを承認し得る何等の效果を見出し得なかつた」(二百十五頁)。ギルバートはカルダンに戰を挑んだ、彼は「何故に他の何れの金屬も何れの石によつても引かれないのであらうかと問うた。而してガルダン自

身の答は、他の金屬が鐵の如くに冷たかないからである。恰かも眞に冷たきは引力の原因である如くて、鐵が鉛よりもより冷たい、鉛は磁石についても行かぬし、又其の方へ倚れもせぬとのことであるが、此の事は悲むべし、矢張りつまらぬもので老いたる婦人の無駄話と何の擇ふ所がない。(百一頁)。「針は其の間に獨り空氣のみが存在する時と同様に其の間に焔を置いても矢張り磁石に引かれるのに遅速の差を見ない。(百七頁)」。然る後彼は面白い觀察をなして居る。「併し鐵自身が赤熱されて居るならば、夫れは確かに引力性を帯びないものであらう、其の溫度が稍々降下するや否や引力を有するものとなるが(百七頁)」。或現代の教科書はギルバートが行うた優雅な實驗即ち鐵棒又は鐵の針金をば北—南に向ふやうに保持し、之を「張るか錠で打つか或は引き延ばすかして又或は是等を赤熱状態から冷却する間に錠で打つことによつて是等を磁石化する方法を記載して居る(二百十一及び二百十二頁)。

地球磁氣に關するギルバートの實驗は新時代を劃するものである。地球が大なる磁石であると云ふ、新しい而かも今まで聞いたことのない見解は彼より

聞いたものである(六十四頁)。(ギルバートは一部分ベレグリフスの足跡を踏んで地球の形狀に作られた一つの小さな磁石を用いた。此の磁石の球の近くに旋轉軸に載せられた若干の針を置いて、此の球が是等に及ぼす方位を變ずる力



と之を引く力とを觀測した。所が彼は此の球の中に地球の有する數多の性質を發見した。底て彼は之に「テラ」即ち「小さな地球」なる名を附けた。此の磁石は地球の特性たる引力、極廻轉等の全體の法則に従つて宇宙間に行はれる諸作用を有する(六十六頁)。「吾等は地球の場合に於いて見るが如く、磁氣的物體は此球に向うて凡ての側から之に執着する(六十七頁)」。地球

の如くに……是は赤道を有する……又方向を左右し北—南の方向に靜かに留まる力を有する(六十七頁)。

地球が磁極を有するが故に、磁石作用の法則から針の北に向ふ極が其の南極

であると言へることになる。「凡ての器械製造者及び航海業者は磁石の北に向うて傾く部を其の磁石の北極と取つて居るが、之は非常な間違である」(二十七頁)。地球が一つの大きな磁石であるとのギルバートの發見は何故に針が北に向くものかと云ふことを容易に説明せしめた。ギルバートに先んじて有ゆる推理が提出された。哲學者の平凡な連中は磁石運動の原因を探がして遠遠なものを唱へた。マルチヌスコルテシウスは……諸天體の外にある引力性の磁點が鐵に作用するものと夢みた。ベトルス・ペレグリヌスは方向は天の極に其の起源を有するものとした。カルダンは鐵の廻轉は大熊の尾の中の星によつて起されると云ふ説を抱いて居た。佛國人ベッサールは磁針は獸帶の極に向ふものと考へた……かくて人類の習慣で常に親炙して居るものは蔑視されて、外國からのもの遠方からの事物が常に熱望の的となる(百七十九頁)。

磁針が眞の北南に向はないことは既に第十一世紀中に支那人の知つて居たことである。所が偏角に變化のあることが千四百九十二年の彼の記念すべき航海の際にコルムブスに明瞭に認められた。千四百三十六年中にアンドレア

プランコの發行した地圖は偏角が至る處に於いて同一なものでないと言ふことを示すものと以前には信ぜられて居たが、ベルテリは彼が此の知識を有したことを拒み、其の變化の差の修正をば異なる仕方て説明して居る。(コルムブスは確かに偏角を全く有せない場所をば最初に知つた人で、之がアゾール群島の一つであるコルヴォ島から遠くない所にあるのを發見した。バプチスタポルタは偏角が經度と共に規則正しく變化するものであるから、偏差の觀測から容易に地球の經度を見出すことが出來ると教えた。所がギルバートは之は、ありだけの偽りであることを指摘し得る材料を有して居た(二百五十一頁)。併しギルバート自身も亦任意の一つの場所に於ける偏角が不變なもの、磁氣赤道と地理學赤道とが同じものであり、等伏角線が地理學上の等緯線と一致するとした點に於いて誤つて居る。是等は、確實な實驗によりて結果を正だすことをせんで空想に傾けばギルバートと雖も矢張り制裁を受けると云ふ實例である。

伏角の存在は通常千五百七十六年にロバート・ノルマンに依つて發見されたと思はれて居る。此の人はブリストルの巧みな航海者で且つ上手な細工人で

The Newe Attraction と題する著述を千五百八十一年に公にして此の新しい事實を宣言した。ノルマンの書に偏差を見出す規則を特に研究したウィリアム・ボローが千五百八十一年に編成した一つの附録が添へてある。ヘルマンは伏角の発見は千五百四十四年にゲオルグ・ハルトマンのなせるものとして居る但し之に關する彼の決定が甚だ不精密なものであることを承認して居る。ハルトマンの手紙は千八百三十一年まで公にされなかつた。

ギルバートはコバルニカス系の熱心な信者であつた。彼の著書の一つの目的は此の新しい教理を支持すべき更に多くの論據を供給せんことであつた。彼の實驗は通じて辛苦を経た精度を表はして居るが、其の實驗的結果を宇宙開關論に應用するのは順當なものでない。かくて彼は地球が磁氣の性質の爲めに自轉すると云ふことを證せんと努めた。疑ひもなく、是等の面白からぬ空想は彼の著書が不相應にも此の如き永き年月の間人々に無視された原因をなして居たらしい。されど此の蔑視も亦ニュートンの *Opticks* が彼が放射説を信じた爲めに蔑視されたのが不可なると等しく、不可である。此等兩方の場合に最

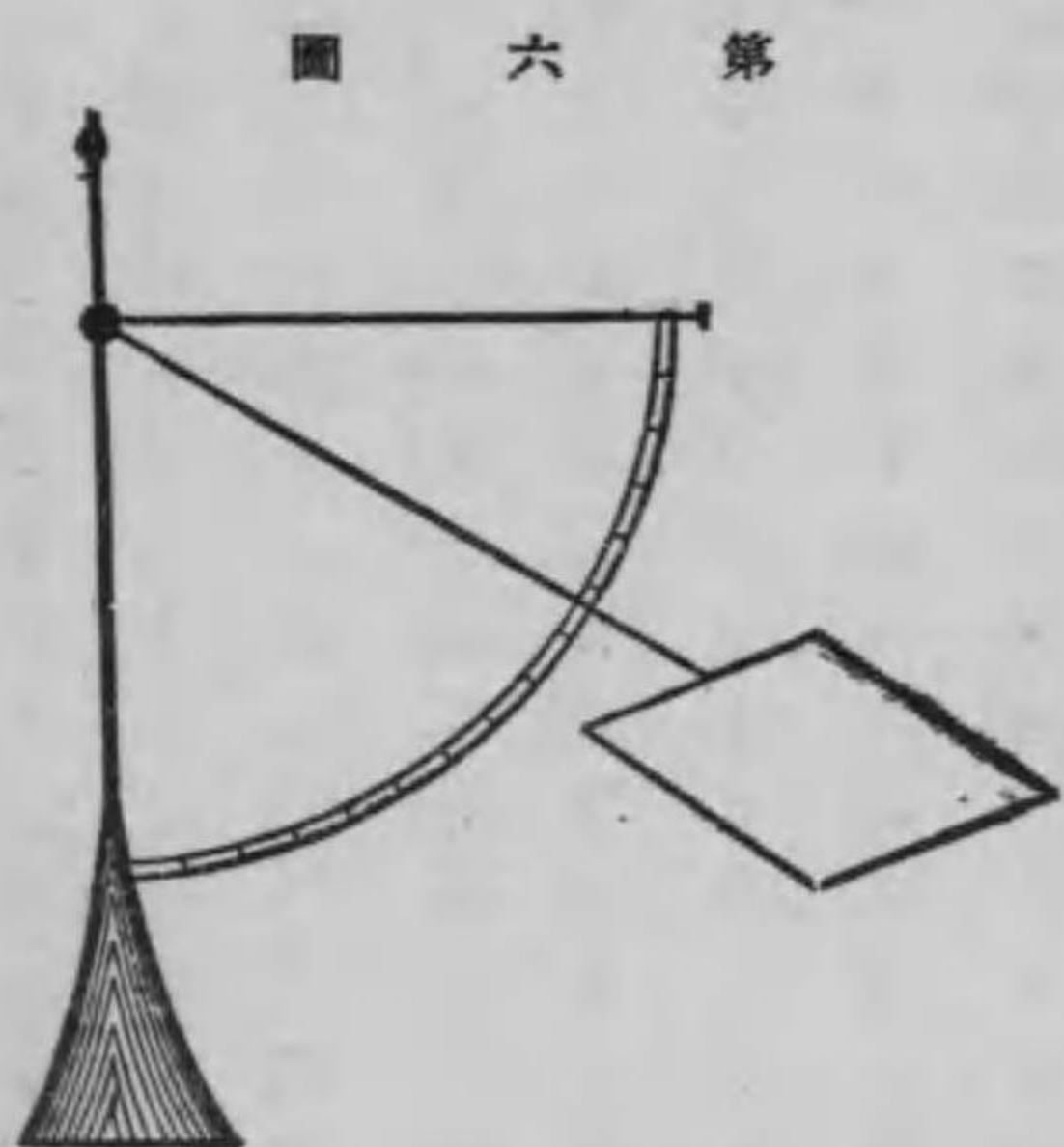
後の推論が間違つて居るが、其の實驗的結果が無限の價値を有する。

第五章 氣象學

最も古き組織的に行はれた氣象學上の記録の一是千五百八十二年より千五百九十七年までの間天文學者チホプラーヘがブラーグの天文臺で行うたものである。(一)當時天氣の觀測に用ゐた器械は尙甚だ少數であつた。風見は最初に

ギリシヤ人の間に見出されたものであるが、基督教徒化した歐羅亞では之を教會堂の尖塔に置いて、牡鶏の形狀を與へた。蓋し此の鳥が僧侶の勲勵の記號とされて居た爲めである。(二)

千五百七十年頃、天文學者エグナシオ・ダンチはポロニア及びフロレンスに風の力を測る爲め第六圖に示したやうな振子風力計を設けた。現代にありても、此の器械は歐羅亞に廣く行は



第六圖

れた。其の最初の発見者は屢々間違うてロバート・フックに歸せられて居る。最も古い湿度見はドイツの僧正ニコラウス・ドクサ(一四〇一—一四六四年)の著述中に記載されて居る。彼は言うた。「若し大なる天秤の一方に羊毛の多量を吊し又他の一方に石を載せて是等が乾いた空氣中で衡合ふやうにして置いたとすれば、空氣が濕り勝ちになると羊毛の重さが増加し、又之に反して空氣が乾き勝ちになると其の重さが減ずる。」イタリヤ人は湿度見の最初の発見をバダヴィンチに歸して居る。

第十六世紀の中頃、ミッオールドはテグス(絲)に於ける水分の効果を認めた。之は其の後湿度計の考案に屢々利用された。同じ頃に、バプチスタ・ボルタは野麥の芒が矢張り吸水性のものである點に注意した。彼は小供等が其の芒に小さな紙片を貼り、空氣が乾くか或は濕るに従つて、夫が一方或は他方に曲がるのを玩具としたのを見た。第十七世紀の初頃にはかくて野麥が廣く湿度見用の材料となつた。

第六章 科學討究の歸納法

科學的研究に觀測や實驗の必要なことは、フランシス・ベーコンの著述で大に高調された。彼は非常に文才の優れた人で、彼の科學的方法に關する著書には美しい文句が數多く包含されて居り、通俗書の著者は之を引用して其の扉や章の始めを飾るのが屢々である。科學上の進歩の歴史を熟知して居ない人々は往々にしてフランシス・ベーコンや彼の著書 *Novum Organum* が世界の覺醒、アリ・ストートル流の物理哲學の轉覆、科學に歸納法の導入等を主として將來したかの如くに思つて居る。實際の所、ベーコンは科學者ではなかつた。彼は實驗に對して實際上の經驗が殆んどない。彼は自然は直接に觀測や實驗によりて學ばるべきものであると云ふ大眞理を微細に追跡するやうな科學的天性を缺いて居た。彼はコバルニカス系統を排斥したやうに思はれる、且つ彼は彼の時代に於ける二大實驗家ガリレオやギルバートの研究をば輕蔑して居る。ベーコンは何人も之によつて根氣能く努力すれば科學的発見をなすことの出来る

云ふ間違のない一規則を與へんと試みた。吾等は、自然をば適當な排斥と除外とによりて分析し、然る後否定の充分な數を得た後に肯定的の例に基いする決論に到達する。彼は自然が假説や科學的想像の助けをからずに規則によりて研究し得べきものであると考へた。彼の處方が一般の人々の賞讃を博したが、之は物理學又は化學の實驗室に於ける獨創的研究者の採用する所とならなかつた。教授マツハは言うた。「余はラガドに於けるスエフトの計畫者の學校が骰子の言葉の上でのゲームに大なる發見と發明をなして居ると云ふのはフランシス・ベーコンが學者に依つて構成された巨大な對觀表によつて發見をなさうとするのに對する良き諷刺として企てられたものでもないかと思ふ。確かに其のやうに考へても不格好なことはなからう。」

第六編 第十七世紀

改革の第一効果はドイツの科學の進歩にとつて好都合であつた。然るに三十年戦争(一六一八—一六四八年)の間及び其の後に、内亂や宗教上の争が起り遂に憐れむべき專政主義の弛き聯合國と化し去つた。其の結果として科學は殆んどドイツに亡んだ。

フランスでは、ハンリイ第四世が王位に上りナントの勅令が發布され(一五九八年)宗教の争が稍々止んだ、かくて佛國民の天才が榮え出した。科學の花がドイツに凋んだ時に、之がフランスで蕾み出した。

イタリヤでは、ガリレオの運命は科學的熱心を衰へしめた、イギリスでは宗教上の争がそんなに烈しく國民の心を占領しなかつたが、其處にはギルバートの時代が異常に科學的成功の一時代によつて次がれた。

此の時期中に吾等はイタリヤに於けるトルリチリの、ドイツに於けるゲリケの、オランダに於けるフイゲンスの、フランスに於けるバスカル、マリオット、デ

カルト等の、イギリスに於けるボイル、フック、ハリ、ニュートン等の科學的勤勞を考へるであらう。實に此の時代は實驗的並びに理論的大活動の時代であつた。

第一章 機械學

既に述べた如くに、ガリレオは空間に於ける彈丸の道の彼の説明に際して運動の第一及び第二の法則を充分に會得した。其の後デカルトは機械學に關して著述をなしたが、彼はガリレオよりも以上の進歩を殆ど示さなかつた。彼の運動の第一法則の叙述は只其の形式の改良であり(Principia Philosophiae, 1644)彼の第三法則は其の實質に於いて間違つて居た。物體が直接に衝突した場合の運動はガリレオによつて不完全に理解され、デカルトによつて誤つて説かれ、クリストフアーレン、ジョンワリス、クリスチアンフイゲンス等によつて始めて正しく述べられた。而して運動の法則が今日用ゐらるゝ如き形式で與へられたのは、ニュートンが其の著 Principia で始めて與へたものである。

幾何學及び哲學に於けるデカルトの功績は彼の物理學上に於ける功績に遙かに優れて居る。彼は純正哲學者であつた、かくて實驗又は經驗の狭き範圍からして、疑ふ所なく推理の多數を導き、彼の最後の結論と現實の事實との間に見る不一致については一向顧慮する所がなかつた。彼はガリレオの徐ろに進む操作をば喜ばなかつた。(1)

デカルトは云うた、自然の第一原因を考へずして彼(ガリレオ)は若干の特別な結果の原因のみを探がし、基礎なしに築くことを勉めた。「真空に於ける落體の速度に就いてガリレオの言うたものは何等の基礎を有せない。彼は先づ重力とは何物かを語るべきであつた。若し彼にして其の性質を知つたであらうならば、真空中には何等の速さもないことを知り得たであらう。」余は彼の著述中に羨ましい何物をも見ず、且私自身も亦承認するやうな何物をも見ない。(2) 彼自身の先天的原理に従うてデカルトは、ガリレオの實驗的に大成したものを凡て容易に説明し得ると考へた、但し事實に於いてはデカルトは加速度についての正しき觀念を有せず従つてガリレオによつて避けられた誤りを冒して居る。

デカルト流の人々とライブニッツ流の人々との間に動いて居る物體の能率の尺度に關して奇妙な争が長く續いた。デカルトは能率が速度に正比するものと考へ、ライブニッツは速度の二乗に從うて變化するものとした。(1)此の争論は半世紀以上も續いたが、ジェン・ル・ロンド・ダラムベルが千七百四十三年に *Dynami-que* の序文中に述べた所によつて漸く終を告げた、されど其の時以前に此の問題に關するフイゲンスの思想は完全に要を得たものであつた。要するに此の長き争も單に言葉の上のことであつた。かくて兩方の見解が共に正しかつたのである。若し吾等にして時を考へるならば、運動して居る物體の能率は速度に正比するものである。即ち速度を二倍にして一物體を上方に投げると、前よりも二倍の時間の間物體が上方に上る。次に物體の動く距離を考へると、運動して居る物體の能率は速度の二乗に正比する。即ち二倍の速度で上に投げられると、前よりも四倍高い所まで上る。時に照らしたが爲めに、デカルトは「運動の量」 mv (吾等の「運動量」と云ふもの)と稱したものを導くことになり、「力の概念をば第一概念とするに至つた。又距離に照らした爲めにライブニッツはひな

る式に導かれて「仕事」をば第一概念とするに至つたのである。前なる見解は

$$F = mv$$

をば基本的方程式となし、後なる見解は

$$F = \frac{mv^2}{2}$$

を基本的方程式となした。かくてデカルト流では仕事は導來概念となり、ライブニッツ流では力の方が導來概念となる。(2) ニュートン及び現代の初等教科書の著者によつて採用されたデカルト流では力、質量、運動量をば起原的觀念として居るが、フイゲンスやボンセレの學派に採用されたライブニッツの見方では仕事質量、運動エネルギーをば起原的觀念となして居る。(3) 若し若干の現代の思想家の言ふ如く運動エネルギーが實在する對象であつて、力が實在的の對象でないこと云ふことが肯定されるならば、ライブニッツの見解は一層哲學的のものに見えらるであらう。(4)

教授の經驗を有するものは初學者が納得するのに六ヶしいとする機械學の諸問題が其の實科學の發達史て之を打ち越えるのに學者の苦心したものであ

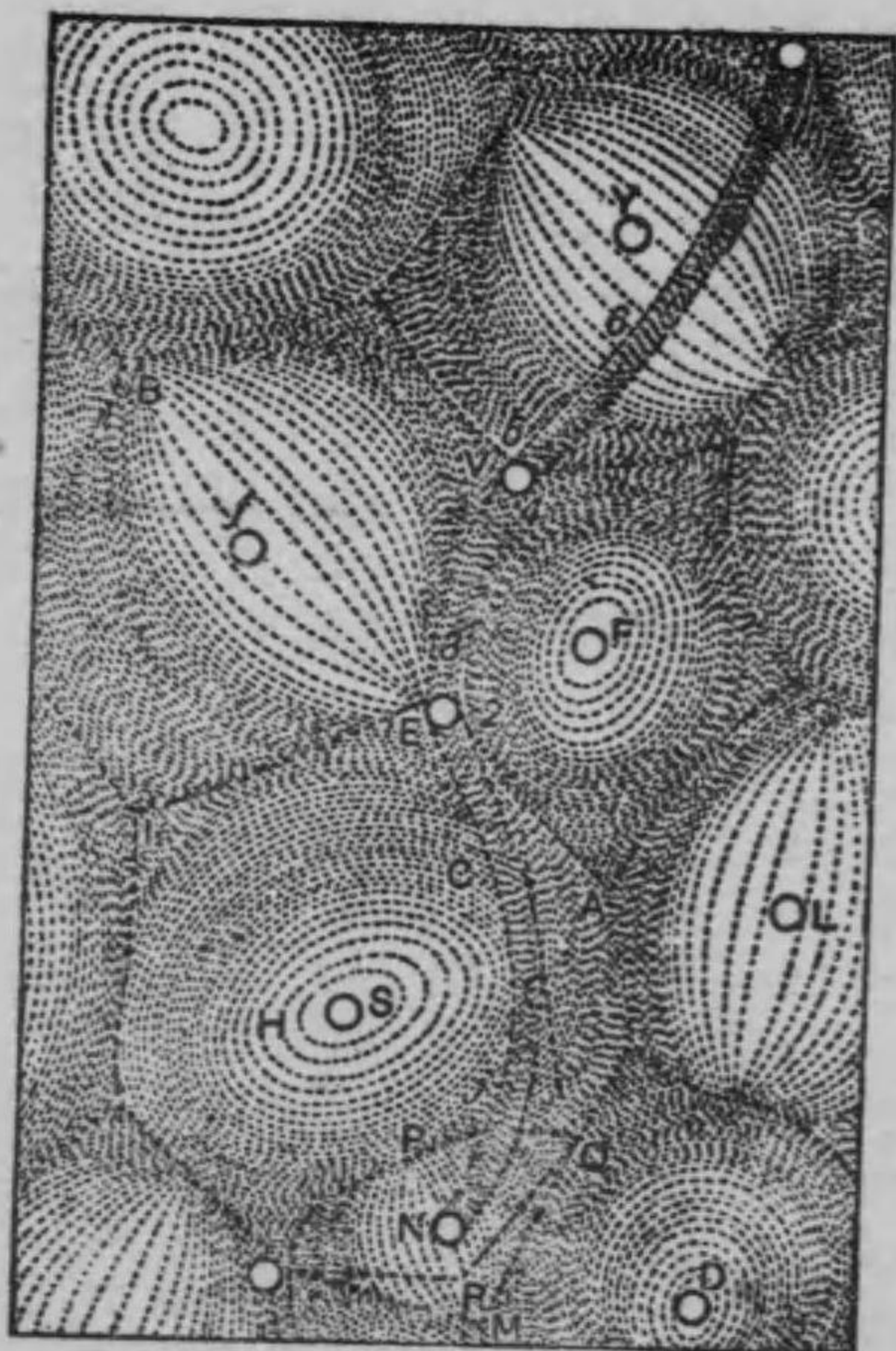
ることに氣が附くであらう。例へば力とエネルギーとの差或は質量の意義の如きそれである。ガリレオ、デカルト、ライブニッツ、フイゲンスの如き古き時代の著者は質量について明確な意識を有して居なかつた。重さと質量とがかまはず何れでも同じ目的に用ゐられた、即ち是等の二學語は彼等にとつては一つの又同じものであつた。是等兩語の間の眞の區別が、地球表面上の異なる部分で同一の物體も重力によつて異なる加速度を受けるかも知れぬと云ふことが發見された時に始めて明かになつた。ジアンリシエーが千六百七十一年にパリから佛領ギニアのカエンヌへ天文學上の觀測をなす爲めに旅行した際パリにて正しかつた彼の振子時計が日々二分半づゝ平均太陽時に後れると云ふことを見出した。それで彼は其の振子を短かくした。が再びパリに歸へると、其處では餘り短かいことが分つた。⁽¹⁾鋭敏なフイゲンスは直ちに此の原因を辨別し、カエンヌに於いては地球の遠心力がより大きいことと一部分説明を見出した。⁽²⁾質量と重さとの差はニュートンが力學の法則を天體まで擴張したとき、彼によつて明瞭に認められた。⁽³⁾地球の同じ場所では質量と重さとは互に比

例する。此のことは自明の事實ではない。ニュートンは振子を用ひて試験を幾回もく重ねて其の眞なることを證明した。最大の精度を有する實驗を繰返へし行つて見て、余は物體中の物質の量が是等の重さに比例するものであることを發見した。⁽⁴⁾

振子の數學的理論は、ニュートンのプリンシピアの次ぎに位するフイゲンスの著書 *De horologio oscillatorio* (Paris 1673) で、彼によつて始めて大成された。此の書は振子時計の説明を以て巻を始めて居る。彼の新發見の定理の一即ち振子の支點と振動中心とを交換することが出來ると云ふのは現代の教科書にも記されて居る。

ニュートンが六合引力の法則を發見した次第を叙する前に、吾等は簡單にデカルトの渦動論を注目しやう。トレミーの系統が覆へされ、昔時の透明な球が排斥された後に哲學者は、然らば惑星をして其の軌道上を運動せしめる原因が何であらうと云ふ難問に觸れた。デカルトの理論中に與へられた答は人々によつて熱心に納け容れられた。⁽⁵⁾凡ての空間は流體否エーテルで滿されて居る、

而して此の流體の各部分は互に相互作用し圓運動を起す。即ち流體は高さ、速度及び密度の異なる群に分れて居る。太陽の周りには一つの莫大な渦動があり、其の渦卷の内に地球や



第七圖

り小なる渦動は一物體の間の凝集力を生ずる。第七圖は、デカルトが彼のプリンシピヤに掲げた渦動の圖である。

此の理論はニュートンが之によつて養成された當時の信仰であつた點で趣

味がある。即ち之がイギリス及び歐羅巴の大學で教授され千六百七十一年デカルト流の學者ジャック・ロホールは *Traité de Physique* なる書を著した。此書はフランスでは古典的教科書となり、イギリスやアメリカでも教えられた。サミュエル・クラークの翻譯千六百九十六年(千七百四十三年)までも矢張りエール大學で教科書として用ゐられた。(1)クラークの原本に對する註解がデカルト系統の非なるを明かにし、ニュートンの見解を奨めるのに役立つた。フランスでは第十八世紀の中頃までデカルトの渦動に關する信仰が全く止まなかつた。(2)デカルトの渦動論はトレミー系、コバルニカス系或ひは光の放射説等の如き科學上の大なる學說と相ならぶものではない。デカルトはケプレルの法則とそれを調和させやうとは企てなかつた。實に是は一つの現象をも満足に説明しなかつた。尙ほ此の説が新たな真理の發見の指導とならなかつた。而かも此の説は惑星の運動を機械的原因に照らした。かくて其の一般の特徴は旋風又は水の渦卷が直ちに心頭に映るので吞込み易いことである。更に又此の渦動説はアリストートルの系統を覆へすのに助けとなつた。(3)アイザーク・ニ

ユートン(一六四二—一七二七年)はガリレオが死んだ其の年にリンコルンシャーのウールズルプで生れた。十二歳のとき彼の母は彼をグランザムの公學校へ學ばしめたが、其處で彼は機械の發明に就いて明かに趣味を有することを示し出した。彼は水時計、風車、乗手が自ら動かす車及び其の他の玩具を作つた。彼は千六百六十年にケムブリッジのトリニチイ大學に入學した。ケンブリッジはユートンの天才の發生した地であつた。尙大學生である間に彼の學んだ物理學書中に、ケプレルの光學及びバルローの講義があつた。彼の大發見の或物の最初の觀念は其の時代に彼の心に起つた。千六百六十四年に彼は暈に關する若干の觀測を行つた。彼は言つた、千六百六十六年に、自分は重力が月の軌道までも及ぶと云ふことを考へ出し……底て月を其の軌道上にとめるのに要する力をば地球の表面に於ける重力と比較したが、是等が殆んど良く其の目的に沿つた。

六合引力に關する上の事が、其の時にケムブリッジに流行した疫病を避ける爲めに彼の郷里に歸つて居た間に起つたもので、ベムバートンは次ぎの如く記

した。「彼は庭園に獨り座して居た時に重力の強さに關する冥想に陥つた。此の力は地球の中心から吾等が達し得られる最も遠き所まで即ち最も高い建物の頂又は尙一層高き所最高の山の上まで上つても分かる程に其の強さを減せない所より見れば、それは一般に考へられて居るよりも烈しく遠くまでに及んで居るものであると言つて宜しい。然らば、之は月までも達せぬであらうかと彼は心の中で言つた。さて若し然りとすれば、月の運動は此の力によつて左右せらるべきである。思ふに月が其の軌道に留つて居るのは此の力によるのであらう。若しケプレルの第三の法則各惑星の公轉週期の二乗は太陽から其の惑星までの平均距離の三乗に比例するが正しければ地球と太陽系の他の天體との間の引力は距離の二乗に逆比するものであると云ふことはユートンによつて更に又フック、フイゲンス、ハリローレン其他の學者によつても推量された。而かもケプレルの第三の法則は當時疑を受けて居た。上の推量が眞理であることを證するにユートンの天才を要した。

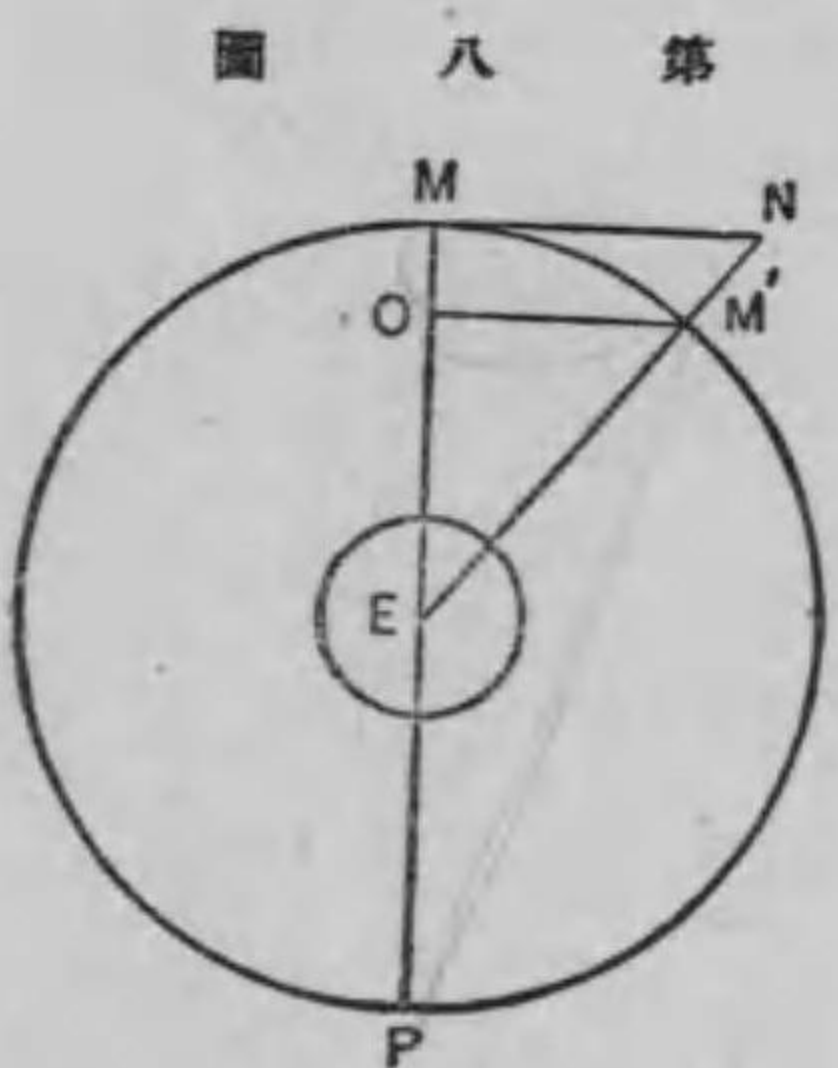
此の發見の古き物語に従へば、ユートンは千六百六十六年に地球の半球の

見積りをば緯度一度が六十哩に相當すると云ふ想像から割出した。計算の結果二乗逆比の法則を検證し得たが、唯近似的のものであつた。従つて尙彼の心中に疑の雲が宿つて居た。千六百八十四年頃彼は子午線上の弧のジアンピカールの測定(一度が六十九哩と十分の一)から地球の半徑に關する一層精密な價を得た。此の正しき値を用ゐた所が二乗逆比の法則が充分に檢證された。

近頃更に調べた所によれば、ニュートンが一度を六十哩とした見積りが小さ過ぎるのを前述の如く長い間知らずに居たといふのは甚だ怪しい。千六百三十六年出版のノルウツトの *Benjamin's Practice* が一度が六十九哩二分一と一層正しい値を與へて居るし、又スネルは千六百十七年に殆んど之と等しき結果を與へて居る。而かも之がヴァレニウスの *Geography* に引用され又此の書の一版は千六百七十二年にニュートン自身によつて編せられた。それにも係はらず、ニュートンは多年の間改算を企てやうとしなかつた。何故に彼は此のやうに延引したのであらうか。天文學者アダムス J. C. Adams は「ホイットマウス蒐集品」之は千八百七十二年まで私有物であつたが、其の年に其の持主は之をケムブリッジ大

學へ寄附したとなつて居る未刊のニュートンの手紙と原稿とを吟味した結果、ニュートンの苦んだ點は此の如きものでなしに、其の實千六百六十六年になした數の上の檢算は可なり完全なものであつたが、只彼は球形の物體が其外部にある一點に及ぼす引力が何であるか決定し得なかつたのに座するを結論した。ハリーに宛てた彼の手紙によれば、地球の凡ての質量が凡て其の中心に凝結されたが如くに其の引力を及ぼすものと彼は未だ想像しなかつたことが分かる。故に重力に關する此の假定法則が、よし遠い距離に對しては充分近似的の一致を見るものと言ふことを得るも、之を數字で檢證し得るものと斷言し得なかつた。ハリーが千六百八十四年にニュートンを訪うた時、若し引力の法則が二乗逆比のものであるならば惑星の軌道は如何なるものかを決定せよと請うた。ニュートンは千六百七十九年にフツクの爲めに同じ問題を解いたことがあるので、言下に夫れは楕圓であると答へた。ハリーの訪問の後に、ニュートンは地球の半球に關しビカールの新しい値を用ゐて彼の古き計算を更正し、かくて若し太陽系中の諸天體間の距離が大にして之に比べると天體が點と考へ

得る程であれば、是等の運動は六合引力に關する假定した法則と一致して行はるゝものであることを明かにしたのである。千六百八十五年に、彼は其の密度が中心からの距離のみによりて定まるやうな球狀體が其の球の質量が全部中心に凝結したと考へたと同様に作用することを證明し得たので、彼の大發見を完成し得たのであつた。此の如くにして更に二球間の引力が、恰かも是等の質量が何れも其の中心に凝結したと考へたと同様に取扱ふことの出来ることが證明された。グレイシーアは言うた。「ニュートンは此の宏大なる定理を證明



したのは宇宙の凡ての「カラクリ」が直ちに彼の前に開かれたのを感じた時であつた——吾等は彼自身の言葉から之が彼の數學的研究から生れるまでは彼はかくも美しき結果を全く豫期しなかつたのを知る。」と。

吾等は第八圖の助をかりてニュートンの計算を説明することとする。測地學的の測定は地球

の圓周の長さをば一二三二四九六〇〇バリー尺 (Principia, Book III, Prop. IV) と與へた。月の平均距離は地球の半径の殆んど六十倍である。故に月の軌道は之を圓と假定すれば

$$123,249,600 \times 60 = 7,394,976,000 \text{ R}$$

である。月は地球の周りを二十七日七時四十三分又は三九三四三分で一週する。故に其の軌道上に於ける速度は

$$7,394,976,000 \div 39,343 = 187,961.67 \text{ R/分}$$

である。さてMをば其の軌道上の月の位置、Eを地球の中心とし、MNをば此の速度を表はすものとする。すると明かに、NM'は角MEM'が甚だ小さい場合にMOと殆んど等しきものであつて、MOは月が地球に向つて一分間に落ちる距離を表はす。然るに

$$\overline{MM'}^2 = \overline{MP} \cdot \overline{MO} \text{ (Book I, Prop. IV, Cor. 9)}$$

であるから次ぎの結果を得る。

$$\overline{MO} = \overline{MM'}^2 \div \overline{MP} = 15 \frac{1}{12} \text{ R/分}$$

ME は地球の半径の六十倍に等しい爲めに、一物體が一分時間に地球の表面で落下する距離は二乗逆比の法則によつて $60^2 \times \frac{1}{12} R$ 即ち一秒時間につき $\frac{1}{12} R$ / 秒でなければならぬ。一層精密に言へば十五呎一時と二ラインと九分の四である。然るにフイゲンスのなした振子實驗はバリーで静止の位置から一物體が一秒時間に落下する距離が十五呎一時一ラインと九分の七であるとの結果を與へた (Book III, Prop. IV) 故に二乗逆比の法則が眞であることが證明された。

Book I, Prop. IV. Scholium ユーリオンは上の計算に用ゐた遠心力の法則がフイゲンスに負ふものであることを承認して居る。

ユーリオンが Principia をローヤルソサイチイーに提出した時に、ロバートフック (一六三五—一七〇三年) は二乗逆比の法則をば彼の發見であると主張した。之に對するユーリオンの答はエドモンドハリーに宛てた手紙に含まれて居る。(1) Principia はハリーの勸誘と彼の費用負擔とで千六百八十七年に公にされた。

所て六合引力の強さの變化を表はす法則が既に三世紀以前に知られたもの

であるが、又科學上の發見が此の大法則の發見された以後に以前と比べて一層迅速になつたにも係はらず、何物が石をして地上に落下せしめるかをまだ説明することが出来ない。之は實に科學の進歩に於ける一の奇妙な事實である。地球と月とが其の間にある又は是等を取り巻く媒質の助をからずして真空の空間を通じて相互に作用を及ぼすものとは近代の物理學者が信ずるに困難であると考へて居る。此の問題に關するユーリオンの見解が少なからず人々の趣味を抱く所である。彼は「遠距離作用」を信じたてあらうか、即ち物體のない所で物體が作用することの出来るものと信じたてあらうか。ベントリーに宛てた手紙に次の如く述べた。

「重力が物體に生來内在的且つ必須のもので、従つて一物體が距離を有する他の物體へ是等の作用及び力が一より他へ運ばれ得るやうな其の他の何等媒介物なしに、真空を通して相互に作用し合ふものと考へることは、苟くも哲學上のことを考へる適當な能力を有する人の陥り得べきものと思はれない程の不合理と自分には思はれる。」

然るに時として反對の信仰がニュートンの抱いたものとされて居る。遠距離作用の教理は其の著者としてニュートンを有せない千七百十三年に *Principia* の第二版を發行したロージャー・コーツ(一六八二-一七一九年)こそ其の著者で、彼は序文中に之を斷言して居る。其の後ニュートンの哲學が歐羅巴に地盤を獲たときに、廣く行はれたのはコーツの説でニュートンの見解ではなかつた。

次ぎに液體及び瓦斯的機械學に進んで先づブレイス・バスカル(一六二三-一六六二年)のなした液體の壓力に關する研究から始める、此の人は嘗に早熟な數學者又は *Provincial Letters* の著書としてのみでなしに物理學者としても亦有名である。彼はオーザエル・ニユのクレルモンで生れた。彼が千六百五十六年に書き彼の死後一年經つて千六百六十三年に始めて公にされた簡單な一著述 *Traité de l'équilibre des liqeurs* 中に、彼は一般にバスカルの法則として知られるものをあげた、即ち一液體に働く壓力は凡ての方向に減ぜられず、其の儘傳へられ、同じ表面の凡ての點では之と直角な方向に同じ丈の力を及ぼすものであると云ふにある。彼は現今マッソンの器械で實驗室で行うて居るのと同じ實驗を

なして一表面に對する壓力が液體の重さの爲めに獨り其の深さにのみ従ふものなることを示した。同じ面積の移動する底を有し且つ形式を異にする數多の器が交るゝに天秤の一方へ吊される。かくて此の器へ水を注ぎ其の水量が此の壓力の爲めに底が丁度押し下げられ天秤の他方の錘りを上らせるに至るまでにする。バスカルは又密閉した器の中の液體に抗して滑走するやうな二つの栓又は活塞を取り、第一の表面が他のものゝ一百倍大なるものたらしめた。すると第一の栓に働く一人の力が他の栓に働く一人の力に釣合ふことを知つた。故に水を満たせる器は機械學の一つの新原理であり、吾等が望む程何程でも力を増加することの出来る新器械であると云ふことになる。

望遠鏡を除けば、第十七世紀に於ける何れの科學上の發見もバロメーター及び空氣ポンプを以つて行つた實驗程に驚異と好奇心を起したものが無い。空氣が重さを有すとの偶然的の言葉がアリストートルやプラトリーの著述中にも見る所であるが、ガリレオ及びトルリチリの時までは何物も知られて居なかつた。無駄な空想が數多度真空に關して向けられた。アリストートルは真空

は存在し能はぬものであると考へ、其の後デカルトの如き著者も亦同じ見解を
持した。二千年の間、哲學者は自然が恰かも無生物が感情を有する如くに真空
に對して恐れを抱くものとし、即ち「真空の恐れ」と言うた。此の恐れのため、自
然は真空の生成を妨げ之に接近する何物でも手當り次第に之を利用し、夫を以
て忽ち空虚になつた空間を満たすと言うた。ガリレオと雖も此の如き非哲學
的な此の教理を全然放棄して居なかつた。彼は恰かも其の時仕上げられた長
い吸管を有せる吸上げポンプが殆んど三十三尺よりもより以上水を上げるこ
とが出来ないと云ふ話を聞かされて驚いた。彼は底で真空の恐れは制限を有
し之を測り得べき力であると言うた。而かも彼はガラスの球に通常の空氣を
滿せるときの其の重さと同じ器に高壓の空氣を充たせしときの其の重さとの
差から空氣が重さを有する事實を知つて居た。彼は空氣の密度が水の密度よ
りも四百倍もより小さいものと評價した。

此の如く、ガリレオは(一)空氣が重さを有することを知り、且つ(二)夫が水柱の高
さで測られ又活塞に抗する重さで決定されると理解したる爲め、真空に對する

抵抗の何物なるかを知つて居た。而かも是等の兩觀念は彼の心中に別々に宿
つて居た。(一)是等を聯結し綜合し且つ空氣をば壓力を及ぼす流體の表中に編入
するようになんか變化する任務は彼の弟子トルリチリに残された。

エヴァンジェリスタ・トルリチリ(一六〇八—一六四七年)はジュシュイトの一
學校で數學の勉強を始め、ローマでベネデクト・カステリに就いて其の勉強を續
けた。彼はガリレオの著書を熟讀し機械學に關する若干の論文をかいた。ガ
リレオは是等の論文の著者たる彼と會はんとし、フロレンスに來て自分と研究
を共にするやうに勧誘した。彼は其の招待に従うた、彼と會ひ彼と語るの老
いた盲目の物理學者が非常に其の晩年に慰藉を得たと傳へられて居る。ガ
リレオは彼と會うて後三ヶ月にして世を去つた。ガリレオの保護者であつたタ
スカニーの大公爵はトルリチリをばガリレオの後を次いでアカデミアの數學
教授たらしめた。

トルリチリは水銀の垂直柱で真空の抵抗を決定せんとする装置を工夫した
而かも彼は之が此の抵抗に相當する水柱の長さの殆んど十四分の一であらう

と期待した。所謂トルリチリの實驗は千六百四十三年に、十七歳でガリレオの弟子となり其の時トルリチリの指導の下に研究をして居たヴィンセンツォ・ヴィグリアニ(一六二二—一七〇三年)によつて實行された。

トルリチリは彼の研究の事項を公にしなかつた。當時彼はサイクロイドに關する數學研究に餘りに凝つて居り而かも其の後數年にして死んだ。但し彼は後の實驗をば千六百四十四年友人なるローマのリッチに書いた二本の手紙に記載した、夫等は尙傳へられて居る。(2)彼は其の中に言うて居る、彼の研究の目的は、單に真空を生ぜんとするのでなしに、之が時としてはより重くして密になるかと思ふと忽ちより軽くして薄きものになると云ふ空氣の變轉を示さうとするにあつたと述べて居る。(3)

千六百四十四年にリッチはトルリチリの實驗を記した一本の書狀を當時廣く通信をなし科學者間の仲介者たりしパリーのペレメルセンヌに送つた。此の報道は佛國の學者間に大に感動を與へた。併し千六百四十六年の夏ピエール・ブチがバスカルと共に行つたまで此の實驗がフランスで繰返へして見ら

れなかつた蓋し其の以前に適當なガラス管が得られなかつた爲めであつた。

バスカルの受けたイタリヤでの實驗の話は甚だ不完全なものであつたと見え、彼は自ら此の現象に就いて考ふるの必要に接した。彼はかくて、真空は自然界に不可能のものではない多くの人が想像するが如くに自然はそれ程に大なる恐れを以て真空を忌むものでない」と結論を下した。(4)

バスカルは、若し水銀柱が空氣の壓力によりてのみ押し上げらるゝものとするれば、其の柱の長さは高さ所ではより短かゝるべき筈と推論した。茲に於いてパリーの一寺院の塔で實驗を試みたが、而かも一層決定的の結果を望んで、彼の義兄弟に手紙を書き、アウヴェルニユの一高山ベユイ・ドームで此の實驗を行はんとことを請うた。所が水銀の高さに三吋の差があつたので、吾等をば賞讃と驚異とを以て狂喜させた。バスカルは赤葡萄酒の四十六呎の長さあるガラス管を用ゐてトルリチリの實驗を繰返へした明かにガラスの管は一層豊富になつた。彼はサイフォンを用ゐて實驗をなし且つ其の理論をも説明した。又一つの囊に空氣を半分入れたものは之を携へて山に登ると脹れるやうに見え而か

も又山を降りる間に次第に再び元に復することを知つた。

真空の恐れてゐる教理はイタリヤ及びフランスに於ける實驗的研究によつて覆へされた。此の操作は又ドイツでも繰返へされた。但しドイツ研究家の前なる部分は他と獨立になされたものであつた。オット・フォン・ギエルケ(一六〇二—一六八六年)はマグデブルグの由緒ある家柄の出であつた。彼はドイツの諸大學やライデンで勉強し、イギリス及びフランスを旅行した。三十年戦争中千六百三十一年にマグデブルグは蹂躪され、ギエルケと其の家族とが僅かに身を以て免れた。其の後彼はグスタブ・ス・アドルフスの軍に技師として生計の資を得た。千六百四十六年にマグデブルグの市長となつた。

真空に關する議論は彼の好奇心を促がして此の事實を實驗的に發見せしめる考を抱かしめた。千六百六十三年彼は其の著 *De vacuo spatio* の原稿を完成したが、千六百七十二年まで公けにされなかつた。

ギエルケは先づ水を満たした緊い酒樽を取り、其の下に眞鍮ポンプを附けて水を取り去ることを行うて見た。然るに樽にポンプをつける爲めに設けた金

第九圖



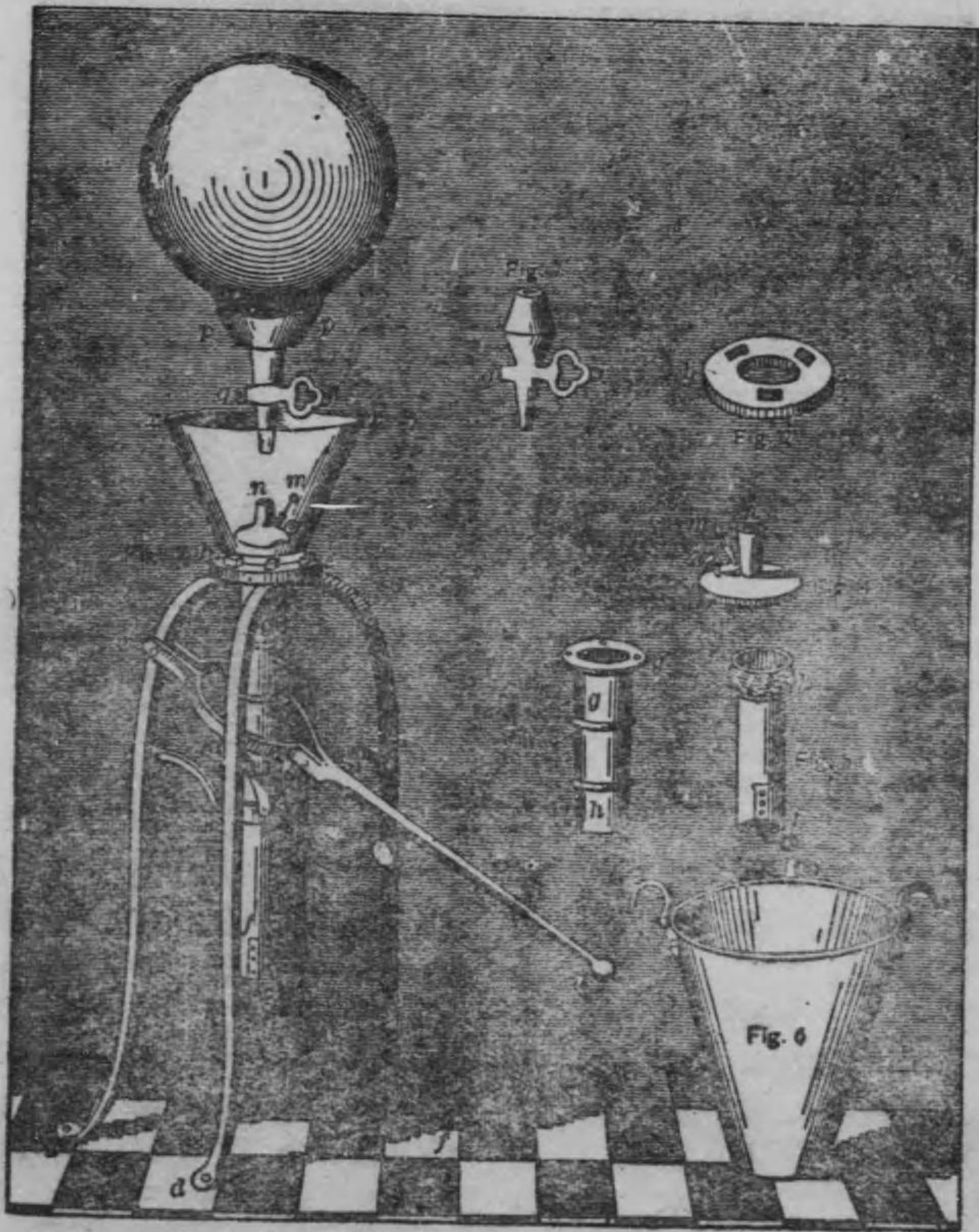
第十七世紀

輪と鐵のネジが切れた。底て之

を一層堅固に取附けたが、水を抜き出すのに活塞に三人の強い人が力を加へて漸く成功した。所が其の時に一種の音が聞え、恰かも中に残つて居る水が烈しく沸騰して居るやうであり、且つそれが水が全く吸ひ出され、空氣で置き換へられるまで續いた。

次に洩れ勝な木製の樽の代りに銅の球を取り、前と同様に水と空氣とを抜いた。最初には活塞は樂に動いたが、段々六ヶしくなり、遂には二人の力でも容易に

第十圖



動かし難
くなり、突
然大きな
轟聲を發
し、人々の
驚愕を生
ぜしめ球
が壓潰さ
れて仕舞
うた。更
に一層強
い且つ一
層正しく
球状をな

した第九圖に示せる如き金屬の器を取附けて排氣して見た。「活栓をあけると空氣が非常な勢ひで此の球へ猛進し、球が其の近くに居る人をも引かん計りであつた。可なり球から離れて立つて居ても呼吸が留まるやうになり、活栓の上に手を置くと、手がもぎとられるの危険がある。」

ギエルケは次いで空氣ポンプを發明した其の最初の形狀は第十圖に示した如くであつた。活栓を有する栓が取り離し得るやうになつて居るので、其の球の中に試験せんとするものを入れることが出来る。空氣が洩れないやうにとの一層の綿密な注意を拂うて活栓をば圓錐狀の器に注いだ水中に位することにした。此のポンプで數多の實驗を行つた。懐中時計の音は眞空中に置けば聞えなかつた。又焰は消え、鳥は其の嘴を廣く開けて忽ち死し、魚も死した、又葡萄は其の中に置けば六ヶ月も貯へることが出来た。上方は排氣した球と連結し下が水中に浸つて居る長い管は彼の水晴雨計である。之れて彼は空氣の壓力によつて管中に水の上るのを説明した。彼は此の水柱の高さの變化を觀測し、此の器械を天氣豫報に用ゐた。水の上に浮かした木製の小さな人形は管の

内て上下に運動し其の指て任意の時刻に於ける空氣の壓力を指示する。最初に空氣を充たした儘で、次に排氣してから排氣球を秤る實驗が初等教科書に記載されて居るが、マグデブルグの半球も亦よく記されて居る。彼は直徑一二呎の此の如き半球を作り千六百五十四年國會及びファルデナンド第三世の前で試験した。彼の計算に従へば、兩方の半球を一所に押し附けて居る大氣の壓力を打勝ちのに二千六百八十六封度の力を要した。兩等の半球の各に馬を四對づゝ合計十六頭の馬の力で漸く之を引き離すことが出来た。彼の本に此の實驗の行はれた有様を其の儘示した大きな繪が掲げられて居る。

其の折にギエルケは他の諸實驗を行つた、そして若し人が大きな排氣した球に息を吹き返まうとすれば、其の息が彼の最後の呼吸となると斷言した。所が之が人々の疑ふ所となつたので、新たな一實驗を行つて、吸ひ附けの力を示した。大きな圓筒を有するポンプを取り、其の活塞に強い綱を結び綱を滑車にかけ之を數多のものに別けて二三十人の人が之を引くことが出来るやうにした。さて此の圓筒が排氣鐘に連ねられると、活塞は忽然大氣の壓力で押され、爲めに綱

につかまつて居た人々が吊り上げられた。

ギエルケが始めて十一年前にトルリチリのなした實驗を聞知したのは此の折りであつた。

イギリスではロバート・ボイル(一六二七—一六九一年)によつて始めて空氣の機械學が研究された。此の人はアイルランドのリズモリア城で生れた。彼の自叙傳中に彼は幼時訥る癖のある小供等と交り、彼等を擬ねた所が終に之に感染したとのが記されて居る。之を醫さんと手を盡したが勉強のやうに矢張り不成功であつた。エトン學校に四年居つた後千六百三十八年大陸へ行つた。ゼエネバで一夜怖しい雷雨に會つて終りの審判の日が近いとの恐れを抱き、其の時宗教に歸依した。彼の晩年の著述は多くは神學に關するものであつた。千六百四十四年に十八歳の青年として本國に歸へつたが、此の時國は大混亂の中にあつた。併し千六百四十五年にロンドンで其の後ローヤル・ソサイティーと合併した一哲學會—之を彼は無形のカレッヂと呼んだ—の集會から科學研究の強き刺戟を受けた。千六百五十四年に彼はオクスフォードに居を定

め實驗所を設け若干の助手を使用し、化學の助手としてロバート・フックを雇うた。(一)ギエルの空氣ポンプの實驗を讀んで後フックに一層巧みなポンプを作らせ、夫れが千六百五十九年に完成した。かくて其の翌年に早くも *New Experiments . . . touching the Spring of the Air.* と云ふ書を公にした。

彼は千六百六十八年オクスフォードを去つてロンドンに行いた。四十年の間彼の健康は甚だ宜しくなかつた。彼の記憶は弱くして頼みにならないので、屢々勉強を廢せんかと思つたことがあると云ふ、而かも彼は數多き書の著名で本國及び外國で大に名聲を博した。千六百五十七年以前に、彼は意を決して、慎重に而かも整然と「ガッセンヂ、デカルト或はフランシス・ベーコンの著述を讀むことを禁じ、自分は夫が何物であると自ら考へるやうになるか若干時間考慮したときまで何等の學說或は原理にも捕へられないやうにと務めた。(二)

ボイルは空氣ポンプの球内に晴雨計を置いて見、又排氣した後、球内の熱した液體が泡立つことや水の凍ることなどを觀察した。

若しでも物理學者の不合理の批評を受けなかつたならば、ボイルは恐らく彼

の名を以て呼ばれる法則を發見せなかつたらう。ネーデルランドのルユチツクの一先生フランシスカス・リヌスはボイルの *New Experiments* を讀み、空氣が二十九吋の水銀柱に釣合ふ如き大事を完うするには甚だ不充分であると批評した。彼は又水銀は管の上端から不可視の數多の絲によつて吊られて居り、自分が指を以て管の上端を蔽うた時に之を感じたと主張した。此の評はボイルをして研究を改めて行はしめた。「吾等は今其の目的で行うた實驗によつて空氣の彈力がトルリチリの實驗の現象を解くのに對して、必要であるよりもより以上のことをなし得る能力を有することを明かにしやう。(三)吾等は底で長いガラス管を取り上手な手とランプの助をかりて其の底部を曲げて、曲げ上げられた兩方の枝が殆んど平行になるやうにし、より短かい枝の穴を嚴密に封じ、其の長さが各時に分たれ更に各時が八等分された、而して其の目的に達する爲めには其のやうに目盛をした紙片が管に貼られた。又長き枝にも矢張り同様の紙片を貼つた。さて「サイフォンの曲つた部分を充たすに足る丈の水銀を注いで、兩方の枝の高さが等しくなるやうにとやつて見た。「所が更に長い枝に水銀を注いで

短かい枝の中にある空氣が收縮して以前占めた空間の半分を占めるまで至らしめたときに……長い枝を見ると、喜ぶべし管の其の部分中には水銀が他の枝よりも二十九吋丈高くなつて居た。此の管が偶然のことと破れたので、始んど八呎の長さある新たな管を作つた。之が彼の室内で使用するのに長過ぐる爲め、一對の梯子を設けて天井から管を吊り、下方に置いた箱に漸く觸れるまでにした。一氣壓よりもより少ない壓力も亦得られた。全體として彼は封じた空氣をば一方の極端から他の極端たる四十階段まで即ち水銀の一時八分二から百十七吋十六分九まで變化する種々の壓力の下に置いて、常に其の觀測した壓力をば、彼の想像した假説即ち壓力と膨脹とが逆比をなすとの法則に従うか如何を比較した。而かも觀測の値と此の理論による値とが能く一致した。

千六百六十六年にボイルは *Hydrostatical Paradoxes* なる著書を出して輕き液體がより重い液體に對して何等の壓力を及ぼし得るものでないと云ふ昔しの教理を説破するのに大に務めた。彼の時代に至りて尙此の如き辯駁を試むる必要があつたことは流體の壓力に關する正しき觀念を消化するのに如何にも遅

れて居たことを示すものである。

ボイルの法則は彼が之を公にして後十四年にフランスの大物理學者エドム・マリオット(一六二〇—一六八四年)によつて獨立に發見された。此の理由でフランスでは此の法則は「マリオットの法則」と呼ばれる。マリオットは千六百七十六年彼の著述 *Sur la nature de l'air* を公にした。彼の曰く「吾等は先づ四十吋の管を取り、之に二十七吋二分一丈水銀を入れて十二吋二分一丈の空氣が残るやうにした。然る後之を水銀を容れた器に浸し一時丈其の中に押し込み、空氣中に三十九吋丈が現はれて居るやうにした。すると、水銀は下つて十四吋となり、空氣が以前の容積の二倍となつて二十五吋を占めた。」實驗を繰返へした後、空氣が夫が荷はされた重さに比例して收縮すると云ふことは自然の或規則否な法則と考へて宜しいことが充分明かになつた。「彼はボイルよりも一層明瞭に此の法則の大切なことを得心した。」

フランスに於ける實驗物理學の復興はマリオットに負ふ所である。ボイルがロンドンのローヤル・ソサイチーの創立について知られて居る如く、マリオ

ットは千六百六十六年に創立されたアカデミー・デ・シアンスの最初の而かも主
な會員の一人であつた。彼は深い穴倉の中で水銀柱の高さを測り、次にバリ
ーの高い所に新設された天文臺で之を測つて、晴雨計で高さを評價する近似公
式を求めた。彼は又衝擊に關して大切な一論文を書いた。

千六百七十四年、デニス・バピンはギエルケやボイルが用ゐたやう活栓を有す
るフラスク狀の容器が一枚の板と鐘狀のガラスとで置き換へられた空氣ボン
ブを記載して居る。一般にかゝる改良がバピンの創めたものと考へられたが、
バピン自身はフイゲンスの改良として居るので、今では之は千六百六十一年に
フイゲンスは此の望まじき改良をなしたものと分つた。(1)バピンはフイゲンス
の弟子で又助手であつた。

落體や彈丸の研究をなすに際し此の現象を何時でも六ヶしくした空氣の抵
抗が研究者を苦しめ、爲めに種々の批難を蒙るを常とした。ガリレオは空氣の
抵抗を酌量した。千六百七十年頃マリオットはバリー天文臺でなした實驗か
ら落體に對する抵抗は時間の二乗に正比すると結論した。ニュートンは同じ

結論に傾いたがラ・ヒルは時間の三乗に正比するとのことに考を向けた。

千六百七十九年にニュートンは落體が地球の日週運動の爲めに東方へ進ん
で、一般の人の思ふやうに西へ落ちないと記した。茲に序でに記して置くが
フランスでメルセンヌとブチとが彈丸を垂直に上方へ發射して、是等が地面に
達するときは遙かの西へ偏するであらうと期待した。(2)然るに彈丸が發見する
ことが出来なかつた。茲に於いて其の時代のフランスの大賢たるデカルトに
相談した所が彼は眞面目に彈丸は非常に強い速度を受けたので其の重さを失
うて地球から逃げ去つたと答へた。

ニュートンの豫言は上つて然る後落下する物體でなしに、靜止から落下する
物體に當嵌つた。此の實驗は彼の同時代の人なるロバート・フックによつて試
みられ、同人は其の結果をロイヤル・ソサイエティーに報じ、彼は、此の實驗の何れ
に於いても球が垂直に吊られて居る其の球で見出した垂直點の南東へ落ちる
ことを發見したと述べた。此の實驗は開いた空氣中では行はれたので、其の結果
は稍々不整ひである。フックは言うた、併し戸内でも矢張り成功したと。(3)かく

も奇體に南方へ偏することが恐らく觀測の誤差であらうと考へられたが、其の後千七百九十一年にボロニアの塔でグリーンルミニのなした千八百二年にハムブルグのセントミケール寺院の塔でベンツェンベルグのなした、又千八百三十一年にサクソニーのフライブルグの鑛山の一堅坑中でなした用意周到な實驗は凡べて豫言された東方への「ふれ」と共に、矢張り小さい南方への移轉を示した。此の現象に對する満足すべき説明は未だ與へられて居ない。⁽¹⁾

拋物體の場合に彈道學上の曲線で示される現實の途はガリレオの拋物線から著しくふれる。此は殆んど數學的に取扱ふことの出来ないものである。此の途は北半球にありては地球自轉の影響を受けて一寸ばかり右へ曲げられるやうに見える。空氣の抵抗が廻轉する球の道を面倒にすることはベースボールやテニスをする人の知る所である。⁽²⁾

第二章 光學

屈折の法則はライデンで機械學の教授であつたツイレブロード・スネル(一五

九一—一六二六年)によつて發見された。彼は其の發見を全く發表せなかつたが、アイゲンヌとアイザーク・ラオスとがスネルの原稿を吟味したと云うて居る。スネルは此の法則を次ぎのやうに不便な形式で述べた、即ち同一の媒質に對しては投射角と反射角の餘割の比が常に同じ値をとる。餘割は正弦に逆比する故之が近代の形式と同じものであるのは勿論である。今日まで知られて居る所によれば、スネルは此の法則の理論的推理を試みず、而かも實驗的に之を檢證した。現代の書籍に見らるゝやうな正弦の法則は千六百三十七年にデカルトが *La Dioptrique* 中に記したものである。彼はスネルのことを書いて居ないのであると、恐らく此の法則を獨立に發見したのであらう。⁽³⁾ デカルトは全く實驗を試まなかつたが、次ぎの假定から理論的に此の法則を推論した。(一)光の速度は媒質の密度が大なればより大となる(今日では間違つて居ると知れた)、(二)同じ媒質中では是等の速さが凡べての投射角に對して同じ比を有する、(三)屈折する面へ平行な分速度が屈折の間不變の儘に残る(矢張り今日では間違つたと知れた)。是等の假定の正鵠を得るとは不可能らしいので、數學者フェルマ及び其の他の人

々は此の證明に對して攻撃を持ち上げた。フェルマは光は一媒質中の一點から他の媒質中の一點へ極小の時間中に通過するものであり、此の速度がより緻密な媒質中ではより小さなものであると云ふ假定から此の法則を推論した。(1)

第十七世紀の科學上の大功績の一は光が次第に傳達し行くものなることを發見したことである。以前には光の速さは無限大と想像されて居た。ガリレオは光の速度を始めて測らんとした。(2) 即ち彼は一人の人Aが提燈を以て他人Bへ信號をなしかくてBから返へりの信號を受けるまでに要せられた時間を計つた。此の實驗が夜間に兩觀測者が甚だ近く位置を占めた場合と彼等が殆んど一哩相離れた場合とになされた。若し兩方の時間に差があれば光が有限速度で旅びすることになる。ガリレオは彼の實驗から此の問題を決定することが出来なかつた。されど之について全然異なる解決方法について暗示をなした。夫が偶然にも他の研究者によつて成就された。ガリレオは木星の月が折り／＼木星のあとに見えなくなるが此の現象は經度決定の役に立つだらうと注意した。千六百四十二年頃ルイス第十四世がパリーに招いた大學者中の

一人なるギョウアンニドメニコカッシニは木星系の長き研究を企てた。其の後殆んど三十年、デンマルクの若きオラフロイメル(一六四四—一七一〇年)はパリーに移るやうに勧められた。彼はアールスの生れて、コペンハーゲンで教育を受けた。パリーに来て彼はジアンビカールと共に木星の月の食を觀測した。所が此等の月が其の軌道上を一週するに要する時間は一年中同一でなしに、木星の見掛けの大きさが減少する時に平均よりもより大なるものとなることに氣が附いた。實際の運動が行程に大きな差を伴ふことが甚だしく有り得ないと思はれたので、彼は觀測に見る不規則は光の速度が有限であるとの想像により説明さるべきものであらうと悟つた。千六百七十六年九月ロイメルはフランスのアカデミーへ次ぎの十一月中に第一衛星の食が此の年の八月の觀測に基いて計算した時刻よりも約十分後れるであらう、而して其の喰違ひは光が木星から地球へ來るのに時間を要すると假定すれば説明することが出來ると報じた。十一月九日に食は五時二十五分四十五秒に出現したが、計算では五時二十五分四十五秒になつて居た。十一月二十二日に彼はアカデミーに一層充分

に彼の學說を詳述し、且つ光が地球の軌道を横切るのに二十二分かゝると説いた。(一層正しい値は十六分三十六秒である)。アカデミーでは直ちにロイメルの説を嘉納しなかつた。ビカールは之を採つたがカッシニは採らなかつた。ロイメルは第一衛星に基いて計算をなし他の三つの衛星の観測から計算した同様のものが第一の衛星のやうに成功を納め得ないと有りの儘に述べた。カッシニの頭に此のことが強く感ぜられ、ロイメルの説を承認する妨げとなつた。是等三つの衛星の行爲についてはロイメルは、是等は未だ決定されない不規則を有するとの外説明することが出来なかつた。(二)千六百八十年にカッシニは木星の月の改良された曆表を公にしたが、ロイメルの假説を全く記さなかつた。若きデンマルク人の名聲は次第に高くなり爲めに佛國皇子の師傳とされた。又千六百八十一年にはクリスチアン第五世はデンマルクに呼んで皇室天文學者となした。ロイメルが其の本國へ歸へると、パリでは彼の學說に對する信賴はゆるぎ出した。其の後彼は何程深く此の問題を研究し又他の月に關して起り來る非難を除かうとしたか知られて居ない。彼は數多の天文觀測を殘し

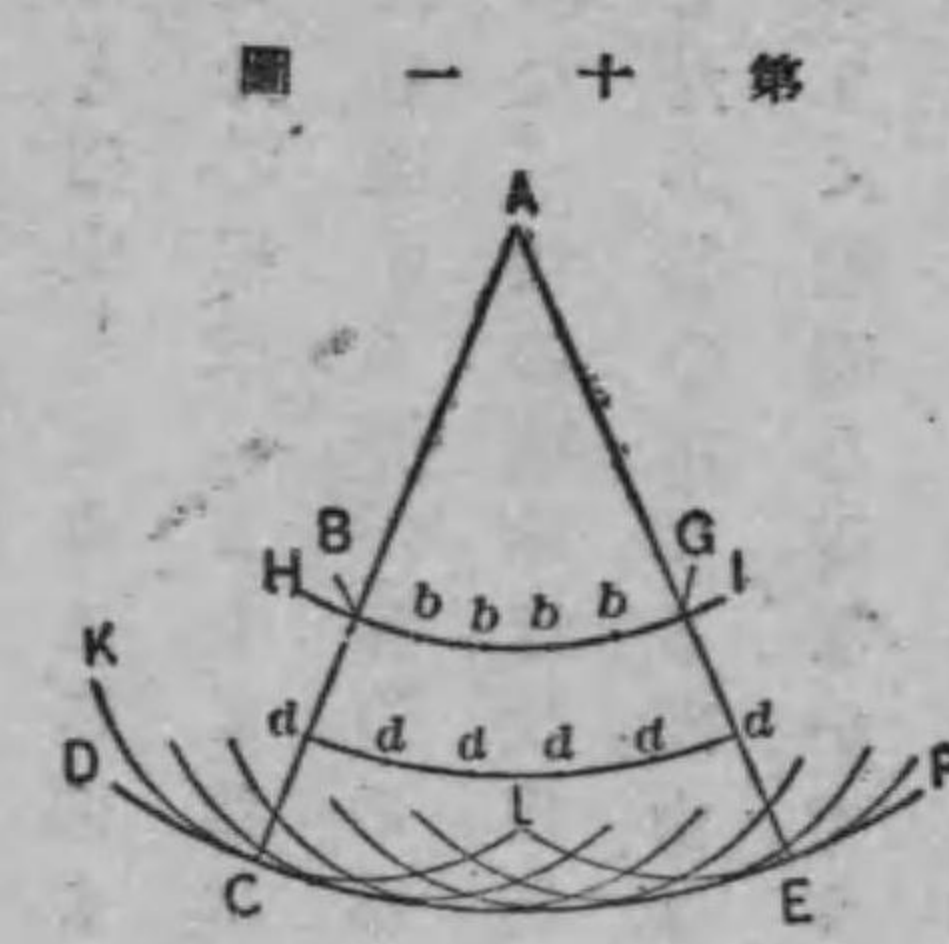
たが、殆んど其の凡べてが千七百二十八年でコペンハーゲンの市を荒廢させた火事で煙滅した。(三)

イギリスでは、ロイメルの學說はエドモンド・ハリーによつて熱心に贊成され且つ思ひ掛けなく當時オクスフォードのサザリアンの講座の天文學教授であつたゼームス・ブラッドレー(一六九三—一七六二年)によつて檢證された。恒星の視差を決定せんと努力して居る間に、恒星の觀測し得た移動が全然彼の期待したものでないのに驚かされた。若し豫期せぬ光明が彼に投ぜなかつたらば、彼は殆んど其の原因を説き明かすことが出来なかつたであらう。千七百二十八年九月の或日のこと、遊山仲間に伴つてテムス河に帆船を浮かべた時に、彼は船の進路が更へられる毎に風の方向が矢張り變ずるやうに見えるのに氣がつき、船長に之を尋ねた所が、其の答が彼れにとつて貴いもので、橋の頂きにある風見に見る方位の變化は舟の進路の變化によるものであつて、風は其の儘同じに吹いて居ると告げられた。之が彼にとつては大切な手掛りであつた。此の暗示によつて直ちに光の直線的傳達が軌道に於ける地球の進行と結びつ

いて、天體の見られる方向が二速度の比に比例する嵩丈一年を週期とする偏りを生ずべきであると推量した。此の「光行差」の値からブラッドレーは太陽の光線が八分十三秒で地球に達すると評價した。此の値は半世紀より以前に決定されたロイメルの十一分よりも一層正しいものである。此の如くブラッドレーがロイメルの學説を検證したので、光の漸進が確定した事實として納得さるゝに至つた。

千六百七十八年のフランスのアカデミーの一集會でロイメル、カッシーニ其他の前で光の理論に關する注目すべき一論文がクリスチアン・フイゲンズ（一六二九—一六九五）によつて提出された。彼はヘーグの生れてライデンの大學で勉學した。デカルトは彼の若き時代に發見した數學の定理を檢閲して將來偉人たるべきを豫言した。彼はルイス第十四世に招かれてパリに居を定め千六百六十六年から千六百八十一年まで其處に止まつた。彼の同時代の偉人ニュートン及びライブニッツの如く彼も亦全く結婚したことがなかつた。千六百七十八年に書いたフイゲンズの著「Traité de la Lumière」は既に本書に引用

されたが千六百九十年に印刷された。此の書は光の波動論の解説にとつて最も早き金である。フイゲンズの前に、かゝる説の大意はロバート・フックによつて千六百六十五年に與へられた。が、フイゲンズは彼の名を以て知られて居る波の傳達に關する大切な原理を開拓した。中心として振動する媒質の各分子



の周りに、一つの波が出来る。例へば、第十一圖に於て DCFE が A を中心とする球面波であるとすれば此の球内の一分子 B は C 點で DCFE に切する一つの特別な波 EOL の中心であるであらう。凡べて是等の小波は何れも一點で DCFE に切し、夫を構成するに與かる球波である。フイゲンズは空間を普ねく満たして居るエーテルの存在を假定し、現代の教科書

にあると同じ仕方で光の反射と屈折とを波動論で説明した。濛氣差及びアイランドスパールに見る重屈折も論ぜられた。

一光線の此の如く分解することが千六百六十九年にコペンハーゲンのエラ

スマス・バルツリヌスによつてアイスランド・ス・パールで始めて見受けられた。フイゲンスは通常光線と異常光線の途の作圖法を與へ且つ是等の光線が偏よつて居ることを觀測した。彼はエーテル中の振動をば音に於ける如く縦のものゝと假定した爲めに偏よりの不思議な現象を説明することが出来なかつた。又此の學說によりて彼は色の起源をも説き明かすことが出来なかつた。彼は波動說から光が等質の媒質中を直線的に旅びすると云ふ事實を推論せんと努めた。彼の議論は決定的のものでなかつた。何故にニュートンが波動說を棄てたか其の重なる理由は此の説では光が何故に直線上に進むかを満足し得るやうに説明し得ないやうに見えた爲めであつた。ニュートンは放射說の側へ彼の大なる權威を置いた爲めに一世紀以上もフイゲンスの觀念は棄てられ無視された。

ニュートンは今日は誤れるものと知られた説を贊したにも係はらず、光に關する彼の研究は非常に大切なもので非常な天才を現はして居る。ニュートンの最初の觀測は量に關するもので千六百六十四年彼の學生時代にまで遡るも

のである。其の後分散に關する彼の實驗が出た。千六百六十六年に(其の時自分)は球狀よりも他の形狀をなす光學用レンズを磨くことに努めて居た。余はそれにて色の有名な現象を試めず爲めにガラスの三稜鏡を求めた。

白き光から數多の色の生成は永き以前に觀察され、セネカ(西曆二一六六年)は虹とガラスの一片の縁で生ぜられる色とが等しいと言うた。白光が數多の色に分れることはブラーグ大學の醫學教授マルカスマルシによつて(一六四八年)又グリマルヂ、デカルト、フック其の他の人々によつて論ぜられた。ケムブリッジ大學でニュートンの教師であつたアイザック・バルローはマルカスマルシの説に似た一説即ち赤色が烈しく濃厚な光で、藍色は強く薄くされた光であると考へた。かゝる蛛網を去つて分散の原因を指摘することがニュートンの任となつた。

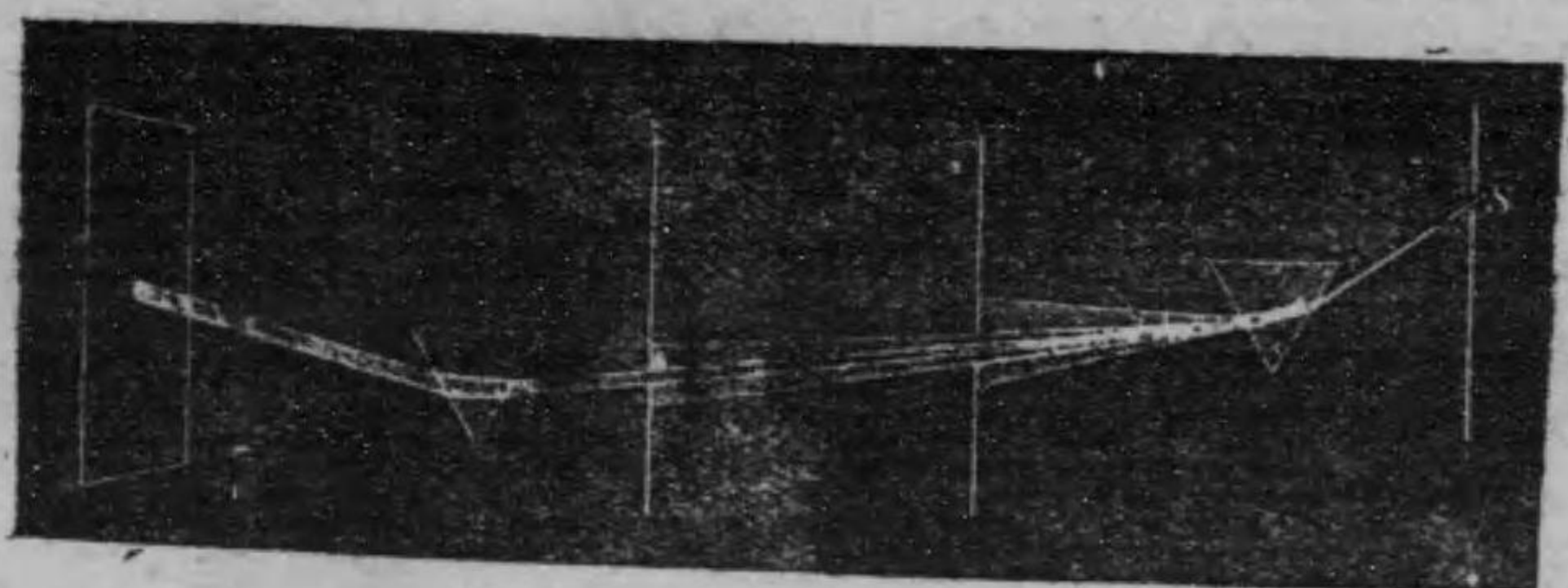
暗室の中に入り、窓の鏡戸に一つの小さな圓形の穴を穿ち、此の穴に近く内部に三稜鏡を置き、光が之を通り屈折して反對の壁に投ずるやうにした。此の色を帯びたスペクトルの長さを其の幅と比べて、余は前者は後者の約五倍である

ことを發見した—此は滅法に大なる比なので普通以上の好奇心が生じ、余をして何處からかゝる事實が由來するかを吟味させた。

正しき説明に到達する前にニュートンは數多の假説を設け、是等の各をば事實によつて検査し其の非なることを見出すことになした。此等の推量の中で今日の大學生に特に趣味ありと思はれることは深遠なニュートンの心が現代の體育で有名な一問題たるカーブドピッチングに觸れて居ることである。かく言へば今の學生等は球の廻轉と光學の理論との間にどんな關係が可能であるか、之を推量するに苦しむだらう。之についてニュートンは言うた。「それから自分は若しや光線が三稜鏡を透して彼等の通過の後に曲線に動きはしないだらうか、そして是等が其の曲る割合を多く又は少く有するに従つて壁の上の種々の部分へと進んだのでなからうかと疑うて見た。かく疑うて見たのも自分が折り／＼テニスの球が斜めのラケットで打たれると此の如きカーブの線を畫くのを見た爲めである。蓋しそのやうに打つと、圓並びに直進的運動を球に與へる、従つて是等の兩運動が一致する球の側では他の側に於けるよりも之

と接觸する空氣をより烈しく押し且つ打つ等て、爲めに其の側では空氣の抵抗と反動とが之に比例して大きくなる。所で、光線は恐らく球狀の物體で出來て居るだらう故、一つの媒質から他の媒質へ斜めに通過すると同じ理由で圓運動を得ることになり兩方の運動の一致する側では之を包被して居るエーテルからより大なる抵抗を感じ、爲めに他の側へと次第に曲がるであらう。併し此の如く疑うて見る根據があつたにも係はらず、實際検査して見ると、光線の道に此の如き曲がりを見出すことが出來なかつた。且つ其の際にも像の長さや光の通過した穴の直径との間の差が兩方の間の距離に比例すると云ふことを觀測し得た自分に取つては此の結果丈で充分である。

かく提出した是等の推量を漸次非定して終に次ぎの如き實驗的検査をなすに至つた。即ち二つの板を取り、其の一枚を窓の近くの三稜鏡の直き後方に置き、光が其の板に豫め穿つて置いた小さな穴を通るやうにし、かく通過したものが第一の板から殆んど十二呎距たり、矢張り小さな穴を穿つた第二の板へ當り之に投じた光線の一部をして其の穴を通らしめるやうにした。かくて後第二



の後方に他の三稜鏡を置いた。第一の三稜鏡を其軸の周りに廻すと、第二の板に投ずる像は其の板で上下に動き、従つて像の上の凡ての部分が順次其の穴を通過することが出来るやうになり、而かも穴を通したものが其の後方にある三稜鏡に當る譯である。かくて光が壁に當たる位置を記した。すると第一の三稜鏡で一番強く屈折された青の光が第二の三稜鏡でも矢張り屈折され、赤の光は兩方の三稜鏡で最も少く屈折されて居ることが知れた。茲に於いて其の像の長さの眞の原因は元來光が同様な即ち等質なものではなしに、其の實異なる數多の光線而かも其の或ものは他のものよりも一層屈折する性質を帯びて居るのに他ならぬと見極められた。(第十二圖參照)

ニュートンは是等の試験をなした時、彼は屈折望遠

鏡の改良に注意を向けて居た。此の器械の缺點はこれまで球狀收差によるものと考へられ、レンズに明瞭な像を與へるやうに球を他の形ちに變へんと努めた。而かも球狀收差の外に即ち色收差と稱せられる他の難關があることを知つた。「異質の線よりなる光を屈折する物體を通して見たときに見受ける物體の混亂した像は是等各光線の屈折程度の異なるによりて起る。」(Opticks, Book I, Prop. V.) 此の缺點が取除くことの出来るものであらうか。若し異なる物體が異なる分散力を有するものであるならば、恐らく可能のことであらう。そこでニュートンは一實驗を工夫した。即ち水を満たした(多分 *saccharum saturni*) 飽和されたもの(三稜鏡狀の器の中にガラスの三稜鏡を置き、是等を通過する光線を吟味した。) 是等の試験によつて屈折は常に分散に伴はるべきものと決論してよゝいとニュートンは考へた。色消しレンズは彼に不可能事らしく見えた。明かに此の場合にニュートンは彼の持前の周到な注意を之に拂はなかつた。彼は偶然にもガラスの三稜鏡と分散力の之に等しい水の三稜鏡とを用ゐた。若し彼の飽和せる水の代りに他の液體を用ゐたならば異なる結果を得たことであ

らう。かくも甚だ狭き實驗的證據から彼は廣い推論をなし、其の推論に不思議にも執着したが、後の實驗者等は彼の結論の非なるを見出した。

色消し屈折望遠鏡を製造するの可能に失望して、ニュートンは反射望遠鏡の設計を企てた。其の頃、反射望遠鏡は著しく衆人の注目する所であつた。ローマの一ジエシユイトなるニッコロツウキイ(一五八六—一六七〇年)は其の發明者と考へられた。フランスのマリン・メルセンヌも亦異なる型の反射望遠鏡を暗示し、スコットランドの數學者で且つ天文學者であつたゼームス・グレゴリー(一六三八—一六七五年)も矢張り一種の反射望遠鏡を案出した。併し是等の人は考案を實行しなかつた。ニュートンは千六百六十八年に彼の最初の反射望遠鏡を作つた。それは長さ六吋で直徑が一時、其の倍率は三〇乃至四〇であつた。其の後彼は一層大きな望遠鏡を作り、"Invented by Sir Isaac Newton and made with his own hands, 1671"と銘を打つてローヤル・ソサイエチーに寄附した。之は王に示され、又ロバートフック、レン、其の他の人々によつて吟味された。之は大なる賞讃を受け、其の説明はパリにあるフイゲンスの許へ書き送られた。

此の望遠鏡は今はローヤル・ソサイエチーの圖書室に保存されて居る。

ニュートンの發見はローヤル・ソサイエチーによつて能く受け容れられたが、此等の報告がフイロソフイカルトランサクションに出版されるや否やリヌス、ルカス、バルチース、フック、フイゲンスの如き數多の學者から反對を受けた。ニュートンは是等の批評に餘りに神經を動かし、千六百七十五年十二月九日ライプニッツへの書信中に、自分は自分の光の理論を公刊した爲めに數多の議論で迫害された、自分の平穩と云ふ價値ある幸運を離れて影の下に走るやうになつたことは如何にも自分の輕率であつたことを自ら後悔する。と述べて居る。フックはニュートンの粒子説に對して光の波動説を持ち出した。ニュートンがフック並びに千六百七十二年より千六百七十六年までの間に報告された數多の論文に對する答辯は明かに彼は假説に贊する議論と反對する議論とを充分注意して其の重味を秤量したことを示して居る。吾等は容易に此の若き物理學者がかく相反する兩説について如何に深く沈思したかと想像することが出来ぬ。而かも彼は然る後躊躇しながら波動説を排した時、彼は自分の見解

が其の後長くかくも大なる權威となつた爲めに他の諸學者の心に偏見を抱かせ眞の學説を容るゝことを一世紀以上も後れしめるとは夢想しなかつたであらう。ニュートンは薄き板によりて作られる色について實驗をなし、此の現象が波動説によりて説明し可べきものであることを明かに知つて居た。青や黄を作る振動が赤や黄を作るものよりも短いものと想像されるが故に前者は板のより小なる厚さで反射されざるを得ない、此のことは是等の薄い板や又は泡に見る普通の現象及び其の各部分が薄い板や泡の斷片と考へ得べき凡ての自然物體に見る現象を説明するに足りる。是等は此の假説にとつて最も明白な最も純な而かも最も大切な條件であるらしい。所て若し私を叱責する人にして是等を私の説に當嵌めて見るならば、其等を説明し得ることは私の説と能く一致する、故に其の點ならば叱責者は私の説から分離する心配がないのである。然るに彼は自分の知らない他の諸困難からどうして其の説を救ふことが出来るだらうか。ニュートンの心では、其の當時唱へられた波動説の認容にとつて通過し難き阻碍は光の直線的傳達を説明するのに不適當なことであつ

た。彼は言ふた。「自分に此の基礎的想像それ自身が不可能であるらしく見えて、と言ふのは任意の流體の波或は振動が光線に見るが如くに直線上に傳達され得ぬもので、それが連続的に且つ甚だしく過度の擴がりをなし、又絶えず曲がつて不動の媒質に達し、其處に終ると云ふ性質のものであると云ふことから自分には波動論は出來そうに思はれない。若しや此の反對の説に對する實驗と實證がないかと自分は思ふ。若し光が振動によりて成立するものであるならば、音に於けるが如くに影の方へと曲がるであらう。

反對に放射説は此の點について容易な説明を與へる。耀やく物體は直線上に移動する微粒子の流を放射し、是等が網膜と衝突して視覺を生ずる。屈折を説明するには此等の飛び來る粒子が屈折をなす表面へ甚だしく接近すると其の面へ引かれるやうになる、従つて其の表面への法線に沿ふ移動の分速度が増加すると假定を設ける。粒子が密なる媒質から粗なるものへ通過すると、今述べた分速度が減ずる、併し是等何れの場合を問はず法線に直角な分速度は變化しない。此の如くにして光の曲がることが説明された。其の結果として粒子

の速度は密なる媒質を通過する場合にはより大である。(1)透明體の場合に反射と屈折とが共に存在すると云ふ事實は放射説を以てしては之を説明するのに甚だ六ヶしかつた。如何にして一つの表面が一方には之に衝突する粒子を屈折し而かも又同時に反射をもすることが出来るのであらうか。之を説く爲めにニュートンは宇宙を普ねく充たして居るエーテルによつて一方では容易に反射する力を賦與され他方では之に反して容易に透過する力を賦與されると云ふ(2)の説を提出した。(3)茲に於いて回想すればニュートンの放射説は管に光を構成する飛ぶ粒子の存在を請求したのみでなしに更にエーテルの存在をも要件としたのであつた。つまり波動説に大切な凡ての「カラクリ」と共に更に其の他のものをも有したのである。

ニュートンは虹の説明をも與へた。此の説明の大意は其の以前に大監督のアントニウス・ド・ドミニの千六百十一年に公にした書中に與へられ且つ又デカルト及びフイゲンスによりても與へられた。ニュートンは光の廻折についても亦實驗を行つた。但し此の現象の發見は

ボロニアのジエシユイトの一學校の數學の教師であつたフランシスコ・マリッ、グリマルヂ(一六一八一—一六六三年)になされたのである。而して之は彼の千六百六十六年に公にした *Physico-mathesis de lumine* 中に説明されて居る。グリマルヂは小さな穴を通じて光線を暗室へ導いた。さて此の穴を通じて光のなす圓錐中に棒を置いて、之が生ずる影を白い表面に投ずるやうにした。所が驚くべし、其の影が計算された幾何學的の影よりも大なるものであつた。更に驚くべきことは此の影が一個、二個又時としては三個の色を帯びた帯で境されて居ることであつた。光が甚だ強いものであると、之に加ふるに更に彼は影を自身の内方にも有色の帯を見た。次ぎに棒の代りに小さな穴を有する一枚の不透明の板を用ゐた所が、光線が精密に直線上に此の穴の縁を通過する場合に示すべき筈の影の大きさよりも、實驗上のものがより大であつた。是等及び其他の實驗は光が通過する際隅の所てほんの少し丈曲がるものであるとの事實を確實にした。かくて彼は此の新現象をば廻折 "diffraction" と稱した。(4)

グリマルヂの實驗は巧みに行はれたが、彼は此の現象の理論に對して何等實

質的の貢献を與へなかつた。ニュートンはグリマルヂの實驗を變化して繰返へし、かくて此の現象をば放射説によりて説明せんと試みた。(一)

ニュートンが太陽のスペクトルに關してかくも多數の實驗を行へるにも係はず、ブラウンホーフェル線を觀測し損うたことが甚だ不思議なことである。而かも此の發見のなかつた原因をばニュートンが圓形の隙を通じて光を導いたのよるとすることが出来ない、何となれば或場合には矢張り狭い細隙を用ゐたからである(Book I, Prop. IV)。又失敗の原因をば隙に餘り近く三稜鏡を置いた爲めに甚だしく開散した光が三稜鏡に投げられた爲めであるとするのも出来ない、何となれば今述べた實驗の場合には三稜鏡が細隙から十呎或は十二呎の距離に置かれたからである。又彼はスペクトルを紙の上に受けたと云ふ事實も亦暗線を見ることが出来なくしたとは言はれない。彼は、穴の上で三稜鏡を透視したこともあつた(Book I, Prop. II, Exp. 4)。是等の實驗の條件は其の後ソラストンが用ゐて若干の暗線を發見したものと同一であつた。不幸にして暗線の發見が最も容易になされ得べき装置を用ゐた場合にニュートンは

自分自らの眼よりも、一層缺點を摘發し得る眼即ち一助手の觀測に依頼したのであつた、助手の眼は缺點を摘發するによいとしたりした所で恐らく豫期せざる現象を把握するのにニュートン程敏捷でなかつたであらう。(二)

第三章 熱 學

第十七世紀の間に其の他何れの器械よりも物理學上より廣き應用を見るに至つた寒暖計の發明を見る。近代の史的研究は其の發明をガリレオに歸すること一致して居る。(三) 鶏卵大のガラスの球に藁の太さを有する長い管をつけ之を水に浸し、球を豫め熱して水が一部分管の中に昇るやうにしたのはガリレオの最初の寒暖計であつた。勿論此の如き器械は大氣の壓力の變化並びに溫度に影響するものゝもので實際は溫度—氣壓計である。ガリレオの弟子ヴィンチニは此の器械の發明の時を千五百九十三年とし、又他の一弟子たるカステリはガリレオが千六百三年に其の實驗講義の際之を使用したのを見たと云うて居る。凡そ是等の古き寒暖計は空氣を含み管は勝手に目盛されたものであつ

た。此の如くてあつた爲めに、ガリレオの空氣寒暖計は大氣の壓力による變化に影響されるので甚だ不完全なものであつた。

寒暖計に對する第一の改良はフランスの物理學者ジェンレーによつてなされた。彼はガリレオの器械を逆にし球をば水で充たし、管をば空氣で充たした。(1) 故に、水は寒暖を示す物質とされたのである。千六百三十二年一月一日に、彼は此の方法を當時科學者間の大媒介者たりしバーテルメルセンヌに報じた。レは管の上端を封ずる術を知らなんだ爲めに、水の蒸發による誤差の起る危険をさげ得なかつた。シユウエンタルは言うた、千六百三十六年の前に技術家は球と管との比較的の大きさを適宜に撰定し、液體が一年の間に管の全き長さを上下するやうなものを作り得たと。

若干の學者等に寒暖計の昇降が永久運動の一例と考へられ、或著者の如きは寒暖計を「熱と寒との度を示す永久運動」と呼んだ。(2)

レの改良後二十五年寒暖計の管を封ずる考がフロレンスのアカデミーの人々によつて行はれ始したが、夫れは多分タスカニーの大公爵フルデナンド第二

世の暗示によつたものであらう。管は酒精を以て充たされ、其の上を目盛したスケールが附けられた。

詩人よりも少數であつた是等のアカデミー連はガリレオの弟子であつて、アカデミア・デル・シメント(實驗アカデミー)を有名なものにした。此の小さな團體の中で一時ガリレオの精神がイタリヤに復興した。而かも此の團體は僅かに千六百五十七年より千六百六十七年に至る十年間丈繼續した。かくも早く解散した原因は何であらうか、ある著者等によれば、大公爵の兄弟で彼と共に此の團體の創立者且つ保護者であつたレオポルド・ド・メヂシが、アカデミーを破壊すると云ふ條件でカルデナルの椅子についた爲めとし(3) 又他の著者によれば、會員の間に不和が起つたことである。(4)

此のアカデミーの創立以前にイタリヤ人は既に氣象學の進歩に貢獻する所大なるものがあつた。寒暖計及び晴雨計の發明の外、彼等は尙雨量計を發明し、それは千六百三十九年に始めてベネット・カステリによつて用ゐられた。(5) 二つの定つた溫度を選んで、是等を寒暖計の管に記し、其の間を適宜な度數に分つ

と云ふ問題がアカデミア・デル・シメントによつて企てられた。所て彼等は哲學者及び物理學等の例に倣うて、是等の定つた兩點をば冬の寒さと夏の暑さとに取、是等の間を八十或は四十の等しき部分に分けた。一層是等兩點を精密に決定する爲めに、彼等は前者としては最も嚴寒の場合の雪或は氷の溫度を採用し、後者には牝牛や鹿の體溫を用ゐた。氷の溶解點は彼等によりて不變のもので、彼等の用ゐた醫學上のスケールでは十三度半であると知れた。千八百二十九年にフロレンス時代の寒暖計の若干が古ガラス器具中に發見され、リブリは是等が實際溶解する氷の中で十三度半を示すことを檢した。是等の寒暖計はフロレンスで十六年間氣象觀測に用ゐられた、依つて其の平均溫度をば現代のスケールに換算し、然る後現時の觀測と比較して、リブリはフロレンスの氣候は二百年間變化せず、今日に至つたと云ふ推論を下してもよいと主張した。(一) フロレンスのアカデミーで採用した定點は満足すべきものとせられず、種々の改良案が提出された。千六百八十八年にダレンセは(一)凍結中の空氣の溫度(二)溶解する水の溫度を採用した。遂に溶解する氷と沸騰する水の溫度を採

用するに至つたのは、第十八世紀中のこと、フイゲンズが千六百六十五年に是等を推奨したにも係はらず、實行はかく後れた。(二)

フロレンスの寒暖計は有名になつた。是等はボイルによつてイギリスに導かれ、又ポットランドを経てフランスに入つた。千六百五十七年にポットランドの女王の公使は大公爵から寒暖計及び他の諸機械を贈られた。女王の書記は是等の寒暖計の一本をバリーにある天文學者イスマエール・ブリアオに贈り、且つ大公爵は常に彼の懷に寒暖計を携へて居ると云ひ送つた。(三)此の寒暖計は殆んど一センチメートル長く、アルコールを容れて居るものであつた。ブリアオ自身も亦千六百五十九年中に寒暖計を作つたが、之には水銀が始めて今日まで知られた所では寒暖計用の物質として用ゐられて居る。近頃千六百五十八年五月より千六百六十年に至るまでの間、ブリアオの行つた溫度の觀測が發見された。此は千六百五十五年に始まるフロレンスの記録に次いで、今日現存する最も古きものである。(三)

ニュートンの丁度前の學者等が既に吾等の有する熱の理論を豫知して居た

ことを見出したのは吾等の驚く所である。Heat a Mode of Motion は千八百六十二年に公にされたチンダルの有名な著書の題であるが、デカルト、アモンソン、ボイル、フランシスベーコン、フック及びニュートンは既に熱を運動の方法として考へて居た。勿論第十七世紀中に於ては、此の理論は稍々薄弱な實驗的證據に立脚して居たのみならず、此の學理は十八世紀の哲學者によりて殆んど吹き飛ばされた。ボイルは熱の器械的生成につきて實驗をなし、且つ釘を追ひやる鎚の如き諸々の例をあげて運動を制止したる爲めに生ずる熱を實證した。

ボイルは氣壓の沸騰に及ぼす影響を觀測し、且つ寒劑につきても實驗をなした。千七百一年にニュートンはフイロン、ファイカル、トランサクションに書いて一物體の冷却の割合は之を圍む媒質の溫度を超過する高に比例すると云ふ假説を提出して居る。(1) 此の推量はその後デュロン及びブチによつて實驗的に試みられたが、溫度の小なる範圍の間丈眞理であることが分つた。(2)

第四章 電氣學及び磁氣學

ギルバートが磁氣偏角が一定の土地では一定不變のものであると斷定したことの誤れることを修正し、且つ偏角の長期變化の發見をなしたのは通常グレシヤム・カレットの教授ヘンリー・ゲリブランド(一五九七—一六三七年)に歸せられて居る。彼は千五百八十年に、ブルロース氏明かに數學に達者の人(3)がロンドンの近くの偏角が東方十一度十五分であることを見出し、又千六百二十二年にエドモンド・グンターは同じ土地で六度十三分の測定をなし、更に千六百三十四年に彼れ自身が其の偏角が四度を餘り越さないことを見出したと述べて居る。(4) 此の問題はオックスフォードの教授であり、其の後アストロノマー・ローヤルとなつたエドモンド・ハリ(一六五六一—一七四二年)の深き注意を喚起した。彼は磁氣の變化をば四つの定まつた磁石の極を假定して説明せんと企てた。而かも此の假定が事實に當嵌らないことが分つたので、ハリは更に地球は二個の共心的の磁性圓殻から成立し、是等の磁極はそれ／＼別なもので、且つ地理學上の極とも一致せず、内部のものが徐ろに廻轉せるものであるとの説を提出した。千六百九十八年に彼はウィリヤム三世を説服して其の假説を試験する目的

を以て大西洋及び大平洋上に長い航海を舉行することゝなつた。(2) 彼は其の目的を達せずして歸へつたが、而かも偏差に關する大切な觀測を携へ來つた。第十八世紀の始め頃に、ハリイは等偏線の地圖を作り、これ等は其の後有名なものとなつた。彼の作つた等偏圖の一つが近頃大英博物館で發見された、彼は二つの全然異なる地圖を作つたものらしい。(3)

若干の面白い觀測は電光の磁石に及ぼす影響について千六百七十六年及び千六百八十四年のフィロソフィカル・トランザクション中に掲載されて居る。例へば千六百八十一年にポストンへと航海した一つの船が落雷を受けた。所が星の觀測によつて、コムバスが變化したのを明かにした。「其の北點は正しく南へ向いた。」かくて此の船は逆變したコムバスを以てポストンへ到着した。(4) 電氣の引力と斥力とによる現象は引き續いて研究者の趣味を感じたものであつた。例へばボイルは乾いた髪が摩擦によつて容易に電氣を帯びることを觀察した。「或る程度まで乾燥した偽髪は或る人々の肉體によりて引かれると云ふ事實を、自分は偽髪を用ゐて居た二人の美しき婦人について觀察した。余

は屢々是等の方が偽髪が頬へ飛んで來て其處にひつつくのを見た、而かも彼等は白粉を用ゐたことも又其の際用ゐても居なかつた。」是等の婦人の一人は「更に余の満足する丈實驗することを許して呉れた、底て自分は是等の偽髪の一束を取り去り、之を自由空氣中に置いて、此の婦人の手を暖かにして、適宜な距離まで之に近づけるやうに頼んだ。かくて婦人が其の通り實行すると、忽ち今まで自由に垂れさがつて居た偽髪は婦人の手へ引かれた。(5)

更にニュートンはローヤル・ソサイエティーへ眞鍮の環の中へ嵌込んだ圓いガラスの一片を机から一時の八分一程の所まで眞鍮で支へて行つた實驗の説明をなして人々を驚かした。「或る粗い且つ能く摩される物質で暫時の間急激にガラスを摩擦すると、遂にはガラスの下の机上に置いた甚だ薄い小さな紙片はガラスに引かれて飛び上がり、敏捷にあちらこちらへと動いて……ガラスへ飛び付き、一寸夫れに附いて居て、間もなく跳び下り、又もや跳り上り又下ると云ふ現象を呈する。(6)

マグデブルグのオット・フォン・ギエルケは廻轉する硫黃の球に自分の手を摩

擦して電氣を起した。此の一時有名になつた仕掛は摩擦發電機の先驅である。彼は電氣感應を發見し、且つ他の趣味ある多くの觀察をなした、但し電氣に關する空想——即ち彼の「地球の徳」Mundane virtues はギルバートの宇宙開闢論的の磁氣説の如くに不幸にして當を得なかつた。

ボイルは電氣引力が眞空を通じて行はるゝことを示す大切な實驗をなした。千六百七十六年に、ビカールは一夜晴雨計をバリ天文臺からポルトセントミケルに運んで行く途中で、水銀が動くたびにトルリチリ眞空中に一種の耀きの起ることに氣が附いた。而して此の光りの原因は水銀的燐と稱せられた一物質に基づくとされた。此の名は當時科學界を驚かしつゝあつた燐の耀やく新たな現象燐光によりて暗示されたものである。ビカールの耀やきの源はイギリスではフランシス・ホークスベールによりて研究された。彼は鐘狀の器の下に水銀を入れた盤を置き其中へ一つの管を浸たし、之を通じて上方から眞空中へ空氣を強く注ぎ込んだ。所が空氣が之を保つて居るガラスの壁へ水銀を烈しく打ちつけ其の周りは一面に燃えた物の如く見え、是等は耀ける小さな球の無

數から成立し下へと降下するのを見受けた。これ及び其の他の水銀を用ゐた試験によりてホークスベールは運動がなければ又は部分的眞空がなければ光りが現はれるものでないと結論した。又彼は引力が此の現象に伴うて居ることをも觀察し、其の光りは電氣によるものなりと結論を下した。彼は電氣が物體の表面上にのみ宿ること、又金屬が摩擦によりて帶電するものなることを示した最初の人であつた。

第五章 音響學

振動する絲はガリレオ及びマリネルセンヌの研究題目となつた。ガリレオは音の高さが時の單位中に耳の受ける振動の數によるものなるを指摘した。又メルセンヌは一つの絲は其の基本的の音の外に二つの倍音を與へることに氣がついた。オックスフォードでは、ウイリアム・ノールとトーマス・ビゴットは紙で澤山の乗手を作り、之を振動する絲の上の種々の位置に乗せて見て、糸は音に全體としてのみならず而かも亦二分一、三分一等で振動することを明かに

した。(3)メルセンヌは距離の知れた兩地の一で花火をあげ其の光りを見た時刻と音の達した時刻との間の時間によつて音の速度を決定した、かくて彼は其の結果として一秒時間につき一三八〇呎を得た。ビエール・ガッセンデ(一五九二—一六五五年)は大砲並びにピストルを用ゐて、音の速度が其の起源や高さに係すると云ふ逍遙學派の信條の非を明かにした、又彼の結果は一四七三バリイ呎であつた。バリイ・アカデミーの有名な會員デーカシニ、ビカール、ロイメル、フイゲンス等は一秒につき一一七二バリイ呎なることを見出した。

ニュートンは彼の *Principia* 中に (Book II, Props. XLVIII, XLIX, L) 音の速度に関する理論的の推論を公にして居り、此の速度は、弾性的力の平方根に正比し、媒質の密度の平方根に逆比するものであると結論を下し、且つ其の速度は、重い物體が等しく加速された運動をなして落下し A なる高さ丈落ちた時有する速度と等しい、但し茲で A と云ふのは均質であると考へた大氣の高さで二九七二五呎である」と述べた。之によつて此の速度は九七九呎となつた、而かも實驗の方では一一四二呎を與へて居る。ニュートンは實驗上の値と理論上の値との間に

見る喰違ひの原因に關する推量を棄てたが、其の眞の説明は一世紀より後でビエール・シモン・ラブライス(一七四九—一八二七年)によりて與へられた。ニュートンは空氣の收縮による熱と稀薄化による冷却とによる彈力の變化を計算に入れるのを忘れた。かくて彼の式は p を空氣の壓力、 d を其の密度とすれば

$$v = \sqrt{\frac{p}{d}}$$

となるが、ラブライスの修正は之を次ぎの如きものとなした。

$$v = \sqrt{\frac{1.41p}{d}}$$

して其の目的を達するやうにした。

アトウッドはケムブリッジのトリニチーカレッジのフェローで又教師であつた。かくて其の學校でなされた實驗哲學に關する彼の公開講演は其の辯舌の流暢なると其の實驗的實證の巧妙なるとによりて有名なものであつた。かくて此の大學に於ける科學研究に及ぼせる彼の勢力は大なるものであつた。著者としては講演者としてよりも其の才がより劣つて居た。千七百八十四年に *On the Rectilinear Motion and Rotation of Bodies* なる一教科書を公にした。其の中に記したアトウッドの器械の説明は公けにされた夫れの最初のものではなかつた。アトウッドは數年以前に此の器械を發明し、其の充分な説明はイギリスに住んだ「ポルトガルの一紳士」マシエルランが、イギリスから此の器械を一個送つて呉れよと註文をなしたバヴァリアの大學のエーヴォルタに宛て、フランス語で書いた手紙に記されて居る。而して此の手紙は千七百八十年にロンドンで印刷された。

第二章 光學

第十七世紀の間に吾等は光の理論の二つのものが相争つたのを見た。吾等はニュートンは其の時に知られて居た諸事實から各の説を支持する議論と反對する議論とを秤量し、躊躇しながら放射説の肩を持つことになり、又大陸では彼の同時代の大偉人たるフイゲンスが波動論に加擔したことを見た。ラングレは言つた、是等の二大偉人は當時何れも共に彼等の燈明が彼等を運び得る所まで暗黒な所を見廻はした。夫れから外の凡ては何れにとつてもチャンスであつた。所て彼の敵よりも一層遠くまで輝らした燈明を携へたニュートンは運命なる哉間違つた道への入口まで遠く燈明の輝らして居るのに迷はされた。かくて彼は吾等が凡て知つて居るやうな結論に到達した。而かも此の結論は光學に關して間違つて居るのみでなしに、熱の全き理論の上にも有害な結果を及ぼせるものであつた。蓋し光りが物質的のものであると承認されたので、光りと合併されたやうな輻射熱も亦物質的と考へられざるを得ない。かくて

ニュートンの影響は永く續いて其の後一百年になされたハーシエルの實驗からハーシエルの同時代の人々がなした此の不思議な結論を見るに至つた。此の如くにして此の不幸なる粒子説の結果が普通吾等の想像するよりも一層遙かの所まで到達して居るのを見ることが出来やう。

物理学の歴史は、よし其の典據すべき所が如何に大であらうとも、餘りに權威を過信すると科學に危険であると云ふ二つの主な例證を供する。アリストートルの非科學的空想は二千年の間世界中をば是等の空想で占領するに至り、ニュートンの不幸な粒子説は一世紀以上も科學的思考を左右した。第十八世紀の哲學はニュートンの先輩の抱ける哲學よりも實際眞理から遙かに遠ざかつた。ニュートンの名聲は呪文の如く作用するらしかつた。「フイルジストンの採用は正しく推論されるやうに、夫れによりて容易にされ、百年後に唱へられたカロリックの教理は一部分恐らくニュートンに胚胎したものである。つまりニュートンの後に一つの大きな退却運動が起つた。」

波動説を賛した第十八世紀に於ける唯一の偉大なる著者はレオナルド・オ

イレル(一七〇七—一七八三年)であつた。彼は此の説の爲めに獨り理論上の考察を進めた丈で、何人をも説服しなかつた。千七百五十年に彼は *Lectures à une Princesse d'Allemagne sur quelques sujets de physique* を公にした。此の本の獨逸の翻譯者は所々に註解的説明を挿入するの必要を見た。蓋し然せずんば或る無邪氣な讀者が當時(一七九二年)の卓越せる物理學者の何れも信じて居ない學説を信ずるに至る恐れがあると譯者が考へたによる。オイレルは色に見る多様をば振動の期間の差で説明した。彼は眼の異なる媒質は色の分散を妨げる性質を有すると云ふ推量をなし、かくて二つの異なる物質でレンズを作れば、是等によりて色の缺點を去ることが出来やうと暗示した。彼は如何にして此の如きことが出来得べきかについて理論を組立てたが、而かも實際色のないレンズを作ることが出来なかつた。此の失敗を彼は精密な製作の困難に歸した。而かも彼の努力から由來した喜ぶべきことは、彼はウブサラの教授サミュエル・クリンゲンステールナの好奇心を鼓舞したことである。クリンゲンステールナは色消しに關するニュートンの實驗を繰返へし始め、かつて遂にニュートンの結果

と異なるものに達した。恰かも此の頃ロンドンの眼鏡家ジョン・ドルロンドは種々の試験を行つたが其の結果も矢張りニュートンのものと反対になつた。ドルロンドは次いで様々なガラスについて試験をなし、千七百五十七年にクリンゲンステールナに手紙を送り、其の中に投射角の正弦に對する平均屈折角の正弦との比はクラオンガラスにあつては一・五三で、フリントガラスにありては一・五八三であることを指摘した。⁽¹⁾これによりて彼は色消しレンズが可能のものであると結論した。而かも此の觀念を實際的に實現するのは困難であつて(彼自身の言葉を用ゐると)不撓の耐忍を要する。⁽²⁾千七百五十八年に彼は遂に成功をなし得て、色消し望遠鏡をローヤル・サイエチーに寄贈した。此の發明は歐羅巴を通じて大評判となつた。ドルロンドの成功はオイレルの分散の理論を非定するが如く見え、オイレルを大いに苦悶させた。オイレルは言つた。「若し私の理論が正しいならば、ドルロンドの對物レンズは色の分散を免れたものではないと云ふことになるが、而かもシヨルトは明白に色がないと述べて居る。私にとつてはかくも能く基礎を有するやうに構造された學說を棄てるの

が六ヶしい如くに、矢張りかやうに嚴肅な證據を問題となすことが六ヶしい。⁽³⁾かくて暫時の間、彼はドルロンドの對物鏡を以てせる實驗が暗い處でなされると色の効果を呈するだらうと信じた。

千七百六十一年にドルロンドの死せる後、其の子であるペーター・ドルロンドは機械師ラムスデンと組合せて偉大なる價値を有せる屈折望遠鏡を製造した。失敗を繰返へした後、色消しレンズは又顯微鏡に立派に應用された。

色消し望遠鏡は近世天文學の發達を大に進めた。此の如き望遠鏡によりて如何に大なる利益が收められしかは、フイゲンスが色効果を去る爲めに焦點距離の大なるレンズを用ゐた方法は、彼をして甚だ長くして筒のない屈折望遠鏡(對物鏡は高い柱の上に据付けられた)を作らしめ、而かも夫は非常に無恰好で光學的結果の劣等なものであつたことを回想すれば一層はつきり合點せられる。フイゲンスがローヤル・サイエチーへ寄贈した一つの對物鏡は焦點距離一二三呎のものであつた。

ドルロンドの望遠鏡が有名になるや、他の人の之に關する發明は世に發表さ

れた。千七百二十九年に已ては、チエスター・モーア・ホールと云ふエッセックスのモーア・ホールの人は人間の眼の機構を研究して居た間に、色のないレンズを設計するに至つた。彼は數多の玉磨きを使用して種々のレンズを作つた。然るに彼は此の仕事について何等發表する所がなかつた。恐らく彼は之を秘密にして置き、其の器械をば、一層完全なものに仕上げんとしたのであらう。何れにせよ、彼の發明は失せ、ドルロンドの發明はホールのとは獨立であつた。

色消し望遠鏡の初期の發達と時を同うして、大なる反射望遠鏡の製造が始まつた。イギリスは又も此の方面に卓れた仕事を表はした。千七百二十三年に、即ちニュートンが彼の反射望遠鏡を作つた後、約半世紀の頃、ジョン・ハドレーは六呎の長さあるものをロイヤル・ソサイエティーへ寄贈した。此の器械は其の效力に於いては長さ二三呎のフイゲンスの屈折望遠鏡と同様であつた！四面鏡の設計に關する進歩は一層エチンバルグのジェームス・ショルト及び別してウイリアム・ハーシエル(一七三八—一八二二年)によりてなされた。空間を貫く力を改良する爲めに、ハーシエルはより大なる鏡を用ひて集光力を増した。彼

は他人の及ばぬ熱心と巧妙とを以て四面鏡の設計と製造とをなした。一〇呎、二〇呎、三〇呎、遂には四〇呎の焦點距離ある鏡が彼の手作られた。而して此の最後のものは千七百八十九年に完成したもので、其の直径は四呎で重さは二五〇〇封度であつた。此の望遠鏡はハーシエルをして土星の環に最も近い二つの衛星を發見させた。又此の反射望遠鏡よりもより大なるものは唯二つしか作られなかつた。千七百四十五年に鏡の直径が六呎、筒の長さが五八呎で其の直径が七呎と云ふ巨大な反射望遠鏡がアイルランドのバルンスタウンでロイド・ロツスによりて大成された。此の望遠鏡はデイン・ピッコックが洋傘をかざした儘其の筒の中を通行した程に大なるものであつた。此の「光り探」が天體の壯嚴を異常に示した。サー・ジェームス・サウスは言つた、「私は生れてからかくも見事な天空の繪を會つて見たことはない。」第二の大きな反射望遠鏡は直径六一吋の鏡を有するもので、今やワシントンのアメリカ大學で完成せんとして居る。

所て未だ打勝つことの出来ない反射望遠鏡にとつての二缺點がある。大き

な鏡の重さの大なる爲めに鏡面が歪を起す。其の表面のデリケートな艶を永續的に保つことが出来ない、従つて之を磨き更へる六ヶしい作業を繰返す必要がある。(一)

第三章 熱學

グイロームアモントンス(一六六三—一七〇五年)は千七百二年にガリレオの空氣寒暖計の改良を成就した。彼の青年時代に、アモントンスは聳者となつたが、此のことを彼は不運とは思はず、爲めに外界から邪魔を受けることが少く科學的研究に耽ることの出来るのを樂しんだ。彼はバリーで政府に一つの職を得た。彼の空氣寒暖計は一定容積のものでU字形の管からなり、其の一つの枝はより短かくして球に終り、又他の長い枝は四十五時に達して居る。温度の度數は空氣の容積を一定に保持するのに必要な長い枝の中にある水銀柱の高さ(吋)で示された。此の器械は標準器として企てられたもので、之によりて例へばバリーに於ける水銀寒暖計が一つの場所から他の場合へと寒暖計を運搬す

る必要なしにセントペーターズブルクに於けるものと比較することが出来るやうにとのことであつた。然るに此の發明は餘り歡迎されなかつた。彼は水の沸騰點を一つの定點に選んだ併し沸點の空氣壓力に從うて變ずるものであることに留意しなかつた爲めに、非常な精度に達することが出来なかつた。(二)

茲に面白いことはアモントンスの研究が今日チャールズ及びゲールサクの名前の下に知られて居る瓦斯の法則を實驗的に證明するに至れると及び彼が絶対温度の觀念に始めて達せることである。彼は言つた、此の寒暖計による極端な寒さは空氣をば其の彈力によつて減少し全然何等の重さをも支へないと云ふ場合の寒さであつて、通常甚だ寒いと評定されるものよりも尙々甚しく寒いものであるらしい。アモントンスの與件から現代の攝氏の示度で此の絶対零點を勘定すると負二三九・五度となる。アモントンスの實驗を非常な精密さを以て繰返へしたラムベルトは負二七〇・三度を與へる與件を得た。(三)今日採用されて居る値は負二七二・八度である。ラムベルトは次の如き言をなした、「積零に等しい熱の度は實に絶対寒冷と呼べるゝことを得べきものである。故

に絶対寒冷に於いては空氣の容積は零である、否な零と呼びて然るべきものである。即ち絶対寒冷に於いては空氣は其の各部分に絶對的に接近し言はゞ水の洩れざるものになると云ふ様に密觸する。

アモントンスの研究に鼓舞されて、ガブリエール・ダニール・フアレンハイト(一六八六一—一七三六年)は寒暖計の精確な製作を研究し始めた。彼はダンツイヒの生れてあるが職業教育を受けんが爲めアムステルダムに行いた。彼は物理學に興味を感じイギリス、デンマルク、スエデンを旅びした。彼は氣象學上の器械の製造者であつた。彼の著しき名聲を博したことは千七百二十四年にローヤルサイエチイの會員に選舉されたのによりても明かである。同年彼はフィロソフィカル・トランザクションにラテン語で書いた五つの短篇を寄せた。其の中に始めて彼の寒暖計製作法が述べられて居る。(フアレンハイトはロイナルと通信を交換したが多分コペンハーゲンに彼を訪問したことと思はれる。千七百九年の寒い冬の間是等兩人は温度の記録をなしたと言はれて居る。フアレンハイトは沸騰點の一定せることについてアモントンスのなした

觀測に大に興味を有し但しフィゲンス、ニュートン及びハリも亦之を觀測した(他の液體がどのやうに作用するかを知らんと好奇心を起し、數多の試驗をなしたる後各の液體は水の如くに一定せる沸騰點を有することを發見した。)其の後彼は沸騰點が大氣の壓力と共に變化するものなることを知つた。(此の事實に對する注意は精密寒暖計學にとりて大に貢獻をなした。フアレンハイトは寒暖計に一般に水銀を用ゐることを始めて決定的にした點に於いて大なる功績を認むべきである。(ガラスへ水銀を入れた最も古い寒暖計は記憶から呼ばれるであらう如く千六百五十九年にイスマエル・ブリアウによるものである。)フアレンハイトの水銀寒暖計の成功は彼が水銀を清める方法を發明したのに大によるものである。

フアレンハイトは二種の寒暖計を作つた——一は酒精を入れたもの、他は水銀を入れたものである。柱には種々の長さを試みた。千七百二十四年に彼は次の如く書いた、氣象觀測に専ら用ゐられた寒暖計のスケールは零を以て始まり九十六度で終る。此のスケールは次の如くにして定めた三つの固定點の決

定に基づく第一のは最低のもので、水、氷及び鹽化アムモニヤ或は海水の混合液によりて見出される。若し寒暖計が此の混合液中に浸されると零と記された點まで降る。此の實驗は夏よりも冬に行ふと成功する。第二の點は水と氷とをのみ混ぜ上の如く鹽を入れなくて求められる。寒暖計をかゝる混合液に浸すと、三十二度を示す。第三の點は九十六度であつて、若し寒暖計を健康な人の口や腋の下へはさむとアルコホルが此の點まで膨脹する。

彼の初期の寒暖計は之と異なる。即ち上に述べた第一及び第三の定點のみを採用して、是等の間を百八十度分した、但し零點をば其の中間に置いたのて其の上にも下にも九十度を算した。大凡そ千七百十四年の後、彼は此の間を二十四等分した。彼の同時代の人ポールハープに従へば、此の變化はロイタルの暗示に基づく。此の場合には零點が下なる固定點に置かれた。かく二十四等分すると、度が餘りに大なるが爲めに、各々が再び四等分された。かくて固定點は零度と九十六度とて表はされることになつた。彼のアルコホル寒暖計が中間の諸點に於て一致した讀數を與へるや否やを検する爲めに、チェツクとして水

の溶解温度を用ゐたと云ふことが實らしい。かく考へると他の人々と異り三つの固定點を用ゐるに至つた次第を納得し得やう。其の後、彼は水銀を用ゐ始めてからは人體の温度の代りに水の沸騰點を採用した。而かも彼のスケールでは水の沸騰點は二百十二度となつた。

フアーレンハイトの寒暖計がオランダ人及びイギリス人によりて採用されたが、他の國民は其の價値を直ちに認めなかつた。フランスではロームニユルは別に寒暖計を設計した。レネアントアヌ・フェルシヨール・セーニユー・ロームニユル・デ・ザングレ・エド・ラ・ベルモデエール(一六八三—一七五七年)はロシエールで生れ、ベルモデエールで死んだ。彼は動物學、植物學及び物理學の研究で知られた。彼はフアーレンハイトの業績を知らなかつた。アモンソンスの空氣寒暖計(彼は之を使用し得べき唯一の寒暖計と考へた)を以て満足することが出来ず、且つ其の膨脹率の小なる理由で水銀の使用に強く反對し、酒精を用ゐて自分の欲する如き精度を有する寒暖計を作らんと努めた。彼の實驗は偶然にも液體の混合によりて由來する容積の收縮に關する美しき觀測をなさしめた。彼は

15の水を混ぜた酒精は水の氷點と沸點との間で一〇〇〇容から一〇八〇容まで膨脹することを見出した爲めに寒暖計の柱の其の間をば八十等分した。然るにロームユルの寒暖計は能く製作されず、讀取の信頼し得ざることが報告され、器械の異なる毎に異なる讀みを示した。ジャン・アントアヌ・ルレはロームユルの寒暖計を改良せんと努めた、但しゼネバのジャン・アンドレ・デルユクの方が一層功勞がある。彼は再び水銀の使用へと戻り、其の利益を非常に高唱した爲めに、或る物理學者は熱心に、確かに自然は吾等に寒暖計の製作の爲めに此の金屬を與へたと叫ぶに至つた。

反對にゼネバの他の科學者であるミケリ・ド・ユクレは管を目盛する爲めの外には水銀を使用せなかつた。彼及びセント・ペーター・スブルグのドリッスルは此のやり方を殆んど同時に導いた。千七百五十七年にド・ユクレは上部の擴大せる端に密閉した空氣の壓力を利用してアルコールの沸點を高めた。彼は百分的のスケールを設計した點ではセルシウスに先んじて居る。凍りつゝある水の溫度を固定點とするに反對して、其の代りに、彼は八十四呎深いバリー天文臺

の穴倉で決定された地球の溫度を選んだ。之は彼に新しい發意ではなかつた。ボイルは深き穴倉に於ける溫度の一定せることを言うた。而かも寒暖計用として此の溫度はド・ユクレによりて始めて用ゐられた。ド・ユクレは此の點と沸點との間を一〇〇に分けた。爲めにロームユルの讀みと能く一致する度を得た。彼の物理學上の研究の一部分は政治上の事件で二十年間幽閉されて居た間になされた。

百分的スケールはド・ユクレの後にセルシウス及びストロイメルによりて採用された。アンドレアス・セルシウス(一七〇一—一七四四年)はウプサラで天文學の教授であつた。彼の研究は主として天文學上のものであつた。千七百四十二年の一出出版物は水の氷點と沸點との間を百分した彼の寒暖計の説明を載せて居る。但し沸點の方は零點とされ、氷點が一〇〇度とされてある。之と反對に氷點を零度とし、沸點を一〇〇度としたのは、其の八年後に、セルシウスの同僚であるマルテン・ストロイメルの行つたものである。であるから吾等の現在用ゐて居る百分スケール其のものはセルシウスのものでなしに、ストロイメル

のなしたものである。

第十八世紀に實行された寒暖計のスケールの異なる種類の數は大に増加した。千七百四十年にジョオル・ジ・マルチンは十三を算し、千七百七十九年にラムベルトは十九を算へた。而かも是等の三種を除いた凡てのものは堙滅して仕舞うた。行く／＼百分のスケールのみ唯一の存続者となるであらう！ イギリス及びアメリカではフレンチ・ハイト式は流行し、ドイツではローミユル式、又フランスではセルシウス式が行はれて居る。又科學者間にはセルシウス式の使用が殆んど一般に承認されて居る。

金屬の棒の膨脹及び收縮を利用した最も古い寒暖計は千七百四十七年にライデンのペーター・ファン・ムッシエンブロークによりて發明され、ジェンテオ・イル・デザギユリアによりて改良された。殆んど三十年後にジョサイア・エツジウツドの高温計が發明され、爐の高い温度が或る方法に従つて純粹の煉瓦の一片の容積の變化で測定された。

千七百五年に蒸氣力の實際的應用に關する最初の大切な工夫が發明された。

第十七世紀の間に蒸氣泉が設計されたが、それは單にヘロンの機械の變形であつて、恐らく唯裝飾用に過ぎなかつた。モルランド・バピン、サヴェリー等は水をあげたり、水車を廻はす實用的の機械を作らんと努力をなした。機構の原理と形狀とを適宜にし、當時經濟的で且つ便利であると言はれた様に始めて機械を仕上げた人はイギリスのダルトマウスの鍛冶家、トーマス・ニューコメンであつた。恐らく彼はサヴェリーの機械を知つて居たであらう。サヴェリーはニューコメンの住家から僅かに十五哩の地に住んで居た。ジョン・カリーの助けをかりてニューコメンは一種の機械、大氣蒸氣機械を作つた。千七百五年に其の特許を得た。千七百十一年に此の種類の一機械が水をあげる爲めにウオルヴェルハム・プトンに据附けられた。ボイラーから圓筒へ通る蒸氣が外部の大氣壓に抗して活塞を押し上げ、遂に圓筒とボイラーとの間の通路が栓で閉められる。其の時圓筒内の蒸氣が噴水によつて凝結される。かくて部分的の眞空が出来るので上方の空氣は活塞を押し下げる。此の活塞は頭上にかゝる木材の一端から支へられて居り、木材の他端にはポンプがついて居る。デザギユリアの語る所

によれば、ハムフリー・ポッターと呼ばれた小供が活塞の一運動毎に圓筒とボイラーとの間の栓を開閉する役に當つて居たが、終に栓の自動装置を發明したとのとである。(1) 節動輪は千七百三十六年にジョナサン・フルスによりて導かれた。次ぎの大なる改良はスコットランドでジェームス・ワット(一七三六—一八一九年)によりてなされた。彼は數學器械製作者として養成された。千七百六十年に彼はグラスゴーに店を開いた。彼は蒸氣機關及び其の歴史に興味を感じ、之を科學的に實驗することを始めた。彼は化學をも考へに入れ、潜熱の發見者たるブラック博士によりて其の研究を助けられた。(2) 活塞の一運動毎に水を吹きつけて圓筒を冷却するによりニュー・コメン式の機關の熱の大損失について考へ、ワットは圓筒をば、蒸氣が其の内に入込んだ時と常に等しくして置く仕掛を考へ始めた。彼は如何にして遂に此の目的を達すべき甘い考が頭に浮ぶに至つたか其經路を次の如く語つた。「自分はある晴れた安息日の午後、散歩をなした。余はシャルロット街の麓の所の門から牧場へ入り、そして古い洗濯屋の所を通うた。此の時自分は蒸氣機關のことを考へて居たが、恰かも家畜小屋

の邊へ來た頃に、自分の心に蒸氣が彈性體である故に真空中へ突進するものであらう、従つて若し圓筒と空氣を除いた器との間に通路を設けると、空氣が其中へ突進し、圓筒を冷却せんでも空氣が其處で凝結するだらうとの考が出た。(3) かくて活塞はニュー・コメン式に見る如くに空氣の壓力によるにあらずして蒸氣の膨脹によりて動かされた。ワットは冷却器、蒸氣外套、及び他の改良を導いた。彼は實に蒸氣機關の發達に關係した人々の中で卓越した位置を占める資格を有して居る。

前なる世紀間に主な科學者は熱が分子の運動に依るものであると多少明瞭に意識して居つた。然るに此の正しき見解が第十八世紀に入りて後唯物論の影響を受けて終に棄てられた。吾等は之を見て科學の道は常に前進的の方向を取らない、即ち或る一定の目的へ向うて軍隊の進行するが如きものでないのを感じる好い一例を得た次第である。ラングレイは言うた。「余は科學の進歩と一つの頭からの命令に服従する軍隊の進行との比較は其の中に眞理を有するよりもより以上に誤りを有するものと思ふ。蓋し凡ての譬は何れでも多少誤

りへ導びく恐があるものであるが、余は寧ろ諸君に動いて行く群れについて考へんことを希望する。此の場合には全群の方向が稍々之を組織する各個體の獨立せる刺戟によりて定まる。即ち獵の一隊が長い間には終に恐らく其の獲物を捕へる併し一旦やり損ずれば各個體が各自獨立の行動をなし、視覚ではなしに臭ひによつて或は前進するあり或は後退するあるのと比べることが出来やう。此の如き場合には聲の高いのは多くのものを従へるやうになるが、而かも屢々正しき方向へ行く場合もある如く間違つて居る方向へ進行するのと同様に屢々である。従つて時として全體の群れが一體として間違つた臭ひに向うて動くことさへある。

熱が物體であると云ふ學說の最も古い痕跡は古代ギリシヤに於いてデモクリトス及びエピキュルスに見られる。近代に於いては、此の說はバリーでコレヂエ・ロイヤルで數學の教授であつたビエール・ガツセンヂ(一五九二—一六五五年)によりて唱導された。彼は能力の卓れた人であつたが、物理學上に於ける彼の努力は實驗的であるよりも寧ろ冥想的であつた。熱が物質作用であると云

ふ學說の承認を容易にしたのは、ハレ大學の教授ゲオルグ・エルンスト・スタール(一六六〇—一七三四年)が燃えて居る物體が「フロヂイストン」と稱せられる一物質を發射すると云ふ誤つた燃焼の說を提出したのに基づいて居る。千七百三十八年フランスの科學學士院は熱の本性に關する懸賞問題を提出し、受賞者は物質論を採つたオイレルも三人中の一人であつた。最初に熱と呼ばれる物質作用について與へられた特性と言へば、それは非常に彈性的であつて、其の各分子が互に排斥し合ふと云ふことであつた。熱せられた物體が熱を發すると云ふ事實は此の斥力で説明することが出来た。其の後に熱分子が通常の物體を引き、且つ此の熱分子が物體中に是等の相互引力(或は熱に對する物體の能力に比例する量だけ含有されて居るものと假定された。第十八世紀の終り頃には、此の說は殆んど一般に承認されたものであつた。後にフランス革命の一有力者として有名になつたマラは千七百八十年にニュートンの光の微粒子說より出發して此の說の一解説を與へた。此の說はアメリカ人カウントラム・フォルドによりて始めて烈しく攻撃されたが、而かも千八百五十六年に及んでさへもエン

サイクロロペーデア・ブリタニカの第八版中の熱學なる篇に矢張り物質説が尙ほ運動説よりも有勢であつた。

學説が間違つて居たが、而かも若干の新たな事實が熱について發見された。

ブラツクは彼の「潜熱」と呼べる、及び熱に對する能力「比熱」と稱せるものを發見した。ジョセフ・ブラツク(一七二八—一七九九年)はホルドーで生れた。彼の父はベルファストの生れてあるが、酒商としてホルドーに居を定めた。彼はグラスゴーで教授であつたが、千七百六十六年にエディンブルグで教授となつた。彼は氣體の化學の創立者として能く知られて居る。

千七百五十六年に、彼は氷の溶ける際及び水が沸騰で消散する際共に當惑させる程其の進行の遅い譯を考へ出した。彼は終に熱の多量が獨り其の狀態の變化を來たす丈で溫度を少しも變化せず、に費されるものである、而かも此の如く熱の消失する原因は物質の分子と熱と呼ばれる軽い流體との間の偽似的の化合作用であると結論を與へた。彼の見解に従へば、此の熱は潜熱のものであつた。現代の見解に従へば、潜熱と言ふべきものでない、唯エネルギーが熱の形

狀でポテンシャル・エネルギーとして物質分子に傳はつたものである。(1)現代の學生は水の蒸發の熱について直ちに精密な値を求め損ずることについて失望するを要せぬ。有名なるブラツクと彼の弟子アイザインとは四一七を得、其の後に至つて四五〇を得た、而かも正しき値は標準大氣壓に於ける五三六である。又融解の熱について彼は混合法を用ゐて七七八を得たが、一層精密な値はブレンの得た八〇〇三である。

ブラツクの生存中に熱に關する彼の大發見が公表されずに残つて居たが、千七百六十一年に至つて彼は是等を講義中に説明し、自然が操作を牽制し調節するにつき其の仕掛の恵み深き効果を與へることを靜かに而かも甘く説いた。(2)彼の發見は獨り測熱法の基礎となれるのみならず、更にワットの蒸氣機關改良に對する最初の刺戟となつた。

著作の公表を好まなかつたので、ブラツクは發見の占先權につきて辯護することもしなかつた。期待される如くに、同じ觀念は他の人々によりても開拓された。ジャン・アンドレ・デルユクはパリで又ヨハン・カール・ウイケはスエデ

ンて同じ方向を開いた。

フランス大改革の間に斷頭臺にて殺された大化學者なるアントアヌ・ローランラヴォアジエ(一七四三—一七九四年)はブラツクの弟子と考へらるべきである。彼はビエール・シモン・ラプラスと共に千七百八十三年頃數多の物質の比熱を決定した。彼等はラブラースの水—熱量計として今日知られて居る器械を設計した、併しブラツクとウイルケとは彼等の以前に既に水熱量計の方法を用ゐた。(一)

第四章 電氣學及び磁氣學

物理學の何れの部門も電氣學の如くに第十八世紀中に其の發展に成功を奏したものが無い。研究は千七百九十年頃までは専ら靜電氣學に限られて居たが其の時に電流に關する研究が始まつた。

イギリスのステブン・グレイ(一七三六—一七三六年)は電氣の傳導に於ける差は物體の色にも亦或は又或る之に類した性質にもよるものでなしに其の物體を構成

居る物質によるものであることを發見した。例へば金屬線が電氣を導くが絹は左様でない。彼は人の身體は一の導體であることを實證し、人間に電氣をかけた最初の人であつた千七百三十年。此の爲めに小供が絹絲で空中に支へられたが、其の後グレイは導體は樹脂の薄板の上に之を置いて絶縁することが出来ることを觀察した。(二)

フランスではグレイの實驗がシャール・フランソア・ド・チヌテルネー・デユ・マエ(一六九八—一七三九年)の注意を引いた。此の人は兵卒として教育を受けたが成年後の年月を科學の研鑽に貢獻した。實驗に導かれて彼は凡ての物體は何れも電氣を帶ばしめることの出来るものである、換言すれば凡ての物體が永い間琥珀にのみ特有であるかと考へられた性質を有するものであると云ふ豫期しなかつた結論をなすに至つた。故に(ギルバート)の用ゐ始めた物體を(摩擦によりて電氣を帶ばしめ得べき)エレクトリックと此の性質を有せざる(ノンエレクトリック)とに分類することは事實上の基礎を有せざるものであると分つた。デユ・マエは焰の放電力を認めた。グレイによりて教えられた如く絹絲

て自分を支へて、若し自分に電氣がかゝつた時に彼の近くに他の人が來ると彼の身體からバチ／＼と音を立て、刺すやうな放射が放散することを觀察した。暗室で見れば是等の放射が數多の火花である。アツベ・ノルレは言ふた。「自分は人の身體から引き出された最初の電氣の火花が兩方デュ・フェーと彼れ自身とに呼び起した其の驚きを決して忘れることが出來ない」と。

デュ・フェーは電氣には彼のガラス質と呼び又樹脂質と呼んだ二種のものであることを發見した。其後同一の觀察がフライデルフィアのエベネツエル・キッネルスリーによりて之と獨立になされた。電氣の引力と斥力を説明するのに、デュ・フェーは摩擦によりて分離し、又夫等が結合すると中性となる二流體の存在を前提とした。此は電氣の現象の學說に關する最も古い大切な企てである。此説はイギリス人ロバート・シムナーによつてフランクリンの一流體の説の一好敵として充分に仕上げられた。

此の時代に摩擦電氣器械の完成に大なる注意が拂はれた。此の器械は實驗室にとりて非常に大事なものとなつて居たが、遂にホルツ及びトエフラーの増

勢機によりて置き換へらるゝに至つた。ホークスベリーのガラス球の代りに、エルフルトのアンドルユ・ゴルドンはガラスの圓錐を以てした。又スエイツルのグリソンのマルチン・プランタ及び其の後にロンドンの鏡玉師ジエセラム・スデンは圓いガラス板を導いた。廻轉するガラス板に對して乾いた手の掌を保つて居る代りにライプツイヒのヨハン・ハインリッヒ・ウインクラーは皮の枕をばバナでガラスを押すやうに仕掛けた。千七百六十二年にジョン・カントンは此の枕へアマalgamを塗つて一層好成績を得た。

千七百四十五年頃電氣の實驗は甚だしく通俗向きとなり、オランダやドイツでは公衆への展覽が行はれた。多くの人々は娛樂の目的を以て實驗をなした。是等の人々の中にボメラニアのカミンの寺院の副僧正エワード・ゲオルグ・フォン・クライスト(一七四八年に死す)と云ふ人があつた。千七百四十五年の或日のこと、彼は傳導によりて一つの壘に電氣をかけんと試みた。偕彼は其の中に一本の釘を有する小さな藥壘を一つの手の中へ持ち又發電機の導體に觸れしめて釘を帶電せしめた所が、此の釘が非常に強く帶電して爲めに他の手で之

に觸れると彼は肩と腕とが棒になつたと感じた程強いショックを受けた。此の發見は千七百四十六年にオーランダのライデンでも同様な仕方になされた。其の時代に有名な物理學者であつたビーターファンムツシエンブローク(一六九二—一七六一年)は一つの壇内にある水を帶電せんと企てた。一つの試験中に彼の友人なるクナエウスは一つの手で壇を持ち、暫時の後他の手で主な導體と水を連絡する針金を取去らんとした。所が彼は忽ち自分の腕と胸とに突然強いショックを受けてびつくりした。此の如くにして今日吾等は「ライデン壇」と稱するものを發見した。(一)ムツシエンブロークは此の實驗を繰返へし、かくて後ロームニルに「彼はフランスの王國の爲めに再びショックを受けやうと思はない」と書き送つた。ウイテンプルグのボーセ教授は一層勇敢な感想を述べ自分は電氣のショックによつて死んだら良かったと思ふ、さうすると、彼の死の記事がフランスの理學學士院の記録中に一篇の論文を供給するであらうのと言ふた。(二)

ライデン壇の發明は電氣學に一層より大なる光明を與へた。歐羅巴の殆ん

ど何れの國でも數多の人には此の實驗を各地に見せて歩いて生計を得るに至つた。ライブツイヒのウインクラはフォンクライストが人間の身體がライデン壇の放電をなすに主要なものであると想像したのは間違であることを證明した。彼は内部に張つた導體を外部に張つたものと連絡する任意の導體で充分に其の目的を達し得ることを指摘した。

ムツシエンブロークがロームニルに與へた手紙はフランスの學者をして實驗の勇氣を失はしめなかつた。オーランダでムツシエンブロークが有名であつたよりは尙一層有名であつたフランスのアッペルレは彼れ自らライデン壇の實驗をやつて見た。彼は其の後帝王の前で百八十人の兵隊を通して放電の試験をなした。其の後バリーの一寺でカルシユス派の僧侶等はそれ二人の間をば鐵の針金で連結した九百尺長い一列となり、ライデン壇を放電した所が全體の人々が一時に烈しく飛び上つた。思ふに、眞面目な僧侶等の此の行爲は非常に可笑しかつたことであらう。フランス及び其の他の場所で行なつた實驗者はライデンの放電で鳥や他の動物を殺した。彼等は川や湖水を通

して水を越えて長距離へと放電を通じた。又彼等は之によりて針を磁石にし、又細い針金を熔かした。ライデン壘の発見は科學に於ける大進歩として賞讃された。併し疑ふまでもなく當時其の必要が餘りに過大視されて居た。

第十八世紀に於ける最も大膽な且つ最も深遠な學說の若干は遠いアメリカでベンジャミン・フランクリン(一七〇六—一七九〇年)によりて速かに進めらるゝに至つた。彼は青年時代に僅かに活版徒弟に過ぎなかつたが、其の後彼は獨り政治及び外交に於いて非凡の天才を發揮せるのみならず物理學上の研究に於いても大業をなした。四十の年齢の頃、スコットランドから來たスペイン博士がボストンで若干の電氣の實驗を行ふのを見る機會に接した。此の問題は彼にとつて新たななるものであつた。フィラデルフィアに歸つて後、其の市の圖書館の仲間、ロンドンの商人で且つローヤル・ソサイエティーの會員であつたペーター・コリンソンから、如何に之を電氣實驗に應用するか其の使用方法を添へた一つのガラス管を受取つた。フランクリンの好奇心は之に鼓舞せられ、ワットソンの實驗を読み且つ彼れ自ら實驗をなし始めた。(一)千七百四十七年三月

二十八日コリンソンに宛てた彼の第一の手紙に、彼は「電氣管」に對しての感謝を述べ且つ言うた。「余は以前に近頃なした此の研究程に自分の注意を全然引き且つかくも時間をかけたものに從事したことがない」と。(二)彼の家庭は物數寄家の訪問する所となつた。かくてフランクリン、エベネツェル・キンネルスレー、トーマス・ホブキンソン及びフィリップ・シングの諸氏によりてなれる研究者の一團が出來た。千七百四十七年七月十一日にコリンソンへ送つた第二の手紙で、電氣の火を引き又之を投げるのに尖つた物體の驚くべき効果を呈することを説明した。尖つた端の此の作用が他の學者によりても觀察されたが、フランクリンは其の大切なることを充分に認め且つ之を實用に供した最初の人であつた。此の同じ手紙の中に、其の當時までに提出された何れの他の説よりも一層満足に電氣の現象を説明した電氣の學說が記されて居る。彼は「電氣火は凡ての物體に存在する普遍的の一要素である」と想像した。若し一物體が其の常態に於けるよりも多量の要素を得れば、夫れはプラスと呼ばれ、其以下であればマイナスと呼ばれた。かくてデユフエーの二流體説の代りにフランクリンは

一流體説を唱へた。プラス又はマイナスの或は正又は負の電氣と云ふ學説は彼によりて生れた。此の物質説はアラデー及びマツクスウェルの時代までも其の勢力を維持した。而かも夫より後吾等は電氣は物體ではないことを充分合點するに至つた。フランクリンは帯電したライデン壺をば、一つの被皮には此の流體の過分即ち電氣火の充實を有し、又他の被皮には、同じ火の空虛を有する、而かも實際には帯電させた前よりもより多量の電氣を含有せるものでないといふと説明した。彼は實驗的に、此の壺の全き力とショックを與へる力がガラス夫れ自らの中にあるものであるを示した。(二百一頁)

千七百四十八年にフランクリンは事業から退き凡て彼の時間をば全く電氣學の實驗に用ゐんと考への下に、彼の印刷所、新聞紙、曆等を賣拂つた。彼は新たな器械を備へ付けた。彼の友人キンネルズレーはライデン壺は内側に於いてする如く外側へ通す火花によりても容易に帯電させることが出来ることを證明した。(百九十七頁)。千七百四十九年にフランクリンはコリンソンへ宛てた手紙の中に「電氣實驗に都合のよくない暑い天氣は來らんとする」(依つて彼は

電氣仲間との季節を之で終らんとすると述べた。「七面鳥は吾等の御馳走の爲めに電氣のショックで殺された、而して帯電された壺で點ぜられた火の前で電氣ジャックで焙られた。」(二百一頁)。然るに千七百四十九年の夏の前に彼は一層重大なる沈思に陥つた。其の時頃、フランクリンの頭に電光を電氣の原理で説明せんとの觀念が湧いた。電光の性質が電氣火花の性質と同一のものであらうと云ふ推量は其の前にもなされた。グレイ、ウォール、ノルレ、フレック、ウインクラ、等は何れも此の考へを述べて居る。併しフランクリンは多分是等の人々の推量を聞かなかつたであらう。此の如き推量は當時行はれて居た電光の學説に反するものであるが、是等は一つの實驗的試験をなすことに或る人を保證した。雷と電とは一般に爆發する瓦斯によるものと信ぜられて居た、但し其の瓦斯の性質については諸説あつた。千七百三十七年にフランクリンは電光は「稀薄な硫黄でありかくて自ら點火するものである硫化鐵の不燃的の息」によるものと信じた。既に述べた如く千七百四十九年の初夏に彼は電氣の理論を提出し、且つ其の實驗につき大膽な企てをなした。夏の暑さも彼及びキン

ネルスレーの實驗を妨げることが出来なかつた。千七百四十九年十一月七日の日附の下に彼等のノートブックに次ぎの文句を見る。「電氣流體は(一)光を與へること、(二)光の色、(三)曲つた途、(四)迅速な運動、(五)金屬で導かれること、(六)爆發中にバチ／＼音を出すこと、(七)水中及び氷の中に宿ること、(八)夫れが通過する物體を裂くと、(九)動物を斃すこと、(十)金屬を熔かすこと、(十一)不燃燒性の物質を點火すること、(十二)硫黄様の臭氣の諸點に於いて電光と一致する。」電光は壘中にある電氣流體の如くに尖端によりて引かれ又放たれるものであらうか。「是等の兩者が吾等の上に比べた諸々の點に於いて一致する故是等は此の點に於いても矢張り一致すると云ふことが可能でなからうか。宜しく實驗に徴すべし。」

第三十圖



尖端の作用に就いて彼は電光を引き下さうと企てた。「或る高塔或は寺の尖塔の上へ一人の人と電氣臺とを容れるに足る程充分に大きな番兵小屋の一種第十三圖を置いたものとする。次ぎに臺の中央から一本の鐵棒を立て、之をば戸の外へ出し之を曲げて眞直に立て、二、三十呎も長

くし其の先端を鋭どく尖らす。若し電氣臺が清淨で、且つ乾燥して居れば雲が低い所を通過して居る時には棒が雲から電光を引いて臺の上に立つて居る人は帶電して火花を放つてあらう。「若し以上の如く實驗で確かめることが出来れば、尖端の此の力に關する知識は落雷から家屋、教會堂、船舶其の他を避けることが出来、人類を裨益するではなからうか……。」

此の如きは千七百五十年七月にコリンソンに宛てた手紙の中に報じた彼の思想で、コリンソンは之をロイヤルソサイエティーへ提出した。而かもロイヤルソサイエティーは此の新しき考案を驚異を以て受けた。(二)此の會がフランクリンの研究の簡単な記事の外に何物をも公表せんと決心し得ない故、コリンソンは其の發行者なしに是等の手紙を公表せんと決心した。其の後届いた他の手紙の爲めに遂に本が四つ折の大冊となり第五版を出すに至つた。第一版の出た十七年後にブレイストレーは次の如く書いた。「是等の手紙程に歐羅巴の凡ての部分で廣く讀まれ且つ賞讃された電氣學に關して曾つて書かれた本が又となす。此等の翻譯されない歐洲の國語が殆んどない。而かも尙ほ夫等丈

ては其の内容を充分に擴めることが出来ないらしいと見えて、近頃其のラテン譯が出来た。(2)

アメリカでは一般の好奇心は高調し、キンネルスレーは巡回講演をなし電氣實驗を示し各地で盛んに喝采を博した。ニューヨーク、ニューボルト、ボストンでは是等の講演は人々を熱狂させた。フアネール・ホールは革命の辯士の激情的の雄辯を反響させた長い以前に、彼の壇や球の音を響かせた。(3)

フランクリンはフィラデルフィアに於ける何れの建物も又附近の小山もかの番兵小屋での實驗を行ひ得る程に充分高くないとの意見を抱いて居た。底て彼は充分に高い尖塔を設ける爲めに福引の方法で金を募集して居る間に、フランスの帝王の保護の下にダリバルドがバリーに近いマルリー・ラ・ジュイユで此の實驗をなし成功したとの報を受けた。然らば其の實驗がどんな風に行はれたかと言ふに、僅かに其の下端に於いて絶縁され、小さな小屋の中の小さな卓子の上に載せた十三米の高さの棒で行つたのであつた。ダリバルドは一人の老いた騎兵に天氣を注意して居るやうに教え、ガラス壇へ眞鍮の針金を装置し、棒

から火花を引き付ける目的で用意を整へた。數日待つた所が、千七百五十二年五月十日に雷雲が現はれた。茲に於いて兵隊さんは棒へ針金を近づけた、忽ち火花の烈しい音が發して、焔と硫黄の臭とが正さしく地獄を實現した。恐れ惶いた兵隊さんは針金を棄て、隣人呼んで村の僧侶の來ることを乞うた。僧侶の方が兵隊さんよりも大膽であつた。彼は自ら實驗をなし始め、棒から火花を引いた。かくて彼は其の結果をダリバルトへ報告した。(4)フランクリンの觀念は推量たるに止らない。此處に其の眞理なることが實現された、とダリバルドは書いた。一週間後にデロルはバリーで三十二米の高さある棒を以て此の實驗を繰返へした。

フランクリン自身はバリーに於ける試験をば決定的なものと思へなかつた。彼はフランスの人々の用ゐた棒が電光で帶電されたものであることを充分に納得せなかつた。棒が雲まで達して居ない。新しい考へが彼の心へ浮いた、何ぜ雲の其の内部へ一つの風を送つて其の絲で電光を下へ引き寄せなかつたらうと。彼は直ちに風を作つた。後にコリンソンに書いた手紙に曰く、シーダー

の二本の軽い小片で十字架を作り、是等の腕をば一枚の絹ハンケチを擴げると各の隅角が其の端へ達するやうに長くし、かくて後ハンケチの四隅を十字架の各の端へ縛り付けて風を得る。……十字架の真直な木片の上端へ鋭どく尖らした針金を附け木材から一呎又は夫れ以上高くなるやうにして置く。手に近い絲の端へ絹の紐を結び、絹と絲との結び目に一つの鍵を附けた。此の器械を以て彼は彼の子息を獨り連れて野原へ行つた。彼は雨をよける爲めに假小屋の中にかくれ、風をあげた。一つの雷雲が通過したが、而かも尙電氣の象徴がない。彼は殆んど成功を危んだ、此の時忽然絲の弛んで居る纖維が自ら直立したのを目撃した。底で彼は指節を鍵にあてた所が、強い火花を受けた。其の火花はどんなに彼の満足を喚起したか思ひやられる。又もや火花を受けて見た、ライデン壘を帯電させた、ショックを受けて見た……。彼は茲に於いて電光は電氣的現象であることを實證し得た。

フランクリンは書いた。「千七百五十二年九月に、私は自分の家に電光を呼び夫れて實驗を行ふ爲めに一本の鐵の棒を建てた、而して棒が帯電したとき之を

知り得るやうに二つの電鈴をつけて置いた。彼は之にて數多の實驗を繰返へし然る後決論して言うた、雷雲は最も多くの場合に負の電氣を帯びて居り、時としては正の場合もある。」(三四四頁)故に、大多數の場合には、落雷の際地球が雲へ打ち當たるので、雲が地球を打つのではない。(三五五頁)。

大氣電氣に關するフランクリンの實驗は至る所で繰返へされた。フランスの醫者、ルイ・ギイロー・ムルモン・ニユーは雲が全く見えない時でも大氣は常に電氣を帯びて居ることを發見した。セント・ペーター・スブルグのゲオルグ・ウイヘルム・リヒマンは千七百五十三年に電光について實驗をなして居る際之に打たれて死んだ。彼の身體の各器官に及ぼせる效果の詳しい報告が多くの科學會によつて公けにされた。ブレイストリーは言うた、正しく羨まれたリヒマンの如く、かくも光榮ある死が何れの電氣學者にも與へられなかつた。

避雷棒で建物を保護せんとするフランクリンの暗示は千七百五十四年にメーレンのブレンデッテ僧侶のプロコピウス・デ・ヴァイシユによりて實行された。千七百六十年にフランクリンはフィラデルフィアに於ける一建築物の上へ一

つの避雷棒を設けた。ウイリアム・ワットソンは千七百六十二年にイギリスに最初の避雷棒を立てた。千七百八十二年にフィラデルフィアに四百の避雷装置が出来た。最初若干の神學者等は避雷棒を立てるのに反對を試みた。其の論に曰ふ、雷や電は神怒の表徴である、故に其の破壊力に干渉するのは不敬である。此の議論に對して、ハーヴァードの物理學の最初の教授であつたジョン・ウインスロブは次ぎの如く常識的の答をなした。「神が吾等の手に與へた仕方て雷光の效果に對して吾等を保護することは雨や雪や風などの效果に對して吾等を保護すると同様に吾等の義務である。」

實驗は忽ち避雷棒は電に對して絶對的保護でないことが分かつた。其の理由は當時にも其の後長い間も地球との連絡が惡いか或は尖端が鈍ぶつたのによつたとされて居た。かくて構造に關する改良が屢々指示されたが、而かも眞の原因は一世紀後まで認められなかつた。フランクリンの棒の作用の理論は不完全であつた。吾等は今日始めて注意して立てた棒が避雷の效を發し得ないのは放電が振動的であるかも知れぬと云ふ事實によつて分かるやうに

なつた。

千七百三年にオーランダの旅行家はセイロンからトリルマリン(電氣石を携へ歸つた。彼等は此の礦物が灼熱した泥炭の上の軽い灰を引く作用あることを注目した。フランツ・ウルリヒ・テオドール・エビヌス及びヨハン・カール・ウイルクは其の性質を吟味して、此の物が熱せられると帶電し、其の兩端が反對の符號の電氣を宿して居るものと結論した。トルベルン・オロフ・ベルグマンは千七百六十六年に電氣を生ずる熱は其の部分の間の温度の差であつて、熱其のものゝ多量を必ずしも要せないこと、又冷却すれば各の端の電氣は逆のものに變ずることを明かにした。ベンジャミン・ウイilson及びジョン・カントンは電氣石の電氣的性質は矢張り他の結晶體にも見受けられるものであることを發見した。第十八世紀の後半期の間に靜電氣に關する精密な測定法について最初の大切な仕事はなされた。此の方面の研究について吾等は二大偉人即ちカヴェンディッシュとクロームとに接する。ヘンリー・カヴェンディッシュ(一七三一—一八一〇年)はケムブリッジのペーター・ハウス・カレッジへ入學し、其の後は主にロンドン

に住んだ。(1)彼の私的生活については甚だ不明なものがあつて、彼をして實驗的科學に身を投ぜしめた力の何處にあつたか判ずる由がない。彼は化學、熱學、電氣學に關して實驗をなしたが、其の結果を公にしたり、發見の占先權を得やうなど、一向心を勞せなかつた。彼は奇妙にも幽退的の生活を送つた。甚だ節儉な質で彼の大なる收入を貯蓄して居た。彼は自分の住宅に客を受けたことがない。彼は大廣間の食卓の上へノートを置いて毎日食事を註文した、又甚しく怯懦で下婢と口をさくことさへ殆んどしなかつた。(2)彼は恐らく八十歳まで生存した何人よりも即ちラトラップの僧侶を除かなくても凡ての人々の中で生涯の間に一番言葉少かつたであらう。(3)カヴェンディッシュの全き存在は彼の圖書室と實驗室とであつた。(4)彼の靜電氣學に關する實驗は千七百七十三年の終以前に完成されたが、出版せずに残つた。彼は唯電氣に關する二論文を公表した、但し是等は二次的の大切な事項を述べたものである。殆んど一世紀を経て千七百七十九年にジェームスクラーク・マックスウェルは千七百七十一年より千七百八十一年との間に書かれたものを *Electrical Researches of the Honourable Henry Cavendish* なる題の下に公にした。是等の論文はカヴェンディッシュがより後にクロム及びフランスの他の哲學者等の著書によりて科學界の知るに至つた電氣學に關する殆んど凡ての夫等の事實をば彼等に先んじて研究したことを證明する。(5)とマックスウェルは言ふた。カヴェンディッシュは蓄電器の容量を研究問題とした、そして自ら既知容量の蓄電器の一系を作つた。かくて彼は是等を用ひて種々の器械の電氣容量を測定した。四十九の塊の一電池は三二一〇〇〇時の電氣、殆んど二分一マイクロファラドを含むことを知つた。彼の時の電氣は相當容量の球の直徑を表はす。容量に關する吾等が現今用ゐる靜電測定は彼の用ゐた時と直徑との代りに、糧と半徑とを用ゐたに過ぎない。カヴェンディッシュはファラデーに先んじて異なる物質の感應電氣容量の比價の發見をなし、此の量を多くの物質について測定した。バラフィンにつきては一・八一乃至二・四七なる値を得たが、近頃ボルツマンは二・三二量を、ウエルナトは一・九六を、ゴールドンは一・九九四を與へた。(6)此の觀念はポテンチアルの知識を豫想する。後者はカヴェンディッシュによりて「帶電の度」なる名の下に導かれたものである。彼は靜

電氣學及び磁氣學

電氣が導體の表面にのみ宿ること、電氣の力が距離の二乗に逆比する、否な少くとも其の比から五十分一以上の差を示さないと云ふことを證明した。千七百八十一年に彼は究極はオームの定律の先見に歸着する一研究を完成した。

カヴェンディッシュが彼のかくも透徹せる結果を發表して彼の時代の科學者に惠を與へなかつたことは如何にも残念なことである。カヴェンディッシュが新たな觀念を創設し電氣測定に關して大に力を盡したが、而かも彼は新らしい器械の發明者でなかつたことが注意されることである。クロームは振り電流計を發明し、アブラハム・ベンネは千七百八十六年に金箔電氣驗を考案した、然るにカヴェンディッシュは之等に類した器械を設計せなんだ。彼は樹心電氣計を用ゐた。シャール・アウグスチン・クローム(一七三六—一八〇六年)はアンダーレームで生れ、パリで勉強し、若き時代に軍隊に入つた。西インドにありて數年間軍務に従事せる後パリへ歸へつて來て技術者としての役を奉じた。彼は之と同時に科學上の研究にも従事した。ブレタニユに航行される運河の計畫が考へられた際彼は海務大臣によりて其の地盤を檢查するやうに任命を受けた。彼

の報告は思はしからぬものであつた。之が若干の權勢ある人々を不興に陥し入れた其の爲めに彼は陸軍大臣から何の命令をも受けなかつたと云ふ口實の下に是等の人々の爲めに幽閉せられた。其の後ブレタニユの政府は其の誤りを發見し、クロームに大なる報償を與へた、而かも彼は單にセコンド時計を一個受けて之を其の後實驗用に役立てた。トーマス・ヤングは言つた、彼の道德上の性格も彼の數學的研究の如くに正確であつた。

クロームは髮及び針金の振れ彈性に關する研究をなした。此は彼をして振れ秤を考案させる基となつた。若干の之に似た工夫がイギリスでジョン・ミチルによりて其の以前に暗示された。振れ秤は一世の間電氣の教科書に記された、併し今日では最早實驗室では此の器械を使はなくなつた。クロームは甚だ巧みに而かも精密に實驗を行ひ、ニュートンの二乗逆比の法則が矢張り電氣及び磁氣の引力及び斥力に關しても當嵌まることを證明した。彼は此の作用は電氣の量の積に比例することを證明し、又帶電は唯導體の表面に存することを明かにし、且つ導體の種々の部分に於ける表面帶電を比較した。クロームは