

科學史



中華民國二十二年四月印刷

科學史(全一冊)

(每冊定價銀五角五分)

(外埠酌加郵費滙費)

編著者 沙 玉 彥

出版者 世界書局

印刷者 世界書局

不 准 翻 印

發行所 上海各省 世界書局

序

現時人類生活受了科學進步的影響，已發生了顯著的變化。到了晚間，祇要將壁上的電紐撥動，就能使室內像白晝一樣明亮；設將桌上的電話機提起，就可和在幾里以外的朋友談心；假如裝有收音機的時候，又可安坐家中，靜聽各處放送的音樂。這種近代的生活決不是從前的人會夢想過的。

從前的人祇知道天上的明月是含有詩意的仙境。可是現時科學家的意見却正相反，斷定是毫無生氣的地方。對於從來認為驚天動地的月蝕，也以爲是天文上很普通的現象，並可確實計算發現的日期。

科學家能在一滴清水內看到從來肉眼所不能看見的微生物。並知道疾病的發生和這些微生物有密切的關係。疫癘的流行，祇是微生物猖獗了的結果，證明了從來所用祈禱禳解的方法是完全沒有用的。

近代科學的進步很足表示人類智慧的勝利。關於科學的起源，發展的歷史，和政治，經濟，戰爭，文藝的歷史比較，不能不說是更有重要的價值。除了少數無意的創獲以外，科學家的誕生，實驗方法的採用，精良儀器的發明，正確理論的倡導，對於科學的進步都有重大的關係。經過了長期的研究，耗費了無數的心血，才能有現時各種偉大的成就。

在很早的時候，已有不少從事研究的科學家，並且得到很有價值的結果。不過後來到了中世紀，差不多停頓了一千多年。自從第十六世紀起，經過了許多科學家的努力，然後才能逐漸進步。直到現時，正和從高山頂上沿山坡滾下的石子相仿，進步格外快了。所以在科學史內，包含了各時代科學家心意活動的情形，可以看到怎樣從淺近的發見，逐漸的變成了近代的科學智識。

因為科學的進步並不是偶然的事情，所以研究科學的不獨是應知道過去已有的發現和學說，並須明瞭逐漸發達的情形。還有攷察人類文化的，決不至忘

却了科學在文化上佔有的位置；對於科學進步的原流，也須有充分的了解。就是受著科學發達以後利益的人，也須知道科學上各種發明的歷史，和科學家努力實驗的狀況，然後能對於現時許多奇異的成績，不再發生神秘的感想；也許還能引起研究的興味。

假如能從這本書內，得到一些科學發達的大概情形，以及從來科學家所有的思想和方法，這就是著者很小的貢獻了。

十九年六月沙玉彥識於清華園。

目次

第一章	緒言	一
第二章	古代的科學	六
第三章	中世紀的科學	二二
第四章	第十六世紀的科學	三一
第五章	第十七世紀的科學	四一
第六章	第十八世紀的科學	七六
第七章	第十九世紀的科學	一一一
第八章	近代的科學	一六三

科學史

第一章 緒言

科學的意義 科學的意義通常有廣義的和狹義的兩種：廣義的科學就是有系統和組織的智識。所以哲學，歷史學等，和天文學，物理學一樣，都是科學。狹義的科學祇是關於自然現象的有組織和系統的智識。這就是各種的自然科學了。在這本書內，科學的意義是指狹義的自然科學說的。

科學的種類 自然科學的種類很多。最重要的有六種：第一種是研究數，量，形等性質的數學，第二種是研究日，月，行星等天體的天文學，第三種是研究地球結構和生成等的地質學，第四種是研究聲，光，熱，電等現象的物理學，第五種是研究物質的組成和變化等的化學，第六種是研究動物，植物等生

物的生物學。這種分類的辦法，祇不過是因為研究的對象不同發生的。實際上各種科學的界限並不十分清楚，常是互相參雜的。

研究的起源 自從人類從游牧生活逐漸變成了農耕生活以後，就有餘暇的時間，可以做研究的工作。開始的時候，大多是在設法改良日常的生活，也是因為好奇心引起的。

不過在最早的時候，各種的研究大都是走錯了路的。以為自然現象有超於人類的神管理，並且以為人類的運命和自然現象有很神祕的關係。所有古代的巫術，占星術等都是這樣發生的。也可以算是科學的先驅。

經驗的智識 不久，人類積了許多的經驗，就變成了很有用的智識。於是測量，醫藥，算術，曆法等都逐漸的發明了。進一步，又有聰明的人想從這些經驗的智識，發現因果或數量的關係。這樣就逐漸的變成了科學的智識。

科學的誕生 自從古代希臘人有了研究工作以後，各種的科學都逐漸發達

。當時很有許多是從事理論的，很想知道一些關於物質的真實性質，可是都沾染著了不少哲學家的態度。還有許多是採用實驗方法的。對於各個的問題仔細考察。所有的研究態度和現時科學家所有的並沒有多大的不同。

中世紀的停頓 希臘人研究自然現象的興味很濃，對於科學的貢獻也很不少。等到希臘滅亡以後，這種精神也就不能繼續。於是科學的研究就差不多完全停頓了。這是因為繼起的羅馬人，所有的天才都是軍人，法律家和政治家。能願意從事科學研究的，祇是很少數的幾個罷了。

不過在阿剌伯的回教徒，逐漸強盛，從非洲的北部侵入西班牙以後，就對於科學研究很能極力提倡。所以在中世紀的時候，阿剌伯的科學比羅馬還要進步些。

近世科學的興起 自從一四九二年哥倫布 (Columbus) 發現了美洲以後，一四九七年里斯可特伽馬 (Vasco de Gama) 環繞非洲的好望角到了印度，一五

二二年麥哲倫 (Magellan) 又航行地球一週。於是人類對於地球的觀念就發生了很大的改變，近世天文學也就比其他科學先興起了。

到了第十七世紀，各種科學就逐漸成立。從此以後，進步也就更快了。這是因為一方面有了正確的研究方法，一方面又有了許多的儀器。這些都是能促進科學發達的。

正確的研究方法就是近世所說的「科學方法」。這是培根 (Francis Bacon 1561—1626) 首先提倡的，以為研究的工作重在用實驗的方法。科學上的發明決不是能從古代書籍內得到的。他所提倡的歸納法，和從前相傳下來的演繹法完全不同。在著手研究的時候，必須儘量收羅一切已知的現象和事實，加以比較和分析。得到了因果或數量的關係以後，還須再用實驗證明。

在第十七世紀發明的儀器很多。一六〇九年吉新 (Jansen) 和列伯顯 (Lip. pershey) 發明望遠鏡，同時佳納特司 (Joannides) 發明顯微鏡，一六三九年伽

斯可基 (Gascoigne 1612—1644) 發明微量器，一六四三年脫利徹里 (Torricelli 1608—1647) 發明氣壓計，一六五〇年格爾克 (Guericke 1602—1636) 發明抽氣唧筒。有了這些重要的儀器發明以後，科學就更容易進步。

所以從第十八世紀起，直到現時的第二十世紀，不過二百多年，近世科學上的各種發明比較以前的幾千年要多出許多倍了。

實驗室的成立 科學逐漸進步，實驗室也就逐漸成立；到了現時，更因實驗室的充分擴張，使科學有異常的進步。最早的實驗室祇不過是科學家住宅的一部。後來就有許多科學家將私人的實驗室開放，允許他們的學生在內從事科學的研究。不久就變成了學校設立的。大概在一八二四年以後，私人的實驗室就逐漸變成了屬於學校的；同時也就有許多學校設立實驗室了。

現時不獨是有附設在學校內的實驗室，還有許多是單獨設立的。這種獨立
的實驗室，有些是國家設立的，例如美國的「標準局」(Bureau of Standards)

。有些是私人設立的，例如美國的「斯密司孫研究所」(Smithsonian Institution)。此外規模較大的公司也有設立實驗室的，例如美國的「奇異公司」(General Electric Company)。這些實驗室很多，並且都有著名的科學家在內專門研究各種的問題。近世科學的進步，這就是最重要的原因了。

第二章 古代的科學

文化的發生 居住在幼發拉底河和底格里斯河附近的巴比倫人，和在尼羅河附近的埃及人，都是文化發生很早的民族。這些民族因為居住在肥沃的平原，生活比較的舒適，很能有空閑的時間，可以從事研究的工作。於是文化就逐漸的發生。

巴比倫 巴比倫的算術採用六十進位法。無論是長度，重量，容積等，都是用這種方法計算的。又因為要測量土地的緣故，幾何學也就逐漸的發生。直

角三角形三邊的關係，圓周和直徑的比率，都是早已知道的。

農耕生活和季候有密切的關係，所以曆法的發明也是很必需的。計算時間的單位用日，較大的單位用月，這是很自然的辦法。巴比倫在紀元前二千年的時候，已規定三百六十日，或十二月，為一年。每月的開始是從有新月起計算的。

日，月，行星的運行也早已有詳細的觀察。曾將日在空中運行的途徑，繪成了詳細的圖。在圖上又將途徑分成十二份，每份各用相當的名稱。這些名稱後來就變成了在途徑附近恆星的名稱，直到現時還是沿用。對於日蝕也有長期的觀察，並知道六千五百八十五日是日蝕重行發現的時期。

不幸這種在天文上的發現，竟和人事混合，變成了預言休咎的占星術。這種情形在各民族內都是發生過的。此外還有巫術的發生，也是值得注意的。巫術也是有了研究才發生的，祇不過和占星術一樣，是走錯了路的罷了。

蛙鳴了以後，就要下雨。蛙鳴和下雨的關係，古代的人也能注意到的。不過他們以為祇要人類也著了和蛙顏色一樣的衣服，再發出了像蛙鳴一樣的聲音，也就能下雨了。各種巫術的發生大多是這樣的。

等到成了占星術和巫術以後，科學的進步就希望很少了。並且人類後來要想破除這種歷史悠久的占星術和巫術，也變成了不很容易的事情。

埃及 因為尼羅河的定期氾濫，對於埃及人的生活有很大關係的緣故，所以埃及人必須知道氾濫的時期。因此就發明了曆法。也是規定三百六十日為一年。

在尼羅河氾濫以後，土地的變遷很多，常須重行測量。於是幾何學也就同時發明。從直徑計算圓周，從邊長計算三角形的面積，都是在測量時候很有用的，埃及人也早就知道了。

埃及人在醫藥方面的智識，比較巴比倫人要進步些。醫生都受過相當的訓

練，製藥的方法也是很值得贊美的。

占星術和巫術在埃及也有相當的發展。宇宙的秘密本不是古代的民族所容易解釋的，於是就不免走到玄想的路上去了。

希臘 在巴比倫，埃及以後，繼起的就是居住在愛琴海附近的希臘人。希臘人對於自然現象特別有研究的興味，他們研究的目的，不獨是在設法改良日常的生活，還想探求一些宇宙的秘密。所以在科學上的貢獻，就不是巴比倫和埃及能比得上的了。

善拉司 (Thales 624—548 B. C.) 善拉司是希臘最早的天文學家。原來希臘的曆法，每年祇分成夏冬兩季，善拉司首先發現一年有不同的四季。他知道在冬至的時候，午時的太陽並不在頭頂的上面，晝間比較夜間要短些。三個月以後，晝間和夜間就相等，這就是春分了。再過三月，午時的太陽正在頭頂的上面，這是已到了夏至。晝間比較夜間要長些。三個月以後，晝間又和夜間相

等，這就是秋分了。再過三月，又到了晝間比較夜間短的冬至。

他曾預言日蝕。並知道月光祇不過是反射的日光。對於數學也很有研究，曾發明許多幾何學上的定理。

安納克息孟特 (Anaximander 611—547 B. C.) 和善拉司同時的安納克息孟特也是很有名的天文學家。他將長針插在金屬板的中央，觀察了長針的影用來測定每日的時間，希臘人所用的日晷就是他發明的。

月的形狀每日不同，從彎彎的一鈎變成了圓形，又從圓形逐漸的變成了沒有。對於這種現象，他會有正確的解釋。以為祇要在頭頂和太陽的中間放了一塊圓的石子，再使石子環繞頭頂上旋轉。就可看到石子返射的日光逐漸變化，和月的形狀逐漸改變的情形並沒有不同。

畢薩哥拉士 (Pythagoras 566—470 B. C.) 畢薩哥拉士對於幾何學和天文學都很有研究。幾何學上的「畢薩哥拉士定理」，勾的平方加股的平方等於弦

的平方，就是他所發明的。他知道地球並不是固定的，是能運行的。並知道在晨間和晚間能看見的金星，就祇是相同的一個。

他對於地質學，也有很重要的貢獻。以爲陸地有時是能變成海的；海有時也能變成陸地。水力能使高山變成了平原，並可使移到海內。小島原來是和陸地連接的，受了地震的影響以後就脫離了。化石是埋在地下的動物和植物變成

——第二章——

安納薩哥拉士 (Anaxagoras 500—428 B. C.) 安納薩哥拉士的最大發現就是日蝕和月蝕的原因。知道月在日和地球中間的時候，就有日蝕發生；地球在日和月中間的時候，就有月蝕發生。

因爲他相信日是很大火球的緣故，和當時的信仰衝突，很受著攻擊；並且還受著審問，判決死刑。後來得了朋友的援助，才能將罪減輕。

——第三章——

希波克拉脫 (Hippocrates 460—359 B. C.) 當安納薩哥拉士研究天體的時

候，希波克拉脫正在研究人體，想得到怎樣可以增進健康的方法。當時希臘人對於疾病的發生，都以為是觸怒了神的緣故。但是希波克拉脫却能考察疾病發生的原因，並注意病人的調養。對於醫藥上的貢獻很多。

德謨克利圖 (Democritus 460—370 B. C.) 關於物質的真實性質，從恩配斗克利 (Empedocles 500—430 B. C.) 以來，都以為是從四種原質構成的。這四種原質就是火，氣，水，土四種。「四原說」的發生大概可以說是從燃燒現象所引起的謬誤解釋。將樹枝燃燒的時候，「火」就是發出的光；烟是化成「氣」走散了；還可以看到有「水」蒸發出來；餘下的灰就是「土」了。

但是德謨克利圖却以為物質是從很小的「原子」構成的。他所說的原子就是使物質分裂到最後不能再分裂的一顆。各種物質的不同，就是因為原子的大小，輕重，形狀等不同的緣故。

這種近於玄想的意見，假如是沒有真實的證明，很難算是可靠的理論。不

過在古代希臘的時候，能有這種比較正確的思想，實是很難得的了。

柏拉圖 (Plato 427—347 B. C.) 和亞里士多德 (Aristotle 384—322 B. C.)

古代的希臘有兩處最著名的學校，一處就是柏拉圖主持的阿克達墨 (Academy)，還有一處就是柏拉圖的學生亞里士多德所主持的雷意西姆 (Lyceum)。對於希臘的文化都有重大的關係。

柏拉圖是很有名的哲學家。對於數學却也很能極力提倡；尤其是幾何學，他最重視了。他的阿克達墨共繼續了九百年，直到五二九年才給哲斯丁尼 (Justinian) 封閉。

亞里士多德的研究很多。他收集古來天文學家的記錄，加以比較。首先說明地球是成球形的。又發現火星和月蝕。因為他曾教過亞歷山大 (Alexander the Great)，所以能藉亞歷山大的力量，用幾千人代他收羅歐洲各處的動物，於是詳細比較各種動物的器官，形狀等，加以分類。直到現時，動物學上的分

類有幾種仍是沿用他的辦法。

齊屋法拉斯脫 (Theophrastus 371—287 B. C.) 亞里士多德的學生很多。

最有名的就是齊屋法拉斯脫了。他是最早的植物學家。曾詳細敘述五百種植物的性質和形狀。他又繼續亞里士多德主持雷意西姆的教育。並在雷意西姆內附設植物園，詳細研究。大概在他死後一千八百年內，並沒有比他貢獻更多的植物學家。

亞歷山大城的興起 亞歷山大征服埃及以後，在尼羅河口，建築新城，就稱為亞歷山大城。後來到了託勒密 (Ptolemy) 的時代，又修建神女廟，並附設了藏書樓。用各種方法收羅古來的書籍，共達七十萬卷。竭力獎勵研究，於是亞歷山大城就變成了當時的文化中心，曾出了不少的科學家。繁盛時期很久，差不多有七百多年。

亞列斯他屈斯 (Aristarchus 310—230 B. C.) 亞列斯他屈斯是很有名的天

文學家，他首先知道太陽是不動的，地球是環繞著太陽運行。並且知道地軸並不和運行的軌道垂直，是稍傾斜的。四季的發生就是因為地軸傾斜的緣故。

再呢，他似已知道晝夜的發生是由於地球的自轉。不過在當時並沒有人相信。於是就要再過了一千七百年，等哥白尼（Copernicus 1474—1543）起來提倡這種正確的真理了。

歐几里得（Euclid 330—275 B. C.）從來最著名的數學家和幾何學家就是歐几里得。他收集古來的著作寫成了幾何學原理（Elements of Euclid），直到現時仍是很有名的著作。

阿幾默得（Archimedes 287—212 B. C.）阿幾默得曾在亞歷山大城研究了幾年以後，再回到他的故鄉，繼續研究。發明很多，最著名的就是「阿幾默得原理」了。當時敘拉古的國王曾用金製成了一個王冠，很疑心工匠舞弊，恐怕有一部分的金已換成了銀。所以就命阿幾默得決定王冠內的金究有多少。阿幾

默得爲了這個問題，很耗費了許多的腦力。他既不能將王冠毀壞，怎樣又能知道內部的情形呢？後來在洗澡的時候，發現了身體浸在水內就變輕了以後，立刻就得到了解決的方法。

他又發明槓桿的原理。知道利用了槓桿，可以藉很小的力舉起很重的物體。所以他曾說過：祇要有了站立的地方，就可將地球舉起。

近代稱爲「阿幾默得螺旋」的，也是他所發明的。利用了阿幾默得螺旋，就可使水從低處流到高處了。

他對於數學的興趣很濃。關於圓，拋物線，螺狀線，球體，圓柱體等，都有詳細的研究。自以爲發現球體和圓柱體體積的比例，是他最大的成功。所以在他的墓碑上，就將這種發現刻上了。

衣拉息斯屈拉脫斯 (Erasistratus) 和希洛菲勒斯 (Herophilus) 當阿幾默

得在亞歷山大城研究的時候，有兩位很有名的醫生。一位是衣拉息斯屈拉脫斯

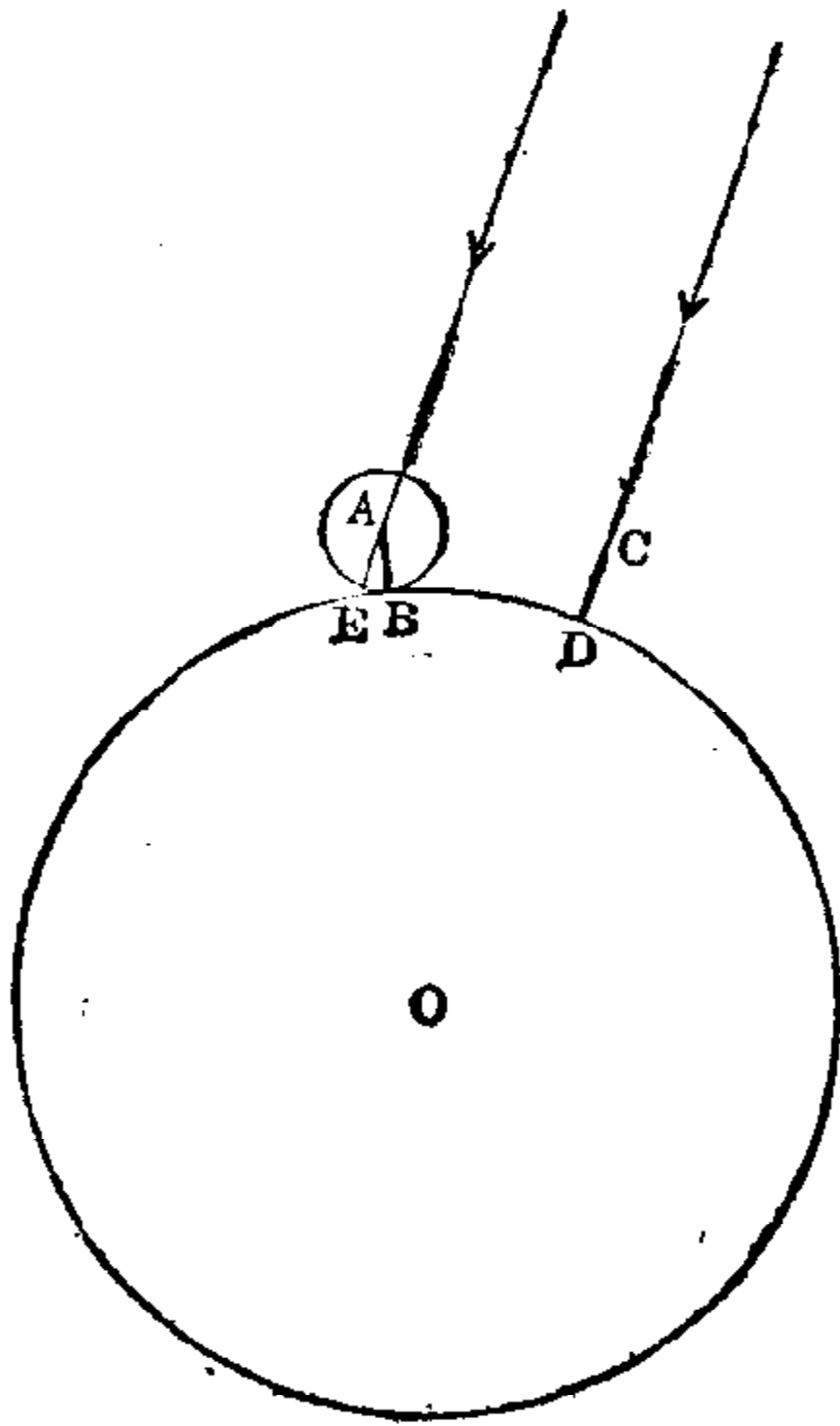
，一位是希洛菲勒斯。他們解剖人體，詳細考察各部的構造。衣拉息斯屈拉脫特別注意腦的構造，似已知道一些關於神經的作用。希洛菲勒斯對於脈搏很有研究。以爲有三點是很要注意的。第一是脈搏的強弱，第二是脈搏的快慢，第三是脈搏的調勻。

他們對於身體各部所用的名稱，在現時的解剖學內還是有用的。他們在亞歷山大城所設立的醫學校，差不多在六百年內是很有名的。

衣拉都斯西尼 (Eratosthenes 273—192 B. C.) 衣拉都斯西尼在亞歷山大城最著名的研究，就是測量地球的圓周。他已知道在赤道上的各處，晝夜的長短每天都是相同的。離開赤道愈遠，晝夜的長短就改變愈多了。所以他想祇要將晝間最長的時間相等的各處連結成一直線，一定是可以和赤道平行。於是他實地觀察了各處晝間最長的時間，將相等的互相連接，果然得一直線。他因此就再設法測量地球的圓周。

他以為祇要再在上項所得的直線上，畫一垂直線，一定是南北向的。他畫這條直線的時候，是從亞歷山大城起，向南延長到斯因 (Syene)。

在夏至的時候，用希臘人常用的日晷，到斯因觀察太陽午時的位置。太陽正在頭頂的上面，日晷的長針並沒有影發生，很足以證明太陽正在長針所指的方向。同時，又在亞歷山大城觀察，日晷的長針就有影了。這是因為亞歷山大城在斯因的北方，地球是成球形的，所以太陽就不再在長針所指的方向了。



第一圖

衣拉都斯西尼測量地球所用方法的
假如畫一較大的圓表示地球（第一圖），
△B表示在亞歷山大城的日晷，○D表示在斯因的日晷。再用△B作半徑，畫一較小的圓，

那麼， $\alpha\beta$ 就是日晷的影了。因為 $\alpha\beta$ 和小圓圓周的比恰等於 $\alpha\gamma$ 和大圓圓周的比，所以 $\alpha\beta$ 和 $\alpha\gamma$ 的比就等於小圓圓周和大圓圓周的比了。他得到的結果，日晷的影 $\alpha\beta$ 等於小圓圓周的五十分之一。亞歷山大城和斯因的距離 $\alpha\gamma$ 約等於五百七十四英里。所以地球的圓周就等於二萬八千七百英里。這就是環繞南北兩極的圓周的長度。結果雖不十分正確，但是初次的測量成績要算是很好的了。

希巴屈斯 (Hipparchus 160—125 B. C.) 在衣拉都斯西尼以後一百多年，古代最大的天文學家希巴屈斯才誕生了。他不獨收集古來所有的記載，並且還能仔細觀察。所以他曾詳細敘述過一千零八十顆星，又計算了日蝕和月蝕的時間。還有「春秋分的變遷」，也是他發現的。

春秋分的變遷是很複雜的問題。地球有了自轉，就發生了晝夜；有了公轉，就發生了四季。除了這兩種轉動以外，還有一種奇怪的轉動，和旋轉的陀螺

所發生的一樣。在陀螺將要倒下的時候，可以看到陀螺的旋轉軸有一種圓形的轉動。這種圓形的轉動，在陀螺旋轉的時候也是有的，不過在將要倒下的時候，要格外顯著些。可見旋轉的陀螺，旋轉軸的方向並不固定，是環繞著一個垂直線轉動的。

地球的自轉正和陀螺的旋轉一樣。地軸所指的方向也不是固定的，是時常變動的。不過這樣的變動很慢，必須經過了二萬六千年才能轉動一周。因為地球有了這種的轉動，春秋分就逐年的變遷了。

托勒密 (70—151) 在希巴屈斯以後，亞歷山大城有名的天文學家很多，不過值得說起的，就是托勒密了。

托勒密的發明很多。最重要的就是整理古來的天文學說，歸納成了現時稱為「托勒密系」的。托勒密系的要點，在認地球是不動的，日，月，行星都是環繞著地球運行。他用這種觀念來說明當時天文學上許多的問題，很是滿意。

所以能在一千四百年內沒有提出相反意見的。直到哥白尼發現了真理以後，於是託勒密系才取消了。

格倫 (Galen 131—200) 和亞歷山大城有關係的科學家，除了前面說過的以外，還有一位很有名的醫生是必須知道的。這就是格倫了。他共寫了五百篇關於醫藥和人體的著作。

在衣拉息斯屈拉脫斯和希洛菲勒斯的時代，解剖人體是並不禁止的。但是到了格倫的時代就已禁止了。所以他祇能解剖猴類和其他的動物，仍得到重要的發現。知道神經有不同的兩種：一種是司感覺的，一種是司運動的。

他曾詳細說明醫生應當怎樣診治病人，在格倫以後幾百年內的醫生都是遵守的。

希臘科學的衰落 等到希臘歸羅馬統治以後，希臘人也漸變成了對於發明和科學興味很淡的民族。亞歷山大城的學校，雖是仍舊繼續了幾百年，然而已

祇是重複溫習亞里士多德，託勒密，格倫等的發現和學說，並沒有什麼進步。這種重複的溫習，不獨是不能有新的發明，並且連固有的也逐漸喪失了。所以希臘的科學假如後來沒有阿剌伯人加以整理，那就不免要完全消滅了。

第三章 中世紀的科學

羅馬 羅馬人的性質和希臘人完全不同。對於科學的研究，重在能有實用。所以祇是醫藥，農藝，建築，工程等能有相當的發展。

當愷撒 (Caesar) 的時代，曾將曆法改造。每年規定三百六十五日又四分之一。這種曆法一直到了一五八二年才再行修正。他又設法測量羅馬帝國的全境，費了十幾年的光陰，才製成了當時最大的地圖。

維屈維斯 (Vitruvius) 是羅馬最著名的建築家。他曾有一本關於建築的著作，在中世紀的時候算是唯一的名著。他已知道空氣振動以後就能發聲，所以

首先注意到建築和聲音的關係。法郎諦納 (Frontinus 40—103) 是專門研究水力學的。他知道水從管內流出，水流的速率不獨是和水管有關係，並且和水的深度也有關係。

在維吉耳 (Virgil) 所寫的詩內，曾詳細敘述農藝的方法。他似已知道微生物是能傳布疾病的。

最著名的醫藥家要算色耳修斯 (Celsus) 和提烏哥拉特 (Dioscorides) 二人。色耳修斯對於外科和製藥很有研究。提烏哥拉特曾詳細敘述六百多種植物在醫藥上的用途。直到第十五世紀還是適用的。

著自然歷史 (Naturalis Historia) 三十七卷的柏林奈 (Pliny 23—79) 是很有名的科學家。他因為想考察火山的情形，親身走到火山噴口的附近。可是走得太近了一些，竟給從火山噴口噴出的灰掩沒了。

羅馬人的研究重在實用，對於數學也祇是和實用有關係的有些進步。所以

商業算術和算盤都是羅馬人發明的。

基督教的影響 羅馬人對於科學研究的興味本很淡薄，再加以基督教的勢力膨脹，更使羅馬人不再從事研究了。

基督教的教義重在相信有神力主持宇宙間一切的現象，並且不允許有任何的懷疑發生。於是科學研究在羅馬完全停頓。在第五世紀的時候，基督教的勢力最盛，羅馬就到了「黑暗時代」了。

在五二九年的時候，**哲斯丁尼**更封閉古代相傳下來的學校，祇許崇奉基督教的教義。這種情形一直要到了一四五〇年以後，才逐漸的改變。在這很長久的中世紀內，祇有七八七年查理大帝 (Charlemagne) 會重新設立學校，獎勵研究。然而所有的研究也祇不過是和實用有關係的算術等一類的學問。不過古代的文化却因此保存了不少。

回教徒的崛起 從六二二年起，三十年內，居住在亞洲西部的阿剌伯人，

受了謨罕默德 (Muhammad) 的指揮，就繼續戰勝了波斯，埃及等處；更沿非洲的北部，從直布羅陀海峽，侵入歐洲南部的西班牙。這個新興的回教徒，在開始的一百年內，專心戰爭，所以對於文化學術的事業也就暫時擱置了。

到了七五四年，奧馬色 (Al-Mansur) 就開始提倡研究，將希臘的著作譯成了阿刺伯文，並且設立了許多學校。所以在巴格達，科達華等的學校，不久就變成了很著名的。在第十世紀以前，這種情形是繼續維持的。

最要注意的，就是回教徒不獨是能繼承希臘的文化，並且還能吸收印度的文化，互相溝通。因此就和從前大不相同了。

彭摩薩 (Ber-Musa) 現時數學上所用的阿刺伯數字 (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0)，是彭摩薩首先應用的。從此羅馬數字 (I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X)

就逐漸的消滅了。這種阿刺伯數字並不是他所發明的，大概是從印度得來的。

吉勃 (Gehar 830—900) 在古代的希臘著作內，常有使賤金屬變成貴重的

黃金的傳說。以爲找得了「哲人石」(Philosopher's stone)以後，就可達到目的。等到阿刺伯人知道了這種傳說，就有許多專門做這種研究工作的。現時稱爲「鍊金術士」的，就是指這些人說的，實是原始的化學家。

最著名的鍊金術士就是吉勃了。他費了許多光陰，從事研究，並沒有能使賤金屬變成貴重的黃金。不過在化學上的貢獻却是不少。

他曾製成鹽酸，硝酸，硫酸等藥品。又知道用蒸溜和昇華的方法。

阿爾白諦果 (Albatagnius 879—?) 阿刺伯的天文學家很多，最有名的就是阿爾白諦果。他曾仔細算過每年的時間等於三百六十五日五小時四十六分二十四秒。比託勒密的結果要精密多了。

阿爾海威 (Alhazan 965—1038) 阿爾海威不獨是天文學家，並且是數學

家。他的重要事業却是在光學上的發明。斜放短棒的一部分在水杯內，從杯外看在水內的棒，似和水上的棒並不成一直線。這種屈折的現象就是他所發現的

。他並且能利用了來說明曙光 (Twilight) 現象。

當太陽比地平線低的時候，地球上本不能再看見太陽，可是事實上還是能看見的，大概有八分鐘的時間。這樣的曙光阿爾海盛以爲是從太陽發出的光線經過地球外部的空氣，屈折以後發生的。例如在 \square 處的太陽 (第二圖)，立在地平處看的時候，本不應再看見。這是因爲太陽已在地平線的下面，發出的光線不能再到 \triangleright 處，可是經過空氣的光線 SDE ，却因發生屈折的緣故，射到 \triangleright 處。所以地球上還能看見這樣發生的曙光。

他又發現凸透鏡的性質。知道用凸透鏡來觀察在適當位置的物體，可使物體放大幾倍。這也是因爲光線經過了玻璃發生屈折的緣故。

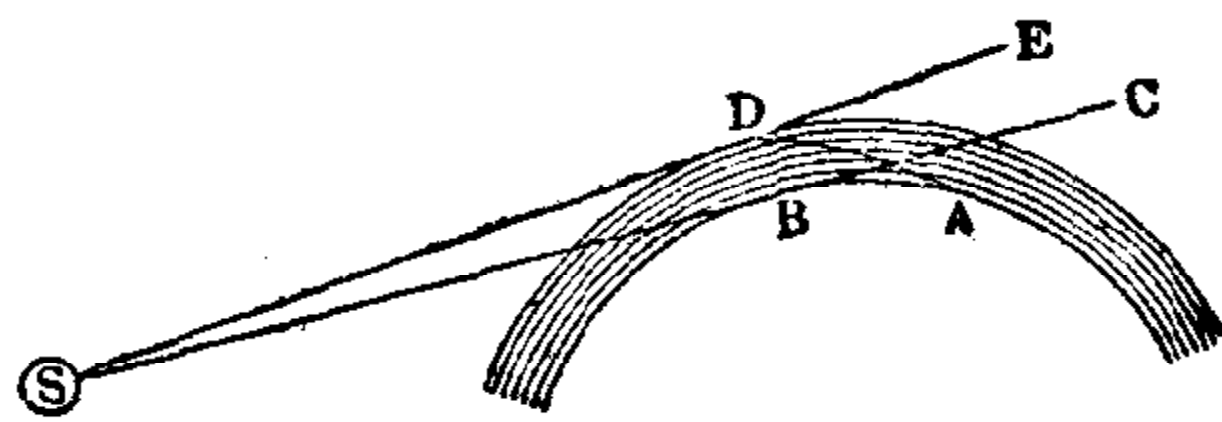


圖 二 第

象現折屈的生發氣空過經光日

文藝復興時代 在第十三世紀的時候，意大利的學者已漸發生了復古的思想。搜集古來希臘人的著作，極力研究，進步很快。等到一四五三年君士坦丁堡歸土耳其人管理以後，於是君士坦丁堡的希臘學者都避難到了意大利，同時就有許多希臘的書籍也帶到意大利了，文藝復興的潮流就從意大利發端，逐漸的傳布到歐洲各處。

培根 (Roger Bacon 1214—1294) 文藝復興時代的培根，實首先從事科學的研究。他知道虹的現象是日光經過了雨滴以後發生的。

在他的著作內，曾說到火藥的製造方法。這並不是他的發明，大概是他從阿刺伯人學到的。阿刺伯人的火藥製法又是從我國得到的。

舒伽 (Flavio Gioja 1300—?) 航海所用的指南針，相傳是舒伽的發明。

不過我國發明的指南針，在這個時候，早經過了阿刺伯人流傳到歐洲。大概舒伽就是首先利用了來航海的。

谷敦堡 (Gutenberg 1397—1468) 一四三八年谷敦堡發明了印刷術，對於文藝復興有很大的影響。從來必須用手謄寫的書籍，費時很多，傳布不廣。自從有了印刷術以後，就不致再有這種困難發生，學術文化就容易普及了。

文塞 (Leonardo da Vinci 1452—1519) 文塞也是文藝復興時代的科學家。他曾發明水磨，又知道用水閘來開閉河流。他又製成了許多有用的機器。所以他在科學上的研究和培根一樣，在當時的影響是很大的。

航海的發現 自從有了指南針以後，航海就有了很大的進步。在這個時候，那些航海的人也漸漸的知道了古代希臘人曾有地球是球形的學說，很引起他們的興味。哥倫布很相信地球是球形的，他並且以為從歐洲航行到印度，不必向東，就是向西也可以達到目的。

在一四九二年的時候，哥倫布就開始從西班牙出發，向西航行。印度並沒有達到，可是美洲却從此發現了。

哥倫布在航行的時候，還有重要的發現。就是指南針的性質並不是常指南的。向西航行以後，指南針的北極就逐漸向西偏轉。等到回來的時候，指南針的北極又逐漸向東回復了。

一四九七年屋斯科特伽馬又向南航行，環繞非洲南端的好望角到了印度。在這次航行內，他發現在歐洲能看見的星，漸次向南航行，就漸次的隱沒了。同時就有許多從來沒有見過的星却漸次的發現了。他知道這是地球成了球形的緣故。假如是在平面上航行，決不能有這種現象發生的。

麥哲倫在一五一九年又從西班牙向西航行，經過了南美洲的南端，再向西航行到了太平洋的拉德隆 (Ladrone) 島。不幸竟在這島上給土人殺死。但是和他同行的人，仍向西航行。一直到了一五二二年竟回到了西班牙。這是第一次環繞地球的航行。從此地球是球形的學說更得了強固的證據。又因為發現的新星很多，更引起了研究的興味。

第四章 第十六世紀的科學

天文學 自從文藝復興以來，各國的學校相繼設立，於是科學研究也逐漸發達。到了第十六世紀，天文學就比其他的科學先進步了。

要天文學能有進步，第一必須有良好的儀器，並且還要有長時期的觀測；第二必須有更精密的計算方法，可以運用觀測所得的結果；第三必須理論和思想有很顯著的發展。第十六世紀天文學的進步，全賴有了哥白尼和泰柯布拉厄 (Tycho Brahe 1546—1601) 的研究。到了第十七世紀，又有了蓋里略 (Galileo 1564—1642)、刻卜勒 (Kepler 1571—1630)、牛頓 (Newton 1642—1727) 的發明。於是近世天文學就完全成立了。

哥白尼和刻卜勒對於理論和數學都有獨到的研究，泰柯布拉厄是最著名的天文觀察者，蓋里略能將實驗和理論融會貫通。最後得了牛頓綜合他們研究所

得的結果，倡導近世太陽系的學說。

哥白尼 自從第二世紀的託勒密倡導託勒密系以來，並沒有認為是不正確的，一直到了哥白尼出世以後，才推翻了已有一千四百年歷史的舊說。

他很細心研究託勒密對於天文的解釋。會製成了象限儀，用來測定太陽等的高度。並且對於天象，很詳細的觀測了二十多年。然後才提倡古代亞列斯他的學說。以為太陽在中心，是不動的。地球和其他行星都是環繞著太陽運行的。

在當時哥白尼並不肯發表他的學說。他因為那時大家都相信地球不動，太陽是環繞著地球運行的，對於他的學說決不會相信，也許還要引起公衆的反對。一直到了七十歲的時候，受了朋友的敦促，然後勉強付印。所以他的著作到了一五四三年才能出版。出版了沒有幾天，他也就去世了。

泰柯布拉厄 泰柯布拉厄在十四歲的時候，因為知道了那時的天文學家已

能很正確的預言一五六〇年的日蝕，他非常感動，因此就決心研究天文學了。

他從二十五歲起，開始在黑芬(Heaven)島上從事觀測天象。他測定行星等逐日運行的情形，又測定了七百七十八顆恆星的位置。並且製成了許多精良的儀器。他在黑芬島上共繼續研究了二十一年。在這種長期觀測內所得到的結果，對於天文學是非常偉大的貢獻。

在他離開了黑芬島以後，一五九九年又到了柏拉格(Prague)再從事研究。不過沒有到三年就去世了，所以他在柏拉格的時間很短，可是他曾製成了天文學上很重要的表。這就是「洛多甫表」(Rudolphine Tables)了。這表對於繼承他事業的刻卜勒有很大的用處。

解剖學 古代格倫在解剖學上的成績很多，不過因為祇能解剖猴類的緣故，所以對於人體的情形是並不十分明瞭的。一直到了第十六世紀的維色列(Vesalius 1514—1564)才能使解剖學有很大的進步。這已是在格倫以後一千四百

多年了。

維色列 維色列對於人體的研究，非常熱心。常冒極大的危險收集了人體來解剖，這件事情在當時也是禁止的。

他在二十八歲的時候，就發表了關於人體解剖學的重要著作。人體的各部分都是用精美正確的雕刻來表示的。他指出格倫對於人體構造的錯誤，是因為他祇解剖猴類的結果。所以他說研究的工作必須要有實際的觀察。

當時的人都是很相信格倫的，所以對於維色列這種輕視格倫的言論，非常反對。於是就有不幸的事情發生了。有一次，他解剖新死的人體，可是旁觀的人以為還看見這死屍的心仍在跳動，就控告維色列解剖活人。審問的結果判決死刑。不過因為他曾當過查理第五 (Charles V) 的御醫，所以查理第五能免去他的死刑，流放到耶路撒冷去了。

生物學 生物的研究從亞里士多德以來，久已沒有進步。到了第十六世紀

的時候，也就有人著手研究了。

吉斯納 (Gesner 1516—1565) 吉斯納研究生物也是注重實際的考察。他曾親身走到阿爾卑斯，瑞士，意大利，法蘭西等處研究植物；又到亞得利亞海和萊因河的附近研究魚類。又自行設立植物園，詳細研究植物在醫藥上的用途。所以他常自行試驗各種植物對於身體的影響，有一次幾乎因此犧牲他的生命。

他曾詳細敘述哺乳類，鳥類，魚類，蛇類的形狀，性質和生長的情形。並且都附有很精美的圖畫。這些大部分是他自己採集得到的。他主張植物的分類不能祇看植物外部的形狀，應當從花和種子的不同上分類的。他在生前並沒有發表植物研究的成績。不過留下的一千五百種植物的圖畫，實是很有價值的。

伽薩爾披納 (Casalpini 1519—1603) 在吉斯納去世了三十年以後，伽薩爾披納就依據了植物種子的不同，實行使植物分類。他所認識的植物大約在

一千五百種以上，內有七百種是他自己所採集的。

化學 到了第十六世紀的時候，巴拉色耳修斯 (Paracelsus 1493—1541) 和文海耳孟 (Van Helmont 1577—1644) 對於化學都是很有研究的。不過他們所有的研究還沒有擺脫鍊金術士的態度。所以得到的結果常是不可靠的。

巴拉色耳修斯 巴拉色耳修斯的研究值得說起的，就是他曾發現利用了硝酸可使金和銀分離，知道銀能溶解在硝酸內，金是不能溶解的。他又知道鐵和硫酸作用以後，能放出奇怪的氣體。

文海耳孟 文海耳孟研究化學比較巴拉色耳修斯要格外細心些。他已知道許多性質不同的氣體，可惜都沒有詳細的說明，不能算是他發明的。

物理學 在第十六世紀的時候，研究物理學的很多，對於光學，電學，力學都有重要的發明。

坡他 (Torricelli 1564—1644) 坡他在十五歲的時候，就發明經過小孔射入暗

室內所成的像，常是倒立的。並且知道孔愈小，像就愈清楚。後來他又將凸透鏡放在小孔上，知道在一定的地方就能得到更清楚顯明的像。

他從這個現象，又說明人目所以能看見物體的理由。以爲人目是天然的凸透鏡，所以能在目內發生清楚顯明的像。可是他並沒有指明人目的那一部分是相當於凸透鏡的，這就要等刻卜勒研究以後，才弄明白了。

坡他又設法在透明的薄紙上，畫了圖畫，放在小孔的前方，任日光透過，在暗室內就能得到和圖畫完全一樣的像。這就是幻燈的原理了。但是他並沒有用燈光來試驗，所以幻燈的發明就留給了五十年以後的克丘（Kircher 1601—1680）。

吉爾勃脫（Gilbert 1540—1603）在第十六世紀以前，電學上的智識祇不過是希臘人發現的，琥珀受了摩擦，就能吸引輕物的一些智識罷了。吉爾勃脫可以說是首先研究電學的。他發現除了琥珀以外，有許多的物質受了摩擦也是

能吸引輕物的。又知道空氣乾燥的時候，吸引力就要大些。

他首先說明指南針能指一定方向的原因，以爲地球是一很大的磁石。

蓋里略 蓋里略在二十歲的時候，就發明擺的原理。他到比薩 (Pisa) 教

堂內，偶然看見所掛的燈給風吹動了往返不停，很引起他研究的意思。他用脈搏來計算往返所需的時間。發現了擺動的大小，並沒有關係，往返的時間仍是相同的。

後來他就用線掛起重物，也使發生擺動，知道祇要擺的長短不變，擺動往返的時間是完全相等的。現時有擺的時鐘就是根據了這個原理製成的。這是一六七三年海琴斯 (Huygens 1629—1695) 的發明。在蓋里略的時代祇是醫生用擺來計算病人的脈搏罷了。

蓋里略又是首先製成溫度計的。較長的玻璃管一端開口，一端是成球形的。將水放在玻璃管內，然後插管口在水杯內。球內的空氣，因爲溫度的改變，

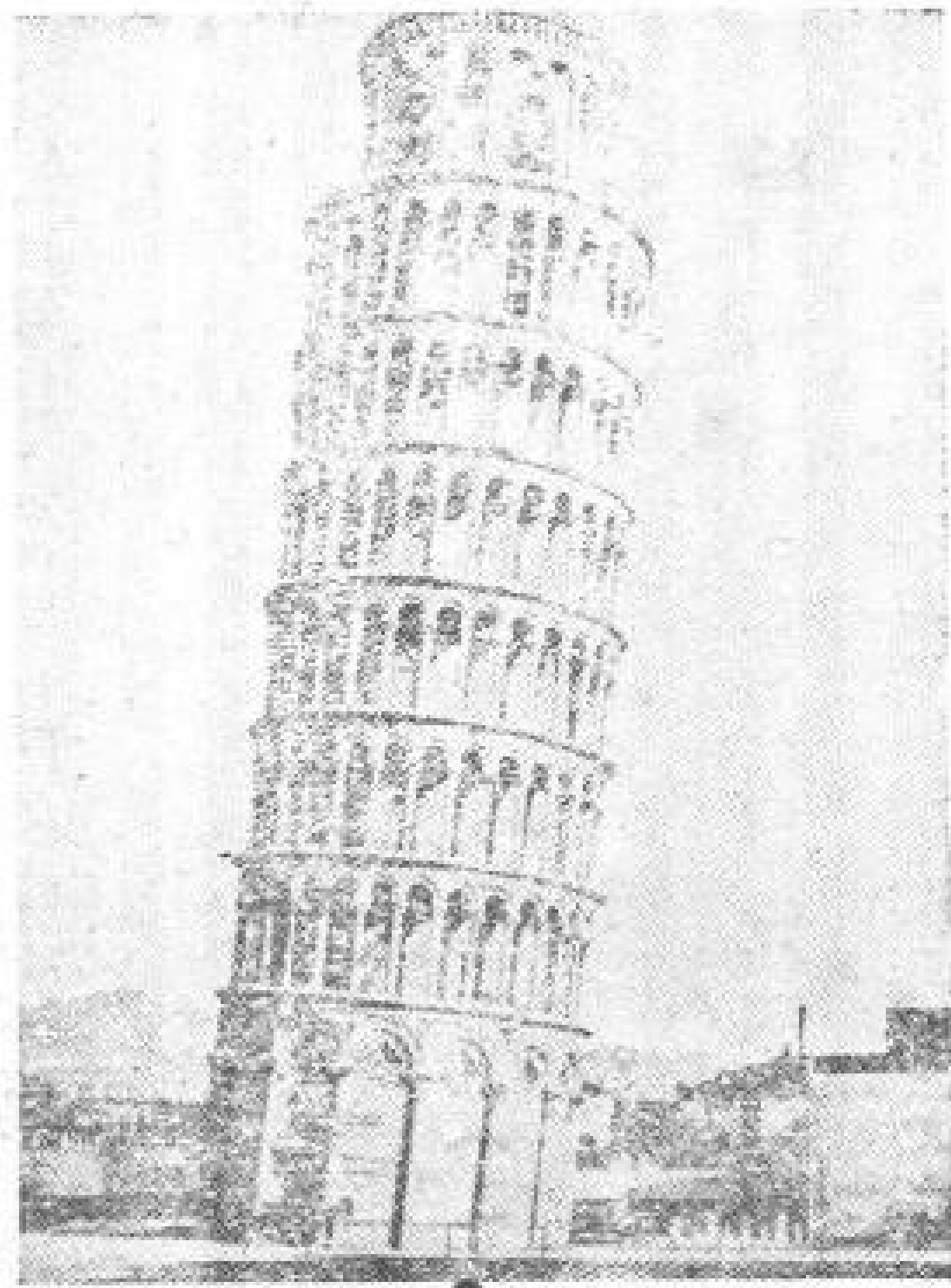


圖 三 第
塔 斜 的 薩 比

就能膨脹或收縮，於是玻璃管內的水也就上升或下降了。至於用水銀來製成的溫度計，到了一六七〇年以後才有的。

到了一五九〇年，他又研究自由落下的物體。知道輕重不等的物體，在相同的時間內可以落下相等的距離。但是當時的人都相信古來的學說，以為重物能比輕物落下快些。所以他登比薩的斜塔（第三圖），在許多人的面前，將輕

重不等的兩球，同時從塔頂落下，兩球果然同時到地。

和他所說的完全一樣。然而當時的人成見很深，仍不相信，反攻擊蓋里略更厲害了。於是他在一五九二年就祇能離開比薩了。

從此以後，他就專門研究天文學，證實了哥白尼的學說。這已是第十七世紀時候的事情了。

數學 到了第十六世紀，數學有很顯著的進步。阿刺伯數字已很通行。數學上常用的符號（+，-，×，÷，()，√）都已製成。幾何，三角因天文學，測量術等的需要也有許多的發明。

柏柯利 (Pacioli 1450—1510) 柏柯利曾在一四九四年印行算術和代數的書籍。這是最早印成的數學書籍了。在這書內，對於運算方法已有詳細的規定。並且說到開平方根的方法。他還用代數的方法來研究幾何上的問題。

達他克利 (Tartaglia 1500—1557) 和伽登 (Cardan 1501—1576) 達他克利和伽登都是對於代數學很有貢獻的。達他克利在一五四六年發表他所發明三次方程式的解法。可是伽登用不正常的方法得到了達他克利的三次方程式解法以後，早在一五四五年發表了。

達他克利氣憤不過，就約伽登辯論，這是一五四八年的事情，實是最滑稽的一幕了。伽登派了他的學生發雷列 (Ferrari 1522—1565) 代表出席和達他克利辯論。當時的聽衆，達他克利除了他的兄弟一人以外，都是發雷列的朋友。當然，辯論一場完全沒有結果。

發雷列 發雷列對於代數學有很重要的貢獻。四次方程式的普通解法就是他所發明的。他對於球面三角也有很深的研究，曾得了許多的解法。

刺的克斯 (Rheticus 1514—1576) 刺的克斯是對於三角有重大貢獻的。他曾製成了三角上很有用的正弦表，還推衍得許多的公式。

第五章 第十七世紀的科學

培根和笛卡兒 (Descartes 1596—1650) 的影響 科學的進步和所用方法很有關係。在第十六世紀的末葉，培根就開始提倡研究科學必須用實驗的方法。

例如要知道熱是怎樣發生的，就必須考察太陽的光線，各種的火焰，從摩擦或化學作用發生的熱。凡是一切和熱有關係的都須加以研究和實驗，然後才能知道熱發生的原因。

這種方法就是近世所說的科學方法，重在用歸納法。祇是用了古代相傳的演繹法是得不到真實智識的。他在一六二〇年發表所著的新方法（*Novum Organum*），曾詳細敘述研究科學應用的方法。

笛卡兒也是以爲正確的智識必須根據自己的研究。凡是古人所說的未必就是正確的，一定要能用實驗證明了才可承認是真理。一切不知道的儘可承認是不知道，還比假充知道要高明些。

所以研究科學必須破除成見，決不能因爲這是古人已說過的，就很相信。尤其是對於那些名人的言論，更不能因爲他們名譽很大的緣故，就無論那樣都是正確的。

自從有了培根和笛卡兒提倡了科學研究應有的方法和態度以後，影響很大。科學的進步就比較從前快許多了。

天文學 有了哥白尼和泰柯布拉厄的努力研究，天文學已有了極大的進步。到了第十七世紀，蓋里略又製成望遠鏡，發現了肉眼所不能看見的世界。卜勒又用了數學的天才，發明關於天體運行的定律。偉大的牛頓在蘋果樹下休息的時候，又發明了萬有引力。於是天文學上各種的問題，大多有了正確的解釋了。

蓋里略 物理學家的蓋里略離開了比薩以後，就到了巴達 (Padua) 觀測天象。在一六〇九年的時候，他聽到了吉新和列伯顯發明了望遠鏡，能看清楚很遠的物體。他就立刻設法也製成了。

蓋里略的望遠鏡是用凸透鏡 $\triangle B$ 和凹透鏡 $\bigcirc D$ 各一片製成的 (第四圖)。所用的凸透鏡是物鏡，凹透鏡是目鏡。目鏡的位置在物鏡的後方，但在物鏡的

焦點 F 的前方。最重要的就是目鏡的焦點正和物鏡的焦點在同一的地方。於是從物鏡射進的光線收斂以後，又受了目鏡的擴散。所以就能使很遠的物體放大了。他最初製成的祇有三倍的放大力。但是第二次製成的已能放大八倍。

蓋里略有了望遠鏡以後，就用來觀察月球。發現了

月球面上的高山和深谷。又發現了「次光」(Secondary

Light)。當新月一鈎的時候，用望遠鏡觀察月球，可以

看見在黑暗的部分，還有一種從來沒有發現的光，這就是次光了。他以為這是從地球反射的日光。我們看見的月光是從月球反射的日光；所以這種次光也可以說是「地光」。

他又用望遠鏡來觀察木星，發現了在木星的附近，還有三個很亮的星。他

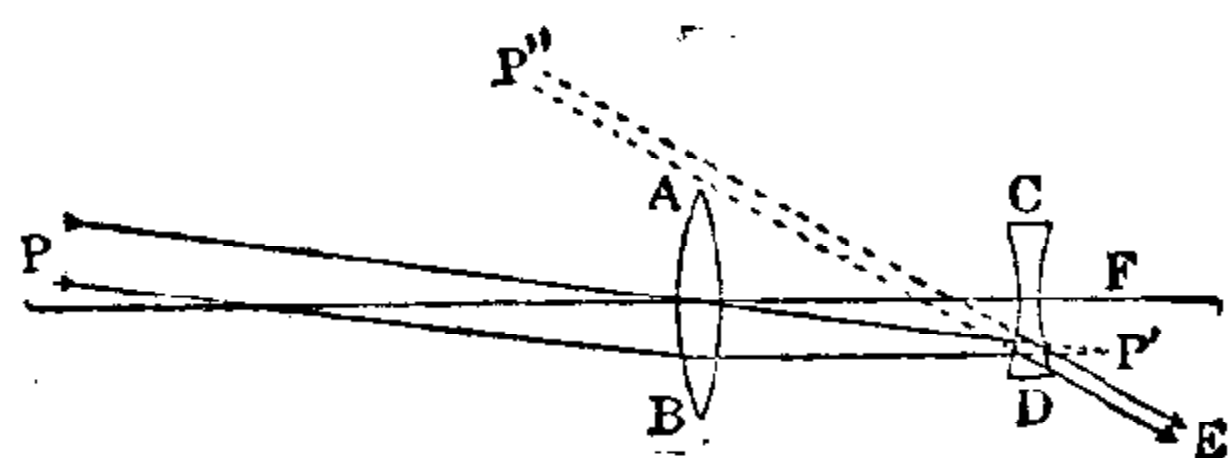


圖 四 第
鏡 遠 望 的 略 里 蓋

共費了四夜的觀察，才知道這都是木星的衛星，也是從來肉眼所沒有看見的。他不久又發現了第四個衛星。這都是一六一〇年的事情。

從此他專心用望遠鏡來研究天象，發現了許多的事實都能證明哥白尼的學說。他並且發現了太陽面上的黑斑，並且從這黑斑的發現，知道了太陽二十八日能自轉一次。

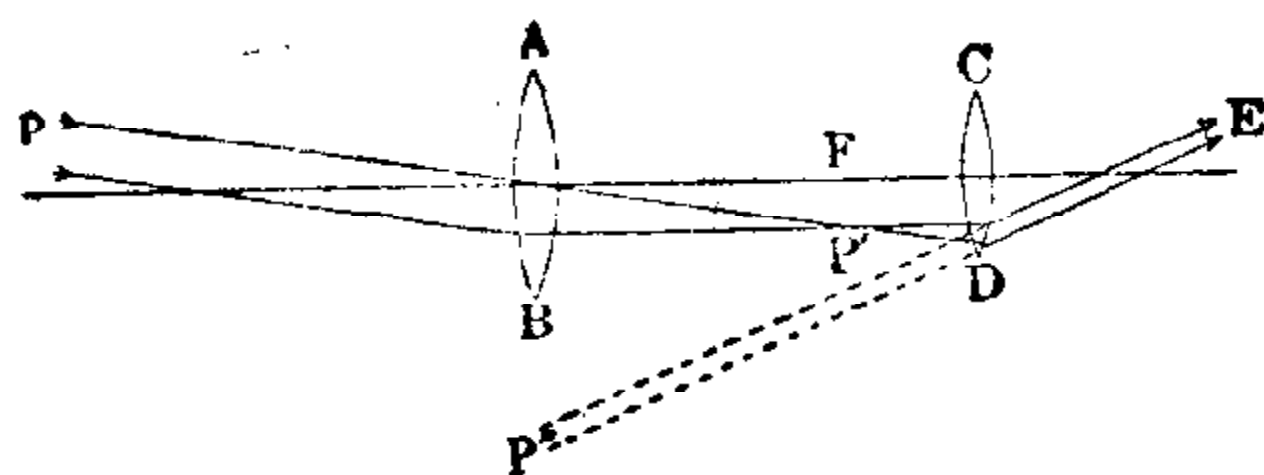
不料蓋里略的發現竟引起了基督教徒的攻擊，禁止他宣傳哥白尼的學說。但是他在一六三二年反將所有的發現詳細敘述了發表。於是七十歲的老人，就不免受著教王的裁判。不得不屈服，宣誓承認所說的都是假的，才能免去死刑。他受了這種的磨折以後，不久就去世了。

刻卜勒 在蓋里略用望遠鏡研究天象的時候，刻卜勒正從事研究天體運行的定律。

他在一五九七年到柏拉格做泰柯布拉厄的助手。幫助泰柯布拉厄製成了「

洛多甫表」。等到泰柯布拉厄去世以後，他就繼承泰柯布拉厄在柏拉格研究天文學了。

刻卜勒又製成了望遠鏡，比較蓋里略所用的，放大力還要大些。他是用凸透鏡 AB 、 CD 兩片製成的（第五圖）。一片是物鏡，另一片是目鏡。目鏡的



第五圖
刻卜勒的望遠鏡

位置在物鏡的後方，並且是在物鏡的焦點 F 的後方。再呢，目鏡的焦點正和物鏡的焦點在同一的地方。所以從物鏡射進的光線，收斂以來，又給目鏡擴散了。用刻卜勒的望遠鏡來觀察物體，得到的像是倒立的，和蓋里略的望遠鏡不同。不過這種現象在天文觀察上並沒有什麼關係。

刻卜勒最大的貢獻，就是發明天體運行的三定律。這是他將泰柯布拉厄觀測了二十一年所得到的結果詳細

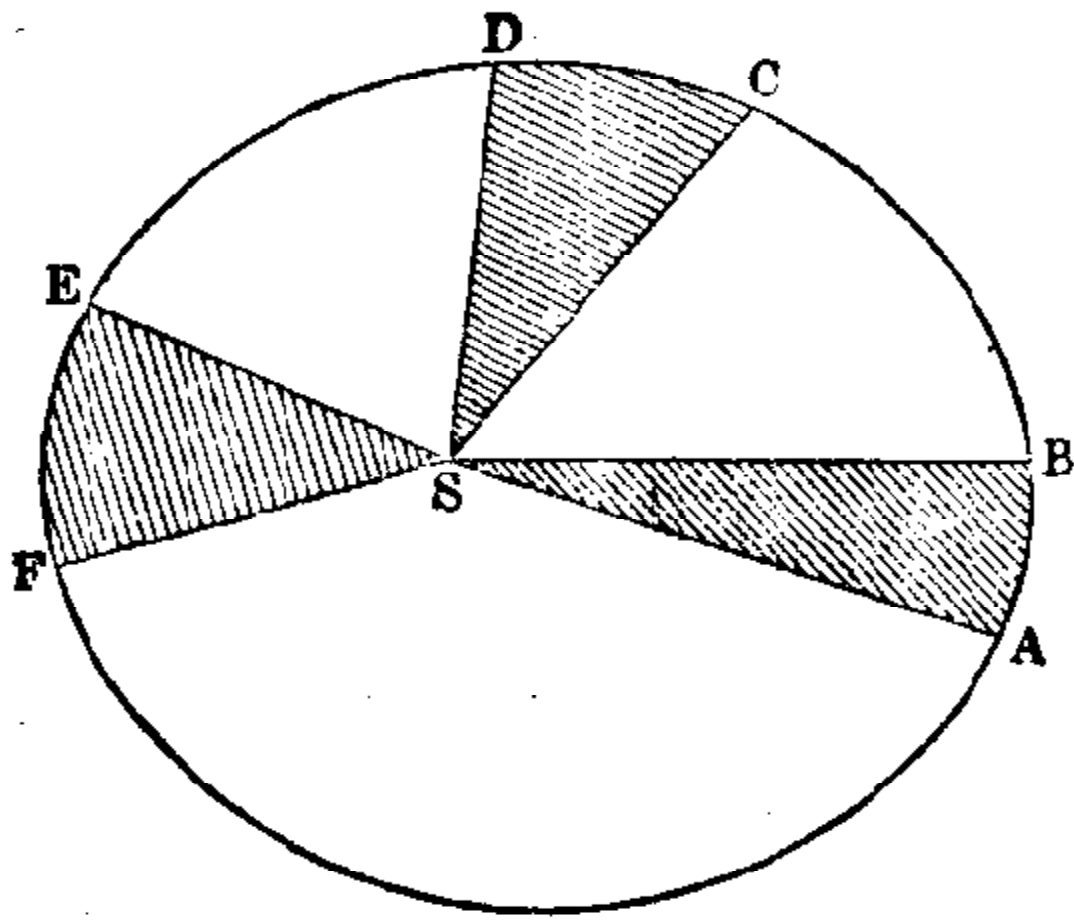


圖 六 第
解 圖 的 律 定 勒 卜 刻

研究以後得到的。他曾說過：假如是推算得到的不能和泰柯布拉厄所觀測的完全符合，那麼所有的推算一定是不正確的。

刻卜勒第一定律是說行星環繞太陽運行，所成的軌道是橢圓形的，並不是圓形的。橢圓形有焦點兩個，太陽就在一個焦點上。第二定律是說行星和太陽所成的直線，在相等的時間內能經過相等的面積。

設太陽的位置在 S (第六圖)。行星的軌道 $\triangle ABCDE$ 是成橢圓形的。連結行星和太陽的直線就是 AS, BS, CS, DS, ES, FS 等。在一定的時間，行星能從 \triangle 運行到 B ，或從 \triangle 運行到 D ，或從 D 運行到 E 。那麼 $\triangle ASB$ 的面積一定能和 $\triangle CDS$ 或 $\triangle EFS$ 的面積相等。這樣就很容易看到行星在軌道上的速

率是不相等的，從 γ 運行到 δ 是比從 α 運行到 β 慢些，比從 β 運行到 γ 更要慢些。

刻卜勒第三定律是說行星環繞太陽運行一周所需時間的平方，是和距離的立方成正比例的。例如火星和太陽的平均距離比水星和太陽的平均距離大四倍，火星環繞太陽運行一周所需的時間恰比水星環繞太陽運行一周所需的時間大八倍。

刻卜勒發明的定律在天文學上占有很重要的位置。第一定律和第二定律是一六〇九年發明的。第三定律較遲，是一六一八年發明的。五十年以後，牛頓又將這三定律重新證明了。

刻卜勒很相信坡他對於人目所發表的意見。曾詳細加以研究，知道光線經過了人目前部的水晶體以後，就在人目後部的網膜上發生了實像。再從網膜上的神經將這些感覺傳到腦內。

牛頓 在蓋里略去世的一年，牛頓就誕生了。他在幼年的時候，已表現有發明的天才。曾製成各種有趣的玩具。到了一六六六年，他祇二十四歲，已發明了微積分。同年對於光學也有許多的發明。現時要敘述的，就是他所發明的「萬有引力說」，也是在一六六六年發明的。

牛頓研究天文學的時候，就想起了很重要的問題。爲什麼月球能常環繞地球運行，各行星又能常環繞太陽運行的呢？常見的現象，物體的運行都是成直線的，爲什麼天體的運行不能成直線的呢？他爲了這個問題，正不知費了多少的腦力和時間。最後在一六六六年才知道這是因爲有了萬有引力的緣故。

牛頓得到的新觀念很容易明白。將球繫在繩上，用手持繩使球轉動，就可看見球的運行是成圓形的。假如忽然放手，球就成了直線的運行飛去了。可見球所以能成圓形的運行的，全賴有繩上的力拉住。拉的力除去以後，球就變成直線的運行。

同樣，月球的運行本是直線的，不過因為地球能吸引月球，所以月球就變成了圓形的運行。太陽能吸引行星，所以本是直線運行的行星，也變成了圓形的運行。這種吸引力有時就稱為萬有引力。再呢，地球有了萬有引力，於是一切物體就都向地心落下了。

祇是知道有了萬有引力，並不能算是很有價值的發明。必須還要知道這萬有引力的大小，對於天體的運行有些怎樣精密的數量關係。所以牛頓還得再加研究。

因為刻卜勒早已發明了關於天體運行的三定律，足以說明天文學上的問題，於是牛頓就能根據了來計算各種的數量關係。知道萬有引力的大小和兩天體間距離的平方是成反比例的，和兩天體質量的乘積是成正比例的。計算的時候，牛頓很能得到他所發明的微積分的利益。

牛頓在天文學上的發明，都是和萬有引力有關係的。他知道物體的重量是

因爲有了引力的緣故。又知道物體受了引力落下的情形。他又計算各行星的比重。說明和日、月引力有關係的潮汐現象，並且計算發生潮汐的日期。又知道地球是成稍扁的球形，兩極的距離要比赤道的直徑短些。他又解釋春秋分變遷的現象。此外他對於運行最奇怪的彗星也能加以計算，知道彗星運行的軌道是成拋物線形的。所有天文學上的問題，牛頓都能用萬有引力說來解釋。

這些對於天文學上的計算和說明，都在他一六八七年所發表的原理 (Principia) 內。不過這書在當時並沒有引起世人的注意，一直要再過了五十年，然後才知道是很有價值的著作。

哈雷 (Halley 1656—1742) 哈雷是牛頓的朋友，也可算是牛頓的學生。

他在一六七六年到聖海利那 (St. Helena) 去研究南半球的天文，就看見了水星經過太陽的現象。這種現象早在一六三一年的時候，就有人看見過。但是哈雷看見以後，就想從這經過的時間來計算太陽和地球的距離。他以為水星還沒有

金星好，這是因為水星離太陽比金星離太陽近些；再呢，水星離地球比金星離地球遠些。

他早知道金星在一七六一年的時候，是能經過太陽的。可是他恐怕活不到那個時候，在一六九一年就發表關於觀察必需的儀器和應用的計算方法。到了一七一六年又發表同樣的著作，懇求在他以後的天文學家不要讓這機會錯過。所以到了一七六一年，離開他去世已有了十九年，就有九隊的天文學家分到九處，同時觀測金星經過太陽的現象。

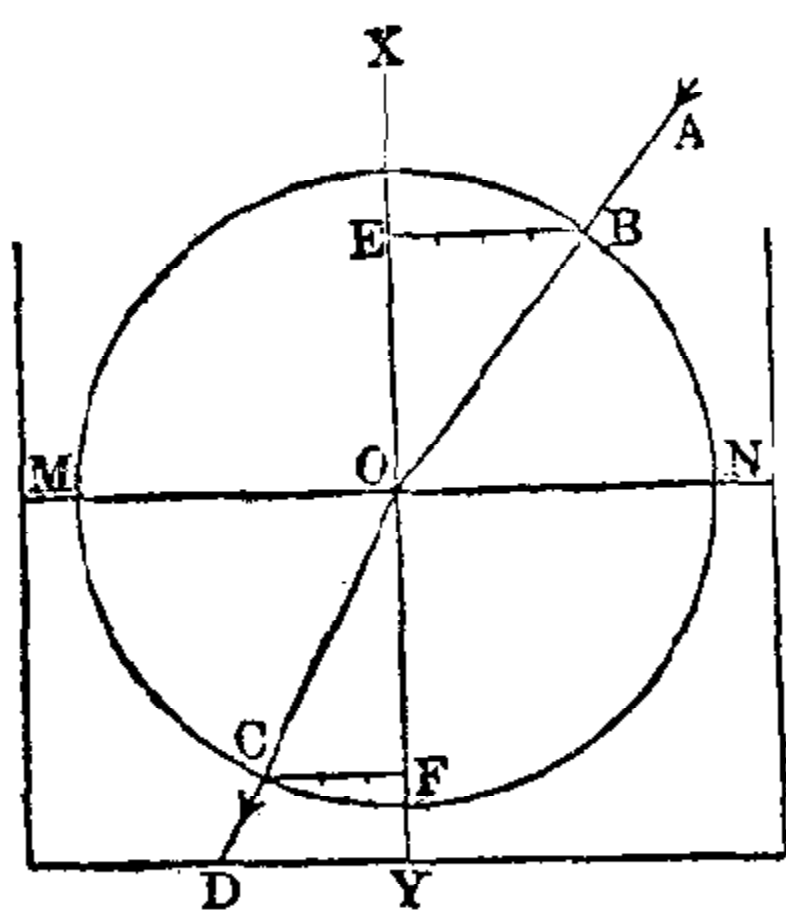
哈雷在天文學上還有許多的發明。最重要的就是在一六八二年所發現的彗星，經他仔細研究以後，知道隔了七十六年還可以發現。所以他預言在一七五八年這個彗星應當重行出現。果然在他去世以後的十六年又發現了。因此現時對於這個彗星常稱為「哈雷彗星」。

物理學 第十七世紀的物理學進步很快。光的現象，空氣的壓力以及其他

力學和電學上的發明，都有很重大的價值。

施尼爾 (Snellius 1591—1626) 光線的屈折現象，在六百年以前，阿爾海盛是早就知道了的。不過數量的關係却是施尼爾首先發明的。

要說明施尼爾發明的屈折定律，是很容易的。在黑板上畫一圓圈（第七圖



圖七第
象現折屈的線光

）再經過圓心O，畫一直線XOY。於是垂直放在水杯內，使水面MN恰經過圓心O。光線從ABO的方向射在水面，射入水內的光線就依OCD的方向。ABO和圓的交點是B，OCD和圓的交點是C。經過B點

或O點畫平行線BE或CF。假如將BE和CF比較，就可知道CF恰等於BE的四分之三。設光線從另一方向射在水面，那麼射入水內的光線方向也就改變。但是依上法畫成的兩平行線，一定成四和三的比。這個比率是不變的，

常稱爲屈折率。

設 $\angle AOX$ 爲入射角， $\angle OYD$ 爲屈折角。那麼 BE 就是入射角的正弦， CF 就是屈折角的正弦。所以入射角的正弦和屈折角的正弦常成一定的比率。這就是施尼爾的屈折定律了。

牛頓 天文學家的牛頓對於光學也是很有貢獻的。他從一六六六年起，六年以內，並沒有再研究過萬有引力，專心研究的祇是光的現象了。

他用三稜鏡使日光通過，發現了白色的日光能分散變成了顏色很多的光帶。這是使牛頓非常驚異的發現。於是他用種種方法來實驗，最後才知道白色的日光本是各種顏色的光線組成的。經過了三稜鏡以後，因爲各種顏色的光線屈折率不同的緣故，於是就分散了。紅色光線屈折率最小，橙，黃，綠，青，藍等光線屈折率就比較大些，紫色光線屈折率最大。

白色的日光能分散成了各種顏色的光線，還能使各種顏色的光線仍合併成

白色的光線麼？這也是牛頓所必須知道的。他在硬板上塗了各種的顏色，顏色的多少和深淺極力使和光帶相同。於是使硬板旋轉很快，就可以看見硬板上顏色已合併成了混濁的白色。祇要所用顏色和光帶完全一樣，並且旋轉極快，就可得到純淨的白色。牛頓還用其他的方法證明了各種顏色是能合併成白色的。

望遠鏡等上用的透鏡也有些三稜鏡的作用，所以用來觀察的時候，常發現各種的顏色，就有許多的困難發生。自從牛頓知道了光線經過三稜鏡能發生分散現象以後，到了一七二九年哈爾（Hale）設法製成了「消色透鏡」，這種困難才免去了。

牛頓對於肥皂泡沫發生各種顏色的現象也有詳細的研究。他在光學上的發明很多。所有的研究結果，都是在一六七一年發表的。

在他一六八七年發表的原理內，有很著名的牛頓三定律，實是力學上重要的發明。第一定律是說假如沒有外力的擾亂，靜止的物體常是靜止，運動的物

體常速率相等的依直線進行。第二定律是說運動量的改變和所受的外力是成正比例的，並且改變的方向也和外力的方向相同。第三定律是說受了外力作用以後，能發生方向相反，大小相等的反作用。

牛頓在將原理印行以後，又從事研究化學。不幸所有的實驗記錄，給他心愛的狗弄翻了燃著的燈都燒燬了。他受了這種意外的損失，精神上很不舒適，就使他在最後的四十年內，沒有一些重大的發明。

羅姆 (Roemer 1644—1710) 在牛頓用三稜鏡使日光分散的時候，羅姆正從事研究光學上另一重大的問題。這就是他設法測定光線在空中進行的速率。這件事情在當時都認為不可能的。以為這是羅姆的妄想。可是從現時看來，羅姆的方法確是測定光線速率最早的方法了。

蓋里略早已發現木星有衛星四個。在這四個衛星內，有一個離木星最近的，環繞著木星運行的時候，常從木星的影內經過。衛星走進了木星的影內，地

球上就不能看見；等到從影內走出，就再看見了。羅姆精確的測定了衛星走進木星影內，每次相隔的時間。得到的結果是時常改變的。有時很長，有時很短。很長的和很短的約相差十六分三十六秒。

羅姆以為光線是有一定速率的。從木星J發出的光線走到地球E，必需相當的時間。（第八圖）假如木星到了J₂，地球到了E₂，那麼，從木星發出的光線走到地球所需的時間，就要比較長些。他以為相隔最長的，和最短的相差的時間，就是光線經過地球軌道的直徑所需的時間。地球軌道的直徑在當時已知是一萬九千萬英里，所以羅姆得到的光線速率是每秒十九萬

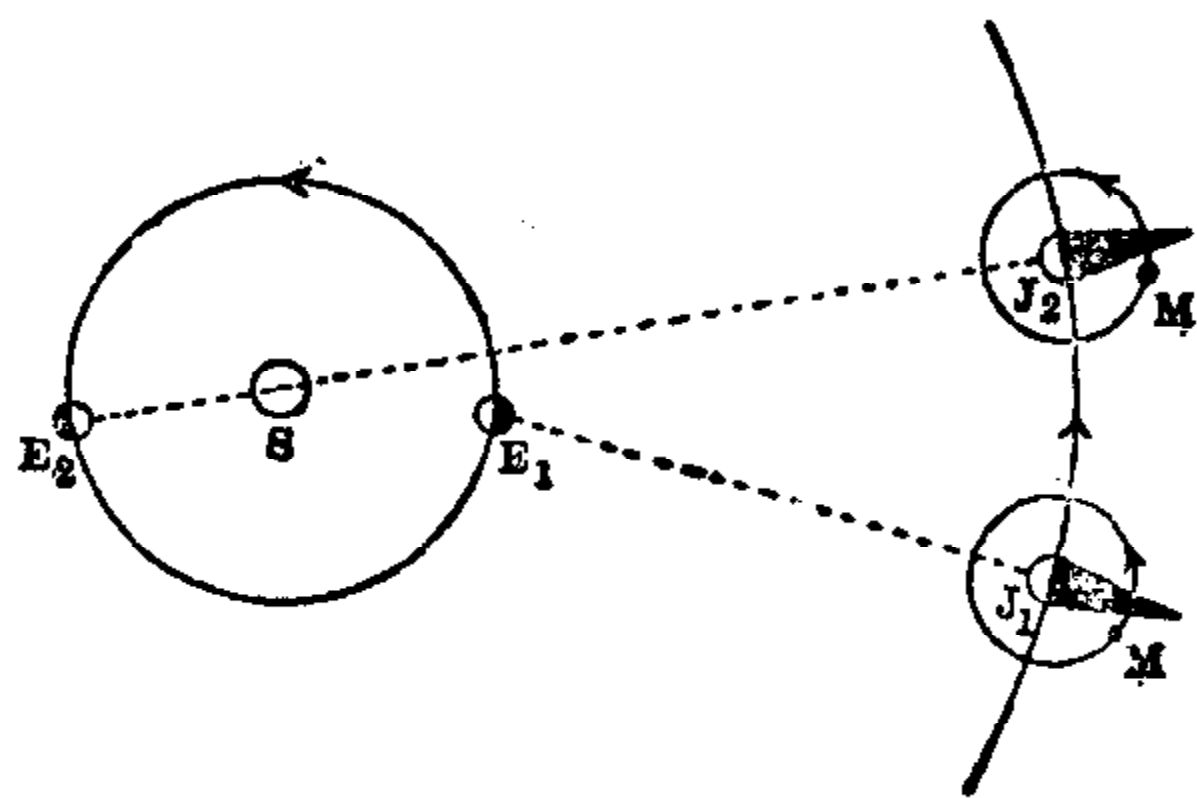


圖 八 第

法 方 的 率 速 線 光 定 測 姆 羅

英里。

海琴斯 和牛頓同時的海琴斯，也是對於光學很有研究的。但是他主倡的理論和牛頓的理論完全不同。當時牛頓的名譽很大，決不是海琴斯能比得上的。所以海琴斯的理論，竟不能引起世人的注意，大家都相信牛頓的理論是正確的。一直要再過了一百多年，然後才大家知道海琴斯的理論是不錯的。

牛頓的理論常稱爲「放射說」。以爲光線是從很小，看不見的質點組成，這種質點的進行和子彈的進行相仿。從發光體射出以後，直線進行，到了人目內，就覺得有光了。牛頓用了「放射說」來解釋反射，屈折等現象，非常滿意，所以世人也就很相信了。

海琴斯在一六七八年主倡「波動說」，以爲光線的進行不過是一種波動，正和在水面所起的水波一樣。聲音的傳播是全賴空氣的振動，傳到耳內，就聽到有聲音了。光線和聲音相仿，光波傳到目內，也就看到有光線了。不過光波

的進行並不賴空氣的振動，是和聲波有些不同的。所以海琴斯在他所主倡的「波動說」內，以爲光波是在能媒 (Ether) 的振動。

我們能看見日光，並不是從太陽內放出的質點，射到了人目內；實是因爲在太陽和人目中間的能媒發生了振動的緣故。假如用簡單的譬喻，就可以說能媒正和繩相仿。一端繫在太陽，一端繫在人目。太陽使那端發生了振動，這種振動就沿了繩傳到人目，於是人目就看見日光了。這種玄妙的思想，並沒有「放射說」的淺顯，自難立時引起世人的了解。但是後來因爲無論是牛頓的「放射說」能解釋或不能解釋的現象，都可用「波動說」來解釋，然後才知道「波動說」的價值。

在一六六九年的時候，勃蘇利納司 (Bartholinus) 已發現將方解石放在黑點上，可以看到黑點二個。這種「複屈折現象」，海琴斯能用「波動說」加以正確的解釋。以爲是光波在方解石內起了兩種不同波動的結果。他又將這種現

象詳細研究，知道旋轉方解石的時候，有一個黑點是不動的，另一黑點是能環繞著這個黑點旋轉的。他又再上方解石一塊來觀察，就可看到有黑點四個。但是將一塊方解石旋轉了以後，就祇能看見黑點二個或一個了。

海琴斯的發明很多。他曾製成有擺的時鐘，又製成了較大的望遠鏡。發現了土星的衛星。

脫利徹里 在蓋里略的時候，已知道用抽水唧筒抽水不能抽到離水面三十二英尺以上的地方。爲什麼水祇能上升到三十二英尺呢？在當時很引起世人的注意。經過了脫利徹里的研究，才得到了正確的解釋。

脫利徹里以爲在抽氣唧筒外部水面上的空氣壓力能使水在抽氣唧筒內上升。他要證實這種解

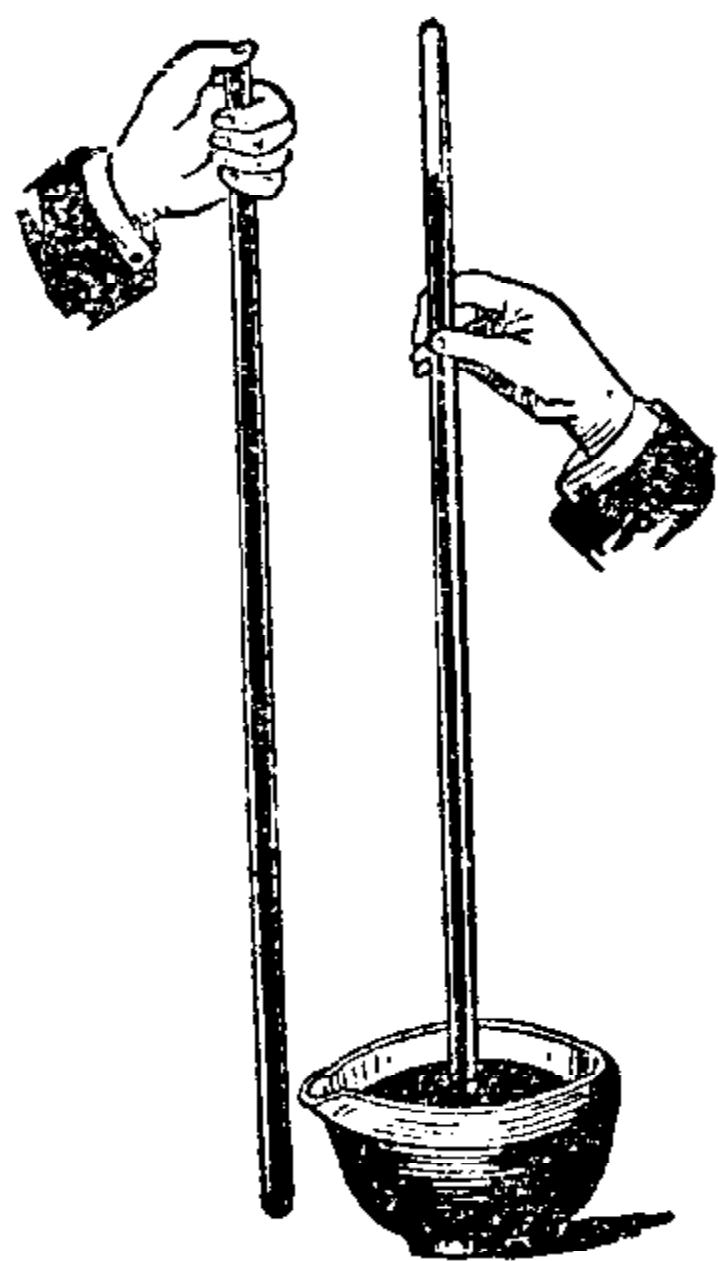


圖 九 第
驗 試 的 里 徹 利 脫

釋，就必須有相當的試驗。所以他用了比水約重十三倍的水銀放在一端開口的管內，於是倒立在水銀槽內（第九圖）。就可以看到水銀立刻降下。但是降到了離水銀面三十英寸就不再降下了。水銀爲什麼不再降下呢？這就是因爲管外水銀面上有了空氣壓力的緣故。水銀比水約重十三倍，所以空氣壓力能支持的水銀柱高度，也祇是水柱高度的十三分之一。

自從脫利徹里在一六四三年有了這個很有名的試驗以後，就可從水銀柱的高度知道空氣壓力的大小。氣壓計就是利用這個原理製成的。

巴斯加 (Pascal 1623—1662) 脫利徹里的試驗很引起巴斯加的注意。他以爲空氣的壓力是因爲空氣有了重量發生的。那麼，在離地面很高的地方，空氣的壓力一定就要小些，水銀柱的高度也就要減少。

所以他攜帶了氣壓計，到了很高的塔上，果然看見水銀柱降低了。他還以爲塔的高度太低，又託他的親戚波利爾 (Perrier) 到高山上去做同樣的試驗。

得到的結果是上升一千呎的時候，水銀柱降下了八寸。和巴斯加的希望完全相同。這是在脫利徹里的試驗五年以後的事情。於是脫利徹里的解釋更得了強固的證據。

格爾克到了一六五〇年，格爾克又製成了抽氣唧筒。他利用了抽氣唧筒，將在半球兩個所合成的鐵球內的空氣抽去。球內的空氣沒有抽去的時候，半球兩個是很容易分開的。等到抽去了空氣，就是用了很大的力也不易使兩個半球分開。這就是因為有空氣壓力壓在球的外部。

格爾克所製成的球，直徑是十二英寸。抽去空氣以後，用了馬八匹來拉，仍沒有能使半球兩個分開。那時他正是麥克得堡 (Magdeburg) 的市長，所以這個半球常稱為「麥克得堡半球」。

他又研究靜電，知道同性的靜電能互相排斥；異性的靜電能互相吸引。又在一六七二年製成了靜電發電機。這是將硫黃製成的球使在木架內旋轉，同時

就和布摩擦。硫黃球就可以帶電了。有了這種簡單的靜電發電機以後，霍克司比 (Hawksbee) 就加以改良，在一七四〇年製成較好的靜電發電機。他是用玻璃球代替了硫黃球，用綢代替了布製成的。

波以耳 (Boyle 1626—1691) 波以耳知道了格爾克製成的抽氣唧筒以後，就自己也製成了。所以有時波以耳也說是發明抽氣唧筒的。其實不過根據了格爾克的方法再加改良罷了。但是他利用了抽氣唧筒，就做成了許多關於氣體性質很有價值的實驗。

波以耳定律就是他最有名的發明了。這定律是說氣體的體積和所受的壓力是成反比例的。壓力增加一倍，氣體的體積就變成原有的一半；壓力減少一半，氣體的體積就增加一倍。這個定律是他在一六六一年發明的。

化學 第十七世紀的化學也有相當的進步。在這個時代已漸脫離了鍊金術士的態度，一切的研究都走向正當的軌道。不過風靡一時的「火質說」，很影

響化學的發展。所以一直要到了第十八世紀，近世化學才成立了。

波以耳 發明波以耳定律的波以耳，曾放老鼠和麻雀在瓶內，然後用抽氣唧筒抽去了瓶內的空氣；老鼠和麻雀就都死了。他又放魚，蜂等在瓶內，舉行同樣的試驗，結果也都是不活。證明了空氣和生物是有關係的。

他又做了許多關於燃燒的試驗，想得到空氣和燃燒的關係。可是並沒有十分的成功。

他對於化學的貢獻，就在能糾正從來鍊金術士的謬誤觀念，提倡實驗的方法，影響化學的進步很大。曾在一六六一年印行懷疑派的化學家 (Sceptical Chymist)，用問答體，批評古來研究化學，過於注重玄想，以為應從實驗入手，才能得到正確的智識。

梅約 (Mayow 1645—1679) 梅約聽到了波以耳的種種試驗以後，就很熱心的想找到空氣對於生命和燃燒的詳細關係。梅約在實驗的時候，從來不肯讓

有很小的錯誤參雜在內；並且常繼續的研究，等到有了結果方才罷手。

他在玻璃鐘罩內，設法裝置一小架，在架上又掛一小盤。盤內放入樟腦和能燃燒的硫黃。於是將玻璃鐘罩罩在水上；更設法使在玻璃鐘罩內部的水面，和在外部的水面相等。然後用凸透鏡使日光收斂，射在玻璃鐘罩內的硫黃上，使硫黃和樟腦都燃燒了。

在開始燃燒的時候，因為溫度升高，玻璃鐘罩內的水面就降下了。但是燃燒停止，溫度降下以後，水面就能上升，比原來的水面還要高些。他並且發現樟腦並沒有燒盡，再用凸透鏡使日光收斂射在樟腦上，却不再燃燒了。為什麼樟腦不能再燃燒呢？

他又用上項的方法，將老鼠放在玻璃鐘罩內的籠內。於是靜心觀察所起的變化。知道水面能逐漸上升；上升到了一定的高度，老鼠也就死了。

他又將燃著的蠟燭，和老鼠同時放在玻璃鐘罩內。老鼠死了的時候，蠟燭

也就熄滅。

梅約用了種種方法，證明燃燒和呼吸都是需要在空氣內的「火氣」(Fire Air)，「火氣」完了，燃燒和呼吸也都停止了。

他還要進一步決定空氣失去了「火氣」以後的重量。他仍用玻璃鐘罩，放入老鼠兩個。一個在鐘罩的上部，一個在鐘罩的下部，試驗的結果，知道在上部的老鼠死了以後，在下部的老鼠仍能呼吸。可見失去了「火氣」的空氣比較平常的空氣要輕些。

照這樣的方法，試驗了許多次。最後就斷定空氣可以分成兩部分：一部分較重，對於燃燒和呼吸是有關係的；一部分較輕，對於燃燒和呼吸是沒有關係的。並且還說較輕的一部分比較的要多些。

梅約的試驗都是用的很正確的方法，得到的結果也非常可靠。可惜他祇三十四歲就去世了，沒有能充分發揮他的天才。更不幸他的研究知道的很少，於

是關於燃燒現象的火質說，就逐漸的風行。使梅約的發明，遲了一百年才知道是很有價值的了。

貝科 (Becher 1625—1682) 和斯塔爾 (Stahl 1660—1734) 在第十七世紀的時候，燃燒現象實是最盛行的研究了。貝科和斯塔爾也是做這種研究的。他們以為在燃燒的物質內，都含有一種看不見的「火質」。物質含有的火質愈多，就愈容易燃燒；燃燒以後，火質就脫離了物質走到空氣內去了。

斯塔爾還做了許多試驗，證明他們所主倡的「火質說」是正確的。他用錫放在火內燃燒，不久變成了錫灰。他說：錫灰就是失去了火質的錫。他又用木炭和錫灰燃燒，錫灰就重新變成了錫。於是他說：木炭是含有火質很多的。燃燒的時候，這些火質就脫離了木炭，走到錫灰內去。錫灰得到了火質就再變成錫了。

他又用鋅放在火內燃燒，就變成了鋅灰。再用鋅和鹽酸作用，就得到了一

種氣體和一種白色固體。又用鋅灰和鹽酸作用，就祇得到了一種白色固體。於是他說：鋅內含有火質，所以和鹽酸作用能有氣體放出；鋅灰已沒有火質，所以就沒有氣體放出。可見火質就是放出的氣體。

斯塔爾在當時的名譽很大，加以「火質說」有了這許多的證據，在一百年內很有相當的勢力。等到發現了「火質說」不能解釋的現象，然後才知道梅約的試驗是正確的。

生理學 在第十七世紀以前，對於人體的研究祇是在解剖學方面已有很大的進步。到了第十七世紀，生理學方面也有了顯著的發展。顯微鏡的製成實有重大的影響。

哈維 (Harvey 1578—1657) **哈維**是發柏律休 (Fabricius 1537—1619)

的學生。發柏律休已知道在靜脈管內有奇怪的活瓣。祇能讓流向心臟的血液通過，却不讓血液退回。他以爲活瓣的用處在使血液不能運行過快。但是哈維對

於這個意見，認為並不是滿意的解釋。

哈維用繩緊縛在動物腿部的動脈管上，使血液不能流通；那麼，在縛住的上部就漸漸腫起。可見動脈管內的血液是從心臟流向腿部的。他又用繩緊縛在靜脈管上；那麼，在縛住的下部就漸漸腫起。可見靜脈管內的血液是從腿部流向心臟的。活瓣的用處實在防止血液的逆行。

於是他在一六一九年的時候，就說人體的血液是循環運行的。心臟內的血液從動脈流向身體的各部分，然後再從靜脈流回心臟。流到心臟以後，再經過肺動脈流到肺內，從肺靜脈流回心臟。這樣再從動脈流向身體的各部分。到了
一六二八年就詳細的發表了。

阿色利 (Asellius 1581—1626) 自從哈維發明了血液循環運行以後，生理學上各種的問題也逐漸的解決了。一六二二年，阿色利將狗解剖，看見在很細的管內有許多白色液體。他解剖狗的時候，正在狗喫了食物以後。這種白色液

體是從腸內流出，實是食物內含有的滋養分。

這種細管他稱爲乳糜管 (Lacteals)，這是因爲在內流動的液體很有些像乳汁的緣故。後來經過了許多人的研究，知道在身體上，這種細管很多。到了一六四九年，才總稱爲淋巴管。這是從身體的各部分輸送滋養分給血液的通路。

馬爾丕基 (Malpighi 1628—1694) 在第十七世紀的開始，蓋里略利用了望遠鏡，發現許多很大的物體；到了第十七世紀的末葉，馬爾丕基又利用了顯微鏡，發現許多很小的物體。顯微鏡是一六〇九年佳納特司發明的。但是利用了來觀察微小的物體，却是馬爾丕基開始的。

他用了顯微鏡來觀察蛙胃內血液的循環，知道動脈管和靜脈管是有很小的管互相溝通的。證明了哈維的理論是完全正確的。他又在蛙肺內發現了許多空氣細胞，證明了吸入的空氣和血液的關係。

他後來的許多研究，都是解剖學上重要的發明。他觀察了皮膚，知道黑種人皮膚的表皮和白種人的並沒有區別，也是白色的。黑種人的皮膚爲什麼呈黑色的呢？這是因爲有黑色的物質存在表皮和真皮中間的緣故。所以現時對於這介在表皮和真皮中間的一層，常稱爲「馬爾丕基層」。各種人類皮膚顏色的不同，祇和存在「馬爾丕基層」內物質的顏色是有關係的。

生物學 顯微鏡的發明對於生物學的進步也有很大的影響。無論是植物或動物，凡是從前不能看到的現象，自從有了顯微鏡就都一一的看清楚了。

格留 (Grew 1628—1711) 格留用了顯微鏡觀察植物的組織，知道植物的各部分都是從細胞組成。又知道樹葉上有很小的氣孔。氣孔的功用是吸入或放出空氣和水蒸氣。在空氣潮濕的時候，氣孔是開的。

他又用顯微鏡研究種子發芽的情形。可是這項研究，馬爾丕基的貢獻比格留還要大些。因爲馬爾丕基不獨用顯微鏡觀察種子發芽的經過，更用來和雞卵

變成小雞的經過比較，知道種子和雞卵有很多相似的地方。

雷意 (Ray 1628—1705) 和維洛比 (Willingby 1635—1672) 雷意和維

洛比二人是同在一處研究的，他們對於生物學的貢獻很是偉大。

他們覺得從前生物的分類法很不完全。所以努力研究，想依據各種不同的特性，定出很好的分類方法。雷意研究的是植物，維洛比研究的是鳥類，獸類和魚類。他們分別的研究，但是常共同的討論。

從一六六三年起，他們走遍了英、法、德、意等地方，收集各種的生物。

這樣共費了三年的時間。一直到了一六七二年維洛比去世以後，雷意就獨力繼續研究維洛比在動物學上沒有完成的工作。還有維洛比的二子，雷意也很留心他們的教育，使能繼續維洛比的事業。所以雷意和維洛比的研究，現時已無從加以分別。

雷意和維洛比的分類法，並不能說已是很完全，可是後來的許多分類法大

部分就是根據他們的分類法來的。

利文霍克 (Leeuwenhoek 1632—1723) 利文霍克用顯微鏡來觀察了水

以後，發見水內含有許多很小的生物。他又觀察了動物的內部，也有同樣的發現。這種很小的生物都是肉眼所看不見的。自從利文霍克發現以後，就很引起世人的注意。

數學 解析幾何和微積分的發明，是第十七世紀數學上重要的事情。天文學的進步和數學的關係非常密切，所以第十七世紀的天文學有顯著的發展，不能不說是因為數學上有了重大發明的緣故。

納伯爾 (Napier 1550—1617) 納伯爾在一六一四年的時候，就發明對數

。後來又同勃立奇 (Briggs) 商量，更使計算對數的方法改良了。於是在一萬和二萬中間各數的對數，以及在九萬和十萬中間各數的對數，勃立奇都計算到小數點以下十四位。同時三角表上各數的對數也都算成。

後來范拉克 (Vieta) 又將勃立奇表上所缺各數的對數完全補足。這就是現時通用的對數表的來源了。

對數的發明足使計算的方法變成非常簡易。刻卜勒計算天文學上的問題，很得到對數的用處。所以他在一六二〇年曾寫信給納伯爾，很感謝納伯爾的發明。但是納伯爾却早在一六一七年去世了。

笛卡兒 在一六三七年，笛卡兒發明了解析幾何，這是很很有價值的發明。對於天文學的進步是很有關係的。解析幾何的基本觀念，就在代數方程式是和幾何上一點的軌跡相當的。所以能從代數方程式化成了幾何圖形；也能從幾何圖形化成了代數的方程式。於是幾何上的問題從此可用代數來解答；代數方程式也就有了相當的圖形，格外容易明瞭了。

加浮利列 (Cavalieri 1593—1647) 和笛卡兒同時的加浮利列，曾說直線是從無數的點變成的，平面是從無數的直線變成的，立體是從無數的平面變成

的。他又說任何數量都可分成無數較小的。根據了這種基本觀念，他就能計算拋物線或雙曲線所包含的面積。

牛頓和來比尼茲 (Leibnitz 1646—1716) 發明微積分的，現時大都承認牛頓和來比尼茲有同等的貢獻。牛頓是到了一六八七年才將微積分所有的基本原理發表，已在他發明以後二十年了。來比尼茲在一六七七年就將發明的微積分寄給牛頓，到了一六八四年就印行了。這是在牛頓印行自己發明的方法以前的三年。

科學社的成立 在一六六二年，英國的皇家學會就首先成立。這是科學家互相討論研究的地方。波以耳，梅約，海琴斯，雷意，格留，馬爾丕基，利文霍克，牛頓等都是重要的會員。當時討論和研究的，有些是很新的發現，有些是久已成立的學說。都很平心靜氣，從容商量。對於科學的發展有很大的影響。所以不久其他國家也成立了同樣的科學社。

後來皇家學會又印行書籍。這是從一六六九年開始的。當時馬爾丕基在解剖學上所得到的結果，在意大利沒有能力可以印行，於是他送到皇家學會，就代印出版了。從此更收集散在各處的科學書籍，陸續印行。科學智識的廣播，不能不說是和皇家學會很有關係的。

第六章 第十八世紀的科學

近世科學的成立 近世的各種科學大多是從第十八世紀起就逐漸的成立了。於是各種科學都有了不同的術語和相當的歷史。研究科學的也從此祇能選定一種科學詳細研究，很難有精力可以普遍的都有精深的研究了。

生物學 自從有了維色列，哈維，馬爾丕基，格留等的研究，關於生命的秘密就逐漸的揭開了。於是解剖學，生理學等都早已有相當的基礎。到了第十八世紀生物學的進步就格外顯著了。

波哈維 (Boerhaave 1668—1738) 波哈維的研究，在設法找到生物是從什麼物質組織成功的。

他將植物的葉放在火爐內，漸漸加熱，使含有的水化成氣體。這樣放出的水蒸汽，他另用器具收集。然後再加試驗，知道放出的大都是水，還含有各種不同的油和精，這是和植物的種類有關係的。他用了這種方法，提取了許多很有用的油和精。

等到植物的葉已經乾燥，再使燃燒。然後研究在燃燒以後得到的灰內含有一些什麼物質。他知道在灰內含有各種不同的鹽類，這也是和植物的種類有關係的。

波哈維又將植物的葉先浸在熱水內，然後再取出燃燒。在變成的灰內就找不到有鹽類存在。可見這些鹽類已溶解在熱水內了。

他不獨是要知道植物內含有的物質，還要進一步知道這些物質是怎樣得來

的。所以他又收集能生長植物的各種土壤，加以研究。知道在這些土壤內，含有的物質很多。食鹽，明礬，硼砂等不獨是含在土壤內，並且在燃燒以後變成灰內也是含有的。所以他說植物內含有的物質有些顯然是從土壤內得到的。

波哈維又做了許多的試驗，證明這些物質是受了雨水的溶解，然後滲在土壤內的。植物從根上吸取了這些物質，再輸送到葉內。又受了空氣和日光的作用，就變成了植物的食物。還有那些不是從土壤內取到的，他說一定是從空氣內得到的。

波哈維並且研究組織成動物的物質。他對於乳汁，血液，膽汁，淋巴液等，都有相當的研究。知道和在植物內的樹漿，樹膠，以及各種的植物油等，並沒有多大的區別。所以他說動物是從植物質變化成功的，正和植物是從礦物質變化成功沒有兩樣。將來假如有詳細的試驗，必定可以知道所有的變化。

霍爾司 (Hales 1677—1761) 在波哈維做這種試驗的時候，霍爾司也同

時研究這種的問題。得到的結果都能證明波哈維的試驗是很正確的。

霍爾司還測定植物從根上吸入的水量，和從葉內放出的水量。

哈勒 (Haller 1708—1777) 哈勒是波哈維的學生，可是他的成就比波哈維還要大些。近世比較解剖學的成立，全賴了哈勒的研究。

哈勒規定在他的學生將要畢業以前，必須要有研究的成績，寫成論文。所以他在這個時候，常找出在解剖學、生理學上還沒有十分明瞭的問題，計畫好了研究的方法，交學生研究。因此在學生所寫成的論文內，常有新的發明。大概他很得到學生的幫助，然後才能有一百八十卷的著作。這些著作並且多半是很有價值的。

哈勒曾發現肌肉是能收縮的。祇要先將左臂垂下，再用右手抱在左臂肘部的上方，然後，將左臂彎曲，就可覺到在右手下面的肌肉腫起，並且變硬了。這就是因為左臂的肌肉收縮了的緣故。收縮的時候，肌肉變短，同時也就變硬

了。

哈勒又將人體的各部分和動物身體的各部分比較。知道在下等動物是很簡單的，在高等動物就很複雜了。比較解剖學的成立，實是哈勒最大的貢獻。

亨特 (Hunter 1728—1793) 和哈勒同時的亨特，也是研究比較解剖學的。他解剖了各種的動物，比較各部分的構造。又建造了博物館貯藏所有製成的標本。這樣繼續的研究了四十年，製成的標本很多。所以在他去世以後的八十年內，這個博物館就變成了研究的中心。

亨特名約翰 (John)，有一弟名威廉 (William)，也是很有名的解剖學家，常同在一處研究的。

朋納脫 (Bonnet 1720—1793) 朋納脫的研究，注重在植物是怎樣生長的。他發現了植物的向光性。例如種在室內的植物，所有的枝葉都是向著窗的。就是因為光是從窗內進來的緣故。他又設法將樹枝轉過，使所有的葉面都向下

了。但是不久樹葉能自行翻轉，仍恢復原有的狀態。

他又在葉面的上部掛了有水的海綿，不久葉面就自行翻轉向下。這樣就可使葉背的氣孔和海綿更接近些，於是水就容易吸取了。

他做了許多的試驗，證明了植物有能自行找到最適宜生長的能力。

朋納脫對於動物還有很重要的試驗，就是有些動物割去了尾，足或頭以後，仍能重新長成。最顯著的例就是蚯蚓了。將蚯蚓截斷以後，仍能有頭尾生出。最奇怪的，割去了尾的一端有時能有頭生成的。

斯巴郎惹尼 (Spallanzani 1729—1799) 斯巴郎惹尼和朋納脫相同，也是

研究動物怎樣生長的。他曾割去了蠚螈的右目，八個月後，就在原有的位置再生了一個。又割去了蜥蜴的尾，就再生一尾；連割六次，就再生六次。

這樣可見下等動物是和高等動物不同的。組織比較的簡單，所以能有再生的作用。假如割去牛的頭，那還不立刻就死麼？

步豐 (Buffon 1707—1783) 步豐是研究動物學的，在他所著的自然歷史 (Natural History) 內，敘述了各種動物的組織、性質、以及有關係的故事。讀了以後，很使人覺得非常有味。所以很能引起世人研究動物學的興趣。對於動物學智識的傳布是很有功的。

他曾對於地球上各種動物分佈的情形，有詳細的說明。以爲和氣候、山脈、河流、海洋等都是有關聯的。並且說到在寒冷的地方動物的分佈，要比在溫暖的地方廣些。以爲是在寒冷的地方，動物能從冰上往來，所以分佈就廣了。

林奈 (Linnaeus 1707—1778) 林奈是和步豐同時的人。他對於植物學有很大的貢獻。有一次他去訪波哈維，波哈維又介紹植物學家克利福特 (Clifford) 和他相見。於是克利福特就留林奈住在他的植物園內，允許林奈可以充分利用園內的植物。從此林奈專心研究，所得很多。

林奈的貢獻最重要的就是植物或動物命名的方法。植物或動物的名稱，在

林奈以前，都是很混亂的，非常不便。所以林奈首先提倡所有的名稱必須用二字。第一字爲種名，第二字爲屬名。現時動物或植物的名稱，大多還是林奈所定的。此外又審定了適當的術語。對於後來研究的人是很有利益的。

他又將動物或植物，依據了形態的不同來分類。這種分類法並不適用，所以不久吉修（Jussieu 1748—1836）又提倡從前維洛比的分類法了。

地質學 在古代的時候，畢薩哥拉士已知道海洋和陸地是能互相變遷的。可是經過了二千年，並沒有同樣的研究。到了第十八世紀，發現了地層和化石以後，地質學也就誕生了。

莫洛（Moro 1687—？）在一七四〇年的時候，莫洛對於地層和化石已有相當的研究。他說當這些化石埋在巖石內的時候，巖石還是很軟的。含在巖石內的化石，都是生活在水內的生物變成的。所以巖石離河流一定是很近的。在地震的時候，地面發生了變動，於是在水內生活的生物就變成了化石。

莫洛的解釋很是淺近，實際上確是這樣的。所以莫洛實是首先研究地質學的。

溫納 (Werner 1750—1817) 溫納以爲研究了礦物學，不獨是能知道礦物的性質，還能知道地殼的構造。開採礦物的時候，有時可以看到地層的，在地層內還含有相當的化石；有時可以看到地層已發生彎曲，或已是折斷的。所以地殼的構造是最值得研究的。

溫納所研究的地殼，祇是德國很小的一部分，又從沒有看見其他的記載。所以他就以爲在地球上已有了生物以後，各種的地層都是從水力生成的。這就是說都是「水成巖」了。

不過地殼內的各種地層，有些並不是從水力生成的，却是從火山力生成的。那些知道從火山力生成的地質學家，又並不知道溫納的研究，於是就說地殼都是「火成巖」了。他們互相爭論了許多年，直到後來才知道都是正確的。

黑騰 (Hutton 1726—1797) 黑騰是最有名的地質學家。他曾到各處實

地考察，研究各種地層的構造。這樣繼續的研究，到了六十歲的時候，才著成了地球的學說 (Theory of the Earth) 發表。在這本書內，他很詳細的說明了地殼逐漸生成的歷史。後來他的學生柏雷非亞 (Playfair 1748—1819) 又寫成了一本黑騰學說的實例 (Illustrations of the Huttonian Theory)，然後世人才都能知道地殼的情形。

黑騰以為祇是空言辯論，是沒有用的。必須要自行觀察水力怎樣可以使山上的巖石運送到海內，火山的噴出物怎樣的凝結成了巖石。再用來和古代的巖石比較，就很容易得到正確的智識了。

在石灰巖內，常含有蛤殼和珊瑚的遺體，這和堆積在海岸附近的並沒有不同，後來變硬也就成石灰巖了。假如使砂巖磨碎就可得到細砂，這和存在海岸附近的也很相同，是水力使鉅大的巖石互相磨研以後變成的。所以砂巖就是細

砂併結以後生成的。

黑騰以爲在地球生成以後，山上的巖石受了水力，逐漸的變成了細砂或土壤的平原；平原上的細砂或土壤又受了海水的衝擊，流到海底內去了。一旦地震發生，地殼有了變動，那麼，原來是海的地方，也可以升起變成了山。這種繼續循環的變動，正不知已有了許多次。所以現時的地球和古代的地球是很不相同的。

當溫納主倡地殼都是水成巖的時候，曾說玄武巖也是水成巖。他以爲在火山近旁的熔巖是含有氣泡的。玄武巖並沒有氣泡，所以決不是從火山力生成的。等到黑騰的學生哈爾 (Hall 1811—1893) 設法在實驗室內，先使巖石熔解，再在很高的壓力下使巖石凝結。這樣得到的和玄武巖並沒有分別，才將這個問題解決了。

溫納又說過花崗巖的生成在各種水成巖的生成以前。但是黑騰以爲這是不

確的。他以為受了地心熱力熔解的花崗巖，也可侵入上層較軟的水成巖內。所以祇要找到花崗巖侵入上層巖石的實例，就可證明花崗巖也可以在水成巖以後生成的了。後來他果然找到相當的實例。

黑騰用了這種研究的方法，發現了許多的真理。然後對於地殼的構造，才有了正確的智識，近世地質學的成立，可以說完全是黑騰的力量。

化學 在第十八世紀的時候，最有進步的就是化學了。各種氣體的發現，「火質說」的推翻，都是因為有了正確的試驗方法，才成立了近世的化學。

白拉克 (Black 1728—1792) 白拉克曾做過無數很有價值的化學試驗。他最熱心研究的就是石灰石所起的變化。

放石灰石在水內，是沒有變化發生的。設再加些酸在水內，就有氣體放出了。使石灰石燃燒以後，就變成了粉末狀的生石灰。放生石灰在酸內，是沒有氣體放出的；但是放在沒有酸的水內，就可以發生很多的熱，也是沒有氣體放

出的。

這種種的試驗，很使白拉克沒有適當的解釋方法。他最不明白的，就是生石灰要比石灰石輕些。他知道祇是失去了些水份，決不會相差這樣大的。

後來他想起變輕的緣故，大概是有什麼物質已變成了氣體走去。所以他放石灰石在瓶內，再加入水和少許的酸，於是在瓶口的塞內插入玻璃管，另一端通到倒立在水槽內的瓶內。這個倒立在水槽內的瓶，是早已裝滿了水的。不久就看到有氣泡從玻璃管內放出，收集在瓶內了。

用這種方法得到的氣體，白拉克以為這是固定在石灰石內的，所以就稱為「固定氣」(Fixed Air)。並且測定從石灰石得到的固定氣的重量，是和等量的石灰石燃燒以後失去的重量相等的。他又將固定氣通入有生石灰的水內，就得到了和石灰石一樣的沈澱。於是他斷定石灰石是從生石灰和固定氣變成的。

他又試驗固定氣的性質。知道動物在固定氣內是不能生活的。蠟燭在固定

氣內也是不能燃燒的。又知道在釀酒的時候，放出的氣體也是固定氣，在人類呼出的氣內也是含有固定氣的。

自從一七五六年白拉克發現了固定氣以後，世人才知道氣體的性質是很有不同的。於是氣體的研究就很盛行，各種氣體也陸續的發現了。

柏格曼 (Bergman 1735—1784) 柏格曼聽到白拉克發現了固定氣以後，

他想生石灰是一種鹼質，那麼能和鹼質作用的固定氣必定是一種酸質。那時早已有了石蕊色質 (Litmus)，是可以用來檢定酸質的。所以他就用了藍色石蕊色質來試驗固定氣，果然是變成了紅色。證明固定氣確是一種酸質。所以他又稱爲「氣酸」(Oerial Acid)。

他又測定氣酸的重量，比較體積相等的空氣要重些。知道通入水內以後，也是能溶解的。

柏格曼對於化學的貢獻，就在發現各種物質的化合力是很不同的。他還發

現各種的檢驗方法。例如食鹽在有銀的溶液內，立刻能發生白色沈澱；沒食子在有鐵的溶液內，立刻能發生紫色沈澱。用了這種檢驗的方法，就可知道水內含有的物質了。

凱文迪喜 (Cavendish 1731—1810) 自從固定氣發現以後，一七六六年凱文迪喜又發現了氫氣。他將鋅放在有硫酸的水內，再用白拉克收集氣體的方法收集了發生的氣體，知道和固定氣的性質完全不同。比空氣輕些，並且是一種能自行燃燒的氣體，所以在當時稱爲「可燃氣」(Inflammable Air)。和空氣混合以後，再使燃燒就得發生很響的爆鳴，他發現留下的祇是些水罷了。

凱文迪喜最初並沒有知道發生爆鳴的原因。一直到了他已知道柏力斯脫雷 (Priestley 1733—1804) 發現的氧氣以後，再用純粹的氧氣和氫氣混合，裝在密閉器內。設法用電花使氣體燃燒，才發現這兩種氣體是能化合變成了水的。他並且在一七八一年測定了化合成水的氫氣體積是氧氣體積的二倍。

柏力斯脫雷 在一七七四年的時候，柏力斯脫雷又發現了氧氣。他放氧化銻在曲頸甌內，再用玻璃管通到倒立在水銀槽內的玻璃瓶內。玻璃管和玻璃瓶內，是裝滿水銀的。然後用凸透鏡使日光收斂射在氧化銻上。等到氧化銻的溫度升高以後，就有氣體放出，收集在玻璃瓶內。留在曲頸甌內的祇是純粹的水銀。所以他決定氧化銻是從水銀和一種氣體變成的。

他收集了氣體來試驗，先使通入水內，知道是不能溶解在水內，這就和固定氣不同了。又放蠟燭在內，燃燒就更猛烈；放燒紅的木炭在內，就能使發生火焰。這又和固定氣或可燃氣都是不同的，他又放老鼠在內，不獨是能生活，並且還比在空氣內更高興些。於是又自己吸入少許，覺得非常暢快。所以他說：『這種氣體又誰能知道將來不變成風行的奢侈品呢？可是現在祇有我和老鼠是享有這種權利的』。

柏力斯脫雷得到的氣體，和從前梅約的「火氣」並沒有不同。不過他很相

信火質說，因此稱這種氣體爲「脫火質氣」(Dephlogisticated air)。這就是說在這種氣體內是沒有火質的。於是真正的性質，就要等拉法謝 (Lavoisier 1743—1794) 來說明了。

柏力斯脫雷發現的氣體很多。二氧化硫，氟化氫等，都是他發現的。

希爾 (Scheele 1742—1786) 和柏力斯脫雷同時的希爾，也是發現氧氣的。他在一七七三年發現了以後，直到一七七五年才行發表。希爾發現的氧氣是從氧化鎂內取得的。他後來又從高錳酸鉀內取出氧氣。

他在化學上的貢獻很多。曾發現了氯氣，黃磷，精酸以及草酸，檸檬酸，果酸，沒食子酸等的製法。

羅善福 (Rutherford 1749—1819) 在一七七二年的時候，柏力斯脫雷的學生羅善福曾發現氮氣。並知道蠟燭放在氮氣內是不能燃燒的；通入石灰水內，也不能發生沈澱。

拉法謝 自從各種氣體發現以後，化學上的四原說就根本上發生了動搖。不過還受著火質說的束縛，仍不能走上正當的軌道。所以近世化學的成立，就不得不等待拉法謝的研究了。

拉法謝在一七七〇年的時候，就不信火質說，以為這完全是謬誤的玄想。他從試驗知道金屬在空氣內燃燒以後，重量是增加的。假如放在密閉器內燃燒以後，那麼，金屬增加的重量就等於密閉器內空氣失去的重量。這樣看來，金屬燃燒以後，不獨是沒有什麼物質失去，反從空氣內吸取了些。

他研究這個問題，足費了八年的時間。曾將鐵，鉛，錫，硫，磷等各種物質試驗過，結果都是重量增加的。最後到了一七七八年用了水銀來試驗，才將這個問題完全解決了。

拉法謝將水銀放在密閉器內燃燒，燃燒了五天以後，水銀面上就發生了紅色的斑點。這就是氧化汞了。再繼續燃燒，到了密閉器內的空氣已減少了五分

之一以後，就沒有作用。假如再繼續燃燒，那麼紅色的氧化錒也逐漸的消滅變成了水銀；同時密閉器內空氣的體積也恢復了。

從上項的試驗，可見水銀在燃燒以後就吸取了一部份的空氣，所以重量就增加了。古代的火質說以為物質燃燒以後，就有火質放出，物質的重量就應減輕，但是拉法謝試驗的結果却正相反。可見火質說是不正確的。所以他說：燃燒或呼吸的作用，是從空氣內取出氧氣化合成了新的物質。

拉法謝的貢獻很多。近世化學上所用的名詞大多是他所定的。不幸他受了政治的影響，在五十一歲的時候，竟處死了。於是近世化學的發展就不免要再遲幾年。

熱學 第十八世紀的物理學，祇有熱學和電學是有顯著進步的。因熱學的發展，就製成了適用的汽機。於是人類生活起了很大的改變。近世物質文明的發達，工業革命的成功，都是和汽機有關係的。

白拉克 發現固定氣的白拉克，對於熱學也有很重大的貢獻，就是潛熱的研究了。

放冰在水內，加熱以後，冰漸融解。可是在冰沒有完全融解以前，水的溫度常是華氏三十二度，決不會上升的。可見加入的熱並不會使溫度升高，祇不過是用來使冰化成了水。這些使冰化成了水所需要的熱，白拉克因為是觀察不到的，所以就稱爲「潛熱」。再呢，等到冰已完全融解以後，水的溫度就逐漸上升，到了華氏二百十二度就不再上升了。加入的熱祇用來使水化成了汽。這些使水化成了汽所需要的熱，白拉克也以為是潛熱。

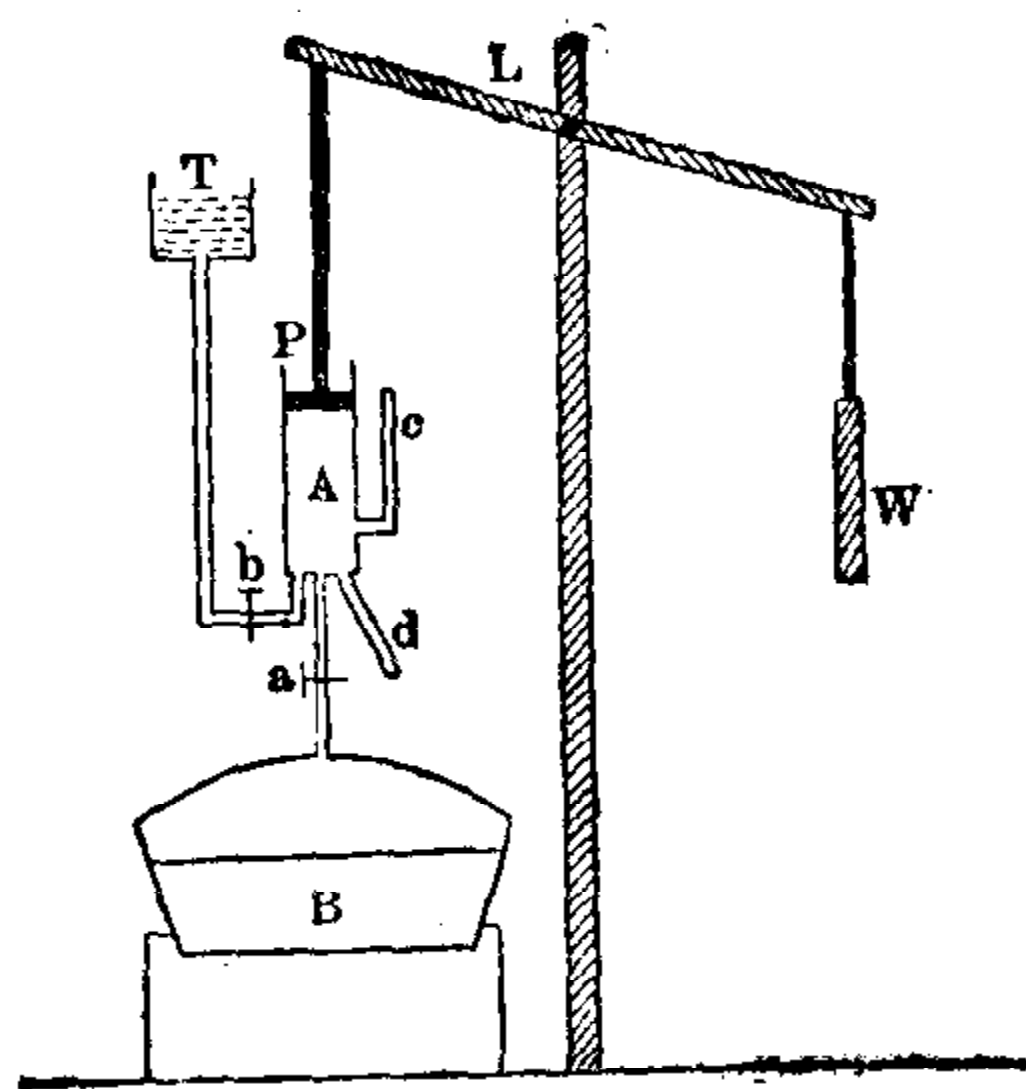
白拉克曾做了許多的試驗，證明了潛熱的存在。不過他還有更重要的試驗。他在瓶內放了半瓶的水，再用木塞將瓶口塞緊，然後加熱。到了水將沸騰的時候，就十分留意，漸漸加熱，使發生的水蒸氣不致將木塞擠去，或使瓶爆裂了。白拉克發現在沸騰以後，不久就不再沸騰了。這是因為瓶內已裝滿了水蒸

汽，所以不能再有水可以化成水蒸汽。同時他又發現溫度能逐漸上升到了華氏二百十二度以上了。可見加入的熱不是使水化成了汽，就能使水的溫度上升。最後，他恐瓶發生爆裂，就將木塞拔去，立刻就有水蒸汽從瓶口衝出，同時瓶內水的溫度也立刻降低到了華氏二百十二度。瓶內水的溫度爲什麼能降低的呢？這就是因爲已有一部分的熱用來使水化成水蒸汽了。

所以從固體化成液體，或是從液體化成氣體，都是要吸收熱的。這些吸收的潛熱，在從液體化成固體，或是從氣體化成液體的時候，就完全放出了。

瓦特 (Watt 1736—1819) 發明汽機的瓦特是和白拉克同時的人，他們常互相討論。白拉克曾代瓦特解決了不少關於汽機上的困難問題。

瓦特在二十一歲的時候，就在格拉斯哥 (Glasgow) 大學擔任修理機器的職務，因此才和白拉克熟識。到了一七六四年適有舊式的汽機運用不靈，囑瓦特修理。他就發現了許多缺點。於是設法改良，製成了更好的汽機。



第十圖
牛孔門汽機

汽機的發明很早，用蒸汽使圓球轉動，是希臘的希洛（Hero）發明的。一直到了一五八〇年坡他也就開始利用蒸汽了。於是繼續研究的很多。一六九〇年的不丙（Papin），一六九八年的色佛雷（Savery），都對於汽機有重大的貢獻。一七〇五年牛孔門（Newcomen 1663—1729）又採用了他們的發明，製成「牛孔門汽機」。這就是瓦特修理的那一種了。

「牛孔門汽機」是將活塞 \square 掛在橫樑 \square 的一端，那端掛相當的重量 \triangle （第十圖）。當汽機不動的時候，活塞 \square 因為有了重量 \triangle 的緣故，就升到汽笛 \triangleright 的上部。於是將活門 \circ 開，使蒸汽通入汽笛 \triangleright 內。原來在汽笛內的空氣就從出口 \circ 出去了。等到蒸汽已滿，就將活門 \circ

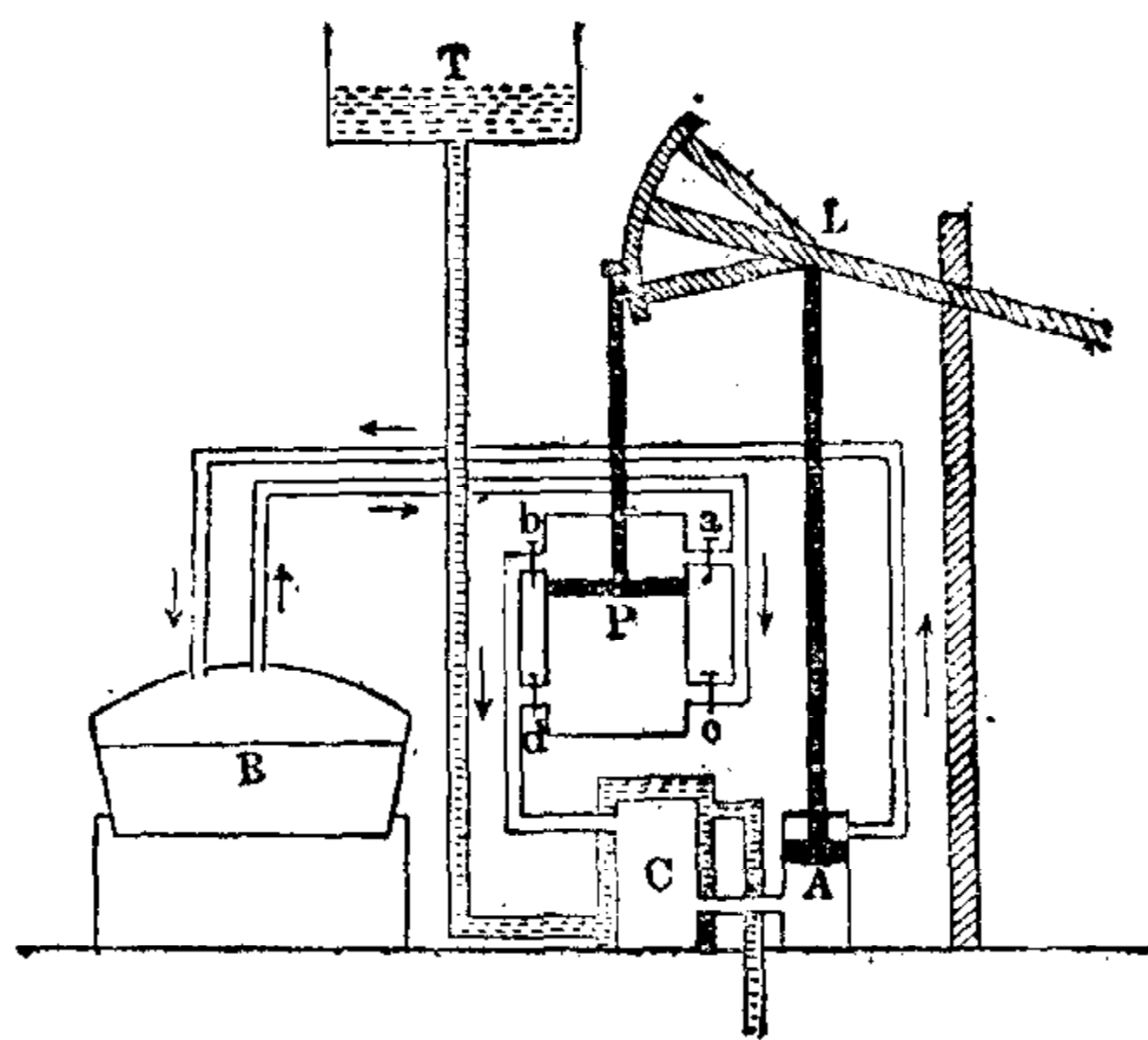
閉，活門 σ 開，使在水桶 μ 內的冷水流少許到汽笛 ν 內。於是蒸汽就立刻凝結成水，體積縮小，汽笛 ν 內變成了真空，活塞 ρ 就受了空氣壓力降下了。所有留在汽笛 ν 內的水就從出口 ω 流出。出口 ω 和出口 ρ 都是裝有活門，外面的空氣是不能走入的。活塞 ρ 降下的時候，活門 σ 早已閉了。等到活塞 ρ 已降到汽笛 ν 的下部，就再開活門 σ ，使蒸汽通入，於是活塞又上升了。所以祇要開閉活門 σ 和活門 ρ ，就使使活塞 ρ 上升或下降。同時重量 ξ 也就上下的運動了。

瓦特修理這種汽機的時候，就發現了耗費的熱太多；活塞下降，汽笛和蒸汽都須使冷；活塞上升，又須使熱。這是很不經濟的。他又發現了用六磅的水才能使一磅的蒸汽變成了水。和白拉克商量，才知道潛熱的原理。因為蒸汽含有很多的潛熱，必須除去了才能變成了水，所以就要用很多的冷水使蒸汽的熱放出了。他知道了潛熱以後，就自行試驗，得到的結果比白拉克得到的還要精確些。最後他就決定牛孔門的方法是不適用的。但是怎樣才能使蒸汽凝結，

不必使汽笛先冷呢？

瓦特爲了這個問題，費去許多的時間，終究想到一個方法。他想祇要使在汽笛內的蒸汽通到另一冷凝器內，那麼蒸汽就可在冷凝器內化成了水，汽笛就不必使冷了。於是汽笛是常熱的，就不致耗費許多的熱了。「瓦特汽機」就是根據這個原理製成的。

「瓦特汽機」最重要的地方，就在活門 \circ 和活門 \sphericalangle 開的時候，活門 \circ 和活門 \sphericalangle 是閉的（第十一圖）
。於是從汽鍋 \square 來的蒸汽就從活門 \circ 流入，將活塞 \square 壓下；同時在活塞 \square 下部的蒸汽就從活門 \sphericalangle 流出，



第 十 一 圖
瓦 特 汽 機

到了冷凝器○內。等到活塞□已降下，活門○和活門○就閉，活門○和活門○就開了。於是蒸汽從活門○流入，將活塞□壓上；同時在活塞□上部的蒸汽就從活門○流出，到了冷凝器○內。這樣循環的開閉活門，活塞就上下的運動了。○。冷凝器○的外部是用從水桶□內流下的冷水使保持很冷的，凝結在冷凝器○內的水又利用唧筒▷使流回汽鍋B內。

瓦特製成的汽機和牛孔門的大不相同。牛孔門汽機除利用汽力以外，還利用空氣的壓力和平衡的重量；但是瓦特汽機是祇用汽力的。所以瓦特雖不是首先發明利用汽力的，不過製成純粹利用汽力的汽機却是瓦特了。

瓦特共費了二十年的研究，使製成的汽機逐漸改良。當時的製造家蒲爾東 (Boulton) 很幫助瓦特設法，製造汽機。所以蒲爾東對於汽機的進步也是很有功勞的。

從此一八〇七年富爾頓 (Fulton 1765—1815) 就利用了汽機製成汽船，

一八二九年斯蒂芬孫 (Stephenson 1772—1850) 又利用了汽機製成機關車。利用汽力的機器逐漸發明，於是人類生活就起了很大的改變。

電學 自從佛蘭克林 (Franklin 1706—1790) 證明了空中的電，和從摩擦發生的電是相同的以後，於是人類對於雷電，才除去了古代的神秘觀念。後來又有了加爾文尼 (Galvani 1737—1798) 和弗打 (Voeta 1745—1827) 的發明，於是近世電學才有了相當的基礎。從此繼續研究，到了第十九世紀的時候，電學就非常進步。對於人類生活所發生的影響，並不比熱學差些。

佛蘭克林 佛蘭克林從一七四六年起才開始研究電的性質。曾做了許多的試驗，知道電是原來就存在物質內的。物質摩擦以後就能帶電，這不過是使含有的電發生了擾亂。有些就變多，有些就變少。存在物質內的電變多或變少以後，就說是帶電了。正電和負電的名稱，就是他依據了這種解釋定出的。

佛蘭克林最著名的試驗，在證明存在空中的電是和從摩擦發生的完全相同

。這是一七五二年的事情。他在絲織品製成的風箏上，裝了長一英尺的鐵針。然後在將要雷雨的時候，使風箏升到空中。風箏的繩是繫在電鎗上的。

等到風箏到了黑雲以內，並沒有電能從繩傳下。這是因為繩還乾燥的緣故。不久有雨降下，風箏的繩完全濕透。於是他用手指和電鎗接近，就看到有電花放出。證明了空中的電是和從摩擦發生的並沒有不同。

他不久又製成一種儀器，可以用來吸引空中的電。祇要空中的電很多，還能吸引來使電鈴發聲，近世建築上所用的避雷針就是佛蘭克林發明的。

加爾文尼 在一七八九年的時候，加爾文尼的助手正用靜電發電機做電學上的試驗。在放電很快的時候，偶然用解剖刀和死蛙的腿部接觸，忽發現蛙能顫動，和活蛙一樣。這種發現引起了加爾文尼的研究，知道祇要靜電發電機所放的電，正在蛙腿的神經附近，就能發生顫動。後來又知道使電花通過蛙腿的神經，也能發生同樣的現象。

不過最重要的發明，却是另一件偶然的事情。他用銅鈎鈎了蛙的後腿掛在屋外的鐵柱上。風吹動了蛙腿忽使蛙腿和鐵柱接觸了。在每次接觸的時候，他發現蛙腿能顫動一次。和以前用了靜電發電機試驗時候看見的完全相同。這時蛙腿附近並沒有電，但是蛙腿也能顫動。可見掛在銅鈎上的蛙腿和鐵柱接觸以後，顯然是有電發生了。

他以為在蛙腿內含有一種電液，祇要用金屬連接，電就發生了。這個發現立刻傳播很廣，引起了弗打的研究。

弗打 弗打知道了加爾文尼的發現，就自行試驗。他以為在蛙腿內並沒有電液。電的發生是因為兩種金屬連接了的緣故。加爾文尼以為電是從動物來的，但是弗打以為電是從金屬來的。所以兩人的意見根本上是不同的。

弗打也做了許多試驗，證明不用動物，電是能發生的，但是加爾文尼却又做成了一個試驗，將蛙腿的神經和神經外部的筋肉連接，也可使蛙腿發生顫動

。在這個試驗內，並沒有用到金屬，但是仍有電發生。他以為這可使弗打相信電是從動物來的了。不過弗打那能就此拋棄自己的主張呢？其實兩人的意見都是不錯的。

後來一八二六年諾皮利（Nobili）發明了電流計，可以檢驗微弱的電流，又證明蛙腿內是有電流的。並且知道在其他動物內也是有的。

弗打的發明很有價值。他用兩種不同的金屬浸在液體內，就有電發生。最容易的試驗，祇要將銅片的一端放在舌上，鋅片的一端放在舌下。假如另兩端並不接觸，就沒有什麼的感覺。但是另兩端接觸以後，就有些疼痛發生。這就是因為有電流發生了的緣故。

經過了許多次的試驗，弗打才用鋅片和銅片浸在酸液內，製成了電池。自從一八〇〇年有了電池以後，於是電學上各種試驗，所需要的電才有相當的來源。所以第十九世紀電學的進步，實全賴有了電池的發明。

天文學 第十八世紀的天文學，得了蘭克倫奇（Lagrange 1736—1813）和拉伯拉司（Laplace 1749—1827）的研究，更有了顯著的進步。天王星的發見和太陽系生成的學說，是這世紀內最重大的貢獻。

白拉特雷（Bradley 1692—1762）白拉特雷最重要的貢獻，就是解決了兩個疑難的問題。第一是恆星的行差（Aberration）。觀察恆星的時候，常覺恆星在空中也成圓形的運動。白拉特雷以為這是因為地球的運行和光線的進行所發生的現象。

第二是地軸的搖動。在希巴屈斯的時候，已發現春秋分的變遷，是因為地軸成了圓形運動的緣故發生的。白拉特雷更知道所成的圓形運動是成波狀的。每波的生成須經過十九年的時間。

蘭克倫奇 蘭克倫奇用高深的數理解釋天文學上的問題。他的著作和牛頓的原理有同等的價值。

在蘭克倫奇以前，早就知道所能看見的月球，常是月球的一面，月球的那一面是看不見的。到了一七八〇年蘭克倫奇就發表了很充分的解釋。他並且說明因為月球運行的軌道是成橢圓形的，所以有時能比較的慢些，有時就比較得快些。但是月球自轉的速率並不改變，因此正對地球的一面，並不完全是不變的。在地球上觀察的時候，有時能在這邊多看見一些，有時就在那邊多看見一些。

蘭克倫奇又和同時的拉伯拉司互相討論，用數理證明了行星運行的軌道不獨是和太陽的引力有關係，就是和其他行星的引力也是有關係的。

拉伯拉司也是用數理來解釋天文學上各種問題的。並且證明了天文上許多奇異的現象，都是和牛頓的萬有引力說完全符合的。他最著名的貢獻，就是他所主倡的「星雲說」了。

在拉伯拉司的時候，已知道太陽系共有行星六個，是環繞著太陽運行的。

第十二圖就是表示各行星和太陽的平均距離，所註的數字是用一百萬英里做單位的。在圖上可以看到在火星和木星的中間距離過大，第十八世紀的天文學家都以為還有行星是沒有發現的。

這些數字有很奇怪的關係，假如有連續的級數 0,3,6,12,21,48,96，每數都是前一數的兩倍（第二數是例外的），於是使各數都加4，就變成了 4,7,10,16,28,52,100。設再將各行星和太陽的平均距離列成下表：

行星的名稱	水	金	地	火	木	土
-------	---	---	---	---	---	---

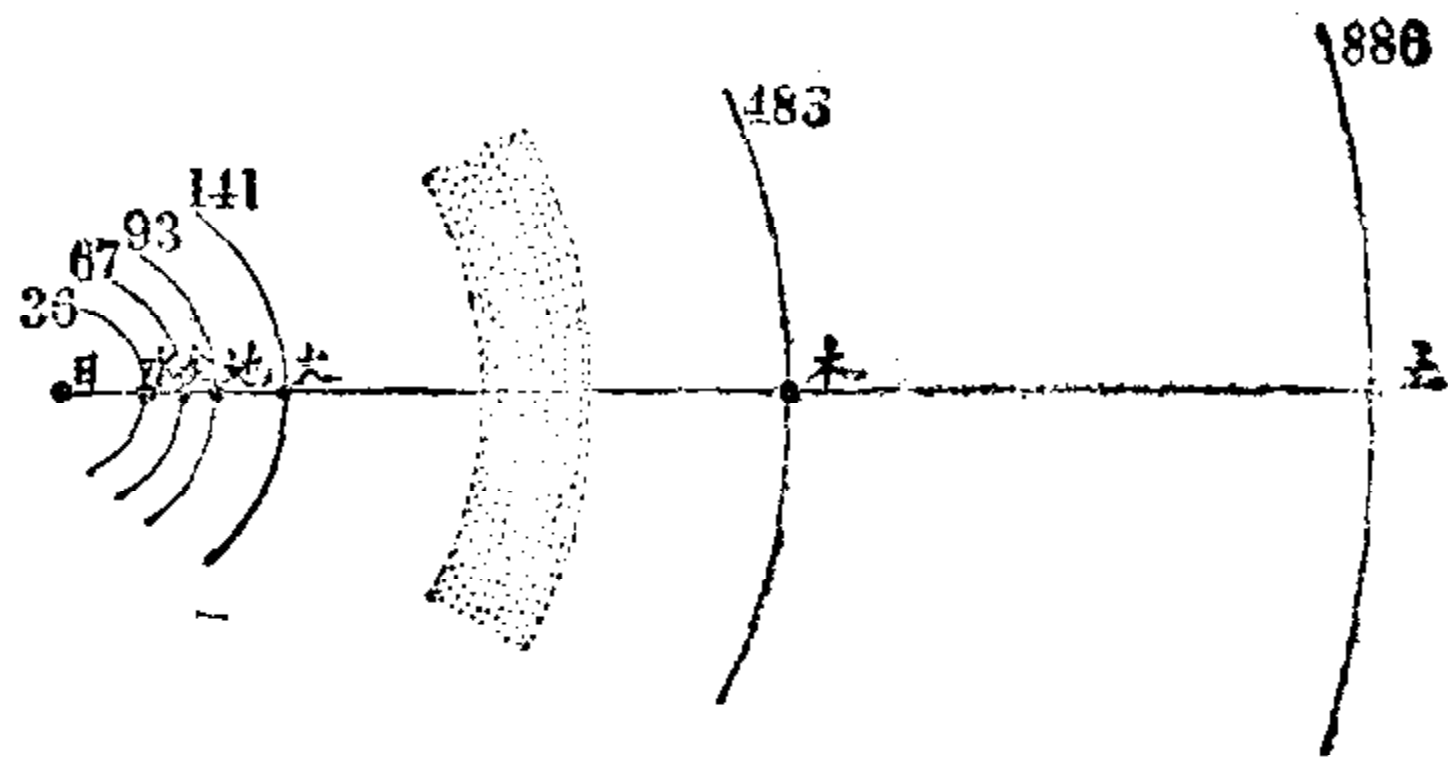


圖 二 十 第
系 陽 太 的 代 時 司 拉 伯 拉

和太陽的平均距離 (單位用 10^6 英里)	36	67	93	141	483	886
和太陽的比較距離	3.9	7.2	10	15.2	52.9	95.4

從上表很可看到各行星和太陽的比較距離，却和上述的級數符合。祇是10⁸一數沒有相當的行星，不過有許多的小行星存在罷了。這個關係現時常稱為

「蒲特 (Bode 1747—1826) 定律」。

再呢，各行星環繞太陽運行的方向，和太陽自轉的方向是相同的，和各行星自轉的方向也是相同的。並且各行星的衛星運行的方向和各行星自轉的方向也是相同的。這些現象決不是偶然的。

拉伯拉司以為太陽系原來是很大的星雲。溫度很高，旋轉很快。後來溫度逐漸降低，旋轉也就更快。這樣經過了很久的時間，很大的星雲就凝結成了比較很濃的球體，外部仍包圍了許多的氣體。因為旋轉很快的緣故，所以球體是

稍帶扁平的。這樣又經過了許多的時間，旋轉的速率逐漸增加，就有許多脫離了球體變成環狀的星雲。這些環狀的星雲也和原來的星雲一樣，逐漸發生相同的變化。等到凝結以後，就變成了行星。這些行星也能同樣的有衛星變成。所以各行星各衛星旋轉的方向是一致的。這完全是因為從同一的來源變成的緣故。

溫度逐漸降低，原來是氣體的變成了液體，又變成了固體。在中心的太陽，因為溫度仍是很高的緣故，所以現時還是比較水重一倍半的氣體，那些在火星和木星中間的小行星，就是沒有能凝結成一個行星的，所以變成無數的小行星了。

拉伯拉司的「星雲說」，在第十八世紀是很重大的發明。究竟太陽系是怎樣生成的，一直要到了第二十二世紀才有不同的學說發表。所以在第十九世紀的時候，星雲說實是天文學上惟一的學說。

赫瑟爾 (Herschel 1738—1822) 和拉伯拉司同時的赫瑟爾，自製當時最

大的望遠鏡用來觀察天象。就發現了許多從來天文學家所沒有知道的。他在一七八一年發現了天王星。知道也是環繞著太陽運行的行星。他所發現的雙星約在八百座以上，又發現了二千五百座以上以星雲。他的發現很多，最重要的就在他是首先知道太陽系全體也是運行的。

在一七八三年的時候，他將觀察得到的結果和古代的記錄比較，覺得恆星的位置是逐漸變遷的。他以為不是恆星能運行，就是太陽系全體是能運行的。經過了詳細的觀察，才斷定太陽帶了所有的行星，也是同時在空中運行的。這個運行的速率很大，大概每年至少運行一萬萬五千萬英里。

數學 自從第十七世紀發明了微積分以後，到了第十八世紀就有微分方程式發明了。微分方程式的發明，對於天文學和物理學都有很大的影響。西勒（

Euler 1707—1783）蘭克倫奇拉伯拉司等都是很有名的數學家。近世的數學物

理也在這世紀逐漸的成立了。

西勒 西勒對於數學的貢獻很大。近代的代數，解析幾何，微積分等大都
是根據他所編訂的。他曾印行數學著作四十五卷。

蘭克倫奇 天文學家的蘭克倫奇實是這世紀最大的數學家了。首先創立微
分方程式，用來解決天文學上的問題。就是力學上的各種原理也使化成最簡的
微分方程式。所著解析力學 (Mécanique Analytique)，完全是根據「虛功」(Virtual Work) 和「最小作用」(Least Action) 兩原理，用數理寫成的。

拉伯拉司 主倡「星雲說」的拉伯拉司也是很著名的數學家，所著天體力學 (Mécanique Céleste)，將牛頓的原理變成了完全用微積分的。並且還加了許多詳細的說明，又解決了牛頓所沒有完成的工作。

第七章 第十九世紀的科學

天文學 近世的天文學，自從有了牛頓以後才開始成立。再經過了拉伯拉同的研究，於是任何天文學上的問題，都可用數理推算，得到的結果已是非常正確的了。所以第十九世紀的天文學主要的進步，就是發現新的行星或星雲，這些新的發現都是能證明牛頓以來的天文學是不錯的。此外就是開始研究天體的性質，這是「光帶分析術」發明以後的進步。

勒未累 (Leverrier 1811—1877) 和阿特姆 (Adams 1819—1892) 自從赫瑟爾發現了天王星以後，就有許多天文學家研究天王星運行的情形，那就不免檢出舊時的記錄，調查從來天文上的觀察，才知道在赫瑟爾以前早已有人看見，不過沒有知道也是環繞太陽運行的行星罷了。

但是仔細觀察了天王星運行的情形以後，就覺得和用牛頓的定律計算得到的不能符合。因此天王星的運行就成了重要的問題。對於這種不能符合的解釋，不外兩種：第一種是天文學家的觀察沒有正確；第二種是天王星受了其他的

響，於是運行的情形起了相當的變化。

爲了這個問題就有兩個天文學家用數理詳細計算，都決定天文學家的觀察並沒有差誤，以爲天王星運行的改變，是受了另一行星影響的緣故。這兩個天文學家就是勒未累和阿特姆了。

阿特姆的研究是從一八四三年開始的。他祇不過是二十四歲，就用數理證明天王星受了另一行星的引力，因此運行的情形起了變化。這個行星離天王星很遠，還沒有發見。他計算了這個行星應有的位置，在一八四五年十月請天文學家歐雷 (Airy) 實行觀察。但是歐雷沒有適當的天文圖，無從代阿特姆進行這項的研究，所以就擱置下來了。

一八三九年勒未累已著手研究天王星運行的情形，知道天王星受了另一沒有發見的行星的影響，所以不能依應有的軌道運行。他到了一八四六年六月就將所有的計算發表了。

等到歐雷讀了勒未累發表的計算以後，非常驚異。勒未累得到的結果竟和阿特姆在九個月以前所計算的，祇相差一度，於是才再將阿特姆的計算詳細研究，但是一八四六年九月二十三日，天文學家葛爾（Galle）已依照了他們的計算，將海王星發現了。

從數理的計算，可以預知有行星存在，這就是近世天文學上最奇異的發現了。

薩巴拉里（Schiaparelli 1835—1910）流星和隕石是天文學上很值得研究的問題。到了一八六二年薩巴拉里才發現流星也是依軌道運行的。並且知道流星運行的軌道和彗星的相同。所以他說流星是彗星受了天體的引力破裂以後變成的。

在一八七七年，他又發現了火星面上的「運河」。

光學 在第十八世紀的時候，光學上的進步很少，到了第十九世紀，因為

有了實驗的證明，於是海琴斯的「波動說」就變成了正確的理論。此外重要的發明，就是光帶分析術了。

葉森 (Young 1773—1829) 海琴斯在第十七世紀所主倡的「波動說」，因為受了牛頓的影響，是從來沒有人相信的。一直到了一八〇一年葉森有了新的發現，是牛頓的「放射說」所不能說明的；但是用了「波動說」，却可有圓滿的解釋。從此「波動說」才漸承認是真理了。

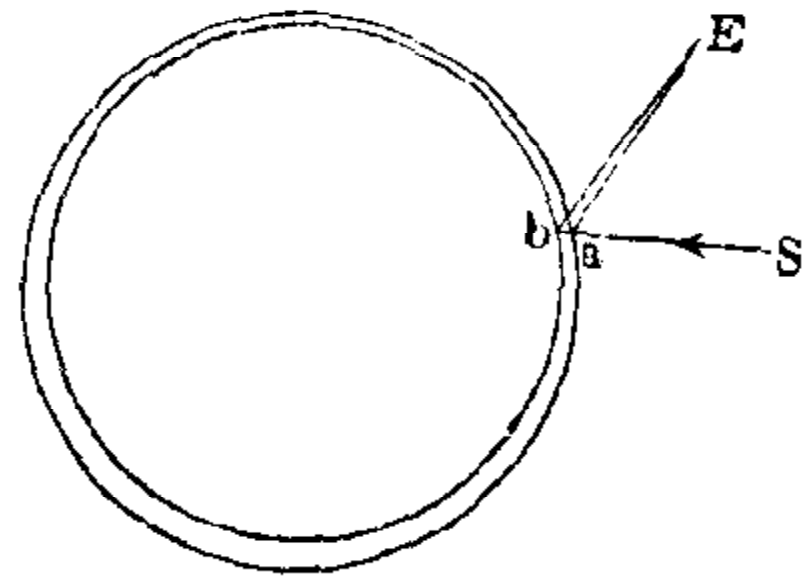
葉森在暗室的壁上穿一小孔，在小孔的前方，放一凸透鏡，使經過凸透鏡射入暗室內的光線變成了圓錐形。於是再在小孔後方放一很狹長的紙片，使射入的光線再分成二部。然後觀察暗室內正對小孔的壁上，發現了有許多顏色的條紋，中心的一部是很亮的。

這些顏色的條紋是怎樣發生的呢？中心的一部應是黑暗的爲什麼反變成了很亮的呢？這都他是很想知道的了。他又將紙片一邊的光線掩住，就沒有顏色

的條紋發生，可見這種顏色的條紋是兩邊的光線相遇以後發生的。

這種現象不能用「放射說」來說明，用了「波動說」就很容易解釋，這是光波發生干涉以後的現象。光波的干涉現象正和水波的干涉現象相同。假如有兩水波同時傳到很小的溝內，就可看到兩波的高部或低部相遇的時候，水波的振動加強；一波的高部和另一水波的低部相遇的時候，水波的振動消滅。射入暗室內的光線，受了紙片的阻隔，也就變成了兩波。兩波的高部或低部同時傳到在正對小孔的壁上的中心部分，所以振動就加強，變成很亮了。在中心部分的兩旁，一波的高部恰和另一波的低部同時傳到，所以振動就消滅。因為光線是從各種顏色的光線合成的，各種顏色的光波並不相同。於是有些消滅的時候，有些並沒有消滅，因此在中心部分的兩旁就發生許多顏色的條紋了。

光波干涉的現象很容易在肥皂泡上看到。當日光 α 射在肥皂泡上 α 點的時候（第十三圖），一部分就反射到人目 β 內，另一部分透過肥皂泡從 γ 點反射



圖三十第
光線從肥皂泡反射的形

到人目內。祇要泡膜 o 的厚可以使從 a 點和 b 點反射的紅色光線同時傳到目內，就可以看到泡膜上的顏色是紅的了。肥皂泡因為受了地心引力的緣故，常使肥皂泡的下部變厚些，所以泡膜的厚是並不一致的。在 o 的下部較厚，就不能再使紅色光線同時傳到目內，祇能使紫色光線同時傳到目內；再下的部分又變成了能使紅色光線同時傳到目內，太陽光線內各種顏色的光線，就這樣逐次的在泡膜上發現了。

瑪拉斯 (Malus 1775—1812) 一八〇八年瑪拉斯又發現了「光的極化」現象，這也是祇能用了波動說才能解釋的。

在一六六九年的時候，海琴斯已詳細研究方解石的複屈折現象。知道透過了方解石以後的光線，性質和平常的光線不同。到了一八〇八年，瑪拉斯用方解石觀察從玻璃上反射的日光，發現了有時能看見日光；等到將方解石轉過了

以後，有時就看不見日光；再轉過了，又能看見日光。這個現象和用方解石來觀察透過另一方解石的日光是相同的。可見從玻璃上反射的日光，性質也和平常的光線不同。

後來瑪拉斯做了許多的試驗，才知道必須是日光和玻璃成了一定的角度以後，才有這種現象發生。就是其他的物質也能發生相同的現象，不過和日光所成的角度不同罷了。

佛勒納爾 (Fresnel 1788—1827) 瑪拉斯的發現經過了佛勒納爾的研究，才得到了正確的解釋。

佛勒納爾設法使從方解石透過的兩種光線，同時射在一處，並不能發生干涉的現象。就引起了這兩種光線性質是不同的觀念。於是就和葉森討論，他們的意見完全相同。所以他們又做了許多試驗，知道光波的振動和水波的振動是有些差別的。水波的振動祇有上下方向一種的振動，光波的振動却是各方向都

有的。等到「極化」以後，就祇有一種方向的振動了。

他們以爲平常的光線，各種方向的振動都是有的。等到透過了方解石以後，就極化成了兩種的振動。兩種振動的方向是不會相同的。從玻璃反射的光線也是這樣。在日光和玻璃成某種角度的時候，反射的日光就祇有一種方向的振動。

赫瑟爾 發現天王星的赫瑟爾，在一八〇〇年的時候，曾將日光的光帶詳細研究。他放溫度計在光帶的各部分，發現了溫度是不等的。紫色的一端溫度最低；向紅色的一端移動，溫度就逐漸升高。並且知道在紅色的一端以外，溫度比在紅色的一端內還要高些。

這種在紅色的一端以外，人目看不見的光線常稱爲「紅外線」(Infra-red Rays)。因爲熱的效應很大，所以也稱爲「熱線」(Heat Rays)。

立脫 (Riber) 在一八〇一年的時候，立脫將硝酸銀放在日光的光帶內，

知道在紫色的一端，硝酸銀能起化學作用變成了黑色的銀。假如放到紫色的一端以外，所起的化學作用還要強些。

這種在紫色的一端以外，人目看不見的光線常稱爲「紫外線」(Ultra-violet Rays)。因爲所起的化學作用很大，所以也稱爲「化學線」(Chemical Rays)。

從此才知道在日光內，除了可見的光線以外，還有許多人目所看不見的光線。

烏拉斯登 (Wollaston 1766—1828) 烏拉斯登在一八〇二年又在日光的光帶內，發現了許多的黑線。這種黑線一直等到法倫霍甫 (Fraunhofer 1787—1826) 重新發現以後，才知道是怎樣發生的。

法倫霍甫 法倫霍甫並沒有知道烏拉斯登所發現的黑線。可是他在一八一四年的時候，也用了同樣的方法，發現了在日光的光帶內有許多的黑線。他所

發現的黑線在五百七十六條以上。所以現時對於這種黑線常稱爲「法倫霍甫黑線」。

他很精密的測定了黑線的位置，知道在從日光得到的光帶內，常是固定不變的。他又觀察從月光得到的光帶，結果也是相同，這是因爲月球本是反射的日光，所以沒有什麼區別。但是從其他的星光得到的光帶，就大不相同，所有黑線的位置就不和在日光的光帶內的一樣。

他以爲這種黑線的發生，假如是因爲光線經過地球外部的空氣受了阻礙發生的，那麼黑線的位置就應完全相同，但是現在黑線的位置並不一致，可見日光和星光畢竟根本上是有些不同的。這就是近世光帶分析術的起源了。

本生 (Bunsen 1811—1899) 和科區霍甫 (Kirchhoff 1824—1887) 發現

了黑線以後，又經過了四十五年，才有相當的進步。在這幾年內，勃留斯脫 (Brewster 1781—1868)，塔爾抱脫 (Talbot 1800—1877) 等曾觀察了從各種火

光得到的光帶。知道從白熱的固體放出的光得到的光帶，是各種顏色都有的；並且沒有黑線。這種光帶常稱爲「連續光帶」。但是從各種氣體或蒸汽的光得到的光帶，就祇是幾條很亮的線。例如鈉光的光帶祇是一條黃線；鋰光的光帶祇是一條紅線和一條黃線。物質不同，得到的光帶也就不同。這種光帶常稱爲「輝線光帶」。不久各種物質的輝線光帶，都已找到；並且還能從得到的輝線上發現了新的物質，光帶分析術的價值已到了不能否認的程度。

於是本生和科區霍甫在一八六一年就能將黑線說明了。他們比較從日光和鈉光得到的光帶，知道鈉光的黃線，正和在日光的黃色部分內的黑線相當。所以他們使日光透過鈉的氣體，這樣得到的光帶，在黃色部分內的黑線就格外顯明。很可證明燃燒的鈉氣具有吸收日光內黃色光線的力量。

他們已知道從白熱的固體發出的光得到的光帶是連續光帶，並沒有黑線的。所以他們又使這樣的光透過鈉的氣體，就在得到的連續光帶上發現了黑線一

條。並且這條黑線的位置正在鈉光的黃色輝線應有的位置。他們還做了許多同樣的試驗，證明了黑線和輝線的關係。

從此他們才決定燃燒的氣體，能吸收白光內和放出的輝線相同的光線。從太陽射出的光線經過了包圍在太陽外部的氣體，就有許多是給氣體吸收去的。因此我們在日光的光帶內，就發現了許多的黑線了。所以從這些黑線還可以知道在太陽外部的氣體內含有的物質。

密勒 (Miller 1817—1870) 和黑琴 (Huggins 1824—1910) 在本生和科

區霍甫知道了日光的光帶內黑線來源以後，不到幾月，密勒和黑琴就開始研究星光的光帶了。在太陽將到地平線以下的時候，在日光的光帶內，常增加幾條黑線。這是因為在這個時候日光透過地球外部的空氣層較厚，又有些給空氣吸收了去。所以就有黑線增加了。密勒和黑琴觀察木星的光帶也發現上項的黑線，因此他們說木星上也是有空氣的。金星和火星的光帶也有同樣的黑線，所以

也是有空氣存在的。但是在月光的光帶內，却沒有這些黑線，所以月上是沒有空氣的。

他們又觀察許多的恆星，發現在有些恆星的光帶內，常含有在日光的光帶內沒有的黑線，並且也不和地球上各物質所發出的輝線相當。

各種星雲的光帶，和在地球上從燃燒的氣體得到的相同，祇是幾條的輝線。所以他們又證明星雲還是氣體。

熱學 熱的性質到了第十九世紀才給物理學家發現。從來以為熱是流體的學說也就從此破除了。

倫福特 (Rumford 1753—1814) 在一七九八年的時候，倫福特從事關於衣服，食物，燃料怎樣才能經濟的研究。因此發明了能省煤的火爐；又發明了能省油的油燈。他又研究各種物質和傳熱的關係。特別注意用蒸汽取暖和烹調的方法。所以他對於熱的性質和各種生熱的方法有很詳細的研究了。

有一次，他用鋼鑽在鐵板上穿孔，發現了鋼鑽很熱，同時又知道鐵板和鑽屑也是很熱的。他以為假如熱是一種流體，那麼鐵板內的熱必定有流盡的時候，可是事實上並不是這樣的，却能繼續的使熱發生。他又恐熱是從空氣內流來的，所以他又在水內用鋼鑽在鐵板上穿孔，結果還是熱的，並且水也變熱了。於是他才想到熱的發生是因為摩擦的緣故。

假如熱是從摩擦發生的，那麼摩擦愈大，發生的熱也應愈多。所以他用了已不鋒利的鋼鑽放在黃銅塊上的孔內，在鋼鑽上再加上一萬磅的重量。這些又都是放在一箱內，箱內更放了水。先用溫度計測定了水的溫度；然後用兩匹馬使鋼鑽旋轉，每分鐘每旋轉三十二次。於是他觀察水的溫度，在開始的時候，是華氏六十度。鋼鑽旋轉以後，溫度就逐漸上升。過了一小時，就升到華氏一百零七度；再過一小時，就升到了華氏一百七十八度。這樣就將摩擦生熱的理論證實了。

兌維 (Davy 1778—1829) 在倫福特發現了摩擦能生熱以後，一七九九年兌維又做成了相同的試驗。他放冰兩塊在真空內，然後使互相摩擦。結果就使冰融解成水了。

在這個試驗內，決不能再說熱是從冰內流出的，並且也不是從空氣得來的。所有使冰融解的熱完全是從摩擦發生的。他以為摩擦能使物質的分子運動變快；分子運動快了以後，就有熱發生。

朱爾 (Joule 1818—1889) 到了一八四九年的時候，朱爾才設法計算熱和機械工作的數量關係。知道了發生的熱是和機械工作成正比例的。

他在水桶內放了可以旋轉的槳。用機械的裝置使槳旋轉，和水桶內的水發生摩擦，就可看到水的溫度逐漸上升。於是他計算槳所做成的機械工作和水所得到的熱量。知道一磅的重量降下七百七十二英尺所做成的機械工作，可使一磅的水溫度升高華氏一度。這個數值常稱為「熱的工作當量」。

漢姆芝 (Helmholtz 1821—1894) 自從有了上項的研究以後，到了一八四七年漢姆芝就發表能力不滅的原理。以爲一切的能力決不能創造或消失的，祇能互相的變化罷了。現時能利用的水力，風力，汽力，電力等都是從天然的富源得到的，所以他說所有宇宙間的能力總量是一定不變的。這就是熱力學上的第一定律。

克勞修斯 (Clausius 1822—1888) 後來克勞修斯又發表能力消耗的原理。他以爲能力的一部分常變成了不能利用的。所以有用的能力常比能力的總量少。從來夢想的永久運動是事實上不可能的。熱的傳布祇能從溫度高的流到低的，無論如何決不能使從低的流到高的。這就是熱力學上的第二定律。這個定律後來又得了愷爾文 (Kelvin 1824—1907) 的研究，就更加內容充實了。

克勞修斯並且是創立「氣體分子運動說」的。以爲氣體的分子常在運動。溫度升高的時候，分子運動變快，分子的能力也就同時增加。

電學 有了弗打發明的電池以後，電學就進步很快。所以在第十九世紀的時候，近世電學就完全成立了。

奧斯脫特 (Oersted 1777—1851) 一八二〇年奧斯脫特用電池試驗的時候，忽發現在電線附近的磁針能發生旋轉。這種偶然的發現，費了奧斯脫特幾個月的光陰，才找到了電流和磁針的關係。

他放電線在磁針的上面，使電線和磁針互相平行。等到電線上有電流通過的時候，磁針就能旋轉和電線互相垂直了。

安培 (Ampere 1779—1864) 奧斯脫特發現了電磁的關係以後，就引起了安培的研究。在一星期內，就將奧斯脫特的發現推廣了，這也是一八二〇年的事情。

他放電線在磁針上，和磁針平行。知道電流自南向北流動，磁針的北極就向西偏過；電流自北向南流動，磁針的北極就向東偏過。

磁針的北極遇到了南極，是能互相吸引的；北極遇到了北極，或是南極遇到了南極，就互相排斥了。安培以爲在電線內有了電流，就能發生和電線垂直的磁性。那麼兩根電線並列以後，在有電流的時候，也就能互相吸引或排斥。所以他將電線兩根並列，並且設法使都能移動。在電流的方向相同的時候，這兩根電線果然能移近了些；電流的方向相反，這兩根電線也就離遠了。

假如電流能發生磁性，那麼利用了電流就可使鋼鐵也發生磁性。所以他將電線繞在鋼棒的周圍，於是將電線和電池連結。等了一下，再將鋼棒取出，果然變成了有磁性的。他又知道用了軟鐵以後，祇是有電流的時候能有磁性；電流不通，磁性也就失去。

法勒第 (Faraday 1791—1867) 一八二一年法勒第依照了安培的方法，重行試驗。他就想到電流在圓形的電線內流動以後，能發生和電線垂直的磁性，那就可設法使磁石環繞有電流的電線成圓形的轉動，並可設法使有電流的電

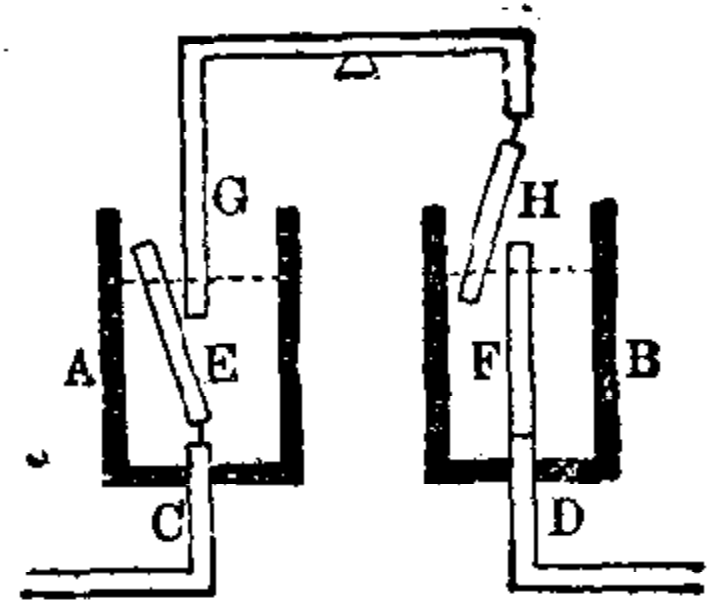


圖 四 十 第
法 勒 第 的 電 磁 試 驗

線環繞磁石成圓形的轉動。所以他用裝滿水銀的杯 A、B 兩個（第十四圖）。從杯 A 的底部，通入電線 Q。和電線 Q 連結的是可以轉動的磁石 B。從杯 B 的底部，通入電線 D，和電線 D 連結的是固定的磁石 C。兩磁石 B、C 的上端都露出水銀面。再在杯 A 的上部掛一固定的銅棒 Q，在杯 B 的上部掛一可以轉動的銅棒 D。兩銅棒 Q、D 的下端都浸在水銀內。等到電流通了以後，磁石 B 就環繞銅棒 Q 轉動；銅棒 D 就環繞磁石 C 轉動。和他所希望的完全一樣。

法勒第更進一步，想到從電流能發生磁性，那麼，從磁性也許就能發生電流。所以他又進行從磁性發生電流的試驗。他在一八三一年的時候，將很長的銅線環繞在空心的圓筒上。銅線的兩端是和電流計連結的。於是他將很強的磁石插入圓筒內，就從電流計看到果然是有電流發生的。再將磁石抽出，又看見

有方向相反的電流發生。不過在磁石不動的時候，電流是沒有的。

他又做了比較複雜的儀器，就可使發生的電流能有火花放出。自從法勒第能從磁石得到了電流以後，於是近世的感應圈和發電機都根據了這個原理製成了。

法勒第對於電解也有相當的研究。電解的作用原來是他的先生兌維所發現的。等到法勒第繼續試驗以後，就知道不變的電流在一定的時間內，常能電解定量的物質。這就是很有名的「法勒第定律」。

光的極化現象也是法勒第很注意的。他很想找到磁性和極化現象的關係。他用平面鏡使光線反射變成了已極化的，再使這已極化的光線在磁石兩極中間通過，可是他用了種種方法得不到一些的影響。最後他用了鉛玻璃，才發現已極化的光線通過的時候，能發生旋轉。於是就證明了光線和磁性也是很有關係的。

他又在磁石兩極的中間，放了鈉光或銦光，然後觀察從鈉光或銦光得到的光帶。但是並沒有得到新的發現。這是要等到一八九六年西曼 (Zeeman) 重做了這個試驗，才得到了相當的結果。

西勃克 (Seebeck 1770—1831) 發生電流的方法，已有了兩種：一種是加爾文尼和弗打發明的，這是從化學作用得到的；一種是法勒第發明的，這是從磁性得到的。此外在一八二二年的時候，西勃克又發明了從熱得到的電流。

西勃克將半圓的銅片和半圓的銻片連接，成一圓形的環。於是將這環豎起，再在環的中間掛一磁針，他將銅片和銻片連接的一端加熱，就發現了磁針是能旋轉的。假如在另一端加熱，磁針旋轉的方向就相反了。

從這種方法發生的電流常稱爲「熱電」，後來又經過了許多物理學家的試驗，知道其他的金屬也有這樣的作用。因爲發生的電流和兩端的溫度是有關係的，所以這樣製成的「熱電偶」(Thermo-Couple) 常用來測定很高的溫度。

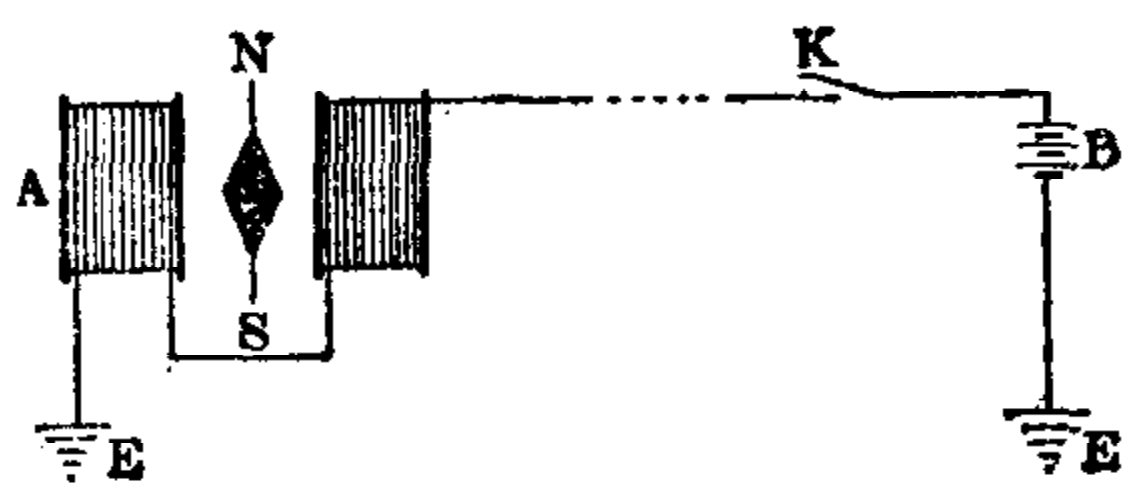
灰脫斯東 (Wheatstone 1802—1875) 和摩司 (Morse 1791—1872) 在一

八三七年的時候，灰脫斯東、和摩司二人都有電報的發明。將在甲地的電鑰 K 按上以後，電流就通了（第十五圖）。於是在乙地的線圈 Δ 就發生了磁性，使磁針 NS 發生偏轉。不按上的時候，磁針就不偏轉。

所以祇要甲地和乙地早已決定了用長短的符號做文字的代表。那麼甲地祇要按上電鑰的時間有了長短，乙地所看到的磁針偏轉也就有了長短，兩地的消息就可交換了。

從此研究的很多，電報機也就逐漸改良，或是設法使磁針在旋轉的紙上畫出長短的符號，或是使磁針發生相當的響聲，現時所用的方法很多，但是原理仍是相同的。

貝爾 (Bell 1847—?) 到了一八七六年，貝爾又發明了電話。於是相隔



最 初 的 十 五 電 報 機 圖

很遠的兩地，就可用電話互相談話了。

貝爾在很薄的鐵片▷後面，放一磁石◁和線圈○（第十六圖）。這就是

話器了。受話器的構造是和送話器相同的。是從鐵片▷、磁

石◁、線圈○製成。兩線圈○、○的電線是相連接的。當送

話器的鐵片▷受了聲音的振動，也發生了振動，線圈○內就

有電流發生了。同時線圈○內也有了電流，就能吸引鐵片▷

使發生和鐵片▷相同的振動。於是就有聲音可以聽到了。

現時電話所用的受話器仍和貝爾所計畫的相同。不過送

話器已改用了「炭粒微音器」(Microphone)。

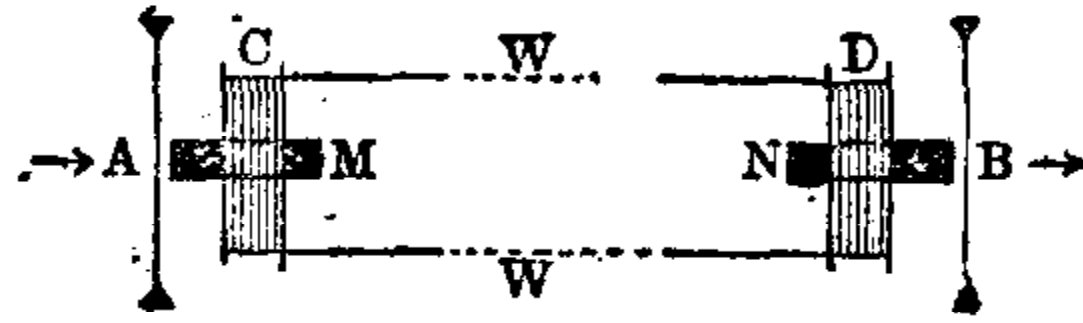


圖 六 十 第 最 初 的 電 話 機

馬克斯威爾 (Maxwell 1831—1879) 馬克斯威爾用高深的數理說明法勒

第以來關於電學上的發現。最重要的發明就是他利用數理證明電磁波的性質，和

光波的性質相同。以為光波不過是電磁波的一種。

馬克斯威爾在一八六三年所主倡的「光的電磁說」，完全是根據了數理得到的，所以必須還要有了實驗的證明，才能算是正確的學說。大概過了二十多年，得了海爾茲 (Hertz 1857—1894) 的試驗，就證實了。

海爾茲 一八八七年海爾茲做成了很有名的試驗，證明電磁波的性質是和馬克斯威爾所說的完全相同。於是近世的無線電就從此開始了。

他將感應圈○上的電線兩端，連結在分開的兩銅線上（第十七圖）。銅線

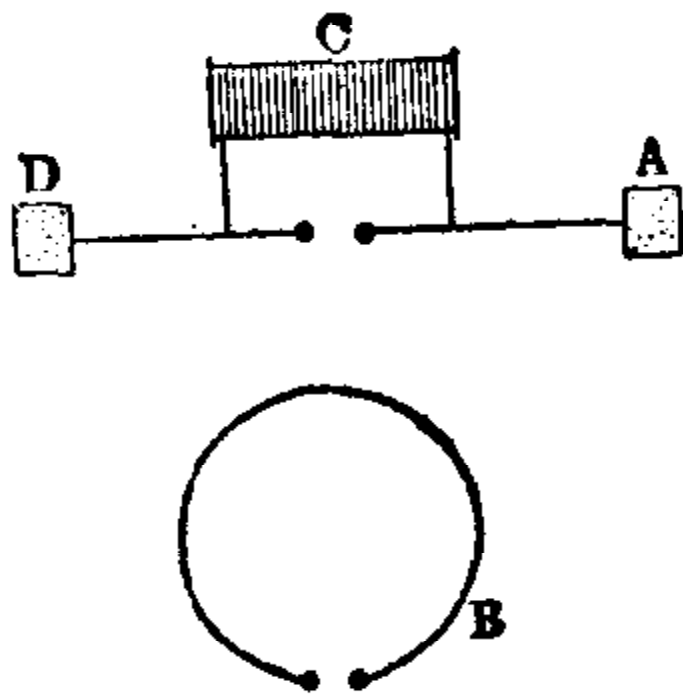


圖 七 十 第
驗 試 的 波 磁 電

的一端是成球形的，另一端連結在金屬片A、D上。這種裝置常稱為放波器。此外另有用銅線彎成的銅環B，銅線的兩端也成球形，是不連接的。這就是「共振器」了。他使放波器發生電磁波，球形的兩端就有火花放出。同時共振器上球形的兩端也有火花放出。他並且測定了電磁波從放波器傳到共振器的速率，是和

光波的速率相等的。

馬柯尼 (Marconi 1874—?) 在海爾茲發明了電磁波以後，一八九〇年

白郎雷 (Branly) 又發明了「黏連器」(Coherer)。這是在玻璃管內封入兩金

屬片。在金屬片的中間放入很鬆的鐵屑，金屬片是和電線連接的。自從有了黏連器，於是接收電磁波才有了比較靈敏的方法。

馬柯尼更將黏連器大加改良

。在一八九九年就製成了無線電報機。他最初的裝置，發報機用感應圈O。收報機用黏連器D，電池B和記錄器R。天線是用金屬網A、B製成的。

克魯格斯 (Crookes 1832—?) 一八八〇年克魯格斯研究在真空管內

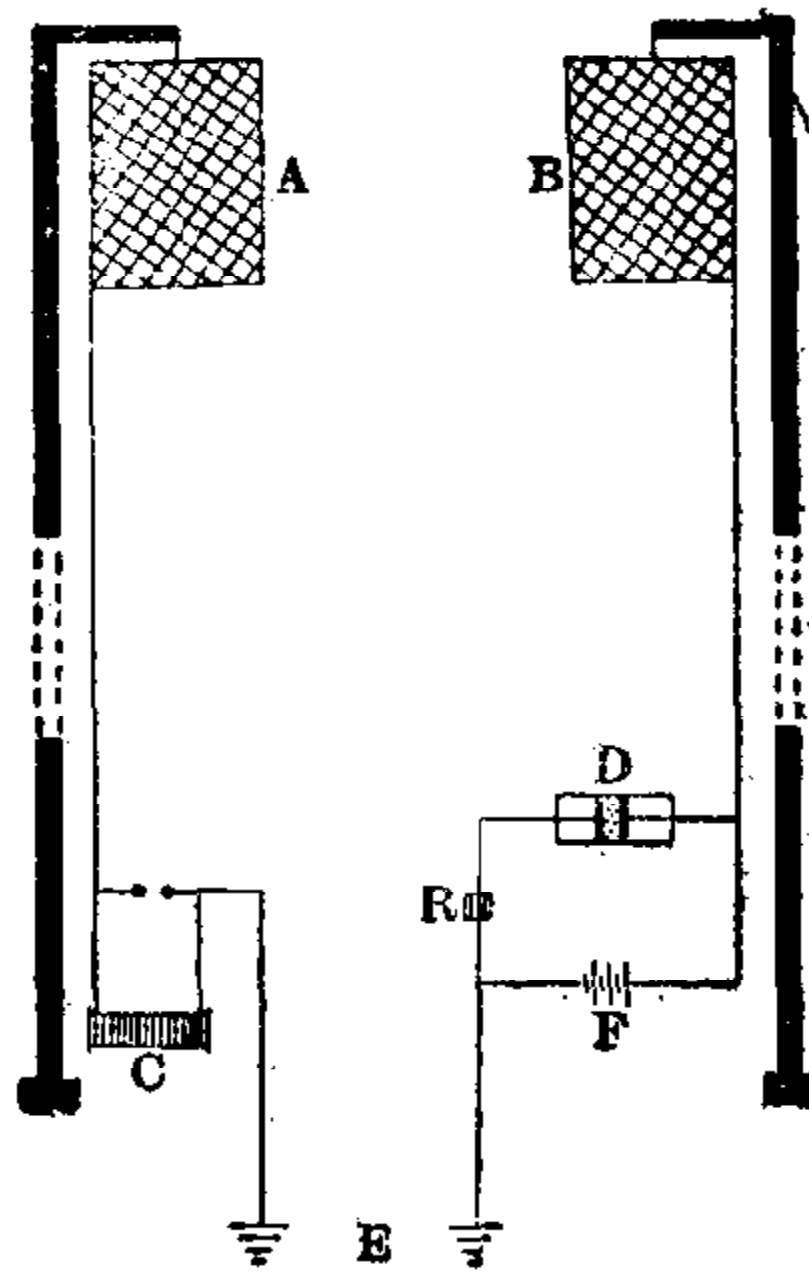


圖 八 十 第
機 報 電 線 無 的 初 最

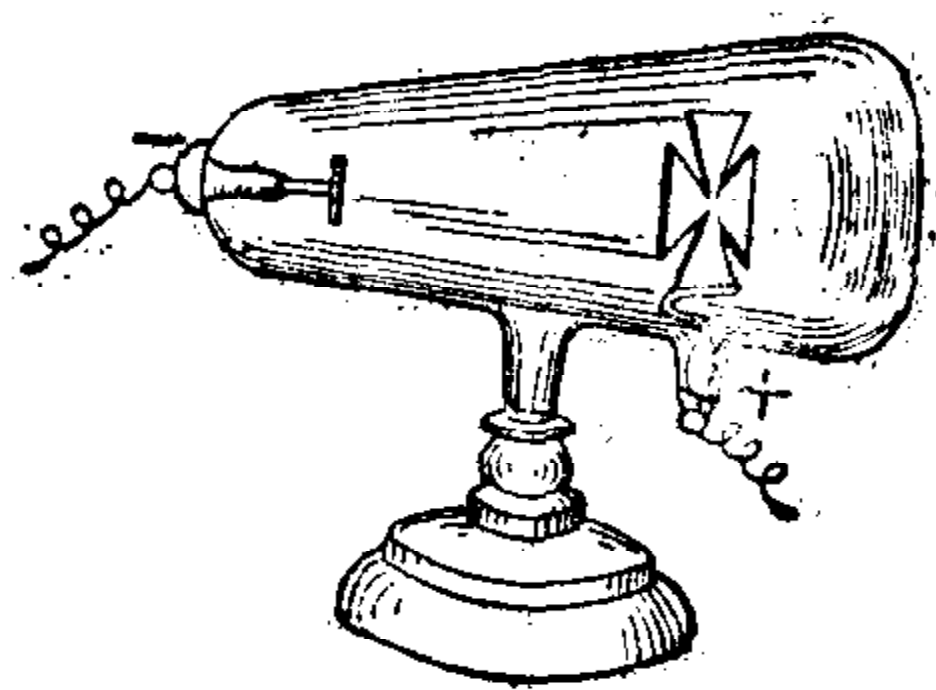
的放電現象。發現了在真空管內的空氣逐漸變少，放電現象，就有很顯著的不同。

在真空管內的兩端裝有陰極和陽極。祇要將兩極和感應圈連接，使電花在真空管內放射。在真空管內的空氣還比較的時候，放電以後，陰極的附近是黑暗的。這個區域常稱為「克魯格斯黑區」。稍遠就亮些，更遠又黑了。

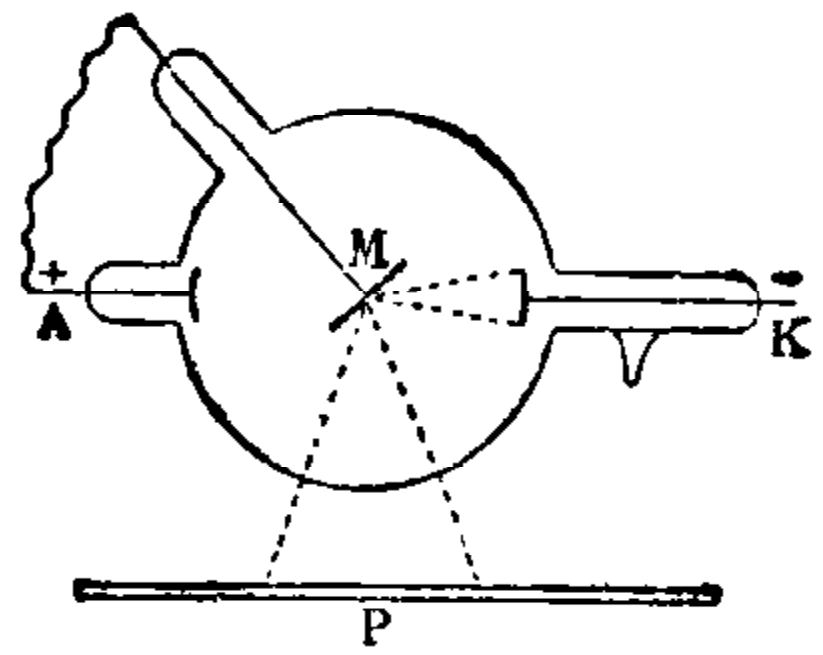
再遠一直到陽極都是充滿了波狀的光。設將真空管內的空氣減到壓力等於百分之一厘米水銀柱高的時候，「克魯格斯黑區」就逐漸擴大，充滿了管內，有人目看不見的「陰極線」(Cathode Rays)放出了。

怎樣知道有陰極線的呢？第一是因為射在玻

璃管上，能發生螢光；第二是因為能發生熱的效應；第三是因為遇到了阻礙的



第十圖
陰極線所成的影



第 二 十 二 圖
愛 克 司 線

物質能發生相當的影（第十九圖）。

倫得根（Röntgen 1845—1923）到了一八九

五年，倫得根在真空管內加入了金屬板 K（第二十圖），使從陰極 M 射出的陰極線正射在金屬板上，就發現了和陰極線性質不同的「愛克司線」（X-rays）。

他放感光紙在不透光的匣內，再放手掌在匣口的上面。於是使愛克司線

放出。就能透過手掌和不透光的匣，使

感光紙發生化學作用。因為骨比肉不容

易透過，所以在感光紙上就攝得了骨的

像了（第二十一圖）。

愛克司線能透過平常光線不能透過



第 二 十 一 圖
從 愛 克 司 線 攝 得 的 像

的物質，所以現時醫生常用來檢驗身體內部骨骼的變動，或竄入身體內部的子彈，是非常有用的。

勃格來 (Becquerel 1852—1908) 勃格來在一八九五年的時候，偶然發現放在鈾旁的感光紙忽起了變化。感光紙是包裹在不透光的黑紙內，怎樣能有光射入呢？他詳細考察以後，知道鈾能放射一種人目看不見的光線。這種光線能透過平常光線所不能透過的物質。現時常稱爲「勃格來線」。

從鈾放出的「勃格來線」不獨能透過金屬，並且能使有些物質發生磷光，也能發生熱的效應，還能使氣體變成可以導電的。

居利 (Curie 1859—1906) 一八九八年居利夫婦又發現除了鈾以外，釷也能放射人目看不見的光線。後來研究含有鈾的瀝青礦，又發現了鐳也有同樣的現象，並且知道比鈾還要強些。

羅善福 (Rutherford 1871—?) 到了一八九九年，羅善福才知道從鐳放射

的光線，受了很強磁石的影響，可以分成三種：一種是「阿爾發線」(X-ray)。
。透射力很小，祇能透過厚五十分之一耗的鋁箔。後來他證明這就是帶陽電的
氦原子。一種是「倍他線」(Beta-ray)，透射力比阿爾發線大，能透過厚二分之
一耗的鋁箔。這是和陰極線相同的電子。一種是「伽馬線」(Gamma-ray)，透射力
最大，能透過厚一耗的鉛片。這就是和愛克司線相似的了。

愷爾文 愷爾文在一八八一年的時候，就說陰極線是帶陰電的電子。電子的
質量約等於氫原子的一千八百分之一。他在一八九七年又發現陰極線不獨是
能受了磁石的影響，發生偏轉；並且還能受了電力的作用，也發生偏轉。更從
這個試驗測定了電子所帶的電量和質量的比率。

愷爾文的重要試驗很多。並且是首創「電子說」的。以爲物質的原子是從
帶陰電的電子和帶陽電的核組成的。原子的構造和太陽系相仿，電子環繞著核
旋轉，正和行星環繞著太陽旋轉一樣。

化學 電學的進步對於化學的影響很大。伏維和法勒第對於化學的貢獻，並不比對於電學差些。此外就是有機化學的興起，和各種理論的成立，所以第十九世紀的化學，比較從前就大不相同了。

克維 克維最先研究的是一氧化氮。這種氣體向來是認為很毒的。但是他曾吸入少許自行試驗，知道並不很毒。後來膽更大了，就吸了這種氣體幾分鐘，畢竟暈去了。等到蘇醒以後，也並沒有什麼傷害發生。他研究這種氣體差不多費了一年的光陰。最後才發表這種氣體的功用，說是可以做麻醉劑的。

在一八〇〇年的時候，尼古爾孫 (Nicholson) 和伽列斯爾 (Carlisle) 已發現電流在水內通過以後，就有氫氣和氧氣放出。除了這兩種氣體以外，在水內陰極的附近，還能有鹼質發生；陽極的附近，還能有酸質發生。當時研究的人很多，以為是從水變成的。一直到了一八〇六年克維就將這個現象完全解決了。

在水內通過電流的時候，所發生的鹼質和酸質，兌維以為是因為所用的器具不乾淨，才發生的；並不是從水變成的。所以他用蒸溜水，又用瑪瑙杯，後來又用金杯。可是鹼質和酸質依然是發生的。於是他就不再用蒸溜水，改用蒸發很慢得到的水。試驗的結果，發生的酸質是比較要弱些，但是鹼質卻更強了。他又以為鹼質是從空氣內走入的。所以再將盛在金杯內的水，用抽氣唧筒將空氣抽去。這樣通過電流以後得到的就祇是氫氣和氧氣，沒有一些鹼質或酸質發生了。

兌維用了這種試驗，不獨是證明了水是氫，氧的化合物，還成立了分析物質的新方法。所以他利用了電解的方法，又繼續的得了許多新的發現。一八〇七年發現了鉀鈉兩種原質，一八〇八年又發現了鋇鎂鈣三種原質，一八一〇年又發現了氯氣，知道鹽酸是氫氣的化合物。

此外他又發明了弧光燈和電爐，又製成了安全燈。都是很重要的貢獻。

達爾頓 (Dalton 1767—1844) 到了達爾頓的時候，化學上的發現已是不少。知道是原質的已有六十四個。原質互相化合以後，變成的各種化合物那就更多了。

自從拉法謝開始對於化學變化，用天秤測定物質的重量以來，各化學家也就都注意到重量的關係。到了達爾頓的時候，化學上的成分不變定律已是成立。這定律是普洛斯脫 (Proust) 首先提出的，是說化合物內所含有的成分是常成一定比例的。例如水的成分氧的重量常是氫的八倍。

達爾頓詳細研究以後，知道化合物的成分不獨是成一定的比例，並且各成分都有單獨的重量單位。變成了化合物的時候，常是這個重量單位的倍數。例如氧和氮能化合成五種不同的化合物，下表就是所有重量和體積的比例。

化合物名稱	氮	氧	體積	重量

一氧化二氮 (N_2O)	2 : 1	28 : 16
一氧化氮 (NO)	2 : 2	28 : 32
三氧化二氮 (N_2O_3)	2 : 3	28 : 48
二氧化氮 (NO_2)	2 : 4	28 : 64
五氧化二氮 (N_2O_5)	2 : 5	28 : 80

從上表內，可見定量的氮所能化合的氧，常是十六的倍數。並且可以看到假如單位體積的氮重十四克的時候，體積相同的氧就重十六克。

前面所說的就是達爾頓發明的倍比定律。他更進一步創立「原子說」，用來說明成分不變定律和倍比定律。

他所主倡的「原子說」，和希臘的德謨克利圖所說的是很相同的。以為物質是從很小的原子組成。這些很小的原子是像子彈一樣的。物質不同的原子，

重量是不相等的。他還說氫原子大概是最輕的，氮原子比氫原子重十四倍，氧原子比氫原子重十六倍。

兩種原子化合的時候，原子的重量決不會少去一些。所以甲原子和乙原子化合成了化合物以後，兩種原子的重量就能成一定的比例。假如化合成的化合物很多，一種是從甲原子一個和乙原子一個化合成的，另一種是從甲原子一個和乙原子二個化合成的。那麼，在這兩種化合物內，乙原子的重量自能成很簡單的例子了。

他又說過使水電解，得到的氫氣體積常是氧氣體積的兩倍。鈉和水作用以後，可以放出氫氣，同時就得到了氫氧化鈉。再將氫氧化鈉分析，又知道是含有氫氣的。假如水祇是從一個氫原子變成的，那就要有半個氫原子存在，這是不可能的。所以在水內含有的氫原子一定要有二個。

無論用什麼方法不能再發現氫氧化鈉的成分氫，氧，鈉變成更小的部分。

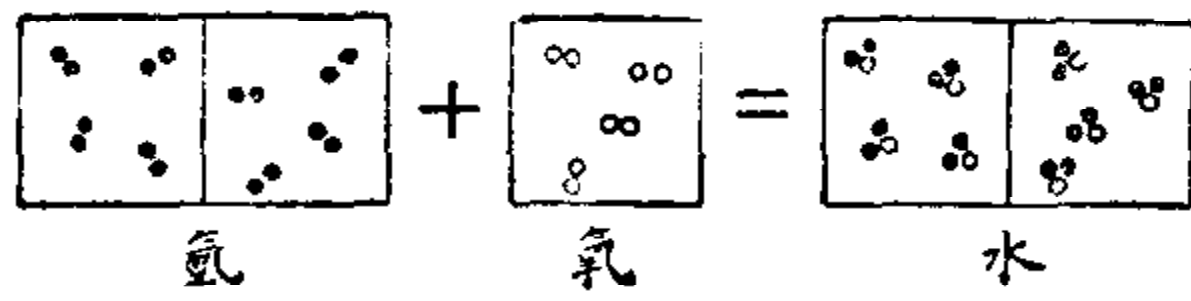
所以氫氧化鈉是從氫原子一個，氧原子一個，鈉原子一個化合成的。這樣化合成的就是氫氧化鈉的分子了。

達爾頓在一八〇八年發表的原子說，實是化學上重大的發明。所以近世化學的進步，很受了達爾頓的影響。

白濟留斯 (Berzelius 1779—1848) 白濟留斯很相信達爾頓的原子說，極力測定各種原質的比較重量。他所測定的原子量很多，和現時所用的相差很少。

給呂薩克 (Gay-Lussac 1778—1850) 給呂薩克曾研究氣體的壓力和溫度的關係，發明了「給呂薩克定律」。又用氣球採取各種高度的空氣，測定空氣的成分是不變的。他在化學上的重要貢獻，就是一八〇八年發表的「氣體反應定律」。

這個定律是說兩種氣體化合的時候，氣體的體積常成很簡單的比例；假如得到的化合物也是氣體，那麼，化合物的體積也和兩種氣體成簡單的比例。例



圖二十二第
律定洛特加伏阿

如氫氣和氧氣化合成水，氫氣的體積常是氧氣的兩倍；得到的水蒸汽，體積是常和氫氣相等的。氧氣和一氧化碳化合成二氧化碳，一氧化碳的體積常是氧氣的兩倍；得到的二氧化碳，體積是常和一氧化碳相等的。

阿伏加特洛 (Avogadro 1776—1856) 一八一一年

加特洛又主倡在溫度、壓力相等時候，體積相等的氣體內含有數目相等的分子。

例如二體積的氫氣和一體積的氧氣化合成二體積的水蒸汽，在每體積內的分子數目是相等的。設每體積內有分子四個（第二十二圖），那麼，八個分子的氫就能和四個分子的氧化合成八個分子的水蒸汽。用了阿伏加特洛定律，就很容易說明了。

阜費 (Wohler 1800—1882) 自從一八二八年阜費從精酸銻製成了尿素 (

Dres) 以後，才改變了從來對於有機物的觀念。證明有機物也可用化學方法製成，並不一定要賴自然的力量。近世有機化學的成立就是從阜婁開始的。

他又在研究精酸的時候，發現得到的成分和同時里比希 (Triebig 1803—1833) 得到的雷酸相同，但是性質並不一樣。於是兩人互相商量，才決定是同質異性的化合物。他們後來共同研究，對於有機化學的貢獻很多。

里比希 里比希常和阜婁共同研究有機物的性質，得到的結果也常共同發表。他又創製許多分析有機物所用的儀器。有機化學的發展，里比希也是很有力的。

他又研究植物生長必需的原質，並且考察這些原質的來源。於是知道了使植物生長應用的肥料。這項研究影響農業很大。

里比希曾在一八三二年製成了迷蒙精 (Chloroform)。過了十五年就開始用來做麻醉劑，減少了病人許多的痛苦。

孟特利甫 (Mendeleeff 1834—1907) 化學家研究了各種原質以後，知道有些原質的性質是很相似的。並且從一八五〇年起，科爾勃 (Kolbe 1818—1884)，刻干勒 (Kekule)，佛蘭克倫 (Frankland) 等，對於原質的原子價有了相當的研究以後，知道原子價也有相同的。漸引起了使原質分類的方法。

一八一七年達勃利納 (Doberiner 1780—1819) 就發現了有許多的三個原質常有相當的關係。例如氯，溴，碘的性質很相似，溴的原子量恰等於氯，碘的原子量的平均數；鈣，鎂，鋇的性質也很相似，鎂的原子量恰等於鈣，鋇原子量的平均數。

到了一八六四年，牛倫特 (Newland) 更發明將原質依照原子量的大小排列。選定一個原子量很小的算是第一，這樣每七個排列一行。第八個正排列在第一個的下面；第十五個正排列在第八個的下面。排定以後，可以看到第一個，第八個，第十五個的原質性質恰是相同的。並且以下排列的也能顯出這樣的關

係。正和音樂上的音程 (Octave) 一樣，所以稱爲「音程定律」。

自從發明了音程定律以後，過了五年孟特利甫就發明「週期律」了。孟特利甫的週期律和音程定律，並沒有不同。排列的方法也是依照原子量的大小，每原質七個排列在一行。

兩人的發明既是完全相同，爲什麼現時都說是孟特利甫的「週期律」，不說是牛倫特的「音程定律」呢？這卻不容易解釋。不過孟特利甫曾對於他所排的週期表上，許多空白的位置，說過將來一定有原質可以發現，恰能補在這些空白位置上；他並且指出這些原質應有的性質。果然到了一八七五年就發現了一個恰和他所說的相同。於是孟特利甫的「週期律」就很能使世人重視了。

雷默塞 (Ramsay 1852—1916) 在一八九三年的時候，雷累 (Rayleigh 1842—?) 測定各種氣體的密度，發現了從空氣內取出的氮常比從氮化合物內取出的氮重些。經過了雷默塞的研究，才知道在從空氣取出的氮內還含有氦。

到了一八九五年，他又發現了氦。後來在一八九八年又知道空氣內還有氦，氫，氫三種氣體，這五種氣體常稱爲稀有氣體。

他對於放射物質也有相當的研究，得到的結果比較發現空氣內的稀有氣體還要重要些，並且測定了從鈾放射的氣體的比重。

地質學 在第十九世紀的時候，得了許多地質學家到各處考察以後，於是地層的構造，地球生成的歷史，漸漸的都能知道一些了。

雷俠兒 (Lyell 1797—1875) 雷俠兒收集了能使地面形狀發生改變的原因，詳細研究，又知道在火成巖，水成巖以外，還有一種「變成巖」。這是火成巖或水成巖受了外力逐漸變化成功的。

他到各處實地考察，研究了很久。然後在一八三〇年著成了地質學原理 (Principles of Geology)，詳論地球生成的歷史，從此地質學就進步很快了。

阿葛息 (Agassiz 1807—1873) 阿葛息在地質學上重要的貢獻，就是他在

一八三七年發現了冰河的作用。

高山頂上的雪逐漸滑下，就能凝結變成了大塊的冰，這些冰塊常帶了巖石一同流下。這樣成功的冰河到了空氣溫度較暖的地方就融解了。於是那些帶下的巖石都留下了。

在古代的時候，冰河常將巖石運送到很遠的地方。阿葛息就是首先發現這個現象的。

生物學 生物學的研究，在第十九世紀的時候，有兩個重要的方向。第一就是從古生物學的研究和現時生物分佈的情形，逐漸的知道了生物進化的原理。第二是利用顯微鏡，知道了生物的組織，和各種微生物的活動情形。從此對於疾病的發生，也知道了確切的原因。所以近世生物學在第十九世紀有很顯著的進步。

洪保特 (Humboldt 1769—1859) 第十八世紀的步豐對於動物分佈的情形

，有詳細的研究。到了第十九世紀洪保特對於植物的分佈也就首先研究了。他曾沿了溫度相等的地方，考察所有的植物，後來又到各處調查，大概共有六十年。一八五九年所著宇宙 (Cosmos) 才完全出版。在這書內，他詳細敘述了各處植物的情形，從此世人才有了可靠的智識。

自從有了洪保特的實地考察，就引起了許多科學家也到各處去考察了。達爾文 (Darwin 1809—1882) 是一八三一年出發到南美的；霍科 (Hooker) 是一八三九年出發到南極的；赫胥黎 (Huxley 1825—1895) 是一八四六年出發到澳洲的。對於生物學的進步很有影響。

拉馬克 (Lamarck 1744—1829) 屈費兒 (Cuvier 1769—1832) 和聖海意雷 (St. Hilaire 1772—1814) 拉馬克，屈費兒，聖海意雷三人都是和洪保特同時的生物學家。他們曾在一處共同研究，對於生物學都有相當的貢獻。

拉馬克在一八〇一年即說明各處的生物經過了很久的時間，才逐漸變化成

了現時的情形。將鳥類養在籠內，長久以後就能失去飛翔的能力；本在平原的植物移種在高山以後，就沒有原來的高大了。

他並且指出氣候和食物可以使生物發生改變，並且這種改變是能遺傳的。長頸鹿（第二十三圖）因為要喫很高樹上的葉，必須將頸伸長。經過了幾代以後，頸就逐漸的變長了。

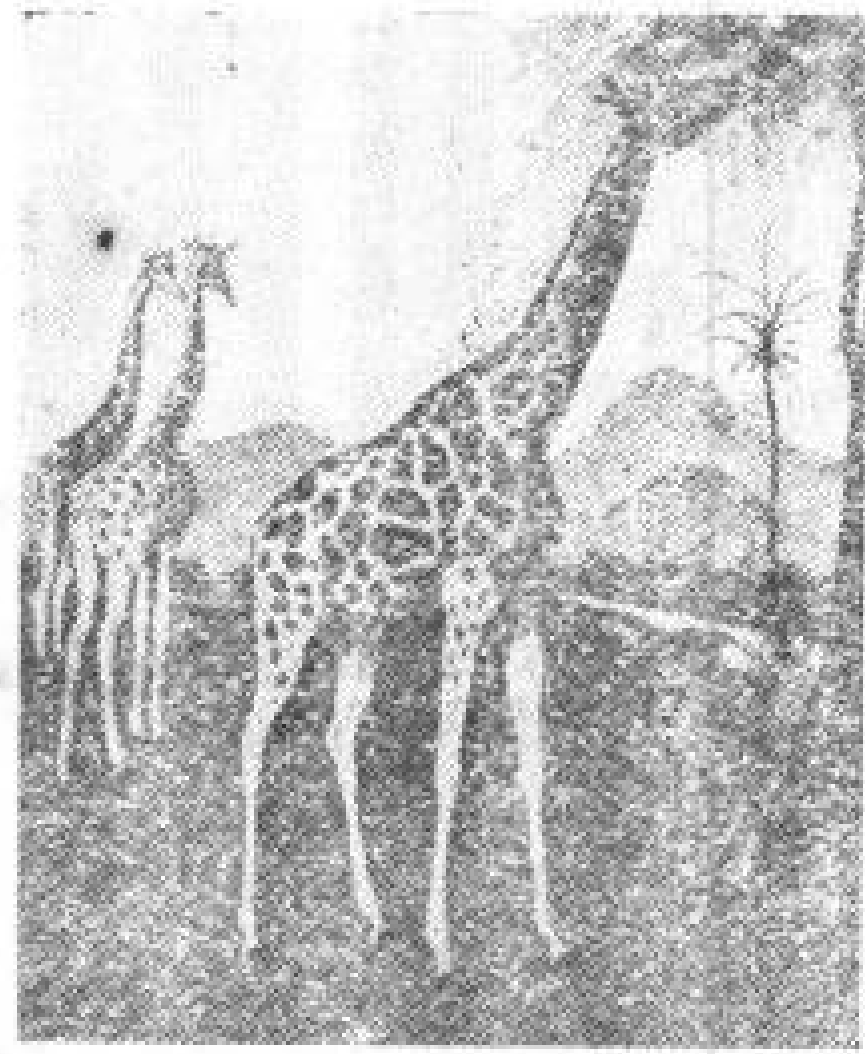


圖 三 十 二 第
鹿 頸 長

聖海意雷發現各種動物的構造都是很

相似的，所有不同的地方都是最適合這種動物生存的。例如象的鼻，蝙蝠的翼，都是這樣變成的。所以他說動物的構造祇是很小的部分有些不同，大體是完全一樣的。

可是同在一處研究的屈費兒很反對這種意見。以為動物的各部分都是互相

調和的。這一部分所以要怎樣改變，正是爲了全體的緣故。所以祇要看了各種動物的牙齒，就可知道胃的構造有怎樣的的不同。假如身體的一部分發生了變化，其餘的部分也是要發生變化的。

他們爲了這個問題，爭論很久。直到現時才知道都是正確的。

屈費兒根據了他的主張，就能從化石推想到原來的動物是怎樣的。於是埋在地下的秘密，從一八一二年起，就給他洩露了。古生物學的成立就是從他開始的。

逢倍爾 (Von Baer 1792—1876) 一八二八年逢倍爾又發表一種很有價值的研究。知道各種動物的胚胎都是很相似的。魚類，爬蟲類，鳥類，哺乳類的，胚胎並沒有不同。逐漸長大，魚類的胚胎就先起了變化，這時爬蟲類，鳥類，哺乳類的仍很相似。再長大了些，爬蟲類的胚胎就起變化了，但是鳥類哺乳類的仍很相似。再長大以後，於是鳥類的胚胎也起了變化。最後哺乳類的胚胎才

起變化。

他並且發現各種動物的器官，在胚胎期內都是很相似的。證明了聖海意雷的意見。

達爾文和沃力斯 (Wallace 1823—1913) 自從有了逢倍爾等的研究以後，生物的進化漸成了重要的問題。經過了達爾文和沃力斯二人的研究就將這個問題解決了。

達爾文曾到南美考察了五年，對於生物的進化很有許多的發現。可是他又費了二十年的光陰，收集關於這個問題的材料。他本想再研究幾年，才行發表。不過因為沃力斯的緣故，就在一八五八年發表了。

沃力斯在到了馬來羣島考察以後，對於生物的進化也有相當的發現。他將自己的研究寫成了論文寄給達爾文請他代為發表。達爾文收到以後，非常驚異，沃力斯的意見完全和達爾文的相同。所以就交雷俠兒代為刊印。雷俠兒早知

道達爾文對於這個問題已有了二十年的研究，就勸達爾文將著作的一部分也同時發表了。後來到了一八五九年達爾文的物種由來 (The Origin of Species) 才行出版。

他們以為動物的生存競爭是很劇烈的。祇有那些最適合生存的才能繼續繁殖，不致滅種。還有能遺傳的性質，也是那些最適合生存的。所以生物の種類就因此逐漸的變化不同了。

例如在巢內的許多小鳥，祇有那些翼強的，才能飛得很遠，並且容易得到食物。還有那些翼黑的，才不會給鷹類看到。這兩種的小鳥都是最適合生存的。所以翼強的或翼黑的就逐漸將這兩種性質遺傳下去。幾代以後，就完全成了不同的兩種了。

各種的家鴿原來是從野鴿變成的。人類將野鴿豢養的時候，有時喜歡尾長的，就將長尾的鴿互相配合。經過了幾代的遺傳，鴿的尾就變長了。有時喜歡

嘴闊的，就將闊嘴的鴿互相配合，經過了幾代的遺傳，鴿的嘴也就變闊了。所以要使牛羊的種類改良，祇要採用了這種方法也就可以成功的。

這種出於人爲的選擇，成效很大，出於自然的選擇成效就很慢了。

薑菜的繁殖全賴有蜂類使花粉傳布。所以蜂類的滅亡對於薑菜的繁盛很有影響。能傷害蜂類的，就是許多的野鼠。不過村莊上的貓卻又是能傷害野鼠的。因此村莊上的貓多了以後，野鼠就少；野鼠少了以後，蜂類就多。於是薑菜也就能繁盛了。

假如野鼠的一種是稍帶臭氣的，那麼，村莊上的貓在容易找到其他的野鼠以前，決不來傷害這種有臭氣的野鼠，因此有臭氣的野鼠就最適合生存，逐漸的繁殖。長久以後，有臭氣的野鼠就可以很多，並且貓又不去傷害，蜂類就要變少，薑菜也就難繁盛了。

不過在這個時候，薑菜的新種也可以發生了。因為蜂類逐漸的減少，就有

蛾類能使花粉傳布。但是祇有那些花瓣稍下垂的，最適合蛾類的棲息，於是這種花瓣稍下垂的堇菜就逐漸的遺傳了，不久就變成了和從前大不同的新種。

這種自然的選擇進行很慢。但是生物種類的變化就是經過了這樣久遠的歷史造成的。所以生物的各部分都是最能適合生存的。

外斯曼 (Weismann 1831—1914) 自從達爾文和沃力斯發表了生物進化的學說以後，研究這個問題的很多，不過有重要貢獻的就是外斯曼了。

他首先指明生物的細胞有兩種：一種是身體細胞，一種是生殖細胞。以為祇是生殖細胞和遺傳是有關係的，身體細胞是並沒有關係的。所以從身體細胞組織成的身體各部分，受了環境影響發生的變化，是不能遺傳的。他曾將老鼠的尾割去，再使繁殖；仍將尾割去。這樣幾代以後，老鼠仍是有尾的。

所以外斯曼的意見，以為自然的選擇並不在生物的個體，實在生物的生殖細胞。

孟特爾 (Mendel 1822—1882) 孟特爾從一八五三年起，就開始研究植物的遺傳。得到的結果在當時並沒有人注意。一直過了三十五年到了一九〇〇年的時候，才知道他的研究是很有價值的。

他將高種的豌豆和低種的豌豆配合。得到的第二代豌豆都是高種的。他說這是因為高種的性質比較低種優勝的緣故。他再將第二代的豌豆自行配合，得到的第三代豌豆就有四分之一是低種的，四分之三是高種的了。不過他又發現這四分之一的低種是真正的低種，再自行配合以後得到的都是低種。在那四分之三的高種內，祇有三分之一是真正的高種，再自行配合以後得到的都是高種；其餘的三分之二是和第二代的高種相同的，再自行配合以後，得到的高種等於低種的三倍。

生物的各種性質在遺傳的時候都是這樣的。孟特爾發表這種結果的時候，在達爾文的物種由來印行以後五年，但是他並沒有知道達爾文的研究。得到的

結果卻能使生物進化的原理有很正確的說明。

巴斯德 (Pasteur 1822—1895) 在第十七世紀的時候，利文霍克就發現微生物。但是經過了第十八世紀，到了一八六五年巴斯德才有詳細的研究。

他將一種很容易腐敗的有機液，露放在空氣內，隔了一天就產生了微生物。後來又將這種有機液放在長頸瓶內，隔了九十多天才產生了一些微生物。他又將這種已腐敗的有機液的一部分煮沸，知道可使產生的微生物完全消滅；另一部分露放在空氣內，那就立刻腐敗很快了。他重新將上項有機液放在瓶頸曲折細長的瓶內煮沸，那麼隔了幾年仍是沒有微生物產生。

所以他說微生物的產生必須先有種子。在有機液內沒有了微生物的種子，又不露放在有微生物種子的空氣內。決不會有微生物產生的。

巴斯德在一八七七年又研究疾病的來源，知道因為有了微生物的緣故。他最大的發現，卻在將這些能使疾病發生的微生物注射在動物的身體內，就能使

發生抵抗這種微生物的抗毒素 (Anti-toxin)。再將抗毒素取出，注射在人體內，就不再受這種疾病的傳染了。近世的血清注射實是從巴斯德開始的。

數學 第十九世紀的數學，值得注意的，就是虛數的採用，和「非歐几里得幾何學」的發展。

高斯 (Gauss 1777—1855) 自從高斯創立了虛數以後，數學的範圍就很擴大。不獨是能使高等數學有鉅大的進步，並且對於物理學也有顯著的影響。

洛貝幾斯克 (Lobatchewski 1793—1856) 歐几里得的幾何學，歷史很久，向來都認為真理的。可是實際的情形並不和歐几里得幾何學符合，首先發現的就是洛貝幾斯克了。

在歐几里得幾何學上，說明三角形三角的和必須等於一百八十度。但是實際上三角形三角的和並不一定等於一百八十度的。平行線是不能相交的，但是實際上也並不是這樣的。所以歐几里得幾何學祇不過是理論上正確的。

非歐几里得幾何學的發展，就在補救這種純粹理論的缺點，使更適合實際的情形。

第八章 近代的科學

第二十世紀的科學 各種科學在最近的三十年內，更是進步；并且還有不少新創的學說和發明。這些學說和發明，正有許多是沒有決定的，還須有詳細的研究。

還有許多新興的科學，是聯合了幾種科學成功的。例如生物化學是聯合了生物學和化學成功的，專研究生物學上的化學問題。所以現時的科學，比較從前界限更不十分清楚了。一個問題的解決，須用許多種的科學，並不是不常見的。

太陽系的生成 自從拉伯拉司主倡星雲說以來，到了一九〇〇年才有不同

的學說發表。這就是張伯倫 (Chamberlin) 和莫爾頓 (Moulton) 所主倡的「小行星說」(Planetesimal Hypothesis)了。以爲太陽經過附近的恆星，發生爆裂。就有許多小行星放出，環繞著太陽運行。這種放出的小行星經過了很久的時間就逐漸合併變成了現時的幾個行星和衛星了。

到了一九二四年，琴司 (Jeans) 又有不同的意見發表，將「小行星說」稍加改變，使更能適合觀察天象得到的結果。以爲宇宙原來是許多溫度很高的星雲，每個星雲後來逐漸凝結變成了許多的星。現時仍可看到有許多星雲還沒有能凝結成星的；還有許多是正在凝結的。這和拉伯拉司所說的相同，不過比較更範圍擴大些。假如現時的太陽系面積是和銀圓相等，那麼，當初的星雲就須和世界上最大的都市面積相等，宇宙的全體就和地球相等了。

因爲星雲旋轉和縮小的緣故，溫度也就逐漸升高。受了离心力的影響也逐漸的變平，成了盤狀。於是就有溫度很高的氣體從盤狀的兩邊放出，變成了二

股很大的螺旋形星雲。從這樣的螺旋形星雲凝結以後，就變成星了。這種螺旋形星雲現時仍可看見不少。

這種學說在數理和觀察上都是很能符合的。不過從星雲變成的星，並不一定是成了像太陽系一樣的。所以他對於太陽系的生成，就不得不另加理想，以為是受了附近恆星的影響。這樣變成的螺旋形星雲，就可在同一的平面上。等到螺旋形星雲再凝結成了行星，就能和現時太陽系一樣，各行星是和太陽在同一平面上的。

原質的蛻變 鐳質的放射作用發現以後，不久就發生了原質蛻變的問題。

一九〇二年羅善福和索岱 (Soddy) 首先發現鈾質放射以後，逐漸的變成了和鈾質不同的原質，後來經過了許多科學家的研究，知道能蛻變的原質很多。

從原質的蛻變就引起了使原質改變的研究。蛻變現象是原質固有的，從一種原質變成了性質不同的另一原質。使原質改變是賴外力的，正和古代的鍊金

術士想使賤金屬變成黃金一樣。在一九一九年的時候，羅善福使「阿爾發線」射在氮氣上，將氮改變成了另一種的原質。證明使原質改變並不是不可能的。

原子數的發現 在一九一三年的時候，莫斯列 (Moseley 1888—1915) 將陰極線射在各種不同的金屬片上，這樣放出的愛克司線再使透過低鐵精化鉀的結晶，發現振率並不相同。假如依週期表上原質的次序，逐次用陰極線來射，那麼得到的振率也就成有規律的改變。他用這種方法發現了各原質的原子數。

原子的構造 自從第十九世紀愷爾文主倡原子是從帶陽電的核和帶陰電的電子組成的以後，到了一九一一年羅善福就更有詳細的研究。以爲原子的核是從陽電和少數「束縛電子」(Bound electron)組成的。因爲陽電比陰電多的緣故，所以核是帶陽電的。這些多餘的陽電恰和環繞著核旋轉的電子上所有的陰電中和。

氫原子的核上，祇有一陽電荷；環繞著核旋轉的電子也祇有一個。氫原子

的核上，有四陽電荷，和二束縛電子；環繞著核旋轉的電子共有二個。最重的原子是鈾原子，核上共有二百三十八陽電荷，和一百四十六束縛電子；環繞著核旋轉的電子共有九十二個。

到了一九二〇年，阿斯頓 (Aston) 又發現了鉀的原子量有兩種：一種是三十九，一種是四十一。所以鉀的原子構造也有兩種：一種是核上有三十九陽電荷，和二十束縛電子；環繞著核旋轉的電子共十九個。一種是核上有四十一陽電荷，和二十二束縛電子；環繞著核旋轉的電子共十九個。像這樣有幾種構造的原子很多。因此凡是環繞著核旋轉的電子數相等的，常稱為「同位體」(Isotopes)。同位體就是原子量不相等，但是化學性質卻相同的。

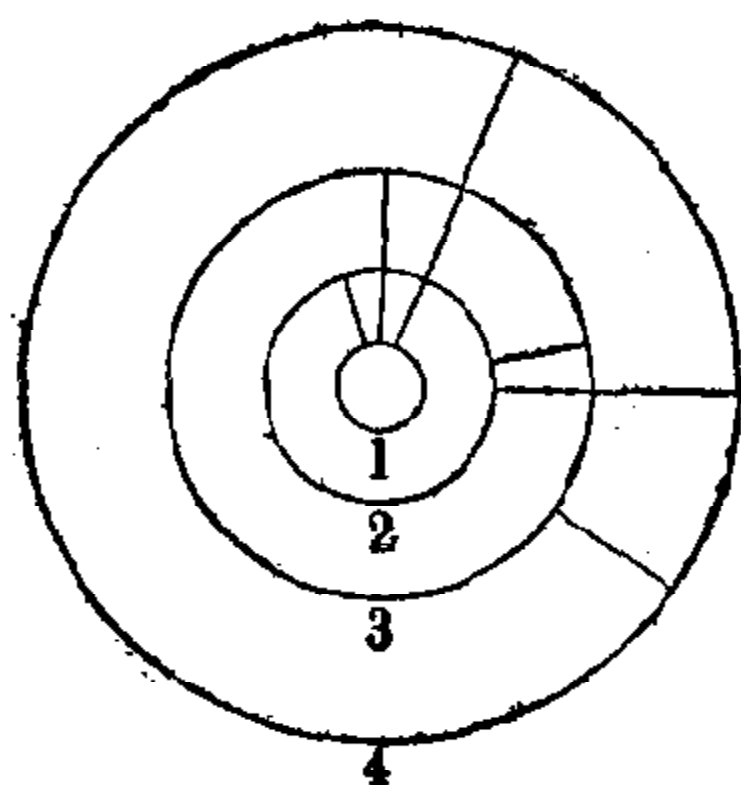
但是化學家的意見和物理學家的意見很有些不同。所以郎格摩 (Langmuir) 在一九一八年所發表的，是說氦原子祇有一個軌道，在這個軌道上運行的電子共有二個。比氦重的鋰，有二個軌道：第一軌道有電子二個，第二軌道有電子

一個。比鋰重的鈹也有二個軌道：第一軌道有電子二個，第二軌道有電子二個。各種原質的性質和在較外軌道上的電子是很有關係的。所以這種電子常稱為「原子價電子」(Valency electron)。

最近的研究以為原質的性質是和(一)原子價電子數(二)在軌道上運行的電子數都有關係的。

量子說 在一九〇〇年的時候，潑郎克 (Planck) 以為輻射的能量，是成了定量放出。並說明能量的單位是和輻射的振率有關係的。

到了一九一三年波爾 (Bohr) 就用了潑郎克的量子說，來解釋原子的構造。以為氫原子的軌道共有四種：環繞著核旋轉的電子，祇可從這一軌道跳到另一軌道(第二十四圖)。所



圖四十二第
道軌的子原氫

以氫原子的電子共有六種不同的變化。每種變化都有一定的能量放出。在兩個軌道中間的地方，電子是不能存在的。電子的速率增加以後，就立刻從這一軌道跳到另一軌道。

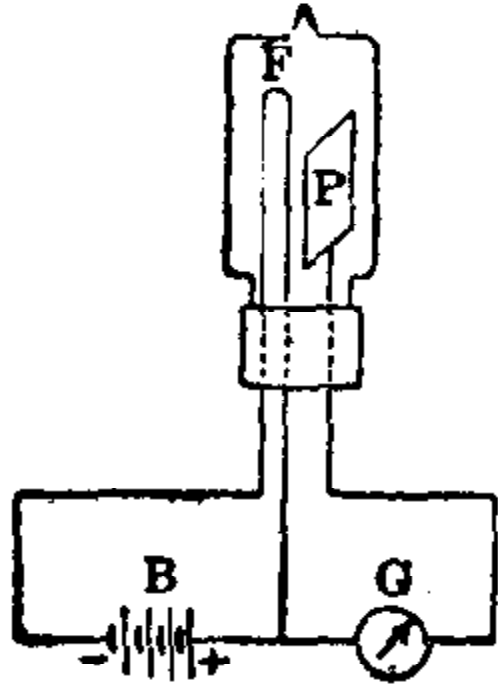
採用了波爾的見解說明從氫光得到的光帶，很是圓滿。不過到了一九二五年海意盛堡 (Heisenberg) 更有了新的意見。他以為說明原子的構造是很多事的。看了時鐘的外部，就想出了時鐘的內部構造。各人的思想不同，時鐘的內部構造也就可以有許多種。但是怎樣能決定想出的構造是和實際相同的呢？研究原子祇要知道放出或吸收的能量是怎樣的，不必再去想出原子的構造。正和研究時鐘一樣，祇要知道時鐘的針是怎樣行動的。想出了各種的構造，也不過是說明了針的行動。假如沒有方法能將時鐘拆開，想出的構造又有什麼價值呢？

所以海意盛堡主倡研究原子應將能觀察的認為根據。所有能觀察的就不過是輻射的振率或振幅，和各級的能量。他從這些推衍成了比波爾更好的學說。

一九二六年的希洛亭加 (Schrödinger) 更以為電子祇不過是攪動的中心。從這種的中心能放射各種的波動。他和海意盛堡一樣，完全根據數理來解釋從原子放出的輻射。不能用波爾的理論說明的，希洛亭加也能有很好的說明。

在一九二七年的時候，湯姆生 (Thomson) 使電子流過極薄的金屬片，發現了行動的電子是附帶有波動的，可見電子是必須和這種波動一致的。

在三十年以前，才知道原子是從電子組成的。現時又將電子認為一種波動，於是物質的究極，就不再存在。這是有許多科學家所不能同意的，所以現時仍有繼續研究原子是怎樣構造的。



第 二 十 五 圖
愛 迪 生 效 應

三極真空管的發明 在一八八〇年發明炭絲白熱燈的愛迪生 (Edison 1847—)，在一八八三年的時候，曾將另一金屬片封在白熱燈的燈泡內 (第二十五圖)。於是將電流計 Ω 的一端和金

屬片 α 連接，另一端和使燈絲 β 發光所用的電池 γ 連接。假如是和電池的陰極連接，從電流計上可以看到並沒有電流通過；但是和電池的陽極連接，就有電流通過了。

這是因為在真空管內的燈絲發光的時候，就有帶陰電的電子從燈絲放出。金屬片 α 和電池的陽極連接以後，就能吸引電子流向金屬片。於是就有電流發生；和電池的陰極連接以後，作用相反。電子受了金屬片的排斥，電流就不能發生。這種現象稱爲「愛迪生效應」，利加特孫 (Richardson) 曾有很詳細的研究。

到了一九〇七年，達福爾斯脫 (De Forest) 又在上項兩極真空管內，燈絲和金屬片的中間，封入有細孔的金屬柵，成了三極真空管。將燈絲和金屬片用電池連接，電池的陽極是和金屬片連接的。就能吸引從燈絲放出的電子。設使金屬柵也變成了陽極，那就更能使電子流向金屬片。設使金屬片變成了陰極，

那就能阻止電子流向金屬片。所以祇要改變了金屬柵上所帶的電，就能調節流向金屬片的電子。

後來又經過了許多次的改良，直到一九一二年才有完善的三極真空管製成。於是用來代替粘連器接收無線電。不久放送短波無線電，因為有了三極真空管也成爲事實，並且比從前所用的長波無線電便利多了。

相對論 自從海琴斯主倡波動說以來，即以爲宇宙間有能媒存在。不過這種理想上的能媒，從沒有相當的證明。等到馬克斯威爾說明電磁波和光波的時候，也是承認有能媒的。

假如能媒是果然有的，那麼地球運行的時候就可有兩種不同的現象：一種是在地球運行的時候，能媒是不動的；一種是地球帶了能媒同時運行的。一八八七年密克爾生 (Michelson) 和摩雷 (Morley) 就爲了這個問題，做了很有名的試驗；知道地球和能媒並沒有相對的運動。地球運行的時候是帶了能媒同時運

行的。但是在一八九三年洛奇 (Lodge) 利用高速率旋轉的鋼片測定光線的速率，知道能媒是並不能運行的。他們的結果卻正相反。所以不是試驗有不正確的地方，就是所用的觀念有不正確的了。

不久費慈奇勒特 (Fitz Gerald) 就首先提出有價值的意見，後來拉滿 (Larmor) 和羅倫茲 (Lorentz) 又加以補充。以爲物質的基本既是電，那麼物質的成立，就是因爲有了電力的束縛。因此在能媒內運行的時候，物質的長度就要在運行的方向內縮短了。這一種的縮短是觀察不到的。第一是因爲縮短太小；第二是因爲用來計量的儀器也是有同樣縮短的。密克爾生和糜雷的試驗，也就是因爲有了這種的變化，所以得到的結果不能和洛奇的相同了。

在以後的幾年，就有許多科學家用各種方法在各種環境下，測定光線的速率，結果都是相同的。決定了光線的速率是一定不變的，並不受環境或方法的影響。

於是到了一九〇五年，愛因斯坦 (Einstein) 就有「相對論」發表了。以爲從來對於時間和空間的觀念，並不是根據了實驗得來的。時間和空間並不是有絕對性的，實是和觀察者有相對的關係。用了他所主倡的相對論，以爲光線的速率一定不變，是用不到再加解釋的了。

愛因斯坦的相對論發表以後，物理學就起了很大的變化。最顯著的就是假如我們能用很精密的儀器，來測定經過面前的子彈，那麼子彈一定比靜止的時候要小些，但是子彈的質量卻是增加了。這是從來物理學上所沒有討論到的。

再呢，質量和能力並不是完全不同的，質量有時可變成能力，能力也可變成質量。例如氫原子是從氦原子四個變成的。氦原子四個的質量比氫原子的大些，那些沒有變成氦原子的質量在起變化的時候，都變成了能力輻射出來了。

坐了飛機用和光相等的速率進行。在地面上觀察的，一定可以測定在進行方向的長度減小，質量增加，時間也變慢了。但是坐在飛機內的，並沒有覺到

有這樣的變化發生。祇覺得觀察地面上的時候，卻發生了這樣的變化。這兩種的觀察都是正確的，決不能說有一個錯的。

採用了相對論，宇宙引力就變成了一種性質。空間因為有了物質的緣故，就發生了彎曲。行星環繞著太陽運行並不是因為有了宇宙引力，祇不過空間是有這個性質的罷了。光線經過太陽附近的時候，也要發生彎曲。依照了牛頓的理論計算得到的結果，祇有用相對論計算得到的一半。可是一九一九年實測得到結果恰和從相對論得到的符合。

營養素的發現 大概到了第二世紀開始的時候，才發現食物內含有的營養素（Vitamin），是對於人體的生長和健康很有關係的。食物內含有的營養素，祇是很少的一些。不過缺少了這很少的一些以後，就常要發生各種的疾病了。

經過了許多科學家的研究，到了一九〇六年才有「營養素」的名稱。一九

一二年以後，霍潑金 (Hopkins) 芬克 (Funk)，奧斯朋 (Osborne) 等，就有詳細的研究發表。從此對於營養素的性質也就逐漸明白了。

到了一九二〇年，特郎蒙 (Drummond) 才將已知的營養素分別稱爲「營養素甲」(Vitamin A)，「營養素乙」(Vitamin B)「營養素丙」(Vitamin C)。最近又發現了「營養素丁」(Vitamin D) 和「營養素戊」(Vitamin E)。

「營養素甲」是能溶解在脂肪內的。含在植物的綠葉和動物的肝內。食物煮熟以後，並不損壞，就是和空氣接觸也不發生氧化作用。這種營養素能使人體增加抵抗傳染病的能力。

「營養素乙」是能溶解在水內的。含在植物的果實和種子內。近時更知道營養素乙還有兩種：第一種是含在粗糙的米麥內，能維持人體的神經常在很健康的狀態。腳氣病的發生就是因爲缺少了這種營養素起的。第二種在粗糙的米麥內，並不很多，但是在蔬菜，肉類，牛乳內卻很不少，對於人體的生長很有

關係。營養素乙和營養素甲不同，是不能保存在人體內的。所以每天的食物內必須是要含有營養素的。

「營養素丙」含在酸味的果實內，對於壞血病有很大的效力。這種營養素很容易受空氣的氧化作用。等到果實乾燥以後，也就消滅了。也是不能保存在人體內的。所以在每天的食物內也是必須含有的。

「營養素丁」常和「營養素甲」同時存在脂肪或魚肝油內。到了一九二七年才使「營養素丁」和「營養素甲」分離。一九二九年的時候，知道是紫外線和動物的脂肪作用以後變成的。所以從常在日光下的牛得到的牛乳，就含有這種營養素。在冬季的牛乳內是很少的。對於佝僂病和齲齒病是很有關係的。

「營養素戊」是很容易保存在人體內的。常含在動物或植物內。對於色情的關係很大。缺乏了這種營養素以後，色情就很衰弱，並且也不生育了。

內分泌的功用 現時知道除了唾液等顯然可見的分泌以外，在人體的內部

還含有許多的「內分泌」(Hormones)，是直接流到血液內的。這種內分泌對於身體有很重要的關係。

最先發現的內分泌，是一九〇二年拜列斯 (Bayliss) 和斯塔林 (Starling) 發現的胰液。經過了胃後的食物到了腸內，就需要胰液使發生消化。自從胰液的性質明白以後，就引起了研究人體各部分的內分泌。到了一九二二年彭丁 (Banting) 和倍斯脫 (Best) 又知道胰液以外，還有一種胰精 (Insulin)。糖尿病的發生就是因為缺乏了胰精的緣故。

甲狀腺的分泌是一九一九年肯特爾 (Kendall) 發現的。一九二二年亨寧頓 (Harrington) 更知道了這種分泌的成分，並且能在實驗室內製成。

一九一〇年斯坦納 (Steinach) 更研究生殖腺，做了許多的試驗，知道將生殖腺連接在年老的動物，可使暫時恢復壯年時候的精力。

染色體的研究 孟特爾的試驗在一九〇〇年重新發現的時候，細胞的研究

已很進步。知道在細胞內有一種絲狀的染色體 (Chromosomes)，是能遺傳的。

蘇頓 (Sutton) 就是首先知道孟特爾定律和染色體是有關係的。到了一九一〇年莫肯 (Morgan) 就從試驗證明了。他研究果蠅的細胞知道有四對染色體，同時能遺傳的性質也有四種。

各種細胞的染色體並不相等。小麥的細胞有八對染色體，鼠的細胞有二十四對，人的細胞有二十四對。

膠體的性質 自從一九〇三年有了限外顯微鏡以後，才開始能研究膠體的性質。

哈特 (Hardy) 發現膠體受了電力的影響，常流向一種的電極，可見膠體是帶有陽電或陰電的。假如設法使在膠體周圍的液體，從酸性逐漸變成了鹼性，膠體所帶的電也就逐漸改變。到了平衡的時候膠體就立刻變成沈澱了。可見膠體所帶的電是很重要的。

因為細胞內的原形質就是膠體的緣故，所以膠體的性質就變成了生物學家很重要的研究。植物從根上吸取養分，完全是膠體的作用。根鬚外部是很薄的木材質，內部就是原形質，另有少許的漿汁。根鬚內部液體的濃度比含在土壤內的溶液濃度大，於是就有滲透作用發生，土壤內的溶液就能流到根鬚內了。

葉綠素的功用 植物從根鬚吸取養分以外，還從葉吸收空氣中的二氧化碳。吸收了二氧化碳以後，就賴葉綠素和日光的作用變成了各種的成分。在一八一九年的時候，丕爾諦 (Peltier) 和加文島 (Caverton) 就發現了葉綠素，一直到了一九一三年維爾斯答脫 (Willstätter) 才知道葉綠素是從二種黃色的物質和二種綠色的物質組成的。他並且發現葉綠素是含有鎂的。

吸入葉內的二氧化碳和水，受了葉綠素和日光的作用變成蟻醛 (Formaldehyde) 和氧氣，蟻醛再變成葡萄糖，葡萄糖更失去了水份變成了澱粉。這種光化作用的經過情形，現時也已能知道一些了。

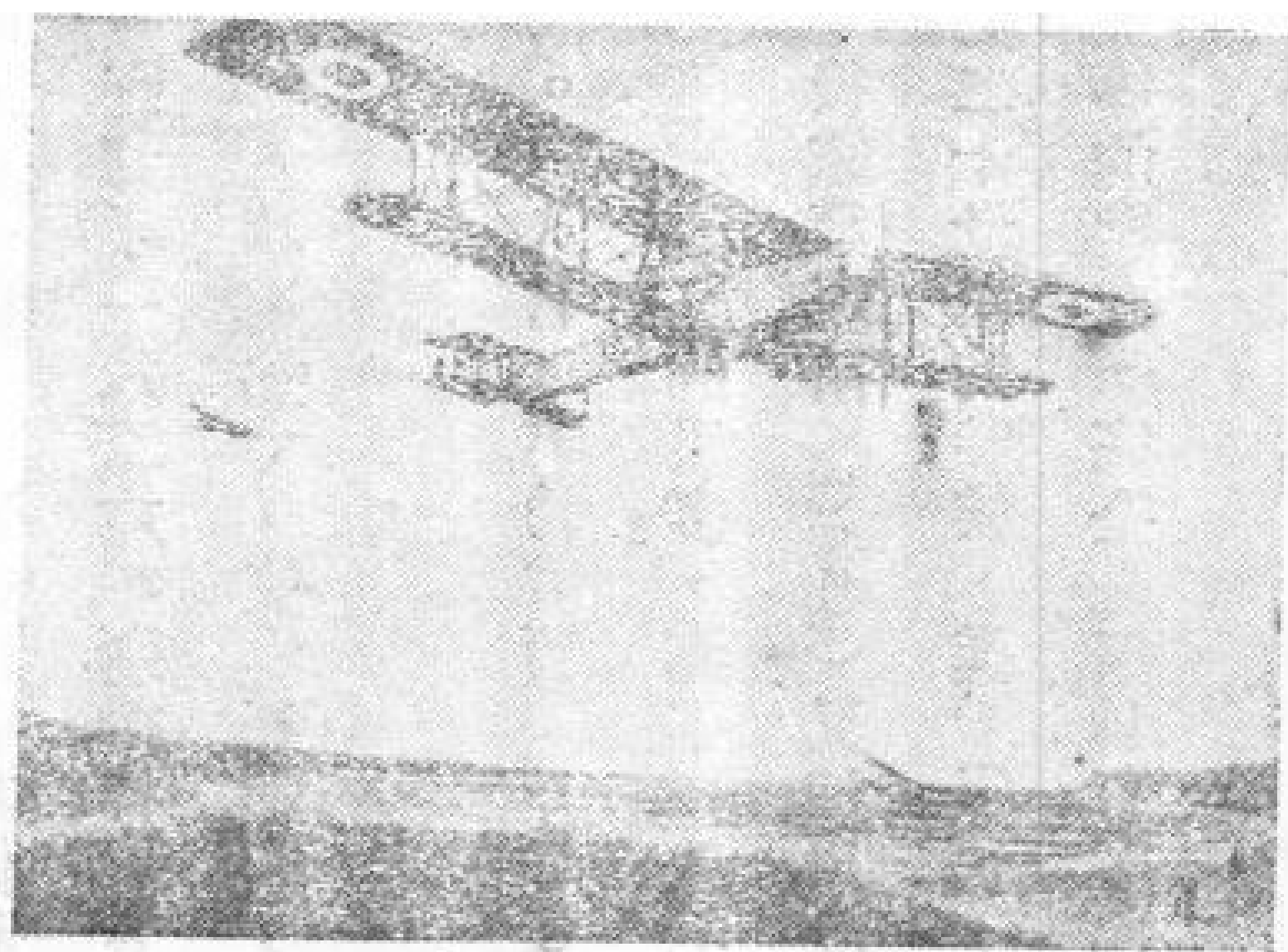
內燃機的進步 在「瓦特汽機」發明以後一百年內，並沒有其他利用熱力的發動機是能和「瓦特汽機」競爭的。一直到了一八二六年斯得林 (Stirling) 才開始製成了「熱氣機」 (Hot Air Engine)。利用熱力，使空氣膨脹，就能和汽機相仿，活塞往返的運行了。

不久又有利用熱力使其他氣體膨脹的。一八七二年勃雷頓 (Brayton) 製成的「內燃機」，就是屬於這一類的。從此研究改良的很多，到了一八七八年鄂圖 (Otto) 就製成了可以實用的內燃機。後來第塞爾 (Diesel) 又加以改良，在一八九七年製成了「第塞爾機」。到了第二十世紀的時候，進步很快，應用更廣。最重要的就是自動車，飛機，潛水艇等的製成，完全是因為有了內燃機的緣故。

飛行的成功 自從一七八三年蒙脫哥菲亞 (Montgolfier 1740—1810) 製成了氣球以後，並能很安穩的上升到了空中，於是引起了無數科學家的研究，想

設法使變成可以隨意升降和進退的。到了一八五二年奇發特 (Gibert) 就發明了飛艇。又經過了許多的改良，大概到了第二十世紀的時候，飛艇改用了內燃機發動以後，才有相當的實用價值。

不過科學上偉大的成功，卻在使比空氣重的飛機能在空中飛行（第二十六圖）。大概在第十八世紀的時候，就有研究怎樣可以飛行的。一直到了一九〇三年萊脫 (Wilbur Wright 1867—1912) 和他的兄弟 (Orville Wright 1871—) 才完全達到了目的。他們在一九〇一年以前，專心研究關於飛行的學識，並製成了「滑機」 (Gliding Machine) 實地



第 二 十 六 圖
飛 機

練習飛行。等到有了充分的經驗以後，從一九〇一年起就研究可使飛機行動的發動機。這時內燃機已發明，但重量還是過大，不能用來裝設在飛機上。所以祇能自行計畫，製成了適用的內燃機。到了一九〇三年，就開始飛行了。後來又繼續加以改良，於是在一九〇五年製成的飛機，就完全能聽從駕駛者的指揮，隨意升降和進退了。

重要參考書籍

- Buckley, A. B.: *A Short History of Natural Science*, 1876.
- Libby, W.: *An Introduction to the History of Science*, 1917.
- Sedgwick, W. T. and Tyler, H. W.: *A Short History of Science*, 1917.
- Woodruff, L. L.: *The Development of the Science*, 1923.
- Dampier-Whetham, W. C. D.: *A History of Science*, 1929.
- Harvey-Gibson, R. J.: *Two Thousand Years of Science*, 1929.

世界書局出版

相對論ABC

羅素原著
王剛森譯

相對論是近代科學界思想界的最大的發明！自從愛因斯坦的相對論學術發明以後，全世界的哲學家，科學家，研究學術的重心，齊集中於相對論；於是愛氏的新學術，便驚動了全世界的思想界！

相對論的核心理論，是說明世界上一切的事物，不是絕對的，都是相對的！證明相對論的學說的工具，是以時間和空間相對證！

本書原為英國數理哲學家羅素的著作。民國十年，羅素到中國來演講相對論的時候，是本書的譯者筆記的。譯者研究相對論有年，用極清顯的文筆，介紹愛因斯坦新發明的精深的理論，在中國出版界，堪稱為名貴之書。全書共分上下兩冊：上册闡明相對論的原理，下冊說明相對論的實證。舉凡致力於科學者，數理學者，哲學者，以及有心研究相對論者，均不可不手此一編也。

精裝二冊每冊定價六角 平裝二冊每冊定價五角

科學論ABC

什麼是科學？研究自然界現象底有統系的智識，和其相互的關係，謂之科學。

本書著者，研究科學有年，茲特本其研究之心得，著成科學論ABC一書。詳論科學的起源，三大文化的衝突，科學的智識和真理，科學的分類，科學的方法，以及近代科學概觀等等，治科學者，得此一編，對於科學當有相當的了解。

篇末將電子論，量子論，相對論等，詳為介紹，實為大學校中學校科學概論學界之參考本

王剛 精裝一冊定價六角
森著 平裝一冊定價五角

世界書局出版