

中山自然科學大辭典

第一冊

自然科學概論與其發展

名譽總編輯 王雲五

編輯委員會召集人 李熙謀 (常務) 鄧靜華 易希陶

本冊主編 李熙謀 徐賢修 劉世超

出版權與人 中山學術文化基金會董事會  
出版者 臺灣商務印書館

# 人稿撰及員委輯編冊本

(序爲畫筆名姓以)

義	宏	丘	昌	濟	于
謀	熙	李	山	君	沈
祥	元	陳	修	賢	徐
華	奕	張	芳	賢	陳
超	世	劉	溥		傅
			俊	源	劉

# 中山自然科學大辭典序

誠如余在雲五社會科學大辭典序言中所稱，半世紀來余兩度主編綜合性之百科大辭書均功敗垂成，乃退而籌編專科大辭書。十數年來，成書不下十種，其最著者莫如教育大辭書。至於分科之綜合大辭書，亦嘗念念不忘。以茲事體大，遲遲未果。幸而五年以前，當余八十初度，若干親友同學為余募集獎學基金，而政大校長劉季洪先生以余夙對社會科學饒有興趣，遂發起編纂社會科學大辭書，冠以余名，藉留紀念，當承嘉新水泥公司主者張敏鈺翁明昌二君及嘉新文化基金會贊助，慨捐編撰經費先後共百數十萬元，於是經費已有着落。

自時厥後，即由劉季洪先生組織出版委員會，經一致推劉君為主任委員，並公推程天放楊亮功陳雪屏三先生為召集人，（嗣程君作古改推羅志淵先生為繼）分設十二組。每組設主編一人，撰稿人由十數人至數十人不等，全部不下二百人，咸為國內社會科學與人文科學之權威，各就專長，分條撰述，歷時三載，全書千萬言有奇，分冊付印。今則全部出版已逾一年，初版及普及本各印千部，殆已悉數售罄。現正就變動較多之國際關係與歷史學二冊，從事增訂，其他諸冊亦分別校正手民之誤，擬續印第三版。

自去年春間，社會科學大辭書陸續發行將竟，余又計議編印自然科學大辭書及應用科學大辭書二者，均仿社會科學大辭書體例及編撰方法，向中山學術文化基金董事會提議，先編自然科學大辭書十部門，各一冊，都十冊，當經董事會通過，並撥款一百五十萬元為編撰費，以李熙謀鄧靜華易希陶三先生為編輯委員會召集人，並以李君任常務，分設十組，按自然科學所轄十部門，分別聘李熙謀徐賢修劉世超三先生主編第一組之自然科學概論與其發展，鄧靜華先生主編第二組之數學，曹謨先生主編第三組之天文學，林爾康先生主編第四組之物理學，朱樹恭先生主編第五組之化學，林朝榮先生主編

第六組之地球科學，李亮恭先生主編第七組之生物學，劉棠瑞先生主編第八組之植物學，易希陶先生主編第九組之動物學，葉曙先生主編第十組之生理學，另由各主編分約學者專家撰稿，每組亦自十數人至數十人不等，合計亦不下二百人，咸為在台各著名大學之自然科學權威教授，或為專門研究機構之主持研究專家。余不敏，並承編輯委員會推為名譽總編輯，余於自然科學為門外漢，僅能就半世紀以上之編輯著作經驗作涓滴之貢獻。

全書分訂十巨冊，每冊字數在百萬上下，都一千萬左右，擬從本年八月起每兩月印成一冊，陸續出版，務於六十二年終全部完成。其發售，分二種，一為分冊零售，二為預定全部。

明年終自然科學大辭書出齊後，將以半年時間合編十冊之總索引，另行發售，按四角號碼排比，與各分冊之索引分別按各該冊條文筆畫或字母排列者，各盡其用。

本書全部完成後，余苟健在，當依原計議，續行籌款，繼編應用科學大辭書亦十冊。合以上三書計得三十餘巨冊，三千餘萬言，將於科學知識無所不包。余前此兩度嘗試綜合性百科全書而功敗垂成者，將因是而局部得償宿願，不其懿歟？是為序。

中華民國六十有一年七月二十日王雲五識

# 中山自然科學大辭典 第一冊

## 自然科學概論與其發展

### 目次

前言 1			
數學發展史 11			
中國數學 11			
壹、曖昧時期 11			
貳、茁壯時期 17			
參、籌算 28			
肆、鼎盛時期 34			
伍、代數學突飛猛進時期 39			
陸、衰退時期 62			
柒、珠算 66			
捌、西算的輸入 71			
玖、復興時期 86			
近代數學 99			
壹、微分幾何 99			
貳、非歐幾何 107			
化學發展史(上)			
壹、化學的本源 116			
貳、希臘時代的元素觀念 117			
參、古代原子論 118			
肆、化學的萌芽和鍊金術 118			
伍、古代中國的技藝和鍊金術 119			
陸、古代印度的醫學和化學 121			
柒、回教世界的化學 121			
捌、中世紀的歐洲化學 122			
玖、鍊金術和醫藥化學 124			
拾、燃素說和化學革命 128			
拾壹、化學與原子論 132			
拾貳、十八和十九世紀化學的應用 138			
拾參、現代化學的開始 143			
化學發展史(下) 145			
壹、物理化學部分 145			
一、早期原子量之發展 145			
二、化學親和力 150			
三、熱化學及熱力學 154			
	李熙謀	四、溶液 157	
		五、電化學 163	
	傅溥	六、光化學 170	
		貳、無機化學部分 174	
		七、週期表和週期律的發展 174	
		八、酸鹼工業 179	
		九、稀土金屬 179	
		十、對無機化學極有貢獻的化學家 180	
		參、放射現象和原子結構部分 184	
		十一、陰極射線 184	
		十二、陽極射線 185	
		十三、X-射線 185	
	劉世超	十四、放射現象 186	
		十五、原子結構 189	
		十六、原子的人工蛻變 191	
	陳元祥	十七、量子論 192	
		十八、原子價 193	
		生物學發展史 196	
		壹、生源論 196	
		貳、機構與生命過程 205	
		參、生物體的發育成長 214	
		肆、進化 220	
		伍、遺傳學和優生學 225	
		陸、二十世紀的生物學 234	
		地球科學史 240	
		壹、地球科學史之立場論 240	
		貳、原始人生活與地球之關係 240	
		參、古代人之天地觀 241	
		肆、古希臘之自然科學 243	
		伍、自然科學之興衰 244	
		陸、地球科學之進步 248	
		柒、近百年之地球科學 255	
		捌、中國地球科學之今昔 266	
	于濟昌		
			陳賢芳
			張奕華

# 自然科學概論與其發展

## 前 言

李熙謀

自然科學一辭，向乏明定之範疇。世界學者，意見不一，各有主張。在西方文字中，有天文科學，地球科學，純粹科學，實驗科學等名詞。在不久之未來，海洋科學，大氣科學，生命科學等，必將成爲習用之自然科學名稱。從事高能物理研究者，已有核子物理科學，電漿物理科學等發展。英國學者李約瑟氏著中國之科學與文明，未將數學列入自然科學之內。但是古代民族文明之發展，多數從數學開始。埃及尼羅河之氾濫，須年年劃定界綫。金字塔之建築，須測算方位。我國古時大禹治水，與井田經界之整理，都必須借助於測丈與計算。因實用上之需求，故古代文明中，數學首先發展，乃是自然之情勢。凡自然界之事物，現象環境，足資研究考證，可敘述原始，或記載變遷，有條理，有體系，皆可成爲科學之一門，皆可名爲自然科學。

古代文明發展最早者，有三個地區，即巴比倫，埃及與中國。巴比倫與埃及的文化，何者發展在先，常爲學者討論之問題（註一）。在西方文字中，有關巴比倫與埃及的文明，大半由考古學者，發掘古代埋藏之遺物中得來。當埃及與巴比倫文化極盛時期，雖已有草紙(Papyrus)，但尚無印刷術，故流傳不廣，年代稍久，即多埋沒（註二）。

埃及與巴比倫，在自然科學上的貢獻，經稽考而能斷定者，大約在下列三方面：(一)數學，(二)天文，(三)醫療。惟缺書籍遺留，難記其詳，遠不若繼承埃及巴比倫文化之希臘。其先哲如泰利斯(Thales of Miletus)，蘇格拉底，柏拉圖，亞里斯多德，幾莫不推崇爲西方文化之領導者。

古代中國，在自然科學方面的成就，亦在天文與數學，與巴比倫及埃及，極爲相似。所不同者，中國古代天文與數學方面之發展，皆有詳盡之記載，有關之文字，流傳下來，爲數極多。英國劍橋大學教授李約瑟(Dr. Joseph Needham)氏，搜集中國書籍，有關中國古代

天文數學之著作，極爲豐富。李氏所著中國之科學與文明一書之第三冊，其第一篇即是中國之數學，第二篇即是中國之天文。中國文字中，有關數學之書籍，最古者，爲周髀算經及九章算術。在周髀一書中，詳載周公與商高討論數理問題之問答。秦漢以後，算術著作，代有刊行。其著稱者，如孫子，五曹，夏侯陽，及張邱建等之算經（註三）。

中國古時，有關天文之記載，最早之書籍，是尚書堯典。天文之應用，首是曆象，其次是農耕。中國古時言天者，有宣夜，蓋天，渾天三家。天文儀器，有璇璣玉衡及渾天儀等。有關天文之著作，尤不可勝計，幾乎歷代都有之。如石申之天文，甘德之天文星占，張衡之靈憲及渾儀注等（註四），僅舉其一二耳。中國歷史上，豐富之數學與天文著述，是則埃及與巴比倫所望塵莫及也。

古代西方文化，繼巴比倫埃及而起者，是希臘。蘇格拉底，柏拉圖，阿里斯多德，是哲學思想與科學思想之先進者，前節已敘述及之。其在自然科學方面，歐幾里德(Euclid)是幾何學之創作者。阿里斯塔克斯(Aristarchus of Samos)，是著名的天文學者，在自然科學有多方面之成就。阿基米德(Archimedes of Syracuse)是數學家，物理學家，工程學者。以上各學者，是希臘文化中，少數著稱之科學學者，是西方早期科學文化之領導人物。

西方文明，尤其是自然科學，在羅馬帝國時期，未曾受到重視。雖有一般性質科學的討論，而無專門學術，如數學，物理等之研究。於是自然科學之發展，遭遇了打擊。這一個時期，約在公元四世紀之季，至公元十二世紀之初，這是科學發展中的黑暗時期(dark age)（註五）。

自然科學在中國之發展，自三代秦漢以還，向極自由，無宗教信條之干擾，此爲一幸事。科學記載，如信

都芳，李籍，甄鸞，李淳風等，評述周髀，祖冲之推算 $\pi$ ，戴震之探討數理，郭守敬之著述天文，馬端臨在文獻通考，詳述彗星，星雲，及流星的記錄，明代朱載堉之音律研究與發明，均是中國歷代學者，在自然科學的貢獻。所可惜者，前代中國學者，在學術上之成就，大都各自分道揣研之結果。因此零星斷片，未能集合而有體系，或成爲學派，在學術上，發生力量。

西方文化，經過黑暗時期之後，繼之而起者，就是文藝復興，這是西方文化與西方科學之復甦，亦是西方文化與西方科學真正發展之開始。在這文藝復興時期，及文藝復興之前後，直至工業革命開始，在這一段期間，西方科學文明，從算路藍縷起步，終至燦爛光輝，使人類文明，進入今日之境界，則當時之科學家，及自然科學之先驅者，都發揮了他們的貢獻。這時期科學之發展，是科學歷史之一環，似值得記載，爰舉述如次。

自羅馬帝國衰落後，希臘之西方文化，由希臘傳入小亞細亞，再由小亞細亞傳至近東各國，西方文化遂東漸至敘利亞，波斯，及其他諸回教國家。柏拉圖，亞里斯多德，歐幾里德，托勒密(Ptolemy)諸家的學術與著作，初逐譯成敘利亞文，繼轉譯爲阿拉伯文，在當時的巴格達(Bagdad)，特設譯學館，專從事此譯述工作，可見當時諸回教國家對希臘文化之欽慕，亦可想見諸回教國家對學術風氣之隆盛。巴格達城建有天文臺，爲回教國家學者，研究天文氣象之所。著名之天文學者，爲阿勃泰尼(Al-Battani)。物理學家，有阿金提(Al-kindi)，對氣象，光學等，有重要著作。以上二位學者都是公元九世紀人。有阿海任(Alhazen)者，是一光學專家，嘗研究光及色之傳播，實驗光之入射角與反射角，他是公元十世紀時人。阿必羅尼(Albiruni)，是一位多才多藝的波斯人，他原是醫生，但嗣後成爲天文家，數學家，物理學者，歷史學者，地理學者，他是回教國家黃金時代最著名而有才華的學人(註六)。阿必羅尼曾依照阿基米德原理，測定一十八種寶石的比重。

近東回教國家初期的譯述工作，主旨全在充實阿拉伯國家的文化。所以希臘的哲學，文學，科學等著作，都譯成阿拉伯文，以應回教國家的需要，這是在歐洲文化經歷黑暗時代，而回教國家文化極盛之際。在西方文藝復興之前夕，歐洲民族求知潮流，漸漸興起，所以前期希臘文化，凡文藝及科學著作，反由阿拉伯文，譯成拉丁文者，以供當時西方歐洲學術上發展之需要。有阿達拉(Adelard)氏，將歐幾里德的幾何，譯成拉丁文。英人羅伯脫(Robert)，譯可蘭經爲拉丁文。也有人

將亞里斯多德的物理及其他著作，譯成拉丁文。這許多學術書籍，對英國學者培根(Roger Bacon)(1214—94)氏，在思想上，發生很大的影響。培根氏以後在學術上，有很多創見，在自然科學之發展，他極主張重實驗(註七)，他認爲發展自然科學，而無實驗，並不運用數學，是空泛無據的。

在文藝復興時期，學術空氣，雖在歐洲各國，驟然興起，但自然科學，並未立即受到重視。惟在此時期，有二位學者，於自然科學，有特殊成就者，似值得記述。一位是達文西(Leonardo da Vinci)(1452—1579)，他是意大利人，是一位天才科學家，他對數學，生理學，解剖學，均有特殊貢獻。不特此也，達文西在工程技術，也有獨特之創見，他對飛行有興趣，曾設計直昇機，降落傘，在達文西當時，他的思想是驚人的。與達文西同時期，有德人杜勒(Albrecht Dürer)，在科學上有很多成就。杜勒專擅數學及光學，尤好研究動植物之成長及人體之構造。

歐洲文化，經過黑暗時期以後，達到文藝復興，學術空氣，漸臻甦復。自然科學種子，由回教國家輸入，文化與科學之發展，乃重上正軌。在科學發展之初期，天文與物理科學，首先受到當時學者，作爲研究對象。波蘭人哥白尼(Nicolas Copernicus)(1473—1543)，創地球繞日運行說之第一人。在哥白尼氏以前，世人都崇奉亞里斯多德天動地靜的理論，地在中樞，太陽於二十四小時繞地一周，這是宗教上之信條，反之者爲叛道。哥白尼冒了生命危險，創地球繞日之新說，地球除公轉外，並於二十四小時內，自轉一週，這都是哥氏之創見。在天文學術方面，繼哥白尼氏而起者，是丹麥人鐵可勃雷(Tycho Brahe)(1546—1601)，鐵氏有一座簡單的天文臺，所以觀測極廣泛，記錄相當準確。他的記錄中，載有恒星位置共七百一十九座。鐵氏助手德人刻卜勒(Johannes Kepler)(1571—1630)，不能繼承鐵氏的天文研究，且於鐵氏去世後，更能將天文學術發揚光大。刻卜勒在天文學上不朽之成就，是他有關天文的三定律，這三定律，建立了近代文學的基礎。三定律如下：

- 一、行星繞日運行，其軌道不是圓形，而是橢圓形，太陽位置，處在橢圓焦點之一。
- 二、行星繞日運行，其運動並非等速，若將太陽與行星連成一線，在等時間內，此線所掃過橢圓之面積，必相等。
- 三、行星繞日一週期之平方，與行星距日遠近之立方

，成正比。

在物理科學上，有偉大之貢獻，與刻卜勒同時期者，是意大利人伽利略（Galileo Galilei）（1564—1642）。物與物間，能起相互作用，這個觀念，是伽利略所倡議。他發明了二具研究物理與天文之重要工具，一是顯微鏡，一是望遠鏡，他嗣後又發明溫度計。伽利略有了新的觀察遠處的機器，他發現月球表面崎嶇凹凸之情形，測得木星有衛星，太陽有黑點。他著名的比薩（Pisa）斜塔試驗，證明了物質下墮，其下墮之速度，與物體之大小及重量無關。伽利略在物理學上之成就，不勝枚舉，茲僅略及其一二耳。

歐洲在科學發展之過程中，因為自然科學之思想，與宗教奉行之教條相衝突，有堅信科學真理之學者，因此犧牲生命者，伽利略即是其中之一。勃羅諾（Giordano Bruno）（1547—1600），亦堅信地球繞日論者，卒受宗教審判，後被用火刑柱燒死（註八）。

歐洲之知識界，到了這時期，因為回教國家文化及希臘文化，雙方傳入，求知心情殷切，追求真理之熱誠，移向自然科學，於是不少科學家，應運誕生。在數學，物理，化學，生物，生理，地理，地質，動物，植物等各方面，自公元十六世紀以後，歷代都有傑出專家出現。若干著稱學者，與自然科學發展，有貢獻，或與自然科學歷史發展有關者，分別舉述如後。

## 空氣重量

空氣是否有重量？是當時學者討論問題之一。法國科學家巴斯噶（Blaise Pascal）（1623—62），深信空氣有重量，他曾實驗高度於氣壓有關。伽利略的門生托里拆利（Evangelista Torricelli）（1608—47）亦信空氣有重量，托氏知道空氣壓力，加於水面上，這壓力可使水在真空中，升高三十五呎。同樣的，若這壓力加在水銀面上，在一支真空的玻璃管中，可使水銀在這玻璃管中，升至二呎半高。後來物理學上，所稱之托里拆利管，及托里拆利真空，即所以紀念托里拆利而命名。

## 光 學

荷蘭物理學家海更斯（Christian Huygens）（1629—95），是一位天才數學家，他於光學，光學上之原理，及力學尤多貢獻。海氏自製光學上透鏡，他自製顯微鏡及望遠鏡，他以子波（Wavelets）放射原理，以解釋雙折射。司乃耳（Willebroed Snell）（1591—1626）亦是荷蘭物理學家，他對光學有極深入之研究，光線由

一介質射入另一介質，若是二介質之折射率不同，則光之射入角，在此二種不同之介質中，亦不相同，在此不同介質中之入射角之正弦比，是一常數。在物理學上，稱此比例常數為，司乃耳定律。

## 抽氣機

古立克（Otto von Guericke）（1602—86）是一位德國學者，是抽氣機的發明家，他以二個馬德堡半球（Magdeburg hemisphere），併合後，將空氣抽淨，以二組馬拉之，每組馬各為八匹，不能使二個半球分開，此顯示空氣壓力，加於半球上者至大。虎克（Robert Hooke）（1635—1703）是英國物理學家，虎氏曾將抽氣機，加以改良，並用以作若干實驗，如空氣之彈性，空氣之壓縮係數，及空氣之重量等。波義耳（Robert Boyle）（1627—91）也是英國物理學家，他的主要研究，在空氣體積，在不同壓力之變改。若溫度不變，定量之氣體，加以壓力，氣體積被壓而改縮，壓力加一倍，氣體積減一半，氣體積與壓力相乘之積，為一常數。在物理學上，這稱為波以耳定律。

## 生理科學

歐洲在公元十六世紀及十七世紀時期，也產生了若干科學家，注意到生理科學這一方面。英國學者哈維（William Harvey）（1578—1657），是專心研究人身中血的循環。丹麥科學家史梯諾（Niels Steno）（1648—86）則好研究人體的軀機組織。意大利數學家兼天文學者鮑雷利（Giovanni A. Borelli）（1608—79），以力學原理，應用於生活機體的機動能，其所得結果，有極佳的收穫。在公元十七世紀時，有關生理學問題之研究與討論，都着重於動物，尤着重於人的問題，及人的兩性之產生問題，這問題的爭論，持續了相當的時間。在這個時期，也有若干學者，因當時顯微鏡的觀察技術，不太精密，認為微生物界之繁衍，是一種自然生殖（Spontaneous generation）。當時的學者，意識中的微生物世界，是一個奇異的世界，永遠是一個謎。

## 宇宙觀之改變

自哥白尼開始，歐洲學者，不特推翻了地球中心論，即對太陽中心論，亦有懷疑。公元一六八六年，法國學者方德奈（Le Bovier de Fontenelle）（1657—1757）發表世界多元論（On the Plurality of worlds），當時有不少學者，異口同聲，謂與此意見，



表示同情（註九）。

## 學術團體

英國學者培根（Francis Bacon）（1561—1626）是一位哲學家，亦是研究科學的學者，他頗不滿教條主義，常予以批評，他是英國皇家學會（Royal Society）的最早倡議者。公元十七世紀時，英國皇家協會之成立，對科學之發展，實有重大關係。該學會於一六六二年成立，不久此學會即成爲國際科學界論壇，於後來科學上發展，如公開討論，公開表達，無私無偏的批評辯論，以求真理，其於學術上貢獻的價值，實無可估計。在十七世紀後半期，德國，法國，意大利等國的學會，亦相繼成立，於是各國學會，遂成爲科學思想交流之中心。科學交換制度化，規定十分嚴格，如持久的觀察，可複演的實驗，及數據等，是必須具備的條件。規格嚴，成就正確，因此而能發展日新之科學。所以日後歐洲科學，能蓬勃興起，誠非偶然。

## 牛頓及其他科學家

公元十七世紀，歐洲誕生了幾位傑出的科學家，使整個自然科學領域，漸臻於輝煌成熟的階段。在這幾位傑出的科學家中，最重要而成就最豐富者，當然是牛頓 Isaac Newton）（1642—1727）。他的學識才能是多方面的。牛頓於物理學上的力學，光學，熱力學，天體力學等，無不精湛深入。他能將以往各家的科學思想，綜合而成一家言。他早期發表的不朽著作，就是自然科學數學原理（*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*）。牛頓看見蘋果墜地，發現萬有引力，成爲自然科學發展史上之美談。在他所著自然科學數學原理一書中，牛頓說明運動三定律。他發明數學中之微積分，（或說牛頓與德國數學家萊布尼茲共同發明）。牛頓在物理學上的建樹，實奠定了古典物理的基礎。天文學家賀萊（Edmund Halley）（1656—1742）於一七〇五年鑑定一彗星，後人爲紀念他的發現，榮譽歸他，即命之爲賀萊彗星。賀萊曾協助牛頓研究地球之引力，牛頓之自然科學數學原理之出版，賀萊實出全力以助成之。萊布尼茲（G. W. Leibniz）（1646—1716），是著名的德國數學家及物理學者，萊氏與牛頓二人，後世公認爲共同發明微積分之學者。二位德國海德堡（Heidelberg）教授，一位名爲克奇荷夫（Gustav Robert Kirchhoff）（1824—87），另一位名爲本生（R. W. Bunsen）（1811—99），於公元一八五〇年，證明光譜上某條光線，與某種物質，常有關聯，這一關聯，不會變更。引用

這樣的關聯，克霍夫與本生，斷言太陽上，有若干元素之存在。

## 巴黎天文台

法王路易十四世，爲各國學者，便利研究起見，特在巴黎建立國家天文台，時在公元一六六七年。竣工之後，法國學者畢卡（Jean Picard），荷蘭物理學者海更斯（Christian Huygens），丹麥天文家樂姆（Olaus Roemer），意大利天文學者加錫尼（G. D. Cassini），均會集於此，從事學術研究與探討，厥後均有輝煌之成就。樂姆是確定光有一定速度的第一人。加錫尼對若干行星之週期，如木星，火星，金星等，觀察及記錄，至爲詳盡，並曾計算金星與太陽之距離。海更斯於光學貢獻最大，他是主光學之波動說者，他曾改進望遠鏡之構造，以便利天文上觀察。

## 地球科學

歐洲學者，在觀察及從事發展天文學術時期，同時也注意到地球及地球構造等問題。在牛頓所著自然科學數學原理一書中，曾探討地球形狀等。地球形狀，幾成爲當時科學家主要的討論問題。因此，探險隊曾幾度出發，作鐘擺試驗，以推定各地點與地球中心之距離，由此實驗結果，乃斷定赤道地區距離地心，較南北兩極距離地心爲大，因爲南北極地區，其形狀都是扁平面。爲遠洋航行上的需要，所以風，潮汐，氣象，地磁等，亦爲當時重要之研究。蘇格蘭軍事工程師里特（William Reid）（1791—1858）曾從事氣象預測工作。英國因爲地理上的形勢，以及商務上的需要，於氣象科學，特別注意，故曾設立專門機構，以主其事。關於地磁研究，則英國之吉柏特（William Gilbert）（1546—1603）及德國的高斯（K. F. Gauss）（1777—1855）均曾作深入之探求。作地球之地層研究，最深入者，是法國學者戴蒲豐（Georges Louis Leclerc, Comte de Buffon）（1707—1788）。戴氏曾研究地形，地熱，化石等，依據他各種研究所得的結果，他將地球的成長，分爲七個時代。除戴蒲豐外，研究地層的成長者，尚有哈頓（James Hutton），哈氏是英國學者，他認爲地殼之分層，都因爲沙石長期積聚，或因河床，海底，高山，深谷，變遷而成。二位英國的地質學家，一位是史密斯（William Smith）（1769—1839），另一位是萊伊爾（Charles Lyell）（1797—1875），亦曾致力於各地層之化石及岩石之研究。德國學者洪保德（Heinrich

Alexander Von Humboldt) (1769—1859) 對地球物理，曾作長期之研究，頗多成就。

## 物質變換

在這時期，自然科學，正向各方面發展中。有一部份學者，亦在物質變換上，研究其變換之情形，及變換的結果，並注意重量在物質變換中之重要性。參加此工作者，有好幾位當時著名科學家。英國的化學家布拉克 (Joseph Black) (1728—99)，從事此研究工作，並深入研究化學上的反應，曾發現一種與空氣不同的氣體，後來方鑑定即是二氧化碳。化學家兼物理學者卡文狄許 (Henry Cavendish) (1731—1810) 是十八世紀時英國的著名學者。卡文狄許發現了氫，但當時尚不知有氫之存在，故卡氏命之謂「引燃之空氣」(Inflammable air)。他對氣體，曾作多種測驗，其中一項重要的結果，是同量之不同氣體，其重量並不相同。與卡文狄許同時期的英國化學家普力斯萊 (Joseph Priestley) (1733—1804) 在化學上功績，是分離氧之成功，可惜的，蒲氏信「燃素」(Phlogiston) 之存在，此一觀念，對他學術思想之發展，有了阻礙。法國科學家拉瓦錫 (Antoine Laurent Lavoisier) (1743—94)，是當時一位極負盛名的化學家，他曾將卡文狄許的很多實驗，重複試驗。拉瓦錫實驗中，並將氫與氧化合而為水，予以證明。化學上很多名詞，化學元素很多名詞，是拉瓦錫所創議釐定，一般從事化學者，多認拉氏於近代化學之建立，有極大貢獻。

## 化學元素之原子觀念

原子觀念與分子觀念，因化學元素之發現，漸引起當時科學家之研究與討論。參加此問題之討論與研究者，應上溯牛頓時代。從那時候起，經過卡文狄許，拉瓦錫，及同時期的化學家與物理學者，以及公元十八世紀後半期英國化學家道爾頓 (John Dalton) (1766—1844)，德維 (Sir Humphry Davy) (1778—1829)，法國化學家給呂薩克 (Gay-Lussac) (1778—1850)，意大利物理學家兼化學家亞佛加德羅 (Amedeo Avogadro) (1776—1856) 等，實驗與理論，同時發展。道爾頓是近代科學，原子理論的倡議者。給呂薩克在化學理論與實驗方面，成就極多。化學上一個定律：「任何種氣體，在相等壓力下，若增加溫度相等，其體積之擴張亦相等」。這即是著稱之給呂薩克定律。亞佛加德羅的假設是：「一克分子的任何氣體，在同溫度及同壓力下，其體

積亦相同。」物理學上的亞佛加德羅常數是  $6.023 \times 10^{23}$  每克分子。

## 「無法衡量東西」

科學發展初時，無人知道「熱」，或「電」，究竟是何物。在未明瞭牠們的真正性質以前，歐洲科學家，稱牠們為「無法衡量東西」"Imponderables"。為了「熱」的問題，很多學者，曾熱烈研究討論。英國布拉克曾注意物質在變態時，與「熱」必牽合在一起。如冰之融解，水之蒸發，均有定量的熱消失。反之，如水凝結為冰，汽凝結為水，有等量之熱回復，布拉克名此「熱」為「潛熱」。為計算「熱」的量起見，於是有溫度計之設計與製造。伽利略曾製空氣溫度計，牛頓曾有油溫度計之擬議，而現在一般通用之水銀溫度計，則是德國物理學者華氏 (Gabriel Daniel Fahrenheit) (1686—1736) 之設計。美國學者湯普生 (Benjamin Thompson, Count Rumford) (1753—1814)，曾設法實驗「熱」之重量，但是湯氏的實驗，是否定的。

## 靜電

電之名詞與電之觀念，導源於希臘時代。公元十七世紀後期，法國學者杜萬 (C. F. Du Fay) (1698—1739) 根據實驗，有二種不同的靜電，即是玻璃棒上的電，與火漆棒上的電，性質不同，故主張電的二流說。美國科學家富蘭克林 (Benjamin Franklin) (1706—90)，則持不同的意見，富氏謂電的不同性質，原因由於一則過多，一則缺乏，其為電則一，故主張電的單流說。杜萬二流說，分電為陽電與陰電，陽電與陰電之間，發生引力，即異性電間，產生引力，同時，同性電間，則生拒力。法國電學家庫倫 (Charles Augustus Coulomb) (1736—1806)，曾證明兩個靜電荷間，發生引力或拒力。庫倫以扭秤 (Torsion balance) 證明兩電荷間之拒力或引力，與牛頓萬有引力之公式，也相符合。

## 電流及其效應

意大利物理學者伏特 (Count Alessandro Volta) (1745—1827) 發明了伏特堆 (即俗名乾電池) 及驗電儀，伏氏是注意流動電的第一人。德維曾研究電流行經金屬導線，及其所發生之作用。德國物理學家歐姆 (Georg Simon Ohm) (1787—1854) 曾將電流經過電線，比擬「熱」之經過傳「熱」之導體，有相同之情形。歐姆定律，為電流與電動勢成正比，與電阻為反比

，這是電學基礎定律之一，歐姆因此定律，於一八四一年，獲得英國皇家協會獎金之榮譽。丹麥物理學家奧斯特（Hans Christian Oersted）（1777—1851）在公元一八二〇年時，將一金屬線，懸置於磁針之上，以電流通過金屬線，磁針即轉動。若將金屬線移置於磁針的下面，仍以電流通過金屬線，則磁針向相反方向轉動。法國物理學家安培（Andre Marie Ampere）（1775—1836）作更進一步的實驗。安氏以二條平行的金屬線，使電流在線中通過，若二條線內電流方向相同，則二線相互吸引。若二線內的電流方向相反，則二線相互拒斥。這一項試驗，闡明了電動機的基本原理。

## 電機學與射電學

在公元十九世紀，英國誕生了二位學者，對電學上均有偉大的貢獻。一位是法拉第（Michael Faraday）（1791—1867），法氏初時從德維學，任德維助手，以其好學而有天才，成就極多，尤以電磁感應方面，有驚人的創作。他於一八三一年，設計第一座發電機，卒告成功，實開電機學的新境界。德維故世後，法氏即繼德維主持英國皇家學院。電學中電容量單位名爲法拉（Farad），如此命名，即所以紀念法拉第在電學上之功績。電阻單位名歐姆，電流單位名安培，分別紀念歐姆與安培，亦以他們在電學的貢獻，而享受此榮譽也。第二位英國學者，在電學上建樹不朽之功績者，是馬克士威（James Clerk Maxwell）（1831—79），馬氏於射電學的成就，完全在學理。磁力線與電力線的消長，馬氏以數學推廣，獲得結果，即是電磁學上著稱之馬克士威方程式。從這方程式，馬氏演算推測，電磁力線的消長循環，成爲波浪形，所以電磁學上，也稱之爲馬克士威波浪方程式。光之傳播，其進行方式，亦爲波浪形。公元一八六四年，馬氏發表他的著作：「光之電磁波原理」，馬氏於光之電磁波性質，有透徹之瞭解。德國物理學者赫芝（Heinrich Rudolf Hertz）（1857—94），將馬克士威理論，予以實驗證明。赫氏用火花隙，以高壓電加予兩端，使發生火花，產生電磁波，並用接收器，安裝於相當距離處，收接此電磁波，以證明電磁波確實發生與傳播這一個實驗，可稱謂是近代無線電交通之先驅。

## 能量不滅

在公元十九世紀時，科學界有一熱烈討論的問題，參加此討論者，皆爲當時歐洲的傑出科學家：如英國的

湯姆生（William Thomson, Lord Kelvin）（1824—1907），德國物理學家赫爾姆霍茲（Hermann Helmholtz）（1821—94）因爲都篤信「能量不滅」，故他們斷定，在這宇宙間，各種功能，儘管從某一種（如，熱，電或光）轉變爲另一種，但宇宙間，各類功能之總和，是一常數，是即「能量不滅」之原理。宇宙間之能量，不會增加一些，也不會減少一些，所以當時的科學家，都否定「永恆運動」。英國物理學家焦耳（James Prescott Joule）（1818—1889），曾與湯姆生合力從事熱力學研究與發展，亦爲深信「能量不滅」論者。

## 以太

在公元十九世紀時，科學界更有一困擾問題，這就是以太的是否存在。水紋之傳播，水是傳播之介體，聲之傳播則藉空氣。所以光之傳播，依機械理論言，也必有介體，爲傳播之憑藉。當時不少科學家，參加此問題之研究，於無可奈何中，創議一介體，名之曰以太（Ether），此乃完全是一假定的東西。爲了確定以太的是否存在，很多科學家，設計實驗方法以求證。其中最著稱的，就是邁克生（Albert Abraham Michelson）（1852—1931）與莫立（Edward Williams Morley）（1838—1923）的實驗。邁氏與莫氏合作的實驗，用一光線，以反光鏡，使分爲二支光線。其中一支順地球自轉方向進行，在相當距離遠處，安置反光鏡，使此支光線，仍折回原出發點。其另一支光線，則令向垂直方向進行，於相等距離遠處，亦安置反光鏡，令此支光線，亦折回原出發點。反光鏡之距離雖相等，但是順地球自轉方向這支光線，其所經行之路程較短，所以這二支光線，折回同一原出發點時，所經路程不相等，相遇時，必產生干擾現象。但是邁克生莫立實驗，他們始終沒有發現干擾現象，好像地球是靜止不動的。這個實驗，使以太的是否存在，成了一個疑問。照英國科學家法拉第力線（Lines of force）與力線場（Field）之說，二個電荷間有電力線，二個磁極間有磁力線，電力線之消長，產生磁力線，磁力線之消長，亦發生電力線，電磁力線，相互消長，波浪起伏，散發傳播，無遠勿屆。依此理論，可舍以太觀念，亦能導致科學之發展。

## 光譜

牛頓於一六六六年發現光譜，克奇荷夫及本生發現，凡化學物質，在氣態時，各自發出特殊的光譜。所謂光譜學，即光譜分析，自成一專門學問。光譜學之應用

，最有效而重要，是在天文及化學方面。氦之發現，是由光譜學而獲得的。若干金屬及氣體，都憑藉光譜分析，因此發現或證實。太陽上有何種氣體或元素，宇宙間各星球上，有何物質存在，都可用分光鏡，及參考光譜學，求得答案。

## 生物學

生物學可大別為二大部門，即植物學與動物學。歐洲若干國家之生物學家，對植物與動物之分類及定名，曾發生過很多爭論。同時因為物種繁多，為求成為有系統之學問，分類及定名，有其必要。在植物學方面之分類，在工作與成就上，為後人所推崇者，是瑞典植物學家林奈（Karl Linnaeus）（1707—1778），林氏是雙名分類法之創建者。在動物學方面，從事分類者，是法國生物學家丘維爾（Georges Cuvier）（1769—1832），丘氏的方法，將動物界分為四大類。林奈與丘維爾，於植物學及動物學發展史上，其成就，均相當輝煌。但林丘二學者，對於物種之變遷，在思想與觀念，似趨於過份保守，他們深信物種之「固定」與「不變」。拉馬克（Jean Baptiste de Monet de Lamarck）（1744—1829）也是法國的生物學者，他思想較為開展。拉馬克認為物種無界限，環境可影響物種，器官之運用或不用，可使器官發達或退化。

## 微生物學

微生物學，是生物學之一部門，亦稱細菌學，法國化學家巴斯德（Louis Pasteur）（1822—95）是微生物學之傑出學者。巴氏於發酵研究，成就最多，在巴氏以前，發酵問題認為與生物無關。傳染病菌，是巴氏之發現，高溫消毒，是巴氏所創議，於近代醫療衛生，巴氏之貢獻，洵屬偉大。

## 進化論

由研究動植物形態變更，推論到物種之改進，科學發展史上著稱達爾文（Charles Darwin）（1809—1882）之「進化論」，即是此學說之結晶。達氏於公元一八五九年，發表了他的名著「物種源流」，不特科學界在生物科學上，是一種創見，他的立論，實震撼當時歐洲之整個思想界。「物種源流」名著，提出了若干警世危言，如「優勝劣敗，適者生存」，及「自然淘汰」等。言論思想，影響所及，使社會與國際政治，都受了衝擊。達爾文的學說，曾掀起了科學界的熱烈辯論，接受者固

多，反對者亦不少。當時的德國，自由思想泛濫，對達爾文言論與思想，幾望風影從。其在法國，除拉馬克一派外，都深閉固拒，不予接受，亦可見德法民族性之不同。在十九世紀後半期，及二十世紀早期，白種人以優秀民族自負，傲視其他種族，導致世界於糾紛，其亦達爾文思想作祟。

## 放射性與電子之發現

公元十九世紀之季及二十世紀之初，固是生物科學蓬勃興起時期，在這同時期，物理科學，亦有不尋常之發展。法國物理學家柏克勒爾（Antoine Henri Becquerel）（1852—1908）於一八九六年，發現鈾礦物之放射現象。德國物理學家倫琴（Wilhelm Kourad Roentgen）（1845—1923）於一八九五年，發現X-射線。居禮夫人（Madame Marie Curie）（1867—1934）發現鈾之放射性，並於一八九八年，發現新元素鐳。英國物理學家湯姆生（J. J. Thomson）（1856—1940）於一八九七年，發現了電子。在過去時期，科學家都以為原子是任何物質最小分子，是無可再分的個體。故湯姆生之發現，打破了此觀念，在自然科學發展史上，這一發現，有劃時代的重要性。德國的物理學家蒲朗克（Max Planck）（1858—1947）於熱力學貢獻極多，蒲氏最著稱的成就，則是他的量子論。在過去時期，一般想象，以為輻射能是繼續不斷的東西。但依照量子論，輻射能不是連續的，而為分離的個體，就是說，光非連續的，而是分離個體的。每個體的能量，與光之頻率有關聯，頻率愈高，輻射能愈大。物理學上的光電效應，依量子論說法，可得到滿意的解釋。

公元二十世紀初期，是歐洲物理科學發展極盛時期，各家紛起，凡古典物理所不能解釋，或解釋而不得洽意者，乃尋求更洽意的新學說，務祈物理現象，實驗結果與理論，相互證驗而後已。當時歐洲各國學者，殫精竭慮，以求此問題的答案，上節述及德國物理學者蒲朗克創量子論，即是其中之一例。其他著名學者，在此物理科學思潮中，有特殊成就者，為數不少，茲僅舉傑出而於自然科學有重要影響者數位，如次：

## 相對論

德國物理學家愛因斯坦（Albert Einstein）（1879—1955）於一九〇五年發表狹義相對論，於一九一五年發表廣義相對論。愛氏推演量子論，應用於光電效應適合理論的解釋。他的著稱的方程式  $E = mc^2$  表明了「能」

與「物質」的相等。在這方程式中，E是「能」，m是「物質」，c是光速度。此公式之正確性，至核子物爆炸，發生巨大威力，始得到了證明。愛氏發明了宇宙之中，能即物質，物質即能之關係。愛氏於第二次世界大戰時期，移居美國，後即歸化為美國公民。

## 量子力學

德國物理學家海森堡(Werner Karl Heisenberg)於一九二五年發表量子力學體系。

## 波動力學

司洛丁格(Ervin Schrodinger)是奧國的物理學家，戴布勞格利(Louis Victor de Broglie)，是法國物理學家，二人都致力於波動力學。凡粒子行經電力線場，如電子穿過原子核心的靜電力線場時，每顯示波動特性。依戴布勞格利氏之理論推廣，若一粒子有質量為m，其速度為v，在適宜情形下，此行動之粒子，顯示波動特點，而此波動之波長 $\lambda$ ，與粒子的質量及其速度的關係，有如下列公式， $\lambda = \frac{h}{mv}$ 。公式中之m與v，分別為粒子之質量與速度，h為蒲朗克常數，以紀念蒲氏量子論的貢獻。此公式常稱為戴布勞格利公式，純由理論推演所得結果，但後用電子，質子，中子， $\alpha$ 粒子等試驗，證實此結果的正確。

## 人工蛻變元素

自湯姆生氏發現電子，柏克勒爾及居禮夫人發現放射性，於是歐洲自然科學家，對物質觀念為之丕變，舍棄了原子為物質最小個體的見解。各國從事此問題的研究之學者，風起雲湧。英國科學家倡導此研究者，首推拉塞福氏(Ernest Rutherford)(1871—1937)。拉氏初從事研究鈾鐳之放射性，他分析結果，得三種不同之射線，即帶正電之 $\alpha$ 射線，帶陰電之 $\beta$ 射線，與成波動之 $\gamma$ 射線。拉氏在進行此項研究工作，卒於一九一九年，以 $\alpha$ 粒子，撞擊氮原子，使氮原子蛻變為氧原子，同時放射一質子，這是有史以來，元素由人工使之蛻變的第一次。

## 原子模型及正子與中子之發現

原子之結構，物理科學家，已約略具有構想，有陽電荷的核心居中，帶陰電荷的電子繞行於四周，各家設想，擬具模型，於是有湯姆生模型，有拉塞福模型，有包爾(Niels Bohr)模型等。諸家構想之模型，其主要

組織，皆以陽電荷的質子，及陽電荷的電子，結合而成。在公元一九三二年，原子科學上，有二項新發現，使原子構造的觀念，不得不加以修正。美國物理學家安德生(Carl David Anderson)，於是年發現了正子，其電荷與重量，與電子相等，惟電荷的性，與電子相反，是正電荷，是電子的對等粒子，故在粒子物理學上，稱之為正子。於同一年間，英國物理學者查兌克(Sir James Chadwick)，發現了中子，中子是無電荷的粒子，既無陽性電荷，亦無陰性電荷，故名之為中子，其重量比質子的重量略大。因為中子無電荷，不受任何電力線場之阻撓，故穿透力極強。

## 粒子加速器

二十世紀初期，由電子時代進入核子時代，正子與中子之發現，科學家對於核子科學之研究，倍加興趣與努力。初期發展中，就成最特出的機構，應是美國加州大學之輻射研究所，該所的創始者，為物理學者勞忍斯(Ernest O. Lawrence)，故該所又稱為勞忍斯輻射研究所。勞氏是核子科學的拓荒者，他為了研究原子核心，特設計及建築了核子迴旋加速器，使核子在此器中，達到高速，以之撞擊靶子(如金屬面)，使被撞擊靶子中的原子，分裂為碎塊，以供研究，鑑定碎塊為任何粒子，或其他較輕之原子。

## 連鎖反應

意大利物理學家，後入籍美國的費米(Enrico Fermi)(1901—1954)，初研究量子論的應用，並致力於中子與微中子研究。費氏在核子科學上最大的貢獻，是他於一九四二年十二月，在芝加哥大學體育館，引發成功原子堆的連鎖反應。連鎖反應是原子彈之前奏，第二次世界大戰時，同盟國以原子彈使日本投降，費米之成就，功不可沒。

## 原子能和平用途與能源

美國以原子彈獲取勝利，但鑑於其威力之凶猛，足以毀滅整個世界及人類，於是亟亟倡導原子能和平用途運動，以轉移原子能之毀滅力量，用於為人類謀福利之途徑。現在已有若干原子放射性同位素，用於醫療，若干同位素，用於農業，以改良品種。原子能之爆炸威力，予以適當之控制與調節，使之發電。滋生反應器，雖現時尚在實驗發展階段，設一旦發展得結果，核子燃料，在反應器中，滋生量多於消耗量，燃料將永無匱乏之

虞，這是核子科學家所夢寐以求的希望，現在正努力追求中。

## 介子

核子科學之發展，在和平用途方面，雖略偏重於應用，但已有不少核子科學家，從事核子科學研究，他們的興趣與工作，完全是在科學真理之追求。我人若瞻望自然科學未來的趨向，我們知道自然科學，尤其物理科學，現在正到達了無窮創造的階段。從原子核心的分裂，已發現介子，重介子，超介子等。這各種介子的發生，完全由高速粒子，撞擊原子，使原子分裂而來。使用之粒子速度愈高，則從原子核心分裂出來碎塊愈多，能使明瞭核心內部組織之資料愈完備，這是核子科學家，最大的願望。在第二次世界大戰後數年中，所用之同步迴旋加速器，能使質子加速至三億至四億電子伏。用這樣高速質子，撞擊靶子，可產生一大群派介子 (Pi-Meson)。在一九五〇年前後，美國勃洛克海文 (Brookhaven) 研究所建造的質子同步加速器 (Proton-Synchrotron)，或稱宇宙加速器 (Cosmotron)，可將質子能增強，高達三十億電子伏，能產生比質子更重的粒子，如超介子等。超介子常與另一種粒子名 K 介子者，同時產生，超介子及 K 介子，在核子物理科學，統稱為奇異粒子。美國加州大學之貝伐加速器 (Bevatron)，能增強高速粒子，到達六十億電子伏，如此高能的粒子，撞擊靶子，能產生反物質 (Anti-matter)。如反質子 (Anti-proton)，反中子 (Anti-neutron)，反超介子 (Anti-hyperon) 等。現在美國國家核子加速器研究所，已完成世界最大的粒子加速器，高達四千億電子伏，在計劃中者，將為二萬億電子伏的加速器。基本粒子之研究，在今後數十年內，必佔自然科學發展之最重要部份。揭開宇宙的真諦，乃是此項研究的終極目標。

## 自然科學今後之發展

學術之進步，猶宇宙之博大，是無可限量的。自然科學之發展，尤其在物理科學方面，這是一個事實。以積聚之經驗，豐富之資料，進步之工具，新穎之技術，從事研究，今後各方面之發展，較之過去，必更為輝煌，更為豐碩，乃是預料中事。核子科學研究，已如前節所述，現已成為一專門學科，名為粒子物理學 (particle physics)。粒子物理學的主要發展任務，一言以蔽之，在窮究原子核心之奧秘。電漿物理學，是自然科學發展之另一新區域。模擬宇宙洪荒之世，混沌初開，星體

未成，穹蒼間瀾漫了星雲，即近代科學所稱之電漿。美國航空太空總署 (NASA) 曾如此說：「宇宙研究之科學目的，在求瞭解太陽系之如何逐漸形成 (註十)。電漿物理學，是主要的太空研究，以尋求太陽系的來源。宇宙如何創造，是自然科學家另一探求研究的區域。天文學者，對此問題，意見殊不一致，祇少有三種不同的理論。荷蘭天文家歐特 (J. H. Oort) 深信宇宙的開始，是一大爆炸 (big Bang) (註十一)。此乃天文學者中三種不同理論之一，但至今無定論。最近太空觀察，有廓塞星 (Quasar) 與波塞星 (Pulsar) 之發現。從太空觀察中，也測得紅向移動 (Red Shift)，這顯示宇宙間星體，正向無窮限之外緣奔馳。紅向移動現象，也顯示天體宇宙外緣，似在無窮限擴展中。以上所述各項自然科學之發展趨向，極富刺激性與挑戰性，最優秀科學家，將不畏艱困，接受此極富希望之挑戰。

## 中國學者與自然科學

中國科學家，上及三代，中經漢唐宋明，歷代在自然科學，均有不尋常之貢獻，本章前節，業加敘述。惟自然科學，為何未在中國生根而發揚成長，至今尚是學術界議論的問題，意見紛然，莫衷一是。近代西方科學輸入我國，自明季開始。當時有天主教士利瑪竇 (Matteo Ricci)，湯若望 (Adam Schall von Bell)，南懷仁 (Ferdinand Verbiest) 等，先後來我國，以天文，數學，農事等，介紹於我國。利瑪竇於公元一五八一年，抵達我國，時歐洲文藝復興，尚在初期，自然科學之發展，猶限於天文及數學等部門。中國學者，如徐光啓，李之藻等，與諸天主教士，時相交往，並作學問上切磋。徐光啓與李之藻，並曾與利瑪竇合作譯著歐幾里德之幾何學，以及「同文算指」與「測量法義」等書 (註十二)。惟中國自然科學之基礎，並未因此建立。遜清末年，八國聯軍之後，國人愴於國勢之危，於是李鴻章張之洞諸憂時之士，鑒於西方國家，船堅器利，當時奏准清廷，設立兵工，造船，煉鋼等廠，以為如此，可致國家於富強，而自然科學，未之計及。故直至前清末年，自然科學基礎，依舊空虛。

民國成立，留學歐美之士返國者漸衆，國內公私立大學，及研究院所，逐漸成立，於是一般西方科學，在國內學術機構，成立專門科系，從事教學與研究，自然科學，即在此新潮學術中，在國內生根滋長之部門。

民國四十四年，時張其陶先生長教育部，督纂中華民國科學誌，執筆均均是國內各學科之專家學者。內容

包括工程，經濟，社會，農學，醫學，商學，人文等各專門學術。自然科學，別為專篇，分為十章，為數學，物理，化學，天文，氣象，動物，植物，生理，地理，及地質。參加中華科學誌撰述者，為周鴻經，鍾盛標，張儀尊，高平子，薛繼燠，王友燮，李順卿，柳安昌，孫宥越，及阮維周等諸先生。祇數學一門，由周鴻經先生搜集，為中國數學家，在國內外學術刊物——如英美德法日意等國之數学期刊——所發表者，有九百餘篇之多，此足以顯示中國科學家，自民國以來，在自然科學方面，所努力與成就，誠是豐碩可觀。

以上所敘述，是有史以來，自然科學發展之概略。在發展之初期，中國學者，在數學天文各方面，皆有獨特的貢獻。近代科學，無可否認的，中國所有者，皆自歐美輸入，但在數十年內，中國學者，已有相當成就，以國人稟賦之高，假以時日，他日在自然科學上之建樹，可以預期也。

王雲五先生以國際學術介紹於國人之心願，主持編纂中山自然科學大詞典，分為十門如下：

- 一、自然科學概論與其發展
- 二、數學
- 三、天文學
- 四、物理學
- 五、化學
- 六、地球科學
- 七、生物學
- 八、植物學
- 九、動物學
- 十、生理學

每門各別為一冊，全部合十冊。編寫的體裁，原訂仿辭典格式，每一詞為一條，加以詮釋。詞之排列次序，則按詞之第一字筆劃為準。惟其後未能嚴格一律，有數冊採用分類次序排列者，而第一冊自然科學概論與發展史，是記載各門科學歷史之發展與演進，不以一詞一語為主，乃採取了綜合一貫之敘述。本篇包括下列各門：數學，化學，生物，及地球科學，分述如后。

## 附 註

註一：George Sarton 著：“A History of Science”第十九頁，有如下一句，“It is im-

possible of course to say when Egyptian culture began and to decide whether it is anterior to Mesopotamian and Chinese culture or not.”

註二：George Sarton 著：“A History of Science”第五十一頁：“……the written documents preserved only a part of it to begin with, and the majority of those documents have been lost. Only those enclosed in tombs had a chance of survival.”

註三：見李約瑟氏著：「中國之科學與文明」，第三冊第三十三頁（英文本）。

註四：見李約瑟氏著：「中國之科學與文明」，第三冊第一九六頁至二〇九頁（英文本）。

註五：參閱 Charles Suiger 著：“A Short History of Scientific Ideas”第一三六頁及一三七頁。

註六：參閱 Charles Singer 著：“A Short History of Scientific Ideas”第一五〇頁至一五三頁。

註七：參閱 Charles Singer 著：“A Short History of Scientific Ideas”第一七一頁。

註八：有關天文各節，均參閱 Charles Singer 著：“A Short History of Scientific Ideas”第二一二頁至二五九頁。

註九：參閱 Charles Singer 著：“A Short History of Scientific Ideas”第二九一頁。

註十：參閱 “Plasma Physics, Space Research, and the Origin of Solar System” by Haunes Alfvin, on “Science” vol.172, No. 3987, June 4, 1971.

註十一：參閱 “Galaxies and the Universe” by J. H. Dort, on “Science” vol. 170, No. 3965, December 25, 1970.

註十二：參閱李約瑟氏著：「中國之科學與文明」，第三冊第五二頁至五三頁，又第一一〇頁（英文本）。

# 數學發展史

## 中國數學

傅 溥

數學為文化的一部分，我國係文明古國，數學發達之早，領先世界，為一不爭事實。慨自滿清末年以來，海運大開，西學湧至，喧賓奪主。潮流所趨，一般人慕新棄舊，遂令我國許多先哲的豐功偉績，湮沒無聞，良堪浩嘆。際茲復興中華文化運動聲中，允宜將我國歷代數學狀況，重要著作，以及傑出數學家業績等，一一表而出之，藉使世人明瞭我國過去文化的輝煌燦爛，源遠流長；同時鼓勵後進，發奮圖強，克紹先哲箕裘。

所謂中國數學，它的發展情形，根據現存文獻顯示，約可分為六個時期。即：曖昧、茁壯、鼎盛、代數學突飛猛晉、衰退、與復興。過此即便世界化，不復再有中西之分了。

### 壹、曖昧時期

這個時期，上自太古，下迄暴秦，為時約計二千五百餘年，即所謂先秦時代。在先秦時代，我國數學發展，業已達到了相當程度，祇是有關這類專書，並無一冊流傳下來。因為文獻無存，情況難明，無法指出某人具有某種成就，僅能在其他文獻中，東鱗西爪，略窺一斑，故稱之為曖昧時期。

#### 周朝以前數學知識的一鱗半爪

「易」繫辭云：「上古結繩而治，後世聖人，易之以書契。」

「釋名」云：「契，刻也；刻識其數也。」

「世本」稱：「隸首造數。」

漢時徐岳所著的「數術記遺」云：「隸首注術，乃有多數。」又謂：「黃帝為法，數有十等；及其用也，乃有三焉。」

「管子」輕重戊云：「伏羲作九九之數，以應天道。」三國時魏人劉徽注「九章算術」序云：「包羲氏……作九九之數，以合六爻之變。」

#### 周朝的數學教育

「內則」云：「六年教之數學方名，十年出就外傳，居宿於外，學書計。」

「白虎通」云：「八歲毀齒，始有識知。入學。學書計。」

「周禮」保氏云：「教民六藝，六曰九數。」漢鄭玄釋周官保氏稱：「九數：方田、粟米、差分、少廣、商功、均輸、方程、贏不足、旁要；今有：重差、夕桀、勾股。」足見周人於小學時期，即曾注重數學教育。

#### 命數法

根據「世本」隸首造數的記載，我國有數之早，實較世界上任何文明國家為最。「易」繫辭上云：「萬有一千五百二十」；此外，「周易」、「禮記」、「春秋左傳」、「毛詩」等皆言及「萬民」；「書經」言及「兆民」；「逸周書」世俘篇：「凡武王俘商舊玉，億有百萬」，具見一、十、百、千、萬、億、兆等命數名稱，我國自古以來，就一直使用迄今，從未更改過。

但這些一、十、百、千、萬、億、兆等命數名稱，除了「易」繫辭上的「萬有一千五百二十」中的萬以下名稱，明白表示了依十進位外，其餘萬以上的名稱萬、億、兆間的關係如何呢？又在億、兆以上是否更有表示大數的名稱呢？關於這兩個問題，漢朝時候何徐岳所著的「數術記遺」中，曾予我們以圓滿的答覆。「數術記遺」云：「隸首注術，乃有多數。」又謂：「黃帝為法，數有十等；及其用也，乃有三焉。十等者，億、兆、京、垓、秭、壤、溝、澗、正、載；三等者，謂上、中、下也。其下數者，十變之，若言十萬曰億，十億曰兆，十兆曰京也。中數者，萬變之，若言萬萬曰億，萬萬億曰兆，萬萬兆曰京也。上數者，數窮則變，若言萬萬曰億，億億曰兆，兆兆曰京也。」這三等數中十而變的下數，我國一直延至滿清末年，猶在使用中。例如稱我國當時人口為四百兆；庚子年義和團之亂，向八國所認賠款為四百五十兆兩等是。實則我國當時人口為四億，庚子賠款為四億五千萬兩也。



(2008 A-38-1 \* 2)

### 太古時代的數字

在未有文字之前，一切事項，皆以結繩為記，數字當亦不能例外。「易」繫辭云：「上古結繩而治，後世聖人，易之以書契。」「釋名」云：「契，刻也；刻識

其數也。」結繩之制，已不可考。書契之作，今日可考者，最早當推殷代的甲骨文字，其次為周、秦的吉金款識。茲將殷代甲骨文，周、秦時代鐘鼎文（一稱金文），以及周代散見於錢幣上的各種數字，和現今數字對照，表列於下，藉以示明其變遷的一斑。

古今數字對照表

亞刺伯數字	小寫	大寫	甲骨文（商朝）	鐘鼎文	錢幣文（周朝）	算籌數字（前期）		算籌數字（後期）		商用數碼
						單	十	單	十	
1	一	壹或壹	一	一	一	一			一	一
2	二	貳或貳	二	二	二	二			二	二
3	三	叁	三	三	三 ≡	三	≡	≡	三	三
4	四	肆	四	四	四 ≡ 双 III 四 𠄎	四	≡ III	≡ X ≡ X	四	X
5	五	伍	五	五	五 ≡ X 又 五	五	≡ IIII	≡ IIII ○ ≡ ○	五	五
6	六	陸	六	六	六 介 介 上 T	六	上 T	T 上	六	上
7	七	柒	七	七	七 十 十 上 T	七	上 T	T 上	七	上
8	八	捌	八	八	八 X 上	八	上 T	T 上	八	上
9	九	玖	九	九	九 又 上	九	上 T	T 又 上 X	九	又 久
10	十	拾	十	十	十 φ	十	φ		十	十
100	百	佰			百 双				百	30
1,000	千	仟			千 f				千	千
10,000	萬	萬			萬 万				萬	萬
0	零	零							零	○

### 算籌數字

我國古代計算數學問題時，並不像今日用筆將數字書寫於紙面上，而是用算籌擺在算盤上，來表示出那被計算的數目，然後依照計算法則，搬運算籌，故稱計算為運算。這種計算時專用的籌子，有時單稱「籌」，或稱「策」，或稱「算」，名稱雖異，其實同係一樣東西。不論籌字也好，策字也好，或算字也好。它們頂上都冠有一個竹字，可見這種東西，古代都是用竹製成的。

基本算籌數字，共分一、二、三、四、五、六、七、八、九等九個，零則空一位置。因為用算籌表數時，

為了整齊美觀，不是縱列，便須橫擺，所以算籌數字也就有相反的前、後期兩種之分，一如上面數字對照表中所顯示的。這兩種算籌數字的構造，其間差別，僅係縱橫的互異，只要說明其一，便可得知其二。現在為了便於觀察起見，特將後期使用的九個基本算籌數字，分單、十、百、千、萬等位，重新抄錄於下：

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
單 百 萬	} 位			≡	≡ III	≡ IIII	T	T	T	T
		一	=	≡	≡ III	≡ IIII	上	上	上	上
十 千	} 位									