

萬有文庫

第一集第二卷五百種

王雲五主編

物理學名人傳

(上)

周昌編

省立新竹高中圖書館



00011254

萬有文庫

第一集第二編五百種

總編者

王雲五

商務印書館發行

物理學名人傳

(上)

周昌壽編

自然科學小學叢書

011254

序

我國提倡科學之風，由來已久，然而科學之落後，依然如故。求神拜佛，初不限於愚昧鄉民，卽自命先知先覺者，又何獨不然。以此而談科學，真不知所談者爲何物，以此而希望科學之進步，奚啻緣木而求魚。果能對於科學有相當認識，縱令膽大妄爲，應亦有其分際，至少此類似是而非之思想，亦不至猖獗至於此亟也。固然科學牆高數仞，不易窺見宮廟之美，百官之富。但科學名人，亦猶常人，並未拒人於千里之外。因人及物，未嘗非認識科學之一捷徑也。猶憶幼年初習電磁感應，頗心尼法拉第而不克自止，及讀其著述，更心焉向往之。後讀其傳記，尤覺其一言一行，在在均能引人入勝。推己及人，應有同感。本次編譯自然科學小叢書第一集，遂將科學名人傳記，列爲十門中之一門。全集二百種中，名人傳記居二十九種，幾佔全體之半之多。開始工作以來，忽忽已三年矣。幸得各方友好，盡力襄助，居然一一按期出版。雖間有一二種，改易他稿，究屬少數，且性質既同，所傳者之地位，亦相伯仲，讀者當不以爲病也。

本書自計畫當時，即決定自行執筆，不意為雜務所羈，苦難抽暇。且在本叢書中，自任者亦不僅此一種，遂致遲遲未就。今已到全集完成之日，實無法再行展緩。雖所得尙未及預定範圍三分之二，亦不得不草草結束。遺漏之多，不言可喻。既違初衷，又復愧對古人。唯有期諸異日，再編續集，用以自贖而已。

本書起自上古，迄於最近，凡與物理學有關者，均各有所記述。其中有偏於天文、數學、化學方面者，因其對於物理學上之建樹，不在他人之下，故並存之。

物理學名人如伽利略 (Galileo Galilei 1564—1642) 牛頓 (Sir Issac Newton 1642—

1727) 德斐 (Sir Humphry Davy 1778—1829) 法拉第 (Michael Faraday 1791—1867)

焦耳 (James Prescott Joule 1818—1889) 湯姆遜 (Lord Kelvin, William Thomson

1824—1907) 馬克士威 (James Clerk Maxwell 1831—1879) 洛吉 (Sir Oliver Joseph

Lodge 1851—) 居里 (Pierre Curie 1859—1906) 羅倫轍 (Hendrik Antoon Lorentz 1853—

1928) 普朗克 (Max Planck 1858—) 及愛因斯坦 (Albert Einstein 1879—) 等十二人，在自

然科學小叢書第一集中，已各有專傳，本書故未重錄。

又兼天文家之多祿某 (Ptolemaios Klaudios) 哥白尼 (Nicholaus Copernicus 1473 - 1543) 第谷 (Tycho Brahe 1546 - 1601) 刻白爾 (Johannes Kepler 1571 - 1630) 侯失勒 (Sir Frederick William Herschel 1738 - 1822) 拉伯拉斯 (Marquis de Pierre Simon Laplace 1749 - 1827) 等六人，亦已詳載於本叢書中天文學家名人傳中，故在本書中亦不錄。

本書所錄各名人，一律按其時代以爲編次，不論存亡，概以其出生年份爲準則。其年份相同者，則按其月份之先後，月份亦同者，又按其日數，以爲次序。例如瓦特、拉格郎奇、庫侖三人，均生於一七三六年，但瓦特之生日爲一月十九日，故位於最先；拉格郎奇之生日爲一月二十五日，故次之；庫侖之生日爲六月十四日，故殿之。此外如傍索、高斯及奧斯特等三人之編次，亦如之。類此之例頗多，一律準此排列。此項生日，專用以作排列次序之根據，在書中則未詳細列舉。

本書開始一部分，取材於周元瑞先生所譯 *Beacon Light of Science* 之殘稿。此稿爲一二八燼餘所存，並未譯完，又僅有一小部分經過整理，其中關於物理學家者尤不多，故採入本書者，

尙不及全體十分之一。本書全責當然由余個人負之，僅誌其顛末，並謝原譯者。

本書編輯時所採用之主要參考書，爲下列各種：

P. Lenard: *Great Men of Science.*

W. C. Dampier-Whetham: *The Recent Development of Physical Science*

H. Crew: *The Rise of Modern Physics.*

F. Cafiori: *A History of Physics*

Encyclopedia Britannica.

福本正人：力學史傳。

矢島祐利：近世物理學史序說。

岩波書店：物理化學講座：物理學家傳記。

目次

- 一 畢達哥拉斯 (Pythagoras) 一
- 二 芝諾 (Zeno) 五
- 三 德謨頡利圖 (Democritus) 七
- 四 非羅雷阿斯 (Philolaos) 一〇
- 五 阿開塔斯 (Archytas) 一二
- 六 亞里斯多德 (Aristotele) 一三
- 七 歐幾里得 (Euclid) 一七
- 八 亞里斯他克 (Aristarchos) 二〇
- 九 阿基米得 (Archimedes) 二四
- 一〇 依巴谷 (Hipparchus) 三〇

- 一一 希隆 (Heron) 三三三
- 一二 亞爾海潤 (Al Hazen; Ibn al Haitum) 三五
- 一三 羅哲爾培根 (Roger Bacon) 三七
- 一四 叩最那斯 (Nicolaus Cusanus) 四三
- 一五 達芬奇 (Leonardo da Vinci) 四六
- 一六 培內得提 (Benedetti) 五〇
- 一七 吉爾伯特 (William Gilbert) 五四
- 一八 斯蒂芬 (Simon Stevin) 五九
- 一九 麥森泥 (Marin Mersenne) 六四
- 二〇 斯內爾 (Willebrod Snell) 六七
- 二一 笛卡兒 (Rene Descartes) 七〇
- 二二 斐馬 (Pierre Fermat) 七四

二二	羅柏發爾 (Giles Personne de Roberval)	七五
二四	葛利克 (Otto von Guericke)	七八
二五	托里拆利 (Evangelista Torricelli)	八四
二六	瓦利斯 (John Wallis)	八八
二七	馬略特 (Edmé Mariotte)	九一
二八	巴斯噶 (Blaise Pascal)	九四
二九	波義耳 (Robert Boyle)	九九
三〇	惠更斯 (Christain Huygens)	一〇五
三一	虎克 (Robert Hooke)	一〇九
三二	勒麥 (Olaus Roemer)	一一三
三三	來布尼茲 (Gottfried Wilhelm von Leibnitz)	一二七
三四	巴平 (Diouysires Papin)	一二三

- 三五 發利庸 (Pierre Varignon) 一二五
- 三六 雅各·柏努利 (Jacob Bernoulli) 一二六
- 三七 約翰·柏努利 (Johann Bernoulli) 一三〇
- 三八 丹聶爾·柏努利 (Daniel Bernoulli) 一三三
- 三九 格雷 (Stephen Gray) 一三五
- 四〇 列氏 (René Antoine Ferchault de Réaumur) 一三六
- 四一 華氏 (Gabriel Daniel Fahrenheit) 一三七
- 四二 摩柏丟伊 (Pierre Louis Moreau de Maupertuis) 一三八
- 四三 攝氏 (Anders Celsius) 一四一
- 四四 佛蘭克林 (Benjamin Franklin) 一四三
- 四五 歐拉 (Leonard Euler) 一四七
- 四六 達郎倍爾 (Jean le Rond d'Alambert) 一五一

四七	布拉克 (Joseph Black)	一五五
四八	卡汾狄士 (Henry Cavendish)	一五九
四九	瓦特 (James Watt)	一六四
五〇	拉格郎奇 (Joseph Louis Lagrange)	一六六
五一	庫侖 (Charles Augustin Coulomb)	一六九
五二	賈法尼 (Luigi Galvani)	一七二
五三	社勒 (Carl Wilhelm Scheele)	一七五

物理學名人傳

一 畢達哥拉斯（紀元前五八〇——五〇〇年）

關於這位有名希臘人的事業和生活史我們都不很清楚，所有些流傳到我們的記述，很多只可當作純粹的稗官野史罷了。畢達哥拉斯（Pythagoras）大約是個薩摩斯（Samos）人，那是小亞細亞西岸的一個島，不過對於他的祖先及他幼年時代的狀況，我們沒有可靠的記載。在他成年的時候，他是在意大利南部的克里都拿（Crotona）城，那時候這地是希臘的屬地。在那邊他創立一種會社的組織，牠的性質其初不過是提倡智識階級的獨裁權，但是後來就有政治的色彩；那時希臘全境中民主政治和富豪政治二大派的兇猛激鬪已經開始，而這個會社亦不免深入漩渦之中。結果大敗，最後存在的幾個畢達哥拉斯黨徒都被放逐出國。至於畢達哥拉斯自己，我們不知道是在此事未到最高點時就逃走呢，還是被害的。無論如何，畢達哥拉斯學說，對於宇宙的怪僻的

觀念，可謂自成一派。他的學說，雖經其同時的或後代的著作家留傳給我們，但是內中雜了不少杜撰的故事及無意識的記載，所以那些研究希臘歷史及思想的學者，除了得着些畢氏學說的大概之外，其他材料的可信與否是無從斷定的。畢氏自己的著作現在已一字無存，即他門徒的著述傳給我們的，也不過是斷簡殘篇，沒有完善的了。我們從這些殘篇以及後代著述中，發現他們所信奉的兩種驚奇的教條，述之如下：

他們以為世界上各種物質，都是由原子組合而成，每個原子，都是非常小的，所以牠只有以地位的表示，而沒有大小的。兩個原子並列着，就表示一條線，可以指出方向，但是仍舊沒有大小的。三個原子（其一與二者成直角）表示面積，但是沒有厚度的，牠只代表面積或展開的意義罷了；四個原子（第四個與其他三個成直角）成功一個立體，就是形體的一種想像。於是三維（three dimension）空間的定理出來了，並且得着了解釋。他們以為空間是無邊際的，滿貯着空氣，也有人主張竟真是空的。他們以為凡是泥土的物質，原子具立體的形狀；凡是火一類的，原子是四面體或三邊體的；要是水呢，就是一種二十面或二十邊的立體；而其他物質，都有十二面體的原子。在所

有這些陳說之中，其最足注意的一項，就是原子是所有一切物質最後的部分的概念。

畢達哥拉斯派對於大宇宙的見解，是這樣的：他們以為在宇宙的中心有一種光及熱的火源，雖然是非常利害，但是永遠存着的；所有一切的天體——地球也在其內——在不同的距離上向着這心而在同心圓上旋轉着。地球是離這中心點最近的一個，並且牠轉動的時候，總有半個球面對着這中心點的，（好像月亮只有一面朝着地球的，）因而這半球是極熱，不可居人。其他的天體祇能受着反射的光；地球亦然，牠的光線是由其中最大的一個就是太陽反射得來的。當地球和太陽都在這中央發火點一邊的時候，那就是白天的現象。當在對面的時候，那就是夜了。

以上所舉畢達哥拉斯派哲學的例，很能够表示創始者及他的門徒雖是富有理想的人物，但缺乏證明事實的才能；希臘人固是富於理想而且是很活動的，然而在這古代竟已有如此的見解，也算難能可貴的了。他們的見解，和再古的埃及及巴比倫尼亞（Babylonia）人不同，後者關於宇宙又自有各不雷同的理論的。

畢達哥拉斯之是否真有其人，或這名字不過代表一派以解釋世間一切奧妙為目的的哲學，

吾人不得而知，但這教派在科學發展史上確可占一地位，因為他們的學說雖然有很多謬誤的地方，可是有許多觀念及議論，現在我們知道是正確的。

芝諾 (Zeno) 厄理亞 (Elea) 人。生年不詳，大約在紀元前五世紀時代。為帕默尼德斯

(Parmenides) 之弟子，長於辯論。亞里斯多德推為辯證法 (Dialectic) 之發明家。其辯論方式，係先假定有「多 (Many)」之存在及空間的運動之存在，再間接證明其為不合理，用以補充其師所主張之「一 (One)」與「不動」。

芝諾對於運動不可能之辯證如下：

(1) 一物體如由運動到達一定之距離，勢非先通過其路程之一半之點不可。欲達此點又非先通過其一半之一點不可。準此以往，欲到達一定之距離，非經過無限多數之點不可。但在有限時間內，而欲通過無限之點數，為不可能。

(1) 龜如在阿基利 (Achilles) 為荷馬詩中之勇士) 之前一步，阿基利亦將無法追及之。其理由如次：假定龜原在於 A 點，等到阿基利追到此 A 點之時，龜已走到 B 點。等到阿基利再追

到B點時，龜又到了C點。準此以往，無論如何阿基利總追不上。

(三) 飛箭在任何一瞬時，只能占有一處的地位。既只占有一處地位，就是靜止。在一瞬時為靜止則在飛行之全體時間中亦為靜止。故飛箭應為靜止。

(四) 設有甲向乙移動，經若干時間後到達乙處。假使同時乙也向甲移動，則甲到乙所要的時間，就比乙不動時短些。由此可見在同一的時間內有時甲可到乙，但亦有時甲不能到乙。

經亞里斯多德之指示，其證明中之(一)係將量的無限與點的無限混同而成。若一定之距離由無限數之點集成，則時間亦應由無限數之點連續而成。(二)與(三)亦係將時間空間分作無限數獨立之點而得。第四不過表示相對運動而已。

三 德謨頡利圖（紀元前四七〇——四〇〇年）

德謨頡利圖 (Democritus) 是一位最有名的希臘哲學大家，是生於色來斯 (Thraos) 的一個古鎮，名字叫做阿布第刺 (Abdera)。他的知好都稱他爲「含笑的哲學家」，因爲他秉性溫和而且常抱樂觀態度的緣故。關於他一生的歷史，我們所曉得的是他是一個有高尙道德的人，而且有堅信宗教的趨向，並且受過當時良好的教育，他對於數學及天文學有很濃厚的趣味，關於這種問題以及哲學上的問題，他曾有許多的著作，而且他也旅行到過許多在那時候稱爲文明的地方。他的著作祇有些零碎的斷簡傳給後人，後來於一八四三年由睦拉赤 (Mullach) 在柏林 (Berlin) 收集付印的。我們從這本書裏面，另外再參考了其他希臘和拉丁著作家的註解，方能推知他所主張的或舊教人的哲學的大綱。

據他的學說，凡五官之所感受而達於心靈者，是謂物質，而官覺的真意一向以爲是不可知的，直至現時，我人始知其爲另一種本質名能力者之現象，然而對於能力之真意，吾人依然一無所知。

在他的學說中，他假定了一種物質的原子，是無限小的，其大小和種類各各不同，不過每個原子，都有運動的本能；並且能依從了某種豫定的定律，集合起來積成各種的大小，形狀，及容量；有些表現生命的現象，有些祇在不動的情形中，如巖石或金屬等類，那是誰也知道是沒有生命的東西。因為這些原因，希臘人叫他的哲學為「原子學說」。所以德謨頤利圖可算是最先昌言物質原子論的人了。

這種學說發生了什麼影響，以及他有沒有再把他的學說發揚而光大之，那是不清楚的了。他反對宇宙有主宰的存在，但承認其中有不可更改的定律。他以為無論動物、植物、流動的空氣及水，都是一種平均性質的原子組合而成的；感覺和思想乃是另一種較高等的原子接觸的結果。他又假定第三種及最高貴的一種原子，那是高尙的上帝所由成的。他想快樂是人生最重要的目的。要達到這目的，一切情感必須能夠控制，而在日常生活中，處處當以節制為前提。他對於人類能否有來生的問題，似乎沒有什麼討論。

有些研究希臘思想的學者，以為伊壁鳩魯 (Epicurus) (紀元前 341—270) 是

他的哲學的信徒就以此教人，或者還替他加上些擴充的意見，依據伊氏的主張，怕上帝和怕死，是人類幸福上的兩個最大破壞者，生命最主要的目的，就是要打破這種恐懼而超過牠們。他相信人類的個性與死後完全消滅，所以反對為希求將來的幸福而行善，他說人生是美麗的，但完全為今日的事，我們最聰明的辦法，是及時享受一切的快樂，但須常有節制，而且不妨害他人的快樂纔是。他以為上帝是不朽的，但他們居住在另一世界對於我們是沒有什麼關係的。以上所述，現在看來雖然不過如此，然若果真代表德氏自己的思想，可說已超越那時代的思想界不少了。

四 非羅雷阿斯（紀元前四〇〇年）

非羅雷阿斯 (Philonas) 紀元前四〇〇年人，為畢達哥拉斯弟子，屬於後期畢達哥拉斯派。畢達哥拉斯之學說，雖盛行於當時，然僅限於口授，直至非羅雷阿斯，始形之於筆墨。

畢達哥拉斯派認為世界由有限與無限而成。有限者任原動力，無限者則任物質。從世界生成之原理言之，設定此項限界之一，同時不得不認之為物體。非羅雷阿斯認定其為火。至於無限者在物理學上作何解釋，則無定說。其一半為無形之物質，又一半則為空無所有的空間。創造之原動力居中央，向四方擴展而去，使無限者得其限界，成為真正之存在，而造成球形之宇宙。故宇宙的中心為中央之火，其表面成為火圈圍繞着宇宙。一切的天體都在中央火的周圍，各自在球面上沿着軌道運行着。各天體的次序為月，太陽，金星，火星，木星，土星。這是由於恆星間運動的視速度決定出來的。對於各行星的相對距離，僅出於簡單的神祕觀念而已。太陽在中央火的周圍繞着斜圓的軌道運行，即是黃道。月球上面也有動植物生存着。月蝕是由於地球或對地球而來的。

此種地動的學說，當然爲世所不容，但在二千年後哥白尼之學說出世，其所以容易動人，未嘗不賴有非羅雷阿斯先驅之力也。

非羅雷阿斯又說天體運動時，有聲隨之發出。各天體與中央火之距離及其速度，成爲一種諧數的關係，相合而成諧音，惜吾人之耳不能聽聞而已。

五 阿開塔斯 (紀元前四二八——三四七年)

阿開塔斯 (Archytas) 塔楞塔姆 (Tarentum) 人，為有名之哲學家、數學家、軍人兼政治家。與柏拉圖同時，且相友善，並曾救其生命。曾七次連選任大將，不過當時規定每次任期僅一年而已。傳聞係在亞浦利亞海岸 (Apulian coast) 溺死，即葬於其地。

阿開塔斯亦屬於畢達哥拉斯派，對於數學貢獻甚多且極重要，並為科學機械之鼻祖。最初區別出調和級數與等差及等比級數不同。曾創造木質飛鳥，發明滑輪。又言地球為球形，繞軸而轉，二十四小時一周，天體又繞地球而轉。對於樂器之音節，亦有特殊研究。

阿開塔斯的數學研究現尚有斷簡殘篇保存在巴黎之 Melanges græcs 內。

六 亞里斯多德（紀元前三八四——三二二年）

這位著名的思想家，亞里斯多德（Aristoteles）是一個古代希臘叫做斯塔齊刺（Stagira）城的人，那是在一個伸展到愛琴海（Aegean Sea）的很特別的三叉海峽上面，其南就是現在所稱的薩羅尼歧（Saloniki）城。在古代時，這地是馬其頓（Macedonia）帝國的一部份。他生於一個貴族而且富有資產的家庭，是數代書香的後裔，他的父親是阿民塔斯（Amyntas）王第三的御醫。他受了在那時候所能得到的最好教育，在十七歲時候，他到了雅典就投入柏拉圖做校長的學校，從這位大教授學了約有二十年，到後來他變為重要助手之一。柏拉圖死後，他就遷到小亞細亞西北岸上的密西亞（Mysia）。三年後，在這地被波斯（Persia）奪去之前，他又遷到密替利泥（Mitylene），那就是愛琴海中列斯堡（Lesbos）島中的都城。在紀元前三百四十二年，他遷到柏拉（Pella），當時是馬其頓的都城，在這以後的三年中，他擔任監督亞歷山大（Alexander）的教育。那時候亞歷山大是皇位的預定承繼者，就是後來的亞歷山大第一。後來他的父親死了，這位

年輕的皇子，就接了皇位。亞里斯多德在那裏再住了七年，仍為皇室辦事，好像亞歷山大第一的顧問一樣，他從前的弟子對待他非常尊敬。

在紀元前三三四年，有五十歲的時候，亞里斯多德仍舊回到雅典，他自己開了一個學校，不多幾時，就很有名，在那校他教了十二年，直到紀元前三二三年亞歷山大死後為止，那時他又遷到希臘的卡爾息斯（Chalcis），放棄了學校生活，預備休養以恢復他衰弱的身體。但是在那裏他就於次年死了，享年祇有六十三歲。

亞里斯多德或者可稱為古代最多著作的學問家了。在他的著作中，差不多對於各種學問凡為當時人民所知的或意想以為他們知道的，都有討論，換一句說，就是他的著作包括當時的宗教，法律，論理學，修詞學，形而上學，物理學，天文學，氣象學，博物學，植物學，動物學，解剖學，醫學，力學，道德學，政治學，生理學，心理學，詩歌以及文學等等。至於科學（除了數學及幾何學外），他的學術到現在似乎沒有多大的價值。但是在這些裏面我們可以看出一種特殊的分析的能力，其一部分或全部分留傳到後代的，對於學術界發生極大的影響。有許多時候，他所留下來的思想的解釋或結論，

已經胚胎了以後的發明，其中最著的一例要算他的關於發生及生長的議論。他的見解和天演論根據的基礎學說很為相近。依據他的學說，生存是由四種普通原質或原理參合而成的。那四種他稱之為物（包括牠的各種變相在內），形（包括各種形狀的變化），因（主動力），及果（可見的結果）。他假定萬物在創始的時候，各有一定的計劃，而在其完了時，所得的一定的結果，就是那計劃所預定的。以人類而言，這個結果就是快樂；而在其他物相當中，例如植物動物以及各種無機物質之從巖石到行星，則以完全適合環境為結果。變化是什麼地方都有，無時不在進行；其實從最初即已開始，且將繼續下去，直至達到所計劃的結果時候為止。這種慢性變化的程序，是一步步的前進，從可能到實現，牠的工作是不定的。恩柏多克利（Empedocles 紀元前約五〇〇—四三〇？）以為機會或自由意志是變化的原因，但亞里斯多德則以可能性代之，可能性可分做兩個方向——向善或向惡。他以為凡選擇那一種方向，就造成那方面的習慣，充其極端，一則流為放縱，一則趨入制慾主義，那兩種都是過分的，不幸的及不可恕的。美德是恰取中庸之道，就是在什麼事情都不過度。至於在有生命界及無生命界中常存不息的變化的根本原因，他以為一定是上述二種

不可見不可知而永存的向善與向惡可能性，永遠爭持着的緣故。

古時的人，沒有多少已經證明的事實，來做他們理由的根據，好像我們現在的科學家一般。因而他們雖同以尋求真理為目的，而所得的結論各異。到現在這些除了文學上的興趣和表示人類思想在這時代的黑暗中摸索的經歷以外，別無其他價值。然而在以後二千年中亞里斯多德的學說是人類戲劇中的唯一的勢力。

亞里斯多德的自然科學即運動學，將運動分為三種：（一）位置的變化，由此而成力學；（二）質的運動即性質的變化，由此而成化學；（三）量的運動即同一形相的增減，由此而成生物學。

亞里斯多德的力學，已知有平行四邊形的定理，並且快要說到離心力的作用，但未得到解決。對於槓桿，落體亦有所論述，惜均不得其當。

七 歐幾里得 (紀元前約三〇〇年)

我們祇知這位古代有名的數學家歐幾里得 (Euclid) 是個希臘人，當托勒密第一 (Ptolemy) 朝代 (紀元前三二三至二八五) 他居於亞歷山大里亞 (Alexandria) 設帳授徒，關於數學方面他是當時最有名的著作家。此外我們無所知了。所保留的他的著作確定是他自己的，有下列多種：即元素論 (The Elements) 事原論 (The Data) 現象論 (The Phenomena) 光學 (The Optics) 反射論 (The Reflections) 尺之分度論 (The Divisions of the Scale) 及分法。據猜想起來，他曾寫了幾種或許多其他的書，但都散失不可攷了。

在上面這些著作中，使他得萬古不朽之名的就是那第一種。這部著作共分十三部分，牠的聲價非常之高。巴格達 (Bagdad) 有名的回教國王哈朗奧拉犀特 (Haroun al Raschid) (亞倫公正者 Aaron the Just) (七八六年至八〇九年) 既把牠譯成阿拉伯文 他的兒子亞魯嗎蒙 又繼而重譯之。後述那本譯本在一一二〇年 譯成拉丁文，而於一四八二年 在威尼斯 (Venice) 付

印的。

從歐幾里得發明平面及立體幾何以及三角中的各項著名定理，到現在已過了二十二個世紀了，但是這些定理仍在現代的學校中教着，不過略有微小的改動罷了。科學的發展，數學實居第一步。沒有了牠，第二步的力學，是不能教的。同時第三步的天文學，更不能在觀察之外再找進步了。人類確然需要這麼一個歐幾里得來啓發，不然他們除了猜測自然現象而加以紀錄外，別無所能的了。在他之前，確也有過各種的數學家，但祇有他可稱為數學的鼻祖。所有他的定理，除了兩個之外，至今奉為圭臬，而這兩個（指平行線定理而言）雖不適用於曲面形而對於平面仍是對的。

他所在教書的亞歷山大里亞城，是紀元前三三二年至前二八二年亞歷山大第一所建築的，所以在他那時候，這城還是一個新的建築物。這是由一位建築家羅特（Rhodes）的帶諾克刺提（Dinocrates）依據數學原理而造成的，城作平行四邊形，各市街的交叉，都成直角的。其主要的居民，不外埃及人、希臘人，以及猶太人；每種人口之多少即依上述之次序，希臘人占據了智識階級，猶太人多是商業家，埃及人不過充勞工罷了。在托勒密朝時，這城異常繁盛，不久成為古代商業的及文化的第一大

城了。因之那時各文明國的學者及學生羣趨是地，前者教授，而後者聽講。歐幾里得是其中最高級的一個，他設立學校的地方很不惹人注目，然而不久就著名了，國王（托勒密第一，稱爲索提保存者）竟特別爲他造了一所講室，且賞賜他各種可希望的權利及榮譽。他的班中，是用希臘文教授的。因爲要入他的班的人是這樣多，所以城中就有許多教文字的學校開辦起來，埃及人、阿拉伯人、印度人、波斯人以及其他不懂希臘文的人民，使他們得有專習希臘文的機會，預備進他的班去聽講。

八 亞里斯他克（紀元前二六五年）

亞里斯他克（Aristarchos）是薩摩斯（Samos）地方的人，那是在希臘海岸西邊

的賽法羅尼亞（Cephalonia）島上。他是著名的第一個人想法子用幾何學方法來決定太陽和

月亮離地球的相對的距離。他的歷史，現在已不可攷，而所有他的著作，除了一篇關於解決上述這
個問題的短文外，亦一齊都散失了。在那時候，一般以為地球是固定於空中而不動的東西；而太陽、
月球、行星及其他的星，都是圍繞地球而走的。但他的意思，以為若認地球為太陽的衛星，比較的合
於事理，而日月蝕的現象，——那他似乎已完全明瞭的了——使他更相信自己的見解，因為當牠

們發生之時，地球的影子投射在月球上，月球的影子投射在太陽上，很顯明的將他們相對的距離
表示出來了。於是他復主張那個假定地球非固定但每天繞軸自轉的較舊學說，而以為從前畢達

哥拉斯所謂中心有火之說，不過是一種神話，因他以為太陽的發光，並不是反射出來的，牠自己有
發光能力的，並且實際上地球上所有的光，都從太陽得來的，其中是直接射到的，亦有由月球、行星

以及各星上反射過來的。

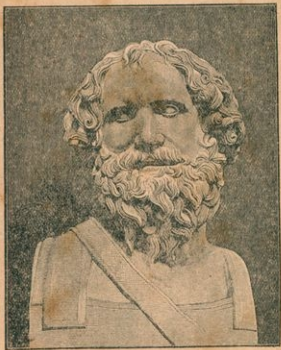
依據了上述的理論，他說當月球在第一或第三季呈半圓形的時候，日、月及地，這三個天體的位置必居在一直角三角形的三個頂點上，月球是在九十度直角的那個頂點上，太陽在其他兩角中之最銳的一只角上，而地球則在次銳角上。他於是用了當時可得的那種儀器，在那半月的時季來測量太陽和月球在地球上的角度，他行了幾次反復的觀察，斷定這角很接近於八十三度。平面三角形各角的和，那是不變的一百八十度，而在假定時，月球地位的角是九十度，所以太陽地位的角一定是八十三度與九十度之差，或是七度。既得到了三角形的三只角，那不過只要應用簡單幾何來計算從地球到月球的線和從地球到太陽的線的比例，即等於一與二十之比也。

在理論亞利斯他克是絕對準確的。但可惜在那時候沒有可以量相距極遠之物體間之角度的準確儀器。不但這樣，依同樣的理，那時也不能很準確的決定半月的時季。他的紀錄既已錯誤，結果，自然亦不對了。據現在所知當月的半盈時候，太陽和月球的角度在地球上測量起來，比九十度不過小一些，而不是八十三度。所以由地球到太陽的距離和地球到月球的距離的比較，不是一與

二十之比，乃是一與四百之比。

他的關於這個問題的論文，於一四九八年在威尼斯 (Venice) 用拉丁文出版的，後於一六八八年，希臘文原本，在牛津 (Oxford) 出版。

(Oxford)



阿基米得

九 阿基米得（紀元前二八七——二二二年）

阿基米得 (Archimedes) 是古代最著名人物之一，生在西西里的敘拉古 (Syracuse)，在那時候，島上這部分是仍舊屬於希臘，受國王亥厄洛 (Hiero) 第二統治的。大約在幾世紀之中，這地方總是希臘和腓尼基輪流管轄的，因此阿基米得的祖宗，多少總有幾個是這兩種民族的混合結晶。他的教育，是在埃及的亞歷山大里亞城受的，那是當時一個希臘的屬地，而由托勒密第二統治的，這城當時是世界上最著名的學術中心點。

由他的功績看來，足徵他是個既有天賦的數學家的腦筋，而兼備自然發明家的思想的人物。他又是一個很有名的幾何學家，在他那時候，不過次於歐幾里得一人罷了。槓桿一物，自古以來早知利用，而由記載所知，則從未有以數學來說明其原理者，有之，當推阿氏為第一人了。關於槓桿能力的推測，有人以為阿氏曾說：「給我一塊地方，使我能站着，再給我一個支點，我能移動地球。」

(Δός μοι τοῦ οὐοῦ καί χιβῶ τῆν γῆν) [物體的重量和牠的質量成正比例]的原理也是他發明的

——或者至少是他最先應用的——在那裏透這質量兩字是指物質的量和容積是沒有關係的。曾經有個故事說，國王要造一頂新的皇冠，拿了定量的純金交給製造者去製造。當他來交冠的時候，國王忽疑心是否用了銀子或其他次等的金屬來替代金子，他就把這件事情，交阿基米得去審查。有一天他正將洗浴，腦筋中卻盤旋着要解決的這個問題，他突然覺着許多水被他的身子擠了出來，濺到浴盆外邊，他就立刻得了解決這個問題的方法。他一時興奮竟赤了身子在街上跑向家來，嘴裏大叫「我知道了！」

幾何學中一部分名為「圓錐曲線學」者，是研究平圓，橢圓，拋物線，及雙曲線的，也是阿氏所始創，這些曲線，自然在他以前已經知道了，但是用數學來研究牠們的性的，他是第一個人。在他那時候，他可算一位大著作家。他的著作作品中現所保存的，三本論平面幾何的，三本論立體幾何的，此外更有論算術的一本，論力學的三本。他也像古時別的數學家一樣，想求出與圓形等積之正方形，由他所得的結果，宣佈 π 的值，大約在三·一四〇八一六九與三·一四二八五七一之間。他對於這個問題雖不能解決，但是這個 π 的數目和現在所採用的圓周與直徑之比的數目是很近的。

了。并且在另一方面，他是成功的，他證明被圍在平行四邊形內的拋物線的面積，是等於四邊形的三分之一，自有記載以來，這可算是求出曲線形面積的第一例了。他又著有窮究法 (Method of Exhaustion)，其中所用的方法和近代的微積分學很相近似。

後來敘拉古，被馬塞拉斯 (Marcellus) 領了羅馬軍隊攻陷，大肆屠殺，阿氏亦於是役被害。當時那有名的總司令聽得他死了，非常的追悔，特替他建築了一座紀念碑來紀念他。在碑的上面，用石雕成一個圓筒，其中切着一個圓球。羅馬有名政治家西塞祿 (Cicero) 在紀元前七十六年被任為西西里總督時，曾去謁過他的墓，回來後在他的多斯加納的辯論 (Tuscan Disputation) 中有一段記載此事。但到現在他墓地所在就無從查致了。

阿基米得的發明，不下四十種之多，茲舉其重要者如下：

一、滑輪 據傳阿基米得一日在亥厄洛王前，誇說能以一定的力量，將任何大的重量移動。

當命其實驗，遂在砂上放一木船，船內命多人乘之。阿基米得離船略遠，用一手牽動滑輪上繩子，全船即在砂上移動，如在水上一樣的容易。

二、螺旋水機 此為阿基米得在埃及留學時發明用以汲取尼羅河水供灌溉使用又西班牙礦坑中排水時亦用之。

三、天球儀 為天空之模型，能轉動，一如實際之日月星辰間之運動然。共有兩具，敘拉古陷後尚得保存。

四、火鏡 敘拉古被圍時，阿基米得用此以燒燬敵船。大約利用太陽光之反射，形狀之說不一。

又阿基米得之研究大致可分為下列四方面：

一、天文學 阿基米得之父即為有名之天文學家，家學淵源，造詣極深，據傳曾測定地球與月之距離，月與金星之距離，金星與水星之距離，水星與太陽之距離，太陽與火星之距離，火星與木星之距離，木星與土星之距離。又曾撰述測定太陽視直徑之方法，發明天球儀及天文觀測用儀器，為數頗多。

二、力學 阿基米得著有平面之平衡一書，詳論槓桿原理，建成靜力學之基礎。書中設有七

公準：(一)等重在等距離成平衡，(二)在一定距離之兩重量成爲平衡時，如有一方增加，則平衡破裂，增加之一方當傾下；(三)同樣，如有一方減少，平衡亦破裂，減少之一方當傾上；(四)相等相似又相一致之平面圖形之重心，亦相一致；(五)不相等而相似之圖形重心，在於相似之位置上；(六)兩量在一定距離成平衡時，如有與其中一量相等之量，則亦當在同一距離上成平衡；(七)周圍在同一方向凹入之圖形全體之重心，非在圖形內部不可。阿基米得由此七條公準，論定兩物體之平衡及其重心，並進而求得平行四邊形、三角形及拋物線形等種種圖形之重心。

三、流體力學 關於流體力學，有不朽名著，原名為 *μεγάλη ἰσότης ἐπιτορικήων*，共有兩卷，論各種形狀之浮體平衡，不獨前無古人，即其後千數百年，亦無來者。

四、數學 此方面之成績亦頗不少，如圓周率之近似值爲 $3\frac{1}{7} > \pi > 3\frac{10}{71}$ ，大數之記法，拋物線及螺線之面積，球與截球形之表面積，及體積，週轉二次曲面之截形等之求法，成爲窮舉法 (Method of exhaustion) 與二千年後始出現之微積分法，遙遙相應，其功之偉亦可知矣。

最後再及阿基米得之著述，至今尚保存者有下列各種：

一、 *περί της σφαίρας και του κυλίνδρου* 一卷，證明球與圓柱之種種命題，其第一卷中共有命題五十，內容為圓柱面積，球面積，圓錐面積等，最有名之球與外接圓柱之關係，亦在其中。第二卷中共有命題十，內容大都討論球體之截面。

二、 *κυκλου μετρησις*，論圓面積，共有命題三。

三、 *περί κωνοειδών και σφαιροειδών*，論劈錐曲面 (Conoid) 及球面 (spheroid)，共有命題四十。

四、 *περί ελίκων*，論螺旋線性質，共有命題二十八。

五、 *περί εκτεθειτων ισορροπιων η κεντρα βαρων εκτεθειτων*，論平衡及重心。

六、 *περιγωνιωνος παραβολης*，論拋物線之截形面積，共有命題四十。

七、 *περι των υδρα επισταμενων*，論浮體性質，共有兩卷。

八、 *ο πανιτης*，論充滿宇宙間砂粒之總數，結果認為此數並非無限，其值應在 10^8 以下，其對於宇宙系統之思想，從可知矣。

十 依巴谷（紀元前一六一——一二六年）

希臘的天文學家及數學家依巴谷（Hipparchus）是生於俾斯尼亞（Bithynia）的尼西亞（Nicaea），那是小亞細亞的一個政治區域，位置在瑪摩拉（Marmora）海及黑海（Black Sea）的沿岸。但所有天文學上的工作，他都在羅突（Rhodie）島做的。

對於他個人的歷史，現在是都不知道了。他的著作，也多失去了；只有小部分是由亞歷山大里第的提翁（Thion）紀元後約三七〇年）及托勒密非列得爾法斯（Ptolemy Philadelphus）（紀元後一〇〇至一七五年）的著作，得以保存至今。據我們所知道的，他共著了九種獨立的書，其中只有亞拉圖的釋義（Commentary on Aratus）一書被後來的著作家搜羅完全的。

他是一般認為三角學的發明者。他曾計算各種弦數而列成一表，並且已有二次方程式的智識，天文學中所謂歲差的現象亦是他發見的，且據想像起來，他也是星盤（astrolabe）的發明者，那是一種古代用來測量天體高度的儀器，向應用於航海，直到一七三〇年象限儀器發明了為止，更

後又有六分儀出來，亦取前者而代之。依巴谷曾編一張彙錄，其中羅列固定星體的名字在千數以上。

黃道這個名詞，古代天文家用以指太陽一年中由西而東所經歷的大圓圈而言。此名由蝕字蛻化而生，因為他們觀察之後，不久就知道日月蝕發生的時候，日和月一定在這個圓圈之中，或在其附近。現今天文學告訴我們，黃道實是一個平面，地球沿之而環日週轉，一年一度。

地球赤道的平面，那是將地球分做南北兩半球的，假使想像牠在空中，向外伸展出來，卻不能與黃道的平面相貼合的。在現在牠們兩者中的角度，是三十三度半，這角度每世紀減少五十秒（或一度的七十分之一），或每七十世紀減一度。假使這減小率一直不變，那末到一六四五年，兩平面應該相併了。幸虧得這只角——那是叫做黃道交角——是有限止的，那是不會也不能超過的。天文學家計算說約在離今一百五十世紀之後，牠方始達到最低的可能限度（約二十二又四分之一度）。過後牠的行動，就改變方向，而兩者的角，復逐漸增加，直到最大的角度二十五度為止，那要在又另外三百三十世紀之後，即距今有四百八十世紀了。到了那時牠的行動，又將改變方向

了。

每年有二個日期，約當三月的二十一日及九月的二十三日，太陽在正午是垂直在赤道上面，此事在古代天文史中已有記載的了。這二天叫做晝夜平分日，就是表明地球赤道的平面倘若充分展引出去而與黃道平面相交的二點。這兩點不是不變的地位，每年約向前移動七十二分之一度。因為每圓周是三百六十度，所以牠須二萬五千九百二十年，纔能走轉黃道一周。這種現象，叫做歲差。這些事實，在二千年前已為這位希臘天文學家所發見，這不是很可驚奇的事嗎？他所用的儀器，祇不過是幾件星盤、日規及指時針罷了。但他亦不能說明其中的理由，此事一向無人解釋，直至後來牛頓發明其定律後，於是行星在空中之移動，纔得了一個結論。

十一 希隆 (紀元前二世紀)

希隆 (Heron) 希臘之亞歷山大里亞人，以幾何力學及物理學之著述著名，其生卒年月，頗多疑問，然大致應為紀元前一五〇年時代。其關於力學方面之著述，有 *Pneumatica*, *Automato-poietice*, *Belopoeica* 及 *Cheiroballistra* 等遺留者，均為希臘文字。其中之 *Pneumatica* 敘述種種極有趣味的機械，如虹吸管，希隆噴泉，消防機，以及應用蒸汽的機械之類。*Belopoeica* 則為兵器機械之類。其所著力學中除日常生活有關者外，並詳記各種發動機之構造。

希隆對於幾何方面著述更多，保存者有 *Metrica*, *Definitiones*, *Geometria-Geodaesia*, *Stereometrica*, *Mensurae* 及 *Liber Geöponicus* 等。

關於測量方面有 *On the Dioptra* 一書，證明三角形的面積可用下列的方程式表出，即

$$\Delta = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

對於光學的著作有 *Catoptrica* 一書，亦尚完全。此外關於水鐘 (*Water-Clocks*) 的記

事，則只有短片保留着而已。

十一 亞爾海潤 (紀元後九六五——一〇三九年)

亞爾海潤 (Al Hazen; Ibn al Hatim) 生於幼發拉的 (Euphrates) 河下游的巴士拉 (Basra) 城，在當時他是一個很有名的數學家及物理學家，而且是關於各種普通哲學的大著作家。他曾將亞里斯多德、多祿某 (Ptolemy) 紀元後一〇〇——一七〇年) 及歐幾里得等的著作加以註釋，對於彼等之學說及史傳敘述尤詳。他的文字生活的大多數時間，是在埃及的開羅 (Cairo) 過的。在那裏除其他的活動外，他還著了一部討論光學的書，在那時候這書是研究這門科學的第一部著作了。在這書中他很準確的說明許多關於在平面球面及拋物面鏡上的反射光的定律，並且關於折射的現象，也說了不少。我們可以相信他是第一個人發見及討論光線經過晶體或玻璃鏡後，可成放大的像。

依據了這種研究，他進而探索眼睛的祕密，他用解剖方法發見了眼球裏面的睛珠，因而能說出視覺現象的一部份理由。他雖然知道網膜上所成的像必定是倒的，但自承不能說明為何所得

的位置觀念卻是正的之理由。

十三 羅哲爾培根（紀元後一二一四——一二九四年）

羅哲爾培根 (Roger Bacon) 生於英國易爾拆斯式 (Ilchester) 是很高尚世家的後裔，在那時期歷史中如今日所謂之科學尚未成立，其所謂科學乃以一輩丹士與星家為其代表，彼輩雖很熱心探索宇宙奧秘之解釋，但行為卻是盲目的。他在牛津大學讀經學時，受了很好的教育，其後在巴黎得了神學博士的學位。學成後回到英國，他就做了聖芳濟教會的僧道，那是羅馬教堂立的一種教會，在一二〇九年，由阿栖栖 (Assisi) 的聖法蘭西斯 (Saint Francis) 創立的。

要合宜的評判培根的生活及其工作的價值，我們必先要知道些關於上述教派的主義，以及他們所奮鬥的目的。這教會裏的教友除宣誓終身安貧、貞潔及服從外，他們的根本概念是他們須在環境所能允許的最低條件中，度着和耶穌最切近的生活。因此他們穿一種簡單的服式——是那時候牧羊者著的衣服，鞋子及騎馬均在禁止之列，和婦人說話，是絕對不准的，每星期五從日出至日落須全日斷食，此外在諸聖日（諸聖節之前夕）及耶穌聖誕之間及來朝節（一月六日）

與基督復活節之間的日期亦須戒食。除了奉行這種教規之外，他們的責任，是傳布耶穌主義，犧牲他們自己來救人們的病痛及精神上的痛苦。這教派發展得很快，教友之數大增，不久全歐都被他的支部布滿了。由一三三三年起到一三五一年止，歐洲發生一種時疫，叫做黑死，猖獗非凡，那時差不多有十二萬四千的聖芳濟僧道因為熱心救護病人，和為臨死者祈禱的緣故而犧牲了性命。由此亦可見其組織之發達了。

培根既然是自願加入這種組織的一個教友，我們可以確切斷定他是一個很和氣而且富於宗教性的人。同時他又具有一種肯研究的本性；當他加入了教派之後，他就研究煉金術和光學，將他的發見寫成了許多著作，且常與其教友們自由切磋討論。雖然他這樣度他的與人無忤的生活，他的舉動，引起了同伴中的妬忌及不高興，竟至誣告他施用邪教的魔術之罪，因而在一二五七年，他被教會中的管理者判決在巴黎監禁十年，在監禁期中，非但剝奪他的讀書權及用儀器權，而且不准他用寫字的東西。

當克力門第四 (Clement IV) 繼任教皇職位時 (一二六五年)，培根就設法和他往來，這

位教皇倒是一個很仁慈的人，就叫他交出他的著作，以便審查。培根於是交出一部手抄的稿，那即是其後著名的那部「大書」(Opus Majus)。這書是他研究科學、哲學及宗教，直至監禁之時所得着的各種結論的集合。克力門收到這書之後，還不會讀得，不久就死了。但是克力門曾經答應審查他的著作，並且預備接見他，以便聽其關於書之優點之陳述，因為有了這種事實，他終久避免了拘禁和公然的窘迫。但到了一二七八年，他又被新教主（尼古拉第三）宣布十年的監禁，不過在那次監禁時期中，准他繼續研究學術及著作。在這個十年的監禁期滿後，就放出來，大約在一二八八年，他就回到英國；在一二九八年，他著成了一部書，叫做「神學研究的大概」，不久之後——或者是在一二九四年——他就死了。

培根是和達芬奇一樣的，都可說是天生的奇才，在當時確是遠出他人之上的。但是他和達芬奇不同，未能擺脫當時代的謬誤觀念。他是一個很相信占星及「哲人石」，那是一種神怪的化合物，黑暗時代的煉金家所竭力搜尋的，這東西要是尋着了，他們以為不但能使不值錢的金屬變成珍貴的黃金，而且可以當做一種萬靈之藥，無論人身受着了什麼疾病或痛苦，都能治好的。在那時

代人們的智識非常幼稚，疾病痛苦是常有的。但是他雖遇着這種困難，又爲教友們所虐待，但他的光明的思想絲毫不受障礙，樂觀的性格，亦不受挫折。他是希臘文化極盛時代之後歐洲的第一個人。他知道要確切明瞭關於自然的智識，祇能從觀察及研究其現象而得。他所以即把這個主義來教人。他對於光學有特別的興趣，於折射現象上，有高深的研究，且能準確解釋如何太陽與月亮在平面上顯然見大的原由。據說他因研究一種譯成拉丁文的阿拉伯文件，而得知硫磺硝石和炭的混合物（火藥）的爆炸性質，而在某種情形中，他曾做了少許而使之爆炸，因此使一輩迷信者更加深信他是能使妖術，必定是能役使妖怪的了。他對於當時的日曆制的錯誤，是完全知道的，當時的日曆同準確的相差已有八天了。在一二六三年，他訂了一種改正的日曆，現在有一分尚存在牛津大學圖書館中。這種差誤直到一五八二年，那時差不多有十整天了，始由教皇格列高里第十三（Gregory XIII）命令改正，當時由維的坎（Vatican）的官家數學家克勞修司的指導而改正的。

他非但是一個完全相信當時的正教者，並且是一個對於自然界的奧妙思索很深刻的人，他深信人類倘知自然界中各種力量的定律而能控制他們，一定可以大有作爲，他的見解非常透澈。

所以他的著作有時似乎像是預言一般。下列是他後來寫成的手抄本中的一節，或者是上述事實之最佳引證。

「我們先就技術上着想，將來一定有一種用不着人划的航海的利器，譬如大船在大海中航行，只要有一個人把舵，就能駛得很快，比之船中都裝滿着人的還要快；又如戰車的移動，用不着體力來推動，而有不可思議的大力。同樣我們且可以造出一種會飛的機關，祇須一個人坐在機關的中間，轉動一部機器，因而使機關上的人造的翼子，鼓動空氣，好像飛鳥一樣……而從物理方面想像起來，更將覺得奇怪；我們可以造出一種配景和透視的鏡子，能够使一樣東西，看起來好像多樣，譬如一個人看起來好似一大隊人，一個太陽或月亮變成多個太陽或月亮等。我們更可以造出透鏡，使很遠的東西，看來好像和我們很近的一樣。」

因為他有淵博的學識，所以雖經同道的僧徒們百般謗毀，仍被人稱為「可羨慕的博士」；而且因為他的和氣及不驕傲，一般的人都很尊崇他的。所有他的著作，都是用拉丁文的，因為拉丁文是他精通的。在一四八五年到一六一四年間，共出版了六種他的著作。一七三三年，他的「大書」

出版了；至一八五九年，他的『第三書』(Opus Tertian)和『小書』(Opus Mime)及『哲學概論』(Compendium Philosophiae)出版，這三書的總名叫做『樂劇譜』(Opera Inedita)

十四 叩最那斯（一四〇一——一四六四年）

叩最那斯 (Nicolaus Cusanus) 是德國的哲學家，父為漁夫，生於叩最 (Cusa)，因地得名。幼年入巴丟阿 (Padua) 大學，習法律、數學及哲學。一四二三年得法律博士學位，時僅二十三歲。後習神學，遂由律師改任牧師，對於宗教改革頗為致力。深得教皇信任，為之奔走。一四四〇至一四四七年之間，均在德國代表教皇出席議會。一四五〇年任布利克森 (Brixen) 主教。一四五一年被派赴德荷改進教會生活及促進十字軍。

叩最那斯在科學上之貢獻，亦頗不少。其對於宇宙之觀念，詳其所著 *De docta ignorantia* 之中，以為宇宙之大無限，決無有中心之理。又說出地球每日都在旋轉着。所謂運動，必須要有不動的物體來作比較，方能識別。所以我們雖然看不出地球的運動，但事實上是在運動中，已極明瞭。其主張地動，早在哥白尼以前。

叩最那斯又曾將阿基米得的著作，從希臘文譯成拉丁文，並研究圓的求積法。

即最那斯曾用中心投影法，繪出既知世界的地圖。又將面積分割測定，說明不規則形狀的面積，均可用此法求出。並創論一切的研究均有量度的必要。

即最那斯知運動的相對性，為新天文學之開拓者，又為近世機械的自然觀之前驅。聲言除數學以外更無確實之知識，則其對於數學，重視到如何程度，不難推想矣。

即最那斯認為地球應較月球為大，較太陽為小，是一個球形的天體，能在其本身的軸上轉動，自身不能發光，須借其他天體之光，在太空中永遠動着不會停止。又說其他的星體上，也有生物存在。物體是不會消滅的，只不過其形態上發生種種變化而已。

即最那斯又為發見濕度之人，其書中有一段記事，說「若在大的天平的一端放大量的羊毛，而在他一端放石塊，使兩者在乾燥的空氣中成為平衡。到得空氣潮濕的時候，即見羊毛的重量增加，空氣乾燥的時候，就會減少。」但在意大利，則主張濕度的發見，出於達芬奇之手。

即最那斯的著作於一五六五年在巴塞爾 (Basel) 出版，英譯本有 *The Idiot* (1650)

Conjectura de Ultimis diebus (1696) 及 *De Visione Dei* (1646) 等。



十五 達芬奇（紀元後一四五二——一五一九年）

利奧那圖·達芬奇(Leonardo da Vinci)是意大利的多斯加納(Tuscany)人，他是一個佛羅稜丁(Florentine)的書記和一個農婦的私生子。在幼年時，達芬奇是由祖父母撫育的。他成丁之年，已得他父系中的正式承認，並且都看待他很好，因而得受當時最好的教育。他具有天然強健豐盛的體質，態度又極溫雅，他對於教師們的訓誨常以誠懇的態度來領受，因而成爲歷史上最多才及奇特的人才。他在青年的時候，對於自然科學很有研究的趣味；當時已是著名的美術家，以及多才多藝的工程師了。馬忒沙拿(Martesana)運河的開鑿，即由他計劃及監督造成的。此外如米蘭(Milan)那座美麗的教堂，以及此城其餘幾個著名的公家及私人建築和其他各處的建築，其大部分的工程，是出於他的計劃的。他並且是一個明決的解剖學家，對於人體及獸體經驗極富，而尤其擅長馬的解剖。他曾經造成一具二十六尺高的馬的標本，預備鑄成銅型，但米蘭城於一五〇〇年爲法人所占領，造好之標本爲法兵所毀。他還是一個油畫家，曾經作過不少美麗的油

畫，我們雖祇知道二張，即他的最後的晚餐 (Last supper) 及摩拿黎撒 (Mona Lisa)，然他已可因之垂名不朽了。

除了有這種成功之外，他對於自然及科學亦有透澈的了解，所以他的見解，不論是見於他著作的，或是他平日在友人間發表的，在那時候確是遠出別人之上的。假使他的著作能够廣傳了或出版了，那末他們對於當時的智識，一定會發生重大影響的。但是非常奇怪，他雖然是一個特殊的天才，各樣都有專長，但是一個專用左手的人，而且寫字的方向與通常相反，是從一頁的右邊寫起的。結果他的抄本，在當時幾乎是不可辨讀的，所以直到他死後三百年，他的著作，始有人來印行。我們從這些著作中，可以讀到許多精確的結論，茲舉數例如下：他斷言地球是圓的，牠每天在牠自己的軸上轉動，而每年的路程，是繞着太陽移動的。他譏笑所謂永久運動的可能，因為當時許多機械式的腦筋，都想達到這一步；這是彷彿和煉金家的想用一種方法將卑賤的東西變成貴重的金子一樣；他在辯論的理由中，說「力是動的原因，動也是力的原因」，那種觀念現在雖不如此說法，但已含有現在所知的「能量不滅」的胚胎了。

差不多在哈維 (Harvey) 以前一世紀，他已經知道血液流動的意義，而且能申述牠在人體中的效用的一部分。他是第一個人能確準的解釋月亮暗的一部分的光耀，是由地球上反射過去的光使然的。他不僅知潮是由於月亮對地的引力所致，並且說高潮是由於太陽和月亮的併合的作用發生的。他的研究槓桿、輪軸的斜面的力學、和落體的速度、的加速率，尙在伽利略 (Galileo) 之先。他是創造水力學之鼻祖，或者還是液體比重計的發明者。他曾擬有開築運河時用隄和閘的計劃，(慢水航行)，那是現在都採用的。他的最精明的一句話是，「無論何人如將權威作為他的依據，那就是祇知用記憶力，不知用智慧。」就是對於地質學，他亦有相當的研究，關於化石的特質、地震及火山爆裂的原因，以及地層的凸起或陷落等問題，都有意見發表。此種學說，差不多經過了三個世紀，復為胡騰 (Hutton) 及來伊爾 (Lyell) 重行申述。

雖則他有特殊的天資及學問，但是他於智識進步史上，並沒有發生重大之影響。最大的原因，固然是他的著作在當時不能出版，但是也因為他在藝術和工程方面的成功非常美滿，反致他在科學方面所發表的意見不彰，而尤以他的學說不能和那時候的教會符合，因而人們大都不加

重視。他不像伽利略般要把他的學說推出去給大眾看，因而沒有引起教會的反抗。直到他死在克洛克斯的時候為止，他非但能在社會及智識階級中保持着很高的地位，而且還是法國國王（法蘭西斯第一）的畫師，享受很豐厚的薪水，而得到同時無論公私人的敬意及友誼。

十六 培內得提 (一五三〇——一五九〇年)

培內得提 (Benediti) 身世不詳，然實為伽利略直接之前驅，發見落體運動的加速度，為降落時間內重力之總和，其情形和投石器投出之力與衝力之積相等，約略相同。培內得提認為凡是衝力，即為使物體作直線運動的傾向。水平投出的物體落地較遲，宛如重力消去一部分者然。旋轉着的陀螺，直立不倒，係其各部分均欲沿水平方向飛去，故落地甚遲使然。培內得提認為拋出的物體，可以繼續其運動，不受空氣的影響，由於拋出時所得之力 (virtus impressa) 使然。但對於此問題未能完全得到解決。

培內得提的最大功績，在於由數學上，研究亞里斯多德的見解，發見其中所含有的矛盾，並為之訂正，使之改進，成為近代自然科學的準備。

亞里斯多德派往往採用一種假定，以為落體的速度，是和周圍的介質密度反比例的，培內得提認為此假定不能成立。縱令有時可以成立，亦僅限於極其特別的情形。如命 P 表物體的重量， q

表周圍介質對於物體所用的上壓力，則落體的速度和 $v \propto \sqrt{d}$ 成比例。假使介質的密度加倍，落體的速度就非減半不可。即非

$$v \propto \sqrt{d} = \sqrt{2(d-2d)}$$

的關係不可。但這個方程式，僅限於 $v \ll c$ 始能成立。本身輕的物體培內得提不承認有，就是空氣也有重量，同時要受壓向上方的力作用。他又導出一個結論，由同一物質而成的大小兩個物體，應當以同一的速度降落。其法係將此兩物體並排着，使其降落。先令兩者互相分離落下，次令兩者連結在一處然使落下。其降落情形決不因連結在一起而有差別。此種想法，頗與伽利略的思想相近。但伽利略對於事實理解更深，而培內得提則含有不少的錯誤。培內得提信為凡是大小相同形狀相同的物體，其落下的速度和重力即是和速度相比例。他又想到挖一個地洞，通過地球的中心，去研究物體的振動，這種思想，意義極為深長，至今尚覺無可指摘之點。

凡此種種，經培內得提之手，固未能獲得完全之解決，然確已將準備工作完成靜待解決矣。其中尤以對於慣性的見解，最為著名。

投射體的運動開始時，因所得的初速度，而令人誤認重力作用暫時停止，培內得提亦即此中之一人。不僅未曾看出拋射線的路程爲一條曲線，並且還忘記了其所經過的時間異常短促。假使現在的人，也這樣的不注意，那麼，看見噴水，也一定不會知道其中任何部分，都在時時刻刻的變化，而誤認爲和懸在空中的固體一樣，也未可知。同樣在擺、陀螺等類的運動體上，也都曾得到同樣的錯誤。一旦加以分析，就知道一切的現象，和普通的現象，絲毫也沒有差別。



十七 吉爾柏特 (一五四〇——一六〇三年)

威廉·吉爾柏特 (William Gilbert) 是英國的科爾拆斯忒 (Colchester) 人，他的父親在那裏設有一個公共的機關。他在劍橋大學受教育的，在那裏他在一五六九年得到了醫學博士的學位。一五七三年，他在倫敦設了一個事務所，名譽鵠起，即被派為皇家醫生，這就成了他的終身職務。在一六〇〇年，被任為倫敦醫學院的院長。一六〇一年任依利薩伯后 (Queen Elizabeth) 侍醫，年俸百磅。一六〇三年依利薩伯死後，繼位者仍續任之。

他除行醫以維生活外，其餘的時間，均用以研究物理學，尤喜研究關於磁電學的現象，在那上面，他有許多重要的發見。他的最重要的發見，就是決定地球是一大磁石，航海家用的羅盤針的移動，就是因為這個緣故。在物理學界中，他是第一個用「電力」這個名詞，而且指出除琥珀外尚有許多物質可因磨擦，而在表面上呈帶電現象。關於科學出版物，其中之略有價值者，要以他的論著「磁學」(De Magnete) 最早了。自然的，這書裏面許多的見解及理論到後來未曾證實，但其中

有一出人意料的大部分卻證實為準確的，這是因為他是一個精細而敏銳的觀察家，對於所見種種現象，能忠實記錄下來的緣故。

哥倫布 (Columbus) 是一個航海家，他是可信為發表羅盤針並不正指地理北極的第一個人，他且謂磁石所指向的極，一定是在那裏移動的，因為磁針所指的方向，是時時變更的。倫敦 有一個儀器製造家，叫做諾爾曼 (Norman)，他最先注意到羅盤針上的磁針向下傾伏的現象。至於最先計劃磁象圖之功，是應該屬於天文學家赫列 (Hallas) 的。另一個倫敦 的儀器製造家格累謨 (Graham) 發見了地球自轉的變更。數學家高斯 (Gauss) 於地球磁性有一種深切的研究，而洪保德 (Humboldt) 則創議在海陸各處便利地點作關於地磁之月變及年變的有統系之觀察。

在地球上有所謂磁赤道線者，在這線上磁針如果在中點自由地懸着，則得絕對的地平位置，這條線是不規則的，在許多地方，橫交地球的赤道，但最遠相差不到十二英里。在這條波浪形的圓圈以北的任何地方，磁石的南極非但指着地球的北磁極，並且是還伏下向牠的。而在牠的南呢，磁

針指向南磁極，而且亦伏向牠的。

地球的磁極和地理的極並不在同一地點。北磁極在一八三一年由約翰·葛拉克·羅斯爵士 (Sir Jame Clark Ross) 所發見的，是在一個從加拿大 (Canada) 海岸，伸到北冰洋中的半島上面，島名布刷亞·菲力克斯 (Boothia Felix) 位於北緯七十度，西經九十六度，從這地計算，牠的位置距地理的極約一三七五英里。

南磁極也是這位探險家於一八四二年發見的。牠的位置是在屬於南冰洋洲的維克多利亞 (Victoria Land) 地方，約在南緯七十三度及東經一百四十五度，和地理的南極相差約為一千一百五十哩。自從二極發見之後，人們加以探測的結果，知道這兩極的地位，都不是固定的，每年都有不規則的變動，但變動的範圍不出乎一個二十英里的圓周。要是把羅盤引到兩極的地方，牠裏邊的磁針的伏角逐步的迅速加增，而到了那磁極的準確地點時，磁針與地面成爲垂直。磁極的移動的原因，是因爲地球的形狀和牠的進行繼續的在那裏發生極微的變動，無論那一樣變動，多少能使地球的重心有些變更。

依利薩伯后死後不久，吉爾柏特即於同年十一月三十日在倫敦或科爾拆斯特（Colchester）逝世，即葬於科爾拆斯特之三一會（Holy Trinity Church）中，並立有紀念碑。吉爾柏特所藏書籍、儀器以及其礦石，均留存醫學校內，後因倫敦大火，盡被燬滅。

吉爾柏特之主要著作，為 *De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure Physiologia Nova* (1600) 以實驗方法著為特色。此外尚有遺著一種，名為 *De Mundo Nostro Sublunari philosophia nova* (1651) 係經其弟之手輯成。



西門·斯泰芬

十八 斯蒂芬（一五四八——一六二〇年）

西門·斯蒂芬 (Simon Stevin) 是比利時的布魯日 (Bruges) 人，幼年任其本地方的徵收員，二十三歲去職，赴日耳曼、波蘭、瑞士各地遊歷，並在來頓大學肄業。對於機械方面賦有天才，因此後來成荷蘭土木工程的管理員，並為荷蘭軍官。超越當時的習慣，不使拉丁文，而改用其本國的文字，即是用荷蘭文來撰着他的科學論文，然後再從荷蘭文譯成其他各國的文字。

他對於力的平衡，即是靜力學，是從斜面而加以研究的，在各種重要論點上，都達到了完成的程度。有一個三角形的斜面圖，上面繞着一條無窮鏈，畫在他的一本主要的著作的封面上，並題有「奇而不奇」(Wonder en is gheen wonder) 的字樣。所謂奇是說原理異常簡單，在斜面上力的節省等於斜面的高度對長度的比。並指出這個定律一點也不奇怪。因為這條鏈子，無論摩擦如何減小，決不會由他自身的重量，在斜面上自行開始滑動，這是不待證明的事實。斯蒂芬開始運用一種心理上的實驗，並不須實際去做，因為做的結果我們老早就知道了。這條鏈子不會滑動。

因為假使動了，那就會一直動下去，並且無論向那一個方向運動，都是有同一的重力分佈着，所以結果必將成爲一種永久運動。斯蒂芬對於機械，很有實際的經驗，知道永久運動是絕對不可能的。所以論定鏈條在斜面上的滑動也不可能。因此鏈條應該在斜面上成爲平衡。平衡的條件即是關於作用力的比例，立刻就可以得出。斯蒂芬就這樣將永久運動不可能的這個經驗，和斜面上的作用力的比，連結起來。以後又將他發明的力之平行四邊形連結起來。這些個個獨立着從經驗證實的定律，經他之手，團結成爲一個堅固的集合，要是成立，就全部都成立，要是失敗，也就全體一同失敗。這是精嚴科學研究的最高的特徵，而其例證，卻是由斯蒂芬之手，我們纔知道的。

他又將這個原理拿去和他種機械的定律聯合，例如複滑輪，複槓桿之類，由是遂將阿基米得、達芬奇等成績，也聯繫起來了。事實上對於一切的機械，一切變更力的大小、方向、及其作用力的種種結構，應該要有一個能夠統括全體的完全的知識來解釋。他從滑輪加以研究，使他真正明瞭了虛位移原理 (principle of virtual displacement)，就是說在平衡位置近旁，假使要有一極微小的位移，那麼，力和距離就互成反比例，換句話說，就是省了力就得要增距離。這個原理對於任何

機械都可適用，就是用液體亦然，例如後來發明的水壓機，就是如此。由這個原理，使我們將功的觀念弄清楚，所以性質異常重大。因為力和距離相乘即為功，而在一切機械中，功總是不變的。

又對於液體的平衡，即是流體靜力學中，我們也見到斯蒂芬的研究，極為重要，他歸納出液體內壓力分佈的定律，和容器底的壓力，仍舊還是由永久運動的觀念出發，又加上一個定則，說即令將液體的一部分換成固體，平衡依舊可以保持。他由此得出一個結果，看去好像很奇怪，即是液底的壓力和液柱的形狀無涉，完全由高度和比重而定。他用天平的砝碼盤來做實驗，一方的盤成為容器的底，好用各種形狀的管子來盛液體。他研究連通管中的液體，又研究浮體，在此又和阿基米德及達芬奇接觸，但他的成績，卻遠超過了阿基米德原理，他不僅決定了大小和位置，而且還是第一個人求出浮力的着力點，即是定傾中心（metacenter），知道定傾中心是不動的，縱令浮體移動，在相當的範圍內，定傾中心總不移動。他就利用這個新結果，來建造船舶。

斯蒂芬又導入小數於算術之中，但在這方面，並無多大的發展，從一件事上，可以證明，他在當時不僅研究阿基米德一方面的學問，並且也和當時的習尚相同，還研究過亞里斯多德的學術。他

用種種輕重不同的物體，來做落體運動的實驗，結果和亞里斯多德所說正相反對，發見各物體都是以相同的速度落下。他在一六〇五年出版的書中記着「照着可爾涅教授（Professor Jan Corraets de Groot）的辦法，拿兩個鉛球，一個有他一個的十倍重十倍大，令他們從三十二英尺高處，落到一塊板上，或是其他的物體亦可，碰着板就有相當大的聲音發出。由此可以看到兩個球都是在同一時刻碰着板上，因為兩個聲音併合成爲一個聲音。」他照此研究起去，超過了平衡問題（靜力學）的範圍，而擴充到運動的研究（動力學），接着伽利略繼續下去就得出很決定的結果。由此可見斯蒂芬、伽利略和亞里斯多德根本不同的地方，在對於瑣碎不足道的落體運動，是怎樣的一種看法。斯蒂芬和伽利略看得異常重大，認爲是要想完全了解運動現象，這是一條大路。亞里斯多德好像完全沒有這種感想，落體運動對於他並不感覺特殊興趣。他將這個現象看得來和他所研究的其他一切事件相同，並沒有對於任何一事加以適當的檢查。畢達哥拉斯雖則樹立了一個例，研究應從細事起，而且還要在量的方面竭力精確，可惜亞里斯多德並未曾這樣去做。

斯蒂芬的著述有 *Statics and Hydrostatics* (Leyden, 1586) *La Disme enseignant*

facilement expédier par Nombres Entiers sans rompuz tous Comptes se rencontrans
aux Affaires des Hommes (1586) 及 Hypomnemata Mathematica (1605, Leyden)

十九 麥森泥 (一五八八——一六四八年)

馬麟·麥森泥 (Marin Mersenne) 生於法國的拉蘇爾的愛 (La Saulhere) 拉夫雷亦 (La Fleche) 大學是他受教育的地方，在那裏他遇着數學家笛卡兒 (Descartes)，他們兩個就做了終身的朋友。他自己也是一個數學家及音樂家，自然引起了他的研究聲學，因而發見了一條定律，那是說音樂器上絃振動的時間，是看絃的長度、張力以及密度而定的，依他的推斷，得麥森泥定律如下：

振動的時間和絃的長度，及其密度的平方根，成正比例，而和弛張力的平方根，成反比例。

一六一一年，他加入「矮僧會」，那是在十五世紀成立的一種教會，他們須宣誓永遠遵守四旬齋的制度，這制和現在素食家所奉行的相似，但偶然可以食魚的。從一六一四年到一六二〇年，他是一位教員，教授那時的哲學。此後他遷到巴黎，在那裏他就過他的餘年，將他所有的時間，除用於他的教會職務之外，就去研究數學及天文學。當笛卡兒在荷蘭的時候，他是他的巴黎代表。他著

了幾本書，都是關於音樂上觀察而得的現象，這種著作在他的時代出版是很難能而可貴的了。

麥森泥的著作，有 *Quaestiones Celeberrimae in Genesim* (1623)；*L'Impiété des*

déistes (1624)；*La Vérité des Sciences* (1624)；*Harmonie Universelle* (1636) 等。

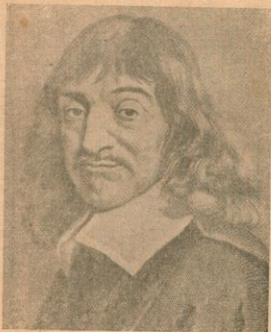


威雷布勞·斯內爾

威雷布勞·斯內爾 (Willebrod Snell) 生於荷蘭的來頓地方，幼年情形不詳，一六一三年繼其父職，任來頓大學數學及力學教授。最初發明使用三角測量法來測定子午線，是唯一無二的精密測量法，現在無論那種測量，都還是用的這個法子。決定用來作長度的單位時，也是很重要的。一六二〇年他又發見了一個極其重要的定律，就是光的折射定律。光線射入水中或玻璃中，折射後的角度，雖然老早就有人去測量過，刻卜勒也就是其中的一人，可是將入射角和折射角用一個簡單的定律關聯起來卻還沒有人發見過，因為當時就不知道去注意入射角或折射角對於法線間所成的角度。只知道去測入射角和折射角間的角度，對於入射角關係極為複雜。刻卜勒既然能夠從第谷的圖形中，將深藏着的行星定律發見出來，只要他盡其全力，當然也能夠發見出折射定律，是無可容疑的。就是他使用的那種近似值，也足以供他在幾何光學上的發展。自從折射定律發見以後，因為異常的簡單，所以傳播得也很快。雖則斯內爾死得很早，不及將他發見的這個定律

刊布，但卻也不關重要。因為惠更斯以及其他幾位大家，都見過他著的論文。惠更斯並且還將斯內爾的折射定律，蒐入他的名著 *Dioptrica* 之中，以之為基礎，創成了他自己的光論。還有托里峇的信札中，也有同樣的記載，只不過以後就沒有人提到斯內爾的名字罷了。

斯內爾的著作，有 *Eratosthenes Batavus* (1617) 及 *Cyclometrica* (1621) 兩種。



二十一 笛卡兒（一五九六——一六五〇年）

勒殷·笛卡兒 (Rene Descartes) 生於法國之拉嘿 (La Haye) 而受教育於拉夫雷赤 (La Fleche) 之耶穌大學，在那裏他對於數學、語言學及天文學顯出特殊的天才。他讀畢了他的課程之後，他對於已往所受課程的大部分都不滿意，因為當時的課程，大多數是亞里斯多德派的哲學，以及正教的神學，這些都是由教會中的神父所規定的。為使腦筋清爽起見，他自動的加入了義勇軍。在軍隊中他過了數年的行伍生活之後，於一六二一年辭職，他把其後八年的時間來旅行，最後在一六二九年，息影於荷蘭，在那裏他過了二十年，專心從事著作，綜他一生所得到的結論筆諸於書。這些結論大多數是關於哲學方面的，他成立了一種學說，說因為他能思想，所以依倫理的合法結論，他一定存在，而成爲獨立的一個，這個學說他以下列語句簡賅之，即「我想所以我存在」(I think, therefore I exist) 對於下等動物他以為都是無知而自動的，恰與人類的智慧相反。

笛卡兒對於物質的世界，也有不少意見，後來的研究者根據了這些意見，再加以研究的工作

得着很好的結果。他是一個很高深的數學家，幾何學中一部分名爲解析幾何的，即係他所發明，可謂是近代數學的鼻祖。

一六四九年，他被瑞典的克立斯提那（Christina）王后邀請去觀光，他很高興的答應了，因爲可以藉此避去荷蘭的饕餮的吹毛求疵。但是在他到斯德哥爾摩（Stockholm）的幾個月之後，就去世了。

笛卡兒在力學上的成就，與伽利略完全獨立，對於近世力學的基礎觀念的發展，與有大力。當他在一六一一年至一六一九年留荷時，即與當地學者聯合作落體運動的研究。據他寫給麥森泥的信裏說，他在一六二九年即在伽利略的著作出版之前，他早已知道了慣性定律以及受一定的力作用時所起的等加速度運動的定律，只不過將時間與距離的關係弄錯罷了。他的思想和伽利略的思想都各有缺點，恰好彼此互相補救。伽利略對於落體運動，並不管他的原因何在，單就其現象的經過加以研究，而笛卡兒則從一定的力作用之下，將這個運動導出。兩種研究，都有推理的思索，成爲要素。在伽利略一方面，所要的要素，僅限於具體一方面，而笛卡兒一方面，則將其以前的一

般的經驗，也加入其中。

笛卡兒在其名著 *Principles of Philosophy* 中，由運動的轉移，碰撞後運動的減少，被碰撞後運動的增加，導出他的哲學結論，說：（一）一物體的運動若不移與其他的物體，決不會減少（慣性）；（二）任何運動不是最初就有了的，那就必是新從別的物體移來的；（三）最初存在的運動，永不減少。在他看去，好像自然發生而不明其來源的運動，都可以看成是由一種目力不能見的碰撞而來的。

笛卡兒稱重量和落下距離的乘積為力，現在我們則稱之為功。他認為這個量是決定現象的，不僅可以說明現象如何發生，並且還可以說明為何發生。

笛卡兒除對於運動之研究而外，尚有解析幾何之發明，虹霓之研究，折射定律之發明，動物之機械說等，均其榮華大者。其在哲學數學及一般自然科學上，舉凡前人所認為確定不移之真理，均加以懷疑，演成一般思想界的大革命，尤為其獨到之處。至其缺點，則對於一己之思想，信任過度，從未想到從經驗上為之檢驗。由極少的經驗，足以導出多得驚人的結論。許多非經實際經驗不能決

定的定律，他都認為自明的先驗的事項，這都是他受人攻擊的地方。

笛卡兒的研究範圍既廣，著述又多，茲僅舉其最著名者數種如下：哲學方面有 *Discourse on Method of Reasoning well, and of investigating Scientific Truth* (1637)；*Meditations on First Philosophy* (1641) 及 *Principles of Philosophy* (1644) 等；數學方面有 *Geometry* (1637)；物理學方面有 *Dioptric* (1636)。此外在玄學、生理、心理、宗教方面，亦均各有著述。

二十二 斐馬 (一六〇一——一六六五年)

彼爾·斐馬 (Pierre Fermat) 生於法國南部的波蒙得多羅泥 (Beaumont-de-Lomagne) 地方。幼年時即與巴斯噶合力發明數論，並創成幾率論 (probability)。尤以與笛卡兒論學最爲著名，其所著 *De maximis et minimis* 即詳論此事。其在數論方面的研究最深，後世推爲近世理論之創立人。又於一六七〇年與其子著成 *Commentaries of Diophantus* 一事，可以說是近代代數學之祖。又關於光學上的折射現象，亦有研究，創立下最短時間的原理 (principle of least time)。還有數學上極有名的斐馬定理 (Fermat last theorem) 即出於其手。

斐馬除科學而外，兼長法律語學，卒於土魯斯 (Toulouse) 近旁的卡斯特爾 (Castres) 地方。斐馬的著作，除上述者而外，尚有下列各種：*Opera Varia*; *Commercium epistolicum* (1658), *Opera mathematica* (1670, 1679) 等。

二二三 羅柏發爾 (一六〇二——一六七五年)

歧雷斯·柏松泥·得·羅柏發爾 (Giles Personne de Roberval) 法國人，生於善末 (Beauvais) 近傍的羅柏發爾地方，於一六三二年任法蘭西大學 (College de France) 的數學教授，歷四十年之久，研究求面積法及求體積法，得一極簡便之方法，稱之為不可分法 (method of indivisible)。認為平面不是由直線合成的，乃是無限的小正方形集成的。同樣立體也不是由平面合成的，而是由無限的小立方體集成的。這就是他所謂的不可分法，可用來求面積或體積的重心。又發明如何引曲線上的切線，最初將運動應用到這個問題上去。其法頗類牛頓發明的微分法。

阿基米得對於阿基米得螺線，認為是由二重運動而生的。羅柏發爾更將這個思想擴充到一般的曲線上去。就是圓錐曲線之類的平面曲線，也都可以看成各點都由兩個力的作用而生，即是由兩種運動合成功的。所以要是在曲線上注意一點，將這個合成的結果，分解成兩個運動的成分，

則此兩成分造成的平行四邊形的對角線，就是在這一點的曲線的切線。此法固極巧妙，不過分解成兩個成分時，應該怎樣去決定各成分的方向和長度，則是一個難題。羅柏發爾也未能處處成功。不過這個方法，確是一個很大的進步，則可斷言。

在一個平面上或斜面上支持一定重量所要的力，也是羅柏發爾求得的，一六三六年經麥森泥侯爵出版的 *Harmonie universelle* 書中，刊有羅柏發爾著的 *Traité de Mécanique*，論得很詳細。大致係將斜面上的物體，看成是吊在槓桿上的一樣，槓桿的一端固定不動，他一端既受重力的作用，又受支持力的作用，由此求出其平衡的條件。

羅柏發爾的著作，直至一六九三年，始經伽羅華 (Abbé Gallois) 在 *Memoires de l'Académie des sciences* 的 *Recueil* 發表。



二十四 葛利克（一六〇二——一六八六年）

鄂圖·奉·葛利克 (Otto von Guericke) 是德國馬德堡 (Magdeburg) 人。他在學校裏受過很完美的教育，其後他在旅行中經過荷蘭、英國及法國，又增長了不少見聞。一六四六年，他被舉為本縣的縣官。大約在這時候，他非常喜歡那前幾年伽利略、巴斯噶及其他科學家所作關於空氣壓力及重量的各項實驗，因而開始想造成一個真空。

他第一次的試驗，是用一只堅固的木桶，裏面盛滿了水，用平常的抽水機將水抽去。但是他發見這桶雖然緊密不會漏水，但在抽水的時候，空氣能夠衝入桶裏去的。

第二次他用一個空的銅球，在面上的一邊上，鑿了一個小孔，正好裝上抽水機的吸管，而在另一端裝上一個活塞。球裏面盛滿了水，他裝上了抽水機就抽將起來，在抽了些水出來之後，他很奇怪，因為其餘的水不能抽出，除非開了活塞放些空氣進去纔行，空氣經過塞子時候，他可以聽到一種叫聲。而且在水抽完了之後，若將活塞閉上，他的抽水機也會把大部分的空氣抽出來和水一樣。

直到抽水機自己也漏氣了，而銅球也開始現出陷壓的樣子了。由此可見最先應用抽氣機的榮譽是應該屬於葛利克的。

葛利克至此自信他已有了很重要的發見，他要用人注意的方法來表演空氣的壓力，於是造了兩個很堅固的半圓銅球，直徑均在一英尺左右，各有邊緣，故二半球可以密切相合。其中的一個上面有一個活塞，其他的一個上，有一個活門，若將他裝在他的抽氣機上，二個半圓球的極上，各有一個堅固的圈子，可以連接至馬隊的駕馬具上面。

他帶了這套儀器就到拉的斯本 (Ratisbon) 去應國王斐迪南第三之召，在他面前試驗而得着極大的成功。他先表明假使這球上面的活塞開着，就是半圓球的邊上塗滿了油，也要分開的。但是將活塞關上後，把空氣抽乾淨了，把銅球緊於預備好的兩隊馬身上，而使牠們向反對的方向跑，終不能把二半球拉開。

這個有名的試驗，——在史籍上稱爲「馬德堡半圓球」，使全歐的智識界感到非常的興味，於是開始物理學上的研究，不久引起許多同樣重要和奇異的發見。

葛利克又注意到在真空中的水，水面下常有氣泡出現於容器壁上，除非是預先將空氣抽去，而且要抽得很長久不可。不僅葛利克的當時，就在其後若干年，都不曾知道氣體的物質特性，自從有了抽氣機，纔開始知道和氣味感覺得來的不同。這些氣泡以及地表上的大氣全體，好像都是從固體物質揮發出來的一樣。葛利克說得好，因為一切物體都是揮發性的，所以只能得着部分的真空，雖則如此，終不能禁止我們對於真空下我們的結論。

由大氣而來的壓力之偉大，已極效著，葛利克認為是完全出於大氣的重力作用，前人所說的「厭惡真空」，非完全放棄不可。從前伽利略僅能估計的空氣比重，葛利克卻能直接加以測定了。其法係使用同一的容器，比較其盛有空氣時與抽去空氣後的重量，即可見到只此些微的分量，即能表示出顯然的差別。葛利克並還指示出空氣沒有一定的比重，因為要受溫度和壓力兩方面的影響。地表上的大氣就由其本身的重量，圍集起來，壓在地球表面上直至成爲其自身的密度。至於在天空各星體之間，在葛利克則認為是完全的真空，沒有任何物質存在。

因有葛利克的研究，我們始將空氣把握住，使其變成一個尋常的物質，和固體液體一樣，隨我

們的意旨盛入一個空間內，或從一個空間中取出，並還可以直接觀察得到，裝有空氣的空間和空虛的空間有怎樣的不同。葛利克利用此事得到了兩個極重要的結果，即是光和聲在真空中的傳播。他指出當時的見解錯誤，光在真空中照樣的可以通過，所以隔着真空也看得見物體。但對於聲音的實驗，結果即不相同。將鐘放在容器內，逐漸抽去空氣，鐘聲即逐漸減小，最後完全不可聽見。可是在實驗中往往有噪聲從真空中漏出來，使他難於解決，因為這個實驗未曾充分繼續下去，他好像已經認定了是從固體中傳播出來的。

葛利克還做過許多的實驗，曾發見電的斥力作用，在他以前僅知道電有引力作用而已。從前的人都是用小片的臘，由摩擦使之生電，他卻改用硫來熔成一個大球，使他在一條軸上自由轉動，成爲後來摩擦起電機的先河。來布尼茲 (Leibniz) 得到了葛利克製成的起電機，曾於一六七二年致函葛利克報告使用此物得到了電花，這是電花的第一次的出現。

葛利克老年，因薪俸拖欠，所以雖到七十四歲，猶不能休息，仍爲政治奔走。卒時已八十四歲，雖甚願葬於馬德堡，但其墓究在何處，則已不可考矣。

葛利克之最重要著作爲 *Experimenta nova, ut vocant, Magdeburgica, de vacuo Spatio* (Amsterdam 1672)。此外尚有一種，名爲 *Geschichte der Belagerung und Eroberung von Magdeburg*。



伊凡揮林斯大·托里拆利

二十五 托里拆利 (一六〇八——一六四七年)

伊凡擇林斯大·托里拆利 (Evangelista Torricelli) 是意大利佛羅稜薩 (Firenze) 附近一個小鎮名叫皮安喀爾圖利 (Piancaldoli) 的人，他在羅馬學數學及物理，老師是一個伽利略的得意門生，他後來引起了伽利略的注意——那時伽利略已甚老，眼亦瞎了——將托里拆利邀到他的佛羅稜薩的家裏去做助手及秘書，或者還做他的筆述者。伽利略逝世後，托里拆利就繼他擔任佛羅稜薩大學的教授，直做到他在三十九歲那年死了為止。

他於科學上的最大的貢獻，就是用水銀氣壓計來測定空氣的重量，那水銀氣壓計就是他發明的。遠在古代希臘哲學家拍拉圖 (Plato) 及亞理士多德的時候，人們已經知道空氣就是在安靜狀態也有重量這項性質，因為牠動了就有力量表示出來的，但是牠的重量是多少，卻沒有人知道。伽利略和托里拆利都知道利用抽氣方法，可以把水在一個管內升到三十二至三十三英尺高，由此推算空氣對於井水面上的壓力，約在每平方英寸十五磅左右，而伽利略更表示他的意見，說

上述的原理假使是很準確的，很可以用來測量風暴時及離開海面時空氣壓力的變化。但是要造這樣長的一根玻璃管子而裝置起來，在當時確是一件極難的事情。

伽利略歿後一年，托里拆利仍舊把這個問題來研究，最後忽想到用水銀來替代水。知道了水銀的重量是比同容積的水大十三至十四倍，那末假使用水銀來代替水，所用的玻璃管只要從前的十三分之一長，即大約三十英寸左右，就可以够用了。這樣長的一條玻璃管子，內管相細須要平勻的，是當時製造者能力所及的。他於是用了一根一碼長的管子，一端封了，滿盛着水銀，而後將管子倒了轉來，他很滿意的見那水銀正在三十英寸高的樣子，管子頂上，就是真空，那就是著名的托里拆利的真空。

現今各種精確的水銀氣壓計，雖然因各種不同的需要而製造上各各不相同，但都是根據上述的簡單原理造成的。這種氣壓計，不僅可以計量地球四周空氣洋的重量變化，而且可以測量其他各種氣體的彈性壓力。

有人相信托里拆利是最先想出顯微鏡原理中的一個，而且製造過很合實用的顯微鏡。他的

原理，後來由一個荷蘭人雷汶胡克 (Antoon van Leeuwenhoek) (一六三二年——一七二三年) 加以發展，據說後者曾造了兩百多架儀器，都是一塊鏡片製造的。至於高度放大率的顯微鏡出世，已是十九世紀初季了 (一八一二年——一八二七年)。

關於流體運動的學說，也是由托里拆利爲之奠基。他注意觀察從器底流出來的液體，發見了一條定律。假使將觀察的全時間分成 n 個相等的短期間，並假定最後一期間，即第 n 期內流出來的液體量等於 1，則倒數上去，在第 $n-1$ ，第 $n-2$ ，第 $n-3$ ……等的期間內流出來的液量，必等於 3、5、7……等。由他所得的這個結果，可以見到落體的運動和液體的運動，頗有類似之點。假如能將液體的速度方向倒轉向上，那麼，就可到達一個奇妙的結論，即是液體可以在容器中升起直至液體達到表面爲止。托里拆利又說最高也只能昇到此地，並假定如能除去一切的阻力，液體必能昇到此處。即是除去阻力不計，則從器底小孔流出時的速度，和容器內液面的高度之間，應有一定的關係，即 $v \propto \sqrt{2gh}$ 。換言之，即從器孔流出之速度，和從 h 高處自由落下時所得之速度相等。這就是通常所說的托里拆利的定理。

研究的目的。

托里拆利的研究，從未發表過，但卻在致友人 *Evangelista Torricelli* 的函中，提到他的實驗和他的

二十六 瓦利斯 (一六六六——一七〇三年)

約翰·瓦利斯 (John Wallis) 英國人，生於肯特 (Kent) 的阿什福 (Ashford) 地方。一六三二年入劍橋大學受教育，後即專力致學。一六四九年任牛津大學幾何學教授，繼續至五十年之久，卒於任所。一六六三年英國創設皇家學會，瓦利斯即創立委員之一人。

瓦利斯以數學著名於世，對於笛卡兒的數學，知之最悉，且能為之推進，又於一六五五年著 *Arithmetica infinitorum* 一書，將解析法導入不可分法之中，使其求面積之法更為精進。

瓦利斯除數學而外，又長於論理學及語文學，著有 *Institutio logicae* (1687) 及 *Grammatica linguae Anglicanae* 等書，均頗著名。其在物理學一方面的貢獻，亦極有價值，可以稱為牛頓的直接的前驅。

關於碰撞的研究，開始於一六六八年，由皇家學會推定瓦利斯、楞爵士 (Sir Christopher Wren) 及惠更斯三人，分別發表其研究。瓦利斯專論非彈性體之碰撞，而楞爵士與惠更斯則專

論彈性體之碰撞。其中楞所用之定律，根本上與惠更斯全同，不過先用實驗證明以後始行發表而已。牛頓在其所著 *Principia Mathematica* 中所引用的實驗，就是楞爵士的成績。

瓦利斯深知要想一定的質量得到某一方向的一定的速度，不問物體是靜止或是在運動中，所需要的力，都和質量與速度的乘積成正比例，力的方向就在速度的方向上。他應用這個原則求出固體或彈性體碰撞時運動傳達的定律。在一六六九年的 *Philosophical Transaction* 上以及在一六七一年出版的 *Mechanica* 書中，發表了他的這個定律。即是動量相等的兩個非彈性體碰撞後，成爲靜止。動量若不相等，則碰撞後剩餘的動量，等於原有兩動量的差。以兩物體的質量的和除動量，即得碰撞後的速度。用現在的算式將瓦利斯的定律表出來，不外是

$$u = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

式中的 m_1 及 m_2 表兩個非彈性體的質量， v_1 及 v_2 表未碰撞以前兩物體各各所有的速度， u 表碰撞後兩物體的共同速度。

瓦利斯的著述，除上文所舉的各種之外，尚有 *Mathesis Universalis* (1657) 及 *De*

物理學名人傳

Algebra Tratatatus (1685) 等。

二十七 馬略特 (一六二〇——一六八四年)

愛德麥·馬略特 (Edmé Mariotte) 法國人，生於勃艮第 (Burgundy) 本為第戎 (Dijon) 之 St. Martinous — Beaune 教會牧師，後因科學上之貢獻極多，遂移居巴黎。一六六六年，巴黎創設科學院 (Academy of Science)，首任研究員之選，終其身未他去。在種種方面均足以表明其為徹底之研究家。尤其對於在不同壓力下之空氣之舉動，最為注意。和波義耳相同，發見出壓力與容積間之簡單關係，成為有名之波義耳·馬略特定律，於一六七六年為文發表，時在波義耳發明之後十六年。但馬略特同時還發表此定律之一種極重要的應用，載在他著的 *Sur la nature de l'air* 之中。從葛利克的發見，空氣的密度愈高愈減，遂斷定離地面愈遠，則大氣壓力亦愈減小。並分段一一加以計算。當時微積分還未發明，馬略特的計算方法，是將大氣的全體分作四千零三十二層，假定每層中的壓力一定不變，來計算這各層的高度。所以要知道與某壓力相當的高度，只須使用加法即可求出。就在今日，我們對於大氣中壓力與密度分布的知識，依然以此為基礎，尤其

是使用氣壓計來量度高度少不了的。

馬略特還有一個不朽的貢獻，就是地面上水的循環的測定。從前都以爲水的循環在於地面下的地下水，就是笛卡兒也抱同樣的見解，經馬略特對於雨量詳細測定之後，始斷定泉水的來源出於降落山頂的雨與雪，所以地球上的水的循環，是經由全體大氣在地球表面上進行的。又關於雲中雨滴的形成，也從馬略特始得到正確的觀念。

馬略特的研究，方面甚多，如流體的運動、顏色的本性、喇叭的音、氣壓計、落體、鎗砲的反坐、水的結冰等。

馬略特的著作，以 *Essais de Physique* 最爲重要，後經輯成 *Oeuvres de Mariotte*，於一七一七年在來頓出版。



布雷查斯·巴斯噶

二十八 巴斯噶（一六二三——一六六二年）

布雷意斯·巴斯噶 (Blaise Pascal) 生於法國的克勒蒙斐龍 (Clermont-Ferrand) 是一家舊式貴族的子孫，他的祖先都是在政治舞臺上，很著名的。在幼年的時候，他已經有特殊的數學能力；他所受的教育，大多是在自己家裏請了教員而得的。在一六三一年，他的父親將家眷搬到巴黎去，在那裏這個小孩子漸漸的長大起來，對於物理學非常的有興趣。在這時候這項科學，雖在發展之中還是很幼稚的，而且正需要較高的數學智識來解決裏面的種種問題。

一六五一年，他的父親死了；不久之後，他一個姊妹叫扎克林 (Jacqueline) 的，竟入了波得洛也爾 (Port Royal) 的冉森派 (Jansenist) 修道院。差不多有三年，這位青年，是孤獨的一個人，在巴黎過生活。他對於這位姊妹是很親愛的，覺得沒有她在一起，生活全無樂趣，於是他也加入了這個修道院。要明瞭這個步驟對於他此後生活的影響，須得先明瞭這修道院所主持的教義的大概。

冉森派是一種教派的名字，這種教派在羅馬宗教史上是數見不鮮的。各教派所爭辯的主要問題，是「上帝恩赦的效驗」及「意想自由的意義與範圍」等數項。各派對於這種奧妙的問題，就起了非常劇烈的辯論，那是天然可以看得出要發生的。這樣差不多經過了一個世紀，而在其間自然是沒有得到什麼結果。巴斯噶之加入這種教會，其主要目的倒並不是要去附和他們宗教主張，實在他是希望借這種清靜幽雅的僧侶生活，來研究科學的進步，因為一個人既賦予思想的天才，這是應盡的責任。雖然他也有一種思想，就是才智和道德的確實事情，只能在默示中尋得的，換一句說，就是只能在聖經中所講的道理中尋出。

冉森派教派的最強有力的對頭，就是耶蘇教派。巴斯噶和他們發生了長期的爭辯，但是他卻沒有發表他的姓名，並且在最先也不是有心要和他們爭辯的。這個爭端相持日久，愈趨愈烈——至少在他這一邊是這樣。從這種辯論，吾們可以看出他的真性情，是反對一般邪說及不合論理的神學討論的，這些在十六及十七世紀時是很盛行於歐洲的。關於這種爭辯的著作，是在他死後收集了而出版的，那不過有一種文學上的價值，表示一種美麗和諷刺的文格罷了。

巴斯噶在科學上有一種著作叫做真空的新實驗 (New Experiments on the Vacuum) 他於文中證實前幾年托里拆利所得關於空氣重量的結果是對的。有一次他用酒替代水放在氣壓計的管中；另有一次他把裏面盛了水銀帶到法國的一座高山叫做譜伊得多謨 (Puy de Dome) 的頂上，那山高度是四〇一六英尺。他觀察結果，適符合他所預料，山頂空氣的壓力，減少了不少，那水銀柱比較在海面上測量時短了不少。經他這樣一做，於是古代傳下來大謎，為什麼管中的水可由吸力舉起但只能到三十二至三十三英尺，完全解決了。

巴斯噶雖則有特殊的數學天才，但到了成年的時候，對於數學的興趣確是很少的。但在年輕的時候，他曾著一篇論文圓錐曲線幾何學 (Geometry of the Conic Sections) 那是在當時的學術界中占很高地位的著作。一六八五年，他又發表了一篇，叫做巴斯噶氏之三角形，那是敘述他所發明的一種方法，可以用圖來解決比較困難的數學問題的。他又曾與笛卡兒合作，對於幾率原理 (Theory of Probability) 有所深究。但是他的本心，並不喜歡做這種工作的。就是在中年他費了不少精神，做的宗教上的辯論，也非出於本心。他享年不久，飽經患難，到晚年變成一個避

世的消極者，就是他幼年時所依賴的一切信仰都失了依據，不能再安慰其人生了。



羅伯·波義耳

二十九 波義耳（一六二六——一六九一年）

羅伯·波義耳 (Robert Boyle) 生於愛爾蘭之窩忒福德 (Waterford)，他在英國伊吞 (Eton) 大學畢業之後，就在歐洲遊歷了六年，後來因為父親死了，他承襲了遺產，那就是英國多塞特省 (Dorsetshire) 的斯退爾布立治 (Stallbridge) 封地。在這裏他直住到一六五四年，那時候他搬到牛津 (Oxford) 去，而成了那裏的科學社中的第一流人物，就在那時候，他們在牛津和倫敦，私自組織了非正式的學會，那就是後來最著名的「皇家學會」(Royal Society) 組織的胚胎。

物理學那時方纔產生，波義耳是其中傑出的人才，做那基礎的工作。他實驗和研究氣學及其他相關的問題。他的最著名的貢獻，就是所謂波義耳及馬略特 (Mariotte) 氏之定律，這條定律是他們兩個人，各別獨立發見的，可以述之如下：「假使有一種氣體，在一定的溫度之下，那末一定量氣體的壓力和容積之乘積，是一定不變的。」或述之如下：「假使一種氣體的溫度固定不變而

使其容積變更，則其結果之壓力和密度，必互成比例。」

後來研究的結果，在高壓時候，這條定律，祇能大致適用而不是絕對準確的。但是在波義耳的時代，以及在以後的一百年中，這條定律已是儘够應用的了。嚴格的說法就是在高壓的時候，氣體比較低壓時容易壓縮，這種結果，只要想到發明的時候，已經知道物質是由分子組成的，就很容易料到的。因為氣體的分子，受壓力擠緊，最後到一點，分子間互相吸引的力很大，而使向外的壓力減小。我們現在是知道的，假使把外面的壓力繼續增加，同時漸降低其溫度最後達到一個臨界點（critical point），在這時候氣體變成液體，那時除了自身重量之外，不能再有向外的壓力了。

氣體是現在所知道的物質在自然界中有最簡單的狀況及情形者，所以是最容易研究的。關於某物在氣體時的定律發明後，其餘在液體、固體，以及第四種狀態，即所謂膠體，（最先由格累謨在一八四五年發見）在固體與液體之間時的各項定律，都容易加以推測了。因為這些原因，所以當普通的氣體，如氧、氮及氯等陸續發見并加以研究之後，以及空氣的成分，也弄清楚之後，基礎業已完成，在那上面的化學的建築，就逐漸的發展開去。

氣體在平常的情形時，例如吾人謂大氣爲自由空氣 (Free air) 時，除了地心引力而外，沒有受着壓力或其他的力作用；牠們的原子，各相分離，其間的空隙，要是和分子的大小比起來，真不知要大上若干倍，所以其間相互的引力——那就是物質有黏滯性的道理——是微乎不可計了，因而分子的運動情形是無限止的複雜，且永不停止的。要是把牠們閉在器中，其對於容器的邊上所生的壓力就不過是所閉住氣體的重量，亦即是那裏地心引力的作用。假使把一個薄玻璃的器具，盛滿了海水平面上的空氣，封好了，而後帶到很高的地方去，這個玻璃瓶就會爆炸。第一因爲四面的自由空氣，離地球比較的遠些，所以所受的地心引力也小些，密度減小了，或者可以說稀薄了，於是在玻璃器的外面每平方英寸所受的壓力小些；第二因爲封緊的空氣，離地球遠了，地心引力對於牠們也小些，原子因此容易互相分離，而在器具裏面的邊上，就壓得較緊了。

波義耳於一六六八年離去牛津，移居倫敦，終老於此，晚年因久病，記憶力喪失，常常不得不停止工作。然仍耐苦鑽研，發表不少著述。於一六五七年曾決意以慎重而有秩序的態度，去讀笛卡兒，加孫提 (Gasendi) 及法郎西斯·培根 (Francis Bacon) 的著作，用爲滿足。並努力思索書中

所述之事項，經歷若干時間考慮之後，始不致爲外說所惑。

一六六〇年再將葛利克在一六五四年做過的實驗，加以擴充，重演一遍。並曾觀測真空中光的傳播，磁石隔着真空的相互作用，又使用透鏡將火絨點燃，又將氣壓計連結到抽氣機的排氣球下面，造成第一架的天平氣壓計。還有真空中的液體沸騰以及水的結冰，也都是波義耳觀察得到的。

波義耳的著述有 *New Experiments Physico-Mechanical touching the Spring of Air and its Effects*, (1660); *The Skeptical Chymist* (1661); *Considerations touching the Usefulness of Experimental Natural Philosophy* (1663); *Experiments and Considerations upon Colours, with Observations on a Diamond that Shines in the Dark* (1663); *Hydrostatical Paradoxes* (1666); *Origin of Forms and Qualities according to the Corpuscular Philosophy* (1666); *On the Spring of Air, continued* (1669); *Experimental Notes about the Mechanical Origin or Production of Particular*

Qualities, including Notes on Electricity and Magnetism (1676); Memoirs for the Natural History of the Human Blood (1684); Short Memoirs for the Natural Experimental History of Mineral Waters (1685); Medicina Hydrostatica (1690); Experimenta et Observationes Physicae (1691)等。遺著有 The General History of the Air designed and begun (1692); Medicinal Experiments (1692—98); A Free Discourse against Customary Swearing (1695)等。此外關於神學之著作亦不少。



基利斯當·惠更斯

三十 惠更斯（一六二九——一六九六年）

基利斯當·惠更斯(Christain Huygens)是一位著名的荷蘭著作家，及荷蘭太子的顧問。名叫君士坦丁·惠更斯·梵·咀立須海姻(Constantine Huygens van Zuylichem)的兒子，在一六二九年四月十四日生於海牙。當他方長成的時候，他在私塾教師那裏受着良好的基本教育，到十六歲時，就到來頓(Leyden)大學去專門研究法律和數學。他對於數學有特殊的成功，在他二十二歲那年上，(一六五一年)出版他第一次的著作，名曰拋物線求積法(Theorems on the Quadrature of the Hyperbola)，在他那時代，和他那個年齡，這是很有價值的著作。在一六五六年，他用自己所造的望遠鏡，發見了土星九個衛星中最先的一個。在第二年，他應用擺的原理來製造自鳴鐘，再過幾年，用螺旋彈條來造錶。一六五九年，他出版了他的土星系論(System of Saturn)，其中對於各星環說得很完全，那是他用一架有二十二英尺焦距的望遠鏡觀察而得的。在下年，他被法國首相柯爾本脫(Colbert)邀請，到巴黎去，住在皇家圖書館中研究，在學會中得

了會員的名銜。一六六三年，他到英國去遊歷，被舉為倫敦皇家學會會員。他回到巴黎時，在一六六五年，他就在那裏住下，直到一六八一年。那時他知道該國中對於改正教派仇視的趨向，日甚一日，深恐一旦將南特（*Nantes*）的教旨宣告取消，他們將一無保障，他為未雨綢繆之計，決意回到荷蘭而度他的餘年於故鄉。

當他住在法國時候，他發表了幾條定律，是關於力從一物體由碰撞而傳到另一物體的，又曾經出版了一種論著，述透明及半透明物質的折射定律；此外著作有關於擺曲線的性質，及繞一固定點或軸線而旋轉時所發生向心力等。一六七三年，他那對於世界最大的著作出版，書名為「時計的擺動」裏面關於鐘擺的原理和應用，如記錄時間及測定緯度等，均有極精密之討論。

在他回到故鄉後，他開始製造一具太陽系儀，同時着手製造數具較大的望遠鏡，其中有一個的焦距長約二一〇英尺，這些都是供給他自己應用的。在一六九〇年，他又出版了二本著作，一本名地心引力原理一本名光學。在光學中他創議光之波動說，那是現在普通都承認的。

他是在一六九五年死的。三年後他的宇宙論始出版。這是一部思想很高深而帶猜度性的出

版物在那裏而他說太陽系中各大行星或其中的幾個是住有人類和我們一樣的或者是與我們智慧相等的他種動物，其身體的構造，因為須適合他們的特殊環境，所以和我們有些不同的地方。惠更斯秉性清高，在貴族中可稱模範。當一六八七年，他承襲了父親的財產及爵位，他就能實在的用他的能力去研究他那最喜歡的科學，而利用這極好的機會。他是一生不娶妻的人。他的本性很靜恬，是一寡言的君子；他喜歡用自己的手去做實驗，能用他銳敏的判斷力而得結果。到晚年，他遇事更喜推測，這種性情在他的遺著中顯然可見，但是也有理由可以相信他自己對於這種結論也有懷疑的地方。在他的有幾本著作中，可以看出他的思想已很逼近牛頓，不過牠們的蔚為蓓蕾之花，還須有待於後者耳。

惠更斯的著述，有 *De Saturni Luva observatio nova* (1656)；*De ratiocinijs in ludo aleae* (1657)；*Systema Saturnium* (1659)；*Horologium* (1658)；*Horologium Oscillatorium* (1673)；*De Causa Gravitatis, Traité de la lumière* (1690)。

遺著有 *Cosmotheoros* (1698)；*Opera posthuma* (1703)；*Opera varia* (1724)；

物理學名人傳

Opera reliqua (1728) 等。

三十一 虎克（一六三五——一七〇二年）

羅伯·虎克 (Robert Hooke) 生於英國之外特島 (Isle of Wight) 受教育於倫敦之韋斯敏斯特 (Westminster) 學校及牛津大學。一六六四年他被聘為倫敦格累安 (Gresham) 大學的幾何學教員。一六六六年，全城大火，而在一年前，正是時疫盛行，人民死亡，達十萬人，這個數目在當時約佔全城人口的四分之一。這次大火，燒去了一千三百間民房，和十九個教堂。災後開始起草建設計劃時，虎克向當地政府建議一種很好的復興計劃，並且造好了一個模型一同送去。但是他雖在一六六七年，被派為市政工程師，而他的計劃，竟未為當道所採用。這是很可惜的，因為後來事實顯示他的計劃是應該奉行的。從一六六七年到一六八二年，他是皇家學會的秘書，他最後二十年的生活，完全消磨於研究中，因得許多發明。虎克是一個有特殊能力的人，實在是一個天才。但是不幸他那容易發怒的性情，有時候還要抱怨，所以在同事中常有衝突，甚至和知友也如此的。不過他的觀察力卻異常敏銳，這是他的特長，所以他在科學上得到許多重要的結論，其功是不可滅。

的。在一六六五年，他同波義耳合作，造成一架空氣唧筒。前一年葛利克（von Guericke）在德國也設計製造一具，用以做那有系統的真空試驗很為完滿。現在虎克所製造的，更進步得多了。在物理學家中，虎克最先指出生體的運動，純是一種力的關係，所以應從力學這方面來研究的，他明示天體其所以依着一定的軌道進行，如我們觀察所見的樣子，是為某種力所強迫的緣故，至於這種力的性質，那時還沒有知道。所以在這方面他尚占牛頓之先鞭。但是他不能用數學來解釋這種問題。在虎克時代，人們以為熱是一種流體，或一種物質，虎克知其妄而嗤之；他建議熱也許是運動的一種結果。一百五十年後，倫福德（Rumford）證明熱與運動相同。

一六六四年，他有一部著作名為微物論（Micrographia）由皇家學會出版了。裏面詳述他新發明的顯微鏡，說明如何應用異常技巧的方法，改進了鏡片的組合，他更很明白的敘述那種他稱為「小箱子或盒子」那是他由考察植物的葉子而發明的，現在的植物學家都認為生命組織的單位了。假使消色差透鏡（那是直至一世紀以後纔發明的）在他那時候已經有了，那是無疑的他一定能發見這種「小箱子」裏邊的原生質而看出牠們的運動。

他對於化石問題也似乎有過研究雖然他的言論多少帶些預言的性質在他那時候要是尋得任何種化石，人們便很莊重的討論，說是挪亞洪水（Noachian Deluge）的遺蹟。虎克用顯微鏡來觀察白堊的結果，知道其全部組織是由微小生物的貝殼所化成的，因而第一個很勇敢地宣言化石的成因一定還有比較合理的解釋；他並且進一步說假使把當時所知的化石，一一加以研究，我們也許可以從此知道含這些化石地層的年代。他這結論後來是完全證實了。

虎克在一六五八年，還替我們發明了一種擺輪。後來錶的成功並成為與鐘不同的器具，都是這發明的功勞。假使世界上沒有錶這件奇異的小機器，其紛亂的情形，將不堪設想了。

虎克的著述有 *Micrographia* (1664) *Lectiones Cultuarinae* (1674—79) *Ut tensio sic vis* (1676) 遺著有 *Posthumous Works* (1705)



奧勞斯·勒麥

三十一 勒麥（一六四四——一七一〇年）

奧勞斯·勒麥（Olaus Roemer）生於丹麥之亞胡斯（Aarhuus），受教育於哥本哈根（Copenhagen）大學，不久就到巴黎去做法國國王（路易十四）的長子的教員。在那裏他和伽爾（Picard）及喀西尼（Cassini）共同有幾種發明，於是他遂出名為一個天文學家了，結果在一六七二年，被舉為科學會的會員。

他的最重要的發見，亦即因此而得名者，就是光的速度問題，在那時候人們都以為光是一種立刻發生的現象，但他發見光之經過空間須要相當之時間，其速度大約是每秒鐘十八萬六千英里。這是他研究星行差及木星衛星蝕諸問題所得到的結果，所謂星行差就是指星體在年程內占不同位置的這種現象，可以用一件常遇的事來譬喻之，譬如一個人在暴雨中走，雨點是直下來的，但對於此人，雨點好像是斜射的，而且像從對面射來，所以面部及前面的衣裳上所受着的雨點，比之後面來得大。這個譬喻是常常用來解釋光行差的道理的，因為光也是同樣的，直射到地球上的

觀察者，看來似乎像稍斜者，因為地球也是動的，牠轉動的速度每秒鐘為十九英里，其轉動或是向着發光點，或是背着發光點，同時光的本身也在那裏很迅的運動，或者向觀察者或者背觀察者。以上數項原因的結果，使我們覺得星體於太空中行經一蛋形（圓或橢圓形）的小曲線。

這曲線的性質、大小、星體的運動的方向——即其依曲線的轉動是和鐘上時針的方向相同或相反的——由此種種紀錄，光的速度可以計算出來。

光的準確速度，是每秒鐘一八六、三五〇英里（ $299,792,458$ 千米），這個數目，是經過許多很精細的觀察而得的，大約可以說是不變的了。至於光源是向着抑或背着我們行動，對於其速度是沒有關係的。就這方面論光和聲是很相似的。聲波在平常的空氣中每秒鐘行一千一百英尺，其速度也是不變的。假使聲源是向我們移近，那麼在一單位時間內我們耳朵所收的空氣波動數一定比在其他情形中要多，所以覺得音調就高了。假使聲源望後退，那末結果相反，音調就覺得低了。光也是如此。假使我們向光源移動，較其在空中由我們向後退的速度為快，那末每一時間內光波到我們的眼的數目加多，結果就見到很強的光度。反之，假使光源和觀望者的距離在那裏增加，

即得相反的結果。

但是光波和聲波，有一個很顯明的不同處。聲波是直向的，牠是向前或向後的波動，波動的方向與聲波行動的方向相同的，所以聲波的波動是一種壓縮和壓縮後的弛放交互而成的。但光波是橫向的，其性質與一條繩一端固定了，將他端搖動着而起的波動相似。



哥特夫里·威廉·萊布尼茲

三十三 來布尼茲（一六四六——一七一六年）

哥特夫里·威廉·奉·來布尼茲 (Gottfried Wilhelm von Leibnitz) 是德國來比錫 (Leipzig) 人，是本城大學的一位法律教授的兒子。他曾受了良好的教育，因為當時是希望他繼續他父親的職業的。但是在早年的時候，他已經顯露決定趨向於文學及科學，他沒有生活上的顧慮，所以在十八歲那年就進耶拿 (Jena) 大學中去研究高深數學。一六六六年，他在阿爾特多夫 (Altdorf) 大學得法律博士學位，翌年他投奔馬因斯 (Mainz) 的君侯處，為其個人做法律的事務，而同時利用閒暇，著作及出版了幾種關於神學上的論文。一六七二年，他為着政治上的使命到巴黎去，但沒有得到所希望的成功，他就旅行到倫敦，在那裏認識了牛頓及惠更斯二人，他們對於他的才能，及和藹的舉止都很器重。一七七六年，他接收了不倫瑞克 (Brunswick) 公爵的任命，為其掌圖書及私人的顧問。他為公爵編一家史，同時擔任哈施山脈公爵所有的礦場之指導，五年前，那鑛出產銅、銀、鉛、鋅及鐵很為豐富，但是因為辦事的很疎忽，所以弄得腐敗不堪。經他那奮力的

整頓後，此礎遂恢復其從前生利狀況。

過後他遷到柏林，在那裏着手組織一個科學會，而被舉為第一任會長，這個科學會就是後來國家學會之胚胎。其後他被派至德勒斯登 (Dresden) 維也納 (Vienna) 及聖彼得堡 (St. Petersburg) 組織相似的學會。俄羅斯皇為報酬他的成功起見，給他一筆恩俸，並且派他為私人的顧問官。一七二四年，他印行他的最著名的第一部哲學著作，叫做「單位論」 ("Monadologie")，在那裏面他敘述他的制度的大綱節目。因之使他和英國一位神學家及心理學家撒母耳·葛拉克 (Samuel Clark) 起了辯論，但是爭辯還沒有結束，他遽然故世了。

關於他一生約略總括而說，來布尼茲是一個有能力及靈敏的人。在他時候的科學——除了數學——是都在幼稚時代中，而牠們現在所有的情形，即是將經驗所得的智識，加以分類及組織。在那時還沒有認為特殊要件。希臘哲學家及中世紀的心理學家及神學家的主要觀念，在那時候勢力還很大，差不多在各地方的智識階級中都占重要的地位，他們以為爭辯是可以得到準確結果的方法，比之研究自然與其各種現象的因果還來得好。所以在他一生，他那良好的才智，除關於

數學一部分外，對於智識界並無重大的貢獻。他對於現在所謂的微積學那一科頗有所闡發，但這科學問的發明，普通是歸功於牛頓的。實在微積學的根本觀念，最先是由亞基米得發明的。當他想法子解決求面積的圓問題時，他得到一個直徑和圓周間的比率（ π ）的大概數目。他的法子是假定圓周為外切多邊形及內切多邊形的平均數，而將兩個多邊形的邊數增加到數目的極限為止。這個在數學內稱之謂窮舉法（Method of Exhaustions），這不過是微積學的初步。第二步為剎卜勒在幾何學中發明了無窮大的理論，他將圓形分做無窮數的小三角形，每個小三角形的頂點皆在圓形之中點，而其底邊則在圓周上，照他的方法，圓錐體是無窮數的小稜錐體集合而成的。更進一步，是由卡發利里亞（Cavalieri）、瓦利斯、笛卡兒及斐馬等把這些根本觀念加以擴充，但直至牛頓和來布尼茲出來之後，他們兩個人始分頭將前人傳下來的觀念加以研究，因而發明了一種符號，用了這種符號，微積學的觀念方始成為有統系的方法，而可得到有實用的結果。來布尼茲的法子，是一六八四年出版的，而牛頓的法子約在十二年以前就去世了，不過他僅給友人看，並沒有付印，直到一六八七年，始付印出版的。兩個人的根本理論是相同的，但是符號及組織制度

是不一樣的。因為牛頓的名譽來得大些，所以他那種組織，就先被採用了，在那時候微積學沿用他所稱的名字，叫做流數術（Fluxions）。在歐洲大陸上，來布尼茲的符號，不久認為兩者中比較起來是好些的一個而被採用了，而在英國一直用牛頓的制度，差不多到一世紀後，方被來氏的勝過了。普通的意見，皆謂將微積分加以發展，使在實際上可以解決許多普通問題的功勞，應該歸諸牛頓；改用比較好的符號方法，以使運用時便利，那是這位德國人的功勞。

笛卡兒以為力學不過是運動的幾何學罷了，並且得想將物理學全部都建築在力學的基石之上。以為力學上的問題，不能用這個方法解決的，簡直沒有。卻未想到物體間的相對位置，只有在所設的力的關係時，即是只有在其成為時間的函數時始辦得到。來布尼茲看透了這一點，所以批評笛卡兒的力學體系，不過是想像上所產生的。在一六八六年的 *Acta Eruditorum* 上面，發表一篇短短的論文，題目到很冗長，為「笛卡兒輩的自然定律中顯著的謬誤的簡單證明：彼等信創造主在自然界內保持有一定量的動量，果然這樣，那科學中的力學，就非完全消滅不可。」後來一六九五年又發表關於這個問題的論文。一直到一七四二年達隆培爾的「力學」出版以後，這個

問題纔得到完全的決定。

來布尼茲的著述極多，然大部分均未刊出，直至一九〇〇年，始由德法兩國學者合力爲之蒐輯，一九〇八年成全目，是爲 *Kritischer Katalog der Leibniz-Handschriften zur Vorbereitung der interakademischen Leibniz-Ausgabe*。



代俄尼喜阿斯·巴平

三十四 巴平 (一六四七——一七二二年)

代俄尼喜阿斯·巴平 (Dionysius Papin) 生於法國南部之布爾瓦 (Blois) 地方。幼習醫。二十四歲赴巴黎，識惠更斯，因得友來布尼茲。時惠更斯正忙做抽水機實驗，即由巴平為之協助，終於造成抽水機一具。一六七四年由巴平攜至總理大臣科爾培爾 (Colbert) 處，親自實驗，每次均用火藥爆炸，將活塞舉高，至筒中氣體冷卻後，受大氣壓力作用，自行落下，因此將水吸起。後來布尼茲邀往任其助手。五年後即被推為皇家學會會員。發明一炊具，名 *Digester*，利用高壓蒸汽，至今尚樂為人用。器中有安全活門，以便節制壓力。現今任何汽鍋中均備有之。雖然當時所知的溫度不高，但是巴平已知道了沸點和壓力是有關係的。其後曾赴威尼斯 (Venice) 兩年，仍返倫敦，任皇家學院臨時實驗管理員，每逢作實驗表演，均須到場。

一六八五年因祖國滅亡，移住德國黑森 (Hessen)，竟達二十年之久。任馬爾堡大學數學及物理教授。致其全力於惠更斯抽水機之改良，用熱蒸汽代替火藥，現今的低壓蒸汽機就是由這個

原理造成的。一六九〇年發表其蒸汽機的計劃書。一六九二年研究潛水艇，一六九八年又轉向其發明的離心唧筒。其後又曾一再設計製造蒸汽唧筒，並經來布尼茲參加意見，終未成功。最後不得已於一七〇七年再返英國，舊友如波義耳、虎克等均已作古，其滿腹計劃又不為皇家學院所取，遂貧困而死，並其死期亦不詳，大約當在一七一二年上半年。

巴平的著述，經其本人集成 *Fasciculus dissertationum* (Marburg 1695) 並自譯成爲法文。其與來布尼茲、惠更斯等往來函札，則由 Dr. Ernst Gerland 輯成，並附一傳，題名 *Leibnizens und Huygens Briefwechsel mit Papin, nebst der Biographie Papins* (1881)。

三十五 發利庸 (一六五四——一七二二年)

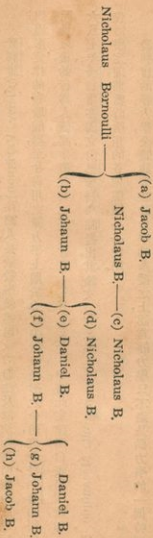
發利庸 (Pierre Varignon) 法國人，長於數學，敘述向量的加法及減法，極為明瞭。造成平行四邊形定律的實驗儀器，至今尚用之。靜力學上關於力之平行四邊形之命題，直至發利庸的研究問世以後，始行為人確認。牛頓在其 *Principia Mathematica* 中，將此定律明白表出，同時，卽一六八七年，發利庸亦獨立向巴黎科學院提出其論文 *Projet d'une nouvelle Mécanique*，用幾何學定理，將當時所用的各種機械，一一說明。

發利庸的靜力學，全體建築在動力學的基礎之上，認為靜力學只不過是動力學的一個特別情形而已。所以他的研究可以稱為 *dynamical statics*。

發利庸的著作，題為 *Nouvelle Mécanique ou Statique* 是他死後於一七二五年始行出版。

三十六 雅各·柏努利 (一六五四——一七〇五年)

柏努利 (Bernoulli) 爲瑞士世家，祖居巴塞爾 (Basel) 人才輩出，且均在數學及科學方面，爲世所重。唯其人數過多，每易致混，茲舉其族譜之一部分如下：



其中由 (a) 至 (h) 共得八人，均極著名，略歷如下：

(a) Jacob B. (1654—1705) 已塞爾大學數學教授，研究等周曲線著名。

(b) Johann B. (1667-1748) (a) 之胞弟，格羅寧根 (Groningen) 大學及巴塞爾大
學數學教授，研究等周曲線及活力不滅著名。

(c) Nicholaus B. (1687-1759) (a) (b) 之姪，巴丟阿 (Padua) 大學數學教授。

(d) Nicholaus B. (1695-1726) (b) 之長子，聖彼得堡研究院數學教授，早死。

(e) Daniel B. (1700-1782) (b) 之次子，聖彼得堡研究院數學教授，巴塞爾大學實驗
物理學教授，以幾率論、力之平行四邊形問題、及作用不滅原理著名。

(f) Johann B. (1710-1790) (b) 之三子，巴塞爾大學數學教授。

(g) Johann B. (1744-1807) (f) 之次子，柏林皇室天文師，柏林研究院數學部部長。

(h) Jacob B. (1759-1789) (f) 之三子，巴塞爾大學實驗物理學教授，聖彼得堡研究院
數學教授。

以上八人之中，又以 (a) Jacob B. (1654-1705) (b) Johann B. (1667-1748) 及 (e)

Daniel B. (1700-1782) 三人，尤為著名，本章及以下兩章，分別介紹其梗概。

雅各·柏努利 (Jacob Bernoulli) 於一六五四年生於巴塞爾，入當地大學，畢業後曾遊英、法、荷蘭等國。在波爾多 (Bordeaux) 時曾製有 *Universal Tables on Dialling*，後於一六八二年返巴塞爾，一六八七年任巴塞爾大學數學教授以迄於死。來布尼茲提出等時曲線 (Isochronous curve) 的問題，第一個得到解答的就是雅各·柏努利，在一六九〇年的 *Acta Eruditorum* 上發表，文中對於積分開始定 *integral* 的字樣。在來布尼茲的積分學，當時用的都是 *Calculus summatorius* 的字樣。其後到一六九六年，纔一致的採用了 *Calculus integralis* 的名稱。

雅各·柏努利又提出懸鏈線 (Catenary) 的問題，即是一條鏈將兩端懸住而成的曲線，認為來布尼茲的作圖法很正當，並還解決了許多關於懸鏈線的複雜問題。

雅各·柏努利又決定了彈性曲線 (elastic curve)，這是一塊彈性體平板或一條彈性體的棒，將其一端固定，在他一端上加重量作用時成功的形狀。指示出一張不透水的帆，上面盛滿了水時的彎曲形狀，就和彈性曲線完全相同。

一六九六年雅各·柏努利提出了一個問題，懸賞徵求等圖形 (*isoperimetrical figures*)

的解。對於其弟約翰·柏努利的解法，不表贊同，因此引起一場辯論，於一七〇二年將其本身所得的結果發表出來。

雅各·柏努利對於振動中心的研究，亦極著名。一六八六年即發表其複擺可由槓桿原理解釋的學說，惜其結果頗多曖昧不明之點，且有與惠更斯見解不能相容之處。於是又於一六九一年在 *Acta Eruditorum*，一七〇三年在巴黎研究院報告上，加以修改。

此外對於幾率，亦有相當的研究。

雅各·柏努利的著作如下：*Ars Conjectandi; opus posthumum: accedunt tractatus de Seriebus Infinitis et epistola (Gallice scripta) de Ludo Pilae Reticularis (Basiliae, 1713) Jacobi Bernoulli Basiliensis. Opera (Genevae, 1744)*。

三十七 約翰·柏努利 (一六六七—一七四八年)

約翰·柏努利 (Johann Bernoulli) 爲雅各·柏努利之弟，由其兄授以數學，後遊於法，識當時科學大家如發利庸、羅畢達 (L' Hospital) 等。在格羅寧根 (Groningen) 任數學教授，歷十年之久，一七〇五年繼其兄任巴塞爾大學數學教授，獨創之研究甚多，與人辯論亦烈。富於情感，一旦不爲其所悅，雖弟兄父子，亦如路人。因等周形問題與其兄雅各辯論，絲毫不肯退讓。因雅各吐之爲語多似是而非，啣之甚深。雅各死後，約翰竟將其本身所得之錯解，化爲其兄所得者之變形。由此一事亦足以推知其感情用事矣。

約翰·柏努利曾提出最捷降線 (line of quickest descent) 的問題，即在鉛直平面內設想有A、B兩點，用一曲線將此兩點連結，使一物體從A點沿曲線降達B點，所歷時間當然隨曲線形狀而異，如欲以最短的時間到達B點，曲線應成何種形狀。對於這個問題，約翰·柏努利本已固有其巧妙的解決方法，其兄雅各及來布尼茲、羅畢達、牛頓等，亦各有所得。其中以約翰·柏努利本人

的解，最有價值。當時此類問題在落體運動或尚未得其解但在光的運動似已有了解決所以約翰·柏努利就將落體運動改變成爲光的運動。假定 γ 和 β 兩點在於某種介質中，光在其內，若沿鉛直方向，由上而下，則其速度當逐漸增加，其增加程度與落體運動時速度的增加，完全同一定律。試將介質分解作若干水平之層，各層的密度，各不相同，愈在下方，密度愈減，則光在與 γ 相距 β 的層中，進行的速度當爲 $v \ll v_0$ 。此時從 A 到 B 的光線所經過的路徑，應爲以最短的時間到達的路徑。故在落體的運動中，亦爲在最短時間內落的路線。

來布尼茲將力分做兩種：一種是作用於物體上而無運動產生的，如壓力之類，稱爲死力；一種是作用於物體上實際可以產生運動的，稱爲活力。活力用質量和速度的平方的相乘積來表出。惠更斯發見了活力保存的原則，歷來都以爲是力學上的簡單定理，而約翰·柏努利則認爲不過是活力理論的一個結果而已。一般的原理是各物體的活力的總和，如其彼此之間互以壓力作用時，永久是一定不變的，即等於所受的活力。並稱之爲活力不變的原則。從前有許多問題，不能直接解決的，應用他這個原則，都可得到很簡單的解答。

約翰·柏努利對於積分學的貢獻亦甚重大，又發見指數算法，用解析法於三角，並研究過發光線 (caustic curves) 及放射線等。

約翰·柏努利的著述，經後人輯成 *Johannis Bernoulli Operi Omnia* 一書，其與來布尼茲的信札則輯成 *Leibniti et Johannis Bernoulli Commercium Philosophicum et Mathematicum* 一書，均由 *Lausan et Genev* 出版。

三十八 丹聶爾·柏努利 (一七〇〇——一七八二年)

丹聶爾·柏努利 (Daniel Bernoulli) 爲約翰·柏努利之次子，先在聖彼得堡任數學教授，歷七八年之久，始返巴塞爾，一七三三年任巴塞爾大學之解剖學及植物學教授，後又改任實驗哲學 (experimental philosophy) 及思辯哲學 (speculative philosophy) 教授。

丹聶爾·柏努利的最重要的著作爲 *Hydrodynamica* 於一七三八年出版，從理論及實驗雙方面，討論液體之平衡、壓力、反作用、及變速度等各項問題。其中有一項述及利用船尾射出的水的反動力，使船體前進。

對於力之平行四邊形，以前雖曾經由牛頓、發利庸等，明白提示，但均將運動混同在內。丹聶爾·柏努利則認爲與運動無關，應由幾何學上着想，結局果然從幾何學得到證明，在聖彼得堡研究院之 *Commentaires* 第一卷上發表，方法雖甚巧妙，證明卻過於冗長複雜。後由達郎倍爾在其 *Opuscules* 第一卷中，爲之刪節不少。

活力不滅原則，經丹聶爾·柏努利之手，得到相當的發展，並由此推出容器中流體運動的定律。

作用不滅的原則，最初係由歐拉及達西 (d'Alembert) 兩人同時發見，僅形式各不相同而已。據歐拉和丹聶爾所說，如有多數的物體，在一固定中心的周圍運動，就各個物體取其質量、轉動速度、及與中心點的距離，三者之乘積，與各物體間之相互作用無關，如不受外部的作用，必為同一的數量。

晚年專力於幾率的研究，並應用之於實際問題，尤其在保險方面，求出天花的死亡率及平均各年齡的死亡率等。

丹聶爾·柏努利的著作，除在 *Comment. Acad. Petropol.* 上發表的而外，單本尚有下列各種：
Dissertatio Inaugur. Phys. Med. de Respiratione (Basil 1721) *Positiones Anatomico-Botanicæ* (Basil 1721) *Exercitationes quaedam Mathematicæ* (Venetiis, 1724); *Hydrodynamica* (Argentorati, 1738)。

三十九 格雷(?)——一七三六年)

史梯芬格雷 (Stephen Gray) 英國人，他的祖先和他出世的年份及地點，我們一些也不知。他在幼年的時候，從一個慈善機關，領用卹款生活，從這一點看來，足見他是貧苦無依的了。但是他極力的自己想法，受到初等教育。後來靠着做苦工生活，用他那種簡陋的器具，居然發見了幾種電學上的基本事實。他將世界上的東西，分做兩大部分，一為導體，一為非導體。而且證明了許多非導體，只要由簡單的接觸，就可以變成導體。關於絕緣體的定理，也申述得很詳細，認為是天然物質的一種遺傳性。他受到的教育既有限，當時的科學又甚幼稚，所以他研究得到的電學結果，有好幾種現在都已成爲廢物了。

四十 列氏（一六八三——一七五七年）

勒餒·翁圖·斐科·得·列俄牟爾 (René Antoine Ferchault de Réaumur) 略稱列氏，法國人，生於羅舍爾 (Rochelle)，幼年即在當地受教育。一七〇三年至巴黎繼續修物理學及數學。一七〇八年當選入科學研究院。一七一〇年受命研究實用工藝，成效卓著，因發見鐵與鋼而受一萬二千 livres 的年金。所得全數捐贈研究院，作改進實業之資。一七三五年因種種關係而從軍，卒於緬因 (Maine)。遺稿及收藏全部捐贈研究院。

列氏之研究，遍及全般科學，河流、礦產、農林，無所不包。又發明鐵上鍍錫法，現今尚在使用。研究出鐵和鋼在化學上的差別。最著名的就是他的溫度標 (thermometric scale)，以水的冰點為零度。實驗當時因所用的酒精的特性，得出水的沸點為八〇度，遂將冰度與沸點之間均分為八十度。還有關於博物方面的著述，題為 *Mémoires pour servir à l'Histoire des Insectes*，於一七三四年至一七四二年出版，達六冊之多。

四十一 華氏（一六八六——一七三六年）

該布利挨爾·丹菴爾·華海（Gabriel Daniel Fahrenheit）略稱華氏，德國人，生於但澤（Danzig）。但一生大都在英國及荷蘭國中度過，以製造氣象儀器爲生，暇輒研習物理學。以製成溫度計著名於世。其溫度標係以水的冰點爲三十二度，沸點爲二一二度，兩點之間均分作一八〇度。英美國中概用此種溫度標。又以所製成之溫度測定各種液體物質之凝固點及沸點。又曾改良濕度計，並作種種實驗測定。卒於荷蘭。

四十二 摩柏丟伊 (一六九八——一七五九年)

彼爾·路易·摩羅·得·摩柏丟伊 (Pierre Louis Moreau de Maupertuis) 法國人，生於聖馬羅 (St. Malo) 地方。幼曾從軍，約歷五年之久，暇輒研究數學。一七二三年被舉為科學會員，一七二八年遊倫敦，任皇家學會幹事。一七三六年任拉普蘭 (Lapland) 測量隊長，測量子午線一度的長度。一七四〇年參加德奧之戰，為奧軍所虜，得釋後赴法，一七四四年仍返德，任皇家科學院長。一七五九年到巴塞爾，卒於是。

摩柏丟伊的最大功績，為一七四七年發表的最小作用原理 (Principle of least action)，認為這個原理和上帝的智慧極相一致。大有使物理學受宗教化的傾向。他所謂的作用，是用 mv^2 來量度， m 表物體的質量， v 表其速度， s 表其距離。其中質量和速度說是有了一定的數值，到無所謂。可是說距離，就大有問題。通過距離須要有相當的時間，故非對於時間先有一定的範圍不可。假使所取的是單位的時間，那麼，他說的距離和他說的速度，不知有怎樣的區別。他將動能和虛位移

(Virtual displacement) 的原理，混而為一，所以思想很為曖昧。對於各別的問題，這種曖昧的程度，更為顯著。

摩柏丟伊又效法斐馬和來布尼茲，用他特有的方法來研究光的運動。這個時候他所用的最小作用，意義又復不同。總之，他提出來的最小作用原理，意義極其曖昧不明，足見他的思想，實在欠缺數學上的精確。並且還想利用這種曖昧不明，來統一已知的種種情形。其議論頗與教會中的信仰相似，確是在想將宗教導入力學裏去。他這一番努力，雖嫌力量不足，但卻也不能說是沒有效果。歐拉和高斯就是受他的研究的刺激的。

摩柏丟伊的頭腦雖不清晰，可是計畫到頗不少。想建設一個市鎮，專用拉丁文來談話，想在地上掘一個很深的洞，去發見新物質；想使用阿片或解剖猴體來研究心理學，想用重力來說明胎兒的形狀。這都是他的提案。佛爾泰 (Voltaire) 在 *Historie du docteur Akakia* 的書中，曾加以嚴密的批評，因此發生出很激烈的辯論。

摩柏丟伊的原理，後來經由歐拉之手，為之發展，使其成為實際可供使用的形式。摩柏丟伊的

本來形式，雖無法表出，但經歐拉改良後，即成爲異常的平易。後來又經拉格郎奇在其力學中化爲一般的形式，遂成爲解析力學的前驅。再後經湯姆遜與泰特認爲這個原理，有很深長的意義，不僅對於抽象的力學，就在新興的物理學各部分的理論中，要得到力學的證明，都非用他不可。

摩柏丟伊的重要著述如下：Sur la figure de la terre (1738) Discours sur la parallaxe de la lune (1741) Discours sur la figure des astres (1742) Eléments de la géographie (1742) Lettre sur la comète de 1742 (1742) Astronomie nautique (1745, 1746) Venus physique (1745) Essai de cosmologie (Amsterdam, 1750) 其全集則於1752年在 Dresden 1756年在 Lyons 出版。

四十三 攝氏 (一七〇一——一七四四年)

安得斯·攝爾修 (Anders Celsius) 略稱攝氏，瑞典人，生於烏普薩拉 (Uppsala)。在一七三〇年至一七四四年間，任天文學教授。一七三三年在紐累姆堡 (Nuremberg) 出版一書，內載有三一六個北極光的觀測，是他和友人在一七一六年至一七三二年間觀測得的結果。一七三六年參加巴黎科學研究院組織的子午線測量隊。六年後撰成一篇百分度溫度標的論文，在瑞典的科學研究院報告。所以後來百分溫度標就稱為攝氏溫度標。一七四四年卒於烏普薩拉。

攝氏的著述有 *Nova Methodus distantiam solis a terra determinandi* (1730)

De observationibus pro figura telluris determinanda (1738)。



卡雅明·佛爾克林

四十四 佛蘭克林（一七〇六——一七九〇年）

卜雅明佛蘭克林 (Benjamin Franklin) 生於波士敦 (Boston)，同胞十七人中他排行第十五。他的父親，是從英國搬來的，在波士敦開了一爿造蠟燭的工廠。父母都深信宗教，因為卜雅明是第十個兒子，所以在幼年的時候，就獻給牧師。長大後，他那活動的腦筋及研究的思想，所走的路，當然也就兩樣了。在早年他就脫離學校，就在他父親的工廠裏學習了一年，在他的一位哥哥底下做學徒。他的那位哥哥，是一位印刷家，曾開辦過新英倫報，在美國要算是一種最早的定期出版物。過後不久，他覺得太煩擾了，他就解除了合同，趁船到紐約去了。但是在那裏，他找不着工作，於是就到非列得爾菲亞 (Philadelphia) 去，到的時候，幾乎是沒有錢了。幸而立刻找到了事情，結識了許多朋友，在這個社會中就很快的有了一種活動的勢力。一七二五年，奉當地長官的命令，到英國去購買他所計劃的報館用器具。因為經濟上的困難，使他不得不到倫敦去找工做。在第二年上，始回到美國來。在一七二九年，管理賓夕法尼亞時報，頗著成效。明年結婚，自此以後二十五年中，他是

美國各統屬地中的最著名的文學家。

在他這一生中，正是電學現象層出不窮的時代，引起了他的注意。他那最著名的風箏實驗，證明了空中的電閃和電流是一樣東西，時爲一七五二年，他的年紀正是四十六歲。就是這一件，使各處的教育界中都知道他的名字。這不僅是科學上的發見，而且是一種最精明最有效力的研究方法，完全是從研究成立的理論。因此牛津、愛丁堡及聖安得魯（St. Andrew）各大學都送給他法學博士的學位。同時被舉爲皇家學會的會員，又得到科普力（Copley）爵士獎勵一般研究「自然科學」的獎金，這獎金的第一次是在一七三一年給的，第二次在一七三四年，及一七三六年發的，所有他的遺產，都變作獎金，每年由皇家學會分派。

除這個有名的成功之外，他又發明了一種非常好的佛蘭克林火爐，就在現在還是一樣的受人歡迎。自從這爐子發明以後，他就完全投身到政治舞臺上去了。在政治上的成績比在科學上還要有名。當革命戰爭的現象露顯出來的時候，他就用極可尊貴的方法，使之無形消滅；但是他的功勞，在當時雖向沒人知道，但他所站的地位，還很穩固。曾做過全州委員會的委員，簽字宣布獨立，其

後被派爲駐歐洲一個新國的美國政治代表，他在那裏，自然可獲得很好的名譽，他的志氣，聰敏的狀態和智慧，使他對於他的國家無論在物質上或財政上都有許多的幫助，因此使華盛頓戰爭得到最後的勝利。

一七八五年，他回到美國在一個有名的地方建設了一個新共和國。雖則那時他的年紀快到八十，然而他還是做新共和國的行政委員，做賓夕法尼亞省的省長以及國會會員。在這幾處地方，他費了不少精神及思想去籌劃，其中有一次在賓夕法尼亞省會中，簽字解放奴隸。他逝世時年八十四，葬在菲列得爾菲亞耶穌教堂的公墓中。

佛蘭克林體格魁偉，身長約六英尺，態度剛毅，面貌也很漂亮，眼睛呈青灰色。性頗好客，而又和藹可親，雖則他和教會機關，沒有什麼聯絡，但是由他一生的事業，可以證明他的人格高尚，爲人公正，心地純潔。

佛蘭克林從事於政治工作爲多，故其著述關於科學者甚少，關於電學的著述，有下列各種：
Experiments and Observations on Electricity made at Philadelphia in America

(1751) Supplemental Experiments and Observations on Electricity (London, 1753)
 New Experiments and Observations on Electricity made at Philadelphia in America
 (1754) 他的全集亦有數種，最初的一種是他的孫子 William Temple Franklin 刊行的，有六
 冊之多。後來經 Jared Sparks, John Bigelow 及 Smyth 等各為增訂，各有十冊之多。其中
 以 Smyth 一種，最佳。

四十五 歐拉（一七〇七——一七八三年）

利奧那圖·歐拉 (Leonard Euler) 瑞士人，生於巴塞爾，父為傳教師，且長於數學。一七二三年畢業於巴塞爾大學，從約翰·柏努利習幾何學，遂與約翰之子丹聶爾及尼科爾等成為至交。一七二七年應卡薩林一世 (Catherine I) 之聘，赴聖彼得堡，一七三〇年任其地之物理學教授。三年後繼丹聶爾·柏努利之後任數學教授。一七三五年由研究院提出一天文學上的問題，多數的數學專家，均費去數月的工夫，方能解決，歐拉則用他自己發明的方法，三日即得其解。高斯對於此題，採用最巧妙的方法，僅費去一小時的工夫，就得出結果。

歐拉因勤學過度，又受不了當地的氣候，遂得熱病，結果於一七三五年右眼完全失明。一七四一年應夫累得利克大王 (Frederick the great) 之聘赴柏林，是後即為普魯士研究院努力研究，歷二十五年之久。其間仍投稿於聖彼得堡研究院，直至一七六六年始得返俄。不久左眼又失明，竟成為全盲。其後概由其子及 Krafft 與 Loxell 等代為執筆，仍繼續工作，七年中又陸續撰成

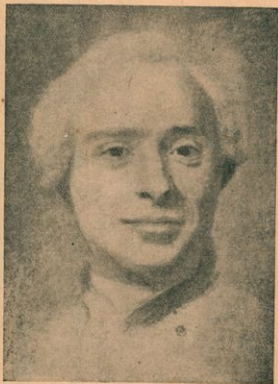
論文七十篇之多，均已發表，未及發表者尚有二百篇以上之多。

歐拉的研究，以純正數學方面為最多，而亦最為重要。其最著名之論文為 *Introductio in Analysin Infinitorum* (1748) 其次則為 *Institutiones Calculi Differentialis* (1755) 及 *Institutiones Calculi Integralis* (1768-70) 成為當世最完全的微積分學。所謂 β 函數 (beta function) Γ 函數 (gamma function) 等，都載在其中。還有 *Methodus Inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentes* (1744) 是變分學的發軔，後來由拉格郎奇為之完成的。還有一部 *Anleitung zur Algebra* (1770) 是拉格郎奇替他翻譯增訂的。

歐拉的研究雖以純粹數學為主，但其範圍卻甚廣泛，對於天文學、水力學及光學，都有相當的貢獻。在天文學方面有 *Theoria motuum lunae* (1772) 一文，就是根據他早年應徵的論文撰成的，一方面失明，一方面又遭火災，稿件被燬頗多，這許多的複雜問題，都是從他的記憶中搜尋出來的。後來邁厄 (Mayer) 製的太陰表，就是根據這篇論文而來的。

在光學方面，歐拉力反牛頓主張之微粒說，而贊成惠更斯的波動說。假定以太是一種沒有重量而具彈性的流體介質，光就是由以太的波動傳達的。並自將其一生關於光學的研究集成一書，題名為 *Dioptrica* (1771)，有三卷之多。

其他關於力學，光學，聲學及物理天文學各方面的意見，詳見其所著 *Lectures a une princesse d'Allemagne sur quelques sujets de physique et de philosophie* (1768-72)。



吉因·勒·隆·達耶倍爾

四十六 達郎倍爾 (一七一七——一七八三年)

吉因·勒·隆·達郎倍爾 (Jean le Rond d'Alembert) 法國人，生於巴黎，甫生即被棄於諾特爾達姆 (Notre Dame) 近傍之聖吉因·勒·隆 (St. Jean le Rond) 教堂路上，爲一玻璃店婦收養，故即以拾得之處名之。後始知其爲得什圖爵士 (Chevalier Destouches) 與同桑貴婦 (Madame de Tenin) 間之私生子。得什圖雖未認明其身份，但卻供給學費，使之在馬薩林大學 (Mazarin College) 就學。畢業後返其養母處，奉養至三十年之久。

達郎倍爾於一七三八年取得律師執照，但未執行業務，轉而習醫，未及一年即棄之，乃決計致其全力於數學。一七三九年撰 *Mémoire sur le calcul intégral* 成名，一七四一年被選爲科學研究院會員。同年發表 *Mémoire sur la réfraction des corps solides*，從理論上證明光線通過兩種液體交界處所起之現象。一七四三年其名著 *Traité de dynamique* 出版，達郎倍爾原理 (d'Alembert's principle) 卽在其中發表。一七四四年，達郎倍爾將此原理應用於流體力

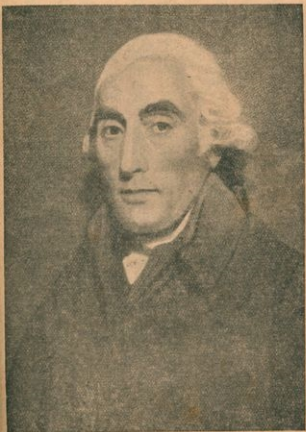
學，成爲 *Traité de l'équilibre et du mouvement des fluids*，以前各家求得的解答，均成爲此文中所附之各系矣。一七四七年成 *Reflexions sur la cause générale des vents*，並應用到振動絃上。一七四九年發表其原理可適用於任何形狀的物體的運動。一七五四年解出歲差 (precession of equinoxes) 的問題，及說明地軸的章動 (nutation) 現象。一七五二年出版 *Essai d'une nouvelle théorie sur la résistance des fluids*，內有不少的創作和新的觀測。又於一七四六年及一七四八年在柏林研究院誌上發表 *Recherches sur le calcul intégral* 爲數學之一分科。一七五四年至一七五六年發表 *Recherches sur différents points importants du système du monde*，將行星的攝動 (perturbation) 的問題，完全解決。

達郎倍爾因與提德羅 (Diderot) 合編百科全書，故其所知極爲廣泛。在緒言中詳敘各科的起源及其進展。並在前兩卷內，撰著若干文學方面的項目，以後各卷則以擔任數學方面的項目爲主。除數學而外，他的著述亦不少，最重要的爲 *Eléments de philosophie* (1759)，詳論及各種科學中的原理及方法。對於音樂在科學及在藝術方面，他都很感興趣，並有著述，題爲 *Eléments*

de musique théorique et pratique (1779).

達郎倍爾雖不優裕，性尚卻甚簡樸，所以自始至終，都安於恬淡生活。晚年因得·雷彼那斯小姐 (Mademoiselle de l'Esplanade) 之死，哀悼萬分。一七六五年達郎倍爾病中得·雷彼那斯曾盡力看護之。自是以後，直至一七七六年得·雷彼那斯死去為止，兩人均同居一處。在得·雷彼那斯一方面，從頭到尾，都不過是一片熱烈的友情而已，可是在達郎倍爾一方面，則有甚於此者。故自其死後，極為沮喪。雖仍專力學術並有同道中人時相過從，仍不能減其苦痛。與得·福耳特耳 (C. Voltaire, 1694-1778) 有三十年以上的交誼，自得·福耳特耳逝世後，達郎倍爾遂繼之成為哲學領袖。卒於巴黎。

達郎倍爾之著作雖多，但卻並無全集刊出。其重要著述已散見於上文中，此外尚有 *Ouvrages mathématiques* 係一七六一年至一七八〇年出版者。其在文學及哲學方面的著述，曾由 *Bastion* 及 *Bossange* 等為之出版，時在一八〇五年及一八二一年。



約瑟·布拉克

四十七 布拉克（一七二八——一七九九年）

約瑟·布拉克 (Joseph Black) 蘇格蘭人，生於法國南部普爾多 (Bordeaux) 地方。兄弟共十三人之多，父業酒商。幼年在蘇格蘭之伯爾發斯特 (Bellfast) 受教育，十八歲入格拉斯哥 (Glasgow) 大學習醫學及自然科學，四年級轉入愛丁堡 (Edinburgh) 大學。一七五四年提出 *De humore acido a cibis orto, et magnesia alba* 論文，取得博士學位。詳論苛性，尚在拉瓦節 (Antoine Laurent Lavoisier, 1743—1794) 之前，指出有一種氣體存在，與通常的空氣不同，可用天平檢查出來。詳細的說明，於一七五五年在愛丁堡的醫學會上宣讀，翌年正式出版，書名為 *Experiments upon magnesia, quicklime, and some other alkaline substances*。因此聲譽大起，即於同年繼其師卡楞 (William Cullen) 任格拉斯哥大學化學教授，歷十年之久，又繼其師任愛丁堡大學教授，以迄於死，卒年七十一歲。

布拉克的研究，晚年轉入熱學方面，最後演成潛熱 (latent heat) 的學說。他注意到冰熔解

時，吸收大量的熱而溫度並不升高。當時都將熱量認為是一種流體，所以他斷定冰熔解時所吸收的熱，必定是和分子結合起來，潛藏在物質內部。他在一七六一年的年底，曾做過一些實驗，從定量上來證明他的這個假說。一七六四年又得助手厄爾文 (William Ervine) 的力，測定蒸汽的潛熱，不過不甚精密罷了。從一七六一年起，他就用他的這個學說來教學生，但卻從未刊布出來。

布拉克又注意到各種物質同一質量升高同一溫度所要的熱量，各不相同，由此構成他的比熱學說。他又指出他的溫度計內的液體，每增加或減去同量的熱，總是發生同量的體積上的變化。

布拉克的著述除上文所提各篇而外，生前尚有兩篇論文，一為 *The supposed effect of boiling on Water, in disposing it to freeze more readily* (Phil. Trans 1775) 一篇為 *An analysis of the Waters of the hot springs in Iceland* (Trans. Roy. Soc. Ed. 1794)。

布拉克死後遺稿由其弟子輯印，於一八〇三年出版，題名為 *Lectures on the Elements*

of Chemistry, delivered in the University of Edinb^{ur}gh.



亨利·卡芬狄士

四十八 卡芬狄士（一七三一——一八一〇年）

亨利·卡芬狄士（Henry Cavendish）生於尼斯（Nice），世爲英國貴族，富有財產。一七四二年入哈克涅（Hackney）學校，一七四九年入劍橋大學，一七五三年離校，並未取得學位。是後卽致力於數學及物理學研究。喜獨居，終身未娶，除每星期四與皇家學會同人聚餐一次而外，卽不與人會面。雖其嗣子，亦僅每年得省視一次，然亦不過二三分鐘而已。

一七六六年卡芬狄士發見氫氣，與尋常空氣之性質完全不同。蓋自布刺克（Black）研究二氧化碳以後，此實爲第二種特殊氣體，與大氣中之空氣，根本不同，老早就已知道鐵可溶解於水，有氣泡隨之而生，波義耳還注意到此時發生的氣體點得燃，但卻未曾再加研究。結果是由卡芬狄士纔研究得很爲透澈。他見到這種氣體的比重，異常微小，並且是第一個人將其比重測出，還將溫度和壓力的關係也算了進去。他又將鐵，鋅，錫等分別溶解在各種酸內，測定發生出來的氣體的分量，又研究過氫與空氣混合而成的炸氣。其他還有許多關於氫的知識，都是由他得來的。

他又研究過許多物質燃燒時發生的氣體，發見只有動植物燃燒時，纔能發生二氧化碳。

一七七三年他做成功他的電學實驗，由此發見電力的平方反比律，甚至於還知道有現在我們所謂的介質係數，不過這種種的研究，他都未曾發表過。

卡芬狄士在一七八一年的發見，最為重要，即是氫與氧共同燃燒之後，即變成水，並且證明由此而得的水的重量，和消滅了的兩種氣體的重量之和相等。此種出人意料的结果，經卡芬狄士通知普利斯特利 (Joseph Priestley) 後，立即傳遍世界，自古以來即認水為一種簡單元素，今始知其亦有成分可言也。從此以後，關於各種物質之分解，陸續發見不少，進展甚速。卡芬狄士又於一七八四年得一重要結果，將氫與氮，以適當的比例混合後，使電花由其中不絕通過，氣體即行消滅，而成為硝酸。氧氣舊名為酸素，即由此而得，以其為造酸之一要素也。卡芬狄士當時並且注意到無論如何長久使電花通過，終有一定量的空氣與氧的混合氣體存留不變，這就是後來一百年後始行發見的一種元素，現稱為氫。

還有一種研究，也很重要，非要有極熟練的技巧，不得辦得，卡芬狄士的晚年，一直到一七九八

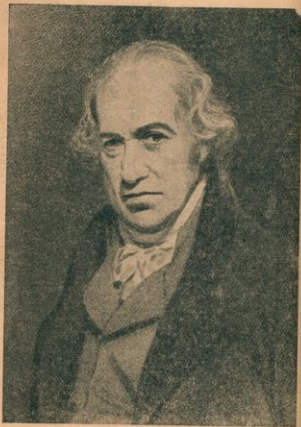
年爲止，都致力於此，這就是地球密度的測定。說正確一點，就是地面上兩個物體，小到可以在通常的房間內可以容納得住，其間作用的引力，由此不僅第一次表現出來，而且還可以測定其數值。自從牛頓以後，對於兩物體間作用的引力由兩者的質量及其距離而定，就沒有人懷疑過。但事實上，我們需要實驗知識，要能夠得到此種微小引力的事實證明，纔能竟萬有引力之全功，所以異常重要，但一直還沒有人注意及此。反過來說是要知道了這種引力，那就可以用同一的單位，同一的精確度，將地球的質量測出，如同測定這兩個物體的重量一樣。在牛頓當時，係用地球的質量作單位，去測定各天體的質量，可是地球本身的質量就無法知道，所以只能由地球的平均密度的假定，加以估定。現在卻可以用地球的體積去除地球的質量，就可以得出地球的精確的密度了。

要測定這樣微小的引力，卡芬狄士就用很簡單的儀器，即是庫隆所用的扭秤。即是使用一條長而且細的線，下端懸一輕的水平棒，棒的兩端各有一鉛球。在此兩鉛球的近旁，立有兩個異常大的固定的鉛球，此兩大球對於棒端的兩小球，發生引力作用，因此使水平棒偏轉，結果令懸吊的細線受到扭力作用。測定很微小的偏轉，極不容易，只要空氣些微流動，就測不出來。所以只好在壁上

開一個小孔，從鄰室用望遠鏡來觀測。對於非常微小的力，從來也不會用過這樣仔細的方法，這都是卡汾狄士的功績。他求得地球的平均密度為五·五，後來又從種種完全不同的方法，測得同樣的結果，足以證明卡汾狄士的結果，極為精確。從這個結果看起來，既然地球表面上的物質，密度均較此為小，可知地心應為很重的物質構成，當然是金屬一類的了。本來假定地球最初是一塊熔化了物質，那麼較重的成份當然應該靠近地心，再從現在實測的結果，確實證明了地球內部，果然有不少這種沉重的物質存在。

卡汾狄士於一八一〇年逝世，葬於德被 (Derby) 之萬聖堂 (All Saints' Church) 中，一九二七年特為建立紀念碑於其中。

卡汾狄士的著作，經後人為之蒐集，於一九二一年出版，書名為 The Scientific Papers of The Honourable Henry Cavendish, F. R. S. 共分兩卷，第一卷為 The Electrical Researches 經 Sir J. Larmor 為之校註，第二卷為 Chemical and Dynamical 經 Sir Edward Thorpe 為之校註。



詹姆斯·瓦特

四十九 瓦特（一七三六——一八一九年）

詹姆士·瓦特 (James Watt) 蘇格蘭人，生於格累諾克 (Greenock)，父為小商，因投機失敗而致破產。瓦特以十九齡幼童，到倫敦為儀器廠學徒，工作既苦，生活又艱，故僅一年即棄之，遂返蘇格蘭。對於製造所用工具，固未得到充分之知識也。歸來欲在格拉斯哥開一儀器店，但因學習年限不足，未得許可。後受格拉斯哥大學援助，始於一七五七年在大學區內開設一間專為大學而設的數學儀器店。尤其是布拉克，對於他的援助為最多，友誼亦最深。

一七五九年瓦特始知有蒸汽抽水機，當時稱為火機 (fire machine)，因此引起了他的興趣，經過了許多的艱難困苦，方得逐漸為之改良。開始是布拉克解囊相助，到得無以為繼的時候，又介紹他到一個礦業家羅巴克 (Roebuck) 那裏去，一面替羅巴克測量，一面改良他的汽機，來抽取礦坑中的水。如是又過了九年之久，終於礦山被水湮了，羅巴克落得滿身是債，其困窮固不亞於瓦特。

七七四年瓦特經此失敗之後，知道在蘇格蘭已無立足餘地，於是赴柏明罕（Birmingham）與普爾吞（Matthew Boulton）合作，又經兩年之久，第一部的蒸汽機方始完成。從此以後，就一帆風順，直到衰老。老年因心境日順，極爲舒適，就是素患的頭痛，也都不再發作。終身共結婚兩次，前妻中年即逝。瓦特於一八一九年卒於希斯非爾德（Heathfield），葬於罕茲渥斯（Handsworth）教堂內。

瓦特除發明蒸汽機而外，對於純粹科學亦有若干貢獻。曾與普利斯特利合力研究水之分解，後來由卡芬狄士收其大成。又對於功的觀念，極爲清晰，這是在發明汽機時極爲重要的。他又用壓力和體積的乘積，來測定其機筒中的功，並且還發明一個指示器，來作測定時使用。還有現在使用着的功率單位馬力，也是由他開始的。

五十 拉格郎奇 (一七三六——一八一三年)

約瑟·路易·拉格郎奇 (Joseph Louis Lagrange) 法國人，自其曾祖即移居意大利，世為意大利軍官。拉格郎奇即生在意大利之托里諾 (Torino)。入當地大學，初嗜古文及科學。偶讀哈雷 (Halley) 論文 (Phil. Trans. xviii p. 960)，遂生研究數學之心。從此以後，即獨力自修，行年十八，竟任砲兵學校幾何學教授，翌年致函歐拉，告以新得一法，解決等周問題，並由此而成變分學。一七五八年創辦托里諾研究院，發刊院報五冊 (Miscellanea Taurinensia)，論文出其手者頗多。

一七六一年拉格郎奇已成爲當代數學最高之權威。但因多年勤勞，體力大衰，雖經休養，神經依然不能恢復。一七六四年得巴黎研究院獎金，其應徵之題爲月之秤動，文中即使用其以之成名之方程式。巴黎研究院得此結果，極爲滿意，遂於一七六六再出土星系一題，結果仍爲拉格郎奇當選。其後又連得一七七二年，一七七四年及一七七八年之獎金。後遊巴黎，得晤同道達郎倍爾等。一

七七六年受歐拉、達郎倍爾的推薦，赴柏林繼歐拉之後，任研究院長，蓋夫累得利克大帝（Fredrick the Great）聲言以「歐洲最大之帝王」須得「歐洲最大之數學家」為之臣也。此後拉格郎奇即留居柏林歷二十年之久，陸續發表代數、力學及天文方面之論文不少。他的名著 *Mécanique analytique* 也就是這個時期刊出的。

夫累得利克大帝死後，拉格郎奇應路易十六之聘，移住巴黎。時當革命時期，然對拉格郎奇的優待，卻始終未衰。一七九二年與天文家勒摩尼埃（Lemonnier）之女公子結婚，年齡雖相差極遠，然婚後卻極圓滿。一七九三年被推為改定權度委員會主席。一七九七年任新設 *École Polytechnique* 教授，其講演之典雅而富有創造性，與其著述相等。同年刊成 *Théorie des fonctions analytiques*。一八一〇年著手改訂其 *Mécanique analytique*，未及成即於一八一三年逝世。葬於羣賢堂（Pantheon）內。其為人極謙遜，對於辯論，深惡之。

拉格郎奇之全集為 *Oeuvres de Lagrange*，有十四冊之多，由 Serret 及 Darboux 為之輯成，於一八六七年至一八九二年出版。



查利·奧古斯丁·庫倫

五十一 庫侖（一七三六——一八〇六年）

查利·奧古斯丁·得·庫侖 (Charles Augustin de Coulomb) 爲法國南部世家，生於翁古雷姆 (Angoulême)，幼年在巴黎就學，習數學及自然科學，被編入軍隊。因性情所近，而入工程隊。留馬提尼克 (Martinique)，監造防禦工程達九年之久。一七七六年返巴黎，始得餘暇，從事純粹科學。由是埋首於電磁研究，至革命爆發爲止，約共十三年，地位亦隨以俱高，但亦不免時有困難發生，傳聞因其發表所得，致觸當局之忌，曾一度欲拘禁之。皇室衰落，亂黨崛起後，庫侖盡辭各職，退居布爾瓦 (Boulogne) 小舍，專力研究。拿破侖恢復後，悉復其職，直至七十歲始逝世。

庫侖於一七七七年發明扭秤 (torsion balance)，曾發表種種論文，如機械上的摩擦應用（一七七九），風車（一七八一），金屬線和絲線的扭轉彈性（一七八四）等。他的電學論文均在 *Mémoires de l'Académie royale des sciences* 中，成爲後來帕松的電學理論的基礎。在文中敘述如何使用扭秤，檢驗普利斯特利 (Joseph Priestley, 1733-1804) 的電的斥力定律，

並將引力亦包括入內而成其庫侖定律。即是作用的引力或斥力和兩電荷的乘積爲正比例，和兩者間的距離平方爲反比例。通常都稱之爲平方反比律 (*Inverse square law*)。又拿這個定律來檢驗磁液的微粒。他相信兩流體說 (*two-fluid theory*)，但假定磁液不能單獨分離，電液則能分。他又指示出電荷只限在導體的表面上，並將表面上分布着的電荷加以比較。認爲導體近旁的電力是和帶電的表面密度成正比例，後來果然由帕松將此事證明出來。庫侖又說在超距作用 (*action at a distance*) 中，介在其間的介質不生關係。按平方反比律在庫侖之前已由卡芬狄士發見，惜其結果在死後若干年方始發表而已。



陸易歧 · 賈法尼

五十二 賈法尼（一七三七——一七九八年）

路易歧·賈法尼 (Luigi Galvani) 意大利人，生於善隆雅 (Bologna)，初習神學，復改醫學。一七六二年起在善隆雅大學任講師，教醫學。一七七五年陞解剖學教授，後兼產科教授。自其一七七三年的講義中，知道他老早就在實驗蛙的神經的刺激，但只不過限於機械力的刺激罷了。至於活着的肌肉受電的刺激就會抽動的現象，在葛利克和來布尼茲的時代，就已經知道了。賈法尼在一七八〇年當着許多人的面前用起電機實驗時，無意中看見放在棹上的蛙腿，隔着電機很遠，而且又沒有電的連接，經解剖刀尖輕輕觸着神經部位，竟會發生很強烈的抽動，使觀衆莫不為之稱奇。不久就知道這個現象。在電機上有電花通過的時間中，方能發生。並且觸着的刀要握住刀片上方能有效，若是握住絕緣物質的刀柄，也不會發生。賈法尼從此開始他的研究工作，經過了十一年之久，做過了不少的實驗，都是用的動物標本，尤其是用蛙腿時最多。實驗中又陸續發見了不少新現象。一七九一年將其所得撰成 *Essay on the Force of Electricity in the Motion*

of Muscles 一書，有四卷之多，時已五十四歲。

一七九六年拿破崙侵入北意，善隆雅被併入南阿爾卑斯共和國 (Cisalpine Republic) 之內。賈法尼對於新政府，拒絕宣誓，被免去各職。雖經有識者竭力疏通，於一七九九年可望復職，但已不及，賈法尼於一七九八年十二月卽已逝世。

賈法尼的著述，經善隆雅研究院爲之輯印，書名 *Opere edite ed inedite del professore Luigi Galvani* 於一八四一年至一八四二年出版。



卡爾·威廉·謝勒

五十三 社勒 (一七四二——一七八六年)

卡爾·威廉·社勒 (Carl Wilhelm Scheele) 瑞典人，生於斯特拉爾松德 (Stralsund)，幼爲藥房學徒，十五歲即在職務餘暇研究化學。終身均視爲無上的快樂。所讀各書均從頭到尾，一字不遺，然亦僅限於一遍，最多不過兩遍，卽不再翻閱。從小所做的實驗，隨時都記得清清楚楚，所以同時代許多受過嚴格訓練的人，都不及他。

社勒最出名的發見，是他所謂的火氣 (fire-air)，也就是我們現在所說的氧，此外還有許多重要的化學事項。又開拓出植物酸的新天地，發見出甘油、鉬酸以及錳酸等。又研究過銀化合物。受光作用後可以變黑。用玻璃的稜鏡發見太陽光譜中紫色一端對於這種發黑的作用最強，因此引出後來紫外線的發見。

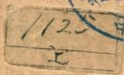
社勒除化學而外，對於熱學亦在很大的成就。他認出輻射是熱的傳播方式的一種，和通常所知道的在金屬中的傳導及在液體中的對流不同。那兩種傳播方式是由布拉克認出的。好久就知

道使用凹鏡或透鏡，可以將太陽光的熱集合在焦點上，和將光集在焦點上相同。但當時的人還以為是光的作用。後經社勒用許多簡單的實驗，纔將熱和光分離開來。

社勒因研究用力過度，且大都在深夜中進行，所以得了風濕病，竟至不治，卒年僅四十四歲。

社勒的著作，各國均有譯本。法文爲 *Mémoires de Chymie* (Paris, 1785-89)，英文爲 *Chemical Essays* (1786)，拉丁文爲 *Opuscula* (Leipzig, 1788-89)，德文爲 *Sämmtliche Werke* (1793)。都是全集。此外還有一冊 *Air and Fire* 也有英德法文的譯本。

15032



4
41
254