

萬有文庫

第二集七百種

王雲五主編

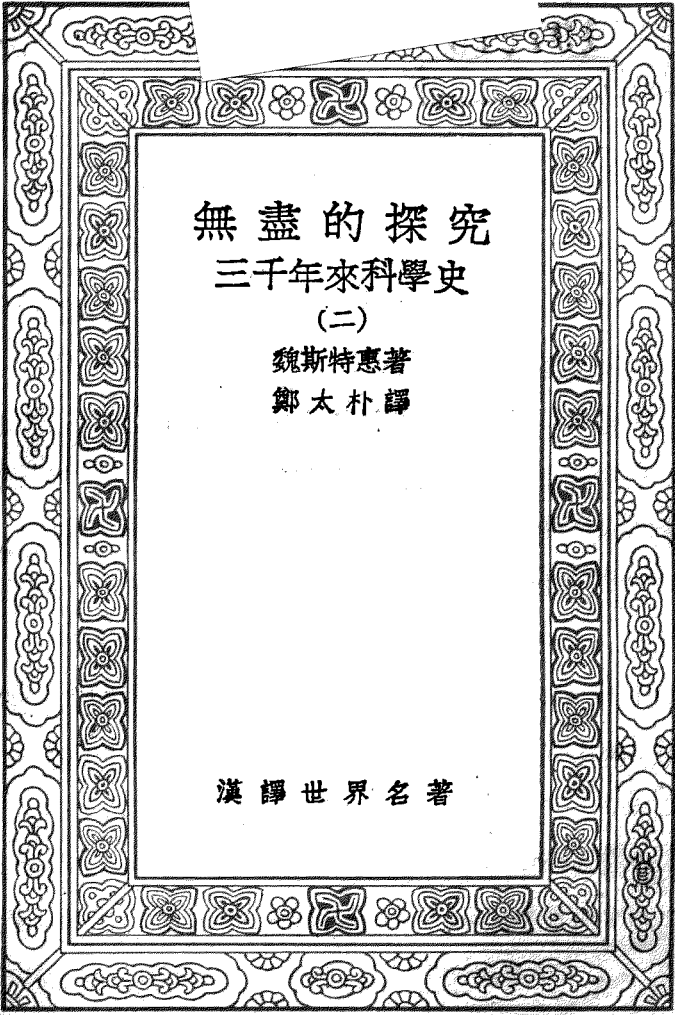
無盡的探究
三千年來科學史

(二)

魏斯特惠著

鄭太朴譯

商務印書館發行



無盡的探究
三千年來科學史

(二)

魏斯特惠著
鄭太朴譯

漢譯世界名著

第十三章

一千年的沈悶時代

古代的羅馬帝國，歐洲方面包有近代的意大利，法蘭西，比利時，英格蘭，西班牙，沿阿爾卑斯 (Alps) 山脈及喀爾巴阡 (Carpathians) 山脈之國，以及沿多腦河 (River Danube) 至於黑海之國。國境之外在其北部者，有來因河 (Rhine) 及多腦河彼岸之許多『蠻族』，均極強有力，其中大部分出自條頓民族 (Tenton)；居於來因河下游者，有法蘭克族 (Franks)，在丹麥者為朱特族 (Jutes)，在什列斯威好斯敦 (Schleswig-Holstein) 者，為安格魯族 (Angles)，在易北河 (Elbe) 下游及威塞爾河 (Weser) 區域者，為薩克森族 (Saxons)，在奧得河 (Oder) 及維斯杜拉 (Vistula) 河之間者，為汪達爾族 (Vandals)，在多腦河下游之彎曲部者，為西俄特族 (West Goths)，在黑海之西北部者，為東俄特族 (East Goths)，而在黑海與裏海之間者，則為野蠻的匈奴 (Huns)。(吾們這裏用近代國家的名稱，俾便對

照)。在紀元之開始時的數世紀內，這些民族之數，發展得極快，至第四世紀時，他們都已強盛了。這些民族均為未開化者，這是無疑的，因之，『野蠻』這一個名詞，就即加於他們了。但他們都是新興的民族，具有天賦的智慧者。他們的數量既增，自須有新的居住地，而曾經盛極一時的羅馬帝國既顯現其衰落，則他們之來侵，自不過是時間問題而已。自第三世紀之末，以至於第七世紀之末，這四百年中，歐洲之南半部，即為新民族與舊民族之鬭爭地。

學校兒童都知道，不列顛所駐之羅馬衛戍軍撤歸羅馬後，薩克森族與安格魯族即入而佔據不列顛，但他們未必都知道，不列顛方面之鬭爭，僅為大陸上極大鬭爭之一小部分而已。彼時羅馬人對於不列顛，已無心防守，因為他們的家鄉近處，已被迫很緊。稍後，薩克森族與安格魯族，即在不列顛自由處分一切，而在這個時候，法蘭克族亦佔據了高盧 (Gaul)，以巴黎 (Paris) 為其首都。但使羅馬帝國總崩潰之主要的因素，則為俄特族，汪達爾族及匈奴。他們在第三世紀時已開始侵入，至第五世紀時即已得手，其一部分或數部分且東入於亞細亞，南入意大利，西入法蘭西及西班牙，并曾侵入非洲北部。羅馬帝國之覆亡時候，說者不一，有的以紀元後 410 年俄特人之侵入

爲其覆亡時，有的以紀元後 455 年時汪達爾族之侵入爲其覆亡時，有的則以爲其時在紀元後 476 年，羅馬幼主去位，意大利成立峨特王國之際。不過實在說來，這些都是羅馬帝國長時間的解體中之事故而已，這個帝國，並不是在第五世紀時真正覆沒於羅馬，而是在一千年之後覆沒於君士坦丁堡 (Constantinople) 的(圖 16)。

羅馬帝國在開始時即分成爲二部分，即希臘方面的東部與羅馬方面的西部是。東部的文化，主要的是東方文化，其西部則包有意大利，亞得利亞海北部之若干小區域，法蘭西，西班牙以及非洲之西北部。東西二部之區別殊大，故後來卒分成爲東羅馬帝國與西羅馬帝國之二者。當第二世紀時，羅馬皇帝已須費力於東部方面之不寧，因爲東部的人向習於東方的文物風俗。至君士坦丁帝 (Constantine, 紀元後 270—337 年)，他將首都由羅馬遷至拜占庭 (Byzantium)。并以己名改稱此城爲君士坦丁堡。自此以後，意大利即沒有什麼特別優越處了。但此帝國亦漸漸的區分開來，成爲二個帝國，而在西帝國方面，教會漸代替國家成爲生活之基礎，其根據地在羅馬。自第三世紀之末，『爲統治上之效率計』，東部與西部已各有一皇帝，但後來西部的皇帝即漸失勢，駸成爲羅馬主教之傀儡了。

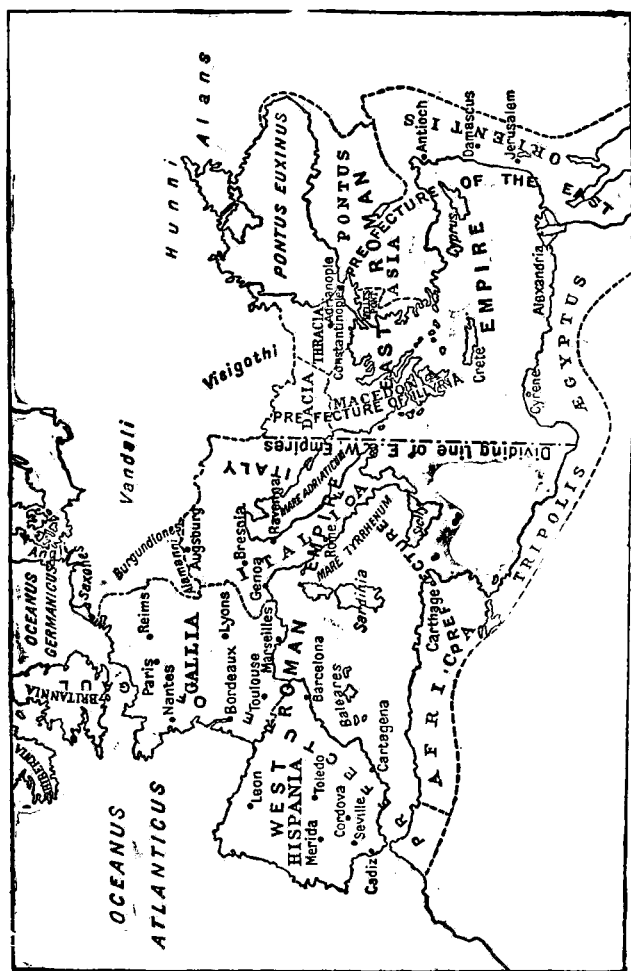


圖 16 蠻族將侵入時之羅馬帝國

於是此帝國之大本營。即不再爲羅馬而爲君士坦丁堡了，真正的皇帝，亦即在此統治。

自紀元前七百年至紀元後三百年，這一千年間，國家向爲生活之單位，故政治上的利益支配着一切，宗教須依附國家：此亦即爲希臘文明之要素。但此後的一千年間，則西方之情形即與之相反了，宗教的動機，或可云宗教的利益，支配了一切，直至中世紀之大教會，在逢尼非斯八世(Boniface VIII)時代漸形動搖後，其狀況始再改變。然在東羅馬帝國方面，則其情形卻不致如此，在這裏，國家仍爲最高的威權，直至一千四百五十三年時君士坦丁堡爲土耳其人所佔據。彼時西部固仍有帝國存在，但支配一切者非爲國家而係教會。在此教會支配一切的長時期內，全世界均處於黑暗中。

西羅馬帝國自成爲基督教的社會後，實際上已經『淪亡』，但北方的蠻族，則漸被吸收過來，因而反強盛起來了。故可說西羅馬帝國依然存在，不過所存在者自僅爲其餘氣而已，皇帝固已沒有，而且連首都亦沒有了，支配一切者，爲羅馬之大主教。反之，在東羅馬帝國方面，則其情形迥異，君士坦丁堡之皇帝，自兼教會之元首，故教會成爲國家之一部分。後來俄羅斯及土耳其的君主，亦均採襲東羅馬帝國之此種政教制度。直至

查理曼 (Charlemagne) 登極之時代，君士坦丁堡之皇帝，不僅爲西方之蠻君們所承認，而且羅馬之大主教亦承認之，這是向來如此的；不過到了後來，此種承認亦僅成爲形式的就是了。君士坦丁帝以後之拜占庭的繼承者，在名義上總算還承認其有宗主權。但皇帝既遠在君士坦丁堡，則羅馬之大主教自可擅作威福，漸自鞏固其地位，因而到後來，關於政治方面的事，人民亦仰望於羅馬之大主教，一若前此之仰望於皇帝那樣。羅馬帝國覆沒之際，亦正爲教庭威權被西羅馬帝國方面所普遍承認之際。無怪至於今日，教徒們仍將羅馬視爲世界之首都。當紀元後八百年時，約克 (York) 之阿爾琴 (Alcuin)，已曾設 “Roma potens, mundi decus, inclyta mater”。

至紀元後八百年時，情形又變。法蘭克族之君查理曼者，具有雄才大略，爲當時之大政治家，軍人及立法家，故在實際上，彼時西羅馬帝國之全部，均爲其所支配了。查理曼因擁護基督教，遂大得教王之歡心，於紀元後八百年時，奉之爲羅馬皇帝。就形式上言之，此舉係將『帝國』轉送給日耳曼人了，不過查理曼當時對於東部，卻不想過問，而君士坦丁堡的皇帝亦極爲乖，對於此事置若罔聞。在實際上，教會方面之此舉，自欲在西部擁立一有力的皇帝，以鞏固其自己之地位。查理曼在位

時，尚稱賢明得力，加以戰爭互延已經有數百年之久，故歐洲彼時頗呈安定氣象。但不久西北方面的諾爾斯人(Norsemen)，東部的匈牙利人(Hungariaus)以及東北方面的斯拉夫人(Slavs)，均相率來侵了。諾爾斯人侵入英格蘭(吾們今稱之爲丹麥人)，使英格蘭人頗受其困，就在那裏稱霸了；他們又侵入法蘭西，據諾曼底(Normandy)爲己有。自此歐洲復在擾攘中，直至十一世紀時代。查理曼之繼承者類多懦弱，而教會之勢力則日益增加了(參觀圖 17)。

至格列高里七世(Gregory VII, 1073—85年)爲止，西方世界向在二元的威權之下，其一爲愛斯拉沙伯(Aix-la-Chapelle)之皇帝，其他則爲羅馬之教皇。及至格列高里七世時，他決定不再與皇帝並行，而欲獨自支配一切了。彼時愛斯拉沙伯之日耳曼皇帝極爲懦弱無能，不足與強有力的教會相抗，故名義上的日耳曼，法蘭西及意大利之君主，實際上毫無力量。而且那時候意大利的城市，在實際上是獨立的，日耳曼內部則部族及封建勢力極囂張。在外交手腕上，這些君主更非狡猾的教徒之敵手，故自此以往，直至十四世紀之初，教會遂成爲無上之威權，君主們無不屈服，而且竟敢對英格蘭下禁令，使英格蘭的牧師不服從法律。教會的這種不法行爲，愈來愈

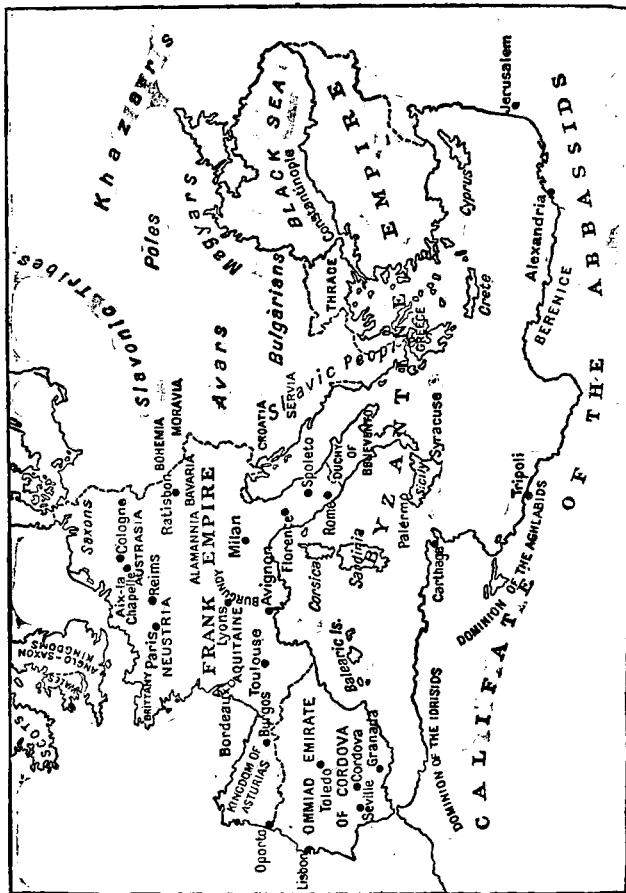


圖 17 查理曼時代之歐洲

愈甚了，於是激起了反動，有民族思想的法蘭西，遂起來反抗，有名的教皇逢尼非斯八世，於1303年時被執而拘禁。自此以後，教會之勢力始漸見衰弱。

第六，第七及第八諸世紀（約為紀元後500—800年），在歷史上向被稱為黑暗時代。當查理曼之世，亦曾有一線光明透露過，因為查理曼曾決定過要發展學術，亦曾下令寺院附設學校。執掌此事者，彼時為一英格蘭人，名阿爾琴，各種族之人，羣相集於查理曼處，以受阿爾琴之教誨。學校中之功課，彼時僅有神學及歷史，但亦稍及些簡單的數學，以為教授少年人之用，其程度以波伊悉阿斯（Boethius）之著作為標準。查理曼死後，這些學校大多仍存在，但數學及科學則取消了。這些學校中，有些亦出過名師，所謂『經院哲學』（Scholasticism）這一個名稱，就是從他們的工作得來的，而吾們亦可由此名稱以見中世紀時代一般的知識活動之特徵，其所研究者，主要的為哲學及神學，均在寺院中研究之。就其廣義言之，經院哲學之時代，係自第九世紀至第十四世紀，但自十一世紀至十三世紀，則最為盛，尤其是十三世紀中，曾出有阿柏塔馬格那（Albertus Magnus）及阿奎那（Thomas Aquinas）等人。拍拉圖是煩瑣哲學者所不知道的，或者為他們所擯棄亦未可知；拍拉圖的對話

集，自足使他們的信條渙散！但是，亞理斯多德氏，卻為他們所研習，而且亞氏的書與聖經，二者同為彼時全部運動中之重要典籍。故中世紀時的思想，一部分出於亞氏論理學之傳統思想，一部分則出於基督教之神學。這些學校中人之態度，完全是註釋者及辯護者，毫無獨立研究之精神。他們的企圖，在使基督教之教義，成為不可動搖者。故在這四五百年中，雖有天才傑出的人物，但其心力均不用於探求新事物，而用於衛護舊事物。他們的結論，是預先已有者。他們對於一切事物，均須以亞理斯多德的論理方式觀看之。他們不敢任其理性發展出來，如希臘人那樣，因為他們是在教會嚴威之下。

但在事實上，他們自亦曾作過推理，故久而久之，基督教之教義，自亦將理性化，因之，基督教之教義，亦漸漸的被覺察到，不能有合理的證明，僅可歸之於信仰。但所謂信仰者，祇有教人服從，卻不能加以檢討。如是，論理學與神學，非特不能調和。而且勢必至於互相獨立。故煩瑣哲學之最後的結果，亦有出人意料之外者——非特理性解放了出來，而且竟無所顧忌，帶有進攻色彩的獨立起來了。這樣，中世紀之黑暗中，又復有光明透露出來。文藝復興之時機，於是就來了，

所謂文藝復興者，是指一種複雜的運動，近代的歐洲，即

由之產生出來。文藝復興之內容，爲思想自由之再生，自決力之認識，拋棄迷信的崇拜威權，鼓勵學術及自然之研究。此種運動，開始於十三世紀時，彼時牛津 (Oxford)，劍橋 (Cambridge) 巴黎及波倫亞 (Bologna) 等處，均發生熱切的知識要求。因十字軍及學者們之遊歷，其與古代東方的交通，又重新恢復了。君士坦丁堡陷落後，有好多的希臘人，帶了他們不絕如縷的一線學術。向西奔避，於是百年前意大利詩人佩脫拉克 (Petrarch) 氏所提倡過的古學之復興，遂在西歐方面極迅速的發展了。

自古代學術中斷至於文藝復興之千數百年，吾們不妨將其分成爲相繼的數期，不過讀者不可太拘泥於年代，須知其間并無劃然的界限可分，祇是爲方便計而已。

200—500 垂垂欲暮。

500—800 長夜漫漫。

800 曙色透露。

800—1,000 晨光熹微，煙霧朦朧。

1,000—1,200 朝氣蓬勃，煙霧漸消。

1,200—1,400 雲開日出，乍隱乍現。

1,400—1,600 天朗氣清。

但吾們不能以爲，在長時期的黑暗中，人們均昏昏的睡着。須知在這個時期中，衰老民族漸見消滅，新民族代興，其間之奮鬥，有非以前所可比者，有的不顧一切的進攻，有的則聲嘶力竭的抵抗，大家均爲後來歐洲之先驅。

末後，吾們亦不能謂中世紀的思想全無補於科學，中世紀時，全無大的發見可言，這是不錯的，但卻亦有先驅之功。中世紀的學者所據以推理的主要前提，大多不健全，甚至於荒謬者，這是不容說的。但前提一經承認後，由此所作之推理，即爲謹嚴而無誤者，因之，人們就漸漸的崇尚推理，深信任何事故，可以完全確定的方式，與其先前者相關連。此種基本信仰之活躍於心目中，亦即爲一切研究家之真正的動力。

參 考 書

1. Decline and Fall of Roman Empire, Gibbon.
2. History of the Later Roman Empire, J. B. Bury.
3. The Idea of Progress, J. B. Bury.
4. Decadence, A. J. Balfour.
5. The Roman, Fate, W. E. Heitland.
6. The Legacy of Rome : The Conception of Empire,

E. Barker.

7. **The Legacy of Greece : History**, Arnold Toynbee.
8. **Medieval Contribution to Modern Civilization**,
Hearnshaw.
9. **The Middle Ages, 300—1,500 (二册)**, J. Westfall
Thompson.
10. **Introduction to the History of Science**, 第一二册,
G. Sorton.

第十四章

印度人及亞拉伯人

除了兩個半個的羅馬帝國而外——其中東半個羅馬帝國實較爲希臘的而非爲羅馬的，其皇帝在君士坦丁堡，爲政教二者之元首；但其西半個羅馬帝國，則係日耳曼化者，其皇帝在來因河畔，其精神方面的元首在台伯河(Tiber)畔——尙有其他二民族，亦已覺醒起來，對於文藝復興中所產生的新知識界，頗有些供獻。此卽是印度人與亞拉伯人。

(i) 印度人之供獻——亞力山大之遠征，引起了與印度的交通，而在此後的數百年間，印度人對於數理科學，頗有實質的重要供獻，其範圍係在算術，代數及三角方面，這爲希臘人所不逮者。阿利亞巴他(Arya-Bhata, 約當紀元後 480 年)，白拉馬及他(Brahmagupta, 約當紀元後 600 年) 以及巴斯加拉(Bhaskara, 約當紀元後 1120 年) 等諸氏，均爲此方面極有供獻之人物，而巴斯加拉氏則對於簡略的代數記法，尤曾有極

大的促進之功。

以與希臘的數學相較，印度人的數學方面，缺少論理上的謹嚴。他們畏避論理的定義，少論理的秩序，而就一般說來，亦不甚注意於基本原則。印度人對於空間的思想力，遠不如希臘人，但極長於代數的算法。

(ii) 亞拉伯人之供獻——穆罕默德（紀元後 569—632）稱霸於亞拉伯後，不及一百年，他的徒衆征服了小亞細亞，米索波達米亞，非洲之北岸由埃及直至其白拉爾他，以及西班牙。他們長驅直入，未曾遇到何種阻礙，直至侵入法蘭西後，始復折回。在亞力山特利亞，他們燬滅了世界著名的大學圖書館——這是歷史上最大的浩劫之一，因為在那個時候，原稿之抄本極少——但後來他們定住於所侵入的各國後，卻亦有志於學術了。侵入西班牙的莫耳人（Moors），實在亦并不是亞拉伯種族，而係北非洲之人，為亞拉伯人所征服，因而同化在回教徒中者。

亞力山特利亞為回教徒所佔有後，在彼處講學的哲學家，大部分均移居君士坦丁堡，故此處成為東方希臘學術之中心者歷八百年。亞拉伯人佔據後一二百年，亦開始搜求古希臘之遺稿，而且從君士坦丁堡亦獲得些，不過查士丁尼（Justinian）

下令封閉希臘學校時，那些散了的文稿到那裏去了，這個情形卻不清楚。亞拉伯人向各方搜求得來者，爲數當亦不少。此外，他們又觀察到，巴格達 (Bagdad) 那邊回教王所請來的希臘醫士，其醫學均以希波革拉第，亞理斯多德及格林等諸氏之著作爲依據。故在第九世紀之末以前，亞拉伯人不僅已將上述三氏之著作譯出，而且歐幾里得，阿基米得，阿波羅尼斯，以及托勒密等諸氏之著作，亦均已譯出來了。此外，他們并派遣一特使至印度，搜求印度著作家之著作。因之，就事實言之，一切亞拉伯的科學，均建立在希臘及印度的基礎上。

阿爾加里斯米 (A karismi, 約當紀元後 830 年) 氏，爲回教王阿爾馬莫姆 (Al Mamum) 之圖書管理人，曾著有一種代數學，以印度人白拉馬及他之著作爲其基礎。此書爲後來許多亞拉伯著作之依據，名爲『阿爾其白爾』 (al-gebr)，其意義原爲『歸元』，而其所指者，則爲方程之兩端可任意將量加減之，其方程仍不致變。

阿爾哈正 (Al Hazen, 紀元後 965—1030 年) 氏著有關於光學之著作，其中涉及大氣中之折光，實爲關於此之最古的科學著述了。他對於球面鏡及拋物鏡，亦曾研究及之。

在天文方面，亞拉伯人接受喜帕卡斯氏及托勒密氏之見

解。回教王阿爾馬莫姆〔爲教王哈龍阿爾拉斯其德 (Haroun-Al-Raschid) 之子，與查理曼相同時〕，對於天文學之研究，亦極鼓勵，而且他本身曾親定詳細辦法，在示拏 (Shinar) 平原上測量緯度。

直至十五世紀時，亞拉伯的學校，一向在發展中，但卻從未產生過一個科學家，亦未產生過特出的數學家。不過在工藝方面，他們卻頗擅長，觀於第十世紀時莫耳人在西班牙南部所爲者，已可窺見一斑。

基督教對於科學之敵視，前已述之，但回教對於科學之敵視，則沒有如此之甚，這實在是堪注意的事。亞拉伯的研究家及思想家，並沒有受過多大的牽制，他們亦未曾受過極刑的威脅。不過亞拉伯人雖能虛心接受其他民族的思想，但他們自己卻很少創作。他們精於觀察，長於代數算法。他們的最大功績，是能在黑暗時代中，將希臘人的發見保存不失，使科學之興味不致夭亡。

但是，亞拉伯人太迷於玄祕魔法，如占星，符咒及燒鍊等術，故其所遺留給吾們者，較之埃及人或巴比倫人尤少。

參 考 書

-
1. A Short History of Mathematics, W. W. R. Ball.
 2. A Short History of Science, Sedgwick and Tyler.

第十五章

文藝復興之曙光

十三世紀時代

羅馬覆亡後之數百年中，希臘學術如何經過此時代而傳至西歐文藝復興之曙光，其方式係有多種。由意大利半島所直接遺下者，實在極少；間接的由西班牙方面之莫耳人所傳下者，則較為多，而由君士坦丁堡所傳來者，則更為多。但是，希臘原本之抄本，彼時已較少見，尋常祇有拉丁文及亞拉伯文的譯本，而此種譯本中，亦鮮有佳者，大多均極不可靠，易使人陷於迷惑。因之，開始時的學者，多為盲從的，他們熱烈的擁護哲學，但其理由則僅因為哲學是出於亞理斯多德的，不能對之懷疑，而且他們對於亞氏所說者，亦并不真正的了解。但是，到了經院哲學之末期，則希臘原本或可靠的拉丁文譯本之正確抄本，亦即易得了，及至 1225 年時，亞理斯多德的全集，學者已

能見之。在開始的數世紀中，經院哲學者所知之亞理斯多德，僅爲一辯論家而已。

常十一世紀之末，學術之復興，已漸露端倪，尤其是在若干寺院所設的學校中，而且在好些學校之附近處，有些并不是執教於學校中者，亦依附之定住下來授課講演。此種講學處之學生漸多後，引起了一種共同的利害關係，於是復發生一種聯合，類似於協會之性質，稱爲“universitas”。中古時代大學之發展，實以此爲萌芽。彼時之巴黎，波倫亞，撒列諾 (Salerno)，牛津以及劍橋等處，均有此種自動的聯合。以後此種組織，漸成爲獨立者，與其鄰近之寺院學校不再有何種關係，而且他們的地位亦漸重要，并取得某種特權，如授與學位等。於是歐洲之各處，均有學生及教授來聚集於此項新興的大學方面。在這裏，科學及數學，亦被認爲研究之科目，但其主要科目則爲論理學，哲學及神學。關於煩瑣哲學，有一個重要的事實，吾們須憶及，即，此種哲學雖不能予吾人以真正的知識，但其訓練思想之功，亦有不可少者。煩瑣哲學能教人推理，有才能的人，既能推理，便不易恆鋼蔽之了。

在這些沈悶時代中，偶然亦可遇到對於自然科學有興味的人。在諾曼人 (Norman) 侵入之前，曾經有一法蘭西人，亞

奎丹之紀爾伯(Gerbert of Aquitaine, 紀元後 940—1003 年)氏，以數學及天文學著名，但後來做了教皇。在他的時代中，他實在要算是最有才能的人了，而且他還是一個發明家，曾經自製一鐘，保存在馬德堡(Magdeburg)，另有一蒸氣機，則保存於理姆斯(Rheims)。

當約翰王(King John)之世，西班牙人聖多明我(St. Dominic)及意大利人聖芳濟各(St. Francis)創立宗派，即後之所謂多明我派及芳濟各派是*。創立的時候，其用意或別有所在，但後來均成爲托鉢的教士。他們的誓願在擁護教皇的利益，摧除異端。初期的多明我派中之最著名的人，是一日耳曼人阿柏塔馬格那(Albert Magnus, 1206—80 年)及其弟子意大利人阿奎那(Thomas Aquinas, 1226—74 年)，而在芳濟各派中，則其最著名者，爲一英格蘭人培根(Roger Bacon, 1214—94)。阿奎那固爲此方面之最傑出的人物，但與本書之範圍，則并無關係。至於阿柏塔馬格那氏及培根氏，則均對於科學極感興趣，惟二人之方式，自亦各不相同。

*這些教派，不可與本篤派(Benedictines)相混，此派爲奧古斯丁(Augustine)所傳入英格蘭，其僧人類多富裕，其傳入時間則在其前數百年。英格蘭之大部分富裕的修道院及一切天主教的修道院均屬此派。

古代基督教義之信條，大部分爲抨擊異端之條文，但均爲長時期的辯論之結果。在蠻族侵入羅馬之前，這些教條恆在發展中，俾與新的思想及生活能相適應，但以後此種發展即中止了。當十二世紀時曙光透露之際，這些教條已根深蒂固，無人敢對之發生疑問。初期的煩瑣哲學家，想將基督教的教條建立在理性的基礎上，以調和哲學與神學，但後來漸漸的明白，這是不可能的事。例如所謂三位一體說，又如何能將其置於理性的基礎上呢？教會對此，祇有說這是包含於教條中的，不得懷疑之；凡懷疑之者，均屬罪由自取，必重懲不貸。

這位日耳曼的多明我派教士阿柏塔馬格那，實在是一個很有學識的人。輒近所出他的全集，有三十八冊之多。他不僅爲一個大神學家，而且他的科學知識，亦遠出其儕輩之上。多明我派，曾請他著一種書。俾他們得易於了解亞理斯多德之學說，但結果則他著了一部關於希臘哲學家之物理學及力學的百科全書，附有註釋。在這部百科全書中，他露出他的教士本色來了。他的科學，并非得自觀察或實驗，而係得自古人之書籍，用其自己的語言及論理學加以補充。他自己并不去試驗，此病正與亞理斯多德氏相同。他對於吾人之真正的供獻，在將十三世紀前半紀西歐方面所已得之知識，由煩瑣哲學的立場

上，爲之作一總括。但是，吾們亦不能不承認，在彼時代中，他實在是第一流的人物了。培根氏雖極力批評他，但亦承認這一層。他缺少他的門徒阿奎那所具有的批判力。

阿柏塔之主要任務，自在搜求合理的論據，不僅用以證明教會之教條，且以啓迪愚蒙，鞏固信仰，並抨擊不信仰者。因之，他所提出的原則，均須與教會之見解相符合，於是他在某種範圍內，就須將亞理斯多德氏之學說，加以更改。例如亞氏曾謂宇宙是永存者，但阿柏塔則不取此說，而以爲教會的見解，宇宙是創造出來的，當較合理，須採用之。他以爲可以推理的事物，僅有內在於吾們理性中的基本原則，故有些原則，實可擯諸可以理性認識的事物範圍之外。例如三身的上帝首之觀念，並不是內在於吾們的，故僅能於啓示中見之，於此，吾們之精神，卽上感神惠了。阿柏塔之論證法，大率類是。

由此，吾們亦可知道，在這個時代，真正日耳曼式的思想系統，亦已可看到了。阿柏塔對於由他的研究工作所可引出的論理結果，力求避免之，并覺得他的責任當如此。他始終忠於其教派，忠於其教會，因之，他曾得到「大」這一個稱號。

他的同時代人芳濟各派教士培根氏，卽沒有他那樣的幸運。

當 1235 年時，格羅斯德斯德(Grossteste)爲林肯(Lincoln)之主教，他曾爲牛津地方芳濟各派之首領，并曾在該派之學校中講授科學，培根氏即在此處受其影響。未幾，培根氏即對於物理科學極感興趣，積極的研習之，并顯出他的獨立思想，因而樹敵不少。他常常批評他的儕輩，以爲他們不爲人之師，因爲他們自己不僅未受過適當的教育，而且對於自己所用的事實，亦從未加以證驗。培根氏本身，亦未必長於實驗，但他極力主張科學研究中須有實驗，須搜集事實，發見定律，并搜求原因。彼時他的態度，成爲自由探究之擁護者，故他極力批評其同時代人阿柏塔所用之方法。

培根氏亦著有一部百科全書，此與其同時代的學者相同。但培根氏所著之百科全書，卻不像其他同時代人所著者那樣，僅爲亞理斯多德氏學說之註釋；他的著作，實在爲真正的知識之總綱。這部大著作，遺下來爲吾們所見到者，僅有一部分，但由此一部分，已可看到其立意之新穎，在彼時足以驚人。這部著作，并不將彼時所許可的著作家之格言及事實，彙集成書，而爲一部全新的著作，對於彼時之世界知識，大有所補助。較此著作爲小，但更爲著名者，是其所著之‘Opus Maius’，及附篇‘Opus Minus’。此外，他并曾著有關於曆法改革的二種

書，亦頗重要。‘Opus Maius’之第六編，就其精神言之，與三百年後法蘭西斯培根（Francis Bacon）氏所著之“Novum Organum”可說完全相同，爲其先聲。

至六十四歲時，培根氏爲芳濟各派之總管所拘禁，直至其歿前一年始釋出，歿時年八十。他被拘禁的罪名，是『有新奇惑衆之嫌疑』！

培根氏關於光學有許多著作。他研究理論時，時時與實際相聯繫。關於凸面透鏡，他所知道者頗多，將透鏡結合以構成一望遠鏡，他亦已知道，這是無疑的。此外，拋物面鏡之屬性，他亦知道得很清楚。他所提出來的關於虹之起源及性質的假設，雖後來已證明其去事實甚遠，但其研究中所作之觀察，實驗及測量，則不能不使吾們承認，他的研究方法已開後來物理學者之先河。燒鍊之術，亦曾引起他的注意，但吾們須知道，彼時的化學與燒鍊術間，尙未有界限可分，化學尙未有條理可言。又觀於其所著關於曆法之書，亦可見其爲一天文學者。

培根氏曾欲用數學以列出遠作用之理論，如後來科學上所用之而極能有得者。但他所視爲十分有把握，而可加以測量的『力』，卻爲光線，因而他不能有所推得。在數學上，看來他沒有什麼才能。

今自其“Opus Maius”中引出一段，以爲其見解之代表：

「有二種方式，使吾人可由之以得知識，即論辯與實驗是。論辯可用以答覆問題，可使吾人不再提出此問題，但卻不能予吾人以證據，亦不能使吾人心中釋然，確信其爲真理而不疑，要如此，吾人惟有用實驗以發見真理纔行。例如有人未嘗見過火，吾們雖告以火能將物燒燬，此人決不能心中釋然，亦不會避火；必須將其手或可燃之物投入火中，乃能由實驗證知論辯中所云者。實驗之後，吾人之心乃能釋然，確切知道了真理，而此則僅能由實驗以知之，決不能由論辯以得之」。

培根氏爲實驗研究法之先驅者，足垂不朽於歷史上。彼時他須單獨的奮鬥。他敢將煩瑣學者之好多詭辯，直斥之爲無用，於此亦可見他是一個有膽量的人；他曾謂有好些問題，是不能有究竟答覆的，例如關於宇宙萬有之問題，即是如此；因之，討論這些問題，是無益的事。

培根氏對於彼時代的詭辯家，曾多所挑戰，指出他們的誤謬處。他的批評極嚴。有好些事物，在他的同時代人看來是無可疑者，他每欲其實證之。凡對於自己的見解，未先證驗過者，

他每非笑之。因此之故，他自然免不了要樹敵。他後來被刑罰，亦是難免的。

但是，阿柏塔呢？或者，他是一個沒有勇氣的人，深懼以教士而懷疑教條，必將有大禍臨身，故不敢出此。或者，他是有心要為教會辯護。辯護士之主要責任，在求其所經手之訴訟事件獲勝，這雖然不是合法的規律，但在實際上確是如此；祇有如此，纔能有功。事件內真理既被抹煞，惡事就成為真理了。但是，或者阿柏塔是一個受環境所支配的人，故對於其所處之思想環境，受之無疑，不僅自以為神聖的義務，在做教會之忠僕，且願窮其畢生之力，為教會辯護。不過，反之，他的行動全出於本心，並沒有什麼恐懼，而且不是為環境所支配，這亦是可能的。

有些人喜歡防衛，有些人則喜歡進攻。

科學家常被視為後一類的人，此其緣故，實因新知識常與舊意見相齟齬，因而使舊意見的人為之不安了。

參 考 書

1. History of Philosophy, Friedrich Ueberweg.
2. The Medieval Mind, H. O. Taylor.

-
3. Histoire de la Philosophie scolastique, Hauréau.
 4. Histoire de la Philosophie médiévale, Wulf.
 5. Illustrations of the History of Medieval Thought
R. L. Poole.
 6. History of Latin Christianity, Milman.
 7. Roger Bacon and 13th Century Science, Rober
Steele.
 8. History of Modern Philosophy, Höffding.

第十六章

文藝復興與宗教改革

十四十五及十六世紀時代 (1301—1600 年)

近代的歐洲之產生，實以一種複雜的運動為始，此種運動即所謂文藝復興者是。吾們不易精確的說明白，此種運動是什麼一回事，但對於研究科學者，研究文學藝術者，以及對於研究宗教者，此運動均為一件極可注意的事。就某種意義上說來，此運動確可代表古代學術之『復興』或『再生』，但尚不止此。由此運動，『自由得以再生——人類之精神，恢復其自覺心及自決之能力，以藝術承認外界及身體之美，在科學中解放理性，於宗教方面將良心解放出來，恢復智性之文化，並建立政治自由之原則。』這也可以說是『個人主義之勝利，因為在中世紀的時候，向來是迷信的崇拜威權及過去，故其作用在統一及集中化，在形成一個統一的基督社會，受教皇之統治，或受皇

帝之統治，或則受二者之統治】。

煩瑣哲學家中之末後的一個，兼可代表中世紀之結束者，是阿奎那(Thomas Aquinas, 1226—74年)氏。意大利人但丁(Dante, 1265—1321年)氏，在彼時之名望與之相若，則為中世紀時代與文藝復興間之過渡的人物。他對於同時代的人，頗有喚醒之之功。他以詩人著名，但他亦曾經著有一科學書，名“De Aqua et Terra”。稍後，即有一其他的意大利人，佩脫拉克(Petrarch, 1304—74年)氏，亦甚著名，尋常均視之為意大利文藝復興之始祖，因為他推動了一般人對於古代著作家之興趣。他對於其同時代之人，極力慫恿之，使其與古代學術發生接觸而有好感，因而恢復人類智性自由之運動，賴以推動者殊多。至下一世紀時，君士坦丁堡淪亡(1453年)，許多的希臘人，將黑暗時代中所尚存的一切文化，攜而西去，在意大利受到熱烈的歡迎。當英王亨利七世(Henry VII, 1485—1509年)及亨利八世(1509—47年)之時，學術之復興，到了極高度，好多的知名學者，亦多在此時活動於世，如荷蘭之伊拉斯莫斯(Erasmus, 1466—1536年)，英格蘭之可來脫(Colet, 1467—1519年，為聖保羅之教長)氏，謨耳(Sir Thomas More, 1478—1535年，為大法官)氏，以及斐虛(John Fisher, 1459—

1535年，爲羅徹斯特 Rochester 之主教) 氏等均是。

研究此運動者，決不可忽視了彼時圖畫界中之傑出人才，尤其是意大利方面者，如米開蘭基羅 (Michelangelo, 1475—1564年)，拉斐爾 (Raphael, 1483—1520年)，替善 (Titian, 1477—1576年) 等等。看來彼時有一種新的愛美觀念產生出來了，有完全表現的要求，而世界上之最偉大的畫家，亦於此時應運而生。至於文學之興，尚在其後，科學則更在後。在文藝復興中，人們重復醒轉來，知道人生之樂趣。故此時代之特色，在於快樂的求生。

當十五世紀之末，西歐教會之狀況，亦腐敗至於極度。彼時教庭中人，類多爲最腐敗的分子。例如教皇亞力山大六世 (Pope Alexander VI, 1492—1503年，即邪惡的波耳查 Rodrigo Borgia)，實爲一個十惡不赦之徒；朱理亞二世 (Julius II, 1503—1513年) 爲一世俗的政客，奸詐無所不爲；利奧十世 (Leo X, 1513—21年)，則爲一個不信神者，常常對他的友人說：『基督教雖爲迷信，但卻極有利於教皇』。在這種教皇之下，中世紀的教會之作惡，自可想而知。教士們之奸詐兇惡，不守清規，貪婪無厭，均爲前此所未有。

教會之此種狀況，在任何時代自均可激成衆怒，而在這個

時候，則在歐洲之若干國家中，對於宗教及道德尚有愛護心者，引起了公開的叛變。彼時之歐洲，已有不少的非教士，亦受過教育，對於教會之行爲，自能批評之，指出其行不顧言。於是對於教庭，教庭之迷信邪說以及其罪惡，乃發生背抗而不可遏了。

反抗之來，先由於教會之內部，當 1517 年時，有一個日耳曼的教士馬丁路得(Martin Luther)者，起而反對羅馬教皇之出售『免罪符』，以爲斂錢之道，繼此，他並反對教皇之好多其他的罪過。因爲日耳曼向受羅馬之壓迫，積怨至深，加以一般人對於教會之腐敗已深惡痛絕，而新興的學術尤厭惡教會之妄謬無知，故路得之反對，深得彼時之同情，北方的君主，且特保護之。起初時，路得的行動在英格蘭方面並未引起何種響應，後因英王亨利八世與教皇不睦，於是英格蘭遂捲入此運動。

但是，路得雖改革宗教，而其對於彼時新學之態度，則與向來的教會毫無分別。路得之厭惡理性，正與其所反的教庭相同，他尤深惡信仰自由之思想。他因道德上及理性上的動機，起來宣布羅馬教統之妄，但他自己所提出者，亦復與之相同，自以爲是確實無誤者。路得的學說，同樣的在於躡蹀理性，而

此理性者，亦即謨耳氏及伊拉斯莫斯氏所欲用之以再造知識與宗教者。

簡言之，彼時教會雖已分裂為二派，但新的學術，在他們看來，都是目中之釘。

當十五世紀及十六世紀時，世界的文化及觀想，已經根本改變，這是無疑的。對於此種改變極有所補助的因素，是文藝復興，宗教改革，美洲之發見，印刷術之發明等等，但其所產生的道德上及知識方面之革命，則極複雜，故在實際上，吾們無法指出，某種發展是由於某種因素。宗教改革之後，新教固勃然而興，成為世界上之很有勢力的力量，但此新教者，雖其作惡不若舊教之甚，其不許人自由信仰，則與舊教無異，而且後來新教中的好多宗派，亦每成為舊教攻擊新教之口實，其非良善可想而知。至於改革時代兩方之殘忍，亦彼此相若，無分高下，不過舊教之復仇心，對於批評之者欲得而甘心，則迄未稍減。在西班牙方面，宗教裁判所一直存在，直至十九世紀時始廢止。

但是，在這個時候，知識的自由已經產生，新的學術正方興未艾。教士們之知識來源，向須憑藉煩瑣哲學者，而此哲學則已將絕跡，故教士們之知識來源亦將斷絕了。寺院亦已不再

爲知識之中心，新的學術均在寺院外發展，在大學及其他處所滋長起來。謨耳氏所著之“Utopia”（烏託邦）一書內，對於人類思想行動之各方面，均有廣遠的悠想，由此亦可見中世紀時代之狹隘束縛，彼時已破除無餘。意大利方面對於君士坦丁堡陷落後之西來的希臘學者，尤熱烈歡迎之，佛羅稜薩（Florence）且成爲古學之新中心，歐洲各地之學者羣集於此。

此外，彼時所知的世界，亦正在擴大中。有二個葡萄牙的航海家，第阿斯（Bartholomew Diaz，當 1486 年時）及達·伽馬（Vasco da Gama，當 1498 年時），先後繞好望角（Cape of Good Hope）而至印度。意大利人哥倫布（Columbus）氏，則於 1492 年時橫渡大西洋，發見了一個新大陸。喀波特父子（The Cabots），亦爲意大利人，曾定住於布里斯它爾（Bristol），在大西洋之彼岸，亦有所發見。世界正在那裏擴大，人們已遊歷至各處，知識亦因之而增。意大利人味斯浦奇（Am·rigo Vespucci）所著之遊記，首先敘述新大陸之事物，在當時曾傳誦一時。彼時的航海家，亦已有粗形的羅盤。羅盤或爲亞拉伯人所發明亦未可知，但其來源已不詳了。

活動式的印刷術，當十三世紀時，中國已有之，但在歐洲方面，發明之者究爲德國人谷騰堡（Gutenberg）或荷蘭人郭

斯德 (Coster), 已不能考。英人卡克斯敦 (Caxton) 氏, 最初在科倫 (Cologne) 習得之, 歸而設一印刷所於韋斯敏斯德 (Westminster), 其時在 1477 年。未幾, 印刷術即傳遍於世界, 書籍之產量乃激增——此亦為對於新學之一大刺激。

十四五世紀時, 藝術及地理方面的發見雖極多, 但在自然科學方面, 則仍未有若何進步可言。彼時研究之精神雖已極為活躍, 但自然科學仍少注意及之, 故其進步有待於後來。

燒鍊之術, 自古埃及以來一向為世人所注意, 迄未稍減。一般的說法, 往往以為燒鍊術與後來化學間之關係, 亦猶占星術與天文學間之關係然。但是, 這亦不是完全如此的。占星術自來即不能成為科學, 習此術者, 其目的僅在利用一般人之輕信, 以詐取財物而已, 故與手相學, 骨相學等魔術相關連。至於燒鍊術, 則彼時從事之者, 雖思想不甚清楚, 但亦不失為一種研究, 其目的在求將賤金屬變成為貴金屬。燒鍊術之基本假設, 係認定一切物質, 均由一種基本物質所構成, 故可想出一種方法, 發見此基本的元質。最初時候, 他們認定昇汞為此元質, 但此並非尋常的昇汞, 而係『哲學家之昇汞』, 此即是, 不含有亞理斯多德氏四元素——地, 水, 火, 空氣——的汞, 或者, 較妥的言之, 不含有此四元素所代表之屬性者。這種元質, 須

與硫黃合用之，因為硫黃能補充汞所缺乏之性質。但其所謂硫黃者，亦非尋常的硫黃，而為得自此之另一種物，構成『哲學家的石』或『鍊金藥液』者。他們的全部燒鍊手續，今已不可考，但其一般的根本假設，則以為金屬均由昇汞及硫黃所成。從可知他們的鍊金思想，實與希臘人之物質理論相連繫。

這一類的方術，由一個人傳至其他一個人，由一種公會傳至其他一公會，相傳習於寶石匠，冶金者，圖畫家，玻璃工人，陶器匠以及其他工藝匠人間者，不知已多少年代。但那時候自沒有什麼系統的化學，僅有許多零星的應用化學而已。就某種意義上說來，燒鍊術確亦曾為一種粗形的總假設，有予人以方鍼之作用，成為一種集中化的原則，使各部門的化學技術有所指歸。近代的化學，亦即由此道路產生出來。

培根氏亦深信『哲學家的點金石』，由此可見彼時的燒鍊術，確曾有使人不能不信之勢。直至十七世紀時，高明如波義耳 (Boyle) 氏者，亦還免不了燒鍊術的思想。及至二十世紀時，放射能之發見，使吾人對於鍊金術又復舊事重提，今日的化學家已聲明人工製造金子，不過是時間問題而已，不久終能實現！此種期望，既在近代亦推動研究家之探究，又何能以之非笑古代的燒鍊家？無論如何，古代的燒鍊家曾專心致志於實

驗及探究，窮日夜之力，在其研究室內工作。雖然他們並未發見金子之製法，但他們發見了好多的事實，為後來化學上之重要的張本。

就廣義言之，燒鍊術亦可說是中世紀時的化學。化學家利比喜 (Liebig) 氏，曾謂燒鍊術即係化學。不過此亦當分別論之，在一方面，固有好多的燒鍊家，其思想在於哲學方面，其鍊金之動機僅在求真理而已。在他方面，則有許多燒鍊家，其志在求利，真的欲由之以得金子。而介於此二者之間者，則另有一種燒鍊家，其工作至為複雜，將化學，哲學，魔術，占星等種種方術，混雜的攙在一起。

巴拉塞爾士 (Paracelsus, 1493—1541 年)，是一個瑞士的醫士及燒鍊家，為人剛愎自用，因為他對於彼時流行的意見，曾倔強的反抗之，故極得名。他雖為一個有名的外科醫士，但卻不願研究解剖學，錒之用為藥，是他所創始，將鴉片用於藥內，亦是其所最先試用的。

巴拉塞爾士雖不願研究解剖學，但凡薩利阿斯 (Vesalius, 1514—64 年) 氏則於斯學卻極有促進之功，凡氏係比利時人。他發表許多關於人體解剖之圖畫，至為精美。他的著作，引起意大利方面對於人體解剖之擴大的研究。歐斯達邱司 (Eusta-

chius) 氏及法羅匹阿斯(Fallopian)氏，均為意大利之名解剖學者，受其影響至多，至今解剖上之歐氏管及法氏管，其名稱蓋由於此二人之姓氏。

此外，尚有三個人，亦有一及之價值。

1.『世界上最為廣博的天才』，達·芬奇 (Leonardo da Vinci, 1452—1519 年) 氏，是一個意大利人，在圖畫，彫刻，科學，工程，建築以及發明等諸方面，均極有名。他的名畫中，有“Mona Lisa”及“Last Supper” (最後的晚餐)等。在實際的工程方面，亦無人能及他。就各方面說來，像他那樣的才能，實可說是世界上所鮮有者。按諸傳說，他是一個自視甚高的人，其同時代中雖極傑出的人物，他亦不屑與之比擬。他自然是個毫不謙遜而剛愎自用的人，他生平祇崇拜知識及其自己之孤高的藝術。由其所作圖畫“Mona Lisa”之微笑中，吾們須費些想像力，乃能了解其內心上對於人生及藝術之態度。極少的大人物能感覺之，祇有極有成就者乃能了解之。倘達·芬奇生於今日，吾們不難想像其必將微笑承認普羅斯德 (Proust) 對於藝術之苛刻批評，謂其『徒聒耳鼓，毫不入調』，尤將同情形於易卜生 (Ibsen) 所描寫的希爾達 (Hilda) 之斥語，謂書籍是不相干之物 (參觀前所附達·芬

奇氏之像)。

達·芬奇氏是天生成的藝術家，其藝術上的才能，無有窮盡，似得之遺傳者。但是，末後的時間，他卻用於科學上，在他的中年，他專致力於機械及工程，其用心之專，看來好似他將有二十世紀之大發明那樣。但尋常的人，在他看來，僅足用為顯微鏡下之標本而已。他的複雜的自我，到底是何由而來的——他的可驚的才能，他不以一己之極大的成就為意，他對人之冷淡，甚至於對於生命亦看得甚輕——這些種種是何由而來的？是否得自遺傳的？又誰能肯定之？他是佛羅稜薩一個不知名的律師之私生子，他的母親是一貧苦的農家女，後來嫁了一個牧牛者。

的確，當文藝復興之時，世界上所產生的偉大人物中，意大利是有一部分的。

2. 帕利栖 (Bernard Palissy, 1510—89 年) 氏是一個法國人，以製陶及上釉術著名於世。他所以足使地質學者對之注意者，是因為他在彼時，曾大膽的提出一個意見，以為動植物之化石，實即為動植物所成者。

3. 末後，吾們可提及一個英國人吉爾柏特 (William Gilbert, 1540—1603 年) 氏，他是科爾拆斯忒 (Colchester) 地方

之一個醫士，曾著有一書論磁性，極為精詳，伊拉斯莫斯氏及伽利略氏均極稱道之，他的二種見解，即，地球為一大磁體，磁與電係相關的。實為其傑出的天才之所啓示。磁與電之合理的研究，實以他的著作為創始。

但是。這一個時代中之科學上的最大進步，仍在於天文學方面，下章內當專論之。

讀者須知道十六世紀是一個極不安定的時代。新的地方發見了，新的思想產生了，科學已開始作直接的觀察，不再用空想的假設。在這個世紀內，近代的科學已開始萌芽，西歐的教會則顯現其分裂。但是，吾們對於宗教改革，卻不必視之過重，須知此不過是西歐之家事而已。東方教會之信徒，對此或稍有輕視之意。在基督教史上，以及在其他的宗教史上，教派之分崩離拆，實在是常事。

參 考 書

1. The Story of the Renaissance, W. H. Hudson.
2. The Story of the Renaissance, Sidney Dark.
3. The Renaissance, E. Sichel.
4. History of the Renaissance, J. B. Oldham.

-
5. *The Renaissance and its Makers*, Symons and Bensusan.
 6. *Italian Renaissance*, J. A. Symonds.

第十七章

新天文學

相對距離及相對運動

文藝復興時代的天文學，亦與古代的天文學同，係限於太陽系統者。他們將星球仍視為燦爛的寶石，嵌於結晶體的球上。行星視為遠較為重要，而行星之運動，則為難從事的問題，仍有待於解決者。

十五世紀時，產生了三位天文學者，均係德國人，均頗有供獻，是即古沙之尼古拉(Nikolas of Cusa, 1401—1464年)氏，布爾巴哈(George Purbach, 1423—61年)氏以及雷其沃蒙他奴斯(Regiomontanus, 即約翰米勒 John Müller 氏, 1436—76年)氏。但這三位，均被十六世紀時之後起的四位所掩蔽了，這就是哥白尼(Copernicus, 1473—1543年)氏，布刺 Tycho Brahe, 1546—1601年)氏，刻卜勒(Kepler, 1571—

1630年)氏以及伽利略(Galileo, 1564—1642年)氏。哥白尼氏一半是波蘭人,一半是德國人,其名氏與其系統並傳,古代的托勒密氏系統,爲其所推翻而代興了。布刺氏本爲丹麥的一個貴族,發明了多種天文儀器,是一個極精準的天文觀察家。刻卜勒氏爲一德國人,以天文的數學著稱於世,而伽利略氏則爲一意大利人,發明望遠鏡,在他的時代中,要算是科學上最有爲的人了。吾們可以看到,在這時候,英國人尙沒有份,至於鼎鼎大名的牛頓氏,則其時代尙在後。

古代托勒密系統之主要的特色,在將地球視爲宇宙之中心。按此則地球居於中心處,係不動者,環繞之的有太陽,月球,行星以及其他的星球,均在圓上運動。行星之軌道,固視爲擺線形者,但擺線亦不過爲圓之複合,故一切的運動軌道,仍不外以圓爲基礎。

近代以來之哥白尼氏系統,則其特色在將太陽視爲太陽系統之中心,比較上爲不動者,行星均環繞之而運行,地球亦在其內。這些行星之軌道,既非爲擺線,亦並不是圓,而爲橢圓。

讀者在進而領會哥白尼,布刺,刻卜勒,伽利略等之論據以前,須先將幼時學校中所習之簡單的幾何原則一回憶之,並

略—想像其間之相對的量及相對運動。

1. 試取一條線，長約八寸，結其兩端使之成爲一圈。另取一鍼，釘於一紙片上，將此線圈套於鍼外，用一筆尖挑緊之，畫出一圓，則此圓之半徑約爲四寸。

2. 試取二鍼釘於紙片上，其間相距約二寸半，仍將此線圈套於其外，用筆尖挑緊之，畫出一曲線，則此曲線爲一橢圓。橢圓看來有二個心，這是與圓不相同者；這二個心，名爲焦點（花圃匠作一橢圓形的花床時，即採用此方法，木匠製橢圓形的木板時，亦如是爲之。橢圓並不是蛋形，故不可以蛋形稱之。所謂開寧頓 Kennington『蛋形』，這個名稱實在是不對的）。

3. 設有一圓錐體，作其一切面 AB ，與底相平行，則此切面 AB 爲一圓。試再作一切面，並不經過底，例如 AC 或 AD 切面，則此切面爲橢圓（圖 18）。祇須此切面不與底相平行，則不問其與 AB 地平方向相去幾何小，此切面恆爲一橢圓。讀者猶憶幾

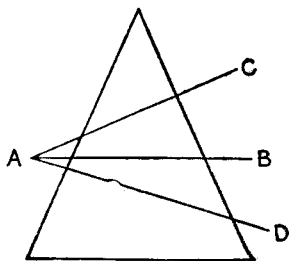


圖 18

何學上曾指出過，一個長方形是具有某種屬性的，例如關於其邊，其角，其對角線等之屬性。至於長方形爲極長者或並不長

者，這是無關的，祇要是長方形，便具有此項屬性。同時，一個長的長方形，可使其縮短，成爲一正方形，此時此正方形，自必仍具有長方形之屬性（此外，並具有若干新屬性，但此非吾人所欲論）。因之，正方形不妨視爲長方形之特例。圓與橢圓間之關係亦是如此。橢圓有許多的屬性，圓既爲其特例，自亦必同具之（其所有新的屬性，亦頗可注意，但亦與吾人此處之主要論據無關）。天文學上所重要者，亦卽在於此，卽，不將橢圓視爲一種特殊的曲線，而將其視爲能產生圓者。橢圓中之大軸倘使其縮小之與小軸相等，其二焦點漸相接近合成爲一，則此橢圓卽成爲一圓。故圓僅爲橢圓之特例而已。希臘人假定行星之軌道爲圓，其理由亦僅因圓較爲簡單而且『美觀』，但他們卻沒有想到，由無限多的可能事例中，選取其中之一個特例，這是多麼大的假設。自然界恆遵循簡單的定律，這個舊觀念，或者是不易破除的。

4. 將太陽系統之大小與整個星球世界相比較時，真覺渺乎其小，吾們須費些想像力，乃能感覺到之。吾們知道光線每秒鐘可行 186,000 英里，因爲地球與太陽之（平均）距離約爲九千一百五十萬英里，故光線自太陽至地球時，約需八分鐘十二秒。這是第一個基本的事實，吾人須將其記憶在腦中。

吾們於夜間仰觀星球時，看來這些星球之光輝極有區別，但卻看不出他們之距離，亦有什麼區別。在吾們的肉眼看來，好像這些星球是散佈在一個球面上的，古時候的人，亦相信其確是如此。但在實際上，這些星球之距離，彼此間相差至遠。其中最近者爲“Proxima Centauri”，相距有 24,000,000,000,000 英里；其次爲“ α Centauri”，相距 25,000,000,000,000 英里；再其次爲“Lalande”，相距 47,000,000,000,000 英里。天上最亮的一個星，名爲天狼星，相距 50,000,000,000,000 英里。繼此尚有更大的距離，直可至較天狼星遠 20,000 倍之物。

這些大的距離，吾人最好將其化爲光年。光線一秒鐘行 186,000 英里，故一年能行 6,000,000,000,000 英里；這個距離，謂之一個『光年』。如是，最近的星 Proxima Centauri，相距約四光年。星雲中之較遠者，有的相距至百萬光年以上 (6,000,000,000,000,000 英里)，此當於後見之。

吾們試注意這些量之比較。光線自太陽至地球時，需時八分鐘以上，其距離約爲 90,000,000 英里；自最近的星球至吾們時，需時約四年；自較遠的星雲至吾們時，需時須百萬年以上。天空中之星球，其數何止萬萬，但吾人肉眼所能見者，其數

不過五千而已。吾們可大略的假定，這五千個星球之平均的距離，約爲十五個光年，或即 $90,000,000,000,000$ 英里。因之，肉眼可見的星球界之徑，較之地球軌道之徑要大百萬倍（因爲 $90,000,000,000,000/90,000,000 = 1,000,000$ ）。或者還不止此，但這是極粗的計算法。

吾們試舉一個說明，或可使不習數學的讀者，易於明白此項事實。在一個大房間地板之中心處，作一小的圓，其徑爲一英寸長，代表太陽。距此約十英尺之處，作一極小的點，代表地球（以比例言之，此點之徑須爲 $1/100$ 英寸）。於是以太陽爲中心，作一圓經過此小點，其半徑爲十英尺長，以代表地球之軌道。倘按此比例作一圓周以代表可見的星球界之限度，則此圓之半徑當爲二千英里（十英尺之百萬倍），故此圓之面積，較之全部非洲尤大，或較英格蘭之面積大二百倍以上。如是，吾們可想像，地球軌道（這不是真正圓的）與一個可見的星球軌道之比，猶之半徑十英尺長的圓與全部非洲之比。行星及星球之距離，其相差有如是者，此不僅爲古代人所不知，而且簡直是想不到者，古代天文學者之錯誤觀念，於此亦可見其一斑了。

不習數學的讀者，如不耐煩於了解大數目之意義，則即無以領會天文學者之工作。不過這裏所用及者亦僅爲簡單的算

術而已。例如尋常的一個表，每秒鐘滴嗒作聲五次，則一分鐘滴嗒作聲三百次，一天作聲 $300 \times 60 \times 24$ 次。如是，作一百萬次聲時，須 $1,000,000 / 300 \times 60 \times 24$ 天，或約略的二天。而如滴嗒聲作 $1,000,000,000,000$ 次，則須有一百萬個二天，或約略的為六千年。天文上的量，都是浩大無邊際的，此正與元子物理學上之量小至不可捉摸恰恰相反。讀者試將一個事實一想像之，吾們所知道的星座，如金牛星座，北斗七星等，在現在看來，其形狀與幾千年前古人所見者仍無不同之處。雖然在事實上，這些星都在那裏各自運動，而且其速度至鉅，但其間之相互位置，看來仍毫無變化，此其原因無他，實祇因距離太遠，故不能覺察其變動而已。將地球之大小，或地球軌道之大小，與星球間之距離相較時，真覺渺乎其小，簡直不可捉摸了。

5. 讀者愈想及相對的運動，則愈不能責備古希臘及文藝復興時代之天文學者，謂其不能像吾們那樣的觀察事物。對於空間中許多相距甚遠的運動體，吾們欲對之作一適當的觀念時，既無法與之接近而加以檢討，則所能得的材料，其唯一的來源，祇有坐而觀察之，但關於此，吾們第一須先知道，吾們自身究竟是否為靜止者，或者，吾們及吾們所處之地球，是否不動者（雖然吾們並不感覺到其動）。遠處的物體，吾們雖見其

動，但亦可事實上物體並不動，而係吾人自己在那裏動。例如吾人夜間在船艙中，倘船行甚穩，因而不能感覺到船之行駛，則吾人很可以爲吾人自己並不動，但岸上的燈火則在那裏移動，其相對的位置恆變化。許多物體之位置，及其相互間之排列法，於是須依觀察者自身所處之位置而定；倘觀察者之位置已變，但自己並不知道，則物體之相互間的位置，在實際上雖未變，但看來則似變化了。

如是，一個觀察者倘在運動中，但不自知其運動，則即不免將此運動歸之於外物，不過自己是不知道的，而且其方向適相反，而外物之相互間的位置，看來於是亦變動了。行駛極速的火車，足爲吾人研究此項相對運動之極好的地方。試將吾人之視線專注於一物。但同時亦略注意到一般的其他野景，則可見車外野景，即以該物爲中心而旋轉，一切在觀察者及此物間之物，均向後退，其在此以外者則亦向前進。試再將視線注於他物，則此物又成爲旋轉之中心，其由此所產生之種種結果，一如前者。

因觀察者之運動而發生的物體相互間位置之移動，稱爲視差的運動。^{*} 倘吾們將事物與其較遠的背景相關，則此即不難明白，例如以行星而論，可將其與天空中遠處之星球相關

(參觀前圖 15), 而如爲火車中所見之物, 則可與遠處之景物相關。例如吾人由 A 至 B (圖 19), 在 A 處時, 吾人將 P 與 P_1 相關, 將 Q 與 Q_1 相關; 及至 B 處時, 將

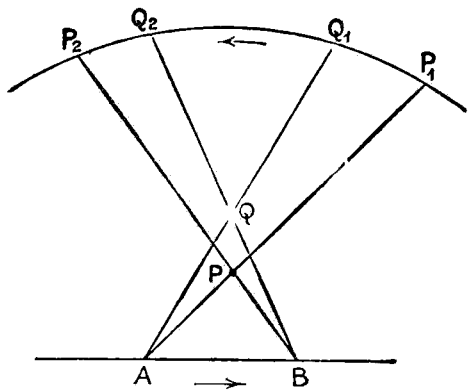


圖 19

P 與 P_2 相關, Q 與 Q_2 相關。如是, 這二個物體, 看來均與吾們相反的運動, 但其較近者 P, 所經過的距離 $P_1 P_2$ 似較爲大, 而較遠者 Q, 則其距離 $Q_1 Q_2$ 似反爲小。讀者於此可自己將 P 與 Q 相關, 以觀 P 與 Q 之運動當如何。下面一個事實之原因, 他當亦可見之: 夜間見有二個相距較遠的光, 在那裏運動, 吾人除此二光而外, 看不到其他的物, 而且吾們知道此二光雖在那裏作相對的運動, 但其實是靜止的並不運動, 則可由之以推知何者較近, 何者則離吾們較遠; 其中看來與吾們一同前進, 將其他一個置於後面者, 實較爲遠。

*希臘語叫做 *παράλλαξις*, 其意指觀察者自身移動, 因而引起所觀察的物體之表面上的移動。

以前關於希臘天文學之一章，今可再一讀之。關於相對運動方面希臘人所爲之錯誤，吾人自當寬宥之！

參 考 書

1. History of Astronomy, W. W. Bryant.
2. Histoire d'Astronomie, Delambre.
3. History of the Planetary System, J. L. E. Dreyer.

第十八章

哥白尼氏

文藝復興時代的天文學者，不久便感覺到，複雜的托勒密氏系統方面，有極大的錯誤在內。卡斯提爾(Castile)王亞豐瑣(Alphonso)，於 1488 年時曾製有一組新的天文表（這些表製得並不好），亦深不喜歡托勒密系統之複雜，並戲謂當初創造宇宙時，倘徵求了他的意見，就決不致如此！

托勒密氏的系統，一般如圖 20 中所示者。不過行星之軌道，不當為平圓，而當為擺線，圖中所畫之圓，僅為作擺線的小圓之心所循之軌道，行星係在小圓上運行，在其附屬的運動方面均為同時的，太陽則在其特殊的軌道內運行。此外尚有許多其他的微細複雜處。這個系統之主要的特色，在將地球視為中心，故為所謂地球中心之系統。

在初期的希臘天文學中，每一個行星視為嵌於一球面上者，此球面為晶體的，旋轉時使行星一同旋轉。球面須為晶體，

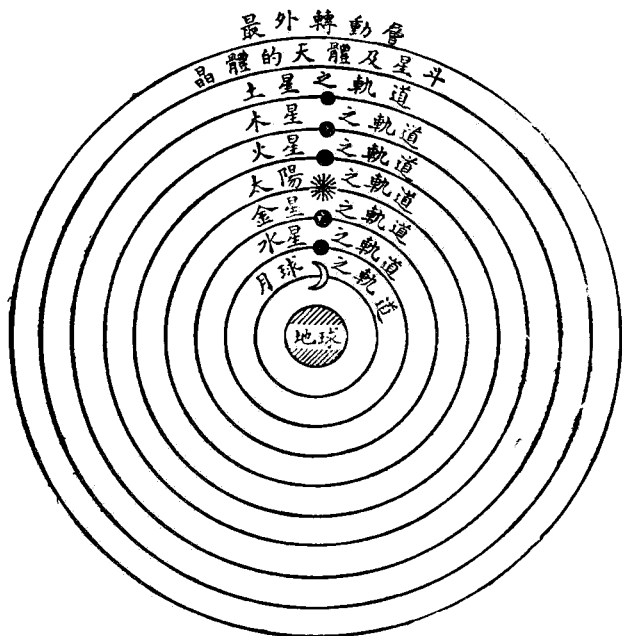


圖 20 托勒密之地球中心系統

俾能透視，這些行星的球面，為一最外的轉動層所推動，此層之內為星斗。這些球面，為極複雜的軸之系統所貫串。有極少數具有特別稟賦的人，能聽到球面轉動時所發生出的音樂，即所謂『和諧』也者。

後來他們又想到，物質的球面是不可能的，其理由在於彗星之軌道。於是他們想出複雜的擺線聯動，以說明行星之運

動。不過這種擺線的運動，有些人很不易明白之，故吾們不妨想一個更簡單的說明方法。以前吾們所用過的說明，即，夜間使一人循一圓而行，另使一兒童攜燈繞此人而行，看來或不能十分有力量，因為此燈光不能有什麼遺留下來。著者曾用過下面的方法，使一班學生能了然於此原則。將這班學生帶至火車站，彼處有一大的轉動盤，為機車之用者。於是令一兒童手執一木棍，棍端繫有一罐細沙，能自其細孔緩緩流出；使此童立於盤邊上，將木棍上之罐，繞自己之身體環轉，則所流下之沙，即環繞此童畫出一圓，其一半在盤上，一半則在盤外，今將轉盤動轉之，則罐中流下的沙，畫出一曲線，即擺線是。按之托勒密氏之系統，此轉盤之中心點，即為地球，居中不動者，裝有沙的罐，即為行星；行星之主要的一般軌道，可以轉盤之周表之，而在實際上，則此周所代表者，僅為畫出擺線的小圓之心所循軌道而已。

哥白尼氏曾在克拉科(Cracow)及波倫亞(Bologna)之大學肄業，後來在羅馬教授數學。他曾入過教派，實在可說是一個有學識的僧人。他為人雖不十分顯赫於當時，但他確是一個無偏的思想家。他編有好多的行星運動表，較之以前所有者都精確；但他並不長於觀察，他所長者在於分析，能將托勒密系

統所用之幾何的基礎加以訂正。

哥白尼氏之假設所與托勒密之假設根本上不同者，在於哥氏將太陽視為太陽系統之中心，而不將地球視為其中心。如是，舊時的地球中心之假設被推翻，代之而興者，是太陽中心之假設了。

哥白尼氏以其自己及前人觀察所得之記錄為依據，用苦心的推算，確信太陽為五星軌道之中心。於是他推論，謂行星既均以太陽為其中心，則金星與火星中間之極大的空處，必含有地球及其所屬之月球在內。不過哥白尼氏卻不能相信，這些運動之軌道並不是圓的。他極相信，一切天體之軌道，倘非為簡單的圓，則即為圓之複合。因之，托勒密系統中之擺線，他仍不能不保存之，不過其數則由 79 減至 34 了，因為地球中心系統中由於地球之靜止所發生的好多大的，今可不必要了，但其小者則仍必要，俾能說明所觀察到的好多小的運動上之變動，而且不僅如此，哥氏還須為每個行星立一不同的中心。太陽雖在各行星之圓軌道之中，但並不為其真正的中心。圖 21 所示者，即為哥白尼氏系統之尋常的圖案，但吾們未將擺線畫出，亦未將軌道之離心畫出來。

哥白尼氏假設所特勝於托勒密之假設，而使人信從之者，

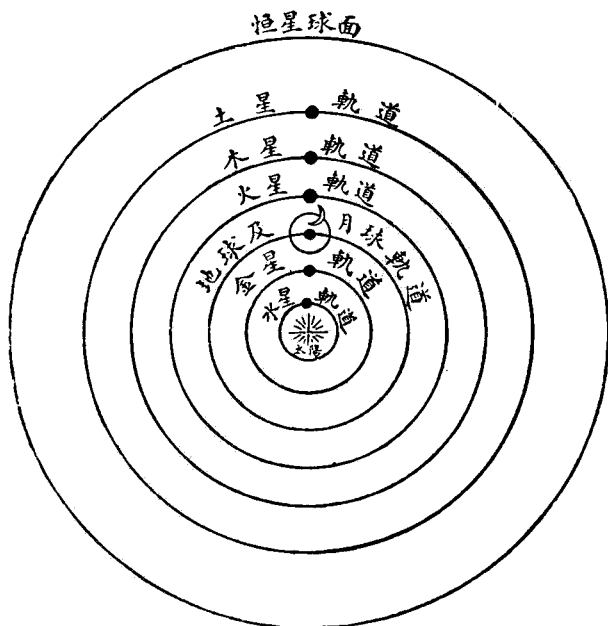


圖 21 哥白尼之太陽中心系統

是其較為簡單，故其可能性亦大。這個系統，固仍不精確，但以前有好多錯誤之處，今已可將其糾正了。

1543 年時，哥白尼氏的名著 “De Revolutionibus Orbium Celestium” 問世，但其一冊達到哥氏手中時，哥氏已在彌留之際。在這本書之卷首，他亦題有獻給教皇之字樣，這可說是他的聰明處，因而此書之革命的性質，一時並沒有發覺，

直至好多時間以後，始被覺察到。所以起初時候，教會對於此書，並不視之爲違禁者，直至後來始力禁之。

吾們須知道，天文學爲科學之一部門，就其所用探究法之謹嚴性而論，可與化學相比較。起初時須有觀察，根據此項觀察，可作一假設以包括之，此假設之可用與否，須視其能否預言將來的事實，故末後須將所預言者與實際上所發生者相較一下。這種預言是常常可能的，因爲天文學上之主要的特徵（至少太陽系的天文學上之主要的特徵），是其有規則的週期性。古代的天文學者所作之假設，經過若干時間後，每須廢棄之，另作新假設，因爲所預言的事實，後來發見其與實際所發生者不能一致；這實在是古代天文學者之不幸。因此之故，常常須作新的觀察，新的假設，然後再證驗之。到後來，所得者爲托勒密氏之系統，用了許多的擺線，次擺線以及三擺線等，致其系統成爲極繁，不能不又被推翻了。哥白尼氏的假設，後來亦須大加修改，因爲此系統中假定了行星軌道爲圓。這個假定之由來已久，故已成爲一牢不可拔的偏見了。

參 考 書

1. *Pioneers of Science*, Lodge.

-
2. *History of Astronomy*, W. W. Bryant.
 3. *Histoire d'Astronomie*, Delambre.
 4. *History of the Planetary System*, J. L. E. Dreyer.

第十九章

布刺氏

布刺氏 (1546—1601 年) 出生之年，即哥白尼氏 歿後之第三年，其時代與英后依利薩伯 (Elizabeth) 相同時。布刺氏 爲一丹麥 貴族之長子，立嗣給其叔伯，但此人較其自己的父親多學識，因將其送入哥本哈根大學 (University of Copenhagen) 肄業。故布氏 在幼年時，不像其他的貴族子弟那樣，游手好閑，無所事事，他卻能致力於知識之各部門，天文學亦在內。但他究竟脫不了諾爾斯 (Norse) 人的血統，故雖性格善良，仍不免於性急暴躁，當幼年時，即與人決鬪，失去了他的鼻子。他雖然失去了鼻子，但倒亦若無其事，因爲他做了一個假鼻子帶上，終身用此，據說這個假鼻子是金銀混合做成的。還有一個故事，則說他恆帶着一個盒子，內裝黏膠，以備鼻子出毛病時可以應付；這個故事，看來有些形容過甚了。但是，的確亦有些人，對於他的假鼻子，較之對於他的天文學，尤感到興趣。

布刺氏繼承了他的叔伯爲嗣子，故成爲一比較上富裕的人，後來又獲得其國王之助，乃自建烏朗尼堡(Uraniburg)之觀象臺，在丹麥與瑞典間海峽中之呼恩(Huen)小島上，南北幾可與哥本哈根及厄爾息諾爾(Elsinore)相望。他並用了許多能幹的助手，在這裏觀察及作記錄者數年。

但他的躁急猛暴性格終不改，得罪了好多有勢力的人物，因之，他被人所奚落，致不能在國內安身。於是他接受了路德福(Rudolph)王之請，爲其在布拉格(Prague)另建一觀象臺。在他的新的助手中，有一位青年名刻卜勒，後來所享的名譽，較布氏本身尤大。但布氏在布拉格亦未久留。至五十五歲時，他染極苦痛的病而歿。

布刺氏對於哥白尼氏之假設，亦不能接受，並曾提出過幾個理由反對之。其中有一個理由，是說金星與水星倘在地球與太陽之間運行，則必有盈虧可見，一如月球之盈虧然。關於這一層，哥白尼氏自己亦知道之，並曾謂吾人之視力如能增加，則當不難觀察得此。尙有一個理由，對於不習數學的讀者，或較難了解，故須重再將以前學校中所習過的數學，略略的復習一下。

設有一直角三角形 ABC ，今試作垂線 DE ， FG 垂於

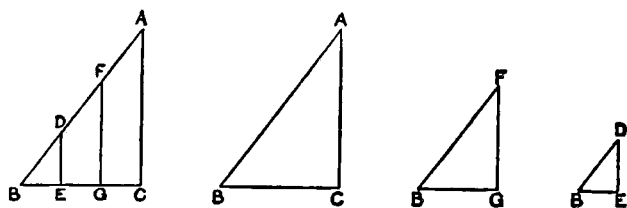


圖 22

BC 上，則三角形 DBE, FBG 及 ABC 均為相似者，蓋如吾們將其分置之，則可見其形狀相似。此項相似三角形之角均相等，其邊與邊間，亦係相比。例如 AC 等於 BC 之 $1\frac{3}{4}$ 倍，則 DE 亦為 BE 之 $1\frac{3}{4}$ 倍，這是無疑問的(圖 22)。

今如有一測量者，測量 DBE 三角形之邊與角，發見 (1) B 處之角為 73° ，(2) DE 為 BE 之 $1\frac{3}{4}$ 倍，則可將此事實加以注意，俾以後可省卻許多的力。例如他要測 ABC 三角形之 AC 及 BC 二邊時，祇須測量 BC 之長便可，因為 B 處之角為 73° ，故可根據前者，知 AC 等於 BC 之 $1\frac{3}{4}$ 倍。因之， $1\frac{3}{4}$ 是一個乘數(測量家或稱之為正切，但這是名稱而已)。每個測量家有一本書，裏面載有此項乘數(正切，正弦，餘弦，對數等等)，故這本書可使他省了許多的功夫。例如他要測量一個三角形時，尋常祇須測其一邊及二個角便可。測得此一邊及二角後，即可檢其所用乘數之書，祇須計算二個小的和數，即可得

其他二邊之長。設有一樹 A，在河 X Y 之對岸，今欲求其距離（圖 23）。如是，測量家先於河之此岸測定一長 BC，

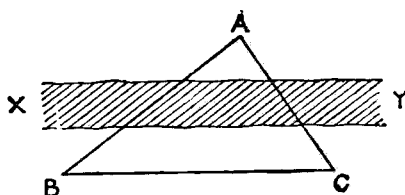


圖 23

再測定 B 角及 C 角，檢其表中之乘數，則 AB 及 AC 二距離，即可得之。於是或可再由 A 作一垂線至 BC，則即可得距樹最近之直接的距離。

由此可知所測得的角度之是否正確，這是大有關係的。倘測量者用小的半圓角規，如學校中兒童所用者，即難得精確。蓋因中心至周上之線為短，故每可參差至一二度。因之，測量者所用之量角器，遠較為大，其周上所畫者，不僅為度數，而且有度數之分數。一度之六十分之一，名為一分；一分之六十分之一，則名為一秒。故如欲於圓周上將度數，分數，秒數盡畫出之，則周上須有 $360 \times 60 \times 60$ 部分，亦即 1,296,000 部分，其數超過一百萬，這當然是不可能的。但在今日，測量家及天文學者所用之儀器至精，測量角度時，每可精確至於一秒，是即一度之 $\frac{1}{3600}$ ($= \frac{1}{60} \times \frac{1}{60}$)。

海上的測距法，亦為一極佳的說明。測距器為一至精之儀

器，但其原理則極簡單。船之邊上有一條線，用爲三角形之底，線之兩端，各有一望遠鏡，用以窺測敵船，其距離頗遠者，例如在十英里外。望遠鏡與底線間所夾之二角，即用之以構造出一個三角形。但吾們不妨想一下，所用之底線，其長不過二三十英尺，而其他二邊則均爲十英里長者。因之，所測得的這二個角，與 90° 均相差無幾，欲由之以作一三角形，必不能精確。所以所估量的距離，可相去甚遠，發砲時更不易瞄準了。

吾們今再返而一論布刺氏。他曾提出論據，以爲哥白尼氏之假設如爲正確者，即，倘若地球繞太陽而轉，則必可用一種方法以證驗之，因爲地球與太陽相距 91,500,000 英里，故地球某一時候所在之位置，與六個月以後之位置，其間相距即有 183,000,000 英里。如是則由其一位置所觀察得之星座，必與由其他位置所觀察得者，顯見有不同之處（布刺氏的意思，當然是指視差）。但吾們知道這種視差是不能發見的。因之，布刺氏即不接受哥氏之假設。

但是，布刺氏卻沒有想到星球間之茫無涯際的距離，故雖有視差，而在事實上，吾人實無法發見之。試設想一大平原，其大如非洲那樣，其周邊上裝有極大而極亮的燈火，俾立於此平原之中心處之人，可均見之。今使此中心處之人，移動二十英

尺（參觀第十七章之 4. 中所云者），則試問他能否觀察到，這些燈火之相互間的位置，有所變動？當然是觀察不到的，即使用極好的望遠鏡，亦無法觀察到之。從可知布刺氏反對哥氏之論據是不對的。

布刺氏之爲人，不無迷信，故極想推翻哥白尼氏之假設。他曾經自立一系統，將地球之中心位置保存，同時並採取哥氏系統中之長處。在他的系統中，一切的天體，星球，太陽，行星等，均環繞地球而運動，但同時，行星並環繞太陽，太陽則環繞地球（圖 24）。布刺氏此系統，不久便消滅，因爲天文學者不願再採用托勒密式的系統，將不重要的一個行星，即地球，置於全宇宙之中心處，而使其他的大星球均環繞之。

布刺氏之不接受哥氏假設，要說他是出於愚昧，這是不對的。或者其原因在於他的過於小心。他將一切已知的事實加以計較後，相信哥氏的假設之或然性不多。此外，他或者還有宗教上的動機在內。

布刺氏雖不足以云大天文學者，但他是個精細的觀察者，這是無疑的。他的觀察，較之在其前的天文學者之觀察，都來得精確。他所製造的儀器，均較彼時已有者爲精，但如與今日之儀器相較，則自不足道。尤其是彼時沒有望遠鏡，而在天文

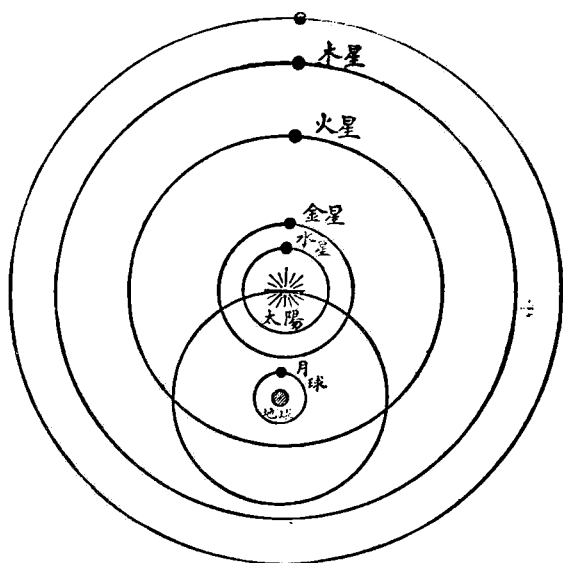


圖 24

上，則此為最重要者。因此，一切觀察，均須以肉眼為之。

布刺氏實在是個實際的天文學者。製造儀器時，他極有才能技巧。應用儀器時，他可說是過於精細了，他的毅力亦至足多。他製有許多的象限儀，圖 25 中所示即為其一。刻有度數的象限 ($0^{\circ}-90^{\circ}$) 固着於一方形的架中，有一視臂（今用望遠鏡）裝於 A 處。此方架可於 NR 垂直棍旋轉，其下配以一圓 QS，圓上亦有度數。如是，任何一星之高度及方位即不難測得，因為地平線以上之星，視臂均能指向之。

讀者倘能自己作些觀察，則於古代天文學者之工作，當更能了解之。有二個著名星座，在英格蘭通年可見之，即北斗星座與獵戶星座是。由北斗星座，吾們即不難觀察到極星，因為全部星座的拱處看來似乎於二十四小時內以之環轉。獵戶星座中之三個密切相連的星，其兩端相距差不多等遠處，各有一極光輝的星，與之在同一

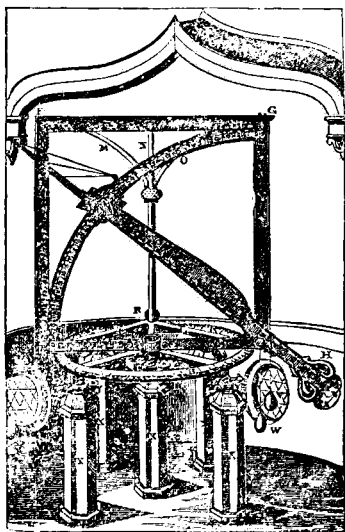


圖 25 布刺氏之象限儀

直線內，此即天狼星及“Aldebaran”（金牛星座之眼）星是。“Aldebaran”星，在金牛宮內，而此宮則為黃道帶中諸星座之一。雙子星座（“Castor”星及“Pollux”星）在金牛座之左（圖26）。吾們於是不難找到黃道帶及其虛設的中線，即黃道。黃道帶是天上的一條路，太陽，月球，及其他的行星，看來均須由之而過。吾們試設想太陽與地球，均半沈於大洋中，則大洋之面，即可代表黃道面。月球及其他的行星，並不全在此平面內運動，他們有他們自己的運動平面，但與黃道面亦相去不遠。他

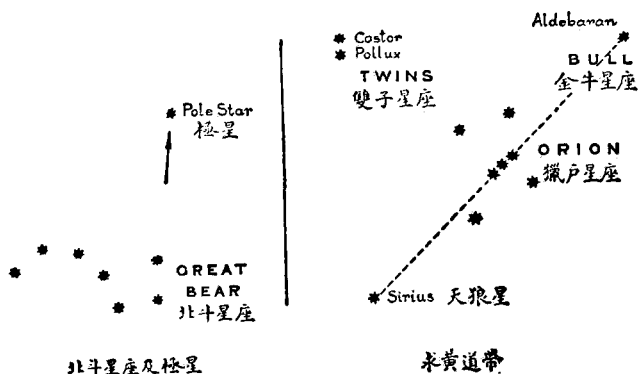


圖 26

們的運動，一半在黃道面之上，一半則在其下。

星之高度，可用簡單的儀器，如一對指南鍼等，以約略的得之。今使指南鍼之一股完全在地平線內，將其他一股則指向星球。如是則二股間之角，即為星之高度角，可用一量角器以量之。但欲確定星之位置，自須有第二個測量，猶如確定地球上位置時，須有經度與緯度二者。這第二個測量，就是方位，測定此時，僅須視星之垂直圓在地平大圓上離 0 度之角度便可（此 0 度與子午線在同一方向內，而此線則為天上之南北大圓，經過極星及天頂點，觀察者頭上之點）。倘能與習天文的朋友，在觀象臺中作五分鐘的談話，這些一切就都不難明白了。一個高度方位計（布刺氏之象限儀，即為此種儀器），將其傾側

之，使其垂直線指向極星，因而與地球之軸相平行，則此高度方位計即可成爲一赤道儀，這是極可感到興味的事。對於一個偶以天文爲遊戲，非專從事於天文的人，赤道儀之特殊的使用尤可感到興味。

參 考 書

1. *Pioneers of Science*, Lodge.
2. *History of Astronomy*, W. W. Bryant.
3. *Histoire d'Astronomie*, Delambre.
4. *History of the Planetary System*, J. L. E. Dreyer.

第二十章

刻卜勒氏

刻卜勒(1571—1630年)與法蘭西斯培根(Francis Bacon, 卽凡路蘭爵士 Lord Verulam)氏相同時代,生於符騰堡之威爾地方(Weil in Württemberg)。他幼時曾入慈善機關所設之學校,後轉入杜平根大學(University of Tübingen),專攻數學。卒業後,他卽爲格拉齊(Graz)之講師,在這裏他對於天文學發生興味,但因他是一個新教徒,而且又接受哥白尼氏之學說,故其地位卽不能保;因之,他願意接受布刺氏之請,在布拉格(Prague)任其數學助手。他三十一歲時,卽繼布刺氏爲皇家數學師,並接收了許多的天文觀察;此後的二十五年,卽專心於此。

刻卜勒氏之一生,幾乎全在掙扎中,他須與貧困掙扎,與疾病掙扎,又須與他的蹇運掙扎。雖然如此,他卻未嘗以此而氣銳,他的百折不回,努力於其所研究之部門,終使後代的科

學家爲之折服。他爲人富於想像，但同時他亦是忠於知識的人。他曾提出過許多的假設，一個不能用後，又易以其他者，因爲這些假設，不能與所觀察得者相符；但是，這些假設，均須經長時間之推算纔能成立，故其所費心血，已不知多少，其堅忍毅力，孜孜不倦，實非一般人所能及（吾們須知道，蘇格蘭數學家納披爾 John Napier, 1550—1617年之發明對數，其時已較在後，彼時刻氏之工作，已將完成了）。

刻卜勒氏在開始時已相信宇宙受一定的數學定律之支配，故太陽系統中各星球之軌道間，必有簡單的幾何關係及算術關係存在。這些關係，即他所欲發見者。後來他固然成功了，但卻費了好多年之心血。

刻氏相信，必有一種定律，支配行星與太陽間之先後的距離（後來柏林天文學者波得 Bode 氏之經驗『定律』，*直至二百年以後始發見之）；他並相信，必有一種定律，支配行星之距離與其速度間之關係。

*所謂波得氏之定律，在一方面有其作用：天文學者可由之得一暗示，俾可着手於其他的許多行星。

當刻氏在格拉齊 (Gratz) 爲講師時，他已設想了許多的假設，以說先後的行星距離間之關係，其時刻氏年齡尙輕。

他所提出的假設中，有一個有如次的幾何圖案。他作一圓，於其內切一多邊形，多邊形內復切一圓，圓內復切一多邊形等等，直至有先後的許多圓，以代表先後的行星軌道。他費了許多的心血，一再改變多邊形及圓，但終不能獲得結果，可與所觀察得的事實相適應。這樣一系列的圓，其間之比，終不能使其與一系列行星軌道間之比，有若何相同處。

於是他重再試驗，此次他用『有法立體』了，今試將其自己著作“Mysterium Cosmographicum”中之一段引於下面：『地球之軌道是一圓：此圓所屬之球面外，可作一十二面體；此體外之球面內，含有火星之軌道在內。火星外作一四面體，其外的圓即含有木星之軌道在內。再作一立方體，圍於木星之軌道外，則圍此的圓即為土星之軌道。今再於地球之軌道內，切一二十面體，則切於此體內之圓，即為金星之軌道。於金星之軌道內，切入一八面體，則其中所切之圓，即為水星之軌道。行星之多少數，其理由亦即在此』（彼時所知道的行星有六，故將五個有法立體嵌入其軌道之間）。

這個時候，刻氏以為真正成功了，因為由此所得之結果，可粗粗的與事實相適合，這真也是一件怪事。但後來，他又發見其不能滿意之處，於是重再推翻之。

這種方法，實在可說是幻想，因為這些假設，並無事實的根據，僅為一個胡亂碰撞而已。故在其早年時代刻氏的推理法，實與古希臘人同，總以為宇宙是完美而極簡單的；圓為一完美而簡單的圖形，故必為六個行星運動方面之關鍵，有法立體之數恰有五種，故亦必適能嵌入軌道間，而軌道則為其所決定；此種假設，彼時看來是很合理的。

及至後來，刻卜勒氏在布拉格任布刺氏之助手時，他看到布氏所為之極多的精確觀察，於是他始恍然而悟，不敢再以一己之憑空的推想為真理，而決心以觀察得的事實，為其後來所作假設之基礎。

迄至此時，沒有一個天文學者曾夢想到，敢違背亞理斯多德氏之金科玉律，謂一切天體運動，均在圓上者，每遇簡單的圓不敷應付時，便用圓之複合，因而創為擺線。後來，天文學者鑑於測量所得之結果，不能不承認（1）行星雖環繞太陽，但其與太陽之距離並不恆為一樣者，（2）且其速度亦並非為不變者，於是他們雖仍保存圓軌道，但同時亦不能不承認離心的事實，是即行星運動時，仍以圓為軌道，但不環繞圓心，而可環繞其他點。如是，行星之軌道，雖為離心者，但仍可假定等速運動以代表其速度。這樣的經過了許多年代，至刻卜勒精細的研究

布氏之觀察後，始決心放棄這個圓之基本假設，雖彼時哲學及科學上亞理斯多德之魔力猶大，使人不敢輕於從事，他亦不顧了。

布刺氏之一切觀察中，以關於火星之軌道者最為完備（火星軌道之離心的性質，亦最為明顯），刻氏所致力者，亦以此為多。於是其所欲解決的問題如下：由布刺氏所記錄下來的觀察，為地球及火星二行星畫出其軌道，求出其速度之定律，俾連結此二行星之線，引入於天空之背處，恆能使吾人，如星球所指出者，獲得火星之正確的位置，如在地球上所見者。此二行星之運動方面，有其規則性，這個假設，看來是各處都可證明的。這個規則性所依之定律究如何？

刻卜勒氏自始即相信布刺氏之觀察，而到後來，亦證明他的信賴是不錯的。吾們試想一下，布刺氏那時並無望遠鏡，但其所觀察者，每能精確至於一度之分毫，這不能不令人十分驚異。

自然，起初時候，刻氏亦假定行星之軌道為圓及擺線的，並沒有想到要放棄圓。同時，他自亦假定這些軌道都是離心的。故他起初時候的企圖，仍在致力於求得適當的離心，行星以等速度環繞之運行，而且這種努力亦經過極長的時間。但他

雖一再提出方案，卻終歸失敗。故這許多年的努力，毫未收什麼效果。他把布刺氏所作之觀察，再三推究，所記錄的距離及運動間之每一種可能的關係均用盡了，但其所作之假設，仍歸失敗。但是，經過這許多年的苦心後，雖未有所成功，卻使他知道一件事，即，運動，距離及時間之間，必有某種關係存在，因之，他仍黽勉從事。

但是，刻卜勒氏亦自始感覺到(不過是模糊不清的)，行星受某種影響之支配，其來源在於太陽；後來，他又想到，行星之運動，雖在圓的軌道上，但其速度不必恆一樣，而可變化者，或者其速度之變化與其距離太陽成反比。為計算上之簡單計，他將圓分成爲三角形，其頂點均在於離心的心，而太陽則即在此心；他並想出方法，使此項三角形均相等。這個假設，居然能證實了，這是他所極心喜的事，因為

按此假設，則軌道上之運動，不必爲等速者，但其所掃過的三角形面積，則恆相等。例如三角形 SAB 之面積與三角形 SCD 之面積相等，則行星由 A 至 B 所需

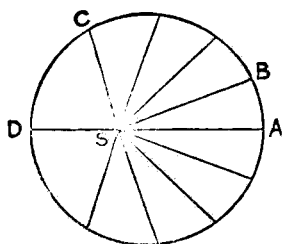


圖 27

之時間，與由 C 至 D 所需之時間相同。故行星距太陽遠時，其

運動慢，距太陽近時則運動快。這個假設之內容，亦即為刻氏第二定律之基礎(圖 27)。

但經仔細證驗後，仍有錯誤可發見，不過不十分大而已。他對於布刺氏之觀察極為信賴，故不敢以為自己的工作一定已完備，新發見的定律一定已周全了；因之，他仍繼續探究。他總覺得他所發見的速度定律是正確的，故其錯誤當別有所在。那末，錯誤之來究竟何由？是不是軌道之形狀錯了？是不是亞理斯多德氏之圓軌道的假設，有錯誤之處？

於是他開始用其他形狀的軌道以試之。起初時候他用蛋形的曲線，但知其不能用。後來他想到了橢圓。但是，怎樣？

圖 28 中所
示者，為尋常的
托勒密氏系統中，
一個行星 A 在其
擺線的軌道上運
動，其上有四個
小圓之位置，此
項小圓之心在主
要軌道上，如圖

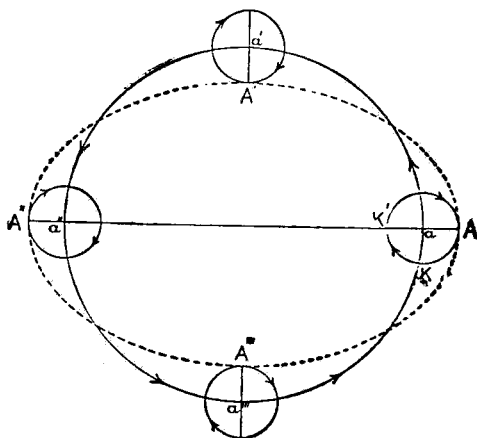


圖 28

中之 a, a', a'', a''' 。倘行星 A 循小圓 A K K' 而運動，同時此圓之心循 a, a', a'', a''' 圓運行，按照所示之方向，則 A 即畫出一橢圓，此不難用數學以證明之。A, A', A'', A''' 四點，不難見其在一橢圓上。刻氏之想到橢圓軌道，或者是由此種圖形所啓示，亦未可知。

刻氏既想到此種曲線後，即須觀察他的速度定律是否可用於此。他知道如將太陽置於橢圓之一個焦點，則該定律是可用的。如是，他發見了速度之定律及軌道之形狀。他並將此項定律一再試驗之。知其並沒有什麼不合處。不久，他並將可用於地球及火星者，推至於其他的行星。於是舊時之行星的擺線，終被破棄不用了。

刻卜勒氏總覺得（1）行星與太陽之距離及（2）其環繞時間（亦即其『年』）之間，必有某種關係存在。他後來發見 T^2/D^3 一比，對於一切行星均相同，於此，T 為任何行星之環繞時間，D 則為此行星與太陽之平均的距離。

這一層，吾們可用表格列出之。為便利計，吾們可以地球之循環期間（365.24 日）及地球與太陽之平均距離（約 92,000,000 英里）為單位，以表其他行星之循環時間及距離。如是，即有下表：——

	T (以地球年 為單位)	D (以地球距 離為單位)	T^2	D^3
水星	.241	.387	.058	.058
金星	.615	.723	.378	.378
地球	1.000	1.000	1.000	1.000
火星	1.881	1.524	3.538	3.538
木星	11.862	5.203	140.70	140.83
土星	29.457	9.539	867.70	867.92

後來天王星及海王星發見後，知道此二星亦與刻卜勒氏之三定律相適合。這三條定律，可將其總括起來，敘之如下：

1. 行星軌道為橢圓，太陽在其一焦點。
2. 動徑(連結太陽與行星之直線)在同時間內掃過相等

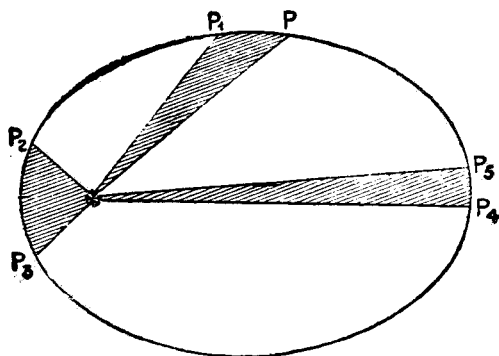


圖 29

的面積(參觀圖 29)。

3. 行星年之平方比行星與太陽間平均距離之立方，比率對於一切行星均同。

其實這些定律之全部的意義，僅為萬有引力的一般定律之結果而已。但這個意義，直至牛頓氏出，始明白之。

刻卜勒氏發見第三定律時，費了許多的苦心及時間，但一般批評之者則多不諒解之，以為求距離與時間間之定律時，自當想到此二量中之一，必與其他一個之方數或根數，或二者之結合相同變，這是極明顯的事。故如吾們先決定此原則，則用小的方數及小的根數以探試之，其事當不甚難，祇須幾分鐘的工作便可了。但吾們須知道，這種批評，都是事後的話，無非是坐在安樂椅上，發些不負責任的論調而已。要知道在刻卜勒的時代，數學家之主要的對象，還僅有幾何學，一般人對於代數的算法，多少還不習慣，而將二種不同的量連結之，比較其方數，這必須對於熟用代數算法者，乃能極易想到。而且刻卜勒氏恆欲將其形式的定律，建立在所觀察得的事實上。他願意構造出一種機械，能工作且能見其工作者。至於像現在那樣，用符號以代表空間的關係，吾人對於深信而不疑，這是不能求諸刻氏的。

刻卜勒氏發表其第三定律之著作，“On Celestial Harmonies”(論天上的和諧)一書，係題獻給英格蘭之詹姆士一世(James I)。1627年時，他發表其路德福天文表(Rudolphine astronomical tables)。他並著有一關於光線屈折學之書，新發見的望遠鏡之各種形式，此書內並用數學討論之(伽利略氏較他年稍幼，但刻氏與之極友善)。

或者以為刻卜勒氏之工作方案，在於不顧錯誤，一再嘗試；或則以為火星運動之定律，係得之『明白的歸納法』。這二種說法都是對的，因為他先後提出了這許多假設，其中有些雖出於幻想，但大都以觀察得的事實為根據。每一個假設，他均用布刺氏之觀察以證驗之，而如可能，則並用其自己的觀察以證驗之。這樣，他終於獲得了一個假設，真正能適於事實者。

刻卜勒氏曾詳細記述他自己的一切錯誤及成功。他告訴吾們，如何對於每一條線索他都追溯之。他說明他如何提出其假設，如何用之，如何又發見其錯誤。他亦記述過他所經過的憂喜交迭以及煩惱勝利等。『我的第一個錯誤，在將行星軌道視為完全的圓；這個錯誤，使我耽誤了不知多少的時間』。

吾們可很有趣味的注意到，支配刻氏之一切企圖的主要思想，實在是對的，即，太陽系中各天體之環繞時間，距離及速

度間，必有某種數目的或幾何的關係存在。須知知識方面之進步，往往出於大膽的猜想。新真理之發見，固須有精密的心思，以考察所猜想者，但能敏捷的猜想，這亦是不可少的。發明之要素，在能敏捷的提出種切可能性，於其中選取其適宜者。凡曾發見一條真理者，或均曾先有過許多的錯誤。當他提出猜想，後以證驗而知其錯誤時，刻氏之非哲學的，並不較其他的發見者為尤甚。簡言之，刻氏的工作，實為一個極好的例，可使吾人由之以看到從事於發見時，其精神方面的過程是如何的。但發明者之天才中，有一種是最重要的，則須有辦法，能迅速的辨別錯誤假設。此種才能，是刻卜勒氏所未具者。蓋欲證驗其各種假設時，必須有許多的算術計算，而刻氏則此方面頗見欠缺，幸而他具有堅苦卓絕之忍耐功夫，尚足以補充此缺點。

研究科學的人，其性格多有不同，有的為偏於實際者，恆在搜求不可動搖的事實，極度的信賴之，有的則為哲學的性格，專致力於形成假設，探究定律，將事實組織起來，以及發見原則。這二種人自不劃然分開，然每一個研究家恆必偏於其一方面或其他方面，這是可以看出來的。倘能將此二者混和之，則即為最有成績的科學家了。

參 考 書

1. *Pioneers of Science*, Lodge.
2. *History of Astronomy*, W. W. Bryant.
3. *Histoire d'Astronomie*, Delambre.
4. *History of the Planetary System*, J. L. E. Dreyer.
5. *A Short History of Mathematics*, W. W. R. Ball.
6. *A Short History of Science*, Sedgwick and Tyler.

第二十一章

伽利略氏

發明望遠鏡者，是伽利略氏（1564—1642年），但在敘述其用此所得之成就以前，吾們須再回憶一下幼時學校中之功課，將光學之首課一復習之。

光學上的三稜鏡，是一塊玻璃，其形狀有類於一個二等邊的三角形。光線經過空氣而投於鏡上時，其速度即減小，於是發生一種結果，是即光線屈折

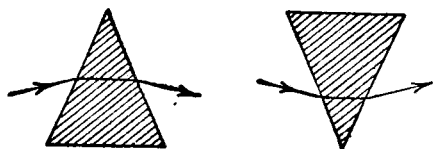


圖 30

了，及其出離鏡子而入於空氣時，復再屈折。此種屈折，即名爲『折光』，其方向恆向三稜鏡之底（見圖 30）。

倘將二塊三稜鏡，底對底的置之，則經過此二鏡的光線，即相收斂（圖 31）。反之，倘將二鏡角對角的置之，則經過此的光線，即相發散（圖 31）。凸透鏡與凹透鏡雖爲曲線形者，但很

像這樣的二塊三稜鏡。
故光線投於凸透鏡時，
向其軸線收斂，投於
凹透鏡時，則即由之
發散(圖 32)。

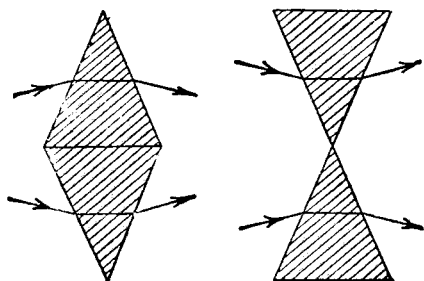


圖 31

尋常鏡中所見之
影，僅為吾人所見者
而已，故影雖似在鏡之
背後，實則背後並無此
影。但影子亦有實在者。
例如將一凸透鏡如是持
於手中，使太陽光線直

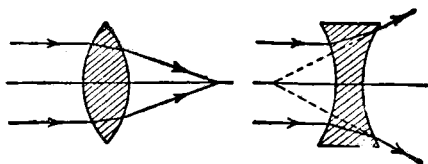


圖 32

投於鏡上，則因太陽相距甚遠，故其光線在實用上不妨視之為
平行者，而平行的光線投於凸透鏡上時，恆向一點收斂，即焦
點是。倘用一紙片承
於此收斂處之集中的
光上，則可得太陽之
實在的影子，惟極小

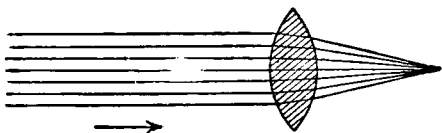


圖 33

而已。因為熱線及光線收斂於焦點，故紙即可被灼，有時可着

火。此亦即是所謂『發火鏡』，古代人所已極知道的(圖 33)。

凸透鏡可用之為簡單的放大鏡。但所欲放大之物，例如 $A B$ ，必須置於透鏡及其焦點之間。所構成的影，與物體相平行，在透鏡中心所發出的線 $C A$ 及 $C B$ 上。至於由 A 及 B 發

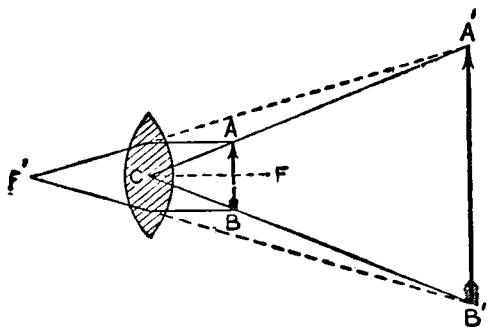


圖 34

出的平行光線，則收斂於對面的焦點 F' 。但這些光線及經過透鏡中心之光線，並不相遇於透鏡之左，而相遇於其右，即 A' 及 B' 是。因之， $A' B'$ 即為 $A B$ 之放大的影子，不過這個影子並不是實在的(圖 34)。

透鏡所構成的實在影子，可於尋常攝影箱內所成之影子見之。攝影箱之透鏡，在箱之底片上，產生出所欲攝取的物體之影，當攝影者獲得此影後，即可將感光片插入，使影留於其上(近代的攝影器之構造，已可使用者不須有此麻煩)。

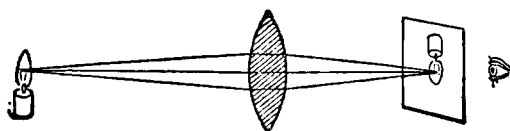


圖 35

倘將一燃燒的燭置於一凸透鏡之另一面，相距幾尺，則可在此面之白映紙上，得一倒影。如將眼置於軸線內，在映紙之後數寸，並將映紙取去之，則可見實在的影子如懸於空中然（參觀圖 35）。

吾們今可一論望遠鏡，設 AB 為一遠物， L 為一凸透鏡，用為望遠鏡中之對物鏡。如是則有一小的實在的倒影 ba 構成，其情形與上述燃燒的燭正相同。但此影太小，不能清晰見之，故須將其放大之。為此目的，須用一其他的透鏡 L' ，即對目鏡，以放大之。如是，即可得放大後的影 $B'A'$ （圖 36）。故此僅為所見的影而已，而觀察者所見的，亦即為此。觀察者之放

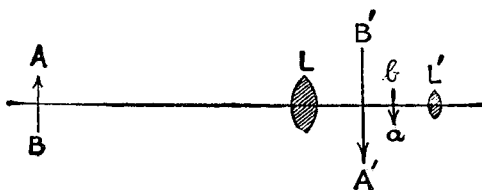


圖 36

大用的鏡，並不直接用於所望之物，而係用於此物之影。透鏡係裝入管內，其內部黑暗，俾不致有其他的光線在內。管之活動的部分，可使吾人以之調整放大用的透鏡（即對目鏡）。

近代的望遠鏡，自較此為精，但其原理則相同。望遠鏡與顯微鏡間，亦無主要的差別，不過在顯微鏡方面，所觀察的物體，可隨吾人之意置之，故其影在未經對目鏡放大之前，已較原物為大了。

伽利略氏為意大利之多斯加尼人（Tuscan），生於比薩（Pisa）斜塔城，與佛羅稜薩（Florence）相距不遠。他在當地大學中肄業時，係習醫者，但他對於醫術並無興味，願為數學家，雖然他亦知道得很明白，一個數學教授之薪俸不過每星期數先令，而醫學教授之薪俸，則每年可得數百鎊，相較時不啻有天淵之別。他在孩提時，所做的手工，已可顯見其可異的天才，據說他所自製的玩具，曾使年長者見而詫異。他是一個天生的實驗家，在歷史上或者祇有阿基米得氏及法拉第（Faraday）氏可與之匹敵。他在大學中習醫時，常將歐幾里得氏及阿基米得氏之著作夾帶於醫學書中，故別人雖以為他在那裏讀醫書，而實在則他所讀者是歐氏及阿氏之書。他為學生時，亦多在那裏做他自己的觀察，例如在教堂中行儀式時，他觀察懸於頂上

的燈之擺動，用他自己的表，以計數其振動數；所謂他自己的表者無他，即其自己的脈搏。他建立等時性的擺錘之原則，其方法即是如此的。事實上，自他幼年時候起，已處處表顯他一種心胸，足以代表近代科學之態度及精神者。他是一個精密的觀察家，長於分析，其思想無畏而獨立。吾們稱他爲一個普遍的全才，實在是不錯的。

彼時的物理學，其大部分均爲抄自古籍的傳述，並未加以證驗者。二千年前亞理斯多德氏所認爲真理者，彼時仍視之爲真理，一般的大學教授，亦從未想證驗之，因爲這是致疑於古代哲人，彼時認爲是大不敬的事。

但是，到了伽利略氏的手中，亞理斯多德所說的話之價值，也就低落了。亞理斯多德曾謂重物墜下時，較輕物爲快速，伽利略氏在大學中所受之課，亦是這樣說的。但伽氏不能盲從，故遂問他的教師們道：『你們有沒有試將此說，用實驗以證驗之？』他們回答說：『這是不必要的，亞理斯多德是不會錯的。』於是伽利略氏自己挾了二個物體，一個重一百磅，一個重一磅，攀登斜塔之頂，將二物同時放下，則見其同時落地。這樣一來，豈不是把亞理斯多德之說推翻了嗎？卻是完全沒有。須知至於今日，亞理斯多德之說，仍還存在。約在十年之前，有一

個頗爲著名的哲學家（現已去世），曾投函『泰晤士報』，證明愛因司坦（Einstein）一定是錯的，因爲亞理斯多德早即有空間性質之明確定義，不可動搖之。

伽利略氏之實驗，對於比薩的亞理斯多德信徒，毫無影響。他們簡單的否認伽氏之實驗，以爲毫無道理，至於其同時落下，則謂別有原因，發生擾動於其間，致得此結果。他們的科學真理之系統，是一種結晶化而不可變易者，世世相承，無有間言，其情形正與教會之傳承其教義然。事實上，他們的科學，他們的哲學，他們的神學，都是打成一片的，故無論對於其系統之那一部分發生問題，都是異端邪說。伽氏此舉，在他們看來是有意侮辱他們。因之，這個『不法的跋扈青年』，遂不能再在該地大學中容身，只好往附近的佛羅稜薩城去了。

彼時意大利半島之東北部，雖亦在教庭之嚴威下，但不若多斯加尼那樣的厲害。不久，帕雕亞之威尼斯的大學（Venetian University of Padua），聞伽氏之才，遂聘之爲教授。伽氏在這個地方多年，成就頗多。

1604年時，有一極光芒的星，新發見於天空，於是伽氏在大學中作一講演論之，其主要的意思，在推翻亞理斯多德之教義，謂天上一切都是不變者。這個講演，引起了他的同事教授

們之憂惱，大家都嘖有煩言；但伽氏態度卻極強硬，索性宣布他是完全擁護哥白尼氏之說者，即，地球在宇宙中並無特別的地位，僅為環繞太陽的諸星中之一而已。

未幾，伽氏聽到，有一家荷蘭的光學器械舖之窗廚中，陳列一種新玩具，叫做『窺探鏡』，係用兩片眼鏡透鏡置於一短筒之二端製成。用此物以窺探時，屋頂上所建之風信雞，看來近了，不過上下則相倒。這個窺探鏡，是光學器械舖中一個助手，偶然發見的，卻不料有此神奇。伽氏對於此玩具加以思索後，即想到其中必有重要的奧妙可以發見。於是他即研究此事，欲將此奧妙發見之，其結果則他製造了最先的望遠鏡出來，其所用之筒，為舊的琴管，但其對目鏡則為凹透鏡而非凸透鏡。事實上，這個望遠鏡，是近代戲院中所用者。他所用的對目鏡為凹透鏡，故可免去倒影之困難。他一再改良，並自己磨製透鏡，卒於 1609 年時製造出一架望遠鏡，能放大三十倍。將此望遠鏡向天空窺望時，他獲得了驚人的發見：他看到天上的銀河，係星球所成，月球與地球頗相似，木星（1610 年）有四個衛星環繞之。他觀察到金星之盈虧，適與哥白尼氏所預言者完全相符合（圖 37）；他於是將此發見，特用一字謎，告知刻卜勒氏，其文如下：——

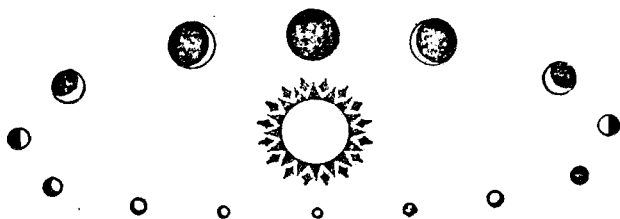


圖 37

“Haec immatura a me jam Jrustra leguntur.”

這個字謎中之字母，經拆散顛倒後，其文如下：——

“Cynthiae Jiguras aemulatur mater amorum,”

其意義是

『司戀愛之女神，亦有嫦娥那樣的盈虧』，

或即謂

『金星效法月球而有盈虧』。

這個字謎並不完全對，但伽氏之聰穎可於此見之。

於是哥白尼氏之假設完全證明，無可再疑了。

但是，那些亞理斯多德的信徒，尤其是伽氏故鄉比薩方面者，卻大為憤怒，大家都奮袂而起，說伽氏上逆天理，玷辱純潔的月亮。有些人簡直不願一窺其望遠鏡，以為這是惡魔所發明者。有一個著名的天文學者，且發表其論據如下：——

『人之頭上有七竅：即二鼻孔，二眼，二耳及一口；天上

亦有二個幸運的星，二個不順利的星，二個發光的，此外則有一個水星處於兩可之地位。這種現象，及自然界中與之相似的現象，如七種金屬等，其數之多，不勝枚舉，故吾們推定行星之數亦必爲七。而且木星之此種衛星，既爲吾人肉眼所不能見，則對於地球自無影響可言，自爲無用者，故自爲不存在者。此外，古代的民族以及近代的歐洲人，均將一星期分爲七日，以行星之名稱名之。今如欲增加行星之數，則全部系統均將墮地了。』

在這個時候，伽氏亦有一信致刻卜勒氏，今摘其一段於

下：——

『親愛的刻卜勒，我真願意與你一同捧腹大笑。帕羅亞這裏的一位主要的哲學教授，我請過他幾次來一窺我的望遠鏡，由之以望月球及其他的行星，但他堅執的不允。你不在這裏真可惜，不然，吾們對於這種蠢狀，真可大笑一場！且看比薩之哲學教授，在大公前施其論據，猶如欲用符咒，以驅除天上之新星然。』

刻卜勒氏得到伽氏之發明的消息後，深爲感動，極欲自備一望遠鏡，俾用以窺探其他的行星，知其是否亦有衛星相繞。這樣三位著名的天文學者，生在同一個時代，這實在是一

件深爲可異的事。當布刺氏五十四歲，正在布拉格忙於觀察時，刻卜勒氏年方三十，從事於火星之軌道，而伽利略氏則年三十六，正用其望遠鏡，向天上各處探望。

伽氏仍用其望遠鏡繼續窺探，發見太陽上之斑點，而由其週期性，推知太陽亦按一軸而旋轉。於是亞理斯多德的信徒，更怒不可遏，因爲他並玷污了太陽，說太陽面上是有斑點的。

未幾，伽利略氏做了一件不幸的錯事。當他閒暇時，他常常回至故鄉比薩，在那裏結識了多斯加尼大公府中人。伽氏常常憂其研究時間太少，故麥第奇 (Cosmo di Medici) 予以佛羅稜薩多斯加尼府庭方面一個較優的位置時，他即接受了，而將帕雕亞之講座拋棄。但是，多斯加尼是在教庭輦轂之下，故伽氏所開罪過的亞理斯多德信徒，知道報復之機會到了。

威尼斯 (Venice) 及其鄰近的帕雕亞，較之佛羅稜薩及比薩遠爲開通，故伽氏在威尼斯邦方面，有許多的友好及稱頌伽氏者。但伽氏卻以生活優閒故，放棄了這羣友好及稱頌他的人，來到這個迷信重重，仇敵環伺的地方。

吾們須知道，古代的學說，彼時一向接受之視爲宗教，失去了科學的性質。亞理斯多德氏的格言，彼時視之，猶之神靈所啓示者那樣，罔敢非議。那時候的教皇，固未嘗正式宣布過

哥白尼氏之學說，是異端邪說，但羅馬教庭之主要人物，則均視之爲邪說，凡信奉之者，均爲異端之徒，當重懲不貸。

伽利略氏接受帕雕亞之講座後，還沒有多少時候，羅馬即遣人往威尼斯要求將名哲學家白魯諾（Bruno）氏引渡至羅馬，審訊其異端邪說。白氏的主要罪名，大概就是因爲他公開的宣揚哥白尼氏之地球運動學說。事實上，彼時的威尼斯邦，本來是對於羅馬爲獨立的，但卻把白氏交了出來，這實在是威尼斯的奇恥大辱。白氏受審判後，於1600年時被處火刑燒死。另外有一位主教名多密尼斯（Antonio de Dominis）者，則因用『邪說』以解釋虹之現象，亦被下獄審訊，後來死於土牢中，終算免受火刑之慘，但是，伽利略氏對之，卻並未聞而生畏，他依然照他自己的態度，無所顧忌。

1615年時，教皇請伽利略氏往羅馬，說明他的見解。他居然去了，在那些高級教士面前，他仍舊本他向來的態度方法，先讓這些人發表其意見，然後再一一批判之。用這種蘇格拉底式的方法，把他們都駁得啞口無言。可是，這是在羅馬！不久，哥白尼氏及刻卜勒氏之著作，均被禁止，並禁止伽氏以後不許教授或相信地動之邪說。

伽氏既深感憤憤，乃退歸佛羅稜薩城外阿爾奇脫利（Ar

etri)之莊宅，在彼處住下，動手寫其名著“Dialogues on the Ptolemaic and Copernican Systems”（托勒密及哥白尼系統對話集）。此集中對於地動學說，提出極有力的論據，使無可置辯，而且措詞極簡易，較之其以前所說及所作者，均為有力，故能於數年之間，將舊時的學說，破除無餘。當然，他的說話方式，僅將此問題作為一數學的假設或推想的假說提出來，但雖然如此，卻仍不能避免教長們之怒，故此書不久即被教庭所禁止。彼時伽利略氏年已七十，且身體虛弱，但教庭卒將其召往羅馬，拘禁於審訊處。審訊者決定伽氏如不悔過，不放棄其邪說，則即用酷刑嚴訊之。伽氏知道，倘若不悔過，酷刑是不可避免的，或者他亦將被判處火焚之慘刑。多密尼斯之被判處火刑，為時尚不過八年。教庭的判詞是這樣說的：『着將罪人交與世人處置，務須出之以仁慈，不可流血』，原來火焚之慘刑，還算是教會之仁慈（實際上，多密尼斯氏死於獄中，但教會仍將其屍體當衆焚燬之。）！當時伽利略氏自曾受過極嚴的審訊，在刑訊室中關了三天，這三天中受過些什麼刑罰，這是沒有說起過的事。後來，伽氏無法，祇有屈服：『我既在你們的手中，你們要我如何說，我祇好如何說就是了。』於是伽氏由刑訊室送入土牢，在那裏寫他的特別悔過書，而此『瀆褻神明，愚蠢不法的』

證據狀，並須伽氏在大羣的教長主教之前跪誦之。今將此悔罪書簡錄之於下：

『立悔罪書人伽利略，年七十歲，今謹跪於諸位最尊教長，諸位除邪大法官之前，以至誠宣誓，信仰羅馬教會所宣布之每一信條。前此羅馬聖庭雖曾諭令悔罪人，不得信奉太陽居中而不動之邪說，不得以任何形式宣揚此邪說，且明知此邪說與聖經相違，但悔罪人仍執迷不悟，竟敢發表著作，爲此邪說附會理由，此實可證明悔罪人曾經信奉此太陽居中而不動之邪說。今願以至誠宣誓，悔罪人今已深惡痛絕此種邪說，幸請諸位尊長鑒察，勿再對悔罪人有所疑慮，並謹宣誓，以後決不再以言詞或著作，發表類此之言論，使諸位尊長對悔罪人重再疑慮。此外，悔罪人並誓願甘受聖庭所降之一切示罰。謹此宣誓。』

據說伽氏起身後，曾密語其友善的一個教長祕書，謂『雖然如此，地球還是動的』。但這個故事是否可靠，那就不得而知了。

伽氏的悔罪書，彼時曾廣爲流播，以供衆覽。

伽氏被囚於刑訊室中之三天，是否受過伸縛四肢的酷刑，

此事卻不知道，因為他們不許他絲毫有所洩漏。但是後來，伽氏即患嚴重的臟器脫出症，而這是伸縛四肢的酷刑之結果，已無可諱疑的了。

伽氏被釋出後，仍許其退回阿爾奇脫利之故居，但卻在嚴重的監視下，而且仍受他們的侮辱。他彼時雖已為刑餘之人，但仍勉強工作，繼續其關於下墜物體之研究，成其關於『動力學』之傑作，而此學亦即為其所創立。在這個時候，托里拆利 (Torricelli) 氏為其門弟子中之一。後來，他目不能見了，但有許多的名人往訪之，如詩人密爾頓 (John Milton) 氏，亦為其中之一，後來密氏亦曾遭過同樣的難。伽氏壽至七十八而終。

原來太陽中心之說，當哥白尼氏於百年前提倡之時，並未引起羅馬教會之注目（有些宗教的學校中，亦且主持過此說），但至伽利略氏宣揚之，則卻成為大問題，鬧出這場風波，這不能不說是怪事。

實在說來，羅馬教會之改變態度，大部分實因對於宗教改革所引起之風波，具有戒心，故深惡推翻舊意見之一切維新思想。同時，伽氏之為人，對於其敵對者亦每不能容忍，故他自己覺得無誤時，每不免於譏笑敵對者。他的最得罪人的著作中，曾敘述一個人，名為 Simplicius，用以代表舊教義之辯護人，

而將其駁得體無完膚。這部著作，完全是含譏帶刺的，而以教會為對象。他的譏諷實在太明顯，致使教會無可忍。

但是，審訊伽利略氏之原因，仍不外乎教會的老羞成怒，至於真理問題及自由研究，這並不是主要的事。教會的負責人，至今仍說哥白尼氏之理論，不過『假說』而已；因為此理論是違背聖經的，故在教會看來總是邪說。

羅馬教會是一個大的組織。任何大組織均有其切膚的利害，凡欲妨礙之者，必不顧一切對付之，因為祇有如此，其利益纔有保障。同時，吾們須知道，不獨羅馬教會是如此，即其他的教會亦何莫不然。無論教皇，馬丁路得，喀爾文 (Calvin) 乃至於諾克斯 (Knox) 等所謂宗教改革者，實在都是一邱之貉，他們都異口同聲的宣布：你們若不絕對信仰我的信條，便永是罪人。

但是，吾們卻不能因此而說伽利略氏該受教會的審訊。以個人而論，伽氏是一個名實相符的有價值人，不獨在他的時代，他是一個最偉大的人，而且他是歷史上最偉大的人，他的一生，致力於發見客觀的真理。至老年龍鍾時，教長們乃拘訊之欲置之於死，而其罪名則為邪說，這實在是堂堂教會之最無恥的事。

參 考 書

1. Pioneers of Science, Lodge.
2. History of Astronomy, W. W. Bryant.
3. Histoire d'Astronomie, Delambre.
4. History of the Planetary System, J. L. E. Dreyer.
5. A Short History of Mathematics, W. W. R. Ball.
6. A Short History of Science, Sedgwick and Tyler.

第二十二章

力學之創立

1. 比利時之司德維納斯 (Stevinus, 1548—1620 年) 氏。
2. 意大利之伽利略 (1564—1642 年) 氏, 及其門弟子。
3. 托里拆利 (Torricelli, 1608—1647 年) 氏, 亦為意大利人。

4. 荷蘭之惠更斯 (Huygens, 1629—1695 年) 氏。
5. 德意志之葛利克 (Guericke, 1602—1686 年) 氏。
6. 法蘭西之巴斯噶 (Pascal, 1623—1662 年) 氏。

阿基米得氏及其他的希臘學者已為靜力學（及流體靜力學）創立基礎, 但動力學之基礎, 則直待二千年後之伽利略氏出, 始得創立。伽氏於年輕時, 已曾在比薩地方, 注意及下墜的物體, 但他的名著“Discorsi e dimostrazioni matematiche”, 則至老年時, 實際上軟禁於阿爾奇脫利故居中後, 始得告成。就他研究新問題的科學方法而言, 伽氏實超越了一切在其前

的人，但阿基米得氏則又當別論。他的許多成功之關鍵，在於他的疑問『如何發生此事』。卻不是『何故發生此事』。他常常探索現象背後之定律。求定律之時，他先提出某種假設，再證驗此種假設之是否無誤。像刻卜勒氏那樣，他亦摸索正確的解決法，但他的論理頭腦，較刻卜勒氏為強，故能較敏捷的求得鵠的，不致枉費了許多功夫。

伽氏的論證法，常常是極為簡明的。

在一切的運動方面，有三種量是必具的：空間（ s ），亦即物體所經過的距離；速度（ v ），即物體運動之速度；以及時間（ t ），即物體運動所經過之秒數（或亦可用其他的時間單位）。

倘若運動時速度恆不變，則上述的三個量間之關係，即至為簡單。例如一列火車由倫敦（London）到愛丁堡（Edinburg），中間相距四百英里，車行每小時五十英里，等速的駛行（於此，吾們可將車開，車停，停在站上的時間，以及速度之時增時減等，均不計入），則其到達之時間，須八小時，因為 $400/50=8$ 。今試用公式表之，則即有 $s/v=t$ ，或即 $s=vt$ 。這是等速運動之基本公式。

但是，一個運動的物體之運動，不必為等速的，其運動可時有變化，有時可加速，有時則可延緩。一塊石頭下墜時，其速

度恆在增加中，直至墜於地上時爲止。一塊向上拋的石頭，其速度恆在減小中，直至達到其最高度時，有瞬息的停止，然後再回向地面而下墜，其速度復恆在增加中，故其轉變點下之任何一點，無論其向上時或向下時之速度是相同的。一個球自 100 尺之高下墜時，吾人倘接之以手，則可知其擊於掌上，必較之此球由 10 尺之高下墜時爲甚。這些種種事實，都是伽利略氏所十分清楚的。伽氏知道了等速運動方面 s , v 及 t 三個量間之關係，但他進一步，提出這個問題，即，在不等速而等加速的運動方面，如在下墜的石塊方面，這三個量間之關係是如何的？

一個初學者，或者會提出此問題，以爲伽利略氏何不用一重物自比薩之斜塔頂墜下，塔上每一層，均令一人在那裏觀察，將物體經過各層時之精確時間記下，則因各層間之距離可以測得， s 與 t 即知道，因而各層的 v 即不難求出了，

但是，吾們須知道，姑不論此種方法之困難太多，難以實行，即以時間而論，所記下者當均爲一秒之分數，故即在今日，吾們亦尙無簡單的方法可以爲此。伽氏知道很清楚，直接的測驗是不可能的。

因之，伽氏決定先須用數學論之，以得 s , v , 及 t 間之數

學關係，然後再用實驗以證之。

吾們今試用極簡單的圖形，以表出等速運動方面之關係 $s=vt$ 。於 OM 線上作相等的長，以代表時間（秒），另於 ON 線上作相等的長，以代表速度（每秒之尺數），並作諸平行線及垂線。圖中之 $PROQ$ 長方形（有十五個小方塊），則可用以代表 5 秒鐘內所經過之距離，其不變的速度為每分鐘 3 尺（ $5 \times 3 = 15$ ）。如是則可知所經過的距離，與速度乘時間之積相比（ $s=vt$ ）（圖 38）。

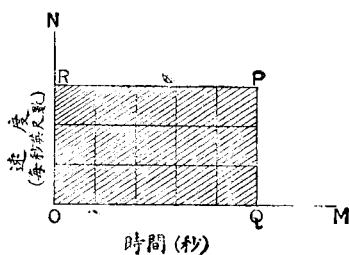


圖 38

今再一論加速的運動。設有一列火車，以每小時五里的等速度駛行一分鐘，繼此後即加速至每小時十里，仍行駛一分鐘，再繼此則加速至每小時十五里，駛行一分鐘，再則加速至每小時二十里，亦行一分鐘，再加速至二十五里，再加速至三十里，各行駛一分鐘。則此火車共經過多少距離？吾們仍可仿前圖，作一速度時間圖形，以表出之。圖中面積

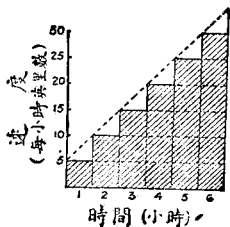


圖 39

之單位數，共有 $1+2+3+4+5+6=21$ ，而此數亦即為所經過之里數（圖 39）。

圖中經過諸小方形左上角之虛線，不難證明其為直線，而由此即可知在此運動方面，仍有某種整齊性存在。但是，此線下之全部面積，並不是整齊的在直角形內，尚有六個小三角形未曾計及。這些三角形當如何說明之？在事實上，吾們前此所設想者，亦確為不可能的事，因為吾們假定火車在後一分鐘內，其速度『突然』的增加了五里。實際上，吾們固知道，雖在最好的火車方面，速度增加時亦是突然的，不過吾們卻不大感覺到此種突然的

增加。因之，吾們亦不難設想，可沒有此種突然增加而發生的加速。此種加速是連續的，其速度之增

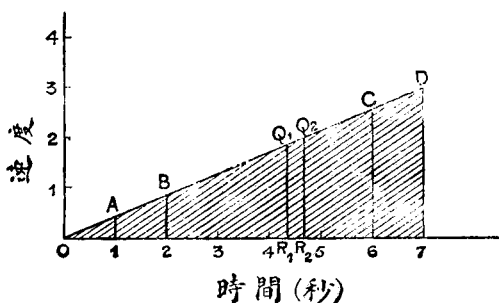


圖 40

加不是突然的，而是連續漸來的。下墜物體之特徵，亦即在此。

因之，表示速度連續增加的圖形，可使吾人對於所經過的距離（亦在那裏增加者），有一精確的圖解。圖 40 中所畫出之

斜紋的面積，即代表距離之度。例如(1) A 與 B 二點之垂線間之面積，與(2) C 與 D 二點之垂線間面積相比，等於第二秒鐘與第七秒鐘間所經過的距離之相比。或者，吾們亦可如是觀察之： $Q_1 R_1$ 與 $Q_2 R_2$ 間之小的面積，代表 $R_1 R_2$ 這一小段時間內所經過的距離，因為此小面積介於二個平行方形面積之間，其一以 $R_1 R_2$ 為底，以 $R_1 Q_1$ 為高，其他以 $R_1 R_2$ 為底，以 $R_2 Q_2$ 為高。無論 $Q_1 R_1$ 與 $Q_2 R_2$ 如何接近，其情形恆如此。

以上之論證法，其形式雖已簡單多了，但其來源則肇自伽利略氏。伽氏曾有二命題如下：

命題 I. ——一個物體由靜止狀態開始，以等加速的速度運動時，其在某一時間內所經過之距離，等於此物體以最後速度之半的等速運動，在同時間內所經過之距離。

今設 OM 所代表者為時間， MP 為最後的速度。將 PM 平分於 H ，作 GKH 與 OM 相平行。 KPH 三角形與

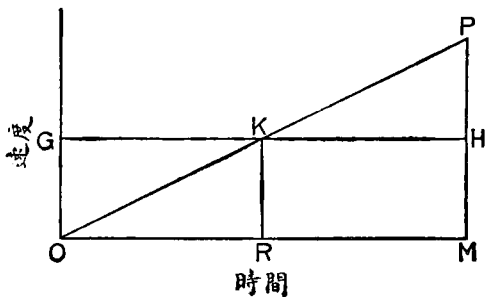


圖 41

KOG 三角形是相等的，故平行方形 GOMH 與三角形 POM 相等， $KR = \frac{1}{2}PM$ 。平行方形 GOMH 代表 OM 時間內所經過之距離，其平均的等速度為 KR 或 $\frac{1}{2}PM$ （見圖 41）。

如是，設有一物體，以等加速的速度由靜止狀態（速度 = 0）開始運動，在一秒鐘之末其速度為每秒鐘 32 尺，則其所經過之距離，等於以每秒鐘 16 尺之等速度於此時間內所經過者。

命題 II.——以等加速速度運動的物體，其所經過之距離相比，等於其時間之平方相比。

（這條命題是根據一條幾何定理而來的，即，相似三角形之面積相比，等於二三角形上相當邊之平方相比）。

今設 OM_1 及 OM_2 代表時間，由運動之開始點 O 計算起， P_1M_1 及 P_2M_2 則代表此二時間末之速度（圖 42）。因為速度是

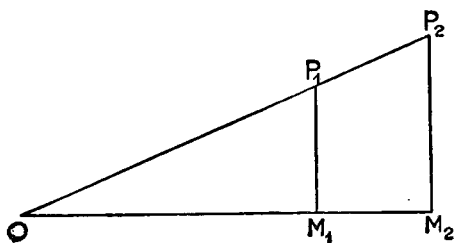


圖 42

等加速的，故 OP_1P_2 為一直線。其所經過的距離。可以面積 OP_1M_1 及 OP_2M_2 表之。但三角形 OP_1M_1 /三角形 $OP_2M_2 = OM_1^2/OM_2^2$ 故可知距離與時間之平方相比。

或者，吾們亦可由第一命題之結果，以推得第二命題之結果。一個物體由靜止狀態開始以等加速的速度運動時，一秒鐘末所得之速度，倘以 g 表之，則二秒鐘之末所得者必為 $2g$ ，三秒鐘之末者為 $3g$ 等等。由第一命題，吾們知道，其距離等於秒數乘末後速度之半。因之，吾們可得一表如下：——

時間(以秒計算) t	各秒鐘末之速度 v	各秒鐘末之距離 $s = vt$
1	$1g$	$1 \times 1g / 2 = 1^2g / 2$
2	$2g$	$2 \times 2g / 2 = 2^2g / 2$
3	$3g$	$3 \times 3g / 2 = 3^2g / 2$
4	$4g$	$4 \times 4g / 2 = 4^2g / 2$
—	—	—
t	tg	$t \times tg / 2 = t^2g / 2$

如是，吾們倘能知道 g 之值，則即不難得任何幾秒鐘內所經過的實在距離。

伽利略氏即用此種方法，以求出 t, v 及 s 間之關係。他以前曾用一個假設，以為所得之速度，係與所經過的距離相比；

但他不久便發見此種假設是不能用的。用他的第二個假設時，即，速度與時間相比，他對於當時所得之結果，不發見有何種錯誤。於是他須將此結果，求實驗上的證實。但是，物體受重力之影響而自由下墜時，無論由一高塔墜下或墜入一深井中，其速度均甚大，故欲測量其時間，殊非伽利略氏所能爲。他於是決定『減少』重力之影響，使下墜物體得以『緩緩的下來』，俾其下降之時間，可以測得之。爲此目的，他遂用斜面作試驗，於此，他假定，物體下降的速度雖將減小，但其下降定律之形式，則當不致變動。

實驗——第二命題之斜面的證法

伽利略氏用硬木製一狹長之板，厚約數寸（俾板不致彎曲），長約二十尺，於其上作一溝槽，寬寸許，完全爲直者，並用光滑之紙層貼之，俾摩擦可減至於極小限度。於是他用一極圓滑的銅球，自此槽滾下，此木板則斜置之。他將木板之傾斜度更換幾次，每次反復試驗，『俾由多次的觀察，以知其結果之相符，其差不及脈搏一跳之十分之一』。爲精確測定時間計，他用『一大桶的水，置於架上，近底處插入一細管，使極細的水流湧出，接之以杯，則球滾下時間內所湧出之水，可以精確的稱量之』。水桶極爲大，故在一個試驗中，水高之壓力，實際上並無

可以發生影響的變化，因而所流出的水量，與時間相比。這塊斜板上，在 1, 4, 9, 16 及 25 諸距離處，刻有記號。經此項試驗後，他求出球經過此項距離所需之時間為 1, 2, 3, 4, 5, 或即 $\sqrt{1}$, $\sqrt{4}$, $\sqrt{9}$, $\sqrt{16}$, $\sqrt{25}$ 。如是他試驗了多次，無論板之傾斜甚小，因而重力減小影響，或板之傾斜甚大，因而重力之影響亦增加，其所得結果恆相同。這個試驗，雖為伽利略氏之舊法，但卻為基本的，故至於今日，學校中猶用之，惟其形式則自更進步了。

伽利略氏曾假定，一個物體自由下墜時，其所經過之距離等於一斜面之垂直高，則其所得之最後速度，等於此物體由此斜面上滾下來時所得者。這個假設，看來似太大膽了，但伽氏亦曾詳細的考慮過此，深信其不誤，並曾設法證驗之如下：

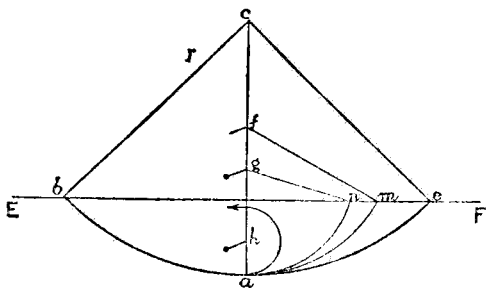


圖 43

實驗——證明物體滾下等高而不等長的平面時所得之速度相等(圖 43)。

將一球懸於一條細的線上，由一釘 c 垂下，並作一地平線 EF 於後面之牆上。將此球拉向左，至於 b 點，然後釋手放之，則可見此球下降至 a ，且其速度能使之復再向右上升，約略可到 EF 線之 e 點（其不能完全上升至 e 點，是因為空氣及線之抵抗關係），此亦即是說，此球可於對面上升至相等的垂直高。於此，吾們可注意，一個擺錘在圓弧上之運動，可視之為在一系列斜面上之運動，此項斜面之傾斜度各不相同，向下時漸漸的減少，至最低點（如 a 點）時為止，以後則再向上的增加。故如使此球在另一弧上上升，則即在另一列斜面上上升了。為此目的，吾們可於 c 之下另置一釘於 f 或 g 處，使線之一部分，不能參加上升時之運動。如是則 f 或 g 成爲上升時球所循圓弧之中心。試再將此球自 b 釋手放之，則達到 a 時之速度與前無異，但此後之上升，則循另一列斜面，畫出圓弧 am 或 an ，惟其所達之高，仍與前一一樣，與地平線 EF 極相接近，故可知此球下降時經過 ba 弧後所得之速度，與上升時經過 ae ， am 或 an 後所失之速度相等，今如將釘再移下之至於 h ，使線不能達到 EF 線，則球即將完全轉過來，而線即將繞於釘上了，其原因則因球達到其最高度後，尚有餘速度贖下。

吾們可觀察，伽利略氏並未對於下墜物體提出何種理論，他僅僅完全無成見的，將實際的下墜現象加以探討，並確定其事實而已。吾們可再觀察，在伽利略氏之各種推理方面，他恆採用連續性之原則。

後來用實驗時，測得一個自由下墜的物體之速度，在一秒鐘之末爲 32 英尺，在二秒鐘之末爲 64 ($=32 \times 2$) 英尺，在三秒鐘之末爲 96 ($=32 \times 3$) 英尺，在 $3\frac{1}{2}$ 秒鐘之末，爲 112 ($=32 \times 3\frac{1}{2}$) 英尺，而在 t 秒鐘之末，則爲 $32t$ 英尺 (3 —數值，爲一近似數；此值在地面上不同之處，微有變動)。因之，速度隨時間而變，隨時間而繼續增加，且可知每秒鐘增加 32 英尺，故爲等加速的。圖 44 中所示者，爲伽氏定律之交互關係。

於此，吾們可注意，任何時間之距離，可用時間之平方乘 $32/2$ 以得之。

每秒鐘之加速 32 英尺，尋常用 g 以表之。因之，此一般的定律，可寫作 $s = \frac{1}{2}gt^2$

伽利略氏尚有許多的其他著作，關於熱，光，聲，流體力學以及受緊張時物質之力量等者，其數真是多得難以臚舉，故雖欲爲之作一目錄，亦覺太費時間。但這許多的發見，在他生時，

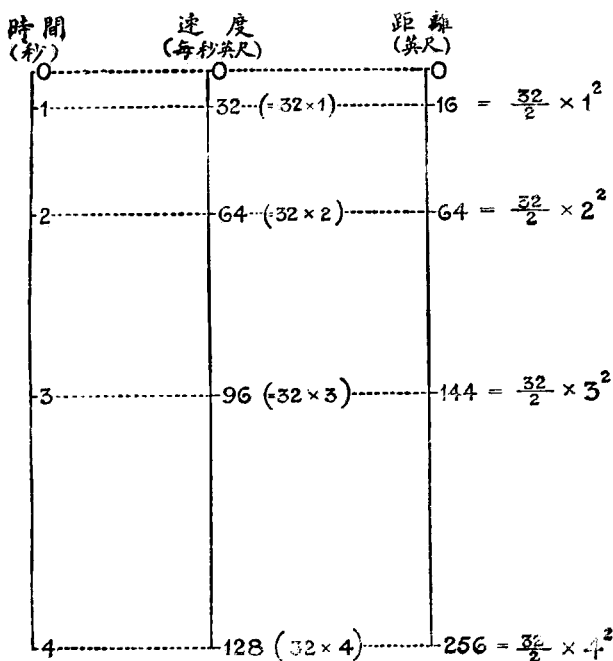


圖 44

卻少人注意之，故其由此所得之名，迥不如其天文方面的發見之大，惟在事實上，則天文方面之發見，祇須有望遠鏡及耐勞的觀察力即可，而其關於力學者，則發見了自然界中之好多根本定律，實為不可及的天才。他的方法，尤其是科學導師之方法。

司德維納斯氏 (1548—1620 年) 生於布魯日 (Bruges)，早

年時以軍事工程著名於世。他的科學研究，係偏向靜力學，而其中之最可注意者，則為關於斜面之力學屬性的研究。他用一木製的三角形稜體(三角形之三邊係不相等者，其底則在地平方向內)，將一環狀的鏈，置於其上，使其自由懸着。這樣的一鏈，或則成爲均勢，或則不成爲均勢。倘不成爲均勢，則此鏈既動後，即不能自己靜止，而將恆動了，但司氏知其是不可能的，因爲他考慮到『永久自動』是不可能的事。如是則吾們惟有假定此鏈成爲均勢。但是，鏈之自由懸着的一部分 $A D C$ ，係對稱的，故其本身亦成爲均勢，而可去之，不致妨及 $A B C$ 部分。

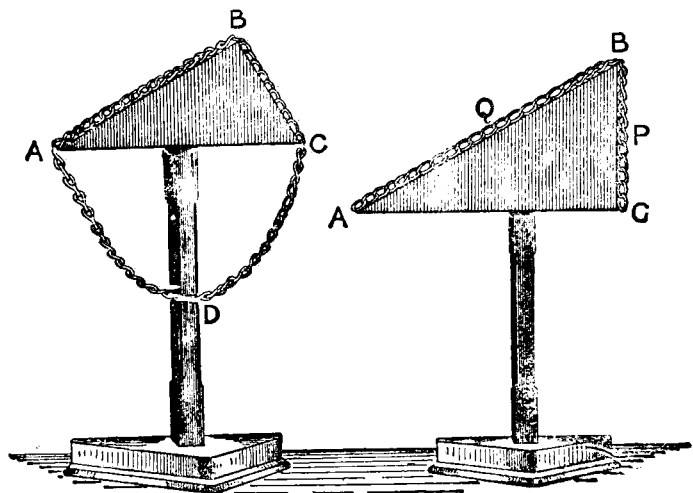


圖 45

由此可知鏈上之 B A 部分，恰可與 B C 部分成爲均勢。根據此簡單的基本事實，司氏即創立其斜面之全部理論(圖 45)。

馬哈(Mach)氏曾謂：——

「司德維納斯氏所用以出發的假設，即環狀的鏈不能運動，其內容實在僅爲一種純本能的認識，故他立即感覺到，吾們從沒有看到過這樣的運動，這樣的事物是不可能的；吾們與他相同，亦是如此。這種觀念，極爲有力，故由之所推得關於斜面上均勢定律之結論，吾們即接受之不疑，而如此定律得自簡單的試驗或其他方法，則即不免於猶豫之感了。倘吾們回想到，一切實驗之結果，每爲意外的狀況（如摩擦等）所阻礙，而關於某一事例方面之決定的條件，吾們之推想亦往往可誤，則此亦不足驚異。吾們自己倘非同具此種傾向，則司氏將此種本能的知識，視爲較簡單明白的直接觀察爲有力量，必將使吾人驚異了。因之，有一個問題，即不能不發生；何以此種知識較有力量？倘吾們憶及，科學的證法及批判，其來源蓋由於知道探討在個人之不免於錯誤，則其解答亦即不難求得了。吾們自己清楚的知道，對於本能的知識之形成上，並未有所補助，並沒有任意的附加什麼於其上，其存在與吾們是無有關係的。如是則吾人對於所觀察得的事實，不信任自己主觀的解釋，亦就

不成爲問題了。』

『司德維納斯氏之演繹法，實爲力學史上之一種陳跡，可使吾們由之以明白科學之形成，如何由本能的知識中產生出來。吾們並可回想到，阿基米得氏之傾向，亦與司氏相同，不過運氣沒有這樣的好就是了。即在後來，本能的認識，亦尙用爲探討之出發點。每一位實驗家，不難親身實地，自己觀察其所受本能知識之引導。倘能將本能知識中所含者抽象的演出之，則就一般說來，在科學上卽有重要的促進之功了。』

『此種本能知識之來源何在，其內容如何？吾們在自然界中所觀察到的一切事物，均深印於吾們的知覺及理念中，但未曾加以領會及分析，此項知覺及理念，於是能就其最普通及最顯著的特徵，將自然界中之歷程擬想之。此項累積的經驗，亦卽爲一寶藏，可隨時供吾人之用，但其中亦僅有一小部分，爲吾人所明白知覺到。吾人求諸此項經驗時，遠較求諸自然界本身爲易，而且就上述的意義言之，亦爲無有主觀性者，故吾人卽視之爲極有價值的。本能的知識，有一種特殊的屬性，卽，其性質每爲消極的，故吾人每無法斷定一事物之必然發生，但常能斷定其不發生。』

荷蘭之惠更斯氏（1629—95年），吾們以後再須論及之。

於此，吾們僅須指出一下，即，他對於吾們之力學知識，亦多所促進。由他的關於擺錘之大著（*Horologium oscillatorium sive de motu pendulorum*），吾們可知道，他極長於用幾何學以研究力學問題。用齒輪的機器，附以重量，以測計時間，此事固已有數百年之久，但海氏則爲之想出一種方法，用擺錘以調節其運動。表內之螺形線，亦爲他所創用，

托里拆利氏（1608—47）亦爲意大利人，曾襄助伽利略氏於阿爾奇脫利，其使吾人永不能忘之者，在於他發明了水銀氣壓表。巴斯噶氏（1623—62年）爲一極聰穎的法蘭西人，當童年時已擅精數學；他繼托氏發明由氣壓以測計高度之法。他並發見靜水壓力之原則。葛利克氏則爲德意志人，發明了抽氣筒。

在這個時候，英格蘭僅有些詩人文士之流著名於世，如史本廬（*Spenser*, 1552—99），莎士比亞（*Shakespeare*, 1564—1616）以及培根（1561—1626）等。至於科學家則有待於將來。

參 考 書

1. *Science of Mechanics*, Ernst Mach.
2. *Short History of Mathematics*, W. W. R. Ball.
3. *Pioneers of Science*, Lodge.

