

3

400324



地球的伴侶：月亮

所謂『月亮裏的人』在望遠鏡裏都變成了山脈，噴口與碩大無朋的平原了。

科學的故事

大衛狄茲著

茅於越譯

00152

中國科學圖書儀器公司印行

上海

~~00383~~

序

這本書的原文是『David Dietz: Story of Science』於一九三二年在倫敦出版。那時我在天津，偶見一位政治學的教授，把這書看得津津有味，並說：我們『外行』看了這本書，從此可假充『內行』了，便引起了我的注意，買來讀了一遍，果然連我這半瓶醋的內行，也聰明了許多。因想如把牠譯出來，豈非一般的外行，便都有假充內行的機會嗎？恰巧於越那時課餘多暇，便由他自告奮勇，在短短的一年半期間，譯成了這本『科學的故事』。我深知翻譯是件難得討好的事，最易使內行看笑話，因前後託王聘彥，熊正瑛，余權，羅元謙，黃克緝，諸位先生，把全稿對照原書審核了幾次，最後我自己更在百忙中，一字不遺的校閱了一遍，這才敢把牠送到國內的科學大本營——中國科學圖書儀器公司——來出版。可是還不敢認為銖兩悉稱，很希望內行多多指教！

爲何一般的外行要他能假充內行呢？這是因科學於人生的關係實在太大了。這裏所謂外行可分爲三類：一是對科學根本不懂，認爲高不可攀，不敢問津；一是在學校裏雖讀過科學，却自認無『科學腦經』不作『及格』以外的夢想，出了學校的門，便把牠拋棄了；最後一類是在學校裏讀科學，出學校後想科學，但在謀生活的過程裏，却無法留戀牠，偶爾看到科學『文章』，又格格不入，便不知不覺地把牠看得淡了。近年來受種種影響，外行人都感覺到科學的重要，所謂通俗的科學書報，也漸漸的有了銷路，在這風氣轉變的當口，如想加濃他們的興趣，強化

他們的信仰，最有效的方法，無過於使他們對科學『整個的認識』和『一貫的了解』，而這方法便是講『故事』，講『科學的故事』。

講故事不是說新聞談學理，更非記流水賬，這其中的巧妙，是要請教文學家，藝術家，或戲劇家，才能領略的。科學的內容本是世間最優美的故事，不過頭緒紛繁，義理深奧，最難講得好。這本書的作者，却能舉重若輕，頭頭是道，從宇宙講到電子，從開關鴻濛講到一九三二，有條有理的給讀者一個全盤知識，不把全書看完，竟不會相信他能有如此的成功，因此值得介紹了。

這本書處處忠實地來講『科學』的『故事』。讀者如是要急於欣賞的話，請先看第三十一章。

聽完了一段故事，每有一種回味。我看完這本書時，覺得人類在宇宙中所占的空間時間，如此的渺小，這一剎那間的『名』『利』『恩』『怨』等等，爲何要看得那麼重呢！

杭州錢塘江橋 廿六，七，廿一。

茅以昇

原 序

科學控制着現代的生活，由牠發生的機器，就是原動力。科學上許多的發明，影響到我們的哲學和宗教，所以要想了解今日的世界，非先認識科學不可。

著者寫了這本書，是爲使一般人得到些有系統，和貫串的現代科學知識。第一篇所談是『宇宙的故事』，將天文家探求出來的天空真象，介紹給大衆；詳述宇宙之大小，構造，和組織的最近觀念；說明太陽系在宇宙裏的地位，和地球在太陽系裏的地位。天文學中所尋出來的行星，彗星，恆星，和星雲的性質，也分別的敘述一下。第二篇所說是『地球的故事』，因爲關係深切，所以把地球從大宇宙裏特別的挑出來。關於地球的來源和構造，地質的變化，以及地球歷史上的記載，都根據最新學說，詳加申述。第三篇講到『原子的故事』，是關於造成宇宙的材料，那分子原子和電子的文章。此處對於能與量子學說，波動力學，愛因斯坦相對論等，這許多新知識，也都包括了。最後的一篇，記載『生物的故事』，從那顯微鏡方能看得見的細菌，一直描寫到萬物之靈的人類。

歷史上足以顯示科學發達的資料，本書中也都有相當的介紹。

(下略)。

目 次

第 一 部

宇 宙 的 故 事

第 一 章	宇宙之大	1
第 二 章	太陰——月	10
第 三 章	太陽——日	19
	分光鏡——太陽近觀——太陽氣層	
第 四 章	日月蝕	34
第 五 章	太陽系	40
	行星——水星——金星——地球——火星——小行星——	
	木星——土星——天王星——海王星——冥王星	
第 六 章	彗星與流星	58
	彗星——流星——隕石——流星雨——黃道光——總結	
第 七 章	恆星	68
	雙星——變星——新星——恆星運動——球狀星團——	
	銀河系——星體演化	
第 八 章	星雲	91
	環狀星雲	
第 九 章	宇宙構造	97
	銀河雲——宇宙範圍——宇宙模型	

第二部

地球的故事

第十章	地球陳迹	111
第十一章	地球來源	116
第十二章	地球內部	121
第十三章	地殼	126
	地殼的成分——三類岩石	
第十四章	地面的變化	134
	江河——瀑布——湖澤——潛水與岩穴——冰河——波浪——舊石變新石	
第十五章	山脈成因	148
	節理與斷層——地震——火山——沸泉與溫泉——山脈	
第十六章	岩石裏的記錄	162
	基礎石層（太古代）——元始生物時代（元古代）——上古生物時代（古生代）——爬行動物時代（中生代）——哺乳動物時代（近生代）	

第三部

原子的故事

第十七章	物質本性	181
	化學萌芽——原子學說	

第十八章	X射綫, 鐳, 與電子	192
第十九章	原子結構	200
	原子大小——原子軌迹	
第二十章	氣體, 液體, 與固體	211
	氣體本性——液體本性——固體本性——結晶體的重要性	
第二十一章	能與輻射	228
	聲波——輻射	
第二十二章	量子論	239
	波動力學——波動與量子	
第二十三章	愛因斯坦學說	247
	邁克爾孫—摩黎實驗——特殊相對論——普通相對論	
	——牛頓與愛因斯坦——實驗證明——近代干涉儀實驗	

第四部

生物的故事

第二十四章	從妖術到科學	271
第二十五章	生命本性	278
	生物單位	
第二十六章	細菌	286
第二十七章	動植物	293
	植物——動物	
第二十八章	進化論	304

第二十九章 人，萬物之靈..... 314

第三十章 心靈..... 324

神經系——意識

第三十一章 宇宙的一體..... 334

從電子到銀河——科學精神

附 錄

第一表 行星..... 345

第二表 一等星..... 346

第三表 地質年表..... 347

第四表 化學原素..... 348

第五表 古人..... 352

插圖

照片

地球的伴侶：月亮	前頁
月亮裏的山脈：比地球上的崎嶇多了	13
月亮的近觀：好像在五十哩以外的哥白尼噴口	14
升高80,000哩的火焰：太陽表面的奇觀	29
科學的廟宇：威爾遜山觀象台	30
有10,000,000哩長的尾巴：在一九〇八年十一月十六出現的 慕爾好施 Morehouse 彗星	59
將要在 <u>一九八五年</u> 回來：在一九一〇年五月五日出現的 <u>哈雷</u> (Hal- leys' Comet) 彗星	60
羣星一束：在武仙星座裏的球狀星羣	77
世界上最大的眼睛：威爾遜山的一百吋望遠鏡	78
天空中的錦繡：天鵝星座裏的星雲	93
天空中的馬頭：暗淡的馬頭星雲被後面的亮星照着了	94
宇宙裏的島：在大熊星座裏的 M81 螺狀星雲	103
好幾百萬光年以外的空中：在后髮星座裏的 N.G.C.4565 星雲，旁側 的照相	104
一條冰河：在 <u>亞拉斯加</u> 東南部的 <u>杜斯</u> 冰河 (Dawes Glacier)	139
冰雕成的景象：在英屬 <u>哥倫比亞</u> <u>塔卡卡哇</u> 瀑布 (Takakawa Falls) 因被冰河而造成的山谷	140

石屑與蒸氣的雲彩：從 <u>紐西蘭</u> 活躍的 <u>高如火</u> (Ngauruhoe) 火山 上升	157
大自然的傑作之一：在 <u>蒙托那</u> 國家冰川公園 (Glacier National Park) 裏面的 <u>哥德山</u> (Mt. Gould)	158
有史以前的戰爭：在爬行動物時期一個 <u>霸王龍</u> (Tyrannosaurus) 正 攻擊一組 <u>三角奇龍</u> (Triceratops)	165
古代海裏的生物：泥盆紀的海底	166
古代背上有鱗的爬蟲 (fin-back)：一種二疊紀裏的肉食爬蟲類	175
曾在 <u>蒙托那</u> 漫遊的怪物：在白堊紀早期裏的有角恐龍	176
聲波居然看得見了：音叉，銅簫與吾人的聲音	233
穿透性的X射線：X射線所照的手掌	234
一個創造宇宙的人： <u>愛因斯坦</u> 教授的畫像	265
<u>愛因斯坦</u> 學說的前導： <u>邁克爾孫</u> — <u>摩黎</u> 干涉儀	266
光學的祭酒： <u>邁克爾孫</u> 教授	266
犬類建築的城垣：在 <u>新墨西哥</u> 東部的 <u>草狗村</u>	295
擁擠不堪的地方：在 <u>浦里必洛夫</u> 羣島上的 <u>扁嘴海鳥</u>	296
比猿猴還要老的動物：一組 <u>狐猴</u> ，最元始的靈長類	309
他有像人一樣的眼睛： <u>附猴</u>	310
最利害的大猩猩：人類最近的親屬	310
介於人和猿中間的連索： <u>爪哇猿人</u>	319
原始的人： <u>畢爾洞人</u>	319
穴居的人： <u>內安得塔爾人</u>	320
第一個真正的人： <u>克魯曼濃人</u>	320

圖 形

我們的銀河系與附近的『天象』	102
地球的內部	123
波爾的原子模型	204
礦鹽的結晶體	223
細胞的圖形	284
各種細菌的形狀	291
簡式的生物	301
人的親屬	315
人腦與八目鰻腦的比較	326
三種神經原	327
一個簡單的反射	330
人腦各部分的功用	332

第一 部

宇宙 的 故 事

第一章

宇宙之大

古代著作聖經中讚美詩歌的人，已能感覺到宇宙的偉大。當他們在夜間鵠立廣場仰首觀天的時候，心境中充滿了敬畏，因為多星的穹蒼，實在太神秘太莊嚴了。但那時人對於宇宙的觀念，極為簡單。假如他們以為奇怪的星象足以敬畏，那麼我們經現代天文學識的啓示，更覺得神秘千萬倍了。

從研究創世記(Genesis)所得，我們可以約略知道古代對於宇宙的想像。那時以為宇宙間惟地球獨尊，地球是一個碩大無朋的平原，浮載在海洋之上。天空是一幅幪幕，遮蓋地球，宛如屋頂，下雨就是因為屋頂上天窗開啓，而讓水漏進來的緣故，星是無數的燈光。太陽和月亮不過是燈光中之大者，創世記說這就是劃分晝夜的燈光。

古代關於宇宙構造的觀念，此外還有許多，但都偏重地球。對於其他天體，則均漠視。約在紀元前第十世紀時，希臘大詩人荷馬(Homer)以為地球是一個大圓形扁片，漂浮海面，而「河洋」(River Ocean)環繞之。天空是一個實心圓頂，蓋覆於上，太陽是日神所乘之車，每日在天空巡狩一週。有人想像地球的北邊，有座連綿不絕的大山，日神隱入此山之後，即地球上日落之時。日神行經此山，需時一夜，明晨復顯，亦即地球上日出之時。後來又有人相信日神乘槎而行，經過圍繞地球的「河洋」，以達日出的地點。此後又有人以為地球為圓屋頂狀的物體，支撐柱上，日神行經地球下，再回至途程之起點。

古代的印度人，也有類似的傳說，他們相信飄浮在大洋上的，爲一巨大之龜，龜負四象，人類所棲息的地球，即俯伏於此四巨象之上。

時代遷移，荷馬式的宇宙觀念，便漸漸的轉變了。大約在紀元前六四〇至五四六年時候的希臘天文學始祖賽爾(Thales of Miletus)，說星光自己發射出來的，而月亮僅能反射日光。他又堅信地球的形狀如同圓球。有許多人承繼他的學說，其中的著名天文家有愛蘭克西曼德(Anaximander)，愛蘭克賽哥拉(Anaxagoras)，德謨克利圖斯(Democritus)，皮撒哥拉(Pythagoras)，米頓(Meton)，猶多克什斯(Eudoxus)等。米頓創作一種測日月蝕的方法，猶多克什斯善以幾何學解說行星的運動，至於最受人稱譽的，却是紀元前五八〇至四九七年的皮撒哥拉，因爲他首創地球圍繞太陽旋轉的學說。約當紀元前三世紀末葉，在亞歷山第亞(Alexandria)地方，成立了一個設備完善的天文學校。有天文家亞利大各(Aristarchus)計算太陽與月亮的距離和大小，伊萊多生(Eratosthenes)估計地球的直徑。

雖然那時候的人，對於天文學，已有進步，並且皮撒哥拉及其從者亦已創立地球圍繞太陽旋轉的學說，但仍有許多哲學家堅執異見，說地球雖爲球形，却是宇宙間固定的重心。紀元前三八四至三二二年的亞立斯多德(Aristotle)，就是這種學說的信徒，他相信地球的形狀，如同圓球，且更加以闡明，但對於繞日旋轉之說，認爲無稽。因他是中古時代學術界之泰斗，故其學說，得流行數世紀之久。

根據亞立斯多德及其從者的意見，地球是被許多透明結晶的物質所包圍，如同重重疊疊的殼。這種透明結晶的物質，共有八層：月居第一，水星居第二，金星居第三，太陽居第四，火星居第五，木星居第六，土星

居第七，至於其他恆星，則羣棲於第八層。這八層殼，並非佇立不動，而是時刻圍繞地球旋轉。所以我們看見日，月，行星與其他恆星的時候，便覺得他們常常變換位置了。

但是，繼續觀察天空的結果，發現這種解釋宇宙構造的學說，似乎太簡單了，因為行星的運行，是不規則的，有時似乎停止，有時又像逆行。

紀元前一五〇至一二五年，希臘天文家依巴谷（Hipparchus），創設一種解釋行星運行的學說，稱為『本輪系』（system of epicycles）。又二百年，另一個希臘天文家多祿某（Ptolemy）仍本依巴谷的學說潛心研究，把他擴充，便成了『多祿某系』（Ptolemaic system）的學說。

根據多祿某系的學說，各種行星並非棲集於地球四週之透明殼上。乃係一理想之點，環繞地球而行，行星居於另一小球上，圍繞此點旋轉。至於較繁雜的運動，可以加入第三個更小的球，甚至第四個，第五個小球，來作解釋。

多祿某死後經過一千三百多年的光陰，他的學說還是流行。那時行星運行的資料，漸漸多而且精，如發現不規則處，則將本輪重疊而解釋之。但在一五四三年的時候，這學說終於動搖。

原來在一五四三年，出版了一本拉丁文的 De Revolutionibus Orbium Caelestium 新書，將多祿某系的立場推翻。在中古世紀，討論學理的書，全是用拉丁文寫的。這本書——天空球體的旋轉——便是用拉丁文來闡明宇宙的構造，其中並非新學說，不過證實皮撒哥拉的學說而已。他說地球圍繞太陽旋轉，別人也曾說過，但是他們都沒有充分理由來做證據，以致淹沒不彰。現在這本書舉的例證，異常堅強而有

條理，果然證實了太陽系的中心，並非地球而為太陽，為皮氏學說立了基礎。此書的作者名哥白尼(Nikolaus Copernicus)，於是這種學說便叫做『哥白尼系』(Copernican system)。

哥白尼是弗勞恩堡城(Frauenburg)一個波蘭和尚，幼習醫學，但他對於天文學最感興趣。傳說他將畢生光陰，獻諸三事：第一件是盡牧師的責任，第二件是用所習醫道，施診貧民，另外的一件事，就是從事於研究天文。他費了二十年的光陰，搜集證據和圖形，攻破多祿某系，說這種本輪的構造，簡直是不需要。他又說如採納地球圍繞太陽旋轉的觀念，則行星運動的不規則，便是由於地球的運動，一切均可迎刃而解。但當時刑法極嚴，如有人懷疑或攻擊已成文的學說，有被處死刑的危險。所以哥白尼的傑作，雖完成於一五三〇年，却是復經十二年的慎重考慮，方敢送到印字館去。

這本書還未出印字館的門，哥白尼已患中風，奄奄一息。當他死前數小時，這本書方才到他手裏。此書竟能引起人類的大思潮，他是完全不知的。那時他有一個朋友，怕他觸犯刑網，替他做下一篇序，說哥白尼的言論，不必看得太重，他不過是一種邏輯演繹的練習罷了。這篇序，哥白尼本人幸未看見。

事實上，這本天空球體的旋轉發表以後，並沒有立刻發生影響，假如哥白尼不死，或者有迅速進展，亦未可知。當時中世紀各大學全採用多祿某系學說，而他這本書的繁重深奧，極難領會，雖大學教授亦鮮有知者，社會一般的人，更不必談了。但五十年後經第谷白萊(Tycho Brahe) 刻白爾(Johann Kepler)同加里尼(Galileo Galilei) 三大天文家的提倡，哥白尼的學說，乃風行遐邇。

第谷在天文史上，真可算最奇怪的人。他是丹麥貴族，而與村女結婚，自從事於研究天文以後，遂得國王之寵。性情異常暴烈，所以樹敵甚多，有一次，與人決鬥，被劍把鼻尖削去，祇好裝配了一個金屬的假鼻。後來丹麥王替他在海芬島 (Island of Hven) 建築了一個觀象台，他便整天的在這裏工作。走進觀象台中總穿着朝覲的盛服，表明當他研究星象的時候，他是正在一個萬王之王的朝廷中。

第谷極贊成哥白尼系解說行星運動的方法，但他不願意承認地球本身也在旋轉。結果他便創立一種學說，說是行星圍繞太陽旋轉，而太陽却是圍繞地球旋轉。此說雖然不合，但他對天文學及哥白尼系學說，供獻極多，他又觀察天體的位置，其精確的程度，為自古所僅見。

刻白爾在當時的天文界中，算得一位明星，與那位驕傲而粗暴的第谷，性情立於反對的地位。他是一個窮困衰弱的德國算學家，一五九九年的時候，應第谷的召，往普拉克 (Prague) 充當助手。他不像第谷能作細密的觀察，惟善作精確的計算。一六〇一年第谷死後，他遂開始分析第谷觀察所得到的資料，又經過幾年不斷的計算，他終於在一六〇九年發表一本書，其中包含著名的「刻白爾定律」 (Kepler's Laws)，證明太陽是在太陽系的中心，哥白尼的學說，果然不錯，但是行星繞日而行的軌道，並不是哥白尼所想像的那樣正圓，而是一個橢圓形。

那時意大利的比沙大學 (University of Pisa) 有一位青年教授做了許多的試驗，證明新的科學事實，他將亞立斯多德的學說完全推翻，因此其他的教授，全是他的仇敵。原來這些教授已將亞立斯多德的學說，教得爛熟了，他們對於這位名叫加里尼的青年教授，簡直有些不能了解，因為他絕不肯接受先哲的遺說。亞立斯多德說物體的下墜，重

的比輕的快，加里尼於是爬上「比沙斜塔」(leaning tower of Pisa)，作實驗，不管那羣教授的憎惡，證明亞立斯多德的錯誤。

加里尼在巴達大學(University of Padua)的時候，忽然聽見一件驚奇的消息。原來有一位荷蘭光學家名叫利孛爾賽(Jean Lippershey)的，製成一種「幻鏡」(magic glass)。他的一個小兒子在他的店中遊玩，無意中將一塊凸鏡放在另一塊的前面，忽然發現遠處教堂的屋頂，在鏡中好像移近了許多。利孛爾賽抓住這個奧妙，因將兩塊凸鏡放在一個管中，於是製成了所謂幻鏡。自從這消息傳到巴達以後，加里尼決意自己也做一具，用來觀察天空。

刻白爾在一六〇九年發表了他的著名定律，加里尼也在這年初試他的望遠鏡觀察天空，不過製作至簡，僅在一舊笛管的兩端，各設一透鏡而已。其時人類研究天文已久，但各人所能見的天體，與古代埃及，巴比倫或希臘人所能見者無異。自從這時以後，一切全變更了，這小小的望遠鏡，竟漸漸顯示天空的秘密，使人類對於「宇宙之大」的問題，從此有下手的方法了。

奇特的發現，接踵而起，這簡直使加里尼有些手忙腳亂。他的小望遠鏡，不但洩露月亮裏面的山脈，而金星運轉之位相(phases)，與月亮相似，亦同時實證了。此外還有一件最神奇的事，就是圍繞木星旋轉的四個極小衛星，也被加里尼發現，這是在一六一〇年的一月八日。

哥白尼系學說，自此立了根基，儘管巴達的教授們全都在肆意嘲笑。我們從加里尼所給刻白爾的信，便可約略知道一點那些好教授們的心境。

「刻白爾先生：假如我們能聚首談笑，其樂何如。在這裏巴達

地方，有一位哲學教授，我屢次極懇切的勸他看一看望遠鏡中的月亮和行星，全被他拒絕了。你爲什麼不能到這裏來呢？唉！這種高貴的愚蠢行爲，何等可笑啊！』

但是幾年以後，這件事情已非笑談。白露魯(Giordano Bruno) 因堅執『地球圍繞太陽旋轉』的學說而受焚死之刑。年老的加里尼，亦被迫翻改前言。所以他的晚年，如同失去自由的犯人一般。

爲什麼那時的人堅決反對這種『地球圍繞太陽旋轉』的學說，真是有點費解。這或者因爲我們從小所念的教科書中，全載着『地球圍繞太陽旋轉』的緣故，結果我們便不假思索的接受這種觀念了。

試想加里尼同時的一般民衆，忽然有人叫他相信人類棲息的地球，連同上面的海洋山河田野房屋，以及其他的一切，並不是一個固定的扁平物體，而是一個繞軸自轉的圓球，沿着軌道，圍繞太陽不停的轉，他們自然感覺得異常的驚奇了。這無異將已往一切已成文的事實推翻，而使地球素日的尊嚴，爲之掃地。他們都相信地球是宇宙最主要的角色，偏偏加里尼堅執不信，硬說地球是在旋轉狀態之中，而且牠是圍繞太陽旋轉的許多行星中之一個，焉得不被他們視爲妄言邪說呢。

從那天一直到現在，天文家對於『宇宙之大』問題的研究，便一天深似一天，結果人類所知道的宇宙，愈來愈大，而地球的『重要性』，却逐漸減小了。

加里尼的時代，人類所知道的行星，除地球外僅有五個——這五個在上古時代已經知道了。一七八一年，拋棄音樂而從事天文研究的侯失勒(William Herschel)發現天王星。五十年後又增添了一個海王星。一九三〇年，天文家在亞利宗納，法蘭格斯塔夫(Flagstaff, Arizona)

的羅威耳觀象台(Loweil Observatory),發現第九行星,名冥王星。天文家這種推廣太陽系的事蹟,已經夠偉大的了。但還有一件更緊要的事,就是天文家仍從事於「恆星宇宙」(stellar universe)範圍的探測。

我們爲明瞭起見,先做一個宇宙的模型,然後再鑑賞天文學所告訴我們的事蹟。這步工作的出發點,當然是太陽和其他行星所組成的太陽系。現在我們拿一個直徑一呎的圓球,用來代表太陽,那末,如依照同樣的比例尺,地球可以用一粒直徑十分之一吋的菜籽來做代表。假如我們將這菜籽放在距離圓球一百呎的地位,我們便得到一個太陽,地球及其間距離的模型了。太陽與地球間的距離,今日人類所知道的是九千三百萬哩,所以這模型中的一百呎,就代表此數。

現在我們再找八粒菜籽,用來代表其他的行星。從圓球向外邊數去:第一粒是代表水星,與圓球間的距離,應當是三十八呎;第二粒,應當放在距離圓球七十二呎的地位,這是代表金星。至於第三粒就是距圓球一百呎的地球,其餘的六粒菜籽,與圓球間的距離,全都超過一百呎。第四粒代表火星,第五粒木星,第六粒土星,第七粒天王星,第八粒海王星。另外的一粒,便是代表最近發見的冥王星。我們安置菜籽的時候,如依照前面的比例尺,則最外面的一粒,就是冥王星,應當距離太陽約一哩。

一個圓球,九粒菜籽,如將牠們中間相隔的距離,依照比例尺擺好,則宇宙太陽系的模型,已在我們的眼簾之中了。近代的天文學告訴我們說,太陽和星並沒有分別,太陽就是宇宙中的一顆星,換句話說,宇宙中的星,都是太陽。所以我們儘可另找一個圓球,來代表一個離太陽系最近的星。那末這個圓球,應當在我們模型中的什麼地方呢?五哩遠?那太

近了，十哩嗎？仍然太近了。一百哩？似乎還近一點，實實在在，這個新的圓球，應當放在距離代表太陽的圓球五千哩遠的樣子。閉上眼睛，先想一想，這是什麼意義呢？假如我們的太陽系模型，放在美國的東邊，則那個球應當放在歐洲。如果我們將整個的地球表面來做這宇宙的模型，充其量也不過只有三個或四個星球的地位，一個在歐洲，一個在亞洲，一個在太平洋中，另外的一個，恐怕要放到南極去了。

近代天文家估計『銀河系』(galaxy)中有星四百萬萬。四百萬萬的星！便是用整個的地球表面作模型，也只能安放其中的四個而已。從這點看來，『宇宙之大』的問題，也許我們可以領略到一點意思了。

第二章

太陰一月

當萬籟俱寂的夜裏，我們在月光下散步的時候，總覺得月的美麗皎潔，無可形容。自古以來的詩人和音樂家，常常對月訴情，也許就是牠太引人入勝的緣故吧！

自有歷史以來，人類對天體所最注意的，除去太陽以外，便算月亮。經過長久的時間，見牠經過的盈虧，異常規則，所以古代的太陰曆，全是用月亮做標準的。希伯萊 (Hebrew) 人的日曆，每月的起頭，即正當新月的時候。

我們現在的日曆，將一年分成十二個月，就是受古代太陰曆的影響。至於英文的月名，如同 January, February 等等，最初羅馬人創作的時候，也是同一關係。

從滿月的外形，而推臆其中有人，在上古時代已經有這種觀念了。除此以外，也有稗史傳奇，說裏面有一個女子，一個山兔，一個貓，和一個蝦蟆，等等的神話。中古世紀的人，還以為月亮有一個平滑的表面，如同鏡子或磨光了的盾牌一般。直到一六〇九年加里尼從他那小小望遠鏡窺見月亮的奧妙，才知道人類對牠的知識是一點也不正確的。他的望遠鏡，顯示月亮中間的痕跡，不過是山谷而已。

從那天到現在，人類對於月亮的知識，是逐漸增進的。因為每當一個較大的望遠鏡造成以後，我們用牠所看到的月亮，便移近了一點，如用世界上最大的望遠鏡來看牠，其印象與用肉眼看五十哩以外的景色

無異。假若有一個如同齊柏林(Zeppelin)飛艇那樣大的物體，在月球上面移動，我們用一個大望遠鏡，也可以盡窺無遺了。

宇宙之中，月亮是地球最近的鄰居。當地球圍繞太陽旋轉的時候，月亮也圍繞着地球旋轉。地球上海洋的潮汐，就是受月亮引力的影響。月亮的軌道，是一個橢圓形。從地球到月亮間的平均距離是二十四萬哩。我們以後可以看見，在天文學上用十萬哩計算天空物體與地球間距離者，祇有這個月亮，至於其他數字，不是百萬，便是萬萬，再不然就是百萬萬以上。

月亮爲什麼有盈虧呢？這種現象的理由很簡單，因爲月亮是一個黑暗的物體，僅能反照太陽的光，並且當地球圍繞太陽旋轉的時候，月亮也圍繞着地球旋轉。如果月亮正在地球與太陽的中間，牠那被日光照耀的光明面，正背着我們，所以祇能看到牠的黑暗面，這時候牠是完全不顯露的，即天文家所謂『新月』。兩晚以後，月亮已沿着軌道走動了一點，結果牠的光明面，有一點向着地球，所以我們能在天空看見一彎月相，平常人將這時叫做『新月』，其實是不對的。約一星期以後，我們看見牠光明面的一半，這時是『上弦』。又一星期，月亮地球與太陽已在同一直線上，我們便可以看見牠的整個光明面，稱爲『滿月』。再過七天，我們又祇能看見牠光明面的一半，就叫做『下弦』，下弦後的七八天，牠的光明面，已沒有一點向着我們，我們便再遇着一次新月了。

月亮在天空的運行，乍然一看，好像很難明瞭。因爲這是一種極複雜的運動，其中不但有月亮圍繞地球的真實旋轉，並且又加上因地球繞軸自轉的運動，地球的自轉，使月亮好像從東邊升起，再在西邊下落，與太陽和星的升落，同一個道理。但因同時月亮又圍繞地球旋轉，所以

牠在羣星之中 好像漸漸向東移動。假若我們在今晚指定牠的位置，在某星羣之中，則明晚牠一定在這羣星之東，約十三度。結果月亮的上升，每晚遲延五十分鐘。

我們再就這種現象，來研究月亮從新月到滿月，再從滿月到新月的過程。當新月的時候，月亮與太陽同在地球的一邊，牠的上升和下落，與太陽是同時並進，所以我們完全看不見牠。第二夜月亮的升落，約在太陽升落後的一小時，所以我們在日落後一小時，可以看見彎彎如同蛾眉般的月亮。日子一天一天的過去，月亮也更覺飽滿，先從新月到上弦，再從上弦到滿月。因為牠的上升，一天晚似一天，所以我們有月亮的時間，也一天長似一天。

當滿月的時候，月亮從東邊升起，與太陽在西邊下落同時，所以我們能有一夜的月景。滿月既過，月亮漸漸的消瘦下去，一星期而到下弦，牠的上升，自然的依舊一天遲似一天，所以在下弦的時候，我們到半夜裏，方才看見月亮。此後的月亮，更一天一天的消瘦下去，並且牠的上升，仍然一天一天的遲下去，直至新月的時候，牠與太陽又同時並升，因此我們又看不見牠了。

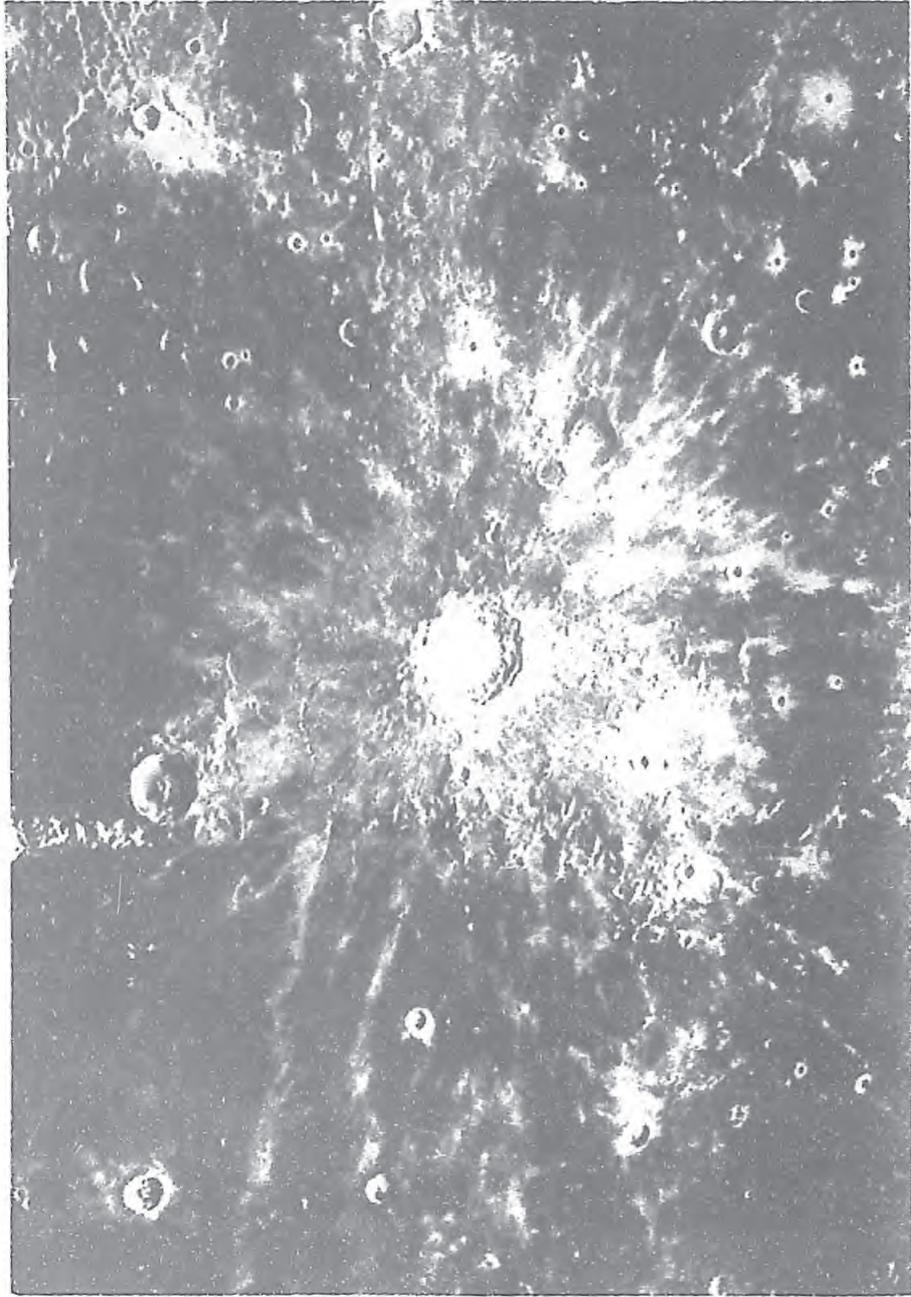
月亮圍繞地球旋轉一周，所需的時間，是二十七日零七小時，但因同時地球也圍繞太陽旋轉，所以從這個新月到第二個新月，相隔二十九日有半。

月亮也繞軸自轉，其自轉一週所需的時間，與牠圍繞地球旋轉一週所需的時間相同。因為這個原故，我們所能看見的，祇是整個月亮的半面，至於那半面的狀況，是全在神秘之中。不過照理想推測起來，那永遠背着我們的一面，與向着我們的一面，是大同小異的。



月 亮 裏 的 山 脈

望遠鏡顯示月亮裏的山脈，比地球上的崎嶇多了；那些噴口，酷似已經熄滅的火山



月亮的近觀

這是哥白尼噴口，就好像我們用肉眼看五十哩以外的景色一樣。

月亮的運行，有種不規則的動作，結果便發生所謂「天平動」(librations)，因此我們便可以看見月亮整個表面的百分之五十九，至於其他的百分之四十一，則完全茫然不知了。這種天平動有三種：第一種由於月亮自轉的軸，與牠的軌道傾斜成一角度，使我們有時能看見牠的北極以外，又有時能看見牠的南極以外的情形。第二種由於月亮圍繞地球旋轉的時候，有時快，有時慢，結果我們的視線，有時能超過東極，有時能超過西極。第三種天平動的專門名詞叫「周日天平動」(diurnal libration) 這種天平動的結果，又使我們的視線，在牠上升與下落的當兒，較之高懸在天空的時候，能夠超過上面的邊緣。

月亮的直徑，大約是二千一百六十哩，約當地球的直徑四分之一強。牠整個球體所包含的物質，其密度約與組成地殼的物質相當，惟僅及整個地球物質的百分之六十；牠的質量，約合地球的八十分之一。

我們平常所說的「重量」，就是吸力引曳的意思，月亮上面也有吸力，不過強度僅及地球上面的六分之一。現在如果有一個人，他先在地球上用簧秤衡量體重，是一百二十磅，那末他在月亮上面，只有二十磅。他跳高的成績，如在地球上四呎，那末在月亮上面，變為二十四呎了。

從我們的肉眼看來，月亮簡直如同仙境一般，但是近代天文學上却說牠連一點生氣也沒有，其荒涼寂靜，不堪設想。當加里尼第一次用那小望遠鏡觀察月亮的時候，他以為所看見的是海，是山，和山谷，但我們在今天都知道他所誤認做海的，實是崎嶇多石的平原。月亮上面沒有一點空氣和水，所以生物決不能存在，不但如此，又因為沒有風，沒有雨，沒有江河的沖刷，又沒有波浪的衝擊，所以月亮上面的情況，天天全是

一樣，沒有變化。

便是一個小小望遠鏡所顯示月亮上面的景況，已與地球上面看見的迥然不同了。因為月亮的殼，是崎嶇荒涼的石塊所組成，並且牠的表面，一大半全是破碎的，而有許多圓形的層石覆蓋。這些圓形的層石，有點像火山，所以叫做『噴口』。其中小的，用最大的望遠鏡方才可以看見，至於大的，直徑超過一百哩。這噴口的總數，大約是三萬二千個。

噴口大多數是圓形的，周圍被重重疊疊的山所圍繞，這些山的高度，自一千呎至二萬呎不等。噴口的底，和附近區域比較，有的地方高，有的地方低，還有從裏面凸出一個或幾個山峯，其高度簡直和噴口的四圍相等。月亮的表面，有許多噴口相距極近，有時甚而至於模糊不易分辨，好像新舊相擠出來似的，的確有些像火山的形狀。所以有人說古代的月亮，曾有一個火山的發源地；不過這個學說，還沒有完全證實，因為極大噴口的成因，很難解釋得清楚。

另外有許多人，說噴口乃是當古代的時候，月亮的表面還沒有完全凝固，被隕石所擊成的，因為在太陽系剛造成不久，空中含有多量極大隕石的緣故。這種學說也有人反對，因為果然如此，則地球上也應有許多噴口了。但我們須切記地質的變化，是沒有一刻停止的，今日的地殼，與當初的已迥然不同了，所以便是當初有噴口存在，已於數百萬年前毀滅，我們如何能看見呢？譬如亞利宗納（Arizona）的東北，近地亞卜羅峽谷（Canon Diablo）的地方，有一形似噴口的層石，也許就是近時代隕石所擊成的。現在的許多天文學家，全相信月亮表面上的噴口，有從火山而起的，也有被隕石擊成的。

月亮上面有十個山脈，都是異常崎嶇，這山峯高低不等，有五千呎，

有一萬呎的，還有一萬五千呎的，此外也有少數更高的。最大的山脈，名『月的亞潘林』(lunar Apennines)，曲折六百四十哩，有三千個高峯。

除山脈以外，月亮的表面還有許多長而且直的懸崖和深窄彎曲的『山谷』(rills)。有人以為這種懸崖，是當初月亮表面凝結時候所造成的。

無論如何，這月亮上面極耐人尋味的，要算是大的裂縫了。這種裂縫寬約半哩，有時綿延數百哩不絕。牠們是永遠成一條直線的，雖然經過高山深谷，也不變更方向，至於造成的原因，有人以為是早代月殼破裂所致。

月亮上面的『輻射線』，真是最奇怪的特徵！牠們是淡顏色的條紋，從幾個噴口向四外發射。有的長過一百哩，並且也與裂縫一樣，不管所經過的地域怎樣，牠們攀高山，渡深谷，到處成直線。這種射線，是因為有種氣體在月亮表面中極細狹的裂縫中經過，結果石塊中便遺留着這種標記。

用一個小型的望遠鏡，我們便可以看見月亮表面的大概情形，結果月亮對於我們業餘天文家，簡直可以算最理想的觀察資料。作此項研究的時候，最好在新月後六天至十天。滿月的時候，月亮上面沒有影子，觀察起來一定不能滿意。

現在我們再用一個電溫度計量一量月亮表面的溫度，一定可以得到極奇怪而有趣的結果。這種精製的電溫度計異常靈驗，距一哩之遙的一燭光，也能測出熱度來。因為月亮自轉的速度，異常低緩，所以牠的表面上任何一點，必先向着日光十四晝夜(地球上的晝夜)，然後再經過同

樣長的黑暗時期。當月亮的白晝時期，電溫度計顯示其最高溫度達華氏表二百十二度，但當牠的黑暗時期，溫度便小到華氏表零下二百度。

皎潔的月亮，永遠沿着軌道圍繞地球旋轉，真是一件極有興趣的事。但一念及其上無生物，荒涼不毛，並且牠那崎嶇的表面，一會兒嚴寒，一會兒沸熱，又不禁爲之悵惘。

第三章

太陽一日

在『古石器時期』(Old Stone Age),我們的祖先所最怕的,要算黑夜了。這時目光炯炯的野獸,在荒林中覓食,如同霸王一般的凶悍。我們的祖先,祇好在洞口圍着小火,避免牠的蹂躪。但翌晨東方既白,太陽出現,野獸退藏的時候,穴居人的胆量又恢復起來,他們便再鑽出石洞,各處游行。有時陽光穿樹,葉動影移,又有時池中返照,閃爍作銀波,穴居人也有生趣了。

旭日漸漸的東升,光熱也隨着增長,等到牠高懸天空的時候,穴居人祇好在河旁樹下覓蔭乘涼,然而一過正午,牠步步的降低,樹影漸漸的橫斜了。牠變成一個紅色的火球,宛如石洞邊火焰的餘燼。天空慢慢的晦冥了,太陽完全匿沒了,黑夜與恐怖重臨,穴居人趑趄返洞,期待次日的光明。

直到如今,我們最歡迎旭日東升,當時光茫萬丈,一日之計在於晨,每覺精神一爽,等到日落黃昏,夕陽西下,便覺興盡悲來,有日暮窮途之慨,可算一切民族自古遺傳的天性。

天文學的產生,當自觀察太陽始。古代的穴居人,知道從太陽的地位,估量時間。太陽高懸的時候,穴居人可以從容覓食,離家遠遊,一到紅日西墜,便知黑夜的將臨,又須早作歸計了。

太陽對於穴居人的生活,如此重要,積久被著為神靈,奉以祭祀,信仰太陽神,就成為年代最久傳播最廣的宗教。

古代的埃及人崇拜日神，他們的廟宇中，幾全有日神的偶像，就是一個光亮的圓盤，周圍繞着兩條蛇，圓盤的兩面，各有一翼。巴比倫人也敬畏太陽，希臘人名太陽為亞婆羅 (Apollo)，而羅馬人則將他們的日神叫做蘇耳 (Sol)。便是現在，還有人叫太陽為老蘇耳 (old Sol)。

古代的英國的督伊德人 (Druids)，也祈禱日神，他們在斯同亨奇 (Stonehenge) 建築的大石廟，就是供奉牠的。印第安人 (Indians) 崇拜日神的風氣，普遍於新大陸，例如克兆 (Cuzco) 地方的大廟，就是古代秘魯人 (Peruvians) 建造來供奉太陽的。這廟真是華麗極了，連牆壁全是金板蓋面的。牠的西邊有一個壇，上面掛着一個金的圓盤，圓盤可以移動，上面刻着日神的像，並嵌着許多寶石，當日光從廟的東門射在圓盤上的時候，真是輝煌無比！

古人祀奉太陽，徒知敬畏，至於地球與其生物如何非倚賴太陽不可的關係，却是近代科學所闡明的。我們現在知道地球和其他行星，全是太陽母體內迸出來的嬰兒，我們的地球終日圍繞太陽旋轉，為此天空主宰的吸力所扶持。這種力量，雖是看不見，却比那個鐵的鏈索，強大萬倍了。

地球上的光與熱，全是從太陽裏發射出來的，假如太陽一旦消滅，地球就立刻變成黑暗世界，僅有殘弱的星光照耀而已，因這時反照日光的月亮，已不復明亮了。幾天以後，溫度降得很低，所有的一切動植物，全被凍死了。再過些時候，景象更是離奇，海洋先凍成冰，空氣又從氣體變成液體，再從液體變成固體了！

我們的食物和燃料，也是依賴日光的，因無日光，植物便不能生長，而煤與油等燃料因是植物所蛻化，便亦無由得了。

近代天文家說，太陽是一個具黃色白色自行發光且充滿熱氣的旋轉球體，牠的直徑是八十六萬四千一百哩，較地球的直徑大過一百一十多倍。一個太陽的容量，可抵一百三十萬個地球，足見地球雖大，比起太陽來，是渺乎其小了。

太陽是個火光熊熊的爐子，其中的熱度，出乎我們意想外。牠的表面溫度，大約是攝氏表六千度（相當華氏表一萬度），至於中心溫度，一定更高。據劍橋大學（University of Cambridge）的愛丁頓教授（Prof. A.S. Eddington）的計算，大約在四千萬度的樣子。假如我們的地球一旦衝進太陽裏面，恐怕與投一個雪球在紅熱的爐子裏，一樣的熔化。

因為龐大體積的緣故，太陽表面上的引力，比地面上的約大二十八倍。一個物體，在地球上簧秤重一百磅，在太陽上面，如再用這簧秤來秤，即變成二千八百磅。

地球圍繞太陽旋轉，兩者相隔的距離，大約是九千三百萬哩。惟因地球的軌道是橢圓形，所以有時相距較近三百萬哩。牠們在一月一日相距最近，而在七月一日相距最遠。

假如現在太陽與地球之間已鋪設軌道，有火車往來行駛，這火車的速度是每分鐘一哩，票價是四分錢一哩，那末我們想到太陽上面去走一趟，必須費時一百七十五年，費錢三百七十二萬元。但是光線則不然了！牠的速度是每秒鐘十八萬六千哩，所以地球上面的陽光，是費八分又廿秒的時間射到的。

雖然太陽在九千三百萬哩以外，但是天文家用特種望遠鏡和各種儀器，已能探知牠的大概情形。這許多儀器之中，對於天文家最有用的，

要算是『分光鏡』(spectroscope)。

分 光 鏡

我們全知道日光通過『稜鏡』，分爲七色，這種稜鏡的作用，是牛頓(Sir Isaac Newton)第一次發現的。他在一六七二年宣佈白光不過是虹霓中各色的混合體，而稜鏡有將牠們分散的功能。

繼續牛頓研究日光的人，是德國的法郎霍伐(Joseph Fraunhofer)。他對於天文學的供獻非常偉大，但是他的生平事績，却頗饒悲劇意味。一八〇一年的七月二十一日，有裘塞夫(Maximilian Joseph)者，在慕尼黑(Munich)某街散步，忽然看見兩所舊屋塌陷，裏面的居民，除一幼兒外，悉數死亡。這個幼兒，就是後來建勳業的法郎霍伐。裘塞夫憐憫這幼兒的遭遇，將囊中所有的錢，全數給了他。這小孩將這一部份的錢，獻給他做學徒的製鏡工廠，因而恢復了他的自由，他又將剩下的錢，買書籍和製鏡片的工具。歷時未久，這位少年就成了歐洲最有經驗的製鏡片專家，舉凡那時最大望遠鏡中的鏡片，差不多全是他的出品。除此以外，他還是光學界的專家，所有的實驗，對於後世均極重要；惟因幼年境况艱險，在他三十九歲的時候，就結束了光明的事業與世長辭了！

一八一四年，法郎霍伐嘗試他那有名的日光實驗。他使一縷日光，經過細隙射入一間黑暗的房屋，落在一個稜鏡上面，在稜鏡的後面，安置了一個從測量器取下來的望遠鏡，這樣一來，稜鏡所造成的『光譜』(spectrum)，被望遠鏡放大了許多，於是觀察更可以清楚了。在極驚訝之中，法郎霍伐發現幾百條強弱粗細不同的黑線，穿過光譜，他又細細的數了一數，這些黑線的總數，在五百六十七條以上。後來他又重複試

驗幾次，證實這些黑線的相互地位，永遠沒有變動，爲辨別清楚起見，他特將較易看出的黑線，用字母來代表，這種標記，到現在仍然沿用。

不到半世紀以後，這個所謂『法郎霍伐綫』（Fraunhofer lines）的隱謎，方才被人類戳穿了。原來在一八五九年，德國海德爾堡（Heidelberg）地方的兩個物理學家，宣佈他們許多實驗的結果，不但解釋了那個『法郎霍伐綫』的神秘，並且又建立了近代天文學，物理學與化學許多探求的基礎。這兩個物理學家，一個是本生教授（Prof. Robert Bunsen），另一個是克希荷夫教授（Prof. Gustav Kirchoff）。

本生與克希荷夫二氏用分光鏡（爲一稜鏡與一小望遠鏡結合而成）觀察從固體（灼熱的鐵），發射出來的光，則見其所發生的結果，爲一光帶，自紅至紫，色色具備的一個所謂『連續光譜』（continuous spectrum）。除固體外，高壓力和高溫度的氣體，鎔化的金屬，也能產生這同樣的光譜線。

他們又發現如用分光鏡測看低壓力氣體所發射出來的光，這連續光譜就祇包含少數的輝綫。譬如在煤氣燈焰中放些鈉進去，我們可以看見一組輝綫，恰佔前述景中的黃色部分。他們又繼續用各種化學原質來實驗，結果發現每種原質全產生了輝綫，而輝綫的組合，則隨各原質而異，因此可從輝綫的組合，來辨別原質的種類。

最後，這兩位物理學家，在熾熱固體與分光鏡的中間，放一層較冷的氣體，結果他們在分光鏡中，發見了一個被許多黑線橫貫的光譜與日光所產生的景象相同。現在有一個極驚奇的現象，值得注意，即前層冷氣如是某原質的氣體，牠所分晰出的黑線，與牠作光源時分晰出的『輝綫光譜』相同。譬如依前述的方法，造成連續光譜，再在這光源與分光鏡

的中間，放些燃燒後的鈉，即見景中的黃色部分，顯現多數黑線，而這許多黑線的組合，適與鈉焰自身所分晰出的黃色輝線光譜相同。

根據前段的事實，法郎霍伐線的問題即可迎刃而解了。因為從太陽裏面密度極大的熱氣體中所射出的光，必先經過較疏較冷的氣體，方才達到地面，而比較冷氣體內，含有各種原質，因此產生太陽光譜中的暗線。

有了這個理論以後，太陽的神秘，逐漸洩露了！我們的工作，祇是在實驗室裏面，用各種化學原質產生光譜，將其中的輝線和太陽光譜中的暗綫相比較，這樣一來，雖是足不出戶，我們也能知道九千三百萬哩外的太陽氣層中所有各種原質了，近代分光鏡的研究，顯示太陽光譜中的黑綫。多過一萬條。

近代的實驗，又發現光譜綫的數目，地位和強度，與其溫度，壓力，電和磁的情形，都有密切關係。所以這個分光鏡是更加神通廣大了，牠不但能告訴我們太陽中包含的原質，並且又可使我們知道太陽上面的溫度，壓力，電和磁的大概情形。

從分光鏡探測的結果，我們可以確定太陽上面的化學原質，是有九十二種裏的五十八種。至於其他的三十四種是否存在，我們還不敢斷定。天文學家相信即或是有，也不過是極小的數量，或者是埋藏在太陽的深處，不能在太陽光譜中顯出。除此以外，或者有幾樣我們不能探測的化學原質，因為牠那太陽光譜中的暗綫，不能滲透地球外的大氣層。現在我們知道太陽表面最豐富的原質，如依照牠們存在多寡的順序來排列，是鈣，鐵，氫，鈉，鎳，鎂，鈷，矽，鋁和鈦。

太 陽 近 觀

我們現在可以看一看近代天文學所顯示的太陽。在這裏先有一句話奉告業餘天文家，就是在任何情況之下，不可以肉眼或普通遠鏡對牠凝視，否則強烈的日光可使人暫時瞽盲，惟有裝着合式深色或觀日目鏡的望遠鏡，方可作這種觀察呢！

太陽上最顯著的特徵，要算是「太陽黑子」了，這許多形式參差的黑子，都在太陽的表面上。從觀察黑子或用其他方法，我們都可以知道太陽繞軸自轉的方向，與鐘表中時針旋轉的方向相反，而與地球自轉的方向相同。但這裏忽有一個極令人驚異的現象，就是太陽赤道區域的旋轉比其他部分的快。赤道區域旋轉一週所需的時間，是我們的二四·六天，而在南北緯三十度處，每旋轉一週，需二五·八天，在南北緯六十度處，每旋轉一週，需三〇·九天，至於南北極區域旋轉一週的時間，則為三十四天，關於這些現象，現在還不能充分的解釋，不過我們可以斷定，整個的太陽全在氣體狀態之中，其內部必受鉅力的沸騰。

天文家為應付需要起見，特將太陽的各部，錫以嘉名。我們在望遠鏡中所看見的發光表面，同他上面的黑子及其他斑點，名叫「光球」(photosphere)，光球之上，是太陽大氣層(solar atmosphere)，其中包含發光而近透明的氣體。天文學家又劃分這太陽大氣層為兩部，較低的名「反變層」(reversing layer)；在上面的是「色球」(chromosphere)，包裹太陽氣層的是「日冕」(corona)，日冕的密度極小，平常不易看見。

我們平常所看見的，是光球，就是太陽的發光表面。光球與我們固體的地殼迥不相同，因為他是極厚而熱的「雲海」。說到這些在白熱溫度下的雲，真要令人咋舌不已，原來其中所包含的，並不是水蒸氣而是鐵。

銅，鎂，鈉及其他物質的蒸氣。這許多物質，我們在地球雖已司空見慣，但全是固體的，沒想到他們在太陽上面，便因高熱而變成氣體了。光球的密度極大，所以我們不能看到牠的深處。

試用一個小望遠鏡觀察光球，則我們可以看出牠表面並不平滑，光度也不均勻，且雜有斑點。便是一個中號望遠鏡所顯示的光球，也如同晶體鑲嵌在較暗的背景上面一般。已故的蘭格雷教授(Prof. Langley)曾作描寫，謂如「灰布上面的雪片」。這些雪片的形式大小不等，直徑自四百至六百哩，牠們不斷的變化，新陳代謝，永永不息。

在前面已經說過，太陽黑子是光球的特徵。牠們雖然是黑暗的，但這不過是被明亮的色球所掩蔽，其實一個太陽黑子的光度，比較人工所造最耀目的光，還強好多倍呢！

一個太陽黑子包含兩部，中心較暗的部分名叫「本影」(umbra)，周圍較亮的部分叫做「半影」(penumbra)。黑子的形狀，大小和構造，皆異常不規則，本影也不一定在半影的中心，也有幾個黑子同在一個半影裏面的。本影之大者，直徑達五萬哩，小者亦可五百哩。幾個黑子所共同的半影，直徑有時達十五萬哩。黑子之大者，用肉眼經暗玻璃即可瞥見，或不用暗玻璃而於薄雲蔽日時觀察，也能夠發現。中國古代有很多關於黑子的紀錄，大概全是從這種方法測來的。

太陽黑子並非太陽上面永久的特徵，因為牠們的壽命是很短的。其中四分之一，在二十四小時之內，顯滅一次，另外的四分之一，僅能存在三四天，較大黑子的壽命，雖然比較長些，亦不過數星期而已。

太陽上黑子的數量，也隨年而異，有一個循環的周期，大約每隔十一年，是這黑子數量顯現最多的時候。不過這個周期並非絕對規則的，

兩次顯現最多的間隔，短的僅七、三年，長的可至一七、一年。

還有一件趣事，就是當新周期開始的時候，黑子每在距太陽赤道較遠的地方發現，又當近太陽赤道發現黑子的時候，便是舊周期將終結的預兆。

太陽黑子周期的各種特性，及太陽各部旋轉的快慢，均是表面現象，由此天文學家便相信太陽裏面氣體的活動，必有周期，可是直到如今，還沒有恰當學說的解釋。

太陽氣層

自從分光鏡推衍到「太陽分光攝影儀」(spectroheliograph)，人類才能研究太陽的氣層，這是二十世紀的勝績。這儀器是威爾遜山觀象台 (Mt. Wilson Observatory) 的名譽台長海爾教授 (Prof. George Ellery Hale) 發明的，但是其中的原理，法國的德郎德勒(Deslandres) 也曾單獨的看到。

普通的照片，不能顯示太陽上部氣層的構造，因光球中射出的光度太强，色球中較暗氣體的內容，都被牠閃蓋了。

在分光攝影儀發明以前，人類祇可在全日蝕時候研究太陽的氣層。正當全日蝕前的一剎那，將分光鏡的焦點對準殘餘的太陽，我們可以得到大氣下層的光譜(即反變層)，其名爲「閃光光譜」(flash spectrum)，其中包含許多輝線，由此證明反變層裏實含着許多普通化學原質的蒸氣。這閃光光譜是已故的楊教授 (Prof. C.A. Young) 在一八七〇年觀察發現的。

正當全蝕的時候，月亮阻擋日光，則日冕可以現入眼簾了，但月球

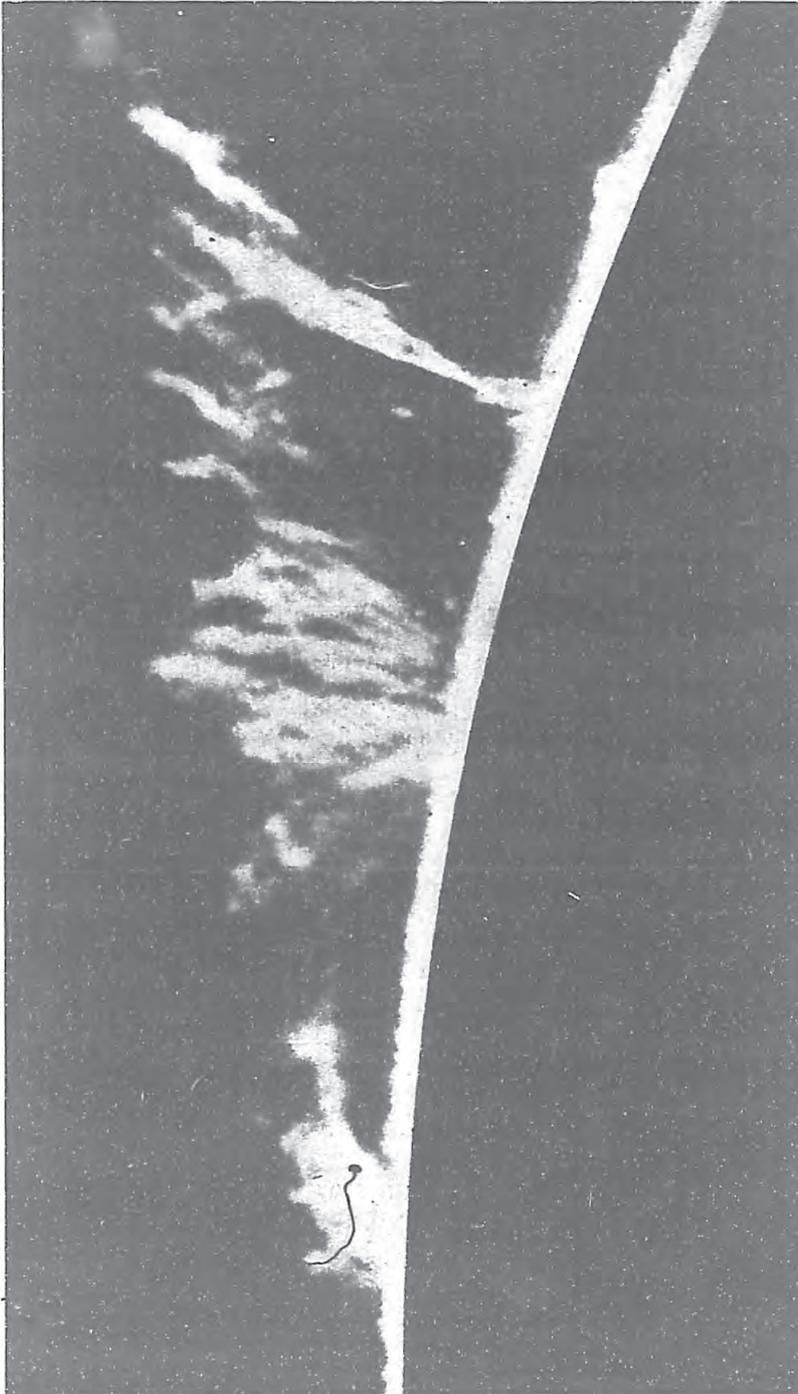
的邊緣，每有形狀不規則的紅色火焰射出，即所謂「日珥」(solar prominences)，乃太陽上部氣層(即色球)的伸展。在上述日珥現象發生的時候，實為肉眼可見到色球之一部的唯一時機。但天文家欲在任何時期觀察日珥，故有此太陽分光攝影儀之發明。

太陽分光攝影儀的基本構造，是一個凹鏡同一個分光鏡，在分光鏡的前面有一個幕。凹鏡的用途，就是將太陽的像聚於焦點，而使牠射於幕上。幕上有一條細隙，移幕的時候，細隙經過日像，太陽表面各部份的光，便可逐步穿過細隙而射入分光鏡。從鏡中出來的日光，再經過一幕，其中又有一隙，這隙所置的地位，恰能容一根法郎霍伐綫，太陽光譜的其他光綫，全被這第二幕擋住。正在這第二隙的後面，是一張照像底片，我們如將這張底片與第一幕的細隙，同時依規則移動，則底片上的印象，便是從「單根光譜線」的光所組成的。但光譜綫是用某一氣體的代表，由此照片便可知這氣體在太陽上面分佈的情形了。現在我們再揀一根因色球中氣體而發射的綫來觀察，自然色球上面的境況，又被人類探悉不少！

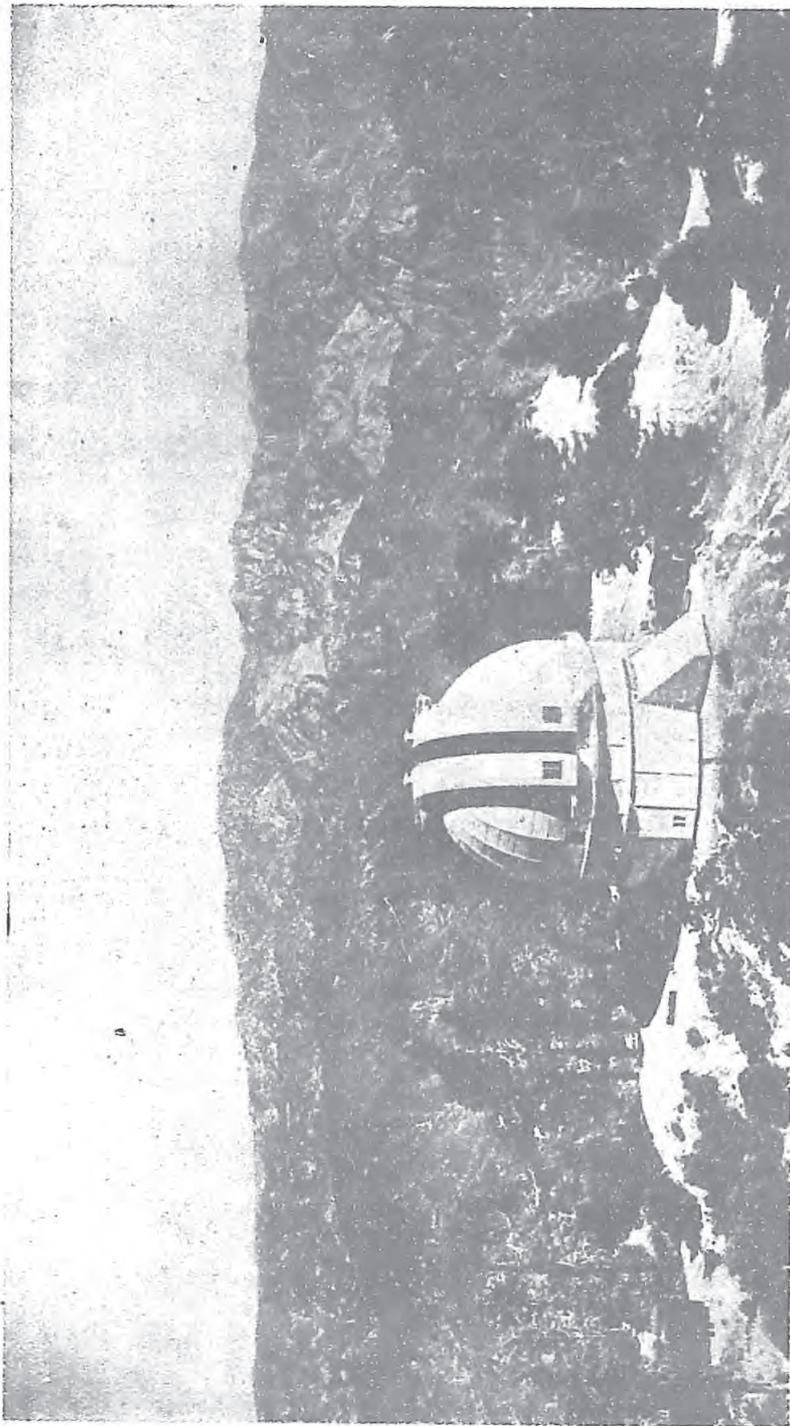
色球的最高峯，約距太陽表面八千哩。反變層則較淺，然亦深至五百哩。色球中的成分，最多的是氫，氦和已游子化的鈣蒸氣。色球之所以呈深紅色，即因有多量氫氣存在的緣故。

分光攝影儀所顯示的太陽氣層，呈連續式的劇烈渦動，與地球上的恬靜氣層，迥不相同。色球中的氣體，頗喜聚成一片，變為雲狀物體，即海爾所稱的「譜斑」(flocculi)。牠每聚於太陽黑子之旁，成為產生自普通望遠鏡中所能見的「光斑」(faculae)的因素。

再以分光攝影儀作進一步之研究，我們可以知道太陽黑子上面的色球，有如旋風似的狂吼。海爾曾說黑子是太陽大氣表面的大漩渦，頗



升高八萬哩的火焰
這照片指示從太陽表面升起的大火焰



科學的廟宇

站在這樣莊嚴山脈中間的威爾遜山觀象台，裏面藏着世界最大的望遠鏡。

似海洋中之水漩與沙漠中之沙洞。詳言之，黑子即太陽外部漏斗狀的「漩卷」(Vortex)，氣體從漏斗中疾趨而出，其途徑似漩渦，同時氣體因膨脹而冷卻，黑子比較太陽四周便顯得暗淡了。

海爾又費了許多光陰研究黑子，結果證明黑子是有極強的磁性。物理學家久已知道當強電磁置近光源的時候，在分光鏡中觀察因光源而生的光譜線，必因磁性的關係而分裂為二綫或多於二綫。這種現象，因係大科學家齊門(Zeeman)所發現，故名「齊門效應」(Zeeman effect)。

海爾用分光鏡觀察從太陽黑子射出的光，發現牠也顯示齊門效應，因此他斷定每個黑子是一個磁石。

太陽黑子的磁性，也可以證明黑子是氣體漩渦的學說。我們都知道太陽表面的大部分氣體，皆因高溫度而在遊子化或電子化的境況之下。假如這種物質圍繞着圓圈旋轉起來，結果必與電流通過線圈所生的效應相同，磁場因而成立。

黑子對於地球也發生相當的影響。當牠們極大而極活躍的時候，地球每有極強的「北極光」(aurora borealis)出現。「磁暴」(Magnetic Storms) 擾亂磁針，因而使電報綫路紊亂，也可同時發生。但此似非黑子磁性的直接關係，而是黑子附近光斑「輻射」的影響。

暴風和雨，與黑子似無甚關係可言。

日珥從前祇可就日蝕的時候觀察，但自有太陽分光攝影儀以後，我們便能隨時研究了。牠們是從色球噴出氣體的焰舌，其中氫為主要成分，經過這番觀察後，知道這種日珥可分兩種。一為「寧靜式」，能保持形狀至數日之久，然後膨起升高至七萬或八萬哩，其速度則每秒鐘達二百五十哩。另一種為「爆發式」，類似火山爆發的形狀，這種爆發現象，似與

太陽黑子有關，或係黑子「能量」(energy) 鬆弛之故。其中常有很重的化學原質，因受巨大的能量，以致迸裂而發光。

海爾教授近來又改良太陽分光攝影儀成爲「太陽分光儀」(spectroheliograph)。這種分光儀可用肉眼觀察，無須假助照片，因此我們能隨時測看黑子和日珥之劇烈和驚奇的變化。

最後我們說到圍繞太陽的銀暈，即日冕。日冕僅能在全日蝕的時候觀察，否則必被太陽的強光掩蔽不顯。關於日冕的詳情，尙未能知曉，祇能假定牠包含極薄的氣體罷了。因光譜中有幾種光綫尙無確名，有人假設一原子名「氦」(coronium)的來代表牠。但是在今天又有人說氦是一種已知物質，不過是存在特別境况之下而已。

爲什麼太陽是一切熱度和能量的來源呢？這真是一個極有興趣的問題。關於這點，愛丁頓教授的學說最令人滿意，他說在太陽的中心，有「電子」(electrons)和「質子」(protons)，這許多電子和質子，是一切物質的基本單位，牠們互相碰撞無時或已，所有的物質因此消滅，便變成能量了。

太陽所輻射的能量，真是遠出乎我們的理想以外。整個的地球，僅能接受其全部的二萬萬分之一，而地球表面每平方碼所收受的能量，已經達到一個半「馬力」了。

將來總有一天，世界煤炭的供給斷絕了，到那時人類祇好從日光直接取熱能來享受。現在已經有人努力於此項研究，利用凹鏡集中日光，燃燒蒸氣機裏面的鍋爐。不過成績最佳者，其「效率」還不過百分之三而已。

人類時時刻刻的進步，將來或有一日，將現在視爲無用的沙漠，一

變而爲工業的中心，亦未可知，到那時日光爲一切能力的來源，人類當更臻文明了。

第四章

日 月 蝕

宇宙間的事變，像日蝕這樣含有戲劇風味，能夠感動人的，實在沒有多少。在這個時候，月亮和太陽是劇中的主角，而我們所見的地球和天空，便是舞台。

已故的洛凱兒（Sir Norman Lockyer）曾經說過：

『當日蝕的時候，我們看見新的天堂了。我們好像是在一個充滿了嚴肅景象和奇異感覺的世界裏，而這個世界，全被靜寂和淒涼籠罩住了。人類固然靜默，鳥獸也停止了呼叫，風雲驟變，顯出難以形容的色彩。至於海呢？牠麻木的，變成了慘淡的紅色』。

在文化萌芽的時代，日蝕和月蝕全是先民所最震駭的事情。他們都相信這是戰爭和瘟疫降臨的預兆，甚而至於說是世界的末日來臨。古代車爾第（Chaldea）研究天文學的牧師，雖然知道預測日月蝕的方法，但是那時候的人民，依然懷着恐怖的心思。

翻開中國的古史，可以查出日月蝕的最早記錄。夏書胤征篇謂當仲康之世，羲和廢厥職，酒荒於厥邑，胤后承王命徂征而告於有衆，說他們兩個人沈亂於酒，以至於『辰弗集於房』。照中國學者的注釋，乃因日月會次不相和輯而掩蝕於房宿，羲和沈湎於酒，若無聞知，所以胤后奉王命去征討他們。這次掩蝕發生的時間，已不可考，不過對於古代天文學很有研究的福塞林韓教授（Prof. J. K. Fotheringham），說是在紀元前一九五二年。

巴比倫自紀元前七四七年奈崩奈撒大帝 (King Nabonassar) 臨御時起,就有關於日月蝕的日期記載。這種記錄,非常名貴,不但有功於天文學家,而對於歷史上的計算時日,也大有裨益。

古代有一次著名的日蝕,發見於紀元前五八五年五月二十八日。據史學家西洛都特斯(Herodotus)的記載,那時有兩個將軍,米德(Medes)和李德揚(Lydians),正窮兵黷武,戰爭酣烈,後來看見這日蝕,以為是上天震怒的現象,就立刻宣告休戰議和。

在一五〇四年三月一日發見的月蝕,曾經救過哥倫布(Christopher Columbus)的性命。當那個時候,他正在吉美卡島(Island of Jamaica),島上的土人拒絕供給他和同伴的食物,所以他們簡直離餓死不遠了。哥倫布到這個時候,忽然想起月蝕將臨,於是給土人一個威嚇,說如果再不送食物來的話,他便要將月亮從天上摘掉。果然不出哥倫布的預料,歷時未久,月亮竟不知何處去了。島人驚訝之餘,遂請哥倫布將月亮再送回天上去,而允許他一切食物的請求。

日月蝕是地球和月亮同時運行的結果。地球圍繞着太陽旋轉,相隔九千三百萬哩,月亮圍繞着地球旋轉,相隔二十四萬哩。當這三個星球落在一條直線的時候,遂有虧蝕的發見。假如月亮在地球與太陽的中間,這便是日蝕,假如月亮在地球的那一面,這便是月蝕。

當月亮在地球與太陽中間的時候,這是新月。如果牠轉到地球的那一面,這便是滿月。所以日蝕僅能在新月的時候發見,而月蝕也祇可以在滿月的時候發見。

我們到這個時候,必定要發生一個疑問,就是為什麼當新月的時候,並不準定有日蝕,而在滿月的時候,也不準定有月蝕呢?假如地球圍

繞太陽旋轉的軌道，與月亮圍繞地球的軌道，兩個平面正好符合的話，這是當然的事情。但實際並非如此，月亮與地球軌道的平面，傾斜五度之多。這兩個軌道彼此相交的兩點 就叫做『交點』(nodes)。月亮圍繞地球一周，需時約二十七天零八小時，但因同時地球圍繞着太陽旋轉的緣故，所以兩新月或兩滿月之間，相隔約為二十九天半有零。這樣一來，在兩個繼續着的新月或滿月的時候，月亮在牠軌道上的地位，絕然不同，而虧蝕的發見，除非是當新月或滿月的時候，月亮正落在交點上，或與這交點很相接近，就別無良機。

地球在空間所投的陰影為圓錐形，長約八十五萬九千哩。在月亮的地位，這影的直徑約有五千七百哩。平常在滿月的時候，月亮從影的上面或下面經過，所以我們一定能夠看見整個的月亮。但是如果月亮走近牠軌道上兩個交點之一的地方，必定要鑽進影子裏面，月蝕便發見了。假如整個月亮浸入地球的影子裏面，這便是『全蝕』，假如牠僅有一部分浸入影子裏面，這便是『偏蝕』。

月蝕真是一個極有趣味的景象。當初蝕時，月亮的東邊是漸次暗淡而隱沒，月亮逐漸浸入地球陰影裏，其被掩的表面，也慢慢的擴大，移時又見浸在地球影裏的部分，並非是完全不明顯，仍舊發出一種細弱的光。全蝕以後，牠所發之光是黯紅色的，這時候的月亮，發生『地球反映』(earth-shine)，因為日光經過包圍地球的大氣層，而『折射』到地球陰裏的月亮上。至於牠為什麼是紅色的呢？這與黃昏時候的太陽變成紅色，是同樣的理由，就是地球面上的大氣，能分散藍色和綠色而讓紅色穿透的緣故。當月蝕快要終了的時候，月亮便慢慢走出地球的陰影。這月蝕所經過的時間，自始至終，大約是四小時。

至於全蝕所需的時間，即月亮整個浸入地球陰影裏的時間，大約要二小時。

日蝕的發見，是在月亮走到地球與太陽中間的時候，這話在前面已經說過了。月亮的形體較小，牠所投的圓錐形陰影，平均長度祇有二十三萬二千一百哩，比較地球與月亮中間的平均距離為短，因此不能到達地面。在這種情形之下，必定要發見一種『環蝕』(annular eclipse)。在這環蝕的時候，我們所能夠看見的，是一圈金色燦爛的日光，圍繞着月亮陰影的邊緣。

但是月亮的軌道是橢圓形的，所以地球與月亮中間的距離，有時較平均數為短。假如在這個時候發見日蝕，固然是全蝕，但是祇有置身於月影當中的觀眾才能夠看見。月影的寬度，隨着地球與牠中間的距離而異。最寬的時候可以到一百六十七哩，最狹的時候，還不到一哩。所以這全蝕的時間常覺着很短，約自數秒鐘至八分鐘不等。

每當一次日蝕，月影所及之地，恆與前次不同。有一個通例，是地球上的任何一點，每隔三百六十年方才可以看見全蝕一次。日蝕的重要部分往往落在太平洋或大西洋中；再不然就在人跡罕到的小島上，或其他地方，故專作此項研究的天文家，差不多全是地球上周遊不息的旅行家。力克觀象台(Lick Observatory)的甘拜耳教授(Prof. W. W. Campbell)是加里佛尼亞大學的名譽校長，曾遍歷全球觀察日蝕。在一九一四那年，他遠遊到西伯利亞(Siberia)北部，正逢着大戰爆發，不得已放棄望遠鏡而返家。他雖然不憚跋涉數萬里而作日蝕之觀察，但是在他眼簾中所見的全蝕，相加起來，也不過半小時而已。此外還有許多觀察日蝕的專家，如密起爾教授(Prof. S. A. Mitchell)，也是

有同樣的經驗。

一切自然界現象之最偉大最驚奇者，全日蝕要算其中之一。我們但見如同圓盤一般的月亮，漸漸將太陽吞滅。當太陽僅餘如鐮刀之一彎時，地面上的景色與平時迥然不同，且呈恐怖狀態。這是因為太陽邊際的光，不但昏暗，而且色素也有差別的緣故。全蝕以前的兩三分鐘，月影自西掃過地面，迅速異常，移時陽光隱沒，天空便如黑夜一般的昏暗，比較明亮些的星光也露出來了。圍繞着月球邊緣的，是一圈紅光，這就是太陽的色球。在色球外面的，是如同吐舌的深紅色大火焰，這就是日珥。除此之外，我們還可見一個銀色的光圈，圍繞着色球，這就是日冕。

日蝕對於天文家，其關係之重要，厥有數端。如知道日蝕的實在時間與月影的確定痕跡，便可以校準月亮運行的學說。又關於日冕的照相和分光鏡的觀察，祇能夠在全蝕的時候得到。除此以外，我們如欲得日珥的直接照相與太陽大氣之反變層的分光鏡觀察，也僅能在全蝕的機會行之。

近幾年來，愛因斯坦學說（Einstein Theory）盛行，因之日蝕對於科學家，是更加重要了。這學說由來已久，從前已有許多科學家知道但因一九一九年那一次的日蝕發見，方才被世人公認。原來在那年以前，愛因斯坦教授（Prof. Albert Einstein）發表過一篇預測，說當日蝕時所攝的照片，其中羣星的位置，必有移動，與平時的不同。果然一九一九年的日蝕，證實了他的預測。這種現象，是『相對論』（Theory of Relativity）的當然結果，因為光線經過像太陽這樣大的物體，必生折射。自從那一年以後，天文學家每當全日蝕的時候，便繼續着試驗這移動位置的奇蹟。

一年之中所發生的虧蝕，至少是兩次日蝕。最多是七次，內五次日蝕和兩次月蝕，或是四次日蝕和三次月蝕。通常每年有四次的虧蝕。

古代的車爾第人，發見虧蝕的週期，是十八年零十一日。所以譬如今天有一次虧蝕，則下次的同樣虧蝕必定要等到十八年零十一日以後。車爾第人將這個週期叫做『沙羅周期』(Saros)。每個周期內，當發見日蝕七十一一次。

一九二五年一月間的日蝕，月影適經過美國，並且包含着紐約城。所以那一次看見日蝕的人數，在世界歷史上可以算得最多的了！

第五章

太陽系

在上古時代，人類以遊牧爲生，當長夜漫漫，株守山麓的時候，因爲過於寂寥的緣故，便以研究天體作消遣。所以在有史以前，他們已經發見在天空的衆星當中，有許多光耀奪目的，並不像一般的星，佇立不動。

希臘人於是將這些行動的星體叫做行星，原文planet 就是『流浪者』的意思。又因爲太陽和月亮看起來也在羣星中移動，故將牠們也歸入行星之內。總之在上古時代，人類全以爲地球是宇宙的中心，那時的行星共有七個，就是太陽，月亮，水星，金星，火星，木星和土星。可是降至近世，我們已將太陽和月亮從這裏面剔出，而加入地球及古人所不知道的天王星，海王星和冥王星。

假如有一個人，他不能夠認識天空中明顯的行星，並且也不能夠看出牠們的行動，這真太辜負造物的盛意了！反之，他如能夠指出皎白的金星與木星，微赤的火星和莊嚴的土星，他便立刻感到宇宙的友誼，因此觀察到每月的變化，而增加他對於宇宙的認識和欣賞。

雖然有幾顆行星是比所有的恆星明亮，但是無論如何，牠們全是不能發光的物體，僅能反照日光而已。綜計行星九顆和已知的衛星二十六顆，還有一千顆以上的小行星（或一顆行星的破碎殘餘），連同很多的彗星流星，牠們組成了太陽的一族，所以叫做『太陽系』。

上古時代的希臘，已有行星圍繞太陽旋轉的學說，但是直至一五四三年哥白尼發表天空球體的旋轉（De Revolutionibus）一書以後，方

被人確信。

至一六〇九年，刻白爾切實描寫行星的運動，他說行星的軌道，是橢圓形的，又指出許多關於行星活動極有趣味的事實，後世便將這學說叫做刻白爾定律。

但是爲什麼行星能夠依着規則，繞日旋轉呢？這問題許久沒有人解釋。後來到一六八七那一年，有位大發明家牛頓發表格物原理 (Principia) 這本書，於是一切難題都迎刃而解了。格物原理後來被人尊爲『人類思想的偉大結晶品』，可想見牠的價值了！牛頓死後，葬在威士明士特寺 (Westminster Abbey) 墓誌銘寫着『吾人不勝慶幸，蓋世間曾有如此偉大的人物。』

牛頓以一六四二年的聖誕節，降生於林肯州 (Lincolnshire)。未出世前，他的父親就與世長辭了，十五歲的時候，他的叔父叫他棄學就農，但是後來覺着稼穡非其所長，於是又把他送進學校，升入劍橋大學。歷時不久，他對於數學一科，就高出儕輩。當他二十一歲的時候，數學裏面已有他不少的供獻了。

一六六五年，英倫大疫，劍橋大學也因而停閉。牛頓遂遄返林肯州屋爾掃浦 (Woolsthorpe) 的家中。翌年，他看見蘋果從樹上落地，悟到使行星在軌道上面繞日旋轉的力量，與使蘋果落在地上的力量是一樣的——牠們都是引力。於是開始計算月亮的旋轉，是否由於地心引力。不料他所得的答案是相反的，牛頓大失所望。因爲那時所根據的月亮與地球間之距離，實在有誤，牛頓還不知道。後來他也沒有別的辦法，祇好將這問題暫予擱置，但是經過十六年以後，他終於得着了安慰。

自經一六七二年法國人畢卡 (Picard) 的計算，確定這地球大小以

後，人類纔能夠求出精確的月亮與地球間之距離。當這個消息傳到牛頓的耳鼓以後，關於地心引力的計算，遂如死灰復燃一般，又在這位大數學家的腦海裏盤旋起來了。他繼續着努力的結果，就是格物原理這本書的問世。

牛頓將兩年的光陰，完全供獻給這種計算。他這時終日沈思，廢寢忘餐。每日早起，衣着未竟，即在牀邊瞑目思索，至午餐時依然不倦，連飢餓也不知道，有時饋之以食，方才略有所進，但是事後竟不知所食為何物。

後來格物原理的首卷完成了，他并不即刻付印，却全鎖在書桌裏面，因為他以前曾經印行過一種關於光學的著作，引起了不少的攻擊，使他很不適意，所以這次他決意將格物原理鎖在書桌裏，等他身後再給人研究。

在一六八三年，關於引力這問題，又入其他博學者玄想之中。倫敦皇家學會（Royal Society）開會的時候，著名建築師佛阮（Christopher Wren），發見哈雷彗星（Halley's Comet）的哈雷（Edmund Halley）同物理學家荷克（Robert Hooke）談論及此，阮建築師懸獎，問他倆能否證明『行星的軌道是橢圓形』，但是都不能答。翌年八月，哈雷到劍橋大學去探訪牛頓，問他能否作出這個問題的答案，沒有想到牛頓第一句話便是『我早已做好在這裏了』，使得哈雷驚訝不已。牛頓就尋覓這著作，但是一時找不着，後來方才將這答案和格物原理的巨帙寄給哈雷。哈雷趕緊奔到皇家學會去報告，經過公評，領到獎金，然後徵得牛頓的同意而將格物原理付印。

這偉大的格物原理於是乎出而問世了，我們的文明真欠着哈雷一

筆債，因為他不但發現這本書，並且還辦理印刷事宜，甚而至於自己掏出錢來補助一部份的費用。

我們試回憶一九一九年愛因斯坦學說所引起的反應，則當了解一六八七年牛頓格物原理所發生的波瀾。牛頓就是一六八七年的愛因斯坦，不過在歷史上面說起來，應該稱愛因斯坦是一九一九年的牛頓。

最初，世界上完全了解牛頓學說的人，為數寥寥無幾。即如在一九一九這一年，據說全世界祇有十二個人能夠完全了解愛因斯坦。所以在那個時候，世界上真能領悟牛頓學說的人，恐怕也祇有十二個而已。

牛頓所發表的『萬有引力定律』(Law of Universal Gravitation)是說宇宙間各物體之質點互相吸引，其引力與物體質量之乘積成正比，而與物體間距離之自乘成反例。

牛頓說明刻白爾所規定關於行星運動的定律，是萬有引力的自然結果。他又照數理演算出，行星不得不循着軌道，圍繞着太陽旋轉。最後他還證明太陽的質量，可以從任何行星的速度，和牠與太陽間的距離來計算。而同一理由，行星的質量，也可以從觀察牠的衛星所得的記錄而計算出來。

牛頓的供獻，真是重要極了，他那格物原理出版的時候，簡直如同杲杲出日光燄萬丈。不過他向來是異常謙恭的，有一次說道，『我不知道世人對於我的工作有什麼感想，但是我自己總覺着是一個在海濱嬉戲的幼童。在這裏得到些比較光滑的卵石，在那邊又找着些異常彩色的甲殼。至於浩如淵海的真理，我對他還是很茫然呢！』

歐洲有一組很著名的數學天文學家，於是繼續着牛頓的工作向前進行。如極負盛名的法國拉伯拉斯(Marquis Pierre Simon Laplace)

和拉格郎(Lagrange)都是其中的份子。

行 星

我們現在不妨將太陽系裏面的『行星』(planets)考察一下。天文家把牠們分成數組，距離太陽最近的四個，因為地球也在其中，便叫做『類地行星』(terrestrial planets)其次的四個，叫做『大行星』(major planets)至於一九三〇年新發見的冥王星，因為牠的特點很多，則獨佔一組。有許天文家說冥王星是將要發見的第三組行星中之第一個。

類地行星包括水星，金星，地球和火星。大行星就是木星，土星，天王星和海王星，冥王星現在自成一組。

在火星和木星的中間，有極廣闊的天界，本可有一個行星的，却發見了許多小的行星。這極小的星體，為數約一千顆，好像是一個破碎行星的燼餘。普林斯敦(Princeton)的羅素教授(Prof. Henry Norris Russell)說牠們代表一個『創造時候就分散』的行星。

關於這許多行星的數學記錄，見附錄第一表。

水 星

『水星』(Mercury)距離太陽最近，所以常被強烈的日光掩沒；因此有許多人終身未能一見。當日落黃昏一小時以內，牠偶或在西方的天空低處發見。還有在旭日將升的時候，也能夠就東方的天空尋着。星體最微，直徑約三千一百哩。牠與太陽中間的平均距離是三千五百九十五萬哩。

因為水星是距太陽最近的行星，所以每單位面積所受的光線和熱

度，較之任何其他行星為強。其繞日旋轉的速度，也比較其他行星為大。牠的軌道極其平扁，是行星中間最小的。

望遠鏡所顯示的水星，上面有若干濃黑的斑紋，但是詳細的情形，頗不容易查考，因為照定例，觀察這個行星必需在白晝的緣故。這水星圍繞太陽旋轉一週，其所需的時間，是八十八天。牠繞軸自轉的時間，因為難以觀察故無所知。但是多數天文家相信牠因為臨近太陽的緣故，自轉一週也需八十八天，所以牠永遠祇有一面向着太陽，與月亮總祇有一面向着地球一樣。

威爾遜山觀象台裏的潘鐵(Pettit) 和尼古耳生(Nicholson)，曾經用裝設在望遠鏡上面的電溫度計，衡量水星表面的溫度，牠指着攝氏表三百五十度。我們都知道鉛在這種溫度之下就會鎔化，所以水星上面絕對不會有生物存在。

有時候水星轉過太陽與我們的中間，可以看見牠是一個行動頗慢的小黑點，在日光中漸次移動。這種現象，叫做『凌日』(transit)，在一九三七年與一九四〇年，將發見於歐洲。至於美國人，如要看下一次的水星凌日，須待至一九五三年的十一月十四日。水星至今還沒有已經知道的衛星。

金星

日落後的黃昏，在天空最美麗的物體，除去月亮以外便要算『金星』(Venus)了。牠是天空中最顯明的星體，發射燦爛皎潔的光，有時在天高月黑的夜裏，牠的光輝，足以在地面上投影。

當金星在西方的時候，俗名叫做『昏星』(evening star)，牠是衝

破日落黃昏的第一聲。暮色漸深，而金星光芒萬丈，如同夜明珠然，引人凝思。當牠在東方的時候，又叫做『晨星』(morning star)，因為牠出現在破曉之前，等到日出以後，方才被強光掩沒。

這早晚出現的金星，希臘人誤認為二，前者命名『啓明』(phosphorus)，後者命名『長庚』(Hesperus)，到後來皮撒哥拉首先發見真象，方才合而為一。

金星的直徑是七千七百哩。牠與太陽間的平均距離是六千七百十七萬哩。

因為金星的大小，約與地球相等，並且有許多相同之處，所以天文家有時叫牠做地球的姊妹星，除去月亮和偶然遇着的彗星，及幾顆小行星以外，金星要算距離地球最近。因此牠所反照的光，有時候最強。當牠距離地球最近的時候，相隔約二千六百萬哩。

但是金星對於我們仍然是一個神秘的行星，牠表面上的一切，仍舊是不很明瞭。望遠鏡中所顯示者，是皓白光滑的平面，偶而有壽命不長的斑點發見。現在的天文家，都相信他們所看見的，是環繞着金星稠密的雲霧。至於黑色的斑點，不過是雲霧稀薄的地方而已。

望遠鏡又顯示在我們所相信的雲霧上面，有多量的大氣。但是聖約翰 (St. John) 和尼古耳生用分光鏡研究那上面氧氣和水蒸氣是否存在，結果不得要領。究竟這兩種氣體是否在雲霧的下面呢，似乎很不容易斷定。

電溫度計所指示金星的溫度，是攝氏表冰點以下二十五度。這是雲霧層外面的溫度，至於星體表面的溫度，未必即是此數。在這種境况之下，我們應該記着，距地面幾哩的大氣，也是遠在零度以下。

金星圍繞太陽旋轉一週，需時二百二十五日，牠繞軸自轉一週的時間，因為牠的表面上沒有斑紋可以認定，所以我們不得而知，也許要經過我們的好幾天。

關於金星上有無生物這問題，曾引起不少極有興趣的猜測。羅素說雲霧下面有氧和水蒸氣，還有適宜的溫度，是頗可能的事。尼古耳生揣想金星上有生物存在的可能性較之火星為大。

金星有時也和水星一樣轉過地球與太陽的中間，造成凌日的現象，不過金星的凌日，極其罕見。從前曾經在一八八二年十二月六日發見，下一次的，則須待至二〇〇四年的六月八日。

牠沒有已經知道的衛星。

地 球

假如太陽系裏面其他任何行星有生物居住，那末在他們的眼光之中，地球也是一粒發光的星，與我們看其他的行星一樣。他們還可以看見月亮也是一顆較小的星，圍繞着地球不停的旋轉。

天文家相信其他的行星上面，欲探知人類在地球上面的活動，是極難的事，但是從外表的變形而知道地球上有雲，從顏色的更換而顯示冬天的白雪夏天的綠葉，用電溫度計可以探測溫度，用分光鏡觀察可以發見氧和水蒸氣，那末他們間接揣度地球上或有生物存在，亦頗可能。當我們考量其他任何行星有無生物居住的時候，這是很值得記着的。

設若月亮上面也有居民，那末他們所看見的地球，要比我們看見的月亮，龐大數倍。月亮上面的居民，很容易劃分出地球上面的大陸和海

洋來，雖然有時候須透穿密雲。這大西洋和太平洋反照的日光，是地球的特徵。

火 星

『火星』(Mars)反射微紅的光。每在黃昏時節，靠着金星近旁，炎紅與皓白爭輝，真是最美麗的點綴！

地球與火星間的距離，年年不同，所以火星的形狀也隨之而異。大約每隔二十六個月，就有一次距離地球最近。那時宛如一盞紅燈，在天空中高照。羅馬人崇為戰神，就因這光燄如炬的緣故。上古人民以星光的強度，隨着週期增加，是戰爭或災難的先兆，雖降至中古時期，這種迷信還未嘗減退。

火星的直徑，是四千二百十五哩。約當地球的一半。牠與太陽間的平均距離，是一萬四千一百五十萬哩。

用一個普通的望遠鏡，就容易看見火星表面的斑紋，所以牠的旋轉時間，不難由觀察而得，且可斷定準確。牠繞軸自轉一週，需二十四小時，三十七分又二十二秒半，牠的一晝夜雖然比地球的長得有限，但是牠的一年約當地球的兩年，因為牠圍繞太陽旋轉一週，需要六百八十七天。

火星上面是否有居民呢？這個問題已經討論得很久。在望遠鏡中，我們可以看出牠有永久存在的斑紋。這種斑紋時常變形，與季候變化的象徵相合。星體顯示赤色或橙色，而這些斑紋，則顯示藍灰色。牠的兩極，好像覆有白色之冠，名曰『極冠』(polar cap.)，其大小也隨着季候而起變化。至於偶然存在的斑紋，例如因雲而發生的，則幾乎完全沒有。

火星的兩半球，各有一極。當甲半球正在隆冬，極冠澎漲的時候，那乙半球似盛暑，極冠剛巧收縮。所以有人認為這白色之極冠當是積雪，因氣候變化或凍或熔的緣故。至於春夏明顯而秋冬隱沒的黯藍灰色斑紋，則又似植物的盛衰。

火星表面最顯著的特色，叫做『運河』(Canals)，是意大利天文家西巴利里(Schiaparelli)在一八七七年發見。他說這運河縱橫在火星的微赤部份，方向無定。後來他又作觀察，宣布牠們裏面也有兩條並列的。

關於火星表面的一切真象，現在已經知道了不少。但是各觀察者對於他的本性，意見很不一致。例如羅威耳(Percival Lowell)曾經畫過一個網形圖，其中運河當有四百條以上。與羅威耳齊名的巴那德(Barnard)，則堅稱沒有確定的網形圖可以試繪。現在的天文學界中，巴那德的學說似乎比較普遍，因為星上的佳境祇有在順遂的觀察之一剎那間，能夠窺見。所以照像也無從解決這個問題。

火星也有大氣層，不過沒有地球面上那樣稠密。據亞當斯(Adams)和聖約翰(St. John)的分光鏡觀察，說是裏面有氧和水蒸氣存在。電溫度計有時顯示極高的溫度，正午時候赤道的溫度，可升至華氏表約五十度。至於在夜裏的溫度，必降至零度以下。

多數天文家相信火星上有植物存在，那晦暗的斑紋，就是草木蕃衍之區，至於微赤的部分，或者是沙漠。這裏面較細的條紋——運河——也許是沿岸有植物的水道。羅素常說火星上有動物居住，也有可能，不過沒有直接的證據贊同或否認他的見解罷了。

火星有兩個衛星，體積極微，用大望遠鏡觀察，方才可以看見。牠

們全是霍而(Hall)在一八七七年所發見的。在外邊的那個叫做第母摩斯(Deimos)，直徑約五哩，在裏面的那個叫做福波斯(Phobos)，直徑約十哩。

小 行 星

關於這種『小行星』(Asteroids)有一段小史，是『天空偵查隊』的故事，也就是追尋一個失迷行星的經過，其所得到的結果，頗足驚人。

在一八〇〇年，德國哥特(Gotha)地方天文台台長封查哈(Baron Franz Von Zach)，組織天空偵查隊，包羅二十四個當代極負盛名的天文學家。至於封查哈的目的，是要將火星與木星中間廣闊的天空裏一個行星搜索出來。這行星的大概位置，是從『波特定律』(Bode's law)推出。什麼叫做波德定律呢？那是一個數學公式，聯結太陽和各行星中間距離的關係。

他們工作了一年，一點結果也沒有。但至一八〇一年一月一日的夜裏，或者說是十九世紀第一夜，在西西里巴里姆(Palermo, Sicily)的意大利天文學家批亞節(Guiseppe Piazzi)，就在這個空間裏發見一個極小的行星，遂用島上女神的名字西耳(Ceres)稱之。各天文家對於那小的星體，驚訝不已。但是此後又有許多怪事，出乎他們意料之外，因為這個空間裏的第二個行星，在一八〇二年發見，第三個行星，在一八〇四年發見，第四個又在一八〇七年發見了。直到一八四五年，天文家所知道的小行星，祇有這四個。但是從那年以後，竟繼續搜羅到一千個左右。

這種小行星，很容易發見，但也很容易失蹤。有時且以已知者為未

知。天文家於是在柏林組織一個『註冊機關』(Recheninstitute)，假如有新的小行星發見，經過這機關審查而賜以號數。至於牠的名稱，發見者可以自由選擇，最初以鬼神或聖賢命名，後來又用發見者的籍貫朋友，和所入的校名，甚而至於將汽船和所愛的狗名，信手拈來就算星名。有一個比利時天文學家，曾為一個小行星命名叫做『胡佛利亞』(Hooveria)，來紀念世界大戰時候胡佛(Herbert Hoover)撫育比利時幼兒的功績。

小行星的形體，與大行星相較，簡直小得可憐。其中最大的『西耳』(Cere)，直徑也不過四百八十哩，至於小的，直徑往往不足十哩。有人稱牠們為『破碎之岩石』。最有趣味的小行星，要算是『愛神星』(Eros)，牠的直徑大約是十五哩，軌道的中心極偏，所以有時候除去月亮和偶然來臨的彗星以外，牠離地球最近，祇有一千三百八十四萬哩。

木星

『木星』(Jupitor)在太陽系裏面，形體最大，居長兄的地位。他的直徑八萬六千七百二十哩，約當地球直徑的十一倍。星光耀目，除去金星和距離地球最近時的火星以外，在天空中沒有比牠更亮的星。牠與太陽間的平均距離，是四萬八千三百二十萬哩。

木星圍繞太陽旋轉一週，需要一一·六八年。不過牠繞軸自轉的速度，則較其他行星為大，每轉一週，約需九小時五十五分。如用望遠鏡窺測木星，其表面的各部分，旋轉速度，迥不相同，因此天文家相信他們所看見的不是木星的表面，而是星體外面的稠密雲霧。這話很是合理，因為這星的兩極，扁平異常，在望遠鏡中，可以一目了然。

望遠鏡中所顯示的木星，真是美麗極了。牠的色彩，極其嬌艷，或紅或褐，而橄欖綠色，錯雜其間，到處可見。

木星的大部分斑紋，其狀如帶，濃淡相間，而與赤道成平行線。赤道帶光彩奪目，其色澤自蒼黃至深紅不等。緊靠着赤道的上下，則帶色較暗，其色帶自紅棕遞變至藍灰。這三條帶，總名叫做『回歸帶』(tropical belts)。除此以外，還有貫通南北的帶，帶的形狀，數目，顏色和寬度，都是年年更易，並不是永久不變的。至於小斑點同其他的標記，變得更快了，平常祇能略存幾個星期。

木星也有偶然長存的斑紋，能夠保留至數年之久。最著名的是一八七八年出現的『大紅斑』。據天文家計算的結果，牠的長度是三萬哩，寬度是七千哩，現在這原有紅斑雖已褪色，但是用很大的望遠鏡窺測，還能夠認得清楚。

木星的表面究竟是怎樣的呢？我們從這已往的觀察還難得到完善的結論。從前有人理想，牠的表面仍然是融解的液體，但是這學說到現在已經是不通用了，因為哥白蘭茲 (Coblentz) 和其他學者，用電溫度計測量的結果，已經知道他的溫度，是在攝氏表冰點以下一百四十度左右了。或者今日最適合的理想，是說木星有一個小的固體中心，外面被極稠密的氣體包圍。還有人認為這星體的表面，是被極厚的冰層覆蓋，而外面的雲霧也許含有凍着的氣體，如同二氧化碳之類。

木星現有九個已知的衛星，其中四個用小望遠鏡就可以看見。這四個中的三個，是比我們的月亮還大。

土 星

『土星』(Saturn) 在天空中反射黯黃色的光。古代的人以為許多行星的行動能夠影響到人事，而相信土星出現，是不祥的象徵。

土星比較木星略小，牠的直徑是七萬一千五百哩，牠與太陽間平均的距離是八萬八千五百九十萬哩。

在望遠鏡裏面，土星是太陽系中最堪驚奇的一個行星。牠與別的行星不同，因為外面有很大的『光環』圍繞着牠。這些光環，雖然用小的望遠鏡就可以看得見，但是牠的詳細情形，却非用精密的儀器來觀察不可。

土星也有帶狀的斑紋，與木星的差不多，不過不很顯明罷了。牠的赤道帶是明黃色的，而兩極區域則呈綠色。天文家相信這些斑紋，全是土星大氣層中的雲霧，也和木星的情形一樣。關於土星表面的真象，人類到現在還不很清楚，尚待繼續研究。

加里尼用他的第一個小望遠鏡觀察土星，覺得牠的形狀很是特別，不過光環的形狀沒有看出來，因為他的望遠鏡實在太簡陋了。我們現在都知道土星有三圈扁平的光環，一個一個套在赤道的同軌面外邊。最外面的那個，直徑是一萬七千一百萬哩。外環與中環間隔着的，是較暗的分界，這分界因為是噶西尼(Cassini)所發見，所以叫做『噶西尼環縫』(Cassini's division)。內環的色澤比較晦暗，名字叫做『暗環』(crepe ring)。

天文家現在都承認，這光環既不是固體也不是液體，乃是數萬個小衛星所組成。這些小衛星圍繞土星旋轉的時候，永遠保持着環的形式。至於這成環的主因，還是神秘之謎。

土星圍繞太陽旋轉一週，其所需的時間，是二九·四六年，牠繞軸

自轉一週的時間，僅需十小時十四分。牠有九個已經知道的衛星，最大的叫做『鐵丹』(Titan)，比我們的月亮稍大。

天 王 星

有一個喜歡測天的音樂家，曾因發見『天王星』(Uranus)而使全世界騷動。古代的人雖然全知道水星，火星，木星和土星，但是天王星，在一七八一年三月十三日這科學界的英雄沒有發見牠以前，却是無人知道。這位英雄就是侯失勒(William Herschel)，他的軼事，說起來很足以動人。

他生於德國的哈奴凡爾(Hanover)，他的父親是軍樂隊中的笛手。因為環境的關係，侯失勒十七歲的時候就在哈奴凡爾衛隊中當笛手。兩年以後，他從軍隊裏出奔到英國，初為音樂隊長，後又為風琴家。當閒暇的時候，他研究數學，光學，意大利和希臘文。後來他對於天文學忽然感到極濃厚的興趣，於是決意自己製造望遠鏡來觀察天空。因為他那時很窮，買不起現成的，據說當他磨治鏡片的時候，他的姊妹是他得力的助手，時常喂他食物，使他專心工作。後來他製成了一具世界上最大最精的望遠鏡，於是實行置身於他的偉大艱難計畫之中，而立志遍測天空。

一七八一年三月十三日，他發見天空中有一個物體，行狀與普通的星不同。起初以為是一個極遠的彗星，但是經過精密的計算以後，方才證明牠是一個行星，距離太陽約兩倍於土星。

這個偉大的發見，使侯失勒成名了！後來英王聘他做望遠鏡製造專家，同時又賜他勳爵。

天王星的直徑是三萬二千四百哩。牠與太陽間的平均距離是十七萬八千二百三十萬哩，牠圍繞太陽旋轉一週所需的時間，是八四·〇一年。

在大的望遠鏡裏面，可以看得出天王星是海綠色的。表面觀察毫無所得，因為牠的圓面是異常黑暗。天文家相信這行星與木星土星相像，所以也是一個類似的未決問題。天王星繞軸自轉一週，約需十小時。牠有四個已經知道的衛星，都是不很顯明，用極大的望遠鏡方才可以看出。

海 王 星

一七八一年天王星的發見，曾使天文界刺激了一次，但是到了一八四〇年，關於這個行星又引起波瀾來了，因為牠運行的路徑，與計算所得的軌道，並不符合。所以天文家相信太陽系裏面必定另外有一個未發現的行星，其引力能夠牽引這天王星，而這新行星的地位，是可以計算得來的。

兩個青年天文家，英國的亞當斯(John Couch Adams)和法國的勒威耶(Urbain Jean Joseph Leverrier)，素昧生平，不約而同的來解決此項問題。

亞當斯是劍橋的畢業生，對於數學一科，最負盛譽。他完成了計算以後，將其結果於一八四五年的十月二十一日交與格林威奇觀象台(Greenwich Observatory)。但是那裏的天文家，不知道爲了什麼，竟將搜求行星這件事情擱置起來。

翌年，勒威耶完成計算而公佈於世，並將觀察這新行星的部位，函

告柏林觀象台 (Berlin Observatory) 台長蓋爾博士 (Dr. Johann Galle)。蓋爾得到新星象圖的啓示，遂於一八四六年九月二十三日，發見了這個行星。

英國天文界的泰斗愛萊 (George Airy) 剛巧也將亞當斯的計算發表，因此引起發見權的爭執，英法兩國簡直劍拔弩張，如同仇敵一般，甚而至於還有人說這是英國故意設計，攘奪法國的榮譽。不過亞當斯和勒威耶都拒絕加入爭論，最後大家採納一個天文家的意見，說這是『兩國共有的光榮』，這場風波終算平息，而這個新行星就得了『海王星』 (Neptune) 的名稱。

海王星的直徑是三萬一千哩。牠與太陽間的平均距離是二十七萬九千二百七十萬哩，約三十倍於地球與太陽間的平均距離。牠圍繞太陽旋轉一轉，需要一六四·七八年。至於牠繞軸自轉一週所需的時間，因為距離我們太遠，望遠鏡中看不見牠的表面斑紋，所以還不知道。牠有一個已經知道的衛星。

冥 王 星

海王星雖然能夠使天王星不依規則而運行，但是天王星並非完全受其影響，因此許多天文家相信在海王星外面，還有一個行星，也是屬於太陽系的。法國著名天文家法拉瑪利翁 (Camille Flammarion) 從研究彗星和流星羣所得的結果，也提倡此說。

二十世紀初葉，兩個美國天文家，畢加林教授 (Prof. W. H. Pickering) 和羅威耳教授 (Prof. Percival Lowell) 開始進行這個『外海行星』 (Trans-Neptunian planet) 的計算。

一九三〇年三月十三日，羅威耳觀象台台長斯力佛爾博士（Dr. V.M. Slipher）宣布天文學家已經發現了這個新行星，就在海王星外面，適如羅威耳所預言。他們起初將牠叫做『羅威耳氏X行星』（Lowell's "Planet X"），後來又核定為『冥王星』（Pluto），據說含有兩層意義：第一，冥王是神話中寫遠黑暗地獄的神道，而這個行星正好在太陽的極邊。第二，星的英文名字是 Pluto，前面兩個字母是羅威耳姓名的縮寫。

冥王星的實在直徑尙未知曉，牠比火星好像大些，也許與地球的大小差不多。牠的軌道，在許多行星中間，算是最扁平的，這軌道與其他行星軌道的平面相交，有顯著的角度。牠與太陽間的平均距離，大約是三十七萬萬哩，但因軌道過於偏心的原故，牠與太陽中間的距離並不一定，相差可至一百八十萬哩。最近的時候，比海王星稍近一點，最遠的時候，牠與太陽中間的距離是四十六萬萬哩。

許多天文家相信冥王星是外海行星之第一個，亦即組成太陽系第三組行星的一份子。

第六章

彗星與流星

彗星

自有史以來，人類迷信神權，每以彗星爲災禍之源，所以總覺着牠是最可怕的東西。一九一〇年，中國村民燃放爆竹，希望驅除哈雷彗星。在美國地方，也有許多人相信一八一二年出現的彗星，是那年戰爭的先聲，而一八五八年出現的杜納提彗星（Donati's comet）是南北戰爭的預兆。

古代人民對於彗星的性質，幾乎完全誤解。亞立斯多德以爲彗星是地球的爆發物，在上層大氣裏燃燒。那時還有天文家，相信彗星是有作用的動物，在空間游泳，與海洋裏的魚類一樣。甚至有過分的描寫，謂彗星般紅似血，狀若人掌，握着發出火燄來的寶刀，常在中古時期的記載中見到。

在未發明望遠鏡的時候，人類祇可以看見極大的彗星。一六〇〇年以前，彗星的記錄僅有四百個。但是從那年以後，人類所見彗星的數量，每一年隨着望遠鏡的進步而增加。所以一六〇〇年以後，已有五百個彗星登記入冊。平均每一年約有五個彗星發見，不過在一九二五那一年，天文家曾經尋出十一個。大多數的彗星，都是黯淡無光，用大的望遠鏡觀察，方才可以看見。

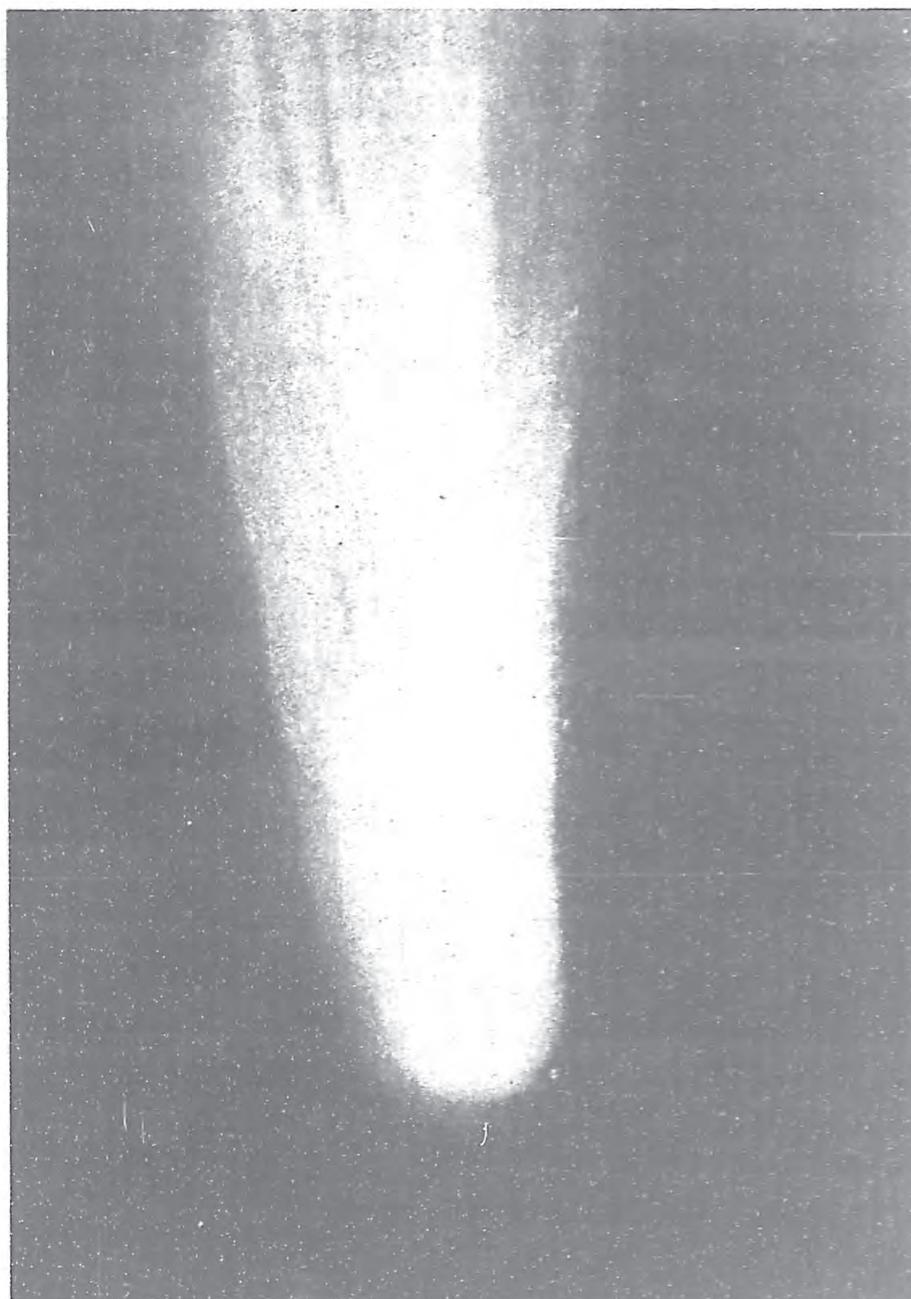
我們如果備有望遠鏡，可以揀一個彗星觀察一下。起初牠是一粒星



10,000,000 哩的長尾巴

當巴那德在一九〇八年十一月十六日攝得此像的時候慕爾好施

Morehouse彗星有這樣長的一個尾巴



將在一九八五年再臨

哈雷彗星的頭，此像攝於一九一〇年五月五日在這彗星最後光臨的時候

光，微帶毛刺之狀。當牠漸漸走近太陽的時候，這毛刺的鋒芒更逐漸顯露出來，此後星尾慢慢的展開，同時頭部漸漸縮小。距離太陽愈近，尾部也愈增長，尾之方向，恆與日背馳，所以當牠離開太陽的時候，尾梢在前，至相隔漸遠，尾乃漸暗，終至隱沒。

彗星的頭分爲兩部，其具體而微的發光部分，適當中心，名字叫做『核』，圍繞這核的是如同毛刺一般的物體，名字叫做『髮』。

彗星的體積頗足駭人聽聞。彗髮的直徑通常自三萬哩至十五萬哩不等。有時更大的彗髮，直徑可達一百萬哩。不過核的直徑比較小些，很少有過五百哩的。牠的最大部分是尾，長度自五百萬至一萬萬哩不等。

彗星的體積雖然很大，但牠所包含的物質却是極少，這是一件很顯著的事，因為當牠走近較大的行星時，牠的軌道每受行星引力的牽曳，而發生巨大的曲折。

天文家都相信彗星的核不是堅實的固體，乃是塵埃和氣體的混合物，含有與卵石等大的物體，或有稍大的石塊混在裏面，也未可知。彗髮所包含的，更是極稀薄的氣體和極微小的塵埃，所以我們的視線，仍能經過彗髮而矚及天空的星，並且星的光度也不因阻礙而稍減。

彗星的尾部則含更稀薄的物質。便是所謂真空管裏面的真空，其每立方英寸裏面所包含的氣體分子，恐怕比彗星尾部所包含的還要多些，從尾的動態觀察，天文家決定牠所含的，是受日光壓力而自彗星頭部射出來的氣體。其狀如同機車煙囪裏面噴出來的煙。當機車正在鋼軌上駛行的時候，煙是連續着的。但連續得愈來愈長，後面的煙也繼續不斷的消散在空氣裏了。所以那彗星的尾部，既然是從牠頭部射出來的氣體物質，也有這同樣情形，是繼續不斷的在天空中消散。

尾的動態，殊覺奇特。有時能分裂為二或發生爆炸。形狀變化極速，常有片形之物，自尾部分散而遊離空中。還有一樣，當彗星走近太陽的時候，牠的尾部忽發展而成兩尾或三尾，也不是希罕的事。

關於彗星的光，我們相信一部分是反照的日光，一部分是受日光影響的『磷光』。

有一個時候，人類相信彗星是從『恆星空間』（Stellar Space）外面鑽進太陽系的，但是現在彗星屬太陽系這件事，已經是可信的了。有一個學說，謂彗星是當太陽系成立未久之時，自太陽或較大的行星裏迸出來的小塊物質所組成。還有一個學說，謂彗星乃是一種小塊物質，約在一千萬年以前，太陽系經過『星雲』（nebula）的時候，俘獲來的。不過無論如何，按照我們的估計，太陽系裏面至少當有彗星一百萬個。

有許多彗星，在極大的軌道上面運行，所以隔幾千年才使人類看見一次。但也有不少的彗星，軌道較小，每隔週期而出現一次。其間最著名者，為英個天文界泰斗哈雷所發現之哈雷彗星（Halley's Comet），是一個極明亮的彗星。在一六八二年出現後，哈雷乃與他的老友牛頓根據格物原理裏面的定律來計算牠的軌道。哈雷後來又計算前曾出現比較明亮的彗星軌道。在極驚奇之下，查悉這一六八二年的彗星，與在一五三一年和一六〇七年的彗星三個軌道，完全相合。所以他斷定這三次的彗星，實在是一個彗星，每隔七十五年才出現一次。他又預測這彗星將在一七五八年來臨，後來也成了事實。哈雷沒有親眼看見他的彗星回來，因為在十七年以前，他已與世長辭了。一七五八那一年最初看見這彗星的人，是一個愛好天文的農夫薩克桑泥（Saxony），適當耶穌聖誕節的前夜。自從一七五八年以後，哈雷彗星曾在一八三五年和一

九一〇年出現，並且將在一九八五年再臨。

有一羣彗星，爲數約三十六，名叫木星族，據說牠們是被木星引來的。牠們距離木星極近，因受木星引力的牽引，所以牠們的軌道，變成極小的橢圓形，一端在太陽附近，另一端則鄰近木星的軌道。這羣彗星出現的週期，自三年至八年不等。因爲繼續不斷的行近太陽與行星，牠們好像是漸漸的破裂而在空中消散，所以每次來臨，總比前次暗弱些。

其中的一個叫做皮拉彗星（ Biela's Comet ），出現於一七七二年，一八〇六年，一八二六年同一八三二年。但在一八四六年再臨的時候，我們見牠已經分裂爲二。在一八五二年，那兩半還可以看得見，但是從那年以後，天空便再也尋不着皮拉彗星了。還有一個叫泰納彗星（ Taylor's Comet ），在一九一六年也分裂爲二。

流 星

世人全親眼看見過流星。古代迷信神權者說：如果當看見流星的時候發了一個志願，則將來必有實現的一日，但這並不是僅有的錯誤傳說。第二個是說流星乃極稀罕的物體，第三個是說流星爲恆星。

其實我們在一點鐘以內，總可以看見流星四五個以至七八個。至於月暗夜裏，每小時可以發見十六個。這二十四小時以內，落入地球氣層裏的流星，何止數百萬！

流星并非星體，不過是小塊的物體而已。大多數的流星，其大還不及一粒沙土。太陽系裏面，顯然包含着數萬萬個這種小塊的物體，小的如同沙粒，大的也不過數噸重量而已。牠們常被人叫做『宇宙的廢屑』，

或係當經過星雲時，被太陽系所網羅來的，也許是行星構成後餘剩的殘片。有一個學說，謂行星乃自太陽牽曳而出的物體，假如這個學說是不錯的，那末流星也是同時從太陽迸出的物體。

這種小塊物體，不到地球附近，我們是看不見的。當牠鑽進地球氣層的時候，阻力使牠發熱，熱到能使牠熔解化成氣體的程。我們所見的星，就是這種小物體破壞時發生白熱蒸氣的行踪。天文家將這種星叫做『流星』(meteors)。

隕石

偶然有一個大的流星闖入地球氣層，因為大氣的磨擦力，不能將牠整個消滅，祇有幾塊物質落在地面上，這物質塊便叫做『隕石』(meteorite)。

隕石對於我們，簡直重要極了！因為牠是地球與空間僅有的物質聯絡。其他的天體，我們祇可以從牠們發射的光來研究，但有隕石在手，我們便能加以化學分析了。

這種落在地面上的物體，有時是一塊，但常常是碎片。在一八六九年，落在普爾圖斯克(Pultusk) 的隕石，總計約有十萬之數，這裏面的大多數全是極小的碎片。

我們所知道的最大隕石，是海軍上將披萊(Admiral Peary) 在格林蘭(Greenland) 麥爾菲爾海灣(Melville Bay) 所發現的。牠的重量，約三十六噸半。

隕石可以分成三大類。第一種叫做石質隕石，中含純粹結晶體的暗黑重石。第二種叫做鐵質隕石，中含純粹的鐵，不過這種鐵質與地球上

的不同，牠的構造也顯露着結晶狀。此外還有一種隕石，是石與鐵的混合體。

在鄰近地亞卜羅峽谷（Canon Diablo）地方的亞利宗納（Arizona）沙漠，有一個極大的噴口，直徑約四千呎。這噴口周圍的壁，高出沙漠一百五十呎，但是中間則深陷數百呎。在牠附近的區域，曾有人發見隕石數千，並在噴口的壁裏，掘出許多破碎的鐵質隕石。

天文家相信，這噴口是千載以前，有一個極大隕石或許多隕石衝擊地面而成。

關於隕石故事裏面最有趣的一頁，要算西伯利亞隕石（Siberian fall），有史以來，推為巨擘。事在一九〇八年七月三十日發生於西伯利亞鐵路（Trans-Siberian Railway）旁之一村，約距泰歇（Taishet）北五百哩。

這新聞在西伯利亞的荒涼區域裏傳播得很慢，一直到一九一四年，俄國各大城市才得着充分的報告，並且加以相當注意。但是因為歐戰爆發，也沒有功夫顧及。至一九二七年，蘇俄政府始派考察團研究這事，在顧力克教授（Prof. Leonide A. Kulik）指導之下進行。他們得到的結果，真是驚人極了！

顧力克教授發見許多隕石，撞擊地面，鑿成二百多個陷坑，其中有直徑超過七十五呎者。圍繞這個區域的十五哩以內，好像全被一個極大的火把燒成焦土，再過二十哩以內，樹根都從地下拔起並向外指，他相信正當猛擊的時候，空氣自其中突出，遂將樹根掀拔。他又估計這次落下的隕石，總重達四萬噸。

假如這樣多的隕石是落在一個大城市裏面，則能否有人逃過此劫，

實屬疑問。

流 星 雨

『流星雨』(Meteoric Shower) 偶然出現的時候, 整個的天空是滿佈着流星。這種流星雨也有按年出現的, 因此天文家相信空中必定有許多成羣的流星, 循着一定的軌道圍繞太陽旋轉, 當地球割截這種軌道的時候, 流星雨就要出現。

許多流星羣, 必定是已經崩潰的彗星。譬如仙女座『流星羣』(Andromedes) 的軌道, 就與皮拉彗星相同。那皮拉彗星在一八四六年分裂為二, 一八五二年之後, 就失蹤了。

黃 道 光

在天氣晴朗的月暗夜裏, 正當黃昏以後, 我們可以看見西方有極弱的一線之光, 牠的起點就在太陽沒落的地方。天文學家將牠叫做『黃道光』(zodiacal light)。

天文學家深信這條暗光, 是包圍太陽, 形似透鏡的稀薄氣體, 反照着日光的結果。

總 結

我們在觀察衆『恆星宇宙』(Stellar Universe) 以前, 可以先將太陽系的組織, 就已經知道的, 作一總結如下:

太陽

行星九個

衛星二十六個

小行星約一千個

彗星約一百萬個

流星數萬萬萬個

發射黃道光物質

第七章

恆星

澄清無月的夜裏，空中顯示着宇宙的偉大，在那茫茫無際的天界裏面，星光燦爛，有熟稔者，有微小者，各色俱備，真是洋洋大觀。但是除此以外，那更引人凝思的，要算『銀河』(Milky Way)了。衆星爲屏，環拱天際，密爾頓(Milton)形容得好，說牠是一條平坦大道，以金爲塵埃，羣星爲鋪料。

我們仰望羣星的奇觀，當可了解牠們對於人生影響的重大。我們很容易明瞭牠們，爲什麼使古代的遊牧人民，惑於邪說，將他們君主或英雄的事績附會到上面去。我們還可以明瞭爲什麼住在沙漠裏的亞拉伯人，會將最耀目的恆星，錫以嘉名。酋長伊爾德林(Ilderim)在棕樹園裏向賓漢(Ben Hur)說的話，可以概括其餘。他道，『我們亞拉伯人對於星的依賴，你是不能想像得到的。我們借用牠們的名義，非常知感，故報之以愛。』

美國大詩人和哲學家愛默生(Ralph Waldo Emerson)曾經注意到一件事，他說假如有一個人，我們祇許他在一生中看星一次，那末他必定要費數年光陰，作此次奇異觀察的準備，他必定還願意知道那星座的形式和較亮的星名。他所預備的愈充分，在這一次的奇觀裏面，其收穫也愈多。

但是因爲美麗的天象，時常在沒有雲的夜裏顯露，所以我們反而把牠忘了。我們在一生中讓城市裏的燈光壓倒那天空的星光，真是太辜

負自然之美了！天文家所知道的星，是越來越多，但是普通人所知道的，反比二千年前的遊牧人還少，這真是現代生活中的啞謎！天空的知識並不難得到，何以不使人生更為有趣呢？

在澄清無月的夜裏，天空佈滿了星。詩人說星是恆河沙數，但這也不過是一種詩話而已。因為我們乍然一看，雖然覺着無可細數，但天文家是不難一一點名的。在南北兩半球裏，肉眼能夠看見的恆星，約有六千顆，而在望遠鏡裏面觀察，牠們的數目便大大的增加。加里尼的第一個小望遠鏡，能顯示五十萬顆的恆星。至今日威爾遜山觀象台的一百吋大望遠鏡，可以搜羅出二十萬萬顆來。從這些事實看來，似乎詩人所說的話，並非全是無稽之談，因為二十萬萬這數字，實在大得不可捉摸！但是天文家從各方面觀察，仍舊斷定銀河系裏的星是有限的，並且不能超過四百萬萬顆。

恆星距離地球極遠，便是最大的望遠鏡，亦不過能顯示一粒光點而已。牛頓是第一個注意衆星距離的人，但是他也不能估量到那樣遠遠的程度。我們的太陽系，在宇宙裏面，簡直如同海洋裏面的小島一般！距離地球最近的恆星，在南半球可以看見，叫做「半人馬座」 α 星（Alpha Centauri）的，已經是比太陽遠了二十七萬二千倍。牠與我們地球中間的距離是二十五萬萬萬哩。

這種數字實在太大，到了使我們不能想像的地步。也許我們用些關於光線的事實，可以使這樣的距離容易了解一些。光的速度是每秒鐘走十八萬六千哩，換句話說，就是牠能在一秒鐘以內，圍繞地球赤道七週。日光射到地球，需時八分二十秒，在一年裏面，一縷光線可以經過六萬萬萬哩。照這樣算來，距離地球最近的半人馬座 α 星今天所發的光，要隔

四年四個月以後，才能射到地球來！

天文家將光線在一年中所經過的距離，叫做一『光年』，故半人馬座 α 星是距地球四又三分之一光年。其他的恆星，有離我們十光年遠的，還有離我們一百光年遠的。我們肉眼所能看見的星，有大半全在四百光年以外。銀河裏面離我們最遠的星，是十萬光年。

關於這類事實，真是遠出乎我們的理想以外。假如有一個人在夜裏到庭院裏去看星，達到眼裏的某條光線，也許是當華盛頓(George Washington)經過德拉威耳(Delaware)的時候所發的。另外一顆星上發出的光線，也許是當都德帝(King Tut)統治埃及的時候起程的。從第三顆星上發出的光線，也許是恐龍(dinosaur)爭霸的時候就已經在途中了。

平常的人，做夢也想不到恆星離地球有多少遠近，便是科學家告訴他們，也不會深信。誠然，這種事實的確是天文家的技能與天才的勝利。單說這理論雖然很簡單，但是實行起來却是困難極了。這裏面所用的方法，與測量大地所用的相同，叫做『三角測量法』。測量家要測一條河的寬度，他必定先沿河作一基線，譬如說是一百呎長，再在基線的兩端，用『經緯儀』去看對岸的某物體，這樣一來，他有了一個已經知道兩角夾一邊的三角形，就可以照三角法，算出這三角形的高度，其結果就是河的寬度。

天文家測量月亮與地球間的距離，也用同樣的方法。譬如在芝加哥(Chicago)與紐約的兩個觀象台，同時用望遠鏡指着月亮，那末這兩個天文台間的距離就變成前面說過的基線了。用這個方法雖然可以測量月亮，但是用來測量太陽却是不行，因為在這基線和太陽與地球間的距離相比較，實在太小，所求出來的結果，絕對不會準確。但是我們如果能

夠知道太陽系中的任何一個距離，其他就完全可以計算出來。小行星『愛神星』(Eros)距離地球最近的時候，大約是一千六百萬哩，我們從這個數字，即可計算太陽與地球間的距離。

祇要知道了地球與太陽間的距離，我們便可以用地球軌道的直徑當基線來量星與地球間的距離。我們可以在一月的時候，用望遠鏡觀察恆星一次，再在六月的時候觀察牠一次。

我們都知道，從行駛的火車裏面，觀看路旁的樹和遠處的山，如以山為觀看的指定背景，則樹的地位好像移動了。現在假設地球是火車，近星是樹，大羣的遠星是山。因為地球的移動，所以我們如果將遠星作為指定的背景，便發見近星的地位也移動了。從這種移動，星的距離便可以計算出來。天文家有一個專門名詞叫做『視差』(parallax)，就是一種角度，等於每隔六個月觀察一次所移地位的半數，所以星的視差，就是在地球和太陽上分別看那星時，所移動地位的數量。

賽甫萊(Harlow Shapley)曾經舉過一個例證，在這裏面任何人可以了解視差的意義。試以鉛筆一枝放在距離身體約一臂的地方，緊閉着一隻眼睛，而且同時固定着肩部，將頭左右搖動。那末當頭自左至右移動的時候，如以對面牆壁為固定的背景，則鉛筆的移動看起來是自右至左的。

因為有這種移動，所以在一月和六月裏的觀測，所用望遠鏡的角度，是不相同的，因此星的角度移動就很容易算出。我們在前面不是已經說過牠是等於兩倍星的視差嗎。既然有了地球軌道的直徑當作基線，那麼星的距離，可算出了。

但是最近星的視差，也是極小的角，所以這個方法，祇用於測量近

星的距離。在前二十年以內，天文學家已經算出了二千顆星與我們地球間的距離。從這種知識，遠星的距離，也可以得到合理的估計。

試一瞥天空的羣星，則其光亮強弱大相懸殊，有極明亮的，有暗淡得幾乎不能分辨的。古代的人曾經想出一種方法來規定星的等級，現在的天文家，將牠稍加改善，仍然沿用。最明亮的叫做『一等星』，用肉眼分辨出來最暗淡的叫做『六等星』，其餘的星，全分配在這裏面。現在的天文家，又將在望遠鏡裏面所能看見的恆星，依照前面的制度分成等級。威爾遜山觀象台現有一百吋大的望遠鏡，所照出來的恆星，光度最細弱者，屬於第二十一等。

天空中有一等星二十二顆，詳見附錄第二表。二等星約有六十顆。較暗等級的星，其數目之增加，異常迅速。三等和四等星，當以百計，而五等和六等星，當以千計。至於十一等星的數目，那就非用百萬，不能代表牠們的數目了！

我們將各等星的數目加以比較，便可以看出牠們的增加率是漸次減小的。前六等星，每等的數目比前一等的大約多出三倍的樣子，但是到比較暗淡等級的時候，這倍數就漸次降低。例如第十六等星的數目比第十五等星的祇大兩倍。因為這個原故，天文家相信銀河裏面的恆星是有限制的，並且推測起來，不至於低到第三十等。

天文家現在仍舊沿用古代人所定星座的名字，不過他們以為星座是天空的某區域而不是單指這星的形體。至於古代人所定許多最明亮的星名，也依然採用。但天文家又習用希臘字母來代表星座裏面光度較強的星。例如最明亮的星叫做Alpha，其次者叫做Beta等等。至於其他千千萬萬暗淡的星，天文家僅以所編的號碼記之。

我們當澄清的夜裏，一抬頭便看見無數光度不同的星球，很不規則的團簇成若干星座，如果再詳細審察一下，便可以發見牠們不但是光度不同，而且色彩也各歧異。例如『天琴座』(Lyra)裏面最明亮的『Vega』是白色的，『獵戶座』(Orion)裏面的『Betelgeuse』，是微赤色的。在望遠鏡裏面，星的色彩更容易分辨，顯出牠們是按照次序排列着的，從紅色，經過橙黃，黃，白，藍白以至藍色。

恆星的光是牠們自己發射出來的，所以牠們的色澤和溫度必定有連帶關係。根據天文家的探討，這句話是並不錯誤。紅光星是紅熱的，白光星是白熱的，這件事實，是從分光鏡研究的結果而證明。除此以外，分光鏡還能使我們得到許多其他關於恆星的事實。

我們還記得第一個注意到太陽景裏面的黑線那個法郎霍伐嗎？他也曾將分光鏡安置在望遠鏡上面觀察過恆星。後來在一八六四年，有一個人名叫珊克(Father Secchi)根據分光鏡裏面的光譜，可以將恆星分為若干類。哈佛觀象台(Harvard Observatory)曾依這種光譜將二十五萬顆以上的恆星編成目錄，因為紀念首創此舉的人起見，就叫做德勒浦目錄(Henry Draper Catalogue)。牠的分類，係按照十種的光譜而定，與星的色彩相合，就是從藍或藍白色以至紅色依次排列，每類用一個字母代表，這次序是 O, B, A, F, G, K, M, N。O, B 兩類的星，是藍白色的，A類是白色的，F黃白色，G黃色，K橙黃色，M, N兩類紅色。此外還有一小部分的星，不能列入這個次序裏面，就分列在 R, S 兩類。

N類星的表面溫度，約當華氏表三千二百度。最熱的是O類星，牠們的表面溫度約當華氏表三萬五千度。我們太陽的表面溫度不過華氏表一萬度，因此牠是屬於G類的星。

用肉眼來測定恆星的光度，再加以星與地球間的距離，供給天文家一組記錄，從這裏面恆星的真實光度便可以斷定了。

我們平常看見一個明亮的星，總以為牠是一個光度極強的星了，其實不然，牠也許是因為很近而明亮的，也許是距離很遠而光度實在是極強的。反之，我們所看見暗淡的星，並不準定是光度細弱的，牠也許的確是一個近而且暗的星，但也許是一個極遠而很明亮的星。祇要我們能夠知道星與地球間的距離，就可以從觀察而得的光度，將牠的真實光度計算出來了。天文家用『絕對星等』(absolute magnitude)這個名詞，來指任何星體與地球相隔三二·三光年距離的光度。研究這一類學問的人，說宇宙裏面的恆星，光度參差不一，有僅能供給日光千分之五十的星，也有能供給比日光大四十萬倍的星。比太陽絕對星等大的星，固然不可勝數，但是比牠暗的星，却超過比牠亮的星，不知道多少倍呢！

當代極著名的天文家亨茲卜倫博士 (Dr. Ejnar Hertzsprung) 是第一個人發表星的直徑可以從牠的色彩或表面溫度和絕對星等算出來的人。在物理學裏面有一個定律，將熱體單位面積所發出的光和溫度關係銜接起來。從星的表面溫度知道牠每單位面積所射的光，從絕對星等又知道牠所發射出來光的全數。所以星的直徑便可以算出無疑了！通常小的星不過合太陽直徑三分之一，大的星却有時超過牠十倍。此外還有一種紅光星——即羅素所謂『特大者』(super-giants)——直徑約十二倍至四百八十倍於太陽。最大的那個叫做Antares，直徑達四萬一千五百萬英里。

雙 星

互相接近的雙星，我們用肉眼觀察，好像是一體，但望遠鏡中能顯示牠們的真象，實在應分爲兩顆而成『雙星』(binary)。除真的雙星以外，還有許多相隔極遠的兩顆星在一條視線裏面看起來，好像是很近的雙星。

自從加里尼製望遠鏡以後，關於星宿的破天荒發明就是雙星。在一六五〇年，利西立 (Jean Baptiste Riccioli) 用望遠鏡觀察『北斗』(Big Dipper) 杓的中間那顆Mizar，在極驚異之中，發見望遠鏡裏將牠分成爲兩顆星。

雙星自發見以來，數量激增，現在的天文學家，已有一萬五千對以上的記錄。我們肉眼所能看見的星，在九顆裏面必定有一顆是望遠鏡所能鑑別的雙星。如果將很相近的星加以研究，乃是發現雙星的捷徑，其所得的結果，大約在二十顆裏面有八顆是雙星。天文家因此斷定雙星是不足爲奇的，並且說銀河裏面的衆星，有三分之一是雙星。

有時雙星過於接近，雖用望遠鏡也無從辨明。但是從光譜的研究，天文家依然能將兩顆星分別清楚。

雙星代表一個真正的『吸引力系』(gravitational system)，兩個星體都繞一個引力中心而旋轉。其旋轉的週期，短者約八小時，長者達數千年。天文家以爲短週期的雙星，必定是表面互相接觸，至於長週期的雙星，當遠隔數萬萬萬哩。

因爲雙星循着軌道運行，確合引力定律，所以天文家能從而得着一組記錄，將所有星的質量算了出來。這種研究的結果，很是驚人，原來許多星的直徑，相差的倍數很大，而牠們的質量却沒有這樣大的差別。星的質量，小的約當太陽三分之一，而大的也不過超過太陽三倍而已。

太陽的質量，如以噸計，是一九八後面加二十六個『○』。

從這件事實，我們可以得到下面進一步的結論：小星的密度大，而大星的密度小。照計算的結果知道大星 Antares 所包含氣體的密度僅當我們呼吸的空氣的百分之一。

望遠鏡與分光鏡還能夠顯示『三星』(triple star) 或『四星』(quadruple star) 出來。有時候望遠鏡所顯示的是雙星，而用分光鏡看來，能將牠的每一部分再分成雙星。

變 星

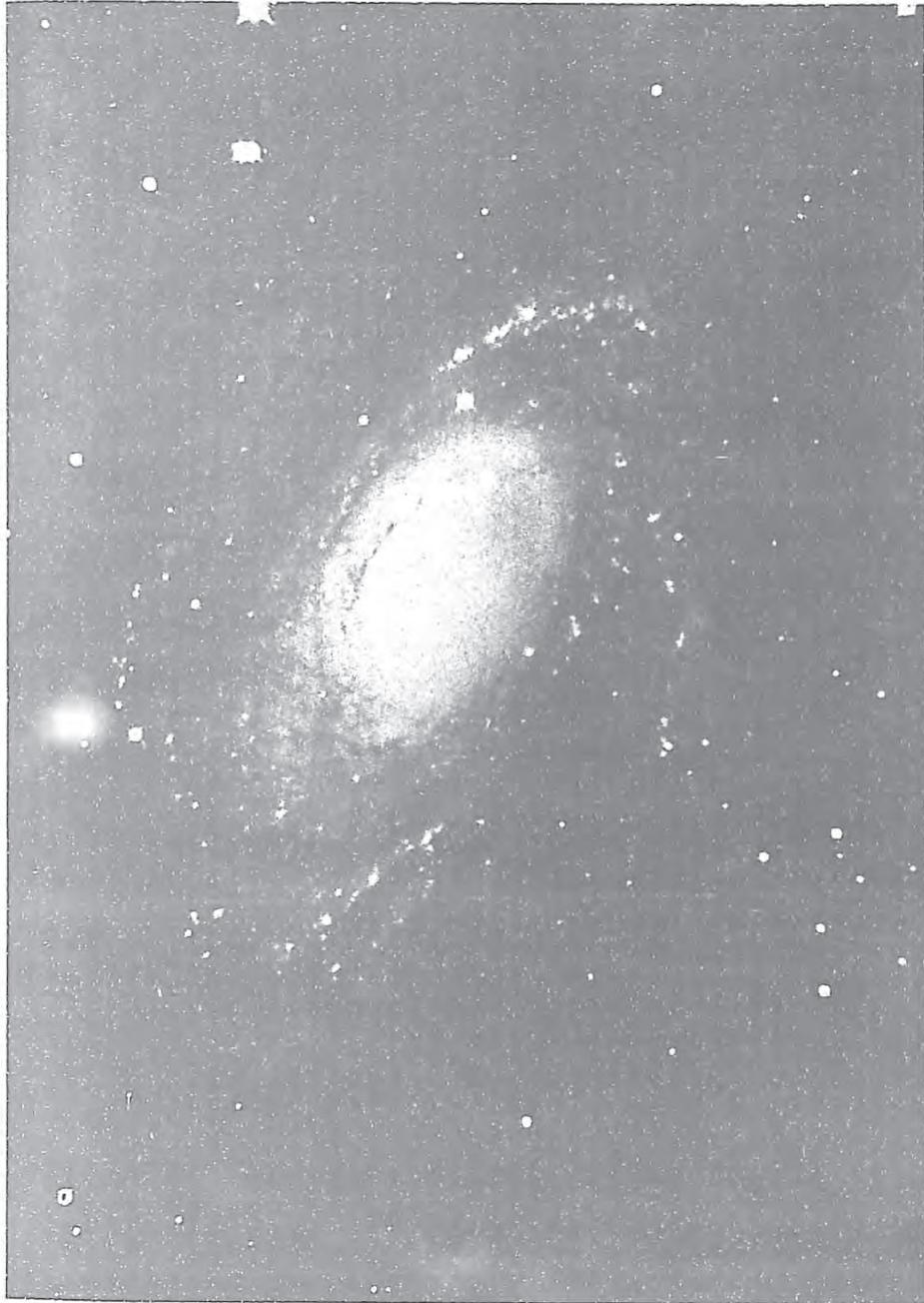
近代天文史上關於星的第一次發見，是知道天空中有『變星』(variable star) 存在。這是在望遠鏡沒有發明以前的事，亞拉伯人也曾注意到幾種變星。

一五九六年，荷蘭天文學家法卜利休 (David Fabricius)，發見鯨魚座 (Cetus) 裏面有一顆星，望之漸漸黯淡，終至隱沒，驚為奇事。他被這星的動態所迷惑，因命名為『米拉』(Mira)，就是靈怪的意義。

『米拉』是一個變星，因為光度時常發生變化的緣故。最明亮的時候，是列在三等星裏面，可是到最黯淡的時候，非用望遠鏡不能看見牠，祇能算九等星。

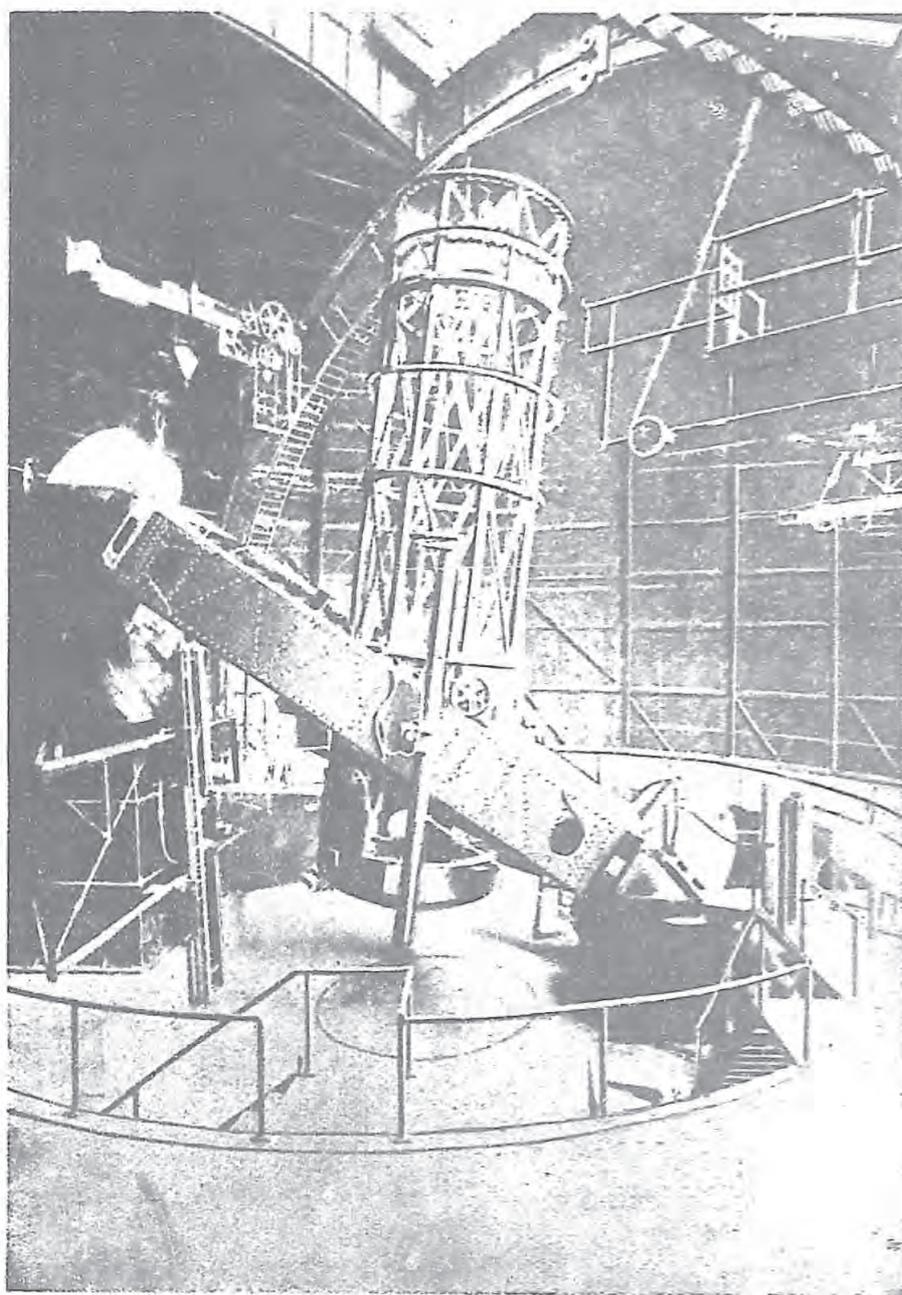
最初變星是發見得很慢的，當十八世紀末葉，人類所知道的還祇有一打之多，一旦照相術利用到天空以後，先後所得關於天空某一區域的照片，可以隨時比較，那變星的發見便容易得多了。現在已經有六千顆的記載，其中的四千顆，全是哈佛觀象台所發見的。

變星有三種：第一種實在並不是變星而是雙星，叫做『蝕變星』



羣星一束

在武仙座(Hercules)裏的球狀星羣裏面,約有十萬顆的星。



世界上最大的眼睛

威爾遜山一百吋望遠鏡，是世界上最大的，用牠能看到二十萬萬顆的星。

(eclipsing variables)。假如我們看見某一組的雙星，牠的軌道角度傾斜，使我們祇看見那軌道的邊，這樣的雙星，總有一個時候，其中的一顆經過另一顆的前面，將牠掩蝕起來，這就是蝕變星了。假如這兩顆星的光度相等，那末當掩蝕的時候，我們所能接受的光，祇及蝕前的一半。假如這兩個星的光度不等，則當暗的一顆掩蝕亮的一顆時，其光度的降落尤甚。人類所發見的第二組變星名叫『大陵變星』(Algol)者，就屬於這一類。現在已經知道的有二百組左右。

真的變星，視光度變化的時間，而有長期與短期的區別。短期變星現在叫做『造父變星』(Cepheids)，因為這一類星，第一個被人研究的是叫 Delta Cephei，就是『仙王座』(Cepheus)裏第四個光耀的星。牠們的週期，即自最明至最暗再回到最明的時間，很少超過二十日，大多數則在三日至七日之間。每一個造父變星有牠自己一定的週期，其光度的變化，有如鐘表計時一樣的準確。譬如仙王座第四星的週期，是五日八小時零四十七分。另一短週期變星名叫 Zeta Geminorum，就是雙子座裏一顆星，牠的週期是十日三小時零四十一分。

最近愛丁頓的數學研究，證實賽普萊的建議，說短期變星是『跳動的星』(pulsating stars)。漲完了縮，縮完了漲，沒有一刻停止的時候。關於這個學說，現在還沒有完善的解釋，但愛丁頓却敢說，這類的變星必定是在不平衡狀態之中。

勒菲特女士 (Miss Henrietta Leavitt) 曾經發見過一件關於短期變星極重要的事實，即牠的週期和絕對星等有密切的關係。賽普萊又費了許多時間研究這個關係，結果使牠成功了一種探測宇宙深度的利器，用了這種器具，則短期變星的距離，雖不能直接量取，而可以依法計

算出來，因為目力所看見的星光，很容易量出，絕對星等又可以從週期推算，從這兩項記錄，計算距離便是很可能的事情。

長期變星全是M類的大紅星。其大多數的週期，自二百五十日至三百三十日不等。牠們並不像短期變星那樣的有規則。天文家相信牠們也是漲縮相間的跳動星，同短期變星一樣的。

新 星

一五七二年，著名的天文家第谷白萊（Tycho Brahe）將很多的光陰，消磨在煉金術上，尋求點鐵成金的方法。他這時的生活，專對於各種事業遍加嘗試，曾調製一種享有專賣權的藥，保醫各種疾病。後來這藥在歐洲很是盛行。

正在這年的十一月十一日；有一件事情發生，引了第谷白萊重入天文界。靠他的驚人觀察，後來使刻白爾能夠建立了行星定律的基礎。這位名人的日記，有下列的一段記載：

『某晚當離去化學實驗室的時候，我極目天空，發見一件驚奇異常的事。原來在『仙后座』（Cassiopeia）的天空附近，出現了一個極顯明的恆星，光彩耀目，實是我從來所未見的。驚疑之下，幾乎以為自己神經錯亂了。但是後來將我實驗室裏面的助手全喚出來，他們都說看見那樣的星。我又問經過那地方的村民，他們也說不錯。』

天文家於是將這個怪星叫做『第谷新星』（Tycho's Nova）藉以紀念發見者的功績。這星的光度，當時繼續着增加，連最亮的金星都比不上。牠有時可使人在白晝裏看見，但是後來牠竟漸漸的暗淡下去，

等到一五七四年的三月，天空中便不見牠的影子了。

刻白爾又在一六〇四年注意到另一顆新星，結果這顆星便被人叫做『刻白爾新星』(Kepler's Nova)。我們肉眼所能看見的新星，似乎很是稀少，但是用望遠鏡，則每年總能夠顯示一個新星。望遠鏡的研究，又使我們知道新星這個名稱，很不恰當，因為新星實在是一顆暗星，不過驟然間增加牠的光度而已。

兩個極明亮的新星，在一九一八和一九二五年出現。一九一八那一年，『天鷹座』(Aquila)裏面的一個十等星，光度忽然增強，超過一等星，一九二五年五月，又有『繪架座』(Pictor)的一個暗星，忽臻一等星的光度。

所有的新星，有一點是相像的，牠們都突然間發射極明亮的光，後來又漸漸暗淡下去，回復牠的原狀態。這種變化，通常約經過一年的時間。不過話雖如此，各新星的動態，也有差得很遠的地方，因此天文家相信新星座產生的原因，不祇一端。

根據斯特萊頓(F.J.M. Stratton)的意見，有一種新星好像是鑽進了塵霧極厚的星雲裏面，因受摩擦而增加牠的光度。

不過大多數的新星，好像能自動爆炸，至於爆炸的原因，到現在還沒有人知曉。

恆星運動

我們現在都已經有了一種習慣，說恆星是靜止着不動的。但是這種觀念，實在是錯誤了。牛頓的朋友哈雷，就是那個發見哈雷彗星的天文家，第一個指出恆星也在運動，這是一七一八年的事。但是恆星距離地

球太遠了，所以牠們在天空的移動，很難被我們覺察出來。自有史以來，恆星的形式，還沒有什麼重大的變化，但估計二十五萬年以後，現在許多星座裏面所知道的星，恐怕是難以辨認了。

在分析「恆星運動」以前，我們必須將用星作背景的太陽，和整個太陽系的運動，先行測定。但是恆星各自有其駁雜的運動，所以要做這件事情，並不是很容易的。羅素曾說這種困難，如同夜間在一艘戰艦的司令台上，要想從其他行走戰艦上燈光的移動，來斷定牠自己的行動一般。

假如戰艦在同一方向進行，那末在這個戰艦看見另一戰艦上的燈光，好像固定着不動。假如牠們行動的方向立於相反地位，那末這所見燈光的移動，必定要比牠的真實速度來得大。試作星光研究，情形是相髣髴的。我們可以知道太陽的運行，是與「天琴座」(Lyra) 中亮星 (vega) 同一方向。至於牠的速度，大約是每秒鐘十二哩。但是我們要注意，現在所謂太陽的速度，是以近星相對而言的，還是免不了一層顧慮，就因為這許多星，連着太陽而言，牠們在空中進行的速度，或許比這個數字大，也是可能的事。

最近的研究，使我們知道天空中時常有成羣的恆星，其行動的時候，都有相同的速度和趨向。牠們是叫做「移動星團」(moving cluster)。如果這星團距離地球很遠，我們祇看見許多是團簇在一堆。但當牠們距離我們極近的時候，我們可以覺着這裏面的星，是分散得很為廣闊。

我們的太陽，好像也在這樣一個移動星團的中間，然牠並不是那裏面的一分子，不過這個星團中的許多，是散布在天空各處。這星團，就叫做「大熊座星團」(Ursa Major Cluster) 大約包含着恆星二十顆，「天狼星」(Sirius)，和北斗七星裏面的五顆都在其內。

從前曾經有人建議，說太陽也許是這種移動星羣的一分子。但經哈佛觀象台的萊騰(W.J. Luyten)加以精確的研究，證明這種學說，是無可憑藉的。祇有一顆第五等暗星，名叫 46 Tauri 就是在金牛座面裏的，其運行的方向和速度，似與太陽相同。

據荷蘭著名天文學家蓋浦探(J.C. Kapteyn)和其他的學者連續着研究，說最熱的B類星，有組成移動星團的特別趨勢。賽浦萊也說這種B類星，還有別類的星，其所造成的星團，好像是合集起來而成一種系統，這種星系，有時候叫做星雲。我們的太陽是處在這類星雲的中心，所以叫做『本星系』(local system)或稱『本星雲』(local cloud)。同樣的星團，組成這種星雲的，用望遠鏡可以在銀河裏面覓着。

蓋浦探將許多恆星的運動加以分析，指出天空中的星，大概是順着兩個方向運行，可以分為兩種『星流』(streams)。他求出這兩種星流的行動相交成六十度的角。後來賽浦萊和其他的天文家又研究了一番，於是斷定祇在本星系或本星雲裏面，才有這種星流現象。

球 狀 星 團

當大望遠鏡指着天空的時候，可以顯出成組的星團，散布在距離地球極遠的空中，這種星團和移動星團差不多，但是因為牠們與地球相隔得太遠的緣故，我們看這羣星好像是團簇在一堆裏。牠們名叫『疏散星團』(open clusters)，其中包含的星，自數百至數千不等，

比疏散星團更莊嚴更驚奇的，是『球狀星團』(globular clusters)。其中之一，名叫 Omega Centauri 就是半人馬座裏的星，距離地球比較近些，所以我們能夠看見牠好像一顆朦朧如星的光點。至於其他的球狀

星團，都離我們很遠，非用望遠鏡探測不可。

大望遠鏡顯示出來的球狀星團，每一組都是許多的星所集合而成。數目自一萬至十萬不等。牠們全是排成球狀，愈到球的中心，星的數目愈多。所以這中心好像祇是一團閃爍的光，其中許多星的真像，便不容易辨別出來了。

賽浦萊曾經費過許多年數的光陰，研究球狀星團。他研究的結果，顯示了銀河的真實範圍，並且將從前所推算的銀河界限，擴大了許多。他後來又推算星團裏面變星的存在性，測量牠們的週期和『視星等』（apparent magnitude）。我們在前面已經說過從週期可以算絕對星等。有了視星等和絕對星等，就可計算星團與地球間的距離。

他的工作，顯示了星團與地球間的距離。不過這距離的數字太大，使我們做夢也想像不到。最近的星團約在一萬五千光年以外。我們應該記着，這一光年是六萬萬萬哩。

今日人類所知道的球狀星團，大約有一百組。最遠的距離我們二十萬光年。

根據賽浦萊的意見，這些星團是在銀河的邊疆，所以將界限劃清楚了。賽浦萊又相信疏散星團本來也是球狀星團，自牽引到銀河的星雲裏面以後，牠們又受了較大星雲的引力而分散。

賽浦萊及其他學者，後來又建議星雲的來源，也許是多數球狀星團崩潰或混合的結果。

銀 河 系

『銀河系』（galaxy）這個名詞，在這章裏面專門用在天空間

四百萬萬顆的恆星上面。這羣星好像是分配不勻，團聚成了許多大的星雲。其中之一因為包含着太陽，所以叫做本星系或本星雲。

天文家全覺着所遇最偉大的問題，是探測銀河系的形狀。這個問題，與在森林裏面，要從樹的密度之估計而斷定牠的整個大小，很有些相像。

天空中最引人入勝的，恐怕要算這銀河裏面花團錦簇的許多星了。我們驟然用肉眼看去，好像覺着星是千千萬萬，多得數不過來。祇能夠說這銀河像一條長而暗淡的雲帶。假如有望遠鏡的話，我們用牠去數銀河兩旁的星，便可以發見距離銀河的平面愈遠，每單位面積裏的星便愈少。

這種現象，使天文家得到一個結論，說銀河系是團簇得極密的星雲，形狀與鐘表或磨石差不多。當我們驟然看銀河的時候，覺着星的密度很大，因為我們正探望着銀河的深處。如果用表做比喻的話，我們是順着表針而看的。當我們視線與銀河垂直的時候，我們又覺着星是那樣的稀少，因為我們是對着表的正面來看了。

天文家估定銀河系的長徑，即沿着表針的距離，在二十萬與三十萬光年之間。至於牠的短徑，即自表殼至表面的距離，大約是二萬光年。

銀河的大概形狀既然如同一隻錶，於是有許多天文家設想，星雲或者是從表面引出來的，好像旋渦一般，與我們常在天空看見的『旋渦星雲』(Spiral nebulae)差不多。這種旋渦星雲，當在下章內再述。

我們太陽所佔據的本星雲，並不是在銀河的中心，且距離中心約有二萬五千光年。夏日看『天蠍座』(Scorpio)與『人馬座』(Sagittarius)的時候，我們正向着銀河系的中心。冬日看『獵戶座』(Orion)的時候，我們是正背着銀河系的中心。望遠鏡中所顯示在人馬座裏面的大

星雲，或者包含着銀河系的中心。

近代的探測，指示整個的銀河系，是圍繞着中心而旋轉。照林白拉德 (Linblad) 與奧耳特 (Oort) 的計算，說我們太陽和其他許多恆星圍繞中心旋轉的速度，是每秒鐘一百八十哩。但因銀河系太廣闊的緣故，所以太陽圍繞中心旋轉一週，約需二萬萬年。

星體演化

假如在另外一個世界裏面，有一個動物得着了一幅關於地球的圖畫，而這畫中的事物，又祇代表一秒鐘那樣短的時間，那麼牠從這裏面的嬰兒，孩童，少壯和龍鍾的男女，歸納起來，對於地球上的人類歷史，祇能有片斷的揣測。我們要研究星的歷史，與這個問題正是相同。因為我們雖然費了許多年數去研究牠們，不過這許多年數，祇合星的壽命中一秒鐘而已。

我們感覺到天空中有幼小的星，中年的星，同老年的星，如何能將牠們辨別得清清楚楚，並且來推求牠們『演化的過程』 (evolution of stars) 呢？

論及星的重要事實，就是牠有放射出光和熱的本能。所以任何星體演化的學說，都要將『能』的來源，和發射光熱以後『能』的變化，分別解釋出來。

關於恆星的能量的來源第一個比較可靠的學說，是德國物理學家海爾姆霍斯 (Hermann von Helmholtz) 所建議的，叫做『收縮學說』 (contraction theory)。他說太陽的引力，能使牠的本身收縮，收縮的時候發生一種磨擦力，能使組成太陽的氣體增加熱度。最初這學說是專

論太陽的，但是後來又推廣到衆星上面。如海爾姆霍斯和愷爾雲 (Lord Kelvin) 都曾費過許多光陰，研究這個學說。

後來亨茲卜倫 (Hertzsprung) 又有一個極重要的建議，是說大多數的恆星，如果根據牠們的色彩和絕對星等來加以整理的工作，我們可以看出牠們自己排成一個順序。最明亮的星是白色的，最黯淡的是紅色的，換句話說，就是天然使星排成一個順序：自最熱而光度極強的星，經過黃色和橙色的星，降到極暗而溫度較低的紅星。這個順序，據亨茲卜倫說，就代表演化的主要程過。

羅素自行研究，在一九一三年，也得到了同樣的順序，並且增加了許多重要的事實。亨茲卜倫編製順序的時候，忽略了兩點：其一是紅星之中，體積也有極大的，其二有許多橙色和黃色的星，其絕對星等是比亨茲卜倫原來所規定的爲大。羅素將恆星分成巨星和矮星兩大類，所以他的說學，便叫做恆星演化之『巨矮星學說』 (giant-dwarf theory)。

根據這個學說，講到恆星的一生，最初是一個巨大的紅星，直徑甚大，密度極小；而表面溫度是很低的。當牠逐漸增長的時候，就開始緊縮了。因此牠的密度增大，熱度加高，而色彩也起變化轉爲橙黃，以至於白色。在這個時候，牠到了光度極強熱度最高的階段，就成爲藍白色巨星。但因繼續緊縮的結果，星的內部變成液質，同時放射出來的熱量超過緊縮而產生的熱量，牠的溫度也漸漸降低，色彩變黃轉橙，最後回到紅色了。但是現在牠已經縮小，所以我們可以說星的衰退時候，變爲紅光之矮星。

羅素的學說，雖然受了不少的攻擊，但是能夠綿延到一九二四年，

並且在那年以前，天文界都公認為極完善而合實用的學說。直到愛丁頓教授發表他的探求結果以後，這學說才有訂正的必要。近代所流行的學說，是羅素和愛丁頓合作的供獻。不過仍舊有許多的駁議，其中最值得注意的，就是珍斯(Sir James Jeans)的學說，

愛丁頓從觀察所得到的結論，是說恆星當發展的時候，在任何過程的中間，都處於純粹氣體狀態之下。換句話說，就是無論在什麼時候，從星的表面一直到中心，全是氣體。

不但如此，我們還必定要在緊縮一說以外，另求恆星能力的來源。地質學家相信地球已有二十萬萬年的壽命。我們又從計算所得的結果，知道照太陽現在放射的能率而言，則太陽當初是一個碩大無朋的星體，經過了四千六百萬年，才緊縮到現在的形狀。但是根據緊縮學說，大紅星的歷史，比一萬年還要短，這是顯然不合的事。

時至今日，人類視為合理之能的來源，乃是物質的『原子』(atoms)關於這一點有三種可能性的學說。第一種很能受珍斯的重視，是說星的內部，含有很重的『射光性原子』(radioactive atoms)——他將牠們叫做『透明原子』(lucid atoms)。當這種原子破裂的時候，就放出一種能來，與錒的原子破裂時候一樣。第二種學說，是說在星的內部，其較重原質的原子，係自氫組織而成。從計算得着的結果，我們知道當氦原子自氫原子組成的時候，曾將所存大量的能，放射出來。為什麼呢？當四個氫原子組成一個氦原子的時候，這氦原子的重量要比四個氫原子小，就是重量的消失變成了能，這種物質可以變成能的假設，係自愛因斯坦的學說產生。因為愛因斯坦說能量與物質全佔有質量，根據羅素的意見，我們如說一磅鐵和一磅熱都是合於邏輯的論調。

第三種學說，也是從愛因斯坦學說產生的。牠說在星的內部，溫度與壓力都是極高，所以那裏面的物質基本單位，就是正負電子，因互相突衝而消滅，於是牠們的質量全變成了能。

關於恆星能量的來源是否由於質量的消失這個問題，我們可以從牠們的順序加以證明：因為自大紅星到小紅星中間的過程中，質量確是漸漸的減小。

從計算得到的結果，可以知道太陽因放射能量而減小牠的質量，其速率每秒鐘約四百二十萬噸。我們乍然看到這個數字，不免要抱一種杞憂，但是還不要緊，因為太陽的體質實在太大了，牠如果能保守現在同等的放射率，還要十五萬萬萬年，才到末日呢！

現在天文界所公認的恆星演化學說，是羅素在一九二七年工作的結果。牠比那巨矮星學說更加複雜。據說星的內部，有兩種物質的來源，都可以變成能。因為還缺少正確知識的緣故，羅素將牠們叫做『重料』(giant stuff)和『輕料』(dwarf stuff)。他創設這種名詞，因為一種可以專用在巨星上，而另一種則專用在矮星方面。恆星演化的確實過程，視牠最初的大小，與所含重料和輕料的多寡而定。其演進是不連續的。照現在的設想，星自一類變到另一類，或經過幾百萬年。但至靜止狀態後，或須再經幾十萬萬年，方才另起物質的變化。

假如有一個星包含着可以變為能的質量很小，羅素以為在牠的大部分歷史中，可以保持差不多相等的光度。假如另有一個星，包含着可以變為能的質量極大，這個星就可以經過我們已經知道的順序：自巨大的紅光星變成了大白星，再經過順序裏面的幾個階段而變成小紅星，最後又變到白光之矮星。

這類小白星最是有趣，而且也很奇特，人類所發見的也寥寥無幾。如天狼星本是雙星，有一個極小的伴侶，用望遠鏡才能看見，這伴侶就是一個白光的矮星。我們計算牠的密度，大得嚇人，因為一茶匙的物質，就有一噸重，而這物質又是純粹氣體。

我們驟聞此說，當然不信，但經解釋，其理自明。原來組成這種物質的原子，經過長時期的變化以後，能將牠們外部的『電子』(electrons)消滅，而祇剩中心的『核』(nuclei)。我們都知道佔據原子體積的，是外層的電子，現在牠們全消滅了，這些『去皮原子』(stripped atoms)便可以擠擁到極小的地位裏面去。不過牠們佔據的地位雖小，而純粹氣體的狀態，還是可以保留的。

那驚人的白光矮星，好像是來為愛丁頓，珍斯同羅素三人的恆星演化學說做證明的。

第八章

星雲

近代望遠鏡所顯示的奇觀，恐怕沒有比『星雲』(Nebulae)更令人駭愕的了！拿最大的望遠鏡來看恆星，還不過是一粒微光，但是用在星雲則不然了，這裏面的神色和形狀，複雜非常，優美壯麗，無所不備。星雲這個名詞是從拉丁文來的，原是『雲』或『霧』的意思，有的好像銀河星羣裏面，一幅精製的繡幔，也有像一幅黑布幕，隱蔽著許多星光。其中有一組很顯明的，叫做北美洲星雲(North America nebula)，因為牠的形狀，酷似北美洲地圖。還有一種星雲，實在是許多恆星的集合體，因距地球太遠，在我們的目中，好像團結在一處，二十世紀天文學界最驚人的發見，就要算這種星雲，因為那恆星和星團的產生，銀河系的造成，甚而至於宇宙的構造和大小等問題，都可由此探求出來。

少數極顯明的星雲，我們用肉眼祇能看見牠依稀的光點，若有遠鏡在手，方才知道一些大略的情形。但是其中的真象，仍非借重現代大望遠鏡和照相底片的聯合儀器不可。因為大望遠鏡雖能將星放大，不過所顯的像，仍舊是暗淡，若用底片經過長時間的露光收儲着，那這星雲的詳情，就無所遁跡了。

第一次研究星雲的人，是十八世紀的曼西爾(Charles Messier)。他在一七八一年，彙編一表，包括星雲一百零三組。相沿迄今，我們仍照曼西爾當初所編的號數，稱牠們為M1或M2或M3等等，後來侯夫勒作

一大規模天空測量的時候，將星雲的總數增加到二千五百組。他又查出那小望遠鏡裏面許多認為暗淡的星雲，實在是極遠的星團。他雖然自己很相信許多星雲就是氣體的雲，但是那星雲都是極遠的星團的學說，逐漸得勢，不過期待着更大的遠望鏡來分辨牠罷了！

近代研究的結果，證實了侯失勒的學說。但是還有一件值得注意的事，即我們必須根據星雲在天空中的位置而將牠們分成類別。在銀河裏面有兩種星雲，叫做『瀰漫星雲』(diffuse nebulae)和『環狀星雲』(ring-type nebulae)。因為這兩種都在我們銀河系中間，所以叫做『銀河星雲』(galactic nebulae)。第三種叫做『旋渦星雲』(spiral nebula)，則在極遠的空間，去銀河不知道有多少里程了！牠們不屬於我們的銀河，所以又叫做『非銀河系』(non-galactic)或『河外』(extra-galactic)星雲。天文家從研究這些星雲的結果，做成近代天文史內驚奇而最有趣的一頁。

我們現在先說瀰漫星雲。牠們屬於我們銀河系的，這句話我們在前面已經說過了，牠們又可以分成顯明和黑暗兩大類。

在銀河裏面，到處都是黑暗的斑點，有一個最著名的，是在『南十字座』(Southern Cross)。許多年前航海家將牠叫做『煤袋』(coal-sack)。這個名稱，現在已為這類黑暗斑點的通稱，並且天文家又假設牠們是銀河的口門，與大隧道相似，觀察者可以從這個地方，探望空中的深處。

觀測天星享盛名的巴那德(E. E. Barnard)，曾經費了不少的光陰，去研究煤袋，在他的表冊裏面，曾有一百八十二個的記錄。他說其中有很小的，外形甚明晰，不能以為牠們是銀河的口門。這種煤袋實在是地



天空中的錦繡

在天鵝座(Cygnus)裏的V形星雲；氣體物質被鄰近的星光照耀得很亮。



天空中的馬頭

馬頭星雲，包含海豬的雲一大片，其側面被在它後面極顯明的星，照耀得很亮。

球與遠星間的雲狀物質。

這許多黑暗星雲，是異常龐大，例如在『蛇夫座』（Ophiuchus）裏的那個，巴那德曾估計牠的長度約有六十光年，寬約有五光年。自『天鵝座』（Cygnus）至『半人馬座』（Centaurus）的銀河，中間有一條黑暗的帶，將牠分隔為二，根據羅素的意見，這帶是最大黑暗星雲之一。

許多天文家現在都深信黑暗星雲所包含的是氣體。牠們從前曾經被人叫過『宇宙塵雲』（cosmic dust clouds），但是我們絕對不能將牠們和地球上的塵雲相比較，因為從估計得來的結果，我們知道星雲的平均密度，比地球上大氣的密度還要小好幾萬萬萬倍。萊騰（Luyten）說這樣小密度的氣體，約與一立方吋的空氣膨脹到一立方哩的空中相當。然而從數理上可以證明這樣稀薄的雲，其龐大程度仍足以阻礙光線的前進，使我們不容易看到遠星。

輝明星雲的形狀，小者不過如同燐火，大的則如『獵戶座』（Orion）裏的大星雲。根據近代的探求，使我們知道這類輝明星雲，每與一顆星或幾顆星球相結合而成為一體。因此我們很可以說這顯明星雲的性質，本來與黑暗星雲相同，不過牠們是因為和星球相接合而發光的。有時候星雲的光是由於星光的反照，又有時候，因為距離耀光的星太近，星雲裏的氣體，或許會吸收星光，結果遂呈白熱的狀態。

近來斯特勒夫（Struve），卜拉斯克特（Plaskett）同其他學者研究的結果，使天文家相信我們的銀河系內所有的空間，都含有微量氣體物質。因此可以假設銀河系內所有的空間是全被大雲包圍着的。這種雲有時被人叫做『宇宙雲』（cosmic cloud）。牠稀薄的程度，在一立方吋的體積裏面，恐怕祇有一個原子。珍斯同另外幾個科學家說瀰漫星雲是

這宇宙雲的凝結部分，換句話說，就是比較稠密的地方。

環 狀 星 雲

第二種是『環狀星雲』(Ring type)，又叫做『行星狀星雲』(planetary nebula)，也屬於我們的銀河系。這兩個名稱，全是不很恰當，因為牠們並沒有像行星那樣的情形。而且雖然牠們的形狀好像是中間一顆星，被氣環所圍繞，但是牠們的真實狀況，却是一顆中星，外面有好些同中心的殼狀氣體物質所圍繞。這類星雲的數目並不很多，已經知道的約有一百五十組。

關於行星狀星雲的來源問題，到現在還沒有解決。有許多天文家相信這氣體的殼，是從中心星體爆炸出來的物質。

第九章

宇宙構造

最近數年之間，天文家已開始研究與人生極有關的一種偉大問題，就是宇宙的性質和構造。人類對於這種問題的探測，已經有很悠久的歷史，但現在是第一次來從實地測量入手，因為近代的天文家已注意到兩件事情：第一是第三種星雲，所謂『河外星雲』或『旋渦星雲』的研究，第二是愛因斯坦相對論的發展。

我們測量天空，自地球衛星之月亮始，再進而觀察太陽與其所屬之行星（我們自己的地球自然也在其內），推而至於億萬哩外星光閃爍之銀河系，然後注意到銀河裏面之球狀星團和許多星雲。現在我們必須更進一步，研究到銀河系以外的河外星雲。

『旋渦星雲』這幾個字，每用作河外星雲的通稱，但我們細細考察一下，便知道這是不恰當。照最近的研究，這河外星雲並不是都有旋渦狀的構造，牠們可以分爲球狀和旋渦狀兩種。此外還有幾種無定形的星雲，不能歸入上述類別之中。

球狀星雲的形狀，有從圓球般的以至扁平式的，且具各種程度的伸展性。最扁平的酷似凸光鏡，還有一種自側面望之，其形似梭。旋渦星雲的形式也各自不同，有核極大而渦紋臂緊小的，也有核小而渦臂寬大的。

關於旋渦星雲的兩件驚人事實，曾經近代天文家發見。第一是牠們形體的龐大，第二是牠們距離地球的遼遠。仙女座（Andromeda）星

雲和M33是離地球最近的兩個星雲，然也在八十七萬光年以外（我們必須時刻記着一光年是六萬萬萬哩，）其他的當然更遠了。威爾遜山觀象台那個一百吋望遠鏡，可以看到二百萬個的星雲。這裏面最遠的，大約在一萬四千萬光年的樣子。這些數字很足驚駭，且其意義也頗含糊。當天文家從這樣大的望遠鏡觀看最遠星雲的時候，他是看見正在進行的光波。至於這光波發射的時候，恐怕還遠在人類肇始以前呢！

這些星雲的形體也是大得嚇人。仙女座星雲的直徑約估六萬光年。M33比較小些，直徑約二萬光年。我們又算出仙女座星雲所包含的物質，要超過太陽的二萬七千萬倍。

從侯失勒的時候一直到最近幾年以前，世上有兩種學派，辯論關於旋渦星雲的問題。侯失勒相信牠們是許多星體結合而成的，因為距離地球太遠，我們看去的時候，便好像是凝結成微細發光的雲狀物體，所以將牠們叫做『島形宇宙』（island universes）。這個名詞好像有點含糊，『島形銀河』（island galaxies）這幾個字，或者比較好些。另一個學派，堅持這種星雲是氣體所組成的，與瀰漫星雲無異。

胡柏博士（Dr. Edwin P. Hubble）用威爾遜山觀象台一百吋大望遠鏡研究的結果，說前述的兩種學派，都是一部分對的。有許多河外星雲，可以分解成許多星雲。同時也有許多星雲，確係氣體物質所組成的，不過牠們內部的構造是沒有方法探測。球狀星雲從圓球狀到橢圓形的，全無法知其內部的構造。因此天文家斷定牠們是極大的雲霧狀物體，完全由氣體組織而成。

現在再論到真實的旋渦星雲。那種有大核和緊小渦臂的，似乎不能再行分解。牠中心部分酷似球狀星雲，渦臂部分顯示破碎成小塊的趨勢。

『墨氏鵬尼雲』(Magellanic clouds)。因為描寫這雲最透澈的第一個人，便是週遊世界的探險家，墨氏鵬尼。

賽浦萊與哈佛觀像台的另外幾個天文家，對於這些雲都有許多年數的研究，他們說墨氏鵬尼雲的確是許多星的集合，與銀河一樣，不過比銀河更加遼遠罷了。我們必須承認牠們是距離最近而不規則的非銀河系星雲之一例。牠們是『島形宇宙』或叫做『外銀河』，也就是離開我們銀河系的大陸以後，在中間第一遇着的星島。

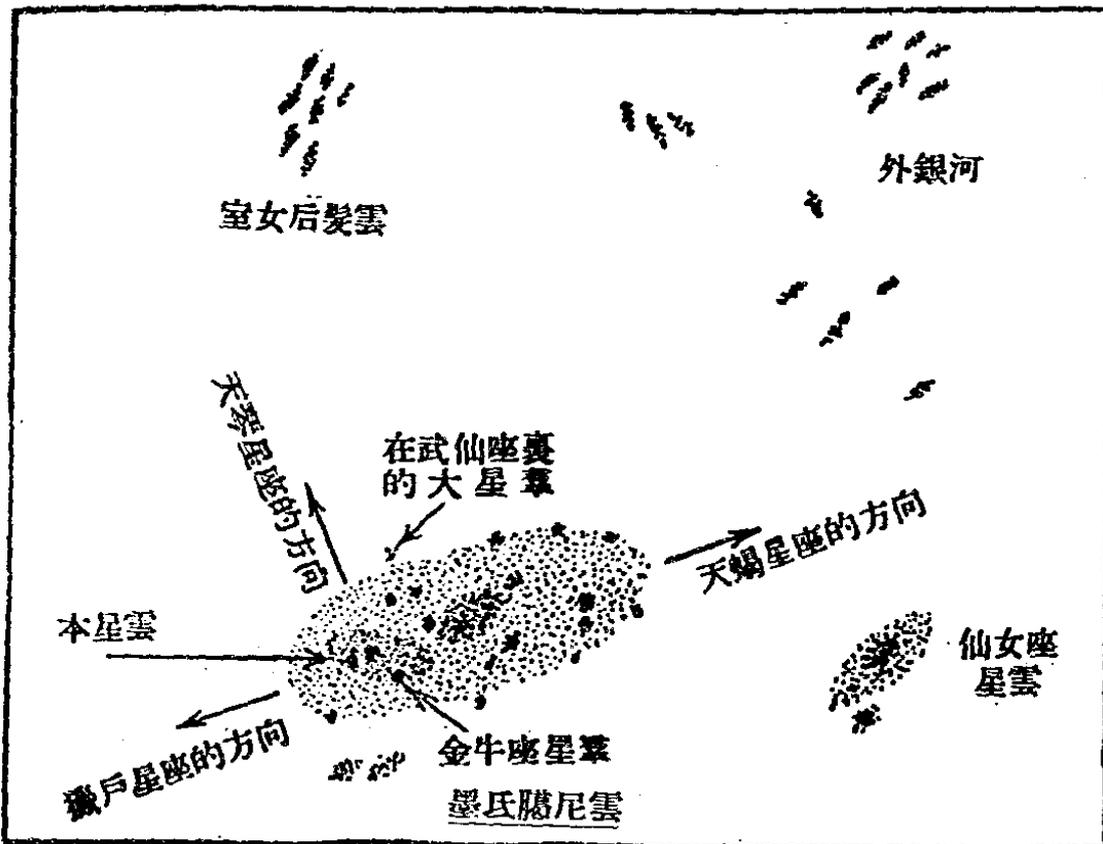
小墨氏鵬尼雲的直徑是六千五百光年，距離地球十萬零二千光年。大墨氏鵬尼雲的直徑是一萬四千光年，距離地球十一萬二千光年。牠們都有同樣的特點，就是牠們都包含着許多極明亮的星。小雲裏面有二十六萬顆，每一顆都比我們的太陽亮一百倍以上。大雲裏面光度極強的星更多了，其中有二三十顆比小雲裏面最亮的星還要顯明。有一個叫做『劍魚座 S 星』(S Doradus)，是現代天文家認為最亮的一顆星，估計牠的光度，約當太陽的五十萬倍。

因為我們的銀河系，比任何已知的非銀河系星雲(即賽浦萊稱為外銀河的)為大，所以賽浦萊又有建議，說我們的銀河並不是大陸，乃是羣島。換句話說，他建議我們的銀河系是許多旋渦星雲的集團。根據這一點，前章所說的本星雲或本星系也是一個旋渦星雲。其他的各種大雲也與這個一樣，牠們連合起來組成我們的銀河系。

從研究銀河雲所得到的結果，賽浦萊又建議我們的銀河系是代表一種雲，其中許多銀河已開始來集合。他還說我們的銀河系也許是一個大銀河雲裏的一部分。這個大銀河雲，包含着兩個墨氏鵬尼雲和鄰近的旋渦『仙女座』(Andromeda)星雲；至於 M 33，或者也在其中。

在研究銀河雲同銀河雲集團的時候，賽浦萊說一光年的單位也不足應用，必須採用一個新單位。賽浦萊和胡柏都建議這新的單位，應當為一千萬光年。

賽浦萊在哈佛觀象台的照片上，發現了四十個銀河雲。牠距離地球自一千萬至一萬萬光年不等。哈佛觀象台現在正從事研究着其中的一個，名字叫做『室女后髮團』(Coma-Virgo group)。因為牠正在室女和后髮兩個星座之中。賽浦萊尋出其中包含着的銀河，大約有三百個。



我們的銀河系與附近的『天象』

在瑞典國倫德 (Lund, Sweden) 地方的天文台，正着手彙集星團和星雲，編輯目錄。這項工作的指導者是倫德瑪克博士 (Dr. Lundmark)。完成以後，足以補充一八九〇到一九〇八年所製成的德萊耶耳



宇宙裏的島

在大熊座(Ursa Major)裏的M81旋渦星雲。牠的渦臂已經凝成星羣了。



好幾百萬光年以外的空中
光線從后髮座 (Coma Berenices) 裏的N.G.C.4565星雲射到地
球,要經過數百萬光年。這是星雲的側視。

(Dreyer)目錄。據說這新的目錄，將列入三萬五千種。

宇宙範圍

現在我們要講到一個最大的問題——就是人類能否推測宇宙的範圍。這個問題，自從上古希臘的時代，已經有許多人設法估量這天界盡於何處，不過沒有得着滿意的結果。如以宇宙為有限，則意想中當立刻發生一個問題，這空間以外究竟還有什麼呢？如以宇宙為無限，則合於無限空間的真象，如何設想呢？

宇宙最時新的觀念，使世人更覺得迷糊。這觀念是從愛因斯坦的相對論產生，說宇宙雖有限而無涯。因愛因斯坦以為空間是彎形，所以上面所述是必然的結果。

試用比較的方法，則空間彎形的學說便易於明瞭。假如我們坐在花園裏，總以為地面是平的，但是製作世界全圖的時候，便看出地面實在是有曲度了。因為地球是圓形的緣故，我們便可以在上面遊行，永沒有窮盡的時候。不過如果我們向一個固定的方向走下去，那末將來總有一天回到原來的出發點。因此我們可以說地面是有限而無涯。

愛因斯坦說空間顯示這相似的性質，因為空間也有曲度的緣故。平常我們所說的直線，實際並不是平直的，所以順着所謂直線向前進行的結果，應該是重新轉到原來出發的地方。

我們都知道從地球的曲度，可以估計牠的體積，所以從計算所得的空間曲度而估測宇宙的大小，也是很可能的事。現在已經有很多極著名的科學家從事於此項工作，其中有愛因斯坦自己同一個荷蘭天文學家德錫特博士(Dr. W. de Sitter)。

根據愛因斯坦的學說，宇宙的大小，或者說是現存空間的限量，可以從宇宙中間物質的多少來確定。胡柏先假定星與星雲的分配，我們在望遠鏡裏面所能看到的，與不能看到的都完全一樣，然後計算出空間的平均密度來。從這個數目，我們便可以利用愛因斯坦的學說來計算宇宙的大小了。這個計算的結果，科學家將牠叫做『愛因斯坦宇宙』(Einstein universe)。牠的半徑是八百四十萬萬光年，要比從地球到那一百吋大望遠鏡所能看到的最遠旋渦星雲，還遠六百倍。

愛因斯坦的見地，並沒有直接的實驗證明。並且根據相對論而另用方法估計這宇宙的大小，也並不是完全沒有理由的事。這另外的一個估計，便是德錫特所做的，並有試驗可以證明。因為最近的觀察，頗能夠印證這個『德錫特宇宙』(De Sitter universe)，所以天文家都有承認牠是比較準確的傾向。

照德錫特的學說，遠星雲的光譜，應該顯示牠們的光譜線，是向着紅色一端推移。當觀察許多星的時候，天文家看到光譜線有時候是向着光譜的紅色一端移動，也有時候是向着紫色一端移動。從數理上，天文家能夠證明星如走近地球，這譜線當向紫色一端移動，星如離開地球，則當向紅色一端移動。因此他們可以用這推移的度數，計算星在視線中的速度。

我們如果以同樣方法來解釋遠星雲光譜線的推移，其所得到的結果至足驚人。胡柏求出所有的遠星雲，都顯示着向紅色一端移動，而且距離地球愈遠，推移的度數也愈大。這是指示遠星雲都背着我們的銀河系行動，距離愈遠，速度也愈高。威爾遜山觀象台的赫瑪生 (Milton Humason) 曾經根據這一點來研究，知道估計在二千五百萬光年以外的 N.G.C. 7619 星雲，就是用一百吋望遠鏡剛剛能夠照出相來的星雲，

正背着銀河系的方向走動，牠的速度每秒鐘約二千四百哩。

但是要想對於這種事實，作合理的解釋，是不可能的事，所以天文家相信星雲的光譜線向着紅色一端移動，不但是由於牠們在空間的運行，並且也是德錫特所謂空間有曲度的結果。

照德錫特的學說，我們應該相信宇宙距誕生愈久，即其中各物體相隔的距離也愈遠。還有一節，也得注意，就是我們必須認定光譜裏面的推移，一部分是由於真實的運動，一部分是由於空間的特性。假如我們不這樣做，而以爲這移動是完全由於空間曲度的結果，那末所求得的宇宙半徑，大約是八千萬光年。這個數字還不到地球與所見最遠星雲中間距離的一半！天文學家感覺這個數字太小，正確的數字，至少在根據愛因斯坦公式所求出的八百四十萬萬光年以上。

倘使這個最小數字是正確的，那末光線圍繞整個的空間行走一週，需時五萬萬年。就是如果光線沿着所謂直線進行，過了五萬萬年以後，牠又回到原來的出發點。

當德錫特宣佈這最小數字的時候，曾引起一個極有趣的問題。太陽所射出的光線，應當圍繞宇宙旋轉一週再回到原處，因爲這個原故，離別太陽以後的各縷光線，必定要相交在這路程當中的一點。學校裏面教授地理所用的地球儀可以幫助我們解釋這個現象。在這個地球上面的『經度圈』，從北極四面向外發射，牠們全在南極相交。所以有人設想太陽所發射出去的光線，也相交在圍繞宇宙路程的中點，其結果是這個相交的地方，便形成太陽的一個像，或者理想中的太陽，再不然將牠叫做太陽的魂，也沒有什麼不可。所以有人建議說，如果我們有足夠大的望遠鏡，就可以在半夜裏，在距離銀河極遠的地方，看見『太陽的魂』。不

過有一樣，便是用宇宙半徑的最小數字來說，光線圍繞宇宙一週，也得好幾百萬年，所以我們看見太陽的魂，並不是現在的太陽，乃是好幾百萬年以前的。

由此類推，用足夠大的望遠鏡，我們也可以得着星和星雲的像。於是乎這個極饒興趣的問題便發生了，到底我們現在能否看見某星雲的像呢？不錯，有許多天文家說是實有其事的。大望遠鏡顯示在極遠的天空，有兩個星雲，h3433和M83。有人建議牠們實在是兩個近星雲M33和M31的遠像。這種考驗，雖然異常有趣，但天文家最近致力於空間曲度的研究，把牠暫予擱置了。

關於宇宙半徑長度的問題，到現在還沒有解決。不過據珍斯說，我們可以想牠至少在幾萬萬光年以上。光線繞行整個宇宙一週的路程，恐怕要用幾十萬萬光年來計算。

宇宙模型

當我們沒有在空中觀察地球四圍星體以前，不是曾經做過一個太陽系的模型嗎？我們試再回憶一下，假如用一個直徑一呎的球，來代表太陽，那末地球的代表，應當是一粒菜子，放在距球一百呎的地方。還有一層，如照這個比例，將代表太陽的球放在紐約，那代表最近一顆恆星的另一個球，非放在倫敦不可。便是用整個的地球面來做模型，大約祇能夠得到四顆恆星的地位而已。

現在讓我們再做一個宇宙的模型，來結束這宇宙的總觀察。珍斯提議在做這模型的時候，用一個針尖來代表地球的軌道，那末太陽當然是針尖裏面極小的一點了。那針尖的圓周，自然是地球每年圍繞着太陽旋

轉的途程，珍斯說用這樣的比例尺，我們銀河系的四百萬萬顆星，可以用美洲大陸來作代表。

現在我們必須將非銀河系星雲放在裏面。試以許多的島充這個用途，將牠們放在四面相隔三萬哩的地方，那末必定要有二百萬個這樣的島，才能夠將已經知道的非銀河星雲全數表示出來。到這個時候，珍斯告訴我們，這模型已經四面向外伸出四百萬哩。然而就一百吋望遠鏡所見的空間而言，牠還祇代表其一部分而已。

製造模型的工作，到這時候不得不停止了！因為現在這模型已大得同宇宙一般的不可思議了。

現在當作最後的結論，我們縱覽太空，究竟得到點什麼教訓呢？這宇宙過於廣闊而地球太渺小了！天文學進了一步，地球的重要性就退了一步！不過研究天文學，乃僅僅得到這樣一個令人敗興的教訓，如果除此以外，別無所獲，豈不是太可憫了嗎？

然則天文學所供給我們的到底是什麼呢？一言以蔽之，地球雖小，而在這上面的人，却能運其智慧以窺測極遠的星雲，如賽浦萊，羅素，珍斯，愛因斯坦與德錫特諸氏，都能夠繼續前進以紹述哥白尼，加里尼與牛頓的功業。他們很勇敢的引導着我們突出銀河系的界限。天文學指示我們說，人類的心靈，並不是限制在這區區的地球上。如果努力不懈，那遠在天末的星雲，都是我們的囊中物。

第二部

地球的故事

第十章

地球陳述

人類智識畸形的發展，使他們很早的就認識極遠的星，但是對於腳底下踏着的地球，却了解得很慢。人類爲星座命名，測繪行星的軌道，預測日月蝕的時候，還沒有知道自己所住的地球，也是包藏着許多有趣味的東西。便是到了近代，關於地球的研究，較之天文學也瞠乎其後。哥白尼在一五四三年，就啓蒙了近代的天文學，但遲至一七九五年，才有胡頓（James Hutton）建立地質學的基礎。

白呂斯特（Edwin Tenney Brewster）謂人類考察地球之遲緩，應當歸咎於古代的地理。巴比倫位於太格力斯—尤夫萊特（Tigris-Euphrates）平原，那裏的天空常是澄清無雲的，因此人民可以時常觀察行星和星座，升於東而落於西，所以天文的根基，便被巴比倫人很早的建樹起來。

但是他們沒有發展什麼地質學，因爲美索波達米亞（Mesopotamia）的石層，埋藏在平原的深處，不在他們的視線之中。他們所看見的地球，似乎固定着的，並沒有一些兒變化，所以他們認爲大地自來就是像他們所看見的樣子。希伯萊人的科學，是繼承巴比倫，所以舊約全書（Old Testament）裏面，也沒有地質學。

却是希臘人居住在潮濕多山的地方，常可看到岩石的變化。還有一層，他們多半是航海家，在旅程裏面，見聞較廣，所碰到的地面迹象也愈多，於是希臘人便開始研究，成了地質學的始祖。

他們看見許多「成層岩」(stratified rocks), 很像沙灘, 「三角洲」(deltas) 和「海床」(sea-floors), 於是相信古代的沙灘, 三角洲和海床, 凝結乾涸之後, 便是現在的石層。他們後來又斷定這些石頭裏面的化石, 是曾經在海裏活着的動物。

從這些觀察, 他們論定許多區域那時雖然是乾燥的陸地, 但在古代必定曾經做過了海底。亞立斯多德在紀元前三三〇年著作流星(*Meteorics*) 那本書, 就有了滄海變爲桑田的這種觀念。大約在紀元前七年的時候, 斯特萊波(*Strabo*) 在羅馬(*Rome*) 所編的地理學(*Geography*) 鉅著, 其中也有同樣的理想。當蠻族滅亡羅馬以後, 希臘的文化傳到亞拉伯人的手上。第十世紀時, 亞拉伯科學家奧瑪(*Omar*) 就有海的退縮(*The Retreat of the Sea*) 一部書行世。

但是中古時期的歐洲, 全是在聖經裏面尋求知識, 又因巴比倫和希伯萊人沒有地質學, 所以實際上地質學的研究, 竟然停頓。這時的歐洲人祇得從創世記裏來尋地球的起源和歷史。希臘人曾說地球的年齡有一百萬年, 但中古時期的神學家, 說牠的年齡, 當在四千年至六千年之間。

後來又過了好多世紀, 人類才回頭到古時希臘人對於地質學的觀念。意大利人得芬奇(*Leonardo da Vinci*) 生於一四五二年, 習工程, 善繪畫, 天賦奇才, 又是個發明家。在少年的時候他奉命在意大利北部開鑿幾條運河, 當挖掘的時候, 發見了一層一層的岩石, 他就極爲留心, 並且注意到螃蟹, 蛤蜊, 蝸牛與其他海中動物的化石。從這些觀察的結果, 那希臘人所謂成層岩就是古代的海底這個觀念, 勃然在他的心中復活了。他發表了這種意見以後, 有許多人附和其說。但是直到十六七世紀時代, 尚有許多有學問的人反對他。

那時關於化石的來源，有兩種極普遍的解釋，便是到十八世紀，還很有權威的。聖經說，「地球帶來許多能行動的生物」，所以那時都設想化石也是生物，與地球同時造成，不過沒有挾生命以俱來罷了，牠們也可以說是一種供試驗的模型。

另一種關於化石的學說，也是生物學裏面的無稽之談，說化石是天然生成的。根據這種學說，生物是從空氣，泥土或水裏突然鑽出來的，正在這將要造成的緊要關頭，如果有一個生物不幸陷到石縫裏面，便不能充分發展了，不能完全發育的動物，便造了化石。

十八世紀的時候，有一個解釋層石和其中化石的方法很是得勢。這個解釋說牠們是因為『諾亞洪水』(Noah's flood)而形成的。在此世紀以前，已有此說。例如屋德華博士(Dr. John Woodward)在一六九五年有一種刊物，就是關於地球與地面上各種物體自然歷史的論文，文中特重礦物，並論到江海和泉源，對於這洪水橫流的情形，與地面上所受的影響，也有詳細敘述。此外還有許多根據諾亞洪水的理論，都在十八世紀發展。後來又有人以為一次洪水不能作釀成這全數層石的解釋，所以有多次洪水學說的發明。

洪水學說因威爾納(Abraham Gottlob Werner)出世而達最高峯。他在一七七五年，擔任佛萊堡大學(University of Freiberg)的礦物學教授。其人身矮鼻凹，稟性羞澀，然人極聰明，且擅雄辯，所以佛萊堡的學校，便因之而聲聞遐邇，歐洲的著名科學家，全爭先恐後的來聽他講學。

威爾納學說的信徒，後來叫做『主水派』(Neptunists)係從Neptune一字脫胎而來，就是海神信徒的意思。因為威爾納說石層全

是海洋沉澱物質所造成的。他相信最初的時候，地球是整個的被海洋包着，但是後來地球的一部分忽然突出，所以有的地方便積起石層來了。這個學說留給我們『葱皮地球』(onion coat earth)的名稱，因為牠說地球各處的石層立刻同時沉澱，其形似葱皮。威爾納的學說也曾叫做『災變學說』(catastrophism)，因為牠說每一次沉澱石層的洪水，都是突如其來，足以引起極大的災變。

但到十八世紀的末葉，這個洪水的學說竟遭了厄運。近代的地質學就奠基於一七九五年，那時胡頓所著地球之學說，附考證及圖解(Theory of the Earth, with Proofs and Illustrations)出而問世。他將『地質齊變的學說』(uniformitarianism)介紹給我們，說地球已往的歷史，都可以從今日地球上所遇見的事物來說明，這是很合理的。所以從前驟遇大變的觀念，便被人淘汰了。又因為胡頓說許多的岩石乃自『岩漿』(lava)凝固而成，並不是出於海洋的沉澱，所以這個學說的信徒，被人叫做『主火派』(Vulcanists)。曾有一時主張『岩石水成』『岩石火成』的兩派學者發生過劇烈的爭辯，結果那主張水成一派的威爾納的信徒，歸於失敗。

胡頓是蘇格蘭人，在愛丁堡大學(University of Edinburgh)受教育，成爲一個化學名家，又因發明了自煤屑提取『鹼砂』(sal ammoniac)的方法，得到一筆大財。後來他在愛丁堡，巴黎，萊登(Leyden)等處學習醫藥，又因承繼一大片田地而從事於耕種，這個時候方才引起他研究地質學的興趣。在一七六八那一年，他的經濟能夠獨立，乃築室於愛丁堡地方而久居。他的一個最知己朋友，就是那大經濟學家亞當斯密史(Adam Smith)

胡頓的地球學說裏面，已將現代地質學原則的大綱，訂了出來。他說自然的力量，能使土地分解剝蝕，這沖積下來的物質，掃蕩到海洋裏面去，在那裏層層的堆起來，便漸漸的凝固而變成石塊。地平偶然發生變動，使海底升高，這層石便又出現人間了。胡頓又注意到火山噴出來的岩漿，說地面上也有許多岩石，是火山岩漿凝固而成的。

胡頓的朋友卜萊弗爾教授 (Prof. John Playfair) 在一八〇二年印行胡頓學說圖解 (Illustrations of the Huttonian Theory) 一書，於是使這個學說更形易解。這本書的主要證據，是由英國工程師和測量家斯密史 (William Smith) 所供給的。斯密史生於一七六九年，卒於一八三九年，他得到『石層工匠』 (Strata Smith) 的美名，因為他對於英國的石層，研究得極為精密，推斷出牠們的地質變化程序，同時並說明如何由化石的形式，可以推測到石層的年齡。他所留的紀念品用化石來辨別石層 (Strata Identified by Organized Fossils)，共分四大部。從那時起，地質學便一直的發展到今天。

第十一章

地球來源

我們住着的地球，和地面上的一切物體——綠葉成蔭的樹，姹紫嫣紅的花，還有各種的動物，連同我們自己的身體——全是從太陽那上面來的。曾經有一個時候，牠們全是那個火球裏面的白熱氣體，這個光耀奪目旋轉不息的火球，就是我們所說的太陽。現在的科學家，都異口同聲的承認前面的幾句話，相信地球是從太陽裏拋出來的物質。

關於地球的來源，人類早已時常加以推求了。創世記的作者，在他作品開卷第一句裏面，就提及這個問題。他說：『當初的時候，上帝創造天地』。但是天文學漸漸的發達了，人類便知道地球在宇宙當中，和別的植物體相較，並不是了不得的東西，由此我們可以相信宇宙的年齡比地球要大得多。天文學又告訴我們說地球是圍繞太陽旋轉的許多行星之一，顯然的地球的來源問題，就是太陽系的來源問題了。

第一個用科學眼光來解釋地球來源的學說，是德國大哲學家康德 (Immanuel Kant) 在一七五四年所提倡的。康德設想太陽系最初原在一個大星雲之中，與望遠鏡內所見到的許多恆星中間的雲狀氣體物質相似。

康德相信太陽和相隨的行星，都是從這種星雲裏產生出來的。他想星雲最初是一團極大的冷氣物質，經過相當的時間以後，因其中各分子的互相吸引而緊縮，同時又因為一種原因而發生迴旋運動。那裏面有許多斑點，密度甚高，康德以為這就是星雲裏面物質凝固的幾個中心，可

以叫做核，將星雲裏的物質團集起來，而星雲便分成好幾個部份。同時因繼續緊縮而發生高溫度，使各部份呈白熱狀態。康德設想這個星雲的中心部份最大，後來成為發光的太陽。至於團集其他中心而凝固的物質，則漸漸成為行星和相隨的衛星。

不知道爲了什麼，康德的學說在當時不能夠引起世人的注意。在一七九六年，法國著名天文學家拉普拉斯(Pierre Simon de Laplace)並沒有留心康德的學說而另創新論。這個學說，有幾點看起來，好像不如康德的，但是牠却藉『星雲說』(nebulary hypothesis)這個名字，引起了科學界的青睞，居然流行了一世紀有餘。

拉普拉斯相信太陽系的原始，是一個高溫度旋轉的星雲。他以為緊縮作用使牠變成了一個極大的火焰球，不過當緊縮作用繼續進行的時候，在赤道周圍的物質却不能緊縮，經過相當時間以後，這球便被極大的環狀氣體物質所圍繞了。

但是拉普拉斯想到環狀的物質並不是很鞏固的。牠們漸漸的分裂，以後又因爲吸力的緣故而聚集成球。這球自己又經過上述的程序而成赤道環，又分裂而造成更小的球體。拉普拉斯說一直到所有的行星和牠們的衛星完全造成以後，這個裂球的手續方才停止。第一個造成的球就是太陽。

科學的進步，使我們不得不把康德和拉普拉斯兩個的學說，全行放棄，不過我們在今日看來，這兩種學說中，還是康德的學說較勝一籌。我們現在敢斷言，極大而旋轉的星雲，絕對不能有拉普拉斯所理想的變化。許多天文家以為恆星從星雲凝結而來，是可能的，但是他們相信星雲破裂以後，結果必定是雙星或三星，而不是康德所設想的一組行

星圍繞着一個太陽或一個恆星。這許多恆星的來源，依舊是一個費解的問題。賽浦萊相信雙星是由於旋轉極速的單星所造成，以為這單星的旋轉達到最高速度的時候，就分裂開來成了兩顆星。

胡柏對於螺旋狀星雲的供獻，我們在觀察宇宙的時候已經敘述過了。他的學說指示我們一個宇宙裏面的星，是同在『旋渦星雲』的『渦臂』破碎而凝結的時候產生的。因此許多科學家承認銀河裏面有其他恆星的時候，我們的太陽也已經有了——也許牠們都是從一個『旋渦母雲』(parent spiral nebula) 來的——並且說太陽出世後幾萬萬萬年之中，並沒有一個行星隨着牠，可是後來忽然遇到一個極大的災變，於是使在牠裏面的物體迸裂而出。這個迸裂有多麼大呢？我們可以說個譬喻，那正在爆發着的火山如果和牠比較，也不過像火柴燃着時的微火罷了。自從那個迸裂以後，宇宙間方才有地球與其他行星出現。

這個地球來源的學說，最初建議的人，是芝加哥的莫爾頓博士(Dr. F.R. Moulton) 同巴作古的張伯崙博士(Dr. T.C. Chamberlin)，因此時常叫牠做張伯崙—莫爾頓學說。根據他們的意見，太陽在誕生後幾萬萬萬年之中，常是與宇宙中間其他恆星一樣的運行着。忽然之間，有一件事發生了！那許多同在空間運動的恆星，偶然有一個大的靠近了太陽，這樣一來，太陽就大受其影響了！這個大星的吸力，能使太陽表面的熱氣體發生潮汐，和月亮使地球的海洋漲起潮來一樣，所不同的，就是太陽上的潮汐比地球的大過不知幾百萬倍罷了。就因為這潮汐太大的緣故，太陽上的所有物質，不能復返，所以就有很大的物質，從太陽中逸出，像往外潑的波浪一樣。又因為那波浪的另一端有隨着這個大星運行的趨勢，所以牠就開始圍繞太陽旋轉了。經過相當的時間以後，牠便漸

漸的冷卻而凝固。

張伯崙和莫爾頓相信這物質後來又破碎成小的結合體，並且很快的凝固成石塊，好像流星一般。他們將這些叫做『星子』(planetesimals)，因此他們的學說，便得着『星子說』(planetesimal hypothesis)這個名稱。他們還以為星子間的相互吸力，能使小星子被牽引到大星子那裏去，依照這種步驟，行星和衛星便從星子的漸漸結合與凝固而造成了。

這個學說，已被許多學者加以修正，其中最著名的是英國人賈佛萊(Jeffreys)和珍斯(Jeans)，現在都叫做『潮汐學說』(tidal theory)。牠說當初走近太陽的那一個恆星，所發生的影響，是激成極大的波浪，而使太陽上面的物質逸出。這些物質當圍繞着太陽旋轉的時候，先結合成形狀不規則的物體，後來又變成球形。所以最初的太陽系中心定是一個被一羣小太陽圍繞着的大太陽。但是這些小的太陽，因為體積不大，所以很容易冷卻。結果牠們便是今日的地球和其他的行星，以及相隨的衛星。除此以外，還有許多從太陽逸出的小塊物體，凝成小行星，流星，慧星，與『黃道光』的塵埃和氣體。

這個學說承認整個太陽系是屬於中心的太陽。從觀察上得來的結果，都與這個學說相合。所有的行星同牠們衛星的總質量，還不到太陽現在質量千分之十五，就是一證。

第二個應該解決的，就是關於地球年代的問題。到底那個大災變在什麼時候發生的呢？我們的地球有多少歲數呢？地質家曾經想盡方法，來估計這地球的年齡，其中最妥善的一個辦法，就是估測各種岩石裏面『鐳』(radium)的質量，再計算構成這一些鐳所需要的時間。照

各種估計的結果，地質家全以為我們的地球，至少已有五萬萬年的歲數。多數人說這個數字太小，也許二十萬萬年這樣的一個估計，較為真確。那末就是在二十萬萬年以前，有一個恆星走近太陽，而誕生了我們這個地球。

第十二章

地球內部

偉大的宇宙裏面，有許多神秘的事情，當中一個，却在我們的腳底下，就是地球內部的構造。最深的鑛，對於我們絲毫沒有告訴什麼，因為牠們最深的不過一英里有餘，而達到地球的中心却要經過四千英里。比較起來，就好像在橘皮上刺個針眼，而想從這個小孔裏來探望橘子內部一般。不過近世的科學家，因得各種學術的幫助——天文學，地質學，物理學和化學，——却能夠供給我們一個極合邏輯的地球剖視圖。在現時看來，仍與已知的事實相合。

有一個舊觀念，以為地球有一個熔化的內心，就是說牠的內部含有液體的火，現在早已完全廢棄了。這個舊觀念想像地殼是一層薄薄的甲殼，將岩漿包圍在裏面，也不是毫無理由的。第一，從開鑛和鑽孔的經驗知道每深入地下六十英尺，溫度就升高華氏表約一度。第二，火山有時爆發，向外噴出岩漿。從前的人都相信這火山口所放射的，就是地球內部的熔化物質。

然而現在的地質家，都承認開鑛時溫度的升高，僅限於地面下五十英里以內。他們又相信從火山噴出來的岩漿，其儲藏的所在最多不過距地面十英里左右。現在有許多憑據，可以證明這地球的內部，絕對不至於有熔化現象。

人人都知道月亮能使海洋發生潮汐，但陸地也受同樣的牽引，雖因牠強勁抵抗，而照精確的衡量，仍能夠表現陸地是受了月亮的吸力而

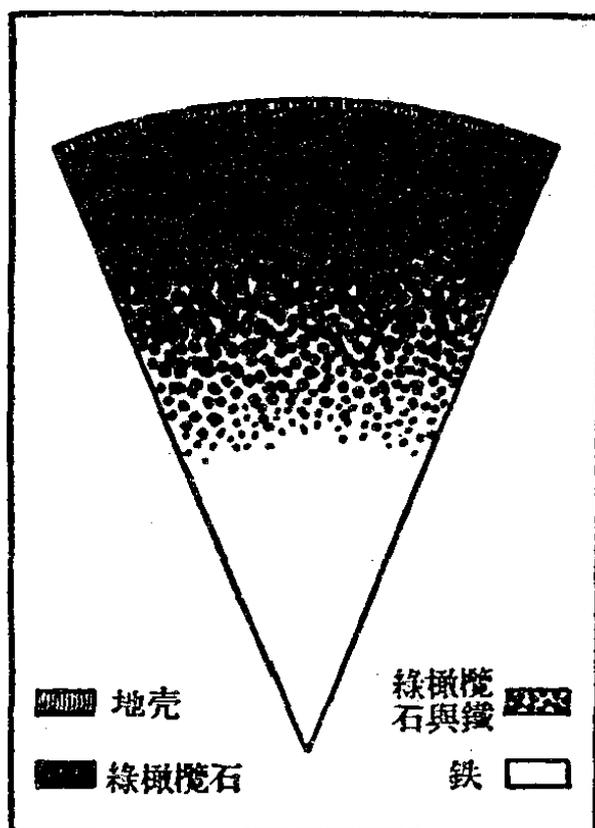
發生皺形的。假如地球內部是液體，這月亮的牽引，便發生極大的潮汐，使這如同介甲一樣的地殼，破裂成碎片，整個的地球，就此毀壞了。

地震是地球有固體內心的第二個證明。它們的起因，由於石層的突然移動或陷落。這突然的變動，有時使鄰近的震區，發生重大傷害，同時又激成一種震波，四面向外發射，雖遠在數千里外，我們也能用『地震儀』(seismograph)測量出來。

這種震波可以分三種。第一種經過地球的表面，其他兩種貫穿地球的內部。這後面兩種震波有什麼分別呢？一種震動的方向與牠的進行方向相同，另一震動的方向與牠的進行方向垂直。這最後的震波，如果地球內部不是固體，決不至於發生，因為直行的波，是不能通過液體的。

我們再說地球有固體內心的第三個證明。整個地球的密度，是水的密度的五又二分之一倍，就是說，整個地球的重，是同等體積水重的五又二分之一倍。然而地球表面的石質密度，僅約是水的二又四分之三倍。從這一點看來，所以那地球內部物體的重量，必定是表面石質的二倍有餘了。到了這個地方，也許有人要有一種結論，以為地球內部的石質是與牠的表面相同的，其密度之增加是因為外層石塊緊壓着內層的緣故。但是在華盛頓卡利基學院(Carnegie Institution of Washington)的地質物理實驗室，曾用巨大水壓機試驗，其結果石塊決不能因受足壓力而達到這種密度。因此不得不另外去想道理來解釋這地球的內部。

現在大多數科學家所公認的學說，叫做『鐵心學說』(iron-core theory)。根據這個學說，地球有一個極大的心，直徑四千英里，其中差不多完全包含着鐵質。圍繞鐵心外面的第一層，厚約四百三十哩，含着大部分的鐵同少量的『橄欖石』(peridotite)，這橄欖石是一種重



地球的內部

石，為好幾樣礦質所組成，就是鐵，鎂，矽，和氧的化合物。

包圍鐵心的第二層正好與第一層相反，含着大部分橄欖石同少量的鐵。牠的厚度也是大約四百三十哩。還有第三層約九百八十五哩，其中完全包含着橄欖石。最後就是那地殼厚約三十六哩。

我們很應當來領略怎樣得到這個結論的步驟，因為這是一件有趣味的事。根據潮汐學說，太陽系裏面的地球，還有其他的行星，流星，和慧星，全是從太陽拋出的物體所造成的。所以如果組成這流星的物質是和地球差不多的話，那地球如何組織的問題便得着一線光明了。

隕石是較大的流星，與空氣接觸時，未經完全鎔化，所以能落到地面上來。此種隕石共分三種：第一種是鐵質隕石，大部分是鐵，但有少許的鎳攙雜在裏面。第二種是石質隕石，大部分是橄欖石。第三種則為鐵

與橄欖石的混合體。

鐵心學說還有別的事實證明，更使牠增加力量。其一，用分光鏡研究太陽的時候，表現着太陽氣層裏面最豐富的原質，是鐵，鎂，矽和氧。其二，發生地震的時候，這震波經過地球內部的速度，與在實驗室裏面試驗這類震波經過鐵和橄欖石的速度相同。其三，地球的密度，恰與假設它的內部是鐵和橄欖石兩種物質的密度相當。

華盛頓博士(Dr. H. S. Washington)根據這個學說，曾經計算過組織地球各種物質的百分數。他的結果，是地球含着百分之三九·七四的鐵，百分之二七·七一的氧，百分之一四·五三的矽，同百分之八·六九的鎂。把這四個數目相加起來，我們得到百分之九〇·六七，因此按照華盛頓博士的說法，這四種物質，約合整個地球百分之九十強。

地球從太陽拋出的氣體物質，一直到成形，這個進行的程序，我們再覆查一次，真是很有興味的。想起來當最初的時候，這拋出來的氣體，形狀是不規則的，但是因為牠不停的旋轉，便漸漸的成爲球形了，又過好些時候，才開始冷却而變爲液體。

我們都知道，如果放着一桶含有雜質的鎔鐵，聽其自然冷却，這鎔鐵於凝固後必定沉至桶底而渣滓則浮在上面。因此可以設想，那地球鎔液冷却凝固的時候，鐵質也是降到中心而造成直徑四千哩的鐵心。

但是當這四千哩直徑的鐵心形成以後，有一個變化發生了。那時大部分的鐵質既然已經凝成固體，這鎔液裏面所餘的便成了矽，氧，鎂和鐵的混合體。它們的配合與橄欖石的組織差不多，誰都可以想得到，橄欖石要結晶出來了。

最初的時候，兩種變化是同時進行的，當純鐵凝固的時候，同時也

有多少的橄欖石造成。因此才有包圍鐵心的那兩層殼，第一層含有大部分的鐵質，第二層則含橄欖石較多。最後祇有橄欖石凝結，所以第三層完全包含着這種石質了。

還有剩餘的熔液並不很多，那就是液裏面原有各種物質的混合體。牠們是雜質，當橄欖石凝固的時候，全升到上面而結成我們所住的地殼。

第十三章

地 殼

綠葉充滿的山野，秀色可餐的湖川，廣闊無際的森林，同那其大無垠的沙漠；當我們看到這樣景物的時候，我們很難想像它們原來的樣子和現在却大不相同。但是科學告訴我們說，這地殼原來確不一定是像現在這樣的，現在讓我們來追溯一下，那地殼自古以來一幕一幕的情景。

根據公認的學說，地殼是地球最後凝固一部分的岩漿。鐵心最先成形，綠橄欖石次之，地殼又居其次。所以在地殼凝結的末葉，地球的表面是大而沸騰的，紅熱熔岩漿的海洋。

地質家相信當這熔岩漿海洋開始冷卻而凝固的時候，其景象實在是亂得不可思議。他們以為在較冷的表面上，先有大塊的石頭凝結，隨後又沉到下面較熱的地方，重新溶化。這繼續不斷的激動，將熔融的岩漿攪亂，使它狂吼衝突。後來在表面上有很大面積的岩漿，冷卻到一個相當程度，才結成一層地殼。然而這地殼的下面，仍舊隱藏着極熱的岩漿。其結果溫度升高，岩漿發生極大的迸裂，最後那適才造成的薄殼，便又被穿破了。這個迸裂凶猛得不堪想像，比現代最利害的火山爆發，恐怕還要勝過幾千倍！

已作古的巴勒爾教授(Prof. Joseph Barrell)曾經揣摩過這時期地球的圖形。他相信現在海洋裏面的水，在當時是圍繞地球極厚的蒸氣，與現在地球氣層中所有的各種氣體互相混合。從熔岩漿發出來的熱，使這氣體升高，但至相當高度的時候，又受外面空間冷卻的影響，

而凝結成極大的雲霧。這雲好像夏日雷雨前的烏雲模樣，不過大了幾千倍，頗如廣闊的幕帳，將整個的地球包裹在裏面。日光不能夠射進地球，因為這幕太厚重了。巴勒爾以為如果那時在別的行星上有人用望遠鏡探望地球，他所得到的景象，與我們現在用望遠鏡觀察木星所得到的，一般無二。

根據巴勒爾的意見，從這大雲降落的雨，是酸性的水。不過因為底層大氣太熱的緣故，在它沒有達到熔液的地球表面以前，又變成蒸氣升上去了。下降的雨同上升的蒸氣互相磨擦的結果，發生極高的電壓，因此更有不斷的閃電，夾在銜接着雲天與熔地的中間。

科學家設想那時的流星，比現在的要繁密得許多。所以又有數不清的閃光，使地球上的景像更加混亂。這些流星，比現在的大得多，鑽進厚雲有如火箭，經過的時候還遺留着火光在牠們的後面。等落到熔液的地球表面上，而沉入其中，岩漿濺揚起來，其情狀足以使人震懾。

但是漸漸的這景象變為和平了。地球的熔液表面，一天冷似一天，終於有一個時候，實行凝固了。造成地殼的岩漿是許多化學原質的混合體。它們全是所謂雜質，當鐵心與橄欖層先後造成以後，才升到表面上來，因此地殼凝固的程序，比較複雜些。

地質家相信最初凝結的結晶體是最重的礦物。它們沉到底下而成層的岩石，就是所謂『玄武岩』（basalt），餘剩的岩漿含着較輕的原質，就在玄武岩層上面，凝固成『花崗岩』（granite）。地質家從凝固時的情形判斷，相信玄武岩的構造，也許同玻璃一樣。

當地殼凝結之後，存在熔岩裏面的水蒸氣都被擠了出來。這時雨水也開始打擊到地面上來了。漸漸的，水又集合於地面而成海洋。

巴勒爾相信這種現象，繼續進行，一直到整個的地球被幾千尺深的大洋圍繞着方才罷休。這時的雲已經稀薄了，所以日光也才第一次射到地球上。但是我們須要記着，那時的地球，各處的表面，全是有水掩蓋着，與今天的地球比較起來，還相差得很遠呢！

地球歷史裏面的第二件大事，就是將地殼分成海洋和大陸。巴勒爾相信在玄武岩石層中儲集着的熱，能使它一部分變成液體而擠破那覆在上面的花崗岩。結果這重質的岩漿就在花崗岩上橫流，而凝結在上面。在這凝固熔岩下面的區域，因為承受重大壓力的緣故，而沉至花崗岩一般平面之下，這就是海底。水漸漸的在這上面積聚起來，於是地球就略如今日有大陸和海洋的區分。不過那時地球的外表，還是與現在迥不相同，陸地上所有的，全是茫無涯涘不毛的花崗岩而已。

到了這裏，我們要說這巴勒爾解釋海底如何造成的學說，是並沒有直接的證據。不過有一種說法，是大陸含着較輕的花崗岩浮在玻璃狀玄武岩層的上部，其狀乃與浮在海洋面上的冰山差不多。這個學說講大陸是浮在玄武岩層上面並呈平衡狀態，可以叫做『平衡論』(theory of isostacy)。

或者僅有這些輕的熔岩足以構成我們現在的大陸，而海底是原有玄武岩層的一部分也未可知。都柏林大學 (University of Dublin) 的朱禮教授 (Prof. Joly)，計算覆蓋全地球玄武岩層的厚度，自七十至二百或三百哩。他相信在海底的玄武岩層，距離表面最近，它在那裏僅僅被厚約二哩的深海沉澱物覆蓋而已。

當代負盛名的『物理地質學家』劍橋大學的賈佛萊博士 (Dr. Harold Jeffreys)，以為大陸或者是熔化的物質從地球原有表面的隙

縫裏流出來的。他想當這物體流出以後，地殼各部分互相頂擠，於是造成了現在的大陸。

此外還有兩個學說，但是賈佛萊都竭力予以反對。一個說當地殼造成以後，地球內部的緊縮使地殼崩陷，而其結果是成了四塊形式整齊距離相等的大陸。賈佛萊根本不承認有這樣崩陷的事實。

另一個學說則謂地球本來是沒有月亮的，在當初地球還沒有完全凝固以前，因為破碎而逸出一塊物體，就成爲月亮，而地球上所留下的凹陷部分就是那海底。賈萊佛證明這是不可能的事，因為地球如果發生這樣的災變，早已自行調整，不致遺留如許痕迹。

地殼的成分

當我們轉一個方向去研究地殼的化學組織時，我們就比較的可以更腳踏實地了，但是仍有驚奇的事實等待着我們。原來地球上所見的景物雖錯雜繽紛，然此僅爲外表而已，其組成整個地殼的化學原質，實在種類極少。占地殼全數百分之一以上的化學原質，祇有八種。其他原質所含的數量自百分之一的四成至百分之一的一個極小分數不等。說也奇怪，與人事有重要關係的原質，如，金，銀，白金，和比較普通一點的鉛，鋅，銅，等在地殼中所佔的數量都是極小，我們要想估計牠們在地殼裏所佔的百分數都是很難的事。

在地殼裏面，氧是最多的，它佔全部百分之四十七，其次是矽，佔百分之二十八，鋁居第三位，佔百分之八·一六，鐵居第四，佔百分之四·六四，鈣居第五，佔百分之三·五〇，鈉居第六，佔百分之二·六三，鎂居第七，佔百分之二·六二，鉀居第八，佔百分之二·三二。

人人都知道氧是一種氣體，如與氫化合則成爲水。在空氣裏面，有純粹的氧存在。我們須要記着，空氣並不是化合物，乃是各種氣體的混合物，牠的主要成分是氧和氮。

當地殼是尙在熔岩的時期，它是混合體，主要的原質是氧與上述七種化學原質。自然其中也包含其他的原質，不過爲量極少罷了。地質家相信岩漿開始冷卻的時候，其最先發生的變化是氧與其他七種原質的化合，各成氧化物。例如氧與矽化合而成二氧化矽，鐵與氧化合而成氧化鐵等等。其次是二氧化矽又與其他的氧化物發生變化。例如矽化鋁與二氧化矽結合而成矽酸鋁之類。岩漿冷到相當程度以後，這許多化合物才能完全化合成功，從那時以後，地球上才有岩石出現。

這岩漿構成岩石的經過，是可以詳細考察這岩石的構造而證實的。這樣構成的岩石的專門名詞叫做『火成岩』，是各種化合物的結晶體連鎖結成的。這許多化合物，就是『礦物』。

礦物雖有好幾千種，但是組成地殼中大部分岩石的，祇是有限的幾種，最主要的不過九種而已。

『石英』是地殼中最豐富的礦物。它是矽和氧的化合物，所以化學家都將它叫做二氧化矽。說到石英結晶的顏色，真是非常複雜，自透明以至黝黑色俱全，最普通的顏色爲褐色，紫色，和粉紅色。還有許多種不甚多見的，可以歸入次等寶石一類，例如瑠瑪，碧玉，紫水晶，薔薇水晶，縞瑠瑪等等。石英的性質堅而且脆，其硬度可以用來括鋼。

其次的是『長石』。它的化學成分是二氧化矽，氧化鋁，同其他一種或數種的氧化物，如鉀，鈉，或鈣的氧化物。牠的硬度雖然不及石英，但是祇有最堅強的鋼才能括得動它。通常長石的顏色很淡，分白，淺黃，

粉紅，紅和灰幾種。有一種是綠色的，不過很不容易尋到。當長石破裂時候，它總是循着劈開面極其光滑地分開。

『方解石』恐怕要算次要的了，就是碳酸鈣，因為它是鈣，碳和氧所組成。它是石灰岩和大理石的主要成分。

再次要的礦物是『雲母石』，牠的化學成分與長石相仿，是矽酸鋁和其他原質的化合物，這些原質通常是鉀，鎂或鐵。其色不一，有淡褐的有黝黑的，也有介乎這二者之間的，形狀則或為薄片或如魚鱗，有時候可以尋到很大的一塊石片，可是很容易將牠劈成極薄的薄片。

其次的兩組礦物叫做『角閃石組』和『輝石組』，它們也是矽酸礦物，不過化學性質比適才所說的礦物還要複雜。第七組重要礦物就是氧化鐵，這裏面有一種叫做赤鐵，是最主要鐵礦之一。其他如褐鐵礦和磁鐵礦，也是極重要的鐵礦。第八種礦要算石膏，是白色而半柔軟性的，其中包含着鈣，硫，氧和水。第九種是氯化鈉，平常稱做食鹽，是氯與鈉的化合物。

岩石是礦物的混合體，組成岩石最主要的礦物，就如上面所講的九種。當地殼最初開始凝固的時候，所有的岩石完全是火成岩，就是各種礦物的結晶體互相連鎖結成的，和火山岩漿凝成形一般。地質家以為在目前的地面上，我們已經看不見一點原來地殼的痕跡，因為從地球誕生一直到現在，地殼上的變化，已經過不知多少次數了！

三 類 岩 石

當我們觀察現在地球表面的時候，可以知道它們大概是三類岩石所組成。第一類就是前面說過的『火成岩』，有許多是當岩漿冷卻的

時候就凝成的。現在從火山噴出來的岩漿，固結以後也成爲火成岩。還有是在地殼深處的岩漿，在他種岩石中間逐漸冷卻而結成的，花崗岩就是這樣結成的。假使我們揀一塊花崗岩端詳一下，我們可以看見其中所包含的各種互相聯鎖着的礦物結晶體。牠們大約可以分爲三種：第一種是透明如玻璃一般的細粒，就是石英，因爲牠的硬度能夠括鋼，所以容易分辨；第二種是顏色極淡的光滑結晶體，就是長石；第三種是白色或深褐色的雲母石，其形如薄片或成長條。火成岩的分類，是依照它們結成的情形與其中所包含的礦物而定。

第二類岩石叫做『水成岩』，又叫做成層岩，因爲它們是各種厚度積累成層的緣故。陸地上的大部分是被水成岩所掩蓋，普通的爲石灰岩，頁岩，砂岩，與礫岩。水成岩又可以叫做『次成岩石』，因爲它們是從各種火成岩分解成的小塊或細粒結合而成的。各種原素，如空氣中的氣體以及風，雨，冰，雪和嚴寒凍結之類，都足以使石質剝蝕破碎。這破碎的小塊或細粒又被風雨掃蕩而沉積成層，再經過壓力而固結成水成岩。在大陸上的水成岩，厚度自數百呎至兩哩不等。

第三種岩石叫做『變質岩』。這一類的由來，是由火成岩或水成岩受了熱度或壓力變質而成的。地殼的變動每使岩石承受巨大壓力；岩漿的侵入，又可使岩石熔化而再結晶變成一種新岩石。這樣一來，那石灰岩就變成了大理石，頁岩變成了石板岩，花崗石變成了片麻岩，還有其他種種，不及一一舉出。

有的時候我們必須挖開地球表面，才能夠看見各種岩石。通常與我們接觸的地面，是一層疎鬆的物質，如泥土砂礫等類，這是各種岩石在近代分解腐蝕的結果。這疎鬆物質的專門名詞叫做『表皮岩石』。其在陸

地上是分佈得很不平均的，山谷窪地堆積甚厚，而崇山峻嶺則異常淺薄。在乾燥潤旱之區，這表皮岩石固然極為瘦瘠，而在雨量充足之地，則每有繁茂的植物生長在上面。

第十四章

地面的變化

詩人在他們的作品裏面，往往說到長生不老的山嶺。這不過是一種描寫意志的詩話而已，因為山嶺並不是永久存在着的。我們地球的歷史是連續不斷永無休息的發生變化。在我們腦海裏面的地球，與牠那將才造成時期的形狀是迥不相同。當地殼凝固區分海陸的時候，陸地上僅有赤露的堅硬岩石，那時的景象是極其單調的，所見者無非崎嶇的花崗岩，所謂青山綠水，在當時那裏找得到呢？

但是立刻就有幾組動力發生，其作用能將地球的表面，予以改變。便是到了今天，這種動力，依然繼續不斷的發生工能。爲了要研究這些力量到底是什麼，和牠做些怎樣的工作，地質學裏又分出一門叫做『動力地質學』(dynamic geology)。

使地球表面發生變化的，有兩組力量，其作用是完全相反的。第一組剝蝕陸地，使碎片或細粒移入海洋。假如世間僅有這組力量存在，那未將來總有一天，地球上只見海洋，沒有陸地了。在已往的地球歷史裏面，確有許多大陸，被這種動力剝削得表面降低。大陸既然削低，海水便灌進到窪地，其淹沒的面積，有時超過全陸地的一半。

但是微倖得很，同時又有一組力量將陸地升起，使之互相擠壓，穹起來成爲山脈。這樣一來，從前灌入的大水自然又回到海洋裏面去了。屬於第一組的動力叫做『侵蝕力』(forces of erosion)，屬於第二組的動力叫做『造山力』(forces of mountain building)。

侵蝕力有時叫做『風化』(weathering)。風化當中的一例就是晝夜和四季的溫度變化，熱使岩石膨脹，冷則使岩石收縮。但是這種漲縮僅在表面部分發生，不是普及全體的。結果岩石因受伸漲緊壓之力而破裂粉碎。

第二種的侵蝕力是空氣，牠是兼有化學和機械作用的。空氣裏面含着氧，和二氧化碳，還有多量的水份，都能夠與石質發生化學變化。我們必須記着，岩石所包含的是各種礦物聯鎖結晶體，當中有許多極容易被這類物質所侵襲。

例如一種普通的花崗岩，是石英，長石和雲母的結晶所組成的。空氣對於其中堅硬而且不易溶解的石英，雖然不能發生影響，但很容易使其他礦物發生變化。各種氣體和水份可以漸使長石變成一種粘土叫做『高嶺土』或陶土，又可使雲母分解而變軟。同時空氣又有機械作用，因為風捲起來的碎石屑，能夠磨擦石塊，如同受鋼銼或砂紙的磨損一樣。

還有一種襲擊岩石的力量是雨水。牠能夠將腐爛的殘破的石屑沖去，使藏在下面的岩石，暴露出來，與空氣相接觸。雨水並有很大的蕩平地面的力量。當大雨之後，這雨水每匯流成川，深切地面，及川流會入江河，就挾着這許多泥土而行。莫萊(Sir John Murray)曾經將每年落在各大陸上的雨量詳加計算，據說大約共有二萬九千三百五十立方哩。這麼多的雨水，有四分之一是流到江河而匯入海洋的，其餘的或蒸發到空中，或滲進地面而成爲泉水。

江 河

從地質學的立場來看，地面上的江河有三種功用。第一牠們是排水

的主要路線，導引雨水流入海洋。第二是牠們帶着雨水所沖下的石片，沙粒和塵土流到遠處。這類物質的一部分是溶解在水裏而成了溶液，其他部分，則浮遊在水中。假如我們取一杯河水放在一邊，等到澄清以後，我們可以看出浮遊的物質能逐漸沉澱到杯底。所以較重的石塊也不沈在河底，順着水流旋轉前進。

至於江河的第三種功用，是牠們能將經過地方的石層磨損。這種作用的專門名詞叫做『磨耗』(corrasion)。批爾生教授 (Prof. Pirsson) 曾經說過：『江河可以與一個屈折柔軛而極長的銼刀相比較，永遠向着一方面前進，因為牠有附帶着的沙石，對於河底河岸不斷的磨擦，而使牠們成爲愈鑿愈深的溝槽』。川流不息的江河，總挾着沙土石子去磨耗河底和兩岸，其狀與砂紙磨擦木塊，正是相同。

陸地的物質，被江河沖刷到海裏的數量，說出來使人驚駭。有人估計密西西比河 (Mississippi River) 每年送給墨西哥海灣 (Gulf of Mexico) 的陸地物質，大約是五萬一千六百萬噸，其中的三萬四千萬噸是浮遊在水中的泥土，一萬三千六百萬噸是化成溶液的礦物，還有四千萬噸是在河底滾着的沙石。

恆河 (Ganges River) 每年帶到孟加拉海灣 (Bay of Bangal) 的物質，大約是三萬五千六百萬噸，而由揚子江每年帶到海裏的，要三倍於這個數字呢！

還有一個估計是說整個美國的地面，每七千五百年大約要低落一呎。照這樣看起來，再過一千五百萬年以後，那全國整個的大陸就要與海平面相齊了。其實這是不會發生的，因為同時還有其他的力量阻擋着牠呢。而且像這樣的速率是不能永久保持的，因為侵蝕的快慢與河

流的速度有關，當陸地削低以後，江河裏面的水也要流得慢些的。

江河的磨耗作用，在山地最是顯著，因為這種地方的坡度最大，因此河流也最迅疾。所以那河槽往往極狹，成了V字形狀，而有極陡的河隄。

雖然江河的主要作用是磨損陸地，但是在低窪的地方，其作用正相反。江河搬運物質的數量與水流的速度成正比例。所以當流速變小的時候，牠的攜帶能力自然也減小。例如當河流自山上一瀉而下，速度最大，但是到了廣闊的平原以後，速度突然低減，其結果就有許多沖積物堆在平原和山麓相交的一帶。這種沖積物每作扇形，好像圓錐體的直剖面，其尖端就朝着山麓。牠們的專門名詞叫做『沖積扇形地』(alluvial fan)或『沖積丘』(alluvial cone)。

江河在中流遇到阻礙的時候，也能夠發生淤積，而成為淺灘或『沙洲』(sand bar)。不過牠們大多數是不能長久存在的。

還有一種淤積，發生在江河泛濫的廣闊區域。當夏秋之交，江河的水時常泛濫而漫溢兩岸，但是靠邊的流速要比中心為小，於是發生淤積。所以洪水退了以後，那被水的區域便有一層沖積物覆蓋着。這種區域的專門名詞叫做『氾濫平原』(flood-plain)。這種平原具有極肥沃的土壤，在農業上極有價值。

當江河的水流到湖海裏面的時候，那速度自然減小，載來的泥沙就沉積在江口或河口。有時這沖積物愈積愈大，積成一個大平原，平原上面有時又被水沖成不少的小溝。這平原有點像三角形，像希臘字 Δ ，所以叫做『三角洲』(Delta)。例如密西西比河流進墨西哥灣地方的三角洲，就是最顯著的一個例。

瀑布

川流的磨耗作用，依其所經過岩層的硬度而異。在硬度發生變化的地點，往往構成瀑布。水經堅硬的岩石上面，其磨耗作用是極小的，但是到了較軟的岩層，則石質毀損得很快。因此在較硬的岩石與較軟的岩石相交的地方，便有瀑布發生了。

著名的尼亞加拉瀑布 (Niagara Falls) 就是一個很好的例子。這瀑布所流過的地方上部是硬質的石灰岩，流在水上面的水很不容易磨耗牠。但是在瀑布下面流水沖擊的地方是軟性的頁岩，所以流水將牠毀損得極烈。經過了多少世紀的磨耗時期，到今日才有這樣一個勝景。尼亞加拉瀑布自硬石灰岩直瀉而下，達到底部的頁岩，其距離當在一百五十呎以上。其馬蹄瀑布 (Horseshoe falls) 的高度為一百五十八呎，而美利堅瀑布 (American falls) 則為一百六十七呎。

地質家曾經發表過一個關於尼亞加拉瀑布極有趣味的事實，說這瀑布是漸向河流上游擴展的。當初的尼亞加拉瀑布，是在尼亞加拉河 (Niagara River) 入翁塔利奧湖 (Lake Ontario) 口的里威斯頓 (Lewiston) 地方，漸漸的牠向上游挖去。到了現在的地位，已經是離開原來地點七英里了！牠與里威斯頓中間那個極壯麗的山峽，就是這樣造成的。瀑布現在仍然繼續向上游推進，每年大約推進五呎。這現象是怎樣一個來源呢？當瀑布瀉下的時候，牠將石灰岩層下面的軟石毀壞而凹進，那上面的石灰石，因為底下沒有支撐物而突出。經過相當的時間以後，流水不斷的衝擊力，加上突出部分自己的重力，可以使石質破碎而滾下，所以那瀑布便向上游推進了。



一條冰河

亞拉斯加東南部的杜斯 (Daves) 冰河，這個地方現在還是在冰河期中呢。



冰雕成的景象

英屬哥倫比亞卡卡哇瀑布直瀉一千三百英尺的山谷，要得經過了好幾千年。

地質家曾經估計過尼亞加拉瀑布自里威斯頓移到現在地位所需要的時間，據泰洛爾 (F.B. Taylor) 的估計，當在二萬年至三萬五千年之間。

瀑布也可以有其他的成因，在黃石 (Yellowstone) 的兩個瀑布是由於形似削壁極其堅硬的岩石，穿過河流所經之路。這種岩石是在很古的時候，有熔岩鑽入軟岩石之裂縫而造成的。

世界最高的瀑布，加利福尼亞 (California) 的尤斯邁脫瀑布 (Yosemite Falls) 總可以數得着一個了。牠從花崗岩的懸崖，瀉入墨西德山谷 (Merced Valley)，直瀉一千四百三十呎，又循着峻峭的山坡流了六百二十五呎，最後又直瀉三百二十呎。這瀑布的成因，是由於冰川開鑿河谷並且使牠加深所致。

湖 澤

江河遇到了障礙，例如山崗或沙壩之類，那末水就要漫溢而成爲小湖了。江河雖然能夠造成小湖，但隔着相當時間以後，也能夠將牠毀滅。因爲當水流到湖裏的時候，其所挾帶的泥沙漸漸淤積起來，久而久之，就能將湖填滿，所留剩的祇是通水的河道而已。

湖澤裏面的沈積量，又因爲生死於其中的小動物的遺體堆積而增加，同時有無數的植物也幫着來填滿而毀滅牠。特別是在湖水將涸的時候，有叢草生長，等到草腐爛後，成了極厚的植物淤積，而成肥料。福牢利達 (Florida) 淺湖的肥料堆積，就是這樣來的。

世界上有許多地方的淺湖裏面，叢生着一種「水蘚」(Sphagnum)，牠們蔓延不絕，陳腐與新生交相積疊，往往厚至數呎，堆壓漸重就固

結成爲「泥炭」(peat)。本地人將牠切碎曬乾以後，用來做燃料。愛爾蘭和蘇格蘭就是這種泥炭的出產地。

在美國西部與世界上其他氣候乾燥的地方，往往發見沒有出口的湖澤。因爲空氣乾燥，所以蒸發作用進行得很快。從河流注入湖裏的水，包含鹽質，水量蒸發以後，礦鹽便積儲在湖裏，烏大(Utah)的大鹽湖(Great Salt Lake)就是屬於這一類的。

有些湖面因爲水量繼續不斷的蒸發，使其中所含的鹽，石膏和其他礦物全行沉澱。我們在沙漠裏面，時常尋得到這一類的沉澱物，因此可以證明那地方是從前的湖澤，不過現在全已乾涸罷了。

潛水與岩穴

落在地面上的雨水，大部分全滲透到地面底下去。這地面下的水，專門名詞叫做「潛水」或稱「地下水」(ground water)。牠由石縫或土壤疎鬆的地方滲漏下去，積成一個相當的水面。這個水面叫做「常水層」(water-table)。牠在地球表面下的深度，隨着季候與雨量而異。在乾燥的地方，與地面相離可以至數百呎，而在潮濕的地方，則僅數呎而已。

地面如果低陷或傾斜到常水層以下，其結果就有泉水湧出。倘使在常水層以下的窪地，其所佔的面積很大，便成爲池沼。江河湖澤也是地面低於常水層以下的時候才有的。在河裏流着的水，祇有一小部分是由地面上雨水直接流入的，其餘都是當雨水滲進地下以後成了潛水，再滲到河裏去的，這一點我們必須記牢。

潛水是損害陸地的一種因素。當水透進石隙的時候，牠能溶解岩石

裏面的許多礦物質。如果潛水在地球表面上曾經浸過腐爛的植物，那末牠就變成酸性，侵蝕力自然更強了。

潛水對於石灰岩有溶解作用，因此在厚層的石灰岩地方，侵蝕現象尤為顯著。這種水常將石灰岩蝕成管孔形狀的罅隙，名稱叫做『石灰窠』(sink-holes)。我們在坎特幾(Kentucky)中部，隨處可以尋到這種石灰窠。

在石灰岩區域，潛水的作用，又能造成岩穴或稱山洞，著名的馬摩斯穴(Mammoth Cave)就是這樣來的。這岩穴裏有好些過道如同廣廈，有寬至四百呎，高至一百五十呎者。

潛水雖然能造成岩穴，但同時也可以填滿牠們。自洞頂滴進的水，時常飽含着碳酸鈣；當水量蒸發以後，所遺留下的碳酸鈣，會造成形狀似冰條的『鐘乳石』(stalactite)，自洞頂下垂。

已經落到洞底的水，也於蒸發以後結成同樣的物質，叫做『石筍』(stalagmite)。鐘乳石向下延長，石筍則向上堆疊，兩者相交，就構成石柱。結積漸多，整個岩穴便被牠們填滿了。

冰 河

在地球歷史上，曾有幾個時期『冰河』(glaciers)佔着極重要的地位。地球上極大面積受到牠的侵蝕和雕剝，便是到了今天，還有許多地方，受着冰河的威力。

冰河是冰塊流通的大河。凡是在冬天的降雪量超過夏天的融雪量的地方，就有冰河。其現象是次年冬天降下來的雪，堆積在上年冬天沒有融盡的雪上面，久而久之，便愈積愈厚，堆疊擠壓而結成粗大的冰

塊，叫做『冰雪』(Névé)。

雪往往積儲在高山上面，所以冰河也時常在高山區域發見，名字就叫做『山谷冰河』(valley glacier)。在北極附近，這樣的冰河可以一直伸展到海邊。

重力使冰河向山下移動，所以在北極附近的冰河，冰塊每向陸地的邊際推進而入海。其時因其自身的重量而紛紛破裂，成為獨立的冰山。在天氣較暖的地方，則冰河自高山流下，便漸漸融化成水，因此在高山區域的河流，其水源往往由冰河融化而來。

最有名的冰河是在阿爾卑斯山 (Alps)，大概有兩千條。其中短的祇有一哩，而長的可達十哩。在喜馬拉亞 (Himalayas)，高加索 (Caucasus)，南安德斯 (Andes) 諸山和亞拉斯加 (Alaska) 地方，有長達五十哩的冰河。

冰河向下流動的速度，也因所處的境地而殊異，最慢的阿爾卑斯冰河，一年才走三百呎，而最快的亞拉斯加冰河，每天可走七十呎。當冰河流動的時候，每發生極強大的侵蝕力，山谷因而更見深廣。

鉗在冰河底部的石塊，隨着冰塊流動，如同極銳利的切割機一般，將谷底的岩石劃成槽痕。地質家就根據這種槽痕探測已往冰河的情形。冰河還能夠攜帶不少的碎石和雜屑，往往沉澱在冰河的兩岸和冰塊開始融解的地方。這種沉積的碎石岩塊叫做『冰河堆石』(Glacial moraine)。地質家研究這種冰河堆石，也能知到些已往冰河的範圍。

格林蘭 (Greenland) 與南極區域內終年被極厚的冰層遮蓋着，這一種冰層叫做『冰帽』(ice-caps)，或『大陸冰河』(continental glaciers)。格林蘭的冰帽，面積約七十萬平方哩，厚度約數千呎。南極的

冰帽，面積達數百萬平方哩，有的地方厚度達九千呎。南冰洋裏面的大冰山，便是這種冰帽破碎後而入海的。

波 浪

還有一種侵蝕力，專門襲擊那湖邊和海岸的，就是波浪。經過久長的時間，這波浪能夠如同蠶吃桑葉一般，深深的剝削沿岸，有時候還可以將很高的石壁毀去。假如沒有其他作用阻礙着這種侵蝕力，恐怕整個陸地將來總有一天，要被牠侵蝕到海平面以下去。

舊石變新石

山嶺和高原漸漸地被各種侵蝕力磨損，其所剝削下來的岩石片屑，全被江河沖積到海洋裏面去。當陸地漸漸削低的時候，海洋便慢慢的伸進到陸地。所以現在的陸地，大部分是被淺海包圍着了。這種淺海的專門名詞叫做「沙灘海」(shelf sea)，實際牠就是大陸的邊界，其深度大半在六百呎以下。一定要到這沙灘海的盡頭，海底才突然下陷成爲真正的深海。

這些在陸地邊界的沙灘海，總面積約計一千萬平方哩，牠是佔了地球表面的五分之一。現在江河裏面所帶的泥土沙石等類，差不多全沉積在這沙灘海裏面。

在已往的時候，許多陸地曾沈到較現時的地面爲低，被海水浸沒的面積也很大。北美洲有一部分地面，能夠證明曾經被海水浸沒過二十次以上。有一次那整個的中心區域完全被淺海掩蓋着，自北極至南墨西哥，密西西比之東，至太平洋岸，均在其內。

這種內地淺海的專門名詞叫做『大陸海』(continental sea) 赫德森海灣(Hudson Bay), 聖勞倫海灣(Gulf of St. Lawrence), 和巴爾的海(Baltic Sea), 都是今日的大陸海。

從前的時代, 江河曾將牠們載運着的沉積物, 沉積在極大面積的淺海裏面。在江河入海的地方, 流水的速度漸漸減小, 那沈積物也就開始沉積起來。最初的沉積, 是較重的物質, 所以沉積物因之分成粗細, 粗大的石塊沉積在河口, 而細小的則沖入遠地而沉於海洋。經過相當的時間以後, 這種沖積物就堆成很厚的一層了。

沖積物無時或已的聚集, 所堆的也愈來愈厚。最後因重量增加而將海水擠出, 原來溶解在水裏面的膠粘性礦質, 如碳酸鈣, 二氧化矽和氧化鐵等類, 就滲到堆積層裏去, 其結果將沉積物膠結起來造成堅固的岩石。

照這種情形, 臨近海岸的卵石和粗石片便膠固而成『礫岩』(Conglomerate), 沙層膠固成爲『砂岩』(Sandstone), 泥土層則成『頁岩』(Shale), 等等。

以後的情狀, 也許起了變化, 另有一種沉積物沉積起來。譬如一層泥土堆積在一層砂岩的上面, 久而久之, 便固結成頁岩。如此岩石便慢慢一層一層組成起來。凡由舊岩石的殘塊廢屑, 膠固而成的新岩石, 便是『水成岩』(sedimentary rock)或『成層岩』(stratified rock)。

還有一種水成岩, 如『石灰岩』和『白堊』(Chalk), 是海底有機物體的介殼和骨骸聚集而成的。這種有機物體的殼, 是碳酸鈣。因爲牠們生死的數量極大, 日積月累乃堆成極厚的沈積物。英倫的白堊層就是一個例證, 還有別的地方, 也能夠尋得到。

一層一層的水成岩是在海底造成了，但當『造山作用』掀動的時候，將陸地升高起來，同時將海水驅逐到深海裏去，這海裏沉積的岩層便暴露出來。從此侵蝕力又開始發生作用，循環便又開始。

第十五章

山脈成因

火山爆發以及地震，都是突然而來的。遇着這兩種事變，世人都是慄慄危懼，怕的是牠們釀成絕大的災害，尤其是牠們突如其來令人莫測。當地震的時候，地面忽然開始顛動，接着建築物傾斜倒塌，整個的城市都能毀滅掉。若是火山爆發，則噴出來的岩漿，順流而下，農村和田野，立被吞沒。但據地質家說來，這現象並不是突然發生的，牠們不過是地球內部常時變動中可以目睹的緊張一幕而已。

我們平常總以為地球表面是牢不可破安如磐石的，等到研究地質學以後，才知道事實並非如此。地球的表面確是時刻變動的，不過大部分變動得很慢，使我們幾乎沒有法子來探測。但是經過久長的時間，從岩石上去觀察，可以將實際的經過，顯示出來。

地震與火山迸裂，是一種永久進行着而偶然暴發的作用——就是『造山作用』。這作用將大陸升起而曲褶牠，使牠成為很大的山脈，以與侵蝕作用對抗。假使沒有這種作用，那陸地就只有永久的受到侵蝕，蝕到地面低窪成為海水的征服地而後已。

造山作用以及所引起地震與火山迸裂，都是由於地殼的收縮而發生。現在人多信地殼的收縮，是由於地球內部失去熱量。地球內部縮小了之後，則地殼顯而易見是太大了，因此發生『應力』(Stress)，久而久之，地殼便要變形。因為陸地的岩石，比海底的石質為輕，所以在這調整的時候，海底沉降而陸地升高了。

最近有人建議，地殼的週期變動，是僅限於地殼本身的現象。都柏林 (Dublin) 的朱禮 (Joly) 教授說，地殼裏面的積聚放射性物體，可以解釋這種現象。這種物體使地殼深處的溫度升高，結果將深處的岩層溶解，同時岩石的體積自然也要漲大了。隔了許多時以後，熱量亦能漸次消散，岩石便又收縮而凝固，這就能使地殼收縮。根據朱禮的學說，地殼是有週期的波動，而不是漸漸繼續不斷的收縮。

正當地殼收縮的時候，最初發生的是應力，那應力能使地殼一小部分發生變動。因這種扭曲而發生的高低差度，常常祇有幾百呎的光景。今日的地球上仍有許多地方有這種小變動，例如斯幹地那維亞 (Scandinavia) 的海岸，現時正漸漸的升高着。

久之，這種地殼的小變動能發生應力，使上升與低降的岩石再行破碎而重新調整。當這種現象發生的時候，極大的岩石時常掀起而造成山脈。自有地球以來，北美洲曾經過上述現象八次之多。

最後還有一種大的調整運動，就是大陸以各部份為單位的上升或下沉。地質家相信自有地史以來，地球經過六次大調整運動。牠們還以為距現在這一『代』(era)開始不久以前，地球曾經有過一次這類的大變動，其結果是現在的大陸距海平面的高度，幾是地球歷史裏面最大的一個。

節理與斷層

試將地球表面的岩石加以考察，則地殼曾經變動的景象與岩石受重大壓力和變形的情狀，都可以看得出。因為無論在什麼地方，我們都能尋着很大面積的岩石，破碎或斷裂而分成小塊。這種斷裂，在石坑裏

面和溪邊暴露着的峭壁上面，以及多山的地方，全都很顯著。這種斷裂有的可深到十二哩，但是不能夠再向下推展，因為有大壓力來阻止牠的緣故。通常一塊石頭斷裂的時候，總有兩組裂痕，相交成各種的角度。這種情形的專門名詞叫做『節理』(jointing)。

大的斷裂，可以展長到幾百呎以上的——有的時候可以到幾千呎——叫做『裂縫』(fissure)。岩層常常在裂縫的一邊遷移位置，有的作水平推移，也有作垂直推移，這種現象叫做『斷層』(fault)。我們看見了斷層，就可以決定在裂縫一邊的岩石，是曾經推動過的。有時候岩層傾斜到與斷層相交成極小的角度，那末這一邊的岩層可以推擠到另一邊的上面去。這種斷層叫做『逆掩斷層』(thrust-faulting)，山嶺很多的地方是常見的。在逆掩斷層中間，經過好幾百年，岩層可以移動到幾哩之遠。這現象有許多山嶺區域顯示着很好的證據。

地 震

地震是地球表面的顫動，大多數的地震，其中有顫動得很猛烈的，都是從斷層開始，乃是在斷層一邊的石層突然移動的結果。例如在一九〇六年四月十八日舊金山 (San Francisco) 發生的大地震，起源於撒安得利斷層 (San Andreas fault) 的突然移動。在這個斷層的一邊，可以看得見各處的平面移動，自七呎至二十一呎不等，而垂直的移動，則在一呎至三呎之間。

不像普通一般人的設想，地震並不是稀罕的現象。一年之中，幾乎沒有一天不發生數次，不過大都是微弱得很，沒有什麼損害罷了。但是用了科學家的『地震儀』(Seismograph)，便是影響最小的地震，也可

以被牠探測出來。

所有的地震，都激成波浪，四面向外發射。這種震波在幾千哩外可以用地震儀測知。有一種儀器是裝着一個很精密的擺，用一組細巧的槓桿聯絡起來，遇着震波的時候，這擺就會左右搖動。等槓桿將動作放大以後，那連接着的一枝記錄筆，就會將地震現狀，描寫在一個旋轉的圓筒上。

有許多地震區域，地震是常見的事情。這種區域多鄰近大的山脈，是地殼的孱弱部分，在山脈成立最後期內造成的。日本是地面上時常發生地震的國家，地震儀顯示着平均每天要發生地震三次，但大多數微弱無害。荷屬東印度 (Dutch East Indies) 是另一個地震區域，印度是第三個。最近的大震災，要算一九二三年九月一日發生於日本東京和橫濱的那一次，在猛烈震動以後，繼着是大火，大概有十萬民衆喪失了生命。

火 山

古代人民對於火山的印象，以為是神奇得不可思議的，羅馬人想像『火神』(Vulcan) 的鍊鐵爐在愛特納山麓 (Mt. Etna)，他在那裏製造雷電，所以英文Vulcano這個字，就從火神的名字改造而來。後來人類設想地球內部是熔化的物質，便將火山認為通地心的管子，這液體可以從那裏流出來的。但是等到鐵心學說發展以後，這種關於火山作用的簡單解釋，是不適用了。現在都相信火山是一個有地方性的現象。

地殼深處的溫度極高，如果沒有上面石層的重量，發生很大的壓力去鎮住牠，那高熱度就要將下面石層熔化了。但當地殼發生移動的時候，造成了許多『拱環』(arches)，或裂縫，或其他相等的結構，因此下

面石層所承受的壓力，就不免有解放的機會，而巨量的熱，便將石質熔化變成一包岩漿了。

在地底下的一包岩漿，勢如鼎沸，同時所產生的氣體又不斷的膨脹，自然要想尋求一條出路。歷時稍久，那上面的石層便開始破碎而發生裂縫，這熔化的岩漿就可以循着途徑而上升了。有時候牠能上升好幾哩！假如裂縫並不通到地面，這岩漿僅在石縫中四流而凝成片片的火成岩。假如裂縫是通着地面，那末岩漿就要噴出，其結果就是火山爆發。有的時候，岩漿是寂然無聲噴出來的。還有時候如果是含着蒸汽和其他氣體的混合體，那就噴發得非常猛烈，具有轟炸的現象了。

火山大都是成圓錐形的。其實這圓錐體就是從前所噴出的岩漿凝結而成。當發軔時，牠是一條通到地裏面的管子或罅隙，如同煙囪一般，等到岩漿噴出以後，方才具有山的形狀。圓錐體的頂部叫做「噴口」(crater)。有許多大的火山，噴口的直徑可達一哩，在圓錐體的旁邊，常另有許多副噴口。

有許多上了年紀的火山，其所構成的圓錐體，簡直高不可攀，竟有超過一萬二千呎以上的！高原上的火山，其極巔與海面相隔的距離更是驚人，例如安德斯高原(Andes plateau)已經高出海面一萬四千呎，而這個高原上面在智利(Chile)與阿根廷(Argentina)兩國的邊境，有一座亞孔卡瓜火山(Aconcagua volcano)，其噴口要比海面高出二萬三千呎。

火山還常常出現在與世隔絕的地方，例如錫西里(Sicily)的愛特納山(Mt. Etna)便是。多數的火山全排成線狀，祇有少數的環繞成組。納普爾(Naples)附近的菲辣菲山(Mt. Vesuvius)就在一條長火山

線的末端，這裏面的其他火山，都已經熄滅了。

有史以來曾經活躍過的火山，已知道的大概有五百座，至於存而已熄滅的火山，根據旭克爾脫(Schuchert)的統計，總數約有五千。

剛巧和我們的期望相合，這發見火山的地方，全是地殼經過大移動和曾經掀起的部分，就是那異常孱弱的部分。在最近經過抬高的太平洋沿岸，可以尋到許多最活躍的火山。還有在地中海(Mediterranean)沿岸，在亞洲，在印度和荷屬東印度，火山存在着的也很多。說到美國，從前也有許多火山，如荷特(Mt. Hood)，亞達姆斯(Mt. Adams)，培克爾(Mt. Baker)，勒尼爾(Mt. Ranier)，沙士坦(Mt. Shasta)等山，都是已經熄滅的，現在祇有一座加利佛尼亞省(California)的蘭遜峯(Lassen Peak)還正在噴發之中。

不但在陸地上面有火山的發現，就是連海洋底下，也有牠們的踪跡。有許多小海島就是已熄滅火山的圓錐頂，在海面上露出來了。這一類的火山島，在太平洋裏最多，大西洋和印度洋裏比較少數。孛爾墨達(Bermuda)就是一個珊瑚島，築在已經熄滅的火山頂上。

在今日世界上許多最活躍的噴口裏面，夏威夷羣島(Hawaiian Islands)可以算是很著名的。這些島在太平洋的中央，海水深至一萬六千呎。牠們都是很大圓錐體的頂，已經從海底升起一萬六千呎了，但是仍舊繼續着上升。摩挪洛(Mauna Loa)和摩挪幾(Mauna Kea)兩個山峯，都高出海面一萬三千呎。島裏的奇洛(Kilauea)噴口，是現正活躍着最大的一個，直徑有九哩。

爪哇(Java)附近的聖達海峽(Sunda Strait)，有克拉卡杜(Krakatoa)火山島，這火山曾靜寂了二百年，但在一八八三年八月二十六日，

忽然又發生極猛烈的爆發，實在是近世最大的火山迸裂。這一次爆發裏面，那整個的島頂，全被炸毀，大約有十三立方哩的岩石再加上一立方哩的塵埃全飛揚到空中。爆發的聲浪，一直傳到一百五十哩以外。火山灰可說在整個地球的氣層裏面都散佈到了。那爆發又釀成海嘯，激起水浪高至一百呎以上。爪哇與蘇瑪特拉(Sumatra)的窪地，因此發生大水，有三萬餘人遇難。

在歷史上最負盛名的火山，是愛特納山和菲竦菲山。愛特納是歐洲最高的火山，上插雲霄一萬二千呎。自從耶穌紀元以後，曾經爆發過八十次。說到菲竦菲山，在紀元後七十九年曾發生極猛烈的爆發，毀滅赫古拉紐(Herculaneum)和彭倍(Pompeii)，而使這兩個城市埋藏在火山灰下。山裏的噴口，有一大部分曾因這次的爆炸而毀却。今日的圓錐體，是從那年起漸漸長大起來的，高達四千二百呎。

火山裏面貯藏着的岩漿久而漸竭，這噴口自然歸於熄滅了。火山雖然停止活躍，但在附近區域，溫度仍舊是較高的，所以陸地裏面時常有許多溫泉並發射各種氣體，特別是二氧化碳。亞拉斯加的卡特美火山(Katmai volcano)尚在噴火之中，其附近地方，有萬煙區(Land of Ten Thousand Smokes)這個美名。熱的硫磺煙和其他的氣體，從地面的裂縫，流了出來，叫做『噴氣孔』(fumarole)。

如果通岩漿的管子不能達到地球表面，那末這岩漿一定要侵到其他石層裏面而凝為火成岩。等到侵蝕力將圍着火成岩的軟石層磨損以後，這種現象，就赤裸裸地表現出來了。我們時常發現暴露着的水成岩，被垂直的火成岩石壁所切斷。這種因岩漿流入岩層裂縫裏面而凝結的石壁，就叫做『岩脈』(dike)。

沿着赫德森河的著名伯力沙德(Palisades),就是岩漿侵入水成岩石層中凝結而成的。最初掩蓋牠們的水成岩,現在已經被侵蝕力磨損,所以牠能夠顯露在我們的眼前了。

沸泉與溫泉

沸泉與溫泉都是和火山作用有密切關係而且極有趣味的現象。最著名的沸泉區在黃石公園(Yellowstone Park)。第一次發現牠的人,是專以機械捕鳥獸爲生的柯爾特(John Colter),那時還在一八〇七年。當時他言之歷歷如繪,因有『柯爾特泉』(Colter's Hell)的名稱。這個沸泉區一直等到六十年以後,方才有人用科學的眼光去研究牠。至於第一個被人類用正確意義來解釋的沸泉區,是在愛斯蘭(Iceland);時在一八四七年。此外還有一個是在紐西蘭(New Zealand)。

沸泉乃是一種間歇性的泉源,專向空氣裏噴射熱水和蒸汽,這噴射的週期,最短的相隔五分鐘,最長的有一年,視特殊情形而異,大都是很準確的。最著名的是在黃石公園裏面的『忠信』(Old Faithful)沸泉,每隔七十分鐘準噴射一次。

試將沸泉區的地質加以研究,則牠們的成因不難明瞭。黃石公園所在的區域,是牠邊境地方原有的火山,流出來的岩漿所構成,不過這些火山,現在都已經熄滅罷了。當時流出來的岩漿,在表面上凝結得很快,所以使巨量的熱埋藏在下面,那下層的岩石,仍然在高溫度狀態之中。潛水經過這些石層的裂縫,便被蒸熱,於是有一大部分變成水蒸氣了。

沸泉是從地面通到地下岩石窟的管子,窟裏充滿了熱水和蒸汽,當蒸汽壓力漲到可以擠壓水的重量時候,水和蒸汽便從管裏噴射出來。達

到這種蒸氣壓力的時間，是每次相等的，所以沸泉的噴發，便有一定的週期了。

溫泉是潛水與高溫度石層相接觸而產生的，沸泉區裏時常含有多數的溫泉，但是溫泉並不一定在沸泉區域才可以尋到。

山 脈

要想認識地球的真正偉大，而不作一次山地的旅行，實在是一件辦不到的事。祇有不避艱險，置身於山頂冰雪之中，才能夠領略到一些造物的威權。古代希臘人都相信衆神居住在奧林普斯山(Mt. Olympus)的上面，那是無足怪的。上古之世，不但希臘人如此，就連其他各處的居民，也全以為山嶺是鬼神的窟宅。

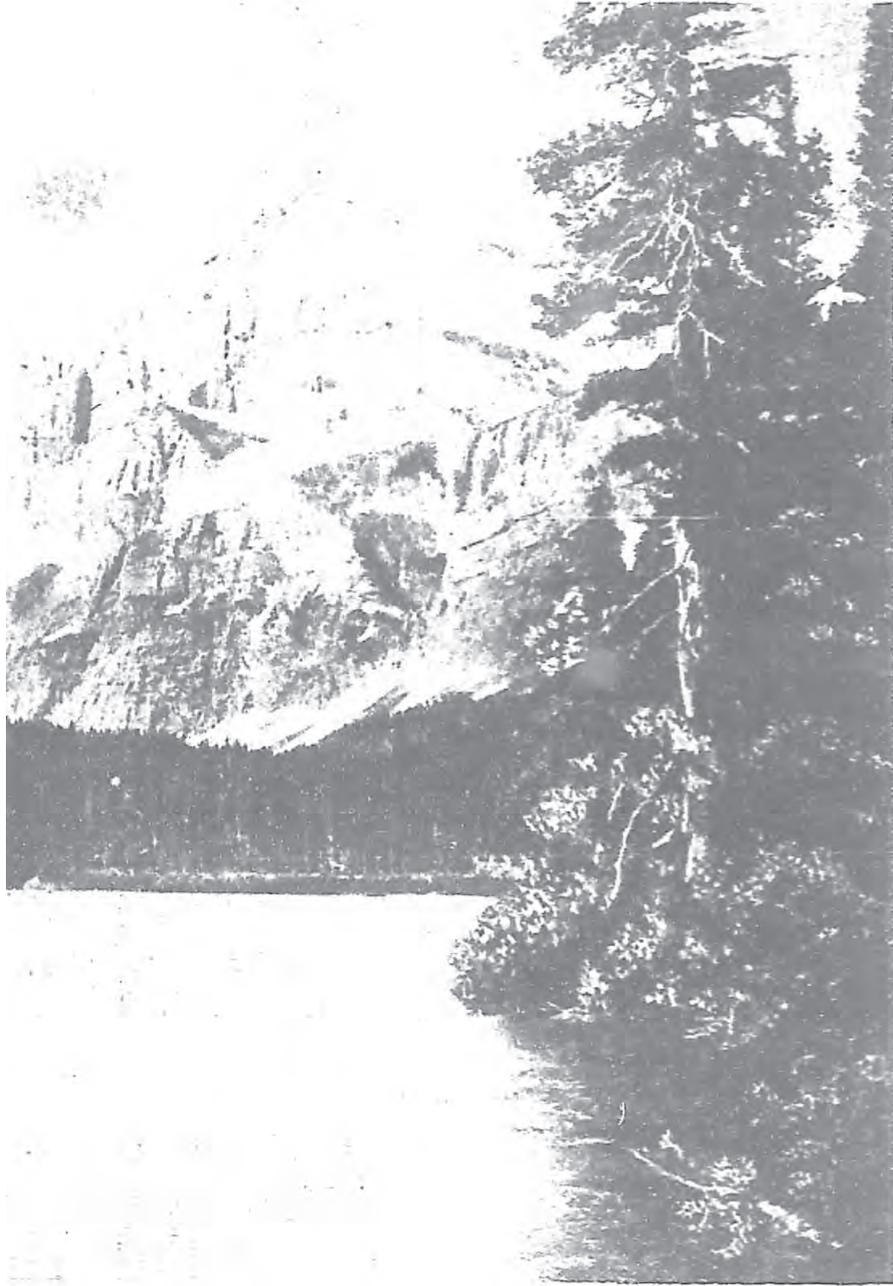
最早的登山記錄，是羅馬大帝特萊仁(Trajan)所創造的，他在紀元後第一世紀，特登愛納山而觀日出。說到中古時期的學者，第一個爬山的是披特納奇(Petrarch)，他在一三三六年登陟普落芬士(Provence)的芬托斯山(Mont Ventoux)。關於攀登阿爾卑斯山的歷史，有系統的記載自蓋斯納(Konrad von Gesner)和森姆勒(Josiah Simler)開始，約當一五五〇年。

世界的最高峯，在埃弗萊士山(Mt. Everest)，一直到現在還沒有人征服過牠。在一九二三年有一隊探險家，曾達到距山巔一千呎的地方。從這個地方又有兩個隊員馬洛萊(Mallory)和爾芬(Irvine)奮勇向着山上邁進。探險隊的攝影者諾爾大佐(Captain Noel)當他們離別的時候，曾經拍了照片，祇有這幾張照片裏面，深深印着這兩位勇士最後的影子，因為他們是一去不復返了！



石屑與蒸氣的雲彩

這雲彩現在正從紐西蘭(New Zealand)的高如火(Ngauruhoe)火山噴口上升



大自然的傑作之一

蒙托那(Montana)國家冰川公園裏的哥德山(Mt. Gould)的豐采

美洲有許多世界上最美麗的山，坎拿大(Canada) 和美國政府曾經加以設計，已將牠們闢為國有公園。

美洲東部的亞帕拉智安山脈(Appalachian Mountains) 從紐芬蘭(Newfoundland) 綿延到墨西哥海灣，是美洲最老的山脈。曾經有一個時候，牠們全是高峻的峯巒，但因數百萬年來久受侵蝕力磨耗的結果，現在已經低矮了許多。

蜿蜒於美洲的西海岸的山脈，全從亞拉斯加的西北部出發，綿延到墨西哥的南部，長至四千哩。地質家和地理家將這整組的山脈叫做高爾第勒拉(Cordillera)，包括美國，坎拿大和亞拉斯加的落磯山(Rocky Mountains)，墨西哥的西里亞馬德萊山(Sierra Madre Mountains)，還有亞拉斯加沿海，坎拿大和加利福尼亞的太平山(Pacific Mountains)。太平山與落磯山被崎嶇不平的高原分隔着，美國的哥羅拉多高原(Colorado plateau)以及坎拿大的哥倫比亞高原和內部高原(Columbia and Interior plateaus)都在其內。

當我們看見那高聳雲表的山脈的時候，誰想得到牠們全是地殼的摺皺呢？誰又想得到牠們是因地殼緊縮而產生的呢？但是我們須要切記，地球的年歲實在大極了！而且宇宙的計算時日，也不能與我們的方法相提並論。造成山脈，往往需要一千萬或兩千萬年，也許還要比這年數多一點。有許多地質家，相信年紀最輕的喜馬拉亞山，現在仍然繼續生長，牠的山峯年年向着天空中升高。

山脈依照牠們造成的特殊情形而分成若干類。最簡單的做叫『摺曲山脈』(folded mountains)，那是由於地殼摺疊而造成的皺紋。譬如我們將一張紙平舖在桌上，再就兩端用力向中心推擠，當然中心要皺

覺起來或成爲拱環狀了。依同理則地殼發生緊縮的時候，一部分的岩石受着兩端方向相反的推擠力，結果就將山脈造成了。這種摺皺的拱環叫做『背斜層』(anticlines)，相對的凹下部分則叫做『凹斜層』(synclines)。

地球上的大山脈，例如阿爾卑斯，喜馬拉亞，落磯與安德斯都是褶曲山，不過牠們的摺皺，全不相同罷了。假如有一組山脈因年代久遠，其所經過的摺皺並不祇一次，那末這情形當然是更加複雜了。

經過長時期的侵蝕作用，往往使褶曲山的頂部消歸烏有，而僅留牠們的幹部在那裏。亞帕拉智安山脈就是屬於這一類的。自牠們短肥的山峯裏，能夠尋出證據，這山脈在從前的時候，要比現在落磯山脈最高山峯有過無不及。

大的山脈往往從地殼最孱弱部分產生出來。地質學家曾經描寫過一種循環，指示造成山脈的途徑。當沙灘海侵佔陸地的時候，很厚的沖積層聚集在上面，後來膠固而成爲水成岩。這水成岩的重量將地殼壓沉，造成所謂『脆弱地帶』(zone of weakness)，久之傾陷而成深溝，就叫做『深凹斜層』(geosyncline)，又可以叫做『山脈之母』，因爲當地殼發生緊縮作用的時候，祇在這種脆弱地帶才有因推擠而造成褶曲山脈的可能性。

然而山脈也有其他的成因。正當地殼發生大調整運動的時候，陸地是整塊的抬起來，成爲弓形，其長度可至數千哩。但是更有侵蝕力顯示其奇能，因爲高的緣故，此絕大的拱環，便被侵蝕作用雕成山脈了。遇着這種拱環斷裂時，必定有極大塊的岩石沉落下去，這樣也可造成山脈。最大的高爾第勒拉山脈就是當整個北美洲西部大陸發生變動，成爲拱

環的時候所造成的。南達科達(South Dakota)的黑山(Black Hills)和韋奧明(Wyoming)是侵蝕力所雕成的山脈的模型。西拉納菲達山脈(Sierra Nevada range)則為拱環斷裂後沉落一類的例證。

當岩漿從地殼的深處上升時,如果不能穿透地殼,達到地面,勢必要向上推擠地殼,這樣也可以造成山脈。烏托的亨利山脈(Henry Mountains) 哥羅拉多的西爾克山脈(West Elk Mountains)和蒙太納(Montana)的小帶山脈(Little Belt Mountains)都是屬於這一種的。

當建山進行的時候,因為石層所承受的壓力很大,所以石質往往要改變本性。無論岩漿凝結的火成岩或是水成岩,都能夠變成第三種的岩石,就是前面所說的變質岩。

第十六章

岩石裏的記錄

自二十萬萬年以前地球從太陽中拋出，形如白熱氣體的大雲，以至於今日，牠的歷史，真是繼續不斷着的嬗變。就是從地殼凝結分成海洋和大陸以後，地球上的景物，也是像做劇這樣一幕一幕的搬演，沒有一刻休息的。侵蝕力與造山力互相角逐，輪流握着地球統治權，時而前者戰勝，時而後者凱旋。研究岩層和山脈的結果，使我們得知地球歷史的始末，而考察岩層中間化石的痕跡，又使我們了解生物發展的步驟，這個步驟，是與地質變化並駕齊驅的。

岩石中間的化石記錄，就是地質與生物演進的記錄，經過地質家觀察以後，就能夠重新將地球歷史，源源本本的製作出來，成了一本很大的『地質年表』(Geological Chronology)。這種年表並不是很完全的，因為還有許多漏洞存在裏面。除此以外，記錄的首卷也沒有尋着，因為地質家搜遍了地面，竟找不到一個石層的確可認為地球最早的遺跡。古代的自然界侵蝕力，與火山迸裂，還有構成山脈時候的大變動，早就將岩石的痕跡塗抹淨盡了！

地質年表裏面分成了若干『代』(Era)。每一代又分成了若干更小的『紀』(Period)。這種分期的方法，是根據岩石中間記錄的變更而定的。假如岩層的岩石和裏面的化石有了變換，這便是換了一『紀』。一個舊的代終了，和一個新的代開始，是在什麼時候呢？那是在地球經過一次重大變動以後，在新代裏陸地最高而且大的時候。在這時候陸地自淺海

裏面升起，使海洋的水流變更。不但如此，高山又發起風來使水氣消失，其結果是氣候寒冷而且乾燥。因為這些緣故，生活狀況非常艱難，所有的生物因不能抵抗環境的變化，而多數死亡，同時就另有各種生物的開始發展。

我們所研究的岩層，是淺海掩蓋陸地時期的沖積物。那岩石記錄中的間斷，適當造山的時代，因為此時沒有沖積物。要想觀察岩石記錄並不是一件容易的事情。所有各部分都散在四方，必須到處蒐羅，將牠們聚集攏來，真是極費工夫而且困難的事！世界上有許多地質家，畢生的精力，都消磨在這裏面。

假如我們將所有的岩層堆積在一處，牠們的厚度可以達到五十三哩。旭克爾脫教授(Prof. Charles Schuchert)說，欲堆成如許厚度，須將等於二十倍阿爾卑斯或落磯的大山脈，削平到海平面。但實際上岩層乃四處散佈，在任何一個地方，則平均厚度僅一哩而已。北美洲的三分之二，被水成岩掩蓋着，其他的三分之一，都是火成岩和變質岩。覆着水成岩的部分，其間有百分之五十的地方，平均厚度在一哩以下，其餘的百分之五十，則自一哩至二十哩不等，至於亞帕拉智安與落磯山脈等的狹帶裏面，且有超過這個數字的地方。

生物的記錄，可以在岩層中間「化石」(fossils)裏面找到。化石是昔日生存有機物體的遺蹟，小的有砂岩或頁岩裏的樹葉或足跡，大的有整個動物或植物的全體。化石為生物體內的堅硬部分，如動物的甲殼和骨骼之類。其有機部分常因化學作用而被溶解，那剩留下來的地位又被其他礦物所代替。有時整個的化石全被溶解，而在石中存留與化石的廝形的相同的空隙。這個空隙有時充滿了礦物，便成為原來化石的模型了。

化石的記錄，對於地質家雖說已臻完善，但是仍舊免不了有些殘缺的地方。生物變成化石，必定要等到生物已經發展到有介殼或骨骼的時期，而且必定要在適當的狀況之下。所以那古代的記錄，很覺模糊不清。

人類種種的努力，要想從構成石層的時間與考察生物記錄的所得，將地質年表的年限估計出來，其結果乃各自不同。在這章裏面我們採用十萬萬年這個估計，因為當代極負盛名的地質家，都公認這個數字是比較可靠的。前面我們已經說過，地質家相信地球的歷史是二十萬萬年，意思就是說我們的岩石記錄，祇能啓示地球歷史的一半。因為假設那前十萬萬年是沒有生物的時期，所以這時就叫做『無生代』(Azoic Time)。西文 Azoic 這字，是從希臘文來的，“A”是『沒有的』的意思，“zoe”是『生物』的意思。

這後來的十萬萬年，叫做『地質時代』(Geologic Time)，因為牠是包括在地質年表以內的緣故。地質時代共分六代，叫做『太古代』(Archeozoic)，元古代 (Proterozoic)，古生代 (Paleozoic)，中生代 (Mesozoic)，近生代 (Cenozoic) 和心靈代 (Psychozoic)。這六個英文名字，都是從希臘文來的，字尾 “zoic” 是『生物』的意思，字首如 “archo” “protero” 和 “paleo” 在希臘文裏是『早』或『古』的意思。“Meso”是『中』的意思，“ceno”是『近代』的意思。『心靈代』便指現世，就因為這是人類時代的緣故，這時代還有一個名稱，叫做『理知代』(Age of Reason)。地質年表見附錄第三表。

基礎石層——太古代



有史以前的戰爭

這是奈特(Charles R. Knight)對於爬行動物時代的寫生,指示一個霸王龍
(Tyrannosaurus)正攻擊一組三角奇龍(Triceratops)



古代海裏的生物

這是泥盆紀的海底圖，顯出珊瑚，海百合及其他有機物體。

地質時代始自太古代。最古的原始「水成岩」(water-laid rocks)，與噴發出來的深黝色岩漿，以及侵入的花崗岩，爲這代岩石的記錄。無論在什麼地方尋着這類岩石，都顯着地球歷史上曾經發生大掀動的證據。這岩層均呈卷曲撓亂的狀態，終至於模糊不可辨認。原始水成岩本來是一種標準的水成岩——砂岩，泥岩和石灰岩。但是後來因爲承受巨大壓力而成爲變質岩，如同片麻岩和大理石之類。這類岩石是在其他石層的下面，所以叫做「基礎石層」(basement complex)。

這個時代裏化石的記錄極少，祇有極微的藍綠色藻類(algæ)和海草。存在這一代的生物，大都是從石灰岩和石墨中去推測。地質家設想這類岩石是由小動植物的遺體沉積而成。此代的生物，形體纖小，屬最原始一類，其年限大約佔地質時代百分之三十，綿延三萬萬年。

元始生物時代——元古代

地質時代的第二期，是元古代。從地質學的立場看起來，這一代有多量的岩漿噴出。這岩漿裏包含不少的鐵質，美國鐵礦有百分之七十是在這代造成的。此外那蘇必利爾湖(Superior Lake)區域的大鐵礦，也是一例。翁塔利奧(Ontario)的銀礦，和密歇根(Michigan)北部的銅礦，也是從這一代的岩漿裏來的。

元古代的地殼，要比太古代爲穩定，因爲這代的岩層，顯示着極微量的變質。不過坎拿大有屬於這一代的許多岩層，曾有冰河所刮擦的槽痕表示出來。於是可見世界上的第一個冰河期(glacial period)必定屬於元古代。

在這個時代，海裏必定有無數的各種生物，那是毫無疑義的。除去

太古代所有的石灰岩和石墨沈積物以外，還有海綿和其他極小有機物體叫做『放射蟲』(radiolarian)的化石遺跡。不但如此，海中爬行動物和環節動物的痕跡，也發見了許多。因為在這一代以後的古生代，其開始的時候，生物的數量極多而且種類很繁，所以地質家相信這元古代的海洋裏，已經有各種生物發展。但是牠們沒有遺留下化石，所以我們祇可以設想牠們的演進，還沒有達到生堅硬甲殼或骨骼的程度。

元古代盡於地殼發生一次大變動而造成極大山脈的時候。有一組大山脈橫貫在亞利宗納。其他如坎拿大的大湖區域 (Great Lakes region), 弗吉尼亞 (Virginia), 北卡羅利那 (North Carolina) 同亞拉巴馬 (Alabama), 都有大山脈的造成。元古代要佔地質時代的百分之二十五，大約經歷二萬五千萬年。現在我們便可以看出，太古代和元古代已經超過地質的一半，總數是五萬五千萬年。

上古生物時代——古生代

古生代裏最初的岩層，即充滿着化石，可以證明在這一代開始的時候，海洋裏就繁殖各種生物。這代裏陸地極低，而且被廣闊的淺海掩蓋着的時候甚久，就北美洲而言，在這一代裏有百分之三十至百分之五十的面積，至少嘗有九次被這種淺海浸沒。淺海所佔的面積雖然很大，但是估計這海裏造成岩層的厚度，其平均深度還在六百呎以內。古生代共分七紀，名『寒武紀』(Cambrian)，『奧陶紀』(Ordovician)，『志留紀』(Silurian) 『泥盆紀』(Devonian) 『密西紀』(Mississippian) 『潘塞紀』(Pennsylvanian) 與『二疊紀』(Permian)。這些名詞，大都是採取各紀中特殊岩層所在地的名稱。

古生代的第一紀，寒武紀的海裏，雖然有生物繁殖，但是與我們現在海裏所常見的生物，絕然不同。魚和各種介蟲是統治現代海洋的生物，不過在寒武紀的海裏，介蟲類極小而且種類簡單。說到魚類，那是更爲纖微而且稀少了。這紀的主要生物，是爬行食腐物的蟲叫做『三葉蟲』(trilobites)，就是龍蝦和蟹的始祖。三葉蟲的命名，就因爲在牠們的殼上，有兩條槽把身體分成三行的原故，這類動物到現在已經絕跡了，不過有一種馬蹄蟹，與牠們的形狀極爲相似。三葉蟲除去在背上有一個硬殼以外，在底下還有一個軟殼。牠們有許多對雙腿和大的複眼，與現在的蒼蠅差不多。有些三葉蟲，每個眼裏含着一萬五千個眼孔，經過相當的時間以後，三葉蟲的種類更爲發展，有的生出許多腿來，便於游泳，有的匿居在泥穴中，後來因爲不需要視力，而眼部構造漸至於消滅。

寒武紀海裏，還有一種極普通的介蟲，叫做『腕足類』(brachiopod)，這類的介殼分成兩半，左右相稱，中間是樞鈕，與牡蠣文蛤差不多，然而牠們是彼此沒有什麼關係的。腕足類與三葉蟲不同，牠能夠將種族傳衍下來，便是到了現在，我們在海洋裏面還可以尋到，大約有二百多種呢！

到了寒武紀的後期，三葉蟲慢慢地消滅，而有另一種生物繁殖起來，這種生物叫做『頭足類』(cephalopod)，就是現在鱈魚屬，槍鰩和鸚鵡螺的祖先。這類動物也是一個介蟲，其特點是頭部前端的嘴，有一圈肉臂或觸鬚圍繞着。寒武紀最初的頭足類的介殼，是直圓錐形的，後來又有一種，是彎曲的，再後還有一種，是成螺旋狀的，如同鐘錶裏面的發條一般，與現在太平洋裏可以尋到的珍珠鸚鵡螺沒有什麼區別。生物家假設這些早代的頭足類具有現在槍鰩和鱈魚的挑戰性。三葉蟲之所以

漸漸消滅，或者是由於頭足類拿牠當作食物了。

寒武紀的海裏，還有幾種『腹足類』(gastropods)或蝸牛存在。有些人設想這個時期必定還有許多種生物，因為沒有甲殼或骨骼而沒有遺留化石。還有些人設想寒武紀海裏有多量海草和其他的植物生長着。至於那時的陸地上是絕無生物，或者有形狀極簡單的生物，則因沒有化石遺留而無從臆斷。

古生代的第二個紀，便是奧陶紀，有多量的『棘皮動物』(echinoderms)包括海星，海膽，海百合和地球類。這種棘皮動物在現代的海裏還是很富饒。珊瑚也是在奧陶紀出現的。這一紀和緊接着的志留紀，海洋裏各種動物，有源源不絕的發展。

真正的魚類到泥盆紀方才出現。在這一紀以前，海洋裏面的生物都叫做『無脊椎動物』，因為牠們沒有背脊的原故。魚類就是『有脊椎動物』的始祖。說到這裏，有一件極有趣的事情要注意，就是那種第一條魚是產生在淡水河而不出在海裏的。這些淡水魚的數量極多，種類亦繁。牠們可以分成許多種類，大半有護甲的，但是也有單在頭部生着保護骨片的。

到泥盆紀才有陸地生物遺留的化石。有植物和森林，有要呼吸空氣的蜘蛛，蟻和百足蟲，甚而至於兩棲類青蛙的始祖，亦在這時出現了。

泥盆紀將末，地殼的大變動使陸地特別高出海面，跟着又來了一個極乾燥的時期。最顯著的例證就是新英格蘭州(New England States)與坎拿大的一部分，都在這時兀突起來而構成很大的山脈。

繼續泥盆紀的，是密西紀。這時期的地殼極其安定。其餘的景象，除去在海裏有一類大鯊魚先盛後衰外，沒有什麼值得說的。在牠以後的潘

塞紀。地質曾經發生過幾次變動。結果便有多次淺海泛濫到陸地而造成大沼澤。久而久之，這些沼澤充滿了腐爛植物，這植物後來又爲他種沉積物所埋沒，受着巨大的壓力而變成極厚的煤層。昆蟲在這時的沼澤裏面極其旺盛，有一種蜻蜓，牠的翼能伸長到二十九吋。潘塞紀還有八百種油蟲或滑蟲，有的長達四吋。

結束古生代的二疊紀，也是一個氣候乾燥的時期。在潘塞紀和二疊紀裏，曾經有許多大山脈產生，例如可羅拉多和新墨西哥原來的落磯山，以及亞帕拉智安山和原來的阿爾卑斯山。我們在德法比英等國，還可以尋出牠們已磨耗的遺蹟。有許多地方，在二疊紀裏留有冰河氣候的痕跡。最奇怪的，最大的冰區要算在赤道南面五度至四十度中間的非洲，澳洲和南美洲。當二疊紀將終的時候，地殼又發生變動，因此大陸升高而使海洋恢復原狀。當時氣候嚴寒，生物又遇着艱苦，不得不另起變化。古生代，有時叫做『魚類時代』，便讓位給中生代，那就是『爬行動物時代』了。古生代自首至尾經歷三萬萬年之久，佔地質年代百分之三十。

爬行動物時代——中生代

中生代，或稱爬行動物時代，歷時較古生代爲短。根據地質家的估計，牠佔地質時代百分之十一，就是一萬一千萬年。在古生代裏，雖然有七紀，但是在中生代裏不過三紀而已。自然界的演進，到爬行動物時代好像漸漸增加起速率來了。

中生代的三紀，叫做『三疊紀 (Triassic)，『侏羅紀』 (Jurassic) 和『白堊紀』 (Cretaceous)。在頭一紀裏，陸地很高而氣候比較乾燥。當第二紀的時候，海水泛濫，陸地又被淺海浸沒。因爲氣候溫和，所以各種動

物易於謀生，這是爬行動物這時期最繁盛的緣因。到末了一紀，陸地又發生變動而有寒冷氣候，所以這種生物又遇着危機。其結果爬行動物與哺乳動物的繁殖互相交替了。

有許多重要的山脈產生在中生代。當三疊紀的末葉，北美洲東部突起而造成腦哇斯可第亞 (Nova Scotia) 和南卡羅利納中間的大拱環。後來這拱環又破裂而成斷層山脈。這些山脈後來全被侵蝕，但是我們從這區域裏面的傾斜地層，還可以知道一些從前的情形。在侏羅紀裏，太平洋和北冰洋的洪水曾經泛濫到北美洲。不過這洪水區域漸漸的變成沼澤，而有那地球歷史上最大的爬行動物「恐龍」(dinosaurs)，在裏面繁殖起來。這些沼澤，當美國西部升起而造成太平系山脈的時候，方才消滅。太平系山脈包括西拉那罰達，(Sierra Nevadas) 卡斯開德斯(Cascades) 和坎拿大邊境的山脈。不但如此，在這一紀還有許多次數的火山大爆裂，發生在南美洲東部和非洲南部地方，那聯絡非洲與巴西的地帶，也因而破碎沉降。

在白堊紀裏，發生地球有史以來的一次最大的變動。那從亞拉斯加到南墨西哥的高爾第勒倫 (Cordilleran) 大拱環，就是在這個時期突起的。落磯山脈也是在這時升起，不過還沒有完成，因為牠們後來在近生代，又經過一次大變動。說到安德斯山脈，也是在這紀產生的。

就生物而言，那中生代是「中古時期」，介乎古生代與近生代的中間。統治古生代海洋的生物，到這個時期，已經不能再見了，而有龍蝦和蟹類還有其他各種珊瑚和海膽類產生。最發達的是軟體動物 (molluscs)。介蟲類也有許多種出現，特別的是牡蠣。不過生殖得最旺盛的軟體動物，要算頭足類。除此以外，還有許多樣的新種出現，其中有一類

叫做菊石(ammonite),直徑達八呎,牠的螺絲殼,如果抽成直線,要佔三十呎長的地位。

在陸地上,昆蟲類極其繁盛。蒼蠅,蝴蝶,黃蜂和螞蟻,都已經出世。山蟬,蚱尺,蝗蟲和螳螂一類的油蟲,也都在這時產生。

中生代裏最值得注意的事,就是大形爬蟲動物的盛衰。這類爬蟲,計有十八種,不過最重要的,却是恐龍。牠們曾經佈滿了全球,化石遺骸在北美洲,非洲,中國和阿根廷,都可以尋着。當中生代的年歲漸漸增長的時候,恐龍也隨着長大,最大的一個重至一百五十噸。說也奇怪,這類怪物的軀幹雖然大得可怕,但是牠們頭腦的重量,却不過一磅。我們試作比較,一個人體重一百五十磅,而頭腦的重倒有三磅,那是何等的有趣呢?

有一種恐龍是肉食動物,以其他的爬行動物充當食料,牠們腳,頗如鳥足,上有大爪。前腿極小,後腿強而且大,奔走的時候用後腿着力,好像是跟着袋鼠學的。這類恐龍最大的一種,可以叫做『霸王龍』(Tyranosaurus Rex)長達四十七呎。

另外還有一種恐龍,住在沼澤裏,是極懶惰的動物。牠們有網足,鴨嘴,和游泳時極有用處的長尾巴。

一種最大的恐龍叫做『蜥腳類』(saurapods),生長在田野裏,牠們的腿狀如短柱,行動時候四足並用,可是牠們有很長的頸子。這一類裏的最大的,叫做『巨蜥龍』(Gigantosaurus),產生在南非洲,自首至尾長達八十呎,包括一條長三十六呎的頸子。

此外還有帶着鱗甲的恐龍多種,背部生着似骨板和骨釘式的鱗甲。到這中生代的末葉,又有一種帶頭角的恐龍出見,等發展到最盛的時

期，可以尋到一種生着三個角的，牠們叫做『三角奇龍』(Triceratops)。

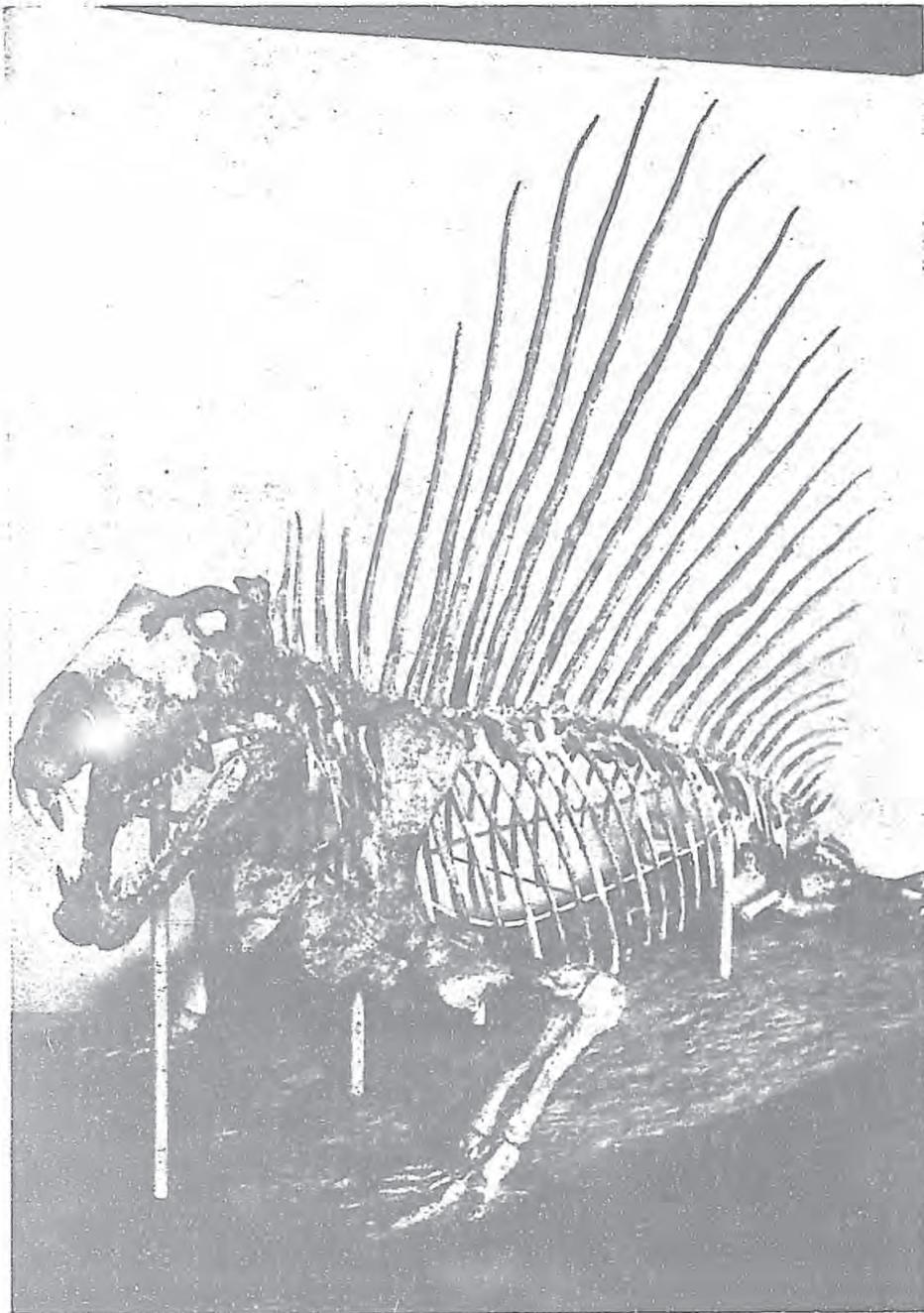
有兩種恐龍放棄陸地而回到海洋，就是那形似海豚的『魚龍』(Ichthyosaurus)和頸項很長的『蛇頸龍』(Plesiosaurus)，其中有長至五十呎的。另外還有幾種飛升天空而變成『翼龍』，牠們的翼有時長到二十五呎，不過全體較陸地的爬蟲為輕，大約在三十噸以下。

在中生代裏，掌權者雖然是爬行動物，但是也有小的哺乳動物和鳥類產生。哺乳動物是熱血的，而爬行動物却是冷血的。這就是兩類唯一的分別。到中生代將要結束的時候，氣候嚴寒，冷血動物便不能生存。大的爬行動物，如翼龍和魚龍，都先後死亡，這地球的統治權，便讓給小形的哺乳動物和鳥類了。

哺乳動物時代——近世代

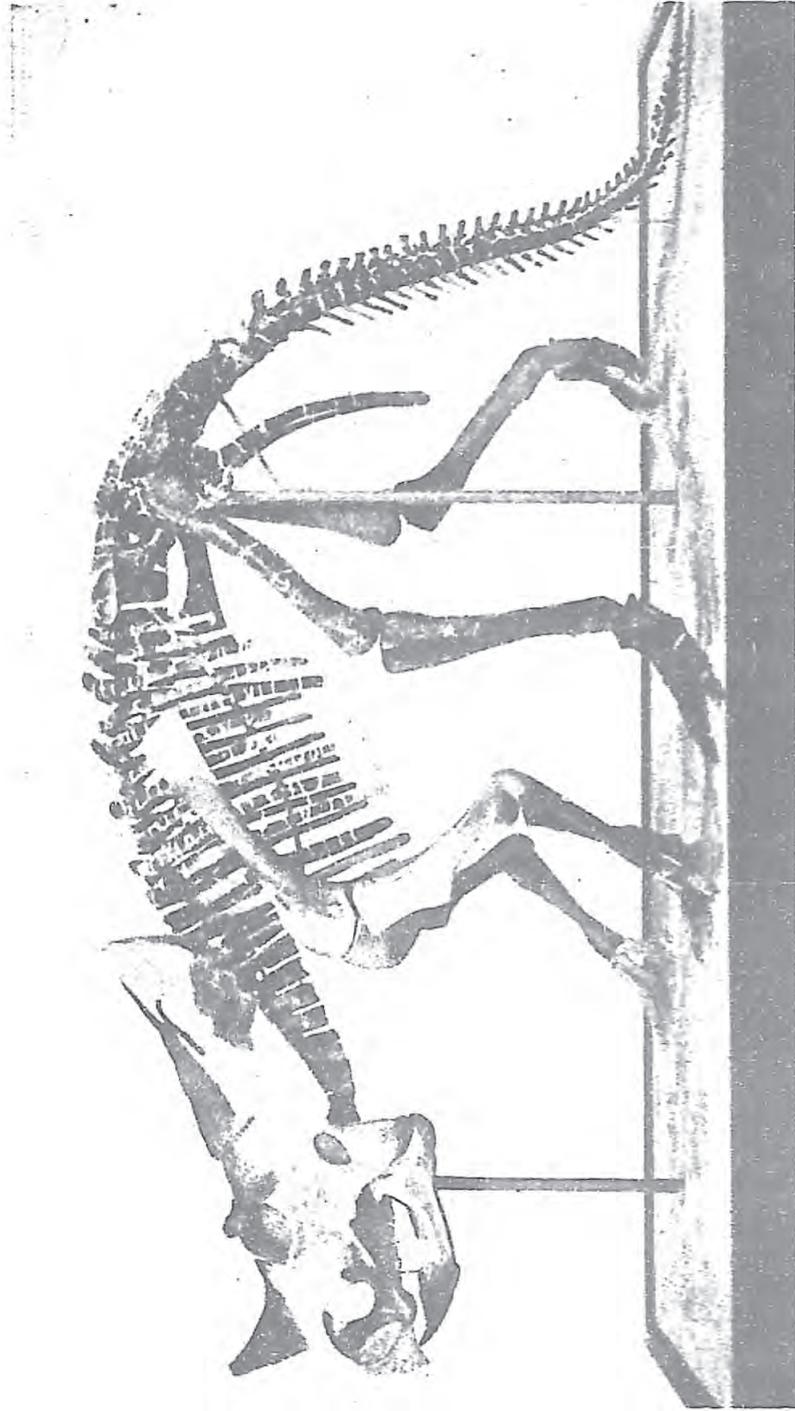
近世代或稱哺乳動物時代，漸漸現代化了。在那時產生的動植物，也漸與現在的相近似。自然界的演進，至近世代更形加速，因為牠僅佔地質時代百分之四，前後約四千萬年。牠結束的時候，距今才二萬五千年呢！

在近世代裏，陸地極高，所以海水很少有泛濫的機會。北美洲在水裏的平均面積僅約百分之三，便是最多的時候也不過百分之六。大西洋沿岸和墨西哥海灣曾經被淺海掩蓋過，太平洋沿岸也有一個小的內地海。因為這個緣故，這代裏有多數的水成岩，是落磯山被侵蝕以後的沖積物所造成。這些沖積物，就是西部大洪水時被平原的江河攜帶東行，然後淤積起來的。近世代共分五紀，叫做『始新紀』(Eocene)，『漸新紀』(Oligocene)，『中新紀』(Miocene)，『鮮新紀』(Pliocene)，和『更新紀』



古代背上有鰭的爬蟲(Fin-Back)

一種在二疊紀裏肉食爬蟲類(Dimetrodon)的遺骸。牠是在德沙士(Texas)
貝勒額(Baylor County)發見的。



曾在蒙托那漫遊的怪物

白堊紀早期裏有角恐龍的化石遺骸。牠是在蒙托那尋到的。

(Pleistocene)。始新紀的石層，可以在韋奧明(Wyoming)，烏太(Utah)和新墨西哥尋着。漸新紀裏的石層則發現於韋奧明，蒙托拿(Montana)哥羅拉多(Colorado)，尼勃拉斯加(Nebraska)和南北達科塔(Dakota)。此後幾紀的沖積物，除在上述的幾個地方以外，還有其他區域可以見到，最主要的是德沙士(Texas)。

地殼的緊縮作用，使山脈到中新紀又重新升高。加利福尼亞，奧利貢(Oregon)，和華盛頓都有在這一紀中建造的山脈。在下面的鮮新紀裏，地殼又重新大變動了一回。那已被侵蝕力磨耗的高爾第勃倫拱環又凸起來了。北美洲的整個西部，在這時提升，有些地方高至七千呎。密西西比河流域也是在這時掀高的，同時南美洲的安德斯亦增高起來，阿爾卑斯和喜馬拉亞山亦比從前更加高插入雲，然而連接格林蘭和蘇格蘭與挪威的陸地橋，却降落到瑙威海(Norwegian Sea)裏去了。

新鮮紀的建山作用，使更新紀的氣候乾燥而且寒冷，到了最利害的時候，曾經有許多大冰河造成。我們因此常常將更新紀叫做大冰河時期(Great Ice Age)。

哺乳動物是熱血的，所以到天氣嚴寒的時候也能勉強維持生命，不像冷血的爬蟲類那樣容易凍死。其實我們不應當將爬蟲類叫做冷血動物，因為牠們的血並不是真的冰冷，不過隨着環境變異罷了。因為這個緣故，牠們在溫和天氣總要比寒冷的時候活動些。在近生代初期所產生的哺乳動物，形狀古怪，但隨後就有許多像現在所有的種類出現。接聯歐美和亞洲的陸地橋，以及各種哺乳動物由這洲遷移到那洲的痕跡，現在已被許多科學家探示出來了。始新紀的哺乳動物有小的五趾馬，或稱馬的始祖(eohippus)，還有犀，獾，元始的豬，似灰鼠的齧齒類，狐猴，和

真實的猿猴類。

在漸新紀裏，有綠茵遍地的大平原存在着，充滿了有蹄的哺乳動物。駱駝到這時已經普通極了。各種海狸，灰鼠，麝鼠和小的犬類也都出現。中新紀有時叫做「哺乳動物黃金時代」(Mammalian Golden Age)，就因為環境適合這類動物的緣故。這草色青青的平原上，於是另外又增加了許多上面沒有說到的哺乳類。

更新紀的寒冷氣候，又產生各種適合這樣環境的哺乳動物。在較冷區域裏分佈最廣的是西伯利亞大毛象 (Siberian woolly mammoth)，最高的有九呎。美國的柱牙象 (mastodon)，馴鹿(caribou)，和麝牛(musk-oxen)也是這紀裏很普通的動物。

更新紀也是一個緊要的時期，當牠的冰期裏，有許多哺乳動物歸於淘汰。在將要結束的時候，人類降生而為統治地球唯一的權威者。這更新紀裏有冰河的時期，並不是連續着不斷的，多數學者將牠分成四個冰河期和三個冰間期(inter-glacial periods)。那時的氣候，寒暖相間，到了第四個冰河期，寒冷得真可以說得登峯造極了。冰期完結以後，近代開始了，所以可以叫做冰後期(Post-glacial time)，那時距離現今二萬五千年。

今日的地球上，例如格林蘭與北極圈的區域裏，仍然有極厚的冰遮蓋着。在冰河期裏，這樣的冰塊，慢慢的在陸地上移動。在北美洲冰河滿佈的地方從費拉特爾斐黑(Philadelphia)而南，到魯意斯維爾 (Louisville) 和聖魯意(St. Louis)，再轉而北向，經過披愛爾(Pierre)，南達科大(South Dakota) 而到史坡根(Spokane)，成了一條弧線。覆着的大冰層厚約四千呎，所有結成這種大冰層的水，都是從海洋裏來的。

所以有人估計熱帶裏的海面，至少要降落二百五十呎到四百呎的光景。

大冰塊的移動，使地形發生極大的變換，大湖就是在這時構成的，牠現在的形狀，就是當年冰河運動的結果。

在更新紀的寒冷時期，最顯著的哺乳動物是鹿，麝牛，毛象，和海象(walruses)等。其比較溫暖的冰間期裏，獅，劍齒(Saber-tooth)虎，野豬，獾，駱駝，駝羊(Alamas)，馬，河馬，大樹懶(sloths)，象和海牛，都是很普通的動物。到了最嚴重的第四冰期，那曾經在更新紀盛極一時的哺乳動物，有許多都消滅不見了。然而柱牙象和其他幾種，居然能夠度過這個難關，可是後來又不知因為什麼緣故，都相繼死亡了。真正的人類，就是那萬物之靈(Homo sapiens)，降生在更新紀，至其末葉就開始握着全球的統治權。

第三部

原子的故事

第十七章

物質本性

二十世紀裏湛深研究的結果，竟證實了二十個世紀以前希臘哲學家所創的關於物質本性的兩種觀念，真是一件奇事。這兩種觀念，一個是世界上成千累萬的物體，全是由種類有限的簡單物質或原質組成的，另一個是物質是纖芥的原子堆積而成的。

耶穌紀元前四百年，希臘哲學家德謨克利圖斯(Democritus)說，世界上所有的，不過是虛無渺茫的空間，和無限量極小至於不能看見的微粒。他相信一切的物質，全是這些微粒聚集而成的。這個學說，或者在紀元前四百年以前已經有了，名字叫做『原子學說』(atomic theory)，這些微粒，叫做『原子』，就是希臘文裏『不能分割』的意思。

原子學說的信徒，曾經提出了這樣一個問題：假如這裏有一塊金屬物體，叫你切成兩半，再將每半塊切成兩半，現在給你充分的時間，叫你照樣的一半一半的分下去，你能不能永遠的切割呢？他們的回答是不能，他們說必有一時，你不能夠將極小的一粒再行切開，這極小的一粒就是原子了。他們又研究原子的本性而作斷語，謂組織成液體的原子是光滑的，可以流動自如，至於組成固體的原子則不但表面粗糙，而且上面有許多小鈎，使各原子貼合。

但這個學說，並不是希臘人全體所公認的。最不幸的一件事，要算亞立斯多德(Aristotle)的堅執異見了。這位學者，是紀元前三八四至三二二年間的人，因為他的科學著作在中古時期很佔勢力，所以原子學

說暗淡無光至歷數世紀之久。不過這個學說也頗有替牠辯護的人，如紀元前三百年的伊必古勒斯(Epicurus)，就是贊成這個學說的，又如拉丁詩人盧克利特尤斯(Lucretius)，曾作一篇科學的詩名關於物體的本性(De Rerum Natura)來宣佈原子學說。在中古時期仍然有這學說的信徒，不過為數寥寥無幾罷了。尼古拉(Nicholas)曾經有過這樣的假設，說物理現象可以用原子的結合和分離來解釋。可惜在一三四八年他被環境所迫，竟把這理想認為邪說而拋棄了。

那第二種學說，假設宇宙中所見的物體，全由於種類有限的原質組成的學說，却被亞立斯多德承認了，所以牠在中古時期，成為最普通的觀念。不但如此，中古時期又因亞立斯多德所提倡原質主義而產生極有趣而無用的煉金術。這種煉金術，雖然無用，但也並不是毫無結果，因為近代的化學，就是發源於這些神奇奧妙的煉金術。

根據亞立斯多德的意見，宇宙中的原質，僅有四種：地 (earth) 氣 (air)，水 (water) 與火 (fire)。倘若按照我們現在的化學原質的概念，當然要說這四種是原質的特性而不是原質的本身。牠們是代表溫暖，寒冷，乾燥與潮濕。地是乾燥與寒冷的結合，水是潮濕與寒冷的結合，火是乾燥與溫暖的結合，氣是潮濕與溫暖的結合。亞立斯多德想像所有的物體，全包含幾種『基本材料』(primordial stuff)，並且摻和着前面所說的那四種特性，至於分量的多寡，就各自不同了。在中古時期初葉，亞拉伯的科學家又將原質加添了三種——硫磺，水銀和鹽。他們用這幾個名詞來代表的意義，自然與現在的絕然不同。他們是說水銀可以使各種物體耀光，硫磺使牠們燃燒 而鹽則使牠們可以溶解。

自從這種學說產生以後，就有人以為要將一種物體變做另一種物

體，必定是可能的事。所以當時就有煉金家開始工作，希望將鐵與他們所謂『鹽基』金屬（“base” metals）變成黃金。這煉金術越來越神祕化，後來那迷信煉金術的人，又異想天開，竟要設法探覓一種極神奇的『哲學家的寶石』（philosopher's stone）。這種寶石，不僅能點鐵成金，且可以保持健康，更有長生不老的功效。

十六世紀有一個最饒興趣的人，名叫帕勒西什斯（Paracelsus），他對於醫藥學和配合藥劑法都有所貢獻，所以後世尊他為『醫藥化學的始祖』。有一次他寫了一篇文章，其中論及當時的煉金家，說道：

『他們在爐旁辛苦的工作着，日夜不停的用手揮汗。他們被實驗室的興趣吸引，簡直不知道娛樂是怎樣一回事。他們穿的是皮革的衣服，上面有一個小袋，另外還有一塊護胸，那是用來擦手的。他們的手指所摸的是煤炭，泥土等骯髒的東西，却非黃金的戒指。他們的形狀，污黑有如鐵匠或掘煤的工人，那潔白的臉對於他們是不足以示驕的。』

帕勒西什斯又用幽默的文字，描寫煉金家的實驗室，有一段說道：

『一間陰沈沈的屋裏，攤滿了奇形怪狀的盛物器具，鍋爐，圓球和鎔化用的罐鉢。從天花板下垂的是骨架，在地板上躺着的是石瓶，風箱，沙漏，蒸餾器，和大羊皮紙印着怪字的書本。再有的東西，那就是蜘蛛網，塵埃和灰燼了。』

當時雖然有極勤勞的煉金家，但同時也有工於騙術的人，借着名義詐欺取財，因為那時歐洲有許多國王，都供給煉金家以財源，希望他們得着點鐵成金的祕訣。到如今在浦萊（Prague）地方美麗哈德興（Hardshin）堡中，我們還可以看見很多的小房子，裏面有大的火爐，那就

是羅道夫第二(Emperor Rudolph II) 爲煉金家而設的。不過有時他們忽然在至尊前失去了信任，那就不得不嘗試專爲他們『鍍金』的絞架的滋味了。

煉金術的歷史，總算被一齣悲劇收場了。時在一七八二年，倫敦皇家學會的會員浦萊斯(James Price)做了許多實驗，似乎能自造金銀。這個消息傳出以後，英皇喬治第三(King George III) 向他要了一些樣品，牛津大學(University of Oxford) 也贈給他學位。不過當時也有反對他的人，對他的意見攻擊得體無完膚。最後，皇家學會的會長爲了解除糾紛起見，特請浦萊斯當衆再行實驗。隔了好幾個月他才答應這個請求。不料正在試驗以前的一刹那，他忽然舉起一個小瓶，將裏面所盛的東西吞服下去，過了幾分鐘以後，轟動一時的浦萊斯竟然暴卒了，原來那小瓶中是極猛烈的毒藥。

化學萌芽

自從一六六一年波義耳(Robert Boyle)發表懷疑的化學家(The Skeptical Chemist)一書以後，世界上才有『化學』這個名詞。波義耳在發表這書的前一年，曾幫助組織皇家學會，又強烈攻擊煉金家同他們那種曖昧空虛的著作態度。他主張應當爲化學而研究化學，並且主張實驗者必須放棄那希臘的四種原質觀念。他建議宇宙中所有的物體，可以分成兩類，就是那化合物和原質。一個化合物可以用化學方法分解爲兩種或兩種以上的原質。一個『原質』是不能用任何方法來分解的。這種化合物和原質的基本觀念，一直到現在還是通行。

不幸在那時候有一種名叫『火氣學說』(phlogiston theory) 的偽

學，所以波義耳的見地，傳播得極慢，而化學的進展，也因而耽誤一世紀之久。「火氣」在希臘文裏，原來是燃燒的意思，這「火氣」學說，是普魯士國王的御醫斯托耳(George Ernest Stahl)在一七〇〇年所提倡的，不過為解釋燃燒現象而已。他相信一切能燃燒的物體全含着火氣。當燃燒以後，火氣消散而遺留「火石粉」(calx)或泥土。炭和硫磺還有其他類似的物體之所以有強大熱力，就因為牠們幾乎包含純粹火氣的緣故。不特如此，那時還有一種使化學遲遲進展的錯誤觀念，就是相信熱是一種物質，名叫「卡路里」(caloric)。那時卡路里與電力和光線併為一類，名為不可稱量的物質，就是那沒有重量的物質。

自從浦里斯萊(Joseph Priestley)將他研究的所得發表出來，火氣學說便漸漸的衰弱，雖然他自己倒反是這學說的忠實信徒。在一七七四年，浦里斯萊完成提煉氧和辨認氧的方法。他先從氧化汞(mercuric oxide)裏面用化學方法取出一瓶「氣」(他那時將氧叫做氣air)，並且發現了燒紅的火柴一到這「氣」裏面就發出極亮的火焰。浦里斯萊在科學史上，也算得一個有趣的人。他是一個服務宗教的牧師，僅在閒暇的時候研究化學，他還有些怪癖，就是不服從英國的國教，並且在公眾的場所，總忘不了發表他的管見。一七九一年，伯明漢(Birmingham)的居民，看見一羣人在那裏慶祝巴斯的爾(Bastille)的陷落，大為噴怒，聽說這位浦里斯萊，正是這慶祝會裏的主要人物，就有暴徒將他的教堂和住宅焚劫一空，他在那種情勢之下，祇好跑到倫敦去避難。三年以後，他又決意從英國前往美國，到紐約的時候，有許多人表示欽佩，紐約市民主黨的主席也致詞歡迎。後來在潘雪弗尼亞(Pennsylvania)瑞森伯蘭(Northumberland)的農村裏，他尋到隱居之所，便將

餘生從事於教堂歷史和化學實驗的著作。

浦里斯萊雖然沒有看出他的發現與火氣學說的關係，但其中的寓意，反被同時的法國化學家勞福亞西（Anton Lavoisier）領會了。勞福亞西做了許多很顯著的實驗以後，證明各物體當燃燒時是牠與空氣中的氧化合，並且證明了在沒有氧的空氣中，燃燒是不會發生的。他又發明了一個定律，叫做『物質不滅定律』（Law of the Conservation of Matter），說在一個化學變化中，既變化以後之物質的重量，與未發生變化以前之物質的重量相等。除此以外，他還列出來一個化學原質表，不過其中僅包括三十三種而已。革命發生以後，勞福亞西的光明事業就此終止了，因為他是一個貴族而且曾經做過政府的官吏。當時有一個朋友替他辯護，說他對於科學的貢獻很多，但是革命黨的法庭說：『共和國不需要科學家』。不過無論如何，火氣學說的根基，是因勞福亞西而動搖，隔了沒有多少時候，世界上幾乎沒有人再相信這種謬論了。但是那個說熱或『卡路里』是原質的觀念，仍然苟延殘喘，直到十九世紀中葉，方才歸於淘汰。

原 子 學 說

在一八〇八年達爾頓（John Dalton）發表化學哲學的新體系（New System of Chemical Philosophy），希臘的陳舊原子學說因而復興了。在達爾頓以前，有一個先進名叫浦魯斯特（Joseph Proust）曾創立了一個原則，叫做『定量比例定律』（Law of Definite Proportions），說凡是同樣的化合物，其所含的化學原質總是相同的，而且各原質的重量，也是有一定的比例。達爾頓又繼續浦魯斯特的實驗而發表第

二個定律。這定律的基礎雖是浦魯斯特所建立，但是並非他所闡明的，達爾頓名之為『倍數比例定律』(Law of Multiple Proportions)。有幾種化學原質能相互合成好幾種化合物，依此定律，如果甲原質的重量，在這幾種化合物中是相等的，則與甲化合的乙原質在各化合物中所存的重量，雖各不相同，但必定正好成一極簡單的整數比例。

達爾頓那時是英國曼徹斯特 (Manchester) 的一個校長，自此確定了原子學說。他相信如果假設一切原質，全是由於有一定重量的原子所組成，則定量比例定律是極容易解釋的。至於那個倍數比例定律呢？他說這是因為某原質的一個原子，因境況的不同，而可以與另一原質的一個，或兩個或兩個以上的原子化合的緣故。近代的化學，就建設在達爾頓原子學說的基礎上。

自從一八一一年意大利物理學家阿伏加路 (Amadeo Avogadro) 發表『分子』(molecules)的觀念以後，原子學說的基礎更加穩固了。根據阿伏加路的意見，一個化合物中所存最小的微粒是分子。在那時以前，這原子的字義，除了代表原質的最小單位以外，還代表化合物的最小單位。所以那時的化學家，說一原子的氫與一原子的水是司空見慣的事。阿伏加路說我們應當專門用『原子』這字代表組成原質的最小單位，而在化合物中的最小單位却是『分子』。換句話說，就是分子是原子的結合體。所以我們應當說：『兩原子的氫與一原子的氧組成一分子的水』。阿伏加路又繼續研究，斷定氣體也是分子組織而成的，例如一分子的氧含着兩原子的氧，一分子的氫含着兩原子的氫，餘可類推。

浦里斯萊和達爾頓二氏，真可稱為無獨有偶，因為前者發明提取氧的方法而沒有看出牠能推翻火氣學說，後者更夢想不到阿伏加路的分

子觀念會與原子學說互相印證。然而隔了許多年數以後，分子和原子的兩種學說也全被世人所公認了。

化學界發展的結果，固然證實了分子和原子的學說，而同時物理家的探求，也得着同樣的結論。最早的化學家，全說熱是一種物質而名之為『卡路里』，但在十七世紀，已有大思想家如培根（Bacon）和德卡（Descartes）以為熱必定是組成物質最小微粒的一種運動。一七三八年。柏努利（Daniel Bernouilli）創了一個學說，謂組成氣體的微粒，是常在震動狀態之中的。他又建議溫度升高就是微粒震動的加速，至於一個充滿着氣體的器皿，其壁上所承受的壓力，不過是氣體中許多微粒衝擊器壁力量的總數。

柏努利的學說，在今日名為『氣體動力學說』（Kinetic theory of gases），真是一個解釋氣體變化的好方法。譬如說，為什麼增加熱度能使盛在一個伸縮自如器皿中的氣體膨脹呢？這是因為加熱以後便使氣體中間的微粒震動得更加猛烈，自然牠們要佔較大的體積了。依同理，如果這器皿是不能夠伸縮自如的，則加熱之後能使氣體之壓力增大，這是因為微粒的衝擊，較未加熱前更為猛烈而且次數增多的緣故。但柏努利這個學說發明的太早了，此時尚在達爾頓建立原子學說前七十年，所以柏努利的見解，並沒有引起多大注意。直到一世紀以後，才有英國大物理家朱爾（James Prescott Joule）繼續研究柏努利的學說。這朱爾所受的教育，有一部分還是達爾頓傳授的。

朱爾說『機械能』（mechanical energy）可以變成熱，而因此發生的熱量，與所耗去的機械能成正比例。在日常生活中間，很有機會看到機械能變為熱的道理。譬如你將一塊木頭鋸得極快，一定覺得鋸子漸

漸的熱起來。此外，凡一切因摩擦力而生的熱，全是這『朱爾定律』(Joule's Law)的證明。自從這個定律所含的意義，被那時的人知道以後，柏努利的氣體學說也因而復活了。

原子學說最堅固的堡壘，俄國化學家曼德利夫 (Dmitri Ivanovich Mendeleeff)在一八六九年所發表的『週期分類表』(periodic classification)可以當之而無愧。這位大科學家指示出來，如將所有的化學原質，依照牠們原子量的增加而排成次序，則見性質相似的原質，在這序列裏面，每隔相等的距離。譬如我們從鋰數起，隔八個是鈉，再隔八個是鉀，現在鋰，鈉和鉀很有許多相同的特性，牠們全是白色的軟金屬，並且可以與水發生極猛烈的化學變化。那時候，人類所發見的化學原質，為數不多，所以曼德利夫的表中有許多空白。但他却相信將來一定可以發現新原質來填滿這表中的空位，而且由此表可以預測新原質的特性。科學漸漸進步，在曼德利夫以後的化學家，終於將所有的化學原質尋了出來填在表裏，而且這些原質的特性與表中所指示的，一些也不差。

等到一八八七年。瑞典化學家安尼亞士(Svante August Arrhenius)又發表『電解分離』(electrolytic dissociation)的學說。自從這名著問世以後，原子學說的根基，更加穩固了。在那時以前，人類對於各種鹽類和其他物質的溶解作用，全是莫明其妙。安尼亞士說當這些物質在水裏溶解的時候，牠們的分子分離成兩部，叫做『游子』(ions)，一個游子也許是一個原子，也許是好幾個原子。但牠與普通原子不同的地方，是牠帶有電性。原子學說的每一次重要進展，總受人冷淡和反對，這安尼亞士的學說也不能夠例外。但是，雖然當時有人堅決不承認他的見解，可是近代的化學和物理學，却有一部分建立在這個根基上的。

現在的科學家，都相信宇宙中有分子和原子存在。但因牠們的形體太小的原故，所以直到如今還沒有造出能夠看見牠們的顯微鏡。如用理想推度，可以假設將一滴水放大到地球那樣尺寸，則分子也不過如同橘子般模樣。法國的著名物理學家潘林(Perrin)，曾經做過一種極薄的油膜，據說這油膜的厚度，不及五千萬分之一吋。自然那分子的直徑，比這個數字更小了。這位物理家又用種種方法試驗，最後斷定平均分子的直徑，約為一萬二千五百萬分之一吋。從這個記錄，我們可以算出每一立方吋的空氣中，含着 800,000,000,000,000,000 的分子。分子已是這樣的微小，但還有比牠們更小的原子呢！最近有人估計原子的大小，說在點句子的點號上面，可以將五百萬個原子排列成一行。

分子和原子既是這樣纖小，科學家究竟怎樣能夠確定其存在呢？他們有三大理由：第一，假定有分子和原子存在，則化學和物理的現象，大半可以用極合邏輯的論調來闡明，否則就無法解釋。第二，直到現在還沒有人發現與原子學說矛盾的事實。第三，有幾種間接可用肉眼探測的現象，證實宇宙間必有分子和原子的存在。

一世紀以前，在一八二七年，有一個植物學家名叫布郎 (Robert Brown) 發現懸浮於液體中的顯微粒，有不規則的運動，而且永遠進行不已。他自己無法解釋這個現象，所以這著名的『布郎運動』(Brownian movement) 在那時並沒有引起多大注意。到了二十世紀初葉，這種運動就可以用『分子互相碰撞』的理論來解釋了。說這種現象，祇有極微小的細粒方才可以顯示，因為較大一點的物體，各方面所受的分子的碰撞太多，其結果是從一面來的衝擊與另一面來的衝擊因相等而抵消，那末這物體便沒有運動發生了。

法國物理學家潘林將最細微的粒狀物體，放在液體中造成酪漿，後來用這種酪漿做了許多歷史上極有價值的實驗。他證明這些微粒所依照的定律，與氣體混合體發生變化所引證的定律，正好符合，所以證明這氣體所包含的也是分子。

現在的科學家都相信有原子和分子的存在。他們還相信分子是永遠在震動狀態之中，而溫度不過是『動能』(Kinetic energy)的一種衡量。自從有了這個分子學說以來，我們在思想上，必須將兩種觀念分別清楚。就是當我們說『固體物質』與『物體在靜止狀態中』的時候，乃指着大形物體而言。一旦我們想到分子構造裏面去，這兩種觀念便毫無意義了。因為就分子上面說，物體決不是固體或靜止的。我們目見的固體，好像是靜止不動了，其實中間所包括的分子，永遠震動不已，而且彼此不相接觸，牠們的結合是由於吸力的牽引，但常時的震動又使牠們不至於互相聯接。所以從分子和原子的研究，我們可以說：『一切物體都不是像所看見的樣子。』

第十八章

X. 射線, 鐳, 與電子

翻開文明進化的歷史, 我們可以看出好多針鋒相對的事實, 那十九世紀與二十世紀的科學家彼此意見紛歧, 就是其中極顯著的一個。當十九世紀末葉, 許多物理家相信他們已完成了科學的偉業, 並且在一八九三年, 有一位極著名的科學家於演說時, 竟說物理界的重要現象已經全數發見了。他又將科學的發展和經過, 作了一篇概說, 結論是照他的意見, 十九世紀的學說, 已足敷應用, 他又說, 將來的科學家, 除重述已往的實驗以外, 沒有什麼事情可做了!

兩年以後, 一八九五年耶穌聖誕節的前夕, 倫琴教授 (Prof. Wilhelm Konrad Röntgen) 在德國物理學會 (German Physical Society) 裏宣布他發明了 X 射線, 他又將所照的指骨與皮夾裏面銀幣和鑰匙的像片來示人。正是兩年前那位演說家所說不會發生的事, 現在居然又有發現了! 原來十九世紀的科學家, 並沒有完成了物理的故事。倫琴教授所尋出的神奇光線, 能夠照穿不透明的物體, 與日光射進玻璃窗一樣容易! 這種驚人的現象, 十九世紀的科學家, 是無法解說的。從此我們可以很顯明的看出, 物理學家的工作, 非但沒有完成, 而且還是正在萌芽時代呢!

X 射線發明的故事是很有趣的, 就像旁的科學發明一樣, 我們應當把牠的歷史從頭說起。當倫琴發現 X 射線的時候, 他和許多同時的實驗家, 都是在作『克魯克斯氏管』(Crookes' Tube)的實驗。

德國科學儀器製造家蓋斯勒(Heinrich Geissler),曾經做過一種『蓋斯勒管』(Geissler tube)。這種管就是現代城市中用做電光廣告的氖管(neon tube)的老前輩。蓋斯勒指示出來,如果將兩個金屬棍或『電極』鉗入一個玻璃管的兩端,再將管中的空氣儘量抽出,則當電極通以相當電流的時候,這個管能發射磷光(phosphorescent glow)。現在的科學家都相信這種現象,是管中通電的結果。

英國皇家學會的會長克魯克斯(William Crookes),後來發明了一種抽氣筒,比較蓋斯勒所用的為優,因此在玻璃管中能夠得到較高的真空,克魯克斯用這抽氣筒又做了歷史上有名的『克魯克斯管』。這管的作用,與蓋斯勒管有些不同,牠並不顯示普通磷光的現象,而自陰電極發出極微弱的光。當這光線射擊到管子另一端的玻璃上面以後,就使牠發出一種金綠色的磷光來了。

這種從克魯克斯管發現的光線,因為是從陰極射出的,所以後來名為『陰極線』(cathode rays)。陰極線顯示許多極有趣的特徵,牠們循着直線進行,但是用一塊磁石,也能夠使牠們偏向。假設我們在管中裝設一個帶翼的小輪,而使陰極線射在輪翼上,則小輪漸漸旋轉,證實牠們又能發力。牠們還能將所遇物體的溫度提高,並且可以使金鋼鑽和其他寶石發出極明亮的磷光。克魯克斯認為這幾種現象實在奇特,他建議這管子中間必定存有在第四種狀態下的物質。我們已經知道的三種物質狀態是固體,液體和氣體。克魯克斯說這在第四種狀態下的物質叫做『氣外體』(ultra-gaseous)或『輻射體』(radiant)。

此後有許多物理家開始實驗克魯克斯管。其中有一位匈牙利的李納德教授(Prof. Philip Lenard)將鋁片一小塊,插進這管子的玻璃

壁中，發現那陰極線一直通過鉛片，絲毫沒有阻礙，與日光穿透玻璃窗一樣的不費事。

倫琴教授也在那裏孜孜不倦的實驗克魯克斯管。有一天，他正在做一個試驗，偶然的將這管子用黑色的呢布裹住，這管子的旁邊，有一個布幕上面塗着能發磷光物質，在這個時候他就發現了一件令人駭異的現象，原來這幕也開始發光了！無疑的，定然是有些物質，從管中射出，經過黑布呢而使這幕上的化學藥品發射磷光。後來再經過試驗，斷定這克魯克斯管果然能發出一種神秘的光線。這種光線，雖然不能用肉眼探測，但能使許多物體發出磷光。他又繼續發現這種光線能夠穿透固體物質，又可以感應照片。他在德國物理學會所發表的照片，便是這些實驗的結果。

時未久，全世界都被這神秘的X射線震動了！其實倫琴所發現的X射線，那實驗克魯克斯管的人，全有發現的機會，這真是一件有趣的事情。這班失意的人到了此時，祇好跟着試驗倫琴的新發明，結果發現他們所做成的管子，早已就能發射X射線。又經過了許多實驗，證明祇要陰極線射擊到管壁或陽極時，便有X射線發出。後來有一種特式的克魯克斯管製成了，這管裏的電極，是白金製成的，形狀如同一個小盾牌，牠的名字，便叫做『X射線管』（X-ray tube）。

X射線之發明，終止了十九世紀物理家的自滿，同時又給世界上的工作者打開一條新路。在巴黎的柏克勒爾教授（Prof. Antoine Henri Becquerel），將暴露在日光後而能發射磷光的各種物質一一加以試驗，他的目的是想知道這些物質是否也能發射X射線。很幸運的，他選了一塊鈾鹽（salt of uranium），來作這種實驗，先用黑紙將一

塊照相板包好,又在那上面放了一個十字架,再將鈾鹽暴露在日光中,然後把這發磷光的鈾鹽放在十字架上。這些手續完成以後,他將照相板拿到暗房去沖洗,結果發現那個照相板上,顯着十字架的相。

另有一天,柏克勒爾又要做這種試驗,已經把鈾鹽和十字架依照從前的方法擺在照相板上,可是那日光忽被烏雲遮掩,他便將這三件東西統統放進書桌的抽屜裏面去。過了幾星期以後,他忽然被靈機觸動,想了半天,以為鈾鹽雖然沒有在日光中曝曬,也許仍舊能夠發生作用。他便拿着這照相板去沖洗,果然,發現那上面又已深深的印着十字架的相了!

這個偉大的發現,簡直與尋出X射線一樣的重要。因為到這時候柏克勒爾已充分明瞭,最初試驗的時候,鈾鹽先經過日光晒照而後發射的磷光,是與照相板上的相絲毫沒有關係的。很顯明的,鈾鹽能繼續發射神秘的光線。雖然這種射線的來由,尚不能明瞭,但這種射線的作用,正與X射線相同。

那時在柏克勒爾的實驗室中工作的,還有個青年物理學家居禮(Pierre Curie)和他夫人曼麗居禮(Marie Curie)。居禮夫婦的故事,真是一篇極好的文藝材料,我們不妨略加敘述。居禮夫人生於波蘭的瓦薩(Warsaw),她的處女名字是曼麗斯克洛杜斯卡(Marie Sklodowska),其父為瓦薩大學(University of Warsaw)的物理學教授,所以她就在這裏攻讀。後來她又到巴黎謀深造,所居是一間頂閣,上下須經過六段樓梯。在一八九四年,與居禮交識,他有高大的身材,赤褐色的頭髮和熱情的眼睛。居禮夫人曾經描寫過他們的初遇,說道「我注意到他那深沈而和藹的面部表情,他好像還有點放任的態度,足以證明這

位作癡想者，已經陶醉在他的沈思中了。他們倆對於科學的興趣，引起私人的愛慕。在一八九五年，他倆就舉行婚禮了。

一年以後，柏克勒爾發現了鈾鹽射出的神奇光線，居禮夫人得着這位發現者的允許而繼續加以試驗。她的希望是想尋出除鈾鹽以外，是否還有放射這樣神奇光線的物質。做了許多實驗以後，她求出僅有鈾鹽 (salt of thorium) 也具有與鈾相同的特性。但是最使她驚奇的，就是她發現了用以提取鈾礦的『瀝青』 (pitchblende)，也能放射這種光線，且較純粹的鈾，強大四倍。

柏克勒爾和居禮夫婦全明白，這兩件事實在就是一件事。他們想瀝青之中，必定另含一種化學原質，這種人類尚未見到的原質，能發射較鈾更強大的神秘射線。居禮因此決意中止他自己所研究的事情，而專心和他夫人一起探求這種未知原質。後來奧國 (Austria) 政府送給他們一噸從朱乞姆賽爾地方 (Joachimsthal) 的礦中提煉出來的瀝青，他們便將其中已經知道的化學原質，一樣一樣的提了出來，再將那剩留的物質，詳細化驗。繼續分析的結果，他們先發現了一種未知化學原質能放射柏克勒爾光線 (Becquerel rays) (就是上述神秘光線在科學上的專名詞)，居禮夫人就將這種原質叫做『釷』 (polonium) 藉增他的本國波蘭的光榮。但是釷並不是他們的最終之目的物，因為釷發射的射線，並不很強。

在一八九八年，這探求終於唱了凱旋，從一噸的瀝青中，居禮夫婦居然尋到一種新的原質。這種原質的數量，僅一克冷 (= .0648克) 的幾分之一，但牠所發射的柏克勒爾光線，却較鈾豐富二百五十萬倍。他們於是將這原質叫做『鐳』 (Radium)。鐳有幾種極有趣的特性：牠

能發熱,使附近的空氣生電,能使靠近牠的許多物質放射磷光,而且具有消滅微生物與其他小有機物的功效。自從發現了鐳以後,物理界的震動與詫異,自是不言而喻。三年之中竟有三件大發明,而且一個比一個來得使人驚奇,——X射綫在一八九五,柏克勒爾射綫在一八九六,鐳在一八九八。那時物理界的激動,本斯托教授 (Prof. H.A. Bumstead) 描寫得最好,他說:『大家之貯望物理雜誌,有如戰爭時之貯望新聞一樣的不耐煩。』

悲慘的命運降臨到居禮夫婦的身上,一九〇三年的四月十九日,派爾居禮正在巴黎跨越街道時,忽被載重車輾死了。

神秘的鐳,既在一八九八年被居禮夫婦發現,全世界的物理家便隨着設法解釋X射綫和『放射性』(radioactivity)的原因。他們還想從物理學的觀點,創立一個學說,來包括這些現象。不久他們又看出這兩種現象,就是導入『亞原子世界』(sub-atomic world)的一個線索。在那時以前,人類全假設原子是一切物質的最小單位,但是X射綫和放射性,證實了原子尙是一種更小的單位的複雜結構。

研究這新問題的先進者,是英國劍橋大學的物理學教授 湯姆孫 (Sir J.J. Thomson),他不但自己努力於各種的實驗以闡明理論,並且同時又訓練一班青年子弟,去繼續他的工作。這班人包括英國的羅斯福忒 (Sir Ernest Rutherford),威爾遜教授 (Prof. C.T.R. Wilson) 同法國的郎芬教授 (Prof. Langevin)。

湯姆孫作了許多關於X射綫實驗的結果,使他回頭到克魯克斯管的試驗,特別是磁石引陰極線偏向的那一部分。我們可以回憶那克魯克斯的建議,他不是以爲陰極線中存有在第四種狀態下的物質嗎?他不

是又將牠們叫做「輻射體」嗎？湯姆孫證實這陰極線中所包含的微粒，比較已經知道的原子還要小，所以將牠們叫做「微塵」(corpuscles)。後來的科學界，又用「電子」(electron)這名詞，來代表微塵，思同萊博士(Dr. G. Johnstone Stoney)，採用這電子字樣來做電的基本單位。

氫是一種已經知道的最輕的化學原質，牠的原子量也最小。照湯姆孫的實驗，證明一個電子的重量，僅及一個氫原子的一千八百分之一。後來這種原子是電子組織的觀念，根基漸漸的穩固了。湯姆孫與著名的荷蘭物理學家羅蘭茲 (H.A. Lorentz) 於是開始建立了今日公認的「電子學說」(electron theory)。

陰極線中的電子，顯示「負電荷」(negative electric charge)的特性，所以牠是負電的基本單位。但一個在普通狀態下的原子，並不帶着電性，自然，原子之中間，也有正電存在來抵消那負電了。後來有人建議說，一個原子中有一個「正電場」(field of positive electricity)，這些負電子，就浸沒在這正電場當中。這個見解當時雖然有許多錯誤，但也曾風行一時。

未幾湯姆孫的學生羅斯福忒，就是後來繼傳他衣鉢充當物理試驗教授的，從許多實驗之中，得到解決這個問題的方法。他將從鐳發射的射線仔細分析一下，說這種射線可以分為三種，用希臘文字前三個字母來命名，那就是 α 射線、 β 射線，和 γ 射線。 γ 射線與X射線相似，但 γ 射線的「波長」(wave-length)要比較短得多。 β 射線中含有負電子，但最足令人駭異的，却要算 α 射線，

從實驗上證明 α 射線，負有正電荷。牠們比較 β 射線中所包含的負電子重，而運動比較的緩。但是這種 α 線從鐳的原子發射出來，實在是速

度很高的。羅斯福忒說這速度的數字,大概是每秒鐘二萬哩。除此以外,還有一件令人駭異的事情,就是當我們用分光鏡分析一部分 α 射線,或今日所謂的 α 質點(α particles)的時候,可以知道牠們是氦氣。換句話說,就是羅斯福忒的實驗,證明鐳的原子能發射氦的原子。

羅斯福忒又重新試驗;先用鐳,後用鈾,這些實驗證明鈾裏面的 α 質點與 β 質點(即電子)消失之後,鈾就變為原子量較小的物質,而成鐳。鐳如要再消失 α 質點與 β 質點,則變為原子量更小的鉛。古代的人曾經作過夢,要想將一種化學原質,變成另一種原質,中古時期的煉金家,更是整天的勞碌,想求得點鐵成金的秘訣。自從原子學說產生以後,科學家以為煉金術簡直是在費心計,永無成功的一日了,但是現在照羅斯福忒的證明,天然造化就是那煉金家,牠能將鈾變成鐳,再將鐳變成鉛。

第十九章

原子結構

原子結構的學識，是二十世紀的產物，牠們的歷史，大多不過二十年，內中多半還不到十年。因為這樣的新鮮，所以物理家都相信那未曾發現的，比較已發現的，還要多若干倍。有許多關於原子的理論，物理家的信仰，也因此不似十幾年前的鞏固了。

自從確定了原子包含電子以後，羅斯福忒乃開始來研究原子的結構，他那時因為分析過鐳的射線，已經是科學界裏有名的人物。

羅斯福忒謂當鐳所發射的 α 質點撞到一薄片金屬的時候，大多數的 α 質點都直穿金屬片原子中的空隙而過，與小昆蟲飛越鐵線網眼一樣容易。但同時也有一部分的質點衝過之後，發生很大的偏向。這種偏向，不能從牠們與電子撞擊來解釋，而是與較 α 質點更重的粒子互碰的結果。從這種實驗，羅斯福忒得到一個結論，說原子所包含的，是一個極小而有重量的『核』(nucleus.)，外面圍繞着許多電子。他自己和其他學者的繼續試驗，證明了這個學說的價值。那時以前的實驗，已經證明電子是帶有負電性的質點，因此羅斯福忒建議那正電荷必定是集中在原子的核裏。

我們還記得羅斯福忒是電子學說鼻祖湯姆孫的學生嗎？現在羅斯福忒自己也訓練出一班人才來了。他的學生之中，有一個名叫摩斯萊(H. G. J. Moseley)的，對於原子的故事也有很大貢獻，摩斯萊宣佈這重要發明的時候，是一九一三年。但不幸大戰爆發，他竟在一九一五年

的八月十日死於加利波利戰役(Galipoli campaign)。全世界的人都公認他的橫死，是歐戰中英國最大的損失。

任何化學原質，如被電子流或陰極線衝撞，一定產生X射線。摩斯萊試量X射線的波長，他發現了那許多化學原質和牠所產生的X射線，有一種極奇妙的關係。倘將各種原質所產生的X射線的波長，一個一個的排列起來，牠們的平方根，恰成爲一級數。譬如重量最小的氫，他所反射的X射線波長的平方根是一，較重的氦便是二，直至最重的鈾，便是九十二。(現在已經知道的化學原質其原子量和原子序數，見附錄第四表。)

摩斯萊的發明，是解釋原子結構與曼德利夫週期表的一個線索。根據荷蘭物理家萬德卜魯克(Van den Broek)建議而作的數學分析，可演出「原子序」——即摩斯萊所定各化學原質的號數——即代表原子核的正電荷數量，也就是相當於負電子的數量。我們說氫的原子序是一，就是牠的原子的核裏含着一個正電荷的意思，也就是說氫的原子中含一個負電子的意思。至於最重的鈾，因牠的原子序是九十二，所以鈾的原子的核中有九十二個正電荷，圍繞着核的還有九十二個負電子。

除此以外，還有三個重要問題等待解決。第一個是圍繞核心的負電子如何分配。第二個是核的結構。第三個實在是第二個的一部份，就是有無一種正電的基本單位，或正電子，相當於已經知道的負電子。

關於原子中負電子的分配，已有兩位美國化學家李維斯(G. N. Lewis)和郎木耳(Irving Langmuir)在一九一六年發表過學說，根據他們的意思，負電子是分配在圍繞核的同心殼上。中國有一種象牙球，一個裏面套着一個，就和原子的構造差不多。這象牙球的中心一個

代表核，其餘重重疊疊圍繞着牠的殼，就是負電子棲息之所。李維斯和郎木耳當然並未說真有殼的存在，所以我們必須知道這種無形的殼，是代表負電子的地位而已。正與虛設經緯線指定城市在地球上的位置一樣，或者，用『帶』(zones)字代替這殼字，也許比較恰當些。

依照他們的意見，鄰近核的殼，能夠保持着兩個電子，第二層八個，第三層也是八個，第四層和第五層都是十八個，第六層三十二個，第七層的殼也應當保持着三十二個電子，但包含最多電子的原質如鈾，則僅有六個電子棲息在這一層上面。這種每層殼能容納若干電子的假設，是從許多方法研究得來的，最主要的便是曼德利夫週期表中原質的排列法。

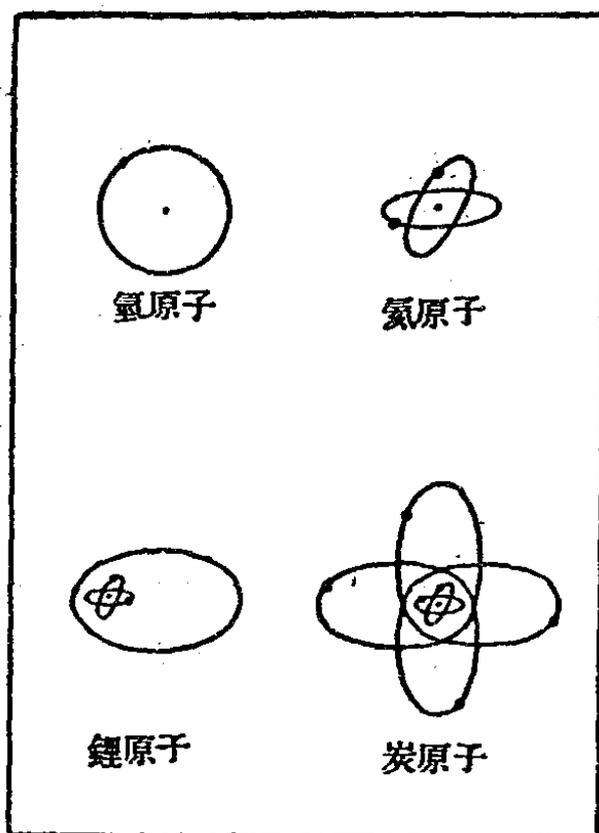
根據這個學說，氫的原子，有一個核和一個棲息在第一層殼的電子。在週期表中佔第二位氦的原子，包括一個核，和兩個棲息在第一層殼的電子。佔第三位的鋰，牠的原子含一個核，和三個電子，這三個電子，其中的兩個棲息在第一層殼上，還有一個在第二層。我們若依照週期表中所排列着的原質看下去，則見每一個化學原質，其原子中所包含的電子，比較在牠前面的一個原質要增加一個。一直到氖的時候，第二層殼便充滿了電子，因為牠的原子，有十個電子，其中兩個佔據着第一層，還有八個在第二層殼上。以下的鈉，牠的原子含十一個電子——兩個在第一層殼，八個在第二層，還有一個在第三層。這樣的增加下去，一直到含有九十二個電子的鈾原子——兩個在第一層殼，八個在第二層，八個在第三層，十八個在第四層，還有十八個在第五層，三十二個在第六層，六個在第七層上。

科學家設想電子在每個殼上或每個帶中的確實地位，好像是依照

幾何的形式佈置的。牠們雖然也能夠發生微弱的震動，可是在所處的地位中間，黏貼得非常穩固。有許多現象可以根據李維斯—郎木耳學說來解釋。例如那曼德利夫作的週期表也可以藉此說明。鋰，鈉和鉀三種原質是性質相同的。這鋰含有三個電子，其中的兩個在第一層殼，一個在第二層。鈉有十一個電子——兩個在第一層，八個在第二層，一個在第三層殼上。鉀有十九個電子，第一層有兩個，第二三層各有八個，另外還剩一個，獨霸第四層殼上。這三種化學原質的最外層殼，都含着一個電子，根據李維斯和郎木耳的學說，這便是牠們特性相似的原因了。因此，可得到一個結論，就是各化學原質的特性，依着最外層殼所容納的電子數量而定。

李維斯—郎木耳學說，如從化學方面觀察，可稱盡善盡美，因為牠幾乎可將化學上的問題，全行解決。所以有人把他倆所建議的原子模型，叫做『化學家的原子』(Chemist's atom)。但物理家，因此學說不能夠將發射光波的現象，解釋恰當，不免表示懷疑，因為根據羅倫滋的學說，光波的發射，是由於電子的振動。

羅斯福式有一位學生，名叫波爾 (Niels Bohr)，現充哥本哈勒 (Copenhagen) 的理論物理學學會 (Institute of Theoretical Physics) 會長，曾經發表過一種關於原子結構的學說，可以解釋光的來源。他的學說也假設原子裏電子是分佈圍繞核心的殼上，但這些電子的地位，並不像李維斯和郎木耳所說的那樣的固定，而是常在運動狀態之中。波爾想像牠們永遠的圍繞着核心旋轉，那行程的軌道是一個圓圈。後來又有人說牠們的軌道，並非一定是圓形的，間或也有橢圓形的。照此看來，根據波爾的學說，每一個原子就好像是一個小太陽系。



波爾的原子模型

關於原子的核心的結構，到現在還不十分清楚。我們所知道的，大半全是羅斯福忒和他的實驗所賜，他是用鐳發射的 α 射線衝撞其他物質而作實驗的。這些實驗，證明與負電子相對，也有一種正電子。氫的原子核，就是這個正電子或『質子』(Proton)，因此氫的原子，在可能範圍中是最簡單的原子。牠的核包含一個正電子，而同時有一個負電子圍繞着牠旋轉。

至於其餘原子，核的結構較為複雜，裏面含着正電子，也有負電子。但是正電子的數量較多，所以這核心常是顯示正電性。

如再作進一步的研究，則知正電子或質子的重量，是負電子的一千八百五十倍。就是原子的重量，簡直全是因為正電子的關係，所以計算『質量』的時候，負電子竟可以置之不理。

爲什麼正電子比負電子重一千八百五十倍呢？一直到現在也沒有人知道。我們驟然一想，好像覺着正負電子的重量應當相等。但在原子的境界裏，造物故意這樣驚嚇我們，這怪現象不過是一端罷了。除此以外，還有一個令我們咋舌的事實，就是正電子雖較負電子重，而形體倒反比負電子小。

倘使我們假設原子的核包含正負兩種電子是不錯的，則照着原子量和原子序，我們可以得到一個解釋原子結構的方法。譬如氦這種氣體，牠的原子量是四，而原子序數爲二。因爲原子的重量可以說完全屬於核裏的正電子，所以牠的核裏必有四個正電子。但又因牠的原子序是二，所以牠的核的電荷，應相當於兩個正電子。我們如再假設牠的核含着四個正電子和兩個負電子，則一切問題，全可迎刃而解了。因爲這兩個負電子能中和兩個正電子，自然牠的核的電荷，相當於兩個正電子了。

物理家之所以斷定核中有負電子，是因爲牠有『放射性』(Radio-activity)的現象。我們應當記得從鐳射出的 β 射線是含着負電子的。這種事實，使我們相信這些負電子是從鐳原子的核擲出來的。

放射性使我們得着許多關於核結構的知識，我們應該記得羅斯福曾經發表過 α 質點就是氦，實在也是氦原子的核。他又在許多實驗中間，用鐳射出來的 α 質點來衝撞其他物質的原子。其結果，能使這些原子的核蛻變，甚而至於放射正電子，或氫核的程度，因氫原子的核原是一個正電子。

從他所得到的結果，我們再分析一下，試舉一例，正電子可以從氮原子的核中驅出，氮原子量是十四。我們如用原子量可以被四除盡的其他物質來作試驗，則沒有正電子可以驅出，因爲四是氮的原子量，也

就是鐳所射出 α 質點的重量。

羅斯福忒於是作了一個結論，說氦的核或 α 質點乃是一種基本構造，其他一切較重原子的核，全是 α 質點和正電子的結合體：換句話說，就是氦和氫的核所組成的。我們舉磷的原子為例，牠的原子量是三一，我們可以說牠是含着七個氦的核和三個氫的核。

自從發現『同位原素』(isotopes) 以後，羅斯福忒的學說便更加鞏固了。發明這種現象的是哈佛的里察教授(Prof. T. W. Richards)，他證明了從鐳蛻變出來的鉛，其所具一切的特性，雖與普通的鉛相同，但原子量的數字却有區別的。英國的蘇達教授(Prof. Frederick Soddy) 又作了多次從鐳變鉛的實驗，這許多鉛，牠們的原子序相同，而原子量有異。意思就是牠們核裏的正電子，數量雖有殊異，而正電子與負電子的差數却是相等，所以這核也帶着同量的正電荷。那就是說這個核能吸引相等的電子，圍繞着牠旋轉。因此這兩種有不同原子量的原子，遂具有同樣的化學特性。又因為這種原子，重量雖是不同，而牠們在週期表中佔着同一位置，所以蘇達教授將牠們叫做『同位元素』(Isotopes)。

羅斯福忒原子結構的學說裏有一個成爲障礙的難題，現在可以迎刃而解了。根據羅斯福忒的意見，化學原質的原子量，和牠的核裏面正電子的重量，並沒有什麼分別。那末爲什麼有許多物質的原子量會是一個分數呢？譬如氯的原子量爲三五.四六，不是一件不可解的事嗎？在劍橋羅斯福忒實驗室中研究的愛斯頓教授(Prof. F. W. Aston)，偶然想起這件事或者與『同位原素』有關，後來從精密的試驗得到的結果，證實了普通的氯，實係兩種不同的氯所混合。這兩種氯，一種的原子量

是三七，另一種的原子量是三五，牠們按照一個一定的比例，混合而成普通的氧，於是這個氧的原子量，便是三五.四六。

氧的原子序是一七，意思就是說較重的同位原素的核，含着三七個正電子和二十個負電子，而較輕的同位原素的核，含着三十五個正電子和十八個負電子。所以在這兩種狀況之下，結果都剩餘十七個正電子。這核心便吸引着十七個負電子，循着軌道圍繞牠旋轉。

愛斯頓氏，芝加哥大學的哈京教授 (Prof. W. D. Harkins) 和其他學者，又試驗其他分數原子量的物質如汞，銀等類而證實其中也有同位原素存在。所以那羅斯福忒學說的根基，是更穩定了。

但是仍有一件極奇異的事情，等待解決。在同位原素未發現以前，原子量的表解並不根據原子量一的氫製成，乃從原子量一六的氧而製成的。這是因為氧比氫約重十六倍的緣故。

我們現在用氧作單位，則除有同位原素的以外，其餘原子的重量應當全是整數。例如氦的原子量是四，炭的原子量是一二，等類。但是氫的原子量却是一.〇〇八。所以我們又必須將羅斯福忒的學說加以說明，因為氫的原子量，並不正好是一，而依照羅斯福忒的意見，氫却含着一個正電子。

這種現象可以用下述的方法來解說：許多原質裏祇有氫的核是含有一個正電子，所以我們假設當正負電子互相擁擠而造成氫原子核的時候——我們須記着其中含着四個正電子和兩個負電子，——因為擁擠的結果，發生了重量的消失。這種假設驟視之似乎令人驚異，但根據最近許多關於物體本性的發見，這種設想是頗與事實相符合的。

原 子 大 小

分子，原子和電子的形狀極小，就是用世界上最強大的顯微鏡，也不要想看得着。最大的分子比可以用眼睛看得出的最小的光波還要小，我們在從前曾經說過如果將一滴水放大到地球那樣尺寸，則這滴水裏的份子，也不過如同橘子一般大的模樣。分子是原子組成的，自然原子更小，原子又是電子組成的，自然電子又更小了！

分子的大小各自不同，依牠所含原子的數量和形狀而定。最簡單的分子如氫，僅含兩個原子，最複雜的分子如澱粉所含的原子，多至二千五百個。氫的分子算是最小，直徑約為一萬二千五百萬分之一吋。澱粉裏面最大的分子，直徑在一千萬分之一吋左右。現在最精良的顯微鏡，祇能看見比澱粉分子大一百倍的微粒。

至於原子的大小，則視其包含的電子多寡而異。氫的原子，是最簡單的，同時也是最小的。鈾的原子，是最複雜的，同時也是最大的。但原子之大小，並不是與複雜的程度成比例，因為在複雜的原子中，電性的吸力能使牠們變成比較緊縮的原子。氫的原子直徑，是二萬五千萬分之一吋，鈾的原子是氫原子的兩倍半，換句話說，就是鈾的原子，直徑是一萬萬分之一吋。

要斷定那電子的大小，困難就多了。美國物理學家密利根教授 (Prof. R. A. Millikan) 照實驗所得的結果，估定電子中的電荷，因而取得諾貝耳獎金 (Nobel prize)。自從他估計以後，我們才能夠算出電子的大小，約等於氫的原子十萬分之一，就是直徑二十五萬萬萬分之一吋。在科學上，電子這名詞，是常指負電子而言，如說到正電子，則必須

附加正字。現在『質子』(Proton) 這個名詞好像已經成為正電子的別名了。我們應該還記得，正電子較負電子重一千八百五十倍，但是看起來實在可異，這正電子大約要比負電子緊縮的多，所以牠的直徑是祇有四萬五千萬萬萬分之一吋，約當負電子的直徑一千八百分之一。

根據羅斯福忒及波爾的學說，原子包含一個核，外面圍繞着旋轉的電子，如同一個極小的太陽系一般。假如我們想像宇宙中太陽系所包含的，不祇是太陽和行星而連行星軌道所佔據的空間在內，那末太陽系裏面，差不多全是空間了。但是在原子中那空間和電子的比例，較之太陽系中空間與行星的比例，還要大一萬倍。

原 子 軌 跡

要想觀察分子，原子或電子，是件不可能的事，這話我們在前面已經說過了。但是湯姆孫有一個學生名叫威爾遜的 (C. T. R. Wilson) 曾經做過一個極精巧的儀器，可以使我們看見原子或電子運動的軌跡，這儀器名叫『 α 射線軌跡儀』(alpha ray track apparatus)。在最初是用來察看鐳所射出 α 質點或射線的軌跡的。白萊格 (Sir William Bragg) 曾經稱讚這是科學世界裏最令人驚奇的試驗，事實上也是如此，因為牠是原子學說最美備的辯證。不但如此，牠又是探求真理的好機械，全世界的實驗家，都用牠得到滿意的結果。

這儀器是一個銅製的圓筒，直徑約有數英寸，頂部覆以玻璃圓盤，底部則為一活塞。這活塞可以向下移動，而使圓筒裏面的空氣膨漲，使空氣裏所含的水蒸氣凝成水珠。圓筒中還安置一小塊的鐳，用來放射包含 α 射線的各種光線。

當 α 質點自鐳的原子射出時，約有每秒鐘一萬哩的速度。射出以後，即衝入空氣原子的內部，穿過旋轉的電子，好像彗星衝入太陽系一般。但是彗星對於太陽系並沒有什麼損害，而 α 質點倒能把電子自原子中撞出，所以原子因失去負電子而成『帶電原子』或『游子』(Ions)。這種帶電原子對於水蒸氣有極大的吸力，所以當活塞低降時，圓筒中的水氣凝成極小的水珠，便圍繞着帶電原子。現在我們再使一縷光線照耀圓筒，則光線被這種凝在帶電原子上的水珠所反射，便能指示 α 質點的行程。所以我們向圓筒內部察看時，可見到很明亮的路徑，那便是 α 質點經過的軌跡。

α 質點的軌跡全是直線，就是說， α 質點運行時必須穿過原子。

α 射線軌跡儀也是羅斯福式的核之學說最美備的證明。有時在霧狀軌跡的一端，發見一個尖銳的角度，好像是 α 質點撞着一種重的物質因而斜飛。在偏向的地方，有一段很短的軌跡，長不到一吋，與偏向後 α 質點的方向成一角度。

這種現象最合理的解釋，就是 α 質點偶然撞到原子中極小的核。原子的核比 α 質點重，所以 α 質點因衝擊而偏向，斜飛成了一個新角度。但是這種衝擊，又可以打動這個核。這樣一來，牠射入另外的一個原子中間，而將那裏面的電子撞出，結果就造成這個極短的霧狀軌跡。

這種儀器，能使我們看見 α 質點，電子，與核用光線來顯示牠們的活動，真是現代科學界驚人的貢獻。

第二十章

氣體、液體與固體

宇宙裏面，上自星宿，下至塵埃，千變萬化，東西實在太多了。那裏有氣體——如同我們不可須臾分離的空氣及其他。那裏有液體——如同水，油，酸，等類。那裏還有固體——如同各種的木材，各種的石塊，各種的金屬，等等……。簡直是無論如何也數不清。

但科學家以為這些千變萬化的現象都是表面的。化學家發明了將物質種類簡化的工作。他們說宇宙中祇有九十二種化學原質，所有一切的物體，全可以用方法將牠們分開，變成較為簡單的物質，就是上面所說的化學原質九十二種。因此在我們眼簾中無數的物體，全是九十二種原子所組成的，這九十二種原子，每一種相當於一個化學原質。各種原子化合起來，便成分子，這分子的結合，便是我們所看見的各種物體。已經知道的化學原質，見附錄第四表。

但是物理家並不肯因此罷休。他們又發明物質的原子是電子組成的，這電子又叫做『電的原子』，他們還說電子可以分為兩種，正電子或質子和負電子。這樣一來，物理家將所有世界上的物體，簡化成為兩種基本單位，就是正電子與負電子。

根據波爾學說，我們知道，每一個原子，頗像一個小太陽系。最簡單的原子，是最輕的一種，就是氫的原子。牠的核祇有一個正電子，另外有一個負電子圍繞着牠旋轉。其他一切原子都比較複雜，其核中含有正負兩種電子，但是正電子比較負電子為多，所以總有與這差數相當的負

電子，繞着核旋轉。在氦的原子中，負電子的數目是兩個。在鋰中三個，在硼中四個，鈹中五個，碳中六個，依次增多，一直到最後的鈾，牠的原子中間含着九十二個負電子。這許多數字，我們在前面已經說過了叫做「原子序」。因此，物理家又將宇宙中的一切物體，歸納到一組很簡的號數。

物理家供獻給我們第二件關於宇宙的重要知識是：「在靜止狀態之下」的這句話，簡直毫無意義。我們在前面已經說過，在分子，原子和電子世界裏，是絕對沒有靜止這一種事情的。根據波爾學說，電子永遠在運動狀態之中，繼續不停圍繞着原子的核旋轉。原子自己呢？牠們在分子之中，永遠震動不已。便是較大的分子，也不肯老老實實的佇立不動。我們還應該記得，這溫度便是動能的一種衡量。

有許多人對於這種近代物理學和化學的宣示，因與牠們所見的世界不同，覺得太不容易領會了。但是如果我們心中預先存着宇宙實與我們對牠感覺不同的觀念，則此種困難，就很容易克制了。譬如說，一般人想到「溫度」的時候，他一定以為這是冷熱的感覺，但是物理家便相信溫度不過是一種境況而已。

也許又有人要問了：倘使我們就將木石認為木石，豈不是更簡單了嗎？假如宇宙是靜止不變化的，這句話自然有理，但是實在這是一個變化不停的宇宙。木料燃燒時，變成了烟。清水煮沸時，變成了蒸氣，又在冷到相當程度的時候，變成了冰。化學家還能將電流通過水中而使之分解為氫和氧的兩種氣體。凡此種種，自從有了原子學說以後，便可用很少數的根本假定來解釋。這學說似甚複雜，實在是我們還沒有熟悉的緣故。如果司空見慣，便知道這學說是簡直把宇宙都化簡了。

我們應該回頭到原子學說，來解釋宇宙的各種現象。我們必須從裏

面尋出理由，各種化學原質的原子，怎樣結成化合物的分子呢？爲什麼物質可以成爲氣體，液體和固體三種狀態呢？總而言之，我們必須鑽進那原子學說裏面，來解釋一切物理學和化學的問題。

現在從頭說起，我們知道在原子中間，有一種吸引的力量，使牠們膠漆貼合。這種吸引力，有如兩個磁石南北極似的互相牽引，又如兩個帶電物體正負電性的相互吸引。在原子中間的結合力，無疑的具有電和磁的原性，不過直到現在，人類對於牠們，還不能十分了解罷了。我們所知道的，好像全在牠的作用一方面，至於牠們的真實原性，還是『莫明其妙』！

假如宇宙間沒有第二種力量，去阻止原子中吸引力的進行，那所有的原子，自然全黏到一塊兒去。這樣一來，氣體和液體，不用說一點也不能存在，便是固體也尋不到兩個。不久以後，地球跑進太陽裏面去，太陽和許多星又聚集在一處，整個的宇宙，就要變成一個不可分開的物體了。

但是地球並不跑進太陽裏面去，因爲牠是在連續不停的運動之中。就是這地球的運動，平衡太陽的吸引力，而使地球不斷的圍繞着太陽旋轉。在原子的世界裏，也是這『運動』兩個字，來平衡原子間的吸引力。

爲什麼有的物質是氣體有的是液體有的是固體呢？這全看原子間吸引力和原子或分子運動的平衡狀態而定。在氣體裏面；這運動佔着優勢，所以吸引力不能將原子或分子合成一體，結果分子隨意行動，向各方飛散。假如我們將少許氣體放進一個真空的器皿裏面，不一會兒便將這器皿充滿了，這就是因爲分子向四外飛揚，不佔據整個的器皿不止。同一原因，當少許氣體放在大氣裏的時候，一剎那間便也消散了。

在液體裏面，原子或分子的運動比較平和些，所以吸引力能發生較

爲顯著的影響。原子有時也能從液體裏面跳到空間去，這便是蒸發的解釋。

在固體裏面，吸引力便強盛了，原子和分子，好像全被鎖在固定的地位裏。不過話雖如此說法，我們還須記着原子並不是互相緊貼着的。不但如此，牠們也不在靜止狀態之中。許多原子中間，還是隔着空隙。但是原子能在被束縛的地位中震動，而黏合力又足以阻止牠們跑到離開這些位置較遠的地方去。

根據波爾的學說，每一個原子，中心包含一個核，圍繞着核的是殼或帶，上面還有旋轉不息的電子。這許多像行星似的電子，全是帶負電的。我們知道負電子互相排斥，和兩個同極磁石的作用一樣，結果，當兩個原子走近的時候，最初發生的一種力量，是抗拒力。每一個原子外殼的負電子，排斥另一個原子的負電子，所以任何原子要想鑽進另一原子的勢力範圍裏，是絕對不可能的事。

各原子間的抗拒力，能夠幫助原子的運動來阻止牠們合成分子。我們驟然一看，覺着原子中既然有抗拒力，就不應該同時有吸引力了。此種懷疑，現時的物理家，還不能爲我們充分的解答。

大約兩個原子間，平時所蓄的，是一種抗拒力。如果原子運動得不很快，而有充分的時間使彼此有靠近的機會，則原子的內部或可自行調動，使電子的分佈，借這個機會變換，因而吸引力發生作用，而使原子結合在一起。白萊格 (Bragg)說原子間的現象，可以與一種擺動的門相比較，當門擺動得極快的時候，門的活門，不能夠將牠扣住，但是如果門擺動得稍形遲緩，則門門自然有機會扣上，便將門鎖住了。

在種種方面，這裏面的吸引力顯示着牠們的重要性。這許多吸引

力，不但是造成液體和固體的關鍵，那各種原質的原子，所以能結成化合物的分子，也是牠的責任。有許多化學原質的原子，在相當情況之下，好像具有丟失電子的傾向。但同時又有些化學原質的原子，却有攫取電子的趨勢。

這丟失或攫取電子的能力，好像視原子最外層殼中電子的佈局和數量而分別。原子的最外層殼如被電子充滿，那當然是最穩固的佈局。所以如果一個原子的外層殼有七個電子，這個原子便有攫取一個電子的趨勢。如果另一個原子的最外層殼含着六個電子，這個原子便有攫取兩個電子的可能。餘類推。但如一個原子的最外層殼祇含有極少數的電子，這電子便很容易丟失了。從這一點看來，一個原子的最外層殼如果祇有一個電子，當然這電子很不容易保持住的。

在尋常的境況之下，一個原子並不顯示電性，因為圍繞着核心旋轉的負電子，其數量與核中過剩的正電荷相等。當一個原子攫取或丟失一個負電子的時候，電性便失了平衡。如係丟失一個或幾個電子，這原子便顯示正電性，如向外面攫取電子，牠便顯示負電性。在帶電狀態下的原子叫做游子。一個游子的正負，視其所帶的電荷而殊異。攫取或丟失電子的能力叫做原子『價』(valence)。能夠丟失一個負電子而顯示一個正電性的原子，牠的『原子價』便是一。如能丟失兩個電子的，原子價便是二，餘可類推。『負價』這名詞，是用來指示一個原子所攫取電子能力的。

原子價的研究，對於化學家非常重要，因牠能操縱化學原子結成分子的方法。譬如說，氫的原子價是正一，而氯的原子價是負一，所以當這兩種原質化合的時候，總是一對一的比例，而成一個分子的氯化氫

(hydrogen chloride)。在這種情形之下，氫的原子，有失去一個負電子的趨勢，而氯的原子，又有攫取一個負電子的趨勢。因此，當這兩種原質化合的時候，有一個電子是從氫的原子跑到氯的原子裏面去了。

氧則不然了。牠的原子價是負二，意思就是說牠有攫取兩個電子的趨勢。因此我們可以悟到，兩個原子的氫總是與一個原子的氧化合，成功一個分子的水。這個分子的確實形狀和佈局，以及電子在牠裏面分配的情形，到現在科學家還沒有得到充分的證據。

除此以外，原子間的吸引力另外還有起變化的方法。譬如說，許多同類原子頗有自相結合的趨勢，例如兩個原子的氫總願意結合成一個分子的氫。氧，氮和一切在尋常狀態下的氣體，全有這種趨勢。在這情形之下，兩個原子中間的電子又重新分配一次，這樣的結合，叫做成對式 (doublet type)，是異常穩定的。

吸引力的效用，不祇是前面所說的這幾種。化學原質的原子，結成化合物的分子，不過是吸引力的一種責任，牠對於一切固體或液體物質的存在性，不論是原質或化合物，都是很重要的。

氣 體 本 性

我們在前面已經說過，氣體是原子分子堆集而成的，因為那原子或分子中間的吸引力，敵不過運動的力量，結果微粒就沒有黏合力，所以牠們便四面向外飛散。

假如這裏有一種物體，其原子或分子微粒中間所有的吸引力，在平常狀況之下是很弱的，那末這物體在普通溫度的下面，一定是氣體。但是宇宙中的一切液體或固體用加熱的方法，都可變成氣體。我們應當記

得溫度就是分子振動的表徵。所以，倘使我們設法將一種物體分子的振動加快，牠們的吸引力因此不足顯其效用，其結果便成爲氣體了。

化學家視爲最有趣的一種物體是『鈍氣』(inert gases)。根據波爾學說，一個原子的中心是『核』，圍繞着『核』是層疊的殼或帶，電子就棲息在這上面，第一層殼能保持兩個電子，第二層八個，第三層也是八個，第四層和第五層，都能容納十八個。

我們還記着，一個原子序就是代表圍繞着核旋轉的電子數目。現在我們來先考慮具有原子序二，十，一八，三六，五四和八六的各種原質。第二號含着兩個電子，剛夠充滿第一層殼。第十號含着十個電子，剛夠充滿第一二層的殼。第一八號含着十八個電子，剛夠充滿第一，第二和第三層的殼，餘類推。這些原子的最外層殼，都是有充分的電子佔據着的。

現在試查看這幾個原質到底是那幾種。第二號是氦，人人知道這是齊柏林飛船裏所用的氣體。第十號是氖，即電光廣告管中裝着的氣體。第一八號是氬，第三六號是氪(krypton)，第五四號是氙(xenon)。這幾種物質，全是氣體，而且全是鈍氣。因爲牠們是不願意和別種原質的原子化合，也無心與同類的原子結成分子的。所以每種氣體，全祇含有原子的雲霧。我們從波爾學說，可以看出牠們爲什麼沒有和同類或異類原子結合的傾向，就是因爲牠們原子最外層的殼，都已被電子佔滿了。

但是如果我們定要將牠們的原子結合，也可以做得到，不過我們必須將溫度降低罷了。譬如我們要將氦的原子結成液體，必須將牠的溫度降低至華氏表零點下四百度。

此外還有許多種原子，例如氫，氧和氮，雖然很容易和別種原質發生化學變化，但牠們自己結合成的分子，却是非常穩固。因此這些物

質在平常的溫度以下，依然是氣體。這些氣體的分子，同那鈍氣的原子，白萊格描寫得最好，說牠們是不願意『社交的』(unsociable)。

如果假設各種氣體，都含着不願社交的原子或分子，則氣體的各種特性都很容易解釋明白。譬如說，加熱可以使一種氣體膨脹，這是由於牠所包含的微粒，(分子或原子)，因溫度加高，振動得迅速，而需要一個較大體積的緣故。倘使我們改用一個不能伸縮的器皿，將氣體裝了起來，再行加熱，那末，器皿的圍壁，就要承受較大的壓力。這是因為一種氣體的壓力，就是所含微粒衝撞的結果，因為溫度提高便使微粒振動得格外利害，所以衝撞的次數和力量都要增加了。

地球的氣層是許多種氣體混合而成的，其中包含氮，氧，二氧化碳等不願社交的分子，還有鈍氣如氦，氫等不願社交的原子。我們心中如預先存着『氣層是無數行動極快的微粒之混合』這觀念，那末我們對於氣層的現象，便容易了解。一立方厘米的空氣中含着分子三萬萬萬萬(3×10^{16})個。在普通溫度以下，這些分子的速度約為每秒鐘四分之一哩左右。但每個分子平均祇能走一吋的二萬分之一，過了這個距離，這分子便迫近另一個分子而被牠碰回。所以每個分子在牠的路程中間，大概是每秒鐘往返五十萬萬次。

液 體 本 性

液體中所包含的，仍然是分子，不過這些分子的運動，要比氣體低弱，而牠們吸引力又能發生較大的作用。所以在任何一種液體裏面，分子雖能自由行動，但是不可以離開得很遠。因此牠的體積也比較的固定。

我們最初覺着「液體中有運動」這種思想，好像有些費解。不過稍加思索，如用「液體是運動狀態中的微粒組成的」這個假設，則液體的一切特性，便很容易明瞭了。

十七世紀的著名英國物理家荷克 (Robert Hooke)，對於這種事實很是清楚。他說：

『從頭說起，什麼是流動性的原因呢？這在我看來，不過是一種物體裏面各部分極活潑而且猛烈的激動罷了，物體的各部分因此鬆散，很容易向各方面移動，便成爲流體。我有一個很淺顯的例證，很可以表明一點意思。譬如我們將一碟沙放在一個激動得很猛烈的物體上面，例如旋轉得極快的磨，或被槌子打得很響的鼓，這樣一來，以前那碟毫不活動的沙，現在却變成理想的流體了。第一，你不能用手指在上面做一個洞，因爲當你的手指離開以後，這個洞便立刻漲平了。第二，你不能將一個輕如軟木塞的東西，埋到下面去，因爲牠不久便會浮起來的，你又不能將一個重如鉛條的物體放在沙面上，因爲牠不久便會沈下去的。第三，你如果在碟子旁邊挖一個洞，立刻沙便從這個洞裏流出，直到洞與沙在一個平面而後止。總而言之，流體所有的特性，這碟沙全能模倣，爲什麼呢？祇有一個原因，這碟沙被激動得太猛烈了。在這種境況以下，每一粒沙全在跳動或振動之中，所以沒有一個重的物體能在上面放着，除非有東西支撐着牠，但是也不能讓一個物體到下面去，除非這物體比沙還重』。

後來白萊格在倫敦演講的時候，將荷克的試驗重演一次。他將一

個小盒，用『偏心樞鈕』(eccentric joint) 連在一個旋轉得極快的飛輪上面，而使小盒震動。

在液體裏面，吸引力很大，所以能使液體聚在一起。但是牠的吸引力也不是佔着絕對優勢的。偶然間液體表面有一個分子，因極快的行動勝過那吸引力，便會飛到液體上面的空間去了。這就是『蒸發』(evaporation) 現象的解釋。假如我們放一瓶液體在空氣裏，牠便漸漸蒸發，直到瓶裏什麼都沒有了為止。

當蒸發的時候，從液體裏面飛出去的，全是那運動得最激烈的分子。我們還應當記得分子運動就有溫度，現在這些運動得最激烈的分子，都逃了出去，自然剩餘下的平均運動就小了，所以這液體自然要冷了一點。在乾燥的地方，水是常放在用帆布做的器皿裏面的，蒸氣從帆布隙縫蒸發，器裏所剩的水便冷却了。

加熱可使液體鼎沸。鼎沸和蒸發差不多，不過是使分子運動更加猛烈些。到相當的程度，牠們便能將液體上面的空氣推開，而整個的飛到空間去。

爲什麼液體喜歡保持圓滴的形狀呢？這是因爲分子間有吸引力的緣故。當小物體浮在液體上面的時候，這吸引力又能使液體的表面造成一種『酒渦』的形狀。總之，分子吸引力能使液體表面好像蒙有一層薄膜似的。這種現象的專門名詞叫做『表面張力』(surface tension)。

要想就液體表面做成真正的膜，也是可能的事，最顯著的例就是小孩子所愛的肥皂泡。現在這種玩藝又被科學家認爲不可多得的好東西了，因爲從這種肥皂泡可以得到許多關於分子構造和變態的知識。

我們都知道，一些肥皂溶解在水裏以後，可以將肥皂水吹成氣泡。這件事實雖然是很普通，但科學家對於牠的解釋，却是有趣極了。他們說這其中的奧妙，全藏在分子的構造裏面。肥皂是一種極複雜的物質，包含碳，氫，氧和鈉。每一個肥皂的分子，包含一串氫原子鑲在兩邊的碳原子。這串碳原子的一端，連接三個氫原子，另一端是一束鈉和氧的原子。有氫原子的那端，用白萊格的話，是很『不願社交』的，所以沒有吸引力顯示出來。但是另一端却有極大的吸引力，特別是對於水。這就是肥皂在水裏能溶解的原因。但又因為肥皂的分子祇有一端吸水，於是牠便有浮在水面的趨勢，結果便造成一層薄膜。白萊格說，當這種現象發生的時候，肥皂分子好像是一個一個的站着似的，那對於水有吸力的一端深入水中，另一端則暴露在空氣裏面。結果肥皂的分子，便一排一排的如同豬鬃一般的站了起來，所以肥皂泡是一個空心的圓球，這球的內外表面，全是肥皂所造成的薄膜。

許多著名的科學家，如美國的郎木耳和哈京，英國的哈岱(Hardy)和亞當，法國的德福(Devaux)，都研究過這類物質的分子，牠們全叫做『長鉸鏈分子』(long-chain molecules)。油的分子也很特別，當一滴油放在水面的時候，牠的分子能自己結成一層薄膜，每一個分子，與肥皂的分子一樣，直插在水裏面。從這一點看來，我們可知，如將油潑在海洋水面，波浪就可靜下來，因為油所造成的膜，風是不能發生大影響的。

固 體 本 性

在固體裏面，吸引力最是威風凜凜，所以許多分子就連在液體裏面

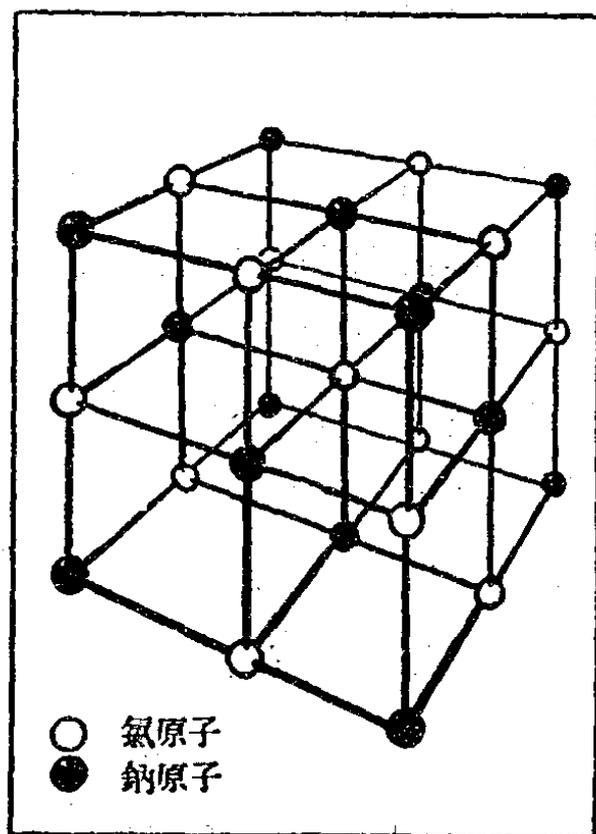
那樣的自由，也被剝奪無遺。每一個分子，好像全被帶子固結在一定的地位裏，不過這個固結的力量，却隨物而異。這就是各種固體熔解點不同的原因。假如這個固體裏面的分子吸引力很弱，那末這固體必定有低的熔解點。反之，假如這力量是很大的，那末牠的熔解點必定很高。我們對於這些理由，如果心中存着一個溫度是分子運動的表徵的觀念，便很容易明瞭了。當吸引力很弱的時候，祇要再加一點很小的震動便可以勝過牠。從此這裏面的分子便開始能流動自如，換句話說，就是牠已經從固體變成液體了。但是如果吸引力很强的，必定要加上很大的震動才能勝過牠。吸引力的大小，隨物而異，例如牛酪這種固體，在暖天就可以熔解，但如金鋼石或電燈泡裏面的鎢(tungsten)絲，要想使牠們熔解，却非把溫度提高到幾千度不可。

近代的進步，又給科學的探求開闢了一個新領域，就是固體分子結構的科學，也就是研究固體裏面分子結合方法的學問。我們要想研究牠，X射線是絕對少不了的，不過在沒有用X射線以前，也有許多從各種現象猜度得來的正確理想。分子比能看到的最短的光波還小，所以沒有人能夠做一個極強的顯微鏡來觀察牠們。但是X射線的波長，却比普通光波小。X射線波長的長短，與分子的大小成直接關係，因此用牠來研究固體的結構，是一件可能的事。

研究這問題的先進，是柏林的勞厄教授(Prof. Max von Laue)和英國的物理家白萊格還有他的兒子白萊格教授(Prof. W. L. Bragg)。勞厄是第一個想到用結晶體來分析X射線的人。我們都知道普通光線通過稜鏡能夠分成虹霓狀的事實。稜鏡的作用是使組合的光波分組，勞厄於是想到一種結晶體的有規則的特殊構造，或可用牠對X射線發

生同樣的作用。結果勞厄研究的問題，與摩斯萊的工作互相溝通了——就是那原子序之發現，我們在上面已經講過的。後來白萊格將這種作用，反過來做，不用結晶體來分析 X 射線，而用 X 射線來分析結晶體。

到了現在，人類已經會用 X 射線來研究物體的結構了。關於這種研究的第一種方法，叫做『勞厄法』(Laue method)，另一種叫做『白萊格法』(Bragg method)。用勞厄法的時候，我們使一縷 X 射線穿過結晶體而射到照相片上面。這樣一來，照相片上有許多成排列的黑斑。顯



鹽的結晶體

然，這種現象是由於結晶體中分子和原子能使 X 射線屈折的結果。從照相片上的記錄，我們就可以估計分子的位置。用白萊格法的時候，我們使一縷 X 射線照在磨光的結晶體表面上，再研究這反射的 X 射線。從這

個實驗所得到的結果，我們可以看出祇有當X射線與結晶體成某種角度的時候，才有很顯明的反射。我們另有法子可以知道，X射線之反射，是完全由於結晶體中分子所包含的原子。在隨意的角度裏，因為反射後的X射線向各方面分散，所以沒有顯明的反射發生。不過在某種角度時，可以有清楚的反射，因為結晶體的地位，正好能使所有的原子向同一的方向反射。從這些記錄，我們便能計算原子的地位，又可以估定原子間的距離。

用X射線來研究結晶體的構造，使我們得到驚人的結果。其間最令人咋舌不已的，恐怕要算結晶體構造的普遍性了。平常我們總以為『結晶體構造』是特種物體才有的。但從研究X射線所得到的結果，正是這句話的反面。實際所有的固體，全是結晶體，但是結晶體很小，並且彼此擁擠，壓得很緊，排成不規則而且紛亂的形狀。假如不用X射線去照射，我們便不能認識這是結晶體了。

X射線顯示每一個分子有一定的形狀和構造，好像是鐵橋裏的一個橫梁。分子所包含的，是沒有一刻靜止的原子，因為原子的大部分包含着虛無的空間，所以分子的大部分，也包含着虛無的空間。又因為原子好像是圈在固定的地位裏，所以分子便有一定的形狀和構造。

此外還有一件緊要的事情，就是當分子結合而成固體的時候，吸引力並不像異極磁石所顯示的那樣的普通。這種吸引力好像是落在分子中固定的幾點，因此當分子結合的時候，牠們簡直和設計的橋梁差不多排列成一定的方式。有時候分子能夠有好幾種結合的方法，結果我們可以尋出一種同樣的化學物體，會有好幾種的形式，例如硫，石英，等類。

如果分子的結構非常複雜，含着許多原子，則其所造成的固體，可

以用空心花邊的構造來和牠比較，因這物體必定很輕，換句話說，就是牠的密度必定很小。大多數的有機物體就是因為這個原因，能夠飄在水面上。如果分子的結構較為簡單，必定互相擁擠得很緊，結果造成很重的物質。最重的物體是金屬，在這種物體裏面，根本沒有分子，全是原子。金銀銅鐵和其他金屬的原子，全都是擠壓得很緊的。

現在我們全知道，與其說宇宙間有無量數的物體，不如說那裏有無數原子和分子互相結合的方法。各種物體所顯示的特性，實在是那些分子形狀或構造的差異，與分子間結合力的強弱的結果。所以用X射線來研究固體，可以使牠們的許多特性完全明瞭，如『彈性』(elasticity)，密度，強度，傳熱性，傳電性之類。這種新發現，對於現在的化學家，冶金家和工程師都是極為重要，將來恐怕還要更重要些呢！

結晶體的重要性

一切物質的基本單位，照我們上面所說，是正電子與負電子。牠們互相結合而成九十二種原子，就是那九十二種化學原質。這原子又互相結合而成分子。現在我們再向前推進一步，知道在固體裏面，分子又互相集合而成結晶體。例如石英這樣物體，我們都知道牠的化學組織是『二氧化矽』(silicon dioxide)。每一個二氧化矽的分子，含一個矽原子和兩個氧原子。但是一個分子的二氧化矽並不顯示礦物家所謂石英的特性。石英的基本單位，是最小的石英結晶體，造成這結晶體的，是三個分子。

我們已經知道分子互相集合而造成結晶體，同時我們還須記着，在化學原質固體的裏面，全是原子，所以牠結晶體本身所包含的，也完全

是原子。例如鐵或銀裏面，就沒有一個分子。祇有原子互相排緊而造成結晶體。

從X射線分析結晶體的結果，我們可以看出，每一種物體具有一定的佈置法。譬如拿石英來說，牠的結晶體是三個二氧化矽的分子結合而成，每一個分子有一定形狀和構造，並且當三個分子結合的時候，牠們也有一定的規則，彷彿鐵橋的橫梁要依規則用帽釘結合無異。一個石英的大結晶體，包含着許多基本結晶體單位，繼續不斷的重複聯結起來。這種情形我們可以用糊牆紙來比較，紙上的圖案畫，往往是由於一個基本的花樣重疊相間而成。不過這兩種情形也有些不同，就是那紙上的花樣僅屬平面，而結晶體的花樣，却是向三方面發展而成爲立體的。

金剛石是一種最有趣的結晶體，形狀比普通結晶體爲大，色澤奇麗，並且價值高昂。牠所包含的，全是碳的原子，構造本來是很簡單的，但因普通人的想像力，不明瞭這個向三方面發展的構造，對於牠便有些茫然。在金剛石裏面的原子，全是逐層排列着的，每一層含有褶欄式的六邊形的網，這六邊形的每一角上有一個原子。網的摺皺和各層中間的距離，恆使每一個原子，正落在其他四個原子的『重心』(center of gravity)上。

金剛石構造的發現，對於化學家異常重要。我們都知道碳這樣物體，能與氫，氧和其他幾種原質結成許多化合物。糖，澱粉和油類就是例子。這些化合物，平常叫做『有機化合物』(organic compounds)，因爲牠多在有機物體裏面。從研究這些物質的結果，化學家得到一個結論，說牠們可以依照分子的構造而分成若干類。有一類裏面，他們相信分子的基礎是六個碳原子的環。現在從研究金剛石的所得，已經證實了這句

話，因為我們可以在金剛石裏面，尋出這六個原子的環，在另一類裏面，化學家說牠們的分子的基礎，是一串六個碳的原子。我們再把金剛石拿來考驗，便發現裏面也有這種六個原子所造成的鏈索。所以金剛石裏面兼有兩種碳質化合物的基本組織。

金剛石祇含一個大的結晶體。其他的礦石，差不多全是小結晶體堆積而成的。有時小結晶體用顯微鏡才可以看見，還有時連顯微鏡都看不見，因為牠們是非常的小，而牠們的方向又非常的亂。在這種境况之下，X射線就大顯其功用了。不過世間還有些固體，根本就沒有結晶體構造，可以叫做『非結晶固體』(amorphous solid)，牠們與在低溫度具有黏性的液體相似，如冬日的糖漿就是一例。

冶金家對於研究金屬結晶體的構造，是很感覺興趣的。他們相信有許多金屬的特性在平時很不容易明瞭的，可以用牠來解釋。還希望牠能夠引導些新的知識出來，來製造各種特別用途的合金，如更堅韌的鋼，更銳利的切割工具，合於飛機用途輕而且強的合金，改良的電線等類。

第二十一章

能 與 輻 射

偉大的赫胥黎 (Thomas Huxley) 曾說過『物質與力是同一藝人的兩面招牌，他能表演生命，也能表演無生命』。但是近代的觀念，却是對於『能』這方面，格外的注重。科學家所想像的宇宙，是一個有動力的宇宙，是一個永遠有事故發生的宇宙。我們要了解牠，必得先明瞭『能』，就好像開保險箱須先覓鑰匙一樣。

近代關於能的概念，是從加里尼運動定律發展出來的。在當時雖然沒有人能夠預料到這些定律的最後結果，但是有一個和他同時的人，名叫薩皮 (Fra Paolo Sarpi) 的，似乎已感到牠們的重要性，因為他曾經很熱烈的寫過下面這句話：『爲了要頒給我們力學上的運動原理，上帝和自然實行攜手，而創造了加里尼的智慧。』

加里尼於一六〇九年，用他手製的望遠鏡觀察天空，他是第一個人能夠窺見月亮上面的山脈，木星的衛星，還有天河裏許多的星象。在一六三七年，加里尼成了阿西屈利 (Arcetri) 的囚犯，被迫而拋棄了他的天文信條，同時他的眼睛也失明了。他在一封信裏寫道：

『唉！你親愛的朋友和忠僕，已經完全失明了！從此以後，這個天空，這個宇宙——因我的神奇觀察而使牠比從前擴大了千百倍的宇宙——對於我是將要縮小了，我就是陷到那塊極狹隘的地方去了。唉！造化好弄人，我祇好樂天知命了！』

但是他雖然已經失明，他心靈裏的眼睛，却比和他同時的人更能看

得清楚些。因此藉着一個秘書，三個學生，托里析利 (Torricelli)，伽斯特利 (Castelli) 和 維維阿尼 (Viviani) 的幫助，他的工作依然照常進行。當時有許多人去探望他，如詩人密爾頓，那時還祇有二十九歲，也是其中的一個。這個唔會真是一齣悲劇啊！伽利略已經是雙目失明了，密爾頓的厄運，乃如出一轍，後來也成了一個瞎子！

加里尼先時並沒有將他的光陰，全耗在天文學上。他對於物理問題，也曾費過不少心思。他發明了擺，他又在比沙斜塔上證明了一個定律，就是所有的物體全以同等加速度向大地降落。後來他固然不能再用眼睛，但他還能用他的腦經，於是他又努力研究物理問題了。結果，他後來的發見，比他從前用望遠鏡時的收穫，對人類的貢獻還要大。他發明了運動定律，那力學的基礎，便從此根深蒂固了。

每一輛汽車，每一架飛機，每一個汽機，和現在我們可以在地球上尋到的任何機械，全是根據這些定律。假如當年沒有加里尼，誰也不敢說，力學和工程的進步，要遲延了多少時間。當然也許別人會替加里尼做這種的工作，但是現在或者仍是十八九世紀那樣的世界，也是說不定啊！

在一六四二年，加里尼溘然長逝，但牛頓於同年出世了。好像上蒼故意使牛頓生在這一年似的，因為後來使加里尼發明的定律得着合於邏輯的結論者，不是別人，正是牛頓。我們常說牛頓的三個運動定律；但是我們不要忘了，牛頓的定律是根據着加里尼的定律而來的。牛頓將這些定律加以整理和闡明的工作，後來更進而宣佈了他的『萬有引力定律』(Law of universal gravitation)。

牛頓的第一個定律說：任何物體，假使沒有外力影響到牠，一定是

永遠靜止着不動，或者要永遠以相等的速度循着直線進行不止。第二個定律說：當一種力量加在任何物體的時候，這物體運動的速度或方向，就要改變，或者是速度和方向兩樣同時改變，並且改變的程度，當與力量的大小和牠加在這物體上的時間成正比例。第三個定律說：甲物體加力於乙物體，乙物體必定同時有一個等量而反向的反動力加於甲物體。

在敘述這些定律的時候，我們往往提起『力』這個名詞。力字雖是人人能夠了解的，但用文字來解釋牠的意義，却是一件很不容易的事。我們關於力的觀念，完全從筋肉所生的能力而來的。我們都知道舉起一根鐵棒與擲出一個網球全要用力。因此當任何物體發生力的時候，我們就想到牠的效果，與筋肉的力所能作的一樣。

平常力的大小，是用『磅』(pound) 計數的——如果依照『米突制』(metric system)，那單位便是『克』(gram)。此外還有一個更完善的；在物理學上用做『基本單位』(fundamental unit)，叫做『達因』(dyne)，是使一克重的物體，於一秒鐘內，發生每秒一厘米 (centimeter) 速度的力。

物理家又用『功』(work) 這字來代表力量所完成的事。譬如我們說一個人將一磅重的物體，舉起了一呎，這句話在物理家說來，便是這人已經做了一『呎磅』(foot-pound) 的『功』。假如有一百磅重的物體，被人舉起了五十呎，他所作的，是五千呎磅的功。

還有『功率』(Power) 一個名詞物理家採用來代表做功的快慢。我們說一個馬力那就是每秒鐘做功五百五十呎磅的意思。假如一個發動機能將五百五十磅重的物體，在每秒鐘以內舉高一呎，那末這發動機的功率，便是一馬力。

我們現在說到『能』這個名詞了。『能』的定義，是『做功的能力』。一個螺旋彈簧是具有『能』的，因為當牠回復原狀的時候，可以做出功來。火藥也是具有『能』的，因為當牠爆發的時候，可以做出功來。一個運動的物體是有『能』的，因為在停止它的時候，它以前所蘊藏的『能』，就發出來做功了。

能的種類很多，並且它顯示自己的方式也不祇一個。我們還可以將一種能變成另一種能，這就是一切機械的基本作用。汽車將『汽油汽』(gasoline vapor) 爆發的能，變成推進車身的能。當駕駛者要停車而踏『軔』(brakes) 的時候，那汽車運動的能又變成『軔帶』(brake bands) 裏面的『熱能』了。

我們有時候將能分成『位能』(Potential energy) 和『動能』(Kinetic energy) 兩種。一個物體如處於優越的地位，就可以有位能，譬如一個高舉離地的物體是具有位能的，因為當牠降落的時候可以做出功來。至於什麼是動能呢？那是在運動狀態中的物體所具有的能。

自從『熱』究竟是什麼東西被科學家領悟以後，物理學的探求方才能夠向前邁進。關於這一點，我們在前面已經說過，那第一個有所啓示的人，是柏努利(Bernouilli)，他在一七三八年，建議溫度不過是一個物體中微粒振動的表徵。六十年以後，這件事實才因倫福德(Count Rumford) 而死灰復燃，因為他注意到把銅砲鑽腔的時候，發生巨量的熱。歷時未久，兌維(Sir Humphry Davy) 證明在真空裏磨擦兩塊冰，即使周圍的溫度保持在零度，也可以使牠們融化。後來這件事實又被曼徹斯特的朱爾(James Prescott Joule) 緊握着了，因為他用實驗求出了『熱功當量』(mechanical equivalent of heat)。

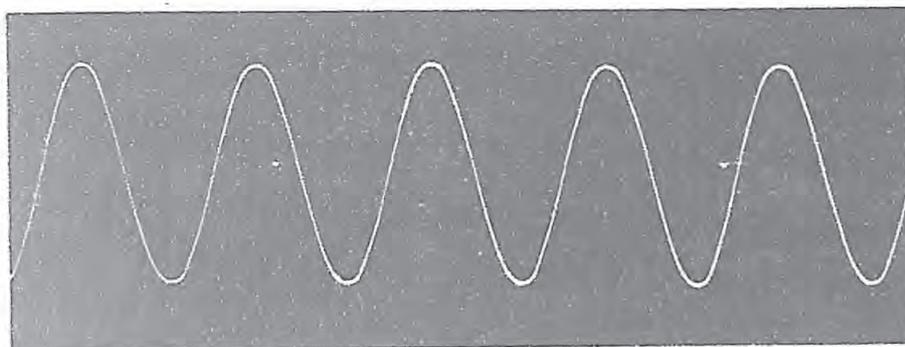
此後的實驗，證明各種方式的能，都有變成熱的普遍趨勢，如粗糙表面的磨擦，和導電體的阻力等。爲了物體要發熱的緣故，那可以利用的能就不免減小了許多。這件事實，對於近代物理上的學說，有極重要的影響。

聲 波

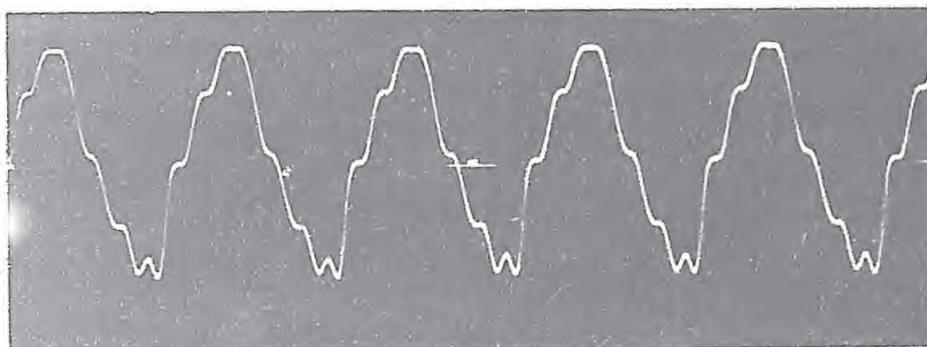
許多種數的能，都有一種重要特性，就是它們有通過空間的本領。試舉一個常見的例子而言，聲音，或者格外切實些叫做聲波，就是這樣的。我們都知道聲音是在腦經裏面的一種東西，實際上並沒有存留在外界。譬如拿一個錘撞鐘，那鐘的邊緣就會振動起來。這種振動傳給空氣，也連帶振動起來了。換句話說，就是那鐘的『振動能』已經傳到空氣裏面。這許多在空氣裏面的振動，向四圍傳播，就如同石頭落水時候發生圓圈的波紋一樣。最後在某一個地方，這聲波遇着了一個人的耳膜，便使耳膜振動了，結果腦子裏面的一組神經受了刺激，他便覺着聽見鐘響了。但是嚴格的說起來，除了在他的腦經裏面以外，並沒有聲音這樣東西。從鐘到他的耳膜中間，什麼也沒有跑過去，不過是能的波動而已。

用精確的儀器，我們可以量出聲波的速度，長短和形狀。從這些研究的結果，我們才知道聲波在空氣裏面的平常速度，每秒鐘是一〇六六呎。還知道低音包含着長波，而高音包含着短波。人類的耳朵可以感應的，是長三分之一吋到三十五呎的波。有幾種動物和昆蟲好像可以聽到較高的聲音，換句話說，就是牠們可以聽到比人類耳朵所能感應的更短的波。

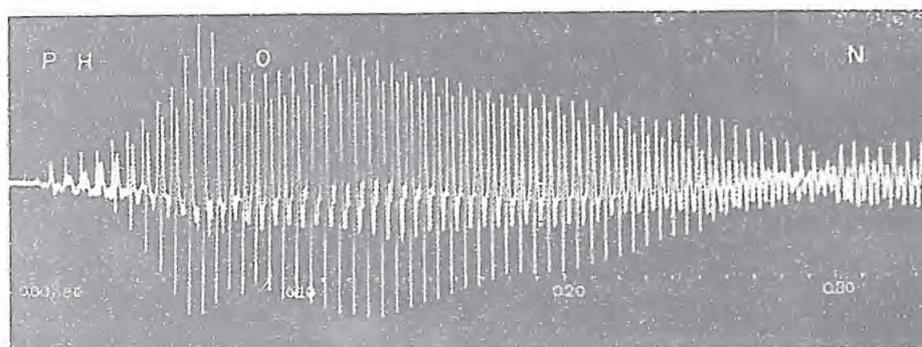
有時候我們不說波長而說『頻率』(frequency)，就是每秒鐘經過



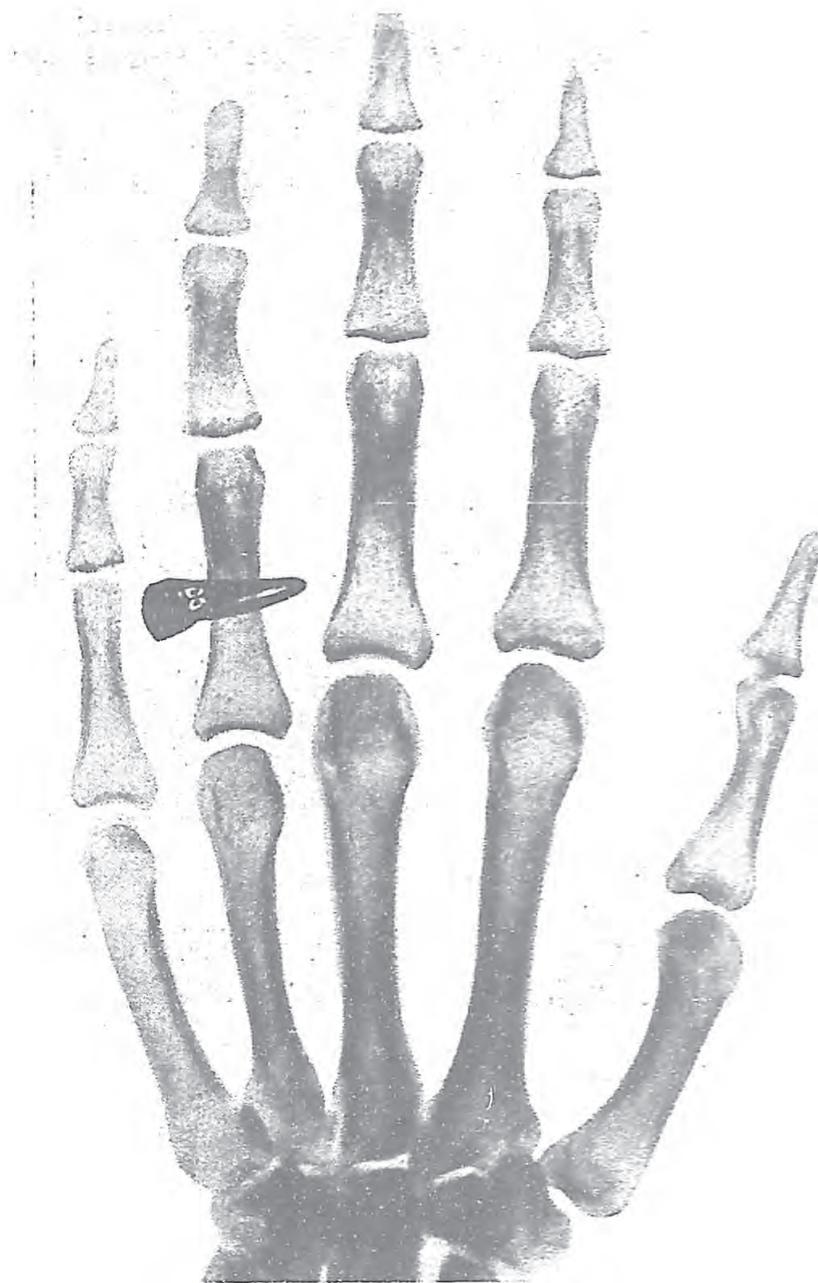
一個音叉所發出的中部『C』音



一只銅簫所發出的中部『C』音



吾人讀“phonodeik 這字第一音節時候的聲音
聲波居然看得見了。



有貫穿本領的X射線

二十歲少女的手的照像，是用X射線攝取的。注意那指上的鑽石戒指。

某一點的聲波的數目。顯而易見的，長波的頻率低，短波的頻率高。人類所能聽見的聲音，最低的頻率每秒鐘三十二波，最高的頻率每秒鐘三萬二千波。研究聲波的結果，還使我們知道音的『強度』(intensity)與波的『振幅』(amplitude)成正比例，而音調則與波的形狀有密切關係。『我』與『你』這兩個字的聲音之所以有別，就因為聲波形狀殊異的緣故。至於說到各人的聲音不同，各種樂器的聲音不同，那也是由於聲波形狀不同的緣故。

開斯應用科學院 (Case School of Applied Science) 的米勒教授 (Prof. Dayton C. Miller) 曾經發明過一種『音波顯示器』(phonodeik)，牠的作用能使空氣的振動變成一種移動的光的振動，這光射在照像乾片上，便可以得到一個聲波的照片了。

輻 射

我們現在再另說一種『能』的表現方法，凡是屬於電的，屬於磁的，以及其餘一切屬於電磁性的，我們在物理學裏面，都可把牠們放在『輻射』這個題目下面。普通的人對於電和磁，好像覺着很是神秘，但是實際地說，它們未必比別的『能』的表現更神秘些，不過一般人還沒有深切的認識而已。

一塊磁鐵總要把一片鐵吸到牠那裏去，這件事實幾乎無人不曉。這類現象實在是磁力的一種表現。假如我們將一塊硬紙板放在磁鐵上面，再在紙版上放些鐵屑，那末鐵屑自然而然會排成一組曲線，從磁石的一端到另一端。在這磁鐵的兩極的中間，有一種力量的表現，我們把牠叫做『磁場』(magnetic field)，而說在這中間的地位，是被『力線』

(lines of force)所充滿。最初發表這樣說法的人，就是那大科學家法拉第(Michael Faraday)，但這是敘述的性質而不是解釋的性質。

在另外一種境況之下，物體也顯示着相似的性質，叫做『電力』和『電場』。一個被絲絨摩擦過的玻璃棒，有一種電，我們又可以用貓皮來摩擦火漆，得着另一種相反的電。我們把第一種叫做正電，第二種叫做負電。

我們已經說過，帶電物體的性質與磁石很有些相像。兩個物體，如果各帶同類的電，要互相排斥，帶不同的電，則互相吸引。在帶電物體的中間，可以設法繪出電力場，其圖形與磁石周圍的磁力場相似。

經過各種的研究，我們知道所有電的現象，可以歸納到組成物質的正負兩種電子的作用上面去。說到磁的現象也是一樣。換句話說，就是每一個電子，全被一個電場與一個磁場圍繞着。

通常一個原子是中和的，因為牠所包含的正電子與負電子數量相等，而互相抵銷。當牠獲得或丟失電子以後，就變成帶電原子或『游子』了。假使牠得着一個或幾個負電子，牠就帶着負電性，如果牠丟失了一個或幾個負電子，牠就帶着正電性。當各種物體顯示電場的時候，那就是說在牠們的表面上，已經有許多原子帶着電了。被絲絨摩擦過的玻璃條之所以顯示正電性，就因為牠已將負電子送給絲絨的緣故。火漆條之所以顯示負電性，也不過由於牠已從貓皮上得着許多負電子罷了。

一股川流不息的電子，就叫做『電流』(electric current)。當電流通過一根銅線的時候，那意思就是說好些電子正在銅線的原子中間衝開一條路，勇邁的前進着。論到每秒鐘經過某一點的電子數目，何止幾十萬萬。一根有電流通過的銅線，其電場與磁場，就是這股行動着的電

子所組成聯合電磁場的結果。

正如聲波經過空氣一樣，帶着電磁場特性的波，就叫做「電磁波」(electromagnetic waves)，也能夠在空間傳播。

英國的一位著名數學家馬克士威 (James Clerk Maxwell) 於一八七三年印行了一本書，叫做電學和磁學專論 (Treatise on Electricity and Magnetism)，他這一來，却把科學界嚇了一跳，原來在這本書裏面，他發表了「光的電磁學說」。馬克士威曾經悉心研究過法拉第對於電磁作用的發現，而在這本書裏面，引入了一個觀念，說「光是空間的一種能，包含着電磁性的波」。這種革命式的建議，在當時無非受強烈攻擊而已。原因就是與他同時的人，沒有幾個能夠認識電磁波的。但是等到一八八七年，赫芝教授 (Prof. Heinrich Hertz) 用電造波成功以後，世間才有一個與馬克士威表示同情的人。這種波因為是赫芝發現的，在物理學裏面就叫做「赫芝波」(Hertzian waves)。便是到了今天，還和我們很相熟，不過牠們的名稱，已經改為「無線電波」(radio waves)了。

如果我們能夠清清楚楚了解聲波與聲音的區別，那末對於光是電磁波的表現這個觀念，或者比較容易領悟些。聲音既是我們對於聲波的一種感覺，光又何嘗不是腦經中對於落在眼網膜上的一種波的感覺呢？人類的耳朵，對於太長與過短的聲波既不能發生感應，那麼，太長與過短的電磁波，對於人類的眼睛也當是一樣的。用無線電專家的口吻來說：人類的眼睛是一架無線電接受器，牠只能適合在某一個限度裏面的波長。

空間的電磁輻射，現在已經知道的共分七種。如果依照牠們的波長的次序排列，由長到短，那便是赫芝波或無線電波，熱波或紅外線，普

通可見的光波，紫外線，X射線，鐳的 γ 射線和宇宙線(cosmic rays)。說起來幾乎使人不敢相信，最長的無線電波可至好幾哩，而鐳之最短的射線，僅有牠的二萬萬萬萬分之一。密利根(Millikan)博士和他的助手更證明了世間有一種宇宙射線，波長比牠還要短！

我們可以將存在空間各種的波製成一個表。假如將組成可見光的波，就是我們眼睛所能反應的波，作為一個『階段』，那末我們可以發現世間所有的波，在六十階段以上。這真夠使我們驚愕了，原來我們平常所認為最值得寶貴的眼睛，祇能夠反應全階段中一極小部分的電磁波而已。

電磁波的全階段，自赫芝或無線電波的二十八個階段開始。其中最長的有好幾哩（究竟最大限度是多長，我們很難知道）一直降到一厘米百分之三最短的波。

其次的八個階段屬於熱波，即紅外線。目力雖然達不到牠們，但是可用溫度計和我們的感覺來探測。牠們叫做『紅外線』(infra-red rays)就因為列在可見光的紅射線前面的緣故。這類的波長自一厘米的 0.03 至一厘米的0.000078。

紅外線之後，是一個可見光的階段，自波長0.000078 厘米的紅光開始，至波長0.000038厘米的紫光為止。

緊接着紫色光線之後的，是看不見的紫外線(ultra-violet rays)。牠們的波長，最短的是0.000,001,36 厘米。再次的是七個X射線的階段，波長最短的是0.000,000,013,7厘米。以下是鐳的 γ 射線，共有六階段，波長最短的0.000,000,000,2厘米。最後，我們不要忘記了那宇宙射線，波長比最短的 γ 射線還要短好幾千倍呢！

第二十二章

量 子 論

近世科學思想的革命，到了愛因斯坦發表相對論的時候達到最高峯，不過牠的發軔却是遠在一九〇〇年柏林的蒲郎克教授(Prof. Max Planck)發表的『量子論』(quantum theory)。不知道爲了什麼，一般人的注意力，頗像閃電的方向毫無準繩，全集中到相對論，對於那個胚胎已久的量子論，却漠不關心。但是嚴格的說起來，這兩個學說，到底誰是更具有革命性的，簡直沒法辯論。實在這兩個學說都是由一個觀察點出發的，量子論的大部份也就是愛因斯坦那裏得來的。到了今天，在最新的宇宙觀念裏，這兩個學說實在是不能夠分離的。

十九世紀的宇宙觀念，承認世間有三樣基本的東西，就是那物質，能和『以太』(ether)。物質包含着原子，每一個原子是小到無可再分的單位。能是寄託在波裏面，那時的人，已經認識了各種的能，如熱波和光波，電力和磁力還有動能和位能。但是他們設想能祇可以與物質相連合，而沒有獨立性，於是從這方面推想，便以爲宇宙間必定有一種『能媒』就是說能之所以得從一個物體傳播到另一個物體，譬如從太陽或衆星傳播到地球上的光波和熱波，中間定有一種媒介物。因此便有許多人相信所有的空間，全被一種能媒充滿着，這能媒的科學名詞，便叫做『以太』。牠的本質雖然無可測度，但是各種能的波要想傳播，却非借重牠不可。

擲在十九世紀科學思想裏面的第一個開花彈，就是 X 射線與鐳的發明。這個開花彈炸破了原子，我們知道牠並不是無可再分的單位，

乃是由更小的微粒叫做電子所組成的。然而確定這電子的存在，還不過是二十世紀物理學的先鋒，此後最重要的發現却是關於能的一方面。

有了電子學說，我們才能進一步把各種電磁波產生的原因解釋清楚，從那最長的無線電波到那最短的鐳的 γ 射線。無線電波是導電體（如無線電台的天線）裏電子，來回振動得極快的結果。每一個電子，我們必須記着，具有一個電場和一個磁場。在電線裏的電子，極快的來回振動着，於是便發生一種擾亂，這擾亂傳到空間以後，便成了電磁波。那發出波的長度，與振動器的大小，有密切的關係。發放最長電波的無線電報台，天線有時長到幾哩，說到最短的無線電波所用的振動器，有時簡直小到用顯微鏡的程度。

無線電波過去以後，熱波或紅外線來到了。牠們是怎樣發生的呢？那是由於分子和原子振動的結果。我們在前面早就說過，一個物體的溫度是牠裏面分子和原子振動率的衡量。當我們將一個物體加熱的時候，牠就吸收能，這能傳到分子和原子裏，使牠們的運動更加猛烈。假如將這物體放在一邊，牠就要漸漸冷却了，這就是分子開始將牠適才所吸收的能發出，而自行減低振動率。牠們所發出來能的現象，就是紅外線。

光波的波長比熱波的更短，我們非從原子裏面去尋牠產生的理由不可。現在通行的學說，相信牠是由於原子裏面電子的振動。普通可見的光波是那原子最外層電子振動的結果，而更短的X射線波，則由於接近核的電子發生振動的結果。至於最短的鐳的 γ 射線波，其來源或在鐳的原子核。

這種產生各類輻射的說法，好像是十九世紀見解的簡單推論，然而照精確的測量和實驗，證明事實並不是這樣的。因為輻射的產生，有好

幾種特殊現象，簡直不能用十九世紀的學說來解釋。第一個最大的差異，便是當一個物體輻射的時候，牠所發出的總能裏面，可分配出許多波長不同的能。

在一九〇〇年，蒲郎克教授將他解釋這類事實的方法介紹給我們。這一來十九世紀物理學的根基就此搖動了，加里尼和牛頓所建設的運動定律也因此而推翻了。蒲郎克結束了現在所謂的『古典物理學』(classical physics)，而創造『新物理學』(new physics)。他勇敢的說，科學家必須廢棄那種能是在連續不斷的波裏發出來的陳舊學說，而應該接受能是一粒一粒或一捆一捆發出來的新觀念。他把牠們叫做『量子』(quanta)，因此他的學說便叫做『量子論』。

蒲郎克的意思，以為一個輻射物體所發射出的能是小捆狀的叫做量子，而且指出凡是從觀察探得來的事實，不能用古典物理學來講解的，都可以用他的學說來說明。根據蒲郎克的學說，量子的大小並不是相等，而與輻射的頻率有密切的關係。輻射愈頻，就是波長愈短，那量子也愈大。譬如說，X射線一個量子所含的能，要比普通光綫為多。每一個量子應等於一個固定的常數來乘輻射的頻率。這個常數，是動作的一種單位，也就是能與時間的乘積，叫做『蒲郎克常數』(Planck's constant)，在科學論文裏面是用羅馬字母[h]來代表的。這個常數[h]可算現在宇宙裏面最基本的數量之一了！

此後一個極重要的貢獻，是愛因斯坦在一九〇五年所提出，他在那一年寫了一篇文章，討論『光電效應』(photo-electric effect)。有許多科學家以為愛因斯坦的這個貢獻，與他那相對論是一樣的重要。有幾方面，這篇文章對於科學的促進，竟是負着更大的責任。

用一縷光綫特別是紫外綫或X射綫，射在金屬表面的時候，電子就要從金屬表面撞出，這種現象叫做「光電效應」，在一九〇五年前好幾年就有人理會了。這現象包含着許多極驚奇的事實，從各種金屬所撞出電子的數目，與射綫的強度，當然有密切關係，但是電子衝出來的速度，却與射綫強度無關，而視所用光綫的波長或頻率而異。最後這種現象與古典物理學所有的觀念是完全相反的，人人全以為電子因強光而撞出的速度，要比弱光撞出的速度大。

愛因斯坦對於蒲郎克的量子學說，很勇敢的做了一個解釋，主張物理家應當將那個能是繼續不斷的波的舊學說廢棄，而接受能是微粒狀態的新見解。科學已經接受了物質是包含原子的那個觀念，愛因斯坦現在建議，牠還應當接受那能也是包含原子的觀念。他說能如有原子或量子，那光電效應便可以解釋，因為每一個電子的逸出，就是一個量子衝撞的結果。愛因斯坦的學說，對於這許多已知的事實，都能很透澈的解釋出來。

量子學說進一步的發展，是波爾把牠應用到他的原子學說裏去。這個學說講一個原子包含着一個核，還有幾個圍繞核旋轉的電子，這在前面已經說過。羅斯福忒從前在主張原子有核的時候，也曾說過核的周圍有許多旋轉的電子，不過他的學說的根基還不穩固，因為依據古典力學，電子因輻射而將能漸漸消失，那末總有一個時候，牠們的速度會逐漸減小而落到核心裏面去了！還有一個現象，根據古力學我們尋不到一個完善理由來解釋，就是為什麼每一種化學原質能發生一種特殊的「明綫複光譜」，因為在光譜裏的每一條線，表示光的一種波長，這意思就是說每一個化學原質，祇能輻射某幾種波長或某頻率的波。許多科學家研究這

些波長間的數學關係，都有成效，但對於牠們的來源，却還是莫明其妙。

在一九一三年，波爾想盡方法，加了幾個設假，方才能夠將量子論作根據來解釋這些現象。他的假設正好與古典物理學相反。他說電子祇能在某幾種限定的軌道上旋轉，並謂電子在此限定軌道旋轉的時候，不會把能輻射出來，必須是一個電子從大的軌道跳到小的軌道裏面去，方才能輻射出來。這些軌道是怎樣選擇的呢？那是每當一個電子跳一次的時候所發出的能，恰好作一個量子。波爾的學說愈來愈流行了，因為有許多事實，不用牠簡直不能解釋！

最近十餘年來，有許多關於波爾原子的著作出版，因此一般讀者，都承認這個學說的基礎，是已經立定了。但是科學家並不是那樣看法，他們以為牠雖是一個能夠解釋許多現象的精巧模型，不過將來也許會被其他的模型取而代之，因為也許有更新奇的現象發現出來。

波 動 力 學

在一九二四年，法國物理家達卜勒格尼 (Louis de Broglie) 發表了一篇文章，敘述他研究的心得，因此許多科學家便以為波爾原子模型似乎有了承繼的東西了。達卜勒格尼試將相對論實用到量子論上面去，這個勇敢的嘗試，簡直如同玩弄火藥一樣，不用說，結果一定是具有革命性的了。達卜勒格尼得着了的結果，後來在一九二六年，使斯魯丁其 (Schrodinger) 完成『波動力學』(wave mechanics)的理論。

達卜勒格尼的第一個建議，說我們可以假設電子是一個微粒，還帶着一行列波。這樣一來，關於波爾原子學說的許多困難，便迎刃而解了。在水裏進行的船，後面總有一行列波，這現象便是一個很好的例子。波

爾曾經假設電子祇能在某幾個軌道上旋轉，但他並沒有充分的理由來解釋他自己的話，達卜勒格尼却有這個本事。他說電子旋轉的軌道，正好是跟着他的一行列波可以適合的軌道。那軌道的大小，必須正是波的大小的一個倍數，因此當電子圍繞着旋轉的時候，跟着他的波便恰好配合，用不着重疊起來。

達卜勒格尼的這一番話最初雖受了重大的歡迎，但是後來終於遇着反對的人，因為這學說仍有些不妥的地方。在這個時候，斯魯丁其把他的波動力學發表出來了。達卜勒格尼所理想的電子是一個微粒帶着一行列波，斯魯丁其於是發為疑問，他說：『爲什麼不把微粒取消，而祇留波呢？』因此『斯魯丁其原子』又出世了。

斯魯丁其將波爾所繪的原子圖形，一筆勾消。在他的學說裏面原子既沒有核，也沒有圍繞着牠旋轉的電子，乃是一個脈動着的『電球』。他說原子間的差異，並不是由於牠們在不同的軌道上面，含着數量不等的電子，乃是因爲牠們具有不同的脈動率。在波爾學說裏所述各軌道間電子的跳動，斯魯丁其以爲那是從一種脈動到另一種脈動的變化。

斯魯丁其原子是一個電球，最特別的地方，就是球上電的密度是不勻的。原子裏發生振動，並不是由於整個電的密度，而僅是牠的一部分。這一部份斯魯丁其用希臘字 ψ 來代表牠。

關於電子爲什麼能夠從原子裏驅逐出去這個問題，斯魯丁其也有解釋。他說那是從組成原子的脈動電球裏放鬆出一小束波的結果。

斯魯丁其原子實在比波爾原子更加神秘得使我們難以想像了。但是有許多數理物理學家相信斯魯丁其學說，不但能完全解釋波爾學說所能講得通的地方，而且還能夠補充牠說不通的地方。

在一九二八年，兩個美國物理學家，達菲生(Davisson)和吉爾摩爾(Germer)，得到了實驗出來的證據，幫助斯魯丁其解釋他的波動學說。他們使一流電子撞在一個大的鎳結晶體上面，看這些電子反射和分散情形，使他們有充分的理由，說電子並不是微粒而是成波狀的。在相當境況之下，我們可以得到有規則的反射，結果和用X射綫所得到的一樣。

斯魯丁其原子是最新的模型。但物理家相信那決不是最後的模型。牠還不能夠解釋所有與原子有關連的現象。

波 動 與 量 子

要描摹一個斯魯丁其原子的圖形，已經夠難的了，但要摹出那能的量子，却是更難的事。許多物理家說，用我們現在所有的知識，來做一個解釋物體本性的機械模型，或者來繪一個牠的圖形，簡直是不可能的事。還有些物理家更進一步的說，這是永遠不可能的事，因為物體的本性，是祇許我們用數學分析方法來研究而無法繪出的。

除此以外，還有許多難關待着我們。最重要的，要算輻射的波動學說與量子論的彼此衝突了。愛因斯坦說，如果我們能假設光是含着微粒，那光電效應便很完善的得到解釋了。

一九二七年的諾貝耳獎金，是美國物理學家康普頓 (Arthur H. Compton) 與英國物理學家威爾遜 (C.T.R. Wilson) 分得的，因為他們能以實驗證明那量子論。康普頓說，當一縷 X 射綫被結晶體表面反射的時候，這反射綫的頻率就減低，換句話說，就是有消失能的現象發生。這項能的消失不能用波動學說來解釋，但是可以用量子碰衝電子的結果來說明，就是說電子所得到的能，正好是量子所消失的能。威爾遜證明，

當一種極弱的X射綫經過 α 射綫軌跡儀的時候，也能留下軌跡，其形狀與從鐳所發出的 α 質點所留之軌跡相似。我們應當記得， α 質點所留之軌跡，可以用 α 質點與原子間的碰撞來解釋，因此威爾遜所得到的軌跡，可以用量子與電子間的碰撞來說明。

但是最大的困難，就是那用以建立波動學說的一切實驗，祇能用波動學說來證明，假如我們把量子論介紹進去，便不能得滿意的解釋。其間最緊要的就是那「光之干涉」的現象(phenomenon of interference)干涉是怎麼一回事呢？當我們使光綫經過一個幕上的兩個針眼，再落到暗室裏另外一個幕上的時候，我們可以看見那第二個幕上有許多明暗相間的光帶。這美麗的花紋可以用兩列光波互相干涉的結果來解釋。在兩列光波彼此遇着的地方，如果牠們的「陵」(crest)與「谷」(trough)正好彼此相合，那便祇有一條光帶，但如陵與谷相遇，就成一條暗帶，因為兩列波正好互相抵消了。

總而言之，碰到光之干涉的現象，量子論可就束手無策了。現代的物理家所處的地位，往往是用這個學說來解釋這組現象，再用那個學說去解釋那組現象。有一個批評家說，物理家必須在星期一，星期三，和星期五用波動學說，而在星期二，星期四和星期六去用量子論。康普頓更是滑稽了，他說波動說與量子論的戰爭，就好像足球比賽一樣，現在的紀錄是零比零，那個球正好在運動場的當中。

許多科學家感覺到在物理學裏最困難的，是解決光的本性和其他種種輻射的問題。他們希望將來總有一天能夠出現一個極妥善的學說，這個發明人的盛名，在物理學裏面，當與加里尼，牛頓和愛因斯坦並駕齊驅的了！

第二十三章

愛因斯坦學說

二十世紀還在初期，預測往往是很危險的事情，可是如說愛因斯坦教授(Prof. Albert Einstein)是這世紀裏的最偉大的思想家，好像是沒有問題了。時間非但不能掩沒他的聲譽，並且還要更使牠光明。正如牛頓的重要性因為他的學說被後人視為極有價值的工具而增長，那愛因斯坦的身價自然也將隨着時代而增高。十餘年前有許多權威學者說愛因斯坦是牛頓以後世間一顆最偉大的心靈。到了今天，這些學者又說他是古今來最偉大的科學心靈，因為他的學說，在已往十餘年間所給予科學界的興奮，是愈來愈明顯了。將來愛因斯坦對於科學的影響，一定更加明顯，同時他在文化史上的位置，也當是與時俱進。

在二十世紀裏，能夠像這位德國教授的受人景仰，真少極了。他在一九三〇年一九三一年之間拜訪新大陸，那是轟動全世界的事情。新聞紙是儘量登載他的消息，無線電廣播電台更是不顧一切的犧牲，互相競爭，要想得到放送他演說的優先權。這真是一個全球崇拜的英雄，因為他的貢獻是普遍的，所以不但是他的祖國敬重他，就連整個的世界，都欽佩他的努力和成功。

著者很慶幸的，在一九二一那一年，曾有一天瞻仰到愛因斯坦的丰采。他是一個中等身材的人，蓬鬆的頭髮和亂絲似的鬚鬚。他的容貌，說也奇怪，並不像那傳說的科學家，而很有些藝術家的風度。他善奏提琴，最歡喜音樂，巴哈(Bach)，海登(Haydn)和莫沙(Mozart)都是

很受他器重的音樂家。除去音樂以外，建築學這種藝術也引起他的注意。對於文學，他喜歡抒情的作品，受他愛慕的文學家是杜詩徒伊夫斯基 (Dostoyevsky)。有一次他說道：『杜詩徒伊夫斯基所贈給我的，比任何科學家都要多』。他相信在科學上所有的大事業，全從直覺開端，他還以為科學家的重要發明，也是藝術上的偉大創作。

對於普通一般的人，愛因斯坦是歐洲大戰後最能轟動世界的怪傑，他的學說，更是極其新奇奧妙。羅素 (Bertrand Russell) 說：『誰都知道愛因斯坦做了件驚天動地的大事，可是沒有幾個人能了解他到底做了些什麼。』據說全世界祇有十二個人能真正明瞭他的學說。相對論已經有了二十餘年的歷史，而愛因斯坦在科學上，還另有其他的貢獻，就是他不發明這相對論，其重要也足以使他在二十世紀中名垂不朽。這些事實都足使普通一般人，驚奇得不得了。

愛因斯坦以一八七九年生於德國韋爾頓堡 (Wurttemberg) 的烏爾姆 (Ulm) 城。他的父母是寓居德國的猶太人。在慕尼黑 (Munich) 他度過了學校生活。從一八九六年到一九〇〇年在瑞士朱理治 (Zurich) 的工藝學校 (Polytechnic School) 攻讀數學和物理。在一九〇二年，因為已入了瑞士的國籍，所以在瑞士伯爾恩 (Berne) 地方的專利局裏得到了一個位置，以後就在那裏供職，一直到一九〇九年。正在這個時期，他得着了朱理治大學 (University of Zurich) 的博士學位，同時開始發表他的論文。這樣一來，真是非同小可，物理界起了革命，他的大名，就隨着傳播到全世界了。

一九〇五年，愛因斯坦發表了關於相對論的第一篇文章，就是我們所稱的特殊相對論 (special theory of relativity)。除此以外，

他在那年還寫了三篇論文，每一篇對於科學的重要性，都足以使他的大名永久登記在科學榮譽錄上。有一篇叫做光的發射與吸收之量子律 (The Quantum Law of the Emission and Absorption of Light)，他在這裏面建議，我們應該將光當做包含微粒或量子而不是波，我們從上文已經知道，這個學說是發展量子論最有力的先鋒。

布朗運動的學說 (Theory of the Brownian Movement)也是愛因斯坦的著作，他將這個現象，完全用理論和數學公式解釋出來，物理家八十餘年以來，鬧不清楚的問題，到這時才恍然大悟。布朗運動是在一八二七年被一個植物家叫做布朗的所發現，他注意到水裏飄着的微粒，並不在靜止狀態之中，而是永遠繼續着的跳動。二十世紀的物理家看出這些微粒的運動，是原子學說的一種證明，因為他們可以假設那微粒之所以運動，是由於牠們被水的分子所衝撞的結果。愛因斯坦用極透澈的分析，說這個假設並不錯誤，因此原子學說的基礎，又格外穩固了。

在一九〇五年，愛因斯坦又做了一篇文章，叫做能的情性 (Inertia of Energy)。在這裏面，他說物質與能具有許多共同的特性，並且物質可以變成能。近代的觀念，本說太陽與星所發射出來的能，是由於裏面物質的毀滅。得着愛因斯坦這個學說的贊助，也覺着有根據了。

到了一九〇九年，他的科學盛名已是非常受人企慕，因此朱理治大學聘他充理論物理學的特別教授。在一九一一年，他接受浦萊 (Prague) 的物理講座。但是到翌年他又回到朱理治的工藝學校，就是他自己受過訓練的母校，充當物理學教授。

到了一九一三年，他在科學界的令譽更是登峯造極了！他在柏林的

德皇威廉物理學院 (Kaiser-Wilhelm Physical Institute) 充任院長，這個位置是專門爲他而設的。同時，他又被選爲普魯士科學研究會 (Prussian Academy of Sciences) 的會員。當時他所得的薪金，已足使他將所有的時間，全貢獻給科學的探求，不必再爲衣食奔走了。

就當一九一五年，他在柏林的時候，關於相對論的第二篇文章與世人相見了。這是從特殊相對論推展出來的普通相對論 (general theory of relativity)，把愛因斯坦抓到世界視綫中心點的，不是別的，就是這篇文章。

在普通相對論裏面，愛因斯坦預測了一件事實。他說如果當日蝕的時候攝一張照片，從這裏面可以看出星的位置要比平常移動一點。爲什麼有這個移動位置的現象呢？愛因斯坦說是因爲星走近太陽表面的時候，這星光發生彎曲的緣故。至於這個彎曲之所以發生，他說是太陽周圍空間改變特性的結果，而改變的原因，就是太陽的『引力場』，(gravitational field)。

這個預測是要實驗來證明的。但是在一九一五年，世界大戰正酣，誰也沒有功夫去研究天文，等到停戰條約簽訂以後，愛因斯坦的預測才得着實驗的機會。在一九一九年，英國皇家學會和皇家天文學會聯合起來，組織了兩個遠征隊，專爲愛因斯坦的預測而去攝那年五月二十九日發生的日蝕照片。第一隊跑到巴西的索白萊耳 (Sobral)，第二隊遠征到非洲西岸的卜雷西普 (Principe) 附近。這兩隊裏的人，都是英國最負盛名的天文家，如愛丁頓 (Eddington)，克魯邁林 (Crommelin)，大衛生 (Davidson) 和高亭韓 (Cottingham) 全在其內。這兩隊雖然全遇到壞的天氣，但是經他們的努力，終於攝得了好些日蝕的照片。這

些照片留着與同一個地方在那年另一個時候所攝的天空照片相比較，發現星的位置果有移動，恰與愛因斯坦的預測符合。

這些英國天文家的報告，引起全世界對於愛因斯坦和相對論的興趣。在這時以前，愛因斯坦這個名字，除去科學界還沒有幾個人知道，可是從這時以後，他屬於整個的世界了。

在一九二二年，力克觀象台派人去攝那年日蝕的照片，這組遠征隊的領袖是甘拜耳（W.W. Campbell），他們遇到了極佳的天氣，因此他們所得到的照片，比一九一九年英國天文家的成績還要好。村普勒博士（Dr. Robert Trumpler）和甘拜耳量得許多星的移動位置，其結果更比上次精確而為愛因斯坦預測的更有力證明。

不少的榮譽獎章和學位全贈給愛因斯坦了！在一九二一那年，他獲得諾貝爾物理學獎金，一九二五年，皇家學會給予考浦萊獎章（Copley Medal），一九二六年，皇家天文學會又贈他金牌。許多大學，如日內瓦（Geneva）曼徹斯特（Manchester）和普林斯頓（Princeton）都爭先恐後的授以學位。

愛因斯坦又於一九二九年，發表兩篇短的論文，就是他所稱的『統一場學說』（unified field theory）。在這些論文裏面，他試演出一個數學公式，要將地心吸力的定律和電磁的定律全可推演出來。當這些論文出版的那天，柏林市民簡直成爲癡狂了！他們雖然連論文裏面的一個數學公式也懂不了，但全擠到街上去買來看。有一家紐約的報館將這個新學說的第一頁用無線電傳過大西洋，要在那裏很迅速的重印出來，使讀者先睹爲快！

邁克爾孫—摩黎實驗

爲要明瞭相對論的原始，我們必須先到奧海俄（Ohio）的克勒佛蘭（Cleveland），並且還要將時鐘向後轉半世紀的光景。在一八八七年，邁克爾孫博士（Dr. Albert A. Michelson）是開斯應用科學院的物理學教授。在同城還有一個韋斯頓里什夫大學（Western Reserve University），那裏有一個化學教授，叫做摩黎博士（Dr. Edward W. Morley）。這兩位教授都是極負盛名的實驗家，同時這兩個學校祇隔着一個籬笆，因此這兩位教授便時常往還，研究科學。

愛因斯坦是全世界最著名的理論物理學家，而邁克爾孫是美國最先進的實驗物理學家。對於光的實驗，他更是研究有素，所以有『光學祭司』（high priest of light）的稱呼。他曾經用極精細的方法，測量光的速度，結果比前人所得到的都要準確，便是到了現在，光綫速度仍然是用他求得的數字。在一九〇七年，他獲得諾貝耳物理學獎金，是美國第一個有這樣光榮的人。從那時以後，美國人獲得諾貝耳的獎金的，還有密利根和康普頓。說到他們兩位的工作，全是在邁克爾孫實驗室裏幹出來的。

邁克爾孫以一八五二年十二月十九日生於德國的斯特萊爾諾（Strelno）。他的雙親也是寓居德國的猶太種族，和愛因斯坦一樣。當他四歲的時候，隨着父母來到美國，就在舊金山那裏住了家。他在公立學校受過普通教育以後，升到安娜波力斯（Annapolis）的海軍學校（Naval Academy）。在一八七三那年畢業，正是二十一歲。他在那學校裏的時候，對於科學特感興趣，畢業兩年以後，便由母校聘任化學助

教。這時他對於光學，特別的注意，於是年輕的邁克爾孫便奉命來演講光的問題。從此以後，他便漸漸馳名，到後來成爲光學祭酒了。

當他二十八歲那一年，又到歐洲去研究科學。他在巴黎創造了『干涉儀』（interferometer）。這個儀器有兩種，一種使愛因斯坦發展了他的學說，另一種最初是用以直接測量星的直徑。

干涉儀是採用邁克爾孫所設計的一種儀器，就是那淺淺鍍銀的鏡子。牠是一片玻璃在一面鍍了一層極薄的銀光物質，當一縷光線落在那鏡面的時候，一半反射回來，如照在平常的鏡子上面一樣，另一半透穿過去，與光綫通過門窗玻璃沒有什麼分別。在干涉儀裏面，這種淺鍍銀鏡所放的位置，正好與光綫相交成四十五度，因此一半的光綫透穿鏡背，另一半却反射過去與原來的光綫成直角。此外再用鏡子將這兩半光綫反射到淺鍍銀鏡，在那裏使之再合爲一，通過一個小型的望遠鏡。當這兩半光綫在望遠鏡裏組合的時候，牠們要互相干涉而發生一種明暗錯雜的條紋。這種條紋的專門名詞可以叫做『干涉條紋』（interference fringe）。

現在，假如半縷光綫的途徑加長，那末在干涉儀目鏡裏面的條紋就要移動一點。這儀器真是靈敏極了，原來那光綫經過的途徑，即使有一個變動了一千萬分之一吋那樣小的距離，也能從這條紋的移動來看得清清楚楚。

邁克爾孫於歸國以後，便充任開斯應用科學院的物理學教授。當他在歐洲的時候，曾經試用他的干涉儀，測量過地球在空間『以太』裏面的運動。依照十九世紀物理學裏所公認的學說，所有的空間，全被一種不可思議的能媒或以太充滿着。譬如太陽射出的光波，就要通過這種能媒，

我們地球當圍繞着太陽旋轉的時候，也要在以太裏運動，就好像魚在水裏游行一樣。在一八八七年，邁克爾孫根據摩黎的建議，又計劃了一種新的干涉儀。這兩位鼎鼎大名的科學家，在那年用這個儀器作試驗，後來被叫做『邁克爾孫—摩黎實驗』(Michelson-Morley experiment)。

拿一個簡單的比喻來解釋這個實驗，可以使我們容易明瞭一些。我們可以設想一條河裏有兩隻小船，這兩隻小船全以相等的速度駛行，可是方向却不同。一隻順流走兩哩逆流走兩哩。當牠順流而下的時候，河水幫助牠一點力量，可是當牠逆流而上的時候，河水要阻礙牠的前進，因此河水的影響便抵消而不發生效果了。另一隻小船橫渡河流，去二哩，來二哩，河水在這裏面，來往都要阻礙牠，結果，那順流逆流而行的那隻船走四哩所需要的時間，自然要比那隻橫渡的船短得多了。

現在我們不要想那地球是在以太裏面轉動，而當牠是固定的，讓以太來圍着牠飄流。將地球當我們想像中固定的目標，那末自然有些光綫順着以太流動，有些逆着牠流動，還有些橫着渡過牠。如果我們能作光綫的測量，當然可以得到與上述兩隻小船同樣的結果，換句話說，就是從地球上，一縷順逆着以太流的光，行走某一個距離所需要的時間，一定比另外一縷途徑相等而與以太流成直角的光，要短些。但是光綫的速度是每秒鐘十八萬六千哩，要測量光綫速度的差數實在是不容易，所以那十九世紀的物理家，遇着這個難題，就沒法辦了。

可是邁克爾孫的干涉儀，却能將兩縷光綫速度的比較方法來貢獻給世人。假如一縷光綫忽然慢了下來，牠所發生的結果，就與干涉儀裏一縷光綫的途程變更了一樣，從干涉條紋的移動，我們就可以看得出來。

邁克爾孫和摩黎爲實行試驗起見，造了一個特別的干涉儀。他們將一塊砂石浮在水銀上面，在這塊砂石上，安放着一組十字架似的鏡子。十字架上有一盞燈，牠所射出來的一縷光綫，被一個『淺鍍銀鏡』分裂成兩縷，每一縷沿着十字架的臂往返照射四次。這兩縷重新在一個望遠鏡裏集合，干涉條紋便在那裏造成了。這個儀器後來又經過摩黎和密勒博士（Dr. Dayton C. Miller）的改良，更加進步。最後的一具，包含着一個極大的鋼十字架，每臂長至十六呎，牠帶着一組玻璃鏡，一起浮在水銀上面。

假使現在這個干涉儀在水銀池子裏旋轉起來，我們試想有什麼事情發生。正在牠旋轉的當兒，有時十字架的一條臂是與以太流同一方向，其另一條臂却與以太流相交成直角。如果牠繼續旋轉不已，那兩條臂的位置，對着以太流方向而言，自然是時刻變動。等到轉了九十度的時候，兩條臂的位置正好互相交換了一下。轉了半圈以後，牠們又重新恢復了原來的位置。這樣一直繼續下去，不斷的變動就能使我們所觀察的那兩縷光綫的速度，也隨同發生變化。這些變化又使干涉儀目鏡裏的干涉條紋移動，結果便應當被我們的肉眼看出來了。在干涉儀每轉半圈的時候，干涉條紋應有來回的移動各一次。從那移動的大小，就可以將在觀察中之光綫速度的差數算了出來。再從這結果計算以太流的速度，當然是不成問題了。這個最後得到的數字，便是那地球在以太裏面運動的速度。

一八八七年，邁克爾孫和摩黎將他們的干涉儀在克勒佛蘭裝置起來，希望得到地球在空間以太裏運動的速度。實驗的結果，不但使這兩位科學家失色，連世界的科學界也捏了一把汗。原來他們是毫無結果，

當時干涉條紋雖然發現了一點小移動，但是不能算為地球繞着太陽的運動所發生的。

邁克爾孫—摩黎實驗或『以太流實驗』(ether-drift experiment)所得到的反面結果，使十九世紀物理學的根基發生搖動了，許多科學家覺得有另外設法解釋這個現象的必要。

最初試作邁克爾孫摩黎實驗反面結果解釋的人，是羅蘭茲 (Lorentz) 與費茲齊萊爾得 (Fitzgerald)，兩個人事前並無預約。這解釋叫做『羅蘭茲費茲齊萊爾得緊縮論』(Lorentz-Fitzgerald Contraction)。他們的建議，非常的勇敢，說物體的長度，當運動的時候要發生變化，向牠們運動的方面緊縮。羅蘭茲用數理證明這個緊縮正好與在干涉儀中所測光綫速度的變化互相抵消，所以我們用這儀器作實驗的時候，就得上述反面的結果。

這個緊縮論，乍然看起來好像是不很合理的假設。但是我們必須記着，根據原子學說，一個固體並不是照我們所想像的那樣堅實，牠包含着原子，而原子又是質子和電子所組成。不但如此，牠們還是流動自如的，誰也不依靠着誰。緊縮的意思，就是各原子中間的距離減短，也許是原子所包含的許多電子和質子中間的距離減短。羅蘭茲指出運動如何能使電子的電磁場發生變化，他又說明電子電磁場的變化如何能發生緊縮。還有一個實驗，指明電子的質量，因牠的運動速度而增加，也足為此說的佐證。

說到這裏，誰都知道要想測量這個因運動而發生的緊縮，是難能的事。因為我們用來測量的東西，譬如說是一根棒或者一條尺，顯然的也要同時緊縮起來。羅蘭茲費茲齊萊爾得緊縮論使物理家深信宇宙的真

實本性，與我們所想像的一定差得很遠。一直等到愛因斯坦出來，方才將這宇宙究竟如何差異來解釋清楚。

特殊相對論

在一九〇五年，愛因斯坦將他對於邁克爾孫—摩黎實驗結果的一篇解釋發表出來，就是那特殊相對論。這篇文章包含羅蘭茲費茲齊萊爾得緊縮論，但是用另外一種說法。除此以外，他又下了許多『革命式』的結論，能夠應用到整個的宇宙。

特殊相對論，愛因斯坦稱爲『相對論原理』（principle of relativity），可以用一句話來概括，就是要想探測宇宙間的絕對運動，是不可能的事。換句話說，一切的運動，都是與觀察者相對的。這意思就是說，在一個體系中間，觀察者的等速運動，不能夠由觀察者在這個體系中間作觀察而探測出來。愛因斯坦並沒有創作這個相對論原理，從前早有此說，不過愛因斯坦推而廣之，引證許多學說出來，所以覺着他這個人的重要了。

試舉一個例子來說，我們設想一個人坐在行駛的火車裏面，從窗口丟下一塊石頭來。這個人看那石頭落地的途徑，是成一條直綫的，但是另外一個站在鐵路旁邊的人，因爲能看出火車的行動，定然覺着石頭所經過的途徑並非直綫而是拋物綫。再進一步說，如果太陽上面有一個神妖會看到這塊石頭，那末牠所見的，必定是另外一種途徑，既不是直綫，也不是拋物綫，因爲那地球的運行，牠也看出來了。

在一顆遠星上面的觀察者，所看出這塊石頭的途徑，與那個太陽上面神妖所看見的，又有些不同了，因爲太陽本身也是運動不停的。

但是這顆遠星自己也是在運動，現在用什麼標準，我們可以將在觀察中的石頭運動，分成他的真實運動，與因星的真實運動而產生的相對運動呢？也許你要指着極遠的銀河作根據了，但是我們能夠探測那銀河的真實運動麼？

我們在前面曾經描寫過一個想探測絕對運動的方法，就是那邁克爾孫—摩黎實驗。在愛因斯坦和他的從者看來，這實驗一定得不到什麼結果的。不但如此，愛因斯坦堅稱像這樣子的實驗都是失敗的，他以為我們前面所說那塊石頭的真實途徑問題，簡直是毫無意義。他說石頭經過的途徑，祇能對着某一個觀察者或與某一個物體相對而言。

愛因斯坦自己所敘述的相對論原理，比我們前面所說過的要複雜一些，不過並不很難懂。他所用的一個名詞叫做『坐標制』(coordinate system)，那是普通一般的人在沒有研究他的學說以前，必定要熟識的。譬如我們要想確定一個電燈在房裏的位置，我們可以將電燈與兩座牆和地板的距離丈量出來。這三個平面，兩座牆和地板，就叫做坐標制。數學家將這種坐標制用羅馬字母 K 來代表，我們姑且用牠。好了，現在我們可以聽愛因斯坦的相對論原理了。他說『假如 K^1 與 K 兩個坐標，相對的有等速運動而無旋轉，則一切自然現象對於 K^1 的關係，與其對於 K 的關係，其律例完全相同。』

我們所說的特殊相對論，就是愛因斯坦將『相對論原理』用在一個科學界已承認的信條上面而產生的。『這信條就是那光的速度是永遠的相等，每秒鐘進行十八萬六千哩。從前已經有許多人證明一光綫的速度，與牠的波長和光源的運動無關。荷蘭大物理家羅蘭茲的考證，告訴我們必須承認物理學裏面的一條基本原則，就是光在真空裏的速度，永

這是一個恆數。

就因為這個上面最後敘述的事實，邁克爾孫—摩黎實驗便狠費解了。因為假若光的速度永遠是一個恆數的話，那末地球在空間的運動，應當使我們所觀察的異向進行的兩柱光速度，有差別了。換句話說，就是邁克爾孫和摩黎所尋求的干涉條紋的移動，應當出現了。

解釋這個困難的特殊相對論，可以用下面這句話來說明。空間和時間的衡量，與坐標制的運動有密切關係，其所依照的法則，應使觀察所得的光速度，永遠相等。

我們可以明瞭這個學說包括羅蘭茲—費茲齊萊爾得緊縮論，不過牠是更從根本方面着想而以廣義演繹出來的。羅蘭茲和費茲齊萊爾得相信緊縮的發生，由於與以太相對的運動，因為這運動能使電磁場發生變化。他們的理論無異承認有一種與以太相對的運動，但是實驗不能將這句話證明。愛因斯坦把任何基本運動的觀念完全撇開，而從考慮宇宙本性的心得，下了一個為什麼邁克爾孫—摩黎實驗毫無結果的解釋。

愛因斯坦說道。「宇宙間不能有「以太」流，也沒有什麼實驗方法來證實牠」。

我們在前面已經說過愛因斯坦將「相對論原理」用在光的速度不變而得到特殊相對論了。到底是怎麼一回事呢？要追根究底，我們非循着他對於「同時性」(simultaneity)這個問題的思路走一回不可。跟着他走過一踰以後，我們便要覺得已往的物理界很是奇怪，因為對於這個問題，好幾世紀以來沒有人將牠放在眼裏。愛因斯坦說人類太把同時性這個問題忽略了，實在不錯。

我們怎麼知道兩件事情是同時發生的呢？這是愛因斯坦常發的問

題。在仔細分析我們的答案時候，愛因斯坦很清楚的把前人解答這問題的缺點指示出來。他叫我們設想那火車軌道上有兩點發生閃光，而一個觀察者是站在這兩點的中間。現在假使這觀察者的眼裏同時能看見這兩點閃光，那末我們就說牠們是同時發生的了。因為我們可以設想這兩點對觀察者的距離是相等的，自然那兩縷光綫射到觀察者的眼裏，時間也一些不差了。

愛因斯坦又叫我們設想軌道上面，有一列行走着的火車。當這陸地上的觀察者斷定兩點閃光是同時發生的那一剎那間，火車所達到的地位，正好使車裏的另一個觀察者和他遙遙相對。這第二個觀察者能看出閃光是同時發生的麼？愛因斯坦說他是不能夠的。原因是火車的運動，使他向着一點閃光愈來愈近，而隔着另一點閃光愈走愈遠，結果那縷愈來愈近的閃光，必定要早一點達到他的眼簾裏面。從這條思路研究下去，我們便可以約略了解些愛因斯坦所發明的『同時性的相對論（relativity of simultaneity）』了。於是『時間的相對論』（relativity of time）就產生了。愛因斯坦說每一個坐標制都有牠自己的特殊時間。

從時間的相對論，我們又來到距離概念的相對論。愛因斯坦說，譬如前面所說那個在陸地上的觀察者，要想量一量那列正在運動中的火車長度，他所得到的結果，能與那個在火車裏的觀察者所量出來的同一長度嗎？愛因斯坦表示這是不可能的。在陸地上的那個觀察者祇好認定一霎時間，先將火車的首尾，在鐵軌上做兩點記號，然後再去測量這兩點記號中間的距離。但是愛因斯坦說，我們沒有這個權承認他所得到的結果，與那個在火車上所測量的一樣。

愛因斯坦指示出相對論原理與光速不變所以不能協調的原因，就是世間有兩個信條，印象太深，而牠們都是不確實的。第一個說兩件事情相隔的時間，是與觀察牠們那物體的運動沒有關係。另一個說兩點中間的距離，也是與觀察牠們那物體的運動沒有關係。他先把這兩個成見撇開，然後應用羅蘭茲所發表的數學公式，證明距離與時間的衡量，實在是與那『相對論原理』和『光速不變』同時適合的。

爲什麼這樣呢？他說是因爲有兩件事實：第一，長度隨着運動變化，第二，時間也隨着運動變化。就一個測量桿而言，他說：『這個測量桿當運動的時候，要比靜止的時候短些，而且運動得愈快，桿子也愈短』。就時間而言，他又說『時計如果發生運動，要比牠在靜止的時候走得慢些』。

有人說愛因斯坦的學說，證明每一個東西都是相對的。依着羅素的說法，這句話是毫無意義的。『相對』這字樣，乃指『與某物體相對』而言，羅稽（Sir Oliver Lodge）說得最好，我們不如把相對論叫做基本原則罷。

愛因斯坦指出距離與時間的衡量，都是與觀察者相對的，就是說與觀察者所根據的體系的運動有密切關係。但他又告訴我們有一種更基本的東西，隱藏在衡量出來的差異裏面。在說明的時候，他借重那俄國數學家明科斯基（Minkowski）的『四量次』的世界（four dimensional world）的見解。他很談諧的說，當那非數學家聽到四量次物件的時候，將有一陣說不出的恐懼湧上心頭。他又補充了一句，說這恐懼是毫無理由的。

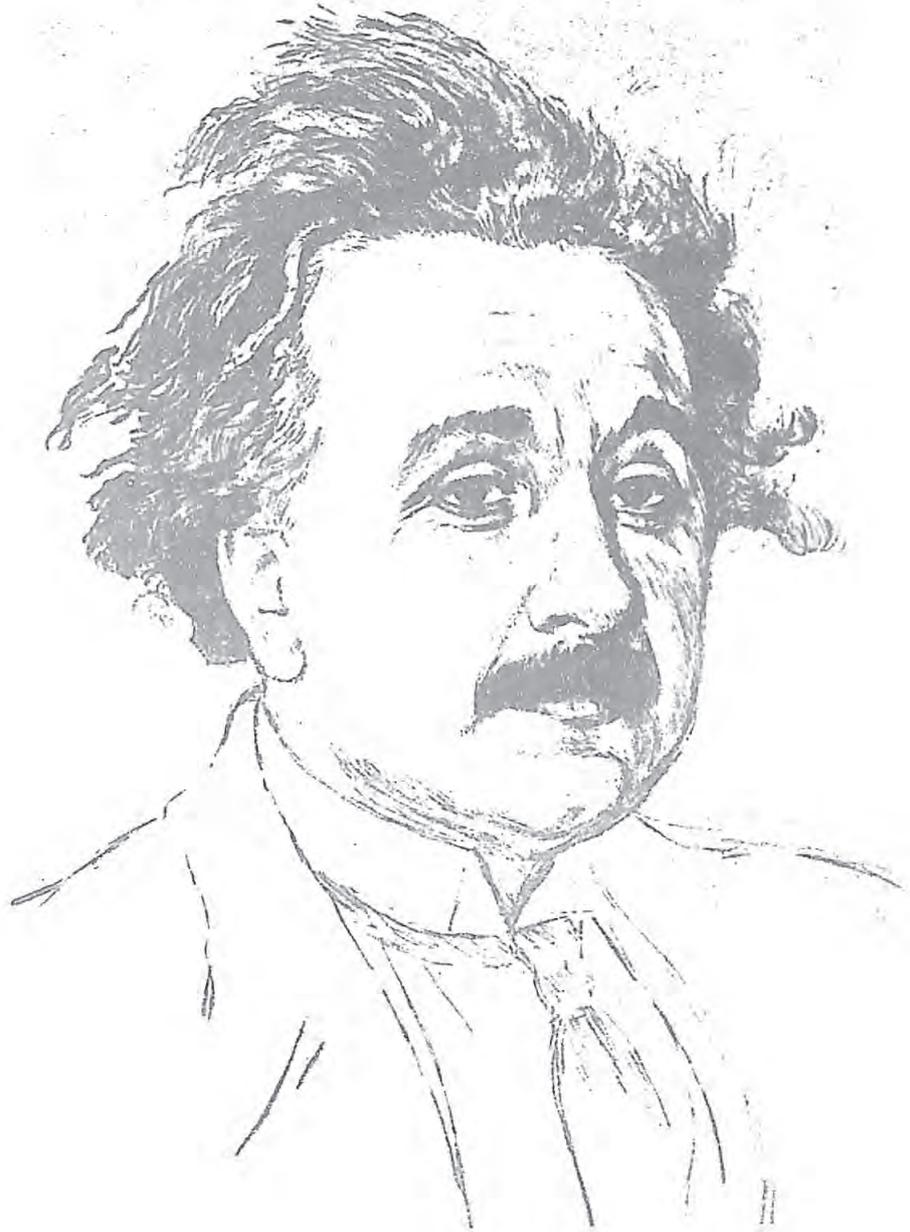
人人都知道空間的三量次，所以空間是三量次的連續區域（three

dimensional continuum), 愛因斯坦又把第四量次的時間加進去,造成了四量次空間時間的連續區域(four-dimensional space-time continuum)。在這空間時間連續區域裏面的兩件事情,是被所謂間隔(interval)所分離,間隔者,就是那時間和距離互相結合而成的。每一個觀察者將這間隔分成三量次的空間與一量次的時間,至於他怎樣的區分牠的方法,却是依照他自己的運動而定的。雖然這些空間與時間量衡的分度並不相同,但牠們的結合體,間隔,却是完全一樣的。

普通相對論

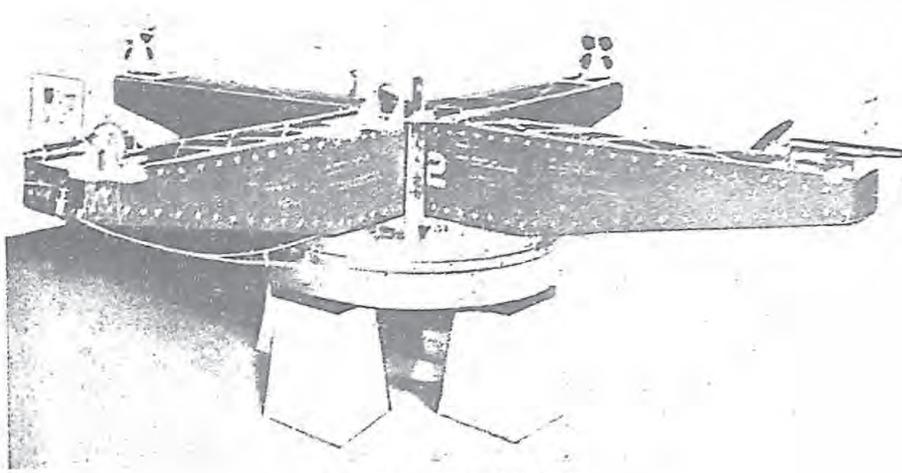
愛因斯坦自己說過,當他發表特殊相對論以後,馬上便似被引誘的,想把這個學說再擴充一下。在特殊相對論裏面,凡在一條直線上作等速運動的相對坐標制,其宇宙間的律例是完全一樣的。爲什麼不把這個學說推廣到他種的運動呢?這正是他所做的事情,不過這件事可不容易做啊!他雖在一九〇五年發表了特殊相對論,但是一直等到一九一五年,才完成那普通相對論。其所產生的結果,比較特殊相對論更爲驚人,因爲這裏面直接講到「吸力」的問題,而牛頓與愛因斯坦觀察點的區別,也完全暴露出來了。

舉一個簡單的例子,便可以約略知道一些加速運動或變異運動的難解了。假如我們坐在一節走得極平穩的火車裏,有時候好像覺着自己的火車是靜止不動,而停在窗外隔一條軌道的一列火車,似乎反向後退。但是當我們的火車轉到很急的彎道或司機驟然使用軔機的時候,我們就立刻感覺有事情發生了。不是別的,正是這些經驗使科學家認爲加速度在物理界裏面有了「絕對的真實性」(Absolute physical reality)。



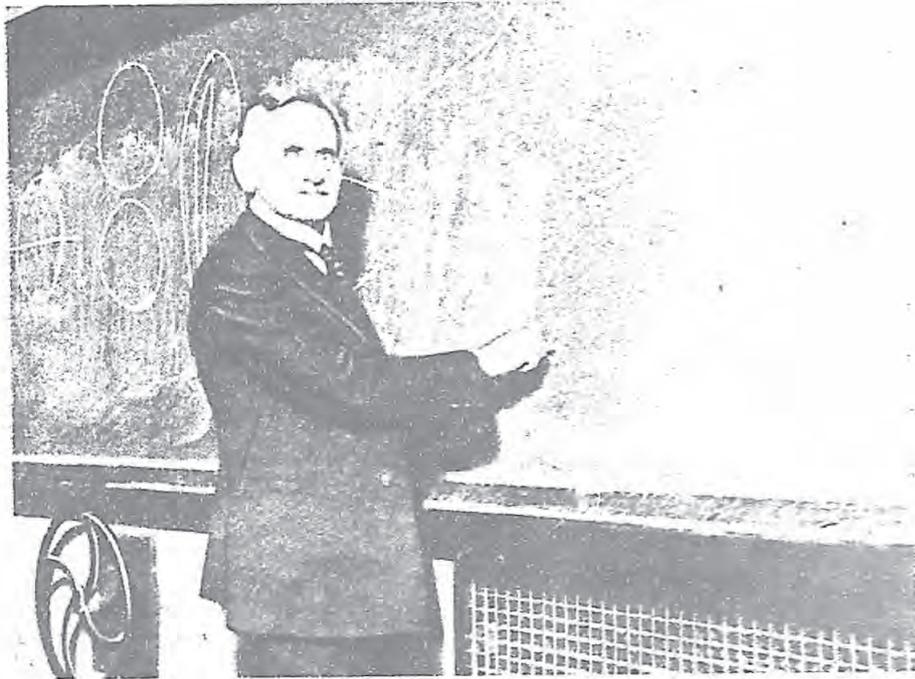
一個創造宇宙的人

德國藝術家愛密耳奧力克 (Emil Orlik) 所作 愛因斯坦 教授的畫像



愛因斯坦學說的前導

用來試驗以太流的邁克爾孫—摩黎干涉儀。



光學的祭酒

邁克爾孫教授正在演講光的速度。

以下才真確的。我們的世界實在是那四量次的空間時間的連續區域組成的，就是那非歐氏的（non-Euclidean）世界。換句話說，就是牠的本性，並不是依照歐氏幾何學的。愛因斯坦說：『在引力場裏，沒有一個能喚作具有歐氏特性的堅實物體。』

愛因斯坦後來又指示牛頓的定律，不過是普通相對論的一個特例罷了。當與光的速度相較，引力場顯着低弱而運動顯着慢的時候，這普通相對論可以引證出許多與牛頓定律很相近的理論，

牛頓與愛因斯坦

我們現在且把愛因斯坦對於宇宙的新觀念總括一下。最好在事前先將牛頓的觀察點記出來，再與愛因斯坦的學說相對照。

牛頓的意見如下：

空間是絕對的，

時間是絕對的，

運動是絕對的，

時間的間隙不管在什麼地方，也不論在什麼狀況之下，都是一樣的，

堅實物體的量度是與牠們的靜止狀態或運動狀態不相關涉的，

歐氏幾何學的定理，在整個的宇宙裏面，是真確的，

引力是由於有質量物體的互相吸引，

光線永遠循着直線進行。

愛因斯坦將這些話拋開，而另外告訴我們下列幾個概念：

空間與時間並不是彼此獨立，乃是在四量次空間時間連續區域裏

面互相結合的，
堅實物體依着牠所運動的方向緊縮，
運動能使時計緩行，
這許多空間與時間衡量的變化，恰使所有的觀察者，都覺着光的速
度不變，
引力場能使空間和時間的衡量發生變化，
這些變化的特性，與四量次空間時間連續區域的特性，都可以說是
依着下面所述的情形：兩件事情的間隔，對於所有的觀察者，
是沒有一些兩樣的，雖然不同的觀察者，會將牠分析為不同的
空間與時間的成分（component）。
引力場能改變空間的特性，而使光線發生屈折，
在空間時間連續區域裏面，那幾何學是『非歐氏』的。

實 驗 證 明

世界的科學家，大都承認愛因斯坦的學說了。因為牠不但極合邏輯，而且與許多實驗的結果，沒有什麼矛盾的地方。

第一，在日蝕時所攝取的星像，的確有些移動，這個現象是愛因斯坦根據他的學說預測的，可是在一九一九年和一九二二年，英美兩國的遠征隊證實了。

第二，水星的軌道是那麼奇怪，我們不能根據牛頓引力定律來解釋牠的行動。如果用愛因斯坦的學理來解釋，就一些破綻也沒有，這就是他們兩個的分別。

第三，在分光鏡的光譜裏，我們可以看出光譜向着紅端移動，這是

受引力場的影響。這個移動，不在牛頓學說以內，却被愛因斯坦預測出來。聖約翰博士（Charles E. St. John）在威爾遜山觀象台研究太陽的結果，證實愛因斯坦的話。

第四，威爾遜山觀象台台長亞丹博士（Dr. Walter S. Adams）研究天狼星一個伴侶的結果，也證實這光譜的移動。這個星的體積很小，可是密度極大，所以牠有極強的引力場。

第五，電子在高速度運動的時候，質量就要加大，這個事實與陳舊學說相衝突，但是可以用愛因斯坦學說來解釋。

近代干涉儀實驗

邁克爾孫博士雖然接受了愛因斯坦對於邁克爾孫—摩黎實驗的解釋，可是承繼邁克爾孫充任開斯學校物理教授的密勒博士，却始終不以為然。

密勒在一九〇六年，又與摩黎重新試驗一次。到了一九二〇年，這相對論正轟動全世界的時候，密勒又下決心，再重複這個實驗，因為他絕不相信這個實驗演出來的，常是一個反面結果。

從一九二一年到一九三一年，這十載的光陰，密勒博士用盡了心血，孜孜不倦的試驗干涉儀。他在威爾遜山觀象台與開斯學校裏分別實驗了許多次數。從這些實驗的結果，密勒相信他得着了極微而頗有體系的記錄。這些記錄，在邁克爾孫和摩黎實驗的時候也是有的，但是這結果實在太小，使我們不能認為是因地球圍繞着太陽運動而產生的。倘使我們假設那地球是帶着相當程度的以太，那末依照密勒所得的結果，可以說整個的太陽系在空間是以每秒鐘二百哩的速度運行着。

密勒博士發表了他的研究結果以後，在加省理工學院密利根博士實驗室裏的甘納戴博士（Dr. Kennedy）與在威爾遜山觀象台的許多天文家，又繼續實驗了許多次。他們雙方的報告，全是附和愛因斯坦的學說，而不與密勒表同情。

第四部

生物的故事

第二十四章

從妖術到科學

大約在二千二百年以前，希臘人就已經建立了生物學的基礎，但是在後來的許多世紀，那種古希臘學者的研究精神，慢慢消滅，祇知對他們的作品盲從，因此對於生物和牠的現象，有種種怪誕的觀念，把世界弄得烏煙瘴氣，一直到距今二百年前，還沒有鬧清楚。說來人也不相信，那個大眾公認的概念，每一個生物有一定的形骸，而不能用法術去變更他，還是最近才產生的信念。誠如白呂斯特(Edwin Tenny Brewster)所言，如果我們早生二百年，我們便可以在法庭上聽到關於一個女子的訴訟，說她變成了一隻黑貓，竟會從鑰匙孔裏跳進跳出。類似這種用妖術改變形狀的信念，從古代一直到一七〇〇年，都在人們的腦經裏面深深的印着！

羅馬人相信有一種人能將他們自己變成狼而攫取家畜充當食料。人們叫他們做『幻形者』(versipelles)，在中古時期，『狼形人』(werwolves) 這個名字，也是專指這種人物的。用幻形方法，男子變成狼，女子變成貓，『安琪兒』和魔鬼隨時變成無論那種適合環境的東西，不但是一個極流行的信念，並且也是法律上所容許的。十六世紀法國所定的法典就有一條，說女巫可以在燒死以前，先把她縊死，但是狼形人却非活活的焚斃不可。傳說最後一次關於妖巫的案件，是在一七八二年正式執行於瑞士國，至於最後關於妖巫的法律，是在愛爾蘭法典裏面，一直到一八二一年方才廢除。

關於各種自然現象的解釋，如那迷信妖巫一樣不合理的觀念，流行了好幾個世紀。那時的人，全相信有生命的動物是從空氣，海洋或泥土裏自動生出來的。那村童從馬尾取下一根毛，將牠放在水槽裏，希望那根毛能變成一條蛇，以及類似的迷信，幾千年來都視為一種理論，叫做『自然發生說』(spontaneous generation)，類如說蒼蠅和蜜蜂是從腐爛的肉類裏產生的，青蛙和鼯鼠是從泥土裏長成的，等等。

有好幾世紀的人，以為疾病是由於神靈的降臨，魔鬼的捉弄，或妖巫的法術，所以抵抗疾病的方法，便認為祇有施用邪道妖術了。

從這種迷信和缺乏知識的情狀看起來，生物學的偉大發現，顯得格外偉大，科學史上的大人物，更成敬畏的神靈！

生物學雖說是從希臘開始的，但是我們應該記着，有幾種實用的生物學乃與人類的歷史，同樣悠久！稼穡和醫藥的如何發軔，在籠罩着文明曙光的薄霧裏面已經消失了。穴居人是毫無疑義的能夠知道心跳和呼吸是與生命現象有關係的。或者還粗知怎樣處置傷口，因為當戰鬥或狩獵的時候，受傷是免不了的。

考古學家在古巴比倫(Babylon)地方，曾經尋到泥製的肝和身體各器官的模型。銘誌上指示着，那時的牧師已經具有頗為完善的解剖學知識，不過他們對於人體各種器官功用的見地，還是近乎臆度罷了。譬如說，他們以為心是專司智慧的器官。還有在那時的祭典裏，被殺的動物是要受檢驗的，因為他們相信這樣可以得到神明的保佑，所以動物的內部構造，由此被他們知道了不少。

古代的埃及人，除去求得些驅除疾病的妖術以外，並且發展了些粗淺而合理的處置傷口及接骨的外科手術。有四部關於醫藥主要的書籍，

一直流傳到現在。最有意味的一部，叫做斯密史氏埃及醫典(Smith Papyrus)現在歸紐約歷史學會(New York Historical Society)保管。這部醫典是當一八六二年，被美國的埃及考古家斯密史(Edwin Smith)所發現的。在這裏面彙編四十八種病症，包括病狀，診斷和治療三項。從這個事實看來，醫藥在古埃及時代是曾經發達過的，那時還有醫科專門學校和專家呢！

古代的醫藥學從埃及和巴比倫傳到希臘，那時有所謂醫藥之神，充當醫生的牧師，就叫做『神醫』(Asclepiads)。爲了這個醫藥之神，有許多廟宇建立起來，並且在廟宇的附近地方，創設了許多極大的醫院。其中有一個廟在科斯島(Island of Cos)，供奉着希臘醫藥界名人希波克萊斯(Hippocrates)。相傳希波克萊斯是紀元前四六〇年到三七七年的人物，後世認爲醫藥的始祖，其重要可知，他的著作流傳到現在的很多，可是許多學者相信這些不一定全是他一個人寫的。希波克萊斯能將判斷力和仔細的觀察結合起來。他雖然不知道世間有細菌這樣東西，却能注意到疾病和水源不清潔的關係，所以堅持清潔是很重要的條件。現代的醫生尙能從他那些精密的著作裏認識許多病症。古代希臘人是不許解剖人體的，說那會觸怒鬼神，所以從他的書裏，我們可以看出他的人體解剖學知識，全是從解剖動物間接得來的。

在古代的希臘，隨着醫藥學的發展，研究生物之學漸興，看來這古希臘人是最初注意到有生物體的哲學，而且是實行考察那生物的現象的。關於有生物體的構造和習慣，遠在紀元前五〇〇年就已經開始探討了。克魯通的阿爾克邁翁氏(Alcmaeon of Croton)就是這些先進學者中最著名的。然而最早的時候祇有零零碎碎的記述，第一次有系統的

生物學的工作，還要算那無人不曉的亞立斯多德(Aristotle)。他是紀元前三八四年至三二二年的人，後尊爲『自然歷史的始祖』。

亞立斯多德生在希臘東北海邊的斯丹吉拉(Stagira)地方。他的父親是一個神醫，爲醫學公會的會員，服務於馬西道利亞(Macedonia)的皇家法庭。大約在十七歲的時候，亞立斯多德就跑到雅典去，在柏拉圖學院(Academy of Plato)受教育，一直到二十年後柏拉圖死時方才離開那裏。在紀元前三四二年，他應國王非列普(Philip)的徵辟，到馬西道利亞宮，充王子亞立山大(Alexander)的教師。等亞立山大即位以後，亞立斯多德才又回到雅典。於是在亞保羅勒綏協司(Apollo Lyceus)聖林設帳講學，所以這校名就叫做勒綏姆(Lyceum)。

亞立斯多德真是一個多產的作家。他不但發明了許多事物，並且又將那時已存在的此類學識熔爲一爐，使牠成爲一種科學。這輯要的工作，也是他畢生事業中重要之一件。他曾經搜集了約五百種關於動物的記載，其中自亦不免有近乎荒誕的。他曾親手解剖五十種動物，依照動物的構造而分成類別，也是他建議的。他研究過那雛雞在蛋裏逐日的變化。他對於生物學有三部名著，第一部的拉丁原名叫做“Historia Animalium”是一部自然的歷史；第二部的拉丁原名叫做“De Partibus”，是部解剖學專論；第三部的拉丁原名叫做“De Generatione”，是一部關於動物源流和進化的著作。亞立斯多德自己對於植物好像沒有下什麼研究，但是他的學生第奧佛萊斯德斯(Theophrastus)，却專精於此而有極大的貢獻，後人尊爲『植物學的始祖』。

羅馬隆盛以後，古希臘的學識傳到羅馬人手裏，同時還有許多希臘的學者跑到羅馬去。歷史上記載着兩個最有名的希臘醫生，就是在

尼羅(Nero) 手下充軍醫的笛奧斯科里德 (Dioscorides) 和奧利留斯大帝 (Emperor Marcus Aurelius) 的御醫蓋冷氏(Galen)。

蓋冷除去寫了許多醫藥書而獲得古代解剖學家盛名以外，還研究各種器官的功用。因此我們還可以說他是第一個實驗生理家。他的解剖學和生理學被醫藥界當作準繩，有十五世紀之久。

羅馬生物學界裏另一個重要脚色是大李利奈 (Pliny the Elder)。他是一個將軍，同時還是一個作家，他對於自然歷史有作品三十七部，可是搜集的紀錄不很縝密，有些地方把荒誕不經的傳說也攙和到事實裏面去。可是，他的作品還流行了好幾個世紀，等印刷術發明以後，再版到八十次之多！

羅馬衰落以後，生物學也受了重大的打擊。雖然現代有許多學者，感覺到中古時期的黑暗，有描寫得過分的趨勢，可是有好幾個世紀，研究的精神，確是窒息了。那時候的古代學者，將空論和因襲代替了觀察和實驗。

說也奇怪，生物學的復興與天文學的重見光明，正好是同在一年，那就是一五四三年。在這年，哥白尼發表了天空球體的旋轉這本書，把那個說地球是宇宙中心的學說打倒了。正是這一年，有位叫做凡賽留斯 (Andreas Vesalius) 的，公布了他的劃時代的巨著，人體的構造。

凡賽留斯以一五一四年十二月三十一日生於李魯塞爾(Brussels)。他出身於醫藥和書香世家，在學校裏的時候，對於解剖學就感覺很大的興趣，常常割剝兔狗並剖視鳥類。他先在李魯賽爾和魯文 (Louvian) 受普通教育，十八歲時才到巴黎去專攻藥物。自始他對於醫學校裏所採用的那種拙劣的解剖方法，與夫教師們那樣倚仗古人作品的態度，便覺

不耐。三年之後，因為比利時發生戰事而廢學，他遂在軍隊裏當過短期的外科醫生，然後去到巴達 (Padua)，在一五三七年得到那裏的學位。巴達大學請他充任外科醫生，且聘他教授解剖學。他立刻實行其志，認仔細和精確的解剖，是最要緊的事情。那時他還墨守成規，先將蓋冷的著作做課本，再按照步驟解剖給學生看。但是一次一次的解剖，他發現蓋冷錯誤了。最後，他把蓋冷的書擱起，而開始將自己的心得寫出，這就是在一五四三年發表的那本書。這部書的拉丁原名是“De Humani Corporis `Fabrica”，裏面有許多很精美的圖畫，是鐵第安 (Titian) 的最得意門生卡爾卡 (John Stephen de Calcar) 所繪的。

凡賽留斯的著作，與哥白尼的遭遇一樣，受着強烈的攻擊，那時的學者都站在蓋冷的戰線上。說到醫藥界的教授更是憤激，便是那神學家也加入戰團。更有人批評凡賽留斯，因為他說人的肋骨，兩邊數目相等，這樣一來，沒法解釋那創造夏娃 (Eve) 的肋骨了！

凡賽留斯對着種種的攻擊，處之泰然，終至於熄滅了當時的波瀾。在一五四六年他被任為查利五世 (King Charles V) 的御醫，遂成了外科的國手，同道的人也常去請教。但他死得太悲慘了，詳細的情形不得確知，不過傳說有一次他被派去剖驗屍體，在進行的當兒，發見那個人還沒有真死，天主教裁判所於是告發他的罪狀。幸得國王出來和解，才被判往聖地 (Holy Land) 去作一次頂禮，但在一五六四年，回程途中，他的歸舟毀於贊特島 (island of Zante)，凡賽留斯便在那裏暴斃露齒了。

現代的解剖學，即身體構造的科學，是從凡賽留斯發軔的。說到現代的生理學，就是講器官功用的科學，却從一個大生物學家，倫敦的

哈菲 (William Harvey of London) 開始的，哈菲是一五七八年到一六五七年的人。他最大的貢獻，是用許多極有價值的實驗，來解說血液循環的作用。他發表了一篇專論，叫做動物的心臟與血液的運動 (On the Motion of the Heart and Blood in Animals)。

顯微鏡的發明，把生物學又推進一步。據說倍根 (Roger Bacon) 是第一個想到顯微鏡原理的人，但是最初用牠得到結果的，却要算發現細菌的荷蘭人劉文荷 (Antony Leeuwenhoek)。他生於一六三二年，卒於一七二三年。

到了十八世紀，生物學漸分成許多部門，給十九世紀和二十世紀的專家，展開了許多大道，進步的速率隨着時間增加。但近代生物家，對於已成的工作雖然認為得意，可是他們仍舊感覺到沒有升堂入室，真正要研究的學問，還多得很呢！

第二十五章

生命本性

從亞立斯多德一直到現在，人們所給予生命的定義，全是不恰當的。對於『什麼是生命』這個問題，科學家還不能作一個最後的答覆。像『生命是生存的狀態』這句話，祇是文字的堆砌而已，斯賓賽氏 (Herbert Spencer) 曾說過『生命是內部對外關係繼續不斷的調整』。但多數學者則以為劉易斯 (G. H. Lewes) 所給的定義算是最好的了，他說：『生命是一個機體內許多固定的和連續的變化，能使構造和組織更改，而不破壞牠的同一性。』

爲什麼我們不能作一個完備的生命的定義呢？這有兩個原因。第一，牠是太單獨了，我們不能用別樣的東西，來和生命比較。第二，牠是太複雜了。可是生物家絕不因無法判定而灰心。正如物理家並說不出物質與能到底是什麼東西，而能夠研究牠們的性質，特點和變化。所以生物家也能探究有機體的本性和變化。近代生物家懷着天文家，地質家，物理家和化學家同樣的觀念，向前邁進。

現代生物家工作的觀點，與那種『生活力的哲學』，站在勢不兩立的地位。可是雖然如此，也並不就得把自己看成一個機械學者。近幾年來，關於這兩種矛盾的哲學辯論，很是普遍。提倡生活力的哲學家說，在生命裏有一種活躍的原素，在有生命的有機體裏，我們總可以尋到一種特質，這特質是無生命的物體所沒有的，他們以為物理和化學上的定律，不足以解釋生命的現象。機械學者可就把意見反過來了，他們堅信有生命的

有機物體，其所發生的各種現象，沒有一樣不能以用在無生命世界的物質和能的定律來解釋的，生物家就是假定這種機械觀點為工作的原則。但是這並不是說他們便以為達魯（Clarence Darrow）所說『人是一架機器』那句話是對的。生物學的探求，除了根據已知的去研究那未知的，除了用科學方法作實驗去求新鮮的知識外，別無他途。一直到現在，生物家總算還沒有感到失望。

將來他們是否會走到一個極點，從此不能再向前進，那是另一回事。湯姆生教授（Prof. D'Arcy W. Thompson）曾說：

『我們對於生活力問題，儘可無成見，或竟相信有所謂超物質的生命動力，如現在好些人所贊同的。但無論如何，這總是哲學家而不是生物家的事業，或僅是受過哲學洗禮的生物家所當注意的。我們的基本責任是應當像康德（Kant）所說，憑着我們所熟諳的那物質的特性和能的狀態，來儘量的解釋一切。』

所以生物家是用科學的而非哲學的眼光來看生命。他們以為生物不過是大宇宙裏面的一部份，這宇宙裏有幾百萬哩直徑的大星，也有直徑比一百萬分之一吋還小的電子。說起來真是一件趣事，如果我們做一個比例尺，把大星放在一端，小電子放在另一端，那末像人類這樣大的生物，便正好在這比例尺的當中。人之大於電子的倍數，和小於大星的倍數，是幾乎相等的。

紐曼教授（Prof. H. H. Newman）說，生物學是在有機物體裏觀察物質與能，天文學是在恆星與行星裏觀察物質與能，化學是在分子與原子裏觀察物質與能，牠們的情形都是一樣，不過生物學的對象，是限

於生存的有機物體裏面罷了。

現代生物家告訴我們的第一個基本重要事實，就是所有的生存有機物體，都是同樣的化學物質所組成，貿然看來，一個人和一株樹，或者一支薔薇樹和停在薔薇花上的蜜蜂，並沒有什麼相同的地方，但是生物學的發見，不但暴露了動物界的相似點和植物界的相似點，而且指示出連合這兩界的基本相似點。所有的生存有機物體，包括人類而言，全是同樣的化學材料造成，這基本的要素便叫做『原形質』(protoplasm)，就是『第一次形成』的意思，英國著名生物家和科學界的要人赫胥黎說『原形質是生命的物理基礎』。一直到現在，還沒有人發表過比這更好的定義，因為生物若沒有原形質，是決不能成形的。

原形質的組織有很寬的範圍，動物與植物的固屬不同，各種動物或植物的原形質亦互異，即同一動植物或同一動植物的各部分，也不一樣。但是這些原形質的差別雖大，基本相似性並不因此而湮沒，牠們的差異，與其說是種類的，毋寧說是程度的。生物家用原形質一個名字，來指示一切生存有機物體的化學物質，覺得是很恰當的。

所以生存有機物體的基本特性，也就是那原形質的基本特性。牠們可以用其他科學所用的一樣方法，在實驗室裏來詳細研究。

第一，我們找出原形質有牠一定的化學組織和物理的狀態。牠們所包含的化學原質，沒有一樣不是很普通的。那裏面有碳，氫，氧，氮，硫，磷，氯，鈉，鉀，鈣和鎂。有時候還能發見鐵，錳，碘，矽和銅，自然在原形質裏，這些物質並不是純粹的原質，乃是互相組成的化合物。

碳是構成原形質的基石，有三種碳的化合物組成那原形質。『碳水化合物』(carbohydrates)，脂肪和蛋白質。此外原形質裏還有許多水，

有時還有少許各種礦鹽。

碳水化合物包括好幾樣糖和澱粉，牠們都是三種化學原質所組成的：碳，氫與氧。最簡單的是葡萄糖，牠的分子是一串六個碳原子，外加十二個氫原子和六個氧原子。葡萄糖的分子，因化學作用而結合成較為複雜的糖，澱粉和纖維素。

脂肪比碳水化合物又複雜些，牠們所包含的化學原質，雖然也是那同樣的三種，可是分子的構造却較為繁複。蛋白質是原形質裏最駁雜的化合物，除去碳，氫和氧以外，還包含着氮，有時磷，硫和鐵。每一種蛋白質是多種物體結合而成的，最主要的是各種『氨基酸』(amino-acids)。蛋白質的分子真是複雜得不易形容，有的含着好幾千個原子！說到那種類，也是不勝枚舉，每一種動物或植物都有牠自己的特別組合。便是屬於同一種動植物的蛋白質，也各自不同！

水是原形質裏佔最大成分的物质。以重量而言，水佔百分之六十五到九十七的光景。在每一個生存的原形質裏，祇有飽含水量的時候，才能有化學活動，這就是生存有機物體極端需要水量供給的原因。

鹽類在原形質裏，僅有少量存在，可也是通常發生作用時不可缺乏的要件。我們可以尋到鈉，鉀，鈣，鎂，鐵和錳的鹽。任何生存有機物體的化學平衡，好像都被原形質裏的鹽類多寡所控制！

原形質的物理形態却不容易描寫。在顯微鏡下面，牠好像是一種膠黏似的物質，裏面的混合體是很複雜，有粒，纖維，如液體的小滴。化學家將這種混合體叫做『膠質』(colloids)。

便是最不經心的觀察者，也看得出生命的一種最重大特性是變化。祇有化學組織和物理形態算不得生命。原形質裏還有『能』在裏面活

動。牠不但自己要隨時變化，還時常與牠的環境發生關係。從各方面看來，生存的有機物體就好像一架機器，把食物當作燃料吸收進去，變成了能，來激發各種的活動。生物家將這些變化歸納到『新陳代謝』(metabolism) 這個名詞裏面去。這新陳代謝的作用，可以分作兩步：第一步是建設的新陳代謝作用，有時叫做『同化作用』(anabolism) 這時有機物體吸取食物，構成牠的原形質。第二步是破壞的新陳代謝作用，或曰『解化作用』(katabolism)，借着氧的幫助，有機物體耗用那原形質裏的化學物質，使牠變成能，於是又有種種的活動了。

發育長大是原形質的另一種特性，這就是因為建設作用超過破壞作用的緣故。那時有機物體建造牠自己，比因發放能而破壞牠自己的作用，進行得快些。

原形質還有一種特性，就是『生殖作用』(reproduction)。一直到現在，人類祇知道有機物體僅能從其他的有機物體產生出來。最簡單的生殖，在極簡單的有機物體裏可以看到。牠們能夠分裂，於是一個有機物體便變成兩個了。在另一種裏面，牠能夠長出一枝小芽，然後與母體脫離關係而成一個新的子體。至於複雜的有機物體，生殖更要麻煩。

最後，我們知道原形質還有一種對於環境的銳覺特性。生物家叫這種特性做『感應』(irritability)。原形質之所以有感應，或許是因為牠的構造複雜與裏面所含的能時常均衡的緣故。因此原形質依着環境的變化而發生反應，如用生物家的口吻來說，便是牠因受了刺激而發生反應。但是更重要的，是原形質不但對於刺激發生反應而已，牠並能調節之，而使牠適合所遇。牠具有生物家所稱的『適應的能力』(power of adaptation)。

生命單位

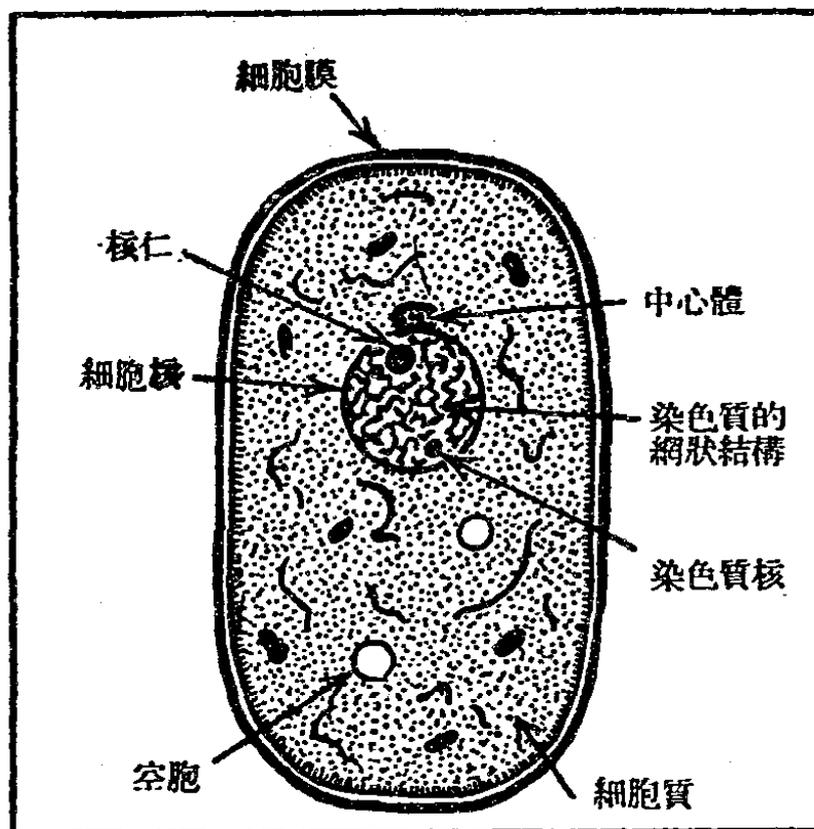
從研究生物學的結果，我們知道生命有一個單位，叫做『細胞』(cell)，原形質祇能在這些單位裏存在，現存的最簡單的有機物體乃單細胞所組成的，其他的有機物體則爲此種生命單位堆積而成，其數目每至幾萬萬萬個。至於說到發現所有生存有機物體都是細胞組成這事實的人，却不能不歸功於兩個德國科學家。在一八三八年，斯雷登(Matthias Jacob Schleiden)證明所有的植物全是細胞組成的。翌年，斯萬(Theodor Schwann)又指出動物的組織裏面所包含的，也是細胞。

所有生存有機物體是細胞組成這句話，還不能算完全，我們必須在細胞後面，加上『和他們的生產物』幾個字。因爲有機物體的某幾部分，如植物的軟木質，動物的甲殼和毛髮，還有齒牙和骨骼裏面的礦質，都不是生存的原形質，却全是活動的細胞所造成。

最簡單的細胞，就是組成最低級單細胞植物的細胞。牠們祇是一小滴的原形質，裹以一層薄膜。按照普通的情形，細胞要分爲三大部分：外面一層是細胞膜，膜內包裹着一種『細胞質』(cytosome)，質裏還有一個『細胞核』(nucleus)。說到細胞的種類，也是多得很而且大小不一，有球形的，六角形的，梭形的，還有各種特別形狀的。每一棵植物或每一個動物所由構成的細胞，都是獨特的，細胞核普通作圓形，有時也作別種形狀，但永遠含有一種特別的蛋白質，叫做『染色質』(chromatin)。

單細胞的動植物，牠們所有的生命線，全被組成那有機物體的一個細胞支配着。但是含有許多細胞的有機物體就不然了。牠們分工而合

作，每一個細胞專管一種作用或一組作用，連合造成有機物體的各部份。



細胞的圖形

單細胞有機物體，是由分裂為二而蕃衍，這種分裂的方法是生物基本動作的一種。牠的專門名詞叫做『絲狀分裂』(mitosis)。複細胞有機物體從受胎的『卵細胞』(egg-cell) 發展，也用這個方法。不過在這個境況之下，當分裂以後，原細胞的兩半仍然聯合在一起，並不是整個脫離關係。有機物體便照着這樣生長發展，一直到多少百萬的細胞。

絲狀分裂，並不是突然發生的，這裏面的事情還多得很呢！當一個細胞完全長成，開始分裂的時候，細胞核是最初發生變化的所在。牠先變成梭狀構造，同時分散在細胞核裏的網狀染色質，就凝結而成許多線狀『染色體』(chromosomes)，這些染色體的形態和大小，則視原

來的細胞而異。松樹的細胞裏有二十四個，蒼蠅有八個，某一種龍蝦有二百個，人類有四十八個，其他不及縷述。這染色體再沿着那梭形的中部，構成一種圈環，更順着長度，每一個分裂成兩個。然後每個染色體的兩半，向着梭形的兩端移動，到這個時候，薄膜就在這細胞中間造成，使牠分成兩半，同時在每一個新細胞裏面，有一個新的細胞核出現，染色體復分散在這新細胞核裏。

從這點我們可以看出，絲狀分裂使每個染色體分成兩半，每半個歸到一個新的細胞裏面去，那麼每個新細胞都有原細胞染體的成分，所以生物家相信染色體就是遺傳的重要因子。因此他們說遺傳的現象可以用絲狀分裂來解釋。

遺傳性於是變成細胞的力學和化學問題了。所有一切生命現象，都可以說是有這種同樣情形的，任何生命現象，分析起來，都得以那種特殊細胞裏的變化來解釋。

第二十六章

細菌

離現在不到三百年的光景，有一個荷蘭管倉兼司關的人，喜於涉獵，竟被他在一滴雨水裏發現了一個新世界。這世界裏充滿了生命，有的於人有益，有的却能害人，而人類直到那時還不曾知道。這個探險家就是劉文荷氏（Antony Leeuwenhoek）。克魯易夫（Paul de Kruif）尊他爲第一個搜獲微生物的人，因爲他在一滴水裏面發現了『細菌』（bacteria）。

劉文荷以一六三二年生於荷蘭的德爾夫特（Delft）地方，在髫齡時代，他的父親便與世長辭了。他的母親把他送進學校，希望他將來成一個政府的官吏。但他在十六歲時，却跑到阿姆斯特丹（Amsterdam）的乾貨店裏去當學徒。二十一歲時，他回到德爾夫特，於是自己開了一個乾貨店，同時又充任城裏大會堂的司關人。以這樣出身的一個人，後來居然在科學名人錄上佔一個很重要的位置。

劉文荷的發現，是由一種癖好而來的。管貨人在倉房裏，時常要用小號的放大鏡來檢查那布裏的細紗，因之劉文荷習於此道，感覺到肉眼所看不見的東西，往往可以用放大鏡顯照出來。所以這個儉約的荷蘭人便開始磨治鏡片，以備他自己受用，他將二十年的光陰，用在這上面，後來居然能造成當時世界上最好的鏡片。有了這些鏡片，他更開始觀察一切隨手可得的東西。蜜蜂的刺，蒼蠅的頭，昆蟲的腿，所有一切偶感興味的東西，全是他那單純顯微鏡下的試驗品了。有一天，他將這發見告

訴同鄉格拉夫 (Regnier de Graaf), 剛巧這位同鄉是倫敦皇家學會的通信會員, 便原原本本的寫信給這個學會, 叫他們詢問劉文荷的發見。

劉文荷寫了封很長的回信, 把他如何用顯微鏡來觀察皮肉蜂刺等經過, 詳詳細細說了一遍。這是他開始通信的第一次, 等到寄出最後的一封信時, 他已經是九十一歲, 行將就木了。

劉文荷最大的發現, 就是有一天, 他忽然心血來潮, 把一滴雨水放在那顯微鏡下面, 觀察了半天, 覺着非常奇怪, 原來在那滴水裏竟有那許多的小生物擁擠着。在他的一封信裏, 他寫道:『牠們有時候沒有動作, 好像是停止在一個點上, 有時候旋轉得極快, 好像陀螺一樣, 可是牠們活動的圓周, 還沒有一粒細沙那樣大!』

皇家學會的會員, 接到劉文荷的報告, 驚訝得不敢相信。他們於是特派荷克 (Robert Hooke) 和格留 (Nehemiah Grew) 兩會員盡力製造最好的顯微鏡, 試作劉文荷的實驗。在一六七七年的十一月十五日, 他們報告皇家學會, 說劉文荷並沒有絲毫錯誤, 微生物的探求, 便從此開始了。

但是微生物的真相是又經過了兩個世紀方才探究出來的。這種東西, 對於其他的生物, 究竟做了些什麼重要的工作, 在先仍是茫然, 直到十九世紀法國人巴士德 (Louis Pasteur) 和德國人科奇 (Robert Koch) 才不顧生命的來研究牠們。

一八二二年十二月二十七日, 巴士德生於法國一個小村莊叫做杜爾 (Dole) 的地方, 他是一村裏製革匠的兒子。他的父親送他到巴黎師範學校讀書, 從大化學家仲馬 (Dumas) 受業。在二十六歲的那一年, 他就在科學界嶄露頭角, 原來他發見了『酒石酸』 (tartaric acid) 裏有

兩種結晶體。

一直到他充黎葉大學(University of Lille) 教授和科學院主任的時候，微生物離他的思想還很遼遠。可是後來偶然有一天，一個學生的父親來訪他，說蒸餾火酒的器具裏出了岔子，就是由糖蘿蔔提取火酒的桶裏，發生了障礙。巴士德急忙跑到那工廠裏，腦經裏面連一點辦法都沒有，他祇在好的和壞的酒桶裏面分別取了點液汁，然後回到實驗室裏，把液汁的小滴，放在顯微鏡下面詳細觀察。

從『健康』的酒桶取來的液體裏面，他發見了極小的酵母菌芽胞，那些小酵母逐漸的長大發芽，裂離而復成芽胞。於是巴士德證實了一個研究微生物先進的話，說酵母是逐漸生長的小形有機物體所組成的。

於是他又檢查從那『有病』的酒桶裏取來的液體。那裏面不再見什麼酵母芽胞，却發現了許多極小的棍形體占了牠們的位置，這些棍形體跳來跳去，沒有一刻停止的時候。巴士德簡直驚訝得無以形容了，他把腦子裏面的化學完全拋到九霄雲外，而專心從事狩獵這微生物的事業。不久以後，他把這個疑難問題解決了，原來這些棍形體在酸牛乳裏也多着呢！他想牠們是使牛乳變酸的發酵物，如同使糖變成火酒的酵母一樣。當牠們鑽進糖桶以後，牠們得佔上風，酵母遂被殺害，製酒自然發生障礙了！巴士德費了一番苦心，喚起世人注意到細菌的一種功用，說牠們是發酵的因子。

巴士德後來從黎葉調到巴黎，在那裏的師範學校充任科學研究院院長。他在這時研究學術的態度，真可以說是達到紅熱的程度了。經過了許多次的光榮實驗，巴士德證明細菌並不是在液體裏自動生長的，

必定先有幾個隨着空氣中的塵埃落進去以後，方才繁殖的。

一種直覺使巴士德相信微生物也是疾病的原因。雖然沒有實驗證明這句話，可是他總以為是對的。有一次他在少彭 (Sorbonne) 演講，他使一縷光線穿過暗室，鄭重的說道：『細看這縷光線裏多少跳躍着的塵埃，這講堂的空气，被這些塵埃佈滿了！你們不要太忽視了這些近乎看不見的東西，因為牠們有時候是挾着疾病和死神以俱來的：如傷寒 (typhus)，霍亂 (cholera)，黃熱 (yellow fever) 和別的瘟疫等。』

最後巴士德和科奇都證明有些疾病是由於特種微生物而起因的。科奇最初的野心，是想做探險家或陸軍外科軍醫，但是天不從人願，僅得做一個小村莊的醫生。自從確定那『脾脫疽』 (anthrax)，就是當時在歐洲到處發生的牛羊類傳染病，是由於某種細菌而生的以後，於是把自己的專門職業也拋棄了，悉心研究細菌。一八八二年三月二十四日是他最得意的日子，那天他在柏林生理學會宣佈發現了肺癆 (tuberculosis) 細菌。

巴士德曾將雞瘟的細菌，分離出來，更發現了種痘術 (inoculation)。他先培植一種很弱很稀薄的病菌，把牠們種在小雞的身上，這樣一來，小雞便得到霍亂免疫性了。接着他又用同樣的方法種痘在牛的身上，使牠免脾脫疽的傳染。最後他又發展了一個相似的方法，使被瘋狗咬過的人，不至於發生『犬瘵症』 (hydrophobia)。這是他事業成就的最高峯了。

正當巴士德試驗的時候，英國的李斯特 (Lord Lister) 使外科手術發生了革命，他用碳酸來使創口不受空氣中細菌的侵犯。現代的外科醫學，尤其那特別注重的防腐法，可以說是起原於李斯特。他從巴士德的發明，知道了空中細菌之多同牠和疾病的關係。故巴士德、科奇和

李斯特被尊為細菌學上的三巨人。

由肉眼看起來，細菌是太小了。棍形的傷寒病(typhoid)細菌，是中等大小的微生物，然而長度還不過一萬二千分之一吋！我們如果把牠們堆成立方體，一立方吋裏面，可以容納九萬萬萬個。細菌時常被認為現存的最小有機物體，但是生物家不敢斷定這句話一定是對的。有些病原，好像是由於小到最精良的顯微鏡都看不見的有機物體。有些生物家，相信世界上還有最小的寄生物，以細菌充當食料，雖然直到現在人們還無法看見。

根據牠們的形狀，細菌可以分作三大類：叫做『球狀菌』(coccus)，『桿狀菌』(bacillus)和『螺狀菌』(spirillum)。雖非全體，但大多數的細菌都能在液體裏面行動。牠們具有強大的傷害抵抗力，所以全世界無論什麼地方，都有牠們的蹤跡。

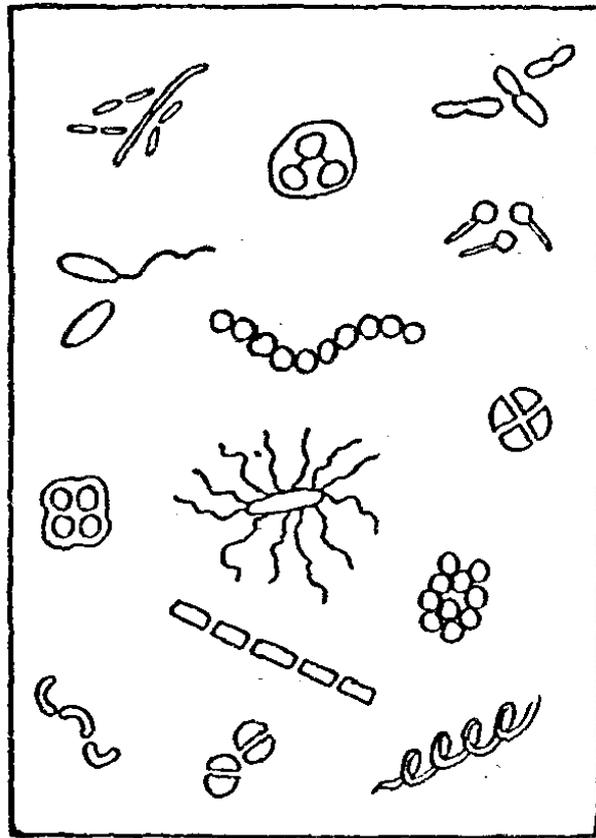
細菌的一個重要特色，就是繁殖得異常迅速。以桿狀菌而言，牠分裂成兩半，每一半成一個新的桿狀菌。在適當的境況內，每一個新的桿狀菌，隔了十五分鐘又分裂成兩半。幾點鐘內，細菌的數目便可以達到幾千了，一天以後，又變成幾百萬了。所幸細菌的繁殖，往往因斷絕食物或潮濕，或遇着其他不適合於產生的境況而停頓。

生物家現在把細菌當作植物，不過我們須要記着，牠們除去有許多植物界的特點以外，還有許多動物界的特點。

大多數的人，以為細菌僅和疾病發生關係，殊不知除掉有害的細菌以外，世間也多有益的細菌存在着，所以我們應該把這些極微小的有機物體，有的看作仇敵，有的看作朋友。假使沒有細菌的活動，那地球的表面將要永久被動物的屍體和植物的枯幹覆蓋滿了，細菌能使牠們腐爛，

這才避免地面上死亡有機體的堆積。

有幾種細菌，有所謂『化供氮氣』(nitrogen-fixing) 的作用，牠



各種細菌的形狀

們對於生物的關係，極為重要。植物當生長的時候，需要氮氣，但是牠們不能直接取用空氣裏的氮，而化供氮氣的細菌能夠吸收空氣裏的氮，再將牠變成一種植物可以受用的化合物。這種化供氮氣的細菌喜歡集居在某種植物的根上，如同『金花菜』(clover) 之類。爲了這個原故，農夫隔幾年總要在田地裏種一次金花菜。那些集居在金花菜根上的細菌，便能恢復田裏的硝酸化合物，而使土地再肥沃一次。

發酵是由於細菌，在前面已經說過了。各種的乳酪有不同的香味，就因爲有異樣細菌參加的緣故。

許多人都已經諳悉細菌怎樣是人類的仇敵了。牠們使病疫發生，使

食物腐敗，使牛乳變酸，諸如此類，不一而足。還有幾種細菌，使食物裏產生致命的毒質。

細菌學為現代生物學一個極重要的部份。種痘已經證實是醫治某幾種疾病很有效的方法。其實還有許多種疾病，也疑似微生物作祟，但是那致病的微生物到如今還未能分離出來。公共衛生的實施，隨着細菌學的進步而大有發展。已往的經驗告訴我們，水和食物的來源，如果能予以適當的檢驗，預策那安全的方法，和一切衛生的處置，便有許多傳染病可以避免掉。流行性病就是因檢驗入口船舶和各種適當的預防而滅滅的。

很少別的事業需要比細菌學者更大的勇氣，那工作真是太危險了。在細菌學的記錄裏，為學術而犧牲的烈士不可勝數。他們想征服那微生物却反遭其殺害了！

第二十七章

動植物

生物的種類極為繁賾。以大小言，植物界裏從小到肉眼幾乎看不見的海藻，至大到聳入雲霄的樹木，樣樣俱全。動物界亦然，從極小的變形蟲到巨象和鯨魚，也是應有盡有。生物體的種類，幾乎是無量數的。植物家曾搜列植物二十五萬種。動物界裏的種類更多了，生物家所能描寫的，就有六十五萬種。在這裏，那微細的昆蟲，牠們的種類却要佔動物界已經知道的四分之三，脊椎動物，便是那有背脊骨的動物，牠却祇有三萬六千種。

亞立斯多德曾經下了一番苦功，把他所已知的生物編成綱目。生物學的一支，叫做『動植物分類學』(taxonomy)，就是專門研究這種問題的。無論是動物界或植物界，都被他們分成『門』(phyla)。門再分成『綱』(classes)，綱又分『屬』(genera)，最後才分成『種』(species)。

分類學家首先着手的，是規定動植物分界的標準。普通一般人想來這個問題是很簡易的。譬如說，像一隻狗這樣的動物與一棵蔬菜這樣的植物，有什麼難分別呢？可是到了簡單的有機物體，這差別就不這樣明顯了。例如細菌，雖然有許多學者把牠們編置到植物界裏，但是究竟應該屬於植物，還是動物呢？或者有人要說，我們可以拿移動力來做標準。但是困難又來了，因為有許多很小的水生植物，也有移動能力，而有機動物例如牡蠣，反到沒有。

動植物最大的分別，許是在牠們吸收食料所用的化學方法。所有的植物，除去幾種例外如細菌和菌類不算，差不多全是用「光力合成作用」(photosynthesis) 來製造牠們的食料。植物既吸收空氣裏面的二氧化碳和水分，然後利用日光能力的幫助，把這兩樣放在一起，造成最簡單的碳水化合物，即葡萄糖。從這簡單的碳水化合物，又製造比較複雜的糖和澱粉。最後植物的細胞，還能從碳水化合物製造脂肪和蛋白質。蛋白質是需要氮的，這一項是由植物吸收附近的硝酸化物而來。光力合成作用的可能性，完全由於植物裏面某種細胞所含的『葉綠素』(chlorophyl)。這種葉綠素就是化學家所稱的『觸媒劑』(catalyzer) 之一種，牠能增減化學變化的速率。

細菌和菌類並不包含葉綠素，當然不能製造自己的食料。所以牠們或為『寄生植物』(Parasites)，吸收其附着的有機物體的食料賴以生存，或為『死物寄生』(Saprophytes)，依賴已死的有機物體而生存。

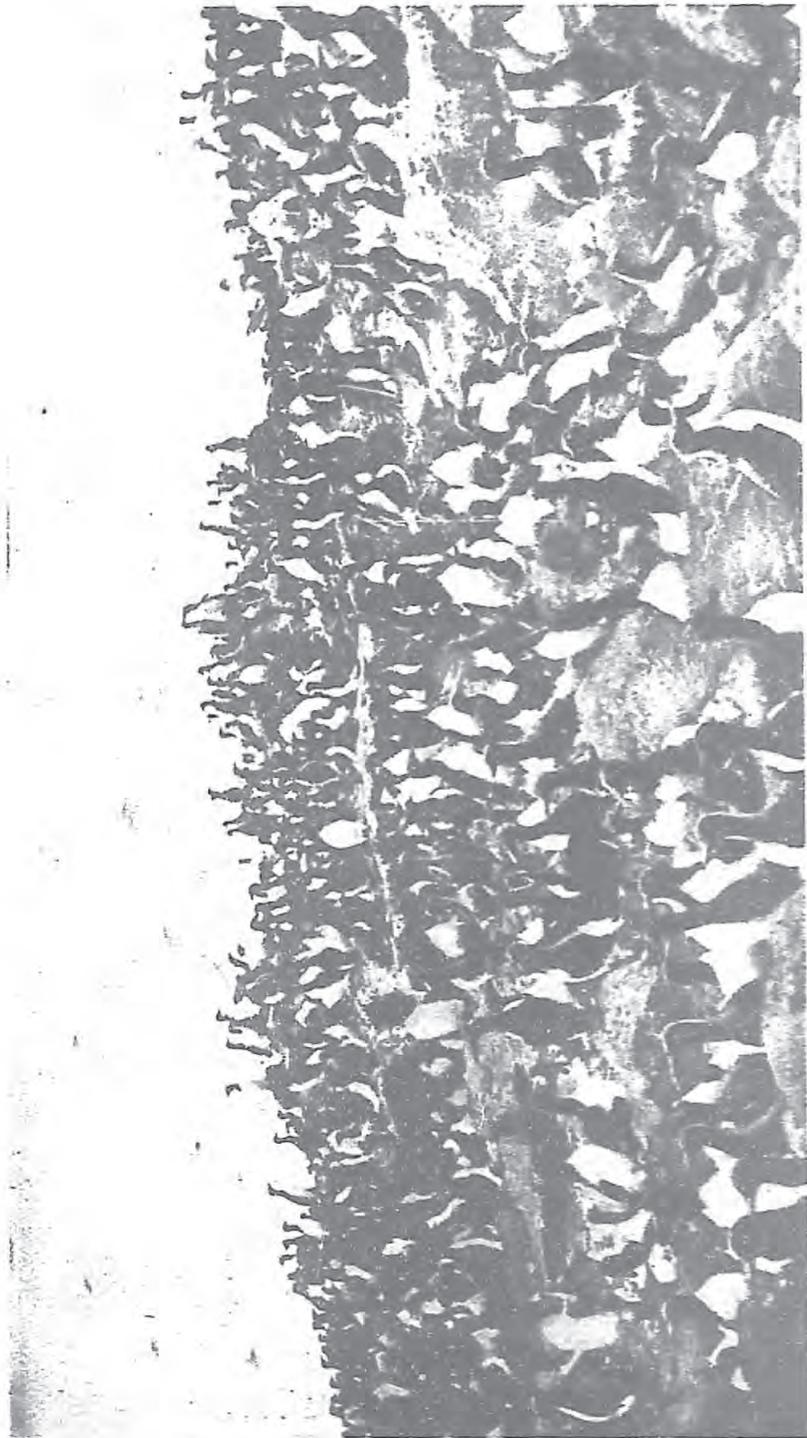
動物可就不然了。牠們吸收食料所用的化學方法要進步些。牠們不會用空氣中的二氧化碳去製造那細胞中的碳水化合物，脂肪和蛋白質，却能食用已經成形的碳水化合物，脂肪，和蛋白質，所以牠們必需食取植物或動物。

除此以外，動植物還有其他的分別。普通植物的細胞，有極厚的纖維質壁包裹着，而動物的細胞，僅一層薄膜而已。照普通一般情形而論，植物在細胞內製造出來的物質，要比牠們用以維持生命的為多，換句話說，就是牠們的生活消耗低於收入。動物就不然了，牠們好盡量利用牠們的收入，且以較多的物質變化成能，俾作一切的活動。



犬類建築的城垣

在新墨西哥東部大平原邊界發見的草狗村



擁擠不堪的地方

伯林海 (Bering Sea) 中浦里必洛夫羣島 (Pribilof Islands) 上的扁嘴海鳥

植 物

在研究植物的時候，植物家相信已經發見了一種證據，說那複雜的陸地植物是從極簡單的單細胞水生植物進化而來的。他們就按着那增加複雜的程度而把植物分成類別。他們還相信這也是植物沿着那綿長地質時代而進化的順序。

植物共分四門。第一門包括最元始的水生植物，專門名詞叫做藻菌或『同節植物』(thallophytes)。最簡單的同節植物是極微小的原形質芽胞，每一個芽胞有一層有彈性的薄膜圍繞着。在顯微鏡下面，這原形質芽胞的顏色介乎藍綠之間，表明裏面有葉綠素。這芽胞吸收二氧化碳和水，再使牠們變成原形質，於是那芽胞便漸漸長大了。等達到相當大小的時候，再從中間裂開，變成兩個，因而繁殖增多起來。比較高等些的單細胞同節植物芽胞裏面是有組織的。其中有一個黯斑或叫做核，是染色質集中的地方。不但如此，葉綠素並不是在芽胞裏平均分佈的，而聚集在一部分的地方，叫做『葉綠體』(chloroplast)。

再高一等的同節植物是多細胞的。牠們包含一串或成線的細胞，被一種膠性的鞘狀物連貫着。牠們所用的生殖方法要比較複雜了，在某種境況之下，每個細胞裏面的原形質先行緊縮，然後分成四個小梨狀的單位。後來細胞膜破碎，把這些單位，名叫『孢子』(spores)的，散到水裏去。每個孢子於是開始長成一個新的植物。

更有其他同節植物，是有『性』作用的。牠們的每一個細胞，並不生長孢子，而產生許多更小的單位叫做『配偶子』(gametes)。這些配偶子散佈到水裏以後，能夠自由移動，到末了成對的結合起來，而長成

新植物。這成對的結合體就叫做『接合子』(zygote)。還有幾種植物有着比這個更進化些的性生殖。牠們產生兩種配偶子，一種較大的是不活潑的卵細胞，另外一種稍小的是活潑的『精蟲』(sperm)。

同節植物有八萬種，最大部分生在水裏，兩組最重要的是藻類和菌類：藻類包括各種海藻海草，菌類包括酵母，菌，黴菌，霉菌，香蕈之屬。

第二門是兩棲植物或『苔蘚』(bryophytes)，包括地錢及苔蘚等，約共一萬六千種，其位置介乎水生的同節植物與高等植物之間。牠們大都生長在潮溼的地方，如含有水分的土壤，石岩和樹身等處。這類小植物其色青綠，具有簡單的莖葉，但是沒有真實的根。

苔蘚植物的生殖方法，要比同節植物為繁複，叫做『世代輪迴』(alternation of generations)。牠們產生配偶子，兩個配偶子也結成接合子，但是從接合子長成的小植物却與原來的苔蘚一點也不相像。這第二個植物寄生在母體上，逐漸抽出一個長莖，莖端有一個『孢子囊』(capsule)，囊裏產生許多孢子，到後來與母體脫離關係，每個孢子再長成一個植物，這才像原來的苔蘚。生物家把這兩代分別定名，那原來的苔蘚植物，因為牠產生配偶子，所以叫做『配偶體』(gametophyte)，而寄生的那一代，因為牠產生孢子，叫做『芽胞體』(sporophyte)。

第三門叫做『羊齒植物』(pteridophytes)，是略帶木質的植物，包括『鳳尾草』(ferns)和牠的同屬。現存的羊齒植物約有五千種，但是由地質學證明，我們知道這類植物曾一度比現在還要多。牠們較苔蘚更為複雜，發育完全的莖葉和根都是齊備的。

羊齒植物對於生存競爭的工具比較完善。牠們的根伸到地下去，吸收水分和礦鹽。高大的莖生着許多葉子，飄展在空氣中間，俾得充分的

日光，促進那光力合成作用。說到莖裏所包含的，大部分是我們所稱的木質，用顯微鏡看來，這木質是空心而有厚壁的管子，就是那生氣已失的細胞膜壁伸長所造成。這些細胞，有的尖端已被溶解，所以祇剩一組管子，專門輸送根所吸收的水分到葉子那裏去，以完成光力合成作用。

羊齒植物的生殖方法也是世代輪迴，不過在這一門裏面，大的植物是芽胞體，在葉子下面產生孢子，而配偶體也就此發展。配偶體產生配偶子，結合之後，新植物便由此生長了。

最後的一門是『種子植物』(spermatophytes)。牠們是現存的結構最複雜而且種類最繁多的植物，已經知道的約有十三萬五千種。我們用來充飢的植物，和木料，藥材，紙，纖維等的本身都是種子植物。假如這植物的莖粗而且直，就叫做喬木，細而且茂，就叫做灌木，軟而且嫩，含着微量的木質纖維，便叫做『草木』。

世代輪迴這種生殖方法，在種子植物裏完全沒有了。種子植物能夠開花，花中一個『雌蕊』(pistil)，裏面藏着『胚珠』(ovules)。圍繞着雌蕊的是『雄蕊』(stamens)，雄蕊的尖端含有小粒的『花粉』(pollen)。當一粒花粉經風媒或蟲媒送到雌蕊去以後，小芽就繼之發生。這種發芽的作用，粗淺的說起來，很有些像配偶體的生殖。花粉長出一個管子，伸進雌蕊，最後鑽到一個胚珠裏面，正當此時，在花粉裏面有兩個卵細胞發展，牠們從管子裏向下行，有一個鑽進胚珠，遂相結而成接合子。這接合子開始長大，造成一個胚胎的小植物，裏面有莖胞各一和葉子兩個，不過都具體而微而已。不久以後，生長暫停，那含有小植物的胚珠乃組成一粒種子，散播以後，如在適當的環境裏，便會長成一個新植物了。

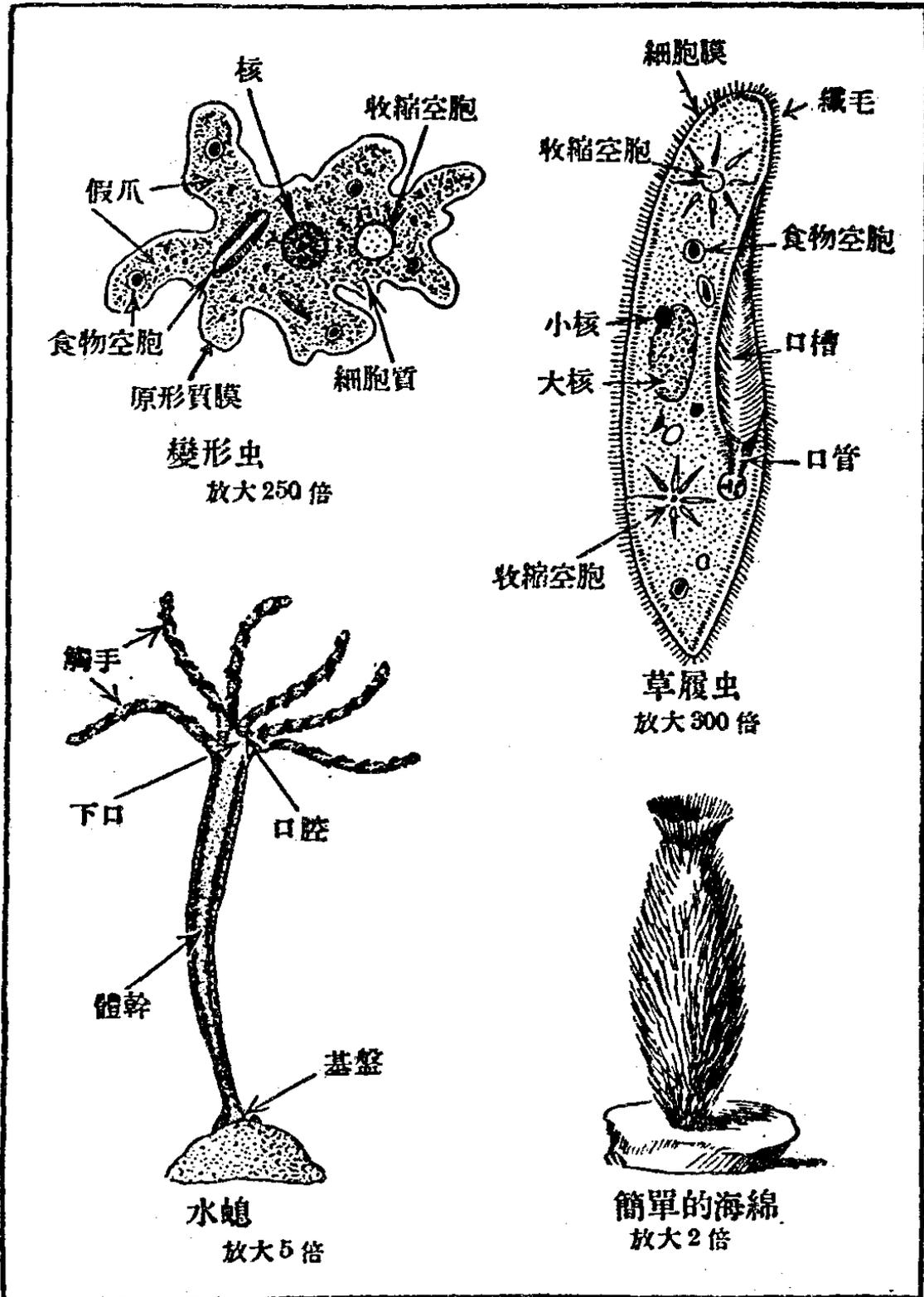
動 物

動物界與植物界一樣，依生物家所認為可以代表進化程序的複雜程度分成若干門。最簡式的是單細胞動物，叫做『原生動物』(protozoans)，已經知道的有一萬種。牠們在泥土，淡水，和海洋裏都可以尋到。不但如此，有時候還寄生在別的動物或植物裏。一個讀生物學的大學一年級學生，就得和兩種原生動物締交，那就是『變形蟲』(amoeba)和『草履蟲』(paramecium)。

最普通的變形蟲，(amoeba proteus) 在不流動的水裏可以尋到。牠有一個簡式的細胞，直徑約百分之一吋。顯微鏡顯示牠包含着一個核，還有一個大的空胞，叫做『收縮空胞』(contractile vacuole)，因為相隔沒有多少時間，就要漲縮一回。變形蟲的形狀是時刻變動的，那手指狀的『假爪』(pseudopodia) 向着各方面伸展。行動時將假爪順着那方向伸長，同時將別方向的假爪縮短而緩緩進行。

變形蟲的食物，包括細菌，海藻與其他更小的原生動物，和小塊的已死有機物體。當攫食的時候，牠慢慢的趨近食物，用假爪把牠包圍起來，再吞到原形質裏去。少量的水是和食物同時吞進的，這樣造成一個食物空胞，然後在胞裏消化。變形蟲的生殖也是用分裂方法。

草履蟲也可以在不流動的池沼裏尋着。牠較變形蟲為小，却有永遠不變的形狀和構造。有一種普通的草履蟲 (paramecium caudatum)，形狀就如細小的拖鞋一樣，牠被短而細的『纖毛』(cilia) 覆蓋着，這纖毛不停的震動，使牠在水裏徐徐推進。一件最值得注意的事情，就是這種草履蟲當游泳的時候，是像螺旋一般的轉動，依着牠的長軸自右向左



簡式的生物

的前進。牠具有兩個核，大小各一。還有兩個收縮空胞，分居身體的兩端。在『口槽』(oral groove)的末尾，有一個『食管』(gullet)，食物就從這裏吸進去。草履蟲所用的生殖方法也是分裂，和變形蟲無異。

所有的動物門，除去原生動物以外，都是多細胞有機物體。這『複細胞動物』(metazoans)，最簡單的一門是海綿，已經知道的大約有二千五百種。在海綿裏，沒有特殊的器官可以尋得出來，每一個細胞吸收並消化牠自己的食物，與原生動物幾乎完全一樣。海綿在水裏總喜歡釘住在岩石或其他物體上。

再上去的一門，構造比較複雜了。牠包括海蜇，珊瑚，海葵，水螅等類，生物家把牠們叫做『腔腸動物』(coelenterates)。牠們的身體為兩層細胞所組成，有一個口腔，一直通到中空處所，吸收進去的食物，不是在這個空處消化，便是在每個細胞裏。已經發見的腔腸動物約有四千五百種。

再上去的四門，每一門的構造和作用，都照着升高的次序逐漸複雜：就是『扁形動物』(flatworms)，已知的有五千種，『圓形動物』(roundworms)，已知的有一千五百種，『棘皮動物』(echinoderms)，共四千種，包括海盤車，海膽，海參等類，與『環節動物』(annelids)共四千種，包括蚯蚓水蛭之屬。

現在我們要講到『節肢動物』(arthropods)，這是動物界裏最大的一門，共約五十萬種。這裏有『甲殼類』(crustaceans)，包括龍蝦，螃蟹等，『多足類』(myriapods)，包括蜈蚣等，『昆蟲類』(insects)和『蜘蛛類』(arachnids)。昆蟲類是種數最多的生物，已知的超過四十五萬種。蜘蛛類包括蜘蛛，蠍子，壁蝨等。

更上面的一門是「軟體動物」(mollusks)，約有六萬種，包括牡蠣，蛤蜊，蝸牛，墨魚，鱉魚等。軟體動物已經算是發展完備了的，牠們的身體柔軟，多半藏在堅硬的甲殼裏面。

最高的一門，發展得最完備，而且也特別引起我們的注意，因為人類也是在這門裏。這門是「脊索動物」(chordates)，約有三萬八千種。較下級的有一個「脊索」(notochord)，是牠們用來支撐身體的。較高級的裏面這脊索變成背骨，因此牠們叫「脊椎動物」(vertebrates)。

脊椎動物要分為五綱。第一綱是魚，已知的約有一萬五千種。牠們是冷血動物，有兩個心房，皮膚上被鱗覆蓋着。第二綱是兩棲類，已知的僅一千五百種，包括火蛇，蟒蛇，青蛙和蟾蜍。牠們也是冷血動物，可是有三個心房。第三綱是爬行動物，已知的有三千五百種，包括蛇，龜，鱉等。牠們是冷血動物，也有三個心房。

其餘的兩綱脊椎動物是溫血的，並且有四個心房，牠們是鳥類，已知的有一萬三千種，哺乳動物，已知的有三千五百種。哺乳動物代表最高的一綱，牠們包括我們常見的動物如兔，鼠，貓，狗，羊，牛，馬，猴，猩猩和我們自己的人類。

第二十八章

進化論

一八五九年查理達爾文(Charles Darwin)發表他的種原論(Origin of Species),頓使烏雲佈滿了智慧天空,轉瞬間辯論風起,攻擊的閃光到處發作,責難的雷聲更在空中轟轟不絕。對於讀史的人,這次十九世紀的風雲,當使他想起十六世紀的情形,兩事髣髴前後輝映。因為在那時,哥白尼發表他的天空球體的旋轉,說地球是圍繞着太陽旋轉,凡賽留斯(Vesalius)發表他的人體的構造,把舊說推翻。

十九世紀的風雲雖然漸漸的平息了,但是那雷鳴的反響仍然波及到二十世紀。那時在美洲有一個地方的法律禁止教授進化論,爲了牠又發生一場舌戰。達魯(Clarence Darrow)率領着一班著名的科學家擁護這學說,而政治家白萊安(William Jennings Bryan),却盡量的攻擊他們。

進化論這個學說,並不如許多批評家所想像的一樣,祇是用來解釋人類來源的,牠更不是單用來研究生物學的。科學家相信這是整個宇宙裏的一個基本原則。天文家,地質家,物理家,和化學家一如生物家,都得相信牠。這信條是由於近代的科學家說宇宙是一個有動力的東西,裏面永遠在繼續變化,這些變化把從前那簡單的宇宙,推演到今天的形狀。科學家把這個發展的方法,歸納到『進化論』這個名詞裏面。

天文家相信星的銀河,是從一片充滿着空間的『宇宙雲』演進而來的。物理家和化學家相信重的化學原質是由同樣的方法,從簡單的

化學原質如氫與氮，發展而來的，密利根 (Millikan)更進一步，以為宇宙裏有一個基本方法，演成物質的基本微粒或電子，他說宇宙線就是一個證據。地質家感覺從太陽裏拋出熱氣騰騰的地球，變到今日的形狀，也是一個進化論。因此生物家也創議了一個進化論，來解釋我們在地面上所看到的各種生物，與地質家從地底下挖出來的許多化石。

當哥白尼的學說最初公佈的時候，許多人說牠與宗教相衝突，但是到了今天，誰還想到那赤日是太陽系的中心這個事實，與宗教裏的信條有矛盾的地方呢。然而現在仍然有不少人，以為進化論是與宗教不合的，這種誤解，在幾年前，已經三十一位著名科學家和宗教領袖組織審查會加以否認，物理家密利根，就是這個審查會的主席。進化論祇說宇宙的發展是依照自然定律而演進，並沒有講到定律的原始，更沒有否認造物主的存在。許多科學家還是很忠實的相信當研究進化論的時候，他們就是在讀上帝的金科玉律！

有機進化論說地球上的生物，原始於幾百萬年以前。那最早長成的生物，或祇是一個小的原形質芽胞，比現存最低級的細菌或海藻還要簡單些。到底最初的生物是怎樣來的，沒有人知道，雖然已經有不少頗饒興趣的學說來解釋牠。也許是海邊沙灘裏沖積的一些化合物，當潮來的時候淹在水裏，潮退的時候暴露出來，應當負無生物變成有生物的責任。也許是沙灘上面先有一個膠質體造成，因日光的照射而將生命所需要的能吸收進去。

生物家雖然說不出生命是怎樣發源的，可是從各方面尋到證據，使他相信現存的一切生物，都是從簡單的開端，經過進化的程序發展而來的。

什麼事情逼着生物家確認這個進化論呢？第一，所有生存的有機物體都是原形質造成的。一切生物的物理基礎完全一樣，牠們有相同的化學基礎和類似的細胞構造，還有大致相同的新陳代謝，生長，生殖和適應等種種作用。

第二，動植物界都可以依照牠們逐漸繁複的次序而分成自然綱目。我們可以用一株樹來代表那動物界或植物界。現存的各種屬，譬如樹的小枝，小枝是從大枝生長出來，而大枝又連着軀幹。動植物界之能照這個方法排列並分類，就因為有一個進化程序時常發展的緣故。

化石對於進化論，又給生物家另外一個極有力量的理由。化石的記錄是漸次發展的。最古的石層昭示當時並沒有生物，這生物的記錄是慢慢的開始出現的。先有單細胞生物的遺跡，繼之才有化石。在古生代的初葉，祇有無脊椎動物的化石，到了這代快完的時候，發見魚類的化石，然後兩棲類的化石。在中生代裏爬行動物漸為繁盛，到了恐龍產生，可說是登峯造極。直到這代之末，哺乳動物方才出世，這是後來在新生代裏最高等的生物。

有好些化石記錄非常完全，特別是新生代裏的幾種哺乳動物。我們可以溯知，現在的馬，便是從新生代初葉很旺盛的四足小獸，或稱馬祖，逐漸發展來的。象的發展，也可用類似的方法推知，在新生代裏牠是三尺半高的小獸，後來逐漸的高大，變成今日的形狀。

生物家尋求進化論的證據，另外還有一個來源，所謂『胚胎學』(embryology)就是研究有機物體發育的學問。每一個多細胞有機物體的長成，是開始於接合子，換句話說，就是卵細胞與精蟲細胞的結合。接合子由細胞分裂而長大，變成我們所說的『胚胎』(embryo)。在發育

的時候，這胚胎所經過的步驟，可以說是在進化過程中發展步驟的縮影。譬如說，人在母胎裏面曾經有一個時期，有過鰓和尾巴。

無論如何，生物家已公認有機進化論是一個牢不可破的事實，雖然他們對於有機進化的方法和原因還不能一致。現在一般的人，好像有一種趨勢，以為進化論是很新鮮的學說，其實並非如此。許多希臘人，包括亞立斯多德，都曾經推論過進化論和牠的原因。近代進化論的研究，可以說是從布逢(Comte de Buffon)和伊萊斯莫斯達爾文(Erasmus Darwin)兩個名人的著作開始的。布逢生於一七〇七年，卒於一七八八年。伊萊斯莫斯達爾文，生於一七三一年，卒於一八〇二年，他是查理達爾文的祖父。

最初敘述很完全而且合於邏輯的進化論的人，是拉馬克 (Jean Baptiste Lamarck)，他生於一七四四年，卒於一八二九年。他的學說有時歸納到下面幾個字：就是『原有特性的遺傳』。雖然現在還有人相信這個學說，可是大多數的學者，因為牠沒有證實而將牠拋棄了。拉馬克的意見，說有機物體隨環境變更，因而所得到的特點，便一代一代的傳下去。這學說的確是頗為美妙的，可是實驗的證明很少，而把牠拋棄的理由到很多。第一個嚴重攻擊拉馬克學說的人，是在一八八三年的德國生物家威斯曼 (August Weismann)，他以為種種變化的遺傳，必定是從生長下一代的卵細胞或精蟲細胞起。

有機進化論裏歷史上第二個聞人，更為偉大，就是那查理達爾文。他以一八〇九年二月十二日生於英國斯魯斯比萊 (Shrewsbury)，就學於愛丁堡與劍橋，從一八三一年的十二月一直到一八三六年的十月，他充皮格爾 (Beagle) 船上的博物專家，周遊大西洋裏的小島，南美洲的

邊境，達希鐵 (Tahiti)，紐西蘭，澳大利亞和其他的他方。這一次的旅行裏，他對於各處各種動物的差別，加以精密考察，當是他一生工作的基礎。在一八三八年，他讀到馬爾塞斯 (Malthus) 所寫關於人口論的一篇文章，這裏面說人口的增加，有較土地所能供給的為快的趨勢。達爾文以為這篇文章，對着人類而言，固然有理，就是把他用在地球上所有生存的有機物體上，也沒有什麼不恰當，漸漸的他的學說開始形成。在一八四二年他發表了一篇大綱，最後在一八五九年十一月二十四日，他發表他那舉世注目的傑作，種原論，就是以自然淘汰推萬物之原 (On the Origin of Species by Means of Natural Selection)。

達爾文在開頭就指出世間的『生存競爭』。每一棵植物所產生的種子，比那實在能發育的新植物為多。有一種魚每尾能下卵至二百萬個，實際上並不是全能活着的。有機物體必定要競爭奮鬥以求生存，其結果，祇有最能適合環境的才可以活着，達爾文將這個過程叫做『自然淘汰』。換句話說，就是那自己能生存的方可在天地間存在。據達爾文的意見，進化云者，就是那自然淘汰的一種紆緩程序。

現代的生物家雖然承認達爾文所說的『自然淘汰』，但總以為牠還不夠解釋一切進化的事實。牠能解釋物體裏面已有特性的改進，但不能說明牠如何獲得新的特性。解釋這一點的學說，還是一九〇一年荷蘭生物家弗萊斯 (Hugo de Vries) 所發表。他的學說，是從研究晚櫻草花 (evening primrose) 發展而來的，說新種的產生，是與母體完全不同的個體，突然出現的結果。他將牠們叫做『變異類』 (mutants)，所以這個學說，便叫做『偶然變異學說』 (mutation theory)。可是像晚櫻草花這一類的植物並不很多，因此許多生物家還不願意接受他的意



比猿猴還要老的動物

靈長類包括猿猴，人猿與人類。狐猴是這類動物裏面最元始的。



他有像人一樣的眼睛

黑猴是靈長類最低級的一種，有生在
前而直視像人的眼睛。



最利害的大猩猩

注意他的長臂，根據生物家的考證，他
是人類最近的親屬。

見。

現代遺傳機能的研究，給進化論不少的線索。或許從這裏能得到一個解答，也未可知。這種學問，是生物學的一支，叫做『遺傳趨異學』(genetics)。最初研究的人，是澳大利的僧人門得爾(Gregor Mendel)他從豌豆生長的實驗，創造出門德爾定律。不幸得很，在他生前，科學界對於他的工作並沒有注意，後來簡直可以說是完全湮沒了。一直到一九〇〇年，生物家從各方面研究，又得到差不多同樣的結果，他的著作始重與世人相見。

一個簡單的實驗，就可以說明門得爾的遺傳定律。譬如這裏有兩棵植物，一株的雌蕊受了另一株的花粉，我們把生出的種子培植起來。以『四點鐘花』(four o'clock)而言，試將紅白兩種花，照上面所說配合起來，那種子發育出來的植物，牠的花是粉紅色的。這發粉紅色花的植物，就叫做『變種』(hybrids)。

普通說來，原是紅白兩種花的四點鐘花，其種子所生長的植物，分別開着紅白兩種花，那麼粉紅變種的植物也應該是同樣的開着粉紅色的花了。但是事實却並不如此，粉紅變種的種子能發育成三種植物，有紅花的，有白花的，也有粉紅色花的。更奇怪的是這三種顏色的花，照着一定的比例生長。平均四棵植物之中，一棵開紅花，兩棵開粉紅色花，另一棵開白花。到了第三代那開紅花的植物總是照着正規生殖，牠的種子永遠產生紅花的植物。白花的植物也是一樣。惟有這開粉紅色花的植物仍是依照上述的比例產生三種植物。

要解釋這個現象，非借重遺傳機能不可。現代的探求證明那產生新個體的卵細胞和精蟲細胞裏面的染色體，是遺傳的媒介。在染色體裏面

含着使有機物體具有各種特性的『因子』(genes),這些因子的真實本性雖然沒有一個人知道,但是牠們在染色體裏的確實地位,科學家已經尋出來了。

紅花植物的卵細胞或精蟲細胞,或用兩種公共的名詞,稱為『精子細胞』(germ-cells),包含一個生長紅花的因子。當兩個精子結合的時候,每一個都帶着這個因子,結果是一個紅花的植物。白花的植物也是一樣。但當紅白兩種花的精子細胞結合的時候,那接合子是含着一個紅花的因子和一個白花的因子,結果便成為開粉紅色花的植物。從那變種植物生長的精子細胞,有些帶紅花的因子,也有些帶白花的因子,所以第三代裏包含着紅花,白花和粉紅色花的三種植物。

這個定律對於其他的生物也可以應用,不過不甚明顯罷了。就門德爾自己做的一個實驗來說,他將高矮兩種豌豆互相配合,結果產生的變種是高豌豆,而不是介乎二者之間的植物。可是到了第三代,就是從變種豌豆的種子長成的植物,有高的,也有矮的,比例是三高一矮。驟然看來,門德爾定律好像不能適用了,對於這一點的解釋,是在牠們有兩種特性,一種顯著性,一種退隱性,高性顯著而矮性退隱。

變種豌豆那一代的植物,是從一棵植物獲得高的因子又從另一棵植物獲得矮的因子而長成。所以這些植物產生的精子細胞,有些具有高的因子,有些具有矮的因子。至於第三代生長的植物,就要看這些精子細胞是怎樣結合的了。假如兩個精子細胞,每一個都含有高的因子,結果一定是一棵高的植物。假如兩個精子細胞,一個含有高的因子,另一個含有矮的因子,結果雖也是高的植物,可是牠是變種,絕對不能算是純粹高的植物。假如兩個精子細胞,每一個都含有矮的因子,結果一定

是矮的植物無疑。

同樣的定律，對於無論多少種的特性全能應用。譬如說，假設豌豆裏的黃色和光滑是顯著性，而綠色與皺摺是退隱性。那末這兩種豌豆配合的變種，是黃色而且平滑的。第三代，便是從變種種子生長的豌豆，則有黃色而平滑的，有黃色而皺摺的，有綠色而平滑的，也有綠色而皺摺的。牠們的比例，依上述次序，是九比三比三比一。

遺傳的研究，是『優生學』(eugenics)的先導。畜牧和種植的人，因為受了遺傳定律的指導，已能得到改良的種子。許多人希望這遺傳機能的知識，也能同樣幫助人種的改良。

近時的探求，知道和遺傳最有關係的問題是『變異學』(variation)，這是進化論基礎上的問題。遺傳使後嗣像祖先，變異則使後嗣與祖先歧異。最近的實驗，可以用 X 射線照在精子細胞上面，使他們發生變異甚或取出內中的因子。有些生物家說精子細胞裏染色體所有的因子若自起變化，許即是變異的機能，就像輻射裏面的鐳原子，慢慢的自起變化一樣。像這一類的探求，現在還是很新鮮的，但是生物家仍然抱着極大的希望，想把幾世紀以來研究生物的秘幕揭開。

第二十九章

人，萬物之靈

人是地球上萬物的主宰。逢山開路，遇水疊橋，建築高插入雲的房屋，鋪設四通八達的軌道，他創造船舶，橫行水面，他發明潛水艇，海底疾馳，他又製作飛機和齊伯林飛船，飛渡天空。總而言之，他看見了什麼東西，便要做那東西的主人翁。他能衝破大自然的均勢，毀滅那敵對的動植物，蕃殖那有益的生物。到了現在，他祇與兩種東西作戰，就是昆蟲和細菌。這傷稼的害蟲和致病的細菌，都是他最大的仇敵。

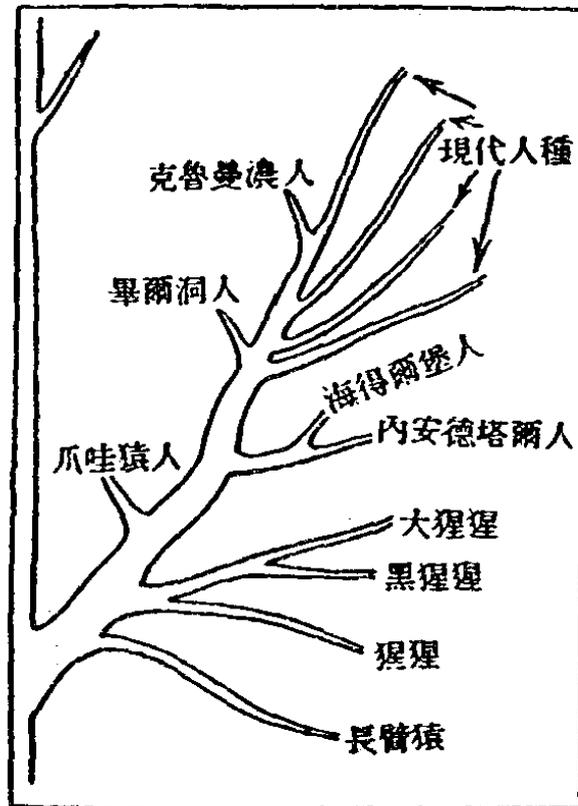
但是人並非自來就稱霸於地上的。科學家相信他是地面上後來居上的動物。地質家估計地球的年齡是二十萬萬年，生物家相信他統治地球，還不到二萬五千年，因他的歷史許不過一百萬年呢！

進化論學者，並不如常人所說，相信人是從猿猴進化而來的。但是他承認人是動物界的一種，而且在已往長時期以內，其演進的定律，和其他動物是完全相同的。

當四千萬年以前，中生代的末葉，就是那恐龍橫行地面的尾期，許多哺乳動物已經出現了。食昆蟲的『小地鼠』(Shrews)，就是其中的一種。這些地鼠躲在樹上，牠們要謀生活，自然發展那銳利遠視的目力，和善於攀附的手足。生物家相信這地鼠就是『靈長類』(primates)，哺乳動物進化開始的一種。講到人，也是屬於這靈長類的。

世界上現存最低級的靈長類動物是狐猴，見於非洲和東方近熱帶的樹林裏，而以馬達加斯加(Madagascar)地方為最多。這種動物介乎

猿猴與普通四足獸之間,有一對極佳的眼睛,可是口鼻却與狗一樣。生物學家相信猿猴是原始靈長類第一支派的後嗣。牠們的化石出現於始



人的親屬

新紀,就是新世代的第一紀或哺乳動物時代的石層裏。

靈長類分出來的第二支,可以用印度所產的樹棲小動物,叫做『附猴』(Tarsius)的來代表。牠們的化石祖先也出現在始新紀裏。其形貌與猿猴差得很遠,而與猿猴很有些相像,眼睛也是向前直視的。

次之靈長類的分支是新大陸猿猴,生長於南美洲,與那舊大陸猿猴,生長於亞,菲兩洲的熱帶部分。舊大陸猿猴包括獼猴和狒狒。猿猴行走的時候,四肢並用,可是臀部能坐,前面的兩肢,且可當作手用。除此以外,牠們的眼睛也可說是發展得很完全,牠能對光與人類的兩目無異。這是第一次與人類相同的兩樣特徵:銳利的目光和用手的技能。

在猿猴發展以後，歷時未久又出現了一種靈長類的分支，那就是『人猿』(anthropoid apes)。人猿共有四種，叫做『長臂猿』(gibbon)『猩猩』(orang-outang)，『黑猩猩』(chimpanzee)和『大猩猩』(gorilla)。長臂猿和猩猩生長於亞洲，而黑猩猩和大猩猩則產生於非洲。長臂猿最小，身高不到三呎，大猩猩最大，高約五呎有半，體重恆至五百磅。長臂猿有人立而行的習慣，其他三種雖然也有這樣本能，可總不願意這樣做。這四種全無尾，解剖學家說人猿和人類骨骼構造的差異，實比人猿和狐猴的差異為少。

最後靈長類的分支就是人類。換句話說，生物家以為人和人猿離現在不知道多少年以前，是有同一祖先的，這祖先與猿猴也有同一祖先，照這樣推向前去，一直到靈長類所由進化的樹棲地鼠。

我們現在應該討論人種的原始問題了。關於這一點，以數目繁多，解答起來很覺費事。許多極有聲望的學者，對於人類的發源和歷史，意見頗不一致。然照普通的意見，皆以為人類是從亞洲發源的，大約已有一百萬年。為什麼這問題這樣難於解答呢？因為已經發見的古人化石，實在太少了。

美國國立博物院(United States National Museum) 哺乳動物部技師密勒博士(Dr. Gerrit S. Miller, Jr.)，曾經把各種對於古人化石的意見總括起來。他的研究昭示，各種的意見雖然很多，而化石本身却少得可憐。他指出祇有兩個地方尋到的遺跡，可以說是介乎人和猿中間的『連索』(Missing link)，可以認為是人類祖先。一個是在爪哇地方尋着的頭蓋，牙齒與大腿骨，叫做『爪哇人』(Java man or Pithecanthropus)。另一個是在英國蘇賽(Sussex)的畢爾洞(Pilt-

down)尋着的頭蓋，牙牀和鼻骨，叫做畢爾洞人 (Piltdown man or Eoanthropus)。

爪哇人是在一八九一年被杜伯瓦博士(Dr. Eugene Dubois)所發現，一八九四年，他發表了一篇文章，詳為描述。發見這爪哇人的地點，是在板加灣河(Bengawan River)岸邊一個形似山崖的斜坡中間。杜伯瓦認為那頭蓋，牙齒和大腿骨是屬於一個身體的。自從杜伯瓦發表他的著作以後，就有許多人類學家提出異議，他們懷疑到那頭蓋的性質，同時也不相信一定是屬於一個身體的。到一八九六年，杜伯瓦自己把人家的反對意見搜集起來，說有七個權威學者以為那頭骨是人類的，五個以為是人猿的，還有七個以為那是介乎人和人猿中間一種動物的。密勒博士聲明這辯論一直到現在還沒有終了。他說，他們公認為毫無疑義的祇有一點，就是那頭蓋與別種現存或化石哺乳動物的，完全不同。講到各執一見的地方，却有十五點之多。

現代的科學界，對於爪哇人仍然議論紛紛。他到底距離現在有多少年數呢，他是一個動物的遺骸呢，還是兩個動物的遺骸呢？最末了，他是人呢？是人猿呢？還是介乎這二者之間的連索呢？

畢爾洞人是道聖(Charles Dawson)在一九一一年與一九一二年在畢爾洞的砂礫坑裏尋着的。在那時以前，已經有許多工人挖掘過，把頭蓋打碎了也許還毀滅了不少。在一九一一年，他尋到頭蓋的碎片九塊，拼合以後成為四塊。下牙牀骨也給找着了，上面還有兩個牙齒 翌年，鼻骨和另一牙齒，還有幾塊頭蓋又被他發現了。關於畢爾洞人所起的辯論遠較爪哇人所引起的為猛烈，至少有七十五位學者都轉入這旋渦裏面。其原因當為頭蓋的主要部分已失，所以每個人類學者都可以

依照己見，自由推斷那原來的形狀了。密勒博士指出各學者對於畢爾洞人的解釋，意見不合的地方有二十點。

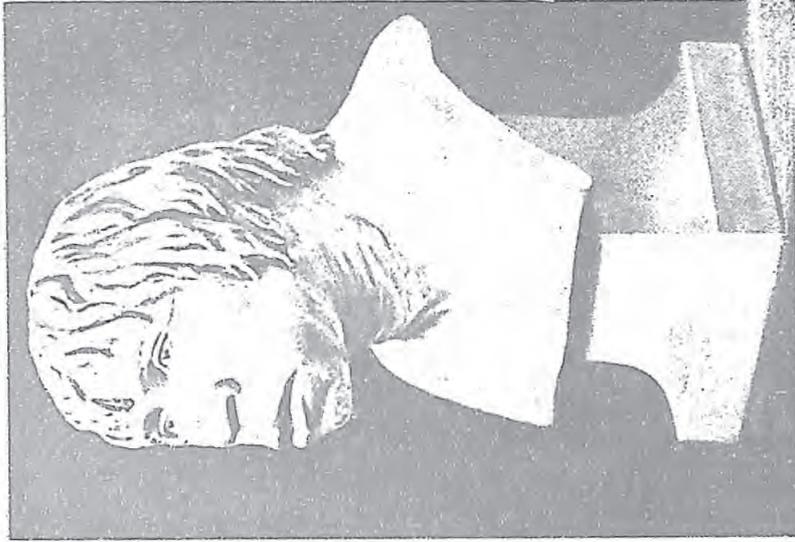
兩位美國馳名的研究古人類學者，一位是美國自然歷史博物館（American Museum of Natural History）館長奧斯彭博士（Dr. Henry Fairfield Osborn），另一位是斯密史奧尼安學會（Smithsonian Institution）的人類學家赫力卡博士（Dr. Ales Hrdlicka）。都費了許多光陰，研究畢爾洞人。照奧斯彭博士的意見，頭骨和牙牀骨是屬於一個動物的，可是赫力卡博士不以為然。

普通一般的人不要誤會了，以為人類學家對於人種來源的進化論，有什麼爭執和意見不合的地方。他們所辯論的不過是些瑣屑而已。密勒博士說得最好，現在世界最大的需要，是多尋出些化石來。

二十餘年以前，有人在德國海得爾堡（Heidelberg）發現一塊牙牀骨和幾個附着的牙齒。從這些證據，許多人類學家又想創議出一個海得爾堡人。據說在那地方尋着的牙齒，與現在人類的簡直相似極了，不過那牙牀骨本身却比現在人類的早得多。許多學者以為要想得到一個結論，這些證據還似乎太少。

一九二九年，在中國的周口店地方，在砂岩坑裏發現了一具完全的頭蓋，接着又找到些別的部份的骸骨。對於這頭蓋的研究，到現在還沒有完成，深望由此可以得一線光明。

照許多生物家想來，人類最先在地球上出現，是在一百萬年以前，正當中新紀或鮮新紀初期。也許那時候的天氣繼增乾燥，使中央亞細亞的森林漸漸滅滅，於是從靈長類分支的人，被迫舍棄樹棲而居住於平地。很多學者曾就已獲得的化石，努力研究最早人類的形態，其成就



原始的人。
畢爾洞人(Eoanthropus)



介於人和猿中間的連索
爪哇猿人(Pithecanthropus)



穴居的人

內安得塔爾人，住在冰期將末時的洞裏。



第一個真正的人

克魯曼農人，最早的人種。

最大的當推哥倫比亞大學(Columbia University)的邁克格萊哥爾教授(Prof. J. H. McGregor)。他所模塑的爪哇人，表示最原始的人形，一半像人，一半像人猿，前額低斜，眼上凸出極厚，鼻子是扁平的，鼻孔寬大，頰輔瘦弱而傾斜。他所模塑的畢爾洞人，與現在的人比較似乎像些，有稍高的額，不像爪哇人那樣扁平的鼻子，還有強健的面頤。

關於人類來源的化石，雖然不多，可是追溯那已往數十萬年的歷史，却並不是一件很難的事。這遺下來的化石，用具，藝術的作品，古墓的所在，與其他類似的物件，告訴我們穴居人的故事。其背景是大冰期，在新生代的更新紀裏，氣候從熱變冷又從冷變熱了好幾次，北方的冰河，隨着氣候的變化，向着南方進攻，然後又退回去。地質家相信他們尋出來的證據，很足以證明在這紀裏曾有四個冰期與三個冰間期。他們相信這一紀綿延了一百萬年，最後的冰期是約在二萬五千年以前，從那時起，近生代開始了。近生代也有時叫做冰後期。冰期的各代見附錄第五表。

許多著名學者把爪哇人放在更新紀以前，而把畢爾洞人放在第三冰期。在第一二冰間期的石層裏，有許多碎片的燧石與其他形狀的石塊，人類學家相信這些是手工所製的石斧括刀等器具。因此他們堅信那個時期已經有人，而把這類石器叫做原始石器。然而另外還有許多學者不以爲然，他們說這些石塊是天然偶爾造成的。

到了第三冰間期，可就沒有辯論的餘地了。那時剩留下來的骨骸雖然沒有尋到，可是好幾千種手工製造的石器，曾從英國南部，西班牙，法國與德國的石層裏挖出來了。最普通的一種，叫做手斧，是形似楔子，兩邊磨出切口來的燧石。在那時代的開始，器具甚粗，尾期則較勝。人類

學家將前者叫做「賽廉文化」(Chellean culture)，因為他們的主要部分是先在法國賽爾斯(Chelles)地方發現的，後者叫做「亞奇廉文化」(Acheulian culture)，因為牠們的主要部分是先在聖亞奇爾(St. Ach-eul)尋着的。

第四冰期的石層裏，人的骨骼遺骸簡直多極了。第一具完整的骸骨是在德國內安得塔爾(Neanderthal)山谷裏尋出的，因此「內安得塔爾人」(Neanderthal man)這個名詞，便給予這時期的人種了。後來，還有許多內安得塔爾男女老幼完整的骨骸，被人發現。他們顯示內安得塔爾人身長祇五呎三吋左右，前額很低，眼上有一塊凸出的骨頭，鼻廣而頤削，他們的兩臂要比現在人類的長些，人類學家以為他們還不是真正現在的人種。內安得塔爾族居住在石洞裏面，那時正是第四冰期寒冷的時候。他們用矛戟和燧石製成的器具捕捉馴鹿，野馬和牛類。

當第四冰期終了的時候，就是那新生代開始的時候，真正的「人種」(Homo sapiens)開始在地球上出現了。這種最初的人，叫做「克魯曼濃人」(Cro-Magnon man)，因為他們的骨骼，是先在法國克魯曼濃地方發現的。克魯曼濃人高而挺直，男子平均長六呎，婦女略矮。他們有很高的前額，形狀也很好。當克魯曼濃人出世以後，內安得塔爾人絕跡了。有一個舊學說述及克魯曼濃人是從亞洲侵入歐洲，將內安得塔爾人殺死的。新學說則謂末次冰期的嚴寒，使生存的競爭劇烈，結果那歐洲的克魯曼濃人，便漸從古種的內安得塔爾人蛻化而進步了。赫力卡博士是這個學說最有力的辯護者，他說內安得塔爾人骨骸形狀有絕大的變異，是一個很好的證明。約當克魯曼濃人在歐洲出世的時候，另外有一個種族也出現了，他們的第一具骨骸，是在意大利孟通(Men-

tone) 附近的蓋利馬第洞(Grimaldi)裏尋出來的，故名「蓋利馬第人」。有人以爲克魯曼濃是近代高加索種(Caucasian race)進化所由來的一種，而蓋利馬第人則是準黑色人類(negroid type)。

克魯曼濃人是在古石器時期的開始。他是一個藝術家，把所居洞穴的牆壁繪飾着動物的形狀，還有些是着色的。科學家相信克魯曼濃人曾經在歐洲稱霸萬年，此後便被亞洲侵入的四五支新種族打倒了。這些新種族相信就是現在歐洲人的前輩。

講到美洲新大陸，一般人類學家以爲那裏的人類，至多不過一萬五千年的歷史，也許祇有一萬年。赫力卡博士在亞拉斯加和西伯利亞地方探求的結果，使人們相信美洲印第安人和愛斯基摩(Eskimo)人，都是從亞洲取道柏林海峽(Bering Straits) 伯林海和孛立斯多海灣(Bristol Bay)而來的。在這條路線上，美亞兩洲中間的距離，不到五十哩，中間還有第奧米德島(Diomede Island)點綴着。赫力卡博士指證出亞洲人從這方面遷移至美洲一直繼續着，到幾百年以前方才終止。他說那印第安人並不以舟行爲苦，覺得和渡過一個大湖差不多。

第三十章

心 靈

放眼到心理學的境界裏，我們可以看出科學和哲學又在許多相互衝突的論爭裏碰頭了。在從前心理學是認為哲學的一派，可是到了現在，心理學是占着最新科學的位置了。但是要想解答『什麼是心靈？』這個問題，我們又遇着像解答『什麼是生命？』那問題一樣的繁難。對於心靈的本性與牠在宇宙裏的任務，聚訟紛紜，莫衷一是。一方面哲學家把世界上一切的真相，縮成一組心智的幻影，除了心靈以外，不承認任何事物的存在。這一類哲學要想從科學家裏面去尋贊助人，顯然是不可能的事。可是所有的科學家，也不一定都願意把『心靈』和『思想』從科學辭典裏連根拔去，而承認宇宙間祇有物質的存在。站在這兩端中間的，還有那些相信心靈和物質並存的騎牆派。這許多意見之所以那麼龐雜，固然因為這問題實在太繁複，而現在心理學之過於幼稚，也不能不算是一個理由。也許經過相當的時間，今日互相衝突的意見，將會在一種更完善的學說裏連合起來。

我們姑從生物家的立場來討論心靈的問題。生物家除了研究生存有機物體的構造和內部作用以外，還研究牠們的行爲。他的探求證明這兩者之間有密切關係存在，構造和作用愈複雜的，行爲也愈趨複雜。

原形質的一個特性，是能適合環境和反應刺激。便是一個小到祇含一個簡單細胞的變形蟲，也有種種的作爲，能行動，能吸取並消化食物，還能夠避免銳利的刺激。假如一個人用針尖刺牠一下，牠立刻會躲得

遠遠的。變形蟲和其他單細胞動物所能做出的動作很多，有的能被光吸引，有的見光就跑開，有的能被電池的正極吸引，有的則能被負極吸引，諸如此類，不及縷述。總而言之，有機物體對於環境總相適應，對於刺激也有反響。

最簡單的多細胞動物，例如海綿，是未分化細胞的堆積體。在這級，細胞雖然複雜，而活動的能力反而減縮了。海綿的細胞，並沒有單細胞變形蟲那樣的自由，所以海綿的生長是固定在一處，每一個細胞帶着牠單獨的生命。但是比較複雜的動物，並非祇是細胞的堆積體，牠們實在是各種程度的組織體。牠們的細胞都各有特殊的功能，分工而合作。那動作的程度，特別與一種『神經細胞』(nerve cells)的發展，有密切關係，換句話說，就是動物的『神經系』(nervous system)愈發達的，行爲也愈高越。

像海葵這一類的下等動物，祇有神經纖維的網狀構造，而沒有中樞組織。海葵有一個細小空心的莖狀身體，口腔周圍，繞着一圈鬚。假如受了接觸，那神經的網狀構造，能使全身反應這個刺激。其結果是觸鬚收進，中空處有水射出，同時牠把身體縮成可能的最小體積。

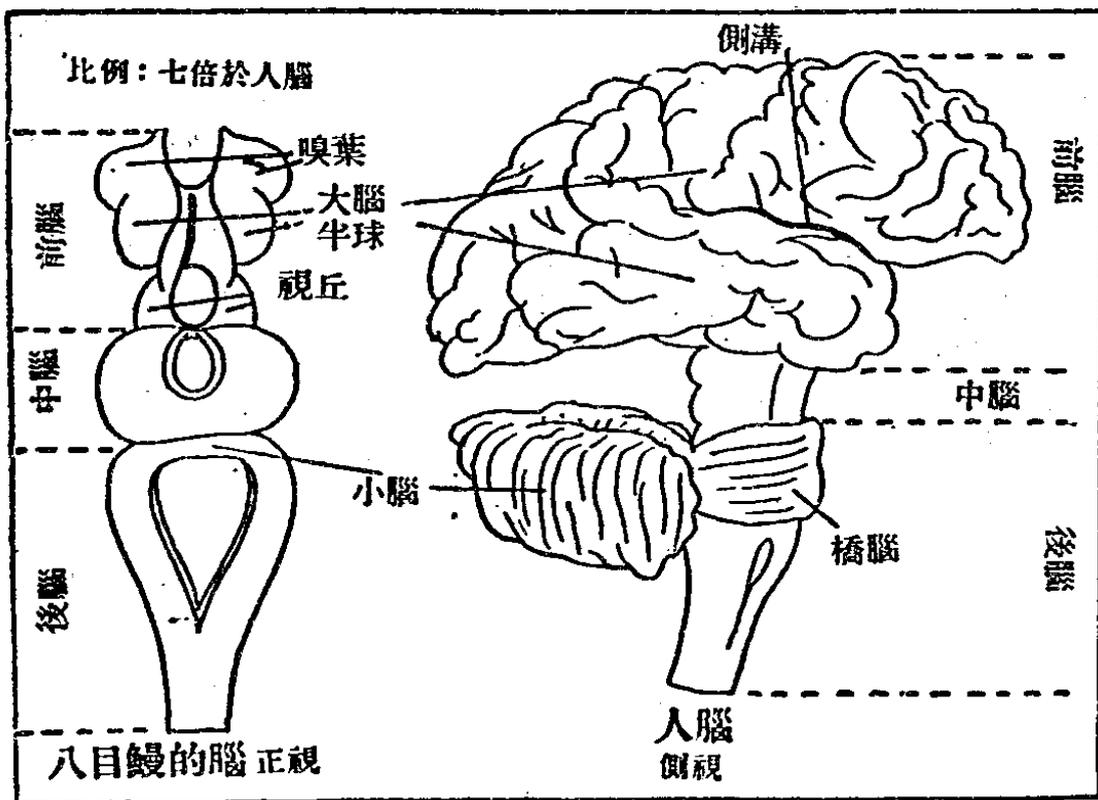
比海葵略爲進化一點的就有神經中樞了。以蚯蚓而言，牠有一條神經細胞所組成的神經幹線穿貫全身。沿着這幹線有許多『神經節』(ganglia)，由此分出細的神經，通到蚯蚓的內部器官和皮膚。講到腦的構造，則始見於昆蟲，牠們神經幹線的前端，有一個比較大形的神經節，分佈許多神經通到眼睛和頭的各部份。

脊椎動物連着人類而言，與其他動物的最大區別，就在腦子的發達完善。我們可以從最低的脊椎動物一直到人類，看出他們腦子的大

小和複雜，是循序而進的。

與人類相似的最簡單的一種腦子就是八目鰻(lamprey)的。八目鰻的腦子，祇有三個部份，前腦，中腦和後腦。前腦的兩邊，有小苞各二，第一對叫做『嗅葉』(olfactory lobes)，另一對叫做『大腦半球』(cerebral hemispheres)。

鯊魚的腦子，更見發達了。大腦半球較大，且所含神經細胞亦較多。在哺乳類中，動物愈上等，腦子的大小和繁複的程度也愈見進步。一直到人類，那大腦半球，在八目鰻前腦裏面不過是兩片小苞的，此時則係腦子最大部分了。



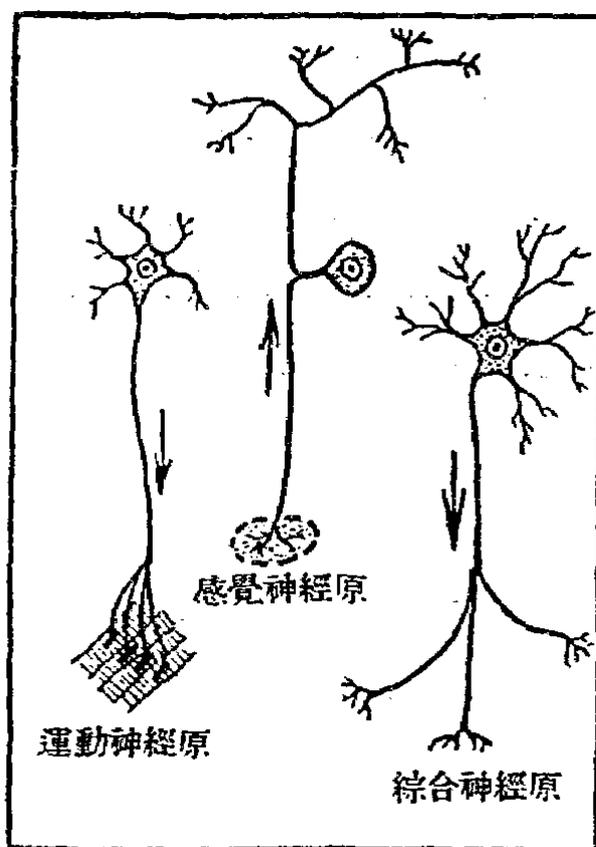
人腦與八目鰻腦的比較

腦子的進化，自低級動物一直到人類，固然可以順序去探究，那感覺器官的發展，又何獨不然呢？譬如說，海蜇有些點子是『色素細胞』

(pigmented cells)組成的。這細胞含着色素，對於光亮的感覺，比皮膚的其他細胞要靈敏些。從這種色素細胞的器官，發展到很完善的眼睛，就是慢慢逐漸進步的。比海蜇再進一點的有機物體，色素細胞則聚集在略形低陷的一處。再進步些，這低陷部分就有透明物體包裹着。進化到最後的階級，這些透明物體成了鏡片式，那極精細的眼組織出現了。

神經系

對於神經系沒有相當的認識而要想研究人類的行為，是不可能的。神經系是人體組織的樞紐，指揮並掌管一切的動作。牠有三個主要部份：『神經中樞』(central nervous system)，『感覺器官』(sensory apparatus)，和『運動神經』(motor nerves)。這感覺器官乃是『感



三種神經原

覺神經』(sensory nerves) 和感覺神經的『端末』(sensory nerve endings)組合而成的。

神經系是神經細胞或用專門名詞『神經原』(neurons)所組成。神經原是最特別的細胞,在人體裏面,恐怕要算是最複雜的了。神經原有三大類,相當於神經系的三大部份。最簡單的是『運動神經原』(motor neuron),包含一個極小的細胞體,從那裏分出來一組極細的纖維體叫做『樹狀突』(dendrites),與一根很長的絲叫做『軸索』(axone),軸索的徑度雖是小到無可比倫,但是長度却可達三呎。牠的尾部有無數的小支,連接着肌肉的細胞。第二種叫做『感覺神經原』(sensory neuron),有兩條長絲從細胞體伸展出來,一條相當於運動神經原裏的樹狀突,連接着感覺器官的細胞,另一條是軸索,末端往往分出許多小支來。第三種最複雜了,牠們叫『綜合神經原』(association neuron),包括一個細胞體,許多樹狀突,和一條有很多分支的軸索。

感覺神經原的功用是接受刺激,在耳目口鼻裏都有感覺神經的端末,其他的感覺神經通到皮膚裏,因而冷熱和壓力的感覺,可以發生。除此以外,還有些感覺神經其端末藏在身體內部的組織裏。感覺神經的端末,並不直接收受外界的刺激。拿眼睛來說,光線射在眼球的瞳孔上,並不是光波循着感覺神經走進去,乃是光波刺激那『眼網膜』(retina),把這個激動傳到神經裏去,其結果是一種神經激動傳進去了。講到神經激動的本性,現在還待繼續研究,牠是含着電性的,也帶着化學性,所以有時叫做『電化激動』(electro-chemical impulse)。感覺神經祇能把那激動順着一個方向傳達,經感覺纖維,再從軸索走出,並不能反過來行走的。

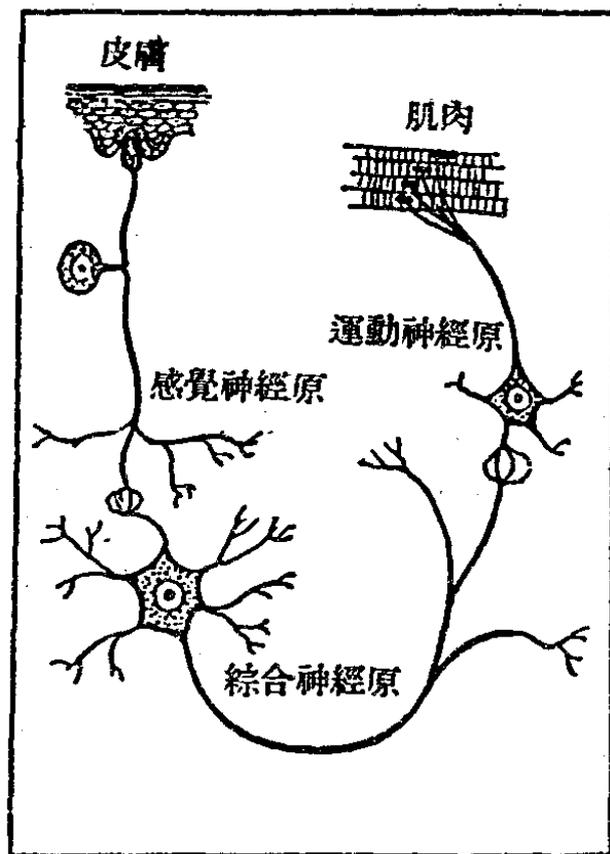
每一條感覺神經原軸索的支線與一條綜合細胞的樹狀突相接觸。這樣的接觸叫做『神經原聯絡』(synapse)。神經激動之所以能從感覺神經原傳到許多的綜合神經原，完全靠着這些神經原聯絡。這些綜合神經原的軸索又與其他的綜合細胞或運動神經原的樹狀突接觸着。我們不要忘了，運動神經原的軸索，有一頭是在肌肉組織裏面的。

現在我們可以了解一種簡單的行為，叫做『反射作用』(reflex actions)了。譬如說，你把手指接觸到燙的東西上面去，你的手會立刻縮回來的。熱的刺激給手指皮膚上感覺神經的末端一個警告，結果一流神經激動循着感覺神經原而行，經過神經原聯絡傳到綜合神經原，再經過許多神經原聯絡而到運動神經原，從那裏又達到牠們軸索終止的地方，就是那肌肉細胞。肌肉受了刺激以後，你的手指立刻退縮了。像這樣一流神經激動經過的路徑叫做『反射弧』(reflex arc)。

比這個複雜的無數其他動作，全仗着神經系的組織。神經中樞就好像電話總局一樣，替身體內好幾百萬感覺神經原和運動神經原來接綫。

神經中樞包括兩部份，就是頭蓋裏的腦子和一條從腦底經脊柱連下去的『脊髓』(spinal cord)。這兩樣全是柔軟而精細的神經原所組成。倖幸得很，牠們剛巧有頭蓋和脊骨保護着。

成年人的腦子，平均重約五十英兩(ounces)，婦女的要輕五英兩半光景，人腦最大的部分是前腦，重約四十四英兩，最重要的組織是兩個大腦半球。那八目鰻裏很顯著的嗅葉，到了人腦裏，却是埋在大腦下面不甚顯著的東西了。人的中腦無非是把前腦和後腦聯接在一起的東西。後腦有三大部份，『小腦』(cerebellum)『橋腦』(pons varolii)與『延髓』(medulla oblongata)。延髓是漸漸的降到脊髓裏面與牠相連。



一個簡單的反射

脊髓的形狀，近乎圓柱體，平均長十七吋，直徑四分之三吋。腦子和脊髓都包含着『灰色質』(grey matter)和『白色質』(white matter)。灰色質是神經細胞體和樹狀突所組成，有時候也有些軸索。大部分的軸索却被白色的脂肪皮包裹着，所以白色質是這些脂肪皮包着的軸索所組成。

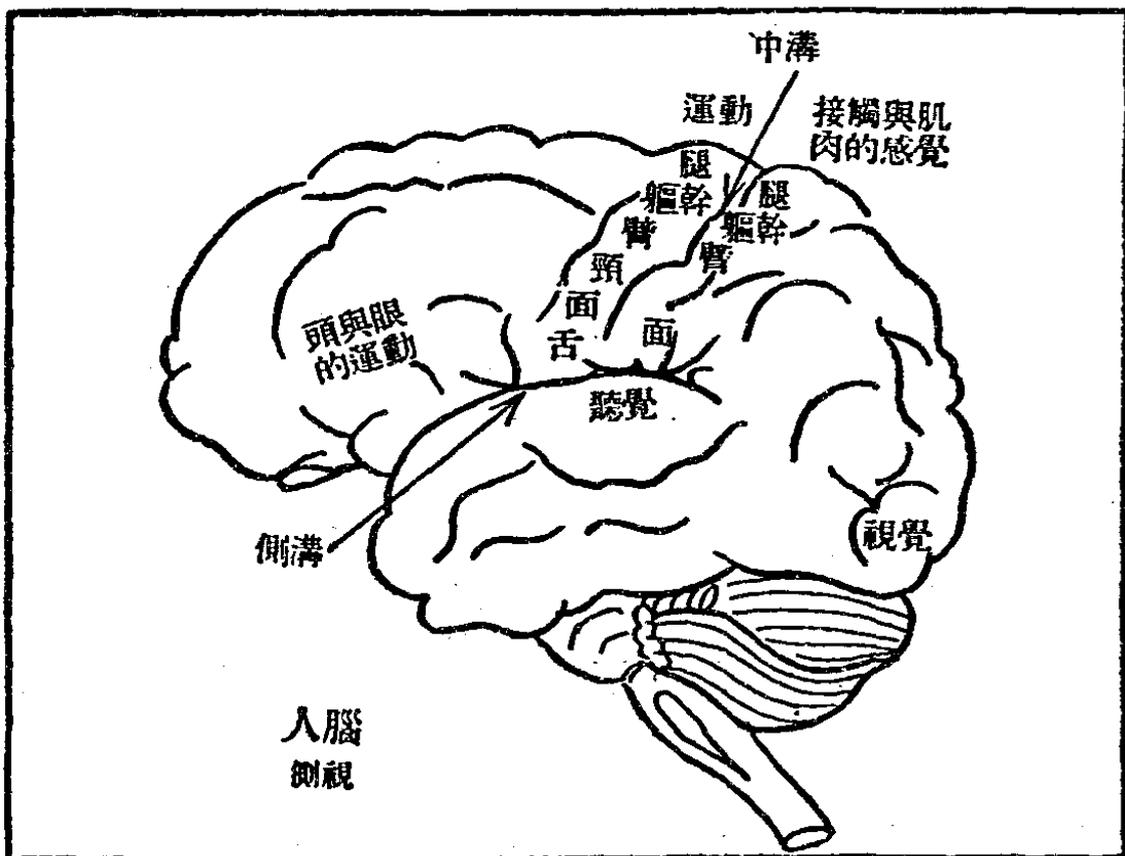
從神經中樞伸展出神經幹線四十三對，縱橫佈滿了全身，好像電話線一樣。十二對從腦底伸展叫做『腦神經』(cranial nerves)，其餘三十一對沿着脊髓的各處分佈，叫做『脊髓神經』(spinal nerves)。每條神經幹線是一束軸索，每條軸索被一層脂肪皮包裹着，與別條相絕緣。這些神經幹線再分成支線，通到身體的各部分。

在簡單的反射裏，像手指碰着熱物而縮回這一類的行爲，與腦子並

沒有什麼關係的。感覺神經原把神經激動傳到脊髓，在那裏綜合神經原立刻又把這個神經激動傳到運動神經原，便將所受的刺激告訴肌肉，因此發生緊縮而使手指退回。然而同時也有些刺激傳到腦子裏，使牠知道熱的感覺，倘或手指被燙壞了，使牠感覺着痛楚。

從腦子的研究，我們知道各樣的作用，在腦子裏都有其特殊的部分主持着。小腦專管運動與類似的行爲，牠把從感覺神經原得來的各種激動，如肌肉的感覺，平衡，接觸，視覺等類變成組合好了的運動刺激而使立；行，跑，跳等動作適得其當。這些動作，可以說是比反射作用更複雜了。例如一個嬰兒要學習如何把他的身體的重量放在腳上，如何行走，如何奔跑，以及如何運用手指等。

比較高深些的動作，由大腦半球的灰色質執掌。這種灰色質在半球的表面造一層皮質，叫做『腦膜』(cortex)。生理家會依照皮質的任務，而把牠分成區域。有的是感覺區，因為牠們接受從感覺官而來的激動。還有視覺區，假如這地方壞了，結果這人便成了瞽者，不管那眼睛和視神經有沒有毛病都是一樣的。管味覺，嗅覺，和聽覺的也都有專門區。此外還有那全身的感覺區。腦膜的另一部分，內有許多很大的『角椎細胞』(pyramidal cells)，叫做運動區，其中之一部管手的動作，另一部管腳的動作。不但如此，那裏還有幾處，專管讀書或說話的區。譬如在戰爭的時候，往往有人的腦經一部分受傷，結果他雖然並沒有喪失說話和了解言語的本領，却是不能讀書了。也有其他的傷兵，雖然還能夠讀書，却不能了解言語了。此外，還有其他的區域，專管感情，不過現在對於這種知識，還不完全罷了。



人腦各部分的功用

意 識

關於『意識』(Consciousness)這個問題,現在仍是辯論多端。有一派心理家專門研究行為學的,把『意識』和『心靈』『思想』這三種字樣從科學辭典裏連根拔除。他們想把一切人類的動作,都以『刺激反應』這句話來解釋。他們說思想就是『默語』(subvocal talking)。可是大多數的心理家和生理家都不願意接受這種太趨於極端的意見。他們雖然無法給牠一個定義,但是承認有意識的存在。

普通說起來,心理家把『外界』或物理世界與『內界』或意識世界還是分得很清楚的。在外界裏有音波,在意識世界裏有聲音。在外界裏有光波,在意識世界裏有色澤。身體裏的變化,如心跳的加速,腺分泌

作用的增量,和其他種種,是存在外界的,而像快樂,痛苦,憤怒,懼怕等的感情,都是存在意識世界裏的。

心理家和生理家對於『到底什麼是意識?』這個問題,都不能說出。有些著名學者,例如特羅耳蘭 (Troland), 以為意識是腦子裏的一種電磁狀態,當那具有電性的神經激動,傳入腦子裏的時候,這狀態便變更,結果意識也變更了。

心理學還有一派,說在心靈裏所看見的,不過是物理世界所有事物的反映,而認心靈為物理世界事物的副產品。牠是不斷的受着外界的影響,而不能發生影響到外界。這學說是極富於機械性的,牠把人看成一架機器。

可是大多數的心理家並不存這種觀念。他們相信心靈和思想都是真實的,有影響到人類行為的本能。

第三十一章

宇宙的一體

宇宙是一體的。管理原子裏那些小電子的基本定律，也控制着天河裏的羣星。現代的科學對於探究宇宙的組織，從渺小的電子到銀河裏的大星雲，可說是大告成功了。

這個勝利並不是驟然得到的。不知道經過了多少世紀，人類才得着這一點關於宇宙的奧妙！在以前，人以爲宇宙渾沌鴻濛，毫無規則，爲了要解釋牠的現象，他們把上天幻作神仙的居處，把山川林木裏安插些鬼怪妖魔，日月蝕的發生，彗星的出現，與夫雷電的轟閃，以爲都是這些神怪的活動。

科學漸漸的把那宇宙的真象顯露出來。在牠剛剛萌芽的時候，人類對於妖魔的迷信猶極盛行，古代車爾第研究天文的牧師，雖能預測日月蝕，仍不脫迷信。科學的大進，還是始於希臘人，他們觀察天空與生物，探究物質的本性。在中古時期進步似乎慢些了，可是到了一五四三年，又勃然而興，推動更速。在那年，有兩本書出版，把古代的觀念完全推翻。這些話我們在上面早已說過，波蘭僧人哥白尼著作天空球體的旋轉，他說地球與其他行星圍繞着太陽旋動。比利時的外科醫生，凡賽留斯，從直接的觀察，建築了人體解剖的基礎，發表了一部人體的構造，使現代生物學得以展開。

十七世紀是科學知識大進的時期。在前十年內加里尼用他的小望遠鏡窺察天空，同時刻白爾計算那行星運動的定律，最後的十年牛頓

發明萬有引力的定律。現在讓我們回憶到這世紀裏最緊要的幾個日期。在一六〇九年，加里尼製造他的小望遠鏡，一年之內發見了月亮裏的山脈，金星的週期和木星的四個衛星。倫敦的哈菲在一六二八年闡明血液的循環。波義耳，皇家學會發起人之一，於一六六一年發表懷疑的化學家，建立現代化學的基礎。一六七七年，皇家學會證實了劉文荷所發見的細菌，那位劉文荷，是荷蘭的管倉人，生平最感興趣的就是製造顯微鏡。最後在一六八七年，牛頓發表他的偉著格物原理。

在十八世紀裏，天文學，物理學和化學也大有進步。兌維（Humphry Davy）伏打（Alessandro Volta）和富蘭克林（Benjamin Franklin），還有其他實驗家，研究電的現象，有極顯著的成效。一七七四年，浦里斯萊發現氧，使那後來被法國革命軍斬首的拉福西耳，將燃燒的理由解釋明白。一七八一年，侯失勒，一位音樂家和業餘天文家，發現了天王星。從那年起，古人知道的行星數目第一次增多了。一七九五年，蘇格蘭人胡頓發表他的關於地球的學說，附考證及圖表，建立現代地質學的基本原則。他說地球已往的歷史，一定要用現在仍然工作的力去解釋，創設這個原則，胡頓遂享現代地質學始祖之名。

十九世紀的開始，就有達爾頓的現代原子學說出來。達爾頓是英國曼徹斯特的一個校長，在一八〇八年發表他的化學哲學的新體系。在一八一四年，慕尼黑的一位鏡片製造家，法郎霍伐，發現太陽景的暗線，為分光學和天文物理學奠定新基。不但如此，無論那一種科學都有重要的進展。有許多學者，如厄爾斯塔得（Oersted），安培，（Ampere），法拉第和歐姆（Ohm）建設了近代電力工程的基礎。到了這世紀的中葉，海王星被人發見了，巴士德的工作開始，為後世細菌

學奠基，並有達爾文發表種原論。一八七三年，著名的英國數學家，馬克士威，發表他那『光的電磁學說』。

一八九五年，十九世紀快要過完了，物理家方深自慶幸，以為他們已完全了解整個的物理世界了，那裏知道倫琴又發現了X射線。歷時未久，鈾的放射性，鐳的存在，與原子的電子構造更相繼被人探究出來。這些發明使二十世紀的物理學得到了量子論，相對論和波動力學。二十世紀的科學進展，可以說比以前任何世紀都要快。許多從有史以來就困惑人類的問題，到這時候都已經如水晶一般的透明了。

從電子到銀河

現代科學所描摹的宇宙圖形，讓我們在這裏來總括一下。第一樣使我們注意的，是宇宙的大部分全是空間。我們的銀河與其他的外銀河，散佈在空間一如小島，相隔得遠極了，便是我們銀河裏面的羣星，彼此也是相隔着好幾萬萬萬哩。太陽與距牠最近的一顆星，中間的距離是25,000,000,000,000哩。我們太陽系所包含的空間，與所包含的物質相較，大到無以比倫。最後物理家還告訴我們，物質的大部分也包含空間。物質的原子是質子和電子所組成的，物理家說原子裏空間與質子電子的比例，較之太陽系裏空間與行星的比例還要大一萬倍！

第二樣使我們注意的，是宇宙是一個活動的，是一個瞬息萬變無時或休的。在這裏，『能』是一個重要的角色，事實上現在已經有一種趨勢，把物理的宇宙祇看做能的表現。研究波動力學的人，大都把原子和電子都看做能的集中。現代的宇宙原始論就是基於那觀念說太陽和羣星中間的能，完全是那本體內物質所變成。假如我們將物質當做一種能，那

末這一點更容易了解，因為有了這個假設，我們便可以說許多星裏物質的消滅，不過是能的一種流動，從比較集中的形狀向着比較不集中的形狀而已。

根據珍斯的學說，我們可以想像宇宙的肇始是一大團氣體的星雲，稀薄到不能想像的程度，也許每二三立碼以內祇含有一個原子。這大星雲的任何激動——自然我們無法創議這激動的原因是什麼——可以使雲裏發生凝結。珍斯說這種凝結的結果，將雲裏引力的平衡狀態全行推翻，於是牠們繼續長大，一直等到這雲紛紛破裂成了許多大球而後已。這些球體的大小，與現在天空中的烏銀河約略相等。

珍斯說所有宇宙的觀察，都指明在當初有一個或一組『創造』的確定步驟。第一步是原始雲的創造，第二步是發生一種激動，足以攪亂引力平衡而使牠凝結成銀河。

假如我們以為物質的電子和質子是能的集中，那末在空間波長很短的能的鬆懈，就可凝成質子和電子，而構成宇宙雲的原子。珍斯說『如果我們要將這樣的創造特加解釋，我們可以設想上帝的手指是撥動了那以太。』

因為要了解宇宙最後的命運，我們還要從能的考慮着手。恆星與我們的太陽正將能大量的射出來，有人估計我們的太陽裏面的物質因為變成能，每秒鐘要丟去四百二十萬噸。根據羅素的計算，假使牠仍照這種速率繼續不斷的輻射，再過十五萬萬萬年以後，恐怕要歸於消滅了。有些天文家斷定牠不會永遠照這樣的速度輻射下去，然而珍斯與其他的著名學者以為這是宇宙殘餘壽命的一個合理數字。

根據熱力學的第一條定律，就是能不消滅的定律，宇宙裏能的總量

不能夠變更，能是沒法子毀滅的。但是根據熱力學的第二條定律，能有在宇宙裏消散的趨勢。就像水在地面上沿着山坡流下去一樣，能也可以到處橫流，從有用化成無用的形式。在星體裏能是在極短的波長狀態，一種最集中的能的狀態。牠從星體輻射出來，大部分成較長的波長，如紫外線，看得見的普通光線和紅外線。當日光的能被地球表面吸收以後，牠又輻射出來，變成更長的熱波。能是永遠從短波變到長波的，或者用量子的觀點來解說，牠是從含着高能的少數量子變到含着低能的多數量子。能是繼續不斷着分裂而成愈變愈小的量子。珍斯把原來的大量子和嬰兒謎語中的卵(Humpty-Dumty)相比，這不幸的故事就是動力學第二條定律的故事，量子一經破碎以後，永不能再行團合了。

照這樣看來，宇宙就好像一架鐘，漸漸的慢下來，或者像一團火，漸漸的把自己燒完。將來總有一天，祇剩渺茫的空間，飄浮着許多恆星燒剩的殘渣，和少許像我們地球似的行星凝凍成的碎屑，而宇宙的能，在無可應用的狀態中，便散在空間，這就是曾經盛極一時的所謂宇宙的游魂！

但是這樣悲觀的想像，有些科學家並不隨聲附和。譬如說，照密利根的觀察，從外空間射到地球上的極短的宇宙線，便是在宇宙的某處，將能凝聚成物質的表證。這些波如此之短，他以為別無他種現象，可以用來解釋牠們的來源。所以根據密利根這個意見，宇宙是循環的，牠並不消沈下去，因為正當恆星把牠們的物質變成能的當兒，在宇宙的遠方，能又回復為物質了。

第三件使我們注意的事，是生命顯然的稀少。我們知道，所有的恆星都太熱了，生物絕對不能在上面存在。祇有像地球般小的行星，才適

於牠們的生存。根據張伯崙和莫爾頓的學說，地球與其他行星，都是受路過的恆星的吸引而從太陽裏拋出來的。莫爾頓計算，在歷史上銀河中的恆星，大約每一百萬個中祇有一個經過這樣的劇變。意思就是說，在四百萬萬個的恆星中，約有四萬個行星系。許多著名學者以為除了太陽系以外，必定還有這樣的行星系，上面有生物存在，似乎是合理的。但是愛丁頓叫我們慎重考慮，他說造物的方法永遠是那樣不可捉摸，也許四百萬萬個恆星裏面，祇靠一個地球來點綴呢！

再說我們的太陽系，恐怕也祇有鄰近地球的金星和火星，有生物存在的可能性。水星離太陽太近，當然太熱，木星與其他行星離得過遠，所以又太冷了，

珍斯以為物質宇宙的最高壽命是二百萬萬萬年。他將宇宙中能的容量加以研究，斷定宇宙雲創造的時候，距離現在的年數，不過如此。太陽和恆星的研究指出牠們的年壽，大約是十至十五萬萬萬年。天文家相信牠們從球狀星雲的產生，就在這麼長的時間以內。

我們的太陽系比較起來簡直是幼稚極了。天文家估計地球與其他行星是在二十萬萬年以前，因為太陽發生災變而產生的。地質家相信前十萬萬年以內，地球上是有生物的。在距今十萬萬年前，不知道因了什麼，發現生物了。也許最初那個小到極點的原形質，是靠近海邊由潮汐漲成的池沼裏面，有了膠質物，因常受日光而造成的。這十萬萬年來，進化無已，最後到了距今二萬五千年的以前，正當冰期告盡的時候，萬物之靈真正的人方才出現。

講到這裏，人類的將來這個問題，又擺在我們面前了。物質的演進是不是繼續進行着呢？赫力卡相信現在的人仍然有物質的演進，他相

信人的頭部慢慢的會略變闊大，眼睛慢慢的更爲深陷，容貌愈見端正而且清秀，頭蓋和頰骨漸次單薄。他還以爲腿有漸長臂有漸短的趨勢。除此以外，他和許多著名學者一樣，希望將來人類的智能還要增高。

根據天文家的計算，我們的太陽還有幾萬萬萬年的壽命，當然地球也在這個年限之中。人類到現在還祇二萬五千年，希望將來繼續進步，前途正是無可限量呢！

科學精神

科學在現代人的手裏，已經證明是了不得的利器了。牠供給輪船和鐵路，電報和電話，電燈和各種電機。他們用潛水艇在海裏行走，用飛機奔馳天空，橫渡大西洋，或到南北極。他們還用齊伯林飛船環航全球。無線電把他的聲音傳過大陸和海洋，與光線走得一樣快。這些都是科學知識的實際應用。但牠們固然能爲人類增加幸福，可是也使人類多些災難。製造香水和染料的工廠，轉瞬間就可以變成一個毒氣製造所。飛機和潛水艇可以用做傷害毀壞的利器。假如科學祇有實用的價值，那末牠也有把人類毀滅的可能。

但是科學還帶着一種控制自己的精神，因有這種精神，人類才有希望。科學家以爲能真正了解那自然和宇宙，才是他們最高的目標，至於實際的應用，不過是副業罷了。加里尼當沉思運動定律的時候，心中祇有如何能明瞭那大自然的工作，他並沒有想到引擎和機器。馬克士威當研究光線性質的時候，又何嘗夢見那無線電呢？這不是說，科學不應注重實用，牠是很注重的。可是，真正科學家的動機，應該要比但求生活舒適更上一層，他還應重視生命而使之豐華。所以科學的精神，第一

是渴望求知，探究真理，了解宇宙。

其次，科學的精神是勇敢。科學家是不爲陳言讕語所拘束的。多祿某的學說雖然深入人心，流傳了好幾世紀，可是哥白尼敢不顧一切的把他拋棄。凡賽留斯能與蓋冷的解剖學挑戰，並不把蓋冷學說是從羅馬時代就已著名的這一點放在心上。科學家也不因牛頓的格物原理很新而驚恐，也不因馬克士威那種革命式的光的電磁學說而躲避。便是二十世紀的科學家，也不因蒲郎克，羅斯福忒，斯魯丁其和愛因斯坦的學說新奇，而不予接受。他們對於各種新發明，都是竭誠的歡迎。

第三，科學的精神是忍耐。科學家知道真理是不能挾持的。他們看出科學的進步，是經過多少年，費了多少國家人士的心血，才有現在這樣的結果。每一種科學的進展都帶着國際性：哥白尼是波蘭人，第谷是丹麥人，刻白爾是德國人，加里尼是意大利人，牛頓是英國人。到了現在還是這樣情形，證實德國愛因斯坦學說的人，多是英美兩國的科學家。

科學家還能容納別人的意見。知道自已的意思必須常常隨着新的發見來改變，他們決不會忽略他人的主張。他們認識人類所知道的實在很少，需要研究的還很多。就是這種認識，使他們忍耐了。

最後，科學家是懷着人道主義的，他是爲人類的將來着想的。平常人都以爲科學家把自己關在實驗室裏，與隱士高蹈無異，這個觀念是錯誤的。像這一類的人固然也有，可是他們不能代表科學界。

我們不妨讓今日科學權威愛因斯坦來說明科學家對於生活要素的興趣。一九三一年二月，當他在派沙登納 (Pasadena) 的時候，他對加省理工學院 (California Institute of Technology) 的學生說：

『爲什麼那使生活簡易，使工作輕鬆的應用科學，所賜與我們的快樂，仍是那樣少呢？』他說最簡單的答案便是『因爲我們到現在還不懂如何來利用牠。』

他又說：『你們不要以爲能了解應用科學，使你們的工作可以增加人類的幸福，便心滿意足了。真正爲理工的努力，是應從人類本身與他的前途着想的。在你們繪圖和演算方程式的時候，不要忘記了這個真言。』

科學家試一回顧，看盡了宇宙十萬萬萬年以來的滄桑。他看到二十萬萬年以前，地球因太陽劇變而產生，他看到十萬萬年以前，生物從極小的細胞肇始。他還看到牠們這許多年數的演進，由海綿而海洋裏的動物，而魚類，而兩棲類，而爬蟲類，而哺乳類。他看到主宰地球的人類，出生不過二萬五千年。他還從人類的事業，看到那知識的翅膀使他們逐漸抬高。進步可是慢的，有時因恐懼，迷信，自私和貪婪而踟躕不前，更有時因戰爭，劫奪，自相殘殺而幾於停進。但是戰爭告終以後，進步又隨着開始了。

科學家感到科學知識是怎樣的幼稚。屈指計算，哥白尼和凡賽留斯距今還不到五百年，伽利尼最初用小望遠鏡瞭望天空，也還不到四百年以前的事。現代的原子學說，祇有不到一百五十年的歷史。X射線的發明，鐳與電子的研究，歲數且小於五十年。誠如數理哲學家羅素說：『我們所能了解的原是很少，可是奇怪的是我們知道的竟已有這麼多，更奇怪的是僅僅這麼一點知識已能給我們這麼大的權威。』

科學家既然知道他的知識的微細，和這微細的知識所給他的功用的偉大，故有勇氣對付將來了。他從羣星的研究，知道地球的壽命大約

有十萬萬萬年。在那上面棲息的人類，來日正長，理解宇宙的知識愈來愈大，而節制自然和他自己的能力也將愈來愈高。古代聖經中讚美詩歌的作者站在星光的下面說道：

『當我尊敬你老天，重視你手創的月和星之時，我就懷疑到什麼是你那麼關懷的人？以及你使他降臨的子孫？』

但是這讚美詩歌的作者，也知道人類的偉大，像他知道宇宙的一樣，因為他又說道：

『你使他祇比天使低一級，冠之以榮譽與光輝，你使他統治你的的作品，你已經將所有的東西，全放在他的腳底下了。』

科學家以信任和勇敢的態度，看到那人類的將來，終有實現那最美滿的一天！

附 錄

第一表 行星

名 稱	平均直徑 以 英 里 計	平均距離 以百萬英里計	圍繞太陽旋轉一 週所需的時間	在軌道上每秒鐘 行走的英里數	繞軸旋轉一週 所需的時間
水 星	3,100	36.95	88 日	24至36	88 日
金 星	7,700	67.17	225 日	22	數日 (?)
地 球	7,920	92.9	365.25 日	18.5	23時56分4秒
火 星	4,215	141.5	687 日	15	24時37分 22 ¹ / ₂ 秒
木 星	86,720	483.2	11.86 年	8.1	{ 9時50分 至9時56分
土 星	71,500	885.9	29.46 年	6	{ 10時14分 至10時38分
天 王 星	32,400	1782.3	84.01 年	4.2	10時45分
海 王 星	31,000	2792.7	104.78 年	3.4	15時 (?)
冥 王 星	4,000 (?) 至8,000 (?)	3700	?	?	?

第二表 一等星

表內所列的星共有二十二顆，普通叫做一等星，都比尋常可以看見的星（等級1.6）耀目，等級大於一者為〇等星，更明亮者為負一等星，所以這些通常叫做一等星的，實際可以分為三個等級。

	名 稱	星 座	等 級
1	Sirius	大犬(Canis Major)	-1.58
2	Canopus	天舟(Carina)	-0.86
2	Alpha Centauri	半人馬(Centaurus)	0.06
4	Vega	天琴(Lyra)	0.14
5	Capella	御夫(Auriga)	0.21
6	Arcturus	牧夫(Bootes)	0.24
7	Rigel	獵戶(Orion)	0.34
8	Procyon	小犬(Canis Minor)	0.48
9	Achernar	波江(Eridanus)	0.60
10	Beta Centauri	半人馬(Centaurus)	0.86
11	Altair	天鷹(Aquila)	0.89
12	Betelgeuse	獵戶(Orion)	0.92
13	Alpha Crucis	南十字(Crux)	1.05
14	Aldebaran	金牛(Taurus)	1.06
15	Pollux	雙子(Gemini)	1.21
16	Spica	室女(Virgo)	1.21
17	Antares	天蠍(Scorpio)	1.22
18	Fomalhaut	南魚(Piscis Australis)	1.29
19	Deneb	天鵝(Cygnus)	1.33
20	Regulus	天獅(Leo)	1.34
21	Beta Crucis	南十字(Crux)	1.50
22	Castor	雙子(Gemini)	1.58

第三表 地質年表

代	年限 (以一百萬年為單位)	地質時代百分數	紀	主要生物
太 元	300	30		極小生物
	250	25		
古 生	300	30	武陶	脊椎動物
			留盆	魚類
			西塞	兩棲類
			密潘	
			三疊	
			三侏	
中 生	110	11	白始	爬蟲類
			漸新	
			中新	
			鮮新	
近 生	40	4	更新	哺乳類
			新新	
			新新	

第四表 化學原素

原子序	名稱	化學符號	原子量
1	氫(Hydrogen)	H	1.008
2	氦(Helium)	He	4.00
3	鋰(Lithium)	Li	6.940
4	鈹(Beryllium)	Be	9.02
5	硼(Boron)	B	10.82
6	碳(Carbon)	C	12.000
7	氮(Nitrogen)	N	14.008
8	氧(Oxygen)	O	16.000
9	氟(Fluorine)	Fl	19.00
10	氖(Neon)	Ne	20.2
11	鈉(Sodium)	Na	22.997
12	鎂(Magnesium)	Mg	24.32
13	鋁(Aluminum)	Al	26.97
14	矽(Silicon)	Si	28.03
15	磷(Phosphorus)	P	31.027
16	硫(Sulphur)	S	32.064
17	氯(Chlorine)	Cl	35.457
18	氬(Argon)	A	39.91
19	鉀(Potassium)	K	39.096
20	鈣(Calcium)	Ca	40.07
21	鈦(Scandium)	Sc	45.10
22	鈦(Titanium)	Ti	48.1
23	釩(Vanadium)	V	50.96
24	鉻(Chromium)	Cr	52.01
25	錳(Manganese)	Mn	54.93
26	鐵(Iron)	Fe	55.84

第四表 續前

原子序	名稱	化學符號	原子量
27	鈷(Cobalt)	Co	58.94
28	鎳(Nickel)	Ni	58.69
29	銅(Copper)	Cu	63.57
30	鋅(Zinc)	Zn	65.38
31	鎳(Gallium)	Ga	69.72
32	銻(Germanium)	Ge	72.60
33	砷(Arsenic)	As	74.96
34	硒(Selenium)	Se	79.2
35	溴(Bromine)	Br	79.916
36	氬(Krypton)	Kr	82.9
37	銣(Rubidium)	Rb	85.44
38	銣(Strontium)	Sr	87.63
39	鈾(Yttrium)	Y	88.9
40	鈷(Zirconium)	Zr	91.0
41	鈷(Columbium)	Cb	93.1
42	鎢(Molybdenum)	Mo	96.0
43	鐳(Masurium)	Ma	?
44	鈳(Ruthenium)	Ru	101.7
45	銑(Rhodium)	Rh	102.91
46	鈳(Palladium)	Pd	106.7
47	銀(Silver)	Ag	107.880
48	鎘(Cadmium)	Cd	112.41
49	銻(Indium)	In	114.8
50	錫(Tin)	Sn	118.70
51	銻(Antimony)	Sb	121.77
52	碲(Tellurium)	Te	127.5

第四表 續前

原子序	名稱	化學符號	原子量
53	碘(Iodine)	I	126.932
54	氙(Xenon)	Xe	130.2
55	銫(Caesium)	Cs	132.81
56	鋇(Barium)	Ba	137.37
57	鏷(Lanthanum)	La	138.90
58	鈰(Cerium)	Ce	140.25
59	鐳(Praseodymium)	Pr	140.92
60	釷(Neodymium)	Nd	144.27
61	釷(Thulium)	Tm	146.(?)
62	釷(Samarium)	Sm	150.43
63	銻(Europium)	Eu	152.0
64	釷(Gadolinium)	Gd	157.26
65	釷(Terbium)	Tb	159.2
66	釷(Dysprosium)	Dy	162.52
67	釷(Holmium)	Ho	163.4
68	釷(Erbium)	Er	167.7
69	釷(Thulium)	Tm	169.4
70	釷(Ytterbium)	Yb	173.6
71	釷(Lutecium)	Lu	175.0
72	釷(Hafnium)	Hf	178.6
73	釷(Tantalum)	Ta	181.5
74	釷(Tungsten)	W	184.0
75	釷(Rhenium)	Re	?
76	釷(Osmium)	Os	190.8
77	釷(Iridium)	Ir	193.1
78	釷(Platinum)	Pt	195.23

第四表 續前

原 子 數	名 稱	化 學 符 號	原 子 量
79	金(Gold)	Au	197.2
80	汞(Mercury)	Hg	200.61
81	鉍(Thallium)	Tl	204.39
82	鉛(Lead)	Pb	207.20
83	鉍(Bismuth)	Bi	209.00
84	釷(Polonium)	Po	210
85	?		
86	氣(Radon)	Rn	222.0
87	?		
88	鐳(Radium)	Ra	226.95
89	錒(Actinium)	Ac	228
90	釷(Thorium)	Th	232.15
91	錒(Protoactinium)	Pa	234.2
92	鈾(Uranium)	U	238.17

第 五 表 古 人

紀	期	文 化	人
鮮新紀			爪 哇 人 Pithecanthropus
更 新 紀	第一冰期		
	第一冰間期	Eoliths (?)	海得爾堡人 Heidelberg
	第二冰期		
	第二冰間期	Eoliths (?)	
	第三冰期		畢爾洞人 Piltdown
	第三冰間期	Chellean Acheulian	
	第四冰間	Mousterian	內安得塔爾人 Neanderthal
近 代	冰 後 期	Aurignacian Solutrean Magdalenian Azilian	克魯曼濃人 Cro-Magnon 蓋利馬第人 Grimaldi

科學的故事

中華民國二十六年七月出版

中華民國二十八年十月再版

毛於越 科學的故事 一冊

譯 ● 實價五元七角 ●

中國科學

公司發行

【版權所有·翻印必究】

30年6月1日訂

版權所有 翻印必究

著者 David Dietz

譯者 茅 於 越

發行人 楊 孝 述

發行所 中國科學圖書儀器公司

上海福州路649號

印刷所 中國科學圖書儀器公司

上海福州路649號

