

開明青年叢書

任何人之學科

克拉克 著
顧均正 譯

開明書店



特種資料室

不外借

500
168
限閱

任何人之科學

(原著名之傳奇)

著克拉克
譯正均顧



圖書館移交

開明書店

另櫥保管

開明書店

交書刊

國立政治大學圖書館典藏
由國家圖書館數位化

090333



學科之人何任

(The Romance of Reality)

版初月四年五十三國民

版一特月七年七十三國民

角二元二幣國價定冊每

印 發 翻 著
刷 行 譯 作
者 者 者 者

關 上 顧 B. L. Clarke
明 海 均 正
書 福 均 正
店 州 均 正
代 明 書 店
表 明 書 店
人 人 人 人
范 范 范 范
洗 洗 洗 洗
人 人 人 人

印翻准不■權作著有

原序

這不是一冊科學的「大綱」或「故事」，因為「大綱」和「故事」都含蘊着完整周詳毫無遺漏的意思，對於這樣的要求，本書是不能滿足的。

由於科學涉及物質，而物質往往是非美感的，所以在以美麗、勻整、傳奇為真正價值標準的一般人，對於科學這名稱是不大有好感的。他們的假說似乎是這樣：像科學這樣一個產生肥料廠、煤氣廠，製造砲彈、毒氣、藥品的活動部門，若要排起高下的位次來一定要落在產生藝術文學與音樂部門的下首。「物質主義者」完全是一個譏刺的名稱，而科學更被假定為一種極端冷酷和枯燥的事情。

作者個人覺得這個假說根本是靠不住的。他以為科學的方法、態度、精神，甚至主題，都富有美與勻整的特性，而由科學所展示的宇宙本質的圖畫，由於其莊嚴的品性與技術的神妙，實應位於譏刺他的最佳的藝術傑作之上。下文就描述了這些傑作的最偉大之點的輪廓。文中雖時有瑣屑之描寫，但其重點，則恆在其整體而不在其雜碎部分。作

者不以爲要達到這個目的，應在此輪廓中加以多量的論辯材料，如果現實的傳奇並不在字裏行間自然出現，那末負這責任的就在這藝術家而不在模特兒了。

作者竭誠地感謝斯洛孫博士(Dr. E. E. Siesson)，在本書初着手時曾經得到他的鼓勵和提示，還有斯丹福大學(Stanford University)的佩金教授(Prof. L. B. Bechins)，本書中有若干章曾經蒙他的審閱。尤應特別誌謝的是本書中關於相對論的材料大多取自斯洛孫博士的小書「愛因斯坦簡易讀本」(Essay Lesson in Einstein)。

Beverly L. Clarke

一九二七年在紐約。

目錄

- 一 現實之傳奇……………一
- 二 花園中的夢想者……………六
- 三 宇宙的磚石……………一七
- 四 宇宙的磚石的解剖……………三二
- 五 能及其變化……………四五
- 六 熱及原子的跳舞……………六三
- 七 以聲消聲……………七五
- 八 不可見的光……………八六
- 九 能的原子……………九九
- 十 電及質能之如何一致……………一〇四
- 十一 交流電與無線電……………一一六
- 十二 「日近長安遠？」……………一二六

- 十三 開天闢地……………一三七
- 十四 綠葉中的化學工廠……………一四四
- 十五 適者生存……………一五六
- 十六 機關鎗元素——鏷……………一六八
- 十七 相對性及時空之奇蹟……………一八一
- 十八 結論——知也無涯？……………一九九

一 現實之傳奇

哈姆雷特有云：

人間空幻意蕭然，寂寞何如荒外天，
莠草龍茸偏結子，任他獨占一春妍。

這位孤獨的丹麥王子的不朽詩句，其暗示之力至爲廣大，在我們的文化中已經深深地潛伏着種種的計劃與方法，使我們暫時忘記這個單調的世界，而神遊於虛無縹緲之鄉。不錯，人生在大多數人真是一個重累，是宇宙機構與社會習慣的一種奴隸。你看，堅強的重力把我們牢鎖在地球面上，複雜的社會制度用別人的事情來把我們團團束縛；而驅遣我們作各種活動的倒往往是吃飯問題而不是良心問題。

結果，我們似乎只好時時逃避現實。由此我們興起了我們的劇場與電影院，發展了我們的長短篇小說——凡此一切都在使我們暫時解脫人生的極桎。聰明人勸告年青作家說，如果他們要去迎合美國讀者的心理，就得寫些關於歐洲皇室的故事。美國商人喜歡

讀威爾斯王子的佚事，因為這位王子對於他就代表了非現實，所以更覺迷離恍惚，值得戀想。羅馬尼亞皇后曾經說過，她到美國去的非現實目的之一，是在知道些美國普通家庭中的家常瑣事，這對於她也是非現實。

在美國以寫西部武俠小說著名的作家中，有一個甚至從不會到過匹茲堡以西，從不會見過一個牧童(Cowboy)。他的境况很好，時常到歐洲去旅行，卻從不敢到西部去，因為這要使西部對於他成爲現實，而他將來的著作將要失去其動人的異方情調之故。

這種逃避現實的強烈欲求，實爲人類行爲中好奇立異的根源。衣服，特別是女子的衣服，其設計的目的，都在使我們不像我們。一個人稍加思索，即知自己是一個由醜陋的骨骼與粗俗的內部器官所構成的奇形怪狀的東西，外面鬆鬆地被包着一層皺皺的皮膚，而在這頂上裝着那個所謂頭顱的古怪器官；這赤裸裸的事實，使他吃驚——於是應用庭園藝術於他的頭髮，鬚鬚，或竟反抗自然，而把牠們完全剃去，並且自頸部以下都用衣服遮掩起來，使一個不能從其他方面得到真相的觀察者，對於人類的形體與構造得到一個完全錯誤的觀念。然而我們必須注意，世界上絕對沒有這樣一個觀察者。也就是誰也不會上當，至少是人類自己。

這在太太們就更爲明顯，她們比男子更不願把自己真真的色相顯示於人或讓任何人知道。奇怪的是她們的偽裝卻自頸部向上，一反男子的風尚。現代的丈夫都准許並且大都更鼓勵他們的妻子隨意取用化妝品。他們十分明白，自然決不會像街頭的美容室一般，把嘴唇塗得那樣紅，把皮膚搽得那樣白，或是把頭髮燙得那樣曲；但是他們在晨餐時，已經看見過大自然的得意傑作，所以一切的疑團都可煙消雲散。

然而偽裝也不能做得過分。其所引起的錯覺必須不着矯揉造作的痕跡。一般高雅人士，倒並不以應用化妝品爲病，卻以應用得不熟練爲病。丈夫說，「用不用隨你喜歡，不過要裝得同實在的一樣。」妙就妙在這里：必須同實在一樣。雖然誰都知道這是人爲的，卻必須要像實在。太太自以爲十分漂亮，丈夫瞞眼望着，也頗爲得意，然而他在朱欒樹下曾經看見過她的本來面目，而她在鏡子中也曾經看見過她自己的真相，他們大家明白，實際上全不是那麼一回事。

爲什麼我們大家都想盡種種方法來逃避現實，而不願意面對冷酷的事實呢？這個答案的祕鑰就在「冷酷的事實」——即物質世界的俗稱——這名稱之中。普通差不多僅憑直覺和本能想來，以爲事實天生是「冷酷的」。所謂冷酷就是缺少所謂「傳奇」的那種

明快性質；牠們堅貞不變，像鋼鐵一樣，而我們所需要的卻是能刺激意識，鼓舞心靈的東西，像一朵新開的玫瑰或一篇精美的文藝。

假使事實是冷酷的，而事實所代表的是現實的材料，那末現實就該是冷酷的，毫無趣味的，這樣說來，本書的名稱——現實的傳奇——不就自承是一個矛盾嗎？可是作者卻並不這樣想，這就是作者寫這本書的原因。作者相信愈把一事實與其他諸事實隔離了來着想，就愈見冷酷；反之愈把多種事實不作個別着想，而把牠們認為是科學大細工上的一簇，就愈見溫暖。構成大教堂的一磚一瓦，僅能引起但求溫飽的工人們的興趣，而教堂的本身，由於其莊嚴的美，卻能感動聖靈。

哲學所涉及的都是現實問題。哲學的目的在了解宇宙總體及其一切連帶的問題。牠要明白宇宙萬物的偉大機構及其意義，牠要探測造物的計劃。哲學對於我們所謂的科學，曾經耗費過不少的精力。就狹義的說法，科學之主要目的乃在研究物質及其形態，變化與行動之法則。所以不上一世紀以前，我們現在所謂的科學，當時曾稱為「自然哲學」(natural philosophy)，而且被派定為哲學的一個分支。不過到了現在這個工業時代，關於自然之哲學部分，往往被人忘記，所以「科學」這個名詞所引起的印象，只

是鋼鐵工廠與煉焦工場而已。我們在這本書裏所講的卻有異於此。我們的主要目的，乃在把宇宙萬物的偉大機構，也就是漸漸成爲科學的顯著屬性的物質之形式美與結構美，略加詮釋。我們要把普通就便利而分門別類的種種科學分支，全部收羅在一起，看牠們怎樣裝配成一個整體，對於這個整體，我們必將發生一種超越智識的莊嚴之感，並且使我們的情緒與靈魂優游於物外無我之境。

二 花園中的夢想者

「進化」所含蘊着的意義爲：動植物中一代代所起的變化；其趨向在產生一個較先代所有其他個體更適於生存，繁茂滋長的族類。此種變化的起因，到底是由於某種超人的智慧，活潑而仁慈地主宰於其間，還是由於某種巨大的自動機構之必然作用，而並無智慧的指導，我們實不能斷定，不過我們可以確定，一些也不強辯，一些也不誇張，現在的人類，似乎是一「進化」的最新版最成功的作品。

進化的進行正像樹的生長。樹幹從種子抽出了以後，老是向上增長；樹的向陽性是不能自己的。然而發育不久，卽有樹枝向旁邊抽出，牠寧取繞曲的路而不取直前的路。這樣生出的樹枝爲數很多，但是其中的大多數只茁長了很短的距離卽行停止，牠們似乎是見到了自己的錯誤而自認失敗。但是有時候因爲環境的關係，堅執在狹小的範圍裏直前生長，就不能獲得充分的陽光，這時若有某一枝長得特別長大，於是由於這堅強的領導力，整棵的樹都向着這個方向生長而達到一處有陽光的地方。有時意見似乎也有派

別，樹幹往往分成兩大枝，各自取不同的盤曲的路而達到有陽光的地方。

在動物的進化方面似乎也有同樣的情形，動物進化的目標是完善，所謂完善的動物，是指最適於生活在地球上的動物，許多盲目的變化時常在發生，這可比之於樹木上的一條無關緊要的小枝。但是動物中的某一特殊變化若為進化所需要，則整個的進化之流就齊向這一個方向進行。更有時候，其進化的範圍比較狹小，並不是全體的，而只限於兩三個主要的分支。

動物在趨向完善的進化競爭中，有一個段落，猿猴就代表了這個段落中發達的最高級型式。若是我們暫時把進化上的主宰機能比之於一個參謀部，那麼我們就可以說，牠們爲了要決定將來的政策起見，就舉行一個特別會議。參謀中有一半主張將來須集中注意於發達一個體軀堅強的族類，藉其頑強的體力，堅實的結構，與勇猛的氣質，足以抵禦氣候的酷烈與保持在其他動物間生存的力量。

但是另一半的參謀卻抱着進化上從未有過的新見解。照牠們的意思，猿猴的體軀方面，可不用去管，所要努力的乃在改進牠們思想的機構，使牠們不僅靠着體力，並且靠着心智來漸漸獲得定謀劃策的能力，以戰勝自然及其他動物。換句話說，這見解是在犧

牲了體力來發展心智，深信由此所增益的能力，儘足以抵償體力頑強的損失而有餘。

於是這兩個分支就開始來征服世界。普通的猿猴在牠們赤裸的身體上被了一層毫毛，以適應戰鬥，而後來變爲人類的猿猴，則其體軀雖仍荏弱，但其心智卻很快地發達了起來。結果如何，自然大家知道。猿猴仍爲其猿猴，依舊生活於樹林叢莽之間，靠了強壯的肌肉，銳利的足爪，與矯捷的軀體，得以幸存其族類；然而最後猶不免很快地趨於絕滅。總之，這一分支的試驗已經做過，不過結果是失敗的。

但是在另一方面，這個萬物之靈的所謂人類，卻是進化的成功作品，就嚴格的說法，牠的軀體是不適於鬥爭生活的。皮膚嬌嫩，肌肉柔弱，忍耐力低下，動作也相當遲鈍：這是人類的一個方面。一頭牛或一隻熊，都較任何人強許多倍。至於就跑路而論，就是獲得馬拉桑錦標的人，也休想跟一隻狐狸甚至一條雜種狗作公開的比賽。

那麼我們的荏弱是用什麼來補償的呢？試環顧我們四週豐收的農田，注意我們的居室，我們的城市，以及我們高度發達的社會生活；再看看我們的汽車，我們的輪船，我們的火車，以及我們的飛機，我們的電報、電話、無線電話，我們移眼就天的望遠鏡——凡此一切都是人類靈性的產品，而其目的則在表面地毀滅時空，以解除時空所加於

人類的束縛。

一隻老虎只要用牠的巨掌來輕輕一撲，就足以壓死一個獵人。但是人類的智力卻給獵人備了一枝槍，只要一發子彈，就可叫野獸動彈不得，那一個動物會裝備着比得上像來復槍那樣的攻防武器呢？人類已經造成了強力的自動車，高速的飛機，巨大的船舶和潛水艇，用了這些器械，他可以在水陸空各方面容容易地戰勝狐狸、鷹隼與最快的魚類。

這些就是我們在弱的補償；我們所具的智力足以勝過任何其他生物，智力使我們的一雙質樸的手變得靈巧起來，使我們極隨便的行動具有魔力給低能的動物看來像天神一樣。

包含在智力這實用的德性之內，另有一種較智力更爲基礎，更爲超越的靈性，牠使智力用一種博大的眼光探究着萬物的真與美，展望着人生及其含蘊的一切，以綜合爲目標，而達於圓通之境。這一德性爲人類以外的其他生物所絕不經見，人類秉此乃得有別於所有的其他生物而被尊爲萬物之靈。這一德性既爲我們最尊貴的天賦，故應較任何其他方面受更嚴格的注意，應用和培養。

讓我們說得再確定一些，讓我們看一看，我們這特殊的智性的秉賦怎樣驅遣我們的思想 and 動作，怎樣模造我們的人格，而迫使我們趨向於完善、理想之境。動物在牠們爭取食物和住所的鬥爭中，從不會以思想自苦。牠們決不會問：爲什麼要到這裏來，現在要那裏去；或是問：這個和那個到底爲是爲非爲真爲假或爲善爲惡。只有在伊索寓言裏的動物，心中才有這樣的思想。這些寓言之所以膾炙人口就由於這非現實，動物的心理根本是沒有這樣精緻的。牠們如實地接受一切，從不回憶過去，也不夢想將來，牠們只爲了現在的安適，毫無自覺或目的地生活着。

人類卻有異於是，他永遠專心地從事於揣測與嘗試，以期明事理，定計劃，推因果，決疑難，時而懷念到過去的艱辛，時而預想到將來的重任。總之以思想自苦，乃是我們根深蒂固的天性；所謂宗教、科學、哲學，只是此種傾向的表現罷了。

這種夢想與揣測的衝動，我們即使努力要把它們消除隱蔽，結果也是徒勞無益。因爲這些就是我們人類之所以爲人類的要素。世所謂聰明人，實即能致力於賞奇、析疑、勇於求知、並且充分把他的理智生活從事於擴大其心胸，舒展其靈魂的人。

但是成爲疑問的，乃在用怎樣的辦法來引導我們行近這目標，和選擇一個解決重要

思想問題的捷徑，要有效率，合論理，同時更要跟思想與世界相適應。我們能不能選擇一隻安樂椅來坐着，閉目凝眉，深思冥想，以達到這個目的呢？如果真的照這樣的辦法去做，其結果多分是經了片刻的苦思，就沈沈地睡去了。這方法顯然是靠不住的，我們還得另外去找。

讓我們想像，假使有人從酣睡中醒來，忽然發現自己是在一個絢爛美麗的花園之中，由於景色的美麗使他發生敬畏之心；由於處境的生疏，使之發生好奇之心。假定這夢想者是一個心理正常的人，當其在地球上覺醒時，其所以指導思想與行動的感受與反應，係根據同類的刺激；但又須假定在他的記憶中已把所有在地球上的印象一掃而空，他已經忘記了他的過去，完全像一個新生而具有成熟心智的小孩子。

這個夢想者將作何行動有何感想呢？當他對於自然的驚異漸漸消釋以後，他會大略地明瞭他的新的處境。他知道自己是住在花園之中，他已不能跑出這個地方，正如他以前不能跳出地球一樣。緊張的心緒略為平靜以後，他就在樹蔭下坐下來，此時心裏就會湧現出下列問題：「在這花園裏我將做些什麼？我將怎樣消磨我的時間呢？我要在這裏過最滿意的生活，應該怎樣去達到目的？我在這裏過的『滿意的生活』，究竟是些什麼

呢？」

等到這一類實際的切身的問題解決了以後，隨後就有較抽象的其他問題發生：「什麼力量把我送到這裏來？這裏是什麼地方，他和我來的地方有什麼關係？」

假使到了後來，由於所見所聞，他漸漸知道，他並不永遠要住在這個美麗的花園之中；結果到了某一時期，他是要被強迫趕出花園來的。於是他再去找那處樹蔭，思索着更多的問題：「我離開這花園以後，將到哪裏去呢？爲什麼我一定要離開這個花園呢？我真是到別的地方去呢？還是從此毀滅了？」

要解決這一類問題，那個夢想者勢必殫思竭慮，盡全力以赴之。這些問題對於他，似乎是世界上最重要的東西。他雖在努力思索，然而不久他就覺得即使老是坐在這舒服的地方，也永遠得不到解決。在思索這些問題的時候，他自己估量，總一開始就覺得十分無望。對於每一個問題，他總是說：「看看很容易，但是我想不出怎樣去找到答案。」

但是過了片刻，他專心思索着其中的一個問題，「這是什麼地方，他和我來的地方有什麼不同？」……「啊！」他心裏想，「這個問題好像比較有一點希望。」至少我可以先來想想這個問題，讓我看：假使我要知道關於這個花園裏的情形，那我就得先來研

究這花園，以及園裏的東西。」

於是他就立起身來走了。他研究園中的植物花卉，高大的雜草，招展的樹枝，這些在他都是陌生的，他在地上發現形狀古怪的石子，在小川見到顏色奇特的流水。他懷疑石子爲什麼不像動物一樣地生長，於是想設法追究植物的成分是否跟石子一樣。他研究園中的其他遊客跟不會行動、言語、思想的植物，石子和流水何以會不同。他對於園子的大小，形狀感到興趣，作了許多的地圖和寫生畫。他更由此想到像這樣美麗的花園也許還有，於是他要調查這類花園的所在地及其數目，他甚至用望遠鏡來觀察日月星辰，希望可以解決他的若干疑問。

這樣就發生了奇蹟，當這個夢想者對於花園本身的問題得到解答時，他突然覺到他所有的問題似乎變得簡單起來，而不像以前那樣地氣餒了。當他再到綠蔭下面來休息時，他覺得對這些問題思索起來已不必大費心機了；似乎他在作比較切實的研究時，已獲得了模糊的暗示和觸發，現在這些更形純化而抓住了比較抽象問題的核心，這樣一來要解決這些問題自然就容易得多了。

這個比喻的寓意已很明白，可無需再加解釋。我們人類都像花園中的夢想者一樣，

我們的花園就是我們誕生於其上的這個世界，我們對於絞盡腦汁費盡心機的大多數問題，也不會比花園中的陌生遊客多得到些什麼線索。

我們在孩提時期即已注意到關於發生在我們四周的種種事情，關於房屋、樹木、河流，關於貓、狗，以及在空中飛翔的鳥類等等。到了後來，我們又慢慢地知道了種種造成這何等奇妙的世界——我們的家——的一切東西。

我們不久就知道，我們是終身被判定住在這個地球上的，正像夢想者被強迫着住在花園裏一樣。我們在小孩子時代雖然喜歡關於旅行月球的緊張的童話，高興費很多的時間來讀阿麗思漫遊於與我們熟悉的這個日常世界絕不相同的奇境，可是隨後就不信這類事情的實際存在，只把覺醒時候的見聞感覺當作真實世界，而否認那種由空想所創造出來的夢境。

當我們年歲稍長，我們就感到一個更為奇妙的所謂死亡的問題。說也奇怪，地球上每個人類的生活期限至為暫短，現在活着的人，有一天都得突然停止其行動、說話、感覺和思想，而變得毫無生氣，像木石一般，同時其冰冷的屍體即被埋入地下，遵行着所謂「萬物土中生，還向土中滅」的那個鐵則。從這樣看來，死亡根本是悲慘的，然而我

們假使認死亡不單是停止生活，而是從甲花園到乙花園的旅行，並且這乙花園又是一處更可愛更舒服的生活之所，那末死亡也就毫無苦痛了。

這樣一來，我們就像花園中的夢想者一樣，對於生命的意義將發生許多的問題：「我是從哪裏來的？我將要到哪裏去？我在這裏應該做些什麼事？我現在所住的地球究竟是個什麼東西？」

不管我們是否願意，我們心理上決不能完全避免或解脫此項疑問。現在有許多人都是徒然地多方激勵，希圖超脫，或是下意識地尋求慰藉；這現象也許大部分歸因於我們的心理的錯綜吧！

我們既然無法解脫此類問題，那末我們又何必要避免牠們呢？頗有人真誠地相信，我們人類的心智，確有對當前的問題，給以十分滿意的回答的能力。並且對於我們在地上應作何事這問題要作適當的答案，其第一步就是回答上述的各種問題。固然就個別的情形而論，其成功的程度不可一概而論，但是誰也不會反對，我們一生的智力活動，其本身即在激勵精神，豐富生活和醇化靈魂。在我們之中，能夠養尊處優，一生無所事事地安坐着熟思關於人生的種種問題的人，並不很多，並且也不大有人真的要探索這

一類問題，原來我們的生活另有一個重要的方面，在這方面，我們去作銀行家，警察官，或商店職員。但是無論我們操那一種職業，無論我們住在紐約巴黎或非支羣島(Fiji Islands)，在我們的精神上必有一部分的精神力能夠而且必須寄托於比較嚴肅的而且不「實用」的目的。美術家，文學家，音樂家就利用了這一部分精力創造他們的傑作，而我們這一類比較不幸的人，就該利用這一部分精力來對付上述問題。

但是怎樣着手呢？現在我們就得回復到園中的夢想者那樣的處境。他覺得關於過去的來源與將來的命運等十分抽象的問題，好像是光滑渾圓，堅強完整，簡直是無隙可乘的樣子。因此他就轉而注意到花園本身的問題，並且覺得只要用一點工夫，就可以慢慢地學得關於他自己以及所處環境的實質方面的知識。有了這種知識，那來源和命運的問題就將減少牠們的威脅姿態，而變得容易對付了。

由此可知，關於我們所住的世界的探究，換言之，即事實與科學的基本觀念的探究，實為研討哲學問題之邏輯的先導，雖然這並不是絕對的必要條件。本書中下列各章就在把這種事實與觀念羅列於讀者之前，不過其目的並不在實用，而只着眼於牠們對哲學，文化和思想各方面所顯示的意義而已。

三 宇宙的磚石

兩個大都市，如紐約和舊金山之類，是用了許多方法來互相連繫着的。例如其間有長距離電話，住在這一都市的人，可以在電線上和住在另一都市中的人通話。又如有鐵路把兩個城市連接在一起。此外如航路、公路、無線電話，以及電報、郵政等，都是美國東西兩大大口、商業、文化中心地的連絡線。

因此之故，住在舊金山的人，即使永不跑出本市，也能極詳細地知道關於紐約的一切。

但是我們設想，假使所有的鐵路、輪船、電話、電報、郵政，以及無線電話等，突然停止了工作，而橫斷大陸的公路也給破壞了，那時將發生怎樣的景象呢？要果真如此，那末在舊金山的人就將沒有方法來知道關於紐約的事情了。

在同樣的意義之下，我們可以說所有的人類都由許多連接器與外部的世界相連接。這種連接器很可以跟連繫兩大都市的鐵道和輪船等相比擬。在這裏，我們立即可以認

識，使我們和物質界相接觸的這種連接器，就是我們的「感覺器」。主要的感覺器包含着司視、聽、聞、嗅等機能的體內的種種生理裝備，以及部位比較不定的接受壓力與濕度之差的感覺的機構。只有通過這種感覺器，我們才能意識到出現於我們體外的東西和事件。本來有一派很得信仰的思想，主張人類心靈的本身是一無所有的，其機能的發揮完全有賴於與物質界的接觸；這無異把智慧自其老家自覺之源中驅逐了出來，而僅賦以整理感覺的簡單責任。假使我們素信康德一派的思想，認心靈有超越一切物質的性質，那末這個學說也許不合我們的胃口；但是持重的哲學家，認這尚有討論的餘地，這事實至少表示，我們要刺激起動作，仍有賴於感覺。

盲目的人，至為不便。如果他同時又失去了視覺、嗅覺、以及觸覺與溫覺，那末他的情形就更為可慘。因為這麼一來，就把他與外部世界的交通完全切斷了。他比之於住在舊金山的人，當所有使他與紐約相聯絡的交通綫都截斷的時候更為難堪。因為住在舊金山的人至少還能從談話與讀書中得知許多關於事變前的紐約情形——而這些在失去了一切感覺的不幸朋友卻是不能辦到的。

通過了我們的感覺器官而與我們聯絡的這個世界，是由兩種「東西」所造成的。其

中的一種就是我們普通所說的東西。也就是我們能夠看見、覺知、摸到的東西，或具有重量的東西。我們稱這種東西爲「物質」(matter)。凡是我們所能舉出的一切可以被看見，覺知，嗅出，摸到的東西，毫無例外地都是物質——如一隻釘、一株樹、一把椅子、一隻盆子、水、我們的臂膀、人類的身體等都是。空氣也是物質，因爲我們雖然不能看見牠，嗅出牠，卻的確能夠覺知牠。有誰不會在寒冷的西北風中戰慄？所謂一陣風就無非是空氣的流動。

說到空氣的流動使我們想起與物質聯合造成這世界的第二種「東西」。這東西不比物質更難捉摸。試設想有人坐在椅子裏讀書。要是這人健康正常，他就具有十二分的把握，只要自己高興，他可以立起身來走出這個房間。雖然他是完全安靜地坐着，可是他卻具有做事的力量。

再設想一個剛剛擲出的棒球。假使擲球的人目標準確，那末這球就平穩地穿過空氣，最後降落在遠處的草地上，對於任何東西和任何人都沒有妨害。但是假設當棒球剛在出發的中途，有一個淘氣的仙人把附近的屋子旋轉起來，而把窗上的玻璃恰恰轉到這個棒球的射程之中。讀者只要憑自己兒童時代的不快經驗，就可以知道將發生什麼變

故。這塊窗玻璃將要被擊個粉碎，從此可見，這個看似無能的棒球卻能做許多原本不常做的事情。如果你把躺在草地上的球攝成一張照片，再把正在空中飛射時的球也攝成一張照片，你在這兩張照片裏不能找出任何不同的地方來。然而從擊碎玻璃窗的實例，卻可以使我們立即察出其中有着某種的區別，而這區別是十分重要的。

我們住在紐約的人，對於電已司空見慣，或成爲光，或成爲熱，或成爲推進車子的力等，有時候我們幾乎忘記了這所有的電館的有趣的起源。原來電完完全是從尼亞加拉瀑布發生出來的。使瀑布運轉開動引擎的輪子，引擎就發生電流。這種電被輸送到紐約及其他地方，然後依照我們現代用電的種種方法去利用牠們。奇怪的是瀑布中的水一點也沒有用掉。從瀑布下面山谷中流開去的水，其分量剛好和山頂上面流下來的水一模一樣。並且從山頂上摺取的一瓶水跟從山谷下取得的水，也絕對查不出有化學的或其他的區別，所以這水還是同樣的水，這分量還是同樣的分量。

但是事實很顯明，其中實在是有着一些分別的，因爲在瀑布底下的水不會運轉開動發電機的輪子，而從瀑布流下來的水卻會得運轉開動發電機的輪子。由此可見，水可以具有「作事」的能力，而跟不會作事的水在外觀上毫無差別。

這種爲水和棒球所具有以及任何物質所可以具有的作事的力量，就是造成我們這世界的又一串材料。這種做事的能力稱爲「能」(energy)世界是由物質和能所組成的。物質和能常常聯合在一起。凡有能，必有一些含有這能的物質。

關於能的最可驚奇的事，是牠可以具有許多不同的形式。棒球和水都具有能，是因爲牠們在運動。假使棒球被窗玻璃所阻止，牠就放棄牠的能，去給與窗玻璃，而把玻璃打碎了。瀑布的水具有大量的能，因爲牠是自上而下的。地球是一塊極大的物質，牠能把一切其他物質吸引過去。好像一切的物質，祇要得着機會，就要設法盡量挨近地球中心。凡物質離地心愈遠，其趨向地心所顯出的能就愈大。因此在同水平的河床上流動的水，無法更深入地球，就平靜地毫無用處，因爲牠沒有機會來實現一切物質的趨近地心的願望。但是牠若流到一處陡直下降的缺口，那末牠就歡聲震天地從懸崖邊轟然猛撲下去，以巨大的力量，急速傾瀉，直到再給平地所遏阻而止。假使我們用一個裝着槳葉的輪子，放在向下飛奔的水的通路中，那末這水就勢必放棄其若干的能，而給與輪子，這樣輪子就會轉動。在尼亞加拉瀑布，就用這樣的方法來利用天然的能源。這轉動輪子的能可用適當的機器來變爲電，電是能的另一種形式，較之瀑布的能在某幾種用途上更

便於取用。

能所具有的許多不同的形式，如熱、運動、電等，我們將在以後再加討論。現在讓我們來談談關於物質的幾件事。

世界上究竟有多少種不同的物質呢？初初想來，你總以為可以數得出多少種不同的東西就有多少種不同的物質。但是實際上這見解並不真確。不同種類的物質的數目是極少的——大概近一百種。

假設我們要自己來回答這個問題。我們就應該着手把大批外觀截然不同的物件搜集起來。假如說，在我們的搜集品中有一斤木頭、一杯水、一些煤、一塊石子、一塊鐵，和從樹上採下的一張葉子。當然，牠們的外觀看起來都是不同的。

假設我們先拿那片木頭來實驗。讓我們拿一把刀子把牠切小來。然後再讓我們用一把更小的刀把每一小片切成更小的片。照這樣切下去，直至我們不能找到一把更好的刀，或把木片切得小而又小，直至我們不能看見而無法繼續割切的工作。現在我們已把原來的大木片切成了許許多多極小的木屑。試取出一小粒木屑來加以仔細的觀察，更就我們想得到的任何方法來檢驗一下。牠會像木頭一樣地在火裏燃燒嗎？牠會像木頭

一樣地浮在水面嗎？牠的顏色和大木片一樣嗎？總之，牠和原來的木頭是不是同一的東西，是不是牠們唯一的分別只是大小之差？

這些問題的答案將是肯定的。這小粒的木屑，除了大小以外，實際上處處和原來的大木片一般無二。

這裏就發生了另一個有趣的問題。我們已經同意，我們所選出來檢查的那一粒小木屑，和原來的大木片是一樣的。現在我們要問：是不是這上千粒的木屑粒粒都是一樣的呢？「那是當然咯！」我們立即回答。「爲什麼牠們不該是一樣的呢？」這一次我們的猜測是不錯的。牠們的確粒粒相同，恰恰跟我們推測的相符合。

現在讓我們再推究下去。我們既然沒有夠精細的刀子，既然我們的眼睛不能清清楚楚地看明白這種小東西，我們自然只好待切到某一程度時就停止割切木片的工作。到了這裏，我們只有停止用我們的手和刀，而開始用我們的頭腦來工作。就讓我們假設，我們有了夠精細的刀子，夠銳利的目光，可以繼續把這木屑割切得更小的工作。

爲了敘述的便利起見，假使我們想像這是可能的事，那末這兩個問題就又來了。我們每把木屑割小一次，我們就要暫停片刻，取出一小粒來和原來的大木片相比，看看牠

是否還是一樣，是否唯一的區別只在形狀的大小。並且我們還是照以前一樣，要看看這些小粒是否還是粒粒相同。

經了許多時候，我們的回答還是和在初次割切以後一樣。把一塊大木片分割成無數的小粒，除了形體的大小外，還是一點也沒有變化。但是經過了一番極繁重的工作和一段極長的時間之後，把牠分割成幾百萬顆的小木粒，小得爲我們的眼睛所難望一粒粒看清，最後必有一個時候，檢查得那些小木粒已和從前的完全不同了。就我們現在所有的這些極小的粒子加以檢查，就會發現牠完全不像原來的木頭。並且，我們把這些小粒拾起幾粒來互相比較一下，更會吃驚地覺察牠們現在已不再粒粒相同了。

假設我們把現在所有的這些小粒子揀出幾種來排成幾堆，而每堆中含有完全同樣的粒子。當各堆粒子逐漸增多時，最後必然達到大得足以夠我們作擲取與研究的一個程度。這時我們立即會注意到一件事情。在我們現在所有的三堆不同的粒子中，其中有兩堆是氣體。牠們是完全不能用肉眼來看見的，沒有顏色，也沒有臭味。事實上我們要證明有什麼東西存在在那裏，倒是頗有一點困難的，然而證明是可以證明的。例如，把這氣體捕集在瓶子裏，稱出重量，然後把氣體逐出，再稱出空瓶的重量。瓶子與氣體的重

量合在一起總要比單獨的一個瓶子重些，這就表示那種氣體具有重量，所以牠和空氣一樣是物質，雖然我們都看不見牠們。

我們也很容易證明，這兩種氣體實在是不同的，而不是兩堆同樣的氣體。因為假使我們擦一根火柴把牠們燃點起來，那末其中的一堆會着火燃燒，而另一堆卻不能燃燒。

從分割木頭所得的產品中，除了這兩種氣體以外，還有第三種不同的東西。我們回頭去注意觀察一下，就見牠是一種黑色的固體物質，外觀和煤相彷彿。而實際上假使煤是完全純粹的話，那末牠恰恰和煤一樣。

我們試開始去查究，世界上究竟有多少種不同的物質。初初想來，好像木頭之類，只是一種物質，而實在卻是由三種物質造成的，因此世界上的物類一定比我們所知道的為多。我們甚至更會去查究那兩種氣體和那黑色東西，設法用同樣的方法來把牠們分成幾種不同的東西。我們當然沒有理由來否定這種試驗的可能性。但是為節省時間和麻煩起見，我們還是聽從先覺者的話，我們這個工作決不會成功的。任你把那煤一樣的物質或兩種氣體分得怎樣微細，你永不能從此得到和未分以前不同的東西。

由此可見，從木頭中得來的那兩種氣體和黑色物質，和原來的木頭有一個重要的不

同之點。這不同像是由紅的、白的、藍的木塊所疊成的玩具屋子和木塊本身間的不同一樣，拆下這屋子，而把同樣的木塊像先前處理木頭微粒的樣子，分堆積疊起來，那末這屋子當然就不再存在了。屋子是靠木塊而存在的。但木塊卻並不靠屋子而存在，牠們是自己存在而並不靠着什麼的。

因此我們可以把一片木頭分成三種獨立的不同物質，跟把屋子拆成三種不同的木塊一樣。但是我們又會知道，我們對於這兩種氣體中的任何一種，或對於那黑色物質，卻不能作同樣的分析。我們如果知道了方法，我們可以把牠們集合起來再造成木頭。但是我們不能把其中的一種再分開來，使之變成任何別的東西。

假使我們用一塊玻璃來作與木頭同樣的檢查，我們的實驗就會得到同樣的結果。假使我們把這塊玻璃磨成粉末，細得像滑石粉一樣，那末每一粒玻璃粉末一定會與原來大塊的玻璃相同。但與木頭一樣，磨到最後，我們一定會得到一種非常微小的玻璃粒子，再磨就不成其為玻璃了。照這樣的情形，若是我們把從玻璃得來的各種不同的物質分別堆疊起來，也可以分成三堆。一堆是軟的固體，假使你潑上一點水去，牠就會開始燃燒，可是假使你劃一根火柴來把牠燃點，牠卻不會燃燒。另一堆是一種極硬的黑色有光

澤像烏木一樣的質料。還有一堆則是一種氣體。這氣體可用實驗來證明軸恰恰和從木頭中所得到的的一種一樣。

從檢驗木頭和玻璃所得的結果，我們現在已查出五種不能再分成別的物质不同種的物质。假使我們再檢查水，我們就可以在其中得到兩種氣體，而這兩種氣體從種種方面看來都和從木頭中所得到的兩種氣體一樣。

試想像，凡是世界上的一切物件都像木頭玻璃一樣地經過一番檢查。實在這個工作確已做過，不過所用的方法並不如上面所說的一般，在這裏也無需多說了。

假定在研究過每一物件以後，把分離出來的物質分別堆疊起來，再把這些堆物質和以前所得到的物質一一比較，若有新堆的物質與舊堆的物質相同，那就把牠們疊在一起，當作一堆。

這樣一來，我們對於世界上究竟有多少種物質這個問題，就得到回答了。這回答是：近百種，那就是說，在把世界上所有的物質檢查完了以後，而檢點那堆數，就得近百之數。

說也奇怪，由這少數的物質竟能造成我們隨處可見的一切物質。試加計數，則有木

頭、玻璃、水、紙、布、肉、塵埃、油漆、金屬……永遠計數不完，你要把牠們數完全，恐怕得化上幾世的時間。總之，這數目遠大於一百，那是一個不用爭論的事實。

然而，當我們把這件事情弄明白了以後，就覺得實在一點也沒有稀奇。假設我們有許多紅木塊和若干藍木塊，還有許多黃木塊——一共只是三種木塊。試想，若是把牠們以種種方法排列起來，可以造成多少種東西啊。我們可以造成不知多少種不同的屋子，甚而至於可以拼成種種複雜的城市的模型。再想，假如我們只有三種不同的顏色，我們可以畫成不知多少種完全不同的圖畫。對於這個巨大的數目，誰也不敢貿然加以限制。

同樣，百來種不同的物質，或元素，的確可以排列成各種形式的東西，構成物質的世界，以及此世界中的一切物質，連我們的身體也在內。

其次，若將水充分加熱，則變成水蒸汽。若將水充分冷卻，則變而為冰。試以檢驗木頭與玻璃同樣的方法來檢驗水、冰、和水蒸汽，就會明白牠們這三種是由同樣的兩種元素所造成的。那末水、冰、和水蒸汽之間究竟有着什麼區別呢？

要回答這個問題，只須記住，我們要使水變為水蒸汽就須加熱，也就是將熱加入水中。同樣，要使水結為冰，我們必須將熱從水中逐出。我們既然能加熱於水，又能自水

中將熱逐出，那末我們就很有理由說水中含有熱。不過說雖這樣說，我們卻並不就以爲這和說水中含有塵埃和糖一樣。熱並不是物質，因爲牠沒有重量；我們不能指着說，「這是熱。」因爲我們指着的是某種熱的東西，並不是熱的本身。所以熱不是物質而是能。說牠是能就因爲牠代表了做工作的一種力量。水加了足量的熱，就變成水蒸汽，水蒸汽能夠驅動機關車，而單是水卻不能驅動機關車。

水是一種液體，水蒸汽是一種氣體，而冰是一種固體。這三者相互間的區別便是其中所含能的總量不同。

假使我們檢驗一塊鉛，我們知道牠是固體。把牠加熱，就熔解爲液體。假使我們把這液體的鉛繼續加熱，並且假定那火焰十分熾熱，而時間又很長久，那末牠最後也會變成氣體。

我們所認識的在世界上的一切物品，總不外下列三類：固體，液體，氣體。各種不同的東西，需要不同量的熱來使牠們變爲液體或氣體。因此在春天，所有的冰雪都熔解爲水，而岩石卻仍舊是固體。

然而在固體與液體之間，並沒有截然的界限。對於某一質素，我們往往不能確定牠

是固體或液體。我們通常把放在任何容器中都能保持一定形狀的物品當作固體。例如，假使我們把一塊立方形的木頭放在一隻盆子裏，我們知道這木頭一定保持其立方形，而並不因為這盆子的形狀而變為圓形。反之，一種液體卻能隨器成形。水是一個最好的例子，我們對於水的這種習性是非常熟悉的。對於水還有一個著名的事實：牠在盆子裏的表面是和地面相平行的。

然而，假使我們把一塊立方形的果醬放在一隻圓形的盆子裏，在起初果醬和木頭一樣，仍保持着立方體而不變為圓形。但經過了相當的時候，即逐漸崩陷，不上幾天，那些果醬就變成圓形，像盆子一樣。照這樣的情形，我們究竟應該把膠狀物稱為固體或液體，實在是一個不易解決的問題。不過事實上這也並沒有什麼重大的關係，因為我們把東西稱為固體或液體僅在便於描述而已。

氣體就比較明確得多了，牠們和液體的分別，很容易辨別出來。假使你把氣體放在任何形狀的密閉容器中，無論這容器如何巨大，牠都會把容器充滿。在牠的上面並沒有像液體那樣的自由表面。

由此我們可下這樣的結論，獨立而不同物質的總類是很少的——大約有百來種——

從這百來種物質造成了世界上所有的許許多多不同的物質。

在把一種質素如木頭之類，繼續不絕地分析下去，必會得到一種極微小的木頭粒子，牠仍然保有大塊木頭的一切性質，但若再加分析，就立會失去這種性質而變成若干種與木頭完全不同的物質。這種仍保持質素原有性質的最小質點，就稱爲木頭的「分子」(molecule)。任何一塊可以認知的質素只是那種質素的分子的一個集體罷了。

但是我們更能就想像推知，就是分子也很複雜，而是由幾種元素的質點所造成的。這種元素的最小質點稱爲「原子」(atom)。當時選取原子一字之本意乃在指示其爲構成物質的終極不可分的單位，因爲這字的希臘字原義，就是「不可分」。不過這個假說，現已證明其爲不確，而把原子分裂爲更簡單更微小更基本的單位，現在已成爲世界科學實驗室中的日常工作了。

四 宇宙的磚石的解剖

我們讀了「宇宙的磚石」中所敘的事實，就有一幅不完全的物質構造的圖畫呈現在我們眼前。即由原子聯合而成分子，由分子聯合而成可為我們辨認感覺的較大的物質體塊。要充分理解物質構造的第二個步驟，就得討論原子本身的深邃的內部組織。

原子的形體小得幾乎難以置信。一英寸長的一列氫原子，約含十萬萬個個別的原子，因為這一系列原子的闊度只有 $\frac{1}{1,000,000,000}$ 英寸，故須將一百萬列原子並排起來才能為肉眼所見。

至於構成原子的質點，其微小的程度，更連想像也無法想像，要用這樣的質點一個個接連成一條直線，就得有六百萬個才得等於氫原子的直徑。

這種數目都非常巨大，牠們勉強地表出的概念已完全超越了我們的日常經驗，若是要把原子的性質作冷酷的赤裸的敘述，那就得使研究原子構造這一門非常迷人的科學，蒙上一層虛玄暗昧的陰影。我們現在想儘量離開科學的這個專門方面，因為我們相信一

般人要作一個現實的鳥瞰，那是完全不必要的。所以我們要藉想像的玫瑰色光輝來消除這層討厭的暗影；換一句話說，我們要從一條想像的莫須有之路行近這現實的羅曼史。

由此之故，我們將要想像自己站在一間魔術實驗室裏，在這實驗室裏裝置着奇妙的顯微鏡，可以讓我們實際看到一個原子，像醫生能夠看到病菌一樣。

在前一章中所想像的實驗，在操作時就需要這樣的一個魔術實驗室。在這些實驗中，我們把木頭分析為三種元素，就是氫、氧兩種氣體，和化學家稱為碳的黑色固體。現在讓我們就利用這想像的實驗室，把一個單獨的原子放在顯微鏡下，而觀察牠的詳細結構。

我們從魔術顯微鏡裏望進去，但很快就把眼睛移開了，因為我們一看見其中的驚奇的景象，便目眩頭昏。簡直睜不開眼來。這一點看似死板而毫無生氣的微小碳粒，現在卻顯出是由以驚人的速度劇烈運動着的更微小質點所組成的。我們但見中央是個穩定不動的微粒，外邊環繞着一羣似乎較大的粒子，速度都非常巨大，若用數目字表示出來，也不能使我們明白。例如其中有些質點的速度，據說差不多達每秒186,000英里。就這速度本身說起來，也沒有什麼意義，可是你如果說，這速度可以帶着這小質點——被稱

爲「電子」(Electron)——在一秒鐘內從紐約到舊金山走上六十二次，你就會稍稍賞識這電子的行動是怎樣的迅速了。牠就是以這樣巨大的速度只在那裏大繞其圈子！

這個每秒鐘 186,000 英里的速度，就是光的速度，我們有理由堅信，世界上沒有什麼東西可以比這更快的。大多數運動的東西，好像火車，拋擲在空中的棒球，甚至於飛機，都比這個速度慢得多了。繞着原子中心而飛行的小電子，是唯一的趨近於這有限速度的東西。最有趣的是：電子不但是世界上最快的東西，而且若就重量說，也是世界上最輕的東西。

我們習慣上都把某種物質，例如鐵或大理石之類，當作極硬固的物體。假使有人說，一根黃銅棒完全不是固體，而佈滿無數目不能見的小孔，我們聽了總要哈哈大笑。然而這話倒是真的，我們把方纔所講到的仔細回想一遍就可明白。第一，在黃銅棒中有組成這黃銅的金屬的原子（銅和鋅）。每個原子都不是一個固體的球。事實上原子的大部分充滿着空虛。有一個著名的科學家曾經以這個題材發表一篇演說，他選取「物質——其中有什麼東西沒有？」爲題名。他差不多叫聽衆信服其中沒有什麼東西！電子與原子中心所佔據的空間與整個原子中所包含的空間比較起來實在是微乎其微的。這意思

就是說，在電子所繞行的圈子與原子中心之間，有着一片廣大的空虛的所在。其中固體物質（電子與核心）的總量比之這空曠的空間差不多像大海上駛行的一隻帆船。由此可見原子不真是固體。

原子的形狀我們雖不能確知，照理想來，大概是成球形的。因此當若干原子結合而成爲分子時，他們並不能密切地互相湊合起來。試用幾個彈子來實驗一下，你即可明白這話是不錯的。所以除了原子本身中的孔洞以外，在原子與原子之間也有孔洞。同樣，因爲分子不是立方體像磚塊一樣，不能完全互相拼合，所以分子與分子之間也有孔洞。於此我們可以想像得出一根黃銅棒的驚奇的形狀，牠確實是充滿着無數微孔的。然而這種微孔的大小和原子與電子的大小相似，所以牠們是完全看不見的。

我們的第二個問題，照理是要討論不同元素的原子間構造的不同。我們要知道：「假使原子是由一中心核和若干飛繞着的電子而成，那末在九十餘種原子之間究竟有怎樣的不同的呢？」

要回答這個問題，最好回到實驗室裏去。在那裏約有百來個小堆，每堆代表一種元素的原子的集體。其中有些原子比較地大，似乎含有許多飛繞着的電子，還有些原子比

較小得多，似乎只含少數的電子。

讓我們研究這九十多種原子，看牠們爲什麼互不相同。最初浮現於我們心目的是把牠們按照各自的特性而歸類起來。就一般說，牠們的形體有大小的不同，繞中心而環行的電子有多少的不同，如果有適當的儀器，我們又可發現牠們的重量有輕重的不同。在這樣搜查着的時候，我們立即發現了一個原子，其中只有一個電子。並且這個原子的重量很輕。——事實上我們很容易指出牠是所有原子中最輕的一個。我們推想：假使牠含有最少的可能的電子（一個），並且具有最輕的重量，那末就某種意義說，牠就該是有原子中最簡單的一種。所以我們把牠放在桌子的一端，再從其餘原子中找尋含有兩個電子的原子。不久我們就發現了這個原子，於是把牠放在第一個原子的後面。（第一個原子就是最輕的氣態的元素氫的原子）。

我們用了這樣的方法很容易繼續把九十餘種元素一一檢查出來，而按照繞中心環行的電子數目依次排成一個長列。我們更可以按照各原子在系列中的位置，給以一個號碼，這個號碼就稱爲各該元素的原子序數（atomic number）。於是假使有人對你說起原子序數爲89這元素，你就立刻知道這元素有89個電子在繞中心核而運行，你還可

大略知道， ∞ 這數目已近系列的末端，因此這元素的重量比之像原子序數爲 ∞ 之類的元素，一定要重得多了。並且我們現在明白，任何兩元素的主要差別是在於所含電子的數目。

關於原子和電子，不可思議的速度和驚人微小的形體，凡是這些在我們的想像實驗室裏所發現的東西，其所憑藉的方法與儀器，我們知道都是空想的。但是我們必須明白，並且確定，這些究竟空想到怎樣的程度。上面說，物質是由非常微小的原子所組成的；又說，這些原子是由電子和中心核以及比較廣漠的空間所組成的，——凡此都十分真確。科學家對於這些事實都非常肯定，猶如黑夜之後必繼以黎明一樣。但是我們必須承認，直到如今，誰也不曾看見過一個單獨的隔離的原子，至於電子，就更不用說了。近代的顯微鏡能夠把物體放大幾千倍，但是電子、原子，甚至是由幾百個原子組成的較大的分子，要用這方法來觀察都似乎太小了。

因此誰也不曾看見過一個原子——然而我們已經說過，科學家卻非常肯定牠們是確實存在的！

對於某一城市，你從沒有看見過，你將怎樣確定牠的存在呢？那是十分容易的！只

要有個親眼看見過並且確實可信的人會肯定牠的存在。但在科學家與原子的情形，我們曾經說過，誰也沒有看見過原子，所以沒有人可以把他的所見報告別人，使別人間接地得到這種知識。

實在是科學家的心把原子，電子和分子等的花樣告訴了他。讓我們舉一個簡單的例吧。假設有一個偵探——像福爾摩斯之類——要解決一個暗殺某富翁的案件。因為他接受這案件是在犯罪行為發生以後，他當然不能親眼目覩。也許那兇手的犯罪是在城市以外遠遠的森林中人跡不到的地方，因此除開兇手本人以外，誰也不能作犯罪的見證。

在他的偵查中，他發現富翁有一個年青的姪子，這年青人的名譽不大好，而且脾氣和良心都壞。接着又查出富翁曾留下一張遺囑，把所有的家產，都傳給他的姪子。偵探更偵察這年青人的私生活，發現他急於需要一筆錢來歸還某項潛行移用的款子，要是他不即設法得到一筆錢，那就有犯罪入獄的危險。

於是真相大白，這姪子在案件發生的那一個晚上，正同富翁在一起吃飯。飯後他們又駕着汽車出去兜風。最後偵探又查得有人看見叔姪兩個在犯案發生這晚上駕車向後來發現富翁屍體的森林中而去；而就是這個證人，又好像看見這姪子不久就回來，形色非

常倉皇。

後來在樹林中又發現了一支手槍，槍上鑄着這姪子的名字，並且槍膛中還剩有放射過的彈殼，於是不必像福爾摩斯那樣聰明的偵探也會斷定是這姪子殺死了他的叔父。這樣判斷誰都會相信，我們可以毫不過分地說，這個年青人簡直不用審問，就可判以罪刑。

然而在這個案件中誰也沒有親眼看見這謀殺的行爲。回答這案情的真相的是偵探的心——不是他的眼睛，也不是任何人的眼睛。他是根據理知把牠推想出來的。

科學家之於原子正同偵探之於兇犯一樣。他雖然沒有看見過原子的本身，可是他卻看見過許多別的東西，他根據論理推想，因為這些別的東西（關於這些東西他可以確切斷定）都是確實的，所以我們所說的原子、分子和電子也必定是確實的。

但是人類得到這一幅簡單的美麗的物質構造的圖畫，並不像我們在這簡單的敘述中所表示的那樣迅速，那樣容易。這全憑好幾百人好幾百年對於眼前事物的親切觀察，才得猜想到假使物質是由原子構造而成，那末這許多事物就容易解釋了——這正如偵探最後設想，假使這姪子就是兇手，那末他所發現的全部事實就不難說明了。

在過去許多世紀以來，研究科學的人曾經出了一個很簡單的問題來自己問自己。這個問題就是我們建造魔術實驗室和舉行切木實驗所欲回答的問題。那就是：「要是有人能夠把一小塊任何元素（例如碳）繼續割切成小片，這個工作是否能永遠繼續下去？——還是最後會碰到一小粒的碳不能再割切為兩？」

早在兩千年以前人類就向自己提出了這個問題。他們的方法就是坐在樹蔭底下拿這個問題來深思冥想。這些古代人，有的回答「否」，有的回答「是」。這些大都是猜測的工作，因為這所謂是是否否都沒有確實的理由。那時候的人類還沒有知道用實驗來證實他們的觀念的重要。因此這個問題經好幾世紀還沒有解決；有人這樣想，有人那樣想，不大有兩人一致的見解。

但是隨着年代的進展，人類的思想逐漸精密，所用的方法比較有效，有好許多關於物質在各種情形下的行為被人發現，當科學家在熟思各種事物的解釋時，漸漸發覺牠們的解答顯然全視我們上面所提出的問題的答案而定。

這個發現約在一百二十五年以前。那時英國有個牧師叫道爾頓（John Dalton），他很喜歡做科學實驗，把牠看作是一種業餘的娛樂品，像現代人的集郵與玩無線電一

樣。

道爾頓對於物質是否能無限制地分割成小片這個問題，很感興趣。但是他並不直接做這工作，像我們在想像實驗室裏做的一樣。因為他是就實物來實驗的，所以不得不兜遠圈子。有的科學家曾經發現了分析複合質素的方法。他們能夠把由幾種元素化合而成的物質，查出他所含的元素是什麼。試先以蔗糖為例，他們能夠指出牠含有碳、氫、氧三種元素。不用說他們在分析的時候，並不像我們的想像實驗那樣，應用割切糖塊成小片的簡單方法。

像這樣的分析，對於許多質素都曾試過。這種實驗室經綜合的研究後，發現了許多有趣的事實。第一，據研究得知，像蔗糖，不但常常含有同樣的三種元素，而且這三種元素又常常以同樣的相對分量而存在。換句話說，假定在十磅古巴糖中含有某一定磅數的碳，某一定磅數的氫，和某一定磅數的氧。那末照上面說法，就是若把從任何地方生產的十磅蔗糖加以分析，也必剛好得到這樣的分量的碳，氫和氧。這個原理對於任何化合物分析的時候，都能適用——即元素的重量比例永遠是一樣的。

從化合物分析為某元素這工作，又得到了另一事實。有時候兩種化合物雖然各各不

同，可是經分析後，卻發現牠們含有同樣的元素。例如，水已被證明由氫和氧兩種元素所組成。而普通家用的殺菌藥品過氧化氫（Hydrogen Peroxide）也同樣地可以分析成氫氧兩元素。但是水與過氧化氫之為不同質素，是大家周知的事實，這現象將怎樣加以解釋呢？後來有人發現，在這兩質素中其組成的元素雖屬相同，可是各元素的相對分量卻並不相同。例如在水中有十六磅的氧與兩磅的氫相化合，而在過氧化氫中卻有三十二磅的氧與兩磅的氫相化合。

對於這種數字我們能看得出有什麼特別的關係來嗎？總之道爾頓是看出來了。他注意到 32 剛好是 16 的兩倍。換句話說，在過氧化氫中與某定量的氫相化合的氧的重量，恰好為在水中與等量的氫相化合的氧的重量的兩倍。

據道爾頓的研究，這並不是偶然的事。他查得氮與氧兩種元素竟能化合成五種不同的化合物。他推究這五種化合物中氧的相對重量，發現牠們可以依照對於某定量的氮所含氧的重量排成一個級數。他發現這些氧的重量為 16 、 32 、 48 、 64 等，各數順次為 1 、 2 、 3 、 4 等的十六倍。在各種實例中，他查得的倍數，從無為 $1\frac{1}{2}$ 或 $2\frac{1}{4}$ 的。牠們總是整數。

對於這些倍數總是整數，道爾頓不能無疑。物質因何種構造而產生這樣的奇蹟呢？

他決意假設元素係由微小的顆粒所組成，這種顆粒自爲一單位，不能再行分割，他姑且認定這個假設是真確的，而從此試圖推想出什麼線索來。這正像一個小孩子把一隻狗和一隻貓的尾巴結在一起，而看着會發生什麼結果一樣。他所希望的結果不久就來了。

他很明白，物質委實應該是由元素組成的，而且是不能永遠繼續分割的。倍數之必爲整數的意義，乃在化合物含有無數整個的原子。假使倍數爲 $2 \cdot 10^{-1}$ ，那就是說可以有二個半原子。但是我們從不會得到半個原子，因此道爾頓悟到，我們簡直不能得到半個原子；因爲一個原子不能分割爲兩——要有就有整個，要沒有就連半個也沒有。

可見道爾頓的得到原子的觀念，完全是應用他的頭腦的。他不能看見原子，但是他可以看見別的東西，例如從分析元素的化合物所得來的數字，他像偵探一樣，僅只伸出手來就捉住那個罪犯——引起一切糾紛的狡猾而不可捉摸的微小的原子。

就某種成見說，道爾頓的原子觀念，只是一種猜測。他還不能完全決定。但是從那時候到現在，已有一個世紀，對於物質，科學家已有很多的發現，可是沒有一件事情可以反證道爾頓的假說是錯誤的。所以現在，我早已說過，科學家都十分確定原子的存在，好像他們已經真的看見過原子一樣，並且把牠們放在像我們那樣的魔術實驗室裏，

隨隨便便的玩弄着。這樣的認識只有更加確實，因為他們曾經用更有價值的器官——心的慧眼——來看過牠們了。

五 能及其變化

當我們經一夜的酣睡，次晨醒來吃飽了早餐，在和暖的春日下散步的時候，就大有力拔山兮氣蓋世之概。我們通稱這樣的感覺爲「精力充沛」。若是避去俗語，而用科學的說法，那就說是「富於能」。

所謂富於能，是說我們覺得能夠作大量的功（即工作）。但是我們也可以說，一粒剛射出的子彈「富於能」。這話十分正確，而其意思則爲子彈在運動狀態下，能夠作大量的功。就我們自身說，如果單只肌肉富於能，而管理肌肉的腦筋恰巧十分閒散，而悠然坐在樹底下嚼着蘋果，胡思亂想，把我們的能白白消費掉，這樣所做成的功，就沒有什麼價值了。

但在子彈就不同了。牠沒有這樣的機心來想：「拚命工作，有什麼意思？爲什麼不坐在這草地上息息力呢？」不有什麼東西阻止牠，牠是決不會停止的。不但如此，而且一經受阻，牠就會大發雷霆，拚命地去戰勝那阻止他的物件。譬如，假使有一塊木頭擋

住牠的去路，牠就會竭力鑽透這木塊，也就是作功以推開木頭的分子，使自己能在其中貫穿而過，同時並在木塊中發生熱，這熱也是功。

幾百年以前，英國有個大科學家叫做牛頓（Isaac Newton）。牛頓有一種熱情，凡是別人所覺得神祕的東西，他就要想法來懂得牠。據說，有一天，牛頓坐在樹底下，一陣薰風吹過，就有一隻紅熟的大蘋果落下來打在他的頭頂上。這件事在他心裏記得很牢，也許是因為他頭髮不多，這落下的蘋果打得他十分疼痛吧。在你我碰到了這樣的情形，大約要憤憤地站起身來，跑到別的生着較小較輕的蘋果樹下去休息了。但是牛頓卻並不如此。他突然想起了這蘋果為什麼不向上掉而向下掉！

在我們想來，這念頭有點呆笨，可是牛頓由這偶然的故事，卻發現了關於運動與引力的最重要的知識。這知識不但是火車、汽車、飛機以及最近一兩世紀以來所發明的各種機械的基礎，並且又幫助我們了解在牛頓以前的種種發明。

牛頓的發現之一稱為萬有引力定律（law of universal gravitation）。你聽見

了這樣的術語且勿着急。引力這東西是我們在兒童時代就實際經驗到的。例如當我們手裏拿着什麼東西，不小心一鬆手，就拍嗒打碎在地上。經驗告訴我們，任何固體——或

任何液體——若不用手或桌子，或其他類似的東西把牠托住，就會向地面落下。

我們說這現象的發生由引力的作用而起。我們不大明白發生引力的原因，所以最好把引力這個名詞解釋為物品向下掉落的傾向。

現在我們已明白了引力的意義。讓我們再來討論「萬有引力」這個名詞的意義。

就我們人類的觀點來說，地球顯然是一個形體與重量極大的物質圓球，以非常巨大的速度在繞日的橢圓軌道上運行着。但是我們的望遠鏡告訴我們，這樣的物質圓球在天空中有幾百萬個。事實上在星月皎潔的晚上，就是不用望遠鏡，也可以在天空中看見幾千個呢。

這種物質的球相隔幾百萬英里。我們不知牠們究竟有多少數目，也不知道牠們在空間中分佈到多少遠，不過我們總是喜歡這樣想，假使我們從地球出發沿一直線向空中旅行，最後當可到達一處沒有星球的地方。

如果我們照這樣做，並且假使我們真能找到這星球的邊際，那末我們就說我們已到達了「宇宙」的末端。所以宇宙這個名詞，是指所有存在於什麼地方的一切物質，以及這物質所占據的空間而言。

所謂萬有引力，就是作用於宇宙間所有地方的引力。

試以從懸崖上推下的一塊石子爲例。在這裏有兩個物體，即石子與地球。一個是很小很輕的；還有一個是極大極重的。在這兩物體間有一種奔赴一起的傾向。或是兩物體互相移近，或是其中之一向他物體移動。要使像地球那樣的巨大物體移動，不用說是需要極大的力的。因此結果自然只有石子向地球移動。

不但是石子，凡是地球上的一切物件都是這樣，因爲所有的這種物件當然都遠比地球本身爲小爲輕。因此凡物體沒有地面支持，都必向地面落下。

但是我們說，引力是遍宇宙萬有的。要是這話是真的，那末我們一定要說，任何兩個星球都有互相「掉落」的傾向。牛頓就對我們說過這樣的話。宇宙間任何兩物體，都要互相接近，無論這兩物體是巨大的星球或微小的縫針。

我們在上面所說的，就是牛頓的萬有引力定律。引力定律告訴了我們，任何兩物體間引力的大小。牛頓發現，決定這引力的大小的因數有二：一爲兩物體間的距離，一爲各物體中所含物質的量。兩物體相離愈近，則吸引兩物體互相接近的力就愈強。但是引力的減弱遠較距離的增加爲速。故當兩物體相距一英里時的引力，將爲相距一百英里時的

一萬倍。若一物體極小，一物體極大——像我們的地球和一個人——則此人若離開地球一百萬英里，其間的引力實際上就差不多和沒有一樣。

現在我們大概已可明白，我們所說地球對於其表面的物體的引力，剛好就是我們通常所說的「重量」，所以地球的引力又稱重力。存了這新的觀念，重讀上面的一節，即得一十分可驚的結論，人愈向上爬，其體重愈小，如果他有方法昇高到離開地面一百萬英里的地方，實際他將全無重量，可以一點也不費力地浮在空中。

兩物體間的物質的量也影響於其間的引力。兩個物件，除非極重而且非常接近，就不能覺察牠們互相趨近的傾向。但是在我們的處理原子和分子的想像實驗室中，我們也同樣可以搬弄像星球和太陽那樣的巨大物件。

讓我們來作這個實驗。在某個晴明的晚上跑上天空，攜下一大羣重量不同的星球，帶到實驗室裏來。然後選取一個重一百萬噸的星球，和一個較大的重二千五百萬噸的星球。把牠們放在實驗臺上，相離適為一千英里。這樣你就可以看見你的兩個星球，顯出一種互相趨近的傾向。這時候用力把牠們制止，使之靜止不動。試測出這制止牠們運動所需的力是多少。現在再取同樣的兩個星球，各重五百萬噸。把牠們放在相隔同樣的距

離卽一千英里之處，再測算制止牠們互相移近所需之力。在這兩個例子中所需的力，結果知道恰好相同。我們已經說過萬有引力的大小視相隔的距離及其重量而異。在上兩例中，相隔的距離一樣，萬有引力也是一樣。因此牠們的重量也該是一樣。但是你立即要抗議，二十五與一跟五與五的總和並不是一樣的啊。這話固然不錯，可是二十五乘一跟五乘五的積卻是一樣的。所以有關於萬有引力之大小的並不在兩物體重量的和，而在牠們重量的積。

宇宙中的幾百萬個星球都在被萬有引力牽拉攏來。那末這些星球爲什麼不真的掉在一起呢？關於這個問題且留着待將來再說，我們現在還要回頭來談一談牛頓。

牛頓對於運動也很感得興趣，並且也研究出幾個重要的結論。其中之一是說，宇宙中每一個運動的物體除非有什麼東西來阻止牠或減緩牠的速度，必始終以同樣的速度沿一直線繼續運動。例如，照牛頓的學說，一顆從槍口射出的子彈，設其初速爲每秒一〇〇英尺，那末除非有什麼東西來阻擋牠，必始終以每秒一千英尺的速度向前進行。這個說法初看起來好像非常悖理。我們大家知道從槍裏射出的子彈，即使沒有屋子或人物來阻住牠的進行，結果也必掉在地上。

牛頓的這個定律的巧妙的措辭乃在那限制的語句「除非有什麼東西來阻止牠」。我們很容易指出，使子彈減緩速度終於停止的有兩件東西。其一是子彈所通過的空氣。空氣是物質，由跳躍着的無數小粒子——分子——所組成。現在子彈是很大的，而空氣的分子是極小的，又是互相密集的。若是子彈要穿過空氣，就勢必推開若干空氣的分子。這就表示子彈所作的功，正如球員衝向敵陣。其同樣的動作，也當作牠所作的功。

我們已經知道，運動着的子彈，因為牠在運動，所以具有能，牠運動得愈快，其所具有的能就愈多。現在我們可以想到，牠推開空氣分子既然必須作功，那末我們自然可以斷定牠時時在損失牠的能。就因牠損失能，牠必須損失運動；即必須減緩牠的速度。還有一個使運動的子彈損失能的原因就是我們已經說過的萬有引力，因為牠被迫着向地面落下。

因此子彈之所以失去能，是由於空氣的摩擦及地球的引力。結果牠必須失去牠所有的能，同時也就必須掉落在地上。

我們不妨想像，在空間深處，沒有地球同時也沒有萬有引力，沒有空氣的地方，從槍口放出了一顆子彈。要是我們能夠做這樣的實驗，我們就可證驗牛頓的話是不錯

的。這顆子彈將要永遠以同樣的速度繼續運動。

法國名小說家魏爾納（Jules Verne）寫過一個故事，說有一隊要旅行到月球去的人，造了一個巨大而中空的彈丸，把牠裝在大砲裏，從地球上開到月球裏去。他們自己跑進彈殼，叫人把大砲開放，他們就以極大的速度，向月球射去，其所具的能足以勝過空氣的磨擦，穿出離地面六百英里之處。（我們已經確知，在離地面這樣的距離以外的空間，實際上已幾無空氣。）因為那裏沒有空氣，又因為那裏離地球這樣遠，已不受地球引力的作用，因此那射彈就得以不變的速度，一直向前進行。

這個故事錯綜複雜，極耐人尋味，結果是發生了許多有趣的遭遇。隊員中有人偶然掉了一杯水。可是這杯子並不掉下來，杯中的水也並不流出來，因為那裏已沒有地球的引力，所以還照樣地懸浮在空中，這使每個人看了都吃驚起來。又他們所帶的狗死了，就有人把牠擲在窗外。可是結果卻發現那條死狗還是在艙外面跟着他們移動，這又是多討厭啊。原來那裏沒有萬有引力使牠掉下來，所以牠還是在繼續地運動，正像牠活着住在彈丸裏一樣。

所有的物質實體，都含有某種的能。能的種類雖多（如電能、熱能、機械能等），

卻可大別爲兩大類：即動能與位能。關於這兩種能在前一篇中說到瀑布與運動的棒球時我們已提起過。要確定物體含有何種的能，要看這物體的樣式和運動狀況而定。

我們所知關於能的最重要的性質也許是牠的不生不滅。我們現在已能儘量地控制着能，我們能夠改變牠的形態，我們能夠給牠穿上一套新的服裝。有時候因爲我們替牠穿得過於別緻，就以爲牠已不再是能，而變成了別的東西。可是我們對於這新的「創造」。若加以仔細的檢查，結果就見我們的老朋友能戴了某種奇特的假面具在瞞着我們。噫嚶竊笑，牠並沒有改變，而且隨身帶了牠的證明文件。

所謂「能不能創造」，就是我們世俗的所謂不能無中生有。能夠憑空變出公主或城堡來的魔術家，只存在於童話之中。更有人夢想可以憑空給我們得到飲食，光明，溫暖與交通，這夢想也是荒唐之至。

就字面的說法，人類根本就不能創造。我們像下棋的人一樣，我們唯一的活動只是在小棋盤地球上面移動棋子——即各種的能與物質。要是有一個魔鬼來把我們的玩物都偷了去，我們就將立即認識，我們的力量實在是非常微弱的。

因此我們人類的主要事業，只是把一種能變成另一種能。我們用以轉變能的裝置就

叫做「引擎」(engine)。蒸汽機關就是一個好例。我們在這裏所需要的是機械能，用來旋轉輪子，開動引擎。我們所供給的是煤，水和空氣中的氧。煤由於其分子與原子的特殊排列而含有某定量的能。水與空氣也含有大量的同種類的能。煤與氧結合，就生成另一質素，稱為二氧化碳，也因其分子的特殊排列，而其所含有的能遠較煤與氧所含的能的總量為少。我們可以這樣設想：

煤十輪 $\xrightarrow{\text{生成}}$ 三輪化碳十能

如果我們使煤與氧發生化合，那末牠們所放出的剩餘的能就可設法利用了。這裏的能成為熱而出現（還有少許的光）。煤（或木材，或其他類似的質素，與氧的化合就所謂燃燒；燃燒時有熱放出，是任何人習見的事。

在蒸汽機關中，我們燃燒煤。把煤的分子與原子中所含有的能部分地變成熱能。我們用這熱能去把水變成水蒸汽。水蒸汽是一種氣體，有佔據比之原來的水所佔據的遠大的容積的傾向。在汽鍋中容納水蒸汽的空間極為有限，因此這水蒸汽被沸水壓迫而進入的空間，對於這種膨脹的傾向，就嫌過於狹小，而不相適應。結果這蒸汽就以極大的力加壓於汽櫃的四壁，有時候汽壓過高，甚至把引擎都炸破。在我們的蒸汽機關中，這壓

縮蒸汽被導入一個鋼製的機筒，筒中有一個密切的活塞可以前後移動。這活塞和輪子作巧妙的聯絡，若活塞在機筒中前後運動，那輪子就會跟着旋轉起來。衝入的蒸汽把活塞推動，於是輪子就旋轉不已。

在機關車這例子中，我們先把熱能轉變為蒸汽分子的動能，然後又把牠轉變為活塞與輪子的動能。

我們的引擎大都是像這樣地用燃燒所得的熱來發動的。這是因為可燃物如煤、木材以及天然燃氣等，在地面上出產得很多。我們雖然常常用熱來發動引擎，最後卻不一定利用軸所生的機械能。例如在某種發電的引擎中，我們所採用的裝置差不多和蒸汽機關相同，單只那活塞並不去轉動那些使引擎在軌道上前進的輪子，卻去轉動一個在一對強磁鐵間旋轉的輪子。於是機械運動的能就變成了電（或則說得恰當一點，變成了電能）。

試想像一個世界，那裏的可燃物極少，而電能卻極多。那末在這樣的一個世界上，人類知道取火的方法一定會遠在電燈和電話通行以後。要真有這世界，該是多麼有趣啊。

上面所說的關於能不能創造的原理，還發現未久。最初的啓示得自拉姆福特伯爵（Count Rumford），他在德國的一個兵工廠裏觀察鑽研砲膛，偶然注意到鑽研所費的機械能若增加一倍，則鑽研所生的熱能也增加一倍。

其後英國啤酒製造家焦耳（Joule）才對於這原理作了切實的貢獻。他僅憑他釀酒廠裏的現成器具來作精細的科學研究，他設計了一個巧妙的實驗，表示當機械能轉變為熱時（用懸錘轉動沒入水中的輪葉，使水得到熱），凡一定量的機械能所生的熱量，常常相等，即使用完全不同的機械，結果亦然。假使我們把所用的機械能折半，或加倍，或祇取其四分之一，更或隨意增減，結果在這實驗中所生的熱量，也恰恰起相應的變化。

由此實驗，可知如單就兩種的能而論，則一種能若完全被變為他種能，必毫無損益。換句話說，若最初以一定量的機械能，而使之完全變為熱，則我們就常常不多不少地得到某定量的熱。

這個原理對於其他一切的能，也證明其為適用。我們從沒有碰見過可以憑空出現或消滅於無形的例子。有時候我們好像碰到一個足以打消能不滅原理的例子。例如我們

作一個能的變化的實驗，必測定最初所有的能量，和最後所得的能量。有時我們碰到最後的能量似乎比最初的能量少了些。碰到這樣的情形，我們爲了要消除這種困難起見，就往往說，在這裏我們還沒有把一種新的能計算進去，而這種新的能是我們先前所沒有知道的。這辦法好像有一點削踵適履，其實有許多新的能都是這樣發現的，我們後來都毫無疑問地證明牠的存在。自然，也許有人會在明天舉出一個例子來，我們不能像這樣容易地去解決牠，所幸這機會很難得，他們大概不會就提得出來。

除了把一種能變成他種需要的能的引擎之外，我們還有一種裝置，叫做「機械」，機械並不是用來轉變能的種類，而反是使我們便於應用同一種類的能。

最簡單的一種機械頗有點像蹺蹺板。所謂蹺蹺板是一塊長的板，其中心平衡在一種支柱上。讓我們來看，我們如何利用這種玩具的原理於實際的用途。假設有一塊巨大的石子掉下來壓在你的帽子上。你要把那帽子拿出來，可是那石子太重，你不能徒手把牠舉起。

這時候，你可以取一塊長的板和一塊小石子。把小石子放在大石子的旁邊，而使長板的作用和蹺蹺板一樣。即放下長板，使其靠近一端處支持在小石子（等於蹺蹺板中

的支柱)上，而把這一端儘量頂入欲行搬動的大石子底下。現在假使你站在木板的另一端，那末你就可開始動作舉起那石子了。蹺蹺板和你自製的機械的差別，就在那個支點並不位於板的中央而位於靠近板的一端——那重的石子就放在這一端。又在蹺蹺板的兩邊是你和你的朋友，而在這裏卻是你和那塊石子。這機械的創意是這樣的：把靠近你的一端的木板撤下去，你就可以把那石子擡起來，正如在玩蹺蹺板的時候，你蹬下身子去，就可以把你的同伴蹺起來一樣。

你要是真的去試驗一下，你將要發現，用了這個方法，你竟能毫不費力地舉起一塊比在尋常時候你所舉的重好幾倍的石子。這是什麼緣故呢？

我們爲什麼不容易舉起一塊石子呢？這問題很容易回答。當你要舉起什麼東西時，你只是在對於地球用力。或者換一個說法，你是在跟萬有引力鬥爭。因此，要把重許多磅的物體高舉到地面上的某一定距離，就顯然必須用你的肌肉來做某一定量的功。我們又可明白，這石子無論你用手來舉，用蹺蹺板來舉，或是叫別人來舉，其所作的功的量總是一樣。

那末蹺蹺板爲什麼能使我們做雙手所不能做的功呢？這祇因蹺蹺板能夠使我們把功

展延一較長的距離。假設我們要把這石子高舉至離地面一英尺，如果你高興實驗，就跑到庭心裏去，用一根棒和兩塊石子，做一個實驗的模範。如果你不願意跨出門口，就預備一個銅幣和兩支火柴。在你舉重以前，先把所有的物品仔細看好。靠近你的一端的棒，高高地斜起，另一端則安放在石子（或銅元）底下的地面上。當石子高舉一英尺時，牠下邊的那棒端亦必高舉一英尺。你可以看見，當那棒端向上移動一英尺的距離，那末在你撤壓的一端必定下移一英尺的好幾倍。試作此實驗，看一個仔細。

由此我們就得到我們的問題的答案。這蹺蹺板只使我們把不得不做的功分成若干連續的小階段，於是我們推棒所用的力在任何時間都不超過我們的力氣。

這原理和貯蓄一樣。譬如，假設有人每日得工資三元，每晚貯蓄五分，不令間斷，如是到了月底，他就可毫無困難地貯下了一元五角。反之，假使他並不每天省下五分，卻等到月底，從當天的工資中整個拿出一元五角來，這就未免有點窘迫。所以對於貯蓄，一般都取前一個方法，所謂積少成多。

這蹺蹺板（理應稱爲槓桿 [Lever]）是一個奇特的東西。假使我們要高舉一件很重的重物，我們就把這板做得很長，而把支持物放在接近重物的地方。所以如此，是要

使靠近我們一端的棒移動一個較長的距離，而使重物稍稍升起。這樣看來，好像我們只要有一根夠長的棒，並且願意把牠的一端推拉夠長的時候，就可以把任何物件，無論牠有多少重，移動相當的距離。由於這樣的理論，所以古希臘的阿基米得（Archimedes）就聲言，假使有人給他一根極長極長的棒，一個支點，和一個站立的地方，他能夠移動世界的本身！自然，那根棒必須比地球的厚度長許多倍，那個支點恐怕必須是遠比地球為重的另一星球，而那個舉物的人必須遠站在千萬英里以外的空間中着手工作，但是假使這種事實上的困難竟能克服，那末這樣的偉蹟無疑地是可能實現的。

機械有許多不同的種類，但原理總是一樣，在變更用能的「率」。

在我們知道的所有的各種能裏，熱是最重要的一種，而且存在於世界的量也最多。我們可以說造成這事實的有兩種原因。第一，我們必須考慮考慮所謂磨擦這東西。當我們用引擎來把一種形態的能變成另一形態的時候，或則當我們用機械來處理一種能的時候，常常會發生能的損失。這是因為機械與引擎都是用實質的物體來造成的，牠們或是互相滑動穿插，或是作密切的接觸。

在這樣兩個物體的接觸面間，例如在兩塊木片間，這些組成木片的分子似乎會互相

鈎結，因此當我們把一塊木片擦過另一塊木片時，我們所用的力的一部分，就用來拆斷此種鈎結。此時所耗去的能，就用來使這些分子起更快的往返運動，也就是使木片的表面發熱。兩物體互相擦過時所生的阻力，我們稱之爲「摩擦」。在大半的例子中，摩擦總是一種損失，因爲我們並不要使物體發熱，而是要牠運動。不過在擦木取火的方法中，我們所需要的是熱，在這裏摩擦就變成有用的了。

什麼地方都有摩擦。凡是有物質的地方，凡是有物質在運動的地方，必有摩擦。表面愈粗糙，摩擦愈大。把兩個表面（如玻璃）磨得非常光滑，我們可以把其間的摩擦減到極少，但是我們總不能把牠完全除去。

如果沒有摩擦，世界也將變成一個悲慘的地方。你們總知道在光滑的冰上走路是何等困難。試想像，假使你要在一個比冰面更爲光滑的表面上行走，將會發生怎樣的事情呢？你簡直不能走路。你只要向一個方向稍稍移動，就會把你向這個方向溜了開去，永遠不能停止。汽車和火車等上的輪掣，其作用也全靠摩擦。在多數的例子中，我們總竭力設法來把摩擦減少到最低值。但有時卻要儘量得到摩擦。在汽車中，對於原動機以及一切活動的部分都塗有滑潤油，以減少摩擦（油類的作用，似乎在填充金屬表面的不平

滑部分，使之光滑），然而那輪掣的工作卻在將一種石棉襯壁壓在輪軸的金屬面上，以產生巨大的摩擦。我們不能沒有摩擦而生存，然而工程師等卻在設法把軸儘量地減少。

如上所述，為摩擦所用去的能，都成為熱的形態而出現。這一個事實的意義是十分重大的。任何一類的能都有使物體運動的傾向。當一個物體運動時，其一部分的能常成為摩擦而損失。所謂摩擦就是指熱而言。這暗示各種的能都在逐漸變為熱。實際上似乎確然如此。我們不知道這是什麼緣故。

假使你把一塊熱磚放在冷室中，軸就很快地失去熱，結果降至與室內相同的溫度。熱體的失去熱，主要由於和較冷的其他物體作實際接觸。原來熱有向各處均勻地分佈的傾向。熱磚四周的空氣分子吸收了若干的熱。就加速其運動。軸們碰到了椅子、牆壁，就把一部分的熱傳給這些物件。這個方法繼續進行，直至室內的一切物體達同一的溫度。

熱能向各方向自己分佈的這個特性，以及其他一切的能與物質連合時就失去小部分的能變而為熱的這個事實，就是世界上熱能所以豐富，所以重要的原因。

六 熱及原的予跳舞

我們在上一章中說過，一質素中所含熱量的多少，決定了牠的爲固體，液體，或氣體。熱是我們日常生活中一個極重要的部分。在冬天的時候，我們費了種種的麻煩與費用來生熱，以保溫暖。在夏天的時候，我們又喝冰水來消暑。自然似乎永遠不能供給適量的熱來滿足我們。

在幾百萬年以前，較近人類而不似動物的最初生物已出現在地球上。這些原始人的最初活動差不多都利用火。

居住在寒冷氣候中的動物，造物主給以溫暖的毛皮，但是人類的身體卻並沒有這樣的保護，因此他們自然喜歡火的溫暖。也許是一個電閃把一個樹林燒着了，於是原始人高興地注意到咆哮的火焰所產生的熱。不久，就有人發現用兩根乾燥的木條相擦，可以使茅柴或別的東西着火。歇了些時候，又有人設計了個更好的方法就是用兩塊堅硬的石子如燧石之類以某種方法，使之撞擊而發生火花。因此取火法爲人類最初所習的技術

之一，而這技術至今沒有一種動物能夠學得會。

用兩塊火石互相撞擊而發火的方法，繼續了很長很長的時間。火柴的出世只在約一世紀以前。一個法國人注意到元素的磷（一種軟的白色固體）有一種特性，一經猛烈摩擦，即能着火而燃。於是他就把磷和別的物料混合了塗在小木條的頭上，造成了最初火柴。這種原始的火柴很能引人注意，而其注意的原因卻只是好奇。他們在倫敦市出售，正像現在的橡皮氣球一樣，而鄉下人進城時帶一支奇異的火柴回去，也一定可以叫他們的朋友快樂一個晚上。

這最初的火柴做得非常粗劣，而且擲取也有危險，因為磷性極毒，不能誤入口內。幾年以後，一個瑞典科學家發現，這劇毒的蠟狀的磷若經簡單的處理，就可以變成紅色的粉末，這粉末不但全無毒性，而且非在某種東西上撞擊，不會發火。他們用這種紅色的磷來製成火柴，在放火柴的盒子邊上塗着某種擦火柴的物料。這是最初的「安全火柴」，現在幾乎是每一個人都應用牠了。這種安全火柴差不多完全是瑞典製造出來的，其每年輸出的小盒火柴，假使首尾相接聯綴起來，將會直達月球來回幾次！

我們自然要問，磷怎樣會着火呢？要回答這個問題，就得一談化學元素間的戀愛佳

話，磷便是這種元素之一。地面上的空氣中約有五分之一的氧，這氧，你應該記得，是氣體元素之一。說起這氧真是一個壞蛋，他是元素中的藍鬍鬚。但有一點不同，他顯然是個風流文雅的年青人。他的缺點是專和其他的元素鈎搭，並且有使大半元素爲之傾倒而不可抗拒的魔力。他無論走到那裏，你總可以看見有其他元素在包圍着他，互相爭風吃醋。他用空幻的花言巧語來誘引她們。但是假使有一個可憐的意志薄弱的小元素真真和他發生接觸——就會立即失去一切。她被氧抓在鐵腕裏，從此做了他的奴隸。她已不再是簡單自由的元素了，她被氧所束縛，通常都必須服服貼貼地長守下去。在大半的例子中，這勇敢的小元素總要作一次令人驚嘆的鬥爭。她不願意毫無反抗地就此降服，她叫囂，衝撞，並以其他的方法來掙扎着，費去了大量的能。不過在旁觀這小悲劇的我們人類，卻只能看見此小元素的反抗和絕叫的結果。這就是熱。

各元素受氧的誘惑而失身的難易也頗有不同。其中有三四種簡直可以稱爲老處女，因爲她們從來不曾跟氧或其他任何元素打過交道。但是磷卻走在另一極端，只要有氧在她的旁邊，她總無法拒絕他的誘惑。然而當氧的魔掌把她抓住的時候，她似乎立即會警覺到由於她盲目的衝動而陷入的恐怖的地位。她驚啼，她絕叫，她比別的元素更猛烈地

反抗，造成了一度非常可怕的騷動，但事實上我們在旁邊所看見的，卻只是一堆火焰。然而結果她所有的掙扎，都屬徒勞，因為當火焰熄滅的時候，我們就見一種慘白色的粉末輕輕地飄浮在空中——這就是從前光輝活潑的小元素的最後歸宿。

這白色粉末是由磷和氧組成的，稱爲五氧化二磷。上述變化就元素磷以及陷入氧的圈套中的其他元素看來，是表示他們個體存在的悲慘的結局，和永淪奴籍的開端。但是在人類，卻把元素和氧的化合，認爲是對於他的個人安寧，烹煮食物，以及維持製造作業的一個極端重要的方法。又當元素一旦警覺到自己已陷入了氧的掌握而引起的奇特的心理變化，和大擾動。在人類看來，也只是元素與氧化合時所發生的大量的熱罷了。

由此可見，火柴所生的熱，是由於火柴頭上的磷與空氣中的氧相結合之故。現在我們對於火柴的作用發生兩個問題。第一，要使磷和氧化合發熱，爲什麼必需使牠與別的東西相摩擦？第二，這樣產生的熱，與擦火柴時所生的火焰，其間有什麼關係？讓我們把這兩個問題依次考慮一下。

我們在前面曾經說過，原子是由以驚人速度兜着圈子的小原子的質點所組成的。假使我們望着躺在地上的一塊石子，要想到牠是由幾萬萬顆激動着的小原子所造成，就得需要一點

想像。而更使我們驚奇不已的還不止此，試再為申述。

石子的各種原子，我們已知其互相聯合而成分子，而這些分子的本身還是非常微小，就是在小片的石子裏也多得不可數計。科學家相信，這些分子也像組成牠們的原子一樣，在不息運動。牠們的運動雖不像電子那樣快，卻也勝過我們最快的飛機。並且這種分子運動不是繞行一個圓圈，而是一種像秋千或鐘擺那樣往返運動。在像石子般的固體中，這些分子運動起來似乎不能過分遠離其中心的位置，只是在中心位置近旁前後振動，猶如梵娥鈴絃上所打的結子，當絃線被拉動時的情形一樣。

我們相信，這不但在石子和其他的固體中是如此，並且在所有的一般物質中都是如此。在液體中，分子的運動並不局限於一個小小的地段，牠們可以在液體的本體中隨意地往來馳突。在氣體中，對於分子的約束及規律，更為鬆弛，因此其中的分子得任意地行動，並且顯然都想儘可能地互相遠離。由此我們不難領悟，凡此固體、液體、氣體中分子的運動情形，怎樣簡單地說明了我們藉以區別物質三態的那些特性。

這種分子運動與物體中所含的熱，有密切的連繫。事實上分子運動就在把物體所受的熱存貯起來。這是熱的一種貯蓄銀行。假使我們把石子放在火中加熱，我們就以爲牠

的分子運動的速度被增加了。當石子從火中取出，逐漸冷卻時，我們就相信這相當於其分子的前後運動的速度逐漸遲緩。至於這失去的速度則轉授於石子四周的空氣分子，也就是使空氣變熱。總之，石子所失去的大部分的能量，都成為熱而為四周的空氣所得；所剩下的則被用以造成少量的他種的能量。但是我們知道，無論如何，這能決不會有絲毫的消失——祇是變更牠的形式罷了。

我們知道，把兩個固體互相摩擦，往往使物體生熱。這是一種能轉變為他種能的一個簡單例子。我們藉兩手的肌肉運動來發生摩擦。當肌肉運動時就作了某定量的功，這功大部分成為熱而出現於被擦的兩物體中。擦火柴的實際情形是這樣的，我們肌肉的動能；轉移到火柴頭上的磷分子中。於是這些磷分子的振動加速起來，就使火柴發熱。

現在讓我們把一枝火柴的頭，放在我們的想像顯微鏡下檢查一下。我們看見那些分子在以其種速度而振動。如果這火柴是在空氣中，那末我們又看見空氣的分子在四周飛舞。每隔若干時就有一個氧分子偶然行近一個磷分子，於是發出一個微小的火花，而成一粒白色的粉末——五氧化二磷。現在再讓我們把火柴頭沿着盒邊擦過，仍從我們的顯微鏡中去觀察。我們首先看到磷分子與附近空氣中的氧分子都運動得快起來；磷分子

發生較大的動盪，其距中心的位置，隨每一連續的振動而逐漸加大。當我們這樣望着時，我們看到了一些可以用常識來推斷出來的事。由於磷分子運動的增劇，其與氧分子在每一秒鐘內相遇的次數，自然也增加了。每一相遇就發出一個微小的火花，並產生少量的熱。在火柴頭四周的冷空氣流把這熱的一部分帶了開去，但是兩種分子相遇愈頻，發出的火花愈多，附近的空氣就來不及把這所有的熱帶走了。結果是這些熱積聚起來，還加上由摩擦所生的熱，使分子的運動更爲加速。

跟着這奇異的景象，我們又看見火柴頭因磷分子與氧分子互相衝突的次數愈頻，其所含的熱就愈益增加。不久，火柴頭尖端的熱愈積愈多，卒至整個火柴頭迸出火焰。而這火焰當然又使火柴梗着火蔓延開來。

但是火柴爲什麼會迸出火焰來呢？火焰與這事有什麼關係呢？

一個火焰包含着一种氣體或固體的小質點。而光跟熱和機械運動一樣，是一種能。即要產生光，就得作功。光和熱永遠連繫在一起。換言之，凡是發光的東西，必定是熱的。事實上更必須先有熱，然後才發光。這是每一個人所熟知的事實。我們主要的人造光源乃是電燈，和任何可燃物如木柴，或燭蠟，或煤等所生的火。誰都知道所有的火都

是熱的，這就電燈中也能生熱的事實看來，即易證明。世界上最大的光源——太陽——大家知道也是非常熱的。

要明白光與熱的關係，最好先來研究組成受熱質素的分子的振動。讓我們再到想像的顯微鏡邊去，更親切地觀察磷與氧的分子在受熱時發生怎樣的變化。我們方才看到摩擦所引起的作用，像從懸崖邊推下一個皮球一樣，能夠繼續不已，並逐漸增加其速度。這些分子振動得愈來愈快，直至我們不再能夠辨別出來。但是這加速也必定有個極限。否則，火柴頭一經摩擦，不就要繼續發熱下去，直至世界的末日嗎？這在事實上是不可可能的。當此質素把牠所能安全地容納的熱，全部貯滿以後，就到達了這個極限。若使有更多的氧分子與磷分子化合起來，同時產生更多的能，那末這增加能就成爲光的形式。在火柴的例子中，這個極限很快就可以達到，所以當我們擦火柴時，並不覺到牠的溫度慢慢地昇到這發光的一點——這一點通稱爲燃點 (Kindling Point)——通常總想像那火焰是一擦即生的。實際發生的情形是這樣：磷先熔解而爲液體，然後又在着火之前變成了氣體。這火焰是歸因於氣體的磷分子浮游於火柴四周的空氣中與氧化合時所發生的光。

因此物體的發光，似乎是當牠接受了過多的能，以致不及把這些能作為熱而消納時的一種反抗的表現。假使一個人住在一間溫度不息增高的室中，到了熱至不能忍受的溫度時，他勢必痛楚地驚叫起來。當氣體的磷的質點與氧化合時所發射的光，就相當於人的驚叫，其意若謂先前牠的不幸的同伴們跟氧相化合所生的熱，已使溫度增加到不能忍耐的程度，現在再加牠自己和氧化合所生的少量的熱，就像是火上添油一樣了。牠既然容納不下這許多的熱，就只好把牠的能作為光而放射了出來。衆多的原子同時做這件事，這就產生了我們所謂的火焰。

在本文中我們早就說過，一切質素的分子，無論其為固體，液體或氣體，都在運動，又說過，分子運動是由物體中含蓄着的熱所引起的。熱愈多，運動愈快；熱愈少，運動愈慢。由此使我們更想起若干問題和實驗。截至此處為止，我們只講到加熱於質素而使其溫度增高，分子運動加速。現在讓我們設想，假使我們實行相反的方法，即從一物體中把熱驅走，將發生怎樣的情形呢？

這是很明白的事，在熱和冷兩者之間，必定有某種密切的關係。這關係是很簡單的。冷只是缺乏了熱。某一物體被稱為熱或冷，完全要看這說話的人是誰以及這個人當

時的感覺如何而定。一個哀斯基摩人會把紐約的冬天當作適於穿帕姆海濱服裝的時節。一個中非的土人對於紐奧靈斯的七月天氣一定以為非穿厚大衣不可呢！

所以要科學的地說到熱和冷，而免除此種困難，就必須規定一標準的溫度，可以由任何人在世界上任何地方造成，於是其他的一切溫度就可利用牠來作比較了。這種標準溫度就是水沸騰或凝固時的溫度。無論你在斯匹次北爾根 (Spitzbergen 位於北極圈內) 或倍諾斯·愛勒 (Buenos Aires 在阿根廷) 作這實驗，其所造成的這兩個溫度總是一樣的，因為純水所在都有。所以極便作為溫度的參考。有人把沸水和熔冰間的溫度之差劃分成一百個等分，每一等分稱為一度，而所謂溫度計就是用來把水銀球所在之處的溫度記錄成度數的器械。

因此我們若是減少一物體的溫度，就只驅除了其中的熱，而減少其分子的振動速度。於是問題又發生了：「我們能不能把物體中的熱全部除去，而結果使分子靜止不動呢？」

這工作事實上雖然從沒有做成過，可是我們有充分理由相信這是可能的，將來必有成功的一天。在近年來，某種極低的溫度已經造成了。其方法是把一種氣體壓縮冷卻而

變爲液體。我們最熟悉的氣體空氣，就可以這樣地變成液體，現在已有巨大的工場，製造液體空氣，以供給工業上及各方面的需要。液體空氣是一種差不多無色的液體，外觀很像水，惟極度寒冷，以鷄卵凍結於其中，就硬得和棒球一樣，以水銀凍結於其中就硬得足以用來鎚擊釘子。

用同樣的壓縮與冷卻方法來處理氧，氫或氫——就是用來充填氣球的那種氣體——還可以產生更冷的氣體。從這種液態氣體及氣體本身的研究上看來，要能造成這個最低的可能的溫度，不用說該有極大的價值。這個溫度就是零（零爲熔冰的溫度）下二七三度。那就是說，我們得從冰水中趕走三倍於使之成爲沸水所需的熱，才能把其中所藏的熱全部除去，而使長期勞力着的水分子得有一個絕對休息的機會。液體氫的溫度在零下二七二度以下，在目前我們還無法使其更低。因此在目前，我們不能確說物體在絕對零度——負二七三——時將變成什麼樣子。

這個故事的教訓是這樣：在某一嚴寒的冬天，當你冷得手足僵木，齒牙發抖時，你抱怨這天氣冷得無可再冷。在這樣的時候，你就該想想這裏所講關於熱和冷的實況，看看你牆上所掛的溫度計，那上面也許記着零下三〇度，然後再想像浮游於僅只零下二七

二度的液體氣中的小分子，該發生怎樣地感覺啊！

七 以聲消聲

聽覺是我們與世界間的最重要的聯絡工具。世界上充滿了各種悅耳的聲音。在任何聲音裏，無論是友人的語聲，或某種野獸的怒吼，我們都可以找到動人的音樂。莎士比亞說到過「溪流中的書」(Books in running brooks)，而輕風徐徐掠過樹林時的甜歌，又有什麼能夠比得上呢。

但是好奇心不由自己地使我們追究到聽覺的本質。我們不能僅以聽覺爲聲音作用於耳朵的結果這一說明爲滿足。耳朵的構造是怎樣的？爲什麼在人體的各部分中單只耳朵會使我聽見聲音？

在沒有明白耳朵的作用之前，我們必須知道聲音是什麼。讓我們再把魔術實驗室整理一下，做一個小小的實驗。試在繩子的一端繫上一塊像小石子那樣的重物，而把另一端縛在壁間的釘子上。然後執住了繫重物的一端，把繩拉向一邊，立即釋手。這實驗的結果如何，不用說是誰都熟悉的。這繩子將盪到另一邊去，直至其距中心的距離，跟你

釋手前把牠拉過來的距離相等而止。牠在那裏似乎停留了極短的時間，隨後又盪向你這邊來。此後牠一再反覆這個動作，惟其振動的距離則逐次減短，直至靜止而止。關於這種振動，我們在討論熱的時候已經說起過了。

現在讓我們再用某種薄而強韌的金屬片來代替繩與石子，把牠的一端緊緊地執在手裏，拉動自由的另一端至一邊而釋之。這樣所生的結果與上面所說的恰好相同，這金屬片起迅速的振動——事實上也許快得連我們的眼睛都看不出來——如果沒有什麼別的障礙，你就可以聽見伴着這振動有一個微弱的聲音，而且這聲音似乎就是從振動的金屬片上發出來的。

由此可見聲音的產生是由於物體的振動。現在讓我們再來看看，聲音究竟如何到達耳朵，並且耳朵如何使我們發生聲音的感覺呢。

我們知道，一切物品的四周都包圍着空氣分子。現在試把金屬片想像為非常微小，當牠運動時只能打着一個空氣分子。假定這空氣分子向左移動，那末牠勢必轉而打着另一個空氣分子，把牠推向左方。然而因為這金屬片是在振動的，所以牠不久就向右方運動。但是那個受牠推動的分子，則非俟打着了什麼東西，就必一直向左運動。這所謂什

際東西，通常總是另一個空氣分子。這第二個空氣分子受此推撞，也就向左移動，而第一個分子則向右彈回。於是就有一長列的氣體分子時而向左，時而向右，往來不已。

換句話說，這一長列的分子發生了振動。不但如此，又因空氣的振動，是由於振動的金屬片所引起，所以空氣分子在一秒鐘內的振動次數，必定和金屬片的相同。

現在很容易明白，若是在振動分子長列的另一端，恰巧碰到另一金屬片——或任何可以振動的物體——這東西就會接受空氣分子的推撞，而自己發生與原來金屬片同樣速率的振動。

這個實驗所用的金屬片，我們曾想像牠小得和分子一般，然而我們很容易想見，這金屬片即使極大，其結果還是一樣。

由此可見，從振動體發出的聲音通常都通過空氣。假使空間沒有空氣以及其他一切物質，那末聲音自然無法從其中通過了。此可以下列事實證之，試於一器皿中置一電鈴，而將其中的空氣抽出。此時我們若通以電流，我們就無論如何也聽不到一點聲音。物體在一秒鐘內振動的次數，與所發的聲音大有關係。牠可以決定這聲音之爲尖銳的呼嘯，或嗡嗡的蚊陣。

如果使任何物體以不同的速率而振動，總可以找出一個振動最猛烈的速率。物體的這個超於一切的最合宜的速率，稱爲該物體的「固有頻率」，固有頻率隨組成這物體的質料和大小形狀而異。

我們人類也有同樣的一種特殊的振動頻率。不久前在一個集會中，有人給我介紹了一個朋友。這個人在午餐時恰巧和我坐在一起，我費了許多時候，想找些話來和他談話。他好像很怕羞似的，老不敢說話，我想盡了種種的話題，總不能從他得到些微的反應。他對於我的問話總是恭恭敬敬地說了個「是」或「否」，好像不大高興把這談話扯開去。這樣經了一小時，我正在因爲無法使這個人講話而覺得失望，忽而說到關於無線電方面的事。他的臉色立即高興了起來。「喔，原來你也是個無線電迷！」他笑着說，於是他就講起了關於無線電的種種，滔滔不絕，談了一個晚上。倒是我謝絕他拉我到他家裏去看他新的無線電作品，費了不少的唇舌。

可見這個人在無線電的話題中有一個「固有的振動頻率」，雖然別的話題都不能引起他的興趣，可是對於這個話題，他卻發生了猛烈的反應。

假設你有兩條同樣形式的金屬片，分放在相隔若干距離之處。使其中之一以其固有

頻率而振動。我們由先前的經驗，知道這金屬片四周的空氣，就要以與金屬片同樣的速率而振動。於是就有若干振動的空氣分子將要撞擊第二金屬片，而有使之起同一頻率的往返運動，即振動的傾向。因為我們已經說過，這兩條金屬片是同樣形式的，所以結果這第二金屬片也以其固有頻率而振動。在這個固有頻率時，就是以極小的力，如空氣分子所生的力，也足以使他振動得幾乎跟第一片一樣地強烈了。如果我們在想像的實驗室裏做此實驗，事情似乎很簡單，因為我們能夠看見這些空氣分子怎樣推撞第二金屬片，而使之振動。但是我們如果把這實驗放在普通世界上做，那末就因為空氣分子是看不見的，這現象就像魔術家所演的把戲一樣了。這正如我所知道的那些雙生弟兄。假使阿哥撞痛了足趾或割開了手指，不但阿哥會大聲哭鬧，便是阿弟也要照樣地放聲大哭，雖然他一點沒有受傷。

但是在金屬片的例子中，我們要使這個實驗成功，那第二金屬片就得和第一金屬片恰恰有同樣的固有頻率。如果稍有相差，則其感應就非常微弱。

我們又須記住，兩物體不必是同一種類的東西，只須其固有頻率相同。一物體可以是金屬片，另一物體可以是懷娥玲的弦，或風琴管中的空氣柱。一物體可以是金屬片，

另一物體可以是隨便什麼東西，就是房子也可以，只要牠們的固有頻率相同。

這原理可以導出一極可驚的事實。假設我們有方法能準確地求得某大建築的固有振動頻率。於是我們就造一尋常大小的懷娥玲，惟其所用弦線的質料和形狀，卻可使之具有跟大建築物恰恰一樣的頻率。

現在讓我們帶了這懷娥玲站在這大建築物旁邊，小心地拉動琴弦。由上面所講的看來，很明白，這大建築物就將以其固有頻率而左右搖盪，雖不會盪得怎麼遠，卻也許會使整個建築物坍倒在地上。

說起人類的耳朵，主要由一薄膜稱爲耳鼓的所成，這鼓膜各方面都繃得十分緊張，其功用和軍樂隊裏的銅鼓一樣。耳鼓不只有一個固有頻率，卻有許多固有頻率。事實上牠可以感應自每秒十六次以至每秒三萬二千次的各種振動。牠所以有此功能，全在藉肌肉之力以改變其形狀和緊張狀態。因此假使附近任何地方有一物體，在以這兩個數字間的頻率而振動時，耳鼓就以同樣的頻率而振動。耳鼓由一複雜的神經組織與腦髓相連絡。因此當耳鼓運動時，就有一個消息傳達到腦部，說，「耳部有什麼事情發生了。」從十六到三萬二千的每一個振動頻率，都代表一個特殊的消息。我們接到這樣一個消

息，就說是聽到了一個聲音。關於聽覺的真相，就是如此。

若振動頻率極低，即如自「 ∞ 」至「0」，這聲音稱為嗡嗡聲。若振動的頻率很高，我們稱之為嘯聲；頻率愈高，嘯聲愈「尖銳」。你可以用你的兩脣來吹出一個極尖銳的嘯聲，其頻率略近於 32,000。試發一個音，然後再發一個較高的，即較尖的音。要是你繼續着做去，到了某一個階段時，雖有空氣經過你的兩脣，並且好像你還在發音，卻聽不見一點聲音。這是為什麼呢？原因很簡單，就是在你喉間的空氣，其振動的頻率已超過了 32,000，因為耳鼓不能感應這頻率，沒有消息送到腦部，所以你就「聽」不見什麼了。

大多數的動物，昆蟲以及其他生物，都有耳朵，但是牠們的耳鼓所感應的振動，也許和我們大不相同。你不能聽見的高音，對於某種昆蟲，也許會響得像大砲的怒吼一樣。你總會注意過，當你要去喚一隻狗時，你總用一種尖銳的聲音，或是你要去跟牠談話時，常用一種「高音調」的 (high pitched)。即高頻率的聲音。我們這樣做，雖然是本能的，然而我們這本能的原因，卻由於像狗一類的動物，其耳朵對於高頻率的聲音較低頻率的容易感受。

人們對嬰兒講話也用高音。但並不爲了同樣的理由。因爲嬰兒的耳朵當然和狗的耳朵不同。與嬰兒講話所以要高音調的確實理由，尙待發現。

沒有兩個人是恰恰一樣的，人類耳朵所感應的振動範圍的數字並不是對於每一個人都可適用。能夠聽到頻率稍在 20,000 以上或稍在 16 以下的聲音的，也時有碰到。要是這樣的兩個人碰在一起，那末他們就不能不使任何人聽見而公然交換意見了。

靜寂是沒有聲音，而聲音，我們已知其爲振動。所以靜寂就是沒有振動。那末我們能不能把兩個振動的東西放在一起而消除那種振動呢？

我們這樣說，可見這問題並不是不可能的。假使有兩個人各以同一的速度而相對地跑着，那末當他們相碰的時候，就將同時停止，於是本來的兩個運動都沒有了。但是用一個聲音以中和另一聲音而造成靜寂，事雖可能，而其發生的情狀卻通常都與上述的例子截然不同。要弄明白這件事，我們必須懂得「聲波」(sound waves) 這個名詞的意義。

我們最熟悉的波是水波。對於水波的性質最容易發生嚴重的誤解。第一，讓我仔細理會，沿水的表面移動着的波，並不將水的本身向一處處推動；波這個東西僅是能的傳

送。因此水波可以說是一種機械，因為牠接受了風的能，而把這能轉送到某一定的距離，而以之消耗於變更海灘的形狀或磨碎灘上的岩石，這些工作都不是風所直接能夠做得來的。在一個波列中的任何分子，雖然並不隨波的方向而運動，卻也自有其運動。牠是在上下振動，有時在經過的波的谷底，有時在經過的波的峯頂。這正像一個軟木塞，其中的小分子或上或下，或前或後，卻還是走不變其相對的位置。

在波裏的這樣一個水分子的運動，我們稱之為「週期性的」(Periodic)。意即這質點週期性的運動，一再地作同一的事情。牠跑上波頂，不久又沈入波底；而一到了波底，又急忙忙開始回向波峯。波中的每一個單獨的水分子都在繼續不息地反覆着這個行動；而一連串的分分子各作週期性的運動，連合起來就產生了波。

聲波是看不見的。然而假使我們能夠看見聲波，牠是不是和水波一樣呢？這問題我們不能確切回答，但從表面看來空氣中的聲波和水波的共通之點，大約極少。理由是像水這樣的流體要比像空氣這樣的氣體沈重不少。因為使空氣或水的質點造成顯明的波形，是由於重力的作用。事實上我們可以把一個水波設想為兩個力的比賽的結果，質點所受風的動能把牠向水平推動，而地球的引力卻把牠向下拉動。然而在空氣中的聲波，

由於空氣分子的重量極輕，其所受地球引力的作用，並不重要，所以像這樣的波，假使我們能看得見的話，僅不過像一長列的點子交互地時而密聚，時而疏散而已。然而我們還是把這個現象稱之為波，因為關於波的最重要最顯著的特點，乃在那些質點的起週期性的運動。並且，我們在畫聲波的圖的時候，雖然總把牠畫成波線的形狀，然而我們可以確信，牠們實際的形狀，卻一定和這個截然不同。

在水波中，波谷的質點並不含有能。當分子向峯頂上昇時，牠就得到位能，待牠昇到峯頂，牠就具有了最大的能量。假定水中有兩個波從同一地點出發。而這兩個波，除了一個波的波長（即相鄰兩波間的距離）較另一個波的波長稍大或稍小外，其餘都屬相似。你要明白這情形，最好是照下法繪一圖解，先畫一波線，使任一波峯與其次一波峯間的距離，為一固定距離，設為一寸半。現在再在紙上的同一地點開始畫另一波線於第一波線之上，惟其每兩波間的距離，則與前一波相差約一寸，設為三分之一寸。現在試檢視你的圖解，即知這兩個波雖然從同一地點一同出發，卻漸次分離，一個波比另一個波走得快一點。經了相當時候，第一波在峯頂時，第二波正在谷底。在這個時候，兩波適相反對，假使各波的能是相等的話，牠們就剛好互相抵銷。因此在兩個水波中，會有

一個時候。一波爲另一波所消滅。

這一個圖我們可以應用於聲波，而無需改易。假使兩聲之一的波長較另一聲波稍大或稍小，那也必有一個時候，兩個聲音將相消而變成靜寂。再從你的圖解細加揣摩，你就會見到，在兩個靜寂點之間，那兩個波又必處在一特別情形之下，其時牠們的能相加而發生最大的聲音。假使我們在鋼琴上打兩個音鍵，這兩個音鍵須選取所謂不協和的，這樣就可以同時產生兩個波長稍微不同的音波。我們稱這結果爲一系列的「拍」(beat)，有時候我們的耳朵能夠分析出牠是聲音與靜寂的交互變化。兩個波長不同的聲音，若是同時發生，常常產生拍。所謂音樂就在發現及產生音的聯合，使其所生的拍可以悅耳而已。

八 不可見的光

我們一說起「光」，我們的心目中就浮起世界上種種美好可喜的景象；但黑暗所暗示的卻剛好跟這個相反，而為醜陋刁惡以及趨避不遑的東西。

這是事有所必然，理有所必至的，因為，人類在光明中覺得安全愉快，在黑暗中覺得恐怖憂鬱。在白晝的和煦陽光底下，他可以防禦敵人，而在黑夜的幽暗中，他就做了不可見的恐怖東西的俘虜。

光入於眼，使我們能夠看見，正如聲入於耳，使我們能夠聽見一樣。但是在普通談話中，我們對於「看見」這詞的意義，大都誤用。假設夜間我和一個朋友同在一室，而這室內裝着電燈。我就說我「看見」我的朋友。這話是不正確的。因為進入我眼中的光，係來自電燈而非來自友人之身。你只可以說我在夜間看見一個螢火蟲，因為螢火蟲的光才是他自己造成的。

眼睛當然是人體上最重要的感覺器官。這器官由透鏡與其他構造巧妙地配合而成，

是人體上最易感光的一部分。如果你面對太陽，這時的太陽光不但照在你的眼上，同時還照在你的耳上和鼻上；然而牠對於耳和鼻並沒有多大的效應。但是當牠照射到——或進入——眼球時，牠就通過眼球而進至這器官的後方，與通入腦部的視神經相接觸。這神經遇到光線的刺激就能感應而傳達消息於腦部。牠告訴腦髓，這光是什麼顏色，強度如何。所謂告訴腦髓自然是告訴腦髓這個個體，因為就對於世界的關係而論，腦髓可算是獨立的個體。

例如，假定你在明朗的夏日，將兩眼直對太陽。這時立即就有一個迅速的消息傳至腦髓，「白光，——很強很強——最好想個辦法，因為這會傷害我。」於是腦髓——如果你真是這樣地望着太陽，顯見牠比你聰明——就以這事為己任，迫使你的眼睛緊閉起來，不讓牠們受傷。

什麼叫光，牠是怎樣發生，並且我們怎樣能夠看見東西呢？對於後一問題，我們上面所說的回答已經夠滿意了，這裏單講前兩個問題。

在講能的一章中，我們早已說起過由化學元素互相化合時能夠產生的光。在這種情形中，由化合所積聚起來的能，最初成為熱的形式，其後能的產生太快，不復為熱所能

擔當得起，就發而爲光。於是我們就說，光常因熱而發生，及只有熱的東西能產生光。但是這也有例外。某種昆蟲如螢，似乎能產生無熱的光。還有幾種礦物，則具有最初吸收光線隨後又把牠放出的本領。這樣的一種礦物，若任其在日光中曝露若干時，然後把牠移放於暗處，就能把牠吸收的光放出來，看去像是在暗中灼熾一樣，此即所謂發生螢光。這螢光也伴有少些的熱，即使我們把牠放在如液體空氣等的低溫度之下，也能繼續發光。

但就一般說來，則我們原來的敘述，並無不合。所以我們此後的討論，也姑且把牠當作是絕對正確的事實。

光當然是能的一種形式。並且光像聲一樣，是一種波動。換句話說，就是牠進行時呈搏動狀態並不是連續的。光的速度跟聲的速度大相懸殊。在真空中光以每秒 $186,000$ 英里的巨大速度而前進。你也許驚疑光之從甲地到乙地是否需要時間。事實上牠的傳達確需時間，不過這所需的時間極少，在尋常看來差不多和沒有一樣罷了。例如在晴朗的天氣，在海面上可以遠眺十英里以外的景物。假定在十英里外的一個燈塔，於十二時正放出一流光來。那末船上的一個人看見這光，究竟是在什麼時候呢？這大約是在零時

1/20,000秒——這就種種目的說來，都和沒有時間一樣。

所以在地球上，光從甲地傳至乙地之需要時間，其關係極少，甚至可以說毫無關係。然距離極大如在星球之間，那末這時差就可以變成一個極重要的因數。例如光從月球射到地球需時一秒鐘，從太陽射到地球需時八分鐘，而從數萬萬英里外的某一星球射到地球，就得要十七年以上。要充分明白這事實的意義，可假定這個星已於十五年前毀滅了。如果我們現在用望遠鏡來看，還可以「看見」這個星，而且還可以再繼續兩年以上！

聲音與光在速度方面的大差別，就使聲音只成爲小小的地球上的村野鄙夫，而光則成爲整個宇宙中的顯赫公民。此外，牠們尚有一個更重要的波動的差別。聲波得在某種物質中通過。我們還記得那個實驗，若把一個電鈴放在玻璃罩裏，而抽除其中的空氣，則電鈴擊動時即無聲音可以聽到。假使在這實驗中把電鈴換以電燈，則電燈仍能發光，與罩中空氣的有無沒有關係。因此我們只好斷定，光的傳佈無需藉物質之助。光是宇宙中最能獨立的東西。即使把牠通路中的一切我們認爲實在的東西除去，牠還是能安然地過去，甚至比有物質的時候走得更快！

種現象能不用以太而以其他方法來作完滿的解釋，那末我們就無需再相信以太的存在了。

顯赫的科學家亞爾培·愛因斯坦就會做成了這個工作。關於愛因斯坦及其貢獻，待將來再說。現在我們只須說明他曾經絕口不談以太而解釋了光的種種現象，以及其他的許多事情。不理不睬是消人銳氣的最好方法。愛因斯坦對於以太就應用了這個方法，於是許多人覺得現在已無信仰以太存在的必要了。

然而，我們還該補說一句，現在頗有許多見解卓特的人，他們至今未被說服而不願拋棄這無所不在的輕虛的流體的觀念。

但是光的進行雖然無需憑藉物質，可是在某一點上卻與物質發生密切的關係。光常自物質產生。這正如聲音是由某種實質的物體的振動而發生的一樣，光也是由某種東西的振動而發生的。不過其每秒的振動數兩者差得很大。在聲音可以是幾千次，在光卻大得可以用幾百萬次來計！因為光需要這樣大的振動頻率，所以這振動體自必為極小極小的東西。於是我們可不言而喻，那就是電子，原子和分子的振動產生了光。

我們說原子，分子和電子的振動是發光的原因。然而這種小東西是否真像上一章所

說的金屬片那樣地來來往往地振動，則到了如今，已不像幾十年前那樣地確信了。我們所能斷言的是，物體所產生的光，其行為像是一個波，一種振動，所以應該是由振動體發生的。但在近幾年來，科學造成了種種的奇蹟，其中最奇特的是得見一幅關於原子內部形狀及其作用的明確的圖畫。這些實驗使我們對於光波的產生發生一種新的觀感。

第一、光是一種能，說牠從原子和分子產生，意即這種原子和分子在釋出其所含的能。於是問題就發生了：爲什麼牠們要釋放牠們的能？對於這理由很多。有時似乎是一羣原子要以不同的方法來重行結合；要達此目的，那末這組織就該把所含能解放出來。我們可以設想，就原子的立場看來，他所含的能和新的結合狀態，都是牠所需要的。但是因爲事實上不能兩全，所以必須放棄其原有的一部分，以獲得他一需要。

試想像有一羣人——假令是農民——他們要有一個組織。這在個別的農民就都有贊成與反對的兩個意見。加入了這組織，他可以得到同志，並且他的收穫也許可以較個人賣得稍高的價錢。然而在相反方面，他顯然必須放棄他的獨立自主之權，而與大羣的人同其運命。就原子而論，爲了要參加新的結合而放棄的自主權，就相當於能——而這能，無論就原子說或人類說，都是無價之寶。所以當原子結合時，就常有能放出。這能

有時候成爲熱；有時候成爲光；而通常都同時成爲熱及光。

有時候，原子對於這事並無自由選擇之權；某種的力，譬如一個實驗室人員，可以設法強迫原子釋放牠的能。例如X射線（爲光的一種）就是用高速度射出的原子和電子撞擊其他原子而產生的。這些運動極快的原子和電子把其他原子中的電子打出，而其能則變成了X射線。我們可以把這現象比之於用重砲來轟擊一個城市。假定一個砲彈打中一個高高的磚塔，而把磚塊打落在地上。此時這些被打落的磚塊由於落下而獲得動能，假使有個守兵站在塔下，而有一磚塊剛好打在他的頭上，便足以把他打死，正如被砲彈直接射中的一樣。

我們知道，聲波在同一介質中常以同一的速度而前進，不過每秒中的波數和一個波的長度卻大有不同。我們又知道，每秒中波的數目（即音調）足以決定聲音之爲尖銳聲或囁嚶聲。對於光，其情形也完全一樣，光的速度是一定不變的（對同一介質而言），但波長和每秒間的波數卻可以不同。正如聲音的調子決定了聲音的種類，光的調子（在光應稱頻率），或光的波長也足以決定光的種類之爲藍，爲黃，或爲紅。

我們所稱的白光，實在包含着所有的各種原色（原色係指不能藉其他色光混合而成

者）即紅，橙，黃，綠，藍，靛和紫等七色。這句話好比是說，一塊錢的鈔票包含着許多的角幣、分幣、鏰幣、鉛幣和銅幣等等。不過就光而言，我們的確能從純粹的白光中找出七種原色來。這在實驗室裏是極易做成功的，其法使一流白光通過一個稜形的玻璃，於是這光在通過稜鏡時就起彎曲，因為不同的色光作不同程度的彎曲，故當光線穿過稜鏡以後，就分散而成爲一條廣闊的七色彩帶，一端爲紅色，其餘各色依此排列，至另一端而爲紫色。

這裏可以附帶說明，天空中的虹，就是以同樣的方法大規模地產生的，即由太陽光穿過千千萬萬的小水點而成，因為這些小水點的作用都跟三角稜鏡一樣。

這七原色的波長都很短小，即每秒中的波數都十分巨大；其中以紅色光波爲最長，紫色光波爲最短。

但是較紅色光波稍長的波也是有的。只是我們不能夠看見，因為我們的眼睛天生不能夠看較紅色光波更長的波的；也就是這種對於我們的視神經不發生影響，所以不會把消息傳達於腦髓。但是我們的確能感覺到這種長波。這種長波便是熱波——！確確實實，並無半句虛言。這事雖然好像有點奇怪，但實在光波與熱波的區別祇在他們的波長。並

且假使我們想到比熱波更長的波，還有無線電裏所用的無線電波。可見光，大約要有一百萬個波接連起來才有一英寸長，在熱波則大約要一千個到一百個或更少的波就可以接連到一英寸長；至於無線電波的波長，你也許早已知道，是從幾米突起一直到幾千米突（一米突約等於三英尺）。

但是可有較最短的光波即紫色光波更短的波呢？回答是有的，較紫色稍短的波，就是我們所謂的紫外射線。這種波在醫療上十分重要，因為牠們有殺菌力，而且能夠透入普通可見光線所不能透入的皮肉中。

我們的皮膚之所以會曬黑，其主要原因就在於太陽光中的紫外射線。並且這還可以解釋那個奇怪的現象，即我們的皮膚在曇天比在明朗的天氣更容易曬黑。原來可見光線不能透過雲層，而紫外射線的透過雲層卻要容易不少。

較紫外射線更短的波有X射線，X射線極為猛烈，若處理不慎觸及皮膚，就會引起嚴重的灼傷。X射線極易穿過普通物質，但是對於含有重元素如鉛鐵等的質素，其穿透作用就減弱不少。X射線的此項特性，就使牠成爲醫生的極有用的工具。

你在攝影的時候，你是使從欲攝的物體上反射過來的光，經過鏡頭，而落於照相底

片之上。若是物體的一部分是暗的，那末牠就沒有什麼光反射到底片上去，如果另一部分的顏色較淡，牠就將反射多量的光。至於底片乃是一種易於感光的化學的混合物。當光照射上去的時候，片上就發生新的化合，結果是生成黑色的金屬銀。光線愈強，化學的作用就愈劇。在照相攝得後，就將底片取出，放入一種液體中，使未起變化的藥品溶解於液體中，而讓底片變成透明。但是有黑色的銀粒（凡微小的金屬顆粒，都呈黑色）沈積的地方，卻不受溶液的影響，所以在經過這個「顯影」的手續以後你就得到了一幅你所攝的物體的像——不過這像是反的，凡物體上光亮的部分在這裏都變成了黑暗，而黑暗的部分則都變成了光亮。現在若用這張底片來印晒，則所得的像又經一反，於是牠就成爲物體的真實的複寫了。

至於在應用X射線攝影的時候，則我們不讓X射線從物體身上反射回來，卻令X射線直接透過物體，而落於底片。

一顆子彈射在人的腿上，醫生僅憑肉眼是無法查得的。於是他把這腿放在一塊照相感光板的前面，而照以X射線。這射線極容易透過皮肉，而不容易透過骨骼，至於碰到鉛彈，那就簡直沒法透過了。所以當這張底片顯影了以後，腿上的肌肉看去呈黑色，骨

酪顏色較淡，鉛彈則成白色。於是醫生就可立即查出鉛彈的位置，而一點也不使病人受苦。他之使用X射線照片，正如一個人捧住一張城市地圖來確定某一條街路的位置一樣。波長比X射線更短的射線也有。其中有些是從鐳產生的。（關於鐳當另作專篇論之）。這種極短的射線，對於醫生甚至比X射線更為重要。

不多幾年前，著名的美國科學家密立根氏又發現了比從鐳所產生的更短的射線。這種射線係繼續不絕地從遙遠的空間中傳到地球上來，故稱為宇宙射線（cosmic ray）。宇宙射線極易穿透物質，就是在最深的湖底及井底，也有牠們的蹤跡。

凡是這所有的波——無線電，熱，可見光，紫外射線，鐳射線，宇宙射線等——其實都可以稱為光。牠們相互間的不同只在波長一端。然而普通概指這些波的全體時，往往用「輻射」（radiations）這個名詞。

在講起聲音的時候，我們曾經說過，有些人所生的耳朵，能聽到較一般人所能聽到的波長稍長或稍短的聲音。這在光也是如此。顯然有人能夠看見顏色較一般為深的紅色或光彩較一般為強的紫色。不過我們也並不完全要靠我們的一雙眼睛。我們很熟悉，某種晶體可以「檢」無線電波。這所謂「檢」不就和「看」無線電波一樣嗎？同樣，我們可說，

一張照相的感光片能夠檢或看 X 射線等等。大家都知道，有些動物對於紅橙綠這一羣顏色的感應，遠較對於藍靛紫這一羣顏色來得銳敏。牠們的眼睛很有真能看（這看就是指我們看尋常顏色的看）見我們所不能看見的紫外或紅外（較紅光稍長者）輻射的可能。

假使在一盞燈裏產生紫外射線，那是沒有一個人能夠看見牠們的。然而我們可以想像，假使有一種物質能使這種射線變成可見，那末我們帶上用這種物質來所做成的特種眼鏡，再去望這盞燈，不就可以看見了嗎？像這類性質的東西在第一次世界大戰時即已發明。兵士應用了這鏡子就可用「不可見的光」來互相傳遞信號而完全不令敵方的偵探者知覺。

九 能 的 原 子

我們已經說過，光線是由於原子內部的或近旁的變化所產生的。我們知道這現象與能有密切的關係。但是在原子的領土中因何變故而產生這奇怪的光的現象呢？

讓我們記住，物質是由分子所造成的，而分子是一個原子的集體。並且我們又知道每個原子是許多迴旋着的電子的一種奇妙構造。在原子的領土中，一切都在運動，而且運動得很快。每個原子有個中心——關於這中心我們知道得很少——環繞着這中心，有若干個電子在那裏以極大的速度迴轉。電子繞中心的路線，有時呈圓形，有時呈圓形而稍扁，像是給人踏過的一般——即所謂橢圓形。有些電子極近中心，有些離中心很遠。假使我們有魔術能突然制止一個原子裏的電子的運動，而令各個電子靜止於原位，則我們的所見，可以謂為由電子所造成的許多殼——像是一套由粗鐵絲網所編製的空心球，一個個依次套疊起來的。我們可以把這幾層殼自中心向外編以1 2 3等號數。

我們試設想在第2號殼上的一個電子。假使我們要把這電子趕到第3號殼上去，那

顯然必須作功，這與要把一塊石子從山下搬到山頂必須作工，理由相同。然而假使我們作了這功，把電子從第 n 號殼搬上了第 m 號殼，那末這電子勢必得到相當於搬動牠所需功的能量。

現在我們更反其道而行之，設法把第 m 號殼上的電子掉到第 n 號殼上去。這時那電子顯然必須把第 n 號殼與第 m 號殼間所差的能放棄掉，正如從山崖邊推落一塊石子就使這石子撞擊地面，做了相當的功一樣。

現在我們可以把這個現象作簡明的敘述，即當一個電子掉回到原子中心去時所放棄的能，係成爲我們所謂的光的**形式**，或則說得更廣義些係成爲**幅射的形式**。

但是使電子掉落的原因是什麼呢？原子是一架非常穩定的機械；要是沒有什麼意外的事情來阻礙牠，牠就將永保原狀。但是假定原子大得像一個棒球，而有人對牠射了一彈。說不定這彈子恰巧會打中一個電子。如果真的打中了，那末牠必定阻礙電子的迴轉運動，而向中心掉落。或是當兩個原子恰巧發生衝突，特別是在被加熱而以巨大的速度運動的時候，也有使電子掉落的可能。總之一個電子可以由這樣的原因而掉落，也可以由其他我們容易想像得到的原因而掉落。

無論因怎樣的原因，總有能量從原子中釋出，這釋出的能通常都成爲光或X射線的形式。所以一閃的光，便是原子的新聞報告，似乎在說，「我的一個電子正在從第A號殼跳下第B號殼上去。」

但是這故事還沒有講完全。在運動着的不祇是電子，就是原子本身也在一定的曲線軌道上運動。有時候，爲了某種原因，原子的運動發生變化，而其能量之差就成爲輻射。又分子也在運動，而由於同樣的過程，我們可以從牠們運動的變化中得到光。

所以我們可以說，一個分子因其本身的運動及造成這分子的原子與電子的運動與位置，而具有一定量的能；若是這分子爲了任何原因而使其總能量減少時，就發出輻射。

當然，由單個分子這樣釋出的能，爲量極微，是我們怎麼也偵查不出來的。但若有幾百萬個分子恰巧在同時釋出他們的能，那末所有的微量的能合併起來就足夠給我們看見了。

這裏我們要提起一件事情，那是比上面所說的更可驚奇。而且我們還得一直驚奇下去，因爲現在沒有人知道這究竟是爲什麼。要把這個問題解釋清楚，就恐怕有傾向於造物主的危險。

上面說過，一個脫離第 n 號殼的電子，就掉落到第 n 號殼上去。但是牠爲什麼一定要掉回到第 n 號殼上去呢？在兩殼之間還有某一空間某一距離，驟然想來，似乎這電子很可以掉在第 n 第 n 兩殼之間，譬如說，適在半途之中，而停留在那裏。但是牠從不如此，我們只知其然，而不知其所以然。

關於這個現象還有一個可注意之點。就是電子從這一殼掉到那一殼需要多少時候呢？就我們盡力偵察所得的結果，好像牠並不需要時間。這電子可以立即在他處出現！那是另一個祕密，這好像在原子的領域中，並沒有我們所理解的時間這東西。

讓我們來看，電子不掉則已，一掉就得經過兩殼間的整個距離，這事實究竟含有什麼意思。很顯然，假使能的被釋出是由於電子的下掉，那末我們可以猜想，牠掉落的距離愈大，則其放出的能愈多。假使這個陳述是正確的話，我們就可推想，一個原子所能釋出的最小能量，就相當於鄰近兩殼間的距離。

假定電子所受的推力非常巨大，以致其次的一層殼不能把牠制止。這時牠自必穿越而過，更向近中心的另一殼掉去，但是電子像電梯一樣，只能停歇在樓面上，而不能停歇在兩樓之間，所以牠不掉則已，一掉就又必一直掉到另一層殼上。因爲在兩殼之間並

沒有停歇的地方。

物質是由我們認為不再可分的微小質點所組成的。從上邊的敘述看來，似乎這種組織對於能也一定適用。電子不能停留在兩殼之間這個事實，就表示我們不能有小於某一定微量的能。牠又表示，若是我們看見一條光，這光就是由千千万萬的這種小「束」的能所組成的——正同一塊物質是由原子所組成的一樣。

因此我們要說明正確數量的能，竟可以稱若干原子的能。

十 電及質能之如何一致

許多人大概都以為電是近代大發明家像愛迪生與馬可尼等無中生有弄出來的新花樣。這觀念完全是錯誤的。從宇宙中產生物質的第一個原子起——我們至今不知道牠究竟是如何及何時產生的——即有電的存在。古代希臘人和羅馬人的確沒有電燈沒有電話，沒有無線電，沒有電車，沒有電爐。但是這並不因為在那個時候沒有電。祇因古人還不懂得電是什麼，那裏可以找到電，以及怎麼去創造機械來利用牠罷了。因為總結一句話，凡是現在我們常用的電話，電燈，無線電，以及所有成千成百其他的電設備，都祇是些利用電能的巧妙的機械。電是一直就有在這個世界上的。就是在希臘和羅馬的時代，巨大的電閃早已時常出現在天空。在每一電閃中所有的電量，都夠給整個古希臘王國像我們現在一樣地享用種種的電器。

不過我們現在所用的電，並不是從長達一英里的電閃中取來，卻反是從我們極度微小的朋友原子中取來的。原子的構造真是異乎尋常地複雜。其中有強力的精巧的機械，

隱蔽着不給外客看見。然而假使有人肯嚴肅地研究這個宇宙的磚石，假使他肯終身誠心地觀察那裏所發生的驚人現象，那末他最後必可得到報償，必可得到一個改善世界，使之更適於人類生活的祕密。

我們知道光是從原子發生的。我們得知這個事實，已經花了許多人一輩子的心血。在這裏我們將要花一點篇幅來談談，現在我們怎樣知道電也是從這個神祕，精巧的微小宇宙中發生的。但是我們不要忘記，我在裏這所講起的我們這現有的知識，其所以能夠獲得，主要是由於許多人的奮鬥，他們富於理解世界的熱情，他們拋棄了尋常生活中舒適的享受與庸俗的歡娛，或是作人領袖與征服他國的自大心理——他們捐棄了這一切，往往過着赤貧的生活，在寒冷的小閣中埋頭工作，並且忍受着饑餓的咬嚼。這究竟是爲什麼？這是爲了在不藉體力，不用詐術，僅憑人類心靈本身的單獨力量來征服這個世界以後，出現於人類心靈中的那種和平，恬靜，與滿足的心理。

讓我們想像一個有核有電子的原子，大如彈子，可以任我們玩弄觀察。讓我們制止其運動而取出兩個電子來，試把一個電子推近另一個電子。我們就將驚詫這工作的困難。這兩個電子似乎有深仇的一樣，牠們死也不肯站到一處來。如果我們有夠大的力氣

當然可以把牠們逼得很近，可是牠們顯然具有極大的互相排斥之力。這現象是非常奇特的，而且是我們無法想像出來的。事實上，假使我們想到地球上的物體與萬有引力，就似乎應該反其道而行之，這兩個電子應該互相吸引。可是在這裏，其作用似乎與統制較大物體的萬有引力截然不同。

現在我們試把一個電子移近原子的中心——核——看有什麼現象發生。這又使我們驚奇不置。電子與核並不互相排斥，卻反而是很用力地互相吸引。如果牠們相處極近，就得用很大的力氣來分開牠們。

現在我們知道這是原子裏的特別情形。我們知道電子都互相排斥，而核則吸引所有的電子。讓我們想像一種性質特別的質素，其不同的部分能互相吸引。我們再假定每一個電子都含有這樣的質素。這樣就可以解釋電子間的斥力的原因了。再假設核裏也含有這樣的質素，不過含得太少——不夠牠的所需，這就可以使我們明白核爲什麼要吸引那含有牠所需的東西的電子了。

現在我們祇須給這樣的質素一個名稱——電——於是我們所知關於電的真相，就盡在於此了。我們方才曾稱電爲質素，但這祇爲描述的方便而已。電絕對不是一種我們通

常應用於物質的所謂質素。

上面祇說明了電是什麼，但是還沒有叫我們明白怎樣從原子裏得到電，以及怎樣把牠送到機械裏去加以利用。要懂得這個，就必須懂得磁鐵。

每個孩子總有一個時候玩過小小的紅色的馬蹄形磁鐵。但是他決不會想到這種小玩意倒是巨大的電機中的重要部分。可以用作磁鐵的金屬很少。最常用的是鐵。我們不知道為什麼磁性只限於少數的金屬。這也許是由於此種磁性金屬的分子具有某種特殊形狀之故吧。

無論如何，我們大概可以正確地說，鐵棒中的鐵分子是可以被扭曲的，我們若能使之扭曲，則其中的電子就被推而稍稍偏在一邊。結果自然是兩邊所帶的電有多有少。假設我們有一條幾英寸長的鐵棒，其中祇含一列鐵分子，再想像藉某一方法使所有的分子都變扭曲，則每個分子所含的電必一邊較通常為多，另一邊較通常為少。現在假使各個分子都把牠們的電子移置於同一方向，譬如說是右邊，則就整個的鐵棒設想起來，其所含的電必定右端多於左端。

這樣，那鐵棒就成了一條磁鐵。現在假使另用一段沒有磁化的小鐵棒持近牠的右

端，那末在這一端的多餘的電就會使小棒中的分子扭曲而使之自成一磁鐵。這新磁鐵的具有過量的電的一端，會被第一磁鐵的右端所排斥，正和兩個電子的互相排斥一樣。但是新磁鐵的另一端，因為帶電極少，所以將被第一磁鐵的右端所吸引，若不緊握在手，兩者即將趨於一處。這就是一磁鐵之所以會吸引其他小鐵件的理由。先把牠們變成磁鐵，然後再去吸引牠們。

因此將鐵棒用其他磁鐵來照上法處理，就可以使磁化。但若找不到其他的磁鐵，亦可於棒上繞一圈導線，然後用電池組通電流於導線（並非通電流於鐵棒），而造成磁鐵。若鐵棒為軟鐵，則用這個方法極易使之磁化。但因為牠是軟鐵，其分子的組織較鬆，所以這磁性不能耐久；這鐵棒會漸漸恢復其原來的無磁性的情形。然若所用的棒是銅鐵，那就較難磁化，但是牠一經成為磁鐵，就將永久不變。

試設想放在桌子上的一塊磁鐵。牠是完全靜止的，我們知道，若是用一小片鐵來持近去，牠就會對這鐵片發生一種拉力，把鐵片吸引過去。我們若是檢查磁鐵四周的空間，看牠從不同之點上所發出的拉力有沒有差別，結果得知其差別極大。這拉力不但隨鐵片的遠離而減弱（這與萬有引力隨距離而減弱的情形相同），且當持近磁鐵兩端（這

種端稱爲極)中間恰當半途處的一點時，也顯著地減弱。當離開此中點而移向極端時，則其吸力又漸漸增大，直至極端而立即達最大之值。

我們最好設想在磁鐵四周的空間，雖其近旁無被吸引的其他鐵件，亦因磁鐵之存在而不無受到影響。我們稱之爲在磁鐵四周有一「磁場」(magnetic field)。這說法與說在地球四周有一引力場一樣，意即地球吸引他物體的能力，無論其近旁有無被吸引的物體，常可獨立存在。這正如我們從前說過的比喻，一個靜坐在椅子裏的人，雖然一動不動，可是他知道，假使他喜歡，他可以立起身來在室中走動。這個人的觀念是代表了他從經驗中得來的對於自己的信仰，而我們對於引力場或磁場的觀念，也是如此，就是代表了我們對於磁鐵及物質實體之能於未來像過去一樣地發生作用的信仰。

假使我們能在我們的想像實驗室裏檢驗一段銅線，我們將見銅原子裏的電子是不很牢固的。他們似乎都有相當活動的自由，極容易從一原子移居到鄰近的一原子去。但是這種移動並沒有一定的規律。一個電子的向左走或向右走是毫無選擇的。

假定我們拿了這樣的一條銅線，把牠繞成一個圈子，然後把這線圈在磁鐵附近移動，使之通過磁場，則因磁鐵的各極或含有電，或需要電，所以對於銅線裏的自由電子

必有一種作用力。現在假使用我們的想像顯微鏡來一檢查，我們就會看見銅線裏的自由電子除了向各個方向作不規則的紛亂的移動外，若就擊羣電子的全體而論，似乎又有向一個方向緩慢地移動的趨勢；這個方向是什麼，就須視線圈移向哪一極而定。

這種電子的流，是表示電在銅線上被輸送着。我們所謂的電流，就是指的這個。因為電是一種能，電流就是一種能的流，所以我們將見其為作功的能手。

我們早經知道，能是不能創造的。我們只能改變牠的形式。在我們把線圈放在磁場中移動這個實驗中，我們在導線上產生了一流的電，於是我們就得到了能。但是我們因為確信我們不能從烏有中創造能，就引着我們去追究那用作這變化的原形的能。

這並不是一樁繁難的工作，因為要移動線圈，就須作功，要作功就得消費能。這所作的功經實際的測量後，我們發現在把這線圈，於鄰近磁鐵移動時，較之在遠離磁鐵時，需要更多的功。據計算，果然不出所料，這時所用的總能量，剛好等於產生的電流所代表的電能。

我們已知在物質的每個原子中，都含有豐富的電能。但是要使這電能變為有用，就得使牠運動。而我們若把一個線圈在磁場中運動，就能在導線的兩端間產生電子的運

動。因此讓我們用一塊靜止不動的磁鐵，和一個在磁鐵附近運動的線圈來建造一架引擎。當然，要使這引擎發生作用，還須配以種種的零件，那是不難想像的。凡是這樣的引擎都可以用機械能來換取電能。這機械能可以從瀑布的水流中取得，如在尼亞加拉的大發電廠就是。這機械能也可以通過某種熱引擎從煤或空氣的潛能中取出，凡是在沒有水力地方的較小電力廠，都是採用這個辦法的。

我們說過，凡是使線圈通過磁場的裝置，都可以當作電能的發生器。這話固然不錯，可是我們還得明白，在所有各式的發電裝置中，有些比較容易建造和容易管理，而牠們在作功的時候因摩擦所損失的能，也較他種爲少。所以在現今的電力廠中的發電機，就不能與使一簡單線圈在磁場中通過的裝置相提並論了。其中有許多的磁鐵及許多的小線圈，並不各祇一個。有時其線圈固定，而將磁鐵旋轉於其四周，有時則反之。有時一隻代那模（這名詞應用於藉某種其他引擎以產生電能之引擎）在門外漢看來，爲一由輪子，刷子及其他零件所配合成的一種極複雜的裝置。但是實在他只消記住，若是把一隻代那模的種種使之增進效能的附件除去，而從單純的形式着想，就必還原爲在磁力場中通過的一個線圈。

從我們的代那模得到電流以後，將怎樣去利用牠來改善生活，解放人類，使之脫離在這發明時代前所命定的奴役地位呢？

其中的一法是把代那模的工作倒轉來做，而造成所謂電動機。假使我們手頭有的是機械能，缺的是電能，那末我們自然可以裝一架代那模。然而譬如在電車中，我們有的是從電力廠送來的電能，而我們所欲產生的是轉動輪子的機械能，這時我們就裝一架電動機。在電動機中，並不用線圈來在磁場中運動，而使於其中產生電流，反是通電流於線圈，而使之在磁場中運動。

在電報，電話，電鈴以及其他設備中，磁鐵又得一不同之應用。上面說過，當一鋼鐵棒磁化後就永久保留其磁性。但是我們若通電於圍繞軟鐵棒之線圈，結果我們知道，其產生磁化所需的電流雖可較小，但其磁性於電流停止的瞬間即已消失。因此假定我們配備了這樣一個裝置：用一個和電池組兩端連接的線圈繞在一條軟鐵棒上。在近鐵棒的一端，有一條一端固定的鐵片。假使我們暫時讓一流電流通過線圈，則鐵棒就成為磁鐵，而會吸引鐵片，使之彎下來而與之接觸。現在我們若扳斷電流，則鐵棒的磁性消失，鐵片不再被吸，而彈回原來的位罝。

我們若是在鐵片的附近放一塊黃銅，使鐵片彈回的時候，能恰巧打在黃銅塊上，發出「答」的一聲，我們就得到了相當於一架電報機的裝置了。爲了要減省電線與電池組的接連與折斷的手續，我們可以在這中間插入一個電鈴，把這電鈴按下時就使電線接連於電池組，常釋手時，電流即被切斷。我們每按鈴一次，就在音響器上聽見一個「答」的聲音，更由按鈴時間的長短，以表「點與畫」，由此照電報符號拼成消息。這是很容易明白的，這電鈴，這電池組，和這音響器，不必同在一室之中。電鈴和電池組可以在紐約，而音響器可以在芝加哥，只要其間用電線來接通就行了。因此我們可以把新聞用電報傳送於國內，更或利用海底電纜傳送到其他大陸上去。

電話的原理大致和電報相似，不過其所用的機件更爲精巧和複雜罷了。打電話的人向一塊鋼製的薄圓片說話。這圓片十分敏感，一受語聲的振動，即能起同樣的振動。這圓片的振動，藉相當於變發報員手指的運動爲電流的同樣方法，被變成了電流，而由電線傳送得正在聽這消息的人。受話器中電的脈動，使少量的電流通過圍繞在磁鐵四周的線圈，於是磁鐵的磁性，就起時強時弱的變化。受話器中也有一個鋼製的薄圓片，這圓片受上述磁性變化的影響，就跟着發生振動。在受語一端的圓片的振動，顯然

與發話一端的適相當吻合，所以從受話器中所聽見的語聲恰恰和幾千里外發話人的語聲一樣。

當電流通過電線時，電線即行發熱。這是很容易明白的，因為我們知道所謂電流就是電子沿電線的流動。電子流動時勢必時時撞擊着分子，因此分子的振動加速，而使電線發熱。若電線極細，電流極大，那末這電線會變得很熱。於是就有一部分電能在電線上成爲熱而消耗。在電話與電報中這實在是一種損失，因為我們並不要電線發熱。但是發明家對於電的這種顯著的不良行爲不久就想到了一個糾正的方法，而使之去惡從善。這樣計劃現在已爲各處家庭中普遍採用了。電熱器，電烘器，電灶等等，都是通電流於細導線而使之發熱的裝置。在電燈中則更進一層，其導線是充分細小，其電流是充分強大，不但使分子的運動加速，並且能影響於電子與原子的振動，所以電燈實在是一架變電能爲光能的引擎。

電燈中發光的導線要比電烘器中的導線細小得多，然而電烘器卻遠較電燈爲熱，這在讀者不免發生疑問。那是因爲電烘器中的導線與空氣相接觸，而在電燈中的導線，卻處於幾乎把空氣全部抽盡的空間。熱能之自甲點傳於乙點，或藉輻射（像光一樣），

可以穿過真空，或自一個空氣分子跳躍到另一空氣分子上去。我們把燈泡中的空氣驅出，就在消除一種熱的傳佈方法，而減少熱的損失，這在燈泡中不用說是十分需要的。

十一 交流電與無線電

在一隻簡單的發電機中，由於線圈在磁場中的旋轉運動，其中所生的電流，都於這半週間向這一方向流動，於其次的半週間向另一方向流動。故欲使所生的電流常向一個方向，即成爲「直流電」(direct current)，那就得加入一種裝置，稱爲「整流器」(commutator)。這整流器能變更極性，即使由發電機上引出的導線之一，交互地時而爲正極，時而爲負極。

但是我們若用不裝整流器的發電機，那末我們就得到一種脈動的，起伏的電流，先取這個方向，然後取另一方向，這就所謂「交流電」(alternating current)。這種電流每當發電機中的轉動部分完全旋轉一次，其方向也改變一次。因此發電機的轉動愈快，則每秒鐘的交變次數愈多。交流的普通頻率爲每秒六十次；這樣的電流稱爲六十週波電流。大多數發電廠供給我們家庭中電燈用的，就是這樣的電流。因爲發電機的轉動子旋轉的速度，有一個自然的機械的限制，所以用這個方法決不能產生數千次以上的

頻率。但是用我們以下所說的真空管，卻能產生每秒數百萬週波的交流。

交流電的應用比直流電為方便，尤其是在發電廠與用電的城市相距很遠的時候。假使令交流電通過一個線圈，更假使在這個線圈的近旁放着另一線圈，那末在這第二線圈中也會發生同樣的交流，這現象稱為「感應」(induction)。但須注意，這第二線圈完全不和原有電流通過的線圈直接連接。這正如聲學中所說的一音叉對於另一音叉能發生共振一樣。

說明任何電流的術語之一為「電壓」(Voltage)。電壓足以決定電流流動的強度。凡電流通過任何導體時，總要碰到一定的阻力。電壓就決定了電流克服這阻力的難易程度。例如你要使電流通過一條長導線，那你就不能用一伏特(電壓的單位)的乾電池中的電流，而需用六伏特的電池組中的電流。

在交流電方面，如果你要輸送大量的電能，你就可以有一種選擇，或使之成為低壓的高電流值而傳送，或使之成為高電壓的低電流值而傳送。不論用那一種方法，都可以從導線上輸送同樣分量的電能。若在直流電，你要是不把發電機換過，你就不能改變牠的電壓。但在交流電，則由於上邊所說的電能可以躍過兩線圈間的空間這個事實，可以

隨心所欲地改變牠的電流與電壓。其所用的工具，稱為「變壓器」(transformer)。所謂變壓器，祇是藏着兩個線圈的盒子。線圈的機能和上面所說的一樣。交流電從變壓器的一邊進去，流過一個線圈。如果兩個線圈的匝數一樣，那末在第二線圈中由感應而得的所謂感電流，具有同樣的電壓和同樣的電流值。然而，假使第一線圈有一百匝，第二線圈只有十匝，那末這應電流的電壓就將為第一線圈即所謂原線圈中的感電流的十分之一。同時其電流強度或「電流量」(ampere)就相應地增加了十倍。

一個發電廠如果逢着要把電能通過幾百里的銅線輸送出去，那末因銅線發熱而損失的電能究有若干，就變成非常重要的問題了。因為電流的熱效應隨電流量的增高而增大，所以輸送出去的電流的電流量，就須儘可能地減小。發電廠中所生的交流電通常約為五百伏特，因為發電機在這樣的電壓時，工作成績最為優良。所得的交流電，更經適當匝數的變壓器，使昇至約為二千伏特光景的高壓，這樣的電流的電流量已很微弱，故可用較細的銅線把電能輸送到用電的城市中去；在那裏，更用降壓器把電壓降底以供家庭中燃點電燈之用。因為銅線很貴，所以這個方法在電能輸送上是十分重要的。

對於頻率僅達數百的交流電，我們並不感到什麼興趣。然而我們若是轉移我們的目

光到頻率高達幾十萬甚至幾百萬的電流時，我們就見到牠們具有一種特別的性質，由於這種性質，已經使牠們在這個發明的時代中得到了最可驚異的用途。在有高頻交流通過導線的地方，我們不但造成一種極快的運動狀況，因為這些電子都在以光的速度（每秒十八萬六千英里）而運動，並且更重要的是，我們把這種電子的運動方向每秒鐘改變幾十萬次。於是我們自然要猜想，像這樣猛烈的騷動，必然可以由負載這種高頻交流的電路所顯現的某種特異的新性格，給我們覺察出來，事實上，我們果真發現，在這樣的情形之下，的確有一種騷動，以有高頻交流通過的導線為中心，向各方面傳佈開去。這種騷動是一種波動，與光是一種波動一樣。這種波動我們稱之為電磁輻射（electromagnetic radiation），因為就種種方面看來，牠與可見光，X射線等等的輻射完全相似。

我們知道發光的原因是由於電子的跳躍。換句話說，就是電子的運動狀況發生了突然的猛烈的變化。記住了這點，我們就可預測在負載高頻電流的導體中的電子流，若是其方向發生劇變，也會引起同樣的效應。這個預測將見其完全正確，因為電磁輻射與光在本質上原屬相同，不過光波的波長極短，只有幾千分之一毫米，而我們現在所說的這

種電磁輻射，則其波長約自不足一米到幾千米突不等。

由交流電所發生的波，其最大用途為無線電。因此我們就稱之為無線電波。上面已經說過，他們進行的速度像光速一樣，為每秒十八萬六千英里，亦即三萬萬米突。所以用頻率即每秒的波數來除上面所記的任一數字，即得相隣兩波的峯與峯或谷與谷間的距離，即所謂波長。例如 假使你知道某廣播電臺的波長為三百米，以這數字去除輻射的速度，得一百萬，這就是軸每秒的交變次數，即所謂頻率。這意思是表示在廣播電臺及你自己的收音機裏的電子，其每秒的方向變化都是一百萬次。

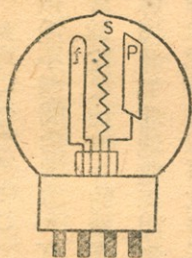
我們知道，光的頻率或波長決定了軸的顏色。換言之，可見輻射的特性係由頻率所決定。因此我們推想，無線電波的性質，大概也與頻率有關。波長從一百到一千米突的一段，其波的強度隨遠離廣播電臺而逐漸減弱。然而我們若用四十米突以下的波，將見其結果大不相同，這波似乎在天空與地面之間跳躍而去，其行動十分別緻。在應用某一波長時，於離廣播電臺五百英里以內，實際上竟無法收聽。但在這一半徑距離以外，則其強度逐漸增加，直至離電臺五千英里之處，而達最高點。由於這個特殊的事實，一個業餘的無線電工作者，裝了一具小電力的收發機，就能坐在自己的家裏，每晚與遠

隔大洋的其他大陸上的業餘同志通訊——然而有時候連本省的人也聽不到他的播音。

要了解現代的無線電有一秘鑰，那就是我們已經在前面提及的真空管，對於這東西，讀者多少是有一點熟悉的。據實驗得知，若是把一根細金屬絲如鎢絲之類，加熱到白熾時，就會從白熱金屬的表面放出電子，在真空管中就有這樣的一根金屬絲，稱爲「絲極」(Filament)。用A電池組加熱到足以放出電子的溫度。在管中與絲極非常接近但並不相觸的地方，有一金屬薄片，叫做「屏極」(Plate)。這屏極與B電池組(通常爲乾電池組)的陽極相接，使帶陽電符。B電池組的負極接入絲極，於是從燈絲極過屏極及B電池組再回到絲極的電路，除了屏極與絲極間的空間外，都成爲通路。但若絲極被燃至白熾而放出電子時，這些電子因爲帶有陰電符，故爲帶陽電的屏極所吸引。於是在燈絲與屏極間的空間(管中的空氣已被抽出)就有電流通過。由此可見，把具有絲極，屏極的真空管，與B電池組和A電池組加以適當的連接，就可令一直流電(通稱屏電流)通過這電路(通稱屏電路)。然而在現今無線電上所用的真空管，在屏極與絲極間另加一金屬網，稱爲「柵極」(Grid)。這柵極是與收音機中的天線連接的。

從廣播電臺的天線上所發出的輻射，具有某種特殊的力，當牠打着另一天線時，就

能夠在其中變為與產生此輻射的同樣頻率的交流電。所以當廣播時，在我們的接收天線上就經常發生一種微弱的電流，這電流與廣播電臺發生的電流完全相似，也就是他們在每秒間由正至負又由負至正交變了同樣的次數。因為真空管的柵極接入天線，結果自然使柵極也時而為正，時而為負。當柵極為正時，牠勢必吸收從白熱的絲極上所發出的電子；而使通過屏電路中的電流稍稍加強。當柵極為負時，牠又必排斥電子，而使屏電路



三極真空管

f. 絲極； s. 柵極；
p. 屏極。

中的電流稍稍減弱。由此可見柵極雖然祇帶着從天線輸入的微量電符，卻能控制收音機裏的比較甚大的屏電流。把手槍的扳機用手指輕輕一按，就可釋出大量的能而伴着子彈離開槍口。這情形恰恰和柵極的作用相同。

假使我們把正負的交變，當作上下運動，那末我們就可用波線來表示交流電了。假使我們更選用適當的長度來代表一秒，那末在這一段長度中所含有的波數，就表出了這輻射的頻率，而每兩波間的距離就表出了波長。當真空管中的柵極未接入天線時，其中的電流原是很穩定的，即不起上下的運動，所以可以用條直線來表示。但是當柵極接入

了天線以後，因為其中有高頻電流通過，於是直線形的屏電流受柵極的作用，就被變成波形，而且每秒的波數，也剛好跟輸入的無線電波相同。因此利用了真空管，我們可以把天線上的微弱電流，當作產生同樣形狀的巨大電流的一種模型。雖然弱小的天線電流通常不足以對於聽筒發生影響，然而經過變形後的強大的屏電流力卻能擔任這個工作了。

無線電收音機怎樣接收廣播的情形，我們在上面已經說明過了，我們現在要更進一步來討論廣播電臺裏的那種高頻電流是怎樣產生的。在廣播電臺中所處理的電能遠較收音機為大，因此其所用的真空管自然也遠較收音機中的為大。在應用真空管產生高頻電流時，其柵極並不接入天線而接入一個線圈，這線圈的另一端與 B 電池的負極相連，至於屏極則仍照舊接至 B 電池的正極。在線圈的中央附有一個器械，叫做容電器，最簡單的容電器只是兩個對立着的金屬片，兩片中間隔着一層極薄的空氣隙，其中的一片接入線圈，另一片接入絲極。當各電池組都接成通路，所有的零件都裝配齊全後，就有一流高頻電流發生，而從線圈中通過。

要了解柵極怎樣使直流電變成交流，並不十分困難。最初電子從白熱的絲極上射出，經屏極及 B 電池組，而繞過線圈。且記住這線圈的另一端是接入柵極的，而線圈的

中部則連容電器而接入絲極。現在從線圈的一端進入的電子有一部分經容電器而回至絲極，一部分前往柵極。因此電子在柵極上漸漸精聚，就給柵極以陰電符。當陰電符愈積愈多時，軸就會對於從絲極到屏極的電子流加以排斥，於是爲了要消除這裏所生的緊張情態起見，那屏電流勢必暫時改變其方向。但當柵極的電子消盡時，屏電流又立即回復了原來的方向。如果這種方向的改變每秒發生了許多次，那末我們就在電流中得到一種方向的交變極快的電流，換句話說，就是我們得到了一種高頻率電流，或照一般的說法，叫做「射頻電流」(current of radio frequency)。

在像我們上述那樣的簡單發送機中，都有一種裝置，以增減線圈的長度和改變容電器的金屬片間距離。因爲有此裝置即可自由操縱所生電流的頻率。這稱爲將電路「調諧」(tuning)。當你轉動你無線電收音機上的刻度盤時，你就是在做一件工作，即改變你的線圈和容電器形狀，而使你的機械與廣播電臺相調諧。

我們上面所說的種種關於無線電的話，還祇能用以說明無線電報。無線電報跟有線電報一樣，係用電鑰來斷續電流，使代表點劃，以發送消息。在我們知道普通的電話機中，就使射頻電流通過「微音器」(microphone)，這微音器是由一金屬圓片安置

在一層微小的礫粒上而成，當聲波撞擊着圓片時，圓片與礫粒間的壓力即起相應的變化，同時並改變射頻電流的波形，使與聲波的波形相符合，在接收機中，電流的波形經檢波器切去了一半以後，就使之通入一普通的聽筒中。聽筒中的圓片雖然絕不能以射頻之率起振動，但是對於騎跨在無線電波上的聲波，卻能受到應響而起同樣的振動。不過讀者切不要以為送入你耳朵裏來的聲音，就是廣播電臺上對微聲器的真實聲音。實在是這聲波先被變成電波而以光的速度向空間發送，然後再在你的收音機中顛倒過來，即變電波再變成聲波。

說起無線電，還有一樁事必須提及。那就是利用無線電來於遠距離內輸送電能，以供家庭及工業之用。如果這件事情能夠辦到，那末電能的價值就可大大地減少。因為像現在這樣的送電設備，其所耗銅線的價值是十分可觀的。也許將來有一天什麼東西都可變成電而用無線電來廣播，然後再在我們的家裏或工廠裏轉變成我們所需式樣的能，正像我們現在把聲能用這個方法來傳遍整個地球的一樣。

上行去。

太陽離我們的地球約九千三百萬英里。地球繞太陽一週適為一年。地面所受光熱的強度全視太陽光線與地面所成的角度而定。地球的旋轉與軌道平面成一角度，使地球向太陽的一面永遠有一半受到比較直射的光，而另一半受到斜射的光。換句話說，在地面上有一半為夏，有一半為冬。就因為地球每年繞太陽迴轉一次，所以地軸的傾斜也在漸漸變動，這變動完成一次需時適為半年，其後又週而復始。因此六月在我們北半球正值夏季酷熱之時，而在澳大利亞卻在冰雪之季，又當我們正受一月的寒風威逼之際，而在赤道以南的人卻正在學游泳喝冰水呢。

在我們以前幾章中，我們說到的都是極小的東西，集合幾百萬個在一起才能成為肉眼可見的一點。現在我們卻要向一極端去討論那九千三百萬英里的巨大空間。九千三百萬英里這個數目雖然巨大，在我們卻也想像不出什麼意義。讓我們來舉個例子。

現代的人常有環游地球的壯舉。他們旅行一次，計程約二萬四千英里，歷時約六十日。若是有人要作九千三百萬英里的長途旅行，那末就要抵環行地球一周的四〇〇〇倍，如果這個人走路的速度跟在地球上的旅行一樣，那末就得走六百五十年纔能達到太

陽。

你從經驗知道，一個感覺傳過臂膀是如何快速。假使你的手爲火所燙痛，你就像立即知道的一樣。其實這樣的感覺傳入腦髓也未見得十分迅速，約爲每秒一百英尺。但是你假使有一隻夠長的碰得到太陽的臂膀，而你的手指觸着了這個大火球，那末這感覺也得一百六十年以後才能傳到你的腦部，而使你覺得痛楚，所以你簡直可以每天把太陽當作沙囊來練習打拳，因爲等到這痛楚的感覺達到時，你早已壽終正寢了。

地球繞日的發現，對於人類的自尊心自然是一個嚴重的打擊。但是使人類吃驚的還不止此。不久又發現另有若干星球也在繞日而行。並且牠們都比地球爲大。這樣看來，地球只能認作是一個大家庭中的極不重要的一員。

地球的這一輩兄弟姊妹就是所謂行星。連地球在內，牠們共有九個，除此以外，還有一大羣較小的天體，也在繞日而行，那些稱爲小行星。水星與金星較地球更近於太陽。但是都比地球爲小。他們繞日的橢圓形軌道也較地球的軌道小，所以他們繞日一週的時間也比較快。這就說明了爲什麼水星上的一年只有八十日，而在金星上只有二百二十五日。在另一方面，較我們的地球離太陽略遠的是火星，其次是木星、土星、天王星和海

王星。冥王星是最遠的行星，其一年相當於我們的二百五十年。因此你假使住在冥王星上，終你的一生也活不到半歲。冥王星離太陽約有三十七萬萬英里。

就大小而論，最大的行星是木星，約為地球的一三〇九倍。又如太陽是個空心球，那末差不多要一百五十萬個地球才能裝滿太陽。

如果有人站在遙遠的空間望下來，將見我們這個地球真是天界風景無關重要的一部分。這事實雖然足以使人灰心，可是我們也儘有值得自負之處，那就是我們也有一個親生的孩子，在高興地繞着我們轉圈，像全不知道有什麼恆星、太陽或行星的一樣。這孩子就是月球。不過實際上這也並不希罕，因為別的行星也大都有月球，而且土星的月球竟有十個之多。

我們可以把月球當作一個死的行星，我們說他死，是因為他不像地球那樣有大氣，雖然太陽也照着他，可是爲了沒有大氣，所以不能把這溫熱保存起來。因此月球一定是個荒涼的地方。他是個寒冷不光的球體，沒有動植等有生之物，祇是在大宇宙的冷角落裏絕望地永遠環繞着一個不重要的行星。

如果就我們上面所說的那種距離而言，月球離我們是很近的，只有二十四萬英里。

並且把牠和地球比較起來。體積也很微小，把五十個月球融合在一起差堪和地球相當。月球繞地球一次就是陰曆的一月。月球自己不能發光，但是有強烈的太陽光照上去，他卻能把牠反射到我們這邊來。

因為月球繞地球，地球繞太陽，所以我們常從不同的觀點去瞭望這位黑暗的朋友，又因為太陽每次只能照着月面的一半，所以我們有時望見滿月，有時望見半月，有時望見新月，有時連什麼都望不見，這種不同的月面的圓缺，稱爲盈虧，其變化的時間，從新月到半月，從半月到滿月……大致都需七天。這就是以七天爲一星期的由來。一月是代表月球繞地球一次，一年是代表地球繞日一次。

現在我們還得說明一天。我們知道在原子世界裏，什麼東西都是動的，在天界亦復如此，使世界循環不已的，就是這運動。行星和月球都在繞着別的東西而轉動。除了這個轉動而外，我們又知道這些天體還在以他們自己的軸而旋轉。地球自轉一次約需二十四小時，這就是我們所說的一天。如果他旋得再快一點或慢一點，像其他行星一樣，那末日子的長短就將大不相同了。因為地球大體成爲圓球，所以太陽只能照着這球體的一半。所以地球的一半是亮的，一半是暗的，這亮的半面與暗的半面，因了地球的自轉而

在連續地互相消長，這樣就造成了晝夜，同時也說明了爲什麼中國在白天的時候，在其對面的美國卻在黑夜。不但如此，由於地球繞地軸的轉動，還使太陽好像在向反方向而行，卽自東而西（地球的自轉係自西而東），因此當我們說起太陽出沒時，務須記住，那出沒的，倒實在是地球而非太陽。

由於地球與月球各自循行其特殊的軌道，每隔若干時日，月球會走到太陽與地球的中間，這時候太陽的一部分爲月球所遮蔽，我們能在太陽面上看見月球的輪廓，像一個漆黑的圓球。有時候，月球只遮蔽了太陽的一小部分，我們若用一塊黑色的玻璃來觀看，將見太陽像一個給人咬去了一口的大餅。這個現象我們稱之爲日蝕，偏蝕是常常可以看見的，但全蝕則頗爲少見。

豈真是「日近長安遠」嗎？否則對於這樣遙遠的東西，我們何以都能知道得這樣清楚呢？這得力於人類所發明的兩種儀器。其一是望遠鏡。這儀器是由許多稱爲透鏡的玻璃所組成的，牠可以使遠處的東西看起來像在近處一樣。望遠鏡的好壞，是用放大率來表示的。譬如有人在一〇〇尺遠處，用肉眼來看好像只有二尺長。假使現在我們再用一個放大率爲二的望遠鏡來看，將見這個距離好像縮短一半，若用放大率爲三倍的望遠鏡

來看，將見他好像在三分之一的距離處，餘以此類推。不單是這個人，就是這個人身上的任何東西也像接近了不少。例如，假使這個人手裏拿了一張印刷品，站在一〇〇尺遠處，僅憑肉眼我們決難讀出牠上面的文字。但是假使我們用一個放大率相當高的望遠鏡，使那人和印刷品看去像五尺遠之處，那末印刷品上的文字就極容易看清楚了。

因此用了一個大望遠鏡，我們可以使在二四〇〇〇英里處的月亮看去像在離我們六十英里處的一樣。

天文學家所用的另一儀器，更爲有趣，稱爲「分光鏡」(Spectroscope)。在光學中，我們知道若使一柱白光通過一個玻璃稜鏡，就被分散爲組成白光的七色光譜。分光鏡乾脆就是包含着用以分散白色日光的稜鏡和透鏡的儀器。當這個儀器發明了以後，除了用牠來檢查七色以外，自然還要用牠來檢查他種的光。

諸位也許曾經看見過在火爐中燃燒曾經浸透海水的漂木，而奇怪所生焰色的特別發黃吧。這種黃色是由於海中所含鈉元素之故。食鹽是由鈉和氯所組成的，所以你祇要灑些食鹽粉末在火上，就可以產生黃色的鈉焰。

假如把這樣的黃色焰用分光鏡來觀察，將見其光譜中並不含有從紅到紫的七色連續

虹彩，但見兩條互相接近的黃線，其地位與太陽光譜中的黃色部分相當。這兩條線實在是元素鈉的指紋。每逢看見火焰的光譜在適當地位有這兩條光線的，我們就可以絕對準確地判定，這火焰中含有鈉。

因為鈉能發出極明亮的黃焰，所以我們能用肉眼來偵察出牠的存在。但是許多其他元素，卻並不如此，牠們燃燒時所生的火焰是無色的。然而我們無論揀何種元素，若是把牠的火焰放在分光鏡前面觀察起來，我們都可見到某種的光譜線（一個元素可以有許多線），由這些線的位置，就立即使我們明白其中有某元素存在。一元素可以躲起來不為我們的肉眼所見，但是牠不能瞞過科學的歌洛克·福爾摩斯——分光鏡。

從我們對於原子的知識，我們可懂得這個現象的所以然。每一種顏色相當於一定波長的光。我們知道原子的發光是由於電子的跳躍。在一定的原子中，其電子都依一定的規則而排列着。要是那個原子受到了擾動，那末其中最易越軌的電子顯然就要發生跳躍。所以一個原子受到擾動或刺激，常常發出同一波長的光，正如一個人受到了激動以後，常常表現出那個人所特有的動作一樣。

現在假定我們把我們的分光鏡裝置起來，去觀察一盞電燈的純白的光，我們就將看

見那太陽光譜所有的七色都絢爛奪目。依次相互地融合在一起。現在試再取一盞煤氣燈來，並在火焰上撒些食鹽，使呈黃色。於是你把這鈉焰放在電燈和分光鏡之間，隔着黃色光去看白光。你想你將看見些什麼呢？你會想像在白色光譜中的黃色將特別明亮吧。但是實際上卻不如此。在黃色部分鈉線應該出現之處，我們所見的不是深黃色，卻是無色，也就是黑暗的。這似乎那黃色的鈉焰具有吸收及消除與其本身所發出的同一波長之光的能力。

這現象在所有元素都是如此的。使白光通過任何元素的熱蒸氣，則其出現的光就有某種顏色消失不見，此種給蒸氣消除了的波長，在光譜中的位置，就相當於我們直接用分光鏡來觀察該項熱蒸氣所現的明線的位置。

若是火焰中混合着幾種元素，在光譜中看起來也並不混淆。所有元素的所有明線都分別出現於一定的位置。試想像我們有一個白熱的圓球，球面發出白光。在這個球的四週，有一圈由組成球面各元素所成的熱蒸氣。我們若是用分光鏡來觀察這熱蒸氣，將見其七色光譜上已劃着許多暗線。假如我們知道這些暗線係代表何種元素，我們就能明明白白地說出組成圓球四周的熱蒸氣的是哪些元素。並且，因為那些熱蒸氣是由圓球本身所蒸發出來的，從此可見這圓球該含有哪些元素。

現在我們的太陽，就是這樣一個白熱的大圓球，四週圍着一圈極熱的大氣。所以當我們用一架極精巧的分光鏡來觀察太陽時，我們就可料想在這七色光譜的各處將有暗線看到。事實上也果真如此。因此我們若把這些暗線的位置，與從地球上的元素和火焰所生的暗線相對照比較起來，就可辨認出太陽中所含的元素了。使我們覺得驚奇的是，我們發現，雖然地球上的元素並不爲這「世界的大明燈」所全有，可是在太陽中卻祇有一種元素（英名 *COBALTUM*，因其係用分光鏡從太陽外層的所謂日冕中發現的）是地球上沒有的。

在許多年前，有個科學家觀察太陽光譜，發現其中有某種暗線不與地球上的任何元素相似。他的結論謂，這個元素是太陽中所特有的，因而名之曰「Helium」（中國會意譯爲氦，今音譯爲氦），即「太陽」之意。但此後不久，就有人在地球上的岩石中發現一種元素，呈現與氦同樣的光譜線，從此以後我們就得到了大量的氦。大家都知道，氦就是重量很輕，不能燃燒，普通都被用來充填大飛艇的那種氣體。一個地球上所沒有發現的元素，反會首先發現於九千三百英里遠處的太陽中，這不能不說是一大奇事。我們不禁要想到科學家有時也會患老花眼的。

十三 開 天 闢 地

我們在上一章中已經說過太陽及其行星，還說起過行星上的那些奇怪的黑暗的寄生物月球。就這些天體總稱起來，叫做「太陽系」(solar system)。讓我們看看這太陽系的意義是怎樣的。

我們的老朋友牛頓，自從在蘋果樹底下出發，指出了地球上的物體都因重力的作用而在互相吸引以後，還是一直向前思索，並不停留。他見到在遙遠的空間中的物體，如恆星，行星，太陽，月亮之類，都沒有理由不遵從同一的定律。人們根據了這個觀念，就設想離太陽遠近不等的行星，也應當被太陽所吸引，正如地球上的物體被地球吸引一樣。但是在這些行星之間，也有相互的吸引力。從太陽系中的所有屬員的形狀及相互距離的知識，應用牛頓的重力定律，即可算出這些大大小小的行星都因為受到了相當的作用之力。而應該怎樣的運動。等到望遠鏡興起以後，這些預言都被證明是確實的，而牛頓的重力定律，就真的變成了「萬有引力定律」了。

但是我們記得，兩物體間的吸引力，隨距離的增大而銳減。所以太陽雖因其重量的巨大而拉住了無休無息地追逐着他四周的行星，可是假使有一個離太陽夠遠的天體，那末我們可以預料，我們的太陽對牠常不會有一點兒拉引之力了。

在晴明之夜，試仰望天空，你可以見到月亮。又若剛在日落或日出之時，你更可以看見一兩個和我們的地球誼屬姊妹的行星。但是組成燦爛天幕的所有其他無數的閃爍光點，卻就是我們所謂的恆星。恆星中有些是大的，有些是小的。有許多不能用肉眼看見；我們很有理由相信，存在於宇宙中的恆星總數是連最大的望遠鏡也不能告訴我們的。恆星的顏色有些是白的或黃的，有些是紅的，還有些似乎是藍的。這種顏色的差別，大概歸因於牠們成分的不同，形狀及年齡的大小，以及離我們的遠近。

每一個恆星都是一個太陽，像我們自己的一樣；有許多，即使不是大多數，遠較太陽為大。最近的恆星離太陽大概在十九萬萬英里以上。這樣一個恆星所發出的閃光，以每秒鐘行十八萬六千英里的速度傳達到地球上來，約需時四年以上。

許多的恆星是雙星，即由兩星密聚而成。此外還有三連星及四連星等。每個恆星大概都為一太陽系的中心，和我們的一樣，四周有行星圍繞，而行星四周又有月亮圍繞。

天空中有無數萬萬的恆星，也就是有無數萬萬的太陽系。所以若從這個觀點看去，則我們這個小太陽系實不及一百萬噸鐵中的一個電子那樣重要。那末我們對於這太陽家庭中的極不重要的地球，又何必一定要看得怎樣了不起呢？

在一九一〇年頃，任何地方的人都集中注意於天空所出現的新奇東西——然而牠對於一般人雖然是新鮮的，可是對於研究天文的人，卻能完全理解，而且是早就料想到的。這東西稱爲「哈萊彗星」(Halley's comet)，牠好像一個特別光亮的星，後邊拖着一條長長的火焰尾巴。牠每隔七十六年出現一次，在本世紀之末，照預料還該出現一次。本來這種彗星（除了已知的哈萊彗星外，還會發現許多其他的彗星）並不是屬於太陽系的。牠們是無限空間中的流浪者，牠們的來踪去跡誰也不敢加以說明。由於某種特殊原因，牠們行近了太陽的引力範圍以內。於是牠們以漫長而彎曲的所謂拋物線的軌道，繞過太陽，然後又飛回廣大無垠的空間，而從此一去不返了。但有時像哈萊彗星一樣，在牠們第一次作環繞太陽的旅行時，偶然行近了一個行星，並且多少受到牠的吸引，於是這彗星就不得不改變牠的拋物線形的軌道，而成爲兩端封閉的橢圓形，因此牠就繼續地環繞太陽系而運動，像行星一樣。在這樣的情形之下，太陽系及其家族就會把

空間的陌生游客捉了來強迫牠跟我們在一起。

當我們用望遠鏡巡視夜間的天空時，我們時常看見遠遠的空間中有着一種好像是淡淡的雲塊的東西。這些稱爲「星雲」(nebulae)，但讀者切勿就以爲他們真像是地球上的雨雲。這種星雲的型式很多。最有趣的是叫螺旋狀星雲，其形狀像拔塞螺旋一樣。此種螺旋狀星雲，在以極大的速度旋轉，但是牠們對於空間的運動速度，則覺之其他恆星並不甚大。

關於這些天空怪物，很多神秘，這在我們看來，卻覺得特別有趣，原來許多人都相信，他們就代表了在開闢中的世界，也就是像我們這樣的太陽系成長初期的情形。因爲我們大家明白，我們這個有着太陽和行星的世界，必定有一個開端，雖然這個開端是處在時間大道的不可思議的遙遠後方。

讓我們來看，這些星雲怎樣會是全世界的開端。爲了某種理由，組成星雲的蒸氣物質變得熱了起來。其後又漸漸冷卻，跟着冷卻就發生收縮，正像在地球上因冷卻而發生蒸氣的體積減少一樣。當蒸氣收縮時，一定太小的氣體就愈變愈重，而由於重力作用的吸引力，也愈來愈大。現在試想在收縮着的星雲外層上的一個蒸氣質點。星雲由於這收縮

之故，在繞着他自己的中心而旋轉，於是在外層上的質點因了這旋轉，就有沿一直線離星雲飛去的傾向——正如我們看見在急速旋轉的旋輪緣上的泥水沿直線飛去的一樣。

最後把外層的質點拉向質量中心的力，與把牠沿一直線向外拉離的力，互相平衡，於是從冷卻着的星雲外層，就有一個環形的東西分離了開來。這個作用反覆地進行，直至有若干個環與本體相脫離。這種環旋轉了許多時候，最後便紛紛碎裂，並且更經冷卻和收縮，其自身亦成爲球體，繞着剩餘的原來星雲而旋轉，這時原來的星雲已變爲固體或半流動體，但溫度卻仍舊很高，而成新生的太陽。

不過我們必須明白，上面所作的說明不像我們對於現在的太陽系狀況所知道的那樣確實。誰也沒有親眼看到一個星雲如何形成一個太陽系，因爲這變化須歷幾百萬年。我們知道天空中的星雲極多，有的很熱，旋轉得很慢，有的較冷，旋轉得較快。由此推想起來，似乎世界大概就是這樣造成的。但是唱別調的人也很多，要判定誰是誰非，恐怕不是短時間內所能辦到的。有利用星雲說的一點是土星從望遠鏡裏看來，可以看見有兩個環形的東西，在繞着牠旋轉；所以土星也許就在退出我們的家族，而造成牠自己的太陽系。

在不知多少年以來，太陽每天賜我們以滋生養命的日光。這就不能不懷疑到太陽從那裏得到這許多能來製造光。這是我們不能確定的又一問題。有人創說，當破裂了的恆星殘屑（流星）落在太陽面時，其衝突之力至為巨大，故即產生大量的熱，以供發光所需的能。這後一說法，與太陽所起的某種大小變化合起來看，似乎最為中肯。不過確實的證據卻還是拿不出來。

讀者必須知道，在宇宙中的最小東西——原子——與最大東西——太陽系——之間有一個非常奇妙的相似之點。就某一意義說，每一原子是一個太陽系。原子中心的核相當於太陽，繞核而旋轉的電子相當於行星。在原子中，電子是沒有月亮的，這是不同之一，當然其他的區別也還有。我們在前幾章中已經說過，電子是由一種所謂電的力來與中心的核維繫着的。核帶陽電符，電子帶陰電符。所以每個電子都被核所吸引而為其同類的電子所排斥，這相吸相斥之力，就迫使他們環繞原子核沿着我們星體研究上習知的橢圓形軌道而迴轉。

在太陽系中，我們把維繫行星於繞日的軌道上的吸引力稱為萬有引力，意指物質相互接近的趨勢。我們已知物質與能，其間並無真真的區別，因此我們可以想到，萬有引

力和電的吸引力兩者即使不是同質而異形，也該有着十分密切的關係。

假使令一個觀察者騰入遙遠的空間，使他可以用望遠鏡來恰恰望見我們的太陽系的輪廓。這時我們若更給他一個理想的顯微鏡，使他能夠看見一個原子中的電子和核。那末我們就可想見，若是這觀察者時而看着望遠鏡，時而看着顯微鏡，他一定弄不清楚何者爲太陽系，何者爲原子，牠們在表面上竟是完全相似的回。

十四 綠葉中的化學工廠

以前我們所說的，統是宇宙間一般的東西。最初我們知道，造成這個地球的物質是由九十餘種不同的元素所組成的。其後我們又藉分光鏡之助，知道太陽系中的其他同伴以及大宇宙中的其他太陽系，也由同樣的幾種元素所組成。所以我們簡直可以說，整個的宇宙好像是由同一批材料製造起來的。在我們地球上的一切物質沒有一樣可以誇耀為我們私有的東西，我們的一切都是跟宇宙共有的。

談到能的情形，亦然如此。我們的能源太陽雖然離我們很遠，可是我們很有理由相信：在大宇宙間有每個角落裏所潛存着的能，跟我們地球上的能，成爲幾種同樣的形式，並且也遵從同樣的幾條定律。

但是現在我們要設想到某種只能在地球上發現的東西，如果真有這樣東西，那末就使我們的地球在整個宇宙中的地位，變得重要起來了。這東西是有的，那就是生命——活的植物和動物。

人們一直在懷疑，火星和月球之中是否有人類生存。這除非靠了什麼奇蹟，由火星人送到地球上來加以證明，實在是無法知道的，不過對於宇宙中其他部分是否有生物存在這個問題，我們卻頗有些間接的資料。譬如一般人都承認月球上沒有空氣，所以像我們這樣的人類顯然不能生存於月球。但是這並不是說，絕對不能有其他式樣的生物，即跟我們人類以及地球上的一切動植物完全不同而仍然是活的東西，生存於月球。這是誰都不能知道的，而將來是否有人知道，也是一個問題。但是我們知道，在非常熱的星球，像我們的太陽之中，就連化學分子也因溫度過高而無法存在，所以在那裏的一切物質都是永遠分裂為原子狀態而存在。這顯然表示在熱的恆星上不能有任何式樣的生命，因為生物的軀體是必須由元素結合而成的。

在地球上極微小的生物——細菌，有些生活在鐵鏽上，有些生活在各種岩石上。在鐵鏽和岩石上簡直沒有任何質料或任何冷熱的條件，然而仍有若干種細菌適於生存在那裏。所以我們應該記住，像我們這樣，生物雖然大概不能在宇宙的其他部分發現，可是也許竟有千千萬萬的天體充滿着他種的生物。

生物可以分解而為化學元素，像一塊石炭一樣。我們知道，就是像人類的軀體那樣

的東西，牠的外表雖和塵沙、石子、水等完全不同，而其所含的元素卻沒有一種不存在於無生物中。

假使你用顯微鏡來檢查一滴積水，你就可看見許多小點的膠質。假使你仔細注視其中的一點，你就會發現牠在不斷地改變牠的形狀。最初牠渾圓如球，後來在一邊略起膨脹，並且漸漸增大。終於這整個軀體——因為牠是一種生物——似乎都流向一個小泡裏去了。這是很容易明白的，「變形蟲」(amoeba)——就是這個微小的生命原子的名子——的這一流動，就使牠的身體向前移動若干距離。出現在變形蟲運動方向一邊的那些小泡，叫做「假足」(pseudopods)。變形蟲的體制非常經濟：在靜止的時候沒有足，在要運動的時候就立即生起足來應用，用後又把牠收藏了起來。

小變形蟲也像我們一樣要吃東西，牠用這食物來生長以及供給此後向四處找尋食物所需要的能。當牠因奇妙的假足來行動的時候，或是爲了要獵取食物，或是爲了要免避其他生物的加害。換句話說，牠的行動並非隨意亂闖，而是有目的的。

我們不久就可明白，這小動物像其他的生物一樣，有創造像自己一樣的小變形蟲的奇妙本領。

假使我們照樣用顯微鏡來觀察一粒石灰或石子，你就不能看到這樣的事情。無生物的質點原也會得運動，但是這種運動都是偶然而沒有明顯的目的的。牠決不會吞吃別的東西，也決不會分裂成同樣的兩個。所以變形蟲的外觀，雖然像很遲鈍，卻能做著木片和石子所決不會做的事情。凡是變形蟲所做的事情，就是一切生物所做的事情，而這種事情非但是石屑微塵所不能做，而且也是萬仞高山所不能做的。我們說變形蟲具有生命，那祇是一種簡略的說法，若是詳細說起來，是指這小動物能吃，能生長，能逃避危險，能繁殖自己一樣的小動物。變形蟲是最下等生物之一種。至於較高等的植物和動物，則對於這種事做起來就更有效率，不過他們所能做的事，也只是這些。只有人類這動物，對於所做的事還滲入一點思想。假使你用一支木條來刺一個變形蟲，牠總是逃避，假使你用一些食物來放在變形蟲的附近，牠總把食物吃了。但是假使你用一根木棒來刺一個人，他就不一定避開，要由他的意志來決定；假使你在他的面前放着一客大菜，他也不一定吃，要看他的飢餓程度而定。

讓我們更仔細檢視一個變形蟲分裂為兩半時的情形。第一，我們見到這動物為一種不完全透明的膠狀體，靠近一邊有個黑點，稱為核，遍體還有若干充滿着水的明淨的空

泡。當變形蟲分裂時，核也起分裂，而一切其他的點與粒也同樣地分裂。核的一半與每一顆粒的一半各自跑進了每個子變形蟲裏。這時母體是消失了，而代以兩個子體。結果，這兩個子體再行分裂，如是繼續不已。我們相信，變形蟲的死決不是自然死。除非有較大的動物把牠吞吃掉，牠總是由其子體及後代繼續其生命。而生生不已。

一小塊膠質，內部有核，有各種顆粒，及明淨的空泡，還有包被於四周較內部稍韌的薄壁，稱爲「細胞」(cell)。凡有生命的品性出現的，我們往往可以發現牠與這樣的一個細胞有密切的關係。就這一塊膠質的全體說，就是身體；那明淨的膠質是肌肉；核及顆粒等是器官。許多動植物如變形蟲之類，都只有一個細胞。有些有幾個細胞，而到了人類這個動物，我們就見到牠有千千萬萬的細胞。但是在有一個細胞以上的動植物中，牠們的細胞都不是相同的，其中有些適於消化食物，有些適於感知危險，還有些適於生殖。在人類中，我們有幾千種特殊的細胞。但是我們應該記得，組成你眼睛的細胞，只是些專精於觀看的變形蟲，正像一個學生專精於醫藥或法律一樣。我們且不要對於變形蟲的呆滯的行動輕率地加以非笑，因爲在我們生命的某一時期，我們自己都是些單細胞動物。

生命的特徵爲繁殖其種的能力，在最簡單的動物變形蟲，其繁殖方法僅屬一分爲兩。在其他動物中，其方法就較爲複雜，至於在高等動物中，則其作用就十分精細了。此種高等動物扮演爲兩種型式，即雄性與雌性。雄性產生一種細胞，雌性產生另一種細胞。要產生一種新動物，必須先使雄性細胞與雌性細胞會合而融合在一起，組成一個單細胞的動物。這個細胞再一分爲兩，兩分爲四，生生不已，這樣增生出來的細胞，有些專營某種機能，有些專營他種機能。最後，當這動物發育完全以後，就酷似其兩親，並且不像變形蟲，其兩親依舊是生存着的。

凡無生命的質料決不能用來仿造動植物的細胞，而使之具有生命。人們試以無生命的質料來創造生物，已有幾百年的歷史，但是誰也不會成功。如前所述，我們可以分析一個生命細胞而查出其中所有的化學質素，用了顯微鏡，我們更可以發現細胞的各部分是怎樣裝配起來的。照這樣看來，我們若是預備了這種質料，把他們造成細胞的形狀，其結果所成的機構，似乎應該能夠生活。但是事實卻全不是那麼一回事。

這個創造生命的失敗，其原因不外兩種。有些人相信，即使我們能查出活的細胞中有些什麼元素，即使我們能模仿牠的形狀，然而據說還差某種神秘的東西沒有發現，這

東西存在於所有的活的物質，而使其具有生命。誰也不會說明這個奇異的成分到底是什麼，只以為牠大概是一種有異於我們已知的能，他們把牠叫做「生能」(Living energy)。

然而仍有些人以為生命謎並不玄虛得不能為人類所理解，而我們製造生物的所以失敗，實在是由於我們對於生物化學的了解還沒有完全之故。

組成一切細胞的膠狀質素，稱為「原生質」(protoplasm)。用肉眼來看一個細胞的內部，像是完全明淨的果醬。但是細加檢視，卻發現在這明淨的果醬中含着千千萬萬形形色色的小顆粒。這些顆粒實在是一個小空泡，泡內或是藏着空氣，或是藏着水，或是藏着別的東西。這情形正如我們在黃昏時候看一間屋子，只在天空的背景襯托之下，見到黑沈沈的一塊。從我們在遠處所覺到的來推測，也許以為牠是用一塊平滑的黑紙版來剪成的。但是走近去一看，卻發現這屋子由許多不同種類的東西如磚塊、瓦片、木材、玻璃等所造成。原生質的細微構造，比之最精緻的建築更複雜萬倍，所以要看清楚牠自然是非常困難了。

一個人想要用無生物來造成原生質，無異於一個小孩子要想建造一座從望遠鏡裏觀

察出來的摩天樓。我們雖然已經化了無數年的時間來研究原生質與生活細胞，但是我們必須承認對於牠們的知識至今還是淺薄得很，不過大多數以研究生物為專業的人，都一致認為原生質的本身並沒有什麼神祕，可以視為神祕的倒在要「理解牠」所需的不可思議的艱苦工作。他們確信在遙遠的將來——也許在幾千年以後——我們對於生物的性質可以得到充分的理解。

生命似乎總由生命而來。那就是說，生物是由生物產生的。在西洋有一種傳說，謂把馬鬃放在水桶裏，會變成一條蛇。任以前，差不多人人都相信這樣的話。他們以為對一塊泥土念幾句咒語，就可以把牠變成活的動物。就是在上一世紀，英美的有知識人士還在花很多的時間來討論這個問題呢。有人報告，他取了些完全純淨的水，把牠密閉在燒瓶中經若干日，其後經檢查，發見其中有活的細菌。于是他就說：生命是繼續不息地在無生物中發生。但是那時候有個法國人，名叫巴斯忒（Pasteur），他不相信有這樣的事。於是池反覆以水與燒瓶作實驗，結果證明這些細菌並不是從無生命的水中發生，而是從漂浮在空氣中的其他細菌發生的，他指出，若是小心地將水的空氣驅盡，並將燒瓶用強酸洗滌過，那末雖然經過數年，也不會有細菌發生。巴斯忒以研究細菌為其終身

事業。他的聞名主要是由於教我們怎樣預防因某種細菌所引起的疾病。然而他的更大業績卻為一般人所忽略，即他是肯定地證明了生命總是由原先存在的生命中發生的第一人。

讀者一定會懷疑過，為什麼我們說到細胞與生物質的時候，對於植物與動物一點也不加區別。就普通的見解說起來，好像原生質有截然不同的兩種，一種是植物性的，一種是動物性的。這見解並不確實。動物細胞和植物細胞固然有某種正規的區別，但是這區別決不更甚於某幾種動植物本身間的區別。一般相信，當這個星球最初出現生命的時候，是成爲單細胞形式的，甚至比變形蟲還要簡單，這東西，我們不能稱之爲植物，也不能稱之爲動物；因爲牠兼有動物與植物兩方面的性質。

這個小東西怎樣會發達而成爲充塞於現世界的所有的動植物，我們將在以後再加詳論。上溯到生物還在極簡單的形態的時候，生命的系統樹就漸漸分爲兩支。一支後來成爲動物界，其中的屬員都以植物及其同類的其他動物爲食料。正因爲如此，他們就得巡行於水陸空三界之中，以捕獲食品。另一支變成了植物界，植物照例都不能行動，而固定在地面上的。樹的皮大致相當於人類的骨骼。樹與人類都需要某種支撐其軀幹之物，

不過因為樹沒有手足等禦敵之具，所以把骨骼生在外部，以作保護之用。

上面所說，是動植物間的一個不同之點，但這並不是一般的區別，因為有些動物像蚌與蟹等，他們的殼也是生在外面的。系統樹各分支間最顯著的區別，乃在他們的取食方法。我們動物大多是食肉的。我們都殘食別的生物。但植物卻文雅不少。他反對互相殘食，自己辦了一個工廠，以空氣、水和日光為原料，來製造自己生長所必需的食品。這個化學工廠在每一張綠葉裏都有一個分廠。空氣是由氧、氮和二氧化碳混合而成的。綠葉吸了二氧化碳和水汽，把他們合併起來做成糖和澱粉，由糖和澱粉再經變化，就生成木材。

但是在這裏，請別看輕這小小的綠葉，他對於化學的造詣，竟遠過於人類。人類對於這個工作，雖然研究了好多年，卻誰也不能明確地指出這工作的過程究竟是怎樣的。如果我們知道了這個過程，我們就能利用水與空氣來製成許多的食料，而所謂生活艱難也將成為歷史上的陳跡。我們在上面已經說過，植物的工廠除了利用水與空氣之外，還利用太陽光。要把光能轉變為化能，似乎必有一個極複雜的裝置。這個裝置很堅牢地用原生質來包圍着，也許我們要解決這個從空氣製造食物的問題，非先明白生活細胞的祕

密不可。

試把我們吃了一片麵包所得到的能，向前追溯上去，那倒是一件有趣的事。製造麵包的麵粉是從麥子得來的，而麥子是植物利用空氣、水和日光來做成的，能的來源是太陽，太陽離我們差不多有一萬萬英里。在大多數植物的葉子裏，都有一種亮綠色的染料，稱爲「葉綠素」(Chlorophyll)。我們確信，這葉綠素就是把太陽的光能變爲有用的化能的一種質素，不過我們不很明白牠是怎樣完成這個變化的。

說起了原生質，我們必須注意到普通質素水的重要性。牠在一切東裏面都與生命有關。原生質中約含有三分之一的水，若是細胞的原生質失了相當分量的水，細胞就要死亡。我們已知永遠存在於空氣中的水汽，便是綠葉製造糖和澱粉的原料之一。

我們必須注意，就某種意義說，植物是比動物更接近於自然。因爲沒有一種動物能夠直接利用太陽的能。動物必須吃吸收日光而成長的植物。也許有人會反對說，許多動物是吃別的動物而生的，然而我們若是追溯上去，總可發現，這原來的能是由某種植物的媒介而由太陽得來的。

植物之爲人類及一切動物所絕對必需，還有另一原因。動物的軀體中都有大量的碳

化合物。當動物體工作的時候，其中有些化合物就分解而為簡單的質素，此種質素毫無用處，正像機關車火室中的灰燼一樣，若不把牠清除出去，反有阻塞機械的危險。動物清除一部分有毒渣滓之法，是使之與氧化合而成氣態的二氧化碳。最初，這些廢物混入血液，血液在循環的某一階段須經過肺部，在肺部，血液與外界吸進來的空氣只隔着一層薄膜。動物吸入的空氣中的氧，能滲過薄膜，擴散到血液裏去，於是氧和碳就結合而成為二氧化碳。然後這氣體又滲過薄膜，於呼氣時排出體外。

因此，動物在繼續不息地吸入氧和呼出二氧化碳。世界上的空氣雖多，但是動物也很多。如果僅是像上面所說，那末，空氣中的氧顯然早該耗盡，而所有的動物都早就死光了。其所以不會造成這個慘劇，就虧得有植物出來幫忙。植物從葉子裏吸入我們所呼出的二氧化碳，除了用二氧化碳來製造食物外，牠還放出大量的氧於空氣中。這就說明了空氣中所含的氧雖經動物不絕地取用，卻常能保持一定的含量。而人口繁密的城市之所以非常需要綠樹蔭濃的公園，這理由我們現在也可以明白了。

十五道 者 生 存

前面曾經說過，世界上最初出現的生命是成爲單細胞的，其機構比之變形蟲更爲簡單。於此讀者自然要懷疑，這針尖那麼小的一點膠質，怎麼會滋生出所有千百萬種不同的動物來呢？牠怎麼會是我們所有生物的祖先呢？

對於這變化的真相，我們雖不能窮源溯委，可是我們還能描出一個頗堪滿意的輪廓，生物的特徵之一爲其繁殖其他生物之能力。所以我們可以說，最初的一點活的膠質必先分裂成同樣的兩個細胞，這兩個細胞都能取食和成長，像最初的那個細胞一樣。這兩個細胞，我們可稱之爲第一細胞的子女。由於對人類和動物的觀察，我們知道子女和雙親雖然有幾分相像，卻從無完全一樣的。並且，在一羣兄弟姊妹之間，各人雖互有某種相像之點，卻從無完全相同的。回過來再說到我們的膠質，可以斷定牠的兩個子女都和其雙親略有不同。而牠們自身之間也略有不同。例如，甲細胞可以比乙細胞略大，或稍稍壯健。隔了若干時，這兩個子女也起分裂而變爲四個細胞，這四個中的每一個也

都和其他三個各有小小的不同。

上面所說的情形，是在生活細胞中不斷地進行着，全不受細胞所處的環境的影響。但是要作進一步的認識，我們還得看看冷熱、明暗以及食物的豐饒與否等等的物理條件。我們試假定四個細胞中有兩個較其他兩個爲活潑，而在這四個細胞所處的環境中假使只有足供兩個細胞的食物，則此四細胞必起求食的競爭。那兩個較活潑的細胞之會得到較多的食物是不用說的。因此牠們會長得強健起來，而其子女自然也比較強健。而那個較爲遲鈍的細胞即使不至於死亡，也會日漸衰弱，而不能繁生健康的新細胞。所以由於食物的缺少，四個細胞中的兩個就發生一種「自然淘汰」(natural selection)，次一代的子女都會像較活潑的兩親，於是就有一族善於求食的細胞發達起來了。

我們試再從最初的生活細胞的兩個子女說起，假想有一陣大風把兩細胞中的一個吹到一相當寒冷的地方，那末在這個細胞的子女中，當有若干細胞，其外層的包被略較他細胞爲厚。這些包被略厚的細胞比之牠們不幸的兄弟姊妹們自然較有耐寒的能力。牠們所生的子女的比例，也以包被較厚的爲多，因爲子女必酷肖其父母。至於那些包被較薄的細胞，結果會漸趨滅絕。經過這樣的淘汰於是就有一族善於耐寒的細胞繁生起來了。

試舉一個較爲切近的例子，據說非洲黑人的膚色之所以黑，是由於黑色皮膚對於強烈的日光有着某種的抵抗力。在這個民族的原始時期，因爲有幾個人的膚色稍較他人爲黑，結果他們對於非洲的烈日較有忍耐力，所以得安然生活下去，繁殖起來。於是在他們的子女中，大多數有黑色的皮膚。至於美洲的黑人本來並非這熱帶上的土著，而是在早年從別處移殖過去的。

從原來的一小點活的膠質，進化而爲現在世界上的各種不同的動植物，其經過情形正如一株樹的生長一樣。茁長樹身的種子相當於第一個活的細胞。我們的生命樹很早就分爲兩大支，那就是我們已經說過的動物界和植物界。現在，這兩個分支都各自長得龐大複雜，而這原來的系統樹實在已成爲同根的兩株大樹了。在植物界中，有無數的支幹，代表植物的無數不同的屬類，其中有許多屬類都是我們所熟悉的。植物之可以分成各式各樣的門類科目，顯然跟人類的可以分爲各式各樣的種族一樣。例如所有的蘚苔蕨然成爲一個大類，其中的屬員雖然相互間也許有甚大的差別，但與顯花植物這個大類對比起來，卻更有顯著的差異。

說到顯花植物，有一點值得注意。在大多數人看來，花祇是表示植物的美，此外並

無意義，可是在植物本身看來，如果我們暫時當地具有思想的話，花卻是一種巧妙的工具，所以招致蜂蝶等昆蟲，使幫助配合雌雄細胞，以產生新的植物。花裏含有一種甜液，稱爲「花蜜」(nectar)，花蜜會誘引蜂蝶歇到花間來採取。這是植物的聰明之處。例如大多數的薔薇科植物，有些個體生雌性細胞，有些個體生雄性細胞。要產生一棵新的薔薇科植物，就得使這兩種細胞配合在一起。因此這植物在花上播滿這種生殖細胞。蜂蝶飛來，歇在花上，吸取蜜汁時，就有許多的生殖細胞黏附在牠的身上。當這個昆蟲嚙到產生雌性細胞的花上時，就落下了些從第一朵花上黏附來的花粉，於是兩種細胞交配在一起，造成一粒種子，由此種子便可長出一棵新的薔薇。像這樣地，蜂蝶與植物交互爲用：一方面在取得食物，一方面在繁殖其屬類。

在生命系統樹中的動物界這個分支，事情就更爲顯著分明。了解動植物間的諸大差別的祕鑰，乃在這兩大分支剛剛分離的時候，成爲植物界這一支的屬員。發明了奇特的質素「葉綠素」，利用了葉綠素，牠們能用空氣和日光來製出生長所必需的食物。這樣一來，牠們既無需移動位置以取得食物，也無需犧牲其他的生物。但是在另一分支的動物界，卻並沒有這樣的發明天才，於是只好永遠地命定着以捕食弱小動物爲生了。

從動植物分離的時候到現在，地面的氣候已經發生過許許多多的變化。每經一度變化便有一個不同的生活狀況。詳言之，若是動物要繼續生存下去，牠們就必須隨氣候而變更其生活——事實上所有殘存的動物確然都經過這樣的改變。在地球的歷史上，曾有一個時期，地面上的大部分陸地都爲洪水所掩沒，其所剩空間不夠給陸地動物居住，於是有些動物就住到海裏，發達一種自水中濾取空氣的器官，以維持呼吸。這一類動物就成爲魚類。還有一個時期，似乎高空是一個極好的居住場所，於是有些動物的前足就漸漸變成了翅膀，這樣牠們就可空中飛行了。又爲了抵禦高空的寒冷，牠們的血液也變得比較溫暖，而由於同樣的原因，牠的軀體上生滿了羽毛。

在過去幾百萬元，動物的形體大都在逐漸減小。遠在人類出現之前，地球上就居住着許多會飛翔的爬蟲類動物，其形體之大，殊足駭人。這些動物雖然具有便於戰鬥的軀體，而其腦髓卻十分渺小。從前曾經發現過這樣的動物的骨骼——曾定其學名爲 *Triceratops carnegiei*——實可適當地稱之爲原始的骨大王。據說牠的頭骨徑長約八英尺，而其腦髓的直徑則不及四英寸。

但是從那時候起 *Triceratops* 的軀幹逐漸減小，體質逐漸柔弱，形狀變得端正起

來，腦髓已稍增大而適於思想。在人類則此種傾向已達最高點，我們已失去了多毛的身體，彎彎的足爪，用以威嚇敵害的可怕形相，幫助爬樹的長尾；但是由這種損失換來了一個發達的腦袋，使我們在各方面都勝過了所有其他的動物。

現在讓我們把上面說過的動植物由最初的生活細胞而逐漸進化的情形撮要地述說一遍。第一，我們可以說，引起這種進化的因素有兩。其中的一類與環境有關，即為動植物生活所在的物理條件。另一類則有關於原生質本身的性質。

若問「細胞為什麼要分裂？」或「分裂而成的細胞為什麼酷似其母細胞？」這一類問題就屬於第二類因素的範圍。對於類此的問題，我們可以乾脆地回答說，不知道。例如我們頗有些知道細胞如何分裂；即我們知道細胞分裂的大略情形。藉顯微鏡之助，我們能夠觀察，當一個細胞分裂時，細胞核與細胞中所有的各種顆粒也起分裂，並且我們還能看見其作用的進行次序。但是我們如果要追根究底，那末我們就只有乾脆地承認，我們完全不知道這種事情到底「何以發生」。如果有人問為什麼一個人做某一動作，你就很容易回答，因為他要這樣做。也就是說，因為他想到了這件事，他的心就命令他這樣做。同樣你可以說，變形蟲的分裂是因為他要分裂。不過這樣說法，不免把變

形蟲看成有心靈作用，這事在我們至少覺得是不可能的。

我們可以說，關於原生質的一個顯著事實，就是牠具有不屈不撓的意志，要連續發生變化，並且成爲活的植物和動物而佈滿於全世界。從這個觀點看來，則個別的動物或植物將立即失去其重要性；具有重大意義的倒是那活的原生質胚芽，而個體只是一個暫時的沒用的搬運夫罷了。所以俗語說「鷄只是一個產生別的鷄蛋的鷄蛋」。

對於第一類因素，即關於生活的環境或物理條件的，我們說起來就可以明確得多了。

假定動植物的子女顯出兩種趨勢：第一，就一羣說，牠們都趨向於酷肖雙親，第二，就個體說，牠們都趨向於互顯其特徵。就大多數的動植物而論，其後代產生的雖多，可是由於氣候的酷烈與食物的缺少，能夠存續下去的卻並不多。問題是：其能存續下去的，究竟是些什麼呢？那顯然是那些偶然較其兄弟姊妹們略能適應環境的個體。存續的個體再繁殖，就因爲其雙親已略能適應環境，故其子女自必更能適應環境。由此可見，假令環境不變，動植物經若干世代以後，其子女最後必能適應於支配其生活的種種條件。

動物經逐代的變化以適合於外界條件的變動，可用馬的進化來作一個很好的例子。近代馬的始祖，每足上原有五個足趾，但是因為他住的是廣大的草原，吃的是幾英寸長的青草，爲了能取食面積廣大的牧草和免避敵人的追蹤，自必足能健步。於是牠的足趾就逐漸地一個個消失，所以近代的馬足上已沒有趾，卻代以堅硬的蹄，有了蹄才使牠不致於陷入黏軟的泥土，而可以作迅速的行動了。在趾變爲蹄的同時，他的肌肉與骨骼也以同一目的而作種種的改變。事實上牠的全身都在變化，每一個變化都可以看出在趨向於行走矯捷，而行走矯捷正是近代馬的特徵。此外又因牠以剛硬的雜草爲生活之資，所以牠的牙齒更特別發達，以適於嚙食。在紐約的美國自然歷史博物館中可以見到在進化中的各代馬的骨骼，其適應於生活環境所發生的種種改變，歷歷可觀。

在鳥類的例子中，我們可以見到更有趣的變化程序。說出來也叫人難於相信，鳥類的祖先是蛇。前面已經說過，由於當時陸地上的生物過於擁擠，因此就有若干爬蟲類動物生出翅膀，而生活於空中。在倫敦不列顛博物院中就有這樣一副動物骨骼，也許就是當時存在的原始鳥類之一。牠的名字定爲始祖鳥 (Archaeopteryx)。這鳥樣的爬蟲在活着的時候必定是一種奇怪而巨大的動物。形狀大體像烏鴉，上下顎都生尖齒，有着像

龍的腿，像蜥蜴的尾巴，和十分脆弱而不很得用的翅膀，看起來真像一個怪物。然而這討厭的怪東西進化到現在，卻已變成了敏捷嬌美令人歡喜的鳥類了。

上面所說都係事實的敘述，但是讀者一定會高興地知道，我們是怎樣肯定這些事實是正確的。

我們的主要的情報來源就是地球本身。在地面上疏鬆的泥土底下，有着一層層的岩石。此種岩石有許多是從火山所噴出的岩漿經冷卻而凝成的。至於其他的造岩作用更長期存在，只是牠的速率非常緩慢，不是我們所能看得出來罷了。一個動物死後，若是暴露於空氣中，則皮肉腐爛，僅有骨骼遺留。此種骨骼若不遭逢變故，結果必碎成泥沙而散失。但是此種骨骼有時恰巧落入速率極慢的造岩作用中或赤熱的岩漿中，於是就封藏在岩石之中，而得免除風雨的崩解作用。有些生長在幾百萬年前的動物的骨骼，就是這樣地保藏着留傳到我們的手裏。由於地面發生各種變動，致岩石起沈積作用，故通常並不成爲連續的一塊，卻形成許多的層次。我們愈深入地下，所見岩層的年代愈久。在幾百萬年以前沈積下來的岩層，通常都深埋地底，現在已無法得見了，但是由於地殼的各種起伏運動，也往往會把這種深埋的岩層聳到地面上來，而給我們檢查的。

研究各連續岩層中所得的骨骼，我們就可得到一個動物如馬或人類的歷史的大要。我們由這個方法得到一整列馬的骨骼，當我們發現每一具骨骼必較前一具略為發達而並無突然的變異時，自可確信這種發達都由於原始的形式經過緩慢的進化而來，並不是由於特殊的創造行爲。

此外還有一種更可使入信服的證據。根據本文開頭所說關於現在動植物的起源的意念，我們必須相信所有的動物由於血統的相同，都互為從表的親戚。例如人類與一切有脊椎的動物就是非常密切的從表親。有人做個一種實驗，把各種動物的血液混合起來，結果得知，人類的血液跟鰻、鴿、馬、狗、貓等的血液都不能混和，似乎這其間絕少共通之點。然而若使人類的血液與某種猿類的血液相混，卻竟能交融。於此可見所謂血統的關係並不是無稽之談，卻確有至理。

我們已經說過，幸而為最適於環境的動植物都經過一種自然淘汰。等到這個理論為大家所明白了以後，不久就有人相信人類很可以參預進化，而把發達到某一所需結果之必要期間大加縮短。假設以養育賽跑馬為例。賽跑馬所需的必要特徵為行動迅速，因此養育賽跑馬的人就在許多普通馬之中，選取若干行走較快的馬。他把這些馬養育繁殖

起來，於是那新生的一代的馬，大半都較普通馬走得快了。他更從這一代較快的馬中，選取若干最快的馬，而再把牠們養育繁殖起來。這樣連續若干次，最後就產生一族穩跑冠軍的馬。這方法稱爲人爲淘汰。牠與自然淘汰的不同點，就在前者的選擇權操之於養馬的人，而後者則操之於環境的物理條件。

說到這裏，我們還漏了一個極自然的問題。我們說過，最初的生命爲一形狀動作極頂簡單的單細胞生物。但是我們沒有說過這個最初的單細胞生物是怎樣起源的。我們已經說過，一切生命都是由原先存在的生命而來，不過如果我們說這第一個細胞真是生命的開始，那末就不免成爲例外了。這個細胞是否是由無生命的物質而來？要是如此，那末牠是怎樣造成的呢？現在人類百思不解的原生質之創造的祕密究竟是什麼呢？這是世界的大神祕之一。這個答案，我們既然無從知道，我們自然只有作幾個較有意義的猜測，但是切勿忘記，這些僅僅是猜測而已。有一個意念，以爲生命物質並不是在地球上產生的，而是由空間深處掉落在地面的隕石帶來的。這個學說如果可靠，對於我們並無什麼用處，因爲我們還是要知道這隕石是怎樣得到那原生質的。並且隕石都很熱，而就我們所知道的原生質而論，就是在更低的溫度時，也會死亡的。

這個問題要等到多久才能解決，還很難說。科學家雖然很快地得到種種線索，可是離目標卻似乎還遠。我們可以說的是：原生質中特有的化合物似乎是一種由碳、氫、氮、氧等元素所組成的極複雜的質素。我們尋常所吃的動物膠 (gelatin) 大致與這化合物相似，但是與原生質相較，則還隔着很大的距離。總之，當地球年青時，地面的溫度極高，在此條件下如何可以造成這非常脆弱的質素，這是關於原生質起源的最難想像之點。

十六 機關槍元素——鐳

在幾世紀以前，當文化與武力的中心都荟萃於埃及的歷史時期，有一羣從事於學術工作的人，這些人我們稱之為鍊金術家（Alchemist）。鍊金術家可說是現代科學家與發明家的先驅，不過他們所用的方法和所為的目的，卻和近代科學家大不相同。

黃金這質素，自古就被視為高貴的東西。由於其產量的稀少，色澤的美麗，以及易於鑄造裝飾品，所以世人一向而且至今還把牠當作財富、權力、幸福的標記。這些古代科學家，即鍊金術家，並不像現在他們的後繼者那樣地幸運和自由。他們的生活之資全仗國王或統治者的津貼。因此他們若要繼續得到國王的恩賜，就不得不從事於國王所合意的工作。

在那時候的國王，甚至比現在的更為貪心，自私和好作妄想。他們把私人的財富和權力看得比什麼都重要。因為黃金可以代表財富和權力，所以他們需求黃金。大量的黃金，比最大的金礦更多的黃金。

所以那些鍊金術家就從事於搜索黃金。他們約略地知道所有的物質都由元素所組成，而黃金即為元素之一。他們覺得有些不值錢而豐富的元素如鉛，似乎可以設法來把牠們變成黃金。他們用種種的計劃來實驗變鉛為黃金之法，經過了許多年，甚至於幾世紀。他們常常設法引起國王的興趣，使他肯繼續拿出錢來供他們實驗。但是他們這種「發橫財」的努力始終沒有成功。顯然，要變鉛為黃金或變任何元素為另一元素，都是完全不可能的。後來，他們就漸漸拋棄了這種妄念，而改為研究比較容易成功的事情。

在七十年以前，科學家早經把鍊金術家忘記了。當他們真的想到的時候，對於他們的方法的簡陋，與變鉛為金的信仰之荒唐，只有一笑置之。因為在七十年前的科學家早經認定鍊金術家所想像的可能之不可能。大家相信元素是永存不變的。這個信仰的基本原因，很容易明白。就是經過千千萬萬的實驗，從不會有人從鉛裏變出些微的黃金來。那彷彿是說，如果可能，那一定已經做成功，正因為誰也不會做成功，所以是不可能的。

我們曾經說過，在照相乾片上塗着一層藥膜，一經曝光，此藥膜的化學性質即起永久的變化。X射線既然只是波長極短的光線，牠雖不能為人目所見，卻理應對於乾片能

發生影響。事實上我們知道，X射線確能影響於乾片，醫生的拍攝X射線照相，就根據了這個原理。

自從一八九五年X射線被發現以後，他們對於乾片的作用，就立即為世人所知。科學家都高興地覺得也許還能用其他方法產生一種像X射線那樣的射線，會貫穿不透過普通光線的物體，並影響於照相乾片。法國化學家柏克勒爾(Becquerel)試驗種種礦石，順便發現有一種礦石中含有最重的元素鈾。他把照相乾片包以不透光的黑紙，上面放了一小片鈾礦石，然後把紙包藏在黑暗的抽屜裏經過相當時間。後來，他把乾片顯影，卻吃驚地發現，這礦石同X射線一樣，已使隔着厚黑紙的照相乾片發生化學變化了。

後來知道這奇妙的效應是由於礦石中所含的鈾，並且知道不是任何鈾的化合物都有此種奇特性質——放射性 (radioactivity)——而只限於鈾元素本身，也就是鈾的原子。

幾年以後，巴黎有個年青的婦人繼續着做柏克勒爾的實驗，她的丈夫彼耶爾居禮(Prof. Pierre Curie)是索爾本(Sorbonne)法蘭西大學的教授。居禮夫人和她的丈夫所實驗的一種鈾礦石，稱為瀝青鈾礦(Pitchblende)。他們計算出這礦石所含鈾的總

量，然後用純粹的鈾和整塊的鈾礦石分別測定牠們的輻射的強度。結果卻出於意外地發現牠們的數字並不符合。瀝青鈾礦的輻射遠較其所含的純鈾爲大，這現象殊無法解釋。於是居禮夫人斷定，這鈾礦石一定還含有另一種元素，其放射性較鈾更爲強大。她歷盡艱辛，多方尋找這新元素，就於一九一〇年如願以償，發現了鐳元素。她耗去了一五〇噸的鈾礦石，才得到了一英兩的鐳鹽。但是這新元素的輻射強度卻發現其約爲鈾元素的一百萬倍。

自從居禮夫婦發現鐳元素以後，各處的工作者都從事鐳的研究，當即查得鐳在繼續地發出輻射，此項輻射中共包含三種不同的射線。其中的一種，至少就性質說，相當於X射線。另一種查得其僅爲電子之流——此種電子跟我們討論原子時所說的電子完全相同——係從鐳原子內部以近於光的速度向外射出。故鈾原子像是一架永遠在發射的機關槍，牠向各個方向射出的子彈就是電子，而其發射速度則和電閃相同。但是那個機關槍手，那個扳原子機關槍彈機的人，卻還是一個謎，一個不易捉摸的魔鬼，他也許在暗中竊笑，並且阻撓我們發現這槍的機構。

更出乎我們意外的是，古代鍊金術家所始終沒有完成的工作，鐳原子卻在自動地進

行。而這工作又是一九一〇年以前的科學家所認為絕不可能的。原來鐳原子所發出的三種射線查得竟是氦元素的原子。足見一元素可以變為他一元素——這雖然不是鉛變為黃金，但並不因此而減少其使人驚異的程度。

但是在這裏，我們雖然有了一元素變為他一元素的事例，可是我們卻還是無法控制牠的作用。我們不能叫牠停止，或使之發生，或略微改變牠的速度。我們所能做的，只在查考牠的用途，與研究牠的作用的機構。

鐳的主要用途在醫藥方面。有時身體的組織發生特殊的變化，若不遏阻，就將漸漸地蔓延於全身，卒至毀壞了某一重要器官，而致人於慘死。這一種疾病，稱為癌腫。這一種病的原因與預防，我們所知的還不多，但是鐳卻供給我們一種醫治癌腫的有效方法。如果徵候發現較早，那末用點手術，就可將患部除去，但是普通的治療方法是用一支封有鐳元素的小管，縫入患部。從鐳所發出的射線，進入病組織之後，就刺激之而使之恢復正常的狀態。不久之後，把鐳除去，病人往往即能復原。故自鐳元素發現以後，此種折磨人類的可怕疾病已得到了有效的療法。在全世界上，從礫石提煉出來的純鐳，存量極少。鉀是所有元素中最難提煉的一種，要製造一克的鐳鹽，得化上幾噸的礫石，故其

價值極大。鐳的市價當然時有上落，普通約爲美金一〇〇元一毫克，這一毫克的鐳，其爲量之微，僅足以給我們看清楚罷了。一九二一年美國婦女募款購得一克的鐳贈與居禮夫人，其價值爲美金十萬元。居禮夫人得了這一克的鐳，就在法國政府給她在巴黎新造的大實驗室中，繼續研究其用途與性質。

從鐳發出的射線 除了影響於照相乾片以外，能產生熱量，使氣體導電，及作用於某種礦石，使之吸收射線後在暗處發光。由於鐳能使氣體導電這個性質，乃得設計造成一種簡單而巧妙的儀器，以測量及偵察鐳的放射性。這儀器就是金箔驗電器；其構造至爲簡單，係由兩片對立的金箔懸吊在匣子中的一條琥珀棒上而成。在平時，這兩片金箔是互相緊貼着的。但是這棒上如果帶有電符——無論爲正爲負——那末這兩片金箔就因爲電符的互相排斥，而分離成「人」字之形。因爲兩金箔中間的空氣是非導體，金箔上的電符不能向四周的物體逸去，所以那兩片金箔就永遠互相分離。

然而現在若把一些鐳放在金箔張開的驗電器附近，就見那金箔立即閉合了。這是由於鐳的輻射使空氣導電，於是金箔上的電符即行漏去。由金箔閉合的速率，就可以測定鐳的放射性的強度。

這儀器雖然簡單，卻能探測任何試驗所不能測知的微量的鐳。假使你有三十毫克——約合數英厘——的鐳鹽，而把這微量的鐳鹽平均分派給現存於世界上的每一個人，這金箔驗電器仍極易測知你自己所保存的一分。鐳及其他元素所不息地發出來的這些射線當然都是能。就大小的比例來說，三十毫克的鐳鹽在十六年中所放出的能約為世界上任何其他質素的四〇〇倍。鐳放出能的速率，就質量的比例來說，為任何恆星所不及。鐳所放出的能量雖如此其大，如此其速，可是鐳的總質量卻並沒有多大的變化。假使我們開始有一克的鐳，則耗去其半量需要一七〇〇年。鈾的變化更為緩慢，要五十萬萬年才耗去其任何量的一半。

放射性元素所發出的能，其來源如何，我們雖然沒有直接得到確鑿的消息，但是我們能夠間接地作一種大致正確的推測。我們設想原子是一個複雜的物質系，其中有一個構造堅固的核子和若干繞核而行的電子。各個電子都有位能，因為牠被帶有相反電符的核子所吸引；都有動能，因為牠以極快的速度在繞核而行。一元素之異於其鄰接之元素，就在電子數的多寡，與電子離核的遠近。於此顯見在兩鄰接元素之間必有能量的差別。

當鐳原子中的魔鬼扳拉彈機的時候，就有一個氦原子射出。氦爲最簡元素氦的鄰接元素。牠比氦重四倍，在牠的核子的四周有四個電子。由此可見。當鐳發射了氦，其所剩下的必較鐳減輕四單位。故鐳之變爲其他元素，實爲意想中事。這個元素早經發現，並曾加以研究。牠是一種氣體，測得其重量爲氦原子的二二二倍，被定名爲氣。元素既變，其性質自然與原來的鐳大不相同。牠像是氦氫那樣的氣體，不與他元素化合。

當元素鐳變成元素氣的時候，原子中的電子都重行排列。有些電子的位能變爲動能，有些電子的動能，則伴着輻射中的電子流而逸出。

物體的動能與其速度及質量成正比例。造成輻射之一的電子，其質量極小，只及最輕的元素氦的一八五五分之一，但因其驚人的速度，使之含有極大的能量。氦原子流的速度雖不及電子射線那麼大（約爲每秒一二〇〇〇英里），可是因爲氦原子的重量爲氦原子的四倍，所以也具有相當大的能量。

如果我們設想從槍裏射出的最快的子彈，甚或最快的彗星或流星，然後以其動能與氦原子的射線相比較，當可發現後者所含的能量至少爲任何已知運動體的二十餘萬倍。見鐳之能穿透人體組織治療疾病，原不足異了。

鐳放出了一個氦原子就變成氣。這氣體的生命極短，只有數天，能再發射出一個氦原子而變成另一固體元素鐳A。鐳A的生命更短，只有幾分鐘，就又發射出氦原子而成另一固體元素鐳C。如此更經四次遞變，其生成之過渡元素的生命自百萬分之一秒至十餘年不等。其最後生成物爲一極重的固體質素，其重爲氫的二〇六倍，稱爲鐳G。現在我們知道鐳G和普通的元素鉛相同。

從鐳的另一方面探索，我們查得這重要的元素僅是一系元素中的一個世代，我們可以從其父、祖父，一代代地追溯上去，而得其始祖鈾，鈾似乎是鐳的曾祖父。

除了鐳元素所屬的所謂鈾系以外，我們知道還有兩個其他的系，一個系的始祖是釷元素，另一個系的始祖是錒元素。在這兩系中，其逐次蛻變的最後產物，也是這常見而豐富的鉛。

自從鐳元素發現了以後，我們對於元素的觀念就不得不予以改變。我們一向把原子看成堅密不破的東西；雖然太陽底下的任何事物都在不息地變化，只有元素的原子卻永遠保持着牠的本來面目。現在我們既知鐳及其夥伴放射性元素都在發生變化，這就把我們對於原子的永久性的信仰完全毀壞了。不但是一元素變爲他一元素，而且有着大羣的

原子似乎在依着一定的次序而遞變，其蛻變的過程，有的需要幾十萬萬年，有的只需百萬分之一秒。這對於我們到底有什麼意義呢？從放射性的這些事實，我們能不能想像出關於原子世界的各種規律來呢？這比之我們向來對於原子的永恆不變的觀念不是滿意得多了麼？讓我們來想想看。

你有沒有造過紙房子？如果你造過，你一定知道，你的房子造得越複雜，你所用的卡紙愈多，你所設計的結構愈容易錯誤。原子的情形似乎也 and 造紙房子一樣。假定我們是在建造一個像我們所居住的那樣的物質宇宙。我們必須用電子和核子來造出種種不同的原子。我們先拿出一個核子來，讓一個電子環繞這個核子。結果十分美滿——我們的構造是非常簡單，我們的原子是非常牢固；我們已不能把其中的電子從牠的軌道上驅逐出來。這個原子就是氫。

現在讓我們再繼續做下去，試用兩個，三個，以及更多的電子，使之環繞一個核子而迴轉。這些電子的排列有無限的可能情形，或使之距核極近，或使之距核甚遠，或使之繞一圓形軌道，或使之繞一橢圓軌道。例如，假使我們使四個電子繞行核外，那末牠們的相互位置與距核位置，顯然可以有上百萬種可能情形。我們再把這些情形一一

實驗，找出一種最穩定的配置，使原子不易受外界勢力的干擾。用這樣的方法，我們就可以把九十二種元素一一造成。

不過真真建造各種原子的主宰，不管他究竟是誰，對於這件事情卻似乎沒有費過什麼心思。就手頭現有的證據看來，他大概只是把電子和核子隨便放在一起，並不替牠們選擇一種最有利的配置，以後更一任其受自然與運動法則和電的吸引法則的支配，經過幾次的淘汰，始得達到最穩定的情形。所以除了我們現在已知的九十二種元素以外，也許在某一個時期，世界上確有無數不同種的原子，同時也就有無數不同種的元素。這些元素，除了九十二種以外，必定由於設計的不善，都只曇花一現，就分崩瓦解了，這正如由於工程師偶不留心算錯了「應變」和「應力」，致使新建的一座橋梁，在初次的負擔下就坍倒了。

由此可知，從電子與核子所造成的所有可能的元素之中，有些只能暫時存在，有些則因配置妥適，委實能常住不壞。對於暫時存在的元素，我們無從知道；牠們是不幸的元素，一出娘胎，即行夭折，以致無法在物質世界中佔一席之地。至於那些永存的幸運兒，即為造成我們現在這個宇宙的九十二種元素。牠們之所以能夠經久不壞，就因為最

能適應於各種管理物質行爲的定律；這個情形跟動植物之偶然因適應於環境而得綿延其種族的，極爲相似。

從最堅實的元素像與氫，氫到那些最脆弱的曇花一現的元素，其程度是漸漸遞變的。所以在堅實的元素像氫與鉛與那些不知名的脆弱元素之間，必定有一個邊界。在這個邊界上必定有許多元素，既不能歷久不變，又不致於僅享暫短的生命。牠們雖不俄然全部崩解爲電子與核子，卻能隨時放出少數的電子和極小一部分的核子。牠們像這樣地暗中摸索，轉變爲他種元素，以圖延續其生存的機會。有時候牠們非常成功，竟得維持數百萬年之久；有時候估計錯誤，卻竟維持不到一秒鐘。

我們在這裏所說的放射性元素，就處在這個邊界之上。由於這些元素的存在，才使我們得到上述的原子起源的線索。這幅想像圖也許是錯誤的，但是在沒有更好的想像圖出現之前，我們不能不把牠認作最合理的物質觀念。

在臨了，我們還要說一說、在德國確曾有過由賤金屬變成黃金的事實，不過這賤金屬不是鉛而是水銀。我們知道，普通發生紫外線以供醫療及實驗用的儀器叫做水銀燈。那是由液體的汞和汞蒸氣密封在一種地盡空氣的玻璃容器裏而成的。應用時，使高壓電

花通過汞蒸氣，汞蒸氣即發光而放出強大的紫外輻射。

十多年以前，在德國的一個實驗室裏，有一隻水銀燈壞了，不知因何理由，有人把燈中流出的水銀加以分析，卻發現其中有微量的黃金。這黃金曾經證明並不是水銀中原來所含的雜質，而確是由於這水銀燈經多年的使用而產生的。這事實可以作這樣解釋，因為汞蒸氣中經常通過強電流，遂使若干汞原子被其破壞，而轉變為金原子。

不過我們應該記住，我們在這裏雖然見到由水銀產生黃金的實例，其所費的代價卻十分巨大，反不如直接從市場購買的來得合算。幸虧古代的煉金術家沒有發現這個方法，否則國王知道了要化這樣的代價，將要定以誣騙欺君之罪，恐怕連腦袋都保不住呢。

十七 相對性及時空之奇蹟

一九〇五年，德國一個祇供大學教授讀的科學雜誌上發表一篇短文，作者是在德國生長的一個年青的瑞士算學家，名字就是阿爾培·愛因斯坦（Albert Einstein）。對於這篇論文，就是懂得的人也祇稱讚這位作者的聰明，而不注意其內容——就像我們對於某一著名藝術家的作品，不問圖畫跟模特兒是否相像，祇一味加以讚美一樣。

但是愛因斯坦教授力言他的文章不但說得動聽，並且很真確。原來他的學說一直要等到十四年之後才有機會來證實。因此在一九一九年，即第一次世界大戰末一年，與愛因斯坦降生之國正有深讎的英國人，就派了巨大的遠征隊到南美的最偏僻地方去觀察日蝕，因為據愛因斯坦說，這次的日蝕可以作為他的奇特的學說的一個試驗。

遠征隊觀察的結果，完全證實了愛因斯坦教授的預言，這個消息一公布，愛因斯坦的名字立刻從不大有人讀的專門科學刊物跳到全世界各種新聞紙的第一頁，跟當時的凡爾賽和平會議相映爭輝。不久，他的名字變成了家常的用語。他的相對論成爲每一餐桌

上，每一理髮店和街車中的談話資料。戲院中的丑角借此題材來編成笑料，部長在週訓時也似乎覺得有把軸提一提的必要。

愛因斯坦本人，則爲德政府所召，離開瑞士沮利克大學（University of Zurich）而回柏林，當時的德政府雖因連年戰禍，國庫空虛，卻仍特地給他建築起一座專供研究用的新實驗室，給以厚俸，只叫他坐在那裏做些思想的工作。全世界的學術機關都請他去講演，他成爲當時最受崇拜的一個偶像。當他作講演旅行到達紐約的時候，一時新聞記者和攝影記者竟爲了要爭先訪問他而打起架來。富翁們忙着請客，各學術團體競以款待他爲榮幸。他所引起的擾動，使他變成了威爾斯王子和羅馬尼亞皇后一類的非現實人物。

同時據可靠的權威者發表的談話，愛因斯坦曾經說過，真正懂得他的學說的，全世界祇有十二人！於此足見其算學的理解至爲繁重，祇有對於算學有天才的人才能領悟得來。

那末相對論何以會引起這樣的狂熱呢？如果大家對於牠都莫名其妙，他們爲什麼會大感興趣呢？

回答是這樣，我們雖然不能像愛因斯坦一樣地大弄其算學的玄虛而獲得這樣驚人的結果，可是我們還能觀察那些結果的表面，而微悟其對於愛開真理的知識分子所表示的意義。

讓我們舉一個實例來看看。也許你曾經有過這樣的一種經驗，你坐在靠站的一列車子裏，等待車子開出。你向車窗望出去，高興地看見車子在移動了；牠慢慢地掠過停在另一軌道上的列車。你從窗口望得見的景象，僅此而止。這個判斷原也不能算錯；可是不久有個朋友跑來向你道別，並且報告說，你所乘的這列車子還得等上五分鐘才可開出，這就使你奇怪起來，再向窗外一望，只見移動的乃是另一列車，而你的列車卻還是好好地停在那裏。你所以作這樣的判斷，是由於方才的這列車子這時已經離開了你的窗口，你可以望得見地面和車站的建築了。你所謂你的車子不動和另一車子在移動，都是對地面而言的。

於是你自悔孟浪，不該這樣粗心，遽下判斷。然而你真是太粗心嗎？假使像在前一種情形時，你所看見的只是你自己的一列車子，和在另一軌道上的一列車子。那末你看見在移動着的不是你的一列車子，就該是另一列車子。此刻正對着你的是一輛餐車，停

一會正對着你的是一輛睡車。就常識推想起來，其中必有一列在移動。但是你怎麼能夠知道是你的一列車子動，還是另一列車子動，或者竟是兩列車子都沒有動呢？把這個問題仔細想一遍，並且一有機會，不要忘記把牠實驗一下。

但是在這裏讓我們先把實驗結果來說一說，因為這種實驗已經做過幾百遍，而結果卻老是一個樣子。在這種情形之下，你沒有方法來判定到底是什麼東西在動——除非你能夠同時看見第三個你知道確是靜止的物體，根據這個物體，你才能夠連續地比較你自己的車子的運動，和對面的車子的運動。沒有這樣靜止的參證物體，我們就祇能說，這兩列車子在起相對的運動。

也許你會想到，在我們所討論的情形中，我們可以應用空氣來代替地面或車站，以作參證物體。假使是你的車子在運動，那末牠一定得通過空氣，我們更假定這時風息全無，那末我們就可把空氣認作靜止的。然而如果車門恰巧關着，那麼我們就無從發現呼呼地擦過車箱的氣流，而必須用適當的實驗來偵查空氣是否在與車子俱進。

我們試假定，實驗是在你的車子裏舉行，第一先來決定空氣是否在與車子共同前進。結果你得到的回答是否定的。

於是你只好信賴第二個實驗，因為你明白，不是空氣隨着我們共同前進，便是我們正在穿過空氣。倘若你真個實行這個實驗，那你當然會發現你的車子對於空氣在起運動。——倘若運動的確是你的車子。

但是爲了辯論起見，讓我們假定第二次的實驗也是否定的。空氣並沒有穿過車子，而車子也並沒有通過空氣，於是你一定會說，這答案很簡單，你的車子並不在運動。

這個判斷原很不錯——但是假定，在另一列車子中也作同樣的實驗而獲得同樣的結果呢？在另一列車子中的人會有像你一樣的結論，就是他的車子並不在運動。當你跟他交換了意見之後，你一定會莫明其妙，最後只好放棄你的結論，因為你們倆大家都堅持着，在試驗的時候確有一列车子在掠過另一列车子。

這兩列车子無疑地是在起相對的運動。空氣是靜止的。然而實驗的結果卻告訴我們沒有一列车子在對空氣發生運動。可見其中必有錯誤之處。這些結果都是無意義的。那末牠的答案究竟是什麼呢？

答案祇有一個，假使我們所得的結果是無意義的，那末我們要藉實驗來解答的問題也一定無意義的。這一定是由於我們用來作實驗的東西，實際上並不存在。因此我們的

結論是空氣並不存在。

我們更可以從這些實驗得到一個結論，我們說這一系列車子或那一系列车子在運動，都是無意義的。運動似乎並不單屬於一個物體。我們所能說的，實是這兩列车子是在起相對的運動。

現在就車子與空氣的情形而論，事實上是不會得到像前面所說那樣的結果的。因為我們從其他的種種實驗，得知空氣確實存在；我們對於空氣分子的存在有着直接的證據。所以我們的實驗不會得到這樣矛盾的結果。

但是愛因斯坦所討論的卻並不是車子與空氣。他所討論的是恆星與行星的運動。他所想到的參照物體並不是空氣而是那奇妙的「東西」所謂以太，這以太我們已經在討論光的時候說起過了。從地球上看來，太陽好像每天在橫過天空。從太陽看來，卻像地球在橫過天空——所差祇是速率不同，因為太陽繞軸自轉的速度和地球的自轉速度是不同的。那末哪一種看濛對呢？在古代，我們以為地球恆靜，而太陽在繞地球而行。在幾百年前，哥白尼創相反之說，以為太陽恆靜，而地球在繞太陽而行。於是我們都相信地動說，而以信天動說為不智，且屬盲目的自尊。但是等到愛因斯坦出來了以後，我們就不

得不承認這兩種學說的正確性只是五十步與百步而已——就嚴格的說法，我們只能說太陽和地球是在作一種相對的曲線運動。

愛因斯坦是怎樣把以太打倒的呢？我們已經說過，他在他的學說中乾脆就不承認他的存在，不過否定以太的初步工作卻是由許多年前的兩個美國科學家密開爾遜(Michelson)和莫萊(Morley)開始的。假使地球真在以太中擦過，那末一定會引起一種「以太風」，如果光波要逆「以太風」而行，結果其速度必較順「以太風」而行爲慢。

我們已知空氣中的聲波確有此種現象。用簡單的實驗即可證明，若是一個聲波逆疾風而行，則其對於地面的速度即顯著地減少。根據以太說，傳播輻射的以太相當於傳播聲波的空氣，故希望其有同樣的效應，似乎完全合理。

因此密開爾遜和莫萊就設計出一個巧妙的實驗來試驗這種效應——但他們所得的結果是否定的。他們的實驗似乎表示地球並不在穿過以太，而以太也並不在掠過地球——然而地球卻在對其他物體如太陽在起運動。現在根據以太說，以太必須充滿於宇宙——遍及於地球和太陽四周。這樣說來，密開爾遜和莫萊的實驗，就跟我們想像的火車實驗一樣了。那答案是無意義的，於是我們不得不斷定那問題同樣是無意義的。那就是說，

以太是不存在的。

這個實驗給以太一個致命的打擊。不過大部分的科學家卻無視這個事實，而繼續使用以太的概念，因為他們找不到適當的東西來代替以太。但是相對論中用以代替以太的東西，卻出乎意外，牠並不用東西來替代，卻乾脆地否定以太而逕自說明一切。

荷蘭著名科學家羅楞茲 (Lorentz) 以密開爾遜和莫萊實驗之所以產生否定的結果，可以解釋為由於實驗中量度距離的尺沿地球在空間運動的方向而略起收縮。對於這種解釋欲詳加討論，不免太過高深，但是我們必須說明，這個觀念是不能用任何方法來證明的，因為假使對某一方向一切都得起收縮，那末用以量度的尺自然也起收縮，這樣一來，我們就無法測知其收縮的程度了。

但是愛因斯坦喜歡這個觀念，且更擴充而使之成為相對論的一部分。他說，以高速度運動的物體，其長度會縮短，至其縮短的程度與其速度之接近於光速——每秒一八六〇〇〇英里——的程度為比例。愈近於光速，縮短愈甚，若其運動的速度等於光速，則其長度竟縮而為零。由此可以推知光速為宇宙間任何物體的最高速度。因為長度是不能小於零的。

照愛因斯坦之說，不但是長度，就是重量也隨速度而起變化。若是槍彈以近於光速之速度射出，將變得非常之重。射出的速度愈大，其重量愈為增大。若槍彈以光速而運動，則其重量就變為無限大了。

可是讀者切勿根據此項結論，就以爲要減輕體重的胖太太須避免乘坐火車汽車，而祇能騎馬或乘馬車。我們必須充分了解，一物體若由於「相對性的修正」(relativity correction)而起顯然可見的大小變化或重量變化，牠必具有極高的速度。我們所能利用以供實驗的唯一實例，只是從鐳或其他放射性元素所射出的質點，這種質點，你總該記得，是以極高的速度運動的。愛因斯坦的學說，就在用來研究此等元素。

從學校時代代數中圖解的研究，我們多少總得知一點關於坐標制的觀念。事實上我們即使並沒有知道什麼是坐標制，可是我們在日常談話中也常常應用牠。例如你說，你住在上海福州路河南路轉角。假使你說，你住在福州路，這句話就不大明白，因為福州路相當長，不知道你住在福州路的哪一段。你若說你住在河南路，這句話跟上一句一樣不能叫人明白。但是你若說福州路河南路轉角，這就交代得清清楚楚，因為這兩條一橫一直的馬路只有一個交點，這就確定了你所住的地方。

再說，假使你住在一所高大的建築裏，那末你要說明你的住址，還得加上一個條件。你必須說，你的房間是在第幾層樓。

因此，你要一點不含糊地說明你的住所，你必須要說出三個事實，橫路是什麼？直路是什麼？離地面為第幾層？

在圖解上，我們稱這三個事實，為坐標或「向度」(dimensions)，又簡稱為「度」。你說明你的住所，係採用三種向度。

世界上的一切物體都有三度，即長，闊，厚。有時候，其中的一度之值可減至極小，例如薄紙雖有長度，寬度，但是厚度極小。不過一切物體顯然必須具有三度，因為構成一物體的分子與原子都是有三度的。水上的油膜，差不多只有一個分子的厚，這些就代表我們所能得到的近似於二度的物體。

我們若使承認一切物體都不能少於三度，那末我們自然還得追問是否更能有超過三度以上的物體。我們可以想像一個沒有向度的點，當然這樣的點決不能認為實際存在的。假設使此點沿任何一方向運動，結果必產生一線——即一個一度的物體，這仍舊是想像的東西。再使此直線運動，於是我們就得一封閉的平體，像一個方形——即一個兩

度的形體。但這仍舊是想像的東西。現在設想這方形從繪圖的紙面向上運動，結果就產生一立體，一個三度的實體，這才算確實存在而非想像的東西了。

由此類推下去，我們很可以說，這立體能以某種方法運動而產生一四度的形體。照這樣辦法，我們簡直可以設想能產生無限數的向度。可是結果，就是一個四度的形體，我們也想像不出牠成一個什麼樣子。我們心裏能夠了解一個立體，可是我們絕對無法構成一個四度形體的印象。

不過愛因斯坦說，要對於一件事情作完全的敘述，就必須要有四度。注意他所說的是「事情」(events)而不是位置。他說，我們要描寫宇宙萬有，僅用簡單的位置是不夠的，事情才是真正的描寫單位。

再來談談你的住所，假使在你的實驗室裏發生一次爆炸，你要把這件事告訴人家，使人家一無誤會，你將怎樣敘述呢？第一，你自然要說出你的地點，福州路河南路轉角，四樓——三度。但是這時候有人要問這事情發生在什麼時候。你就得說在民國三十二年一月十六日下午五時。沒有這第四度時間，你所說起的爆炸或許會跟在其他時候所發生的一次爆炸纏不清楚。但是因為同樣的事情不能在同一地點同一時間發生兩次，所

以你說明了發生的時間，就可完全免去任何纏夾的可能性。

在愛因斯坦學說中最難懂的恐怕要算他對於時間的觀念。我們一向把時間當作一種奇妙的東西，我們大家都承認牠，使用牠，似乎一點也用不到對牠費什麼心思。「時間呀時間，你飛回來罷！」這是詩人的辭令，誰也不把牠放在心上，而真以為什麼頭腦清楚的人會想到時間能夠飛回來或做其他的事情，時間是永遠只會平穩地向前逝去。

在學校裏習算術的時候，教師告訴我們，異名數是不能相加的，例如五隻蘋果加十八英里，就變成笑話。因為蘋果和英里是不同的東西，其間並無合於相加的共通性質。對於時間，我們也常常這樣想。把二十五秒加到五十英尺上去，似乎也一樣沒有意思。

但是愛因斯坦說，我們這種觀念是錯誤的。據他的見解，時間是描寫事情的第四度，牠之與長度，正像長度之與寬度或厚度一樣。我們固然不能使秒與英尺相加，但是愛因斯坦叫我們相信，我們能夠把長度與時間用某種共通單位來表出，這樣牠們就可以相加了。他叫我們注意，在敘述一件事情像上面所說的爆炸時，若把福州路或河南路或第四層樓漏去了一個條件就會引起纏夾，正同漏去了發生這事情的時間一樣。

愛因斯坦並沒有發現使時間返回的方法——也許他從沒有作這樣的企圖——但是他

設想，爲了適合於他的學說和他的計算起見。他是應該承認時間是可以返回的。並且，他相信，像他所描寫的世界，才是「實在」的世界，而我們所認識的世界倒像我們在哈鏡裏所照見的我們自己的影像一樣虛偽。

愛因斯坦到底爲什麼要主張呢？他說，相對論所描述的是「實在」世界，而我們向來的觀念，只能描述一些「不實在」的東西，這是什麼意思呢？他所謂的「實在」又是什麼意思？

試設想畫在紙上的一條直線。這「直」是「實在」的麼？愛因斯坦說否，因爲這張紙有團皺的可能，於是那直線變成許多曲線和歪扭，結果就不成其爲直線了。假使我們畫的原是曲線，或任何他種的線，其結果顯然也是如此。假使我們所畫的線通過的空間，在某一觀察者看來起了扭曲，那末這個觀察者所看到的線將和在不扭曲空間裏畫這線的人所看到的完全不同。

這個理論是非常難懂的。因爲宇宙間的一切物體——就我們所認識的而論——都由曲線和直線包圍而成。依照愛因斯坦的意思，這些物體都沒有實在性！那末我們豈不是都住在一個夢的世界裏麼？

然而愛因斯坦的理論自有其真確的意義。這極容易用一個比喻來說明牠。在我的面前有一張長的桌子。要是有人問我這桌子作什麼形狀，在尋常，我將毫不遲疑地回答說，這桌面是呈長方形的。但是我有沒有說這句話的權利呢？從我坐的地方望去，我所見的桌面是有些偏斜的；桌子的一角離眼較近，因此從我坐的地方望去，我不得不承認，那離眼最近的一角，其角度較任何一角為大，這桌面與其說牠是四角或直角的長方形，還不如說是兩角互不相等的四邊形。如果把我的眼睛移到桌面的中心，這才好像是長方形。但是我有什麼權利來判定這個觀察點較之我現在坐的地方更為「實在」呢？

據相對論說，我是完全沒有這種判別權的。牠說，一個觀察點不比別一個觀察點更正確。由此我們不得不判定桌面的形狀，可以是長方形，也可以是不等邊四邊形。事實上我們不能不承認，根據愛因斯坦的觀點看來，這桌面沒有「實在性」；也就是沒有一定的形狀。

那末什麼才是「實在」呢？據愛因斯坦的意見，除了站在時空中任何處所的每一個可能的觀察者都覺得是同樣的以外，都不是實在。顯然，我們從種種地方望去，這桌面的形狀各不相同；所以牠是不實在的。

再回到我們上面所舉的例解，說紙上所繪的直線是不「實在」的。現在讓我們在同
 一紙上畫幾條相交的直線，然後把牠團皺起來，即知我們雖能改變各交點間的距離，卻
 不能改變各交點的次序。若使我們先在平直的紙上，把各交點註明 1, 2, 3 等的次序，即
 知此等次序決不因皺摺而起改變。換言之，這次序決不會變成 2-1-4-3，或 3-1-1-
 1-2, … 而恆為 1-1-3-1，跟開頭的一樣。

這無異是說，我們無論從哪一個觀點來看這些相交的直線，雖然直線的形狀和交點
 間的距離可以變化，而各交點的次序卻永遠保持不變。

從這裏我們就可見到連愛因斯坦也認為是「實在」的東西——不是直線，也不是交
 點的位置——而是交點的「次序」。

現在在四度的時空中，直線的交點就代表了事件或事變。因此把這個例解從兩度的
 紙上移到時空連續體中，我們就可得到下列結論：時空中「事情發生的次序」是實在
 的，此外都非實在。

這個觀念是極難了解的，就常識而論，我們當然不能容納這樣的所謂實在。然而我
 們若是只聽從常識的指示，結果極容易上當，上面所說的桌子的形狀，就是一個好例。

因此，我們雖然並不列入懂得相對論的十二人之中，不能驗證他達到這個結論的計算方法，卻也只好學其皮毛而接受愛因斯坦的觀念。

無論如何，我們可以說，愛因斯坦學說是一個可信的學說，將來也許會像常識一樣，成爲學校中的教材的一部分。

愛因斯坦的學說不僅涉及一般科學所討論的小部分物質的解釋與敘述。在愛因斯坦，不全則寧無；連天空也不能算是極限。他說，假使他的學說是真確的話，牠必能解釋整個的宇宙，假使在什麼地方更有其他的宇宙，牠也必能加以解釋。

萬有引力的存在，對於企圖解釋物質宇宙的相對論，實爲一大難關。這真是個奇怪的現象，你試冷靜地想一想，若使各種物體釋去束縛之力，就有一種引力以不息地增加的速率把牠們拉向一處。這引力是哪裏來的呢？並且引力不需要時間，又將怎樣解釋呢？

愛因斯坦覺得，如果他的學說十分周密的話，牠必須能解釋引力，因此他化了許多的時間來從事於這個工作。

他以非常別致的方法來完成這個工作，不過對於他所達到的結論，若不把我們平素

感受的老式觀念拋棄一些，勢難接受。據愛因斯坦的意見，空間在物質附近定要起歪曲的，物質之量愈多，則歪曲愈甚。這個觀念極難領會，因為說無形的空間會起歪曲，是不容易想像的事。讓我們來舉一個例解。

假設在一張緊張的鼓皮上印了一幅棋盤格子，當然這些直線或平行或垂直，所有的方格也都一樣大小。如果有一隊橫排的小蟲從棋盤的一邊出發，保持整齊的次序，向對邊蠕動。再假定有一重物如鉛彈之類恰當棋盤的中心。於是那張富有彈性的鼓皮勢必向下凹陷，而其下陷的程度自然愈近中央則愈甚。這時那些直線已不再平行或垂直，卻視離中心之遠近而互成種種的角度；方格的大小也不再一樣而發生了歪曲。現在這一隊小蟲在向對方蠕動的途中已不能保持整齊的次序，因為那些沿通過中心的直線進行的小蟲必須經過鼓皮的凹陷部分，由於鼓皮的延展，其所行的距離必較原來的為大。

假使我們望着這隊小蟲的賽跑，而我們的眼睛祇有兩度的感覺，不能看見在三度裏的鼓皮的凹陷，那末在我們看來就將覺得那些靠近中心的小蟲似乎受到一種衝動而被拉向鉛彈。照我們本來的想法，萬有引力之所以成爲物體所受的一種衝動，把牠們拉回一處，其理由在此，而物體距離愈近則引力愈大，其理由亦在此。

從小蟲的實驗，可知衝動是重物體四周的空間發生歪曲的結果。

愛因斯坦說，萬有引力同樣由於物質附近的空間發生歪曲，致空間變彎，而兩點間的最近距離不再是直線而是曲線的緣故。然而我們不能發覺空間的這種歪曲情形，因為據愛因斯坦的觀念，這種歪曲是屬於第五度的，我們對於第四度已不能想像，當然說不上第五度了。

大家知道光是依直線進行的，但是愛因斯坦預測，如果在重質量附近的空間發生彎曲這個學說是確實的話，那末光線進行近太陽或其他重天體的時候，必像受到引力的影響而取曲線的路徑。這似乎是一個合理的試驗，一九一九年的日蝕遠征，就是去證實愛因斯坦「光線彎曲」的預測。

在結束本文之前，我們更須注意，愛因斯坦的相對論雖然給我們一幅嶄新的宇宙圖畫——並且從適當的觀點看來又是一幅極簡單的圖畫——對於我們的實際生活，甚至於世界著名實驗室中的大部分實驗，卻極少影響。此所涉及的僅為近於光速的變化，除了放射性元素的輻射和天體的運行以外，據我們現在所知，其應用的實例，還寥寥可數。

十八 結論——知也無涯？

本書的計劃是打算把我們所住世界的若干已知事情告訴讀者。書中所說到的，比之已經發現的和可以寫出大綱來的全部知識，還只是極小的一部分。而以我們所知的全部知識比之我們所住世界的許多未知事情，更是小之又小的一部分。差不多在每一章中，我們都不得不留着一些重要而有趣的問題，全然不加回答，理由是我們不知道該怎樣回答。

這對於大多數的人似乎是一樁最灰心的事情。他們覺得，我們每作一新發現，不但未能把這一個分野辨識清楚，使整個事情便於設想，卻反而展露出許多向所未知的新問題；其最後目標像是一個影子，牠老是趕在我們的前面，似乎永遠不讓我們跟得上。牠是一個迷人的磷火，只逗人前進，卻不讓人追及。

人類心裏所湧起的問題是：在求知的過程中，我們是否真在一步步走向終點？知識的總量是有限的嗎？如果我們肯化長時間下苦工夫，如果讓我們的子子孫孫繼續不息地

工作下去，我們能否希望在某一遙遠的將來能完全了解這宇宙呢？

在十八世紀的後期，德國有一個大思想家名叫康德（Immanuel Kant），他寫了許多的著作。其中之一名為「純理性批判」（Critique of pure Reason），這是人人必讀的著作。不過在我們大多數人，必須把牠留在閑靜的晚年去讀，因為在各種文字的著作中恐怕沒有再比康德這部大著那樣難讀難懂了。

正如我們不能跟愛因斯坦用紆曲的數學方法來了解相對論一樣，我們只也能把康德所留給我們的文字記錄，讓專門的哲學家去研究，而仍從間接方面去獲得這位卓越的德國教授所表達的若干概念。

康德在他的「純理性批判」中就討論到我們上面所說的問題。他所作的結論在我們是極感興趣的。他相信人類的心永無獲得全部知識的希望。他說，除了人類的心所能理解的諸事物以外，還永遠有着無限量的知識，為我們所無法接近，正如著名的蓬萊仙島一樣。他認為人類的心是天生囿於可了解的事物的。因此我們對於純粹知識的探索是一個極端無望的企圖，命定地不會成功，因為我們能夠了解的事物，跟這不可知的廣大領域是無可比擬的。

這是論旨的一個方面。還有一個方面比前者更易使人信服。那是說，我們無法證明這個或那個觀點的正確性。所以我們只能接受我們心裏覺得比較合理的觀點。

假設有一個人，不知道美國版圖的大小，而欲出外去仔細研究美國全部的地理——遍覽每一江河湖澤，每一山嶺溪谷。他經過了長期的熱心的工作，也許會漸漸倦怠起來。他覺得他的工作似乎始終不見進展。他每當備嘗艱險得到某一遙遠的山脈之後，就立即覺得這並不是他的最後工作，橫亙在這山脈後面幾百英里外的邊界上，還有不知名的山脈需要探檢。於是不久他也許就下這樣的結論，這工作是要永久繼續下去的，他研究地理的能力有着某種奇異的限制，使他永遠無法到達美國的另一邊界，即使他繼續着工作無窮的年歲，屢盡艱險，也還有無限的未知領域橫在他前面。

但是你與我憑了現在的知識，確知美國的國土雖大，卻屬有限，所以這個人如果就此失望地停止了其所擔任的工作，那末我們不得不承認他的行為是錯誤的。

這就是論旨的另一方面。我們至少可以承認知識的總量實際上是有限的，我們對於知識的獲得確在日見進步。如果這個意見是正確的話，那末我可以說，每解決一個問題，即是前進一步，而到最後——也許在幾百萬年以後——也許我們竟然能夠獲得完全

的知識。

康德的話也許是對的，他說，心的理解能力天生受有限制，所以要用心來包容我們所說的全部知識未免太嫌不足。但是我們也可以這樣地設想，在動植物界中，進化作用在不息地改變生物。因此我們很有理由希望，人類智力的本身，經過了許多世代男女的遞嬗，會變得更堅強有力，等到我們需要全部知識的時候，進化作用也駢肩行進到相當的程度，而我們的心已能包容此等知識，得到競爭的報酬了。

在目前的世界，有上千上萬的男女在奉獻其生命於發現新的事物，於增加新的知識。我們在這裏所指出的那些男女，並不是指那些想利用發明來過更舒服的生活或發一筆大財的人。他們的工作，目的全不在此，他們不但不想賺錢，並且往往連生活的必需之資也加以拒絕。他們對於知識的貢獻常常沒有實際的用途，然而他們也許比上面所說的發明家更覺幸福。他們的幸福是從心的成就上來的。

這一類工作者——本書中所討論的大部分知識都得歸功於這等人——如果相信了康德的話，人類的心永無獲得全部知識的希望，那末他們獻身於純知識的探求，不就變成毫無意義了嗎？所以他們中大多數人都執着這樣的意見：知識是有限的，最後必能完全

爲我們所獲得，至於康德的不可知領域只是一個沒有現實性的惡夢罷了。

這個堅實的世界，從我們的感覺看來，是由物質所組成的，而物質又附麗着種種形式與數量的所謂能。這物質往來運動，於是就在空間，或照某種意義說，更兼在時間中發生我們所熟悉的各種形狀和形式的變化。

在本書的前幾章中，我們曾經說過，物質與能似乎是同樣的東西，因爲我們把原子加以分析，發現牠大部分由電子所組成，而電子就是能的一種。

愛因斯坦曾經告訴我們，空間與時間必須融合成一個單獨的觀念，而不能把牠們分開來設想。由於沒有一個較好的名稱，我們就稱這個單獨的觀念爲時空，或照算學書稱爲「時空連續體」(space-time continuum)。

由此可見，世界並不包含質、能、時、空，四種要素，而僅含能與時空兩種要素。這樣一來，當然使一切事情變得更爲簡單，不過在起初，由於獲得此種結果之複雜錯綜，使我們略感不便罷了。

上面的幾段文字已把我們所知道的——或我們認爲知道的——關於我們自己所處的這個特殊的美花園，摘述一個大要，這知識給了我們一幅十分粗略的萬物本質的圖畫。

圖畫上滿佈着缺漏和矛盾，而在這許多無關緊要的缺點之中，還有一個基本的大缺陷，牠露出猙獰的面目，輕蔑的態度，指斥着我們的哲學家 and 科學家。「你們費盡心機」，這個可怕的譴責者說，「總算已經——或僅發心——把關於宇宙的一切事實串連成一條前後一貫的錨鏈，固然，這錨鏈雖然纖小，卻非常堅牢，因為牠是真實的，因為因果在錯雜的變化中確是相互關連的。但是你們不知道，你們雖然聰明，由於你們的方法之謬誤空洞，將使你們的美麗的錨鏈永遠串不完全，以致白費心機嗎？你們不知道你們的錨鏈沒有首尾，牠只是你們所找絕對真理的一個片段嗎？你們一想到你們自己指定的理解工作之萬難制勝的一部分，就是發現一個可以投下你們的錨鏈的『第一原因』(first cause)，不就感得失望嗎？」

這殘忍的譴責者的話是有理由的。因為科學和哲學的功能確在把我們已發現的事實織成這樣一條因果的錨鏈。我們把一現象證實其為某一因之果，就認這現象為已得解釋。然而現在的因，必為更前一因之果。照這樣輾轉追溯，這因果的錨鏈就向後展延，直到一個不能更有前因的後果而止。這個一切現象的元始之因就是有思想的人最需要的所謂「第一原因」。牠永遠逃避我們，牠似乎完全處於我們理解力的指定範圍以外。

因為第一原因的成立，就暗示一種非常諧和，明瞭，和萬全的概念，甚至連最謹嚴的邏輯家也不會再問，「但是這原因是什麼呢？」

讓我們來舉一個實例，我們觀察得當氫原子與氧原子結合時，其重量的比例永遠是一份的氫與八份的氧。化學家「解釋」這個現象說，氫原子是不可分割的，其重量為氧的八分之一。這樣他就給這個觀察，也就是我們的所謂果找到了一個因。但是我們如果想到，這個因追溯上去必定還有一個更為基本的因，換句話說，就是一個原子為什麼不能分割，那末我們的化學家就只好瞠目結舌了。「你不能追根究底，希望我找到第一原因。原子的所以有此性格，就因為有此性格之故，對於這個問題，我只能如此作答。」換句話說，他承認不能說出原子為什麼是不可分的。原子的性格造成了一個為我們所無法理解其因之果。

在任何科學部門，我們若是依照邏輯的線索追跡下去，總會碰到第一原因。進化論雖然巧妙地說明了無數種不同類動植物的發達情形，可是一經邏輯學家的不斷的探究，也就擡不起頭來。一切生物既然必有某一原始的生物質點為其祖先。那末這原始的生物質點是從哪裏來的呢？假使我們回答說，牠是以某種未知的方法從無機物發達而成的，

那末結果我們又得追問，最初的無機物是從哪裏來的。對於這個問題我們就無法回答了，這就是第一原因。此外我們又全然不明白進化是為什麼發生的。有機的進化論較之許多使我信服的學說更爲狹窄，更爲曖昧。祇只把事實的觀察結果作簡明的敘述，卻沒有作原因的確定或目的的探究。

世界上大部分的人民，都把「第一原因」與神同樣看待。神就是「第一原因」。於是這隱秘複雜的觀念就被人格化起來，又因我們一想到無限的權力必定聯想到美的性質，於是就有人以美的性質賦與這個人格。在宗教與科學的邊界上的最大問題，就在決定神到底僅是這裏所說的第一原因的異名，還是確應具有人格，真像教堂裏所顯現的秉賦一切美的性格的實體。

那末在智力與萬物本質之艱苦競爭之中，能否有一點勝利的希望呢？在瀏覽了現代科學結論的偉大場面以後，作者覺得他真的見到了一線希望的曙光。心不是無限的，有些情境可以用文字來形容，卻不能用心來作實際的思索。這樣一種不可思議的概念就是指一類無限可分或連續的物質。假使我們把物質當作由有限的分離質點——原子——所組成，那末由這描述所引起的心象必十分明確，因爲我們的心理機能天生只能接受單

位的或個別的事物。但是我們假使告訴自己的心說，「物質是連續不可分的，無論你把牠怎樣分割，將永無止境，」這時所引起的心象就朦朧不明，這就證明智力是不適於理解物質的。

但是事實上就我們所知，物質是不連續的，原子的。所以牠得在我們的理解範圍以內。這表示我們的心還力能思索關於實在的基本成分之一。

這個說法對於能也是正確的。因為從原子內電子跳躍而發生的輻射並不成為連續的無定形之流，卻成爲有限的分離之束。

在結束之前，我們可以重覆本章開頭時的設想：心的進化也許是無限的。說不定到了某一個時候，智力會變得堅強有力，連第一原因也脫不了牠的理解範圍呢。

期 限 卡

Date Due

著者
Author
書名
Title

(美) 克拉克
任何人之科學

書碼

Ra

300

Call No.

8244

登錄號碼
Accession No. 090333

月日 Date	借閱者 Borrower's Name	月日 Date	借閱者 Borrower's Name
------------	------------------------	------------	------------------------

61年7月點覽

國立政治大學圖書館

書碼 Ra
300
8244

登錄號碼 A
090333



政治大學圖書館



A090333

