

自然科學小叢書

神 秘 的 宇 宙

J. JEANS 著
邵光謨 譯

王雲五周昌壽主編



商務印書館發行

自然科學小叢書

神 祕 的 宇 宙

J. Jeans 著
邵光謨 譯

王雲五 周昌壽 主編

商 務 印 書 館 發 行



第一圖 空間的深度

后髮座的星雲團 這是一幅極小部分的天空照相，係用最大遠鏡(威爾遜天文台,100英寸)攝得。其中大部分為星雲，他們的光到達我們約需五千萬年。每個星雲包含無數的星球或構造星球的物質。此類星雲可以攝到的約為二千萬，此外尚有無數別類的星雲，則非遠鏡所能窺探(見六五頁)。

序言

公餘得暇，偶閱英國吉安斯爵士(Sir James Jeans)近著『神秘的宇宙』(The Mysterious Universe)一書，喜其說理深入淺出，不覺忘其固陋，走筆遂譯，歷時數月，乃告完成。惜書中所用名辭術語，我國多尙未有統一譯名，而譯者復不文，僅就聞見所及，斟酌釐定，謬誤之處，當所難免，謹各照附原文，藉使互相比對。

要知任何科學理論，其任務總不外整理事實或說明事實，苟與事實衝突，自須立加擯棄，即使能與現有事實符合，亦無從確定其永久若是，故不能認爲有絕對之價值。本書所述，僅可代表現代科學上一種比較通行之理論，然其內容，實尙未臻完全無疵之地步。閱者於瞭解之餘，設能深加研索，從事補充其缺憾，或竟全部推翻，另代以更完善之理論，則爲譯者所深切盼望者也。是爲序。

民國二十二年十二月十四日

光謨自記，於天津。

引言

西歷一千九百三十年十一月，作者在劍橋大學（University of Cambridge）從事利德講演（Rode Lecture）；這本書便是根據那種演辭擴充所成。

現在有一種普遍的信仰，以為天文學和物理科學的新學說，將劇烈變更我們對於宇宙全部的觀念，變更我們對於人類生活重要性的主張。這種問題，從根本上說，應當屬於哲學的討論；但是在哲學家有權發言以前，必須先使科學悉數舉出一切可確證的事實和試用假設。必須並且惟在到這時，問題纔可以移進哲學的領域。

當我寫這本書的時候，心裏常存着上述一類的感想，又想到關於這個题目的著作已經很多，時時懷疑自己有沒有再加上一種的必要。我的特殊資格，祇是通常認為有利站在旁觀者的地位。我沒受過哲學的訓練，也沒有作哲學家的意嚮；我的科學工作，也在物理理論的爭辯範圍以外。

前四章是本書的主要部分，簡單的討論一些科學問題的綱要，我以為對於最終哲學問題的

討論，全有相當關係並且供給有用的材料。在可能範圍內，我會努力避免重複我以前一本書 *The Universe Around Us*（我們周圍的宇宙，）因為我希望這本書可以作那本的續編。但是遇着主要論斷所必須的材料，卻一律收進，以便這本書可以自己獨立。

最末一章，立場又自不同。每個人根據近代科學所供給的事實，全有權作成他自己的結論。這章裏，祇是我自己站在完全不知哲學思想領域者的立場，對於書中主要部分討論過的科學事實和假設，想要給予的種種解釋。也許有多少人不同意——那卻正是我要寫出的目的。

一九三〇年，J. H. Jeans 自識於 Dorking。

在預備第二版的時候，我會把前四章的科學資料努力更新，並且去掉論辯中一切疑似的地方。原書有幾段竟在種種不可預料的方式下面，被人誤會，誤解，或甚至誤引，真使我覺得不幸。現在把他們有的取消，有的重寫，有的引伸，並且有的加上幾段，或至整頁，以便使全部論辯，獲得進一步的清晰。

一九三一年七月一日，J. H. Jeans 自識於 Dorking。

目錄

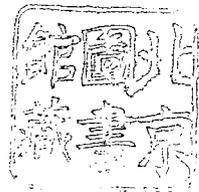
第一章	漸趨消滅的太陽·····	一
第二章	近代物理學的新宇宙·····	一五
第三章	物質與放射現象·····	四六
第四章	相對理論與以太·····	七九
第五章	神祕的宇宙概觀·····	一三

神祕的宇宙

第一章 漸趨消滅的太陽

我們知道的星球，有幾個幾乎並不大於地球，但是他們的多數，卻常能裝盡了幾千百萬個地球以後，還餘下相當的空隙。更有特別大的，簡直能容納多少萬萬個地球。至於宇宙間星球的總數，或者竟可以比做全世界所有海濱上的細沙。可見我們在空間所居處的家，要和宇宙全部物質比較起來，是這樣的渺小。

這些數目極多的星球，常在太空裏不停的遊行。有的少數幾個合成一羣，結着伴前進；但大多數全是孤獨的旅客。他們所經過的空間，又非常的廣大，一個星球要行近別一個星球，那真是一宗幾乎不能夠想像的稀罕事件。每個星球的行程，大抵總是極端隔絕的，就如同茫茫大海裏的唯一



航船。要是大小按照比例，把星球全做成航船，那麼通常一隻船相距他的最近鄰船，也有一百萬英里以上。這樣，很容易看出，一隻航船爲什麼總不能遇到可以招呼着的另一隻船了。

不過我們相信，大約在二十萬萬年以前，終久有過一次這樣稀罕的事件。那時有另一個大星球，任意在空間遊行，偶然來到太陽可以招呼着的附近。太陽和月亮既是可以產生地球上的潮汐現象，所以那時那個星球也必使太陽表面發生了高潮。不過他們和我們海洋裏因受質量甚小的月亮吸力而生的細微潮浪，一定很不相同。那時巨大的潮浪，行過太陽的表面，最後近似一座高峻的大山；擾動的原因愈近，那山的高度也愈增加。並且在那星球開始離去以前，他的引力已經極大，竟把這山扯成了碎塊，有的還向外放送，正好像海浪的向外飛濺水沫。這些飛出的碎塊，從那時以後，不停止的圍繞着太陽運行。他們便是太陽系裏的大小行星；我們的地球，也便是其中的一個。

太陽和我們所見在天空的其餘星球，熱度全很高，絕不容生命在那裏獲得或保存一席之地。以從太陽放出的碎塊，在一起初，也必是一樣的高熱。後來，他們一點一點的冷卻；直到現在，已經沒有多少自身固有的熱度；他們的熱度，幾乎完全是來自太陽對於他們的放射了。經過了多少時間，

我們不知道什麼時候，什麼原因，或什麼樣子，其中一個冷卻的碎塊上面，忽然發生了生命。在一開始，僅有一些簡單的生物；他們的生機，差不多不能够超過繁殖和死亡的範圍。但是從這卑下的開端，便漸有一道生命的流泉，經過愈趨愈甚的複雜，終久產出一種生物，他們的生命集中於他們的情感和志向，他們的美術鑑賞，以及他們的宗教，以寄託他們的最高希望和靈感。

雖然我們還不敢確定的說，人類的出現，大概總不外與上述類似的狀況。我們站在一粒微細的碎沙上，竟自要企圖發現四週圍繞我們以空間和時間的宇宙，具有什麼樣的性質和目的。我們的第一個印象，很有些像恐懼。我們覺得宇宙的可懼，因為他有多少沒有意義的遠大距離，因為他有不可想像的長久時間，以致把人類歷史比成不過眼的一瞬，因為我們人類的極端孤獨，並且因為我們所佔地位在空間微渺的不關重要——如同全世界細沙中一粒細沙的百萬分之一。最要緊的，我們覺得宇宙可怕，似乎他並不關切類似我們的生命；什麼情感，志向，成就，什麼藝術和宗教，似乎全一樣不會在他的計劃以內。或者我們更可以從反面說，宇宙實在積極仇視像我們一樣的生命。空間的大部分非常寒冷，生物在那裏就得凍結；空間的物質又多半太熱，不容生命的存在。更

有種種不同的放射線，經過空間，爆炸天體，其中很多是仇視或竟破壞生命的。

我們跌進這樣一個宇宙，如果不是確實的錯誤，至少也可以正當的說是由於一種偶然的事件。這樣說法，並不必含有驚奇我們宇宙的存在，因為偶然的事件，總要發生。假若宇宙長久繼續，每種能想到的偶然事件，全有遇着的時候。我想是赫胥黎（Huxley）曾經說過，叫六隻猿胡亂打字，經過幾千百萬年以後，終久有時打出英國博物院所有的書籍。假若我們查閱某隻猿所打的最後一頁，發見他的亂打，竟成一首莎士比亞的十四行詩，我們一定覺得這是一樁奇特的偶然事件。但是我們要翻盡了他在過去不知多少千萬年裏所打完的千百萬張字以後，我們敢斷言不定在那裏又找出一首莎士比亞的十四行詩，完全是機會相撞的結果。同樣，幾千百萬的星球，胡亂在太空裏遊行，經過了幾千百萬年的時間，當然要遇着種種的偶然事件。其中有限幾個，必要遇着那種特別的偶然事件，結果纔產生了所謂行星的系統。不過計算的結果，卻看出在天上星球的總數裏，這類行星充其量也為數甚少。所謂行星系統，在空間誠然是件稀罕的物事。

行星系統的稀罕，確是重要的一點。因為照現在所能知道的，我們在地上所見的生命種類，祇

能够發生於類似地球的行星上面。他的出現，必須有適當的物理狀況，最要緊的便是溫度的高低，總能使物體停留在液體的狀況。

那些星球的自身，因為太熱，便沒有這種資格。我們可以想像他們是一團團的火燄，散布在空間，供給熱度。空間的溫度，最高也不過在絕對零點上四度左右——要說華氏表便約在冰點下四百八十四度——到了天河以外的太空，或者還要更低。在這些火團之外，既有冰點下幾百度不可想像的寒冷；在他們的附近，卻又有幾千度以上的高熱，那裏能够溶化了所有的固體，沸化了所有的液體。

生命的存在，祇能發現於很狹的氣溫限度以內，距離各個星球的四圍，全有一定的遠近。限度以外，生命就要凍結；限度以內，生命就要萎化。約略計算的結果，把一切可容納生命的範圍加在一起，還不到全部空間一千兆分之一（譯者註：萬萬爲億，萬億爲兆。）就是在那範圍以內，生命的存在，也必是很稀罕的事件。因為從太陽裏放出行星，是由於極非常的偶然機會。在這能容生命的小範圍裏，大約每十萬個星球裏，僅能有一個帶着環繞他運行的行星。

正因為這種理由，要說宇宙原來就擬意產生像我們一類的生命，簡直似乎不能置信。如果要那樣，我們就應當預期機器的大小和產物的多寡，必要成比較好一些的比例。實際上，至少在最初，生命好像是一種完全不關重要的副產物，我們這種生物，多少總不在主要的計劃以內。

我們還不知道，要祇有合適的物理狀況，是不是就能產出生物。有一種思想學派主張：當地球逐漸冷卻以後，生物就自然出現，並且還幾乎不能不出現。另一種學派主張：地球的出生，既由於一種偶然事件；生物的出現，當然必須也由於一種偶然事件。生物身體的物質成分，完全是平常的化學原子——如同煤烟裏的炭質，水裏的氫氧二質，大氣中佔一大部分的氮質，以及其他等等。凡是生命所需要的幾種原子，在新生時的地球上，必已樣樣俱備。在某一個時期，一羣原子或者竟合成像在生物細胞裏的一樣形狀。如果時間長久，他們一定可以這樣作；正好似六隻猿打字，經過長時間，一定可以打出一首莎士比亞的十四行詩。但是他們那時就是一個有生機的細胞了麼？換句話說，一個生物細胞，是否就是一羣按照非常方法排列的平常原子呢，還是另外再加些什麼呢？或者從另一方面說，一個科學上精巧已足的化學家，是否就能够用必需的原子，創造出來生命，好像

小孩子們創造出來的機器玩具，並且一樣的能行走呢？這個問題的答案，我們還不知道。如果有了答案，便多少可以指出，空間別的世界是否也像我們世界一樣有人居住，所以一定大有影響於我們對於生命意義的解釋。因此而生的思想革命，一定更大於伽利略（Galileo）的天文學，或達爾文的生物學。

不過我們確實知道：有生命的物質，雖含有十分平常的原子，但他所含主要原子，常有黏合成非常大羣或「分子」的特別能力。

大多數的原子，並沒有這種特質。例如，氫和氧的原子，可以合成氫的分子（ H_2 ）或（ H_2O ），可以合成氧和臭氧的分子（ O_2 ）和（ O_3 ），可以合成水的分子（ H_2O ），可以合成過氧化氫的分子（ H_2O_2 ）；但是這些分子沒有一種含有四個以上的原子。加上氮質，情形也差不了許多；由氫氧氮三種原質合成的化合物，全含有比較數少的原子。但是再加上磷質，情形便完全不同；氫氧氮磷四種原質所合成的分子，有的含有幾百，幾千，或甚至幾萬個原子。而造成生物的主要原料，也便是這一類的分子。距今一百年前，通常假設必須有一種「生動力」，纔能够產生這些以及其他組成生物體體的物

質。後來由味勒 (Wöhler) 在他的實驗室裏，用平常化學綜合的方法，製造出來尿素 ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)，一種純粹的動物產物，於是有機體的其他成分，便一樣樣跟着製造出來。到了現今，一樁樁的現象，早先全歸諸生動力的，陸續踪跡到物理學和化學的平常作用。全部問題，固然隨着解決還很遠，可是逐漸顯出有機物體的物質，特點並不是由於「生動力」的存在，實在是因為含有極平常的碳質，常常和別種原子組成非常大的分子。

如果真是這樣，生命存在於宇宙，便祇是因為碳質具有某種例外的特質。在化學上，碳質的被人注意，或者因為他似乎是金屬和非金屬中間的一種過渡物質；但是就碳質的物理構造而言，卻還不知道有什麼可以解釋他所具聯合別種原子的特別能力。碳質原子共含有六個電子圍着適中的原子核，好像六個行星圍繞着一個居中的太陽；他在化學原質表裏，異於他上下兩個近鄰（硼和氮）的地方，似乎祇是比硼多一個電子，比氮少一個電子。然而這個輕微的差異，卻必為有生命和無生命一切差異的最後解釋。至於為什麼帶有六個電子的原子，竟能有這樣特異的性質，一定要在自然界的最終公律裏說明，不過算學物理學現在還不會達到了這種程度。

化學上還有其他類似的情形。磁氣現象最多發現於鐵質，較少發現於他的近鄰，鎳質（Ni）、鉀（K）和鈷質（Cobalt）。這三種原子依次各有二十六、二十七、和二十八個電子。所有其餘原子的磁性，比較起來，全可以說是沒有。這一點，雖然又是算學物理學迄今還不能解決的一點，磁氣現象（似乎終久有賴於二十六、二十七、和二十八個電子聯合所具的奇異性質，尤以二十六個電子為最甚。放射作用可以說是第三個實例，祇限於帶有八十三至九十二個電子的原子，並沒有重要的例外，然而我們也還不知道他的原因何在。

這樣說來，化學祇能告訴我們，生命現象可以歸納在磁氣和放射作用一類裏面。宇宙的造成，原有若干公律制裁他的運行。因為這些公律的結果，帶有某種確定數目電子的原子（例如六個、二十六到二十八個、八十三到九十二個），各有某種特別的性質，依次表現為生命、磁氣、和放射的現象。一個萬能的創造者，不受任何種限制，將不肯受制於通行現宇宙的一切公律；他要選製宇宙，或者能使其融合於無數種裏的任何一種公律。如果選定了任何別一種公律，別種特別的原子，也許帶有別種特別的性質。我們不能說這是什麼，卻似乎在一起初，無論放射、磁氣、或生命，全不見得

在預計以內。化學的提示，因為現宇宙所受制的一組特別公律，其偶然的結果，纔有了磁氣和放射現象；至於生命現象的起源，也不過是這樣。

這裏所用的『偶然』又可以引起詰難。因為創造宇宙者所以採用特別這一組公律，是不是正因為他足以引起生命的出現呢？祇要我們猜想創造者是一種偉大而像人的東西，也受像我們一樣的感情和興趣而行動，這種詰難，難免不能夠回答；或者還可以說，如果假定了這類的創造者，對於上面所有的假設，也增益不了多少。不過把我們心裏所有『神人同性同形』的觀念，完全去掉以後，便找不出理由假定現存的公律。原為產生生命而被選。因為可以一樣的假定，他們所以被選，原為產生磁氣或放射作用——並且更比較近似；因為從各方面看來，宇宙間物理學的活動，確然大於生物學的活動。根據嚴格的物質觀點，生命的完全不關重要，很可以擯棄任何意向，說什麼這個偉大建築家曾以生命為其特別興趣。

一個不關重要的比喻，或者可以使這種情況比較明顯。有一個思想不靈活的水手，因為慣於打繩結，或者會想：如果不能夠打繩結，便過不了海洋。要知道打繩結的可能性，祇限於在三度的空

間裏面；在一度、二度、四度、五度、或其他任何度數的空間，全不能夠打繩結。這個思想不靈活的水手，就因為這個理由，或者推想到博愛的創造者，特別垂青於水手，所以使空間恰有三度，以便在他創造的宇宙裏能夠打繩結，能夠過海——簡單說，空間的所以三度，即所以爲水手的存在。這個比喻和上面的論證，似乎恰在同一个平面上；因爲生命全體和打繩結一事，固然全不過物質宇宙全部活動裏一個不足輕重的細微部分而已。

以上所述，便是迄今科學所知，人類出現的奇異狀況。我們要打算從我們的起源，再企圖明瞭我們存在的目的，並且預測運命所指於我們人類的將來歸宿，我們將更進一步增加我們的迷亂感覺。

我們知道的生命，祇能在適宜的光熱下生存。我們自己所以能生存，是因爲地球所接受的太陽光熱，多少恰好。平衡狀況無論向那一方面移動，過多或不足，生命便得絕跡於地球。而全部情勢的要點，卻又是這種平衡狀況極容易推翻。

原始的人類，居住在地球的溫帶，一定會看見冰期降臨他的家庭，感覺着有些恐慌。一年一年

的，冰川流向山谷，漸流漸遠；每一個冬天，太陽似乎更少能供給生命所需要的熱度。對於他們，和對於我們一樣，一定覺得宇宙在仇視着生命。

生在後代的我們，居於太陽四周很狹的溫和區域以內，窺視渺遠的未來，似乎有另一種冰期到來的恐懼。正好似往日譚泰拉斯(Tantalus)站在一個水深幾乎淹沒他的湖裏，後來卻有渴死的命運，我們人類將來或許就會遇着凍死的悲劇，而宇宙間的物質，卻還有大部分過熱的不能生命駐足。太陽既然沒有外界的熱源供給，他自然要逐漸減少他足以維持生命存在的光熱放射。既是這樣，空間的溫帶，生命僅能存在的地帶，必須要逐漸趨近於太陽。而我們的地球，要繼續作生命的居留處所，必須也隨着趨近於漸趨消滅的太陽。不過照科學所告訴我們的，地球不祇不漸趨近於太陽，無情的動力公律，反使地球逐漸距太陽愈遠，趨於外部的寒冷與黑暗。所以照我們所能看到的情形，必須這樣繼續下去，直到地球上的生命，完全凍死；要不然就許因為天體的撞擊或非常的大地震，用更快捷的方法，早一些毀滅了生命。這種預料的命運，並非我們的地球所獨有；別的太陽一定也好像我們的太陽，別的行星上如果也有像我們一樣的生命，也必要遇到同樣不光榮的

結果。

物理學的說法，也和天文學差不多。因為普通的物理學原理，不顧任何天文學的理論，有叫做熱學第二公律的，預測宇宙祇有一種最後的結果——一種「熱死」，那時宇宙的物質，將有同一溫度。這種溫度當然很低，生命絕對不能夠存在。本來達到最後命運的途徑，也不關重要，反正全須到同一個目的地，那就是普遍的死亡。

這樣說起來，生命竟幾乎錯誤的跌進了這個宇宙，原來既顯然不是為生命而創造，並且從各方面看，或是完全不顧或竟確定仇視生命的存在。而人類竟站在不到一粒的細沙上面等候着死亡，在細微的舞臺上昂然過渡着微細的時間，並且深知我們的一切希望全歸於失敗，一切的造詣，全與我們偕亡，結果剩下好像不會有過我們一樣的宇宙。一切果是這樣的麼？

這個問題，是天文學提出來的，但是據我想，大概必須到物理學那裏去尋求適當的答案。因為天文學祇能告訴我們宇宙的現在排列狀況，空間的廣大和空虛，以及我們在裏面不關重要的實況。他或者還能告訴我們，因時間經過而發生的種種變化。但是我們必須探索事物的根本性質，纔

能够希望回答這個問題。這裏已經不是天文學的領域，我們的問題已經把我們引到近代物理科學的中心了。

第二章 近代物理學的新宇宙

原始時期的人類，一定會覺得『自然』奇特的難解，並且奇特的複雜。惟用最簡單的現象，纔可以相信是沒有限制的重複發生；不加支架的物體，總要下降；一塊石頭投向水中，總要洗沒；一塊木頭，卻常漂在水面。不過其他比較複雜一些的現象，卻沒有這種諧和一致的性質。雷電擊毀了樹林裏某一棵樹，而他鄰近一樣生長一樣大小的另一棵樹，竟能逃過毫無所損；這個月的新月時候，天氣晴朗，下個月的新月時候，竟又天氣惡劣。

人類所遇着的自然世界，幾乎各方面全像他自己一樣的捉摸難定。他的第一個衝動，便是把自然創造成像他自己的形狀。他把宇宙間似乎古怪而無秩序的行徑，全歸於各個神靈的意念和情緒，以及或善或惡的較小精靈。後來經過了許多的研究，纔發見了偉大的因果原理。時間既久，又覺得這種原理支配了無生界的全部；一個能夠完全隔絕了他的活動的原因，總會產生出同一不

變的結果。某一時發現了什麼，並不有賴於外界什麼東西的意念，實在是前一時事物狀況依照嚴格公律而生的必然結果。而這種事物狀況，也必須決定自一個更在前的狀況；這樣陸續回溯不已，以致使一切事物的全部途程，在世界最初開始他歷史的那一刹那，便已不能變更的完全決定；既定之後，自然惟有循着一個祇有的途徑，走向一個預定的歸宿。簡單的說，創造作用不祇創造了宇宙，並且創造了他全部將來的歷史。人類誠然還相信他自己能夠用他自己的意念，改變事物的途徑。不過他這時所依賴的，卻是自己的本能，而非邏輯、科學、或經驗。但是自此以後，一切情事，凡是以前視為超人生物的活動的，便全委責於因果公律了。

最後成立這種公律當做自然界的根本支配公律，係在西曆第十七世紀；那正是伽利略和牛頓的偉大時期。天空的現象，證明了不過是光學普遍公律所生的結果；彗星原前被認為國家滅亡或皇帝死去的預兆，也證明了他們的運行完全依照萬有引力公律的規定。牛頓說：「自然界其他一切現象，也全可以根據力學的原理，用相似的推理，一一演繹出來。」

從此便發生了一種運動，把全部物質宇宙，解釋作一個機器。他的影響逐漸增加，直到十九世

紀的後半期，便達到最高的頂點。在那時，赫爾姆霍斯（Helmholtz）聲言：『一切自然科學的最後目的，便是把他自身變成了力學。』而澄爾文（Lord Kelvin）更自認：凡是他自己明瞭的，他全可以造成一個力學的模型。他和十九世紀其他科學家一樣，各在工程界佔有很高的位置；別的人如果肯嘗試，大約也一樣能够那樣做。那正是工程科學的時代。他們的根本願望，便是做成自然界全部的力學模型。渥特頓（Waterson）、馬克斯威爾（Maxwell）及其他學者，解釋氣體的特質，正像機器一樣的特質，曾有很大的成功。這種機器，含有極多微小而圓滑的球體，硬於最硬的鋼鐵，像鎗彈在戰場上飛躍一樣的飛躍。例如氣體的壓力，便由於這種飛躍很快的鎗彈的撞擊，正好似冰雹降落時對於帳篷的壓力。在氣體裏傳達聲音，這些鎗彈便是媒介。他們更努力解釋液體和固體的特質，也像機器一樣的特質；不過僅有極小的成功。更進而解釋引力，就一點成功也沒有了。不過這種失敗，並不足動搖他們相信宇宙最後必須容許純粹力學的解釋。他們相信惟有使用更大的精力，全部無生自然界，終久要成爲一架完善的活動機器。

所有這些，對於人類生命的解釋，顯然有相當的關係。因果公律每一次擴張，並且用力學解釋

自然每一次成功，便使人類對於自由意志增加一層難信。因為假若自然全部要依照了因果公律，爲什麼竟自把生命除外呢？根據這種論證，纔發生了十七八世紀的機械派哲學。對於他們的自然反響，便又成了後來的唯心派哲學。科學似乎贊助着機械的觀點，把全部物質世界看作一架龐大的機械。在反對方面，唯心派的主張，則企圖把世界看作思想的創造，所以他的本身也必有思想。

直到十九世紀之初，還可以詰難科學的知識，把生命視爲獨立於無生自然界以外。後來發現了生物細胞所含，也正像無生物質所含的同樣化學原子，所以也可以假定他要受同一種自然公律的支配。這樣就引起一個問題：爲什麼做成我們身體和腦部的特別原子，竟自在因果公律以外呢？那時不祇於猜想，並且堅強的主張：生命自身，最後也必須證明具有純粹力學的性质。他們以爲一個牛頓，一個巴赫（Bach）（譯者按係德國音樂家，）或者一個密那蘭格勞（Michelangelo）（譯者按係意大利畫家及雕刻家）的心思，所以異於一架印刷機，一隻口笛，或者一個汽鋸的地方，不過是比較複雜一些；他們的全部職務，祇是精確反應所受的外界刺激。因爲這種學說，絲毫沒有容許選擇或自由意志的餘地，所以把道德的一切基礎，完全去掉。某甲並不一定要示異於某乙，

他是不能不兩樣，因為他所受的，是另一組不同的外界刺激。

到了二十世紀，科學思想幾乎發生了千變萬化的重新配置。早先的科學家研究物質，祇能夠研究一塊塊的物質，大小必須能達到沒有幫助的感覺；他們實驗所能用的最細小物質，每一塊也含有千百萬個分子。這樣大小塊的物質，行動自然全是依照力學的途徑，但這卻不能保證單獨一個分子也便與之相同。誰全知道任何一羣事物的行為，實大異於組成此羣各個單體的行為。

在十九世紀的末尾，已經開始可以研究單個的分子、原子和電子的行為。在這世紀終了的時候，僅能使科學發現了幾種現象，最著的是放射和引力，絕不容許純粹的力學解釋。那時哲學家雖還辯論着是否可製成一種機器，以產生牛頓的思想，巴赫的情緒，或密那蘭格勞的靈感；而一般科學家已竟很快的瞭然不能造成一種機器，以彷彿製蠟燭的光亮，或蘋果的降落。於是，在那世紀的最後幾個月裏，柏林的普蘭克教授 (Prof. Max Planck)，對於某種直到那時完全不容解釋的放射現象，發表了一種嘗試的解釋。他的解釋，不祇不帶有力學的性質，並且不能把他聯於任何機械派的思想。大半就因為這種緣由，受了不少的批評、攻擊，或甚至於譏笑。但是結果卻證明得到了非常

用一個實際的例，或者可以把這一點更說的清楚一些。我們知道鐳質和別種放射性物質的原子，祇須經過時間，便分解成鉛質和氫質的原子。所以一塊鐳總要繼續減少他的總量，代以鉛質和氫質。支配這種減少率的公律，很可叫人注意。鐳質減少的多寡，正好像一地沒有生殖的人口，每個人的死亡率完全相同，一些不關他的年歲。他的減少，又好似一隊軍士，在絕對沒有定向的砲火下的死亡。簡單的說，年紀的衰老，對於單個的鐳質原子，似乎沒有意義。他的死亡，並不是因為度盡了他的生命，卻因為命運怎樣敲到了他的門。

再舉一個具體的說明。假設我們屋裏一共有二千個鐳質原子。科學家不能夠說在一年以後還有多少存留，祇能告訴我們相對的情形，使數目成爲二千、一千九百九十九、一千九百九十八等等。實際情形，或者最近似於一千九百九十九；在次一年裏，這二千原子的或能性，全宜於一個並且祇於一個原子的破裂。

我們不知道到底怎樣在這二千原子裏，竟選定了破裂的那一個。最初覺得應當猜想，那個原子或者在那一年裏打擊的最多，或者達到最熱的地方，或者遇着其他任何種特別情形。但是並不

這樣，因為如果打擊或熱度能够分解一個原子，他們就應當能够分解其餘一千九百九十九個原子，我們就應當能够藉着壓力或熱力加快了鑄質的分解。每個物理學家全相信這是不可能的，他反相信每一年裏，運命降到二千原子中一個原子的頭上，並且強迫着他分解，這便是一九〇三年拉貳福德 (Rutherford) 和蘇狄 (Soddy) 所公表的「自然分解」假說。

歷史事件，自然可以重複發見。往日自然界有多少似乎反復不定的現象，後來知識增加，終久找出是來自因果公律的確實作用。在普通生活裏，我們要說到了或能性，祇足證明我們知識的不完全。我們可以說明天好像要下雨，而氣象學專家，知道了從大西洋氣壓極度的向東降低，便能很自信的說天氣就要潮溼。我們可以說一匹馬有什麼毛病，而馬主人卻知道他已經斷過了腿。同樣，新物理學的依賴或能性，也許祇能表白他不會知道自然界的真正構造。

舉一個實例，就可以說明這一點的現象。在本世紀之初，麥克利安 (McLennan)、拉貳福德 及其他學者，在大氣裏發覺了一種新的放射，特點為帶有極高度透過固體物質的能力。普通光線，祇能透射不到一英寸的黑暗物質。我們用一塊薄紙，或一塊更薄的金屬片，便可阻止太陽光線到不了

面上，X光線有遠大於此的透射能力，可以叫他射透了我們的手，或甚至我們的全部身體，因之內科醫生可以攝製我們骨骼的像片。但是用厚薄與錢幣相似的金屬片，便可以把他們完全阻住。但麥克利安和拉忒福德所發現的放射，力量足可透過幾碼厚的鉛質或其他密質金屬。

這種放射，通常叫做『宇宙放射』(Cosmic Radiation)。我們現在知道他的來源，大部分在外界的空間。放射到地球上的，為量頗大，並且有非常大的破壞力。在每一秒鐘裏，平均要破壞我們每立方英寸大氣裏二十左右個原子，以及我們每個人身體裏幾百萬個原子。曾經有人提示，這種放射，落到原始生物上，便可以發一種變化，恰可滿足近代進化理論的需要；猿類的所以變為人類，也許就是由於宇宙放射的作用。

同樣，也有人猜想過，宇宙放射落在放射性物質的原子上，便是他們分解的原因。這種放射線好像運命，一時到這個原子，一時到那個原子，因之原子就好像在任意礮火下的無抵抗兵士；而支配他們消滅率的公律，也就這樣獲得了解答。不過這種猜想，祇須把放射性物質放在一個煤礦裏面，便輕輕的推翻。在那裏雖然完全受不到宇宙放射線，但仍舊保持着以前的分解率。

這種假說失敗了。不過許多物理學者，或者還希望找出什麼別的物理作用，來操縱放射分解作用的運命。那時原子的死亡率，顯然要和這種作用的力量，成爲正比例。但是其他類似的現象，卻有遠大於此的困難。

其中一種，便是習見的電燈發光現象。電燈的要素，是一種熱絲，從發電機接受能力，再把能力放釋成爲放射。在燈絲的內部，幾百萬個原子的電子，各沿着他們的軌道運行，並且時時從這個軌道突然或幾乎不連續的跳進另一個軌道。跳的時候，有時放出也有時吸入放射。在一千九百十七年，愛因斯坦從事研究這種跳躍的靜力學。其中，若干自然是由於放射作用的自身以及燈絲的熱度。但這並不足說明燈絲的全部放射。愛因斯坦覺得必須另外有別種放射，並且必須是自然發生的放射，正好像鑄質原子的分解。簡單說，在這裏似乎也必須乞助於命運。因爲假使有什麼普通物理作用在這裏操縱命運，他的力量就應當影響燈絲放射的密度。但是據我們所知，放射的密度，惟有賴於自然界的已知恆量，在地上和最渺遠的星球上全是一樣。所以在這裏似乎更沒有插進一種外界能力的餘地。

我們打算想像這些自然分解或跳躍的性質，可以把每個原子比做四個人在一起鬪牌，言明遇着每個人恰好得一副全色的牌，卽行解散。一間屋裏含有幾百萬這種牌夥，可以代表一塊放射性的物質。於是可以證明，屋裏牌夥的減少，和一塊放射性物質的減少，恰好依照同一個公律，但是須附有一個條件，便是每場牌罷，必須把牌洗勻。假使牌洗的很勻，時間的經過和過去，對於鬪牌的人全沒有什麼意義。因為每次洗牌以後，便和以前的情況完全相同。所以每千個裏的死亡率，總不改變；正同於鑄質的原子。但是每次後要僅僅把牌檢在一起，更不摻洗，那麼後場的結果，一定要以前場爲轉移，這正似舊日因果公律所說的情形。這時鬪牌人數的減少，將異於實際觀測放射分解的減少。我們爲接近真象，惟有假設紙牌的時時摻洗；摻洗者便是我們以前所說的命運了。

這樣，我們離着確定的知識，雖然還很遠很遠，自然界似乎有一種因子，就是直到現在還不會有比「命運」更好名稱的，常在那裏調和着舊日生鐵一般嚴格的因果公律。將來的狀況，並不像我們習慣所想像的，不能變更的決定於過去；至少也有一部分操之於什麼上帝的手中。

另外許多別的論證，也是趨於同一個方向。例如海森柏教授（Prof. Heisenberg）曾證明

近代量子論的概念，含有他所謂『不能決定性的原理』(Principle of Indeterminacy)。我們長久以爲自然界的運行，可充任最高度精確的實例。我們知道，人類製造的機器，既不完善亦不精確；但是總相信原子內部的動作，當能例證絕對的精確。可是海森柏現在的說法，卻似乎自然界所最怕的就是精確。

按照舊日的科學，一個微子，像一個電子，祇要知道他某時在空間的位置，和同時他的運行速度，便可以完全確定了他的狀況。這些資料，再加上關於外界影響到他的什麼原動力的知識，便決定了這個電子的全部將來。假使宇宙的全部微子，全有了這種資料，便可以預測宇宙的全部將來了。

按照海森柏所解釋的新科學，卻斷言這種資料，就因爲事物的本性，並不能夠獲得。假設我們知道一個電子在空間的某點，我們就不能確指他運行的速度——『自然』容許一種『錯誤的限度』。假若我們要侵入這個限度以內，『自然』將不肯給予我們輔助；他似乎不知道絕對精確的測量。同樣，假若我們知道一個電子運動的精確速度，『自然』就不使我們發見他在空間的精

確位置。一個電子的位置和運動，就好像畫在幻燈玻璃片的兩面。假使把這片放在一個環幻燈裏，我們能够集光在兩面的中間，於是電子的位置的運動，全可以約略看清。要用一個完善的幻燈，我們就不能這樣做；那時一面看的愈真，別一面便因之愈模糊。

舊科學可以代表不完善的幻燈。他使我們猜想，如果有一個完善的幻燈，我們就能够精密決定一個微子在某一時的位置和運動；就因為這種猜想，纔把『決定論』（Determinism）引進了科學。但是在新科學裏，我們已經找到了比較完善的幻燈，他卻祇於告訴我們說：位置和運動的敘述，確在實體的不同兩面，不能够同時聚集在一處。這樣一來，舊日決定論的根據，因之失掉。

或者再用一個比喻：宇宙的關節，好像全有些鬆散，因之他的構造，有了多少『空隙』如同一架用舊了的機器。不過因為這個比喻，要聯想到宇宙已經怎樣破舊或不完善，那卻是一種誤解。因為一架破舊機器的『空隙』，隨處不同；而自然界的『空隙』，通常測量是用一種神祕的單位叫做『普蘭克的 h 』，在宇宙間總是絕對的一樣不變。他的價值，無論在實驗室裏或地球上，可以用無數的方法測量，結果總證明恰好彼此相同。不過宇宙間既是隨處有這種無論何式的『關節鬆

散，「便推翻了絕對精確因果關係的地位，因為必須各部完全適合的機器，纔能有那種特點。

海森柏所注意的不確定性，有一部分（但不是全部）帶有主觀的性質。事實上我們不能絕對精確指明電子的位置和速度，一部分由於我們工作所用器械的拙笨——正好像一個人沒有一磅以內的重量，就不能絕對精確的權衡他自己。科學上所知道的最小單位是一個電子，所以物理學家能使用的，更沒有再小的單位。其實專就浦蘭克量子理論所引用的神秘單位 h 而言，困難的直接原因，並不在這種單位的固定大小。因為 h 所測量的，自然運動跳躍的大小；這種跳動，祇要有固定的大小，就無法作成精確的測量，因為用一個祇能跳動的天秤，總不能獲得自己的精確重量。

不過這種有主觀成分的不確定性，對於前面所討論的放射作用和放射問題，並沒有什麼關係。此外，自然界更有多至在此不勝枚舉的現象，全不能包括於任何齊一的計劃，除非在某處用某式，引進了不能確定的概念。

這些及其他後面再經提到的論點，遂使許多物理學家相信：在僅含單體原子和電子的事件

裏，並沒有『可決定性』的可言；所有在大規模事件裏所顯示的『可決定性』，祇是統計的性質。
狄萊克 (Dirac) 曾有敘述這種情形的下面一段話：

『當在某種已知狀況之下，……觀測任何原子系統，通常結果將不能夠決定。那就是說，這個試驗要在全同狀況之下重做多次，就可以獲得幾種不同的結果。如果這個試驗重複了許多次，就可以看出：每種特別結果，將為總次數的一個固定分數；所以在任何時作這個試驗，一個人可以說出獲得這種結果的一定或然率。這種或然率，還可以用理論去計算。在特別情形下，這或然率也許是一；那時試驗的結果，便可十分確定了。』

換句話說，就是當我們論到成羣的原子和電子，算學公律裏的平均數，便作成了物理公律所不能給予的可決定性。

我們在大規模的世界裏，可取一類似的情勢，來說明這種概念。假若我們旋轉一個銅元，結果決不能知道正面在上或是反面在上；假使要拋上一百萬噸銅元，我們知道落下來有五十萬噸正面在上，五十萬噸反面在上。這個試驗，可以一次一次的重複，結果總是相同。從此我們很容易引他

作自然界一致性的實例證明，便推論到一種因果律的作用。其實，這不過例證機會的純粹算學公律的作用而已。

不過一百萬噸的銅元數目，要和早日物理學家試驗所用的最小塊物質所含原子數目相比，還是差的很遠很遠。所以很容易看出『可決定』的幻覺——如果他是一種幻覺——是如何的進到科學裏面了。

我們對於這些問題，無論那一個，也還沒有固定的知識。有些物理學家，（不過我相信是數目迅見減少的物理學家，）還在那裏希望着，嚴格的因果公律，在自然界裏終久要怎樣恢復他們舊日的地位；不過最近科學進步的潮流，卻不會給予他們任何鼓勵。無論如何，純粹的因果觀念，在新物理學所奉獻於我們的宇宙觀裏，也找不到位置。而結果這種宇宙觀卻較舊日的機械的宇宙觀，留有加多的範圍，以容許生命和自覺在裏面存在；並及於通常視為相聯的附件，像自由意志以及因吾人存在而小規模變更宇宙的能力。因為，照我們所知道的，或照新科學所能反證的，操縱我們腦中原子命運的什麼上帝，或者就是我們自己的心。我們的心，藉着這些原子，偶然就可以影響到

我們身體的動作，因而並及於我們四周的世界。現今的科學，已經不能再否認這種可能性。他再也沒有什麼不能回答的辯難，來反對我們對於自由意志的內在信仰。而在另一方面，他對於『決定』和『因果』的不存在，也沒有什麼提示。假使我們及自然界全部，對於外界刺激，不作齊一的反應，那麼事件的行程，將如何決定呢？如果有什麼東西，他不啻重新回到『決定論』和『因果論』？如果什麼也沒有，那麼一切事件怎樣纔能發生呢？

照我看起來，我們必須對於時間真性能有較佳的認識，對於這些問題纔能有什麼確定的答復。自然界的基本公律，照我們現在所知，未嘗有理由說明時間爲什麼應當直向前進；他們一樣的肯論述靜止或後退時間的可能性。時間的直向前進，爲因果關係的精華，實在是我們根據自己經驗，硬放在各項確知公律的上面。至於他不是時間的本性，我們簡直不知道；不過後面就要講到的相對理論，已經傾向於斥言時間的直向前進和因果關係，全不過是人類的幻覺。他把時間祇當做第四元，加在已知宇宙的三元。所以一組事件，在時間上的前後排比，正像一列電線桿在馬路旁的排比，不能說他們有因果的關係。

差不多總是時間本性的疑難，使我們的思想停止不進。假使時間的真性，竟永遠在我們可以達到的範圍以外；那麼，決定論和自由意志的長久爭辯，大半也永遠達不到最後判斷的機會。

在物理學上，決定論和因果公律所以有取消的可能，也還是量子理論歷史裏比較近期的發展。量子理論的最初目的，原在解釋某種放射現象。我們要明瞭當前的問題，勢須追溯到牛頓和西曆第十七世紀的情況。

關於一道光線的最明顯事實，至少從表面上去看，便是他有按直線前進的趨勢。誰全看見過，在灰塵多的屋子裏，一道太陽光線的齊直邊緣。而運動很快的物質粒子，也有按直線前進的趨勢。早日的科學家，便很自然的想像：光是從發光物體放送出來的一道粒子，恰像一枝鎗的放射子彈。牛頓採用了這種主張，並且更加精練，形成了他的『光之微子論』(Corpuscular Theory of Light)。

但是照普通觀察，也知道光線並不一定永遠按照直線前進。遇着像鏡子一類的東西，他便突然反折過來。遇着進水或別種液體媒介，他便彎折過來；因為這種折光的現象，纔使我們的船槳在

進水處好像折斷，纔使我們看河水較淺於他的真實深度。就是在牛頓時代，支配這些現象的公律，已經爲人熟知。在反光現象裏，光線射到鏡面的角度，正同於光線離開鏡面的角度。換句話，光的跳開鏡面，恰像網球的跳開完全堅硬的網球場。在折光現象裏，入射角的正弦和出射角的正弦，常成一個不變的比例。我們發見，牛頓會很費力的解釋他的光子運動，將合於這些公律，惟須在反光鏡面或折光液體面上受着某種固定的動力。以下是他所著『原理』(Principia)一書裏的兩個「設題」(Proposition)：

設題第九十四

假設兩個相類似的媒介，居中的空間兩面係平行平面，並且一個物體行經那個空間時，按照與媒介垂直的方向，被吸或被拒而趨於任一媒介，並且不受其他動力的擾擾或阻礙，而引力在任一平面距離相等處完全相同，並且全趨於平面的一方；我說，在任一平面的入射角正弦，將與在其餘一平面的出射角正弦，成爲某種比例。

設題第九十六

還根據與上面相同的假設，並且假設在射入以前的運動快於射入以後；我說，假使射入線繼續傾斜，這物體將終久反射回來，而反射角必將等於入射角。

牛頓的微子理論，遇着一道光線射向水面的時候，便交了惡運；因為光到水面祇有一部分折射進去，其餘便反射回來。湖沼中物體的反映，海洋上月光的蕩漾，全是由於反光的作用。於是有人反對牛頓的理論，說他不能說明這種反光。因為光果真是微子所合成，水面的動力對於一切微子就該不分軒輊。假使有一個微子折射，所有的微子便應當一律折射。那時水面將沒有反映太陽、月亮、和羣星的能力。牛頓要避免這種詭難，故使水面具有『傳達和反射兩性的互變狀況』——這時微子到水面上傳達過去，次時忽然關閉大門，微子乃離開成爲反射光線。這種概念，竟很奇特的預言近代量子理論；他一面舍去了自然界的『一致性』，一面又把『或能』代替了『決定』。但在那時卻不會叫人相信。

無論如何，微子理論還遇着其他更嚴重的困難。經人類相當詳密的研究結果，知道光的前進並不絕對的按照直線，所以不足引起微子運動的提示。一個較大物體，像一所房或一座山，各有固

定的陰影，所以他的避護日光照射，正像避護一陣鎗彈的同樣安全。但是一個細小物體，像很細的金絲、毛髮、或纖維，便沒有這樣的陰影。我們把他舉在幕前，全幕還是一般的被照；好像光已怎樣從他的兩旁繞着過去。並且非但不能看見一個固定的陰影，我們看見若干明暗相間的平行帶，通常叫做『交光帶』(Interference Bands)。再舉一個實例：幕上一個大圓孔，可以放過去，還是圓形。但把這孔縮到極小的針孔一樣，透過去的光到另一幕上，便不是圓形的一塊，而成爲若干同心環形，也是明暗相間，叫做『折光環』(Diffraction Rings)。凡在孔邊以外的光線，全從孔邊彎曲過去。

牛頓把這些現象，全看做『光子』被實體物質吸引的證明。他說：『在我們空氣裏的光線，遇着物體的角，無論是否透明，（像錢幣、小刀、或碎石片、玻璃片的方邊圓邊，）全彎向此物體，恰似受了他們的吸力，並且愈近這物體的光線，彎曲也愈甚，也好像他們所受的吸力愈大。』

在這裏，牛頓又很奇怪的預言了近代的科學。他所假設的動力，很有些相彷彿近代『波力學』(Wave Mechanics) 的『量子力』(Quantum-Force)。但是他們未能詳細解釋折光的現象，所

以也未嘗得到一般的贊助。

經過了多少時間，所有這些以及類似的現象，全獲得適當的解釋，但須把光當做多少波浪，很像風在海面所吹起的波浪，相差的惟有光波很短，每一個不過一英寸的幾千分之一。光波的折過一個小阻礙物，恰似海波的折過一個小石塊。幾英里長的石崖，幾乎可以完全遮住了海波，而一塊小石卻不能有這種保護能力——海波可以從兩旁過去，然後再聯合起來，就好像光波繞過細髮後的重新聯起。同樣，行進港口的海波，並不按直線通過港灣，卻繞着破浪堤的邊緣，使全港水面全震動起來。光波通過一個小孔，也是繞着孔邊，在孔後成光一片，無異於海波的繞行破浪堤。西曆第十七世紀，人們把光當做一陣微子，到了十八世紀，覺得這樣不能解釋上述一類的小規模現象，因之把一陣微子舍去，代以一組波浪。

不過這種代替也有他本身的困難。把太陽光經過一個三稜鏡，便分成像虹一般的七種色彩——赤、橙、黃、綠、青、藍、紫。假使光如海波，便證明分光後的太陽光，應當完全發現在分光景的極紫一端。不祇這樣，極紫光波還有吸收能力的無限容量，他們的進口好像永遠大開，宇宙間一切「能力」，

可以很快的變成紫色或紫外放射，在空間進行。

量子論的出現，便在補救光波論的這些缺憾。結果已經完全成功。他證明牛頓把光當做微子並不完全錯誤。因為已經證明一道光可以被看做多少不相聯的單位，叫做『光量』(Light-quantum)或是『光子』(Photons)。其確定性，有如陣雨可以分做若干水點，彈雨可以分做若干鉛塊，或氣體可以分做若干分子。

同時，光仍不失去他的波動性質。每一包光，各有其相聯的定量，性質類似長短。我們把他叫做光的『波長』；因為光在經過三稜鏡時，性質便正像這樣長短的波浪。長波的光，每包較小；短波的光，每包較大。每包光裏的能力，和這種波長成反比例。所以我們總可以從一個光子的波長計算他的能力，也可以從他的能力計算他的波長。

至於這些概念所根據的證明，為數極多，簡直要綜合敘述，也為事實所不許。總之，他們全指明：光在實驗室裏的器械經過，是不可破裂的光子，絕對沒有例外。還沒有一個觀察，發覺過一個破裂光子的存在，或足令人猜想這種事的存在。且舉兩個例，以概其餘。

放射作用，在適當情形之下，可以擊破所射到的原子。研究破碎的原子，就可以發見擊破每個原子所需的工作，必須幾何能力。結果總證明這種能力，正是一個完全光子的能力，如同依照他的已知波長計算所得。好像一羣光的軍隊和一羣物質的軍隊起了衝突。物質軍隊裏含有一個個的兵士，早知道是叫做原子；現在好像光的軍隊裏也是一個個的兵士，叫做光子；把他們戰場上的情形細加研究，證明他們正是一個對一個的衝突。

第二個實例：芝加哥（Chicago）的康普頓教授（Prof. Compton），近常研究X光放射落到電子後的現象。他發見：放射的散開，恰如若干實質的光子，行動也好似一個個不相連的單體；這時很像戰場上的子彈，射擊所有途中遇到的電子。衝擊的結果，從個個光子變更途徑的限度，便可以計算光子的「能力」而所得數值，又脗合於從他們波長所算得的數值。

這種不能分裂的光子概念，又使我們回到以前的不能決定性。有種種方法，可以把一道光線分作兩道，分趨不同的方向。如果把光縮到不可再分的一個光子，他祇能選擇兩個途徑中的一個，他不能分配到兩處，因為光子不能分裂。他的選擇途徑，便是一椿或能而非可決定的事件了。

這樣看來，十七世紀把光祇當做微子，十九世紀把光祇當做波浪，全屬錯誤——或者也可以說全不錯誤。光及其他一切放射現象，全同時又是微子又是波浪。在康普頓教授的試驗裏， α 光放射，落在一個個的電子上，很像一陣不連續的微子。在勞屋 (Laue)、佈拉格 (Bragg) 及其他學者的試驗裏， α 光放射，落在固體結晶上，又處處極像一陣陣的波浪。在自然界的全部，沒有不是這樣的；同一種放射，能夠同時又像微子又像波浪。現在還沒有普遍的原理，能夠告訴我們，他在某種特別情形之下，將選取某種行為。

假使我們要繼續保留對於自然界一致性的信念，就得假設所謂微子和波浪，在根本上是同一個東西。這樣，纔引起我們理論的後半部，並且是更可注意的半部。在前半部理論裏，剛剛說到，放射現象有時像微子有時像波浪；在後半部裏，就要說到，一切物質的基本單位，電子和質子，也能一時像微子一時像波浪（此點以後另述）。最近發見電子和質子的本性，就和放射的已知本性一樣，也能够同時又像微子又像波浪。

當牛頓的光子說最初讓步於後來的光波說，便覺得必須解釋：一組波浪如何纔能夠吸收一

陣微子的性質，那就是說，如果沒有什麼阻礙他的途徑而折射反射，便永遠取直線的行動。因為假使從窗隙引到屋裏的太陽光，果是波浪組成，我們自然要預料他要散佈到全屋，正好像一個水泡散佈到水池的全面，或像前述通過一極細小孔光線的散佈。不過據伊洋（Young）和福萊納（Frenel）二人的證明，一組不受擾動的波浪，如果波寬到了某種限度，就會按直線前進，不向旁邊顯然顯佈——正像一陣自然運動的微子——也可以從鏡面反射，有如一投物在一全硬面的反射。還有人證明，這樣的波浪系統，也是按照已知折光公律一樣的折射。最後，假使這樣波浪系統，行經一種折光力逐漸變化的媒介物，他所取途徑，也正像一個微子繼續受外界動力，離開直線途徑所取的途徑。其實，這兩個途徑簡直可以完全相同，祇需使各點動力的大小，正與折光指數的平方值，成爲比例。這樣，前面所引牛頓的設題第九十四和第九十六，便全有了成立的理由。

所以，凡是牛頓光子論裏光子的一切能力，全可以用一組光波代替。但正因為光波的性質比較複雜，他們的能力還要較大。遇着光的行爲，不能用光子解釋時，總可以用光波得到完全的說明。於是，牛頓所假設的光子，乃變成一組組的光波。

最近幾年，更有人發見組成普通物質的微子——電子和質子——也像光子一樣的變成了波浪。在許多狀況之下，一個電子或質子的行爲異常複雜，覺得不能祇當他是一粒微子的運動；於是佈羅利 (Louis de Broglie) 叔定格 (Schrödinger) 及其他學者，乃試以一組波浪的行爲從事解釋，以後便衍成一支算理物理學，現在叫做「波力學」。

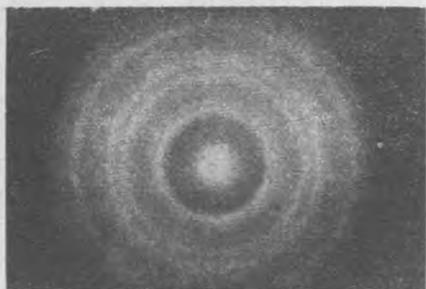
假使我們注意一個網球，從一個完全堅硬的球場上跳起，可以看出他的運動，正像一道光線從鏡面上反射，所以很可以說那球是從球場面「反射」起來。但是這種發現，並沒有什麼好處。自然可以藉此可以把網球釋做一組波浪，祇需看我們的高興，但是我們並不那樣做；因為我們能夠看見，或者至少是自己以為能夠看見，網球並不是一組波浪。

假使把運動的東西，從網球換到電子，情勢便完全不同。如果電子從一面上跳起的運動，好像一組波浪，並沒有什麼可以預先阻止電子，竟真是一組波浪。誰也不能夠說：「這並不能使我注意——我能夠看見電子，他顯然不是一組波浪。」因為誰也不會看見過一個電子，對於電子的真形，誰也沒有絲毫觀念。我們正可以預先把電子當做一組波浪，正好像把牛頓的光子當做一組波浪。

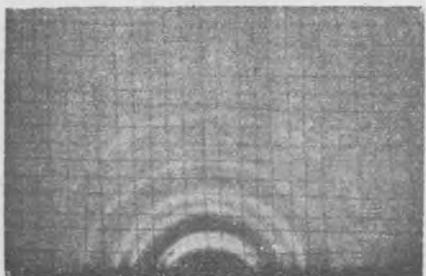
第二圖 光與電子之繞射



a 光從不透明障壁上針孔通過時所生的繞射。



b 電子從金箔上極小面積通過時所生的繞射。



c 電子從金表面上極小面積反射時所生的繞射。

至於要問電子究竟是否波浪，我們必須觀察微子和波浪彼此行為不同的現象。

在事實上，如果把電子當做微子，遇着電子有出乎預料以外的行為，那時要把電子當做波浪，總能毫無錯誤。試舉一例：一陣電子從金屬板上跳起，並不像一陣冰雹或多少網球，實在發生一組折射現象，正像一組波浪（見第二圖c）。要把一陣電子通過極細小孔，他們也是四散，在孔後成爲

多少同心的折射環，正像光波一樣。這自然不足證明電子竟真是波浪。但是可藉此引起一個問題：究竟一組波浪是不是比若干微子更適於解釋電子。從事實上說，波浪的說法，迄今還處處可以預測電子的行爲；而以電子爲微子的概念，則已遇到了不可勝計的失敗。

新成立的「波力學」證明一個運動的電子或質子，行爲應當像一組波長十分確定的波浪，波的長短，祇視這運動微子的質量以及運動的速度，更與其他無關。至於實驗室一切普通情形之下，電子和質子的波長，據示正適於普通試驗用具的測量。

對於電子反射和折射的試驗，曾實際作過的，在美國有達衛孫 (Davison) 和吉穆爾 (Germer)，在亞伯頓 (Aberdeen) 有湯姆孫教授 (Professor G. P. Thomson)，在德國有盧波 (Rupp)，在日本有菊池正士，還有其他許多學者。把電子按平行線像子彈一般的放出，或是向着或是通過一塊金屬片。每次的結果，全記在適當的照像底版上面；看着全不像電子如同子彈或其他硬質微子所應有的現象。所得的總是一種折光圖形，內有明暗相間的多少同心環。這種圖形，正像一組波長固定的波浪，落在金屬片上所生；等到波長量出以後，正等於前述波力學公式

的預測。最近，支加哥的丹普斯特教授（Prof. A. J. Dempster）從事試驗質子，也得到類似的成功。

根據這些及其他試驗，可見與運動電子相連的波浪和波長，至少也不祇是一種純粹的神話。裏面一定包括着什麼帶有波動性質的東西；而把運動電子和質子代以波浪所得圖形，用以解釋他們的行爲，無論在原子以內或以外，無不遠勝於舊日所用圖形，把他們祇當做荷電的徽子。

關於這些波浪的性質，當在後面另外一章裏，比較詳盡一些的討論。爲我們目前，祇須說：物質的成分（電子和質子）和放射的成分，全顯出兩重性質。科學要祇論及大規模的現象，便可以假定他們全是徽子，通常可以得到適當的圖形。但是科學如果要較密切的握着了自然，進而研究較小規模的現象，物質和放射便一樣的變成了波浪。

假使我們要明瞭物質宇宙的基本性質，必須注意的，這就是這些小規模的現象。一切事物的最終性質，全在這裏；而我們所得到的，卻祇有些波浪。

這樣，我們便開始猜想：我們是住在一個波浪的宇宙，除去波浪外，什麼也沒有。後面還要論到

這些波浪的性質。在這裏，祇須注意到近代科學的進步，早已超過了舊日的主張，不再把宇宙當做多少物質硬塊所合成，也不再說其中所謂放射的波浪，僅係偶然的現象。在下一章，將進而專論這個問題。

第三章 物質與放射現象

在科學的早期發展裏，因為沒有問題的承認因果公律，是自然世界的基本原理，纔引起了種種公律的發見和組成，其普遍形式爲：『一個指定的原因 A，引到一個已知的結果 B。』例如說：熱加到冰，可以使溶化；或者再詳細一些說：熱可以減少宇宙間的冰量，增加宇宙間的水量。

原始的人類，很容易熟知這個公律——他祇須注意日光對於嚴霜的作用，或長夏對於山上冰川的影響。到了冬天，他又注意寒冷把水還變成了冰。再過一個時期，也許發覺重凍結的冰和未化以前的冰，量的多少不變。那時便可很自然的推斷：在下面所列的變化裏，一定有什麼比水和冰性質更普遍的東西，始終不會發生量的變更：

冰 → 水 → 冰

近代物理學，很習見這一類的公律，通常叫做『不滅公律』(Conservation Laws)。我們上

面所說原始人類的發現，便是物質不滅公律的一個特殊情形。試以X代表任何事物，所謂「X不滅」公律，就是說宇宙間X的總量，永久不變。無論什麼，也不能把X變成不是X。這一類的公律，顯然全得帶些假設的性質，他們實際上所表示的，祇是：直到現在我們還不會能夠變更X的總量。並且如果我們試驗了多少東西，結果總是失敗，那時再提出「X不滅公律」，也不能算作不合理，因為至少可以認他是一種試用的假設。

直到十九世紀的末尾，物理科學上一共承認了三個主要的不滅公律：

- (甲) 物質不滅 (Conservation of Matter)
- (乙) 質量不滅 (Conservation of Mass)
- (丙) 能力不滅 (Conservation of Energy)

其他次要的公律，像直線和角度動量不滅公律等等，我們不必論及，因為他們全不過是前述三種主要公律的推論。

在這三個主要的公律裏，成立時間最早的，要算是物質不滅公律。狄毛克利塔斯 (Democra-

tus) 和魯克利提亞斯 (Lucretius) 二氏的原子派哲學，假定一切物質全造成以不可創、不可變，並且不可滅的原子，便已經含有這種意義。他們說：宇宙間的物質含量，永遠相同；就是一塊宇宙或任何一部分空間的物質含量，要不因為原子的進出，也是永久相同。把宇宙當做舞臺，參加的演員——原子——永久相同，雖有表面和結合的種種不同，而真象實永久不變。這些演員更賦有永久沒有死亡的特性。

第二個公律，質量不滅的公律，發生時期，距今較近。牛頓曾假設：每一物體，各帶有不變的質量，可藉以測量他的「惰力」(Inertia) 或對於變化他的運動的抵抗力。假使我們支配這輛汽車所需的機力，恰好是支配那輛汽車所需的兩倍，就說這輛汽車所有的質量，兩倍於那輛汽車所有的質量。引力公律斷定：地球對於兩個物體的引力，恰與他們的質量成正比例。所以地球對於兩個物體的引力要是證明相同，他們的「質量」也必相同。因此，要測定任何物體的質量，最簡方法，便是把他們權衡一下。

經過了相當時間以後，化學上證明：魯克利提亞斯派的「原子」(原文爲 *atomos*)，意謂

不可割裂，實在當不得這個名稱。他們並不是不能夠割裂，所以後來把他們改稱『分子』，把『分子』分裂後的較小單位，纔叫做『原子』。分裂分子和重新排列他們的原子，方法很多。祇使他們與別種分子接觸，就許成功。例如把鐵鏽或酸類放在金屬片上等等。還可以用燃燒、爆炸、加熱或光線照射，以分裂分子。例如把一瓶過氧化氫（ H_2O_2 ）放在明亮的地方，僅因光線的經過，就可以把每個過氧化氫的分子，分成一個水的分子（ H_2O ）和一個氧的原子（ O ）。等我們把瓶塞一拔，就可以聽見因氧氣外出而引起的爆炸聲，並且發見一部分過氧化氫變成了水。氯化銀（Silver Bromide）的分子，也可以因為光線的引入而重新排列；這種變化，實在就是攝影術的基礎。

到了十八世紀的末葉，拉瓦西爾（Lavoisier）相信：在他自己所作的一切化學試驗裏，總不會有過物質總量的變更。經過相當時間，『質量不滅』的公律，纔被認成科學完整的一部。現在我們知道，這個公律，並不完全精確：從過氧化氫瓶子裏所放出的氧氣，加上瓶裏留存着的液體，實在略重於原來的過氧化氫。而一塊照像底版，經過光線照射以後，重量也有增加。不久我們就要講到，這個公律的所以不精確，是因為忽略了過氧化氫或氯化銀分子所吸收的光線，實在有相當重量。

第三個公律，能力不滅公律，成立的比較最晚。能力的存在，可以有種類極不相同的形式，其中最簡單的，便是純粹的運動能力——例如車輛在平軌上行動，或檯球在桌面上行動。牛頓曾經證明：這種純粹的機械能力，是「不滅」的。例如：兩個檯球相撞，兩個檯球的能力全生變化，但是他們的能力總量卻始終不變。這個檯球把能力傳給那一個，但是在這交易中間，並沒有能力的消失或賺獲。不過要想叫這種說法不錯，必須在理想的狀況下，兩個球全具有「完全的彈性」；撞擊前後的往返速度，並不改變。在自然界的實際情形裏，機械能力顯然的好像逐漸消失：一顆子彈在空中逐漸失去他的速度，一輛火車停止了機器以後終要靜止不動。在所有這些情形，全產生了熱和聲。經過了許久的研究，纔知道熱和聲的自身，也全是能力的形式。西曆一八四〇到一八五〇年中間，喬爾 (Joule) 曾從事一組極重要的試驗，測量熱的能力，並且用一種琴絃造成的簡陋器械，企圖測量聲的能力。他的試驗雖然不能算做完善，結果卻使人承認了「能力不滅」的原理，並且包括盡了已知的能力各式互變，從機械能力直到熱、聲和電氣能力。他們所證明的，簡單說，就是能力祇有變換並沒有消失；運動能力的表面消失，卻有熱和聲的能力出現，恰可補償；急行車的運動能力，

一部分變成制動閘的聲音能力，一部分變成輪、閘、軌的熱度能力。

在十九世紀的後半，這三個不滅公律，始終沒有人發生疑問。所謂質量的不滅，被認為與物質的不滅是同一件事，因為一個物體的質量，便是他所含個個原子的質量總合。這自然可以很容易的解釋了化學作用不能變更質量的總額（據我們現在所知，尤其毫無問題）。但是新發現的能力不滅公律，却與他們不相連屬，是另外獨立的一件事。那時的宇宙，還可以比作一個舞臺，演員是些原子，各自有不變的形狀和質量。最後，另外有一種叫做能力的實體，在各演員間互相交換，並且也和演員一樣，不能夠創製，也不能夠消滅。

這三個不滅公律，照理自然應當祇能視為試用的假設，須用種種可想到的方法試驗，遇着一些失敗的徵象，立刻就取得取消。不過他們的地位十分穩固，簡直被認為確然無疑的普遍公律。十九世紀的物理學家提到他們，好像他們支配了創造的全部。而哲學家也就依照這種根據，演述宇宙的基本性質。

其實，這祇是暴風雨以前的安靜。緊跟着的第一件事，便是湯姆森爵士（Sir J. J. Thomson）

的一種理論研究。他證明一個荷電的物體，可以使他運動而變化他的質量。運動的愈快，質量增加的愈多。與牛頓的固定不變質量觀念，恰好反對。這時，質量不滅的原理，似乎就得脫離開科學了。

這種結論，在一起初，祇能有學術上的興趣，不能用觀察以試驗他的真偽，因為普通物體所荷的電以及運動的速度，全不足使理論上預測的質量變化，達到了顯而易見的程度。後來，正在十九世紀就要結束的時候，湯姆森爵士和他的徒衆更開始從事分裂原子的的工作。於是原子既證明了不是不能分裂，他也就和以前的分子一樣，不再擔得起「原子」的名稱。他們祇能擊掉零碎的小塊，就是直到現在，也還不會有人能把原子完全分裂成他的最終成分。這些小塊又經發現他們彼此完全相同，全荷着負電。因此把他們就叫做「電子」(Electrons)。

這種電子所荷的電，較一般平常物體所能負荷的，強濃的多。把一公分黃金捶擊到最薄的程度，也不過是一碼見方的金葉，至多能負荷六萬個靜電單位的電。而一公分電子所負荷的電，卻能較大九兆倍左右。因為這個，並且因為可以用電學方法把電子的運動速度增加到每秒鐘十萬英里以上，很容易證實電子的質量依其速度而變化。精確試驗的結果，證明變化的大小恰與理論的

預測相同。

大部分由於拉威福德 (Rutherford) 的試驗研究，現在已確定每個原子的構造，一部分是荷負電的電子，一部分是荷正電的電子，叫做「質子」 (Protons)。所謂物質，也證明不過是多少荷電微子的總體。這樣一變，原先論述物質特性和物質構造的種種科學，便全成了電學一種科學的幾種分枝。而這時以前，福萊德 (Faraday) 和馬克斯威爾 (Maxwell) 早經證明，一切放射全是電的性質。所以物質科學的全部，簡直包括在電學一種科學以內了。

每個物體，既然全是荷電的電子所合成，再根據上面提到的理論研究，可見每個運動物體的質量，全必須依其運動速度而變化。由是一個運動物體的質量，可以假定分為兩部：一部分是固定的，為物體靜止時所固有，平常叫做「靜止質量」 (Rest-Mass)，一部分是變動的，以物體運動的速度為轉移。這第二部分，無論在實際觀察上或理論上，全證明他和物體運動的能力成正比例。兩個電子或任何兩個相似物體的質量，其彼此相差，總正到他們能力相差的限度。

在一九〇五年，愛因斯坦 (Einstein) 把這點推廣，成爲一個極重要的普遍推論。他證明：不祇

運動的能力，就是每種意料所及的能力，無不有其本身獨有的質量；如果要不是這樣，相對理論就不能够成立。於是相對理論的每個事實試驗，全是證明假設能力必有質量的無誤。愛因斯坦的研究，證明任何種能力的質量，完全視相與爲比例的能大小。並且實際上非常之小。把摩利譚尼亞 (Mauretania) (按係英國最大輪船) 完全裝滿，總重量約共五萬噸，航行速度要是每小時二十五海里，全船因爲運動而增加的重量，纔不過一百萬分之一英兩左右。一個人畢生從事最重的筋肉工作，其所用全部能力的重量，也不過六萬分之一英兩罷了。

這種發現，使我們對於質量不滅原理，有重新成立的可能。因爲質量是靜止質量與能力質量的總合；而他們既是各自獨立不滅（前者因爲物質不滅，後者因爲能力不滅），所以整個的質量也必不滅。十九世紀的物理學，以爲質量所以不滅，純粹由於物質不滅。二十世紀的物理學，則發現能力的不滅也須包括在內。現在看來，質量的所以不滅，是因爲物質和能力各自獨立不滅。

祇要把原子看成固定並且不可破壞——或者用馬克斯威爾的話，說他們是『宇宙的不朽基石』——那麼很自然的就把他們當做宇宙的基本成分。簡單說，宇宙就是一個原子的宇宙，所

謂放射自然十分不關重要。一個個的原子，時常好像偶然震動，如同鐘的被敲，便發生短時間的放射，也像鐘的發聲，直到最後仍逐漸回到原來的靜止狀況。但是終久不能承認放射是物質的主要成分，也正如同不能承認聲音是鐘的組成要素。因此，更使人難於想像太陽，為什麼竟能長久放射，歷億萬年而不已。日光的來源，說是由於原子的震動，但是保持這種震動持續無已的，卻沒有人想得到是什麼來。

等到人類既然知道原子是荷電微子所造成，情勢便立刻改變。因為我們距離一個荷電微子，無論怎樣遠，終久不能走到他吸引或排斥的範圍以外。這可以證明一個電子，至少在某種意義下，要佔滿了全部宇宙。福萊德和馬克斯威爾把這種情形說得更清楚。他們把荷電微子比做一種鱗魚似的構造，中間是一個微小的實體，四周有若干觸鬚一類的東西，叫做「動力線」(Lines of Force)，彌漫於宇宙全部。遇着兩個荷電微子彼此相吸或相拒，那是因為他們的觸鬚，彼此怎樣接觸，因此纔相吸或相拒。這些觸鬚，假定是由電力和磁力共同組成；所謂放射，也是這樣組成。當一個原子送出放射的時候，他不過把他的觸鬚，一部分散放在空間，正像據說一個刺蝟向外散放他的

刺一樣。這種概念，使放射和物質，又發生了前此未有的較密關係。

因為各種放射形式，全是能力的表現。按照愛因斯坦的原理，他們必須全有相聯的質量。一個原子送出放射以後，他的質量減少，正等於送出放射的質量；也如同一隻刺蝟要放出了刺，他的重量減少，正等於放出刺的重量。所以燒完了一塊煤，他的重量並不等於灰重與煙重的相加，我們必須再加上燃燒時所放光和熱的重量。必須那時，他們的總重量，纔正等於原來煤塊的重量。

馬克斯威爾在一八七三年，已經證明放射對於所達到的表面，要發生壓力。我們現在覺得這是一種必須的結果，因為放射自身有相聯的質量，一道光線實含有若干質量，依照光的速度（每小時十八萬六千英里）運動。萊柏度（Lebedew）及尼克爾（Nichols）、哈爾（Hall）等，先後實測這種壓力，正和馬克斯威爾所計算的一樣大小。一個標的，受了一個亮光的放射撞擊，有顯然可見的退縮，就如同受了子彈的射擊。但是在我們地上所有光線的撞擊，異常微渺。要明瞭這種現象的全部含義，勢須離開了大地，離開了地上實驗室裏所發展的物理學，前往天空，前往較大的物理學，看一看各個星的偉大鎔鍋裏各種作用。把一個平常礮彈燒熱到五千萬度，正是太陽或普通

陽祇要保持他固有的重量，就必需每分鐘有約近二億五千萬噸的實在物質增加到裏面去。

當太陽在空間經行的時候，少不得要吸收若干無所屬的物質，像零碎的原子和分子，灰塵和流星等等。所謂流星，就是些微小的固體，在太陽系裏爲數極多，全依照與各行星類似的軌道，繞着太陽運行。偶然他們衝進地球的大氣，因爲向地降落而生的空氣阻力，使他們達到了白熱的程度，於是就成了隕星。在通常狀況，他們在達到地面以前，已竟化爲氣體。偶然因爲體積過大，纔能够抵抗這種空氣阻力的分化作用，剩下一塊塊的石頭落到地面，叫做隕石。隕石的體積，有時很大。一千九百零八年，西伯利亞地方落下一個隕星，地面擊起的土塊，荒廢了一大片樹林，而他對於地的撞擊，在幾千英里以外，還可以測出所引起的波動。在亞利藏納（Arizona），有一個像火山口一樣的陷坑，周圍達三英里，相信是在有史時代以前，一個更大的隕星降落所致。但是這種特大的隕石，究竟很少，普通隕石，大小不過像櫻桃或豌豆罷了。

沙普萊（Shapley）曾經計算，每天總有幾十億的流星落進地面的大氣，他們全變成灰塵或氣體，因此地球的重量也有相當的增加。至於落在太陽裏的，數目自然更多的不可比擬，每一秒鐘

就以幾兆計，所以太陽吸收的無所屬物質，或者以此爲主要來源。不過據沙普萊的估計，落進太陽的隕星物質，總量幾乎再也不能超過每秒鐘二千噸，還不及他放射所失物質的二千分之一。所以出入合計，太陽每分鐘必須減少二百五十萬噸的重量，終久是一個逐漸消損的機器，在我們面前一點一點的消滅，如同熱流裏的冰山。而其他星球，也必須有相同的情況。

這種結論，對於天文學上的主要事實，大體全能脗合。雖然沒有絕對的證據，而數目極多的事實，全指明年紀小的星球常較重於年紀大的星球。他們不祇較重幾百萬噸，乃至較重幾倍——時常有十倍、五十倍或甚至有一百倍的較重。最簡單的解釋，便是各星球在他們生命的途中，消失了他們大部分的重量。我們用簡單的計算，知道太陽按照每分鐘二百五十萬噸的速度減少重量，必須經過多少兆年，纔能够減少一大部分，或可觀部分的重量。別的星球，情形既然大體類似，我們可以推定一般星球，必然多已有了多少兆年的壽命。

我們還有別的方法，可藉以估計星球的壽命。特別是星球在空間的運行，就指明他們的起源極古，因之也得給予他們多少兆年的壽命。我們曾經說過各個星球，在空間的彼此相距，是如何的

渺遠——甚至使兩個星球很罕有彼此接近的機會。不過星球果真歷遍了這樣悠久的壽命，每個星球必要有若干次獲得與其他星球接近的機會。那時他們彼此間的萬有引力，通常雖未必能把行星扯開，但總可以使星球離開他們原取的軌道，變更他們原有的速度。所謂雙星系統，就是兩個不相聯的物質，在空間比排運行，如同一個單體的星球。如果受了一個附近星球的引力，就能變更了這雙星系統裏兩個星球間的彼此相對軌道。

所有這些影響，全可以詳密的計算。所以我們可以知道，如果星球果真度過了幾兆年的悠久時間，像我們事先所假設，一切情形就應當怎樣怎樣。而事實上我們要找的，無不一一發見。一切預料到的結果，全擺在那裏。所以照我們所知，根據他們的大小，就斷定了星球全已度過多少兆年的時間。

此外，更有一種不同的證明，似乎可引到一個很不同的結論。所以必須加以相當詳盡的論述，不能顧他性質的極度專門，也不能顧他將引我們到難解的相對理論裏最難解的幾部分。

在次一章就要說到，這個理論告訴我們：空間自身就是彎曲的，就好像地球表面的彎曲。因為

空間的彎曲，纔能在日蝕時看見光線的彎曲，纔能使行星和彗星的軌道彎曲（以前我們說是由於萬有引力。）根據這個理論，物質的存在並不能產生動力，那是一種幻覺，僅能使空間彎曲。爲逐一解答難點起見，我們暫時假定物質存在是空間彎曲的唯一原因。那麼一個空洞的宇宙，完全沒有物質，就要有毫無彎曲的空間，因爲沒有物質來彎曲，所以就會有無限的體積。現在宇宙既不是空洞，所以他的大小，必視他所含的物質而決定。宇宙間的物質愈多，空間便愈彎曲，自己彎曲的也愈快，因之宇宙的體積也便愈小——正如同一個圓形，彎曲較快的必小於彎曲較慢的。

電化肥皂泡的實驗，可以使這種觀念益加明瞭。把一個用平常方式吹成的肥皂泡，放置在一種電氣機械的板上。因爲機械的作用進行，頓使肥皂泡所荷的電逐漸增多，他的體積也逐漸增大，直到最後纔行破裂。這個肥皂泡（除去最後的破裂，）正可比擬宇宙；他的大小，以所荷電的多寡爲轉移；正像宇宙的大小，以所含物質的多寡爲轉移。不過彼此間有兩個主要的差異。第一、肥皂泡在構造上本來就有某種曲度存在，所以雖是不荷一些電，他仍有確實固定的體積；而宇宙則如果沒有物質的存在，體積就要無限。第二、電荷增加可以增加肥皂泡的體積，但是增加物質的總量，卻

反減少宇宙的體積——物質愈多，則所附的空間就愈少。

愛因斯坦曾經努力減少第二個和其他困難，設法使宇宙更近似一個肥皂泡。他想像宇宙也有一種原來的曲度，無關於物質所產生的曲度，並且他的性質足以使體積與物質總量一併增加。就是這樣，裏面還有一種特殊的差異。空間的質量，彼此互相吸引，而肥皂泡上的電，卻互相排斥——因為電荷無論正負，總全是同性的電。因此，荷電的肥皂泡，是一種完全穩固的構造。多加上一些電，他很安靜的便自己配合成一種新平衡狀況，不過較前略微擴張。搖動他一下，也祇略微震動，終久還回到靜止的狀況。但是正因為相吸和相拒的不同，一個肥皂泡如果荷有相吸的物質，必定不能穩固。一般算學家總可以明瞭因為什麼纔必須如此。要說一個液體膜做成的肥皂泡，不過兩度（譯者按指有面積無厚薄），雖然離着一個宇宙還很遠很遠，最近一位比國的算學家，叫做拉邁特（Abbé Lemaitre），卻已研究證明彼此實相類似。而我們前面所討論的宇宙，自不能是一種穩固的構造。他不能長久靜止，或是擴張到無限，或是減縮成一點。所以一個歷時甚久的宇宙，他的真實空間或是正在擴大或者正在縮小，裏面的一切物體，也或是四散離開或是互相聚集，速度

全很大。

拉邁特的結論，是根據愛因斯坦的概念，以為宇宙的體積，在靜止時以所含的物質總量為轉移。不過此時以前，德賽特教授（Prof. de Sitter of Leiden），曾經提出過一個很不相同的宇宙概念。他也像愛因斯坦一樣，假定宇宙有若干固定的曲度，由於空間和時間的本性而生。因為物質的存在，又發生若干增加的曲度；不過事實上宇宙間的物質既是那樣的稀疏，所生的曲度，幾乎不能影響因空間和時間本性而生的曲度。等到德賽特應用算學方法研究他的宇宙有什麼特性，他也發見宇宙的空間有張大或縮小的趨向，宇宙裏的一切物體，也是或四散分離或互相集聚。

在一起初，德賽特的宇宙概念，似乎和愛因斯坦的早期概念，彼此完全相反，一般算學家惟有期待着什麼來決定他們的去取。但是拉邁特的工作，現在證明這兩種概念，與其說相反，還不如說相輔。愛因斯坦的不穩固宇宙逐漸擴張，裏面的物質愈益稀疏，最後便達到一種空虛的宇宙，正如同德賽特所描摹。我們很可以想像愛因斯坦和德賽特兩人的宇宙，是在一條線的兩端。但是我們要想像他們在那裏拔河，那卻不免錯誤。他們不過指出多少可能宇宙的限度，一個宇宙如果開始

在或近於愛因斯坦的一端，必定沿着這條線逐漸達到德賽特的一端。如果我們的宇宙，真是依照這種方式造成，那麼當前的問題，並不是宇宙究竟在線的那一端，卻是他在那條線上已經走了多少遠。

這兩個理想的宇宙，在這條線的兩端，彼此有相似的地方，就是裏面的物體，或是彼此分散，或是彼此集聚。這不但在線的兩端是這樣，祇要在這線上，時時總是這樣。假使宇宙的造成是依照相對理論，這幾乎已經可以確定，那麼宇宙間的物體，勢必須四散分離或是互相聚集。

這些結論很有重要的意義，因為近幾年來，早有人注意到許多渺遠的螺旋狀星雲，從各方面看，全像向距地更遠處跑去，並且可以猜想他們自己也彼此分散，速度大的可驚，還與離地的距離以俱增。威爾遜天文臺（Mount Wilson）最後研究的星雲——是用一百英寸徑大望遠鏡能看見的最遠星雲之一——發見他依照每秒鐘一萬二千五百英里的可驚速度向後退去。哈布爾（Hubble）和哈瑪森（Humason）兩博士，曾在威爾遜天文臺特別研究這個問題，發見各個星雲退後的速度，約略和他們對我們的距離成正比例，正脛合於相對理論的宇宙觀。一個星雲的光，

如果需要一千萬年纔達到我們，他的速度大約有每秒鐘九百英里，而其他星雲的速度，至少也約略與他們的距離成爲比例。例如有一類星雲的光（第一圖），到達我們約需五千萬年，證明他的退後速度，確乎約略有四百五十英里。

這種實在的數目十分重要，因爲我們要回溯這種暗示的星雲運動，那麼所有的星雲，不過在幾十億年以前，必曾聚集於太陽的近旁。所有這些，全足以提示我們是生活在一個逐漸擴張的宇宙裏面，其擴張開始不過在幾十億年以前。

如果這要是全部的事實，那就很難再說各星球已有多少兆年的年紀。要是那樣說，就是指着他們會密合的連在一起，或至少聚集在一小部分空間，一直過了多少兆年，直到最近，或者說直到他們生存年限的最近兩千分之一左右，這纔開始散開。假使星雲的退後運動，終久證明爲事實，宇宙的年齡，必難說在幾十億年以上了。

不過這種巨大速度，究竟是否真實，現在還很有懷疑的餘地。他們的獲得，並不由於什麼直接的測量，實是應用所謂『道普勒原理』（Doppler's Principle），以推論獲得。我們通常知道汽車

號的聲音，當車從我們退去時，總比車向我們前來時低一些。根據同一個原理，一個退後物體所發的光，比一個向我們前進的物體所發，顏色略紅。光的顏色，就如同聲的高度。天文學家，精密的測量了清楚的分光線顏色，就可以斷定發光的物體，是向着我們前進或是後退，並且還可以估計進退的速度。而所以想像渺遠星雲後退的唯一理由，便是他們向我們發出的光線，比普通光線應當有的顏色，略紅一些。

但是除去速度以外，還有別的事件，也可以使光線變紅。例如，就祇太陽的重量，已足以使日光略紅，再因為太陽的大氣，又使紅色加深，等到走進地球的大氣，雖然變的方式不同，確實又加紅一些，如同我在太陽初升或將落時所見。還有一種特別的星，總因為一種神祕的方式變成紅色，我們還不知其所以然。此外，依照德賽特的宇宙理論，就祇距離的遠近，也足以使光線變紅。所以即使那渺遠的星雲，在空間靜止不動，他們的光線，也必顯出非常的紅色，引誘我們推測他們是在後退。這些原因，似乎沒有一個能夠單獨解釋星雲光線的紅色。直到最近，加利福尼亞學院（The Califonia Institute）的賓維基博士（Dr. Zwicky）又經提示意見，說變紅的原因，也可以由於星

球和星雲對於在附近經過光線所發生的引力——就如同日蝕時所見星光的彎曲一樣。康普頓的實驗（見前），證明放射在空間要遇着了電子，就須曲折和變紅。當放射遇着星球或空間其他物質時，因為互相發生引力，已經知道他必要曲折，現在資維基的提示，是說他同時也要變紅。

布拉根凱 (Ivan Bruggencate) 為試驗這種提示，曾仔細檢查若干星羣所發出的光。星羣和我們的距離，全約略相等。但是中間所有的重力物質，卻彼此相差甚遠。他們所發出的光，全帶些紅色。如果是由於宇宙的擴張，光的紅度，就應當完全一致。而事實上彼此相差甚遠，紅度的高底，反約略與途中所遇的物質多寡成正比例，正脗合資維基理論的需要，實際的數目也很接近用理論公式所預計的數目。這些星羣，是我們自己天河一系的星球，既已幾乎無從想像他們是向外退去，因之假定螺旋星雲的退去，也減少了許多力量。至於光的變紅，資維基的理論，就是一種可能的解釋。此外，其他方面的證據，也全暗示這種假定的退去，大約是虛無縹渺。例如：從最近星雲發出的光，不但不較紅反而較藍。要知道光的變藍，必須由於逐漸接近，於是祇能說最近星雲確實正向着我們前進。再說，星雲所顯示的速度，也並不嚴格與他們的距離成爲比例。例如：相信距我們全是七

百萬光年的星雲，在他們每秒鐘六百四十英里的全體速度裏，就有平均每秒鐘二百四十英里的差異。

不過宇宙的造成，果真依照我們前述的方法，就星雲全體而論，必須離開我們外散，毫無疑義；理論上需要這樣，決不容許改變。不過理論上不會告訴我們星雲運動的速度。賽維基和布拉根的工作，並不足懷疑真正有退後運動。所能引起的懷疑，祇在這種運動究竟是否能照合天文學家根據分光線變紅所推測的速度。這種變紅，或者大部分由於賽維基所提示或其他類似的原因。祇所餘一小部分，纔代表真正的退後運動。至於這種運動的速度，勢將無法決定，因為較小的影響，已經被較大影響所遮蔽住了。

這仍舊是一個尙待解決的問題。但如果承認退後運動的速度，大部分是虛無縹緲；那麼主張星球生命簡短的理由，就因之消滅。我們還能隨便指定星球已有若干兆年的生命，以應付天文學上一般事實的需要。

我們在前面已經說過，依照這種普遍事實，在過去若干兆年裏，太陽按放射形式，依每秒鐘二

億五千萬噸的速度，向外流注質量。經過詳細的計算，證明新生的太陽，比較現在的太陽大過數倍。因為照普通觀察，年紀小的星常數倍大於年紀老的星。那麼他所放射失去的質量，原來是依照何種形式積存起來的呢？

一個電子或其他荷電微子，其靜止質量通常遠大於他的能力質量。在高溫度的時候，能力質量達到他的最重要的程度。據說在太陽中心的溫度，不過五千萬度左右；而在那裏的能力質量，也僅約當全部質量的二十萬分之一。新生太陽的溫度，也不見得比此再高出多少；所以新生太陽的質量，大概多半仍是靜止質量。既是這樣，我們僅能有一種結論，就是：新生的太陽必須較現在含有較多的電子和質子，因之含有較多的原子。這些原子的消失，祇能有一個方法，那就是他們被毀滅，他們的質量必須正代表太陽在若干兆年長時期裏所送出的放射質量。

這種說法，似乎有人不免以為偏於臆斷，因為所涉及的概念，已經這樣遠出乎實驗物理學的範圍以外。幸而實驗物理學最近已獲得證明，雖然離着絕對的最後證明還很遠很遠，卻已很能證實這種物質的毀滅，在空間深處，實在有大規模的進行。

在星球內部物質的毀滅，我們幾乎無從希望得到直接的證明；因為這種作用所產出的放射，僅能經過很短的距離，便已被星球完全吸收。星球因之增加熱度，最後此種能力被星球放送出來，仍不過是十分平常的光和熱罷了。

把天文學上的事實，加以算學的分析，指明原子的毀滅作用，大半是自動的發生，有如放射物質的分解。假如是這樣，那就不能限制在星球的高熱內部，舉凡天體物質達到了相當總量，就應當有這種作用進行。

這種作用的最簡單形式，莫過於一個電子和一個質子的同時毀滅。我們還可以很生動的描摹他，假使我們想像：這兩個荷電的微子，受他們相互吸引力的影響，按照逐漸增加的速度，相向運動，直到最後合而為一；於是他們的電荷互相抵消，他們的聯合能力，放釋出來，變成一個放射的閃光——就是前面說過的一個「光子」。

我們曾經解釋過，當原子送出放射的時候，質量如何「不滅」。原子舍棄他質量的一部，但未嘗完全毀滅；這一部分質量，被光子帶走，說就是光子的質量。假使一個質子和電子互相毀滅，那結

果所成的光子，質量必須等於不見了的質子和電子質量相加。而一個質子和電子的聯合質量，已經可以精密測定，正等於一個氫原子的質量。這樣，假使真有物質的消滅，那麼質量與氫原子相等的光子，必定有很多在空間經行，其中也必有多少落到地面。

質量再大些的光子，也許能有；因為我們可以想像任何種原子的突然毀滅，把他的全部能力變成一個光子，這光子的質量就等於整個原子的質量。其中有一種可能性，實有特殊意義。雖然我們相信一切物質最終全是由於質子和電子所造成；現竟有一種奇異的、密合的構造，含有四個質子和兩個電子，幾乎就可以當做一種新的獨立單位。他在放射性物質的放射裏面，最為特異，通常叫做 α 微子。氦原子是氫原子以下的最簡單原子，就含有一個 α 微子和兩個依軌道做旋轉運動的電子。一個 α 微子既然有等於兩個質子的電荷，他就可以遇着兩個電子而毀滅，結果所成光子，就有與氦原子相等的質量。

這兩種光子，無論那一種，較諸任何種平常放射的光子，全有大至不可比擬的質量，所以應當極易覺察他們的存在。光子可以比做鎗彈，經行全按一致不變的速度——就是光的速度。假使一

枝鎗放出的鎗彈，速度彼此相等，那麼質量較大的就有較大的破壞能力，因之有較大的透射能力。一羣種類不同的光子，情形也是一樣。質量較大的光子，也是有較大的透射能力。有一種算學公式，可以幫助我們從一個光子的質量計算他的透射能力；計算的結果，知道一個光子，質量無論等於一個氫原子或氦原子，全應當有驚人的透射能力。

我們曾經說過一種透射力極強的放射，通常叫做『宇宙放射』，從外部空間落到地上，可以射透幾碼厚的鉛板。經過很久的時間，總未能明瞭這是一種真正的放射，或祇是一道電子的流動。從各方面看，終以是放射的成分較多，因為要是電子，就必須帶有高到幾乎不可思議的能力運動，纔能够在穿透了幾碼厚的鉛板以後靜止。

這種事件，現今似乎已經確定。一陣電子，從外部空間落到地面，勢必混合於地球的磁場，這樣就會變更他的運動。假使電子運動的速度，高到能有宇宙放射的透射力，就可以用計算證明這一道電子，幾乎要變更他的全部途徑，達到地面時，總要近於地球磁極的一端。事實上觀察宇宙放射，並沒有這種趨向。不同的人，在地面的不同部分從事觀察，發見宇宙放射的密度，處處全是一樣。例

如英國、澳大利亞及新錫蘭南極探險隊(The British Australian and New Zealand Antarctic Expedition)，在距南磁極二百五十英里處所見宇宙放射的密度，和其他學者在距磁極甚遠處所見的宇宙放射密度，彼此完全相同。這樣纔很可以合理的判斷，「宇宙放射」確是真正的放射，並不祇是一陣電子。由是我們也可以根據觀察得的透射力大小，應用前述公式，計算出放射光子的質量了。

這種放射的透射能力，曾經巴薩地納 (Pasadena) 的密爾根教授 (Prof. Millikan) 等，托加 (Stuttgart) 的瑞根納教授 (Prof. Regener) 及其他許多學者，加以極端縝密的研究。他們全發見這種放射，含有透射力極不相同的成分，那就是說，含有幾種質量不同的光子。其中有兩種透射力最大的成分，似乎有特殊的重要意義，因為他們所含光子的質量，照我們能力所及，正是一個等於氦原子，一個等於氫原子。換句話：他們正是我們所需要的光子，假使外部空間深處，果真有質子和 α 微子的毀滅，前者需要一個個的電子後者需要一對對的電子，纔把電荷抵消達到毀滅的目的。

現在必須提出所謂光子的質量，並不能絕對精確測定，所以也不能確說他們絕對就是當前所論毀滅所生的光子。不過適合的程度，卻已極盡觀察所許，每次的錯誤總在百分之五左右，而測定放射的透射力，幾乎不能較此再加精密。這種適合很好，不能隨便丟掉，說是什麼偶合，所以這種放射起源的質子和電子的真正毀滅，大概已經極近似事實了。

雖然這樣，這件事也還不會完全脫離爭議；上面所說的主張，並未能得到一般物理學家的普遍承認。特別是密爾根教授，曾經提示宇宙放射起源於由較簡輕原子造成重原子的作用，因此乃說他證明「創造者還在繼續工作。」試舉最簡單的實例，一種氦原子的成分，恰好是四個氫原子的成分——四個電子和四個質子——但是他的質量，卻祇是氫原子的三·九七倍。所以假使能用什麼方法，把四個氫原子捶成一個氦原子，那時過多的質量，等於 $0 \cdot 0$ 三氫原子，就變成放射的形式，結果放出的光子，乃有百分之三氫原子的質量。我們不能說他準放出來，因為假使四個氫原子合成一個氦原子，這種作用似乎得有幾個段落，所以結果將放出若干較小的光子，而不是單一個大光子。並且就使能放出一個大光子，他的透射能力，也還趕不上宇宙放射。不過假使一百二

十九個氫原子合在一起，變成一個氙(Xenon)原子，經過一個重大的變動，這種作用所產生的單體光子，大概就有氫原子一樣的質量，因之他的透射能力，也相仿實際宇宙放射裏第二個最強透射的成分。根據這種放射來源的主張，其中一切透射力較弱的成分，便全可以得到自然的解釋，說是由於造成較氙原子略簡單的原子作用。不過在另一方面，其中透射力最強的一種成分，似乎就成了勝不過去的困難。假使他的光子，是由於氫原子結成巨大原子的作用，這種原子的原子量，必須要在五百左右，這似乎在可能的範圍以外。再說透射力強烈第二的成分，要說是由於造成氙原子或其他原子量相類似的原子作用，幾乎也是一樣的不可能，因為這一類的原子，數量全異常的稀少。一些透射力較弱的成分，究竟來源何在，姑不具論；要專就兩種透射力最強的成分，要說是除由於物質毀滅以外，還有什麼別的來源，據我看，怎樣也不能得到多數的贊助。

落到地面的宇宙放射，總量至屬可驚。密爾根和凱穆倫(Cameron)曾經估計，據說可以抵得從天空羣星所得全部放射的十分之一（太陽的放射當然除外）。在空間深處，天河以外，高透射力的放射，一定還像在地面上一樣的密，但是星光卻少了許多，所以要就空間全部平均而論，這種

高透射力的放射，或者竟是最普通的放射。

這種放射總量的巨大，一部分是由於他的高度透射能力，幾乎就可以使他永久存在。一道普通大小的放射，在空間經行多少兆年，遇不到什麼物質，吸收去重要部分。這樣，我們必須想像全部空間，浸潤在從世界開始所產的全部宇宙放射裏面。他們來到地面，不僅是空間最深處的使者，並且是時間最深處的使者。他們的使命，如果沒有念錯，似乎是在宇宙歷史上，某處某時會有物質毀滅，並且毀滅的不是小量而是大量的物質。

假使我們承認羣星年齡的天文學證明和高度透射力放射的物理學證明，能夠聯合共同實證物質能夠真正毀滅，或者說變化成放射，那麼這種變化就成了宇宙間一種基本作用。所謂物質不滅，在科學上已經完全不能成立。而質量和能力的不滅，也成了同一件事。於是三個主要的不滅公律——物質、質量和能力不滅公律——便歸納成一個。一種簡單的基本實體，可以具有種種形式，特殊的是物質和放射，在一切變化裏永不毀滅；這種實體的總和便成爲宇宙的全部活動，但不變更他的總量。不過時時變化他的性質，而這種性質的變更，似乎是在宇宙裏進行的主要工作，形

成我們的物質世界。全部可得到的事實證明，照作者解釋，這種變化，除去若干不重要的例外，永遠是同趨一個方向——永遠是固體物質化成無形質的放射，永遠是可觸知的東西變成不可觸知的東西。

這些觀念，已經討論了許多，因為他們對於宇宙的基本構造，顯然有很特別的關係。我們在前一章裏，曾說明波力學如何把全部宇宙化成若干波浪系統。電子和質子是一種波浪，放射是另一種波浪。本章所論，又提示物質和放射未必是兩種不可互變的波浪形式。這兩種波浪可以互相變化，這種變成那種有如蛹變成蝶——後面更要提到有些科學家或者覺得需要再加上一句，『也如同我們可以想像蝶再化回來變成蛹。』

這自然不是說，物質和放射是同一件東西。從物質到放射的變化本身，尚有相當的涵義；祇於這種概念，較諸在二十六年前作者最初提出時，似乎減少了大半的革命性。就使我們能確定的知道了所有的事實（現在還不能），也還很難用非專門的語言，把這種情勢，加以精確的表現。不過我們要大體接近事實，可以想像物質和放射是兩種波浪——一種按圓圈狀進行，一種按直線狀

進行。後一種波浪，進行速度自然同於光的速度，但是組成物質的波浪，進行較緩。莫沙拉法（Mo-sharafa）和其他學者，曾以為這簡直可以表示物質和放射的全部差異，所謂物質，不過是一種凝結着的放射，進行速度較平常略緩罷了。我們曾經說過，一個運動微子的波長，如何以其速度為轉移。這種關係便是一個微子依照光的速度前進，他的波長恰好等於質量相等的光子波長。這種及其他顯明的事實，全很傾向於提示：所謂放射最終就許不過是依照光速速度進行的物質，所謂物質也許就是依照小於光速速度運動的放射。不過現今的科學，距離這種狀況，還是很遠很遠。

把這一章和前一章的主要結果總結起來，近代物理學的趨向，是把全部物質世界化解成許多的波浪，除去波浪外，再也沒有別的東西。這些波浪，可以分做兩種：一種是積存起來的波浪，我們叫他物質，一種是放散開了的波浪，我們叫他放射或光。所謂物質毀滅的作用，不過是把禁錮着的波能力（Wave-energy）放散開了，使他自由在空間經行。這些概念，把全部宇宙歸納成一種放射世界，有潛伏的有現存的，於是造成物質的基本微子，顯示出許多波浪的性質，看着也就沒有什麼可以表示驚奇的了。

第四章 相對理論與以太

我們已經說過，近代物理學如何把宇宙化成幾種波浪。如果我們覺得不在具體物質裏波動的波浪，難於設想，我們就說他們是在一種或幾種『以太』(Ether)裏面。我記得好像是薩利布利勳爵(Lord Salisbury)曾經把『以太』界說成『波動』這動詞的主詞。假如可借用這界說，我們就可以雖用『以太』這名詞而不必負對於他的性質下如何斷語的責任。那麼藉此就可以很簡單的綜述近代物理學的趨向：近代物理學是正要把宇宙變成一種或數以太。所以最好用相當審慎，檢查這些以太的物理特性，因為宇宙的眞性，勢必要隱藏在那裏面。

我們的結論，還最好在這裏說出來。簡單說，就是：所謂以太以及他們的波動，造成宇宙的波浪，從各方面看，大抵全屬虛構。不過這並非說他們全不存在；他們確乎存在我們的心裏，要不然也就不必討論他們；而無論什麼必須先在我們的心以外存在，纔能把這個或其他概念放進我們

的心。把這個「什麼」我們暫時叫他作「實體」。科學所要研究的對象，便是這種「實體」。不過我們就要發見，這種實體，較諸五十年前科學家所意指的以太、波動和波浪，確乎迥乎不同；如果要按照那時的標準，應用那時的說法，以太和他們的波浪簡直就完全不成實體。不過據我們所有的知識或經驗，他們又是最實在的東西，所以對於我們也和其他東西一樣的真實。

以太概念的進入科學，大概在距今二百年以前。那時科學家遇到用粗大物質已知特性所不能解釋的現象，爲應付這種困難，便創造出一種假設的，無所不在的以太，使他所具特質，恰好能造成一種解釋。這在需要「距離着發生作用」的問題裏，自然有利用這種手續的特別引誘。從表面上看，要說物質祇在他的所在地發生作用，他所不在的地方大抵不能發生作用，總算是一個很健全的觀念，如果主張相反方面，簡直無從希望到一般人的多數承認。笛卡兒 (Descartes) 更進一步說：物體既然能够中間隔開距離而存在，便足可證明他們的中間必須另有一種媒介。

於是遇着沒有粗大物質以傳達一種機械作用，例如磁石對於鋼塊的作用，地球對於落下蘋果的作用，那時對於創製一種無所不在的以太的引誘，簡直不能拒絕，這可以叫做被以太習慣侵

裏的科學，馬克斯威爾（Maxwell）有言：『發明了幾種以太，預備行星的浮游，做成電和磁的大氣，傳達人體各部器官的感覺，直使全部空間，裝滿了幾倍的以太。』結果所趨，物理學上有多少不能解決的問題，便幾乎有了多少種類不同的以太。

距今五十年以前，在嚴重的科學思想裏，祇有一種以太——傳光的以太，假定他傳播放射。因為執行這種職務他所需要的特質，歷經惠根斯（Huygens）、伊洋、福萊德和馬克斯威爾的界說，逐漸增加精確。他被看成一種像膠質似的海，波浪可以在裏面經行，正如同波動可以在膠質裏經行。這種波浪便是放射，我們現在知道他可以有種種形式，像光、熱、紅內或紫外放射、電磁波浪、X線、 γ 線，以及宇宙放射。

天文學上的『光行差』及其他若干現象，全證明這種以太如果存在，地球和其他運動物體在裏面經行，必須不能攪動他一點。或者說，假使我們在地面某一位置，從那裏研究什麼現象，以太必須能經過地球和其他固體物的間隙而無所阻——或者用伊洋所舉著名而不適合的比喻，『如同風的吹過一片樹林。』這種比喻的所以不適合，因為事實上風確影響到樹。樹葉和大小樹

枝的運動，便可相當指出風力的強度。但是我們可以證明，在以太裏面的運動，對於地面上靜止或運動着的物體，絕不許發生任何擾動。所以在計算一輛汽車何以不能增加速度的時候，不必在空氣阻力以外，再加上什麼以太的阻力。

於是，假使有以太存在，以太風吹過我們的速度，究竟是每小時一英里還是一千英里，那全毫無關係。這是根據一種動力原理，牛頓在他的「原理」一書裏，曾加以說明：

推論第五——一個空間裏面所含物體的運動，無論空間是在靜止，還是沒有圓轉運動的，按着直線等速前進，對於物體本身間總是完全一樣。

牛頓又說：

我們在船上的試驗，很可以做這一點的清楚證明；無論船是靜止着還是依照等速前進，裏面的運動總是一樣不變。

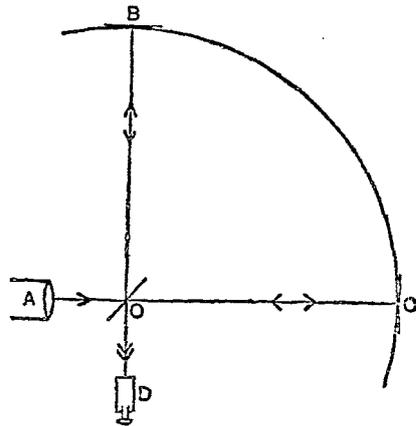
這種原理證明，在船上並且限於船上所作的任何實驗，絕不能發見這船在平靜海裏的速度。其實，一般人全知道，遇着明靜的天氣，要是不看海面，簡直說不出船行所趨的方向。

假使以太的風影響了地面的物體，他所引起的擾動，就該能指出他吹送的速度；正如同樹枝的運動，可以指出普通風的速度。事實上既然不是這樣，那就惟有另外去用別的方法。

在海洋上航行的人，雖然不能藉着限於船上的觀察，以決定所乘船隻的速度，但是他如果能自由看海，那便不難決定了。他把一道線連着探海鉛塊拋向海中，海面就起了一個逐漸展開的水泡；但是每個水手全知道，線進水的一點，不能常在這水泡的中心。水泡的中心在水面定住不動；但是線的進水點，因為船的運動，被牽引着前進。所以就看進水點離開水泡中心前進的速度，就知道了船在水裏航行的速度。

假使地球在一種以太的海裏開路前進，那麼根據類似思想的實驗，就該也能顯出他的進行速度。著名的邁克森毛利（Michelson-Morley）實驗，便正爲達到這個目的。把大地比作一隻船，奧海奧（Ohio）省克利福蘭大學（University of Cleveland）的物理實驗室，便是鉛塊的進海點。鉛塊的投擲，代表以一個光號的放出，假定組成這光號的光波，可以造成以太海裏面的圓泡。

在光源 A 發出的光，射到一個半塗水銀的鏡面 O，務使一半光線反射依照 O B 方向前進，其餘仍按 O C 方向前進；O B 和 O C 距離相同，事實上在十二碼左右。B 和 C 兩點的鏡面，把光全反射回到 O，兩道光各有一半通過去到一個小望遠鏡 D。他們的先後相差，和全部器具旋轉九十度以後的相差，互相對較。這種辦法，可以免去因 O B 和 O C 長短不相等而引起的什麼錯誤。



第三圖 邁克森毛利的實驗圖解

圓泡的進行，不能直接觀察，但是把鏡面加以配置，使光線仍回到原來起點，也能藉以相當決定。這樣事實上可以確知光線在一途程上往返所需的時間。假使地球在以太裏靜止不動，那時在

一定途徑上的往返，當然要永遠相同，不論在空間是什麼方向。但是假使地球在以太海裏係東向運動，那麼很容易看出：先東西後西東向的往返途程，較諸等距離先北南後南北向的往返途程，應當要費去較長的時間。這裏面並不含有特別奧妙的原理，不過像普通經驗所知：搖船逆流一百碼，再順流一百碼，所費時間將長於搖船橫流二百碼。在上一情形，逆流時船行較慢，順流時船行較快，但是順流時所省卻的時間，實未足補償逆流時所多用的時間。假使兩個速度相等的搖船夫，同時開始走這兩個途徑，那麼渡河的搖船夫一定要先達到目的地，他們達到目的地的時間相差，便顯出來水流的速度。正是應用這種原理，在邁克森毛利的實驗裏，預料兩道光往返所需時間的差異，將顯出地球在能媒裏運動的速度。

這種實驗重做了許多次，但是完全不會看出時間上的差異。於是，根據地球四周爲以太所圍繞的假設，這個實驗似乎證明地球在裏面運動的速度等於零。從各方面去看，地球總好像固定的靜止在以太裏面，而太陽和全部宇宙圍繞着他旋轉；這種實驗似乎把哥白尼以前的地居宇宙中心說，又重新拉回來。不過這實在不能成爲他們的真正解釋，因爲已經知道地球繞日運行，速度大

概是每秒鐘二十英里，而所用實驗的精確程度，簡直能發覺較此再小一百倍的速度。

費茲格拉 (Fitzgerald) 於一八九三年，勞倫茲 (Lorentz) 於一八九五年，先後各自獨立提示另一種不同的解釋。他們事實上曾經試驗使兩道光線，同時在兩個長短相等的途徑上往返。我們不失去這種實驗的精華，可以想像這兩個途徑的長短，已經用平常的尺度——如同英尺之類——加以比量。費茲格拉和勞倫茲便問：如何能知道所用尺度，或用以定出的途徑，在經行以大海的時候，還精確保留着他們的長度？船舶在海洋航行，船頭下面的海水壓力，可以縮短船的長度，因之把船擠短了些——一英寸的些微分數——一方面為水壓船頭後退，一方面為水手努力使船尾前進。同樣，汽車在空氣裏經行，也要縮短，一方面風力迫車後退，一方後輪促車前進。假使邁克森和毛利二人所用的器械也是一樣縮短，那時順逆流的途程勢必較短於橫流的途程。這種長度的縮短，對於順逆流途程的其他不利，自然能有相當抵消。如果縮短的多寡適合，簡單可以完全抵消，因之與橫流途程需要正相等的時間。於是費茲格拉和勞倫茲纔提示，就因為這個原故，終久使實驗得不到什麼結果。

這種觀念並不完全屬於想像或假設，因為歷時不久，勞倫茲又證明那時通行的電動力理論（Electro-dynamical Theory），正需要事實上發生這一類的縮小。雖然不能完全比成船舶和汽車的縮小，但也很足以暗示其中所含蘊的作用。事實上勞倫茲所證明的，是假使物質係一種純粹的電的構造，僅含有荷電的微子，在以太裏運動就使這些微子重新配布他們的位置，除非物體有大小可以計算出的縮小，他們將不再回到原來的相對靜止狀況。這種縮小的程度，證明恰好能解釋邁克森毛利實驗所以不能獲得結果的原因。

這不祇對於邁克森毛利實驗的失敗能夠完滿解釋，並且還證明出任何種物質測尺全須這樣縮小，其多寡恰好能隱藏地球在以太裏面的運動，因此所有相類似的實驗，早已注定了必致失敗。但是科學上還有其他測尺可用；例如光線電力線等等，全可以使其聯合幾點，因之全是測量距離的資具。物質測尺既然無可應用，光和電的測尺也許能夠成功。於是乃從事試驗，曾用許多種形式反復重作——這方面著名的人物，有瑞萊勳爵（Lord Rayleigh），佈萊斯（Brace），和楚頓（Trouton）等氏。結果每次必歸失敗。假使地球在以太裏的速度是 X ，那麼人類智慧所能創製的

任何器械，必另有相反的假速度 X ，恰好擾亂對於 X 的測定，結果還是重複邁克森毛利實驗的原來空虛答案。

許多年勞苦實驗的結果，似乎證明自然界的原動力，好像組成了一個極完善的陰謀團，毫無例外，專為隱藏地球在以太裏面的運動。這自然是一般平常人而不是科學家的說法。科學家寧可說：自然界的公律，使人類不能發覺地球在以太裏面的運動。這兩種說法雖然不同，他們的哲學含義，卻彼此完全無異。同樣，一個非科學的發明家也可以失望的嘆息，說自然界的動力結合起來，阻止他的永動機器工作；而科學家卻知道這是比一種結合嚴重多多的阻礙，實在是自然界的一個公律。再如同一個熱心而不智的社會改造家以及愚昧的政治家，每遇着從半升的鍋裏榨取不出一升東西時，也時常會看出什麼最黑暗結合來。

一千九百零五年，愛因斯坦公表一種假定是新的自然公律。大意說：『自然界的狀況，不容許用任何實驗以測定絕對的運動。』這是相對原理最初組成的形式。

最可奇怪的，這恰好是牛頓思想和學說的反面。牛頓在他所作的『原理』一書裏，曾說過：

「也許在各恆星的渺遠地方，或更在他們以外，能有什麼絕對靜止的物體，但是從我們地方裏各物體的相互位置，卻不能知道這些物體有沒有和那渺遠物體保存着同樣的位置。因此，在我們地方裏各物體的位置上，不能夠測定絕對的靜止。」

他更用下面一句話來伸述這種意義：

「我在這裏並不注意一種什麼媒介物，如果有的話，自由佈滿了各物體各部分間的孔隙。」換一句話，牛頓已經覺出，如果沒有一種無所不在的以太，就不能測定空間運動的絕對速度，並且看出這種媒介可以當做一個不動的標準，藉着他能夠測出一切物體的運動。

科學在以後兩個世紀裏，祇忙忙的討論這種假設的媒介，有什麼特質；而現在愛因斯坦一句話便奪去了他的最重要特質，那就是他充作一個靜止的標準，可藉以測定任何運動的真正速度。愛因斯坦的原理，還可以用另一種方法敘述，更可以清楚表現出他的意義。天文學迄今還未能找出牛頓的絕對靜止物體，「在各恆星的渺遠地方，或更在他們以外，」所以靜止和運動仍舊祇是相對的名辭。一隻船的靜止，祇有相對的意義——對於地球說；但是地球對於太陽說運動，所

以船也隨着地運動。假使地球在繞日軌道上停止，船便對於太陽說是靜止，但是他們仍舊一起在四周羣星中間運動。即使停止太陽在羣星間的運動，而全部天河系的星對於渺遠星雲說仍是運動。而這些渺遠的星雲，彼此或聚或散，各有每秒鐘幾百英里或以上的速度；要是再向空間深處，我們不祇找不到絕對靜止的標準，反而遇到愈益加大的運動速度。除非有一種無所不在的以太前來幫助，我們簡直說不出絕對靜止的意義，更不必說真正發見。愛因斯坦的原理現在告訴我們，就自然界可觀察的現象而論，我們可以自由用任何方法，以界說「絕對靜止」。

這真是一種令人深切注意的說法。假使我們願意，很有權說這間屋子正在靜止，「自然」不會出來否認。假使地球在以太裏有每秒鐘一千英里的速度，我們必須因之假定以太依照每秒鐘一千英里的速度，吹過這間屋，「如同風的吹過一片樹林。」相對原理確切告訴我們，這屋裏的一切自然現象，絕對不受這速度每秒鐘一千英里的風的影響，就使這風有每秒鐘十萬英里的速度，也還是一樣——或者要完全沒有風，自然也是一樣。

所以一切力學現象，既然和這種假設的以太絲毫無關，應當總是不變，自無驚奇可言；這一點

前面說過早爲牛頓所知。但是果真有一種以太存在，所有光學和電學的現象，竟自不願傳播他們的以太，或是靜止不動或是依照每秒鐘幾千英里的速度吹過我們，結果總能一致，那似乎很能令人奇異。於是便發生了問題：所謂以太，假定因爲他的吹動而成風，果然實有其物呢，還祇是想像裏的幻影呢？因爲我們必須永遠記住：以太的存在祇是一種假設，被物理學家引進到科學來，是由於預先承認每種事物必須容許力學的解釋，乃主張必須有一種力學的媒介，以傳導光的波浪以及其他電磁現象。

他們爲說明這種信仰，纔證明以太裏可以有若干推、拉、扭種種作用，在空間傳達一切自然現象，直到最後成爲人類所看見的狀況——很像一組鈴線傳達機械動力，從拉頭到鈴。經過相當時間以後，所需要的推、拉、扭，已經成了所需要的系統，但是情形異常複雜。或者這也並不足怪；因爲以太不祇要傳達一切觀察所得的現象，同時還要隱藏起他自己的存在。要說用一個簡單的機械構造，總傳達同一個現象，不願實驗者在實驗時是靜坐不動還是在以太中每秒鐘經行一千英里。這真不是一件容易配佈的事情。而在事實上，這樣想出的機械，證明足以招致一種致命的攻擊，就是

要使兩種現象一致，勢須同時假設兩種極不相同的機械。

我們可以詳細討論一種現象，以說明這種反對。按照這種能媒傳導的計劃，電化一個物體，就在四周的以太裏引起一種緊張狀況，正如同把一個物體加到一種膠海裏面。如果兩種靜止的物體，帶着相同的電荷，他們就要互拒；他們互拒的原因，假定是以太裏這種緊張狀況所造成的壓力傳導而成。

不過要假設這兩個荷電物體，並非在以太裏靜止，而依照彼此正相同的速度運動，譬如說每秒鐘一千英里，從東向西。因為這兩個物體就彼此說還是靜止，相對原理便證明看得見的現象，仍舊與他們在以太裏絕對靜止時，完全相同。但是在第二種情形所產生的現象，卻需要一種完全不同的機械。一部分拒力仍舊是以太緊張狀況的結果，但已不是全部。其餘一部分是由於磁力，而這些磁力卻不能釋為以太裏的壓力或張力，勢必看成多少迴旋風力的一種複雜系統。

比較複雜的電磁現象，大抵為電力和磁力聯合所產生，而這兩種機械的配合多寡，卻以在以太裏運動速度的高低為轉移。所以要尋求這些現象的力學解釋，就必須尋找兩種機械，恰好能產

生一致相同的現象。現在還沒有人證明什麼樣可想到的以太，可適應這兩種機械。即使能夠證明出來，這種二元性的機械，以產生同一種可觀察的現象，也很反對着普通的自然作用，我們惟有自覺是走錯了途徑。牛頓的引力理論，如果用二元的機械以解釋蘋果落地的原因，並且說出一種在夏天應用一種在秋天應用，那簡直很少有被人接受的機會了。

牛頓本身，也會注意到避免這種兩重機械的必要。他所作的『原理』一書，含有一組『哲學上推理的規則』，現在把最先兩條寫在下面：

規則第一

我們所承認的自然事物原因，數目僅限於那些既真實而又足夠解釋他們的出現。

為達到這個目的，哲學家說自然沒有虛耗的工作；如果較少的一樣行，較多的便是虛耗；因為自然最喜歡簡單，毫沒有鋪張多少無用過多原因以誇耀的意思。

規則第二

所以對於同一種自然結果，我們必須在可能範圍內，指定同一種原因。

如何一個人和一個牲畜的呼吸作用；在歐洲和在美洲的石塊落下；竈下火和太陽的光；地上和行星上的光的反射。

不過此外還有一種更強的理由，來反對假設這種傳光的以太傳達放射和電的作用。

我們曾經說過，電、磁、光好像全結合在一起，以反對我們發覺在以太裏的運動，但是引力還剩在後面。引力總站在其他物理現象以外，似乎有一種完全不同的性質。引力公律裏面，既是一種距離的觀念；他說兩個物體間的引力，以他們中間的距離為轉移；距離要是相等，引力也就相等。所以至少在理論上，引力公律可以用為測定距離的測尺。

一種能夠傳達電作用的以太，幾乎不能也一樣的傳達引力作用；因為我們所能賦予他的一切特質，早盡用以說明他的傳達電力和磁力了。所以引力公律所供給的測尺，也許可以避免費慈和勞倫茲二人所證明的縮短，我們應用了這種測尺，應當能夠測出地球在空間的運動了。

我們且在可能範圍內，選擇一個最簡單的具體實例，考察這種辦法的可能性。第一步把地球先理想化，想他是一個完全的圓球。這時地面各點至中心已經距離相等；因之各點上的引力也就

完全相等。假使這個理想化的地球，按照每秒鐘一千英里的速度在以太裏運動，那麼費慈格拉和勞倫慈所證明縮短，便足使地球直徑沿着運動的方向縮短大概三十英尺。這個縮短後的直徑兩端，既然較地面其他各點距地心略近，地面上一切可動的東西，乃全有溜向此兩點的趨勢。

這種特別的影嚮，果眞要是存在，究竟因爲過小在實際地球不能發見。因爲地面上有高山有深谷，在理想化的地球上全不會計及，其影嚮早已超過了可能的三十英尺縮短。但是其他類似的引力現象，卻有的較大容易觀察，特別是各行星近日點的運動。這些也全證明，引力好像也加入了自然界其他動力的聯盟，共同隱藏在以太裏面的運動。假使物質測尺經受了費慈格拉和勞倫慈二氏的縮短，那麼藉引力公律以測定的長度，也是一樣縮短。不過引力既然不能在以太裏傳播，很難看出引力公律所定的測尺，爲何竟自己也經受這種縮短。我們祇好斷定所謂費慈格拉和勞倫慈的縮短，並不存在；由此乃不得不含棄了力學的以太。

我們惟有重新開始。我們的困難，由於最初假設自然界的一切事物，尤其是光的波浪，全容許力學的解釋；總之我們曾經打算把宇宙看成一架龐大的機器。這樣既然把我們引到一種錯誤的

途徑，勢須另外找尋其他的指導原理。

較力學解釋鬼話連篇略行穩健的，尚有一種奧嘉威廉原理（William of Ockam's Principle）。他說『*Entia non sunt Multiplicanda praeter necessitatem.*』（我們要不逼着不得已的情形，必不要承認任何實體的存在）。他的哲學含義和上面所引牛頓的哲學推理規則第一，完全相同。性質純粹屬於破壞方面，他取消了些什麼，在這裏他取消了假設一種機械的宇宙，以及在『空洞空間』傳達機械作用的以太，但是不曾預備什麼在那裏代替。

要補充這種缺憾，最明顯的方法，是引用相對性原理：『因為自然界的本性，不能用任何實驗以測定絕對運動。』最初一看，用這種說法以補充取消以太所引起的缺憾，似乎覺得奇怪：這兩種假定的性質，似乎完全不同，簡直無法藉以達到同一目的。不過在事實上，他們幾乎正在互相反對的兩方面。以太的基本職務，是供給一種固定的標準構造——所有他的其餘一切特質，全由於我們努力調和看見的自然系統和預定的假設，纔相繼發生出來。而相對理論的精華，不過含有對於這種最初假設的否認。所以這兩個說法，恰好是互相反對。

正因為這樣，他們彼此間的問題非常清楚，能够利用實驗以決定取舍。結果所得判斷，也十分確定。我們已經說過，藉實驗以發覺以太的企圖，已經如何一一宣告失敗；就在這裏，已經增加了相對理論假設的確定。據我們所知，舉凡曾經作過的實驗，結果沒有一個不贊助相對理論的假設。

於是，一種機械以太的假設纔被宣告取消，代替他的便是相對原理。這種革命的徵象，最初爲愛因斯坦在一九〇五年六月所發表的一篇短文。這篇文章發表以後，對於自然界內部作用的研究，便從工程師科學家移轉到算學家的職務以內了。

在這時以前，我們曾想空間在我們四周圍繞，時間在我們中間經過或竟通過。這兩種東西，似乎在種種方面全根本不同。我們在空間可以尋回走過的足跡，但是在時間卻永遠不能。在空間我們可以隨意快動，慢動，或竟不動，但是誰也不能支配時間的流走——他對於我們全體，統是依照相同或竟無可支配的速度前進。不過依照愛因斯坦的最初結果，四年以後經過敏果斯基 (Minkowski) 的解釋，說裏面實含有一種可驚的結論，以爲自然本身，實在完全不知道這些情形。

我們已經說過，物質的構造帶有電性，因此一切物理現象，最後無不帶有電性。敏果斯基證明

在相對理論上，一切電的現象，不能像早先一樣說是分別發現於空間時間，必須發現於空間時間，徹底互相混合，不能發見任何聯合痕跡，甚至使自然現象全部，無從區分成時間和空間。

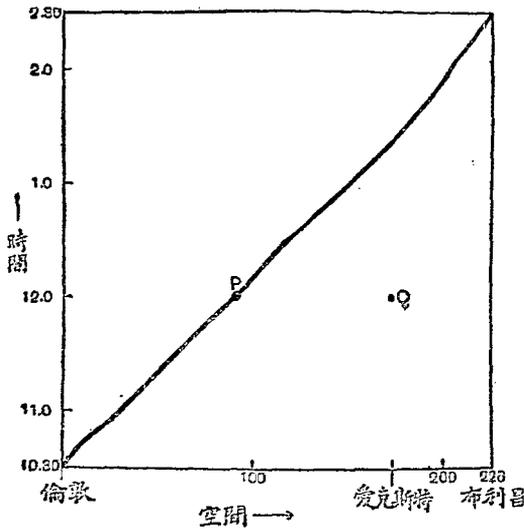
我們把長度和寬度融合可以得一面積——例如說一個棒球場。各個運動員用種種方法去劃分他的長寬兩度；在投球人認爲向前的方向，打球人就認爲向後的方向，公正人又認爲從左向右的方向。但是球的本身卻不知這些區分，他祇向着他被投的方向，支配他的自然公律祇把球場面積當做不可分的整體，長度和寬度已經融合成一個不能分化的單位了。

假使我們把兩度的面積（例如說一個球場）和（一度的）高度融合，便做成一個三度的空間。我們這樣做祇要是在地面附近，總可以藉着引力把空間區分成「高度」和「面積」；例如說高度的方向，就是擲球一距離最難的方向。但是到了外部空間，自然界不會預備造成這種區分的資具，他的公律完全不知我們純粹局部的垂直和平橫概念，並且把空間看成含有三度，彼此間完全沒有區分的可能。

我們在想像上用一種融合的手續，從一度到兩度，再從兩度到三度。但是從三度到四度便比

較困難；因為我們對於四度空間並沒有直接的經驗。而我們所要特別討論的四度空間，尤覺奇異困難，無從想像，因為其中有一度並不屬於平常的空間，卻屬於時間；要想明瞭相對理論，我們必須能想像一種四度的空間，其中係三度平常空間和一度時間融合而成。

我們為直達難點起見，可先想像一個兩度的空間，其中一度是平常空間的長度，一度是時間。第四圖可以幫助我們明瞭這個概念。他代表一輛急行火車的行程表，在上午十時三十分離開白丁頓 (Paddington) 至下午二時三十分到達距離二百二十六英里的布利冒 (Plymouth)。橫線代表聯絡這兩站的路軌；豎線代表從上午十



第四圖火車在空間和時間裏運動的圖解

時三十分至下午二時三十分的時間，就在火車開行的那一天。

圖中重線代表火車前進的狀況。例如這線上的P點，時間正對着正午十二時，距離正對着白丁頓以外九一·五英里，指明火車到正午已經走了九一·五英里。在另一方面，Q點代表愛克斯特（Exeter）附近某地的正午，但是不會在重線上，因為火車在正午並不會達到愛克斯特。這個圖的全部面積，代表從白丁頓到布利冒路線上任何點在從上午十時三十分至下午二時三十分中間的任何時間。於是把二百二十六英里的一個長度和正午前後四小時的時間，融合到一起，便獲得一個面積，一度是空間的，一度是時間的。

同樣，我們可以想像空間的三度和時間的一度，融合到一起，成爲一個四度的體積，以後就叫他做一個『連續域』（Continuum）。於是照敏果斯基的解釋，相對原理以爲一切電磁現象，全可以想像成發現於四度的連續域——空間三度和時間一度——在裏面不能用任何絕對方法以區分空間和時間。換一句話說，這種連續域是一個整體，裏面的空間和時間完全融合在一起，毫無痕跡，自然界再不加以區分，正如同在球場上面，長度和寬度完全合一，投在空中的球並不加以

區分，把球場祇當做一塊面積；把長度和寬度要是區分開簡直就失去全部意義了。

也許有人反對，說第四圖並不能幫助我們想像這個連續域，他僅是一種圖解，不能夠代表真正時間和長度的真正融合，祇是兩個長度的融合，誰全知道可以做成一塊面積——在這裏便是本書的一頁。我們不必顧及這種反對，因為我們最後的結論，是說這個四度的連續域，也正純粹是圖解的性質。他祇預備下一種方便的構造，以顯示自然界的的作用，也正似第四圖是一種方便的構造，以顯示火車的行程。

不過，正因為我們可以在這種構造裏顯示一切自然，他勢必融合於某種客觀的實體。但是他的區分成空間和時間，卻不屬於客觀而屬於主觀。假使你和我偶然依不同的速度運動，空間和時間對於我們便有不同的意義；我們把這連續域用彼此不同的方法區分，正好似我們要向着不同的方向，所謂『前面』和『左面』對於我們便各不相同，也正如同投球人和打球人用不同方法以區分球場，而球則毫無所知。就使我自己變化了運動的速度，把汽車下閘，或跳上一輛前行的汽車，我自己便改變了自己對於這連續域區分成空間和時間的方式。相對理論的精華，是說自然完

全不知把這連續域區分成空間和時間；或者用敏里斯的話：『區分開的時間和空間已經消失了陰影，必須把他們倆聯合起來，纔能保留着什麼實體。』

這已很簡單的證明，舊日的傳以太，何以必須消失——因為他要布滿了『全部空間』，因之便客觀的把這連續域區分成空間和時間。而自然界的公律，既不承認這種區分的可能，也就不承認以太有存在的可能了。

這樣，假使我們還要想像光波和電磁力的傳播，是在一種以太裏的擾動，這種以太，要較馬克斯威爾和福萊德的機械以太，也必大不相同。可以把他想成一種四度的構造，佈滿這連續域，因之遍及空間和時間——那時仍舊可以利用以太。假使我們定要一種三度的以太，他的性質勢必有些屬於主觀，以別於馬克斯威爾和福萊德的以太。於是，我們每一個人的四周，必須帶有自己的以太，正好似在落雨的時候，每個觀察人各帶有自己的虹霓。假使我變更我自己的運動速度，我便為我自己創造出一種以太，正如同我在有日光的落雨天走上幾步，我自己便獲得一個新的虹霓。除非上面所說擴大的宇宙，完全是一種幻景，每個人的以太，勢必要不斷的擴大和伸長。究竟

這種構造還能不能叫做以太，那是一個待決的問題；可是他所有的特質，卻沒有一樣同於十九世紀的舊以太。其實，相對理論的假設，既然正是否認舊以太的存在，顯然可見相對理論所容許存在的以太，必須正是與舊以太相反。因此，要再把他們叫做同一個名稱，似乎就是錯誤了。

我不相信一般識見充分的科學家，對於所有這些，能有什麼真正的分歧主張。愛丁頓爵士（Sir Arthur Eddington）曾說過，著名的物理學家，有半數承認以太的存在，有半數否認以太的存在；但是接着又說：『這兩方面的意義所指完全相同，不同的僅在所用語言方面。』這話一點也不錯。勞枝爵士（Sir Oliver Lodge）是近年以來主張以太客觀存在最堅決的學者，曾說過：

『以太在他的種種能力形式裏，支配了近代物理學，不過有許多人寧願舍棄了「以太」這個名詞，以避免他的十九世紀涵義，另外用「空間」一名詞代替。其實所用的名詞，並沒有重要關係。』

從此看來，假使我們隨便說以太或空間，隨便說以太存在或不存在，全不發生重要關係，那麼就是最熱烈主張的顯然也不能替他主張多少實體。我想最好的方法，是把以太看成一種參證的構造；他的存在或真或假，正如同地面上的赤道、北極、或子午線。他是一種思想的創造，不是一種具

體的實物。我們曾經說過，所謂以太，對於我們彼此全一樣的以太，以示別於你我個人的以太，必須假定遍及全部空間和全部時間，不能如何確分他的佔據空間和時間。時間的構造，爲我們比較以太的時間方面所必用，自然就在手邊——那就是把晝夜區分成若干小時。除非我們把這種區分也看成物質（沒有人這樣做過），我們就沒有理由把以太看成物質。按照相對理論所賦予科學的新看法，我們知道一種佈滿空間的物質以太，必須伴有一種佈滿時間的物質以太——這兩種或是併列，或是就合成一個。

這樣，我們似乎可以很安全的想像以太，是種純粹的抽象東西，至多也不過是『一種局部的住所和一種名稱』。但是什麼的住所呢？宇宙裏所有的祇是波浪，我們在本章開始會說以太是『波動』的主詞。現在必須把這種觀念去掉。因爲現在我們把以太當做一種完全非物質的以太，他的不能波動，正如同赤道和子午線的不能波動。不過自然不能因此便說凡是波動的東西，必不能經過這種非物質的媒介。我們說熱的波浪（Heat-wave）或自殺的波浪（Suicide-wave）並不會要求一種波動的媒介去傳導他們。熱的波浪也許沿着赤道傳播，自殺的波浪也許沿着萬國子午線傳播。

也許有人以爲：我們對於以太的存在，雖然得不到直接的證據，但是我們可以發見某種波狀性質的東西在裏面經過，像證明光的波動性質的一切現象——牛頓的折光環、分光景，以及通常折光現象。不過話雖是這樣說，因爲我們到底不知道這些假設波浪的實際，除非有些物質微子把他們顯示出來。上面所說現象，並不能告訴我們什麼經過以太，祇於告訴我們什麼落到物質。照我們所知，被傳播的什麼，其具體程度，決不出於一種算學的抽象方式——正好像當地球自轉時，天文學正午在地面上的傳播。不過我能想到一個物理學者，在這時或許表示反對；其說法約略如下：

物理學家——戶外的太陽光，即代表太陽所產生的能力。八分鐘以前，他在太陽裏面；現在纔來到這裏。因此，他必須從太陽來到這裏，所以他必須經過太陽和我們中間的空間。所以照我們看能力必須得在空間傳播。

算學家——我們且把當前問題，在可能範圍內，弄到極精確的程度。我們把注意點姑且放在固定一包太陽光線，就說是當在太陽光下看書時，在一秒鐘空間落在我的書面上。你說這包光線八分鐘以前是在太陽裏面。要在四分鐘以前，我假設他在空間經行，恰好到太陽和我們中間的半

途。兩分鐘以前，他就走了全部途程的四分之三。是這樣不是？

物理學家——是的；那就是我所說在空間的傳播；能力是從這一塊空間移到另一塊空間。

算學家——你的概念裏，含有一種意義說，在某一段時間在各個小塊空間，佔有多少不同的能力。假若是這樣，自然應當能够算定或測定某一時間某一塊空間裏的能力。假使你假定太陽在一種以太裏靜止，太陽光就是在這以太裏傳播的能力，那時我承認你對於這個問題，能獲得一種十分確定的答案；馬克斯威爾在一八六三年已經答復過。再說，如果你假定太陽，因之更隨着全部太陽系，是在以太裏運動，依照一個已知的速度，例如說是每秒鐘一千英里，你對於這個問題，也可以獲得一種固定的答案。但是最堪注意的，是這兩種答案彼此不同。你能告訴我那一種對麼？

物理學家——如果太陽是在以太裏靜止，顯然是第一種答案對；如果太陽是按每秒鐘一千英里的速度在以太裏運動，顯然是第二種答案對。

算學家——是的，但是我們已經共同承認，所謂「在以太裏靜止」完全沒有意義；所謂「按每秒鐘一千英里的速度在以太裏運動」也是完全沒有意義。假使我們要故意給他什麼意義，那

麼自然界全部現象全堅持他們必須有同一意義。所以我覺得你的答案沒有意義。

大概就依照這種情形，纔使我們覺出在空間各部劃分其所含能力的企圖，常引到一種不能解決的疑難狀況。於是便不由的以爲這種企圖，把我們引到歧途；而所謂能力的劃分，或者竟是一種幻想。

再說，要打算把能力的流動看成具體的川流，永遠難免自相矛盾。一道水流，我們總可以說某個水的微子，這時在這裏，那時到那裏；但是對於能力，卻不能這樣。能力在空間流動的概念，祇是幫助我們想像的一種圖形；如果我們要過於認真，那就不免引起多少駁雜和矛盾。寶因丁教授 (Prof. Poynting) 曾有一種很著名的公式，告訴我們可以把能力看成按照什麼方法流動，但是那種說法造做過甚，極難認爲真實。例如一個普通棍狀磁石電化以後靜止不動，這公式便圖摹能力，在磁石四周圍繞流動無已，直好像無數圈牽着手的兒童，圍着一枝棍杖跳舞，各方面全是無遠弗屆。而算學家應付這個問題，卻完全從實際着手，把能力的流動，祇看成算學上一種抽象觀念。實則他更被迫進一步把能力本身，也當做一種算學上的抽象觀念——在微分方程式裏一種積分

的常數。假使他要這樣作，那時一塊空間裏的能力多寡，遇着有兩個不同數值，將不必認爲荒謬；也如同在一個地方有兩個不同的時間，例如紐約城的標準時間和省時時間，或天文臺上的通用時間和恆星時間。假使他不肯這樣作，那時所謂宇宙事實上係以物質和放射兩種能力形式造成，以及能力不許在空間局部劃分，全佔有不能成立的地位，他必須設法辯護主張。這一點，在下一章裏，當再加詳述。

在進而敘述相對理論其他發展以前，最好就此含棄了「以太」一詞，專用「連續域」代替。所謂連續域，就指着含有四度的「空間」，我們前面已經想像過，其中有普通空間的三度再加上時間算做第四度。

自然公律用時間和空間以表示事件的發生，當然也可以用這種四度的連續域表示。要從事這些公律的定量討論，爲方便起見，最好想像一種很特別而造做的方法，以同時測量時間和空間。我們測量長度，將不用英尺或公分，而用大約十八萬六千英里的一種單位，那正是光線在一秒鐘裏所行的距離。我們測量時間，也不用通常的分秒，而用一種神祕的單位，等於一秒乘 $\sqrt{10}$ （負

一的平方根。算學家把 $\sqrt{-1}$ 看做『虛數』(Imaginary Number)，因為他在想像以外並不存在，可見我們這樣測計時間，是用一種很造做的方法。如果有人問我們為什麼採用這種奇異的方法，祇好回答這似乎最彷彿自然本身的測量系統，無論如何，他似乎恰好能幫助我們用最簡單可能的方式，以表示相對理論的結果。假使再有人問我們，為什麼竟是這樣，我們就無可回答——假使我們能夠回答，那時我們對於自然的內部祕密，就有遠深於現今的認識了。

所以我們姑且承認上面所說的奇怪測量系統，然後即據以造成我們的連續域。敏果斯基證明，假使相對理論的假設果然不誤，等到連續域照上法造成，自然公律必不能顯示對於時間和空間的區分；於是平常空間的三度和時間的一度，必須成爲絕對相等的成分，以組成每個自然公律。假使他們要不這樣，結果所成公律，必將不合於相對理論的原理。

不久以後，有人發覺牛頓的著名引力公律，不能符合前述的條件，所以牛頓公律和相對理論，必有一面陷於錯誤。愛因斯坦曾經檢查，牛頓公律必須再加何種變更，即可脗合於相對理論；結果發現在必須的變更裏，實含有三種新現象，爲牛頓舊公律所不知。換句話，就是自然界預備出三種

不同的方法，可以藉實地觀察以決定牛頓和愛因斯坦二人公律的去取。試驗的結果，總是贊助着愛因斯坦方面。

我們所謂引力公律，精確說來，不過是一種算學公式，說明一個運動物體的加速度——就是他變化運動速度的比率。牛頓的公律，顯然依據一種機械的解釋，以爲一個物體的運動，很像受一個與距離平方成反比例的動力，『把他拉開了他的直線運動』。（牛頓原語）因此，牛頓假設果真有這一種動力存在，就把他叫做『引力』。愛因斯坦的公律，卻不採取利用動力的任何解釋，甚至不採用任何機械的解釋——如果還有指明必要，這也足以證明機械的科學時代已成過去。但是後來發覺可以利用幾何學作成一種很簡易的解釋。一塊引力物質的影響，並不像牛頓所想像，能夠發出一種『動力』；他實在是能夠扭曲附近的四度連續域。運動的行星或棒球，不能再說是由於一種動力的牽引，卻是由於連續域的曲度，纔離開他的直線方向運動。

這種四度的連續域，在沒有扭曲以前，已經很難想像，自然更不容易想像他的扭曲情形，但是取一個兩度的面積，做爲比擬，卻很可據以類推。像球場和我們皮膚一類的面積，全是兩度的連續

體，場上的小土堆和皮膚上的小水泡，便可以比成因引力物質所生的扭曲。球在土堆下滾過時，離開他的直線方向運動，就好像一顆彗星或一道光線在太陽附近經行。宇宙間一切物質，對於這連續域所生扭曲，連合起來，便使這連續域曲轉，成一個密合的面積，因此空間乃成爲有限的空間，其種種結果有如前面第二章所述。

所謂空間和時間各爲獨立的實體，在這種宇宙裏已經消滅，同時各種引力也完全消滅，剩下的祇是一種畸形的連續域。十九世紀的科學，把宇宙歸納成兩種動力活動的場合——一種是引力，他們除去把我們身體和所有物保留在地面上外，並且負責支配天文學上的重要現象；一種是電磁力，他們負責其他一切物理現象，像光、熱、聲、合力、彈力、化學變化等等。現在引力既經在科學裏消滅，不由的便有人奇怪，爲什麼電磁力還能依舊存留，並且他們在這連續域裏究竟是何種情況。這個問題，現在雖然還沒有得到最後的解決，而這種電磁力或者終久要同趨於引力所走的途徑。威爾（Weyl）和愛丁頓，曾先後公表理論，把電磁力完全取消，企圖解釋一切物理現象全是這連續域所有奇怪幾何學的結果。不過這種理論會引起多數反對；最近愛因斯坦所擬製的同類理論，

也還在受人評估價值的時期。但是最後通行的無論是什麼理論，現在似乎很可以確定所謂電磁力，不久必要怎樣變成這種連續域的一種新畸形，與我們認為發生引力結果的，祇是幾何學上的主要不同，並沒有其他差異。假若要是這樣，宇宙全部乃化成一種空洞的四度空間，完全沒有物質，並且除去本身原有若干或大或小或密或疏的畸形外，再也沒有什麼特質了。

我們以前所謂能力的傳播，像日光從太陽到地面，現在看來，不過是這連續域裏沿着一道線一種皺紋畸形的連續，其所佔時間在地面上說是八分鐘，其所有長度在地面上說約為九千二百五十萬英里。我們現在知道，我們無從把他圖摹成什麼具體或客觀的東西在空間傳播，除非我們事先把這連續域客觀的分成空間和時間，但這正是不許我們做的一件事。

總結起來，相對理論所顯示予我們的新宇宙，要釋以習見的簡單物質，或者最好說是一個肥皂泡，表面上帶有若干畸形和皺紋。宇宙並不是肥皂泡的內部，而是他的表面。並且我們必須永遠謹記：肥皂泡的表面僅有兩度，而宇宙泡則有四度——空間的三度和時間的一度。至於吹成這泡的物質，肥皂膜，卻是空洞的空間再加上空洞的時間。

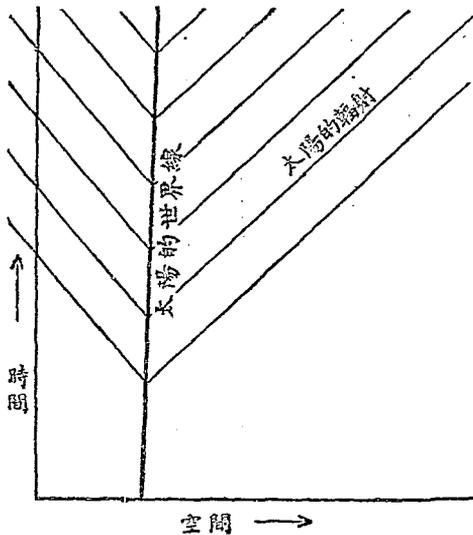
第五章 神祕的宇宙概觀

現代科學圖摹宇宙，說他像一個由空洞吹成的肥皂泡，我們且對於這肥皂泡，再加以比較詳密一些的研究。他的表面，有豐富的畸形和皺紋。他們可以分成主要的兩類：我們叫做放射和物質，據我們看，似乎就造成了宇宙。

第一類記號代表放射。所有的放射經行，全依照相同的一致速度，大約每秒鐘十八萬六千英里。假使前面第四圖裏的火車，依照每分鐘一英里的速度前進，那時他的速度可代表以一道純粹的直線，與垂直線正做成四十五度的角度。再陸續有若干火車，全依照每分鐘一英里的速度前進，就可以代表以若干與此線平行的直線。現在我們把速度標準從每分鐘一英里改到每秒鐘十八萬六千英里，並且把方向從倫敦到蒲利毛改到向空間的一切方向。結果前面的第四圖就變成了四度的連續體，而代表放射的，便成了若干道線，全與時間前進的方向做成同一角度（四十五度）。

第二類記號代表物質。他們在空間運動的速度，頗不相同，但是全小於光的速度。爲初步約略估計起見，我們可以把物質看成在空間靜止不動，僅與時間並進，所以代表他的直線，也和時間取同一方向。正如火車在第四圖所示的行程裏，如果到達某站停止，他的停止便須代表以一部分垂直的線。

代表物質的記號，時常有在這肥皂泡表面上做成寬帶的趨勢，很像布幕上所畫的寬色條。這因爲宇宙裏的物質，多傾向聚集成較大的質量——例如星球和其他天體。這些寬帶，通常叫做『世界線』(World Lines)。太陽的世界線，可以隨時定出太陽在空間的位置。第五圖便是代表這種情形。



第五圖 空間和時間裏太陽的運動和放射圖解

一根粗繩既是多少細絲所合成，像太陽那樣巨大的物體，他的世界線，實爲無數的較小世界線所造成。那就是造成太陽的個個原子的世界線。太陽吸收了一個原子，便有一根細絲進入大繩；太陽放出了一個原子，便有一根細絲離開大繩。

我們可以把這肥皂泡的表面，想成一架帷幕，他的扯線便是各種原子的世界線。祇要原子永久不可毀滅，這些原子線便可依照時間的方向參加全部活動。但是原子如果偶有破滅，這些世界線便有的突然中止，在破裂處發生出放射的世界線來。假使我們隨着這帷幕的時間方向前進，可以看出他的扯線，永遠在空間變換，因之也改換了他們彼此間的相對位置。而這種紡織的配置，又似乎使他們不得按照某種固定規則，若是進行。這種規則，便是我們所說的「自然公律」。

地球的世界線，是一根比較細小的繩。其中有若干小股，代表山嶺、樹林、飛機、人體等等，以合成地球全部。每一股更含有許多細絲——他所含原子的世界線。代表一個人體的一個小股，與其他各小股，並不能看出什麼主要的差異。他對於其他小股說，運動不如飛機自由，但是較一棵樹自由。他像樹一樣，起初時很小，因爲繼續從外界吸收原子（食料）而逐漸增大。他所含有的原子，與其他

他原子並無主要的差異；實則造成山嶺、飛機、樹林的，也全是與此正相類似的原子。

不過代表人體所含原子的細絲，更有一種特別的能力，可以傳送印象，經過我們的感覺達到我們的心。這些原子可以直接影響我們的意識，而其他一切原子，僅能藉着這些原子，間接影響我們的意識。我們要解釋意識，最簡單是把他看做在這範圍以外，僅能藉着我們身體的世界線，纔和他接觸。

你的意識，必須沿着你的世界線，纔可接觸這個範圍；我的意識，也必須沿着我的世界線；餘類推。這種接觸所生的結果，原本就是時間經過的一種結果；我們覺得好像被牽引着，沿着我們的世界線前進，以經歷他上面的每一點，那就依次代表我們在每一時間的狀況。

所謂時間，也許從一起初到最末尾全部擺在那裏，但是我們能接觸的祇是其中的一刹那，正好似自行車輪祇能接觸地面的一點。所以威爾有言，事情並不發生，祇是我們碰着他們。或者更可以引柏拉圖 (Plato) 在二千三百年以前，在所著 *Timaeus* 一書裏的話：

「過去和將來，是人造的兩類時間，我們無意中把他們歸入永久真理，實屬錯誤。我們說『過

去是，「現在是，」「將來是，」其實祇有「現在是」能夠有正當的用途。」

在這種情形裏，我們的意識，可以比做一隻蒼蠅在一個正經過這畫圖表面的布簾裏所有的意識；全圖雖然擺在那裏，但是蒼蠅僅能享受正與圖畫直接接觸的一刹那，不過他也許記住剛過去的一部分圖畫，並且也許就因此自以為能藉此圖摹面前未見的圖畫。

或者再說，我們的意識，也可以比做一個畫家的手指，在持筆繪製未完圖畫時的感覺。如果這樣，那麼要影響未來待完成圖畫部分的印象，就不祇是一種純粹的幻覺。在現今，科學還不能告訴我們我們的意識究竟怎樣瞭解這個圖畫；他所注意的，主要在這個圖畫的性質。

我們已經說過，所謂以太，以前會假設彌漫於宇宙全部，現在已經成了一種抽象的觀念，不過是空洞空間的一種架格，不過是一個肥皂泡的空間度數，而肥皂泡的膜，又是空虛所造成。以前假設在這以太裏經過的波浪，也變成不過一種抽象的觀念；他們祇是時間在這肥皂泡上所切斷面的皺紋。

這種抽象的性質，在早先認為物質的「以太波浪」裏，要遇到造成一個電子的波浪，情形尤

爲深刻易見。爲便利解釋普通放射現象——例如說日光——我們所用的『以太』實有空間的三度再加上時間的一度。所以我們敘述組成一個在空間隔離的電子的波浪，所用『以太』也有這些度數。這種以太也許就是那種以太，也許不是，但是他們全一樣有空間的三度和時間的一度。不過單一個電子在空間隔離，實是一個完全無事件可述的宇宙，在可想到的範圍內，最簡單的事件便是兩個電子相遇。波力學爲用最簡單辭句以敘述兩電子相遇後所生的情況，乃要求一種以太裏必須有七度的波浪，那就是兩個電子各有三度另外再加上時間一度。要敘述三個電子的相遇，我們就必須有十度的以太——那就是空間九度（還是每個電子有三度）再加上時間一度。要不是因爲最末後時間的一度，把其餘各度黏合在一起，那些電子就會各自在互不交通的三度空間裏各自獨立存在。這樣，時間好像一種灰漿，把物質的磚黏合在一起；要在精神方面，又像萊佈尼茲 (Leibniz) 的『無窗單體』(Windowless Monads) 被普遍心理所黏合。或者爲更接近實際起見，我們可以把電子當做思想的實體，把時間當做思想的作用，也未嘗不可。

據我看，多數物理學家要以爲波力學圖摹兩電子相遇的七度空間，純粹屬於虛構；因此各電

子所附帶的波浪，也必須視為虛構。是以叔定格教授（Prof. Schrödinger），在提到七度空間時曾說：

『他雖然有一種十分確定的物理意義，但是不能就說他在普通意義的以太裏存在。他祇是對於事件發生的一種方便算學敘述。所以就是專就一個單體電子說，縱然形象空間和普通空間恰好於此一點脗合，也不能固執的說波動一定存在。』

不過我們很難明白，如何竟能對於這組波浪，比另一組便賦予較低的真實程度。要說一個電子的波浪是真，幾對電子的波浪是假，那就未免慌謬。而各單個電子的波浪，竟真的能够把他們自己記載到照像片上，成為種種圖形。我們為獲得一致起見，惟有假定一切波浪，無論是兩個電子的，或一個電子的，或湯姆森教授用照像底片記載的，全有相等的真實或不真實程度。

有些物理學家，為應付這種情勢，把電子波浪看成或能性的波浪。當我們說到潮浪，我們是指着一種物質的波浪，遇着什麼便把什麼漬濕。我們要說到熱浪，所指的雖然不是物質，但是能變熱經行所遇的一切東西。不過報紙上要提起一種自殺的波浪，他們卻不是說凡遇着這波浪的人就

要自殺，他們祇是說這個人的自殺增加了可能性。假使一種自殺波浪經過倫敦，那裏的自殺死亡率就會增高；假若他經過魯濱孫的荒島，這唯一住民的自殺可能性就會增高。有人提示，代表一個電子的波浪，也許是或能性的波浪。他在任一點的強度，就表示電子在那一點的或能性。

於是湯姆森教授的照像底版上，每一點的波浪強度，就代表一個分離電子打擊那一點的或能性。假使分離的是一羣電子，那時全數所打擊的一點，自然和一個電子打擊此點的或能性，成爲正比例，於是照像底版上的黑暗部分，便表示每一個電子的可能性。

這種主張有一樁重要的好處，便是他使電子仍就保存着本像。假使電子波浪要是真正的物質波浪，那麼每一組波浪勢將被實驗分散，而區分出的一道內也不會有這種荷電的徽子。其實，遇見任何物質也將把電子分裂，電子就不能被認爲堅固的構造。而事實上區分出來的，當然是一羣而不是一單個的電子；單個的電子仍舊是徽子，不會失掉他的本象。

所有這些，全脗合於前面所說海森堡的『不能確定原理』，因之更永遠不能斷言：『一個電子是在這裏，正在這一點，並且正按照每小時幾多英里的速度運動。』這與前面提到的狄萊克普

通原理，也還一致。但是就祇這兩個原理，也確定不了電子的全部本性。

海森堡和鮑爾曾經提示：這些波浪，必須被認為祇是代表我們對一個電子或能狀況和位置所有知識的一種符號。如果這樣，我們的知識變更，他們也必隨之變更，因之乃帶有大部分的主觀性質。所以我們幾乎無須想像波浪真個在空間和時間裏存在。他們祇是一種算學公式的景象，性質雖然是波動，但是完全屬於抽象方面。

此外還有一種更強烈的可能性，係出於鮑爾的提示，他說自然界最細微的現象，簡直不容許在空時構造內的任何表現。根據這種主張，相對理論的四度連續域，祇能適合於自然若干種現象，其中含有大規模的現象以及自由空間的放射現象。至於所有其他現象，勢必走到這連續域以外，纔能設法表現。例如，我們曾假設意識是這連續域以外的什麼東西，並且說過為圖摹兩個電子的相遇最簡單是在一種七度的空間裏面。我們可以想像完全在這連續域以外發生的事件，就可以決定我們在連續域以內所謂『事件的途徑』（Course of Events）並且自然界表面的不能決定性，也許是因為我們把在較多度發生的事強迫到較少的度裏。例如，試想像一種沒有眼的爬

蟲，他的識覺祇限於地球表面的兩度。這時地面上忽然一塊塊的變濕。在我們有三度識覺的人，把這種現象叫做『陣雨』，並且知道在第三度空間的事件，可以單獨絕對的決定；那幾塊要變濕那幾塊照舊乾。但是這種爬蟲更不知道空間的第三度存在，企圖把自然界全部擠到他們的兩度構造裏面；他們一定無法決定濕點和乾點的分配狀況；而爬蟲科學家惟有用或能性以討論各小面積的或濕或乾。結果也許就要承認是最後的真理。現在時機還未成熟，不能下任何判斷；但是據作者個人看來，這實是一般情況最有希望的解釋。正好像一個三度實體的影投射到牆上，便變成了兩度；所以在空時連續域裏的現象，也許是四度以上空間的實體在四度空間裏的投影。因此時間和空間裏一切現象，也不過是若干神祕影像往來變化罷了。

也許有人反對，說我們過於重視了波力學；因為波力學到底祇是一種算學的說法，其他無數種算學說法，或許能一樣應用，那時所得結論，也許就完全不同了。

所謂波力學的說法，當然不能被認為獨一無二。其他系統，有的同時存在，最著的便是海森堡和狄萊克的學說。不過他們所說，主要的還是同一件事，通常祇是說法不同，或者往往更加複雜。就

現在已有學說，能夠簡單解釋事物的，能夠近似自然實際的還沒有一種比的上佈羅利和叔定格二氏的波力學。根據折光環等照像底片，自然界的基本計劃顯然有波長固定的波浪，而這些波浪正是波力學的中心概念，至於在其他學說裏卻祇像牽連很遠的副產物。再說，波力學正因為他原有的簡單性，已經證明有直達自然界祕密的能力，為他種學說所不及，因此他種學說已全有逐漸落後的情勢。要變更我們的比喻，可以說把他們當做一種架格，已經很可寶貴，但是要在上再加些什麼，卻也傾向很少。

這樣，假使我們要把注意點集中在一個圖景，那麼我們選擇波力學呈獻的一種，似乎也不無理；不過在事實上無論海森堡或狄萊克的學說，也一樣把我們引到大體相同的結論。至於主要事實，則為現今科學對於自然所成的圖景，似乎僅能與觀測事實相符合的，完全是算學的圖景。

大多數的科學家自將承認他們祇於是一種圖景——或者也可以說他們是一種神話，祇須涵義是指着科學還不曾接觸最後的實體。多數人還要以為：如果根據廣義的哲學觀點，二十世紀物理學的最重要成就，並不是相對理論以及他對於時間和空間的連合，也不是量子理論以及他

對於因果公律的顯然否認，也不是原子的分割乃至發現事物真象未必同於表面狀況，實在是一般人全承認我們還不會接觸到最後的實體。要引用柏拉圖的著名比喻，就是我們依舊被禁在我們的洞穴裏面，後背向着光，祇能看見照在牆上的陰影。就現在說，科學的當前工作，便是研究這些陰影，並且用最簡單的方法，把他們加以分類和解釋。而照我們所能見的，在全部新知識的潮流裏，能夠解釋他們比較清楚的，比較完全的，比較自然的，再也沒有過於算學的方法，那就是用算學概念做成的解釋。所以伽利略說：『自然的偉大書籍係用算學的語言寫成。』雖然他的原意與今略異，確是一句不錯的話。甚至我們可以說：一個人要不是算學家，簡直就不必希望完全瞭解論述宇宙基本性質的幾種科學——相對理論，量子理論和波力學。

實體投射在我們洞穴裏牆上的陰影，原來也許有多少不同種類。他們對於我們也許完全沒有意義；就好像講室裏映着說明微細纖維生長情形的影片，對於偶然進來的一隻狗，同樣毫無意義。其實我們的地球，在全部宇宙裏，既然渺小的不可比擬，而照我們所知，人類在全部空間又是唯一的有思想生物，從各方面看來，在宇宙全部計劃裏全佔有偶然而極不重要的位置，所以宇宙全

部如果原來有麼什麼意義，也未必不完全超過我們地面上的經驗，因此爲我們完全不能瞭解。照此而論，我們簡直找不到任何門路，可藉以探索宇宙的真正意義。

不過實際情形雖是大半如此，可是投射在我們洞穴牆上的陰影，也未必不能有若干能够提示出物體和作用，爲我們洞穴裏所向來熟悉。一個降落物體的陰影，行爲同於降落物體，因此使我們想起自己使降落的物體；我們不免就想用力學去解釋這一類的陰影。前一世紀的機械物理學，便是起源於這種情況。這些陰影，更使我們以前的科學家，想到了膠質，想到了陀螺，想到了撞槌，想到了齒輪，因此，他們把陰影誤看成事實，纔以爲所見的是一個膠質以及多少機械構造的宇宙。現在我們知道，這種解釋非常不能合適，他甚至不能解釋最簡單的現象，殊如日光的散播，放射的構造，蘋果的降落，以及電子在原子裏面的旋動。

再說，日光下一組棋客下棋的陰影，也足使我們想到在自己洞穴裏所從事的棋戲。我們更時時發覺各個棋子的動作，與我們所習知的極相類似，甚至無法認爲機會的偶合。於是便不能再把外界實體，想成一架機器；他的細微作用也許帶有機械性質，但是在基本上總是一種思想的實體。

我們應當承認外面日光下的棋客，也想像我們心理一樣的心理支配；我們應當在永遠不會直接觀察過的實體裏面，尋找和我們思想對稱的什麼東西。

等到科學家研究現象的世界，自然在我們洞穴裏牆上所投射的陰影，他們並不覺得這些陰影完全難於索解，所代表的也不像是完全不知或不熟慣的事物。據作者看來，更好像我們能認出日光下的棋客，很熟知我們在洞穴裏所製出的遊戲規則。要去掉比喻直說，就是自然似乎很熟知純粹算學的種種規則，與算學家在研究室從自身內部自覺而無何引用外部世界經驗所造出的，正相類似。所謂純粹算學，係由純粹思想，純粹理性完全在其自身範圍內活動所創造的算學；至於在另一方面的應用算學，則係先把外部世界幾種假設特質當做原料，然後從事於推論外部世界。笛卡兒（Descartes）曾努力尋找純粹思想的產物實例，完全不受實際觀察的影響，結果乃選定一個三角形的三個角度相加必等於兩個直角的事實。我們現在知道，這是一個特別不幸的選擇。其他遠不易引起反對的選擇，還有許多，例如：或能性的公律，虛數（含有負數平方根的數目）處理的規則，或多度幾何學等。所有這些種算學，全是算學家利用抽象思想所創製，實際上不會受接

觸外部世界的影響，也不會借助於什麼經驗。他們組成純粹智慧所創造的一個獨立世界。

現在發覺那些陰影，我們視為蘋果墜地的，潮汐漲落的，原子裏電子運動的，其原來產生者，似乎全很熟悉這些純粹算學的概念，熟悉我們的下棋規則，而我們造成這些規則時，還不曾發現這些牆上的陰影，也在那裏下棋遊戲。

我們要企圖在這些陰影以後，發現實體的本性，就立刻知道對於事物基本性質的討論，如果不有一種特殊的標準隨時比較，必無結果可言。因此，陸克（Locke）所謂『物質的真正精華』將永遠不能知悉。我們祇能討論支配物質變化的公律，乃至產生外部世界的現象，以逐漸推進。並且能夠用我們自己心理的抽象創造，以比較他們。

例如一個耳聾的工程師，要研究一架鋼琴的動作，第一步必要打算把他解釋成一個機器，但是看見他的琴錘運動，屢次重複1,5,8,13 幾個間隔，便由不得發生困惑。至於一個耳聾的音樂家，雖然聽不見什麼，卻立時能認出這些數目的連續，是代表第一和弦中的各音程，其他比較少見的連續，是代表其他音樂音節。因此他發覺他自己的思想和製造鋼琴者的思想，彼此互相連貫接近；乃

以爲這是一個音樂家的思想所創製。同樣，科學研究宇宙作用的結果，雖然僅能得粗淺而十分不適當的結論，那是因爲我們祇能用地面上概念和經驗所生出的語言所致，總結起來，卻可以說宇宙的規劃創製者是一個純粹的算學家。

這種說法，一定難免引起反駁，說是由於我們有意造做自然，使他合於我們預存的成見。例如音樂家也許過甚注意音樂，乃致把任何機械構造，全解釋成音樂的器具。他也許過甚習於把一切間隔全想成音樂間隔，乃致他從樓上跌下來，經過第一、第五、第八、第十三各層樓梯，一樣能看出裏面有什麼音樂。同樣，一個立方派的畫家，在豐富莫名的自然界裏，祇能看見若干立方體——從他所繪圖畫的不現實性，就證明他離着瞭解自然尚遠；他的立方派眼鏡，簡直是一種眼罩，使他僅能看見四周偉大宇宙的微細一部分。所以算學家也可以說是帶着他自己製成的算學眼罩去觀察自然。我們更可以想到康德，曾經討論人類對於自然界的各種可能認識，結論認爲最容易的傾向是用算學眼鏡去看自然。正如同一人帶着藍色眼鏡祇能看見一個藍色的世界，所以康德以爲人類因爲智力方面的偏向，纔有祇能看出一種算學世界的趨勢。如果真是這樣，我們的論證是否祇

於實證這種陷阱呢？

祇須略加思考，就不難看出這實不足代表全部情形。對於自然的算學新解釋，實在不能完全在我們的眼鏡裏面——在我們對於外部世界的主觀看法裏面；因為如果要在裏面，我們應當早已看見。人類心理的性質和作用，在一百年前和在現今大體相同。現在科學觀點的偉大變化，由於科學知識的廣博進步，並不由於人類心理的什麼變化。我們在外部客觀世界裏，發見許多以前不知道的新東西。遠古的學者，會利用自己所創造的神人同形說法，以解釋自然，結果宣告失敗。後來的學者，又努力依照工程學的說法，以解釋自然，結果證明一樣的失敗。可見自然不肯把自己適合於人造的模型。在另一方面，我們利用純粹算學概念以解釋自然，直到現今，還祇有可觀的成功。看起來似乎已經能確定純粹算學的概念，較諸生物學和工程學的概念，不知怎樣實在有更為密切的聯絡，並且即使算學解釋不過是第三個人造的模型，而他的適合客觀自然，至少也遠佳於以前試驗過的兩種模型。

在一百年以前，科學家正試驗用力學解釋世界，那時沒有一個聰明人敢公然斷定力學的主

張，最後必不能合適——現象的宇宙除非投射到純粹算學的帷幕上，將不能有任何意義；假使能有這種含義的動聽論證，科學上一定可以免去許多沒有結果的工作。假設現在的哲學家要說：『你所發見的並沒有什麼新奇；我早能告訴你必須永遠是這樣。』科學家自然可以反問：『那麼你爲什麼早先不說，好使我們尋求有真正價值的知識呢？』

我們的辯證，現在所謂算學性質的宇宙，較諸康德所審議或可能審議的，其意義實不相同——簡單說，現在算學的進入宇宙，是從上面而不是從下面。

在一種意義下，可以說任何事物全帶有算學性質。算學的最簡單形式是算術——數和量的科學——幾乎瀆透了生命的全部。例如商業，其所含大部分爲記帳、稽查等算術工作，在一種意義下可以說是一種算學的職業——但是現在說宇宙帶有算學性質，卻不是依照這種意義。

再說，每個工程師總多少是一個算學家；因爲他要計算並且預測物體的行爲，欲期精確，必須應用算學知識，並且用算學的眼光去看他的問題——而科學看宇宙帶有算學性質，也不是這種意義。工程師的算學，異於店主的算學，祇是內容比較複雜。終久不過是一種計算的工具，不過對象

從貨品利潤改到動力變化和電流罷了。

在另一方面，浦魯塔（Pitarch）曾經記載柏拉圖慣於說上帝永遠是幾何化（Πλάτων ἐκεῖν τὸν θεὸν αἰεὶ γεωμετρῶν）——並且寫了一段虛構的談話，討論柏拉圖這句話的意義。他這句話和我們說銀行家永遠是算術化，顯然有不相類似的意義。在浦魯塔所給予的說明裏，曾有柏拉圖說幾何學可以限制其他方法不限制的東西，又說上帝創造宇宙是根據五種有規則的固體——他相信地水火風四種微子的形式，是六面形、八面形、三面形和二十面形，而宇宙自身則爲十二面形。此外，柏拉圖更相信日月行星的距離係「依照雙重間隔的比例」，其意爲整數的排比，總是二或三的指數，即一、二、三、四、八、九、二十七。

假使這些討論到現在還存留多少效力，那便是第一部分——相對理論的宇宙所以有限，就因爲他帶有幾何性。至於四種原質和宇宙如何與五種有規則固體發生關係，自然是一種空想的觀念。而日月行星的真正距離，也與柏拉圖的數目，絕對沒有什麼關係。

柏拉圖以後兩千年，又有凱普勒（Kepler），曾費去許多時間和精力，研究行星軌道的大小，

如何關連於音樂間隔和幾何構造。或者他也希望發見排佈行星軌道的，是一個音樂學家或幾何學家。有一個簡短時間，他相信已經找得軌道的相互比例，如何關連於五種有規則立體。如果這種假設的事實，會為柏拉圖所知，那麼他對於說神有幾何學偏好，將自此有如何一種證據。凱普勒自己這時會寫下這樣一句話：「從這個發現裏我所得到的濃厚快樂，將永遠不能用語文表示出來。」現在幾乎不必說這個偉大發現，到底證明是一種錯誤。在我們現代的心理，將立時認為可笑，加以棄絕。我們簡直不能想像太陽系統是一件完成的東西，從創造者造成一直到現在完全相同；我們祇能想他是逐漸變化演進，從他的過去自決他的未來。但是如果我們能把思想暫時回到中世紀的狀況，並且想像凱普勒的猜想竟自合於實際，那時他自然可以據此推斷出什麼結論。他在宇宙裏所發見的算學，將較多於他放在宇宙裏面的算學，並且他能够很合理的主張：宇宙裏除去含有他用以發見宇宙計劃的算學以外，還有本身原具的多少算學。要用神人同形的說法，他更可藉着他的發現，主張設計宇宙的是一个幾何學家。他更無須顧及別人批評，說他所發見的算學本來就在他的算學眼鏡裏面；正如同一個釣魚的人，用小魚為餌釣上一條大魚以後，不必關心別人批評

他說：『是的，但是我看見你自己曾經把魚放在那裏。』

我們再舉一個實例，年代較近，所含的想像成分也較少。距今五十年前，會有許多人談到與火星交通的問題；那時打算使火星上假設的人注意到地球上住着有思想的生物，但是難點卻在找出雙方全能瞭解的一種言語。就有人提示，最適當的莫過於純粹算學的言語；於是更建議在撒哈拉沙漠地，用強烈火光連成幾道直線，做成代表關塔果拉斯（Pythagoras）定理的一個圖形，就是在一個直角三角形裏，兩個短邊上的正方形面積相加，正等於其餘一長邊上的正方形面積。這種符號，對於火星上多數居民，將無任何意義；但是以為火星上如果有算學家，一定可以看出這是算學家的工作。要是這樣一作，自然不許別人說他們在一切事物裏全看見算學。據作者看來，這種情形，經過相當更正後，很類似外部實體世界的符號，投射到我們被拘禁的洞穴裏面牆上所成種種陰影。我們不能解釋這些陰影是任何生物或機器所投射的，但是純粹算學家卻認識他們所代表的觀念，正是自己在研究室裏早已熟悉的觀念。

如果我們在宇宙構造裏所發現的純粹算學概念，僅僅是我們在發見宇宙作用時所用應用

算學概念的一部分或引伸推論而來，我們自然不能據此做成任何推論。因為那祇是證明自然界的作用確昭合於應用算學的概念，而這種概念，原來本是人類為適合自然作用而造成，所以無任何結果可言。因此，還可反對說：就是我們的純粹算學，事實也不足代表我們自己心理的創造，或許竟代表根據久忘或下意識記憶對於瞭解自然界工作的一種努力。如果這樣，那便無怪乎自然界的作用要昭合於純粹算學的公律了。我們自然不能否認純粹算學家工作所用的概念，有幾個是取自他對於自然界的直接經驗。一個最明顯的實例，便是量的概念；不過這種概念，性質非常重要，如果把他全部排除，簡直無從想像任何種自然界的計劃。還有其他概念，至少也略有借助於經驗；例如多度的幾何學，顯然便發生自對於三度空間的經驗。不過純粹算學的比較複雜概念，要是果真從自然作用所移植，那必定埋藏的很深，直在我們的下意識心理裏面。就這一種辯難的可能性，確乎不能完全去掉，不過要說像有限彎曲空間、擴大空間一類複雜概念，竟自由於對實際宇宙作任何種不自覺或下意識的經驗，終於走進了純粹算學，卻也十分不易令人相信。無論如何，似乎總可以說自然和我們自覺的算學心理，是依照相同的公律發生作用。這樣說，自然界的行為，不依

照我們的想像和情感，也不依照我們的筋肉和關節，卻依照我們思想心理的行為。無論是我們心理把他們的公律印到自然界，還是自然界把他的公律印到我們的心里，這一點總不錯誤；即此已足使我們有理由想像宇宙是一種算學的設計。要再回到以前我們所用的神人同形說法；就可以說我們會經討論宇宙是一位生物學家或工程學家所創造，結果全不滿意；現在這位偉大的宇宙建築師，就他的創造物本身證明，正好像一個純粹的算學家。

據作者個人的意見，頗感覺這種思想，雖然因為地面語言限於地面經驗，不能用語言精確說出，確可以暫時使他推進一步。地面上的純粹算學家，並不顧物質的東西，祇注意純粹的思想。他的創造，不祇由思想創出，並且祇含有思想，正如同工程家的創造，祇含有機器一樣。現在證明要瞭解自然，最基本的概念，便是一個有限定的空間，一個空洞的空間，於是差異點完全在空間自身的性質上面；四度、七度以至再多度數的空間；永遠漲大的空間；由於或能性公律而不由於因果律排列的事件順序；或者說一種事件的順序，必須到時間空間以外纔能從事完全一致的敘述——所有這些概念，就作者個人看來，完全是純粹思想的構造，在任何意義下，也不能正當的認為物質。

例如，一個人的著作或演說，要論到空間的有限性，最習聞的反對，便是說有限空間的概念，既然自身矛盾並且毫無意義。他們說：如果空間有限，那一定可以走到這有限空間以外，那時所見除去又是一部分空間以外，還能有什麼？這樣陸續推展無已，就可以證明空間不能有限。再說，空間要真是正在擴大，究竟擴大到什麼裏面去，自然是擴大到另外一部分空間裏去。因此證明擴大的祇是一部分空間，就全體空間說還是不能擴大。

二十世紀的批評家，凡是發表這種評論的，還全是具有十九世紀科學家的心理狀況；他們預先假定宇宙必須能容許物質的表現。作者以為，如果我們承認他們的前提，就必須承認他們的結論——那麼我們現在所論便毫無意義——因為他們的邏輯，並無漏洞可尋。但是現代科學，決不能承認他們的結論，在任何代價下也堅強主張空間的有限。因此，對於我們批評家在不知不覺間預先定下的假設，也必須一概擯斥。宇宙並不能容許物質的表現，他的原故，就作者想，是因為他變成祇是一種知識上的概念。

作者以為，這種說法，可以一樣應用到其他比較專門的概念，最顯著的是所謂『除外的原理』

(Exclusion Principle) 其含義似乎有『在一距離外發生作用』，彙括時間與空間——好像每一部分空間盡知其他遠隔部分的活動，因之也依照發生作用。就作者看來，自然界所依照的公律，較少令人想到機器於運動時所依照的公律，實較多令人想起音樂家作追逸曲(Fugue)時或詩人作短歌(Sonnet)時所依照的公律。電子和原子的運動，與其說像一架機車裏的機件，還不如說像一個舞團裏的舞客。並且『物質的真正精華』果然永不可知，這種舞團的跳舞，究竟是在實際生活的跳舞廳裏，還是在放映的電影裏，還是在描寫的小說裏，那全將不關重要。如果一切竟是這樣，要描摹宇宙，雖然還很不完善，很不合適，最好的方法，還莫若說他是含有純粹的思想；至於思想的主人，我們因為沒有意義再廣的名稱，祇好說是一個算學的思想家。

於是我們就引到心物關係問題的中心。在渺遠的太陽裏面，因為原子的擾動，使他放出光和熱。這種放射的一部分『在以太裏面經行』八分鐘以後，纔達到我們的眼，在眼的網膜裏引起一種擾動，纔沿着光的神經，達到我們的腦。這時心理認識他是一種感覺；因之發生思想作用，結果譬如說就許是關於日落的詩人思想。好像有一種聯續的繩索，從A、B、C、D，直到X、Y、Z，把代表詩

思的A——經過代表思想心理的B，代表腦筋的C，代表光神經的D，等等——直聯到代表太陽上原子擾動的Z。思想A是遠離擾動Z的結果，正如同鈴聲是扯引鈴繩的結果。我們能够明瞭扯引一條物質的繩，如何能使一個物質的鈴發聲，因為中間有一種連續的物質媒介。但是要明瞭一種物質原子的擾動，如何就引起詩思的發生，就不如那樣容易，因為雙方的性質是這樣完全的不同。

因為這個原故，笛卡兒主張心和物簡直沒有聯絡的可能。他相信他們是兩種完全不同的整體，物的精華是在空間的延展，心的精華是思想。因此又使他主張宇宙間有兩種各不相同的世界，一個心的世界，一個物的世界，各沿着獨立而平行的途徑前進，永遠不能相遇。

巴克萊(Berkeley)和一般唯心派的哲學家，同意笛卡兒的說法，以為心和物如果有基本性質的不同，就永遠不能相互發生作用。但是他們主張，心與物不斷的發生相互作用。因此他們認為物的性質必須同於心的性質，要用笛卡兒的說法，就是物的精華必須不是延展而是思想。要再詳細一些，他們主張原因與所生的結果，性質必須主要相同。如果在我們的連索上，B產生了A，那時

B與A必須主要性質相同，再說C與B相同，如此推衍無已。所以Z與A也必須主要性質相同。而在這種連索上，我們能有任何直接知識的，祇是我們自己的思想和感覺，A、B；至於其他渺遠的X、Y、Z等，惟有藉着推論纔知道他們的存在和性質。巴克萊主張不知道的渺遠的X、Y、Z，必須與已知的較近的A、B，性質相同，所以他們必須是思想或觀念的性質，因為「歸總說來，能够像一個觀念的，除非也自身是一個觀念。」不過一個思想或觀念，如果沒有一個心盛着，卻也不能存在。我們可以說，一件東西當我們發覺他的時候是在我們心裏存在，但是這不能說明在我們未發覺的時候這東西也是存在。例如說冥王星（Pino），在人類心理未想到許久以前，早已存在，並且早已把他自己照射在像片底版上，許久不會被人眼看見。巴克萊想到了這些，纔又假設出一種「永存的生物」（Eternal Being），一切物體，全部存在他的心裏。於是他便用下面所引莊嚴響亮的辭句，綜述他自己的哲學：

『所有天上的歌曲以及地面的陳設，總一句話，凡是造成世界偉大骨幹的一切物體，如果沒有心，就沒有任何實質……如果他們不會被我覺察，或者不存在我的心裏，或其他任何被創造的

生物的心裏，他們或是未嘗存在，要不然就是存在一個永有的心靈裏。」

據我看來，現代科學似乎沿着一種絕不相同的途徑，也達到一種與此並不完全相異的結論。生物學研究這個連索的最前幾節A、B、C、D所傾向的結論，似乎是說他們有相同的普遍性質。這種結論偶然有一個比較固定的形式，便是說生物學家既然相信C和D是機械的和物質的，所以A和B也必須是機械的和物質的。不過要把形式反轉過來，說A和B既然是唯心的，所以C和D也必須是唯心的，這至少也有相等的理由。至於物理科學，則不甚顧及C和D，直接進而到連索的較遠一端，他的工作是研究X、Y、Z的作用。而他所得的結論，據作者看來，似乎是提示連索的末尾幾節，無論我們說宇宙的全體或是原子的最內部構造，總是與A和B具有相同的性質——那就是純粹思想的性質；我們也被引到巴克萊的結論，但是我們的出發點卻在另外一端。就因為這個，我們纔最先達到巴克萊三種互換說法的最後一種；其餘兩種，比較起來，乃全不關重要。所謂各種物體，究竟是否「存在我的心裏，或其他被創造的生物的心裏」已經不關重要；他們的客觀性，完全由於他們存在「一個永有的心靈裏。」

因此也許有人想到，我們是在這裏提議完全取消所謂唯實論，並且另外建立一種徹底的唯心論。不過據作者看來，這種說法，未免把這件事情說得太籠統了。如果「物質的真正精華」到底在我們的瞭解範圍以外，那麼唯實論和唯心論的分界，自然也很模糊，不過代表過去一種信仰的殘餘，以為唯實論就是機械論。客觀實體的存在，是因為有些東西，按照相同方法，影響你和我的意識，如果我們定要標示他們是「實在的」或「理想的」，那便超過我們所有的權利以外。據作者想，真正的標示，還是「算學的」，不過必須使這名辭代表純粹思想的全部，並不限於專門算學家的研究。這種標示，並不含有事物的真正精華是什麼，祇於說一些他們的怎樣行爲。

我們所選定的標示，自然不會把物質歸在幻覺或夢想的範圍以內。物質的宇宙，還和以前一樣的有實質。作者以為這種說法，科學思想或哲學思想無論發生什麼變化，總不致有什麼改換。

因為所謂實質，是一種純粹的知識概念，用以測量物體對於我們觸覺的直接影響。我們說一塊石頭或一輛汽車有實質，而一個回聲或虹彩沒有實質。這個名詞的通常界說，便是這樣。要說因為我們現在使他們聯合於算學公式和思想，或在空洞空間裏扭曲，而不使他們聯合於多少堆堅

硬微子，那便使他們失去了實質，或竟減少了原有的實質，那將不祇是應用名辭的矛盾，簡直毫無意義可言。傳言約翰孫博士（Dr. Johnson）對於巴克萊的哲學，曾經表示主張，先把腳向一塊石上一踢，說道：『不對，先生，我就這樣否認他。』這個小小的實驗，對於他想要解決的哲學問題，自然沒有絲毫關係。他不過證明物質的有實質。其實，科學無論怎樣進化，石塊終久是有實質的東西，因為我們對於實質的界說，便是用石塊一類的東西，作為所根據的標準。

曾有人提示，約翰孫也許真個能推翻了巴克萊派的哲學，如果當時他所踢的不是一塊石頭，而是一項草帽，草帽下面再有頑童偷偷的放過一根刺。我們聽說：『驚奇的成分便足以證明外界的實在；』並且『第二個證明，便是變化裏的永遠不變——你自己記憶的永遠不變和外界的變化。』不過這裏否認的，祇是不能說：『所有這些祇是我自己心的創造，並不存在別人的心裏；』其實我們在生活中無論作什麼，也不免證明這種說法的錯誤。不過一個普遍大心的概念，那時你的心，我的心，作驚的心，被驚的心，全是這普遍心所含的單體或附屬物，所謂驚奇和普通新知識的辯難，便全無能為力了。每一個腦細胞，自然無從遍知經過全腦的一切思想。

不過我們雖然沒有一個特別的標準，用以測量實質性的大小，仍舊可以說兩件東西有相同或不相同的實質程度。假使我在夢中用腳踢一塊石頭，或者也許覺得腳痛而醒轉過來，發覺我夢中的石頭完全是我自己心的創造，由於腳部神經衝動而促成。這塊石頭，很可以例證屬於幻覺或夢想的一類，要和約翰孫所踢的石頭比起來，自然實質較少。一個人的心的創造，比一個普遍心的創造，要說實質較少，也很有相當理由。同樣，更必須區分我們在夢中所見的空間和日常生活的空間，後者因為對於我們彼此全同，所以是普遍心的空間。對於時間也是一樣，醒時的時間，對於我們彼此全是一樣的流走平勻，那是普遍心的時間。再說，我們還可以想像，在我們醒時各種現象所融合的公律，也就是自然公律，正是這普遍心的思想公律。從自然界的齊一性，就可以看出這種心的齊一性了。

這種把宇宙當做純粹思想的概念，使我們於衡量現代物理學時所遇到的許多情勢，全獲得新的解釋。現在我們可以知道，宇宙間一切事件發生所在的以太，怎樣就能歸納成一種算學的抽象理論，其所帶抽象性和算學性，簡直可以比成緯度的平行線和經度的子午線。我們也可以看出，

爲宇宙間基本實體的能力，怎樣也逐漸被視爲一種算學的抽象理論——一個微分方程式的積分極量罷了。

這種概念，自然含有一種現象的最後真理將括於他的算學敘述裏面；祇要這裏面沒有什麼缺憾，我們對於這個現象的知識，就算完全。如果我們要離開了算學公式，自身就要冒險；我們也許找到一個模型或圖景，可以幫助我們瞭解他，但是我們卻沒有這樣希望的權利；如果我們未能找着這樣的模型或圖景，也未必就證明我們的推理或知識一定錯誤。要知道製造模型或圖景以解說算學公式，或他們所敘述的現象，並不是傾向實際的一個步驟，實在是離開實際的一個步驟；很可以比做製造神靈的偶像。要希望這些種類不同的模型，彼此完全諧和一致，其不合理的程度，頗如同希望『哈爾密』（Hermes）的各種塑像，代表這位神聖的種種活動——像信差、傳達、樂師、賊盜等等——形狀彼此完全相同。有人說『哈爾密』就是風；如果這樣，所有他的附屬品便全包括在他的算學敘述裏面，正是一個代表可壓縮流體的運動方程式，一點也不多不少。算學家將不難檢出這方程式的各方面，以代表信息的傳送，曲調的創造，紙張的吹走等等。他用不着『哈爾密』

的偶像纔想到這些，不過他需要，也許得一長列形像不同的偶像，纔可敷用。雖是這樣說，有些算學物理家還一樣在那裏替波力學上的幾種概念，努力製造偶像。

簡單說來，一個算學公式永遠不能告訴我們一件東西是什麼，祇能告訴我們這件東西有什麼行爲；他祇用一件東西的性質去說明一件東西。而這些性質，和我們日常生活裏任何一件東西的性質，不見得就能完全相合。

這種觀點，使我們對於現代物理學上許多困難和矛盾，全有了相當的救濟。我們不必再討論光所含的究竟是微子還是波浪。假使我們能夠找出一個算學公式精密敘述他的行爲，便可以知道關於光可知的一切；我們可以任意想他是微子或波浪，完全照當時我們的心境和方便。在我們想他是波浪的時候，如果我們高興，也可以隨意假設一種以太來傳達這種波浪，但是這種以太卻要時時改變。我們已經知道當我們運動速度改變的時候，以太也如何時時改變。同樣，我們也不必討論一羣電子的波浪系統，是存在三度的空間裏面，還是存在多度的空間裏面，或竟完全不存。在他祇存在一個算學的公式裏面，祇有這個算學公式，纔能表示最後的實體，我們可以任意圖摹

他，代表三度、六度或更多度空間裏面的波浪。我們也可以解釋他完全不代表波浪；這樣一做，就成了海森堡和狄萊克的說法。通常為簡單起見，說他代表波浪所在的空間，恰使每一個電子各有三度；正如同為簡單起見，說宇宙成於三度物體的排列，而宇宙的現象則係四度事件的排列。但是這些解釋，並沒有一個能有特殊或絕對的實效。

根據這種主張，對於我們意識和叫做「空時」的空洞肥皂泡，彼此間顛轉接觸的性質，再也不必感覺什麼神祕。因為這種接觸，一方面是心，一方面是心的創造——正如同誦讀一本書籍，或諦聽一曲音樂。或者不必再說，根據這種主張，所謂宇宙的偉大和空虛，以及我們在裏面的絲毫不關重要，再也不必引起我的惶恐或注意。我們對於自己思想創造物的體積大小，固然不致驚懼；就是別人所想像而對我們說明時，也是一樣的無可驚懼。在毛利兒 (du Maurier) 的小說裏，意普岑 (Peter Ibbetson) 和塔涅爾公爵夫人 (Duchess of Towers) 繼續建造巨大的夢境宮殿和夢境花園，體積逐漸增大，但是對於他們心理創造物的體積，卻不感覺惶恐。宇宙的偉大，與其說是件可怕的事，還不如說是件可喜的事，因為證明我們並不是一個卑鄙城市裏的公民。再說，我們也

不必疑慮空間的有限性，我們在夢境裏對於限制我們視覺的四面圍牆，也一樣不好奇心盛了。

對於時間也是一樣，我們必須想像像空間似的，有固定的範圍。我們要回溯時間的川流，可以遇到許多的標誌，使我們知道經過相當的途程，必能達到他的泉源，在那時以前就沒有現今的宇宙。自然界既是討厭永動的機器，那麼他自己的宇宙，當然未必竟自大規模代表他所討厭的機器。試將自然加以詳密研究，即可證明此點。熱力學曾經解釋，自然界的一切如何達到他的最後狀況，所經歷的作用，叫做『熵』（Entropy）的增加。熵必須永遠增加；永遠不能靜止，除非是達到不能再加的狀況。達到這種狀況以後，既然不能再向前進，宇宙便因之死亡。因此，除非科學全部陷於錯誤，自然界祇容許兩種不同的途徑自己走：一個是前進，一個是死亡，他所容許的靜止，祇有在墳墓中的靜止。

有若干科學家，不過作者以為他們的數目並不多，或許不同意這最後一種主張。他們一方面並不反對現在的羣星逐漸融解成為放射，可是他們主張這些放射，在空間的極渺遠深處，還能凝聚成爲物質。他們提示也許有一種新天地現時正在陸續建造，並不在舊天地的餘燼裏，而產自舊

天地燃燒作用所放釋的放射。這樣，他們所主張的，好像一種循環的宇宙；雖然這裏的宇宙死亡，而他死亡的結果到另外什麼地方，卻產出新的生命。

這種循環宇宙的概念，對於熱力學上基礎穩固的第二公律，完全不能適合；那公律說熵必須永遠增加，循環宇宙的不可能，其原因和理由，也大體同於永動機器的不可能。至於這種公律，在我們所不知的天文狀況以下，或許不能適用，這自然也是可以想到的說法。不過作者以為，大多數態度莊重的科學家，總承認這是不能通過的說法。要說這兩種概念，能够比較多受一般人贊助的，自然還得推循環宇宙的概念。多數人覺得宇宙的最後分解，是一種可厭的思想，正如同說他自身最後分解是一樣的可厭。人類既亟亟努力追尋個人的永生，同時乃更從事尤加雜亂不純的努力，以追求不能毀滅的宇宙了。

比較正則派的科學主張，是說宇宙間的熵，繼續增高不已，直到他最後的最高數值。現在還不會達這種狀況；如果早已達到，我們現在也不會還在這兒想他了。現今還是正在迅速的增加，所以他必須有一種開始；所以必須有我們稱爲『創造』的一個時期，離着現在也不是無限的渺遠。

假使宇宙果然是一種思想的宇宙，他的創造必須是一種思想的行爲。其實就祇時間和空間的固定性，幾乎已經使我們不得不把創造圖摹成一種思想的行爲。因爲確定各種恆量，例如宇宙的半徑和宇宙所含電子的數目，從這些量的偉大，就可以看出宇宙思想的豐富。時間和空間，是這思想的背景，其產生必須就是這種行爲的一部。古代的宇宙發生學，猜想一個創造者，在空間和時間以內工作，用已經存在的原料，造成了日、月、羣星。現代的科學理論，使我們不得不相信創造者是在時間和空間以外工作，因爲空間和時間也是他創造的一部，正如同一個畫家常在他的畫幕以外。這樣說法很脛合於奧古斯丁（Augustine）的猜想：上帝不是在時間中造世界，乃是用時間來造世界的。『*Non in tempore, sed cum tempore, finxit deus mundum*』其實，這種學說，更可以回溯到柏拉圖，他說：

『時間和諸天全同時發生，爲是將來他們分解時，也是同時分解。上帝在創造時間時，便是這種心理和思想。』

不過我們對於時間還知道的很少很少，或者我們應當把時間全部，比成了創造的行爲，比成

了思想的實質化，那也未可知。

或許有人反對，說我們的論證，完全根據一種假設：以為現在物理世界的算學解釋，有什麼地方獨一無二，並且將來就可證明是最後的解釋。要仍用我們以前的比喻，便是把實體說成一種棋戲，祇是一種方便的假說；其他假說，也許能一樣說明這些陰影的運動。這裏的回答是：就我們現在所有的知識，其他假說，還沒有一種能說的一樣完全，一樣簡單，一樣合適。譬如在一局回師復楚的象棋着法中，一個不懂棋法的人，他要敘述車的進退動作，難免有許多不必需的外行話。而在懂棋的人，祇需說：『車三進一』或『車三退四』，不祇把棋子動作敘述的完全，並且還能與全局發生關連。在科學上，祇要我們的知識不會達到完全的境地，那麼最簡單的解釋，所得信仰便與他的簡單程度成爲正比例。而他的長處，還不祇在所具的簡單性，他更有就是真正解釋的最高可能性。因此，我們一方面必須完全承認算學解釋，將來證明未必是最後或可能範圍內最簡單的解釋，一方面我們卻可毫不遲疑的說，他在我們所找得的解釋裏，實在是最簡單並且最完全的解釋，所以我們現在的知識說，他是最接近實際的一種解釋。

一部分讀者，對於這種說法或許不肯同意；以為現今對於自然界的算學解釋，大約祇是一種

過渡，將來終久要到一種新的機械解釋。作者以為，現代人類的心理，似乎有一種傾向機械解釋的偏好。一部分或者由於我們早期所受的科學訓練，一部分也由於我們日常習見的物體，總有機械式的行為，所以覺得機械的解釋自然易解。但是要將全般情勢，加以徹底的客觀察視，最顯著的事實，似乎就是力學已經慘然失敗，無論在科學或哲學方面，情形全是一樣。如果有什麼來代替算學，來時阻力最大的便是力學。

一般人往往忽視我們祇能用或能性的說法，去討論這些問題。於是便時常責難科學家，說他們一味的改變主張；聯帶的含義，更有對於科學家所說的話，不必過於重視。要說科學家探索知識的川流，不能永遠沿着主要河道，偶然還追索回流，那不能算是一種真正的責難。因為無論是誰，除非真正到回流裏面，決無從斷定這一定是回流。況且還有更嚴重的困難，在探索者的支配權利以外，便是這道川流極多曲折。這一時向東，那一時又向西。有時探索者說：『我現在順流下行，面向西方，所以海洋大半是在西方。』後來這河折向東轉，他又說：『現在看，實體好像是在東方。』一個科學家，如果得到過去三十年的經驗，很難極自信的說出這道河將來要取什麼方向，或實體究竟在

什麼方向：他根據自己的經驗，便知道這道河，不祇逐漸加寬，並且還往復曲折，因為屢次失望的結果，他就不每逢轉變方向，就以爲到底達到了無邊海洋的跟前了。

心裏有了這種注意以後，要是再說知識的川流，在過去幾年裏轉了一個大彎，或者不致再有什麼危險。在三十年以前，我們覺得或假定就要達到一種機械性的實體。他的內容，好像是偶然一堆雜亂的原子，因爲受若干盲目而無目的的動力作用，要在某一時從事若干沒有意義的跳舞，於是再回到一種死亡的世界。更因爲這種盲目的動力，生命也偶然跌進這個完全機械的世界。這個原子的世界，至少有微細一角或許不祇一角，偶然在一個時期發生意識，但是最後的命運，仍舊受那些盲目機械動力的支配，完全歸於凍結，留下的，祇是一個沒有生命的世界。

到了現在，更有一種範圍廣大的同意，並且在科學的物理方面幾乎已經完全一致，說這知識河流，就要達到一種非機械的實體，宇宙與其說像一架大機器，還不如說像一個大思想。所謂心，也不再像物質領域裏一個偶然的闖入者；我們逐漸覺得應當把心稱爲物質領域的創造和管理者。這個心自然不是我們個人的心，實在是我們心的總源，並且以種種思想爲他造成的原子。

這種新知識，使我們不得不改正以前的愚忙印象，以爲我們所跌進的宇宙，不祇不注意生命並且還積極仇視生命。舊日的心物二元論，是這種假定仇視觀念的來源，似乎也就要漸趨消滅。這並不是因爲物質比以前怎樣更變成陰影或減少了實質，也不是因爲心已經變成一種物質的作用。實在是因爲有實質的物質，已經自身變成心的一種創造和表現。我們發見，宇宙間表示出一種創設或支配的權力，很有些同於我們個人的心——就現今所見，還不是情感、道德、或美術鑒賞，祇是一種思想的趨勢，我們因爲沒有更好的辭句，纔說他是算學的思想。宇宙裏面雖然有許多對於生命的物質附屬物加以仇視，但也有許多很類似生命的基本活動。我們現在不像最初所想一樣，在這宇宙裏不再像生客或闖入者。就是原始期的黏土，最初影射生命附屬物，那些不活動的原子，也使他們自己不少而多合於宇宙的基本性質。

就現在說，我們至少也被引誘着這樣思想，不過誰知道這知識川流，還要自身曲折多少次？有了這個反省以後，我們很可以再把前面字裏行間所有的微意，做成一個結論，就是我們所說的一切，我們暫時提出的一切結論，全是偏乎想像而不十分確定。我們曾經討論科學對於某種因

難問題，有什麼主張可以發表，而這些問題也許原來就放在人類的知識範圍以外。我們所辨識的，充其量也不能再多於一些極微的光明，或許竟自完全屬於幻覺，因為我們爲了要看見所有一切，實在已經把眼睛睜得很費勁了。所以我們的主要論斷，幾乎不能是說現在的科學有什麼宣言發表；或者更應當說：因爲知識河流自身往復曲折的太多，科學再也不必發表什麼宣言了。

民國二十二年十二月八日譯完，於天津。

中華民國二十五年四月初版

(53320)

自然科學
小叢書
神祕的宇宙一冊

The Mysterious Universe
每冊定價國幣肆角伍分

外埠酌加運費匯費

Sir James Jeans

原著者 郇光 謨

譯述者 王雲 壽

主編者 周昌 壽

發行人 王雲 壽

印刷所 上海河南路 商務印書館

發行所 上海及各埠 商務印書館

版 權 所 有
翻 印 必 究

八二八上

大

#3

276290

