

現代物理學淺說

大宇宙與小宇宙

任鴻雋纂譯

中國科學出版社

印行

現代物理學淺說

大宇宙與小宇宙

任鴻雋纂譯

中國科學圖書儀器公司

印 行

大宇宙與小宇宙

一九五〇年九月初版

版權所有 翻印必究

譯者 任 鴻 雋

發行人 馬 蔭 良

發行所
印刷所

中國科學圖書儀器公司
上海(18)延安中路537號

分發行所

中國科學圖書儀器公司
北京 南京 廣州 漢口 重慶 瀋陽

譯 者 序

在一九四八年中我們看見兩篇很好的通俗科學文章。一篇是林肯巴勒特(Lincoln Barnett)著的“宇宙與愛因斯坦”(The Universe and Dr. Einstein)在哈博雜誌(Harper's Magazine)分三期發表(一九四八年四月,五月,六月)。一篇是瓦爾德瑪肯斐爾特(Waldemar Kaempffert)著的“鐳發見後物理界的革命”(The Revolution That Radium Began)是在紐約時報的星期雜誌(The New York Times Sunday Magazine),一九四八年十二月二十六日出版的一期上發表的。這兩篇文章,前者是就相對論的發展,討論愛因斯坦及現代物理學家所承認的宇宙觀。作者用了淺顯易知的辭語與譬喻,說明這個艱深難明的理論,極其成功。發表後頗得學術界的好評,並且用單行本形式出版。後者是從原子物理的發展上討論物質的構造,給我們一個本門物理學的鳥瞰。這兩篇文章所討論的問題,一個是其大無外,一個是其小無內,雖然有極端大小的不同,但同是人類有知識以來所急欲解決的自然之謎,它們也代表現代科學的特殊貢獻與燦爛成就。我們在這裏收集了此兩篇文章,譯成這個小冊子,題名“大宇宙與小宇宙”相信是有意義的。

相對論與原子構造的研究,其關係的重大,在第二次世界大戰以後,是一般人具有的普通常識。但要了解相對論與原子研究,却各有其困難。關於前者,是因為它的基本觀念與我們許多日

常觀念的歧異甚至於相反；如絕對空間時間的不存在，運動與質量的相對性，四進向的時空連續區等等，都不是我們日常所有的觀念，且不說它的高深繁複的數理算式與其和古典物理學的精確比較。關於後者，是因為它研究進步的迅速與其發明東西的繁夥。我們試看看，電子之後有質子、中子、微中子、及五種介子，正在原子物理學者的腦經中形成或在物理實驗室中發現。這些發見，正如本書的肖麥爾特所說，使得算術家因為財富的堆積而弄得無所措手，在普通人心目中，自然更有目迷五色之感了。因此，我們感覺到一個相對論的通俗的解釋與一個原子研究的簡括的敘述，在了解現代物理學的進步上皆有其必要。

或者有人要問，現代物理學家關於大宇宙與小宇宙的研究，高深則高深矣，微妙則微妙矣，但與實用無裨，我們何必去理它呢？要答解這個問題，我想指出兩點。第一、原子能的發見，是研究原子構造與宇宙組織的直接結果。原子能效用之大，在第二次大戰結束時，纔略見端倪。此後世界將進入原子能時代，那末，凡關於物質放射以及宇宙線等研究皆與目前電力或化學變化的研究有同微實際效用。這是科學的必然性，決非欺人之談。第二、從科學發展史看來，大宇宙與小宇宙的研究，常為科學發展的中心與跳板。有哥白尼、克勃勒的宇宙觀，纔有蓋理略、牛頓的天體力學；有了牛頓的重力說與運動律，纔有後來的一切機械力學；同樣，化學上的原子觀念，經過多爾頓、拉瓦謝等人把它確立以後，促成了化學的進步約有百年之久。到了十九世紀末年，由於放射物質的發見，原子的觀念打徹了，化學的研究也轉了一個方向，但物質本源的追求，則正循着新闢的路徑，走向登峯造極的目標。這樣，可見科學的兩大部門——物理與化學——是如何的靠了大宇宙與小宇宙的研究而發展。目下的研究，仍然

是沿着這兩條路線進行，不過大者愈大，大到太陽系以外的銀河系，以及超銀河系的無數星系；小者愈小，小到質量約只有氫素原子二千分之一的電子以及生命只有百萬分之一秒的正子與介子而已。隨着這些研究的進行，我們進入了一個科學的新時代，而這個新時代的科學研究，也正是任何號稱有文化的民族所必須參加，至少是必須了解的。

根據以上理由，我們提供這一個小冊子。如其它能引起讀者對於大宇宙與小宇宙的一點了解與興趣，那就是譯者無上的折幸了。

一九五〇年五月 任鴻雋

目 次

- | | |
|---------------|-------|
| 1. 譯者序 | 1—3 |
| 2. 宇宙與愛因斯坦 | 1—63 |
| 3. 鐳發見後物理界的革命 | 65—75 |

宇宙與愛因斯坦

任鴻雋譯 巴勒特原著

第一章

在紐約江邊禮拜堂的白石牆上，彫刻着有史以來六百位巨人的像，他們中間有聖賢、智者、與君王，在不朽的大理石中，用了空白而不可毀滅的眼睛察視時與空。在一個框欄中，安置十四位科學天才，從紀元前370年死去的希顏克拉底 (Hippocrates) 到本年三月剛滿六十九歲的愛因斯坦，包括這許多世紀的科學人物在內。可注意的是愛因斯坦乃是這一班刻像名人中唯一活着的人。

同樣可注意的，是每星期到這個禮拜堂去禮拜的成千的人們，其中有百分之九十九，將不明白爲甚麼愛因斯坦的像會在這裏。還有一個原故。約三十年前，當這個禮拜堂正計劃彫刻這些偶像的時候，福斯狄克博士 (Dr. Harry Emerson Fosdick) 曾寫信與全國科學界領袖，請他們提出十四位科學史上最重要的人名。他們所投的票頗不一致。大部份包含阿期密得 (Archimedes)、攸克里得 (Euclid)、蓋理路 (Galileo) 與牛頓 (Newton)，但每一名單中均有阿爾培特·愛因斯坦 (Albert Einstein) 這個名字。

自從一九〇五年特殊相對論發表以來，在愛因斯坦科學上的卓越成就與其被了解中，發生了一個大間罅，這個間罅存在着有四十餘年，它也是美國教育間罅的測驗。目前大部份讀報的人恍惚知道愛因斯坦與原子彈有一些關係，此外他的名字就與玄秘同其意義。雖然他的理論已成為近代科學本體的一部份，但它還未成為近代學校課程的一部份。因此，許多大學畢業生並不知道愛因斯坦是發見人類為了解物質環境的真實而尺寸掙扎中的某重要普遍定律的發明家，仍以為他只是一種數學的超實在論者。他不知道相對論在科學上的重要之外，還包含着一個重要的哲學體系，把偉大的智識論者，如洛克 (Lock)、柏克勒 (Berkeley)、休謨 (Hume) 的思想，加以擴充與闡發。因之，他對於自己所居住的浩漠，秘奧與具有神秘性的秩序的世界也就茫然無知。

I

愛因斯坦博士現在已是普林斯頓 (Princeton) 大學研究院 (The Institute for Advanced Study) 的休退休教授，同時仍在拚命研究一個問題，這個問題牽掛他已有二十五年之久，他決心在就木以前把它解決。他的野心是要完成他的“統一場地論” (“unified field theory”)，用一串數學公式把管制宇宙的兩個基本力量——重力與電磁力——的定律表達出來。這個工作的意義，只有明瞭世界一切現象均由此兩個原始力量所成，方能了解。電與磁雖在希臘時代即被知道與研究，一直到一百年以前還被認為是兩種分離的東西。但十九世紀中沃爾斯得 (Oersted) 與法拉第 (Faraday) 的實驗，表示一個電流常常被一個磁場所圍繞，反之，在某種情形下，磁力亦能生出電流。從這些實

驗發見電磁場是瀰漫空間，而且經過它，光波、無線電波以及其他一切電磁波纔能傳達。因此，電與磁可認為是一個力。除了重力之外，一切物質世界的力——摩擦力，使原子成為分子的化學力，使物質較大的質點集結在一起的粘力，使物體成為一定形式的壓力——都是電磁的原始；因為一切力的表現，都包含物質的互相作用，而物質是由原子組成，原子又是由帶電的質點組成的。不但如此，重力與電磁的現象也有極相似之處。行星在太陽的重力場中運行；電子在原子核的電磁場中旋轉。還有，地球是一個大磁石，是任何曾用過指南針的人所知道的。太陽也是一個磁石。其他一切星球無一不是磁石。

雖然人們曾多次努力要把重力吸引與電磁效力認為同一事件，但都失敗了。愛因斯坦在一九二九年發表了統一場地論，以為他對於解決這個問題已告成功，但後來又以為不正確而放棄了。他目前的計劃更是遠大，打算發明一套普遍定律，包括星球間的無限度的重力與電磁力場以及原子內的微小場地。這樣一個廣漠的宇宙圖畫，將可以溝通無限大與無限小，而宇宙繁複的全體將綜結到一個同一的組織；在這個組織中，質與能是不可分別的，而一切運動的形式，由遲緩的星球運行以至電子的瘋狂旋轉，不過是簡單的結構的改變與原始力場的集中而已。

因為科學的目的是在敘述並解釋我們所居住的世界，愛因斯坦在用了單純調和理論的術語來說明錯綜複雜的自然現象，可謂已達其最高目的。不過在人們追求真實的步驟中，“解釋”這個字的意義受了相當的限制。科學實在還不能“解釋”重力，電與磁；它們的效力可以測量及預計，但它們的最後性質是甚麼，現代科學家所知道的並不比紀元前585年的泰勒斯 (Thales of Miletus) 最初用琥珀生電時多。大部份現代的物理學家不承認

人們能發見這些神秘力的真實是甚麼。柏脫朗羅素 (Bertrand Russell) 說：“雷不是一件東西，如聖保羅禮拜堂一樣；它是物體的動作狀態。當我們說物體受雷時如何動作，並在如何情形下它們受雷時，我們已經說了能說的一切”。此種說法，在最近以前是不為科學家所接受的。阿理士多德 (Aristotle) 的自然科學，籠罩了西方思想二千餘年，他以為人類從自身明瞭的原則加以推理，便可達到了解最後真實的理想。例如凡物在宇宙間有其相當的地位，是一個自身明瞭的原則，因此人們可以得到結論說，物體下降，因為地下是它們的位置；煙上升因為它是屬天上的。阿理士多德科學的目的是要說明物體行為的“為何”(why)。近代科學的產生，由於蓋理略要說明物體的“如何”(how)，由此發生了管制試驗方法，這也就是科學研究的基礎。

由於蓋理略以及稍後牛頓的各種發明，演成了一個由各種力——壓力、張力、顫動、波動，——所組成的機械世界。自然界的變動似乎沒有一件不可以日常經驗的術語來敘述，同時用了具體的模型，或依據牛頓精確的機械定律，加以預測或證明。但在前世紀開始以前，這些定律的不無例外，已很顯然了；雖然這些例外是很小的，但它們的性質却是根本重要，將使牛頓機械世界的全體構造開始破壞。科學能說明物體的“如何”的信念，約二十年前已漸黯淡了。目下科學家能否接觸真實更成問題——或者竟不能有這個希望。

II

使物理學家對於機械世界的平滑進行失去信念的，有兩個因素在我們智識的內外邊緣長大起來——在不可見的原子區域及不能測量的星球空間的深處。要從量的方面敘述這些現象，在

一九〇〇至一九二七年間發展了兩個大的理論統系。一個是量子論(Quantum Theory)，它所講的是質與能的基本單位。其他一個是相對論，它所講的是空間、時間以及宇宙全體的構造。

這兩個理論統系是現今物理界接受了的思想柱石。它們用了數理關係始終一致的術語，在其各個範圍內說明現象。它們不能答解牛頓的“如何”，正如牛頓的定律不能答解阿理士多德的“為何”一樣。例如它們可以供給公式，極端正確地定出管制放射與光線進行的定律。但原子何以能發出光線，及光線何以能在空間前進的實際機構，仍是自然界的無上秘密。同樣，科學家可根據放射定律去預測在一定量的鈾素中，有一定量的原子將在一定時間內毀壞，但那些原子將要毀壞，何以這些原子先要毀壞，仍為人們所不能答解的問題。

物理學家接受自然界的數學的敘述，必須放棄平常經驗的世界，即感官覺到的世界。要明瞭這個退却的意義，我們必須越過隔離物理學與形而上學的稀薄界限。自從人類知用理性以來，主觀者與目的物，觀察者與真實的關係，一直成了哲學思想家的討論問題。二千三百年前希臘哲學家德謨克拉底(Democritus)寫道：“甘與苦，冷與熱，以及一切顏色，一切同類的東西，都沒有實際的存在，它們只存在於人的意見中；實際存在的是不變的質點，即原子，與其在空間的運動”。蓋理略也明白色、香、味、聲等感覺是屬於主觀性的，他指出“這些不能認為屬於外界物體，與有時觀到某些物體而覺到快感或痛苦，不能說是外物的性質一樣”。

英國哲學家洛克把物性分別為原始性與次要性兩種，想由此達到物質的實際本質。這樣，他把形象、運動、堅實及一切幾何性的性質認為真實或屬於物質的原始性；而色、聲、味等則為投

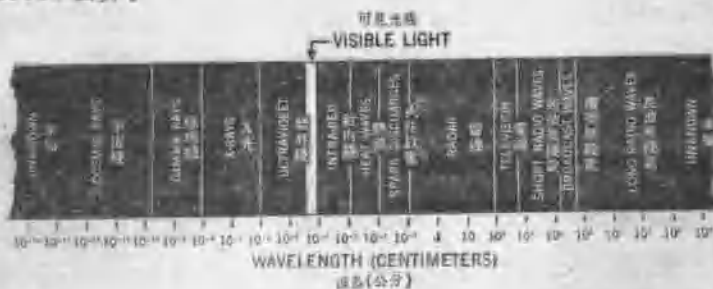
射在覺官上的次要性。這種分別是勉強而不自然的，後來的思想家都十分明白。

德國的大數學家奈布尼慈(Leibnitz)說：“我能證明，不但光、色、熱及其相似的物性，即運動、形象、延展，也不過是表面的性質”。例如我們的視覺告訴我們高而夫球是白的，同樣，我們的觸覺幫助了視覺，也可以告訴我們，它也是圓的，平滑的，而且小的一一這些性質不能獨立於我們感覺之外而有其真實性，與由習慣賦予所謂白的性質一樣。

這樣，漸漸地，哲學家與科學家達到一個可驚的結論，說一切實與能，原子與星球的物質世界，除了在我們自覺的構造中，除了在一個為人類覺官所形成的習慣符號的建築中，沒有存在。依物質主義的最大敵人柏克勒的說法：“天上的歌唱，地上的陳設，一言以蔽之，一切組成此世界大間架的物體，沒有心即沒有質。……在未為我所感覺，或沒有存在於我的心中，或任何其他創造的靈魂中以前，它們是完全沒有存在，或存在於神的心中的”。愛因斯坦把這個邏輯思想推類至義之盡，指出即時間與空間也是自覺的一種形式，它們不能與自覺分離，正如顏色、形象、大小，不能與意想分離一樣。空間除了為覺到物體的位置與次序外，沒有客觀的真實；時間除了計算事件的次序外，沒有獨立的存在。

這些哲學的精微，對於近世科學有絕大的影響。因為從哲學家把一切客觀的真實分化為感覺的模糊世界以後，科學家開始明白人類官覺可驚的限度。無論何人，放一個三稜鏡於日光中而觀察其分析出的七色虹彩時，他已看見凡能看見的光線。因為人類的眼睛只能看見在紅與紫兩種光波中極狹窄的一段射

線。看得見的光波長度與看不見的光波長度相差不過一公分的十萬分之幾。紅色光的波長為.00007公分，紫色光的波長則為.00004公分。



第一圖

(圖解)此電磁光譜表示人眼所能看見的放射中狹窄的一段。從物理學家看來，無線電波，可見的光，與高頻率的放射如 X 線及感應線的不同，只在波長的一點。但赤道大致的電磁波中，從萬分之一公分的宇宙線到無限長的無線電波，人眼只能看見圖中用白色表出的一小部份。因此可見人類對於其居住世界的感覺，為他的視官的限度所限制。在上圖中，波長係以十進法表示，如 10^3 公分等於 $10 \times 10 \times 10$ 等於 1,000；而 10^{-3} 每 $1/10 \times 1/10 \times 1/10$ 等於 $1/1,000$ 。

但太陽也放射他種射線。例如紅內線的波長為.00068 到 .032 公分，它們太長了一點不能刺激眼的虹膜而發生光的感覺，但我們的皮膚能以熱的感覺發見它們。同樣，紫外線的波長由 .00003 到 .000001 公分，太短了不能使眼感到，但照象的感光片可以紀錄它們。X 線的波長比紫外線更短，也可以照象。此外還有較長或較短的電磁波——錯的“感瑪”線，無線電波，宇宙線——可用各種不同的方法去發見，它們與光波不同的地方只在波長的一點上。因此，很顯明的，人類的眼睛所看見的光實在不多，而且他所看見周圍的真實，因為他的視官的限度，是微弱的而且變了形的。譬如人類的眼睛如能看見 X 線，那末，他所知道

的世界就要大大的不同了。

當我們想到我們關於世界的一切知識，不過是感覺印象的殘餘，而這些印象又為我們不完全的官覺所濛霧，要發見真實似乎是絕望的事了。因為除了感覺之外沒有甚麼存在，世界將分裂為無政府的單個感覺。但在我們感覺的裏面，常保持一種奇怪的秩序，這似乎表示有一個客觀的真實隱在後面，我們的感覺則把它翻譯出來。雖然無人能確定他所看見紅色或中 C (Middle C) 的顏色與他人所看見的是否一樣，但我們仍可假定每個人所看見的顏色與聽見的聲音是大致相同的。

這種自然界的功能一致，柏克勒，德卡爾 (Descartes) 和 斯賓諾莎 (Spinoza) 認為是神的作用。近代物理學家不願求助於神來解決他們的問題，(雖然似乎愈來愈難)，強調主張自然界是神秘地在數學原則上作用。這個數學宇宙的信念，使得像愛因斯坦一類的理論物理學家單靠了解決算術公式來預示或發見自然律。但目前物理學的矛盾是：數學的工具愈進步，作為觀察者的人與科學敘述的客觀世界中間的距離將愈來愈遠。

從單簡的大小等級說來，人恰恰位置於大宇宙與小宇宙之間，這也許是有意思的。粗淺地說，一個超級紅色星球(宇宙間最大的物體)比人體大過的數量，恰與一個電子(最小的物質單位)比人體小的數量相等。因此，如其我們覺得自然界的原始神秘，存在於離為感官所桔桎的人類最遠遠的區域，或科學在以古典物理學的平凡譬喻敘述真實的極端而發生困難時，只得以能發見數學的關係為滿足，是不足怪的。

III

科學由機械的解釋退入數學的玄想， 以一九〇〇年勃蘭克

於 h 。雖然勃蘭克常數處理了原子物理的計算有半世紀之久，但我們不能說明它的大小的意義，正如我們不能說明光速的大小一樣。它如其他普遍性常數一樣，只是一個算數的事實，沒有理由可以解釋。愛丁頓爵士(Sir Arthur Eddington)曾說，任何真實的自然律，在理智的人類看來，都有被認為不可理解的可能；因此，他以為勃蘭克的量子原理，是科學所發明的少數真正自然律之一。

勃蘭克的推想含義深遠，在一九〇五年以前，還不明顯，到了一九〇五那年，愛因斯坦在同時的物理學家不注意之中，獨能心知其意，把量子論帶到新的領土。勃蘭克自己以為是僅僅完成放射的公式。但愛因斯坦假定一切放射能——光、熱、X線——都是以分離的，不連續的量子形式在空中推進。這樣，我們在火爐邊感到的熱，是由於無數放射能的量子打擊我們的皮膚。同樣，顏色的感覺是由於光量子在我們視神經的打擊，這些光量子依了在 $E = hv$ 公式中 v 的頻率不同而各各不同。

愛因斯坦作成一個定律，精確地說明所謂光電效果的迷惑現象，使以上的概念得到實際效用。物理學家對於一條純粹紫光射到一個金屬板時發出一陣電子的現象，常感到無法解釋。設如一道頻率較低的光，例如黃或紅，射到金屬板上，依舊可發出電子，但速度則將低降。電子由金屬板拉出的強度，僅依光的顏色而定，與光的強度無關。設如把光源移到較遠的地方，並且使它暗到微弱的光亮，金屬板發出的電子將要少些，但速度仍然不變。即使光源暗到不可感覺的程度，這個作用仍是立時的。

愛因斯坦決定這些奇異的效果，只有假定一切光都是由能量的個點或粒，他叫做光子的所組成，方可解釋；這些光子的一個碰到電子時，它的結果可與兩個檯球相擊相比擬。他更推想紫