

萬有文庫

第二集七百種

王雲五主編

物理認識之途徑

(上)

蒲朗克著

楊先培譯

商務印書館發行

物理認識之途徑

(上)

著 蕭期克

譯 楊先塤

自然科學小學叢書

萬有文庫

第二集七百種

總編纂者

王雲五

商務印書館發行

目錄

作者弁言.....一

物理世界相之統一.....一

物理認識之新軌.....三七

動力的統計的法則性.....五三

量子論底發生及迄今的發展.....七二

因果法則與意志自由.....九五

從相對到絕對.....一四一

物理的法則.....一六一

新物理之世界相.....一九四

實證主義與真實外界·····	一二七
自然中的因果·····	二五四
科學理想之起源及影響·····	二八三
物理與世界觀·····	三〇四
量子論與實驗·····	三二二
經典力學與物理學·····	三三三
物理學與哲學·····	三三八
物理學與世界觀·····	三三八
本書之旨·····	一

物理認識之途徑

物理世界相之統一

(一九〇八年在萊頓大學自然科學院講)

諸位先生：我承此間盛意邀請，來對諸位講我所致力的科學——物理中的一個題目，請簡遞到的時候，我第一個念頭，便是就在荷蘭，物理學會經過何等苦心的培養，日日照耀於諸君之前的，有何等燦爛而洋溢全世界的大名，要向諸位作理論物理學的講演，貢獻一點確乎新穎的東西，特別是在萊頓大學，（註一）是一件如何少有可能的事。然而我終於斗膽要諸位給我若干時間的

（註一）萊頓（Leiden）在荷蘭西部，離北海不遠，關於物理學，代有名家，故作者云云。——譯者（以後凡無譯者字樣的足註，皆出原作。）

注意者，是因為我想到我們底科學，物理學，要探求它底目的，並非由一條直路，而只可由迂迴交錯的路徑去經常接近它，因此之故，實為研究者底個性，留有更廣的盤旋發展之餘地。惟其如此，一個人在此處工作，就有別個人在別處工作；一個人用此種方法工作，就有別人用別種方法工作，因而我們大家所致力描畫出的世界相，每次多少總不相同。本此一念，我在下方，由供我支配的經驗和思想所已形成的世界相，或將來大概要形成的世界相，摘出主要表徵，試為諸君畫其輪廓，我希望這會得引起諸君底興趣。

把物理現象錯綜複雜的多元性，綜合到一個統一的體系，假若可能的話，把它更綜合到一個唯一的公式；這種最終最高的目的，是與自然觀察同其悠久的；此任務之解決，長是有兩種方法對立着，常相扞格，但更常互相糾正補益，如研究者同時利用兩者，則收效最富。第一種方法，較活潑有朝氣，由各個經驗迅速的一般化，勇敢把握住整體，先天地立一個唯一的「概念」或命題，為世界

相底中心，多少成功地去從事俘獲整個自然及其一切外現。這樣，塔列斯 (Thales von Milet) 以「水」，阿什華德 (Wilhelm Ostwald) 以「能」，赫爾茲 (Heinrich Hertz) 以最直軌跡原理 (Prinzip der Geradesten Bahn) 爲其物理世界相之主要點和中心點，在這中心點，一切物理過程，皆能找到關聯和解釋。

另一種方法，較慎重謙退而可靠，但滂薄奮迅，遠遜前者，故揚譽蜚聲，也晚得多。它暫時摒棄終極的結果，只在圖案上，先描繪各個全然由直接經驗所保障的線條，而留較進一步的勞作於後來的研究。克希荷夫 (Gustav Kirchhoff) 氏謂力學的任務，爲在自然中進行的運動之描寫。這個著名的定義，可以作爲上述方法最成熟的表現。這兩種方法，實互相成，而爲物理研究，所絕不能偏廢。

然而我並不要對諸君宣講我們科學底雙重方法，而毋寧願諸君注意到更原則的問題。物理學之發展，確有進步，我們每十年都很提高了對自然的認識，這是無人能以否認的；但觀人類對自然所利用厚生之資，數目與意義，皆不斷增長，亦足證明。但是這種進步，整個說來，在向何方動呢？

我們對我們致力的目標——統一的體系——接近了多少呢？每個關心他底科學進步的物理家，都應覺得這一研討異常重要。如我們能對這問題，得到詮解；則於今日重被熱烈爭辨的問題——我們所稱的物理世界相，對我們究竟意義着什麼這個問題，亦能給與評價。世界相是我們底精神適當的，但根本上是任意的創造物呢，抑或我們取相反的見解，說它是真的，反映着完全獨立於我們的自然過程呢？

欲知物理科學向何方動，只有一個辦法，即是把它現處的地位與前些時的比較。如再問何種外在的標誌，可為科學發展狀況最好的特徵，則我除類別和方式，科學於其基本概念怎樣下定義和怎樣劃分其不同範圍外，不知有更一般的說法了。一切較深思的人們，都曉得在定義底嚴密和恰當中，在材料劃分底類別中，最後最成熟的研究結果，常是已包涵在內了。

我們再從這種關係，來看物理學是怎樣的。我們首先便看見科學的物理研究，在一切範圍內，或是與直接實際需要相連，或是與特別觸目的自然現象有關。依據這個觀點，自然便到物理學最初的劃分及其各個部份之命名。幾何學發生於土地或田畝測量，力學出於機器學，聲學、光學、熱學

出於相當的特殊感官知覺，（註一）電學出於對受磨擦的琥珀奇異之觀察，磁學出於在磁城（Magnesia）所獲鐵礦苗之觸目的特性。本此命題，則我們底一切經驗，都相連於我們底感官之感覺；一切物理的定義，都有許多生理的原素；簡言之，整個物理學，在某種意義上，原來都負有擬人的性質，其定義如此，其全結構亦復如此。

近代理論物理底講壇，呈現了一個與此何等不同的相！整個物理學，陳露着比較統一得多的標誌：物理學個別範疇底數目，減少很多，鄰近的範疇，互相鎔化，聲學全併入力學，磁學和光學全併入電動力學。人類的歷史的原素，顯然伴着這一單純化而退出一切物理的定義。今日誰個物理家，於電還想到一塊受磨擦的琥珀，於磁還想到小亞細亞第一塊自然磁底發現？在物理的聲、光、熱學，也正摒除特殊的感官感覺。色、聲、溫度底物理定義，今日決不再取由相當感官而來的直接知覺；而是聲和色將由振動數及波長來定；溫度在理論上由熱學第二定律所採的絕對溫標來定，在氣

（註一）知覺（Wahrnehmung-Perception）與感覺（Empfindung-Sensation）為同一事之兩面，前者帶主觀的，後者帶客觀的意味，即前者為感而後者為所感的也。——譯者。

體動力論中，由分子運動底活力來定，在實際上，由計溫物質體積之變動，如測輻射熱計或熱電池所生的偏轉度數來定；在溫度，也全談不到熱底感覺了。

力之概念，亦復如此。「力」字原義，爲人類的力無疑，蓋最初最古的機器，如槓杆、滑車、螺旋等，皆以人力或獸力來推動。這證明力之概念，原是採自力之感官或筋肉感官，卽一種特殊的感官感覺。但力之近代定義，也像是把特殊感覺取銷了，如色之於色感一樣。

特殊感官的原素，退出物理概念底定義，使有些物理的範疇，原來以一定的感官感覺之安排，而被視爲十分統一的，竟隨共同紐帶之鬆懈，而消散入完全各自隔離的片段。這種情形，與上文所述的統一化與鎔合化之一般過程，適成反對。最好的例，便是熱學。從前熱，以熱底感覺爲特徵，構成一個劃定了的統一的物理區域。現在則於一切物理教科書，熱學中有一整個部份，已割裂到光學裏去講。熱底感官之意義，已不够再搏合這些異質的片段了；現在毋寧是一塊將加入光學和電動力學，另一塊將加入力學，特別是物質底動力論。

回顧我們到現在所講過的，可以簡括地說：理論物理迄今的整個發展，它底標誌，是從擬人原

素之解放，尤其是從特殊感官底感覺之解放，而得其體系之統一化。但另一方面，可慮者，是感覺究爲一切物理研究公認的出發點，則有意背開這基本前提，必然似乎可驚甚至乖謬。可是在物理史上，少有一件事像這樣明白；真的，它應當是不可估計的利益，值得這樣一個原則的自損！（註二）

在對此重要問題深入之先，我們願把目光從過去現在轉到將來。在來世紀，物理體系，將如何劃分呢？現在還有兩大範疇對立着：力學與電動力學，或說物質底物理與以太底物理。前者包括聲、物體熱、化學現象，後者包括磁、光和熱輻射。這種劃分，是終極的嗎？我不信。因爲兩者彼此界限並不嚴密。例如光之發射應屬力學抑電動力學？又如電子運動律應歸入那種範圍？或者有人起初要說：它應屬電動力學，因可稱量的物質，於電子並無作用。但只要看一看在金屬中自由電子底運動吧！例如在羅倫茲（Lorentz）底研究，便知道把上述定律放到氣體動力論中遠比放到電動力學裏去爲適當。一般說來，物質與以太間的對立，我是在漸歸消滅。電動力學與力學，毫不如一般人通

（註一）自損（Selbstentäußerung）意謂自己見外或拒絕——含犧牲之意與 Abstinence 一字意義相當，

即克己也。若但求達意，則譯爲「值得這樣重大的犧牲代價」亦可。——譯者。

常設想的那樣互相排斥，甚或如所謂力學與電動力學間世界觀底鬭爭。力學之成立，原則上只需要時空和運動底概念。（這動的物事，不論是叫它做實質，或是情景，均無不可。）同樣的概念，電動力學也不能少。一個適當地一般化了的力學觀念，因此也很可用於電動力學。事實上，有些信號已告訴我們，這兩個業已部份互相擁抱的範疇，將要聯合到一個唯一的一般的動力學了。

若物質和以太間的對立，一旦可以溝通，則物理劃分體系之終極方式，將立在什麼觀點上呢？照我們以上所見，這問題也就是於我們科學以後整個發展甚為特徵的問題。爲了對於它作更切近的探討，則我們於物理原則之特性，比現在較為深入，實屬必要。

二

爲了上述目的，我們來到一點，即物理統一體系趨於實現所走的第一步：能量不滅原理。（這種體系，直到那時，還只是由哲學家擬定的。）蓋除時空而外，只有「能」之概念，亦爲一切不同的物理部門共同的概念。依我以上所陳述過的，則能量不滅原理，在焦耳（Joule）、邁耶（Mayer）和

赫爾姆霍斯 (Helmholtz) 把它列成一般的公式以前，還負有擬人的性質，這於諸君，是可以解釋而且幾乎是自明的事了。此原理最初的根源，在於認識了沒有人能從虛無贏得可用的工作；而這種認識，主要是發生於企圖發明恆動機 (Perpetuum Mobile) 這一技術問題之解決所集的經驗。恆動機之於物理，亦猶鍊金術之於化學，有遠到的意義，儘管科學從這些試驗所得的益處，不是其正面而是反面的結果。今天我們講能量不滅原理，完全不以人或技術的觀點出發。我們說：一組對外隔絕的物體，其能之總量，並不因此組物體所演任何過程而有增減。我們再也不想此命題之正確與否，是繫於我們現具考驗恆動機是否能實現的方法之精粗。這並不能嚴格證明而又為事所必至的一般化，便是上述的從擬人原素的解放。

當能量不滅原理已從發展史底偶然解脫出來，而獨立形成時，克勞修司 (Clausius) 以熱學第二定律之名介紹入物理學中的那個原理，還毫未到此程度，正以其發展胚胎至今尙未完全脫之故，在我們今日談話中，更饒興味。熱學第二定律，至少在其流行的說法，還斷然負有擬人性質。許多卓拔的物理學家，還把這原理之有效性，連到人類侵入各個分子世界之無能，把它與馬克士

威之魔鬼等量齊觀，它們如不經工作消耗，譬如一小片活栓前後及時移動，便不能使一氣體較速的分子從較遲的離開。可是並不須做先知，便可確然預言第二定律底核心，與人類能力無關，因而其最終式列，必須而且將會成功一種方式，這種方式與能經人工實現與否的任何自然過程，毫不生關係。對這第二定律之解放，我希望下列陳述，亦不無小補。

再看第二定律之內容及其與能量不滅原理之關係。若能量不滅原理對自然過程之流轉加以限制說能量永不創生或消滅而只變化；則第二定律更加限制說並非一切種類都變化，而只是某些種類在某些條件之下的變化。例如經過摩擦，力學工作可以無條件變成熱，但不能倒過來使熱無條件變成工作。此而可能，則人類將能使地面上無限供用的熱，推動一種摩托，而有雙重利益，即同時又能用此摩托作冷機，因它使地面變涼也。

這種摩托經驗上之不可能，可以稱爲第二號恆動機，於是必然到一種結論，即自然中有些過程決不能真的全然退回。例如摩擦而力學工作變熱，若此種過程，能以任何種複雜器械之助，完全退回，則此種器械，便是前面描寫的摩托，第二號恆動機。這器械所實現的，便是不需其餘的變化，使

熱變成工作。

我們叫這種決不能完全退回的過程，爲不可迴溯過程，叫其餘的過程，爲可迴溯過程。若我們說自然中有不可迴溯過程，則剛剛接觸着第二定律底核心。依此，自然中的變化，有偏面的方向，同着每一不可迴溯過程，世界便走前了一步，在任何環境，其痕跡皆不至完全消滅。不可迴溯過程之例，除摩擦外，有傳熱、擴散（Diffusion）、導電、光及熱之輻射、輻射物質底原子分裂及其他。可迴溯過程之列反之，如行星運動、真空間之自由墜落、無阻尼之擺動、不被吸收和阻折的光波及聲波之傳播、無阻尼的電振動及其他。這些過程，或自身本是週期的；或由適當設備使得完全自返而不使任何變化留滯在自然中；例如一物體自由下墜，欲使其自返，可用已達的速度，把它重舉回原來高度，又如一光波或聲波，欲使其自返，可以適當的方式，使之對着完備的鏡子反射。

何者是不可迴溯過程一般的特性和標識呢？何者是不可迴溯性一般的數量上的尺度呢？這問題是在極不同的方式中覆按而回答過，其歷史之研究，恰於一般物理理論典型的發展，供給一特殊的透視。正如原先以恆動機這一技術問題來到能量不滅原理底線索一樣，蒸氣機又一技術

問題，也引到可迴溯與不可迴溯之分。噶爾諾 (Carnot) 雖然對熱底性質，採用了不適當的觀念，但他已知道不可迴溯過程較可迴溯過程不經濟，或說在不可迴溯過程中，從熱取得力學工作的某種機會，不會利用便丟了。以一過程不可迴溯性之量，一般說來，即爲經此過程所失去的力學工作之量：這種想法，近於什麼呢？就是可迴溯過程，所失工作之定量，自然等於零。此種見解，對某些特殊情形，例如等溫過程，誠然仍證明可用，因此在今日尙受相當重視；但對一般情形，它已見不適用，甚或引人入迷途了。理由是一定的不可迴溯過程所失的工作，在未知此工作出自何種能源以前，這問題是無從確定回答的。

舉例以明之。傳熱是一種不可迴溯過程，或如克勞修司所說：熱不能無代價地從較冷的物體過渡到較熱的物體。如（小的）熱量 Q 從一有溫度 T_1 較熱的物體直接傳到一有較低溫度 T_2 的物體時，何者爲其失去了一定的工作呢？爲回答此問題，我們用上述熱之過渡，以實現兩蓄熱體間一個可迴溯的噶爾諾循環過程。那裏會獲得我們正要找的工作，因它剛剛由直接傳熱失去的。但此工作之大小，毫無一定的值，因我們不知道此工作出自何處，出於較熱的或較冷的物體呢？抑