

萬 有 文 庫

第二集七百種

王 雲 五 主 編

物 理 認 識 之 途 徑

(下)

著 克 朗 蒲

譯 墳 先 楊

商 務 印 書 館 發 行

物理認識之途徑
(下)

著 克期 蒲
譯 培先 楊

自然科學小叢書

編主五雲王
庫文有萬
種百七集二第

徑途之識認理物
冊二

Wege zur physikalischen
Erkenntnis

究必印翻有所權版

中華民國二十六年三月初版

原著者

Max Planck

譯述者

楊先堉

發行人

王雲五
上海河南路

印刷所

商務印書館
上海河南路

發行所

商務印書館
上海及各埠

密

★E六一六

(本書校對者曹鈞石)

萬有文庫

第二集七種

總編 廖 若

王雲五

商務印書館發行

物理的法則

(一九二六年二月十四日在狄索多夫(Disseldorf)學院演講)

我底高貴的女士們和先生們！在經艱苦試練我們的祖國現在所忍受的嚴重空乏和深刻屈辱的時期，每個德國人都必須感到是光榮底責任去愉快地認識其民族，而在其影響範圍，盡其最好力量，協力於殘破之再建。在文化財產底區域，我們也遭受沉重損失，值得加倍努力以逐漸贏回德國在各民族中曩時保持的光榮和繼長成功的地位。若我們看見現在還有大稱國際的科學組織彰明地拒絕德國學者參加其會議，這必得是這些學者加強的刺激，以他們底工作之廣袤與牢固，來給與德國科學尚在活着，不能忽視它而無損於一般科學進步的證明。若各個人只能對全般工作供給一卑微的部份，但他於國際科學底寶藏所貢獻的價值，也盡了相應其力量的全付責任。爲要對這種感想作證，我樂於對此榮幸的邀請，在這裏，狄索多夫，這所道地德國文化作坊，它

也全然生受大戰後艱難的現象，報告關於我底特別科學的區域一個題目，而請諸君今天容我可以在新研究之光底下，在諸君之前，展開幾個關於物理法則的考察。

一

什麼叫做物理法則呢？一個物理法則是每一命題它說出可量的物理大小之間固定，不可損犯地有效的關繫，若其餘的由測量是已知的，便能以計算的關繫。物理法則可能地完滿的認識，是每一物理家最高的熱望的目標，他可以從利用底立場去估量它，以為由它會節省我們耗費很貴的測量，他也可以更遠到地，尋求內在深沉的求知慾之滿足與其自然觀底堅固基礎。

我們怎樣達到各個物理法則之確立，而它們之外現又怎樣呢？首先我們全然不可認一般地說一種物理法則之存在或它直到現在存在而將來也一樣存在，先天地是自明的。這是全然可思的，而我們毫不能作什麼若自然好好一天以一種完全出乎意外的事件之到來而玩弄我們，儘管一切努力都不克使發生的混亂到任何有法則的秩序。於是科學不剩旁的，只有宣告破產。從這個

理由，科學必須以一個一般法則底存在爲先決條件，爲立在其底發展之尖端的要則，或如康德所說，因果概念（先天所給的範疇也計算在內）沒有它將不能得任何認識。

從那裏必然隨着物理法則之本質與物理法則之內容不能由純粹思考而得，乃是沒有其他的路，除了首先依賴自然，從它之中蒐集可能地豐富的多方面的經驗，將它們互相比較而可能地一般化到簡單和遠包的命題，一句話：歸納底方法。

爲之基礎的測量愈精確，一種經驗底內容也愈豐富，於是一切物理認識底進步，緊連着物理器械與測量技術之精細化是不言而喻了。這正在最近物理史提供了動目的佐證。但單是測量還作不了它。每種測量都與個別的首要只限於自己的事件，和以這樣的事件，在一定地域一定時間與夫一定測量器械和一定的觀察者相連，即使在許多情形，獲得的一般化，瞭如指掌，自己便貢獻出來，可也有其他的情形要在當前各種測量找到共同的法則是非常困難的——或是像是簡直沒有可能，或是當前一般化底可能太多，也很能有不滿足的影響。

在這樣的情形，沒有旁的方法前進，除了以試練的方式介紹某種假定，所謂工作底假設，而看

同着它可走到多遠。假若假設在不是它預先劃歸的區域也得證實，便是其可用特別好的記號。蓋即可斷定它所說出的法則關繫，有深入的意義而開了基本新的認識。

若這樣適宜的工作假設，顯爲每一歸納研究者不可少的補助手段，便來了重要的問題，怎樣開始使最可能地有用的假設可以找出。但此毫無一般的章程。蓋這裏單是邏輯的思維，是決不夠的，即使有豐富而多方面的經驗，也一樣不夠。此處毋寧單賴直覺，幸運的靈感，常初似很猛的思想飛躍，這只能是生動的自立的以既存事實之精確認識而正軌地相連的幻想與強烈的創造形成力才能實現它。

在最多數的情形，這是關於某種想像與相似底引入，它連到另一區域已知的法則關繫，因而對物理世間相底統一化更近一步。

但正在這樣大著成效的一點，常也埋伏着嚴重的危險。蓋即勇敢的步趨真是幸運的，所引進的假設證明了它底效能，還得往前完成，剝出其特有的核心，以實質的式列明立其對的內容而肅清一切不重要的附件。這可不是像或者起初看來能以那樣簡單的事。蓋在幸運的思想飛騰所建

立的橋樑，它爲傳達新的認識的過道，在更切近的檢視，很常常只是暫時的而後來必須以耐久的能禁受批評的邏輯底重礮者來代替。我們一樣必須考慮每一假設皆是可感觸的幻想而幻想以觀念工作。但觀念在物理中，儘管在假設之構成很少能免，對於合理的理論之完成，即邏輯的立證，是極端可疑的補助手段；蓋對某種在一定的方向證明爲很有用的觀念的想像和思想途徑那種很可理會的信賴，易引到其意義之過高估計和不可持的一般化。還要附加上恰恰是那個有新效能的理論的創造者，或是出於方便，或是出於對引他到成功的特殊理想化合某種懷恩之感，照例少有適於從事根本的變更，而他常以其獲得全副權威，能維持他原來所取的立場，如此便很可了解那理論底健全往前發展常遇重大的困難。這種關係的例子，我們在物理科學底歷史步步碰見，以迄於今。諸君讓我此地說幾個最重要的。

物理法則最早的認識，自然在最初可能精確測量的區域：空間和時間，即力學底區域。這也容易了解那法則的關聯之陳立，最先剛在那些獨立於外面伴隨的環境之偶然和干涉的運動：天體底運動。千年前東方底文化民族已了解從他們底觀察，推演可以很準計算太陽和行星周年運動

的公式。每一測量確度之提高，公式都隨之改善。其併列與比較在較晚的發展引到浦脫勒毛（Ptolemäus）、哥白尼、克布勒之理論，每個在簡單與精確上都越過其先行者。一切這些理論都同是對天體，如行星，底位置與這些位置所取的時間點之間法則的關繫這個問題的回答。當然，每一行星底這種法則關係都另是一樣，儘管在行星運動可以證明許多共同的性質。

超出這種問題提法而作了決定的一步，是牛頓，他將關於各種行星的公式，統括到一個唯一的對一切行星，一般地說對全般天體皆同樣適用的運動法則。這樣一個成功所以能達到，是因他以時間微分代替時間點，使運動法則從所應用的特殊時間點獨立。牛頓行星運動底理論不是說出一個行星底位置與時間之間一定的法則關繫，而是行星底加速率與其從太陽的距離間之關繫，而此法則，一種向量（Vector）微分方程，於一切行星都精確地同樣。於是只要知道在任何個別的時間點行星底速度和位置，便可明白算出它在一切時間的運動。

牛頓運動法則底把握，不僅意義着一種描寫自然的新形式，而且也是實質關繫之認識真的進步，這在其更遠實現所供的結果，更為明白。它不僅在精確上超過克布勒公式，例如地球繞日的

橢圓運動有時以靠近木星而被攪亂，牛頓法則與測量完全一致，而且它也說明克布勒法則所不能把握的別種天體之運動，如彗星、雙星等。但助牛頓理論到最直接全徹的成功的，是其對地球運動之應用，直接引到自由墜落和加利略由其測量所確立的鐘擺運動，與夫更遠說明某些觸目的否則全不可解的現象如潮汐，鐘擺平面底旋轉，螺旋運動底推進和相類的數目的法則。

可是牛頓怎樣達到其爲一行星底運動的微分方程呢？這是我們現在首要感覺興趣的問題。他達到其方程不是以一行星底加速率無保留地與其對太陽的距離生關係而去求它們之間一定的數目的關繫，而是在其思維中首先建一座橋樑，從行星底位置概念渡到加速率概念，這座橋叫做力。他想像一方面由一個行星對太陽的位置而定對向太陽的吸力，另一方面此吸力在行星底運動大小中爲一定變化之原因。如是遂發生一方面引力法則，另一方面惰性法則。力之概念自身，無疑地如力字已經說過的，淵源於提舉重量，或滾擲一個球時那種筋肉感覺之想像，而比想像更一般地應用到每種運動變化，即使此種運動變化大到爲人類筋力遠不能夠達到的程度。

牛頓這個力之概念，幫助他到如此根本的成功而給與決定的意義，儘管這概念（當然也很

可注意的）並非本來的運動法則，而他在這概念去找每一運動變化底首要原因，是無足驚異的。這樣，牛頓的力，不單在力學即在整個物理也當作主要基本概念，而人們日漸習慣在一切物理過程都第一追問爲其原因的力。

這裏立着與我們物理底新發現所供的圖案某種對立。可以安然說牛頓的力在今日對理論物理已失其基本的重要。在近代力學建築，它顯得只是次要的大小，人們以較高的較統括的概念，工作或位能底概念代替了它，將力一般地界說成電位降落或負的電位梯度。

但是——人能這樣責難——若工作之發生總必先有力在而領引出工作，如何可能視工作爲首要的呢？誰如此說，誰便不是物理地想法而是生理地想法。當然在高舉重量所施的工作，筋肉之收縮與伴隨它的感覺是首要的而構成發生運動底原因。但這種生理的過程在概念上是要與此地所談地球對重量所施的物理的吸力（而它又單由首要的現存引力位而定）嚴厲分開。

位對力不僅因物理法則由其引入而採了更簡單的形式，應居前列，也因位之概念較力之概念所達更遠，即超過力學區域直到牛頓的力不能再談到的化學化合論底區域。當然必須承認

位之概念未具有力之概念其關係能在筋力感官中那樣直接明顯的好處，因而力之概念底撤廢，物理法則底明豁性要感受重要的損害。但這種發展在自然中是事實。物理法則不是向人類的感官及與之相應的觀念能力，而是向事物自身。

總之，據我底意見，對於教力學導論，還必要首先從牛頓的力出發，如在光學首先從視覺出發，在熱動力學首先從熱底感覺出發一樣，儘管這種基礎後來將由較精確的代替。我們也不可忘記一切物理概念及命題底意義最後還是涉及其對人類感官的關係。這正是物理研究特有程序之特徵。爲要能構成可用的物理概念與假設，我們首先必須回去把握直接適應觀念能力的特別感官感覺。單從這種能力，我們創造我們一切的理想。但若我們願達到物理法則，我們必須盡可能地將引入的觀念圖象抽象了去，將提出的定義從一切不與測量有邏輯地必然關繫的附件和想像解放出來。夫然而式列了物理法則，將它由算學的道路引到了決定的斷案，至終爲要所得結果於我們有價值，必須將它重又譯成我們感官世界底言語。這在某種意義是一個繞圈子的道路，但是全然必須的。蓋物理法則之簡直與一般，常由自一切擬人的附量抽象之後而出現。

這樣思想橋梁和明豁的補充概念，如我嘗試以牛頓的力爲例所描寫的，在理論物理中有很大的數目。我願在這種關係只再舉一個，它爲范霍夫（Van't Hoff）介紹的，而變爲於物理的化學如此有益的滲透（Osmotisch）壓力概念，以使物理溶解法則，即冰點與汽壓底法則能明豁地式列。滲透壓力之實現與測量，只可相對地不完全，因必須甚複雜的器械，所謂半滲漏壁。這偉大的研究家根據簡直殘缺的觀察材料而引到以他而得名的法則之式列，人們必更驚異其直覺的銳視。在這個法則今日的把握，滲透壓力亦如牛頓的力於運動法則少被需要了。

還有另外的高度明豁的思想橋梁之種類，於有益的工作假設之構成很有價值，但在更往前的發展中，證明了爲進步之障礙。這種事值得在此地特別舉出。如人慣於在自然中一切變化後面，猜測一種爲原因的動作的力，相應地人也容易慣於將一種不變的恆在的大小想像作一種實質。實質概念，在物理中始終演重要的，但在更切近的觀察，不永是無條件必用的腳色。第一容易看見的是每種所謂保持法則（註一）意義着實質的，而這種想像確乎適於使命題底內容明瞭，因而其

（註一）如普通物質不滅，能不滅法則等。——譯者。

使用也以之輕易。可是我們想像一種大小，雖經一切變化，仍恆持其量，除了想它是在一運動的物體中，頗難更爲明瞭。這兒確連到以一切自然中的過程都歸到實質量底運動即歸到力學那種努力。這樣，光底產生和傳播，以一實質的光以太之波動，使得明瞭，事實上，由這條道推演的光學最重要的法則與經驗一致，直到一朝來到力學的實質理論不允爲用而論入無益的玄想中的時候爲止。

在熱底區域，實質概念也有一時施行過很高超的東西。量熱學 (Kalorimetrie) 在前世紀所經驗的縝密的完成，根本由於假定從較熱的到較冷物體之通流，熱之實質留着不變這種觀點。當引到證明熱量也能增加時，例如摩擦過程，實質理論便碰了釘子而圖恢復創傷於補加假設，此但可一時不能長久。

在電學，只膚淺的觀察已指出可慮的結果，爲實質的想像過度擴張所帶來的。這裏，電量不變底命題，連着電流概念，和荷電與傳電體交互作用底法則，由想像一種電的實質，它是很細的，輕輕動着的，賦有某種力之表現這樣想像而異常顯豁。這比擬之所以不可通，在人們必須承許一種正

的和一種負的實質，它們在彼此連合時便完全中性化——這一種過程，總之在通常的實質，是不可思議的，正如兩種對立的實質從虛無產生一樣。

這樣我們看見，怎樣想像底圖像與由之而生的觀念爲物理研究所不可少而曾無數供給開認識新軌的鑰匙，但必須以異常小心去應付，即使它一時間是證實了的。在更遠發展底道上，唯一可靠的領導者還總是測量與由邏輯方法從與它直接相連的概念所能推斷的。一切其他斷語，恰恰是那些由某種直接的所謂自明著稱的，永遠得用某種懷疑去看。蓋關於界定了的概念，證明確否，決定的不是觀念，而是理解。

二

我底女士們和先生們！直到現在我們主要注意的是由何種道路可達物理認識這個問題；現在我們願更轉到切近點把握物理法則底內容及本質。

一個物理法則通常表現在一個算學公式，以計算在一定已知的條件下的任何物體，所經過

程之次序。從此點觀察，則一切物理法則，皆可依其內容，無條件地分爲兩大類。

第一類法則，當人們將時間前面符號顛倒或另外表示，其有效性不變；每種能滿足此種法則之要求的過程，能倒向後走而不與這些法則相矛盾。此種法則之例，如力學法則與電動力學法則。在不管熱與化學影響程度之內。每種純力學或電動力學的過程都也能在倒轉的方向經過。一個無摩擦的下落的物體將依同樣法則加速如一上飛的無摩擦的物體之加緩，一個鐘擺在同樣條件下向左亦如向右之振動，一種波能向一方亦如向另一方傳播，向外亦如向內一樣，一個行星能在一種意義亦如在另一種意義一樣地繞日運動。是否和怎樣這種運動之顛轉真能實現，完全是另一問題，爲我們此地所不需深入的。此地只管法則本身而非其應用所在的特殊事件。

第二類法則，特徵是在時間底前面符號演重要的腳色。因此屬於此種法則的過程，是向單方面的，不自返的。屬於這些過程的，爲一切那些熱和化學化合演有腳色的過程。在摩擦，相對速度不斷減小，永不提高；在傳熱，較冷的物體不斷加熱，較熱的不斷變涼；在溶合，兩種相混和的實質之混和，永在更加複雜的意義，永不在變純底意義前進。因此不可逆過程總引到一定的終的：摩擦到