

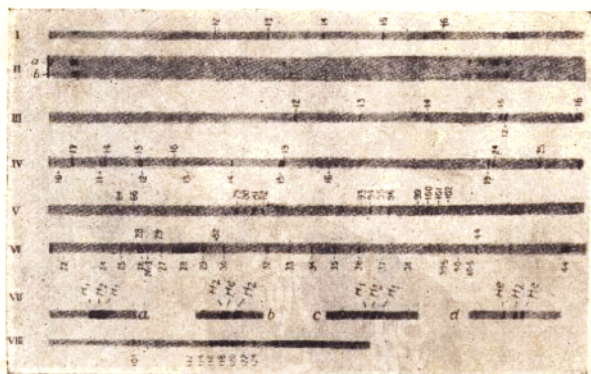
自然科學小叢書

物理學之基礎概念

P. R. HEYL 著

潘谷神譯

王雲五 周昌壽 主編



商務印書館發行

序文

約三分之一世紀以前，當我等之大學行畢業式時，有畢業班中之一生起而致辭，從數方面論之，皆足令人注意。第一，因其措詞明白易曉，與布局有條不紊，一向罕見有初次登臺的演說能如是努力可誇者；第二，因其選擇題材之頭腦顯出少年老成；第三，因其活潑氣概歷久弗衰。

當時聽衆之中有一區區的下級生（即本書之著者），聆此一位前班輩所言，不覺一生銘記而欽佩之，其大致且留存至今日忽忘。此下級生所以報答之者誠薄，竟完全忘記此前班輩之大名矣。惟其名下所具之實爲何？則其重要的思想也；昔日此演說中所陳示的觀念，固猶留存於彼下級生心中，且博得彼之熟審的判斷，認爲值得宣告於他人焉。

異哉！以一人之知性而能出乎格外發生如此一種影響及於他人之知性也！因此一事，使人想起近來一種關乎我等此太陽系之起源（The origin of our solar system）的新理論（註）焉。

我等往常仰觀天文而思及我等所見各行星系所屬的衆星，曾推想其間或亦有有理智的生命如吾人者居焉。今則我等已傾向於如此一種思想矣，以爲我等枉費種種推想如彼，實則如我等之太陽系者，幾可完全確認其爲自然界中一種希罕之物也。Jeans 稱之爲突然變異的星系（A freak system），並提示僅能有一個與之相似者存在；蓋就現今的觀念論，我等之太陽系乃由如此一種偶然的經過而起者也，即是，當我等之太陽與其他一星十分相近時，因此兩星體中形成莫大的暴潮而互相衝突，以致一方或兩方之部分從本體分散，至經過此種衝突之後，遂安設而成一行星的體系焉。如此一種偶然的際遇乃有數者，百萬萬萬年中不過能期其偶逢一次而已。

（註）Chamberlain: The Origin of the Earth. University of Chicago Press, 1916. Jeans: Halley

Lecture, 1922, See Nature, May 19, 1923. Eddington: Nature, January 6, 1922. Jeffrey.

Nature, May 19, 1923, Russell: Scientific American, October, 1922, p. 268.

所以此次彼下級生偶然與彼初次登臺演說者相遇，其心遂處於一種紛亂不寧的狀態中，蓋因此演說者曾攻擊循特殊化（Specialization）之途徑以應接數量日增的所常學習的事物此

種理論也；所謂特殊化者，即謂集中於一二少數事物而拋開其餘一切事物此種辦法。從我等今日觀之，雖覺往日之進步較嫌遲緩，彼所當學習的事物堆積如此迅速，在時間上實趕不及一一學習之。然而有些事物固已學成矣，而且通常所推薦的解決法亦向為特殊化也。

彼演說者曾如此指示，謂此為一種必經多多服用方有效應的藥劑，且其邏輯的結果，必將逐漸縮小從事科學工作者之眼界，直至其無力產生甚且無力識別彼廣大的普遍化（Generalization）而循其途徑進行，因而結局非至自息其進行不可。「欲免此弊——據演說者云——我等必須力圖天才之急進。我等必須比照我等所認為需要者而增大我等之理解。我等必須多多摹想一些紛紜呈現於我等之眼界中的對象而學習之。」

「此乃對上天國者之十全的教導也——彼演說者接着又提出異議云——事不盡然。當思有曾經在成功之途上行之而不可能者。爬行動物學習飛行，由是而成為鳥。魚學習離水生活，由是而降為吾人。變成一人，未免不幸，以其祖傳如此，竟令其在某些需要上有不可能者。」

此等議論發表於一世代（即三分之一世紀，亦謂三十年）以前，而且出自一青年之口，未免

膽大；然我以爲就後日之種種發展觀之，固顯示其本質上之健全也。尤其是我等物理科學者最深切的覺其如此，蓋因近代思想所呈獻於我等的一些性質奇妙而混亂的概念，普遍化愈廣則愈使我等之眼界伸張而能包含其全體也。我等正在渴望之中，有如我等之祖先——肺魚在一乾燥節季中焉。然有若干心中曾產生此等概念而導出此等普遍化者；亦有許多雖不能產生而能追隨者。我等之中，非隨班即落伍，二者必居其一，別無通融餘地。特殊化不復可以供作底身之所矣。然則我等將若何而獲有必要的通觀，獲有必要的心得乎？

以我觀之，其可以實行者唯有一途耳，即在其歷史的發展之光照下盡力放大範圍以考察此問題而就從先曾經有過的如此一類事情以研究其進化也；我想在近日之物理的種種概念之發展中，我等必將見其進化一方過於普通所想像者，而其革命一方則不及普通所想像者也。我等研究現今所有概念之種種先行概念，必須到處追尋其關聯、類推、相似之踪跡。首先必須考察此等概念之在哲學方面者；如果我等於此時時覺得引入哲學的領域，當有耐心，勿以其稍遠於需要而遽棄之。我想我等不久即將見有方法存於其中，雖然此種思想在外表上頗似愚狂也。我等所當行的

第一件事，即是盡力上溯至彼十八世紀的自然研究者之心態 (The mental attitude)。

序
文

目次

第一篇

十八世紀——唯物論者之世紀……………一

第二篇

十九世紀——關聯之世紀……………二五

第三篇

二十世紀——希望之世紀……………五一

物理學之基礎概念



第一篇 十八世紀——唯物論者之世紀

在物理科學之歷史上，十八世紀乃一無意義的、不結實的時期也。當時之從事科學工作者，對於自然之事實已知其一大部分；彼輩勤於探索未經開墾的荒野。彼輩所發見的事實雖有大多數遺留至我輩者，然其觀點固已變更矣。彼十八世紀科學者之心態，可認其特徵為極度唯物論者的，乃不易見於今日者也。

我等之大多數向曾受教，謂物理學為從事於物質 (Matter) 與能 (Energy) 之研究者。此在十九世紀之末固為正統教說，然十八世紀的態度 (Attitude) 則異乎是。彼時之自然哲學者專事研究物質。尚未識近來所謂能之概念 (Concept) 也。固亦知有重力的、機械的、電氣的、磁氣的

等力 (Forces) 惟概視為物質之性質 (Properties of matter) 在其本質上均屬第二的、副位的、附從的焉。

我等能與此種觀點接近，其密接程度超過我等初料所能及者，蓋一向均視重力的力 (Gravitational force) 為物質之一種性質，且在事實上亦以此作其概念之定義之構成部分，直至最近數年方見變更也。半世紀前，Lord Kelvin 曾提議廢棄所謂渦旋原子之假說 (The hypothesis of vortex atoms) 其主要理由在不能表示其(原子)受重力作用此一事實。Maxwell 云 (引自 Encyclopedia Britannica 第十九版之「原子」項下——原註)「似難斷言一種幼稚理論必當說明重力 (Gravitation) 也。」事誠如此。直至 Einstein 降臨時，人尚視重力為一種物質的性質 (A material property)；Einstein 起而反對之，且宣言重力為一種空間的性質 (A space property) 焉。在我等之觀點中又有一種同樣的根本上之變更，則基於所謂電氣 (Electricity) 之概念今已倒轉其十八世紀的對物質之關係，反而主張物質僅為一種電氣的現象 (An electrical phenomenon) 也。

在十八世紀及其前（十七）世紀視之，物質爲一種堅硬而有重量的原始實體，非常實在。依 Newton 之說（註一），則云：「以我觀之，大概如此：神在最初形成如此體格，如此形狀的物質，彼且依有資助於需要之標準，以如此的其他種種性質及如此的對空間之種種比例形成此等物質，而此等受形的質點悉爲固體，其堅固有非其所合成的一些疎鬆物體所能比擬者；誠然堅固，竟至絕不耗損或破裂而成碎片，通常決無一種之力能分割神在創造之初所造成者的。」

（註一） Newton: *Opticks*, Book III, Question 31 p. 375 (4th edition, 1730).

至視機械的力 (Mechanical force) 爲物質之一種性質，此乃容易說明者也。此一種力動作於一正在運動的物體衝擊在靜止中的別一物體時，一見即知其爲不可入性 (Impenetrability) 及惰性 (Inertia) 之一種效果，人固熟知不可入性與惰性此兩者均爲物質之性質也。欲將其他各種之力還元於物質的性質雖不能輕便如是，然給以唯物論者的說明之傾向素來頗強，彼熱、光、電、磁等之現象，人固嘗導入所謂物質之不可權的種類 (Imponderable kinds of matter)——簡稱之爲「不可權物」(Imponderables，亦可譯作無重物)——此種概念以說明之也。

不可權物，即想像其爲比重小至不可測定的物質之種類也。在十八世紀的意見，固以爲此中並無所謂背理。不過自其前（十七）世紀發明空氣唧筒之後，空氣變成有重可測之物；且有頗大的差存於空氣之重量與其最鄰近的較重實體之重量之間，於是有當然引出的一問題：「何以敢謂無一類物體具有遠遜於空氣的比重亦如空氣之比重遠遜於栓木之比重者？」此雖與近時的意見不合，然在十八世紀論之，固不以爲有所謂奇妙或不合論理也；且有今尙保守或前曾保守有所謂發光以太（The luminiferous ether）存在的一種信念者，在彼之判斷中則甚寬大也。

以欲說明種種熱現象之故，於是有要求於如此不可權的一種流體。此種流體稱之爲熱原（Caloric）人信一切物體均含有熱原而吸收於其細孔中，如海綿之能存留水焉；而且全與海綿無異，表面即使乾燥，壓擠亦可出水。設想冷體受機械的處理——如壓迫、摩擦與打擊——而其保存熱原的受容性（Capacity）退減結果，遂致此隱藏於其中的流體溢出若干於其表面，可藉觸覺以認識之，雖爲不可視並不可權者。

此種謂因機械的處理以致縮小其熱原受容性的機械論，當初雖覺有幾分不足信，然其至將

近此世紀之末時所裝出的一種形式則頗有趣味，蓋表示一種逐漸過渡至所謂機械的熱理論 (The mechanical theory of heat) 的形式也。(註二) 其所想像者如此：物質之各質點皆在震動中者，而其震動之震幅則依所用於此物體中的力之結果而增大焉。此乃因一質點所占有的有效空間之實際上增大所致，而其結果則使在各質點間的熱原擠出於外焉。現代的熱理論之異於此者，祇在其廢棄此所謂熱原的一點耳。

(註1) Nicholson: An Introduction to Natural Philosophy. London, 1782. Quotation from third edition, Philadelphia, 1788. p. 386.

然此尚非所謂近代理論之一世祖也。以前諸多哲學者之間，如 Francis Bacon, Boyle 及 Newton 等，亦曾傾向於此種觀點。既缺乏實驗上之證據以辨別此兩種觀點，而當年之對自然現象作唯物論者的說明之傾向又若是其強，宜乎此熱原論 (The Caloric theory) 至十九世紀而猶見得勢也。然因一七九九年 Davy 曾行一種實驗(註三)，此種理論已受其論理上之致命的打擊矣。某日溫度降至冰點以下時，Davy 取其溫度在華氏二十九度的冰兩片用一種機械的裝置

摩擦之結果，冰化成水，其溫度在華氏三十五度。此乃既知者也，當此之時，冰必須吸收大量的熱，方能變化而成水。試問在此情境之下，其所吸收的熱果從何來？如云冰之溶解所需要的熱為從彼冰之本身壓擠而出者，此事未免令人難於想像；假使想像其熱為由周圍之各種物體所供給者，則又與事實相抵觸，蓋其時在鄰近的各物之溫度均在冰點以下數度也。其曾有所供給於彼在此過程中的冰者唯一物——一定量的運動，而此運動即熱所從生處也。

(註三) Davy: Collected Works, vol. II. (Essay on Heat, Light, and Combinations of Light.)

固也，雖有此種實驗之種種結果，所謂熱原論尙自保其殘喘至半世紀之久。通俗傳說有之，蛇斷其首，尙將活至日落；信有如此，凡科學的理論一經普遍流傳，即顯出一種在時間之舞臺上遲留過冗的傾向，無一不然。

約在同時，Rumford 亦曾行一種實驗（註四），其性質無異乎此。彼將一銅礮浸於水中，用一製作異常之鈍的鑽孔器鑽之，彼於此實驗中見其能生熱，足以使水沸騰，並見其所產的一種金屬屑似不足額，竟少至不合乎理。彼之論理在兩項中均不完備。彼謂此金屬屑之熱受容性質與其未經

離開本金屬物以前相等，而依彼熱原論所要求的假定，則其熱受容性非縮減至擠出熱原之程度不可；然非待至此金屬屑得一冷卻機會，否則自（金屬屑）與其尋常條件適應時，不見得其熱受容性可以一舉而測定也；而且彼之論證從如此區區微額之屑出發，欲更引伸，亦嫌在分量上不足也。

（註四） Rumford: Phil. Trans. Royal Society, 1798.

十八世紀亦曾用一種物質的解釋以說明光之種種現象。曾想像光為從發光物體放射而出的渺小非凡的微分子（Particles，亦譯作質點）所構成者焉。此蓋普通的想像也。Newton曾攢斥 Huygens 所首唱的波動說（The wave theory），彼之著作多用普遍所通行的微粒子說（The corpuscular theory）焉。事非如此容易（註五）。當 Newton 反駁彼波動說時雖經大費躊躇，然在彼對薄版顏色之研究中，彼所給的一種實驗，則固應用一種混合波動與微粒子兩說的巧妙作法也（註六）。

（註五） Cajori: "The Growth of Legend about Sir Isaac Newton." Popular Astronomy, October, 1924, p. 486.

(註六) Newton: *Opticks*, Book II, Part. XII, p. 255, 4th edition, 1730.

在微粒子說之支持者，彼等固非盲從而顧及其困難也。所謂光之速度 (The speed of light) 已經 Römer 及 Bradley 兩人決定矣，而光微分子之重量若大至百萬分之一克冷 (Grain) 則其壓力之超過我等所能堪的從一礮口直射而來的一砂粒之負荷量者，我等即已不能負之，此亦向所已知者也。此說之通常的解釋，大都以光微分子之非思料所能及的渺小為基礎；而彼時之著作家所敘述者則頗奇異，謂如此一種微分子雖然渺小，而一種緻密的器官如目者固能作礮臺以抵當之，始終不至為所穿破焉。我等思及不久以前所說，謂星之分解成光為能之惰性所生的一種結果，然已有一種與此相似的概念提出於十八世紀矣。十八世紀後期有一位創作家 (註七)，似有忍耐於必須發見各事各物之善良用途此種常情者，彼曾由此種觀點而導至一種推測彗星之尾之可能用途的理論。我等藉彼之偶然的表現，可以想見彼等在當日為何等膽大的推想家也。彼云：

「設若彗星適於居住，其必為種種大異於一些我等所曾用以觀察與思考的創造物者所占

有也固可無疑。然尙可有其他種種用途或許爲彗星所能形成者。彼構成彗星之尾的物質在時間之經過中必不免落入太陽或其所當通過的最近的行星中，於此可以彌補其（太陽或通過的最行星）種種缺乏並適合其種種目的，以我等之完全不知此種物質之性質也，我等即欲推測殆亦不許。就其（彗星之尾之物質）在太陽中論，當能供太陽補充一種所消費的物質之用，而此種所消費的物質，即彼發光體（太陽）因光微分子之經常不斷的放射而損失者也。」

（註十） Nicholson: Work Cited, p. 144. ——參看上面（註二）。

爲光微分子之大小未經確定此事所阻，不能對太陽之生命規定某種一定時期；然既知光爲太陽所放射而出者，則知太陽之體質必逐漸減小，其爲時雖遲緩而始終無間也。此種舊概念與今日之概念兩方之主要的差別，蓋在其哲學的觀點上。即是十八世紀的概念有一種澈底的唯物論者的基礎，而今日之概念正反乎是。

別有一種十分新近的意见，則所謂光之運動量（The momentum of light）是也，此種意念會顯身於十八世紀哲學者之心意中。其從此種意念所產出的提示，則與彼光之傳播涉及光

微分子之大小時所有的觀念向有關聯焉。曾有一種實驗，實爲欲發見此種運動量而施行者也。將太陽光線大行集中，使之投射於 Michell 所發明而後來爲 Cavendish 所應用的扭秤之槓杆之一端，惟不能在真空中運用此種器械，蓋所觀察的種種效果皆當歸因於空氣對流之各流，此乃我等今日所知者也。

同樣，亦曾用一種電氣的流體——或不若云兩種流體——以說明電之種種現象。所謂“Electric fluid”此一術語，如今尙蔓延於俗語中焉。讀一七八六年 Nicholson 論電之語，自可見此爲一種若何澈底的唯物論者的概念矣。

「電乃實在的物質，不僅爲一種性質已也，在外觀上因種種情況之變化而表現得頗爲明確。當其通過各物體間時，即使空氣分開——此即其所屬的不可入性也——並使之構成何種音波。電以各種方向放射光線，如可承認光爲物質，則非想像彼放射此光者同爲物質的物，未免與推理與實驗不合。在其面前，其他感覺亦非不受其影響。電有強烈的熾味或熾類味，所以當房中之空氣攪入高度的電時，人人腦中必因此而感受一種殊常而且不快的痛苦。」