

萬 有 文 庫

第 二 集 七 百 種

王 雲 五 主 編

物 理 認 識 之 途 徑

(上)

蒲 明 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 培

自 然 科 學 小 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····· | 二二七 |
| 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 |
| 量子論與量子力學之發展····· | 三二二 |
| 波次論與波動力學····· | 三三三 |
| 波函數與波動力學····· | 三三三 |
| 波函數與波動力學····· | 三三三 |
| 波函數與波動力學····· | 三三三 |

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，請簡述到的時候，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(Leyden)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，或將來大槪要形成的世界相，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。

一 (一) 試以六個事例說明大槪要形成的世界相

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學家，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。我們首先使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

出於相當的特殊的感官知覺，（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！(註一)

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，比現在較爲深入，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，還負有假人的性質，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，便是上述的從假人原素的解放。

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，還斷然負有假人性質。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判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，即為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，因此在今日尚受相當重視；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，何者為其失去了一定的工作呢？為回答此問題，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

出自任何別處，可考慮的，亦即是在可迴溯的循環過程中，從較熱物體給出的熱並不等於較冷物體得到的熱，因為某數目的熱變為工作了。人也可以用同樣理由，把在直接傳導過程所傳的熱 Q 和在循環過程從較熱物體所失的或較冷物體所得的熱相等起來。在傳導過程所失去的工作之大小，看我們所作的爲前者抑後者而定：

$$Q \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad \text{或} \quad Q \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_2}$$

這種不決定性，克勞修司已經認識，他因而假定一第三者蓄熱，把簡單的噶爾諾循環過程一般化了，此第三者之溫度全然不定，因此工作也不定。（註一）

我們看見我們所走的路，把一過程底不可迴溯性算學地去把握，一般說來，是一條不能達到目的的路，我們又看見其何以不能達到的特有原因。這問題底提法，太帶擬人色彩，太被人類需要所傷害了。人總是將取可用的工作，這種需要，放在第一線，但若要从自然中得一定的回答，那就必須從較一般的較少經濟利益觀點去接近它，這正是我們現在所願意嘗試去做的。

（註一）克勞修司力學的熱論（Die Mechanische Wärmetheorie），一八七六年，第二版，第一卷，九六頁。

我們且看自然中運行着的任何一種過程。這過程把一切參加此種運行的物體從一定的開始情景，引到一定的終結情景，我叫前者爲A，後者爲B。這過程或是可迴溯的，或是不可迴溯的，沒有第三種可能。其爲可迴溯的抑不可迴溯的過程，僅獨繫於A與B兩情景之性質，而不在乎此過程在其餘各情景是怎樣經過的，因此問題只須如此回答：一經到達B情景，是否能以任何方式完全回到A。如從B回到A不可能，則很顯然B在自然中以某種特性對A優先。多年前我曾謂這種情形爲：自然於B較之A有較大的「偏愛」。依此說法，終結情景較開始情景，有較小偏愛的過程，在自然中，全然不可能。可迴溯過程構成一種格式：自然於其起點和終點，具有同等的偏愛，而過渡能在其間隨意向兩邊方向進行。

現在要找一種物理的大小，能作自然對一情景的偏愛之一般尺度。它必須是由所觀察的體系底情景直接決定的大小，用不着知道關於此體系以前歷史底任何東西，亦用不着知道此體系底能量、體積及其他特性。此大小具一特質，在一切不可迴溯過程皆增，在一切可迴溯過程則反之不變，它在一過程中所改變之數量，則供給此過程底不可迴溯性，以一個普遍的尺度。

克勞修司真尋見了這個大小，他名之曰熵 (Entropy)。每一物體體系在每一情景，皆有一定熵以標示自然於此情景之偏愛，它在此體系內的一切過程皆永增無減。設欲觀察一過程，它有着從外面加於其體系的影響，則應觀察那些影響所自出的物體，也當它們屬於此體系；於是此命題仍然回到上面的形式依舊有效。還有一物體體系之熵，等於各個物體底熵之和，而各個物體之熵，據克勞修司，可藉某一可迴溯的循環過程之助而得。熱之傳導，增大一物體之熵，這增大是依物體溫度所傳熱量底商數而變的；簡單壓力則反乎此，其熵不變。

回到上說的例，從較熱溫度 T_1 的物體，直接傳熱量 Q 到一較冷溫度 T_2 的物體，在這過程，較熱物體之熵減而較冷物體之熵增，兩種改變之總和，即兩物體之總熵底改變：

$$-\frac{Q}{T_1} + \frac{Q}{T_2} > 0$$

此正數使傳熱過程不可迴溯性底量，從一切人的意裁自由。這樣的例子，自然可以引至無數，每一化學過程，都是。

這樣，熱學第二定律及其一切結果，變為熵之增加原理，而何以我關於上面提出的問題，以為

在將來理論物理中，一切物理過程，以可迴溯的與不可迴溯的之分爲最首要，這於諸君，似是也很可了解的了。

事實上，一切可迴溯過程，不管它們是在物質中，或以太中，或兼在兩者中運行，其彼此間的相似，較之與任何不可迴溯過程的都大。沒制取它們的微分方程式底形式觀察已是如此。在可迴溯過程底微分方程，時間微分永遠只是一次方，在相當環境，時間底符號（正負號——譯者）亦可顛倒。這於鐘擺振動、電氣振動、光波和音波之適用，亦猶於質點或電子底運動之適用一樣，不過須摒除各種阻尼而已。在此處熱力學所觀察的無限遲緩運行的過程亦屬之，此種過程，出於許多均衡狀態，時間全然不起任何作用，或亦能說那作一次方算的時間，到了零方。一切這些可迴溯過程，如赫爾姆霍斯 (Helmholtz) 所指出的，有共同的特性，它們都可由最小作用量原理 (Prinzip der kleinsten Wirkung) 完全表達出來。這原理對於可迴溯過程每種可測量的運行所涉及的問題，都給與明晰的回答，在這種程度內，可稱可迴溯過程底理論，業已完成。可是可迴溯過程，亦自有其不便，無論是在一般的和特殊的情形，它都只是理想的，真的自然中，就沒有一個可迴溯過程，每一

自然過程，總多少不免有摩擦或傳熱。在不可迴溯過程之範圍內，最小作用量原理，已不復够用，蓋熵之增加原理，帶給物理世界相以嶄新的，本身異於作用量原理之性質，需要特別的算學算法。還有不同者，是過程之片面運行，達一固定的終結情景而止。

以上思維，我希望足夠明白可迴溯和不可迴溯過程間之對立，較之力學與電的過程間之對立，遠為深刻；因之此種區別，較任何其他區別，都更有權利，作為一切物理過程最好的分疆，而終於可以在將來底物理世界中演主要的腳色。

但上面所解說的分類，還需要一個根本的改良。在我們所描寫的形式中，物理的體系，尚攙雜着一份很強的擬人性，這是不容否認的。在不可迴溯性底定義和熵之定義，都尚與自然中某些變化之實施性有關，即是說根本不外使物理過程底劃分，附屬於人類實驗技術之效能，而這種效能，又確乎不會老停在一定的階段上，毋寧常是愈臻圓滿的。若可迴溯過程與不可迴溯過程之區別，要在一切時間都有意義，則必須更根本地深入，即是要從各種人類能力底關係獨立。這怎樣能出現，我以下便要談及。

三

我們看見不可迴溯性底原來定義，苦於一個可念的缺點，即它以人類所能之一定界限為前提，而這樣一種界限，事實上又全不能證明的。恰恰相反：人類累葉都盡瘁於把人類效能底現在界限，恆向後推，我們希望在現今許多像是不能實行的東西，在較晚的時間，有些可以達到。這樣說來，一個過程，至今還被認為是不可迴溯的，在將來不會因一新發現或新發明而證明為可迴溯的嗎？那嗎，第二定律底全部建築會無可推脫，全部崩毀，蓋過程之不可迴溯性，舉一可概其餘，有一被推翻，其餘的也靠不住，這是很容易證明的。

試舉一具體的例。在一液體中停滯的微粒所行的細微易感而最有趣的顫動，所謂布朗(Brownian)分子運動，據最新研究，係液體分子對微粒不斷衝擊底直接連續。如能以任一很精細的設備，沒有可注目的工作耗費，可使各個微粒底不規則運動成為有規則的運動，那嗎無疑地就找到了一種方法，使一部份液體底熱無報償地變成大到可以看得出的亦即可用的活力了。這不是對熱學

第二定律一個矛盾嗎？如此問題之回答爲肯定的，則是該命題已不能復躋於原理之列，原其有效性仍繫於實驗技術之進步。我們看見：保障第二定律底原則的意義，唯一方法，只能在於使不可迴溯性這一概念，從一切人的關係獨立起來。

我們再從不可迴溯性概念回到熵之概念，蓋若一過程之熵增加，此過程即爲不可迴溯的。於是問題又回到熵底定義之改善。依克勞修司原定義，熵可由某種可迴溯過程來量，第此定義之弱點，在於這樣的可迴溯過程，實際上完全不能準確實行。人們可有某種理由辨說：此並非爲真的過程，真的物理家而言，乃是爲理想的過程，所謂思維實驗，與夫手有全般而絕對精確的實驗方法之理想的物理家說的。但此亦復正有困難。此種理想的物理家底理想測量，究達何種程度呢？以一壓力壓一氣體，此壓力等於該氣體之壓力，或以一與該氣體具同等溫度的蓄熱體，加熱該氣體，這若加某種適當想像，還可懂得，但若一飽和蒸汽，經等溫壓力由可迴溯的道路，不喪失物質底均勻性，而變爲液體，必然已是很可考慮的事；緣此項均勻性之喪失，是在熱力學中某些觀察底前提。至於物理化學中理論家所信任的思維實驗，那就更可驚異了。他以半滲漏的壁，（這種壁只在完全特

殊的環境，才能實現某種的近似。由可迴溯的道路，不但可以任意隔離無論是在動盪的或靜止的狀態之各種分子種類，甚至能使負相反電荷的游子（Ion）互相隔離，及使這些游子與未分解的分子隔離；他既不用巨大電力衝擊它們，因為電力阻礙這樣的隔離，復不須經過這樣真實的環境——這種環境，是分離之始，分子正部份分解，而游子又立即部份聯合。這樣的理想過程，據克勞修司定義，為使未分解的分子之熵能與已分解的分子之熵比較，完全是必要的。這些勇敢的思路，其結果由經驗證明，都卓然可以樹立，實至可驚說。

再考慮另一方面，即在一切實現後的結果中，那種理想過程之關係，都復歸消滅——這些關係，不外可直接測量的大小間的關係，如溫度、熱調、濃度等——所以不能否認這種揣測，說暫時引用這種理想過程，或許根本上是在繞圈子，而熵之增加原理，其特有內容及其一切結果，能從不可迴溯性底原來概念或第二種恆動機解脫，正如能量不滅原理曾從第一種恆動機解脫一樣。

這一步：將熵之概念從人類實驗技術解放，因而第二定律完成為一個真正的原理，是波爾茲曼（Ludwig Boltzman）畢生的科學工作。簡言之，即將熵之概念一般引回到或然率（Proba-

bility-Wahrscheinlichkeit) 概念。這也說明了我前用的語助「自然對一定情景有偏愛」之意義。自然對較大或然的情景比較小或然的情景偏愛些，它只在較大或然的方向實行過渡。熱從一較高溫度的物體走到較低溫度的物體，是因為等溫分配底情景，較不等溫分配的情景，更或然些。

對於每一物體體系之每一情景，其或然性一定大小之計算，經原子論及統計觀察法成爲可能。對於各單個原子底交互作用，一般力學、動力學、和電動力學之已知法則，均完全仍可適用，無須改易。

由此種見解，熱學第二定律，遂不復處於孤立之地，自然偏愛之祕密消失，而熵之原理，遂爲或然計算已成立之命題，與原子論同入物理世界相中。

當然，這並不否認世界相之統一，能前進一步，而不需一些犧牲作代價。主要的犧牲，是因每一答案僅帶統計處理的方式，而拋棄了一切關於個別物理過程的問題真的詳盡的答覆；當我們只計算中值，我們便全未經經驗這些中值構成所自的個別原質。

第二個值得考慮的害處，便是它於物理情境原來絕對必然的連繫之外，又引進一種僅僅是

或然的連繫。當一靜止的重的液體向較低的水準流時，依能量不減原理，這是一種情境底必然結果，就是說它只是在勢能 (Potentielle Energie) 變小，取得動能，於是重心點降低時，才得運動。但若一較熱物體，給與一同它接觸的較冷物體以熱，則僅為巨大的或然，並非絕對的偶然，蓋我們很可設想若原子底安排及速度狀況完全特殊時，會正有相反的結果。波爾茲曼於此作出結論說這様與熱學第二定律反行的特別過程，在自然中很可以有，而在他底物理世界相中，為之留下公開的地方。我以為在這一點我們不需附和他。一個自然，有這樣的東西，如熱倒流到較熱的物體中去，或兩種互相溶混的氣體，自發變純，已不復是我們底自然了。如其我們還是要在我們底自然中討生活，則我們不去理會這種絕對罕見的過程，而去探索我們認為在自然中已實現的那些一般條件（這些條件，先天地排棄那與一切經驗違反的現象），要好得多。波爾茲曼自己曾式列過那種條件。一般說來，它就是「原質的不規則假設」，或簡言之，即統計觀察之各原質各自完全獨立行動這一前提。一切自然所現 (Naturgeschehen) 底必然性，以此條件而恢復；而其完成，依或然計算之法則，以熵之增加，為其直接結果；於是熱學第二定律，亦可稱為原質的不規則原理。在此種式列

之下，熵之原理，亦能如由純算學基礎推演而出的或然計算一樣，不致發生什麼矛盾。

一體系之或然性與其熵之關係又如何呢？很簡單，這是出於一個命題，兩個各自獨立的體系，其或然性，以個別或然性之乘積來表示（ $W = W_1 W_2$ ），其熵以個別熵之總和來表示（ $S \parallel S_1 + S_2$ ）。依此，則熵與或然性之對數為比例（ $S \parallel K \log W$ ），為計算一定情境中一體系之熵，此命題較之通常電動力學底補助手段，開一完善得多的方法。它不單把熵底定義，擴張到平常幾乎唯一為熱力學所觀察的均衡狀態，而且也到任何動力狀態，熵之計算，也不需再像克勞修司要用一個其實現總是多少可疑的可迴溯過程，而從一切人工的技術完全獨立以一字而擬人性便完全別出這定義之外，而第二定律也如第一定律立在真實的基礎上了。

新的熵定義之益處，不單在氣體動力論，也在輻射熱說，指出它所列的法則與經驗相符。因輻射熱也具有熵，所以一發射熱之輻射的物體，必經熱之損失，即其熵減少。但一體系之總熵，只能增加，於是全體系之一部份熵，必須仍保存在輻射出的熱中。因此每一單色光，都有一定的溫度，這種溫度，只依賴其光之強度，也就是發射同等強度的光線之黑色物體所具的溫度。輻射論與動能論

之主要區別，是由於在輻射熱的原質，其不規則性制約了熵，不復如在氣體中的原子那樣，而是異常衆多的簡單的正弦形之部份振動，從這些振動而出的每條光或熱輻射，即使是最均勻的，也必須當作綜合的去看。

在自由以太中，熱輻射底法則，尤可注意。這些法則所用的恆數，一如萬有引力所用的恆數，在它們從任何特殊的實質或任何特殊物體底關係獨立時，具有一般的普遍的性質。藉着這些恆數底幫助，便有可能建立長度、時間、質量、溫度底單位，其意義必須在一切時間一切文化，即使是超地球超人類的文化，都被視為必要的。我們現今所用的度量衡單位，尙絕不足以語此。儘管它們通常稱為絕對的單位，總還是適應着我們現在地面文化底特別關係。厘米取於我們底行星現在的周圍；時間底秒，取於地球之旋轉；克 (Gram) 取於水，以其佔地面最大部；溫度爲水之基點。上列那些恆數，即使不是已經碰着了困難的話，而將來必定也會有一天，在火星居民或一般地說在自然中現存的智慧之中，要碰着困難。

還有一個更值得注意而我願意在此加以思考的關鍵。這個關鍵，與或然性相連的熵之本質，

亦曾感到過。上用命題——兩個體系底或然爲其個別體系或然性之乘積——只在兩體系在或然性計算中能互相獨立時才適用；如在別種情形，則或然性便另是一樣。因此我們得料想在某些情形，兩個體系底總熵，異於個別的熵之和。這樣情形，會真在自然中出現，勞厄 (Lange) 已給與證明。兩個完全或部份「同調」的光線，（卽出於同一光源的光線）在或然性計算中，是不互相獨立的，因爲經一條光線底部份振動，也決定其他一條底部份振動一部份。事實上，人們能發明一種光學儀器，可使在隨便何種溫度的兩條同調光線經過此儀器，直接變成兩條溫度差異較大的另外的光線。於是克勞修司熱不能無代價地從一較冷的物體走到較熱的物體之舊命題，對於同調的熱輻射便不適用。但熵之增加原理在此地仍然有效，不過原來光線底熵，不等其個別熵之和而較小而已。（註一）

布朗分子運動漸漸變爲可利用的工作，與上面提出的問題，明顯地全然相似。一種對個別微

（註一）物理年鑑：二十卷，三六五頁，一九〇六年；二三卷，一七九五頁，一九〇七年。參看德國物理學社報，九卷，六〇六

頁，一九〇七年；物理雜誌，九卷，七七八頁，一九〇八年。

粒起作用的儀器，儘管技術上能否成立，是一問題，但只它一起作用，便與微粒運動在某種意義上是「同調」的，因此便從它底作用，生出可用的活力，也毫不與第二主題矛盾。只須顧到不要把分子運動底矯，單純地加到那儀器底矯上去便是了。

這種觀察，指出從部份體系底矯，計算綜合體系底矯，須如何謹慎，對每一部份體系都須嚴格追問，是否在整個體系另一地方，有同調的部份體系之存在；否則在兩部份體系交互影響之情形，就能有全然不曾預期的，與矯之原理似乎矛盾的過程發生。如兩部份體系不互相影響，則即由失察其同調而犯的過失，亦全然覺察不出。

由這些同調底特有現象結果，人不會自然而然想到精神生活中，那些隱祕的交互關係，那些關係，雖常是隱伏着的，因而不知也無害，但若一旦遇合特別場合，便能展開到全然不及預料的結果嗎？

是的，如我們願意讓我們底幻想，自由奔放，我們就不能否認或許在隔環繞着我們的物質世界之外，為我們測量方法所不能及的距離，存在着某種同調的物體，那些物體，只要還在與我們底

物體隔離着，也完全如我們底物體照常進行，但它們一旦若與我們底物體交互影響，就能發生似乎——儘管不過似乎——是矯底原理底例外。

——這樣，能够避免從第二定律方面來的那種一般熱底死亡脅迫的危險，（這危險使許多物理家及哲學家不同情於該定律，）而且不須攪動其一般有效性。即無此人為的探究手段，以我們對世界的觀察無限的擴張，那種危險，在我看來，是值得何種憂慮的；現在許多遠為緊要的問題，正迫不及待於它底勞作呢。

四

我嘗試着簡短地把將來物理世界相大概會證明的幾個基本路線指出。我們大略回顧一下在科學發展底過程中世界相所經的變革，再回到我們對此發展所得的特徵的標誌，就必得承認將來底圖案對着原來出於人類生活多方需要而每一特殊官能感覺都貢獻其一份的圖案底錯彩，像是很慘淡而枯燥，又復晦澀難解，這於其致用真是很重的害處。還有一更嚴重的情形，即官能

感覺絕對的排斥，毫不可能，我們究不能窺察一切我們經驗底認識源泉，即是一個對絕對的直接認識，完全談不到。

什麼是其特有的契機，縱然這樣明白的害處，它還給與將來世界相決定的優越而能對抗一切較早的世界相到底呢？不為旁的，正以圖案底統一故。關於圖案上一切個別線條是統一，關於一切地域與時間也統一，關於一切研究者、民族、一切文化都統一。

我們再精確點看，物理底舊體系，不等於一張單一的圖案，而較是一本畫集；為每一類自然現象，都有一特殊圖案。這些不同的圖案，又彼此不相連繫，可以拿走一個而不致傷及其餘的。這於將來的物理世界相，將為不可能。沒有一單條線，可以為無足輕重隨便拋棄，每個都是整體不可缺少的組成部分；在它自身，於被觀察的自然，都具有一定的意義，翻過來說，每個被觀察的物理現象，將要而且必須在這畫案中，找着其很準確的相應位置。在這裏立着一個與慣常畫案基本的差別，（當然在這些慣常畫案，某些但絕非所有的線條需與原本相應）——這種差別，我相信有時連在物理界也不會足夠注意。正是在新的專門文獻，間或也可以找到以電子論或氣體動力論底應

用總必是現時的即它們只能對真實給一近似的圖案這樣的說法。假如這些說法這樣陳述，說人不可要求氣體動力論底一切結果，適宜於經驗事實，那嗎這樣的見解便會弄得糟糕的誤解。

當克勞修司在前世紀中，從氣體動力論底基本假設，結論到在通常溫度氣體分子底振動可以由每秒幾百公尺來量，對他的非難，是兩種氣體，只很慢地彼此溶合，而在氣體中地域的溫度升降也一樣地只是很遲緩地平均。克氏辨護其假設，不說只應想像它只是一個對真實近似的圖案，不應向它要求過奢，而指出以中間自由路長之計算，他所描的草圖，在兩個特殊的線條都與物理觀察相應。他很知道，只要有一單個明白的矛盾成立，新的氣體論必然不可復追地在物理世界相失去它底位置，這在今日也可適用。

正因此種計算對物理世界相，列着較高的要求，顯然持有至終逼迫一般承認的力量，獨立於個別研究者底良好意志，獨立於民族與世紀，一般地說，獨立於人世。這種意見，乍看像是太大膽即使不是荒謬的話。但例如我們記起從前關於火星居民的物理結論，那嗎至少必得承認這種一般化不過也如在物理天天用的那種一般化，從直接觀察物做出永不能經人類觀察覆按的結論一

樣，因此若有人要褻奪這些結論底意義和證力，自己已自棄於物理的思維方式了。

沒有一個物理學家懷疑一個賦物理智性的創造物，具有一爲紫外光線的特別官能，把這光線也當作可以看見的光線一樣，這種意見是可以容許的，儘管還沒有人見過一條紫外光和這樣一個創造物，也沒有一個化學家把太陽上的鈉之化學特性當作地球上的鈉一樣去看這件事，總歸過慮，儘管他不能希望他底試驗管會有由太陽底鈉所成的鹽來裝。

同着上列的鋪敘，我們已進到那個問題底回答，我們在發端所要的結論：物理世界相究竟多少是一個我們精神故意創造的抑或我們取相反的見解，以它爲真的，反映着完全獨立於我們的自然過程呢？具體點說：我們可以理知地把握着說：當還沒有人想到以先，在自然中，能量不滅原理已經有效，或我們底地球同着它底居民一齊走入毀滅時，而天體還照着引力法則運行麼？

若我對此問題，從直到現在一切的觀省，回答是肯定的話，我很知道這個回答與自然哲學中一種趨向，現正在馬赫 (Ernst Mach) 領導下在自然科學界享很大的愛戴的一種方向，存着某種對立。據此學派，除了自己的感覺更無其他真實，一切自然科學，至終只是我們底思維對我們感

覺經濟的適應，這種適應，是我們由生存競爭所取的。物理與心理間的界限，終究是一個實際的，爲方便的 Konventionel 的界限，世界特有與獨一的原質，只是感覺。（註一）

我們把上面的命題與我們關於物理底事實發展所作的鳥瞰並列，那嗎我們必然到這特有的結論，即此發展底特徵的標認，表現在這世界底特殊原質（指感覺——譯者）從物理世界相不斷消除出去。每個誠意的物理家必須謹慎將事，把自己的世界相作爲可把握的獨一種類，從一切其他完全不同的，正確分清，若一旦兩個同行的專家，各自完全獨立地作同一物理試驗，有時會以爲尋得了相反的結果，若他要論斷說兩者至少必有一誤，便會犯原則的錯誤。蓋對立也能由兩個世界相底區別而決定——我不信一個真正物理家，會掉到這樣希有的思想途徑上去。

我亦很願承認一個在經驗上很大的不或然性實際並無異於原則的不可能，我還更明白些說，從那邊過來對原子假說與電子論的攻擊，不對而不可持。我恰願針對這種意見——而且我知

（註一）馬赫：感覺底分析 (Beiträge zur Analyse der Empfindungen) 111ff. 頁 111 頁 (Jena) 1888

八六年，Carlav Fischer 書店

道吾道不孤——原子，我們儘管對其較切近的特性，所知很寡，不多不少一如天體或環繞着我們的地上物件一樣地真；假如我說：一氫原子重 $1.6 \cdot 10^{-24} \text{g}$ ，這句話在認識上決不比說月球重 7.10^{22}g 爲較小的一種。當然我既不能把一個氫原子放在天秤盤上，又不能看見它，可是我一樣不能把月亮放在天秤盤上，說到眼見，亦有許多知名而看不見的天體，其物質量多少可以正確測量，是的，在天文家望遠鏡未及之前，海王星底物質量已量過了。（註一）一個摒除涉及認識的歸納的物理測量方法，乾脆就不存在。只消在一個精確的試驗室一瞥，便可指出經驗和抽象之總和，正包涵在這樣一個似乎簡單的測量中。

剩下來還要問，馬赫底認識在自然研究者中有如此其大的廣播，是何自來的呢？如我自己沒有弄錯，則它意義着對前一代人隨着能底原理之發現與特殊機械的自然觀相連的驕傲期望——一種反動，例如在赫孟（Emil du Bois-Reymond）底著作中可以找到的。我不願說這種期望不會有過價值，且尙留的卓越成就——只消舉出氣體動力論，但就全般範圍言，這些成就是太被誇

（註一）意指即天文家還不曾知道它，它底物質量已經定了——譯者。

示了，物理自統計法引入觀察，便把原子力學底澈底實施根本放棄了。一個不可避免的幻滅之哲學的淪墜，便是馬赫底實證主義。從威脅的懷疑中，重在官能感覺獲得一切自然研究唯一合法的出發點，完全是他底功績。但他超過此目的而把力學的世界相或一般地說物理世界相貶毀了。

我深信馬赫底體系若真的合宜地實施，是不能證明它有內在矛盾的，同樣我確信它底意義根本上只是形式的與自然科學本質無涉，因它對每種自然科學最高尚的標誌，從時間與民族之變易而獨立的恆常的世界相那種要求，漠然陌生。馬赫底連續原理（註一）此地無須補充，蓋連續並非恆在。

恆在的統一的世界相，正是我所企圖指出的，真正自然科學在其一切變化中不斷接近的固

定目的，在物理，我們可以有理由認為我們現在的世界相儘管以研究者個人之故，而還閃耀着不

（註一）馬氏以研究的智力，由適宜於習慣而得，甲與乙在思想中相連，即在已變的環境，習慣也想使其還是一樣。此即馬氏有名的思想經濟（*Denkökonomie*）其表現即為連續原理。如甲與乙之連繫變化，舊習慣以為這是一種攪亂，直到此種習慣改到不更覺得是攪亂時，此即馬氏足與原理（*Prinzip der Zureichenden Differenzierung*）見馬氏前揭書四六、四七、二四二至二四七頁。——譯者。（此與晚近行為主義者講的記憶與制約反射甚相近。）

同的光色，總也函有幾條在自然中和人類精神中爲任何革命所拭不去的線條。這個恆在，從每一個人類的或一般地每一智識的個體獨立，就是我們所稱的真實。例如在今日還真有一個嚴正的物理家懷疑到能底原則之真實嗎？毋寧相反地，在科學的估價，這真實底承認，作了前提條件呢。

當然，對將來世界相底主要經緯，現在的信心應達何種程度，是毫無一般的規則可以設立的。這兒應當很小心。但此問題屬於次要。此地唯一的，便是這樣一個固定的儘管是永不能到的目標之承認，這目標不是要我們底思維完全適合我們底感覺，而是要物理世界相從想像精神底個體完全脫離。它是我上面所稱從僂人性原質之解放一個較正確的註解，以排除那以世界相須從一般想像精神脫離的誤解，那樣說法，會得是荒唐的開始。

臨了還有一論據，它對那不管一切總慣於以人類經濟的觀點爲特有動人的觀點的人們，或許比一切迄今的求實的思考還更生印象。當精確自然研究底大師，投擲他們底理想於科學：如哥白尼 (Nicolaus Copernicus) 把地球從宇宙底中心離開，克布勒 (Johannes Kepler) 式列其以他底名字爲名的法則，牛頓發現萬有引力，諸君底偉大鄉人惠根斯 (荷蘭人——譯者)

(Christian Huygens) 建立其光底波動說，法拉第 (Michael Faraday) 創造電動力學底基礎，——這行列還可很長地連接下去——時，經濟的觀點，準是他們在反對傳襲的觀念與優勢的權威之鬭爭中，所鍛鍊的觀點中，屬於最末之列。否否，他們崖石般堅剛的，不論是從藝術或從宗教的基礎，是對其世界相之真實心安理得的信仰。從這些已知的不可辨的事實，便不能否棄這種推測，若馬赫經濟原理當真一朝作了認識論底中心，會得擾亂這樣領袖的精神們（即上列大科學家——譯者）底思想途徑，癱瘓他們意象底飛躍，或者因而不可救藥地阻礙科學底進步。把經濟原理送到較謙退的地方，豈不更真經濟點嗎？此外，諸君從此問題底式列，便可看見我遠非不願甚至願意放逐較高意義的經濟觀點。

是的，我們還能更進一步。那些人完全不說他們底世界相而說世界或自然本身。在他們底「世界」與我們底「將來世界相」之間，有任何可識的區別嗎？當然不的。全然沒有方法去覆按此種區別，由康德已成了一切思想家底公產了。「世界相」這一綜合的表詞，只因通常小心，要事先除去某些幻想而成。我們能够，假使我們決心的話，應用必要的矜慎把它當作將來理想的相而

不在「世界」這個字背後再去搜求，經一個字底代換，就達到一個較實在的說法，從經濟的觀點，也正比複雜難通的馬赫底實證主義，明顯地可推薦得多，這樣的矜慎，是物理家常用的，假設他們是在說他們底科學底話。

我剛才說幻想。那也會是一個我底很糟的幻想，倘使我希望以我底敷陳，便一般地能折服或一般地被了解；我得小心不要落他們底窠臼。當然關於這些原則的問題，原有很多可想可寫；反正理論家有的是，紙張也有耐性。因此我們願意更坦白更一致地聲言，我們全體無例外地在任何時間都應承認和在意的：第一，為正確認識，誠意的自我批評連到堅忍的鬭爭，第二，對科學上對方的人格，忠正的雖經誤會仍不衰減的尊視，餘外靜信千九百年來被視為區別真假預言家最後最不欺的標識那句話底力量：從他們底結果，你們便認識他們！

(註一) 耶穌底話——譯者

——

(Christus und Hinaus) 獨立地

物理認識之新軌

(一九一三年十月十五就柏林腓得烈威廉大學院長職務)

經我們團體所召集的代表們信任，我第一次擔任公署首腦的職責，今天新學年開始，在一個例規的關於開課的講演，對我們底保姆 Alma Mater（意指大學——譯者）底親屬和朋友，謹致敬禮。

本會教者與學者都以異樣感覺來看新學期中立在我們面前的任務。若過去一年對我們顯着美麗的光芒，在整個時光，交耀着熾熱着對偉大的民族理想，對為這些理想而帶來的艱苦犧牲，對最近最大在近日正為全德人民所慶祝的赫奕而蓬勃的勝利（註一）紀念，那嗎來學期，據一切人的先見，在其進程，將帶一種質樸的性質而貢獻一種常規的工作。

（註一）一八一三年，為普魯士對法獨立之年，著者意蓋指此——譯者。其間對德意志民族之獨立。

我們從去歲紀念到新年所能取的最好的，便是熱烈願望我們後繼者之視我們一如我們現在之對百年前那些爲祖國在言語上和行動上而奮鬥而受苦的人們。沒有人會先天認這樣的願望爲全無希望而謂達到這樣高的目標在今日全談不到。那些力量之燦爛發揮，正從過去平淡的時光靜靜的，或不大自覺其甚高意義的，因而更是內在的創造的勞作，取得自己的滋養。而別人也不能預先知道我們今日的成就對將來至何種程度。在一切環境下我們所能完全保險預言的，便是我們這一代只可有理由地希望能光榮地承當後世的裁判，假使諸君每一個人都在職業和命運引到的位置，努力以最好的見識，忠實的盡責，去解決那降臨到的特殊任務的話。

這樣我以今日的地位來提出由我代表的科學，特殊工作範疇之一部份，在這部分我着眼於物理認識底進步，嘗試描畫從這世紀黎明時所取的新軌。

實驗物理研究，還從未有如這一代人以來所生活的相似的潮湧般的邁進，也從未意識到它侵入人類文化在這樣廣大範圍的意義如現在。無線電報、電子、X光線，輻射現象多少引起每一個人底興味。再着眼一個更遠的問題，以何種方式這些光輝的新發現影響及促進我們對自然的了

解呢頭一眼便顯得全不是那樣相應的光輝。

今日誰要從對現代物理理論相當遠離的較高瞭望臺去判斷，很易得相反的印象，理論的研
究，經許多新的一部分完全不曾預見的實驗的獲得，反而陷於一些混亂，在一種盲目摸索不愉快
的時期，與最近過去的理論時期特著的清明的靜謐和安穩因而非無理由地被稱為古典的時代，
適成反對。每一處都變舊了，根深蒂固的觀念被攻擊了，公認的命題被推翻而被新假設佔去其位
置了，一部分這樣一種勇敢，即是科學家底理解力也像是承當不起的要求，總之像是不適宜要求
對不斷意識其目標的科學進步信託。這樣可以惹起一種印象，以現在的理論物理是舊日光榮而
變成腐朽了的建築物，它底組成部份開始一一崩頹，即其基石也被威脅着在動搖了。

這樣的想像，更沒有比它再不對的了。當然，理論物理現在走到更深刻的改變。但是較切近的
觀察，便可知它絕非破壞底工作而是完成和擴大的工程。建築底某些石柱被撥動，正為的是要找
更適宜更牢固的地方，而迄今特有理論基礎，正是從前任何時所未有的牢固和安穩。這種見解更
詳到的奠定，應為下列說明之目的。

先來一個一般的思考。物理理論修正和改造底衝動，幾乎永遠出自一個或多個不容於舊有範圍的事實之確立。事實長是構成亞幾米德 (Archimedes) 點，從這點出發，能使最重要的理論拔出困難。再沒有一件對至今公認的理論立於矛盾的事實使一個真的理論家更感興趣而進入工作的了。

在這樣情形應怎麼辦呢？有一點是靠得住的：既存理論總須多少變動以與確立了的事實一致。但是對這理論那一點得改良，常是很困難而紛繁的問題。單是一件事實，還不能給出理論。照規矩出於一整串彼此配合的命題，它好比一個複雜的有機體，其各部份都是多方內部互相關聯，任一地方底牽涉，都常會使似乎離得很遠的各種其他地方也感到而不易完全忽視。故每一理論底結論出自許多命題底協作，而每一理論所召致的失敗，照例會使較多的命題，都負責任，而為要贏得一條救濟的出路，幾乎永遠呈獻着各種的可能。結果問題常是尖銳到這種程度，兩個或三個一向互相聯合在一理論之內的命題之衝突，以確立了的事實之故，必須讓它倒掉一個。這種關爭常牽延論年論十年之久，其終極之決定，不僅意義着一個命題底廢棄，而且同時須特別着重的，

是此理論其餘占勝利的命題自然地更臻堅固和提高。

現在要標出逾常重要而可注意的結果，在新時代產生的那種衝突中物理的一般的大原理如能量不滅原理，運動量不滅原理，最少作用量原理，電動力學底定律，都無例外地被視為有其土地而其意義更完全增高；反之在鬭爭中被抑下去的命題，曾供一切理論發展似乎可靠的出發點。（但其所以為出發點，只因通常被看是自明的緣故，不是感到不必特別提到，便是乾脆被忘記了。）正可總括說，理論物理底新發展，特徵在於偉大的物理原理對某些根深蒂固但僅成了習慣的假設和想像的勝利。

為使這些陳述更加明瞭，可以談到幾個那樣的命題，它們至今都不經思索便當作每個所屬的理論之基礎在用，但在新事實底光芒下，對物理底一般原理，已證明為不可持或至少很可疑了。我只舉三個這樣的：化學原子底不可變性，時間空間底相互獨立性，一切動力作用底連續性。

自然我不要在此引入一切反對化學原子不變性繁重的理由，我只舉一唯一的事實，以前被視為自明的假設，現在卻與一個一般物理原則到了不可避免的衝突。事實是每一鑄化合物熱之

繼續發展，原理是能量不滅原理，儘管起初有願意懷疑能底原理的聲浪，而還是歸結此原理底完全勝利。

一個在够厚的鉛套中的鎊鹽，不斷發熱，每克鎊每小時計二三五卡 (Kalorie)，因此它總較週圍爲熱，像一座燃着的爐子。能量不滅原理說被觀察的熱不能無中生有，必須有任何另外的等價物，爲其變化底原因。在鎊子，是一個不斷的燃燒過程，在鎊化合物，必然得假設既缺少另外的化學過程，鎊原子就得自己變化，這從早先的化學立場，像聞所未聞的大膽假設，然而各方面都證實了。

嚴格形式地講來，可變化的原子這一概念，含有某種矛盾，原子原來正以一切物質底不變成份爲界說。據此，則原子這名稱，正確說來，應留給真正不變的原質，或者說電子與氫。但是還不管絕對意義上的不變原質一般說來，是否會有，永不能確定，而在文獻中這樣的更名也會弄到不可救藥的混亂；現在的化學原子久已不復是德謨克利 (Demokrit) (註一) 底原子，而是另外由遠爲

(註一) 西曆紀元前五世紀之希臘哲學家，謂世界由無形式而不可復分的物質——原子所成。——譯者。

嚴密的定義可以精確數量決定的。說到原子變化，只是這樣的原子，所提起的誤會，是決已排除了。

直到不久以前，時空大小底相互獨立性，並不比原子底不變性少為自明。兩件是否在不同地域同時發生的事件這一問題，不用問測量時間的觀察者，自有一定的物理意義，這在今日另是一回事了。經最精細的光和電動力的試驗，即使不十分明瞭而簡單被稱為一切運動之相對性的，是一件總被重複證實的事實，它由馬克士威——羅倫茲電力學而達到所謂光底速度恆在原理，即是說光之傳播速度在真空中是獨立於光源運動的，帶來了與那個簡單想像（即時空相互獨立性——譯者）的衝突。若認相對性已是實驗證明了的，那嗎不是光底速度恆在原理便是時間空間底相互獨立性必須犧牲。

再觀察一個較簡單的例。藉無線電從一中央站臺，譬如說愛非兒鐵塔（Tour Eiffel）發出一個時間的信號，如現在準備投射國際時間之用的信號。一切圍繞在中央站臺同樣距離的站臺，都能同時收到這種信號而對正它們底鐘錶。但此種時間規定，原則上不可靠，如果立足於一切運動皆相對，立足於從地球觀察太陽而地球也動這樣看法的話。蓋依光底速度恆在原理，便很明白。

從中央站臺來看，立在地動方向的站接信號較在反方向的站臺爲遲，因爲前者使它們所截留的光波先發必須追上而後者則正對着光波。這樣，經光底速度恆在原理要作一個絕對的，即是說從觀察者運動情境獨立的時間測量，簡直不可能；兩者不能並立。至今鬭爭過程，光底速度恆在原理決占上風，儘管在最近時間，提出了一些考慮，但它大約很不會有什麼改變。

前引命題第三，爲一切動力作用底連續性，它是以前一切物理理論一個不可爭辨的前提，藉亞力士多德著名教條：自然是不跳的（*Natura non saltat*）而凝固。這物理學中自古常被尊崇的堡壘，被現代研究可念地打碎了。這一次電動力學諸原理以新的實驗事實之根據，與那個命題衝盪，即非一切徵象都如此，而它底有效期已是屈指可數了。事實上自然顯着在跳躍，而且真是在特別的樣式跳着。較切近的說明，讓我舉一顯豁的比擬。

試設相一個烈風吹起高濶的湖澤。就在風完全停息之後，波浪還保持一個時期從一岸轉到他岸而完成某種特徵的變化。較長較大的波浪底運動能，尤其在岸或其他堅固的對象衝擊時永遠漸增地變入較短較細的波浪底運動能，此過程將一直延到波浪變得如此其小運動如此其微。

到完全看不出時。這便是從可看見的運動到熱，從質點運動到分子運動，從規則的到不規則的運動。這種衆所共知的過渡，在規則的運動，許多相鄰接的分子都有共同速度，而在不規則的運動，每一分子皆具特殊及特向的速度。

此地所描寫的分散過程，不能無窮下去而在原子底大小中尋得其自然界限。單獨觀察個別原子運動，它亦常是規則的運動，原子底個別部份全在同一的共同速度下運動。原子愈大，其總運動能之分散愈難。在此種程度，一切都完全明白，而古典的理論也很與經驗一致。

我們再想另一完全相似的過程，也是自己完成，但非水波而以光與熱底輻射，假定從一熾熱的物體發射的光線，經適當反射，聚集到一個嚴隔的空隙，在此空隙底反射的牆壁間不斷往復投擲。輻射能逐漸完成從較長到較短的光波從規則的到不規則的輻射之變化；較長較大的波相應紅外線，較短細的相應紫外線。據古典理論就必得望整個輻射能至終都將收回到紫外線底部份去，或換句話說，紅外線及可見的光都要漸次完全消滅，轉變到看不見的主要只起化學作用的紫外線裏去。

這樣一個現象卻在自然中毫無迹象可以發現。這變化毋寧是遲早要達到完全決定的可精確證明的終點，於是輻射底狀況在每種看法都是穩定的。

爲要把事實與古典理論聯合，曾作過各種嘗試，而總見矛盾把這理論底根蒂抓得太深了，不能不使其撼動。所以除了修正此理論基礎外沒有旁的。復次更確證了電動力學原理不可震搖。迄今所找到似乎把這啞謎完全解決唯一的道路，正是取熱力學兩主要命題爲出發點，它把這些主題與一新的特殊假設配合，其內容藉前引兩喻略如下說。

在水波運動能底分散之所以有盡者，因原子在某種方式搏合了能，每一原子代表一定有盡的量底物質，只能作一個整體去運動。在光及熱底輻射也是相似的方式，儘管它本身非物質的性質，也必須有些能起作用的原因，搏合輻射能於一定有限的量中，而光波愈短，振動愈速，跟着搏合也愈強。

從純動力學的樣式怎樣個別地設想此種量底狀態，一時還難有把握說。總之量底假設，引到此種想像，即自然中變化不是連續而是爆發式地進行。我幾乎不用提起這想像經輻射現象底發

現和精研，已贏得重要的明證。此外一切與較切近說明嘗試相連的困難，都因量底假設迄所成熟的結果比一切較早的理論都更符合輻射測量而更退後。此外，還有，如在一個原來未達的區域，亦經證實，對一個新假設，是有利的標誌，則量底假設，準可為它自己要取這有利的證書。此處我只願指出一特別動目之點。自氣體、氫（Helium）能作液體之後，在低溫度的實驗研究，又開了新的豐富工作場所，現今已有一串新的，一部份直是最驚詫的結果了。

要把一塊銅從負二百五十度加溫到負二百四十九度，即加溫一度，不需要銅從零到一度加溫的同樣的熱，而是約小三倍，設銅之開始溫度更降低，則相應熱量更小許多倍，而到沒有可給的界限。此事實不僅與歷來習慣的想像，而且與古典理論底要求直接抵牾。蓋即逾百年來人們已習溫度與熱量正確之分，而由物質底動力論，仍引到兩者大小縱非成精確比例，至少也在某些程度彼此平行的結論。

量底假設完全說明了此種困難，從這時節，它又有另一重要異常的結果，即在一固體中熱底

振動所召致的力與彈性振動所動的完全同樣。現在可藉量底假設之助，從一原子的物體之彈力特性，計算在不同溫度時此物體底熱能，這亦是古典理論遠不能及的成績。從那兒更生出一些希有的一見便使人傾心的問題，例如一個發聲音叉底振動，是絕對的連續抑是量的繼續。當然在聲之振動，因其振動數相對的小，能量也異常之小，例如第三八分音符 a 在絕對的力學的量，只有大約一千兆分之三 $\frac{3}{10^{12}}$ 的工作單位。通常彈力論，因此，一如在完全相似的環境，並不需要改變，它把物質完全作連續的看待，而物質正確說來，又是原子式即量式地構成的。但是從原則的立足點，新見解底革命，必然對每一人都明瞭，縱然動力的量之性質，暫時還留着啞謎，但以今日立下的事實，它底存在，無論用什麼方式，都很難致疑。蓋凡能夠量的，便存在。

在新研究之光，物理世界相開始表露其個別線條底內在關聯，同時公開其某種特有構造，其精微在從前即是對少數的銳利目光也。還像是被抹殺了因而總在潛藏着。但也可以永遠重新追問：這種進步根本上於我們求知慾底滿足意義着什麼？經我們認識底世界相之精細化，我們對自然本身更近了一步嗎？這些原則的問題，讓我們還要作一個簡短的考察。並不是對這無窮多面值

得深思的領域有什麼根本新的要說，而是因為在這一點今日還有頑強對立的觀點，每個對科學底特有目的感興趣的人，必須取一立場。

三十五年前赫爾姆霍斯在這一點曾詳述到我們底知永不能給我們外面世界一個映像，至多只是一個記號。要指出外面過程底特質與由它所引起的我們感覺底特質間一種比擬，缺乏任何支點；我們從外界所作的一切意象，最後都只反映我們自己的感覺。把我們底自我意識與一個從意識獨立的「自然本身」對立，還能有任何理性的意義嗎？一切所謂自然法則根本上不毋寧是很少有目的性的規則，以這些規則我們盡可能正確而方便地去統括我們底感覺一時間的流轉嗎？——如是這樣，則不僅人類共通的理解即正確的研究也都根本錯誤；蓋不可能否認迄今整個物理認識底發展，正力使外面自然中的過程從人類感覺世界中的過程盡可能地根本遠離。

這個危險的困難，很快便有出路，假使對相關的思維途徑只更追隨一步的話。我們預設一種情形，說已找到一種物理世界相能滿足一切所能作的要求，即能完全正確代表一切經驗所獲得的自然法則。然後再一種意見，以此相與「真」的自然只有幾分相似，這種意見，毫無法能證明。但

此命題亦有一陰面，而爲通常太少着重的：正如那個更遠爲勇敢的意見，說擬設的世界相在一切地方無例外地絕對忠實重給真的自然一樣是無法可以駁翻的。蓋即使僅於着手這樣的反證，亦必須從真的自然能可靠地說出任何一點東西，而這又被承認爲全不可能的事。

此處我們看見漏出很大的空隙，沒有任何種科學可以侵入的空隙；此空隙之填滿，不是純理性的事，而是實際理性的事，一個健全的世界觀的事。

一個世界觀幾乎不能讓科學來證明，所以它儘可以安然建築，對任何突擊都能不可崩壞地立得住，只要它與它自己和經驗底事實還一致時。但不要想即使一切科學中之最精確者，全沒有世界觀，就是說全沒有不能證明的假設，會可能前進。沒有信仰，人不會有福，至少對我們之外某種真實的信仰，此命題也適用於物理。這種堅信，就是指示方向渴求前進的創造衝動，只有它給與四周摸索的想像以有用的支點，只有它撫慰經失敗而困頓的精神，激勵重新突進。一個研究者在他底工作不讓任何假設去引領他，倘若這種假設，謹慎而當作臨時的去把握又儘是可能的話，則他先天地棄絕對他自己的結果較深刻的了解。誰棄擲對原子底真實或光波底電磁性或體溫與

運動之同一 (Identität) 這一信仰，誰就永遠不能渡越邏輯的或經驗的矛盾。但他可以旁觀他怎樣把物理認識之促進，從他底立場送終了。

當然，單是信仰，幹不了什麼，如每一科學底歷史所教的，它易於引入錯誤，退化到陋執與狂信。爲要作可靠的領導者，它必須時時覆按思維法則與經驗，最後於以幫助誠意的常是艱苦的絕望的個別工作。沒有一個科學之王，到時候不能和不願盡推挽的職務的，不管是在試驗室或文庫裏，在開放的自然中或書桌畔。正是在這樣艱難的苦鬪中，世界觀得成熟和精鍊。只有從自身嘗遍這種過程的人，才知道珍重它底意義和重要。

以此結尾，我特別托賴諸君，親愛的同伴們，以此在念，踏過新學期底門檻。我們大學底門已開，課室內面不久便將充溢，由諸君底教師們把百年悠久，不可量的，多方的精神勞作底寶藏傳給諸君，又有一些穀種要新播，有些已開始作果的更要成熟、滋養、促成了。

但是諸君不要相信，在講壇所供給諸君的智慧，便意義着最後的論斷。只要科學還有進步，總免不了暫時的錯誤的。誰要跑得那樣遠說他不會再錯，他底工作也就停止了。

因此當諸君研讀遇着思慮和懷疑時，不要先天地以它爲什麼不愉快甚至不許可的東西，必須拋卻或壓抑，而要澈底細心，信賴諸君底教師，他們是走在諸君前面的引路者，相信他們較成熟的經驗，堅持着希望，即使黑暗而困難的問題，經誠意的繼續努力，會逐漸贏得生長的理解因而得最基本的科學鼓舞。

但經諸君誠意的經多方試練而證實的勞作，道路仍斷然歧異時，那嗎，諸君但從自己的確信，不要跟別人好了。確然，這是而且將來還會是諸君最高貴的益德，蓋科學獨立性之養成，爲學院教育最美之目標，而在忠實工作所得的自己的科學信念，走赴一停泊處以保證端正的世界觀在一切生命中所能的交錯得有用的停宿，也是確然的。

科學底蓓蕾，其最美麗的同時也是最特有的，無疑的是真實，那由個人責任心而到內在的自由，的真實，其估價在我們現在公私生活都應更高得多去稱量。在這種程度，如我們底青年一代參加鬪爭，幫助它永到更一般的承許，可以感到百年前的英雄們以他們底心血去簽押他們對祖國之愛那種真實底意義。在這樣的紀念，以這樣的心情，讓我們進入新季底工作吧。

動力的統計的法則性

(一九一四年八月三日在柏林腓得烈威廉大學創辦紀念會講)

照可尊榮的舊習慣，腓得烈威廉大學快樂慶奉那難消的謝債，它底高貴的創辦人誕辰，他底名字是我們大學引以為榮而名的，在這個紀念日特殊的場合，立即引起對逝去的一季深思的回顧。在一個最艱辛的時間奠定，百年來鏗而不舍的工作開放了繁茂的蓓蕾，它（指大學——譯者）現在可以有理由歡慶它所取的發展，正在今日更重新感到與它第一帝君底人格緊相聯繫着，他在位時，以性格之無瑕，誠意和忠實為他在其曲折的生命中應付一切形勢的準繩。

誠意和忠實是亦我校之所由偉大，而其他同時創立的，外表上還更燦爛的人類天才之創造，以缺乏此種特標，而早淪滅為灰燼；它們應永為北極星，照耀我們這機關教者學者底工作，及一切行為。自本校成立以來，它們永不會有一時對諸君這樣有用如今日，如聚在此地我們大家在內心

最深處動着唯一的情緒的今日。

我們今天不知明晨將帶來什麼，我們只豫感到我們底民族，在短時間將面對着某種偉大的，非常的，關係着善、血、光榮或者祖國底生存。我們看到也感到在可怕的嚴重形勢，民族的一切物質和道德的力量，怎樣地電閃般快團結爲一，燒燃起冲天的神聖怒火，而一些在平時則是重要而值得努力的東西，不被注意，落地如無價值的玩物。

只有當每一老的或少的，高的或低的都誠意忠實，堅守其命運所指的職位，我們才可以希望世界歷史底轉頁，將由我們通告將來的世代是好的一頁。因此現在應想到臨頭的責任而聚集我們到實質的科學考察。

誠意和忠實於科學也不是陌生的概念，不僅在實際生活，即在純粹研究，以大學爲故鄉而且永遠希望保持這故鄉，也必要有這樣的道德內容。可嘆渴求遠大結果的研究者，或昏眩於新精神征服之初步成功，而放棄對贏得地位誠意的覆按和保證，不忠實堅定去注視所選的出發點和相關的途徑。辛苦贏得的位置，可以隔夜便被破壞，在洶湧的批評之前，被證明爲無法支持。同樣可嘆

的，是一個研究者，對另一方帶來的新獲得，閉着眼睛，不願把它們插入自己的思想圈裏，他即不以它爲不對，也慣於以爲無足輕重。他現刻推卻的見解，將來須更貴的價錢去購買。

這樣不先見而不明察的事態，任何科學皆所不免，愈是新鮮的青春之力在跳動，愈加難免。每一科學，算學亦非例外，在某種程度，都是經驗科學，或以自然或以精神文化爲對象，每種科學任務，其最高尙的口號，都是去搜求許多當前的個別經驗和個別事實之整理與關聯，經缺憾之補充，把它們統括到一個統一的圖案之內。

即在不同的範疇，各個科學所討論的材料，其法則性底種類絕非如初看時所現的利害的對立，例如歷史的與物理的問題所顯示的。至少，在自然科學底區域找一個對現象流轉爲必然的，無往不適，不容例外，絕對的法則，而在精神的區域，則以鬆泛的意旨和偶然，推其因果關係之連續，這樣一種基本差別，是完全謬誤的。一方面每種科學思維，即使人類精神底最高處，超意旨和偶然的，在最深的基礎上，靜止的，絕對的法則之假設，爲不可避免的前提，另一方面，即令自然科學之最精確者，物理，其處理的過程之法則的關聯也常留在黑暗中，因而也可不必疑慮稱之爲偶然。（在這

個字明白的意義。

再觀察一特別易顯的例，放射原子底行爲，依各方承認的露特福（Rutherford）及蘇底（Soddy）分散假設，一個鈾原子，在無數百萬年，對其週遭都完全不變化而消極，忽然在一短不可量的時間，沒有可以確定的動機，毀掉它底名字，兇猛爆裂，就是我們最強烈的炸藥，較之亦如小孩玩的手槍，在這爆炸，一部份碎片，以每秒鐘幾千基羅米突的速度振動，同時放送很精細的電磁光線，連最強的X光線也遠不及，而一個直接毗鄰外現完全同樣的原子，還要留在同等消極中更數百萬年直到那命定的時辰響敲爲止，這是怎樣來的呢？這裏只是關於因果決定的動力法則一種推測，它比迄今一切以外面手段之應用，例如溫度之昇降，來影響輻射現象，毫未有結果的嘗試，現在看來，還要無望。可是所舉的原子分散假設於物理研究有極大的意義，它一下子使起初純然混亂的事實，有了關聯，成熟了一些新結論，這些結論一部分由經驗很耀目地證實了，一部份激起新的重要研究和發現。

怎樣這成爲可能呢？怎樣能從這些過程底觀察，其流轉就整個言就個別言都暫時還留在完

全盲目的偶然中，引導出真的法則呢？——物理比社會科學，在很久以前，便認得一個與純因果全然不同的觀察方式之甚高意義，自前世紀中葉已有繼長增高的成功應用它；它就是統計的方法，其完成緊連着理論物理整個新發展。代替現時還全在黑暗中沒有什麼可把握的成功遠景的個別過程動力法則研究，只將對許多過程所作的觀察聚到一定的種類而構成一個平均數或中值。這些中值，依事態之特殊環境而有某些經驗的規則，這樣得來的規則永不會有絕對的安全，只是概然，很常與已知的實際上相等，於將來的過程，亦可預先錄記，不是記一切單個，而是——在應用時最多——它們底平均。

儘可以於某個研究者底需要，尤其是要求因果關係之說明，這樣一個根本上是暫時的手續，像是不能滿足，不能同情，可是爲物理，這樣手續已成爲不可少的了。否棄它會意義着抹殺物理科學重要的新成績。餘外還須顧念到在物理，正確說來，沒有任何一個絕對決定的大小；蓋由物理測量所得的數目，總連着某種可能的錯誤。誰只願意真的決定數目同時不容有錯底地方，必然引到測量價值之擯棄而歸於一般的歸納認識之擯棄。

總之，從以上描寫的事態，很够明白貫徹兩種法則性之縝密而根本的區分之重要：動力的，即嚴格因果的與統計的，爲了解每種自然科學所具的本質；讓我於這個對象及對立，再作幾許論列。

最好我們應用一兩件與日常生活相連的現象。取兩個玻璃管，直立而下端連以橡皮管，倒一種重的液體如水銀在一管內，於是此液體經相連的管子流入另一管，直至兩管內液體平面等高爲止。這種均衡狀態，在每一攪動便即停止。例如我們迅速舉起一管，水銀便隨着在舉起的管子上昇，又立即沉下直到兩邊水平高度重復相等。這就是關於槓杆作用有名的初步通管法則。（註一）

再另外想一個過程。取一塊在燒熱了的罐子中受高度加溫的鐵，扔它到一個盛着冷水的罐子裏。鐵底熱便會傳到水裏，直到溫度完全平等爲止。這就是人所說的熱的均衡狀態，它在每一攪動，會將重行恢復的。

很明顯上面所描寫的兩個現象，有某種相似。在兩者，每一變化，都有定量的差異，一次是水平高底差異，一次是溫度底差異，而均衡只在差異消滅之後。因此有時溫度被稱爲熱底水平，可以說

在第一格爲引力底能，在第二格爲熱底能從高轉到低的水平直到水平相等。

毫不奇怪，這種比擬爲唯能論 (Energetik) 一個偏激的方向，它設立最高目的但過於急躁的一般化，無條件當作共同的「現相原理」之支流來解釋，這原理願把自然中每一變化皆推回到能之交替，而把不同的能之形式當作獨立的有同等價值彼此並列的來看待。每個能底形式，都當相應一個特殊的強度因子 (Intensitätsfaktor)，在引力爲高度，在熱爲溫度，強度因子之差異，決定現相之流轉。此命題之明暢易曉引起對它一般有效性的確信，少不了迅速過渡到通俗的陳說甚至初步教科書去。

實在兩現象間的相似是完全皮相的，這些現象所經過的法則，正彼此隔着一重深淵。蓋如今日一切當前經驗底總體所允許完全決定去主張的，是第一現象隨着動力的而第二現象隨着統計的法則，或換句話說：液體從高降至低的水平是絕對，而熱從高轉到低的溫度，只是或然的。

這種主張乍看非常陌生甚或乖刺，卻有壓倒的多數證明來擁護；我將致力略舉其最重要者，同時以描寫動力與統計的法則間的對立爲我底任務。首先重液體沉降底必然性關係着什麼，很

易證明它爲能量不滅原理底推論。蓋若在較高水平的液體沒有特別推動還更往上升，在較低的更向下降，就是能可無中生有，與上舉原理矛盾。在第二現象，已另一回事。熱很可以從冷水過渡到熱鐵而不傷及能量不滅原理；蓋熱自身即爲能之一種形式，此原理只要求從水所給出的熱量與鐵所收到的同其大小。

即在兩現象底經過，一個不蔽執的觀察者，亦已可見某些特徵的差異。從高水平下降的液體，降得愈深，動得愈快；當水平高度達到平衡時，液體並不靜止，而依惰性超出均衡狀態運動着，於是原來立得較高的液體，變得較低；在那兒速度重減，液體逐漸靜止，從這裏，這個玩意兒正又從倒過來的方向重複。設運動能對鄰界的空氣與對管子底牆壁的摩擦損耗，能以避免，則此液體將永在均衡狀態，來回擺動。這種過程因之亦名可逆過程。

熱便完全兩樣。水與鐵間溫度差異越小，熱從鐵到水的過渡也愈緩，若人問須經多久，直到溫度均等時，於是此計算屬於一個無限長的時間，或換言之，儘管人等了多久，總剩下一點小小的溫度差異。一個熱在兩個物體間的來回擺動全談不到，熱底過程，毋寧永遠是只隨着一方面的，因之

代表一個不可逆過程。

物理現象底全體，再沒有比可逆過程與不可逆過程間那樣深刻的對立。屬前者有引力現象、動力及電的振動、音及電磁的波。它們全不難附列於一個唯一的動力法則之下：最少作用量原理。它同時也包括了能量不滅原理。屬於不可逆過程的，有傳熱、導電、摩擦、分解及全般化學反應，只要這些反應經過看得出的速度。爲這些過程，克勞修司曾推演於化學和物理非凡有收穫的熱學第二定律，其意義在每一不可逆過程，他都可預錄其方向。但還保留給波爾茲曼以熱學第二定律底內容及不可逆過程，（這些過程底特性，要作一個共同的動力的說明，是陷於不可克服的困難）由原子論的觀察方式之介紹，而推回到其特有的根源。

依原子論的假設，一個物體底熱能不外是其各個分子最細微、快的不規則的運動，其溫度之高，相應於分子平均的活力，而從較熱物體到較冷物體的傳熱，藉兩邊分子底活力，由物體接觸而制約的頻繁衝突，以互相等於中項。但這並不是說在兩個分子每一個別的衝突，有較大活力的分子速度受損而有較少活力的分子加速；例如若一動得快的分子，在其運動方向，橫遇一動得慢的

分子，其速度必更加增，而較慢分子底速度，越加減少。但略略說來，還將依或然法則，若無完全例外的關係，就會有活力之某種混合而這又相應於兩物體溫度之平均。從這見解所發展的一切推論，特別是關於氣體形式的物體，已頗詳盡，由經驗證為可取。儘管原子論的觀察方式像是這樣有希望的前途，它在最短時期以前還多方面根本上只被視為一種精神的假設，有些謹慎的研究者，想像從可見的可直接約束的區域到不可見的區域，從須彌世界到芥子宇宙這樣的猛跳，畢竟太大膽。即波爾茲曼也顯然避免由太勇敢的衝擊而危及他底計算及見解之意義，而稱原子論的假設，只不過為真實赤裸裸的圖案。現在我們能再進一步，為要使它有意義，從認識論底立足場，把此圖案與真實對立起來。蓋我們現在知道一串經驗，貸給原子論的假設以聲學底力學理論或光熱輻射底電磁理論所具有的同樣程度的保障。

根據上面我稱為不適當的唯能論的現相原理，一個等溫的靜止液體底狀態，必須是絕對不變的；蓋若任何地方都無強度差異，便缺少可以變化底原因。但人能使液體中的狀態成為可以看見的，如在一透明液體中，例如水，帶入許多很小的塵般微粒，或者其他液體底小滴，例如乳香或松

香膠。我相信沒有人由顯微鏡在較好光亮中觀察過那種設備，會忘記那對他呈顯的戲劇般的印象。那是在目擊一個新世界。他看到的不是所期待的僧院般的寂靜，而是懸着的小粒最活潑高興的跳舞，而且正是最小的跳得最瘋；毫不見任何液體摩擦抵抗底痕跡；一旦一粒靜止，別一粒又開始運動。人不知不覺便會記起像用一條棍撥過的蟻穴那樣激動。但是假若這些被刺激的小動物，逐漸寧謐起來而闌味地消失其運動，則在顯微鏡下的微粒，只要液體溫度還不變，永遠不現一點疲乏的記號——一個實如字義（這被用作許多其他意義的表詞）的真的恆動機。

上面描寫的，從一千八百二十七年為英國植物學家白朗所發現的現象，回到二十五年前法國物理學家古維（Gouy）液體分子之熱底運動，它們自身是看不見的，不斷對其間周圍游泳用顯微鏡可見的微粒衝突，因而轉入不規則的運動，但此見解正確與否終極的證明，僅在最近時間，從栢韓（Jean Perrin）底實驗工作，將愛因斯坦和史摩魯卻斯基（Smoluchowski）理論上推演的統計的法則關於顯微鏡的微粒之密度分配，速度，回路甚至旋轉都一一得着眩目的量的證實，我們大學哲學院在百年慶祝會飾他以博士峨冠以銘獎許。

這對一個與歸納立證相連的物理家，已無疑義：物質是原子組成的，熱是分子底運動，傳熱一如一切其餘的不可逆過程不隸屬於動力的而隸屬於統計的就是說，或然的法則。自然對一下子熱在倒過來的方向從冷水傳到熱鐵這樣麼的或然，很難作近似的想像。若有人從一個滿盛不同字母的口袋，閉着眼把一個後一個的字母往外拿，就拿出的字母一個挨一個排列，那就必須承認有成可解的字甚至一首哥德底詩之可能。或者有人用一個通常的骰子，先後相接，擲一百次，沒有人能爭辨說無一百次無例外全是六的可能，每一擲底結果可是都與前一擲底獨立。（註一）

但若一旦會有這樣的事，每人皆會無條件說：東西不對，或許骰子不是完全對稱的，沒有一個有理解的人會以這種意見為無足輕重。在常態的情形，這樣例外的或然性是太少了。可是它比起熱從較冷的傳到較熱的物體那種或然，還要算非常之大呢。只須想骰子只有六個數目所以只有六種不同的格，字母只有二十五格；而在最小的還可以看見的空間部分，已有多少百萬速度最不同的分子。所以從實用物理底立場，確無理由以這樣一種可能底偏差，而考慮到傳熱法則之一般有效

（註一）謂無因果或交互關係。——譯者。

性。

理論上又另是一回事。蓋每人都必明白這樣一個或然，儘管小，還與絕對的不可能隔着一重九幽般的深淵；這深淵在特殊環境下，還真會一顯面目。只需擲得够頻繁，前後連着一百次六，便會有較大的或然；或把字母遊戲重複十分長時，會至終弄出浮士德底獨白。總之我們還是不要單信這種作時方法的好，那便就是畢生或累代也不或然能達到的。

應用到物理，則這樣最低度的或然，有時也須很嚴正看待。若一個火藥庫好好一天飛到空中而不能找出任何外面的爆炸原因，這樣的事當然不會漠然放過，而所謂自燃 (*Selbstzündung*, spontaneous combustion) 亦是由本身常很不或然的化學反應的分子命定的衝突之堆積而定的，這些分子衝撞底法則只能以統計的途徑去推究。可見精確的科學對「確然」「定然」這種字眼應多麼小心，對經驗法則底意義估計常是多麼謙退。

我們由理論與經驗都同樣必要在物理一切法則性區別必然性與或然性，在每一觀察過的法則，都第一要問它是動力的抑或統計的種類。這種二元論，在統計觀察方式引入後，不可避免地

進到一切物理法則，有時顯得不能滿足，因而已有嘗試把這種二元論，若無別路可走的話，這樣來消滅，即否認絕對的確知連帶着否認了不可能，而只容許較大或較小程度底或然。據此，則自然中再沒有動力的法則只有統計的法則；絕對必然性這一概念在物理中乾脆便被揚棄。這種見解，很快便要犯其定命的亦如其短視的錯誤，即使我們願完全忽視一切可逆溯過程都無例外地由動力法則來規定，也絕無理由讓這些法則倒坍。蓋物理與任何一種自然或人類精神科學同等難缺一種絕對的法則為前提，而此地所談的統計底結論沒有它正也被奪剝了最基本的根據。

或然性計算底命題，不僅能於而且需要一個精確的式列，因此它才吸住了許多卓拔的算學家很高程度的興趣。若一定的事件跟着另一事件其或然等於二分之一，這並非對第二事件之到來，全然不知道，而是可以積極主張在第一事件所處的一切環境，引起第二事件，無論如何，恰恰是百分之五十，觀察成立的格式愈多，此百分比也愈正確地出現。在少數的觀察，也可有從中值預期的偏差，關於所謂色散 (Dispersion) (註1) 或然計算能給精確的消息，若一旦所作的觀察與

(註1) 被一個折光的中心擴大了的光帶——譯者。

預先所算的色散大小矛盾，便能安全地斷定在計算底基本插入了不對的假定一個所謂系統的錯誤。

二三 爲要能布陳這樣遠到的主張，當然必要很遠到的前提，如此便可了解物理中或然性精確的計算，只有當初步的影響，即一切最精細的極微（註二）適用動方法則時才可能。這些，儘管只是一些極微以我們感官之物疏而軼出觀察之外，可是這前提其絕對獨立性還供給統計建設以必不可少的堅固基礎。

四 依這些陳述，像是統計與動力的法則間的二元論緊連着大千與極微間的二元論，而我們必須當作實驗確定了的事實來領受的。事實不容由理論創造出來，不管人對之滿意與否，所以除容納動力的與統計的法則同樣在物理理論整個體系中各有其適當地位外，更無其餘的辦法。

五 但不可把動力與統計看爲並立雁行的東西。蓋動力法則完全滿足因果需要因而帶簡單的性質，每一統計法則，則皆代表一永不能十分明確的綜合，那兒還隱伏着一推回到它底簡單動力

極微法（註一）極微（Microcosmos），意指物體雖極小，而自成一世界，與佛家所謂「極微」相當。——譯者。

原質去的問題。此種問題之解決，構成進步科學底主要任務之一；對這些任務，化學也和物質及電底物理理論同樣在工作。在這種關係，還可提到氣象學，從比鏗 (V. Bjerknes) 底勞作，我們看見他立的一個大計劃，把一切氣象統計都歸簡單的原質即物理的法則。不管此種嘗試有否成功，而它總必有一天作成，因在每一統計，它基本上只說最初的但永不說最後的話。

和能量不滅原理或說熱學第一定律一樣，熱學第二定律在物理統計法則下，也就站在最前列。這個命題，儘管是一個或然的命題，儘管人常談到它底有效限度，是可以有精確的一般有效的系列的。其說如下。一切物理及化學的情景變化，都經過中項而擴大情景底或然性。在一個物體體系所能接受的一切環境下，最或然的情景是一切物體皆具有同一的溫度；只從這個更無其他的理由，中項傳熱總隨着溫度平均底意義即從高到較低的溫度那一方。關於個別的過程，熱學第二定律只在預先有保障這特別過程底經歷不致與許多以同一起點為出發的過程之中項經歷有顯著的偏差時才能對於它決定說出點東西。為保證此條件之完滿，理論上介紹所謂原質的不規則假設便足。實驗上除常常連接重複有關的試驗或由不同的彼此獨立工作的觀察重作此試

驗，更無別法。這樣一定試驗底重複或一整串試驗底排列，事實上亦就實用物理一般應用的程序，蓋沒有一個物理家，因消除不可避免的試驗誤差，在其測量，只限於單一的試驗。

第二定律與能，直接毫不相干。溶解過程，概不需有能之轉變跟着，溶解之由來，因兩種物質平均的混合，較不平均的更或然些，便是好例。溶解能列在唯能論之下，也是真的，為此特殊目的，人介紹自由能這個特別概念，而得方便的式列在許多情形使觀念更為輕易，但只要自由能根本上還只能在其對或然的關係去了解時，這種程序還是間接的。

末了我們再遊目縱眺一下精神生活過程中的法則，我們在這裏也找到一部份完全相似的關係，只是嚴格的因果退在或然之後，極微退在大千之後。可是在這裏，一切範疇直到人類意志與道德這樣最高的問題，一個絕對的決定論之假定，為每一科學研究所不能少的基礎。當然這裏要一種小心，自然科學亦然，不過在自然科學這種小心通常因其為自明的，不被特別表彰：即要研究的過程在其經過不會由研究本身攪亂。若一個物理家欲量一個物體底溫度，他不可使用寒暑表，因寒暑表之設置將改變物體底溫度。以此理由，對精神過程完全客觀的研究，其可能性，對於本人，

只能以從本人獨立的陌生人物之判斷，而這也只及於過去，因它在思維者底心眼前是終結了的，不是對自己的現在及由現在所引到的將來。蓋思維與研索自身都屬人類中的精神過程，若研究底客體與思維的主體同一時，則它以認識進步，也不斷改變自身。

因此先天地全無希望，從決定論底立場要澈底應付自己將來底過程而了結習俗的自由概念。誰認為由意識給我們的自由的，毫不由因果法則限制的自決，與絕對決定論在一切精神生活底範疇，都邏輯地不相容，誰就犯了上舉的物理家相似的錯誤，假若他不遵照所提出的矜慎，或者如一個生理家當他自己想像能把一條筋肉底自然的作用，當作一個機械的器具一樣研究。

所以科學自身有其不可越的界限。但鏗而不舍的人類不能以此界限滿足，他對其生活中最重要的不停重起問題：我怎樣幹？需要一回答。——此問題底完全回答，他不是決定論、因果律、或純科學中找到，而是在其倫理的意趣、性格、和世界觀。

誠意與忠實，是領導者，它們在科學中及超過科學很遠的區域中，都指出正確的生命之路，它們保證的，不是眩目的暫時成就，而是人類精神之至善即內在的和平與真的自由。它們也代表那

過百年把我們大學連繫到它底皇家創辦人之紀念不可破裂的紐帶。這紐帶還要在以後證明在起作用，在這樣領導下它底創造物，我們親愛的保姆（指大學）譯者）亦還要在來臨的百年越過一切內外風濤而繁茂，而孳長，而蓬勃！

（一九二〇年六月二日）

統計的統計的統計

量子論底發生及迄今的發展

(一九二〇年六月二日在斯脫霍門瑞典皇家科學院所作的諾貝爾獎金講演)

今天的演講在我是深深銘篆着我對我們基金底高尙創辦人的謝忱，假若我正確了解了今天責成我關於我底著作作一公開講演的意思的話，那嗎我相信此任務，其意義最好是來嘗試給諸君概略地描寫量子論底發生史，而在緊促的範圍內連帶草繪此理論迄今的發展及其對物理現在的意義一個圖案。

回顧二十年前，物理作用量底大小和概念，第一次開始從經驗事實圈裏脫穎而出，經漫長多方的歧徑，終於揭露，在今日這整個發展得了哥德底舊詞新證，人努力多久便錯誤多久。這對一個熱忱研究者整個緊張的精神勞動根本上像是徒然而無望，設他沒有動目事實不可推翻的證據在手，使他在一切縱橫交錯的旅程盡頭，終於至少真的近了真理一步的話。不可少的前提，縱使還

遠非成功底保證，自然是一定目標之追隨，而此目標底光耀，亦不因開頭的失敗而闕淡。

對於我，這樣的目標很久以來便是，熱輻射平常光帶中能之分配這一問題底解決。自克希荷夫指出熱之輻射性質為隨意發射或吸收有同等溫度的物體所界劃的空間構，成而完全從物體底性質獨立（1），（註一）一個普遍的函數之存在，已證實了，它只依屬溫度及波長，而與任何實質底特性無關，此可注意的函數之獲得，使能與溫度間的關連，洞察更為深入，這種關連，構成熱力學因之也是整個分子物理底第一問題。要達到它，除在自然中所有一切不同種類的物體，找出任何已知的發射和吸收能力，計算與它作固定能之交換的熱輻射情形，更無別路。這據克希荷夫命題，必須它與物體底情形獨立起來。

為此目的特別適當的物體，是赫芝直線振動器，它在已知振動數的發射法則，不久以前，由赫芝充分發展過（2）。若在一個鏡垣圍繞的空間，有一些這樣的赫芝振動器，經電磁波底收放，類似發音器及共振器一樣，彼此交換能，至終在這空間，必現靜止的符應，克希荷夫法則的所謂黑光。我

（註一）數目係指篇後的小註。

當時把自己諉於在今日看來多分是天真而寫意的希望，以爲古典電動力學底法則若只就一般的而不就太特別的假設，便足把握所期待的過程之本質而達到所致力的目標。因此我首先在盡可能地最一般的基礎上，事實上在繞灣，發展一直線共振器底發射與吸收法則，若我當時能利用羅衡慈已成立的電子論，當可省此曲折。但我那時還未全然信任電子底假設，而寧願由一個從已量的距離繞着共振器的球面，觀測能之湧出流入。那只有在純真空中的過程，在觀察之內，但對於它的認識，也够對共振器能之改變抽出有用的斷案。

這一長串研究底成果，（這些研究有些經目前觀察即比鏗壓力測量之比較，覆按而證實了）（3）是建立一個有一定週期的共振器之能與相應光帶底能輻射間在周圍場所固定的能之交換時一般的關係（4），那也給了一個可注意的結果，這種關係全不靠共振器底性質，尤其不靠它底壓力恆數——這於我是很愉快很歡迎的情形，因爲整個問題變簡單了，可以共振器底能代替輻射能，因而在從許多自由度綜合成一個紛紊的體系，（註一）其地位爲一個單一自由程度的

（註一）自由度體系，即自由振動體系：一振動體系，在外面的擾動已消失或取去時，該體系振動仍不即停止，而繼續振動一個時間——譯者。

簡單體系所佔了。

當然此結果只不過意義着對原來聳峭難躋的問題着手的豫備步驟。第一個克服此問題的嘗試失敗了；蓋我原來靜靜希望從共振器放射出的輻射，會由任何特徵的方式與所吸收的輻射區分，因而可給出一微分方程，由這微分底全項，(Integration, 使微分變成積分——譯者)便能達到靜止輻射狀態 (Stationary) 的特殊條件，這希望證明是騙人的。共振器只反應它發射的光線，而毫不感應毗鄰的光帶區域。

我底懸揣，以共振器對周圍光場底能，可以起偏面的即不可逆溯的作用，與波爾茲曼甚相矛盾(5)，他以對此問題較成熟的經驗，證明依古典電動力學法則，我所觀察的每一過程，也能向正相反對的方向的，如一個從共振器放出的球形波浪，一旦倒過來從外向內，不斷變為更小的集中球面一直收縮到共振器而重被吸收，而另一方面使這共振器把前次所吸收之能重又送出向它所從來的方向的空間去；即令我能將簡單的過程如向內的球類波浪，由引進一個特別限制的假定，自然輻射之假設而排它出去，而在一切分析都更明顯地指出對整個問題核心底完全把握必

定還缺少着一個重要的環節。

所以此問題我只能從反對的方面，從我所熟悉的熱力學着手。事實上我關於熱學第二定律以前的研究幫助我知道一開頭所遺漏的不是共振器底溫度而是其熵與能之連繫，不是熵本身而是其對能的第二微分係數，因為其係數，於共振器與輻射間能之交換底不可逆溯性有直接的意義。那時我對於追問熵與或然性間之連繫，還太為現象主義所暗示，所以我之經驗結果陷於孤立。當時，一八九九年不久以前維因(W. Wien)所建立的能之分配法則(6)，引起很大的興趣，其實驗的覆按，一方面由漢諾佛(Hannover) (註1) 高等學校巴辛(F. Paschen)，另一方面由夏綠吞堡(註2) 國家公所魯默(O. Lummer) 和卜亨漢(Pringheim) 着手。此法則以指數的函數，表現光之強度依賴溫度。計算一共振器底熵與能間以此而被約制了的關係，便得一可注意的結果，上列微分係數底交互值，我稱之為R，與能為比例(7)，此簡單關係可作維因能之分配

(註1) 漢諾佛——德國城名——譯者。

柏林西區——譯者。

法則完全充分的表辭；蓋從能之關係，由一般地可靠的維因推移法則，便已直接給出波長之關係了(8)。

於是整個問題，是一個普遍的自然法則底問題，我當日，現在還是這種意見，以爲一個自然法則愈一般，其說法也愈簡單，不過何種式列能看做更簡單的這一問題，不能永是無可懷疑而終極決定了的，所以我有一時間曾相信R之大小與能爲比例這一命題應看作是整個能之分配法則底基本(9)，此種見解不久對着新的測量結果，便已證其不可再持。若維因法則於能之很小的值連帶着也就是於短波，非常優異地證實了的話，於魯默及卜亨漢之長波試驗(10)已顯有偏差，與露本(H. Rubens)庫爾保(F. Kurlbaum)所測量的螢石(註1)及石鹽底紅外餘光(11)，便完全不同，但在有些環境，其關係還一樣是異常簡單，特徵爲R大小非與能成比例而是與能底方成比例，能與波長愈大，此種計算也愈正確(12)。

(註1) 螢石(Fluorapat)爲一種氟化礦物 Fluorapat 或 Fluorite 一種很美麗的立方結晶體，色黑。化學公式爲 CaF_2 。——譯者。

這樣，由直接經驗爲R函數確立了兩個簡單的界限：在小的能，R與能爲比例，在大的能，R與能底方爲比例。在一般情形，更沒有與R大小等於一項一次方和一項二次方能之總數再相近的了，第一項展開爲小的能，第二項爲大的能，因而尋得新的輻射公式(13)，它直到現在對其實驗的覆按都頗可滿意。自然今日尙不能說到一個經驗的終極精確的證實，勿寧還渴望有重新的覆驗(14)。

卽令這輻射公式證明絕對正確，而做倖臆測得中的公式其價值亦有限。因此自其成立之日，我卽以供它一個物理的意義自任，而此問題把我自然引到熵與或然性間連繫之觀察，卽波爾茲曼底理想途徑；直到我一生最緊張的數星期工作之後，黑暗見光，而一個未曾預料的新遠景開始啓明。

讓我此處小插幾句話。據波爾茲曼熵是物理的或然性一種量，熱學第二定律是自然中一種情景來得越頻繁便越或然。人總只能間接量熵間之差，不能量熵之本身，不有某種人爲造作，便全談不到一種情景底絕對熵。但是適當界說的熵之絕對大小，還是值得推薦，因以它之助，可以將某

些一般的命題式列得特別簡單，照我所看見的，此處與能亦復一樣。能本身也不能量，只能量其差。因此前人不計算能而計算工作，多方從事能量不滅原理的馬赫，也總避免談到能本身，但他超過觀察的範圍而走到玄想的道路。熱力學起初也一樣總停留在熱底節奏即能之差異上，直到阿什華德才着重指出有的繁冗的思考，若以能之本身代替量熱器的數目去計算，可以根本縮短。然後在能底表詞中起初還未決定的附加恆數，稍輒也由能與慣性間比例這一相對論的命題而變為確立的了(15)。

與能相似地，現在能為熵即物理的或然性，界定一絕對的價值，在此絕對值，確立了附加恆數，熵同着能(更好點說，同着溫度)一起消滅了。根據此種觀察方式給了為一共振器體系中一定的能之分配底物理或然性計算，一個相當簡單的配合程序，它正恰恰引到由輻射法則制約的熵之表現(16)。它與我所受的幻滅以有價值的補償，波爾茲曼在他答我送他的論文的信中，承認對我所取的思想途徑，感覺興趣而且同意。

其間至於所提到或然性觀察許多實施，需要知道兩個普遍的恆數，每一個均有獨立的物理意義，

其附加的計算因輻射法則而使此問題之參證成爲可能，不管整個程序只有計算的人工作爲的價值抑或中有真的物理意義。第一恆數是較形式的性質，與溫度底定義相連。設將溫度界說成一個分子在理想的氣體中的動能，即一非常微末的大小，則此恆數有三分之二的值(17)。在法定溫度，(註一)恆數價值卻異常小，自然緊連着一個分子底能，因而其精確認識引到一個分子底質量(Mass)及其相關的大小之計算。這恆數常稱做波爾茲曼恆數，儘管波爾茲曼自己據我所知並不會介紹過這恆數——一種很可這樣解釋的特別情形，波爾茲曼如他問或所表示的(18)，毫未想到這恆數底精確測量能够實施。沒有事實更比自發現不只一個而是許多方法量個別分子底物質幾乎與量一星球底物質同其精確，這樣好例證近二十年中試驗技術作的潮湧一般的進步。

當我由輻射法則施行相應的計算時，所得之數，毫不能精確驗證；剩下來只有確立其大小等列之承認，這不久便由露特福及蓋格(H. Geiger) (19)以 α 部份之直接計算達到決定初步荷

(註一)即絕對溫度，以百度表零度下二七三度爲零。——譯者。

電之值爲 4.65×10^{-10} 靜電單位；其與我計算之數 4.69×10^{-10} 一致，可以看爲我底理論可用一個決定的證實。自後，雷格納 (E. Røgnar) 米力幹 (R. A. Millikan) 及別人(20)更完成的方法，又使此價值稍高。

輻射法則第二個普遍恆數之解釋，遠不如第一個那樣方便，因它代表一個能和一個時間之乘積，我就據第一個計算，以 6.55×10^{-21} erg-sec (註1) 爲最初步的作用量。它若正確表詞之獲得，不可避免地爲熵——蓋只有以它之助才能確立或然觀察所定的或然性「初步範圍」或「活動空間的大小」(21)——則它證明了一切要以任何適當形式把它納入古典理論範圍內的嘗試，都是窒礙難通的。只要能把它當作無窮小來觀察，即在大的能或長的時間，都有很好的秩序；在一般的情形，可是任何地方都有裂口，在愈速愈弱的振動，這裂口也愈顯然。一切補苴罅漏嘗試之失敗，無疑地再沒有旁的剩下；或是作用量僅爲一個假擬的大小，那嗎輻射法則整個的演繹原則上就是幻覺的，不過一種內容空虛玩形式的把戲；或是輻射法則推演，奠定了一個真的物理思維，那

【註一】絕對工作單位——此即有名的卜蘭克恆數——譯者。

嗎？作用量便必得在物理中演一個基本腳色，那嗎它就宣告某種新的簡直開所未開的，使我們底物理思想，它自萊布尼茲 (Leibnitz) 牛頓 奠定微分計算以來，便建築在一切因果關係都為連續性這一假設上，要根本改換面目。

經驗決定了站在後者一邊。但這決定能這樣快而無可疑地降臨，科學不是要歸功於熱幅射能之分配法則底實證，更不是由我對此法則所給的特別推演，而是要歸功於那些研究者以作用量供他們研究之用從而抽出來的不斷渴求前進的工作。

關於此範圍作第一步推進的，是愛因斯坦，他一方面指出由作用量所制約的能量之介紹，適於對光之作用所作的一串可注目的觀察，如斯多克規則 (Stokesche Regel)，電子放射，氣體游離，得到簡單的說明(22)；另一方面，由一共振器體系之能與一固體之能，表詞之同一，而推演出一個固體比熱 (Spezifische Wärme, specific heat) 公式，它大體上正確再給出比熱過程，特別是在降低中的溫度比熱之減少(23)。這樣也提出許多各種方向的問題，其更精確的多方的力作，與時俱進促進了許多有價值的材料。對這些洋溢的創施，即便作一近於詳盡的報告，也不能是

我底任務；因此所能討論的，只是到進步認識底途程中最重要最特徵的階段。

首先就是熱與化學的過程。關於固體比熱，愛因斯坦觀察，是系於一原子唯一的特有振動底假定，波恩 (M. Born) 和卡門 (Th. von Kármán)，又擴張到更適於真實的情形不同種類特有振動(24)，德比由關於特有振動性質底前提之勇敢的簡單化，達到設立一個固體比熱比較簡單的公式(25)，不但由納斯特 (W. Nernst) 及其門徒在低溫度所量的價值卓絕地證實了，而且與物體底彈力及光學的特性也很一致。在先納斯特已指明(26)一個振動底能量必與一個轉動(Rotation)底能量相應，而可以期待氣體分子底轉動能在低降中的溫度也消滅。厄鏗 (A. Fuucken) 關於氫比熱之測量與這結果以證明(27)，若愛因斯坦、史吞 (O. Stern)、埃痕費斯 (P. Ehrenfest) 及其他計算至今尚無精確滿意的一致，那可以了解的，是在於我們對一個氫分子底模型尚無完全的認識。由量底條件而指出的氣體分子轉動，事實上在自然中是存在的，據比洪 (N. Bjerrum) 巴爾 (E. Bahr) 露本 (Ruben) 赫特納 (G. Hetner) 及其他關於紅外線中吸收光帶的工作，已無可再懷疑，縱然對此可注目的轉動光帶，至今還不能給一個一般詳盡

的解釋。

最後，一個實質一切親和力 (Affinität, affinity) (註1) 特性，由其熵制約，於是熵之量子的計算，也為化學有關學科底一切問題，開一條道。特徵的，是一氣體底熵絕對價值亦即納斯特底化學恆數，沙枯 (Saackur) 直接由一配合的，我曾摹倣之用於振動器的程序去計算它(28)，而史吞與特脫得 (H. Tetrode) 藉一蒸發觀察，決定了在氣體與固結形態間熵之差與測量所得的資料更緊密連合(29)。

迄今所考察的情形，都是關於熱動力的均衡狀態，其測量僅為統計的，只能給與在許多顆粒與較長時間所抽出來の中值，如此，電子衝擊底觀察便直接引入所研究的個別過程，佛蘭克 (J. Frank) 與赫芝便給了從所謂共振電位 (Resonanzpotenzial) 或危險速度之決定，(這種速度為一電子對中性原子衝擊令其放射一光量，至少必須具有的) 一種對測量作用量人所不能希冀的更直接的方法(30)，巴克拉 (C. G. Barkla) 發現 X 光帶特徵的輻射，以韋白斯特 (D.

(註1) 一個原質能與他種原質化合的特性，如養氣親和力多，金親和力少。

L. Webster) 華格納 (E. Wagner) 及其他試驗而完成相應的方法，它們都引到完全一致的結果。

經電子衝擊，光量之產生，對由光， X 或 γ 光線輻射的電子放射，取了倒轉的過程，此處作用量及振動數所約制的能量又演一特徵的腳色，如先時所認識的觸目事實一樣，放射電子底速度不靠輻射底強度(31)而靠光底顏色(32)。但在量的觀點，前所提及對光量子的愛因斯坦關係，在每一方向都證實了，特別是在米力幹所確立的放射電子外離速度之測量(33)，而光量子於引入光化學(Photochemie)反應的意義，則為華堡(E. Warburg)所發現。

若我現在在所引各種物理區域所獲的經驗，合着陳示着有利於作用量底存在壓倒的證明資料，而量子假設最強的基礎，還是由於波爾(Niels Bohr)奠定而完成的原子論。蓋此學說付與作用量久已搜求的鑰匙去發現光譜學這塊仙鄉底進門，它自光譜分析發現後，曾頑抗一切打開它的嘗試；此路一通之後，新得的認識便如怒濤洶湧傾瀉在物理及化學接壤的整個區域上。第一個眩目的成績，便是巴耳默 (Balmer) 對氫和氦 (Helium) 級數公式底推演，包含理德伯

(Rydberg) 普遍恆數回到許多著名的數之大小(35)於此甚至如氫與氦間其差異那樣微細，也由較重原子核之較弱運動而認識其必要。與此相連許多其他在光及X光的光帶研究，到有效果的，現在始明其基本意義的理茲(Ritz)并合原理(註1)。

誰對於這些在光譜分析之測量特殊精確可以供應特別動人的證力的數字的一致，還總慣於覺得相信那不過是偶然底玩意，誰也會至終被迫着放棄其最後的懷疑，當松默非指出從量子

(註1) 理茲在一九〇八年一種原質(例如氫)所發出的光線，其一切混亂的振動數(如氫底 $H_{\alpha}, H_{\beta}, H_{\gamma}$ 振動數是 $20:25:32$)可以歸到一個簡單辦法，他找到一串基本的振動數，如 V_a, V_b, V_c, \dots 而被放射的光線振動數即為這些基本振動數間之差如 $V_a - V_b, V_b - V_c, V_a - V_c, \dots$ 此即所謂理茲原理，但巴爾默找到基本振動數在氫並不如 $1:2:3$ 那樣簡單，而是較複雜的比例： $\frac{1}{1^2} : \frac{1}{2^2} : \frac{1}{3^2} : \frac{1}{4^2} \dots$ 此即巴爾默級數，由波爾一九一三年試驗，說明氫光帶底振動數如 $\frac{1}{N^2} - \frac{1}{K^2} \dots$ $V =$ 振動數 N 及 K 為兩個小的整數， $(\frac{1}{N^2} - \frac{1}{K^2})$ 即巴爾默級數， $B =$ 理茲級數。

據松默非觀察，德伯恆數為 $1.09678 \cdot 10^8 \text{ cm}^{-1}$ 依波爾說則應為 $1.09 \cdot 10^8 \text{ cm}^{-1}$ 其間不過精確程度之差，並無大出入，請參看羅素著物之分析(B. Russell: Analysis of Matter)三一至三五頁及一九五頁，並詹姆士著科學之新

背景(Sir James Jeans: The New Background of Science)一六八至一七一頁。——譯者

分配法則可感覺地擴張到較多自由度的體系，而從相對論所要求的慣性質量底改變，出現了那樣符咒，在它之前，即氫和氦光帶精微構造之謎，也必須被揭露(36)，現今可能地精細的如巴奧的測量在這種程度所確立的(37)——一種成績，與海王星底發現完全同其高貴，此星球底存在和軌跡，在人眼瞥見它之前，勒佛列(Leverrier)已經計算了。在同一道上更加遠進，埃蒲石坦(P. Epstein)對光譜線電分裂強烈的影響，有完滿的說明(38)，德比對滿(Manne)研究成功的X光帶底K系，也達到簡單的解釋(39)，還有一大串研究，都多少成功地洞燭原子構造黑暗的祕密。據一切這些結果，其更完全的鋪陳，還必須提出幾個響亮的名字(註一)，為一個不願忽過事實的判斷者，他除了使作用量，(它在一大堆各種過程每一個都永遠給出一個同樣的大小，即大約 $6.54 \cdot 10^{-27} \text{erg-sec}$) (40) 完全躋於普遍物理恆數之林，更無其他辦法。

這必很像是希有的遇合，正當一般的相對論思維開闢道路，而進到聞所未聞的成功之時，自然正開示了一個最少能看錯的地方，一個絕對，一個事實上不變的單位量，藉着它，一個在時空所

註一 (註一) 作者意指限於篇幅，不能更多舉同代的物理研究者——譯者：光面因之變換之實驗與理論

有的作用大小，由一個完全決定的從人的意旨自由的數字來代表，而因之褪去它直到現在的性質。（即除去其擬人的性質——譯者）

當然，單是作用量之介紹，還並未創造了真的量子論。它或者在研究途中，還要向後安放，正與羅默（Ola Rømer）發現光底速度之於馬克士威奠定光學相去不遠（註一）。量子論對於已很好地證明過的古典理論，一開頭便遇着的困難，由我攪動了。這些困難經過些時日，與其說是減小，毋寧說是增高了，若說其間猛烈過往的研究，超過一些困難，已暫時到了日程上，則所遺留下渴望補苴的缺隙，更使一個誠意的造體系者苦悶。在波爾說中以作用法則為建築之基礎的，是綜合在前一代人時每一物理家都要無疑地乾脆拒絕的某些假設。在原子中，某些完全定量的軌道，演特殊的腳色，此說還可得承受；在這些軌道中，有決定的加速率環繞的電子，毫不輻射能，已不甚可容了。但一放射出的光量其完全精確的振動數與放射電子底振動數不同，必使一個在古典派中長大的物理家，初見時感到是一個非分的幾乎為想像力所不能禁受的要求。

（註一）著者意謂作用量之於量子論，如發現光底速度之於光學，同為推輪之於大輅。——譯者。

但是數字爲定，其結果現在對以前的腳色漸次改換。若在開頭，只於把新的異類原質以多少柔和的強制去適應一個一般確認的範圍，而今卻是一個強入者，在他穩定其征得地盤之後便過渡到攻勢，而他今日已堅定地立着，以任何方式，摧毀舊來的範圍。成問題的，只是這將達到何種地位直到何種程度而已。

設若讓今日關於這個熱烈角鬪中所期待的出路，表現一點臆度，那嗎一切都像在說古典理論熱力學底大原則在量子論中其中心地位不僅未動搖，而甚至將相應地擴張。在古典熱力學成立思維試驗所意義的，在量子論現時意義着埃痕佛斯底絕熱假設 (Adiabatenhypothese) (41)，正如克勞修司介紹這一基本命題，在一物質體任何兩位置，以適當處置由一可逆溯過程，能互相關過渡，作測量熵底出發點，如此，波爾底新意便開了一條完全相應的道路，進入自他而啓的仙鄉。

個別說來，還特別有一問題，其更詳盡的答覆，我以爲我們還須等待更遠到的啓發。在放射完成後，光量底能將是怎樣呢？它將在惠更斯波動說底意義，更繼續向不同方面擴張，總占取更大的空間而無止境地更變稀薄嗎？抑或它在牛頓放射說 (Emanationstheorie) 底意義，如一投射物

飛向唯一的方向呢？在前者，量永不能使它底能再如此其強地集中到一個唯一的空間地方，而在那裏使一電子能脫離其原子束縛，在後者，是馬克士威說之主要勝利：靜力與動力場間之連續，爲了它，現在研究過的最精微的振動數現象完全的了解，便必得犧牲——兩者於今日的理論家，結果皆甚不愉快。

假令永是這樣：在每種情形無疑地科學總將有一天主宰這繁重的難題，那在今日我們像是不滿意的，而一旦從較高瞭望台會認做是特別調和和簡單。此目的不達到，作用量底問題不停止，它永遠引起，充實重新研究，其解決所遇困難愈大，其於我們全般物理認識底擴大與深入，也就至終證明了愈有意義。

參考目錄

舉出的文獻絕非要求完備，只供最初步的啓示。

1. 克希荷夫，關於物體對熱及光的放射能力與吸收能力間的比例，著作集，五九七頁（第十七節）萊布齊：巴特書店，一八八

11。G. Kirchhoff, Ueber das Verhältniss Zwischen dem Emissi vermögen und dem Absorptionsvermögen der Koerper fuer Waerme und Licht. Gesammelte Abhandlungen. S. 597 & 17. Leipzig. T. A. Barth, 1882

2. 赫爾慈物理年鑑 (Ann. d. Physik) 三六卷, 一頁, 1899. 卷一六二頁, 1906年
3. 一八九六年二月二十日普魯士科學院會議報告; 物理年鑑六十卷, 五七七頁, 1899. Sitz. Ber. d. Preuss. Ak. d. Wiss. (物理學部) (Sitzber. d. Phys. Kl.) 卷一六二頁, 1906年

4. 一八九九年五月十八日普魯士科學院會議報告, 四五五頁。

5. 波爾茲曼一八九八年三月三日普魯士科學院會議報告, 一八二頁。

6. 維因, 物理年鑑五十八卷, 六六二頁, 一八九六年, 三三三頁。

7. 依維因能之分配法則, 一共振器之能 U 對溫度之依屬, 由下列公式表明:

$$U = a \cdot e^{-b/T} \quad (1)$$

以 S 為共振器之熵, 於是:

$$\frac{1}{T} = \frac{dS}{dU} = \frac{1}{R} \ln \left(\frac{U}{a} \right)$$

R 為其價值

$$R = 1: \frac{dU}{dS} = -bU$$

8. 據維因推移法則, 一共振器底能 U 以特有的振動數 ν :

$$U = \nu \cdot f \left(\frac{T}{\nu} \right)$$

9. 一九〇〇年物理年鑑一卷, 七一九頁。

10. 魯默與卜亨漢德德國物理學社論集 (Verhandl. d. Deutsch. Physik. Ges.) 一卷, 一六三頁, 一九〇〇年。

量子論底發生及迄今的發展

11. 露本與庫爾堡一九〇〇年十月廿五日普魯士科學院會議報告，九二九頁。

12. 據露本與庫爾堡試驗 $U = cT$ ， T 之大小，由在 7 所描寫的計算程序：

$$R = 1 : \frac{dR}{dT} = - \frac{U}{T^2}$$

13. 以：

$$R = 1 : \frac{dR}{dT} = - bU - \frac{U^2}{T^2}$$

全項得：

$$\frac{1}{T} = \frac{dR}{dT} = \frac{1}{b} \log \left(1 + \frac{bU}{T} \right)$$

參看德國物理學社論集，一九〇〇年十月十九日，二〇二頁。

14. 參看的斯特與武兒富 (Th. Wulff)，德國物理學社論集二一卷，二九四頁，一九一九年。

15. 能底絕對值等於惰性物質量與光速度之方底乘積。

16. 德國物理學社論集，一九〇〇年十二月十四日，二二七頁。

17. 一般說來，若 K 為輻射第一恆數，一氣體分子底中項動能為：

$$U = \frac{3}{2} KT \quad \text{或} \quad T = U \quad \text{則} \quad K = \frac{2}{3}$$

在法定的溫度（絕對的克兒文 (Kelvin) 的溫度） T 是由沸騰和冰凍水間溫度之差等於一百而定的。

18. 參看例如波爾茲曼紀念羅席來特 (Zur Erinnerung an Josef Loschmidt) 的通俗文字，二四五頁，一九〇五年。

19. 露特福與麥格，皇家學會檔案 (Proc. Roy. Soc. A) 八一卷，一六二頁，一九〇八年。

20. 參看米力幹, 物理雜誌 (Phys. Zeitschr.) 十四卷, 七九六頁, 一九一三年。

21. 一物理情景或然性計算, 是為該情景所會實現的一有盡數的同等或然的個別情形去計算, 使這些情形彼此有一定的界劃, 必須對每一個情形底概念有一定的假定。

22. 愛因斯坦, 物理年鑑, 一七卷, 一三二頁, 一九〇五年。

23. 愛因斯坦, 物理年鑑, 二二卷, 一八〇頁, 一九〇七年。

24. 波恩與卡門, 物理雜誌, 一四卷, 一五頁, 一九一三年。

25. 德比, 物理年鑑, 三九卷, 七八九頁, 一九一二年。

26. 納斯特, 物理雜誌, 一三卷, 一〇六四頁, 一九一二年。

27. 厄經, 普魯士科學院會議報告, 一四一頁, 一九一二年。

28. 沙枯, 物理年鑑, 三六卷, 九五八頁, 一九一一年。

29. 史吞, 物理雜誌, 一四卷, 六二九頁, 一九一三年, 特脫得一九一五年二月二十八日及七月二十七日在亞姆士丹 (Amster-

dam) 科學院報告。

30. 佛蘭克與赫爾茲, 德國物理學社論集, 一六卷, 五一二頁, 一九一四年。

31. 勒納 (Ph. Lenard), 物理年鑑, 八卷, 一四九頁, 一九〇二年。

32. 拿登堡 (Ladenburg), 德國物理學社論集, 九卷, 五〇四頁, 一九〇七年。

33. 米力幹, 物理雜誌, 一七卷, 二一七頁, 一九一六年。

量子論底發生及迄今的發展

34. 菲堡, 關於氣體中光力化學過程能底轉換, (Ueber den Energiematz bei Photochemischen Vorgängen in

Gasen) 普魯士科學院會議報告, 自一九一一年起, 一〇四頁, 一九一六年。

35. 波爾, 哲學雜誌 (Phil. Mag.) 三〇卷, 三九四頁, 一九一五年。

36. 松默非, 物理年鑑, 五一卷, 一一二五頁, 一九一六年, 二頁, 一九一四年。

37. 巴奧, 物理年鑑, 五〇卷, 九〇一頁, 一九一六年。

38. 埃藩石坦, 物理年鑑, 五〇卷, 四八九頁, 一九一六年, 一八二頁, 二八二頁, 二八八頁, 二九二頁, 二九七頁, 三〇二頁, 三〇七頁, 三一二頁, 三一九頁, 四〇四頁, 四一〇頁, 四一七頁, 四二四頁, 四三〇頁, 四三七頁, 四四四頁, 四五〇頁, 四五七頁, 四六四頁, 四七〇頁, 四七七頁, 四八四頁, 四九〇頁, 四九七頁, 五〇四頁, 五一〇頁, 五一七頁, 五二四頁, 五三〇頁, 五三七頁, 五四四頁, 五五〇頁, 五五七頁, 五六四頁, 五七〇頁, 五七七頁, 五八四頁, 五九〇頁, 五九七頁, 六〇四頁, 六一〇頁, 六一七頁, 六二四頁, 六三〇頁, 六三七頁, 六四四頁, 六五〇頁, 六五七頁, 六六四頁, 六七〇頁, 六七七頁, 六八四頁, 六九〇頁, 六九七頁, 七〇四頁, 七一〇頁, 七一七頁, 七二四頁, 七三〇頁, 七三七頁, 七四四頁, 七五〇頁, 七五七頁, 七六四頁, 七七〇頁, 七七七頁, 七八四頁, 七八九頁, 七九六頁, 八〇二頁, 八〇九頁, 八一六頁, 八二二頁, 八二九頁, 八三六頁, 八四二頁, 八四九頁, 八五五頁, 八六二頁, 八六九頁, 八七五頁, 八八二頁, 八八九頁, 八九五頁, 九〇二頁, 九〇八頁, 九一五頁, 九二二頁, 九二八頁, 九三五頁, 九四二頁, 九四八頁, 九五五頁, 九六二頁, 九六八頁, 九七五頁, 九八二頁, 九八八頁, 九九五頁, 九九二頁, 九九八頁, 一九〇五頁, 一九一二年。

39. 德比, 物理雜誌, 一八卷, 二七七頁, 一九一七年。

40. 華格納, 物理年鑑, 五七卷, 四六七頁, 一九一八年; 拿登堡, 輻射與電子學年鑑 (Jahrb. d. Radioaktivität und Elek-

tronik) 一七卷, 一四四頁, 一九二〇年。

41. 埃痕費斯, 物理年鑑, 五一卷, 三二七頁, 一九一六年。

42. 埃痕費斯, 物理年鑑, 五一卷, 三二七頁, 一九一六年。

43. 埃痕費斯, 物理年鑑, 五一卷, 三二七頁, 一九一六年。

44. 埃痕費斯, 物理年鑑, 五一卷, 三二七頁, 一九一六年。

45. 埃痕費斯, 物理年鑑, 五一卷, 三二七頁, 一九一六年。

46. 埃痕費斯, 物理年鑑, 五一卷, 三二七頁, 一九一六年。

47. 埃痕費斯, 物理年鑑, 五一卷, 三二七頁, 一九一六年。

因果法則與意志自由

(一九二三年二月十七日在普魯士科學院公開演講)

我底高貴的女士和先生們！因果法則與意志自由——這個論題與每個嚴正思考的人內在的渴望同其長久，他渴望使自己倫常的尊榮那種意識與內外世界底全般機輪都有嚴格法則主宰那種確信，得到和諧。乍看它卻顯着幾乎不能想像有更尖銳的矛盾。一方面一切所現都隨着不可破壞的規則——在自然中一如在精神生活中——是每一科學認識底先決條件和一切措施底基礎。另一方面，在我們底自我意識中，即由最直接的認識源泉所能給的確知，使我們至終能於我們底思維與論斷，自作主人，使我們每一瞬間都有可能怎樣去幹聰明或愚笨，善或惡。怎樣能把兩者弄得到一起呢？當然，我們都只是大宇長宙中之一屑，因此也如其餘的本體，共隸屬於其法則之下。

一切文化民族銳感的精神，貢獻這問題以無限數的研討與思維，同樣，解決此問題的提議，數目也多得無限。不要期待我，可敬的在座諸君，或許更好一點說，不要怕我有野心在這區域中已有的玄想再添上一個。惹起我到此地講此題目的，是一純粹實際的動機，對一件奪目而不滿意的事實之注視。照迄今一切關於我們底問題奕世累葉所想過，寫過的，應得承認我們今天縱未完全解決這問題，至少在某些程度總應接近關於解決此問題之某些基礎，一切思想家在有的地方總應在這些基礎有一些一致了吧。然而事實適得其反。關於在自然與精神世界中因果法則之意義，關於感官的與超感官的，關於意志自由與意志束縛，很久以來，未有如今日這樣熱烈爭辨過，這些東西，到處還是非常不愉快的模糊。就外面看，幾乎關於此問題，人類分裂到兩個隔離的陣營。蓋一些人是認識為第一義，他們即在一一切精神過程仍以嚴格因果為科學研究不可少的擬準，（註一）因此不願犧牲自己的意志自由，作完全了解世界最內深處的代價。另一些人，天性較近於行動，其

（註一）*Postulat*，拉丁文為 *Postulatum*，原意為所要的東西，後來指要說明或例一事物，必先承認的擬設或原則——譯者。

自我感覺，樹起他們反對僵硬法則底統治把人貶辱成無血的機械這種要求，因此他們認意志自由爲思維人類之至善，而願至少因果法則在較高的靈性生活之區，最好完全棄絕其適用性，否則也至少盡可能地強度剪削。兩陣營間，動搖着許多謹慎的權衡者，他們游移不定，但很強地感到兩方在某種意義都各有道理，因而阻礙了對一方完全連合，儘管他們還不全明白在那一點上他們底思想途徑與極端的分開，他們不知道有什麼利器可以針對一方邏輯的理由，另一方倫理的理由。他們以應有的尊敬，同時也以一些憂慮和靜靜的不樂，去追隨逐漸的，但是穩當而不停前進的科學研究，它久已不再逗留在物體和精神世界間的界線，他們盡所知的，所能的，但還無真正成功，在它底後面，去找一座堅固的護牆，使他們底自由意識，能對純因果觀察方式，也感到安全。

在這真真不滿意的事態下，聽聽一個正確自然研究底代表者，由他底科學立場，其方法無論如何可以要求高度可靠性的，說說上列的問題，倒也不是沒有興趣的事。設我不能得諸君贊成我底一切敷陳，但只要它引起諸君底辨論，和使諸君對此地所討論的問題更明瞭自己的地位，那嗎，我已認爲是一個成功了。

——

爲要我們問題實質滿意的解決有迹可尋，我們首先便很一般地問因果法則底意義及其有效性。因果概念，在日常生活，是爲我們所信賴的，因而也像天下之最簡單者。一切發生的事，都有一個或多個的原因，它與那必然在它之後出現的事，即結果連繫着，翻過來說每一件事都能看作一個或多個必然繼它而起的事之原因。依此命題，我們配置我們整個實際行爲，每日每時都在我們血和肉中作用，甚至使我們半不意識地應用它。

——

假如有人——姑先用這樣一個瑣屑的例——靜坐室中，不料聽到一種奇異的音響，他自然轉過頭去周視這音響底原因；若他見發現這原因的期待，未得實現，那嗎他猜想它是在房舍底另一室，或在街上或許在更遠的距離，若全都不對，他至終會想到那是一種主觀的錯覺，一種精神錯亂。

——

我們願意一問，假設一切這些可能性，都不在考察之列，怎樣呢？那在每一情景的每件事，都必

須有一自然的原因，是先天作成而毫不能別樣想嗎？假如人一朝完全不想因果關係，便會碰上邏輯的矛盾嗎？一個簡單的思考，指給我們此問題決為否定。我們很能想一個聽到的音響，毫無自然的原因。在這樣情形我們說是一件奇蹟或者魔術。關於那些大而豐富的文藝之存在，已簡單證明奇蹟是很可以想的。是的，我們能夠想在世界上，一切顛倒荒唐，我們能夠想明天換一換，從西邊起太陽，我們還能去設想一切備細，在次一瞬間，這廳堂底門自開，而任何久已死去的歷史人物或者甚至我們學院底創辦人，肉身步入，來看看他底科學會社現在怎樣。

東亞從真實底立場，這樣一個嘲弄一切因果性的事實之到來，儘管顯得是如此無意義而不可能，可是這種不可能要與邏輯的不可能或理性相違，例如何一物底一部分可能比全體大，區分。蓋後者無論我們意志如何勉強也不能想，矛盾在其本身包函着。因此，這種不可能是思維的必要，而一因果法則之傷害，卻儘能承受形式邏輯。於此接着一個重要結果，關於在真實世界中因果法則之有效，由純邏輯道路，準不能決定什麼。

由是儘管常人所見每每相反，而真實自只為那不可測量的區宇特殊的狹小的一部分，這區宇能

由思想將其擴張，這與我們說我們底想像力，分析到最後，恆出於實生活，並不矛盾；這些實生活爲我們一切思維之出發點，但我們也具有超越真實的思想這種稟賦。沒有此種想像能力我們會沒有詩也沒有藝術。它是我們最高最有價值的善，它常誘引我們到更光明的地方，當灰色的平凡把我們壓得不能忍受的時候。

即是嚴格的科學研究，沒有想像力之自由揮灑，也不能前進。誰不能有時思想與因果抵觸的東西，誰便永不能使得新理想豐富。不單在假設之構成，甚至於完成了的科學結果，終極的式列，也常以從因果法則解放的思維爲前提。一簡單的物理的例子，會更切近地說明之。我們想一條光線，來自遠離的一點形的光源，譬如一顆明星，隨意經過許多不同性質不同形式的透明媒介，如空氣、玻璃、水等等……而達眼睛，從那顆星到眼睛，這條光線要打那一條道兒呢？一般說來，準不是直線的，因爲光從一個媒介傳到另一個每次均感受屈折，而是夾在中間的物體愈多，一條愈凌亂的。道單在大氣圈，光路已甚複雜，因空氣在不同的高度有不同的屈折。但一切這些綜合的問題，由一可注意的命題，便完全就緒，即從那顆星出來的光，在一切可走的路中，總是選擇最短時間走到眼睛。

的那條路，只須顧到光在不同的媒介傳播時也因地快而已。這非常有益的所謂「最快到原理」愈毫無意義，假使我們不能思想這樣一個真實不會有的，即因果地不可能的光路。它像是那光有明顯的智慧，隨着可讚美的意趣，可能地快到預定的目標。此外它還沒有時間——嘗試可能的道路而必須立刻決定對的那條。相似的情形，物理中還很多，例如所謂虛設運動，不遵守動力法則，因此就因果言，同樣不可能，但還在理論中，演重要腳色，即總之不與任一思維法則矛盾。

二

而在我們深信因果法則毫不屬於思維之必要後，因果性之特有本質及因果法則在真實世界之有效性問題，意義更加提高。很一般地，我們能稱因果為事件在時間經過中有法則的關係。這種關係是在物之本性中已成立了的抑整個或部分地為想像力底產物，它是人原來為端理其實際生活的目的而創造到後來變成他不可缺少的呢？尤其是：因果關係是絕對完全不可破碎的，抑或

有時尚容漏洞和裂痕呢？

首先要作的嘗試，是要看是否這些問題可以單由系統的思考來說明，事實上以這樣方式應付這問題，已累百年由哲學史所稱理性主義那種學派許多卓拔的精神（指人——譯者）作過了。這裏很容易了解，一切問題都歸到選出的出發點：從虛無還只是虛無，沒有一定的先行者，便不會廣續著有什麼。因此理性主義哲學家照例首先把握上帝當絕對至高的例案（Instanz, Instance），而從其附詞（Attribut）（註一）推演他們感興趣的基本問題之回答。但上帝底附詞，並非確立的，已知的，正相反，最高理想在不同人物底思維範圍內也着上不同的顏色，於是其所得結果，也不能相應地各異，換言之，在每一這樣的哲學體系至終不過反映其創造者特殊的宗教的世界觀而已。

笛卡爾曾被稱爲近代哲學之父的笛卡兒（René Descartes）以上帝出於自己的自由願意，創造了一切自然及精神底法則，依着高到我們人類的思想，不能把握其全體意義的目標。因此，在笛卡兒體系中，奇蹟與神祕並未被除外。

（註一）派生的意義，亦可作性質或標識等解。——譯者。

與此相反，是斯賓諾莎 (Baruch Spinoza) 底上帝，一個和諧與秩序底上帝，滲透世界一切所現，這樣，一般因果關係底法則，自身亦是上帝的，即應視為絕對完全，不可破壞的。因此在斯賓諾莎世界，沒有偶然，沒有奇蹟。

萊布尼茲底上帝原來又是把整個世界按照相應其最高智慧的統一的計畫建設的，預先一下子便為每件東西永遠種下其特殊作用底法則，於其他的東西，根本上完全獨立，只就其自己的本質去行動去發展。因此，對於萊布尼茲兩件東西間的交互作用，只是表面的。——人看見有多少哲學家，便有多少理論。由這條路，真進不前去。

因此，從英國在經驗主義名義下開出一條懷疑底路向，對此地所提的天真的理性主義的見解，意義着一決定的進步。此學說最為特徵的是對於它如理性主義必須先設的那種決定的，先天可靠的認識或天生的理念，乾脆就沒有，我們底靈魂，在其誕生，如一張未寫過的白紙，在那上面經驗錄它底記號。帶給我們以全般內外世界底消息，同時從那裏我們能決說出點東西的，唯一的只是出現於我們意識的感覺。這些感覺，構成唯一堅固難攻的基礎和一切思維底出發點，是我們理

解和想像力用以工作的特有材料。我們感覺的冷的或熱的，藍的或紅的，硬的或軟的，我們都直接知道，不用特別定義，即使此定義是可能的。有時人亦談到錯覺，例如海市蜃樓，但此並非意義着感覺不對，而是我們從現有感覺抽出的斷語不對。騙我們的，不是我們底感官，而是我們底理解。

感覺本身是某種完全主觀的東西，因此我們不可將感官感覺無條件連到對象上去。綠色不是樹葉底特性，而是我們在看此葉時所感的感覺底特性。其餘感官亦復如此。把一切官能感覺拿走，對象也毫不再留剩什麼。在洛克 (John Locke) 觸覺像比其他的感官，更演特優的腳色，由該感官所媒介的物體之力學特性如密度、廣延、形式、動態等即錄物體本身，而較晚的經驗主義者如休謨 (David Hume) 更澈底地以一切力學的特性也是純粹主觀的。完全獨立只靠其自己而

在此種見解底光芒下，所謂外面世界，便溶解到一個感覺底結體 (Komplex) 中，因果法則不過意味着在感覺連續中經驗所確立的規則性，我們必須把它當作已知的 (註一) 不能再分析

(註一) 近代哲學，分兩大類命題，一為已知的 (Gegeben) 即經驗的事實 (Tatsache, Fact) 只須以經驗覆按，不須解釋或說明，一為邏輯的，但問其意義，而全然離開經驗的內容。——譯者。

的在每瞬間都能取一終點的。

若一動得很快的檯球彈子，碰着另一彈子，使它也動，於是便連續着兩個感官印象：一個動的彈子底印象和另一動的彈子底印象。我們能於重複觀察，確立而記錄它們間一定的法則，例如被碰彈子底速度，靠碰它彈子底質量及速度，我們還能發露現存現象底法則的關係，例如相碰時我們聽到的音響，或兩相碰的彈子摩擦的地方暫時的扁平，我們能由一彈子褪色的外皮，使其可以看見；此亦僅爲不同的感官印像，依照法則而彼此相並或相互推移，它們是作爲已知的，毫非能由邏輯推演而出。

即是我們談到一個動的彈子對一個靜的彈子所施之力，我們也只引入一個相似概念 (Analogiebegriff, notion of analogy)，借我們筋肉所感的那種感覺，如我們不以動的彈子而以手推那原來靜的彈子所得的那種感覺而成的概念。力之概念，於運動法則之式列，已證爲異常有用，但在認識上，他自身並未引前一步。蓋說到內在特有的因果紐帶或甚至邏輯橋梁以連繫不同的運動現象，那是很難說通的。兩種不同的感覺，就是不同，將來還是不同，儘管在它們間可以

確立這許多關係。

據此因果法則底內容根本說來限於同等或相似的感覺結體爲因，總隨着同等或相似的感覺結體爲果這一命題，什麼叫做相似這個問題，需每次特殊覆按。由此種式列，因果概念，將失其每種深刻的意義，儘管因果法則底實際重要在於把思維人類底眼光，開向將來，根本上，它還是團圓未破的。

怎樣說明在日常生活，以因果關係是某種客觀的獨立於我們的去把握，比諸僅爲個人感覺有規則的連續，事實上常見得多呢？懷疑論答曰：由此種見解巨大的目的性，連着習慣底威力。一切由習慣能影響的，常不易得應有的夠高的估價。從童稚時它們便影響我們底情緒，意志和思維。我們慣於看見的，我們便相信懂得它。若我們第一次認識一種新奇過程，我們或許甚爲驚訝；若我們同樣過程遇見到十次，我們便以爲是自然的；若我們看見它至第一百次，它來便是自明的而我們連其必然，或者也不去找證明了。

百年前，除了人力和獸力，在交通工具，人尙不知其他的力之泉源。結果是人認爲其他的也不

可能在路透 (Fritz Reuter) 「比國之遊」 (Reis' Nah Bellingen) (註1) 中誠樸的鄉下佬魏特 (Karl Witt) 第一遭看見開着的火車頭，願意打任何賭說內中坐着一匹馬，這種驚異，使他付了多貴的代價。我們今日的青年，同着蒸汽機與電動摩托長大，已不能再真正欣賞對於自然因果需要這種天真表現底幽默。

在此種程度，對因果關係底性質懷疑的見解，是可以了解而且是對的。但我們更正確地覆按，看這種見解，十分貫徹下去，至終會把我們引到什麼地方。第一要思索的，就是若以意識中所給的感覺為唯一的認識源泉，那嗎在觀察中的，永遠只是自己的感覺，自己的意識。那別人也有感覺，我們只能就相似推測而非直接知道亦非邏輯證明。這若我們從高等到低等動物直降到植物世界，意識是否存在這問題，將更為明顯。或是我們必須承認在任何多少由人意定的地方，感覺能力中斷，或是我們必須如有些人所願意的，把植物世界和無生自然也配上感覺。這樣一種見解，嚴格

註1 (註1) 路透為德國名滑稽詩人及小說家，好以土德文寫作，比國之遊，其著作之一也。生於一八一〇年史大文哈根 (Stavelagen)，死於一八七四年——譯者。

奠定之不可能，是一望而知的。若我們願意十分澈底做去，擯除每種人爲意旨，除了站在自己感覺底地上，剩下沒有旁的。於是因果法則，像是經驗的規則，連繫自己的不同感覺之連串，這連串，我們自然永不能知道在將來的一瞬間是否便中斷。我們於是時時都要把握奇蹟。

奇蹟是很可以想可以着色的，我們開始便已詳細談過，而且在夢中我們每夜實都生活着奇蹟。若我們願意澈底，我們必須走得更遠，承認夢與真實毫不見有特徵的區別。因果法則，此處不能幫助我們；蓋它無一處具無限制的有效性，在夢中，也能很與因果排列的感覺相似。感覺之強度，也不是決定的，蓋夢中精神的印像也幾乎有不後於真實底。誰願意證明，我底可敬的女士和先生們，諸君中那一位，我向諸君在現在的瞬間所說的每個字不是夢呢？也不能說，一個夢是在驟然中斷的醒時，敗露它爲夢。人能從夢中醒覺，可也能再夢。很可有這樣的事，有人每夜規則地作夢，它卽爲前宵之夢因果的繼續。這樣一個不幸的傢伙，會引到兩重生活，永不準明白究竟那一個是真那一個是夢。

我們看見用純邏輯方法，這種通常稱爲唯我主義整個的思想體系，是毫不能達到什麼的。唯

我主義者以他底「我」爲一切所現底中心，每一認識，只有由他自己生活過的，對於他才是真的，無可疑的，一切其他的都是推演的，次要的。對於唯我主義者，在他睡着的瞬間，世界夜夜有規則地無聲無臭沉淪，在別一早晨又一樣無聲無臭地重起，正一樣稀奇地，它在夜間「儻不」（註一）存在下去過。只需稍稍深入，便會拒絕這種特別想像，以其完全荒謬而不可接受。實際上事態剛剛相反。世界一星兒也不理會唯我主義者睡着或是醒着，即他眼睛永閉，它也不會特別注意，還是不變地照它慣常的路走下去。

在這樣非常結果之前，即使最極端的唯我主義者也口下回去，當然不能有旁的，只是他們底健全的人類理解，與他們代表的邏輯結論立場間一種妥協。這在——隨着他們去請求他們離開直線思想途徑的地方，特別有興趣。

柏克萊(George Berkeley) 結語大致如下：在我們底感覺印象也有不由，且甚至反我們底

(註一)「儻不」作者引新經驗派韋奧格(Hans Vaihinger)名著「儻不哲學」(Philosophie des Als Ob)

爲文字遊戲——譯者。

意志而行的；因此，這些感覺其起源必在別處而不在我們本身。此處因果法則被完全天真地應用到感覺起源上，而另一方面，感覺又應是唯一的已知而因果法則一般的有效性以彰明地奇蹟之容許而否認掉了。柏克萊很深的宗教天性，少不了以一切感覺同着也就是一切事物底最後原因，爲一全能全仁的造物主，完全又照一切其他理性主義者所用的方式，以一切都能由這造物主推演出來。

總括起來，我們能把這種觀察底結果如下列說出：懷疑的經驗論，純邏輯說來，其基礎是無可爭辨，卽其斷案，也無可非難，但它使純文化更受桎梏而終於引到窮途，卽唯我主義。要把它從這窮途救出來，沒有旁的剩下，除非在路途上任一地點，最好在開頭，大膽橫跳，介紹一種既不由感覺印象直接要求復不由出自這些感覺的邏輯結語而是特別種類的玄學假設。

第一個認識這個真理而意識地完成這樣挽救的步驟，是康德批判主義開創者，空前的功績。健康德，在意識中所給的感覺印像，並非獲得認識的唯一手段，而要附加上理性，它先天地獨立於一切經驗而創造某些概念，構成必要前提所用的範疇（Kategorie），使獲得認識，成爲可能。對於我

們底問題，重要的是因果概念也屬康德的範疇，因果法則也為一種先天的綜合判斷，其觀念約如下：「一切所現都以隨着一種規則為前提。」這個命題，據康德也是獨立於一切經驗的。但不容倒過來說一切有規則的連續，都在因果關係中。很少有這樣規則的連續如日與夜，可是幾乎沒有人願意主張日是夜底原因。絕對規則性在康德還不像在懷疑論者，與因果關係同其意義。在上舉之例，因果只在這兩個事件日與夜，都為同一原因底結果，即地軸旋轉而地球不透日光，才發生的。於是此問題，因果法則底一般有效性，在肯定的意義答覆了。但不可誤解康德學說其結果大多數便已滿意而完結了，蓋以其所持教條式的見解，已黏上某種人為強制，而很易了解在這些時它不獨經過改和深造而也經許多直接的爭辨。

自然我必須放棄企圖列舉哲學中因果問題自康德以來所取的發展而只在此地舉其大綱。祇容在此地提出它幾個卓立的標識。儘管從那些慮玄學區域太過冒險的哲學家方面，生長了康德最嚴正的對手，人總不能全省去玄學而不致終於掉到無可救藥的唯我主義去，我們在上面已經看見，在這種程度，每種願意避免玄學和唯我主義的體系，便會有邏輯底缺憾，其故在此處詳陳，

那會引得太遠了。要之，由謹慎的立說，能使此種缺憾頗不觸眼。

當康德哲學同它整個其餘的先經驗哲學 (Transzendentalphilosophie) 從絕對唯心論直到極端唯物論先天地彰明較著生根於玄學的土地，孔德所奠定的實證主義與之對立，在其不同的着色與構成，要想儘可能脫離玄學影響，它首先只承認意識底實生活，為唯一合法的認識源泉。據實證主義，因果非在事物本身中成立，而是，簡短說來，人類精神底發明，它因於人類被證明為如此有用有目的，才演這樣重要的腳色，而因果法則是此發明底應用。我們自己所發明的，總能完全精確知道，於是因果概念意義中之不明瞭，便歸消滅。因此也總留有一種可能，一旦此發明被指明無用時，因果法則也便無效。若康德在其體系教着，認識而無因果，先天地不可能，因為理性在一切經驗之先，已創造下因果概念底範疇，那嗎在實證主義底眼光中，創造的理性，亦只是人類的理性，其工作亦是而且將來還是人類的工作。人類是一切事物底尺度，派達哥拉士 (Protagoras) 已經說過。我們儘可願意怎樣旋轉便怎樣旋轉，但總轉不出我們底皮囊之外，一切我們想在所謂絕對底區域實現的遠征，動來動去，始終還是在我們全般意識生活所劃的禁地圈子以內。

此種思考底確定在某種意義陳現得如此其無可爭辨，可是從先經驗哲學底立場，還是有一些反駁，於是一正一反，永遠重新，而曲終奏雅，總是加強我們在先已知道的，對因果法則底本質及一般有效性這問題，其終極公認的方式，不是由純粹思考決定的。只要還有獨立的哲學腦袋，先經驗與實證觀不會調解，將來也不會調解。

三

在這種環境下，像是我們問題底滿意解決頗無希望。抑或從此無用的圈子還有救濟的出路，找出一個案由而走到一可靠的決定？

總之還有一個地方可舉，從那裏可以希望得着消息，一個我們到現在還未特別加以觀察的地方。我們問一問科學。它在其許多分枝，對我們底問題，也如哲學在其各種互相對立的體系，一樣乖違不和嗎？

當然此地，人可以事先抗辨，一個哲學問題，不能由個別科學來解決；蓋哲學所討論的問題，正

涉及個別科學之基礎及前提條件，哲學活動總走在專門科學之前，若個別科學也願從事同着談一般的哲學問題，那叫做不合格地侵占了哲學的商討。

誰這樣判斷，我以為誰便誤解哲學與專門科學間關係底意義。首先要想到在兩個區域的研究，出發點與補助手段，根本是完全同樣的。蓋哲學家並非以或種特別理解工作，他除以日常經驗和由其科學素養得來隨個人天性與發展途徑而變的觀念外，並未創造別的泉源。在某種關係，專門家甚至比他遠為超越，蓋前者在特別區域內處理很豐富經觀察試驗而聚積的，系統地淘汰過的事實材料。哲學家則對一般的關連，有較佳的目光，這是不為專門家直接感到興趣，而容易忽略過去的。

或許兩種不同工作方式，在一些程度內，可以這樣比較，如兩個並立的旅客，對遠橫在他們面前奇異複雜的風土作雛形的鳥瞰，一個自由縱眺，一個用固定對一定方向的望遠鏡，前者對於個別的東西，看見得較不清晰，但他可以一瞥便綜覽其間錯雜關係因而也有一些更好的了解，後者對細節認識較多，因之眼界受較狹之限制，而未具統括整體的鳥瞰。兩者都能互相補益而實施有

價值的職務。

自然這個比較，也如每一別的，頗不適宜，但它使哲學對於一定的，被它認為基本的問題，其式列只屬於哲學而哲學也能於式列它，但單是哲學，還不能完全不模糊地決定，還得諮詢個別科學從那兒取情報——這一件事，更為顯豁。若諮詢底回答得着完全決定的意義，則可不須過慮認為已經了結。蓋其認識對一切時間及民族，都是普遍的、客觀的，因而其結果要求無限制的承認而終於總也達到這種承認，為真正科學底特徵標識。科學進步是最後的判斷者而不可能長容忽視的。

特別明顯的是自然科學所取的發展。今日人們用無線電報，在一秒鐘之微末部份，任意放送消息到大地最遠的地方，飛機凌空，他以之越山渡海，藉X光線洞徹生物內型，甚至確定個別原子在水晶體中的部位，這都是科學及由科學而結實的技術之客觀成效，他處對老賓亞基巴（Ben Akiba）（註1）以百倍的誑言，在這些誑言之前，一切魔師法士所施的累世法術及一切世界哲人

（註1）猶太牧師，參加一三三五年 Bar Kochbas（意為星子）領導的反羅馬暴動被殺。在 Gushkow 所著劇本中，非歷史地變成 Rabbi（譯本名 Wiel Acosta）劇中有名語「I schon in」(Alles schon dagewesen) 諺不有新知也——譯者。

高夸的知識，都沉淪下去。誰還故意對這樣瞭若指掌的成功閉着眼睛而譏嘆科學之崩潰，是不值得特別駁詰而只把他自己弄得乾脆可笑而已。蓋除以事實當前的成效來覆按真正認識的進步，還能引何種別樣的證明？從它所得的果實是而且將來還是每一工作方向底價值不欺的認記。

若承認科學方法對上列問題之討論，當行而可靠，我們便可列下面的問題：科學與其一切個別區域事實上怎樣處理呢？——很明白的，專門科學本身並不處理其哲學和認識論的奠定。它由思維法則從事自我意識中直接所給的感覺印象呢，抑或它先天地超過我們認識底最初源泉而（這樣說罷）跳到玄學區域去呢？

關於此問題之答案，我以為沒有一個不偏執的人會懷疑每一個科學都嘉惠於後者。正可以說，自意識地背開自我中心或礙人的觀察，每一真正的科學就開始。蓋思維人類原以一切感覺印象及一切與之相連的，都連到他自己及自己的利益。自然之威力，他想它與自己一樣有靈，而區別其為友讐，他分植物為有毒的與無害的，動物為危險的與馴良的。只要他還留在這種觀察之內，他就不能有真的科學。當他開始讓其直接利益滾蛋而愛純粹認識時，當他想他自己稍後便連他所

居住的星球也遠離世界所現之中心，而退到一個注意的觀察者謙卑的地位，而這觀察者又必盡可能地留在後方，盡可能地少影響他研究的對象底特性及觀察的過程底運行時，外面世界便開始現出它底祕密，暴露給他至終可以強迫它爲他服務的資料，而爲他由直接道路所永不能達到的；爲這個，我們上面已舉了一些例。

在自然王國所適用的，亦必合於精神生活。每一真正豐饒的科學，其基礎與前提條件，是一個純邏輯所永不能奠定也永不能由邏輯推翻的玄學假設，一個自立的，完全從我們獨立的外面世界底存在，對於它的直接認識，我們只能由我們底特殊感官，正如我們只能由眼鏡來體認一個陌生的對象一樣，而這眼鏡，在每人都着上或種不同的色彩。我們底眼鏡對於所攝取的像之一切特性，對我們如此少負責任，關於對象判斷之構成，我們更得小心注意由眼鏡制約的顏色，要它進行得好，須顧及此點，同樣，科學思維方式的第一要件便是承認而徹行內面世界與外面世界之分離。

關於此到先經驗之一跳底特別奠定，個別科學永不會掛懷過，可是它已這樣做過。蓋第一個

別科學否則準不會這樣迅速前進，第二根本上更重要的，它們永不須怕被駁翻，以此問題毫不可能由理性結語來決定。

明白地，實證主義的命題，人是一切事物底程度，在這種程度，是無可爭辨的，人不能以邏輯的理由阻止任何人以人的尺度公量一切東西，而把整個世界所現，最後都溶解到感覺結體中，但是還有一個別的，對某些問題更重要的尺度，它獨立於測量的智力之種類和組成而特為事物本身。這尺不能直接給出，但我們要去得着它，即令我們永不能達這理想的目標，我們也在不停息的工作中恆常接近它，如每一科學所教的，在這道上每走一步，都有百倍的成功作報酬。

以一個自立的外面世界存在之假定，科學便立刻連到因果問題，即是說世界所現底法則性問題，當它作一個從我們底感官感覺完全獨立的概念，而以研究因果法則在自然與精神世界中各種過程能應用至何等程度為其任務。

我們看見，科學正與康德所作的認識論之出發，在同一點上。和在康德哲學中一樣，因果概念在每種個別科學，先天地屬於範疇，沒有它便不能得認識。當康德以不獨因果概念，直到某一程度，

因果法則（註一）底內容，也是由觀念直接給的，因此也列作一般適用的，在這種程度，科學和康德哲學，有着某種區別。而這一步，個別科學不能同着走。它必得寧願保留因果法則底意義問題，在每一個別情形，特別覆按，而以歸納研究有結果的內容逐漸充實因果概念本身空洞的形式。

四

我們現在近於問題底解決，我們立在這樣任務之前，輪次檢驗個別科學而奠定其對因果法則一般的無例外的適用性這一問題的地位。自然在此地只能大刀闊斧地討論。我們從自然科學中最精確的開始，物理學。

在古典動力學中，我們能夠把力學（包括引力說）和馬克士威——羅倫茲底電動力學一樣算在內，我們找到一個式列，它與我上面所說的理想目標，在精確上和嚴格上總都已有一些相近。它由一定的算學方程式代表，由這些方程式任何已知的物理物體之一切過程，皆會完全決定，

（註一）請讀者注意著者對因果（或因果概念）及因果法則所給的分別，前者為先天的，後者為經驗的。——譯者。

只要時間和空間的界限條件，就是說開始底狀態及由外面對這物體所加的影響，是已知的。從此使一一預先詳計這物體中所演的一切過程，成爲可能，這樣便自原因推演結果。

動力學在最近時間經驗的最新重要進步，是愛因斯坦底一般相對論，加利略慣性法則與牛頓引力由它而密切銜化了。人有時以爲相對論有利於實證主義觀而帶到與先經驗哲學某種對立。這完全不對。蓋相對論基本不在於一切時空紀錄，只有相對的，由觀察者底坐標而制約的意義，而在於它給了在一個四次容積的時空多方性中一個大小，即兩無窮相近點間之距離，所謂「量」之決定，一對一切測量的觀察者一切所用的坐標，價值都是一樣的，因此便到了一個獨立於每種人意仲裁的先經驗的性質。

在這和諧的物理體系中，量底假說，曾帶來了一些紊亂，今日還不能決定逆睹此種假設之貫徹，將對物理根本法則底把握，將有何種影響；幾個根本的改變，像是不可避免。在這裏沒有物理家懷疑量底假設也終將找到某種方程式，作其精確的表詞，而能當作一因果法則之精確式列。

因果但物理在一切情景都很嚴格的動力法則之外，還知道所謂統計法則，它只具或然性質而容

許有例外，一個古典的例，便是傳熱。若兩不同溫度的物體接觸，則據熱學第二定律，熱永遠從較熱的過渡到較冷的物體。我們今日正確知道這命題只是一個或然名題。它很能夠，特別在兩個相接觸的物體溫度差別非常小的時候，在一個接觸的地方，在一時間點，相反地從較冷的到較熱的物體的傳熱。熱學第二定律與一切統計法則一樣，祇有對很大數目的同等過程之中值，而無對每一過程精確的意義。人要將它應用到個別的情景，便只可說某一種或然。

這與玩一個不對稱的骰子的情景，完全相似。若讓一顆骰子轉，其重心不在當中而很強地移在六面之一面，那嗎很或然的，但不即是完全可靠，受特惠的一面，是立於底下的。重心離其對稱位置之偏差愈小，結果也愈動搖不定。若很頻繁重複地擲，能得在此地所說的統計法則精確的表現。所擲的得出所要的結果的數目，與一切擲下的總數，是在一種完全由重心部所給的關係。（或比

例——譯者）

再回到傳熱，在那裏，嚴格的其有效一直擴張到各個體的因果法則會有界限嗎？毫不，蓋較深研究，指出我們所謂從一物體到另一物體的傳熱，是一個格外紛紊的過程，它分解到不可數計互

相獨立最精微的分子運動過程，它更指出正是我們以動力法則即嚴格因果對每一這樣精微的過程都有效為前提，然後才有觀察確立的或然法則。在個別情景統計法則之偏差，其理由並不在因果法則之不成功，而是我們底觀察，要用之於因果法則底直接覆按，太不夠精細。設我們能追隨每一分子運動，我們便會證實動力法則對它也精確適用。

因此在物理中分別兩種不同的觀察方式：放大鏡的，粗略的，撮要的，和顯微鏡的，精細的，詳盡的。只有對一個粗大的觀察者才有偶然和或然，其大小與意義是根本上由他所支配的知識程度而定的，至於細微的觀察者他到處只看見確知與嚴格因果。粗大的觀察者只計算綜合的價值，只知道統計法則；細微的觀察者計算個別價值而應用完全明白的動力法則到它上面。我們要是細微地觀察上面描寫的骰子戲，就是說我們要是除骰子底組成之外，還一一精確知道其開始地位，開始速度及桌面和空氣阻力這些外面影響，便談不到偶然，而我們每次都能計算骰子終停的地方及位置。

此處不需更詳述物理科學，在一切分子及原子世界底過程，（在那裏自然總是粗大的觀察

方式，走在前頭）都想找細微觀察底可能，就是把統計法則歸到動力的嚴格因果的法則去，在這種程度，可以說物理（我們把天文、化學和礦物也可計算在內）在其一切區域，都立着因果法則嚴格有效性。

——我們現在來到生物科學。此地關係已紊亂得多，特別因為同着生命底概念，踏進進化思想，已使科學研究，陷極大的困難。若我對這區域已不能再如專門家談話，我總可不必疑慮提出主張：生物研究正在其最黑暗的區域，例如遺傳學說，與時俱進，到了假定嚴格因果關係之一般有效性。一個絕對意義的偶然或奇蹟，生理學與物理學一樣少有知道，儘管此地更難實施細微的觀察。因此，生理學的法則，大部分都是統計的種類，所謂規則。若觀察到一個這些經驗確立的規則底例外，並不能就背棄因果法則而是我們對應用規則的條件，認識缺乏，而科學並不休憩，直到在任何方式創造了解釋時方止。由這樣一個解釋，會不少立刻便到另一個而投擲不意料的光明到有關繫的問題，於是一般因果連繫之主宰，又從一新的方面證實。這是條路，在它上面，已作了一些重要發現。怎樣區別一種關係底因果性，和一個只是表面有規則的連續呢？絕對決定的標識是沒有的。

能確立的，只是一個法則底一般的無例外的有效性最終總讓我們從一已知的原因，能決定預言所隨的結果。

有一小故事，很好作此處例證，假設我沒弄錯，這故事是富蘭克林說的。此人不僅是大政治家也是天才的自然研究者和發明家，有一時他急切從事人工肥田的問題，他預先明白看見這問題對於農業之重要，已用石灰肥料得到幾許實際的成功。可是他過了長時間還不能得其厭棄一切革新的隣人，信服他底苜蓿田之繁茂原是人工施肥所致。至終他想出下列很猛的證明方法。播種時他用鏟在他底苜蓿田上挖掘細長的溝畦，作成很大的字母形式而施很豐足的肥料，至於其餘田地，則全不施肥。稍後，苜蓿長起來，在施過肥的溝畦，特挺茂盛，隔田很遠，便能清楚讀苜蓿密書的字：「這地方是用石灰施過肥的。」

這些大頭莊家漢讓這個立證教化過來沒有，故事沒有告訴我們。當然不會。蓋沒有人能由純邏輯理由被強迫承認何處有絕對規則性即有因果關係。我們只須想康德晝與夜之例。這又完全與我們幾次重複申言的相合，因果紐帶不是邏輯的而是先經驗的種類。

儘管可以叫因果法則是一個假設——名詞底搬弄，是弄不出怎樣大的結果來。總之它也不和其他許多的假設一樣，而是主要基本的假設，即是要它有意義的話，它就是構成假設的前提條件。蓋每一假設，說出任何一定的規則時已立足於因果法則底有效性了。

現在還剩下要觀察那種最精微最紊亂的科學，它以與我們關係最切的過程，精神的過程為對象。在精神科學，特別在歷史科學，客觀觀察方法之應用（因須與材料來源之限制奮鬪）那種異常的困難，可由這些科學還有另一與自然科學陌生而供其支配的主觀方法，滅殺好些內觀底方法，使研究者在一些程度內可能感到他所研究的個人或一羣人底精神狀態，因而在他們底感覺和思維途徑之特性得到某種洞視。

我們再問：精神科學對我們底問題，取何種地位呢？據它們在精神世界，在人底情緒、志願、思維、行為到處都有嚴格的因果關係，那嗎每一生活、每一思維、每一意志行動都由一個或多個先行的環境或事件必然而完全制約呢，抑或此地與自然對立，直到某種程度，統制着人們願意叫的自由或意志或偶然呢？

關於此點，存在着許多不同的看法。例如最近時間傳播的意見大約如次：「人在自然底梯階昇得愈高，必然底契機也愈不重要，把人類提高到完全意志自由的創造的自由活動底空間和價值底王國也愈大。」

這種見解是否適宜及適宜至何種程度，只有心理與歷史的研究能決定。這問題底提法與在自然科學完全相似，只是此處相應特殊環境，用了某種別樣的名詞。研究底對象如自然科學中同着已知的特性一定的構造，此處也有同着已知的遺傳稟賦一定的個人，如物體底性質，此有智力、想像力、性格、性情、氣質。當作外面的條件，運行着周圍世界對身理與心理的影響，如由氣候、營養、教育、交際、讀書等等而起的作用。要問的，是否由這些資料，人類將來的行爲一件件都會由一定的法則決定。

當然對此問題，一個完全的邏輯上無可爭辨的回答，比在自然科學還更不能談到。但就今日所可完全決定主張的，是精神科學一如心理學在其發展中所取的方向，指出了對此問題堅決地在全般範圍內之肯定。力在自然中演運動底原因這一腳色，在精神世界中，動機也演行爲底原因。

的腳色，像物質的物體運動每一瞬間都從不同方向的力之共同動作而出現一樣必然，人底行爲也以互相加強或相關，一部份多少意識到的，一部份未意識到而起作用的動機之交織而發生。儘管一個人有些行爲乍看像是不可解的，謎樣的，喜怒不測的，近察卻可在許多情景認識其仍爲原因所約制，這些原因或者在特殊的性格天稟，一時的氣質或特殊的外面環境；另外我們有

一切理由假定說明之困難，不是缺少一個動機而是我們對事態之詳細認識不足之過，正如擲骰子，儘管拋擲像是無規則，無人懷疑因果法則對每一個都還嚴格適用一樣。儘可有時一種行爲，動機不明，一種完全沒有動機的行爲亦如在無生自然中一個絕對的偶然，同樣不能爲科學所接受。

對於身體與心理現象間交互作用這個困難，我們此處可以不管。只要承認每一心理過程都依一定法則與相應的身體過程相連這一命題，便够了。

每一行爲不僅爲先行的動機因果地約制着，而且也如原因地影響較後的行爲，這樣，動機與行爲在精神生活中交織成一個繼續顯現無窮的連環，每節都與先行的和繼起的由嚴格因果連繫着。

不是沒有鬆懈這些環節底關聯的嘗試，洛茲 (Hermann Lotze) 很有威勢地代表有意與康德對立的見解，即這樣一個因果連環誠然無窮但總能有初，換句話說，特別在賦有創造精神的頭腦，在有些環境下，動機來到，不經任何先行的原因制約而全然自立地起作用，如此便製出一個新的因果連環底首節。

如果真能有這樣一回事，不斷在那兒工作的科學研究，必終有一次在任何一種情景達到它，使它至少成爲可信的。但至今還沒有爲這樣一個所謂「自由開始」底存在，找出任何支點。正相反：科學對偉大的世界歷史之精神運動底發生，愈能深入其細目，因果的制約，先行與豫備的因素之依賴，也愈明顯，現在正可以說：是這樣倒轉來的，科學研究，根生於因果觀察方式，無例外的因果，完全的決定論構成科學認識之前提和先決條件。

當然，我們對這結論，不能逗留在一定的界限上，我們不可畏忌擴張人類精神底卓越效力。我們必須無可推辭地承認，即使我們特出大師底精神，一個康德、一個哥德、一個貝多芬底精神，甚至在其最高的馳神遐想，最深刻最內在的靈魂感動，也皈伏於因果底強制下而爲全能的世界法則

手中一個工具。

這樣一個主張，對着最卓拔的、最高貴的、我們所驚詫而崇敬的人世創造的施爲，很容易像是不可忍受的下賤的褻瀆，假若不想想另一方面，我們這些平常的肉體凡胎，遠不能透視此地所談的現存因果關係之無限精微的話，在順從我們命令的描寫方式與真正嚴格因果的觀察方式，其間差異較之物理家放大鏡與顯微鏡的觀察間的差異，還大得非常之多，可是如我們已看見的，兩者都以因果法則之嚴格有效爲前提。

可是——現在很可以問——假如世上沒有人能真正把捉這樣一種決定的因果關係，去談它還會有意義嗎？

在此處，特別尖銳地啓示了因果底本性。是的，談它是有意義的。蓋因果，我們已談得够詳盡，爲先經驗的，完全獨立於研究精神之性質，縱使認識的主體，全然缺乏，它仍保持其意義。在上列情景因果關係底明白意義如次。

那是很可以想而或許不是不或然的，我們現在人類的智力還不是最高的，而在任一另外的

地方或在任一另外的時代，可以來到這樣的生物，其智力之高出於我們亦猶我們之高出於蝸蟲。於是很有這樣的事，在這樣一個精神底銳眼之前，他能一一跟隨最飄忽的思想閃光，如即使是人腦中神經節最細微的變化——赫孟在其著名講演以天體動力學之創造者之名名之「拉蒲拉司」(Laplace)精神，「——我們底精神英雄，其創造的施為，將被證明隸屬於固定不變的法則之下，一如我們今日天文家底望遠鏡之於繁星的天體複雜的運動一樣。

到處都是一樣，在精神過程亦然，我們必須區分因果法則之有效性及能實現性。因果法則，以其先經驗的性質，在一切環境都是有效的，而其能實現，在自然中，只是為顯微鏡的觀察者，在精神世界中，只是為一個精神其智力超越所研究的精神，所探討的對象之智力，距離非常之大。此距離愈小，因果的及用因果的科學觀察方式，也愈不萬全，愈有缺憾。就是此點已使我們從因果的觀點去把握一個天才底思想和行為，很困難甚至不可能了。即使一個同樣天才的人，對此任務，也必靠暗示，揣測和相似論斷，而天才對褊狹的人永遠是一本重鈐密封的禁書。

可是即使精神最卓立的人，在其一切行動，也隸屬於因果法則之下，至少原則上總應算到有

一天，不斷深入與精細化的科學研究會達到即使是人類最天才的創造也以其因果的制約去了解那種可能。蓋科學思想要求因果，在這種程度，科學思想與因果思想同義，每一科學底最終目的，皆在於因果觀察方式之完全實現。

五

自由意志又是怎樣呢？它並着總攬全包的因果會還有地位嗎？——我們現在轉到最末的對我們今天最重要的問題，讓我首先指出一個觸目的情形，在這種關係，它使我們想到一切。

如我們上面所見的，假使盲目的偶然與奇蹟，根本被排除科學之外，科學會更有緣由，去研究對奇蹟的信仰。蓋迄今它在全人類享有最大的廣佈，是在無數形式中百年常新公開的事實，就僅是這樣，也急需科學的即因果的說明了。奇蹟信仰在人類文化史演了非常重要的真的權力，它會作多福，使高貴的人們作最大的英雄行爲，當然它也會，特別是退化到狂熱時，釀成不可量度的災難，犧牲無數的無辜，荒蕪整個的國度。

依我們到現在觀察結果，似乎得期待進步的科學認識及其增長的流行，會對地球上一切文化民族奇蹟信仰逐漸立起一應與時俱增的高提。然而並不如此，正相反：恰在我們這樣進步的時代，各種形式的奇蹟信仰，如圓光、觀亡、扶乩和等等不同名號的東西，在廣大的學者們和不學者們圈兒中空前發酵，強項地抵抗從科學方面對它解除武裝的企圖，而一元主義（註一）者多年鼓吹，目的使一個以純科學為基礎的世界觀得一般承認，比較起來，只有簡直貧乏的成功。

這些事實如何解釋呢？或許奇蹟信仰，儘管其形式常被認為離奇而不可持，內中亦自有道理？大約科學不應在一切問題，都有其最後判斷，或更明白點說：純因果思維方式，有它不能越過的界限而必須停留之點嗎？

同着這個問題，我們便快到了我們今天問題底核心。現在我們不需更去找回答，它已包函在我們以前討論之內了。

事實上，在遼闊無量的自然和精神世界中，有一點，唯一的一點，為任何科學的即因果的觀察

（註一）德國十九世紀末大生物家赫克爾（Ernst Haeckel）所創——譯者。

非但實際上就是純邏輯上也不能躋及而將來還是永遠不能躋及的：此點就是自我——如我說過的，它在宇宙範圍內，這是渺然一粟，可也是一個整個宇宙，包括我們全般的感情、志願、思維的宇宙，棲息着最深沉的悲哀與最高度的歡娛的宇宙，是我們唯一所有物為任何命運之威力所奪不去而只會同我們底生命自身一起放棄的。

並非自己的內在在世界，全然避去了因果觀察。它根本不礙我們不停地把握每一自己實生活嚴格的因果必然。但饒不了一個困難條件：就是我們在每一實生活後，必須變得更是非常聰明；聽明得我們對我們前次的情形，能感到像顯微鏡的觀察者，像拉蒲拉司精神一樣。蓋只有如此，才能發見認識的主體與被研究的客體的距離，最低度的距離，我們上面明白確立的實現因果觀察不可少的前提。距離愈小，就是說我們因果地解釋在我們後面（即過去——譯者）的實生活愈早熟，我們透視我們自己也愈不能完全，儻若認識底活動構成所研究的一部份時，因果觀察將會全然脆弱或至毫無意義。

這樣或許喚起一些人失望，他不會說我們底自我從因果法則底鎖練放僅是表面的為我

們底智力缺憾所致嗎？——再沒有比這種說法更乖錯的了。它和說最幹練的賽跑者在賽跑中不能追過他自己的影子，由於他底速度不夠，一樣不對。

不是的，使現在的自我列於因果法則下之不可能，有更深刻的邏輯的根源，和我以前舉的部分永不能大過全體那一命題一樣。即使最高的智力，甚至拉蒲拉司精神，也在這不可能之下。蓋縱然這精神完全因果地解釋了一個人類頭腦最天才的施為，假若他一下念及應用因果法則到他自己的思維活動，他底藝術便會馬上謝絕。

當然：比我們超出天高那樣的生物底智慧，它能洞察我們腦筋每條縐折，我們底心臟每一鼓動，能認識我們底思想和行為都是因果制約了的，我們已必須對之心滿意足。但我們應有的自覺並不以之貶損。在此點我們與最高貴的宗教底信徒一樣。只要我們自己作為認識的主體時，我們必須放棄對我們現在的自我純因果的判斷。此處，自由意志便進來了，主張它底地位不容任何其他的東西侵入。在我們自身，我們可以相信無限的可能，相信最強最希有的催眠力量，和每種奇蹟，不必害怕我們會與因果法則衝突。

這對自己的現在有效，也對自己的將來有效，對一切其他的將來過程也一樣，在這些過程中放射着我們現在的自我底影響。蓋將來之路總與現在相連，所以自己的將來，永不能因果地去把握，從這方面我們每人都客氣地保有其幻想和最自由的藝苑，都可在將來的思想，攀登到嶄新的不曾預料的高度。在這種程度內，因果法則失其意義，用一圓錐體比較比用一單點去比較更好，在它底尖端，立着現在的自我，從這一點把它自己廣佈到將來一切方向去。

幾乎不用再加重說實際不需要因果法則的，比我們此地所討論的原則的，還有許多地方。第一便是對和我們一樣的人的應用。沒有人會想像他比與他並立的人，會像一個拉蒲拉司精神高出那樣多。另一方面，為與別人交往之可能，我們還是以因果觀點判斷其行為，以此，我們了解其行為底動機而有時能依我們底願望去影響他們，一般地說，他們底智力比起我們底來，越少精微發展，則我們影響他們也越容易。倒過來也是一樣，我們每人從自己兒時已知道我們從一個高出的人物所得的印象，他比我們之於他更能透視我們。於是一種不安之感侵入我們，我們為驚訝所執住，而依環境之不同，發生猜疑的感覺或委身的敬畏。

六

直到這一點，我底女士們和先生們，是純科學觀察方式把我們引到的，但此地它開始拋棄我們。我們清楚看見，因果法則在生命道上，並不是引路者，單由因果一類的思考，而能省視我們將來行爲底動機，純邏輯說來，是必無的事。

但人需要據以定其行藏取捨的原則，他需要它的認識甚至比科學認識急迫得多。一個行動有時對於他比世界上一切科學合起來都還有意義。因此，在這裏，他得另覓領導，這領導之找到，只能不用因果法則而引進倫常法則，倫理責任，最高命令 (Kategorischer Imperativ)。於是在因果的「必然」位置，來了倫常的「應當」，在智力底位置，來了品性，在科學認識底地位，來了宗教底信仰。此地的展望，是自由的，它爲思想和勞作的人們開了許多廣闊的眼界和熱烈的問題。

儻若我在此地願意嘗試，對各種形式的宗教底本質，更切近地評價，那既不屬我底任務又不應我底材力。只有一件事，我要在此地提出，即每一宗教和嚴格的科學觀點，是可以一致的，只要在

此種情形和這種程度：即它既不與它自己又不與一切外面過程因果制約的法則相衝突的時候。在科學爲不對而須摒棄的，據我底意見，那樣的宗教也就把生命底價值否定了。否定生命同時便意義着否定思維，而否定思維便意義着否定宗教。這樣一種宗教澈底下去，會否定它自己的價值。誰不願承認這一簡單的結論方式，誰就必然認爲或者無生命的思想或者無思維的宗教，是可能的；兩者俱承認的話，我以對它們浪費時間是太特別了。

把我們底道德行爲，也投在一定的，當然目前我們自己還不可能認識的因果法則之下這種看法，不僅於科學認識有意義而也能在實際生活施行有價值的服務，假若我們將我們所採取的行動，在其剛過去之後，從因果觀點去把握，特別在這種行動使我們隨後感到痛苦，因爲得着不曾期待的不意的糟糕結果時。當然事後對錯誤行爲原因之分析，既無補已生的損害，又不曾阻止其不愉快，在某種場合，對已現而不可再改變的可悼歎的事件沉入太長太深的觀察，甚至是很可考慮的事。但另一方面，假若我們能闡明在當日的環境，在當日我們底氣質和以前的外面關係，正只能有那個使我們行動決定的動機，更不能有旁的，便常給我們根本的輕快而減殺我們底憤恚。即

使事實俱在可歉疚的結果，不可變更，而我們也會更寧靜地對這事物底整個運行，而省去辛酸的、咬嚼的，在這樣情形使有些人終生痛楚的自怨自艾。

但我決不因此而成命定論者。自然，對此地一個膚淺的論斷，以方便而引入歧途，對於實際生活更是危險的詭辨，近於一種思維途徑，企圖在因果法則無限有效的號召下以減弱甚或完全否認倫常責任底概念。每人對此種道德的迷誤，最自然的同時也是最強的保障，爲他自己的良心之聲。那爲偏面的天賦或太從事於不成熟的社會理論致昏聩其公正而掃除了自然拮据的人（謂肆無忌憚也——譯者）至少要明白因果法則若它不够供我們着意的行爲的準繩，若如我們已看見的，應用它到我們底自己現在的靈魂是毫無意義，那嗎就不可能解免我們存心作的行爲之完全倫常的責任。

假若一種行爲已完成了而終極地立在我們後面（意指已過去——譯者）我們嘗試由純因果的觀念去了解它，也是對的，從其因果根源之認識常能創造有用的識見，使我們將來在類似的情形可以避免而不再犯從前所作的錯誤。「唯自救者，人始能救之。」對我們自己及對我們自

已將來的信心，因果法則本身並絲毫不限制最勇敢的樂觀論，這我們在上面所得的機會，已很明顯地提出來過的。

還有一點。假如我們回顧一件不愜心的事而致力明瞭嗣後一切備細的結果，我們很能發現我們從先以為不幸的事件，其結果實際上展開到我們底利益，它或是代表為較高利得而費的犧牲，或是使我們免卻更大的不幸；則我們對此事的歎忱會轉為愉快。在這種場合，「是非之心，人皆有之」的民諺，有它底深刻的意義。我們永不能知道此種愉快的結果，將來是否會有。根本上沒有東西阻礙假定這些結果遲早要來，縱使我們不會每次都知悉它。這樣一種為科學和邏輯所不能否辨的見解，沒有能比巴魯氏（註一）說的：「愛上帝的人，必然對一切東西都作得最好」表示得更好了。誰達到這樣的人生觀，誰就真值得讚美幸福。蓋他對他每日每時所能遇到的美和善都能接受，同時先天地不可干以非義，儘管此種非義在顛倒的芸芸衆生中，像並算很大的一回事。

如此，我底可敬的女士們和先生們，我們所信賴的科學之領導，把我們引到其至終實行能力

(註一) Julius Paulus 羅馬法學家。

所不逮的界限。但正因為它自己指出而且承認這個界限，它可以要求它那方面的權利，要求承認和尊重那單是它才有權統治的領域。科學與宗教，實際上並不構成對立，而是對嚴正思考的人，為互相補益的東西。一切時代大思想家同時也是很深的宗教者，正非偶然，儘管他們不情願把他們最神聖的公然顯露出來。從理解力和意志力之協作萌生了哲學最成熟的最貴的果實——倫理學。科學亦一樣促進倫理的價值，它最是教我們以真實和寅畏。真實，在不停的前述渴望中，對環繞着我們的自然和精神世界，永遠更到精確的認識；寅畏，在自己懷抱裏凝望那永恆的不可測，那上帝的祕密。

從相對到絕對

(一九二四年十二月在閩行(München, Munich)客串講演)

殿下(註一)高貴的女士們和先生們!承友情的邀請,讓我可以在此處,在這所房子,五十年前,我在內作了一個學院公民,較後又得博士學位,繼又作講師(Venia Legendi)(註二)重來關於我底科學底對象,作一次談話,對於我是很高的榮幸和特別的愉快。不覺便回顧到當時科學研究情形,估量曩日和現在兩者比較展露在眼前那種強烈的差別。當我開始物理研究時,我底可敬的老師約力(Phillip v. Jolly)爲教正我底研究底情形和展望,把物理描寫作一個高度發展幾於全備的科學,以能量不滅原理之發現而在某種程度加上了王冠,不久便將到其終極的穩定

(註一)時有前德皇族在座故云——譯者。

(註二) Venia 許可之意, Legendi 讀也。即講師——譯者。

形式。儘管在此或另一角或許還有須覆按和安排的微末之點，但體系就整個言是頗安穩的，而理論物理顯然近了完成底地步，如幾何學自百年來已具有的那種完成程度一樣。

這是五十年前，一個站在時代高峯的物理家底見解。當時在物理科學某些黑暗而需要較切啓示之點已不免在滿懷得意的情形，帶着多少的憂慮。光以太之特別行爲強項地抗拒一切說明它的嘗試，爲喜多夫 (Wilhelm Hittorf) 所發現的陰電極輻射現象與實驗者及理論家以難猜之謎。赫爾茲，古典物理底魯殿靈光，使陰電極輻射與以太縱波 (Longitudinale Aetherwelle) 相連繫，當時他所支配的實驗方法不克達到他願意證明對一個磁針的陰電極輻射作用，但他有理由地說，假若陰電極輻射爲電流底負荷者，這樣一種作用，須得是必然存在的。

以電子、X光及輻射作用之發現，物理學開了新紀元，我們今日在其印象之下，其影響還不能完全周覽，至少總還要較長時間。若我現在請諸君共同到理論物理研究較高的區域，首先我還欠諸君幾句說明或種抽象的臆度的形式之意義，我相信應以這種形式，來把捉今日講演的題目，與夫我恰恰選擇此题目的用意及我討論它之立場。在開始，我願忽略去「相對」「絕對」等字一

般概念決定底深入，理由是因爲我確信縱使細心辨難也不能滿足一切對完全及正確的要求，還有主要地因爲我不在乎名詞而在乎事物，如事物自身尋得較適當的表詞時，我滿心樂意準備服從任何名詞底變更。我也不從我底敷陳，建立一個特殊立場，又不從這些敷陳先天地連到一個特殊目標，而只願自限於從前一世紀物理化學研究所所有的事實的發展途徑，援引幾件有意義的現象，討究其某種共同的線條，而與之以一個特徵的認識。我們因此也願意避免從任何預備好了的一般觀察出發而盡可能地公正讓事實自本影響我們，依其整體對我們所作的印象，來構成我們底判斷。

我以一個化學最初步的概念，原子重量概念，作談話開始。在希臘哲學，已談到原子，但原子重量底測量，爲時在化學分量法 (Stoichiometrie) 基本命題，即一切化學化合均隨完全一定的重量關係的命題發現以後。一格蘭姆氫總與八格蘭姆氧化爲水，與三五·五格蘭姆氫化合爲氫化氫等等。因此八格蘭姆爲氧底等重，三五·五格蘭姆爲氫底等重，每一原質在它能與另一原質化合時都同樣推演出一個等重。自然這些數目只適用於以氫爲單位時，在這種程度，它們嵌入了

某種人意的強制。還有，它們底意義，完全限於它們所推演的特別化合。氧氣底等重八，只對水纔適用，不用水而以另一氫底化合，如二氧化氫則氧底等重爲十六。它先天地並無原則的理由，使一數字比其他數字特受優待。原則上，每一原質能有多少化合底種類，一般說來，便有多少不同的等重。若一種原質，我們毫不知其化合，便缺乏任何支點，紀給它一個等重。

現在有一重要事實，即在一個原質與其他原質能有的不同的化合，永遠重複與等重同一的數目或其整倍數。氮等重三五·五不僅對與一格蘭姆氮的化合有效，而且對與八格蘭姆氮化合的氧化氮也有效。若不以此種有規則的會合爲不可思議的偶然，則近於給等重概念一個自立的意義，把這概念溶解到一原質所能與其他原質化合的問題，而在某種意義，給它以絕對的性質。這在事實上也很快出現了，只是在化學中還剩下一個長久時間已特別感到沉重的困難，因兩種原質常能彼此進到不同階段的化合，例如氮和氧，人就不知道以八格蘭姆爲氧底等重抑或十六格蘭姆。爲在此處達到明白的決定，需要一新的與化學分量法本身陌生的理念，一個新的公理，而此公理在亞渥略綽 (Avogadro) 假設中可以找到。這假設建立於蓋呂沙克 (Gay-Lussac) 所

確立的事實，兩種在氣體狀態的原質，不僅依一定重量比例，而且在同等溫度及同等壓力，依一定的體積比例而化合，它從一個被觀察的物質許多不同的等重得出一個完全決定的，它稱之為分子重量，在這重量中，它使兩種氣體之分子重量等於其密度比例。在此定義，再談不到化學反應而只是化學物質。因此，它也可應用到很難或全不與其他物質化合的原質，如貴氣。(註一)

據亞渥喀綽命題，化學原質底分子，進入其化合物之分子，常不是整個的而只是其全重量之一部份，例如水蒸汽分子出自一整個氫分子和半個氧分子，氯化氧分子，出自每半個氧分子和氯分子之化合，這樣，從一原質底分子重量，便達到其最小部份的原子重量，在上例中，為分子重量之半，可在原質化合中找到。

若由亞渥喀綽定義，原子重量概念，已贏得某種絕對的意義，可是在這種把握，這點附着或種的相對。蓋亞渥喀綽的原子重量，僅僅意義着一種比例數，其決定還需要人為假定任何特別原質

(註一) 貴氣 (Edelgase) 亦稱惰氣 (Inert Gases) 甚少或全不與其他物質化合，例如 Argon, Helium,

Krypton 和 Xenon —— 譯者

底原子重量，如氫等於一格蘭姆，氧等於十六格蘭姆。沒有對此假定的關係，原子重量數便無意義。因此許多研究者底興趣，始終向着把原子重量概念也從最後的限制解放，使其重要得在更廣泛的意義到一絕對的——這一問題，對化學家底實際需要少被觀察到，蓋在本來的化學，永遠只管重量大小底比例。

在每種科學都很有時在努力安排，分析科學已承認的公理，而肅清一切較偶然和陌生的組成部份的研究者——我願在此地叫他們做肅清主義者——與以新理想之介紹以擴大現存的公理為出發，因而樂於伸出觸角向各種方向，偵查在那一邊可以得着進步這樣的研究者衝突。在化學，也不缺少肅清主義者，嚴厲判決一切認原子重量不僅僅只於一種比例數而已的嘗試，反之當時的領袖化學家以為把原子在機械自然觀底意義中看作自立的微細結構，在分子中按一定的空間尺寸安排，在有化學變化時相應地分離和重組，至少是有用的。我自己還記得在我底閱行時代，八十年代初間在此地大學化學實驗室，當時肅清主義式思維的化學家底代言人，在萊布齊（Leipzig）的柯兒白（Hermann Kolbe）底論戰，所喚起的印象今尚活潑，他關於窮極精細的

機械的原子論（化學組分公式之完成，曾與此論以機會）宣布他底神聖斥咒，而以未得其所期待的影響，聲調愈加刺耳。此種劇烈的至終甚至涉及私人攻擊，在這樣環境下，作得最好的是拜廷（Adolf von Baeyer）：他沉默着往前工作直到勝利與他以理由相似的形象我們今日在關於原子型的鬭爭，從波爾看到，那比從前構造化學底假設，還更需要理論家底善良意志。

但是從哲學的立場，肅清主義者巨十年強項反對原子論底完成。這裏首先要舉馬赫，他一生不倦以其概念分析底犀利武器有時夾着嘲笑叱責原子論者為幼稚粗疏的觀念，而使之失信用，據他底意見，那是與近代物理底其他哲學發展特殊對立的。

對這樣的攻擊，原子論底代表者，在最前線的要數波爾茲曼，因為以邏輯底手段對肅清主義者永遠作不出什麼，而處於困難地位，簡單理由是肅清主義者正代表與論辨從他們底科學承認的公理由邏輯底道路所能推論的。他們所棄擲的只是新的陌生的公理底侵入，特別在這些公理尚未凝固成終極的一般可用的見解時。可是還沒有一個公理，可看作完結了的體系，如李老君一出娘胎便成老頭子一樣，而是僅僅不完滿地生活着，在其產生者底幻想中多少常是模糊，在劇烈

的分娩陣痛後始看光明而取得科學上可用的形式。即使它達到一般的承認，肅清主義者也長遠還不需要聲明是被克服了。蓋一個新的物理公理終極成功底問題，不是在邏輯的區域決定。而只是由某種經驗法則，無此公理，便不能了解。於是剩給肅清主義者沒有旁的，只好將這樣的法則解釋成偶然。在這種見解他們能在一切環境下退到最後的不可攻擊的位置，而科學研究也就不再管這樣的抵抗，自在其道路上前進。事情常常是這樣的，而將來也還很常常要是這樣。

在先列的情形，這種經驗的法則，逐漸很多確立了，使原子重量一個絕對大小底存在問題很快便在肯定的意義決定了。我祇需指出氣體及液體底動能論，光與熱輻射底法則，陰電極輻射與輻射作用底發現，電的初步量底測量，一切都由不同的道路引到同一的原子重量價值。今日，不會有物理家提出異議，反對一氫原子重量，不管那不可避免的測量錯誤，為一千兆分之一·六五格蘭姆，一個數目，其意義獨立於其他化學原質底原子重量而在這意義能稱為一個絕對的大小這種主張。

我底女士和先生們！我請求原諒若我讓我在此地對諸君提起那都已知道的東西。教訓諸君，

非我底用意，而祇是要銳利諸君底眼光，對科學研究發展之特徵現象，它以各種關聯常可重行看到的。蓋每一科學區域皆以公理工作着，而每一區域也都有肅清主義者慣於以一切手段反對每一超出形式邏輯對已承認的公理之擴充。

在我對諸君援引其他事情中，我將討論的問題，不是如到現在所討論的那樣明晰與完結了的，而是今日還在生氣勃勃鬭爭着的問題。

我首先轉到能底概念。能量不滅原理，發展出於活力之力學原理，它說在任何力學過程，一個運動的物體活力之增加等於在這物體上動作的力底潛力之減少。一種能，動能之變化，於是剛剛由另一種能，位能同樣大小的變化來補償。此地在某種意義，肅清主義者也能有完全理由提出主張說能底原理之式列只是從能之差異，能之概念也不係於一種情景而係於情景之改變，因此在能之價值中，一個附加恆數是不會決定的，問它底大小，毫無物理的意義，好像在一所房子底建築去問各層樓超出海平多高於建築師並無實際的意義一樣，兩者都只在乎差別。

對這樣的立場，不容作即使是最輕微的非難，假如能量不滅原理為物理唯一的公理時。但情

形不是這樣，所以由一新公理之介紹，當一種能底大小，由現時況被認作完全決定的時候，則能之概念有否絕對的意義，是不容隨便否斥的。由此種見解，會見到能之概念與能之原理底應用鉅大的單純化是瞭如指掌的事實。這在今日已達到完全的實現。在每一物理的物體在一已知的狀態不要任何附加的恆數我們也可以在完全決定的意義談其能底大小。

首先我們舉在純真空中的電磁能。這公理能定「能」之絕對價值者，在於以中性電磁場底能等於零。此命題既非自明的又非從能之原理本身可推演出來。不多年前納斯特提出假設說在所謂中性場，有某種異常大的數目的靜止的能輻射所謂零點輻射，它在慣常可觀察的過程是看不出的，因為它之透入一切物體，是以同樣程度的，但在特殊環境下卻能出現，與氣壓相似，它儘管代表很大的力，在我們觀察的運動大多數中不起任何作用，因它對一切方向所施的動作到處都是一樣的。這樣一種假設先天地完全對的，至於其重要只能隨其結果而定，其最可考慮者是它把一種特別的連系（Bozongsystem）要標作靜止的，即是在那種連系中，零點輻射對一切方向都同等大小。由中性場之絕對能，每種其他電磁場之絕對能，自然也固定了。

我們再到物質底能，這個我們也能達到一個決定的絕對價值。但一個靜止物體底能不等於零，如或許有人能以中性電磁性之相似來假定的，而等於其質量之積與光速度之方。這是所謂物體底靜能；它由其化學組成與溫度而定。若物體由一種力使之運動，這大小，一般說來有非常大的數值，毫不中用，因為此地所討論的只是能之差異。這樣特種的觀念不能單從能之原理獲得，我在上面已着重說過。事實上它根源於特別相對論。這裏必須舉出一個奇異的湊合，正是相對論引到物體能底絕對值之決定。這種對比表面的刺謬，可以簡單說明，原來相對論是討論所選連系之依附性而此地反之，是討論所觀察的東西物理狀態之依附性。

肅清主義者現很能問，可是那能真有任何有理性的意義說一氧原子底能比一氫原子大十六倍嗎？如果說養氣轉變為輕氣是全無意義的話，那嗎他們便有理由。可是在它並未與任何邏輯法則矛盾之前，遽以之為無意義，總是可考慮的事，因此若我們等待是否有一時來到，此種轉變底問題或亦會贏得有理性的意義，比較好些。這樣的徵象，今日已經有了。

在電磁能亦如在動能，即一切物理區域，在力學亦如在電動力學，從直接測量得到能之差異

底觀察，引到能之絕對價值底觀察。以這種程序，理論總達到可注意的進步。例如輻射熱現象，嚴格說來，永遠只是關於被吸收和放射的輻射。蓋一個物體，吸收熱輻射，其放射也是熱輻射。但據帕烏斯 (Prévozt) 理論，人們分開此兩種大小（即吸收和放射的輻射熱——譯者）而與每一個以自立的意義。在電流，也只是量潛能之差異，但以離一切電荷無窮遠的潛能等於零時，人們也談到位能底絕對價值。在一個原子單色光線底放射，由放射振動數之測量，只得放射前後原子能之差，但首以此差底兩端，所謂項之分離，對其備細之研究，波爾在可見的光，松默菲在X光，找到此地隱秘問題解謎的支點。於是對一個物體底能之概念在一定的情形，到處有一個絕對的，從其他情形底關係獨立的意義。

此種從差異轉到各單項的趨勢，亦即從微分到積分，在能是如此，在許多其他物理大小也是如此。這樣，在彈力論，體積力便歸到平面力，在電動力學，重量摩托 (Ponderomotorisch) 電磁力歸到所謂馬克威兒電壓，在熱動力學，壓力與溫度大小，歸到熱動力的潛能。這永遠是一種上昇或全項程序。這樣得來高度的大小底絕對價值問題與決定全項恆數的問題重合，而其回答長需特

別的研究。

這些情形中之一，因為還不能認為已經了結，故引起特殊興味，我願在此地稍事留連。這便是熵底絕對價值。依克勞修司原來定義，一個物體熵之測量，需要實施任何一種自返過程，從此過程，然後能推演熵在過程起點與終點之差。其結果是熵概念起初不在於情景而係於情景變化，正如從前在原子重量和能所作的一樣，只歸給它對可逆過程一種意義。不久便達到一種較寬闊的見解，認熵是一種在暫時狀態的性質，留着一個未決定的附加恆數，於是永遠只能量熵之差。縱使據愛因斯坦過程，由一物理組成在其熱動力均衡狀態時時搖擺底統計，以奠定熵概念，也只達到熵之差，永遠不能達熵之絕對價值。

但是熵有否一條路，如在能，可以找得一絕對價值呢？我遠不以相似底根據而對此問題肯定，這必須無條件贊同肅清主義者，當他們申言要從一個差異底價值一一斷定兩項，加項和減項底價值，一般說來，是毫無意義的。為概念構成明瞭計，在每種情形，精確確立何者能從定義引出，何者不能，是完全必須的。在這種關係，肅清主義者底批評是不可少的。他們自示為科學工作方法中秩

序和純淨底警衛軍，我們不論如何不願失去的，而在今日較在任何時尤甚。但物理非演繹的科學，其公理數目亦非固定的。若一新公理報到，不應以其陌生之故而拒之門外，而應首先驗證它生出何種理念，引到什麼結果。

在上列情形，不難與以假定熵之絕對價值為基礎的理念一個明顯的把握。若我們同着波爾茲曼把熵看作一種熱力或然性的量，則在熱動力均衡下，有許多自由度，裝置着一定的能的物體之熵，不意義着旁的，只是這樣的物體在已知的條件下所能採取的各種狀態底數目。假若觀察的熵具有一絕對價值，就是說在已知的條件下，可能的狀態底數目，是一個完全決定的，有盡的數目。

在克勞修司、赫爾姆霍斯、波爾茲曼時代，這樣一種主張，自然無疑地立即當作完全不能承許的被拒絕。蓋只要還認古典動力學底微分方程，為唯一的物理基礎時，切須以狀態為不斷變化的，因而認在外面已知的條件下，可能的狀態之數目為無窮大的。自量底假設介紹以後，便兩樣了，據我底意見，不久將能在完全決定的意義，談可能的狀態謹嚴的數目及與之相應的熵之絕對價值，直到這種主張克服現在有名望的物理家底反對。

事實上此新公理已指明其效率能與最可靠的理論底效率競賽。在輻射熱區域，它引到在平常光帶中能之分配法則之提出；在熱動力學區域，它表現於經多方試驗與證實的納斯特熱學定理，而更加完善，不僅可從那裏推演出所謂化學恆數底存在，而且也能推演出這恆數數目的大小；在原子構造問題，它供給波爾底理想出發點以固定所謂靜止電子底軌道，亦即免除分光帶現象之混亂的先決條件；即非一切標記全如此，而其更遠的實施，總豫備着一種在某種意義正能叫做物理底數學化的過程，一些物理大小，至今尚無保留地被認為不斷變化的，在更尖銳的分析底顯微鏡下，都可謹嚴可數地列出。完全在這方向的，有烏特息 (Utrecht) 物理學院領導者翁斯坦 (L. S. Ornstein) 所施的測量之奇異結果，即分先帶組成部份之強度比例可由簡單的整數給出來，和新近波恩作出的有趣試驗，以差異方程代替了古典力學之微分方程！

我底女士們和先生們！我們至今的觀察使我們在物理學史所取的幾個情形，認識一個一致的線條，它約可式列如下：某些在其原來概念決定只能有一相對價值的物理大小，在科學進步發展底途中，取了自立的絕對的意義。可以把這線條看作物理研究底進步一般特徵嗎？對此問題無

保留地肯定，是過匆促了。我很能想這種看法底對手，或許覺得要在他底方面發言，這樣說吧，作一個對我底演講的反演講用倒轉來的題目：從絕對到相對。他將完全不難找到辨護他底立場適宜的材料。他或許也如我以原子重量底概念開始而這樣敷衍：我們曩時稱爲原子絕對重量的數目，在極多的原質，事實上絲毫不是一個絕對的大小。蓋一個原質照例有多個同位原素（Isotope），測量的原子重量，代表多少偶然而來的中值，它全賴在試驗品中代表的各種同位原素是什麼樣的混合比例。即使我們一一把握着各同位原素，從我們今日的知識底立場看來，要把它認作或種絕對，也是全不科學的。它毋寧是相應最新的，首由露特福實現原子核之擊碎而最得根據的觀念，它重取普魯特（Prout）假設將全般化學原質都看作是由唯一的氫而成的。這樣原子重量概念絕對的性質根本被取消，而印上一個純比例數。在這個明白的勝利之後，我底對方或許會轉而要出他主要的法寶：愛因斯坦一般相對論。單舉標題已夠使每種在「空間」和「時間」還要談或種絕對的嘗試，顯得是陳舊而落伍的了。

但是應當慎重，不要輕易從文字和名稱推演實質的論斷，而文字與名稱或亦並非永是選得

幸運的。相對論事實上引到能底絕對價值之獲得，若只留於時空相對化之必然底認識而不更問這相對化引到何處去，會產生簡直膚淺的思維方式。在科學歷史中，準常有某些概念，一時被賦與絕對的意義而終被證明只有相對的價值，照例這也標出了一種根本的進步。但是並非絕對被剔除了而只是推後了。全然否認絕對，據我底意見，是這樣來的，如有人研究一件發生的事實底原因，若他一旦發現某種環境一時把住了他所求的原因，不能觀察到，便要抽出結論說這事實壓根兒就沒有原因。不是的，人之不能一切相對化亦猶其不能界定一切，證明一切一樣。蓋每一概念之構成至少必須從一個概念出發，而這概念不需任何特殊定義，一如每種立證必須用不須證明便認為足夠的大前提，如是，每種相對在最後的根據，總連帶着或種自立的絕對。否則概念或證明或相對都懸漾在空中，類如沒有釘子要掛衣裳一樣。絕對代表必要的固定的出發點；只是要到合式的地方去找。

據這些考慮，事實上不難找到對所描寫的反演講適當的反駁。

一切原質底原子重量都將歸回到氫原子重量，即不能真實現，也代表物質底科學研究所孕

育的最基本成績之一。其意義在於以這種認識之光便照出一切物質統一的起源。然後氫原子底兩個組成部份：荷正電的氫核，所謂質子（Proton），與負電子，將與初步作用量共同構成物理底世界建築綜合所自的基石，而這些大小，只要還不能互相歸回或歸到另一個，便必須記上絕對的性質。於是我們又有了絕對，只是到更高的階段更簡單的形式而已。爲使比較底線索更往下織，我們現在再問那巍峨大廈所從起的奠基。愛因斯坦勞作所得的認識，以我們底時間和空間概念，如牛頓和康德底思想途徑都當作是我們底觀念絕對已知的形式，而因連系與測量手續之選擇這種人爲強制之故，在某種意義，只具有相對的意義，這或許是把握住了我們物理思想最深的根源。但即使時間和空間被褫奪了絕對性質，絕對仍未被逐出世界之外，只是更推向後去而已，而四次空間之量，發生於藉光之速度之助，而空間時間啣接爲一統一的連續體（Kontinuum），這種量代表或種脫離任何人爲強制，是自立的因而也是絕對的。

於是多方被誤解的相對論並未揚棄了絕對，而正相反地，由相對論，物理隨處對立在外面世界的絕對所奠定的及至何種程度，都表現得更尖銳。蓋若絕對，如有些認識論者所假定的，只在自

己的實生活中，則根本上有多少物理家，使必須有多少種物理，而我們對於至少直到今天還可能建設與調護，一種物理科學，其內容為一切各種各樣個別生活的研究者都證明是一樣的這種事實，將完全不能了解。不是我們以目的根據創造外界，而且倒轉來，外界以基本的暴力強制着我們，這一點在證實主義浪潮充溢的時代，不可認為是自明的而留住不說出來。在我們於每種自然所現從個別的法令的、偶然的逼近一般的、實質的、必然的時，我們在依屬的之後，找獨立的，相對之後，找絕對的，可成過去的之後，找不可成過去的。在我所能見到的，這種趨勢，不只在物理為然，而也在每種科學，不僅在知底區域，而且也在善與美的區域。

可是此處我犯着離題的危險。蓋我未先事提出主張，然後證明它，而是願意倒轉來初時談幾件物理底事實，而對這些事實，綴附幾點統括的觀察。

因此在終結僅還有一個切近但很不利的問題。誰保證我們一種概念在今日我們還給它記上絕對的性質，或許明天在某種新的意義將證明為相對的而屈服於一較高的概念？此處只能給一個唯一的回答：據一切我們所學習的所生活的，沒有人在世界上能作這樣的保證。我們很可以

甚至全然安穩地主張，純全的絕對，我們永不能把握住。絕對毋寧構成一個理想的目標，它總在我們面前而不能躋及——一種或許是騙人的思維，可是我們必須以之滿足。這對我們正如一個在異鄉周遊的越山者，他永不知道在他面前看見的而辛苦去逼近的山頂後面，有否另一個更高的矗立着。那很可於他，於我們也一樣，是一種安慰，在那兒永遠向上和前進，而沒有任何東西阻礙我們對渴望的目標在無限制的程度愈加接近。這種接近之永遠往前追逐而永遠變得更密切，是每種科學特有的不斷的趨歸，這裏我們能用勒辛（Lessing）底話說：不是真理底占有而是為真理勝利的格鬥作成研究者底幸福；蓋一切流連，長久了都變成厭倦。強健的生活只由工作與進步才興盛。從相對到絕對。