

著名世界譯漢

物 理 哲 學

普 蔡 王
朗 賓 光
克 牟 煦
著 譯

商 務 印 書 館 發 行

中華民國二十七年七月初版

(52152)

漢譯世界名著 物理哲學 一冊

The Philosophy of Physics

每冊實價國幣肆角

外埠酌加運費匯費

Max Planck

W. H. Johnston

原著者 蔡寶光
重譯者 王長沙

發行人 王長沙
雲南正路五

印刷所 商務印書館
各埠

發行所 商務印書館

版權所有
翻印必究

(本書校對者王永榜)

港

代序

量子論創始者普朗克(Max Planck 1858—)與相對論建立者愛因斯坦(Albert Einstein 1879—)並為現代物理學之兩大柱石。近年以來，新量子力學的發展，尤掀起思想界空前的革命波瀾。許多時髦的科學家捲在無定論的狂潮中，欲以或然率的統計律，併吞八荒，囊括四海，而驅逐因果律於科學王國之外。普朗克獨屹然力抵流俗，超脫一時的漩渦，指示學者努力的康莊大道。

誠然，相對論及最近關於原子結構的學說，使物理世界面目一變，而迥異乎日常的世界和十八世紀科學唯物論的世界。物理觀念之必然的革命變遷，哲學不能置之不理。其實一切傳統哲學皆在屏棄之列，我們須得從新開步，無庸留戀過去的系統。要知現代實比任何前代更為深入萬物之本質。若太過重視十七、八、九世紀玄學家的遺教，自是妄遜。現代的原子研究之影響下，物理學之哲學意味大變。一方面，我們發見自然界有不連續的變化，從一狀態到另一狀態的突然跳躍，沒有

經過中間狀態。他方面，就今日科學的結論看來，物理世界似非若昔日所想的那樣嚴酷受因果律的決定。

原子界不止是演化的世界，簡直是革命的世界。普朗克是第一人推翻歷來哲學上所認為天經地義的『自然無跳躍』(“*Natura non facit saltum*”)，而證明跳躍之必然。海森伯(Heisenberg)，謝露丁格(Schrödinger)二位青年物理學家，又消溶了一九二五年以前的堅硬原子。於是物質變成了幽靈似的東西。電子不復具有常識所謂的一物之本性，卻僅僅是能量可由而輻射出來的區域，好比故事中所講的鬼魅出沒之所。各種各類的事情發生在自然界裏，但是日月，山河，宮室，椅桌，乃至一粥一飯，變成了失色的抽象，僅僅顯示着某處所輻射一系系事情之法則。講到法則，從前所認為嚴格的支配各個原子的定律，現在發覺只是一些偶然律。我們雖能預見統計的平均率，卻不能預見一個原子什麼時候要發生不連續的變化。舊時以為有了物理學定律及有關切的環境事實，就能在理論上由一原子的現狀推算它的未來歷史。如今這種理想已成爲不可能。這也許只因我們認識尙未充足，但是不能斷定如此。就現勢觀察，物理世界固已不如前二百

五十年之具有嚴酷的決定論的色彩了。當此之際，唯心論的微生物很容易乘虛而侵入科學家的頭腦；而人們甚至多少幻想地賦予原子以相當的自由意志呢。（參閱 B. Russell's "An Outline of Philosophy" Part II. IV.）

但是普朗克則不隨波逐流，標新立異，取驚世俗。他認為今日無定論者所以如此之多，應從心理學方面來加以說明。因為每當科學上有一偉大的新觀念出現時，即在各方面被試用起來，若證明了它是個有益的觀念，人們馬上就企圖把它當作全宇宙的鑰匙。昔於相對論如此，今於量子論亦然。因量子論現在達到波動函數，人們就想拿波動函數當作最勝義，究竟義；又因波動函數只具有或然率的意義，人們就又想拿或然率問題當作最高深的問題，從而企圖以「或然」二字為整個物理學之基礎。

普朗克認為『因果原理崩潰了！』的時髦口語，只暴露人們將因果關聯之探討作成不合理或無意義的形式罷了。其實，現代物理學的結論和因果原理是相容的；此原理不能一般地證明，亦不能一般地推翻。但它有輔助發明的價值，是我們研究科學的嚮導。普朗克在此小冊中，即以新物

理哲學之見地，爲因果律而作防禦戰，同時表現他對於宇宙合理的規律性之信仰。在第二章裏，他以素抱的反實證論的態度闡明覺官界與理論科學『世界像』之對立及統一。第三章則熱烈地辯護純潔無偏的理論研究，無疑地是在抨擊他自己國內特別觸目的對於理論研究的罷黜政策。

本書係重譯 W. H. Johnston 之英譯本 "The Philosophy of Physics" 而成。其目的在使讀者能對於新物理學世界觀得到一種批判的鑒識，而不致沾染膚淺風氣，誤將漩渦認作主流。

讀者欲深切明瞭當今大科學家們腦中所反映的社會背景，及其在哲學上所表現的鬭爭陣線，最好一讀羅素新近的兩部重要著作——就世界思潮大轉向而言，此二書可推爲羅素氏最上乘之作。他在科學觀裏對於唯心論派有着銳利明快的批判。

『在海森伯，謝露丁格等的手中，量子論愈來愈比相對論還聳動些，還革命些……量子論置疑於因果律之普遍性；現今的見解以爲原子恐怕有若干自由意志，所以它們的行爲，甚至理論上，

也全然不受法則的支配……愛丁頓 (Eddington) 就利用這點來復興自由意志……恐怕愛丁頓所代表的科學懷疑論結局可引致科學時代之沒落……我認爲機器仍將存留着，不隨科學之沒落而俱亡。』(第四章『科學的形上學。』)

『現今成羣的著名物理學家和成羣的著名生物學家，曾宣布現今科學上的進展已推翻了舊時的唯物論，並且相率趨於恢復宗教的真理……神學家們卻捉住了這些話，擴而充之，同時新聞界又轉而報告更聳人聽聞的說法，以致一般公衆發生了「物理學證實全部創世紀」的印象……近來宗教的辯護上最顯著的發展之一，就是妄想以其對原子行爲的無知來拯救人類的自由意志……愛丁頓在其物理界之本質一書中就對此種可能性大做其把戲……「無定原理」以一九二七年由海森伯氏引入物理學，即被教士們抓住了，當作寶貝可使他們逃避數學法則的束縛。在我看來，愛丁頓竟要憑該法則的這種利用……我深爲異訝，爲何愛丁頓竟要在自由意志上求援於此原理。原來此原理並沒有絲毫表示自然界之運行是不受決定的。它僅僅表示舊的空時器具不十分適合現代物理的需要了……現代量子論又證明了更根本的再造之必要……

並非表示物理法則不能規定自然之運行。

『決定之義各有不同，一個數量之被決定，乃就其被測量而言，一事情之被決定，乃就其被原因所引起而言。今無定原理所關涉者為測量之事，而非因果關係。此原理宣布一質點之速率及場位不能準確測量，故稱爲無定的……測量乃一物理的過程，對其所測量者有一種物理的影響。在無定原理中毫沒有表示什麼物理事情是無因而起的。』

『最近科學會發現原子不受舊物理學的法則支配，於是有些物理學家就躁急地作出「原子全不受法則支配」的結論來……在瞬將消逝的一片無知之上，就立起一座神學的上層建築物，是鹵莽之極了。其影響必然是壞的，因其使人們希望新發現不要成功。』

『但樂求「因果原理必妄」之假設的人實不自知其說之含意。他居常是把他覺得方便的
那些因果法則，全都留着而不加挑戰，例如他吃飯會飽，穿衣會暖，又他有存款時銀行會照付他的
支票，而同時把他覺得不方便的那些因果法則全都排斥着。然而，這完全是一種太過素樸的辦法
了。』（第五章『科學與宗教』）

在宗教與科學 (Religion & Science, 1935, Home University Library) 一書中，羅素更予有定論與無定論以平允的檢討。

『有定論有二重特性：一方面，它是嚮導科學研究家的實踐座右銘；他方面，是關於宇宙本質的一般學理。即使一般的學理不真確，實踐的座右銘仍可堅強不拔。

『或然率之理論殊不圓滿，無論邏輯上數學上……愛丁頓調和人類自由意志與物理學的企圖雖然有趣，且（在目前）未可厚非，但我看來，卻仍不脫量子力學未興起之前的理論的老套。

『心理學和生理學有使自由意志的問題變成虛誕的趨勢。

『在我看來，自由意志之情緒的重要性，似乎大抵出於某些混淆的思想。

『有定論的益處是，權力來自因果法則之發現；科學，儘管和神學的偏見相衝突，畢竟因為供給權力而得到了公認。『自然界有規律性』的信仰亦令人感到穩當；它使我們在某程度上能預見未來而防止不愉快的事變』（Chap. VI, "Determinism"）

但愛丁頓新近亦出了一部科學之新途徑 (New Pathways in Science, 1935)，其中有一章索性標題曰：『有定論之衰落。』這位物理學大家寫道：『有定論已從理論物理學消滅了！』但他在該書中對羅素的答辯實不甚圓滿。

總之，今日的世界思潮，一方面處於極深刻的社會經濟危機和資本主義腐潰的影響之下，另一方面又處於自然科學絕大成功的影響之下，各國的學術界正在起着分化的時候，有一部分自然科學家及哲學思想家現已開始轉變，走近新世界觀的立場上來了；而另一大部分的學者則走向公開的反動陣營，他們走上神祕主義，牧師主義立場，走上恢復自由意志論，而與宗教神學攜手妥協的『路徑』了。米汀 (M. Minin) 說得好：

『現代大物理學家米里肯 (Millikan) 和愛丁頓竟在爭論這樣一個牧師式的問題——上帝用什麼方法能夠創造世界？——真可謂沒出息之至矣！愛丁頓宣揚世界是由一個舉動創造成功的見解；米里肯則用他底科學的學問去「證明」：「世界底創造主孜孜不倦地在做工作。」這就是現代科學的實證論者的見解，這是神祕主義，神道說教，帝國主義的反動思潮的代言人的見解。

解，而所有這些可恥的勾當，都是在實證科學之旗幟下進行的！（見中山文庫，辯證法唯物論與歷史唯物論上冊，商務出版。）

二十六年五月譯者識。

目次

第一章	物理學與世界哲學·····	一
第二章	自然之因果律·····	二四
第三章	科學觀念：其原始及其效果·····	五三
第四章	科學與信仰·····	七五

物理哲學

第一章 物理學與世界哲學

本章的課題是物理學與探求一般世界哲學的努力相關；這種相關，究在何處，頗值一問。物理學可說是專涉無生界的物事；而一般哲學若求圓滿，則必須包羅全體物質的和精神的生活，且須處理靈魂的問題，包括倫理學上最高奧的問題。

初視之，此項非議似乎可聽。但更加細究，便見不然。首先，無生的自然界畢竟是世界之一部分，故任何自命為真正淹通的世界哲學，必須注意到無生自然界的法則；總之，這種哲學若與無生物界衝突，終不成功。我毋庸在此引證許多受了物理科學的致命打擊的宗教信條。

然而，物理學對於一般世界哲學的影響，不限於那樣消極的或僅僅破壞的活動；它在積極意

義上的貢獻是更重大得多。無論於形式，於內容皆然。這是普通認識的：物理科學的方法所以如此呈效，大半由於精密性，且因此而成爲各種非緊嚴科學的研究之模範；至若講到內容，則須說各種科學都植根在生活中。同樣的，物理學決不能完全從其研究者分開；總之，各個學者都是一個具有一套理智性和倫理性的人格。所以學者個人的一般哲學常常會影響到他的科學工作；而反過來說，他研究的結果不免施相當影響於其一般哲學。本章主旨即在由物理學方面詳細論證此點。

請先作一概括的考慮。對於一定材料作任何科學處理，便須在這所究的材料中引入某種秩序；必須引入秩序和比較，始能把握可用的和驟增的材料；必須達到如此把握，方能確立問題而探索之。然而秩序要求分類；在這層上，任何科學皆遇到依遵某原理以區分可用材料的問題。問題於是發生，這個原理應是怎樣的呢？它的發現，就豐富的經驗所證明的，不僅是任何一門科學的發展上的初步，而實往往是決定的地步。

在這點務須聲明：並沒有一個確定的原理是先驗地可用的，且能使一種分類可適合任何提出的宗旨。講到各門科學，亦同此情。所以關於這層是不能主張：任何科學有一結構由它自己的性

質而必然演成，脫離任何武斷的預設。這個事實務須明白領會，它有根本的重要性，因為它證明：苟欲有任何科學的知識，則不可不規定其研究所當遵而進行的原則。這種規定不能僅憑實踐的考慮；價值問題亦有影響。

試就最成熟最精密的科學即數學，舉一簡單的例。數學研治數之量。為綜觀一切數起見，淺顯的方法就在以量為數之分類；若此，則任何二數，視其間差異之小，而彼此相近。試取實際上為等量的二數，其一是 2 之平方根，其又一是 1.41421356237 。前數比後數僅較大一兆分之二三而已。在物理學或天文學的數字計算上，這兩個數目可當作完全同一的。然而，數之分類如若依其量而論，則該二數之間立生根本差異。該小數是一個有理數，可由兩整數間的比率來表示；而平方根則是一個無理數，不能如此表示的。現在若問此二數究竟是否彼此緊聯，則須知如此問題之任何爭論，其無意義正猶兩人彼此對面，而爭論何邊為右何邊為左。

我舉此簡單例子，因為我確信：許多科學論戰，及其中許多引起劇烈鬭爭的論戰，終竟是由於這事實；就是，對壘的雙方沒有明白的說法，卻運用不同的分類原則排布他們的論據。各種分類法

不免爲某種任意和一面性的成分所誤。分類原則之選擇在自然科學上尤更重要。可取植物學爲例。某種命名法既爲必需，則一切植物皆須依照種、屬、科等等而區分。但因選取不同分類原則，遂演成不同的體系。在植物學史上這些體系之間往往有尖銳的論爭。沒有一個體系堪稱爲確實無謬，因每個都受主觀偏見所蔽。現今通用的植物天然體系，雖優於舊昔的人爲的體系，卻仍非十全確當的，亦非明晰規定詳贍無遺的，而是免不了若干動搖逡巡的；因爲各個領導的研究家，對於最合宜的分類原則的問題，所取態度各異。

然而，引用分類之必要，及其所具之武斷性，在非科學的研究上，尤其在歷史上，卻是最觸目最顯著的。歷史無論縱分或橫分，無論其排布是依照政治的、人種的、語言的、社會的、或經濟的原理，總不斷地產生分門別類的需要，而細察之，則知此等分別游移無定且不適當，就祇因爲任何一種分類法必不免隔離了聯繫的問題，裂斷了密接的事體。故各門科學在其固有的結構上便含着一種任意（武斷性）的，亦即過渡性的原素，這一種缺點，由問題之性質使然，所以是不能拔除的。

我們再講物理學，臨到的工作就是如何把我們所研究的事情分類於各門之下。這大致是個

初步的要求。一切物理經驗皆基於我們的感官知覺，因而最初的淺顯的分類體系即是符合我們的感官。物理學分爲力學，聲學，光學，熱學等。此諸學被視爲分立的學科。然而，嗣後逐漸發見：此各殊學科之間實有密切的關聯。又發覺：如果忽略感官，而集中注意於感官外的事情，則較容易建立精密的物理定律——例如，研究從響器發出的聲浪，而不顧及耳朵；研究從亮體發出的光線，而不顧及眼睛。這就引起物理學的不同分類，若干部分重行排布，而感覺器官則退隱幕後了。依此原理，從熱灶發出的熱〔射〕線不復爲熱學的境界，而歸於光學了，熱〔射〕線便全然當作光波一樣的去研究了。誠然，這樣的重新排布，因爲忽略感官的知覺，雜有偏見和武斷性的成分。哥德（Goethe）常常力言感官居首要，他就會震駭於此種排布罷；因爲哥德常常注神於事象之整體，力主直接感覺之優越性，所以他決不會贊成視官與光源間之區別。

『若眼不具太陽性，

我人如何能見光？』

但這是可斷言的，假使哥德遲生一世紀，他就不會反對他檯子上一個電池的嫵媚的光。不過，這電

光的發明，只有靠他所力拒的該種物理學說，纔始可能。

無論哥德或其大敵牛頓 (Newton) 在世時都不能夠揣測到，這個成功的理論徹底發揮之後，必見替於相反的一面性。可是，我並不想再敘述物理學後來的發展。

五官的各種知覺，既從科學中排棄，不復充當物理學的根本概念，則以適宜的測量儀器代替感覺器官，自是邏輯的步驟。以照相片代眼，以振動膜代耳，以寒暑表代皮膚。自動紀錄的儀器之引用，又復排除主觀的錯誤根源。然而，此種發展之主徵不在於日益採用靈敏精密的新測量器，要點是，現在物理學理論的基礎在假定：測量可使我們對一物理事象的本質得到直接知識——依此，事象是離開所用以測量的儀器而獨立的。依此假定，則須作一種區別，即：凡遇有物理的測量，便須區別「完全獨立地發生的客觀現實事象」與「由事象所引起，且使事象變成可知覺的測量手續」。物理學研究現實事象，其目的在發現這些事象所服從的定律。

這種探索自然的方法，從前由古典物理學所獲之豐富成績而證明為合理；因古典物理學遵守此種見解所指示的方法，而實際生活上施於應用科學以及同類研究的衆多成績，又是舉世所

熟悉而易見的。故無詳敘之必要。

物理學家受此成功之鼓勵，即在他們所已走入的路上勇往邁進。他們繼續應用分割支離的原則。現實事象既從測量器分離之後，物體被分析為分子，分子被分析為原子，原子復分析為質子和電子。同時空間和時間均被分析為無限小的間隔。到處尋找並發現嚴正的定律；分而又分的過程既進行不已，則定律愈具簡單的形式，似乎未嘗不可假定：物理的粗大界的定律或可簡化成相類的空時微分方程式，對於極微界亦為有效。藉此等方程式，便可對於自然界任何固定的初態，提供復現的變化，從而用積分法表出一切未來狀態；關於世界的物理事象之見解因為和諧，則不惟圓滿，且亦廣博綿密。

二十世紀開端，可用的測量法日益求精，日益加多，起初在熱輻射界，後來在光射線界，最後在電力學界，顯示上述古典理論碰到一層難超越的障礙。當此之時，真不免令人駭異不快。最妙舉一個例。為計算一個電的運動起見，古典物理學須得假定電子的狀態已知，而此狀態包括電子的位置和速度。現在發現，凡能得電子位置的精確測量的方法便得不到它的速度的精確測量；且又發

現，後者測量愈不準確，則前者愈準確，反之亦然。這種現象是受支配於普朗克的量子值所準確表明之定律。若確知電子的位置，則完全不知其速度。反之，若確知其速度，則完全不知其位置。

顯然，在這些情形裏，古典物理學的微分方程式喪失其根本的重要性；在這樣的時候要精細地發現真實物理過程之基本定律的工作，必被視為不可解決的。但若就此斷定沒有此項定律，當然不對的；反之，定律之所以發現不出來，應怪那問題提得不適當，亦即是質問態度不對。現在問題是，錯誤何在？如何能去除此？

說到理論物理學的崩潰，若以為一切已造就的成績皆須認為不對，而屏棄之，則謬矣。此點首應注意。古典物理學所達到的成功是太洪大了，決不容如此一筆抹殺的。這問題不是要求築立一個新結構，而是說一個舊理論必須再加推敲補充，此在隱微物理學尤為然；在顯巨物理學的領域裏，處理較巨大的物體和時空，則古典物理學仍將長保其重要性。那末，錯誤顯然不在該理論的根底，而在此事：在用以建立該理論的諸多假臆之中，必有一個為失敗之由，刪除此弊，即可使該理論再受補充。

讓我們審察實在的事實罷。理論物理學所依的假定爲實在有不賴我們的感官而存在的事象。此假定必須絕對普遍維持；甚至實證主義傾向的物理學家，亦使用之。即使此派學者主張物理學的唯一基礎爲感官與料的先在性，卻不得不爲避免無理的獨在論計，而亦認有個人感官受欺或錯覺之事；而欲排除此類被欺或錯覺，惟有假定物理觀察可隨意複製。然而，這就含有非先驗地明顯的東西。質言之，在感官與料間的函數關係，含有某些原素，不依恃觀察者的人格，亦不依恃觀察的時間和地方。很明確的，我們所稱爲物理事象的實在部分，就是這些原素。我們還企圖發現這些原素的法則。

前已言之，古典物理學除了假定實在事象之存在，還常常假定完全把握實在事象所循法則之可能，這把握的方法卻是一種趨於無限小的方向而遞進的時空分割。更深切考究之，此假定必須大加修正，因它引出如此結論：支配一實在事象的法則可完全了解，只要把這事象隔離它所藉以測量的事象。我們顯然可由測量過程而知實在事象，只要兩者之間有某種因果關聯。若有如此關聯，則測量過程多少總要影響，並攪亂事象，因而使測量的結果變成虛僞。這種虛僞和結局的錯

誤，能隨實在對象與測量儀器間之因果結愈密切而愈增大。要減縮這虛偽和錯謬，可把那因果結放鬆，換言之，把對象與測量器間的因果距離加長起來。要完全免除干涉，是決不可能的。因為假定因果距離若是無限遠，就是說，我們若完全把對象從測量器切離了，那末我們便完全不知道實在的事象。單零的原子電子的測量，需要極精細靈巧的方法，因而含有密切的因果結。故一電子位置之準確測定，便含有對其運動之較有力的干涉；倒過來說，一電子速度之準確測量，需要較長的時間。前一種情形裏，電子的速度受了干涉；後一種情形裏，它的空間位置變成不定的。這便是上述不準確性之因果的解釋。

以上所論，雖似明確，而未通達問題之核心。一個物理事象被測量儀器所干涉，這種事實是古典物理學上慣見熟悉的；起始就不明白，為何測量方法日益改進，而我們研究電子時終不能預計干涉的總量。因此，我們若要理解古典物理學在隱微界的失敗，須更加深刻的考察。

此問題之研究，甚得力於量子力學或波動力學之建立。藉此等力學的方程式，便能預計種種可觀察的原子過程。若遵守規則，此種計算的結果便和經驗準確相符。誠然，量子力學不像古典力

學，它並不提示某個電子在任何固定時間的位置；它的任務在陳述一個電子將在某固定時間某固定地方的或然性；換言之，設有許多電子，它便陳述任何固定時間，在某固定地方將有的數目。

此乃是純然統計性的定律。前此所作的一切測量，已證實此種定律之爲統計性。而測不定關係，又確有其事。這兩層事實曾誘使某些物理學家歸結說：統計律卽是一切物理定律的唯一妥當基礎，尤其在原子物理學的領域內。他們遂又宣布關於個別事象的因果律的任何問題，在物理上，都是無意義的。

此點的討論特別重要，因其引起一個根本問題：物理學的任務是什麼，功業是什麼？我們若主張物理學之目的在發現諸種支配自然界實在事象間的關係的定律，則因果律成爲物理學之一部分。若有意的排棄此因果律，自必產生相當疑懼。

首當注意，統計律的妥當性和一個嚴格因果律，是可兩立的。古典物理學儘有許多例子。譬如，我們可以說，容器壁上的氣體壓力起於許多向各方飛蕩的氣體分子之不規則衝擊；但此項說明與下列主張並存不悖，任一分子對另一分子，或對器壁的衝擊，是受定律支配的，亦卽是完全有因

果決定的。或可駁道：我們的處境須能預見事象之整個過程，然後可謂確實證明了嚴格因果律。又可附議道：無人能校核任何單個分子的運動。對此非難，我們很可答道：任何自然事象，欲加以澈底準確的預見，是決不可能的，所以因果律的妥當性，永不能由一個直接精密的實驗而證明之，因為各個測量，儘管精密，總不免帶有觀察上的若干錯誤。但雖如此，測量的結果，以及個別的觀察錯誤，當出有因。我們看守波浪打擊海岸時，有充分理由可深信：一一水泡的運動，是起於嚴格的因果律。不過我們從未能希望目送一一水泡之一起一落，尤更不能預先計算之。

在這點上就提出測不準的關係。當古典物理學盛行之際，或許希望藉測量之充分增加精確性，就能把觀察上難免的錯誤減縮到一定限度之下。普朗克氏量子發現後，這種希望頓成泡影，因量子之發現暗示我們所達到的準確性，有着固定的客觀限制，在此極限之內，沒有因果律，而只有疑惑和偶然性。

我們對於這非議，已準備有一解答。原子物理學的測量所以不準確之故，不必定須求之於因果律的失敗；其故或在乎不完美的概念，以及不適宜的問題之提出。

顯然的，這是測量與實在事象之間的交互影響，使得我們至少能相當的了解測不準關係。依此看來，我們不能注視個別電子之運動，正如不能看見一個有色圖形，其面積小於其色之波長。的確，我們應斥下述一種希望為無意義。這種希望，以為藉儀器的改良，終可無限地減縮物理測量的不準確。可是，如普朗克量子的一個客觀極限所明示，有某個新奇的定律在發生作用，它與統計學當然無關。和普朗克量子一樣，各個其他的根元常數，例如一電子之電荷或質量，都是一定的實在量；若謂此等普遍常數有某種根本的不精確性，則似乎完全荒謬。像那班否認因果律的人，為要堅持到底，就得如此荒謬。

在原子物理學上，測量的準確有一極限，這事實成爲愈可理解，只要我們考慮到儀器本身亦是些原子。任何測量儀器的準確，總是受其自身的靈敏性所限制。橋衡不能權衡到一絲不差。

如果我們所有的最好的東西就是一具橋衡，沒有希望可得到任何更準確的東西，那末我們還能幹什麼呢？與其追逐一種不能由直接測量而解決的任務，何如放棄求得準確重量的希望，宣布絲釐不爽的研求爲無意義，豈不更妙？這種論調輕視理論的重要性了：須知理論使我們超越直

接測量之外，其方式不能先驗地預告。它所以如此，乃是靠所謂理智的實驗，能使我們大體上脫離實際儀器的缺點而獨立。

若謂理智的實驗，須在測量上可加以校對，始為重要，則全然荒謬；因若果如此，即不能有準確的幾何學的證明。畫在紙上的線不是真的一條線而是多少寬狹的帶，畫在紙上的點亦只是一個較大或較小的斑。但無人懷疑幾何的作圖具有嚴正的證明。

理智的實驗，使研究者的心超越世界，超越實際的測量器，並使他能構成諸多假設，提出諸多問題，這些假設和問題受實際的實驗所校核時，能使他見到新定律，雖尚未得直接測量。一個理智的實驗，並不囿於準確性之任何限制，因為思想是比原子或電子來得微妙；亦沒有測量事象被測量器所影響的危險。一個理智的實驗，其成功條件只需要一項，這就是承認觀察的事象間的種種關係，其所循之任何「非自相矛盾的定律」是有妥當性的。我們不能希望找到被認為不存在的東西。

姑認一個理智的實驗是一個抽象；然而，這個抽象之為實驗家及理論家所必不可少，正如

「外界眞實存在」這個抽象的假定一樣。當我們觀察一件在自然界發生的事象的時候，我們便須假定有某事物離觀察者而獨立發生。反之，我們必努力盡可能地排除我們感官的缺點，以及測量方法的缺點，俾得更完備地把握事象的詳情。在這兩個抽象之間有一種對立：實在的外界是客觀，而觀察此外界的理想的精神則是主觀。二者都不能在邏輯上證明，因而即使否認二者的存在，亦無歸謬法之可能。可是，物理學的歷史昭示：此二者在物理學的發展上，始終表演過舉足輕重的任務。最上乘的最富創造思想的人，如刻卜勒（Kepler），牛頓，萊布尼茲（Leibniz），法拉第（Faraday）之流，皆受激勵於此信仰，篤信外界之實在，與夫其中其後有更高理性之常道。

永勿忘記，物理學上最有生氣的觀念有此二重的起源。當初，這些觀念所具的形式是起於科學家個人的特種想像；可是，到相當時機，即具更明確而獨立的形式。誠然物理學中每有許多謬誤的觀念，消耗不少的心血；但在別方面有許多問題起初被銳利的批評家所擯斥爲無意義，後來卻發覺有深長的意味。五十年前，實證主義物理學者們認爲「探求一單個原子重量的測定」是無意義的——一個不容科學處理的幻想問題。今日呢，一個原子的重量可被指定，以至不遺漏它的

萬分之一；不過，我們極精巧的天平還不配去秤它，猶如橋樑不配去測定絲釐之差。所以你得謹防將一個非直接明白解決的問題宣布無意義；要先驗地決定物理學上任何已知的問題究否有意義。這是無標準的。這一點往往爲實證主義者所忽視。唯一正確地判斷一問題的方法，在考驗它所引出的結論。因爲「有緊嚴的定律可施於物理學」這個假定有根本的重要性。故我們要躊躇，不遵宣布「這種定律是否可施於原子物理學」的問題爲無意義。反之，我們首當努力尋出定律是否可施於此領域的問題。

我們第一步應問，何以古典物理學在因果律問題上失敗，而由測量器所生的干涉以及測量器的不够精確，均不足以說明此種失敗。顯然，我們只好採取這明白而激烈的假定：古典物理學的基本概念再也不能應用到原子物理學中了。

古典物理學的根本假定是：它的定律，在無限微小之中，顯示得最明白。因爲它假定：宇宙間任何處一個物理事象的過程，全受此處及其附近流行的狀態所決定。故物理量之與物理事象的狀態相關者，如電磁場之密度，速度，位置，等等，乃純屬局部性的。支配各物理量的關係的定律，全可用

其量與量間的空時微分方程式來表現。然而，這對於原子物理學顯然不够，故上述諸概念須更求完善或普遍些。可是，這要從什麼方向去做呢？現代流行日廣的認識，或有些暗示。就是說：空時微分方程式不足以汲盡一物理體系中各事象之內容。又，極限的條件亦須顧及。甚至波動力學，亦是這樣。極限條件的界域常常是有限的，它在因果結上的直接干涉是出於一種對因果律的新看法，為前此的古典物理學所未聞。

將來會曉得，依此方向能否有進步，和進步到多少遠。但這是確實的，無論它最後可展示如何成績，它永不能使我們把握實在世界之整個，正猶人類的智慧永不能升達理想精神的天地。這些成績將常常仍屬抽象，依其界說本身就超出現實性之外。然而，我們總是相信：我們能够堅定地無間斷地向着這個不可達到的終鵠而前進；並且這方向一旦被認為前途光明的，則科學的任務顯然即在沿此方向去不息工作，繼續自己糾正，自己改良。這個進步將為一真實的進步，而非一無目標的蹣跚曲折，如事實之所證明：每次達到的新階段能使我們綜覽以前的各階段，而那些尚待攀登的階段則仍在模糊中；恰似一個企圖登峯造極的爬山者，俯瞰他所已爬過的距離，以便獲得更

求上昇的知識。一個科學家之快樂，不在乎他的造詣，而在乎自強不息的獲得新鮮知識。

以上題旨，皆限於物理學；但所說的話實有較廣的應用，此則可想而知。自然科學與精神科學不能截然分開。它們形成一單個的互相聯繫的體系，牽一髮則動全身，整個的作用徧蓋各支。若假定一個固定確實的定律專在物理學上獨佔優勢，是荒謬的，除非這個定律在生物學和心理學上亦是這樣。

我們在此處或可論及自由意志。我們的意識，畢竟是最直接的認識源泉，保證我們自由意志是至高無上的。但我們不得不問，到底人類意志是不是因果決定的。這樣提出的問題，如我所屢欲指示的，即是我所稱爲幻想的一類問題之妙例。就是說，依字直解，並無準確意義。在這個實例上，顯明的困難由於問題提出不完全。實際的事實，可略言之如次。從一個理想的全知全能的精神之立場看來，人類意志亦如一切物質的和精神的事象完全受因果決定的。可是，主觀地看起來，意志，僅就其看到未來而論，則是不受因果決定的，因爲主觀者的意志自身之任何認識在因果上就影響到意志，所以關於固定因果結之任何切定的認識是在問題之外的。換言之，我們可說從外界（客

觀上)看則意志是因果決定的從內界(主觀上)看則意志是自由的此處並無矛盾,正如前述關於左右手兩邊的爭辨。那些不能同意於此說的人們忽視或忘記事實上主觀者的意志,從來不盡隸於它的認識,且實常常有裁決之權。

所以,在原則上,我們不得不放棄依純因果觀——即依純科學的認識——而預先測定我們行爲的動機的企圖;換言之,沒有科學也沒有理智能夠解答我們在個人生活上所碰着的最大問題,即我們要怎樣行動的問題。

由此推論,則一旦發生倫理的問題,科學便無用武之地。可是那樣的推論就錯了前面說過我們處理任何科學的結構,並討論其最適宜的配置,便見認識論判斷與價值論判斷之間產生一種相逆的交互關聯;並且,沒有科學能完全擺脫科學家的人格。現代物理學昭然表明,指着同樣的方向它教訓我們要發現任何體系的本質,不能拿它分割爲它的各構成部分,然後再單就每部分加以研究。因爲這種方法往往等於喪失體系的重要固有性。我們務須深切注意全體以及各部分間的交互聯繫。

關於我們的精神生活亦然。要截然區劃科學、宗教和藝術，是不可能的。全體決不單純等於它的各殊部分之總和。以言人類亦然。若想研究怎樣多的人數，以求了解人類，則其愚不可及也；因每個人屬於某集團，於一家族，一階級，或一民族——他必須成爲該集團之一份子，他必須隸屬於該集團，並且他不能荒唐的和它斷絕關係。因此之故，各門科學亦如各項藝術和各式宗教一樣，在一個民族基礎上生長起來的。德意志人不幸把這層遺忘了這許多年。

此事自無甚新奇處，且可不待物理學即被公認。真的，凡我所欲表白者即：物理學的這種境地絕非是獨一無二的。出發點容有差別，而引到的結局和見解則與一切其他科學無殊。其實，它的地位的實力要我們把論證更加展開就看得見物理學的地位實力，極清楚地看見它的趨勢，是不顧其直接源頭而四向膨脹，好像一棵健強生長的樹兒趨向空際長大，把扶疎枝葉四向伸張，雖然同時它仍根深蒂固在土壤之中。如果科學不能或不願意伸過民族的界限，它就不配稱爲科學；在這層上，物理學是比別門科學來得佔便宜。沒有人會爭辯自然定律在各國是一樣的，所以物理學不致被迫設立它的國際妥當性，非如歷史那樣實際上引起「客觀的歷史能否爲一可求之理

想」的問題。倫理學亦是超民族的，否則，在民族相異的份子之間就沒有倫理的關係了。此處物理學又佔了優勢。就科學上言之。所基的原理就是，它必須不含矛盾。照倫理學說來，這就暗示誠信的意味；而誠信之德乃對於一切文明國，一切時代，都是妥當的；所以這個科學原則堪列於最先最大的美德之中。我以為在物理學上，完具此倫理美德，實比在任何別門科學上，為較迅速而確定。此良非過言。

若拿這樣的緊嚴性，去比較日常生活上慣受錯謬的無思無索的馬虎性，其間真有天淵之別呢。我倒不大顧慮所謂慣例的虛話，那在實踐上是無害的，而且在相當程度對於日常談話是不可省的；慣例的虛話並不騙人，顯然就因為它是慣例的。害起於存心欺騙對方而授之以錯謬的印象。果敢地改革此事，並立一可取法之模範，這是當局者的職責。

公正與信實是相依不離的。總之，公正，即謂實踐上把我們對於言行所下的倫理判斷，始終貫徹應用。自然界的定律無論應用於大的或小的現象，依然固定不易；同樣，人們的社會生活需要全體平等的權利，無分大小，無分貧富。如果法律的妥當性引起懷疑，如果門第和家世被尊崇於法庭

中，如果無防禦的人覺得他們再也無法抵抗強鄰的掠奪，又如果法律被公然曲解，託故於所謂權宜之計，如是等等，則皆非國家之福。法律的可靠不可靠，大眾是有銳利的感覺。再沒有什麼比散蘇西（Sanssouci）磨坊主的傳奇更使腓力大帝（Frederick the Great）得民心了。這類原則使德意志和普魯士偉大；所望它們永不會消失。努力求其保存及鞏固，則為個個愛國志士之天職。

同時須知，我們所瞄準的終鵠——一個永遠的滿足條件——永不能完全達到。最善的最成熟的倫理原則，亦必不能帶領我們到一個理想的圓妙境界；它們的作用永遠只能指示我們所可由而探覓理想的方向罷了。若不顧及這些事實，則有一種危險，就是追求者會完全失望或竟懷疑倫理的價值。在這狀態裏，尤其是，他若處已誠實，因真摯過度，他會很容易終於攻擊倫理。在倫理哲學家之中，比比皆是。此處情形亦如在科學上：重要者不在乎領有永恆的財產，而在乎不息的工作，趨着理想的終鵠，晝晝夜夜，時時刻刻，競向生活之更新，不顧一切挫折，爭求改進和完備。

但最後，我們極願究問，如此一種不息而根本無望的掙扎，豈非完全不滿人意。究竟一個哲學是否有何價值，如其它的篤嗜者終無一點穩固處，可供其安身立命於不斷困窘倉皇之人生，這

是可質疑的。

幸而此問題可作一個肯定的答案。甚至我們最窮窘的也有一個穩定點和一個安全的所有，可永遠稱爲自己園地；一個不能轉讓的寶庫，它對深思善感的人們擔保至高的快樂，因爲它保證他們心的和平，如此便有永恆不磨的價值。這種所有是純潔的心及善良的意志。這便足爲生活的狂風暴雨中之安身處，這是任何真實滿意的行爲底下的基本條件，亦是避免悔恨痛楚的絕妙防護劑。這是一切純正科學的要件，亦是用以測量人人的倫理價值的確實標準。

那些永遠向前苦鬪的，
我們能够救助他們。

第二章 自然之因果律

最近物理學的發展暴露：從前由物理研究的輝煌成績所喚起的對於自然認識深刻的期望，在某些要點上得受抑制了。例如，因果律的通常的古典公式，已不能再普遍地應用，因為它施於原子界，確已失敗了。故凡注意物理研究之意義及旨趣者，皆不得不從新檢討自然定律的本質，尤其要精察因果概念的究竟。

現今再不能追隨康德了。他認因果律為表現可施於一切事象的固定規律之妥當性，所以把它當作範疇，認為直觀的形式，無此則經驗不可能。無疑的，某些範疇為一切經驗之先驗原理，這個康德的學說仍將萬古不磨；但此無所昭示於個別的範疇之意義；康德所認作範疇的歐几里得幾何公理，輒近不僅可加修改，而實必需修改，這事實使得現今物理學家在此方面極表謹慎。我們為避免偏見，必須擺脫危險的臆斷，必須先求一真實可靠的出發點，可容我們導入因果律的概念。

所謂兩個相繼的事象間的因果鏈環，就是說，兩個事象之間有某種合法則的聯繫，前一事象名爲因，後一事象名爲果。但問題就發生：這種聯繫究竟何在？是否有確鑿不訛的標準，可容我們說，自然界的某一事象爲另一事象的結果呢？

此問題實與自然科學同樣悠久，且其繼續被提起，可見迄今猶未得最後的解決。這是不滿人意的；但我們若顧到它必然如此，便差了一些。倘想望因果律可預先下一個準確的定義，然後用此定義爲基礎，以探討自然界因果法則之妥當性，這不過是往昔的素樸遺風罷了；若在今日精密自然科學發展之下，這種想念只能說是愚蠢的罷了。在自然科學，亦如在其他科學上，我們並不是先拿固定的基本概念作出發點，而後試求其是否實現於周圍的世界裏。其實恰恰相反。我們的步驟乃是先考驗世界，而後制定所謂基本的概念。我們大家都屬人類，一生下來就投在發展途中的世界裏。關於此世界的本質，我們生前一無所知，一無所備。無論我們要不要，這個世界的生活總是我們的。爲得在我們所處身的這個生活裏找尋我們的路，所以嘗試將條理導入我們的經驗。要做到此層，我們就運用天賦的智能，形成若干概念，可應用於我們所曾經驗及將經驗的事象。這種

辦法，顯然含有武斷和曖昧：在各門科學，有無數事例為證。此處須得指出，即在數學這門最精密的科學上，關於基本概念之原始與意義的問題，也比從前更爭辯得劇烈。數學上的情形尚且如此，那末，誰也不該妄想自然界的因果概念可容易地確立而公認為互萬古而不易，放四海而皆準。

但深思的人感興趣於因果律的本質和妥當性的問題，從沒有休止；這種興趣正有增無減；可見「因果」這概念所關涉的是很根本的東西。我們推度它是離人類心思智能而獨立的東西，深植根柢於實在之中，非直接的科學檢驗所能及。因為，的確，誰也不會致疑，即使地球連同所有居民都猝然滅亡，宇宙的行程仍將繼續服從其因果律，絕不因無人觀察事實而停頓。

無論如何，我們要把握因果的實在本質，只有一個方法。這個唯一的方法在首先研究我們所有的事實界，即我們的經驗；靠着深入的考慮和概括，澈底排除一切擬人化的成分的混合物，從而謹慎地作出一個客觀的因果概念。

從來在這方向會作過許多企圖，都指示我們要研討因果概念，最妙辦法就是探究它能否預告未來事情。這我們曾在日常經驗中獲得而測驗之的，確，要證明兩件事情有因果關聯，最穩當辦

法就是指出從此事的發生中常可合規則地預見彼事的發生。故事中的農夫就很熟悉這層。他在懷疑論者面前，千真萬確地證明了人造肥料與土壤沃腴有因果關聯。懷疑論者偏不相信農夫田上的荷蘭翹搖的豐收是起因於人造肥料，而嘗試另求他故。因此，農夫便劃線而耕，列成字形，施以肥料，而置其餘田土不施肥料。明春荷蘭翹搖成熟，下列一行荷蘭翹搖的字便瞭然躍然，可讀可觸：

『此段曾用石膏施肥。』

我意欲以下列的簡單一般的命題爲出發點。這命題是一件事情若可確然加以預告，便是有因果的約制。當然，這只是說對於未來的正確預告的可能性足以擔保因果關聯的存在；却並沒有說二者是同一的。舉個熟悉的例罷。誰都曉得，我們在白晝雖能完全確然預告黑夜之必臨，然而白晝並非黑夜的原因。但在別方面，我們又往往認定事變都有因果關聯的存在，却絲毫不能作正確的預告。例如，天氣預報！天氣預報之靠不住，已成俗諺。可是沒有一個諳練的氣象學家不承認天氣的事變爲有因果決定。由此看來，上面出發的命題只有暫設的價值而已；要得到因果概念的真諦，必須更精微地細察事理。

關於天氣預報，我們不難姑認預報之所以靠不住，只因受了預報的對象——大氣——之浩漫複雜性所限制。若僅取一小量，例如一畝的空氣，來作試驗，則我們對於他在壓、揸、熱、濕等等外部影響之下的表現如何，要作正確的報告，必可能得多。我們熟知若干物理法則，能使我們多少準確地預告我們所舉行的測量之結果，以便發現壓力增加、氣溫增加、凝結等等的效應。

然而，我們由更深切的檢討，竟達到很觸目的發現。即使挑選怎樣簡單的條件，運用怎樣精巧的測量儀器，我們還是永遠不能絕對準確地預先推算我們的測量的結果；那就是說，不能與所測量的數目準確符合到各位的小數，總往往有些不準確的殘餘。不比在純粹數學的推算上，如 2 的平方根，可對任何數之小數位，都準確表述。在力學和熱學上既如此，在物理學的一切領域上亦莫不然，例如，電學和光學的事象。

所以，就事論事，我們不得不承認，真情實況確可一言以蔽之曰：無有一次能準確預告一件物理事情。

於是我們便陷入困惱而不可避免的進退維谷之中了。我們要固執本來的命題（即，以準確

的預告保證因果關係之存在」呢，還是要改採一種嚴格的因果律之假定？若照前者，則自然界沒有一刻能確證因果關聯的存在；若照後者，則我們不得不將那本來的命題作相當修正。

現今有許多物理學家和哲學家堅決擁護第一種辦法。我意欲稱此輩爲無定論者。他們堅執自然界裏絕對沒有真實的因果性——沒有嚴格的法則。所謂因果，所謂法則，只是一種幻覺，由於皮相地觀察某些常例之顯現而引起的。這些常例雖往往近似妥當，却從來不是絕對妥當的。在原則上，無定論者要給一切物理法則，引力，電磁吸拒等等求出一種統計的根據。在無定論者，物理學法則全都是或然性的法則，僅僅表示由許多類同的觀察而得到的價值，僅僅對於零星的觀察具有妥當性，故常遇例外。

此等統計式的法則，舉一妙例，即是氣體對於容器周邊的壓力視其密度及溫度爲轉移。氣體所施的壓力是因極多的分子以高速度胡亂飛蕩的不斷衝擊所引起。此等衝擊所生的總能量若計算得，結果便知施在容器周壁上的壓力幾乎與氣體的密度以及分子速率的平方成比例。再者，設如將溫度看作分子速率的尺度，這個計算就圓滿符合實測。

單就容器器壁的一個很小段落，考察它上面壓力的因時變異，便可直接證實此理論。我們若注意容器某一邊的一個很小部分，譬如一方耗的億兆分之一，或許要等了好久，才有一個分子來打擊它。但是也許忽然會有兩個，甚或三個分子，立即相繼而臨。在此情形之下，氣體壓力並非恆常的，而是動搖無定的。單純的氣體定律，僅施於容器各邊的廣大面積，是妥當的。因為在廣大面積上，巨數的分子衝擊着，所以諸多不規則性互相抵消了。

此種變異到處可見，是起於分子之不規則衝擊，因其間迅速飛動的分子接觸着易動的物體。例如，在勃朗氏 (Brown) 所最先描寫的，并由他而得名的運動的現象裏，便可觀察到。在強度的顯微鏡下，可見到液體中浮懸着微細質點，不斷地振動。衝擊在它們上面的液體分子把它們推來推去。在權衡極靈巧的天平上，可見到這種運動的另一實例。這類靈敏的天平，從不達到完全的靜止，卻不斷地在平衡點周圍作不規則的震動。

種種的放射作用現象又提供統計式定律之另一實例。一個放射質不斷地發射許多有正電荷或負電荷的質點。此過程起於放射質的原子之自然分解。在較長的時間週期，還可說那發射是

固定的。但在較短的週期，即沒有超過兩連續發射之平均間隔的短週期，則發射過程全然不規則。

無定論者將一切物理法則與氣體及放射作用的法則等量齊觀；他們就認為一切物理法則，最後分析起來，都是偶然之事。在他們看來，自然界不過受統計學的支配罷了。他們的宗旨在建立物理學於或然率的微積分學之上。

但實際上，物理科學卻一向在相反的基礎假定上發展起來的。物理學家們選取前述的第二種辦法。換言之，所謂一事象只要能準確預告便受因果律的束縛，這個因果律的原理為求維持不墮計，已經稍加修改。修改之點即是「事象」一詞的意義稍為改變。理論物理學並不視個別的測量為一事象，因此種測量常具有偶然的和非本質的成分。物理學所謂事象乃指某種僅僅理智的過程。它以一個新的世界代替感官及用以輔助感官的測量儀器所呈現的世界。這個新的世界就是所謂物理學的世界像；它僅僅是個理智的結構。它在相當程度上是武斷的。它是一種模型或觀念化，其創造之目的在避免各個測量所固有的不準確性，並促進精密的定義。

因此，一切可測度的量，一切長度，一切時間週期，一切質量，以及一切電荷，都有二重意義。或者當作測量的直接結果，或者當作施於物理學世界像的數量。照第一義，則此等數量只能有不精確的界說，因而決不能表示明確的數字；但照第二義，則在物理學世界像裏，此等數量便代表切定的數學符號，可依照嚴格的規則而運用之。我們若在物理學上談到一座塔的高度，使用三角術的方程式加以計算，則所謂高度全然指一確定的東西，界說精密的數量。反之，實際上的高度的測量，並不提供如此確定精密的數量。因此，理想的高度（即常可完全準確計算者）便和實際測量的高度常常有些差異。講到擺振的頻數或電泡的亮度，亦是這樣。再者，任何普通常數，例如光的空間速度，或電子的電荷，在物理學的世界像上與在任何實際的測量上是不同的：在前者是十分精密的；在後者則無準確的界說。爲求明瞭計，不可不清楚透徹地區別感官界的數量與相應的物理學世界像的數量。若不加辨別，則對此問題的任何爭辯常會引起誤解。

所以，誰若以爲物理學世界像只能包含，或必只包含直接可觀察的數量，那就錯了。事實恰相反。世界像裏毫不含有可觀察量；它所包含的只是符號。此外，它總一定含有若干成分，對於感官界

無直接的意義，或竟毫無任何意義，例如以太波，局部振動，坐標系，等等。這類成分好像是不必要的累贅；但他們之被採取，就因為世界像之導入，確有益處。此益處即在：世界像可容嚴格有定論貫徹實現。

誠然，世界像只完成輔助的職能。最後分析起來，所關切的畢竟是感官界的事象，所願望的還是盡可能的預作精密的推算。依照古典理論，步驟如下。從感官界提取對象——例如，一系物質體，——而以任何測量狀態加以符號化；換言之，將此對象移入世界像裏。結果，便得一物理結構，具有某一定的初態。後來外界施於此對象的各項影響，亦同樣藉世界像而加以符號化。此第二步之結果，便得到各項施於結構的外力，即界限條件。此等與料在因果上始終決定該體系的行為，且可藉理論所提供的微分方程加以絕對精確的計算。如此該體系的全數物質點的座標與速度即為完全確定的時間函數。在後來任一點，我們若將世界像所用符號移還於感官界，結果是：感官界的後一事象與感官界的前一事象相關聯了。故我們可利用前者以對後者作近似的預告。

總括起來可說：在感官界裏，事象的預告常常帶有不確實性；而在物理學世界像裏，則一切事

象都遵守森嚴的法則，是嚴格受因果律的決定的。所以一經採用世界像，則「感官界裏事象的預告之不準確」，化爲「從感官界到世界像與從世界像到感官界的事象轉移之不準確」。此卽物理學世界像的重要性之所在。

古典的理論趨於忽視此種轉移所致的各種不準確性。它專門應用因果律到世界像裏的事，且曾以此方法達到顯赫的成功。甚至對於前述氣體壓力或勃朗氏運動卽分子運動中的不規則變異，已能發現一個圓滿的解釋，與嚴格因果律相容。若在無定論者，則此等現象不成問題：他們在一切規則的背後找出不規則性來。統計式的法則就直截滿足他們的快意。所以，他們自限於下列的假定：兩分子間的衝擊，或一單個分子對容器的緊迫，是受統計式定律所支配的。然而，這假定其實沒有什麼妥當的理由，這無異因爲電子聚集導體表面，便推論任一電子的電荷亦必在其表面。反之，有定論者恰相背道而馳，他們在一切不規則性的背後，找出規則來。所以他們的任務在建立氣體法則的理論，而以下的假定爲立足點：兩個分子間的衝擊是嚴格受因果決定的。大物理學家魯狄維·波爾茲曼（Ludwig Boltzmann）之一生工作卽對此問題之解決。這是理

論研究上最輝煌的勝利之一。這固然使下述的命題成立，而得到測量的證實；在平衡點上下的振動，其平均的能量是隨絕對溫度而變異。此外，並且使我們僅藉諸種振動的測量，便能非常精確地計算那些撞擊在很靈敏的天平上的分子的絕對數目和質量。

諸如此類的成功，自然使人們企望古典物理學的世界像大體上必能始終勝任愉快；只要實驗方法精進之後，在感官界與世界像之間的出入轉移上，所剩遺的各種不準確性，終有肅清之日。但是普朗克氏量子的出現卻毀滅了這種妄抱的希望。

量子論原始於光和熱的輻射；茲即先討論光和熱。許多事實證明：一柱任何色的光裏的能並非穩定連續地傳遞而是一粒粒地傳遞。這一粒粒叫做光子，其大小視光之色而定。這些光子以光的速率從光源飛向各方，符合以往牛頓微粒的流射說。光強烈的地方，光子相隨甚密，使它們實際上等於一穩定的連續的流；但若從光源距離遠說來，則光線密度愈減，光子就彼此愈相疎離了，好像一道噴泉，越射越薄，終迸裂成一串相當大小的點滴。顯著的事實是，光子（即能之『滴』）並不因射線的能量變少而變小起來。實在發生的事象是，光子的量依然不變，不過彼此相隨之際，間

隔較大罷了。

顯而易見的，因果律之應用於此等事象，必遭嚴重困難。例如，有一定色的射線落到磨滑的玻璃片上。於是一部分的光被反射了，另一部分的光，大約有三倍多，會透過玻璃片。我們由經驗而深知：此二部分之比例，並不依存於光的強度，換言之，即不依存於衝擊玻璃上的光子數目。如果衝擊的光子數目鉅大，譬如有一百萬，那末多少會被反射多少會傳透是容易說的：這一百萬光子之中，四分之一會被反射，四分之三會傳透。但是，若果光線極微弱，一單個光子或衝擊片上，那末它到底會被反射呢或會傳透呢，這問題至少要引起嚴重的兩難了。最簡單的解決，應該是把它分成四個：這是不可能的。

但尚有更甚者。要解答上面的例，還可託說，光子的方向不確定，是因為有某種未知的影響，至少在控制着光子的行爲。可是，下面再舉的一個例，便似乎全無辦法了。事實上，有某些光易於反射，另有某些光則易於傳透。當白射線投在玻璃片時，片上顯了色，不僅有被反射的光，而且有被傳透的光。古典的光之波動論完滿地說明此現象。它說：反射在片子正面的光與反射在背面的光互相干

涉，所以二反射線相益或相損，視其一射線的波峯符合其他射線的波峯或波谷而定。不同色的波長既是不同的，這種效應便因各殊色而各異。並且，如此計算的差異恰和實際的測量一致。此現象亦可用最弱的光加以觀察。

但如單獨一個光子打擊玻片，會發生什麼呢？光子必須與自身相干涉，否則其波長不能施任何影響。但欲自相干涉，光子應得分裂；而此實不可能。然則可見此說（即古典的光之波動論）全然不能立足。

只要講到量子論，力學的處境亦無異於光學。質量上最微小的點，即電子，就跟光子一樣：彼此互相干涉。一個電子有某速度，在這方面恰似一個光子有某強度；電子若衝擊在一片晶體上面，成某角度，則視其速度如何，或易於被反射，或易於傳透。欲求此現象之詳盡說明，當考究波長與其能量相應如何。所以，電子衝擊片上時，所取的路線，從來沒有計算過，且實不能加以計算。

根本難題是：一個電子以某速度而運動着，關於它的位置要怎樣決定呢？這就表現在海森伯氏所設立的測不準關係的一般公式上。此關係為量子物理學之特徵，即表明：一個電子在空間上

位置的測量愈精確，則其速度的測量愈不精確；反之，速度的測量愈精確，則空間上位置的測量愈不精確。理由是不難發現的。我們要測量一個運動着的電子的位置，必須能看見它；又因為要看見它，必須照明它，即必須讓光投射它上面。但是投在電子上面的光便施電子以一擊，此一擊非同小可，竟變更了電子的速度，令人不能加以計算。電子的位置愈要測量得準確，則用以照明的光的波必須愈短，因而電子受擊也愈大，所以速度的測量的不精確性也愈高。

照此種發現說來，我們所視為古典物理學的世界像之心髓，即「坐標與物質點速度之同時值」，在原則上，竟顯然不能怎樣精確地搬入官覺界了。此項不可能性，使嚴格的因果律難以應用，遂誘致若干無定論者宣言因果法則在物理學上確已推翻了。可是，更細究之，則此種因混淆世界像與官覺界而引出的結論，究竟是未成熟的。原來要克服那困難，儘有屢見奇效的方便手段，即是，姑認「物質點速度與坐標之同時值」問題，或「某固定色的光子的路線」問題，為無意義的。那末，因不能解答一個無意義的問題，而歸咎於因果律，這顯然是不可以的。這寧當歸咎於那些引起問題的假臆——即物理學世界像之假臆的虛構。古典的世界像既失時效，當另立一個新的來

代替。

實際上已如此做了。量子物理學的新世界像之創造，即因欲貫徹一種嚴格有定論，而不礙乎普朗克量子的存在。爲此之故，向來爲世界像之主力軍的物質點不免要喪失霸權；它已被分析爲一物質波系統，這些物質波就是新世界像的成分。

量子物理學的世界像之於古典物理的世界像，其所處的關係，大抵似惠更斯（Huygens）的波動光學之於牛頓的微粒或射線光學。後者在許多方面够用，而在別些方面失敗；同樣的，古典的或微粒說的力學，亦只變成後起的更普及的波動力學中之一特區。古典的系統之物質點，見替於無限的小波包——即、不計其數的波系統，彼此相互干涉，所以在空間裏處處相消，除非在有物質點佔據的地方。

誠然，波動力學上的法則，與古典力學上施於物質點的法則，根本不同。但這是緊要的事實：作爲物質波之特徵的量是波動函數。起始條件和界限條件是時時處處完全受這波動函數所決定的。我們可藉十分確定的規準，加以計算，或用謝露丁格的算子，或用海森伯的方陣，或戴拉克

(Dirac) 的 ψ 數。

波動函數之導入亦解決了單個電子衝擊晶體時如何行動的問題——即、它是否被反射或穿透晶片。衝擊的電子不能分裂為數部分；但代替它的那些波卻能分裂為數部分，使得反射在前面的波與反射在背面的波之間有干涉之可能。從前此類過程完全不可解；現在呢，它發生時所依循的法則，可精密地加以公式了。

然則可見量子物理學的世界像，亦如古典物理學的世界像，同樣受着嚴格的有定論的統治。唯一的不同，只是運用的符號不同，我們另改用別的演算的規準罷了。所以，在量子力學上，亦如從前在古典力學上，發生同樣的情形。感官界裏的事象預告之不確性，化為世界像與感官界彼此推移上之不確性。換言之，即化為「從世界像符號轉移到感官界與從感官界轉移到世界像符」而起的不確性。物理學家們竟耐得住這兩重不確性，足證明在世界像裏維持有定論之重要性。同時，在一個批評的觀察家看來，這種為救濟嚴格因果律而討的代價或許太高了。稍思即知，在量子物理學上，世界像與感官界的距離是怎樣遠闊；欲將一事從世界像移入感官界，或從感官界移入

世界像這在量子物理學上比從前是更加多少的困難事情不再像古典物理學上那麼簡單了。在古典物理學，每個符號的意義是完全明白的：一個物質點的位置，速率，能量，皆可多少直接地由測量而設定。似乎到實驗方法精進之後，人們就能够無限地減除那殘餘的不確性。反之，在今日量子力學上，波動函數毫不容拿感官界直接來加以解釋。關於「波動」一詞，無論如何適於比喻，決不容你想入非非，因望文生義而起幻想。須知此名詞的意義，在量子物理學上與在古典物理學上，截然不同。在古典物理學上，以波動描寫某種物理過程，可知覺的波浪似的運動，或可直接測量的交流電場。但在量子物理學上，所謂波動只描寫某種狀態存在的或然性罷了。一個光子或電子若撞擊在晶體片上，產生干涉的現象，所分割的不是光子或電子本身，而只是光子或電子之存在不存在的或然性而已。必須有極多的光子或電子撞擊晶片上的時候，這數量方才表示完全確定的光子或電子數目。

這樣的情形又鼓動無定論者重新攻擊因果律。這番的攻擊好像是有確鑿的勝利了；因為從一切測量中的確只能抽得波動函數之統計的意義。但是，嚴格的因果律之擁護者卻又能突圍而

出。他們又可認爲：對於量子物理學世界裏任何符號（例如物質波）而質問其旨趣，並無一定意義的，除非同時也提起如何規定這種旨趣，以及將符號施於感官界時所用特種測量器之條件如何。因此之故，我們慣常談到所運用的測量器之因果作用，那就是說，不精確之由來總有一部分是因爲：所要測量的數量是依某種法則而與其測量的方法相關聯的。

其實，各種測量，無論用何方法，總要多少攪亂所測量的事象。由前舉的例，我們已見到：運動中的電子，其路程恰被我們測量時必需的光所擾亂了，而且光愈明亮，則擾亂愈甚。所以，某種物質波如果在一會兒符應感官界的一過程，而在另一會兒符應另一過程，那末要解答物質波在官覺上的意義問題，不能單獨觀察波的本身，而且必須觀察波與測量儀器之間的相互交涉。

以上的臆想使整個問題又有新發展，其前途尙在五里霧中。因爲現在無定論者很可道理十足地究問：測量儀器對於測量的過程必發生因果的影響，這話到底有沒有什麼合理的意義？原來，要想測驗這種影響，必須作新的測量，而新的測量必包含一種新的因果干涉的影響，從而又必引起一層新的不確性——即對事象增添新攪擾。故在原則上，似乎不能區別「事象的本身」與測

量事象的儀器。

不過這種非難還是片面的。凡實驗物理學家都知道，我們不但有直接的，而且有間接的方法。在許多事例上，前者每告失敗，而後者曾盡妙用。尤重要的，應提一語以反對現在流行而頗似動聽的意見，謂物理學的問題必須自始即有成立明確答案之可能者，方值得研究云云。假使物理學家常守此規，則邁克爾孫 (Michelson) 和摩黎 (Morley) 關於地球絕對速度的測量之有名的實驗，必永無舉行之日。那末，恐怕我們到今天還不能有相對論哩。地球絕對速度的問題曾被視為無甚意義；但這種探測的努力是非常有益於科學。然則關於一個嚴格因果律的問題，似更為值得研討，因為這個問題離解決尚遠，且較之物理學上任何其他問題或更有益。

那末，我們究要怎樣得到一個決案呢？顯然，只有在上述兩種相反的觀點之中，採擇其一，以觀其能否獲得有價值的結果。在這一層是很適宜的：對於因果律問題感興趣的物理學家分成兩個陣營，其一傾向有定論，其他傾向無定論。目前的形勢是後一派佔大多數，不過難說的，形勢可因時而變。在兩軍對壘之間，好像還有第三派的餘地，站在中間位置。他們認為某些概念，如電吸引或萬

有引力，爲具有直接意義並受嚴格的法則支配，而別些概念，如光波或物質波，則僅有對於感官界的統計意義。但這種想法缺乏一致，初見即不滿人意。所以我就把它撇開不談，而專闡明那兩個完全貫徹的觀點。

無定論者的知識慾由「量子物理學的波動函數只是些統計量」這樣的說法便心滿意足，覺得此外更無問題了。又關於放射作用的過程，他們亦如此滿足，他們只求知道任何放射作用的累積中每秒鐘有一定的平均的原子分解；至於爲什麼一個原子分解須在此時，而鄰近一原子或須待至千載之後，則非所問。反之，他們把確當的自然法則——如庫侖（Coulomb）的電吸引律——也看作尙未解決的問題。他們不滿於庫侖的表示電勢的方法，而必欲搜求例外。他們非待建立或然論以示電力之超脫庫侖法則，不會痛快。

有定論者的觀點正針針相反。他們很滿意地認庫侖的電吸引律爲全然確切的。至於將波動函數當作或然值的量，那只是因爲忽視波動之產生或分析上的特殊儀器。再則，有定論者要在波動中物體的過程與波動函數的形式之間，尋求嚴格受因果法則支配的關係。因此，他們遂不得不

將測量器具以及波動函數，一併拿來，當作研究的對象。他們必須不但把全部物質波的產生上的實驗儀器——例如，高勢的電池，白熱線，放射物質等等——而且把全部測量儀器，照片，游離室，蓋革(Geiger)氏計數器等，連同這些器具內一切的情形，全都搬進他們的物理學世界像裏去；他們必須把所有這些東西都看作一單個系統，看作一完全的整體。

當然這種辦法仍不足以解決問題，甚且更複雜化。因為我們既不許分割完整的系統，又不許它受外部的干涉，恐其消失本來面目，那末無論何種直接測驗都是辦不到的。不過，現在關於內部的事象，已能設立某種新的假設，而後考察其結果。我們能否由此路進展，將來自會明白；直到現時，我們還不能辯清進步的方向。但這是無疑的：普朗克的量子成爲一種客觀的極限，爲我們領有的物理測量器所不能超過，且永遠阻止我們從因果上充分理解極微妙的物理過程的『本身』——即、舍其起源及效應而論。

這樣，其實已引到討論的盡頭。即使就現代物理學的立場而論，我們亦不妨建立嚴格的因果觀（『因果』意義照前述修改者而言）不過它的必然性不能加以先天的或後天的證明。可是，

甚至篤信的有定論者亦遇到一種異議，而不能十分滿意此處所引用的因果解釋的確，那異議只有訴之於有定論者，較為自然。即使我們能更進一步由原定的路線展開因果概念，仍不免有嚴重的根本缺點。我們除非用物理學世界像來代替當前的感官界，不能貫徹實施有定論的宇宙觀。而世界像乃是出於我們的想像，而具有暫時變易性的；這樣的擬人思想，殊不配為基本的物理概念。問題就發生：要給因果概念以較深刻的較直接的意義，盡可能滌除擬人的色彩，以至脫卸物理學世界像之類的偽造，而求直接與感官界的經驗相合，這到底有沒有辦法呢？當然，這又是重溫我們起初的第一個命題，即認一事象之能妥當預告者為受因果約制；否則不能立足，而須完全唯經驗是瞻。同時我們又不得不接受第二命題，即從來是不能預告任何事象的結果，又似前一例，我們若要保留自然界的因果律，必須修改第一命題。若此則一切依然不變。但我們現在可把前已用過的修正案另換一種不同的或竟可說相反的修正案。

前所修正的是預告的客觀，即事象。這並非將「事象」取徵於直接的現有的感官界，而是取徵於虛構的世界像，藉此過程我們能對事象造就精密的測定。但我們亦同樣可修改預告的主觀，

即能預告的智慧。一切預告必少不了一個預告者的存在。故以下我們將專注意於能預告的主觀，拿直接現有的感官界的事象，作為預告的客觀。偽造的世界像不再引入。

顯而易見，預告的準確程度要看預告者的個性如何。試再舉天氣預報為例。關於明天天氣的預報者是何等人，這當然大有上落——究竟他是一個無知的人，完全不懂今天空氣的壓力，風向，氣溫，及溼度呢，或是一個實踐的農夫，曾注意所有這些資料而積蓄廣汎的經驗呢，又或是一個科學訓練有素的氣象學家，除其當地資料（與件）之外，尚能左右參考許多根據各方精密報告的天氣圖表呢？預報的不確率必隨此三位相繼的預言家而依次遞減。因此，我們殊易作此想念：假定有個理想的智靈，能够周密地把握今天所有的物理事變之全局，無微不灼，則它必能絕對精確地預告明天的天氣，詳細無遺。然則對於一切物理事象之預告，亦可作如是觀。

這種假定自是一個推想，一個概括，由在邏輯上既不能維持之，亦不能推翻之，因此你評判的時候，勿要問它的真偽，而當看它的內在價值。由此觀之，無論就古典物理學的或就量子物理學的立場而言，任何時刻對於一事象完全精確預告之不可能，乃人類的天然處境使然，因為人類及其

感覺器官乃至測量儀器畢竟還是自然之一部分。他處處得受自然法則的支配，不能逃避。理想的智靈則無此羈縛。

或可非難道：這個理想的心靈本身只是我們思想的產物，而我們能思的頭腦又不外物理法則支配下的一些原子。細察之，這種非難不能成立。須知我們的思想卻能引導我們侵略到所知的一切自然法則之外，而且我們還能想像起種種超越物理學領域的關係，此無容疑。若說理想的智靈只能存在於人類頭腦中，故必隨着後者的消滅而消滅，則須知太陽亦如整個外界只能存在於我們的感官中，因為我們的感官為科學知識之唯一源泉。可是任何有理性的人都無不確信：即使全人類都滅絕了，太陽亦決不因而消失其發光的力量。

因為我們務須謹慎，不要把理想的精神和我們自己等量齊觀；我們無理由質問它怎樣獲得知識，使他能精確預告未來事象，因為此種究問很可如此回答：『你類似你所能把握的精神，你並不類似我。』如果問者仍固執不以此答為然，堅說這種理想精神的概念不是空洞膚淺，就是不合邏輯，那末我們很可回答道：一個命題，並不單純為了缺乏邏輯基礎，便無科學價值；而且那樣近視

的偏狹的形式主義，根本會把伽利略，刻卜勒，牛頓以及許多大物理學家所藉以解知識慾之渴的源泉都塞住了。這班科學的師表都自覺地或不自覺地以獻身於科學爲一種信仰；他們有對於合理的宇宙秩序之堅固信仰。

同時，這種信仰不是強制的：我們不能命令人家去見真理，或禁止人家構犯錯誤。但這卻是簡明的事實：我們多少是能够藉我們的思想去支配未來的自然事象，並且多少能隨我們的意志而轉移之。若不是外界與吾心有相當的和諧，豈非大謎？至於在邏輯上，這個和諧的程度如何，還是次要的問題。總之，假定有個理想的精神，能够充分認識人們的理智生活的時候，以及自然界各種勢力的作用，舉現在過去，未來，皆無細不照，無微不至，則當然有着極完備的和諧，從而亦有着極嚴格的因果律。

或可問道：這對於人類意志的自由有怎樣的影響呢？意志的自由不會因此被取消嗎？從而人類不會因此被貶降到單純的自動機嗎？此問題誠然重要而迫切，不能不略加討論。據我看來，這里所詮釋的嚴格因果律的統治是和人類意志的自由毫不發生衝突。因果律與自由意志所涉問題

各異，全似風馬牛。我們曉得，要理解世界過程中的嚴格因果律，必須假定一個理想的無所不知的心；至於意志是否自由的問題則僅屬自覺上的事，因而祇能由自己決定之。自由意志這個概念是表示：人自己覺得在內心和精神上自由的。究竟是否自由，只有他自己曉得。不過，他的意志的動機仍可由一個理想的精神所完全看破。誰若因此便覺自己個人的道德尊嚴受了貶辱，那就是忘記了理想的精神與個人的智慧不可同日而語。

意志對於因果律的獨立，獨顯著的佐證就是：當你爲着增進自知之明的時候，你總想藉因果法則之助，以預先規定你意志的活動和行爲。這種企圖終歸失敗，因爲每當你把因果律應用到意志上之後，總產生意志的認識，這一認識就起作用而構成動機，因此不斷地改變了所期待的結果。所以，若謂我們只因缺乏理解，故不能對行動預作因果的決定，待此後智慧豐富必能彌補此憾云云，那就完全弄錯了。那樣的推理，無異謂一個電子的位置和速率不能同時精確決定，是因爲我們的測量方法尙未周備。其實呢，我們所以不能純粹從因果上推得未來的活動，並非因爲缺乏理解，而只因爲凡能轉變對象的方法總不宜於考察此對象。

所以，聰明的人永不能藉因果律而下可信的決心，卻只有靠一種絕不相同的法則，即道德律。道德律乃建立於不同的基礎上，不能全憑科學方法而領會之。

科學的思維常要求：在能思的主觀與其所思的客觀之間，應立有相當距離和明白區劃。要保住這個距離，最好假定一個理想的精神。此種精神只能為主觀，而永不能為客觀。

或可說道：如此不許把理想的精神作為我們所思的客觀（對象），豈非成為不圓滿的拒絕；並且這對於嚴肅的有定論，豈非償付太高的代價嗎？但此代價還是低於無定論者為貫徹他們的宇宙觀所應償的代價罷。因為這班思想家必老早就得中止他們求知識的衝動，既然他們拋棄在個別事件上設立妥當法則的嘗試。——這種拋棄的程度令人驚異，不禁要問：為何有這麼多的物理學家宣布從無定論的學說呢？除非是我錯了，此事應作心理學的說明。每當科學上有一種重要的新觀念出現時，即在各方面被測驗着。如果發現了他是個有價值的觀念，人們馬上就企圖把它當作一個包羅萬有而極可自足的思想系統之基礎。往昔相對論的命運如此，而今日量子論的處境又如此。在現階段，量子物理學造極於波動函數的學說，因此便有一種趨勢，欲以波動函數以

究竟義。又因爲波動函數本身只是一個或然率的數值，人們便又企圖把這個或然率的研討當作是最後的至高無上的任務。這樣一來，「或然率」之概念遂當作全部物理學之究極基礎。

我認爲將來問題不會如此解決。即使在理智界，其法則可謂最富於或然性，尙且非弄清因果根源不能精密地科學地決定一事；然則在自然科學界裏，更無法排除因果問題了。

的確，因果法則在邏輯上既不能證明，亦不能推翻；既非對的，亦非不對的；它是一個輔助發明的原理，是一枚南針，而且依我看來，是我們所有的最寶貴的南針，能在事物錯綜紛紜中引導我們，指示我們科學研究應取的進步方向，俾收穫有益的成果。因果律抓住孩童的醒覺的靈魂，使他不厭倦地頻頻發問「爲什麼？」因果律也陪着科學家的全生涯，不斷地呈獻他新的問題。科學之意義並非是偷懶的安息於穩固的知識財庫中；科學之意義在乎勞作不倦，精進不息，向着可以心領神會而永不能爲理智所洞察的終鵠而發展去。

第三章 科學觀念：其原始及其效果

關於本篇的題旨宜先作數語說明。科學觀念之原始及效果，或似一個頗爲一般的，亦似頗爲驕矜的題目；甚至可提議，我還是專講自然科學的觀念來得妥善些。但假使我這樣限住我自己，那末我所提出研究的諸多觀念勢必受拘束到我所認爲不必要的和不自然的樣子。正確地觀察，科學是個自涵的統一體；它區分爲各殊部門，但此種區分沒有天然的基礎，且是單純由於人心之有涯，以致我們不得不採取分工。實際上從物理學和化學到生物學和人類學，並從而到社會的和精神的科學，其間有着不斷的連鎖；這個連鎖不能在任何點打斷，除非任意反覆。再者，在各殊部門中使用的方法，若深切究之，則發見有一鮮明的內在相似性，並且它們如果呈現差異，便只因爲它們要適應所研治的不同課題。這種內在的相似，近時越來越顯明了，大有益於科學之全體。所以我認爲我自己應得先行考察科學的全體；不過我若講到較特殊的應用時，我當然將趨於專講我自己

的課題。

讓我先問一個科學觀念怎樣產生，它的特徵是什麼。在究問這些問題時，我當然不能企圖去分析研究者心中，尤其大多在它的潛意識的心中，所發生的微妙的心理過程。這些過程是些神祕，要企圖對它們最深奧的本質作任何研究，自是愚妄鹵莽。我們所能做的至多是開始於明白的事實，這就是說，我們研究那些實際上已予任何門科學以發酵力的觀念。質言之，我們究問這些觀念最初發生時取何形式，以及當時具何內容。

這樣研究的第一種結果就是發現下列的定則：一個學者心中產生的任何科學觀念，是基於一個具體的經驗，一個發現，一個觀察，或一種事實，無論為物理的或天文的測量，化學的或生物學的觀察，文卷檔案中的發現或古代文明某種寶貴遺物的發掘。觀念之內容即在此項經驗在學者心中與某些不同的經驗比較相接觸。換言之，即在事實上這觀念確立新舊之間的鏈環，使向來鬆弛地並存的許多事實現在切實地相互關聯着了。那觀念變成有效果的，因而獲得對於科學的價值，只要這樣確立的聯繫能更普遍地應用到一系同類的事實：因為一種聯繫之確立便創造條

理，條理便使科學的宇宙觀簡易完備。然而，最重要的是，將新觀念整個應用起來的任務，必至引起新問題，從而引起新研究和新成功。此點對於言語學者所確立的解釋是正確的，而對於物理學者的假設亦是正確的。

我現在想把上述的話加以稍詳的例證。如此做時，我願專限於我本行的物理學課題。觀點可呈多少的限制；但他方面我將能更加闡明問題。

偉大的科學觀念突然出現，一個古典例子就是牛頓的故事，說他坐在蘋果樹下，因蘋果墮地而想起月球繞地的運動，從而把蘋果的加速度和月球的加速度相聯繫起來。這兩個加速度彼此正如月球軌道半徑的平方之於地球半徑的平方，這種事實所暗示他的觀念就是：兩個加速度可有一共同原因。如此便供給他一個基礎，以奠定他的萬有引力論。

同樣的，馬克士威 (James Clerk Maxwell) 在比較一個用電磁測量的電流的強度和一個用靜電測量的電流的強度，他發現此二量之間的比率在數字上與光速度一致，這樣便形成下述的觀念：電磁波是和光波同樣性質。這種一致成爲他的光之電磁說的出發點。

如此可見一切科學上發生的新觀念的特徵就是，它以某種創造的樣態結合兩系各別的事實。此在各種事例上皆可窺見，惟就內容及構成而論，有些不同。這些不同因而造成各種不同的科學觀念在效果及命運上的不同。有些觀念終於成爲科學的共同財產，被認爲當然，毋庸置議了。那就是剛才說過的兩個觀念的命運：牛頓關於月球的加速度與地球上引力加速度之間的相似性的觀念；馬克士威關於光之電磁性的觀念的。確，後一觀念之贏得公認，曾經過好久時候；起初它曾被忽視的趨勢，尤其在德國，韋柏（Wilhelm Weber）基於直接超距作用的假定的理論正握當時之牛耳。直到赫芝（Heinrich Hertz）用超速電振動舉行他的輝煌試驗，才使馬克士威的理論獲得他應受的認識。

其他變成了科學的永遠遺產的觀念就是主張聲波屬機械性，以及主張光與熱射線同一之觀念。物理學的教師們講到這些觀念，每每語焉不詳。他們應知：有個時代，這些觀念殊非老生常談。此二觀念中之第二個其實有許多年是劇烈論戰的題目。可當作奇事提起的是，在試驗上對此觀念最有貢獻的科學家——意大利物理學家馬基頓尼阿·曼洛尼（Macedonio Melloni）——

起初是此觀念的反對者之一。可見科學價值乃離其理論的解釋而獨立的。

但在科學上盡其機能的各種觀念，大多數與上舉者不同。上所舉者，當初形成時，即是完全的，且能常保存其妥當性而不變；至於其他的大多數科學觀念則是逐漸地取得最後形式，在某時期保存價值，而終於消滅或受多少顯著程度的修改。它們很屢常地阻抗修改，而這種阻抗的頑強固執正由它們過去的成功使然：往往這種阻抗顯然妨礙科學的進步。物理學有若干可鑒的前車，值得詳加討論。

我意欲先談熱的本質的觀念。

熱學理論的發展在最初階段是量熱學。它以此假定為基礎：熱的作用好像一種微細的原質，當兩個溫度各異的物體相接觸時，它便從較熱的流到較冷的物體去。在這過程中，被認為沒有發生量的變化。只要沒有機械的效果加入作用，這個假設是應驗的。一個困難在由摩擦或壓縮生熱為克服此困難計，又假定物理的熱容量是可變異的，故熱可從一個壓縮下的物體壓榨出來，正如水從一塊濡濕的海綿壓榨出來一樣，在此過程中水量依舊不變。後來，利用動力裝置的熱發明了，

關於支配由熱產生機械功的定律的問題因而益形迫切。沙第·噶爾諾 (Sadi Carnot) 即欲根據由重力生功之類推而建立由熱生功的公式。正如重量由高墮低能產生功，故由高而低的溫度轉變亦能用於同樣目的；又正如從引力獲得的功隨物體的輕重和高低的不同而變異，故由熱所產生的功亦隨所轉移的熱總量和溫度的不同而變異。

這種唯物論的熱學觀受打擊於經驗的事實，即物體的熱容量實際上依然不受壓縮和摩擦所影響，後來它終被機械的熱當量之發現所推翻了。該種發現的意味在此事實：熱散逸於摩擦而產生於壓縮。熱學的舊理論如此就變成悖謬，而新理論之建立便成爲必要了。此任務便由克勞修司 (Rudolf Clausius) 執行之，且完成於許多古典著作中，而熱力學之第二主要原理即在其中確立。此原理預設：有不可逆過程，即無論以任何方式都不能逆溯的過程。而此等過程之中即有摩擦，擴散，及熱之傳導。

噶爾諾的理論謂溫度由高而低的轉變是類似重物由高而低的墮落，這卻不是如此容易駁倒的。有些物理學家認爲克勞修司的觀念乃是非必要的複雜而又含糊，他們特別反對採用不可

逆性的觀念，依此觀念熱在各種殊類的能之中佔有唯一的地位。因此，他們構成唯能說的理論以對抗克勞修司的熱力學。這個理論的第一原理與克勞修司說一致宣傳能之不滅；可是，特形重要的第二原理，則設定一個透徹的類比，就是以溫度自高而低的轉變，類推重物自高而低的墮落，再類推電勢自高而低的轉移。因此之故，為證明第二原理計，不可逆性就被宣布為多餘的；再則，絕對零度之存在被否認了。因已指出溫度類似高度的水準及勢位的水準，只有差異而無絕對物之可測量。唯能說的學派認下述的根本區別為無關緊要，而置之不理。所謂的根本區別就在事實上一個擺未到靜止時動搖於平衡點之左右，一點火花振動於兩個有相反電荷的導體之間，至若在熱所通過的兩導體之間則絕無熱的振動之事。

在前世紀之八、九十年代，我自己所經驗的感情，是一個學者，確信自己有一個實際上較優勝的觀念，卻又發現其他所提出的健全論據之被忽視，只因人輕言微，力不足以吸引科學界的注意罷了。人們既唯窩斯瓦爾特 (Wilhelm Ostwald)、赫爾姆 (Georg Helm) 及馬赫 (Ernst Mach) 之權威是瞻，自不理會論據了。

變遷乃導源於一個完全不同的方面：原子論開始令人注目了。原子的觀念是極舊的；但它最初的適當定式則具形於動力的氣體論，那和機械的熱當量的發現是多少同時肇始的。唯能論者起初酷烈地反對它，而它的存在是很謙恭的；可是，逮前世紀之末，實驗的研究造成它的迅速成功。依照原子論的觀念，熱之由較熱至較冷物體的轉移，並不類似一重物之墮落；卻類似一種攪混的過程，譬如，有兩種粉在一個容器中，當初是構成不同層次的，後來容器若繼續搖動，就互相混雜了。事若如此，則兩種粉並不振動於完全混合狀態與完全隔離狀態之間。現象是這樣；變化是這樣。一次發生的，即兩種粉趨於完全混合的方向，然後終止過程是不可逆的。由此看來，則熱力學第二原理為統計性的，它陳述一種或然率：將此種見解奠定不拔之基，已由我的同志麥克司·豐·勞愛 (Max Von Laue) 完成其功。

此處所敘的歷史發展，頗足以例證一個初視似覺奇異的事實。一個重要的科學革新，其進行很少是逐漸地戰勝反對者，然後使他們改變信仰。其實是，反對者們漸多歸赴道山，而新進的後生從頭便習知新的觀念；此又可證「未來繫乎青年」之事，因此之故，學校教學的適宜計劃為科學

進步最重要條件之一。所以，我須略論此點。

在學校學習什麼，並不如怎樣學習，有一樣重要。學生真實了解一個單獨的數學命題，是比他暗記十個公式，甚至知道如何應用而不解真意，來得較有價值。一個學校的職能不僅在傳授有條理的例程，而尤在諄諄誨以邏輯的及方法緊嚴的思想。或可駁道，重要者究是做事的能幹，而非知識；且誠然，後者而無前者，是無價值的，正如任何理論之所以重要，畢竟只在其特殊應用。但例程決不能取理論而代之。因為隨便什麼事情，若超出常規，例程便坍台了。故若要做有效的工作，當以澈底的基本訓練為第一必需條件。與其多求所學習的事實的數量，不如多注重研究處理的方法。這種初步的訓練，除非在學校裏獲得，到後來的階段就難得了：師範學院和大學有別的任务。至於其餘，則教育的最後最高目的既非知識，亦非做事的能幹，而是實踐的動作。而實踐動作必先之以作事的能幹，而後者又需要知識和理解。現代以生活之突飛猛進，極感興趣於一切能哄動世人的革新。由許多實例可見到科學訓練的趨勢：往往在未相成熟之前，就趕緊預料若干動人心魄的結果。原來一個中等學校的課程表，若將科學研究的近代問題排入，便予公衆以良好的印象。但如此措

施是極危險的。各種問題不能澈底處理，結果殊易養成智識上的膚淺和虛驕。我認爲中等學校，倘使處理相對論或量子論，是極危險的。資質特優的學生常需要特別的待遇；但課程則不爲此而設。如果企圖拿能不滅原理的普遍妥當性問題——這誠然是今日所嚴肅地視爲核物理學上的一個未決的問題——之類來學生面前當作可爭辯的問題，我是極端反對的。因爲學生們還不能適切地抓住其中所含的原理的意義，更其不能窺知這種意義的可能的牽涉範圍。

那樣無微不至的教學法，其結果是很顯然的，只要我們考慮一下今日屢談的精密科學之崩潰。這是流行的混亂的特徵：許多富於發明的頭腦今日都埋首於種種裝置，目的在求「能量之無限制生產」或時髦的神祕的「地球射線之利用」。尤可詫異者，輕信的人們居然提撥巨額基金，供給這類發明家，而真實有價值有希望的科學研究，反因缺乏經費，遭受挫折，或竟停頓。澈底的學校訓練，或可作有用的補救，而此不僅有賴於發明家，抑且有待於獎勵者。

以上旁涉及於教育問題，現在我得略論另一個物理觀念，它的多變化的運命較之熱學理論所經歷的變化尤可資借鑑。我現在想到的就是關於光的本質的觀念。

關於光的本質的研究，以光速度之測量爲始。使牛頓持流射說的觀念是拿一注水來比擬一線光；拿在一直線上噴射的水質點的速度來比擬光的速度。然而，這個假設不能說明光干涉的現象，即二光線相遇於一點，會因某些情況而在此點產生暗黑。因此流射說就被放棄而代之以惠更斯的波動說，其基礎觀念則認爲光之傳播有如一水波，從其起點，以同一中心，向各方面揚開，其速度當然絕不關於水質點的速度。這個理論完滿地能夠說明干涉現象：二波相擊能相消，只要一波之峯衝擊另一波之谷。然而，這個理論亦壽不逾百年。波動說不能說明一個短波光線在遠距離的效應。光強度隨距離的平方而減弱，所以光若是平均輻射於各方向，便不能理解：何以即在甚遠距離一射線還能產生大量的能，這能是完全不依存其強度，而在倫琴射線 (Röntgen rays) 或 γ 射線 (Gamma rays) 一類的短波的情形裏，這能更大得多。我們要理解何以如此有力的效應竟結合極微弱的強度，只好想像光的能是集合在分立的不變的質點或量子。亦可說，這是復返於牛頓的光質點的假設。

然則，現在的形勢是極不滿人意的。我們眼見兩個彼此對立的理論勢均力敵，旗鼓相當。各有

利器，各有弱點。最後的勝負是難預告的，但大概可以確說兩個理論都不會完全操勝。比較靠得住的是，終局會達到一個更高的立足點，在那裏我們將能清楚地俯瞰兩個假設各自的長短得失。

這一個新立足點大概找不到，只消我們竭力探索全經驗的來源。這在眼前的問題上，就是說，我們須得轉移注意於光學的現象。這又暗示我們要轉方向去研究實際的測量儀器。在原則上，此乃一絕重要的步驟，因為可說是把整全性引入物理學。依此原則，一個光學現象之能得完全理解，必須不僅研究光的發源點和散布點的物理事象，並且研究測量過程的諸多特性。測量器不僅僅被動的受納器，單純記錄衝擊其上的射線；測量器在測量過程中加入主動的作用，且施因果影響於其結果。只有把測量過程當作所究的物理體系之構成部分，物理體系才成爲一個合法則的整全體。

如何由此路造成進步，是一難題，對於將來甚關重要。爲估定其旨趣計，我要擴充我的概觀範圍，超越光學的特殊條件，進而由更普遍的觀點去考察問題。

確實地預見任何科學觀念之突變，是可能的嗎？宣告科學觀念的發展受有一個近似法則的

支配，是可能的嗎？反顧往事的歷史發展，令人疑心那樣的法則，代以許多重要的觀念起始存在黑暗中，爲大衆所不領會，即當代前進的少數學者亦僅隱約預見到而已；可是一旦人類認識程度成熟，這些觀念就突然降生，且同時出現在許多不同的地方。能量不滅之原理可回溯雛形於數百年前；但是直到前世紀中葉這原理方才獲得科學上的實用定式，多少同時的，由四位或六位學者不謀而合的加以公式。我們大概可說，即使邁耶（Julius Robert Mayer），朱爾（James Prescott Jule），考爾丁（Ludwig August Colding）及赫爾姆霍茲（Hermann von Helmholtz）不會生於該世，能量不滅之原理卻仍會被發現的，不過稍遲些而已。我甚至對於現代相對論或量子論的創始亦要冒昧作同樣的說法，假使我不迴避顯明的答辯，說這類的事後預言未免便宜。我總認爲那種進步有必然的因素，因爲事實上，由實驗之普及與測量方法之改進，理論的研究幾乎是自動地不得取某方向。

但若以爲支配科學觀念之生長及效果的種種法則，可化成一個精密的公式，互萬世而不易，那就再乖謬沒有了。任何新觀念究係作者想像的產物，在此範圍內則進步受着無理性的要素所

拘束，甚至最精密的科學即數學，在某點上如此；因為非理性乃是各個智靈之構成中的一種必要成分。

我們若記住任何一定的觀念是由於一定的經驗，就會覺得現代如此富於新事象，自然成爲產生及傳播新觀念之沃壤。再者，我們若顧到凡遇一觀念之作成定式，便有一關係樹立於兩個不同事象之間，我們就會發見，即使依照形式的配合規則，可能觀念的數目總超過可用事象的數目一倍。

另一情形可說明現代科學觀念的巨大生產額，大概即因事實上由於失業的瀰漫，有許多活潑的智識分子感到追求生利的工作的欲望，並且欣受一般理論的和哲學的問題上之成見，當作一種便宜的滿意的象牙之塔，以逃避他們日常生活之空虛。不幸，有價值的結果是希罕的例外。這並非言過其實，我幾乎沒有一個星期不接到各業人士——教師，公務員，著作家，律師，醫師，工程師，建築師——投來一封或數封的長短不一的文稿，徵求我表示意見。要把這些文稿仔細審查，勢須消耗我的全部或更多的時間。

此等投稿可分爲二類。第一類是全然素樸的，它們的作者從沒有顧到一個新科學觀念要有價值，必須基於一定事實，故其作成定式不可不有專門的知識。反之，這些投稿的作者想像他們有一種高妙的預言的天資能使他們直悟真理，從不疑心每一重要發現皆先經過艱苦的個別工作的時期。反之，這班人想像一種幸運讓所欲的果子落到他們的舌上，正像牛頓坐在蘋果樹下，得到萬有引力的觀念。更壞的是，這些夢想家飄浮在表面上，從不穿入深處，在科學上是太無知了，不能夠看見他們自己的乖謬。由他們所生的流弊危險不宜輕視。現代青年表現愈感興趣於一般問題以及美滿的人生觀之獲得，這是可引爲快慰的；但正爲此故，決不應忘記如此觀點，除非有在現實界的堅固基礎，便是無根據的而不免突遭毀滅的命運。任何人欲求達到科學的世界觀，首須獲得事實之認識。

今日個別的學者不復能對各部門科學形成一貫通廣博的見解，並且在大多數的實例上他必須採取二手貨的事實。尤爲重要者，他須得精於一業，並對他自己的課題有一獨立的判斷。就個人言之，我以哲學教授會之一份子，常常要求：凡哲學博士的志願者，務須證明對所攻一種專門科

學有了專門知識。至若此門究屬於自然科學抑屬於理智科學則無關重要；所重要者，志願人須藉真實的研究而獲得一個科學方法的觀念。

這是一般地容易指證剛才所提的那類稿件的無價值；但另有一類則需要甚嚴重的注意，因為作者們是謹慎的學者，在他們的專門領域內著有佳作。就科學工作的範圍現況而言，專門化不斷地日益強化，因此較嚴肅的學者就感到渴欲遠矚於他自己的園地之境外，而應用已獲知識於科學之其他部門。如此便有一趨勢，要用一個為學者所信的觀念去聯繫兩個分立的部門。他這樣就把他在自己園地裏素來熟悉的些定律和方法轉移到一個異域去，這個異域的問題他就嘗試如此解決之。尤其在數學家、物理學家、化學家之中有一傾向，要運用他們各自的精確方法以解答生物學的、心理學的和社會學的問題。可是不要忘記：那樣一座理智的橋，欲求堅實，務須兩端柱石基礎穩固；它不能勝任愉快，除非另一柱石亦有妥當的基盤。換言之，對於一個高明的學者，精通他的本行，還是不夠的；如果他所涉較廣的諸種觀念要有效果，則他亦須相當地認識別個領域的事實和問題，因為他正在施用他的觀念於這些異域的事實和問題呀。此層尤更值得重視，因為各專

家由其所消磨歲月之長與所遇困難之多而趨於誇大他的專門學科之重要性。一旦他發現了一問題之解決，他便趨於誇大它的範圍，把這答案應用到性質完全不同的事件上去。那班感覺自己坐井觀天所見太小而渴欲取得一較高觀點的人們，須知在專攻別門科學的學者亦以同樣虛心工作，亦在同樣困難之下，雖然方法不同。各門科學的歷史卻顯示這個通則是怎樣的屢被忽視。可是，在選擇例子上，我將謹限於物理學以避免我剛纔批評的錯誤。

在較普遍的物理學觀念之中，實際上沒有一個不會藉觀念之某種聯想，而多少巧妙地被移用於某個別門科學。那種聯想往往祇憑術語之類的偶然外形。譬如『能』字引起學者應用能之物理概念，以及宣示能之不滅的物理學命題到心理學上去，且曾作過嚴肅的企圖，要把人類幸福的原因和高下聽命於若干由數學建立的定律。關於應用相對性原理到物理學境外例如美學乃至倫理學等等的企圖，亦須說是如此。可是所謂「一切皆相對的」這句無意義的話是再荒唐沒有了。這句命題甚至在物理學上亦用不着。一切所謂宇宙常數——電子或質子的質量或電荷，或普朗克的量子——都是絕對的量；它們是固定不易的成分，原子論的結構即由此而建立的。誠然

一個從前被認為絕對的量後來往往被發覺為相對的；但是，凡遇如此，便有另一個更根本的絕對量取而代之。除非我們認定絕對量之存在，沒有概念可下定義，沒有理論可以成立。

熱力學第二原理，即熵增原理，曾屢被應用到物理學之界外。例如，曾有種種企圖，把「一切物理事象只有一樣發展」的原理應用到生物的進化上面去。此乃一非常不幸的企圖，因進化一詞，令人聯想到進步，完全，或改善的觀念。熵的原理卻只能處理或然率，它實際上所說的不外是一個狀態，在其本身不近真的，在平均上是隨之以一個較近真的狀態。就生物學上解釋之，此原理寧是指退步而非進步；混沌，平庸常較和諧優貴來得近真些。

除上述的迷妄的觀念之外，尚有一類觀念，細按之，則全無意義。這類觀念，在物理學上，亦佔甚大勢力。一電子繞一質子的運動與一行星繞太陽的運動之對照，曾使諸多研究家去探討電子的速度，雖然後來的研究暴露此二問題之同時解答是完全不可能的。我們又一再看見，把一門科學中顯有價值的觀念和命題，應用於別門科學中去，是危險的。我們又覺察：一個新觀念之測驗與建立公式，是怎樣的需要謹慎。

但此事亦有一理論方面，現在是聲述的時機了。倘使一個新觀念欲得認可，必待其明白證實之後，或我們只要求它必須自始即有一明瞭確切的意義，那末這種要求會嚴重地打擊科學的進步。我們須永不忘記：缺乏明白意義的觀念往往給予科學的更進發展以最強的推動力。長生藥或點金術的觀念產生化學；健動不息的觀念養成對於「能」之領悟；地球絕對速度的觀念產生相對論，而電子運動似行星運動的觀念是原子物理學的起源。這些事實無可爭論，它們啓發思想，因為它們昭示科學上亦如他處，幸運嘉惠勇敢者。為求操勝券功計，宜遠於企圖目的之外，則目的終會達到。

由此觀之，科學的觀念便具一新姿態。我們覺得一個科學觀念的重要性，每每依存於其價值而非其真妄。例如，對於外界實在性的概念，或對於因果觀念，就是這樣。對於二者，問題都不在它們究竟為真或偽，而在它們究竟為有價值或無價值。此事愈見顯著，如其我們注意一個客觀科學如物理學的價值是自始即全然離其所涉的對象而獨立的；而問題就發生，何以一個物理學觀念約重性能被充分發現，只要我們計及它的價值呢。

依我的見解，此處用得着的唯一可能方法就是我們在研治光學時所遵循的，這一種方法不僅可應用於物理學，且可應用於各門科學。我們必須反溯各科學之根源，如此做就是要我記得：各科學都需要某個人來把它建立起來，把它傳達給他人。而此又即是指整全性原理之導入。

在原則上，一個物理事象是從測量器或能知覺的感官分不開的；同樣的，在原則上，一種科學不能從研究它的研究者們分開。一個物理學家實驗地研究某種原子過程，他越深入微細，越要干涉這過程的進行；生理學家把一個活的有機體一再分割為牠的最微小的各部分，等於損傷牠或實即殺死牠；同樣，檢討一個新觀念的哲學家專門究問這個觀念的意義，先驗地明瞭到什麼程度，妨礙科學之更進的發展。因此一個排擯一切超驗觀念的實證論，卻和嘲罵個別經驗的形上學同樣是一面性的。每種方法都持之有故，言之成理，且都可貫徹施之；但若施至極端，它們就癡癡科學的進步，因為它們禁問某些根本問題，雖然它們如此幹，乃為相反的原由：實證論為的是那些問題無意義，而形上學呢，為的是問題的答案已可得到。兩派間的競敵，永不會決定鹿死誰手，而在歷史的過程中，勝券常搖曳於兩者之間。一百年前形上學曾經執牛耳而享霸權，後即隨之以憂鬱的沒

落。今日實證論正在爭取天下，其盛極必衰將恰如形上學一樣不能萬壽無疆。

沒有人比哥德更深切體驗到此種頑固的對立，他與此掙扎一生，並曾巧妙表現之於許多體裁各殊的作品中。他嘗試征服此種對立而升達整全性之概念，此概念之引入使二者各得其所。但是甚至哥德的涵蓋一切的思想亦尚不免受時代的限制；他不承認外界空間的光射線與意識中的光感覺之區別，因此不能公平待遇彼時物理光學所成就的輝煌進步。不過，就現代物理學上整全觀念之引入而觀察之，則此種變遷未嘗不可證實他的思路。

綜觀上述各節，可見科學之中央，有一非理性的核心，為智慧所不能分解，而現代以界說限制科學任務的企圖，亦莫能移除之。初視之，此種情態似乎奇怪而不滿意；然而，加以反省，則知其不得不如此。因為細加考驗，就會明白：各科學其任務實際上已達中間，而不是在開端，抓住它的任務的，不得不辛勞地向着開端摸索它的路，而無完全達到之任何希望。科學並非現成找到它所處理的概念；它要用人工把這些概念構成，而其完成乃是一個逐漸的過程。科學從生活吸取材料，又反應於生活；它的衝動力，它的一貫性，以及它的妥當性，來自其中運用的觀念。就是這些觀念提示學者

以所探討的問題，推動他不息地工作，並使他正確地解釋他所獲得的成果。沒有觀念則研究變成無宗旨的，化在它上面的精力就枉費了。唯有理想才使一個實驗者成爲物理學家，一個編年者成爲史學家，一個訓詁老手成爲言語學家。前已言之，一觀念之真偽及其有無明確意義的問題是比較不重要的；有關的是它要引起有用的工作。在科學上，亦如在一切其他的文化發展的園地裏，個人以及社會之健全與成功，唯一的確實標準就是所做的工作。因此，我願意把這些關於科學觀念的生長及效果之見解，在結束時引錄一句可應用於科學上的贊美工作的話：這句話，德國工程師協會很正當地賞識其理論和實踐的價值，拿來當作座右銘：『所需要的就是研究。』

第四章 科學與信仰

我們每人在一年之中，總受到豐富的經驗；各種交通方法進步，使新的印象從遠近衝襲我們，勢如川流不息。誠然其中許多是很快地隨到隨忘，在一日之間便了無遺痕；而且如此倒是合適的：假使不然，現代人勢必窒息在五光十色的印象之重壓下。但是凡不滿於朝生暮死的智識生活的人，都必為這些萬花鏡的變化的駁雜性所推迫而亟求某種永久的要素，亟求某種不朽的精神財產，俾他能安身立命於滿目荆棘的人生中，而不至徬徨歧路，隨波逐流。這種衝動在青年人即表現為追求一個通達的世界哲學的熱烈欲望；這個欲望所探求的滿足在企圖向各方面摸索一個疲倦的精神可以安息怡養的處所。

教會的職分本當適應此種渴望；但在現今它對於無疑問的信仰的要求反足以令懷疑者嫌惡。後者使用多少可訝的代替物，並且匆促投懷於或此或彼的先知者的手臂中，這許多先知者們

似乎宣傳着新福音。說也奇怪，怎麼許多人甚至有教育的階級都甘願受麻醉於此等新宗教——形色不一的種種信仰，自極曖昧的神祕主義以至極粗魯的迷信。

一種世界哲學可由科學的基礎而達到，這當然容易提議的；但這一個提議通常見棄於此班追求者，據謂科學觀點是破產了。此項諷示有一分真理，並且的確是完全對的，如其科學一詞就傳統的及現尚殘存的意味解說，便含有信賴悟性的色彩。然而，那種方法證明採用它的人們實不真正科學爲何物。真相殊非若是。任何人凡曾參與一門科學之建立者，都由個人經驗而熟知在此方向的一切努力皆見導於一個不矯飾而切實的原則。這原則就是信仰——一個望前看的信仰。據說科學無先入爲主的思想；此更徹底或更不祥地被誤解的言說是沒有了。真的，各門科學須有一個經驗的基礎；但同樣是真的，科學之精蘊不在此原料而在用此原料之方式。材料常常是不完全的；它有的無論如何衆多的部分，還是零亂無章，此在自然科學之表列數字上爲然，在精神科學之各種各類文件上亦然。

然則材料須求完備，而此必待彌縫裂痕；而此又必待觀念之聯想。觀念之聯想並非悟性的工

作而是研究者的想像的產兒——這一種活動可稱爲信仰或更慎重的稱爲有效的假設。要點是它的內容無論如何總超越經驗與料的。個別的諸多塊團之混沌，而無某種諧和力，則不能造成一個宇宙；同樣，散亂無序的經驗與料，而無激於信仰的精神之智靈的干涉，則永不能產出一個可證實的科學。

現在問題發生，究竟此種關於各類科學之較深觀點，能否給予我們以一個適應人生問題的世界哲學。對此問題之最善解答，可徵之於若干大科學家，他們接受此種觀點，且事實上覺其能對他們盡上述之效用。在許多因科學而得維持其窮窘生活乃至聲名顯赫的研究家之中，我要首舉刻卜勒。從外部看來他的一生受挫於窮蹙，失意，及憂愁：他是『被貧困所壓迫者』。他在生活的末年被迫向累根斯堡議會（Diet at Regensburg）懇求支付當時久欠的皇家養老金。他最大的苦楚恐怕就是他不得不出庭抗辯他的母親被告發的巫蠱罪狀罷。在這一切顛沛憂患之中，支持他並使他能夠工作的是他所服務的科學：不是關於他的天文觀察的圖形，而是他由此等圖形而取得的對於宇宙間有理有則的規律性之信仰。把他的情形去比較他的師長第谷·布刺（Tycho

Brähe)的情形，足資取鑒。後者亦有同樣的科學知識，亦治同樣的觀察事實；他所缺的是對於永恆的定律的信仰。因此之故，第谷·布刺終舊是功績炳然的研究家之一，而刻卜勒則成爲近代天文學之開山祖。

與此有關的另一個大名，就是機械的熱當量之發現者邁耶的名字。邁耶不像刻卜勒受經濟壓迫；但由於他的能量不滅的理論不見知於世，他所受苦惱更大：在前世紀中葉，個個科學家痛心疾惡，一切有自然哲學氣味的東西，但邁耶仍不因受冷待而喪膽，並且與其說在他的知識中不如說在他的信仰中找到慰藉。最後，他居然活到看見他這門科學的代表們——德國自然主義者及醫士協會，其中有赫爾姆霍茲 (Hermann Helmholtz)——公布那久未給予他的承認（這是在因斯布魯克 (Innsbruck) 舉行的一八六九年的年會中宣布的）。然則我們於此類及相同的實例上可見一種活動的信仰在發生功用，並且可見這種信仰就是力量，給予個別的科學與料以真實的效果。我們甚至可更進一步而宣稱：對於深遠諧和的先知信仰能在初步的階段——搜集材料的階段——作有價值的服務。此信仰指示路向，銳化感官。一個在案卷保存庫裏搜羅文獻的

歷史家，或一個在實驗室研究工作並精查其結果的實驗者。假如有多少精思熟慮的態度引導他的研究，輔助他解釋結果，則往往發覺他的工作易於進步。他的經驗於是像一個數學家發現並建立一個新命題，在他尙未能加以證明之前。

可是，還有一種危險，恐怕對於研究家是最嚴重的了。此處不宜疏忽置之。此危險即在事實上，已有的輿料，或可被謬解，甚或茫然無知。若遇如此，則科學變成謊話，不堪一擊的空架子。無數的科學家，有幼有老，曾以狂醉於某種科學信念之追求，而蹈此危險。危險之嚴重，今昔如一；唯一脫險的補救法就在乎尊重事實。一個思想家的想像越是有結果，他越應該小心，不要忘記以各種事實為不易之基礎。無此基礎，則科學不能存在。他思想家務須更加小心地自問：是否充分尊重這些事實。

我們必借助於真實生活之經驗，乃能腳踏實地；我們必腳踏實地，方始足以自保我們對世界哲學的信仰，乃基於此世界有理有則的信念。