

科學論叢

第二集

上海

辛墾書店版

二十三年

科學論叢

第二集

上海

辛墾書店版

二十三年

科學論叢

第二集

二十三年十月二十五日初版

編譯者

楊伯愷 葉沈因 青明
劉靜白

發行人

張明德 上海海寧路三
德里四十五號

發行所

辛墾書店 上海海寧路
三德里

印刷所

中和印刷公司 上海北河南
路四里內

經售處

辛墾書店及各埠各大書局

版權所有 * 翻印必究

實價大洋六角

科學論叢

第二集

目 錄

理論物理學底方法論.....	愛斯坦
量子論底成立與從來之發展.....	蒲郎克
生物學之歷史的概觀與展望.....	石井友幸
心理學底方向轉換.....	塔爾金
社會學底建設問題.....	葉 青
再論生產力.....	楊成柏
雜論	

一 科學與宗教 如 松

二 科學與實踐 葉 青

附錄——書評

一 劉劍橫底『達爾文主義』 陳 之 平

二 周建人底『進化與退化』 陳 之 平

三 陳德榮底『心理學史』 仲 明

理論物理學底方法論

若果諸君想從理論物理學家那兒，關於他所使用過方法學得甚麼東西，那我想給諸君以如下的勸告：不要聽他底說話，考察他底功績吧。因為在這領域底發現者看來，他底想像力之構造，是這樣必然的、自然的，簡直他很容易把它們不認為他底思維之創造，而認為所與的實在。

這樣的說話，必然會使聽衆諸君立刻就離開的吧。因為諸君會對自己說，‘講演者自身是一位建設的物理學家；因而在他自行表示過時候，他要把理論科學底構造之考察委諸認識論家。’

只要提到的是我一個人，我是能夠以如下的話語來答

覆這種抗議的，卽是使我到這個講演臺上，爲紀念畢生盡力於知識之統一過人而設過這講演臺上者，不是我自己底提示，而是他人底懇切的招待。

但是，不算這一點，我也還有理由的，使諸君知道，爲使科學底原理明確化、改良之而費了許多的時間與勞力過人，其後關於他那門科學如何想法呢，這也許不是淡然無味的吧。

自然，關於他底研究題目之過去與現在的歷史過他底見解，必然要爲他對於將來過期望與努力想實現之於今日過東西所大大影響的。可是，對於探觀念底世界爲其居處者，這是共通的命運。

他與歷史家恰恰站在同樣的立場，歷史家，縱使無意識地，也把過去底事件安排在他對於人類社會所形成過理想之週遭。

現在，我想來考察一下理論的方法底發展，同時，特別考察純粹理論對於經驗資料底全體之關係。這兒，在物理學底領域中，永存着經驗與理性這兩個不可分離的、人類知識底對立要素。我們尊稱古希臘爲西方科學底搖籃。它最先創造了邏輯體系之知性的奇蹟，這種體系，非常嚴厲地一代一代傳下去，其確認了的命題一個也不許有絲毫的懷疑，——

這就是歐克里德底幾何學。理性底這種可驚的成就，給與了人類精神以確信，那對於將來的業績是必要的。在幼年不曾爲這種著作所束縛過人，並不是生來就是科學理論家的。然而，一直到第二的基本的真理（在開卜勒與加里雷之後這才成爲哲學家們底共通財產）實現過時候，對於能夠把握實在過科學說起來，時間都還沒有成熟。純邏輯的思考，關於經驗世界甚麼知識也不能給與我們；一切關於實在過知識，以經驗始，以經驗終。

由於純粹合理的過程而獲得過結論，只要提到實在，就完全是空虛。因爲他承認這個，特別因爲他在科學界着重這個，所以加里雷才成爲近代物理學，事實上，全部近代自然科學之父的。

但是，若果經驗是我們關於實在過一切知識底端初與終結，則理性在科學有甚麼作用呢？理論物理學底全體系，包含着許多的概念與基礎法則，這些法則是用以使這些概念與由邏輯的演繹所導出過許多結論發生關係的。我們底個個的經驗所要對應的就是這些結論，而在純粹理論的著作中佔其篇幅之大部分者，則是它們底邏輯的導出。除了在歐克里德幾何學中基礎法則叫做「公理」而外，事實上，這恰恰是相當於歐克里德幾何學的；甚且，在這領域上，應該對

應於經驗過結論，是毫不成問題的。可是，若果我們把歐克里德幾何學認為配置實際的固體過可能性底科學，從而把它解釋為物理的科學，而不從其原初的經驗的內容抽象之，則幾何學與理論物理學，就邏輯言之，完全是平行的。

這樣，在理論物理學底體系中，我們不得不指定理性與經驗底位置。理性給與體系以構造；經驗資料與其相互關係，在理論中，則確定地對應於結論。只有在這樣的對應底可能性上，全部體系，特別它底根本概念與基礎法則底價值與正確性才存在。若果沒有這個，則根本概念與基礎法則只不過人類精神底自由發明而已，不論依人類精神底本性，不論依其它任何的方法，它都不承認先驗的確證。

邏輯上不能更加約化過基礎的概念與法則，形成理論中不可缺少且不能合理地演繹過部分。一切理論底最高目標，在於一個簡單的經驗資料之適切的表現也不犧牲，而盡可能地使不能還元過基礎元素簡單化、少數化，這差不多是不能反對的。

關於物理學理論底基礎原理之純虛構的性質在這兒所略述了過概念，在十八世紀和十九世紀都還不曾普遍地流行。但是，因為一方面基礎概念與法則、它方面應該與我們底經驗相對應過結論間之永恆擴大的矛盾，却次第獲得地

盤了；這種矛盾，隨着邏輯構造之進展的統一，換言之，隨着全體系統底基礎所需要適邏輯上獨立的概念元素底數目之減少，而逐步地在擴大。

創始了精密而可使用的理論物理學體系過牛頓，還相信他底體系底基礎概念與法則可以從經驗導出來；他底名句“*hypotheses non fingo*”（我不作假說）是只能以這種意味來解釋的。事實上，在當時，空間時間這些概念上還似乎沒有甚麼成問題的要素。質量、加速度、力等概念及聯結它們適法則，似乎是直接從經驗借來的。然而，若果這種基礎是假定的，則重力之表現就似乎是從經驗導來；同樣，對於其它的力也可豫想為是能夠導出的。

從牛頓形成他底見解適方式看來，我們可以知道他是決不安於絕對空間之概念的，絕對空間之概念即包含絕對靜止之概念；因為，對於在經驗上可以對應於絕對靜止之概念適東西一個也沒有這事實，他知道得很明確。關於遠隔作用之導入，他同樣也頗感不安的。但是，他底理論之可驚的實際的成功，會阻止他和十八、九世紀底物理學家去承認他體系底原理之虛構的性質的吧。

反之，那些時代底科學家，大多數都相信，物理學底基礎概念與法則，在邏輯的意味上，不是人類精神之自由的發

明，而寧是從經驗，依抽象、即依邏輯過程而導得的。決定地指示這種見解之錯誤者，即是一般相對性理論。因為這個理論揭露了，用與牛頓不同的基礎原理，甚至用比牛頓原理還更完備、更充分的方法，來論究經驗資料底全領域，是可能的。然而，縱使不論這種比較功績的問題，這些原理之虛構的性質，由於在結論上大體可與經驗一致而根本上則不同，過兩個基礎有存在之可能這事實，就充分弄明瞭了。這一點就指示出來，想從終極的經驗資料邏輯地導出力學底基礎概念與法則，過一切企圖，是命定地要失敗的。

這樣，若果理論物理學底公理的基礎，不能是來自經驗，過推論而不得不是自由的發明，那末，我們有甚麼權利希望可以獲得正確的道路呢？更進一步——除了在我底想像中，這種正確的接近真正存在嗎？當其有些理論（如古典力學）縱使不深深地把握主題、却與經驗非常一致的時候，我們有甚麼權利希望經驗來正確地領導我們呢？對於這個我可以確實地回答，即是，在我底意見，這種正確的道路是有的，甚且我們有發現它過力量。在自然中，數學的單純性底理想是現實化了的，我們底這種感覺，一直到最近過經驗都為我們保證了。我相信，純數學的構造，能夠使我們發現概念及聯結它們而給與我們以理解自然現象之論過法則。在

我們選擇可用的數學概念之時，經驗當然能夠指導我們，但它不能成爲它們所從取得過源泉；在物理學上，經驗自然還是數學構造底可用性之唯一的標準，但真正創造的原理則在數學之內。因而，在某種意味上，我相信，像古人所夢想那樣的，純粹思維足以把握實在者，是真實的。

爲要確證我這種信念，我必然地不得不使用數學概念。物理的世界，是表現爲四次元的連續體的。若果我在此中採用里曼 (Riemann) 底 metric，而考察這樣的 metric 所能滿足過最簡單的法則，則我就達到空虛的空間之相對論的重力論。若果我在這種空間中採用向量場或從它派生過非對稱的張數場，並且若果我探求這樣的「場」所能滿足過最簡單的法則，那我就達到自由空間底馬克斯威爾方程式。

達到了這一點，我們還不得不爲包含着電氣密度並不爲零過空間之各部分，探求一種理論。柏諾格里 (de Broglie) 考察了波動場之存在，那是能夠用以說明物質底多少量子的特性的。第拉克 (Dirac) 在 spinor 中發現了一種新的場性質，以其最簡單的方程式，可以導出電子底許多特性。我和我底同輩們則發現了這些 spinor 形成一種新的場之特殊的場合，在數學上是與 metrical 四次元連續體相結合的，而且它們似乎是自然而然地足以記述電氣的單元粒子之重

要的性質的。

從我們底觀點看起來，重要的是，由於探求數學上最簡單的概念及其最簡單的關係，則我們就可以達到這些構造與聯結它們適法則。在數學地存在適簡單的場型與它們間適關係底缺如之中，即存有理論家想深深地把握實在這希望之正當的理由。

現在，對於場底理論，最大的難點在於如何去導入物質與能力之原子的構造。因為這種理論，在其基礎原理上，只要它澈底地論究空間底連續函數，決不是原子的。這一點，與古典力學對照着，古典力學之最重要的方面、物質點，則與物質底原子構造一致。

與柏諾格里、席羅丁格 (Schrödinger)、第拉六等之名聯繫着適新量子論，自然要使用連續函數，但依馬克士·波恩 (Max Born) 最初以明確的形式提出適大胆的解釋，已經克服了這個難點了：——顯現於方程式中適空間函數，並不要求成為原子物體之數學的模型。這些函數，只不過在我們要作測定適時候，提出來以數學地決定在某種場所、某種運動狀態上遭遇着那些原子物體適蓋然性而已。這種概念，邏輯上是毫無問題的，而且已經引到了重要的成功。但是，不幸地，它強迫我們使用一種連續體，這種連續體底次

元數不是前此物理學上過四，却無限地依考察着過粒子底數目之增加而增加。我不能不表明，對於這種解釋，我自己是只承認其過渡的意義的。我還相信，提出一種實在底模型、一種理論，即不僅表現事件底發生之蓋然性，而且要表現事件之自身者，是有可能性的。它方面，在理論的模型上我們不得不拋棄絕對的粒子位置之概念，在我看來也是確實的。這個，就是海森堡（Heisenberg）底無定性關係之正確的理論的解釋吧。可是，雖說在本來的意味上是原子的（且不僅基於特殊的解釋），但在數學的模型上却不包含粒子底一定位置過理論，是完全可以存在的吧。例如，爲要包括電氣之原子的性質，場底方程式只需意味着空間底三次元的體積（在它底境界上，電氣密度逐處都成爲零）包含積分底全電荷量就充分了。這樣，在連續體底理論上，不提及形成原子體系過粒子之位置而用積分式，原子性就可以充分地表明了。

若果原子論構造底這種表現得到了，那我就可以認爲，在連續體理論底機構中，量子問題是解決了吧。

本篇是愛斯坦一九三三年六月十日在牛津斯賓塞（Herbert Spencer）講演上所作過講演詞，同年由牛

津The Clarendon press發行單行小冊，我這譯稿卽是
從這本小冊子譯來的。

october 6, 1934 仲和。

量子論底成立與從來之發展

1. 克爾希霍夫輻射熱法則
2. 赫芝直線振動體
3. 輻射論假說
4. 維因能分布法則和變位法則
5. 波爾蔡曼常數
6. 作用量子
7. 愛斯坦底貢獻
8. 德白伊法則和勒命斯法則
9. 分光景
10. 波爾原子理論和電子軌道

爲了要能酬答諸君之雅意及諸君對這個問題——量子論——之重視起見，在諸君之前，大體上敘述一下量子論成立底歷史，并關聯着它而將這個理論之從來的發展及其對物理學過現在的意義，指出一個簡短的肖影，我相信這是我底義務。

回顧二十年前，想起那時物理學的作用量子(Wirkungs quanten)底概念與大小，開始從現存着的經驗事實顯露出來、以及最後到達完全明白過長期而錯綜的路途時，那末今日在我看來，這個發展底全體，就恰可給“在努力中人是迷惘的”這個歌德(Goethe)有名的話以一個新的說明。在一個研究者常常由顯著的事實、進行到他一切縱橫交叉的旅行之終結，都不能覓得一個對真實、至少是接近實際過證據時，從本質上說來，這個研究者之不屈不撓所努力過整個精神勞作，也許竟是無益的徒然吧。可是必要的假定，并不因了最初的失敗，就會隱蔽着目的之光力的，雖說這種假定，不一定保證着效果，而它却也是一定目的之追跡。

這樣的目的，對於我便解答了從很久以來對於輻射熱之標準分光景底能(Energie)分布過疑問。自克爾希霍夫(Kirchhoff)研究輻射熱——這種輻射熱是在一個以任意輻射及吸收過同樣溫度之物體爲限界過洞空內作成的——