

讀書心得四則

● 林保宏

一、孔恩學說與近代物理發展

孔恩學說在今日成為科學哲學中的「典範」。然而將之應用於近代物理中，卻有些許混淆之處。這些混淆，或許出於筆者學力所限，或生於理論本身。無論如何，討論如下：

何謂科學世界觀？

以量子論為例，如果以哥本哈根詮釋（註一）視為一個「世界觀」，那麼以下二學說「物質以 n, p, e 為基本粒子」和「物質以夸克為基本粒子」之間的觀念轉換算不算世界觀的改變？另一方面在量子電動力學（QED）中所牽涉到的么正轉換（renormalization），本質上是將次原子粒之質量及電荷予以重新定義以去掉無限大的數學方法，容許研究者以不同觀點看待宇宙。但這些宇宙觀上的變化並沒有科學革命的性質。

我嘗試以另一觀點論述：「宇宙以三個夸克為基本粒子」和「宇宙以四個夸克為基本粒子」二者之間，並不止三加一等於四那麼簡單，還包括「夸克數應與輕子數對應」這信念。然而這個宇宙觀的變化並未經歷「異常現象」、「危機」等各階段。或許我可以這麼說，因為近代物理研究的正是宇宙的建構。於是科學家們便可時時改變其宇宙觀，重新定義名詞，而使孔恩學說中科學革命的過程不能適用。

倒底孔恩學說和近代物理的發展之間有什麼差異？近代物理和古典物理不同之處，在於近代物理學家不介意時時改變（「時時」的意義，一般以十年作單位）他們的世界觀。另一方面，我認為，由於儀器愈造愈大，使理論學家有更充分的時間發展新的理論，以至於來自實驗中的現象大多被已發展的理論所涵蓋。而來自理論本身的危

機，如許多場論中的無限大（註二），則多半由開創新場論的人自行解決。如果以典範的地位看待某一場論，則科學社群的尺寸將非常小。我可以這麼說，對於近代物理學家，他們對於上一個現存的宇宙觀並沒有十九世紀學者對當時宇宙觀有那麼強烈的信心。

另一方面，對於孔恩學說的其他部分，我必須同意，並且認為可以用近代物理予以詮釋。在「不可共量性」方面，孔恩受了海森堡的影響，認為當我們自牛頓力學進入相對論，不只是適用範圍及準確度增大，更重要的，是整個宇宙觀的改變。而所有舊有的名詞皆經重新認知。基本上，相對論不能視為牛頓力學的推演，而牛頓力學更不可視為相對論在速度遠小於光速。（ $u^2 \ll c^2$ ）的極限情形。雖然數學上 $\lim_{u^2/c^2 \rightarrow 0} \sqrt{1 + \frac{U^2}{C^2}} = 1$ 。但是這個極限情形並非牛頓力學中的公式： $F=ma$ 。換另一個說法，牛頓力學認為 $F=ma$ 為宇宙觀中的一部分，當在 ma 後加上新的項時，已不屬於牛頓力學。而在量子論的哥本哈根詮釋中，更可看出此一尖銳面。量子論的哥本哈根詮釋中，最不被愛因斯坦所接受的觀念，是在「我們不能完全預測粒子狀態」這一點。尤其在測不準原理上，量子論否認人類能夠完全且同時觀測一個粒子的位置和動量，並改變了「觀測」一詞的定義。觀測本身變成了一種作用於粒子上，並「強迫」原先的機率分佈歸到某一特定值的行為。在古典的想法，粒子原來就在「那裏」，而觀測只是使我們知道，它在「那裏」。更不用提一般已知「能量是連續」和「能量是量子化」的觀點上的大差異。

孔恩亦反對「科學是個人成就的累積」。對於這點，我持保留態度。無論如何，科學家雖然並不是在前人提供的基礎上工作，但至少前人的

工作是必需。我們依賴前人的航海圖，雖然我們走的並不是前人走過的水道。

二、物理是「人類」的科學

物理學是「人類」所研究的科學。我想我可以自牛頓力學 $F=ma$ 開始。牛頓相信他的公式可以自實驗獲得。但有一派哲學家說：「如果實驗數據可以歸納出 $F=ma$ ，那麼就不會有相對論了。」我認為牛頓用正式公式而不用如 $F=ma + b m^2 + c m^3$ ， $b, c \ll a$ 之類的式子表示，是源於「自然定律的簡單性」這個信念。哥白尼提出日心說，亦是源於此一信念，而在當時教會則基於「人是上帝的子民」之信念，堅持地心說。當時的觀測數據並不足以支持任何一方。克卜勒之所以相信自己的模型，並堅信，「數學定律是神的意志的明顯的表示」。這個信念和數據本身無關。

在新舊典範交替時，「人」的因素亦很明顯，新舊理論都有一些未能解決的問題，甚或反例。在此時一個科學家選擇那一個典範，往往是非理性的。例如，很可能是數學表達式的漂亮，（大家都不反對 $F=ma$ 比羅倫茲轉換乾淨）或哲學上的信念（愛因斯坦以「上帝不會擲骰子」反對量子論。）甚或圖案方便（包立 Pauli 曾以波函數觀念反對費因曼圖 Feynman diagram，然而今日大多數粒子物理學家承認，這個表示法非常方便）。

真正從事科學研究時，有很多事是以前沒想過或預料不到。例如美國費米實驗室加速器，當初設計時為了省錢未建地板，而使濕氣滲入燒壞磁鐵，有個工作站的人因為抽水馬達缺乏，須一邊做實驗一邊清理死青蛙。又如丁肇中博士的工作小組曾被 CERN 以「該組成員皆是美國人而無歐洲人」所拒絕。而在我們研究液氫氣泡室（

註三)時，亦不致想到美國CEA 曾因液氫外洩而發生大火，死傷慘重。又如早期宇宙射線學家登高山，乘氣球。曾有一個高山宇宙射線觀測站的物理學家自稱：「我們一年損失一個。」蘇俄的物理學家曾因高空氣球升太高而損失兩名。

另一方面，除非進入實驗室之後，很難理解物理系的玻璃師傅和化學系的有何不同。精業電腦和IBM PC的相容性有多大。一句「又當了」到底意味什麼？重新開機，或者重頭來過。也不會曉得，塑膠公司在公館或新店甚或在國外有多大差異。但只要考慮這些問題，我們便可下斷言：是「人」在做物理。不管人們是如何嘗試使人的因素排除於物理外，物理的進步與物理本身的架構脫離不了人所在社會族群的影響。

三、物理與其它領域不同處(註四)

物理界沒有權威，當一個實驗物理學家要證明另一個物理學家的數據有誤時，他必須做出更精密的實驗。一個理論要成立，也必須能符合現有最精密正確的數據。而不能訴諸歷史上，政治上的權威。物理界並沒有許多互相攻擊的學派，也使得物理界發展較快。

費因曼曾敘述他學繪畫的情形：「他們不會告訴你一堆事，相反地，他們很少開口。因為，如果他們說：『草稿上不可有太多線條』。歷史上卻可舉出用了很多線條的草稿畫出很出色的圖」。在這方面，物理學則可以放心地告訴學生這般那般而無人反對。在這上面，孔恩的學說得到例證。

四、結語

物理學在廿世紀的發展無疑已帶給社會及其他學科極大震撼，在這一個月的時間內，我嘗試去追隨前人的思路，可惜礙於學力不足，未能提

供完整的報告。大家最關心的，大概是「我該以什麼觀點看物理？」，我和孔恩一般，不再視物理為一個二百年來不斷在原有基礎上成長的科學。也不認為物理今天是這個樣子只因為大自然是這個樣子。其中有人為的因素。量子論將「觀測」牽扯進現象後，在哲學家之間無疑的有一番擾動。我也發現研究物理並不是只有研究物理本身那麼單純，亦即，物理學家並非在象牙塔內(註五)。然而，由第三大段中，物理界仍有其特性，亦即這些特性，使物理學對我而言比其他領域來得可親。 ❖

註一：一九二七年在布魯賽爾舉行的索爾維(solvay)會議上，這個詮釋被證明前後一致，並符合已知一切實驗，並受最嚴峻的考驗，特別來自愛因斯坦。內容如下：

對一實驗進行理論解釋須有三個明顯步驟(一)將初始實驗狀況轉述成一個機率函數(二)在時間過程中追蹤這個機率函數(三)關於對新系統所作新測量的陳述，測量結果可以機率函數推算出來，對於(一)，滿足測不準條件為必要條件。沒有任何關於兩次觀測間系統所發事情的描述。直到(三)才從「可能」轉變到「現實」。

註二：在場論中，漢米頓算符的高次項常導致無限大，而當么正變換後，往往導致新的無限大。The Second Creation 中形容這過程是Killing the hydra。

註三：當液氫處於壓力驟減，趨向變成氣體的狀態下，如有帶電粒子通過則在其路徑上產生氣泡，可藉以追蹤粒子軌跡。

註四：不包括化學、數學、生物三門科學。

註五：這句話和「物理學家必須關心社會」毫無關係，而只強調，為使研究完成，有許多研究本身以外的工作要克服。