

# 從佛學角度觀西方三大物理學之理論層次

楊中傑

中山科學研究院，龍潭，台灣

物理科學一直在探索「真實」，求解「實相」，西方物理科學三大支柱-牛頓力學、相對論與量子論，對此真實有不同看法。相對論的創作者愛因斯坦一派承襲牛頓力學，認為宇宙有客觀存在之真實，而量子論一派則不認同此真實存在，雙方為此爭論不休，近百年來雙方所作論辯與實驗無數。而佛學亦是探索真實之一種學說，吾人若從佛學之角度探討彼等此一問題，或有助於相互間理論層面之瞭解，真假深度之辨識。

**關鍵詞：**佛學、物理學、實相、心物、三量、中觀般若

## 一、物理客觀世界之爭

相對論的創作者，愛因斯坦，一輩子拒絕接受量子力學。他的名言：「上帝決不擲骰子！」、「是不是只有當你在看它的時候，月亮才在那兒呢？」道出愛因斯坦堅定地認為宇宙有個獨立客觀的實體。他認為自然的本質不應隨著吾人是否在觀察它而改變。<sup>1</sup>而牛頓力學則更以古典機械式宇宙為立論基礎，斬釘截鐵的認以世界為絕對客觀的存在。然而量子力學卻告訴吾人，自然所展現的面貌會依吾人觀察方式不同而變異，「波粒二相性」「測不準原理」為其代表之作。<sup>2</sup>在相對論與量子論這兩個學說創作者眼中，彼此似乎是各自獨立，故迄今未能統一（牛頓力學雖非同時期創作，但也未見統一）。雙方正式論戰啓自1927年9月在義大利柯牟(Como)會議。波爾(Bohr)提出他的互補原理(complementary principle)，認為電子同時具有粒子與波這兩種互不相容的性質，<sup>3</sup>量子力學只能幫助科學找出事件發生的機率而已。唯有放棄軌跡，接受機率的詮釋，才能真正理解電子的行為。在用儀器抓到電子

之前，不能假設電子究在何處，只有當抓住它時，方知它的存在。蓋若假設電子以一個粒子的形態存在，吾人需先假設電子移動有一個連續不斷之軌跡，但電子的軌跡根本就不存在，並非吾人無能力去觀測到而已。換言之，如果在某時刻偵測到電子於A處，而一秒鐘後若電子出現在B處，吾人不可以認定該電子有一個從A跑到B連續不斷的軌跡。很多人不信服這個結論，依然認定軌跡必然存在，只是很難觀測而已。這些人以愛因斯坦為首，仍採取古典牛頓觀點，堅持保留有客觀實體(objective reality)的概念。愛因斯坦不認同量子力學依據統計與機率來研究事物，這樣放棄了自然界顯示個別事物間因果的關係，如此發展之結果會導致「人類與現存“客觀真實”間之障礙簡直已無法跨越」，讓吾人永遠失去了一個客觀世界。古典的說法雖不適用，但不表示吾人就失去了「客觀」，吾人要談的是量子實體(quantum reality)。他堅信，有一個離開知覺主體而獨立存在的客觀世界是一切自然科學的基礎，量子論的統計方法只是一種暫時性的權宜辦法。<sup>4</sup>

投稿日期：1999年8月1日；接受日期：2000年12月4日

聯絡人：楊中傑，中山科學研究院，龍潭，台灣

E-mail: chung86@sinamail.com

相對論與量子論創作者之論辯，雙方從20年代互補原理開始，經電子通過單狹縫繞射實驗、雙狹縫干涉實驗、再經30年代愛因斯坦光盒 (Einstein's box) 實驗、30-60年代EPR反論 (Einstein-Podolsky-Rosen paradox 或 EPR paradox 或 EPR dilemma)、60年代貝爾 (Bell) 以相對論無超距作用 (action-at-a-distance) 為前提之不等式論辯，至70-80年代大量不等式相關的實驗。論辯與實驗一直打到當今21世紀仍互有代言人繼續，而且從科學的層次升高到哲學的層次。究竟誰對誰錯？似各有千秋（雙方之論戰實驗簡略歸納如附錄）。

吾人知道物理界把相對論、牛頓力學、以及量子論，三個學說視同各自獨立，雖經百年來之嘗試，仍無法統一；影響及於自然界的四種基本力，也難於統一。但學科學的又都堅信真理應該只有一個，如同東方的「道」或「真如」只有一種。而東方的學說，真悟者，無論如何說，都可導入於一，而西方的科學目前似乎還做不到。對此西方三大物理科學對於世界真相之觀測基礎，如讓吾人從東方佛學的角度來嘗試分析，或有不同見地。

## 二、佛學與物理科學所謂之「實相」

一般咸認佛學是探討心靈之科學，亦可說探求實相的科學。佛學（禪宗）有「能所」之觀念，「能」為能觀測之自心，「所」則是被觀測之一切對象。能觀與被觀相當於「心與物」相對之觀念。<sup>5-6</sup>能所之介面並非絕然，會依修行程度之深淺而變化。「能觀」可說是「主觀實體」，「被觀」算是「客觀實體」，而入佛地，需達能所雙超之境，亦可說為「中觀」，亦即不偏於能方，也不偏於所方；好似佛學《心經》所述「色即是空，空即是色；色不異空，空不異色」。「色」相當於「物」或「所」之相，「空」相當於「心」或「能」之相。換言之，佛學所謂之「實相」，其實證是包含「心」（或心靈）但不限於「心」，包含「物」但不限於「物」；是不偏於「色」，也不偏於「空」；是「心物合一」「非能非所」的。

而西方物理科學探討之「實相」與東方佛學所探討之「實相」定義其實不同。物理學是

針對現象世界而立，其探討之「實相」乃相當於佛學中「能所」相對之「所」方；或「物」或「色」之層面而已。所探討之「實相」只及於佛學「部分實相」。量子論就是因為突破以往牛頓力學或相對論，觸及到「能」方觀測者之心靈層面，才開始有「所」方「客觀實體」獨立存在之懷疑；但雖懷疑，卻並未深究「能」方心靈之結構問題。

佛學舉「三界唯心造」，體認客觀之實體乃由自心無始以來之緣起和合而成；並論述世界星辰，微塵鄰虛之結構，成住壞空之過程，在在表露其「實相」是融攝一切心與物，可說是講實證的學說。<sup>7</sup>佛陀對離實證之言說如世界有邊無邊等，常漠然以對即此也。因此佛學所謂之「實相」是涵蓋「心物」（能所），具有「實相無相」或「實相無相無不相」的含義；反之物理學家們的實相是指「現象論」的實相，此實相僅在「有相」的一邊，與佛學之實相差異蠻大。

## 三、佛學的聞量、比量、現量與中觀般若

「非能非所」「非色非空」的中觀才是佛學所稱探究真理之學。『菩提道次論』即每稱中道觀察為「正理觀察」。佛學觀察求真有立三量之不同：1. 聞量（復名聲量、至教量），認為所有的知識，十九從聽聞、熏習得來；如此得來的正確知識，即是聞量；在三種般若中，為文字（或方便）般若。<sup>8</sup>2. 比量，由聽聞正法，進而如理思惟，法隨法行；即從聞而思，以便從思而到達修證；即以思慧為主而兼攝聞慧、修慧以達實際觀察的階段，名為比量；中道的正見，即由比量而來；三種般若中，為觀照般若。<sup>8</sup>3. 現量，超越聞比量而深入中道正觀，精勤修習，將根本顛倒的自性徹底掀翻，直證真實，此即無漏現量的自證，也即是中道的現觀；三種般若中，為實相般若。<sup>8</sup>此實相般若，才是真般若；前二般若，是達到此實相般若的方便，所以因得果名，也名之為般若。「般若」華譯名「智慧」；「三般若」文字是工具，觀照是手段，實相是目的。佛家三般若實證不僅從「心」，也含括到「物」。前者為「空觀」，後者為「假觀」，最終回歸到心物本體

實相皆以空性為內涵之「中觀」。「假觀」修成證「道種智」，「空觀」修成證「一切智」，「中觀」修成證「一切種智」；要到佛學所謂之實證，須依中觀的方法以觀察真理，趨入現證。反之物理學僅是針對現象世界而立，即使量子論最多也只觸及「心靈之活動」，完全不同於「心靈寂滅狀態」由佛性實證之現量，無法達到「一切種智」之般若。故物理學層次似僅止於文字般若，其智慧「真相」只算探討到對於世界「物」藉由各種工具、各種聽聞學習的瞭解，相當佛學破世界塵沙惑之假觀，證「道種智」之間量而已。而佛學聞量、比量、現量三者兼顧，在正觀真理的過程上，不但有其連貫性與層次，且是互攝互融的。

#### 四、從佛學觀牛頓力學

眾所皆知牛頓力學認宇宙為一絕對之時空及物質組成，純粹物理之研究，「物」理學發展之奠基。若以佛學角度觀之類似聞量，即文字般若。蓋其所有量測均限於「所」方之範疇，均是間接經由各種工具對「所」方目標實施量測後得之結果（文字為表徵）。偏向單方面信息之接收，由聞而得，非「能」方直接量測，異於佛學所謂從真心之「直觀」或「直覺」，故屬於所方「唯物」範疇之科學。聞量僅止於聞，尚未達實證，故非佛學所謂之實相。

#### 五、從佛學觀相對論

至於相對論，從狹義進到廣義，吾人可以瞭解實出於對牛頓力學之修正。相對論認為宇宙一切物質與時空因座標不同，互具相對性而生差異，故以羅倫茲轉換方程引入相對速度之轉換參數於一切物理之計算。該有名之轉換方程內涵實為納入兩座標相對運動速度  $v$  以及座標間觀測之光速  $c$ ，<sup>9</sup>故較牛頓力學更精準（譬如光經引力場之徑，廣義相對論因加入空間曲度較牛頓力學精準一倍，水星的光行差若以狹義相對論計算雖較牛頓方程更進一步，但與實驗數據仍差六分之五。<sup>10</sup>而若依廣義相對論計算則較接近實驗，但不啻是自我推翻原狹義之論，甚多相對論之反對學家確如此看待）。<sup>11</sup>

廣義相對論認為空間的幾何性質並不具獨立性，但由物質所決定。<sup>12</sup>相對論對物質世界之觀察因仍立基於牛頓力學上發展，故同認有客觀之時空及宇宙，只是時空會因相對性（重力）展現彎曲。以佛學角度觀之，「相對之觀測」類同比量，比量未達實證，雖已導入相對性，具備觀照般若之性質，但僅限於「所」方範疇內之相對性，仍未達中觀，並未包含「能」方心靈之「能所」相對與如實之觀照，雖較牛頓力學進步，惟仍屬「唯物」範疇之科學。

#### 六、從佛學觀量子力學

至量子力學，是較相對論更進一步的微觀，已引入物我之對待，與心靈之活動。因微觀中實存在「能觀」與「被觀」之相對，兩者對待之介面引入了實際觀測活動必然之物理要素—「光」；因「光」，引入了光量子；因光量子之不連續性，終而引出了測不準，乃至一切微觀之量子特性。終認時空宇宙乃由觀測方存在，不同之觀測方法會影響不同之結果，故認知心靈之觀測活動為充分條件。因此大半現代的物理學家已體會去推測任何物體的真正本質是幼稚的，都接受「實證論者」，在量子物理學辭典中已無「真正的」(really) 這個字了。<sup>13</sup>若以佛學角度觀之，則甚合乎《金剛經》所謂之「凡所有相皆是虛妄」。其量測實已容納「能所」之對待，超越「所」方之範疇，包含「能」方心靈之作用，可說踏入實相般若（但未實證），類似現量。現量講直覺親證，故應可判為形式上進入「唯心論」之科學層次。

#### 七、討論

牛頓力學、相對論、量子論彼三者之觀測雖均非佛學所謂之實相，但彼等所量測結果之真假，理當以越接近實相者，其實驗結果必越趨真實。如前述，以佛學而論，可判牛頓力學是「物」之絕對論，相對論是「物物」之相對論，而量子力學是「心物」之相對論。量子論雖未探討心靈實相，但已將心靈之活動納入物理之觀測中，故應為三者中最接近佛學實相之科學。相對論只及於「所」方之範疇，故僅一

半接近真。相對論認為相對運動速度若達光速，質量成無窮大而必須否定任何物體能達光速之論斷，與實際吾人可觀測已達光速之光子質量非無窮大不合，亦與上述論辯實驗中 Aspect (見附錄) 發現有超光速之可能，均仍存矛盾之課題。而牛頓力學已被證明於高速狀況失真，自毋庸贅言。到目前為止，實驗結果是支持量子力學，顯示 Bell 不等式以及它的前提—愛因斯坦定域性原理 (locality principle) 超距作用不盡真實。量子力學的預測與微觀領域的實驗結果都非常的吻合，似確為西方三大物理科學最近真相者。換言之，「能所」實無法各自獨立，需互攝互融。物理學所認非獨立之客觀實體似較獨立之客觀實體更近「實相」，故而實驗結果更趨真實。

## 八、結論

從佛學之角度觀「牛頓力學」、「相對論」與「量子論」三種學說之理論層次，「牛頓力學」與「相對論」可定位屬於「唯物」，僅具「比量或聞量」之層次；「量子論」則已踏入「唯心」之層次，涉及「現量」。雖仍停留於所方「現象界」之探討，還是「唯物」科學，未親證「能方」實相，然「現量」自然已將心靈實相涉入。以有實相之層次理應較虛相之層次為深、為完整。若以「中觀」而論，前二者皆偏於有，只有量子論空有兼涉，雖尚未證入佛學之「實相」，未達「能所」雙超、「非空非有」之境，但似已較前二者更接近實相也！至於佛學，則是「心物合一」既非絕對亦非相對，不是「唯物」，也非「唯心」，乃無二之學問。

## 參考文獻

1. Barnett L. *愛因斯坦與宇宙*。楊葆樑譯，台北：廣文書局，1974;34
2. Heisenberg W. *Across the Frontiers*. Translated from the German by Peter Heath. New York: Harper & Row. 1974, Chapter VII
3. Pais A. *Rev Mod Phys* 1979;51:863
4. 同 1，1974;32-34

5. *六祖壇經*。
6. 梁乃崇。 *探索真心找回真我*。台北：圓覺文教基金會，1999;20-24
7. 林崇安。佛教的宇宙觀。 *第二屆佛學與科學研討會論文集*，台北：圓覺文教基金會，1994;16-35
8. 印順法師。中道之方法論。 *妙雲集*，中編之二，『中觀今論』，第四章
9. 同 1，1974;65-70
10. 吳大猷。 *狹義及廣義相對論*。台灣中華書局，1980;178-184
11. Einstein A. *相對論*。江紀成、李琳編譯，台北：徐氏基金會，1990;43
12. 同 10，1980;65
13. 同 1，1974;29

## 附錄：物理客觀世界相關之實驗論辯

### 1. 單狹縫繞射實驗

1927年9月義大利柯牟會議之後數週，在布魯塞爾舉行的第五屆 Solvay Congress 會議中，愛因斯坦用一些理想實驗來反駁測不準原理。他設計了一個讓電子通過單狹縫繞射的實驗，認為這個實驗可以提供一個精確的時空坐標，同時又能提供對此過程中能量和動量交換平衡的詳細說明。然而 Bohr 很決的指出漏洞，愛因斯坦實驗漏掉了在測量時儀器對電子的干擾，即電子與狹縫邊緣的相互作用；此於分析理想實驗是十分重要的。

### 2. 雙狹縫繞射實驗

愛因斯坦見單狹縫難不倒 Bohr，又想出了新的實驗。他承認用確定位置坐標的同一系統來精確測量動量是不可能的。他設計了一個電子通過雙狹縫干涉的實驗，一個測位置，一個測動量，當雙狹縫開啓時，從屏幕出現的亮點可以知道電子垂直方向的動量，分別關上其中一個狹縫，就可獲知電子的確實位置。然而 Bohr 發現，如果關上其中任何一個狹縫，實驗的狀態就受影響而完全改變了。因此，這個本來是愛因斯坦用來反駁量子力學的理想實驗，經由 Bohr 的解釋在今日反成了說明測不準關係和互補原理的標準範例。但愛因斯坦並未服

輸，他堅持：「上帝絕不擲骰子。」

### 3. 愛因斯坦光盒實驗

三年後，第六屆的 Solvay Congress 會議中愛因斯坦再度反駁。他在黑板上畫了一個盒子，盒上有一個小孔，可由快門來啓閉，快門則由盒中的時鐘機械控制，小盒的重量是可以測量的，盒中裝有一些輻射物質，吾人可以調節快門使得剛好放出一個粒子之後就關閉。透過時鐘，可以精確的量出粒子放出的時間。另外，測量粒子放出後盒子的重量，吾人也可得知粒子的質量。經由  $E=mc^2$  的關係式，能量也可以準確地計算出來。於是違反了  $\Delta E \Delta t \geq \hbar/(2\pi)$  的測不準關係。這就是著名的愛因斯坦光盒 (Einstein's box) 實驗。由於實驗根本不涉及觀測儀器的問題，根本沒有外來粒子會改變粒子的運動，所以測不準關係破滅了，因果律和準確性都恢復了。

但 Bohr 找出了反駁的辦法。第二天，Bohr 也在黑板上畫了一個草圖，但和愛因斯坦不同的是，他給出量稱小盒重量的方法。他用彈簧把小盒吊起來，盒上有一指針，可以沿固定在支架上的標尺移動，這樣就可以讀出小盒在粒子跑出前後的重量了。Bohr 請大家回憶愛因斯坦的廣義相對論中的等效原理。當時鐘在重力場中發生位移時，它的快慢會發生變化。當粒子跑出盒子而導致盒子重量變化時，盒子將在重力場中移動一段距離，這樣子讀出的時間也會有所改變，因而導出測不準關係。這是廣義相對論中著名的紅位移公式：

$$\Delta T = T\Delta\Phi/c^2$$

此公式表示一個在重力場中的時鐘，在移過一個位勢差  $\Delta\Phi$  時在時間  $T$  內時鐘快慢的改變。Bohr 隨即用紅位移公式導出了測不準關係。

Bohr 用愛因斯坦的相對論駁倒了愛因斯坦，取得了第二回合的勝利。Bohr 的勝利獲得了大多數物理學家的贊同。Copenhagen 派的解釋也被奉為是量子力學的正統解釋。

愛因斯坦失敗了，但是並沒有被說服。相反的，由於愛因斯坦堅持他的信念，而把論戰提升到更高的物理與哲學上之論辯。

### 4. Einstein-Podolsky-Rosen 反論 (EPR paradox)

1935 年 5 月，愛因斯坦和他的兩位同事 Podolsky B 和 Rosen N 在 Physical Review 上共同發表了一篇「量子力學對物理真相的描述真的是完備嗎？」(Can quantum-mechanical description of physical reality be considered Complete?) 論文，三個人皆曰「No！」

在這篇著名的文章中，作者首先闡述了他們對物理理論的看法：一個嚴謹的物理理論應該要區別「客觀實體」以及這個理論運作的觀點。客觀實體應獨立於理論而存在。在判斷一個理論是否成功時，吾人會自問兩個問題：

- (1) 這個理論是否正確？
- (2) 理論的描述是否完備？

只有當這兩個問題的答案是肯定時，這樣的理論才是令人滿意的。理論的正確性當由實驗來決定。而關於量子力學的描述是否完備則是該文章探討的主題。

縱觀愛因斯坦的論證，可以發現他們的推論中隱含了兩項假設：

- (1) 物理是獨立於觀測者而客觀地存在的。
- (2) 兩粒子間傳遞訊息的速度不能超過光速，不存在超距作用。這項假設後來被稱為愛因斯坦定域性原理 (locality principle)。

### 5. Bohr 的反擊

同年十月，Bohr 也在 Physical Review 上發表了一篇同名的論文，反駁愛因斯坦等人的觀點。Bohr 首先批評了 EPR 對物理實體的判別準則。Bohr 以為一個物理量只有在當它被測量之後才是實在的。在 EPR 的理想實驗中，雖然吾人對粒子的測量的確會得到預期的結果，然而只有在吾人安排此一實驗測量之後，該物理量（位置或動量）才是實在的。所以 EPR 的判別準則是有問題的。

其次 Bohr 分析了 EPR 的理想實驗，認為兩個粒子在分開之後，仍然存在著某種關聯性。因此在對粒子 1 做測量時，仍應視為對整個系統的擾動。換言之，Bohr 並不贊同愛因斯坦的定域性原理，Bohr 認為，量子力學是完備的；尤其是 Bohr 以為一個物理量只有在當它被測量了以後才是實在的。

## 6. Bohm 的理想實驗

1951年，Princeton 大學教授 David Bohm 提出了一個新的版本的 EPR 反論。Bohm 的方案是考慮一對處在單態 (singlet state) 的自旋  $1/2$  粒子。意即，粒子的自旋態為： $|\text{spin singlet}\rangle = (|z+\rangle|z-\rangle - |z-\rangle|z+\rangle)$ ；兩個粒子互相分開，並分別進入一偵測器 A 及 B。偵測器 A, B 是一 Stern-Gerlach 裝置，可以安排成測量粒子任一方向自旋角動量的分量。現在假設 A 被安排成測量粒子 1 的 z 軸自旋分量  $S_z$ , B 也被安排成測量粒子 2 的 z 軸自旋分量。由於粒子對處於 singlet state，吾人不知實驗結果為何，只知道獲得正負  $\hbar/2$  的機率都是百分之五十。若是 A 測量的結果是  $+\hbar/2$ ，那麼吾人可以確定 B 的結果必是  $-\hbar/2$ 。

同樣地，如果吾人量測粒子 1 自旋的 x 軸分量，得到的結果為正，那麼量測粒子 2 自旋的 x 軸分量結果必為負。（因為 singlet state 的自旋總角動量為零，因此兩個粒子在任一方向的自旋分量必相反。）

現假設，讓 A 量測粒子 1 的  $S_x$ ，而 B 量測粒子 2 的  $S_z$ ，那麼即使我們得到 A 的結果為正，我們仍不知道 B 的結果為何。因為雖然我們知道粒子 2 的  $S_x$ ，它的  $S_z$  仍然完全未定。我們得到的結果仍是正負各百分之五十。

根據以上討論，將有如下結果：

- (1) 如果 A 和 B 同時量測  $S_z$ ，那麼兩者的測量結果有百分之百的相關程度（即符號完全相反）。
- (2) 如果 A 量  $S_x$  而 B 量  $S_z$ ，那麼兩者的結果將沒有任何相關。

看來，在 B 處測量的結果將和 A 處做何種量測有關。但是原則上 A, B 可以相距幾公尺，幾公里，甚至幾光年！在 B 處的粒子 2 如何能「知道」我們將在 A 處做什麼測量，進而「決定」它的行動呢？（若測同一軸就跳到和 A 相反的方向，若測相互垂直的方向就可以隨機？）

所以，在認為沒有超距作用，即在 A 處的量測不可能影響在遠方的粒子 2 的情形之下，吾人只好認為，兩個粒子在出發之時，就已經「想」好了要「告訴」偵測器何種結果。而且，兩個粒子的「想法」是剛好相反的。

因此，兩個不可對易的算符  $S_x$  和  $S_z$  將同時地具有「物理實體」(physical reality)。或者，吾人可以將粒子的「思想」稱為是「密碼」或「指令集」。粒子也許並非想像中的無知，到了偵測器前面，才臨時地「擲骰子」決定自己命運。冥冥之中正有一股力量在操縱一切：一種隱藏的，未知的參數控制了粒子的行為。這種「隱藏」的性質決定了吾人觀察的結果 (spin up, spin hidden-variable down)。吾人所見到的機率現象，只是統計的，平均的結果。這種觀點稱為「隱變量理論」(hidden-variable theory) 或是量子力學的「隱變量解釋」。

粒子的密碼或指令集就是 EPR 所謂的「物理實體」，然而這些實體是分別屬於兩個不對易算符  $S_x$  和  $S_z$  的。量子力學對自旋的描述（二維的 Hilbert 空間）顯然不能（同時）包含這些實體，它們在理論中沒有對應物。因此，不能認為量子力學的描述是完備的。

吾人可以根據愛因斯坦和 Bohm 的理想實驗，將 EPR 的推論過程總結如下：愛因斯坦定域性原則，無超距作用。

⇒ 兩個不可對易的物理量（如  $p$  及  $x$ ,  $S_x$  及  $S_z$  等）將同時具有確定的值；

⇒ 這些值並未包含在波函數(或自旋態等)的描述中；

⇒ 量子力學的描述是不完備的。

可以看出爭論的焦點在於定域性原則上。只要承認這個原則，似乎不可避免會得到 EPR 的結論。

## 7. Bell 定理

1964年 Bell JS 在 Physics I 上發表了一篇論文，指出任何企圖保持愛因斯坦相對論定域性原則的隱變量理論都將不能和量子力學相容，此即著名的 Bell 定理。Bell 利用 Bohm 的單態粒子對實驗推導了一個不等式  $|E(a,b) - E(a,c)| \leq 1 + E(c,b)$ ，說明了定域性隱變量理論的相關性 (correlation) 和量子力學是不同的。

Clauser JF 及 Horne MA 等於 1969 年改進並推廣了 Bell 不等式。他們的方案是利用光子對的偏振 (polarization) 相關性。Clauser 等並提出了可行的實驗，檢驗 Bell 不等式。其它如 Wigner EP, Shimony A, Stapp HP 等人也都

相繼提出了類似的不等式。

Bell 定理可說是基於定域原理而得出的一個數學推論結果。如果數學推論部份是屬正確，則 Bell 定理的不合實驗可以論斷為：「定域原理不真實」。由於 Bell 不等式完全基於愛因斯坦的定域性原理，因此 Bell 定理提供了檢驗定域性原理的一項利器。如果實驗結果證實 Bell 不等式是對的，那麼就違反了量子力學的預測；相反的，如果實驗結果違背了 Bell 不等式，也就同時否定了 Bell 不等式的前提－愛因斯坦的定域性原理。這場論戰終於又從哲學回到了物理，等待實驗來判定勝敗。

## 8. 實驗結果

70 年代起，有一連串的實驗開始檢驗 Bell 不等式，其中包括了級聯光子對 (cascade-photon) 相關實驗，正負電子對湮滅 (positronium annihilation) 的高能相關  $\gamma$  光子實驗，以及質子對散射 (proton-proton scattering) 實驗等，大部分的實驗都顯示了違背 Bell 不等式的結果！

利用正負電子對湮滅的實驗，有吳健雄，Kasday LR、Ullman JD (1970-1975)、Faraci G (1974)、Wilson AR (1976)、Bruno M (1977) 等等。除了 Faraci 的實驗之外，其餘都得出了違反 Bell 不等式，而與量子力學的預測相符的結果。Faraci 的實驗則背離量子力學的預測，而比較接近了 Bell 不等式的極限。

利用單態質子對的實驗有一個，是 Laméhi-Rachti M 及 Mittig W (1976)，他們的實驗也顯示出違背 Bell 不等式，而符合量子力學預測的結果。

利用級聯光子對的實驗比較多，主要有 Clauser JF 和 Freedman SJ (1972)、Holt RA 及 Pipkin FM (1973)、Clauser (1976)、Fry ES 和 Thompson RC (1976)、Aspect A、Grangier P、Roger G (1982) 等等。其中 Holt 和 Pipkin 的實驗結果違背了量子力學，而符合 Bell 不等式，其餘的皆支持量子力學的預測。其中較值得注意的是 Aspect 在 1982 年的實驗，他的實驗顯示了超距作用是可能存在的。

至少，到目前為止，實驗結果是支持量子力學，較否定 Bell 不等式以及它的前提－愛

因斯坦定域性假設。欲瞭解這些實驗與論辯可參閱下列文獻：

1. Einstein A, Podolsky B, Rosen N. *Phys Rev* 1935;47:777-780
2. Bohr N. *Phys Rev* 1935;48:696
3. Rozental S. *Niels Bohr: His Life and Work as Seen by His Friends and Colleagues*. Amsterdam: North-Holland Pub. Co., 1985
4. Bell JS. On the Einstein Podolsky Rosen paradox. *Physics* 1964;1:195-200
5. Wu CS, Kasday LR, Ullman JD. *Bull Am Phys Soc* 1970;15:586
6. Faraci G, Gutkowski S, Notarrigo S, Pennisi AR. *Lett Nuovo Cim* 1974;9:607-611
7. Wilson AR, Lowe J, Butt DK. *J Phys G: Nucl Phys* 1976;2:613-624
8. Bruno M, d'Agostino M, Maroni C. *Nuovo Cim* 1977;40:142-154
9. Laméhi-Rachti M, Mittig W. *Phys Rev Lett* 1976;14:2453-2554
10. Freedman SJ, Clauser JF. *Phys Rev Lett* 1972;28:938-941
11. Holt RA, Pipkin FM. *Preprint Harvard University* 1973
12. Clauser JF. *Phys Rev Lett* 1976;36:1223-1226
13. Fry ES, Thompson RC. *Phys Rev Lett* 1976;37:465-468
14. Clauser JF, Shimony A. Bell's theorem: experimental tests and implications, *Report Progr Phys* 1978;41:1881-1927
15. Zukav G. *The Dancing Wu Li Masters: An Overview of the New Physics*. New York: William Morrow and Company, 1979
16. Aspect A, Grangier P, Roger G. *Phys Rev Lett* 1982;49:1804-1807
17. Mermin ND. *Phys Today* 1985;38:38-47
18. Cohen DW. *An Introduction to Hilbert Space and Quantum Logic*. New York: Springer-Verlag, 1989;94-104
19. Rae AIM. *Quantum Physics: Illusion or Reality*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991

## **Viewing the theoretics among Newtonian mechanics, relativity and quantum theory from Buddhism**

Chung-Chieh Yang

Chung-Shan Institute of Science and Technology, Lung-Tan, Taiwan

The three most significant theories in physics are Newtonian mechanics, relativity and quantum theory. However they have different standpoints on the "objective reality" of truth. Einstein, the founder of relativity, and his sectarians assert that there is an objective reality existing beyond us while the other scientists of quantum theory claim with opposite sight rather than accepting the "objective reality". The two parties argued and experimented on this subject for almost one century. The Buddhism is a kind of research in knowing the truth of the world. If we could examine their paradoxes from point of Buddhism, we might learn the strata of what the standpoints of these theories would be in facing the "reality".

**Keywords: Buddhism; physics; reality; mind and things in general; the logic of learning, inferring and pratyaksa; a middle way of paradox**