

---

# 物理學與道

文 / 蔡宗儒 教授

物理學的起源可追溯至西元前六世紀希臘，在當時是科學、哲學與宗教不分的時代。物理學的英文是 Physics，是由希臘字 Physis 衍伸來的。Physis 這辭相當於英文的 Nature，意指自然界、宇宙萬事萬物的本質或是基本要素。把探索宇宙萬事萬物的本質或是基本要素所得到的知識統稱為 Physics，物理學。在東方儒釋道三家研究宇宙萬事萬物的本質或是基本要素所使用的辭彙是所謂的自性、法性或是道。

西元十五世紀伽利略強調實驗，一切講求經驗，然後將實驗所得的知識用數學表達，發展出以實驗為基礎和以數學為表達的物理學，因此將伽利略尊稱為現代科學之父。

到西元十七世紀，西方笛卡兒哲學把自然界區分成精神與物質互相獨立的兩世界，有生命的是屬於精神，而物質是沒有生命的，是可以和人完全隔離的，所以物質世界是完全客觀的。這樣的二元對立的笛卡兒分割，深深影響

整個西方的思潮。

牛頓也受笛卡兒哲學的影響，在牛頓力學理論裡有四個要點，第一是絕對空間；第二是絕對時間；第三是將物質視為具有不變質量的質點；第四是任兩質點存在超距作用的萬有引力。宇宙萬物是存在於絕對空間，所謂絕對空間是指空間始終是靜止的，不變的，和宇宙萬物存在與否無關。宇宙萬物的變化則是透過時間來定序，且時間是絕對的。絕對時間是指宇宙各處的時間都是一樣的，在這條件下，事件發生的先後次序是不變的。物質視為具有不變質量的質點，這個質點是一個緻密的真實存在，有固定的運動軌跡、速度和加速度。質點與質點間有所謂的萬有引力相互作用。牛頓把這四個要點建立起來，進而發展出牛頓運動定律。宇宙萬物的運動是遵守牛頓運動定律，而牛頓運動定律是歸屬上帝的傑作。宇宙就好像機器一樣永久運轉著，不論是否有觀察者存在，它始終遵循運動定律運轉，這就稱作機械論的世界觀。

機械論的世界觀具有三個特點：第一個特點是時間、空間與物質彼此都是獨立，互不影響的；第二個特點是嚴格的

決定論，決定論的因果性是由運動方程式決定。給定起始條件，就可推算物體隨時間的運動狀態；第三個特點是絕對的客觀，機械論的世界因前兩點被客觀的描述，可不提及觀察者。機械論的世界不受觀察者的影響，它是絕對的客觀，觀察者和世界是可以分割，宇宙跟我們是可以切開的。

在二十世紀愛因斯坦的狹義相對論有兩個基本假設：第一個假設是在所有慣性系統光速不變原理；第二個假設是在所有慣性系統，物理定律具有相同的形式。經由這兩個基本假設的推演，得出三個重要的結果：首先時間與空間彼此不再是獨立無關，時間與空間必須要統一為時空，是不可分的。其次時空也不再是絕對的，不同慣性系統的時空彼此是不同的。最後質量是能量的一種形式，質量與能量是可以互相轉換。換言之，緻密實在的物質和無形的能量是等價的。

愛因斯坦在他的廣義相對論討論了萬有引力的問題，他提出物質會造成時空的彎曲。物質的質量越大，在此物質周遭的時空彎曲的更嚴重。因為時空彎曲是物質造成的結果，所以物質影響著時空，同樣的時空也反過來影響著物質運動，它們彼此交互影響。所以時空和物質要統整一起討論，離開物質來討論時空和離開時空來談物質

都是沒有意義的。至此整個物理學觀念，從絕對時間、絕對空間、物質不滅、緻密實在的物質、絕對的客觀、決定論演變成時空是相對的，時空與物質要統整一起討論，物質是能量的一種形式且質能不滅，宇宙是客觀的，物質的運動還是決定論。也就是說物理學家認為宇宙是與觀察者分離，是外在、客觀的，只要準確知道物質起始運動狀態，必然能明確的預測物質未來的運動軌跡以及其運動狀態。不論物質是大還是小，只要有適當的測量技術，都能準確的描述物質的運動特性。

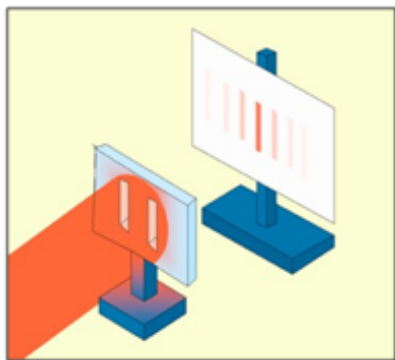
二十世紀另一個對物理學起革命性影響的量子理論告訴我們微小粒子（例如電子、光子等）是具有波和粒子的二元特性。量子理論說把微小粒子看成一個質點，且能準確描述粒子的運動特性（如位置、速度、能量等）是做不到的。微小粒子是用抽象的波函數來計算它的運動特性。波函數的絕對值的平方代表機率，所以微小粒子的運動特性只能以機率來描述。譬如要知道微小粒子所在的位置，量子理論只能說它在這裡被發現的機率是多少。微小粒子的運動狀態何時會改變以及改變後的狀態，都只能以機率來描述。我們無法同時知道微小粒子的位置與其速度。微小

粒子不再視為一個孤立的質點，而是受機率的圖像（機率波）分布在空間。機率波是由波函數計算而得到，是和周遭環境息息相關的。

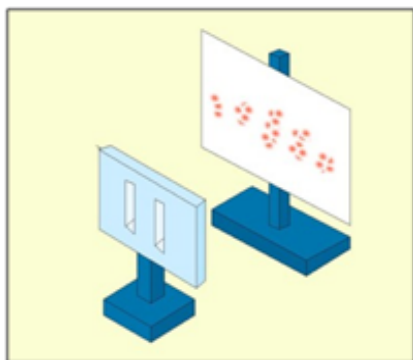
當微小粒子化成機率波圖像，我們無法確定粒子一定在某個位置，也無法確定它一定不在某個位置，只知道它在空間裡面。微小粒子展示一種無所在無所不在的奇妙特性，它無所在指它沒有確定位置，無所不在指機率波是遍布整個空間。量子理論對微小粒子的觀點也和佛法《金剛經》的一句話「我說微塵，即非微塵，是名微塵。」相通。我說微塵，微塵就是微小粒子。即非微塵，微小粒子是以機率波的方式遍布在空間，具有一種無所在無所不在的奇妙特性。是名微塵是指這就是微小粒子的真實情況。量子理論推翻了質點具有明確的位置和運動特性，也推翻了決定論，實驗結果是以機率來展現。微小粒子的機率波分布是受到周遭環境來決定的，也就是說微小粒子的行為完全是與周遭環境緊密不可分的。

我們來討論光的特性，要討論光的特性必須要提到一個非常有趣且重要的實驗，光的雙狹縫實驗，如圖一所示。當一束光穿透過雙狹縫，在雙狹縫後方的布幕上會觀

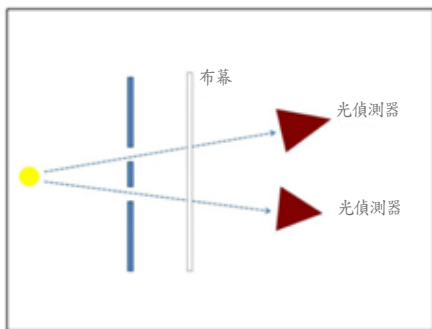
察到亮暗亮暗的條紋，這稱為干涉條紋。這樣的實驗結果與兩個水波彼此互相干涉所造成的干涉條紋相同，實驗結果證實光是一種波動。當把入射光的強度一直衰減，衰減到一次只有一個光子穿透雙狹縫，所以光子可選擇走左邊的狹縫，不然就只能走右邊狹縫，原本預期這樣的實驗不會觀察到干涉條紋，但令人驚訝的是將光子落在布幕位置做統計的結果依然呈現干涉條紋的分布，如圖二所示。非常有趣的是當測量的方式由布幕改成兩個光偵測器，如圖三所示。兩個光偵測器放置的位置恰好是對著兩個狹縫，如此一來只要光從左邊狹縫過來，就會被左邊的光偵測器測量到訊號，同樣的光走右邊狹縫也是會被右邊的光偵測器測到。當測量方式改成光偵測器測量，如果光是波動且有干涉現象，光的能量就會依照干涉條紋分布在空間而不會侷限在某個位置，所以用光偵測器測量光的能量應該只能測量到部份的光，沒有辦法把光全部測量到。非常奇妙的是當用偵測器測量的時候，可以把全部光的能量都測量出來，這個時候似乎波動特性消失了，光的能量是集中且局限在固定的位置，展現出粒子特性。所以用布幕的方式測量顯現干涉條紋，光呈現波動特性。換以光偵測器方式量測時，光則呈現粒子特性。



圖一. 光的雙狹縫實驗示意圖 (擷取自 <http://laser.physics.sunysb.edu/~amarch/eraser/>)



圖二. 單光子的雙狹縫實驗示意圖 (擷取自 <http://laser.physics.sunysb.edu/~amarch/eraser/>)



圖三. 光的雙狹縫實驗以光偵測器測量示意圖

在二〇一一年 Ionicioiu 和 Terno 在物理評論期刊首度提出以量子元件來控制布幕與光偵測器之間切換的理論架構，並認為在量子控制的架構下能進一步的檢驗光的波動與粒子二元特性和觀察單一光子的粒子性與波動性的變換 [1]。在二〇一二年 Tang 等研究團隊首度實現量子控制的相關實驗 [2]。他們觀察到單一光子除了有粒子性和波動性外，更展現粒子和波動的疊加特性，而粒子與波動的疊加特性可以是無量的。實驗結果顯示光子呈現無量的特性，它可以是完全的粒子性，可以是完全波動性，可以是粒子少一點波動多一點的疊加特性，也可以是粒子多一點和波動少一點的疊加特性，它的變化是無量的。

光子的性質到底是什麼呢？它時而展現粒子，時而展現波動，時而展現粒子和波動疊加的特性，而且是無量的特性。這些無量的特性是由同一光子所展現，所以對光子而言，它展現「一為無量，無量為一」的特點。其次粒子性，波動性和無量的粒子和波動的疊加性，這些所有的特性都是平等，無有高下之分，都是同一光子展現出來的。最後光子展現了「無分別中有分別，有分別中無分別」的特點，同一光子因測量方式的改變，顯現出無量的特性，這就是無分別中有分別。而無量的特



性卻都是同一光子所顯現，這就是有分別中無分別。

光子所展現的性質，如粒子、波、無量的粒子和波的疊加等，都是光子和周遭實驗量測系統之間相互作用的呈現。實驗量測系統的設計安排以及對種種性質下定義都是觀察者來決定。所以光子的性質是由觀察者與光子之間的交互作用來理解。這觀察者決定實驗測量系統的設計與安排和下種種定義。我們得到很重要的結果，那就是把光子視為外在、獨立於觀察者，而且能對光的性質做客觀描述是錯誤的。觀察者決定測量實驗系統，而這測量實驗系統就已經決定待測對象所能展現的特性，當測量實驗系統改變，待測對象的性質也將隨之改變。觀察者在佛法稱為「能」是實際的參與者，他確切影響著被觀察對象所顯現的性質，被觀察對象在佛法稱為「所」。有怎麼樣的「能」就對應到怎麼樣的「所」，所以「能」與「所」是不可分的。上面所談的「能」與「所」是不可分，不僅僅是在語言邏輯層次，更是在實際的「能」與「所」關連作用就是如此。如此說來認為宇宙萬物是絕對的客觀是錯誤的。佛法的「萬法唯識」就是指我們對宇宙萬物的理解都是經由我們去測量和下定義後的結果。

再次細究光子的特性，光子的特性用佛法的語言就是光子的自性。光子的特性是經由觀察者與光子之間的交互作用來顯現。光子可以顯現波動，或是粒子，或是無量無數的波和粒子疊加態的特性。無量的特性都是去觀察的結果，當實驗條件是測量粒子特性，光子就呈現粒子性；當實驗條件是測量波動性，光子就呈現波動性；又當實驗條件是測量粒子和波動疊加態的特性，光子就呈現粒子和波動疊加的特性。光子並沒有堅持那個特性，光子好像空空的，像鏡子一樣。當照鏡子時，你拿甚麼來照，鏡子就顯現甚麼給你。同樣的鏡子本身並沒有堅持個什麼影像，也就是說沒有那個影像能占據在鏡子裡面，也沒有那個影像能代表鏡子，鏡子好像是一種空的狀態，但又不是沒有，它又能顯現萬象。光子的這種奇妙的特性，好像空空的但測量又呈現無量的特性，用佛法的語言稱「空性」，或是「自性空」。光子經測量所展現的無量特性，這些無量特性用佛法的語言就是光子無量的「相」。不論是粒子性、或是波動性、或是粒子和波動疊加性，都不能獨自的代表光子（不即），但這些特性又都是光子所顯（不離）。光子所呈現的無量特性（相），彼此是平等，光子並沒有特別堅持某個特性

(相)，所以說光子是「空相」。

當我們說光子是波動性，是粒子性，或是波和粒子疊加的特性，對光子而言，它並沒有生個什麼，也沒有滅個什麼。當它從波動性變成粒子性的時候，並不是波動性減掉，生出粒子性。對光子而言它還是光子，它沒有增加個什麼，也沒有減少個什麼。所以佛法《心經》提到「不生不滅，不垢不淨，不增不減。」所以光子的「空性」不是有，也不是沒有，是說好像空的樣子，又能和量測系統起作用，展現無量的特性。「空性」就是不可說，因為能顯現無量特性所以沒有辦法說。所以《金剛經》的「我說微塵，即非微塵，是名微塵」，更深理解就是不可說。認為光子本自具有獨立客觀的特性是錯誤的，因為它的特性都是與觀察者交互作用得到，所以光子的無量特性都是「無我」。

我們所理解的宇宙萬象一切都不是客觀，觀察者是實際參與在其中。佛法唯識學的「徧計所執」，可以說是測量，做無盡徧及一切的測量。對宇宙萬物的觀察，不論是使用感官或是實驗儀器等就是在做測量。唯識學的「依他起」，就是說宇宙萬象的種種特性是經由觀察者和宇宙萬象之間相互

作用來決定，所顯現的種種特性都不是宇宙萬象獨立客觀本自具備的。唯識學的「圓成實」，就是對宇宙萬象做測量所呈現無量的特性，是不即不離宇宙萬象，測得的特性雖然千差萬別，但對宇宙萬象是不生不滅，不垢不淨，不增不減，所以形容宇宙萬象是「空性」或是「空相」，是不可說。「萬法唯識」就是指我們對宇宙萬物的理解都是經由我們去測量和下定義的結果。所以宇宙萬象（客）與觀察者（主）是不能分的，顯示了我們所理解，認識的宇宙萬象是和我們一體不可分的，所以佛法說是「一合相」。



圖四．太極圖

中國的《易經》說：「一陰一陽之謂道」。陰是指山的背陽面，是陽光照不到的地方。陽就是山的向陽面。陰與陽彼此對立又統整在一起稱之為道。圖四是太極圖，白色部分為陽，黑色部分為陰。道在太極圖就是涵蓋整個圓，統整陰陽又超越陰陽。中國道的思想認為宇宙萬象是道的展現，所以道無

所在無所不在。道是超越語言文字和概念，所以道是不可說的。道學與物理學所得以及佛法講的完全是相通的。太極圖黑色區域可以視為觀察者而白色區域就是觀察對象，觀察對象和觀察者是統整在一起，是一體的，表示觀察者做怎麼樣的觀察就決定觀察對象的顯現。因為沒有絕對的客觀，觀察對象的特性是觀察對象與觀察者交互作用得到，所以太極圖白色區域的核心有一個黑點，這個黑點表示所理解的白色區域也是根基於觀察者（黑色）。反過來說，太極圖黑色區域（觀察者）的核心有一個白點，代表觀察者也是根基於觀察對象，就是能做種種觀察與下定義。所以一切好似對立卻又統一，主客能所不可分，主（能）與客（所）終究是不可說。

#### 參考文獻：

[1] Radu Ionicioiu and Daniel R. Terno, "Proposal for a Quantum Delayed-Choice Experiment", *Physical Review Letters* 107,230406 (2011).

[2] Jian-Shun Tang, Yu-Long Li, Xiao-Ye Xu, Guo-Yong Xiang, Chuan-Feng Li and Guang-Can Guo, "Realization of quantum Wheeler's delayed-choice experiment", *Nature Photonics* 6, 600-604 (2012).

## 尚德讀後：

道通為一，道在物理中，物在道中，「天命」即道，即「自性」也。

易經「一陰一陽、絜靜精微」，

孔子「一以貫之」，

老子「和光同塵」，

中庸「無聲無臭」，

孟子「正氣浩然」，

莊子「天地萬化」，

六祖惠能「自性一如」，

……。

中國人文精華全在道中，  
是永垂不朽、生生不息的「道學」。

二〇一七年九月十九日

於湘潭道南書院