

「科學與佛教人文對話」論壇 ——當代科學家與佛法超越時空的相互感通

系列 1: 量子糾纏、貝爾不等式與龍樹《中論·因緣品》

這是佛法 VS. 科學——一場跨時空的智慧對談！

一位藏傳佛教法師與三位來自量子物理學、心理學、現代天文學領域的頂尖科學家，帶你解鎖宇宙、生命與自我的祕密。現場同時透過慧炬機構影音頻道 Youtube 直播，讓全球無法親臨現場的大眾，也能全程觀看。

本刊特為這場論壇作特別報導，分系列呈現以饗讀者。佛法智慧與科學理性的深度交流，將為你打開嶄新的思惟視角，顛覆過往的認知。



主持人 |

越建東 教授

現職：國立中山大學哲學研究所所長

學歷：英國布里斯托大學神學與宗教研究所佛學研究博士

專業：印度佛教（梵語、巴利語）、禪修學



與談人 |

陳岳男 教授

現職：國立成功大學物理系特聘教授、前沿量子科技中心主任

學歷：國立交通大學物理學博士

專業：理論量子光學、量子傳輸、開放量子系統、
量子資訊及量子生物學

榮譽：國科會 102 年度吳大猷先生紀念獎、109 年度傑出研究獎、
參與 2018 年 11 月及 2023 年 9 月「達賴喇嘛尊者華人量子科學家對談」，代表台灣學者，分享量子物理學

越建東教授：

各位法師、貴賓、大德大家好，歡迎大家參加今日的盛會，今天的主題到底是講什麼呢？待會我一一介紹與談人出場，大家聽完與談人的引言後，就能明瞭，不必我多言。

陳岳男教授：

今天非常榮幸在這裡跟大家分享個人的心得——「量子糾纏、貝爾不等式與龍樹《中論·因緣品》」的關係。

首先，請教大家一個問題：「月亮在那邊嗎？」

大家會說這是什麼蠢問題？月亮當然在那邊、且在那邊繞著地球轉了幾十億年那麼久。

但是這個問題對量子物理學家來說，可能沒有那麼簡單。這張圖是2010年在頂尖期刊《自然—物理學》(Nature Physics)中所發表的(圖1)。科學家想探測「有」和「沒有」這件事，發現到：「我看月亮的時候，月亮就在那邊；我沒

看月亮的時候，它就不在那邊」。

所以這麼奇怪的量子觀點，必須從「波動」、「粒子」來作說明。在微觀的世界裡，微小的粒子具有雙重的「波動性」和「粒子性」，也就是「波粒二元性」(Particle-Wave Duality)。舉一個最簡單的「量子穿隧效應」(圖2)來說，想像這中間是一道牆，紅色是一個微小的電子或原子。當它從左邊入射時，如果

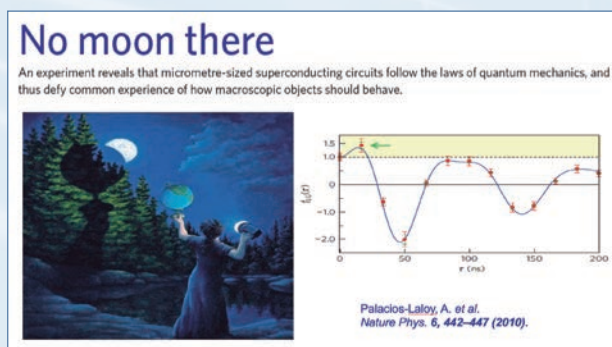


圖1：月亮不在那邊

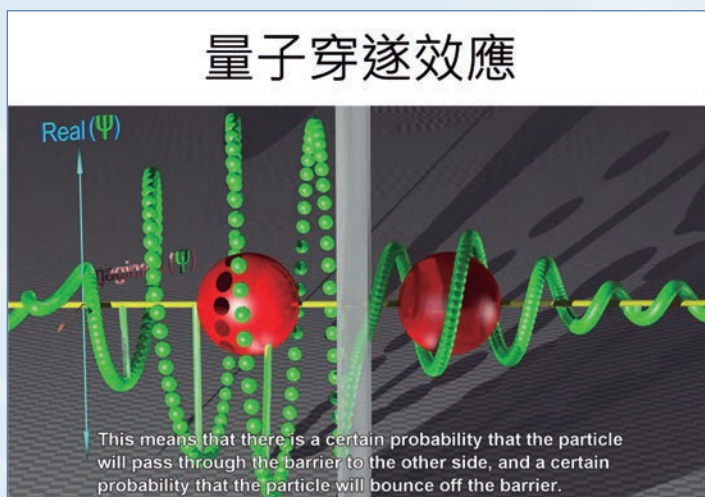


圖2：量子穿隧效應

電子能量是在一個特定的能量，就有可能穿過這道牆而到右邊，這是一種波的性質。

科學家進一步討論：「微小的粒子有波的性質，如果尺寸大一點的話，是否也一樣具有波的性質？」這是一個由 60 個碳組成的一個分子（圖 3），顯然比電子大很多。

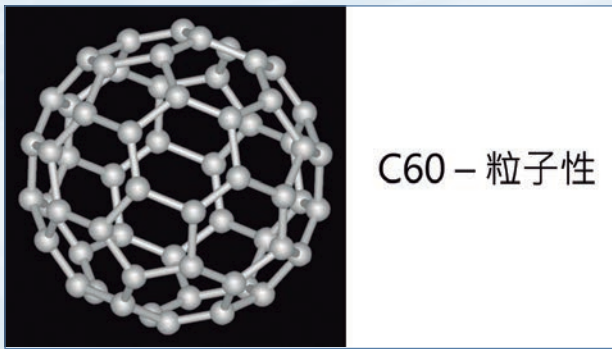


圖3：碳60 (C60) 分子

科學家讓這個碳 60 (C60) 分子，通過「雙狹縫干涉實驗」（圖 4）。科學家每次製備一顆碳 60 分子，從左邊入射，中間這裡有 2 個狹縫。你們會想，入射進來，要不就是走上方的狹縫，要不就是走下面的狹縫。分子到右邊時，碰到這個屏幕，科學家就做一個紀錄，代表碰到屏幕上某個

點。第二個分子準備好，這樣過來，它可能走下面這個狹縫，碰到中間，就在這裡做個紀錄。這樣子持續做下去，假設做了一百萬次的實驗，就可以在右邊的屏幕上得知，到底哪個地方多、哪個地方少，接著，將紀錄用線連起來，就會發現有的地方多、有的地方少。這些高低或亮暗的紀錄，是完全符合我們讀高中時，所學的雙狹縫干涉的實驗結果——碳 60 分子一樣具有波的性質。

故事還沒結束，科學家想知道的是，每次碳 60 通過這 2 個狹縫時，到底是走上面、還是下面的狹縫？因此在狹縫後面裝了 2 台攝影機偷看著它；只有看它，並沒有碰到它。然後，重做這一百萬次的實

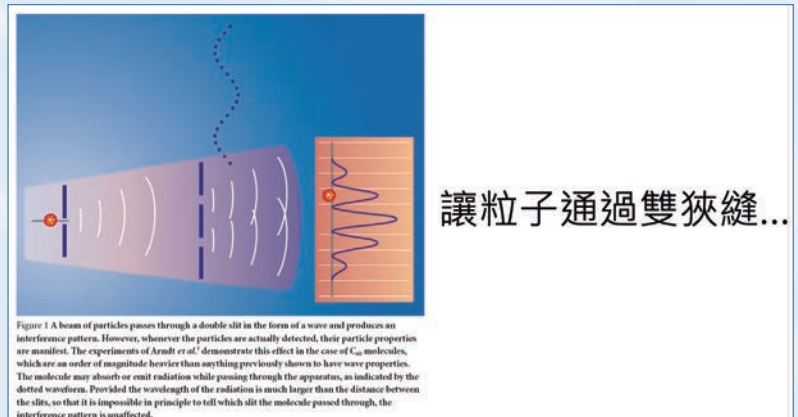


圖4：雙狹縫干涉實驗



驗，結果發現這些高低或亮暗的干涉條紋全部不見了。為什麼會這麼奇怪？只有看它，並沒有碰到它。科學家拿掉攝影機，再重做一百萬次實驗，奇怪，干涉條紋又回來了。

科學家由此得出驚人的結果：「如果沒有看它的時候，碳 60 是『同時』通過兩個狹縫的。一個粒子，即存在波的特性。波的性質是『機率波』」，這是很神奇的！

這件事讓愛因斯坦很不開心，他說怎麼會『同時』在兩個地方？他說：「我還是覺得，我沒看月亮時，月亮應該在那邊。(I like to think that the moon is there even if I am not looking at it.)」所以他的心中存有「客

觀真實」的信仰。

剛提到的那件事推到極致，就會產生這隻「薛丁格的貓」（圖 5）。這隻貓在非常特殊的狀況下，處在『同時』是死和活的狀態，是不是很奇怪？同時是死和活，這樣活的機率只有一半。愛因斯坦對機率的觀念超級不開心，他說：「上帝不擲骰子！（God does not play dice!）」然而，哥本哈根學派的精神領袖波耳則說，上帝有自己的想法：「愛因斯坦，不要指使上帝怎麼做了！（Einstein, stop telling God what to do!）」他們兩位把上帝都搬出來了。

一直到西元 1935 年，愛因斯坦與他的兩位同事，對哥本哈根學派的量子力學，提出最嚴格及精闢的挑戰。這個挑戰，從現在的眼光



圖5：薛丁格的貓

來看，叫做「量子糾纏」（如鬼魅般的超距作用）；但從歷史上來看，叫做「EPR 的悖論」。

量子糾纏是怎麼回事？簡單來講，假設有兩個粒子 A、B，讓它們糾纏在一起之後，把 A 粒子送到宇宙的左端，B 粒子送到宇宙的右端。根據哥本哈根學派量子力學的說法，在宇宙左端量測 A 粒子，發現它是向上的話，由於根據量子力學的規則，波函數會塌縮，在宇宙右端的 B 粒子，會馬上起到一個瞬間相對應的向下。這是瞬間的，很奇怪如鬼魅般的超距作用，所以不只是上帝，現在連鬼都跑出來了。

愛因斯坦說這樣不對，哥本哈根的量子學者，你們不夠厲害，認為量子力學不完備，違反了相對論，

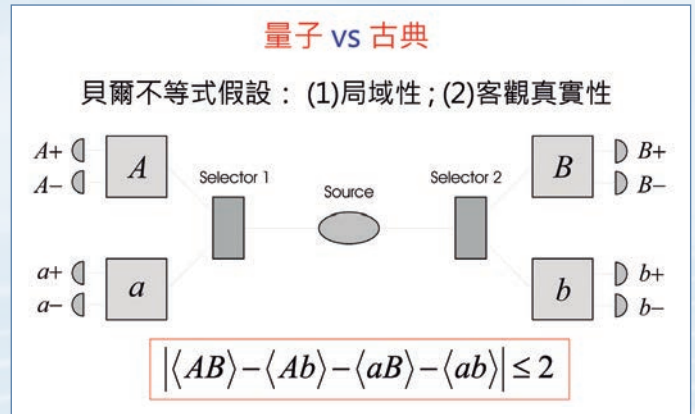


圖6：貝爾不等式假設

因為所有資訊的傳遞，是不能超過光速的。

1964 年，為了判定到底是愛因斯坦、還是波耳所說的是對的，偉大的物理學家貝爾，提出「不等式」的假設方法。他做了兩個假設——一是局域性，一是客觀真實性。（圖 6）局域性是說，這兩個粒子離那麼遠，左邊動一動，怎麼可能影響到右邊。客觀真實性則是說，不相信同時存在兩個地方，在量測之前，一就是一，零就是零。所以根據這兩個假設，經過數學的推導，宇宙左、右兩邊的量測，要滿足這個不等式，要小於等於 2。

幾十年來，科學家不斷地追尋、解決這兩方的爭論，做很多的



「糾纏光子」實驗，發現都是大於 2 的。直到 2015 年，雙方的爭論才幾乎底定——證明了愛因斯坦是錯的，事實真的是如鬼魅般的超距作用。所以，2022 年諾貝爾物理獎，頒發給美、法、奧三國的學者，表彰他們對「糾纏光子」的貢獻。

那麼，以上與佛法有什麼關係？佛法談苦，2011 年，我個人曾跟慈濟基金會到日本，進行 311 大地震的賑災發放，那個毀天滅地的景象，我永生難忘。除了世間有苦難，人的心靈也有苦難，像學校裡大學生的情緒問題很多，心裡也有苦。佛法說苦的根源，是因為我們內心上對於事實有錯誤的認知，認為有我，有客觀存在，有我的東西。談到我執，佛教是以空性（無自性）作對治。龍樹菩薩之《中論》探討空性、無自性最為著名，常用「反面」論證的方式。比如「觀因緣品第一」代表性的偈頌之一：「如諸法自性，不在於緣中；以無自性故，他性亦復無。」邏輯推演是這樣的，龍樹菩薩先假設諸法有自性，但這

會導致與觀察到的自然界因緣和合的現象相牴觸，所以沒辦法只好放棄假設，假設是錯的。因此有自性是錯的，它的相反當然就是無自性，是故龍樹菩薩常用反面的手法證成無自性。



那麼，回過頭去看貝爾的不等式，其實很像，對不對？貝爾假設物理狀態具有客觀真實性，但根據幾十年的研究發現都是違反的，所以沒辦法，只好放棄客觀真實性的假設，這個假設是錯的。所以比較《中論》和貝爾不等式，好像有某種類似的手法。

另外佛教有二諦——世俗諦和勝義諦，物理則有古典物理（客觀的機械宇宙世界）和量子物理（細微探究則是不存在客觀真實性）。

所以量子糾纏帶給我們「非局域性」的哲學意義！（圖7）Youtube中有很多講量子糾纏很神奇的影片，個人認為若要了解量子糾纏這件事，必須用貝爾不等式，以反面的方法去否定，才能真正了解它的精髓。誠如波耳所說：「日常生活中，每個我們認為是『真實』的事物，都是由『非真實』的東西所構成的！」

我曾經請教尊者達賴喇嘛，學習量子物理對內心平靜是否有幫助？尊者的回答是肯定的。尊者每天修習兩個最重要的功課——利他的菩提心和空正見。他說在修行的過程中，若覺得緣起和性空，是兩個不同的事情時，這還未達到最究竟的狀態。若發現緣起和性空，是同一件事情，在這個狀態，就可以斷除煩惱、執著。這時對世界上的表象，就會覺得沒有客觀真實的存在。因此，學習量子物理，可以幫助理解緣起和性空是同一件事（我認為這句最重要）。

圖7：量子糾纏的哲學意義

越建東教授：

非常感謝陳教授，古典物理將東西看成好像是有客觀真實性，但量子物理則看成很多是由不真實所組成的，像鬼魅般的量子糾纏作用。陳教授的物理很強，他將深奧的物理貝爾不等式和龍樹《中論·因緣品》合在一起，所以他說如同《中論》所說的世俗諦和勝義諦，從勝義諦的角度來看世俗諦，世俗諦是不真實的，若把世俗諦看成是真實的，很多是苦難的來源。

感謝陳教授所提的重點，非常感謝！。

本場論壇舉辦時間：2024年12月8日（週日）下午2至5時，地點：集思台大會議中心國際會議廳，下期《慧炬雜誌》將會圓滿本場論壇的後續報導，敬請期待

2025年
3月8日~6月28日
每週六上午9:30~12:00

*停課日期：4/5 (清明、兒童節連假)、4/19、
5/31 (端午節連假)

文字的魔法世界



第 31 期

輕鬆玩寫作

兒童作文寫作班

報名開跑囉！

*本課程為公益藝文課程，並非安親班。

招生對象▶就讀小學二至六年級學生，或同齡自學學生

指導老師▶林彥宏老師(東華大學中文系博士)

名額▶額滿為止 課程贊助費▶每期 2000元/人

地點▶慧炬機構印光祖師紀念堂

台北市大安區建國南路一段270巷10號B1

近建國花市、福容飯店、捷運淡水信義線大安森林公園站6號出口

洽詢窗口▶

(02)2707-5802分機202、213

Web▶www.towisdom.org.tw

Facebook▶www.facebook.com/towisdom

E-mail▶tow.wisdom@msa.hinet.net

主辦▶財團法人台北市
紀念余家菊先生
文教獎學基金會

報名QR碼▶

