

2022
量子科學專題競賽專刊



目錄

【競賽過程】 高中生&大專生之量子世界相聚歡	1
【專題競賽榮譽榜】	3
【賽後深度報導】	4
之壹：那些年，我的量子糾纏--互動網頁建置初體驗	4
之貳：IBM Q 與 NISQ 的邂逅	6
之參：量子醉漢行走	8
之肆：超導量子位元工作頻率	10
之伍：時空變化與粒子束縛	12
之陸：Stern-Gerlach Simulation in Python	14
【結語】	17

【競賽過程】



高中生&大專生之量子世界相聚歡

量子世界的奧妙與艱澀，令人著迷又困惑，吸引各年齡層想一窺究竟，澳洲物理學家-克里斯費利(Chris Ferrie)甚至出版了寶寶量子力學系列套書。那麼，當高中生與大專生於量子領域相聚，會擦出什麼樣的火花呢？


國立中興大學物理學系「量子科學推展平台-中區子計畫辦公室」於去年下旬策畫量子科學專題競賽活動，邀集各高中、大專院校學子以量子領域的實作及程式應用參與投稿。本次競賽於 12 月 27(?)日截止收件，經專家進行初審後，於 1 月 21 日舉辦「高中&大專生量子科學專題競賽發表暨研討會」，由參賽者進行複審的口頭發表。

本次參賽包括團隊與個人，如臺大化學系的施麗釵同學以布洛赫球面動力學(Bloch sphere dynamics)為研究方法基礎，分析 IBM Q 量子電腦，探討其於 NISQ (Noise Intermediate Scale Quantum)之應用。中興大學物理系的游雅棠同學則是以貝爾不等式為題材，嘗試建立互動式教材網頁，對於應用於物理/量子教育中的量子糾纏態，提出其見解與展望。竹科實中的戴昀婕、周廷威、段奕鳴等三位同學，則是設計製作微波吸收物質，並測量其微波特性，藉以提供量子電腦操作時的低噪音環境。彰化縣精誠高中的張仁瑀、劉子睿、徐育兆同學則以量子醉漢行走為題，研究糾纏態粒子的量子隨機行走結果。這四項作品，也獲得評審與參與活動觀眾的一致好評，分別獲得各專題組的第一名。各組參賽者除了發表研究主題外，也利用休息時間進行討論與交流。



活動中場交流：高中生與大專生的量子相聚歡

為了讓參與者更不虛此行，本活動也安排了兩場邀請講座。主題演講(keynote speech) 榮幸邀請到清大物理系的林秀豪特聘教授開講，林教授以「不失憶的記憶體」為題，分享其與材料科學團隊合作，如何透過理論與實驗探討電子自旋流，發展出新一代的 MRAM(磁阻式隨機存取記憶體)。另一場由中興物理系施明智教授開講，施教授以「量子力學之數值化」為題，引導聽眾利用套裝軟體與程式語言進行量子物理現象的數值計算，以視覺化方式理解艱深的數學式子所表達的涵義。

興大物理系「量子科學推展平台-中區子計畫辦公室」舉辦本次活動，除了提供豐碩的競賽獎金，也成功促成師生與同儕間的學術交流，誠為所有參與者的無形收穫。讀者是否好奇本競賽的相關辦法，以及本次獲選作品及得獎者呢？敬請繼續閱讀下一頁的榮譽榜！

【專題競賽榮譽榜】

參賽組別	獲獎名次	作者姓名與學校	作品題目
大專 實作組	第一名	臺灣大學 化學系 施麗釵	A Noise Characterization and Analysis Method Based on Bloch Sphere Dynamics
大專 程式應用組	第一名	中興大學 物理學系 游雅棠	貝爾不等式教材製作
	第二名	中興大學 物理學系 葉俊廷、李敏綸、 陳亭君、劉家豪	一維無限深位能阱
	第三名	中興大學 物理學系 王威堯、孫郁傑、 徐靖鈞、王哲峻、張凱甯	Stern-Gerlach Simulation in Python
高中 實作組	第一名	竹科實中 戴昀婕、周廷威、段奕鳴	超導量子位元工作頻率中微波吸收材料之研究
高中 程式應用組	第一名	精誠高中 張仁瑀、劉子睿、徐育兆	量子醉漢行走
主辦單位：國立中興大學、量子科學推展平台台中區子計畫辦公室 協辦單位：國立彰化師範大學、科技部自然科學及永續推展中心 指導單位：科技部量子科技專案計畫辦公室			



心動了嗎?~ 可關注 2022 年底活動訊息公告，趕上腳步報名!!

計畫各活動訊息公告傳送門：<https://qt.ntu.edu.tw/goa/>

【賽後深度報導】 之壹：那些年，我的量子糾纏--互動網頁建置初體驗

獲獎者：中興大學 物理系 游雅棠

參賽作品：

本作品願景在於以互動式的操作介面，讓自學者能在學習時省去繁瑣的計算過程，而能專注於物理本質。本次以“貝爾不等式”做為題材，在簡述過貝爾不等式的重要性後，讀者可在互動介面調整量子態的參數，而得到貝爾不等式並非總是成立的結果。期望未來能製作更多題材以達成量子教育的普及。

教材網頁截圖

Bell's Inequality

Bell's Inequality, 中文翻譯“貝爾不等式”。其出現的原因是當時量子力學發展時，愛因斯坦等人認為量子力學的模型不完全，機率不應該是量子力學最基本的描述，應該有一些變數能讓我們完全掌握粒子的所有行為，即所謂“hidden variable(隱變數)”，而貝爾就以隱變數的這套想法出發，導出了貝爾不等式。若貝爾不等式能被滿足，則表示隱變數這套說法有真可憐；然而，實際上有些量子系統並不滿足貝爾不等式，從而推翻了隱變數的這套猜想。

下面我們以一個雙Spinor系統為例來做解說。首先我們定義四種Operators:

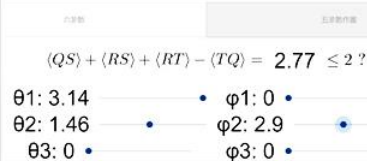
$$Q_j = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}_j$$
$$R_j = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}_j$$
$$S_j = -\frac{1}{\sqrt{2}}(Q_j + R_j)$$
$$T_j = \frac{1}{\sqrt{2}}(Q_j - R_j)$$

標積表示Operator是作用在Spinor上，標的表示也相同。 $|\Psi_j\rangle$

研究結果

1. 架設互動式教材網頁。
2. 將量子態以不同參數呈現，並以互動式滑桿調整參數，使得讀者可以製備一些會違反貝爾不等式的量子糾纏態。

互動式操作介面



研究結論

1. 以網頁的方式發布教材，使得量子教育的傳播更有效。
2. 互動式教材使得教學重點能被放在物理上，而不會被中間一再重複的計算所稀釋。

賽後深度報導：



榮獲大專程式應用組第一名的**雅棠**，自高中時期就對物理領域產生好奇與熱衷，並以「特殊選才」方式升學。獲獎時為中興大學物理學系大四學生，之後接續就讀清華大學物理學系研究所。除了此次參賽經驗，雅棠亦曾多方嘗試參與物理領域活動，包括曾於大一時，參與「物理辯論比賽」；大二時，透過系上徵選，參加廣州中山大學舉辦的物理學術交流，與另六位同儕到廣州進行為期一週的實作交流。

本次獲獎專題所建置的互動式學習網頁，係以「貝爾不等式」為例，將原先的紙本教材轉化以線上網頁方式呈現。使用者可與網頁互動，即時計算不同參數的結果。作品源自於雅棠擔任「量子觀念簡介」的課程助教，在備課時閱讀了 Shankar、Griffith 等人所寫的量子書籍，進一步思考如何以淺顯易懂的方式傳遞專業知識。雅棠運用了雙主修資工系的背景知識，嘗試製作以「網路」為媒介可線上學習的教材，並以免費網站應用平台 REPLIT 完成測試。過程中恰巧獲知專題競賽訊息，修改進化為參賽投稿的版本。

雖然成功建置了以貝爾不等式為例的互動式網頁，但雅棠不諱言，現階段使用這個平台仍有其瓶頸。REPLIT 平台雖可暫時免費使用，但若要求網路穩定性和額外功能則須付費。收費對於現階段仍為學生的雅棠而言，成了難以克服的問題之一。此外，雅棠也希望有機會可以推廣或是傳承這個平台。

本計畫團隊(量子科技科普與教學網絡推動計畫-中區科普教育推廣計畫)於瞭解雅棠的研究需求之後，積極協助雅棠共同規劃能夠延續「量子教學/學習互動式網頁」這個專題，目前先以支援網頁費用的方式，幫助雅棠更進一步探索、進化量子教材互動式網頁功能。

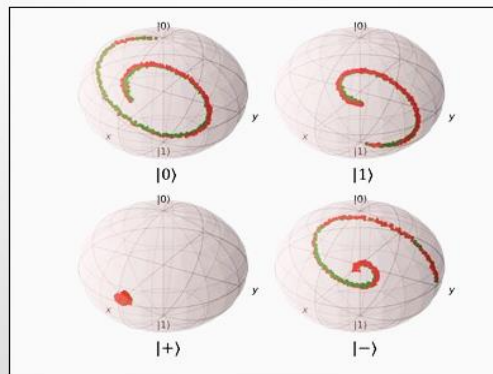
之貳：IBM Q 與 NISQ 的邂逅

獲獎者：臺灣大學 化學系 施麗釵

參賽作品：

作品簡述

We develop a method based on Bloch sphere dynamics to quantitatively and systematically analyze noises in the IBM Q systems. The detailed noises characterization on quantum computers can be beneficial of simulating the quantum noises in open quantum system dynamics, which can be the significant applications of NISQ devices.

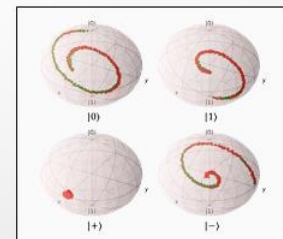


研究結果

1. Noises characterization method based on Bloch sphere
2. The ability to extract the information of noise in the experiment, study how noises from the environment affect the system and change over time.

研究結論

1. Each quantum gate has its own noises
2. The imperfection of $(X)^2$ consists of over-rotation errors from gate error and decoherent errors from environment



賽後深度報導：



麗釵於本次競賽活動榮獲大專實作組第一名。獲獎時，是國立臺灣大學化學系大四學生。她於高中時期因興趣原規劃主修電機、資工領域，但因緣際會下主修了化學。對其而言，參加化學年會、參與科技部計畫研究工作等，屬課外學術活動的日常。畢業後將續於台大化學系攻讀碩士學位，然麗釵也分享了長遠志向，希望能有機會至國外攻讀博士學位，爾後至私人公司擔任軟硬體校正研發人員。

大二時麗釵即師門於鄭原忠教授，持續以「量子電腦雜訊之分析」為其個人研究主題，也是從那時便參與「量子線上學院」的撰稿工作。大三時，曾參與量子黑客松(Hackathon)活動。此次參賽的主題，即是其於實驗室不間斷投入的議題之一。對其而言，撰寫專題過程中最困難的並非數據分析，而是當數據分析結果產出後，如何以物理分析及理論佐證，合理解釋所產出的分析結果。

遇到瓶頸時，麗釵通常會請益師長，確認大方向後，再獨立搜尋資料、解決問題。實驗室的同儕成員研究主題互異，但大家定期開會交流討論分析方法。當問到了何以實驗室的同儕並未參賽，麗釵不禁莞爾，原誤解可投稿的量子主題限定於「量子電腦」或「量子科技」較進階的議題，到了賽事當天，才驚覺可投稿的量子主題涵蓋範圍不如所想般限縮。

麗釵也提到，此次參賽除了吸睛的獎學金以外，也希望能夠藉此機會拓展視野，觀摩同儕間研究的量子議題。當聊及參賽專題作品的延續，以及本計畫團隊(量子科技科普與教學網絡推動計畫-中區科普教育推廣計畫)能夠給予的協助，麗釵當下期許能有再與清華大學林秀豪教授、中興大學郭華丞教授交流請益的機會。

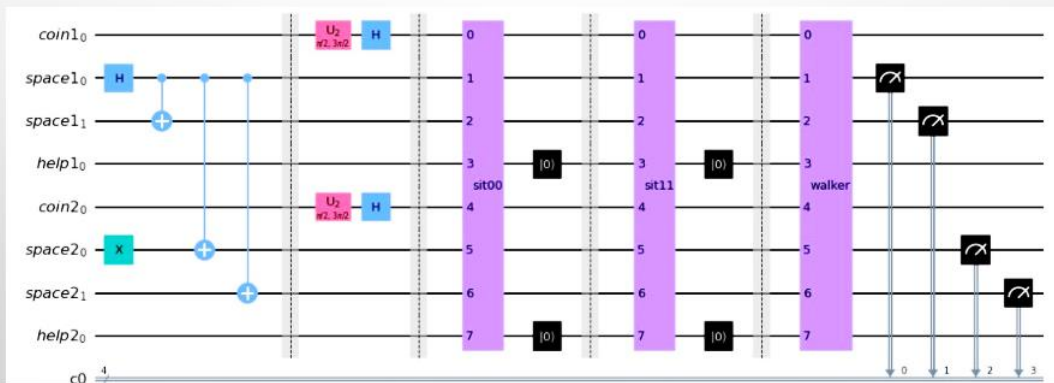
之參：量子醉漢行走

獲獎者：彰化縣精誠高中 張仁瑀、劉子睿、徐育兆

參賽作品：

作品簡述

在最近的一項研究中，只提到了單個粒子的Quantum Walk(QW)，因此我們想研究糾纏對的QW。這對應於費米子和玻色子在環境中的相互作用。為了模擬粒子現象，我們使用qiskit構建了需要實驗的電路。但是，在qiskit實現QW之前，還有一個重要的事情是我們讓兩個電子糾纏在一起。最後，我們成功實現了糾纏量子行走，並得到了非常合理的結果。可作為電子在高壓電中運動或光子通信受外界環境干擾後糾纏能力的基本模型。該項目的創新之處在於，我們提出了一種合理描述糾纏電子模型。



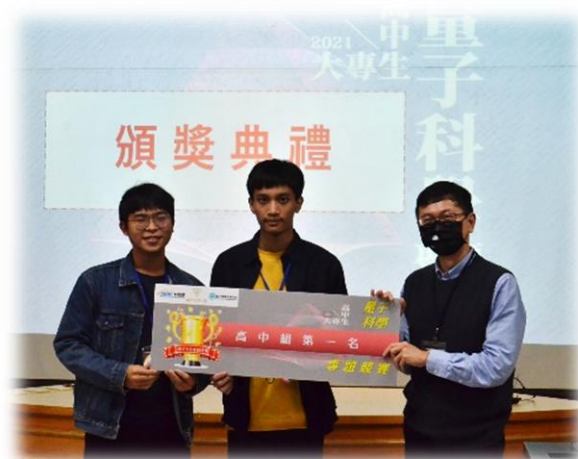
研究結果

- 量子隨機行走呈現兩邊分佈，古典隨機行走呈鐘型分佈。
- 以H閘為硬幣且初始位置為00和11，當行走多步後整個量子糾纏系統可能會消失。
- 當以使用CS閘來進行行走使用硬幣為H閘時，行走多步後分布結果會向中間靠攏。

研究結論

- 修正初始閘有對稱性分佈。
- 當兩個糾纏光子多步行走後，可能會受到環境的干擾糾纏能力會消失。
- 使用馮諾依曼熵量化行走後糾纏粒子的糾纏強度。

賽後深度報導：



彰化縣私立精誠高中的仁瑀、子睿、育兆於本次競賽活動，以「量子醉漢行走」為題，榮獲高中-程式應用組第一名。參賽當時，仁瑀、育兆是高三生，子睿則是高二生。來自於不同班級的三位菁英，緣份的起始點，是對於量子領域的熱衷；深信透過以下專訪內容，讀者或可了然於心。

基於對量子領域的熱愛，三人曾參與大大小小的相關課外活動，本次參賽主題，即是參與國內知名學術活動-量子黑客松(Hackathon)的工作。雖該次競賽並未獲獎，然三位成員仍堅持到底，極力省思問題所在並大幅修改內容，成為此次參賽作品。專題撰寫過程中，仁瑀主要負責理論驗證，子睿再據此進行電路實作，育兆整合理論與實作，三人合作無間。難能可貴的是，獲獎後的三人，持續以「量子隨機行走對物理系統的影響」為題延續研究，且已近乎完成。

即便是主修物理的大專生，對於量子知識尚可能一知半解，仍是高中生的仁瑀、子睿、育兆，已成立了「台灣學生量子電腦交流會」(SQCS)，且分別是第一、二屆的總召、副總召。於 2020 年成立的 SQCS，目前成員數累積多達 873 位，包括各校的大專生與高中生。除了每週的幹部定期會議外，SQCS 不定期舉辦線上主題講座、營隊活動，提供成員間量子交流平台。主要的指導老師包括中原大學資工系的黃琮暉助理教授，以及於 IBM 擔任研究人員的呂文森博士。

更值得令人讚嘆的是，交流會與外部單位已有重要合作成果。在 AGAI 賦智行雲科技創辦人-林志鴻董事長的邀稿下，仁瑀、子睿、育兆等出版了「量子電腦應用與世界級競賽實務」一書，並上架販售。介紹至此，專刊的讀者們或許對於這三位菁英的未來動向感到好奇？透過特殊選才方式，仁瑀將至國立陽明交通大學，育兆將至國立成功大學就讀。目前仍是高二生的子睿，則以醫學系為目標，將量子研究的熱忱轉移至醫學，研讀「蛋白質折疊」的相關知識。當問及對於要兼顧課內外活動如何紓壓時，受訪的子睿與育兆有默契地表示，對於接觸感興趣的事物如量子，本身就是紓壓方式！

之肆：超導量子位元工作頻率

獲獎者：竹科實中 戴昀婕、周廷威、段奕鳴

參賽作品：

微波是電磁波的一種，其應用範圍很廣，無論是現在的通訊，亦或蓬勃發展的量子電腦，都與其相關。其中，微波的頻率選擇及控制，對於訊號傳輸效能及品質極為重要。而在超導量子位元所建構的量子電腦，操控量子位元的邏輯閘，主要是用微波光子來控制，若傳輸給量子位元的微波光子頻率不對，或是包含其他頻率的雜訊，量子位元容易變成錯誤的狀態，因此需要有「乾淨」的微波來進行操控。

我們想要進一步利用身邊的各種物品，來觀察是否有某種特殊的材料，能讓微波能在特定頻段中通過，並將其他波段濾除，達到類似微波濾波器的效果，最後將其應用至日常生活中。



研究結果

1. 當 Fe_3O_4 與環氧樹脂以1：2混合時，在5 ~ 6 GHz 附近有將近 8 dB的吸收
2. 當 Fe_2O_3 與環氧樹脂以1：2混合時，在9 ~ 10 GHz 附近有將近 10 dB的吸收
3. 將兩種氧化鐵粉1：1混合，並無發現有明顯的吸收加成規律



研究結論

1. 不同氧化鐵粉，吸收峰值在不同處
2. 針對實驗器材仍須改良，以去除掉微波外洩所帶來的誤差
3. 氧化鐵粉吸收效果不顯著，可考慮尋找其他材料

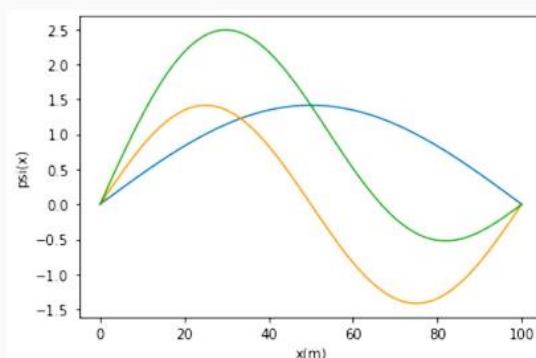
之伍：時空變化與粒子束縛

中興大學物理學系 陳亭君、葉俊廷、李敏綸 專訪

參賽作品：

我們的目標為使用python模擬粒子在位能阱疊加態($n=1$ 、 2)在隨時間變化的情形，作出 $\psi(x, t)$ 對 x 的關係圖。

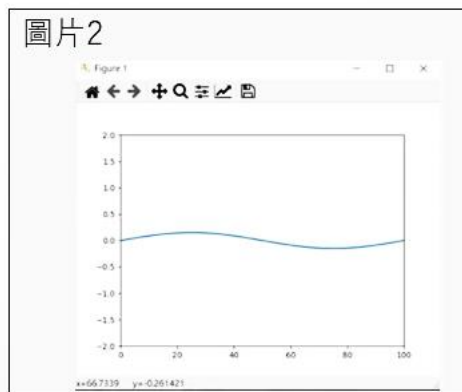
圖片1



研究結果

1. 模擬不含時之量子態
2. 模擬含時之疊加態

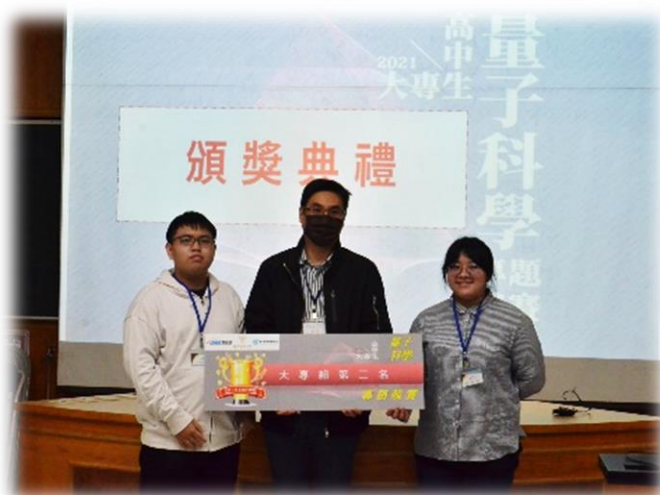
圖片2



研究結論

1. 模擬出兩個能階($n=1,2$)，並將其疊加的結果
2. 將時間考慮，發現波會隨時間上下震動

賽後深度報導：



國立中興大學物理系大二生**亭君、敏綸、俊廷**於本次專題競賽活動，榮獲大專程式應用組第二名。專訪之始大家即謙虛表示，對於榮幸獲獎實屬意料之外，對於大二的他們而言，「量子」這個名詞雖非全然陌生，但論及量子物理的專業則所知極為侷限。

「量子電腦」是吸引敏綸、亭君探索量子領域的起始點。敏綸以「這個酷名詞」形容量子電腦，並進一步分享這是他高中時期參與物理社團的緣起之一。原誤解量子電腦與一般電腦計算差異性不大，相較於艱澀的量子力學應較容易理解。直到選修了量子相關課程，才驚覺箇中奧妙與艱深，語畢，另兩名組員不假思索地大表認同。

由於選修了量子課程，而結識了該堂課程助教(學長)，同時也是本次大專程式應用組第一名的獲獎者-游雅棠。本組特別感謝於選定參賽主題、撰寫…等過程中，雅棠的多方面指導。所謂三人行必有我師，正是這組的最佳寫照。敏綸主要負責撰寫程式，俊廷、亭君則是負責查找、彙整可以驗證程式結果的理論資料。競賽當日，口頭發表的重責大任則是交由擅於言詞的亭君。

團隊於程式撰寫、試作、理論驗證、再試作、再驗證的循環過程中，不斷突破，終而完成專題作品。亭君、俊廷認為最大的瓶頸在於撰寫程式，以 Python 指令將數學方程式代換；敏綸則認為最困難之處，在於如何於程式運算後解釋其物理意涵，目前具備的量子背景知識仍貧乏，因此限縮了其解釋能力。

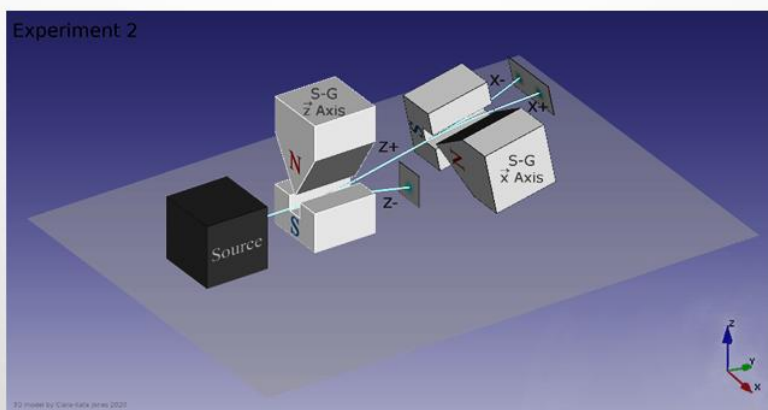
「因為我們要讓不懂量子物理的人，懂量子物理，所以恰好由你們不懂量子物理的人撰寫作品，就可讓不懂量子物理的人，懂量子物理了！」訪談末，輕鬆氛圍之下，團隊詼諧地分享了當時猶豫是否參賽之際，師長鼓勵他們參賽時的話語。姑且不論這份作品，是否已讓不懂量子物理的人懂了量子，惟至少為這組團隊開了一扇量子知識之窗。

之陸：STERN-GERLACH SIMULATION IN PYTHON

中興大學物理學系 王威堯、孫郁傑、徐靖鈞、王哲峻、張凱甯

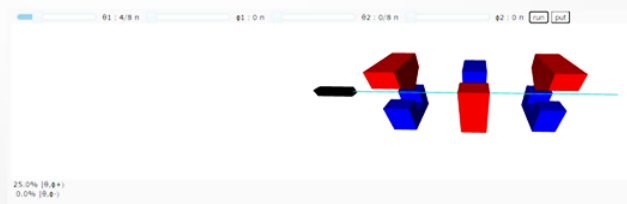
參賽作品：

藉由Stern-Gerlach的實驗模擬協助釐清電子自旋；並利用磁鐵閘的控制掌握空間量子化所產生的二能階系統。主要利用Python中的qutip與其他套件將運算的數學方法寫成程式以模擬實際實驗的情況，並求得各個方向的機率結果。



研究結果

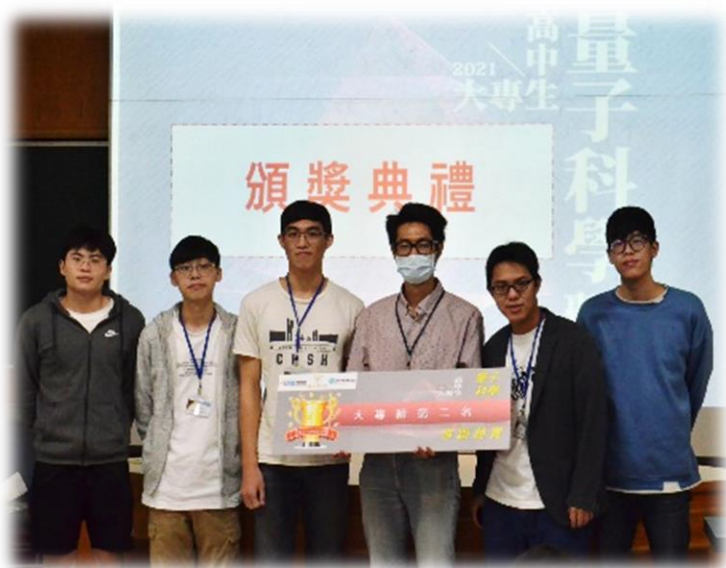
1. ϕ 的角度對於z方向機率的測量不會有任何影響。
2. 設第二顆磁鐵旋轉 θ ，且 $\theta=\pi$ 。再過第三組磁鐵後，Z+與Z-機率皆為0。
3. 設第二顆磁鐵旋轉 θ ，且 $\theta\neq 0$ 或 π 。此量測會破壞原本Z+的狀態，使之再度成為Z+與Z-的疊加態，因此在通過第三組磁鐵時才會再度出現Z+與Z-的組合。



研究結論

1. 透過操縱磁鐵閘，我們可以建立各式各樣的量子邏輯閘以及製造所需的量子態，實現量子工程之應用。
2. 可以利用此一模擬，幫忙理解抽象的二能階疊加態，以協助量子觀念的普及。

賽後深度報導：

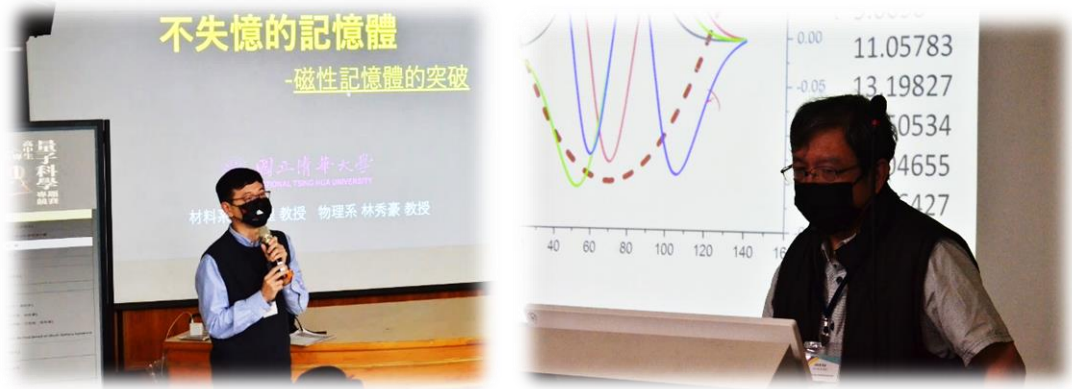


榮獲大專組第三名的凱甯、威堯、哲峻、郁傑、靖鈞，共五位同學組團參賽(以下簡稱團隊)，他們笑稱是此次參賽人數最多的隊伍。參賽時是大二生，團隊的成立源自於「量子觀念簡介」課程，專訪過程中，大家坦言「量子」在物理領域屬於進階課程，有一定程度的難度。惟其於大一時，由於 COVID-19 疫情嚴峻，當時錯過了物理辯論賽，因此團隊決定把握此次參賽契機。

富有創意的團隊原天馬行空地提案以「N 維無限深位能阱」作為參賽專題，經請益師長後，了解到此問題需鑽研更精深的量子背景知識，因此後來決定以較為基礎的議題-「Stern-Gerlach Simulation in Python」，作為參賽作品題目。合作過程中，團隊最需要克服意見歧異時的溝通、負責工作的分配等問題。負責團隊整合的哲峻提到了，大家呈現的內容形式不同，因此整合過程中花了不少時間討論與確認，以確保最終結果的完整性與一致性。

團隊甚至給了成員彼此稱號：「數學三劍客」凱甯、威堯、哲峻三位主要負責程式運算的部分，他們表示解決 bug 是工作上最耗時的項目。「視覺化雙俠」郁傑、靖鈞兩位則主要負責程式介面按鈕，確保視覺化呈現的流暢性。訪談過程中，可明顯感受到五位組員彼此間的互補特質以及革命情感。

對於物理的看法，威堯將「微管仲，吾其被髮左衽矣」，幽默改寫為「微物理，吾其被髮左衽矣」，用來比喻其認為物理是科學基礎之一。成員也分享了在高中時期，源自於愛因斯坦的相對論，開啟了自身對於物理領域的好奇，探索並引發熱忱。也據此建議本計畫團隊，可舉辦量子領域的歷史脈絡故事介紹等相關科普活動，例如粒子與波動說的對決，可增進普羅大眾對於量子的基礎認識，並達到寓教於樂的目的。



榮邀清華大學-林秀豪特聘教授擔任 keynote speaker、中興大學-施明智教授擔任 invited speaker



專業評審團隊

(由左至右：成功大學-陳宏斌教授、彰師大-周至品教授、東海大學-黃靜瑜教授)



主持群/計畫團隊師長

(由左至右：計畫共同主持人/彰師大-吳憲昌教授、計畫主持人/中興大學-郭華丞教授、計畫共同主持人/中興大學-陳光胤教授)

【結語】

愛因斯坦：「上帝不擲骰子。」

波耳：「愛因斯坦，別指揮上帝應該怎麼做！」


霍金：「上帝不但擲骰子，他還把骰子擲到我們看不見的地方去！」

以上是物理界經典代表大師級人物的跨時空對話，恰如量子論的奠基人之一波耳 (Niels Bohr) 所說：「如果誰不為量子論而感到困惑，那他就是沒有理解量子論。」而這樣的觀點，透過賽後專訪也一一呈現。

此次是本計畫團隊初次(第一屆)舉辦的量子科學專題競賽，可惜在有限的推廣下，參賽人數尚不理想，但透過賽後專刊專訪，即可知悉本次獲獎個人與團隊並非僥倖，而是平日努力積累而成，而這些努力的起點，正是來自於對量子世界的困惑，進而被吸引而著迷。

對於是否有意願於下一年度再次參賽，所有獲獎者們皆表示肯定。此次參賽的高三生，將晉升為大專組參賽者，而此次參賽的大四生，也許將以學長姐之姿，受邀參與發表或指導、討論。(本活動限定碩博士生僅可參與發表，無法參與競爭獎學金)

期許下一年度的高中暨大專生量子科學專題競賽活動，能有更多高中/大專量子迷報名參與，本計畫團隊也透過這份競賽專刊，廣發英雄帖，誠摯邀請正在瀏覽這份專刊的您，開始著手準備吧!



主辦單位：
國立中興大學物理學系-量子科學推展平台_中區子計畫辦公室
協辦單位：
科技部自然科學及永續推展中心、國立彰化師範大學
指導單位：
科技部量子科技專案計畫辦公室

【賽後專刊編輯群】

主編：郭華丞教授、陳光胤教授、吳憲昌教授

撰稿：陳盈錦

受訪者：游雅棠、施麗釵、陳亭君、葉俊廷、李敏綸、王威堯、
孫郁傑、徐靖鈞、王哲峻、張凱甯、劉子睿、徐育兆、張仁瑀

2022年4月出版