



物理學史研習會 (三)

手冊

主辦：東吳大學物理學系

協辦：教育部普通高級中學課程物理學科中心

東吳大學第一教學研究大樓 源流講堂

2014 年 10 月 18 日



前言

東吳大學物理學系一向認為物理學史在人類文化發展中具有重大意義，因而重視物理學史的教育。劉源俊教授曾多次講授物理學史。1999 年 3 月，北京清華大學郭奕玲教授應邀來校擔任客座教授一學期，講授「物理學史專題」，受到學生們歡迎。

2013 年 9 月 28 日及 10 月 5 日，本學系於東吳大學外雙溪校區接連舉辦「物理學史研習會」(一)及(二)，藉增進相關學者交流，嘉惠在校學子。又因為教育部「普通高級中學課程物理學科中心」參與協辦，得廣邀高中物理教師參加，裨益高中物理教育。

去年的活動獲得很好的迴響，可謂成功。於是，今年本學系遂在「普通高級中學課程物理學科中心」繼續協辦之下，再接再厲，10 月 18 日及 25 日各在東吳大學及國立臺中第一中學舉辦「2014 物理學史研習會」(三)及(四)。

這梯次的兩場研習會，我們邀請得中國大陸對物理學史有深入研究且有優秀著作的兩位教授前來，各報告兩個題目。楊建鄴教授退休自武漢華中科技大學物理學院；秦克誠教授退休自北京大學物理學院，去年研習會我們就邀請他，惜因故不能前來。

我們又邀請得在臺三位物理學史的愛好者共襄盛舉。他們是《吳健雄傳》及《楊振寧傳》的作者江才健，本學系去年退休現為名譽教授的劉源俊，及曾審校出版數十本科學書籍的文藻外語大學副教授李精益。

由於去年高中教師反映，本次研習會為每節講演安排多一些的討論時間，也在最後一節安排「綜合討論」，希望對高中教學更有助益。本梯次研習會消息公布後，報名踴躍，相信又必是一項成功的活動。希望大家繼續支持，使本項活動能每年舉辦，成為東吳大學物理學系的一項特色活動。

東吳大學物理學系主任

王 俊 賢 謹誌

中華民國 103 年 10 月 18 日

物理學史研習會（三）

手冊

目錄

- ☐ 前言
- ☐ 物理學史研習會（三）議程
- ☐ 講師簡介
- ☐ 楊建鄴 密立根和厄倫哈夫特之間的一場論戰
- ☐ 劉源俊 牛頓、愛因斯坦與波爾三人間的對話
- ☐ 秦克誠 物理學與諾貝爾非物理學獎（PPT）
- ☐ 江才健 談吳健雄兼及歷史與文化（PPT）



物理學史研習會（三）

日期：2014 年 10 月 18 日（星期六）

地點：臺北市士林區外雙溪 東吳大學第一教學研究大樓 源流講堂

主辦：東吳大學物理學系

協辦：教育部普通高級中學課程物理學科中心（臺中一中）

時 間	講 者	講 題
09:00~09:10	巫俊賢（東吳大學物理學系主任）	開幕致詞
09:10~10:50	楊建鄴（武漢・華科技大學退休物理教授） 討論	理論能決定你看到什麼嗎？—密立根 案例研究
10:50 ~ 11:10 茶敘		
11:10~12:10	劉源俊（東吳大學物理學系名譽教授） 討論	牛頓、愛因斯坦與 波爾三人間的對話
12:10 ~ 13:10 午餐		
13:10~14:50	秦克誠（北京・北京大學退休物理教授） 討論	物理學與諾貝爾非 物理學獎
14:50 ~ 15:10 茶敘		
15:10~16:50	江才健（《吳健雄傳》及《楊振寧傳》作者） 討論	談吳健雄兼及歷史 與文化
16:50~17:30	綜合座談：物理學史在教學上的應用	

講師簡介

楊建鄴，武漢華中科技大學物理學院退休教授。

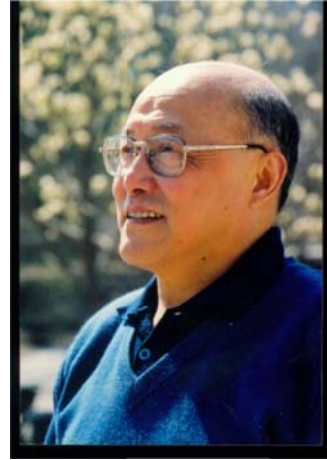
湖北省紅安縣人。1935 年生，1961 年蘭州大學物理系畢業。曾擔任紅安縣八里中學物理教師，1981 年到武漢華中科技大學物理學院任教，1996 年 3 月退休。

對物理學史、物理學家和諾貝爾獎得主的事蹟有特別的興趣。

主要著作 50 多種，包括：《傑出物理學家的失誤》（1986 年獲全國優秀暢銷書獎、湖北省科普一等獎）、《居里夫人傳》、《玻爾傳》、《窺見上帝秘密的人——愛因斯坦傳》、《物理學之美》（獲 2012 年吳大猷科普佳作獎、科技部優秀科普著作獎、北京市優秀科普著作獎）、《楊振寧傳》等。

譯著 16 種，包括：《愛因斯坦全傳》、《基本粒子物理學史》（A. Pais, *Inward Bound*，武漢出版社，2002）等。

主編有：《20 世紀諾貝爾獎獲得者辭典》（武漢出版社，1994）、《諾貝爾獎史話》（10 冊，武漢出版社，2001；臺灣世潮書店出版繁體字版，2003）《諾貝爾獎獲得者故事》（10 冊），武漢出版社，1995,2006。



秦克誠，北京大學物理學院退休教授。

1937 生。1953 年高中畢業，以第一志願考入北京大學物理系，被違反其志願分到氣象專業。1956 年提出退學，到中級物理實驗室（後改名現代物理實驗室）做實驗員，同時旁聽各門理論課。1978 年後初任北大物理學系講師，1980 年初赴美國 Stanford University 跟 Goodman 研究資訊光學。1990 年赴德國 Universität Mainz 訪問半年。1997 年底退休。

著有《郵票上的物理學史》。該書出版前在《大學物理》上連載，獲 2002 年（首屆）及 2006 年的全國大學物理教學優秀論文一等獎；出版後獲得 2005 年「科學時報讀書杯」科學文化科學普及最佳創意獎，2006 年吳大猷科普著作金簽獎。該書於 2014 年出增訂版，書名改為《方寸格致》。

翻譯有 D. Bohm 著《現代物理學中的因果性與機遇》、E. Hecht & A. Zajac 著《光學》上、下冊、Max Jammer 著《量子力學的哲學》、J. W. Goodman 著《統計光學》、Steven E. Koonin 著《計算物理學》、P. Gilbert & W. Haeberli 著《藝術中的物理學》等二十餘種俄文及英文書。協助趙凱華主編《物理學照亮世界》，與劉寄星主編《木鐸金聲集》，主譯 G. Fraser 主編《21 世紀新物理學》。



劉源俊，東吳大學物理學系名譽教授。

1946 年生於雲南昆明，原籍江蘇青浦。臺灣大學理學士（1966），美國 Columbia University 大學物理學博士（1972）。

在東吳大學物理學系任教已 41 年。曾任東吳大學物理學系主任、理學院院長、教務長、校長（1996-2004）。又曾任臺北市立教育大學校長（2006-2008）。



在美國留學期間參與發起《科學月刊》，回臺後曾擔任總編輯、社長、理事長等重要工作二十餘年。

曾獲教育部「社會教育獎章」（1982）、教育部「教學特優教師獎」（1989）、中華民國物理教育學會「物理教育傑出貢獻獎」（1990, 2008, 2012）。

興趣與專長主要在物理教育、教育理念與制度、文化發展、高等教育。

著有《量子物理綱要》、《釋說新語》，與任慶運合編《科學經典選讀》。

江才健，資深科學文化工作者。

1950 年出生於臺灣花蓮。輔仁大學理學士。

曾任《中國時報》科學記者、主編和主筆，及《知識通訊評論》發行人兼總編輯。

在臺灣大學新聞研究所任教，並於台大、中央、陽明、輔仁等大學兼任教職，講授「科學在文化中定位與挑戰」課。



著有《大師訪談錄》、《物理科學的第一夫人——吳健雄》、《規範與對稱之美——楊振寧傳》、《科學夢醒》。

2003 年以《規範與對稱之美——楊振寧傳》獲得科學類著作金鼎獎；2010 年以專欄《科學手記》獲得金鼎獎——最佳專欄寫作獎；2011 年獲得第三屆「星雲真善美新聞傳播獎」。

近年特別關心科學在不同文化中的定位和意義問題。

密立根和厄倫哈夫特之間的一場論戰

楊建鄴

內容提要 本文詳盡回憶了發生於 1910 年的一場關於電子的論戰，分析了論戰雙方的文化、哲學背景對他們科學觀點的影響。本文還專門討論了密立根在論戰中使用了不公平的手段，即不全部公開自己的實驗資料，而只挑選“好”的資料。密立根的這種手法為什麼不公平，本文作了認真探討。

1910 年春季，正當美國物理學家密立根（R. A. Millikan，1868—1953）和世界各國物理學家相當成功地測定了基本電荷 e 的時候，奧地利物理學家厄倫哈夫特（F. Ehrenhaft，1879—1952）突然宣佈他發現的電荷比電子的基本電荷值 e 小得多。接著，一場被稱為“關於電子的論戰”（the battle over ‘the electron’）由此爆發。由於這場論戰事關重大，涉及物質的基本理論，因而引起了世界各國著名物理學家的關注。普朗克（M. Planck，1858—1947）、佩蘭（J. B. Perrin，c1870—1924）、愛因斯坦（A. Einstein，1879—1955）、索末菲（A. J. W. Sommerfeld，1868—1951）、玻恩（M. Born，1882—1970）和薛定諤（E. Schrödinger，1887—1961）等人。都在不同場合討論過這個重大問題。

這場論戰是繼陰極射線歷時二、三十年爭論之後的又一場大的論戰，它不僅持續時間比較長，而且由於爭論過程中涉及到許多令人關注的哲學問題，因而一直受到物理學史工作者的矚目，寫出了許多案例研究。不少科學哲學家也常常以這場論戰為例，陳述、證明他們各自的觀點。像所有著名論戰一樣，人們由它而得出的結論是各種各樣的。有些結論甚至是彼此相互對立。本文擬在回憶這場論戰的過程後，提出一些我們自己的看法。

1. 1910 年前後密立根對 e 的測定

1897 年，英國卡文迪什實驗室的 J. J. 湯姆遜（J. J. Thomson，1856—1940）用巧妙的實驗測定了陰極射線的荷質比，從而證實了電子的存在，為此後近代物理學的發展奠定了重要實驗基礎，但僅從荷質比還無法確定電子的性質。因為人們尚無法由此得到電子電荷和品質的絕對值。這樣，從 1897 年起，測定電子的電荷 e 就成了當時物理學家面臨的重大研究課題。

電子電荷 e 的實驗測定，最初由 J. J. 湯姆遜與他的同事湯森（J. S. E. Townsend，1868—1957）和威爾遜（H. A. Wilson，1874—1964）等人進行的。1897 年，湯森宣佈他用電解法得到的測量結果是：正離子電荷 $e^+ = 2.8 \times 10^{-10}$ esu，負離子電荷 $e^- = 3.1 \times 10^{-10}$ esu。這個結果十分粗糙，而且未能證明所有電荷有相同的值。但它是第一次直接測定帶電粒子的電量。1898 年，J. J. 湯姆遜利用 C. T. R. 威爾遜（C. T. R. Wilson，1869—1959）發明的雲霧室測得離子電荷約為 3.5×10^{-10} esu；1901 年，經過技術改進後測得的值約為 3.4×10^{-10} esu。1903 年，湯姆遜的研究生 H. A. 威爾遜也用湯姆遜採用的雲霧室方法，但在雲霧室中加入了兩塊水準極板，極板上加電壓形成垂直強電場，讓得到離子的雲霧受到電場作用。在加上

和撤去電場的兩種情形下，分別測出雲層頂端下降速度，即可得到電荷值。他得的 e 值在 $2.0 \times 10^{-10} \text{esu}$ 到 $4.4 \times 10^{-10} \text{esu}$ 之間，平均值為 $3.1 \times 10^{-10} \text{esu}$ 。

上述的結果雖然彼此相當一致，但人們並不認為它們已經很精確了。事實上也的確不精確，而且卡文迪什實驗室所做的測量實際上僅僅確定了雲霧中液滴的平均離子電荷，這就留下一個疑問：也許單個離子或電子電荷值可以處在相當寬的範圍內。正因為這樣，盧瑟福（E. Rutherford, 1871—1937）於 1909 年 3 月在加拿大溫尼伯召開的英國科學促進會第 79 次年會上，就表示了他的遺憾，他說：“還沒有哪種電學或光學的方法能夠（1942）除了建議密立根檢查一下斯托克斯定律應用的範圍以外，還答應從理論上給於協助。

這次會議對密立根也有極重大意義。密立根這時已是 41 歲的人了，可一直還沒有做出什麼值得人們重視的成果，他幾乎有些垂頭喪氣了。現在，他終於發現自己正在做的研究，是公認的最前沿和最迫切需要研究的課題。偉大的拉摩“對我的文章有強烈興趣”，這使密立根受到巨大鼓舞，情緒大振，以至他在從溫尼伯返回芝加哥大學的火車上，又想到一個改進實驗的重要措施：用油滴代替水滴。

密立根大約在 1906 年前後正式開始精確地測量電子的電荷，但在此之前許多年，他就已經關注這項測量的進展，並在全心投入教學工作之餘，為日後電子電荷測量準備好概念上的基礎。當密立根決心“吻別教科書”從事科學研究時，他仍然意識到他有進一步失敗的危險；而且當他選定測量電子電荷作為自己首選課題時，他也並沒有很大的信心。開始時他僅僅重複了 H. A. 威爾遜的方法，觀測垂直電場對雲層上端下落速度的影響，然後利用斯托克斯定律確定電荷 e 。

密立根作了一些程式上的改進，得的 e 值為 $3.66 \times 10^{-10} \text{esu}$ 到 $4.37 \times 10^{-10} \text{esu}$ ，平均值為 $4.03 \times 10^{-10} \text{esu}$ 。這個值雖然優於 H. A. 威爾遜的值，受到過盧瑟福的肯定，並也因此使密立根受到鼓舞，但 H. A. 威爾遜的方法不僅在理論上而且在實踐上都存在一些缺陷。例如，盧瑟福在肯定密立根的成績的同時，就深刻指出，這種測定方法忽略了液滴的蒸發，這將導致對離子數目的估計偏大，從而使 e 值偏小。盧瑟福建議在防止水分蒸發上下功夫。

盧瑟福的建議使密立根明白，為了更精確測定 e 值。必須排除由於蒸發引起的偏差。密立根認為，他首先應該設法讓帶電的雲層能夠懸浮在空中不動，這樣就可以研究水滴的蒸發率。為此，密立根決定將電場的方向改為與重力方向相反。並加大電壓。1909 年的春夏之際，密立根開始了新的測量工作。當他把與重力方向相反的電壓加大到 10000 伏時，出現了一種他根本沒有預料到的意外情形：雲層不僅沒有保持靜止，相反，由液滴形成的雲霧在強電場作用下竟迅速以各自不同的速度散開了！

在這一意外“事故”面前，密立根顯示出了一個優秀科學家所必備的天賦和敏銳的判斷力。他在《自傳》中曾描述過他當時的思想變化：“（雲層的消失）最初好像破壞了我的實驗，但是當我重複這一實驗時，我立即看到一些雲層上端更重要的東西……因為重複的試驗顯示出，每當雲霧被強大的電場驅散時，總有幾顆單獨的液滴留在那兒。正是這些帶有適量電荷的液滴在電場中受到的電場力與重力保持了平衡。所以浮在空中“留在那兒”。

在此之前，密立根和其他物理學家一樣，由於所測 e 值都是一種平均值，因

而未能意識到不同液滴上帶的電荷是不同的，卻認為液滴上的電荷都相等；而且正是在這一假定前提下，密立根才設想整個雲層可以在適當電場作用下懸浮在空中。而這次意外的“事故”，終於使得得密立根恍然大悟：“對單個液滴作出測量是可能的，也使得檢查單個電子的排斥和吸引成為可能。

通過這種對單個帶電液滴懸浮空中的新方法，密立根測出更好的 e 值： $4.65 \times 10^{-10} \text{esu}$ 。1990 年 8 月在溫尼伯會議上，密立根宣佈了他的新方法和新的 e 值。但關於液滴測量電荷 e 值的文章，直到 1909 年 12 月和 1910 年 1 月才分別在《物理評論》與《哲學雜誌》上發表。不過，在發表的文章中，密立根已經用油滴代替了水滴，這就減少了液滴表面的蒸發，保證了在實驗過程中液滴的品質保持不變。

1910 年，密立根對他的測定 e 值的方法又作了一次重大改進。這次改進所得到的新方法被霍爾頓（G. Holton）稱為“方法 3”。霍爾頓說的“方法 1”是 H. A. 威爾遜的方法，對運動的雲層進行（統計的）測量；“方法 2”是對平衡的單個液滴進行測量；所謂“方法 3”是不讓油滴處於平衡狀態，而是通過垂直電場的控制使油滴上下漂動，跟蹤每次相繼的上升和下降，電荷 e 值即可以上升和下降的速率推算出來。

新的方法使密立根對自己的測量和原子、電子理論有了空前的信心。1910 年 9 月份的《科學》雜誌上刊登了密立根一篇長 12 頁的文章，文中充分表現了他的樂觀態度。他聲稱他能夠“抓住一個小油滴並且在任意時間內使它獲取在大氣中的單獨一個離子，也可以使它獲取 1 到 150 個這樣的離子，然後進行觀測。”他還鄭重地指出，他的新方法可以避免“各種有問題的理論假設”，而且， e 的精確定性只同空氣粘滯係數的精度有關（這點後來被證明是十分正確的）。

此後，密立根對實驗又作了一些改進，到 1917 年，他確定 e 值的精確值為 $(4.770 \pm 0.005) \times 10^{-10} \text{esu}$ 。作為一個基本常數，密立根確定 e 值被作為國際標準達十餘年之久。正當密立根躊躇滿志，一路順風的時候，厄倫哈夫特在 1910 年春季向密立根測定的 e 值，以及原子一分子理論進行了公開的攻擊。一場意義深刻的論戰，由此展開。

2. 厄倫哈夫特的工作和密立根的批評

厄倫哈夫特於 1879 年出生于維也納一個知識份子家庭，他父親從事醫學研究，他母親是法國著名物理學家傅科（J. B. L. Foucault，1819—1868）的一個學生的侄女。1900 年前後，當他還在維也納大學學習時，就首先提出和研究無機膠體。1903 年畢業于維也納大學後，他留在學校成為維克多·馮·朗（Victor von Lang）的助手；1912 年，厄倫哈夫特被任命為維也納大學副教授；1920 年成為該校第三物理研究所主任。

1909 年，由於對布朗運動的實驗研究，厄倫哈夫特已經開始蜚聲物理學界；1910 年，他由於這項研究獲維也納科學院的賴本（Leibniz）獎。據弗蘭克（P. Frank）回憶，愛因斯坦與厄倫哈夫特很談得來，每當愛因斯坦路過維也納時，他總要找機會與厄倫哈夫特交談。厄倫哈夫特也十分敬重愛因斯坦。從 1917 年開始，他多次提名愛因斯坦為諾貝爾物理學獎獲得者候選人。

由上面簡單的敘述我們可以看出，當厄倫哈夫特 1910 年春季開始向密立根

發難時，雖然厄倫哈夫特比密立根年紀小 11 歲，但在物理界的名聲卻比密立根要大得多。厄倫哈夫特在 1910 年以前，雖然也曾幾次批評密立根測定的 e 值，但那時厄倫哈夫特是信奉原子-分子假說的物理學家，因此他們之間的爭論，只屬於對 e 的大小有不同意見之爭。在這一階段，爭論雙方都比較客觀、克制，可以說是一種“費厄潑賴”（fair play）。

厄倫哈夫特大約在 1907 年前後開始對電荷基本值 e 的測定發生了興趣。他所使用的測定方法與密立根的很不相同，帶有“大陸”物理學家的特色。他用超顯微鏡觀察單個金屬碎屑（如電弧的銀蒸汽，香煙霧氣）的布朗運動。

在 1907 年發表的一篇文章中，厄倫哈夫特在結尾處指出，他希望他的工作對“分子運動理論將是一個新的支持”。這說明厄倫哈夫特對原子論的偏愛，與密立根基本上是一致的。但對 e 值的大小方面，他們的意見就大相逕庭了。

1909 年，他把作布朗運動的金屬微粒置於場強為水準的電場中，通過與密立根相似的實驗程式，即測定粒子在有電場和沒有電場時的運動，應用斯托克斯定律獲得粒子的品質，然後測定其電荷。從 3 月 4 日到 4 月 10 日，厄倫哈夫特連續發表了三篇文章，公佈他測 e 值為 $4.6 \times 10^{-10} \text{esu}$ ，這個值比密立根 1908 年的測定值，更接近盧瑟福（ 4.65×10^{-10} ）和普朗克（ 4.69×10^{-10} ）的測定值。最有意思的是，厄倫哈夫特還特別提到：密立根的實驗“得到了太小的電基本量子值”。為此，盧瑟福還讚揚了厄倫哈夫特的工作，說他（和蓋革）測的 e 值是“最近用不同方法測定的。比舊的估計計值遠為可靠”的值。

但密立根對厄倫哈夫特以及其他許多人如普朗克、蓋革、佩蘭以及莫里斯、M. 德布羅意（Maurice de Broglie, 1875—1960）等人測定的 e 值提出了批評。認為他們“最近測出的 e 值好像值得懷疑”。密立根還特別分析了厄倫哈夫特的實驗。他承認厄倫哈夫特的實驗方法有新穎之處，但他又認為因為有四方面原因使得厄倫哈夫特的值具有某種“不確定性”，因而不能被人們接受。這四方面原因是：（1）對於小的粒子。在應用斯托克斯定律時應該作出某些修正，但厄倫哈夫特沒有；（2）粒子的速度是一個十分重要的測定值，但厄倫哈夫特由於沒有追蹤同一粒子速度的變化情形，因而他求的值（象其他許多人一樣）是眾多粒子彼此極不相同速度值的平均值；（3）測定粒子半徑的方法十分可疑；（4）沒有考慮到粒子攜帶的電荷有可能是基本電荷值的整數倍。

厄倫哈夫特認為自己不能接受密立根的批評，部分原因是他感到自己受到職業上的輕蔑，另外一個很重要的原因是密立根 1910 年 1 月發表的文章，很容易受到批評。

3. 1910 年春論戰爆發以後

從厄倫哈夫特看來，密立根在 1909 年 8 月溫尼伯會議上對他提出的批評，已經使他面臨挑戰。於是，厄倫哈夫特和他的學生在接著的 4 年裡，發表了十多篇文章，就“電的基本量子”問題與密立根展開了論戰。在所有的文章中，厄倫哈夫特都指出，密立根的測量是不可信任的。

為什麼呢？說來有趣，原來是因為密立根的文章有一種令人尊敬的坦誠和詳細認真的風格，厄倫哈夫特正是抓住這一點做了許多文章。密立根的坦誠和認真有兩方面的表現，一是他在文章中承認，精確測定 e 值在技術上還是困難的，因

而在很大程度上他只能依靠個人的判斷；二是他坦白承認，他放棄了 7 次觀測值，因而它們根本沒有進入 e 的最後計算中。密立根之所以決定放棄這 7 次觀測值，是因為“這些觀測所給出的 e 值……的不確定性，由於它們同其它觀測的結果不一致，我只好去掉它們，結果我真將它們刪去了。”

這種坦誠當然是科學可貴品格之一，也是科學家光榮之所在！但是，這種坦誠也非常明顯地反映出密立根如何相信一種先入之見，而這一方面將授人以柄，使自己易於受到攻擊；另一方面也可能使研究者本人處於危險境地，使研究者得出的“判斷”成為似是而非的結論。科學史上無數案例表明，被放棄的觀測有許多都是受到先入為主的框架的影響；這種影響有時是有益的，但也有同樣多的機會（如果不說更多的話）是有害的。在最後結果尚不明朗時，這種影響到底有益還是有害，是很難預料的。歷史證明，許多被放棄的觀測，在新的框架中又起了關鍵性或判決性作用。

厄倫哈夫特正是抓住密立根在方法論上的致命缺點，反過來向密立根發難了。他認為密立根的測量和由之得出的結論（電荷只能為 e 或 e 的整數倍）都是不可信的；既然密立根捨棄了許多測量值，他還有什麼理由能否認（ e 的）分數電荷的存在呢？科學不能只由信仰決定！

1910 年 4 月 21 日，也就是密立根用方法 3 測定 e 值的前兩天，厄倫哈夫特在維也納宣佈了一個驚人的消息：通過 300 多次測量，他發現微粒帶的電荷不僅是基本電量 e 的倍數，也存在著 $1.38 \times 10^{-10} \text{esu}$ 這種基本電量 e 的分數電荷。一周之後，厄倫哈夫特年輕的同事普茲布拉姆（Przibram）用水滴重複了厄倫哈夫特的實驗，並宣稱得到了與厄倫哈夫特相同的結果。這時，雖然厄倫哈夫特還承認電的基本量子這一概念，但他已經在懷疑這一概念的真實性、可靠性了，他在 4 月 21 日的文章中態度曖昧地說：“假定存在電的不可分割的量子，那它將顯著低於以前人們承認的值。”

到了 5 月 12 日，厄倫哈夫特的疑慮更加加深了。在這天遞交給維也納科學院的一篇報告中。一方面他正式使用“亞電子”（subelectron）一詞，並把“電原子”的“亞”壓到 1×10^{-10} 以下；另一方面他對於電的基本量子到底是不是存在，正式向物理學界提出來，他認為這是一個值得“進一步研究的課題”。以前曾被他在標題（或副標題）上使用過的“電的基本量子”一詞，從此在他文章的標題上消失了。

厄倫哈夫特之所以敢於向當時許多著名科學家已經承認了的電荷基本值 e 這一假定挑戰，除了他自己的實驗似乎給了他以支持，抓住了密立根的實驗中的問題，逼問得密立根幾乎招架不住以外。更重要的恐怕是他的哲學思想在起作用，關於這後一點我們在下一節還要詳細討論。厄倫哈夫特指出，他重複了密立根的實驗，發現比 e 值小得多的電荷；而密立根本人隨意刪去一些不滿意的值，這當然會使他的結果十分可疑。

密立根不甘示弱，立即進行了反擊。一方面他指出厄倫哈夫特在重複他的實驗時，很可能忽視了影響觀測結果的一些重要因素，如觀察過程中的蒸發減輕了液滴重量；水銀液滴上形成了氧化膜；懸浮於空氣中的塵埃微粒的干擾等等。另一方面密立根為了駁倒對手，又于 1913 年發表了一篇文章，用大量新的而且更“精確”的資料證明：電荷基本值是量子化的，其值為 e 。他宣稱，他可以將誤

差控制在 0.5%；他還特意用斜體字強調指出：“應該注意的是，這不是一組經過選擇的液滴，而是在連續 60 天裡經過實驗的所有液滴。”

在密立根“無可辯駁”的、準確的資料威力面前（當然還有其他一些原因），厄倫哈夫特終於敗下陣來。密立根取得了輝煌的勝利，並主要因為這一項成就而於 1923 年榮獲諾貝爾物理學獎。

4. 論戰的歷史背景

像任何科學史上的大論戰一樣，這次論戰也有著它深刻的歷史背景。

密立根和厄倫哈夫特之間的論戰，實際上是一個古已有之的兩種見解對立的延續：是用原子論概念還是用連續性概念來解釋電現象的本質？值得注意的是即使是對電磁理論作出了卓越貢獻的麥克斯韋，他也沒有利用原子結構的觀點來建構他的電磁理論大廈，而採用一種在電磁以太內的連續位移運動，他認為這樣比較易於思考。

麥克斯韋也注意到，電解作用似乎要求電荷有一個量子化的值，因此在 1873 年出版的《電磁理論》一書中他指出：“為了描述方便，我們將（由法拉第定律揭示的）常數分子電荷叫做一個分子電荷。”但麥克斯韋又立即補充說。這種方便的術語同“這部論著的其他部分失去和諧”，因而不能將粒子性誤以為真。麥克斯韋強調指出：“分子電荷理論可以作為一種方法，由此我們可以瞭解許多關於電解的事實。然而在我們逐步瞭解了電解的本質以後，任何形式的分子電荷理論都絕不可能保留，因為那時我們將有一個建立在可靠基礎上的真實的電流理論，與這個臨時的假說完全不同。”

24 年之後，電原子理論的命運也仍然沒有什麼好轉。1897 年，開爾文勳爵還認為“電是一種連續的均勻流體；”到 1900 年，普朗克還坦率地承認他不完全相信電子假說。最有意思的是，對密立根最有影響的老師蒲品（Pupin）就不相信分子運動理論，而且深受唯能論和反原子論學派的影響。唯能論起源於 19 世紀末。由於當時熱化學唯能論取得相當的成功，有一些科學家如奧斯特瓦爾德、赫爾姆、迪昂等人認為，要從實驗上證實原子的存在是根本不可能的，而且認為原子假說已經失去了作為精確預言的能力，與熱力學成功的研究和所得出的定律相比較，原子假說是沒有前途的。蒲品留學德國，並在德國得到博士學位，深受歐洲大陸唯能論的影響，他曾對密立根說，他根本不相信分子原子理論。

除了科學家自身有不同觀點形成對立和論戰局面以外，19 世紀末到 20 世紀初哲學上的實證主義氾濫，也使論戰的形勢變得錯綜複雜和緊張嚴峻。歐洲大陸是實證主義最流行的地區，其根據地在布拉格和維也納的一些大學，其代言人為馬赫（E. Mach, 1838—1946）。馬赫在哲學上的代表作是《感覺的分析》。他曾說他之所以要寫這本書，是因為他痛心地感到一些形而上學的假問題，使物理學家感到困惑、不安：“我們在吸收物理學理論的有價值部分的同時，必然吸收相當多的虛妄的形而上學，這種形而上學很難從必須保存的東西中排除出去，尤其是在這些理論業已為我們熟悉的情況下。

為了將“虛妄的形而上學”排除出去，馬赫及奧斯特瓦爾德等人的選擇的道路是實證主義。“概念來之於經驗”，一切經過“實證”，這是實證主義的特徵。他們堅持認為知識只能直接來源於經驗，不能直接經驗到的東西都被他們視為形

而上學。在對待物理理論時，他們認為人類只能建立諸如熱力學這類現象學的理論，即唯象論理論。在現象之外並引起的現象的東西是存在或可能存在的，但是由於我們不可能知道它們是什麼樣子，因而我們只能把思考或談論限制在現象本身的範圍之內，奢談這範圍以外的東西，例如任何本體論的探求，都是毫無意義的事情。實證主義者宣稱，他們要把科學從類似原子、分子這類“有害的假說”中解放出來，因為這些假說既不直接來自經驗，又推導不出可由實驗直接檢驗的結論。

馬赫的實證主義學說強調了自然科學思想方法與哲學思想方法的差異，對防止哲學中的虛假的形而上學問題侵入自然科學，有深遠的意義；另外，潛藏在這一學說中的深刻的批判精神和懷疑精神對科學家產生了廣泛而深刻的影響。愛因斯坦曾經說。科學家們“曾如同吸他們母親的奶那樣吮吸了……馬赫的思考方式”，但實證主義學說否定了理性認識的必要性，反映出一種反理性主義的傾向。這種傾向對現代物理學的繼續發展。由開始起了推動作用逐漸走向反面，到 20 至 30 年代，幾乎已經開始嚴重防礙了物理學進步。能闡明這一變化過程最精彩的例子莫過於愛因斯坦自身的思想變化。

愛因斯坦本人在早期曾受到馬赫科學哲學觀點的影響。但到 1905 年尤其是 1917 年建立引力理論以後，他的思想有了根本性的轉變。1938 年在給匈牙利物理學家蘭佐斯（C. Laroze, 1893—）的信中愛因斯坦寫道：“從有點象馬赫的那種懷疑的經驗論出發，經過引力問題，我轉變成為一個信仰唯理論的人……”，他還多次告誡年輕科學家：“在原則上，試圖單靠可觀察量來建立理論。那是完全錯誤的，實際上，恰恰相反，是理論決定我們能觀察到的東西”。“適用於科學幼年時代的以歸納為主的方法，正在讓位給探索性的演繹法。”

在厄倫哈夫特與密立根的論戰中，厄倫哈夫特雖然在名氣上大於密立根，但由於他生活、學習在維也納，使他深受歐洲大陸科學哲學學派的影響。反原子論和馬赫主義觀點使厄倫哈夫特在與密立根論戰過程中，一再誤入歧途，以致在幾乎完全相同的實驗條件下，先是得出本質上相同，只是結果稍有差異的結論，但後來得出的卻是完全相反的結論。如果離開了這個總的歷史背景條件，我們是無法理解他們之間爭論的本質的。

厄倫哈夫特生活在馬赫主義的根據地維也納大學，他不可能不受馬赫哲學觀點的影響。事實上，他是非常信奉馬赫的哲學思想的。1925 年在紀念馬赫逝世 10 周年和馬赫半身銅像揭幕儀典上，厄倫哈夫特除了高度讚揚馬赫的功績以外，他還第一次公開說明他反對原子理論的根本原因，與馬赫的實證主義科學哲學有重要聯繫。他在演講中指出：“馬赫好象是現象論觀點最謙遜的代言人，他只滿足於對現象的描述，放棄其他的可能性；其他人則熱切相信物質的構成可以用統計的方法和純理論的方法進行討論，這反映了原子論觀點，他們相信他們能夠發現事物真實的存在。”

講到這兒，厄倫哈夫特似乎越來越激動，他的聲音提高了許多；“馬赫本人有勇氣用非凡的證據反對幾乎流行在所有其他人中的原子論觀點——反對的正是原子論的世界觀，即物質（最近也包括電）是由最小的、不可分割的成分組成，並被認為已由它得到了最終打開自然知識大門的神奇的鑰匙，但世界的發展是十分不尋常的，一方面勇敢的探索者如馬赫這樣偉大的思想家在原子領域裡引發了一場風暴；另一方面我們必須承認，今天我們讚頌的這位偉人也許是最後的勝利

者。在這兩種世界觀的戰鬥中，誰敢作出最後仲裁呢？”

由厄倫哈夫特這句話可以看出，支援他與密立根公開論戰的重要原因，是馬赫實證主義哲學的影響。不然我們很難解釋他為什麼在 1910 年春季突然放棄電的基本量子思想。

更值得重視的是，在 1910 年 5 月 1 日，即厄倫哈夫特開始（4 月 21 日）和最終（5 月 12 日）樹起反對電的基本量子思想大旗的三個星期之間的日子裡，馬赫思想的忠實信徒維也納大學蘭帕教授（Lampa）曾寫過一封信給馬赫，他告訴馬赫，普朗克出了一本書，他改變了原先的觀點，開始“堅持你一直反對的觀點”。蘭帕認為普朗克的書從物理學觀點觀之也許是有趣的，但這本書“在認識論方面是幼稚的”。接著蘭帕談到厄倫哈夫特的文章和實驗，他告訴馬赫，厄倫哈夫特和他的助手朗（Lang）似乎觀察到了 $1/3$ 、 $1/5$ 電子的電量。蘭帕高興地歡呼道：“這真是太漂亮了！”

那時反對原子論的思想幾乎已遭到滅頂之災，連奧斯特瓦爾德也在 1908 年 11 月宣稱：“我們最近獲得了物質分立的微粒性質的實驗證實，幾千年前毫無結果尋找的原子假說……使最謹慎的科學家都在談論原子理論，認為其實驗證據是十分充分的。原子假說已經被提高到一個科學根據的理論位置上。”在這種對馬赫主義來說是“黑暗時期”的日子裡，厄倫哈夫特的“成就”，顯然令他們十分振奮。不過，應該說明的是，我們還沒有理由認為厄倫哈夫特單純為了哲學觀點，會忽視乃至犧牲科學實驗的證據。他畢竟是一位科學家。他之所以轉變立場反對分子-原子論，除了實證主義哲學影響以外，他在實驗中的失誤，或者還應該加上與密立根的論戰。也起了重要作用。

對於密立根來講，他幾乎生活在一個與厄倫哈夫特完全不同的歷史環境中，雖然密立根的老師蒲品曾公開對密立根說他不相信原子理論，但由於美國民族英雄、政治家和科學家佛蘭克林（B. Franklin, 1706—1790）的影響，原子或電子之類的粒子對於密立根來說，可以說是一種先入之主的見解了。

密立根對科學的歷史始終都有興趣，在他的《電子》一書中，第一章他寫的就是。早期電的各種觀點”。他認為，是佛蘭克林最早用“電粒子或者原子”闡述了物質的真實性和粒狀結構。他經常引用佛蘭克林的一句話：“電物質由極端微妙的粒子組成。因為它能滲透在普通的物質中，甚至很密的物質中。似乎可以不受阻力地自由在物質中移動”。

密立根還認為，佛蘭克林是這種學說的鼻祖，“在他之後沒有任何電的理論了。”當密立根開始研究電子電荷以後，他認為他和別人所有的研究，“只是使我非常接近 1750 年佛蘭克林的工作，唯一的差別是我們現代的電子理論建立在大量直接而又令人信服的證據上。”當人們於 1948 年紀念 J. J. 湯姆遜發現電子 50 周年時，密立根認為人們完全有理由紀念“佛蘭克林發現電子”200 周年。

在密立根正式研究電子電荷以前，他早就注意到和十分重視佛蘭克林的理論。在 1908 年寫的《簡明大學電學、聲學和光學教程》一書中，密立根明確寫道：“（佛蘭克林）的所謂單流體理論”加上“開爾文勳爵和 J. J. 湯姆遜作的現代的修正……，它成了當今著名理論”，其特點是它是“非常小的帶負電的粒子，或者說是電子”。

正由於在這種理論的薰陶下，使密立根在非常複雜、影響觀測因素的特別多的實驗中，能抓住主要因素，大膽修正測定資料，使他“實際上可以看到某一時刻電子在跳上或跳下”，並最終相當準確地測出電子電荷的基本常數。由此觀之，愛因斯坦的話真是有見地之言：

是理論決定我們能觀察到的東西。

5. 科學中的先入之見和弄虛作假

在厄倫哈夫特和密立根的論戰時，隨著論戰日趨激烈，在論戰過程中出現了一個非常值得注意的現象，那就是假說、先入之見和弄虛作假的問題，可以說，這一問題已經引起廣泛的矚目，各種對立的看法亦應運而生。

我們先簡單介紹一下事情的經過。前面我們已經說過，在 1913 年以前，密立根的論文有一種少有坦率，對測定的資料總是“好的”和“壞的”一起公佈，並公開說明某些資料由於不符合他的假說而被認為是“壞的”資料，並把它從計算中刪去，這種坦率是可貴的科學品格，而且密立根刪去某些他認為是“壞的”資料，似乎也無可非議，因為他深知在如此空前精密的測量中，影響測定的因素實在太多，因而不符要求的資料在他看來，當然非刪去不可。但是，這兒顯然有一個不合理的步驟出現了：你刪去某些資料是根據你的假說，但假說本身又正是需要用實驗證實的，修改資料以證實假說，那豈不是首先就已經肯定了假說，又談什麼實驗證實呢！？

密立根一方面堅信他相信的假說是正確的，二方面也許是他認為他對他的實驗瞭若指掌，以致他能分辯出哪些資料受到不適當因素的影響，應該從計算中刪去。儘管他自己認為他很有道理，對自己的作法的公正性也深信不疑，但對於不相信或不怎麼相信這個假說的人來說，這種手法就只能被認為是不公正的了。而且，科學史上該有多少偉大的發現，正是由於追究一些很小的資料偏離而作出的呢！

厄倫哈夫特不能原諒密立根這種刪去某些“壞”資料的作法，並提出了尖銳的批評。這之後，從 1913 年 8 月開始。奇怪的事情出現了：密立根的文章中再沒有出現“壞”的資料，所有資料都非常漂亮。密立根大約恐怕別人懷疑，所以在文章中還信誓旦旦地說，他的資料並未經過任何選擇。它們是隨機的。他在文章中還特別強調，為了預防錯誤。他還特別將實驗儀器拆下，重裝……，但這一切並沒有影響漂亮的資料。在這種情形下，厄倫哈夫特無話可說了。

可是人們似乎並不相信密立根那些過分漂亮的資料，他們還記得 1960 年諾貝爾生理醫學獎獲得者、英國生物學家梅達沃（Peter B. Medawar, 1915—）說的一句話：

只盯著學術‘論文’是沒有用的，因為這些“論文”不僅隱瞞真相，而且在論述他們的工作時想盡辦法講歪理。……只有未加修飾的證據才解決問題，那意味著要從鎖眼裡去看。

美國科學史工作者霍爾頓真的從“鎖眼”裡看了一眼，結果從密立根的原始筆記本中發現了令人大吃一驚的事情：1913 密立根文章中發表的 58 次觀測，並非如他信誓旦旦所說的那樣是“沒有經過選擇的”，而是從 140 次觀測中挑選出

來的！霍爾頓的這一發現，尤如晴空霹靂，震動了物理學界，人們對它提出了極為不同甚至對立的看法。

密立根在論戰中最後獲勝了，還獲得了科學界的最高獎賞，因而有許多科學家認為密立根刪去某些資料是一種科學家非凡能力的表現。例如 1979 年諾貝爾物理學獎獲得者溫伯格（S. Weinberg，1933—）說：

正如霍爾頓在研究密立根的筆記時指出的，密立根在選擇將哪一些油滴列入他發表的成果時確實表現出了驚人的判斷力。

據馮·卡門（T. Von Karman，1881—1963）回憶說：

厄倫哈夫特跟我談過他由於缺少勇氣，不像密立根那樣大膽修正測定資料，因而失去了獲得諾貝爾獎的機會。

你看，連厄倫哈夫特都佩服密立根“修正測定資料那樣大膽”！不過，厄倫哈夫特知道的僅僅是 1913 年以前密立根公開的修正測定資料，如果他知道密立根在 1913 年的論文中撒了謊，那他一定會將論戰繼續下去。事實上，厄倫哈夫特一直認為， e 的整數倍這一假定將迫使人們做出更多沒有證明的假定；一個更大的“錯誤”將迫使實驗工作者悄悄放棄某些讀數；如果一個人相信最小電荷不是 e ，而是 e 的 $1/10$ ，那密立根就不會拋棄被他刪掉了的資料。由此可知，厄倫哈夫特在 1913 年以前，就一直不贊成密立根的實驗程式。只是到了 1913 年以後，密立根那些“漂亮”的資料已經使厄倫哈夫特沒有辮子可抓了。這才無話可說。而密立根對他的“漂亮”資料有恃無恐，因為那些筆記本“屬於私人科研範圍”，在他生前是不會被任何人發現的。

密立根的“判斷力”的確是“驚人”的，但也正如 W. 布勞德等人所說：“密立根和科學界其他為了使自己理論壓倒他人而不惜作弊的巧手們的例子，具有發人深省的含義。”至少，密立根的這種作法是不公平的，也不道德。密立根有權利根據他信任的假說“大膽修正測定資料”，他同樣也有權利不同意厄倫哈夫特處理資料的辦法，有權力認為“對原始資料作（厄倫哈夫特）這樣一種解釋，將迫使人們無視自然界一個已經十分明朗化的基本事實，即 e 的整體性”；但是，密立根絕對沒有任何理由隱瞞事實，弄虛作假。

每一個科學家在進行研究時，一定會有一種先入之見，正是這種先入之見決定科學家如何進行觀測，如何處理觀測的資料。沒有先入之見的觀測者是不存在的，而且先入之見一定會使觀測者偏愛某些資料，而認為另一些資料“不好”，“不適用”。這樣，科學家就會不自覺進入一個危險的境地；利用修改資料的辦法證明自己信奉的假說，從而缺少了檢驗假說的機制。為了保證科學順利地向前發展，為了避免先入之見中的虛假成分進入理論，科學實驗工作者必需公開自己測定的全部資料，對於自己做出的取舍也應做出令人信服的解釋。如果用弄虛作假的辦法來證明自己的先入之見是正確的，即使是運氣好而得呈于一時，但最終除了在道德上會受人非議以外，也還會在日後的科學研究中栽跟頭。

如果密立根只有測定 e 這樣唯一的一項科學成就，他的猜測、執著和修改資料將是十分幸運的（當然，在道義上他仍然應當受到公正的譴責）。但他接著的一項重大研究，卻又給了人們另一種不同的印象。當他決定接著研究愛因斯坦光電方程時，他有一個非常明確的先入之見：光決不是量子化的，光只能是一種連

續的電磁波動。

但到 1915 年以後，他經過多次努力竟意外地用實驗證實了愛因斯坦方程的每個細節幾乎都是正確的。他公開了試驗測定的細節和資料，但堅持認為光量子假說“看上去是站不住腳的”。從實驗程式來說，這次密立根是無可挑剔的。雖然他直到 1920 年還聲稱光量子不可能存在，但他仍然公開承認以光量子假說為基礎的愛因斯坦方程是正確的。密立根的這種作法，倒使人想起伏爾泰的那句偉大的名言：“雖然我不贊同您的話，但是我要盡力保護您說這些話的權利。”這既公正又令人感動。

為什麼與厄倫哈夫特進行論戰時，密立根沒有這種高姿態，而到 1918 年卻又有了呢？這是一個有趣的心理學問題。我想，很可能是因為與厄倫哈夫特論戰時。密立根還是一個無名小卒，他不得已用了不正當的手段來保護自己，到 1916 年他已經是頗有名氣的大物理學家了，他的自信和名氣已經用不著自己去弄虛作假，而且他的對手是愛因斯坦。

更值得我們注意的是，在密立根進行他畢生第三個重大科學研究課題的過程中，他又一次利用了一些並不公正的方法，以維護他的關於宇宙射線的假說。這次密立根的對手主要是年輕的康普頓（A. Compton, 1892—1962）。開始，密立根用一切方法（其中有一些方法很不公正）否定“緯度效應”；因為緯度效應將判決性地證明康普頓所堅持的假說，即宇宙射線是由高速帶電粒子組成，這對於密立根所信奉的假說，即宇宙射線由光子組成，無疑是一個毀滅性打擊。

更有意思的是，當後來形勢對密立根的假說極為不利時，他又極力聲稱緯度效應是他首先發現的。在這次論戰過程中，密立根的固執、狂妄和不公正，不僅讓他的論戰對手們感到驚訝、迷惘和憤怒，而且有些雜誌的主編【如《物理評論》的主編塔特（J. T. Tate）也感到“非常不安”，甚至“厭惡”。】密立根的論戰策略後來被人們總結為：“首先我不相信有緯度效應，但是如果有的話，那是我首先發現的。”

在密立根經歷的這三次重大探索過程中，他似乎表現出了一種他特有的風格，那就是他對他信奉的假說，持一種過分信任以至於到了固執的態度。也就是說，他幾乎是絕對信任已經進入他思想中的先入之見。第一次在 e 的測定中，他下了很大的賭注：私自修改資料、弄虛作假，但最後他勝利了；“成者為王敗者寇”，責難他的人寥寥無幾。第二次在驗證愛因斯坦的光電方程中，他坦率地承認他原來想否定的方程被證實是對的，但他拒不承認光量子假說，這次他打了個平手。第三次在與康普頓的爭論中，他的固執已見、維護個人“尊嚴”和缺乏“費厄潑賴”精神，終於使他痛嘗慘敗的滋味。

對先入之見或假說有堅韌不拔的信念，有時是十分寶貴的，但以弄虛作假來“證實”自己的信念，那是任何時候也不可取的。如果幾經研究而無法證實自己的假說，最好是放棄或至少是暫時放棄這個假說。

即使在努力證實自己信奉的假說時，也應該經常提醒自己；對假說的偏愛會經常影響正常的觀測、解釋和判斷。一旦發現它與事實發生矛盾，就應該有勇氣修改甚至拋棄這種假說。

英國偉大生物學家赫胥黎（T. Huxley, 1825—1895）說得好：

我要做的是讓我的願望符合事實，而不是試圖讓事實與我的願望調和。我們要像一個小學生那樣，在事實面前準備放棄一切先入之見，恭恭敬敬地照大自然指的路走，否則，我們將一無所獲。

牛頓 愛因斯坦 波爾 三人間的對話

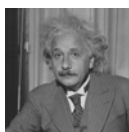
劉源俊

對話人



- **牛頓** (Isaac Newton) 英 1642～1727

“If I have seen further, it's by standing on shoulders of giants.”



- **愛因斯坦** (Albert Einstein) 德 1879～美 1955

“God does not play dice with the universe.”



- **波爾** (Niels Bohr) 丹 1885 ～1962

“We are both onlookers and actors in the great drama of existence.”

時 2005 年 12 月 1 日 20:30

地 地球 東吳大學望星廣場

開場白

波：今年欣逢紀念愛因斯坦發表五篇重要物理論文 100 周年，國際物理學界訂為「世界物理年」¹，獲得熱烈反應。特邀兩位物理史上的巨人，一同公開討論物理的基礎²。

愛：至感榮幸！

牛：1987 年那年適逢本人發表《自然哲學的數學原理》300 周年，英國特出郵票紀念，劍橋大學且由 Hawking 教授主辦一紀念研討會。

波：詩人 Pope 有言：「天生牛頓，於是長夜得明。」³請牛頓先開始。因聽眾學力尚有不足，說理、用語請盡量淺顯。

說「理」

牛：天道尚簡，不好多餘之因⁴。同果宜歸於同因⁵。經驗可推得通性⁶。知歸

¹ World Year of Physics 2005

² foundations of physics

³ “God said, Let Newton be! And all was light.” – Pope: *Epitaphs*, 1730

⁴ “Nature is pleased with simplicity, and affects not the pomp of superfluous causes.” --I. Newton: *Principia* Vol. 3 (1687), translated into English by Andrew Motte (1729)

⁵ “...to the same natural effects we must, as far as possible, assign the same causes.” --同上注

納則近道矣⁷。以上簡述本人的物理哲學。

時間是絕對的⁸，空間也是絕對的⁹；運動則有絕對運動¹⁰與相對運動¹¹之別。

愛：你說絕對時間與絕對空間，是假說麼？

牛：我不做假說的¹²。我的陳述都由經驗得來，這就是所謂歸納法。至於時間與空間的性質，其實不必多費唇舌，大家都明白¹³。

愛：且慢，這裏面有問題。首先，任何理論都是人的發明¹⁴，都必須從假設出發；不同的假設自然推出不同的結論，交由實驗檢證。

再說，你一開始就界定時間與空間的性質，不就是做了假設嗎？你安知是對的？

牛：我可不敢說理論是人的「發明」！我提出的運動三律及萬有重力律都是「發現」。我自認像是一個在沙灘上玩耍的孩子，發現了一些漂亮的石子或貝殼，而真理之大海仍然茫茫¹⁵。

愛：你提到的「真理」，意義不明！我說過，我們必須區分經驗裏的「實事」、算學裏的「陳述」、科學裏的「理論」與宗教裏的「教義」¹⁶！我還是要強調，雖然你不敢用「發明」這一詞，但其實你的所有理論都是你的發明。再說，講「理」就好了，何必曰「真」。

波：我贊成愛因斯坦。物理學家的任務是實事求是，就象¹⁷發理¹⁸，無從言「真」。理論都是從假設出發的。愛因斯坦既然提到這點，請說說看你的假設。

說「相對論」

⁶ “The qualities of bodies, ... which are found to belong to all bodies within the reach of our experiments, are to be esteemed the universal qualities of all bodies whatsoever.” --同上注

⁷ “In experimental philosophy we are to look upon propositions inferred by general induction from phenomena as accurately or very nearly true, ...” --同上注

⁸ “Absolute, true, and mathematical time, of itself, and from its own nature, flows equably without relation to anything external.” ---I. Newton: *Principia* Vol. 1 (1687), translated into English by Andrew Motte (1729)

⁹ “Absolute space, in its own nature, without relation to anything external, remains always similar and immovable. --同上注

¹⁰ absolute motion

¹¹ relative motion

¹² “I frame no hypotheses, ... and hypotheses, whether metaphysical or physical, whether of occult qualities or mechanical have no place in experimental philosophy.” ---I. Newton: *Principia* Vol. 1, General Scholium, (1687), translated into English by Andrew Motte (1729)

¹³ “I do not define time, space, place and motion, as being well known to all.” --同上注

¹⁴ “the axiomatic basis of theoretical physics cannot be extracted from experience but must be freely invented, ...” --A. Einstein *Physics and Reality* (1936)

¹⁵ “I seem to have been only like a boy playing on the sea-shore, and diverting myself in now and then finding a smoother pebble or a prettier shell than ordinary, whilst the great ocean of truth lay all undiscovered before me.” ---- D. Brewster *Memoirs of Newton* (1855)

¹⁶ “It is difficult even to attach a precise meaning to the term ‘scientific truth.’ Thus the meaning of the word ‘truth’ varies according to whether we deal with a fact of experience, a mathematical proposition, or a scientific theory. ‘religious truth’ conveys nothing clear to me at all.” ---- *On Scientific Truth* (1929) — Answer to a Japanese scholar

¹⁷ phenomena

¹⁸ theories

愛：為了解釋 Michelson 與 Morley 的實驗，我必須假設真空中的光速在任一慣性系裏恆定。

牛：這豈不違反常識？行進火車中槍彈的速度，從地面上測量，自是不同的。光在以太¹⁹中行進，如果觀測者也在以太裡行走，照理說測到的光速會改變。

波：你說到以太，以太是什麼東西？

牛：以太是傳遞光的介質，透明、無質、無阻而有彈性。在我的觀念裡，光由微粒²⁰組成，會激發以太中的波；各種物質裏的以太密度不同，對光微粒有不同影響，因而各種物質裏的光速不同。

愛：我必須指出，以太是你的假想，且是多餘而製造問題的假想²¹！剛剛你一開始不是還說「天道寧簡，不好多餘之因」？我從電動力學²²深思過這一問題：如果釜底抽薪，去除以太假設後，一切迎刃而解！

牛：去除以太，光如何行進？

愛：Maxwell 說，電場變化形成磁場，磁場變化形成電場；兩者互相牽動，就造成電磁波²³。

這波的速度恆定，就是光速。光是電磁波，它的傳遞毋需介質。

牛：姑且聽之。你從光速恆定的假設出發，可以得到哪些結論呢？

愛：首先是，兩事件的同時性²⁴只能相對於所在的慣性系²⁵而定義——此即「相對論」²⁶此一名詞的由來。換言之，我改變了牛頓「絕對時間」的假設。

波：你既假設光速不因慣性系遷變²⁷而有所遷易，而你當然也假設了所有自然律²⁸的不遷易性²⁹，所以你的理論，其精義實為「絕對性」，稱之為「相對論」不甚妥當。

愛：同意。但是大家已經習用「相對論」這一名詞，難以更改。我比較擔心的是，許多人文社會學者不明就裡，把「相對論」這一詞到處濫用。

牛：還有哪些重要的結論？

愛：運動系統裏的韻律³⁰變慢³¹，運動系統裏的長度縮短³²；運動物體的質量增大³³；等等...

牛：有實驗支持嗎？

¹⁹ 牛頓用的原詞是 æthereal medium

²⁰ corpuscles

²¹ “The introduction of a *Lichtäther* will prove to be superfluous...” --A. Einstein: *On the Electrodynamics of Moving Bodies*, *Annalen der Physik* (1905)

²² electrodynamics

²³ electromagnetic waves

²⁴ simultaneity

²⁵ inertial system

²⁶ theory of relativity

²⁷ transformation

²⁸ laws of nature

²⁹ invariance

³⁰ rhythm

³¹ time dilation

³² length contraction

³³ mass increment

愛：相對論的效應要在速度接近光速時才會明顯。因為我們無法使運動系統的速度接近光速，所以前兩個結論只有間接事證³⁴，但第三個結論則在高能物理實驗裡有明確的事證。

說「二象性」

波：請問愛因斯坦。你是在 1905 年 6 月首次提出狹義相對論，但同年 3 月你先提出光量子的說法。在相對論中你視光為電磁波，在量子論中你又視光為微粒。到底你認為光是什麼東西？

愛：這真教人迷惑！我自己一直弄不通。1909 年我研究黑體輻射的能量起伏問題時，認為光應兼有波與粒兩種性質。但是為什麼光有時表現波性，有時表現粒性呢？後來 de Broglie 進一步說物質也有時表現粒性，有時表現波性；更是教人迷惑！其中必有奧妙。

牛：我早就發覺其中有蹊蹺。所以當我說光是微粒時，我也想到以太裏可能有波動。

愛：不要再提以太了！我剛才講過，「以太說」沒必要，而且製造問題。

波：談到光與物質的 duality 問題，我們還是要先釐清物理的本質。物理學家「就象說理」，所以我們只宜說「光與物質可顯現波或粒的現象，」或說「光與物質有波性與粒性，」而不可說「光與物質是波或是粒。」duality 一般在中文裡譯為「二元性」，用到物理裡就不合適了，應譯為「二象性」才好。我認為波與粒的二種現象都只是片面，二者相輔相成³⁵。

愛：真是眾說紛紜！讓我們歸納一下各家的說法。我曾想過光或物質「是波亦是粒」，de Broglie 認為「是粒但有波，波為引導³⁶」，Schrödinger 則認為「有波³⁷無粒」。至於另外幾位就更玄了。Born 提出「粒的機率波詮釋」³⁸，Heisenberg 提出「粒非粒，波非波」的說法³⁹，你卻又提出「波粒相成說」⁴⁰。

波：大家看法如此分歧，可見這一問題的深度。這裡隱含了兩個層次的問題，一個是語言上的（例如波與粒的定義不明），另一個是物理實在⁴¹的問題——到底有沒有客觀的物理實在？。我是認為沒有客觀的物理實在，任何現象都是觀測主體⁴²與被觀測客體⁴³間交涉⁴⁴的結果。

說「實在」

³⁴ evidences

³⁵ complementary

³⁶ pilot waves

³⁷ wave function

³⁸ statistical interpretation

³⁹ uncertainty principle

⁴⁰ complementarity principle

⁴¹ physical reality

⁴² the observer

⁴³ the observed

⁴⁴ interaction

愛：我絕不能同意「沒有客觀物理實在」這句話⁴⁵。我的相對論是建立在「有客觀物理實在」的信念⁴⁶之上。時、空是基底⁴⁷，光與物質在其中運動。反之，光與物質的能量與動量分佈又影響到了時空的彎曲⁴⁸。

牛：我也認為有客觀物理實在。其實那也就是上帝⁴⁹！雖然我並不相信人格的上帝，但信上帝無所不在，祂就是客觀的實在，客觀的秩序⁵⁰。

波：那也不過是你們的信念！愛

因斯坦，你真認為時、空是客觀存在的麼？

愛：當然，只不過並非牛頓所設想的一維絕對時間與三維絕對空間，而是「四維時空連續體」⁵¹。牛頓踵武 Euclid 形學⁵²，我則採用 Riemann 形學⁵³。

波：愛因斯坦，你不是說物理是人的發明嗎？時、空不過是你的假設、假借，那你又為什麼一定要對「時、空的客觀實在」固執成見？

愛：我承認那是我的信念，我擇善而固執。此外，我決不能接受機率波及統計詮釋這些說法。天道非無常⁵⁴；天道微而不鄙⁵⁵。

波：任何人如果對量子力學不感到震驚，是因為他沒懂！⁵⁶

我從量子物理⁵⁷的發展，歸納出一些核心觀念—1.實驗本身（儀器及現象）必須用牛頓以來大家熟知的古典物理⁵⁸語言來描述；2.觀測者必然參與⁵⁹——知即測⁶⁰，測即擾⁶¹，測量的效果是一種「投射」⁶²；3.相輔相成原理；4.機運觀⁶³；5.整體觀⁶⁴。這些觀念除了第一項外，截然不同於古典物理，一般稱為「哥本哈根詮釋」⁶⁵。我們兩人為此曾在 1927 年及 1930 年兩度於 Solvay Conferences 中當面辯論過，又在 1935 年交手筆戰，我知道你不能接受！

愛：我是同意你們這套說法的一致性⁶⁶，但無法同意其完備性⁶⁷。

⁴⁵ “I (believe) in complete law and order in a world which objectively exists,” --Einstein's Letter to Max Born (1926)

⁴⁶ conviction

⁴⁷ substratum

⁴⁸ curvature of space-time

⁴⁹ God

⁵⁰ ‘Supreme God exists necessarily.’ “He is omnipresent not *virtually* only, but also *substantially*....”

--I. Newton: ---Einstein's Letter 1954

⁵¹ four-dimensional space-time continuum

⁵² Euclidian geometry

⁵³ Riemannian geometry

⁵⁴ “Gott würfelt nicht. —God does not cast dice.” --Einstein's Letter to Max Born (1926)

⁵⁵ “Raffiniert ist der Herr Gott, aber boshaft ist er nicht. —God is subtle, but he is not malicious.”

--A. Einstein: referring an experimental test of general relativity (1921)

⁵⁶ “Anyone who is not shocked by Quantum Mechanics has not understood it.”

⁵⁷ quantum physics

⁵⁸ classical physics

⁵⁹ observer-participancy

⁶⁰ To know is to measure.

⁶¹ To measure is to disturb.

⁶² projection in Hilbert space

⁶³ statistical interpretation

⁶⁴ holistic view

⁶⁵ Copenhagen interpretation

⁶⁶ consistency

⁶⁷ completeness

波：要怎樣的理論才完備呢？

愛：有些人，例如 Bohm，還在致力建構「隱變數理論」⁶⁸，希望作為量子物理的更基礎理論。

波：必須要告訴你，1982 年以後 Aspect 等人所做的一系列「雙光子系統的糾葛」⁶⁹實驗已經清楚否證了 Bell 不等式⁷⁰；換言之，即使有隱變數理論，這些隱變數必有「越地性」⁷¹。所以你所設想的時空只不過幻象而已！

愛：真是匪夷所思！

波：我還要告訴你，所謂「波粒二象性的迷惑」在量子場論⁷²中，通過場的算符化⁷³等手段，已經獲得解決。

愛：樂見其成。量子場論裡有哪些重要推論？

波：例如說，真空⁷⁴會在很短的時間裡突然生出一對電子與正子，然後又復合；這叫做真空極化⁷⁵。換言之，真空不空。

愛：那麼能量就不會守恆囉？

波：根據不確知原理⁷⁶，測量時間愈短，能量愈不確定。我們普通以為真空裡空無一物，是長時間測量得到的結果。

牛：我剛剛聽你們講量子物理，不知所云，實在插不上話。但是聽到這裡，卻又引起我的興趣了。波爾說一切實驗必須用古典物理來描述，使我感到欣慰。他又說到真空裡是有東西的，這跟我所說的以太似乎可以扯上關係。

波：有點道理。Whittaker 就主張，既然真空裡各種紛亂雜陳，「真空」之名，顯然名不符實；不如重新拾回「以太」⁷⁷的老名。

愛：今天談了許多，大家都有需要回去重新整理一下思想，是否可就此打住？

結語

波：好。我們三人的對話，在形式上有點像 Galilei 兩本經典名著⁷⁸中 Salviati 與 Sagredo、Simplicio 三人間的對話，當然我們的程度深得多。Jauch 有一本通俗書 *Are Quanta Real?* 也是邀這三人對話的，可做參考。

最後藉我常引的 Schiller 談儒學的詩句⁷⁹作一結束：

惟堅毅致遠，惟充實致明，而大理寓隱⁸⁰。

⁶⁸ theory of hidden variables

⁶⁹ entanglement or non-separability of a cascade emission double-photon system

⁷⁰ Bell inequalities

⁷¹ non-locality

⁷² quantum field theory

⁷³ quantization of field

⁷⁴ vacuum

⁷⁵ vacuum polarization

⁷⁶ uncertainty principle

⁷⁷ aether

⁷⁸ *Dialogues Concerning the Two Chief World Systems, Dialogues Concerning Two New Sciences*

⁷⁹ 出自 *Spruch des Confuzius*

⁸⁰ “Nur Beharrung führt zum Ziel, Nur die Fülle führt zur Klarheit, Und im abgrund wohnt die Wahrheit.”

物理學 與 諾貝爾非物理學獎

秦克誠
北京大學

目 錄

- 一. 諾貝爾獎簡介
- 二. 一個引人注目的現象
- 三. 物理學與諾貝爾化學獎
- 四. 諾貝爾生理學醫學獎得主的物理學背景
- 五. 諾貝爾經濟學獎得主的物理學背景
- 六. 諾貝爾和平獎和文學獎
- 七. 結語

一. 諾貝爾獎簡介：

諾貝爾其人：

瑞典人。1833-1896。

黃色炸藥的發明者。

和平主義者。對各國政府將炸藥用作武器殺人非常痛心。

熱心公益。終生未婚。

積攢下巨大財富：

1. 巴庫油田的開發
2. 發明炸藥的專利



1895年立下遺囑，將自己的財產全部捐獻建立基金，“**基金的利息作為獎金發給那些在前一年中對人類作出最大貢獻的人**”。2013年單項獎金為1000萬瑞典克朗，約合120萬美元。

當時分5個獎項：

物理學獎、化學獎：由瑞典科學院評定頒發。

生理學或醫學獎：由皇家卡洛琳醫學研究所評定頒發。

文學獎：由瑞典文學院評定頒發。

和平獎：由挪威議會推選的一個五人委員會評定頒發。

1968年，瑞典中央銀行設立諾貝爾**經濟學獎**。



華人諾貝爾獎得主：

迄今有11位華人得諾貝爾獎：

物理學獎：

李政道、楊振寧，1957，弱作用中宇稱不守恆。零的突破。

丁肇中，1976，發現 J/Y 粒子。

朱棣文，1997，用鐳射冷卻和俘獲原子。

崔琦，1998，發現在強磁場和超低溫條件下大量相互作用的電子形成一種量子流體。

高錕，2009，光纖通信。



化學獎：

李遠哲，1986，發明交叉分子束方法。

錢永健，2008，多色螢光蛋白標記技術。

朱棣文和錢永健是在美國出生的第二代華人。

文學獎：

高行健，2000。1987年出走，定居法國。

莫言，2013

和平獎：

達賴喇嘛，1989.



此外，必須談兩位與諾貝爾獎走得很近的華人。

湯飛凡：湖南醴陵人，病毒學家。湘雅醫學院首屆學生，留美（哈佛）回國後在湘雅醫院工作，研究沙眼的病因。推翻日本科學家的沙眼細菌病原說，證明是病毒引起的。1955年首次分離出沙眼病毒。這大大改進了沙眼的防治，並導致微生物分類的重大變更，增加了一個介於立克次體與病毒之間的衣原體目。1958年9月30日在“拔白旗運動”中自盡。1980年6月，中國眼科學會收到國際眼科防治組織一封短信，稱由於湯博士對沙眼病原研究的傑出貢獻，決定授予他金質獎章，並希望得到他的通信地址，邀請他出席1982年的第25屆國際眼科大會。



舒舍予（老舍）：著名作家。文革中1966年8月24日投太平湖自盡。日本有文藝刊物說1968年諾貝爾文學獎本來是準備給老舍的，後知老舍死改授川端康成。

二. 一個引人注目的現象

諾貝爾獎的歷史中，一個非常引人注目的現象是，不少物理學家或學物理出身的科學家獲得了諾貝爾非物理學獎，而反過來的情況，即非物理學出身的獲得諾貝爾物理學獎，則極為少見。迄今我們查到的絕無僅有的一例，是1987年因發現高溫超導電性與Müller共同獲獎的 Bednorz，他是學化學的，後來從事材料科學研究。

這一事實反映出物理學作為自然科學中最基礎、最成熟的學科的地位。

三. 物理學與諾貝爾化學獎

物理學和化學是鄰近的學科，關係密切。物理學研究物質存在的各種基本形式及其內部結構、性質、運動和轉化的基本規律，而化學則專注于原子和分子層次。自然界的四種基本力強作用力、弱作用力、電磁力和引力，在原子和分子層次上只有電磁力起作用。

歷史發展的互動

由於物理學的研究物件比較簡單，物理學較早就成為嚴密科學，而化學則直到 1930 年代還基本停留在實驗科學階段。

諾貝爾化學獎的得主與物理學有關的非常之多。僅這裡談到的就有三四十人。

一次舛誤：Rutherford 獲1908年諾貝爾化學獎

Rutherford在得悉獲獎後說：

“這真是太妙了！我一生中研究了許多變化，但是最大的變化是這一次，我從一個物理學家變成了一個化學家。”

Rutherford是紐西蘭農家出身。紐西蘭為他發行了三次郵票。



物理化學的建立

19世紀末，化學開始了向嚴密科學的過渡，創立了一個新的分支學科——物理化學，它以物理學原理和實驗技術為基礎，研究化學體系的性質和行為，特別是以物理學的觀點、方法和理論研究化學中的理論問題。它的誕生把化學從理論上提高到了一个新水準。

物理化學建立的標誌性事件是1887年德國物理化學家 Ostwald 與荷蘭物理化學家 Van't Hoff創辦《物理化學雜誌》。他們兩位與瑞典物理化學家Arrhenius合稱“物理化學三劍客”，是物理化學的奠基人，他們有深厚的物理學素養，都曾在歐洲一些大學擔任過物理學教授。

物理化學一建立，就顯示了蓬勃的發展勢頭。

1901年第一次諾貝爾化學獎，就是授給Van't Hoff的，Arrhenius 和 Ostwald 也分別於1903年和1909年獲得諾貝爾化學獎。

Van't Hoff的工作

1. 化學動力學:指出了化學反應的可逆性和雙向性，化學反應的平衡狀態是方向相反的兩個化學反應達到動態平衡的結果。
2. 稀溶液理論:物質在液體中的溶解類似於氣體在空間的擴散，溶液中的滲透壓與氣體的壓強相似，許多氣體定律也適用於溶液。
3. 提出了碳原子的四面體結構。



Arrhenius 獲得
1903 年諾貝爾化學獎。

1. 創立電離學說: 電解質在溶液中自動離解為正負離子對, 電流是離子在兩個電極的電位差驅動下運動的結果。

2. 溫度對化學反應速率的影響, 提出了關於反應速率的指數定律。



Ostwald

- 不僅是一位優秀的科學家, 而且是一位卓越的組織者、教育家和學科帶頭人。
- 曾堅持唯能論, 否認原子和分子的存在, 但在有了充分的實驗證據後, 他公開向真理低頭。
- 在催化、化學平衡和反應速度等方面的開創性工作。



物理化學的進一步發展

分成多個分支學科

- ① 化學體系的宏觀平衡性質。以熱力學理論為基礎，研究宏觀化學體系在各種狀態下的平衡性質。包括的分支學科有化學熱力學、溶液理論、膠體和表面化學等。
- ② 化學體系的動態性質。研究化學反應過程的速率和機制，有關的分支學科叫做化學動力學，催化就屬於其研究範圍。
- ③ 化學體系的微觀結構和性質。測定分子結構，並以量子力學為理論基礎研究分子結構以及結構與物性的關係。有關的分支學科是結構化學和量子化學。

化學熱力學——向低溫進軍

- Nernst由於在化學熱力學方面的工作，特別是提出熱力學第三定律，獲1920年諾貝爾化學獎。
- Giauque提出用絕熱去磁致冷方法，並於1933年用實驗實現，得到3 mK的低溫，獲1949年諾貝爾化學獎。



三個領域的熱力學

對應於熱力學發展的三個階段

經典的平衡態熱力學研究封閉系統的
理想的平衡態和可逆過程

離平衡態不遠的近平衡區

遠離平衡區

Onsager 的工作 (1968年諾貝爾化學獎)

- 近平衡區內流和力成線性關係，也稱線性非平衡區。有Onsager倒易關係。
- 建立不可逆過程熱力學。



Prigogine的工作： (1977年諾貝爾化學獎)

線性非平衡態：最小熵產生原理

遠離平衡態的非線性區：
耗散結構

對耗散結構理論作出重大
貢獻，建立非平衡態熱力
學。



膠體化學和表面化學

• 匈牙利裔德國物理化學家席格蒙迪（Zsigmondy）是膠體化學的創立者。膠體是一種分散體系，其中分散的物質微粒大小在1~1000 nm之間。他通過研究粒子對光的散射來瞭解物質的膠體狀態。獲1925年諾貝爾化學獎。

• 美國物理化學家朗繆爾（Langmuir）對表面化學作出了重大貢獻。他對表面的研究在催化劑的研究、生物化學中有重要應用。獲1932年諾貝爾化學獎。



化學動力學： 鏈式反應

蘇聯的Семёнов

（Semenov）和英國的欣
謝耳伍德（Hinshelwood）
因對鏈式反應的開創性
研究分享1956年諾貝爾
化學獎。



化學動力學： 反應速率的測定

德國化學家艾根
（Eigen）用弛豫法研
究和測量快速化學反
應，可到 10^{-8} 秒（1967
年化學獎）。

英國化學家諾裡什
（Norrish）和波特
（Porter）的閃光光解
法可測到 10^{-6} 秒 $\sim 10^{-12}$
秒的變化（1967年化
學獎）。



化學動力學： 飛秒化學

- 埃及化學家賽維爾（Zewail）利用超短雷射脈衝把能測量的時間間隔縮短到飛秒（ 10^{-15} 秒）的量級，能測量過渡的量子態持續的時間。（1999年化學獎）

- 任何化學反應的速率都不可能比飛秒量級更快，化學家研究反應歷程的長期努力已經接近終點。



化學動力學： 在分子層級上研究化學反應 ——分子反應動力學

- 用交叉分子束方法實現。
赫什巴赫（Herschbach）和
李遠哲（1986年化學獎）

結構化學

- 德拜（Debye）的工作：粉末相，分子的電偶極矩（1936年化學獎）
- 1935年任德國馬克斯·普朗克物理研究所所長。
- Herzberg 關於分子光譜的研究工作獲得1972年諾貝爾化學獎。



結構化學

赫茨伯格

（Herzberg）

“關於分子和自由基的電子結構”
方面的光譜工作
（1971年化學獎）



量子化學

- 量子力學是微觀世界的基本規律。
- 化學的基本問題：化學鍵的本質，特別是共價鍵。應當用量子力學來解決。
- 1928年兩位物理學家 Heitler 和 London 首次用量子力學計算了最簡單的分子氫分子，揭示了共價鍵是由兩個電子自旋配對造成，是一個純粹的量子力學效應。他們的工作開創了量子化學。

量子化學：化學鍵的本質

- 鮑林（Pauling）和馬利肯（Mulliken）沿不同途徑發展了海特勒和倫敦關於氫分子的工作，推廣到更普遍的情形和更複雜的分子，建立了量子化學。
- 鮑林：化學鍵的價鍵理論（電子配對法）（1954年化學獎）
- 馬利肯：分子軌函理論（1966年化學獎）



量子化學：

化學反應的理論

- 福井謙一 (Fukui) 把分子軌道理論應用於研究化學反應，提出了前線軌道理論 (1981年化學獎)。
- 前線軌道，包括最高已占分子軌道 HOMO (Highest Occupied Molecular Orbit) 和最低未占分子軌道 LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbit)。分子的許多性質主要由分子中的前線軌道決定。
- 霍夫曼 (Hoffmann) 提出分子軌道對稱守恆原理 (1981年化學獎)



計算化學的發展

- 化學體系是多體問題，只能用數值計算求解。計算量很大。
- 電子電腦的出現使之成為可能。
- 完全不用實驗資料，從量子力學基本原理出發的計算稱為“從頭計算”。
- 用實驗值代替部分參數的計算稱為“參數化”或半經驗的計算。
- 英國數學家波普耳 (Pople) 的計算化學工作和美國理論物理學家科恩 (Kohn) 的電子密度泛函理論獲1998年諾貝爾化學獎。

量子化學即 理論化學

成了化學中一個獨立的分支學科。而“理論化學實際上就是物理學，……理論化學最終的歸宿是在量子力學中。”（著名物理學家Feynman語）



嚴密化和理論化是一切學科的發展趨勢：

- 在理論物理學建立一個世紀後，理論化學也建立起來了。嚴密化和理論化是一切學科的發展趨勢，理論地質學、理論生物學都將出現。
- 科學歷來有兩種模式：博物學模式和數理模式。
- 博物學模式：搜集和記述事實，加以分類，進行簡單的對比，總結出經驗規律。任何一門科學的幼年期都處於這個模式。
- 數理模式：隨著一門學科的發展成熟，她越來越系統，越來越嚴密，數學用得越來越多。使用數學並不只是為了定量化，更是為了邏輯的嚴密化，從幾條基本原理出發，用演繹的辦法建立起統一的理論體系，解釋已知事實，預言新的現象，再用實驗檢驗。。

- 一門學科的研究物件越簡單，這門學科就越早進入數理模式。物理學研究的物件是最簡單的，因此，物理學發展得最成熟，最早進入數理模式。
- 物理學以探索自然界的最終奧秘、建立關於自然界的統一理論為自己的追求，積累了豐富的經驗，掌握了一套成熟的方法。這樣，當姐妹學科從博物館模式向數理模式轉換時，物理學就有可能向她們提供不可或缺的幫助。從這個意義上說，物理學的思想並不只屬於物理學，而是一切自然科學的基礎。

放射化學

1896年法國物理學家貝克勒耳（Becquerel）在鈾鹽中發現了放射性現象。對放射性的研究沿著兩條路線發展：一條是研究放射性現象本身的規律，以盧塞福（Rutherford）為代表，導致原子核子物理學的建立；一條是尋找哪些核素有放射性，研究放射性核素的製備、分離、純化和應用，以居里（Curie）家族為代表，導致放射化學的建立。這兩門學科互相關聯，交織在一起，特別是在早期，兩門學科的界線很難清晰地劃分，難以判斷一項工作是屬於物理學還是化學。



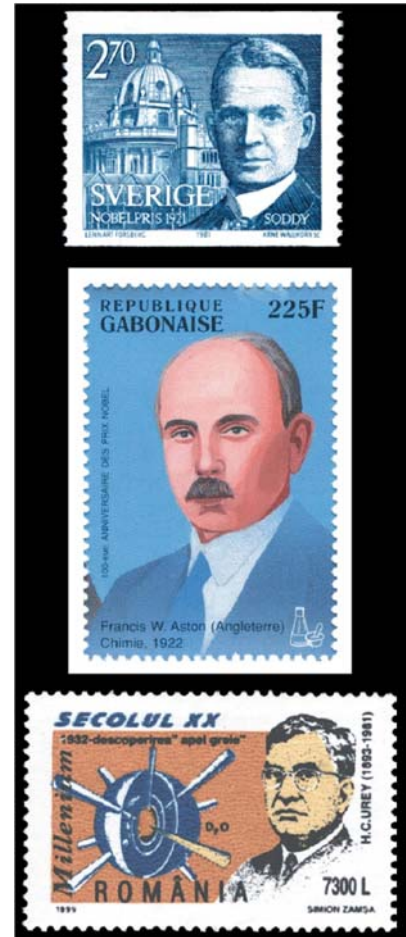
同位素化學

· Rutherford 的助手英國人 Soddy 於1910年發現放射性元素衰變的移位元規則，並提出同位素概念。他由於這些工作獲1921年諾貝爾化學獎。

· 英國物理學家 Aston 於1919年設計製造了第一台質譜儀，用它發現了202種同位素。因此獲1922年諾貝爾化學獎。

· 美國化學家 Urey 於1932年發現氘的同位素氘，因此獲得1934年諾貝爾化學獎。

· 同位素概念完全出自物理學。



同位素的應用

· 匈牙利化學家 Hevesy 提出放射性同位素示蹤法，獲1943年化學獎。

· 美國化學家 Libby 提出用碳的放射性同位素碳 14 測量年代的方法，獲1960年化學獎。



人工放射性

第二代居裡家族，法國物理學家約里奧-居里夫婦于1934年發現人工放射性，由於其重要性，他們很快就被授予1935年諾貝爾化學獎。



核裂變的發現

德國化學家Hahn於1938年研究鈾受中子輻照後的產物時，在其中發現了鐳和鋇的存在。

他原來的同事、當時已經逃出德國的奧地利女物理學家Meitler和她的外甥Frisch很快用鈾核的裂變對此作出解釋，開啟了原子能利用的大門。

二戰結束後，Hahn在1945年被授予1944年諾貝爾化學獎。



超鈾元素

- Fermi首先猜想到超鈾元素的存在。
- 美國物理學家McMillan於1940年用高速中子轟擊氧化鈾薄片，發現除了鈾的裂變產物外，還有極微量的新元素——第93號元素鏷。
- 美國化學家Seaborg分離並鑒定了與鏷混在一起的新元素——第94號元素鈾。鈾239的半衰期是24000年，很容易裂變，是鈾235以外的第二種裂變燃料。後來Seaborg還主持發現了第95至103號元素。McMillan和Seaborg因發現並研究超鈾元素獲1951年諾貝爾化學獎。
- 蘇聯物理學家弗廖羅夫對發現超鈾元素(第102至107號)也作出了很大貢獻。



物理學提供了問鼎諾貝爾獎的實驗技術和測量儀器

· 光譜

· X 射線衍射圖

· 電子顯微鏡

· 核磁共振

• 光譜：

原子光譜可用於測定物質中的離子組成，

紫外光譜可以測定分子中的電子軌道情況，

紅外光譜可以判斷分子中原子的振動情況。

物理學提供了問鼎諾貝爾獎的實驗技術和測量儀器

- **X射線衍射圖**是分析物質微觀結構的有力工具。
- 英國生物化學家肯德魯（Kendrew）和佩魯茨（Perutz）用X射線衍射技術測定了血紅蛋白的結構，獲1962年諾貝爾化學獎。
- 英國女化學家 Hodgkin 用X射線衍射技術測定了青黴素和維生素B12的結構，獲1964年諾貝爾化學獎。
- 德國化學家Deisenhofer、Huber和Michel用X射線衍射技術測定光合作用反應中心的三維結構，獲1988年諾貝爾化學獎。德森荷費曾於1971年取得物理學碩士學位。



物理學提供實驗技術和測量儀器

- **電子顯微鏡**是測定晶體結構和大分子結構的重要手段。
- 英國分子生物學家Klug (1926—)因為用電子顯微術測定了煙草花葉病毒的整體結構獲1982年諾貝爾化學獎。Klug 具有物理學博士學位。



物理學提供實驗技術和測量儀器

- **核磁共振**是磁矩不為零的原子核在恒定磁場中受射頻場的激勵發生的磁能級間共振躍遷的現象。它是美籍瑞士物理學家布洛赫 (Bloch) 和美國物理學家珀塞耳 (Purcell) 於1946年分別在實驗上發現的，他們為此獲得1952年諾貝爾物理學獎。
- 1949年，中國物理學家**虞福春**在斯坦福大學布洛赫處做博士後時，與另一位博士後普羅克特合作發現了核磁共振譜線的**化學移位效應**(即某種原子核的核磁共振頻率依賴於這個原子核在分子中的化學環境，這使不同分子中或同一分子的不同基團中一種給定的原子核的共振峰發生移動)和**自旋耦合劈裂**(由自旋-自旋耦合作用導致的譜線分裂)。這兩種效應具有特徵性，是核磁共振在化學中得到廣泛應用的基礎。
- 瑞士物理化學家恩斯特 (1933—)發展了傅裡葉變換核磁共振譜儀和二維核磁共振譜儀，大大提高了核磁共振譜的解析度，獲得1991年諾貝爾化學獎。
- 瑞士化學家烏裡希(1938—)把核磁共振方法應用到生物大分子(蛋白質和核酸)的結構研究，建立了一套完整的測定生物大分子空間結構的方法，獲得2002年諾貝爾化學獎。

四. 諾貝爾生理學醫學獎得主的物理學背景

在生命科學中，也大有物理學和物理學家的用武之地。諾貝爾生理學醫學獎(特別是20世紀中葉以後)的得主中，不少人具有物理學背景。

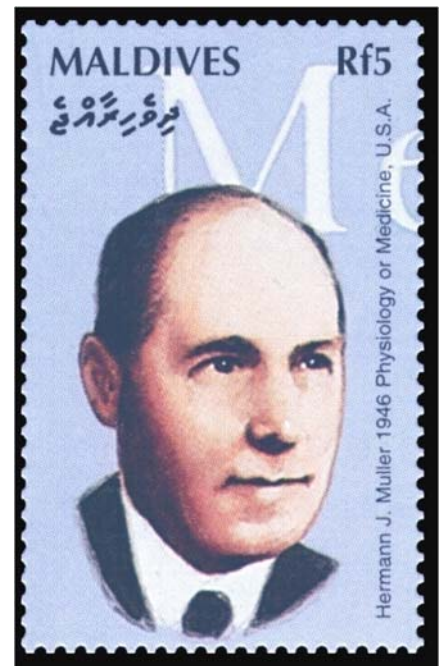
匈裔物理學家 Bekesy發現耳蝸感音的物理機制得1961年諾貝爾生理學或醫學獎。他於1923年在布達佩斯大學得物理學博士學位。



遺傳學與物理學

美國遺傳學家 Muller 1927 年用 X 射線照射，誘發了果蠅的基因突變，使突變率成百倍地增長。Muller 因為這個工作獲得 1946 年諾貝爾生理學醫學獎。

Muller 的工作是後來各種用輻照方法 (γ 射線、中子束、雷射、加速器射線、宇宙線等) 改變遺傳性狀和育種的開端，它同物理學的關係不止是物理學提供了實驗手段，而且也是物理學和物理學家介入遺傳學的開始。



知名物理學家對生物學發表看法

玻爾 1932，《光與生命》

- 玻爾 (Bohr) 曾多次發表文章和演說，論述在他的互補原理框架內，如何看待生物學定律與已知的物理學原理和化學原理的關係。1932 年，玻爾在上述演講中提出，要把生物學研究深入到比細胞更深的層次中去。玻爾深深影響了年青的理論物理學家 Delbrück 改行研究生物學。

薛定諤 1943，《什麼是生命》

- 次年整理成書出版，在生物學界極負盛名。基本觀點：
- 第一大分子作為一種非週期晶體，可以作為遺傳信息的載體，為此薛定諤 (Schrödinger) 提出了遺傳密碼的概念。
- 第二，薛定諤還論述了生命的熱力學基礎，提出生命是非平衡開放系統，生物體以“吃”負熵維持生命。
- 第三，X 射線照射引起遺傳突變是躍遷現象，因此生命現象是以量子規律為基礎的。
- DNA 雙螺旋模型的建立者 Crick 和 Watson，都是在讀過這本書之後下決心研究 DNA 的。

Delbrück 對噬菌體的研究

Delbrück 是 Born 的學生，他是物理學家自覺改行而取得重大成績的典型。當時已因對光子散射的研究而出名。聽了玻爾的話，他毅然從物理學改行轉而研究生物學。他的動機是希望解決“基因是什麼”這個遺傳學中的根本問題。

1937年，他離開歐洲去美國，與來自義大利的細菌學家盧裡亞和美國生物學家赫爾希組成噬菌體研究小組，合作研究噬菌體。選擇噬菌體為研究物件是因為噬菌體構造特別簡單，僅由兩種分子即蛋白質與核酸組成，它對分子生物學研究的意義正如氫原子之於量子理論。

他們的研究結果證明，噬菌體的DNA攜帶了繁殖所需的全部遺傳信息，DNA是遺傳的物質基礎。他們三人由於對噬菌體的研究獲得1969年諾貝爾生物學醫學獎。他們的工作是分子生物學的開端，而Delbrück被稱為分子生物學之父。



DNA 雙螺旋模型的建立

1953年，英國的Crick和美國的Watson在Franklin和Wilkins的實驗結果的基礎上，建立了DNA結構的雙螺旋模型，解決了遺傳信息物質載體的結構的大問題，Crick、Watson和Wilkins被授予1962年諾貝爾生物學醫學獎。貢獻最大的四個人中，有兩個物理學家，一個化學家，一個生物學家。



遺傳密碼的破譯

- 遺傳信息儲存在鹼基的排列中。
- 蛋白質裡一共有20種氨基酸，但是DNA中只有4種碱基，因此遺傳密碼必須由幾個碱基（字母）組成一個密碼子（字）以與氨基酸對應。到底是幾個？Gamov 提出：3 個。
三聯體密碼子
- Gamov 其人

遺傳密碼的破譯

三聯碼遺傳密碼表：
即鹼基排列與氨基酸之間的對應關係。
尼侖伯格

（Nirenberg）和霍拉納（Khorana）
因這一工作獲1968年生理學醫學獎。



醫療診斷——各種成像、造影技術

X射線發現後不久，其透視能力就被用於醫療診斷。

20世紀後半葉，在物理學和電腦技術的基礎上，發展了各種醫學成像技術.包括：

50年代發展的超聲成像，

60年代發展的電腦斷層成像，

70年代發展的核磁共振成像。



醫療診斷——各種成像、造影技術

這些技術極大地提高了醫療診斷的品質，它們的開發當然離不了物理學家。

- 美國物理學家Cormack曾任塔弗茨大學物理系主任，他因發明電腦斷層成像技術與英國電氣工程師Hounsfield分享1979年獎。

- 英國物理學家Mansfield因對核磁共振成像在醫學上的應用與美國化學家勞特布林分享2003年獎。



醫療診斷——各種檢測技術

美國醫學物理學家耶洛夫人(娘家姓名為 Rosalyn Sussman)因對發展放射性免疫檢驗術(RIA)的貢獻而分享1977年諾貝爾生理學醫學獎。她於1945年在伊利諾大學獲物理學博士學位。



五.諾貝爾經濟學獎得主的物理學背景

經濟活動是人類社會生活的一個方面，它既包含多少有些規律的、重複多次的相互關係，又混合著許多偶然事件。因此，傳統的經濟學都是比較定性的，用文字形式描述一些因果關係。

從上世紀30年代開始，經濟科學日益朝著用數學表示經濟關係和統計定量的方向發展。經濟學家應用數學和統計分析技術，特別是隨機過程理論中的時間序列的統計分析，從極端複雜的經濟現象中尋找規律，並且為經濟變化過程編制數學模型，取得了很大的成功。誕生了數理經濟學和計量經濟學等分支學科，給予經濟理論以數學的嚴密性。這一趨向統率了近代經濟學的發展。從1969年開始頒獎的諾貝爾經濟學獎，約有一半授給了計量經濟學家。

首屆諾貝爾經濟學獎得主 Tinbergen

諾貝爾經濟學獎於1969年開始頒發。荷蘭的J.Tinbergen 由於發展和應用了動態模型分析經濟過程而獲獎。

Tinbergen 有很強的物理學背景。他於1921年進入萊頓大學學習數學和理論物理學，著名物理學家埃倫菲斯特（Ehrenfest）對他有很深的影響。他參加了埃倫菲斯特組織的討論班，與愛因斯坦、卡末林-昂內斯、洛倫茲和塞曼進行過討論。畢業後繼續在萊頓大學修博士學位，其學位論文由埃倫菲斯特指導。



其他學物理出身的 諾貝爾經濟學獎得主：

- 2000年獎：美國經濟學家McFadden是明尼蘇達大學的物理學學士。
- 2003年獎：美國經濟學家Engle是康乃爾大學的物理學碩士。
- 1997年獎：授給期權定價公式方面的工作——Black-Scholes公式。Black於1995年去世，未能獲獎。布萊克有物理學學士學位。

六. 諾貝爾和平獎和文學獎

- 這兩類獎項的意識形態氣味很濃，難以準確評價其客觀價值。離物理學也較遠。但是在其得主中，仍然有物理學家的身影。

諾貝爾和平獎

得主中有三位自然科學家。他們是：

- 1962年：鮑林
- 1975年：薩哈羅夫
- 1995年：羅特布拉特

顯示了他們的社會責任感、倫理觀和理性精神。

一位是蘇聯的薩哈羅夫。他本是蘇聯發展氫彈的主力，被稱為蘇聯氫彈之父，但出於對赫魯雪夫窮兵黷武、不斷追求更大噸當量核武器的不滿，走上了全面對抗蘇聯社會帝國主義政策的道路。1975年授予他諾貝爾和平獎。授獎公告說：“薩哈羅夫對精神自由的勇敢捍衛，他的大公無私以及強烈的人道主義信念，使他成為人類良心的代言人。”蘇聯政府不許他去領獎。1980年他抗議蘇聯入侵阿富汗，蘇聯當局更是剝奪了授給他的一切榮譽，把他放逐到高爾基城，只靠養老金為生。戈巴契夫上臺他得到平反。



- 另一位是波蘭出生的英國核子物理學家 Rotblat，他是猶太人，在希特勒入侵波蘭前出走英國。1944年他與查德威克和弗裡什一起作為英國小組的成員赴美國參加曼哈頓計畫工作，但在1944年底，當希特勒不可能發展出原子彈這一點已經清楚時，他就離開了曼哈頓計畫。後來他應羅素之邀，協助羅素組織和主持帕格沃什會議(由羅素發起的一個科學界爭取世界和平、禁止核武器和核子試驗的組織，每年召開一次會議，第一次會議於1957年在加拿大的帕格沃什村舉行)，1995年他和帕格沃什會議一起被授予諾貝爾和平獎。

諾貝爾文學獎

文學獎得主中，就筆者所知，有一位是學數理出身的，那就是1970年的文學獎得主、蘇聯作家Солженицын

（Solzhenitsyn）。他早年畢業于羅斯托夫大學物理數學系。索爾仁尼琴寫了《伊凡·傑尼索維奇的一天》、《古拉格群島》等作品，反映蘇聯勞改營中的非人生活。



物理學與文學

- 作家中學醫出身的人不少，像契可夫、魯迅、郭沫若都是學醫的，人們常說他們是用手中的解剖刀來解剖社會。那麼，索爾仁尼琴所受的數理教育使他更冷峻、務實地觀察蘇聯的社會。
- 如果不要要求到獲得諾貝爾獎的高度，物理學家喜愛文藝的人不在少數。例如中國物理學界前輩丁西林先生(曾任北京大學物理系主任和中央研究院物理研究所所長等職)，就是一位優秀的劇作家。

其他方面：從政

物理學者從政得到成功，也有一些例子。例如：

- 前任北約秘書長、前任歐盟理事會秘書長索拉納（Solana），曾是一位固體物理學教授；
- 德國總理默克爾夫人（Merkel）畢業于萊比錫大學物理系；
- 李國鼎：上世紀30年代在卡文迪什實驗室，先在盧塞福指導下研究核子物理，後在考克饒夫指導下研究真空中的錫膜在液氦溫度下的超導性。抗日戰爭回國共赴國難。國民黨政府到臺灣後，出任“經濟部長”、“財政部長”等各項職務，主持了臺灣地區的經濟建設和科技發展，特別是資訊產業的發展，為臺灣地區的高科技產業發展做出重要貢獻。

七. 結語

- 綜觀物理學對諾貝爾非物理獎的作用，可以分幾種情況：
- 一. 得獎的工作本來就是物理學家做的物理學工作，只是由於當時的學科分法不同，對它授予非物理學獎。
- 二. 使用物理學的理論、概念和方法，解決別的學科中的問題。這兩種情況主要出現在物理學的鄰近學科，特別是化學獎。
- 三. 不是使用具體的物理學理論和概念，但是得獎者曾受過物理專業教育，他們根據物理學體現的科學精神（理性、務實）和方法（理論演繹、建立模型等）來觀察和解決其他學科的問題。
- 四. 物理學提供“硬體”（實驗設備和手段）。

我們著重介紹了前三種情況(即物理學提供下“軟體”)的實例，至於物理學提供硬體的情況，則比比皆是，因為各種測量儀器的原理與實現都離不開物理學。

為什麼物理學能夠起這種作用？

- 物理學的基礎性：物理學研究物質運動、結構和能量轉換最基本的性質和最普遍的規律，這些規律必然要支配其它自然科學學科研究的物件。
- 物理學發展的成熟性：物理學是自然科學中站在最前沿、發展得最成熟的學科，表現在與數學的緊密結合，建立了一套從基本原理出發的理論體系，併發展出一套成熟的方法。掌握了這套方法，就能突破學科和專業的界限，在其他領域做出很好的成績。特別是，從博物學模式向數理模式過渡是一切自然科學學科發展的必經之路。物理學作為最成熟的自然科學學科，能向姐妹學科提供幫助。

總的結論：

- 物理學素養是一種基本的文化素養。不論一個人從事什麼工作，他從學習物理學所得到的訓練，對於他判別什麼是真的，什麼是假的；什麼是合理的，什麼是不合理的；什麼是可信的，什麼是不可信的，都會有很大的好處。
- 因此，物理學教育非常重要。物理學教育是最基礎的科學教育，在各級學校，對一切專業，都應該開展物理學教育。

本文目的：

- 通過物理學對諾貝爾非物理學獎獲獎研究所起促進作用的一些實例，說明一個主題——物理學在各個姐妹學科發展中的作用；進而言之，學物理有什麼用。

物理學並不是一切，

但是一切都離不開物理學。

談吳健雄兼及歷史與文化

江才健

於東吳大學

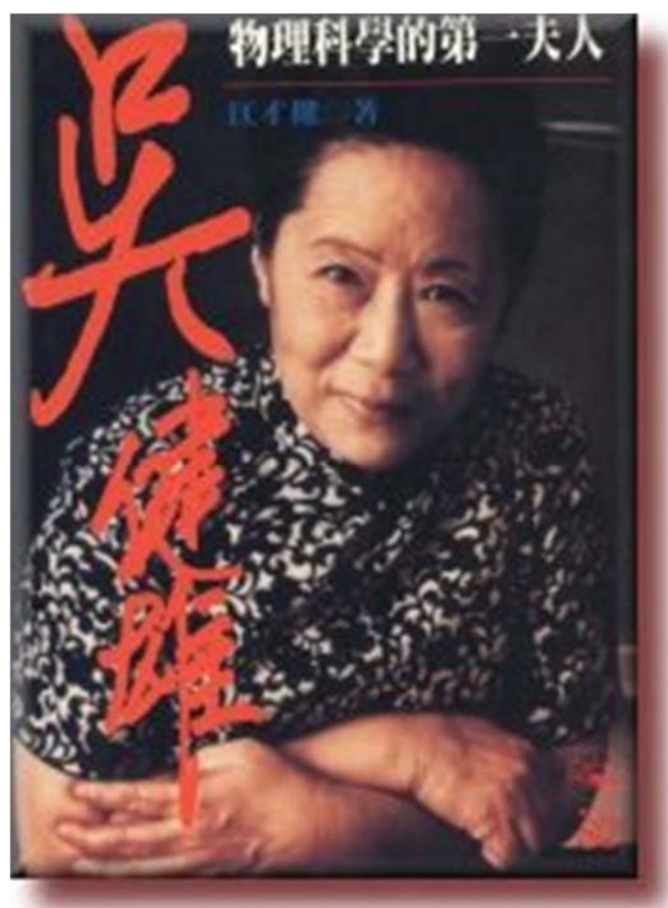
2014年10月18日



1983年3月22日吳健雄 袁家驊 攝於圓山飯店

我記得那個下午的陽光十分燦爛，也清楚記得楊先生陪我站在那時還沒有月台的長島石溪火車站外的陽光中等車，一面思索一面提出意見的神態。

摘自《物理科學的第一夫人 吳健雄》序



1989-1996

本及中肇丁、駱家袁、寧振楊士院院研中、(起左)新建余人行登報時國中：圖下
(續仲建陳)
(供提司公版出報時) 會者記者新的「傳健健吳」加季同共健才江者作記傳、筆主報
。采丰雄健吳的究研學科持堅注專已代年〇四：圖右

光之界學理物



世問月下傳雄健吳 人夫禮居國中

崇推致一哲遠李、中肇丁、寧振楊主得獎爾貝諾 氣風究研學科子學年青迪啓盼 成完年六時費

【記者陳文芬台北報導】世界最傑出實驗物理學家、素有「中國居里夫人」之稱的吳健雄女士，將於下月出版傳記。為了這部「吳健雄傳」，二獎得主楊振寧、丁肇中、李遠哲共發達他們對這位物理學家的推崇與敬重。中國時報發行人余建新代表董事局前往向吳健雄夫人贈、中研院士袁家驊報出版公司發行人孫思聰也出席會場。吳健雄夫人將在會中侃侃而談寫作此書的經過。

日前為中研院士會議專程返國的吳健雄夫人，昨因吳健雄身體微恙，由表出而記者會。中研院長李遠哲、袁家驊、與袁家驊夫婦有半世紀以上交誼的忠先生，委請余建新代為宣讀他對吳健雄夫人來專心從事物理研究的讚美，並透過這本傳記，將國內科學研究、鼓勵青年學子步武先進，致力物理學發揚。

袁家驊夫婦，他們夫婦與吳健雄夫婦認識多年，認為他的科技報章是獨一無二的，他的寫作忠實而準確，這本數年心血，他尤其感謝余紀忠先生能護花這樣的心力與時間去作此事。

楊振寧說，這是全世界物理學界第一天，在西方科技人物的傳記寫作，新的文風，從多方面，如科學家的、社會背景、交遊、對科學的貢獻、種看法，才能襯托完整顯出其全貌。

楊振寧說，他曾與江才健討論寫作知道她赴美訪談諸多與吳健雄在相關的人士。他已讀過這份傳記內容。

吳健雄科路
惟在學術研究路上

【記者陳文芬台北報導】科學家吳有「中國居里夫人」的稱號之外，在有一「物理研究的第一女王」、一「科學王」、以及「世界最傑出女性實驗物理學家」的稱譽，然而在科學專業領域的歷歷色之於吳健雄，卻是困難多於助力，健雄在書記者會上，中研院士袁家驊雄過往的歷程抱不平。

一九五〇年代吳健雄已在哥倫比亞大學獲得世界公認的成就，哥大還不肯的聘請。而至今仍仍有爭議的是，吳健雄曾提出假設的理論做出實驗證實，楊、若貝爾獎，吳健雄卻被忽略，「吳健雄江才健為此在著作中有一個專門的此事。」

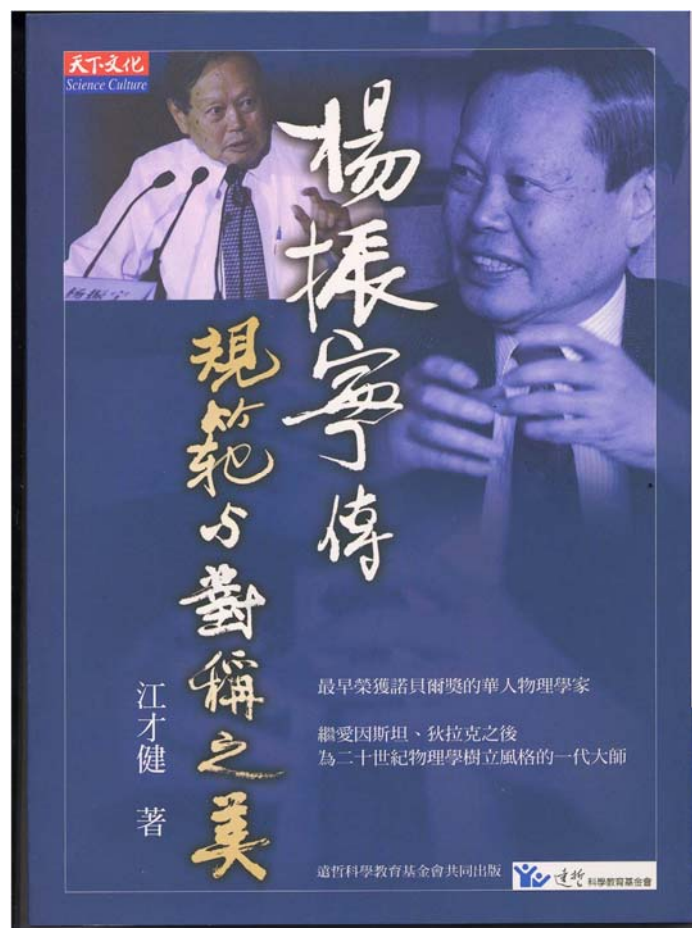


1997年

談談寫吳健雄傳

寫傳記的建議

1.不要寫



1998-2002

談談寫吳健雄傳

寫傳記的建議

1.不要寫

2.找做理論的科學家好過做實驗的科學家

傳記寫作

1.授權寫作(Authorized)

a.口述歷史

b.筆記傳記

2.非授權寫作(Un- Authorized)

a.無傳主同意

b.與傳主合作

886-2-2872-4533

才健:

NY Review of Books 的文章我的记忆是 3/17 是正確的,
但记忆可能错误。

贵国给你的照片我见过,是在 Sweden 拍的。

我看了一下,觉得你拍得很好,照片 你 给我看一下,因为

① 可以避免错误

② 可以对轻重与取舍我会提出好的意见。

你不采纳我的意见,我不会在乎。

振宇

2001

9月12



買船票的故事

柏克萊的故事





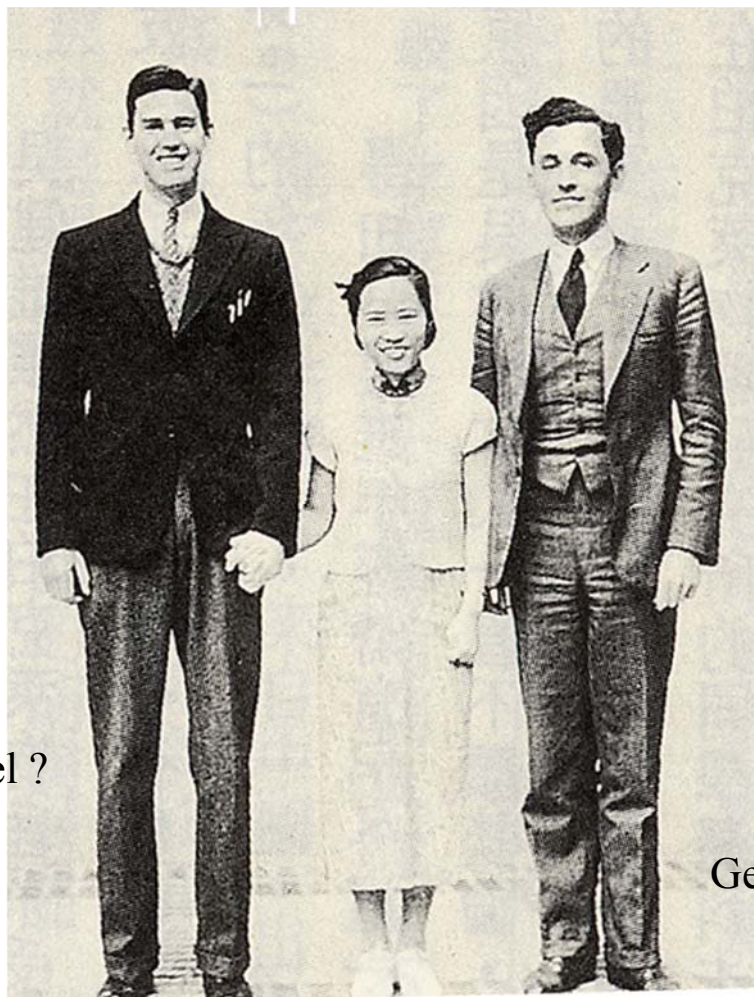
左起：時亞吉伯、雄雄（女二）、聯聯（女三）、時亞吉伯（女一）、時亞吉伯（女四）



Dinner at International House in Berkeley, circa 1939.
Seated from left to right: Emilio Segrè, J. Robert Oppenheimer, and
Chien-Shiung Wu. (Lawrence Berkeley Laboratory)

青春與愛情





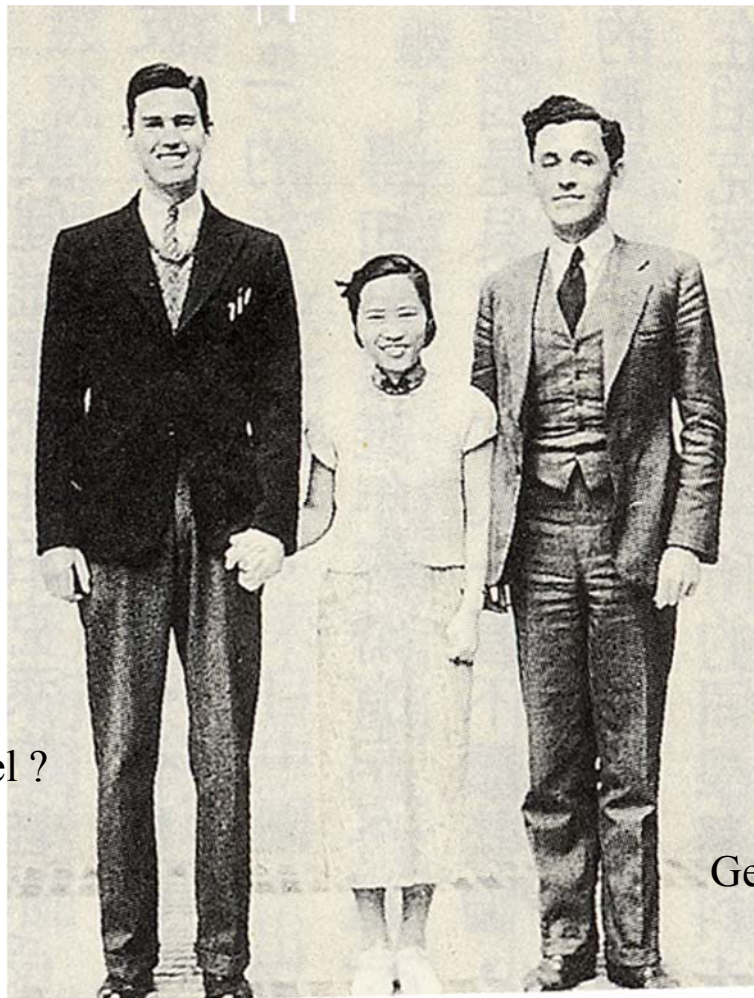
Stanley Frankel ?

George Volkoff



吳健雄與朋友

Adina 徐敬儀 吳健雄



Stanley Frankel ?

Bob Christy

George Volkoff

09/30/96 13:51
MARVIN L. GOLDBERGER

PHONE No. : 619 581 9262

NO. 446 P02
Sep. 27 1996 7:55PM P01

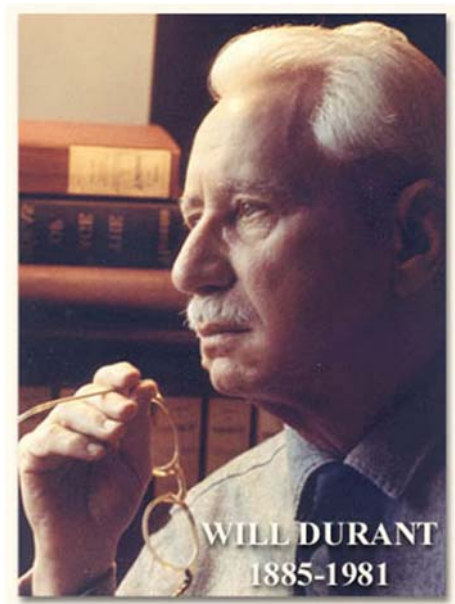
Frank,

You are absolutely correct about the age of Stan Frankel. He was smaller than both of us. It is ~~not~~ in fact a picture of Bob Christy who remarkably enough looks very much the same today at age ~ 80. From everything I've heard from that golden era at Berkeley, C.S. Wu was the belle of the ball, pursued by all the young men.

Mildred sends regards, as do I, to both of you.

.... looks very much the same today at age **80. From every thing I've heard from that golden era at Berkeley, C.S. Wu was the belle of the ball, pursued by all the young men.

才俊: 这是Goldberger的回信。我仔细看了这信, 三位
Christy, Wu, Volkoff。



歷史的教訓(The Lesson of History)

歷史大部分是傳說, 小部分是臆測.

The Story of Civilization(11 Volumes)

歷史除名字之外,許多是假的.

小說除名字之外,多是真的.





與吳健雄女士的同航已是值得一誌的，物理學和這位由美國來的中國移民，一同成為我的伴航者，吳女士是如此沈醉於物理，就像我年輕時代一樣。

我懷疑她是否注意到機外滿月的光輝，而那美景也令我感動難忘。

Pauli 寫給他妹妹的信



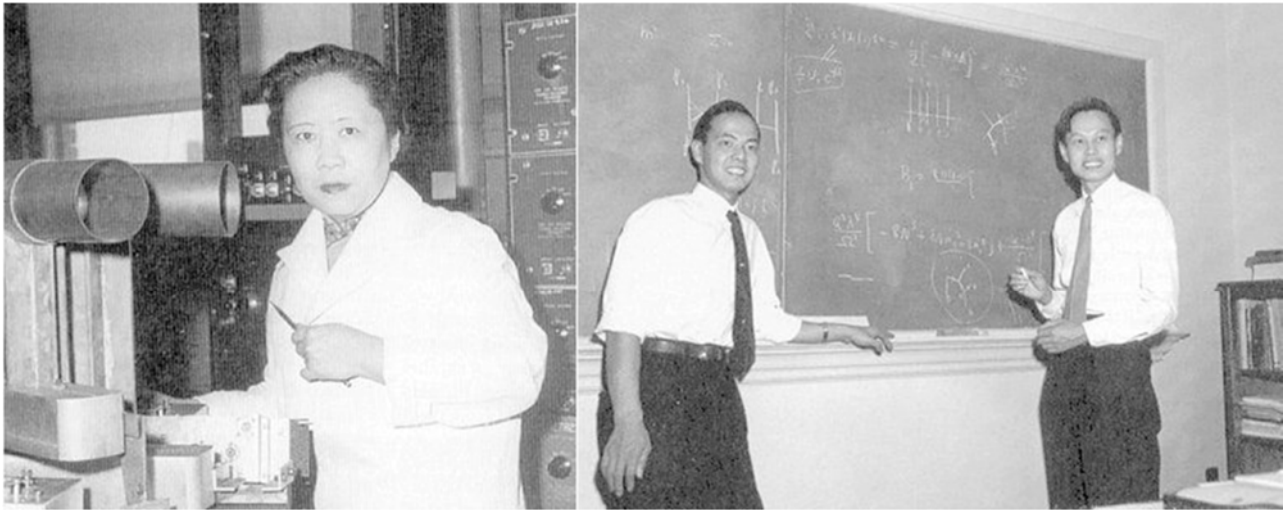
Wolfgang Pauli at the International Congress in Rehovoth, 1957
From left to right : ?, ?, R Peierls, ?, G Racah, Wolfgang Pauli, Dr Wu and C J Banner?



Dr. Wu attending an international conference on High Energy and Nuclear Structure in Rehovoth, Israel. 1967(1957?)

宇稱不守恆的革命





C. S. Wu

T. D. Lee

C. N. Yang

Award Ceremony Speech

Presentation Speech by Professor O.B. Klein, member of the
[Nobel Committee for Physics](#)

- Your Majesties, Your Royal Highnesses, Ladies and Gentlemen.

The Nobel Prize in Physics to Professor Tsung Dao Lee and Professor Chen Ning Yang for this year is concerned with some of the fundamental physical principles, the so-called parity laws - in the first place the symmetry of Nature with respect to right and left - in their application to elementary particles and their reactions.

.....

.....

The first of these experiments was carried out by the Chinese physicist, Mrs. C.S. Wu and her collaborators. Very schematically it consisted in the following

Parity and chivalry in nuclear physics

Forty years ago, the world of physics was stunned by the discovery that nuclear beta-decay does not respect symmetry between left and right. But the credit for this conclusion has not been properly attributed.

Nicholas Kurti and Christine Sutton

On 15 January 1957, the physics department of Columbia University in New York held a press conference, and the following day headlines on the front page of *The New York Times* declared "Basic concept in physics rejected: upsets in tests. Conservation of parity in nuclear theory challenged by scientists at Columbia and Princeton Institute." It was unusual in those days for scientific results, however important, to be announced first at a press conference rather than at a scientific meeting or in a professional journal. The scientific paper appeared a month later on 15 February 1957 in *Physical Review*, and this fortieth anniversary of publication provides a good opportunity to look at those controversial events.

The great excitement was triggered by results from an experiment suggested the previous summer by theorists T. D. Lee and C. N. Yang to test the conservation of parity in weak interactions. Lee, from Columbia University, and Yang, from the Institute for Advanced Study in Princeton, had been considering one of the most puzzling effects of the time, the so-called $\theta-\tau$ paradox. θ and τ are two short-lived strange subatomic particles, so called because although they are made readily in particle collisions through strong interactions, they decay only on the longer timescales typical of weak interactions. The additional puzzle was that they have exactly the same mass, but can decay to states of different parity.

Parity refers to a complete inversion in space, which has the effect, for example, of turning a right-handed corkscrew into a left-handed one. A system that has right-left symmetry will not change under the parity operation and is said to have positive parity, whereas a handed system, such as a corkscrew, does change and is said to have negative parity. The θ and τ decayed to sets of particles with opposite parity (two pions and three pions respectively), implying that they could not be the same particle, unless parity could somehow change in the weak decays. However, physicists believed that parity is conserved (stays the same) in all basic physical processes.

Lee-Yang hypothesis

In 1956, as more conventional explanations for the $\theta-\tau$ puzzle were unsuccessful, Lee and Yang began to consider seriously the alternative of parity non-conservation and set out to discover whether there were other weak interactions in which parity was not conserved. After working through a great deal of

experimental evidence from nuclear beta-decay, they realized that no experiment had measured an effect that would change hands under parity. The key would be to measure something that changes, such as momentum, relative to something that does not, such as direction of spin.

In June 1956, Lee and Yang submitted a paper to *Physical Review* in which they suggested ways of testing for parity conservation. One idea was to measure the electron emission in β -decay from oriented nuclei to see if the intensity changed when the polarizing field was reversed. Any asymmetry would be proof of parity violation.

The NBS test

In the United States, the National Bureau of Standards (NBS) was one of only two places where nuclear orientation work, by Ambler, Hudson and Temmer, was being done. C. S. Wu, a colleague of Lee's at Columbia University and an authority on β -decay, approached Ambler, who three years earlier had polarized γ -decaying cobalt-60 (^{60}Co) nuclei in his thesis work at the Clarendon Laboratory in Oxford. As a result it was decided late in July that the parity experiment would be carried out at NBS by Ambler, Hudson, Hayward (an experimental nuclear physicist), Hoppes (his research assistant), all from the NBS, and Wu.

Although the technique of γ -ray nuclear orientation experiments at millikelvin temperatures was well established by 1956, β -decay experiments presented special difficulties. Because of the strong absorption of β -rays, the scintillation detector had to be inside the cryostat and the light pulses transmitted to a photomultiplier at room temperature. For the same reason, the β -activity had to be concentrated in a 50- μm outer layer of the single-crystal cooling substance. To prevent this exposed layer from warming above the temperature of the bulk of the crystal, the thermal insulation had to be much better than in the γ -ray experiments. Thus it was not until December 1956 that the forward-backward asymmetry of the β -emission, on reversing the polarizing field, was first observed. The reason for describing these difficulties is that at the time many people thought that there was no more to the experiment than for Wu to turn up at NBS and receive from Ambler and Hudson a cerium magnesium nitrate crystal doped with ^{60}Co —and parity conservation tumbled.

Indeed, in his Rutherford memorial lecture in 1958, P. M. S. Blackett said "It took Wu and colleagues 48 hours to show

experimentally that the β -particles emitted from magnetically oriented ^{60}Co nuclei were emitted asymmetrically with regard to the direction of the magnetic field." But he also pointed out that experimentalists were discouraged by the theorists from wasting their time on experiments that were bound to confirm parity conservation!

On 12 January 1957 the paper was ready to be sent to *Physical Review*. In those days it was usual to list authors in alphabetical order, unless one was the leader of the team or the originator. But, in this instance, it would have been unseemly for the 'N' and the 'H' authors to suggest such an order; the proposal would have had to come from the 'W' author. When this did not happen, the chivalrous suggestion was made that as Wu was the only woman the right sign first. (One wonders whether 40 years on this is a suggestion would be regarded as an easy example of affirmative action or a sexist remark!) So the authors of the paper describing the NBS parity violation experiment were listed as Wu, Columbia University, and underneath, on a separate line, Ambler, Hayward, Hoppes and Hudson, NBS.

This gave the impression that Wu was the principal author, and as a result the experiment was and is often referred to as the "Wu experiment". This attribution was first made by Garwin *et al.*, whose paper on parity violation in meson decay followed the paper by Wu *et al.*. They thanked Wu for "reprints of her results of the ^{60}Co experiment", rather than the NBS results. When in 1978 Wu was awarded as the first physics recipient of the prestigious Wolf Prize, the NBS experiment was cited as "her most famous work".

The purpose of this note is to state for the record that the NBS parity violation experiment was a collaborative team effort in which nuclear physicists and cryophysicists pooled their knowledge and expertise to carry out an experiment proposed by Lee and Yang, thus confirming their hypothesis that parity is not conserved in β -decay. In writing this article, we relied on published papers, unpublished or personal information and some of shaky reminiscences of one of us (N.K.). We are grateful to Ralph Hudson for putting us right on some facts.

Nicholas Kurti and Christine Sutton are at the Physics Department of the University of Oxford, Oxford OX1 3PH, UK.

1. Lee, T. D. & Yang, C. N. *Phys. Rev.* **158**, 1053 (1956).

2. Blackett, P. M. S. *Proc. R. Soc. Lond.* **243**, 391 (1958).

3. Wu, C. N., Ambler, L., Hayward, R. W., Hoppes, D. D. & Hudson, R. P. *Phys. Rev.* **158**, 1053 (1956).

4. Garwin, R. L., Lederman, L. M. & Weinshall, S. *Phys. Rev.* **148**, 1450 (1957).

575

correspondence

Value for money

Sir—Scientists are currently judged by the number and quality of their publications. Using such criteria, Robert May's "Review of world science" finds that the economically developed nations fare well, whether the results are expressed in terms of citations per person or a relative citation index. In today's economic climate, he suggests that the United Kingdom obtains the "best value for money" at 168.2 citations per million pounds sterling. Such a figure implies that each publication costs £5,945 or US\$9,530. May further suggests that better value for money is associated with university institutions.

Several of my South African colleagues in the life sciences at university institutions have provided me with their average costs per publication. These range from \$500 to \$2,400. The average is \$2,000. This is not a very realistic figure because chemicals are purchased from outside South Africa and are subject to 10% import duty and 14% value-added tax. So the real cost for each publication is \$1,520.

Skeptical of the quality of these publications? These colleagues are publishing in journals with impact factors from 1.7 to 5.2. This suggests that we are

producing 6 papers for each produced in the United Kingdom, and 7 for each produced in the United States. If we include the cost of the manpower involved, we arrive at 24 and 28 publications respectively for the same investment—South African lecturers receive \$14,000 a year (less than a quarter of salaries on offer in the United States as judged by classified advertisements). I should like to suggest that funding agencies in Europe and the United States should invest in South African science in our universities for real "value for money".

J. P. Dean Goldring
Department of Biochemistry,
University of the Witwatersrand,
1 Jan Smuts Avenue,
Johannesburg, South Africa
e-mail: JDPG@wits.ac.za

1. Lewison, G., Ambler, L. & Jack, J. *Nature* **227**, 871 (1961).

2. May, R. *Science* **275**, 799–798 (1997).

History of parity violation experiment

Sir—The Commentary article "Parity and chivalry in nuclear physics" refers to the two first publications demonstrating the non-conservation of parity in the weak interaction^{1,2}. The article is summarized by

the nubbin "Forty years ago, the world of physics was stunned by the discovery that nuclear beta-decay does not respect symmetry between left and right. But the credit for this conclusion has not been properly attributed." The purpose of the Commentary was "... to state for the record that the NBS [National Bureau of Standards] parity violation experiment was a collaborative team effort in which nuclear physicists and cryophysicists pooled their knowledge and expertise to carry out an experiment proposed by Lee and Yang, thus confirming their hypothesis that parity is not conserved in β -decay".

We have always regarded this epochal experiment as a team effort. When we wrote in 1957, "We are also indebted to Professor C. S. Wu for reports of her preliminary results in the Co-60 experiment which played a crucial part in the Columbia discussions immediately preceding this experiment", we did not intend to apportion credit among the authors of the Letter reporting the Co-60 results. Our own experiments, "Observations of the failure of conservation of parity and charge conjugation in meson decays: the magnetic moment of the free muon", was sponsored by Wu's Friday-lunch report of the status of the Co-60 experiment and was performed that Friday night, 4 January 1957, to

1997年4月10日

Nature

correspondence

occurred on the night of 26 December, personal communications 13 March 1957.) Wu writes: "The period between Jan 2nd and January 8th was probably the most tense in our whole experimental venture", but these meticulous experimentalists finished all the experimental checks and gathered at about 2 a.m. on 9 January to celebrate the great event.

Kurti and Sutton write: "In those days it was usual to list authors in alphabetical order, unless one was the leader of the team or the originator." It would not be amiss to regard Wu as the originator of the experiment, given the facts as related above. But the NBS team of Ambler, Hayward, Hoppes and Hudson, as well as Wu, were full collaborators and deserve full credit.

Richard L. Garwin
Columbia University,
New York, New York 10027, USA
Lena M. Lederman
Illinois Institute of Technology,
Chicago, Illinois 60616, USA
1. Kurti, N. & Sutton, C. *Nature* **180**, 579 (1957).

2. Wu, C. N., Ambler, L., Hayward, R. W., Hoppes, D. D. & Hudson, R. P. *Phys. Rev.* **158**, 1053 (1956).

3. Garwin, R. L., Lederman, L. M. & Weinshall, S. *Phys. Rev.* **148**, 1450 (1957).

4. Wu, C. N. *Advances in Experimental Physics* (eds N. Kurti & C. Sutton) **1**, 101–123 (1957). Reprint which the International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) has published.

5. Garwin, R. L. *Advances in Experimental Physics* (eds N. Kurti & C. Sutton) **1**, 124–131 (1957).

"Two days morning 3 January, and our Letter was written that day. Had we heard the word from Ambler, we would have thanked Dr E. Ambler for reports of his preliminary results... and we could as well have written the phrase without the 'her'." As for the 1978 Wolf Prize to Wu, citing the Co-60 experiment as "her most famous work", a prize for lifetime achievement awarded to Ambler could properly cite the same experiment as "his most famous work".

Wu died in New York on 16 February 1957. At a memorial service on 22 February, every speaker gave credit for the Co-60 experiment both to Wu and to the NBS team. For instance, C. N. Yang said: "In 1956 I awarded her collaborators at the NBS did one of the most exciting measurements..."; and T. D. Lee: "Forty years ago she and her colleagues at NBS overthrew the principle of conservation of parity".

In 1973, Wu herself published a marvellously informative and warm discussion of the Co-60 experiment³, followed by a briefer presentation by one of us of the meson experiment⁴ and also by V. L. Telegdi⁵.

In that account, Wu details the origin of the Co-60 parity experiment in early spring 1956 when T. D. Lee described to her the possibility that the π^0 particle decay into two photons could be due to the violation of

parity conservation in the weak interactions. Wu suggested to Lee that the best bet for testing this hypothesis in β -decay was demagnetization-cooled Co-60, and she decided to work full-time on that. In preparing for the experiment, she and her Columbia colleagues immediately remeasured the spin of Co-60 and, on 4 June, Wu called Ambler to find out whether he would be interested in a collaboration; Ambler accepted with enthusiasm, and work began at NBS. Before going to NBS for the first time in mid-September, Wu had done experiments at 4 K on the detector designed to detect β particles from a source at milli-Kelvin temperature, had made detailed studies of magnetic field effects on the β counting and had studied back-scattering from the cerium magnesium nitrate (CMN) crystal source backing.

Wu also grew two Co-60 specimens, one with the β -emitting thin surface layer containing a few microcuries of Co-60, the other with Co-60 throughout the crystal for preliminary studies of anisotropy from polarized muon β decay, but the surface warmed rapidly because of condensation of residual helium, and the NBS team used a CMN shell to shield the surface. By Christmas Eve, the true asymmetry was "reproducible and huge" but rigorous checks were still to come. (R. P. Hudson says that according to the log books, this



買爾與的
知道，吳
與，有書一
人，因此我
亦約略提到
了，因此我
事並不難明



圖與美的險實恆守不稱字行進作合健與和A
照、(右)勒伯安、家學理物位三的確準標家
。(左)森德哈、(右二)溫

寧，李政道所提出的「字稱不
守恆」理論與吳健雄，也便得、李
二人成為兩位獲得諾貝爾獎
的中國人。(他們獲獎時仍持
中華民國護照，都不入美國籍
，因此在諾貝爾獎的正式紀錄
上，只有他們二人的名字是中國
人。)

吳健雄沒有和稱、李一同得
獎，是個不合情理之事。當時
在物理學界，吳健雄的聲望，比
較出名之士比如「美國原子彈之
父」奧本海默公開表示不
滿。但是吳健雄其一生都沒
能得諾貝爾獎，其中的曲折
困難，也是頗令人感嘆的。

後，他們常常被描寫為「一群幫忙
的技術人員，而不是合作的科
學家」。這個印象固然部分來自吳
健雄的沒有刻意強調他們的位置，
也和吳健雄在科學上的名聲地位
與他們相差太遠有關。當然吳
健雄和他們合作關係的不睦，
以及處理論文署名順序的不睦，
過高，都是原因。

的科學成就，不得不將諾貝爾獎
已不重要。但是即使是吳健雄這
名利的科學家，也沒有真能滿
懷遺憾的，這亦是人情之
常，而我知道吳健雄確實也是在
乎的。

雖然吳健雄與諾貝爾獎無
緣，但是今年的四月十日英國
「自然」雜誌刊出的一封投書，
清楚說明了吳健雄對「字稱
不守恆」實驗，在知識和技術
方面的深刻認知和經驗。寫這
封投書的是當年和吳健雄同在
哥倫比亞大學，後來因另外一
項工作得到諾貝爾獎的加文·
(Gavin) 和(John) 他們二人於一九五
七年初因得悉吳健雄實驗得到
肯定結果，才以反推思惟另做
了一個很漂亮的實驗。



在實驗室中的吳健雄 (1948年)

能則完全是吳健雄一人的。這
兩位頂著諾貝爾獎學術桂冠美
國科學家的投書，我相信已足
以有效的壓制英國和牛津科學
家的傲慢與偏見。

From: dalehoppes@comcast.net [mailto:dalehoppes@comcast.net]
Sent: Thursday, April 12, 2012 3:57 AM
To: chiangtc@k-review.com.tw
Subject: Re: From Chiang Tsai Chien

Dear Mr. chiangtc:

I hope someone else from NIST has written to you describing the situation here. I am fighting infections and would not be able to speak with you on camera, but I will supply as much information as I can. First, Ray Hayward died several years ago, although his widow persists. I am told that Dr. Hudson has poor short-term memory, but I don't know if he can communicate. Dr Ambler is apparently in good mental health, although he lives in one of the coastal islands off the Carolinas. I think Dr Schooley has alerted him to your project. The grounds of the old NBS have long been the home of a District of Columbia University. I do not know the condition of the actual site, but it was recently dedicated a historical physical site, I was not able to attend and don't know if the building has been diverted to a new use. A reconstruction of a portion of the actual cryogenic apparatus was made at the NIST Gaithersburg site, where you may have seen it in 1989.

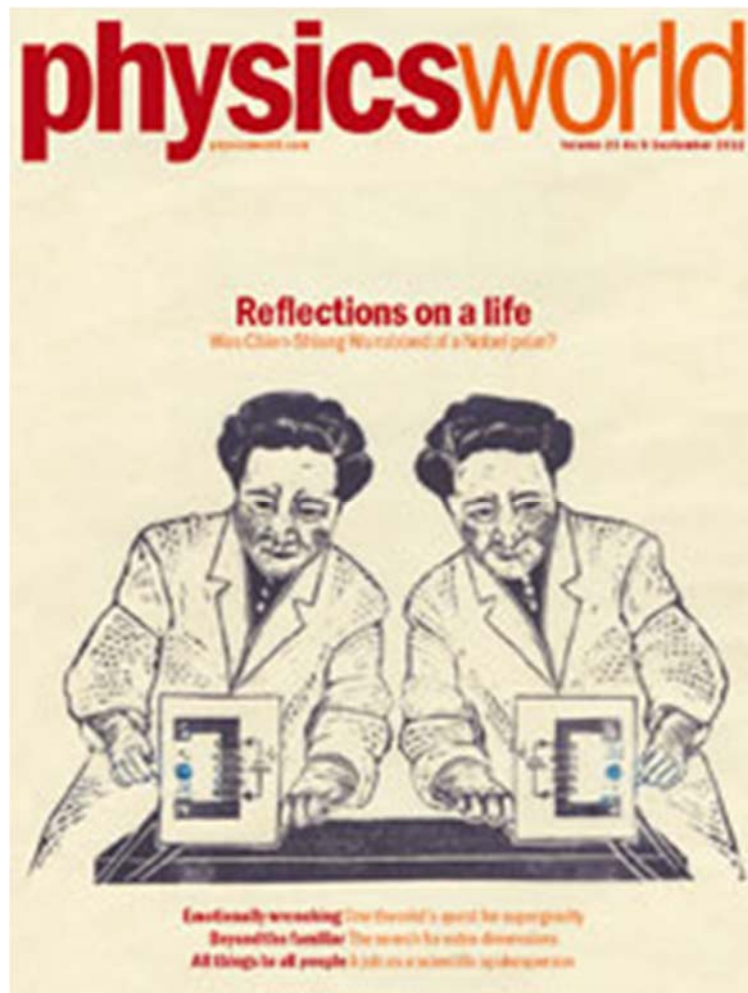
I am sorry that I can not be more helpful; perhaps you will find a younger reception at Columbia. I grew rather fond of Dr. Wu during the time she worked with us and would like to see her properly honoured

Sincerely,

Dale Hoppes

9/2012 02:22 PM, chiangtc@k-review.com.tw wrote:
Dear Dr. Hoppes:
I remembered I didn't meet with you when I was writing the biography of Madame Chien Shiung Wu. That was in 1989-1990 which was 23 years ago.
I met and talked with Dr. E. Ambler on 8th December 1989 and also with Dr. R. W. Hayward on 23th March and Dr. R. P. Hudson on 23th March 1990.
Time passed fast and this year is the centennial anniversary of Madame Wu's birth and I was directed a project to make a documentary film for her.
We planned come to Washington DC on end of June or early July, I hope we can have an interview with you for our documentary film during that time.
Although the Chinese biography of Wu was published in 1996, the English edition was not done due many reasons. I know the World Scientific publisher in Singapore will publish the English edition of my book this year, I will more than happy to sent a copy to you when it was published.
I always remembered the warmly reception Dr. Hayward gave to me when I met him in that spring day 22 years ago, I don't know if you still contact with him and how is he?
With best regards!

Sincerely,
Chiang Tsai Chien



• Credit where credit's due?

- It is often said that physicist Chien-Shiung Wu, who was born 100 years ago, should have received a [share in the 1957 Nobel Prize for Physics](#) but missed out as a result of [gender discrimination](#). **Magdolna Hargittai** investigates the truth of the matter
- Sep 13, 2012



- I often lecture on famous female scientists and if I do not mention Chien-Shiung Wu, someone almost invariably asks why. This shows how well known she is among scientists. Not only is Wu highly respected – she is known to some as the "First Lady of Physics" or the "Chinese Marie Curie" – but there is a general opinion that it was an injustice that she did not receive the Nobel Prize for Physics together with Tsung-Dao Lee and Chen Ning Yang in 1957 for her part in the experiment that proved that parity is violated in the weak force. But was this really an example of gender discrimination? To find out, I decided to look into this question and weigh up the evidence.
- Born in China in 1912, Wu's father was himself an advocate of gender equality, founding one
- of the first schools in China that admitted girls, and he instilled the value of education in his
- daughter. In 1934 Wu received her bachelor's degree in physics, graduating at the top of her
- class from the National Central University in Nanjing. She then did a few years of research
- but, unsatisfied with the opportunities for physicists in China at that time, moved to the US
- where she completed a PhD at the University of California at Berkeley in 1940, and then took
- up a brief research position. In 1942 she married Luke Chia-Liu Yuan, who was the grandson
- of the first president of the Republic of China.

left-right symmetry. So, why did she choose to do this difficult experiment? I had answered this question in an eulogy dated April 1997 (figure 1) after her death which translates as

"The research works of Ms. C.S. Wu were well known for their precision and accuracy. But her great success was due to another more fundamental reason: In 1956 people did not want to do experiments to test parity conservation. Why was she willing to do such a difficult experiment: Because she had the penetrating perception that even if parity conservation is not overthrown, this fundamental law of nature must be tested. Herein resides her greatness."

吳健雄的工作以精準著稱於世，但是她的成功還有更重要的原因：一九五六年大家不肯做測試宇稱宇恆的實驗，為什麼她肯去做此困難的工作呢？因為她独具慧眼，認為宇稱宇恆即使不被推翻，此一基本定律也應被測試。這是她過人之處。
楊振寧 九七年四月

Now about the label *"the Wu experiment"*: In the first half of 1957 the three most important big conferences in physics naturally were all

dominated by the new subject of parity nonconservation. Record shows the list of invited speakers at these three conferences as follows:

- 1) 1957 APS NY Meeting (Jan. 30 to Feb. 2): *Wu, Lederman, Telegdi, Yang.*
- 2) VII-th Annual Rochester Conference (April 15-19): *Lee, Frauenfelder, M. Goldhaber, Wu. Barkas, Pless, Skinner, Lederman, Wright, Kaplon, Goebel, Werle.*
- 3) 1957 APS Washington Meeting (April 25-27): *Lee, Wu, Garwin, Telegdi, Crowe.*

Wu spoke *for the experiment* at all three conferences, showing that she was the *accepted leader* of that experiment, *accepted by her collaborators*, and *accepted by the community of physicists*. Hence the name *"the Wu experiment"*.

吳健雄其他重大科學實驗成就

向量流守恆

(Conservation of Vector Current)

雙貝塔衰變

(Double β -decay)

對吳健雄實驗的評價

The Experiments have always been Designed with Great Elegance and, by Virtue of their Elegance, a high Esthetic Quality.

Polykarp Kusch

(1955 Nobel Laureat)

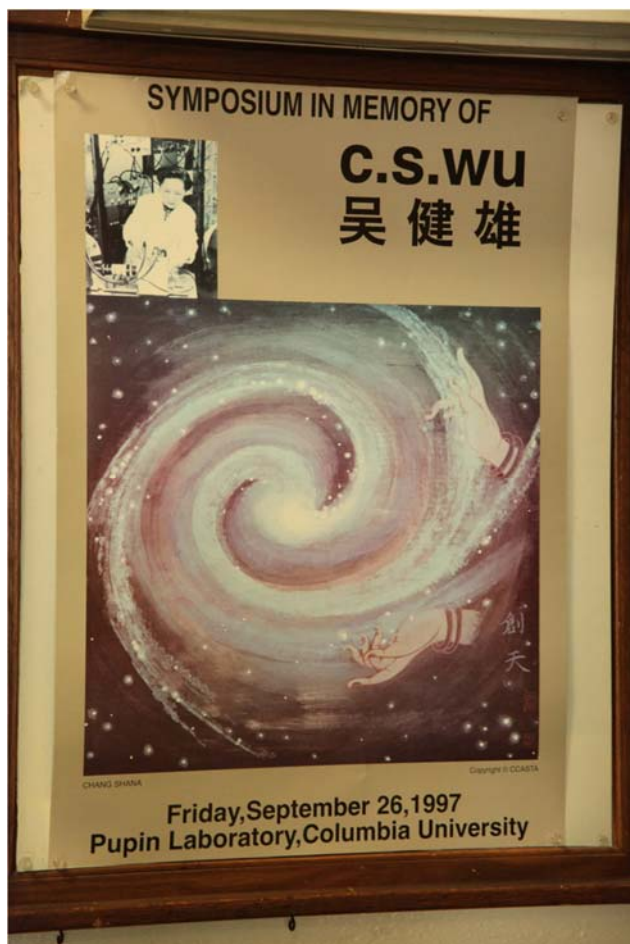
實驗的設計總是極端的優雅，優雅中帶著很高的美感特質。



Dr. Chien-Shiung Wu

吳 健 雄

1912 — 1997

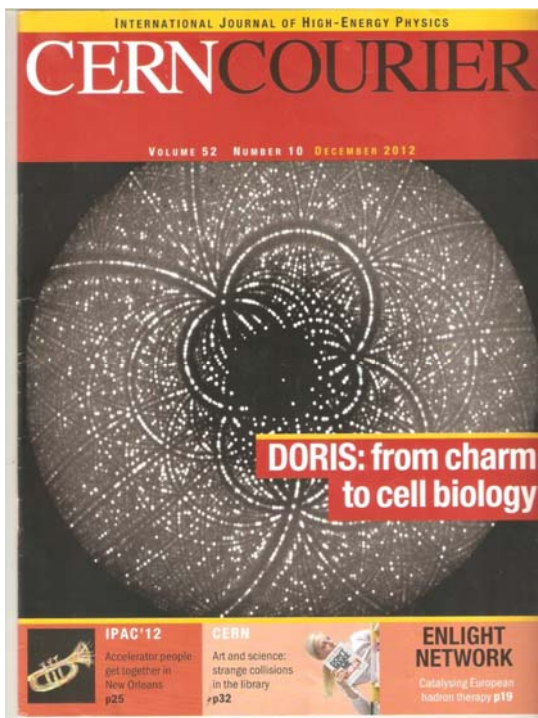




CERN







CS Wu: First Lady of physics research

Chien-Shiung Wu is the subject of a new biography that marks her centenary. The author talks about how the book came about.

It has been many years since the first idea of writing this biography occurred to me. During this period, I have talked to many people about Chien-Shiung Wu: some knew her a little, most had only vague understandings; some asked me why I should write a biography of Wu, and some even asked who Wu was!

In 1956, Wu was the first to perform a rather difficult and precise experiment, and confirmed the hypothesis (of parity violation) proposed by CN Yang and TD Lee. Yang and Lee became the first two Chinese Nobel laureates. Although Wu did not share the prize – to the surprise of many – she was acknowledged as one of the most distinguished experimental physicists in the world.

Wu went to the US in 1936. By the time she earned a PhD in 1940, her achievements and insights in research had already received the highest admiration from many professors at the University of California, Berkeley, such as the great American scientists Robert Oppenheimer and Ernest Lawrence. As a result, she was invited as a non-citizen of the US to participate in the top-secret "Manhattan Project", working on atomic bombs, and made critical contributions to the project.

Because of her significant achievements and her profound influences in physics, Wu was often called "the Chinese Madame Curie", "the First Lady of Physics Research" and the "Queen of Nuclear Research". In 1975, she broke the white-male-president tradition and became the first female president of American Physics Society.

Wu visited Taiwan on the invitation of Academia Sinica in 1983, after an absence of 18 years. I met her for the first time as a science reporter for the *Reading Times*, which served as the beginning of the adventure of writing her biography. She had retired from Columbia University in 1980 after 36 years. As professor emerita,



Chien-Shiung Wu, right, with Wolfgang Pauli in the early 1940s. (Image credit: Pauli Archive/CERN.)

her major research activities slowed down gradually. She was in her 70s – a good time for reflection.

I received much encouragement when planning this biography, particularly from CN Yang, who mentioned that a distinguished scientist such as Wu deserves to have a good biography. I discussed this proposal with Wu two years later. Always matter-of-fact, modest and never seeking fame, she declined. Only after many verbal and written persuasions, and the argument put forward by Luke Yuan [her husband] that her biography would help in inspiring Chinese youth in addition to publicizing her achievements, was she finally convinced.

With the inspiration of Yang, I realized the importance of using an objective narrative in writing this book. As a result, I did not rely only on her own account but would interview her colleagues, students, friends, relatives and even competitors, and make reference to many documents and literature. This turned out to be a time-consuming undertaking.

I started the official interviews with Wu in New York in September of 1989. They were unexpectedly rough. I had imagined a rather romantic setting, with Wu vividly recounting her life and events. With the tape recorder turning and my pen moving, the Sun would be setting slowly. But this almost never happened in the tens of interviews in more than a year!

Wu never wrote a diary. While wholeheartedly immersed in her scientific experiments in the past years, she never considered recording this process for the

Chien-Shiung Wu was born on 31 May 1912 in Liuhue, near Shanghai. In 1957, Wu and her colleagues published their historic paper, "Experimental test of parity conservation in beta decay", which established for the first time the non-conservation of parity. The study of nuclear beta decay was a central focus of Wu's research. In 1949 and 1950, through a series of beautiful experiments, Wu measured the allowed and forbidden beta spectra, corrected many previous mistakes and firmly established Fermi's theory. Almost single-handedly she cleared up the confusion in beta decay that had existed for one and a half decades. (CERN Courier April 1997 p21.)

world, and therefore had no memory of many events. In addition, she was down-to-earth and of few words. The medicine that was lowering her blood pressure also affected her memory. The many hours of interviews and reminiscences were not enough to reconstruct her past.

I flew more than 30,000 miles, all over the world, to interview more than 50 individuals in China, Hong Kong, Europe, the US and Canada. The tape recording of tens of hours was followed by telephone calls to confirm details.

I used objective narrative as much as possible, avoiding subjective opinion or novel-style descriptions. Basically, this book conforms to the current trend in biographic writing: using a style closer to news reporting. In a way, its writing could be regarded as an attempt to test the idea that "news serves as a footnote of history".

● Tsai-Chien Chiang, author of *Madame Chien-Shiung Wu: The First Lady of Physics Research* (translated by Tang-Fong Wong, World Scientific, 2012). This article is extracted with permission from the September 2012 issue of *Asia Pacific Physics Newsletter*, which also includes an article on Chien-Shiung Wu's scientific achievements. See www.worldscientific.com/doi/10.1142/100102.



Madame Chien-Shiung WU The First Lady of Physics Research



Chinese biographies of scientists were usually written in a naive and superficial way, therefore not worth reading. This book, however, seriously and honestly presents the humanity and background of the success of Wu Chien-Shiung. It opens a new era of such biographies.

Chen Ning Yang, Nobel laureate

This book presents an unbiased account of Wu's life as well as lasting achievements in physics. Her deep views and observations, creativity and determination made her a most successful scientist and a distinguished human being. The author has done serious research, and has written accurately and eloquently. It is an accurate, in-depth masterpiece of study about the life and unusual achievements of one of the world's greatest physicist.

Samuel C. C. Ting, Nobel laureate

The life of Professor Wu is indeed an enviable, rich history of a distinguished scientist, full of admirable achievements and struggles. Her scientific career had many exciting incidents worth studying by young scientists. I am very happy to see this masterpiece of Chiang Tsai-Chien. He did his research diligently on the life of Wu, and wrote the book with discipline and professionalism. I believe that this biography will inspire many young scholars to advance forward, and make many young people understand that there are not many more meaningful careers than scientific research.

Lee Yuan-Tseh, Nobel laureate

Chiang

Madame Chien-Shiung WU The First Lady of Physics Research

Tsai-Chien Chiang

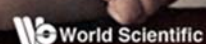
Translated by
Tang-Fong Wong



Madame Chien-Shiung WU
The First Lady of Physics Research



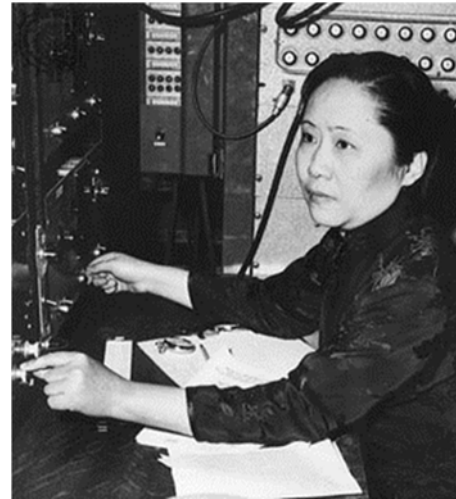
World Scientific
www.worldscientific.com
©2012 WJ



中國的居禮夫人

還是

世界的吳健雄



談談寫吳健雄傳

寫傳記的建議

1. 不要寫
2. 找做理論的科學家好過做實驗的科學家
3. 早一點留下影像畫面

寫傳記的心得

1. 科學使女性更聰明
2. 女性使科學更聰明

封面圖案說明

封面圖案由四十四位重要物理學家的圖片或相片依成就的大致先後順序組圖而成，他們是：

第一列：Galileo **Galilei**, Robert **Hooke**, Isaac **Newton**, Christiaan **Huygens**, Daniel **Bernoulli**, Joseph-Louis **Lagrange**, Charles-Augustin **de Coulomb**, Alessandro **Volta**, James Prescott **Joule**, Thomas **Young**, Augustin-Jean **Fresnel**, Nicolas Léonard Sadi **Carnot**, Michael **Faraday**, Rudolf Julius Emanuel **Clausius**.

第二列：James Clerk **Maxwell**, Ludwig Eduard **Boltzmann**, William Rowan **Hamilton**, William Thomson (Lord **Kelvin**), Hendrik Antoon **Lorentz**, John William Strutt (Lord **Rayleigh**), Max **Planck**, Josiah Willard **Gibbs**, Albert **Einstein**, Ernest **Rutherford**, Heike Kamerlingh **Onnes**, Niels **Bohr**, Louis **de Broglie**, Max **Born**, Werner **Heisenberg**.

第三列：Erwin **Schrödinger**, Wolfgang **Pauli**, Paul **Dirac**, Enrico **Fermi**, 湯川秀樹 (**Hideki Yukawa**), Lev **Landau**, 朝永振一郎 (**Sin-Itiro Tomonaga**), Julian **Schwinger**, Richard **Feynman**, John **Bardeen**, 楊振寧 (**Chen Ning Yang**), 李政道 (**Tsung Dao Lee**), 吳健雄 (**Chien Shiung Wu**), Murray **Gell-Mann**, Steven **Weinberg**.