

中華民國物理學會會士 吳成禮教授專訪

中原大學物理系

採訪：張宣業、邱寬城 文字整理：張宣業



吳成禮小傳

出生日期：

1934年10月15日。

主要學歷：

1955年9月畢業於大陸吉林大學物理系。

主要經歷：

1955年—1985年，於吉林大學任教。其間

1958年—1963年，任原子能系副系主任；

1963年—1985年，任物理系理論物理教研室主任；

1979年—1980年，丹麥玻爾研究所訪問學者；

1980年—1985年，物理系教授。

1985年—1992年，於美國Drexel大學和Tennessee大學物理系任客座教授。

1992年—1993年，國科會客座研究正教授，中原大學客座教授。

1993年至今，中原大學專任教授。

主要得獎紀錄：

1994年國科會八十二學年度研究傑出獎；

1994年中原大學八十三學年度研究傑出教授；

1996年國科會八十四學年度研究優等獎；

1996年中原大學八十五學年度研究傑出教授；

1997年中華民國物理學會會士。

邱：首先恭喜吳老師由於在原子核結構及複合粒子表象理論上的貢獻而得到中國物理學會會士這份難得的殊榮。是否可以請吳老師稍微談談這方面的工作情況？

吳：關於核結構方面的工作，我所作的主要是和我的一些合作者一起提出了一個新的原子核模型，叫做費米子動力對稱模型。原子核結構的問題，說來其實很簡單，就是解由好多中子、質子所組成的一個量子力學多體問題。只要解薛丁格方程，得到波函數，得到能量本徵值，問題就解決了。困難主要是因為粒子數一多，薛丁格方程式就很難解。原子核是一個說少不少，有幾十、幾百個粒子，說多不多，不能像固態物理那樣把粒子數看成無窮大，並且粒子之間相互作用很強的複雜體系。許多常用的解多體問題的近似方法都不適用。所以，原子核多體問題一直是比較難的問題，因此就需要模型。所謂模型，就是把本來一個原子核多體問題，想辦法簡化下來。現在公認比較成功的原子核微觀模型是殼

模型。其基本思想是像原子的殼結構一樣，把填滿殼層的那一部分凍結起來，只考慮滿殼層外的一些粒子。這樣把粒子數少下來後，就可以用量子力學去解了。可惜的是殼模型只適用於輕原子核。對重的原子核，比方說錒系區或稀土區的原子核，就是把滿殼層凍結起來以後，在沒填滿的殼層中，粒子數仍有好幾十個，薛丁格方程式還是解不出來。因此，對重核只好不用殼模型，改用別的模式。過去有的模型，一個就是粒子轉子模型。這個模型把所有的粒子都凍結起來，把它想像成一個橄欖球一樣，會轉。會振動，然後外面再考慮一兩個粒子。這樣自由度就減小了，就可以作計算。但是這個模型比較唯象，比較不那麼微觀，也就不是那麼令人滿意。但是，長時間只有這個模型能用。還有一個辦法就是作平均場近似，也就是假定這些粒子在平均場中運動，這樣就變成了單體問題，而單體問題當然就可以解了。然而，這樣的話，粒子間的關聯性就忽略掉了。所以，長時間以來，人們一直希望能夠用殼模型來解重核結構。但是，由於計算的維度是天文數字，即使現在計算機這麼先進，也還是成不了。我們提出的一個新的辦法，也就是所謂的新的模型，就是考慮原子核都是由角動量耦合零的粒子對(S-pair)和角動量耦合二二的粒子對(D-pair)所構成。光是考慮角動量為零的粒子對的模型，以前已經有了。

S對沒有角動量，所以就再考慮一個角動量為二的粒子對。這樣一來，自由度就大大的減少下來，也就可以作計算了。但是，怎麼知道這樣簡化下來的結果會好呢？那就要看和實驗符不符合。幸好在簡化以後，我們發現這個模型的哈密頓量有很好的對稱性。這個多體問題，不僅可以解，而且在一些對稱性極限下，用群論的方法，可以得到很漂亮的解析解。有解析解就很方便了，不必作很複雜的計算，就可以和實驗去比較。當然不可能指望它很完美，但大體上可以看看這個物理對不對。前面幾年主要就是利用這個優點，作一些工作。結果發現和實驗符合得蠻好的：重核有許多典型的集體運動，都在它的幾個對稱性極限下體現出來。如果在這個基礎上，再考慮一兩個不成S對和D對的破對粒子，那肯定就可以得到更好的結果。這樣，我們就為殼模型在解決中重核的微觀結構上，找到了一條可能的出路。我們提出的這個模型就叫費米子動力對稱模型。我們對這個新模型有信心的原因，很重要的一點還是在於，過去常用的幾個模型，都可以在我們這個模型作近似之後得到。這個模型等於是把它們在殼模型的基礎上統一起來了。事實上這個模型並不是憑空想出來的。S對、D對在原子核結構中起著最重要的作用，是原子核物理研究累積了長時間以後，大家已有的共識。而且，只考慮S對和D對的原子

核模型在我之前也已經有了，只不過他們把S對、D對看作是s-boson和d-boson，這就是相互作用玻色子模型。這個模型也是蠻成功的，但是，它的缺點是要作玻色子近似。因為原子核不是由玻色子而是由費米子組成的，把費米子對看成玻色子，就會有一些違背Pauli原理的假態出現。我們這個模型，實際上是從它那裡學來的。但是我們找到一個辦法，直接應用到費米子系統，不作玻色子近似，所以Pauli原理完全考慮進去了。如果我們把Pauli原理忽略不計，從我們這裡就可以推出相互作用玻色子模型來。所以我們確定這個模型是完全可靠的，因為它可以退回到原來的幾個模型上去。當然，侷限在S對、D對畢竟還是過於簡單，所以我們現在努力的方向，就是想把破對的效應加進去。但是一旦放進去之後，就沒有解析表達式了，就得編制大型電腦程式，工作量很大。由於人力的不足，這幾年下來，進展不是很快，希望以後能再請一些博士後研究員，把這個程式完成。這個程式如果建成的話，就可以把這個模型推廣到實際應用。那時將可以說核結構進入一個新的階段：可以真正作重核核結構的微觀研究了。但是，現在還不敢這麼說。現在只能說在理論上，這個模型是前進了一步，提供了這種可能性，但從計算實際原子核的角度來講，尚未達到實用階段。這個模型在原子核結構物理中，是第一個由

中國人提出的模型，有人並稱之為「中國模型」，我很以此為傲。但是，這個模型目前還只是開始得到國際上的承認，距離真正在國際上得到推廣和應用還有一大段路要走，還有大量的工作要作。

張：那麼關於複合粒子表象理論這個方面，可否也請老師稍作說明？

吳：好的。剛才所說的費米子動力對稱模型是1986年提出來的，而複合粒子表象理論則提出來更早，大概是在1982年，工作是我在丹麥玻爾所的時候開始的。從概念上來講，過去我一直有一個困惑，就是到底什麼是費米子，什麼是玻色子？這兩個怎麼區分？比方說 α 粒子，我們知道它是玻色子，但是一進到原子核領域，我們知道 α 粒子是由兩個質子、兩個中子，也就是四個費米子所構成的。在研究原子核結構的時候，就得把它當作多個費米子體系來研究。而當深入到質子、中子裡頭去的時候，我們知道，他們是由三個夸克構成的，也就是一個由三個費米子構成的集團。從理論上嚴格來講，兩個費米子構成的粒子團，自旋沒錯是整數，但是它並不是玻色子，因為一個費米子對的產生消滅算符並不滿足玻色子的對易關係。然而在一定條件下，你確實可以把它當成是玻色子。像 π 介子，過去都認為是玻色子，但是在進一步認識它之後，發現它是由一個夸克及一個反夸克，也就是兩個費米子所構成的。從理論上來講，兩個費米子

所構成的粒子團，並不等於一個玻色子，它和玻色子有一些本質上的區別。可是實際上表現出來，在一定條件下，確實可以把它當作玻色子。兩者好像並沒有一個截然的界線。過去大家在定性上有一個共識，認為要由能量的尺度來決定。如果在你所研究的物理現象的能量尺度下，它內部的自由度不被激發，那麼這個時候你就可以把它的整體當作是費米子或玻色子，就看它內部包含的費米子是奇數還是偶數來決定。如果能量的尺度達到內部的自由度可以被激發，這時候你就得考慮它是一個多粒子集團了。大家都有這樣的共識，但這當中到底是怎麼過渡的，就沒有人能回答得出來了。假定能量的尺度正好在當中，那怎麼辦？過去不能回答這個問題，只好把它看作一個基本粒子的集團。這當然沒有錯。但若你想了解從原來的一個粒子集團，怎麼樣逐步過渡到可以看作是一個玻色子（或費米子），這當中的條件到底是什麼的話，就辦不到了。過去沒有這樣的理論。我的動機之一就是很想在這個問題上找到一個答案。另外呢，如果我們能建立起這樣一個理論的話，它在實用上也有它的價值。因為多體問題是很難做的問題，如果有這樣的理論，就可能發展出一個解多體問題的近似方法。複合粒子表象理論就是在這種想法下搞出來的。這個理論一方面允許將一個有結構的粒子團當作一個複合粒子來處理，

從而簡化多體問題的計算；另一方面又可以顧及複合粒子內部自由度所引起的修正，並可從原始的相互作用出發推導出複合粒子間的相互作用。因此是處理多粒子系統的一個十分有效的方法。它可以把一個複雜的多體問題簡化成粒子數較少的複合粒子體系，甚至化成一個多步的二體問題來處理。這理論預期在原子核，原子、分子以及夸克物理等方面都有廣闊的應用前景。過去曾在每一方面各作了一些試探，結果是令人鼓舞的。但由於人力和時間的關係，在各領域中的實際應用並未真正展開，尚有大量的工作等待開發。其中，同樣也面臨著需要建立大型的電腦程式的問題，工作量很大。

總的來說，我所提出的這一個模型、一個理論都正處在發展階段。理論架構是建立起來了，其正確性也已經過檢驗，但是實際的應用還並沒有真正開展起來。要作的工作實在太多了，非常歡迎有興趣的年輕學生和年輕物理學家參加進來，一起來作。

邱：這兩個題目在概念上有什麼異同？

吳：基本上，這兩個方向是不同的。如果說這兩個理論有什麼相同之處的話，可以說這兩個理論都是解多體問題的方法。費米子動力對稱模型是一個模型，是一個近似的理論。但是複合粒子表象理論呢，是一個嚴格的理論，不是近似的，它相當於是把量子力學的表象理論作了

一個推廣。當然，在實際應用的時候，還是非得用近似不可。

張：我們都知道老師是從大陸出來的，而當時大陸的經濟條件並不好，是什麼動機讓老師能在那樣的條件下選擇理論物理？

吳：就是興趣！那時候大陸經濟情況的確不好，連吃的都很久缺。而且我的情況還有點特殊，在我那個年代，在大陸沒有學位制。我沒有任何學位，沒有讀過研究所，也沒有留過洋，全靠自己自學。大學畢業之後，就留在學校擔任助教。當了一兩年之後，剛好那個時候國際上原子能大發展，大陸也要趕。所以學校要籌建原子能系，包括辦核物理專業，還有放射化學、放射生物。那是原子能系的三個專業。學校就把我抽出去等備這個系。所以你看我的小自傳裡頭有當過原子能系副系主任一項，實際上就是抽土做點行政工作。那時的系主任是校長兼的，掛個名表示重視。我原來大學的時候學的是金屬物理，當然我對理論本來也就比較有興趣，原來準備搞固態理論，後來被抽去搞原子能系，所以轉去搞核子物理。一開始開課沒人教，當然只好我去教了。所以那時候一邊自己學，一邊教學生，現學現賣。當時條件是很艱苦，剛好又趕上五八年以後的經濟困難時期，既沒有電，又沒有吃的，晚上點個蠟燭就在那看書，經常熬到深夜，沒有別的原因，主要還是對物理有興趣。

邱：那是在大學之前就對物理有興趣嗎？

吳：我對物理有興趣，還是在大學三、四年級

以後的事。我考大學的時候，是考到大連工學院電機系。當時考電機系也不一定就對電機有興趣。那時候只有一個概念，就是中國工業落後嘛，要搞工業救國。我是廈門人，一下子考到東北去，就是因為東北是工業基地。要想學工程，就要到工業基地去，所以就跑到那去了。那時候剛好大連工學院成立一個應用物理系，沒有學生。學物理在當時不是很熱門，年輕人都願意學工，所以當時學校就動員一部份學生去學物理。我對物理一開始也談不上有沒有興趣，因為對物理懂得不多。念中學的時候，大陸正處在動亂時期，沒有學到多少物理。我記得考大學的時候，連安培表應該串聯還是並聯我都不懂，就像猜謎語一樣，反正二分之一的機率，瞎猜一通。我中學時候主要是在兩個方面打了點基礎：一個是語文；再一個就是數學。數學我比較有興趣。所以那個時候根本談不上對物理有興趣。不過學校給獎學金，凡是來學物理的都給。就是說你一分錢也不用交，還發給一點生活費。這就轉去學物理了。一年級的時候還糊裡糊塗的，二年級的時候就好一點了，到了三、四年級的時候，才比較進入狀況。

邱：那個時候的課程設計和現在差不多嗎？

吳：那時候的體制是按照蘇聯的體制，大學時代的課程份量很重。就課程設計來講，相當於把現在台灣的大學和研究所的課程在大學就都學完了。大三、大四的時

候，四大力學就都學完了。那時候還分專門化，四年級就分專門化，還要作論文，所以壓得是蠻緊的。

邱：依照我們現在的趨勢，好像是走向以主張縮減大學部的課程份量為主。像當時那樣生吞活剝的方式，是不是有點不太好？

吳：你說的沒錯，我也並不認同那是一個好的體制。當然事情總有兩方面，在那樣重的負擔下，大部分的學生是受不了，down的也很厲害。對於好學生來講，當然在知識面上，可以學到很多，基礎也打得比較紮實；但是另一方面，帶來的後遺症，就是獨立獲取知識的能力就欠缺了。因為光是應付老師所教的內容，就要付出全部的精力，所以根本就沒有時間自己去看參考書，或者發展自己的獨特興趣。我到了美國之後，和美國比較了一下，這兩個體制正好是兩個極端。美國學生在死的知識上比中國學生學得少了好多，但是他們獨立思考、獨立工作的能力，就比中國學生強得多。這兩方面要怎麼樣得到一個適當的平衡，我想是比較重要的。但從總的來講，我覺得大學沒有必要壓得這麼緊，負擔過重還是弊多於利。我現在回想起來，覺得對我自己幫助最大的，反倒是有一門金屬物理的課。這門課同學都反應說教得不好。但是正是因為這樣，反而使我得到鍛鍊。那時候我也比較好勝，正好有一個問題我還蠻有興趣的，而老師講得讓我就是聽不懂，逼得我自己去找參考書，自己挖空心思去想，最後總算把公式推導出來了，很高興。

其實我得到的不只是會推導這個公式而已，更重要的是從這當中鍛鍊出自己的能力來。有了這樣的能力之後，發現在每一門課上都用得著。所以，我現在在上課的時候，常告訴學生說，你們現在學的知識固然重要，但這些知識都是死的知識。死的知識不用，很快就會忘的。但是，通過學知識的過程所鍛鍊出來的能力，卻是一輩子都享用不盡的。

張：老師能不能告訴我們，有哪些人給老師的影響最大？

吳：我覺得給我影響最大的是一位我在吉林大學時候的老師，叫作吳式樞。他現在還在吉林大學，是大陸中國科學院的學部委員，是搞理論物理的。在我所修習的課程當中，他的課是教得最好的，思路交代得非常清楚。而且，從我和他的接觸當中，他治學非常嚴謹，做人也很正直。我從他身上學到很多東西，從知識到治學態度，都給我很大的影響。

邱：非常感謝吳老師能夠在百忙中接受我們的訪問。再一次恭喜吳老師得到這份榮譽，也很感謝吳老師，不管在學術上，或是在求學方法上，為我們作了這麼詳盡的說明。