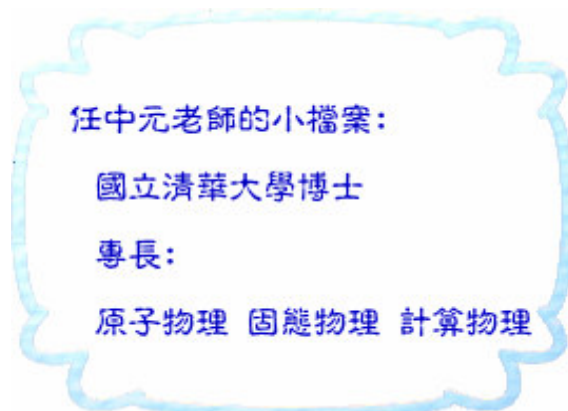


任中元老師訪談錄



1. 請問老師想跟我們分享的東西是？

老師：在固態物理方面，我們藉由程式語言的執行來研究材料的基本性質。像表面現象、磁性物質及一些材料的光電特性。而程式語言則主要是C語言，或Fortran。然後搭配著理論模型去模擬，看看結果是否與實驗符合、然後再去討論。

我建議你們要趁這四年內把程式語言學好。以你們現在所學的四種力學來說，能夠用手（pencil and paper）去算的，早已經被前人解決的差不多了。而留至今日的問題，可以用程式來做快速的運算。但若直接把其他人已撰寫好的程式拿過來用的話，因為那是他人為了自己的目的而設計的，所以我們可能無法得到自己要的結果。還是依自己所需來撰寫比較好。

我們撰寫程式，除了以物理模型為基礎外，更重要是它可否用簡單的物理數學方法來簡化、以使用程式來運算。我們都是盡量精簡程式來執行我們想要的算式；也許你們現在寫的程式最多只包含幾十行而已，不會有速度上的差異，但對我們現在運算的執行，還需要把好幾台電腦串起來，各自處理好幾道命令，動不動就要好幾天才能得到結果。所以就實用上，當然是越簡潔越好。否則光是把程式作的compile（轉譯）就夠你等了。

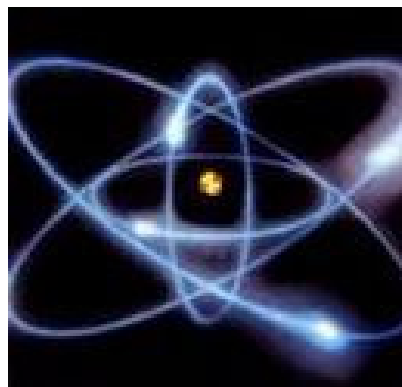
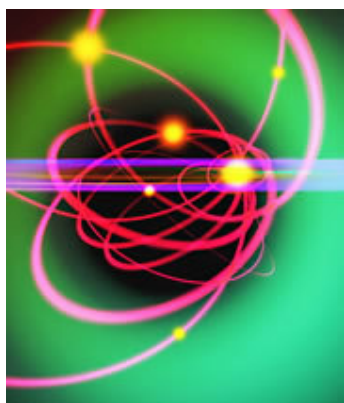
2. 問：老師您是怎麼會選擇走到固態物理的？

老師：我在當研究生的時候，我選擇原子、分子物理。那時我們班大致上以學術及應用這兩方向去發展，做學術的就走向研究基本粒子、高能物理，而應用的就去業界工作，而我聽從指導教授的話，畢業之後，選擇了可以進業界又能走理論的固態物理。

固態物理是討論原子或分子聚集成固態時的基本特性。若是討論到更細微的現象時還會遷扯到高等量子力學。又因為要考慮大量原子的聚集（數量級 $\sim 10^{23}$ ）自然而然又需要熱力學及統計力學的知識了。

現在很難找到一種能夠與其它學科沒有瓜葛的領域了。對你們來說，現在最好是不要偏重於特定物理領域。把物理的基本理論紮實地念好，等以後在研究所或職場再專精於一領域也不遲。實際上，你們現在拼命學到很深的應用，跟業界比起來，還是不夠的。你們只要把物理基礎紮實的學好，以後不管要朝哪方面走都能很容易上手。

原子物理簡介



編寫者:蘇怡航

前言

(一)名詞的誤解

原子物理常常被誤以為與原子能或原子彈有關，其實是因為原子 (atomic) 的和原子核的 (nuclear) 英文是同義字的關係，而物理學家已經很明確的，把視原子是個由電子和原子核所組成的系統的原子物理，與專門只研究原子核的原子核物理 (nuclear physics) 區分開來了。

與其它物理領域一樣，嚴格說起來，原子物理還可以拓展到研究分子、甚至是光學。

(二)發展流程

可以很明確的看出，早期原子物理的步調是”對物質是由原子所構成”的認識，這發展出近代的化學元素，這理論是由 18 世紀的英國化學家兼物理學家的道爾吞 (John Dalton) 所發展出來的，在那個時期，原子雖然可以被他們描述並且依其(大數量的)特性來分類、排出週期表，但還是了解不深。

直到發現光譜線以及企圖去解釋這現象，原子物理才算是真正的開始，其中最有名的是夫琅和費 (Joseph von Fraunhofer)。接著對這些線的研究就偏向波耳 (Niels Bohr) 的原子模型和剛開始沒多久的量子力學，用來解釋原子光譜的數學模型也跟著出爐，原子和它們之中的電子軌道也再次被修正，不再只是一種概括性的描述，如原子軌道模型，後來原子物理又成為新理論的基礎，如(量子)化學和光譜學。

從第二次世界大戰起，理論性和實驗性的理論皆迅速地發展起來，這應當歸功於計算機科技，使得更龐大、更精準的原子模型或相關的碰撞過程可以模擬，其它科技的進步，如加速器、偵測器、磁場產生器與雷射，皆協助這學科在實驗上面的發展。

原子物理學的發展淵源與一些理論基礎

原子物理學是研究原子的結構、運動規律及相互作用的物理分支，它主要研究：原子的電子結構、原子光譜、原子之間与其它物質的碰撞過程和相互作用。經過長期的探索，直到 20 世紀初，人們對原子本身的結構與運動規律才有比較清楚的認識，之後才逐步建立起近代的原子物理學。

1897 年前後，科學家才確定了電子的基本特性，並確立電子是各種原子的組成部份。其中，原子是電中性的，而既然一切原子中都帶有負電的電子，那麼它必含有帶正電的物質。20 世紀初，人們曾對這問題提出兩種不同的假設：

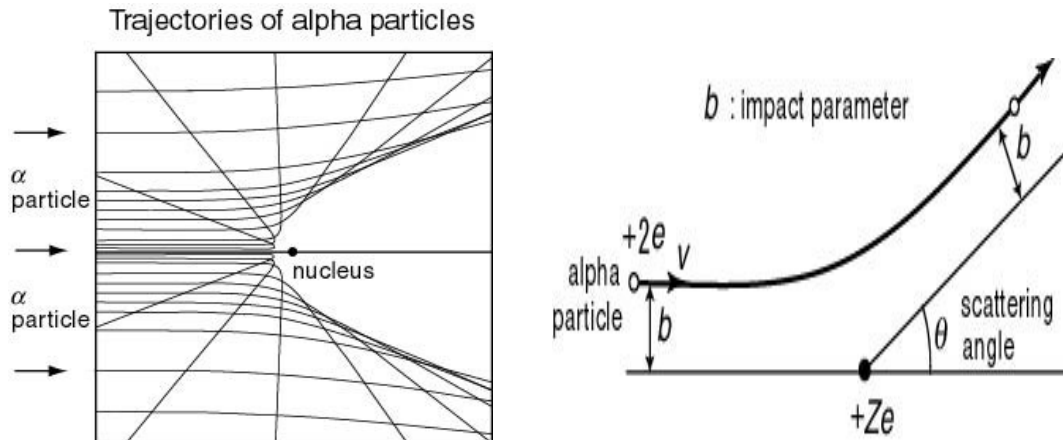
(1) 葡萄乾麵包模型

1904 年，湯木生提出原子中正電荷以均勻體密度分布在一個大小等於一個原子的球體內，而帶負電的電子則一粒粒地散佈在球內不同的位置上，分別以不同頻率振盪著，從而發出電磁輻射，這個模型被形象的比擬為「葡萄乾麵包模型」，不過這個模型理論和實驗結果相矛盾，所以很快被捨棄了。

(2) 行星模型

1911 年拉塞福 (Ernest Rutherford) 在他所做的粒子散射研究基礎上，提出原子中心是一個重的帶正電的核，與整個原子的大小相比，核很小。電子為繞核轉動，類似大行星繞太陽轉動。這種模型又叫原子的核模型，又稱為行

星模型。從這個模型導出的結論與實驗結果十分符合，很快就被公認了，理論結果如下



※注:事實上,當時的技術還無法產生單單一個 α 粒子被一個帶正電離子散射的技術，因此只能用一孔徑限制入射數量、一有厚度的薄膜(通常是延展性好的金屬)來代替單一離子，所以還要考慮很多。

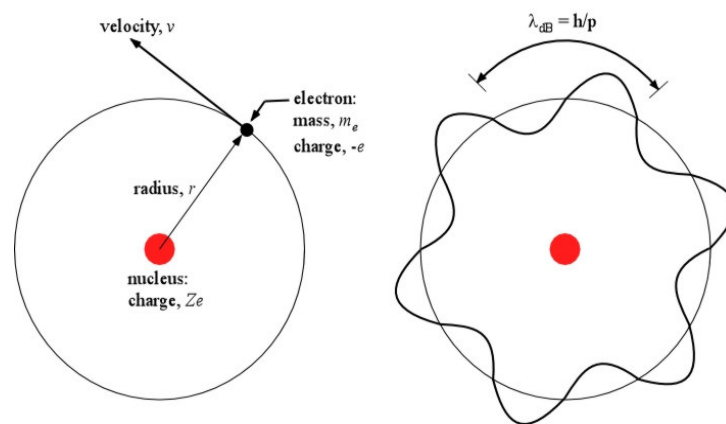
然而，繞核作旋轉運動的電子有加速度，根據經典的電磁理論，電子應當自動的輻射能量，使原子的能量逐漸減少、輻射的頻率逐漸改變，應而發射光譜應是連續光譜，接著，電子因能量的減少而循螺旋線逐漸接近原子核，最後落在原子核上，所以原子應是一個不穩定的系統。

但事實上原子是穩定的，原子是線狀的，而不是連續的。這事實表明:從研究宏觀現象中確立的經典電動力學，不適用於原子中的微觀過程。這就需要進一步分析原子現象，探索原子內部的規律性，並建立適合於微觀過程的原子理論。

1913年，丹麥物理學家波耳在拉塞福所提出的核模型的基礎上，結合原子光譜的經驗規律，應用普朗克 (Max Planck) 於 1900 年提出的量子學說，和愛因斯坦 (Albert Einstein) 於 1905 年提出光子的假說，提出了原子具有的能量形成不連續的能階，當能級發生跳躍時，原子就發出一定頻率的光的假說。

而其後的康普吞 (Arthur Holly Compton) 效應更是表明，就算是量子也是有動量的存在。他證明的方法是用一道光(許多光子)去撞擊一顆電子，然後在特定角度上，觀察碰撞後的光子其波長大小的強度分布，他發現實驗結果符合動量守恆，這表明我們能夠將光看成是一顆粒子，有就是光子。這項實驗促進之後波動力學的發展。

波耳的假設能夠說明氫原子光譜等某些原子現象，初次成功地建立了一種氫原子結構理論。建構波耳理論是原子結構和原子光譜理論的一個重大進展，但對原子問題作進一步的研究時，卻顯示出這種理論的缺點，因此只能把它視為很粗略的近似理論。



THE BOHR MODEL

1924年，德布羅意 (Louis Victor De Broglie) 提出微觀粒子具有波粒二象性的假設，之後的觀察的確也證明了微觀粒子具有波的性質。1926年薛丁格 (Erwin Schrödinger) 在此基礎上建立了波動力學。同時，其他學者，如海森堡 (Werner Heisenberg)、玻恩 (Max Born)、狄拉克 (Paul Adrien Maurice Dirac) 等人。從另外途徑建立了等效的理論，這種理論就是現在說的量子力學，它能很準確地解釋原子現象。

原子物理學發展速度的起伏

20世紀的前30年，原子物理學家處於物理學的前沿，發展很快，促進了量子力學的建立，開創了近代物理的新時代。由於量子力學成功地解決了當時遇到的一些原子物理的問題，很多物理學家就認為原子的運動的基本規律已清楚，剩下的就只有一些細節問題了。

由於認識上的局限性，加上研究原子核和基本粒子的吸引，除一部份波譜學家對原子能階的精細結構與超精細結構進行了深入的研究，取得了一些成就外，很多物理學家都把注意力集中到研究原子核和基本粒子上，在相當長的一段時間裡，對原子物理未能進行全面深入的研究，使原子物理的發展受到了一定的影響。

20世紀50年代末期，由於空間技術和空間物理學的發展工程師和科學家們發現，只使用已有的原子物理知識來解決空間科學和空間技術問題已是很不夠了。過去，人們已精確測定了很多譜線的波長，深入研究了原子的能階，對譜線和能階的理論解釋也比較準確。

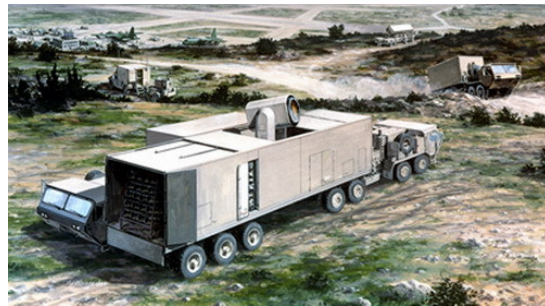
但是對譜線強度、跳躍機率、碰撞截面等這些空間科學中非常中要的基本知識，則了解得很少，甚至對這些物理量的參數只知其量級。核試驗中預到的很多問題也都與這些知識有關。因此還必須對原子物理進行新的實驗和理論探討。

原子物理學的應用

原子物理學的發展對激光技術的產生和發展，作出很大的貢獻。激光出現以後，用激光技術來研究原子物理學的問題，實驗精度有了很大的提高，因此又發現了很多新現象和新問題。射頻和微波波譜學的建立，也成為研究原子光譜精細結構的有力工具，推動對原子能階精細結構的研究。因此，在20世紀50年代末以後，原子物理學的研究又被重新重視起來，成為很活躍的領域。

(一) 原子碰撞的研究 —— 粒子偵測器的快速拓展

近十多年來，對原子碰撞的過程進展很快，已成為原子物理學的一個主要發展方向。目前原子碰撞研究的課題非常廣泛，涉及光子、電子、離子、中性原子等與原子和分子碰撞的物理過程。與原子碰撞的研究相應，發展了電子束、離子束、粒子加速器、同步輻射加速器、激光器等激光源、各種能譜儀等測譜設備，以及電子、離子探測器、光電探測器和微弱信號檢測方法，還廣泛地應用了核物理技術，也發展了新的理論和計算方法。另外，電子計算機的應用也加速了理論計算和實驗數據的處理。下圖(左)是一般在市面上賣的激光器，另一張(右)是改造激光器以用於對抗迫擊砲彈的例圖



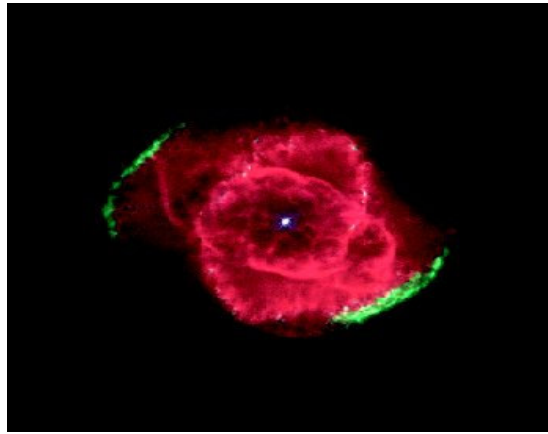
(二) 原子光譜與激光技術的結合 —— 非線性光譜學

兩種科技的結合，使光譜分辨率達到百分之一赫茲以下，時間分辨率接近億萬分之一秒的量級，空間分辨率達到光譜波長的數量級，實現光譜在時間、空間上的高分辨率。由於激光的功率密度已達到一千萬瓦每平方釐米以上，光波電場場強以超過原子的內場場強，強激光與原子相互作用產生了飽和吸收和雙光子、多光子吸收等現象，發展了非線性光譜學，從而成為原子物理學中另一個十分活躍的研究方向。

(三) 特別條件下的物理現象

極端物理條件下(高溫、低溫、高壓、強場等)下和特殊條件(高激發態、高離化態)下的原子的結構和物性的研究，也已經成為原子物理研究中的重要領域，等離子物理(*plasma physics)和大氣物理就是重要的研究方向中之一。

下圖是 NASA 的哈伯電子望遠鏡觀察貓眼星雲的圖像，算是等離子物理的應用成果：



下圖則是電漿耦合質譜儀，用來篩檢重金屬：



※注：plasma 可以說是被離子化的氣態，中文也有翻做電漿態它可以表現出不同於在物質三態時的特性。

結語與展望

原子是從宏觀到微觀的第一個層次，是一個重要的中間環節。物質世界這些層次的結構和運動變化，是相互聯系、相互影響的，對它們的研究缺一不可，很多其它重要的基礎學科和技術科學的發展也都以原子物理為基礎，例如化學、生物學、空間物理、天體物理、物理力學等。激光技術核聚變和空間技術的研究也要原子物理提供一些重要數據，因此研究和發展原子物理這門學科有著十分重要的理論和實際意義。

參考資料

- (1) <http://www.physics.utoledo.edu/~ljc/bridgeq.html>
- (2) Wikipedia , http://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_physics
- (3) 高中物理參考 , <http://www.wlck.com/ReadNews.asp?NewsID=1531>
- (4) http://www2.kutl.kyushu-u.ac.jp/seminar/MicroWorld1_E/Part2_E/P25_E/Rutherford_model_E.htm
- (5) http://www.homepages.ucl.ac.uk/~ucapphj/lecture_4.htm
- (6) <http://www.clf.rl.ac.uk/highlights/Hohlraums.htm>
- (7) <http://www.pcc.vghtpe.gov.tw/Library/instrument.htm>

各實驗室簡介

1、光電實驗室：

甲、超快雷射半導體材料光譜：

(1) 目的：研究半導體材料內部電子接受光激發之後在極短暫時間 ($\sim 100 \text{ fs} = 10^{-13}$ 秒) 範圍的能量釋放機制。

(2) 應用方向：探索新型光電半導體材料應用於 LED, 半導體雷射等光電元件。

(3) 研究內容：二六族 (ZnSe) 塊材及量子井結構特性的探索。使用光源為光參數震盪器 OPO。

乙、光子晶體光波傳輸特性模擬計算：

(1) 目的：光子晶體結構對光波傳輸、反射及透射等光學性質的影響。

(2) 應用方向：光波導元件。

(3) 研究內容：光子晶體結構的設計與其對應電磁波傳導的模擬。

丙、光纖感測：

(1) 目的：應用光纖光柵作為細微物理量 (溫度, 應力……等) 變動的量測。

(2) 應用方向：橋樑應力檢測、飛機震動檢測、水下聽音……。

(3) 研究內容：感測系統架構設計與信號處理模式。

丁、光學自動對焦：

(1) 目的：提升自動對焦的準確度與縮短自動對焦時間。

(2) 應用方向：數位相機、數位攝影機、顯微鏡……。

(3) 研究內容：影像濾波器的設計與對焦演算法的改良。

2、阿達實驗室：

實驗室理念就是把物裡推廣到生活中，以科學教育為主，而街頭物理的活動在培養師資能力。

3、非線性實驗室：

甲、Subjects of Research：

(1) Theory analysis: Based on Lab View

a. Nonlinear Dynamics

b. Chaos control and synchronization

c. Information theories

d. Complex system (Biological networks, Neural network, Laser system)

e. Optical systems design (OSLO)

(2) Experiment：

a. Nonlinear electrical circuit

b. Laser dynamics

c. ZDNR

乙、Publish Paper 發表在 <http://nl.phy.nknu.edu.tw/news.html>

丙、合作對象有高師大柯景元教授、中山、屏師、交大等實驗室

4、高能實驗室：

主要在研究基本粒子的組成及粒子間的相互作用，由於實驗的加速器需要相當大的場地，所以實驗研究大部分在日本。

5、固態實驗室：

甲、研究方向：

(1) 奈米與生醫科技：奈米顆粒製作、自組織磁性光子晶體製作、奈米包覆顆粒製作、奈米鐵氧體與包覆顆粒高頻電磁物性、奈米磁性顆粒生醫應用。

(2) 液晶與電激發光高分子：鐵電性液晶高頻介電與光物性質、電激發光高分子元件高頻電導與電光物理性質。

(3) 磁性材料：磁性氧化物高頻電磁物理性質、磁性多層膜磁電物理性質、奈米鐵氧體薄膜化學液噴霧製作。

(4) 半導體：二氧化矽/磁性半導體奈米顆粒與薄膜製作、量子點元件高頻物性、準週期量子阱物性模擬。

乙、實驗設備有射頻磁控濺鍍設備、樣品磁性震盪量測儀、高溫爐、高頻量測分析儀器。