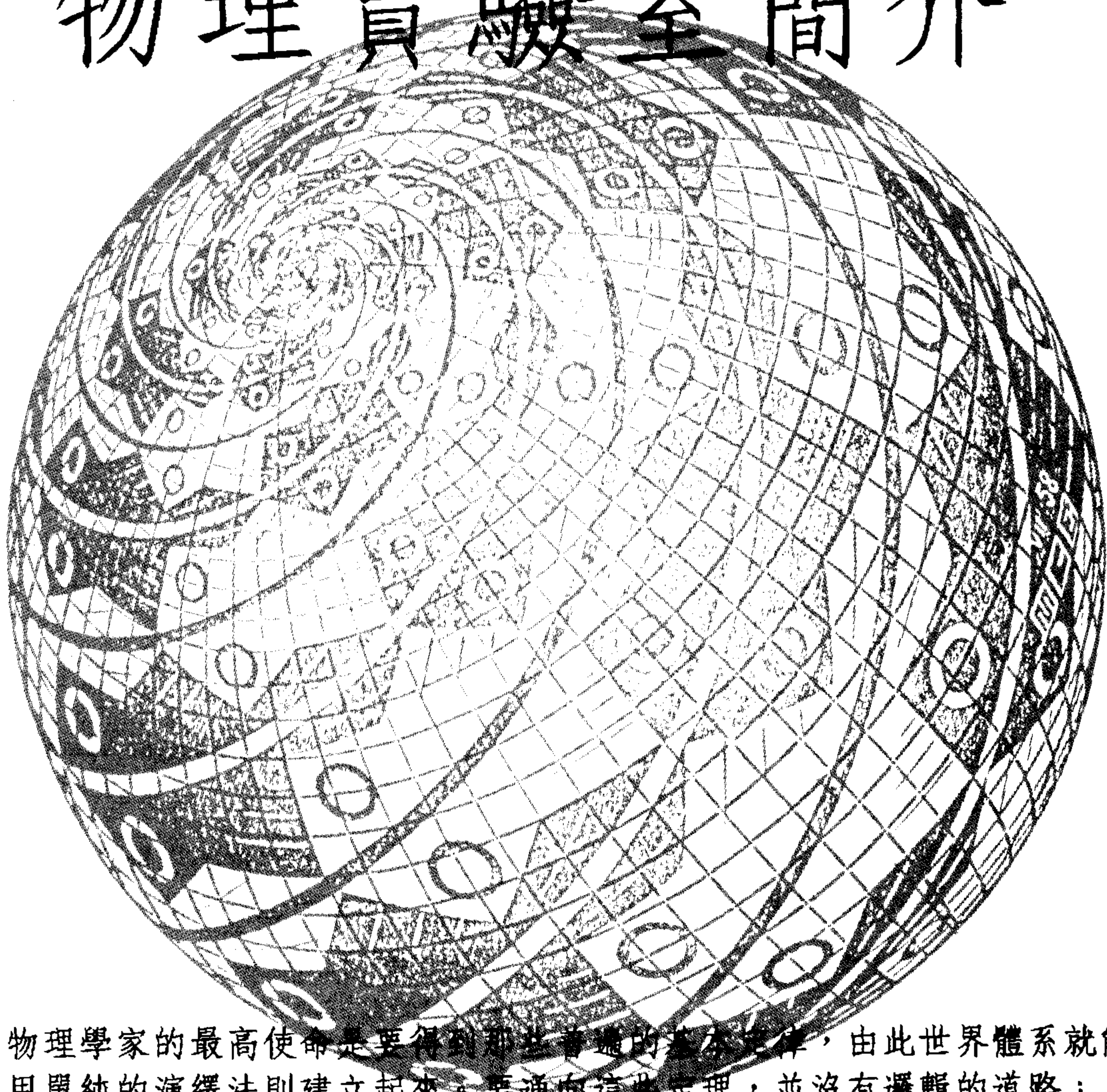


物理實驗室簡介



物理學家的最高使命是要得到那些普適的基本定律，由此世界體系就能用單純的演繹法則建立起來。要通向這些定理，並沒有邏輯的道路；只有通過那種似對經驗的共鳴的理解為依據的直覺，才能得到這些定理。

~~~~愛因斯坦

- 重力實驗室
- 倪維斗教授主持
- 碩士班陳志誠

回想我就讀清華物理系四年的時間，對於系上的研究實驗室及其研究內容其實是很生疏的，往往只能從學長、學姐口中得知一些側面消息。今年系上終於又要出系刊了，有這個機會能正式的介紹我較熟悉的重力實驗室給學弟妹認識，我是很樂意接受的。

重力實驗室，由倪維斗教授領導。近幾年來，主要的研究方向有：

(1) 等效原則的檢驗：

愛因斯坦在1907年提出了均勻重力場和均勻加速座標系等效的假設—等效原則，此原則為廣義相對論的基石。其驗證確實性之精密度將構成各重力理論及基本粒子理論之重要限制。可能的等效性偏差將會是重力微觀起源或是新的基本相互作用力之線索。

本實驗室利用高靈敏度的扭稱試驗電子自旋偏極化體和不偏極化體之等效性。並同已設立稀釋致冷機，將在極低溫（約10mK）試驗核子偏極化體之等效性。

(2) 異常自旋及自旋相互作用力之探索：

基本粒子和基本相互作用在潘卡瑞

(Poincare') 轉換之下均有適當的協變性，而此轉換之下的不變量僅有質量和自旋。質量和質量有長程的重力相互作用力，從現象學的觀點考量，我們會問，自旋和自旋，自旋和質量是否也有相互作用力？如果有，又是什麼型式？

本實驗室分別利用扭稱及超導量子干涉儀 (SQUID) 從事異常自旋相互作用力之探索，目前給出了異常自旋相互作用力和電子自旋磁矩間磁力比值為

$$(1.2 \pm 2.0) \times 10^{-14}$$

(3) 太陽重力場二階光偏折之研究—LISOR計畫：

我們在1992年提出以長基線光纖干涉儀探測太陽重力場光偏折之太空任務。在太空任務中將使用兩個太空船裝載1-2瓦之穩頻雷射航行於視角差約0.25度之繞日軌道上，在地面上建立10公里長之光纖干涉儀，精密地測定此二太空船之相對角度，長期觀測以決定二階光偏折效應。

目前實驗室已建立以波長1319nm為光源的2.2公里長光纖干涉儀，干涉儀所須的鎖相技術亦有初步的成果。我們建立正交

相位干涉儀，利用中點週期平均法將誤差降至約1.0nm，更進一步將利用外差式干涉儀提升精確度。

(4) 量子電動力學的檢驗：

量子電動力學將真空視為一個充滿了虛粒子對的海，當在真空中加強磁場（或電場）時，真空的折射率將偏離1。由於此效應甚小（磁場12Tesla時，折射率改變約為 $10^{-21}$ ），因此我們建議利用為偵測重力波而發展的極精密干涉儀來量測此效應。

目前實驗室正著手於干涉儀原型之建立。

(5) 精密干涉儀量子力學雜訊的理論分析：

為偵測重力波而發展的干涉儀，因為要偵測極微弱的訊號，連量子力學雜訊都必須做仔細的分析。現正對幾種不同設計的干涉量測之量子力學雜訊做理論的分析。

由於篇幅的限制，我無法做太詳細的

介紹，如果有興趣做更深入認識的學弟妹，可參考下列文章：

(1) 倪維斗「自旋、重力交互作用與等效原則」，自然科學簡訊，第三卷第五期，80年10月。

(2) 倪維斗「等效原則，核子偏極化體與超低溫」，物理會刊第十二卷第二期，1990年。

(3) 倪維斗等「以長基本線光纖干涉儀探測太陽重力場二階光偏折之研究」第一屆太空科技基礎研究研討會彙刊6-15頁，1993年。

(4) NiW.-T. et al 「Test of Quantum Electrodynamics Using Ultra - High Sensitive Interferometers」，Mod. Phys. Lett. A6 3671 (1993)。

最後，歡迎有與趣的同學加入我們的行列，一起探索未知的物理世界，在這裡你將會學到作研究應有的態度與方法，許多實驗知識，以及寶貴的經驗。

- 
- 表面物理實驗室
  - 梁乃崇教授主持
  - 碩士班張貴仁

表面物理實驗室有三位教授，陳通、周亞謙、梁乃崇。在此我要介紹梁老師所指導的「雷蒸鍍室」。它主要包括：超高

真空系統、高能電子繞射儀(RHEED)，KrF雷射，在薄膜科學是相當先進與完善的設備，另外還有很多凝體物理和表面物理相

關的分析儀器。目前從事的是高溫超導薄膜的成長技術及物理性質之研究，已有不

錯的成果。最近亦開始往光電半導體薄膜方向發展。

## ■表面物理實驗室

- 陳通教授主持
- 碩士班魏鴻文

本實驗室在陳通老師指導下目前有兩個主要研究方向：表面增強拉曼光譜(SERS)掃描穿隧顯微儀(STM)。前項主要是研究可溶性有機溶劑對銀電極表面上水分子之SERS的影響，目前有一台Spex triplemate分光

儀與一具光學多頻道分析儀(OMA)；後者則是研究利用STM在金屬表面上製造細微結構，或對細微結構作修正，目前有一台自製的STM，可在低溫下運作。

---

## ■超導實驗室

- 管惟炎教授主持
- 碩士班董立群

自1911年Onnes發現超導電性，將近一個世紀的時間許多物理學家在此投注心力，時至今日，物理學家們對超導電性的了解也與日俱增，1933年Messner發現超導體的完全抗磁現象(Messner eff.)，從早期的一些唯象模型一直到BCS的微觀理論，人們對SI超導體的問題已大致獲得解決。

但事實上，SI超導體的超導轉變溫度都不高，而一般人所知的高溫超導的現象，

多屬於二類SA超導體，如眾所周知的1987吳茂昆等發現的YBCO，轉變溫度=90K，但前是目前對於SA超導體的認識仍然不多。

一般而言，超導電性的應用性是非常廣的；除了一般人所知的磁浮列車之外，超導體亦可應用在如超導線、零敏儀器、核磁共振儀、SQUID量計涉儀、核融核的制縛系統、加速器、能量儲存、磁分離技術、發射器、軸承地質探測、超導列車系

統等方面，應用性可以說非常廣。

目前我們的Group裡，大體分為物理組、材料組和化學組；底下再細分許多小組，由於筆者是物理組，故對其他兩組的工作不是非常了解，所以僅就物理組的工作做一介紹：目前我們主要從事的方面有磁屏蔽、超導電性物理機制的研究、約瑟夫元件的製作、超導單晶成長、超導薄膜的成長等，光電方面我們也有涉獵。在儀器方面，則可說是非常充足，如像屏蔽室、霍爾效應量測、法拉第天平、量子干涉儀 R-T 測量、加壓裝置、熱重分析儀。所以大致來說超導方面的研究，我們組裡大概都可以做。有興趣的學弟妹可以親自到超導實驗室參觀，我想在該處的學長姐們會為各位做更詳盡的解說。

事實上，一般人以為超導便是要儘量提高轉變溫度，應用方面只有在磁浮列

車，超導線，及高場磁鐵上是錯的，在超導電性中還有莫色勒效應 (Messner effect)、約瑟夫效應、磁通量子化等效應，使我們可以將超導應用在一些靈敏測量方面、磁屏蔽等，也可以應用在如核磁共振儀、核融核的制縛系統、磁分離技術、加速器、能量儲存、積體電路、地質探測、超導列車系統、量子干涉儀等方面，應用性可以說是非常廣，即使 $T_c$ 無法達到室溫，超導還是可以應用在許多方面。

就純物理眼光來看，超導電性這個問題，直至今日、物理學家仍未有完全而充份的了解(註：BCS理論，尚無法解釋二類超導體中的許多現象)。所以即使超導體的應用性是零，如果我們能完全把超導電性的林林總總搞清楚，我想對科學及人類的貢獻還是很大的。

- 雷射光譜實驗室
- 施宙聰教授主持
- 博士班鄭王耀

我們實驗室位於物理館二樓，由施宙聰教授主持。主要的目標乃是希望藉由「雷射」來對原子、分子光譜量測前，發展出合適的雷射光源，因此我們實驗室的

研究生必須對雷射物理有相當的了解。

由於雷射具有頻寬很窄的特性，因此較傳統光譜法能夠分析出更精密的譜線，但要對譜線對應之躍遷頻率做精密測量的

話，則同時須發展良好的穩頻技術。目前實驗室的主要工作分成三個部分：

### 一、CO<sub>2</sub> 雷射光譜

CO<sub>2</sub> 雷射是本實驗室最早發展的雷射系統，完全能已組裝完成。並自行發展出新的序頻帶 (frequency band) CO<sub>2</sub> 穩頻技術，為目前世界上最先進的序頻帶穩頻方法。同時此法亦可應用於基頻帶 (regular band) 及熱頻帶 (hot band) CO<sub>2</sub> 雷射的穩頻。利用此穩頻方法將CO<sub>2</sub> 雷射鎖頻後，可以非常地精確測量CO<sub>2</sub> 雷射的頻率，本實驗室已完成熱頻帶 (hot band) 及序頻帶 (sequence band) CO<sub>2</sub> 雷射譜線的測量。這些精確的譜線頻率，可做為 9-10 $\mu$ m間雷射光譜的參考標準。接下來預備工作則是利用CO<sub>2</sub> 雷射做吸收光譜的研究。初步的研究對象是可以吸收CO<sub>2</sub> 雷射而產生許多遠紅外射線的甲醇分子。

### 二、綠光He-Ne雷射頻率測量

由於CO<sub>2</sub> 雷射可以很精確地知道其頻率，而本實驗室綠光He-Ne雷射穩頻技術也已發展成熟，接下來便是籍著已知的CO<sub>2</sub> 雷射頻率去量測綠光He-Ne雷射頻率。這對物質可見光範圍光譜光譜之研究是很有助益的工作。我們將先做好CO<sub>2</sub> 雷射之倍頻，然後再與穩頻橘光 He-Ne雷射做差頻，最後再與穩頻綠光He-Ne雷射做比較，以得知綠光He-Ne雷射頻率，這其中並運用到許

多非線性光學之原理。

等到He-Ne雷射頻率測量完成，便可籍此研究碘分子之吸收光譜。

### 三、H<sub>2</sub><sup>+</sup>光譜之研究

目前本實驗室此部分的計畫目標是H<sub>2</sub><sup>+</sup>的光譜。在分子H<sub>2</sub><sup>+</sup> 可以說是一個最簡單的系統，一共由二個質子 (氫原子核) 及一個電子所組成。因此吸引了一些人對它作理論的計算。而且在天文上，有一些譜線沒有辦法被鑑定出來是由哪些原子或是分子所發出。因此如果能準確量出H<sub>2</sub><sup>+</sup> 的譜線，和理論結果作比對，可以讓我們更清楚了解H<sub>2</sub><sup>+</sup> 的能階結構，也可以分辨那些天文學家所量到的譜線是否屬於 H<sub>2</sub><sup>+</sup>，對了解宇宙中物質的組成及分佈是有相當的助益。

基本上 H<sub>2</sub><sup>+</sup> 應可說是十分容易產生的。一般來說，將H<sub>2</sub>放電激發後，應可產生。但是在放電管同時也可以存在其他物種如H<sup>+</sup> 等，因此對H<sub>2</sub><sup>+</sup> 的光譜測量一直不容易作，目前我們正計畫作一個離子源似提供純淨的H<sub>2</sub><sup>+</sup> 離子束，再加上一個可連續調整波長的染料雷射作為探測光源來研究H<sub>2</sub><sup>+</sup> 的能階結構，希望能夠利用這樣的方法，我們能到理想的結果。

在國內，原子分子光譜與凝固態物理... 等，一直是物理界感興趣的話題，也是花小錢做大事 (比起高能、太空科學... 等)

的好途徑，也歡迎有興趣的同學加入我們的行列。

- 天文物理實驗室
- 周定一教授
- 物93賴詩萍

或許是由於天文物理實驗室的工作成果近日為報紙所披露的緣故，一些學弟學妹希望我以在實驗室學習近兩年的經驗為大家作個介紹。我個人以為一個實驗室研究的東西是無法以一篇短短的文章來交代清楚的。因此我會在開頭簡單的介紹一下實驗室的研究目標，而將重點放在實驗室中分工合作的狀況。

很多人以為搞天文的一定是以星光當日光，常與浪漫星空共渡夜晚的標準夜貓子。但清華的天文物理實驗室卻偏偏與眾不同的以太陽為唯一研究對象，全力投注於了解星球內部結構最新興的方法—日震學。

過去天文學家對星球內部結構的了解，完全來自於理論模型的計算。直到日震波發現後，才提供了天文學家一個相當準確的方法來探測太陽內部的結構。這個方法可說與地震學有異曲同工之妙，是利用波的色散關係來各推波所存在區域的物理特性。為了準確地得到日震波的色散關係，

我們必須長期不中斷地記錄日震波的強度。為了達成這個目的，我們要在地球上六個不同經度的地點建立觀測站，形成一個在望遠鏡中「日不落」的觀測網，這就是目前實驗室正在執行的「臺灣日震觀測網」(Taiwan Oscillation Network, 簡稱 TON) 計劃。目前已有西班牙屬地卡那里島及北京懷柔兩個觀測站在運作。

天文發展到近代已成為一種高度技術密集的科學，往往需要投注龐大的人力及物力，並需要許多不同專長的人群策群力。我們實驗室研究人員的組合可以說是麻雀雖小，五臟俱全，是一個完整的天文計劃的典型模式。研究人員大致分為三組，即：觀測儀器的設計與製作，觀測數據的分析，以及理論模型的建立。現分別簡介其工作如下：

#### 1、觀測儀器的設計與製作：

現代的天文觀測儀器由於朝向大型及自動控制發展，因此除了要有光學品質優良的望遠鏡外，在偵測器製作、回饋控制

技術、以及對龐大觀測資料的快速處理及儲存，都需要有光學、電機及機械各方面之先進技術的配合，才能製作出精密度高而穩定的儀器。所以學工程的人若想從事天文研究這是最佳途徑。就我們實驗室來說，望遠鏡、偵測器等是買現有的商品，主要的工作在於設計一套自動控制系統。設計的重點在於：爲了要使解析度盡可能的高，我們在取太陽影像時，要盡量用到整個偵測器，但如此一來儀器追蹤太陽的精度就要非常準確，才能使太陽不跑出偵測器的範圍。同時還要考慮大量數據的儲存以及在常期無人照顧系統下，系統可能發生的問題。因爲長期而完整的觀測數據是得到精確的日震波色散關係的根本，所以這部份的工作是目前實驗室的第一優先。

## 2、觀測數據的分析：

天文觀測所得的數據量往往非常的龐大。以我們實驗室來說，每分鐘就有2.4 MByte的資料量，長期下來非常可觀。以目前實驗室的電腦設備來說，一年的連續觀測數據，就需要十幾年的時間才能分析出日震波的色散關係。要處理如此多的「天文數字」，電腦的使用當然是必要的工具。但是一個天文數據的分析者，並不是程式設計員。首先，他必須要了解數據的特性。即系統誤差對觀測資料的影響。最重要的是，他必須要知道如何從大量的數據中計

算出有物理意義的資訊。在日震學中首先要知道的資訊就是波的色散關係，然後再從波的色散關係反推許多太陽內部的物理狀況，如太陽內部的溫度、壓力、對流、自轉速度、磁場分佈等等。所以雖然說在天文學中沒有實驗，只有觀測，但其實數據分析者所做的工作就如同一個實驗物理學家一般。

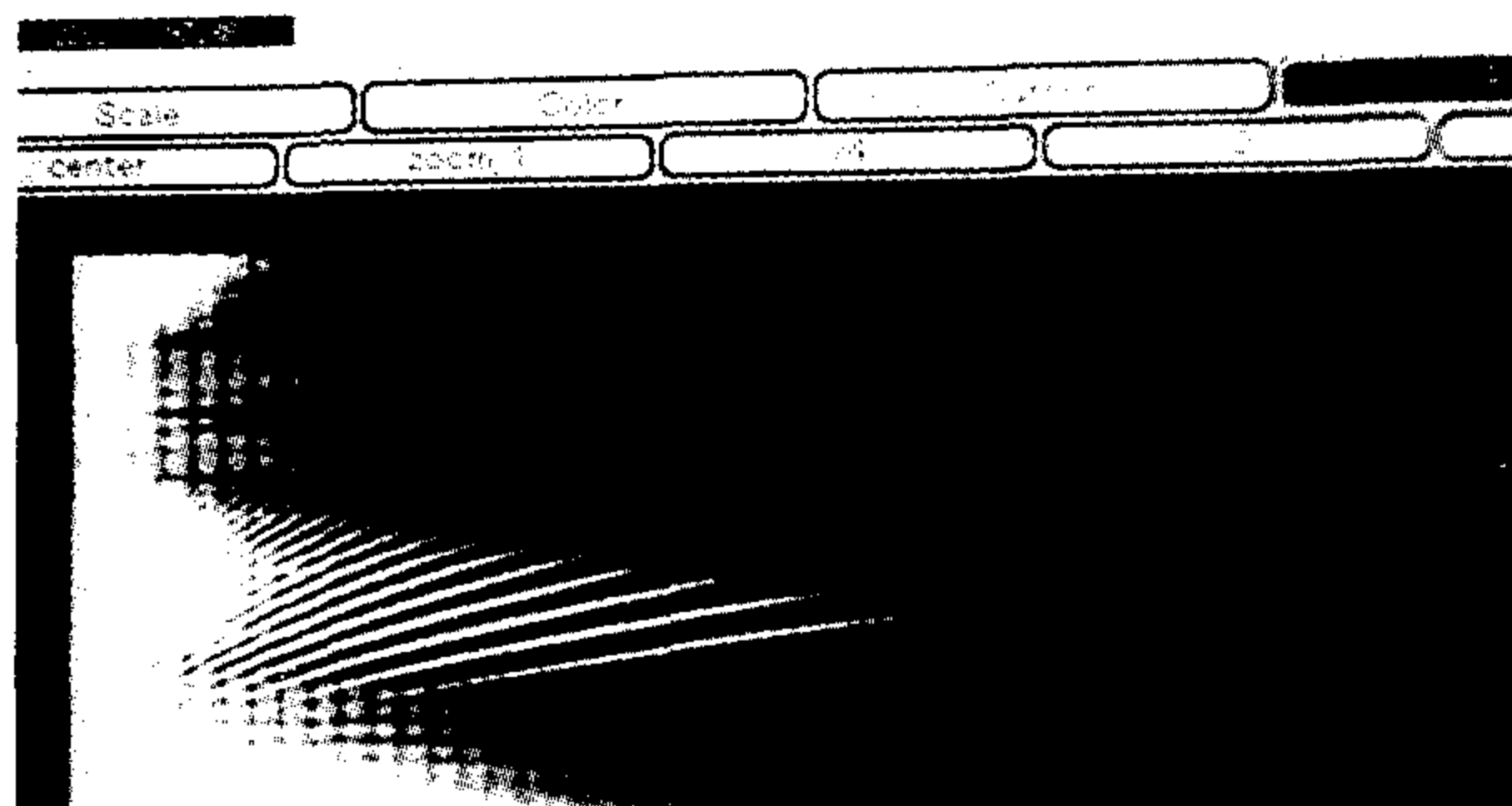
## 3、理論模型的建立：

此部分的工作，就如同一般的理論物理學家一般，是從最基本的物理定律出發，加上一些假設以建立模型，最後導出一些物理量的方程式。這些方程式通常很複雜，若無解析解，就要以數值分析的分法去求數值解。經由方程式所算出的物理量的值，必須與觀測所得的相符，這個理論模型才算成功。日震學的理論模型與過去所建立的星球內部結構的理論模型無太大的不同，只是日震學模型多考慮了物質與震波的交互作用。目前由理論推算出來的震波的色散關係以及太陽內部聲速，都和觀測值非常吻合，也就是說日震學的觀測結果印證了星球結構理論的部份推論。從事此部份工作所需要的物理基礎多在流體力學、熱力學、電磁學等方面，同時必須學習有關數值計算方面的知識。

日震望遠鏡的架構在過去兩年的努力下已經完成，目前主要是加緊複製及測試

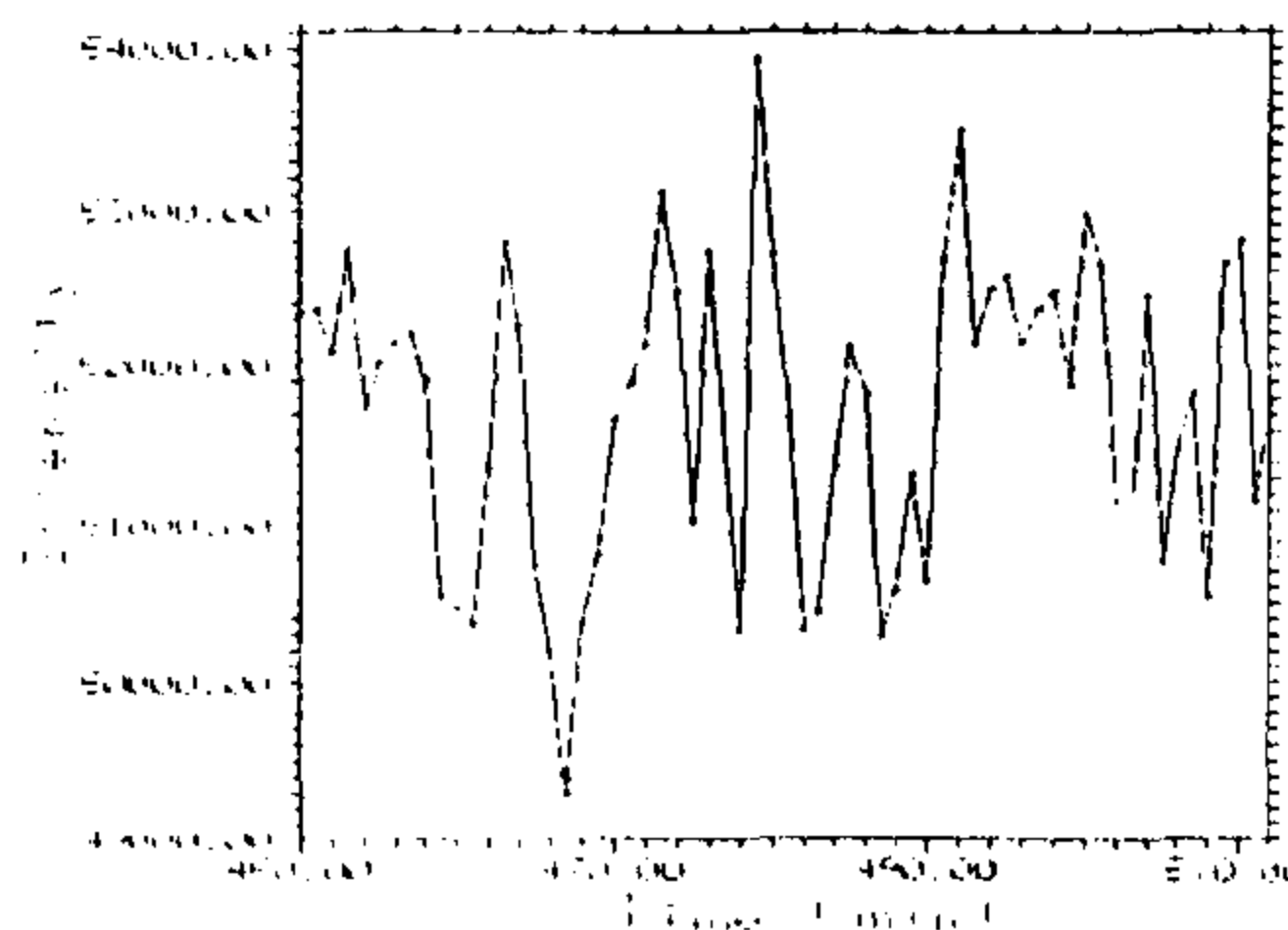


的工作，整個日震觀測網預計將一兩年內完成。由於我們的計畫是目前世界上最新的日震觀測計畫，將來完成後可望得到解



圖三：太陽上某一點的強度隨時間的變化。日震波的震盪週期(約3到5分鐘)隱約可見。

析度最佳的觀測資料。以上簡單介紹了系上天文物理實驗室的概況。若想再深入了解，歡迎來603室討論。



利用1992年7月29日在清華物理館天文臺測試時拍攝的連續512分鐘的資料，所分析出來的日震波の色散關係。若觀測資料加長可使時間方向的解析度提高。

- 超導及磁性實驗室
- 古煥球教授
- 物95徐永源

我想讀者們應該都有在實驗室作實驗的經驗，當然包含教學實驗室在內，而且對於進行一項實驗的過程：閱讀講義及操作說明、結果預估、設置儀器並校正、測量、結果討論等等的步驟也必不陌生。其實專題研究的進行就與上述相仿，而我就以在本實驗室的經驗為例，開始以下的討論。

首先遇到的問題就是：要找那一位老師，進行那一方面的專題。要做好選擇的工作，完善的相關資料無疑是絕對必須的。

關於這方面的訊息，可以從上過課的老師處得到一部分，尤其是想做理論方面的領域時，這是個不錯的來源；但畢竟少了些，因此我建議是親自到各實驗室去參觀一番。去看一看就會有用嗎？當然不止於此，參觀時最好是三兩人結伴同往，看看實驗室的器材，與其內的學長討論他們正在進行的實驗，有興趣的方向與目標，能夠學到那些東西，相關的基礎知識及必須具有的背景...等你能想到的問題。只要學長們不忙，相信都會樂意解答的。當然與老師

面談是絕對必需的。

如果選擇了一個實驗室，接著就是要進行實驗了。開始先別急著動手，就像普物實驗的步驟，先要熟悉儀器的原理及操作，以免日後出錯，同時要閱讀一些與專題相關的文章。就以筆者目前正在進行的主題：汞系(1223)超導體的製備及其物理性質為例，首先要知道樣本的製備流程、其中的諸般細節、可能遭遇的問題及可嘗試的改善方法等，然後要熟悉高溫爐(用以燒製超導陶瓷)的操作、X-ray的使用；然後以文獻資料、及樣本的初步分析達到要求。由此也能看出，進行一項實驗「耐心」是不可或缺的條件之一。因為要處理的除了題目的內容之外，還有許多關鍵性的技術問題。

當實驗進行到物理性質的測量(觀察)時，前面談到的儀器的測量原理，就是一個必備的知識，因為所能量得到的物理量、能夠達到的最佳解析度(resolution)都和儀器所用原理息息相關。就以本實驗室所有的交流微熱量儀(AC microcalorimeter)為例。它用一周期性明暗的光源照射被置於低溫的樣本，樣本因光照而升溫，但因物質的比熱而有與RC電路充電相似的曲線，以此計算出微小的溫度差 $dT$ ，在不同的溫度相同的光照(熱量)下得到不同的 $dT$ ，則由：

$$Q(\text{const.}) = C_p(T) * dT$$

可以得到 $C_p(T)$ ，但這只是相對值，這部儀器無法得到比熱或熱容量的絕對值，因此這就是儀器的限制，但若用來研究伴隨物理性質變化而產生的比熱變化，卻已經足夠了。

待到測量的結果出來之後，接著就是緊張刺激的討論了，整個實驗該如何繼續：是要從頭再來呢？還是要再進行更深入物理性質測量，就取決於此時。當然所得結果與預測的差距、及意義也是在此步驟得到的。以我們實驗室為例：實驗室的主要企圖是藉由磁性的測量，進行對高溫超導的機制了解。因此研究對象不是高溫超導，就是摻雜(dop)磁性稀土離子的同結構氧化物或超導體(如 $\text{HgBa}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{6+s}$ 、 $\text{HgBa}_2(\text{Ca}_{1-x}\text{Pr}_x)\text{Cu}_2\text{O}_{6+s}$ )。因為觀察的要確定沒有雜質造成的任何影響，因此樣本純度就非常的重要，也因此當所得的測量結果有特別奇怪的地方時，常要將問題回溯到製備時條件而重新來過。當然一旦有人得到新的**實驗結果**，整個實驗室都是歡欣鼓舞的氣氛。

進入一間實驗室，我想並不只是學到一些實驗的技巧，儀器的使用技術....等知識上的東西。只要真的參與其中，一定可以感受到像「細胞轉型」、「古海荒漠」、「大滅絕」等書中所描寫到的氣氛。這也是為何我會寫下這篇文章的原因——一個體驗研究生活的途徑。