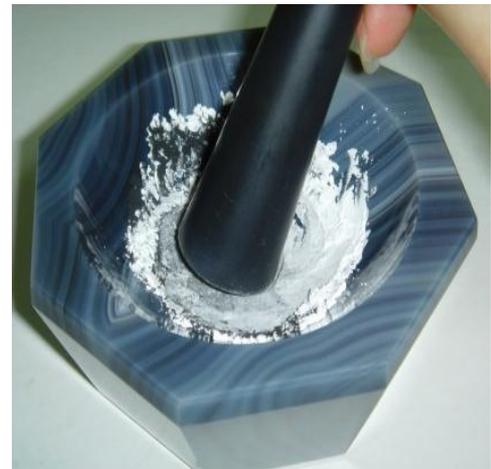




# 鈮鉕銅氧高溫超導體之製備

2025/02/06 修訂

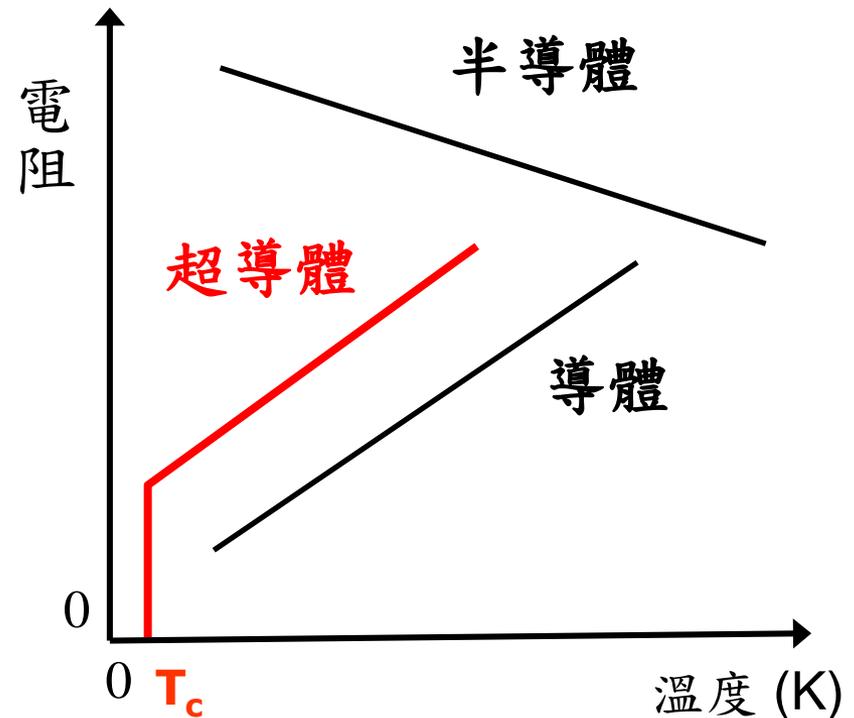
- 助教查驗配方後領取專用器材
  - 研鉢及杵（共用，以海綿及清水洗淨，紙巾擦乾）
  - 1張秤藥紙（包研磨好藥品）
  - 1個夾鏈袋（寫上學號、組別、姓名）
- 準備個人器材
  - 1支塑膠藥杓
  - 口罩（自備，避免吸入粉塵）





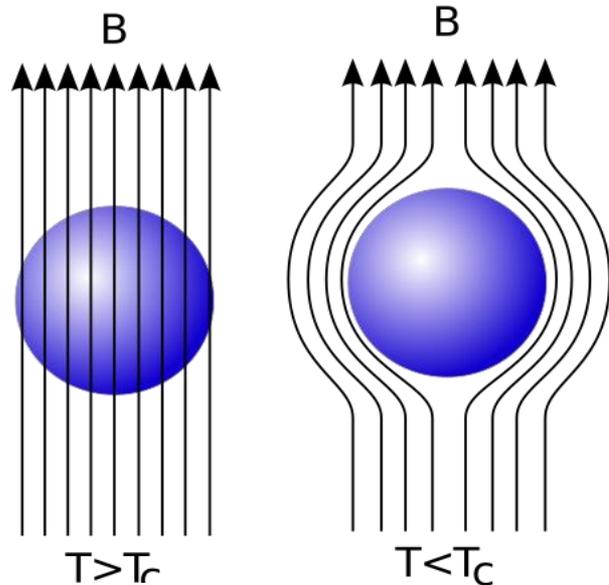
# 超導體

- 金屬導體  
溫度增高，電阻隨之增大
- 半導體  
溫度增高，電阻隨之變小
- 超導體  
超導轉變溫度 ( $T_c$ ) 以下  
時為零電阻

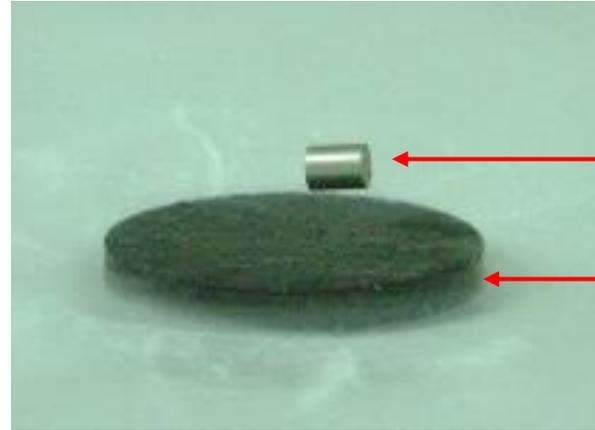




# 超導體的特性與應用



麥斯納效應



磁鐵

超導體

- 當溫度降到 $T_c$ 以下，呈現超導特性：
  - ✓ 零電阻
  - ✓ 麥斯納效應 (Meissner effect)



# 高溫超導體的發展

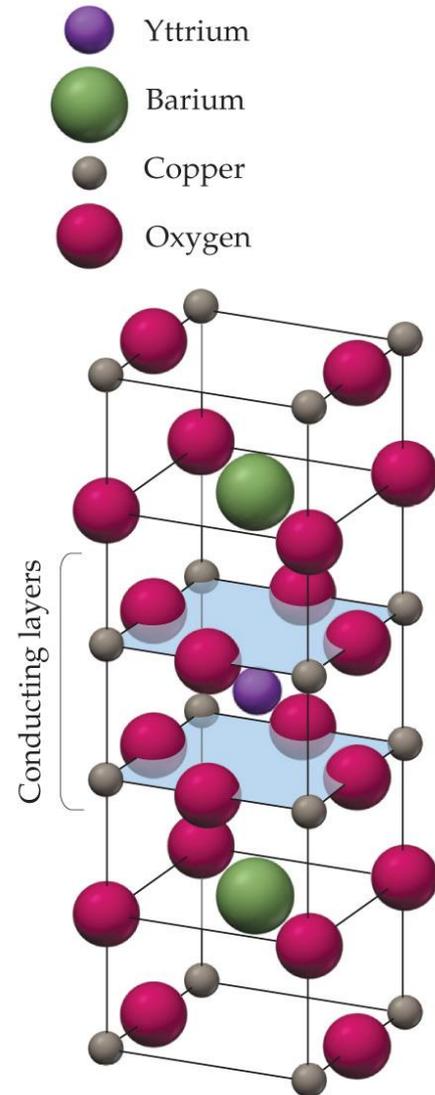
超導體	發現年代	超導轉變溫度(K)
Hg	1911	4.0
Nb <sub>3</sub> Sn	1954	18.0
Nb <sub>3</sub> Ge	1973	22.3
La(Ba) <sub>2</sub> CuO <sub>4</sub>	1986	35.0
<b>YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub></b>	<b>1987</b>	<b>95.0</b> → 朱經武院士 吳茂昆院士
BiSrCaCu <sub>2</sub> O <sub>x</sub>	1988	100.0
Tl <sub>2</sub> Ba <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	1988	125.0
HgBa <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>8+x</sub>	1993	133.0
Cs <sub>3</sub> C <sub>60</sub>	1995	40
MgB <sub>2</sub>	2001	39

✓ 高溫超導體：在液態氮溫度下具超導特性， $T_c > 77\text{ K}$  (液態氮)



# 製備鈣鋇銅氧高溫超導體

- 化學式： $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$
- 晶體結構
- 超導轉變溫度：95 K  
(液態氮溫度 77 K)
- 製備方法：
  - 固態反應法 (Solid state)
  - 檸檬酸鹽凝膠法 (Sol-gel)
  - 金屬共沉法 (Coprecipitation)





# 固態反應法流程

氧化釔  $Y_2O_3$   
碳酸鋇  $BaCO_3$   
氧化銅  $CuO$

(1) 研磨  
→  
(2) 壓片  
 $1 \text{ ton/cm}^2$



(3)  $930^\circ\text{C}$ , 空氣中  
→  
加熱10 小時



原子莫耳數比  
 $Y : Ba : Cu = 1 : 2 : 3$

$YBa_2Cu_3O_{7-x}$   
超導體



# 步驟1：配方計算與秤取藥品

## ■ 助教簽核配方並確認

產物：0.004 mol  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$   
( Y : Ba : Cu = 1 : 2 : 3 )

## ■ 取量：

$\text{Y}_2\text{O}_3$        $1/2 \times 0.004 \times 225.82 = 0.4516 \rightarrow$  取 0.45 g

$\text{BaCO}_3$        $2 \times 0.004 \times 197.31 = 1.5785 \rightarrow$  取 1.58 g

$\text{CuO}$            $3 \times 0.004 \times 79.55 = 0.9546 \rightarrow$  取 0.95 g

✓ 高純度藥品價昂（一份100元），多取應移轉給其他同學使用

✓ 取對藥品及取量正確很重要，為實驗成功的關鍵！

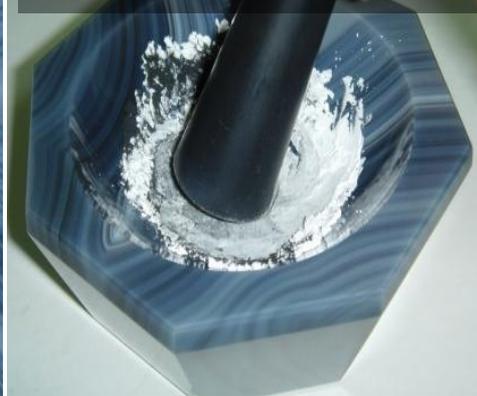


## 步驟2：起始物混合研磨均勻

先混合再磨



大鉢配大杵



尚有白色粉末



研磨至均勻灰色

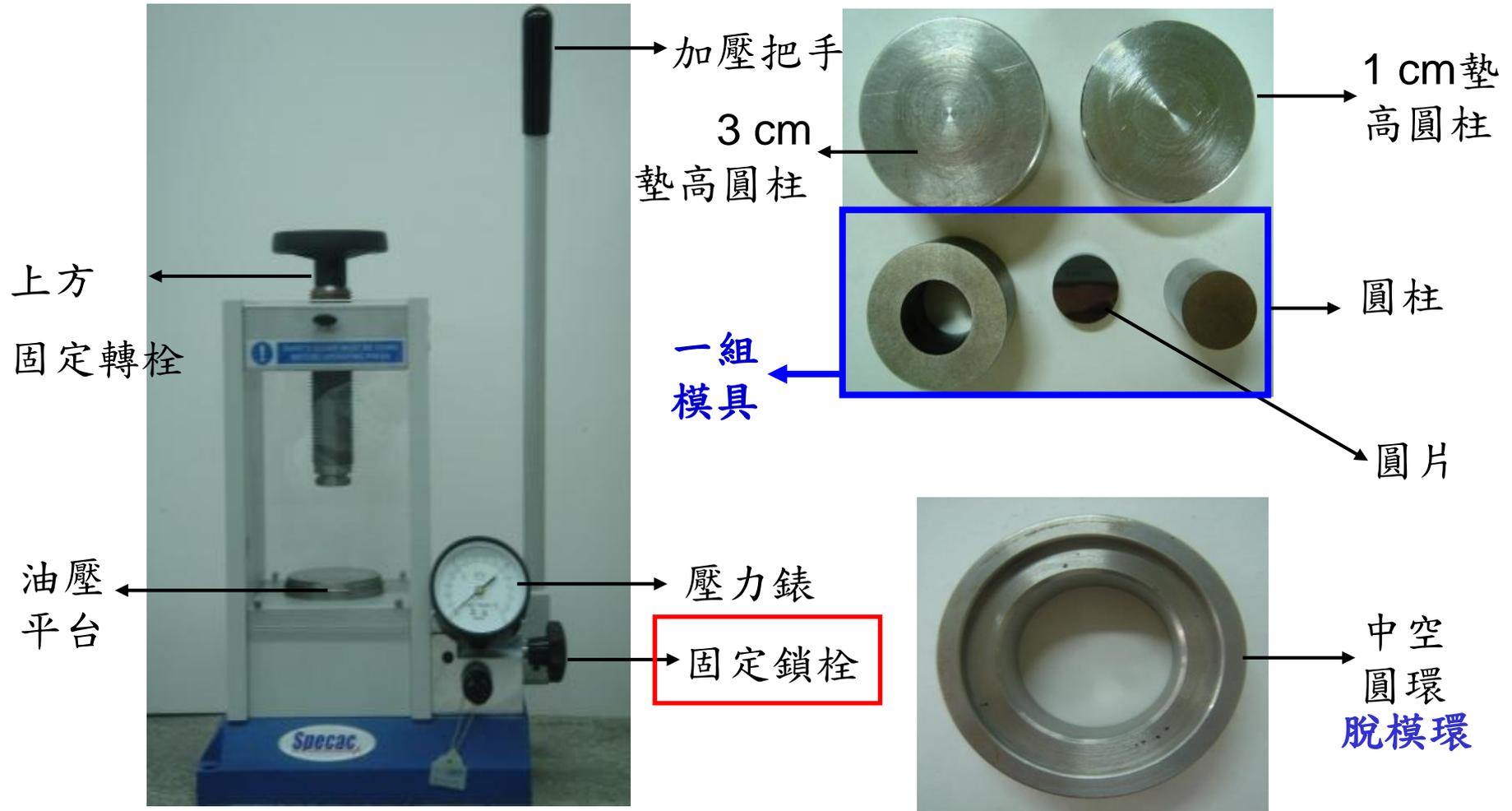


- 使用塑膠藥匙：將藥品初步混合，再以杵研磨；將藥品粉末集中再研磨
- 以下壓再推展的方式研磨：研磨至顏色呈均勻灰色，看不到白色粉末為止，約需10~15分鐘
- 準備壓片：研磨好之粉體轉置於稱藥紙上，準備倒入模具

✓ 瑪瑙研鉢一個 9000~15000元，使用後以海綿及清水洗淨，紙巾擦乾



# 步驟3：準備壓片機及模具



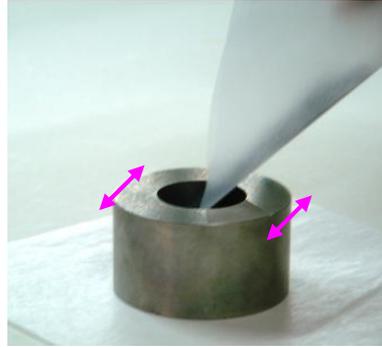
✓ 模具共9套，不同套模具不可混用



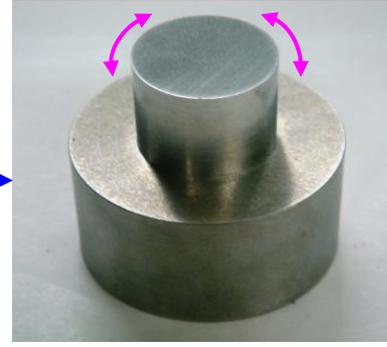
# 步驟4：壓片機壓片



下方墊一張稱藥紙  
圓片放入模具中  
光滑面朝向粉體

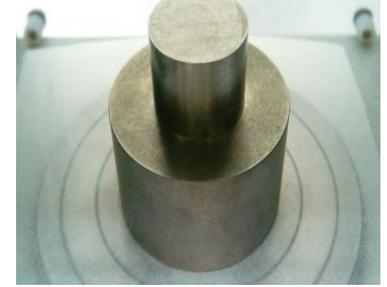


研磨粉末倒進模具  
左右搖震使粉末均勻

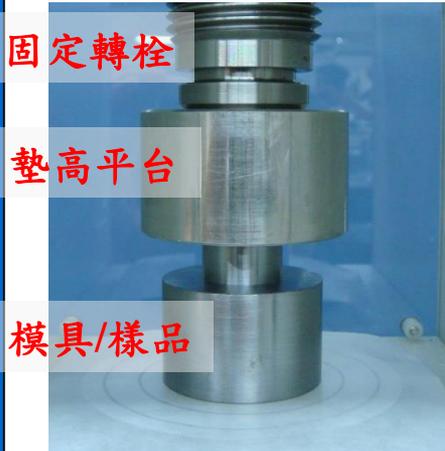


放進圓柱  
光滑面朝粉體  
左右旋轉使粉末均勻

連同稱藥紙，以手頂住  
模具底部避免模具脫落



模具置於油壓平台中央  
(依圓圈紋距判斷)



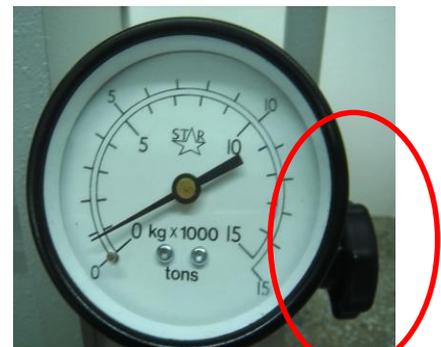
放上墊高平台  
鎖緊上方固定轉栓



右側鎖栓順時針鎖緊



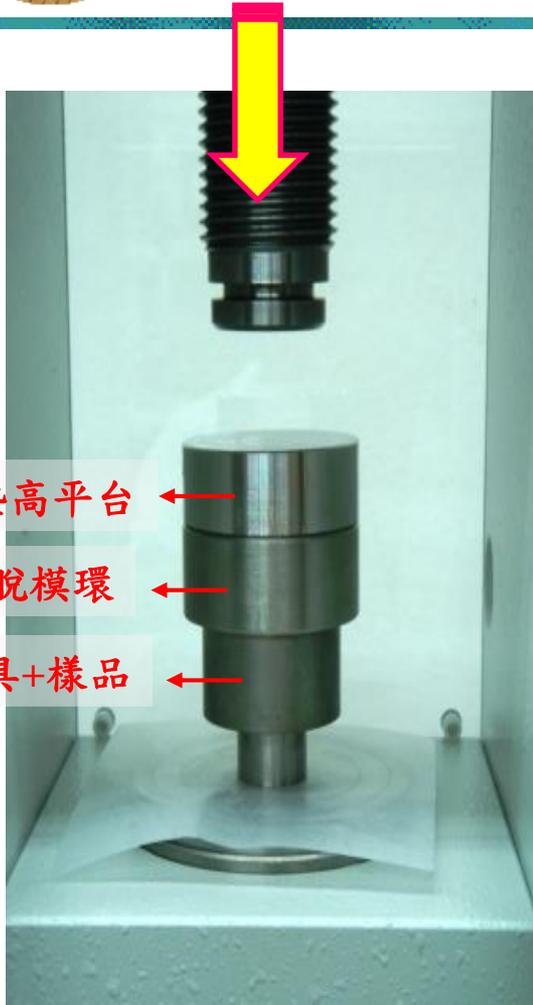
加壓把手前後推動  
加壓至  $1 \text{ ton/cm}^2$



保持加壓一分鐘  
鎖栓逆時針轉半圈  
使壓力下降至0



# 步驟5：取片



墊高平台

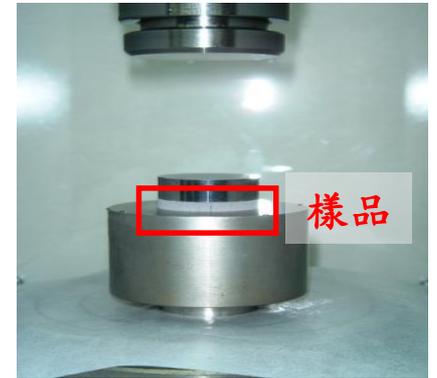
脫模環

模具+樣品

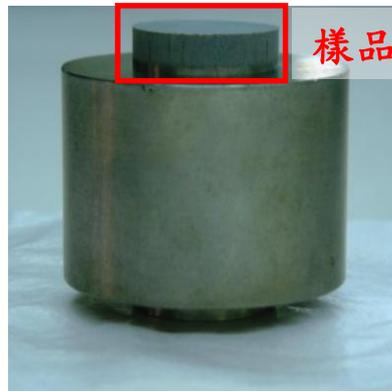
壓片後模具倒放於平台中心  
放置脫模環及墊高平台  
固定轉栓鎖緊



手扶模具再旋轉把手  
使轉栓向下頂出超導片



頂出圓片後  
鬆開上方固定轉栓  
將模具等取出



完成壓片之樣品



將坩鍋移近模具  
以塑膠鑷子小心地將圓片  
放至氧化鋁坩鍋蓋



燒結後產物



# 壓片注意事項

- 鬆開鎖栓卸壓，只需旋轉半圈即可，以免旋鈕脫落，加壓油外洩
- 每一壓片機旁都會有一位助教指導操作，並交由前一組學生指導下一組學生
- 模具內部用海綿沾水清洗並以紙巾擦乾，避免粉體堆積及生鏽，造成模具卡死





# 步驟6：高溫燒結

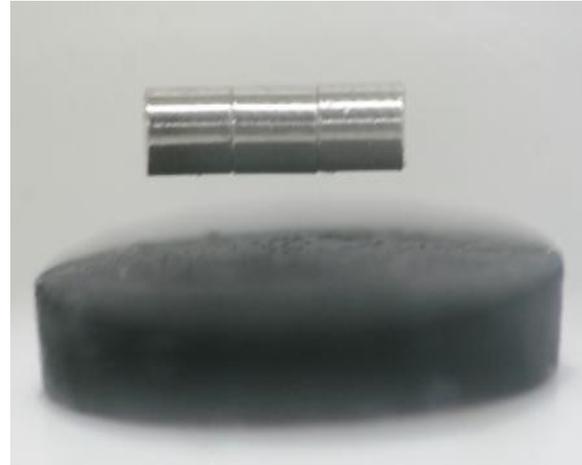
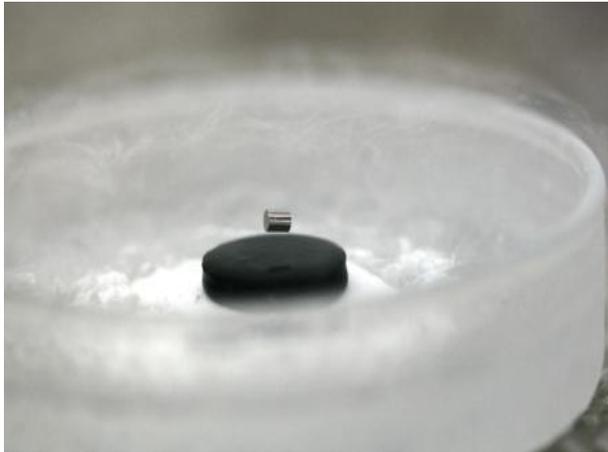


室	爐	管	系列別	編號	日期
細別： 藥品：1或2 壓片機：1或2或3 壓力： 可磁浮磁鐵數： 外觀：	細別： 藥品：1或2 壓片機：1或2或3 壓力： 可磁浮磁鐵數： 外觀：	細別： 藥品：1或2 壓片機：1或2或3 壓力： 可磁浮磁鐵數： 外觀：	細別： 藥品：1或2 壓片機：1或2或3 壓力： 可磁浮磁鐵數： 外觀：		
細別： 藥品：1或2 壓片機：1或2或3 壓力： 可磁浮磁鐵數： 外觀：	細別： 藥品：1或2 壓片機：1或2或3 壓力： 可磁浮磁鐵數： 外觀：	細別： 藥品：1或2 壓片機：1或2或3 壓力： 可磁浮磁鐵數： 外觀：	細別： 藥品：1或2 壓片機：1或2或3 壓力： 可磁浮磁鐵數： 外觀：		
細別： 藥品：1或2 壓片機：1或2或3 壓力： 可磁浮磁鐵數： 外觀：	細別： 藥品：1或2 壓片機：1或2或3 壓力： 可磁浮磁鐵數： 外觀：	細別： 藥品：1或2 壓片機：1或2或3 壓力： 可磁浮磁鐵數： 外觀：	細別： 藥品：1或2 壓片機：1或2或3 壓力： 可磁浮磁鐵數： 外觀：		
細別： 藥品：1或2 壓片機：1或2或3 壓力： 可磁浮磁鐵數： 外觀：	細別： 藥品：1或2 壓片機：1或2或3 壓力： 可磁浮磁鐵數： 外觀：	細別： 藥品：1或2 壓片機：1或2或3 壓力： 可磁浮磁鐵數： 外觀：	細別： 藥品：1或2 壓片機：1或2或3 壓力： 可磁浮磁鐵數： 外觀：		

- 每一爐可放  $4 \times 4 = 16$  個樣品，盡量靠中間放置
- 記錄各組樣品在爐中之位置，無須貼標籤紙
- 設定電腦程溫控制，高溫爐上鎖並開始加熱
- 以  $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$  升溫至  $930\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，加熱10小時，再  $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$  降溫，至隔日下午冷卻
- 助教隔日會收成品於學生的夾練袋 (系級、組別、姓名)



## 步驟7：磁浮測量



- 超導片放在培養皿中，測試磁鐵與超導片之間作用力
- 加入液態氮，讓超導片降溫後再測試磁鐵與超導片間作用力
- 以塑膠鑷子夾放磁鐵，比較磁浮高度或可浮磁鐵個數
- 測完後，以吹風機將超導片吹乾，放入夾鏈袋

✓ 磁鐵極小易遺失，可用吸取攪拌子的磁棒輔助尋找



# 實驗結束處理與報告

## 精簡報告

### ■ 實驗結束後處理

- ✓ 模具確實清洗擦乾
- ✓ 清除壓片機及其周圍之粉末與稱藥紙
- ✓ 研鉢及杵洗淨擦乾並配對放置
- ✓ 清潔用海綿收回，勿放在各桌清潔籃
- ✓ 公用器材依清點表清點補齊簽名後，請助理助教簽核
- ✓ 桌面整理擦拭，椅凳收在桌子下方
- ✓ 值日生完成所安排之公務工作

### ■ 實驗報告

精簡報告：實驗預報、觀察紀錄與結果報告，簽退時繳交