

A2 實驗之路

1 確立方向：如何開始？

當你才剛開始要進入研究工作領域，無論環境或目標都未熟悉，要如何開始呢？

1.1 粗擬方向：

與指導教師討論大體的研究方向，並請老師提供若干 關鍵字 (key words)。指導教師可能會有兩三個題目讓你挑選，你得選擇一或二有興趣的題目，不要選太多。

1.2 搜尋背景資料：

把重要的相關文獻找出來，請注意開始時只念摘要即可，但是重要論文則要仔細唸過；最後要整理出一篇報告，說明這個題目以往的研究，以及最近的發展；最好能夠上台報告給教師及實驗室的同學們聽，以便有進一步討論。若你的實驗室近年來一直在做該題目，則請教老師及學長，可以很快找出最新的論文。

1.2.1 如何搜尋？

- a. 經由網路資料庫，以關鍵字查詢早期的研究報告，注意資料庫的起迄年代各有不同；此類資料庫有 PubMed, Agricola, Current Contents 等。
- b. 注意查了上述的各種資料庫後，可能還有空檔沒有查到，要特別小心。
- c. 大部份的文獻只要看摘要即可，有興趣的再去找原文。重要的文獻則要仔細閱讀，整理出各家要點，找出可以進行探討的破綻。
- d. 建議使用個人資料庫軟體整理你的文獻檔案，用 Reference Manager 或 EndNote 等套裝軟體，將可使你事半功倍。

1.2.2 除了電腦搜尋外，勿忽略書本！

- a. 專書與教科書：最初步的找尋對象，通常可有較淺近而完整的說明。
- b. Review 性期刊：Scientific American, Trends 系列期刊, Annual Review 系列等。
- c. 一般期刊：部分期刊內有 news 欄或 mini review，簡要介紹該期重要發現。
- d. 操作手冊 (manual)：即所謂的 cookbook，詳載實驗操作的 protocol (如 Methods in Enzymology 系列)。

1.3 如何醞釀一個題目：

- a. 通常這是最難熬的一段時間，雖然已有大概的目標，也查了一大堆文獻，但是你還是不知道要做什麼。且讓這種懸疑緊張的狀況，持續一段日子，但要時時思索你的

問題；一有靈感就馬上記下來，再由此點挖掘下去。

- b. 漸漸地，相信你會想出一條或數條可行的方向；有些人是突然在睡夢中出現指示，也有人慢慢想出來的。要馬上記下來，有許多人事後會忘得一乾二淨。
- c. 這些決定，對你將來的研究工作，有很大的影響；唯有正確的洞見，才能達到正確的結果。這很像當年哥倫布航海西行，他相信地球是圓的，一直往西走將可以回到原地；而他所根據的資料，只是觀察海上歸來的帆船船桅，總是先看到最高點。
- d. 有時運氣也很重要，哥倫布要是不走東西向，而是走南北向，他可能永遠回不了葡萄牙，雖然他的理論是正確的；但是選擇走東西向是可以由常識判斷的。

1.4 草擬研究大綱：

經過上述的醞釀後，條舉出所有可能進行探討的題目，每題考慮以下三點：

- a. 要解決的問題是什麼？請用筆把問題寫下來，越簡短越好。
- b. 用何種方法解決此一問題？
- c. 預測可能遇到的困難。

1.5 確立研究題目：

- a. 與指導教師檢討上述大綱，依時間或能力決定一題或數題。
- b. 研究主題要明確，要有清楚的攻擊目標，切忌散漫無章，眼高手低。
- c. 在搜尋資料時眼光要放寬廣，以便在論文的概論部份，做一個完備而嚴謹的回顧，再由其中選出最重要且最合適的題目；但決定題目後，則集中力量在一個攻擊點。

2 實驗日誌：從一開始便要有良好的實驗記錄習慣，實驗日誌是研究者的生命記錄。

2.1 實驗記錄的座標表尺：時間！

- a. 以六位數字表示日期，如 050415 為 2005 年 4 月 15 日；此串數字，一百年才會重複一次。所有記錄均得載入時間，並可作為記錄的名稱。
- b. 設計製作 週記錄表 或 月記錄表，可以鳥瞰實驗的整體，並作一清楚的綱要。

2.2 記錄方式：

- a. 每一記錄單元獨立成篇，以日期命名 (見 2.3)；記錄內容分條列舉，以 ①, ②, ③ ... 編號標示，每一小條單獨敘述一個說明或觀察。
- b. 記錄內容以『日記體』為主，詳細敘述每一細節，有結果則需製表或作圖；避免使用奇怪的代號，日後可能自己也忘掉代號的意義。
- c. 若有膠片、照片、X-ray 底片、記錄紙、轉印紙、藥品標籤等，均需小心裝在透明袋，或黏貼在記錄本上，加以標示及說明，並在記錄中詳細描述。

d. 每頁均得標示頁碼，頁碼自始連貫至終，與下述記錄的分類命名無關。

2.3 記錄的分類命名法：

- a. 依記錄內容，分為 計劃 (P) → 操作 (E) → 結果 (R) → 討論 (D) 四類。可以 P-E-R-D 代號說明此記錄的性質，及各記錄單元之間的相互關係，方便追蹤。
- b. 實驗之起點為計劃之擬定，如 [050415-P1]，執行此計劃則為 [050415-P1-E1]，此實驗之結果整理為 [050415-P1-E1-R1]，對此結果之討論為 [050415-P1-E1-R1-D1]。但不一定要固守 P→E→R→D 次序，可省略任何一點。
- c. 若同一天有兩項實驗計劃，另寫為 [050415-P2]，其執行為 [050415-P2-E1]。
- d. 若兩個不相關的計劃同時在進行著，可在日期後面以字母區分，如 [050415XX-P1] 及 [050415YY-P1]；每一計劃自成系統，亦可分開為兩本記錄簿。

2.4 實驗計劃 [P]： 針對一短程的實驗目標，進行紙上作業計劃，設計實驗流程。

- a. 收集所有已知的有關方法，研讀之後，選出一或二個最適當方法。
- b. 整理出可行的實驗步驟，一步一步以流程條舉寫出，註明實驗條件及細節；像在寫電腦程式，或電影劇本。正式操作前，要先在腦中演習一次流程。
- c. 整理出所使用的藥品單，及其配製方法；並開始找藥品或購買。
- d. 整理出所使用的主要儀器表，事先檢查或洽借；並學會使用方法。
- e. 對可能出問題的步驟，事先與專家討論其要點，並預想解決方案。

2.5 實驗操作 [E]： 實驗成敗的關鍵時刻，也是發現的起點。

- a. 依實驗計劃 [P] 進行，記錄下所有進行過程的細節；要小心觀察所有細節，寧可多記，勿漏記重要記錄。有點像福爾摩斯在觀察犯罪現場的記錄。
- b. 可事先列表，或製作一執行流程，以便引導實驗進行。通常在正式的記錄本之外，可另設一本在實驗桌上使用的現場記錄簿 (*Benchman*)。
- c. 第一次試作失敗，檢討後若計劃不改，則進行第二次操作為 [P1-E2]。
- d. 若檢討後改變計劃，則 [P1] 取銷，重新寫計劃，另立一新日期。

2.6 實驗結果 [R]： 不論成功或失敗，仔細察覺事實真相，均能獲益。

- a. 就所得數據，一一整理出結果，不管成敗，都要製成完整形式的圖表；數據若不整理成圖表，無法對它分析或思考。可把所有的圖表結果貼在書桌前，朝暮思考。
- b. 對所得圖表進行觀察、討論，分條以文字描述所觀察及省思的結果。
- c. 強迫自己對結果的圖表，作最大限度的想像，儘量擠出新的觀察結果。
- d. 若結果不佳，亦必慎重整理、檢討，勿隨手一丟了事；即使失敗的實驗，也要從中榨出一絲結果，做為改善的起點。

2.7 實驗討論 [D]：由各種角度，檢討實驗的來龍去脈。

- a. 針對所得結果進行討論，說明其所衍生的問題或結果。
- b. 由結果所衍生出的問題，提出可能之說明，並建議解決方式。
- c. 對失敗的實驗，提出改進及注意要點，捲土重來。
- d. 實驗雖然看似成功，要思考各種可能造成相同結果的假相。
- e. 不要忘記跳出實驗現場，以較寬廣的角度，再次檢討整個研究的大方向。

2.8 應用心得：

- a. 以日記方式記錄，是一種自我對談及省思，經常可在以筆記錄的過程中，自動顯現出問題的答案；同學們大多懶於做這種記錄與省思。
- b. 積極的研究生活，每天可經歷一個 P-E-R-D 循環，並由結果規劃次日的計畫 [P]。
- c. 若一時無法對問題有所解答，過些時候再重新細讀實驗記錄，可能會有新的心得。
- d. 隨時把實驗結果影印給指導老師，共同討論，或在 Lab meeting 口頭報告；把重要結果整理成一頁來報告 (One-Page Show) 是一理想的方法。
- e. 當記錄數目累積相當多後，可作一 index 表，表列各實驗摘要，方便查閱。

3 原則思考：對於即將踏入研究生涯的人，應該仔細思考一些原則性的問題。

- a. 誠實地檢討自己是否真的對科學研究有興趣？或者只是繼續升學？做自己有興趣的事，而且可以取得學位，是人生相當痛快的事，但其所需付出的代價也很高。研究工作幾乎是從失敗中慢慢湊得成功的，要有耐得住失敗的勇氣與決心。
- b. 是否有決心可把事情實實在在做好？科學研究是無法馬虎的，因為在整個研究過程中，有許多陷阱與假象；只要有一點疏忽，就很容易被大自然所瞞騙。
- c. 檢討自己是否為固執不化的人？即使實驗結果看來非常成功，若發現有一絲破綻，要馬上變成『忠誠反對黨』，回頭攻擊原先的成果。越有智慧的人，越早能識破被騙的事實；魯愚的人則常固執在被欺騙的迷思中，無法自知及自拔。
- d. 你是否真的喜愛大自然？不但喜歡花朵的鮮豔與構造，也為分子的構造所著迷。具有創造力的科學家，通常都不會侷限在一個小角落，能夠向四方伸出觸角。很像一隻愛玩的小貓，到處抓抓爬爬、探索世界；牛頓說他只是在海邊撿貝殼。
- e. 要把自己變成一個偵探，具有深刻的觀察力，有超凡的想像力，能夠洞見事實於迷霧之中，像福爾摩斯一樣；也要是一個探險家，能夠勇敢地探索未知，對抗極為不利的環境條件，像哥倫布一樣；也要用最純真的眼光去看這個表象世界，才能真正了解根基於物理或化學原理的生物世界之本質，就像費曼一樣。