0 科學研究：

科學探索相當辛苦，若非大自然的奧祕有如此強大的吸引力，將無法忍受所面對的挫折與煎熬。在進入研究工作之前，有一些基本的觀念與認知，要先確立後才能繼續走下去。

0.1 確立方向：

當你才剛開始要進入研究工作領域，無論環境或目標都尚未熟悉，要如何開始找研究題目呢？

◆科學之路：第一章 準備工作 [請在上網以「科學之路」搜尋]

0.1.1 找尋研究方向：

與指導教師討論整体研究方向，並請老師提供若干 關鍵字 (key words)。指導教師可能有兩三個題目讓你挑選，你得選擇一或兩個有興趣的題目，不要選太多。

0.1.2 搜尋背景資料：

把所有相關文獻找出來，大部分文獻只念摘要即可，但重要論文就要全文仔細唸過，最後整理出一篇報告，說明這個題目以往的研究、過程，以及最近的發展；最好上台報告給教師及實驗室的同學聽，以便進一步討論。若實驗室近年來一直在做該題目，則直接請教老師及學長，可以很快找到最新的重要論文。

0.1.2.1 如何搜尋？

a. 現代的網路資料平台實在非常發達，連很專業的科學論文，都可以在 Google 上迅速搜尋到。在網路以關鍵字搜尋所要的研究報告很容易，但現在的問題並非找不到資料，而是找來太多資料而無從下手！
b. 某些搜尋平台有進階搜尋，可以再指定重要因子，縮小搜尋範圍 (例如年代、特定作者、特定地點)，聚焦在真正有用的結果；其關鍵字的設定就很重要，用適當的關鍵字可以找到最實用的資料。
c. 面對搜尋到的龐大資料，先快讀各篇論文摘要，挑出真有興趣者下載原文，重要文獻一定要通篇閱讀，整理出各家要點，找出可以切入探討的主題，這些都要花許多時間下功夫琢磨，去形塑自己的概念。
d. 善用個人資料庫管理軟体，來整理你的文獻檔案，例如套裝軟体 EndNote 使你事半功倍，而且未來可在論文中插入文獻，並自動製做出 Reference List。

0.1.2.2 除了搜尋期刊外，還有許多其他來源！

a. 專書與教科書：最初步的找尋對象，通常可有較淺顯而完整的說明，較常用者或許目前手邊就有。
b. Review 性期刊：Scientific American, Trends 系列期刊、Annual Review 系列等，可上圖書館或網路查詢。
c. 一般期刊：部分期刊有 news 專欄或 mini review，簡要介紹該期的重要發現，非常有用。

d. 操作手冊 (manual)：即所謂的食譜 (cookbook)，詳載實驗操作的 protocol (如 Methods in Enzymology 系列)。

◆研究生涯 (1) 科學期刊不是只有研究論文 [請上網以「研究生涯」搜尋]

0.1.3 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，但還是不明確知道要做什麼。且讓這種懸疑緊張的狀況，持續一段日子，時時思索你的問題；一有靈感就寫下來，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，也有人是慢慢想出來的。要馬上記下來，因為許多好主意在事後會忘得一乾二淨。這時候可以開始經營實驗日誌。

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，他可能陷在北極冰洋，永遠回不了葡萄牙，雖然他的理論正確；但選擇東西向卻可以用常識判斷，有趣的是常識在科學研究上，常常扮演重要角色。

e. 有空多多讀科學家的傳記，或是他們寫給年輕科學家的建言 (推薦 科學之路)，這些個人觀點可能比研究論文更具有啟發性，期能漸漸培養出對科學的品味 (taste) 與格局 (scope)。因為找到核心的研究題目至為關鍵，將近一輩子投下去的努力才有意義，而重要題目通常需要慧眼來辨識與察覺，這有賴於高超的眼光、品味與格局，而非人云亦云的跟著做，況且有了優雅的科學品味，也就不會發生論文造假事件，因為後者太不優雅了。

0.1.4 草擬研究大綱：

經過上述的醞釀後，開始條舉出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，但是敘述要清楚。

b. 要用何種方法來解決此一問題？

c. 預測可能遇到的困難、對策與備案。

0.1.5 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兩題，有時候必須試做一些預備實驗，投石問路。

b. 研究主題要明確，有清楚的攻擊目標，切忌散漫無章，眼高手低。比較基礎的研究題目，通常難度較高，也需要較長時間與研究天分，但若能完成其回報相對較大。

c. 在搜尋資料時眼光要放寬廣，以便在論文的概論部份，做比較完備而嚴謹的回顧，再由其中選出最重要且合適的題目；但決定題目後，則集中力量在一個攻擊點。

0.2 實驗日誌：

從一開始就要有良好的實驗記錄習慣，實驗日誌是研究者的生命記錄，也是所有研究成果的最終依據。

◆科學之路：第二章 實驗

0.2.1 實驗記錄的座標表尺： 時間！

a. 以六位數字表示日期，如 990823 為 1999 年 08 月 23 日；此串數字，一百年才會重複一次。所有記錄均得載入時間，並作為記錄的名稱 (如下述 0.2.3)。

b. 設計製作『週記錄表』或『月記錄表』可鳥瞰整体實驗，並作為清楚的綱要或地圖。

0.2.2 記錄方式：

a. 每一記錄單元獨立成篇，以日期命名 (見 0.2.3)；記錄內容分條列舉，並以 (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『日記体』為主，像說故事一樣，平鋪直敘，詳細描述每一細節，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，或直接黏貼在記錄本，加以標示及說明，並在文中詳細描述。目前電腦影像處理平台非常發達，使用數位方式紀錄也很方便。

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。

0.2.3 記錄的分類命名法： (圖 0.1)

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 個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. 實驗之起點為計劃擬定，如 [990823-P1]，執行此計劃則為 [990823-P1-E1]，此實驗之結果整理為 [990823-P1-E1-R1]，對此結果之討論為 [990823-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 [990823-P2]，其執行為 [990823-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 [990823X-P1] 及 [990823Y-P1]；每一計劃自成系統，亦可分開為兩本記錄簿。

0.2.4 實驗計劃 [P]：

針對一短程的實驗目標，進行紙上作業計劃，並設計最可行的實驗流程。

a. 收集所有已知的實驗方法，仔細研讀之後，選出一或二最適當的方法為主要參考；若完全依照某實驗方法，而且已經有了操作流程與步驟，那就比較單純，先直接跟循現有的步驟。

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清單及其配製方法，盡快找到所需藥品是否有庫存，否則提早訂購以縮短等待時間。

d. 整理實驗所必要的儀器清單，事先檢查或洽借，並學習使用方法。請特別注意，有些儀器或實驗需要執照，且必須預先取得才能操作 (例如：基因重組實驗、放射性實驗、動物實驗)。

e. 對可能出現問題的步驟，要事先與專家討論其注意重點，以趨吉避凶，或預想出解決方案。

◆研究生涯 (9) 規劃時間、規劃生命、豐富人生

0.2.5 實驗操作 [E]：

這是研究工作的主戰場，乃是整体成敗的關鍵時刻，更是研究發現的起點。

a. 完全依照實驗計劃 [P1] 進行，記錄所有進行過程 [P1-E1]，小心觀察種種操作細節，寧可多記，勿省略任何可能的影響因素 (例如：離心中途打一次雷、反應顏色有點偏深等)，有點像福爾摩斯在犯罪現場的觀察記錄。

b. 若實驗流程很複雜，建議事先在 [P1] 製作一個執行流程表，以便引導實驗之正確進行。通常在正式的記錄本之外，可另設一本實驗桌上使用的現場記錄簿，先在現場很快記下來後，再慢慢整理到正式記錄本。

c. 假如第一次實驗操作 [P1-E1] 失敗，在檢討後若原計劃不改變，則進行的第二次操作名為 [P1-E2]。

d. 若檢討後決定改變原計劃，則 [P1] 取消，必須重新擬定計劃，另立一新日期。

◆研究生涯 (4)『搶救貧窮大作戰』與『電視冠軍』

0.2.6 實驗結果 [R]：

不論成功或失敗，仔細撈取事實真相均能獲益，整理出得意的結果圖表，是生命科學研究的重要核心。

a. 就實驗所得數據，一一整理出結果。無視實驗結果之成敗，都要製成正式圖表，因為數據若不整理成圖表，就無法呈現可以理解的相貌，不能對實驗結果進行分析與思考。

b. 對所做出來的圖表反覆進行觀察與討論，並以日記体文字記錄，描述實驗所透露出來的信息。可把實驗結果的重要圖表貼在書桌前 (或電腦銀幕的桌面)，朝思暮想，可能會有新發現，但也常導致重新繪製。

c. 結果不佳時，特別要慎重整理與檢討，絕對不能隨手一丟了事，因為既使失敗的實驗，也要好好把結果圖表做好，從中榨出一絲線索，做為下次改善的起點。

d. 整理圖表是一門大學問與藝術，優良的圖表通常是一篇論文的核心與亮點，平常多觀摩傑出論文上的圖表安排方式，都可引以借鏡作為設計的模範。

◆研究生涯 (3) 牛肉麵不好吃只換筷子是沒有用的

0.2.7 結果討論 [D]：

對實驗所得結果進行反思，討論衍生問題或更深層的結果，甚至察覺所得結果是否為假相。

a. 結果與討論一向很難清楚劃分，許多論文把兩者混合在一起寫，其實有其合理性與實際成效。因此在寫結果的時候，也可以當場帶入討論，一氣呵成，那就把 [R1] 改成 [RD1] 以標明性質。

b. 強迫自己對結果圖表，撐出最大限度的想像，儘量擠出更新的觀察與見解。不要忘記與同學或老師討論，這時能有他人的意見極有幫助，他們最好扮演『忠誠反對黨』努力批判你的結果。 很多時候實驗雖然看似大成功，但要思考可能造成相同結果的假相，若確定是假相就要及早醒悟，以免誤入歧途太深。

c. 由結果可能衍生出更多問題，需提出可能說明，並建議解決方式。對失敗的實驗，更要找出改進的方法，以作為捲土重來的支點。不要忘記跳出實驗現場，以更寬廣的角度，反覆檢討整個研究方向。若原先的 [P1] 到此為止，則另寫新的計畫，另立一個新的日期命名。

d. 生物實驗幾乎都是經過多次失敗後，才逐漸由經驗中累積成功。面對失敗是相當艱苦的歷程，也是每個研究者都會遇到的試煉，一定要冷靜分析失敗原因，想辦法從中脫困。與其他人討論是很重要的行動，先找實驗室有經驗的學長姐，再來就是指導教師，通常都可以找到解法，然後再努力做下去。不要害怕向實驗室或學校單位以外的人請教，網路可能也有相關討論，學術界通常都很樂於分享經驗或秘方。

0.2.8 應用心得：

a. 以日記体方式記錄，是一種自我的對談及反思，我經常在筆談記錄過程中，看到問題的答案自動跳出紙面；很可惜的是，同學們大多懶於做這種記錄與省思，一方面是非常耗費時間，另一方面則是書寫能力退化。

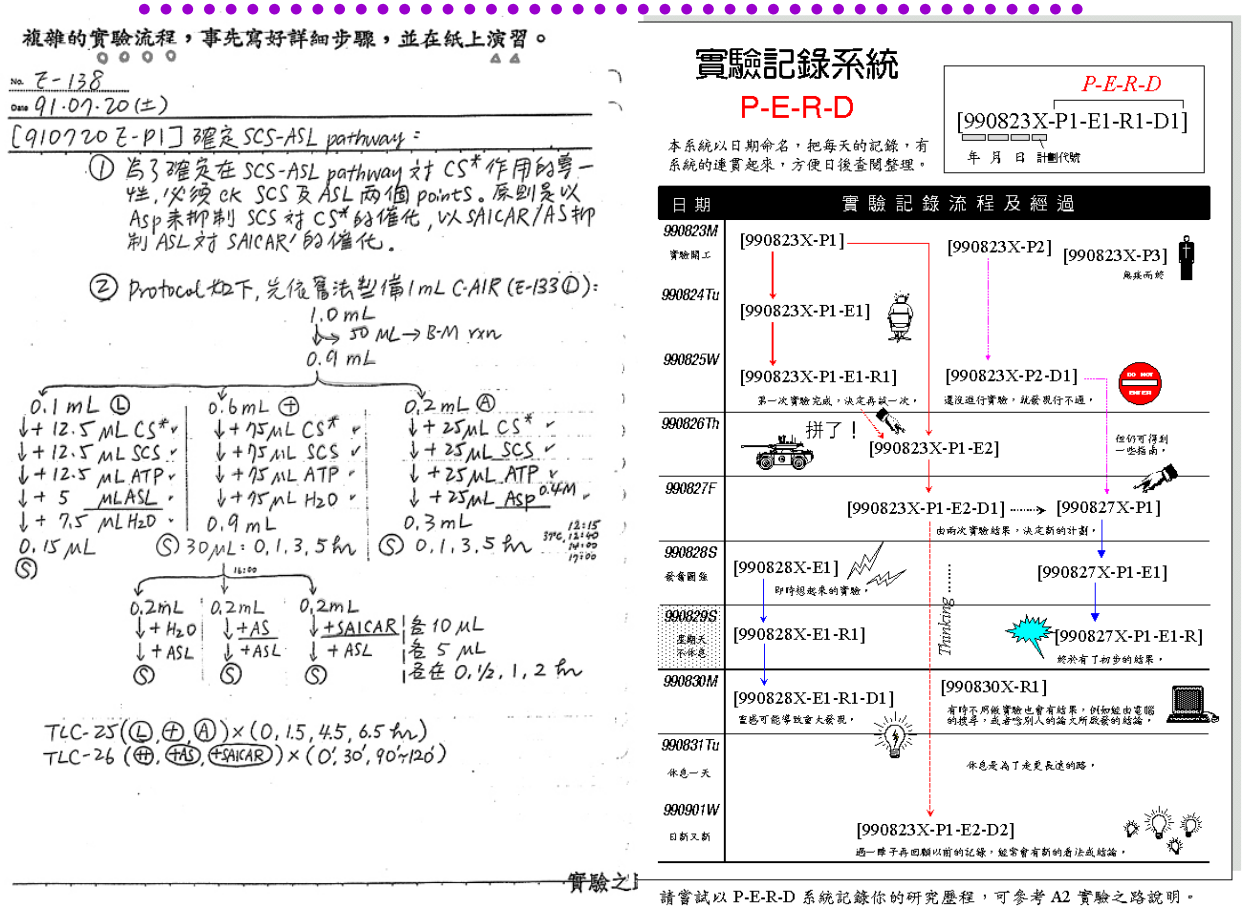
b. 積極的研究生活，每天可經歷一個 P-E-R-D 循環，並由當日的結果與討論規劃次日的計畫 [P]。若短期內對問題無法得到解答，可以等一些時間再回頭細讀當時的實驗記錄，可能會有不一樣的心得。

c. 隨時把實驗結果圖表整理出來，寄給指導老師一起討論，或在 Lab meeting 口頭報告，強烈建議可整理成一頁報告 (0.3.5 One-Page Show)。當記錄篇數累積很多之後，可作一張 index 表，並註明各實驗摘要，方便查閱。

d. 通常比較重要的研究題目都有很高的挑戰性，也就是實驗的結果經常是失敗的，因此如何面對失敗，並且由困境中奮力走出一條自己的路，對科學工作者來說，是必備的人格特質。因此在此之前，必須先確定自身是否適合走研究工作，以免將來陷入進退兩難的窘境，請參考 0.3 後面 問題集 的一些反思。

e. 雖然市面上有很多數位式的實驗紀錄平台，很方便且更有效率，但我的實驗室目前還是規定學生使用方格紙型式的記錄本，以手寫方式如法記錄。原因無他，用筆用手寫在實体紙張，還是最原始又可靠的紀錄方式，至少在剛進入實驗室生活的前幾年，体驗這樣的基本研究儀式與精神，應該是值得的 (畢業後就管不了)。

圖 0.1 條列式的日記體紀錄 P-E-R-D



0.3 實驗報告：

0.3.1 通則：

a. 實驗報告是完全根據你自己的實驗過程寫出來的，因此除了有部份引用他人文獻之外，都必須是實實在在的操作過程，以及所推得結果之完整記錄，無法重複的實驗請不要列入報告。

b. 報告長短與成績並不成正比，確實而有創見的一句話，比千百行空話要有價值。科學論文不要使用口語化的文字，更不能用情緒性字眼，請以理性而客觀的態度，如實描述實驗結果，中肯地說明你的觀察與推論。

c. 實驗課一組雖然有兩個人，但每個人要寫自己的實驗報告，膠片等影像結果可以用掃描或照相附上，儘可能使用電腦文書處理及科學作圖軟体呈現報告。你的實驗結果應該與同組者類似，但解釋與觀點可以不同。

◆ 研究生涯 (6) 論文打字、排版、參考文獻不能出錯

0.3.2 實驗報告的結構：

以下建議實驗報告的構造與寫法，但論文格式本無一定規格，只要寫得合理、正確、一致，均為好的研究報告。事實上隨手翻開一本科學期刊，參照裡面的論文格式，前後一致地用心寫報告，也可以有很好的成果。

0.3.2.1 Cover: Abstract and Content:

第一頁為封面、摘要與目錄，上半頁依序寫明：實驗課碼、題目、組別、作者、繳交日期等基本資料，接著在中段列出本報告的摘要文字 (Abstract 或 Summary)，務必簡要且明確，通常以 200 字為度。下半頁請整裡出一張目錄表，標出報告中各個項目之頁數，而其內容則依照下面順序。

0.3.2.2 Introduction:

首先說明目前已發表相關科學論文的進展與成果，請特別注意這個部分很容易陷入抄襲，雖然描寫完全同樣的事實，也不可直接抄錄別人文字，要用『自己的話』重新寫出來。若引用已發表文獻務必註明出處，要特別小心不要漏掉別人已經發表的研究成果。最後簡要描述本實驗的動機與目標，後面這一段很重要，務必在此呈現出整個研究的意義，期能引導讀者繼續念下去。

0.3.2.3 Materials and Methods:

請寫出你自己實際的操作步驟，記錄所進行的實驗流程與條件，而非複製講義或論文上的文字，這部份很容易被指控為抄襲。若完全依循已發表的研究方法，請加註說明出處即可，不必原文照抄一次，沒有任何意義。但如果操作步驟有修改，或者過程有特殊的觀察，則必須如實寫出來。

0.3.2.4 Results:

條理分明地寫出你的實驗結果，照實陳述觀察所得結果。實驗數據要經過整理後，並作成圖表以利判讀；不要將原始資料原封抄錄或貼在報告上 (這些要收在你的實驗記錄本裡面)。若同一實驗重複嘗試了多次實驗，請去蕪存菁，只整理出最有意義的一次結果，以免空佔篇幅且迷惑讀者，但也不要遺漏重要結果。注意必須維持單一次實驗的完整性，例如不能把兩張不同的膠片切割出來拼成一張膠片，然後推出結論；尤其實驗組與控制組必須是同一次實驗，不可把實驗組搭上另一次操作的控制組 (它們各屬不同次實驗)。

0.3.2.5 Discussion:

由結果所得到的觀察，進一步綜合分析，推導由結果所透露出來的信息。若有與事實或已知不符的現象，請仔細討論或解釋之。通常都要引用已發表的論點來比對討論，並且引伸出可能的解釋模型，此一部份最需要發揮你的專業實力。千萬不要漏掉別人的貢獻，嚴重的話被誤以為搶他人 credit，影響自己的信譽。

0.3.2.6 References:

報告中若引用他人結果，一定要列出參考文獻。參考文獻的寫法要依循規定格式，不同期刊有不同格式，請選定一種寫法，且整体文獻的格式要一致 (推薦參考使用 Plant Physiology 的格式)。如 0.1.2.1 所述，建議使用 EndNote 套裝軟体來整理參考文獻，但請注意由網路匯入的每一條文獻，其寫法未必符合格式，必須以人工一一修改才能使用，最常見的是 Title 的大小寫不一，以及期刊名稱所使用的縮寫形式不一致。

0.3.2.7 Figure and Table:

a. 圖表一定要精確製作，正確而易懂的圖表，最有助於研究結果的判讀。圖表都要加說明文

字，優秀的圖表自己會說話，只要研讀單獨的圖表即可瞭解實驗的結果。

b. 雖然不嚴格限定，但使用電腦軟体作圖已成為必要，SigmaPlot 最為常用。作圖的最佳範本都在現成的期刊上，多參考別人如何安排圖表內容，是最佳的學習方式，剛做好的圖也要反覆檢討修改。

0.3.2.8 Supplement:

有些次要的圖表，或者資料庫太大而不能塞進報告，可以放在 Supplement 中，附在正式報告後面。其圖表作法完全與正式圖表一樣，但也要一一編號，並在其編碼前加上一個 S 字母，例如 Supplementary Figure S1, Supplementary Table S1 等，並在本文中說明這些補充資料。最近拜電腦科技之賜，很多論文都附上分子的立体構造檔案、研究的相關影片等，都有助於對該論文的說明與理解。

0.3.3 文章寫法建議：

0.3.3.1 先寫下大綱骨架：

不知如何開動寫作？先把骨架畫出來，安排好它們之間的先後順序，再填入文字。最基本的骨架是依上述之 Introduction → Methods → Results → Discussion 流程，於每一大項下，把所要寫的內容分點條列出來，再於各點填入說明文字；說明文字要有層次，寫法如下所述。

0.3.3.2 文句合邏輯且有層次感：

文字敘述有層次感，相互連成一氣，前後邏輯通順，是為上乘。例如：先收集重點整理出 b, z, c, d, x, a, y 等單點敘述，分析其內容之相關性，再以箭頭連結成幾個大類：(1) a → b → c → d; (2) x → y → z 依此關聯性，分成 (1) 及 (2) 兩點以文字連貫描述。 上述重點也可以寫在小貼紙 (Post-it) 上，再黏貼安排順序。

0.3.3.3 文章使用精練短句：

a. 冗長的文字實在令人無法卒讀，也造成語意不清、不知所云。兩個標點符號間，最多不要超過 20 個中文字，最好保持在 10 個字左右。

b. 寫好的文句，要再三反覆推敲，看文字是否通順，能否讓讀者輕易瞭解；若刪除某些文字後，完全不會影響文句的意義，則請去除這些文字。

c. 避免不必要或輕浮的文字，勿使用太口語化的文句。請預留充份的時間整理報告，倉促寫出來的報告，通常不會太好。寫好的報告，請放置幾天之後，再拿出來仔細唸一次，可能會出現很多要修改的地方。

◆ 研究生涯 (12) 科學文章應使用簡明文句

0.3.3.4 先整理結果圖表：

a. 在準備論文時，有一個比較容易下手的途徑，就是把結果的圖表先分別整理出來，然後把各圖表的先後順序串連起來，排好 Fig. 1, Fig. 2, Tab. 1, Fig. 3…等次序。當以如此方式作圖並排好次序後，你心中應該已經有相當的定見，整体的故事架構大略浮現，並找出本研究報告的主要亮點。

b. 接著依據上述所擬的圖表系列，看圖說話寫出文字部分，再依結果寫出討論，然後才回去寫 Introduction，而 Material and Methods 可在任何時候撰寫。可把 Abstract 留在最後，一定要簡潔、精確、突顯亮點，聽過一個期刊編輯說，通常他在看一篇投稿論文的 Abstract 時，大概就知道最後會不會通過審查。

c. 在整個實驗過程中，要同時收集所有的相關期刊文獻，至少要讀過每一篇摘要，這除了準備作為參考文獻之外，也是你寫 Introduction 或 Discussion 時的材料與論述根據。

0.3.4 編輯注意事項：

0.3.4.1 英文大小寫不可隨意：

當中文段落內夾有英文字詞時，不要隨意使用英文大寫字母。一個基本原則是，假設這些英文字詞在英文文章中，應該大寫的才使用大寫，否則維持小寫字母。不用說，英文的拼音一定要正確，換行時單字要依音節來分節，否則儘量不要斷字，遇學名則要用斜体字 (italic)。

◆ 研究生涯 (6) 論文打字、排版、參考文獻不能出錯

0.3.4.2 英文空格要注意：

夾雜中英文時，中英字詞之間一定要空半格，否則就如英文單字之間沒有空格一樣 (Canyoureadthismessage?)，根本很難讀懂；MS Word 會自動在中英文之間空格，因此就不用再空，其他應用軟体都要注意空格。數字與單位之間也要空半格 (如_5_mL_而非 5mL)，但溫度及百分比除外 (如 37℃, 100%)；英數刮號外側要空半格，但刮號內側則不空；等號及加減號的前後各要空半格，例如 1_+_2_=_3，不要打成 1+2=3。

0.3.4.3 可使用中文名詞，但不要勉強翻譯專有名詞：

以中文撰寫報告時，可使用中文專有名詞，但對那些尚無確定中文名稱的英文名詞，則不要硬翻成中文，請直接用英文名詞。一些公認的常用縮寫 (如 DNA, Glu) 直接用英文，但是澱粉就不必硬寫成 starch。Plant Physiology 整理出一張表，列出可以直接使用而不必定義的縮寫 (外連 pdf)，其他縮寫要在文中第一次出現時，就先註明全名或定義。

0.3.4.4 其它細節：

a. 版面平實比花俏要好，不要用太多不同的字体變化、花邊或複雜背景，以免喧賓奪主。

b. 標題或重點可用較大的字型或 **黑体字** 突顯，主文請全部使用 細明体 並配合 Times New Roman 英文字型。

c. 報告主文部分要編頁碼，但前面的封面及目錄等不編入正式頁碼，另以小寫羅馬數字 (i, ii ...) 編碼。

d. 文章的撰寫與版面安排，是一種能力與眼光，無法在短期內達致上乘；但只要多看、多效法別人或期刊上的成品，多少也能製作出像樣的作品。

0.3.5 如何整理 One-Page Show：

很多學術會議採用 Poster 展示方式，作者可把自己的工作成果，以一面海報張貼出來，簡單而明瞭地讓參觀者獲得所要的信息。本課程每週的實驗結果，也是以此種方

式，將結果簡要整理在一張投影片中，在規定的簡短時間內，精確報告每組的結果，並提供一個現場討論的機會。

0.3.5.1 One-Page Show 原則與成效：

a. 編輯 One-Page Show 請用 PowerPoint，請參考網頁上有關 PowerPoint 的做法。以幻燈片的格式製作：大小建議配合目前大家還在使用的投影機銀幕 (4：3 比例)、橫向、底色全白，不要加上任何底色花紋或背景，可參考酵素化學實驗課程各組 One-Page Show 報告。

b. 進行研究工作時，你也可以用 One-Page Show 方式，定期向指導教授提出簡單的成果報告，共同檢討實驗的進行方向。沒有經過整理的結果，很難有效去討論與評斷。

c. 幾十年來，經過無數次 One-Page Show 鍛鍊後，發現妙用無窮。首先，我們培養了學生整理資料的能力，知道什麼是重要的，什麼是可以去除的，然後把實驗的重點呈現出來。接著，讓學生在最短時間內，把自己的實驗講清楚，並且向聽眾呈現亮點。同時，在場其他同學則練習團隊討論，觀摩別人的成敗經驗、資料整理、版面編輯、現場表達，並能提出關鍵問題以進一步討論。

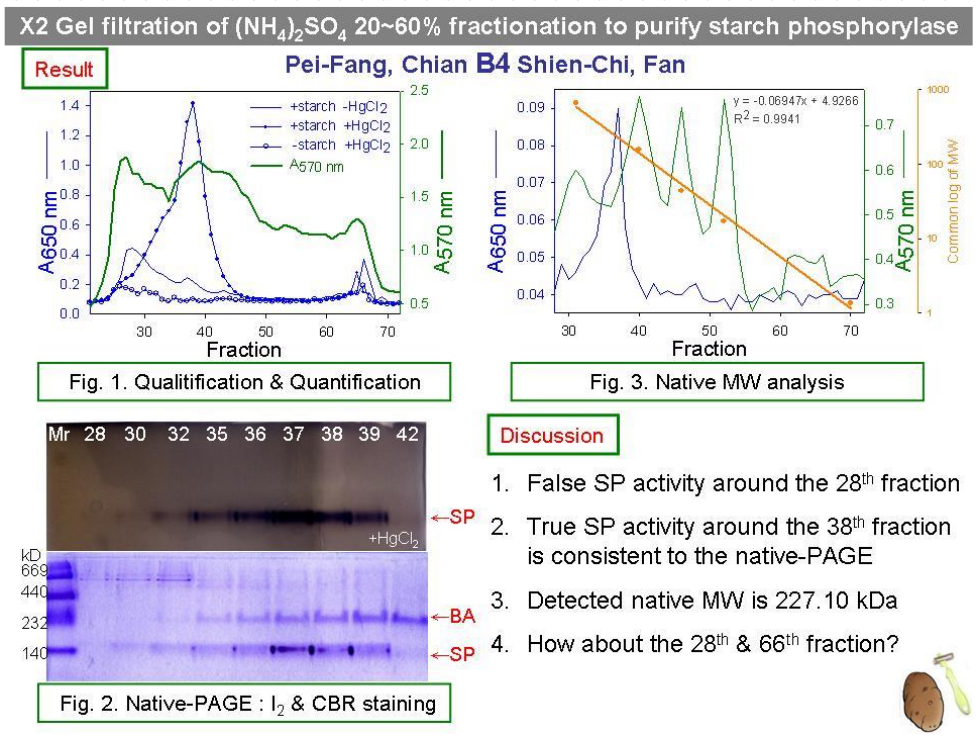
0.3.5.2 整理 One-Page Show 步驟：

a. 所有資料限於一頁之內，因此要去蕪存菁，留下最重要者；用中英文均可，但內容以圖表為中心主軸。

b. 字形要夠大才清楚，題目及標題用中黑体 (至少 14~18 號字)，內文用細明体 (最小 12~14 號字)；中文內的英文，請用一般英文字形 (Times New Roman)，不要用全形或中文字形的英數（l i k e　t h i s）。

c. 用最上方的一或兩行，寫明題目及組別、報告者姓名，也可以加一行標題，簡要說明整体結果。

圖 0.2 One-Page Show 每週實驗成果報告



d. 材料及方法可以不寫或僅大略描述，但若有創新改進或意外發現就要寫出。
e. 直接把結果的圖表貼上，並且加上精要說明文字，讓讀者可以馬上獲得完整資訊。
f. 若你的圖表太多，請去除不重要者，一定要在規定時間內講完；若真的都很重要，合併重整類似的圖表。
g. 做好之後請練習試講多次，要能清楚而流暢地表達重點。報告進行時，當場把同學、助教或教師所提的問題與討論內容，忠實記錄下來。

◆ 研究生涯 (8) 演講的緊張與焦慮可以對應
◆ 酵素化學實驗 One-Page Show 報告 (臺大生技系碩士班課程) [請上網以 ECX 2005 Gallery 搜尋]

問題集

(以下的問題看來有些不太尋常，但卻極為重要，應該好好問一下自己，是否真的對科學研究有興趣，且願意無悔地投入)

其實，目前最大的問題在於，你自身是否適合從事科學研究？ 對於即將踏入研究生涯的人，更應該仔細思考一些原則性的問題：

a. 誠實地反思自己對科學研究有高度興趣，或者只是繼續升學？ 做自己有興趣的事，而且還可以取得學位，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，決不因為妄想快速獲取成功而背離真實。

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，會有許多陷阱與假象，只要有一點疏忽，就很容易被假象瞞騙。

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，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；愚魯之人則常固執在被欺騙的迷思中，無法自知及自拔，甚至連續被騙都不自覺。

d. 你是否真的喜愛大自然？ 不但喜歡花朵的鮮豔與造型，也為其分子構造著迷。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探索。很像一隻愛玩的小貓小狗，到處抓抓爬爬，探險世界；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。

0.4 建立實驗室：

0.4.1 儀器設備：

實驗室自用小型儀器歸納為 電泳 (electrophoresis) 與 層析 (chromatography) 兩類，大型有 離心 (centrifugation) 及 測光 (spectrometry) 兩種。較大型的基本設備，建議組成區域性共同儀器室，由鄰近幾位教師共同設立，並且一起使用與維護。其它更大的貴重儀器，就要到學院級或跨校的貴重儀器室使用，若由教師個人單獨經營，通常是不切實際且空耗經費及人力，應該多支持使用 共同儀器室。

◆生化共同儀器室 Pub (參考臺大生技系生物化學組的共同儀器室) [上網以 BST Pub 搜尋]

0.4.1.1 基礎設施：

純水製造機、製冰機、高速冷凍離心機 (20,000 rpm)、微量離心機、電泳及轉印系統 (含供電器)、ELISA 光度計及各種層析管柱系統 (包含分劃收集器)。其中電泳與層析包含很多獨立小器具，使用上較複雜。

0.4.1.2 個人電腦及周邊：

一般生物化學實驗的運作已經離不開電腦，不管是套裝軟体或網路資料庫的應用，均不可或缺。要多多利用電腦來加強自身研究工作的規劃、整理、呈現、發表。

◆研究生涯 (2) 善用電腦軟硬体提升你的能力與表現

0.4.1.3 冰箱與冷房：

a. 每個冰箱都要妥善規劃貯位並指派使用人或管理人，要詳細表列冰箱內貯存之物品。同類的藥品要先分類再用小盒裝在一起 (貨櫃化)，勿零散堆積，以免臨時翻找費時，導致冰櫃失溫。注意冰箱門隨時要關好，尤其是零度以下的冰箱，若箱門沒關上而造成回溫，對藥品及冰箱都是超級災難。

b. 零下的冷凍貯藏，不要使用無霜冰箱，因為定時自動除霜會造成冰箱內溫度上升，藥品可能因反復的『凍結-解凍』而失去活性。若不得已必須使用自動除霜冰箱，可把藥品裝在普利龍盒內，使溫度變化所造成的傷害降至最低，也可減輕因停電所造成的傷害。

c. 許多蛋白質操作都要在低溫進行，通常使用『走入式』冷房 (cold room)，但最近漸漸改用裝有透明門扇的大冷藏室，類似便利商店裡銷售冷飲的大冰箱，也相當好用，都要注意溫度是否維持在 4℃ 左右。

d. 類似的實驗設備還有植物生長箱，乃至無菌操作枱、細胞培養箱等，都需要專門管理及使用知識。

0.4.1.4 進一步設備：

通常備有：超高速離心機、冷凍乾燥機、超微膜過濾、雙向電泳、等電焦集電泳、分光光度計 (UV 及可見光)、HPLC 或 FPLC、螢光或電子顯微鏡。最近對核酸或蛋白質電泳的紀錄儀器 (如 UVP)，也因其方便性與靈敏度而變得很重要。

0.4.1.5 特別設備：

有液相閃爍計數器、原子吸收光譜分析儀、毛細管電泳等，其他進一步的貴重儀器如：蛋白質定序儀、質譜儀、影像分析系統、分子結構電腦工作站等，有些分析可以送相關廠商的收費服務平台。 另外，若進行放射性實驗，則一定要在專門設立的放射性區域進行，所有操作人員也都要有相關的培訓與執照。其他需要證照的操作還有：基因重組實驗、動物實驗、人体實驗等，有關者請儘早受訓才能進行實驗。

0.4.2 儀器管理：

a. 每件儀器應指定專人管理，負責保管零件、附件、說明書，並做初級保養，同時必須定期舉辦工作坊培訓使用者。每種儀器都應儘量使用，在五年內發揮其最大功能，因為通常十年後就無法再維修 (缺乏零件)。

b. 光學或精密儀器，應放在有除溼機的密閉室，同時注意環境的電壓是否穩定；會發熱的器具則集中放在通風處，並且注意電容量是否足夠，以免電源過荷造成災害。

c. 使用儀器前，要先熟悉其操作方法，注意大部分儀器在使用前都需要受訓，若有問題一定要請教管理人，使用前後必須確實登記 (登入、登出)，有任何毛病要立刻報告管理人，不可隱瞞。

0.4.3 小型用具：

a. 每個人桌上都需要的小型用具：自動吸管 (20, 200, 1000 mL 三種)、自動吸管頭 (黃色及藍色) 及其盒子、玻璃試管及試管架、計時器、標籤紙、馬克筆、小剪刀、鑷子、滴管、藥杓 (spetulas)、天平秤量紙、保鮮膜、鋁泊紙、冰筒、手套、擦拭紙。另外還可能需要：洗瓶、濾紙、各式漏斗、ELISA plate、膠片染缸、塑膠培養皿、紗布、棉花、透析袋、透析夾。實驗室應建立小量庫存及管理系統，隨時補充物品，以保供應無缺。

b. 實驗室應備有的公用小型機器：桌上離心機、微量離心機 (microfuge)、大小離心管、均質機 (或果汁機、磨粉機)、pH 測定計、電動天平、熱水浴、磁鐵攪拌器、蠕動式幫浦 (peristaltic pump)、試管振盪器 (Vortex)、轉動式振盪器 (rotary shaker) 等。當秤量僅數 mg 藥物時，先檢查電動天平的靈敏度是否足夠。

c. 常用小儀器如天平、pH 測定計等應集中放在定位 (公用區)，用畢立刻清理好歸位！天平、pH 測定計及自動吸管都要經常校正。自動吸管可吸取純水在天平秤量，每 1.0 mL 水應秤得 1.0 gm，若誤差在 1% 以上，立即送修。任何儀器若疑似故障，要貼警告紙條，並通知管理員。

d. 磨碎動植物材料時，經常用到乾冰或液態氮，都要向專業廠商預先購買，特別注意其貯存用具 (受凍裂開)，且操作時要小心避免被超低溫凍傷，一定要使用護目鏡與防凍手套。

0.5 藥品試劑：

0.5.1 適量庫存：

a. 數十年以前的實驗室都有一個藥品櫃，收集實驗室的各種藥品，現在還是有藥品櫃，但已經不是用來做長期大量庫存之用。近年來，由於庫存管理科學的發達，以及快遞服務的密集，在實驗室裡堆積大量藥品並非理想的策略，通常都訂購較少量的藥品，足夠做一兩輪實驗即可。

b. 雖然如此，還是要注意供應廠商的可靠性，是否能準時運送，在下一輪實驗之前，把所需要的藥品準備好。酵素或蛋白質試劑比較不容易保存，通常都不會做很大量的庫存，況且留下來的試劑別人都不太敢用。

0.5.2 貯存溫度：

a. 每種藥品有其最適當的貯存溫度，切要遵守。一般分為：室溫、4℃ 及-20℃ 三種，又可依其為固体、液体或高純度者，分別置放。除了常用的大宗藥品 (如 NaCl) 之外，較精密或不穩定的試劑 (如大部分酵素) 最好不要大量屯積，因為貯藏時間太久後就無法確保其品質。

b. 剛由冰箱取出之藥品，應在充分回溫之後才能打開，並且遠離水源；使用頻繁且不耐回溫的藥品，應少量分裝 (aliquot) 後凍藏，每次取用一個分裝，可不需等待回溫就開瓶使用，用後也不再回收凍藏。

0.5.3 藥品純度：

a. 一般依純度及用途分為數級，例如最常用的 Merck 藥廠分為：合成 (for synthesis)、特級 (extra pure)、生化用 (for biochemistry)、試藥 (pro analysis 或 GR)。各種等級的藥品，價格相差很大，應當用在適當的實驗，否則不是浪費，就是因藥品純度不佳而導致實驗失敗。

b. 許多商品所供應的酵素，是保存在硫酸銨懸浮液中運送，可保持酵素品質之安定；但使用前要先透析，除去硫酸銨，否則在硫酸銨下分析活性可能會造成誤判。也要注意酵素的來源，及其中所含的鹽類或添加物 (如甘油或防腐劑 NaN_3)，是否會影響你的實驗。

0.5.4 污染控制：

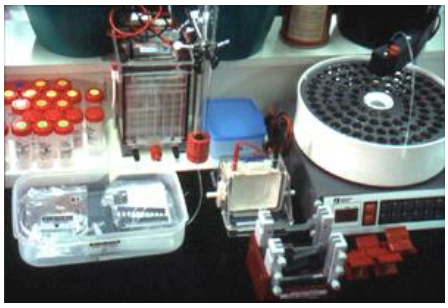
管制性藥品一定要依照規章定時填表報告，以免觸犯相關法律。臺灣大部分學校已經建立化學污染的回收管控制度，任何化學試劑均不得直接排入水槽，必須集中後由專業人員回收處理。在實驗室內，化學藥品的原液，以及其第一次洗滌液都要倒入固定之回收桶，小心貯藏。若直接倒入水槽而被追蹤舉發，肇事的實驗室將得自行負擔鉅額罰款，嚴重者可能要負法律責任

0.6 個人用品： 個人實驗桌上應該配備的小型用具清單請見 0.4.3 a。

0.6.1 個人藥品：

個人使用的藥品，通常都是配製好的溶液，上面一定要貼上標籤，註明日期、藥品名稱、使用人姓名等，藥品名稱不可用暗號，以免日後連自己都忘掉是什麼試劑。試劑不必配製太大量，因大多數藥品經久貯後均不太穩定。常常檢查緩衝液內有無長霉！個人的藥品應集中一處固定收存，切忌到處亂放。

圖 0.3 寫好你的標籤紙 Label all your reagents



濃度 試劑名稱 酸鹼度

1 M Tris-HCl pH 7.4
JRH 990823 Mon

姓名縮寫 日 期

(1) 注意藥品對健康的影響
(2) 試劑純度濃度是否正確
(3) 注意試劑的保存與效期
(4) 小心所含添加物之影響
(5) 把試劑分裝成單位使用
(6) 減少重複之冰凍與解凍

0.6.2 立刻清理：

a. 做完實驗後一定要『馬上』把所用過的儀器、實驗桌、用具等整理乾淨，回復原狀。離開前要從頭回顧，檢查所有使用過的儀器或實驗桌，也許會發現重要的藥品或樣本忘了收起來，或有貴重儀器忘了關機。

b. 玻璃用具 (如試管、燒杯、三角瓶等) 使用後，要儘量在當日清洗掉，這是最省時省力的。用清潔液浸泡時，請使用液態的洗潔精，並在一兩天內清洗掉，因為可以說是『越泡越髒』的！

0.6.3 實驗記錄：

實驗記錄可說是研究工作的靈魂，要忠實地把實驗過程中，所有的設計、執行、觀察、結果、討論等，依循一套方法記錄下來。一些偉大的科學研究者，都有很精彩的實驗記錄本，最有名的就是 達文西。雖然目前電腦工具非常發達，市面有很多數位化平台，有些實驗需要以照相或影片來記錄，建議還是以紙本書寫方式為主，並且永久保存，日後若有爭議時將是最好的證據。

◆ 見 0.2 或 實驗日誌

0.6.4 離開實驗室：

當你畢業或因任何緣故離開實驗室前，要把所有儀器、用品等整理妥當，移交給接任者，最好列出交接藥品與儀器清單。你的實驗記錄本通常必須留在原實驗室，或經實驗室主持人 (PI) 同意才能帶走。有論文發表者，要把所有原始資料 (包括圖片與文字)，燒錄成光碟片 (或拷貝在隨身碟 USB 裡) 交給實驗室主持人。

0.6.5 個人安全： ↓必讀三遍

許多實驗室內的災難，很多是由小型器具或消耗品釀成的，因為這些小東西較多，且易被疏忽。一定要記得，無論操作任何實驗，都要帶護目鏡 (或眼鏡)。一些實驗室內常發生的危險物件與警告如下：

危險藥物：

Acrylamide：神經毒！勿吸入其塵埃，秤量時要戴手套及口罩。

SDS：秤量時很容易飛揚，要戴口罩並小心操作，否則吸入將會溶解你的肺泡。

溶劑及瓦斯：致癌、易燃！很多有機溶劑有害健康，並小心瓦斯外洩 (在外洩現場絕對不可觸動任何開關！避免產生火花導致氣爆)。

危險儀器：

離心管：注意平衡！離心管不平衡時，內容物可能會爆開來。

離心機轉陀：注意要密蓋！離心陀蓋子若沒蓋緊，蓋子會飛出，毀掉離心機。

供電器：產生極高電壓！漏電或接觸到電極時，會被電擊休克。

潛在的危機：

玻璃器具：檢查是否有缺口或裂痕！玻璃缺口會刮傷手，裂痕在加熱時會爆開。

微波爐：加熱要先鬆開蓋子！氣密物体在微波爐中加熱時，會發生爆炸。

衣著或配件：間接造成災害！長髮、涼鞋、太寬鬆衣褲、項鍊裝飾等都很危險。

膨脹反應：小心可能爆炸！加熱、加壓或抽真空，氧化還原反應，請小心都有爆炸可能。

接太多插頭：負載過度！插頭電源有一定的負載量，勿過度使用之，插座若有過熱溶解痕跡馬上換新。

特別注意：

儘量不要用轉接插座，若不得已必須使用，請換成最新的安全插座，不要接太多儀器。

這種插座要有過荷自動斷電裝置，要放在通風處並隨時可以檢查，嚴禁堆在衣物下面。

在實驗室內聞到異味 (不見得一定是燒焦味)，一定要馬上追查源頭，發掘可能的危險。

其他：

任何災變發生時不要搭電梯！

每天結束回家前要巡查一遍！

值週同學確實負責公共安全！

不要帶太多錢在身上或背包！

不要深夜單獨一人在實驗室！

(若非得如此時，一定要隨身攜帶手機，任何緊急事件直接撥打 **112**)

問題集 (每個問題不一定都有標準答案，甚至會引起很大的爭議，但這就是問題集之主要目的)

1. 請指出酵化實驗室中，有那些儀器可能具有危險性？ 請至少例舉三種。 [1]
2. 請指出酵化實驗室中，有那些藥品可能具有危險性？ 請至少例舉三種。 [1]
3. 在使用天平之前，你要注意檢查那些事項，以求得最精確的稱量結果？ [2]
4. 當沒有正規的校正儀器時，你如何利用實驗室內的工具大略檢測天平的準確度？ [3]
5. 若沒有標準 pH 溶液時，你如何利用實驗室內的物品校正 pH meter？ [4]
6. 在一般普通的實驗室裡如何快速地校正自動吸管？ [3]
7. 暑假期間常因維修、工程、限電或颱風而停電，你剛準備好某植物樣本的粗抽取液，每瓶 20 mL 共有 10 瓶，暑期要在冰箱裡冷凍貯藏，等開學後再以硫酸銨沈澱所要的酵素，若要重新做一次，你要如何規劃才能使樣本安然渡過暑假？ [3*]
8. 做 ELISA 時要用一種 second Ab-HRP 的連結体試劑，這是把抗体分子與酵素 HRP 用化學鍵連在一起的呈色劑，HRP 在反應後可以呈現黃色物質，以供定量之用。某生在兩個月內持續進行 ELISA 實驗，發現實驗所得的最大吸光度，一週一週下降，由最早的 1.5 降到 0.2。已知抗体及 HRP 都是相當穩定的蛋白質，其連結体試劑都經冷凍收藏好，每個分析步驟也沒有問題，請指出可能的失誤在那裡？ [5*]
9. 某生進行高速離心，使用四隻 30 mL 離心管，把試管兩兩各自平衡得非常準確，放入 16 孔的離心陀中以 15,000 rpm 進行離心，開始後不久離心機就聲響大作，聽起來是沒有平衡好，但同組同學目睹他有做好平衡，離心管都確實成對秤過後，再移到共同儀器室去離心。請問怎麼會這樣？ [3*]
10. 某生用光度計測 280 nm 波長的吸光度，來檢測層析管柱收下來的溶離分劃液共 50 支試管，結果發現這 50 支的吸光一律都很高 (> 2.0)，超出了可測定的上限，請問可能出了什麼問題？ [3*]
11. 續上題，助教知道之後，先向某生說抱歉後，換了一支測光管給他，結果稍有改善，勉強可以看出有蛋白質峰的起伏，許多吸光值還是都在 1.5 以上，請問這又是什麼問題？如何解決？ [3]
12. 有一種酵素藥品，買來時是 1 g 瓶裝粉末，要放在-20℃ 保存。若每次你要取出 50 mg 配製酵素溶液，大約要進行十多次實驗，你應該如何處理這瓶酵素？ [2*]
13. 某生進行酵素活性分析，需要以 ATP 供應反應所需能量，他就向 Sigma 購買 ATP 並進行實驗，雖然反應的確可以順利進行，但發現試劑的價格實在很貴，直到有一天老師看到藥品的瓶子，才驚覺弄了大錯，請問出了什麼問題？ [3*]
14. 大學部的生化實驗課正在做 CBR 蛋白質定量法，用 ELISA plate 其中的兩排，第一排八個位置加入標準蛋白質的系列濃度，第二排則做四種未知樣本的二重複實驗，某生

依照流程把各種樣本都加完後，每個孔洞再各加入 100 μL 呈色液。加完第一排後，老師走過來要他暫停，說他所加的呈色液不對，某生一查果然所用的 autopipet 被調到 150 μL 的位置而非 100 μL。當他正要修改成 100 μL 時，老師急忙叫他不要改正，繼續照流程做完。某生覺得非常疑惑： [4*]

(a) 老師怎麼知道他呈色液加錯了？

(b) 老師為何不要他修正，而是直接做下去？

(c) 某生這樣做出來的結果，還能用嗎？

15. 某實驗室新買一座大型家用無霜冷凍冰箱，有甲乙丙丁四位同學各自操作實驗，分別把相同的藥品 X 放到冷凍櫃去保存，經過一個暑假貯藏後，甲發現活性只剩 30%，乙只剩 50%，丙剩 75%，而丁則有 90%。除了暑假有一次因颱風停電數小時外，他們確定沒有人故意搗蛋。請問為何發生活性下降情形？為何四個人的活性有差別？ [4]

[題目後面方括號內的數字代表該題的難易程度，3 為中等而 5 最難回答，標有 * 為實際問題]