

實驗報告書寫格式

A4 規格之空白紙

封面
(單面書寫)

普通物理實驗報告

(預報/結報)

實驗三 牛頓第二運動定律

班級：
組別：
姓名：
學號：
同組組員：
實驗日期：

請標明 預報 或 結報

實驗名稱

個人資料

預習報告
(預報)
內容

1. 目的：
.....

2. 原理：
.....
.....

3. 儀器：
.....

4. 實驗步驟：
.....
.....

簡述實驗之目的

簡介實驗相關的物理
原理及方法

列出實驗所需的儀器設備
及材料等等

簡述預計執行的實驗步驟
及方法等等

結果報告
(結報)
內容

5. 實驗數據：	←	由原始實驗數據加以整理， 所得到的圖、表 ※請注意使用單位及有效位數
6. 結果討論：	←	根據前項自己的實驗數據 與實驗原理比較，討論數 據結果所得之物理意義
7. 結論：	←	將前項的結果討論，整理 成結論
8. 心得感想：	←	關於此次實驗課的心得 感想及建議
9. 課本問題：	←	回答課本所列之問題

※建議：

1. 不論哪個實驗，都應該注意物理量的有效位數及單位。盡可能多次量測並估算誤差，將測量結果寫成 $\bar{X} \pm \sigma_X$ 的形式。
2. 進行每一個實驗步驟前都應該先思考清楚怎麼進行。實驗進行中要仔細觀察現象，並立即概估結果是否大致合理。

※注意事項：

1. 結報最後應檢附有助教或教師簽名認證的原始數據 (同組同學可使用影本)。
2. 嚴禁使用不實數據或抄襲其他同學的報告，違者得依學術倫理責處。

如何撰寫實驗報告

普物實驗教師
國立東華大學物理學系
E-mail: phys.exp@gms.ndhu.edu.tw

一、摘要：

實驗報告是根據實驗結果整理出可供人閱讀的一種科學報告。如同一般的國際學術期刊論文，科學報告大多具有相似的架構，包括標題、作者、摘要、簡介、材料及方法、結果、討論、結論與參考資料。本文簡述這些基本架構的內容及撰寫原則，以作為學習製作科學研究報告的入門參考。

二、簡介：

不論怎樣的實驗或研究，其結果最終都需要寫成讓人閱讀的報告。這讀者可能是你自己(寫在實驗記錄簿上)、你的老師(如普物實驗報告)或老闆(公司的技術報告)，甚至全世界的科學家(國際期刊論文)。由於報告的重點在於呈現你的實驗(研究)發現，因此文章本身的架構要盡可能簡單明瞭，並將每一段落最主要的訊息與結論開宗明義的放在前面。這與一般文章架構(尤其是中文的起、承、轉、合)極不相同。

現今的學術論文大體上都包含以下架構：標題(Title)、作者(Authors)、摘要(Abstract)、簡介(Introduction)、材料及方法(Materials/Methods)、結果(Results)、討論(Discussions)與結論(Conclusion)。另外還有致謝(Acknowledgment)與參考文獻(References)也是不可或缺的。儘管這些架構都很固定，還是需要不斷的練習，才能寫出一份具有水準的研究報告。

在普物實驗課裡，你們將學習實驗報告的基本撰寫方法。對於初學者，我們要求大家先專注在結果(數據處理)、討論及結論的撰寫上。其他部分，如標題、摘要、簡介、材料及方法等等，已經都在實驗課本裡寫好了。它們即是報告封面上的實驗名稱(標題)、個人資料(作者)以及預習報告中的目的、原理(摘要、簡介)及儀器、實驗步驟(材料及方法)。參考文獻在學術論文中亦非常重要。未來大家若撰寫畢業論文，便會有更多這方面的訓練。

三、基本架構：

以下我們簡介撰寫研究報告時各個部分的注意事項以及其關連性。

1. 標題 (Title)

標題應用極少的文字，清楚的告訴讀者此篇報告提供什麼知識。一個好的標題能讓讀者判斷這篇文章是否可能含有自己想找尋的知識。通常，標題為名詞，如《關於光的產生和轉化的一個試探性觀點》、《基於分子熱運動理論之懸浮粒子於靜止液體中的運動研究》。有時會是疑問句，如《物體的慣性同它所含的能量有關嗎？》(見參考資料 1)。

2. 摘要 (Abstract)

摘要比標題提供更進一步的資訊給讀者，其為整篇論文的濃縮，並簡述最主要的結論。摘要通常篇幅非常有限(幾百字以內)，其目的是讓對此文章標題有興趣的讀者更清楚的知道這篇文章有沒有讀者所想要知道的資訊。一般性或技術相關的細節不會放在摘要之中。

3. 簡介 (Introduction)

簡介通常是文章中最難寫的部分。它主要要告訴讀者我們為何要做此一實驗或研究。亦即，簡介要點出此一研究的目的或重要性。因此，簡介中常引用許多最新的研究論文資料作為比較及參考之用。通常，簡介的出發點為(1)讀者所熟知的一般知識，然後(2)加以引導至特定的一個問題，並(3)點出目前研究上的不足，此一關鍵句子經常用『然而』(However)開頭。(4)說明此一研究將解決的問題，其對應於報告的標題。有時會(5)告訴讀者接下來各段落的主題。

4. 材料及方法 (Materials/Methods)

此一段落是說明我們如何解決想要研究的問題。這可能包括所使用的原理、假設、計算方法、實驗方法、實驗儀器及架構、材料的來源及準備方法等等。如果研究報告的主題是告訴讀者某一研究方法，這部分將是報告中的重點(我們加入創意的地方)，也經常是研究得以獲得創新及突破的關鍵。

5. 結果 (Results)

利用前述的儀器及方法所得到的研究結果，在此段落中正確且具有邏輯性的呈現。所有的數據都必須經由實驗得出，或經由清楚說明的假設及理論推演得到，不可以自己捏造。由於結果的呈現必須讓人一目了然，因此需將原始實驗數據加以整理，並通常以『圖』或『表』的方式來清楚的呈現數據間的關連性。如何將你的數據製作成讓人一目了然的『圖』或『表』是初學者的第一要務。在章節『四、如何呈現實驗數據』中將進一步說明。

一般學術研究中，科學家必須不斷地改進實驗的過程及方法，從錯誤中學習，期間累積大量數據並獲得知識、經驗。而最終呈現給讀者看的數據實驗，往往只有作者欲表達(探討)的極少數值得提出的數據。因此，文章中每一個圖表都是一堆辛苦研究的精華中的精華。

實驗『結果』呈現的順序及內容往往與『討論』的邏輯性互相呼應，如下節所述。因此，『結果』與『討論』經常混合在一起變成『結果與討論』。對初學者，可以先將此兩者分開，但之後可以嘗試以具有邏輯性的方式，輪流呈現結果與其討論。

6. 結果討論 (Discussions)

討論是根據實驗數據結果，分析及探討其代表的意義。初學者可以將討論視為實驗結果的詳細說明，不要認為你的數據結果讀者都懂，所以不用說明。一群好的研究數據

就像剛開採的金礦，若沒有適當的分析及討論，便無法萃取出其價值。在分析及探討的過程中，必須使用適當的理論或提出清楚的假設，並透過數據來佐證這些假設或驗證理論。

7. 結論 (Conclusion)

前述討論的過程可能非常曲折、複雜，但最終會有一個總結的結論，而此一結論即對應於此一研究所欲解決的問題。因此，結論必須與標題及簡介呼應，不可牛頭對馬嘴，兜不起來。

綜觀上述結構，可以知道『標題』是依據『結論』而來，『結論』是『討論』的結果，『討論』必須依據『數據』來說話，而『數據』根據『材料或方法』得到。

四、如何呈現實驗數據：

實驗數據是一份報告的核心。許多有經驗的讀者在透過標題與摘要篩選出一篇可能有興趣進一步閱讀的研究報告時，第一步往往先看實驗數據而不是逐一從簡介往下看。因此，呈現一目了然的研究結果對報告的可讀性是極為重要的。好的數據呈現可以讓讀者不用閱讀討論的文字敘述，就知道大部分想要知道的資訊。

數據的呈現方法分成『圖』與『表』兩種基本形式。『圖』大多用在比較兩種物理量之間的關係。而『表』常用在列出不同實驗參數及對應的結果。不論以何種表達方式，數據圖、表都必須(1)來自自有根據的地方，如自己的實驗數據、理論的預測或其他參考文獻(見參考資料 2)。(2)標示物理量的名稱或符號，並附單位。(3)所有數值必須以合理的有效位數表達，最好帶有數據誤差值。(4)數據圖、表下方必須要有名稱及簡短的圖表說明。(5)圖、表應放置在文章中適當的位置，例如置於『結果』的章節中或在『討論』的章節中鄰近相關的討論文句。(6)圖表應大小適中，上面的資訊需清晰易讀。(7)圖表與前後文句應預留適當間隔。說明文字應與圖表在同一頁，不可獨自跳到下頁。

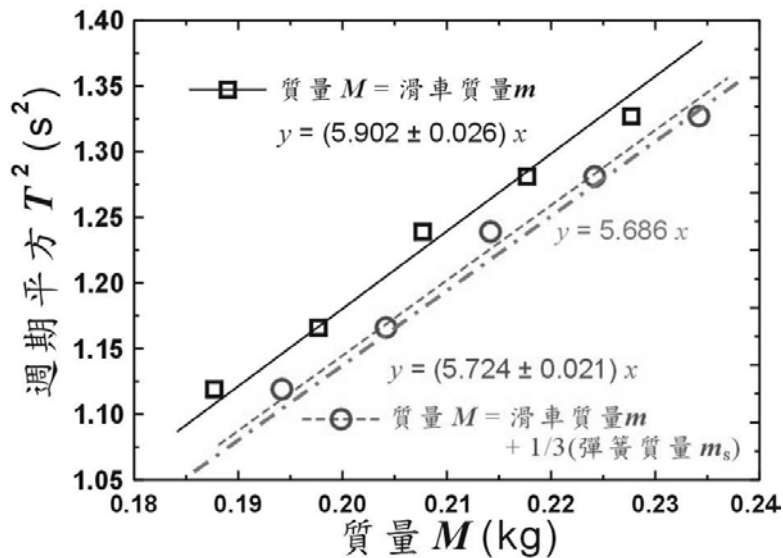
以下列舉一『表』來說明。表的名稱及一般說明通常在表的『上方』，而補充說明則常列於下方或參考資料中。實驗的主要變因通常置於最上列或第一欄。此例中滑車質量為主要的變因，因此列在最上一列(row)，與其同一欄(column)的數據則為此一變因下的實驗結果。

表一、不同滑車質量 m 條件下的實驗結果。

	1	2	3	4	5
滑車質量 m (kg)	0.1877	0.1975	0.2074	0.2178	0.2277
有效振盪質量 M_{eff} (kg)	0.1942	0.2040	0.2139	0.2243	0.2342
左半週期 T_L (s)	0.526	0.538	0.555	0.563	0.580
右半週期 T_R (s)	0.532	0.542	0.558	0.569	0.572
週期 $T=T_L+T_R$ (s)	1.058	1.080	1.113	1.132	1.152
T^2 (s ²)	1.119	1.166	1.239	1.281	1.327
$T^2k/4\pi^2$ (kg)	0.197	0.205	0.218	0.225	0.233

$m_s = 19.4$ g 為滑車兩端的兩個彈簧質量總和， $M_{eff} = m + 1/3 m_s$ (kg) 為有效振盪質量。
 $k = 6.94$ N/m 為實驗獲得的彈簧組有效彈力係數。

以下列舉一『圖』來說明。圖的名稱及一般說明通常在圖的『下方』。圖的座標橫軸為控制變因，縱軸為對應的結果。縱、橫標軸的刻度及文字需大小適宜，物理量需標示單位。此外，圖中的數據點應使用不同符號清楚妳要?區分，並在圖上加以說明。此例中，變因為滑車的質量 m ，其造成滑車簡諧震盪週期 T 的改變。但為驗證 $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ ，亦即 $m = T^2k/4\pi^2$ ，因此橫軸使用振盪質量，縱軸使用週期平方，以方便驗證此兩者的正比關係。



圖一、週期平方(T^2)與振盪質量(M)的關係。方形(及實線)：振盪質量 M 僅考慮滑車質量 m ($M = m$)。圓圈(及虛線)：振盪質量 M 為滑車質量 m 加上有效彈簧質量 $1/3 m_s$ ($M = m + 1/3 m_s$)。點線：利用實驗獲得的彈力係數 $k = 6.94$ N/m

及理論關係 $T^2 = \frac{4\pi^2}{k}M$ 所計算推得的理論曲線。

數據圖中常需要將數據做『擬合』(fitting)，亦即找出一條曲線(其函數通常符合某些假設或理論)，利用數學運算(如最小平方計算方法)找出函數中的最佳擬合參數，使曲線與實驗數據有最佳的相合(綜合誤差最小)。圖一中，我們預期 x 軸的質量 $M (= m + ms/3)$ 與 y 軸的 T^2 應有正比關係，因此利用曲線 $y = ax$ 去擬合數據。由最佳擬合得到的 a 值可以求得理論關係 $T^2 = \frac{4\pi^2}{k}m$ 中的 $\frac{4\pi^2}{k}$ 值，並進一步獲得 k 值。欲做數據擬合，有許多程式可用，例如 Excel (Microsoft) 有非常基本的繪圖及數據擬合功能。科學上較常用的還有 Origin (Microcal)、Mathematica (Wolfram) 等程式。初學者務必多學習這些科學數據擬合及分析方法，才能從數據中獲得有用的資訊。

五、附加內容：

報告中若有些內容直接添加到本文中時會顯得太多旁枝末節而不易閱讀，此時可以考慮將部分非主要關鍵的數據及討論另放在補充資料中。以普物實驗報告而言，同學經常在實驗課後有許多收穫及感想，此時可以在報告中添加一段『心得感想』。切記，『心得感想』與『結果討論』完全是兩回事，

『心得感想』與『結果討論』完全是兩回事（因為很重要所以寫兩遍）。

『結果討論』必須根據實驗數據來說話，但『心得感想』是個人經驗與學習收穫上的分享(如，我覺得此次實驗很困難，但讓我獲益良多…)，其不是直接由數據本身所推論得到的。另外，課本上有一些問題，同學也可以添加在報告中。

六、結語：

總結而言，一份實驗報告如同研究報告一樣有其慣有的架構。這些架構各具有其功能性、邏輯性及對應性。學生應該多花時間練習撰寫實驗報告，作為未來進入更高等研究或專業論文撰寫的基礎。

七、參考資料：

1. 《關於光的產生和轉化的一個試探性觀點》“*On a Heuristic Viewpoint Concerning the Production and Transformation of Light*”，《基於分子熱運動理論之懸浮粒子於靜止液體中的運動研究》“*On the Motion of Small Particles Suspended in a Stationary Liquid, as Required by the Molecular Kinetic Theory of Heat*” 與《物體的慣性同它所含的能量有關嗎？》“*Does the Inertia of a Body Depend Upon Its Energy Content?*” 這三篇文章均為愛因斯坦(Albert Einstein)於 1905 年所發表的論文。
2. 當在報告中使用到其他人的數據或結論時，應將出處加在參考資料列表(即本節)中，並於文章的句子裡標明參考資料的編號。參考資料的編號順序為文章中提及(使用)此參考資料的順序。所列的每個參考資料都必須於文章中有提及(使用)。
3. 若無特別指定，參考資料或引用文獻(References)可自行選用一種統一的格式，或採用某種學術期刊常用的表列方式。如以下範例所示(節錄自參考資料 4)，其格式通常

包含文獻編號、作者姓名、出版年份、文獻標題、出版期刊名稱/冊數/頁碼、書名、出版社名稱等等。

Abstract

We discuss the seminal article in which Le Bellac and Lévy-Leblond have identified two Galilean limits of electromagnetism [1] and its modern implications. We use their results to point out some confusion in the literature and

...

4.7.2 “Einstein asymmetry”

In his famous article on the electrodynamics of moving media, Albert Einstein pointed out the importance of whether or not one should ascribe energy to the fields when dealing with motion [40]. We reproduced here the introduction of his paper:

“It is known that Maxwell’s electrodynamics -as usually understood at the present time- when applied to moving bodies, leads to asymmetries which do not appear to be inherent in the phenomena. Take, for example, the reciprocal electrodynamic action

...

(1)文獻編號 (2)作者姓名 (3)出版年份 (4)文獻標題
(5)出版期刊名稱/(6)冊數/(7)頁碼 (8)書名 (9)出版商

References

- (1) (2) (3) (4) (5)
[1] Le Bellac M and Lévy-Leblond J M 1973 Galilean electromagnetism *Nuov. Cim.* B 14 217-233.
(6) (7)
(1) (2) ... (3) (4) (5) (6) (7)
[40] Einstein A 1905 Zur Elektrodynamik bewegter Körper *Annalen Phys.* 17 891;
(2) (3) (8)
(9) Miller A I 1981 *Albert Einstein’s Special Theory of Relativity* (New York: Addison-Wesley).

4. Marc de Montigny, Germain Rousseaux. On the electrodynamics of moving bodies at low velocities. *European Journal of Physics*, European Physical Society, 2006, 27 (4), p. 755-768.