

# 科學圖書大庫

物理實驗大全(上)

力學(靜力學) 力學(動力學) 熱學

譯者 方聲恆 劉燕溪 張鏡清

徐氏基金會出版

# 科學圖書大庫

物理實驗大全(上)

力學(靜力學) 力學(動力學) 熱學

譯者 方聲恆 劉燕溪 張鏡清

徐氏基金會出版

第一編  
力學  
(靜力學)

# 序 言

科學教育本來的形式是以學生的親身經驗為基礎，不預作空泛定義、定律等的敘述。教師在教學時，先由實驗觀察入手，使學生獲得親身經驗，然後詳細討論實驗觀察所引起的種種問題，進而綜合、歸納；作出結論。但是我國的物理教育往往本末倒置，以敘述定義、定律為出發點，祇將實驗視作幫助理解定義、定律的一種手段。

本書為強調實驗是物理教育的主體，將國中、高中、大一程度的主要物理實驗網羅在一書內，以供給教師自編教學方案（簡稱教案）之用。教師不必按照別人已編好的課本去教學，這是天經地義的事。但是教師因太忙，或許因貪方便，自己蒐集教材，自己編訂教案的人已寥寥無幾。物理教育的根本改革應從此處開始。本書內收集的實驗其種類的多和說明的精，可以說應有盡有。本書原著是以日本東京教育大學的資深教授池本義夫先生為主編人，由一百二十二位大學教授、中學教員、公司工廠研究員、教育行政人員等分擔執筆而寫成的，並且聘請埼玉大學校長藤岡由夫先生及東京教育大學校長朝永振一郎先生為監修者（朝永校長是1965年和美國 J. Schwinger 教授及 Feynmann 教授共享諾貝爾物理獎的物理教授）。

本書的翻譯是由徐氏基金會徐創辦人 and 台灣大學方聲恒教授所發起的。方教授為現行國民中學物理科課程標準信訂小組委員會的召集人。鑑於英國 Nuffield 物理課程，祇讓學生手邊使用實驗指導書及習題集，而不給以過去那一類的課本，方教授大力提倡以實驗為出發點的教學，並痛覺這種物理實驗書的稀少，於是有了翻譯此書之議。方教授起初邀請張鏡清和劉燕溪兩位教授，共同翻譯，完成第 I、II、III、IV、V、VI 編共六編。此後方教授和張教授兩位，因公分別赴美

1966/11/01

講學及研究，於是另請電機系李學賢教授林澤義先生及物理系鄭伯昆教授分別負責第Ⅵ和第Ⅶ編。本人在方教授留美期間代理第Ⅵ、Ⅶ編的收稿及指導全部的校正。乘校正的機會，通閱本書時，本人覺得各翻譯人皆已盡了其最大能力，但是在某些地方也難免犯着此時此地精通日文人士的一種通弊，就是在中文裡不知不覺地使用日文式的表現。當然這種通弊對理會本書內容無大關要。尚請讀者諸君原諒，並請不吝賜教為幸！

民國五十九年八月十五日

黃振麟識

# 原 序

自然科學的特徵是在於證實性和理論性，並由於此種特徵，它將對於學生的學習做人方面產生很大的影響。因為證實性和理論性的核心在於實驗，物理教學的最大問題可以說就在於如何實施教學實驗。

實驗需要具體的技術，而不能有絲毫偽造。同時還需要豐富的研究心和很大的努力。現在的理科教師既然受到社會很大的期待和責任，他們便應當為如何實施如此重要的物理實驗問題而盡力。然而到現在為止，尚缺乏包括全部物理而對這方面有良好指導的書籍。理由是學校所授的物理實驗範圍很大，如果只靠少數教師或物理學者以實際經驗為基礎寫出如此寬廣範圍的指導書，就有很大的困難。

鑒於如此現況本實驗辭典特請一百多位在大學、中學指導物理實驗有多年經驗且繼續做研究工作的人士，分別就各人最擅長的範圍執筆完成的。

編者以及編輯委員的計劃即選擇在教室裡能做，或適宜做的（包括全部物理實驗數百種）予以詳細及具體的解說，使各位讀者能夠準備每一實驗，且能僅以一次的準備實驗即可成功。

1. 廣泛的選擇適用於初中、高中的物理教學實驗。
  2. 在同一項目下，（即同一目的的實驗）盡量包括各種方法。因此，除了一般習用的實驗方法外，再增加很多項新方法的實驗，並在一般習用的實驗上，增加了教學方面有困難的地方及解決方法等的說明。
  3. 包括可以利用課外活動實施的較多應用性或研究性的實驗。
  4. 在實驗內的各項目，明確的指出各目標。
- 為使學生充份了解每項實驗內容計，其目標說明務求明瞭。

5. 各實驗皆有詳細的說明，使在教室做實驗時能夠確實成功。  
爲此目的，儘量插入照片及圖樣，並詳細記述由實際經驗所得各種數據，應予注意之處，及要點等。
6. 所使用的設備、材料等，盡量使用容易入手的。
7. 防止危險方面，也盡量提請注意。

編者衷心希望此書將對各學校建立物理實驗計劃或實施實驗計劃時能有所幫助，並對於我國初中、高中物理教育的進步能有貢獻。

雖然確信在本書中，把現在通行的所有實驗（包括PSSC方法）收羅無遺，但是還沒有達到完善的地步。當然今後也期待更多學者的新研究，改良，及新方案等的發表。尚望各位讀者，隨時賜教，以資今後有機會時再作修正，使本書能應時代的要求。

最後向會給予詳細指導校閱的藤岡、朝永兩位博士，以及各位執筆先生，及編輯委員諸先生深表謝意。並向在出版方面給予很大助力的講談社諸位先生，特別是高木、足沢，佐伯等各位幹部及直接擔任的志柿、神谷兩位先生深表謝意。

池本義夫 1964年3月

## 校閱者，編者，編輯委員

校閱者：藤岡由夫 東京帝國大學理學部物理學科畢業，留學德國後曾任東京文理科大學教授，東京教育大學教授，同理學部長，兼同光學研究所長。昭和31年就任日本原子力委員會委員，33年以國際原子能總署同位素元素部長赴任維也納，現任埼玉大學校長。

朝永振一郎 京都帝國大學理學部物理學科畢業後留學德國。歸國後，任東京文理科大學教授。23年學士院賞受獎，東京教育大學教授，27年文化勳賞受獎，31年至37年東京教育大學校長，現任日本學術會議會長，東京教育大學光學研究所長。

編者：池本義夫 東京高等師範學校理科二部畢業後任同校助教，副教授，教授，東京教育大學教授，四十年來致力物理教育以迄現在。

編輯委員（兼執筆） 吉 本 市 岩 田 一 雄 藤 田 喜 一  
大 橋 秀 雄 花 崎 文 一 中 込 八 郎  
大 塚 誠 造 藤 井 清 秋 葉 登  
山 本 信 雄 安 田 猛 男 倉 持 喜 平  
篠 原 省 治 高 木 四 郎 加 藤 武 男



# 本實驗大全使用時注意事項

## 1. 本實驗大全之構成

本書將可以在學校內做到之全般物理實驗，劃分成很多項目，並予以詳細之說明，本大全之特質為每一個實驗項目各自獨立，把該項目做完即可告一段落，因此倘欲進行某一實驗，僅需閱讀該項目即能進行。只有在某些實驗時，共同使用甚多之機械、器具以及操作法等，在第八編中述及，例如在「電學實驗」中，使用Braun管示波器以顯示某種現象時，在此實驗中即省略了Braun管示波器處理時之共同注意事項，因此對於共同機器以及操作方法等，必要時可參照第八編，希望讀者領悟其中具有效果性之正確活用法。

本書中之實驗項目，自第一編之靜力學開始至第七編原子物理止，由於按照通常之物理部門予以分類之故，可由目錄而選擇出必要之實驗項目來做。

## 2. 各實驗項目之內容

各實驗項目之內容，原則上來劃分為如下之小項目，但亦有由於實驗之種類不同，將2~3個小項目合併起來解說者。

(1) 項目 敘述實驗項目所欲顯示之現象或方法。

(2) 目的 逐條寫出由此實驗所看到之現象，以及該具備何種物理性之理解。

另外，將這些實驗標示(高)，(中)··等字樣以指出高中，初中欲實驗時取舍之便。

(高)表示高中教師實驗，(中)為初中教師實驗，(高生)為高中學生實驗，(中生)為初中學生實驗，(高外)為初中俱樂部活動之實驗，(中外)為初中俱樂部活動之實驗。

(3) 原理 指出從事此項實驗時所應用之原理，將原理極易明瞭者省略，另於「方法」項目內一併敘述。

(4) 準備 將實驗時所必需之裝置、器具、材料等之數量等，針對實驗項目逐一列舉，倘如燒杯等之規格亦為必需時，都予以明白標示，使能適合實驗之進行。其他如針對狀況以及目的等或有多少之變更時，盼能檢討所記載規格之意義，可予適切地修正，其他如火柴、水管等，在實驗室即可完全具備之普通之物，則概予省略之。

(5) 方法 針對實驗目的之各項目，將裝置之組合順序以及實驗之操作順序編列號碼，逐條記述。

另外在實驗例中提供涵有其他數值之具體性測定值，俾使學生能把握所欲測定值之大小，在實驗過程處理時先有一個概念。

(6) 要點 亦即包括各種秘訣，為使實驗成功，指示出各種要點，另外將所謂之秘訣予以說明，使能較一般理論更易於理解。

(7) 參考 在此記述一些與實驗有關連之提示，以及與此項目相關，可供參考之內容。

(8) 危險防止 對於如何防止危險之發生，除了在「方法」項目外，在本項中亦特別促請在某些地方應予注意。

(9) 照片及圖片 為了使實驗裝置及方法易於明瞭起見，插入數量豐富之照片及圖片，圖片共 1,700 張，皆是委請專門人員繪製與理科有關之圖片，照片則是執筆的先生們在他們學校現場所使用的儀器，為了本書之出版重新攝製，顯能給與讀者親切之感，而更能促使其理解。

### 3 共通機器之解說

很多共通使用之機器，在第八編內分成如下之小項目，另外針對各編（例第七編之原子物理），將該編中使用特別儀具之實驗（例如 Wilson 霧箱），以解說該儀具為中心，在該編內亦以同一形式予以記述說明。這是因為這些特別儀具與其他編沒有關係，這樣做可能比較適當。

- (1) [用途] (2) [構造] (3) [原理] (4) [使用法]  
 (5) [使用時之注意事項] (6) [修理] (7) [參考]

在(4)之使用法中，提示該儀具通常一般性之使用法，做為實驗例來說明，(5)之使用時之注意事項，舉出了很多為使該儀具發揮高度性能，所應注意之要點，危險防止以及故障之防止等等，在(6)之修理項目中，說明了在學校可以做到之簡單修理法。

#### 4. 其他

在各編之結尾，放進一些與該編有關連而具有份量之物理研究資料，而站在專門性的立場予以說明。

希望讀者諸君能夠充分瞭解以上所說的諸要點，而使本書在中等學校物理實驗之實施上，能夠有所貢獻。

# 實驗的心得

## 1. 實驗的地位

在學習物理過程中，實驗應屬基本工作，其重要性無待多言。因為經過實驗才能使學生容易並正確的了解所學習的事項，提高學生的學習意志與興趣，而達到理科教育的各種目標。雖然從理科教育所要求的目標，不難了解在理科課程中，必須有實驗，其主要根據點則有下列數點：

- (1)使學生體驗實驗就是解決問題的方法
- (2)由實驗，可直接解決疑問或問題。
- (3)由實驗把握發現問題的機會，有助於學習的進步。
- (4)由做實驗所得之興趣，養成由自己動手導出定律或結論之態度。
- (5)驗證諸定律
- (6)培養計劃實驗的能力。
- (7)練習儀器，器具的使用法，而學習操作技術。
- (8)由實驗結果之整理，養成整理的的能力。

在理科課程中，實驗的地位與責任如此重要，故為達成實驗教育的良好效果，必須從各種觀點來考慮幾項問題，於後當逐項討論之。

## 2. 設施，設備的齊全

只憑空手無法推進理科教育。設施，設備之準備齊全為發展理科教育最基本的因素，此為實驗上須考慮的先決條件，亦為理科教室的重要事項之一。因此必須不斷的謀求理科講義室，理科實驗室，預備室等設施的合理化與改善。

接着，對於設備的充實與運用也必須有周密的考慮。以何辦法充實設備？換言之，用何方法準備何項物品？必然的，對於此類問題，

必須有整套計劃，使其能符合教育的目的與目標，以配合指導的方法。實際上，各學校都有其自身的現實問題，例如很多學校因經費關係，必須逐步增加設備。在此情況之下，當更加縝密細心擬定計劃，使之配合指導目標以提高指導效果。至於選擇何種實驗為開始，則應配合各種不同情形例如考慮先後連貫關係，或選定使用次數較多者及較重要者，或增加指導者自己所設計的實驗方法等，但不論採用何種方式俱應盡最大努力以達成計劃之實現。

此外，最近常不斷有新的，性能較進步的儀器及器具出品，從理科教室經營的方針觀點，設備的質的提高與量的確保同樣為必須經常考慮的問題，工作人員必需經常關心設施的改善及擴張與設備的充實補修。本節無法詳述施設與設備的全部情形，祇就本人常想到的二三事提供一般參考。

- (1) 通用的用具，做某一實驗時，將依教師實驗與學生實驗的分別，或依其實驗的目的選擇適當的裝置及準備儀器與零件。有時利用一套的固定器具即可，但有時則需要裝配各種零件才能達到目的。依後者情形，如果有一部份裝置或零件可以使用於各種不同實驗時，稱之為通用用具。此通用用具必須注意準備，使其能在很短時間內不需花費太多勞力便可發揮其效果。此類用具例如支持裝置，尺秤類，計時器具，各種光源，熱源等，溫度計，投影裝置與放映裝置，電源裝置，整流裝置，電氣計器，三用電錶，鏡與透鏡類，屏類，轉動裝置，唧筒類，陰極射線示波器等等。此外，其他雜用用具也必須有所準備。而且，如固定架或電錶等計器，則應準備簡單而耐用的多只，使能應用於各種實驗。學生用的也應在可能範圍內準備單純而耐用的用具，又購置各種零件時，應覓有大批生產的現品較為方便。此等事項，在儀器編內雖有解說，但各校應視個別情形而作適當的準備且予有效的運用。
- (2) 器具的自製 準備設備有關的問題中，器具的自製是有重要意義的。因預算或其他原因，可能無法購置所有必需的器具時，當以自製器具補充為便。但是雖有充份能力購置所有儀器與零件時，指導者的自製工作是十分重要。不論示範實驗，學生實驗，或研究實

驗，通常每需補充自製零件以配合全體裝製。又雖屬現成品，使用時常感有不便之處，因此計劃改良不便各點，改善或以新方案設計製作等工作俱有重要意義。

此外，器具，器材等常有損壞或部份故障情事，指導者仍有能力自作修補，有時補充少量零件即可。因此在此情形下，指導者如有自製的經驗，對於修理工作也將有很大的自信與幫助。

並且，由此所獲經驗，指導者將體驗用具必須加以細心處理及正確操作。此種體驗將在學生指導上有良好的結果。因此，促成指導者加強自定方案及自製儀器的工作。

- (3) 工具的準備 為進行上述各節計，簡單工具的準備亦屬重要。此種準備將隨各校理科教室的設施設備而有差別，但至少應置備最低量的製作用工具類。

因工具常因任意放置而遺失，故應準備工具箱或工具板以便保養保管，並與一般儀器及器具同樣細心使用與保養，使之能耐長久使用，並提高功能。例如常保持刀口鋒利或對任何工具不作勉強使用等。

### 3. 對於實驗的一般要點

- (1) 實驗的目的：雖然在物理課或一般理科教育中實驗十分重要，但不要太強調實驗的結果，而造成爲了要做實驗而做實驗的態度，應做有活力的實驗。無論示範實驗或學生實驗，應了解此實驗的目的是什麼，觀測其結果可能產生什麼，從而研究或創造適合此目的實驗方法，並應經常研究如此做實驗。其目的是否能被充份了解。因此進行實驗時，盼能注意考慮下列各點：

- a. 盡量減少條件，以簡單通俗爲原則。
- b. 注意靈活地運用全部設備，同時應利用簡單的儀器，器具以達到目的。如設備不夠，也應考慮以自製器具補充。例如需測定玻璃的折射率，則有玻璃鏡紙與針即可。有乒乓球與漏斗即可做表示流體性質的某種實驗。自由落體與水平拋射同時着地的實驗則利用金屬球或石塊與有孔木板即可。但是從提高精度，作定量觀測的立場來講，當然必須要有進一步的方法以做測定。

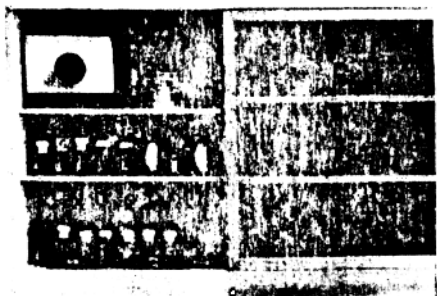
- c. 要觀測顯著明瞭的現象，以免混雜。
  - d. 在某些實驗中，可能因受到無法完全避免的條件的影響而不易得到預期的結果。此時勿以「應該是這樣的」等語自欺欺人，如此將大大減少實驗的效果。應盡量研求避免外來條件的方法，使實驗能在某一誤差的範圍內得到精確的結果。
  - e. 應使用適合於該實驗目的的儀器及工具，注意儀器的精度並儘量利用新品及便於應用的物品。例如利用聚苯乙烯作起電棒等。
  - f. 做示範實驗時，有時最好增加有趣的附屬實驗。
  - g. 應做使學生運用思考的實驗，不要把儀器及各種實驗裝置等全部裝備完成，而使學生一按開關即有結果出來。這種做法將大大的損害學習活動的意義。
- (2) 實驗的事先準備：常有人提到做實驗的秘訣，而稱某人為專家，這是沒有大意思的。示範實驗不必為專家實驗，它必須是誰都能做並能達到目的的實驗。但因需要事先準備，故必須做預備實驗。
- 學生實驗也同樣應先經教師的預備實驗以做充份的事先準備。
  - 事實上，有人長於實驗的設計與實施而被稱為有秘訣，此等秘訣，應予公開。事實上他在此方面的專長當然一部份歸功於其智力，但大部份則為他勤懇努力體驗得來的結果。例如做光的干涉



實驗，經驗少的人，動這個碰那個都做不出來，但是熟練的人做起來，很容易並確實地做出干涉現象來。理由當然是不斷努力的結果可確切知道做此等實驗時應先從何處做起，如何調節，而並不是本來就知道怎樣做。這是經驗累積招致的結果。從這觀點看來做實驗時，除了按照計劃準備所需要的用具，零件外，應事先有充份的準備作預備實驗。有時因為太忙而且以為過去曾經做過這個實驗而不做預備實驗，以致當場做實驗時效果不佳，而辯稱「應該是這樣的」，這種做法很不應該。

- 3) 儀器的使用：為了使實驗所用的儀器能充分的發揮其效能，必須先對於其構造及規格有充份的了解，然後研究其操作方法。儀器愈精巧，愈須熟悉其構造及性能，並熟練其操作，不然實驗做起來，得不到好結果。這一點從儀器保養的觀點來講，也是很重要的。一知半解的盲目操作，將有損壞儀器的可能性。特別讓學生使用時，需注意此點：例如儀器各部份如果有很多螺絲時，便要注意有的可以用手轉動，有的不可以。有龍頭的螺絲則可轉動來調整儀器，故應熟習其使用方法。又例如使用透鏡，三稜鏡，或平面鏡等時，不要用手接觸其表面。如要潔淨它，應使用何物，何法等等，類似此等事件，應經常指導學生，使成為學習科學的一般常識，永誌勿忘。
- 4) 勿輕視簡單的實驗：不論是教師示範性實驗，或由學生自己做實驗，不管如何簡單，一律應當以認真的態度去做，不要以為實驗簡單而忽視。雖然所使用的器具很簡單，也必須熟練其基礎的操作法，同時學高度的實驗常識和態度。實際上簡單的事做起來也可能會產生問題，如能發現其解決方法，實驗才有進步。所以若要求進步，必須不斷實行，而也只有這種學習態度，才能了解科學的本質。
- 5) 儀器的保養和管理：如果隨時做實驗都能有高效率，全部儀器用具都應予細心保管，不得怠忽其保養，修補等工作。使其經常發揮其效能。又其收藏保護方法也應有全盤計劃。器具必須置於櫥櫃或隔板內，不能隨便裝在袋內，使用時便不方便。這也是理科教室管理上重要點之一。





- (6)材料零件及消耗品的準備：實驗中儀器之經常損壞是意料中之事，爲了修護或自製，最好盡量充分地準備各種材料零件或消耗品。此亦爲提高實驗效率不可缺少的。又此等材料將隨科學技術的進步而不斷有新產品出現，故此項準備也必須有計劃性。
- (7)災害防止：實驗進行時往往會發生危險，尤其在學生實驗時應先使每一學生充分了解實驗方法而避免危險。指導人員或其他理科人員對火災或其他災害的防止尤應密切注意。

#### 4. 關於教師示範實驗

示範實驗的目的，在使學生用視覺體驗某一現象以增加原理定律的了解而引起學生的興趣。當無法使學生自行實驗時，在可能範圍內應盡量做示範實驗。

因爲教師示範實驗的主要目的爲使學生有充份的了解，最好能考慮到下面各項：

