

科學圖書大庫

物理實驗大全(下)

原子物理
基本操作與儀器器具

譯者 鄭伯昆 張鏡清

徐氏基金會出版

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 F. 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

講學及研究，於是另請電機系李舉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

我們的工作目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力，在整個社會長期發展上，乃人類對未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同把人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之成就，已超越既往之累積，昔之認為絕難若幻想者，今多已成爲事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人有無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，允爲社會、國家的基本任務。培養人才，起自中學階段，學生對普通科學，如物理、數學、生物、化學，漸作接觸，及至大專院校，便開始專科教育，均仰賴師資與圖書的啓發指導，不斷進行訓練。從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學。旨趣崇高，至足欽佩！

科學圖書是學人們研究、實驗、教學的精華，明確提供科學知識與技術經驗，本具互相啓發作用，富有國際合作性質，歷經長久的交互影響與演變，遂產生可喜的收穫。我國民中學一年級，便以英語作主科之一，然欲其直接閱讀外文圖書，而能深切瞭解，並非數年所可苛求者。因此，本部編譯出版科學圖書，引進世界科技新知，加速國家建設，實深具積極意義。

本基金會由徐銘信氏捐資創辦，旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利。民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，返國服務者十不得一。另贈國內大學儀器設備，輔助教學頗收成效；然審度衡量，仍嫌未能普及，乃再邀承國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。主任委員徐銘信氏爲監修人，編譯委員林碧鐸氏爲編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱。「科學圖書大庫」首期擬定二千冊，凡四億言，叢書百種，門分類別，細大不捐；分爲叢書，合則大庫。從事翻譯之學者五百位，於英、德、法、日文中精選最新基本或實

II

用科技名著，譯成中文，編譯校訂，不憚三復。嚴求深入淺出，務期文圖並茂，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，有教無類，效果宏大。賢明學人同鑑及此，毅然自公私兩忙中，撥冗贊助，譯校圖書，心誠言善，悉付履行，感人至深。其旅居國外者，亦有感於為國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬菲薄，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，報國熱忱，思源固本，僑居特切，至足欽慰！

今科學圖書大庫已出版七百餘冊，都一億八千餘萬言；排印中者，二百餘冊，四千餘萬字。依循編譯、校訂、印刷、發行一貫作業方式進行。就全部複雜過程，精密分析，設計進階，各有工時標準。排版印製之衛星工廠十餘家，直接督導，逐月考評。以專業負責，切求進步。校對人員既重素質，審慎從事，復經譯者最後反覆精校，力求正確無訛。封面設計，納入規範，裝訂注意技術改善。藉技術與分工合作，建立高效率系統，縮短印製期限。節節緊扣，擴大譯校複核機會，不斷改進，日新又新。在翻譯中，亦三百餘冊，七千餘萬字。譯校方式分爲：(1)個別者：譯者具有豐富專門知識，外文能力強，國文造詣深厚，所譯圖書，以較具專門性而可從容出書者屬之。(2)集體分工者：再分爲譯、校二階次，或譯、編、校三階次，譯者各具該科豐富專門之知識，編者除有外文及專門知識外，尚需編輯學驗與我國文字高度修養，校訂者當爲該學門權威學者，因人、時、地諸因素而定。所譯圖書，較大部頭、叢書、或較有時間性者，人事譯務，適切配合，各得其宜。除重質量外，並爭取速度，凡美、德科學名著初版發行半年內，本會譯印之中文本，廢即出書，欲實現此目標，端賴譯校者之大力贊助也。

謹特掬誠呼籲：

自由中國大專院校教授，研究機構專家、學者，與從事科學建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究學人、留學生；

大專院校及研究機構退休教授、專家、學者。

主動地精選最新、最佳外文學名著，或個別參與譯校，或聯袂而來譯校叢書，或就多年研究成果，撰著成書，公之於世。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。祈學人們，共襄盛舉是禱！

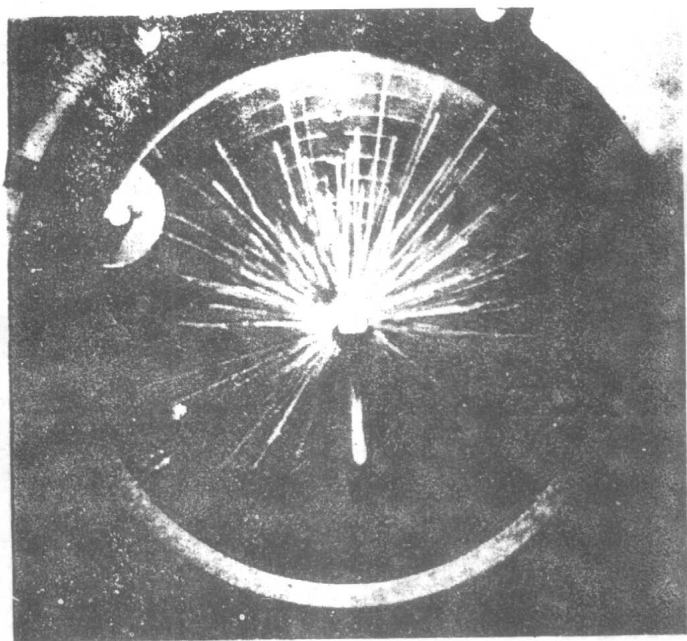
目錄

第七編	原子物理	
第一章	陰極射線	7-3
第一節	真空放電	7-3
①	真空度與放電狀態	7-3
②	克魯斯氏真空計	7-5
第二節	克魯克斯管	7-6
①	封入螢光物質的克魯克斯管	7-6
②	封入十字板的克魯克斯管	7-7
③	有風車的克魯克斯管	7-8
第三節	陰極射線和電場磁場的作用	7-9
①	裝有縫隙及電極的克魯克斯管	7-9
②	利用魔眼燈(電子射線管)來測定電子之比電量	7-13
第二章	放電管	7-17
第一節	霓虹管等的應用	7-17
①	霓虹管的特性	7-17
②	利用霓虹管產生鋸齒狀波	7-20
③	定電壓放電管的特性	7-23
第二節	螢光燈	7-26
①	螢光燈的原理	7-26
第三節	閘流管	7-27
①	閘流管的特性	7-27
②	利用閘流管產生鋸齒狀波	7-28
第三章	光電效應	7-31
第一節	光電效應的現象	7-31
①	利用金箔驗電器顯示當短波長光射到金屬板時會產生光電效應	7-31
第二節	光電管	7-32
①	利用光電管查驗照度的變化	7-32
②	多種光電管	7-37

	③	用光電管及電磁繼電器的實驗	7-41
第三節		光電池	7-43
	①	光電池的動作	7-43
	②	利用光電池電磁繼電器的實驗	7-46
第四節		光電晶體	7-47
	①	光電晶體的動作	7-48
	②	P-N接合型光電晶體	7-49
	③	利用光電晶體及電磁繼電器的實驗	7-51
第四章		X 線	7-53
第一節		各種X線管	7-53
	①	利用含氣體電離管產生X光線	7-53
	②	利用熱陰極型(軟X線發生裝置)來產生X線I	7-55
	③	利用熱陰極管型(攜帶型診察用裝置)產生X線II	7-59
	④	利用KX 142 L K 22產生X線	7-63
第二節		X線的性質	7-65
	①	X線像片的攝影	7-65
	②	勞厄斑點的攝影	7-66
第五章		放射能	7-71
第一節		放射線基本技術	7-71
	①	在學校內放射線物質的運用	7-71
	②	Dekatron計數裝置	7-75
	③	蓋氏計數管	7-82
	④	威爾遜雲霧箱	7-88
	⑤	擴散型霧箱	7-93
	⑥	簡易擴散霧箱	7-96
第二節		各種放射線實驗	7-99
	①	放射能雨的測定	7-99
	②	閃爍鏡	7-103
	③	放射性自記相	7-104
參考	1	半導體放射線探測器	7-107
	2	成爲業餘原子核實驗家的勸誘	7-114
	3	放射線與人	7-123
	4	有關基本粒子的資料	7-129

第七編

原子物理



第一章 陰極射線

1. 真空放電

① 真空度與放電狀態

利用真空抽氣一邊抽氣一邊觀察的方法。(初)(高)

【目的】 用真空抽氣抽出放電管內氣體，並觀察隨着真空度變高時放電狀態的變化。

【原理】 在一大氣壓下的空氣中很難產生放電，若把放電管內氣體抽出一部份後就容易引起放電。其理由如下：

當放電管兩極加電壓以後，管內產生電場，管內的電子及負游子就往陽極跑。管內氣壓還相當高時這些電子和負游子的平均自由行程短，因此還沒有被加速的十分快以前就和原子，分子相碰撞，而不產生更進一步的作用。管內氣壓減低後，分子，原子的分佈變疏，使電子和原子或分子相碰撞以前可以走相當長的距離，因此被加速而得到相當的動能。當這些電子和氣體的原子或分子相撞時打出另一個電子。被打出的電子也和原來進來的電子一樣被加速，衝出另一電子出來，如此電子就開始鼠算式地增加，最後如山崩一般地衝到陽極。這就是放電的過程。

電子撞到原子或分子時，有時不會打出另一電子，但衝來的電子的動能的一部份或全部傳給原子，使原子變到高能狀態。當高能狀態的原子變回到原狀態時所多餘的能量就變成光子放出。這就是輝光放電時的亮光。

【準備】 放電管(長度約 50 cm，如圖 1 加工到可以接到真空抽氣機)，蓄電池(6V)，感應綫圈(火花長約 10 cm)，

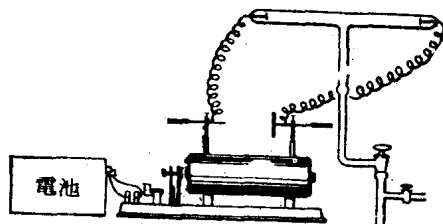


圖 1 真空抽氣機

迴轉式真空抽氣機（到達真空度 10^{-3} mm Hg 以下，抽真空速度越大越好），放電管用接頭、厚橡皮管、架子、接電用電綫、使房子變成暗室的遮光設備。

- 【方法】
1. 把儀器安排如圖1，配綫接好後把房間遮暗。
 2. 啟開感應綫圈，一直保持綫圈兩極間放電，且開動真空抽氣機的馬達。
 3. 片刻後，就在放電管內開始粉紅色綫狀的放電，而感應綫圈兩極間的放電就停止。
 4. 當管內真空度變高時，綫狀的放電變粗，再變成帶狀，然後變成條紋，最後整個管中發出粉紅色的光。後來這粉紅色的光就變成由陽極開始有等間隔的一段一段的光柱。（請參照下一節克魯斯氏真空計）。
 5. 如再提高真空度，粉紅色的光柱由陽極慢慢消失，管內就變暗，同時管的全體會產生綠色的螢光，陰極後面的管壁的螢光特別亮。
 6. 關閉放電管的活塞，並停止真空抽氣機馬達的轉動。再把活塞微轉使空氣慢慢漏入放電管中，這時放電狀態就由5.~3. 顛倒以前的次序變化。

【要點】 1. 放電管及架子上都有高電壓，在暗室內做如此高壓實驗以前，必須注意學生不要碰到。

2. 接感應綫圈兩極至放電管兩極時，用繞成綫圈狀的細漆包綫較方便，並且必須注意到這些導綫不可接近任何導體。

【參考】 1. 4. 的狀態成爲輝光放電時，此程度的真空度的放電管稱爲蓋斯勒管。

2. 5. 的狀態的放電管稱爲克魯克斯管。玻璃放出綠光的原因是：由陰極向陽極放射陰極射綫（高速的電子流），此射綫打到玻璃放出綠色的螢光。（請參照下節克魯斯氏真空計）。

【注意】 1. 這實驗最要緊的事是：迴轉真空抽氣機的性能以及如何完全密封放電管接合的部份。爲了保持整個實驗裝置的密封，盡量減少接合的部份，且保持接合部完全密閉。

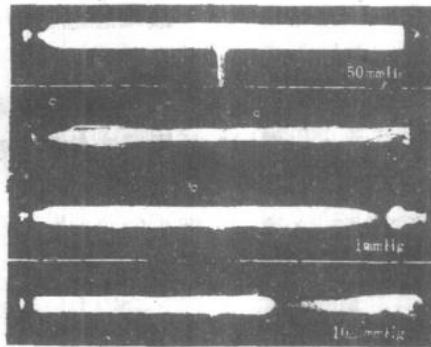
2. 爲便於觀察起見，最好用有漏氣活塞的放電管，如此可以保持同一程度的真空很久以便於觀察。

④ 克魯斯氏真空計

【用途】 1. 理解真空度及放電狀態。

2. 相反地由放電狀態推測真空度。（初）（高）

【原理·構造】 1. 在直立的板上排着六種不同真空度（10. 6. 4. 3. 0.14 , 0.03 mm Hg）的放電管。



照片 1

2. 把感應綫圈（產生 4cm 火花程度的）的兩極接到各放電管就會明白放電狀態的變化。

3. 相片 1 爲各真空度的放電狀態。

<綫狀放電>

空氣中的放電很困難，爲了發生 1 cm 的火花須要 10^4 V 的電壓。但是空氣的壓力減小後就容易放電，到數 mm Hg 程度壓力時就產生綫狀放電。

<帶狀放電~條紋狀放電>

真空度達到 $10 \sim 1$ mm Hg 時，就更容易放電，因此管全體發光。此光經分光儀就可看到該氣體固有的光譜。

<蓋斯勒放電>

蓋斯勒第一次做出了 $1 \sim 10^{-1}$ mm Hg 程度的放電管。此程度的放電管即發生特有的輝光放電，而所發生的光也是氣體固有的光譜。

<克魯斯放電>

真空度達到 10^{-2} mmHg 以下時放電又慢慢地困難起來，直到消失特有的光輝，管全體就帶有螢光。如前所述此螢光是由陰極射出來的陰極射綫所產生。陰極射綫和管內的氣體的種類沒有關係。

【使用法】 1. 先把感應綫圈的一端接到置放克魯斯氏真空計的直立板前面的接頭，另一端接到板背面裝在把手上的接頭。

2. 將把手的位置依次更換後就可以依次聯接到 1 . 2 . 3 的放電管的另一電極，如此聯接好後，啟動感應綫圈。

【要點】 1. 實驗室最好弄成半暗或全暗。

2. 放電管的電極一端是平板另一端是針狀。針狀電極必須爲陽極。如發現接反時，只要轉換感應綫圈的開關就可以改變兩極的正負。

3. 要改接放電管電極時，必須推出把手的絕緣體部，以避免接觸到有高壓的地方。

2. 克魯克斯管

① 封入螢光物質的克魯克斯管

【用途】 觀察陰極綫的螢光作用。(初)(高)

【構造】 在克魯克斯管內陰極射綫能射到的地方，放入能放射螢光

的各種礦石（如石灰岩，方解石，閃亞鉛）（圖1）。如圖2的克魯克斯管放着石灰岩。

【原理】 1. 當陰極射線打擊到礦石時會發光，所發光的顏色依物質成分而不同。

2. 石灰岩，方解石（碳酸鈣）放出帶紅色的光，閃亞鉛礦（硫化鋅）則帶淡綠色的光。

【使用法】 1. 用導線連接電極和感應綫圈。

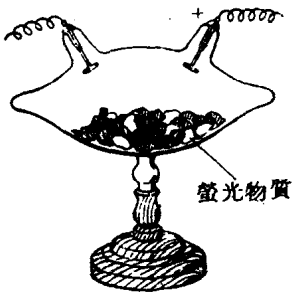


圖 1

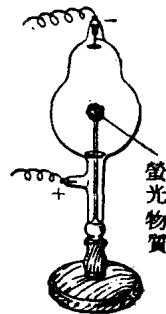


圖 2

2. 把房門遮暗後，開啟感應綫圈，並觀察所發出的螢光。

【使用上的注意】 搬運儀器時要小心，不要打破。

【參考】 陰極綫打到各種物質時所發光色如下表：

物質名稱	發光色
鎢酸鈣	青
氧化鋅	青綠
鋅及錳的矽酸鹽	綠
硫化鋅中含有銀為雜質	青
硫化鋅中含有銅為雜質	橙

② 封入十字板的克魯克斯管

【用途】 觀察陰極射線的直進性及螢光作用。（初）（高）

【構造】 面對着陰極封入十字形鋁板。(圖1)圖上的克魯克斯管，十字形鋁板亦用做陽極。

【原理】 陰極射線是由陰極面垂直射出，且直線進行，因此在陰極的對面的玻璃上顯出十字的影。十字影外就發螢光，但是十字影內就不發螢光。

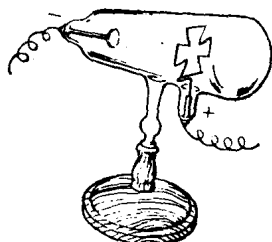


圖 1

【使用法】 1. 如圖1的管就把十字板的一極接到感應綫圈。

2. 把十字板豎起如圖，啟動感應

綫圈，就可在十字板背面的玻璃上見到十字的影子，影以外的部份則發出淡綠色的螢光。

3. 接着如把十字板倒下來，陰極對面的玻璃就消失十字影子，只見一片螢光，由此我們知道陰極射線直進的性質。

4. 如見不到有十字形影子的螢光時，須把感應綫圈的極性轉換器反接過來。

【使用上的注意】 小心搬運以免損壞。

【參考】 不管陽極是在十字板旁側或在十字板後，只要陰極是圓板，就可以得到清楚的十字形影子。這理由是：在陰極附近的電場很強，反之管內其他部份的電場相當微弱，因此由陰極面出來的帶電粒子就在陰極附近被加速！由此得到近於它能獲得的最大速度。由於陰極附近的電場強度方向和陰極面垂直，帶電粒子就不管陽極的位置，向着陰極面垂直方向直線進行。

⑨ 有風車的克魯克斯管

【用途】 觀察陰極射線撞到面上時所加於面上的力。(初)(高)

【構造】 克魯克斯管內封入細玻璃軌道，軌道上放着有葉子的輪子，有管子的輪葉上塗有螢光物質(圖1)

【原理】 當陰極射線射到輪葉上時，葉面就受到壓力，輪子就開始轉動，而由陰極滾動，慢慢增加它的速度滾至陽極。

【使用法】 1. 把克魯克斯管兩極接至感應綫圈各極，此時不必考