

# 普通物理实验技术

田志偉編著

高等教育出版社



# 普通物理实验技术

田志偉編著

高等教育出版社

---

本書是著者根据历年在浙江师范学院物理系教学时所撰的几种講稿改編而成。

內容敘述一般物理實驗的基本技术,对于實驗室的布置法,几种基本仪器的管理、使用与校正的方法,以及玻璃工、木工、金工等的操作、修制的常識,等等,都作了簡要的說明。共分八章,每章之末均附有習題。

本書可供师范学院學生、中等学校教师以及学校實驗室工作人員参考。

---

## 普通物理實驗技术

---

田志偉編著

高等教育出版社出版 北京琉璃廠170号

(北京市書刊出版業營業許可證出字第054号)

上海大東集成聯合印刷廠印刷 新华書店总經售

---

統一書号 13010·71 开本 850×1168 1/32 印張 8 11/16 字數 203,000 印教 1-5,500

1957年12月第1版 1957年12月上海第1次印刷 定价(8) 洋 1.00

# 目 录

## 第一章 緒 論

§ 1. 实验的意义.....	1	§ 5. 实验的教学方法.....	27
§ 2. 实验室的设计.....	4	§ 6. 結語.....	31
§ 3. 仪器管理.....	15	習題.....	33
§ 4. 教材的选择.....	23		

## 第二章 实验数据的計算

§ 1. 量的測定.....	35	§ 5. 綜合結果的誤差.....	51
§ 2. 誤差与錯誤.....	37	§ 6. 圖解法.....	56
§ 3. 有效数字計算法.....	38	習題.....	66
§ 4. 百分誤差与百分差.....	47		

## 第三章 几种基本仪器的構造及使用

§ 1. 米尺及游尺.....	67	§ 6. 水銀溫度計.....	82
§ 2. 游标測徑器.....	69	§ 7. 水銀气压計及無液气压計.....	95
§ 3. 螺旋測微器及測厚計.....	71	§ 8. 測微显微镜及測高計.....	100
§ 4. 球徑計.....	74	§ 9. 光杠杆.....	105
§ 5. 天平.....	78	習題.....	108

## 第四章 蓄電池与充电器

§ 1. 電池的簡單原理.....	109	§ 6. 鉛蓄電池的充電.....	122
§ 2. 鉛蓄電池.....	112	§ 7. 几种常用的充電法.....	124
§ 3. 鐵鎳蓄電池.....	117	§ 8. 充電器的种类.....	127
§ 4. 容量与效率.....	118	習題.....	137
§ 5. 鉛蓄電池的維護.....	120		

## 第五章 几种簡單設備及材料的制备

§ 1. 彈簧.....	139	§ 5. 造型石膏.....	147
§ 2. 磁鉄.....	140	§ 6. 水銀的潔淨法.....	149
§ 3. 簡單充磁器及充磁法.....	144	§ 7. 玻管灌水銀法.....	151
§ 4. 幻灯片.....	146	習題.....	153

## 第六章 玻璃仪器修制技术

§ 1. 玻璃的种类.....	154	§ 2. 材料的选择.....	157
-----------------	-----	-----------------	-----

§ 3. 割切与胶接.....	157	§ 8. 加热吹制特性.....	171
§ 4. 玻璃的触刻.....	160	§ 9. 玻管的吹制技术.....	174
§ 5. 玻璃的潔淨.....	161	§ 10. 工具設備.....	188
§ 6. 鍍銀.....	163	習題.....	191
§ 7. 磨制与抛光.....	167		

### 第七章 木工仪器修制技术

§ 1. 仪器的制造过程.....	195	§ 6. 木材的接合.....	206
§ 2. 材料的选择.....	196	§ 7. 防腐与防蛀.....	208
§ 3. 木材的干燥与收缩.....	199	§ 8. 着色及油漆.....	209
§ 4. 鋸解及劈削.....	201	§ 9. 工具設備.....	211
§ 5. 刨削与鑽鑿.....	203	習題.....	214

### 第八章 金工仪器修制技术

§ 1. 主要材料及其性能.....	216	§ 6. 絕緣材料与潤滑剂.....	243
§ 2. 制模与澆鑄.....	220	§ 7. 防銹与电鍍.....	244
§ 3. 鋸割、鑿削与銼切.....	225	§ 8. 工具設備.....	248
§ 4. 鉚接及焊接.....	232	習題.....	252
§ 5. 导綫的连接.....	238		

### 附录 I.

表 1. 常用近似公式.....	259	表 9. 水銀气压計示度补正表.....	265
表 2. 天平測定值的空气浮力补正表.....	259	表 10. 固体的密度及其热的性質.....	266
表 3. 空气的密度.....	260	表 11. 华氏与攝氏溫度換算表.....	267
表 4. 气体的密度及其热的性質.....	261	表 12. 摩擦系数表.....	267
表 5. 純水的密度与体积度.....	262	表 13. 固体的彈性模量.....	267
表 6. 液体的密度及其热的性質.....	263	表 14. 主要金屬与合金的导热率.....	268
表 7. 玻美度数与 C. G. S. 制單位 比重換算表.....	264	表 15. 主要金屬的电阻比較表.....	268
表 8. 水銀的密度.....	264	表 16. 常用絕緣材料的性質.....	269

### 附录 II.

供 60 人同时进行工艺实習的工具設備預算表.....	270
-----------------------------	-----

# 第一章 緒 論

“由觀測建立理論，由理論改正觀測，  
是發現真理的最好方法”。

M. B. 罗蒙諾索夫

## § 1. 實驗的意義

一門科學如果沒有事實作為根據，就成了空談。因此研究任何科學，首先都必須搜集事實，然後才能總結出規律，建立假說與理論。

自然科學的天才學者、偉大的生理學家 И. И. 巴甫洛夫在留給蘇聯青年的遺言<sup>①</sup>中說得好，他這樣寫着：“你們要養成嚴謹和忍耐的習慣，要學會為科學埋頭苦幹的精神，要研究事實、比較事實與累積事實！鳥的翅膀無論怎樣豐美，如果不依賴空氣，就不能高飛遠揚。事實就是科學家的空氣。沒有事實，你們永遠也飛騰不起來。沒有事實，你們的理論就枉費苦心。但是，在研究、實驗、觀察的時候，切不可停留在事實的表面，不要變為事實檔案的保管人。要設法洞察事實發生的奧秘，堅毅不拔地去尋求那些支配事實的法則”。

搜集事實的方法，不外：（一）仔細反復觀察自然界中所發生的各種現象；（二）利用人工複製自然現象當中的某一部分，而加以觀察、分析、研究。

---

<sup>①</sup> 見 И. И. 巴甫洛夫全集，第 27 頁（俄文本），1940 年版。或“中學物理教學的改進”譯本第 8 頁，方嗣鑾譯，人民教育出版社 1954 年版。

任何自然現象都必須在一定的条件下才能發生,例如日食、月食和生物的生長等。因此,要研究某种自然現象,从而找出它的規律,就不能單純依賴上面所說的、第一种搜集事实的方法来收集事实,也就是不應該等待自然現象自己再度重現时才再加以观察,而是必須用人为的力量来創設、布置类似于自然条件的条件,使这些現象能随时出现在我們的实验室里,以便我們随时进行观察、进行研究;这种工作就是“实验”。

虽然,“实验”不是研究科学唯一的方法,但是它是人們追求真理的重要来源与验证真理的良好途径。人类对于科学真理的認識,極大部分概念都是从“实验”結果中获得的。例如,我国古代偉大的科学巨著——“墨經”就是通过实验,系統地、科学地把观察所得的結果概括总结起来,而編写成功的;像墨翟<sup>①</sup>(公元前約五世紀)、沈括<sup>②</sup>(公元1030—1094或1096年)……等都是对世界有过



圖 1-1. 墨翟在对學生們講學。

(轉載自“化学通报”1954年3月号,根据北京历史博物館挂圖制版)。

① 錢臨照:“我国先秦时代的著作——墨經”,科学大众,1954,12月号。

② 王錦光:“夢溪筆談讀后記”,物理通报,1954年9月号。

輝煌貢獻的、我国古代著名的实验科学家。

至于，学校内所进行的一般实验的目的与意义，主要可概括为下列五点：

(1)通过实验，能使学生更巩固、更确切、更深入而且也更全面地掌握这一门科学的基本概念与定律。

(2)能使学生具体地認識，自然現象中各种数量之間的关系及其测定、計算各种常数的方法；从而使学生深入了解，任何一门科学的本身以及它与其他科学之間，决不是可分割的、断續的、不变的现象罗列，而是严格地由一定的数字連貫起来，并且按照一定的規律不断地演变着。換句話說，帮助他們建立起正确的辯証唯物的观点。

(3)一切科学的發展，都有賴于技术的發展。而技术只有在不断發展着的科学(包括物理、化学、生物……等)基础上，才有可能获得提高。学校实验可以看作是实施綜合技术教育当中的一个部門，或是它的有力助手；因为，进行实验就是訓練学生使用有关的仪器、工具及装置等各种技术，灌輸学生关于材料的性質、仪器的構造、作用及原理等实际知識。

(4)实验是一种具有創造性的劳动。在实验过程中，經常培养学生同时运用双手与眼、耳等一切感官，并且不时通过思考解决他所面临的问题及困难；要求他能够辨别出現象中的主次与真偽，逐漸做到能够独立作出准确的估計与計算。因此，实验可用来培养学生的能动性、独立性与創造性，使他們逐漸具有科学地、精确地、机断地观察、分析与整理一切事物的能力。

(5)即使是一个人在单独进行实验，也是不能完全脱离别人的协助(例如查“对数表”、公式或他人已經测得的数据)，而且有时还需要將自己所测得的结果或数据供給別人(学校实验中也可适当地布置这类题目)；由几个人合为一組时，則同組每一个学生都



必須縝密負責地处理他所面临的一切問題，更要共同研討、小心地記錄讀数与計算結果。所以，實驗也可以用来养成学生对待工作的責任感和从事集体工作、緊密合作的良好習慣。

總之，学校中實驗課程的主要目的是“培养学生利用實驗方法，独立地解决与研究科学問題的能力”。

## § 2. 實驗室的設計

實驗室的各项設備与布置直接影响實驗工作的質量。比如，一个設備及布置不恰当，或布滿了塵埃、蛛網、气味，或光綫陰暗、室溫过高过低……的實驗室，对工作來講，無論在設備的运用上或是在工作情緒上都能引起严重的不良影响。因此，只有經過审慎計劃与布置的實驗室，才能使實驗課程順利进行，才能够保證获得良好的教学效果。

實驗室的設計是一件非常繁复細致的工作，它的要求随着各种具体課程的需要而不同，現在只能就它的一般問題作簡單的討論：

### (一) 房屋設計

房屋設計是工程建筑上的問題，它牽涉到相当深奥与相当广泛的專業知識，所以在这里我們不可能把房屋設計的問題作全面具体的討論。但是，每一个科学工作者对于和自己專業有关部分的建筑問題（例如物理学教师对物理教室、物理實驗室及儀器室等），具备一定程度的常識还是十分必要的。

例如，学校里要新建、扩建或改建各課的專用教室及實驗室等，向各任課教师征求关于工程設計等方面的意見，这时，应如何清楚而正确地提出个人的要求与見解？或是，如何合理地选择、分配、改建旧有建筑？

关于這個問題，首先應該加以考慮的，主要可分下列兩方面：

### (1) 环境

选择地点是建筑工程中最先需要解决的问题。虽然各种课程的性质迥然不同,要求考虑的问题也不一样;但是,从大体上讲,决定施工前都应该慎重考虑到各新建部门之间以及新旧部门之间的配合与相互影响。

例如,仪器贮藏室、制备室与实验室、教室等应该分设在紧邻的房室内,不可相隔过远,更不可分设在两个相隔很远的独立建筑中。

此外,如靠近街道、公路或铁路,常有震动、灰沙与噪音;邻近有大型电力、电讯等机械,则容易受到电磁的干扰;一般说来,这些地方都是不十分恰当的。

如果必须设在工业区附近时,也应该位于工业区的上风位置,以避免空气中的烟灰或其他杂质侵蚀仪器与影响工作。即使在一个学校里,在排列、分配各种实验室、仪器室等时,也应注意这个问题;例如有一幢三层楼房,想分配作为物理、化学与生物三种课程的仪器室及实验室,如果不需要考虑其他特殊问题,就不妨以最高一层为化学室、第二层为生物室、底层为物理室。因为化学实验中常有浓烈的、或甚至含有毒性的气体泄出,位于最高层则散发较容易(最好又是在办公室及学校宿舍区的下风,不过一般的影响已不大);而物理的设备和仪器往往比较笨重,实验时又常常需要电动机等,因此极容易引起剧烈震动及噪音等,在底层就可减少对别人的骚扰。

### (2) 结构

房屋的方向、格式及所有的材料等,对于建筑物的各项性质(像导热性及振动、回声、光线、通风等)都具有决定性的意义。一般的实验室都要求具有较好的绝热性、无振动与光线充足等条件。例如光线一项,必须均匀而充足,黑板上及某些位置没有眩光;一般

說來，窗戶要多而大，並且要考慮到便于懸掛與使用黑厚窗布（作光學等特種實驗室用）等。

## （二）室內布置

位置安排得不恰當的設備，不但對工作沒有幫助，有時反而會成為工作中的障礙；例如把電源、水源……等擠裝在一起，常常使電綫、橡皮管等交錯纏繞，使用起來極為不便，而且容易引起事故。因此室內裝備的設計工作不僅是一個關於物質條件的問題，它的主要意義還在於怎樣合理地布置已有的各項設備，使這些設備都能發揮它的最大潛力。

總起來講，一般所要求的不外乎便利、整潔與適度的美觀。至於，實驗室中究竟應該具備那些設備，並沒有什麼絕對的或固定的標準，每個學校都應該結合自己具體的需要，本着節約的原則，做到既為國家節約大量的資金與設備器材，又能發揮一切設備的潛力，提高教學質量。當然，每一個實驗室或儀器室等，在具體的條件許可下，仍必須不斷地加以改進與充實（包括美化）；例如，一般實驗室中比較重要的設備，大致有下列几項：

### （1）傢俱

傢俱是實驗室中不可缺少的設備之一，包括講桌、實驗桌及凳子等。傢俱設計應該符合各種課程及實驗者身材高低等特殊要求。例如，安放在顯微鏡旁的凳子最好裝有可以升、降的裝置（像利用螺旋軸升降的那種可轉動的椅子），以便不同高矮的人使用顯微鏡時隨時調節；大學與中學所用的實驗桌，無論在大小或高低方面，也都應該略有不同等等（不但是學生身材高矮不同，就是所使用的儀器數量及大小、類別等也有了很大的區別）。

圖 1-2 是一般學校所應用的學生實驗桌，圖 1-3 是演示實驗用的教室講桌，桌面上都具有兩個陰螺紋，以便隨時裝卸支架；自來水、煤氣及電綫等均自地板下經一個金屬管引至桌面或其側面。

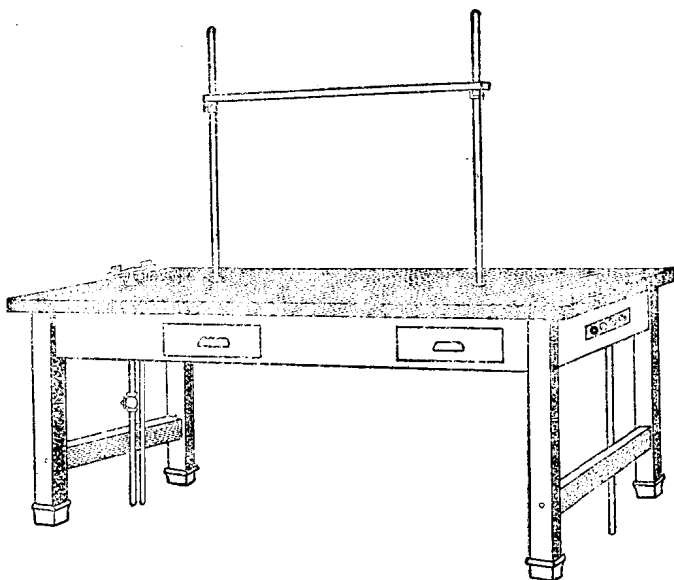


圖 1-2. 学生实验桌(桌面支架可任意装拆, 閥門为自来水及煤气源; 右側为电源插座及保險絲盒)。

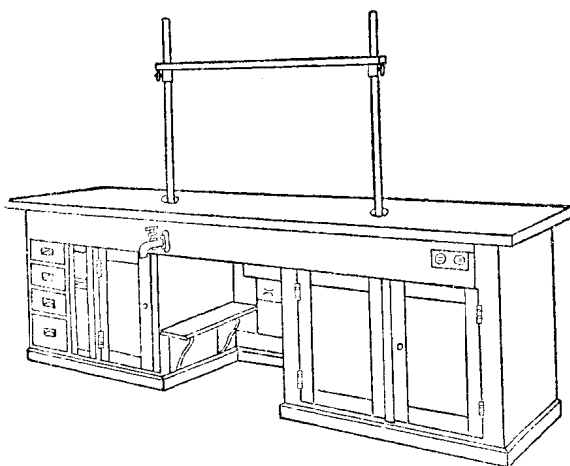


圖 1-3. 演示用的講桌(桌面上支架不用时, 可拆去)。

如果分組實驗採用輪換制(見本章 § 4) 進行,則由於實驗內容與儀器都比較固定,各個實驗桌上的附屬裝置就應該根據每一實驗桌的具體需要來裝置。例如,在力學實驗專用的那些實驗桌上,只需要在布置“向心力及離心力”等實驗(要接電動機)的少數桌上才接有電源插座;如果在這些桌面上還裝着水管、煤氣……不僅是一種嚴重的浪費現象,而且顯然是直接有礙於實驗工作本身的。

### (2) 掛圖

用清晰而適當的、適量的圖表張貼在室內適當位置,對於學生進行思考及糾正錯誤等都是極有幫助的。

圖表的種類很多,對於不同的房間、不同的班級、不同的課程甚至同一課程中不同的章節內容都應該按照它的具體性質作不同的設計與布置。例如,在第一學期新同學的實驗室、公共預備室等房間內,可布置古代及近代偉大科學家(特別是我們的)的照片或画像、基本量度的圖表、常用數據或公式、偉大的哲學家或科學家的語錄(與課程有關的)……。

在平時,也可隨時配合課堂教學,更換與張貼一部分較好的教學掛圖(不論是否已經在課堂內用過,能夠讓學生們站在圖前,仔細觀察、分析,總是好的);或者,自己編繪一些指導操作技術的圖表,使學生們經常看到它們,而逐漸養成他們在使用儀器設備等時,採取應有的審慎與愛護態度。如浙江師範學院物理系曾自行編繪了“愛護蓄電池”,“電表使用”及“綫路接法”等掛圖,圖 1-4 為“電源電壓”圖的照片(原圖大  $55 \times 80$  厘米)。

### (3) 窗簾或黑布簾

每一個實驗室都應該挂有窗簾,以備遮掩強烈的陽光,或避免炫光,或增加絕熱、吸音等性質。用作光學或其他特種實驗室時,則需要懸挂厚的黑布窗簾,使光綫完全不能透入。

懸挂時,必須注意使窗戶啓閉方便、不漏光、不影響窗戶的結

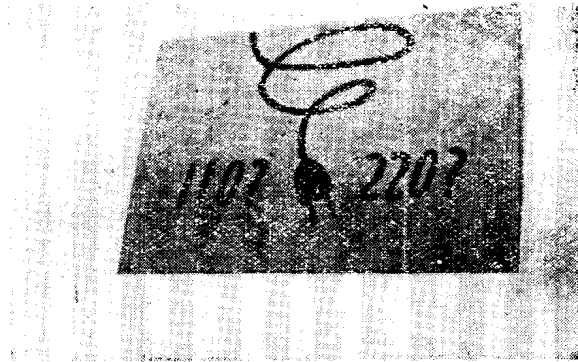


圖 1-4. 挂圖。

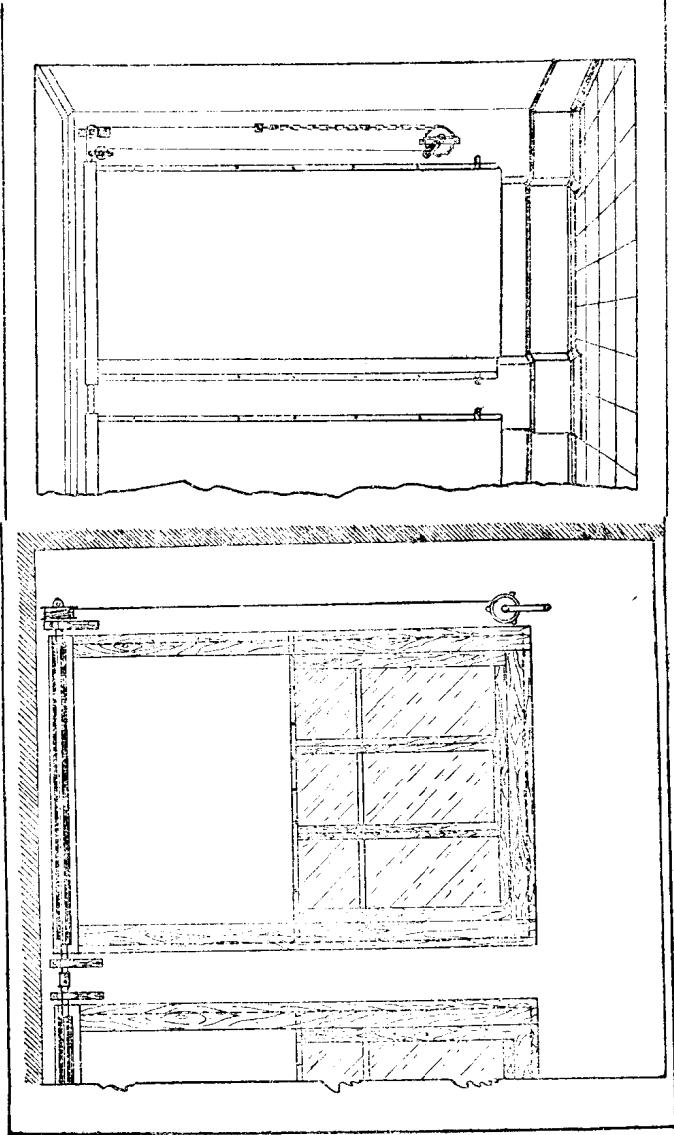
構，而且要能够迅速地开啓及合攏，操縱的位置及把手也必須能迅速地到达与掌握(以防止意外)。圖 1-5 所介紹的是兩種比較簡單的悬挂法：(1)將窗帘上下卷起与放下。(2)將窗帘向一边或兩边拉开与合攏。其中手搖轉柄如置备有困难，可省略不用。

为了完全遮断外来光綫，同时又便于經常記錄讀数(不拉开窗帘)，因此實驗室窗帘大多由一層黑布与一層其他色布(照相暗室都用紅布)叠合做成，并使非黑色層在內，以增强室內灯光的照度。

#### (4) 电源

电源包括交流及直流兩種，直流电源也可以临时由蓄電池或干電池供給。實驗室中的交流电源，一般都是由当地發电厂供給(最好都用較粗的電綫接入)，必要时可以使其中一条供电綫路先行通过一个功率較大的变压器，將它分成 220 伏及 110 伏兩種电源。

每一條單獨使用的电源綫路中，都必須接入适当的保險絲，以免綫路突然中断时影响他組的工作。下表是常用的鉛錫保險絲及几种導綫的熔断电流：



(a)

(b)

圖 1-5.

各种直径导线的熔断电流

熔断电流 (安)	保險絲 75%鉛25%錫 (毫米)	銅 綫 (毫米)	錫 綫 (毫米)	鉛 綫 (毫米)
5	0.617	0.157	0.533	0.599
10	0.990	0.249	0.948	0.952
15	1.285	0.323	1.109	1.247
20	1.557	0.396	1.344	1.511
25	1.806	0.460	1.559	1.763
50	2.689	0.520	1.763	1.979
35	2.230	0.577	1.953	2.195
40	2.471	0.630	2.134	2.398
45	2.672	0.680	2.309	2.593
50	2.868	0.732	2.476	2.781

电源插座应分装在各实验桌上(一般可固定装在各桌的侧面)或其附近,但是必须要使使用时方便、接线简单而短,不致阻碍交通或影响工作(接至各实验桌的电源电线最好都从地板下引入)。

总开关的位置及装置必须考虑到容易到达和操纵以及本身的安全保障,使任何人在遇有发生意外时,都能及时迅速地拉断电路。

#### (5) 水源及煤气

自来水及煤气的供应装置,在物理实验中虽然不及化学实验中应用来得广,但在某些实验中(例如热学及分子物理学中的几个实验)还是不能缺少的。这些装置通常也固定地附装在实验桌面上。水管与煤气管都应该从地板下直接引到各实验桌,不可着地铺放或临空悬挂,以免妨碍工作及破坏美观(见图 1-2 及 1-3)。

没有自来水的地方,可以自己用大型水桶(例如大型的废旧柴油桶)搁在高处当作水源。至于煤气供应装置则可用打气炉、喷灯等代替。



## (6) 照明設備

實驗室中常需辨認極精細的刻度，而且往往要連續注視一點經過相當長的一段時間，如果光綫不足，就很容易引起疲勞、造成錯誤，甚至影響視力的健康。因此，實驗室內的天然光綫及人工照明設計是一個非常重要的問題，必須認真合理地加以解決。蘇聯國定標準 (ГОСТ) 中，將照度依次分成各種等級，現在將各項工作所需要的最低照度值及等級列表<sup>①</sup>如下：

室內人工照明標準

等級	作業性質或房屋性質	最低照度 (勒克司)	
		共用照明	綜合式照明
一	需辨別 0.2 毫米以下零件之作業 (視一般背景及零件之明度而定)	75~125 *	150~500
二	需辨別 0.3~1 毫米零件之作業	30~125 *	150~300
三	需辨別 1~10 毫米零件之作業	20~50 *	75
四	對表面發光體之作業		50
五	需辨別 1 厘米以上物體或零件之作業		20
六	需辨別較大物體及對生產過程動作之一般檢視		10
七	大件及散堆物品之貯藏室		5
八	辦公室，文化室，讀書室，學習室及公共場所等		50
九	廚房及飯廳		50
十	浴室，盥漱室，廁所，更衣室		15
十一	主要走廊及施工場所的通路，樓梯，過道		10
十二	其他通路，走廊，門斗，樓梯等		5

\* 如背景及零件之反射率小於 0.2 時，不得使用一個共同的照明裝置。  
凡需極精細辨視之工作，且幾乎無間斷地連續工作，或由眼至所視對象距離達 0.5 米以上時，照度標準須按其較高一級取之。

注：如在工作地點附近有觸及人身可能發生危險的部件時，則照度值應增加一倍。

從上表可知，一般實驗室所需要的最低照度大致在第一、二級

① 本表採自中央第一機械工業部電器工業管理局編譯“電工手冊”，機械工業出版社 1953 年版(個別文字曾略有刪改)。