

普通物理学實驗指導書

(農工科用)

普通物理教研組編

沈陽農學院

普通物理学實驗指導書

(農工科用)

普通物理教研組編

沈陽農學院

一九六一年一月一日

本書提要

此普通物理實驗指導書為全院農工科學習之用，主要內容包括電學基本知識、儀器制作、無線電基礎及超聲波定標器等九個實驗。

普通物理實驗指導書

（農工科用）

普通物理教研組編

*

沈陽農學院印刷廠印刷

（沈陽市東陵）

1961年1月1日出版 印數：000—2500

*

書號：Q009TS001 定價：0.26

目 录

实验一	电表認識及其使用	1
实验二	电桥	7
实验三	电子仪器制作	9
实验四	振荡器	12
实验五	三灯机	14
实验六	超声波使用及其頻率测定	17
实验七	光电管	20
实验八	摄影技術及冲洗	23
实验九	定标器测宇宙射綫	30

实验一 电表认识及其使用

目的 (1) 在今后电学实验中, 不发生人身事故, 保障实验人的安全。

(2) 不发生损坏或烧坏电学仪器事故, 保护国家财产不受丝毫损失, 并保证实验胜利地完成。

要求 (1) 熟悉常用电学仪器的使用方法。

(2) 了解它的简单构造和简单原理。

(一) 常用电学实验仪器的代表符号

安培计

电流计

伏特计

电 池

电 池 组

电 阻 器

可 变

电 阻

电 感 绕 圈

电 容 器

跨 越 绕 路

单刀单掷开关

双刀单掷开关

双刀双掷开关

反 向 开 关

(二) 电 源

电学试验首先需用电源, 这是大家都知道的。可是事故常发生在这一点上, 用错电源不是损坏仪器就是引起危险。使用仪器接电源线路前, 须先弄清楚两点:

(1) 此实验或仪器需要的电源是交流还是直流?

(2) 此实验或仪器需要的电压最高为多少伏特?

(3) 此实验或仪器需要的电压主要是用其电流或电压?

交流电源 本市电灯电压是220伏特, 视所有用户用电多少而有30伏特左右的变动, 一般频率为50週/秒。如果要用110伏特电源, 需要变压器把它降低。变压器有固定及可变两种型式, 用时要注意变压器额定伏安数值, 不能超过。不用时, 须将变压器转到零伏特后再拔去电源插头, 否则有烧毁变压器线圈的危险。

直流电源 (一) 用整流器将交流电变成直流电, (二) 干电池: 一般只作供给电压

用，不作經常供給電流用，（三）蓄電池：一般用鉛蓄電池，每只約2伏特，通常三只串聯成一組共約6伏特。注意：（1）當每只電壓用到1.8伏特時，應停止使用，再行充電，否則有損毀電池的危險。（2）要用大量電流時，須用幾個蓄電池並聯使用，（3）正負極不能粗心接錯（4）不能隨便短路，即正負極不能由任何沒有電阻的導線而互相接觸。

（三）電 阻 器

這里只介紹兩種實驗室用電阻器，即滑線式變阻器與電阻箱。用電阻時要注意：（1）電阻數值（2）允許最大電流值。滑線式變阻器其構造如下圖：

A、B、C為三個接頭。AB間繞有電阻繞圈。CE間為一銅桿，D為可在銅桿上滑動的接頭，其下端與電阻繞圈接觸。常有下述二種用途：

（1）變阻器。綫路圖如下。滑動D接頭，可以變更通過負載的電流值

（2）分壓器 將變阻器固兩定接頭AB與電源正負極相接，滑動D接頭，則負載兩端的電壓，可取電源電壓中的任何數值，此裝置叫做分壓器，其綫路如上面右圖
電阻箱 它的構造如下圖所示

如圖電阻箱的塞子全部插入銅塊間的孔中，則電阻值為零。拔去某個塞子，其孔旁標出的數值表示所用的電阻值。如拔去若干個塞子，則所用的總電阻值為每一電阻值之和，用電阻箱時應注意：

(1) 實驗時應把塞子塞緊，以免增加電阻。

(2) 實驗完畢後，應把全部塞子扯鬆，輕放在孔中，以免銅塊失去彈性，塞孔日漸增大，以致日後用時不緊密。

(四) 直流電流計

通常動圈式電流計將處於磁場中的線圈裝在軸承C上的，如下圖：彈簧1,2供給反抗力

矩，G是用以調節指針的零點，電流強度的大小和方向可從刻度知道。從一般電流計只知道相對的電流強度，不可得知其絕對值，如果電流計標示出電流計常數，則可算出其絕對值，電流計一般只作檢驗電路中有無微弱電流？比較微弱電流的大小。它不作檢驗大的電流用，否則會馬上燒壞電流計，千萬注意。

附原理：當電流通過線圈時產生一力矩使線圈平面轉至與磁場方向相垂直，如果磁場是均勻的，則線圈轉動時，在不同的位置上所受到的力矩不同，因此通常的電流計中的磁場不是均勻的，而且均為法線方向，如上面右圖所示。這時線圈的平面總是和磁場平行的，線圈所受到的力

$$M = CBNAI$$

式中B為磁感應強度，N是線圈的圈數，A是線圈的面積，I是通過線圈的電流強度，C是一恒量，如果儀器是以線圈所受到的力矩的大小來決定電流強度，這時必須加一和線圈轉過的角 θ 成正比的外力矩於線圈上，即

$$M = K_0 \theta$$

式中 K_0 為一恒量，當線圈平衡不動時，外力矩和電流在磁場中產生的力矩相等

$$CBNAI = K_0 \theta$$

或
$$I = \frac{K_0}{CBNA} \theta = b\theta \quad (b \text{ 值決定於電流計的構造})$$

表明線圈轉過的角和電流強度成正比。

(五) 直流安培計

測量大的電流不用電流計而用安培計，直流安培計是將電流計裝上一分路而成，因由於並聯了一低電阻 R_s （稱為分路電阻），使電流大部分流過分路電阻，小部分流過電流計，知道 R_s 與電流計內阻 R_g 的比，再由此小部分電流數值，就可算出总的電流，直流安培計線路圖如下：

附原理 因 $i_g R_g = i_s R_s$

$$\frac{i_g}{i_s} = \frac{R_s}{R_g}$$

$$\frac{i_g}{i_g + i_s} = \frac{i_g}{i} = \frac{R_s}{R_g + R_s} = \frac{1}{n}$$

則 $i = n i_g$ ，於是電流計讀數放大了 n 倍，一般多使為10倍，100倍等值，由於

$$R_s = R_g \frac{1}{n-1} \quad \text{故 } R_s \text{ 應取 } \frac{R_g}{9}, \frac{R_g}{99}, \dots \text{等}$$

使用安培計要注意下列諸點：

- (1) 最大量度範圍。(2) 用時串聯於電路中。
- (3) 正負極要接對。(4) 讀數時要正對指針。

(六) 直流伏特計

直流伏特計是將電流計與一高電阻 R 串聯而成。按歐姆定律：

$$I = \frac{V_v}{R_v}$$

式中 $R_v = R_g + R$ ， R_g 為電

流計的內電阻， R_v 叫做伏特計內電阻 V_v 為伏特計兩端的電位差。因 R_v 為一恒量，故 I 與 V_v 成正比，由電流計知道了電流強度 I ，則電位差 V_v 可以算出來，實際上在伏特計上已直接刻出與電流 I 相應的 V_v 的數值了。

使用伏特計時所注意之點，與使用安培計相同，但是伏特計是並聯於電路中，就是接於要測量的電位差的線路的兩端，如下圖所示

(七) 万用电表的使用方法

今介绍一种可以测量电阻电流和电压的电表，常叫万用电表，其构造原理如电阻器、安培表和伏特表一样，不过复杂一些。其使用方法如下：（以南京国营教学仪器厂出品的万用电表为例）

(一) 测电阻方法：

1. 将表面旋钮转到这样的位置：旋钮上的有“ Ω ”符号的地方与旋钮外侧有刻线的地方重合。
2. 将与电表正负极相连的两支检验笔靠在一起，看指针是否转动到最右侧的上方有符号“ ∞ ”的地方停止或重合，如不重合，可旋转零點調整旋扭使之重合。
3. 正式用它來測量某一电阻箱上的所标出的电阻。

电阻箱标出值 R_0						
电表测量值 R						
误差百分比 $\frac{R-R_0}{R_0} \times 100\%$						

电阻读数应读最上一行的数值，如0, 5, 10, ..., 1K, 2K, ∞ 。

(二) 测电流强度方法

1. 本表只能测量直流电的电流强度
2. 先将表面旋钮有“毫安=”字样的地方转到扭外上方指示刻线的下面。毫安处共分

四擋，為10, 50, 250, 1000。當10與指示刻綫對準時，應讀表面最下方的數字，即0, 2, 4, 6, 8, 10毫安。當50對準指示刻綫時，應讀0, 10, 20, 30, 40, 50毫安。當250對準指示刻綫時讀0, 50, 100, 150, 200, 250毫安，當1000對準指示刻綫時讀0, 200, 400, 600, 800, 1000毫安。四擋分清後，再估計看我們須要測量的電流值而選用那一檔。

3. 正式用它來測一電路的直流電的電流強度，此電路包括一干電池，電阻箱

電阻箱的電阻值 R					
計算出的電流值 $\frac{V}{R}$		-			
電表測出的電流值 I					
誤差百分比 $\frac{I - \frac{V}{R}}{V/R} \times 100\%$					

(三) 測電壓 (或電位差) 的方法

1. 首先區別是測直流電的還是交流電的電路中某二點的電壓？如測直流電壓，先將表面旋扭有“伏特=”字樣的地方轉到指示刻綫下面。

2. 其次視我們所測的直流電壓值大致為何？而選擇用下述四擋中之一擋，即10V, 50V, 250V, 1000V。

3. 如果選用1000V這一擋，則應將極電筆插到旋扭左上方的圓孔中去。

4. 如果所測的電壓為10V以內的交流電壓，應讀紅色弧綫刻度所示的讀數。

5. 正式測量一干電池的端電壓和電燈電路上的交流電壓。

实验二 故障助寻器的制作

(目的) 熟習簡便电学仪器的制作及焊接技術，为裝制三灯机打基礎。

(仪器及材料)：电烙鉄、电源、焊錫、焊油、砂紙、C(0.05mfd紙質固定电容)、 C_1 (0.0001mfd云母固定电容)、 C_2 (0.0005mfd紙質电容)、 C_3 (0.01mfd紙質电容)、 C_4 (0.05mfd紙質电容)、 C_5 (0.1mfd紙質电容)、 C_6 (8mfd450V 电糊电容)、 C_7 (30mfd 150V电糊电容)、 R_1 (1000 Ω 10W繞綫电阻)、 R_2 (50 Ω 炭質电阻)、 R_3 (300 Ω 炭質电阻)、 R_4 (5000 Ω 炭質电阻)、 R_5 (10000 Ω 炭質电阻)、 R_6 (50000 Ω 炭質电阻)、 R_7 (250000 Ω 炭質电阻)、 R_8 (500000 Ω 炭質电阻)、 R_9 (2meg Ω 炭質电阻)、 R_{10} SW(50000 Ω 电位器連开关)、 S_1 及 S_2 (分綫器)、A(1.5V小電池)B.蜂鳴器。

(原理)：收音机常有失真、无声、交流声、叫声等故障，多数是由于一部分另件失效，此时我們可以用同样或大約差不多数值的另件并連或代替一試就可解决，但檢驗时一个个的換非常不方便，我們可将常用的备件裝在一个木匣子里作一个故障助寻器，如图1，該仪器共有3組，12这組为訊号產生器，用一个蜂鳴器來產生范围極闊的訊号，这是一

种象雜声的訊号，本身的顫动是低週率，火花是高週率，經电容器C輸出，不論12兩头接在高放，变週、檢波，低放任何一部分都有訊号注入，用来測驗那一部分失效最为便捷，譬如一具收音机无声音，灯絲和高压都正常，要找出那一部分是故障所在地就可以将2头接鉄壳，将1头触各極电子管椅極从天綫輸入处檢查一級試触，假如触在中放管有声，触变週管无声，那末故障是在变週級，非常便捷地找到故障的所級在范围。5和6是电容器組，一共七个常用的电容器，有两个是电糊式的，使用时6是負極，5是正極，如果收音机的交流声很大，将 S_1 撥向 C_6 ，6头的檢驗棒接鉄壳，将5头的檢驗棒触两个滤波电容器的正極，触在那一个的交流声沒有了就証明那一个电容器失效。如果收音机發生振盪叫声，可将 S_1 撥向 C_5 ，56兩头和中放管的椅椅旁路电容器并連，振盪立即停止也就証实这个电容器失效了。

3和4是电阻组，一共九个常用的电阻，如耳收音机失真可将 S_2 接向 R_8 ，将3 4两端和放大管的栅极电阻、屏负载电阻等并连到那一个失真消除就证明那一个电阻失效。

该仪器面板上共有三个插口。三个控制器（电位器R连开关SW， S_1 及 S_2 ）可于木匣上装一个夹子，使用小电池A时，可将小电池往夹子上一套，就能使蜂鸣器工作了。

（实验步骤）

1. 将各备件按图排好，设计木匣的大小。
2. 将木匣装钉好，并将板面按装如图II。
3. 将电烙铁插于电源上。
4. 用砂纸把要焊接的接头打光，并将焊油涂于其上。
5. 待烙铁烧热后，用烙铁头蘸焊锡将所有要焊接的接头焊好如图I。
6. 将板面装于木匣内。

（实验报告）

将自己实验经过扼要地写出实验报告。

實驗三 用交流橋路測定溶液的電阻系數

目的：利用惠斯登電橋（交流）測定NaCl的電阻系數

儀器：滑綫電橋、聲頻發生器、耳機、電阻箱、鹽水（NaCl）、氯化鉀（KCl）、盛溶液的容器、電鍵、可變電阻、電容器。

原理：惠斯登電橋綫路如圖（1），其中P, Q, R, S, G為四個電阻G為靈敏電流計，E為直流電源， K_1, K_2 為電鍵，在一般的情形下 K_1, K_2 關閉時，電流計G有電流，若適當的調節四個電阻的比值，使電流計G中的電流強度為零，而其他部份不為零，此時稱為電橋平衡。

當電橋平衡時，電流強度*i*分為兩個支流 i_R 及 i_P 各經ACB及ADB到B又會合，由於電橋此時是平衡故電流計G中無電流。流經S, Q中的電流強度為 i_S, i_Q 各等於 i_R, i_P 。

$$\text{即 } i_R = i_P \quad i_Q = i_S \dots\dots\dots (1)$$

既然 $i_G = 0$ 則CD兩點的电位相等

$$V_{AD} = V_{AO} \quad V_{CB} = V_{DB}$$

· 圖（1）

$$\text{或者 } i_P R = i_R P \quad i_Q Q = i_S S \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{由(1)和(2)式得可 } P/Q = R/S \dots\dots\dots (3)$$

四個電阻滿足公式（3）時，電橋就達到平衡。若S, P, Q. 為已知可求出R來。

本實驗是測溶液的電阻，同樣也可用惠斯登電橋法，但是測溶液的電阻時，不能用直流電源供給電流，因為直流電流能够使溶液發生極化現象而在綫路中產生電動勢、所以A, B兩點不是接到電池，而是接交流電源（聲頻發生器）另一方面為了檢驗CD路上是否有交流電流也不再用电流計而必須換用耳機，耳機中沒有聲音時表示沒有電流通過。

本實驗如圖（2）我們用1米均勻的電阻綫來代替電阻P, Q, P, Q. 的橫切面積及電阻率相同，所以電阻只與其長度成比例，故（3）式變為

$$R = S \times \frac{l_R}{l_P}$$

R為裝在U形玻璃管中的溶液的電阻，S由一精確電阻箱充任。

溶液的電阻率也服從經驗公式 $R = \rho \frac{l}{A}$ 但是容器內的溶液不能看成粗細均勻的導體，

故不能直接用公式 $R = \rho \frac{l}{A}$ 計算電阻率，計算溶液電阻率的方法通常用比較法，即把兩種

圖(2)

不同溶液盛于同一容器中量其电阻 R, R' 则

$$\frac{R'}{R} = \frac{\rho'}{\rho} \quad \text{或} \quad \rho' = \rho \cdot \frac{R'}{R}$$

若甲溶液的电阻率 ρ 为已知, 则可算出乙溶液的电阻率 ρ' 本实验以浓度为1 N的氯化钾(KCl)为标准溶液其电阻率由表上查出, 查表注意室温时 T 的数值, 因为在不同的温度下溶液的电阻率是不同的。

步骤: (1) 先用清水把U形管冲洗乾淨再用少許NaCl溶液洗之, 然后把饱和NaCl溶液盛入U形管中, 管的兩臂各画有兩条刻度, 注入溶液时应使溶液面与上面一条刻度相齐, 在管的兩端各插入一根銅电极, 电极的下端应与管壁上下面的一条刻度相齐, 电极可以接在木板上的接綫柱上, 再从接綫柱上引兩条導綫, 分別接綫电桥的2与0的銅板上。(圖2)

(2) 其他各部照圖(2)接好(电阻箱S的兩端并联一电容器)接头必須牢固, 并保持清潔, 电阻箱的插头必插紧、接完后、(电鍵不要关闭)請老师检查, 方能進行下列步骤。

(3) 拔出电阻箱的插头, 令其約为300欧姆, 把耳机接在耳朵上关电鍵K, 同时按下电鍵如果耳机中有声音 則滑动 Kg 到另一位置, 再按Kg 試試看, 直到找到听不見声音的位置时为止, 这时記下 l_a 和 l_b 的讀数根据

圖(3)

$R = S \frac{l_R}{l_S}$ 算出NaCl的电阻 (注意在滑动电键Kg时应把按钮松开, 否则极易把滑线磨坏,

同时注意在实验时不用手接触电桥及电键以及金属部分, 否则将引起杂音), 将U形管和电阻箱位置再测一次, 计算盐水的电阻, 求出两次的平均值。

(4) 将NaCl溶液倒回瓶中, 先用清水冲洗U形管次以少许KCl溶液洗之, 然后按步骤1的方法注入1N的KCl溶液按步骤(2)(3)测量其电阻两次, 取平均值, 记录室温

(5) 从表上查出1N KCl溶液在室温下的电阻率, 根据公式 $\rho_{NaCl} = \rho_{KCl} \frac{R_{NaCl}}{R_{KCl}}$ 试算

食鹽溶液在室温下的电阻率 ρ_{NaCl}

数据处理:

銅繞長度 $L =$ _____ 厘米

室 温 $t^{\circ}C =$ _____ 度

在室温下KCl溶液的电阻率 $\rho_{KCl} =$ _____ [欧姆][厘米]

KCl:

实验次数	电阻箱电阻S (欧姆)	l_R (厘米)	l_S (厘米)	R_{KCl}
1				
2				

平均 $\overline{R_{KCl}} =$ _____ 欧姆

NaCl:

实验次数	电阻箱电阻S (欧姆)	l_R (厘米)	l_S (厘米)	R_{NaCl}
1				
2				

NaCl: 电阻率 $\rho_{NaCl} = \rho_{KCl} \frac{R_{NaCl}}{R_{KCl}} =$ _____ [欧姆][厘米]

實驗四 电子管振盪器的裝置

目的:

1. 練習裝配一具哈特來振盪器。
2. 測繪頻率曲線。
3. 在運用中了解电子管振盪器的工作特性。

原理: 我們从講義中已知一个已充电而不漏电的电容器 C 和一个无电阻的电感 L 連接成为振盪电路, 此电流便在回路中發生連續不息的等幅电流, 这是最理想的情况, 但实际情况不是如此, 因为线圈 L 中有电阻, 故而在振盪线路中有能量损耗, 此时振盪成为一个减幅振盪。我們如果要保持等幅振盪, 必須供給能量, 而电子管振盪器 就能完成这一任务。

射頻振盪器的线路型式虽多, 但电子管之所以能作为振盪器, 就是利用它的放大性能, 因为放大管的栅极输入功率还小于其板极 (屏极, 陽極) 之输出功率所以我們只要設計一种线路, 可以在板极槽路的并联諧振槽路忽然激动起一瞬时振盪, 并使其輸出的一部份反饋到栅路中去 (这一部份反饋到栅极上去的电能就是保持等幅振盪所需要的电能), 那么当反饋电压足够大时, 而且板路中, 并联諧振槽路兩端的电压近于 180° 的相位差时, 反饋电压将被放大同至板路中而成为一自激式的放大器。这样我們就可以在板极槽路中获得射頻的等幅振盪。这种利用电子管裝置的振盪器就是电子管振盪器, 下圖, 就是哈特來振盪器的线路圖。

反饋到柵極上的电压由 I_g 來担任。这种振盪的諸振頻率由下式近似的來決定。

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{(I_g + L_p + 2M)C}}$$

但不穩定，容易振盪，構造簡單，這是在实际应用常採用的振盪綫路之一。

用具：接綫底板，直流电流表，电压表，波長計，霓虹灯，电子柱管（或五極功率管），抽头式綫圈，可变电容器，固定电容器，电阻。

步驟：

1. 从电子管手册上記下6V6（或6 π 1 π ，6L6，6 π 3c，6F6，6 ϕ 6等）之特性參量，并繪下它的管座接綫圖。
2. 按照上面的綫路圖焊接綫路，完成后請教師或者实验員檢查后才能進行下一步。
3. 接上电源，用霓虹灯測驗其是否已起振盪，并記下 I_p ， I_g ， E_g 之值。
4. 用波長計測繪其頻率与振盪器可变电容器 C 刻度之曲綫。
5. 用一段天綫与 L_p 交連，測量其輸出功率 $p = I^2 R$ （ R 为已知），并利用 I_p 、 E_g 之值計算輸入直流功率与輸出高频功率比較之。