

中央电视台电视教育节目用书

# 中学物理实验

王兴乃

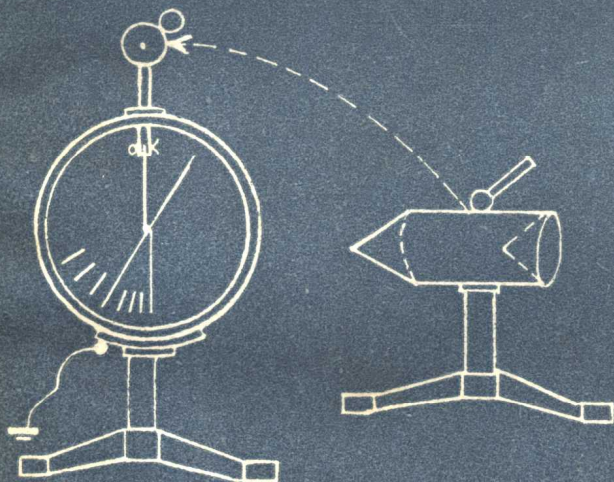
李安福

陈湘华

何振华

主编

下册



广播出版社

中央电视台电视教育节目用书

# 中学物理实验

Zhongxue Wuli Shiyan

下 册

王兴乃 李安福 主编  
陈湘华 何振华

广 播 出 版 社

# 中学物理实验

下册

王兴乃 李安福 陈湘华 何振华 主编

\*

广播出版社出版

二二〇七厂印刷

新华书店北京发行所发行

\*

787×1092毫米 32开 16.75印张 358(千)字

1984年5月第1版 1984年5月第1次印刷

印数: 1—50,000

统一书号: 7236·031 定价: 1.50元

# 前 言

物理学是一门以实验为基础的自然科学，物理学中的理论、定律都是人们通过实验总结出来的。学习物理也必须通过实验、观察、研究，才能懂得透、记得牢、用得上。

目前，有许多同志正在学习中学物理，有的是业余自学，有的是在校学习。但由于受各自条件的限制，没能或没全能看到或进行现行教学大纲中所规定的全部演示实验或分组实验，给学习带来困难，使学习质量受到影响。因此，迫切希望把中学物理的重点实验，集中地讲一讲、做一做，向大家提供一个看的机会。

中央电视台的《中学物理实验》讲座主要是为了满足这个要求举办的。讲座的教材分为上、下两册。上册介绍高中力学的部分实验，下册介绍高中电学和光学等的部分实验。其中有分组实验，也有演示实验。对每一实验所使用的仪器、实验原理、实验方法、数据处理和实验误差等，都做了较为详细的介绍和分析。其中个别部分略高于中学物理实验的要求，还增加了几个实验。

由于时间仓促与水平所限，缺点或错误谅解所难免，请读者和观众批评指正。

本书由中国教育学会物理教学研究会理事、北京市中学

物理教学研究会理事王兴乃、李安福、陈湘华、何振华主编，王庚、李伯明、刘云起、吴小千、安邦勋、高志英等共同编写。

编者

一九八三年五月

# 目 录

<b>第一章 电场</b> .....	( 1 )
<b>一、分组实验</b> .....	( 1 )
(一) 示波器的使用.....	( 1 )
(二) 用描述法画出电场中平面上的等势线.....	( 10 )
(三) 利用电容器通过高电阻放电来测电容.....	( 16 )
<b>二、演示实验</b> .....	( 26 )
(一) 摩擦起电时产生等量的正负电荷.....	( 26 )
(二) 电荷间的作用力跟距离和电量有关系.....	( 28 )
(三) 电力线谱.....	( 29 )
(四) 静电感应.....	( 31 )
(五) 静电平衡时, 净电荷只分布在导体的 外表面上.....	( 34 )
(六) 静电屏蔽.....	( 35 )
(七) 平行板电容器的电容跟哪些因素有关.....	( 38 )
<b>第二章 稳恒电流</b> .....	( 41 )
<b>一、分组实验</b> .....	( 41 )
(一) 用电流表和电压表测电池的电动势 和内电阻.....	( 41 )
(二) 研究电源的输出功率.....	( 48 )
(三) 把电流表改装为伏特表.....	( 60 )
(四) 用惠斯通电桥测电阻.....	( 67 )

二、演示实验	(73)
(一) 闭合电路的欧姆定律	(73)
(二) 电池的串联和并联	(76)
(三) 路端电压跟外电路的电阻有关系	(82)
(四) 欧姆表的原理	(83)
(五) 用电势差计测电池的电动势	(89)
<b>第三章 物质的导电性</b>	(93)
一、分组实验	(93)
测定铜的电化当量	(93)
二、演示实验	(99)
(一) 液体导电中离子的运动	(99)
(二) 气体中的被激导电	(101)
(三) 稀薄气体中的辉光放电	(102)
(四) 阴极射线管的构造和作用	(107)
<b>第四章 磁场</b>	(111)
演示实验	(111)
(一) 磁感应强度	(111)
(二) 研究直线电流磁场中的磁感应强度	(116)
(三) 带电粒子在磁场中运动时的偏转	(120)
(四) 电子束在匀强磁场中作圆周运动	(121)
<b>第五章 电磁感应</b>	(129)
演示实验	(129)
一、电磁感应现象	(129)
二、楞次定律	(139)
三、自感现象	(140)
四、涡流	(144)

<b>第六章 交流电</b> .....	(147)
<b>一、分组实验</b> .....	(147)
(一) 用示波器观察交流电的波形.....	(147)
(二) 研究交流电路中的感抗和容抗.....	(156)
(三) 安装变压器模型并研究它的工作原理.....	(172)
<b>二、演示实验</b> .....	(185)
(一) 交流电的变化规律.....	(185)
(二) 交流电的峰—峰值, 最大值和有效 值间的关系 .....	(188)
(三) 交流电的相差.....	(189)
(四) 电阻对交流电的作用.....	(193)
(五) 电感对交流电的作用.....	(200)
(六) 电容对交流电的作用.....	(220)
(七) 具有电阻、电感和电容的交流电路.....	(237)
(八) 交流电的功率.....	(255)
(九) 变压器.....	(263)
(十) 三相交流电.....	(291)
(十一) 旋转磁场.....	(299)
(十二) 感应电动机.....	(301)
<b>第七章 电磁振荡和电磁波</b> .....	(303)
<b>一、分组实验</b> .....	(303)
安装简单的收音机.....	(303)
<b>二、演示实验</b> .....	(307)
(一) 用示波器观察振荡电路中的电磁振荡.....	(307)
(二) 用示波器观察电磁振荡的周期跟电 容和自感系数的关系.....	(311)



(三) 电磁波的发射和接收以及电谐振和调谐·····	(314)
(四) 电磁波的调制和检波·····	(320)
(五) 简单收音机的构造和工作原理·····	(331)
<b>第八章 电子技术基础</b> ·····	(337)
一、分组实验·····	(337)
研究整流滤波电路·····	(337)
二、演示实验·····	(341)
(一) 半导体的热敏特性·····	(341)
(二) 半导体的光敏特性·····	(355)
(三) 晶体二极管·····	(380)
(四) 滤波·····	(403)
(五) 晶体三极管·····	(413)
(六) 超外差式晶体管收音机·····	(436)
(七) 电子管·····	(444)
<b>第九章 光的本性</b> ·····	(456)
一、分组实验·····	(456)
利用双缝干涉测定光波的波长·····	(456)
二、演示实验·····	(465)
(一) 光的干涉现象·····	(465)
(二) 光的衍射现象·····	(477)
(三) 光的偏振现象·····	(487)
(四) 光电效应·····	(494)
(五) 光电管的应用·····	(498)
<b>[附录]</b> ·····	(500)
一、J 2458 型教学示波器·····	(500)
二、J 2460 型及 J 2460-1 型电子开关·····	(509)
三、JDC 1 型可调内阻电池·····	(519)

# 第一章

## 电 场

### 一、分组实验

#### (一) 示波器的使用

##### 实验装置

将 J 2459 型学生示波器接上电源。备好屏蔽引线、直流伏特计(J0408 型或 J 0408-1 型)、学生电源(J 1202 型或 J 0202-1 型)、滑动变阻器(J 2354-1 型:  $50 \Omega$ 、1.5 A)、单刀开关(J 2352 型)、导线等。

J 2459 型学生示波器, 为专供中学分组实验使用的示波器。是按照教育部标准“JY 4-78 学生示波器技术条件(试行)”设计制造。它的外形和面板控制器安排如图 1-1 所示。

##### 实验原理

示波器的显示部分是示波管, 图 1-2 为其内部结构示意图。它主要由电子枪、偏转板、荧光屏三部分组成。

电子枪的作用是发射出高速运动、直径很细的电子射线(又称电子束)。它由灯丝  $F$ 、阴极  $K$ 、控制栅极  $G$ 、第一阳极  $A_1$  (又称加速阳极)、第二阳极  $A_2$  (又称聚焦阳极)、第三阳极  $A_3$  等部分组成。

偏转板是两对平行金属板。靠近电子枪的一对是垂直偏转板(又称 Y 偏转板)  $D_3$ 、 $D_4$ , 另一对是水平偏转板(又称 X

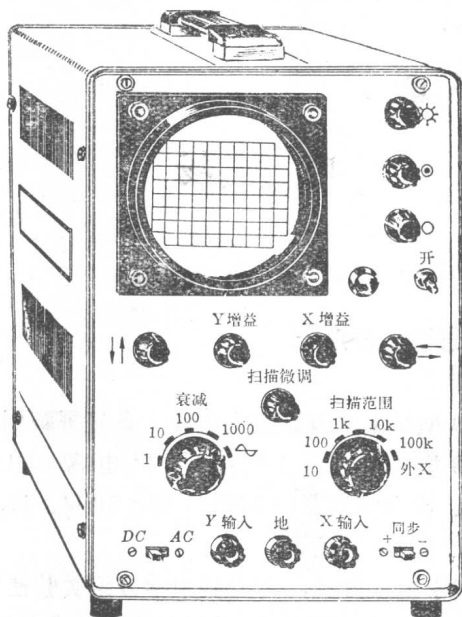


图 1-1

偏转板) $D_1$ 、 $D_2$ 。两对偏转板互相垂直安装，使电子射线按其上加电压变化规律实现上下、左右偏转。

荧光屏是由示波管的玻璃底壁涂上荧光剂制成的。电子射线轰击荧光剂涂层使它发光，就呈现出亮点或亮线。

图 1-3 表示给偏转板加上不同直流电压时，荧光屏上光点变化的情况。当两对偏转板均无外加电压时，电子射线不受偏转板的影响，沿直线运动打到荧光屏的中间，亮点出现在荧光屏的中央，如 1-3 (甲)所示。当偏转板加上不同直流

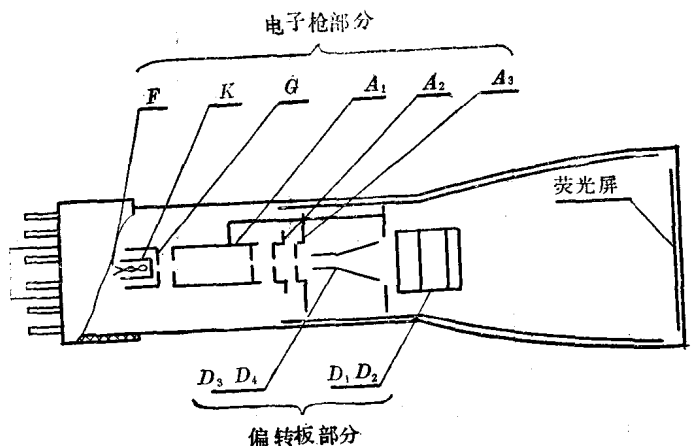


图 1-2

电压时，光点就出现在荧光屏的不同方位，见图 1-3 (乙) (丙) (丁)。

除了显示部分以外，在示波器中还有用于放大被测量电压信号的垂直(Y轴)放大器、水平(X轴)放大器、扫描发生器和电源等。

### 实验方法

#### (1) 了解面板上各控制器的名称和作用

“开”是电源开关，用它接通或断开电源。当把它扳向“开”时，电源接通，指示灯亮，经预热 3~5 分钟，即可工作。

“⊙”旋钮是辉度调节电位器，也叫亮度控制旋钮。用它来控制荧光屏上光点的亮度。顺时针方向旋转时，亮度增加，

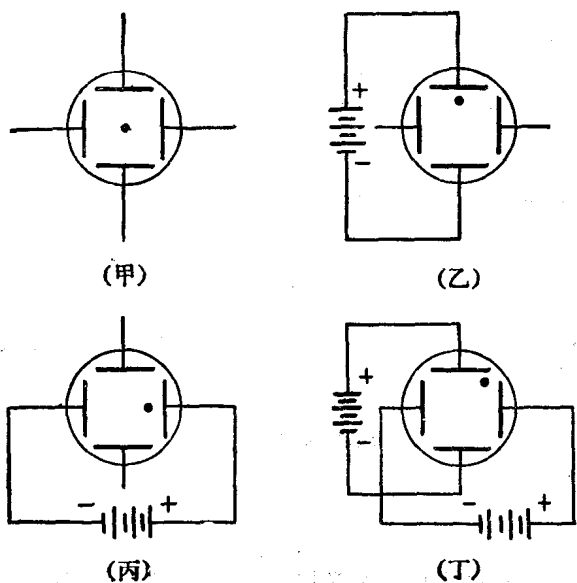


图 1-3

反时针方向旋转，亮度减弱。

“ $\odot$ ”旋钮是聚焦调节电位器。调节它可以使电子射线恰好聚焦在荧光屏上，形成一个明亮清晰的小圆点。调节聚焦时，应将“Y轴衰减”和“扫描范围”旋钮分别置于“1000”和“外X”挡，并将“X增益”旋钮逆时针方向转到底。

“ $\circ$ ”旋钮是辅助聚焦调节电位器。它通常与聚焦旋钮配合使用。

“ $\downarrow$ ”旋钮是Y轴位移电位器，用它调节光点在荧光屏垂直方向上的位置。顺时针方向旋转，光点向上移动；反时针方向旋转，光点向下移动。

“ $\leftrightarrow$ ”旋钮是X轴位移电位器，用它调节光点在荧光屏水平方向上的位置。顺时针方向旋转，光点向右移动；反时针方向旋转，光点向左移动。

“Y输入”和“地”接线柱是示波器Y轴系统的输入端。被观察和测量的信号电压从这里输送到Y轴放大器里。

“AC、DC”是Y轴输入耦合开关。置于“AC”时，输入信号经耦合电容输送到Y轴放大器，隔绝了信号中的直流成分，使屏幕上显示的波形，不受直流电压的影响，适用于观察纯交流信号；置于“DC”位置时，输入信号直接送到Y轴放大器里，适于观测低频以及含有直流分量的信号。

“Y轴衰减”旋钮。它的作用是衰减输入信号电压，以便在荧光屏上得到大小适中的信号图形。根据输入信号的大小，扳动选择开关，可使输入到Y轴放大器的实际电压分别为“Y输入”接线柱上所加信号电压的1/10、1/100、1/1000。开关置“1”挡时，输入到Y轴放大器的实际电压，与“Y输入”接线柱上所加信号电压一致。

当这个开关扳在“校准”挡时，荧光屏可显示一个幅度为250 mV的正弦波图形，以此来检验示波器工作是否正常以及做测量时的增益校准等。

“Y增益”旋钮的作用是连续改变Y轴放大器的电压放大倍数，使在荧光屏垂直方向得到大小适当的信号图形。

“扫描范围”旋钮的作用是选择电子射线在水平方向扫描的频率。当置于“外接”档时，扫描停止。可由“X输入”接线柱送入被观测的信号，并在荧光屏水平方向上得到显示。

“扫描微调”旋钮的作用是微调扫描频率以达到稳定波形的目的。

“X输入”和“地”接线柱是X轴系统的输入端，只有当“扫描范围”旋钮置于“外X”挡时，才能使用。

“X增益”旋钮，用它来连续改变水平放大器的输入信号电压，以控制水平方向迹线的长度。

“同步”是同步极性选择开关。置于“+”时，扫描电压是由被测信号的正半周同步；置于“-”时，由被测信号的负半周同步。

### (2) 使用前的调整步骤

首先把面板上各控制器或开关等，按表 1-1 所列的位置放好。

表 1-1

控制器或开关	放置位置	控制器或开关	放置位置
※	逆时针方向转到底	Y输入、地接线柱	不接
⊙	居中	X增益	逆时针方向转到底
○	居中	扫描范围	外X
↓	居中	扫描微调	任意
↔	居中	同步开关	任意
Y轴输入耦合开关	DC或AC	X输入、地接线柱	不接
衰减	1000	电源开关	扳向下方
Y增益	逆时针方向转到底		

然后，将电源开关扳向“开”，即接通电源，指示灯发光。过 3~5 分钟待示波器进入工作状态后，顺时针方向转动辉度控制旋钮，使荧光屏上出现一个亮度适当的光点。再缓慢地分别调节位移、聚焦和辅助聚焦等旋钮，使光点位于荧光屏的中心，并且最小、最清晰，这样示波器就调整好了。

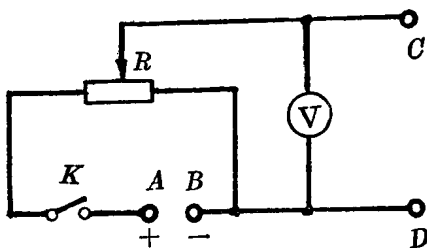


图 1-4

### (3) 研究光点偏移距离跟输入电压的关系

按图 1-4 所示接好电路。 $R$  为滑动变阻器。 $V$  为直流伏特计,用 0-3 V 量程。电路的  $A$ 、 $B$  端接学生电源的“稳压”输出接线柱上,电压为直流 6 V。从示波器的“Y 输入”、“地”接线柱引出屏蔽线,分别接于电路的  $C$ 、 $D$  端。示波器的 Y 轴输入耦合开关置于“DC”挡,衰减旋钮扳在“10”挡, Y 增益旋钮顺时针方向转到底。把变阻器滑动触头先移至图 1-4 所示的最右方,再接通开关  $K$ ,并缓慢向左移动滑动触头,使其输出的正极性电压由零增大,这时可看到荧光屏上的光点由中心逐渐垂直上移,输入到示波器的直流电压越高,光点上移的距离越大。当直流伏特计指示的电压值为 0.5 V、1 V、1.5 V 和 2 V 时,光点恰好正上移到 1 格、2 格、3 格和 4 格处,这表明光点偏移的距离跟输入电压是成正比的。将变阻器的滑动触头移至最右方,光点又回到荧光屏的中心。然后把电源跟电路  $A$ 、 $B$  端的连线对调一下,使输入到示波器的为负极性电压,重新进行实验,则光点是向荧光屏的下方移动,电压越高移动距离就越大,也可以看出两者是成正比的。



若将扫描范围旋钮扳在“100—1 K”Hz、“1 K—10 K”Hz等挡，适当调节X增益旋钮，使荧光屏上呈现一条水平的亮线，重复上述实验，也可以得到同样的结果。

#### (4) 测量直流电压

示波器荧光屏上光点垂直方向偏移的距离与输入电压成正比，因而示波器输入灵敏度经校准后，就可用以测量电压。J 2459型学生示波器在生产时已校准为50 mV/格，误差小于10%，因而用来测量电压极为方便。

测量时，将示波器Y增益旋钮顺时针方向转到底，Y轴输入耦合开关置“DC”位置，“Y输入”、“地”接线柱暂时短路连接，调出水平亮线，并把此亮线调到座标刻度盘的正中，此位置定为零电位。然后去掉短路，将被测电压接入，亮线即偏移一段距离，如偏移的格数为 $n$ ，则被测电压值可用下面的公式算出。

$$U = 50 n A mV$$

$A$ 为衰减倍率，分别为1、10、100、1000，应根据衰减旋钮所在的挡位读出。

如亮线上移2.2格(如图1-5所示)，则表示被测直流电压为正极性。衰减旋钮置“10”挡，此电压的量值为：

$$U = 50 n A = 50 \cdot 2.2 \cdot 10 = 1100 \text{ mV} = 1.1 \text{ V}$$

测量时，也可用亮点来显示，这时只要将X增益旋钮逆时针方向转到底即可。但应注意，此时辉度旋钮位置要适当，不要把亮点调得太亮，以免烧坏荧光屏。

当不知道被测量电压的大致范围时，先将衰减旋钮放到“1000”，若亮线或亮点没有偏移或偏移太小，则再将衰减旋钮扳到“100”、“10”或“1”挡。确定使用挡位后，应再校准一次