

G633.7/145

中学物理实验研究和改进

王文藻 周南高 著



重庆出版社

中学物理实验研究和改进

王文藻 周南高 著

重 庆 出 版 社

1988年·

责任编辑：黄 坚 石琼生

封面设计：费晓瑜

王文藻 周南高 著

中学物理实验研究和改进

重庆出版社出版、发行（重庆长江二路205号）

新华书店经销 南充报社印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张5.25 字数107千

1988年4月第一版 1988年4月第一版第一次印刷

印数1—1,100

ISBN 7-5366-0287-1

G · 146

定价：1.05元

前 言

物理实验是物理学的基础，也是物理教学的基础。物理学史和物理教学实践告诉我们：不加强这个基础，物理学就不能发展，教学质量就不能提高！

那末，应该怎样加强中学物理教学的这个基础呢？我们的意见有三：一是要继承现行中学物理课本中的那些原理突出、效果明显的好实验；二是要不断改进那些原理不突出、效果也不好的实验；三是要在继承和改进的基础上创造出一些原理和效果都比原有实验更好的新实验。只有这样，才能实验不断充实，不断发展，得到加强。

本书向读者所介绍的二十七个改进和创新实验，大多数都是现行中学物理课本中的重难点实验。其中，有的实验曾在全国或省、市的教仪评比中获过奖，有的或在一些物理刊物上发表过，还有的已被一些教仪厂引进进行成批生产。由于它们都具有原理突出，效果明显，结构简单，操作方便，花钱不多，自制不难的优点，因此得到了不少物理实验专家的好评和推荐。我们合著并推出此书的目的，是为了抛砖引玉，希望把众多物理教师在实验上的研究成果引出来，以推动我国中学物理实验的进一步发展和促进我国中学物理教学质量的更大提高。当然也希望我们所介绍的东西对我国广大

中学物理教师和物理实验员的工作有所帮助。若能如愿以尝，我们将感到无比欣慰。

本书中的一些实验研究和改进工作，曾经得到纪学亭、王松年、袁克众等老师的大力支持和帮助，在此特向他们表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限，缺点错误在所难免。欢迎广大读者批评指正。

作者一九八六年十二月二十日晚

写于四川省高等教育学术交流中心

目 录

一、DLL-2 型电火花留迹仪系列装置	(1)
二、对牛顿第二定律实验的改进	(25)
三、电动向心力演示器	(31)
四、超重失重演示器	(44)
五、射程与抛射角、初速度关系演示器	(48)
六、对弹性碰撞实验的改进	(53)
七、波动演示器	(58)
八、对浮力实验的改进	(62)
九、托里拆利实验装置的改进	(69)
十、说明匀速圆周运动的投影是简谐振动的演示器	(72)
十一、简谐振动图象描述仪	(76)
十二、气垫导轨电火花留迹实验	(78)
十三、对压强实验的改进	(84)
十四、对受迫振动演示器的改进	(88)
十五、对弹簧秤的改进	(90)
十六、焦耳定律演示器	(93)
十七、闭合电路欧姆定律验证仪	(97)
十八、对通电导线相互作用实验的改进	

——兼谈改进教学仪器的思路.....	(102)
十九、水压、电压比拟装置.....	(111)
二十、LC振荡演示仪.....	(115)
二十一、电磁波的发射和接收简易实验装置.....	(119)
二十二、整流滤波示教板.....	(123)
二十三、一组电磁实验装置.....	(126)
二十四、几个简单易行的静电实验.....	(141)
二十五、初二物理序言中的光学实验.....	(146)
二十六、简易平行强光源.....	(150)
二十七、怎样做好钠的吸收光谱实验.....	(152)

一、DLL-2型电火花留迹仪系列装置

(一) 引言

电火花留迹应用于教学实验，为时已久。但长期以来，功能单一，留迹不太清晰，成功率低，实验效果欠佳，且仪器结构复杂，操作不便，故大有改进的必要。DLL-2型电火花留迹仪系列，就是针对上述问题研制成的新型物理仪器。

1. DLL-2型电火花留迹仪系列* 包括：自由落体运动留迹仪；水平直线匀速和加速运动留迹仪；平抛和斜抛运动留迹仪；竖直面圆运动及抛体运动留迹仪；水平面圆运动留迹仪；单摆及简谐振动图象留迹仪等六套仪器。

2. 电火花留迹仪系列的优点 这些仪器虽不及采用频闪摄影技术记录运动体每一时刻所在空间位置的精确度高，但它在中学物理实验中已能基本代替频闪摄影的作用，又因它的结构简单，造价低廉，且能立见结果，又能进行投影放大，增大可见度，因此，其优点远远大于频闪摄影。所以有很大的实用价值。

3. 电火花留迹的基本原理

电火花留迹的基本原理是：运动体（金属球、金属圆环

* 本系列装置，曾获1986年国家教委普教理科优秀教学仪器研究成果三等奖，并即将批量生产。

或特制的尖端等)在两高压电极间作各种运动,利用50赫兹交流电半波峰值放电,等时击穿夹在极板间的实验用纸(薄一点的普通书写用白纸即可)而实现质点二维运动的留迹。这种留迹准确而直观。实验时,可从电极间直接观察到各种运动的轨迹,即一系列明亮的电火花点。它和实验用纸上留下的一系列电火花孔迹是一一对应的,即1:1的实际记录。如果将记录纸放于投影仪上,作适当倍数的放大显示,便可使全班学生都看得清楚(此时的实验用纸,最好采用卷烟的平板纸,取其易燃性好,火花孔迹较大,投影成像更清晰)。

4. 自制电火花留迹的关键

自制电火花留迹的关键是要解决好高压电源的问题。目前已见到的几种高压电源,功率都较小,直接留迹的可见度极差,且造价高,元件易损,常出故障,不宜与本留迹仪系列配套。本留迹仪系列采用的高压电源有以下两种:

(1) 感应圈高压电源

即利用实验室的现存高压感应圈,把感应圈作升压器用。为此,将感应圈的断续器及开关均接通,初级供以24V交流市电,变压器功率在40—50W之间均可,并以三掷开关与直流6V电磁铁电源相接,高压端串联一约10KV的电视机上

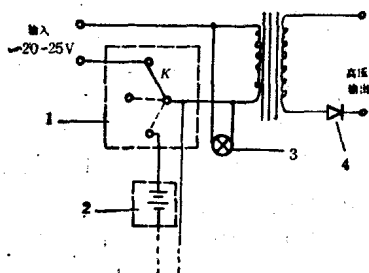


图 1-1 高压电源接线图

- | | |
|---------|----------|
| 1. 三掷开关 | 2. 电磁铁电源 |
| 3. 指示灯 | 4. 高压硅柱 |

所用的高压硅柱,如图1-1。这样,正弦半波放电时间间隔为0.02秒。为保证安全,在感应圈之初级上并联一指示灯,指示灯亮,即表示高压已接通,手勿触及仪器极板。

(2) DLL-2型电火花留迹仪系列专用高压电源。

利用高压感应圈,可充分发挥已有设备的作用,减少仪器经费的开支。但感应圈的体积和重量都较大,再加上低压变压器和直流电源,就显得笨重而庞大。临时接开关及连接电路也不方便,况且有些学校尚没有感应圈,所以,设计专用电源实属必要。

现已研制成功了专用高压电源,并且使用情况良好,其制法如下:

取适当长、宽和叠厚的条形硅钢片作铁芯,参照制作变压器的常规算法,制成功率约40W的升压器,高压约7千伏,呈一直径和长度适当的圆柱体。这种专用电源具有体积小,重量轻,造价低,火花留迹清晰的优点,同时普通书写纸留迹孔径约0.5mm,平板卷烟纸留迹孔径可达0.7mm,直接观察清晰可辨,投影演示效果特好。

这种形式的升压器,不受铁芯形状的限制,容易绕制。但必须注意极间和层间应有良好的绝缘。高压绕组,最好分为两组串联,以减小层间电压和防止极间放电。

升压器制成后,外皮应包良好的绝缘纸。将升压器与串联的四节二号干电池同装于一个扁平的长方形盒内,干电池用以给仪器上的电磁铁供电。这样,使用时十分方便。安全指示灯、转向开关及高压硅柱的接法参考图1-1。

要特别说明的是,此电流与本留迹仪配套使用,只适于

瞬间放电，否则，时间稍长将发热甚至烧坏。不过作本火花留迹仪系列装置的各项实验，尽可连续进行，既不会烧坏，也十分可靠。

（二）电火花留迹仪系列装置分类

按各套留迹仪的不同用途、特点、结构及操作的顺序，分述于后：

1. 自由落体运动留迹仪

（1）用途：

作自由落体运动留迹实验，求 g 值及验证机械能守恒定律。教师演示和学生分组实验通用。

（2）特点及效果：

结构简单：基本元件只是平行拉紧的两条不锈钢片，造价只需数元。计时和减少摩擦，均优于电磁打点计时器及其他所有以电机带动的划线和喷点计时器。

操作十分方便：扳动一下电源开关，实验就可完成。如果利用投影放大，演示效果十分明显。例如放大10倍，全班学生都可看得非常清楚，从投影屏上用米尺直接量出位移，师生共同分析运动规律，通过计算，求出 g 值。

用此仪器的实验留迹，验证机械能守恒定律，也比课本上用打点计时器做此实验的效果好，主要是实验成功率高，效果明显和误差较小。

（3）结构、数据：

如图1-2，在三脚底座上装一竖直支板，支板顶端装有电磁铁，吸住一钢球。两条不锈钢片，由四个紧固螺钉两两平行，拉紧于支板上，为两高压极板，通过高压接线与电源高压端

相接。支板下端有接球线网，用以接住下落的钢球。在支板上端任一紧固螺钉上系一重锤，调节三脚底座上之调节螺钉，使重垂线与高压极板平行，以保证钢球沿两高压极板间自由下落。两极板间的距离略大于钢球的直径，以不影响钢球自由下落为准。

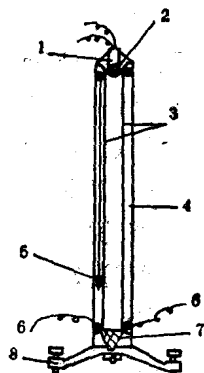


图 1-2 自由落体运动留迹仪

- | | | |
|---------|---------|---------|
| 1. 电磁铁 | 2. 钢球 | 3. 高压极板 |
| 4. 竖直支板 | 5. 重锤 | 6. 高压接线 |
| 7. 线网 | 8. 三脚底座 | |

制作具体数据如下：

a、竖直支板：硬质木料，约 $50 \times 4.5 \times 1.5\text{cm}$ ，下端背面固定一丝头铁柱，插于三脚底座中间之孔内，用螺母紧固。

b、高压极板及钢球：厚约 0.25mm 、宽约 6mm 的平整的不锈钢片，两端退火，退火长度约 20mm ，距端部约 5mm 之中部，钻 2mm 圆孔，用以分别挂于紧固螺钉中部 $\phi 2\text{mm}$ 的凸钉上被拉紧。

两极板间距离，约大于钢球直径 1mm ，则极板与钢球间的放电距离为 0.5mm 。由于放电距离极小，所以放电时的火花漂移极小，对实验的精度影响也极小。

本仪器采用的钢球，为 $\phi 19.05\text{mm}$ 的标准件，各地机电公司有售。其他几套留迹仪所用钢球均同。若买不到这种钢球，其他规格的钢球均可。只要相应改变一下极板间的距离就行了。

c、紧固螺钉及其与木板的固定：

6×40mm的六角头机螺钉，丝长约18mm，在无丝段中部钻2mm圆孔，装一 $\phi 2$ mm的凸钉，用以挂不锈钢片。木板上下适当位置钻 $\phi 5.5$ mm圆孔将紧固螺钉用力拧进去。这样，可保证拉紧不锈钢片而不歪斜松动。

d、电磁铁：以 $\phi 0.24$ mm的漆包线，在 $\phi 5$ mm的圆凹头软铁机螺钉上绕约400匝，直流6V，这样，可以稳妥吸住钢球。其他几套留迹仪所用电磁铁均同。

(4) 操作：

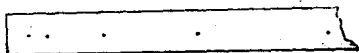
a、调节三脚底座上的调节螺钉，以重垂线为准，使不锈钢片（两高压极板）竖直平行。

b、将纸带沿极板平面铺平拉紧，纸带两端用手在紧固螺钉之凸钉处及极板弯端轻轻捏一下，即可固定住。纸带平铺于任一极板均可。若在两极板上各铺一条纸带，则一次实验可得到基本相同的两条留迹纸带。

纸带应比极板略宽、略长，并勿使纸带有折叠痕迹，以免擦阻钢球下落，影响实验结果。

c、将电源与仪器接好。高压端的两条导线，应分开适当距离，以鳄鱼夹夹住两极板下端之紧固螺钉上。将电磁铁电源接通，并将开关扳向低压，电磁铁吸住钢球。

d、测定 g 值，速将开关扳向高压，以使在极短的瞬间断开低压，接通高压。这样可以认为钢球的自由下落和高压的放电是同时开始的。在钢球下落的过程中，在两极板间可看见一系列明亮的高压放电火花点。正是这些高压放电火花把纸带烧穿，并在纸带上留下一系列孔



迹如图1-3。

图1-3 自由落体运动火花留迹示意图

钢球落下后，立即将开关扳向关的位置（或另装一碰撞开关，使钢球落到底时，碰撞开关，自动切断电源），取下纸带，观察、分析留迹规律和计算实验结果。计算 g 值时，以每两个火花孔迹为一次位移较好，则每一次位移所经过的时间 $t=0.04$ 秒。

下面是一组用此仪器实验所得的数据：

位移编号	位移长度 s (cm)	后一次位移减去前一位移的长度 Δs (cm) 次
1	2.36	
2	3.90	1.54
3	5.45	1.55
4	6.95	1.50
5	8.55	1.60
6	10.17	1.62

Δs 的平均值为1.562cm

$$g = \frac{\Delta s}{t^2} = \frac{1.562}{(0.04)^2} = 976.25 \text{ (cm/s}^2\text{)}$$

e、验证机械能守恒定律：

根据以上纸带的火花留迹，确定第一个孔迹为 O 点，另外，例如定第6、8、10三个孔迹为 A 、 B 、 C 三点，量出相邻两点间的位移 S_{AB} 、 S_{BC} 。根据 $V_B = \frac{S_{BA} + S_{BC}}{2t}$ ，便可求出钢球下落到 B 点时的即时速度 V_B ，于是可求出钢球下落

到B点时增加的动能 $\frac{1}{2}mV_B^2$ ，钢球下落到B点时势能的减少，等于B点到O点的高度 h_B 乘以钢球的质量 m 及当地的 g 值，即 mgh_B 。用此仪器，很容易得到： $mgh_B \approx \frac{1}{2}mV_B^2$ ，使机械能守恒定律得到很好地验证。

2. 水平匀速和匀加速直线运动留迹仪

(1) 用途：

作各种水平直线运动留迹实验及验证牛顿第二定律之用。

(2) 特点：

操作方便，结构简单，造价低廉。由于等时留迹，可定量演示各种水平匀速直线运动留迹实验，及各种匀加速直线运动留迹实验。因为留迹可通过幻灯机投影放大，故可供师生在课堂上共同分析运动规律并计算 V 值和 a 值。用这套仪器系统误差小，所以验证牛顿第二定律比较准确。

(3) 结构、数据：

如图1-4，在支架上方，横向安装一竖直极板，与竖直极板成 90° 安装一水平极板，两者导电部分分离约5mm，分别以导线与底座上的接线柱相接。铜丝圆圈两对称点有小环，分别以细尼龙丝拴绕，过小滑轮分别

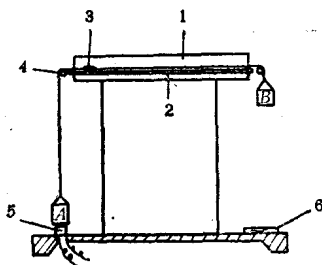


图 1-4 匀速运动、匀加速运动留迹仪

- | | |
|---------|---------|
| 1. 竖极板 | 2. 水平极板 |
| 3. 铜丝圆环 | 4. 滑轮 |
| 5. 电磁铁 | 6. 软垫 |

与小桶A、B相接。桶内装有质量适当的大小不等的专用砝码；另外还有一对质量相等而总质量等于铜丝圆圈、小桶及桶内砝码的专用砝码，以备作质量增加一倍时，求其加速度值专用。支架底座上有电磁铁及软垫，用以吸住桶A和托住下落的桶B。

制作具体数据如下：

支架高约40cm。竖直极板为一块 35×3 cm平整而不易变形的绝缘板，下中部粘以 33×1 cm的平整铜箔片，上部安有松紧带（夹实验纸），两端用螺钉固定在支架上，如图1-5。水平极板是在一块 33×1 cm的平整绝缘板上粘以相同大小的平整铜箔片而成，两端有弹簧卡，卡于水平支架上（或用螺钉固定在水平支架上）。

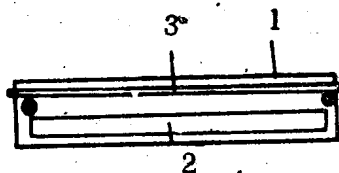


图1-5 竖极板

1. 绝缘板 2. 铜箔片 3. 松紧带

铜丝圆圈以 $\phi 2$ mm的铜丝，制成 ϕ 为20mm的圆圈，在圆圈外沿的两对称点上各焊一小环。使圆圈在平板上滑动。铜丝圆圈外沿距竖极板约0.5mm。

滑轮的半径约10mm为宜，质量越小越好，转动要灵活，以减小实验的误差。

需特别指出的是，本实验的研究对象包括铜丝圆圈，小桶A、B及其内装砝码所构成的整体而以铜丝圆圈为整体运动的标志。

（4）操作：

a、在竖极板平面上，穿过松紧带，夹一张较极板宽度

略小的实验用纸。

b、先使两桶质量相等处于平衡状态，并由A桶取出一个适当的小砝码投入B桶以抵消摩擦，达到轻提一下A桶，A桶就能向上，B桶向下，而圆圈则相应地自左向右做匀速运动。

c、将A桶拉于电磁铁处，但此时尚不必吸住A桶，所以只接通高压，并立即向上轻提一下A桶，松手，则铜丝圆圈向右以某一速度做匀速运动（速度的大小，取决于提A桶所用力的的大小），并向竖极板等时放电，实验纸上留下一系列等距离的火花孔迹。如图1—6之a、b。待B桶运动到底座软垫，立即将开关扳向关，切断高压电流。然后再分析纸带上的孔迹，便可知道运动物体是做的匀速直线运动。

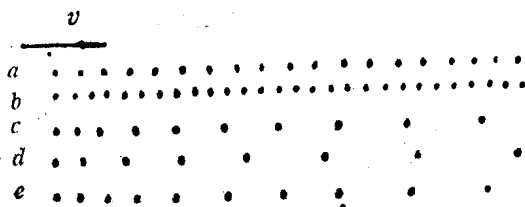


图 1-6 水平直线匀速、匀加速运动留迹示意图

d、将实验纸竖直上提约1cm，由A桶取出砝码 F 克，放入B桶中，这样整体质量仍保持不变，却获得了 $2F$ 克使运动物体产生加速度的合外力。将A桶拉回至电磁铁处，并将开关扳至低压，吸住A桶。接着迅速将开关由低压扳向高压，则圆圈自左向右做加速运动，高压同时放电，在实验纸上留下一系列加速运动的火花孔迹，如图1-6之c。同时注意即