

中学物理实验集  
ZHONGXUE WULISHIYANJIN



7-33

上海教育出版社

# 中 学 物 理 实 验 集 锦

《中学物理实验集锦》编写组编

上 海 教 育 出 版 社

**中学物理实验集锦**

《中学物理实验集锦》编写组编

上海教育出版社出版

(上海永福路 123 号)

新华书店上海发行所发行 江苏太仓印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 3 字数 63,000

1984 年 6 月第 1 版 1984 年 6 月第 1 次印刷

印数 1—48,500 本

统一书号: 7150·3139 定价: 0.26 元

## 前 言

物理是一门实验科学。加强实验是提高物理教学质量的重要一环。

广大物理教师为了搞好实验教学,研制、改进了大量的教具,其中部分优秀教具曾在一九八一年上海市召开的《中学物理自制教具展览会》上展出。今应广大物理教师的要求,从展品中选出部分教具汇编成册,以供交流。

全书由丁根龙,严洪,许卓逊三人统稿。

由于这些教具还有不完善之处,编者水平也有限,错误和不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

1982. 6

## 目 录

- 一、频闪摄影装置……………严 洪 朱德生等 (1)
- 二、电火花记迹仪……………新中中学物理组 (6)
- 三、砂摆……………张镇海 姚成兴 (12)
- 四、平抛运动演示仪……………王祖善 何丹明 (16)
- 五、电磁打点计时器的制作……………戴井清 (20)
- 六、向心力演示仪……………王世谊 (24)
- 七、车对凹、凸形桥的压力演示装置  
……………王振文 孙妙根 林宝山 (28)
- 八、多功能振动演示器……………管宜振 濮守德 (31)
- 九、纵波演示器简介……………陈崇法 (41)
- 一〇、运动的合成演示仪……………王世谊 (44)
- 一一、汽车液压刹车原理示教仪……………李守仁 (49)
- 一二、向心力演示器……………沈 建 (52)
- 一三、高灵敏示教电表……………姜天敬 (57)
- 一四、三相交流电演示器……………袁信德 (62)
- 一五、用托盘天平改装的电流天平……………周吉祥 (68)
- 一六、电磁波辐射演示器……………徐 进 (72)
- 一七、激光光路显示器……………欧伯行 (75)
- 一八、单、双狭缝片……………鞍山中学物理组 (81)
- 一九、光的衍射、干涉、偏振现象观察器……………汪 亮 (82)
- 二〇、眼睛调节模型……………胡艇安 徐冠军 (85)
- 二一、眼睛光路演示器……………王泰俊 张静可 (87)

# 一、频闪摄影装置

延安中学 严 洪 朱德生等

## 【用途】

频闪摄影装置用来拍摄频闪照片。频闪照片可配合运动学、动力学等内容的教学，对物体的运动状况、运动规律作定性和定量的分析、研究之用。

## 【原理】

要实现频闪摄影，只要使相机在开启快门的一段时间内，采用间断遮光的方法或者频闪光源，间断地进行曝光，把运动体在每隔一定时间的各个位置上的形象逐一拍摄在同一张底片上。

用间断遮光的方法，只要把相机置于开有窗口的转盘后面，因为转盘是匀速旋转的，只有在窗口对准镜头的瞬间才能使相机中的胶卷曝光，所以物体的运动虽然是连续的，但所拍摄的却是每隔一定时间的、在不同位置上的一个个物体的瞬时形象。

## 【结构和制作】

下面只介绍用频闪光源作频闪摄影的方法，有关间断遮光的方法可参阅《物理教学》1979年第1辑。

### 1. 频闪灯及其工作电路

频闪光源要用频闪灯，我们选用的是上海灯泡一厂生产的型号为 PSU-1 的石英频闪氙灯(图 1-1)。

根据厂方提供的资料，这种频闪灯的工作电路如图 1-2

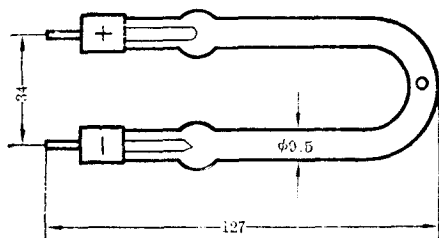


图 1-1 频闪氙灯

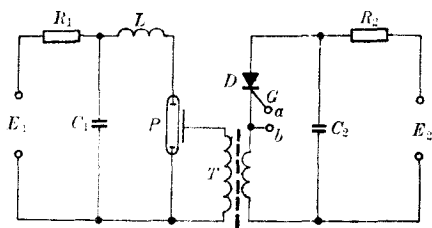


图 1-2 频闪灯工作电路图

所示。

从工作电路可看出，这种频闪灯和普通摄影用的万次闪光灯相似，是用脉冲升压器  $T$  产生的高压脉冲点燃的。点燃的时间就是电容器  $C_1$  中贮存的电能通过电感  $L$  释放的时间（只在  $\frac{1}{1000}$  s 左右）。 $C_1$  中的电能释放后，由电源  $E_1$  进行充电，达到一定电压（如 900 V）；如果  $T$  又提供一个高压脉冲，使  $C_1$  达到足够的电压，则频闪灯再次点燃。因此， $R_1 C_1$  组成的电路，其充电时间常数必须远小于所需的频闪周期，否则必将造成漏闪。

从工作电路图还可看出，频闪灯的频闪频率是通过可控管  $D$  的控制极控制的。

如采用资料上的数据，则此频闪灯的频闪频率太低而且市场上难以买到容值在数百到数千  $\mu\text{F}$ 、耐压达 1200~1800 V

的电容器  $C_1$ 。[在使用  $R_1=5\text{ k}\Omega$ 、 $C_1=1000\ \mu\text{F}$ ，其充电时间常数  $\tau=R_1C_1=5\times 10^3\times 1000\times 10^{-6}=5(\text{s})$ ]。我们利用旧仪器中的六个耐压 350 V、容量  $500\ \mu\text{F}$  的电容器串联作为  $C_1$ ，总电容为  $83\ \mu\text{F}$ 。当  $R_1$  为  $60\ \Omega$  时，其充电时间常数仅  $\frac{5}{1000}\text{ s}$  左右 ( $\tau=R_1C_1=60\times 83\times 10^{-6}\approx \frac{5}{1000}$ )，因而其频闪频率可指望达到 200 Hz。

$C_1$  值的降低，导致一定电压下储能的减小，势必影响频闪灯的发光强度，但由于工作电压在 1500 V 左右，每次闪光的总电能仍有 98 J 左右

$$\left[ E = \frac{1}{2} C_1 U^2 = \frac{1}{2} \times 83 \times (1500)^2 \times 10^{-6} \approx 98 (\text{J}) \right],$$

足够一般频闪摄影用。

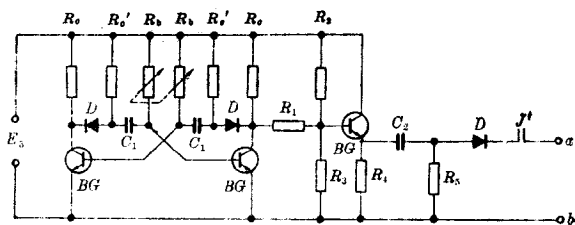
工作电路中的脉冲升压器  $T$ ，我们是用 9 英寸电视机的行输出变压器改绕的(按 30:3000 匝)；为了防止放电电流过强而烧坏频闪灯，设置了电感线圈  $L$ ，它的制作数据是：在长 120 mm 的磁棒 ( $\phi 10$ ) 上绕 20 匝线圈。

## 2. 控制电路

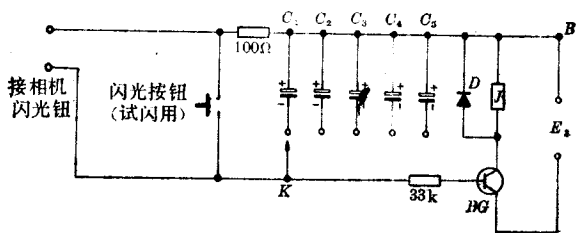
拍摄的对象不同，所需的频闪频率不同，所以频闪频率应该是可调的；另外，不同对象的运动，时间有长有短，因而频闪工作时间也应该是可调的。所以我们设计的控制电路包括频闪频率控制电路和频闪工作时间控制电路两大部分，如图 1-3 所示。

频闪频率控制电路又由多谐振荡器、跟随器、微分电路三部分组成。多谐振荡器用来产生一定频率的脉冲信号(其频率可由双连电位器  $R_0$  调节)。跟随器用来提高多谐振荡器的负载能力，微分电路将跟随器输出的方波变为尖脉冲波，以满足可控管工作的需要。

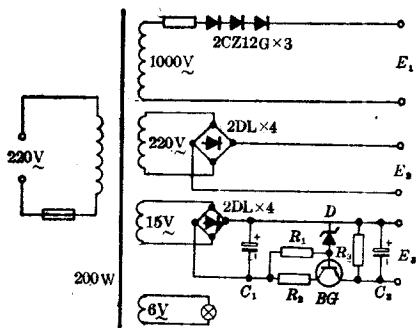




(a)



(b)



(c)

(a) 频闪频率控制电路 (b) 频闪工作时间控制电路 (c) 电源电路

图 1-3 控制电路图

从上述电路中可以看出,多谐振荡器产生的脉冲信号,经跟随器、微分电路后,再通过时间控制电路中的常开继电器的触头  $J'$  进入可控管的控制极  $G$ ,所以在  $J'$  断开时,可控管总处于截止状态,  $T$  不会产生脉冲高压的,因而频闪灯决不会闪光。

频闪工作时间控制电路中,在相机闪光钮并未接通时,  $BG$  处于截止状态,所以继电器  $J$  的触头  $J'$  是断开的。只有在闪光钮接通时,  $BG$  才开始导通,  $J'$  才闭合。由于闪光钮接通后,电容器 ( $C_1 \sim C_5$ ) 被闪光钮短路而放电,在闪光钮回复到断开状态时,电容器有一个充电的过程,充电电流足够使  $BG$  导通一段时间(这段时间的长短取决于电容的大小),所以  $BG$  的导通是由闪光钮的闭合引起的,但是它的导通时间并不决定于闪光钮的闭合时间,而是决定于电容器的充电时间。

因此,旋钮  $K$  与不同容值的电容器连接,  $BG$  有不同的导通时间,频闪灯就有不同的工作时间,所以  $K$  是频闪工作时间控制旋钮。

经初步测试,此频闪光源稳定的频闪频率在 50 次/秒到 2 次/秒之间;其频闪工作时间在 0.5s 到 8s 的范围内;其曝光指数可达 40(即当使用感光速度为  $GB 21^\circ$  的胶卷时,此光源离拍摄对象 5m 时,光圈可用 8)。

### 3. 整体结构及其他

(1) 反光板的制作:为增加频闪灯的亮度,在灯罩内设置了反光板。反光板用薄铁皮冲压无数凹点后镀锌,再弯成抛物柱面,其尺寸可按频闪灯的大小制作。

(2) 脉冲升压器的安装:升压器的输出电压在 15kV 以上,为防止漏电、触电,安装时必须注意绝缘性能的良好,输出

线尽可能短,并以装在灯罩内为好。

(3) 用 PSU-1 型频闪灯电源变压器必须在 200 W 以上,太小容易发热烧坏线圈。工作电路中  $C_1$  的充电电阻  $R_1$  的散热功率应不小于 100 W。

(4) 频闪灯除 PSU-1 型的外,也可采用 PSZ-1 型、2 型,或 MX 系列的脉冲氙灯,如 MX10-70、MX10-80 等,但不宜采用普通摄影用的万次闪光灯管,因为它们的平均功率都比较小,作频闪灯用,很容易烧坏。

#### 【使用方法】

1. 根据对物体的光照要求(如侧光照射、正面光照射等等),确定光源和物体的相对位置,再根据两者的距离和频闪光源的曝光指数,调节相机的光圈值。

2. 根据所需的形象个数和运动的时间,调节频闪频率和频闪工作时间控制旋钮。同时,调节好相机快门的开启时间并聚焦。

值得指出的是:(1)无论使用机械频闪装置还是频闪光源来实现频闪摄影,背景必须全黑;(2)对象无论是小球、小车等物体还是运动员,均可以采用这两种装置中的任何一种来拍摄。

## 二、电火花记迹仪

新中学物理组

#### 【用途】

本仪器可研究自由落体和平抛物体以及不同抛射角时的

斜抛物体的运动规律。

【原理】

用等时方波脉冲来控制高压放电，当导电纸接受放电火花就被击穿，显示出运动物体(铁球)的轨迹。

【结构和制作】

图 2-1 是本仪器记迹部分的正面图，图 2-2 是仪器的方块图。方波脉冲发生器和高压发生器以及光电控制线路如图 2-3 所示。

现把各部分制作方法和调试简述如下：

1. 单结晶体管  $BG_1$  和  $R_1 \sim R_6$  及  $C_1$

等组成可调式弛张振荡器，它产生定时触发脉冲，脉冲信号经  $D_1$  耦合到  $BG_2$  放大后直接耦合到  $BG_3$  的  $B_2$  极， $BG_3$ 、 $BG_4$  组成单稳态电路，把尖脉冲整形为方波，方波由  $D_2$  耦合到  $BG_5$  的基极，然后从发射极输出经  $R_{14}$  耦合到  $BG_6$ 、

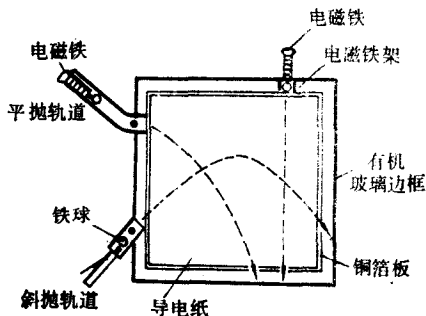


图 2-1

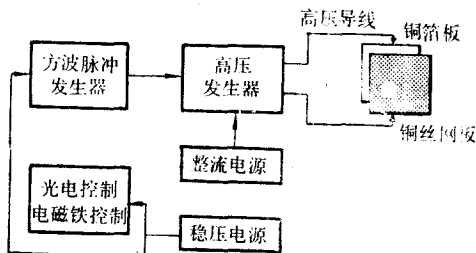


图 2-2

$BG_7$  基极, 经  $D_3$  直接控制感应圈初级。光电控制电路及  $K_8$  等控制  $BG_1$  的  $E$  极电路的通和断 ( $BG_1$ 、 $BG_3$  的  $\eta$  均为 0.6 左右;  $BG_2$ 、 $BG_4$  的  $\beta 40$ ;  $BG_5$  的  $\beta 80$ ;  $BG_6$ 、 $BG_7$  的  $\beta 30 \sim 40$ )。

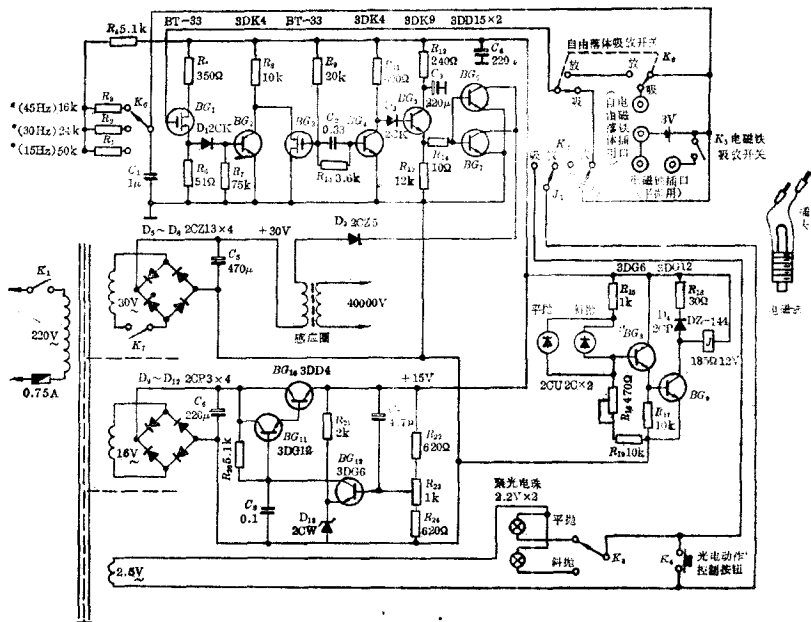


图 2-3

## 2. 感应圈(教学用 80 型)

初级工作电流在 0.6 A 以上, 次级高压放电距离在 30 mm (除注明的以外, 本文长度单位均为 mm, 下略) 以上, 电压约  $(3 \sim 4) \times 10^4$  V。

3. 由光电二极管 2CU2C、 $BG_8$ 、 $BG_7$ 、继电器、聚光电珠等组成, 分别在平抛、斜抛时控制继电器动作 ( $BG_8$  的  $\beta 40$ ,

$BG_0$  的  $\beta 80$ )。

#### 4. 电磁铁控制

电磁铁是示教用 3V 棒式电磁铁，供作自由落体或平抛运动演示时吸住铁球用。

#### 5. 直立面板制作, 如图 2-4 所示。

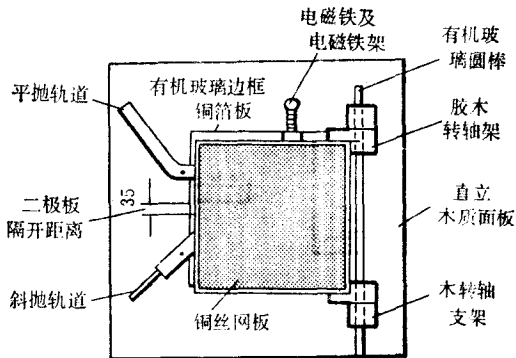


图 2-4

(1) 用  $500 \times 500$  左右环氧铜箔板一块, 四周嵌镶有机玻璃边框, 装于直立木质面板上。在上端有机玻璃边框上装有机玻璃电磁铁支架(图 2-5), 它象一个无底的空盒, 上盖有小孔可插入电磁铁, 支架的大小是以电磁铁吸住铁球时四面不接触支架为宜, 这样当铁球落下时不会碰边。

(2) 铜丝网板制作: 先用木条做成  $500 \times 500$  方木框(图 2-6),

再用透明有机玻璃板  $500 \times 500$  一块覆盖于框架上, 然后再把

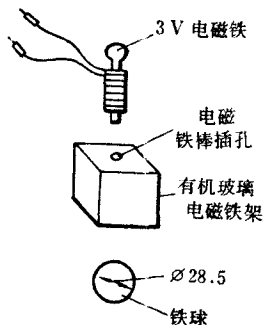


图 2-5

600×600、32目铜丝网覆在有机玻璃板上，把四周多余铜丝网固定在木架四周，如图2-7所示。然后在铜丝网木框上下两端装上胶木转轴架各一块，留边部分各钻一孔( $\phi 10$ 左右)，同时在直立木板右边上、下两处装木支架各一，同样各钻一直径相同的孔，用一根圆型有机玻璃棒( $\phi 10$ )插入孔中。把铜丝网和木支架连在一起，使网框可以自由转动开合(图2-4)。

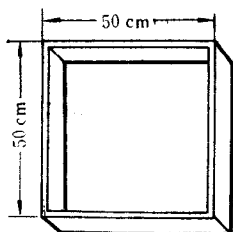


图 2-6

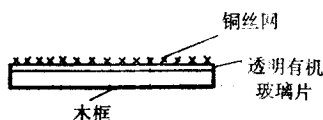


图 2-7

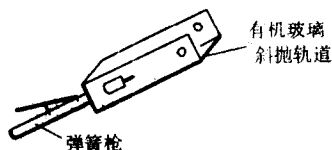
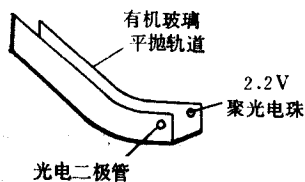


图 2-8

(3) 平抛轨道的大小以铁球能自由沿轨道滚下为限，轨道下端接近出口处两侧分别装上光电管和小电珠，轨道弯折角度 $180^\circ$ 左右，长度根据需要而定(图2-8)。

(4) 斜抛轨道与平抛轨道区别在斜抛轨道末端装上弹簧枪，为使铁球能以不同角度弹出，轨道倾角可以改变。

(5) 运动物体用的是 $\phi 28.5$ 的铁球。因此铜箔板和铜丝网之间的距离在35mm左右，使铁球在极板之间通过时不与极板相碰。

### 【使用方法】

将导电纸贴在铜箔面板上,合上铜丝网,接上电源即可按下述步骤使用。

#### 1. 平抛演示

接通电源开关  $K_1$ , 把  $K_3$  拨在平抛档, 按下  $K_4$  使小电珠发光, 光电控制导通, 继电器动作,  $J_1$ 、 $J_2$  触头转到吸档触头。再把  $K_8$  拨于吸档, 装上电磁铁合上  $K_5$ , 吸住铁球放入导轨(铁球位置高低按需要自由调节), 把  $K_6$  拨在需要某一档的位置上, 最后把  $K_7$  合上, 即可听到感应圈发出的振动声, 说明电路工作正常。

然后将  $K_5$  断开, 铁球沿斜槽滚下, 在轨道上抛出瞬间, 光电二极管被遮光, 光电控制继电器  $J_1$ 、 $J_2$  触头自动回到放档, 吸头接通  $BG_1$  基极, 使高压同步发生, 从而在导电纸上显示出该球运动的轨迹。由于方波时间间隔为已知, 各点间距离可量得, 因此可作定量分析。

#### 2. 斜抛演示

把斜抛弹射轨道调整到所需要的投射角, 其他步骤和平抛演示时相同, 但  $K_3$  应拨于斜抛档, 此时不使用电磁铁。扳动弹射器发射铁球, 于是可获得铁球运动轨迹。

#### 3. 自由落体演示

在合上铜丝网前, 将  $K_8$  置于吸档, 接通电磁铁吸住铁球, 按一下  $K_4$  使小电珠亮(不论  $K_3$  置于平抛档或斜抛档都可), 使光电控制发生作用, 其目的是使原来  $BG_1$  基极处于断路状态。演示时首先合上  $K_7$ , 再把  $K_6$  从吸档拨向放档, 这时电磁铁断路铁球下落; 另一方面  $K_8$  拨向放档的同时接通  $BG_1$  基极, 由于高压放电和电磁铁断路同步, 可在导电纸上显示自由落体的运动轨迹。



### 【注意事项】

1. 绝缘应该十分良好, 否则高压漏电会引起触电事故。

2. 每项演示完毕把各开关处于断路状态,  $K_8$  应常处于吸档, 当光电控制工作时使  $BG_1$  基极常处于断路状态, 无高压输出, 只有当上述准备工作全部无误时才能最后开启  $K_7$ 。另外, 铁球直径尽量选大一些(在运动时以不碰极板为限), 质量大一些, 效果较好。

3. 当打不出点子时, 可将感应圈高压引出线对调一下试试, 或可把  $BG_1$  基极电路断开,  $BG_5$  集电极电压应略低于 15V, 用手握金属棒去触  $BG_2$  基极,  $BG_5$  集电极电压应由 15V 下降到 5~6V 左右, 去掉金属棒时电压又回升至 15V, 假如无此现象, 应全面检查线路有否接错。另外把感应圈原有机械振动部分的触点短路不使振动。

## 三、砂 摆

嘉定县第二中学 张镇海 姚成兴

### 【用途】

演示摆的振动图象。

### 【原理】

当平板作匀速移动时, 利用摆动的砂斗漏出的砂绘成一条正弦(或余弦)曲线。

### 【结构和制作】

结构如图 3-1 所示。

下面分别介绍各部分的制作方法: