

电磁打点计时器 在中学的应用

王兴乃 李伯明 刘云起

河北人民出版社

电磁打点计时器在中学的应用

王兴乃 李伯明 刘云起

河北人民出版社

一九八三年·石家庄

电磁打点计时器在中学的应用

王兴乃 李伯明 刘云起

河北人民出版社出版 (石家庄市北马路45号)

邯郸地区印刷厂印刷 河北省新华书店发行

787×1092毫米 1/32 5 3/4 印张 128,000字 印数:1—52,600 1983年3月第1版
1983年3月第1次印刷 统一书号: 7096·1114 定价: 0.48元

前 言

电磁打点计时器是一种新的纸带记录式计时仪器，广泛地应用于物理教学中，使用率很高。它与斜面小车等仪器配合起来使用，可以完成高中物理的许多实验。

电磁打点计时器、斜面小车等仪器不但实验方法比较简单，容易操作，而且能把运动物体的运动情况记录在纸带上，供实验者分析、测量，有助于弄清物理概念。就目前我国一般情况来讲，中学实验广泛采用电磁打点计时器是经济可行的。

电磁打点计时器是一种新仪器，在使用过程中难免会碰到各种问题。现在我们把使用的一些体会汇集成册，供大家参考。希望读者对不足之处提出批评指正，使之进一步完善，达到促进实验教学的目的。

本书在编写过程中，得到江苏省靖江县无线电器材厂、陕西省乾县杨汉中学校办厂、北京市新星教学仪器服务部等单位的大力支持和帮助，在此谨表谢意。

参加本书编写工作的还有陈湘华同志。

作者

一九八二年五月

目 录

第一章 电磁打点计时器的使用常识 (1)

一、电磁打点计时器简介 (1)

(一) J0203 型电磁打点计时器 (2)

(二) J0203-1 型电磁打点计时器 (4)

(三) J0203 型和 J0203-1 型打点计时器的比较 (6)

二、电磁打点计时器的使用 (7)

(一) 电磁打点计时器工作性能的检查 (7)

(二) 电磁打点计时器使用方法及注意事项 (9)

第二章 电磁打点计时器的实验技术 (12)

一、平衡摩擦力的方法 (12)

(一) 牵引法 (12)

(二) 斜面法 (14)

二、实验纸带的处理方法 (15)

(一) 实验纸带的标注 (15)

(二) 实验数据的处理 (16)

第三章 电磁打点计时器在中学物理实验中的应用 (38)

一、研究匀速直线运动的规律 (38)

(一) 实验方法 (38)

(二) 匀速直线运动的规律 (40)

二、研究匀加速直线运动的规律 (43)

(一) 实验装置 (43)

(二) 判断小车是否作匀加速直线运动的方法 (46)

(三) 匀加速直线运动的规律	(52)
(四) 两点说明	(55)
三、初速度为零的匀加速直线运动	(56)
(一) 初速度为零的匀加速直线运动的规律	(56)
(二) 实验方法	(58)
(三) 验证结果	(59)
四、匀加速—匀速直线运动	(62)
五、匀加速—匀减速直线运动	(66)
六、匀加速—变加速—匀速直线运动	(68)
七、验证牛顿第二定律	(71)
(一) 牛顿第二定律	(71)
(二) 实验方法	(72)
八、测定重力加速度	(100)
九、验证机械能守恒定律	(104)
(一) 物体在自由下落运动中的机械能守恒	(105)
(二) 物体受本身重力作用沿斜面向下运动时的 机械能守恒	(107)
(三) 小车在重物牵引下沿水平面运动时的机械能守恒	(112)
(四) 小车在重物牵引下沿斜面运动时的机械能守恒	(113)
十、验证动量守恒定律	(119)
(一) 完全非弹性碰撞	(119)
(二) 弹性碰撞	(128)
(三) 非弹性碰撞	(133)
十一、研究匀速圆周运动的规律	(138)
(一) 转动定律实验仪	(140)
(二) 匀速圆周运动的规律	(141)
(三) 实验方法	(143)
第四章 实验的误差	(146)

一、测量误差	(146)
(一) 时间的测量误差	(146)
(二) 位移的测量误差	(148)
(三) 速度的测量误差	(150)
(四) 加速度的测量误差	(150)
二、仪器误差	(151)
(一) 斜面小车转动部分引起的系统误差	(151)
(二) 摩擦力引起的系统误差	(155)
(三) 打点计时器打点周期的误差对实验的影响	(157)
第五章 电磁打点计时器的检验和调整	(158)
一、打点周期的检验与调整	(158)
(一) 打点周期的检验	(158)
(二) 打点周期的调整	(163)
二、打点质量的检验与调整	(167)
三、阻力大小的检验与调整	(169)
附录一 课堂演示用的打点计时器和纸带	(171)
附录二 实验纸带一览表	(171)

第一章 电磁打点计时器的 使用常识

一、电磁打点计时器简介

电磁打点计时器是一种精度较高、构造比较简单的纸带记录式计时仪器。它以相等的时间间隔在通过它的纸带上打下一列小点，把纸带运动的位移及时间记录下来。通常纸带由所研究的运动物体拖着一起运动，所以纸带上的点子就相应地表示运动物体在不同时刻的位置。根据打在纸带上一系列点子的位置和打点器打相邻两个点子所需要的时间（即电磁打点计时器的打点周期），就可计算出物体从纸带上的某一点运动到另一点所需要的时间、在这段时间里发生的位移、物体运动速度和加速度。通过计算可以研究运动物体的规律。

电磁打点计时器从它所用的工作电源来分，有直流和交流两种。由于直流打点器只能把运动物体的位置以相等的时间间隔记录在纸带上，而打相邻两点所需的时间在一般的情况下是不知道的，因此直流的电磁打点计时器不如交流的应用得广泛。目前使用的都是交流电磁打点计时器。按教育部《JY38-79》标准规定，交流电磁打点计时器有两种型号：一种是J0203型，另一种是J0203-1型。从工作原理来分，前者是磁电式的，后者是电磁式的。

(一) J0203型电磁打点计时器

这是一种磁电式打点计时器，它的构造如图 1-1 所示。在

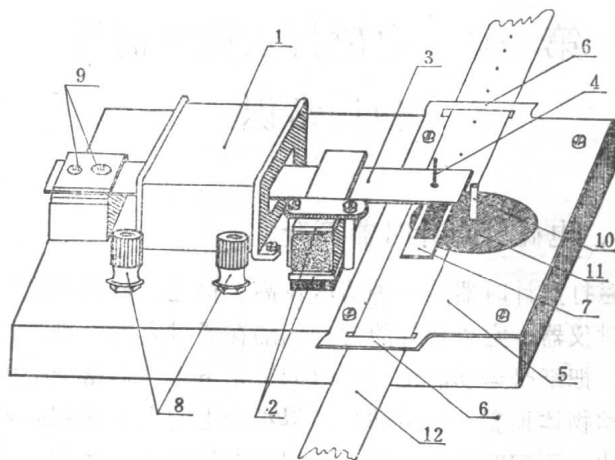


图 1-1

一块 $150 \times 70 \times 16$ (毫米)³的胶木底板上，装有一个带塑料框架的线圈1，线圈的两个输入端与底板上的电源接线柱8相连接。2是固定在永久磁钢上的两块磁极片，极片之间形成一个空隙。3是钢质的振动片，它装在两个磁极片的间隙中间，并穿过线圈1，其一端由调整螺钉9固定在胶木底板的小台上，另一端悬着，悬端装有打点针4。打点基板5是由金属材料制成的，它固定在胶木底板上。打点基板的两侧各有一个耳孔6，称为纸带限位孔。压纸框架7压在打点针正下方的打点基板上。打点基板上还装有一根竖直方向的小轴10，复写纸片正好套在上面，这根小轴可以沿着打点基板上的一槽孔左右移动，以此来调节和固定复写纸的位置，我们称它为复写纸定位轴。纸带12穿过限位孔后与复写纸11一起压在压纸框架下面。

打点器的线圈通电后，成为一个通电螺线管，在其内部及周围产生磁场，使振动片 3 成为一个薄片型磁钢。振动片的悬端及固定端分别为磁钢的两个磁极，因而振动片悬端在永久磁钢磁场的作用下将发生运动。运动方向由永久磁钢的磁场方向及振动片悬端的磁极性质所决定。永久磁钢极片的磁性在安装时已经固定，振动片悬端的磁极性质由通过线圈的电流方向来决定。假定永久磁钢的上极片为 N 极，下极片为 S 极，线圈中的电流方向如图 1-2 (甲) 所示时，振动片的悬端为 N 极。

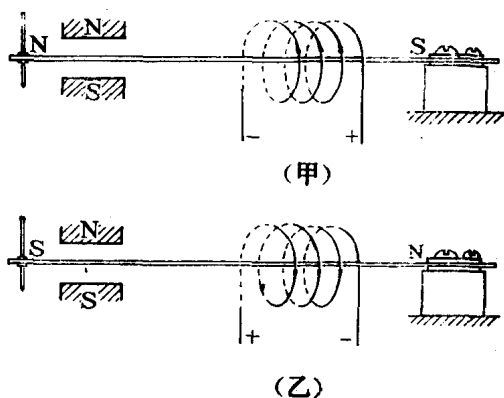


图 1-2

由于受到永久磁钢上极片的排斥和下极片的吸引，振动片悬端就由平衡位置向下运动。若振动片的振幅及打点针的高低适宜，打点针在纸带上就打下一个点。假定线圈中的电流方向如图 1-2 (乙) 所示时，振动片悬端为 S 极，在永久磁钢上极片吸引和下极片排斥的情况下，振动片悬端就由平衡位置向上运动。当电磁打点计时器的线圈通以一定频率的交流电时，线圈中的电流方向也以这个频率反复变换。若在交流电正半周电流

方向如图 1-2 (甲) 所示, 振动片向下运动, 打点针在纸带上打下一个点。当电流达到最大值后返回到零值时, 振动片悬端的磁性也由最强变为最弱, 这时振动片也就在其本身弹力的作用下, 向下达到最大振幅后回到平衡位置。在交流电的负半周, 线圈中的电流方向将如图 1-2 (乙) 所示, 振动片悬端在回到平衡位置后继续向上运动, 同样, 在电流到达最大值后返回到零值时, 振动片在向上达到最大振幅后回到平衡位置。接着开始第二个周期的动作。显然, 线圈中的交流电变化一个周期, 振动片也完成一个周期的振动。电源不切断, 振动片的振动也不会停止, 而且振动频率与接在线圈上的电源频率相一致。

振动片每向下运动一次, 打点针在复写纸下面的纸带上打一个点。也就是说, 当电源变化一个周期时, 打点针在移动着的纸带上打一个点。因此, 纸带上每相邻两个点间所表示的时间间隔 (即打点器的打点周期) 为交流电源的周期 T_0 (交流电的周期 T_0 与频率 f_0 的关系为 $f_0 = 1/T_0$)。

J0203 型打点器用 6 伏的交流市电作为工作电源, 电源频率 $f_0 = 50$ 赫兹, 即 $T_0 = 0.02$ 秒。用这种打点器打出来的实验纸带, 每相邻两个点间的时间间隔为 0.02 秒。当一个运动物体拖着纸带运动时, 打点器打在纸带上的一系列点子记录了这个运动物体每相隔 0.02 秒钟的位置。

一般 J0203 型打点器由 J1202 型 (J1202-1 型) 学生电源或 J1201 型 (J1201-1 型) 低压电源供电。当它在交流 6 伏的电压下工作时, 线圈中的电流约为 150 毫安。

(二) J0203-1 型电磁打点计时器

这是一种电磁式打点计时器。它的构造见图 1-3。在塑料底座上垂直安装一个电磁铁 1, 电磁铁的线圈绕在塑料框架

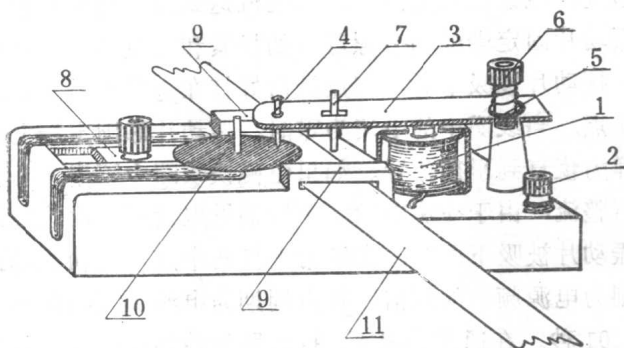


图 1-3

上，线圈内装有软铁芯。线圈的两个输入端中有一端串入一只晶体二极管（见图 1-4），然后分别与底座上的电源接线柱 2 相连接。安装在电磁铁上方的衔铁 3 作为打点器的振动片，其一端套在底座的支柱上，用塔形螺旋弹簧 5 和调节螺母 6 压住，另一端为自由端，端点装有打点针 4。振动片在靠近打点针的地方开了一个矩形孔，装在底座上的振动片定位杆 7 嵌在这个小孔中间。定位杆的作用是避免振动片在振动时发生左右摆动。在打点针正下方的底座上镶入一块金属圆柱体，我们称它为打点砧（在图 1-3 中正好被复写纸遮盖住）。在底座上还有一块滑块 8，在它靠近打点针的一边装有复写纸定位轴，移动滑块可以改变复写纸 10 的位置。滑块的另一边有一只螺母，用来固定滑块的位置。纸带限位孔 9 直接压制在塑料底座上。11 为纸带。

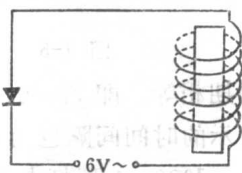


图 1-4

电磁铁线圈接上 50 赫兹 6 伏的工作电源后，在线圈中有

电流通过，电磁铁呈现磁性，当电流达到最大值时磁性最强。如果振动片固定端的调节螺母 6 的松紧和打点针 4 的高度调得合适，振动片被吸下时，打点针恰好打在复写纸上，则纸带上打一个点。当线圈中的电流为零时，振动片靠固定端上塔形弹簧的弹力恢复到平衡位置。如果电磁铁线圈中不串入晶体二极管进行整流，由于交流电的一个周期里电流有两次达最大值，因此振动片被吸下两次，在纸带上打两个点，振动片的振动频率则为电源频率的两倍，打点周期为电源周期的一半，即 $T_0 = 0.01$ 秒。在通常情况下，打点器每秒钟在纸带上打 100 个点时，点子太密。因此我们在线圈的两个输入端之一串入一只

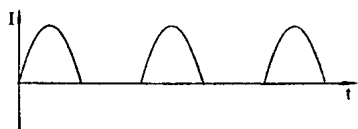


图 1-5

晶体二极管，交流电经二极管整流成为单向电流，如图 1-5 所示。这样，在一个周期里电流只有一次达最大值，打点器只打一个点，打点周期与电源

周期相等，即 $T_0 = 0.02$ 秒。因此纸带上任意相邻两个点间所表示的时间间隔也为 0.02 秒。

J0203-1 型打点器也是由 J1202 型 (J1202-1 型) 学生电源或 J1201 型 (J1201-1 型) 低压电源供电。当电源电压为 6 伏时，线圈中的电流约为 200 毫安。

(三) J0203 型和 J0203-1 型打点计时器的比较

由于这两种打点计时器的结构及动作原理不同，因而工作性能也有差异。虽然它们振动系统的振动都是受迫振动，策动力的频率也都是 50 赫兹。但是，J0203 型打点器使振动系统产生振动的策动力是随电源周期连续地周期性地变化，因此振动片的振动比较稳定。J0203-1 型打点器由于输入电磁铁线圈中的电流被晶体二极管削掉了半周，因而使振动系统产生振动的

策动力虽然也是随电源周期而周期性地变化，但变化不是连续的，故振动片的振动就不太稳定。

此外，J0203 型打点器的振动片，其固定端用螺钉固定，当振动系统的振动特性（如固有频率等）按仪器的技术要求调好后，在工作的过程中一般不会发生变化。J0203-1 型打点器的振动片，其固定端是靠一根塔形螺旋弹簧压紧在底座的小圆柱上，在打点器工作的过程中，调节螺母如果松动，振动系统（包括振动片、螺旋弹簧等）的振动特性也就发生变化。因此 J0203-1 型打点器的打点周期不如 J0203 型稳定，容易发生漏点及打出的点子呈现拖尾等现象。

还有，纸带通过 J0203-1 型电磁打点计时器打点时受到的阻力比较大。又由于它没有压纸框架，工作时纸带及复写纸容易翘起来，这些都会影响打点质量。J0203-1 型打点器对使用状态的适应性也没有 J0203 型强，J0203 型打点器可以平放，也可以竖直放置，例如测定重力加速度 g 值时打点器就要竖直放置。而 J0203-1 型打点器是不适宜竖直放置的。

这两种打点器的性能，显然是 J0203 型优于 J0203-1 型，我们在本书中所列举的实验也都是选用 J0203 型打点器来做的，但由于 J0203-1 型打点器的结构简单，造价便宜，打出的点子清晰，在水平或倾斜放置的斜面上，当物体的运动速度不太大时，也能够得到满意的结果，因此在有些实验中还是可以选择用的。

二、电磁打点计时器的使用

（一）电磁打点计时器工作性能的检查

为了使实验能够顺利进行，在用打点器做实验之前，需要对它的工作性能作一次检查。若打点器的外观没有发现损伤，

就可以给它接上工作电源，观察工作情况。

J0203 型打点器的振动系统在出厂时已调整并固定好。因此我们先观察打点器工作时振动片的振幅是否稳定，有没有时大时小的现象，再听听振动片振动时的声音是否均匀，有没有“噓一噓”的拍频声。如果振动片的的振幅不稳定，或者有拍频声，说明振动系统不是处于最佳状态，需要重新调整。调整方法将在最后一章介绍。一般说来，只要振动片形状没有损伤，固定螺钉没有松动，是不会出现这种现象的。接着给打点器装上复写纸片和纸带，并用手抽动一下纸带，复写纸应随纸带的移动而微微地转动，这样可避免打点针把复写纸打穿而造成漏点。如果复写纸不转动，应调节压纸框架 7 的松紧程度。

最后，还要观察在实验纸带上打点的情况。如图 1-6 所示，把 J2108 型斜面木板 1 放置在实验桌上，用夹具把打点器 3 固定在斜面的一端，并在这端下面垫一块高度约为 30 毫米的垫块 5。纸带 4 穿过打点器后夹持在小车 2 上，左右移动垫块 5 的位置，以改变斜面木板的倾斜度，使小车拖着纸带在斜面木板上匀速下滑。为了使纸带的移动不受到意外的障碍，在

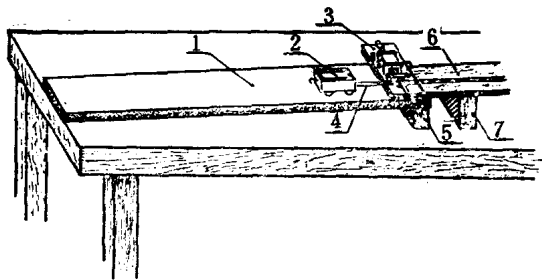


图 1-6

斜面木板旁边另外放一块普通木板6，并用垫块7垫到与打点器的基板平面一样高。给打点器接上6伏50赫兹的电源，令其工作，然后用手推动一下小车，加一个瞬时的作用力，让它拖着纸带作匀速直线运动。打点器即打出一条纸带。如果打出的点子清晰，没有漏点，不拖尾，在纸带中间一段中任意两个相邻点间的距离相等，这表明打点器的工作性能良好，否则就需进行调整。

J0203-1 型打点器的振动系统不是固定住的，这就需要边观察，边调节。先给它接上电源令其工作，并调节振动片固定端的调节螺母6，改变塔形螺旋弹簧5的松紧程度，使振动片在向下运动时，打点针恰好打着打点砧。然后再把它安装到图1-6所示的斜面小车实验装置中，检查在纸带上打点的情况，方法与检查J0203型相同。如果纸带上的点子不清晰、出现漏点或拖尾，或纸带中间一段中任意两个相邻点间的距离不等，就应把调节螺母6拧紧些或放松些，然后重新打一条实验纸带，再观察。反复调试，直至把打点器的工作性能调到最佳为止。

（二）电磁打点计时器使用方法及注意事项

1. 按照实验要求用夹具把打点器固定在实验装置中。在固定打点器时，要把它的位置放正。如安装在斜面木板上时，应使打点器两个限位孔中心的连线对准斜面顶端定滑轮的凹槽。还应使纸带在运动过程中不与限位孔的耳壁相碰。

把打点器固定在斜面小车的实验装置中时，小车夹持纸带的位置应与打点基板处于同一高度，或者打点基板略高一些（如果斜面是倾斜放置，应以斜面为基准面），使纸带能贴着打点基板平面移动。如果纸带1没有贴紧基板平面2而有些隆起，当打点针3打点时，纸带会随着针尖移向基板平面，见图

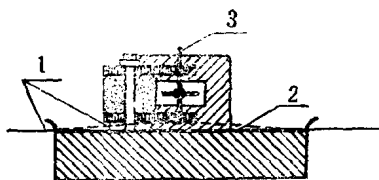


图 1-7

1-7, 从虚线位置移到实线所示的位置。这样打点没力, 时间变长, 打出的点不清晰, 边缘毛糙或点不是一个小圆点, 而变成一短划(即拖尾)。另外, 若纸带不贴着

打点基板移动, 打点针打点时纸带被推向基板平面, 打点针打点后离开纸带, 纸带又要回到原状, 因此纸带在移动的过程中会有些漂移。如果纸带隆起的程度不一致, 那么打点针在纸带上打点的时刻每个周期不一样。当纸带离开打点基板的距离变大时, 打点针打下这一点的时刻会提早, 这个打点周期就变短; 当纸带离开打点基板的距离变小时, 打点针打这一点的时刻就会推迟, 这个打点周期就相应地变长。这种情况下打出来的纸带相邻两点间所表示的时间间隔就不一样, 会影响实验结果。

2. 打点器的工作电源为 50 赫兹 6 伏的交流电。使用时打点器的两个输入接线柱接在学生电源(或低压电源)的交流输出端, 把电源的电压输出拨在标称值 6 伏档。打点器的工作电压最高不要超过 8 伏, 以免打出的点子出现拖尾和把打点器的线圈烧坏。

打点器是间歇工作的仪器, 每打完一条纸带, 就应把工作电源切断一次, 打时再接通。

3. 复写纸应套在复写纸定位轴上, 并移动定位轴, 将复写纸移到打点针的下方。使用 J0203 型打点器时, 还要把复写纸压在压纸框架的下面。纸带的一端穿过打点器的两个限位孔, 压在复写纸的下面, 然后夹持在运动物体上。打开电源开关, 待打点器工作数秒钟, 使振动片的振动稳定以后, 再让运