

细究 21051 轨道打点式小车的打点原理

黎明 汪永根

(余姚市梦麟中学 浙江 宁波 315400)

(收稿日期:2018-07-26)

摘要:从一条由学生实验做出的别样的纸带出发,通过假设并应用理论推理,以及对比实验验证的科学研究方法对纸带进行了研究,最终得到了正确的结论,并且通过结论优化了 21051 轨道打点式小车的实验方案.

关键词:21051 轨道式打点小车 点迹 火花放电

1 学生实验 出现疑问

2018 年,笔者所在的学校引入了一些新的实验装置,其中就有 21051 轨道式打点小车,该仪器的结构如图 1 所示,因此,在上“探究加速度与力、质量的关系”这节实验课时,笔者就启用了这套实验仪器.

在上课过程中,由于一个小组的不规范操作,在验证摩擦力是否平衡好时,打出了一条别样的纸带.如图 2 所示,点迹稀稀拉拉,漏点严重,并且点迹颜色也比较淡.课后,笔者对学生得到的这条别样的纸带很是好奇,并进行了深入的研究.(注:笔者之后研究的点迹都是小车做匀速直线运动时打出的.)

析可确定未知元素成分及含量.

3.7 超声光栅测液体中声速

超声波是一种疏密相间的纵波,在液体中的传播速度 $v = \lambda f$, 式中 v 为声速, λ 为超声波在液体中的波长, f 为超声波频率.

超声波在液体中传播时遇到反射板或槽壁反射,入射波与反射波叠加,如果条件满足就会形成稳定的驻波.波腹处始终处于拉伸状态,拉伸作用使得液体的折射率减小;波节处始终处于压缩状态,压缩作用使得液体的折射率增大.折射率周期性的变化,类似于透射光栅的透光部分和不透光部分,这种由超声波在液体中传播产生的光栅作用称为超声光栅,且驻波的波长相当于光栅常数,如图 6 所示.

测定某级条纹的位置求出该衍射角 θ , 由光栅方程 $(a + b) \sin \theta = k\lambda$ 求出超声光栅常数,具体测量方法类似于光学光栅.然后由表达式 $a + b = \lambda$ 和 $v = \lambda f$, 可求出超声波在未知液体中的声速.

4 总结

分光计设计精巧,操作灵活多变,根据几何光学或波动光学原理,可设计开展多组光学实验,是各类物理实验竞赛重点题型之一.本文梳理了基于分光计平台开展的多个光学实验,通过精确测定各种光线的出射角,可间接测得多种重要的物理量,从而达到举一反三,触类旁通的学习目的.

参考文献

- 1 赵青生,马书炳.大学物理实验.合肥:安徽大学出版社,1999
- 2 吕斯骅.全国中学生物理竞赛实验指导书.北京:北京大学出版社,2006
- 3 程守洵,江之永.普通物理学.北京:高等教育出版社,2009
- 4 赵永潜,张亚萍,许广建,等.基于分光计的光栅光谱特性研究.大学物理实验,2016,29(4):29~32
- 5 杨杰,李爱侠,汪洪.用分光计观测氢原子光谱的教学研究.实验室科学,2015,18(6):22~25

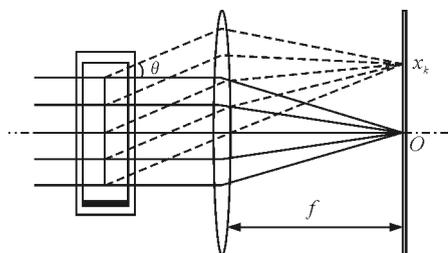
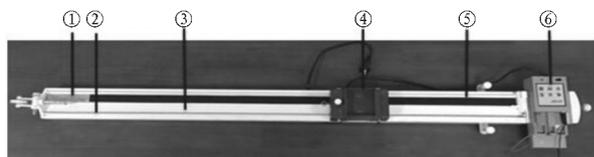


图 6 超声衍射示意图

如果采用钠黄光作为入射光,波长为已知,通过



①金属长条;②金属长条(与1之间分开绝缘的);③绝缘导体;
④底部有两枚放电针的小车;⑤墨粉纸带;⑥电火花计时器

图1 21051轨道式打点小车的结构



图2 学生不规范操作时打出的纸带

2 学生操作 还原点迹

笔者课后仔细地了解学生的操作过程,并将学生的操作过程简化为如图3所示,小车底部的放电针接高压脉冲的负极,轨道上的银白色金属板接高压脉冲的正极,金属板的上方放置黑色墨粉纸,墨粉纸上方再放置白色纸带.这样接通电源,释放小车就会得到如图2所示的点迹.

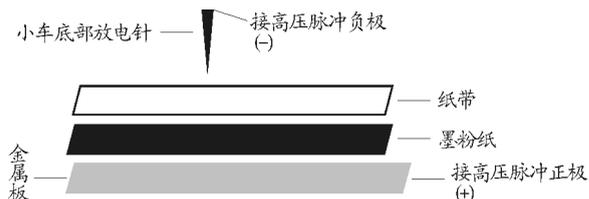


图3 学生操作过程简化示意图

3 集思广益 大胆假设

笔者与本校的物理教师交流并收集了一系列资料,大胆猜想之所以出现图2所示的点迹,原因有以下3点.

(1) 放电针接负极,金属板接正极时,空气的电离不仅发生在放电针附近,同时金属板上由于粗糙不平而使电场局部集中的地方也会发生空气的电离,即在金属板粗糙不平区域产生相迎流注,两个地方的空气电离不断发展,直到最后相遇完成主放电^[3].因此金属板的粗糙不平对放电产生重大影响,在实验中笔者曾多次观察到火花放电是在放电针和金属板边缘的粗糙不平区域完成的,火花放电并没有经过墨粉纸和纸带所在的区域,因此无法在纸带上留下点迹,这是造成漏点的主要原因.

(2) 由于墨粉纸在下面纸带在上面,纸带上的

点迹是靠墨粉纸与金属板所夹区域的空气电离,正离子向上运动经过墨粉纸后使墨粉颗粒带正电,高温熔化后带正电的墨粉颗粒在电场力的作用下向上运动到达纸带,从而在纸带上留下点迹.这种打点方式主要是靠墨粉纸和金属板所夹区域的空气电离,这个区域的空气电离主要是依靠金属板粗糙不平而使电场局部集中产生的,而金属板上粗糙不平的位置相对不固定,因此打出的点迹不平直,跳跃幅度较大.

(3) 金属板粗糙不平处的电场强度相对于放电针附近的电场强度较小^[3],导致作用在墨粉纸上的电场力也相对较小,能够带动的墨粉量就比较少,因此打出的点迹也相对较淡.

4 巧设实验 验证猜想

为了验证猜想,笔者设计了以下两个实验.

实验一如图4所示,小车底部的放电针接负极,金属板接正极,将纸带放在金属板的上方,而墨粉纸放在纸带的上方.此时由于墨粉纸在上,纸带在下,需要放电针与墨粉纸之间的空气电离,产生的负电荷在电场的作用下向下运动到达墨粉纸上,使高温熔化的墨粉颗粒带负电,并在电场力的作用下继续向下运动到达纸带,在纸带上留下点迹.这种打点方式主要依靠放电针与墨粉纸之间的空气电离,这块区域的电离基本不受金属板粗糙不平处电场的影响,所以打出的点迹如图5所示点迹跳跃幅度较小,并且基本不漏点.

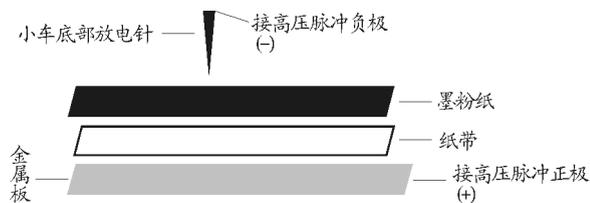


图4 实验一示意图



图5 实验一中打出的纸带

实验二如图6所示,小车底部的放电针接正极,金属板接负极,金属板上方放置墨粉纸,墨粉纸上方放置纸带.当放电针接正极,金属板接负极时,放电

针附近的强电场将空气电离,电子迅速跑向放电针,而正离子因为质量比电子大得多,移动缓慢,所以正离子大量聚集.而在正离子聚集区的强电场又将下方空气电离,同理在下方区域又有大量正离子聚集,周而复始,正离子不断向下方区域推进,最后与金属板接触产生火花放电,因此这种接法放电针与金属板之间的放电通道是竖直的,基本不偏^[3],所以这种接法打出的点迹如图7所示,基本不漏点且点迹基本保持平直.另外正离子聚集区下方的电场强度也相对图2情况较大,墨粉纸与金属板附近空气电离后的负电荷通过墨粉纸向上运动时能够带动的墨粉量较多,因此打出的点迹也相对于图2较浓.

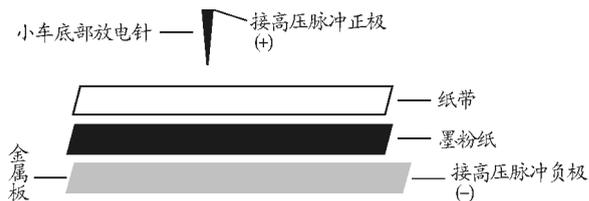


图6 实验二示意图

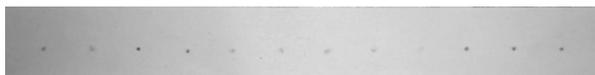


图7 实验二中打出的纸带

通过以上两个实验的多次验证,点迹的效果均要好于图1所示的点迹,基本不再漏点,点迹也基本保持平直,并且点迹的颜色也相对较浓,因此可以证明笔者的猜想是正确的.

5 应用结论 优化实验

上述两个实验都对图2的方案进行了一定的改良,也不同程度地提高了点迹的效果,既然如此,不妨将两种改良方式结合起来,是否点迹效果会更好呢?

笔者又设计了如图8所示的接法,将小车底部的放电针接正极,金属板接负极,将纸带放在金属板上方,墨粉纸放在纸带的上方.这种接法的优点在于:

(1) 消除了金属板粗糙不平处的影响,从而消除了漏点.

(2) 当放电针附近空气电离后正离子不断向下推进时,正离子聚集区的电场强度是非常大的,当正离子聚集区经过墨粉纸后,由于电场强度非常大,能够带动的墨粉量较多,因此打出的点迹如图8所示,

是这几种情况中最浓的.

(3) 这种接法的放电针和金属板之间的放电通道是竖直的,也消除了点迹跳跃的缺点.经过多次实验之后,点迹基本如图9所示,对比之前的几条纸带,可以看到图9所示的纸带点迹相对最浓,而且完全不漏点且点迹跳跃幅度较小.

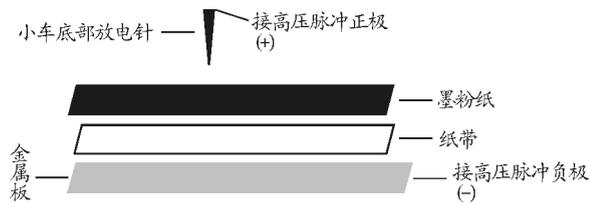


图8 改良后的实验示意图



图9 改良实验打出的纸带

综上所述,用电火花计时器的高压脉冲输出和墨粉纸在纸带上打点时,高压脉冲正极要接在放电针上,墨粉纸要靠近放电针,这样才能得到最好的点迹效果.目前笔者通过改造电火花计时器的电源模块,使它能在热敏纸上打出点迹,不需要再使用墨粉纸带,打点效果更好.

通过上述研究,笔者不仅弄清楚了21051轨道打点式小车的打点原理,而且还优化了实验方案,使学生在处理实际的纸带问题时不会因为漏点或点迹不清得到错误的结论.

6 结束语

21051轨道打点式小车是一套全新的仪器,相对于传统的木板小车和打点计时器的组合,21051轨道打点式小车有着它的优点,但同时也存在着问题,只有不断地研究才能发现问题,才能优化实验效果,才能跟上新时代学生的学习需求.

参考文献

- 徐云东,熊世江.电火花计时器的工作原理及墨粉纸盘的替代物.物理教师,2007,28(6):56~57
- 池贤兴.关于一个尖端放电演示实验的解释.温州大学学报(自然科学版),1993(1):53~56
- 严璋,朱德恒.高电压绝缘技术(第2版).北京:中国电力出版社,2007.71~75