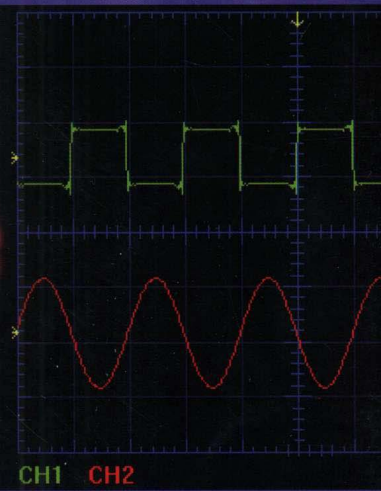
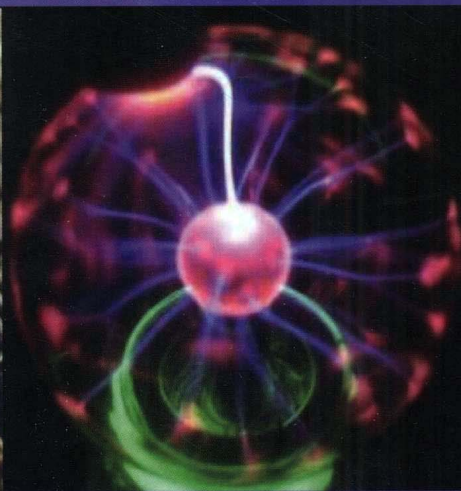


CHUANGXIN ZHONGXUE WULI SHIYAN

创新中学物理实验

——电子信息技术的应用

011100101



刘彬生 吴月江 汪维澄 编 著



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

CHUANGXIN ZHONGXUE WULI SHIYAN

创新中学物理实验

——电子信息技术的应用

刘彬生 吴月江 汪维澄 编 著



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP) 数据

创新中学物理实验 / 刘彬生, 吴月江, 汪维澄编著. —北京:
北京师范大学出版社, 2011.1
ISBN 978-7-303-11737-6

I. ①创… II. ①刘…②吴…③汪… III. ①物理课—实验—教学研究—中学 IV. ① G633.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 215803 号

营 销 中 心 电 话 010-58802181 58808006
北师大出版社高等教育分社网 <http://gaojiao.bnup.com.cn>
电 子 信 箱 beishida168@126.com

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn
北京新街口外大街 19 号
邮政编码: 100875

印 刷: 北京东方圣雅印刷有限公司
经 销: 全国新华书店
开 本: 170 mm × 230 mm
印 张: 18
字 数: 309 千字
版 次: 2011 年 1 月第 1 版
印 次: 2011 年 1 月第 1 次印刷
定 价: 35.00 元

策划编辑: 胡廷兰 责任编辑: 胡廷兰
美术编辑: 毛 佳 装帧设计: 毛 佳
责任校对: 李 茵 责任印制: 李 啸

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

序 言

当前,我国正在实施基础教育课程的改革。新课程标准的理念深刻地改变了物理实验教学的目标、性质和模式。物理教学中,实验的作用和地位得到较大的提升。这种改变对教师在实验教学方面提出了更高的要求。同时,近十几年来,新技术,特别是信息技术和电子技术飞速发展,其应用已渗透到从科学研究到生产、生活的各个方面,而在中学物理教学中,其应用却远没有被充分体现。教师对新技术、新仪器在中学物理教学中的应用不甚熟悉,迫切需要有符合新教材理念,并与课堂教学紧密相配合的物理实验方面的论述和资料,但目前这方面的参考书十分罕见。

本书作者都是北京市示范高中的物理教师,多年从事物理实验教学和研究以及教学仪器的研发,还参加了新课程教材的编写。作者依据自身的教学实践经验及在中学物理实验方面的研究成果编写了本书,希望与广大教师交流、探讨。本书也可以作为高等师范院校物理专业学生学习和研究的参考书。

本书力求做到以下几方面。

第一,贯彻新课程的基本理念。在实验内容上,体现时代性;在教学目标上,注重提高学生的实验素养,增强学生的创新意识,发展学生的自主学习能力和独立研究能力。

第二,鼓励教师从“题海”中跳出来,在教学中充分发挥传统仪器和实验方法作用的同时,克服保守思想,采纳新观念,关注新技术在实验中的运用,改革教学设计,提

高教学效果，做进取型、研究型的物理教师。

第三，选择若干主题，介绍一些典型的新实验，特别侧重于运用电子信息技术案例，阐述笔者对于主题的观点，说明实验新的立意和设计，或如何突破教学中的难点。本书详细介绍了实验的器材、原理、操作方法和结果。所有实验案例都由笔者亲自做过，可供读者采用和研究。

第四，针对不同类型的实验案例，采用相应的新的实验方法。对于建立物理概念和揭示物理规律的实验，力求从抽象变为直观，从静态变为动态，从定性变为定量。对于测量基本物理量的实验，注重新仪器的认识和使用。对于新教材中增加的新内容，本书专辟章节介绍新设计的实验。对于探究性实验，注重方案的多样性和可行性、知识的扩展性、仪器和技能的综合运用。教师从中可体会到如何指导学生，如何体现科学探究的方法和要素。

第五，提倡在实验中使用近年来迅速发展、性能优良的现代化、数字化的仪器仪表以及新型的元器件，使它们“大显身手”。对于某些实验项目，先分析传统做法所面临的困难及其原因，再“对症下药”，提出采用新技术的改进办法，并展示所取得的成效。对于某些过去无法用实验验证的物理问题，探索采用新技术解决的方案。对于书中涉及的新仪器等，都给予了简明、实用的介绍，使教师易于理解、掌握，并能顺利地教学中运用。

第六，介绍计算机在实验中的应用，使它成为“多面手”。例如，将简单的传感元件和计算机及免费软件配合，实现信息采集和处理手段从传统的、基础的手工方法到现代技术的飞跃。又如用软件处理实验数据，现已成为应用最广的领域，通过书中的案例讲述其操作方法，可实现操作水平从入门到提高。了解软件仿真实验，探索用它作为教学的辅助和补充。

第七，推荐简单和低成本的实验。新技术、新元件不一定是高价格的，也并非高不可攀。只要自己动手，几元钱也可以和它“亲密接触”。本书介绍的许多实验都非常简单，成本也较低，便于推广。

本书的第二章，第七章第一节、第二节，第八章，第十一章第一节、第六节由汪维澄执笔；第一章，第三章，第六章，第九章第一节、第二节，第十章第三节、第四节，第十一章第二节、第五节由吴月江执笔；第四章，第五章，第七章第三节、第四节，第九章第三节、第四节，第十章第一节、第二节，第十一章第三节、第四节由刘彬生执笔；最后由刘彬生统稿。

本书所附光盘的内容有：

- (1) 书中全部的彩色照片和图片；
- (2) 作者编写的、第一章中专用的“轨迹分析”软件；

(3)书中介绍的几种软件应用案例的操作录像。

本书的出版得到了北京师范大学出版社和梁志国博士、范林主任的大力支持，胡廷兰、叶英博两位编辑也做了大量工作，作者在此深表谢意！

作者水平有限，难免有疏漏、不当和错误之处，恳请读者指正。

作 者

2010 年 8 月于北京

目 录

第一章 频闪照相和运动轨迹记录 /1

- 第一节 新型 LED 频闪光源——自携式和照射式 1
- 第二节 用自携式频闪光源和数码相机研究多种运动 2
- 第三节 用数码相机的摄像功能记录运动轨迹——研究自由落体运动..... 10
- 第四节 用慢快门记录运动轨迹——研究平抛运动 12
- 第五节 电火花平抛实验器 15

第二章 电子天平和电子秤的应用 /19

- 第一节 电子天平和电子秤 19
- 第二节 研究机翼升力 22
- 第三节 验证库仑定律 23
- 第四节 测量液体的表面张力系数 26
- 第五节 观察超重和失重 28
- 第六节 研究浮力 29
- 第七节 快速测量物体的质量 30

第三章 数字测力计及其应用 /32

- 第一节 数字测力计 32

第二节	验证牛顿第二定律	32
第三节	探究动能变化与做功的关系	37
第四节	探究动量变化与冲量的关系	39
第五节	研究安培力	41

第四章 数字式多用电表的应用 /45

第一节	数字式多用电表	45
第二节	几项基本测量练习	48
第三节	测量电池的电动势和内阻	49
第四节	用伏安法测电阻	53
第五节	测量二极管的正向伏安特性	55
第六节	研究电容器的电容	57
第七节	研究容抗和感抗	61

第五章 模拟示波器的应用 /66

第一节	单踪模拟示波器	66
第二节	观测最简单的周期性信号电压	69
第三节	观察二极管整流和电容器滤波	69
第四节	观察 LC 电路的阻尼电磁振荡	71
第五节	观察 LC 电路的等幅电磁振荡	74
第六节	观察电容器的充、放电	76
第七节	双踪模拟示波器及其应用	78

第六章 数字存储示波器的应用 /83

第一节	数字存储示波器简介	83
第二节	观察电容器的充、放电	88
第三节	观察自感现象	90
第四节	研究电磁感应现象	92
第五节	观察 LC 电路的阻尼电磁振荡	94
第六节	观察钨丝灯泡通电时的冲击电流	97

第七章 传感器的应用 /99

第一节	传感器	99
第二节	认识传感器功能的实验	105
第三节	了解传感器应用的实验	110
第四节	利用传感器改进物理实验	125

第八章 数字化实验系统的应用 /134

第一节	数字化实验系统	134
第二节	用位移传感器研究物体的运动	141
第三节	用条栅尺和光电门研究物体的运动	145
第四节	用力传感器研究超重和失重	148
第五节	研究简谐振动	150
第六节	测量冲量和验证动量定理	152
第七节	研究向心力	154
第八节	研究气体定律	159
第九节	研究声学问题	166
第十节	新设计或改进的电磁学实验	169

第九章 电脑和多媒体的应用 /180

第一节	用声卡观察和分析声音	180
第二节	声卡的扩展应用	191
第三节	仿真实验软件	197
第四节	用计算机处理实验数据	205

第十章 集成电路的应用 /214

第一节	认识基本逻辑电路的实验	214
第二节	其他一些数字集成电路的应用	220
第三节	运算放大器的应用	225
第四节	555 集成电路及其应用	231

第十一章 新材料和新元件的应用 /238

第一节	用钕铁硼强永磁体做实验	238
第二节	用超声波发射、接收头做实验	243
第三节	用发光二极管做实验	251
第四节	用半导体激光器做实验	259
第五节	用超级电容器做实验	263
第六节	用半导体制冷片做实验	268

附录 Excel 软件的一些常用功能和操作方法 /273

第一章 频闪照相和运动轨迹记录

研究物体的运动，需要记录它不同时刻的空间位置，或者直接显示其运动轨迹。课本中采用了几种实验方法：对于直线运动，用打点计时器在物体拖动的纸带上打出点迹；对于二维曲线运动，用高压电脉冲火花在作为背景的纸张上留下点迹；用照相机通过光学成像在照片上做出记录。

频闪照相法适用于记录各种运动，得到的照片直观性最好。但由于用传统感光胶片照相有诸多不便，无法在课堂上实施，所以一般仅让学生观看现成的照片。数码相机将物体运动的影像记录在存储介质上，并能够用计算机即时显示，因而使课堂上现场拍摄、显示、研究成为可能。利用发光二极管(LED)可以自制小巧、廉价的频闪光源，便于推广。

自由落体运动和平抛运动是高中力学的典型和重点内容，本章将以这两种运动为例，介绍如何使用数码相机拍摄频闪照片及如何据此研究物体运动的规律。本章提供的多种实验方案，有些适用于课堂教学，可作为演示实验或学生实验，有些可供学生课外研究活动采用。

第一节 新型 LED 频闪光源——自携式和照射式

传统频闪照相使用传统的频闪光源，其发光体为气体放电闪光管(如照相机闪光灯中所用的)。由于中学实验室配备的简易频闪光源(如 J02015 型)不能连续工作，拍摄时要求小球下落、相机快门开启和频闪光源开启须同步，这在操作上不易实现。而在课堂上，实验时间的延误会影响教学任务的完成，所以教师往往不采用现场拍摄演示，而仅让学生观看现成的照片。另外，由于教学使用的简易频闪光源频率精度不高(误差 $\pm 5\%$)，做定量研究时效果欠佳。

新型 LED 自携式频闪光源采用不同的方式拍摄频闪照片。光源为 LED，由单片机控制发出窄脉冲频闪光，光源被安装在运动物体上。这样相机拍摄到一串 LED 频闪发光小亮点即为物体运动过程的频闪照片。新型 LED 自携式频闪光源的原理简图如图 1.1-1 所示。频闪光源的频率为 50.00 Hz，精度为 0.01%。用于拍摄自由落体照片的光源的实物如图 1.1-2 所示。用于拍摄平抛运动照片的光源是把电路部分安装在扁平的圆柱体内。当圆柱体从平抛轨道槽滚下作平抛运动时，安装于圆柱体轴线位置的 LED 发出频闪光供相机拍摄。这种频闪光源的实物如图 1.1-3 所示。

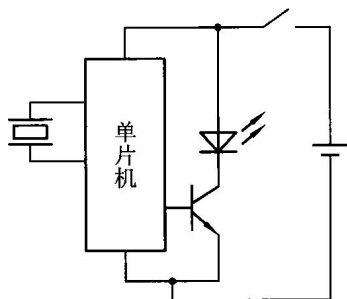


图 1.1-1

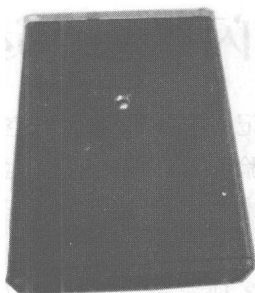


图 1.1-2

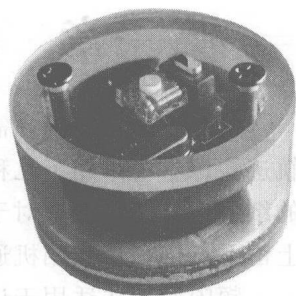


图 1.1-3

新型 LED 照射式频闪光源的使用方式类似传统频闪光源，光源发出频闪光照亮作自由落体运动或平抛运动的小球。电路部分原理与自携式相同，不过这种方式要求照射光强度较强，所以需采用大功率三极管驱动多个并联的大功率 LED，并将这些 LED 安装在一块板上，近距离照射。光源用干电池供电，可连续工作，使用上比传统频闪光源方便得多。下面几节中我们介绍如何借助新型 LED 频闪光源来研究各种运动。

第二节 用自携式频闪光源和数码相机研究多种运动

普通数码相机与自携式频闪光源相配合可用于研究各种运动。将自携式频闪光源安装到小车上，用相机拍摄即可研究小车的匀速直线运动或匀变速直线运动。让其自身作为运动物体，即可拍摄和研究自由落体运动或平抛运动。匀速直线运动或匀变速直线运动较为简单，本节我们以自由落体运动和平抛运动为例作介绍。

一、研究自由落体运动

• 实验器材和装置

普通数码相机^①，相机三脚架，自携式频闪光源^②，遥控电磁铁，遥控器（电视机、空调等家用电器的遥控器即可），黑色背景板（竖立板，竖直方向相距 40 cm 有两个标记，用于相片上按比例确定物体运动的距离）。为了保护

① 要求有快门优先的拍摄模式，下同。

② 频闪光源装在运动物体内，下同。

频闪光源，要在它落地处放置泡沫垫来缓冲。实验装置如图 1.2-1 所示。

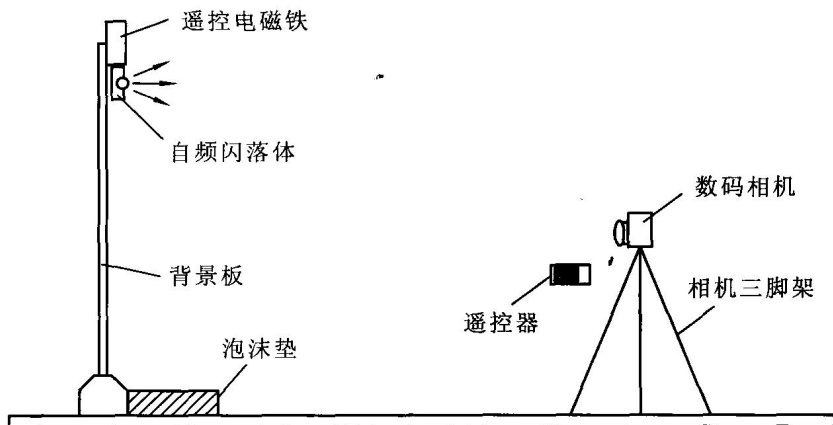


图 1.2-1

• 拍摄频闪照片

(1) 用三脚架固定数码相机，相机离背景板约 3 m，相机高度与背景板中心大致相同。相机竖直安置，选择快门优先模式，快门设定为约 1.4 s。相机调焦至取景画面正好容下背景板，室内照明应稍暗些，为防止按快门时手抖动的影响，采用定时自动拍摄。

(2) 开启遥控电磁铁的电源并使其处于通电状态。将自频闪落体吸在电磁铁下悬挂着。

(3) 按下快门钮后等待，当相机定时结束开启快门时（数码相机的自拍功能都带有声、光报时装置），按下遥控器，释放落体。

曝光结束便可获得清晰的自由落体运动的频闪记录图像（图 1.2-2 为照片的局部）。照片直观地显示了自由落体运动过程相同时间间隔（0.02 s）物体的位置情况。

• 数据处理和结果

将数码相机拍摄的照片传至电脑，使用“轨迹分析”软件（本书所附光盘内提供了该软件）可从照片中获取数据。

(1) 启动“轨迹分析”软件，单击【载入图片】按钮，选择照片文件打开图片，程序同时会启动 Excel 软件（图 1.2-3）。

(2) 单击【放大】或者【缩小】按钮将图片调整至适当大

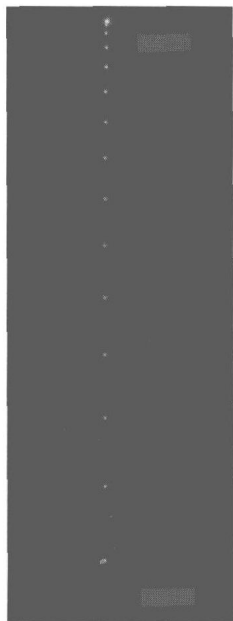


图 1.2-2

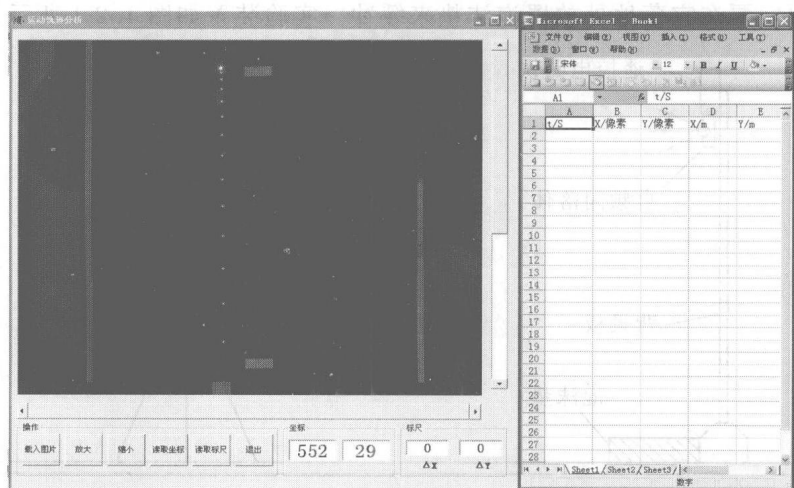


图 1.2-3

小，以便下面操作中提高鼠标定位的精确性。

(3)单击【读取坐标】按钮，将鼠标光标移至图片范围内，光标变为“+”字状。从上到下依次对准图片上小亮点的中心并单击鼠标左键，程序便会自动读取以像素为单位的小亮点的坐标(x , y)并自动传至打开的 Excel 表内(本实验中只用到 y 坐标)。单击鼠标右键即可结束读取坐标过程。

(4)单击【读取标尺】按钮，将鼠标光标移至图片范围内，光标变为“+”字状。先后对准图片上下两个标记并单击鼠标左键，软件界面底部标尺栏中会显示两次单击的坐标(x , y)的坐标差(Δx , Δy)(本实验中我们只关心 Δy)。选中此 Δy 数值将它拷贝到 Excel 表中备用。

(5)转到 Excel 界面处理数据。利用两个标记间的实际距离及拷贝来的坐标差 Δy ，在“ y/m ”列将“ $y/像素$ ”列的数值转化为以米为单位的坐标值。

(6)选中“ t/s ”列和“ y/m ”列，作 $y-t$ 图像。用多项式函数拟合(选次数 $n=2$)，可得到很好的拟合图线(图 1.2-4)，并可由函数关系的二次项系数获得重力加速度的值 $g=9.803\text{ m/s}^2$ 。根据时间—位移关系，还可得到各时刻的速度(某时刻点的速度等于前后相邻时刻点间的位移即两个 y 值之差除以 0.04 s)，各时刻点的速度值见表 1.2-1 中最后一列，由此可作时间—速度图像(图 1.2-5)。图中用直线拟合，其一次项系数即为从该图线得到的加速度值 $g=9.812\text{ m/s}^2$ 。

表 1.2-1

点序号	像素	t/s	y/m	$v/(m \cdot s^{-1})$
1	108	0.020	0.035 2	—
2	139	0.040	0.045 2	0.602
3	182	0.060	0.059 2	0.797
4	237	0.080	0.077 1	0.993
5	304	0.100	0.098 9	1.196
6	384	0.120	0.125 0	1.391
7	475	0.140	0.154 6	1.570
8	577	0.160	0.187 8	1.774
9	693	0.180	0.225 5	1.977
10	820	0.200	0.266 9	2.164
11	959	0.220	0.312 1	2.368
12	1 111	0.240	0.361 6	2.571
13	1 275	0.260	0.415 0	—

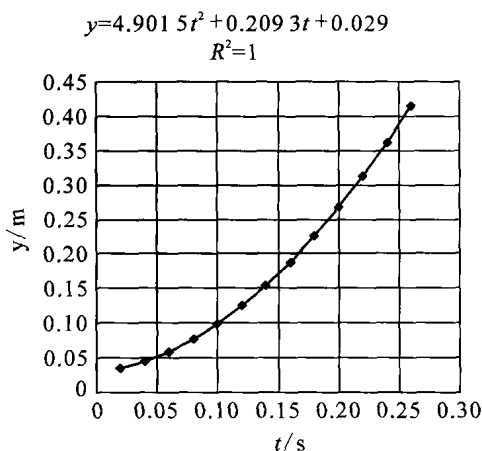


图 1.2-4

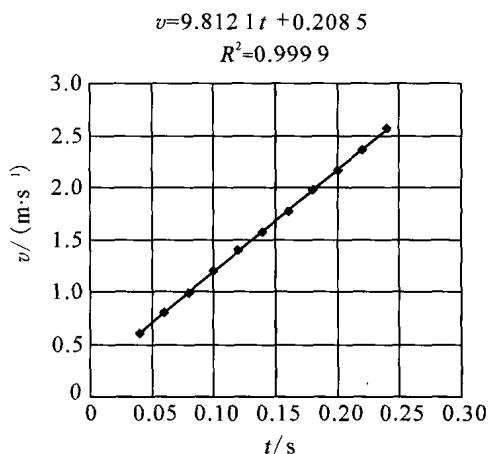


图 1.2-5

以上数据处理中的读取数据过程也可在 Windows 自带的画图软件中进行。用画图软件打开照片，将鼠标光标移到照片上的频闪记录点上，画图软件的状态栏就会以像素为单位显示记录点的位置。记录下每个点的位置数据，再将数据输入 Excel 表也可完成分析。但这样做比较费时间，课堂上不适用。

• 注意事项

基于本实验的器材条件和数据处理方法，测量重力加速度的误差可小于 0.5%。为保证实验精确度，操作中须注意以下几点。

(1)背景板要竖直，不能前后倾斜，上、下两个标记要在一条竖直线上。

(2)数码相机机身要竖直，镜头轴线应与背景板垂直。

(3)背景板的两个比例标记与落体上光源要在垂直于相机镜头光轴的同一个竖直面内，即不能有前后差距，否则因照相的透视关系，会产生较大的误差。当然，相机离被拍摄物越远，这种误差会越小。

二、研究平抛运动

• 实验器材和装置

普通数码相机，相机三脚架，自携式频闪光源(扁平圆柱型)，黑色背景板(如图 1.2-6 所示，带平抛圆弧轨道，底座上铺有缓冲物)。

背景板左侧边缘竖直方向设有两个相距 25.00 cm 的标记，与频闪光源在离背景板相等距离的竖直平面内，作为照片的比例标记。

• 拍摄频闪照片

(1)用三脚架固定数码相机，相机离背景板约 3 m，相机高度与背景板中心大致相同。相机竖直安置，快门设定为约 1.4 s。相机调焦至取景画面正好容下背景板或稍大些，室内照明应稍暗些，为防止按快门时手抖动的影响，采用定时自动拍摄。

(2)按下快门钮后，开启频闪光源电源开关并将其放在圆弧轨道的上端等待，当相机定时结束开启快门时，释放频闪光源让其从轨道上滚下，经过轨道底部水平段后沿水平方向被抛出，作平抛运动。

曝光结束便可获得清晰的平抛运动的频闪记录图像(图 1.2-7)。该图像直观地显示了平抛运动过程相同时间间隔(0.02 s)物体的位置情况。

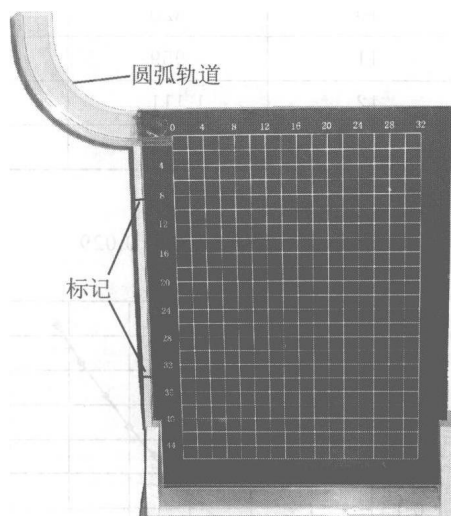


图 1.2-6

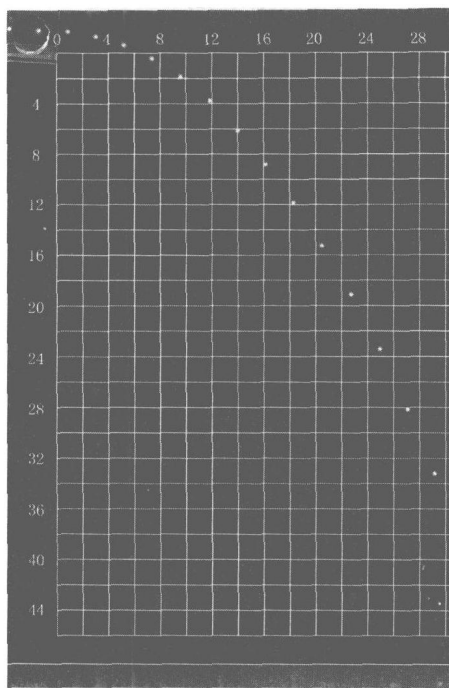


图 1.2-7

• 数据处理和结果

(1)将数码相机拍的照片传到电脑中,使用“轨迹分析”软件从照片中获取数据。使用软件获取数据的方法详见前面“研究自由落体运动”中相应的内容。照片与实物的尺寸比例关系通过背景板左侧边缘竖直方向的两个标记来确定,两个标记的实际距离为 0.250 m。我们进行的一次实验的数据见表 1.2-2。

(2)选中“t/s”列和“y/m”列,作 $y-t$ 图像。用多项式函数拟合(选次数 $n=2$),可得到很好的拟合图线(图 1.2-8),并可由函数关系的二次项系数获得重力加速度值 $g=9.811 \text{ m/s}^2$,其表明物体在竖直方向的运动为自由落体运动。

(3)选中“t/s”列和“x/m”列,作 $x-t$ 图像。用多项式函数拟合(选次数 $n=1$),可得到很好的拟合图线(图 1.2-9),其表明物体在水平方向的运动为匀速直线运动,并可由函数关系的一次项系数获得水平方向的速度值 $v_x=1.085 \text{ m/s}$ 。

(4)选中“y/m”列和“x/m”列,作 $y-x$ 图像。用多项式函数拟合(选次数 $n=2$),可得到很好的拟合图线(图 1.2-10),其表明物体的运动轨迹为抛物线。