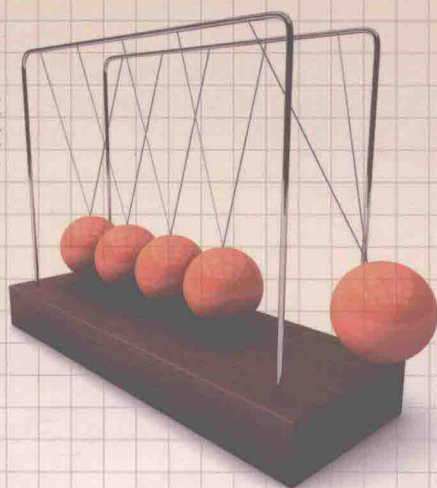




普通高等教育“十三五”规划教材



大学物理 实验指导

DAXUE WULI SHIYAN ZHIDAO

万 巍 主编



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

大学物理实验指导

主 编：万 巍

副主编：任光明

东南大学出版社

• 南京 •

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验指导 / 万巍主编. —南京: 东南大学出版社, 2016. 9

ISBN 978-7-5641-6673-1

I. ①大… II. ①万… III. ①物理学—实验—高等学校—教学参考资料 IV. ①04-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 197474 号

大学物理实验指导

出版发行: 东南大学出版社

社 址: 南京市四牌楼 2 号 邮编: 210096

出 版 人: 江建中

网 址: <http://www.seupress.com>

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 南京玉河印刷厂

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 5.75

字 数: 128 千字

版 次: 2016 年 9 月第 1 版

印 次: 2016 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 1—2000 册

书 号: ISBN 978-7-5641-6673-1

定 价: 18.00 元

本社图书若有印装质量问题, 请直接与营销中心联系。电话: 025—83791830

前言

Forward

大学物理实验是“大学物理”教学中的一个重要环节,也是理工科大学生进校后的第一门基础实验课。其教学目的是通过系统的实验技能训练,使学生掌握进行科学实验的基本知识、方法和技巧,更重要的是培养学生敏锐的观察力和严谨的思维能力,提高学生理论联系实际、分析问题和解决问题的能力,增强学生的动手能力、创新能力和实践能力。

目前,大学物理实验课程的教学一直以传统教学方法为主,即教师占据教学的主导地位。教师讲,然后学生照做,学生对教师的依赖性很强,缺乏自主学习能力。为了增强学生的自学能力和实践创新能力,本书根据大学生对物理实验课程教学的接受情况,以“引导文教学法”为导向,编写了基于“引导文工作页”的大学物理实验教程。

引导文教学法是借助一种专门教学文件(引导文工作页),通过工作计划和自行控制工作过程等手段,引导学生独立学习和工作的项目教学方法。引导文工作页一般通过设计系统化的引导问题和提示,指导学生循序渐进地一步步完成学习任务。学生通过阅读引导文,可以明确学习目标,清楚地了解应该完成什么工作、学会什么知识、掌握什么技能。在引导文的指引下,学生必须积极主动地查阅资料,解答引导问题,制订工作计划,最终,通过小组合作的方式来完成任务。

本书共包括十个学习情境的实验内容,主要是T型气垫导轨的认知与应用、示波器的认知与使用、单摆与三线摆周期的测定与应用、金属线膨胀系数测量实验、电学综合性实验、声速测量综合性实验、利用霍尔效应测定磁场的磁感应强度、光学仪器综合使用、夫兰克-赫兹实验、光电效应普朗克常数的测定。学生可以根据引导文工作页,自行组队讨论与安排工作计划,完成各自的实验任务,最后进行相互评价。

本书由万巍主编,任光明副主编,王烁绚参与编写。在编写过程中得到了广东技术师范学院电子与信息学院徐小平院长的支持和鼓励,谨此致谢。

由于作者水平有限,书中难免有缺点和不足,恳请指正。希望使用教材的教师、学生和广大读者积极提出批评和建议,以不断提高教材的质量,更好地为大家服务。

编者

2016年6月

目 录 Contents

学习情境一：T 型气垫导轨的认知与应用	1
学习情境二：示波器的认知与使用	12
学习情境三：单摆与三线摆周期的测定与应用	21
学习情境四：金属线膨胀系数测量实验	29
学习情境五：电学综合性实验	35
学习情境六：声速测量综合性实验	44
学习情境七：利用霍尔效应测定磁场的磁感应强度	54
学习情境八：光学仪器综合使用	60
学习情境九：夫兰克-赫兹实验	72
学习情境十：光电效应普朗克常数的测定	78



学习情境一:T型气垫导轨的认知与应用

1.1 学习情境

教师讲解 T 型气垫导轨的基本组成和使用方法,解释 MUJ-4B 电脑计时器的计时方法,下达实验任务:利用气垫导轨和电脑计时器来测定变速直线运动的平均速度和瞬时速度,验证牛顿第二定律,验证动量守恒定律,并探究 T 型气垫导轨的其他应用。

1.2 所需课时

6 学时。

1.3 学习目标

1. 了解并掌握气垫导轨、MUJ-4B 电脑计时器的基本知识和使用方法;
2. 了解使用气垫导轨、MUJ-4B 电脑计时器的注意事项;
3. 理解测量平均速度与瞬时速度的原理;
4. 掌握在气垫导轨上测量物体平均速度和瞬时速度的方法;
5. 理解牛顿第二定律的物理意义和实验原理,并能够用气垫导轨验证牛顿第二定律;
6. 掌握弹性碰撞和完全非弹性碰撞的特征和碰撞的结果;
7. 能够利用气垫导轨验证动量守恒定律;
8. 能够正确计算、分析实验所得数据;
9. 设计合理的实验方法,并自行计划、实施和监控。

1.4 实验器材

气垫导轨套装、滑行者、MUJ-4B 电脑计时器、挡光条、挡光片、砝码盘和砝码、配重块、天平秤、游标卡尺。

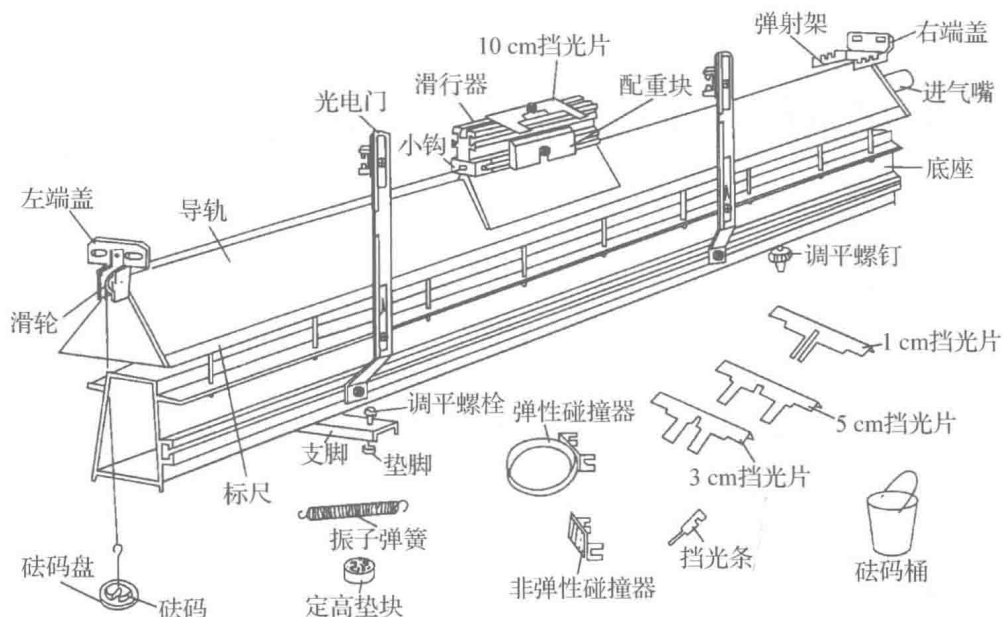


图 1-1 T 型气垫导轨的基本结构示意图

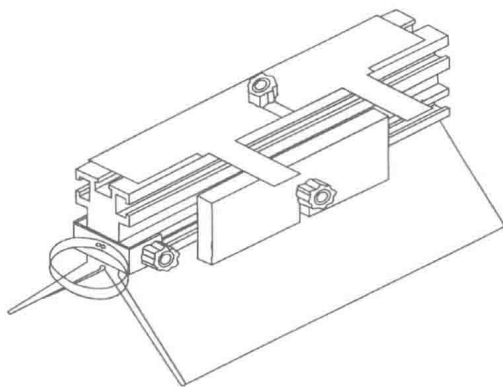


图 1-2 滑行者上安装附件示意图

1.5 引导文工作页

(一) 布置任务

每 2—3 个学生为一个小组。学生以小组为单位,利用气垫导轨设备、MUJ-4B 电脑计时器以及其他辅助设备,结合所学的理论知识,设计合理的实验方案,完成以下三个子任务:变速直线运动的平均速度和瞬时速度的测定,验证牛顿第二定律,验证动量守恒定律。

(二) 理论知识准备

一个做直线运动的物体,在 Δt 时间内经过的位移为 Δs ,则该物体在 Δt 时间内的平均速度为



$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

为了精确地描述物体在某点的瞬时速度,应该把 Δt 取得越小越好。 Δt 越小,所计算出的平均速度越接近瞬时速度。当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时,平均速度趋近于一个极限,即

$$\bar{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \bar{v}$$

当滑行器在气垫导轨上做匀加速直线运动时,设滑行器经过光电门 G_1, G_2 两点的瞬时速度为 V_1, V_2 , 其中 $V_1 = \Delta S / t_1$, $V_2 = \Delta S / t_2$ (ΔS 为挡光条的计时宽度), 两光电门的中心距离为 S , 则滑行器运动的加速度 a 可按下式计算:

$$a = (V_2^2 - V_1^2) / 2S$$

设两滑行器的质量分别为 m_A 和 m_B , 相碰前的速度为 V_A 和 V_B , 相碰后的速度为 V'_A 和 V'_B , 则根据动量守恒定律有:

$$m_A V_A + m_B V_B = m_A V'_A + m_B V'_B$$

(三) 仪器设备的认知与使用

1. 气垫导轨是一种什么装置,一般可应用在哪些实验和行业?
2. 图 1-3 是 T 型气垫导轨实物图,说说气垫导轨全套仪器的主要组成部分。

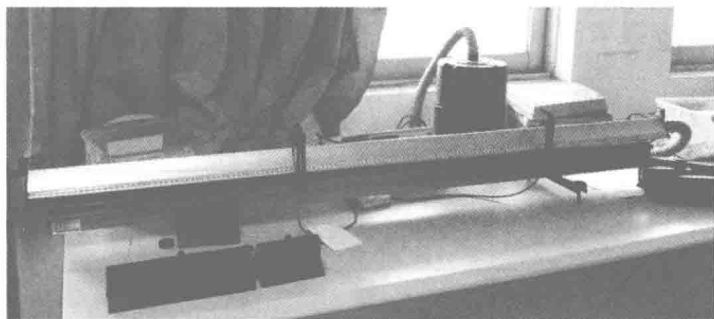


图 1-3 T型气垫导轨实物图

3. 观察气垫导轨的结构,简述其工作原理。
4. 检查气垫导轨是否水平有几种调节方法?
5. 结合图 1-4,说说如何使用 MUJ-4B 电脑计时器。
6. 气垫导轨和电脑计时器相连后,可以测量哪些物理量? 简述其工作原理。



图 1-4 MUJ-4B 电脑计时器

(四) 子任务一:变速直线运动的平均速度和瞬时速度的测定

1. 测量变速直线运动的平均速度和瞬时速度需要用到以上哪些实验仪器?
2. 根据平均速度的公式,实验过程中需要测量哪几个物理量?
3. 电脑计时器的 S_1, S_2 通道的计时方法有何不同? S_1 通道如何计时? S_2 通道如何计时?
4. 请测试 MUJ-4B 电脑计时器每次能自动保存多少个数据? 如何查看数据? 按哪个功能键可以清零重新开始?
5. 如何使滑行器在气垫导轨上做变速运动?
6. 请设计两种方案来测量滑行器在气垫导轨上做变速直线运动的平均速度和瞬时速度。

表 1-1

$L(\text{cm})$ $t(\text{ms})$ 次数	40	30	20	10	2
1					
2					
3					
$\bar{t}(\text{ms})$					
$\bar{v}(\text{m/s})$					

注: L 是指气垫导轨上两个光电门之间的距离

根据表 1-1 提示,你想到的第一种测量方案是什么? 滑行器上应该装什么规格的挡光条(挡光片)? 电脑计时器的测量通道应该选择 S_1 还是 S_2 ? 完成上述问题后可以根据小组确定的实验方案,利用表 1-1 记录实验数据。

表 1-2

次数 \ L(cm) t(ms)	10	5	3	1
1				
2				
3				
$\bar{t}(\text{ms})$				
$\bar{v}(\text{m/s})$				

注： L 是指不同规格的挡光片的宽度

根据表 1-2 提示，你想到的第二种测量方案是什么？这种方案只需要用几个光电门？电脑计时器的测量通道应该选择 S_1 还是 S_2 ？完成上述问题后可以根据小组确定的实验方案，利用表 1-2 记录实验数据。

7. 每次测量时，需不需要让滑行器从同一地点、无初速度滑下？为什么？
8. 测量时，如何减轻滑行器对导轨两端的撞击？
9. 测量过程中你还遇到了哪些问题？请记录下来，并给出自己小组解决的方法。
10. 是否还有其他方法可以用来测量变速直线运动的平均速度和瞬时速度？

（五）子任务二：验证牛顿第二定律

1. 牛顿第二定律关系式为 $F=ma$ ，根据图 1-5 的实验装置提示，请问如何验证牛顿第二定律？（提示： F 与 a 是什么关系？ m 与 a 是什么关系？）

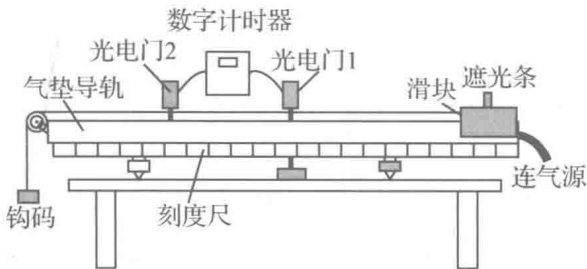


图 1-5 T 型气垫导轨结构示意图

2. 牛顿第二定律的验证实验中需要控制哪些变量？
3. 根据气垫导轨提供的元器件，通过什么来改变力 F 的大小？
4. 根据气垫导轨提供的元器件，通过什么来改变质量 m 的大小？
5. F, m, a 这三个量中的 a 不能直接测定，请问用什么公式来计算加速度 a ？公式里需要测量哪些物理量？
6. 根据子任务一的提示，如何测量瞬时速度？



7. 根据气垫导轨所提供的元器件,请设计验证牛顿第二定律的实验方案。

(1) 挡光片(挡光条)的宽度 $\Delta s =$ _____; 两光电门的中心距离 $s =$ _____;

$m_{\text{滑块}} =$ _____; $m_{\text{盘}} =$ _____; $m_{\text{砝码}} =$ _____; $m_{\text{配重}} =$ _____;

$M_{\text{系}} = m_{\text{滑块}} + nm_{\text{砝码}} + m_{\text{盘}} =$ _____ (g) (n 为砝码个数)

表 1-3

$$V_1 = \Delta s / \Delta t_1$$

$$V_2 = \Delta s / \Delta t_2$$

$F_{\text{合}}$	$\Delta t_1 / \text{ms}$	$\Delta t_2 / \text{ms}$	$V_1 / (\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	$V_2 / (\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	$a / (\text{cm} \cdot \text{s}^{-2})$	$a / (\text{cm} \cdot \text{s}^{-2})$
$m_{\text{盘}} + 0 \cdot m_{\text{砝码}}$ $=$ _____ (g)						
$m_{\text{盘}} + 1 \cdot m_{\text{砝码}}$ $=$ _____ (g)						
$m_{\text{盘}} + 2 \cdot m_{\text{砝码}}$ $=$ _____ (g)						
$m_{\text{盘}} + 3 \cdot m_{\text{砝码}}$ $=$ _____ (g)						
$m_{\text{盘}} + 4 \cdot m_{\text{砝码}}$ $=$ _____ (g)						

根据表 1-3 提示,你需要验证的是哪两个物理量之间的关系? 如何验证? 测量中需要测定瞬时速度,应选择哪种规格的挡光条(挡光片)? 电脑计时器对应选择 S_1 还是 S_2 通道?

完成上述问题后可以根据小组确定的实验方案,利用表 1-3 记录实验数据。

$F_{\text{合}} = mg = (nm_{\text{砝码}} + m_{\text{盘}})g =$ _____ (n 为盘中砝码个数)



表 1-4

$M_{\text{系}}(g)$	$\Delta t_1/ms$	$\Delta t_2/ms$	$\Delta V_1/(cm \cdot s^{-1})$	$\Delta V_2/(cm \cdot s^{-1})$	$a/(cm \cdot s^{-2})$	$a/(cm \cdot s^{-2})$

注： $M_{\text{系}} = m_{\text{滑块}} + nm_{\text{砝码}} + m_{\text{盘}} + m_{\text{配重}}$

根据上面的表格提示,你需要验证的是哪两个物理量之间的关系? 如何验证? 完成上述问题后可以根据小组确定的实验方案,利用表 1-4 记录实验数据。

- 8. 记录实验数据,并根据实验数据画出 $a - F$ 图和 $\frac{1}{m} - a$ 图,并解释两图的物理意义。
- 9. 安装实验仪器时,对滑轮的状态有什么要求?
- 10. 如何调节与判断导轨水平?
- 11. 在实验过程中,细线拴在砝码盘的一端穿过滑轮与端盖的小孔,将另一端连在滑行器侧面的小钩上,假如细线没有处在水平状态,这样对实验结果有什么影响?
- 12. 在这个实验中,有哪些影响实验精度的因素? 需要采取什么措施加以改进?

(六) 子任务三:验证动量守恒定律

- 1. 动量守恒定律的物理意义是什么?
- 2. 请写出完全弹性碰撞的物理特征和碰撞结果。(提示:两物体质量相等或者不等)
- 3. 请写出完全非弹性碰撞的物理特征和碰撞结果。
- 4. 参考图 1-6,完成该实验需要使用的气垫导轨元器件有哪些?

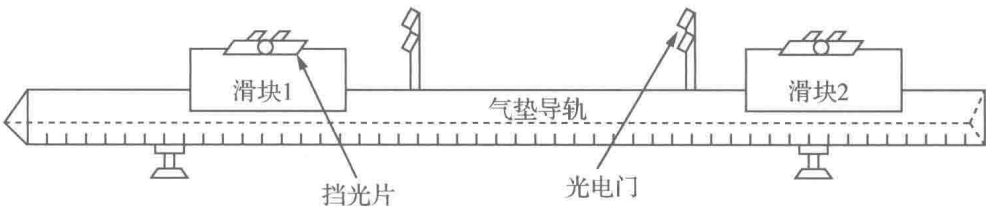


图 1-6 验证动量守恒定律示意图



5. 怎样保证实验仪器在水平方向不受外力?
6. 如何测出滑行器经过光电门的瞬时速度?
7. 参照图 1-7 和图 1-8, 分别讨论和验证在 $m_A = m_B$ 、 $m_A \neq m_B$ 且 $V_A = 0$ 的情况下的弹性碰撞。

(1) $m_A = m_B$, 且 $V_A = 0$

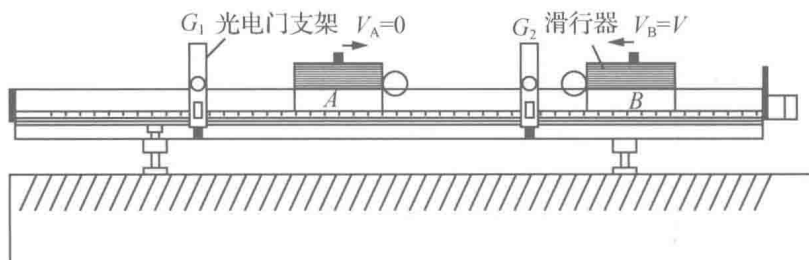


图 1-7 完全弹性碰撞试验装置简图

(2) $m_A \neq m_B$, 且 $V_A = 0$

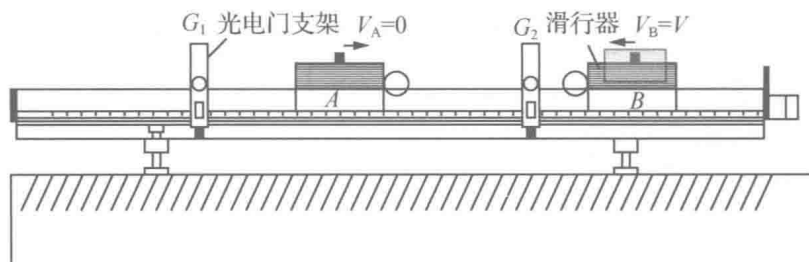


图 1-8 完全弹性碰撞试验装置简图

8. 如何将导轨调成水平状态?
9. 如何保证两滑行器实现完全弹性碰撞?

表 1-5 弹性碰撞数据表

$\Delta S =$ _____ cm $m_A = m_B =$ _____ g $m_A =$ _____ g $m'_B =$ _____ g

	1	2	3	系统动量:		1	2	3	系统动量:
t_{A0}/s	—	—	—	碰撞前:	t_{A0}/s	—	—	—	碰撞前:
V_{A0}	0	0	0		V_{A0}	0	0	0	
t'_A/s					t'_A/s				
V'_A				碰撞后:	V'_A				碰撞后:
t'_{B0}/s					t'_{B0}/s				
V_{B0}					V_{B0}				
t'_B/s					t'_B/s				
V'_B					V'_B				



分别讨论和验证在 $m_A=m_B$ 、 $m_A \neq m_B$ 且 $V_A=0$ 的情况下的完全非弹性碰撞。

- 10. 如何保证两滑行器实现完全非弹性碰撞？
- 11. 在碰撞过程中，滑行器的速度太大或者太小，会对实验造成影响吗？

表 1-6 完全非弹性碰撞数据表

$\Delta S =$ _____ cm $m_A = m_B =$ _____ g $m_A =$ _____ g $m'_B =$ _____ g

	1	2	3	系统动量：		1	2	3	系统动量：
t_{A0}/s				碰撞前：	t_{A0}/s				碰撞前：
V_{A0}	0	0	0		V_{A0}	0	0	0	
t'_A/s					t'_A/s				
V'_A				碰撞后：	V'_A				碰撞后：
t'_{B0}/s					t'_{B0}/s				
V_{B0}					V_{B0}				
t'_B/s					t'_B/s				
V'_B					V'_B				

- 12. 若实验结果表明，两滑行器在碰撞前后总动量有差别，试分析其原因。
- 13. 为了避免实验发生事故损坏仪器设备，实验过程中应该注意哪些问题？

1.6 汇报

- 1. 通过小组讨论学习和搜查资料，共同完成任务后，填写工作页内容，并且公开任务成果，同时，其他组的同学也可提出问题，让设计者解释实验所用的相关技术及特点，然后各小组互相进行评价和评分。
- 2. 教师对评价和评分作出标准，最后收集评价表格，并相应作出点评和总结。
- 3. 教学反思(教学内容、教学目标、教学方式、教学效果)。



工作计划表

T 型气垫导轨的认知与应用					
一、基本信息					
学习小组		学生姓名		学生学号	
学习时间		指导教师		学习地点	
二、工作任务					
三、制定工作计划(包括人员分工、操作步骤、工具选用、完成时间等内容)					
四、注意事项					
五、工作过程记录					
六、任务小结					



任务评价表

班级		小组		
任务	目标	评价标准	配分	得分
T 型气垫导轨的认知与应用	问题 1	了解气垫导轨的应用方向,回答信息错漏一处,扣 1 分	3	
	问题 2	熟悉气垫导轨的部件及水平调节,描述错漏一处,扣 1 分	3	
	问题 3	熟悉变速直线运动的平均速度和瞬时速度的测定原理,描述信息错误,扣 3 分	3	
	问题 4	考查是否会使用 MUJ-4B 电脑计时器,回答错漏,扣 1 分	3	
	问题 5	考查熟悉 MUJ-4B 电脑计时器的操作,回答错漏,扣 1 分	3	
	问题 6	能够使用电脑计时器观察数据,回答错漏一处,扣 2 分	3	
	问题 7	考查光电门对实验的影响,回答信息错误,扣 2 分	3	
	问题 8	考查解释 $a-F$ 图线斜率的物理意义,描述信息错误,扣 3 分	3	
	问题 9	考查验证动量守恒定律的实验原理,描述信息错漏,扣 3 分	3	
	问题 10	考查完全弹性碰撞的概念,回答错漏一处,扣 2 分	5	
	问题 11	考查完全非弹性碰撞的概念,回答错漏一处,扣 2 分	5	
	问题 12	考查验证动量守恒定律的关系式,描述信息错误,扣 5 分	5	
	问题 13	考查验证动量守恒定律的理想情况,回答错漏,扣 5 分	5	
	问题 14	考查实验的操作过程,操作没有水平调节,操作不规范,不按顺序操作,错漏操作步骤,每处扣 2 分	20	
	问题 15	考查整理实验数据的能力,记录数据错误一处,分析数据错误,记录数据不完整,每处扣 2 分	20	
	按时完成任务	按时完成老师的任务,不能在规定时间内完成,扣 3 分	5	
	方法、社会能力	能主动发现问题并解决问题;能与同学、教师进行有效交流;操作规范,实验态度严谨,表达能力强,有创新	5	
	工作参与性	小组分工明确,完成分配的任务;出勤率正常;乐于帮助他人;工作态度积极,服从工作安排	3	
总评				

评定人:

日期:





学习情境二：示波器的认知与使用

2.1 学习情境

教师向学生分发 SS-7802A 示波器说明书, SP1643B 型函数信号发生器说明书, 对示波器面板进行简单讲解后, 引导学生阅读使用说明书, 并不断观察、调试示波器, 学会正确使用示波器, 并能够使用示波器调试出稳定信号, 能够观察波形和测量信号的幅值、频率等数据, 能够调试出李萨如图形, 并适当的做学生自己感兴趣的实验。

2.2 所需课时

4 学时。

2.3 学习目标

1. 了解示波器的基本工作原理;
2. 正确认知示波器面板上的旋钮、按键功能;
3. 能够使用示波器调试出稳定的信号;
4. 能够观察信号波形并利用示波器测量信号频率和幅值;
5. 了解李萨如图形的概念和特点;
6. 观察描绘李萨如图形并测量示波器两通道的频率比;
7. 了解使用示波器的注意事项。

2.4 实验器材

SS-7802A 示波器、SP1643B 型函数信号发生器、同轴电缆及测试探头。

2.5 引导文工作页

(一) 布置任务

全班分为每 3 个学生一个小组。老师对示波器面板作简单讲解, 学生通过阅读老师提供的辅助资料, 观察、调试示波器及信号发生器等设备, 学会使用示波器面板, 并且能够测量

