

物理

实验报告册

(选修3-5)



山东教育出版社

说 明

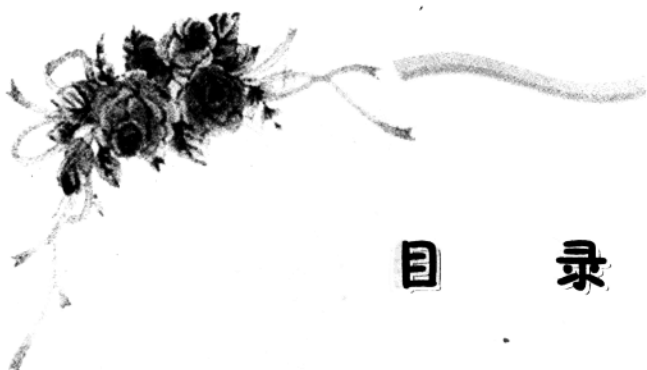
本实验报告册根据现行课程标准编写,可配合《普通高中课程标准实验教科书物理(选修 3—5)》(人教版),供高中学生使用。

本书力图体现学生的自主性和选择性,可以在“自主设计”版块中展开合理想像,并不苛求实验室能满足每个学生的要求;“参考案例”依据教材实验设计,也较符合学校实验室现存硬件设备,应该能为学生实验起到较好的辅助作用。

参加本册编写的有邢洪明、李珍、尹琦、张睿、孙萍、王林、韩光杰、张著军、许晓莉、王玉晔、金荣等同志,最后由刘林同志统稿。

由于编者的水平及对新课改的认识的局限、不足之处在所难免,诚请广大教师 and 同学们提出宝贵意见。

2006 年 1 月



目 录

实验一 探究碰撞中的不变量..... (1)

实验二 研究光电效应现象 (10)

实验三 模拟链式反应 (16)

参考答案 (21)



实验一

探究碰撞中的不变量

一、自主设计

设计思路：

要确定碰撞中的速度如何发生变化，碰撞前、后，质量与速度有什么关系，是这个实验的实验目的。那么需要测量什么物理量呢？采用什么实验方法和器材呢？

实验方案：

请你列出实验步骤，画出实验示意图，注明采集信息的方法。



信息分析的方法：

利用数学方法和工具进行推理，尝试列出图表、图象和公式。

结论预测：

评估和交流：

与其他同学交流一下方案和结论。

二、参考案例



实验设计

物体的速度是矢量,为了研究的方便,本实验只研究一维的碰撞实验。在教材必修《物理1》中介绍了气垫导轨和光电计时器的工作原理,利用气垫导轨很容易地保证两个滑块的碰撞是一维的。与之配套的光电计时装置可以迅速测量两个滑块碰撞前后的速度。

如图1-1所示,不同的质量可以通过在滑块上加重物的办法来实现。应用气垫导轨很容易控制滑块碰撞前的速度或使它碰撞前静止。

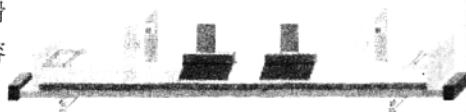


图1-1



实验方案

1. 原来连在一起的两个物体,由于它们之间具有相互排斥的力而分开,这实际上也是一种碰撞。这种情况可以通过下面的方法来实现。

用细线将弹簧片拉成弓形,放置于质量不等的两个滑块之间,并使它们静止。然后烧断细线,弹簧片弹开后落下,两个滑块随即向相反方向运动。

2. 碰撞时难免有能量损失。只有当某个物理量在能量损失较大和损失较小的碰撞中都不变,它才是我们寻找的不变量。在两滑块的碰撞端贴胶布,可以增大碰撞时的能量损失。如果在两个滑块的碰撞端分别装上撞针和橡皮泥,碰撞时撞针插入橡皮泥中,把两个滑块连接成一体运动,这样的碰撞中能量损失最大。如果在两个滑块的碰撞端分别贴上尼龙拉扣,碰撞时它们也会连成一体。(如图1-2中甲、乙、丙所示)



图1-2



采集信息

将实验中的结果填入以下表格:

实验情景		用弓形弹片弹开							
探究量	质量		速度		mv		mv^2		v/m
碰撞前	m_1		v_1		$m_1 v_1 + m_2 v_2$		$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2$		$v_1/m_1 + v_2/m_2$
	m_2		v_2						
碰撞后	m_1		v_1'		$m_1 v_1' + m_2 v_2'$		$m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2$		$v_1'/m_1 + v_2'/m_2$
	m_2		v_2'						

实验情景		滑块的碰撞端粘胶布							
探究量	质量		速度		mv		mv^2		v/m
碰撞前	m_1		v_1		$m_1 v_1 + m_2 v_2$		$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2$		$v_1/m_1 + v_2/m_2$
	m_2		v_2						
碰撞后	m_1		v_1'		$m_1 v_1' + m_2 v_2'$		$m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2$		$v_1'/m_1 + v_2'/m_2$
	m_2		v_2'						

实验情景		滑块的碰撞端粘撞针与橡皮泥							
探究量	质量		速度		mv		mv^2		v/m
碰撞前	m_1		v_1		$m_1 v_1 + m_2 v_2$		$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2$		$v_1/m_1 + v_2/m_2$
	m_2		v_2						
碰撞后	m_1		v_1'		$m_1 v_1' + m_2 v_2'$		$m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2$		$v_1'/m_1 + v_2'/m_2$
	m_2		v_2'						



在本实验的三个情景中,分别改变物体的质量与速度,但是发现无论怎样变化,其中一列的值,碰撞前后在误差范围内总是近似相等的,这是不是就是我们所要寻找的守恒量呢?



实验结论

1. 我们可以推测出_____是守恒不变的。
2. 可不可以利用学过的公式进行推理呢?



评价交流

1. 比较不同小组中的实验结论,说说实验结果误差较小的组都注意了哪些问题,以及如何减小实验误差?

2. 考虑在碰撞过程中的能量变化,以上各个情景中,哪种情况中能量变化量是最大的? 损失的能量耗散在什么方向上了呢?

三、拓展与延伸

1. 参考一种其他的方法,实验装置如图 1-3 所示。把两个小球用线悬挂起来,一个小球静止,拉起另外一个,放下时它们相碰。

可以测量小球被拉起的角度,从而算出碰撞前的速度;测量被撞小球摆起的角度,从而算出被撞后的速度。也可以用贴胶布等方法增大两球碰撞时的能量损失。

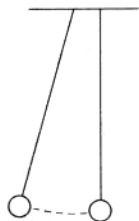


图 1-3



2. 如果没有气垫导轨,可不可以用其他仪器替代呢? 利用打点计时器,实验装置如图1-4所示。把打点计时器固定在光滑桌面的一段,把纸带穿过打点计时器,连在小车的后面。让一个小车运动,另外一个小车静止。从而模拟气垫导轨的实验。



图1-4

3. 在研究了守恒量后,可以用如下方法验证。如图1-5所示,如果入射球 m_1 和靶球 m_2 组成的系统在碰撞前后动量守恒,则有:

$$m_1 v_1 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2 \quad (1)$$

如果入射球未与靶球碰撞时飞出的水平距离为 s_1 ,在空中运动时间为 t ,则 $v_1 = s_1/t$,若 m_1 与 m_2 碰撞后飞出的水平距离分别为 s'_1 和 s'_2 则 $v'_1 = s'_1/t$, $v'_2 = s'_2/t$ 。由于做平抛运动的小球落到地面上时,只要下落的高度相同,飞行的时间就相同,于是得

$$m_1 s_1 = m_1 s'_1 + m_2 s'_2 \quad (2)$$

若实验中证得(2)式成立,则动量守恒定律被验证。

(1) 实验中一定要注意以下几点:

- “水平”和“正碰”是操作中应尽量予以满足的前提条件。
- 测定两球速度的方法,是以它们做平抛运动的水平位移代表相应的速度。
- 斜槽末端必须水平,检验方法是將小球放在平轨道上任何位置,看其能否都保持静止状态。
- 调节小支柱高度使入射小球和被碰小球球心处于同一水平高度,调节小支柱与槽口间距离使其等于小球直径。
- 入射球的质量应大于被碰球的质量。
- 入射球每次都必須从斜槽上同一位置由静止开始滚下。方法是在斜槽上的适当高度处固定一挡板,小球靠着挡板后放手释放小球。
- 实验过程中,实验桌、斜槽、记录的白纸的位置要始终保持不变。

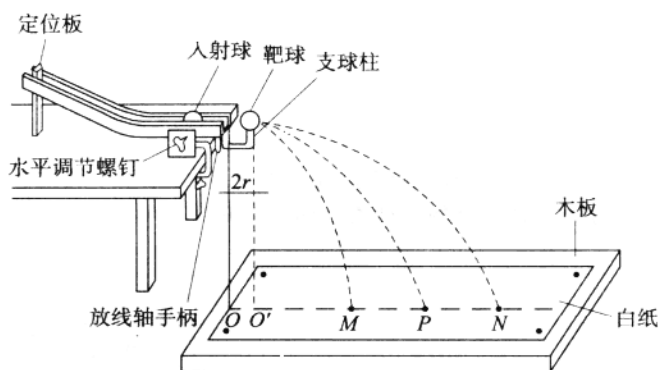


图1-5

H. 入射小球飞出的水平距离应从斜槽的末端点在纸上的垂直投影点 O 算起,而被碰小球飞出的水平距离应从它的球心在纸上的垂直投影点 O' 算起。可用重锤线先定位 O 点,然后在水平线 ON 上取 $OO' = 2r$ (r 为小球半径)。

I. 式中相同的量取相同的单位即可。

(2) 误差分析:

误差来源于实验操作中,两个小球没有达到水平正碰,一是斜槽不够水平,二是两球球心不在同一水平面上,给实验带来误差。每次静止释放入射小球的释放点越高,两球相碰时作用力就越大,动量守恒的误差就越小。应进行多次碰撞,落点取平均位置来确定,以减小偶然误差。

四、自主测试

1. 如图 1-6 所示为气垫导轨上两个滑块 A、B 相互作用后运动过程的频闪照片。频闪的频率为 10 Hz。开始时两个滑块静止,它们之间有一根被压缩的轻质弹簧,滑块用绳子连接,绳子烧断后,两个滑块向相反方向运动。已知滑块 A、B 的质量分别为 200 g、300 g。根据照片记录的信息,释放弹簧,A、B 离开弹簧后,A 滑块做_____运动,其速度大小为_____,本实验中得出“在实验误差范围内,两木块组成的系统动量守恒”这一结论的依据是_____。

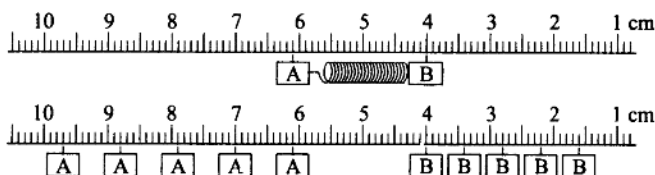


图 1-6

2. 某同学用如图 1-7 所示的装置做验证动量守恒定律的实验,他先将球 a 从斜槽轨道上某固定位置由静止释放,在水平地面放置的记录纸上留下压痕,重复 10 次;再把同样大小的球 b 放在斜槽轨道水平端的右端,让球 a 仍从原固定位置由静止开始滚下,与球 b 相碰后,两球分别落在记录纸的不同位置,重复 10 次。

(1) 本实验必须测量的物理量是_____。

- A. 斜槽轨道末端到水平地面的高度 H
- B. 小球 a 、 b 的质量 m_a 、 m_b
- C. 小球 a 、 b 的半径 r
- D. 小球 a 、 b 离开斜槽轨道末端后做平抛运动的飞行时间 t
- E. 记录纸上 O 点到 A、B、C 各点的距离 OA 、 OB 、 OC
- F. 球 a 的固定释放点到斜槽轨道末端水平部分间的高度差 h

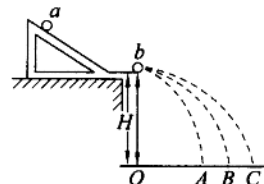


图 1-7

(2) 小球 a 、 b 的质量 m_a 、 m_b 应该满足的关系是 m_a _____ m_b (填“>”、“<”或“=”)。

(3) 按照本实验方法,要验证的动量守恒的实验表达式为_____。

3. 用如图 1-8 所示装置验证碰撞中的动量守恒, A 、 B 两球直径相同,质量分别为 m_1 、 m_2 。

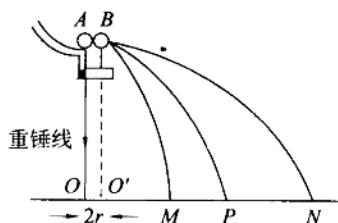


图 1-8

(1) 实验中所必须用的测量工具是_____、_____、_____。

(2) 某次实验得出小球的落点情况如图 1-9 所示,若碰撞中动量守恒,则两小球质量之比 $m_1 : m_2 =$ _____。

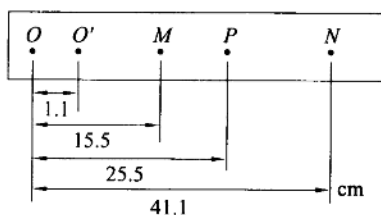


图 1-9

4. 如图 1-10 所示,是利用气垫导轨上的滑块的碰撞验证动量守恒定律,标尺上的刻度单位是 cm。用闪光照像机拍得连续闪光 4 次的照片如图所示,已知闪光间隔 $\Delta t = 1/30$ s。而闪光本身持续的时间极短。滑块的质量 $m_A = 200$ g, $m_B = 300$ g。第一次闪光时,滑块 A 恰好通过 $x = 55$ cm 处,滑块 B 恰好通过 $x = 70$ cm 处。规定向左为正方向。

(1) 在 $x =$ _____ cm 时发生碰撞。

(2) 碰前 $v_A =$ _____ m/s; $v_B =$ _____ m/s。

碰后 $v_A' =$ _____ m/s; $v_B' =$ _____ m/s。

(3) 系统碰前总动量 $p_{\text{前}} =$ _____ kg · m/s; 系统碰后总动量 $p_{\text{后}} =$ _____ kg · m/s

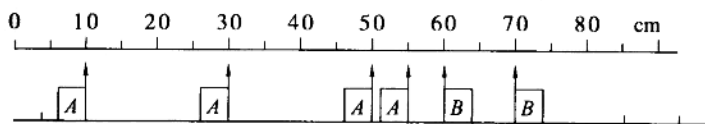


图 1-10

五、自主评价

1. 通过这个实验学会的方法：_____。

2. 我在实验中遇到的困难：_____。

3. 我还有一些问题和想法：_____。



实验二

研究光电效应现象

一、自主设计

设计思路：

射到金属表面的光可能使金属带电，原因是电子从金属表面逸出了，即发生了光电效应。要使某种金属如锌发生光电效应，对入射光有何要求呢？光的颜色、强度、照射时间等因素哪个更重要？若要定量研究，如何设计电路？

实验方案：

请你列出实验步骤，画出实验示意图，注明采集信息的方法。

信息分析的方法：

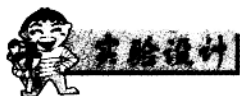
利用数学方法和工具进行推理，尝试列出图表、图象和公式。

结论预测：

评估和交流：

与其他同学交流一下方案和结论。

二、参考案例



根据爱因斯坦的假说,当光束照射到金属表面上时,光子一个一个地打在它的表面,金属中的电子要么吸收一个光子,要么完全不吸收,电子从光束中吸收的能量 W 总等于 $h\nu$,即爱因斯坦光电效应方程:

$$h\nu = W = \frac{1}{2}mv^2 + W_0$$

根据爱因斯坦光电效应方程,光电效应的所有实验结果都得到了很好的解释,其本质是电子吸收一个光量子(能量),克服逸出功,余能变为电子的动能。

如图 2-1 所示,为研究光电效应的电路图。

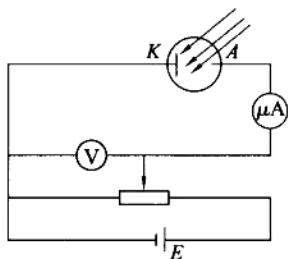


图 2-1



以锌光电管为例。

1. 普通光源照射:

(1) 对光电管不施加电压:用普通灯照射,观察电流表(或检流计)指针是否有偏转;增加光的强度(用较大功率的灯),再观察电流表指针是否有偏转,偏转程度的变化如何?

(2) 对光电管施加正向电压:用普通灯照射,观察电流表(或检流计)指针是否有偏转;增加光的强度(用较大功率的灯),再观察电流表指针是否有偏转,偏转程度的变化如何?改变电压,再观察电流表指针是否有偏转,偏转程度的变化如何?

(3) 对光电管施加反向电压:用普通灯照射,观察电流表(或检流计)指针是否有偏转;增加光的强度(用较大功率的灯),再观察电流表指针是否有偏转,偏转程度的变化如何?改变电压,再观察电流表指针是否有偏转,偏转程度的变化如何?(思考一下:本步骤是否可以不做,而直接得到结论,分析与验证结合起来)

2. 弧光灯做光源照射:

(1) 对光电管不施加电压:用弧光灯照射,观察电流表(或检流计)指针是否有偏转;增加光的强度(用较大功率的灯),再观察电流表指针是否有偏转,偏转程度的变化如何?

(2) 对光电管施加正向电压:用弧光灯照射,观察电流表(或检流计)指针是否有偏转;增加光的强度(用较大功率的灯),再观察电流表指针是否有偏转,偏转程度的变化如何?改变电压,再观察电流表指针是否有偏转,偏转程度的变化如何?

(3) 对光电管施加反向电压:用弧光灯照射,观察电流表(或检流计)指针是否有偏转;增加光的强度(用较大功率的灯),再观察电流表指针是否有偏转,偏转程度的变化如何?改变电压,再观察电流表指针是否有偏转,偏转程度的变化如何?

3. 弧光灯做光源照射,但在灯与光电管之间插入一片普通玻璃。

重复以上步骤,并记录观察结果。



将实验中的结果填入以下表格

实验情景		电流表(或检流计)指针偏转情况	
普通光源	不加电压	低强度	
		增加强度	
	加正向电压	低强度	
		增加强度	
		降低电压	
		升高电压	
	加反向电压	低强度	
		增加强度	
		降低电压	
		升高电压	
弧光灯光源	不加电压	低强度	
		增加强度	
	加正向电压	低强度	
		增加强度	
		降低电压	
		升高电压	
	加反向电压	低强度	
		增加强度	
		降低电压	
		升高电压	
弧光灯光源但在光源与光电管之间加普通玻璃	不加电压	低强度	
		增加强度	
	加正向电压	低强度	
		增加强度	
		降低电压	
		升高电压	
	加反向电压	低强度	
		增加强度	
		降低电压	
		升高电压	



普通光源是否会发生光电效应现象？

弧光灯光源是否会发生光电效应现象？它与普通光源的不同之处是什么？说明是光源中的哪些成份使金属发生了光电效应？改变电压的作用是什么？电流表的示数变化说明了什么？

加上玻璃板后的情况说明什么？



1. 某种金属在发生光电效应时存在一个_____频率。当入射光的频率低于这一频率时，无论如何增加光强都_____（填“能”或“不能”）使金属发生光电效应，改变电压也不起作用。

2. 金属发生光电效应时，产生的光电流强度与入射光强_____关（“有”或“无”）；入射光强度不变，增加正向电压，光电流会随之_____，但达到一定电流强度后，再增加电压，光电流也不再_____，即存在一个_____电流；加反向电压时，会使光电流_____，增加到某一值后，光电流消失。

3. 玻璃不能阻挡可见光通过，但可能会阻止_____光通过。



1. 比较不同小组的实验结论，是否有本质的不同？

2. 试用爱因斯坦的光电效应方程来解释出现的现象。