

形成科学概念
巩固科学知识
获得实验技能

新课标

高中实验教程 • 报告册

江西省教育厅教学教材研究室组织编写

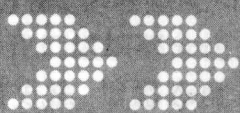
江西科学技术出版社

物理

人教版 • 选修3-5

新课标

高中实验教程



• 报告册

江西省教育厅教学教材研究室组织编写

江西科学技术出版社

◎主 编 冷文义

◎副主编 许冬保 钟 鸣 钟卫军 李海浪

◎编 者 涂丁忠 锋 李 海 浪 曹雪霖 谭向阳 吴臣华
彭新毅 胡青红 钟卫军 曹 瑛 夏小林 郭腾金
赵小勇 王 勇 许 卿 刘仁彦 李新华 匡 勇
赵永生 杨 刚 方应荣 甘盛彬 严忠平 许冬保
冷文义 沈一鸣 余 龙 卢 彦 姜理明 钟 鸣
熊亚浔 黄晓标

物理

人教版·选修3-5

图书在版编目(CIP)数据

高中实验教程·报告册·物理(人教版·选修3-5)/江西省教育厅教学教材研究室组织编写. —南昌:江西科学技术出版社,2009.8

ISBN 978-7-5390-3309-9

I. 高… II. 江… III. 物理课—高中—实验报告 IV. G634.73

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第123774号

国际互联网(Internet)地址:

<http://www.jxkjcs.com>

选题序号:ZK2009209

图书代码:J09014-101

高中实验教程·报告册·物理(人教版·选修3-5)

江西省教育厅教学教材
研究室组织编写

出版	江西科学技术出版社
发行	
社址	南昌市蓼洲街2号附1号
	邮编:330009 电话:(0791)6623491 6639342(传真)
印刷	江西省政府印刷厂
经销	各地新华书店
开本	850mm×1168mm 1/16
字数	80千字
印张	5
版次	2009年8月第1版 2009年8月第1次印刷
书号	ISBN 978-7-5390-3309-9
定价	8.00元

(赣科版图书凡属印装错误,可向承印厂调换)

前言

实验是人类认识世界的一项重要活动,是进行科学研究的基础;实验是物理、化学、生物科学的基础,也是这些学科教学的基础。实验教学对于激发学生学习科学的兴趣,帮助他们形成科学概念,巩固科学知识,获得实验技能,培养实事求是、严肃认真的科学态度和训练科学方法有着重要的意义。因此,加强实验教学是提高这些学科教学质量的重要一环。

为了培养学生具有现代社会需要的普通文化科学基础知识和基本技能,具有基本的学习方法、学习态度和自学的能力,具有创新的精神和分析问题、解决问题的能力,我们组织部分优秀教师编写了这套《实验教程》。《实验教程》按“知识与技能、过程与方法、情感态度和价值观”三维目标的要求,分“演示实验”、“学生实验”、“探究实验”等几部分内容进行编写。

《实验教程》强调学生亲自动手做实验,使学生对科学事实获得具体的、明确的认识;《实验教程》重视培养学生的观察和实验能力,希望学生通过本书的学习逐步具备:规范的实验操作、良好的实验习惯、科学的方法和科学的态度。

因编写时间有限,本书不足之处,敬请指正,以便今后修订完善。

江西省教育厅教学教材研究室

2009年7月

目 录

第十六章 动量守恒定律	1
一、实验:探究碰撞中的不变量	1
二、动量守恒定律(一)[略]	5
三、动量守恒定律(二)	5
四、碰撞	7
五、反冲运动 火箭	14
六、用动量概念表示牛顿第二定律	21
第十七章 波粒二象性	24
一、能量量子化:物理学的新纪元	24
二、科学的转折:光的粒子性	25
三、崭新的一页:粒子的波动性	28
四、概率波	30
五、不确定性关系	34
第十八章 原子结构	36
一、电子的发现	36
二、原子的核式结构模型	38
三、氢原子光谱	41
四、玻尔的原子模型	44
第十九章 原子核	48
一、原子核的组成	48
二、放射性元素的衰变[略]	51
三、探测射线的方法	51
四、放射性的应用与防护	55
五、核力与结合能	58
六、重核的裂变	60
七、核聚变	61
八、粒子和宇宙	63
课题研究 研究建筑石材的放射性	66
参考答案	71

第十六章 动量守恒定律

一、实验：探究碰撞中的不变量

方案一 用气垫导轨和光电计时器探究碰撞中的不变量

【实验预习】

通过预习,回答本实验中的下列问题:

1. 物体间相互作用时间很短,因此可以认为瞬间完成,物体间的相互作用力很大. 我们称具备以上共性的相互作用为_____.

2. 我们只研究最简单的情况——两个物体碰撞前沿同一直线运动,碰撞后仍沿同一直线运动. 这种碰撞叫做_____.

3. 实验过程:

(1) 气垫导轨水平调节,消除重力分力的影响.

(2) 规定速度矢量的正方向.

(3) 测定碰撞前后滑块的速度.

(4) 电脑处理实验数据.

(5) 实验器材的选择:气垫导轨,滑块,光电计时器,毫米刻度尺,天平,挡光片,弹性圈,黏扣.

(6) 操作步骤:

① 安装好实验器材(课前已准备好).

② 调节气垫导轨,使之水平.

③ 依次调节滑块的质量及运动状态,分别实验(具体情况可以由学生讨论决定).

【实验目的】

1. 明确探究碰撞中的不变量的基本方法.

2. 掌握在同一条直线上运动的两个物体碰撞前后的速度的测量方法.

3. 掌握实验数据处理的方法与技巧.

【实验原理】

实验装置示意图如图 16-1-1 所示,挡光片有一定的宽度,设为 L . 气垫导轨上黄色框

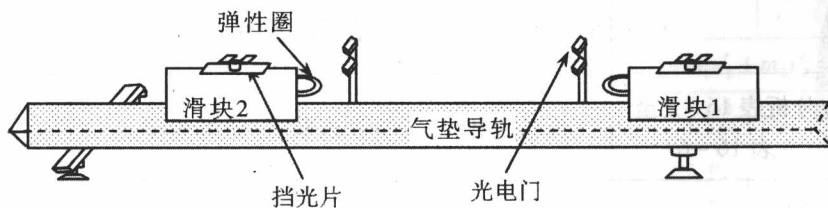


图 16-1-1

架上安装有光控开关,并与计时装置相连,构成光电计时装置.当挡光片穿入时,将光挡住开始计时,穿过后不再挡光则停止计时,设记录的时间为 t ,则滑块相当于在 L 的位移上运动了时间 t ,所以滑块匀速运动的速度 $v = L/t$. 同样方法可以测量出两个物体在碰撞前后的速度.用天平测量出物体的质量;算出碰撞前后的动量与动能并比较:

两物体质量与速度的乘积之和是不变量? 即: $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v'_1 + m_2v'_2$ 成立?

或者质量与速度平方乘积之和是不变量? 即: $\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1v'^2_1 + \frac{1}{2}m_2v'^2_2$ 或 $m_1v^2_1 + m_2v^2_2 = m_1v'^2_1 + m_2v'^2_2$ 或成立?

【实验器材】

气垫导轨(带2个光电门计时器及2个滑块)1套,各种配重金属块,天平1台,毫米刻度尺1把、黏扣、挡光片各1套,弹簧圈2个.

【实验步骤】

实验步骤见表 16-1

表 16-1

步骤	内容	方法和操作要点
1	安装气垫导轨	将气垫导轨放置在水平桌面上,将两个光电门安装好,将滑块放在导轨上,接好电源与气泵
2	调整气垫导轨	横向调平是借助于水平仪调节横向两个底角螺丝来完成;纵向调平有静态调节和动态调节两种方法
3	测量滑块质量 m 并改变质量	质量通常提前测量好,配重也提前准备好,便于计算
4	测量挡板长度 L	挡板长度 L 通常提前测量出来
5	实验	①让 m_1 与静止的等质量的 m_2 发生碰撞,测出碰撞前后速度,数值填入表 16-2 中 ②让质量较大的 m_1 与静止的质量较小的 m_2 发生碰撞,测出碰撞前后速度,数值填入表 16-3 中 ③让质量较小的 m_1 与静止的质量较大的 m_2 发生碰撞,测出碰撞前后速度,数值填入表 16-4 中 ④在静止的 m_1 与 m_2 之间固定弹簧,测出撤除约束后两滑块速度,数值填入表 16-5 中 ⑤让质量较大的 m_1 与质量较小的 m_2 碰撞后共同运动,测出碰撞前后速度,数值填入表 16-6 中
6	分析表 16-2 至表 16-6	计算各表数值,分析各表数据,研究规律

【实验记录】

实验记录及分析

表 16-2

	碰撞前		碰撞后	
质量(kg)	$m_1 = 4$	$m_2 = 4$	$m_1 = 4$	$m_2 = 4$
速度(m/s)	$v_1 =$	$v_2 = 0$	$v'_1 =$	$v'_2 =$
mv	$m_1 v_1 + m_2 v_2 =$		$m_1 v'_1 + m_2 v'_2 =$	
mv^2	$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 =$		$m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2 =$	
v/m	$\frac{v_1}{m_1} + \frac{v_2}{m_2} =$		$\frac{v'_1}{m_1} + \frac{v'_2}{m_2} =$	

表 16-3

	碰撞前		碰撞后	
质量(kg)	$m_1 = 4$	$m_2 = 2$	$m_1 = 4$	$m_2 = 2$
速度(m/s)	$v_1 =$	$v_2 = 0$	$v'_1 =$	$v'_2 =$
mv	$m_1 v_1 + m_2 v_2 =$		$m_1 v'_1 + m_2 v'_2 =$	
mv^2	$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 =$		$m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2 =$	
v/m	$\frac{v_1}{m_1} + \frac{v_2}{m_2} =$		$\frac{v'_1}{m_1} + \frac{v'_2}{m_2} =$	

表 16-4

	碰撞前		碰撞后	
质量(kg)	$m_1 = 2$	$m_2 = 4$	$m_1 = 2$	$m_2 = 4$
速度(m/s)	$v_1 =$	$v_2 = 0$	$v'_1 =$	$v'_2 =$
mv	$m_1 v_1 + m_2 v_2 =$		$m_1 v'_1 + m_2 v'_2 =$	
mv^2	$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 =$		$m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2 =$	
v/m	$\frac{v_1}{m_1} + \frac{v_2}{m_2} =$		$\frac{v'_1}{m_1} + \frac{v'_2}{m_2} =$	

表 16-5

	碰撞前		碰撞后	
质量(kg)	$m_1 = 4$	$m_2 = 2$	$m_1 = 4$	$m_2 = 2$
速度(m/s)	$v_1 = 0$	$v_2 = 0$	$v'_1 =$	$v'_2 =$
mv	$m_1 v_1 + m_2 v_2 =$		$m_1 v'_1 + m_2 v'_2 =$	
mv^2	$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 =$		$m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2 =$	
v/m	$\frac{v_1}{m_1} + \frac{v_2}{m_2} =$		$\frac{v'_1}{m_1} + \frac{v'_2}{m_2} =$	

表 16-6

	碰撞前		碰撞后	
质量(kg)	$m_1 = 4$	$m_2 = 2$	$m_1 = 4$	$m_2 = 2$
速度(m/s)	$v_1 =$	$v_2 =$	$v'_1 =$	$v'_2 =$
mv	$m_1 v_1 + m_2 v_2 =$		$m_1 v'_1 + m_2 v'_2 =$	
mv^2	$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 =$		$m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2 =$	
v/m	$\frac{v_1}{m_1} + \frac{v_2}{m_2} =$		$\frac{v'_1}{m_1} + \frac{v'_2}{m_2} =$	

【实验分析】

分别分析各表中的作用前后的 mv 、 mv^2 、 v/m 在误差范围内有什么规律?

【实验结论】

通过分析本实验,碰撞过程的前后_____.

在碰撞前后系统各部分的“ mv ”(矢量,要考虑方向)的总和是一个定值,我们给“ mv ”定一个名称叫动量 P .

该结论就是一个定律——动量守恒定律. 这是个适用范围比牛顿定律还要广的定律. 它不仅仅适用于一维碰撞,还适用于二维、三维、多个物体之间的作用. 当然,它也有一定的适用条件,那么条件是什么呢?

二、动量守恒定律(一)[略]

三、动量守恒定律(二)

实验1:总动量不变,每个物体的动量可以发生很大的变化

【实验目的】

通过实验进一步理解动量守恒定律,明确动量守恒定律指的是系统总动量保持不变,而系统内每个物体的动量不仅会变化,还可能发生很大的变化。

【实验器材】

光滑长木板1块,相同小车2辆,可压缩且劲度系数较小的轻弹簧1根、细线1段、打火机1个。

【实验步骤】

光滑长木板平放在水平桌面上,两辆小车放在长木板中央.如图16-3-1所示,将弹簧一端固定在其中一辆小车上,另一端顶住另一辆小车,在弹簧适当压缩的情况下,把细线系在两车的钩子上固定小车,此时两车外侧可能会翘起,可在两车上压上钩码、细沙等重物(注意对称增加,保持两车质量大致相等),烧断细线后,可以观察到两车由静止迅速加速分别向两边运动,且几乎同时到达长木板两端。

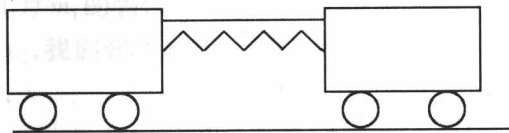


图 16-3-1

【实验分析】

两车(包括轻弹簧)组成的系统从静止开始在水平光滑长木板上运动过程中,受到外力(重力、支持力、摩擦力)的矢量和为零(摩擦力很小时也可以忽略不计),系统动量守恒.当细线烧断后,系统内力即弹簧的弹力使两车向相反方向加速,并继续以大小相等、方向相反的速度前进.最后两小车几乎同时从中央到达长木板两端,说明两车的总动量之和为零,保持不变.此实验说明,在总动量一定的情况下,每个物体的动量可以发生很大的变化。

实验2:魔球

【实验目的】

通过趣味“魔球”实验引起学生兴趣,培养学生综合分析能力。

【实验器材】

乒乓球和打足气的篮球各 1 个。

【实验步骤】

如图 16-3-2 所示,将乒乓球放在篮球的正顶部,贴住篮球.用单手拿这样配置的两个球,从约 0.5 m 高度放手,使它们一起自由落体.可以看到两球落地后,乒乓球被反弹到 2~3 m 高处,大大高于原先乒乓球下落时的高度!

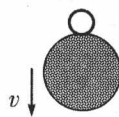


图 16-3-2

【实验分析】

根据动量守恒和机械能守恒定律,如果两个弹性球质量相差甚远,小球以一定速度 v 撞在不动的大球上,则小球速度反向,大球几乎不动.在本实验中,两个弹性球下落时,篮球的底部首先着地.篮球与地球相比,质量甚小,反弹后速度向上,大小仍为 v .接下来分析篮球与乒乓球的碰撞.我们可以以速度 v 向上运动的篮球为参考系,在此参考系内大球不动,碰撞前小球相对篮球有向下运动的速度 $2v$.由于两球的质量也相差甚远,碰撞后篮球不动,乒乓球相对于篮球的速度大小仍为 $2v$,方向变为向上.再回到地面参考系,乒乓球向上的速度变为 $3v$.由机械能守恒定律得:乒乓球上升的高度 $h = v^2 / (2g) \propto v^2$,速度增大到 3 倍,高度就增大到 9 倍!实际实验中因误差等原因,乒乓球可能难以竖直向上弹到 9 倍原高度,但一定会大大高于原来的高度.

此实验取材容易,效果明显,情境新颖,趣味性强,能激发学生的好奇心和探究心理.



【得分键】

四、碰撞

【实验预习】

通过预习,回答下列问题:

碰撞过程是物体之间相互作用时间非常短暂的一种特殊过程,因而碰撞具有如下特点:

1. 碰撞过程中动量守恒. 守恒的原因是_____.
2. 碰撞过程中,物体没有宏观的位移,但每个物体的速度可在短暂的时间内发生改变.
3. 碰撞过程中,如果系统的机械能守恒,这样的碰撞叫_____. 如果系统的机械能不守恒,这样的碰撞叫_____.
4. 如果两球碰撞之前的速度方向与两球心的连线在同一直线上,那么两球碰撞之后的速度方向仍然在这条直线上,这种碰撞叫正碰,也叫_____. 如果两球碰撞之前的速度方向与两球心的连线不在同一直线上,那么两球碰撞之后的速度都会偏离原来两球心的连线,这种碰撞叫_____.

【实验目的】

1. 研究碰撞中机械能的变化.
2. 研究弹性碰撞和非弹性碰撞的特点. 知道什么是弹性碰撞和非弹性碰撞.
3. 领悟理论研究和实验验证相结合研究物理问题的优越性和重要性.

【实验原理】

我们用最简单的碰撞来研究——一静一动两个物体的一维碰撞:碰撞前后两个物体都在同一直线上运动. 设质量为 m_1 的物体以速度 v_1 与静止的质量为 m_2 的物体发生正碰,碰后两物体的速度分别为 v_1' 和 v_2' ,我们知道碰撞过程中动量守恒,

$$\text{即: } m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2',$$

但是碰撞过程中机械能守恒吗? 即: $\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2$ 成立吗?

我们需要考虑的问题是:

1. 如何保证碰撞是一维的,保证两物体在碰撞前后在同一直线上运动.
2. 如何测量物体的质量(天平).
3. 怎样测量物体的速度(这是关键).

方案一 两单摆小球碰撞,用机械能守恒定律计算速度

【实验器材】

铁架台,悬线2根,外形相同的小钢球3个(其中2个质量相等,另1个质量较小).

【实验原理】

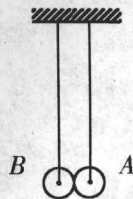


图 16-4-1

如图 16-4-1, 设 A 、 B 质量分别为 m_A 、 m_B , B 原来静止, 将 A 拉升高度 h , 从静止释放, 碰撞后两球到达的高度分别为 h_A 、 h_B , 要研究碰撞过程中机械能是否守恒, 只要分析 $m_A \sqrt{2gh}$ 与 $m_A \sqrt{2gh_A} + m_B \sqrt{2gh_B}$ 是否相等 (实际上只要分析 $m_A \sqrt{h}$ 与 $m_A \sqrt{h_A} + m_B \sqrt{h_B}$ 是否相等).

【实验步骤】

1. 如图 16-4-2, A 、 B 是两个悬挂起来的钢球, 质量相等. 使 B 球静止, 拉起 A 球, 放开后 A 与 B 碰撞, 测量碰撞前 A 球释放的高度 h 与碰撞后两球到达的高度分别为 h_A 、 h_B , 计算分析 $m_A \sqrt{h}$ 与 $m_A \sqrt{h_A} + m_B \sqrt{h_B}$ 是否相等.

2. 将 B 换成质量较小的 C , 使 C 球静止, 拉起 A 球, 放开后 A 与 C 碰撞, 测量碰撞前 A 球释放的高度 h 与碰撞后 A 、 C 球到达的高度 h_A 、 h_C , 分析 $m_A \sqrt{h}$ 与 $m_A \sqrt{h_A} + m_C \sqrt{h_C}$ 是否相等.

3. 在 A 球的表面涂一层黏性物质, 使 B 或 C 在与 A 碰撞后粘在一起, 重复步骤 1、2, 看看有什么结论.

【实验结论】

【实验反思】

这个方案的最大缺点是摆起的最大高度不好测量, 摆起的最大高度的测量误差较大, 另外空气阻力也是产生实验误差的原因之一.

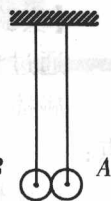


图 16-4-2

方案二 利用平抛的水平位移和飞行时间计算速度

【实验原理】

一个质量较大的小球从斜槽滚下来, 跟放在斜槽前边小支柱上另一质量较小的小球发生碰撞, 碰撞后两小球都做平抛运动. 由于两小球下落的高度相同, 所以它们的飞行时间相等, 如果用小球的飞行时间作时间单位, 那么小球飞出的水平距离在数值上就等于它的水平速度. 因此, 只要分别测出两小球的质量 m_1 、 m_2 , 和不放被碰小球时入射小球在空中飞出的水平距离 s_1 , 以及入射小球与被碰小球碰撞后在空中飞出的水平距离 s_1' 和 s_2' , 要研究碰撞过程中机械能是否守恒, 只要分析 $m_1 s_1^2$ 与 $m_1 s_1'^2 + m_2 s_2'^2$ 是否相等就可以了.

【实验器材】

碰撞实验器 (斜槽、重锤线), 2 个半径相等而质量不等的小球, 白纸, 复写纸, 天平和砝码, 刻度尺, 圆规.

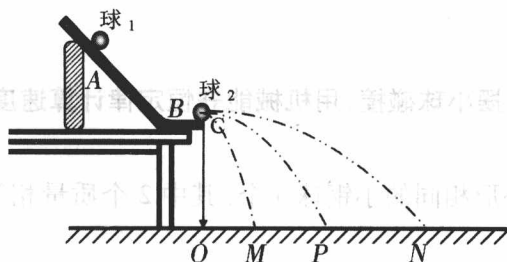


图 16-4-3

【实验步骤】

1. 如图 16-4-3 所示,用天平测出两个小球的质量 m_1 、 m_2 .
2. 安装好实验装置,将斜槽固定在桌边,并保持槽末端点的切线水平.
3. 在水平地上铺一张白纸,白纸上铺放复写纸.
4. 在白纸上记下重锤线所指的位置 O ,它表示入射球 m_1 碰前的位置.
5. 先不放被碰小球,让入射球从斜槽上同一高度处由静止开始滚下,重复 10 次,用圆规作尽可能小的圆,把所有的小球落点圈在里面,圆心就是入射球无碰撞时的落地点的平均位置 P .
6. 把被碰球放在水平槽上靠槽末端的地方,再让入射小球从同一高度处由静止开始滚下,使两球发生正碰,重复 10 次,仿步骤 5 求出入射小球的落点的平均位置 M 和被碰小球落点的平均位置 N .
7. 过 O 、 N 作一直线,用刻度尺量出线段 OM 、 OP 、 ON 的长度.
8. 分别算出 $m_1 \cdot OP^2$ 与 $m_1 \cdot OM^2 + m_2 \cdot ON^2$ 的值,看 $m_1 \cdot OP^2$ 与 $m_1 \cdot OM^2 + m_2 \cdot ON^2$ 在实验误差允许的范围内是否相等.

9. 整理实验器材,放回原处.

[注意事项]

1. 应使入射小球的质量大于被碰小球的质量.
2. 要调节好实验装置,使固定在桌边的斜槽末端点的切线水平,而且两球相碰时处在同一高度,碰撞后的速度方向在同一直线上.
3. 每次入射小球从槽上相同位置由静止滚下,可在斜槽上适当高度处固定一挡板,使小球靠着挡板,然后释放小球.
4. 白纸铺好后不能移动.

[误差分析]

- (1) 应进行多次碰撞,两球的落地点均要通过取平均位置来确定,以减小偶然误差.
- (2) 在实验过程中,使斜槽末端切线水平并保证两球发生正碰,否则两小球在碰后难以作平抛运动.
- (3) 适当选择挡球板的位置,使入射小球的释放点稍高.

说明:入射球的释放点越高,两球相碰时作用力越大,动量守恒的误差越小,且被直接测量的数值 OM 、 OP 、 ON 越大,因而测量的误差越小.

方案三 气垫导轨上两个滑块的碰撞

【实验器材】

气垫导轨,滑块,天平,弹簧圈,黏扣,挡光片,光电门,物理实验微机辅助教学系统.

【实验原理】

在水平气垫导轨上研究两个滑块相互作用的过程中系统动量的变化情况,以及动能的变化情况.

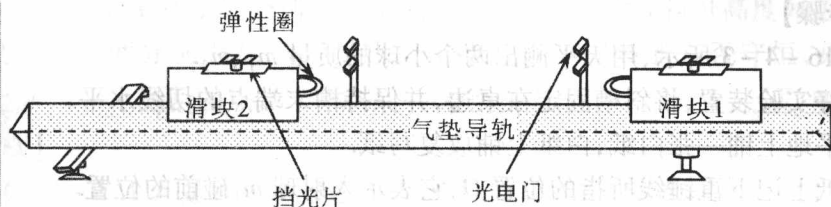


图 16-4-4

利用天平测量滑块的质量,利用光电门测量挡光片的遮光时间,计算滑块 m_1 、 m_2 相互作用前后的速度 v_1 、 v_2 、 v'_1 、 v'_2 ,计算系统相互作用前后的总动能 $E_k = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2$ 、 $E'_k = \frac{1}{2}m_1v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2v_2'^2$,并分析相互作用过程中的能量变化规律。

【实验步骤】

1. 如图 16-4-4 所示,取两滑块 m_1 、 m_2 ,且 $m_1 > m_2$,用天平称 m_1 、 m_2 的质量(包括挡光片)。将两滑块分别装上弹簧钢圈,滑块 m_2 置于两光电门之间(两光电门距离不可太远),使其静止,用 m_1 碰 m_2 ,分别记下 m_1 通过第一个光电门的时间 Δt_1 和经过第二个光电门的时间 $\Delta t'_1$,以及 m_2 通过第二个光电门的时间 Δt_2 ,重复五次,记录所测数据,计算 $E_k = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2$ 和 $E'_k = \frac{1}{2}m_1v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2v_2'^2$,看看是否相等。

2. 分别在两滑块上换上尼龙搭扣,重复上述测量和计算。

3. 分别在两滑块上换上金属碰撞器,重复上述测量和计算。

【实验反思】

此实验利用光电门装置采集实验数据,通过接口箱输入计算机,由《物理实验微机辅助教学系统》进行数据处理,提高了实验精度,节约了处理数据的时间,虽然器材复杂,但准确率高且情境多样。

【方法延伸】

1. 碰撞的恢复系数的测定。

例 1. 碰撞的恢复系数的定义为 $e = \frac{|v_2 - v_1|}{|v_{10} - v_{20}|}$,其中 v_{10} 和 v_{20} 分别是碰撞前两物体的速度, v_1 和 v_2 分别是碰撞后两物体的速度。弹性碰撞的恢复系数 $e=1$ 。非弹性碰撞的 $e<1$,某同学借用验证动量守恒定律的实验装置(如图 16-4-5 所示)验证弹性碰撞的恢复系数是否为 1,实验中使用半径相等的钢质小球 1 和 2(它们之间的碰撞可近似视为弹性碰撞),且小球 1 的质量大于小球 2 的质量。

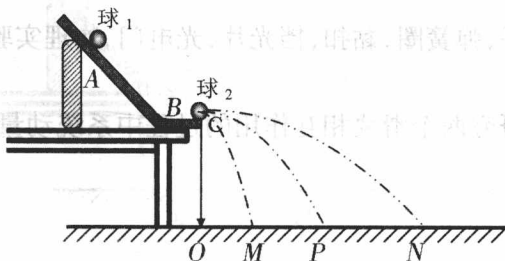


图 16-4-5

实验步骤如下:

安装实验装置,做好测量前的准备,并记下重垂线所指的位置 O .

第一步,不放小球 2,让小球 1 从斜槽上 A 点由静止滚下,并落在地面上. 重复多次,用尽可能小的圆把所有落点圈在里面,其圆心就是小球落点的平均位置.

第二步,把小球 2 放在斜槽前端边缘处的 C 点,计小球 1 从 A 点由静止滚下,使它们碰撞,重复多次,并使用与第一步同样的方法分别标出碰撞后两小球落点的平均位置.

第三步,用刻度尺分别测量三个落地点的平均位置离 O 点的距离,即线段 OM 、 OP 、 ON 的长度.

在上述实验中,

(1) P 点是_____的平均位置.

M 点是_____的平均位置.

N 点是_____的平均位置.

(2) 请写出本实验的原理_____. 写出用所测量物理量表示的恢复系数的表达式_____.

(3) 三个落地点距 O 点的距离 OM 、 OP 、 ON 与实验所用的小球质量是否有关?

分析与解:用方案二的实验装置验证弹性碰撞的恢复系数是否为 1,是一道信息题与创新设计相结合的力学创新信息实验题,紧贴奥赛前沿,突出知识回归. 尽管如此,只要明确实验目的和原理,要验证没有出现过的弹性碰撞的恢复系数也并不困难.

(1) 实验的第一步中小球 1 落点 P ; 小球 1 与小球 2 碰撞后小球 1 落点 M ; 小球 2 落点 N .

(2) 小球从槽口 C 飞出后作平抛运动的时间相同, 设为 t , 则有 $OP = v_{10}t$; $OM = v_1t$; $ON = v_2t$. 小球 2 碰撞前静止, $v_{20} = 0$ (或能说明小球从槽口 C 飞出后作平抛运动的时间相同, 所测量的线段长度与相应的水平速度成正比也正确).

$$e = \frac{|v_2 - v_1|}{|v_{20} - v_{10}|} = \frac{ON - OM}{OP - 0} = \frac{ON - OM}{OP}.$$

(3) OP 与小球的质量无关, OM 和 ON 与小球的质量有关.

2. 用打点计时器测量物体的速度.

例 2. 某同学设计了一个用打点计时器研究动量守恒定律的实验: 在小车 A 的前端黏有橡皮泥, 推动小车 A 使之做匀速运动, 然后与原来静止在前方的小车 B 相碰并黏合成一体, 继续做匀速运动. 他设计的具体装置如图 16-4-6(a) 所示, 在小车 A 后连着纸带, 电磁打点计时器电源频率为 50 Hz, 长木板右端下面垫放小木片用以平衡摩擦力.

(1) 若已测得打点纸带如图 16-4-6(b) 所示, 并测得各计数点间距 (已标在图示上). A 为运动起点的第一点, 则应选_____段来计算 A 碰前速度, 应选_____段来计算 A 和 B 碰后的共同速度 (以上两空选填“ AB ”、“ BC ”、“ CD ”、“ DE ”).

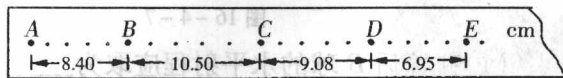
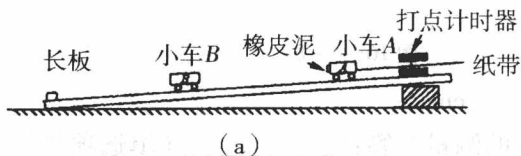


图 16-4-6

(2) 已测得小车 A 的质量 $m_1 = 0.40 \text{ kg}$, 小车 B 的质量 $m_2 = 0.20 \text{ kg}$, 由以上测量结果可得: 碰前总动量 $p_0 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; 碰后总动量 $p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$.

分析与解: (1) 从分析纸带上打点情况看, BC 段既表示小车做匀速运动, 又表示小车有较大速度, 因此 BC 段能较准确地描述小车 A 在碰撞前的运动情况, 应选用 BC 段计算 A 的碰前速度. 从 CD 段打点情况看, 小车的运动情况还没稳定, 而在 DE 段内小车运动稳定, 故应选用 DE 段计算碰后 A 和 B 的共同速度.

(2) 小车 A 在碰撞前速度:

$$v_0 = \frac{\overline{BC}}{5 \times \frac{1}{f}} = \frac{10.50 \times 10^{-2}}{5 \times 0.02} = 1.050 \text{ m/s}$$

小车 A 在碰撞前动量:

$$p_0 = m_A v_0 = 0.40 \times 1.050 = 0.420 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

碰撞后 A、B 共同速度:

$$v_{\text{共}} = \frac{\overline{DE}}{5 \times \frac{1}{f}} = \frac{6.95 \times 10^{-2}}{5 \times 0.02} = 0.695 \text{ m/s}$$

碰撞后 A、B 的总动量:

$$p' = (m_A + m_B) v_{\text{共}} = (0.20 + 0.40) \times 0.695 = 0.417 \text{ kg} \cdot \text{m/s}.$$

【实验练习】

1. 质量 $m_1 = 100 \text{ g}$ 的小球在光滑的水平面上以 $v_1 = 30 \text{ cm/s}$ 的速度向右运动, 恰遇上质量 $m_2 = 50 \text{ g}$ 的小球以 $v_2 = 15 \text{ cm/s}$ 的速度向左运动. 碰撞后, 两球黏在一起运动, 那么碰撞过程中动能的损失为 $\underline{\hspace{2cm}}$.

2. 某同学用图 16-4-7 所示装置通过半径相同的 A、B 两球的碰撞来验证动量守恒定律, 图中 PQ 为斜槽, QR 为水平槽. 实验时先使 A 球从斜槽上某一固定位置 G 由静止开始滚下, 落到位于水平面的记录纸上, 留下痕迹. 重复上述操作 10 次, 得到 10 个落点痕迹. 再把 B 球放在水平槽上靠槽末端的地方, 让 A 球仍从位置 G 由静止开始滚下, 和 B 球碰撞后, A、B 球分别在记录纸上留下各自的落点痕迹. 重复这种操作 10 次. 图 16-4-7 中 O 点是水平槽末端 R 在记录纸上的垂直投影点. B 球落点痕迹如图 16-4-8 所示, 其中米尺水平放置, 且平行于 G、R、O 所在的平面, 米尺的零点与 O 点对齐.

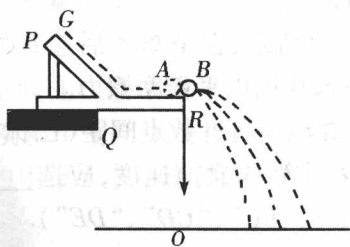


图 16-4-7

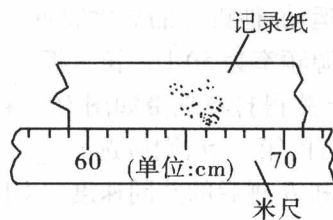


图 16-4-8

(1) 碰撞后 B 球的水平射程应取为 $\underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}$.

(2) 在以下选项中, 哪些是本次实验必须进行的测量? 答: $\underline{\hspace{2cm}}$ (填选项号).

- A. 水平槽上未放 B 球时, 测量 A 球落点位置到 O 点的距离
- B. A 球与 B 球碰撞后, 测量 A 球落点位置到 O 点的距离