

编号	134720-CN	主题	力学, 动力学	建议用于:	11-12 年级或以上	页码	1/4
版本	2017-04-26 / HS	类型	学生练习实验				



(该图显示了气垫导轨模型 195050。演示的测量方法是与旧的气垫导轨模型 195000 或 195010 一样。)

实验目的

我们调查研究在气垫导轨上，两个推车之间的弹性和非弹性碰撞。在这两种碰撞运动中，动量守恒和能量守恒都会被检查。

实验原理

该气垫导轨可使物体在一维上几乎无摩擦运动。这确保了唯一作用在平行于轨道的力是两个推车之间的相互影响作用力。因此，推车可以被认为是一个隔离系统。

两个推车以不同的速度被启动，并朝着对方运动。车的质量也是可被改变的。

推车的速度由两个双孔光电门测量，其可以显示推车通过光电门时的瞬时速度。双孔光电门可以记住前一次的测量值，这完全符合碰撞实验中，需要测量推车在碰撞前经过光电门以及碰撞后返回经过光电门的速度。

实验仪器

(具体详见尾页实验仪器列表。)

气垫导轨，带配件和风机

2 个 双孔光电门

实验步骤

实验装置的设置如第一页图所示。注意两个双孔光电门面对同一个方向。

将气垫导轨调整为水平。在导轨上的推车应该能够在导轨的任何位置处于静止状态(非常小的偏差可被忽略不计)。

将两个双孔光电门的数显设置显示“Speed”(速度)和“Previous Value”(前一测量值)。

记住在读取数值时,要记录速度的符号。从双孔光电门正面到背面运动的方向显示为正方向。

在一些情况下,两辆推车在碰撞后朝同一个方向运动。这需要从同一个双孔光电门中读取 3 个速度;

第一个速度(碰撞前的速度)必须在最后一辆推车通过双孔光电门前被记录下来。

所有的碰撞运动必须以足够小的速度进行。推车速度太快意味着推车在碰撞期间可能与导轨接触-并且测量可能被破坏,且必须重复(一般情况下你可以听到这个)。

当得知推车的质量时,它必须和安装在上面的相关附件一起称重。(挡光板,连接末端的附件,额外的砝码)。

连接末端的附件必须被装在两个末端。否则,推车将沿着前面较重端“冲浪”。

所有的测量结果需记录在下列表格中(推荐使用电子表格):

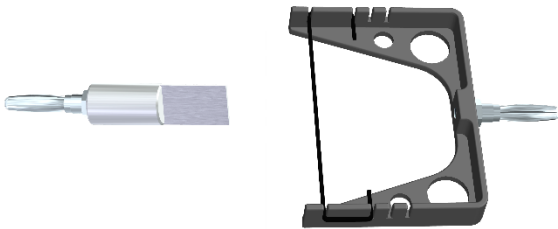
测量值						计算值			
m_1	m_2	碰撞前		碰撞后		总动量		总动能	
		u_1	u_2	v_1	v_2	$p_{碰撞前}$	$p_{碰撞后}$	$E_{Kin, 碰撞前}$	$E_{Kin, 碰撞后}$

注意: 所有的测量值必须标上符号和单位。

1a - 弹性碰撞, 几乎同一质量

推车必须配有弹性碰撞缓冲器(如下图所示), 但不带额外的质量。小心的给每辆推车称重。

将两辆推车放在两个双孔光电门外面, 并向导轨中



间做正面运动, 这样这两辆推车都会经过双孔光电门并发生碰撞。当他们碰撞后返回经过双孔光电门之后, 抓住推车。此时, 双孔光电门将会显示出碰撞前和碰撞后推车经过光电门的瞬时速度。

这样的碰撞要重复测量多次。

1b - 弹性碰撞, 不同的质量

将 2 个 50g 重的砝码放在其中一辆推车上。准确称量两辆推车的质量。

重复 1a 中的实验过程。让比较重的那辆推车以较缓慢的速度先开始运动会是个好主意。而两辆推车的速度必须仍然适中。

作为一个变化, 你可以将较重的那辆推车在碰撞前, 停止在两个双孔光电门之间, 只让较轻的那辆推车进行运动。(用指尖按住较重的推车使其静止不

动, 直至离较轻的那辆推车的距离还有 15-20 cm 远)。

2 - 非弹性碰撞



用一个带针管插销和带蜡管插销代替碰撞缓冲器。同样, 准确称量两辆推车的重量。

当两辆推车发生碰撞后, 它们会粘在一起, 且以一个相同的速度继续前行。(这种碰撞被称为“完全非弹性碰撞”。)

停止“列车”, 当第一辆推车经过双孔光电门时, 这个速度亦适用于另一辆黏在一起的推车。

与之前一样, 将这个测量过程重复多次进行测量。

你也可以通过添加砝码来改变推车的质量。(记住要再次测量推车的质量。)

理论

一个物体的动量 p 是其质量 m 和速度 v 的乘积，即是由其质量和速度给定的：

$$p = m \cdot v$$

在任何物理过程中，总动量是守恒的。由于两辆推车被认为是一个独立的系统，对于这个碰撞过程，我们可以得出：

$$p_{\text{碰撞前}} = p_{\text{碰撞后}}$$

或者

$$m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2 = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2$$

公式中的 m_1 和 m_2 是指两辆推车的质量。两辆推车的初始速度分别为 u_1 和 u_2 ；发生碰撞后，它们的速度分别为 v_1 和 v_2 。

在弹性碰撞中，机械能也是守恒的。

当推车仅沿着水平线运动时，势能不发生变化，这里我们可将势能定义为零。由此机械能守恒中，我们仅考虑动能守恒，而下面的方程式：

$$E_{\text{碰撞前的机械能}} = E_{\text{碰撞后的机械能}}$$

可以扩展为：

$$\frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot u_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot u_2^2 = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2^2$$

注意以上两个方程式之间的根本区别：动量就像速度有正反方向，是一个矢量；而动能总是正的。

计算

在将数字插入公式前，你需要确保插入数值的单位的一致性。最简单的方法可能是创建一个新的表格，并将所有数值转换为国际单位制的单位。

填写表格中剩余的四列，保持符号一致。

讨论与评估

你能演示证明在所有测量的情况中，存在动量守恒吗？

当然在实际测量情况中会出现小的偏差。

为了评估出现的偏差是否可以接受，可将其与碰撞前的（数值）最大的动量进行比较。

用这个数值的百分比来计算偏差。

(相反地，比较总动量是不合理的，因为它通常是由两个符号相反的部分组成。因此，总动量可能接近于零，这使得计算的以百分比显示的偏差会非常非常大。)

在何种情况下你会期望动能是守恒的？

如何做到测量结果与预期相一致？或者说，怎样做可使测量结果与预期尽可能一致？

考虑动能，该偏差可以与碰撞之前的总动能进行比较。

(由于所有的动能都是正的 (或者可能为零)，百分比显示的偏差不会出现人为膨胀的情况。)

教师札记

应用的概念

质量
速度
脉冲
机械能

数学技能

插入公式
计算百分比
使用电子表格

关于仪器

由于物体的前端挡住了双孔光电门中两条固定距离的光线，双孔光电门测量的即是物体通过这两条光线的通过时间。因此，推车上两个挡光板的长度不重要。

气垫导轨在测量开始前必须调整至水平。这个调整过程可由学生来操作，或者也可以在实验前提前调整好。

转动风机，直至推车出现明显的悬停而不触及导轨。

另一方面，太强的气流并不好。因为过强的气流就像单个喷气嘴，可使推车略微倾斜，从而产生水平力分量。

具体实验器材列表

指定用于该实验的仪器

195050 气垫导轨, 带附件
197070 风机
197570 双孔光电门 (2 个)
195055 双孔光电门的安装支架 (2 个)

标准的实验室器材

102962 电子秤, 500 g / 0.1 g – 或类似

若使用的是旧版的气垫导轨，那么 2 个双孔光电门的安装支架 195055 需要由以下产品代替：

000100 A 字形铁架台 2,0 kg (2 个)
000830 铁架台杆 50 cm (2 根)
002310 多向转接头，通用 (2 个)