浙江大学

**物 理 实 验 报 告**

**实验名称：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_碰撞实验\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**指导教师：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_肖婷\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**班 级 号：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

专业：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_软件工程\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

班级：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

姓名：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

学号：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

实验日期:\_\_12\_\_月\_\_20\_\_日 星期\_二\_\_下午

**预习部分 认真书写**

|  |
| --- |
| 【实验目的】  1了解气垫导轨的原理，会使用气垫导轨和数字毫秒计进行试验。  2进一步加深对动量守恒定律的理解，理解动能守恒和动量守恒的守恒条件。  3.学会正确使用气垫导轨和数字毫秒计。  4.学习不等精度测量的数据处理方法。 |
| 【实验原理】（电学、光学画出原理图）  **1.验证动量守恒定律**  如果一个系统所受的合外力为零，则该系统总动量保持不变，这一结论称为动量守恒定律。本实验研究两滑块在气垫导轨上做水平方向上对心碰撞，可以近似认为两滑块组成的系统在水平方向上所受合外力为零，故系统在水平方向上动量守恒  设两滑块的质量分别为http://aryun.ustcori.com:8572/Upload/LabSource/%E7%A2%B0%E6%92%9E%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image002.gif、http://aryun.ustcori.com:8572/Upload/LabSource/%E7%A2%B0%E6%92%9E%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image004.gif，碰撞前它们的速度分别为http://aryun.ustcori.com:8572/Upload/LabSource/%E7%A2%B0%E6%92%9E%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image006.gif和http://aryun.ustcori.com:8572/Upload/LabSource/%E7%A2%B0%E6%92%9E%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image008.gif，碰撞后的速度分别为http://aryun.ustcori.com:8572/Upload/LabSource/%E7%A2%B0%E6%92%9E%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image010.gif和http://aryun.ustcori.com:8572/Upload/LabSource/%E7%A2%B0%E6%92%9E%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image012.gif，由动量守恒定律有~tmp{d2a2912d-3951-4752-bf27-395c8dd8f24a}2231196174(1)  **完全弹性碰撞**  完全弹性碰撞的特点是碰撞前后系统的动量守恒，机械能也守恒。实验时，在两滑块相碰端装有弹性极好的缓冲弹簧片，滑块相碰时缓冲弹簧片先发生弹性变形而又迅速恢复原状，并将滑块弹开，系统机械能近似无损失。碰撞前后总动能保持不变，即~tmp{d2a2912d-3951-4752-bf27-395c8dd8f24a}2231196300(2)   |  |  | | --- | --- | |  |  |   当取http://aryun.ustcori.com:8572/Upload/LabSource/%E7%A2%B0%E6%92%9E%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image008.gif=0时，由式(1)、式(2)可得碰撞前后速度关系为   |  |  | | --- | --- | | ~tmp{d2a2912d-3951-4752-bf27-395c8dd8f24a}2231196336 | (3) | | ~tmp{d2a2912d-3951-4752-bf27-395c8dd8f24a}2231196343 |   **完全非弹性碰撞**  完全非弹性碰撞的特点是两滑块碰撞后粘在一起以相同速度运动。两滑块在碰撞前后系统的动量守恒，但机械能不守恒。设碰撞后两滑块的共同速度为v，则   |  |  | | --- | --- | | ~tmp{d2a2912d-3951-4752-bf27-395c8dd8f24a}2231196426 | (4) |   当取http://aryun.ustcori.com:8572/Upload/LabSource/%E7%A2%B0%E6%92%9E%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image008.gif=0时，则有   |  |  | | --- | --- | | ~tmp{d2a2912d-3951-4752-bf27-395c8dd8f24a}2231196443 | (5) |   **恢复系数*e***  相互碰撞的两物体，碰撞后的相对速度和碰撞前的相对速度之比，称为恢复系数，用符号*e*表示   |  |  | | --- | --- | | ~tmp{d2a2912d-3951-4752-bf27-395c8dd8f24a}2231196499 | (6) | |  |   通常可以根据恢复系数对碰撞进行如下分类：  1)*e* =0，即http://aryun.ustcori.com:8572/Upload/LabSource/%E7%A2%B0%E6%92%9E%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image012.gif=http://aryun.ustcori.com:8572/Upload/LabSource/%E7%A2%B0%E6%92%9E%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image010.gif，为完全非弹性碰撞。  2)*e* =1，即http://aryun.ustcori.com:8572/Upload/LabSource/%E7%A2%B0%E6%92%9E%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image032.gif，为安全弹性碰撞。  3)0<*e* <1，是一般的非完全弹性碰撞。  **碰撞时动能的损耗**  设碰撞后和碰撞前动能之比为R，即   |  |  | | --- | --- | | ~tmp{d2a2912d-3951-4752-bf27-395c8dd8f24a}2231196623 | (7) |   经过推导可得   |  |  | | --- | --- | | ~tmp{d2a2912d-3951-4752-bf27-395c8dd8f24a}2231196637 | (8) |   从式(8)仍可看出，只有当*e* =1时，动能才守恒。当*e* =0时，http://aryun.ustcori.com:8572/Upload/LabSource/%E7%A2%B0%E6%92%9E%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image038.gif，若取http://aryun.ustcori.com:8572/Upload/LabSource/%E7%A2%B0%E6%92%9E%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image040.gif，则http://aryun.ustcori.com:8572/Upload/LabSource/%E7%A2%B0%E6%92%9E%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image042.gif。由式(8)可知，当由实验求出恢复系数*e*，就可以算出碰撞前后的能量比和碰撞中的能量损失。  **2.瞬时速度的测量**  在气垫导轨的一侧安装两个光电门，它是计时装置的传感器。每个光电门有一个光电二极管，被一个聚光小灯泡所照亮。实验时，将一宽度为*△x*的U形挡光片置于滑块上，滑块通过设置于导轨某处的光电门时，毫秒计时器测出挡光时间*△t*，于是就可求出滑块通过该光电门处的瞬时速度。挡光片如图1所示，若计时器功能选择在“S2”档，当滑块向左(或向右)运动时，挡光片的边缘1(或4)进入光电门进行第一次挡光，毫秒计时器开始计时，当边缘3(或2)进入光电门进行第二次挡光时，毫秒计时器停止计时。毫秒计显示的时间*△t*就是滑块运动经过*△x*距离所用的时间*△t*，于是，*△x* /*△t*即可近似认为是滑块通过光电门附近的瞬时速度。实验所用的挡光片的宽度*△x*为几厘米。  ~tmp{d2a2912d-3951-4752-bf27-395c8dd8f24a}22311961041  图 1 |

**预习部分 认真书写**

|  |
| --- |
| 【实验内容】（重点说明）  **1.调整检验使气垫导轨处于水平状态**  判断导轨是否处于水平有两种方法：“静态法”和“动态法”。当用“静态法”进行调节时，将滑块置于已通气的导轨上，调节支点螺钉使其在任何位置都能保持静止不动，或稍有运动，但不总向一个方向运动。当用“动态法”进行调节时，要求滑块在沿同一方向运动的过程中经过两光电门的时间近似相等，即可认为导轨已调平。  **2.用完全弹性碰撞验证动量守恒**  要求分两种情况进行研究：  (1)令**m1**=**m2**，**v20**=0;  ①用天平分别称出两个滑块的质量**m1**和**m2**。  ②将计时器功能选择在“S2”档。  ③如图2所示，接通气源后，将滑块2置于两光电门之间，并使其静止(即**v20**=0)，滑块1置于导轨的一端。碰撞前，迅速对滑块1施一与**v10**相反且与导轨平面平行的力，使滑块1运动到与导轨端弹簧圈相碰反弹回来，产生初速度**v10**，记下滑块1经过光电门1的时间***△*t10**。  微信图片_20181115111013  图 2  ④两滑块碰撞后，滑块1将静止。滑块2以速度**v2**向前运动，记下滑块2经过光电门2的时间***△*t2**。  ⑤重复测量3次，将测量数据填入表1内。  (2)令**m1**≠**m2**，**v20**=0。  ①用天平称出两重块的质量，加在滑块1上。  ②仿照上述步骤，记下滑块1经过光电门1的时间***△*t10**，以及碰撞后滑块2和滑块1先后经过光电门2的时间***△*t2**和***△*t1**(注意：在滑块2经过光电门2运动到导轨的一端时，应使它静止，否则由于弹回而影响时间***△*t1**的测量)。  ③重复测量3次，将测量数据填入表2内。 |
| 【实验器材及注意事项】  **实验器材**：  气垫导轨、数字毫秒计、滑块、天平  **注意事项**：  1.打开气泵开关，给气轨通气，再将滑块放到气垫上，切忌未通气就将滑块放到气垫上。  2.真实情况下，对滑块和气垫导轨都要轻拿轻放，以免刮花或损伤其表面，增加摩擦力，使实验理想化变差。  3.使用电子天平时要先调零，否则滑块质量会与实际值有所偏差。  4.使用数字毫秒计的时候，要提前设置好模式，且在实验过程中不能有所变动。  5.光电门之间间距合适。 |

**数据结果 不得涂改**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 【实验数据与结果】  1.两滑块质量相等（**m1**=**m2**，**v20**=0）  滑块1的质量：**m1**=198.28g 滑块2的质量：**m2**=198.27g  数据表格1（实验测量值：***Δ*x**=1.00cm）   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 1 | 2 | 3 | | ***△*t10**/ms | 14.30 | 46.49 | 10.94 | | ***△*t2**/ms | 14.39 | 47.09 | 11.01 | | **v10**×10-2/cm·ms-1 | 6.99 | 2.15 | 9.14 | | **v20**×10-2/cm·ms-1 | 0 | 0 | 0 | | **v11**×10-2/cm·ms-1 | 0 | 0 | 0 | | **v21**×10-2/cm·ms-1 | 6.95 | 2.12 | 9.08 | | **P1/**cm·g·ms-1 | 13.87 | 4.27 | 18.12 | | **P2/**cm·g·ms-1 | 13.78 | 4.21 | 18.01 | | **E1/**cm2·g·ms-2 | 0.485 | 0.046 | 0.828 | | **E2/**cm2·g·ms-2 | 0.479 | 0.045 | 0.818 | | ***△*P/**cm·g·ms-1 | 0.09 | 0.06 | 0.11 | | ***△*E/**cm2·g·ms-2 | 0.006 | 0.001 | 0.010 | | ***△*P/P**% | 0.65 | 1.41 | 0.61 | | ***△*E/E**% | 1.24 | 2.17 | 1.21 | | **e** | 0.994 | 0.987 | 0.994 | | **R** | 0.994 | 0.987 | 0.994 |   各物理量的计算公式如下：  碰撞前滑块1的速度 **v10=*Δ*x/*△*t10** ，碰撞后滑块2的速度 **v2=*Δ*x/*△*t2**  碰撞前总动能 **Ek1=1/2\*m1v102 ，**碰撞后总动能 **Ek2=1/2\*m2v22**  碰撞前总动量 **p1= m1v10 ，**碰撞后总动量 **p2= m2v2**  动量损耗 **E=|P1-P2|/P1×100%**  ~tmp{d2a2912d-3951-4752-bf27-395c8dd8f24a}2231196499~tmp{d2a2912d-3951-4752-bf27-395c8dd8f24a}2231196623恢复系数： 动能损耗：    2. 两滑块质量相等（**m1**≠**m2**，**v20**=0）  滑块1的质量：**m1**=298.83g 滑块2的质量：**m2**=198.27g  数据表格2（实验测量值：***Δ*x**=1.00cm）   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 1 | 2 | 3 | | ***△*t10**/ms | 15.50 | 10.53 | 18.60 | | ***△*t2**/ms | 13.05 | 8.87 | 15.59 | | ***△*t1**/ms | 77.54 | 52.69 | 92.63 | | **v10**×10-2/cm·ms-1 | 6.45 | 9.50 | 5.38 | | **v20**×10-2/cm·ms-1 | 0 | 0 | 0 | | **v11**×10-2/cm·ms-1 | 1.29 | 1.90 | 1.08 | | **v21**×10-2/cm·ms-1 | 7.66 | 11.27 | 6.41 | | **P1/**cm·g·ms-1 | 19.28 | 28.38 | 16.07 | | **P2/**cm·g·ms-1 | 19.05 | 28.02 | 15.94 | | **E1/**cm2·g·ms-2 | 0.622 | 1.348 | 0.432 | | **E2/**cm2·g·ms-2 | 0.607 | 1.313 | 0.425 | | ***△*P/**cm·g·ms-1 | 0.23 | 0.36 | 0.13 | | ***△*E/**cm2·g·ms-2 | 0.015 | 0.035 | 0.007 | | ***△*P/P**% | 1.19 | 1.27 | 0.81 | | ***△*E/E**% | 1.21 | 1.25 | 0.76 | | **e** | 0.988 | 0.987 | 0.992 | | **R** | 0.990 | 0.990 | 0.994 |   各物理量的计算公式如下：  碰撞前滑块1的速度 **v10=*Δ*x/*△*t10** ，  碰撞后滑块2的速度 **v2=*Δ*x/*△*t2** ，碰撞后滑块1的速度 **v1=*Δ*x/*△*t1**  碰撞前总动能 **Ek1=1/2\*m1v102 ，**碰撞后总动能 **Ek2=1/2\*m1v12+1/2\*m2v22**  碰撞前总动量 **p1= m1v10 ，**碰撞后总动量 **p2= m1v1+m2v2**  动量损耗 **E=|P1-P2|/P1×100%**  ~tmp{d2a2912d-3951-4752-bf27-395c8dd8f24a}2231196499~tmp{d2a2912d-3951-4752-bf27-395c8dd8f24a}2231196623恢复系数： 动能损耗： |

**分析合理 善于思考**

|  |
| --- |
| 【误差分析】  1. 本实验使用气垫导轨来减少摩擦力，但摩擦力和空气阻力的影响不可能完全消除，这是由系统误差造成的碰撞后总动量略小于碰撞前总动量。  2.真实环境下，由于摩擦力的存在，当调平气垫导轨时，可能由于摩擦力和重力沿导轨方向 的分力相互平衡，造成看上去调平了的状态，实际上并没有完全调平。  3.当滑块运动速度太低时，挡光片切光缓慢，会放大误差。  4.当滑块运动速度过低的时候，气垫导轨产生的气流不能达到绝对连续均匀分布，会使得滑 块在运动过程中产生振动，从而使光电转换装置产生的误差加大。  5.在第一个实验中，两个滑块质量并不完全相同，造成理论与实际结果的偏差 |
| 【实验心得及思考题】  **思考题**：  1.是否可能出现碰撞后总动量大于碰撞前总动量的情况？为什么？  答：本实验中，水平方向上的外力主要是摩擦力和空气阻力，它们的方向都与滑块的运动方向相反，因此不会出现碰撞后总动量大于碰撞前总动量的情况。而若是两相撞物体之间有外置能源（炸药爆炸等）就可能产生这种情况。  2.实验中两光电门的位置和间距对实验结果有何影响？气垫导轨气流大小对实验有何影响？  答：在理想状态下，两光电门间距只要大于两个滑块的宽度即可，而实际上，两光电门之间的间距若是过大，则因空气阻力与摩擦力做功损耗的动能较大，若是过小，则无法保证光电门记录到碰撞前后的速度。气流过小，可能导致滑块在运动过程中与导轨有接触，摩擦力增大，气流过大，则可能导致滑块运动不稳定。  3.本实验要验证动量守恒定律，应当怎样设计实验比较合理？  答：  ①使得碰撞前总动量P1足够大，实际实验过程中摩擦力和空气阻力做功无法消除，若P1很小，则可能造成*△*P/P1的数值很大，无法验证动量守恒；  ②两滑块的运动状态可以设置为：一滑块静止、相向碰撞或追碰；  ③在本次实验的基础上，还可以追加一组碰后两滑块以相同速度运动，具体操作时可以用橡皮泥作为缓冲黏合物使得两滑块碰撞后粘连在一起。 |

**仔细读数 认真记录**

|  |
| --- |
| 【数据记录及草表】    教师签字： |