浙江大学

**物 理 实 验 报 告**

**实验名称： 碰撞**

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

**班 级 号： 周一上午345节**

专业：\_\_\_\_\_计算机科学与技术\_\_\_ \_\_

班级：\_\_\_\_\_ 计科2105\_\_\_\_\_\_\_\_\_

姓名：\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_

学号：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

实验日期:\_12\_月\_19\_日 星期一上午

**预习部分 认真书写**

|  |
| --- |
| 【实验目的】  1.掌握气垫导轨的调整技术和数字毫秒计的使用方法  2.掌握滑块速度的测量方法  3.通过各种碰撞实验验证动量守恒定律，考察动能定理 |
| 【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m1、m2，碰撞前它们的速度分别为v10和v20，碰撞后的速度分别为v1和v2，由动量守恒定律有  (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    (2)  当取v20=0时，由式(1)、式(2)可得碰撞前后速度关系为    (3)  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  (4)  当取v20=0时，则有    (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。    通常可以根据恢复系数对碰撞进行如下分类：  1)e = 0，即v2 = v1，为完全非弹性碰撞。  2)e = 1，即v2 − v1 = v10 − v20，为安全弹性碰撞。  3)0 < e < 1，是一般的非完全弹性碰撞。  (4)碰撞时动能的损耗  设碰撞后和碰撞前动能之比为R，即    经过推导可得    从上式仍可看出，只有当e = 1时，动能才守恒。当e = 0时，R = m1/(m1+m2），若取m1 = m2，则R = 1/2 。由上式同样可知，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。 |

**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v1 = v2，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。    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】  实验仪器：  本实验所用到的实验仪器有气垫导轨、数字毫秒计、滑块、天平。  注意事项：   1. 实验前一定要调节滑轨至水平且平衡，不然碰撞实验的过程中，重力的分量会对实验造成干扰，会对定理定律的验证产生极大的干扰；因为实际上气轨并不完全水平，且气孔也不完全垂直，故在调整气轨水平时，要求滑块能在两光电门中间尽可能停住即可。 2. 数字毫秒计每次使用前需要清零，否则时间记录会存在问题。 3. 给予最右端滑块初始力或速度是，要与水平导轨平行，使滑块的运动及碰撞发生在同一水平上。 4. 在质量不相等的碰撞实验中，一般将质量大的作为碰撞滑块，质量小的作为被碰撞滑块，使滑块运动单向而便于时间的顺序读取统计。 5. 在本实验中，因为滑块上弹簧是钢做的，在做质量相等的碰撞实验中，一般认为0.95 < e < 0.98,则碰撞为弹性碰撞。 |

**数据结果 不得涂改**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 【实验数据与结果】  1.滑块质量相等  经测量，m1 = 198.53g，m2 = 198.57g，两者质量相差微小，可以认为近似相等；本实验过程中，所记录的时间均为滑块经过1cm长度光电门的消耗时长。   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 1 | 2 | 3 | | △t10(ms) | 10.53 | 10.53 | 10.53 | | △t2(ms) | 10.71 | 10.64 | 10.65 | | v10\*10^-2(cm/ms) | 9.4967 | 9.4967 | 9.4967 | | v2\*10^-2(cm/ms) | 9.3371 | 9.3985 | 9.3897 | | E1(J) | 0.8952 | 0.8952 | 0.8952 | | E2(J) | 0.8656 | 0.8770 | 0.8754 | | m1v10(cm\*g/ms) | 18.8538 | 18.8538 | 18.8538 | | m2v2(cm\*g/ms) | 18.5406 | 18.6626 | 18.6451 | | e | 0.9832 | 0.9897 | 0.9887 | | R | 0.9833 | 0.9897 | 0.9888 | | E% | 1.66% | 1.01% | 1.11% |   上表中，一二两行表示经过经过两个1cm光电门的分别时耗，通过公式v = 1 / △t，分别计算对应的通过速度，获得速度后，根据公式 p = m\*v，计算碰撞前后动量及动能大小数值，并计算恢复系数e，碰撞时动能损耗R和E值。其中：      另外，为了凸显计算后实验数据的微小差异，在本实验的计算过程中我选择保留四位小数，虽然这不符合有效位数的一般保留策略，但这样的精度化操作可以更明晰不同数据间的对比差异。  2.滑块质量不相等  在m1滑块上增加适量垫片，经测量，m1 = 297.66g，m2 = 198.57g，两滑块质量相差足够大，符合实验要求；在本实验过程中，所记录的时间同为滑块经过1cm长度光电门的消耗时长。   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 1 | 2 | 3 | | △t10(ms) | 10.53 | 10.53 | 10.53 | | △t2(ms) | 8.90 | 8.88 | 8.87 | | △t1(ms) | 53.47 | 53.37 | 53.30 | | v10\*10^-2(cm/ms) | 9.4967 | 9.4967 | 9.4967 | | v2\*10^-2(cm/ms) | 11.2360 | 11.2613 | 11.2740 | | v1\*10^-2(cm/ms) | 1.8702 | 1.8737 | 1.8762 | | E1(J) | 1.3423 | 1.3423 | 1.3423 | | E2(J) | 1.3055 | 1.3113 | 1.3143 | | m1v10(cm\*g/ms) | 28.2678 | 28.2678 | 28.2678 | | m1v1+m2v2(cm\*g/ms) | 27.8781 | 27.9388 | 27.9713 | | e | 0.9862 | 0.9885 | 0.9896 | | R | 0.9890 | 0.9909 | 0.9917 | | E% | 1.38% | 1.16% | 1.05% |   本表格中速度、恢复系数及碰撞中消耗的计算公式均与上侧表格相同；在计算总动能和总动量时，则要考虑部分之和，即：  E总 = 1/2 \* m1 \* v1^2 + 1/2 \* m2 \* v2^2;  P总 = m1 \* v1 + m2 \* v2.  同样，为了凸显计算后实验数据的微小差异，在实验的计算过程中选择保留四位小数，希望通过这样精度化的操作以明晰不同数据间的对比差异。 |

**分析合理 善于思考**

|  |
| --- |
| 【误差分析】  1.收到仪器精度的限制，实验过程数据的读取必然存在着截断误差，因而会限制计算精度，从而引入误差。  2.对于气轨本身而言，滑块在其上的滑动依然存在摩擦力，虽然需要考虑重力分量的抵消作用，但f静 > f滑的特性，往往使调节平衡的实验预备操作并不充分，因而在实验过程中会造成部分能量动量的损失。  3.在滑轨上，我们默认滑块对心碰撞，且碰撞为理想状态，但在实际的现实实验操作中，滑块的碰撞过程会有少量动量的损失，因而在具体的数据验证及规律统计时，需要作一定的近似约化处理。  4.理想认为当滑块速度较大时，相撞时能量、动量的损失会较两者以较小速度碰撞损失小很多，但无法量化或通过严谨的数学推导来证明，因而速度的选取有一定的主观性。 |
| 【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？   完全有可能，在理想的情况下，我们常常会认为碰撞时动量守恒，且根据实际情况的消耗，动量在碰撞前后往往是减小的；但是，我们若在实验准备的调平阶段是气轨的偏斜角度稍偏大，那么收到重力的影响，就会使得碰撞后总动量大于碰撞前总动量这种情况的发生。  对于其他的环境下，若两个物体的碰撞过程会发生爆炸等情况，则也会出现碰撞后总动量大于碰撞前总动量的情况，且因为在碰撞的极短时间内，有较大的力对碰撞的系统产生了冲量的作用，所以动量在碰撞前后可以做到不减反增的情况。   1. 实验中两光电门的位置和间距对实验结果有什么影响？气垫导轨气流大小对实验有什么影响？   首先，若光电门的本身宽度过大，则会导致瞬时速度测量的误差，平均速度不能在代替瞬时速度进入计算；另外，两光电门保持一定的间距，尽量摆在气轨的靠左部分和靠右部分：一方面是充分利用气轨的宽度，为碰撞的产生提供足够的距离，若间距太小，则往往导致记录的通过时间不准确，存有较大的误差；另一方面，如果两光电门相距太远，根据前述的误差分析，可能有未平衡的摩擦力影响，同样空气阻力的作用也是不可忽略的因素，且空气阻力的大小会随速度的变化线性提升，若间距太大，则空气阻力的损耗也将正相关提升，也会给实验带入较大的测量误差。  气垫导轨的气流气压若过小,往往不能抵消重力，完全支撑物体,会使物体压在导轨上而增大摩擦；若气流气压过大,则有可能把物体吹离导轨,使滑块不能正常滑动，进行碰撞实验。   1. 本实验要验证动量守恒定律，应当怎样设计实验比较合理？   需要至少验证在完全弹性碰撞和完全非弹性碰撞条件下，动量守恒的假设均成立。  在按照本实验操作调整好气垫导轨和一系列准备操作后，可以选用两质量相等的滑块作为完全弹性碰撞的材料，根据理论分析，当滑块的质量完全相等时，碰撞分析为弹性（速度交换，动能没有损失），记录数据并计算系统动量、动能的变化；对于完全非弹性碰撞而言，可以在碰撞端滑块前加以针状物体，在被碰撞滑块后增加一橡皮泥，使碰撞发生后两物体可以连接在一起进行后续运动，再记录数据并计算系统动量的变化，从而验证动量守恒定律。  特别注意：因为实际消耗的存在，碰撞过程中恢复系数为0.95 - 0.98区间内即可认为此次碰撞为完全弹性碰撞。  实验心得：  还算是一个常规的实验，可能是因为实验所涉及的绝大部分知识我们从高中就开始学习，因而比较亲切而熟悉；整个碰撞实验的操作过程，也比较清晰而具有代入感；虽然这个实验的操作部分与原理理解部分比较简单，但它的数据处理计算部分却有些许繁琐，因而可算是从另一个角度体验物理实验---简单的过程需要搭配复杂的计算，或者说是严格详细的计算，才可以得到一些有用的结果或结论。  实验没有验证动量定律或动能定律，还是有些许遗憾，很是难得有线上虚拟这样良好的实验环境和数据记录来重现力学经典，真是可惜。  而经历了两个线上实验后，这次的实验也是更加的得心应手，下礼拜也是只有一个大学物理实验，虽有不舍，但也要继续加油！ |

**仔细读数 认真记录**

|  |
| --- |
| 【数据记录及草表】  实验部分截图：  e7b8b788502171db3fc70a2990e738e  实验数据部分：  cb7b3946280769a4bded083221b1688    c0be3e0b6f5a609a5cea1a2c357d598  教师签字： |