###### 碰撞 实验报告

姓名：胡博浩 学号：2212998 组别：k 座号：11 学院及专业：网络空间安全学院工科实验班 实验日期:6月6日星期二上午

1. 目的要求
2. 用对心碰撞特例检验动量守恒定律。
3. 了解动量守恒和动能守恒的条件。
4. 熟练地使用气垫导轨和数字毫秒计。
5. 仪器用品

气垫导轨及附件（包括滑块及挡光框各一对）、数字毫秒计、电子天平、游标卡尺（精度0.02毫米）

1. 实验原理
2. 验证动量守恒定律

当一个物体系所受合外力或者所受合外力在某个方向的分量为零时，物体的总动量保持不变，即动量守恒。

设在平直导轨上，两个滑块作对心碰撞，若忽略空气阻力。则在水平方向上就满足了动量守恒定律成立的条件，即碰撞前后的总动量保持不变。若能够测得滑块m1、m2的质量（分别为m1、m2）以及在碰撞前后的速度u1、u2和v1、v2，并且满足：m1u1+m2u2=m1v1+m2v2（①），那么便可验证动量守恒定律。

1. 碰撞后的动能损失

只要满足动量守恒定律的成立条件，不论弹性碰撞还是非弹性碰撞，总动量都将守恒。但碰撞过程中动能是否守恒还与碰撞的性质有关。而碰撞的性质一般用恢复系数e表达：



其中v2-v1为两物体碰撞后相互分离的相对速度，u1-u2为碰撞前彼此接近的速度。

1. 若相互碰撞的物体为弹性材料，碰撞后物体的形变得以完全恢复，则物体系的总动能不变，碰撞后两物体的相对速度等于碰撞前两物体的相对速度，此时e=1，这类碰撞称为完全弹性碰撞。
2. 如果碰撞物体具有一定的塑性，碰撞后尚有部分形变未恢复，则物体系的总动能有所损失，转变为其他形式的能量，碰撞后两物体的相对速度小于碰撞前的相对速度，此时0<e<1，这类碰撞称为非弹性碰撞。
3. 碰撞后两物体的相对速度为零，物体粘在一起以后以相同速度继续运动，此时e=0，物体系的总动能损失最大，这类碰撞称为完全非弹性碰撞。

由碰撞后的动能损失公式：



可知完全弹性碰撞无动能损失，即动能守恒。完全非弹性碰撞动能损失最大，非弹性碰撞介于二者之间。

1. m1=m2≡m，且u2=0的特定条件下，两滑块的对心碰撞
2. 完全弹性碰撞：

当两滑块质量相等，且第二滑块处于静止时，发生完全弹性碰撞的结果，使第一滑块静止下来而第二滑块完全具有第一滑块碰撞前的速度，若①式得到验证则说明动量守恒，且e=1,无动能损失，即动能守恒。

但实验中两滑块质量不严格相等、两挡光物的有效遮光宽度ΔS1及ΔS2也不严格相等，则碰撞前后的动量百分差E1为：



动能百分差E2为：



若E1、E2均在误差范围内，则说明上述结论成立。

1. 完全非弹性碰撞：

碰撞后两物体的速度变为u1/2， 若（①）式成立，则说明完全非弹性碰撞动量守恒，且e=0，其动能损失最大，约为50% 。考虑到完全非弹性碰撞时可采用同一挡光物遮光，即有Δs’2=Δs’1。同样可求得动量和动能百分比分别为





其动能损失的百分误差为



若均在实验误差范围内则说明上述结论成立。

1. 实验内容
2. 用动态法调频导轨式滑块在选定的运动方向上做匀速运动以保证碰撞时合外力为0的条件 ；
3. 用电子天平校验两滑（块连同挡光物）的质量m1、m2；
4. 用游标卡尺测出两挡光物的有效遮光宽度ΔS1及ΔS2 Δs’1；
5. 在m1≈m2=m的条件下测完全弹性和完全非弹性碰撞前后两滑块各自通过光电门1及2的时间Δt1、Δt2和Δt’1、Δt’2。
6. 注意事项

1.严格按照气垫导轨操作规则，维护气垫导轨；

2.实验中应保证条件为此在，滑块1未到达之前先用手轻扶住滑块2，待滑块1即将与2碰撞之前在松手，且松手时不应给滑块以初始速度；

3.给滑块1速度时要平稳，不应使滑块产生摆动，挡光框平面应与滑块运动方向一致，且其遮光边缘应与滑块运动方向垂直；

4.严格遵守电子天平的操作规则；

5.挡光框与滑块之间应固定牢固，防止碰撞时相对位置改变影响测量精度。

1. 考察题
2. **动量守恒定律成立的条件是什么？实验操作中应如何保证之？**

碰撞实验中，动量守恒定律成立的条件是没有外力作用于系统或外力的合力为零。

实验操作中，可以通过以下方法来保证动量守恒定律的成立：

（1）隔绝系统：在实验中，尽可能隔离待研究的系统，使得系统与外部环境之间的相互作用最小化。这可以通过使用闭合容器、真空环境或者避免其他外部因素对系统产生影响来实现。

（2）排除外力：确保在实验中没有其他外力作用于系统。这意味着需要对实验环境进行细致的控制，避免风力、摩擦力或其他不相关的力对系统产生影响。在实验操作中，使用平滑的表面、减小空气阻力或者使用无接触的技术（如磁悬浮）都可以帮助排除外力。

（3）力的测量：在实验中，测量碰撞前后物体的质量和速度，以确定它们的动量。使用精确的测量工具，例如精密天平和速度测量仪器，以减小测量误差，并确保测量结果的准确性。

（4）重复实验：进行多次实验，以获得更可靠的结果。通过对多组实验数据进行比较和分析，可以验证动量守恒定律是否成立。

1. **完全非弹性碰撞中要求碰撞前后选用同一挡光框遮光有什么好处？实验操作中如何实现？**

可以确保在碰撞前后的条件下光的强度保持一致。这对于实验的可比性和结果的准确性非常重要。当光强度保持一致时，可以更准确地观察和测量碰撞过程中发生的能量转化和动量变化。

方法：

（1）选用同一挡光框：在实验中，使用同一挡光框或光屏来遮光。这可以确保碰撞前后的光强度接收器处于相同的条件下。

（2）调整光源：使用一致的光源，并确保光源的位置和强度在碰撞前后保持不变。这可以通过使用稳定的光源（如激光器或恒定亮度的白光源）并精确固定光源的位置来实现。

（3）控制实验环境：保持实验环境的一致性，避免外界光线的干扰。可以使用遮光罩、黑暗房间或其他方法来减少外部光线的干扰。

1. **既然导轨已调平，为什么操作中还要用手扶住滑块2？手扶滑块时应注意什么？**

在操作中用手扶住滑块2的目的是为了确保它在碰撞发生时不发生旋转或倾斜，以维持碰撞的平面性。即使导轨已经调平，手扶住滑块2可以进一步稳定它，避免碰撞过程中出现不必要的扰动或偏差。

注意事项：

（1）轻触滑块：用手扶住滑块时，避免施加过大的力量。只需轻轻接触滑块表面，以提供足够的稳定性而不干扰碰撞过程。

（2）不要施加额外力：避免在碰撞发生时向滑块施加额外的力量。额外的力量可能会影响碰撞过程，导致不准确的结果。

（3）确保手的位置：确保手的位置不会遮挡观察或测量所需的部分。手应尽可能位于滑块的边缘或非关键区域，以保持视野的清晰度。

（4）观察碰撞过程：在扶持滑块的同时，密切观察碰撞过程。注意观察滑块之间的碰撞点、运动轨迹和变化，以便进行后续的分析和测量。

1. **滑块2距光电门2进些还是远一些好？两光电门近些还是远些好？为什么？**

滑块2距离光电门2较近，并且两个光电门之间的距离较远会更好。以下是原因：

（1）滑块2距离光电门2较近：将滑块2与光电门2放置较近可以减小实验的时间间隔，从而提高测量的精度。当滑块2通过光电门2时，光电门会记录下相应的时间点，这样可以更准确地计算滑块2的速度和加速度。

（2）两个光电门之间的距离较远：增加两个光电门之间的距离可以提高实验的测量精度。较大的距离可以使滑块2在两个光电门之间的时间间隔更长，从而减小时间测量误差的影响。同时，较大的距离还能够产生更大的位移，使测量更为准确。

七、思考题

1. **完全弹性碰撞的特点是什么？试证明在完全弹性碰撞中碰撞后两物体分离的速度v2-v1等于碰撞前两物体相互接近的速度u1-u2。**

特点：

（1）动能守恒：在完全弹性碰撞中，碰撞前后的总动能保持不变。没有能量损失，所有的动能在碰撞后仍然保持。

（2）动量守恒：在完全弹性碰撞中，碰撞前后的总动量保持不变。总动量在碰撞前后的瞬间保持相等。

证明：

设物体1的质量为 m1，初速度为 u1；物体2的质量为 m2，初速度为 u2。在碰撞前，根据动量守恒定律有：

m1 \* u1 + m2 \* u2 = m1 \* v1 + m2 \* v2

在完全弹性碰撞中，动能守恒定律也成立。故有

1/2 \* m1 \* u1^2 + 1/2 \* m2 \* u2^2 = 1/2 \* m1 \* v1^2 + 1/2 \* m2 \* v2^2

进行整理和变形，得到：v2 - v1 = u1-u2

因此，在完全弹性碰撞中，碰撞后两物体分离的速度 v2-v1 等于碰撞前两物体相互接近的速度 u1-u2 。

1. **设导轨质量远大于滑块质量，问：当滑块与导轨一端做弹性碰撞时其恢复系数等于多少？**

发生弹性碰撞时，由于导轨的质量远大于滑块的质量，可以认为导轨几乎不会受到速度变化。在这种情况下，可以将滑块与导轨的碰撞视为一个一维弹性碰撞问题。

恢复系数可以表示为：

e = (v2 - v1) / (u1 - u2)

（其中，v1 和 v2 是碰撞后滑块和导轨的速度，u1 和 u2 是碰撞前滑块和导轨的速度。）

由于导轨几乎不会改变速度，即 u2 ≈ 0，且滑块与导轨的碰撞是弹性碰撞，因此 v1 ≈ -u1。

代入恢复系数的定义式中，得到：

e = 1

1. **为什么要尽量做到对心碰撞？在你的实验中是如何保证的？**

尽量做到对心碰撞的目的是为了确保碰撞过程中力的方向和作用线通过物体的质心，从而减少扭矩和旋转的影响。对心碰撞可以简化碰撞过程的分析，使实验结果更加准确和可靠。

采取措施：

（1）精确定位：对于涉及到碰撞的物体（如滑块），使用精确的位置控制手段，例如标尺、刻度线或精确的位置调节装置。这可以确保物体在碰撞前后的位置保持一致，从而减少碰撞时的偏差。

（2）导轨平整：保证导轨的表面光滑且平整，以减小滑块在导轨上的运动阻力和不均匀摩擦力。这可以使滑块在碰撞过程中的运动更加平稳，有利于实现对心碰撞。

（3）实验调试：在进行实验之前，进行必要的调试和校准。检查实验装置的各个部分是否处于正确的位置和状态，确保碰撞发生时物体的运动轨迹和角度符合预期。

（4）对称设计：对于实验装置的设计，尽量采用对称的结构和材料分布，以确保物体在碰撞过程中受到的扭矩和旋转力的影响最小化。对称设计可以减少因不均匀分布而引起的旋转力矩，从而更好地实现对心碰撞。

1. **设两滑块质量及速度大小均相同，相对碰撞后两滑块的运动情况将如何？**

互换速度，反向运动。

1. **试总结为了检验本实验的结论，在实验操作中保证实验条件以减小测量误差的方法 。**

（1）精确测量：使用精确的测量工具和技术来获取实验所需的数据。这包括使用精密仪器测量物体的质量、使用准确的计时器测量时间等。尽量减小测量误差，提高数据的可靠性。

（2）重复实验：进行多次重复实验，以获取一系列可靠的数据。通过重复实验可以减小由于偶然误差和随机因素引起的测量偏差，并增加对实验结果的可靠性。

（3）控制变量：在实验中控制其他可能影响结果的变量，只改变我们要研究的特定变量。这可以确保实验结果的差异主要来自我们所关注的因素，减小其他因素对实验结果的干扰。

（4）精确调整：在实验装置的设置和调整中，要尽量精确地保持各个部件的位置、角度和参数。确保实验装置的准确性和稳定性，以减小操作误差和测量误差的影响。

八、数据处理

1. 两滑块碰撞前后的速度：

滑块质量： m1=135.51g m2=135.55g

ΔS1=6.000cm ΔS2=1.000cm Δs’1=5.000cm

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 完全弹性碰撞 | | | | | | | |
| 碰前 | | 碰后 | | 恢复系数 | 动能百分差 | 动量百分差 |  |
| Δt1/ms | u/cms-1 | Δt2/ms | v/cms-1 |  |  |  |  |
| 1 | 63.04 | 79.31 | 65.14 | 76.76 |  |  |  |  |
| 2 | 81.54 | 61.32 | 83.34 | 60.00 | 0.97847 | 0.04230 | 0.02123 |  |
| 3 | 99.47 | 50.27 | 102.39 | 48.83 | 0.97135 | 0.056192 | 0.028359 |  |
|  | 完全非弹性碰撞 | | | | | | | |
|  | 碰撞前 | | 碰撞后 | | 恢复系数 | 动能百分差 | 动量百分差 | 动能损失的百分误差 |
|  | Δt1/ms | u/cms-1 | Δt2/ms | v/cms-1 |
| 1 | 83.24 | 60.07 | 168.81 | 29.62 |  |  |  | 2.7% |
| 2 | 73.36 | 68.16 | 147.52 | 33.89 | 0 | 0.50549 | 0.00543 | 1.1% |
| 3 | 46.75 | 106.95 | 93.86 | 53.27 | 0 | 0.50375 | 0.00368 | 0.7% |

（动量百分差）（动能百分差）（恢复系数）

计算样例：*27*

2.实验结论分析

由实验数据可知，完全弹性碰撞中，在误差允许范围内，物体系统动量和动能同时守恒；在完全非弹性碰撞中，在误差允许范围内，物体系统动量守恒，但动能损失较大。