

班级

学号

姓名

教师签字

实验日期

预习成绩

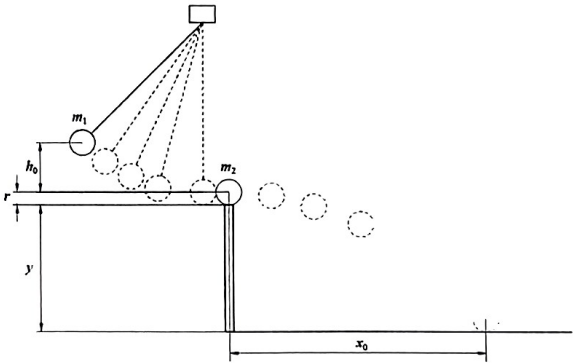
总成绩

实验名称 碰撞打靶实验

一. 实验预习

1. 本实验中碰撞过程如下图所示。质量为 m_2 的被撞球置于高度为 y 的载球支柱上，质量为 m_1 的摆球下落 h_0 高度后，与被撞球在水平方向发生正碰，被撞球做平抛运动，水平位移为 x_0 ，理想情况下，不考虑空气阻力以及载球支柱对被撞球的摩擦力，请分析碰撞过程中两个小球组成的系统动量是否守恒。

系统在不受外力或所受外力之和为零的情况下，两物体碰撞前后总动量不变。在给定的实验条件下，由于不考虑空气阻力以及载球支柱对被撞球的摩擦力，在碰撞过程中系统在水平方向上不受外力，在竖直方向上虽然受到重力、支持力、绳子的拉力这些外力，但这些外力都远小于两球碰撞过程中系统的内力，可以忽略不计。因此，可认为该系统在碰撞过程中动量守恒。



2. 如上图所示，推导理想情况下（不考虑空气阻力以及载球支柱对被撞球的摩擦力，碰撞过程为弹性碰撞）摆球的下落高度 h_0 与载球支柱高度 y 、预设靶心位置 x_0 、摆球质量 m_1 、被撞球质量 m_2 、被撞球半径 r 的关系式，后续实验中，需要根据计算出的 h_0 数值设定摆球的高度。

由所给条件列出表达式

$$\begin{cases} m_1gh_0 = \frac{1}{2}m_1v^2 \\ m_1v_0 = m_1v_1 + m_2v_2 \\ \frac{1}{2}m_1v_0^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 \\ x_0 = v_2t \\ y = \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

联立解得

$$h_0 = \frac{(m_1+m_2)^2x_0^2}{16m_1^2y}$$


二. 实验现象及原始数据记录

表 1-1

被撞球	质量 (g)	直径 $2r$ (cm)	预设位置 x_0 (cm)	载球支柱高度 y (cm)	高度差 h_0 (cm)	摆球设置高度 $h=h_0+r+y$ (cm)
钢球	32.83	2.000	20.00	11.774	8.49	21.27
铜球	35.12	2.000			9.10	21.87
铝球	10.85	1.970			3.76	16.52

表 1-2

被撞球	钢球		铜球		铝球	
次数	落点位置 x (cm)	落点为预设位置 x_0 时 摆球位置 h' (cm)	落点位置 x (cm)	落点为预设位置 x_0 时 摆球位置 h' (cm)	落点位置 x (cm)	落点为预设位置 x_0 时 摆球位置 h' (cm)
1	18.52	23.56	17.92	25.18	18.76	16.86
2	17.80		17.18		18.92	
3	18.60		17.48		19.02	
4	18.16		17.56		19.16	
5	19.14		17.94		19.22	
6	18.71		18.00		18.90	
7	17.86		17.72		19.26	
8	18.84		17.40		18.88	
9	17.70		17.10		19.12	
10	18.30		17.42		19.06	

教师	姓名
签字	

三. 数据处理

(根据测量数据计算摆球理论高度 $h=h_0+r+y$, 计算落点的平均位置 \bar{x} , 并结合落点为预设位置 x_0 时摆球的位置 h' 计算损失的机械能百分比, 要有详细的计算过程, 格式工整)

1. 被撞球为钢球

根据表格中的数据及 h_0 的计算式

$$h_0 = \frac{(m_1 + m_2)^2 x_0^2}{16m_1^2 y}$$

可以求得

$$h_0 = 8.49(\text{cm})$$

因此摆球设置高度为

$$h = h_0 + r + y = 21.27(\text{cm})$$

根据表格中的数据可以求得落点的平均位置为

$$\bar{x} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} x_i = 18.36(\text{cm})$$

同时也可以求得损失的机械能百分比为

$$\Delta E = \frac{h' - h}{h_0 + h' - h} = \frac{23.56 - 21.27}{8.49 + 23.56 - 21.27} \times 100\% = 21.24\%$$

2. 被撞球为铜球

根据表格中的数据及 h_0 的计算式

$$h_0 = \frac{(m_1 + m_2)^2 x_0^2}{16m_1^2 y}$$

可以求得

$$h_0 = 9.10(\text{cm})$$

因此摆球设置高度为

$$h = h_0 + r + y = 21.87(\text{cm})$$

根据表格中的数据可以求得落点的平均位置为

$$\bar{x} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} x_i = 17.57(\text{cm})$$

同时也可以求得损失的机械能百分比为

$$\Delta E = \frac{h' - h}{h_0 + h' - h} = \frac{25.18 - 21.87}{9.10 + 25.18 - 21.87} \times 100\% = 26.67\%$$

3. 被撞球为铝球

根据表格中的数据及 h_0 的计算式

$$h_0 = \frac{(m_1 + m_2)^2 x_0^2}{16m_1^2 y}$$

可以求得

$$h_0 = 3.76(\text{cm})$$

因此摆球设置高度为

$$h = h_0 + r + y = 16.52(\text{cm})$$

根据表格中的数据可以求得落点的平均位置为

$$\bar{x} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} x_i = 19.03(\text{cm})$$

同时也可以求得损失的机械能百分比为

$$\Delta E = \frac{h' - h}{h_0 + h' - h} = \frac{16.86 - 16.52}{3.76 + 16.86 - 16.52} \times 100\% = 8.29\%$$

四. 实验结论及现象分析

在三组被撞球不同的实验中, 被撞球的落点及平均落点位置均位于 17-19.5cm 区间内, 与预设位置 20cm 相差不大, 且根据落点位置均小于预设位置可以看出, 在实际的实验中, 小球碰撞过程中存在着不可避免的能量损耗, 造成能量损耗的因素可能包括摩擦力、空气阻力等。这些额外的因素会导致撞击球的运动状态与理论分析有所偏差, 使得实际的小球落点位置小于预设位置。

而在这三组实验中, 不同组别计算得出的损失的机械能百分比存在一定的差异, 造成这种现象的因素可能有: 在不同组别中设置的摆球高度的差异对小球碰撞过程的能量损耗造成的影响、测量 h' 的数据只有一组造成的偶然性较大、读数时存在的偶然误差等。尤其是第三组实验测出的损失的机械能百分比与其他两组差异较大的原因就有可能是第三组测得的 h' 的数据过小, 测得这个 h' 值时的偶然性较大。

五. 讨论题

1. 在质量相同的两球碰撞后，撞击球的运动状态与理论分析是否一致？这种现象说明了什么？

答：根据 h 与 h' 之间存在的差异可以看出，在真实的物理实验中，在质量相同的两球碰撞后，撞击球的运动状态与理论分析并不一致，这是由于实验中存在其他因素的影响。这些因素可能包括摩擦力、空气阻力、能量损失等。这些额外的因素会导致撞击球的运动状态与理论分析有所偏差。

这种现象说明了理想情况下的理论分析只是一种简化的模型，现实中的物体碰撞往往会受到多种因素的影响。因此，虽然根据动量守恒定律可以进行理论分析并预测撞击球的运动状态，但在实际物理实验中可能会有一些因素无法完全考虑进去，从而导致实验结果与理论分析不一致。

2. 如果不放被撞球，摆球在摆动回来时能否达到原来的高度？这说明了什么？

答：如果不放被撞球，摆球在摆动回来时通常无法达到原来的高度，这说明了能量损失和阻尼如空气阻力的存在对振动过程的影响。

在摆球振动的过程中，摆球会不断转化动能和势能，但由于摩擦力和空气阻力等因素的作用，一部分能量会被转化为热能或其他形式的能量，导致能量的损失。因此，当摆球摆动回来时，因为能量损失的影响，摆球无法达到原来的高度。

3. 本实验中，球体不用金属，用石蜡或软木会有什么不同效果？

答：使用石蜡或软木代替金属球进行碰撞实验会产生一些明显的不同效果：

1. 弹性差异：金属通常具有较好的弹性，可以在碰撞中产生弹性形变从而接近弹性碰撞，而石蜡或软木的弹性要远远小于金属，碰撞时很可能会发生较大的塑性形变，导致能量损失增加，从而影响碰撞实验的准确性。

2. 质量差异：石蜡或软木相对于金属来说密度较小，因此相同体积下的质量会更轻。这意味着在碰撞实验中，使用石蜡或软木球体可能会导致碰撞后的反应不如金属球体，且有可能导致碰撞后的反应比起使用金属球时更难控制。

3. 能量损失：由于石蜡或软木的性质，碰撞时可能会更容易损失能量，引起振动、摩擦等问题，影响实验结果的准确性。