

班号 自动化5班 学号 190320517 姓名 高旭 教师签字 _____

实验日期 11月3日 组号 B4 预习成绩 _____ 总成绩 _____

实验(1) 石立撞打靶实验

一、实验目的

1. 研究两体碰撞的现象和规律
2. 应用运动学原理、机械能守恒和转化规律解决打靶的实际问题
3. 掌握游标卡尺, 电子天平等通用仪器的使用方法。

二、实验原理

m_1 : 摆球质量 m_2 : 被撞球质量 r : 被撞球半径

h_0 : 摆球下落高度 y : 载球支柱高度 x_0 : 被撞球平抛运动水平位移

动量守恒定律: 如果物体系统受到的合外力为零, 则系统内

各物体动量矢量和保持不变。

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'$$

应用条件:

1. 合外力为零, 严格成立;
2. 某一方向上合外力的分量为零, 动量在该方向的分量守恒;
3. 内力远大于外力, 外力相对于内力可忽略

弹性碰撞过程中无能量损失

$$\begin{cases} m_1 v_0 + m_2 \cdot 0 = m_1 v_1 + m_2 v_2 \\ \frac{1}{2} m_1 v_0^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot 0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_0 \\ v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_0 \end{cases}$$

平抛运动: 水平方向 $x = v_x t$

竖直方向 $y = \frac{1}{2} g t^2$

碰撞打靶过程 $m_1 g h_0 = \frac{1}{2} m_1 v_0^2$

$$m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

$$y = \frac{1}{2} g t^2$$

$$x_0 = v_2 t$$

$$\Rightarrow h_0 = \left(\frac{m_1 + m_2}{4m_1} \right)^2 \frac{x_0^2}{y}$$



三. 数据处理

铜球: 质量 $m_2 = 32.83 \text{ g}$ 半径 $r = 1.000 \text{ cm}$ 预设 $x_0 = 20 \text{ cm}$.

载球支柱高度 $y = 9.452 \text{ cm}$ 高度差 $h_0 = \frac{(m_1 + m_2)^2 x_0^2}{16 m_1^2 y} = 10.580 \text{ cm}$

$$z_0 = r + y + h_0 = 21.032 \text{ cm}$$

落点位置平均值 $\bar{x} = 19.05 \text{ cm}$

$$\text{理论上调高 } \Delta h = \frac{(m_1 + m_2)^2 (400 - \bar{x}^2)}{16 m_1^2 y} = 0.981 \text{ cm}$$

理论上总高 $z = z_0 + \Delta h = 22.013 \text{ cm}$ 损失能量 $\Delta E = m_1 g \Delta h = 2.8 \times 10^{-4} \text{ J}$

铝球: 质量 $m_2 = 10.93 \text{ g}$ 半径 $r = 0.985 \text{ cm}$ 预设 $x_0 = 20 \text{ cm}$

载球支柱高度 $y = 9.520 \text{ cm}$ 高度差 $h_0 = \frac{(m_1 + m_2)^2 x_0^2}{16 m_1^2 y} = 4.659 \text{ cm}$

$$z_0 = r + y + h_0 = 15.164 \text{ cm}$$

落点位置平均值 $\bar{x} = 19.23 \text{ cm}$

$$\text{理论上调高 } \Delta h = \frac{(m_1 + m_2)^2 (400 - \bar{x}^2)}{16 m_1^2 y} = 0.981 \text{ cm}$$

理论上总高 $z = z_0 + \Delta h = 15.516 \text{ cm}$ 损失能量 $\Delta E = m_1 g \Delta h = 1.27 \times 10^{-3} \text{ J}$

铜球: 质量 $m_2 = 35.09 \text{ g}$, 半径 $r = 1.000 \text{ cm}$, 预设 $x_0 = 20 \text{ cm}$

载球支柱高度 $y = 9.452 \text{ cm}$, 高度差 $h_0 = \frac{(m_1 + m_2)^2 x_0^2}{16 m_1^2 y} = 11.311 \text{ cm}$

$$z_0 = r + y + h_0 = 21.763 \text{ cm}$$

落点位置平均值 $\bar{x} = 18.19 \text{ cm}$

$$\text{理论上调高 } \Delta h = \frac{(m_1 + m_2)^2 (400 - \bar{x}^2)}{16 m_1^2 y} = 1.748 \text{ cm}$$

理论上总高 $z = z_0 + \Delta h = 23.531 \text{ cm}$ 损失能量 $\Delta E = m_1 g \Delta h = 8.33 \times 10^{-4} \text{ J}$



四. 实验结论及现象分析

- 在调整到适当范围后小球均会落到 18-20 cm 内,
- 落点位置对中心线的偏物量不超过 1 cm.
- 铅球质量最小, 测得损失的能量也最多.

五. 讨论问题

1. 推导由摆球支柱高度 y 预设靶心 x_0 来计算理想情况下摆球的高度 h_0 的公式

设两球高度差为 Δh . $h_0 = \Delta h + r + y$

$mg\Delta h = \frac{1}{2}mV_0^2$ 由弹性碰撞 $\begin{cases} m_1V_0 = m_1V_1 + m_2V_2 \\ \frac{1}{2}m_1V_0^2 = \frac{1}{2}m_1V_1^2 + \frac{1}{2}m_2V_2^2 \end{cases}$

得 $V_2 = \frac{2m_1V_0}{m_1+m_2}$ $V_2t = x_0$ $t = \sqrt{2gy}$

$\therefore \frac{2m_1V_0}{m_1+m_2} = \frac{x_0}{\sqrt{2gy}}$ $\Delta h = \frac{V_0^2}{2g} = \left[\frac{x_0(m_1+m_2)}{2m_1\sqrt{2gy}} \right]^2 \frac{1}{2g} = \frac{x_0^2(m_1+m_2)^2}{4m_1^2 \cdot 2gy} \frac{1}{2g}$

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

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

2. 在质量相同两球碰撞后, 撞击球的运动状态与理论分析是否一致? 这种现象说明什么?
不一致, 说明碰撞并非完全弹性碰撞.
3. 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?
不能, 说明存在空气阻力.
4. 本实验中, 球体不用金属, 用石蜡或软木会有什么不同效果?
碰撞不再是弹性碰撞, 存在很大的能量损失.



实验现象观察与原始数据记录

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

$$Z_0 = r + y + h_0$$

质量 m_2 (g)	半径 r (cm)	弦长 x_0	截球支柱高度 y (cm)	h_0 (cm)	Z_0 (cm)
铜 32.83	1.000	20cm	9.452	10.580	21.032
铝 10.93	0.985	20cm	9.520	4.659	15.164
铜 35.09	1.000	20cm	9.452	11.244	21.763
铜球 次数	落点位置 x	平均值 \bar{x}	理论上调高 h_0	理论总高	实际总高
1	20.0	19.1			22.10
2	19.1	18.7			
3	19.8	19.1	19.05	0.981	22.013
4	19.9	18.9			
5	19.7	19.1			
6	20.0	19.0			
7	19.8	19.0			
8	19.8	19.2			
9	19.8	19.1			
10	19.2	19.3			
铝铜球 次数	落点位置 x	平均值 \bar{x}	理论上调高 h_0	理论总高	实际总高
1	19.5	19.8			15.20
2	20.0	19.5			
3	20.0	19.7	19.23	0.352	15.516
4	18.9				15.91
5	19.3				
6	19.3				
7	19.0				
8	19.1				
9	18.7				
10	19.0				
铜球 次数	落点位置 x	平均值 \bar{x}	理论上调高 h_0	理论总高	实际总高
1	18.1				
2	17.9				
3	17.9	18.19	1.748	23.531	23.79
4	18.4				
5	18.3				
6	17.8				
7	18.1				
8	18.2				
9	18.5				
10	18.7				

学生	姓名	学号	日期
签字	葛旭	190320517	11月3日

教师	姓名
签字	

