

一、预习报告

1. 实验综述

实验原理：（1）、动量守恒定律：系统不受外力或者所受合外力为 0 的情况下，系统的总动量保持不变。根据动量守恒定律，有 $P = P'$ ，即为 $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$ （2）、碰撞前后均存在动能，当为完全弹性碰撞时系统的总动能在碰撞前后保持不变，有 $E_k = E_k'$ ，即为

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2v_2'^2, \text{ 恢复系数有 } e = \frac{v_2 - v_1}{v_{10} - v_{20}}.$$

总的来说，通过测量碰撞前后物体的速度、质量等物理量，可以研究碰撞过程中的动量和能量变化情况。

实验方法：本实验利用一维水平气垫导轨减少摩擦力和重力影响，可以近似地认为碰撞前后的速度保持均匀不变。通过静态法或者动态法调平气垫导轨，利用光电门测量物体通过的时间。从而可以推算出物体通过时的速度，进而验证空气阻力与速度的关系和动量守恒定律。

实验现象：物体在气垫导轨上滑动时速度几乎保持不变，两个物体碰撞之后速度发生改变。

2. 实验重点

- （1）了解物体碰撞的动量和能量关系，学会推导物体碰撞时的速度
- （2）熟悉水平气垫导轨和光电门的结构、原理、操作规范和注意事项
- （3）通过设计实验验证动量守恒定律，探究碰撞过程的恢复系数与碰撞类型的关系

3. 实验难点

- （1）始终存在空气阻力的影响，肯定存在系统误差
- （2）无法得知准确的速度，只能光电门测出物体经过的时间来近似计算出物体通过时的速度
- （3）光电门之间的距离选择要合适，过大过小都会导致速度的测量误差大

二、原始数据

1. 空气阻力与速度 $m = 299.52g$

	$v_1/(m/s)$	$v_2/(cm/s)$	$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$	$a/(cm/s^2)$	f/N
1.	29.40	28.36	28.88	-0.64	-1.92×10^{-3}
2.	44.19	43.24	43.72	-0.89	-2.66×10^{-3}
3.	65.33	64.57	64.95	-1.06	-3.17×10^{-3}
4.	70.62	69.85	70.24	-1.16	-3.47×10^{-3}
5.	30.49	29.17	29.83	-0.84	-2.52×10^{-3}
6.	54.57	53.60	54.08	-1.12	-3.35×10^{-3}

2. 动量守恒定律 $m_1 = 288.55g$ $m_2 = 249.22g$

a). 完全弹性.

	v_{10}	v_{20}	v_{11}	v_{21}	P_1	P_2	E_1	E_2
1.	86.13	0	6.10	85.08				
2.	45.79	0	5.03	47.90				
3.	35.29	0	4.50	37.08				
4.	82.01	0	5.02	82.55				
5.	40.04	0	3.94	42.06				
6.	74.50	0	7.14	75.55				

b). 完全非弹性. $m_1 = 258.02g$ $m_2 = 297.12g$

	v_{10}	v_{20}	v_{12}	P_1	P_2	E_1	E_2
1.	54.61	0	25.47				
2.	32.77	0	14.80				
3.	88.70	0	40.22				
4.	20.54	0	8.33				
5.	44.20	0	21.34				
6.	68.89	0	31.23				

Fu YJ.

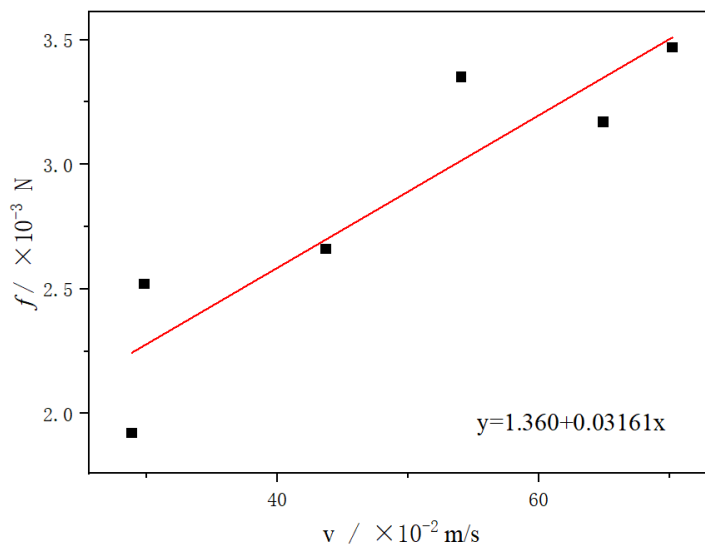
三、结果与分析

1. 数据处理与结果

(1)、验证空气阻力与速度的关系：根据空气阻力与速度等数据记录，列出关系表（表一）。由于此处摩擦力和速度均考虑为矢量，因此仅考虑阻力 f 和速度的大小关系并由此作出空气阻力 f 与 \bar{v} 的线性拟合图形（图一）。根据拟合曲线斜率 $k=0.03161 \times 10^{-1} \text{ N} \cdot \text{s/m}$ $\approx 3.16 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s/m}$ 。空气阻力可以表示为 $f=3.16 \times 10^{-3} v \text{ (N)}$ ，方向与速度方向相反。

	$v_{1/} \text{ (cm/s)}$	$v_{2/} \text{ (cm/s)}$	$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$ (cm/s)	$a \text{ (cm/s}^2\text{)}$	$f \text{ / N}$
1	29.40	28.36	28.88	-0.64	-1.92×10^{-3}
2	44.19	43.24	43.72	-0.89	-2.66×10^{-3}
3	65.33	64.57	64.95	-1.06	-3.17×10^{-3}
4	70.62	69.85	70.24	-1.16	-3.47×10^{-3}
5	30.49	29.17	29.83	-0.84	-2.52×10^{-3}
6	54.57	53.60	54.08	-1.12	-3.35×10^{-3}

表一



图一

(2)、验证动量守恒定律

完全弹性碰撞时，滑块质量 $m_1=288.55\text{g}$ ， $m_2=249.22\text{g}$

完全非弹性碰撞时，滑块质量 $m_1=258.02\text{g}$ ， $m_2=297.12\text{g}$

因此由完全弹性碰撞实验数据可以列出表二，由完全非弹性碰撞实验数据可以列出表三分别如下(速度单位均为 cm/s，动量单位为 kg • m/s，能量单位为 J)

	v_{10}	v_{20}	v_{11}	v_{21}	p_1	p_2	E_1	E_2
1	86.13	0	6.10	85.08	0.2485	0.2296	0.1070	0.0907
2	45.79	0	5.03	47.90	0.1321	0.1339	0.0302	0.0290
3	35.29	0	4.50	37.08	0.1018	0.1054	0.0180	0.0174
4	82.01	0	5.02	82.55	0.2366	0.2202	0.0970	0.0853
5	40.04	0	3.94	42.06	0.1155	0.1162	0.0231	0.0223
6	74.50	0	7.14	75.55	0.2150	0.2089	0.0801	0.0719

表二

	Δp	ΔE	$\Delta p/p_1$	$\Delta E/E_1$	e
1	-0.0189	-0.0163	-0.0760	-0.1523	0.9170
2	0.0018	-0.0012	0.0136	-0.0397	0.9362
3	0.0036	-0.0006	0.0354	-0.0333	0.9232
4	-0.0164	-0.0117	-0.0693	-0.1206	0.9454
5	0.0007	-0.0008	0.0061	-0.0346	0.9520
6	-0.0061	-0.0082	-0.0284	-0.1024	0.9182

表二（续）

	v_{10}	v_{20}	v_{12}	p_1	p_2	E_1	E_2
1	54.61	0	25.47	0.1409	0.1414	0.0385	0.0180
2	32.77	0	14.80	0.0846	0.0822	0.0138	0.0061
3	88.70	0	40.22	0.2289	0.2233	0.1015	0.0449
4	20.54	0	8.33	0.0530	0.0462	0.0054	0.0019
5	44.20	0	21.34	0.1140	0.1185	0.0252	0.0126
6	68.89	0	31.23	0.1778	0.1734	0.0612	0.0271

表三

	Δp	ΔE	$\Delta p/p_1$	$\Delta E/E_1$
1	0.0005	-0.0205	0.0035	-0.5325
2	-0.0024	-0.0077	-0.0284	-0.5580
3	-0.0056	-0.0566	-0.0245	-0.5576
4	-0.0068	-0.0035	-0.1283	-0.6482
5	0.0045	-0.0126	0.0395	-0.5000
6	-0.0044	-0.0341	-0.0248	-0.5572

表三（续）

根据完全弹性碰撞实验可知，碰撞前后动量和能量的相对误差在范围内，可以认为碰撞前后动量守恒，系统总能量也守恒。

根据完全非弹性碰撞实验可知，碰撞前后动量的相对误差在范围内，碰撞前后动量守恒。能量的相对误差较大，不可忽略，碰撞前后有能量损失。

因此，可以验证两物体不受外力相互碰撞时动量守恒。

2. 误差分析

对实验一误差分析结果如下：平均恢复系数 $\bar{e} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 e_i \approx 0.9320$ ，相对误差

$$E = \frac{|\bar{e} - e|}{e} \times 100\% = 6.800\%, \text{ A 类标准不确定度: } u_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^6 (e_i - \bar{e})^2} = 0.006028,$$

因此 $e = \bar{e} \pm u_A = 0.9320 \pm 0.0060$

误差原因分析：

(1)、气垫导轨与滑块之间始终存在阻力，同时也有空气阻力，导致滑块速度无法恒定，存在一定加速度。

(2)、气垫导轨装置无法完全调至水平状态，导致滑块在碰撞后存在一段微小的变速，从而速度测量存在误差。

(3)、滑块在碰撞过程中并非理想的完全弹性碰撞，存在一定的能量损失。

(4)、光电门计算平均速度，而滑块上的遮光板存在一定的距离，因此速度存在系统误差。

3. 实验探讨

本次实验通过对碰撞类型的研究和动量守恒定理的验证，让我对碰撞时动量和能量的变化有了更深刻的了解。物体间的碰撞与物体的质量和速度有关，改变初速度和滑块质量可以观察到滑块碰撞后不同的运动状态。此外，理想实验的思想和数据处理也提升我的分析能力和思维。

四、思考题

1. 本实验的假设前提“碰撞前后的速度保持不变”是否合理？

答：本实验考虑前后速度保持不变合理。尽管由于实验器材的限制，滑块的速度在碰撞后会受阻力影响而改变。但是作为验证实验，将碰撞前后的速度视为不变可以在一定误差范围内忽略这些误差影响，进而初步验证动量守恒定理。

2. 还有其他的方法测量速度吗？

答：（1）、利用激光测距仪通过检测两滑块之间的距离，通过拟合距离与时间函数可以通过斜率间接计算出滑块的速度。

（2）、利用频闪相机，对物体运动中多个位置和时间分析，计算出碰撞前后的速度大小。

（3）、超声波测量，通过发射超声波测量物体反射波的频率差计算物体的速度。

3.利用气垫导轨你还能设计哪些实验？

答：（1）、验证牛顿第二定理，测量物体加速度、所受的合外力以及系统总质量进行验证。

（2）、研究简谐振动，将物块放在气垫导轨上并连接弹簧固定，从而探究简谐运动规律。

（3）、验证机械能守恒定理，滑块从倾斜的气垫导轨上滑下，将重力势能转化为动能，计算两者关系来验证机械能守恒定理。