

天津大学物理实验报告

信息学院 2013 年级 通信工程 专业 四 班 姓名 刘婧 成绩

实验日期: 2014.12.9 学号 2013204372 同组实验者 何倩

实验题目: 牛顿第二定律

由称衡所得系统总质量 $M = m_1 + m_2 = 189.5 + 25 = 214.5g$

两者比较的相对百分差 $\frac{226.9 - 214.5}{214.5} = 5.8\%$

(2) 当系统所受外力不变, 系统的加速度与质量的关系的实验数据如表2所示. $S = 70.0cm$, $dL = 5.04cm$, $M_1 = 189.5 + 10.0 = 199.5g$, $M_2 = 340.0 + 10.0 = 350.0g$

质量比倒数值与加速度的反比例值之间的相对百分差:

$$\frac{M_1/M_2 - \bar{a}_1/\bar{a}_2}{M_1/M_2} = \frac{199.5/350.0 - 27.01/45.79}{199.5/350.0} = 3.5\%$$

表2 当系统所受外力不变, 系统加速度与质量关系的实验数据

小滑块系统					大滑块系统				
\bar{a}_{x1}	\bar{a}_{x2}	v_1	v_2	\bar{a}	\bar{a}_{x1}	\bar{a}_{x2}	v_1	v_2	\bar{a}
S	S	(cm/s)	(cm/s)	(cm/s ²)	S	S	(cm/s)	(cm/s)	(cm/s ²)
0.156	0.058	32.00	86.09	45.76	0.207	0.076	24.19	64.11	26.99
0.161	0.058	30.97	85.75	45.80	0.201	0.075	24.92	64.39	27.03
0.156	0.058	32.44	86.18	45.82	0.200	0.075	25.05	66.45	27.02
$\bar{a}_1 = 45.79 \text{ cm/s}^2$					$\bar{a}_2 = 27.01 \text{ cm/s}^2$				
$F_1 = M_1 \bar{a}_1 = 9.68 \times 10^{-2} \text{ N}$					$F_2 = M_2 \bar{a}_2 = 9.18 \times 10^{-2} \text{ N}$				
按砝码质量计量的作用力 $F = 9.801 \times 10^{-2} \text{ N}$									

可见, 外力不变时质量与加速度成反比关系在实验误差范围内得到验证.

2. 滑块在斜面上运动的加速度

滑块在斜面上运动的加速度的实验数据如表3所示.

气轨及挡点间距 $L = 86.0cm$, $dL = 5.04cm$, $h = 2.00cm$

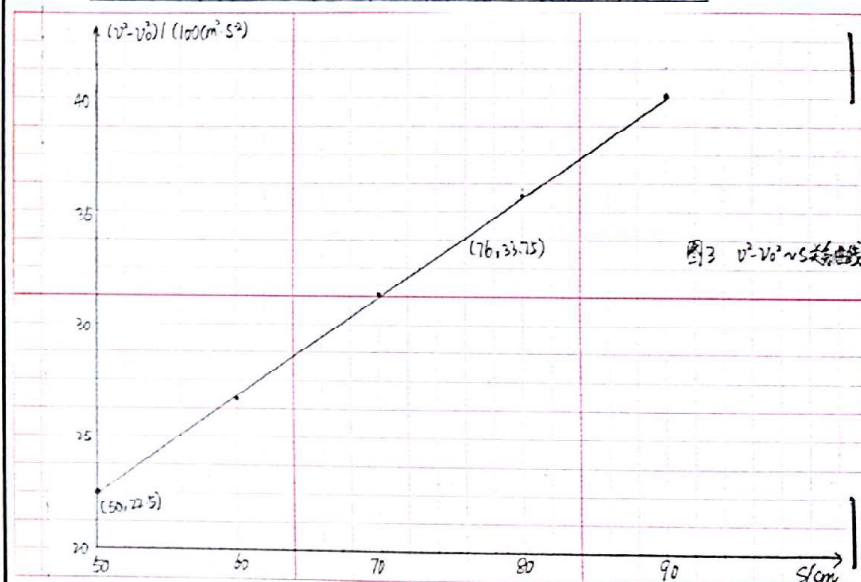
作 $(v^2 - v_0^2) - S$ 关系图得一直线 (见图3).

天津大学物理实验报告

附 页

表3 滑块在斜面上运动的加速度的实验数据

序号 i	A_0 cm	A_i cm	S_i cm	\bar{a}_{x1} /s	\bar{a}_{x2} /s	v_{0i} (cm/s)	v_{1i} (cm/s)	$(v_1^2 - v_0^2)/$ (100cm ² /s ²)
1	20.0	70.0	50.0	0.229	0.076	21.90	52.04	22.5
2	20.0	80.0	60.0	0.229	0.089	21.79	56.20	26.8
3	20.0	90.0	70.0	0.229	0.083	21.81	60.07	31.3
4	20.0	100.0	80.0	0.229	0.078	21.81	62.82	36.0
5	20.0	110.0	90.0	0.229	0.074	21.90	67.22	40.4



由直线斜率 $k = 2a = \frac{(33.75 - 22.5) \times 100}{76 - 50} = 43.3 \text{ (cm/s}^2\text{)}$

得加速度 $a = 21.6 \text{ (cm/s}^2\text{)}$

重力加速度沿导轨斜面的分量 $a = \frac{h}{L} \cdot g = \frac{2.00}{86} \cdot 980.1 = 22.8 \text{ (cm/s}^2\text{)}$

两者的百分差: $\frac{22.8 - 21.6}{22.8} = 5.2\%$

天津大学物理实验报告

天津大学物理实验报告

附 页

信息学院 2013 年级 通信工程 专业 四 班 姓名 王涵 成绩

实验日期: 2014.12.9 学号 20120422 同组实验者 何倩

实验题目: 牛顿第二定律

度。在每个 F_i 力作用下重复测量加速度 3 次, 求出平均值 \bar{a}_i 。

测量时将两光电门之间的距离调节为 70.0cm, 将滑块从进气阀一端静止释放, 测出滑块遮光板经过两光电门时的遮光时间 Δt_1 和 Δt_2 。

1) 保持外力不变, 研究加速度 a 与质量 M 之间的关系。砝码盘上只放一个 500g 的砝码, 分别测量两个不同质量滑块的滑行加速度, 各重复测量 3 次。

3. 滑块在斜面上的运动规律研究。

在导轨一端的支撑螺钉下垫放一个 $h=2.00\text{cm}$ 的垫块, 使导轨倾斜。将一个光电门置于离导轨最高端约 20cm 的 A 处, 另一光电门先后置于 A_1, A_2, A_3, \dots 处, 使两光电门的距离 S 分别为 50.0, 60.0, 70.0, 80.0, 90.0cm。依次测出导轨高端的滑块从静止状态下滑后滑过二光电门的速度 v_{A1} 和 v_{A2} 。速度的平方差 $(v_2^2 - v_1^2)$ 与对应的二光电门之间的距离 S 应有线性关系。作 $(v_2^2 - v_1^2) - S$ 关系图, 所得直线的斜率即为加速度 a 的 2 倍。

4. 有关量的测量

小滑块的质量为 189.5g, 大滑块的质量为 340.0g, 遮光板的宽度 $d=5.04\text{cm}$, 导轨支架间隔 $L=86.00\text{cm}$ 。

五. 数据处理

1. 验证牛顿第二定律

1) 保持系统质量不同, 系统的加速度与所受外力关系的实验数据如表 1 所示, 两光电门之间的距离 $s=70.0\text{cm}$ 。

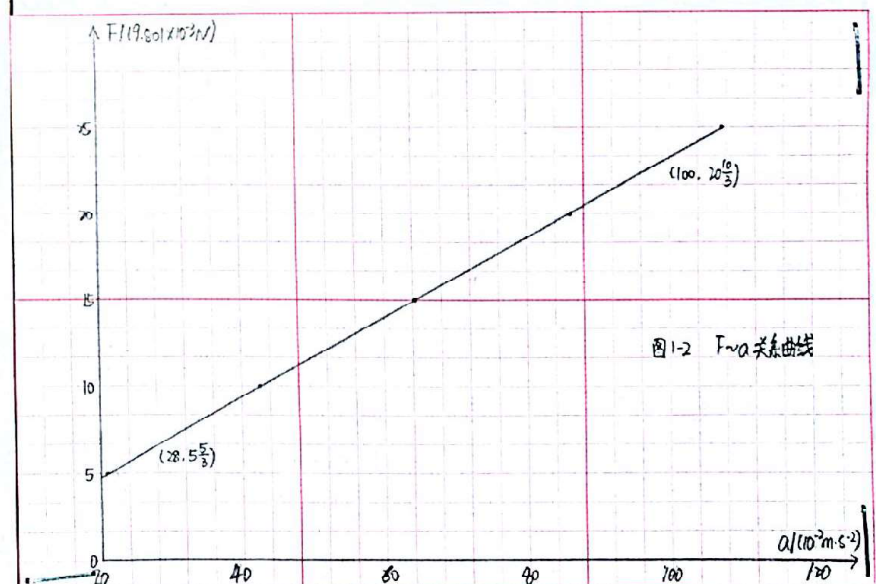
遮光板宽度 $d=5.04\text{cm}$, 滑块质量 $m=189.5\text{g}$, 实验地点天津的重加速度 $g=9.801\text{m/s}^2$ 。

作 $F-a$ 关系图 (见图 1-2) 得一直线, 即验证了系统质量不变时, 加速度与外力成正比变化。

由直线斜率可得系统总质量 $M = \frac{(20.5 - 5.5) \times 9.801 \times 10^{-3}}{(100 - 28) \times 10^{-2}} = 226.9\text{g}$ 。

表 1 保持系统质量不变, 系统加速度与所受外力关系的实验数据

砝码质量 g	遮光时间	$v_1 = \frac{d}{\Delta t_1}$ $(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	$v_2 = \frac{d}{\Delta t_2}$ $(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2s}$ $(\text{cm} \cdot \text{s}^{-2})$	\bar{a} $(\text{cm} \cdot \text{s}^{-2})$
5.00	0.262	0.087	19.07	57.40	20.82
	0.263	0.087	19.00	57.35	20.78
	0.262	0.087	19.07	57.32	20.76
10.00	0.198	0.061	25.23	81.42	42.48
	0.176	0.061	28.27	82.41	42.43
	0.201	0.062	24.88	81.00	42.57
15.00	0.157	0.050	31.76	99.86	64.11
	0.157	0.050	31.52	99.96	64.34
	0.158	0.050	31.63	100.12	64.50
20.00	0.142	0.043	35.30	115.37	86.33
	0.125	0.043	36.92	115.71	86.98
	0.139	0.043	35.90	115.37	86.05
25.00	0.129	0.039	38.82	128.47	107.36
	0.144	0.039	34.76	127.42	107.56
	0.101	0.038	44.68	132.00	107.08



天津大学物理实验报告

信息 学院 2013 年级 通信工程 专业 四 班 姓名 刘蔚 成绩 1219

实验日期: 2014.11.9 学号 201320422 同组实验者 何青

实验题目: 牛顿第二定律

一. 实验目的

1. 掌握气垫导轨的调整和使用方法;
2. 掌握在气垫导轨上测量滑块运动的速度和加速度的原理和方法;
3. 学会使用物理实验软件和作图法处理实验数据;
4. 验证牛顿第二定律。

二. 实验仪器

气垫导轨, 数字毫秒计, 物理天平。

三. 实验原理

1. 研究物体在斜面上的运动规律

如果一物体沿垂直光滑的斜面下滑时, 则该物体在一恒力 (物体所受重力沿斜面的分量) 作用下作匀加速直线运动。下滑时其初速度 v_0 , 速度 v , 在时间间隔 t 中下滑的距离 s 和加速度 a 应有如下规律:

$$v^2 = v_0^2 + 2as \quad (1-1)$$

将气垫导轨调成水平的气垫导轨的一端用薄片的垫块垫起, 让滑块从气垫导轨一端静止滑下, 分别测出滑块在导轨上不同位置 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_i, \dots$ 的速度 $v_1, v_2, v_3, \dots, v_i, \dots$, 并记下相应的下滑距离 $s_1, s_2, s_3, \dots, s_i, \dots$, 在毫米方格纸上作出 v^2-s 关系图, 如果得出一条直线, 说明滑块的运动为匀加速直线运动。直线的斜率为 $2a$, a 是匀加速直线运动的加速度, 它应等于重力加速度 g 沿斜面方向的分量, 即

$$a = g \sin \theta = g \frac{L}{S} \quad (1-2) \quad \text{式中: } \theta \text{ 为导轨与水平面的倾角; } L \text{ 为气垫导轨两端支撑螺钉之间的距离。}$$

2. 验证牛顿第二定律

导轨调平后, 将一系有砝码盘的细线跨过小滑轮连在滑块上, 如图 1-1 可知, 这一系统在重力作用下将以加速度 a 运动, 若滑块的质量为 m_1 , 砝码盘与盘中砝码质量为 m_2 , 滑轮的半径和质量

天津大学物理实验报告

很小, 忽略其转动惯量, 则有以下关系:

$$T_1 = m_1 a \quad (1-3) \quad m_2 g - T_2 = m_2 a \quad (1-4) \quad T_1 = T_2 \quad (1-5) \quad \text{式中: } T_1, T_2 \text{ 代表细线的张力}$$

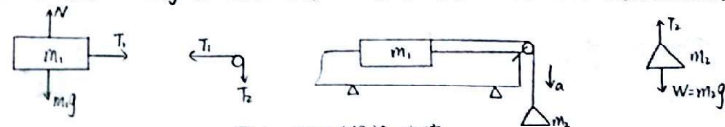


图 1-1 验证牛顿第二定律

$$\text{将式 (1-3)、式 (1-4)、代入式 (1-5), 得: } m_2 g = (m_1 + m_2) a \quad (1-6)$$

在式 (1-6) 中, 令 $M = m_1 + m_2$ 代表运动系统总质量, $F = m_2 g$ 代表系统所受的总外力, 则有

$$F = Ma \quad (1-7)$$

实验时可先保持系统总质量 M 不变, 在不同的外力 F 作用下, 测出系统相应的加速度 a_i 。在毫米方格纸上作 $F-a$ 关系图, 若得一直线则可验证运动系统的加速度与所受外力成正比关系, 其比例系数即直线的斜率就是运动系统的总质量 M 。然后再保持外力 F 不变, 改变系统的总质量, 若测得 Ma_1, Ma_2, \dots 在误差范围内等于外力 F , 则说明在相同外力作用下运动系统所获得的加速度大小与系统质量大小成反比关系。于是 (1-7) 得到验证。

四. 实验步骤

1. 熟悉实验装置, 调节气垫导轨水平。
 - (a) 用压簧调整气垫导轨和滑块表面。
 - (b) 正确使用数字毫秒计测量实验数据。
 - (c) 将一滑块放在气垫导轨上, 调节两光电门之间的距离在 60cm 左右, 轻轻推动滑块, 使其在导轨上滑行。观察滑块通过两光电门时, 滑块上遮光板遮光时间 Δt_1 和 Δt_2 , 若 Δt_1 和 Δt_2 不相等 ($|\Delta t_1 - \Delta t_2| > 3ms$) 应仔细调节导轨支撑螺钉, 直到两次读数大致相等, 表明导轨已达到水平。
2. 验证牛顿第二定律
 - (a) 保持系统总质量不变, 研究外力 F 与加速度 a 的关系。用适当长度的细线跨过滑轮把滑块与质量为 500g 的砝码盘连起来, 将 4 个质量为 50g 的砝码作备用。保持系统的总质量不变 (备用的砝码要放在滑块上), 测出系统在两外力 F 作用下的加速度 a_i 。即依次将砝码一个加在砝码盘上, 分别测量其加速

天津大学物理实验报告

信息学院 2013 年级 通信工程 专业 四 班 姓名 刘源 成绩

实验日期: 2014.12.9 学号 301320422 同组实验者 何倩

实验题目: 牛顿第二定律

六. 实验感悟

以前的高中接触过牛顿第二定律的实验,但是只是看过图片,没有真正接触过实物,今天做这个实验,真正体验到了控制变量法这种思想,今天的实验很简单,也很方便,数字毫秒计也是第一次接触,其功能很强大,让这个实验也变得十分简单,总之这次实验我学会了很多。

刘源

2014.12.11



() 作业纸

系别 信息 班级 通四 姓名 刘莉 第 301320402 页

表1-1 保持系统质量不变, 系统加速度与所受外力关系的实验数据

砝码质量/g	遮光时间		$v_1 = \frac{\Delta L}{\Delta t_1}$ /(cm·s ⁻¹)	$v_2 = \frac{\Delta L}{\Delta t_2}$ /(cm·s ⁻¹)	$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2S}$ /(cm·s ⁻²)	\bar{a} /(cm·s ⁻²)
	$\Delta t_1/s$	$\Delta t_2/s$				
5.00	0.262	0.087	19.07	57.40	20.82	20.79
	0.263	0.087	19.00	57.35	20.78	
	0.262	0.087	19.07	57.32	20.76	
10.00	0.198	0.061	25.23	81.42	42.48	42.49
	0.176	0.061	28.37	82.41	42.43	
	0.201	0.062	24.88	81.00	42.57	
15.00	0.157	0.050	31.76	99.86	64.11	64.32
	0.159	0.050	31.52	99.96	64.34	
	0.158	0.050	31.63	100.12	64.50	
20.00	0.142	0.043	35.30	115.37	86.33	86.12
	0.135	0.043	36.92	115.71	85.98	
	0.139	0.043	35.96	115.37	86.05	
25.00	0.129	0.039	38.82	128.47	107.36	107.33
	0.144	0.039	34.76	127.42	107.56	
	0.101	0.038	49.68	132.00	107.08	

小滑块 189.59

遮光板宽度: $l = 5.04 \text{ cm}$

大滑块 240.09

刘莉
2014.12.9



() 作业纸

系别 信息 班级 通四 姓名 刘燕 第 30132042/2 页

表1-2 当系统所受外力变,系统加速度与质量关系的实验数据

小滑块系统					大滑块系统				
$\delta t_1/s$	$\delta t_2/s$	$v_1/(cm \cdot s^{-1})$	$v_2/(cm \cdot s^{-1})$	$a_1/(cm \cdot s^{-2})$	$\delta t_1/s$	$\delta t_2/s$	$v_1/(cm \cdot s^{-1})$	$v_2/(cm \cdot s^{-1})$	$a_2/(cm \cdot s^{-2})$
0.156	0.058	32.00	86.09	45.76	0.207	0.076	24.19	66.11	26.99
0.161	0.058	30.97	85.75	45.80	0.201	0.075	24.92	66.39	27.03
0.156	0.058	32.14	86.18	45.82	0.200	0.075	25.05	66.45	27.02
$\bar{a}_1 = 45.79 \text{ cm/s}^2$					$\bar{a}_2 = 27.01 \text{ cm/s}^2$				
$F_1 = M_1 \bar{a}_1 = 8.68 \times 10^{-2} N$					$F_2 = M_2 \bar{a}_2 = 9.18 \times 10^{-2} N$				
砝码质量计算的作用力 $F = 9.801 \times 10^{-2} N$									

表1-3 滑块在斜面上运动的加速度的实验数据

序号 i	A_0/cm	A_i/cm	S_i/cm	$\delta t_1/s$	$\delta t_2/s$	$v_{0i}/(cm/s)$	$v_i/(cm/s)$	$(v_i^2 - v_{0i}^2)/(100 cm^2/s^2)$
1	20.0	70.0	50.0	0.229	0.096	21.80	52.24	22.5
2	20.0	80.0	60.0	0.229	0.089	21.79	56.20	26.8
3	20.0	90.0	70.0	0.229	0.083	21.81	60.07	31.3
4	20.0	100.0	80.0	0.229	0.078	21.81	63.82	36.0
5	20.0	110.0	90.0	0.229	0.074	21.80	67.22	40.4

导轨支架间隔: $L = 86.00 cm$

2个滑块: $h = 200 cm$