

实验日期:

同组实验有:

实验题目:

牛顿第二定律

一. 实验目的

1. 气垫导轨的调整和使用方法
2. 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. 物理天平的使用
4. 用作图法处理实验数据. ...

二. 实验仪器

气垫导轨、数字毫秒计、物理天平等.

三. 实验原理

1. 研究物体在斜面上的运动规律

如果一物体沿平直而光滑的斜面下滑时, 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 有如下规律: $v^2 = v_0^2 + 2as$.

把已经调成水平的气垫导轨的一端用高 h 的垫块垫起, 让滑块从气垫导轨高端静止滑下, 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 即是匀加速直线运动的加速度, 它应该等于重力加速度 g 沿斜面方向的分量, 即 $a = g \sin \theta = g \frac{h}{L}$.

式中: θ 为导轨与水平面的倾角; L 为气垫导轨两端支撑螺钉之间的距离.



实验题目：

牛顿第二定律

13) 把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 ($|\delta t_2 - \delta t_1| > 3\text{ms}$), 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

1) 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, 保持系统总质量不变 (备用的砝码要放在砝码盘上), 测出系统在不同外力 F 作用下的加速度 a , 即依次将砝码一个加在砝码盘上, 分别测量其加速度。在每个 F 力作用下重复测量加速度 3 次, 求出平均值 \bar{a} 。

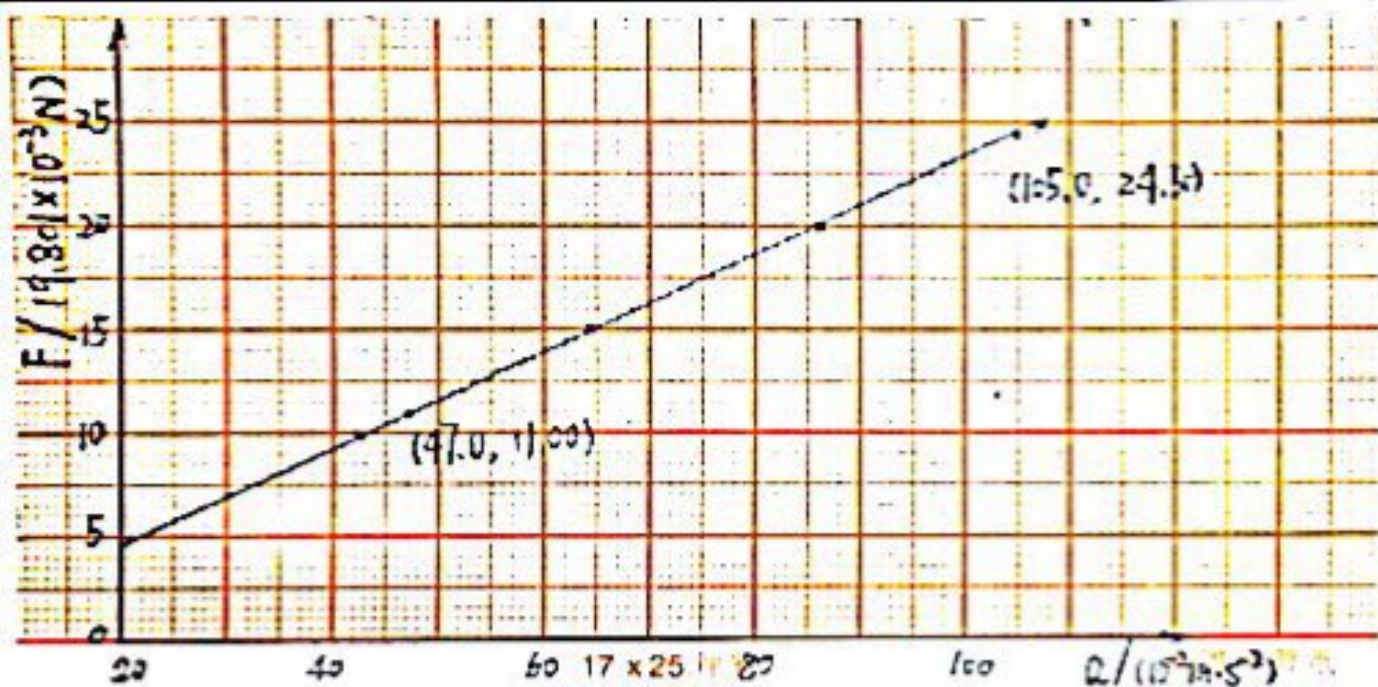
测量时可将两光电门之间的距离调节为 70.0cm , 将滑块从气阀一端静止释放, 测出滑块遮光板经过两光电门时的遮光时间 δt_1 和 δt_2 。

2) 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 $50.0, 60.0, 70.0, 80.0, 90.0\text{cm}$ 。依次测量出导轨高端的滑块从静止状态下滑后滑过二光电





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

由直线斜率可求得系统总质量

$$M = \frac{(24.50 - 11.00) \times 9.801 \times 10^{-3}}{(105.0 - 47.0) \times 10^{-2}} = 0.228 \text{ (kg)}$$

由称量所得系统总质量

$$M = m_1 + m_2 = 189.5 \text{ g} + 25.00 \text{ g} = 0.2145 \text{ (kg)}$$

两者比较的相对百分差: $\frac{0.228 - 0.2145}{0.2145} = 6.3\%$

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 (续前)

$$s = 70.0 \text{ cm}, \delta l = 5.04 \text{ cm}, M_1 = 189.5 \text{ g} + 10.0 \text{ g} = 199.5 \text{ g}, M_2 = 340.0 \text{ g} + 10.0 \text{ g} = 350.0 \text{ g}$$

质量比例值与加速度的反比例值之间的相对百分差:

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

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。



实验题目：牛顿第二定律

由直线斜率 $k=2a = \frac{(41.0-25.0) \times 100}{91.0-56.0} = 45.7 \text{ (cm/s}^2\text{)}$

得加速度 $a = 22.9 \text{ (cm/s}^2\text{)}$

重力加速度沿导轨斜面的分量

$$a = \frac{h}{L} \cdot g = \frac{2.00}{86.0} \cdot 980.1 = 22.8 \text{ (cm/s}^2\text{)} \quad \checkmark$$

两者的百分差： $\frac{22.9-22.8}{22.8} = 0.4\%$

六. 误差分析

实验误差主要来源于以下方面。

1. 导轨未完全调水平；
2. 空气阻力的影响，细线、滑轮运动阻力的影响；
3. 气流波动的影响；
4. 光电板宽度为5.04cm，计算时按5cm代入；
5. 砝码的质量误差。
6. 操作误差等。

2. / 1.10



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		$v_1 = \frac{\Delta l}{\Delta t_1}$	$v_2 = \frac{\Delta l}{\Delta t_2}$	$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2s}$	\bar{a}
	$\Delta t_1/s$	$\Delta t_2/s$	/cm/s	/cm/s	/cm/s ²	/cm/s ²
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	69.68	132.00	107.08	

遮光板间距 70cm.

宽 5.04cm → 5cm

支架间距 860cm

2 垫块 $h = 2.00cm$

小滑块 189.59

大滑块 340.09

2.1



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					大				
$\delta t_1 / s$	$\frac{V_1}{\delta t_1}$	$V_2 / \text{cm/s}$	$\frac{\delta t_2}{\delta t_1}$	$a_1 / \text{cm/s}^2$	$\delta t_1 / s$	$\delta t_2 / s$	$V_1 / \text{cm/s}$	$V_2 / \text{cm/s}$	$a_2 / \text{cm/s}^2$
0.156	32.00	86.09	0.058	45.76	0.207	0.076	26.19	66.11	26.99
0.161	30.97	85.75	0.058	45.80	0.201	0.075	26.92	66.39	27.03
0.156	32.14	86.18	0.058	45.82	0.200	0.075	25.05	66.45	27.02
$\bar{a}_1 = 45.79 \text{ cm/s}^2$					$\bar{a}_2 = 27.01 \text{ cm/s}^2$				
$F_1 = M_1 \bar{a}_1 = 9.148 \times 10^{-2} \text{ N}$					$F_2 = 9.45 \times 10^{-2} \text{ N}$				
按砝码质量计算					$F = 9.801 \times 10^{-2} \text{ N}$				

3. 滑块在斜面上运动的加速度的实验数据

序号	A_0 / cm	A_i / cm	S / cm	$\delta t_1 / s$	$\delta t_2 / s$	$V_{01} / \text{cm/s}$	$V_0 / \text{cm/s}$	$V_1^2 - V_0^2 / 100 \text{ cm}^2/\text{s}^2$
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

