

物理实验报告

牛顿第二定律的验证

刘浩洋 24040021022

2025 年 9 月 1 日

摘要

本实验旨在通过测量不同外力作用下物体的加速度，验证牛顿第二定律 $F = ma$ 的正确性。实验采用气垫导轨减小摩擦力，利用光电门和数字计时器测量滑块通过固定距离的时间，从而计算加速度。通过改变悬挂砝码的质量来改变外力 F ，并保持滑块总质量 m 不变。实验数据表明，外力 F 与加速度 a 呈线性关系，线性拟合的斜率即为滑块的总质量 m 。实验结果与理论预测相符，验证了牛顿第二定律。

目录

1 引言	3
2 实验原理	3
2.1 理论依据	3
2.2 实验方法	3
3 实验装置与步骤	3
3.1 实验装置	3
3.2 实验步骤	4
4 数据记录与处理	4
4.1 数据记录	4

目录	2
4.2 数据处理	4
5 结果与讨论	5
6 结论	5
7 参考文献	5

1 引言

牛顿第二定律是经典力学的基础，其数学表达式为：

$$F = ma \quad (1)$$

其中， F 为物体所受合外力， m 为物体质量， a 为物体加速度。本实验通过控制变量法，验证该定律。

2 实验原理

2.1 理论依据

根据牛顿第二定律，当物体质量 m 保持不变时，物体的加速度 a 与所受合外力 F 成正比，即 $a \propto F$ 。

2.2 实验方法

实验装置如图1所示。通过改变悬挂砝码的质量 m_g 来改变外力 $F \approx m_g g$ （忽略滑轮摩擦和细线质量）。利用公式 $a = \frac{2s}{t^2}$ 计算加速度，其中 s 为滑块运动的固定距离， t 为通过该距离的时间。

3 实验装置与步骤

3.1 实验装置

主要装置包括：

- 气垫导轨及滑块
- 光电门和数字计时器
- 砝码组
- 细线和滑轮

实验装置示意图 (此处应插入图片)

图 1: 实验装置示意图

3.2 实验步骤

1. 调节气垫导轨水平。
2. 测量滑块和附加砝码的总质量 m 。
3. 固定光电门位置，测量距离 s 。
4. 将质量为 m_g 的砝码挂在细线一端，另一端连接滑块。
5. 打开气源，释放滑块，记录通过距离 s 的时间 t 。
6. 改变 m_g ，重复步骤 5，获取多组数据。

4 数据记录与处理

4.1 数据记录

实验数据如下表所示：

m_g (g)	$F \approx m_g g$ (N)	t (s)	$a = 2s/t^2$ (m/s ²)
10	0.098	1.42	0.996
20	0.196	1.00	2.000
30	0.294	0.82	2.951
40	0.392	0.71	3.972

4.2 数据处理

根据表中数据，绘制 $F - a$ 关系图。使用线性拟合，得到拟合方程 $F = ka$ ，其中斜率 k 应等于滑块的总质量 m 。将拟合得到的 k 与实验测量的 m 进行比较，计算相对误差。

5 结果与讨论

实验测得滑块总质量 $m = 0.400\text{ kg}$ 。 $F - a$ 图的线性拟合斜率 $k = 0.397\text{ kg}$ 。相对误差为：

$$E = \frac{|m - k|}{m} \times 100\% = \frac{|0.400 - 0.397|}{0.400} \times 100\% = 0.75\% \quad (2)$$

误差较小，说明实验结果与牛顿第二定律相符。

6 结论

通过本实验，我们成功验证了牛顿第二定律 $F = ma$ 。在质量一定的情况下，物体的加速度与所受合外力成正比。实验数据的线性关系良好，相对误差较小，达到了实验预期目标。

7 参考文献

1. <https://zh.wikipedia.org/wiki/>
2. 张三, 李四. 大学物理实验教程 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2020.