

# 北京化工大学 实验报告

①

课程名称: 大学物理实验(I) 实验日期: 2023 年 10 月 9 日

班级: 化生G201 学生姓名: 徐远

实验名称: 用扭摆法测定物体的转动惯量

## 一、实验步骤

(1) 用游标卡尺测出塑料圆柱体的直径(重复测量5次), 用电天平测量塑料圆柱体及滑块的质量(各测1次)。

(2) 调整扭摆基座的调节螺钉, 使水准仪中的气泡居中。

(3) 测定扭摆的扭转常数  $k$ 。

1) 装上金属托盘并调整光电探头的位置, 使金属托盘上的挡光杆处于其缺口中央且能遮住发射、接收红外光线的N孔, 测定其摆动周期  $T_0 \times 10$ , 重复测量5次。

注意: 安装金属托盘时, 托盘的支架要全部套入扭摆主轴, 并使固定螺钉对准轴上的平面部分并锁紧。若发现摆动时有比较大的响声或摆动数次后摆角明显减小或停下, 应重新将固定螺钉旋紧。

2) 将塑料圆柱体垂直放在金属托盘上, 测定摆动周期  $T_1 \times 10$ , 重复测量5次。

3) 取下金属托盘, 装上金属细杆(金属细杆中心必须与转轴重合), 测定其摆动周期  $T_2 \times 5$ , 重复测量5次。

4) 将滑块对称地放置在细杆两边的凹槽内, 此时滑块质心离转轴的距离分别为  $5.00\text{ cm}$ 、 $10.00\text{ cm}$ 、 $15.00\text{ cm}$ 、 $20.00\text{ cm}$  和  $25.00\text{ cm}$ 。分别测定细杆滑块系统的摆动周期, 计算滑块在不同位置时细杆滑块系统的转动惯量。每个位置重复测量5次。

## 二、实验数据记录列表

塑料圆柱体的质量  $M = 891.2\text{ g}$  数字天平  $\Delta m = 0.1\text{ g}$

表1 塑料圆柱直径的测量数据

(50°) 游标卡尺的最小分度值:  $0.02\text{ mm}$

序号	1	2	3	4	5	平均值
$D/\text{mm}$	99.62	99.66	99.64	99.64	99.62	99.636



表2 周期的测量数据

数字毫秒计的精度: 0.01s

序号	1	2	3	4	5	平均值
10T <sub>0</sub> /s	7.51	7.52	7.52	7.51	7.52	7.516
10T <sub>1</sub> /s	13.24	13.25	13.24	13.26	13.26	13.250

表3 滑块位于金属细杆不同位置时, 周期的测量数据

滑块质量: 479.6g

$x/cm$	金属细杆	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00
转动周期 $5T/s$	10.48	12.11	15.64	20.17	25.11	30.40
	10.48	12.11	15.64	20.16	25.11	30.38
	10.49	12.11	15.65	20.18	25.10	30.38
	10.48	12.10	15.66	20.17	25.11	30.40
	10.49	12.11	15.66	20.17	25.10	30.39
平均周期 $5T/s$	10.484	12.108	15.650	20.170	25.106	30.390

## 三. 数据处理

## 1. 粗测圆柱直径的不确定度处理

 $M = 891.2g$  仅测一次  $U(M) = 0.1g$  $m = m \pm U(m) = (891.2 \pm 0.1)g$ 

$$E(M) = \frac{U(M)}{m} \times 100\% = \frac{0.1}{891.2} \times 100\% = 0.011\%$$

由表1

$$\textcircled{1} \bar{D} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 D_i = \frac{1}{5} \times (99.62 + 99.66 + 99.64 + 99.64 + 99.62) = 99.636 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} S(\bar{D}) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2} = \sqrt{\frac{1}{4} \times [(99.62 - 99.636)^2 + (99.66 - 99.636)^2 + (99.64 - 99.636)^2 + (99.64 - 99.636)^2 + (99.62 - 99.636)^2]} = 0.017 \text{ mm}$$

③由 $\bar{D}$ 和 $S(\bar{D})$ 结果可得, 该测量列的3 $\sigma$ 区间为 $[99.585, 99.687]$ , 故该测量列中数据没有坏值

由于 $V = k-1 = 4$ ,  $p = 0.683$ 对应的 $t_p = 1.14$ , 则A类不确定度为

$$U_A(\bar{D}) = t_p S(\bar{D}) = t_p \frac{S(\bar{D})}{\sqrt{n}} = 1.14 \times \frac{0.017 \text{ mm}}{\sqrt{5}} = 0.0087 \text{ mm} (p = 0.683)$$

完成报告日期

年

月

日

评 语		成 绩
		辅 导 教 师
		年 月 日



扫描全能王 创建



# 北京化工大学 实验报告

课程名称: 统计力学 实验日期: 2023 年 10 月 9 日

班级: 化生C2201 学生姓名: 徐远

因直径的测量工具极限误差为  $0.02 \text{ mm}$ , 故  $D$  的B类不确定度为

$$U_B(\bar{D}) = \frac{\Delta_{\text{ins}}}{\sqrt{3}} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} \text{ mm} = 0.012 \text{ mm}$$

$\therefore D$  的总不确定度

$$U_{p(26)}(\bar{D}) = 2\sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 2\sqrt{(0.0087)^2 + (0.012)^2} \text{ mm} = 0.030 \text{ mm} (p=0.950)$$

④直径结果表达式为  $D = \bar{D} \pm U(\bar{D}) = (99.636 \pm 0.030) \text{ mm} (p_{26}=0.950)$

$$E(\bar{D}) = \frac{U(\bar{D})}{\bar{D}} \times 100\% = \frac{0.030}{99.636} \times 100\% = 0.030\%$$

2. 间接测量周期  $T_0, T_1$  的不确定度处理

$$\textcircled{1} \bar{10T_0} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 10T_{0i} = 7.516 \text{ s}$$

$$\textcircled{2} S(10T_0) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (10T_{0i} - \bar{10T_0})^2} = \sqrt{\frac{1}{4} \times [7.51 - 7.516)^2 + (7.52 - 7.516)^2 + (7.52 - 7.516)^2 + (7.51 - 7.516)^2 + (7.52 - 7.516)^2]} \text{ s}$$

③由  $\bar{10T_0}$  和  $S(10T_0)$  计算结果得, 该测量列的3σ区间  $[7.4995, 7.5325]$ , 该测量列中数据没有“坏值”  
由于  $\nu = n-1 = 4$ ,  $p=0.683$  对应  $t_p = 1.14$ ,  $10T_0$  的A类不确定度为

$$U_A(10T_0) = t_p S(10T_0) = t_p \frac{S(10T_0)}{\sqrt{n}} = 1.14 \times \frac{0.0055 \text{ s}}{\sqrt{5}} = 0.0028 \text{ s} (p=0.683)$$

$\Delta_{\text{ins}} = 0.01 \text{ s}$ , 故  $10T_0$  的B类不确定度

$$U_B(10T_0) = \frac{\Delta_{\text{ins}}}{\sqrt{3}} = \frac{0.01}{\sqrt{3}} \text{ s} = 0.0058 \text{ s}$$

④  $10T_0$  的总不确定度

$$U_{p(26)}(10T_0) = 2\sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 2 \times \sqrt{(0.0028)^2 + (0.0058)^2} \text{ s} = 0.013 \text{ s} (p_{26}=0.950)$$

④由①、②、③, 得

$$\bar{10T_0} = (7.516 \pm 0.013) \text{ s} (p_{26}=0.950)$$

$\therefore T_0$  的结果表达式

$$T_0 = (0.7516 \pm 0.0013) \text{ s} (p_{26}=0.950)$$

$$E(\bar{T_0}) = \frac{0.0013}{0.7516} \times 100\% = 0.17\%$$



$$\textcircled{1} \bar{10T}_1 = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 10T_{1i} = 13.250s$$

$$\textcircled{2} S(10T_1) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (10T_{1i} - \bar{10T}_1)^2} = \sqrt{\frac{1}{4} \times [(13.24 - 13.250)^2 + (13.25 - 13.250)^2 + (13.24 - 13.250)^2 + (13.26 - 13.250)^2 + (13.26 - 13.250)^2]} s$$

$$= 0.0100s$$

③由 $\bar{10T}_1$ 和 $S(10T_1)$ 计算结果,得由36区间 $[13.2200, 13.2800]$ ,该组数据没有坏值”  
由于 $v=n-1=4$ ,  $p=0.683$ 对应 $t_p=1.14$ ,则A类不确定度:

$$U_A(\bar{10T}_1) = t_p \frac{S(10T_1)}{\sqrt{n}} = 1.14 \times \frac{0.0100}{\sqrt{5}} s = 0.0051s \quad (p=0.683)$$

$\Delta_{ins}=0.01s$ , 故 $10T_1$ 的B类不确定度

$$U_B(\bar{10T}_1) = \frac{\Delta_{ins}}{\sqrt{3}} = \frac{0.01}{\sqrt{3}} s \approx 0.0058s$$

$\bar{10T}_1$  不确定度

$$U_{p(26)}(\bar{10T}_1) = 2 \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 2 \times \sqrt{(0.0051)^2 + (0.0058)^2} s = 0.015s \quad (p_{26}=0.950)$$

④由①,②,③,得

$$\bar{10T}_1 = (13.250 \pm 0.015) s \quad (p_{26}=0.950)$$

$\therefore T_1$ 的结果表达式

$$T_1 = (1.3250 \pm 0.0015) s \quad (p_{26}=0.950)$$

$$E(T_1) = \frac{0.0015}{1.3250} \times 100\% = 0.11\%$$

3. 塑料圆柱的转动惯量 $I$ 计算及不确定度评定

$$\frac{U(\bar{I}_1)}{\bar{I}_1} = \sqrt{\left[ \frac{U(\bar{M})}{\bar{M}} \right]^2 + \left[ 2 \cdot \frac{U(\bar{D})}{\bar{D}} \right]^2} = \sqrt{\left( \frac{0.1}{891.2} \right)^2 + \left( 2 \times \frac{0.030}{99.636} \right)^2} = 6.1 \times 10^{-4}$$

$$\bar{I}_1 = \frac{1}{8} \bar{M} \bar{D}^2 = \frac{1}{8} \times 0.8912 \times (0.099636)^2 kg \cdot m^2 = 1.1059 \times 10^{-3} kg \cdot m^2$$

$$U(\bar{I}_1) = 6.1 \times 10^{-4} \times 1.1059 \times 10^{-3} kg \cdot m^2 = 6.7 \times 10^{-7} kg \cdot m^2$$

$$\therefore \bar{I}_1 = (1.1059 \pm 0.0007) \times 10^{-3} kg \cdot m^2 \quad (p_{26} \approx 0.950)$$

$$E(\bar{I}_1) = \frac{0.0007}{1.1059} \times 100\% = 0.063\%$$

完成报告日期

年 月 日

评 语		成 绩
		辅 导 教 师
		年 月 日



扫描全能王 创建



# 北京化工大学 实验报告

③

课程名称: 转动惯量 实验日期: 2023 年 10 月 9 日

班级: 化工(2)201 学生姓名: 徐运

## 4. 扭摆常数K的计算及其不确定度评定

$$\begin{aligned} \frac{u(\bar{K})}{\bar{K}} &= \sqrt{\left[ \frac{u(I_1)}{\bar{I}_1} \right]^2 + \left[ \frac{2\bar{T}_1}{\bar{T}_1^2 - \bar{T}_0^2} u(\bar{T}_1) \right]^2 + \left[ \frac{2\bar{T}_0}{\bar{T}_1^2 - \bar{T}_0^2} u(\bar{T}_0) \right]^2} \\ &= \sqrt{\left( \frac{0.007 \times 10^{-4}}{11.059 \times 10^{-4}} \right)^2 + \left( \frac{2 \times 1.7250}{1.3250^2 - 0.7516^2} \times 0.0015 \right)^2 + \left( \frac{2 \times 0.7516}{1.3250^2 - 0.7516^2} \times 0.0013 \right)^2} \\ &= 3.8 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\bar{K} = 4\pi^2 \frac{\bar{I}_1}{\bar{T}_1^2 - \bar{T}_0^2} = 4 \times \pi^2 \times \frac{11.059 \times 10^{-4}}{1.3250^2 - 0.7516^2} \text{ N} \cdot \text{m} = 0.036666 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$u(\bar{K}) = 3.8 \times 10^{-3} \times 0.036666 \text{ N} \cdot \text{m} = 1.4 \times 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m}$$

∴ 表达式  $K = (3.667 \pm 0.014) \times 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m} \quad (p_{26} = 0.950)$

$$E(\bar{K}) = \frac{0.014}{3.667} \times 100\% = 0.38\%$$

5. 计算滑块在细杆上不同位置的金属细杆滑块的转动惯量, 作  $I_4 - x^2$  图, 计算滑块的质量并与由天平的测量值相比较, 求百分差。

由4知  $\bar{K} = 0.03667 \text{ N} \cdot \text{m}$

$$\begin{aligned} (1) x &= 5.00 \text{ cm 时 } x^2 = 0.0025 \text{ m}^2 \quad I_{5.00 \text{ cm}} = \frac{0.03667}{4\pi^2} \times \left( \frac{12.108}{5} \right)^2 = 5.45 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \\ (2) x &= 10.00 \text{ cm 时 } x^2 = 0.01 \text{ m}^2 \quad I_{10.00 \text{ cm}} = \frac{0.03667}{4\pi^2} \times \left( \frac{15.650}{5} \right)^2 = 9.10 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \\ (3) x &= 15.00 \text{ cm 时 } x^2 = 0.0225 \text{ m}^2 \quad I_{15.00 \text{ cm}} = \frac{0.03667}{4\pi^2} \times \left( \frac{20.170}{5} \right)^2 = 15.11 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \\ (4) x &= 20.00 \text{ cm 时 } x^2 = 0.04 \text{ m}^2 \quad I_{20.00 \text{ cm}} = \frac{0.03667}{4\pi^2} \times \left( \frac{25.106}{5} \right)^2 = 23.42 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \\ (5) x &= 25.00 \text{ cm 时 } x^2 = 0.0625 \text{ m}^2 \quad I_{25.00 \text{ cm}} = \frac{0.03667}{4\pi^2} \times \left( \frac{30.390}{5} \right)^2 = 34.31 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \end{aligned}$$

由图得两点, 计算斜率  $k$

$$k = \frac{30.50 - 10.25}{0.0550 - 0.0125} \times 10^{-3} \text{ kg} = 476.5 \text{ g}$$

由图得滑块质量 476.5 g



$$E = \frac{479.6 - 476.5}{479.6} \times 100\% = 0.65\%$$

#### 四. 实验结果分析

1. 游标卡尺读数时, 判断对齐线带来的误差。
2. 每次释放时的释放角度约为  $90^\circ$ , 而不完全是  $90^\circ$  带来的误差。(每次释放, 释放角度不能完全一样)
3. 作图时的误差。

本实验数据的  $E$  较小, 实验测得数据较为合理。

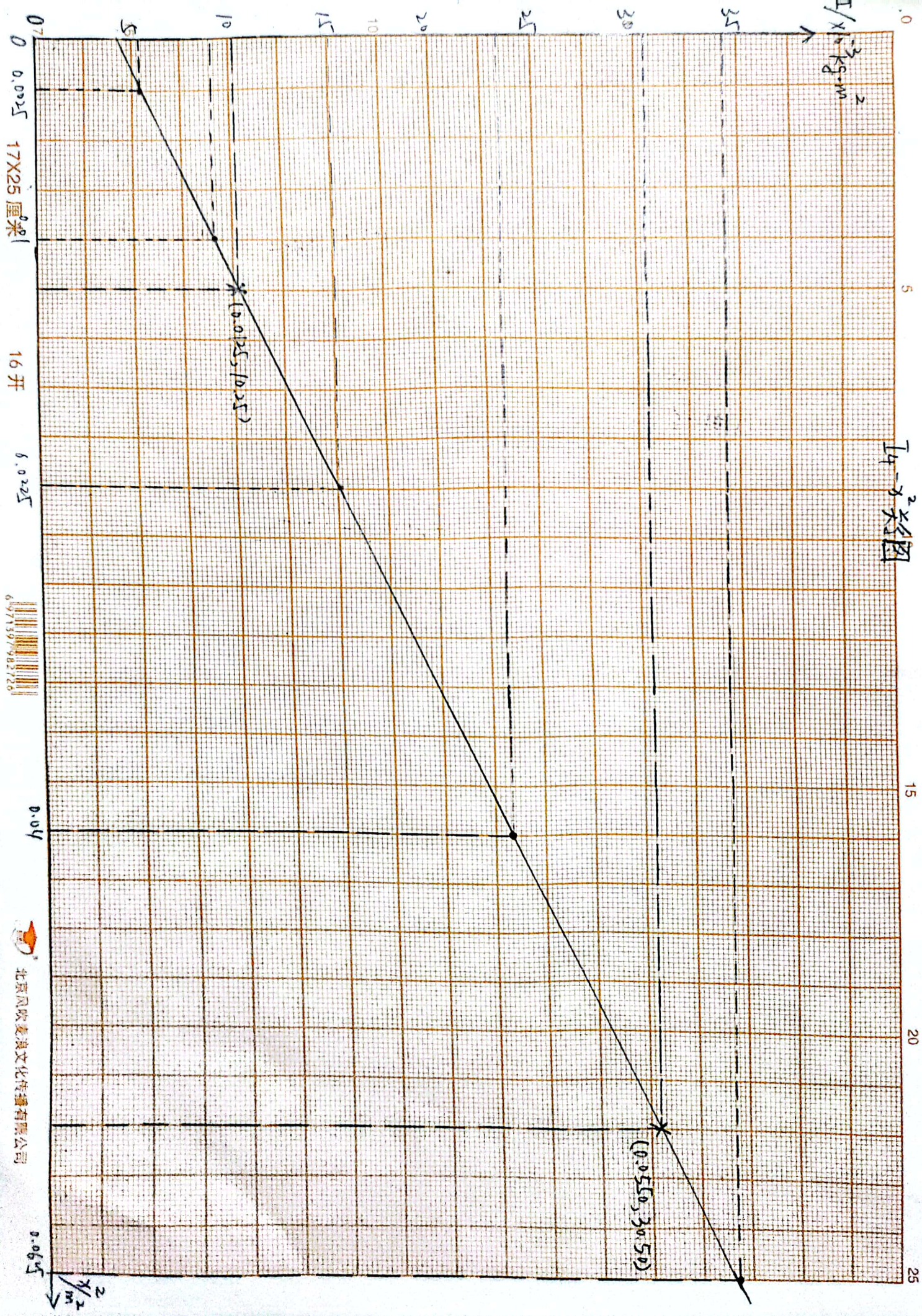
完成报告日期 2023 年 10 月 15 日

评 语		成 绩
		辅 导 教 师
		年 月 日





# I<sub>4</sub>-x<sup>2</sup>关系图



0.0025 17X25 厘米 16 开 6.0225 0.04 0.0625



北京风帆麦浪文化传播有限公司



# 实验报告原始数据

实验名称: 转动惯量 实验日期: 10.9

班 级: 化生C2201 学生姓名: 徐远 同组人: \_\_\_\_\_

塑料圆柱的质量  $M = 891.2\text{g}$  数字天平  $\Delta_{\text{ins}} = 0.1\text{g}$

表1 塑料圆柱直径的测量数据  
游标卡尺的最小分度值: 0.02mm (50分度)

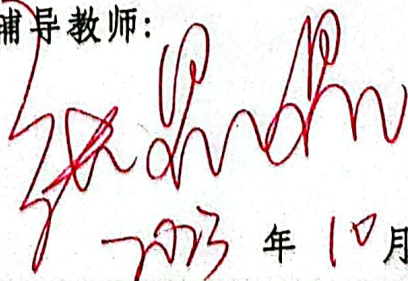
序号	1	2	3	4	5	平均值
$D/\text{mm}$	99.62	99.66	99.64	99.64	99.62	

表2 周期的测量数据

数字毫秒计的精度: 0.01s

序号	1	2	3	4	5	平均值
$t_0/s$	7.51	7.52	7.52	7.51	7.52	
$t_1/s$	13.24	13.25	13.24	13.26	13.26	

辅导教师:



2013 年 10 月 9 日





# 实验报告原始数据

实验名称: 转动惯量 实验日期: 10.9

班级: 化生C2201 学生姓名: 徐远 同组人: \_\_\_\_\_

表3 滑块位于金属细杆不同位置时, 周期的测量数据

滑块质量: 479.6g

$x/cm$	金属细杆	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00
转动周期 $T/s$	10. <del>48</del> <sup>48</sup>	12.11	15.64	20.17	25.11	30.40
	10. <del>48</del> <sup>48</sup>	12.11	15.64	20.16	25.11	30.38
	10. <del>48</del> <sup>49</sup>	12.11	15.65	20.18	25.10	30.38
	10. <del>48</del> <sup>48</sup>	12.10	15.66	20.17	25.11	30.40
	10. <del>48</del> <sup>49</sup>	12.11	15.66	20.17	25.10	30.39
平均周期 $T/s$						

辅导教师:

*(Signature)*

2023 年 10 月 9 日

