

物理实验报告

陈建桦 12411913 2025.3.4 P4123

一. 实验名称：时间测量中随机误差的分布规律

二. 实验目的

- 了解随机误差的离散性和分布规律。
- 了解误差分析的基本方法。
- 了解测量不确定度的计算方法。

三. 实验原理

1. 重复测量电子节拍器的周期 T_0 ，测量结果为 T_1, T_2, \dots, T_n ，其中 n 为测量次数。如果测量次数足够多，那么测量结果 T_i 的分布就会趋近于正态分布。

$$p(T) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(T-\bar{T})^2}{2\sigma^2}}$$

其中 $\bar{T} = \frac{1}{n} \sum T_i$, $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (T_i - \bar{T})^2}{n-1}}$

由正太分布的统计规律得

$$\begin{aligned}P(|T - \bar{T}| < \sigma) &\approx 68.3\% \\P(|T - \bar{T}| < 2\sigma) &\approx 95.4\% \\P(|T - \bar{T}| < 3\sigma) &\approx 99.7\%\end{aligned}$$

2. 计算周期量的A类不确定度可以使用 $\{U_A = \frac{\sigma \cdot t_p}{\sqrt{n}}\}$ ，其中 σ 为测量结果的标准差， n 为测量次数， t_p 为置信系数。计算周期量的B类不确定度可以使用 $U_B =$

$\frac{\sqrt{\Delta_{\text{估}}^2 + \Delta_{\text{仪}}^2}}{C} * k_p$ ，其中 C 、 k_p 为置信系数。所以 $U = \sqrt{U_A^2 + U_B^2}$ 。

3. 节拍器周期 T_0 的测量值为 $T_0 = \bar{T} \pm U$, $P = 0.95$ 。

四. 实验仪器

1. 电子节拍器 2. 秒表

五. 实验内容

- 用秒表测量电子节拍器周期 T_i ，测量次数为 $N = 200$ 。
- 计算周期量的平均值 \bar{T} 和标准差 σ 。
- 根据测量结果的离散程度和极差 $R = \max(T_i) - \min(T_i)$ ，设置合理步长 ΔT ，个数为 M 。
- 统计每个区间的频数 N_i ，计算频率 $f_i = \frac{N_i}{N}$ 和概率密度 $p_i = \frac{f_i}{\Delta T}$ ，绘制概率分布直方图 $p - T$ 。
- 计算正太分布函数 $p(T)$ ，并绘制正太分布曲线。
- 在 $p - T$ 图中绘制 $p(T)$ 正太分布的散点图，检验测量结果是否符合正太分布。
- 分别统计在 $|\bar{T} - \sigma|$ 、 $|\bar{T} - 2\sigma|$ 、 $|\bar{T} - 3\sigma|$ 范围内的概率，与理论值比较
- 计算周期量的A类不确定度 U_A 和B类不确定度 U_B ，计算周期量的总不确定度 U ，得出结论

六. 实验数据

见时间统计分布规律实验数据记录表

七. 数据处理

基本统计量

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum T_i = 3.09$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (T_i - \bar{T})^2}{n-1}} = 0.135$$

$R = \max(T_i) - \min(T_i) = 0.72$

将数据分为 $M = 12$ 个区间，步长 $\Delta T = 0.06$ ，区间范围为 $[2.88, 3.54]$ ，区间频数见下表

(2.76, 2.82]	(2.82, 2.88]	(2.88, 2.94]	(2.94, 3.00]	(3.00, 3.06]	(3.06, 3.12]	(3.12, 3.18]	(3.18, 3.24]	(3.24, 3.30]	(3.30, 3.36]
3	2	14	16	19	16	21	18	22	5

八.误差分析

九.实验结论

十.思考题