

实 验 报 告

评分：

少年班 系 06 级

学号 PB06000680

姓名 张力

日期 2007-3-26

实验题目：时间测量中的随机误差分布规律

实验目的：同常规仪器测量时间间隔，通过对时间和频率测量的随机误差分布，学习用统计方法研究物理现象的过程和研究随机误差分布的规律。

实验仪器：电子秒表、机械节拍器

实验原理：1、仪器原理

机械节拍器能按一定频率发出有规律的声响，前者利用齿轮带动摆作周期运动，后者利用石英晶体的振荡完成周期运动；

电子秒表用石英晶体振荡器作时标测时，精度可达 0.01s；

2、统计分布规律原理

在近似消除了系统误差的前提下，对时间 t 进行 N 次等精度测量，当 N 趋于无穷大时，各测量值出现的概率密度分布可用正态分布的概率密度函数表示：

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

其中 $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ ，为测量的算术平均值，

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$
，为测量列的标准差，

$$P(a) = \int_{-a}^a f(x) dx, \quad a = \sigma, 2\sigma, 3\sigma$$

利用统计直方图表示测量列的分布规律，简便易行、直观明了。在本实验中利用 $f(x)$ 得到概率密度分布曲线，并将其与统计直方图进行比较，在一定误差范围内认为是拟合的，可认为概率密度分布基本符合正态分布，其中的误差是由于环境、仪器、人的判断误差、 N 的非无穷大等所决定的。

实验步骤：1、检查实验仪器是否能正常工作，秒表归零；

2、将机械节拍器上好发条使其摆动，用秒表测量节拍器四个周期所用时间，在等精度条件下重复测量 150-200 次（本实验中测量 150 次），记录每次的测量结果；

3、对数据进行处理（计算平均值、标准差、作出相应图表、误差分析等）；

数据处理：

实验所测量得到的结果如下：

实 验 报 告

评分：

少年班 系 06 级

学号 PB06000680

姓名 张力

日期 2007-3-26

单位：秒

4T	4T	4T	4T	4T
5.26	5.37	5.33	5.36	5.33
5.31	5.33	5.30	5.33	5.36
5.35	5.32	5.40	5.39	5.35
5.41	5.24	5.34	5.40	5.37
5.37	5.28	5.29	5.31	5.42
5.28	5.35	5.39	5.29	5.42
5.41	5.37	5.40	5.41	5.27
5.42	5.31	5.36	5.37	5.34
5.38	5.39	5.35	5.34	5.31
5.29	5.36	5.33	5.42	5.31
5.27	5.37	5.38	5.33	5.29
5.36	5.38	5.37	5.37	5.34
5.45	5.32	5.40	5.39	5.33
5.39	5.34	5.36	5.36	5.40
5.35	5.30	5.33	5.28	5.34
5.43	5.42	5.36	5.32	5.37
5.31	5.37	5.34	5.27	5.39
5.37	5.43	5.33	5.33	5.29
5.37	5.41	5.39	5.33	5.41
5.34	5.33	5.39	5.28	5.30
5.41	5.37	5.43	5.37	5.37
5.30	5.31	5.32	5.40	5.33
5.44	5.29	5.41	5.34	5.38
5.37	5.41	5.39	5.34	5.32
5.38	5.33	5.31	5.36	5.36
5.30	5.32	5.38	5.31	5.34
5.30	5.40	5.40	5.35	5.30
5.37	5.28	5.37	5.27	5.31
5.24	5.40	5.33	5.37	5.32
5.37	5.35	5.39	5.33	5.27

表一：原始数据（4个周期）

数据分析如下：

最小值： $x_{\min}=5.24s$

最大值： $x_{\max}=5.45s$

$$\text{平均值：} \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{150} x_i}{150} = 5.353s$$

实 验 报 告

评分：

少年班 系 06 级

学号 PB06000680

姓名 张力

日期 2007-3-26

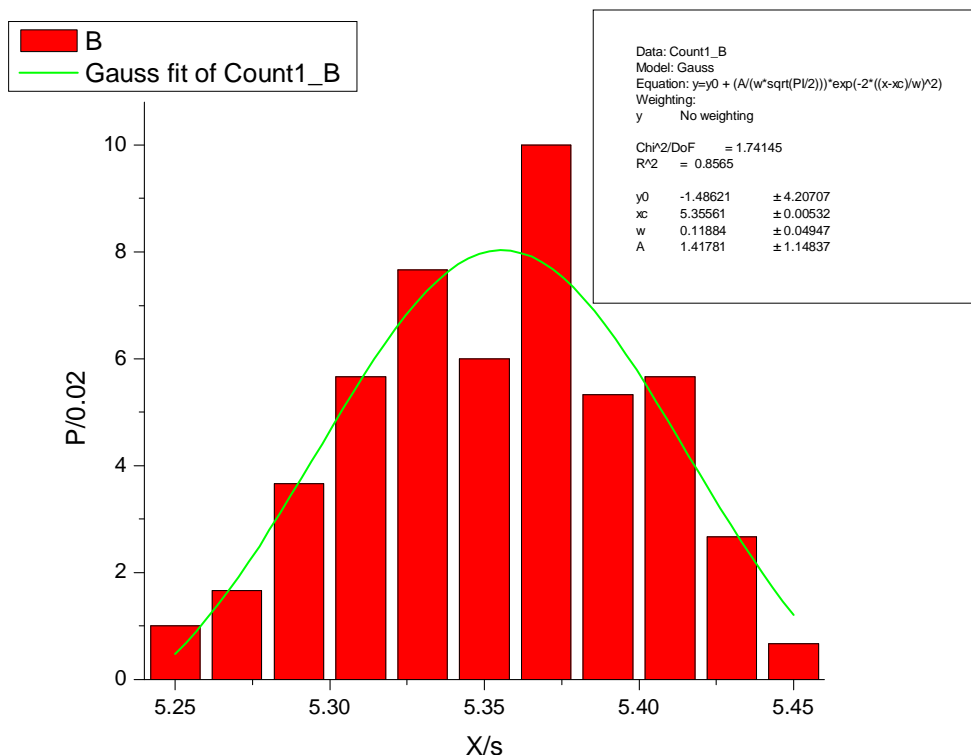
标准差：
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{150} (x_i - \bar{x})^2}{150-1}} = 0.056s$$

统计频数得下表：

区域起始/s	区域末尾/s	区域中点/s	频数	相对频数/%	累积频数/%
5.24	5.26	5.25	3	2.0	2.0
5.26	5.28	5.27	5	3.3	5.3
5.28	5.30	5.29	11	7.3	12.7
5.30	5.32	5.31	17	11.3	24.0
5.32	5.34	5.33	23	15.3	39.3
5.34	5.36	5.35	18	12.0	51.3
5.36	5.38	5.37	30	20.0	71.3
5.38	5.40	5.39	16	10.7	82.0
5.40	5.42	5.41	17	11.3	93.3
5.42	5.44	5.43	8	5.3	98.7
5.44	5.46	5.45	2	1.3	100.0

表二：节拍器的频数和频率分布表

根据上表利用 ORIGIN 软件辅助，作出统计直方图，并用一条高斯曲线拟合：



图一：节拍器频数和频率的统计直方图和高斯拟合曲线

实 验 报 告

评分：

少年班 系 06 级

学号 PB06000680

姓名 张力

日期 2007-3-26

由公式： $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}$ $P(a) = \int_{-a}^a f(x)dx$ 以及 $\sigma = 0.056s$ 得

$P(1) = 0.693$; $P(2) = 0.987$; $P(3) = 1.000$;

故由以上图象和计算，知在一定误差范围内，该测量列基本呈正态分布。

而测量结果平均值的标准差可计算得：

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0.0562s}{\sqrt{150}} = 0.005s$$

这也就是测量中的 A 类不确定度 u_A ；

另外一方面，在本实验中，由于仪器所造成的误差远小于人的操作所造成的误差，一般地，取人开、停秒表的误差为 $0.2s$ ，故 B 类不确定度

$$u_B = \frac{0.2s}{\sqrt{3}} = 0.115s$$

$$合成不确定度 U = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{0.005^2 + 0.115^2} = 0.115s, P = 0.68$$

那么结果最后可表成： $\bar{x} = (5.353 \pm 0.115)s$ $P = 0.68$