实验报告

姓名：朱沾丞 学号：PB19111674

实验名称 实验数据处理

实验目的 熟练掌握数据处理的相关方法并处理实际问题

实验一:用最小偏向法测三棱镜的折射率

实验数据

表 1 用分光计测量三棱镜的顶角

	θ_1	θ_2	θ_1'	θ_2'
第一次	23° 43’	203° 40’	263° 40’	83° 43’
第二次	24° 43’	204° 40’	144° 41’	324° 40’
第三次	263° 37’	83° 40’	143° 40’	323° 47’

表 2 用分光计测量最小偏向角

	θ_1	θ_2	θ_1'	θ_2'
第一次	79° 52’	259° 51’	28° 24’	208° 20’
第二次	200° 49’	20° 49’	149° 22’	329° 23’
第三次	319° 47’	139° 48’	268° 17’	88° 20’

数据处理

有$A = 180^\circ - \frac{1}{2}[|\theta_1 - \theta_1'| + |\theta_2 - \theta_2'|]$，$\delta = \frac{1}{2}[|\theta_1 - \theta_1'| + |\theta_2 - \theta_2'|]$

依次计算，得

$$A_1 = 180^\circ - \frac{1}{2}[|360^\circ + 23^\circ 43' - 263^\circ 40'| + |203^\circ 40' - 83^\circ 43'|] = 60^\circ 00'$$

$$A_2 = 180^\circ - \frac{1}{2}[|144^\circ 41' - 24^\circ 43'| + |324^\circ 40' - 204^\circ 40'|] = 60^\circ 01'$$

$$A_3 = 180^\circ - \frac{1}{2}[|263^\circ 37' - 143^\circ 40'| + |83^\circ 40' + 360^\circ - 323^\circ 47'|] = 60^\circ 05'$$

$$\delta_1 = \frac{1}{2}[|79^\circ 52' - 28^\circ 24'| + |259^\circ 51' - 208^\circ 20'|] = 51^\circ 29' 30''$$

$$\delta_2 = \frac{1}{2}[|200^\circ 49' - 149^\circ 22'| + |20^\circ 49' + 360^\circ - 329^\circ 23'|] = 51^\circ 26' 30''$$

$$\delta_3 = \frac{1}{2}[|319^\circ 47' - 268^\circ 17'| + |139^\circ 48' - 88^\circ 20'| = 51^\circ 29' 00''$$

故$\overline{A} = 60^\circ 02', \overline{\delta} = 51^\circ 28' 20''$

将数据列成表格

表 3关于三棱镜顶角和最小偏向角的表格

	第一次	第二次	第三次	平均值
三棱镜顶角A	60°00′	60°01′	60°05′	60°02′
最小偏向角 δ	51°29′30″	51°26′30″	51°29′00″	51°28′20″

故折射率 $n=\dfrac{\sin\dfrac{\bar{\delta}_{\min}+\bar{A}}{2}}{\sin\dfrac{\bar{A}}{2}}=1.6524$

不确定度分析

由$n=\dfrac{\sin\dfrac{\bar{\delta}_{\min}+A}{2}}{\sin\dfrac{A}{2}}$,两边取对数，得 $\ln n=\ln\sin\dfrac{\bar{\delta}_{\min}+A}{2}-\ln\sin\dfrac{A}{2}$

两边取微分,$\dfrac{dn}{n}=\dfrac{\cos\dfrac{\bar{\delta}_{\min}+\bar{A}}{2}}{\sin\dfrac{\bar{\delta}_{\min}+\bar{A}}{2}}(\dfrac{dA}{2}+\dfrac{d\delta}{2})-\dfrac{\cos\dfrac{\bar{A}}{2}}{\sin\dfrac{\bar{A}}{2}}\dfrac{dA}{2}$,

将微分符号变为不确定度，整理得 $\dfrac{U_n}{n}=\dfrac{U_A}{2}(\dfrac{\cos\dfrac{\bar{\delta}_{\min}+\bar{A}}{2}}{\sin\dfrac{\bar{\delta}_{\min}+\bar{A}}{2}}-\dfrac{\cos\dfrac{\bar{A}}{2}}{\sin\dfrac{\bar{A}}{2}})+\dfrac{U_\delta}{2}\dfrac{\cos\dfrac{\bar{\delta}_{\min}+\bar{A}}{2}}{\sin\dfrac{\bar{\delta}_{\min}+\bar{A}}{2}}$

故$U_n=\sqrt{(U_A\dfrac{\cos\dfrac{\bar{\delta}_{\min}+\bar{A}}{2}\sin\dfrac{\bar{A}}{2}-\sin\dfrac{\bar{\delta}_{\min}+\bar{A}}{2}\cos\dfrac{\bar{A}}{2}}{2\sin^2\dfrac{\bar{A}}{2}})^2+(U_\delta\dfrac{\cos\dfrac{\bar{\delta}_{\min}+\bar{A}}{2}}{2\sin\dfrac{\bar{A}}{2}})^2}$

化简得，$U_n=\sqrt{(U_A\cdot\dfrac{\sin\dfrac{\delta_{\min}}{2}}{2\sin^2\dfrac{\bar{A}}{2}})^2+(U_\delta\dfrac{\cos\dfrac{\bar{\delta}_{\min}+\bar{A}}{2}}{2\sin\dfrac{\bar{A}}{2}})^2}$

$\sigma_{\mathrm{A}}=\sqrt{\dfrac{1}{n-1}\sum(A-\bar{A})^2}=\sqrt{\dfrac{(60°00'-60°02')^2+(60°01'-60°02')^2+(60°05'-60°02')^2}{2}}=0.044°=0.0008rad$

有$U_A=\sqrt{(t_{0.95}\dfrac{\sigma_{\mathrm{A}}}{\sqrt{n}})^2+(k_{0.95}\dfrac{\Delta}{C})^2}=\sqrt{(4.30\cdot\dfrac{0.044°}{\sqrt{3}})^2+(1.645\dfrac{1'}{\sqrt{3}})^2}=0.11^\circ=0.0019rad$，$P=0.95$

$\sigma_\delta=\sqrt{\dfrac{1}{n-1}\sum(\delta-\bar{\delta})^2}=\sqrt{\dfrac{(51^\circ29'30''-51^\circ28'20'')^2+(51^\circ26'30''-51^\circ28'20'')^2+(51^\circ29'00''-51^\circ28'20'')^2}{2}}=0.027°=0.0005rad$

有$U_\delta=\sqrt{(t_{0.95}\dfrac{\sigma_\delta}{\sqrt{n}})^2+(k_{0.95}\dfrac{\Delta}{C})^2}=\sqrt{(4.30\cdot\dfrac{0.027°}{\sqrt{3}})^2+(1.645\cdot\dfrac{1'}{\sqrt{3}})^2}=0.07^\circ=0.0012rad,P=0.95$

故$U_n=\sqrt{(U_A\cdot\dfrac{\sin\dfrac{\delta_{\min}}{2}}{2\sin^2\dfrac{\bar{A}}{2}})^2+(U_\delta\dfrac{\cos\dfrac{\bar{\delta}_{\min}+\bar{A}}{2}}{2\sin\dfrac{\bar{A}}{2}})^2}=\sqrt{(0.0019\cdot\dfrac{\sin\dfrac{51°28'20''}{2}}{2\sin^2\dfrac{60°02'}{2}})^2+(0.0012\dfrac{\cos\dfrac{51°28'20''+60°02'}{2}}{2\sin\dfrac{60°02'}{2}})^2}=0.0018$

折射率$n=\bar{n}\pm U_n=1.6524\pm0.0018(P=0.95)$

相对不确定度为0.109%

实验二、计算黄铜盘在空气中的自由散热速率

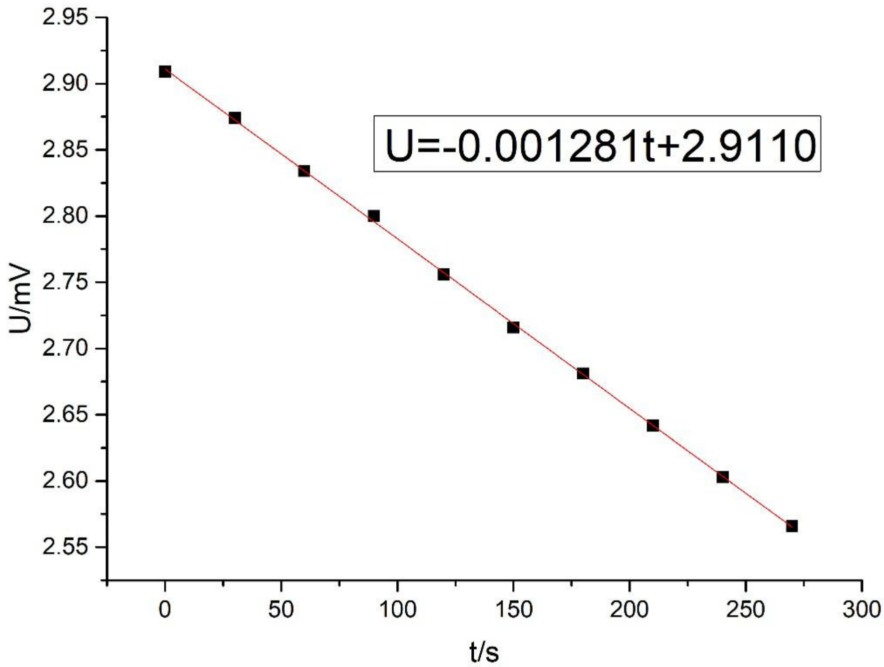
实验数据

黄铜盘温差电动势与时间的关系

$t\,(s)$	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270
$U\,(mV)$	2.909	2.874	2.834	2.8	2.756	2.716	2.681	2.642	2.603	2.566

数据处理

图表 2 黄铜盘温差电动势随时间的变化曲线



有$\bar{t} = 135s$，$\bar{U} = 2.7381mV$

为了计算斜率k,先计算$\sum t_i U_i, \sum t_i, \sum U_i, \sum t_i^{\,2}$

$$\sum t_i U_i = (0 \cdot 2.909 + 30 \cdot 2.874 + 60 \cdot 2.834 + 90 \cdot 2.8 + 120 \cdot 2.756 + 150 \cdot 2.716 + 180 \cdot 2.681 + 210 \cdot 2.642 + 240 \cdot 2.603 + 270 \cdot 2.566)mV \cdot$$
$$= 3601.32mV \cdot s$$

$$\sum t_i = (0 + 30 + 60 + 90 + 120 + 150 + 180 + 210 + 240 + 270)s = 1350s$$

$$\sum U_i = (2.909 + 2.874 + 2.834 + 2.8 + 2.756 + 2.716 + 2.681 + 2.642 + 2.603 + 2.566)mV = 27.381mV$$

$$\sum t_i^{\,2} = (0 + 30^2 + 60^2 + 90^2 + 120^2 + 150^2 + 180^2 + 210^2 + 240^2 + 270^2)s^2 = 256500s^2$$

$$\sum U_i^{\,2} = (2.909^2 + 2.874^2 + 2.834^2 + 2.8^2 + 2.756^2 + 2.716^2 + 2.681^2 + 2.642^2 + 2.603^2 + 2.566^2)mV^2 = 75.093795mV^2$$

故相关系数 $r = \dfrac{\overline{tU} - \bar{t}\bar{U}}{\sqrt{(\overline{t^2} - \bar{t}^2)(\overline{U^2} - \bar{U}^2)}} = \dfrac{\frac{3601.32}{10} - \frac{1350}{10} \cdot \frac{27.381}{10}}{\sqrt{\left[\frac{256500}{10} - \left(\frac{1350}{10}\right)^2\right]\left[\frac{75.093795}{10} - \left(\frac{27.381}{10}\right)^2\right]}} = -0.99985$

r 极接近 1，可见可以直线拟合，且线性关系较好。

下求斜率$k=\frac{n\sum t_iU_i-\sum t_i\sum U_i}{n\sum t_i^{\ 2}-(\sum t_i)^2}=\frac{10\cdot 3601.32-1350\cdot 27.381}{10\cdot 256500-1350^2}mV/s=-0.0012810mV/s$

截距 $b=\overline{U}-m\bar{t}=\left(\frac{27.381}{10}-(-0.001281)\cdot\frac{1350}{10}\right)mV=2.91104mV$

故斜率标准差$\mathrm{s_k}=|k|\sqrt{\frac{(\frac{1}{\mathrm{r}^2}-1)}{n-2}}=0.0012810\sqrt{\frac{\frac{1}{0.99985^2}-1}{10-2}}mV/s$=8× $10^{-6}\mathrm{mV/s}$

截距标准差为$\mathrm{s_b}=\mathrm{s_k}\sqrt{\overline{\mathrm{t}^2}}=-8\times 10^{-6}\sqrt{\frac{256500}{10}}\mathrm{mV}=0.0013\mathrm{mV}$

故拟合直线应写为 U=-0.001281t+2.9910

有斜率$k=(-0.001281\pm 0.000006)mV/s$

截距$b=(2.9910\pm 0.0013)mV$