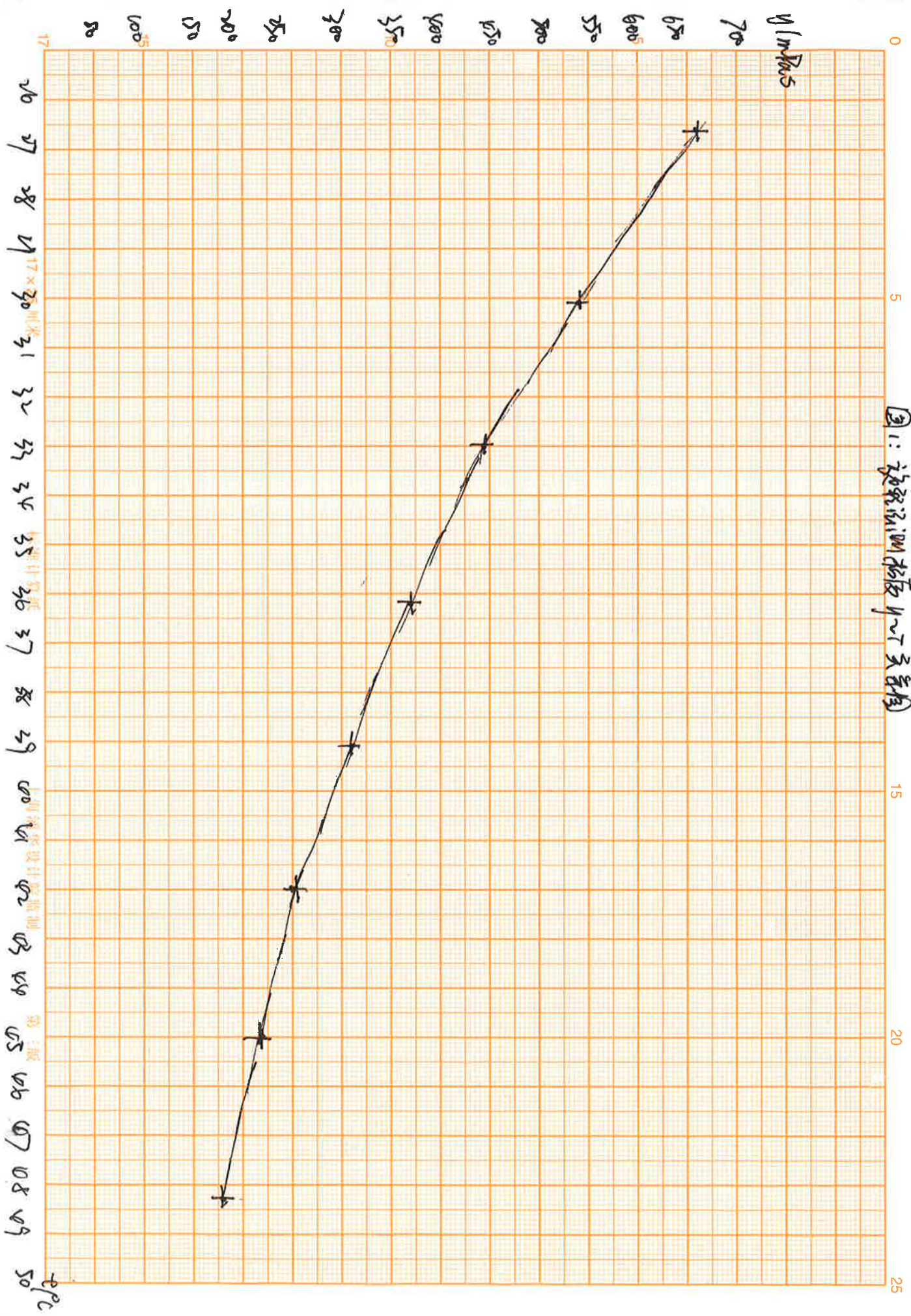
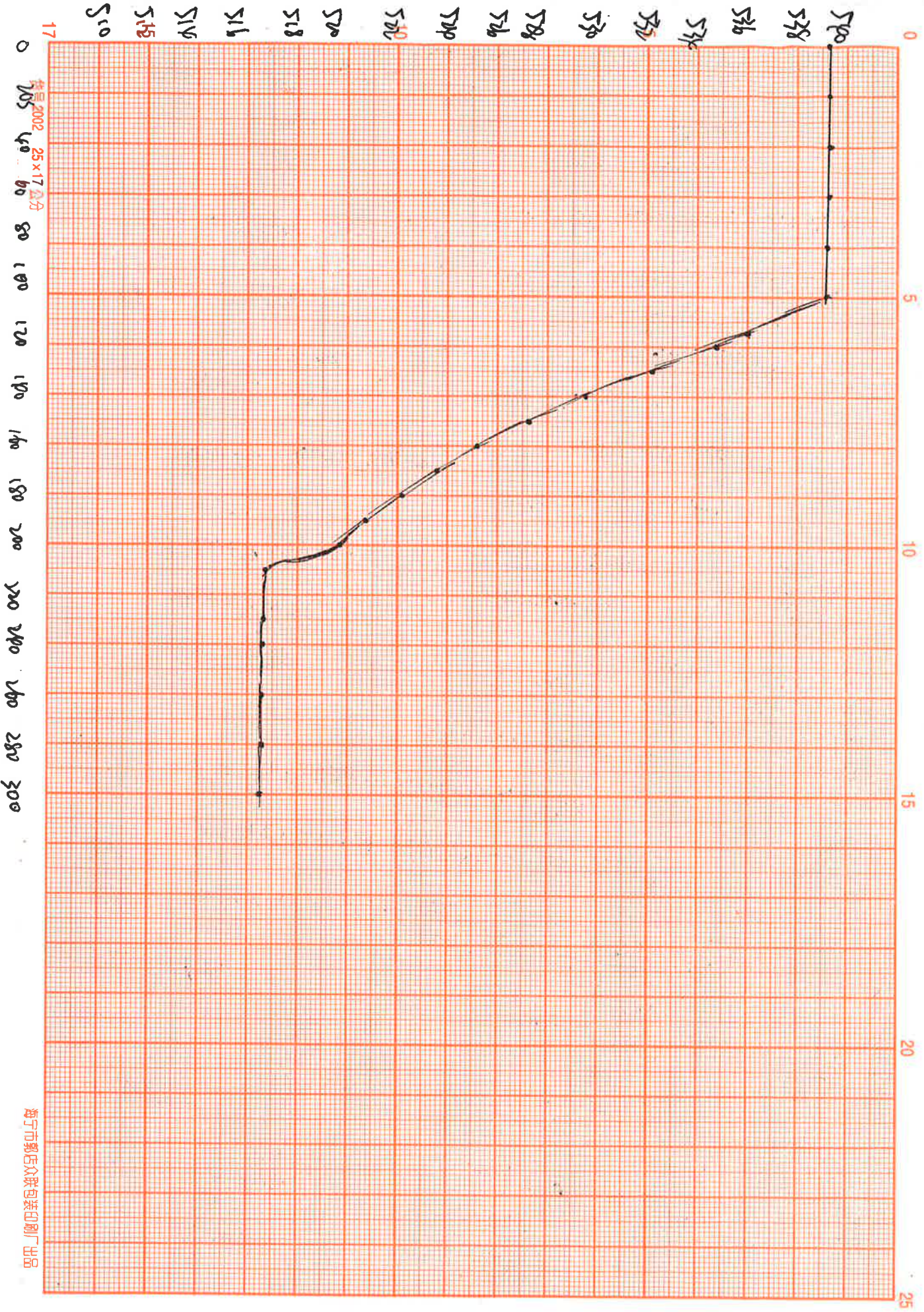
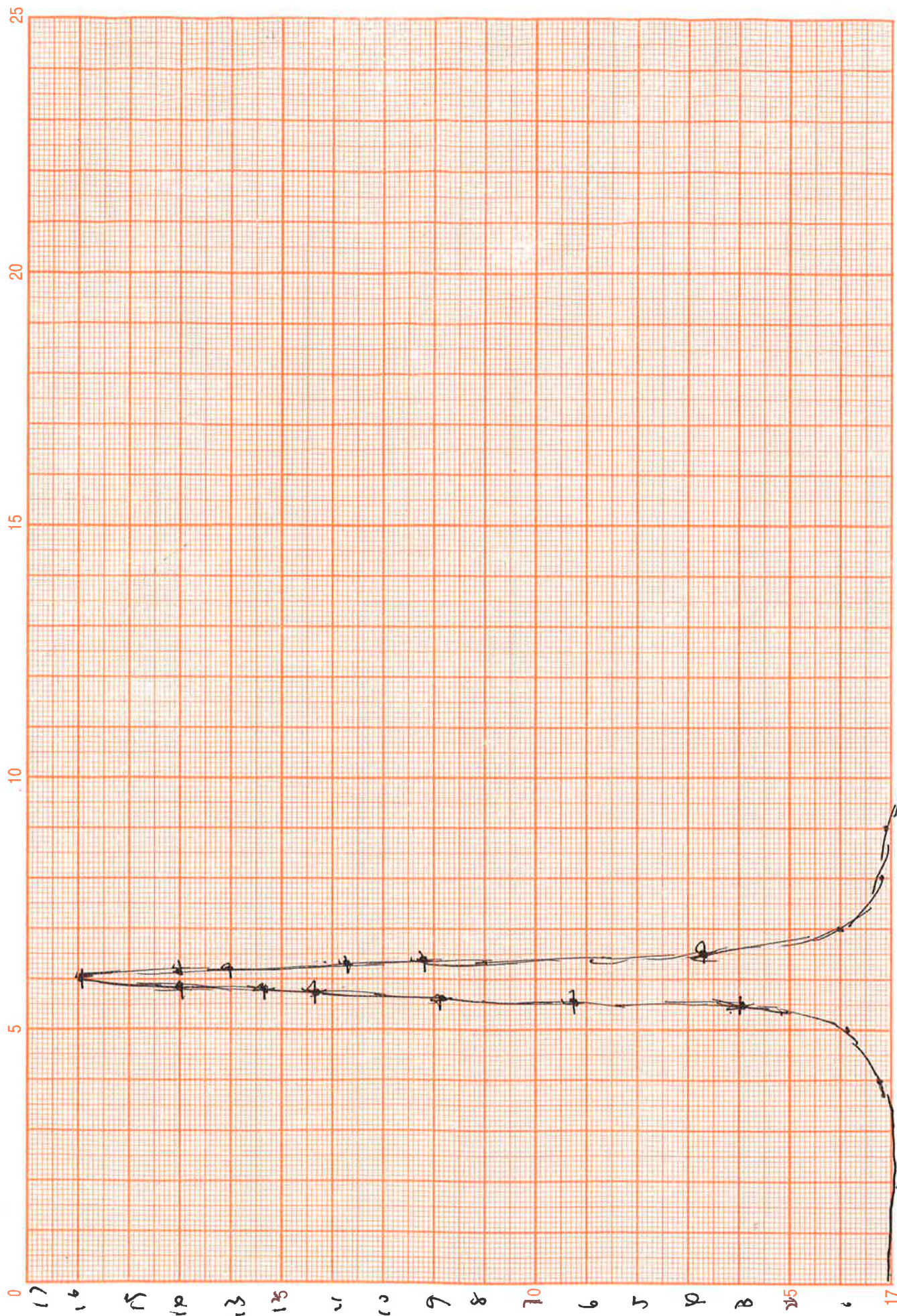


图 1: 设计值与标准值关系图

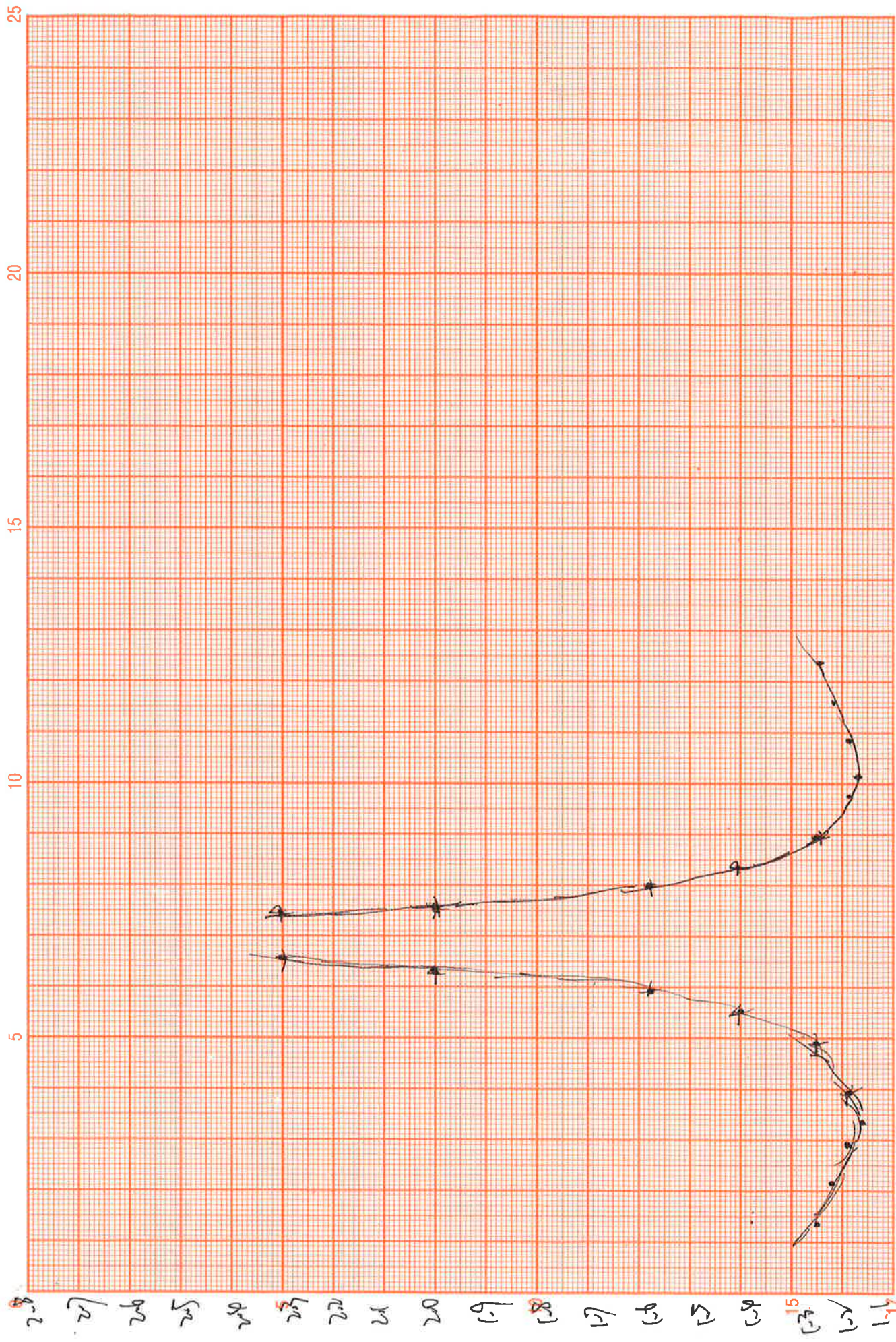




海宁市郭店众联包装印刷厂出品



Handwritten text on the right side of the graph: 1000000×1000 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500



清华大学实验报告

系别 _____ 班号 A11 姓名 张立强 (同组姓名 _____)

作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

分析: 1. 测角 1 $A = 60^{\circ}0'$ $\Delta A = 1'$ $\phi_{10} = 178^{\circ}20'$ $\phi_{20} = 358^{\circ}21'$

mm/秒	ϕ_1	ϕ_2	$\delta_1 = \phi_1 - \phi_{10}$	$\delta_2 = \phi_2 - \phi_{20}$	$\delta = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2}$	$\frac{A + \delta}{2}$	$n = \frac{\sin \frac{A + \delta}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$
447.1	231°35'	51°35'	53°08'	53°8'	53°8'	56°34'	1.6691
471.3	241°1'	51°0'	52°36'	52°36'	52°36'	56°18'	1.6639
492.2	230°26'	50°35'	52°14'	52°15'	52°15'	56°8'	1.6607
501.6	230°26'	50°26'	52°0'	52°0'	52°0'	56°0'	1.6581
587.6	229°19'	49°19'	50°59'	50°58'	50°58'	55°29'	1.6679
667.8	228°41'	48°41'	50°21'	50°20'	50°20'	55°10'	1.6616
706.6	228°25'	48°25'	50°5'	50°4'	50°4'	55°2'	1.6390

$$\Delta n = \sqrt{\left(\frac{\cos \frac{A + \delta}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \cdot \frac{1}{2} \Delta \delta\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \frac{\sin \delta}{\sin \frac{A}{2}} \Delta A\right)^2}$$

$\Delta A = \Delta \delta = \sqrt{2} \Delta A_{\text{测}} \quad \Delta A_{\text{测}} = 1'$

S = ?

$\Delta n = 3 \times 10^{-4}$

号	I	II	I	II	I	II
T ₁	212°56'	32°55'	212°56'	32°55'	212°56'	32°55'
T ₂	92°50'	272°56'	92°50'	272°56'	92°50'	272°56'
$\phi_2 = (I - T_2)$	120°1'	189°59'	120°1'	189°59'	120°1'	189°59'
$\bar{\phi} = \frac{1}{2}(\phi_2 + \phi_{20})$	120°0'	189°59'	120°0'	189°59'	120°0'	189°59'

$\bar{\phi} = 120^{\circ}0' \quad \bar{A} = 180^{\circ} - \bar{\phi} = 60^{\circ}0'$

$n_c = 1.6420$
 $n_d = 1.6474$
 $n_f = 1.6611$

平均色散 ~~0.01959~~ 0.01959
色散率 0.03026

λ	n_c	n_d	n_f
400	1.6420	1.6474	1.6611
450	1.6420	1.6474	1.6611
500	1.6420	1.6474	1.6611
550	1.6420	1.6474	1.6611
600	1.6420	1.6474	1.6611
650	1.6420	1.6474	1.6611
700	1.6420	1.6474	1.6611
750	1.6420	1.6474	1.6611
800	1.6420	1.6474	1.6611
850	1.6420	1.6474	1.6611
900	1.6420	1.6474	1.6611

$\Delta n = n_c - n_d = 1.6420 - 1.6474 = -0.0054$
 $\Delta n = n_d - n_f = 1.6474 - 1.6611 = -0.0137$
 $\Delta n = n_c - n_f = 1.6420 - 1.6611 = -0.0191$

λ	n_c	n_d	n_f
400	1.6420	1.6474	1.6611
450	1.6420	1.6474	1.6611
500	1.6420	1.6474	1.6611
550	1.6420	1.6474	1.6611
600	1.6420	1.6474	1.6611
650	1.6420	1.6474	1.6611
700	1.6420	1.6474	1.6611
750	1.6420	1.6474	1.6611
800	1.6420	1.6474	1.6611
850	1.6420	1.6474	1.6611
900	1.6420	1.6474	1.6611

清华大学实验报告

系别 _____ 班号 A1-1 姓名 孙立 (同组姓名 _____)
 作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

1. $L = 50\text{cm}$ $T = 9.80\text{N}$ $\rho_{\text{铝}}$

i	1	2	3	4	5	6
N	1	2	3	4	5	6
f/Hz	32.50	63.30	96.15	128.20	162.30	196.40

$\rho_{\text{铝}}$ 得 $f = 32.82(\text{Hz}) \cdot N$

2. $T = 9.80\text{N}$ $\rho_{\text{铝}}$

L	1	2	3	4	5	6
L/cm	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0
f/Hz	52.00	44.20	38.70	34.20	31.10	28.50

$\rho_{\text{铝}}$ 得 $f = 1550 \cdot \frac{1}{L} - 3.739 \times 10^{-2}$, T 单位 N , L 单位 cm

3. $L = 50.0\text{cm}$ $\rho_{\text{铝}}$

i	1	2	3	4	5	6
T/N	1.96	3.92	5.88	7.84	9.80	11.76
f/Hz	42.80	42.80	52.20	60.30	66.70	73.00

$f = (20.77\sqrt{T} + 1.835) \text{Hz}$ $k_{Tf} = 0.40809 \text{Hz} \cdot \text{N}^{-1/2} + 3.096$ $P = 0.4809$ $E = 3\%$
 $k = 22.11$

4. $N = 1$ $L = 50\text{cm}$ $T = 9.80\text{N}$ $\Rightarrow \rho = \frac{1}{4L^2 k^2} = 2.03 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$

i	1	2	3	4	5	
$\rho / \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$	55	98	191	578	936	
f/Hz	122.80	91.20	67.40	38.90	31.10	

$k_{Tf} = -0.4837 / k_{Tf} + 1.174$ $E_m = 3.3\%$

$m = 0.4837$ $A = 3.235$

5.12

清华大学实验报告

系别 _____ 班号 A11 姓名 王梓 (同组姓名 _____)

作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

$$\alpha_R = 4.295 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$C = 0.01 \quad E = \frac{(1+C)^2}{1000R} = 2.375 \text{ V}$$

$$R_{T=0^\circ\text{C}} = 15.39 \Omega$$

$$R = \frac{P_0}{I_0} = 1539 \Omega$$

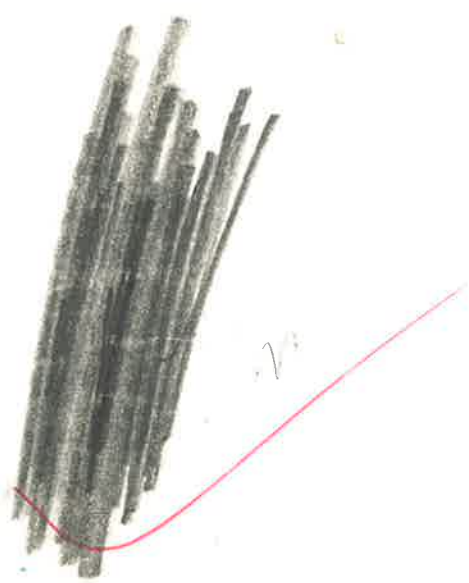
i	$t/^\circ\text{C}$	U_{te}/mV
1	20.53	2.05
2	20.95	2.50
3	20.32	3.005
4	35.53	3.57
5	40.08	4.02
6	45.38	4.55
7	49.18	4.93
8	54.97	5.51
9	60.03	6.01
10	65.02	6.51
11	69.60	6.95
12	70.75	7.47
13	79.43	7.93

$$U_{te} = 0.0997t + 0.0203$$

$$r = 0.99998$$

$$U_{te} = 5.00 \text{ mV} \quad \text{---} \text{---} \text{---}$$

$$t = \text{---} \text{---} \text{---} 50.1^\circ\text{C}$$



五/张不低

清华大学实验报告

系别 _____ 班号 _____ 姓名 张不低 (同组姓名 _____)

作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

N) $T_0 = 26.6^\circ\text{C}$

T_0 : 拟合数据记录

04
11.15

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$T/^\circ\text{C}$	26.6	30.1	33.0	36.2	39.1	42.0	45.0	48.3	51.1
η (Pa·s)	66.0	54.0	44.5	37.0	31.0	25.0	22.0	18.0	15.5
η (mPa·s)	660	540	445	370	310	250	220	180	155

$$\eta = A e^{-\frac{E}{RT}}$$

$$\ln \eta = \ln A - \frac{E}{RT}$$

取 $\eta_1 = 660 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, $T_1 = 26.6^\circ\text{C}$, $\eta_2 = 155 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, $T_2 = 51.1^\circ\text{C}$

$$A = 2.76 \times 10^{-6} \text{ mPa}\cdot\text{s}$$

$$E = 8.01 \times 10^{-20} \text{ J}$$

1903

1903

1903

1903	1903	1903	1903	1903	1903	1903	1903
1903	1903	1903	1903	1903	1903	1903	1903
1903	1903	1903	1903	1903	1903	1903	1903
1903	1903	1903	1903	1903	1903	1903	1903

1903

1903

1903

1903

1903

清华大学实验报告

系别 _____ 班号 _____ 姓名 刘毅凡 (同组姓名 _____)

作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

(2)

表1: 长度测量

h/cm	H/cm	zP_0/cm	P_1/cm
37.15 37.00	47.00	6.15	3.08

$d_0 = 0.000 mm$

表2: 直径测量

4
11.13

i	1	2	3	4	5	6
d_1/mm	1.182	1.185	1.182	1.186	1.184	1.180
d_2/mm	0.986	0.990	0.990	0.988	0.985	0.989

表3: 时间测量

i	t_1/s	t_2/s
1	45.78	63.81
2	45.81	64.15
3	46.16	63.50

对表1的统计:

$$\bar{t} = 45.92 s, \quad \bar{d} = 1.183 mm$$

$$v = \frac{h}{t} = 8.057 \times 10^{-3} m/s$$

$$\eta_0 = 0.616 Pa \cdot s$$

$$\eta_1 = 0.614 Pa \cdot s$$

$$\rho = 7.8 \times 10^3 kg \cdot m^{-3}$$

$$P_0 = 9770 - 0.614 e, \quad T = 23.0^\circ C, \quad \rho_0 = 960 kg \cdot m^{-3}, \quad \eta_2 = 0.614 Pa \cdot s$$

$$\eta_1 = \frac{(\rho - \rho_0) g d^2}{18 \nu \left(1 + 1.2 \frac{d}{R_0} \right) \left(1 + 1.65 \frac{d}{H} \right)} - \frac{3}{16} \rho_0 \nu$$

$$v = \frac{h}{t}$$

$$\eta_2 = \frac{1}{2} \rho_1 \left[4 \left(1 + \frac{19}{270} \left(\frac{\rho_0 d}{\eta_1} \right)^2 \right) \right]$$

对表2的统计:

$$\bar{t} = 63.92 s, \quad \bar{d} = 0.988 mm$$

$$v = \frac{h}{t} = 5.798 \times 10^{-3} m/s$$

$$\eta_0 = 0.602 Pa \cdot s$$

$$\eta_1 = 0.601 Pa \cdot s$$

$$\eta_2 = 0.601 Pa \cdot s$$

五. 毛细管法

清华大学实验报告

系别 _____ 班号 _____ 姓名 张超 (同组姓名 _____)

作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

(3)

表1: 毛细管法数据记录

t_1/s	t_2/s	$\rho_1/kg \cdot m^{-3}$	$\rho_2/kg \cdot m^{-3}$
157.0 24.87	157.06	1000	862

04
11.13

$$\eta_2 = \eta_1 \frac{\rho_1 t_2}{\rho_2 t_1} = 1.0 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \times \frac{18.6322}{24.87} \text{ (Pa}\cdot\text{s)}$$

$$\eta_2 = \eta_1 \frac{\rho_1 t_2}{\rho_2 t_1}$$

$$t = 24.87 \Rightarrow \eta_1 = 9.103 \times 10^{-6} \text{ (Pa}\cdot\text{s)}$$

$$\eta_2 = 1.00 \times 10^{-3} \text{ (Pa}\cdot\text{s)}$$

清华大学实验报告

系别 _____ 班号 A1-1 姓名 孙立波 (同组姓名 _____)

作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

N) $n = 50$

i	1	2	3	4	5	6	7	8
d_i / mm	30.7280	30.7415	30.7570	30.80190	30.81615	30.83045	30.84630	30.85695
	30.75790	30.77260	30.78720					

取 $d_i = 30.74$ 为平均值. $\lambda = 1.462 \times 10^{-2} n + 30.74$ $t = 0.99998$

$$\lambda = \frac{2\Delta d}{\Delta k} = 5.888 \times 10^{-7} \text{ m}$$

逐差法求 $\Delta d = \frac{\sum(d_{i+4} - d_i)}{4} = \frac{5.899 \times 10^{-2} \text{ mm}}{4} = 1.475 \times 10^{-2} \text{ mm}$

$$\lambda = \frac{2\Delta d}{\Delta k} = 589.9 \times 10^{-7} \text{ m}$$

柯林编著?

(2) $\lambda_1 = 29.48010 \text{ mm}$ $\lambda_2 = 29.49070 \text{ mm}$

$\lambda_3 = 29.45795 \text{ mm}$ $\lambda_4 = 29.39400 \text{ mm}$

$\Delta d = 1.111$, $n = 1.55$ $\Delta d = 0.1007 \text{ mm}$

$\Rightarrow l = \frac{\Delta d}{n-1} = 4.03 \times 10^{-2} \text{ mm}$ $l = \frac{\Delta d}{n-1} = 0.183 \text{ mm}$

清华大学实验报告

系别 _____ 班号 A1-1 姓名 王 (同组姓名 _____)

作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

中间电压 $2.9605V$

电阻 4.439Ω 4.233Ω

加热的电压 $3.433V$

加热的 $\frac{r}{2} = 55.208\Omega$

铂电阻电压 $18.0080V$

铂电阻电压 $18.0093V$

铂电阻 $U_1(t_i) = 0.019mV$

$U_2(t_i) = 0.000mV$ $t_0 = 21.2^\circ C$

$\frac{t}{min}$ mV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
中间 $U_1(t_i)$ mV	0.000	0.005	0.018	0.035	0.055	0.076	0.099	0.124	0.145	0.168
温度 $U_1(t_i)$ mV	0.125	0.159	0.182	0.192	0.199	0.203	0.206	0.207	0.208	0.209
i mV	11	12	13	14	15	15	16	18	18	20
中间 $U_2(t_i)$ mV	0.192	0.215	0.239	0.262	0.286	0.309	0.332	0.356	0.379	0.402
温度 $U_2(t_i)$ mV	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.211	0.211	0.211
$\frac{t}{min}$ mV	21	22	23	24	25					
中间 $U_2(t_i)$ mV	0.425	0.447	0.469	0.491	0.514					
温度 $U_2(t_i)$ mV	0.211	0.211	0.211	0.211	0.211					

$$\frac{dU_2}{dt} = \frac{0.211mV - 0.019mV}{40mV/^\circ C} = 4.80^\circ C$$

$$t_1 = t_0 + \Delta t = 26.0^\circ C$$

$$\frac{dU_2(t_i)}{dt} = 0.0230 mV/min$$

$$q_c = \frac{U_{铂}}{2Fr} = \frac{(18.0080 + 18.0093)^2}{2 \times (9.0mm)^2 \times 55.208\Omega \times 2} = 181 W/m^2$$

~~$181 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$~~ $0.189 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$

~~$3.17 \times 10^3 J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$~~ $1.58 \times 10^3 J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$

清华大学实验报告

系别 _____ 班号 _____ 姓名 203302 (同组姓名 _____)

作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

$\phi = 3.5 \text{ mm}$ $y = 11.8 \text{ mm}$ $B = 11.5 \text{ mT}$ $d = 3 \mu\text{m}$

i	I/mA	U_1/mV	U_2/mV	U_3/mV	U_4/mV	U/mV
1	2.00	65.8	65.7	66.8	66.7	66.3
2	3.00	68.5	-68.4	70.0	-67.9	67.2
3	4.00	91.2	-91.1	93.2	-93.1	92.2
4	5.00	114.0	-114.01	116.6	-116.4	115.2
5	6.00	136.9	-136.7	139.9	-139.7	138.3
6	7.00	159.7	-159.4	163.1	-162.8	161.2
7	8.00	182.4	-182.1	186.4	-186.0	184.2

拟合方程 $U = 22.99 I + 0.2643$, $r = 0.9999995$, $k = 22.99 \text{ V/A}$

$$K_H = \frac{k}{B} = 199.6 \text{ m}^2/\text{G}$$

$$P_H = \frac{k d}{B} = 5.987 \times 10^{-10} \text{ m}^3/\text{G}$$

$$n = \frac{B}{k d e} = 1.044 \times 10^{22} \text{ m}^{-3}$$

①

(2) $I_H = 5.00 \text{ mA}$ $B = \frac{U_H}{K_H I_H}$

i	I_m / mA	U_1 / mV	U_2 / mV	U_3 / mV	U_4 / mV	U_H / mV	B / mT
1	50	10.3	-10.2	12.7	-12.6	11.4	11.4
2	100	21.6	-21.5	24.3	-24.2	22.9	22.9
3	150	33.0	-32.9	35.7	-35.6	34.3	34.4
4	200	44.6	-44.6	47.4	-47.3	46.0	46.1
5	250	56.2	-56.1	58.8	-58.7	57.4	57.5
6	300	67.6	-67.5	70.3	-70.2	68.9	69.0
7	350	79.2	-79.1	81.9	-81.7	80.5	80.7
8	400	90.6	-90.5	93.2	-93.0	91.8	92.0
9	500	113.4	-113.2	116.2	-116.0	114.7	114.9
10	600	136.3	-136.1	139.2	-139.0	137.7	138.0
11	700	159.1	-158.9	161.8	-161.5	160.3	160.6
12	800	181.7	-181.4	184.7	-184.4	183.0	183.4

(3) $I_{ED} = 1.50 \text{ mA}$ AB 2888

i	I_m / mA	B / mT	U_{ED} / mV	R	R / Ω	$\Delta R / R(0)$
1	50	11.4	0.6609	0.6621	481	0.009
2	100	22.9	0.6804	0.6770	452	0.034
3	150	34.4	0.7049	0.708	468	0.071
4	200	46.1	0.7361	0.7332	489	0.119
5	250	57.5	0.7721	0.7697	513	0.174
6	300	69.0	0.8135	0.8107	540	0.236
7	350	80.7		0.8521	568	0.300
8	400	92.0		0.8926	595	0.362
9	500	114.9		0.9514	634	0.458
10	600	138.0		0.975	660	0.510
11	700	160.6		1.0229	682	0.561
12	800	183.4		1.0553	704	0.611
13	1000	229.2	0.6590	1.1151	742	0.698
	0	0	0.6561	0.6561	437	0.698

清华大学实验报告

系别 _____ 班号 A1-1 姓名 孙淑凡 (同组姓名 _____)
 作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

$f_0 = 40.35 \text{ kHz}$

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x/mm	59.41	67.98	76.42	85.04	93.77	102.28	110.57	118.84	127.40	135.80

取 $d_1 = 2$ 乘 i 的 mm . $\bar{\lambda} = 8.492 \text{ mm}$

$\gamma = \dots$

$$\frac{S_1}{\lambda} = \sqrt{\frac{n^2 - 1}{n - 2}} \Rightarrow S_1 = 0.018 \text{ mm}$$

$$\Delta \lambda = t_p(8) \cdot S_1 = 2.31 S_1 = 0.05 \text{ mm}$$

$$\lambda = (8.49 \pm 0.05) \text{ mm}$$

$$f = (40.35 \pm 0.01) \text{ kHz}$$

$$v = \lambda f \Rightarrow \bar{v} = 343 \text{ m/s}$$

$$\Delta v = \sqrt{\left(\Delta f \cdot \lambda\right)^2 + \left(f \cdot \Delta \lambda\right)^2} \Rightarrow \Delta v = 2 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow v = (343 \pm 2) \text{ m/s}$$

△首位较小(1, 2)时
应取两位有效位数.

$$\text{理论值 } v = 331.5 \sqrt{\left(1 + \frac{t}{T_0}\right) \left(1 + 0.31 \frac{p_0}{p}\right)}$$

$$T = 21.3^\circ\text{C} \quad r = 20\% \quad p_0 = 0.0256 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$v_{\text{理}} = 344 \text{ m/s}$$

$$\text{相对误差} = \frac{v_{\text{实}} - v_{\text{理}}}{v_{\text{理}}} = 3 \times 10^{-3}$$

3. 实验

电流计型号 _____, 编号 22。

1. 观察电流计的阻尼运动特性

电流计外临界电阻 $R_c = 10400 \Omega$ (自测值)

$R_2 (\Omega)$	阻尼运动的特点	光标自最大偏转处至最后停在零点位置处所需的时间 (s)
约 $10R_c$	欠阻尼, 振荡	20
约 R_c	临界阻尼, 快速稳定	2
约 $0.1R_c$	过阻尼, 较慢趋于稳定	15

2. 测电流计的内阻 R_g

电压表量程 3 V, 准确度等级 0.5, 分度值 0.02 V, 电阻箱准确度等级 0.1, $R_0 = 1000 \Omega$ 。

1. 方法一, 半偏法

测次	U (V)	$R_1 (\Omega)$	$R_2=0$ 时 d (分度)	偏 $d/2$ 时 $R_2 (\Omega)$	调偏 2 分度时对应的 $\Delta R'$ (Ω)
1	2.800	9470.0	60.0	153.0	24.0
2	2.800	9470.0	60.0	149.0	20.0
3	2.800	9470.0	60.0	150.0	20.0
4	2.800	9470.0	60.0	151.0	21.0
5	2.800	9470.0	60.0	150.0	20.0
6	2.800	9470.0	60.0	153.0	23.0

$$R_g = \overline{R_2} - R_0 = 150.0 \Omega$$

$$\Delta R_2 = 1.7 \Omega$$

$$\Delta_1 = 0.1 \Delta R' = 2.2 \Omega$$

$$\Delta_2 = \frac{\sqrt{2} R_g \times 0.2 \times 0.02}{2.80} \approx 0.31 \Omega$$

$$\Delta_3 = 0.1\% \times R_2 = 0.005 (N+1)$$

$$R_2 = 151.0 \Omega, N \neq 0$$

$$\Delta_3 = 0.51 \Omega$$

$$\Delta R_g = \sqrt{\left(\frac{0.02}{\sqrt{2}} \Delta R_2\right)^2 + \Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2} = 2.9 \Omega$$

$$R_g = (150.0 \pm 2.9) \Omega$$

2. 方法二, 全偏法

测次	U (V)	R ₁ (Ω)	R ₂ =0 时 d (分度)	R _{1/2} (Ω)	R ₂ (Ω)	调偏 2 分度时对应的 ΔR' (Ω)
1	2.800	9420.0	60.0	4710.0	148.0	10.0

$$R_g = R_2 - R_0 = 147.0 \Omega$$

3. 测电流分度值 C_I

测次	U (V)	R ₁ (Ω)	R ₂ (Ω)	d (分度)		I _g (A)	C _I (A/分度)	
				左	右		左	右
1	2.820	1194.0	1040.0	59.2	60.0	1.98 × 10 ⁻⁶	3.36 × 10 ⁻⁸	3.30 × 10 ⁻⁸
2	2.830	1800.0	1040.0	39.8	60.0	1.32 × 10 ⁻⁶	3.32 × 10 ⁻⁸	3.30 × 10 ⁻⁸
3	2.830	3571.0	1040.0	19.9	20.0	6.61 × 10 ⁻⁷	3.32 × 10 ⁻⁸	3.30 × 10 ⁻⁸

修正阻值 2. 右:

$$\Delta u = U_m \cdot K\% = 0.015 \text{ V}$$

$$U = 2.830 \text{ V}$$

$$\Delta R_g = 2.9 \Omega$$

$$R_g + R_2 = 1191.0 \Omega$$

$$\Delta d = 0.5$$

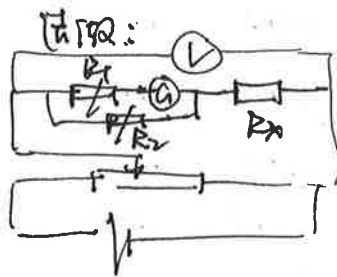
$$d = 60.0$$

$$\frac{\Delta R_0}{R_0} = 1.7\%$$

$$\frac{\Delta C_I}{C_I} = \sqrt{\left(\frac{\Delta U}{U}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_g}{R_g + R_2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_0}{R_2}\right)^2}$$

$$\Delta C_I = 0.06 \times 10^{-8} \text{ A/分度}$$

$$\Rightarrow C_I = (3.30 \pm 0.06) \times 10^{-8} \text{ (A/分度)}$$



$$R_1 = 1040.0 \Omega$$

$$R_2 = 1087.0 \Omega$$

$$d = 59.2 \Rightarrow I_g = 4.78 \times 10^{-6} \text{ A}$$

$$U = 2.25 \text{ V}$$

$$R_{01} = \frac{U}{\frac{I_g \cdot (R_1 + R_g)}{R_2} + I_g} = \frac{(R_1 + R_g) R_2}{R_1 + R_g + R_2}$$

$$= \frac{U R_2}{I_g (R_1 + R_g + R_2)} = \frac{(R_1 + R_g) R_2}{R_1 + R_g + R_2}$$

$$= 1.11 \times 10^6 \text{ M} \Omega$$

对测量结果不确定度估计的一点建议 (供参考)

- 直接测量结果的不确定度
 - 单次测量：综合考虑仪器误差、操作带来的误差、被测数据本身波动范围来确定。
 - 多次测量：由平均值的标准差以及仪器误差估计。
- ◇ 从给定的曲线上读数据，根据坐标的分度估计不确定度。
- ◇ 从拟合图线上读数据，要综合考虑拟合的误差、数据点间隔、图纸分度来估计不确定度。
- ◇ 仪器误差，如果没有特别指明，一般取最小分度（数字表则是最末位1个字）。
- 间接测量结果的不确定度，根据误差传递公式，合成各直接测量量的不确定度，有时可能要考虑把测量方法带来的不确定度（如，平衡电桥测电阻时电桥灵敏度的影响）也加以合成。有些直接测量不确定度对结果不确定度贡献较小，可酌情忽略，以简化计算。

● 线性拟合以及拟合参数

最小二乘法：

取相对精度高的变量作为 x 变量 (即 $x_{\min} < x < x_{\max}$), 按 $y = kx + b$ 拟合。

最优直线判据：y 变量残差平方和最小
得到：

$$k = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{x^2 - (\bar{x})^2}$$

$$b = \bar{y} - k\bar{x}$$

拟合参数的误差：以下仅供参考。

一般情况下：

$$\Delta k = \sigma \sqrt{\frac{1}{nx^2 - n(\bar{x})^2}}$$

$$\Delta b = \Delta k \cdot \sqrt{x^2} = \sigma \sqrt{\frac{x^2}{nx^2 - n(\bar{x})^2}}$$

其中 σ 有几个来源：1) y 的残差 ($\varepsilon_i \equiv y_i - b - kx_i$) (表征测量数据对最佳拟合线的偏离)；

2) y 的测量不确定度 σ_y (由测量条件和仪器决定)；3) x 的测量不确定度 σ_x 。合成得到：

$$\sigma = \sqrt{\frac{y \text{ 的残差平方和}}{n-2} + \sigma_y^2 + (k\sigma_x)^2} = \sqrt{\left(k \cdot \sqrt{\frac{1/r^2 - 1}{n-2}} \cdot \sqrt{nx^2 - n(\bar{x})^2} \right)^2 + \sigma_y^2 + (k\sigma_x)^2}$$

简便做法：取相对精度高的变量作为 x 变量 ($y = kx + b$)，估计误差时，仅需考虑 y 变量的测量误差 (例如，当 x 的误差与 y 的误差相比小于或等于 1/10 时，可以忽略 x 的误差)，此时可以用《新编...》中的公式 (8.19) 利用线性相关系数来计算斜率的不确定度

$$\frac{\sigma_k}{k} = \sqrt{\frac{1/r^2 - 1}{n-2}}, \text{ 以及截距的不确定度 } \sigma_b = \sigma_k \sqrt{x^2}.$$

作图法：为保证求斜率精度，图纸的大小和坐标轴分度的选取要合适。作一条最优拟合线，其斜率和截距即为最佳估值。再作一条极限拟合线 (若有误差杆要考虑误差杆覆盖范围)。两斜率之差即为斜率不确定度，截距之差即为截距不确定度。

bas
29229210

203220

A1-1 ?

练习题

1. 指出下列各数是几位有效数字。

- (1) 0.0001: 1
- (2) 0.0100: 3
- (3) 1.0000: 5
- (4) 980.12300: 8
- (5) 1.35: 3
- (6) 0.0135: 3
- (7) 0.173: 3
- (8) 0.0001730: 4

2. 改正下列错误, 写出正确答案。

- (1) 0.10830 的有效数字为 5 位。
- (2) $P = 31690 \pm 200 \text{kg}$. $(3.169 \pm 0.020) \times 10^4 \text{kg}$
- (3) $d = 10.430 \pm 0.32 \text{cm}$. $(10.43 \pm 0.32) \text{cm}$
- (4) $t = 18.5476 \pm 0.3123 \text{cm}$. $(18.55 \pm 0.31) \text{cm}$
- (5) $D = 18.652 \pm 1.4 \text{cm}$. $(18.6 \pm 1.4) \text{cm}$
- (6) $h = 27.300 \times 10^4 \pm 2000 \text{km}$. $(27.30 \pm 0.20) \times 10^5 \text{km}$
- (7) $R = 6371 \text{km} = 6371000 \text{m} = 637100000 \text{cm}$.

3. 利用单摆测重力加速度 g , 当摆角很小时有 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 的关系。式中 l 为摆长, T 为周期, 它们的测量结果分别为 $l = 97.69 \pm 0.03 \text{cm}$, $T = 1.9842 \pm 0.0005 \text{s}$, 求重力加速度及其不确定度。

$$g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2} = 979.6 \text{cm/s}^2$$

$$\frac{\Delta g}{g} = \sqrt{\left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2 + \left(2\frac{\Delta T}{T}\right)^2} \Rightarrow \Delta g = 0.58 = 0.6 \text{cm/s}^2$$

$$g = (979.6 \pm 0.6) \text{cm/s}^2$$

4. 选择题或填空题

(1) 设下列各式等号前的各个数是某些测量中直接测量结果的量值, 等号后的数是相应的间接测量结果的量值, 从参与运算的各量的有效数字来判断, 哪些题的结果有效位数是明显不合理的, 写出它们的题号。

- A. $35.780 + 2.4 = 38.2$
- B. $92.5 - 88.330 = 4.1700$
- C. $6.40 \div 8.0000 = 0.800$
- D. $(0.729)^{1/3} = 0.9$ (1/3 为精确数)

[BD]

(2) 设下列各式等号前的各个数是某些测量中直接测量结果的量值, 等号后的数是相应的间接测量结果的量值, 从参与运算的量的有效数字来判断, 哪些题的结果有效位数基本是合理的, 写出它们的题号。

- A. $92.5 - 88.330 = 4.170$
- B. $(0.9801)^{1/2} = 0.9900$
- C. $0.99 \times 2.000 = 2$
- D. $125.0 + 0.1234 = 125.1$

[BD]

(3) 对某一被测量进行测量时, 下列各例中哪些因素可能使测量结果主要产生系统误差 [BCD], 哪些因素可能使测量结果主要产生随机误差 [AEH]

- A. 螺旋测微计微分套筒圆周上的刻线 (50 格) 和固定套筒上纵刻线不在同一曲面上, 读数时有一定的视差;
- B. 磁电式电压表放置在离其它铁磁体很近的地方, 使内部磁场变弱且不均匀, 对电压测量的影响;
- C. 天平的左右臂臂长不等, 对质量测量的影响;
- D. 电流表的零点(位)不对, 但在测量结果中已扣除了零位影响;
- E. 望远镜未调消视差, 对瞄准和读数的影响;
- F. 水银温度计的玻璃毛细管各处粗细不匀而产生的示值误差分量;
- G. 在海拔高、重力加速度小的地区使用水银气压计测大气压, 已作重力加速度修正;
- H. 对某种测量, 读数时要估读到最小分度(格)的 1/10, 而估读不准, 可能产生的误差。

7. 直线拟合题: 用最小二乘法直线拟合 $y = a + bx$ 对以下一组实验数据进行处理, a, b, r , 并写出拟合公式。

x_i	24.1	31.0	39.1	46.0	53.0	59.8	66.1	72.7
y_i	20.34	20.91	21.58	22.15	22.73	23.27	23.80	24.32

$$y = 8.202 \times 10^{-2} x + 18.37$$

$$r = 0.9999804628$$

$$b = (8.20 \pm 0.06) \times 10^{-2}$$

$$\frac{\Delta b}{b} = \sqrt{\frac{1}{n-2}} \Rightarrow \Delta b = 2.1 \times 10^{-4}, \Delta b = \rho(b) \cdot \Delta b = 0.6 \times 10^{-6}$$

$$\Delta a = \sqrt{\sum x_i^2} \cdot \Delta b = 1.6 \times 10^{-2}, \Delta a = \rho(a) \cdot \Delta a = 2.7 \times 10^{-2}, a = (18.370 \pm 0.027)$$

测定液氮的汽化热

实验器材：数字温度计 1 台，电子天平（标准砝码两人或三人共用）1 台，量热器 1 只（内筒和搅拌器材料相同，其材料为铜），实验室环境下的铝样品 1 个（栓有细线，并配有小竹棒。如遇实验反复，还需要样品时，请向老师索取），停表 1 只，装有液氮的小杜瓦瓶 1 只，冷水，热水，卷尺（可用于测量杜瓦瓶中液氮液面到瓶口的距离，也可不用），小毛巾，坐标纸一张（处理数据时，如需要可以使用）。

已知：铝在 $20-30^{\circ}\text{C}$ 的平均比热容 $c_{Al} = 0.897 \times 10^3 \text{ J/Kg}\cdot\text{k}$;

铜的比热容 $c_{Cu} = 0.389 \times 10^3 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$

水的比热容 $c_0 = 4.18 \times 10^3 \text{ J/Kg}\cdot\text{k}$ 。

任务：测定液氮的汽化热

拟定实验方案，包括：

- (1) 写出必要的实验原理公式、实验方法和条件；
- (2) 写出操作要点；
- (3) 列出原始数据；
- (4) 给出数据处理方法和实验结果；给出结果不确定度计算公式并指出影响实验结果的主要误差来源。

提示：请注意观察铝样品在放入小杜瓦瓶后的实验现象：放入样品时刻，瓶内液氮沸腾，并冒白烟，随后慢慢趋于平息。约 1 分多钟后又听见瓶内有沸腾声，随之有一股白烟冒出，冒白烟时刻铝样品与液氮达到热平衡，接着瓶内恢复平静。

清华大学实验报告

B219

系别 _____ 班号 B2-9 姓名 杨然 (同组姓名 _____)

作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

$U_0 = 0.59 \text{ mV}$
 $U_{mv} = 127.84$
 ~~$U_{mv} = 127.55$~~

$P_0 = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$
 $t = 20.8^\circ\text{C}$

$K_p = 127.25 \text{ (mV/Pa)}$
 ~~$K_p = 127.55$~~

思考题: 不可行。
 外部气体绝热
 绝热过程
 外部气体
 绝不可测。

表-1

次数	视读数 (mV)						计算值			
	I		II		III		P (Pa)			
	U_{p1}	U_{T0}	U_{p2}	U_{T0}	U_{p3}	U_{T0}	P_0	P_1	P_2	
1	3.59	2080	0.59	2075	1.31	2074	1.0000	1.02357 56	1.0056 58	1.3195
2	3.53	2084	0.59	2070	1.24	2078	1.0000	1.02310 41	1.0051 58	1.2871
3	2.71	2085	0.59	2078	1.04	2077	1.0000	1.0160 60	1.0035 36	1.2717
4	3.79	2084	0.57	2072	1.25	2073	0.9998 43	1.0220 84	1.0051 87	1.3213
5	4.01	2087	0.57	2075	1.39	2090	1.0000	1.0228 76	1.0062 87	1.3090
6	3.09	2089	0.64	2077	1.20	2089	1.0003 93	1.0195 88	1.0047 94	1.3007
7										
8										
9										
10										

理论可行
 公式成立
 装置不密封

$Y = (1.32 \pm 0.020)$

杨复然 · B219.

电流计型号 光点反射式检流计 编号 9。

1. 观察电流计的阻尼运动特性

电流计外临界电阻 $R_c = 850 \Omega$ (自测值)

$R_2 (\Omega)$	阻尼运动的特点	光标自最大偏转处至最后停在零点位置处所需的时间 (s)
约 $10R_c$	往返摆动, 振幅逐渐变小	21.51
约 R_c	快速回到零点, 不摆动	2.62
约 $0.1R_c$	慢速回到零点, 不摆动	20.86

2. 测电流计的内阻 R_g

电压表量程 3 V, 准确度等级 0.1级, 分度值 0.02 V, 电阻箱准确度等级

0.1级 $R_0 = 10000 \Omega$ 。

1. 方法一, 半偏法

测次	U (V) 1格	$R_1 (\Omega)$	$R_2=0$ 时 d (分度)	偏 $d/2$ 时 $R_2 (\Omega)$	调偏 2 分度时对应的 $\Delta R'$ (Ω)
14.6 ¹	2.920	9320.0	50.0	155.0	24.0
14.0 ²	2.804	9030	50	155	28
14.2 ³	2.858	9180	50	155	28
14.1 ⁴	2.832	9100	50	155	28
13.8 ⁵	2.764	8870	50	155	28
13.5 ⁶	2.718	8700	50	156	28

$$\bar{R}_2 = 155.1667 \Omega$$

$$\Delta R_2 = 0.43 \Omega$$

$$\Rightarrow \Delta R_g = 4.2$$

$$\therefore R_g = (155.2 \pm 4.2) \Omega$$

$$R_g = \bar{R}_2 - R_0$$

2. 方法二, 全偏法

测次	U (V)	R ₁ (Ω)	R ₂ =0 时 d (分度)	R ₁ /2 (Ω)	R ₂ (Ω)	调偏 2 分度时对应的 ΔR' (Ω)
1	2.716	7130	60.0	3565	150	11

$$R_g = R_2 - R_0 = 150.0 - 1.00 = 149.0 \Omega$$

3. 测电流分度值 C_I

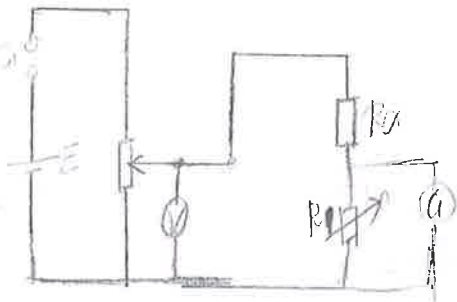
测次	U (V)	R ₁ (Ω)	R ₂ (Ω)	d (分度)		I _g (A)	C _I (A/分度)	
				左	右		左	右
1	2.716	3565	150	60.0	59.1	2.489 × 10 ⁻⁶	4.1483 × 10 ⁻⁸	4.2115 × 10 ⁻⁸
2	2.718	5390	150	40.0	39.0	1.648 × 10 ⁻⁶	4.1200 × 10 ⁻⁸	4.2251 × 10 ⁻⁸
3	2.778	10900	150	20.0	19.0	0.8148 × 10 ⁻⁶	4.0748 × 10 ⁻⁸	4.2884 × 10 ⁻⁸

$$\Rightarrow \bar{C}_I = 4.1780 \times 10^{-8} \text{ (A/分度)}$$

$$\Delta C_I = 0.082 \times 10^{-8} \text{ (A/分度)}$$

$$\therefore C_I = (4.178 \pm 0.082) \times 10^{-8} \text{ (A/分度)}$$

4.



R₁ = 900 Ω

$$U_{R2} = U - I_{R2} R_g \quad I_{R2} = I_g \left(1 + \frac{R_g}{R_1} \right)$$

测次	U (V)	I _g (μA)	d (分度)	R ₁ (Ω)	U _{R2} (V)	I _{R2} (μA)	R _x (MΩ)
	2.724	198.87	47.6	900	2.7237	2.7237	1.1682
	2.418	177.98	42.6	900	2.4177	2.4177	1.1586
	2.204	155.84	37.3	900	2.2038	2.2038	1.2062
	1.996	145.39	34.8	900	1.9958	1.9958	1.1708
	1.798	127.85	30.6	1000	1.7978	1.4769	1.2173
	1.502	110.72	26.5	1000	1.5018	1.2790	1.1742
	1.164	86.48	20.7	1000	1.1639	0.9990	1.1651
	0.598	44.29	10.6	1000	0.5979	0.5116	1.1687

$$\Rightarrow U_{R2} = 1.1707 I_{R2} + 0.001251, \quad r = 0.9987$$

$$\Rightarrow R_x = 1.1707 \text{ M}\Omega$$

清华大学实验报告 $B_2 19$ 系别 _____ 班号 _____ 姓名 邢浩然 (同组姓名 _____)

作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

$$R_{\text{总}} = 14.972 \times (1 + 4.294 \times 10^{-3} \cdot t) \quad \Omega$$

$$E = \frac{(1+0)^2}{1000} = 2.3756 \text{ V}$$

$$R = 1497 \Omega$$

经测试: ~~1490~~ $C = 0.01$

表-1 温度-电压记录表

①	t (°C)	18.41	24.50	29.04	35.43	40.28	45.37	49.45	55.68	60.00	65.18	69.93	74.30	80.38
	$U_{\text{总}}$ (mV)	1.84	2.46	2.98	3.56	4.05	4.56	4.96	5.59	6.02	6.53	7.00	7.43	8.03
②	$\frac{\Delta U}{\Delta t}$ (mV/°C)	0.001	0.001	0.0016	0.0017	0.0022	0.0023	0.0015	0.0022	0.0020	0.0012	0.0007	0.0000	0.0008
	$U_{\text{总}}$ (mV)													
③	t (°C)													
	$U_{\text{总}}$ (mV)													
④	t (°C)													
	$U_{\text{总}}$ (mV)													

$$U_{\text{总}} = 0.09985t + 0.01946$$

$$r = 0.999988$$

$$\Delta U_{\text{总}}_{\text{max}} = 0.0023 \text{ mV}$$

$$(\Delta t)_{\text{max}} = \text{~~0.23~~ } 0.23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$U_{\text{总}} = 5.000 \text{ mV}$$

$$t_{\text{总}} = 49.88 \text{ } ^\circ\text{C}$$

清华大学实验报告

B2 19.

系别 _____ 班号 _____ 姓名 杨真然 (同组姓名 _____)

作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

① 测热电偶电阻

$R_{铜} = 3.325 \Omega$

$R_{铂} = 3.650 \Omega$

$R_{铂} = 4.475 \Omega$

$R_{铂} = 2.440 \Omega$

材料: 铜-康铜

室温: 19.2°C

加热器: $\frac{I}{S} = 55.156 \text{ A/cm}^2$

$U_{加热器} = 17.9970 \text{ V}$

$U_{加热器} = ~~17.9870~~
17.9885 \text{ V}$

②

表1 $U_{t1}, U_{t2} - Z$ 关系

$Z(\text{mm})$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{t1}(\text{mV})$	0.013	0.016	0.024	0.037	0.056	0.077	0.101	0.124	0.148	0.171
$U_{t2}(\text{mV})$	-0.003	0.115	0.147	0.165	0.176	0.183	0.188	0.189	0.190	0.191
$t_1 - t_2(\text{K})$	0.325	0.400	0.600	0.925	1.400	1.925	2.525	3.100	3.700	4.275
$Z(\text{mm})$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$U_{t1}(\text{mV})$	0.195	0.219	0.242	0.266	0.290	0.313	0.337	0.360	0.385	0.409
$U_{t2}(\text{mV})$	0.190	0.190	0.190	0.191	0.190	0.190	0.190	0.190	0.191	0.190
$t_1 - t_2(\text{K})$	4.875	5.475	6.050	6.650	7.250	7.825	8.425	9.000	9.625	10.225
$Z(\text{mm})$	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
$U_{t1}(\text{mV})$	0.432	0.455	0.479	0.501	0.524	0.546	0.568	0.589	0.611	0.633
$U_{t2}(\text{mV})$	0.191	0.190	0.190	0.190	0.191	0.190	0.190	0.190	0.190	0.190
$t_1 - t_2(\text{K})$	10.800	11.375	11.975	12.525	13.100	13.650	14.200	14.725	15.275	15.825

$Z(\text{mm})$	30	31	32	33	34	35	36	37	38
$U(t)/\text{mV}$	0.655	0.677	0.698	0.719	0.740	0.761	0.782	0.801	0.820
$U(t)/Z(\text{mV})$	0.190	0.190	0.190	0.191	0.191	0.191	0.190	0.190	0.190
$(t_1 - t_0) (\text{K})$	16.575	16.925	17.450	17.975	18.500	19.025	19.550	20.025	20.500
$Z(\text{mm})$	39	40	41	42	43	45	46	47	48
$U(t)/\text{mV}$	0.841	0.861	0.880	0.898	0.918	0.945	0.973	0.992	1.010
$U(t)/Z(\text{mV})$	0.189	0.189	0.189	0.189	0.188	0.188	0.187	0.187	0.188
$(t_1 - t_0) (\text{K})$	21.025	21.525	22.000	22.450	22.950	23.875	24.325	24.800	25.250

$$t_1 - t_0 = (0.56427 Z_0 - 0.61863) \text{K}, \quad r = 0.9996.$$

$$\Delta t = 4.75 \text{K}, \quad R = 10 \text{mm}$$

$$\textcircled{2} \quad \underline{q_c = 181.18 \text{ J/(m}^2\text{s)}}.$$

$$\underline{\lambda = 0.19069 \text{ J/(ms}^2\text{K)}}.$$

$$\underline{c = 1.6106 \times 10^3 \text{ J/(kg}\cdot\text{T)}}.$$

N

1.6175

1.650

1.6125

1.600

1.575

1.550

1.525

1.500

1.475

1.450

1.425

1.400

1.375



三
 後院尾和面成圖

AT-1
 2017.8.17

25

20

15

10

5

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

110

120

130

140

150

160

170

180

190

200

210

220

230

240

250

260

270

280

290

300

310

320

330

340

350

360

370

380

390

400

410

420

430

440

450

460

470

480

490

500

510

520

530

540

550

560

570

580

590

600

610

620

630

640

650

660

670

680

690

700

710

720

730

740

750

760

770

780

790

800

810

820

830

840

850

860

870

880

890

900

910

920

930

940

950

960

970

980

990

1000

1010

1020

1030

1040

1050

1060

1070

1080

1090

1100

1110

1120

1130

1140

1150

1160

1170

1180

1190

1200

1210

1220

1230

1240

1250

1260

1270

1280

1290

1300

1310

1320

1330

1340

1350

1360

1370

1380

1390

1400

1410

1420

1430

1440

1450

1460

1470

1480

1490

1500

1510

1520

1530

1540

1550

1560

1570

1580

1590

1600

1610

1620

1630

1640

1650

1660

1670

1680

1690

1700

1710

1720

1730

1740

1750

1760

1770

1780

1790

1800

1810

1820

1830

1840

1850

1860

1870

1880

1890

1900

1910

1920

1930

1940

1950

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

2030

2040

2050

2060

2070

2080

2090

2100

2110

2120

2130

2140

2150

2160

2170

2180

2190

2200

2210

2220

2230

2240

2250

2260

2270

2280

2290

2300

2310

2320

2330

2340

2350

2360

2370

2380

2390

2400

2410

2420

2430

2440

2450

2460

2470

2480

2490

2500

2510

2520

2530

2540

2550

2560

2570

2580

2590

2600

2610

2620

2630

2640

2650

2660

2670

2680

2690

2700

2710

2720

2730

2740

2750

2760

2770

2780

2790

2800

2810

2820

2830

2840

2850

2860

2870

2880

2890

2900

2910

2920

2930

2940

2950

2960

2970

2980

2990

3000

3010

3020

3030

3040

3050

3060

3070

清华大学实验报告

系别 _____ 班号 _____ 姓名 郝然 (同组姓名 B2 19)

作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

1. $n = \frac{\sin(\frac{A+\delta}{2})}{\sin(\frac{A}{2})}$

$$\frac{\Delta n}{n} = \sqrt{\left(\frac{\partial(\ln n)}{\partial A} \cdot \Delta A\right)^2 + \left(\frac{\partial(\ln n)}{\partial \delta} \cdot \Delta \delta\right)^2} = \frac{1}{2} \sqrt{(\cot \frac{A}{2})^2 \Delta \delta^2 + [\cot(\frac{A+\delta}{2}) - \cot \frac{A}{2}]^2 \Delta A^2}$$

$$\Rightarrow \Delta n = \frac{\sin(\frac{A+\delta}{2})}{2 \sin(\frac{A}{2})} \sqrt{(\cot \frac{A}{2})^2 \Delta \delta^2 + [\cot(\frac{A+\delta}{2}) - \cot \frac{A}{2}]^2 \Delta A^2}$$

$\Delta A \cong \Delta \delta \cong 1' \cong \cancel{2.9 \times 10^{-4}} 2.9 \times 10^{-4} \text{ rad}$

$A \cong 60^\circ \quad \delta \cong 37.2^\circ \Rightarrow \Delta n \cong \cancel{4 \times 10^{-4}} 0.0004 ?$

2. 19号棱镜
 $A = 60^\circ 04'$
 $\Delta A = 1'$

表-1 最小偏向角记录

$\phi_{10} = 284^\circ 58'$
 $\phi_{20} = 104^\circ 53'$

$$n = \frac{\sin(\frac{A+\delta}{2})}{\sin(\frac{A}{2})}$$

$\lambda (\text{nm})$	ϕ_1	ϕ_2	$\delta_1 = \phi_1 - \phi_{10}$	$\delta_2 = \phi_2 - \phi_{20}$	$\delta = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2}$	$\frac{A+\delta}{2}$	n
447.1	231°35'	51°32'	53°23'	53°21'	53°22'	56°43'	1.6703
471.3	232°10'	52°05'	52°48'	52°48'	52°48'	56°26'	1.6648
492.2	232°35'	52°30'	52°23'	52°23'	52°23'	56°13'	1.6606
501.6	232°45'	52°40'	52°13'	52°13'	52°13'	56°13'	1.6592
587.6	233°53'	53°47'	51°55'	51°06'	51°05'30"	55°34'45"	1.6482
667.8	234°30'	54°26'	50°28'	50°27'	50°27'30"	55°15'45"	1.6419
706.6	234°47'	54°41'	50°11'	50°12'	50°11'30"	55°07'45"	1.6392

表-2 ~~自准法~~ 100A

方法 序号	自准法						干涉法					
	1		2		3		4		5		6	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
T ₁	337°08'	157°35'	217°14'	37°08'			29°51'	39°56'				
T ₂	217°13'	57°08'	337°08'	157°06'			34°03'	16°02'				
$\Phi_i = T_{1i} - T_{2i} $	60°05'	60°03'	60°06'	60°02'			60°03'	60°03'				
$\phi = \frac{1}{2}(\Phi_1 + \Phi_2)$	60°04'	60°04'					60°03'					

$$N^2 = A_0 + A_1 \lambda^2 + A_2 \lambda^{-2} + A_3 \lambda^{-4} + A_4 \lambda^{-6} + A_5 \lambda^{-8}$$

$$A_0 = 3.14646$$

$$A_3 = 71742569531.96$$

$$A_1 = -3.7359.4$$

$$A_4 = -9.035353 \times 10^5$$

$$A_2 = -246749.58$$

$$A_5 = 4.6167516 \times 10^2$$

平均色散: 0.01887

最大误差: 0.0003

色散率: 0.02911

C_{玻璃}: 656.3nm 1.64308

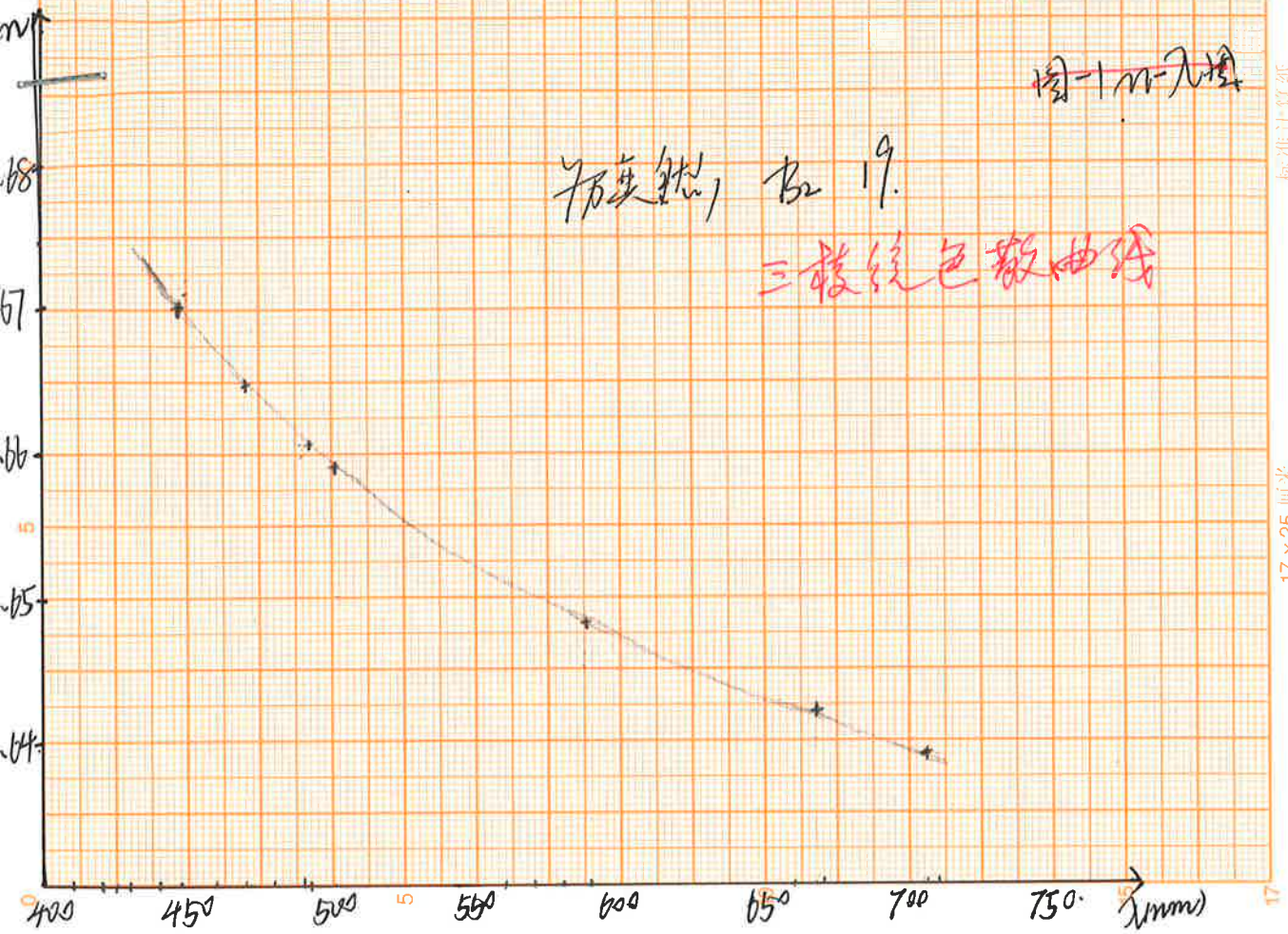
D_{玻璃}: 589.3nm 1.64836

F_{玻璃}: 486.1nm 1.66196

图-1 m-λ 图

7度线, 表 19.

三棱镜色散曲线



$\Delta x = 1'$

$\phi_{20} = 104^{\circ}53'$

λ (nm)	ϕ_1	ϕ_2	$\delta_1 = \phi_1 - \phi_{10}$	$\delta_2 = \phi_2 - \phi_{20}$	$\delta = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2}$	$\frac{A + \delta}{2}$	m
447.1	231°35'	51°32'	53°23'	53°21'	53°22'	56°43'	1.6703
471.3	232°10'	52°05'	52°48'	52°48'	52°48'	56°26'	1.6648
492.2	232°35'	52°30'	52°23'	52°23'	52°23'	56°13'	1.6606
501.6	232°45'	52°40'	52°13'	52°13'	52°13'	56°08'30"	1.6592
587.6	233°53'	53°47'	51°05'	51°06'	51°05'30"	55°34'45"	1.6482
667.8	234°30'	54°26'	50°28'	50°27'	50°27'30"	55°15'45"	1.6419
706.6	234°47'	54°41'	50°11'	50°12'	50°11'30"	55°07'45"	1.6392

用分光计测定双棱镜及光波波长

[实验仪器和用具]

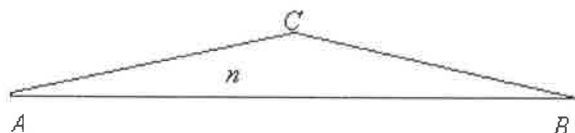
光学平台、磁性底座及支架、分光计、待测双棱镜、平面反射镜、半导体发光二极管及电源、读数显微镜、小黑纸片、草稿纸（两张）、台灯、手电筒。

[说明及注意事项]

- 1) 待测双棱镜嵌在一特制金属框内，棱脊方位可微调；
- 2) 半导体发光二极管电源电压已调好，只需打开电源开关即可使用，切记不要调节电源电压；
- 3) 如果半导体发光二极管过亮，可适当将其远离平行光管入射狭缝以减少入射光强；

[实验内容]

(一) 用分光计测定双棱镜的两个底角 A 和 B ：



1. 调节分光计和双棱镜

- (1) _____;
- (2) _____;
- (3) _____;
- (4) _____.

提示：双棱镜的放置可参照光栅，即令双棱镜位于螺丝 b_1b_2 连线的中垂面内，而螺丝 b_3 应在双棱镜面内。

2. 请编号描述望远镜中观察到的反射“十”像的数量和位置，并画光路图说明各反射像是怎样产生的？

- (1) 底面 AB 正对望远镜；
- (2) 棱脊 C 正对望远镜；

提示：可利用小黑纸片分别遮挡 AC 面和 BC 面的方法来判别各反射“十”像的反射面。

- (3) 请说明当棱脊 C 与分光计转轴近似平行时各反射“十”像的分布特点：_____

3. 用自准直法测定双棱镜的两个底角 A 和 B （各测量三次）

利用编号为_____和_____的反射“十”像测量底角 A ；
利用编号为_____和_____的反射“十”像测量底角 B ；

用望远镜分别对准各反射“十”像，记录左、右游标读数，并计算两反射像间的左、右游标差及平均值，从而测定双棱镜的两个底角。

测量角 A 数据表 I-1

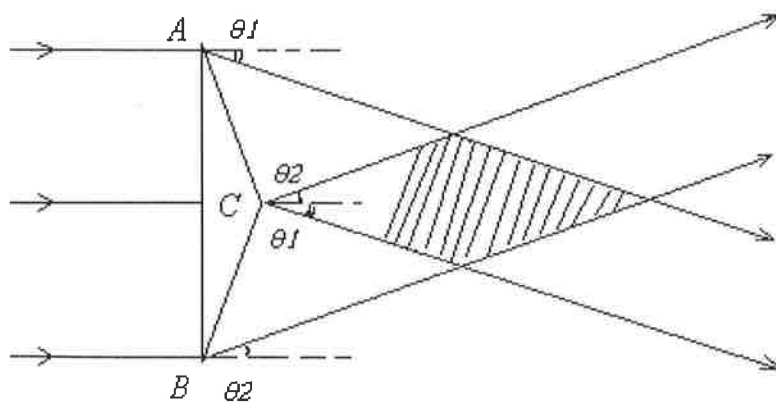
次数	左游标 $\theta'_{()}$ 及左游标差 $\varphi'_{()}$			右游标 $\theta''_{()}$ 及右游标差 $\varphi''_{()}$			$\varphi_A = (\varphi' + \varphi'')/2$	$A = 180^\circ - \varphi_A$
1								
2								
3								
平均								

测量角 B 数据表 I-2

次数	左游标 $\theta'_{()}$ 、 $\varphi'_{()}$			右游标 $\theta''_{()}$ 、 $\varphi''_{()}$			$\varphi_B = (\varphi' + \varphi'')/2$	$B = 180^\circ - \varphi_B$
1								
2								
3								
平均								

要求：以反射“十”像编号作为下角标记左、右游标 θ' 、 θ'' ，并以两个反射“十”像编号作为下角标记左、右游标差 φ' 、 φ'' ，填入下列数据表 I-1 和表 I-2 的第二行中。

(二) 在分光计上用双棱镜测定半导体发光二极管光波波长



单色平行光垂直入射到双棱镜，经折射产生两束相干的平行光，其夹角为 $(\theta_1 + \theta_2)$ 。这两束平行光在空间相遇（斜线区域）发生干涉。在干涉场垂直入射光方向可接收到明暗相间的直线条纹，条纹间距为：

$$\Delta x = \lambda / (\sin \theta_1 + \sin \theta_2) \quad (1-1)$$

当 θ_1 和 θ_2 很小时，有

$$\Delta x \approx \lambda / (\theta_1 + \theta_2) = \lambda / \theta, \quad (1-2)$$

其中 $\theta = \theta_1 + \theta_2$ 。

用半导体发光二极管作为光源照射平行光管入射狭缝产生平行光，用望远镜测出两束平行光的夹角 θ ，并用读数显微镜测出干涉条纹的间距 Δx ，即可测定半导体发光二极管的光波波长 λ 。

请详细列出你的实验步骤、调节方法、数据表格及测量结果（要求调出 20 条左右的清晰的干涉条纹， θ 和 Δx 各测三次）。

（三）计算双棱镜的折射率 n

推导平行光垂直入射双棱镜 AB 面时，两束平行光的夹角 θ 与两底角 A 、 B 的关系式，据此计算双棱镜的折射率 n 。

清华大学实验报告

第 19

系别 _____ 班号 _____ 姓名 周奕然 (同组姓名 _____)

作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

① $d_0 = -0.012 \text{ mm}$ 表-1 小球直径与管内径 $\rho = 98015 \text{ kg/m}^3$

i	1	2	3	4	5	6	平均	修正的平均	i	1	2	3	4
$d_i(\text{mm})$	1.027	1.026	1.028	1.030	1.029	1.028	1.028	1.040	管内	5.974	5.946	5.944	5.899
$D_i(\text{mm})$	1.225	1.223	1.226	1.225	1.225	1.224	1.225	1.237	平均	5.930	5.934	5.938	

$t_0 = 21.2^\circ\text{C}$

$H = 49.03 \text{ cm}$

$\rho = 98015 \text{ kg/m}^3$ $H = 27.28 \text{ cm}$ $v = \frac{H}{t}$ $v = \frac{H}{t}$ $\rho_0 = 961 \text{ kg/m}^3$

表-2 v, τ, η

i	1	2	3
$t(\text{s})$	67.94	66.04	66.75
$T(\text{s})$	47.53	47.59	47.56
$v(\text{m/s})$	4.015×10^{-3}	4.131×10^{-3}	4.087×10^{-3}
$V(\text{m/s})$	5.749×10^{-3}	5.132×10^{-3}	5.136×10^{-3}

$\bar{v} = 4.078 \times 10^{-3} \text{ m/s}$
 $\bar{v} = 5.136 \times 10^{-3} \text{ m/s}$
 $\bar{\rho}_0 = 0.102969 \text{ m}$
 $\bar{v} = 0.514 \times 10^{-3} \text{ m}$
 $\bar{R}_0 = 0.619 \times 10^{-3} \text{ m}$
 $\eta_{01} = 1.173 \text{ (Pa}\cdot\text{s)}$
 $\eta_{11} = 1.192 \text{ (Pa}\cdot\text{s)}$
 $\eta_{02} = 0.942051 \text{ (Pa}\cdot\text{s)}$
 $\eta_{12} = 0.943663 \text{ (Pa}\cdot\text{s)}$
 $\eta_{21} = 0.943663 \text{ (Pa}\cdot\text{s)}$
 $\eta_{22} = 0.940773 \text{ (Pa}\cdot\text{s)}$

$\eta_{\text{理}} = A e^{\frac{E}{RT}}$
 $= 0.9757 \text{ (Pa}\cdot\text{s)}$

② 表-3

$t(^\circ\text{C})$	22.2	26.5	31.0	35.0	42.2	48.0	52.1	55.1	58.8				
$\eta(\text{mPa}\cdot\text{s})$	92.9	71.6	48.5	39.0	24.5	17.2	13.6	12.0	10.1				

$r = 0.9992$

$\ln(\eta/\text{Pa}\cdot\text{s}) = \ln(A) + \frac{E}{R} \frac{1}{T} \cdot K^{-1}$

缺少的数据代入

$\Rightarrow \frac{E}{R} = \frac{E}{R} = 6024$

$\Rightarrow E = 6024 \text{ kJ} = 8.1317 \times 10^{-20} \text{ (J)}$

$\ln(A) = -20.49 \Rightarrow A = 1.2627 \text{ (Pa}\cdot\text{s)}$



$$\textcircled{3} \quad \rho_{\text{水}} = 997.948 \text{ kg/m}^3 \quad \eta_{\text{水}} = 0.9727 \text{ (mPa}\cdot\text{s)}$$

$$t_{\text{水}} = 216.12 \text{ s}$$

$$t_{\text{油}_1} = 421.90 \text{ s}$$

$$t_{\text{油}_2} = 303.94 \text{ s}$$

$$\rho_{\text{油}} = 780 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{\text{油}} = 7.8 \times 10^2$$

10 图 17-11 图

15 万 宝 宝 B2 19.

25

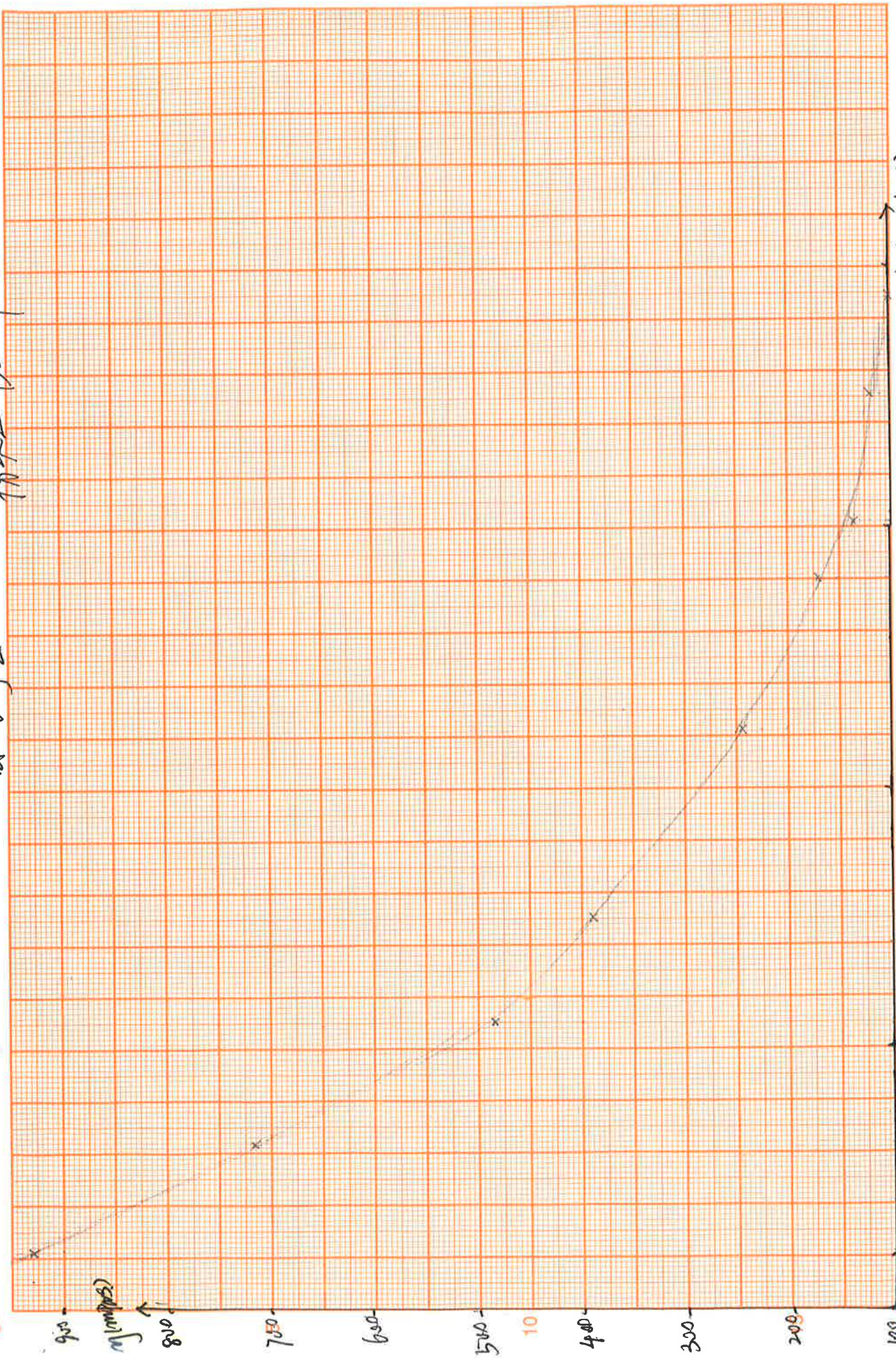
20

15

10

5

0



900

销售量 (销售量)

800

750

650

500

400

300

200

100

货号 1603 17x23x10

400

500

凌云纸品

600 益 196

答题纸 - 实验试题 1 - 弹性

姓名:

台号:

1/2

1(a)

$$b = x - x_0$$

$$x_0 = 12.80$$

$\frac{1}{2}$	x/cm	mg	$D/\mu m$	$\frac{D^2}{\mu m^2}$	$\frac{1}{m} / \mu g^{-1}$
		9.22			97.37
	20.00	(10.2)	7.60	57.8	85.76
	17.80	11.66	7.80	54.8	77.10
	19.60	12.97	7.70	51.8	70.18
	19.80	14.25	7.00	49.0	64.43
	19.20	15.52	6.80	46.2	59.77
	19.00	16.73	6.60	43.6	55.62
	18.80	17.98	6.40	41.0	51.80
	18.60	19.29	6.20	38.4	48.47
	18.40	20.63	6.00	36.0	46.66
	18.20	21.71	5.80	33.6	42.29
	18.00	23.37	5.60	31.4	40.40
	17.80	24.75	5.40	29.2	37.79
	17.60	24.66	5.20	27.0	34.95
	17.40	28.62	5.00	25.0	32.06
	17.20	31.19	4.80	23.0	

$$R_0^2 = \frac{kL^3}{2F}$$

$$F = mg$$

$$R_0 = \frac{D}{2}$$

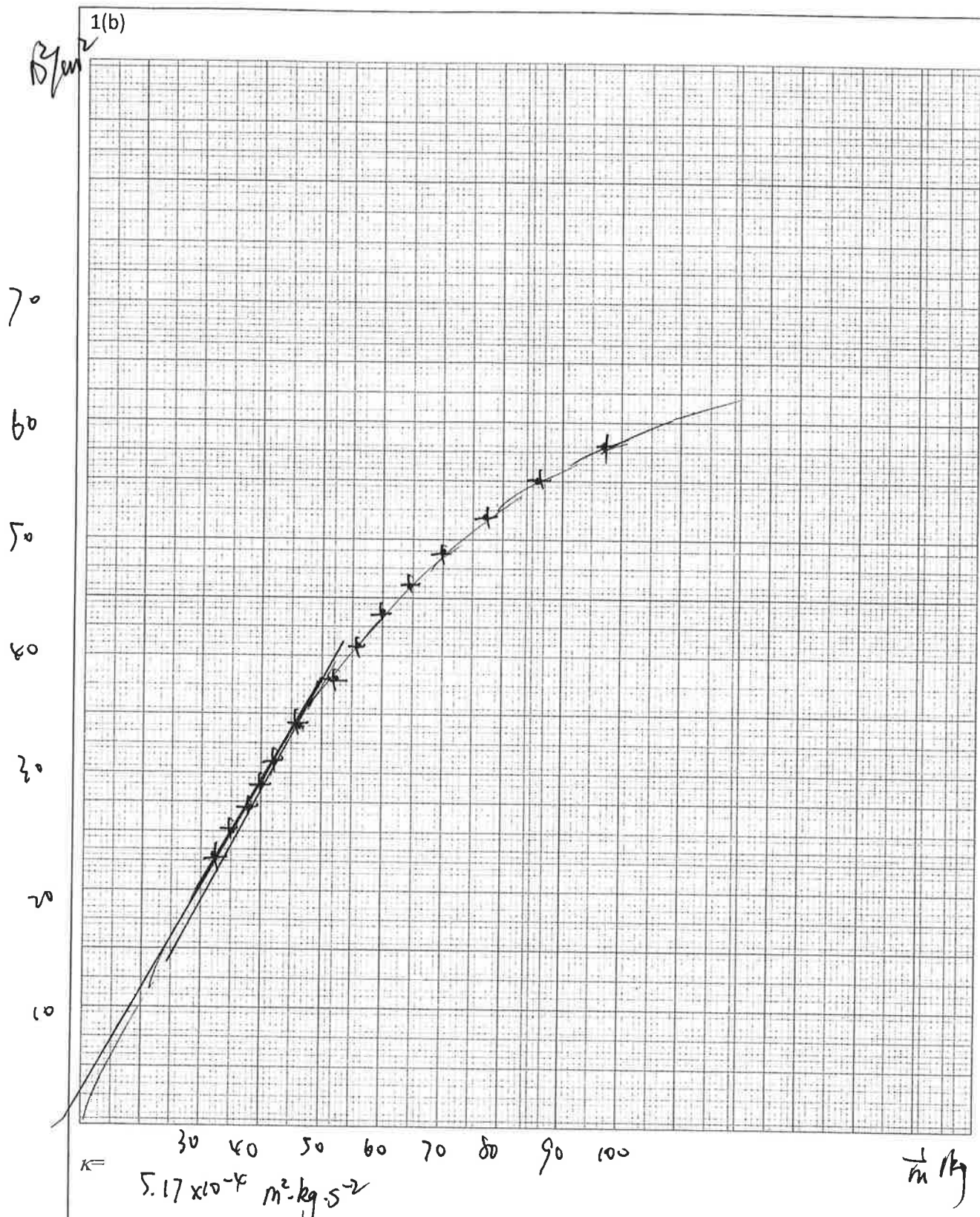
$$D^2 = \frac{2\pi kL^3}{g} \frac{1}{m}$$

$$L = \frac{21.05 \mu m}{\dots}$$

答题纸 - 实验试题 1 - 弹性

姓名:

台号:



$k = 5.17 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$

$\frac{R_0}{R_c} < 0.52$ 时田径场近似成立。

孙毅

2. 两种线路的对比研究

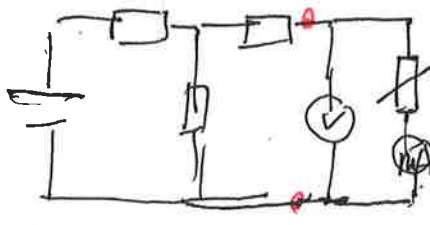
电流表准确度等级 1.5, 量程 $I_m =$ 5 mA, $R_I =$ 39.3 Ω , $\Delta_{R_I} =$ 0.6 Ω

电压表准确度等级 1.5, 量程 $U_m =$ 3 V 时, $R_V =$ 10.02k Ω , $\Delta_{R_V} =$ 0.15k Ω

量程 $U_m =$ 0.75 V 时, $R_V =$ 2.52k Ω , $\Delta_{R_V} =$ 0.04k Ω

		被测电阻约数	12k Ω	0.1k Ω
记录	a 接法 (电流表内接)	电压表量程 U_m (V)	3	0.75
		电压读数 U (V)	2.50 3.00	0.620
		电流读数 I (mA)	0.6 0.25	0.90
	b 接法 (电流表外接)	电压表量程 U_m (V)	3V	0.75
		电压读数 U (V)	3.00	0.150
		电流读数 I (mA)	0.55	0.90
计算	a 接法	$R = U/I - R_I$ (Ω)	12k	87.2
		Δ_R / R [按 (3.1.4 a) 式计算]	0.30	0.035
		简化计算误差 ($U/I - R$) (Ω)	39.3	39.3
	b 接法	$R = (1/U - 1/R_V)^{-1}$ (Ω)	12k	95.3
		Δ_R / R [按 (3.1.4 b) 式计算]	0.30	0.031 0.028
		简化计算误差 ($U/I - R$) (Ω)	-7k	-3.5
讨论	比较 ($U/I - R$), 说明简化处理时哪种方法好	a 接法	b 接法	
	比较 (Δ_R / R), 说明应用哪种接法好	a 接法	b 接法	

两接法差不多.



戴维南定理的实验验证：

要求：画出实际实验接线图，实验点分布均匀，测 6 组以上数据。
修正后作图。

电压测量值/V	电流测量值/mA	电流修正值/mA
0.85	4.70	4.78
1.08	3.80	3.91
1.28	3.00	3.13
1.50	2.16	2.31
1.70	1.36	1.53
1.94	0.40	0.60

~~$E_e = 2.00V$~~
 ~~$R_e = 25\Omega$~~
 ~~$r = -0.99998$~~
 $E_e = 2.10V$
 $R_e = 261\Omega$ ✓
 $r = -0.99998$

将可调电源输出电动势调成 E_e 的值，将示值为 R_e 的电阻箱和 E_e 串联，组成等效电路，测量负载电阻分别为 200Ω 、 $1k\Omega$ 时的电压、电流值。

负载电阻/ Ω	电压测/V	电流测/mA	电流修正/mA
200	1.69	1.78	1.95
1k	1.08 2.00	4.50 2.20	2.20 0.61

③ $E_e = 2.21V$ $\frac{\Delta E_e}{E_e} = 5.0\%$
 $R_e = 200\Omega$ $\frac{\Delta R_e}{R_e} = 13\%$



极星
同伏安特性

二极管

I/mA
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
-0.5

15
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
-2.0
-2.5
-3.0
-3.5
-4.0
-4.5
-5.0

3.0 2.5 2.0 1.5 1.0 0.5 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 U/V

0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 7.5 I/mA

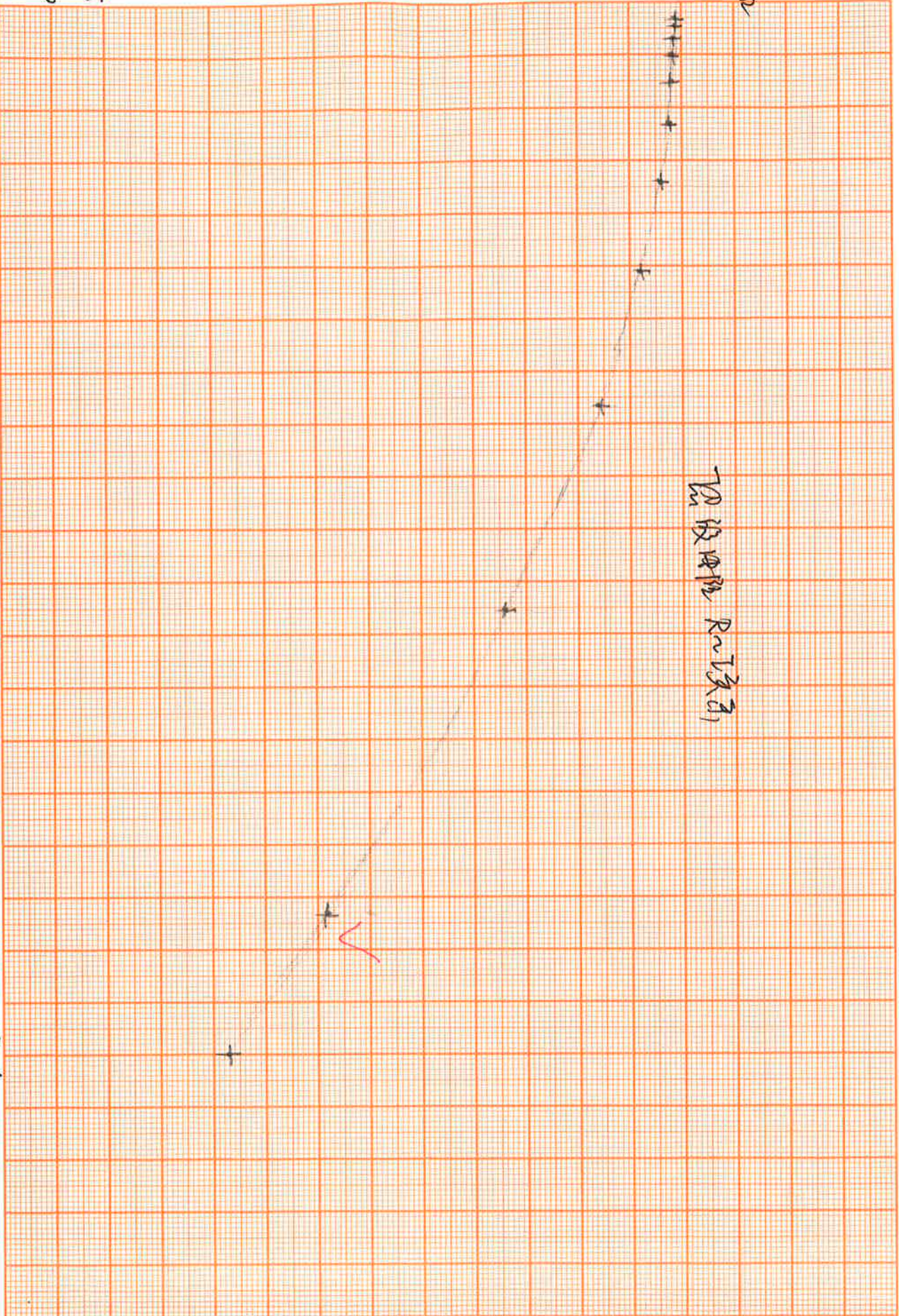
用铅笔作图

图2: 二极管
特性与 $I-U$ 关系

第三版
上海华设计院监制
标准计算纸
17 x 25 厘米

0 5 10 15 20 25

4.10
4.01
3.95
3.90
3.85
3.80
3.75
3.70
3.65
3.60
3.55
3.5



温度随时间变化

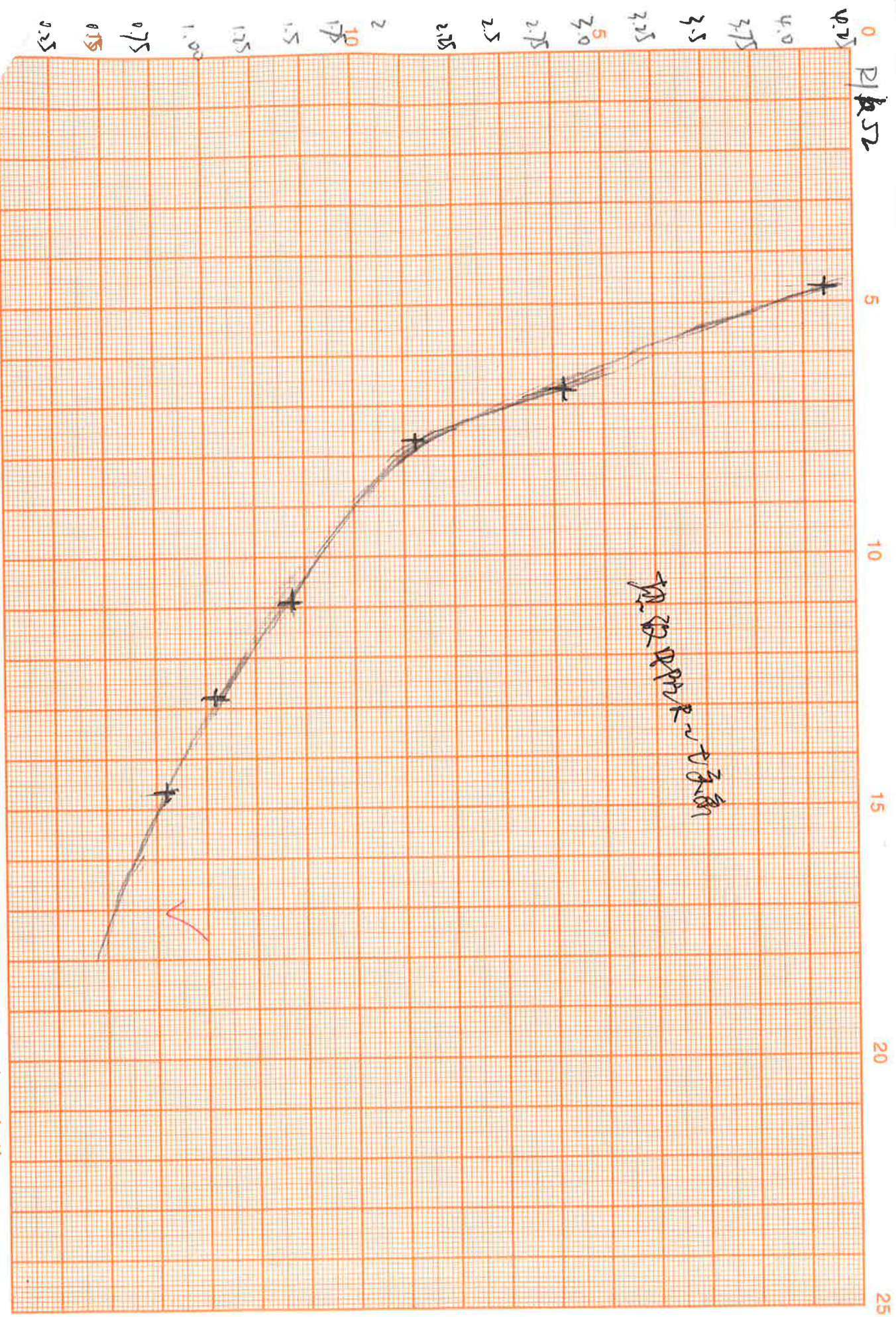
货号1603 17x28.5分

1.0

1.0

1.5

云纸品 益求精



1603 17 25 30 45 50 55 60 65 70 75 80 85
 精加纸品 精益求精

清华大学实验报告

系别 _____ 班号 A1 姓名 李博 (同组姓名 _____)
 作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

4. 计算

$m = 76.12g$ $R = 34.20mm$ $r = 14.81mm$

$m_1 = 110.77g$ $H_0 = 360.10mm$ $H_1 = 360.76mm$

表1: 测量数据

i	1	2	3	4	5	6
$30T_0/s$	38.992	39.185	38.774	38.859	39.074	39.022
T_0/s	1.2997	1.3062	1.2925	1.2953	1.3025	1.3007
$30T_1/s$	27.779	27.572	27.759	27.718	27.572	27.641
T_1/s	0.92597	0.91907	0.92530	0.92593	0.91907	0.92037

$\bar{T}_0 = 1.2995s$ $\bar{T}_1 = 0.9228s$

$S_{T_0} = 4.9 \times 10^{-3}s$
 $\Delta T_0 = \sqrt{\left(\frac{S_{T_0}(4)}{\sqrt{6}}\right)^2 + \Delta T_X}$
 $\Delta T_X = 10ms$
 $\approx 1.28 \times 10^{-2}s$

理论 $J_0 = \frac{m_0 g R h}{4\pi^2 H} T_0^2 = 4.488 \times 10^{-5} kg \cdot m^2$

$J_1 = \frac{m_1 g R h}{4\pi^2 H} T_1^2 = 5.560 \times 10^{-5} kg \cdot m^2$

$J = J_1 - J_0 = 1.072 \times 10^{-5} kg \cdot m^2$

$\Delta m_0 = 0.05g$ $\Delta R = 0.02mm$ $\Delta h = 0.02mm$
 $\Delta H = \sqrt{2} \times 0.02mm \approx 0.029mm$

$\frac{\Delta J_0}{J_0} = \sqrt{\left(\frac{\Delta T_0}{T_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta m_0}{m_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2}$

表2: 大球直径

i	1	2	3	4	5	6
d_i/mm	30.02	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00

$\Rightarrow \Delta J_0 = 0.08 \times 10^{-5} kg \cdot m^2$
 $J_0 = (4.488 \pm 0.08) \times 10^{-5} kg \cdot m^2$
 $\bar{d}_i = 30.00mm$

理论值 $J = \frac{2}{5} m \left(\frac{d_i}{2}\right)^2 = 0.997 \times 10^{-5} kg \cdot m^2$

相对误差 $E = 3.5\%$

27
11/27

2) 求转动惯量

$m_{21} = 32.709 \text{ g}$ $m_{22} = 32.749 \text{ g}$ $m_{23} = 32.759 \text{ g}$ $H_0 = 360.86 \text{ mm}$ $R_1 = 21.92 \text{ mm}$

J_{z3} : 三块相同

i	1	2	3
$30T/s$	37.645	37.709	37.719
T/s	1.2548	1.2570	1.2573

$\bar{T}_0 = 1.25645$

$J_2 = \frac{(m_{21} + m_{22} + m_{23}) g R_1}{\omega^2 H_0} \cdot T_0^2 = 9.587 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

$J = J_2 - J_0 = 5.099 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
 $J_0 = 1.117 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

i	1	2	3	4	5	6
d_i/mm	20.0	20.0	20.02	20.00	20.00	20.00

$\bar{d}_0 = 20.00 \text{ mm}$

求 $J_{th} = \left(\sum m_i \left(\frac{d_i}{2} \right)^2 + m_2 R_1^2 \right) \cdot \pi \cdot z$
 $\approx 5.11 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

$E = \frac{J - J_{th}}{J_{th}} = 0.24\%$



清华大学实验报告

系别 _____ 班号 A11 姓名 张 (同组姓名 _____)
 作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

3. 数据

小环 $m_1 = 61.30g$ 大环 $m_2 = 101.82g$

表 5: 扭摆周期

i	1	2	3	4	5	6
$20T_0/s$	20.028	20.034	20.028	20.044	20.040	20.027
T_0/s	1.0014	1.0017	1.0014	1.0022	1.0020	1.0014
$20T_1/s$	31.885	31.884	31.881	31.888	31.883	31.875
T_1/s	1.5943	1.5942	1.5940	1.5944	1.5942	1.5938
$20T_2/s$	41.957	41.858	41.868			
T_2/s	2.0978	2.0929	2.0934			

$\bar{T}_0 = 1.0017s$
 $\bar{T}_1 = 1.5942s$
 $\bar{T}_2 = 2.0947s$

表 6: 大小环内外径

v	1	2	3	4	5	6
D_{11}/mm	64.26	64.30	64.14	64.24	64.16	64.18
D_{12}/mm	71.80	71.82	71.80	71.82	71.80	71.80
D_{21}/mm	71.58	71.60	71.58	71.60	71.58	71.60
D_{22}/mm	84.06	84.08	84.06	84.06	84.06	84.06

$\bar{D}_{11} = 64.19mm$
 $\bar{D}_{12} = 71.81mm$
 $\bar{D}_{21} = 71.59mm$
 $\bar{D}_{22} = 84.06mm$

$$J_1 = \frac{m_1}{8} (D_{11}^2 + D_{12}^2) = 7.108 \times 10^{-5} kg \cdot m^2 \quad J_2 = \frac{m_2}{8} (D_{21}^2 + D_{22}^2) = 1.552 \times 10^{-4} kg \cdot m^2$$

$$J_{01} = \frac{T_0^2}{T_1^2 - T_0^2} J_1 = 4.637 \times 10^{-5} kg \cdot m^2 \quad J_{02} = \frac{T_0^2}{T_2^2 - T_0^2} J_2 = 4.600 \times 10^{-5} kg \cdot m^2$$

$$K_1 = \frac{4\pi^2}{T_1^2 - T_0^2} J_1 = 1.824 \times 10^{-3} kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \quad K_2 = \frac{4\pi^2}{T_2^2 - T_0^2} J_2 = 1.810 \times 10^{-3} kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$$

$$L = 321.72 \text{ mm}$$

For: 公差等级

i	1	2	3	4	5	6
d_p/mm	-0.035	-0.030	-0.032	-0.031	-0.031	-0.031
d/mm	0.478	0.482	0.483	0.486	0.485	0.491

$$\bar{d} = 0.512 \text{ mm}$$

$$G_1 = \frac{322K_1}{\pi d^3} = 8.41 \times 10^{10} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$G_2 = \frac{322K_2}{\pi d^3} = 8.35 \times 10^{10} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

清华大学实验报告

系别 _____ 班号 A1 姓名 孙宇斌 (同组姓名 _____)

作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

1. 电桥测电阻

标准电阻 Ω	360k	11k	1k	120	200		
C	100	10	0.1	0.1	0.1		
R/ Ω	3604	1099	989.6	119.2	201.0		
ad/100	2	2	2	3	3		
$\Delta R/\Omega$	170	2	1	1	1		
CR/ Ω	3.604×10^5	10.99k	989.6	119.2	201.0		
$E_{im}(\Omega)$	2052	80	2.1	0.33	0.51		
$\Delta S(\Omega)$	1200	20	0.1	0.01	0.01		
$\Delta R_x = \sqrt{E_{im}^2 + \Delta S^2}/\Omega$	2377	81	2.2	0.36	0.52		
$R_x = CR \pm \Delta R_x/\Omega$	$3.604 \pm 0.023 \times 10^5$	$10.99 \pm 0.08 \times 10^3$	989.6 ± 2.2	119.2 ± 0.4	201.0 ± 0.6		

2. 测铜的电阻温度系数

i	$t/^\circ C$	C	R/ Ω	R_x/Ω
1	25.28	0.01	1706	17.06
2	34.47	0.01	1767	17.67
3	40.85	0.01	1809	18.09
4	48.85	0.01	1861	18.61
5	57.11	0.01	1916	19.16
6	65.05	0.01	1969	19.69
7	72.92	0.01	2021	20.21
8	81.25	0.01	2076	20.76

$$R_t = 6.610 \times 10^{-2} t + 15.39$$

$$n = 0.999996$$

$$\alpha_R = 6.610 \times 10^{-2} \Omega/^\circ C$$

$$R_0 = 15.39 \Omega$$

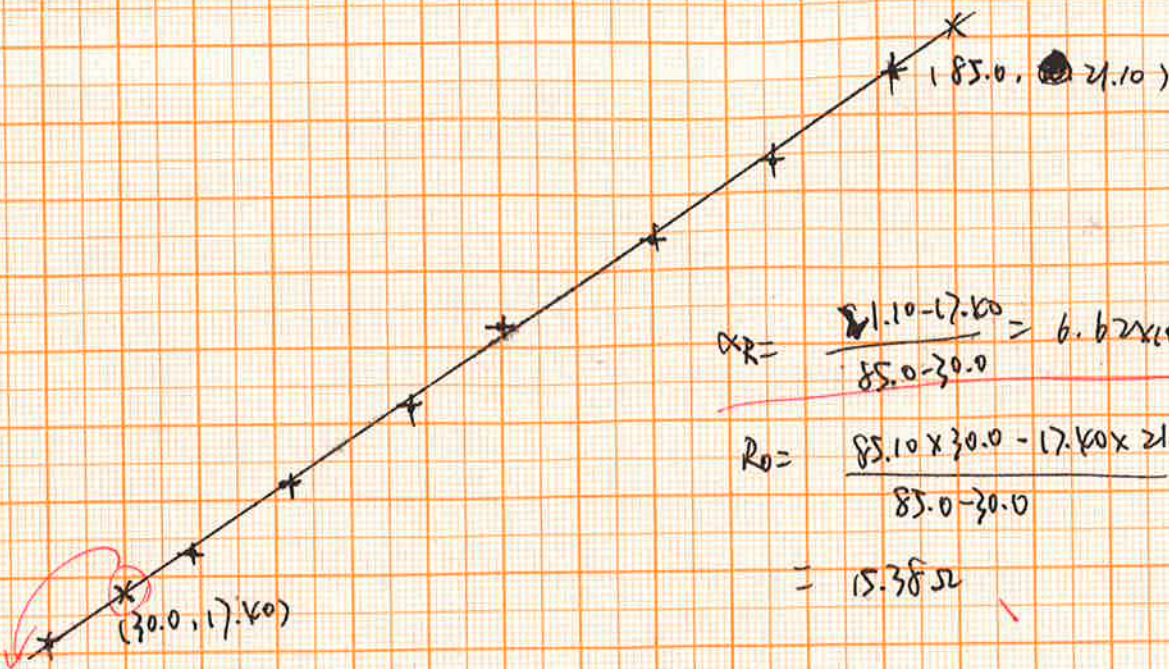
2 孙小波

例：铜电阻温度系数

A1-1

标准计算式

17 x 10^-2



$$\alpha_R = \frac{21.10 - 17.40}{85.0 - 30.0} = 6.62 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$R_0 = \frac{85.10 \times 30.0 - 17.40 \times 21.10}{85.0 - 30.0} = 15.38 \Omega$$

$$R_x = R_0 [1 + \alpha_R (t - t_0)]$$

21 铜电阻温度系数表

i	t/°C	C	R/Ω	Rx/Ω
1	25.28	0.01	1706	17.06
2	30.47	0.01	1767	17.67
3	40.85	0.01	1809	18.09
4	48.85	0.01	1861	18.61
5	57.61	0.01	1916	19.16
6	65.05	0.01	1969	19.69
7	72.92	0.01	2021	20.21
8	81.25	0.01	2076	20.76

$$R_t = 6.610 \times 10^{-2} t + 15.39$$

$$n = 0.999996$$

$$\alpha_R = 6.610 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

清华大学实验报告

系别 _____ 班号 A1-1 姓名 20.3206 (同组姓名 _____)

作实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师评定 _____

(3) ~~$\alpha_{120} = 96^{\circ}5' / 276^{\circ}5'$~~

~~$\alpha_{120} = 96^{\circ}8' / 276^{\circ}8'$~~

(4) ~~$\alpha_{120} = 38^{\circ}35' / 218^{\circ}35'$~~

(4) $\alpha_{120} = 63^{\circ}30' / 243^{\circ}30'$

$\alpha_B = 6^{\circ}21' / 186^{\circ}21'$

$\theta_B = \alpha_B - \alpha_{120} = 57^{\circ}9'$

(5) ~~$P_{\theta} = 89.4^{\circ}$~~

~~$P_{\theta} = 89.1^{\circ}$~~

λ	$P_{\theta} / ^{\circ}$
1	89.1°
2	89.4°
3	89.3°
4	89.4°
5	89.4°
6	89.4°

$P_{\theta} = \overline{89.4^{\circ}}$

$\alpha_0 = 17^{\circ}$

(6) ~~$I_{min} = -0.008 \text{ mV} + 0.009 \text{ mV} = 0.001 \text{ mV}$~~

~~$I_{max} = 4.560 \text{ mV} = 4.569 \text{ mV}$~~

~~$I_0 = -0.009 \text{ mV}$~~

~~$e = \frac{I_2}{I_1} = 2.2 \times 10^{-4}$~~

(7) ~~$I_0 = -0.009 \text{ mV}$~~

λ	$\theta / ^{\circ}$	I / mV
1	0	0.009 6.023
2	15	5.368
3	30	4.096
4	45	2.370
5	60	1.192
6	75	0.277
7	80	0.082
8	84	0.024
9	87	-0.006
10	90	-0.008

~~$I_0 = -0.009$~~

(6) ~~$I_{min} = -0.008 + 0.009 = 0.001$~~

~~$I_{max} = 6.054 + 0.009 = 6.063$~~

~~$e = 1.6 \times 10^{-4}$~~

$I_{02} = 0.010$

i	θ_i°	Z_i/mV
1	0	5.958 5.964
2	15	5.327
3	30	4.080
4	45	2.553
5	60	1.178
6	75	0.273 0.273
7	80	0.107
8	80	0.023
9	87	= 0.006
10	90	-0.008

i	β_i°	ψ_i°	Z_{im}	Z_{im0}	$\frac{Z_i}{a}$
1	0	271.3	-0.009	3.183	3.180 ⁴
2	22.5	270.6	0.888	2.898	0.309
3	45	279.9	3.715	2.195	0.782
4	67.5	188.8	188.8 0.281	2.138	0.131
5	93	224.9	1.334	2.275	0.588

$I_{Tmax} 1030$

i	θ_i°	Z_i/mV	I_{Tmax}	I_{Tmax}
1	0	6.067 6.067	6.067 6.067	1
2	15	5.608	0.938	0.938
3	30	4.074	0.737	0.750
4	45	2.865	0.472	0.500
5	60	1.317	0.277	0.250
6	75	0.269	0.067	0.046
7	80	0.088	0.039	0.016
8	80	0.007	0.016	0.003
9	87	-0.009	0.003	0.001
10	90	-0.010	0	0.0

(1) $\phi = 125^\circ$
 $\phi = 58.0^\circ$
 $a = 330.0^\circ$

误差为 2.4% ϕ 轴 $125^\circ / 308^\circ$

(2) ~~205~~ 205°

$\rho = 57.0^\circ$ $a = 29.5^\circ$

误差为 2.4% 全

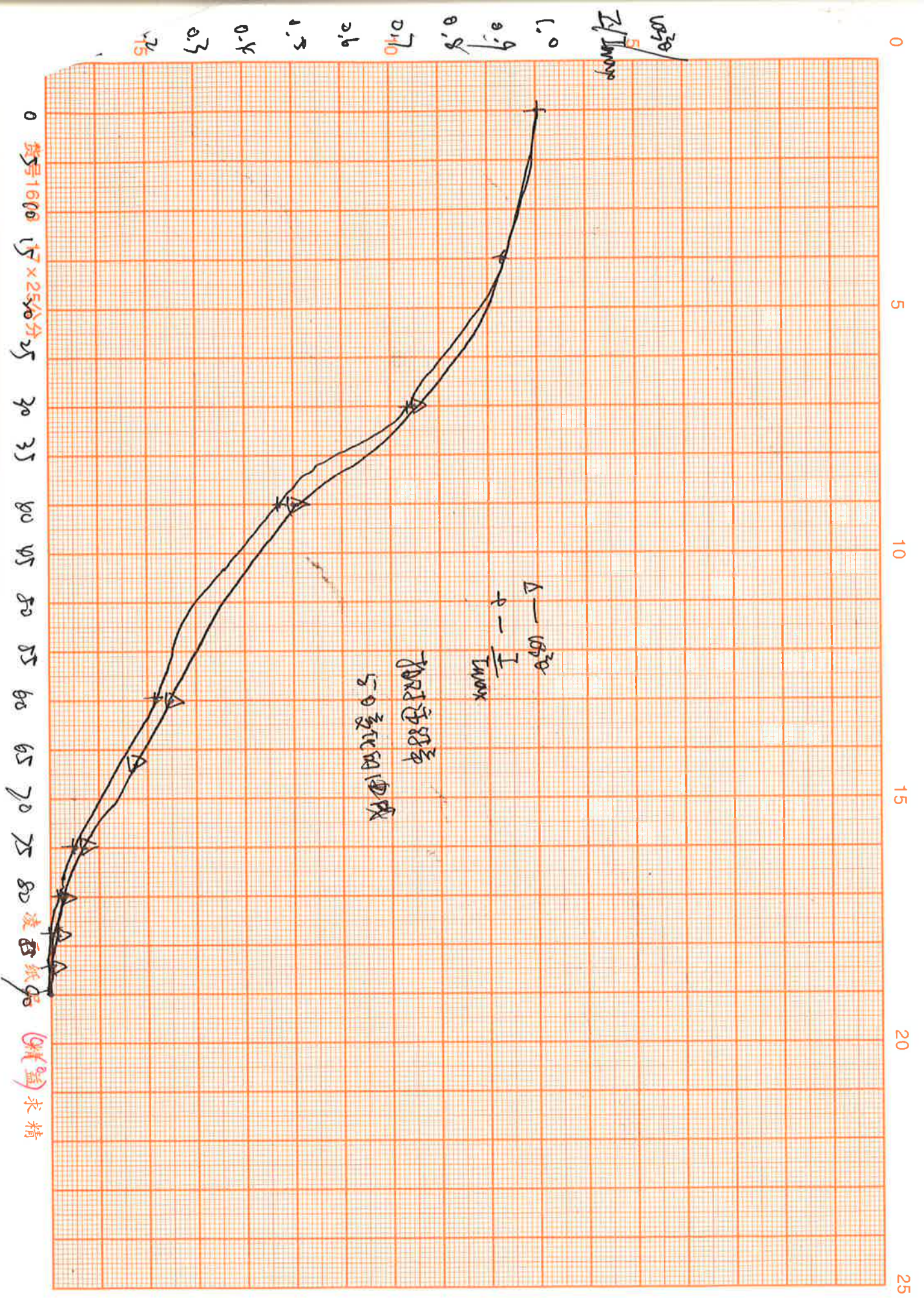
ϕ 轴 $295^\circ / 115^\circ$

$I_0 = -0.010 mV$

(8) 362.2°

(9)

分析:



3.

1: $\rho_1 \rho_3$, 2: $\rho_1 \rho_5$

ν	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T_{1/5}$	1.701	1.599	1.579	1.566	1.554	1.540	1.531	1.519	1.496	1.408
θ_{11}°	23	54	70	83	93	100	99	80	53	20
φ_{11}°	12	30	42	53	67	90	106	127	150	166
$T_{1/5}$	1.409	1.476	1.506	1.518	1.527	1.5405	1.565	1.593	1.643	1.703
θ_{11}°	18	34	45	50	53	57	55	36	31	22
φ_{21}°	155	140	134	116	106	90	70	50	32	22

