密 封 线 内 切 勿 答 题
省（区）____市____中学 姓名____准考证号（组次号码）____实验编号____

第 26 届全国中学生物理竞赛决赛 实验试题一 试卷及答卷

利用 NTC 热敏电阻设计制作数字体温计

得 分	阅 卷	复 核

一、实验说明

NTC（负温度系数）热敏电阻是一种用半导体材料制成的体积小巧的电阻，其阻值随温度变化比金属电阻要灵敏得多，因此被广泛用于温度测量、温度控制以及电路中的温度补偿、时间延迟等。

本实验要求测定 NTC 热敏电阻阻值与温度的关系，并设计制作一个数字体温计。（温度范围：35℃－42℃）

二、实验装置与器材

1. NTC 热敏电阻 1 个（为避免热敏电阻自身发热对实验的影响，流过热敏电阻的电流**不能超过 300μA**）
2. 恒温装置 1 台：室温-80℃，显示分辨率 0.1℃

   仪器使用方法：**接通电源后待温度显示值出现“B==.=”时可按“升温”键，设定用户所需的温度；再按“确定”键，加热指示灯发光，表示加热开始工作，同时显示“A==.=”为当时水槽的实际温度；再按“确定”键显示“B==.=”表示水槽温度的设定值；反复按“确定”键可轮换显示 A、B 值，A 为水温值，B 为设定值。按“恢复”键可以重新开始。注意：其它旋钮和接线柱均不使用，请勿乱动。**
3. 直流稳压电源 1 台：0-20V，显示分辨率 0.01V
4. 3 位半数字万用表 1 台：

   电压档：量程自动变换，最小量程 200mV，显示分辨率 0.1mV，不确定度限值 0.5%+3；

   欧姆档：量程自动变换，最小量程 200Ω，显示分辨率 0.1Ω，不确定度限值 0.8%+3
5. 电阻箱 2 个：0.1 级，0.0-99999.9Ω
6. 单刀双掷开关 1 个、导线 6 根
7. 塑料烧杯 1 个
8. 30cm 钢尺 1 把（作图用）、20cm×25cm 作图纸 1 张
9. 计算器 1 个、黑色水笔 1 支、HB 铅笔 1 支、橡皮 1 块

三、实验内容（100 分）

1. 测量不同温度 T 下 NTC 热敏电阻的阻值 R。（40 分）

   1.1 设计实验方案，画出实验电路图，标明各元件的参数；

   1.2 数据记录。

2. 求出 R 与 T^{-1} 之间的关系。（15 分）

3. 设计数字体温计。（30 分）

   3.1 利用提供的仪器设备，设计数字体温计的电路；

   3.2 计算出各元件的参数值。

   要求：数字电压表的 mV 示数即为温度示值。如电压表显示 38.5mV，即表示此时数字体温计测到的温度为 38.5℃。

4. 根据设计的电路图搭建数字温度计，并进行调试。（15 分）

   4.1 测量不同温度时，数字体温计的电压示数，并绘制校准曲线；

   4.2 根据校准曲线，对设计的电路进行改进，要求使数字体温计的误差不超过 0.1℃。

【警告】

实验中要加倍小心！因为实验中没有足够的样品和备用仪器，如果样品和仪器被损坏，你可能难以完成你的实验！

省（区）_____市_____中学 姓名_____ 准考证号（组次号码）_____ 实验编号_____

密 封 线 内 切 勿 答 题

1、测量不同温度 T 下热敏电阻的阻值 R。（40 分）

1.1 设计实验方案，画出实验电路图，标明各元件的参数：

1.2 测量 R 和 T 的数据记录：（自行列表）

2、求出 R 与 T^{-1} 之间的函数关系。（15 分）

密 封 线 内 不 要 答 题

省（区）____市____中学 姓名____准考证号（组次号码）____实验编号____

3、设计数字体温计的电路。（30 分）

3.1 利用提供的仪器设备，设计数字体温计的电路：（**此处有提示卡，可向监考老师索要；学生如要提示卡，除该部分分数扣除外，还要从总分中再扣去 5 分。**）
3.2 计算出各元件的参数值：（附计算过程）

4、根据设计的电路图搭建数字温度计，并进行调试。（15 分）

4.1 测量不同温度时，数字温度计的电压示数，并绘制校准曲线。 （将作图纸贴在此处）
4.2 对设计的电路进行改进。（用文字表述即可）

草 稿 纸

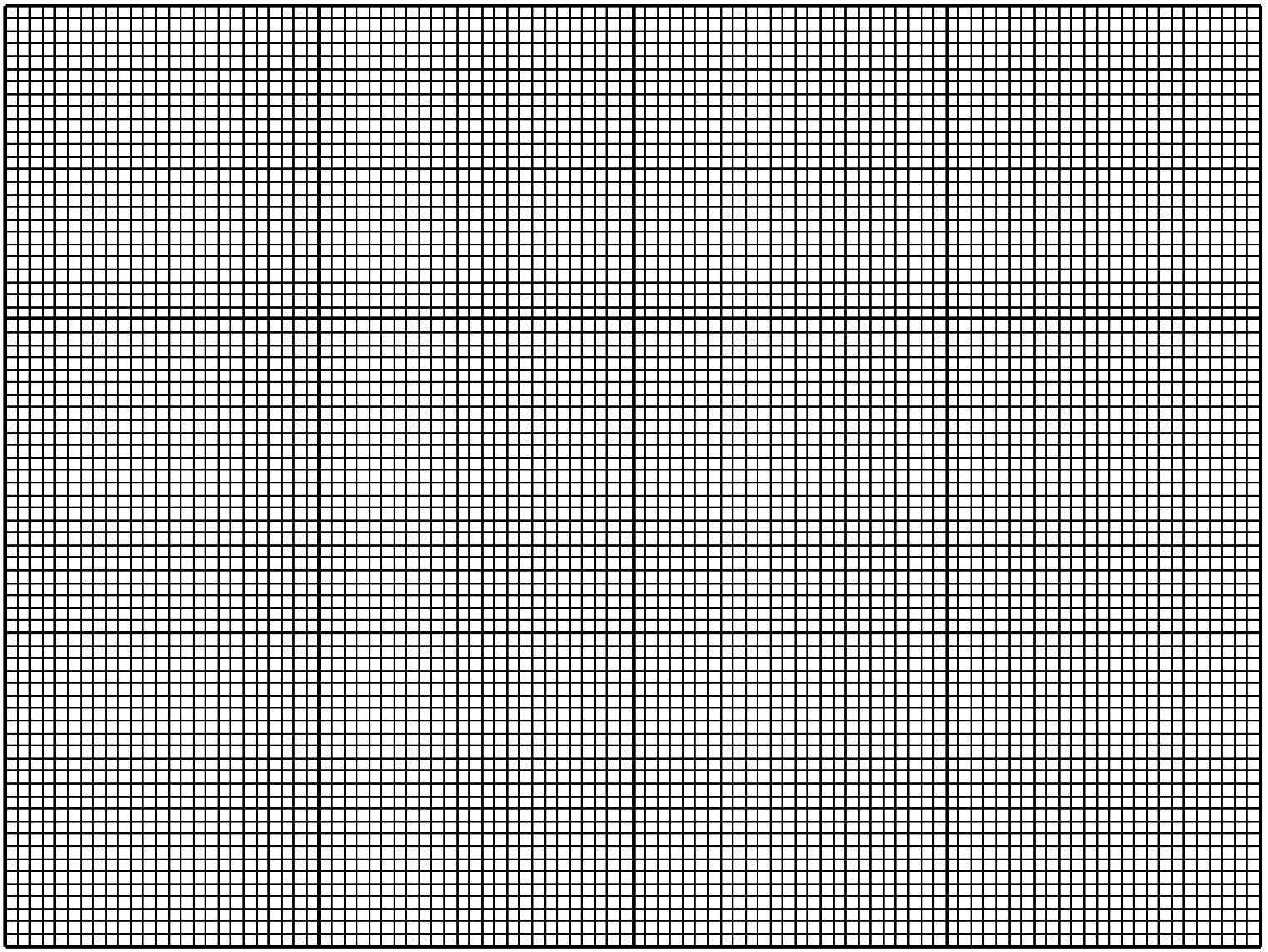
省（区）_____市_____中学 姓名_____ 准考证号（组次号码）_____ 实验编号_____

密 封 线 内 切 勿 答 题

草 稿 纸

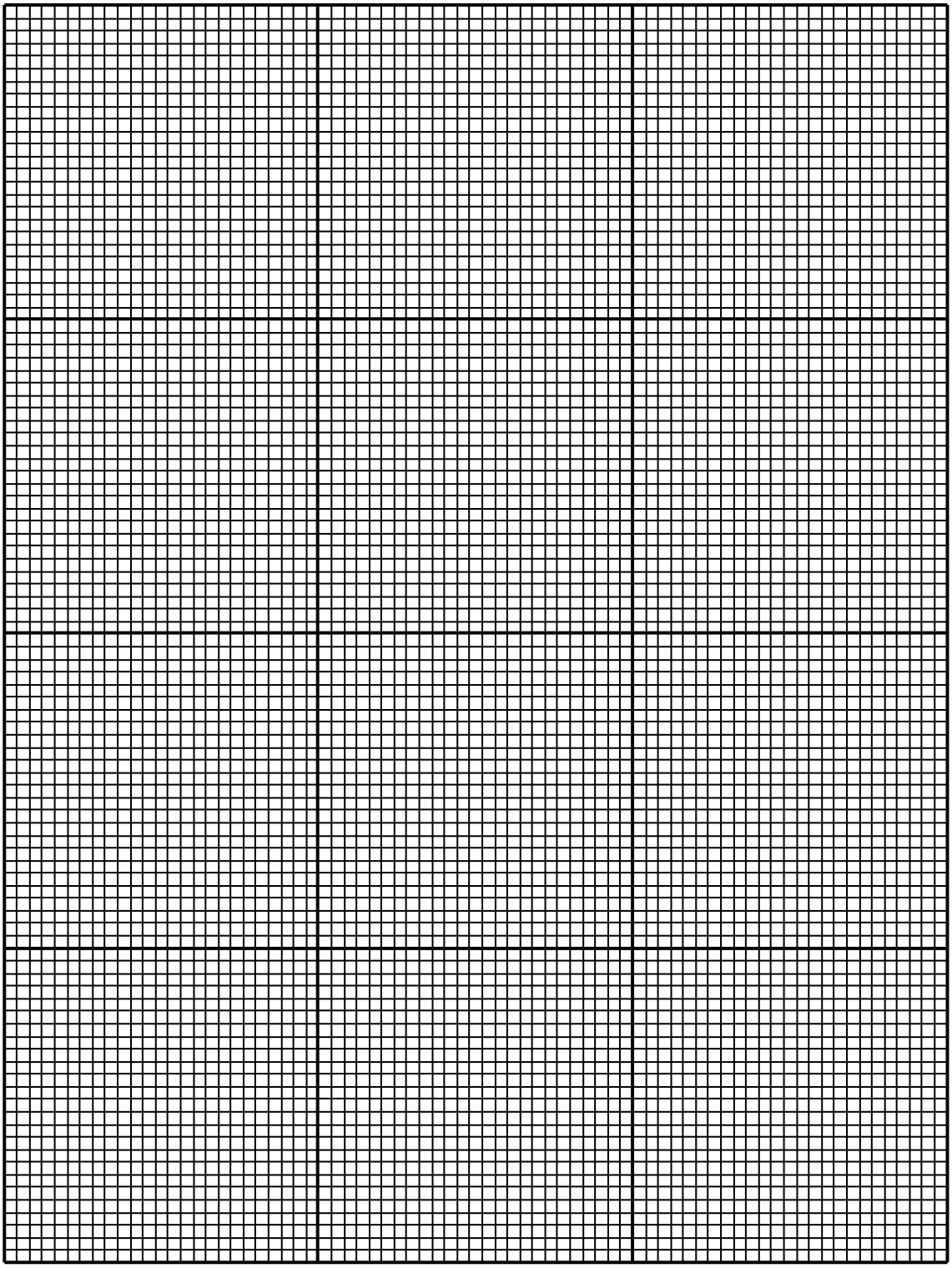
_____省（区）_____市_____中学　姓名 _____ 准考证号（组次号码） _____ 实验编号_____

密　　封　　线　　内　　切　　勿　　答　　题



草稿纸

草 稿 纸



密 封 线 内 切 勿 答 题
省（区）_____市（县）_____中学 姓名_____准考证号 (组次号码)_____实验编号_____

第 26 届全国中学生物理竞赛决赛 实验试题二 试卷及答卷

玻璃材料物理特性的实验研究

得 分	阅 卷	复 核

一、实验目的

研究光学玻璃材料的色散关系及其角色散率（本领）D_θ。

二、实验原理

光学材料的色散现象是指该材料折射率 n 或吸收系数α随光波波长λ变化的宏观表现。由于光与材料相互作用的结果，一般色散规律或 n 值随波长λ值的变化呈非线性变化关系。在不同波长λ 的单色光波下，利用测角仪（分光计）测出玻璃材料（三棱镜）对应该单色光波的最小偏向角，进而计算出对应的折射率 n 值，就可以获得折射率 n 与波长λ 关系的**色散曲线**。

最小偏向角方法测定玻璃材料折射率 n 的物理原理，可参见图 1 所示。当光线经棱镜两次折射，其传播方向总的变化可用入射光线 a 和出射光线 t 延长线的夹角δ 来表示，δ 叫做偏向角。理论上可以证明：当入射光线 a 和出射光线 t 对称地“分布”在棱镜两旁时，偏向角有最小值，叫最小偏向角，常用δ_m 表示。故其折射率 n 可由下式表示：

$$n=\frac{\sin\frac{A+\delta_m}{2}}{\sin\frac{A}{2}}$$

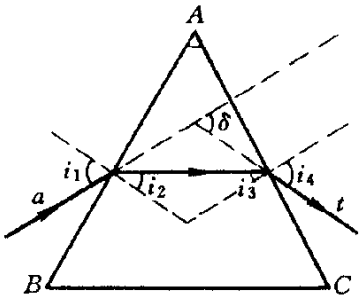


图 1 最小偏向角法测量原理

常用玻璃棱镜的**角色散率 D_θ** 来标志其可作为分光色散元件（仪器）的光学性能指标。它的定义是：光波长差Δλ的两条光谱线经棱镜折射后，相应最小偏向角差Δδ与Δλ的比值，即

$$D_\theta=\frac{\Delta\delta}{\Delta\lambda}\approx\frac{d\delta}{d\lambda}$$

式中单位：*rad*/mm 或(°)/mm。亦即 D_θ值越大，说明波长相差一个单位的两谱线所分开的角度越大，角色散的本领也越大。

当光波波长λ 增加时，材料折射率 n 和色散率$\nu=dn/d\lambda$ 都减小时，这样的色散现象叫做正常色散现象。反之，则叫反常色散现象。依据一定的物理模型，可以推导出描述正常色散现象的柯西(Cauchy) 经验公式：

$$n=C_1+\frac{C_2}{\lambda^2}+\frac{C_3}{\lambda^4}$$

式中 C_1，C_2 和 C_3 是表征材料特性的常数。

三、实验装置及材料

1. 玻璃样品 1 个（利用 ZF1 光学玻璃制成的三棱镜，其顶角为 60°00′，误差为 2.0′）、
2. 小型光栅单色仪 1 个（波长范围：200-800nm，焦距 72.5mm，相对口径 1:4，光栅：1200L/mm，波长精度：±3nm，波长重复性：±1nm，外形尺寸：90mm×68 mm×62mm），出射狭缝处附带有可插入测角仪（分光计）之平行光管的套筒、
3. 发光光源（已经将其与小型光栅单色仪固定在一起，且对准后者的入射狭缝）：由 4

个发光二极管（LED）（白光，3.0V，5W）及其灯座， 1 个 CX-4403A 型直流电源变压器（附带 1 个输出端插头和 1 个输出端插座，后者与 LED 灯座相连）组成、

4. 测角仪（分光计）1 台，由五部分组成（详见以下说明部分）、
5. 平面镜 1 个、
6. 直钢尺 1 个（量程 30cm，分度 0.1cm）、
7. 2 张坐标纸（20 cm × 25 cm），供作图之用、
8. 黑色水笔 1 支、HB 铅笔 1 支、橡皮 1 块、
9. 含线性拟合功能的计算器 1 个（CASIO， *fx*-82ES 型）。

说明：

1．小型光栅单色仪的波长读数

该光栅单色仪的波长值是由波长读数头（鼓轮）直接读取的，其结构如图 2 所示。通过动尺的旋转改变输出单色光的波长，动尺上的每一小格表示为 1nm，定尺上的每一大（小）格表示为 100（50）nm，当动尺移动到定尺刻度“0”线时，光栅单色仪输出的波长为“零级”的光谱。（**注意：**实验过程中，动尺的移动不宜超出 350－750nm 范围。）

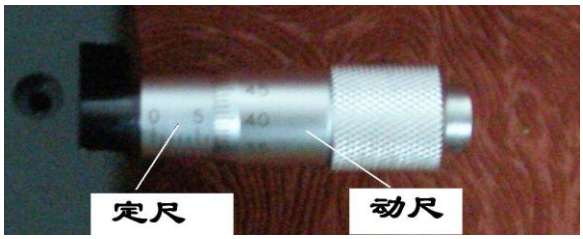


图 2 波长读数头的结构

2．测角仪（分光计）

所用的测角仪（分光计）为 JJY 型，测量精度 1′，图 3 是它的结构图。

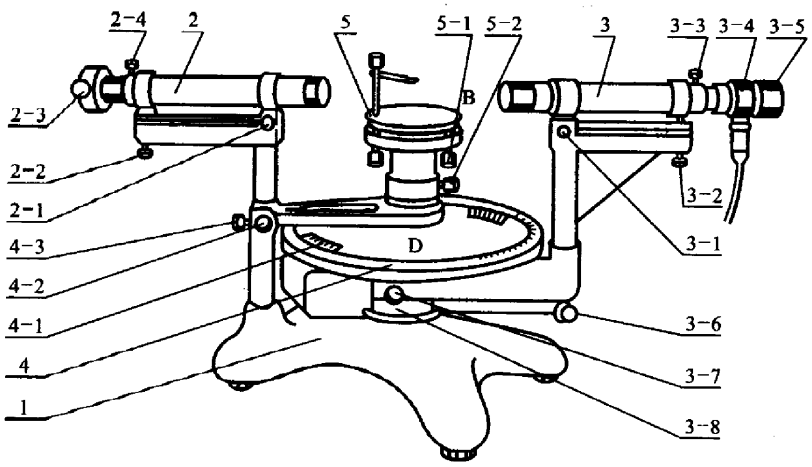


图 3 测角仪（分光计）结构示意图

1. 三角底座
2. 平行光管: 2-1 水平方向调节螺钉, 2-2 倾角调节螺钉, 2-3 宽度可调节的狭缝及其套筒（这里用“小型光栅单色仪”上“出射缝处的套筒”替代）, 2-4 狭缝位置锁定螺钉.
3. 望远镜: 3-1 水平方向调节螺钉, 3-2 倾角调节螺钉, 3-3 套筒位置锁定螺钉, 3-4 照明灯筒, 3-5 目镜清晰度调节手轮, 3-6 望远镜微调螺钉, 3-7 望远镜与刻度盘联动螺钉, 3-8 望远镜止动螺钉（位于图的背面）.
4. 圆刻度盘: 4-1 角游标, 4-2 游标盘微调螺钉, 4-3 游标盘止动螺钉.
5. 载物平台: 5-1 载物台调平螺钉（3 个）, 5-2 载物台锁定螺钉.

密 封 线 内 勿 切 答 题
姓名 _____ 准考证号 _____

3．最小偏向角 δ_m 的测定

在调好测角仪(分光计)和三棱镜位置的基础上，用 LED 照亮光栅单色仪的入射狭缝，转动游标盘（游标盘与待测物之间不可有丝毫相对位移），使棱镜处在如图 4 所示的位置。通过转动游标盘，以改变入射角 i_1，使光谱线朝偏向角减少的方向移动，同时转动望远镜跟踪该光谱线，直到棱镜继续沿着同方向转动时，该光谱线不再向前移动却往相反方向移动为止。此光谱线反方向移动的**转折位置**就是棱镜对该光谱线的最小偏向角位置。

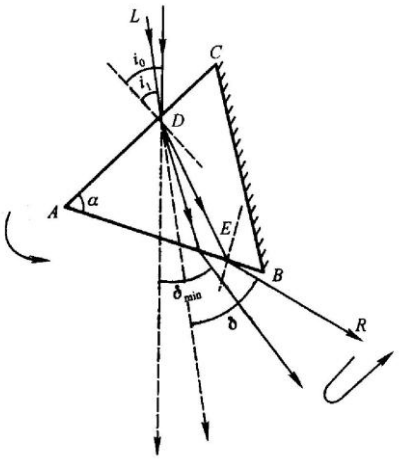


图 4 偏向角的移动示意图

四、实验要求

在初步调好测角仪（分光计）的基础上，首先，将光栅单色仪出射狭缝处的套筒插入分光计的平行光管中，接通电源、点亮 LED 后，接着前后调节该狭缝的位置以保证其发出平行光，亦即通过测角仪（分光计）的望远镜可观察到出射狭缝清晰的两侧刀口。

此时，已经完全能够将小型光栅单色仪与 LED 的有机组合视作为一个平行线光源。转动光栅单色仪的鼓轮（**注意：**测量过程中应该顺着一个方向转动），即可得到由平行光管射出的波长连续可变的单色平行光。记下鼓轮上的读数刻度值，放大 100 倍后，就是光栅单色仪输出光所对应光谱线的波长（λ）数值（单位：nm）。根据上述该组合光源的特点，就可以实现仅仅利用气体光源（如：高压汞灯等）时所不能进行的角色散率与波长λ的关系曲线的测量。

1． **多次**测量谱线波长为 579.0 nm 的最小偏向角（**要求：测量次数不少于 3 次**）且计算所对应的折射率，最后用不确定度表示该测量结果。（25 分）

2．测定光学玻璃材料的色散曲线（50 分）

在可见光范围内，**单次**测量不同波长λ下（**即在 400nm 到 700nm 之间，至少需要测量 20 个数据点**）的最小偏向角，并计算其所对应的折射率。将全部测定的λ 对应的 n 值列成数据表格。以波长λ 为横坐标，折射率 n 为纵坐标，画出 n-λ 的色散关系曲线。最后，给出所求光学玻璃的特征常数 C_1 和 C_2。

3． 利用自己在上面的实验过程中已经获得的实验数据值，绘出所求光学玻璃材料的角色散率与波长λ的关系曲线（25 分）

在可见光范围内，将两条相近的单色光谱线（设其波长差为Δλ=10nm）作为一组光谱线对（**实验中至少需要 10 组线对**），且取其中心波长（指光谱线对的平均波长）作为该光谱线对的波长值。利用所选光谱线对已测的相应 2 个最小偏向角，即可得到该光谱线对最小偏向角的差值Δδ，进而可以算得各中心波长的Δδ/Δλ值。将全部测定的中心波长λ 对应的Δδ/Δλ值列成数据表格。以中心波长λ 为横坐标，角色散率Δδ/Δλ为纵坐标，画出Δδ/Δλ -λ 关系曲线。**说明：**测角仪的下列部件已经调节好，亦即 ① 望远镜聚焦于无穷远处；实验过程中可以微调目镜；② 平行光管的光轴与仪器转轴垂直；③ 望远镜的光轴与仪器转轴垂直；故在测量过程中，尽量切勿再调节它们。

实验试题二 答题纸（在方格内概括你所获得的结果） (共 7 页)

实验试题二、玻璃材料物理特性的实验研究

1．波长为 579.0 nm 的谱线所对应的折射率。（25 分）

1. 1 在下列的表格中填入你所测量的实验数据。（8 分）

实验所用的三棱镜的顶角 $A \pm \Delta A = 60°00' \pm 2'$。

表 1. 最小偏向角 δ_m 的测量 （三棱镜编号：_____）

测量次数	“左”游标读数			“右”游标读数			$\delta_m = (\delta'_m + \delta''_m)/2$
	θ'_1(出射光)	θ'_2(入射光)	$\delta'_m = \theta'_1 - \theta'_2$	θ''_1(出射光)	θ''_2(入射光)	$\delta''_m = \theta''_1 - \theta''_2$	
总平均值	—	—	—	—	—	—	

1. 2 实验数据的处理：（在下划线上填写你的计算过程和结果）（10 分）

测角仪（分光计）的最大允许误差为 $\Delta\theta_{仪} = 1' \approx$ _____ *rad*。

最小偏向角算术平均值的标准不确定度：

$\Delta\theta_{测} = \Delta\delta_m =$ _____

$\approx$ ____″ ＝ _____ *rad*。

$\Delta\theta = \sqrt{(\Delta\theta_{测})^2 + (\Delta\theta_{仪})^2/3} =$ _____ *rad*。

$\Delta A = 2' \approx$ _____ *rad*。

密 封 线 内 切 勿 答 题

姓名 _____ 准考证号 _____

	棱镜材料的折射率 n 为： $n=\dfrac{\sin\dfrac{\delta_m+60^\circ 00'}{2}}{\sin\dfrac{60^\circ 00'}{2}}=$ _____（计算过程） $=$ _____（尽量多保留几位有效数字!） 折射率 n 的不确定度为： $\Delta n=\sqrt{(\dfrac{\partial n}{\partial \delta_m})^2\cdot\Delta\theta^2+(\dfrac{\partial n}{\partial A})^2\cdot\Delta A^2}$ 其中： $\dfrac{\partial n}{\partial \delta_m}=\dfrac{1}{2}\times\dfrac{\cos(\dfrac{\delta_m+A}{2})}{\sin\dfrac{A}{2}}=$ _____（计算过程） $=$ _____（尽量多保留几位有效数字!） $\dfrac{\partial n}{\partial A}=\dfrac{1}{2}\times\dfrac{\cos(\dfrac{\delta_m+A}{2})\sin(\dfrac{A}{2})-\sin(\dfrac{\delta_m+A}{2})\cos(\dfrac{A}{2})}{\sin^2(\dfrac{A}{2})}=\dfrac{1}{2}\times\dfrac{\sin(-\dfrac{\delta_m}{2})}{\sin^2(\dfrac{A}{2})}$ $=$ _____（计算过程） $=$ _____（尽量多保留几位有效数字!） $\Delta n=$ _____（计算过程） $=$ _____（尽量多保留几位有效数字!）
1. 3	测量结果：（7 分） $n=$ _____ $\Delta n=$ _____ 光学玻璃材料的折射率是 _____

2．测定光学玻璃材料的色散曲线。（50 分）

2. 1	在可见光范围内，单次测量不同波长下（**即在 400nm 到 700nm 之间，至少需要测量 20 个数据点**）的最小偏向角，并计算其所对应的折射率。将全部测定的λ 对应的 n 值列成数据表格。在下列表格内记录实验数据。（20 分） （根据需要画竖格线；不必用完所有的行） **表 2.** _____

密　封　线　内　切　勿　答　题

姓名＿＿＿＿＿＿　准考证号＿＿＿＿＿＿

2. 2	以波长λ 为横坐标，折射率 n 为纵坐标，在坐标纸上绘出色散 n-λ 关系曲线。（18 分） （请在此页上，粘贴坐标纸）

2. 3	借助柯西公式，利用计算器的拟合（回归）功能分别求出玻璃材料的特征常数 C_1 和 C_2 值，并给出拟合的相关系数（这里，不需要给出不确定度）。（12 分） C_1 ＝_____ C_2 ＝_____ 拟合的相关系数 γ = _____

密 封 线 内 不 切 勿 答 题

姓名_____ 准考证号_____

3．利用自己在上面的实验过程中已经获得的实验数据值，绘出光学玻璃材料的角色散率的关系曲线。 （25 分）

3. 1 在可见光范围内，测量所选光谱线对（**实验中至少需要 10 组线对**）的相应最小偏向角，进而可以得到该光谱线对最小偏向角的差值Δδ，即可算得各中心波长（指光谱线对的平均波长）的Δδ/Δλ值。将全部测定的中心波长λ 对应的Δδ/Δλ值列成数据表格。在下列的表格内记录实验数据。(根据需要画竖格线；不必用完所有的行) （12 分）

表 3. _____

3. 2	以中心波长λ 为横坐标，角色散率$\Delta\delta/\Delta\lambda$为纵坐标，在坐标纸上绘出$\Delta\delta/\Delta\lambda$ -λ 关系曲线。（13 分） （请在此页上，粘贴坐标纸）

草 稿 纸

密 封 线 内 切 勿 答 题

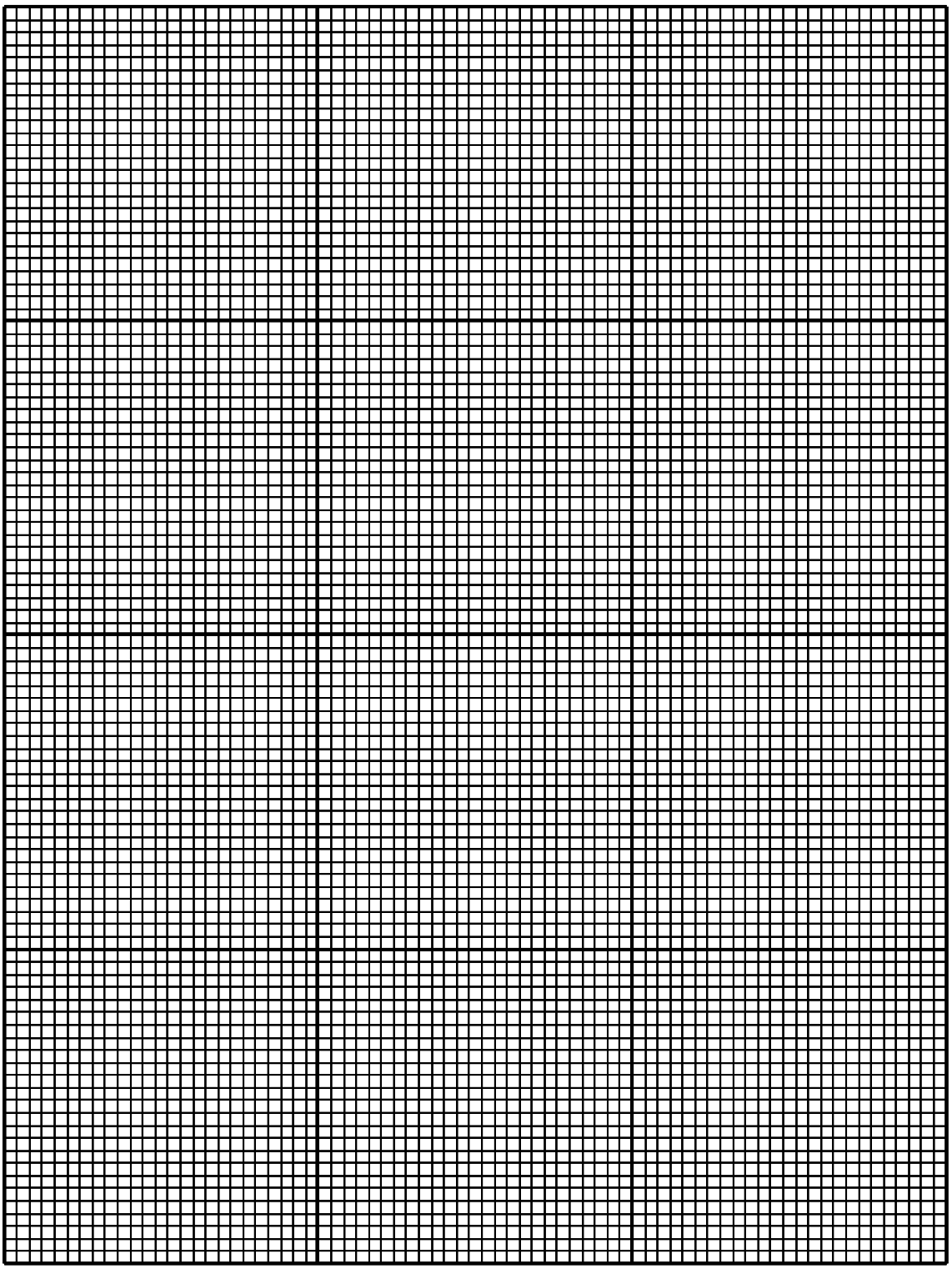
姓名_____ 准考证号_____

草 稿 纸

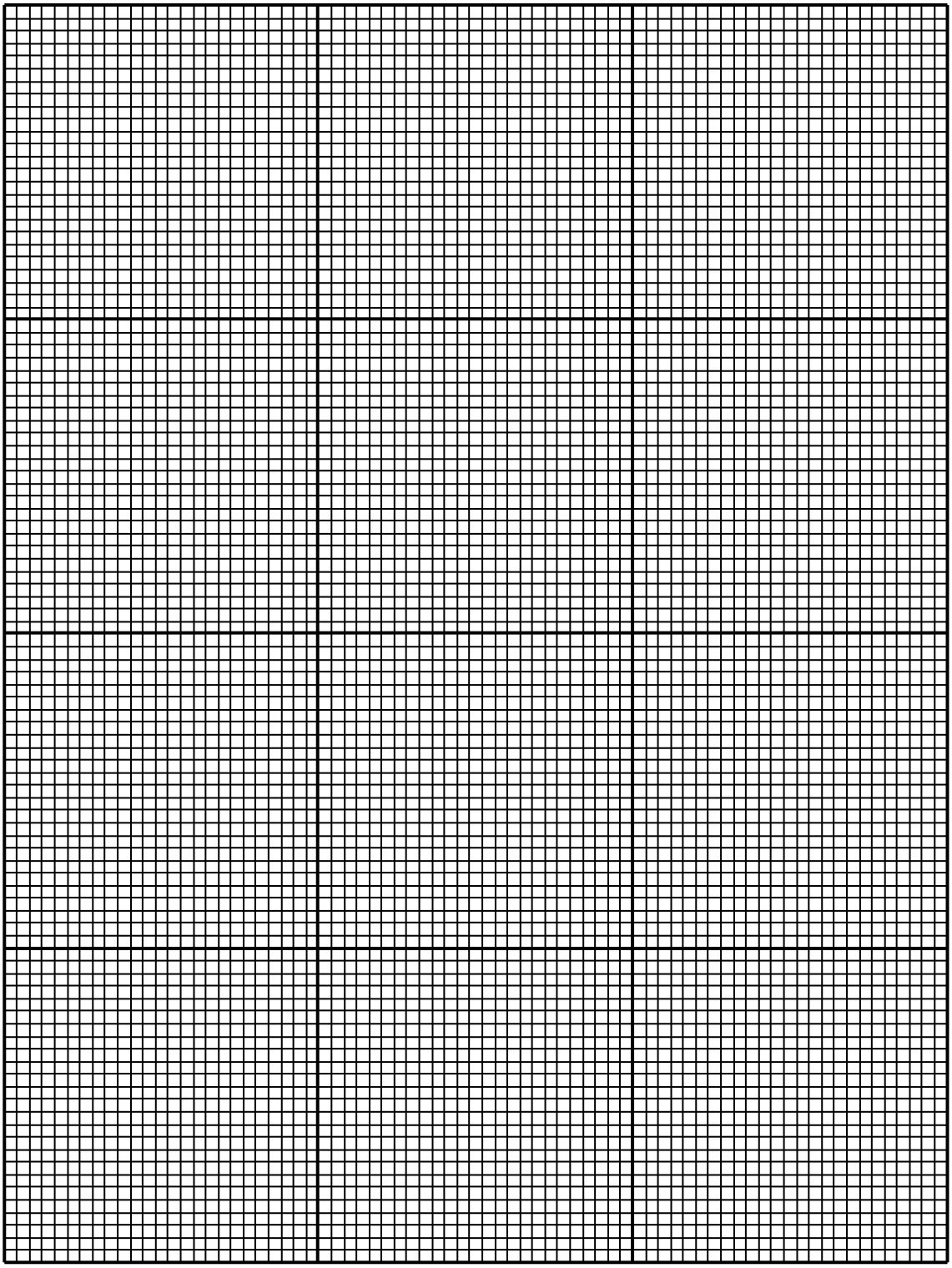
草 稿 纸

密 封 线 内 切 勿 答 题

姓名_____ 准考证号_____



草 稿 纸



实验第 1 题　利用 NTC 热敏电阻设计制作数字体温计

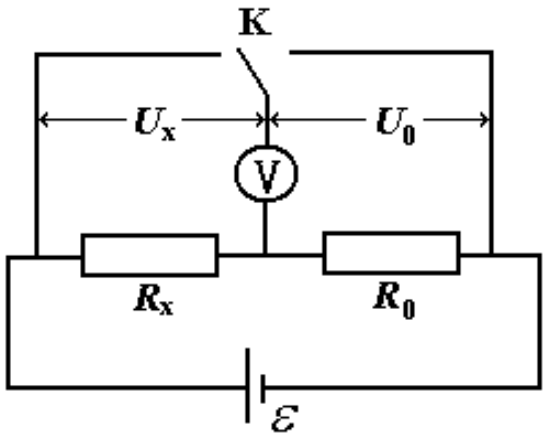
参 考 答 案 及 评 分 标 准

1、测量不同温度 T 下热敏电阻的阻值 R。（40 分）

1.1 设计实验方案，画出实验电路图，标明各元件的参数。

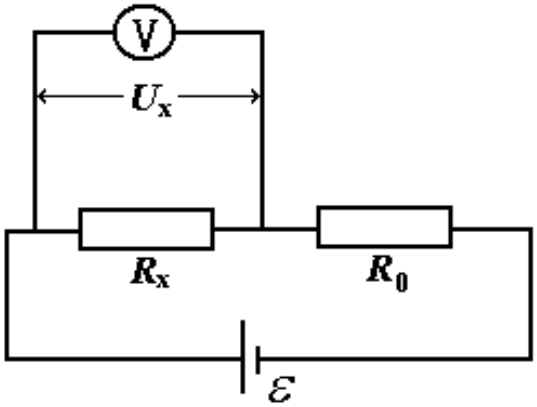
先用数字万用表的欧姆档粗测热敏电阻的阻值：33℃时，R_X=6.4kΩ

实验电路图：



取 R_0=5000Ω，ε=1.5V

评分标准：（满分 20 分）
1、用欧姆档粗测热敏电阻阻值，有效数字不作要求，得 5 分；
2、电路正确，得 5 分；电路如下图，得 3 分；



3、标明 R_0 值，且与热敏电阻的粗测值同一量级（1kΩ~10kΩ），得 5 分；
4、标明ε值，且回路电流不超过 300μA，得 5 分；
5、如步骤 2-4 中直接用万用表欧姆档测量，15 分中得 5 分。

1.2 测量 R 和 T 的数据记录：（自行列表）

实验条件：R_0=5000Ω，ε=2.25V

T / ℃	T^{-1} / ℃$^{-1}$	U_0 / V	U_x / V	R_x / Ω
35.8	0.0279	1.000	1.257	6285
36.6	0.0273	1.020	1.237	6064
37.3	0.0268	1.041	1.214	5831
38.4	0.0260	1.072	1.184	5522
39.1	0.0256	1.087	1.169	5377
40.2	0.0249	1.112	1.143	5139
40.9	0.0244	1.129	1.127	4991
42.0	0.0238	1.142	1.114	4877

评分标准：（满分 20 分）
1、注明实验条件（可以和设计方案不同，但要保证回路电流不超过 300μA），得 2 分；
2、4 列数据，且单位正确，得 5 分；少 1 列扣 1 分，单位错 1 个扣 1 分；
3、有效数字正确，得 4 分；错 1 个扣 1 分；
4、热敏电阻的阻值大致在 5~7kΩ，得1分；
5、35－42℃范围内，测量数据不少于 8 组，得 8 分；少 1 组扣 1 分。

2、求出 R 与 T^{-1} 之间的函数关系。（15 分）

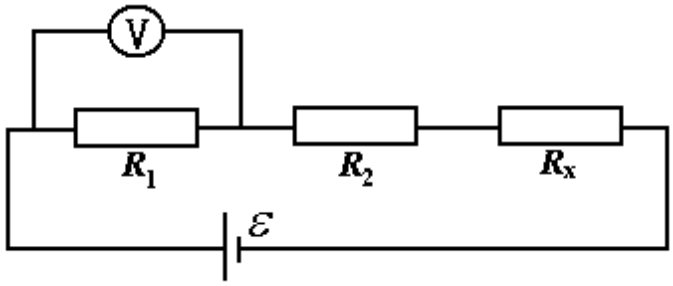
T^{-1} / ℃$^{-1}$	R_x / Ω
0.0279	6285
0.0273	6064
0.0268	5831
0.0260	5522
0.0256	5377
0.0249	5139
0.0244	4991
0.0238	4877

用计算器拟合函数关系：$R_x = -3622\Omega + \dfrac{3.53\times10^5\,\Omega\cdot C^\circ}{T}$

评分标准：（满分 15 分）
1、函数形式正确，得 5 分；
2、截距计算正确，得 3 分；有效数字 3 或 4 位，得 1 分；单位正确得 1 分；
3、斜率计算正确，得 3 分；有效数字 3 或 4 位，得 1 分；单位正确得 1 分。

3、利用提供的仪器设备，设计数字体温计的电路。（30 分）

3.1 设计的数字体温计电路图：



评分标准：（满分 15 分）
1、线路正确，得 15 分；无 R_2，得 8 分；用提示卡，得-5 分。

3.2 计算各元件的参数值：（附计算过程）

因 $R_x = -3622 + \dfrac{3.53\times10^5}{T} \Rightarrow T = \dfrac{3.53\times10^5}{R_x + 3622}$

由设计的电路可得：$V = \dfrac{\varepsilon \cdot R_1}{R_x + R_1 + R_2}$

故，有：$\varepsilon \cdot R_1 = 3.53\times10^5\,\mathrm{mV}\cdot\Omega$；$R_1 + R_2 = 3622\Omega$
选取：电源电压 2.00V，则 R_1=176Ω，R_2=3446Ω。

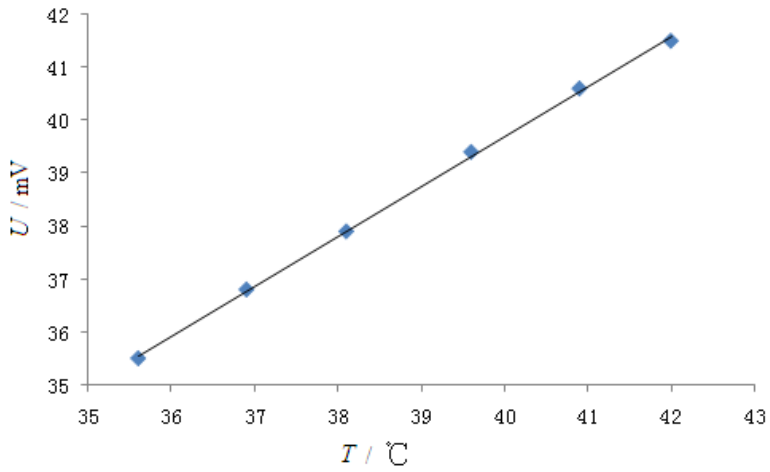
评分标准：（满分 15 分）
1、推导过程正确，得 4 分；
2、3 个元件值计算正确，每个得 1 分；有效数字正确，每个得 1 分；
3、回路电流不超过 300μA，得 5 分。

4、根据设计的电路图搭建数字温度计，并进行调试。（15 分）

4.1 测量不同温度时，数字温度计的电压示数，并绘制校准曲线。

实验条件：电源电压 1.960V，则 R_1=180.0Ω，R_2=3442.0Ω。

T / ℃	U / mV
35.6	35.5
36.9	36.8
38.1	37.9
39.6	39.4
40.9	40.6
42.0	41.5



评分标准：（满分 10 分）
1、R_1、R_2 与计算值基本相符，得 2 分；
2、ε与计算值基本相符，得 1 分；用数字电压表实测（4 位有效数字），得 1 分；
3、35－42℃范围内，测量数据不少于 6 组，得 2 分；3~5 组数据，得 1 分；少于 3 组，得 0 分；
4、坐标轴正确，得 1 分；分度合适，得 1 分；数据点标识正确，得 1 分；有趋势线，得 1 分。

4.2 对设计的电路进行改进，要求使数字温度计的误差不超过 0.1℃。

对数据作线性拟合，结果为：$U = 0.944 \cdot T + 1.96$
发现，斜率偏小 5%左右，截距偏大 1.96mV。因此，在不改变电源电压的前提下，R_1 应增大 5%，即改为 190.6Ω；R_2 应减小为 3431.4Ω（具体数值应在某个温度，如 38.0℃时，实际调节，使电压表示数为 38.0mV）。

评分标准：（满分 5 分）
1、分析合理，得 5 分。

实验试题二 答题纸（在方格内概括你所获得的结果） (共 7 页)

实验参考答案及评分标准

1．波长为 579.0 nm 的谱线所对应的折射率。（25 分）

1. 1 在下列的表格中填入你所测量的实验数据。 （满分：8 分）

实验所用的棱镜的顶角 A ± ΔA＝60°00′ ± 2′。

表 1. 最小偏向角 δ_m 的测量 （三棱镜编号：_____）

测量次数	“左”游标读数			“右”游标读数			$\delta_m = (\delta'_m+\delta''_m)/2$
	θ'_1(出射光)	θ'_2(入射光)	$\delta'_m=\theta'_1-\theta'_2$	θ''_1(出射光)	θ''_2(入射光)	$\delta''_m=\theta''_1-\theta''_2$	
1	155°16′	104°19′	50°57′	335°17′	284°20′	50°57′	50°57′
2	155°6′	104°10′	50°56′	335°7′	284°11′	50°56′	50°56′
3	154°57′	104°00′	50°57′	334°59′	284°1′	50°58′	50°57.5′
4	155°5′	104°8′	50°57′	335°6′	284°8′	50°58′	50°57.5′
5	155°15′	104°18′	50°57′	335°16′	284°19′	50°57′	50°57′
/	/	/	/	/	/	/	/
总平均值	—	—	—	—	—	—	50°57′

评分标准：① 测量次数大于 3 次，得 2 分；② 每组的“左”与“右”游标读数相差满足 180°，可得 2 分；缺少一项扣 1 分，直至扣完为止；③ 算出每组平均值的，得 2 分；④ 算出总平均值，得 2 分。

1. 2 实验数据的处理：（在下划线上填写你的计算过程和结果） （满分：10 分）

测角仪（分光计）的最大允许误差为 $\Delta\theta_{仪}=1'\approx$ _0.00029_ *rad*。 **(0.5 分)**

最小偏向角算术平均值的标准不确定度：

$\Delta\theta_{测}=\Delta\delta_m=$

$$\frac{\sqrt{[2\times(50^{\circ}57^{'}-50^{\circ}57^{'})^2+(50^{\circ}56^{'}-50^{\circ}57^{'})^2+2\times(50^{\circ}57.5^{'}-50^{\circ}57^{'})^2]/[5(5-1)]}\approx}{17''}=$$

_0.000082_ *rad*。**（2 分：前一个空 1 分，写出计算公式亦可；后两个空各 0.5 分）**

$\Delta\theta=\sqrt{(\Delta\theta_{测})^2+(\Delta\theta_{仪})^2/3}=$ _0.00019_ *rad*。 **(1 分)**

$\Delta A=2'\approx$ _0.00058_ *rad*。 **(0.5 分)**

	棱镜材料的折射率 n 为： $n=\dfrac{\sin\dfrac{\delta_m+60^\circ00'}{2}}{\sin\dfrac{60^\circ00'}{2}}=\dfrac{\sin\dfrac{50^\circ57'+60^\circ00'}{2}}{\sin\dfrac{60^\circ00'}{2}}$（计算过程） **(0.5 分)** ＝ 1.647757938 （尽量多保留几位有效数字！） **(1 分)** 折射率 n 的不确定度为： $\Delta n=\sqrt{(\dfrac{\partial n}{\partial\delta_m})^2\cdot\Delta\theta^2+(\dfrac{\partial n}{\partial A})^2\cdot\Delta A^2}$ 其中： $\dfrac{\partial n}{\partial\delta_m}=\dfrac{1}{2}\times\dfrac{\cos(\dfrac{\delta_m+A}{2})}{\sin\dfrac{A}{2}}$ ＝ 0.566765775 / (2×0.5) （计算过程） **(0.5 分)** ＝ 0.566765775 （尽量多保留几位有效数字！） **(1 分)** $\dfrac{\partial n}{\partial A}=\dfrac{1}{2}\times\dfrac{\cos(\dfrac{\delta_m+A}{2})\sin(\dfrac{A}{2})-\sin(\dfrac{\delta_m+A}{2})\cos(\dfrac{A}{2})}{\sin^2(\dfrac{A}{2})}=\dfrac{1}{2}\times\dfrac{\sin(-\dfrac{\delta_m}{2})}{\sin^2(\dfrac{A}{2})}$ ＝ (-0.4301172287) / (2×0.25) （计算过程） **(0.5 分)** ＝ -0.860234457 （尽量多保留几位有效数字！） **(1 分)** $\Delta n=\sqrt{0.566765775^2\times0.00019^2+(-0.860234457)^2\times0.00058^2}$（计算过程）**(0.5 分)** ＝ 0.000512 （尽量多保留几位有效数字！） **(1 分)** **评分标准：**① 每个空格的分数值，按照标定的数值计算，给分；② 上述“计算过程”空格填入 相关项的计算数值 或 代入角度数值 均算正确，可得相应的分数值。
1. 3	测量结果： **(满分：7 分)** n = 1. 647757938 **(1 分)** Δn = 0. 000512 **(1 分)** 光学玻璃材料的折射率是 $n=1.6478\pm0.0005$ **(5 分：3＋1＋1)** **评分标准：**① 前 2 个空格的分数值，各 1 分；② 最后一个空格的分数值为 5 分：折射率的数值落在[1.6470, 1.6490]区间内，得 3 分；在[1.6465, 1.6495]区间内，得 1 分；小于 1.6465 或大于 1.6495，得 0 分；不确定度的有效数字的位数大于 2 位的，扣 1 分；计算结果的末位有效数字没有与不确定度的有效数字对齐，扣 1 分。

2．测定光学玻璃材料的色散曲线。（50 分）

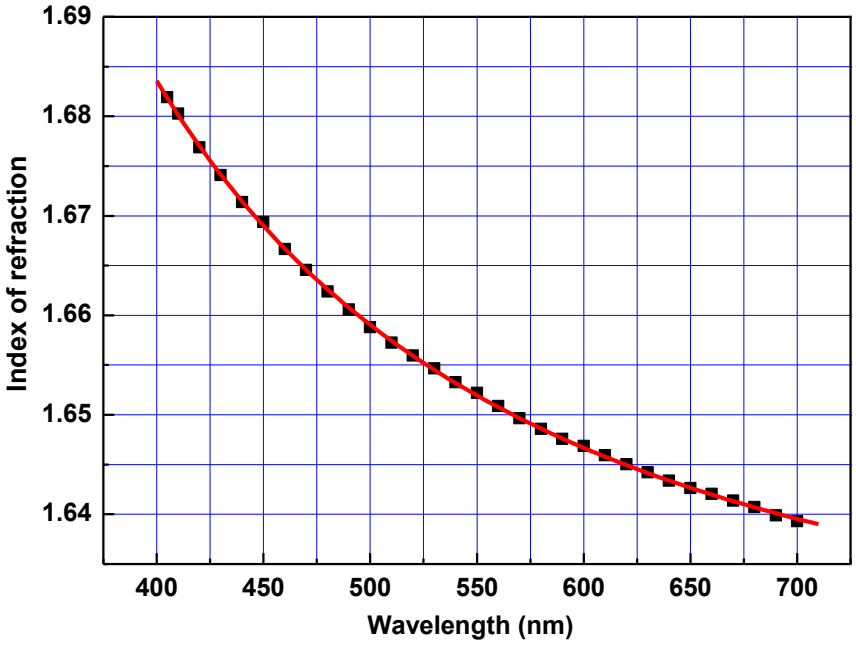
2. 1

在可见光范围内，单次测量不同波长下（**即在 400nm 到 700nm 之间，至少需要测量 20 个数据点**）的最小偏向角，并计算其所对应的折射率。将全部测定的λ 对应的 n 值列成数据表格。在自己设计的表格内记录实验数据。（满分：20 分）

答：　　表 2　光波长值、最小偏向角及折射率

波长 / nm	波长$^{-2}$ / $10^{-6}\times$ nm^{-2}	最小偏向角 / °	折射率 n
405.0	*6.0960*	54.483	1.6819
410.0	*5.9488*	54.308	1.6803
420.0	*5.6689*	53.950	1.6769
430.0	*5.4083*	53.658	1.6741
440.0	*5.1653*	53.375	1.6714
450.0	*4.9383*	53.167	1.6694
460.0	*4.7259*	52.883	1.6666
470.0	*4.5269*	52.667	1.6646
480.0	*4.3403*	52.442	1.6624
490.0	*4.1643*	52.258	1.6606
500.0	*4.0000*	52.075	1.6588
510.0	*3.8447*	51.917	1.6573
520.0	*3.6982*	51.783	1.6560
530.0	*3.5600*	51.650	1.6547
540.0	*3.4294*	51.508	1.6533
550.0	*3.3058*	51.400	1.6522
560.0	*3.1888*	51.267	1.6509
570.0	*3.0779*	51.142	1.6497
580.0	*2.9727*	51.033	1.6486
590.0	*2.8727*	50.933	1.6476
600.0	*2.7778*	50.858	1.6469
610.0	*2.6874*	50.767	1.6459
620.0	*2.6015*	50.675	1.6450
630.0	*2.5195*	50.592	1.6442
640.0	*2.4414*	50.508	1.6434
650.0	*2.3669*	50.433	1.6426
660.0	*2.2957*	50.375	1.6420
670.0	*2.2277*	50.308	1.6414
680.0	*2.1626*	50.242	1.6407
690.0	*2.1004*	50.158	1.6399
700.0	*2.0408*	50.100	1.6393

评分标准：① 测量的数据点大于或等于 20 个，得 10 分；每少测 1 个数据点扣 0.5 分，直至扣完为止； ② 表格中有所测量的最小偏向角的数据列，得 4 分；③ 表格中有所计算的折射率数据，得 4 分；④ 表格中所计算折射率的有效数字位数保持在 5 位（含 5 位）以上，得 2 分。 ⑤ 对表中第 2 列的变换数据不作具体要求。

2. 2	以波长λ 为横坐标，折射率 n 为纵坐标，画出色散 n-λ 关系曲线。（满分：18 分） 答：根据表 2 中所测量的最小偏向角而计算出的折射率数值，绘制其色散关系曲线（如图 1 所示）。  图 1 光学玻璃 ZF1 材料的色散关系曲线 **评分标准：**总的要求是色散关系曲线应为平滑的和单调下降的。 具体评分如下： ① 图中标有多于或等于 15 个测量数据点，得 10 分，每少标 1 个数据点扣 1 分，直至扣完为止； ② 坐标轴上正确地标注物理量名称和单位，得 2 分；缺少或错误一项扣 1 分，直至扣完为止； ③ 在图中正确地绘出了拟合曲线的，得 2 分； ④ 测量数据点均匀分布在拟合曲线上或附近，可得 2 分； ⑤ 正确地标注图名，可得 2 分。

2. 3	借助柯西公式，利用计算器的拟合（回归）功能分别求出玻璃材料的特征常数 C_1 和 C_2 值，并给出拟合的相关系数γ（这里，不需要给出不确定度）。 （满分：12 分） 答：按照考生自带的（或考场提供的）科学型计算器的回归功能要求，分别输入 $1/\lambda^2$ 数值和 n 数值；然后，通过计算器的相关输出功能，直接在下列空格中填入由计算器中得到的所需截距和斜率，亦即为玻璃材料的特征常数 C_1 和 C_2 值，以及拟合的相关系数γ。 C_1 ＝ 1.6181 （**3 分：2 ＋1 ）** C_2 ＝ 10322 nm^2 （**6 分： 3 ＋ 1 ＋ 2 ）** 拟合的相关系数 γ = 0.9997 （**3 分：2 ＋ 1 ）** **评分标准：** ① 在 C_1 空格项中填入的数值落在 [1.6165, 1.6195] 区间内，得 2 分；且其有效数字位数保持在 5 位（含 5 位）以上，得 1 分。 ② 在 C_2 项中填入的数值落在 [10200, 10900] 区间内，可得 3 分；且其有效数字位数保持在 5 位（含 5 位）以上，得 1 分。 ③ C_2 的“单位”正确，得 2 分；若缺少“单位”，则扣 2 分；或“单位”标示错误，则扣 2 分。 ④ 在相关系数 γ 项中填入的具体数值有 3 个（含 3 个）9 以上，可得 2 分；否则，每少 1 个 9 扣 1 分，直至扣完为止；其有效数字位数保持在 4 位（含 4 位）以上，则得 1 分。

3．利用自己在上面的实验过程中已经获得的实验数据值，绘出所求光学玻璃材料的角色散率与波长λ的关系曲线。（25 分）

3. 1

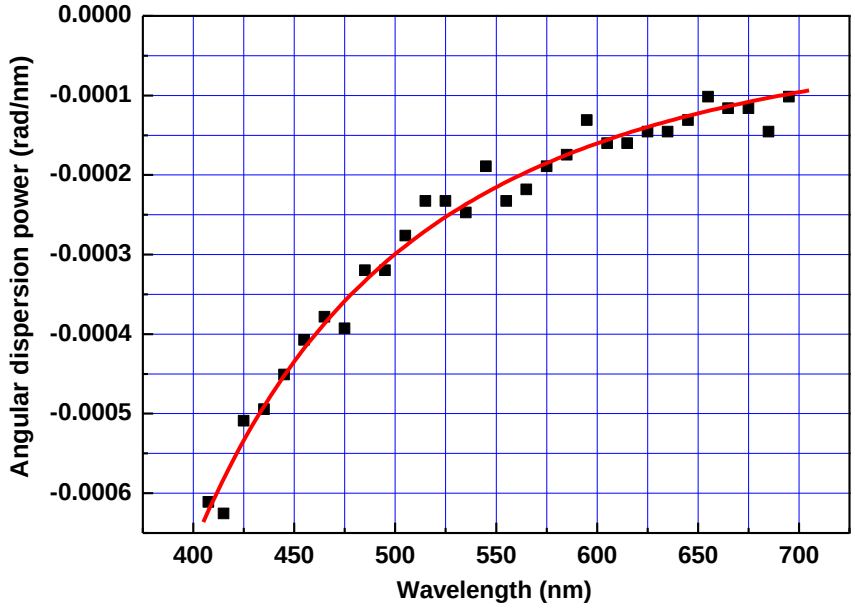
在可见光范围内，测量所选光谱线对（**实验中至少需要 10 组线对**）的相应最小偏向角，进而可以得到该光谱线对最小偏向角的差值Δδ，即可算得各中心波长（指光谱线对的平均波长）的Δδ/Δλ值。将全部测定的中心波长λ 对应的Δδ/Δλ值列成数据表格。**在自己设计的表格内记录实验数据。**　　（满分：12 分）

答：利用上面表 2 中的数值，可以得到下表中的具体数值，进而得到角色散率。

表 3　中心波长值、最小偏向角差值及折射率

中心波长 (nm)	最小偏向角的差值Δδ (′)	角色散率Δδ/Δλ (*rad*/nm)
415.0	21.5	-6.254×10^{-4}
425.0	17.5	-5.091×10^{-4}
435.0	17.0	-4.945×10^{-4}
445.0	15.5	-4.509×10^{-4}
455.0	14.0	-4.072×10^{-4}
465.0	13.0	-3.782×10^{-4}
475.0	13.5	-3.927×10^{-4}
485.0	11.0	-3.200×10^{-4}
495.0	11.0	-3.199×10^{-4}
505.0	9.5	-2.763×10^{-4}
515.0	8.0	-2.327×10^{-4}
525.0	8.0	-2.327×10^{-4}
535.0	8.5	-2.473×10^{-4}
545.0	6.5	-1.891×10^{-4}
555.0	8.0	-2.327×10^{-4}
565.0	7.5	-2.182×10^{-4}
575.0	6.5	-1.891×10^{-4}
585.0	6.0	-1.745×10^{-4}
595.0	4.5	-1.309×10^{-4}
605.0	5.5	-1.600×10^{-4}
615.0	5.5	-1.600×10^{-4}
625.0	5.0	-1.454×10^{-4}
635.0	5.0	-1.454×10^{-4}
645.0	4.5	-1.309×10^{-4}
655.0	3.5	-1.018×10^{-4}
665.0	4.0	-1.164×10^{-4}
675.0	4.0	-1.164×10^{-4}
685.0	5.0	-1.454×10^{-4}
695.0	3.5	-1.018×10^{-4}

评分标准：① 所测中心波长的数据点大于或等于 10 个，得 6 分；每少测 1 个数据点扣 1 分，直至扣完为止；② 表格中有所测量的最小偏向角差值Δδ的数据列，得 2 分；③ 表格中列有所计算的角色散率Δδ/Δλ数据，得 3 分；若负号不写 或 数量级错误，扣 1 分；④ 表格中所计算角色散率Δδ/Δλ的有效数字位数保持在 3 位（含 3 位）以上，得 1 分。

3. 2	以中心波长λ 为横坐标，角色散率Δδ/Δλ为纵坐标，画出Δδ/Δλ -λ 关系曲线。 （满分：13 分） 答：根据表 3 中的相关数据，可以绘制出如下图所示的光学玻璃材料的角色散率关系曲线图。  图 2 光学玻璃材料的角色散率关系曲线 **评分标准：**总的要求是角色散率关系曲线应为平滑的和单调上升的。在图 2 的实验数据点中可能会出现几个点纵轴坐标相同的情况，这显然是由于光栅单色仪的分辨本领不够造成的，而不是关系曲线本身的规律。 具体评分如下： ① 图中标有多于或等于 10 个测量数据点，得 5 分，每少标 1 个数据点扣 1 分，直至扣完为止； ② 坐标轴上正确地标注物理量名称和单位，得 2 分；缺少或错误一项扣 1 分，直至扣完为止； ③ 在图中正确地绘出拟合曲线的，得 3 分； ④ 测量数据点均匀分布在拟合曲线附近，得 2 分；若拟合曲线出现平台，扣 2 分； ⑤ 正确地标注了图名，得 1 分。