袮

赵

乜

内

級

本

觙

卍

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 \mathbb{C} -42 \mathbb{C})

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 200 Ω ,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 $^{\circ}$ $^{\circ}$ 。

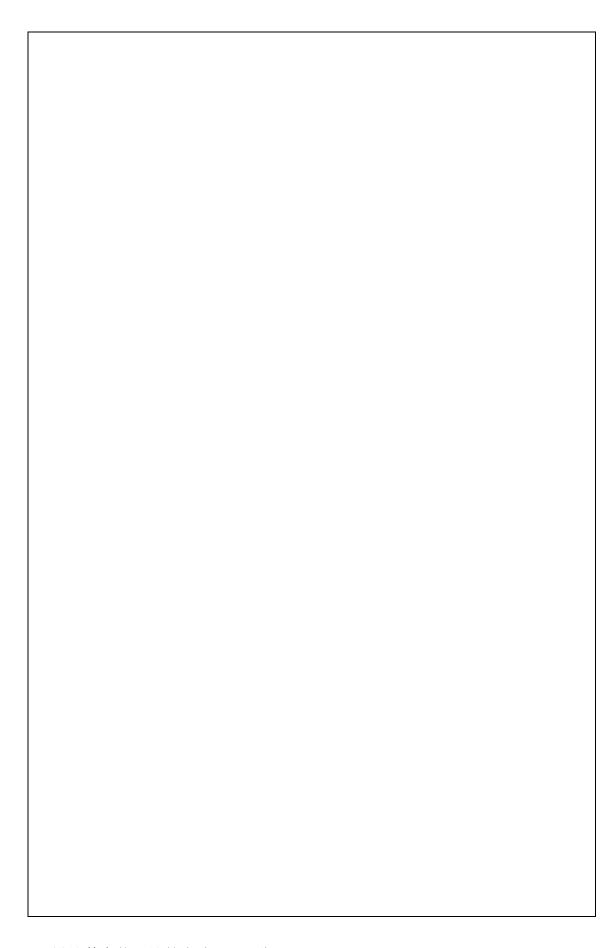
【警告】

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!

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 <i>R</i> 和 <i>T</i> 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)



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

圝 袮 准考证号 (组次号码) 赵 红 内 中学 姓名 级 本 世 俐

草稿纸

实验编号

准考证号 (组次号码)

中学 姓名

世

省(区)

圝

袻

赵

红

内

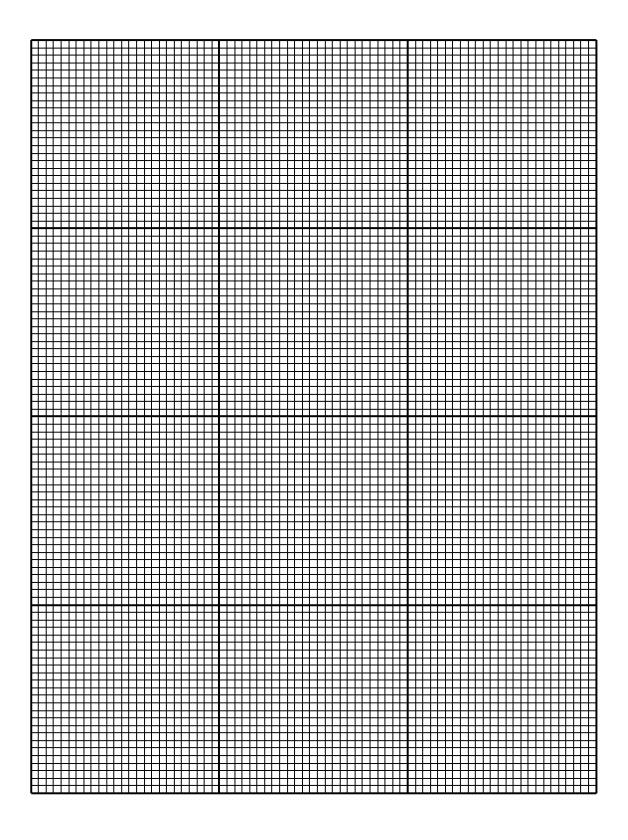
絥

本

倁

╛	Н	Ξ	H	E	Н	ŧ	£	H	#	H	+	Ħ	Ħ	#	Ħ	Ħ	#	Ħ	#	Ħ	#	Ħ	#	Ħ	#	Ħ	#	Ħ	ŧ	Ħ	Ħ	П	#	Ħ	\blacksquare	⋢	П	Ŧ	П	Ŧ	П	\Box	ɒ	Ħ	₽	Ħ
+	₩	+	Н	╀	Н	+	H	Н	+	Н	+	Н	Н	+	Н	Н	+	Н	╀	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	Н	H	Н	╀	Н	+	H	Н	+	Н	+	Н	+	H	H	₩	H
╛	ш	1	П		П	t	t	П	İ	П	1	П	Ħ		П		1	П		П	1	Ħ		П	1	П	1	П			П	П		П		Н	П		П	1	П	U		П	T	П
4	44	+	Н	┸	Ц	4	L	Н	+	Н	4	Н	Ц	4	Н	Н	_	Н	4	Н	+	Н	_	Н	4	Ш	_	щ	╀	щ	ш	Н	4	Н	ш	щ	Н	4	Н	4	Н	ш	Щ	Н	ш	Н
+	H	+	H	+	Н	+	Н	$^{+}$	+	H	+	H	Н	+	H	H	+	Н	+	H	+	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	+	H	Н	+	H	Н	+	H	+	H	+	+	+	+	+	┯	H
+	₩	+	Ħ	+	H	╈	H	H	+	Ħ	+	Ħ	Ħ	+	H	Ħ	+	H	╈	Ħ	+	H	+	Ħ	+	Ħ	+	H	T	H	Ħ	H	+	H	Ħ	H	Ħ	+	H	+	Ħ	+	H	Ħ	T	H
I	П	I	П	Ι	П		Ι	П		П	I	П	П	Ι	П	П		П	I	П	I	П		П	I	П	I	П			П	П		П			П		П	I	П	$oldsymbol{\square}$		П	$oldsymbol{\square}$	П
+	₩	+	Н	+	Н	+	Н	Н	+	Н	+	Н	Н	+	Н	Н	+	Н	+	н	+	Н	_	Н	+	Н	+	Н	+	Н	Н	Н	+	Н	+	Н	Н	+	Н	+	H	+	Н	₩	₩	Н
+	₩	+	Н	+	Н	+	Н	Н	+	Н	+	Н	H	+	H	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	Н	Н	Н	+	Н	+	Н	Н	+	Н	+	H	₩	Н	H	₩	Н
I	ш	Ī		T	П	Ť	Т	П	I		Ť	П		I				П		П	I	П		П	1	П		П	T		П	П		П			П		П	I	П	\Box		П	T	П
_	П	\perp	Ц	Т	Ц	I	Ц	П	I	П	I	П	П	I	П	П	_	П	I	П	I	П		П	\perp	П	I	П	Т	Н	П	П	\perp	П	H	Н	П	\perp	П	I	П	\Box	Н	П	\Box	Д
+	₩	+	Н	╀	Н	+	Н	Н	+	Н	+	Н	H	+	H	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	H	H	Н	+	Н	+	Н	Н	+	Н	+	H	+	Н	₩	₩	Н
+	╫	+	Н	+	Н	╁	Н	Н	+	Н	+	Н	H	+	H	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	H	╁	Н	+	Н	Н	Н	+	Н	+	Н	Н	+	Н	+	H	+	Н	H	H	Н
1	П	T	П	Т	П	T	П	П	T	П	T	П	Ħ	T	П	П	1	П	T	П	T	П		П	1	П	T	П			П	П		П	Т		П	T	П	T	П	\Box		П	T	П
1	П	Ŧ	П	F	П	Ţ	Т	П	T	Д	Ţ	П	П	T	П	П	Ţ	П	Ţ	П	Ŧ	П	_	П	Ţ	П	T	П	Т	щ	П	П	Ţ	П	Д	Ц	П	Ţ	П	T	П	\Box	Т	\blacksquare	$\operatorname{\square}$	Д
+	₩	+	H	+	Н	+	Н	Н	+	Н	+	Н	H	+	H	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	H	+	Н	H	н	+	Н	+	Н	Н	+	Н	+	H	+	+	+	┯	Н
+	₩	+	H	+	Н	+	Н	Н	+	H	+	Н	H	+	H	H	+	Н	╁	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	H	+	H	H	Н	+	Н	+	H	Н	+	Н	+	H	₩	H	H	₩	Н
T	П	Ť	П	T	П	T	T	Ħ	T	П	Ť	П	Ħ	T	П	M	T	П	Ť	П	Ť	П	Т	П	Ť	П	T	П	T	т	П	П	1	Ħ	Т	т	П	Ť	П	Ť	П	$\boldsymbol{\sqcap}$	т	Ħ	\top	П
_	П	_	Ц	T	П	_	Т	Н	_	П	_	П	I	_	П	Ц	_	П	_	П	_	П		П	_	Ц	_	Ц	\perp	4	П	Ц	_	Ц	H	1	П	_	П	_	ш	\blacksquare	1	П	$oldsymbol{\Box}$	Д
+	₩	+	Н	╀	Н	+	Н	Н	+	Н	+	Н	Н	+	Н	Н	+	Н	+	н	+	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	4	Н	Н	+	Н	+	Н	Н	+	Н	+	H	+4	Н	₩	₩	Н
+	₩	+	H	+	Н	+	H	H	+	H	+	Н	H	+	H	H	+	Н	+	H	+	Н	+	Н	+	H	+	H	+	H	H	H	+	H	+	H	Н	+	H	+	H	+	H	Ħ	++	H
⇉	T	ᆂ	┌ᅥ	1	口	Ī	Т	口	Ť	Ħ	ᆂ	П	┌┼	Ϯ	口	\mathbf{I}^{\dagger}	╛	Гļ	┱	П	ᆂ	П	▆	П	▆	П	ᆂ	口	T	╓	口	П	ᆂ	ĽŤ	T	╓	П	ᆂ	Гİ	⇉	ŢΤ	T	⇈	\Box^{\dagger}	T	╓
7	П	Ŧ	П	F	П	Ŧ	Д	Д	Ţ	П	Ţ	П	Д	T	П	П	Ŧ	П	T	П	Ţ	П	Ŧ	П	7	П	T	П	F	Д	П	П	Ŧ	П	П	I	П	Ŧ	П	T	П	₽	Д	口	₽	П
4	₩	+	Н	+	Н	+	Н	$^{+}$	+	H	+	H	Н	+	Н	H	+	Н	+	H	+	H	+	H	+	H	+	H	+	+	Н	н	+	H	+	+	H	+	Н	+	+	#	+	+	┯	H
+	₩	+	H	۰	Н	+	H	\vdash	+	H	+	H	H	+	H	H	+	Н	+	H	+	H	+	H	+	H	+	H	+	+	H	Н	+	H	+	+	H	+	H	+	++	+	+	#	۲	H
╛	П	土	ロ	I	ロ	I	t	ㅂ	I	Ħ	土	П	ㅂ	土	ロ	U	士	Ħ	土	Ħ	土	Ħ	\blacksquare	Ħ	土	Ħ	土	ロ	T	ь	口	U		П	I	Н	П	土	Ħ	土	Ħ	IJ	ㅂ	ロ	T	♬
Į	П	T	П	F	П	I	Д	Д	Ţ	П	Ţ	П	Д	Ţ	П	П	Ţ	П	Ţ	П	Ţ	Д	I	П	Ţ	П	T	П	F	Д	П	П	T	П	П	Д	П	Ţ	П	Ţ	П	₽	Д	Д	₽	П
4	₩	+	H	+	Н	+	H	\vdash	+	H	+	H	$^{+}$	+	$^{+}$	Н	+	H	+	H	+	H	4	H	+	H	+	H	+	+	Н	H	+	H	+	+	H	+	H	+	₩	+	+	₩	╜	H
+	H	+	H	+	H	+	H	$^{+}$	+	H	+	H	H	+	H	H	+	Н	+	H	+	H	+	H	+	H	+	H	+	+	H	Н	+	H	H	+	H	+	H	+	H	+	+	+	۲	H
╛	坩	士	Ħ	İ	ㅂ	t	Ħ	ㅂ	t	Ħ	İ	Ħ	ㅂ	土	ш	Ħ	t	Ħ	土	Ħ	±	Ħ	▆	Ħ	士	Ħ	I	廿	I	▆	世	Ħ	ᆂ	Ц	Ħ	ɒ	Ħ	I	Ħ	士	Ħ	J	ɒ	サ	T	口
Į	П	T	П	F	П	I	Д	Д	Ţ	П	Ţ	П	Д	Ţ	П	П	Ţ	П	Ţ	П	Ţ	Д	I	П	I	П	T	П	F	Д	П	П	T	П	Д	Д	П	Ţ	П	Ţ	П	卩	Д	Д	₽	П
+	₩	+	H	+	Н	+	Н	$^{+}$	+	H	+	H	$^{+}$	+	$^{+}$	Н	+	Н	+	H	+	Н	+	H	+	H	+	$^{+}$	+	+	H	Н	+	H	+	+	H	+	H	+	₩	┦	+	₩	┯	H
+	₩	+	H	+	H	+	H	\vdash	+	H	+	Н	Н	+	Н	Н	+	Н	+	H	+	H	+	Н	+	Н	+	H	+	+	H	Н	+	H	Н	\vdash	Н	╅	H	+	++	₩	+	#	┯	H
⇉	П	I	Ճ	I	Д	Ι	Г	口	I	口	I	П	Ճ	I	口	口	I	口	I	Д	I	Д	⇉	П	工	П	I	П	I	Ф	П	П	I	П	I	ロ	П	I	口	1	П	T	耳	口	エ	♬
1	Д	Ţ	Ц	F	Ц	Ţ	Ц	Ц	Ţ	Ц	Ţ	П	Д	Ţ	Ц	П	Ţ	П	Ţ	П	工	Ц	Д	П	\perp	П	Ţ	Щ	Д	Щ	Щ	Д	Ţ	П	Д	Д	П	Ţ	П	Ţ	П	П	Щ	4	₽	Ц
+	H	+	${}^{+}$	+	Н	+	Н	$^{+}$	+	H	+	H	$^{+}$	+	$^{+}$	Н	+	Н	+	H	+	H	+	H	+	Н	+	Н	+	+	Н	Н	+	H	+	+	H	+	H	+	+	+	+	+	┦	H
_	Ħ	+	H	t	H	t	Ħ	H	+	Ħ	+	Н	H		H	H	+	H		H		H	+	H	_	H		H	T	┢	廾	H		₽	\pm	\vdash	Н		H	+	╁┼	+	┢	#	┰	H
I	П	I	П	T	П	I	Г	Д	Ţ	П	Ţ	П	Д	T	П	П	I	П	Ţ	П	Ţ	П	Д	П	I	П	Ţ	П	П	Д	П	П	I	П	П	Д	П	I	П	I	П	\Box	П	Д	₽	П
4	H	+	H	۲	H	+	H	H	+	H	+	H	H	+	H	H	+	H	+	H	+	H	+	H	+	H	+	H	Ŧ	H	Н	H	+	H	+	H	H	+	H	+	H	+	H	₩	+	H
+	H	+	H	+	H	+	H	\vdash	+	H	+	H	H	+	H	H	+	Н	+	H	+	H	+	Н	+	H	+	H	+	+	H	Н	+	H	H	+	H	+	H	+	H	+	+	+	┰	H
⇉	П	土	ロ	I	ロ	İ	t	ロ	I	Ħ	I	U	ㅂ	土	口	Ħ	土	Ħ	I	Ħ	ᆂ	Ħ	o	U	#	Ħ	I	ロ	I	Ф	口	U		Ц	┰	ㅂ	U	ᆂ	Ħ	土	Ħ	IJ	ธ	ロ	T	♬
4	47	-	Ц	F	Ц	£	П	П	Ţ	H	Ţ	47	Ц	4	П	П	1	П	Ŧ	П	Ŧ	П	Д	П	\perp	П	Ŧ	П	Ŧ	Щ	П	П	4	ΗŢ	Д	Д	47	Ţ	П	4	ļŢ	47	Щ	#1	₽	П
+	H	+	H	+	Н	+	H	\vdash	+	H	+	H	$^{+}$	+	$^{+}$	Н	+	Н	+	H	+	Н	+	H	+	H	+	Н	+	+	H	Н	+	H	+	+	H	+	H	+	+	₩	+	+	┯	H
	Ħ	ᆂ	Ħ	İ	Ħ	İ	Ħ	ш	士	Ħ	士	Ħ	Ħ	ᆂ	廿	L		Ħ	ᆂ	Ħ	士	Ħ	▆	Ħ	士	Ħ	ᆂ	廿	T	╚	世	Ħ	ᆂ	Ħ	Ħ	ㅂ	Ħ	ᆂ	Ħ		Ħ	Ħ	⇈	Ħ	T	Ħ
Ţ	П	Ţ	П	Γ	П	T	Д	Д	Ţ	П	Ţ	П	Д	Ţ	П	П	Ţ	П	Ţ	П	Ţ	Д	I	П	Ţ	П	Ţ	П	T	Д	П	П	T	П	П	Д	П	Ţ	П	Ţ	П	₽	Д	Д	₽	Д
+	$^{+}$	+	Н	╀	Н	╀	Н	$^{+}$	+	H	+	H	Н	+	$^{+}$	Н	+	H	+	H	+	H	+	H	+	H	+	H	+	╙	Н	н	+	H	+	$^{+}$	₩	+	H	+	₩	+	+	₩	┯	H
+	H	+	H	۰	H	+	Ħ	\vdash	+	H	+	H	H	+	H	H	+	H	+	H	+	H	+	H	+	H	+	H	+	+	H	Н	+	H	+	+	H	+	H	+	++	+	+	#	۲	H
╛	П	土	ロ	t	ロ	I	t	ㅂ	I	Ħ	I	П	ㅂ	土	ロ	U	土	Ħ	I	Ħ	土	Ħ	ゴ	Ħ	土	Ħ	I	ロ	I	ь	口	U	ᆂ	П	I	Н	П	ᆂ	Ħ	土	Ħ	IJ	ㅂ	ロ	T	♬
4	44	1	Ц	+	Ц	1	L	щ	1	H	1	Ш	Ц	4	щ	μ	4	Н	1	П	1	H	Щ	ш	4	ш	Ŧ	щ	Ŧ	щ	щ	ш	1	Н	H	щ	Ш	1	П	1	H	╙	Щ	ΨĪ	₽	щ
+	+	+	H	+	Н	+	Н	$^{+}$	+	H	+	H	Н	+	H	H	+	Н	+	H	+	Н	+	Н	+	Н	+	H	+	+	H	Н	+	H	+	+	H	+	H	+	+	₩	+	++	┯	H
+	Ħ	+	H	t	H	t	Ħ	H	+	Ħ	+	Ħ	H	+	H	Ħ	+	Н	+	Ħ	十	Ħ	\dashv	H	+	Ħ	+	H	T	+	H	Ħ	+	Ħ	Ħ	\vdash	Ħ	十	Ħ	+	††	\forall	+	+	۲	H
⇉	\Box	\blacksquare	口	Į	口	I	Г	口	I	p	#	p	◻	┰	口	р	#	П	1	p	⇉	p	⇉	p	\Rightarrow	p	I	Ц	T	Ф	П	p	1	П	\blacksquare	ロ	p	1	p	⇉	\Box	T	⋢	ロ	T	♬
4	47	\perp	Ц	F	Ц	£	μ	П	Ţ	H	Ţ	47	Ц	4	П	П	4	П	Ŧ	П	Ŧ	П	Т	П	\perp	П	F	П	Ŧ	Щ	П	П	4	H	Д	Щ	47	4	П	4	ΗŢ	47	Щ	#1	₽	П
+	₩	+	Н	+	Н	+	Н	\vdash	+	H	+	Н	Н	+	Н	Н	+	Н	+	H	+	Н	+	Н	+	Н	+	+	+	+	Н	Н	+	H	+	+	Н	+	H	+	₩	┦	+	₩	┯	H
_†	Ħ		H	t	H	t	Ħ	H		Ħ	#	H	H	ᆂ	旪	Ħ		H	ᆂ	Ħ	ᆂ	Ħ	⇈	Ħ		Ħ	ᆂ	旪	T	⇈	世	Ħ		Ħ	Ħ	旪	H		Ħ		Ħ	T	⇈	廾	T	H
I	П	I	П	I	П	Ι	Г	Д	I	П	I	П	П	I	П	П	I	П	I	П	I	Д	┚	П	工	П	I	П	Т	Д	П	П	I	П	П	耳	П	I	П	I	П	IJ	Д	П	\mathbf{T}	口
4	H	+	Н	Ŧ	Н	+	H	Н	+	H	+	H	Н	+	H	H	+	Н	+	H	+	H	H	H	+	Н	+	Н	Ŧ	H	Н	н	+	Н	H	H	H	+	Н	+	H	#	H	H	┯	H
+	H	+	H	+	Н	+	Н	+	+	H	+	H	Н	+	$^{+}$	H	+	Н	+	H	+	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	+	H	Н	+	H	Н	+	H	+	H	+	₩	+	+	+	┯	H
J	Ħ	Ť	Ħ	İ	Ħ	t	t	o	t	Ħ	İ	Ħ	Ħ	t	盘	D	t	Ħ	I	Ħ	Ŧ	Ħ	▆	Ħ	I	Ħ	t	o	İ	Ħ	Ħ	Ħ	t	H	Ħ	Ħ	Ħ	I	Ħ	t	Ħ	T	Ħ	Ħ	T	o
J	П	I	П	Ι	□	I	Γ	П	I	П	I	П	◨	Ι	П	П	I	П	Ι	П	I	П		П	I	П	Ι	П	Ι		П	П	Ι	П	I	П	П	I	П	I	П	D		П	\Box	ᅒ
4	47	Ŧ	H	F	H	£	F	H	Ŧ	H	Ŧ	47	H	Ŧ	H	H	Ŧ	H	F	H	Ŧ	H	Ŧ	H	4	H	Ŧ	H	Ŧ	Æ	H	Н	Ŧ	Н	H	H	47	Ŧ	H	+	ΗŦ	#	H	#	₽	Н
+	H	+	H	+	Н	+	H	$^{+}$	+	H	+	H	$^{+}$	+	H	Н	+	Н	+	H	+	Н	+	Н	+	Н	+	H	+	+	Н	Н	+	H	+	+	H	+	H	+	+	+	+	+	Н	H
⇉	T	ᆂ	╚	1	口	Ť	T	口	Ť	Ħ	ᆂ	П	┌┼	ᆂ	口	\mathbf{I}^{\dagger}	╛	Гļ	ᆂ	П	ᆂ	П	▆	П	⇉	Ħ	ᆂ	口	T	⇈	巾	П		Ħ	T	╓	П	ᆂ	Гİ	I		T	⇈	\Box^{\dagger}	┲	╓
I	П	I	П	Ι	□	Ι	Г	◻	I	П	I	П	◨	T	П	П	I	П	I	П	I	П	⇉	П	\Box	П	I	П	Т	Т	П	П	Τ	П	I	Ф	П	I	П	I	П	I	П	П	\Box	ᅒ
4	47	+	H	F	П	Ŧ	F	H	Ŧ	Н	Ŧ	H	H	Ŧ	H	П	4	П	Ŧ	П	Ŧ	H	Ŧ		4	Н	F	H	F	Æ	H	Н	Ŧ	H	H		П	+	П	4	H	47	H	H	₽	Н
4	H	+	H	+	H	+	H	$^{+}$	+	H	+	Н	Н	+	H	H	+	Н	╁	Н	+	Н	+	Н	+	H		Н	+	H	Н	Н	+	H	+	H	H	+	H	+	+	+	+	H	┯	Н
J	U	J	ㅂ	I	ㅂ	I	I	╚	İ	Ц	I	П	◨	ᆂ	╚	D	I	Ц	I	U	ᆂ	Ħ	◨	П	ᆂ	Ħ	Т	П	I	╙	П	D	ᆂ	Ц	I	◨	П	ፗ	D	土	Ц	J	◨	ロ	\Box	口
7		Ŧ	П	F	П	Ŧ	F	H	Ŧ	П	Ţ	П	Д	Ŧ	П	П	Ŧ	П	T	П	Ŧ	Д	Ŧ	П	Ŧ	П	T	П	F		П	П	Ŧ	П	П	Ŧ	П	Ŧ	П	Ŧ	П	₽	I		₽	П
+	₩	+	H	+	Н	+	Н	$^{+}$	+	H	+	H	Н	+	$^{+}$	H	+	H	+	H	+	H	+	Н	+	Н	+	H	+	+	H	Н	+	H	+	+	H	+	H	+	₩	+	+	+	┯	H
+	₩	+	H	+	Н	+	H	$^{+}$	+	H	+	H	+	+	H	H	+	Н	+	H	+	H	+	Н	+	Н	+	H	+	+	H	Н	+	H	+	+	H	+	H	+	++	+	+	++	┯	Н
																																								- 1	1 1					
コ	П	I	ロ	Τ	口	I	Г	ロ	Ţ	П	Į	П	¤	T	口	П	1	П	Ţ	П	I	П	⇉	П	1	П	Ţ	Ф	I	Ф	Ф	П	1	П	T	珥	П	1	П	I	П	P	I	ヰ	T	口
4	41	Ŧ	Ц	1	Ц	Ĺ	Ľ	Ц	Į	μĮ	Ţ	47	Ц	Ŧ	Ц	П	4	μŢ	ŦĨ	μĮ	Ţ	ĮĮ	Ц	μŢ	4	П	ŦĨ	щ	Ŧ	ΗĹ	щ	П	1	ΗĪ	47	Ц	47	Ļ	μĮ	4	ΗĪ	Щ	Щ	Ħ	IJ	Ц
+		+	Н	+	Н	+	Н	$^{+}$	+	H	+	Н	Н	+	Н	Н	+	Н	+	H	+	Н	+	Н	+	Н	+	+	+	+	Н	Н	+	H	+	+	Н	+	H	+	₩	┦	+	₩	┯	H
- 1	1 1	- 1								1 1			H	+	H	H				H	- 1	1 1			+	H	+	H	+		H	H	Т	П	+	+	H	+	П	Т	П		+	#	۲	H
⇉	П	⇉	口	T	口	1	T	Ħ	#	П	1	П	口	土	H	П	#	П	ፗ	П	ᆂ	Ħ		П	⇉								1	П	П	ഥ	П	ᆂ	П	т	П	T	I	口	ヹ	П
4	47	Ţ	Ц	F	Ц	£	Д	Ц	Ţ	П	Ţ	П	Ц	Ţ	Ц	П	Ţ	П	Ţ	П	Ţ	Ц	Т	П	\perp	П	T	П	ĮĪ	Щ	Щ	П	T	П	Д	Д	П	Ţ	П	4	μŢ	П	Щ	Ħ	₽	Ц
+	H	+	H	+	Н	+	Н	$^{+}$	+	H	+	H	Н	+	H	H	+	Н	+	H	+	Н	+	Н	+	Н	+	Н	+	+	H	Н	+	H	Н	+	H	╁	Н	+	+	+	+	+	┯	H
_	_	_	_	4	_	4		_	_	_	_	_					_		_																											

草稿纸



圝

절

乜

内

絥

本

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:

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

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 $\Delta\lambda$ 的两条光谱线经棱镜折射后,相应最小偏向角差 $\Delta\delta$ 与 $\Delta\lambda$ 的比值,即

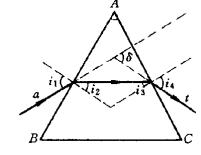


图 1 最小偏向角法测量原理

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

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 $v = dn/d\lambda$ 都減小时,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。

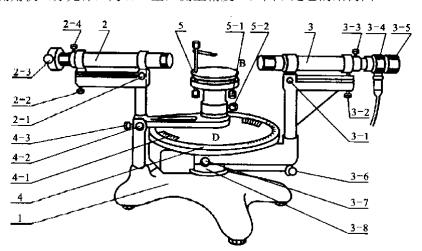


图 3 测角仪 (分光计) 结构示意图

- 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.

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 i₁,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<u>转折位置</u>就是棱镜对该光谱线的最小偏向角位置。

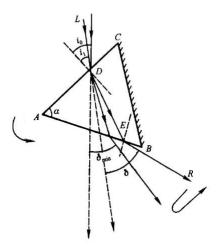


图 4 偏向角的移动示意图

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 $\Delta\lambda$ =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 $\Delta\delta$,进而可以算得各中心波长的 $\Delta\delta/\Delta\lambda$ 值。将全部测定的中心波长 λ 对应的 $\Delta\delta/\Delta\lambda$ 值 列成数据表格。以中心波长 λ 为横坐标,角色散率 $\Delta\delta/\Delta\lambda$ 为纵坐标,画出 $\Delta\delta/\Delta\lambda$ - 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;<u>实验过程中可以微调目镜</u>;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。

颲

袮

刻

红

准考证号

尺

絥

姓名

本

倒

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	所测量的组	实验数据	0		(8分)
		实验	所用的三	棱镜的顶角	角 A±ΔA	=60°00′	± 2′°	
)						
	 测量		"左"游标			"右"游标	示读数	S _
	次数	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)	$\delta''_{m} = \theta''_{1} - \theta''_{2}$	$\delta_m = \frac{\delta_m}{(\delta'_m + \delta''_m)/2}$
		,,,,,	,,,,,,	1 1 2	,,,,,,	,,,,,,	1 1 2	
	总平 均值	_	_	_	_	_	_	
1. 2	实验数	(10分)						
	 测角	仪(分:	光计)的	最大允许记	吳差为 △	<i>θ</i> _{ίχ} =1′ ≈		rad。
	最小	.偏白鱼 [,]	管术平均	値的标准2	不确定度			
	11人1	, Mid I, 4 V IV 2	71 -7 1、 1 2 -7	臣11小小正,				
	$\Delta \theta_{\mathbb{W}} = \Delta \theta_{\mathbb{W}}$	$\Delta \delta_{\rm m} = $						
			,,	_	na d			
		≈		=	raa	0		
	$\Delta\theta = 1$	$\sqrt{(\Delta heta_{))}^2}$	$^{2}+(\Delta\theta_{\odot})$	$(3)^2/3 = $			$rad_{ \circ}$	
	44 3				1			
	AA=2	′≈		rac	<i>l</i> •			

			棱镜材料的折射率 n 为:		
		 	$n = \frac{\sin \frac{\delta_m + 60^{\circ}00'}{2}}{\sin \frac{60^{\circ}00'}{2}} = \underline{\hspace{1cm}}$		(计算过程)
	颲	 	=	(尽量多保留几位有家	效数字!)
	俰	 	折射率 n 的不确定度为: $\Delta n = \sqrt{\left(\frac{\partial n}{\partial \delta_m}\right)^2 \cdot \Delta \theta^2 + \left(\frac{\partial n}{\partial A}\right)^2 \cdot \Delta A^2}$		
	灰	 	其中: $\frac{\partial n}{\partial \delta_m} = \frac{1}{2} \times \frac{\cos(\frac{\delta_m + A}{2})}{\sin\frac{A}{2}} = \underline{\hspace{1cm}}$		_(计算过程)
[号	和	 	=	(尽量多保留几位	有效数字!)
推考证号	杠	 	$\frac{\partial n}{\partial A} = \frac{1}{2} \times \frac{\cos(\frac{\delta_m + A}{2})\sin(\frac{A}{2}) - \sin(\frac{\delta_m + A}{2})\cos(\frac{A}{2})}{\sin^2(\frac{A}{2})}$	$\frac{(\frac{A}{2})}{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} \times \frac{\sin(-\frac{\delta_m}{2})}{\sin^2(\frac{A}{2})}$	
	剱	 	=		_(计算过程)
左 名		 	=	_ (尽量多保留几位有刻	效数字!)
	本	 	$\Delta n =$		(计算过程)
		 	=	(尽量多保留几位	有效数字!)
	超	1.3	测量结果: n = Δn = 光学玻璃材料的折射率是		(7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
	<u> </u>

		, [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)
	颲	 		
		; 		
	袔	 		
		! 		
	杈	 		
и[р-	口	 		
准考证号		! 		
無	长	 		
	Δ.	 		
	級	i I		
姓名		 		
#	.4	! 		
	本	 		
		i I		
	例	 		
		i 		

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)
	$C_1 = \underline{\hspace{1cm}}$
	$C_2 = $
	拟合的相关系数 γ =

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) 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, 3. 1 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 $\Delta\delta/\Delta\lambda$ 值。将全部测定的中心波长 λ 对应的 $\Delta\delta/\Delta\lambda$ 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. 圝 袔 赵 拉 尺 級 本 锹

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)

圝 袔 赵 红 尺 絥 本 倁

11

圝 袔 赵 拉 内 絥 姓名 本 锹

草稿纸

