

北京邮电大学

物理实验报告

实验名称: 分光计的调整与使用

学 院: 国际学院

班 级: _____

姓 名: _____

学 号: _____

任课教师: 朱波浪

实验日期: 2015.04.18

成 绩: 80

实验目的

1. 了解分光计的构造原理及各部件的作用
2. 学习分光计的调整方法
3. 学会用分光计测量光的偏折角度。

实验仪器名称 [型号、主要参数]

分光计

光学平行平板、三棱镜

汞灯

实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等；操作步骤]

一. 基本物理思想及实验原理

1. 分光计：① 由平行光管、望远镜、载物台、读数圆盘等部分组成。

② 调整：粗调：

细调：① 目镜中看到分划板以丝叉刻线清晰为止。

② 接目镜望远镜照明系统

③ 光学平行平板一个光面以望远镜，使光面与望远镜光轴垂直。

④ 前后伸望远镜，使亮十字清晰。

2. 最小偏角法测三棱镜折射率

1.1. 测量原理： $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ (n_1, n_2 为折射率， θ_1 为入射角， θ_2 为折射角， n_1, n_2 表示不同介质的折射率。

入射光 S_1 以入射角 θ_1 入射到 AB，出射光 S_2 以折射角 θ_2 从 AC 射出。当 $\theta_1 = \theta_2$ 时偏角最小。

$$n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\sin \frac{1}{2}(\theta_{\min} + A)}{\sin \frac{1}{2}A}$$

1.2 测量方法：

① 调整三棱镜两个光面的法线重合于分光计中心轴

将待测三棱镜放在载物台上, 采用自准法即利用已调节好的望远镜自身产生的平行光校准三棱镜的两个光学面法线, 使它们都与望远镜光轴平行。

②三棱镜顶角的测定:

a) 自准法测顶角(利用望远镜自身产生的平行光):

将望远镜按图摆放, 对准三棱镜的一个光学面, 将亮十字像与分划板上交叉线重合, 记下读数, $\theta_{左1}$ 、 $\theta_{右1}$; 然后转动望远镜, 将其对准三棱镜另一个光学面, 使亮十字像与分划板上交叉线重合, 再次记下读数, $\theta_{左2}$ 、 $\theta_{右2}$ 。

$$A = 180^\circ - \beta = 180^\circ - \frac{1}{2}(|\theta_{左2} - \theta_{左1}| + |\theta_{右2} - \theta_{右1}|)$$

b) 反射镜法测顶角:

三棱镜顶角对准平行光管光轴, 且棱镜的顶角应在载物台中部。然后将望远镜对准三棱镜一个光学面反射的光线, 读出 $\theta_{左1}$ 和 $\theta_{右1}$; 再转动望远镜使之对准棱镜另一个光学面反射的光线, 读出 $\theta_{左2}$ 和 $\theta_{右2}$ 。

$$A = \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2}(|\theta_{左2} - \theta_{左1}| + |\theta_{右2} - \theta_{右1}|)$$

③最小偏向角测定:

摆放三棱镜, 转动载物台和望远镜, 望远镜大致在出射光线位置时通过望远镜观察, 将望远镜对准光谱线, 轻轻载物台沿偏向角减小方向慢慢转动载物台, 转动某一位置谱线反向移动, 谱线对分划板刻度的读数即为最小偏向角。固定游标, 转动望远镜光轴使分划板上的竖线对准待测谱线的中心, 从两个游标处读出读数 $\theta_{左1}$ 、 $\theta_{右1}$ 。

转动载物台成另一谱线, 重复以上步骤, 读出此时的读数 $\theta_{左2}$ 和 $\theta_{右2}$, 则最小偏向角

$$\Delta_{min} = \frac{1}{2}(|\theta_{左2} - \theta_{左1}| + |\theta_{右2} - \theta_{右1}|)$$

12

实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

实验数据处理:

1. 三棱镜的顶角列表计算:

Data from the left side of scale		Data from the right side of scale	
position 1	position 2	position 1	position 2
θ_{L1}	θ_{L2}	θ_{R1}	θ_{R2}
$355^{\circ}55'$	$235^{\circ}55'$	$175^{\circ}55'$	$55^{\circ}55'$

$$A = 180^{\circ} - \frac{1}{2}(|\theta_{L2} - \theta_{L1}| + |\theta_{R2} - \theta_{R1}|) = 180^{\circ} - \frac{1}{2}(|235^{\circ}55' - 355^{\circ}55'| + |55^{\circ}55' - 175^{\circ}55'|)$$

$$= 60^{\circ} = 1.05 \text{ rad} = (1.05 \times 10^{-4}) \text{ rad}$$

不确定度推导与计算:

$$u(A) = \sqrt{\left(\frac{\partial A}{\partial \theta_{L1}}\right)^2 u^2(\theta_{L1}) + \left(\frac{\partial A}{\partial \theta_{L2}}\right)^2 u^2(\theta_{L2}) + \left(\frac{\partial A}{\partial \theta_{R1}}\right)^2 u^2(\theta_{R1}) + \left(\frac{\partial A}{\partial \theta_{R2}}\right)^2 u^2(\theta_{R2})}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 \times \Delta \theta^2 \times 4} = \Delta \theta = 2' \approx 5.8 \times 10^{-4} \text{ rad} \quad (1' = \frac{\pi}{180} \text{ rad})$$

2. 列表计算绿光和紫光的衍射角 S_{\min} 和不确定度 $u(S_{\min})$

	Data from the left side of scale		Data from the right side of scale	
	θ_{L1}	θ_{L2}	θ_{R1}	θ_{R2}
紫光	$217^{\circ}28'$	$324^{\circ}30'$	$37^{\circ}20'$	$144^{\circ}30'$
绿光	$219^{\circ}34'$	$322^{\circ}28'$	$39^{\circ}35'$	$142^{\circ}28'$

$$S_{\min} = \frac{1}{4}(|\theta_{L2} - \theta_{L1}| + |\theta_{R2} - \theta_{R1}|)$$

$$= \frac{1}{4}(|324^{\circ}30' - 217^{\circ}28'| + |144^{\circ}30' - 37^{\circ}20'|)$$

$$= 53^{\circ}42' \approx 0.9372 \text{ rad}$$

$$S_{\min} = \frac{1}{4}(|322^{\circ}28' - 219^{\circ}34'| + |142^{\circ}28' - 39^{\circ}35'|)$$

$$= 51^{\circ}26'45'' \approx 0.8978 \text{ rad}$$

② $u(S_{\min})$

$$u(S_{\min}) = \sqrt{\left(\frac{\partial S_{\min}}{\partial \theta_{L1}}\right)^2 u^2(\theta_{L1}) + \left(\frac{\partial S_{\min}}{\partial \theta_{L2}}\right)^2 u^2(\theta_{L2}) + \left(\frac{\partial S_{\min}}{\partial \theta_{R1}}\right)^2 u^2(\theta_{R1}) + \left(\frac{\partial S_{\min}}{\partial \theta_{R2}}\right)^2 u^2(\theta_{R2})}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{1}{4}\right)^2 \times \Delta \theta^2 \times 4} = \Delta \theta = 2' \approx 5.8 \times 10^{-4} \text{ rad} \quad (1' = \frac{\pi}{180} \text{ rad})$$

3. 计算蓝紫光和绿光的折射率 n 和不确定度 $U(n)$

$$n = \frac{\sin \theta_{i1}}{\sin \theta_{t1}} = \frac{\sin \frac{1}{2}(S_{\min} + A)}{\sin \frac{1}{2}A}$$

$$\textcircled{1} n_{\text{蓝紫}} = \frac{\sin \frac{1}{2}(60^\circ + 53.7^\circ)}{\sin 30^\circ} \approx 1.67452$$

$$n_{\text{绿}} = \frac{\sin \frac{1}{2}(60^\circ + 51.446^\circ)}{\sin 30^\circ} \approx 1.65263$$

$$\textcircled{2} U(n) = \sqrt{\left(\frac{\partial n}{\partial S_{\min}}\right)^2 \cdot U(S_{\min})^2 + \left(\frac{\partial n}{\partial A}\right)^2 \cdot U(A)^2}$$

$$= \sqrt{\left[\frac{\frac{1}{2} \cos \frac{1}{2}(S_{\min} + A)}{\sin \frac{1}{2}A}\right]^2 \cdot \Delta S_{\min}^2 + \left[\frac{\frac{1}{2} \cos \frac{1}{2}(S_{\min} + A) \cdot \sin \frac{1}{2}A - \sin \frac{1}{2}(S_{\min} + A)}{(\sin \frac{1}{2}A)^2}\right]^2 \cdot \Delta A^2}$$

$$= \frac{1}{\sin \frac{1}{2}A} \Delta S_{\min} \sqrt{\frac{1}{4} [\cos \frac{1}{2}(S_{\min} + A)]^2 + \left[\frac{\frac{1}{2} \cos \frac{1}{2}(S_{\min} + A) \cdot \sin \frac{1}{2}A - \sin \frac{1}{2}(S_{\min} + A)}{\sin \frac{1}{2}A}\right]^2}$$

代入数据:

$$U(n)_{\text{蓝紫}} = 2 \times 2' \cdot \sqrt{\frac{1}{4} \times \cos^2\left(\frac{1}{2} \times 113.7^\circ\right) + \left[\frac{\frac{1}{2} \cos\left(\frac{1}{2} \times 113.7^\circ\right) \cdot \frac{1}{2} - \sin\left(\frac{1}{2} \times 113.7^\circ\right)}{\frac{1}{2}}\right]^2}$$

$$\approx 1.0559 \times 2' = 2.1118' = \cancel{6.1 \times 10^{-4}} = 6 \times 10^{-4}$$

$$U(n)_{\text{绿}} = 2 \times 2' \cdot \sqrt{\frac{1}{4} \times \cos^2\left(\frac{1}{2} \times 111.446^\circ\right) + \left[\frac{\frac{1}{2} \cos\left(\frac{1}{2} \times 111.446^\circ\right) \cdot \frac{1}{2} - \sin\left(\frac{1}{2} \times 111.446^\circ\right)}{\frac{1}{2}}\right]^2}$$

$$\approx 2.0694' = \cancel{6.0 \times 10^{-4}} \approx 6 \times 10^{-4}$$

4. 结果的正确表达.

$$\textcircled{1} A = (0.01769 \pm 0.00058) \text{ rad.}$$

$$\textcircled{2} S_{\min \text{ 蓝紫}} = (10.93721 \pm 0.00029) \text{ rad}$$

$$\textcircled{3} S_{\min \text{ 绿}} = (10.89787 \pm 0.00029) \text{ rad}$$

$$\textcircled{4} n_{\text{蓝紫}} = \cancel{(1.67452 \pm 0.00061)} \text{ rad} = (1.6745 \pm 0.0006) \text{ rad}$$

$$n_{\text{绿}} = \cancel{(1.65263 \pm 0.00060)} \text{ rad} = (1.6526 \pm 0.0006) \text{ rad}$$

回答问题与实验总结

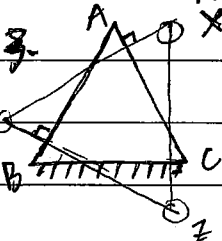
Answer the questions:

1. 调节载物台上的调平螺钉, 以及望远镜光轴的倾角调节螺钉。

判断方法: 光学平行平板两个光学面反射的十字像都能与P点重合。

2. 调节: ①狭缝套紧锁紧螺钉。②狭缝宽度调节手轮。

判断方法: 在望远镜中看到轮廓清晰的狭缝像。



举例说明, 当AB面对准望远镜物镜时, 调整调平螺钉, 此时, 载物平台沿以XY为轴转动。

而AC ⊥ XY。所以在调节AB面的沃线方向时,

AC面的沃线方向不发生改变。

4. 在能看见的光学面将十字像调到最上端, 缓慢下移一定距离后转到看见十字像的光学面观察此时是否重合, 直到两个光学面都能看见十字像, 再用沃线逐次调节。

5. 可以消除读数圆盘圆心与分光计的中心轴线不重合所引起的偏心差。两读数相差180°。

6. 光谱呈彩色的细谱竖线, 有蓝紫光、绿光、黄光... 各谱线之间距离不同, 亮度也不同。

任课教师指导意见

阅 5.12

V. Data Processing

1. 列表计算三棱镜的顶角 A ; 推导自准法测量顶角 A 的不确定度 $u(A)$, 并代入数据计算出 $u(A)$;

Using the table method to calculate A ; Deriving the expression of the uncertainty for diffractive angle A , i.e. $u(A)$, and calculating the results of uncertainty for A .

2. 列表计算蓝紫光 and 绿光的最小偏向角 δ_{\min} and 不确定度 $u(\delta_{\min})$;

Calculating the minimum deviation angles for the green and the blue-violet spectra.

3. 计算蓝紫光 and 绿光的折射率 n and 不确定度 $u(n)$;

Calculating refractive index n and the uncertainty of n , i.e. $u(n)$ respectively.

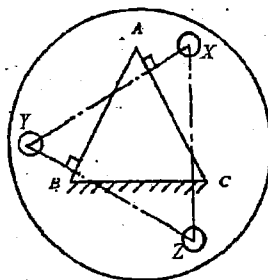
4. 给出所有计算结果的正确表达。 Given formal expressions of the final results.

VI. Notes

1. 计算折射率时, $u(A)$ and $u(\delta_{\min})$ 的单位应为弧度;
2. 如果测量时望远镜的转角经过 360° , 则计算时应考虑实际转过的角度。

VII. Questions

1. 调节望远镜光轴与分光计的中心轴相垂直, 应该调节哪些螺钉? 如何判断望远镜光轴与分光计的中心轴已经垂直?
2. 调整平行光管能够发出平行光, 应调节哪些螺钉? 如何判断平行光已经发出平行光?
3. 调节三棱镜光学面法线与分光计的中心轴相垂直时, 棱镜为什么要按照下图在载物台上摆放? 说明理由。



4. 调节望远镜光轴与分光计的中心轴相垂直时, 如果只在一个光学面观察到十字像, 应如何调节?
5. 为什么分光计采用双游标读数? 两个读数之间有什么关系?
6. 汞灯光通过三棱镜后的光谱的特点是什么?

Experiment 3 The adjustment and application of Spectrometer

name

clas

teacher 朱洪波

Date 2015.04.18

Group

I. Points in Preparation

1. 分光计的调整是本实验的难点，学生应掌握分光计的设计原理与结构，清楚调节的要求和对应的实验现象，以及每个螺钉的作用；
2. 如何摆放棱镜的位置，才能有效地调整望远镜与光轴垂直？
3. 如何调整狭缝使平行光管发出平行光？
4. 理解用自准法测量顶角的光路图及其测量公式；
5. 测量最小偏向角的光路图及测量公式。如何判定所测量的角度是最小偏向角。

II. Experimental Matters Need Attention

1. 不能用手接触三棱镜的光学面；
2. 不要频繁开启汞灯；
3. 要重视分光计的粗调。

III. Experimental Contents

1. 熟悉分光计的结构及调整要求，利用平面镜调节望远镜光轴与分光计主轴相垂直；
Adjusting the collimator to make the collimator perpendicular to the main axis of spectrometer
2. 调节三棱镜两个光学面与望远镜光轴相垂直，即望远镜中观察到的三棱镜两个光学面反射十字像成像在叉丝刻线的上交点 P；
3. 用自准法和反射法（选作）测量三棱镜的顶角；
4. 测量绿光、蓝紫光的最小偏向角。

IV. Data Sheet

1. Measuring the refraction angle A of the prism by oneself collimating method

Data from the left side of scale		Data from the right side of scale	
position1	position2	position1	position2
$\theta_{左1}$	$\theta_{左2}$	$\theta_{右1}$	$\theta_{右2}$
155°55'	235°55'	175°55'	55°55'

2. Measuring the refraction angle A of the prism by reflective method (选做) 反射

Data from the left side of scale		Data from the right side of scale	
position1	position2	position1	position2
$\theta_{左1}$	$\theta_{左2}$	$\theta_{右1}$	$\theta_{右2}$

3. Measuring the minimum deviation angles of the blue-violet and green spectra.

	Data from the left side of scale		Data from the right side of scale	
	$\theta_{左1}$	$\theta_{左2}$	$\theta_{右1}$	$\theta_{右2}$
蓝紫光	27°29'	324°30'	275°0'	144°30'
绿光	219°32'	322°38'	139°35'	140°35'

Teacher's Signature

北京邮电大学

物理实验报告

实验名称: 示波器的使用 & 空气中的声速测定

学 院: 国际学院

班 级: ----

姓 名: -----

学 号: -----

任课教师: 朱湛源

实验日期: 2014-3-21

成 绩: 75

)

实验目的

1. 学会使用不同的方法测定空气中的声速。
2. 掌握数字式函数发生器、示波器的使用方法
3. 学会用逐差法处理实验结果, 并对结果的不确定度进行分析

实验仪器名称 [型号、主要参数]

GDS6051 型连续式示波器, 8061 型数字式函数发生器
声速测量仪。

实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等; 操作步骤]

[设计原理]:

实验中 A_1, A_2 为结构相同的一对超声压电陶瓷换能器。 A_1 固定在底座上, 可作超声波发射器, 当信号加在 A_1 的输入端时, S_1 产生超声波。 A_2 作为超声波接收器, 它接收到振动在 A_2 的输出端产生电信号。发射器发出的超声波经接收器反射在两端反复叠加。转动角度标尺, 用螺杆推动滑块使 A_2 移动距离直接在数字测距仪测出。

[声速的测量方法]:

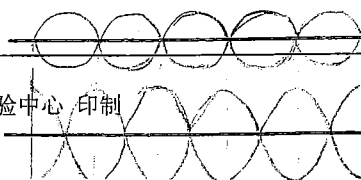
(1) 谐振频率: 当换能器系统的工作频率等于谐振频率时, 换能器处于谐振状态, 发射器发出的超声波功率最大。工作频率偏离谐振频率时, 换能器的灵敏度急剧下降。

(2) 共振法(振幅法): 激励系统的激励频率与振动系统的固有频率相同, 振动系统将获得最多的激励能量, 此现象称为共振。

假设发射波与反射波为频率相同、振幅相等的两列波 y_1, y_2 , 方程:

$$\begin{cases} y_1 = A \cos(\omega t - kx) \\ y_2 = A \cos(\omega t + kx) \end{cases} \Rightarrow y = y_1 + y_2 = 2A \cos kx \cos \omega t \quad (\text{驻波})$$

1. 当 $|\cos kx| = 1$, 即 $kx = \frac{2\pi}{\lambda} x = n\pi$, ($n=0, \pm 1, \pm 2$) 时, 振幅最大。当两个换能器之间的距离 x 等于半波长整数倍时将发生共振, 产生共振现象。振幅达到极大。



(3) 相位法: 沿传播方向任何两点, 其振动状态相同 (相位差为 2π 的整数倍) 时, 两点间的距离应等于波长 λ 的整数倍, 即 $I = n\lambda$

(4) 李萨如图形法.

设信号发射器输出信号为 $x = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1)$

接收换能器输出的信号为 $y = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$

分别输入到示波器的两路通道 X, Y , 合成 $(\frac{x}{A_1})^2 + (\frac{y}{A_2})^2 = \frac{2\omega\omega}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1)$

eq. $A_1 = A_2$, 且 $\Delta\varphi = 2n\pi$, 为斜率为 1 的直线.

找到所有圆退化为相同斜率直线的点, 根据 $I = n\lambda$ 即可算出波长.

2. 空气中声速与空气的热力学量.

声波在空气中的传播速度与声源频率无关, 只取决于空气本身性质

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

(R 为摩尔气体常数, γ 为绝热系数, M 为空气的摩尔质量, T 为绝对温度)

[操作步骤].

1. 用示波器观察接收器输出的电信号, 并调节电压调零的滑作数, 使接收器输出端 A_2 接收示波器 CH1 通道, 接收器信号输出接到发射器 A_1 上, 调整示波器以取得正弦波形.

(1) 调节输出的正弦信号频率使正弦信号振幅最大.

2. 振幅法测波长求声速.

由保持连接, 移动分度手轮移动接收器 A_2 , 找到两压电传感器距离最近的第一个半波整数倍的位置. 将此距离定为零. 继续移动 A_2 , 观察示波器上输出信号的幅值. 每当接收器收到声压最大时记录一次接收器的位置 x , 按顺序单向测出 n 个声压最大的接收器的位置.

[5]

实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

实验数据计算 室温 20℃. 示波器频率 40.0064 kHz, 信号发生器频率 40.01 kHz

1. 振幅法:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X(mm)	0.00	9.82	9.28	14.62	19.15	23.25	27.84	32.28	36.74	41.18	45.56	49.89

$$\bar{\Delta X} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 (X_{6+i} - X_i) = \frac{1}{6} [(X_7 - X_1) + (X_8 - X_2) + (X_9 - X_3) + (X_{10} - X_4) + (X_{11} - X_5) + (X_{12} - X_6)] = 27.06 \text{ mm}$$

ΔX_i 也符合! $\bar{\Delta X}$ 也符合!

$$\Delta \bar{X} = \frac{1}{6} \Delta \bar{X} = 9.02 \text{ mm}$$

$\bar{\Delta X}$ 取 0.12!

$$V = f \cdot \lambda = 360.86 \text{ m/s}$$

2. 衍射比较法:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X(mm)	0.00	9.12	17.98	26.89	35.49	44.20	52.87	61.51	70.12	78.74	87.43	96.08

$$\Delta \bar{X} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 (X_{6+i} - X_i) = 52.19 \text{ mm}$$

$$\Delta = \frac{1}{6} \Delta \bar{X} = 8.70 \text{ mm}$$

$$V = f \cdot \lambda = (40.0064 \text{ kHz}) \cdot (8.70 \text{ mm}) = 348.06 \text{ m/s}$$

3. 李萨如图法

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X(mm)	0.00	9.72	18.92	27.66	36.34	45.12	53.90	62.59	71.26	79.64	88.46	97.25

$$\Delta \bar{X} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 (X_{6+i} - X_i) = 52.56 \text{ mm}$$

$$\Delta = \frac{1}{6} \Delta \bar{X} = 8.76 \text{ mm}$$

$$V = f \cdot \lambda = (40.0064 \times 8.76) = 350.43 \text{ m/s}$$

[不确定度推导与计算] 李萨如图法

$$U(u) = f(u) = \frac{1}{6} \cdot f \cdot \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{\Delta X})^2}{b-1}} = 1.2 \text{ m/s}$$

$$U_r = \frac{U(u)}{V} \times 100\% = 0.34\%$$

$$V = 350.4 \pm 1.2 \text{ m/s}$$

$$U_r = 0.34\%$$

3. ~~$V_{\text{声}}$~~ 334.2

$$V_{\text{声}} = 331.45 \sqrt{\frac{273.15 + t}{273.15}} = 343.37 \text{ m/s.}$$

三种实验方法测得的声速均大于 $V_{\text{声}}$, 其中振幅法的差值最大.

$$4. V = \sqrt{\frac{\Gamma RT}{M}} \quad \therefore \Gamma = \frac{V^2 M}{RT}$$

$$\text{① 振幅法 } \Gamma = \frac{(360.80 \text{ m/s})^2 \times 28.964 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}}{8.3145 \text{ J/mol}\cdot\text{K} \times (20 + 273.15) \text{ K}} = 1.547$$

$$\text{② 相位法 } \Gamma = 1.490 \quad \checkmark$$

$$\text{③ 李萨如图法 } \Gamma = 1.459$$

回答问题与实验总结

1. 不同。前者改变工作频率使之等于谐振频率, 换阻器处于谐振状态, 发射器发出的电磁波功率最大; 而后者通过改变接收器的位置, 改变反射波与发射波的波程差, 使之成为半波长整数倍, 产生驻波现象。

2. 可以。

3. ① 是。调整函数发生器的频率使之达到谐振频率

② 是。调整函数发生器上发射器的振幅值

③ 是。减小电压分度值。

4. ① 可以。

② 可以。

③ 不可以。

5. 不可能。由公式 $v = f \cdot \lambda$ 得 $\lambda = \frac{v}{f}$ 。

波长不易测量。

换阻器不会达到谐振频率, 也就无法达到最佳工作状态。

任课教师指导意见

阅 3.31

Experiment 2 Measuring the Speed of Sound in Air

Name _____ Class _____ Teacher 朱波 Date 2014-3-21 Group _____

I. Points in Preparation

1. Preview the basic principles and measuring methods of acoustic velocity used in this experiment.
2. Preview the generating principles of ultrasonic wave through a piezoelectric ceramic transducer.
3. What physical parameters are related to the propagation of sound? How does the acoustic velocity change under different conditions? Try to figure them out by comparing the acoustic velocity at poles and equator, or comparing the acoustic velocity in water, air and metal materials.

II. Experimental Matters Need Attention

1. Digital telemeter has two types of unit, please choose mm as unit.
2. After experiment, please switch off the power of Digital telemeter.
3. The experiment should proceed with increased distance between the two transducers.
4. Set the output of signal generator as the maximum.

III. Experimental Contents

1. Measure the resonant frequency of piezoelectric ceramic transducer at room temperature.
2. Measure the wavelength of ultrasonic wave by using of the amplitude method, the traveling-wave comparison method and the Lisaru' diagram method.

IV. Data Sheet

1. Room temperature $t = 20^{\circ}\text{C}$
2. Measure the resonant frequency of piezoelectric ceramic transducer

Adjust the position of receiving transducer and let the distance between two transducers be around 2cm; Then adjust the frequency of the signal generator around 40kHz and make the output signal of receiving transducer be the maximum which indicates that the transducers are in resonance, and record the frequency of the signal generator, that is, the resonant frequency.

The value displayed on the oscilloscope $f = 40.0064\text{kHz}$

The value displayed on the signal generator $f = 40.0010\text{kHz}$

3. Measure the acoustic velocity with the amplitude method (Start the measurement from the distance be around 2cm between two transducers).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$x(\text{mm})$	0.00	4.82	9.78	14.62	19.15	23.25	27.84	32.28	36.74	41.18	45.56	49.89

4. Measure the acoustic velocity with the traveling-wave comparison method.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$x(\text{mm})$	0.00	9.12	17.98	26.82	35.49	44.20	52.87	61.51	70.12	78.74	87.43	96.08

Measure the acoustic velocity with the Lisaru' diagram method.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
λ ()	0.00	9.72	18.92	27.66	36.34	45.12	53.90	62.59	71.26	79.64	88.46	97.25

Teacher's signature

V. Data Processing

- List and calculate the acoustic velocity measured with the amplitude, traveling-wave comparison and Lisaru' diagram method by using of the method of successive difference. 列表用逐差法分别计算振幅法、行波比较法和李萨如图法测量的声速;
- Calculate the uncertainty of the acoustic velocity (Ignoring all errors of the instrument). Represent detailed derivation and calculation procedure of the uncertainty by using of one of the following three methods: the amplitude method, the traveling-wave comparison method and the Lisaru' diagram method. 从振幅法、行波比较法和李萨如图法中任选一个, 写出其不确定度的推导和计算过程, 写出结果表达;
- Calculate the acoustic velocity by using the following formula, and compare the calculated result with experimental result. 利用下式计算声速, 并将计算结果与实验值进行比较;

$$v_t = 331.45 \sqrt{\frac{273.15 + t}{273.15}}$$

- Calculate the ratio of specific heat (i.e, adiabatic coefficient) of the air, γ . (The theoretical value is 1.402) 利用实验测得的声速, 求出空气的比热比 (绝热系数) γ (理论值1.402)。

VI. Questions

- The aims of both adjusting the frequency of signal and changing the position of the receiving transducer are to maximize the output of the receiving transducer, and both of them are called as resonance, are they the same things?
- In the traveling-wave method, input the signal from the sending transducer into CH1, and input the signal from the receiving transducer into CH2, then how to choose the trigger source?
- In the amplitude method, there is no output waveform from the receiving transducer on the oscilloscope. However, the instruments and the cables are in good condition and the connections are also right. Then, are the following analyses reasonable? If yes, how to deal with them?
 - The frequency of signal is far away from the resonant frequency of the transducer.
 - The signal amplitude injecting the sending transducer is too weak.
 - Improper VOLT/DIV.
- In the amplitude method, if the maximum amplitude is over the display range of fluorescent screen, do you think the following three adjusting ways could be used to solve this problem?
 - Changing VOLT/DIV on the oscilloscope.
 - Adjusting the output amplitude of the signal generator.
 - Adjusting the frequency of the signal generator.
- In the experiment, is it possible to measure the acoustic velocity by changing the frequency of signal in that case the distance between the sender and the receiver is fixed?

Experiment 1 Usage of the oscilloscope

Name 张若馨 Class 2014215115 Teacher 朱洪波 Date 2015.03.24 Group _____

I. Points in Preparation

1. Learn the oscilloscope's structure, principle, and function of all knobs.
2. Learn the usage of the signal generator, get familiar with the function of all knobs.
3. Learn how to observe and measure different kinds of electric signals using the oscilloscope.

II. Experimental Contents

1. Get familiar with how to operate the oscilloscope and the signal generator.
2. Learn how to make simple measurements by using of oscilloscope.

III. Data Sheet

1. In the absence of signal, turn on the power of oscilloscope and set the sweeping mode to "AUTO", two horizontal lines or two fixed spots will be shown on the screen. Regulate the following knobs. Observe what will happen and explain the knobs' functions

Knob	Function	Knob	Function
"INTEN"	调节扫描亮度	"◆ POSITION"	调节垂直位移
"FOCUS"	调节扫描和光栅的聚焦	"◀▶ POSITION"	调节水平位移
press "X-Y"	用于观测李萨如图或磁滞回线	press "CH1" and "CH2"	信号输入通道

2. Press the button "SOURCE", the sequence of the parameters displayed on the right bottom of the screen CH1, CH2, LINE, EXTERNAL. During the process, when "SOURCE" becomes CH1, the waveform from CH1 is stabilized, when "SOURCE" is CH2, the waveform from CH2 is stabilized.
4. Vertical sector: Input a sinusoidal signal with frequency around 40kHz and proper strength into "CH2", press button "SOURCE", when the corresponding parameter on the right bottom of the screen is "CH2", regulate the following buttons, write down the phenomena and explain the knobs' functions.

Button	Phenomenon	
	The variance of waveform	The variance of parameter
"GND"	波形变成一条直线	5V后出现接地符号
"DC/AC"	无变化	AC ~ DC ...
"INV"	波形翻转	5V前出现"↓"

B14241

5. Observe the variance on signal's amplitude, and measure the peak-peak value for it:

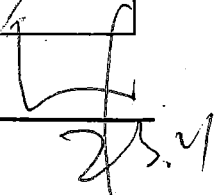
Knob	Describe the variances of the waveform and parameter	Results ()
"VOLT/DIV"	VOLT/DIV : 调节电压/分度值 波形幅度发生变化	$5.6 \text{ DIV} \times 2 \text{ V/DIV}$ $= 11 \text{ V}$
"VOLT/DIV" after pressing it	20前出现 > 波形改变	无
Describe the function of "VOLT/DIV": 调节电压/分度值, 按下再旋转为微调		

6. Horizontal sector: Observe the variance on signal's period, and measure the peak-peak value for the signal's period.

Knob	Describe the variances of the waveform and parameter	Results ()
"TIME/DIV"	改变时间分度, 波形宽度改变	$5.0 \text{ DIV} \times 5 \text{ MS/DIV}$ $= 25 \text{ MS}$
"TIME/DIV" after pressing it	微调, 时间前显示 > 号	无
Describe the function of "TIME/DIV":		

7. Measure duty by using of $\Delta V - \Delta t - OFF$ (Optional): Regulate the signal generator, choose square wave with frequency larger than 1KHz, then regulate the knob "DUTY" on the signal generator, observe the variance of the waveform on the oscilloscope. Measure the duties when turning the knob "DUTY" clockwise (and anticlockwise) to the end by using of oscilloscope. (Note: Please turn the knob "DUTY" anticlockwise to the end.)

Position of "DUTY"	t (breadth)	T (period)	Duty: t/T(%)
The rightmost	0.700 ms	0.700 ms 1.016 ms	0.197%
The leftmost	0.824 ms	1.016 ms	0.811%

Teacher's signature 

IV. Questions

- If the waveform displayed on the oscilloscope always shifts rightwards or leftwards, how to regulate the oscilloscope and let the waveform to be fixed?
- What is the function of the knob "trig level" on oscilloscope? When should we regulate it? When observing Lissajous diagram, can we stabilize the pattern by regulating the knob "trig level"?
- What are reasons if, instead of horizontal lines, we only find one or two moving spots? Then how to regulate the oscilloscope? How to do it if we find one fixed spots?

5. Observe the variance on signal's amplitude, and measure the peak-peak value for it.

Knob	Describe the variances of the waveform and parameter	Results ()
"VOLT/DIV"	VOLT/DIV: 调节电压/分度值 波形幅度发生变化	$5.6 \text{ DIV} \times 2 \text{ V/DIV}$ $= 11 \text{ V}$
"VOLT/DIV" after pressing it	20前出现 > 波形改变	无
Describe the function of "VOLT/DIV": 调节电压/分度值, 按下再旋转为微调		

6. Horizontal sector: Observe the variance on signal's period, and measure the peak-peak value for the signal's period.

Knob	Describe the variances of the waveform and parameter	Results ()
"TIME/DIV"	改变时间分度, 波形宽度改变	$5.0 \text{ DIV} \times 5 \text{ MS/DIV}$ $= 25 \text{ MS}$
"TIME/DIV" after pressing it	微调, 时间前显示 ">" 号	无
Describe the function of "TIME/DIV":		

7. Measure duty by using of $\Delta V - \Delta t - OFF$ (Optional): Regulate the signal generator, choose square wave with frequency larger than 1KHz, then regulate the knob "DUTY" on the signal generator, observe the variance of the waveform on the oscilloscope. Measure the duties when turning the knob "DUTY" clockwise (and anticlockwise) to the end by using of oscilloscope. (Note: Please turn the knob "DUTY" anticlockwise to the end.)

Position of "DUTY"	t (breadth)	T (period)	Duty: t/T(%)
The rightmost	0.200ms	0.200ms 1.016ms	0.197%
The leftmost	0.824ms	1.016ms	0.811%

Teacher's signature _____

IV. Questions

- If the waveform displayed on the oscilloscope always shifts rightwards or leftwards, how to regulate the oscilloscope and let the waveform to be fixed?
- What is the function of the knob "trig level" on oscilloscope? When should we regulate it? When observing Lisaru diagram, can we stabilize the pattern by regulating the knob "trig level"?
- What are reasons if, instead of horizontal lines, we only find one or two moving spots? Then how to regulate the oscilloscope? How to do it if we find one fixed spots?

北京邮电大学

物理实验报告

实验名称: 弗兰克-赫兹实验

学 院: 国际学院

班 级: _____

姓 名: _____

学 号: _____

任课教师: 朱洪波

实验日期: 2015.04.11

成 绩: A-

实验目的

1. 学习弗兰克和赫兹为揭示原子内部量子化能级所作的巧妙构思及实验方法。
2. 了解本放电现象中低能电子与原子间相互作用的过程, 以及电子与原子碰撞的微观过程与实验中的宏观量的关系。

实验仪器名称 [型号、主要参数]

F-H实验仪, F-H管, 示波器

实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等; 操作步骤]

[实验原理]

1. 玻尔假设: ① 原子只能较长久地停留在一些稳定状态, 简称“定态”, 原子在这些状态时不发射也不吸收能量, 各定态的能量是彼此分立的。② 原子从一个定态跃迁到另一个定态而发射或吸收辐射能量时, 辐射的频率是一定的: $h\nu = E_m - E_n$

其中, E_m, E_n 为有关定态的能量, ν 为辐射频率, h 为普朗克常量。

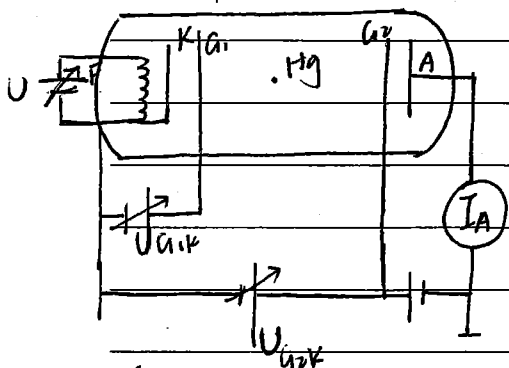
2. 电压为 U_g 时, 电子具有能量为 eU_g , 使电子从正常状态跃迁到第一激发状态, 则 U_g 为第一激发电位。若电压为 U_i 时, 电子的能量刚好使原子电离, 则 U_i 为电离电位。

[设计原理]

1. 电子由热阴极 K 发出, K 附近加一个正偏压 U_{g1K} 。

在 K 与栅极 G_1 之间加电场使电子加速, 加速电压为 U_{g1K} , G_1 和 G_2

2. G_2 与 A 之间加有反向拒斥电压 U_{g2A} , 电子进入 G_2A 时, 如果仍有很大能量, 就能到达 A, 形成电流 I_A , 进而被检测出来。如果电子在 K G_2 空间与原子碰撞, 自己一部分能量给了原子, 使后者被激发, 电子本身能量减少, 不足以克服拒斥电场, 无法到达 A, 不通过检测。



3. 最初使用汞蒸汽, 逐渐增加 KU 调压。

当电子取得的量很低时, 与汞原子碰撞不影响汞原子内部能量, 板极电流 I_A 将随 U_{ark} 增加而增加。当 U_{ark} 达到汞原子第一激发电位时, 电子与 KU 附近原子碰撞, 使原子基态被激发到第一激发态, 而电子几乎失去全部动能, 电子将无法到达板极 A, I_A 下降。继续升高 U_{ark} , 电子动能的增加, 电子碰撞后仍有足够的量可以克服排斥电场而到达板极 A。当 KU 电压达到第二激发电位时, 电子在 KU 空间有可能经过两次碰撞而失去能量, 因此又造成板极电流 I_A 下降。

凡在 $U_{ark} = nU_g$ ($n=1, 2, 3, \dots$) 的地方板极电流都会相应下降。其中相邻两 U_{ark} 的差值, 即为汞原子第一激发电位 U_g 。

4. 实验 F-H 管的阴极和栅极往往由不同金属材料制作, 因此会产生接触电位差, 使真正加到电子上的加速电压不等于 U_{ark} 。

5. 通常 F-H 管是充汞的。也可以充惰性气体如氖、氩。

[实验内容]

1. 手动观测 $I_A - U_{ark}$ 曲线, 并计算出汞原子第一激发电位。

2. 启动自动测试, 在示波器上观察 $I_A - U_{ark}$ 曲线。

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100. 101. 102. 103. 104. 105. 106. 107. 108. 109. 110. 111. 112. 113. 114. 115. 116. 117. 118. 119. 120. 121. 122. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129. 130. 131. 132. 133. 134. 135. 136. 137. 138. 139. 140. 141. 142. 143. 144. 145. 146. 147. 148. 149. 150. 151. 152. 153. 154. 155. 156. 157. 158. 159. 160. 161. 162. 163. 164. 165. 166. 167. 168. 169. 170. 171. 172. 173. 174. 175. 176. 177. 178. 179. 180. 181. 182. 183. 184. 185. 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192. 193. 194. 195. 196. 197. 198. 199. 200. 201. 202. 203. 204. 205. 206. 207. 208. 209. 210. 211. 212. 213. 214. 215. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 227. 228. 229. 230. 231. 232. 233. 234. 235. 236. 237. 238. 239. 240. 241. 242. 243. 244. 245. 246. 247. 248. 249. 250. 251. 252. 253. 254. 255. 256. 257. 258. 259. 260. 261. 262. 263. 264. 265. 266. 267. 268. 269. 270. 271. 272. 273. 274. 275. 276. 277. 278. 279. 280. 281. 282. 283. 284. 285. 286. 287. 288. 289. 290. 291. 292. 293. 294. 295. 296. 297. 298. 299. 300. 301. 302. 303. 304. 305. 306. 307. 308. 309. 310. 311. 312. 313. 314. 315. 316. 317. 318. 319. 320. 321. 322. 323. 324. 325. 326. 327. 328. 329. 330. 331. 332. 333. 334. 335. 336. 337. 338. 339. 340. 341. 342. 343. 344. 345. 346. 347. 348. 349. 350. 351. 352. 353. 354. 355. 356. 357. 358. 359. 360. 361. 362. 363. 364. 365. 366. 367. 368. 369. 370. 371. 372. 373. 374. 375. 376. 377. 378. 379. 380. 381. 382. 383. 384. 385. 386. 387. 388. 389. 390. 391. 392. 393. 394. 395. 396. 397. 398. 399. 400. 401. 402. 403. 404. 405. 406. 407. 408. 409. 410. 411. 412. 413. 414. 415. 416. 417. 418. 419. 420. 421. 422. 423. 424. 425. 426. 427. 428. 429. 430. 431. 432. 433. 434. 435. 436. 437. 438. 439. 440. 441. 442. 443. 444. 445. 446. 447. 448. 449. 450. 451. 452. 453. 454. 455. 456. 457. 458. 459. 460. 461. 462. 463. 464. 465. 466. 467. 468. 469. 470. 471. 472. 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. 484. 485. 486. 487. 488. 489. 490. 491. 492. 493. 494. 495. 496. 497. 498. 499. 500. 501. 502. 503. 504. 505. 506. 507. 508. 509. 510. 511. 512. 513. 514. 515. 516. 517. 518. 519. 520. 521. 522. 523. 524. 525. 526. 527. 528. 529. 530. 531. 532. 533. 534. 535. 536. 537. 538. 539. 540. 541. 542. 543. 544. 545. 546. 547. 548. 549. 550. 551. 552. 553. 554. 555. 556. 557. 558. 559. 560. 561. 562. 563. 564. 565. 566. 567. 568. 569. 570. 571. 572. 573. 574. 575. 576. 577. 578. 579. 580. 581. 582. 583. 584. 585. 586. 587. 588. 589. 590. 591. 592. 593. 594. 595. 596. 597. 598. 599. 600. 601. 602. 603. 604. 605. 606. 607. 608. 609. 610. 611. 612. 613. 614. 615. 616. 617. 618. 619. 620. 621. 622. 623. 624. 625. 626. 627. 628. 629. 630. 631. 632. 633. 634. 635. 636. 637. 638. 639. 640. 641. 642. 643. 644. 645. 646. 647. 648. 649. 650. 651. 652. 653. 654. 655. 656. 657. 658. 659. 660. 661. 662. 663. 664. 665. 666. 667. 668. 669. 670. 671. 672. 673. 674. 675. 676. 677. 678. 679. 680. 681. 682. 683. 684. 685. 686. 687. 688. 689. 690. 691. 692. 693. 694. 695. 696. 697. 698. 699. 700. 701. 702. 703. 704. 705. 706. 707. 708. 709. 710. 711. 712. 713. 714. 715. 716. 717. 718. 719. 720. 721. 722. 723. 724. 725. 726. 727. 728. 729. 730. 731. 732. 733. 734. 735. 736. 737. 738. 739. 740. 741. 742. 743. 744. 745. 746. 747. 748. 749. 750. 751. 752. 753. 754. 755. 756. 757. 758. 759. 760. 761. 762. 763. 764. 765. 766. 767. 768. 769. 770. 771. 772. 773. 774. 775. 776. 777. 778. 779. 780. 781. 782. 783. 784. 785. 786. 787. 788. 789. 790. 791. 792. 793. 794. 795. 796. 797. 798. 799. 800. 801. 802. 803. 804. 805. 806. 807. 808. 809. 810. 811. 812. 813. 814. 815. 816. 817. 818. 819. 820. 821. 822. 823. 824. 825. 826. 827. 828. 829. 830. 831. 832. 833. 834. 835. 836. 837. 838. 839. 840. 841. 842. 843. 844. 845. 846. 847. 848. 849. 850. 851. 852. 853. 854. 855. 856. 857. 858. 859. 860. 861. 862. 863. 864. 865. 866. 867. 868. 869. 870. 871. 872. 873. 874. 875. 876. 877. 878. 879. 880. 881. 882. 883. 884. 885. 886. 887. 888. 889. 890. 891. 892. 893. 894. 895. 896. 897. 898. 899. 900. 901. 902. 903. 904. 905. 906. 907. 908. 909. 910. 911. 912. 913. 914. 915. 916. 917. 918. 919. 920. 921. 922. 923. 924. 925. 926. 927. 928. 929. 930. 931. 932. 933. 934. 935. 936. 937. 938. 939. 940. 941. 942. 943. 944. 945. 946. 947. 948. 949. 950. 951. 952. 953. 954. 955. 956. 957. 958. 959. 960. 961. 962. 963. 964. 965. 966. 967. 968. 969. 970. 971. 972. 973. 974. 975. 976. 977. 978. 979. 980. 981. 982. 983. 984. 985. 986. 987. 988. 989. 990. 991. 992. 993. 994. 995. 996. 997. 998. 999. 1000. 1001. 1002. 1003. 1004. 1005. 1006. 1007. 1008. 1009. 1010. 1011. 1012. 1013. 1014. 1015. 1016. 1017. 1018. 1019. 1020. 1021. 1022. 1023. 1024. 1025. 1026. 1027. 1028. 1029. 1030. 1031. 1032. 1033. 1034. 1035. 1036. 1037. 1038. 1039. 1040. 1041. 1042. 1043. 1044. 1045. 1046. 1047. 1048. 1049. 1050. 1051. 1052. 1053. 1054. 1055. 1056. 1057. 1058. 1059. 1060. 1061. 1062. 1063. 1064. 1065. 1066. 1067. 1068. 1069. 1070. 1071. 1072. 1073. 1074. 1075. 1076. 1077. 1078. 1079. 1080. 1081. 1082. 1083. 1084. 1085. 1086. 1087. 1088. 1089. 1090. 1091. 1092. 1093. 1094. 1095. 1096. 1097. 1098. 1099. 1100. 1101. 1102. 1103. 1104. 1105. 1106. 1107. 1108. 1109. 1110. 1111. 1112. 1113. 1114. 1115. 1116. 1117. 1118. 1119. 1120. 1121. 1122. 1123. 1124. 1125. 1126. 1127. 1128. 1129. 1130. 1131. 1132. 1133. 1134. 1135. 1136. 1137. 1138. 1139. 1140. 1141. 1142. 1143. 1144. 1145. 1146. 1147. 1148. 1149. 1150. 1151. 1152. 1153. 1154. 1155. 1156. 1157. 1158. 1159. 1160. 1161. 1162. 1163. 1164. 1165. 1166. 1167. 1168. 1169. 1170. 1171. 1172. 1173. 1174. 1175. 1176. 1177. 1178. 1179. 1180. 1181. 1182. 1183. 1184. 1185. 1186. 1187. 1188. 1189. 1190. 1191. 1192. 1193. 1194. 1195. 1196. 1197. 1198. 1199. 1200. 1201. 1202. 1203. 1204. 1205. 1206. 1207. 1208. 1209. 1210. 1211. 1212. 1213. 1214. 1215. 1216. 1217. 1218. 1219. 1220. 1221. 1222. 1223. 1224. 1225. 1226. 1227. 1228. 1229. 1230. 1231. 1232. 1233. 1234. 1235. 1236. 1237. 1238. 1239. 1240. 1241. 1242. 1243. 1244. 1245. 1246. 1247. 1248. 1249. 1250. 1251. 1252. 1253. 1254. 1255. 1256. 1257. 1258. 1259. 1260. 1261. 1262. 1263. 1264. 1265. 1266. 1267. 1268. 1269. 1270. 1271. 1272. 1273. 1274. 1275. 1276. 1277. 1278. 1279. 1280. 1281. 1282. 1283. 1284. 1285. 1286. 1287. 1288. 1289. 1290. 1291. 1292. 1293. 1294. 1295. 1296. 1297. 1298. 1299. 1300. 1301. 1302. 1303. 1304. 1305. 1306. 1307. 1308. 1309. 1310. 1311. 1312. 1313. 1314. 1315. 1316. 1317. 1318. 1319. 1320. 1321. 1322. 1323. 1324. 1325. 1326. 1327. 1328. 1329. 1330. 1331. 1332. 1333. 1334. 1335. 1336. 1337. 1338. 1339. 1340. 1341. 1342. 1343. 1344. 1345. 1346. 1347. 1348. 1349. 1350. 1351. 1352. 1353. 1354. 1355. 1356. 1357. 1358. 1359. 1360. 1361. 1362. 1363. 1364. 1365. 1366. 1367. 1368. 1369. 1370. 1371. 1372. 1373. 1374. 1375. 1376. 1377. 1378. 1379. 1380. 1381. 1382. 1383. 1384. 1385. 1386. 1387. 1388. 1389. 1390. 1391. 1392. 1393. 1394. 1395. 1396. 1397. 1398. 1399. 1400. 1401. 1402. 1403. 1404. 1405. 1406. 1407. 1408. 1409. 1410. 1411. 1412. 1413. 1414. 1415. 1416. 1417. 1418. 1419. 1420. 1421. 1422. 1423. 1424. 1425. 1426. 1427. 1428. 1429. 1430. 1431. 1432. 1433. 1434. 1435. 1436. 1437. 1438. 1439. 1440. 1441. 1442. 1443. 1444. 1445. 1446. 1447. 1448. 1449. 1450. 1451. 1452. 1453. 1454. 1455. 1456. 1457. 1458. 1459. 1460. 1461. 1462. 1463. 1464. 1465. 1466. 1467. 1468. 1469. 1470. 1471. 1472. 1473. 1474. 1475. 1476. 1477. 1478. 1479. 1480. 1481. 1482. 1483. 1484. 1485. 1486. 1487. 1488. 1489. 1490. 1491. 1492. 1493. 1494. 1495. 1496. 1497. 1498. 1499. 1500. 1501. 1502. 1503. 1504. 1505. 1506. 1507. 1508. 1509. 1510. 1511. 1512. 1513. 1514. 1515. 1516. 1517. 1518. 1519. 1520. 1521. 1522. 1523. 1524. 1525. 1526. 1527. 1528. 1529. 1530. 1531. 1532. 1533. 1534. 1535. 1536. 1537. 1538. 1539. 1540. 1541. 1542. 1543. 1544. 1545. 1546. 1547. 1548. 1549. 1550. 1551. 1552. 1553. 1554. 1555. 1556. 1557. 1558. 1559. 1560. 1561. 1562. 1563. 1564. 1565. 1566. 1567. 1568. 1569. 1570. 1571. 1572. 1573. 1574. 1575. 1576. 1577. 1578. 1579. 1580. 1581. 1582. 1583. 1584. 1585. 1586. 1587. 1588. 1589. 1590. 1591. 1592. 1593. 1594. 1595. 1596. 1597. 1598. 1599. 1600. 1601. 1602. 1603. 1604. 1605. 1606. 1607. 1608. 1609. 1610. 1611. 1612. 1613. 1614. 1615. 1616. 1617. 1618. 1619. 1620. 1621. 1622. 1623. 1624. 1625. 1626. 1627. 1628. 1629. 1630. 1631. 1632. 1633. 1634. 1635. 1636. 1637. 1638. 1639. 1640. 1641. 1642. 1643. 1644. 1645. 1646. 1647. 1648. 1649. 1650. 1651. 1652. 1653. 1654. 1655. 1656. 1657. 1658. 1659. 1660. 1661. 1662. 1663. 1664. 1665. 1666. 1667. 1668. 1669. 1670. 1671. 1672. 1673. 1674. 1675. 1676. 1677. 1678. 1679. 1680. 1681. 1682. 1683. 1684. 1685. 1686. 1687. 1688. 1689. 1690. 1691. 1692. 1693. 1694. 1695. 1696. 1697. 1698. 1699. 1700. 1701. 1702. 1703. 1704. 1705. 1706. 1707. 1708. 1709. 1710. 1711. 1712. 1713. 1714. 1715. 1716. 1717. 1718. 1719. 1720. 1721. 1722. 1723. 1724. 1725. 1726. 1727. 1728. 1729. 1730. 1731. 1732. 1733. 1734. 1735. 1736. 1737. 1738. 1739. 1740. 1741. 1742. 1743. 1744. 1745. 1746. 1747. 1748. 1749. 1750. 1751. 1752. 1753. 1754. 1755. 1756. 1757. 1758. 1759. 1760. 1761. 1762. 1763. 1764. 1765. 1766. 1767. 1768. 1769. 1770. 1771. 1772. 1773. 1774. 1775. 1776. 1777. 1778. 1779. 1780. 1781. 1782. 1783. 1784. 1785. 1786. 1787. 1788. 1789. 1790. 1791. 1792. 1793. 1794. 1795. 1796. 1797. 1798. 1799. 1800. 1801. 1802. 1803. 1804. 1805. 1806. 1807. 1808. 1809. 1810. 1811. 1812. 1813. 1814. 1815. 1816. 1817. 1818. 1819. 1820. 1821. 1822. 1823. 1824. 1825. 1826. 1827. 1828. 1829. 1830. 1831. 1832. 1833. 1834. 1835. 1836. 1837. 1838. 1839. 1840. 1841. 1842. 1843. 1844. 1845. 1846. 1847. 1848. 1849. 1850. 1851. 1852. 1853. 1854. 1855. 1856. 1857. 1858. 1859. 1860. 1861. 1862. 1863. 1864. 1865. 1866. 1867. 1868. 1869. 1870. 1871. 1872. 1873. 1874. 1875. 1876. 1877. 1878. 1879. 1880. 1881. 1882. 1883. 1884. 1885. 1886. 1887. 1888. 1889. 1890. 1891. 1892. 1893. 1894. 1895. 1896. 1897. 1898. 1899. 1900. 1901. 1902. 1903. 1904. 1905. 1906. 1907. 1908. 1909. 1910. 1911. 1912. 1913. 1914. 1915. 1916. 1917. 1918. 1919. 1920. 1921. 1922. 1923. 1924. 1925. 1926. 1927. 1928. 1929. 1930. 1931. 1932. 1933. 1934. 1935. 1936. 1937. 1938. 1939. 1940. 1941. 1942. 1943. 1944. 1945. 1946. 1947. 1948. 1949. 1950. 1951. 1952. 1953. 1954. 1955. 1956. 1957. 1958. 1959. 1960. 1961. 1962. 1963. 1964. 1965. 1966. 1967. 1968. 1969. 1970. 1971. 1972. 1973. 1974. 1975. 1976. 1977. 1978. 1979. 1980. 1981. 1982. 1983. 1984. 1985. 1986. 1987. 1988. 1989. 1990. 1991. 1992. 1993. 1994. 1995. 1996. 1997. 1998. 1999. 2000. 2001. 2002. 2003. 2004. 2005. 2006. 2007. 2008. 2009. 2010. 2011. 2012. 2013. 2014. 2015. 2016. 2017. 2018. 2019. 2020. 2021. 2022. 2023. 2024. 2025. 2026. 2027. 2028. 2029. 2030. 2031. 2032. 2033. 2034. 2035. 2036. 2037. 2038. 2039. 2040. 2041. 2042. 2043. 2044. 2045. 2046. 2047. 2048. 2049. 2050. 2051. 2052. 2053. 2054. 2055. 2056. 2057. 2058. 2059. 2060. 2061. 2062. 2063. 2064. 2065. 2066. 2067. 2068. 2069. 2070. 2071. 2072. 2073. 2074. 2075. 2076. 2077. 2078. 2079. 2080. 2081. 2082. 2083. 2084. 2085. 2086. 2087. 2088. 2089. 2090. 2091. 2092. 2093. 2094. 2095. 2096. 2097. 2098. 2099. 2100. 2101. 2102. 2103. 2104. 2105. 2106. 2107. 2108. 2109. 2110. 2111. 2112. 2113. 2114. 2115. 2116. 2117. 2118. 2119. 2120.

实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

一、实验数据计算:

1. 手动测试数据得, $U_2 = 31.0\text{V}$, $U_6 = 79.0\text{V}$

$$\bar{U}_g = (U_6 - U_2) / 4 = 12\text{V}$$

参考值为 $U_g = 11.39\text{V}$, 实验值略大于参考值.

$$\text{相对误差为 } (U_g - U_g) / U_g = 0.054$$

2. 自动测试数据得, $T_{\text{总}} = 1.324\text{ms}$, $T = 0.889\text{ms}$.

$$\bar{U}_g = \frac{T}{T_{\text{总}} \cdot 4} \cdot 80\text{V} = \frac{0.889}{1.324 \times 4} \times 80 = 13.353$$

$$\text{相对误差: } \frac{U_g - U_g}{U_g} = 0.17$$

3. 图一给出了其他条件不变, 灯丝电压为 2.5V , 3.4V , 3.3V 时的 $I_A - U_{\text{anK}}$ 曲线. 相同电压下, 灯丝电压为 3.9V 的电流最大, 其次为灯丝电压为 2.4V 时, 灯丝电压为 3.3V 时 I_A 最小.

结论: 灯丝电压越高, 相同 U_{anK} 下产生的电流越强.

原因: 灯丝电压用来激发电子, 所以灯丝电压越大, 参与导电的电子越多.

4. 图二为 U_{anA} 分别为 0V , 4V , 8V 时的 $I_A - U_{\text{anK}}$ 曲线.

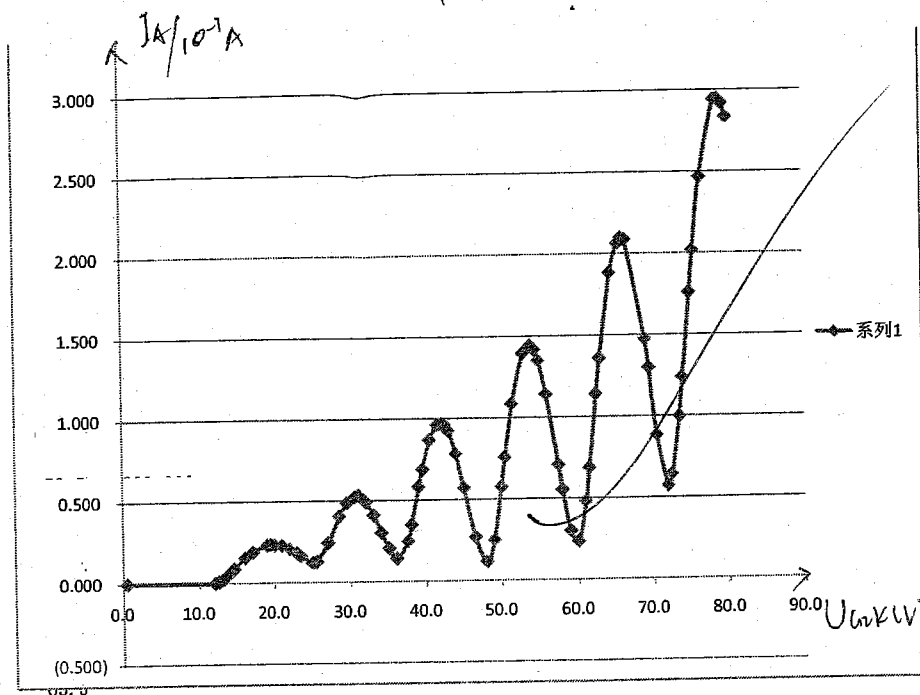
0V 对应的曲线位于整个图像最上端且波动最不明显, 其次为 4V , 8V 曲线位于最下端, 波动最明显.

原因: U_{anA} 为 G_2 与 A 之间的反向拒斥电压. 当电子通过 KG_2 空间进入 U_{anA} 时, 能量若足够才可冲过反向拒斥电场到达 A.

$U_{\text{anA}} = 0\text{V}$ 时无拒斥电场, 所以电子很多都可到达 A, 且波动并不明显.

手动测试图像在坐标
纸下

图 7



数据

回答问题与实验总结

1. 改变电子状态方法: ① 本身吸收或发射电磁辐射.

② 原子与其它粒子碰撞而进行能量交换

本题使用的方法②

2. 因为存在接触电势差, 使真正加到电子上的加速电压不等于 U_{ank} , 而是 U_{ank} 与接触电势差的代数和

3. 开始, 阴极上附近聚集较多电子, 这些空间电荷使上管出的电子受到阻碍而不能全部参加导电. 随着 U_{ank} 增大, 空间电荷逐渐被驱散, 参与导电的电子逐渐增多, 所以 $I_A - U_{\text{ank}}$ 曲线总体呈上升趋势

4. U_{ank} 增大给了电子更大的动能, 在跃迁下一定态前拥有更大动能

5. 因为电子仍具有动能, 故 I_A 不会降为零.

实验总结: ① 应加强对示波器的熟练度

② 画图时应仔细, 步骤.

任课教师指导意见

Experiment 9 Franck-Hertz Experiment

Name: _____ Class: _____ Teacher: 李俊 Date: 2015.04.11 Group: _____

● Points in Preparation

1. What are the Bohr's postulates? 什么是玻尔的假定?
2. How many electrodes in the F-H tube and what are the functions of them respectively?
3. What is the microcosmic physical process that the I_A - U_{G2K} curve indicates by increasing the U_{G2K} ? 随电压 U_{G2K} 的增大, 我们得到的 I_A - U_{G2K} 曲线反映的微观物理过程是什么。

● Experimental Matters Need Attention

1. F-H 管各电极的电压源一定不要相互交错。(U_{G2K} 和 U_{G2A} 的负极及易接错);
2. 各电极电压必须按照给定值进行设置 (各电压值贴在仪器上面板的左下角)。如果所得到的曲线不够理想, 应请教师对电压值进行适当的调整 (注意: 学生不能自行进行调整);
3. Turn on the power supply and warm-up about 10 minutes. (仪器预热 10 分钟)
4. During the manual (手动) testing, the voltage should increase monotonously (单调增加)。
5. After manual testing, U_{G2K} should be decreased to zero immediately or the life-span will be shortened.

● Experimental Contents

1. Get the I_A - U_{G2K} curve by manual testing. (手动测试 I_A - U_{G2K} 曲线)

Filament voltage (灯丝电压): 2.4 V, U_{G1K} : 1.4 V, U_{G2A} : 10 V, U_{G2K} : ≤ 80 V。

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $U_{G2K}(V)$ | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 |
| $I_A(10^{-7}A)$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $U_{G2K}(V)$ | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 | 8.0 | 8.5 | 9.0 | 9.5 | 10.0 |
| $I_A(10^{-7}A)$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $U_{G2K}(V)$ | 10.5 | 11.0 | 11.5 | 12.0 | 12.5 | 13.0 | 13.5 | 14.0 | 14.5 | 15.0 |
| $I_A(10^{-7}A)$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.010 | 0.023 | 0.045 | 0.065 | 0.088 | 0.113 |
| $U_{G2K}(V)$ | 15.5 | 16.0 | 16.5 | 17.0 | 17.5 | 18.0 | 18.5 | 19.0 | 19.5 | 20.0 |
| $I_A(10^{-7}A)$ | 0.135 | 0.156 | 0.174 | 0.191 | 0.207 | 0.219 | 0.228 | 0.237 | 0.236 | 0.234 |
| $U_{G2K}(V)$ | 20.5 | 21.0 | 21.5 | 22.0 | 22.5 | 23.0 | 23.5 | 24.0 | 24.5 | 25.0 |
| $I_A(10^{-7}A)$ | 0.237 | 0.227 | 0.218 | 0.207 | 0.195 | 0.180 | 0.165 | 0.148 | 0.132 | 0.122 |
| $U_{G2K}(V)$ | 25.5 | 26.0 | 26.5 | 27.0 | 27.5 | 28.0 | 28.5 | 29.0 | 29.5 | 30.0 |
| $I_A(10^{-7}A)$ | 0.126 | 0.149 | 0.191 | 0.243 | 0.300 | 0.350 | 0.406 | 0.451 | 0.486 | 0.510 |
| $U_{G2K}(V)$ | 30.5 | 31.0 | 31.5 | 32.0 | 32.5 | 33.0 | 33.5 | 34.0 | 34.5 | 35.0 |
| $I_A(10^{-7}A)$ | 0.523 | 0.537 | 0.510 | 0.491 | 0.453 | 0.408 | 0.358 | 0.303 | 0.253 | 0.205 |
| $U_{G2K}(V)$ | 35.5 | 36.0 | 36.5 | 37.0 | 37.5 | 38.0 | 38.5 | 39.0 | 39.5 | 40.0 |
| $I_A(10^{-7}A)$ | 0.174 | 0.140 | 0.136 | 0.173 | 0.250 | 0.351 | 0.466 | 0.582 | 0.689 | 0.788 |
| $U_{G2K}(V)$ | 40.5 | 41.0 | 41.5 | 42.0 | 42.5 | 43.0 | 43.5 | 44.0 | 44.5 | 45.0 |
| $I_A(10^{-7}A)$ | 0.869 | 0.915 | 0.960 | 0.970 | 0.958 | 0.921 | 0.861 | 0.780 | 0.682 | 0.577 |
| $U_{G2K}(V)$ | 45.5 | 46.0 | 46.5 | 47.0 | 47.5 | 48.0 | 48.5 | 49.0 | 49.5 | 50.0 |
| $I_A(10^{-7}A)$ | 0.469 | 0.361 | 0.271 | 0.194 | 0.131 | 0.116 | 0.156 | 0.263 | 0.402 | 0.576 |
| $U_{G2K}(V)$ | 50.5 | 51.0 | 51.5 | 52.0 | 52.5 | 53.0 | 53.5 | 54.0 | 54.5 | 55.0 |
| $I_A(10^{-7}A)$ | 0.757 | 0.929 | 1.088 | 1.215 | 1.322 | 1.395 | 1.437 | 1.443 | 1.415 | 1.352 |
| $U_{G2K}(V)$ | 55.5 | 56.0 | 56.5 | 57.0 | 57.5 | 58.0 | 58.5 | 59.0 | 59.5 | 60.0 |
| $I_A(10^{-7}A)$ | 1.264 | 1.143 | 1.038 | 0.878 | 0.711 | 0.554 | 0.416 | 0.303 | 0.233 | 0.235 |
| $U_{G2K}(V)$ | 60.5 | 61.0 | 61.5 | 62.0 | 62.5 | 63.0 | 63.5 | 64.0 | 64.5 | 65.0 |
| $I_A(10^{-7}A)$ | 0.521 | 0.487 | 0.686 | 0.912 | 1.139 | 1.358 | 1.561 | 1.740 | 1.883 | 1.993 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $U_{G2K}(V)$ | 65.5 | 66.0 | 66.5 | 67.0 | 67.5 | 68.0 | 68.5 | 69.0 | 69.5 | 70.0 |
| $I_A(10^{-7}A)$ | 2.063 | 2.100 | 2.086 | 2.033 | 1.935 | 1.803 | 1.626 | 1.473 | 1.298 | 1.084 |
| $U_{G2K}(V)$ | 70.5 | 71.0 | 71.5 | 72.0 | 72.5 | 73.0 | 73.5 | 74.0 | 74.5 | 75.0 |
| $I_A(10^{-7}A)$ | 0.887 | 0.713 | 0.597 | 0.571 | 0.543 | 0.794 | 0.997 | 1.237 | 1.494 | 1.760 |
| $U_{G2K}(V)$ | 75.5 | 76.0 | 76.5 | 77.0 | 77.5 | 78.0 | 78.5 | 79.0 | 79.5 | 80.0 |
| $I_A(10^{-7}A)$ | 2.019 | 2.242 | 2.470 | 2.655 | 2.800 | 2.896 | 2.944 | 2.948 | 2.924 | 2.838 |

2. Observe the I_A-U_{G2K} curve by automatic testing set-up. (利用自动测试装置, 观察 I_A-U_{G2K} 曲线)
3. 自动测试功能得到 I_A-U_{G2K} 曲线, 并利用示波器的测量功能求出氩原子(Argon)的平均第一激发电位 (average first excitation potential), 和参考值 $U_g = 11.39V$ 比较. $T_{总} = 1.324ms$ (总的扫描时间)

$T = 0.384ms$ (第六个峰与第二个峰之间的时间间隔)。

4. Changing filament voltage and U_{G2A} , observe their effects to I_A-U_{G2K} curve. Notice: One has to wait for 10 minutes at least before scanning for the next time. You can plot the figure on coordinate paper during the waiting time. The volts/div of oscilloscope should be keep during the experiment.

(1) Decreasing the filament voltage from the given value by 0.1V for two times. 其它电压值按给定值进行设置, Plot the three I_A-U_{G2K} curves got from automatic testing on coordinate paper in the same coordinate system.

(2) Set U_{G2A} as 0V, 4V, 8V respectively, 其它电压值按给定值进行设置, Plot the three I_A-U_{G2K} curves got from automatic testing on coordinate paper in the same coordinate system.

Teacher's signature

● Data Processing

1. 选择手动测试中的 60—80 个数据作图, 标出峰值, 取第二个峰 U_2 和第六个峰 U_6 , 利用 $\bar{U}_g = (U_6 - U_2)/4$, 计算氩原子的平均第一激发电位, 和参考值 $U_g = 11.39V$ 比较。
2. 利用自动测试功能计算氩原子的平均第一激发电位, 和参考值 $U_g = 11.39V$ 比较。

$$\bar{U}_g = \frac{T}{T_{总} \cdot 4} 80V = 10.33V \quad \left| \frac{\bar{U}_g - U_g}{U_g} \right| =$$

3. Give description and reasonable explanation to the effect of filament voltage to experiment curves.
4. Give description and reasonable explanation to the effect of U_{G2A} to experiment curves.

● Notice in the data processing

各曲线所对应的各电极的电压值应在所画图中对应曲线旁标出。

● Questions

1. 改变原子状态的方法一般有哪两种? 本实验中采用的是哪种方法?
2. 为什么 $I_A - U_{G2K}$ 曲线中第一个峰到电压零点的距离不等于第一激发电位?
3. $I_A - U_{G2K}$ 曲线中峰值点的纵坐标为什么呈增大趋势?
4. 实验中板极电流的下降并不是完全突然的, 其峰总是有一定的宽度, 为什么?
5. $I_A - U_{G2K}$ 曲线中板极电流为什么不会降到零?

北京邮电大学

物理实验报告

实验名称: 直流电桥测电阻+LED伏安测量.

学 院: 国际学院

班 级: _____

姓 名: _____

学 号: _____

任课教师: 朱洪波

实验日期: 2015.03.14

成 绩: 70

实验目的

[直流电桥测电阻]: 1. 掌握惠斯通电桥原理 2. 了解惠斯通电桥的灵敏度概念
3. 自搭惠斯通电桥, 并利用交换法测量。

[LED伏安特性的测量]: 了解阻性和非线性电阻的伏安特性, 2. 了解电表选择的实验结果的景由。

实验仪器名称 [型号、主要参数]

[惠斯通电桥]: 3V干电池、直流指针式检流计、ZX21型电阻箱(误差为 $\frac{\Delta R}{R} = (0.1 + 0.2 \frac{M}{R})\%$)、滑线变阻器、电阻、开关、导线。

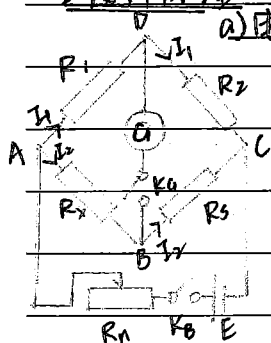
[LED伏安特性的测量]: 3V干电池、滑动变阻器、200Ω定值电阻、发光二极管、5V、10V两个量程的电压表、电流表。

实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等; 操作步骤]

[惠斯通电桥]:

1. 基本物理思想: 欧姆定律、交换法减小误差

2. 设计原理: (如图示)



a) 电桥测量原理及如何减小误差。

① 如图, R_x 为待测电阻, R_1, R_2, R_3 为阻值可调的标准电阻

② 电压为零即电桥达到平衡时, 由欧姆定律:

$$I_1 R_1 = I_2 R_x, \quad I_1 R_2 = I_2 R_3$$

$$\text{相除: } R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3 \quad ①$$

③ 利用交换法减小误差的原理, 交换 R_x 与 R_3 位置重新测量。

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} R_3 \quad ②$$

将②与①相乘: $R_x = \sqrt{R_3 R_3'}$

④ 计算2种方法的不确定度。

$$\text{法1不确定度: } \frac{U(R_x)}{R_x} = \sqrt{\left(\frac{U(R_1)}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{U(R_2)}{R_2}\right)^2 + \left(\frac{U(R_3)}{R_3}\right)^2}$$

$$\text{法2不确定度: } \frac{U(R_x)}{R_x} = \sqrt{\left(\frac{1}{2} \cdot \frac{U(R_3)}{R_3}\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{U(R_3')}{R_3'}\right)^2}$$

• 结论预计: 法2不确定度 < 法1不确定度, 利用交换法减小误差。

• 待测量量: 法1中 R_1, R_2, R_3 , 法2中 R_3'

b) 用桥灵敏度的实验原理:

① 电桥平衡时, 有 $R_x = R_s$, 此时把 R_s 改变一个小量 ΔR_s , 得 $R_x = R_s + \Delta R_s$

② 电桥灵敏度 S 的定义: $S = \frac{\Delta n}{\Delta R_x}$

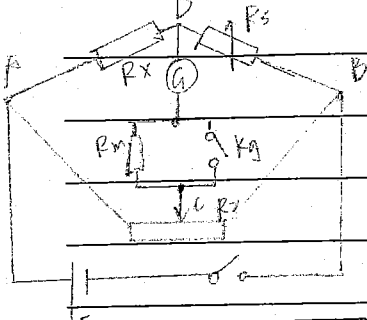
③ 进一步得到公式: $S = \frac{S_i E}{R_1 + R_2 + R_3 + R_x + R_g [2 + (\frac{R_1}{R_2} + \frac{R_3}{R_x})]}$ (S_i 为检流计灵敏度, R_g 为检流计内阻)

④ 预计结论: ① 电桥的灵敏度与检流计灵敏度 S_i 成正比

② 电源电动势 E 越高, 电桥灵敏度越高

③ 检流计内阻 R_g 越小, 电桥灵敏度越高

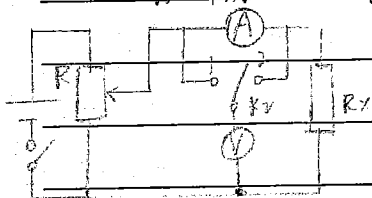
④ 桥臂电阻 (R_1, R_2, R_3, R_x) 越大, 电桥灵敏度越高



LED伏安测量

1. 基本物理思想: 欧姆定律

2. 设计原理: ① 电流表内接 (Internal ammeter)



$$R_x' = \frac{U}{I} = R_x + R_A$$

结论: 存在正的系统误差, 适用于 $R_x \gg R_A$ 情况

$$\text{修正方法: } R_x = \frac{U}{I} - R_A = R_x' - R_A$$

② 电流表外接 (External ammeter)

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}} = \frac{U}{I} \frac{R_V}{R_V - \frac{U}{I}} = R_x' \frac{R_V}{R_V - R_x'}$$

结论: 测量值 R_x' 总小于实际值 R_x , 存在一个负的系统误差, 适用于 $R_V \gg R_x$

$$\text{修正方法: } R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}} = \frac{U}{I} \frac{R_V}{R_V - \frac{U}{I}} = R_x' \frac{R_V}{R_V - R_x'}$$

3. 电表的选择对结果的影响:

① 仪器误差 = 等级% × 量程

结论: 等级一定, 量程越大, 误差越大

实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

Wheatstone Bridge.

一. 实验数据处理与计算

| R_x | $R_s(\Omega)$ | $R_s'(\Omega)$ | $\Delta R_s(\Omega)$ | Δn |
|----------------------|---------------|----------------|----------------------|------------|
| $\approx 200\Omega$ | 200.0 | 199.0 | 1.0 | 1.0 |
| $\approx 1000\Omega$ | 995.0 | 991.0 | 8.0 | 1.0 |

1. 计算未知电阻阻值及不确定度

• 电阻阻值: $R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_s$ 联立方程, 得 $R_x = \sqrt{R_s R_s'}$
 $R_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot R_s'$

由此可得, 代入数值: $R_{200} = \sqrt{200.0 \times 199.0} \approx 199.5\Omega$

$R_{1000} = \sqrt{995.0 \times 991.0} \approx 993.0\Omega$

• 不确定度: $\frac{U(R_x)}{R_x} = \sqrt{\left(\frac{1}{2} \cdot \frac{U(R_s)}{R_s}\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{U(R_s')}{R_s'}\right)^2} \approx \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{U(R_s)}{R_s}$

① 电阻为 200Ω 时, $\frac{U(R_s)}{R_s} = (0.1 + 0.2 \times \frac{6}{200.0})\% \approx 0.1\%$

$\frac{U(R_s')}{R_s'} = (0.1 + 0.2 \times \frac{6}{199.0})\% \approx 0.1\%$

$\therefore U(R_x) = \sqrt{\left(\frac{1}{2} \cdot \frac{U(R_s)}{R_s}\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{U(R_s')}{R_s'}\right)^2} \times R_s \approx 0.14\Omega$

② 电阻为 1000Ω 时, $\frac{U(R_s)}{R_s} = (0.1 + 0.2 \times \frac{6}{995.0})\% \approx 0.1\%$

$\frac{U(R_s')}{R_s'} = (0.1 + 0.2 \times \frac{6}{991.0})\% \approx 0.1\%$

$U(R_x) \approx 0.7\Omega$

$R_x \pm U(R_x) =$

2. 计算电桥灵敏度

$S = \frac{\Delta n}{(\Delta R_x / R_x)} \approx \frac{\Delta n}{\Delta R_s / R_s}$

代入, 得 $S_{200\Omega} = \frac{1.0/200}{1.0} = 2.0 \times 10^{-2}$

$S_{1000\Omega} = \frac{1.0/995}{8.0/991} \approx 1.2 \times 10^{-2} \checkmark$

3. 桥臂阻值对电桥灵敏度的影响.

桥臂电阻 (R_1, R_2, R_3, R_x) 越大, 电桥灵敏度越低.

二. 结果表示与讨论.

① 电阻约为 200Ω 时, $\{R_x = (199.5 \pm 0.14)\Omega$

$U(R_x) = 0.2\Omega$

$S = 2.0 \times 10^{-2}$

②电阻约为1000Ω时: $R_x = (993.0 \pm 0.7) \Omega$

$$U(R_x) = 0.7 \Omega$$

$$S = 1.2 \times 10^2$$

Volt-ampere Characteristics of LED

一. 实验数据处理与计算

| | voltmeter | milliammeter |
|------------|-----------|--------------|
| Range | 2V/mA | 10V/mA |
| Resistance | 500Ω | 2.16Ω |
| grade | 0.5 | 0.5 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| $U(V)$ | 0.00 | 0.30 | 0.60 | 0.90 | 1.20 | 1.50 | 1.60 | 1.64 | 1.66 | 1.68 | 1.70 | 1.72 | 1.74 | | |
| $I(mA)$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.24 | 0.72 | 1.28 | 2.22 | 3.40 | 5.40 | 7.62 | | |

1. 如图所示伏安特性曲线

2. Calculate the ~~one~~ on-resistance according to the I-V figure.

取相隔较远的两点: $(1.60, 0.24) \times (1.72, 5.40)$

$$R = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{5.16}{0.12} = 43 \Omega$$

注意“斜率”点!

3. 求LED波长!

3. 求LED波长.

$$E = eU = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\therefore \lambda = \frac{hc}{eU} = ?$$

15分

回答问题与实验总结

Answer:

1. 会影响实验结果.

电表的仪器误差 = 级数% \times 量程。同一电表级数不变, 所选择的量程越大, 会使仪器误差越大。

2. 电流表内接

3. 不可使用限流方法.

限流方法不仅使电压无法使二极管两端电压从零取值, 无法得到开始电压, 也无法得到饱和的图象。

总结:

一. LED伏安测量.

观察电路并正确地连接导线是实验中至关重要的一步。遇到问题后应细心检查。实验刚开始我发现电流表指针没有示数, 心急拆掉了导线重新连接, 而后发现是滑动变阻器滑出位置的原因, 因而耽误了不少时间。

二. 直流电桥测电阻

在这个实验中遇到的困难之一便是导线不够用的问题。耐心并细心地想出解决办法才是关键。可以使用“双片”导线进行合理连接, 或更换了检测计与(R_m 开关并联)的位置, 都得到了问题的解决。

任课教师指导意见

Experiment 5 Volt-ampere Characteristics of LED

Name _____ Class _____ Teacher 朱洪波 Date 11-02-14 Group _____

I. Points in Preparation

1. Understand the meaning of accuracy grade of the electric meter, and the influence of its selection on the measurement results.
2. Definition and characteristics of linear and nonlinear resistance.

II. Experimental Matters Need Attention

1. Use the electric source in right way without short circuit. Both of connection and disconnection are forbidden while the power is on.
2. The provided current should not be over the maximum range of the milliammeter when you measure the volt-ampere characteristics of the nonlinear resistance.

III. Experimental Contents: Measure the volt-ampere characteristic curves of a LED.

IV. Data Sheet

1. Recording the ranges, resistances and grades of voltmeter and ampere meter.

Output of power supply: 3V

| | voltmeter | milliammeter |
|------------------------------|-----------------|---------------|
| 量程 (Range (V/ mA)) | 2 | 10 |
| 内阻 (Resistance (Ω)) | 500 Ω /V | 2.16 Ω |
| 准确度等级 (grade) | 0.5 | 0.5 |

2. Measurement the volt-ampere characteristic of a LED

The ampere meter is Internal ammeter connected. 内/外

Set up the circuit according the figure above. The selection of measuring points: Recording a point at every 0.30V under 1.50V. The interval should be as small as one can after voltage above 1.50V until the current reach 10mA. (原则上1.50V以下每间隔0.30V测一个点; 1.50V以上间隔尽可能取得小些 (0.02V), 直到流过发光二极管的电流等于10mA.)

| | | | | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| U (V) | 0.00 | 0.30 | 0.60 | 0.90 | 1.20 | 1.50 | 1.60 | 1.66 | 1.68 |
| I (mA) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.24 | 0.28 | 2.27 |

| | | | | | | | | | |
|-------|------|------|------|-----------------|--|--|--|--|--|
| U(V) | 1.70 | 1.72 | 1.74 | 1.76 | | | | | |
| I(mA) | 3.40 | 5.40 | 7.67 | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Teacher's signature

[Handwritten signature]

V. Data Processing

1. Plot the volt-ampere characteristic curve (I-V) of the LED in coordinate paper, and define its threshold voltage. 作伏安特性曲线，并在曲线上标出开启电压；
2. Calculate the on-resistance according to the I-V figure. 计算导通电阻；
3. For the known Planck constant h , calculate the wavelength λ of the LED using the threshold voltage obtained from the I-V curves. 已知普朗克常数 h (书后附表一)，试用公式 $E = hc/\lambda$ 求出该LED的波长。

VI. Questions

1. In experiment, does it influence the measurement results by changing ranges of the voltmeter and ammeter? Why?
2. How to judge the ammeter is connected internally or externally according to the indicating values of the voltmeter and the ampere meter?
3. In the circuit, can we connect the sliding resistor by current limiting method (限流接法)? Why?

Experiment 4 Wheatstone Bridge

Name _____ Class _____ Teacher 李洪波 Date 5.03.14 Group _____

I. Points in Preparation

1. Preview the measuring principle and characteristics of the Wheatstone bridge circuit.
2. Preview the principle of decreasing the measurement error using exchange method.

II. Experimental Matters Need Attention

1. Choose to connect the left and right knobs of the galvanometer (i.e. step with low sensitivity) at the beginning of experiment; Adjust R_s , and switch to connect the left and middle knobs when the deflection of its pointer is very small.
2. Don't change the positions of the both ends of slide rheostat's slider.

III. Experimental Contents

1. Measure the resistances of two unknown resistors utilizing the Wheatstone bridge circuit
 - (1) Set up the Wheatstone bridge.
 - (2) Measure the precise resistance value of the resistor 200Ω . Fix the slider at the center of the slide rheostat, and balance the bridge by varying the resistance of the resistor R_x .
 - (3) Exchange the positions between the resistors R_x and the unknown resistor R_z , repeat step 2.
 - (4) Repeat steps 2 and 3, measure the resistance of the resistor 1000Ω .
2. Measure the sensitivity of the Wheatstone bridge:
 - (1) Balance the bridge by varying the resistance of the resistor R_x .
 - (2) Change a minute resistance ΔR_x for the resistor R_x slowly and make the pointer deviate from the equilibrium value of the galvanometer with a variation Δn .

IV. Data Sheet

| R_x | $R_s (\Omega)$ | $R_s' (\Omega)$ | $\Delta R_s (\Omega)$ | Δn |
|----------------------|----------------|-----------------|-----------------------|------------|
| $\approx 200\Omega$ | 200.0 | 199.0 | 1.0 | 1.0 |
| $\approx 1000\Omega$ | 995.0 | 991.0 | 8.0 | 1.0 |

Teacher's signature

[Handwritten signature]
3.18

V. Data Processing

1. Calculate the resistances of the unknown resistors and their uncertainties.

列表计算所测未知电阻的阻值及其不确定度,并给出测量结果;

2. Calculate the sensitivity of the Wheatstone bridges.

分别计算电桥的灵敏度;

3. Analyze the effect of resistances in circuit on the sensitivity of the Wheatstone bridges.

分析桥臂阻值对电桥灵敏度的影响。

北京邮电大学

物理实验报告

实验名称: 空气中的声速测定

学 院: 国际学院

班 级: 通信工程

姓 名: 张子豪

学 号: 201811010101

任课教师: 张子豪

实验日期: 3.28

成 绩: 85

实验目的

1. 学会用不同的方法测定空气中的声速。
2. 掌握数字式函数发生器、示波器等的使用方法。
3. 学会用逐差法处理结果,并对结果的不确定度进行分析。

实验仪器名称 [型号、主要参数]

声速测量仪、函数发生器、示波器

实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等;操作步骤]

[基本物理思想]

声波的频率、波长、速度、相位等是声波的重要特征。测声速最简单、最有效的方法之一是利用声速 v 、振动频率 f 和波长 λ 之间的基本关系,即 $v = f\lambda$,测出声振动频率 f 和声波的波长 λ ,就可算出声波的波速。

[设计原理]

1) 谐振频率: 实验中使用两超声压电陶瓷换能器具有固有的谐振频率,当换能器系统的工作频率等于谐振频率时,换能器处于谐振状态,发射器发出的超声波功率最大,是最佳工作状态,调节谐振频率是顺利完成实验的重要一环。

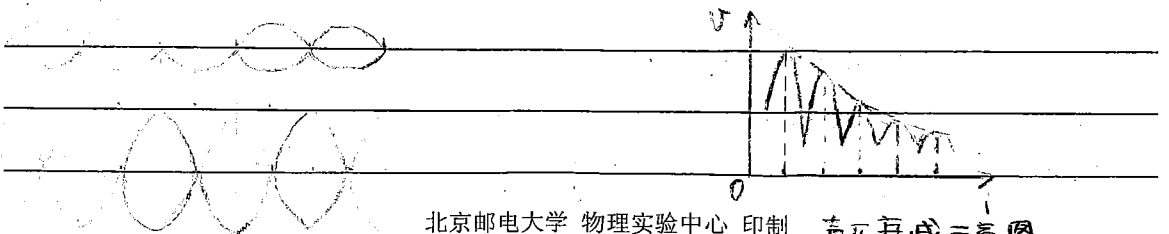
2) 共振法: 当一个振动系统受到另一系统周期性激励,若激励系统的激励频率与振动系统的固有频率相同,振动系统将获得最多的激励能量,此现象叫共振。

假设发射波和反射波为频率相同、振幅相同的两列波 y_1 和 y_2 ,它们的波方程分别为 $y_1 = A\cos(\omega t - kx)$, $y_2 = A\cos(\omega t + kx)$,应用三角公式可得合成波的波方程,

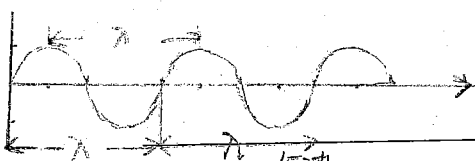
$y = y_1 + y_2 = 2A\cos kx \cos \omega t$ 当 $|\cos kx| = 1$, 即 $kx = \frac{\pi}{\lambda}x = n\pi$ ($n=0, \pm 1, \pm 2, \dots$) 时,振幅最大,当两个换能器间的距离 x 为半波长的整数倍时发生共振,产生共振驻波现象,波幅达到极大

位移

声压



驻波



② 相位法: 沿传播方向上任何两点, 其振动状态相同, 两点间的距离等于波长 λ 的整数倍, 即 $l = n\lambda$ (n 为一整数), 沿传播方向移动接收器时, 总可以找到一个位置使得接收到信号与发射的信号相同, 继续移动接收器, 直到信号再次相同, 经过的距离必然等于超声波的波长 λ 。

③ 李萨如图形: 设信号发射器的输出信号为 $x = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1)$, 接收换能器的输出信号为 $y = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$, 将这两路信号分别输入到示波器的两路通道 X 和 Y, 合成信号为 $(\frac{x}{A_1})^2 + (\frac{y}{A_2})^2 - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1)$ 。如果我们找到椭圆退化为相同斜率直线的点, 根据 $l = n\lambda$ 就可得到波长 λ 。

2. 空气中的声速与空气热力学参量:

声波在空气中的传播速度与声波的频率无关, 只取决于空气本身的性质 $v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$

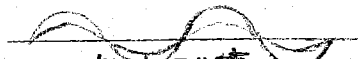
γ 为绝热系数, R 为摩尔气体常数, M 为空气分子的摩尔质量, T 为绝对温度。在标准状态下, 0°C 时, 声速为 $v_0 = 331.45 \text{ m/s}$, 在 $t^\circ\text{C}$ 时, 干燥空气中声速的理论值为 $v_t = 331.45 \sqrt{1 + \frac{t}{273.15}}$

[操作步骤]

1. 用示波器观察接收器输出的电信号, 并调节出压电陶瓷的谐振频率: (1) 将接收器的输出端 A_2 接入示波器 CH1 通道, 函数发生器的信号输出接到发射器 A_1 上, 调整示波器使示波器的荧光屏上显示出从 A_2 输入的正弦信号波形 (2) 调节函数发生器输出的正弦信号频率, 使正弦信号波幅值最大, 此时信号发生器的频率为超声压电陶瓷的谐振频率, 记录频率值。

2. 振幅法测波长求声速: (1) 保持连接, 转动分度手轮移动接收器 A_2 , 找到两压电传感器距离最近的第一个半波长整数倍的位置, 将此时距离定为零, (2) 继续移动 A_2 观察示波器上输出信号的幅值, 每当接收器收到声压最大值时记录一次接收器的位置 λ , 按顺序单向测量出 12 个声压最大时接收器的位置。

3. 相位法测波长求声速: 函数发生器的信号输出仍接到发射器 A_1 , 接收器 A_2 和发射器 A_1 分别接示波器的输入 CH1 和 CH2 (1) 双波比较法 (1) 调节示波器, 使荧光屏上显示从发射器 A_1 分别接 A_1 和接收器 A_2 得到的两个同频率同方向的谐振动的正弦曲线。将示波器的触发源选择开关置于发射器 A_1 所接的输入端 CH2, 以保持从发射器 A_1 得到的正弦曲线的位置固定不变。 (2) 移动 A_2 观察比较两个正弦曲线每当两个正弦曲线如图时记下 A_2 的位置 λ 并单向测量, 按顺序记录 12 个同相点的位置。 (2) 李萨如图形法



实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

一. 实验数据处理

Room temperature

室温 22.1°C The value displayed on the oscilloscope $f = 40.3 \text{ kHz}$ The value displayed on the signal generator $f = 41.3 \text{ kHz}$

1. Amplitude method:

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----------------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $x(\text{mm})$ | -5.89 | -1.33 | 3.16 | 7.50 | 12.08 | 16.25 | 20.60 | 25.04 | 29.33 | 33.81 | 38.21 | 42.27 |

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{1}{6} \sqrt{(x_7 - x_1)^2 + (x_8 - x_2)^2 + (x_9 - x_3)^2 + (x_{10} - x_4)^2 + (x_{11} - x_5)^2 + (x_{12} - x_6)^2} \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{(20.60 + 5.89)^2 + (25.04 + 1.33)^2 + (29.33 - 3.16)^2 + (33.81 - 7.50)^2 + (38.21 - 12.08)^2 + (42.27 - 16.25)^2} \\ &= \frac{10.72}{6} \text{ mm}\end{aligned}$$

$$v = f \cdot \lambda = 432.0 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned}\Delta \bar{x} &= \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 (x_{i+6} - x_i) = \frac{1}{6} [(x_7 - x_1) + (x_8 - x_2) + (x_9 - x_3) + (x_{10} - x_4) + (x_{11} - x_5) + (x_{12} - x_6)] \\ &= \frac{1}{6} (26.49 + 26.37 + 26.17 + 26.31 + 26.13 + 26.02) = 26.25 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{\Delta \bar{x}}{6} = 8.75 \text{ mm} \quad v = f \cdot \lambda = 40.3 \text{ kHz} \times 8.75 \text{ mm} = 352.6 \text{ m/s}$$

2. phase method

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $x(\text{mm})$ | -5.20 | 3.52 | 12.12 | 20.75 | 29.31 | 37.80 | 46.27 | 54.56 | 62.93 | 71.32 | 79.79 | 88.40 |

$$\begin{aligned}\Delta \bar{x} &= \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 (x_{i+6} - x_i) = \frac{1}{6} [(x_7 - x_1) + (x_8 - x_2) + (x_9 - x_3) + (x_{10} - x_4) + (x_{11} - x_5) + (x_{12} - x_6)] \\ &= \frac{1}{6} \times (51.47 + 51.04 + 50.81 + 50.57 + 50.48 + 50.60) = 50.83 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{\Delta \bar{x}}{6} = 8.47 \text{ mm} \quad v = f \cdot \lambda = 40.3 \text{ kHz} \times 8.47 = 341.4 \text{ m/s}$$

3. Lissajous diagram method

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $x(\text{mm})$ | -9.52 | -0.82 | 7.87 | 16.46 | 25.03 | 33.55 | 42.03 | 50.51 | 58.87 | 67.28 | 75.71 | 84.17 |

$$\begin{aligned}\Delta \bar{x} &= \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 (x_{i+6} - x_i) = \frac{1}{6} [(x_7 - x_1) + (x_8 - x_2) + (x_9 - x_3) + (x_{10} - x_4) + (x_{11} - x_5) + (x_{12} - x_6)] \\ &= \frac{1}{6} \times (51.55 + 51.33 + 51.00 + 50.82 + 50.68 + 50.62) = 51.00 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{\Delta \bar{x}}{6} = 8.50 \text{ mm} \quad v = f \cdot \lambda = 40.3 \text{ kHz} \times 8.50 = 342.6 \text{ m/s}$$

2. Lisaruk's diagram method

$$u(V) = f u(\lambda) = \frac{1}{5} \times f \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{5}} = \sqrt{\frac{0.55^2 + 0.33^2 + 0.00^2 + 0.18^2 + 0.32^2 + 0.38^2}{5}} = \frac{0.37}{5} \times 40.3 \times 10^3 \times 10^{-3}$$

$$= 40.3 \times 0.37 \times 10^{-1} = 1.50 \text{ m/s}$$

$$u_r = \frac{u(V)}{V} \times 100\% = 0.44\%$$

$$\therefore V = (342.6 \pm 1.5) \text{ m/s}$$

$$u_r = 0.44\%$$

$$u(V) = 1.50$$

$$3. V_t = 331.45 \sqrt{\frac{273.15 + 22.1}{273.15}} = 344.60 \text{ m/s}$$

$$\text{振幅法实验值 } 352.6 \text{ m/s} > V_t \quad \text{差值为 } 8.0 \text{ m/s}$$

$$\text{相位法实验值 } 341.4 \text{ m/s} < V_t \quad \text{差值为 } 3.2 \text{ m/s}$$

$$\text{李萨如图法实验值 } 342.6 \text{ m/s} < V_t \quad \text{差值为 } 2.0 \text{ m/s}$$

$$4. v = \sqrt{\frac{\gamma R T}{M}} \Rightarrow \gamma = \frac{v^2 M}{R T}$$

$$\text{① 振幅法 } \gamma_1 = \frac{(352.6)^2 \times 28.964 \times 10^{-3}}{8.3145 \times (22.1 + 273.15)} = 1.467$$

$$\text{② 相位法 } \gamma_2 = \frac{(341.4)^2 \times 28.964 \times 10^{-3}}{8.3145 \times (22.1 + 273.15)} = 1.375$$

$$\text{③ 李萨如图法 } \gamma_3 = \frac{(342.6)^2 \times 28.964 \times 10^{-3}}{8.3145 \times (22.1 + 273.15)} = 1.385$$

回答问题与实验总结

示波器: 1. 调节 "position" 旋钮

2. 调节触发电平使波形稳定。当波形一直颤动、滚动不稳定的时候, 不能

3. 显示的周期太小, 调节 TIME/DIV 旋钮, 可能是李萨如图按 "X-Y" 钮

声速测定: 1. 不是, 原理不同。调节^信号发射器频率使其等于谐振频率, 换能器处于谐振^{状态}频率, 发射器发出的超声波功率最大。改变接收器的位置改变反射波与发射波的波程差, 使之成为半波长的整数倍, 产生共振。

2. 可以

3. ①是调整函数发生器的频率使之达到谐振频率

②是调整函数发生器上发射波的振幅值

③是减小电压幅度值

4. ①可以 ②可以 ③不可以

5. 不可以 $\because v = f\lambda$ $\lambda = \frac{v}{f}$ 换能器不会达到最佳工作状态(谐振频率), 测量结果不准确。实验总结: ~~本次实验主要研究了声速的测定方法, 通过调整发射器频率和接收器位置, 观察到了共振现象, 验证了声速与频率、波长的关系。~~

任课教师指导意见

北京邮电大学

物理实验报告

实验名称: 硅光电池的日照特性

学 院: 国际学院

班 级: 2011 215115

姓 名: _____

学 号: 2011 213209

任课教师: _____

实验日期: _____

成 绩: 80

实验目的

1. 了解光生伏特效应产生的基本原理
2. 测绘硅光电池的特性曲线
3. 学习用电流补偿法测绘硅光电池的短路电流及负载电

实验仪器名称 [型号、主要参数]

硅光电池, 数字万用表, 电阻箱, 滑线电阻, 光具座, 卤钨灯
卤钨灯电源, 同轴电缆, 检流计, 干电池, 导线

实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等; 操作步骤]

[实验原理]

(1) 半导体受到光的照射而产生电动势的现象, 称为光生伏特效应, 硅光电池是根据光生伏特效应原理做成的半导体光电转换器件。

(2) 硅光电池的结构是由N型硅片, 以及掺入的很薄的P型层, 其中P型层引出正极引线, N型层引出负极引线。当光照到硅光电池时, 价带电子受激发跃迁到导带, 形成自由电子, 并使得P-N结两边形成电子-空穴对, 并散到内电场的电子-空穴对受内电场E的作用, 电子被推向N区, 空穴被推向P区, 产生P-N结的电动势。若接入一负载, 只要有光不断照射, 电路中就有持续电流通过, 实现了光电转换。

(3) 光电池在输出端接一负载电阻时, 当该负载电阻最佳匹配电阻时, 输出功率P可以达到最大。

(4) 用点光源照射光电池时, 光照强度与光电池受光面到光源距离的平方 r^2 成反比。

[实验内容]

(1) 测绘硅光电池的开路电压与光照强度的关系。

用数字电压表(数字万用表直流电压档)测硅光电池的短路电压 U_{sc} 。数字电压表内阻较大, 一般都在 $10^6\Omega$ 以上, 所以测开路电压时, 内阻产生的误差完全可以忽略。

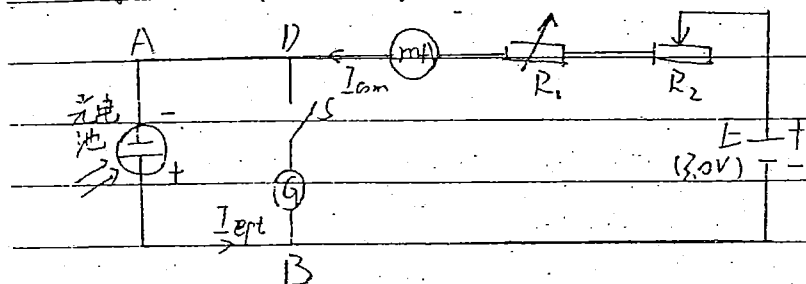
将光源放在光具座一端, 接通电源使光源在1.6A的电流下发光, 将光源对准硅光电池, 改变硅光电池与光源的距离, 测绘硅光电池的短路电压 U_{sc} , 列表记录数据。

作 $V_{oc} - \ln(1/r^2)$ 的图线, 并说明结论

(2) 测硅光电池短路

硅光电池短路时, 其两端极间电势差为零, 此时流过硅光电池的电流为短路电流。为了避免毫安表有接测量时, 由于电表本身存在的内阻而对测量结果产生影响, 这里采用电流补偿法测量硅光电池的短路电流。如图, R_1 为电阻箱, R_2 为滑动电阻, G 为检流计, S 为检流计开关, E 为干电池。当硅光电池有光照射时, 从检流计 G 的指针偏转方向来判断 B, D 两点电势的高低, 通过调节 R_1, R_2 使 B, D 两点电势相等, BD 支路上的补偿电流 I_{com} 与光电流 I_{opt} 大小相等而反向, 检流计无电流通过, 此时通过毫安表的电流即为硅光电池的短路电流 I_{sc} 。

对不同的光照强度, 硅光电池有不同的短路电流值。



实验时, 改变光源与硅光电池距离 r (取值与测硅光电池开路电压时相等), 测出相应的光电短路电流 I_{sc} , 列表记录数据, 作 $I_{sc} - 1/r^2$ 图线, 并说明结论。

(3) 光照强度一定时, 硅光电池输出功率与负载电阻关系。

在上图 A, D 间接入电阻箱 R 作为负载电阻, 测量电路图如图 6.5 所示, 用电流补偿法测负载电流。保持光源与硅光电池距离不变, 改变负载电阻, 测出相应的负载电流 I 。

测量时, 应安排好测量表量程, 并先根据表外的开路电压和短路电流估算负载电阻 $R_0 = V_{oc} / I_{sc}$ 。

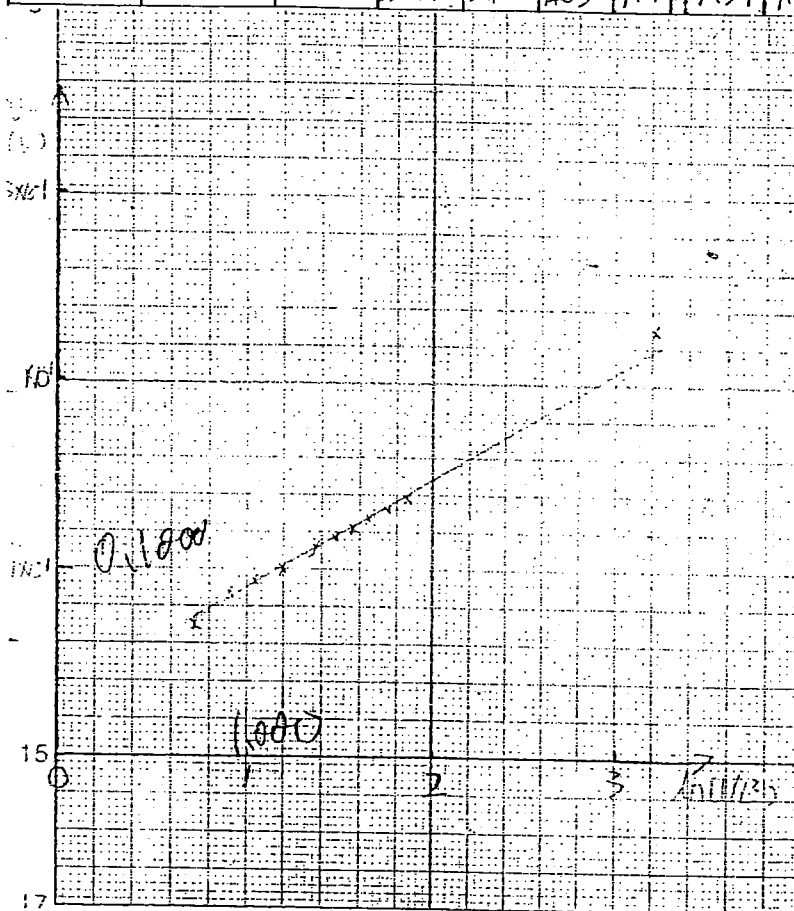
列表记录数据, 并算出各输出功率 P 的值, 作 $P - R$ 曲线, 求最大值负载电阻曲线的意义。

实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

[数据处理]

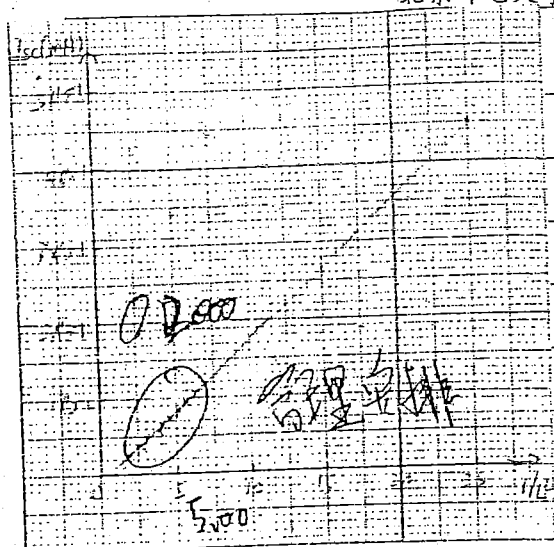
1. 改变光源与硅光电池的距离, 测硅光电池的开路电压

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| $L(m)$ | 0.200 | 0.400 | 0.420 | 0.440 | 0.460 | 0.480 | 0.500 | 0.550 | 0.600 | 0.650 | 0.700 | |
| $U_{oc}(V)$ | 0.2328 | 0.1392 | 0.1340 | 0.1270 | 0.1244 | 0.1190 | 0.1139 | 0.1030 | 0.0929 | 0.0848 | 0.0777 | |
| $\ln(1/L^2)$ | 3.22 | 1.83 | 1.74 | 1.64 | 1.55 | 1.47 | 1.39 | 1.20 | 1.02 | 0.862 | 0.713 | |

 $U_{oc} - \ln(1/L^2)$ 图像

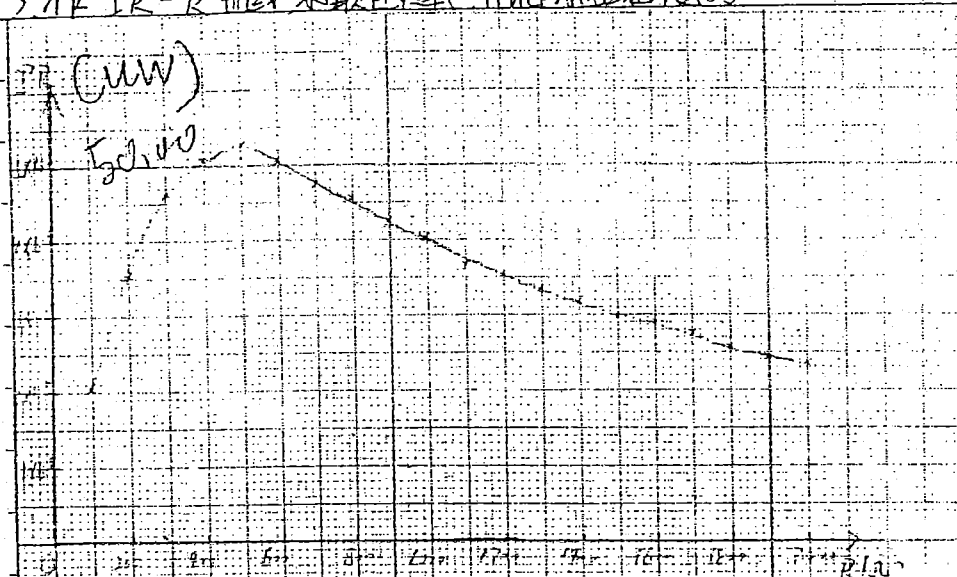
2. 改变光源与硅光电池距离, 测硅光电池短路电流

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| $L(m)$ | 0.200 | 0.400 | 0.420 | 0.440 | 0.460 | 0.480 | 0.500 | 0.550 | 0.600 | 0.650 | 0.700 | |
| $I_{sc}(mA)$ | 0.451 | 0.103 | 0.094 | 0.085 | 0.079 | 0.070 | 0.067 | 0.053 | 0.044 | 0.035 | 0.027 | |
| $1/L^2$ | 25.0 | 6.25 | 5.67 | 5.17 | 4.73 | 4.34 | 4.00 | 3.31 | 2.78 | 2.37 | 2.04 | |



$I_{sc} - 1/L^2$ 图线

3. 作 $P_R - R$ 曲线求最佳负载并说明曲线的意义

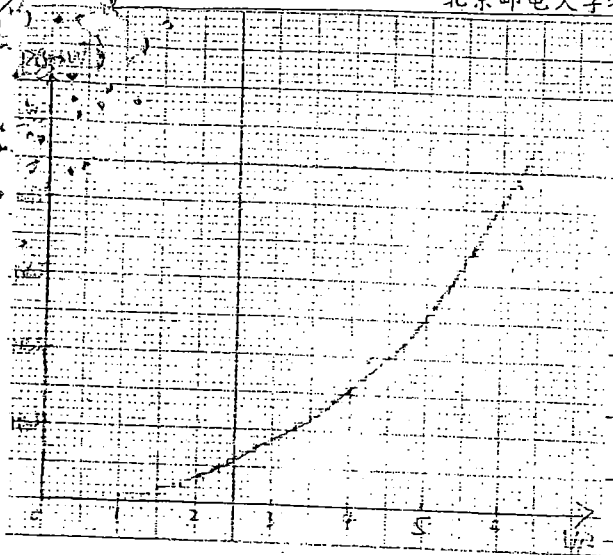


$P_R - R$ 曲线

由图可知, 最佳负载电阻的阻值是 500Ω , 此时输出功率最大

功率随电阻增加, 先增大后减小

4. 针对第四点内容, 描绘 $P - 1/L^2$ 曲线

 $P-1/L^2$ 曲线

5. 对实验结果进行讨论

- ① 硅光电池开路电压与入射光强度的平方成正比关系。
- ② 硅光电池短路电流与入射光强度成正比。
- ③ 光照强度一定时，硅光电池输出功率先随负载电阻先增大后减小。
- ④ 当负载电阻一定时，硅光电池输出功率随光照强度增大而增大。

任课教师指导意见

Experiment 6 The photo-electrics characteristics of Silicon solar cell

实验 6 硅光电池的光照特性

姓名 汤颖 班级 2011215115 教师 _____ 实验时间 _____ 实验组号 _____

S/N: 20112152-9

一、预习要点

1. 了解硅光电池的基本特性;
2. 电流补偿法的基本原理, 以及如何利用电流补偿法测定硅光电池的短路电流及负载电流;
3. 光功率计的使用。

二、实验注意事项

1. 实验中硅光电池的正、负极不要弄错。
2. 实验仪器比较多, 每做一项都要重新连接线路;
3. 闭合开关 K 的时候要注意检流计的指针偏转, 不要把指针打坏。

三、实验内容

1. 测定硅光电池的开路电压与光照强度的关系;
2. 测量硅光电池短路电流与光照强度的关系;
3. 光照强度不变的条件下, 测定硅光电池输出功率与负载电阻的关系;
4. 测量光照强度与距离之间的关系。

四、数据表格

1. 改变光源与硅光电池的距离, 用数字电压表测量硅光电池的开路电压。

Change the distance between the light source and the Si-cell, Measure the open circuit voltage with digital voltage meter.

| $L(m)$ | 0.200 | 0.400 | 0.420 | 0.440 | 0.460 | 0.480 | 0.500 | 0.550 | 0.600 | 0.650 | 0.700 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $U_{oc}(V)$ | 0.2328 | 0.1312 | 0.1340 | 0.1270 | 0.1244 | 0.1170 | 0.1137 | 0.1030 | 0.0921 | 0.0848 | 0.0717 |

2. 改变光源与硅光电池的距离, 用电流补偿法测量硅光电池的短路电流。

Change the distance between the light source and the Si-cell, measure the short circuit current of Si-cell with current compensation method

| $L(m)$ | 0.200 | 0.400 | 0.420 | 0.440 | 0.460 | 0.480 | 0.500 | 0.550 | 0.600 | 0.650 | 0.700 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $I_{sc}(mA)$ | 0.45 | 0.125 | 0.094 | 0.085 | 0.079 | 0.070 | 0.067 | 0.253 | 0.044 | 0.035 | 0.027 |

北京邮电大学

物理实验报告

实验名称: 光的偏振

学 院: 国际学院

班 级: 2013215

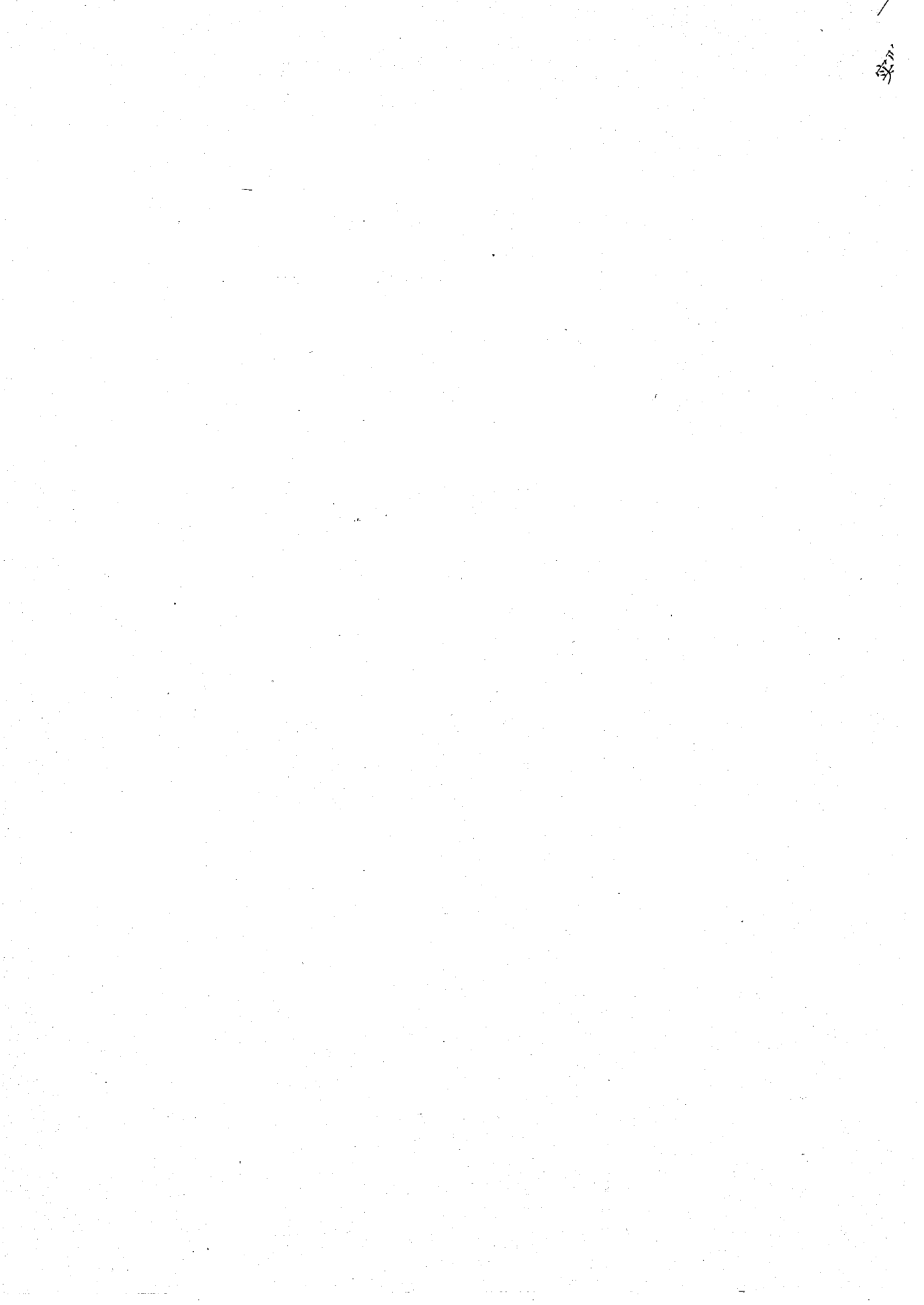
姓 名: 李

学 号: 20132131

任课教师: 朱洪波

实验日期: 2014. 4. 2

成 绩: A



实验目的

1. 掌握光的偏振特性, 验证马吕斯定律
2. 熟悉常用的起偏和检偏的方法
3. 了解椭圆偏振光、圆偏振光的产生方法和作用原理

实验仪器名称 [型号、主要参数]

激光发射器、起偏器、检偏器、玻片、旋光晶体、功率指示计、光具座

实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等; 操作步骤]

[实验原理] 1. 自然光与偏振光: (由于光对物质作用主要是电矢量 E 的作用, 研究光的偏振主要指电场的偏振) 沿光传播的方向, 各个方向的振动都有且各方向振动强度均相等, 不显示偏振性, 称为自然光。光矢量的振动方向保持在某一确定方向的光叫线偏振光; 光矢量的末端在垂直于传播方向的平面上的轨迹呈椭圆或圆则称为椭圆偏振光。

2. 偏振光的获得与检验: 通过起偏器获得。自然光通过偏振片 P_1 出来作为线偏振光, 只保留与 P_1 偏振化方向相同的振动 (P_1 为起偏器) 线偏振光再通过第二个偏振片 P_2 使光轴旋转 P_2 , 逆着光传播方向看出现明暗变化。当线偏振光振动方向与 P_2 的偏振化方向垂直时, 将看到完全黑的视场。 P_2 为检偏器, 光振动方向与偏振化方向成某角度 φ , 则光强为 $I = I_0 \cos^2 \varphi$ (马吕斯定律)

3. 布儒斯特定律: 光入射到两种介质的分界面上, 反射光和折射光的偏振状态一般为部分偏振光, 而当入射角为某一特定角时, 折射光与反射光互相垂直, 此刻, 反射光为完全偏振光。这个特定的入射角称为布儒斯特角 i_B : $\tan i_B = \frac{n_2}{n_1}$ 。右图为以 i_B 入射下的反射光及透射光的偏振状态, 光从空气 ($n_1=1$) 进入玻璃 ($n_2=1.5$) 时, $i_B = \tan^{-1} 1.5 = 56.3^\circ$

4. 椭圆偏振光与玻片: 当一束光射入各向异性介质时, 被分为两束折射角不同的光波, 且

它们都是偏振光,其光振动方向几乎垂直,这种现象称为双折射。服从折射定律的光为寻常光, o ; 不服从折射定律的光为非常光, e ; 如图, 以入射光束为轴旋转晶体, 则 o 光不动, e 光线 o 光转动, 光振幅为 A 的平面偏振光垂直入射到光轴与界面平行的厚度为 d 各向异性晶体上, 若平面偏振光的光振动方向与光轴成 θ 角, 则 $\begin{cases} A_e = A \cos \theta \\ A_o = A \sin \theta \end{cases}$ 。如在晶体内 $n_o > n_e$, o, e 光将有光程差 $\Delta l = (n_o - n_e) d$, 其两个垂直的光振动产生了相位差: $\Delta \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e) d$

(1) $\Delta \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e) d = k\pi$ 合成的光仍是线偏振光的 (2) $\Delta \varphi \neq k\pi$, 合成光的光振动为一椭圆图 (3) $\theta = 45^\circ$, $E_o = E$, 则在 $\Delta \varphi = \frac{1}{2}\pi$ 和 $\frac{3}{2}\pi$ 时, 合成为左旋和右旋偏振光

(4) 偏振状态和光强: $I_2 = I_1 (\cos^2 \theta \cos^2 \varphi + \sin^2 \theta \sin^2 \varphi)$

$\theta = 0^\circ$ 时, $I_2 = I_1 \cos^2 \varphi$, 相对光强分布为 $I_2/I_1 = \cos^2 \varphi$

$\theta = 45^\circ$ 时, $I_2 = \frac{I_1}{2} (\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi) = \frac{I_1}{2}$, 相对光强为 $\frac{I_2}{I_1} = \frac{1}{2}$

$\theta = 60^\circ$ 时, $I_2 = \frac{I_1}{4} (1 + \sin^2 \varphi)$, 相对光强为 $\frac{I_2}{I_1} = \frac{1}{4} (1 + \sin^2 \varphi)$

5. 晶体的旋光效应: 光线偏振光通过某些物质, 振动面会转动一个角度, 称为物质的旋光性, $\theta = \alpha c l$ 光程差 $\Delta = (n_R - n_L) L$, 相位差 $\Delta \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_R - n_L) L$, 旋光角度 $\theta = \frac{\pi}{2} (n_R - n_L) L$, 旋光度 ($^\circ$) 定义为光在旋转光介质中传播单位长度的旋光角度 (与波长) 有关)

[实验内容]

1. 观察半导体激光通过偏振片的光强的变化规律, 计算其偏振度,

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

2. 观测线偏振光的光强变化规律, 验证马吕斯定律, 在直角坐标系中作相应的光强分布图。

3. 观察不同偏振状态的偏振光强分布规律, 作极坐标的相对光强分布曲线图

4. 测量旋光晶体的旋光角度, 由式 $\theta = \frac{\pi}{2} (n_R - n_L) L$ 计算晶体厚度

5. 根据实验观察到的各种现象及不同的光强分布图, 对光的偏振现象进行总结、分析、讨论。

李健

实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

[实验数据计算]

1. 计算激光的偏振度

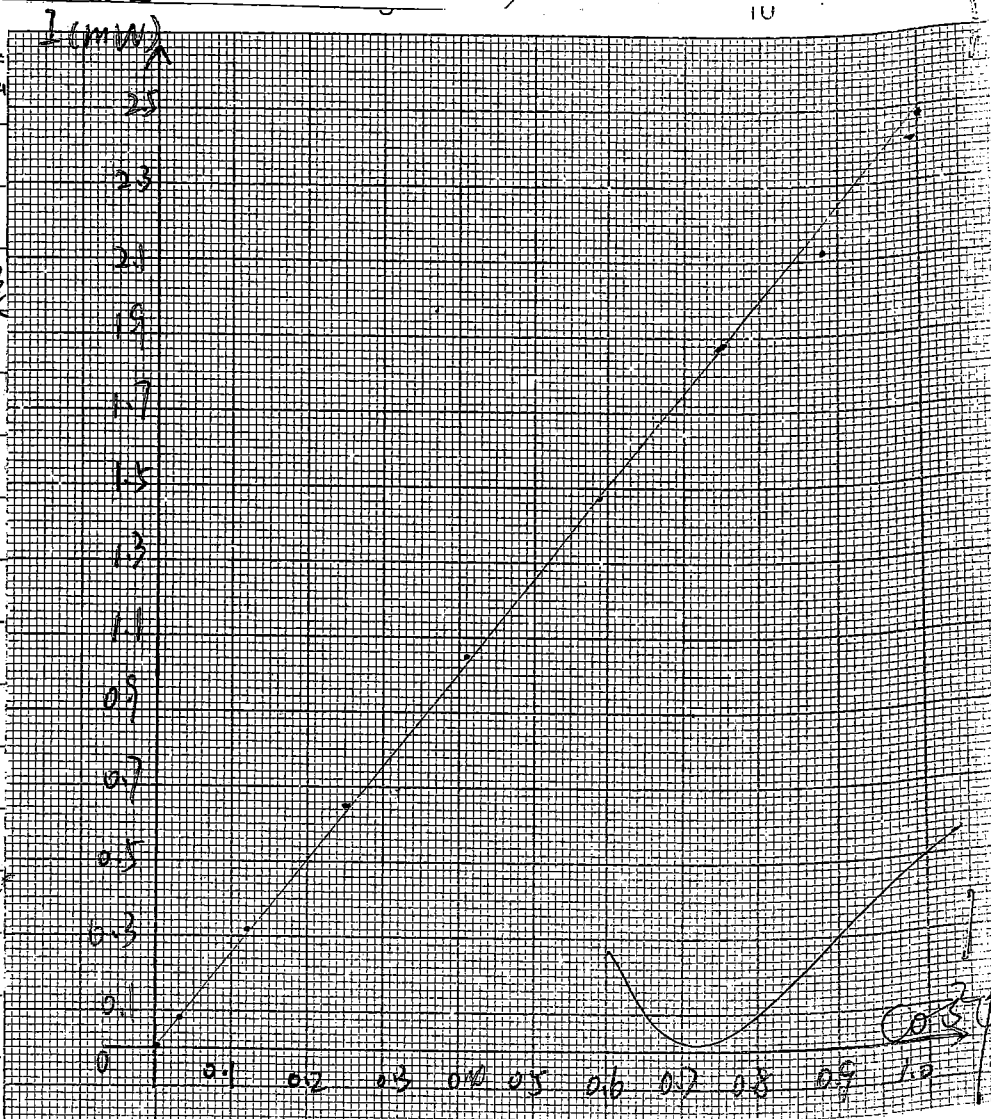
$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

因为 $P \approx 1$

2. 验证马吕斯定律

| | |
|--------------------|------|
| $\theta(^{\circ})$ | 90 |
| $I(\text{mW})$ | 0.00 |
| $\cos^2 \theta$ | 0 |

为减少误差，对于实验结果的影响，我们在画图时尽量使数据点平均分布在曲线两边。从图中直线，我们可知 I 与 $\cos^2 \theta$ 成线性关系，所以马吕斯定律是正确的。



(线偏振光强 I 与 $\cos^2 \theta$ 的关系图)

3. 计算旋光晶体的厚度

$$\theta = \frac{\pi}{\lambda} (n_R - n_L) L \Rightarrow L = \frac{\theta \cdot \lambda}{(n_R - n_L) \cdot \pi} = 2.94 \times 10^{-3} (\text{m})$$

其中 $n_R = 1.54427$, $n_L = 1.54420$, $\theta = 57^{\circ}$, λ 为自由空间的波长 6.5×10^{-7}

实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

[实验数据计算]

1. 计算激光的偏振度

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} = \frac{3.56 \text{ mW} - 0.03 \text{ mW}}{3.56 \text{ mW} + 0.03 \text{ mW}} = 0.98$$

因为 $P \approx 1$, 所以激光的偏振特性为线偏振光。

2. 验证马吕斯定律

| $\theta(^{\circ})$ | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 | 0 |
|--------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| $I(\text{mW})$ | 0.00 | 0.08 | 0.32 | 0.65 | 1.05 | 1.47 | 1.88 | 2.21 | 2.49 | 2.48 |
| $\cos^2 \theta$ | 0 | 0.030 | 0.117 | 0.250 | 0.413 | 0.581 | 0.750 | 0.883 | 0.970 | 1 |

为尽量减少误差,

对于实验结果的影响, 我们在画图

时尽量仅靠数据点平

均分布在直线两边。

从图中直线, 我们

可知 I 与 $\cos^2 \theta$ 成

线性关系, 所以

马吕斯定律是正

确的。

(线偏振光强 I 与 $\cos^2 \theta$ 的关系图)

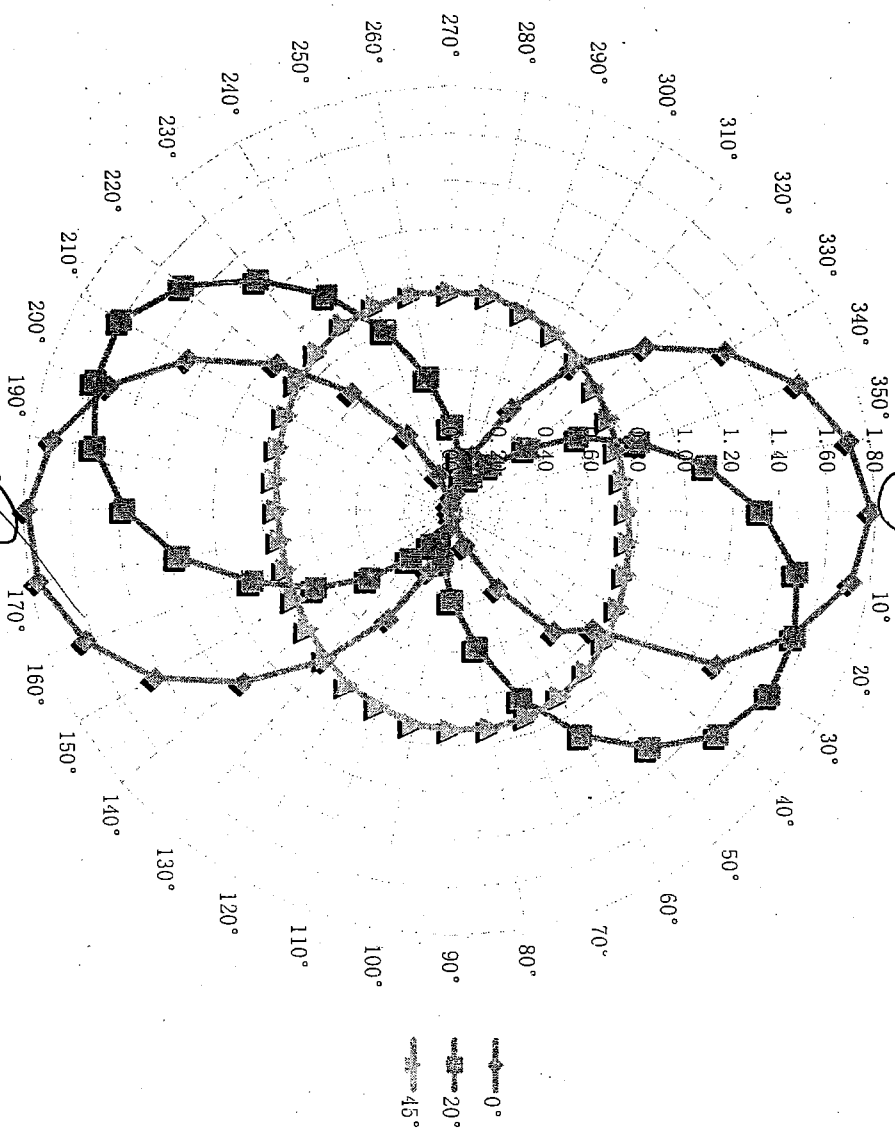
3. 计算旋光晶体的厚度

$$\theta = \frac{\pi}{\lambda} (n_R - n_L) L \Rightarrow L = \frac{\theta \cdot \lambda}{(n_R - n_L) \cdot \pi} = 9.4 \times 10^{-3} (\text{m})$$

其中 $n_R = 1.54427$, $n_L = 1.54420$, $\theta = 57^{\circ}$, λ 为自由空间的波长 $650 \times 10^{-9} \text{ m}$

极坐标下辐射强度分布图, 线偏振光的辐射强度分布图

| 0° | 10° | 20° | 45° |
|------|------|-------|-----|
| 1.78 | 1.32 | 0.754 | |
| 1.72 | 1.49 | 0.767 | |
| 1.54 | 1.55 | 0.791 | |
| 1.30 | 1.56 | 0.821 | |
| 0.78 | 1.48 | 0.856 | |
| 0.67 | 1.31 | 0.887 | |
| 0.38 | 1.10 | 0.912 | |
| 0.16 | 0.85 | 0.932 | |
| 0.03 | 0.59 | 0.939 | |
| 0.00 | 0.38 | 0.932 | |
| 0.08 | 0.22 | 0.922 | |
| 0.27 | 0.15 | 0.887 | |
| 0.53 | 0.17 | 0.859 | |
| 0.83 | 0.27 | 0.817 | |
| 1.14 | 0.45 | 0.785 | |
| 1.43 | 0.66 | 0.757 | |
| 1.63 | 0.89 | 0.737 | |
| 1.76 | 1.16 | 0.729 | |
| 1.78 | 1.37 | 0.732 | |
| 1.70 | 1.52 | 0.750 | |
| 1.53 | 1.59 | 0.772 | |
| 1.27 | 1.60 | 0.800 | |
| 0.96 | 1.47 | 0.840 | |
| 0.65 | 1.27 | 0.874 | |
| 0.37 | 1.05 | 0.904 | |
| 0.16 | 0.81 | 0.921 | |
| 0.03 | 0.57 | 0.929 | |
| 0.00 | 0.36 | 0.926 | |
| 0.07 | 0.22 | 0.926 | |
| 0.25 | 0.15 | 0.896 | |
| 0.50 | 0.16 | 0.871 | |
| 0.80 | 0.25 | 0.837 | |
| 1.08 | 0.41 | 0.804 | |
| 1.35 | 0.62 | 0.776 | |
| 1.57 | 0.85 | 0.753 | |
| 1.71 | 1.10 | 0.744 | |



(注: EXCEL 作图得要迭图, 与极坐标图相比旋转了 90°)

4. 观测不同偏振状态的偏振光的光强分布规律, 作极坐标相对光强分布曲线

回答问题与实验总结

1. 若置于两个偏振片之间的不是半波片, 则由起偏器产生的线偏振光经过偏振片后仍为线偏振光, 但方向可能改变, 光强大小可能会减小。

2. 对于 $I_2 = I_1(\cos^2\varphi \cos^2\theta + \sin^2\varphi \sin^2\theta)$, 其中 φ 为半波片的光轴与 P_2 的夹角

当 $\theta = 0^\circ$ 时, $I_2 = I_1 \cos^2\varphi$

当 $\theta = 45^\circ$ 时, $I_2 = \frac{1}{2} I_1$ (与 φ 无关)

当 $\theta = 60^\circ$ 时, $I_2 = I_1(\frac{1}{4} + \frac{3}{4} \sin^2\varphi)$

3. 首先用光线照射 1 个偏振片, 若转动偏振片光强无变化则为自然光、或圆偏振光。若再插入 1 个 $\frac{1}{4}$ 波片并转动 P_1 , 光强无明显变化, 则为自然光, 反之为圆偏振光。

② 若用 1 个偏振片进行观察时, 光强随偏振片的转动有变化但没有消光, 则为部分偏振光或椭圆偏振光。在偏振片前再插入一个 $\frac{1}{4}$ 波片, 使波片的光轴与偏振片的投射方向平行, 再次转动偏振片会出现两次消光即为椭圆偏振光; 若仍无消光, 则为部分偏振光。

③ 若随偏振片转动出现两次消光, 则为线偏振光

课后题: $I_1 = I_0 \cos^2 60^\circ = \frac{1}{4} I_0$ $I_2 = (I_0 \cos^2 30^\circ) \cdot \cos^2 30^\circ = \frac{9}{16} I_0$

$\therefore I_0 = 4I_1$, $I_2 = \frac{9}{4} I_1$

任课教师指导意见

北京邮电大学

物理实验报告

实验名称: 示波器的使用 & 空气中的声速测定

学 院: 国际学院

班 级: 2012215

姓 名: 王 王

学 号: 2012213

任课教师: 赵晓红

实验日期: 2013.5.15

成 绩: 80

一、關於我國經濟建設之方針
 二、關於我國經濟建設之步驟
 三、關於我國經濟建設之組織

（一）關於我國經濟建設之方針
 1. 發展生產，改善生活
 2. 公私兼顧，勞資合作
 3. 統籌兼顧，適當安排

（二）關於我國經濟建設之步驟
 1. 第一步：恢復生產，穩定經濟
 2. 第二步：發展生產，改善生活
 3. 第三步：統籌兼顧，適當安排

（三）關於我國經濟建設之組織
 1. 加強領導，統籌兼顧
 2. 公私兼顧，勞資合作
 3. 統籌兼顧，適當安排

实验目的

1. 了解示波器的结构和工作原理 2. 掌握示波器和信号发生器的作用及使用 / 1. 学会用不同的方法测定空气中的声速 2. 掌握数字式函数发生器、示波器等的使用方法 3. 学会用逐差法处理结果, 并对结果的不确定度进行分析。

实验仪器名称 [型号、主要参数]

GD86051型可读式示波器, 8016型数字式函数发生器 / 声速测量仪、函数发生器、示波器。

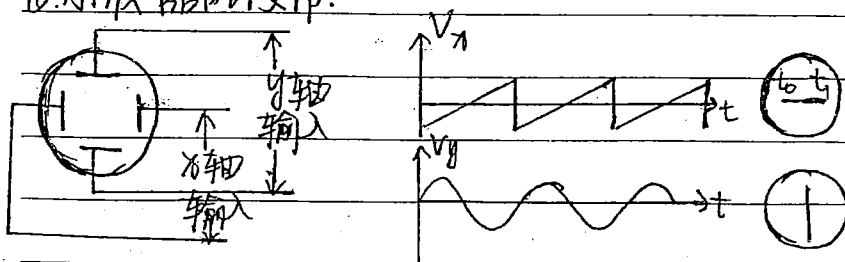
实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等; 操作步骤]

一. 基本物理思想

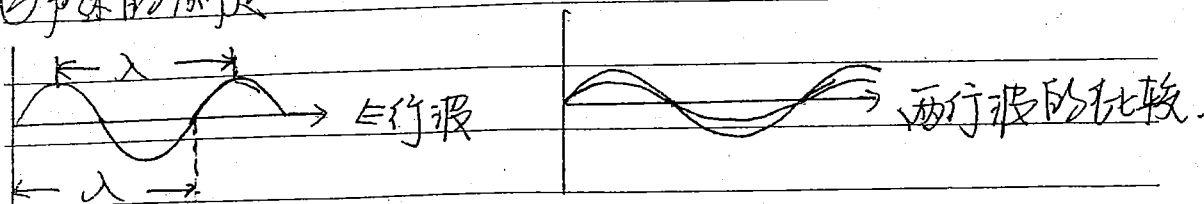
1. 电子束经加热后加速打到荧光屏上, 能够产生亮点 2. 偏转板间电场可使电子束改变位置 3. 当在X和Y偏转板上分别加上正弦信号, 此时屏幕上显示出李萨如图形 / 1. 频率在 $20 \sim 20000 \text{ Hz}$ 的声振动在弹性媒质中所激起纵波称声波, 声波是一种机械波, 频率超过 20000 Hz 的为超声波 2. 声波的频率、波长、速度、相位等是声波的重要特性 3. 声速符合 $v = \lambda f$ 的基本关系 4. 若激励系统的激励频率与振动系统的固有频率相同, 振动系统将获得最多的激励能量, 此现象称为共振 4. 波的方程为 $y = A \cos(\omega t + \frac{\pi}{2} kx)$, 符合 $y = 2A \cos kx \cos \omega t$ 的运动形式称为驻波。

二. 电路图、光路图

1. 示波器的使用



②声速的测定



三. 设计原理.

1. 示波器利用电子束的电偏转来观察电压的波形。2. 示波管是阴极射线管。3. 仅在X偏转板上加上一个变化电压，电子束的位置就会发生变化，电子束不断的重复从左向右扫描，可以看到一条水平亮线，同理Y轴。4. Y轴加周期性，X轴加锯齿形，则电子束将在两电场合力的作用下发生偏转，光点将在荧光屏上不断改变位置。5. 用公式 $\frac{f_x}{f_y} = \frac{n_y}{n_x} = \frac{1}{2}$ ，则 n_x, n_y 分别代表李萨如图与假想的水平线与垂直线的切点数，则已知其中一个信号的频率，则可求出另一个。6. 不断改变 f 的相位，则李萨如图跟着改变，则由此比较两个信号之间的相位差！

1. 实验装置中 A_1, A_2 为结构相同的一对超声压电陶瓷换能器， A_1 可作为超声波发射器，当电信号加在 A_1 的电输入端时， S_1 产生超声波。2. A_2 可作为超声波接收器， S_2 接到振动，在 A_2 的电输出端产生相应的电信号。3. 发射器发出的超声波经接收器反射，在两端来回反复并叠加。转动分度手轮，用蜗累杆推进拖板，使 A_2 移动，距离可直接在数字测距仪测出。4. 谐振频率法：当工作频率偏离其谐振频率时，灵敏度急剧下降。5. 共振法： $y_1 = A \cos(\omega t + kx), y_2 = A \cos(\omega t + kx) \Rightarrow y = y_1 + y_2 = 2A \cos kx \cos \omega t$ 。当 $|\cos kx| = 1$ 时， $kx = \pi$ 。当 $x = n\lambda$ ($n=0, \pm 1, \pm 2, \dots$) 移动接收器，2个最强电信号相距 λ 。6. 相位法：沿传播方向上的任何两点，振动状态相同，则 $\lambda = n\lambda$ 。可测量波长。7. 李萨如图形。

四. 步骤.

实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

一. 实验数据处理

| ① 示波器 | Position of "DUTY" | t | T | Duty = t/T (%) |
|-------|--------------------|---------------|---------------|----------------|
| | The rightmost | 30.0 μ s | 250.0 μ s | 20% |
| | The leftmost | 198.0 μ s | 248.0 μ s | 79.8% |

② 声速测量. (室温: $> 27^{\circ}\text{C}$, 示波器频率: 39.837 kHz, 信号发生器: 39.837 kHz)

共振法:

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $x(\text{mm})$ | 4.57 | 9.11 | 13.53 | 18.07 | 22.58 | 27.04 |
| n | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| $x(\text{mm})$ | 31.20 | 35.78 | 40.13 | 44.57 | 49.11 | 53.43 |

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sqrt{(x_7 - x_1)^2 + (x_8 - x_2)^2 + (x_9 - x_3)^2 + \dots + (x_{12} - x_6)^2} = 5.42 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{1}{6} \bar{x} =$$

$$v = f\lambda = 359.8 \text{ m/s}$$

相位法:

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $x(\text{mm})$ | 8.90 | 17.72 | 26.67 | 35.72 | 44.20 | 52.91 |
| n | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| $x(\text{mm})$ | 61.50 | 70.43 | 79.25 | 87.96 | 96.67 | 105.59 |

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sqrt{(x_7 - x_1)^2 + \dots + (x_{12} - x_6)^2} = 52.55 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{1}{6} \bar{x} = 8.76 \text{ mm}$$

$$v = f\lambda = 348.8 \text{ m/s}$$

李萨如图法:

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $x(\text{mm})$ | 9.00 | 17.73 | 26.68 | 35.63 | 44.23 | 52.84 |
| n | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| $x(\text{mm})$ | 61.34 | 70.32 | 79.13 | 87.92 | 96.69 | 105.60 |

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sqrt{(x_7 - x_1)^2 + (x_8 - x_2)^2 + \dots + (x_{12} - x_6)^2} = 52.48 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{1}{6} \bar{x} = 8.75 \text{ mm}$$

$$v = f\lambda = 348.39 \text{ m/s}$$

二. 不确定度公式推导与计算

声速测量: (李萨如图法)

$$u(V) = f(u(\lambda)) = \frac{1}{6} f \cdot \sqrt{\frac{\sum (\Delta \lambda_i - \Delta \lambda)^2}{6-1}}$$

$$= \frac{1}{6} \times 69.83 \times 10^3 \text{ Hz} \times \sqrt{\frac{0.1475}{5}} = 1.14 \times 10^3 \text{ m/s}$$

$$u_r = \frac{u(V)}{V} \times 100\% = 0.33\%$$

$$\therefore V = (348.3 \pm 1.14) \text{ m/s}$$

$$u_r = 0.33\%$$

$$3. V_t = 331.45 \sqrt{\frac{1.013 \times 10^5 \text{ Pa}}{1.29 \text{ kg/m}^3}} = 347.45 \text{ m/s}$$

振幅法实验值: 359.8 m/s $D > V_t$

相位法实验值: $348.8 \text{ m/s} > V_t$

李萨如图法实验值: $348.39 \text{ m/s} > V_t$

$$4. \because r = \sqrt{\frac{rRT}{M}} \quad \therefore r = \frac{V^2 M}{RT}$$

① 振幅法: $r = 1.454 \text{ m}^3 \cdot \text{kg} / (\text{s}^2 \cdot \text{mol} \cdot \text{K})$

② 相位法: $r = 1.411 \text{ m}^3 \cdot \text{kg} / (\text{s}^2 \cdot \text{mol} \cdot \text{K})$

③ 李萨如图法: $r = 1.408 \text{ m}^3 \cdot \text{kg} / (\text{s}^2 \cdot \text{mol} \cdot \text{K})$

回答问题与实验总结

一. 回答问题.

声速测定: 1. 不同 2. CH1 3. ①是调整函数发生器的频率使
 达到谐振频率. ②是, 调达函数发生器的频率并上发射波
 的振幅值. ③是, 减小电压分度值. 4. ①可以 ②可以 ③不可以
 5. 不可能. $\because v = f\lambda, \therefore \lambda = \frac{v}{f}$. 此时换能器不会达到谐振频
 率, 不能达到最佳工作状态, 测量结果不准确.

示波器:

1. 调节 "position" 旋钮.
2. 调节触发电平, 使波形稳定; 当波形一直在滚动不稳定时;
不能.
3. 周期值太小, 调节 "TIME/DIV" 旋钮; 可能为李萨如图状
态, 按下 "X-Y" 键即可.

实验总结:

在测定李萨如图时, 记录错误周期, 导致数据都
 重错

任课教师指导意见

北京邮电大学

物理实验报告

实验名称: 直流电桥测电阻

学 院: 国际学院

班 级: 2013

姓 名:

学 号: 2013213

任课教师: 朱识波

实验日期: 2014. 3. 19

成 绩: 80

实验目的

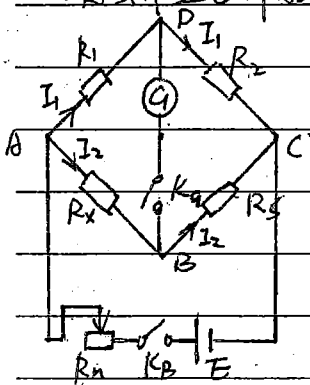
1. 掌握惠斯登电桥原理
2. 了解惠斯登电桥的灵敏度概念
3. 自搭惠斯登电桥, 并利用交换法测量

实验仪器名称 [型号、主要参数]

3V干电池、直流指针或检流计、ZX21型电阻箱、滑线变阻器、电阻、开关、导线。

实验原理和操作步骤 [基本物理思想、设计原理、主要公式及其意义、电路图或光路图等; 操作步骤]

一、惠斯登电桥的测量原理, 如图。



R_x 是待测电阻, R_1, R_2, R_3 为阻值可调的标准电阻

当 B、D 两点间电压为 0 时, 即检流计 G 表上电流为 0 时, 电桥达到平衡, 由欧姆定律:

$$I_1 R_1 = I_2 R_x \\ I_1 R_2 = I_2 R_3 \Rightarrow R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3 \quad \dots (1)$$

实验中, 通常 R_1, R_2 取确定值, 称为比率臂, 调节电阻 R_3 使电桥平衡, 称为比较臂。

二、利用交换法减小误差的原理

交换 R_3 和 R_x 的位置, 调节 R_3 至 R_3' 使电桥重新平衡

得到 $R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3' \quad \dots (2)$

(1) × (2) 得 $R_x = \sqrt{R_3 \cdot R_3'}$

此时, R_x 的不确定度为 $\frac{U(R_x)}{R_x} = \sqrt{\left(\frac{1}{2} \frac{U(R_3)}{R_3}\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \frac{U(R_3')}{R_3'}\right)^2}$

若 $R_3 \approx R_3'$, 可得 $\frac{U(R_x)}{R_x} = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{U(R_3)}{R_3}$

与 (1) 式的不确定度 $\frac{U(R_x)}{R_x} = \sqrt{\left(\frac{U(R_1)}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{U(R_2)}{R_2}\right)^2 + \left(\frac{U(R_3)}{R_3}\right)^2}$ 相比,

交换法减小了误差。

三. 电桥灵敏度

由于检流计的灵敏度是有限的, 当通过检流计电流小到检流计检测不出来时, 则我们认为电桥平衡, 所以 $R_x = R_s + \Delta R_s$, ΔR_s 即为检流计灵敏度不够带来的误差。为此, 引入电桥灵敏度 S 的概念, 定义 $S = \frac{\Delta n}{\Delta R_x / R_x}$, 若 Δn 是个小量, 则 $\Delta R_x = \frac{R_s}{S} \cdot \Delta R_s$, $S = \frac{\Delta n}{\Delta R_s / R_s}$ 。为进一步分析影响电桥灵敏度的各种因素, 改写上式为

$$S = \frac{S_i Z}{R_1 + R_2 + R_s + R_x + R_g [2 + (\frac{R_1}{R_2} + \frac{R_s}{R_x})]}$$

(其中 S_i 和 R_g 分别是检流计的灵敏度和内阻)

由此可得出结论:

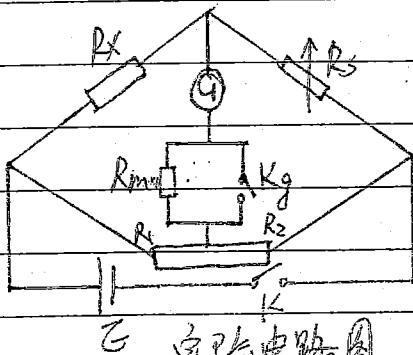
- (1) 电桥灵敏度与 S_i 成正比
- (2) 电源电动势越高, 电桥灵敏度就越高 (注意电桥的额定功率)
- (3) 检流计内阻 R_g 越小, 电桥灵敏度越高
- (4) 桥臂电阻 (R_1, R_2, R_s, R_x) 越大, 电桥灵敏度越低

四. 实验步骤及电路

1. 自搭惠斯登电桥, 并测量未知电阻
2. 利用交换法测量电阻
3. 测量电桥的灵敏度

1) 调节 R_s 使电桥平衡

2) R_s 改变一个小量 ΔR_s , 记录检流计相应的偏转格数 Δn



(图)

实验电路图

实验数据处理与讨论 [实验数据计算、不确定度公式推导与计算、结果表示与讨论等]

一、实验数据处理与计算

| R_X | $R_S (\Omega)$ | $R'_S (\Omega)$ | $\Delta R_S (\Omega)$ | Δn |
|-----------------------|----------------|-----------------|-----------------------|------------|
| $\approx 200 \Omega$ | 197.0 | 203.2 | 1.0 | 1 |
| $\approx 1000 \Omega$ | 997.0 | 1008.3 | 6.0 | 1 |

1. 计算未知电阻的阻值: 公式: $R_X = \sqrt{R_S R'_S}$

$$R_{200\Omega} = \sqrt{197.0 \times 203.2} \Omega = 200.1 \Omega$$

$$R_{1000\Omega} = \sqrt{997.0 \times 1008.3} \Omega = 1002.6 \Omega$$

计算不确定度 公式: $\frac{U(R_X)}{R_X} = \sqrt{(\frac{1}{2} \frac{U(R_S)}{R_S})^2 + (\frac{1}{2} \frac{U(R'_S)}{R'_S})^2}$

$$\text{当电阻} \approx 200 \Omega \text{时, } \frac{U(R_S)}{R_S} = (0.1 + 0.2 \frac{6}{197.0})\% = 0.11\%$$

$$\frac{U(R'_S)}{R'_S} = (0.1 + 0.2 \frac{6}{203.2})\% = 0.11\%$$

$$U(R_X) = \sqrt{(\frac{1}{2} \times 0.11\%)^2 + (\frac{1}{2} \times 0.11\%)^2} \times 200 = 0.2$$

$$\text{当电阻} \approx 1000 \Omega \text{时, } \frac{U(R_S)}{R_S} = (0.1 + 0.2 \frac{6}{997.0})\% = 0.10\%$$

$$\frac{U(R'_S)}{R'_S} = (0.1 + 0.2 \frac{6}{1008.3})\% = 0.10\%$$

$$U(R_X) = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 0.10\% \times 1000 = 0.7$$

2. 计算电桥的灵敏度

$$\text{公式 } S = \frac{\Delta n}{(R_S/R'_S)}$$

$$\text{当电阻} \approx 200 \Omega \text{时, } S = \frac{1}{(1.9/197.0)} = 2.0 \times 10^2$$

$$\text{当电阻} \approx 1000 \Omega \text{时, } S = \frac{1}{(1.6/997.0)} = 1.7 \times 10^2$$

二、桥臂电阻对电桥灵敏度的影响

$$S = \frac{S_i Z}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_g [2 + (\frac{R_1}{R_2} + \frac{R_3}{R_4})]} \quad (S_i \text{ 与 } R_g \text{ 分别是检流计的灵敏度和内阻})$$

惠斯登电桥灵敏度与桥臂总阻值、桥臂之比均有关。

桥臂电阻越小,电桥灵敏度越高。当电桥由2个较大、2个较小的电阻组成时,将较大和较小的电阻分别放于电源对角线的两侧时,电桥灵敏度相对较高。

三. 结果表示

1. 电阻 $\approx 200 \Omega$ 时

$$\begin{cases} R_x = (200.1 \pm 0.2) \Omega \\ U(R_x) = 0.2 \Omega \\ S = 2.0 \times 10^2 \end{cases}$$

$$\frac{U(R_x)}{R_x} = \frac{?}{?}$$

2. 电阻 $\approx 1000 \Omega$ 时

$$\begin{cases} R_x = (1002.6 \pm 0.7) \Omega \\ U(R_x) = 0.7 \\ S = 1.7 \times 10^2 \end{cases}$$

回答问题与实验总结

总结: 实验进行过程中最大的困难来自电路的连接。操作时应该先冷静地分析电路结构, 找出贯穿最多元件的电路作主线, 分析找出电势相同的结点以节省导线。连接时“先串后并”, 并认真检查。

任课教师指导意见

阅 3.26

