

清华大学 物理实验报告

班级: 软件 71
姓名: 骆炳君
学号: 2017013573
日期: 2019-4-15

实验名称: 用单色仪测定介质吸收曲线

目 录

一、 实验目的	2
二、 实验原理	2
1. 介质的透射率和吸收系数	2
2. 测量光谱透射率和吸收系数	2
三、 实验仪器	3
四、 实验步骤	3
1. 校对单色仪的波长示值准确度	3
2. 调节狭缝宽度	3
3. 调节溴钨灯光路	3
4. 测量钕玻璃的吸收曲线	4
5. 实验注意事项	4
五、 数据处理	4
1. 波长示值的校对	4
2. 测定钕玻璃的吸收特性	4
六、 实验小结	6
七、 思考题	6
八、 吸收曲线	7
九、 原始数据表格	8

一、 实验目的

- (1) 学习掌握光栅单色仪的基本构造和使用方法.
- (2) 学习了解介质光谱特性，掌握测量介质的吸收/透射曲线的原理和方法.
- (3) 学习使用计算机作图法处理实验数据.

二、 实验原理

1. 介质的透射率和吸收系数

一束波长为 λ 、入射光强为 I_0 的单色平行光垂直入射到厚度为 d 的介质板上，设从界面 1 反射光的光强为 I_R ，从界面 1 向介质内透射光的光强为 I_1 ，入射到界面 2 的光强为 I_2 ，界面 2 的透射光的光强为 I_T .

定义介质板的光谱外透射率 T 和光谱透射率 T_i 为

$$T = \frac{I_T}{I_0}, T_i = \frac{I_2}{I_1}$$

假定介质内部无散射，光谱透射率 T_i 与介质厚度 d 满足

$$T_i = e^{-\alpha d}$$

其中 α 被称为介质的线性吸收系数，其值不仅与介质有关，而且与入射光的波长 λ 有关， α 与 λ 的关系曲线被称为吸收曲线.

2. 测量光谱透射率和吸收系数

设光在单一界面上的反射率为 R ，则透射光的光强为

$$\begin{aligned} I_T &= \sum_{i=1}^{\infty} I_{Ti} \\ &= \sum_{i=1}^{\infty} I_0(1-R)^2 R^{2(i-1)} e^{-(2i-1)\alpha d} \\ &= \frac{I_0(1-R)^2 e^{-\alpha d}}{1 - R^2 e^{-2\alpha d}} \end{aligned}$$

通过测量同一材料 (α 相同)，表面性质相同 (R 相同)，但厚度不同的两块试样的光谱外透射率可以计算得出介质的 T_i 和 α .

设两块试样的厚度分别为 d_1 和 d_2 ($d_2 > d_1$)，光谱外透射率分别为 T_1 和 T_2 ，由上式可得

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{e^{-\alpha d_2}(1 - R^2 e^{-2\alpha d_1})}{e^{-\alpha d_1}(1 - R^2 e^{-2\alpha d_2})} \approx e^{-\alpha(d_2 - d_1)}$$

在本实验中使用光电池和微电流放大器测量光强，设 T_1 和 T_2 对应的微电流放大器显示值为 n_1 和 n_2 ，可得

$$T_i = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\alpha = \frac{\ln T_1 - \ln T_2}{d_2 - d_1} = \frac{\ln n_1 - \ln n_2}{d_2 - d_1}$$

三、 实验仪器

- (1) WDG30 型光栅单色仪
- (2) 汞灯 GP20Hg
- (3) 溴钨灯及其电源
- (4) 会聚透镜 L
- (5) 不同厚度的钹玻璃样品

四、 实验步骤

1. 校对单色仪的波长示值准确度

- (1) 调节单色仪手轮，使波长读数在 577.0 到 579.1nm 之间.
- (2) 将汞灯放在入射狭缝前，把 S_1 、 S_2 宽度调至约 2mm，观察黄色谱线.
- (3) 关小入射狭缝 S_1 ，使两条谱线分开且尽量细、亮.
- (4) 关小出射狭缝 S_2 ，同时微动手轮，使狭缝宽度与谱线同宽.
- (5) 微动手轮使谱线位于视野中央，读出此时手轮示数.
- (6) 转动手轮到其他谱线，测全汞灯 4 条谱线的对应示值，与标准值进行比较.

2. 调节狭缝宽度

- (1) 调节单色仪手轮，使波长读数在 577.0 到 579.1nm 之间.
- (2) 用显微镜迎着出射光方向观察 S_2 上的两条黄色谱线，微动手轮使谱线移到视野中央.
- (3) 调节入射狭缝 S_1 宽度，使两条谱线刚好分开.
- (4) 调节出射狭缝 S_2 宽度，同时微调手轮，使其中一条谱线在缝中央且与缝同宽.

3. 调节溴钨灯光路

- (1) 调节会聚透镜和溴钨灯的位置，使透镜距狭缝约 18cm，溴钨灯距透镜约 9cm.
- (2) 打开溴钨灯电源，把手轮调到 610.0nm，进行共轴调节，使透镜像位于狭缝中间且全部变亮.
- (3) 装上样品和光电池探测器，打开微电流放大器，调节溴钨灯电流使微电流放大器示值大于 1.900.

4. 测量钹玻璃的吸收曲线

- (1) 定性观察钹玻璃对各色光的吸收情况，从 610.0nm 到 550.0nm 转动手轮大致测定吸收峰位置.
- (2) 转动手轮，从 610.0nm 到 508.0nm 每隔 2nm 记录一次放大器示值，在吸收峰附近每 0.5nm 测量一次.
- (3) 更换为厚样品，重复 (2) 中测量过程，其测量点波长应与 (2) 中相同.

5. 实验注意事项

- (1) 溴钨灯电流不超过 2.50A.
- (2) 转动手轮波长不应超出 400.0 到 800.0nm 范围.
- (3) 两狭缝 S_1 和 S_2 的宽度目测既不能超过 2mm，也不能完全闭合，否则会损坏狭缝机构.

五、 数据处理

1. 波长示值的校对

标准值 (nm)	579.1	577.0	546.1	435.8
测量值 (nm)	578.0	575.9	545.1	434.8
偏差 $\Delta\lambda$ (nm)	1.1	1.1	1.0	1.0

$\Delta\lambda$ 间的差值小于 0.2nm，符合要求.

$$\overline{\Delta\lambda} = \frac{1.1 + 1.1 + 1.0 + 1.0}{4} = 1.05(nm)$$

2. 测定钹玻璃的吸收特性

将实验所得数据进行整理，得到下表：

其中 $\lambda = \lambda_0 + \overline{\Delta\lambda}$, $\alpha = \frac{\ln n_1 - \ln n_2}{d_2 - d_1}$, $d_2 = 1mm$, $d_1 = 0.5mm$.

$\lambda_0(nm)$	$\lambda(nm)$	n_1	n_2	$\alpha(mm^{-1})$	$\lambda_0(nm)$	$\lambda(nm)$	n_1	n_2	$\alpha(mm^{-1})$
610.0	611.05	1.970	1.727	0.26330	572.5	573.55	0.661	0.232	2.09403
608.0	609.05	1.908	1.642	0.30028	572.0	573.05	0.665	0.238	2.05503
606.0	607.05	1.854	1.557	0.34917	571.5	572.55	0.681	0.252	1.98827
604.0	605.05	1.778	1.440	0.42169	571.0	572.05	0.716	0.285	1.84238
602.0	603.05	1.683	1.300	0.51643	570.5	571.55	0.755	0.329	1.66132
600.0	601.05	1.575	1.145	0.63770	570.0	571.05	0.819	0.398	1.44326
598.0	599.05	1.464	0.982	0.79867	568.0	569.05	1.147	0.796	0.73061
596.0	597.05	1.323	0.807	0.98867	566.0	567.05	1.358	1.135	0.35876

$\lambda_0(nm)$	$\lambda(nm)$	n_1	n_2	$\alpha(mm^{-1})$	$\lambda_0(nm)$	$\lambda(nm)$	n_1	n_2	$\alpha(mm^{-1})$
594.0	595.05	1.125	0.584	1.31127	564.0	565.05	1.429	1.269	0.23749
592.0	593.05	0.947	0.415	1.65004	562.0	563.05	1.433	1.299	0.19635
590.0	591.05	0.828	0.318	1.91392	560.0	561.05	1.421	1.300	0.17799
588.5	589.55	0.750	0.258	2.13423	558.0	559.05	1.400	1.291	0.16211
588.0	589.05	0.712	0.231	2.25132	556.0	557.05	1.378	1.276	0.15381
587.5	588.55	0.675	0.205	2.38341	554.0	555.05	1.352	1.253	0.15209
587.0	588.05	0.636	0.183	2.49142	552.0	553.05	1.326	1.231	0.14868
586.5	587.55	0.601	0.166	2.57321	550.0	551.05	1.302	1.211	0.14491
586.0	587.05	0.567	0.148	2.68629	548.0	549.05	1.278	1.184	0.15280
585.5	586.55	0.545	0.136	2.77626	546.0	547.05	1.248	1.155	0.15488
585.0	586.05	0.524	0.124	2.88242	544.0	545.05	1.215	1.118	0.16641
584.5	585.55	0.516	0.122	2.88417	542.0	543.05	1.181	1.068	0.20115
584.0	585.05	0.522	0.125	2.85871	540.0	541.05	1.136	1.015	0.22525
583.5	584.55	0.537	0.135	2.76145	538.0	539.05	1.082	0.934	0.29418
583.0	584.05	0.566	0.154	2.60328	536.0	537.05	1.019	0.836	0.39590
582.5	583.55	0.597	0.173	2.47725	534.0	535.05	0.935	0.724	0.51151
582.0	583.05	0.634	0.196	2.34787	532.0	533.05	0.861	0.624	0.64389
581.5	582.55	0.666	0.219	2.22444	530.0	531.05	0.815	0.564	0.73627
581.0	582.05	0.716	0.250	2.10444	528.0	529.05	0.782	0.532	0.77042
580.5	581.55	0.743	0.269	2.03197	526.0	527.05	0.776	0.533	0.75126
580.0	581.05	0.773	0.294	1.93340	524.0	525.05	0.776	0.550	0.68847
578.0	579.05	0.776	0.301	1.89408	522.0	523.05	0.802	0.615	0.53097
576.5	577.55	0.734	0.272	1.98541	520.0	521.05	0.824	0.663	0.43479
576.0	577.05	0.719	0.261	2.02668	518.0	519.05	0.807	0.656	0.41433
575.5	576.55	0.711	0.255	2.05082	516.0	517.05	0.777	0.618	0.45790
575.0	576.05	0.695	0.250	2.04490	514.0	515.05	0.736	0.566	0.52527
574.5	575.55	0.686	0.245	2.05924	512.0	513.05	0.715	0.549	0.52837
574.0	575.05	0.678	0.241	2.06870	510.0	511.05	0.716	0.568	0.46312
573.5	574.55	0.672	0.235	2.10135	508.0	509.05	0.724	0.600	0.37572
573.0	574.05	0.662	0.231	2.10570					

利用以上数据可作出钕玻璃的吸收曲线（见附录），根据实验数据和吸收曲线可以明显地发现钕玻

璃的两个吸收峰，分别是

$$\lambda_1 = 585.55nm, \alpha_1 = 2.88417$$

$$\lambda_1 = 574.05nm, \alpha_1 = 2.10570$$

六、 实验小结

本次实验使用了光栅单色仪等精密光学仪器，校正仪器偏差和调节仪器参数也是实验操作中最具挑战性的部分。在实验过程中暴露了我的很多不足之处，例如对实验原理不够理解，对实验仪器不够熟悉等。感谢助教的悉心指导！

七、 思考题

1.

汞灯在可见光波段有 4 条谱线，且其波长已经被较为精确地测定，适合用来校对单色仪的波长示值。

溴钨灯能够产生连续谱，而且光效高，寿命长，具有很高的输出稳定性，光谱覆盖范围宽，适合用来测量吸收曲线。

2.

狭缝宽度越小，出射光的单色性越小，但过小的宽度会使得光强不够，导致观察困难。因此需要平衡单色性和光强的关系，一般应保持出射狭缝宽度和入射狭缝宽度相等，才能使出射光具有最好的单色性和最大的光强。

3.

因为在该实验中采用了控制变量的方法，在使用不同厚度的钹玻璃片时控制光源、波长和光电池的状态保持相同，可以消除其他因素对微电流放大器显示值的影响，没有必要考虑后两者。

4.

在光栅单色仪中，出射光的波长 λ 满足

$$\lambda = d(\sin \theta - \sin i)$$

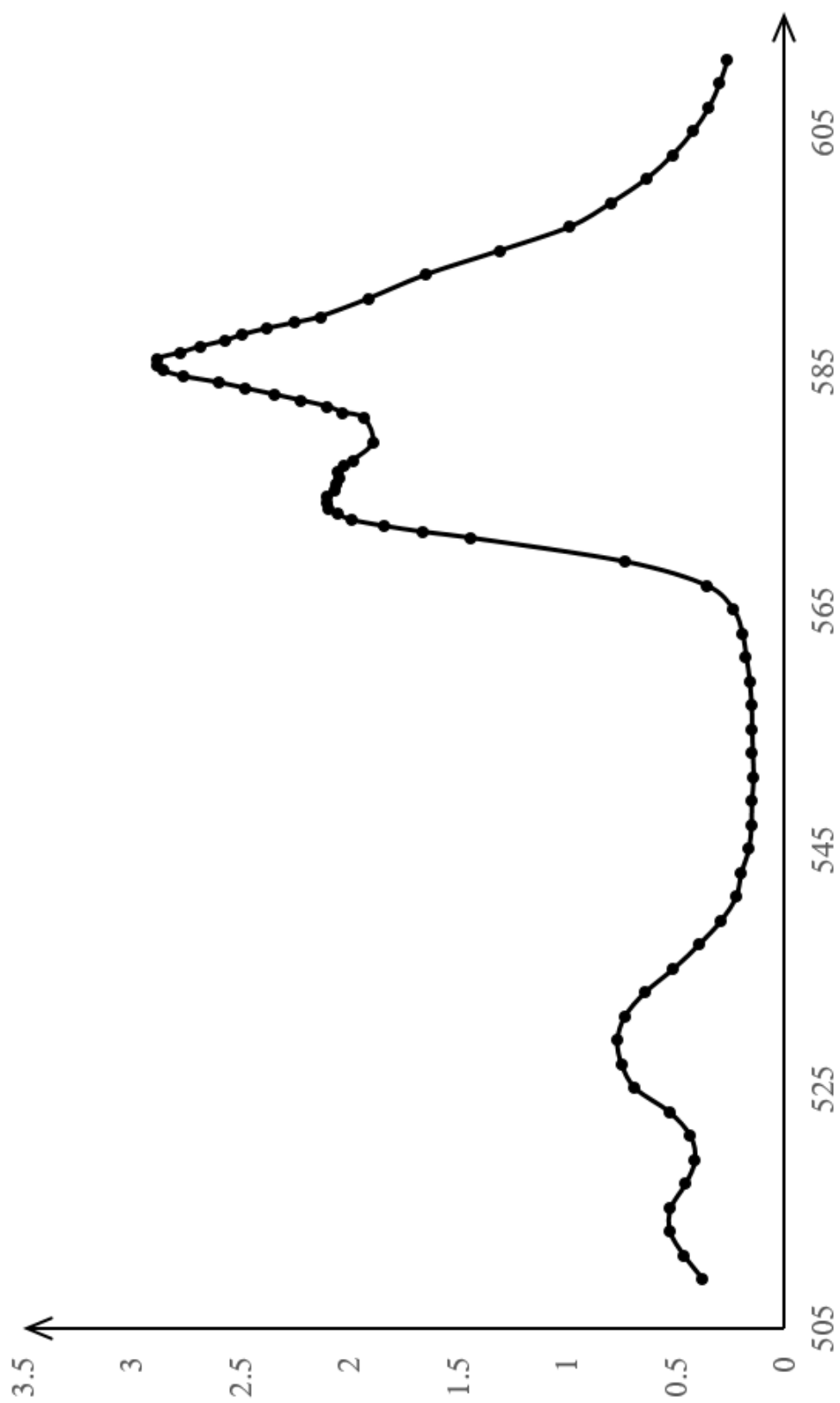
当光栅的角度转过 α 时， $\theta = \theta_0 + \alpha$ ， $i = i_0 - \alpha$ ，手轮移动的距离 $x = k \sin \alpha$ 。

由此可得

$$\frac{\lambda}{x} = \frac{d(\sin(\theta_0 + \alpha) - \sin(i_0 - \alpha))}{k \sin \alpha} = \frac{d}{k}(\cos \theta_0 + \cos i_0)$$

因为 λ 与 x 成线性关系，所以把光栅单色仪称为线性分光仪器。

八、 吸收曲线



九、 原始数据表格