

预习报告		实验记录		分析讨论		总成绩	
25		25		30		80	
年级、专业：		2022 级物理学		组号：		实验组 1	
姓名：		黄罗琳		学号：		22344001	
实验时间：		2024/4/17		教师签名：			

CA3 原子的发射和吸收光谱观测分析实验

【实验报告注意事项】

1. 实验报告由三部分组成：
- (1) 预习报告：课前认真研读实验讲义，实验所需的仪器设备、用具及其使用、完成课前预习思考题；了解实验需要测量的物理量，并根据要求提前准备实验记录表格（可以参考实验报告模板，可以打印）。(25 分)

(2) 实验记录：认真、客观记录实验条件、实验过程中的现象以及数据。实验记录请用珠笔或者钢笔书写并签名（用铅笔记录的被认为无效）。保持原始记录，包括写错删除部分，如因误记需要修改记录，必须按规范修改。（不得输入电脑打印，但可扫描手记后打印扫描件）；离开前请实验教师检查记录并签名。(30 分)

(3) 数据处理及分析讨论：处理实验原始数据（学习仪器使用类型的实验除外），对数据的可靠性和合理性进行分析；按规范呈现数据和结果（图、表），包括数据、图表按顺序编号及其引用；分析物理现象（含回答实验思考题，写出问题思考过程，必要时按规范引用数据）；最后得出结论。(25 分)
- 实验报告就是将预习报告、实验记录、和数据处理与分析合起来，加上本页封面。
2. 每次完成实验后的一周内交实验报告（特殊情况不能超过两周）。
3. 注意事项：
- (1) 实验中光纤不能过度弯折；

(2) 信号强度不能过饱和值；

(3) 光源长时间通电后会发热，小心烫手，切换光源时务必注意（可等断电冷却后再碰）；

(4) 请提前了解光纤光谱仪的基本工作原理与关键参数等。

目录

1 CA3 原子的发射和吸收光谱观测分析实验 预习报告 3

1.1 实验目的 3

1.2 仪器用具 3

1.3 原理概述 3

1.4 实验前思考题 6

2 ETX 实验名称 ××× 实验记录 7

2.1 实验内容、步骤与结果 7

2.1.1 原子发射光谱的观测 7

2.1.2 原子吸收光谱的观测 8

2.2 原始数据记录 12

2.3 实验过程遇到问题及解决办法 12

3 ETX 实验名称 ××× 分析与讨论 13

3.1 实验数据分析 13

3.1.1 13

3.1.2 13

3.1.3 13

3.2 实验后思考题 13

4 ETX 实验名称 ××× 结语 14

4.1 实验心得和体会、意见建议等 14

4.2 附件及实验相关的软硬件资料等 14

CA3 原子的发射和吸收光谱观测分析实验 预习报告

1.1 实验目的

1. 原子发射光谱的观测：

- (a) 学习光纤光谱仪的使用；
- (b) 观测钠原子光谱，了解碱金属原子光谱的一般规律；
- (c) 观测汞原子光谱，了解中外层电子与原子核相互作用；
- (d) 观测多种光源的发射光谱，了解线光谱与连续谱的异同。

2. 原子吸收光谱的观测：

- (a) 调配不同浓度的高锰酸钾水溶液；
- (b) 测量高锰酸钾水溶液的紫外-可见吸收光谱，找出吸收峰；
- (c) 测量不同浓度高锰酸钾水溶液的紫外-可见吸收光谱，验证比尔定律；
- (d) 测量不同片数玻璃基板的透过光谱，验证朗伯定律。

1.2 仪器用具

编号	仪器用具名称	数量	主要参数（型号，测量范围，测量精度等）
1	多种光源	若干	低压汞灯、低压钠灯、氢氙灯、溴钨灯、多种颜色的发光二极管
2	滤光片	2	白片、红片
3	测控计算机	1	
4	光谱观测和分析仪器	1	光纤光谱仪
5	高锰酸钾水溶液	—	
6	玻璃基板	1	
7	比色皿	1	

1.3 原理概述

1. 原子发射光谱的观测：

(a) 碱金属原子光谱：

碱金属和氢原子一样，核外只有一个价电子，但在碱金属原子中除了一个价电子外，还有封闭在

内的壳层电子，这些内封闭的电子和原子核统称为原子实。当价电子贯穿原子实时，会产生异于氢原子光谱的一系列特点。碱金属原子光谱线公式为：

$$\tilde{\nu} = R \left(\frac{1}{n_2^{*2}} - \frac{1}{n_1^{*2}} \right) = \frac{R}{(n' - \mu'_{l'})^2} - \frac{R}{(n - \mu_l)^2}$$

其中， $\tilde{\nu}$ 为光谱线的波数；

R 为里德堡常数；

n' 与 n 分别为始态和终态的主量子数；

n_2^* 与 n_1^* 分别为始态和终态的有效量子数；

l 与 l' 分别为该量子数决定之能级的轨道量子数；

$\mu'_{l'}$ 与 μ_l 分别为始态和终态的量子缺（也称量子改正数，量子亏损）。

以钠原子为例来说，它的光谱分四个线系：主线系、锐线系、漫线系、基线系。对于某一线系谱线的波数公式可写为：

$$\tilde{\nu} = A_{n'l'} - \frac{R}{(n - \mu_l)^2}$$

从钠原子光谱中，可以看出各个线系的一些明显特征，这些特征也为其它碱金属原子光谱所具有。

各线系的共同特点是：

- i. 随着波长减小，同一线系内相邻谱线的波数差逐渐减小，最终趋于一个极限，这是由于能级间距随能级升高而变小的结果。
- ii. 同一线系内随着波长减小，谱线的强度逐渐减小，这是因为激发原子到高能级的能量随之增加，导致激发的难度增大。

各线系的区别：

i. 光谱区域分布：

- 主线系的谱线大部分位于紫外区域，只有钠的双黄线（ $\tilde{\nu} = 3p \rightarrow 3s$ ）在可见光区域，波长分别为 589.0nm 和 589.6nm。由于主线系的下能级是基态（ $3s_{1/2}$ 能级），因此当具有连续谱的光谱通过钠原子蒸汽经过分光后，在连续光谱的背景上将出现钠原子主线系的吸收光谱，称为共振线。锐线系和漫线系的谱线大部分位于可见光区域，

ii. 能级简并性：

- 在碱金属原子中， s 能级是无简并的，而 p 、 d 、 f 能级由于电子自旋与轨道运动作用引起谱项分裂，因此是双重简并的。这种双重分裂随能级增高而逐渐减小。根据选择定则，主线系和锐线系的谱线是双线的，其波数差随着能级的增加而变小。而漫线系和基线系的谱线则呈现复双重线的形态。

iii. 谱线外观：

- 从谱线的外观来看，主线系的谱线强度较大，锐线系的谱线轮廓清晰，而漫线系的谱线则显得比较弥漫，一般复双重线连成一片。

2. 原子吸收光谱的观测：

(a) 光的吸收：

在吸收过程中，物质的原子或分子吸收了入射的辐射能，从基态跃迁至高能级的激发态，吸收的能量与电磁辐射的频率成正比，符合普朗克公式：

$$E = h\nu$$

光的吸收是指光波穿过介质后光强减弱的现象。除了真空外，几乎所有介质对电磁波都不完全透明，都会发生吸收。根据吸收特性，吸收可分为一般吸收和选择吸收。一般吸收是指在一定波长范围内，物质对光的吸收不随波长变化；选择吸收则是指吸收随波长变化的现象。物质分子的能级结构决定了其吸收电磁辐射的能力，能级间的能量差越大，吸收越小，形成了一般吸收和选择吸收的特性。吸收分光光度法利用物质分子对电磁辐射的选择吸收特性，用于测量物质的吸收光谱，从而进行分析和研究。

(b) 朗伯定律:

朗伯定律 (Lambert's law) 是描述光线透过吸收性均匀介质时光强衰减规律的基本定律。朗伯定律的数学表示式为：

$$I = I_0 e^{-kl}$$

吸收系数 k 是波长的函数，在一般吸收的波段内， k 值很小，并且近乎于一常数；在选择吸收波段内， k 值甚大，并且随波长的不同而有显著的变化。

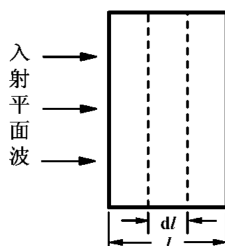


图 1: 均匀媒质对光的吸收

(c) 比尔定律:

比尔定律 (Beer's law), 也称为比尔-朗伯定律 (Beer-Lambert law), 是描述光线透过吸收性均匀介质时光强衰减规律的定律, 是朗伯定律的一个特例。比尔定律的数学形式为:

$$A = \alpha cl$$

A 表示吸光度, α 是摩尔吸光系数, c 为浓度, l 是光通过溶液的路径长度。在比尔定律成立时, 就可用测量吸收的方法来测定物质的浓度。这就是快速测定物质浓度的吸收光谱分析法。

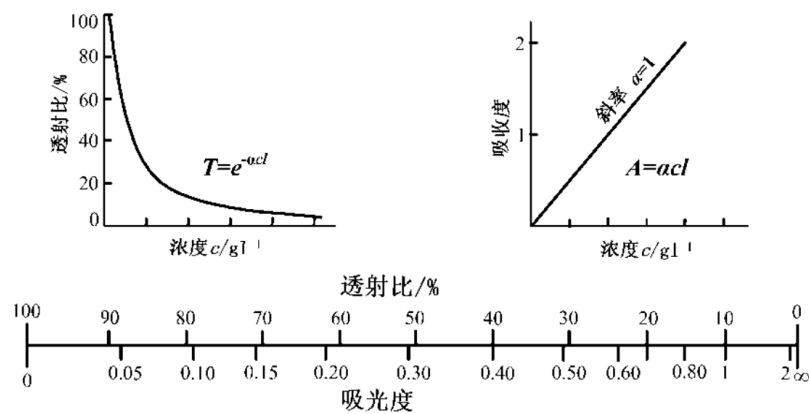


图 2: 比尔定律示意图和吸收度、投射比标度的比较

1.4 实验前思考题

思考题 1.1: 日常生活中，光源可以分为热光源和冷光源，请分别说明太阳光、蜡烛、白炽灯、荧光灯、LED 灯等属于哪一类光源，为什么？

在日常生活中，光源通常可以分为热光源和冷光源两类，具体如下：

- 1. **热光源：**热光源是指其发光是由高温物质的热辐射产生的光线。这种光源通常是通过加热固体、液体或气体至非常高的温度来产生的。热光源的光谱通常是连续的，包含了各种波长的光线。太阳是典型的热光源，因为它的光是由太阳表面高温引起的热辐射所产生的。
- 2. **冷光源：**冷光源是指其发光不是由高温物质的热辐射产生的，而是通过其他方式产生的光线，例如电击激发或化学反应等。冷光源的光谱通常是不连续的，具有明显的发射线。常见的冷光源包括荧光灯和 LED 灯等。

综上所述，太阳光、蜡烛和白炽灯属于热光源，而荧光灯和 LED 灯属于冷光源。

专业：	物理学	年级：	2022 级
姓名：	黄罗琳	学号：	22344001
室温：	26℃	实验地点：	A522
学生签名：	黄罗琳	评分：	
实验时间：	2024/4/18	教师签名：	

ETX 实验名称 ×××

实验记录

2.1 实验内容、步骤与结果

2.1.1 原子发射光谱的观测

1. 拍摄钠灯光谱

- (a) 选择合适的积分次数和积分时间。实际实验中选择了“积分时间 150ms，积分次数 50 次”
- (b) 将光纤一端连接光谱仪，一端关闭，测量暗噪声。
- (c) 将光纤另一端装上支架，将支架对准未开启 NA 灯的环境，测量环境噪声。
- (d) 选用 S-d 模式，将暗噪声与环境噪声都扣除后，将支架对准钠灯，测量钠灯光谱。

软件给出如下实验图像，放大后经过寻峰后得出钠双黄线
测得波长值分别为 $\lambda_1 = 588.72nm$ 和 $\lambda_2 = 589.34nm$

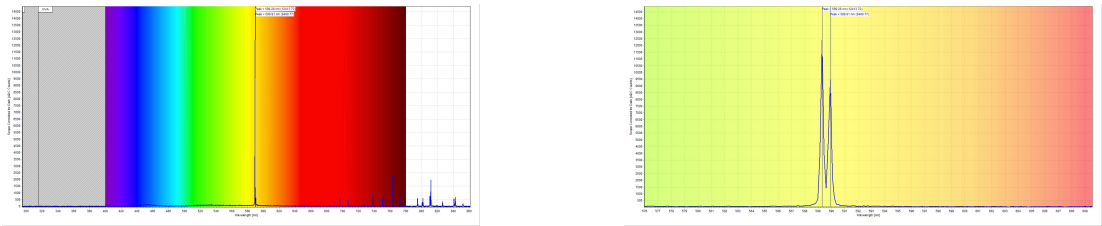


图 3: 钠的光谱图像

2. 拍摄汞灯光谱重复实验步骤，测量汞灯光谱。

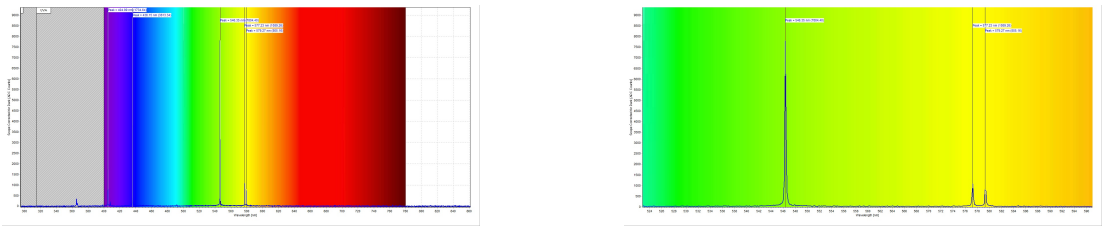


图 4: 汞灯 的 图像 2

根据实验图像，可得 545.90nm，435.59nm，404.41nm，578.85nm 和 576.65nm 的谱线，最高峰是 545.90nm

3. 拍摄手机屏幕光谱测量暗噪声和环境噪声后，将暗噪声与环境噪声都扣除，将支架对准手机屏幕，测量手机屏幕光谱。其中手机显示画面。不同颜色的纯色画面。

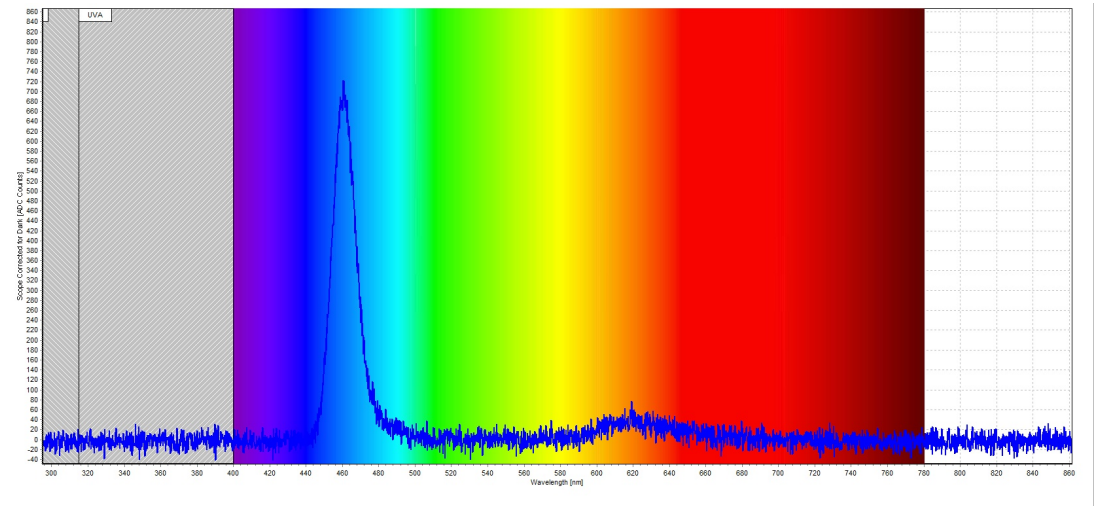


图 5: 蓝色手机屏幕光谱

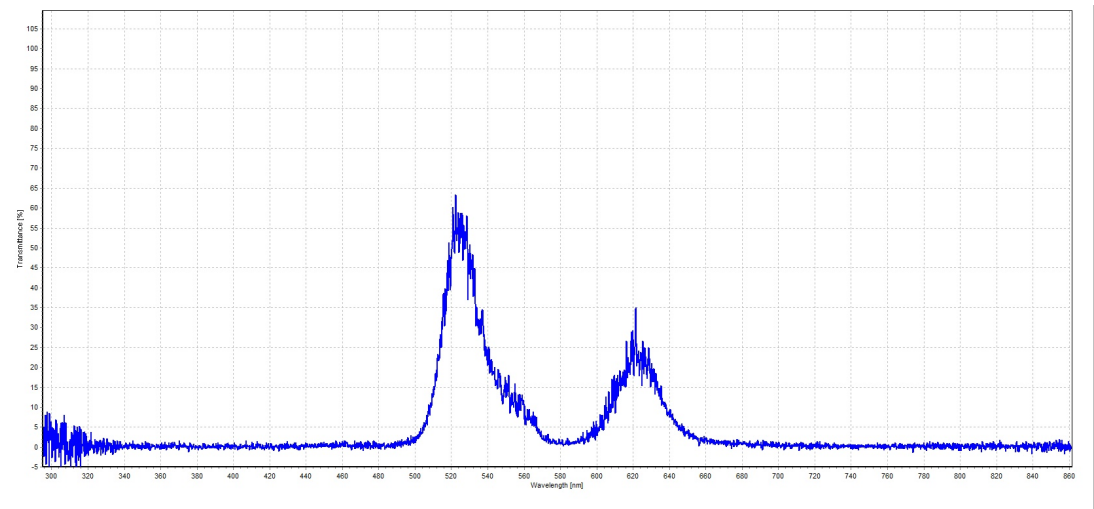


图 6: 黄色手机屏幕光谱

2.1.2 原子吸收光谱的观测

1. 验证比尔定律

- (a) 实验中所用溶液为清水和 $KMnO_4$ 溶液，浓度为 $0.1g/L$ ， $0.08g/L$ ， $0.06g/L$ ， $0.04g/L$ ， $0.02g/L$ ， $0.01g/L$ 。
- (b) 按照实验一的做法，设置积分时间为 50ms 和积分次数 20 次，消除暗噪声和环境噪声。

(c) 选择吸光度模式，测量各种浓度 $KMnO_4$ 溶液和清水的吸收曲线。

(d) 测量完所有浓度溶液的吸收曲线后，将所有数据放在同一张图上进行对比。

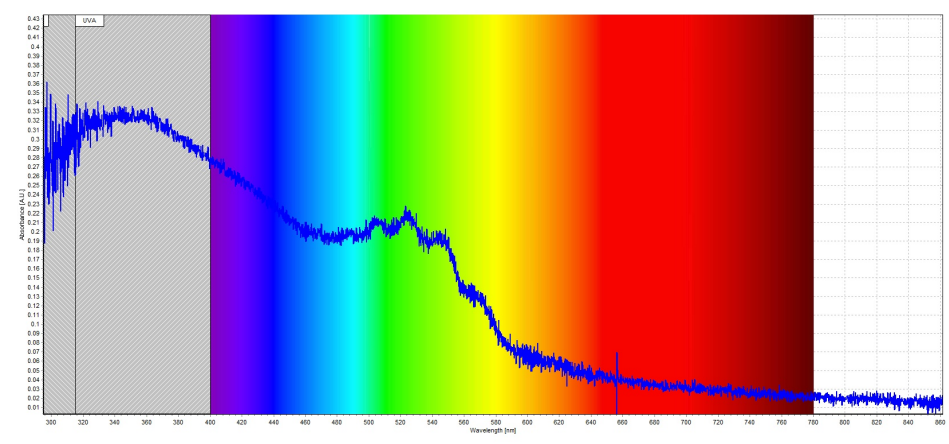


图 7: 浓度为 0.01g/L

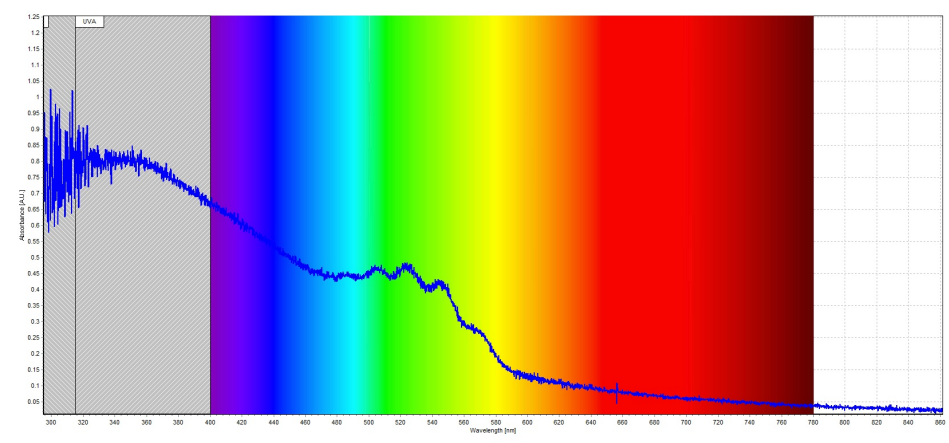


图 8: 浓度为 0.02g/L

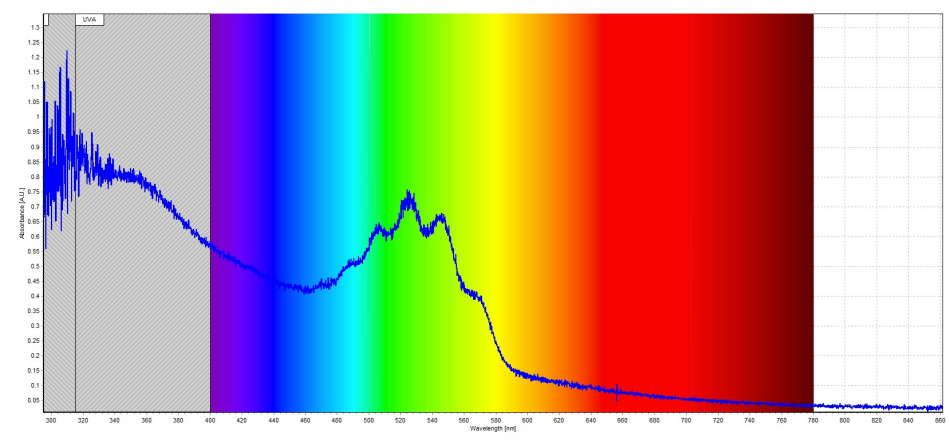


图 9: 浓度为 0.04g/L

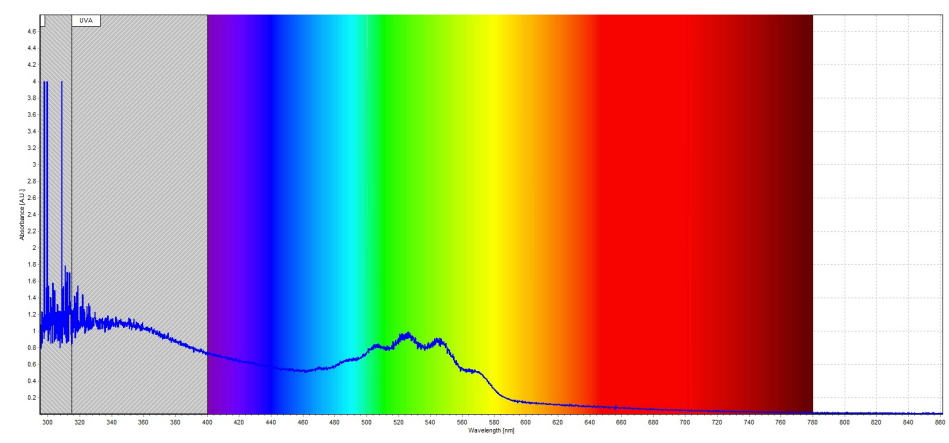


图 10: 浓度为 0.06g/L

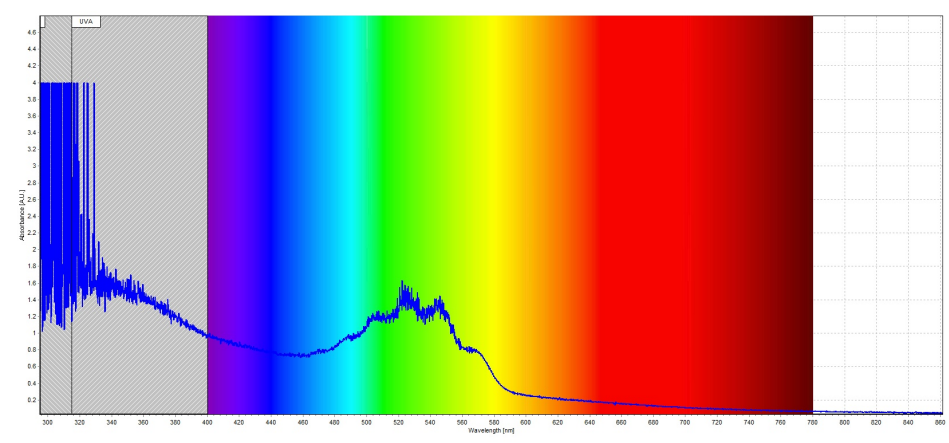


图 11: 浓度为 0.08g/L

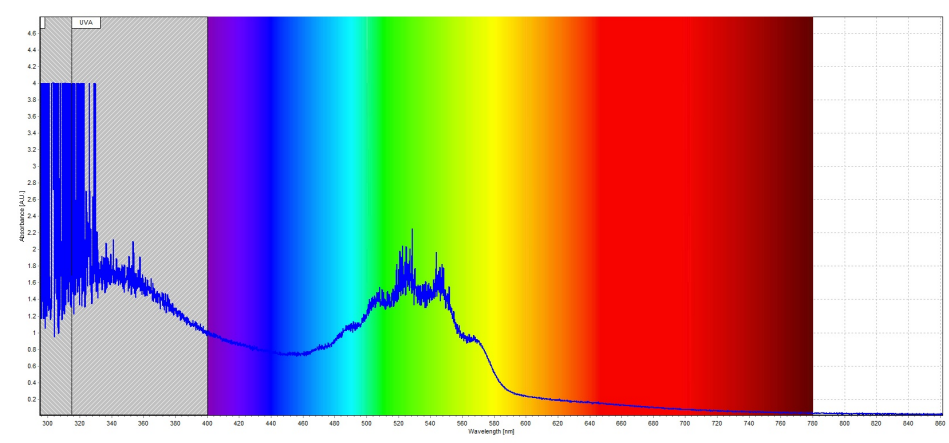


图 12: 浓度为 0.10g/L

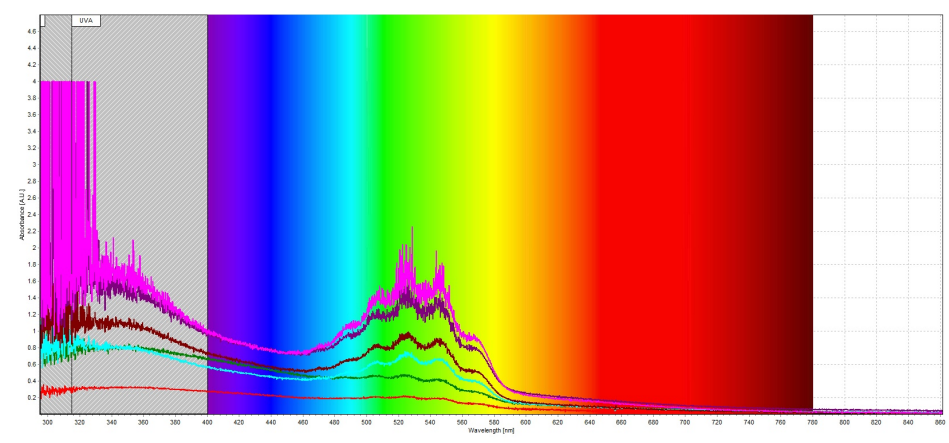


图 13: 同一张图上显示

2. 验证朗伯定律

- (a) 按照实验一的做法，设置合适的积分时间和积分次数，消除暗噪声和环境噪声。
- (b) 选择透射率模式，测量放置不同数量玻璃片的透射曲线。
- (c) 测量完所有数量玻璃片的透射曲线后，将所有数据放在同一张图上进行对比。

2.2 原始数据记录

实验记录本上的原始数据见

实验台桌面整理见

其它原始数据见

2.3 实验过程遇到问题及解决办法

1.

专业:	物理学	年级:	2022 级
姓名:		学号:	
日期:		评分:	

ETX 实验名称 ××× 分析与讨论

3.1 实验数据分析

3.1.1

1.

3.1.2

1.

3.1.3

3.2 实验后思考题

思考题 3.1:

思考题 3.2:

思考题 3.3:

ETX 实验名称 $\times\times\times$ 结语

4.1 实验心得和体会、意见建议等

1.

4.2 附件及实验相关的软硬件资料等

试验台桌面整理如

实验报告个人签名如