

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。

## 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  $\mu_l$  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。

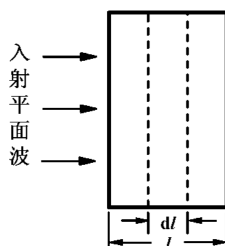


图 1: 均匀媒质对光的吸收

(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， $\alpha$  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。

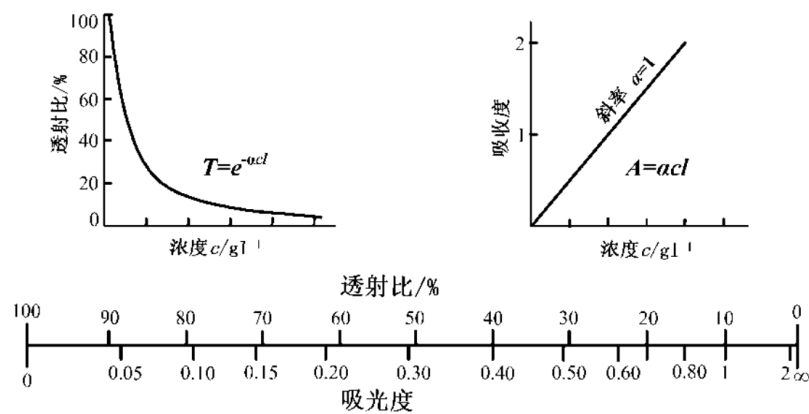


图 2: 比尔定律示意图和吸收度、投射比标度的比较

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。