

C3.1 基于 OMA 的原子发射光谱测量*

黄子维^{1†}, 黄睿杰^{2‡}

1,2 中山大学中山医学院, 广东广州 510275

摘要: 玻尔原子模型指出, 当原子从一种定态跃迁到另一种定态时, 将辐射或吸收一定频率的光子, 光子的能量由这两个定态的能量差决定。这一发现成功解释了氢原子光谱的不连续性, 为量子理论的发展奠定了基础, 同时该发现在物质组分和结构分析领域也有着重要应用。对原子发射光谱的精密测量是理解原子跃迁过程的物理基础, 本实验中, 我们采用基于反射光栅的光学多道分析仪 (OMA) 测量原子发射光谱。

我们扫描了九种实验室常用光源 (汞灯, 钠灯, 氢氘灯, 溴钨灯和五种颜色的 LED 灯) 的原子发射光谱 (如图1), 发现其中汞灯, 钠灯和氢氘灯光谱为分立谱, 而溴钨灯和五种颜色 LED 灯光谱为连续谱。接下来, 对于分立谱光源, 我们使用测量得到的汞灯谱线与标准谱线对比得到标定关系, 并据此标定了其他谱线, 同时我们基于在更小光栅距离下测量得到的钠灯光谱, 研究了钠双黄线的特征。最后, 对于连续谱光源, 我们使用高斯函数插值计算 LED 灯的波包中心波长及其半高宽, 并研究了溴钨灯光源的光谱特点。

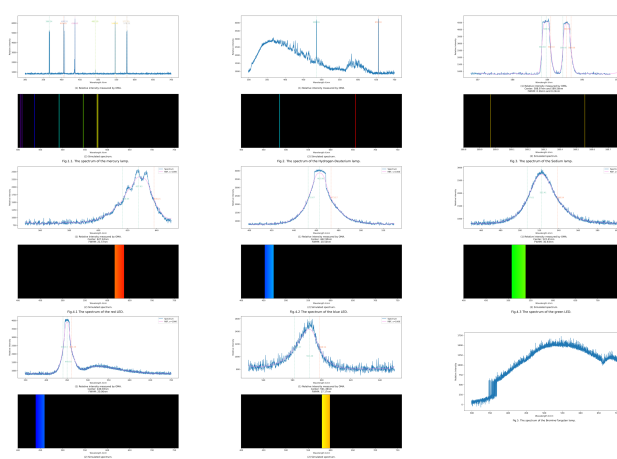


图 1: 实验室常用光源的原子发射光谱

关键词: 光学多道分析仪 (OMA), 原子发射光谱

*由中山大学物理学院陆佑堂提供器材和指导。

[†]通信作者, 20980066, huangzw29@mail2.sysu.edu.cn

[‡]实验参与人, 20980062

实验 C3.1 原子发射光谱

实验人：黄子维 20980066

合作者：黄睿杰 20980062

实验时间：2021.10.9 星期六 上午 室温：23°C 相对湿度：72%

【实验参数】

除钠灯外，其余光谱均在光栅间隔 0.1nm，时间间隔 0.1s 下测量。钠灯光谱光栅间隔 0.005nm，时间间隔 0.01s。

钠双黄线和 LED 灯光谱拟合方法为高斯函数插值 (Radial basis function interpolation, Rbf)，光滑度设置为 1000。

【数据处理及分析】

1. 汞灯谱线及标定

使用 OMA 测量得到的汞灯谱线及可见光范围内谱线的模拟光谱如图2a所示。测量得到谱线波长如表1。

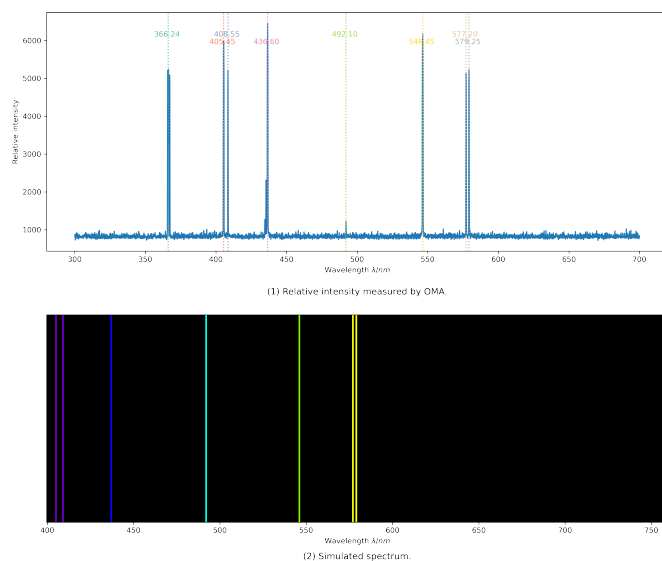


Fig.1.1. The spectrum of the mercury lamp.

(a) 汞灯谱线测量值

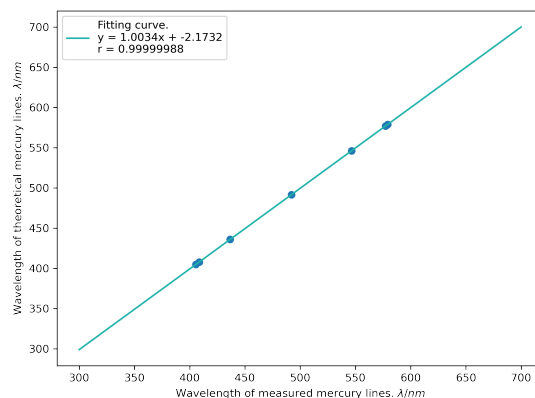


Fig.1.2. Calibrate the x axis.

(b) 使用汞原子标准谱线标定光谱

图 2: 汞灯光谱

波长/nm	366.24	405.45	408.55	436.60	492.10	546.45	577.20	579.25
颜色	/	Purple	Purple	Blue	Cyan	Green	Yellow	Yellow

表 1: 汞灯谱线测量值

可以看出，汞灯光谱为分立谱。其中，除了波长为 $366.24nm$ 谱线在紫外区外，其余谱线均在可见光区。光谱在 $405nm$ 和 $577nm$ 附近存在双线现象，波长为 $492.10nm$ 谱线相对强度较弱。

使用测量得到的汞灯光谱与汞灯标准光谱（数据来源：[Mercury spectrum | Hyperphysics@GSU](#)）对比（如表2），得到标定关系（如图2b）。使用该标定函数对其余光谱进行标定。如无特殊说明，后续图表的波长值均已标定。

实验值/nm	405.45	408.55	436.60	492.10	546.45	577.20	579.25
标准值/nm	404.656	407.781	435.835	491.604	546.074	576.959	579.065

表 2: 使用汞原子标准谱线标定光谱

2. 氢氘灯光谱

氢氘灯光谱如图3所示。谱线波长如表3。

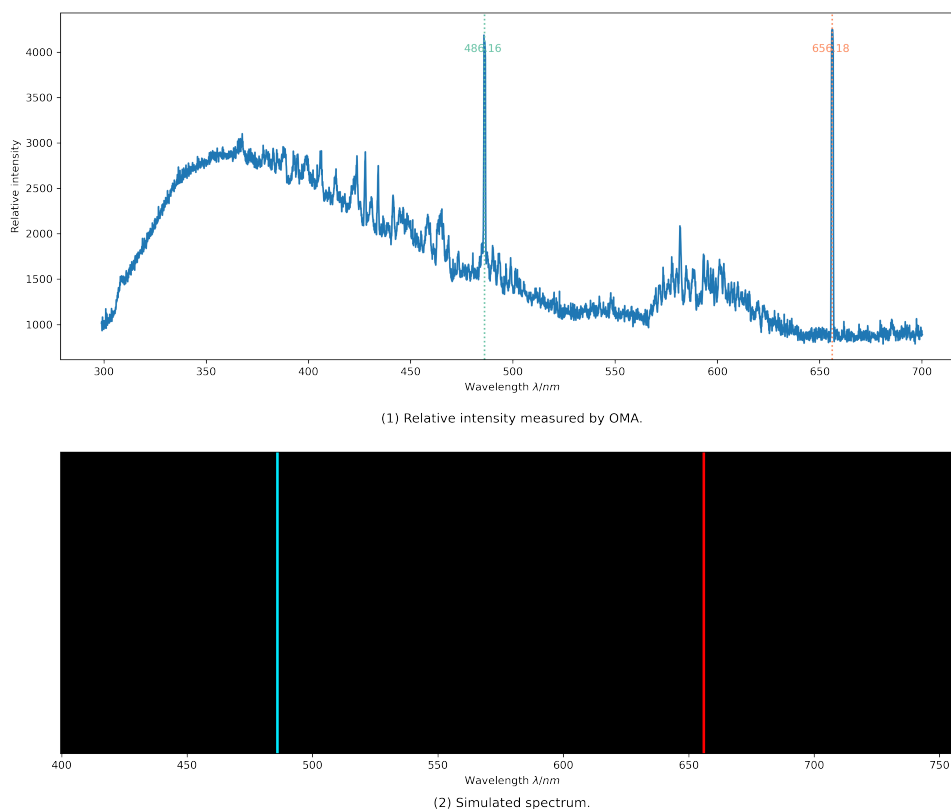


Fig.2. The spectrum of the Hydrogen-Deuterium lamp.

图 3: 氢氘灯光谱

波长/nm	$486.16nm$	$656.18nm$
颜色	Cyan	Red

表 3: 氢氘灯谱线

可以看出，氢氙灯光谱为分立谱，测量得到的谱线均在可见光区，背景光谱存在先上升后下降的趋势。

光谱上未见理论预测的 410.174nm 和 434.047nm 谱线，推测原因是这两条谱线相对强度较小，被掩盖在背景噪声中而无法识别。此外，理论上 656nm 附近应存在双线 656.272nm 和 656.285nm ，但由于光栅距离较大，分辨率不足，无法识别。

3. 钠灯双黄线

钠灯光谱双黄线如图4所示。谱线中心波长及半高宽如表4。

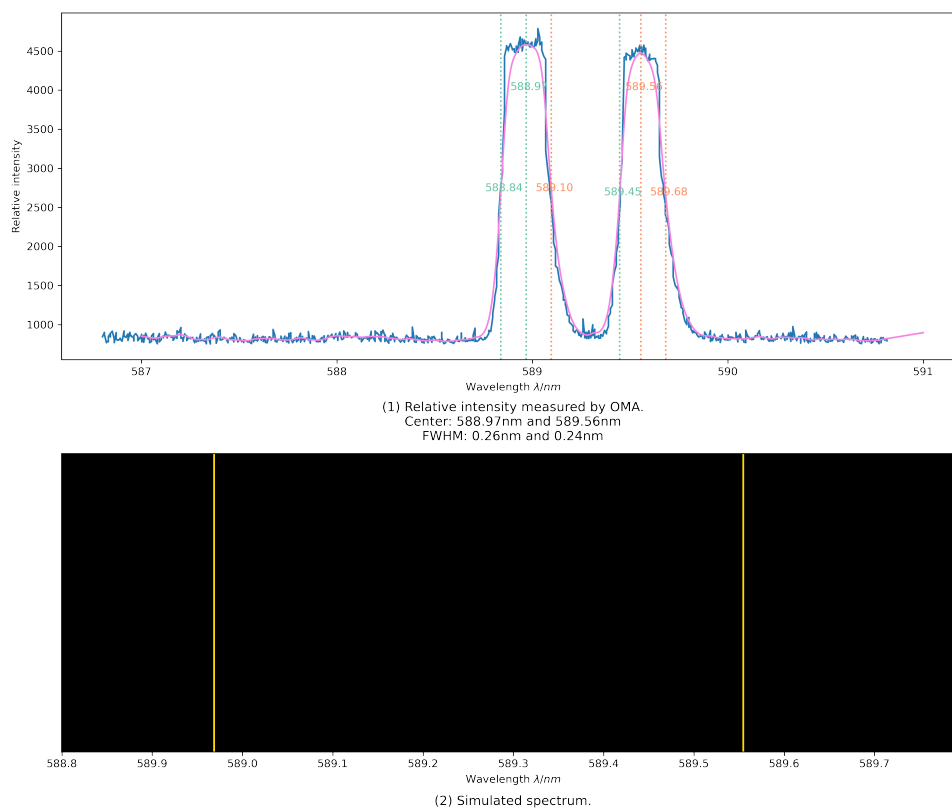


Fig.3. The spectrum of the Sodium lamp.

图 4: 钠灯双黄线

中心谱线/nm	588.97	589.56
半高宽/nm	0.26(588.84 ~ 589.10)	0.24(589.45 ~ 589.68)

表 4: 钠灯双黄线

4. LED 灯光谱

五种颜色 LED 的光谱如图5所示。各色 LED 谱线中心波长及半高宽如表5。

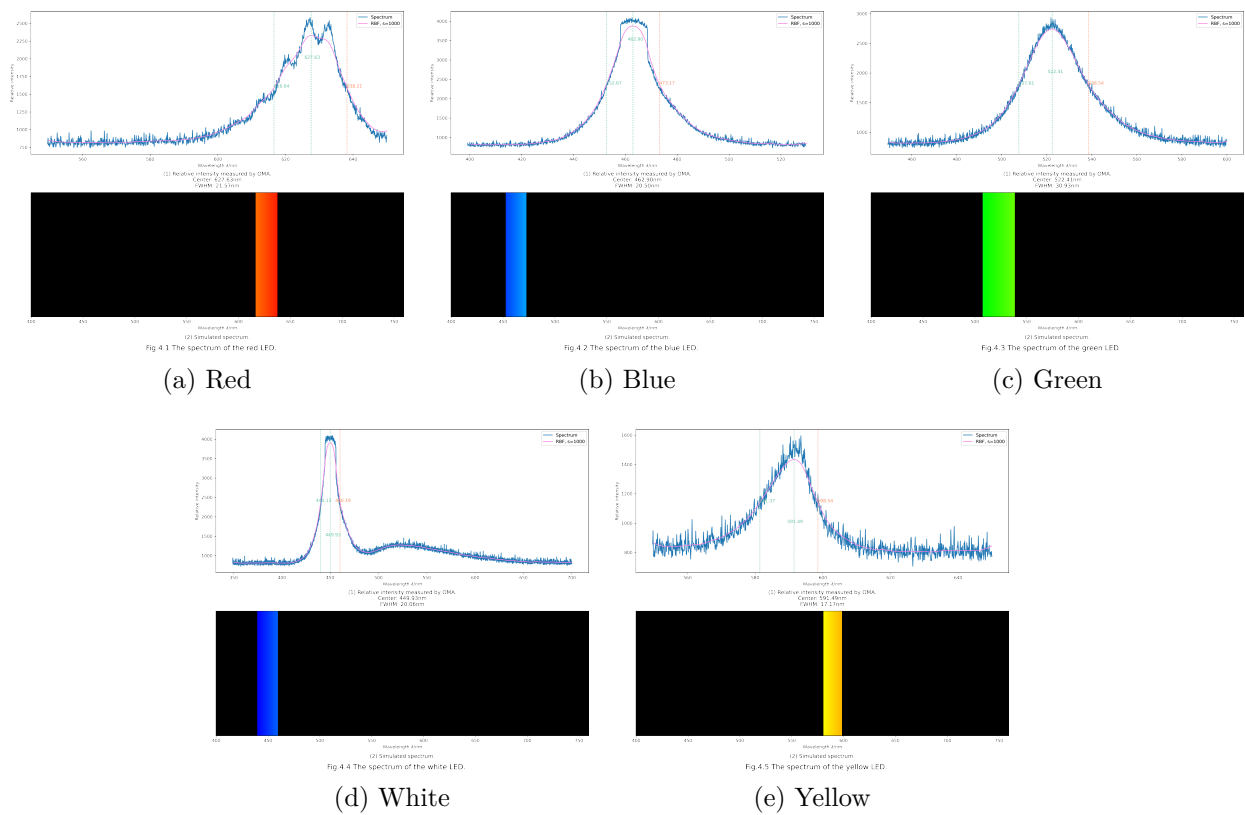


图 5: LED 光谱

LED	中心谱线/nm	半高宽/nm
Red	627.63	21.57(616.64 ~ 638.21)
Blue	462.90	20.50(452.67 ~ 473.17)
Green	522.41	30.93(507.61 ~ 538.54)
White	449.93	20.06(440.13 ~ 460.19)
Yellow	591.49	17.17(581.37 ~ 598.54)

表 5: LED 光谱

LED 光谱均为连续谱。注意到白光 LED 光谱除在 450nm 附近有一显著增高外，在 480nm 后还有一个低幅增高后缓慢下降的隆起，这部分色光与显著隆起的蓝光区色光混合后使光线呈白色。

5. 溴钨灯光谱

溴钨灯光谱如图6所示。溴钨灯光谱为连续谱，在可见光范围内均有分布，可见溴钨灯是工作在可见光范围内较好的光源。同时注意到 650nm 附近有一个较强的突变。

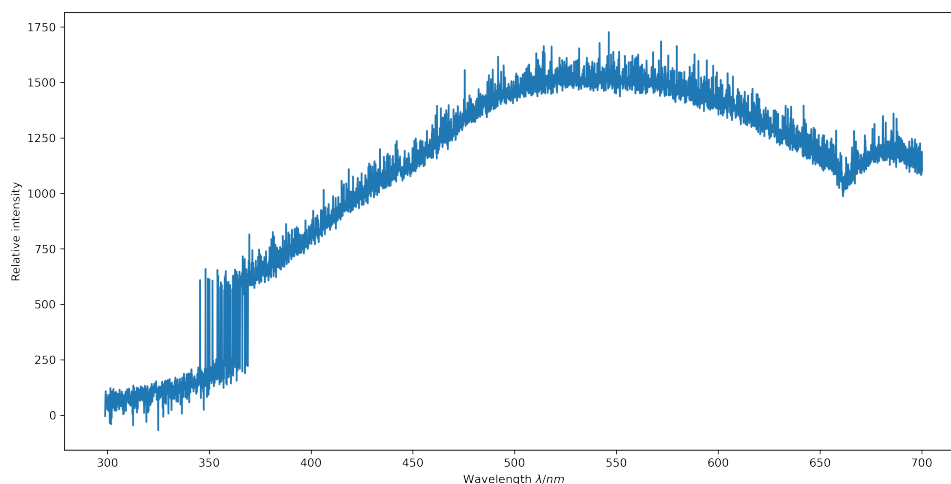


Fig.5. The spectrum of the Bromine-Tungsten lamp.

图 6: 溴钨灯光谱

【思考题】

1. 钠原子光谱有哪些特征？从光谱图上如何判断各谱线所属线系？

1. 钠原子光谱为分立谱线，共有四个线系（主线系，锐线系，漫线系，基线系）
2. 主线系只有钠双黄线在可见光区域内，其余谱线均在可见光波段外。
3. 锐线系和漫线系除第一条谱线外，其余均在可见区。
4. 基线系谱线全部在红外区。
5. 因此可以根据各线系所在的光谱区域不同来区分不同线系。

【项目源码】

[SYSU-PHY-EXP/C3.1 Atomic emission spectra @Jeg-Vet\(github.com\)](#)