

拉曼光谱

近物实验报告

王承鑫、胡博

2023 年 12 月 20 日

目录

- 1 实验原理
- 2 实验过程
- 3 实验分析
 - 光缝大小影响
 - CCl_4 拉曼光谱
 - CCl_4 拉曼散射偏振光特性
 - 不同浓度的甲醇-乙醇溶液的拉曼光谱
- 4 总结

拉曼散射

1 实验原理

2 实验过程

3 实验分析

- 光缝大小影响
- CCl_4 拉曼光谱
- CCl_4 拉曼散射偏振光特性
- 不同浓度的甲醇-乙醇溶液的拉曼光谱

4 总结

拉曼散射

光通过介质时会产生散射光，散射光按频率可分为 2 类：

- 瑞利散射，频率与入射光基本相同（变化小于 3×10^5 Hz）。
- 拉曼散射与入射光频率，相差较大（变化大于 3×10^{10} Hz），属于非弹性散射。在光谱上频率比瑞利散射小的叫斯托克斯线，反之叫反斯托克线。

经典理论

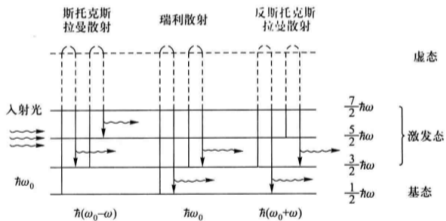
偶极矩理论:

$$P = AE$$

$$\begin{aligned} P_k &= P_0 \cos \omega_0 t + P_{k0} \cos [(\omega_0 - \omega_k)t + \varphi_k] + P_{k0} \cos [(\omega_0 + \omega_k)t + \varphi_k] \\ &= P_0(\omega_0) + P_k(\omega_0 - \omega_k) + P_k(\omega_0 + \omega_k) \end{aligned}$$

反斯托克斯线的强度大于斯托克斯线的强度 ×

半量子理论



斯托克斯线的强度大于反斯托克斯线的强度

目录

1 实验原理

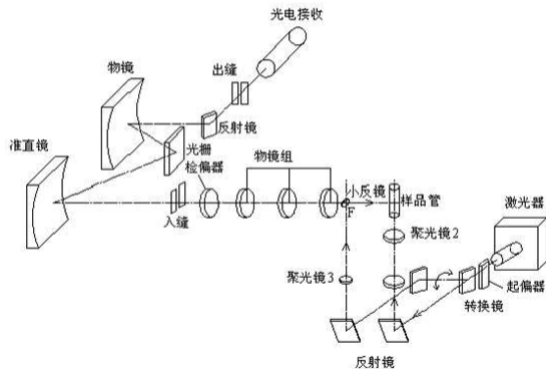
2 实验过程

3 实验分析

- 光缝大小影响
- CCl_4 拉曼光谱
- CCl_4 拉曼散射偏振光特性
- 不同浓度的甲醇-乙醇溶液的拉曼光谱

4 总结

实验装置



目录

1 实验原理

2 实验过程

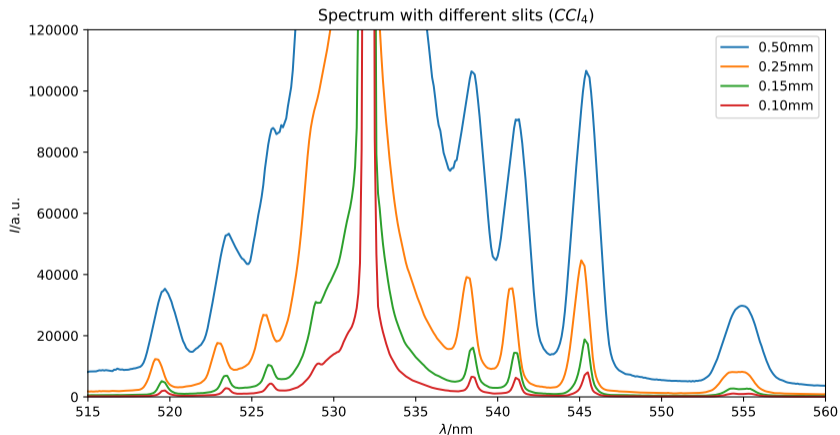
3 实验分析

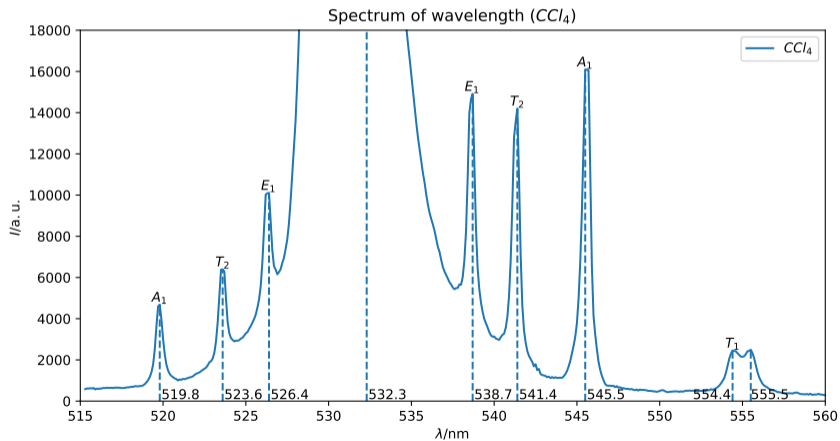
- 光缝大小影响
- CCl_4 拉曼光谱
- CCl_4 拉曼散射偏振光特性
- 不同浓度的甲醇-乙醇溶液的拉曼光谱

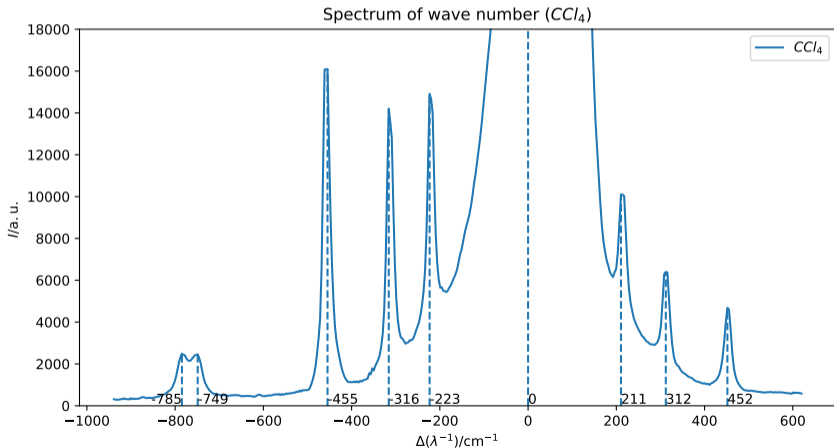
4 总结

光缝大小影响

CCl_4 拉曼光谱 (不同光缝下的数据)



CCl_4 拉曼光谱 CCl_4 拉曼光谱 (以波长为横轴)

CCl_4 拉曼光谱 CCl_4 拉曼光谱 (以波数为横轴)

CCl_4 拉曼光谱

数据处理结果

编号	A_1	T_1	E_1	E_1	T_2	A_1	T_1
理论波长/nm	519.3	523.3	526.0	538.1	541.0	545.3	554.9
测得波长/nm	519.5	523.2	525.9	538.4	541.1	545.3	554.6
相对误差	0.04%	0.02%	0.02%	0.06%	0.02%	0	0.06%
波数差/ cm^{-1}	460	312	214	-213	-313	-458	-776

拉曼散射偏振理论

微分极化率张量：

$$\begin{pmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha'_{ixx} & \alpha'_{ixy} & \alpha'_{ixz} \\ \alpha'_{iyx} & \alpha'_{iyy} & \alpha'_{iyz} \\ \alpha'_{izx} & \alpha'_{izy} & \alpha'_{izz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \\ E_z \end{pmatrix} Q_i$$

不变量：

$$\alpha = \frac{1}{3} [\alpha'_{xx} + \alpha'_{yy} + \alpha'_{zz}]$$

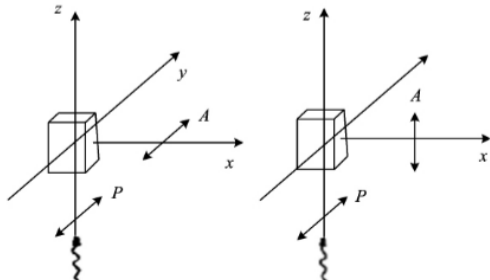
$$\gamma = \frac{1}{2} [(\alpha'_{xx} - \alpha'_{yy})^2 + (\alpha'_{yy} - \alpha'_{zz})^2 + (\alpha'_{zz} - \alpha'_{xx})^2] + 6(\alpha'_{xy}{}^2 + \alpha'_{yz}{}^2 + \alpha'_{zx}{}^2)$$

拉曼散射偏振理论

退偏度:

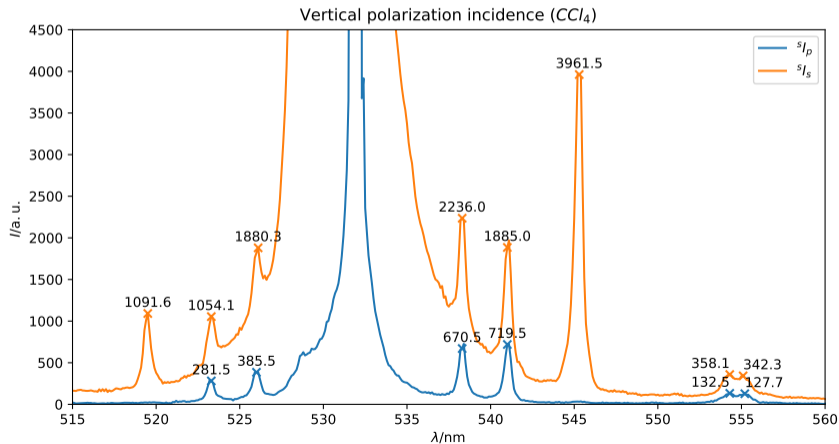
$$\rho_{\perp}(\theta) = \frac{\perp I_{//}(\theta)}{\perp I_{\perp}(\theta)}, \quad \rho_{//}(\theta) = \frac{// I_{\perp}(\theta)}{// I_{//}(\theta)}$$

偏振方向的定义:



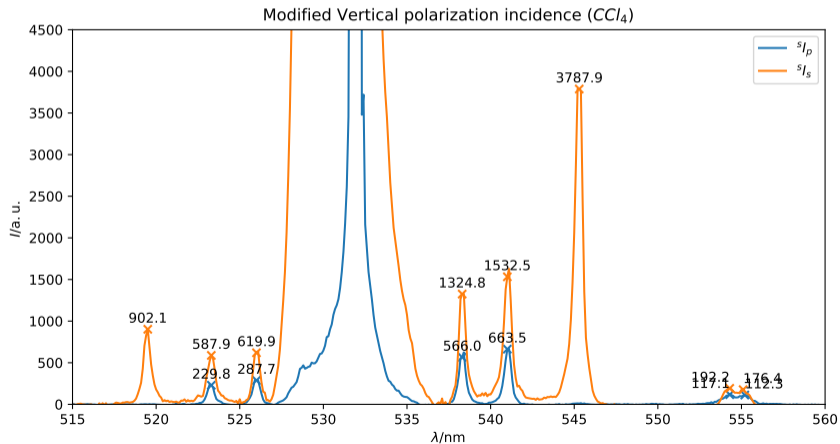
CCl_4 拉曼散射偏振光特性

CCl_4 拉曼偏振光谱 (垂直偏振光入射)



CCl_4 拉曼散射偏振光特性

CCl_4 拉曼偏振光谱 (垂直偏振光入射)

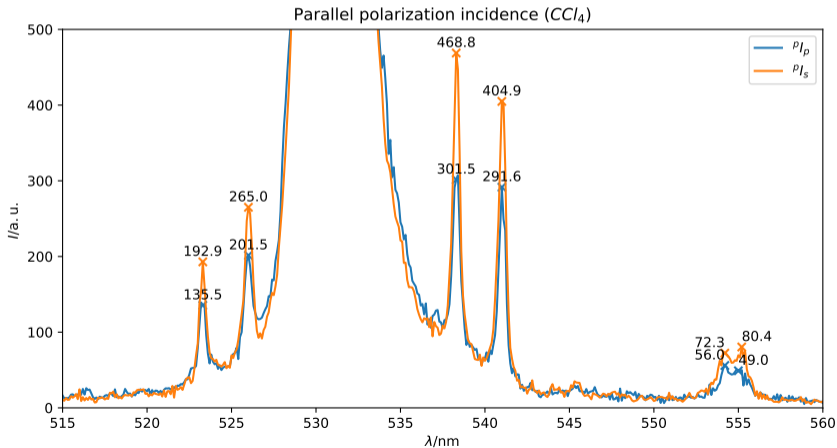


CCl_4 拉曼散射偏振光特性 CCl_4 拉曼偏振光谱 (垂直偏振光入射) ρ_{\perp} 计算结果

编号	A_1	T_1	E_1	E_1	T_2	A_1
$\perp I_{//}$	0	229.8	287.7	566.0	663.5	0
$\perp I_{\perp}$	902.1	587.9	619.9	1324.8	1532.5	3787.9
ρ_{\perp}	0	0.39	0.46	0.43	0.43	0
理论值	0	3/4	3/4	3/4	3/4	0

CCl_4 拉曼散射偏振光特性

CCl_4 拉曼偏振光谱 (平行偏振光入射)



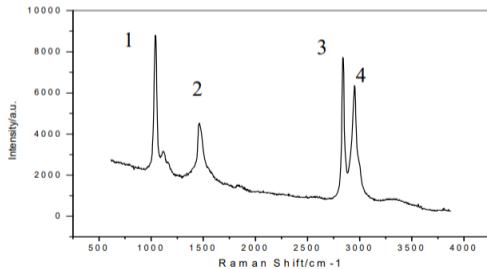
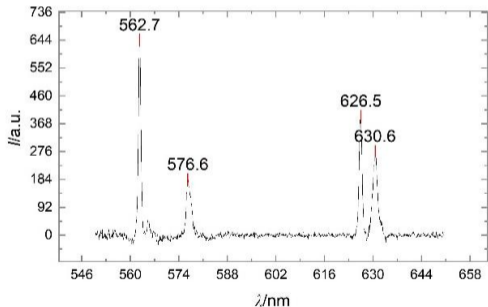
消除内部光路影响

ρ_{\perp} 与 $\rho_{//}$ 相除消除实验设备对于散射光偏振的影响。

编号	A_1	T_1	E_1	E_1	T_2	A_1
ρ_{\perp}	0	0.39	0.46	0.43	0.43	0
$\rho_{//}$	/	0.70	0.76	0.64	0.72	/
$\rho_{\perp}/\rho_{//}$	/	0.55	0.60	0.67	0.59	/
理论值	0	3/4	3/4	3/4	3/4	0

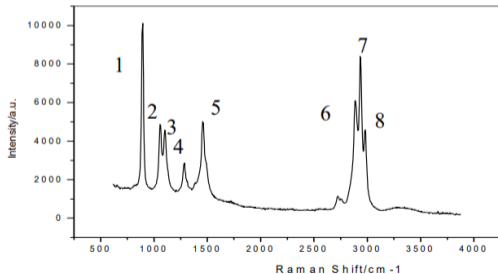
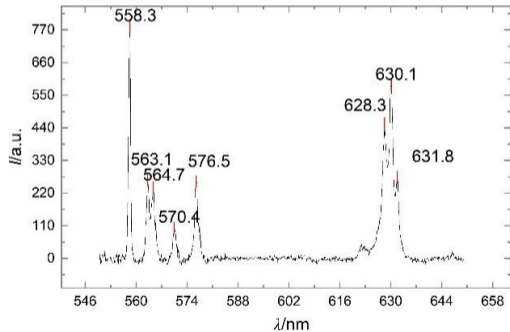
不同浓度的甲醇-乙醇溶液的拉曼光谱

甲醇部分



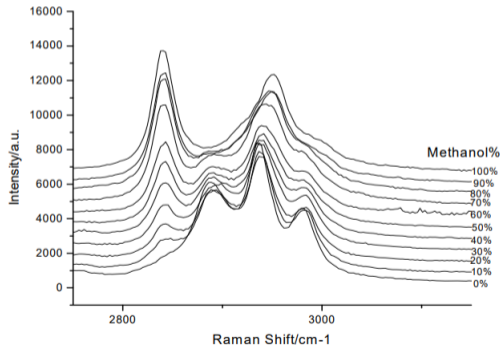
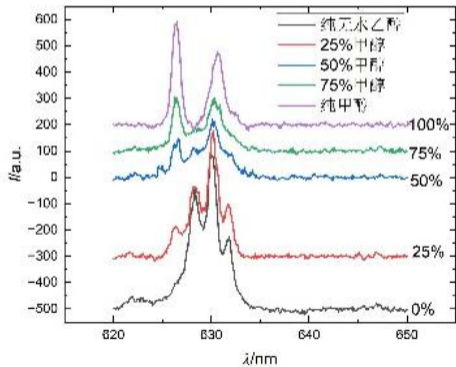
不同浓度的甲醇-乙醇溶液的拉曼光谱

乙醇部分



不同浓度的甲醇-乙醇溶液的拉曼光谱

长波长区域



目录

1 实验原理

2 实验过程

3 实验分析

- 光缝大小影响
- CCl_4 拉曼光谱
- CCl_4 拉曼散射偏振光特性
- 不同浓度的甲醇-乙醇溶液的拉曼光谱

4 总结

总结

- CCl_4 拉曼光谱分析
- 狭缝宽度对实验的影响
- CCl_4 拉曼光谱散射的退偏度分析
- 甲醇乙醇拉曼散射光谱分析

结尾

谢谢!