

# llab-x 实验报告

曹潇 物理学系 18307130225

## 实验一：康普顿散射虚拟仿真实验

### 1 实验目的：

本实验通过虚拟仿真的方法，探究了光粒子 $\gamma$ 射线与物质相互作用。探究了不同厚度的材料对 $\gamma$ 涉嫌吸收的影响、不同材料对光的吸收、康普顿散射关系等。

### 2 实验原理

#### 2.1 理论原理

康普顿实验指的是X射线通过物质发生散射时，散射光中除了有原波长 $\lambda_0$ 的X光外，还产生了波长 $\lambda > \lambda_0$ 的X光，其波长的增量随散射角的不同而变化。当 $\gamma$ 射线入射至闪烁体时，主要发生光电效应、康普顿效应和电子对效应三种基本相互作用过程。对于低能 $\gamma$ 射线和原子序数高的吸收物质，光电效应占优势；对于中能 $\gamma$ 射线和原子序数低的吸收物质，康普顿效应占优势；对于高能 $\gamma$ 射线和原子序数高的吸收物质，电子对效应占优势。见图1。

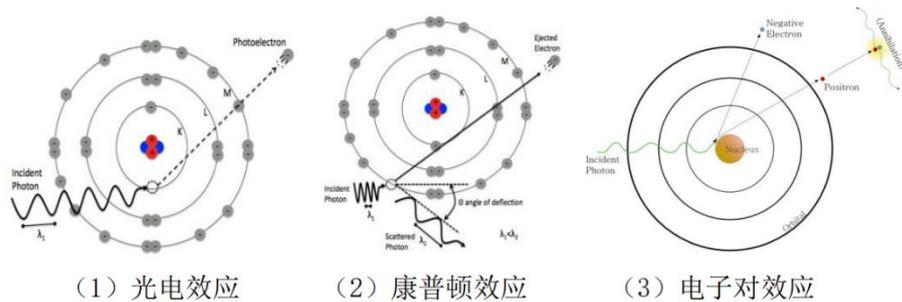


图1 光与电子的相互作用类型

光与电子的相互作用类型主要有：

#### 1、光电效应：

$\gamma$ 光子与介质的原子相互作用时，整个光子被原子吸收，其所有能量传递给原子中的一个电子（多发生于内层电子）。该电子获得能量后就离开原子而被发射出来，称为光电子。光电子的能量等于入射 $\gamma$ 光子的能量减去电子的结合能。光电子与普通电子一样，能继续与介质产生激发、电离等作用。由于电子壳层出空位，外层电子补空位并发射特征X射线。

#### 2、康普顿效应：

$\gamma$ 光子与原子外层电子（可视为自由电子）发生弹性碰撞， $\gamma$ 光子只将部分能量传递给原子中外层电子，使该电子脱离核的束缚从原子中射出。光子本身改变运动方向。被发射出的电子称康普顿电子，能继续与介质发生相互相互作用。散射光子与入射光子的方向间夹角称为散射角，一般记为 $\theta$ 。反冲电子反冲方向与入射光子的方向间夹角称为反冲角，一般记为 $\phi$ 。当散射角 $\theta=0^\circ$ ，散射光子的能量为最大值，这时反冲电子的能量为0，光子能量没有损失；当散射角 $\theta=180^\circ$ 时，入射光子和电子对头碰撞，沿相反方向散射回来，而反冲电子沿入射光子方向飞出，这种情况称反散射，此时散射光子的能量最小。

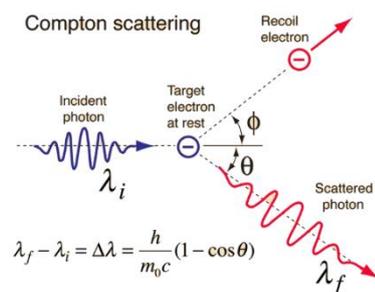


图2 康普顿效应示意图

散射光子能量与入射光子能量、散射角的关系为：

$$hv' = \frac{hv}{1 + \frac{hv}{m_0c^2}(1 - \cos \theta)}$$

3、电子对效应：

能量大于 1.022MeV 的  $\gamma$  光子从原子核旁经过时，在原子核的库仑场作用下， $\gamma$  光子转变成一个电子和一个正电子。光子的能量一部分转变成正负电子的静止能量(1.022MeV)，其余就作为它们的动能。被发射出的电子还能继续与介质产生激发、电离等作用；正电子在损失能量之后，将于物质中的负电子相结合而变成  $\gamma$  射线，即湮没(annihilation)，探测这种湮没辐射是判明正电子产生的可靠实验依据。

物质会吸收光，其强度随物质厚度的关系为： $I = I_0e^{-\mu x}$ ，其中 $\mu$ 为不同物质的吸收系数。

## 2.2 仪器原理

实验装置示意图如图 3，其中 HV 为高压，AMP 为放大器，SCA 为单道分析器。

其中放射源在本次实验中用到了 Co60 和 Cs137。

本实验采用的虚拟探测器分别为 NaI(Tl)闪烁体探测器和塑料闪烁体探测器，前者用于探测散射的  $\gamma$  光子，后者用于探测反冲电子。

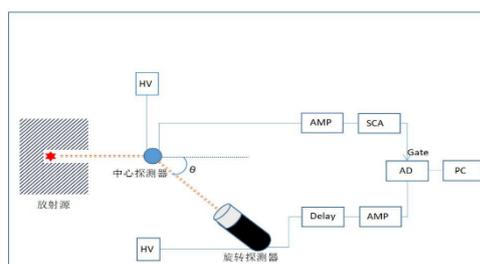


图 3 实验装置示意图

## 3 实验步骤

### 3.1 实验准备阶段

进行连线操作。将高压（HV1）的电源输出接口连接康普顿平台上旋转探测器的电源输入接口；旋转探测器的 BNC 输出信号连接 AMP1 的 INPUT 接口；AMP1 的 UNI 输出信号接口连接 ADC 的 ADC IN 接口。

连线结束后，进行各仪器参数调节阶段。在高压关闭状态下，把高压的各个按钮都调零，打开高压，调节高压参数至合适值，注意不要超过 1400V。



图 4 实验连线示意图

### 3.2 定标

将  $^{60}\text{Co}$  从放射源中取出放入康普顿散射平台的样品室中。并将散射平台的旋转探测器角度归零。之后打开 PC 的能谱测量分析，调节放大器使得全能峰位于道址约 2/3 处，之后不再调节放大器。测量  $^{60}\text{Co}$  能谱，进行寻峰操作并记录道址与能量的相关信息。更换当前放射源为  $^{137}\text{Cs}$ ，测量  $^{137}\text{Cs}$  能谱，进行寻峰操作，并在刻度信息栏记录其道址与已知能量信息。将两种放射源的全能峰峰位道址信息和对应能量填写到右侧刻度信息栏，点击“刻度”，对谱仪进行能量刻度。

### 3.3 进行正式测量

#### 3.3.1 观察并分析 $\gamma$ 射线能谱

更换当前放射源为  $^{60}\text{Co}$ ，测量  $^{60}\text{Co}$  能谱到足够计数，观察  $^{60}\text{Co}$  的能谱结构，指出其康普顿边界、康普顿平台、单逃逸峰、双逃逸峰及背散射峰。

#### 3.3.2 测量不同材料及厚度的 $\gamma$ 射线透过率

使用  $^{137}\text{Cs}$  作为放射源，先选用厚度为 10mm、20mm、30mm、40mm、50mm 的铁板作为中间体，测量其能谱的位置及 ROI 面积。再依次选用厚度为 10mm 的铁、铅、铝和铜板作为中间体，测量能谱位置及 ROI 面积。以得到不同材料及厚度对  $\gamma$  射线透过的影响。

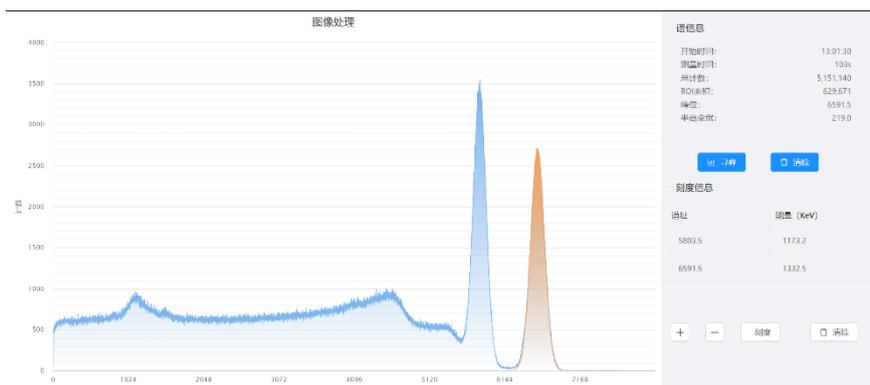
#### 3.3.3 康普顿效应的验证

将康普顿散射平台中间放上塑料闪烁体探测器，康普顿平台侧边的 BNC 输出信号（这里的输出信号来自中间的塑料闪烁体）连接 AMP2 的 INPUT 接口，AMP2 的 UNI 输出信号接口连接 SCA 的 INPUT 接口，将高压（HV2）的电源接口连接康普顿平台的侧边（这里是给中间的塑料闪烁体供电）电源输入接口，正确开启并调整塑料闪烁体高压（不超过 1200V），确保放射源为  $^{137}\text{Cs}$ ，并改变康普顿散射平台的旋转角度为  $20^\circ$ ，并以  $20^\circ$  为间隔转动探测平台，转动范围为  $20^\circ - 120^\circ$  对能谱进行寻峰操作并记录其信息（测量时间、总计数及峰位）。

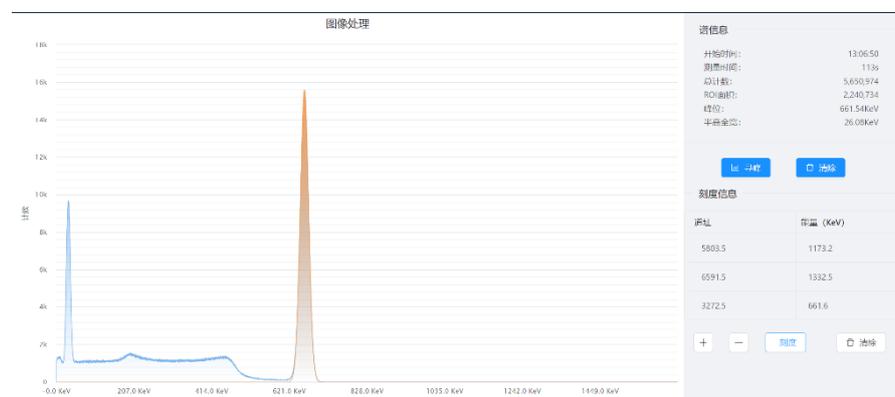
## 4 实验记录及结果分析

### 4.1 谱仪能量刻度定标

经过连线步骤后，分别使用  $^{60}\text{Co}$  和  $^{137}\text{Cs}$  进行实验，待总计数达到 500000 以上时停止测量，得到如下两幅能谱图，图 5：



(a)  $^{60}\text{Co}$  定标曲线



(b)  $^{137}\text{Cs}$  定标曲线

图 5 定标曲线

依次使用寻峰功能将每个峰的峰位填入到址一栏中，并依次填入能量 1173.2KeV、1332.5KeV、661.6KeV。点击刻度，计算机便根据三个峰的峰位和能量为能谱图添加了刻度。

再次测量  $^{60}\text{Co}$  的能量谱线如图 6 所示，分辨出能谱的背散射峰、双逃逸峰、单逃逸峰和全能峰。

**全能峰：**全能峰是指当  $\gamma$  粒子的全部能量都沉积在探测器内时贡献的信号形成的峰。全能峰的峰位能量应该为入射光子的能量；

**康普顿平台：**是一个能量从零开始的连续区域，其主要贡献者是发生了康普顿效应的那些  $\gamma$  入射事例。因此其能量的最大值应该是电子在康普顿散射中所能得到的最大能量，也就是康普顿散射角度在  $180^\circ$  时的示例，即康普顿平台；

**背散射峰：**有一些  $\gamma$  光子可能在进入探测器之前已经经历过一次或者多次康普顿散射过程，这种现象在能谱上会形成一个峰结构，这个峰的峰计数大多是由一些经过约  $180^\circ$  散射后的  $\gamma$  光子贡献。

单、双逃逸峰：对于入射  $\gamma$  光子能量大于两倍电子静质量（1.022MeV）的时候，电子对效应 7 就可能发生，这时候正负电子湮灭后产生的两个 511keV 的次级  $\gamma$  可能：其中一个逃离了探测器，而另一个能量全部沉积在探测器中，此时将在 能谱中产生一个峰位为  $E_{\gamma}-511\text{keV}$  的峰，即单逃逸峰；两个都逃离了探测器，此时将在能谱中产生一个峰位为  $E_{\gamma}-2*511\text{keV}$  的峰，即双逃逸峰。

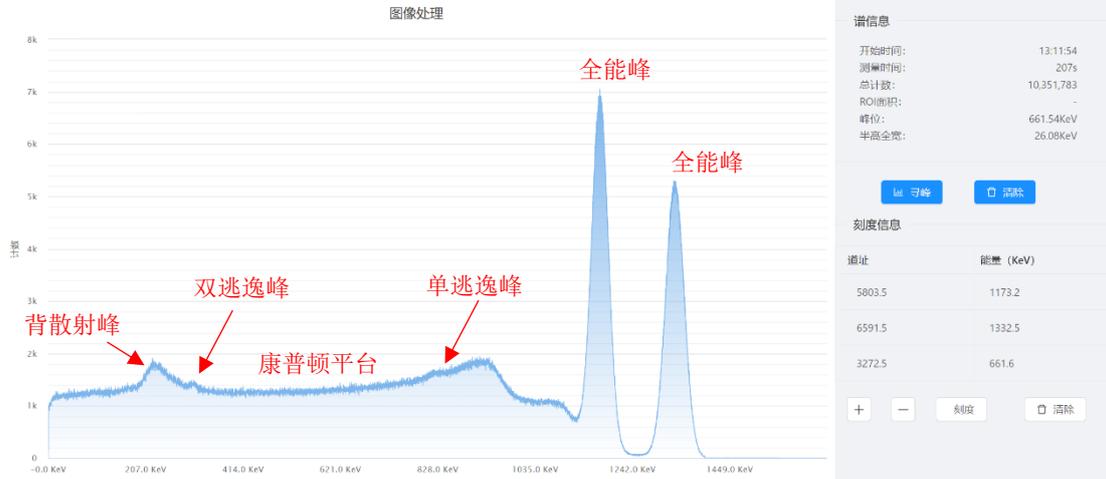


图 6  $^{60}\text{Co}$  能量谱线及各峰标注

## 4.2 不同厚度和材料对 $\gamma$ 射线透过的影响

### 4.2.1 不同厚度的铁板对 $\gamma$ 射线透过的影响

使用  $^{137}\text{Cs}$  放射源（661.6 KeV），依次测量  $\gamma$  射线透过厚度为 10mm、20mm、30mm、40mm 和 50mm 铁板后的能谱曲线，记录下全能峰的 ROI 面积和测量时间，并根据计数率=ROI 面积/时间，如表 1 所示。

表 1 不同厚度铁板下 661.6 eV 光子计数率

物理量 \ 厚度	10 mm	20 mm	30 mm	40 mm	50 mm
ROI 面积	512437	495221	453546	445655	437726
时间/s	48	84	135	242	427
计数率/ $\text{s}^{-1}$	10675.77	5895.49	3359.6	1841.55	1025.12

表 2 不同材料下 661.6 eV 光子计数率（厚度 10mm）

物理量 \ 材料	铁	铝	铜	铅
ROI 面积	512437	455135	471933	462046
时间/s	48	29	46	87
计数率/ $\text{s}^{-1}$	10675.77	15694.31	10259.41	5310.87

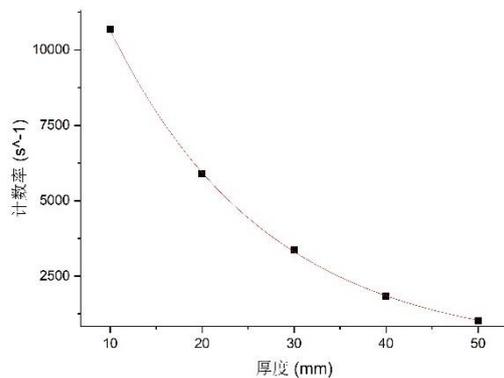


图 7 铁板厚度与计数率指数拟合

以厚度作为横坐标，以计数率作为纵坐标，使用  $y = A * \exp(-B * x) + C$  指数函数形式进行拟合，得到图 7.拟合参数 B 即为铁的吸收系数， $\mu_{\text{Fe}} = 0.0587 \pm 0.0013 \text{ mm}^{-1}$ ，R 方 0.99994。

实验还测量了使用  $^{137}\text{Cs}$  放射源条件下，厚度均为 10mm 的不同材料的 ROI 面积和计数率，如表 2 所示。根据计数率的高低可定性地判读出吸收率的关系为：

铅>>铜>铁>铝

铅的计数率相比于其余两个十分低，故铅的吸收率很高，所以实验中常常用铅门作为隔离板。

### 4.3 康普顿效应的验证

选用不同的放射源，得出不同能量下能量谱线的 ROI 面积以及计数率，如表 3。

表 3 不同能量光子计数率

能量	原始计数率	10mm NaI 计数率	20mm NaI 计数率	30mm NaI 计数率	40mm NaI 计数率	50mm NaI 计数率
344 KeV	4883.39	3534.75	2495.24	1854.22	1744.85	734.72
511 KeV	19506.36	13978.55	9915.67	7133.94	5036.79	3593.22
662 KeV	19254.85	14754.45	11102.36	8302.79	6308.34	4763.68
779 KeV	1439.87	1322.30	1075.57	1134.29	583.66	587.24
835 KeV	17965.00	14018.35	10992.57	8695.36	6804.18	5327.64

对每一个能量，以厚度作为横坐标，计数率作为纵坐标，拟合得到不同能量对应的吸收系数，得到表 4。

表 3 不同能量下 NaI 吸收率

	344 KeV	511 KeV	662 KeV	779 KeV	835 KeV
吸收率/mm <sup>-1</sup>	0.02935	0.03333	0.02680	0.01707	0.02483

其中 779 KeV 和 344 KeV 能谱康普顿平台较大，导致了寻峰操作测得的 ROI 面积包含了较大的康普顿平台数据，不精确，故舍去。使用  $y = ax^b + c$  拟合得到能量-吸收率的关系： $\mu = 117.71817 \times E^{-1.41975} + 0.01603$ 。

根据探测台转角对应的光电峰位置可计算出此角度散射能量下对应的 NaI 材料的吸收系数，进而计算出 5 cm NaI 探测器对应探测效率  $\epsilon = 1 - \exp(-\mu(E(\theta))t)$  (其中  $t=50\text{mm}$ )，再根据  $(N(\theta)/\epsilon(\theta))/(N(20^\circ)/\epsilon(20^\circ))$  ( $N(\theta)$  为总计数率) 计算出相对微分散射截面，如表 4。

表 4 康普顿效应的验证

	光电峰位置/KeV	吸收系数/mm <sup>-1</sup>	探测效率	总计数率/s <sup>-1</sup>	相对微分散射截面
20°	614.13	0.02898	0.765	624.30	1.000
40°	507.90	0.03299	0.808	397.63	0.603
60°	401.67	0.03969	0.863	245.16	0.348
80°	319.69	0.04875	0.913	173.65	0.233
100°	262.58	0.05929	0.948	149.39	0.193
120°	225.08	0.06987	0.970	145.73	0.184

根据上表算出的数据，得到 NaI 探测器吸收系数与  $\gamma$  射线能量的关系如下图：

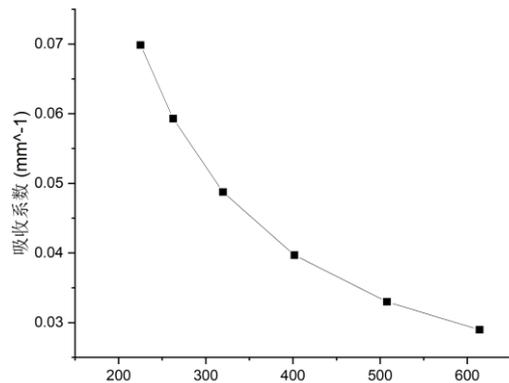


图 8 能量-吸收系数关系

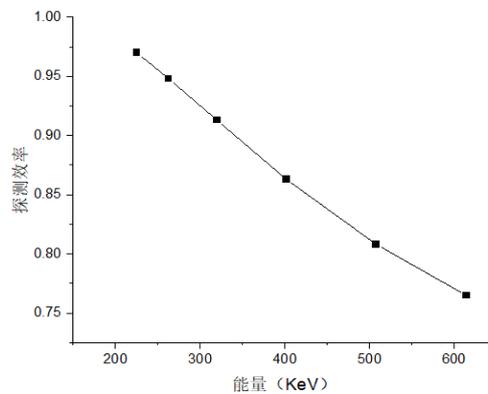


图 9 能量-探测效率关系

图 10 画出了相对微分散射截面与散射角的关系，由于理论函数形式十分复杂，故不便进行拟合，但定性上看，曲线形状与理论曲线符合较好。

为验证康普顿散射角与能量的关系：

$$h\nu' = \frac{h\nu}{1 + \frac{h\nu}{mc^2}(1 - \cos\theta)}$$

设置拟合函数形式为  $y = \frac{A}{1 + \frac{A}{0.511 \times 10^3}(1 - \cos x)} + B$ ，进行拟合，结果如图 11 所示，拟合 R 方达到了 0.99999，且拟合参数 A 的值为  $662.0 \pm 0.2$  KeV，这与实验中  $^{137}\text{Cs}$  放射源的能量 661.6 KeV 相符合。验证了康普顿关系。

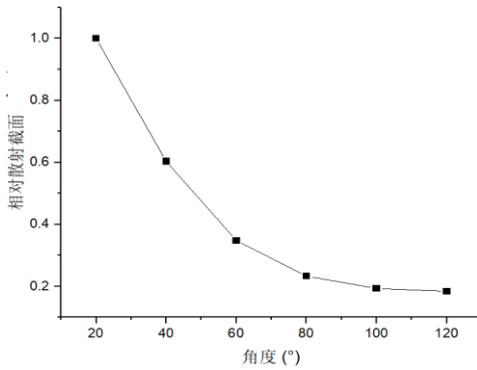


图 10 康普顿角度与微分截面图

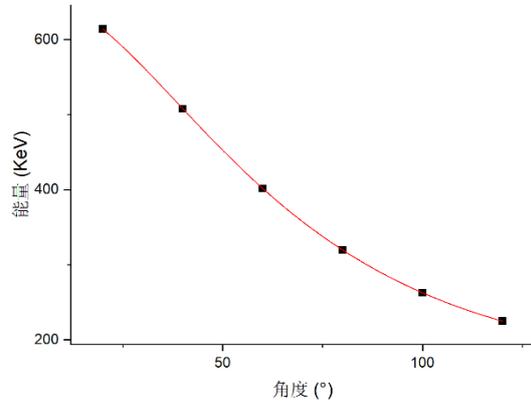


图 11 康普顿角度与能量拟合图

## 5 实验结论

- 1、本实验观察了  $\gamma$  射线的能谱结构，分辨了全能峰、单逃逸峰、双逃逸峰和康普顿平台；
- 2、本实验研究了不同厚度的铁板对光子的吸收的影响，并得出了铁对 661.6 KeV 的  $\gamma$  射线的吸收率为  $\mu_{Fe} = 0.0587 \pm 0.0013 \text{ mm}^{-1}$ ；并比较了同一厚度下不同材料对 661.6 KeV  $\gamma$  射线的吸收率大小关系：铅  $\gg$  铜  $>$  铁  $>$  铝；
- 3、本实验通过测量不同能量下不同厚度的 NaI 探测器材料的计数率，拟合得出了吸收率与能量的关系，并通过测量不同角度下的总计数率，得到了角度与微分截面和能量的关系图，拟合角度与能量关系图验证了康普顿关系。

## 实验二：拉曼光谱及宝石检测仿真实验

### 1 实验目的

了解拉曼光谱的原理，并掌握拉曼光谱仪的使用，学会看拉曼光谱，并用以分辨不同的物质。

### 2 实验原理

#### 2.1 拉曼光谱

当光照射到物质上时会发生非弹性散射，散射光中除有与激发光波长相同的弹性成分（瑞利散射）外，还有比激发光波长长的和短的成分，后一现象统称为拉曼效应。由分子振动、固体中的光学声子等元激发与激发光相互作用产生的非弹性散射称为拉曼散射，一般把瑞利散射和拉曼散射合起来所形成的光谱称为拉曼光谱。

设散射物分子原来处于基电子态，振动能级如下图所示 1 所示。

当受到入射光照射时，激发光与此分子的作用引起的极化可以看作是虚的吸收，表述为电子跃迁到虚态，虚能级上的电子立即跃迁到下能级而发光，即为散射光。设仍回到初始的电子态，则有如图所示的三种情况。因而散射光中既有与入射光频

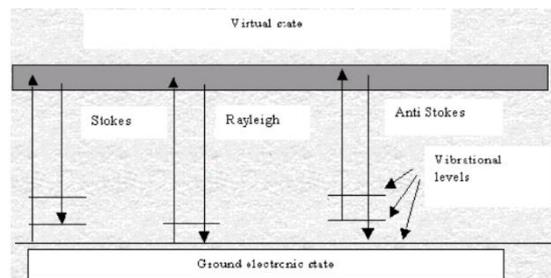


图 1 散射光类型图

率相同的谱线，也有与入射光频率不同的谱线，前者称为瑞利线，后者称为拉曼线。在拉曼线中，又把频率小于入射光频率的谱线称为斯托克斯线，而把频率大于入射光频率的谱线称为反斯托克斯线。瑞利线与拉曼线的波数差称为拉曼位移，因此拉曼位移是分子振动能级的直接量度。图 2 给出的是一个拉曼光谱的示意图。

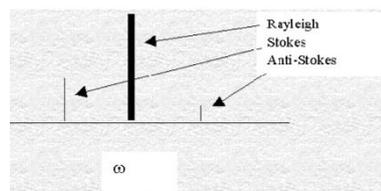


图 2 拉曼光谱示意图

拉曼光谱有如下几个特征：(1)对同一样品，同一拉曼线的波数差与入射光波长无关；(2)其次在以波数为变量的拉曼光谱图上，如果以入射光波数为中心点，则斯托克斯线和反斯托克斯线对称地分裂在入射光的两边；(3)斯托克斯的强度一般都大于反斯托克斯线的强度。拉曼光谱的上述特点是散射体内部结构和运动状态的反映，也是拉曼散射固有机制的体现。

拉曼光谱有很多应用，可作为宝石鉴定的常用方法。一般来说，不同化合物具有不同的拉曼光谱图。拉曼位移的大小、强度及拉曼峰形状可确定物质的化学键和基团。经过人为处理的宝石矿物，由于混有荧光产率较高的分子，其拉曼信号中会出现较强的荧光干扰。因此，只要通过对拉曼光谱的峰位、峰强、荧光干扰等参数的分析，就可从分子级别对宝石样品进行辨别和鉴定。

## 2.2 仪器原理

拉曼光谱实验仪如图 3 所示，其中最主要的部分是分光装置。分光系统是拉曼谱仪的核心部分，它的主要作用是把散射光分光并减弱杂散光。分光系统要求有高的分辨率和低的杂散光，一般用双联单色仪。两个单色仪耦合起来，色散是相加的，可以得到较高的分辨率（约  $1\text{cm}^{-1}$ ）。双联单色仪的杂散光（在  $50\text{cm}^{-1}$  处）可以达到  $10^{-11}$ 。为了进一步降低杂散光，有时再加一个联动的第三单色仪，此时分辨率提高了，但谱线强度也相应减弱。

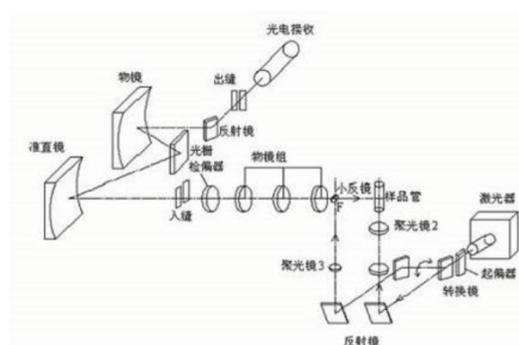


图 3 拉曼光谱仪结构

探测器主要采用了单光子计数器。单光子计数器

方法利用弱光下光电倍增管输出电流信号自然离散的特征，采用脉冲高度甄别和数字计数技术将淹没在背景噪声中的弱光信号提取出来。与锁定放大器等模拟检测技术相比，它基本消除了光电倍增管高压直流漏电和各倍增极热噪声的影响，提高了信噪比；受光电倍增管漂移，系统增益变化的影响较小；它输出的是脉冲信号，不用经过 A/D 变换，可直接送到计算机处理。

在非弱光测量时，通常是测量光电倍增管的阳极电阻上的电压。测得的信号或电压是连续信号。当弱光照射到光阴极时，每个入射光子以一定的概率(即量子效率)使光阴极发射一个电子。这个光电子经倍增系统的倍增最后在阳极回路中形成一个电流脉冲，通过负载电阻形成一个电压脉冲，这个脉冲称为单光子脉冲。除光电子脉冲外，还有各倍增极的热发射电子在阳极回路中形成的热发射噪声脉冲。热电子受倍增的次数比光电子少，因而它在阳极上形成的脉冲幅度较低。此外还有光阴极的热发射形成的脉冲。噪声脉冲和光电子脉冲的幅度的分布如上图所示。脉冲幅度较小的主要是热发射噪声信号，而光阴极发射的电子（包括光电子和热发射电子）形成的脉冲幅度较大，出现“单光电子峰”。用脉冲幅度甄别器把幅度低于  $V_h$  的脉冲抑制掉。只让幅度高于  $V_h$  的脉冲通过就能实现单光子计数。

## 3 实验步骤

首先，获取  $\text{CCl}_4$  分子的振动拉曼光谱、振动拉曼偏振光谱：

调节拉曼光谱仪的外光路，注意两个要点：a. 观察到瑞利光的成象清晰，并进入摄谱仪的入射狭缝；b. 调整聚光部件，使汇聚光的腰部正好位于样品管中心，从各个方面观察，激光束都应通过样品的中心。

其次，拟定实验方案拍摄  $\text{CCl}_4$  (四氯化碳) 和苯 ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) 样品，并以激光光源的瑞利线校正摄谱仪的读数，精确标出各谱峰位置，求出各相应的拉曼位移。(用  $\text{cm}^{-1}$  表示) 的拉曼光谱，分析其异同点及其原因。

最后，利用拉曼光谱进行宝石鉴定，测量钻石，辰砂以及雌黄等 24 个样品的拉曼光谱。

## 4 实验记录及结果分析

### 4.1 CCl<sub>4</sub> 及苯的拉曼光谱

点击样品管，将四氯化碳放入，双击光谱仪左侧，弹出光谱仪侧面视图。在侧面视图中分别点击激光器开关和拉曼光谱仪开关，依次打开激光器和光谱仪电源。双击拉曼光谱仪右侧部分，弹出拉曼光谱正视图窗体。点击光路原理展示按钮，弹出光路原理展示界面，查看光路原理，如图 4 所示。双击光谱仪右侧部分，打开光谱仪正面调节视图，同时打开样品管视图。调节光谱仪的样品台的各个旋钮，使激光光束恰好处于样品管中心。当无论从样品管正面视图观察，还是从样品管侧面视图观察，激光束均处于样品管中心时，即完成样品管的调节。双击狭缝位置，打开接受光孔调节窗体。分别调节凹面镜旋钮以及物镜筒旋钮，同时观察光斑与狭缝的中心的相对位置，选择合适的缝宽，使光线完全通过狭缝如图 5 所示。

完成调节后，用鼠标右击拉曼光谱仪箱体的箱盖，将光谱仪箱体闭合。

首先进行阈值分析，点击“阈值分析”按钮调出界面，进行阈值分析并自动选取阈值如图 6 所示。

将自动选取的阈值填写到“工作状态”中的“阈值”输入框中，点击“扫描光谱”按钮进行光谱扫描得到四氯化碳的光谱如图 7 所示。点击寻峰，得到四氯化碳谱中的峰，如图 8。

图 8 中的某些峰是误检的峰，必须通过观察图 7 中的谱线来排除这些误检的峰。误检的峰有：

504.0nm、512.7nm、547.8 nm、558.9 nm

排除这些峰后，图 8 所得的数据便是四氯化碳拉曼光谱的峰值。

通过查阅特征峰的数据，可以确认该物质就是四氯化碳，这项工作可以由计算机自动做出并标注在了谱线上，见图 7 上方。

换一样品进行测量，重复上述和四氯化碳一样的步骤，得到拉曼光谱如图 9 (a) 所示，寻峰数据如图 9(b) 所示，我们仍然需要排



图 4 四氯化碳拉曼光谱的测定

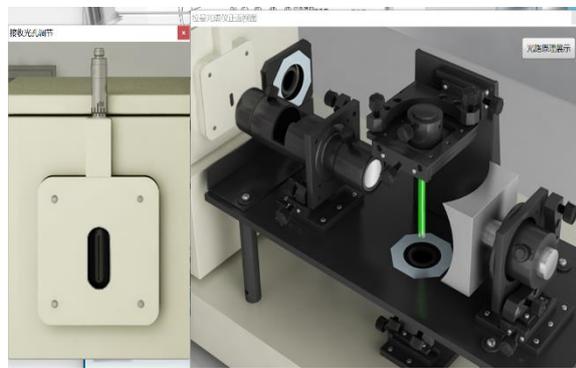


图 5 光谱仪的调节

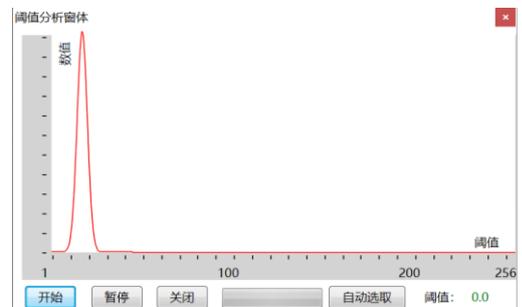


图 6 阈值分析

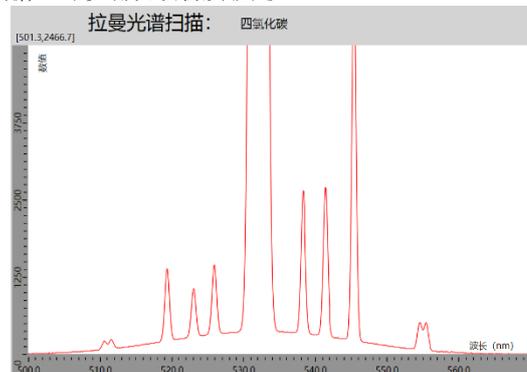


图 7 四氯化碳的光谱

波长(nm)	峰值
504.0	30.5
510.6	224.7
511.5	239.5
512.7	111.9
519.3	1389.5
523.0	1069.2
525.9	1451.1
532.0	145653.9
538.2	2655.2
541.3	2705.5
545.3	6592.3
547.8	183.9
554.5	524.6
555.3	513.5
558.9	41.5

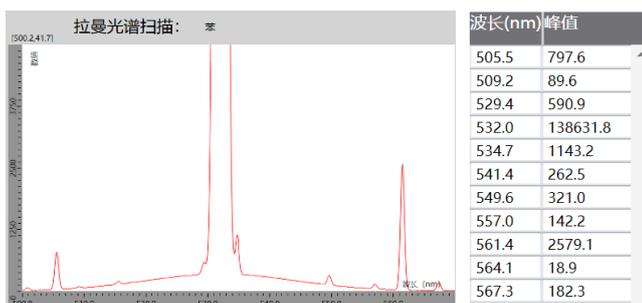
图 8 四氯化碳的寻峰数据

除一些误检的峰。

本次测量中误检的峰有：

509.2nm、541.4nm、564.1nm

排除这三组误检的峰后，便得到了该样品的拉曼光谱特征峰，通过计算机的自动比照光谱中的物质特征峰，给出了该样品是苯，已标注在了图 9(a)上方。

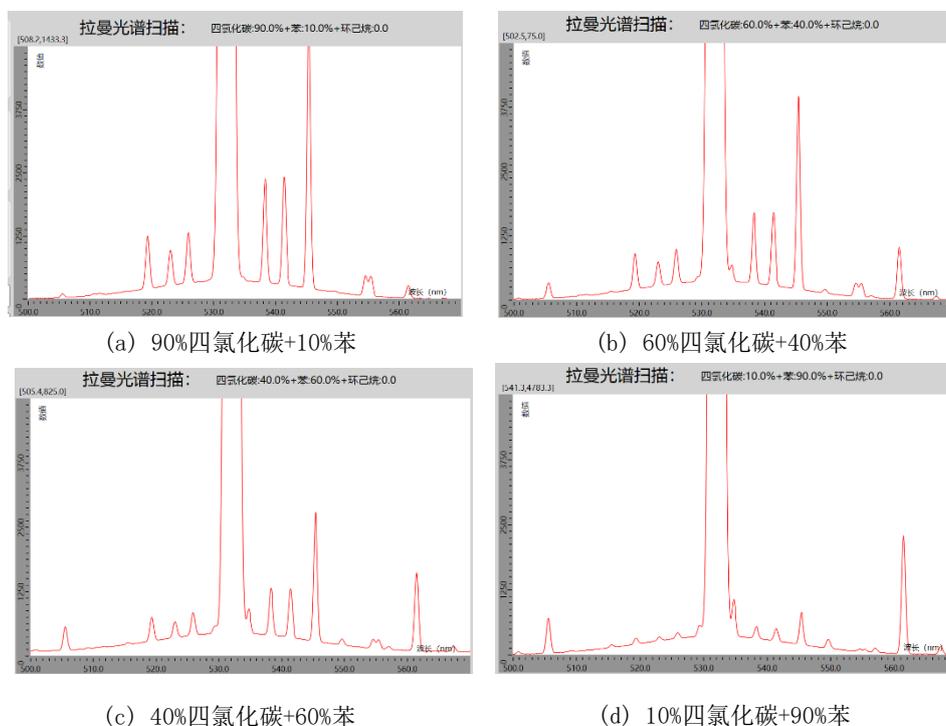


(a) 拉曼光谱 (b)

图 9 苯的拉曼光谱及寻峰数据

## 4.2 不同浓度的苯、四氯化碳混合溶液的光谱

重复上述步骤，测量苯、四氯化碳以不同浓度混合的溶液的光谱，得到的结果如图 10(a)(b)(c)(d)所示。可发现随着苯溶液浓度的升高，561.4nm 的特征峰强度上升，随着四氯化碳浓度的降低，541.3nm、545.3nm 的特征峰下降。计算机通过光谱的数据已经将溶液中各成分的比值计算出来，并标注与每一幅图的上方。



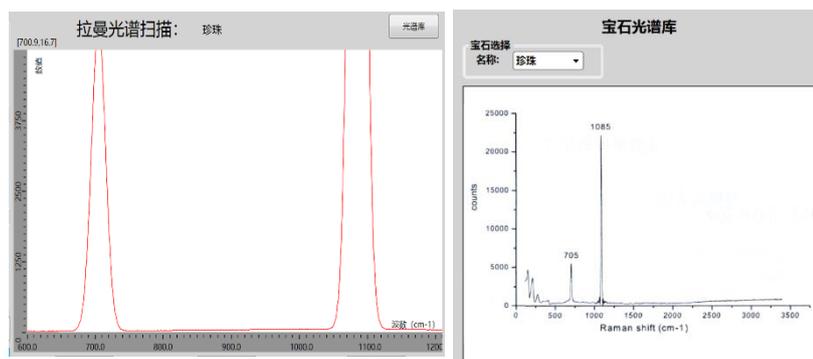
(a) 90%四氯化碳+10%苯 (b) 60%四氯化碳+40%苯 (c) 40%四氯化碳+60%苯 (d) 10%四氯化碳+90%苯

图 10 不同浓度的苯、四氯化碳混合溶液光谱

## 4.3 宝石鉴定

重复同样的步骤，得到样品 1 的拉曼光谱如图 10(a)，对照光谱库发现该样品为珍珠。

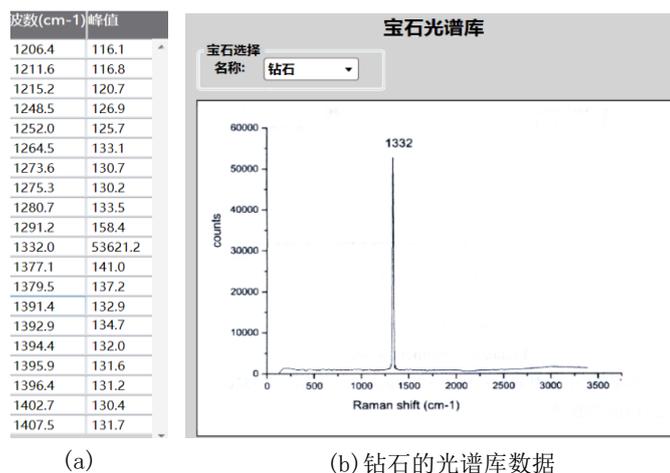
重复步骤，得到该样品 2 的拉曼光谱峰如图 11(a)所示。观察其最大值对应的波长为 1332.0 nm，查询宝石光谱库中



(a) 样品 2 拉曼光谱 (b) 珍珠的光谱库数据

图 11 样品 1 的峰值及光谱库数据

的数据，发现主峰为 1332nm 的恰好就是钻石，因此可以确定样品 1 就是钻石。



(a)

(b) 钻石的光谱库数据

图 10 样品 1 的峰值及光谱库数据

## 5 实验结论

- 1、本实验通过拉曼光谱的方法确定了两个纯溶液分别为四氯化碳溶液和苯溶液；
- 2、本实验测定不同浓度的苯-四氯化碳溶液的拉曼光谱；
- 3、本实验通过拉曼光谱的方法，与光谱库中的光谱进行对比，确定了两个样品分别为珍珠和钻石。