

三种不同的本底扣除方法对物质吸收系数 μ 的计算的影响与讨论

材料物理 邢军亮 0556014

摘要: 本实验采用 ^{137}Cs 窄束法测量质量吸收系数的方法, 实验数据处理过程中分别采用全能峰面积(TPA)法, 科沃尔(CoveII)峰面积法, 瓦森(Wasson)峰面积法计算峰净面积, 来计算得到的物质的吸收系数, 从而比较三种方法在计算峰净面积时候的差异, 并对此进行分析讨论。

关键词: 全能峰面积(TPA)法 科沃尔(CoveII)峰面积法 瓦森(Wasson)峰面积 铅质量吸收系数 实验比较法 本底值

引言: 全能峰面积(TPA)法, 科沃尔(CoveII)峰面积法, 瓦森(Wasson)峰面积由于铀、钍、镭和钾等天然放射性核素广泛存在于自然界, 因此也存在于测量装置和周围环境中。这样, 就使得我们在测量的过程中产生相应的射线背景, 即我们所提及的本底, 因而对测定物质吸收系数的确定过程, 采用怎样的方法计算全能峰的面积与扣除峰的本底对实验的准确度影响比较大。所以我们分别采用全能峰面积(TPA)法, 科沃尔(CoveII)峰面积法, 瓦森(Wasson)峰面积法来处理实验数据, 从而计算物质的吸收系数, 并由此判断这三种方法的优劣以及对系数的影响。

二 原理:

1. γ 射线强度随物质厚度的衰减服从指数规律, 即

$$I = I_0 e^{-\sigma_r N x} = I_0 e^{-\mu x}$$

其中, I_0 、 I 分别是穿过物质前、后的 γ 射线强度, x 是 γ 射线穿过的物质的厚度(单位cm), σ_r 是光电、康普顿、电子对三种效应截面之和, N 是吸收物质单位体积中的原子数, μ 是物质的线性吸收系数($\mu = \sigma_r N$, 单位为cm)。显然 μ 的大小反映了物质吸收 γ 射线能力的大小。需要说明的是, 吸收系数 μ 是物质的原子序数 Z 和 γ 射线能量的函数。

实际工作中常用质量厚度 R_m (g/cm²) 来表示吸收体厚度, 以消除密度的影响。

因此(3—1)式可表达为

$$I(R) = I_0 e^{-\mu_m R / \rho}$$

由于在相同的实验条件下, 某一时刻的计数率 N 总与该时刻的 γ 射线强度 I 成正比,

又对(3—2)式取对数得: $\ln I = -\frac{\mu_m}{\rho} R + \ln I_0$ 最终通过线性拟合得到物

质的吸收系数。

2. 关于三种峰面积的计算方法：

计数相加法按照扣除本底和选取边界道方法的不同，可分为全能峰面积(TPA)法，科沃尔(Covell)峰面积法，瓦森(Wasson)峰面积法等



- 1 全能峰面积(TPA)法（是最常用的一种方法）：取两边峰谷 l 、 r ，把 l 道至 r 道的所以脉冲计数相加，本底以直线扣除。
- 2 Covell法：该方法是在峰的前后沿上对称地选取边界道，并以直线连接峰曲线上相应于边界的两点，把此直线以下的面积作为本底扣除。
3. Wasson法：该法边界道的取法与Covell法一样，但本底基线选择较低，与TPA法一样。
4. 直接扣除背景法：该方法是用全面积直接减去测量出来的背景得到净面积。

三 实验与数据的处理：

1. **实验仪器：** 低压电源高压电源，示波器， ^{137}Cs 源，铅片5块，探测器，光电倍增管，线性脉冲放大器
2. **实验条件：** UMS软件预置时间为200s
3. **操作方法：** 1. 闪烁探测器和放射源之间加上0、1、2、3、4、5片已知质量厚度的 Pb ($2.83\text{g}/\text{cm}^3$)吸收片(所加吸收片最后的总厚度要能吸收 γ 射线70%以上)，进行定时测量($t=200$ 秒)。

2. 用全能峰面积(TPA)法，科沃尔(Covell)峰面积法，瓦森(Wasson)峰面积法，直接扣除背景法计算所要研究的光电峰净面积。见(Appendix)

3. 用三种方法计算得到峰的净面积：

利用公式 $\ln I = -\frac{\mu_m}{\rho} R + \ln I_0$ 进行线性拟合得到物质的吸收系数，与理论值 $\mu =$

$0.107 \text{ cm}^2 / \text{g}$ 比较。

	质量吸收系数	拟合系数
方法	全能峰法	
数值	0.10667	0.99993
相对误差	0.308%	
方法	covell 法	
数值	0.10968	0.99971
相对误差	2.504%	
方法	wasson 法	
数值	0.10612	0.99857
相对误差	0.822%	
方法	直接扣除背景法	
数值	0.09687	0.99985
相对误差	9.467%	

测量铅片 (2.83g/cm³) 的吸收系数 (所有数据表请见Appendix)

四. 结果讨论

通过上面的数据分析我们可以发现有以下特点:

1. 全能峰面积 (TPA) 法, 科沃尔 (Covell) 峰面积法, 瓦森 (Wasson) 峰面积法计算出来的pb的质量吸收系数的准确度均高于直接扣除背景的方法。
2. 全能峰面积 (TPA) 法, 科沃尔 (Covell) 峰面积法, 瓦森 (Wasson) 峰面积法三者相比, 全能峰面积法的计算得到结果最接近理论值, 其线性拟合度也是最好的。
3. 通过表一中的全能峰法计算的净面积与UMS软件所得到的结果是比较接近的, UMS软件用全能峰面积法求净面积。
4. Covell法中对称法求取峰净面积的时候, 当铅片较多的时候出现了谱图拖尾现象, 计算左右道址的计数个数倒置。最终线性拟合时, 最后一个点偏离直线, 拟合系数不够好, 误差较大。
5. 全能峰面积 (TPA) 法, 科沃尔 (Covell) 峰面积法, 瓦森 (Wasson) 峰面积法均受到峰的能量分辨率的影响。

分析:

全能峰面积法：

峰面积的确定中，有种种原因会引起误差。全能峰面积法中的误差主要来自两个方面：① 本底按直线变化趋势扣除是否正确，这要看峰区本底计数变化的实际情况。这个本底不仅包括谱仪本身的本底计数，还包括样品中其他高能 γ 射线康普顿坪的干扰。由于本实验测量的是孤立峰，峰受其他射线的干扰小，按直线本底考虑问题不大，但是当我们研究在测量多种能量射线时，则峰可能落在其它谱线的康普顿边缘或落在其它的小峰上，按直线本底考虑就会造成很大涨落。同时由于对峰所采用的道数较多，本底按直线考虑容易偏离实际情况，因此，此方法容易受到本底扣除不准的影响。② 计数统计误差，减少统计误差，计算本底面积时，边界道计数可以取边界附近几道计数的平均值。

以上两种误差都与计算峰面积时峰所占的道数有关，受本底扣除的方式及面积的影响较大。为减少误差，峰的道数不宜取得太多，故又提出其它方法。与其它方法相比，全能峰面积法的优势是它利用了峰内的全部脉冲数，受峰的漂移和分辨率变化的影响最小。

Covell法

此方法提高了峰面积与本底面积的比值，结果受本底不确定的影响较小。但是道数 n 的选择对结果的精度有较大的影响，若 n 选太大，失去采用道数较少的优点，即与TAP法类似；若 n 选得太小，那么峰型对计算的影响较大，其中影响峰型的因素主要是：1. 峰的漂移，2. 能量峰分辨率。即此时计算容易受峰漂和分辨率变化的影响，同时 n 太小则会使计算时的基线较高，降低了峰面积与本底面积的相对比值。

Wasson法

这个进一步提高了峰面积与本底面积的比值，其所取本底基线的方法与TAP法相同，本底基线的不准和计数统计误差对峰面积准确计算的影响较小，其取峰面积的方法与covell法相似，因而其易受分辨率变化的影响，没有TPA法好。

小结

从上面的计算和分析我们可以清楚看到，虽然全能峰面积法（TAP法）收到本底基线是否按直线变化的趋势以及统计因素影响，但是在一般的实验条件之下，由于仪器的能量分辨率不高以及光电倍增管的在探测时引起谱峰的漂移对

covell法和wasson法影响比较大，因而在我们的实验中使用全能峰面积法（TAP法）最合适，其易于计算，线性拟合时线性度高，结果准确度高。

Appendix

通过四种方法计算净面积：

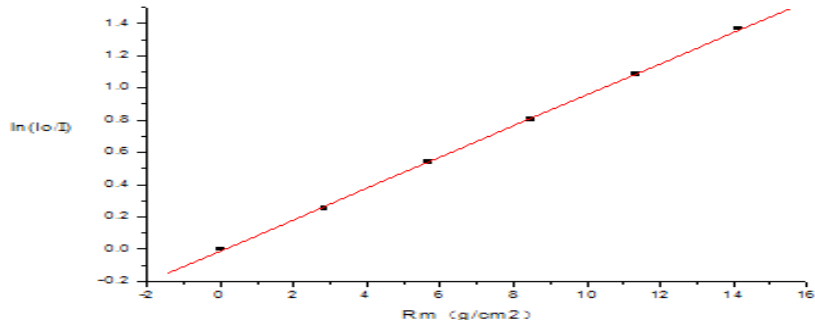
方法		全能谱法（TPA 法）		covell 法		wasson 法		全能峰的信息
		左	右	左	右	左	右	峰道址：447
铅片 (无片)	道址	387	498	422	472	422	472	能量分辨率： 8.0%
	计数	60	16	700	707	46	26	峰值：2563
	全面积	100986		89170		89170		
	本底面积	4218		35175		1800		
	峰面积	96768(97044)		53995		87370		
	铅片 (一片)		左	右	左	右	左	右
道址		387	498	423	473	423	473	能量分辨率： 8.3%
计数		105	11	685	417	75	32	峰值：1909
全面积		78703		67458		67458		
本底面积		6438		27550		2675		
峰面积		72265(72454)		39908		64783		
铅片 (二片)		左	右	左	右	左	右	峰道址：447
	道址	387	498	422	472	422	472	能量分辨率： 8.3%
	计数	111	8	516	345	79	32	峰值：1402
	全面积	59369		50120		50120		
	本底面积	6604		21525		5550		
	峰面积	52764(52817)		28595		44570		
铅片 (三片)		左	右	左	右	左	右	峰道址：448
	道址	387	498	423	473	423	473	能量分辨率： 8.4%

	计数	111	6	405	256	79	30	峰值: 1057
	全面积	46038		38139		38139		
	本底面积	6493		16524		2725		
	峰面积	39544		21614		35414		
铅片 (四片)		左	右	左	右	左	右	峰道址: 447
	道址	387	498	422	472	422	472	能量分辨率: 8.4%
	计数	101	6	289	226	71	33	峰值: 815
	全面积	35139		28759		28759		
	本底面积	5939		12875		2600		
	峰面积	29230 (29170)		15884		26159		
铅片 (五片)		左	右	左	右	左	右	峰道址: 444
	道址	387	498	419	469	419	469	能量分辨率: 8.5%
	计数	92	5	189	219	68	28	峰值: 603
	全面积	26771		21501		21501		
	本底面积	5383		10200		2450		
	峰面积	21328 (21474)		11301		19101		
背景		1449						

计算过程中的线性拟合表:

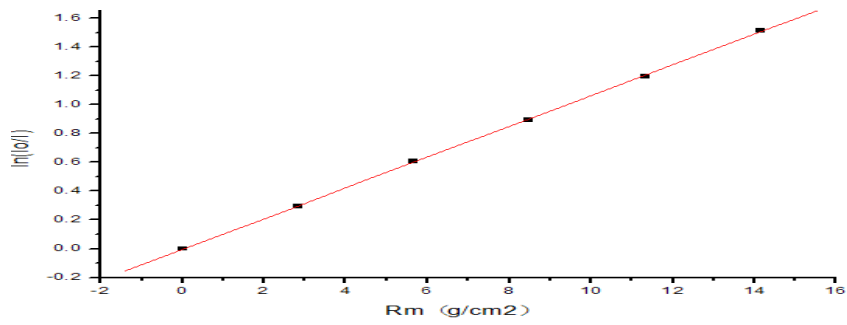
1. 直接扣除背景法:

R_m (g/cm ²)	$\ln(I_0/I_1)$
0	0
2.83	0.2534
5.66	0.5415
8.49	0.803
11.32	1.0833
14.15	1.3688



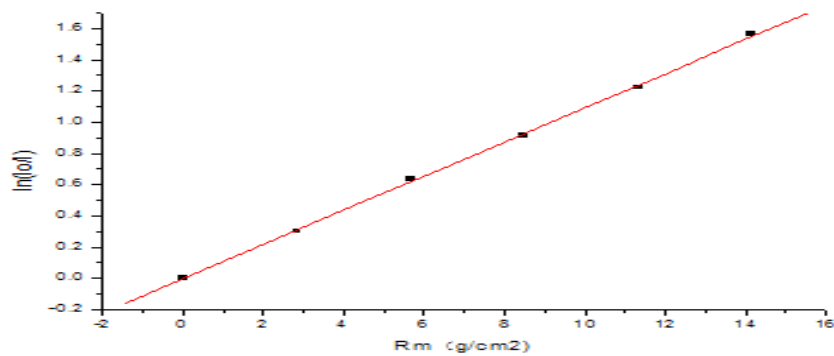
全能峰面积法 (TAP法) :

R_m (g/cm ²)	$\ln(I_0/I_1)$
0	0
2.83	0.292
5.66	0.6065
8.49	0.8949
11.32	1.1971
14.15	1.5123



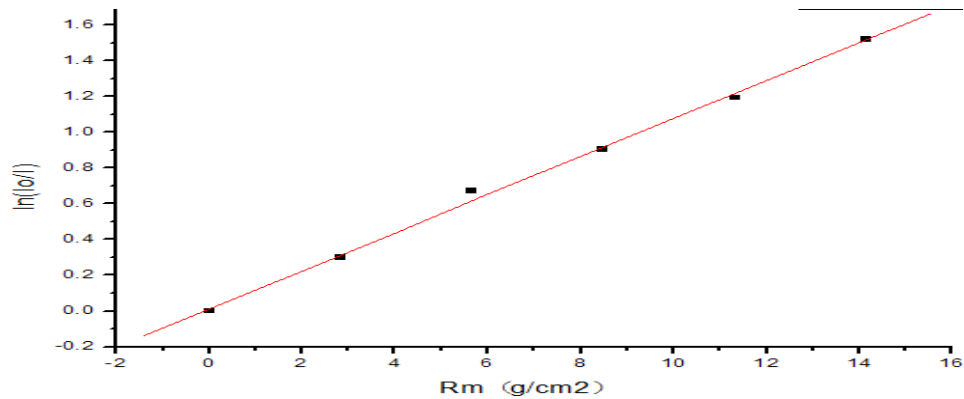
Covell法:

R_m (g/cm ²)	$\ln(I_0/I_1)$
0	0
2.83	0.3023
5.66	0.6357
8.49	0.9155
11.32	1.2236
14.15	1.564



Wasson法:

R_m (g/cm^2)	$\ln(I_0/I_1)$
0	0
2.83	0.2991
5.66	0.6731
8.49	0.903
11.32	1.1923
14.15	1.5204



致谢:

感谢王煜老师对实验的指导以及对实验改进的建议,感谢查俊同学对在实验中对我的大力帮助!

参考文献:

《近代物理实验》, 复旦大学物理教学实验中心, 2006 年

庞巨丰¹ Ge (Li) γ 能谱仪在环境样品中的应用¹ 核仪器与方法, 1985, 5 (3) : 78

陆景彬 (吉林大学物理学院) γ 谱学及原子核高自旋态测量

《近代物理实验》, 吴思诚, 王祖铨, 北京大学出版社, 1986 年 2 月

魏伟胜, 赵志学, 鲍晓军 γ 射线衰减法测量混相密度(《过程工程学报》) 2003 年 12 月

王世亨¹, 刘圣康² ^{137}Cs γ 射线透射法检测输油管道油垢的初步实验研究《原子能科学技术》 2002年11月