

波长转换剂在切伦科夫计数中的作用

李藻发

(生物学系同位素研究室)

切伦科夫 (Cerenkov) 计数技术是液体闪烁测量技术的新发展, 一般以水为探测介质, 但计数效率不高^[1]. 加入波长转换剂是提高切伦科夫总光输出的最重要方法^[2]. 对波长转换剂的研究, 国外已有较多的报导, 被试验的有转换波长作用的化合物不下几十种, 然而属于广泛应用的仅有萘磺酸及4-甲基伞形酮^[2]. 本文主要对水杨酸甲酯、水杨酸钠及Triton X-100三种化合物在切伦科夫计数中的作用特性进行了比较分析, 为实际应用提供一定的方法及理论根据.

1. 材料和方法

Na₂H³²PO₄, 北京401所提供, ³²P的放射性比活度稀释成4.4 × 10⁴dpm/20ul.

甲苯-α-¹⁴C标准液, 上海核子所提供.

水杨酸甲酯(简称为M.S), 分析纯, 折射率为1.536.

1%水杨酸钠(S. A. Na)水溶液.

Triton X-100(T. X)的30%水溶液.

硝基甲烷, 作为强化学淬灭剂.

闪烁液配方: PBD 11g, popop 0.6g, 萘115g, 用二氧六环加至1000ml.

低钾玻璃标准计数瓶、聚乙烯标准计数瓶(帽内均有铝箔).

FJ-2100型自动液体闪烁计数器(西安262厂产).

FH-419G型512道脉冲幅度分析器(北京261厂产).

³²P放射性活度按文献[3]所介绍的方法确定.

2. 实验结果

(1) ³²P在不同介质中的计数效率(表1)

表1 ³²P在不同介质中计数效率比较

介 质	玻 璃 瓶			聚 乙 烯 瓶		
	计 数 率 (cpm)	计数效率 (%)	相对效率 (%)	计 数 率 (cpm)	计数效率 (%)	相对效率 (%)
水	18177 ± 105	41.1	100	23927 ± 125	54.1	100
1% S. A. Na	23175 ± 133	52.4	127.5	28438 ± 167	64.3	118.9
30% T. X	33268 ± 201	75.2	183.0	37372 ± 212	84.5	156.2
30% T. X + 1% S. A. Na	40247 ± 316	91.0	221.4	42148 ± 513	95.3	176.2
90% M. S. + 10% 乙醇	33568 ± 285	75.9	184.7	39185 ± 301	88.6	163.8
闪烁液	44017 ± 285	99.5		44227 ± 305	100	

本文于1983年3月收到

结果说明，在常用的切伦科夫介质-水中，加入适当的化合物后，可显著提高³²P的计数效率。而对各种体系介质(闪烁液除外)，聚乙烯计数瓶的计数效率都明显高于玻璃计数瓶，但与水相比，其他各体系介质计数效率的净增加数不及玻璃计数瓶的显著。

(2) ³²P在不同介质中的脉冲幅度谱(图1)

图1是用512道脉冲幅度分析器获得的³²P在不同介质中的脉冲幅度谱。可以看出，与水相比，其他各介质的脉冲数量均增加、脉冲幅度均增高，谱形均加宽，尤其是30% T.X加1% S. A. Na介质，已有相当多的小幅度脉冲转变为大幅度脉冲，且谱面积大大增加。这些情况与表1中计数效率增加是相对应的。

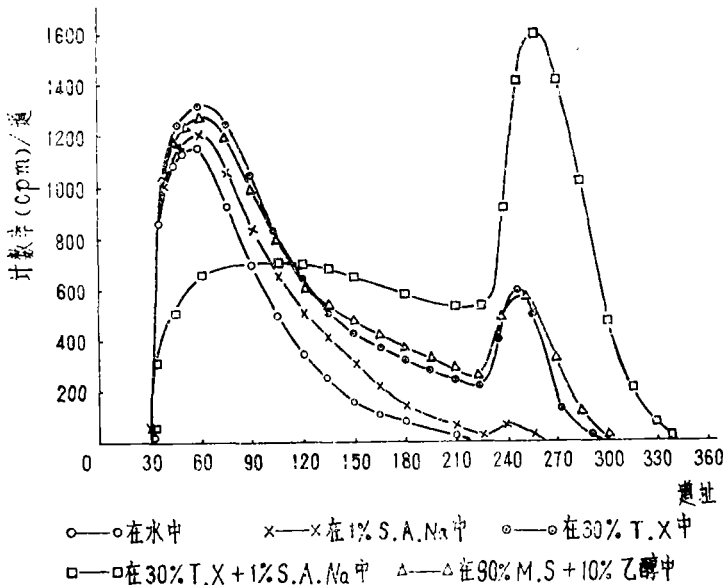


图1 ³²P在不同介质中的脉冲幅度谱比较

(3) ³²P在不同介质中的计数效率与化学淬灭剂量的关系(图2)

在各种介质中均依次加入不同量强化学淬灭剂——硝基甲烷。可以看出，在水杨酸甲酯体系介质中，对³²P的计数效率基本上不受化学淬灭剂影响，而其余三种介质皆随化学淬灭剂量的增加，对³²P的计数效率也降低，且以30% T. X加1% S. A. Na介质较为显著。

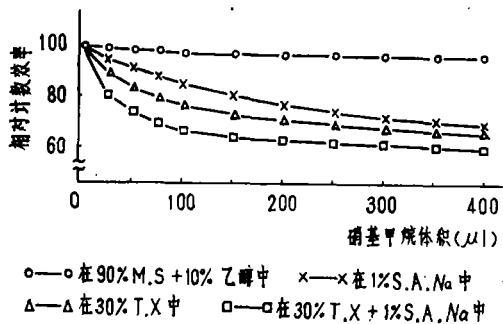


图2 ³²P在不同介质中的计数效率与化学淬灭剂量的关系

(4) ¹⁴C在不同介质中的计数效率(表2)

表2 ¹⁴C在不同介质中的计数效率比较

介 质	玻 璃 瓶		聚 乙 烯 瓶	
	计 数 率 (cpm)	计 数 效 率 (%)	计 数 率 (cpm)	计 数 效 率 (%)
1% S. A. Na	0		0	
30% T. X	1005 ± 98	1.0	1643 ± 95	1.6
30% T. X + 1% S. A. Na	16105 ± 134	16.1	24553 ± 156	24.5
90% M. S + 10% 乙醇	8564 ± 110	8.5	10176 ± 202	10.1
100% M. S	15181 ± 221	15.2	17378 ± 235	17.4

(5) ¹⁴C在不同介质中的计数率与化学淬灭剂量的关系(图3)

在有¹⁴C的不同介质中依次加入不同量的硝基甲烷, 测量其计数效率变化, 结果表明: 四种介质对¹⁴C的计数效率以 T. X 和 S. A. Na 混合介质受化学淬灭剂的影响最大。

3. 讨论

(1) 波长转换剂对切伦科夫计数效率的作用

水中加入适量的水杨酸钠及 Triton X-100 等波长转换剂后可显著提高计数效率, 这是由于以上这些化合物具有转换波长特性, 且这些转换了波长的光是各向同性的^[3,5], 这样不仅与光电倍增管更加匹配, 且发光事件被符合记录的机会也大大提高了, 所以对β粒子的计数效率得到显著提高。

水杨酸甲酯与乙醇的混合介质亦可显著提高对³²P的计数效率。这一方面是由于水杨酸甲酯与乙醇的折射率(分别为1.536及1.36)皆比水的高, 因此输出较高, 另一方面水杨酸甲酯也具有波长转换特性^[6], 这点从图2也可得到证明, 其对³²P的脉冲幅度谱与30% Triton X-100的相似。

(2) 有波长转换剂的混合介质对化学淬灭的耐受性

图3表明, 对³²P等高能β辐射体, 水杨酸甲酯—乙醇混合介质受化学淬灭剂影响极小, 可以认为是属纯切伦科夫介质, 与Thomas^[3]的结论符合, 故在测量中不必作化学淬灭校正。而水杨酸钠、Triton X-100水溶液体系介质均受化学淬灭剂影响, 其中以

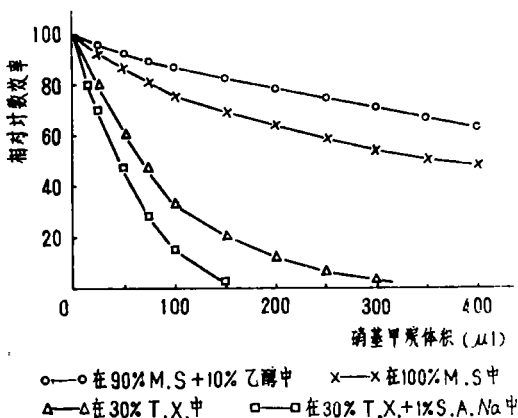


图3 ¹⁴C在不同介质中的计数效率与化学淬灭剂量的关系

30% Triton X-100加1%水杨酸钠混合介质为显著。因此可以认为这些介质是具有一定的液体闪烁特性的“准切伦科夫介质”，或称为“切伦科夫—闪烁介质”。在测量中一般应作化学淬灭校正。

而对 ^{14}C 低能 β 粒子，水杨酸甲酯体系介质受化学淬灭剂的影响也较为显著，说明这类介质对低能 β 粒子，不能认为是纯切伦科夫介质，测量工作中也应作化学淬灭校正。至于 Triton X-100及水杨酸钠水溶液体系介质，对低能 β 粒子，淬灭剂影响极为显著，说明其液体闪烁性质更突出，测量工作中应尽量减少化学淬灭因素并作化学淬灭校正。

(3) 有波长转换剂的混合介质仍有一个探测阈能

根据切伦科夫理论及相对论原理可求得产生切伦科夫辐射的最低能量（称为切伦科夫阈能）。

水杨酸甲酯($n=1.536$)的阈能为 0.162Mev ；30% T. X及30% T. X加1%水杨酸钠的阈能为 0.234Mev ^[5]。但从表2看出以上介质皆能探测到低于上述阈能的 ^{14}C β 粒子（最大能量为 0.156Mev ），这就进一步证明以上介质具有液体闪烁性质。但是本实验也曾使用 $^3\text{H}\beta$ 源（其最大能量为 0.0186Mev ）检验，实验结果表明以上各种介质均探测不到 $^3\text{H}\beta$ 粒子，说明含有以上波长转换剂的混合介质与一般的闪烁液仍有区别，其探测阈还未消失，只是数值较低。

(4) 计数瓶的选择

从表1及表2可见，在切伦科夫计数或切伦科夫—闪烁计数中，对同样的计数介质，与玻璃计数瓶相比，采用聚乙烯计数瓶可以获得高得多的计数效率（一般可增加10%左右）。所以在切伦科夫计数中，聚乙烯计数瓶值得推广应用。

参 考 文 献

- [1] Paul N. P. Chow., *L. S. C Recent Applications and Development*, Academic Press, New York, 1 (1980), 387.
- [2] Ross H. H., *L. S. C Recent Applications and Development*. Academic Press, New York, 1 (1980), 375.
- [3] Thomas F. Kellogg., *Int. J. Appl. Radiat. Isotopes*, 33 (1982), 165.
- [4] G. Van Ginkel., *Int. J. Appl. Radiat. Isotopes*, 31 (1980), 307.
- [5] Cosme G., et al., *Nucl Instum. Meta*, 70 (1969), 20.
- [6] Wiebe L. I. F. Helus, et al., *Int. J. Appl. Radiat. Isotopes.*, 29 (1978), 391.