

同位素应用实验方法讲义

中国科学院原子能研究所編

內 容 簡 介

目前放射性同位素正日益广泛地应用在科学研究和国民經济的各个部門中。

为了安全地应用放射性同位素进行工作,并获得正确的結果,工作者在进行工作之前必須掌握一系列实验方法,熟悉所要使用的仪器的性能及操作程序,知道如何处理所得到的数据。

本书就是这一方面的一本指导书籍。书中包括最为基本的实验 21 个。在每一个实验中,都介绍了該实验的目的、原理、需用的仪器及药品、实验步骤和数据处理等。

本书适于各科学部門、工农业部門中应用放射性同位素进行工作的讀者們閱讀。

同位素应用实验方法讲义

中国科学院原子能研究所編

*

目 录

实验 1	基本的放射性的计数测量装置	(1)
实验 2	G-M计数管的工作原理——坪曲线的测定	(8)
实验 3	计数管的“死时间”的校正	(13)
实验 4	几何条件对测量结果的影响	(20)
实验 5	核蜕变的统计规律及测量结果的处理	(24)
实验 6	α 粒子的射程和能量	(32)
实验 7	物质对 β 粒子的吸收和能量的测定	(40)
实验 8	β 射线在样品本身的自吸收	(50)
实验 9	物质对 β 粒子的反散射	(55)
实验 10	γ 射线能量的测量	(60)
实验 11	电流电离室	(67)
实验 12	闪烁计数器	(73)
实验 13	符合测量	(79)
实验 14	自射线照相	(86)
实验 15	用胶片测量 γ 射线的剂量	(89)
实验 16	材料及表面的污染去除	(93)
实验 17	放射化学中载体的使用	(96)
实验 18	齐拉-却满斯效应	(99)
实验 19	用离子交换法分离示踪量的钴和锌	(102)
实验 20	放射性滴定	(105)
实验 21	用同位素稀释法定锌	(108)
附录 I	α 源的制备	(110)
附录 II	β 标准源(U_3O_8)的制备	(112)

实验 1 基本的放射性的计数测量装置

目的

1. 熟悉一般的射线测量装置；
2. 掌握定标器的正确使用方法及其基本原理。

基本装置及其原理 放射性的计数的测量装置很多,如盖革-弥勒计数器(以下均简称 G-M 计数器)、正比计数器、脉冲电离室、闪烁计数器等都是,其中最简单和最一般的装置是使用 G-M 计数管和定标器(又名进位器或电子计数器),其外貌如图 1.1 所示,而其内部结构略图如图 1.2 所示。

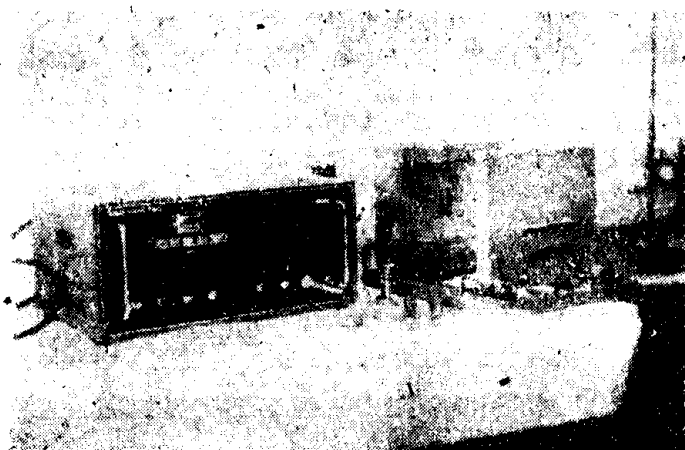


图 1.1 G-M 计数管及 64 进位定标器

图中计数管的作用,在于把射线转换成电压脉冲信号,故常被称作计数装置的“探头”部分。高压电源、300伏稳压电源以及成形线路、进位器和机械计数器等,一般都装配在一个仪器外壳里,台称为定标器,是计数装置的记录部分。阴极跟随器和示波器一般均可不用,但在信号过弱,输入导线过长和需要观察脉冲波形时,则需要使用它们。

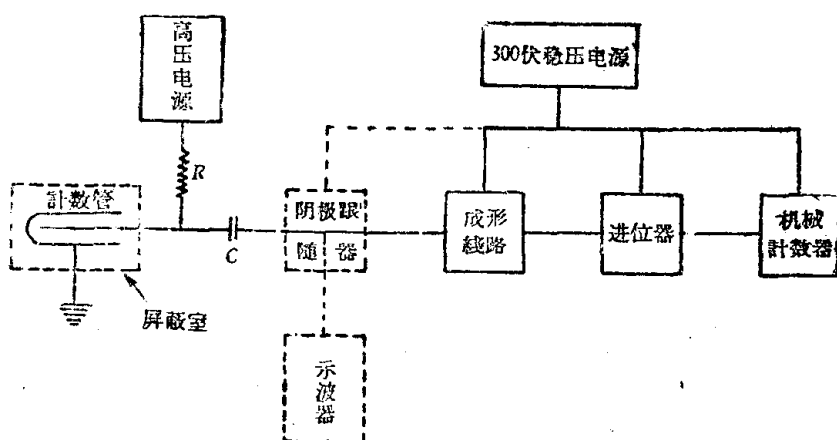


图 1.2 计数系统示意图

为测量方便及保持确定的几何位置，计数管应放在特制的放射源托架上；同时，为计数准确和达到防护目的，计数管应放在铅或生铁制成的屏蔽室中。为了减小散射和反散射对计数测量的影响，托架和屏蔽室内壁均应用低原子序数物质（如有机玻璃或铝）制成。

根据所探测粒子(射线)性质的不同，应采取不同设计的 G-M 计数管。

对于 β 粒子的测量而言，为了减少计数管管壁对 β 粒子的吸收，应该用云母窗钟罩形计数管或薄壁圆柱形计数管。 β 粒子在计数管中直接使气体分子离子化，引起气体放电，形成脉冲；所以，凡能进入计数管灵敏区的 β 粒子，基本上均可被记录下来。探测 β 粒子的计数管对于 γ 射线也是能记录的。不过效率很低，小于它探测 β 粒子的效率的 1%。

测量 γ 射线则一般常用玻璃外壳、金属阴极的圆柱形计数管。这是因为 γ 射线的“电离”作用是通过它与物质的相互作用所产生的光电子、康普顿电子和电子对 ($E_0 > 1.022$ 兆电子伏) 等次级电子间接引起的。因此， γ 射线在管内极稀薄的气体中引起电离放电的几率极小，但它与密度大得多的金属阴极作用却能给出多得多的次级电子，从而提高计数管对 γ 射线的探测效率。虽然如此，效

率仍是很低，一般仅在 1% 左右。若用絲网状阴极来代替圓筒状阴极，以增大阴极表面面积，或采用原子序数較高的阴极材料（如鈹），都将有益于次級电子的产生，从而进一步提高計数管的效率。这两种方法均是常被采用，且行之有效的。

α 粒子一般不用 G-M 管进行測量。这是因为 α 粒子的穿透能力极差，极易被計数管管壁吸收，但特殊設計的、具有极薄的云母窗（窗厚 < 1.5 毫克/厘米²）的钟罩形計数管，也可达到探测 α 粒子的目的。对于能够进入計数管灵敏区的 α 粒子而言，計数管效率近于 100%。

計数管工作时需要供給高压，高压稳定度要求在 1% 左右。此高压一般可由定标器輸入插头处获得，故工作时只須將計数管阳极与定标器輸入联接，而把阴极接地（注意：有的定标器供給的是負高压，如 ПС-10000 型定标器，此时計数管阴极不能接地，并应特別注意絕緣問題）。其内部接綫可參看图 1.2。

图 1.2 中，高电阻 R 有限流作用，它把計数管内通过电流控制在規定范围内，从而使計数管不致损坏。高电阻一般取值 5—15 兆欧（过大的 R 虽然能增大脉冲和增长坪曲綫，但不利的是死時間亦同时增加）。在大多数定标器中，高电阻已被接上，但在个别型号的定标器或自制仪器中須在外綫路中加接，否则会损坏計数管，在应用时必须十分注意这一点。

α, β 或 γ 射綫在計数管中引起气体放电，此时計数管将瞬时通电，电流通过高电阻 R 使阴极电位产生瞬时下陷，此訊号通过电容 C ，被記錄装置作为电压脉冲而記錄下来。

脉冲从計数管輸出后进入定标器的形成綫路，在这里它被放大和改变成一矩形脉冲。如果不用进位装置而直接送到触发驅动綫路，这一脉冲就会促使机械計数器跳动一次。在脉冲均匀地輸入的情况下，机械計数器最多每秒钟能够跳动 20 次（对我国目前生产之 64 定标器而言）。但是由于放射性蜕变并不是均匀发生的，所以就可能出现这样的情况：即一个蜕变紧跟着前一个蜕变，或者在測量強放射性时，每秒輸入机械器的脉冲数目超过了 20 个，这时

机械计数器就不能把它们分别记录下来,即可能漏记脉冲。为了避免记错,计数率应保持为上述数字的四分之一,也就是说,每秒输入机械计数器的脉冲不能超过5个,每分钟不能超过300个。为此,应当用进位器来降低机械计数器在单位时间内的记录数目。进位器根据进位系数可分为64进位器、100进位器(如苏联制БК-3型定标器)和10000进位器(如苏联制ПC-10000型定标器)等等。我国目前常用的是64进位器,它由六级二进位器组成,每一级二进位器只把进入其中的两个脉冲当中的一个传给下一级。这样,计数管每输出64个脉冲,机械计数器才跳动一个字,而这一跳动也就表示机械计数器已记下64个脉冲。为了随时获得输入脉冲的数目和指示进位情况,在每一级二进位器(电子管)的阳极线路中接上一个氖灯泡。当计数管有脉冲输出时,氖灯泡就有循序的明暗。例如,假如单位时间内机械计数器跳动10次,并且氖灯泡2, 8, 32未灭,则脉冲总数为

$$10 \times 64 + 2 + 8 + 32 = 682.$$

应该注意,在氖泡32亮了的情况下,若按动“还原”电钮,则机械计数器会跳动一次。但记录脉冲数不需变动(如仍为682次)。而在进行下次测量时,则不得以前次停下时的数字为基数。

机械计数器跳动数目所相当的单个脉冲的数目,可查附录1的表1.1。但有时并不需要把读数表示为单个的脉冲数,此时可借助于本实验附录1的表1.2将亮着的氖灯数换算为进位系数(64)的小数部分,而加于机械计数器读数后,即把结果全部表示为机械计数器之读数(当然,若乘以64,即得单个脉冲总数)。

定标器使用的主要步骤(参看后面的实验步骤)如下:

1. 开“电源”开关预热定标器3—5分钟。只有当各电子学元件达到热平衡时,工作才能稳定。这一规则适用于所有电子学仪器。

2. 在每次进行测量前,都应检查定标器进位是否正常。检查是利用定标器内成形线路(鉴别器)改造为振荡线路(利用检验开关)后所产生的信号,使之输入进位装置而进行的。在打开检验开

关时,計数管的脉冲不能輸入,因此当进行放射性測量时,必須閉掉檢驗开关。

3. 在証明仪器正常后,可开始計数測量。在每次計数前都应按“还原”电鈕,使亮着的氛灯全部熄灭。这是因为按“还原”电鈕时,将使所有接有氛灯的电子管截止(不通电),从而使所有連接在它們的板极上的氛灯泡熄灭。

4. 記下机械計数器原始讀数。打开“計数”开关,并同时开动停表,当时間到达时,立刻关“計数”开关,記下此时机械計数器讀数及亮着的氛灯泡数。按“还原”电鈕,准备下一次計数。

仪器 G-M 計数管,定标器,鉛室,有机玻璃架,停表。

实验步骤和数据处理 熟悉定标器各开关旋鈕作用,檢驗定标器是否完好。工作按下列步骤进行。

1. 将进位器的“电源”、“計数”、“高压”、“檢驗”开关都关好(即这时各指示灯全灭),高压控制鈕逆时针方向轉到最低处。

2. 插上电源,打开“电源”开关(这时电源指示灯发亮);等待3—5分钟,預热进位器的电子管及其附件。

3. 打开檢驗开关(此时可能有亮的氛灯泡,按一下“还原”鈕使氛灯泡熄灭)。

4. 将机械計数器現有的数字記下,然后打开“計数”开关,同时用停表計时,測量5分鐘后立即将“計数”开关关上。

5. 記下机械記数器上的数字,將終了数字減去开始时的数字,并乘以进位系数64,再加上終了时各不灭氛灯泡所代表的数字,即为5分鐘內輸入的脉冲数目。

6. 按上述操作步骤重复数次,直到操作过程熟練。

7. 将每次測量結果填入下面的表中,

记录表

年	月	日	仪器型号:	計数管型号:	进位系数:
測量 次数	測量時間 t (分)	机械計数器上的 終始讀数差 $A = A_2 - A_1$	氛灯泡发 亮的数目 B	測量時間 t 分 內的脉冲数 $N = 64 \times A + B$	一分钟內的脉冲数 $I = \frac{N}{t}$

問 題 討 論

1. 以上实验每次所得每分钟内脉冲数是否应为常数? 如果应是, 为何实验结果往往不一致?

附录 1 64 进位器换算表

表 1.1 机械计数器的读数所相当的脉冲总数

A	A × 64	A	A × 64	A	A × 64	A	A × 64	A	A × 64
1	64	11	704	21	1344	31	1984	41	2624
2	128	12	768	22	1408	32	2048	42	2688
3	192	13	832	23	1472	33	2112	43	2752
4	256	14	896	24	1536	34	2176	44	2816
5	320	15	960	25	1600	35	2240	45	2880
6	384	16	1024	26	1664	36	2304	46	2944
7	448	17	1088	27	1728	37	2368	47	3008
8	512	18	1152	28	1792	38	2432	48	3072
9	576	19	1216	29	1856	39	2496	49	3136
10	640	20	1280	30	1920	40	2560	50	3200
51	3264	61	3904	71	4544	81	5184	91	5824
52	3328	62	3968	72	4608	82	5248	92	5888
53	3392	63	4032	73	4672	83	5312	93	5952
54	3456	64	4096	74	4736	84	5376	94	6016
55	3520	65	4160	75	4800	85	5440	95	6080
56	3584	66	4224	76	4864	86	5504	96	6144
57	3648	67	4288	77	4928	87	5568	97	6208
58	3712	68	4352	78	4992	88	5632	98	6272
59	3776	69	4416	79	5056	89	5696	99	6336
60	3840	70	4480	80	5120	90	5760	100	6400

附录 2 几个简单的不正常现象及其消除法

1. 电源部分 打开电源开关, 但不見指示灯发亮, 这可能是由以下两种毛病引起的:

第一, 指示灯本身不亮, 只要看看定标器内电子管的灯丝是否

表 1.2 氖灯泡数所相当的机械計数器的讀数

十位 \ 个位	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.000	0.0156	0.0312	0.0469	0.0625	0.0781	0.0938	0.109	0.125	0.141
1	0.156	0.172	0.188	0.203	0.219	0.234	0.250	0.266	0.281	0.297
2	0.312	0.328	0.344	0.359	0.375	0.391	0.406	0.422	0.438	0.453
3	0.469	0.484	0.500	0.516	0.531	0.547	0.562	0.578	0.594	0.609
4	0.625	0.641	0.656	0.672	0.688	0.703	0.719	0.734	0.750	0.766
5	0.781	0.797	0.812	0.828	0.844	0.859	0.875	0.891	0.906	0.921
6	0.938	0.953	0.969	0.984	—	—	—	—	—	—

烧着就可断定。若已烧着，則証明指示灯已坏。如時間允許的話，可将指示灯泡絲口上紧或調換指示灯泡。否則，不修也无关系。

第二，电源插头有問題。若指示灯、电子管都不亮，則可能是电源插头接触不良，这时只需要将插头插紧即可。倘仍不恢复工作，則可能是保险絲烧断，这时就需換保险絲。

2. 氖灯不亮 打开“电源”、“計数”、“檢驗”开关后，在“还原”电鈕正常的情况下，氖泡应依次明暗。倘使其中有某一个不亮，而其余的仍正常工作，且进位仍以 64 为准时，即可認为此氖泡已坏或接触不良，此时可先閉掉电源开关，打开仪器上罩，将氖泡上好或另換新氖泡。如果在不亮的氖灯后，进位情况不正常，則原因較复杂，检修办法此地从略。

3. 地綫接触不良 檢驗时已証明定标器是完好的，但在插上与計数管相接的輸入导綫时，发生連續計数或計数不稳定的情形。这时可能是地綫掉了或接触不良，只需接好地綫就会正常工作。也有可能是由于輸入导綫过长，接近交流电源，电綫受电场感应所致。后一种情况并不常見。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院原子能研究所編，放射性同位素应用知識，科学出版社，1959，第五十六章。
- [2] A. A. 薩宁著，忻賢傑等譯，研究輻射的电子学方法，科学出版社，1958，第十三章。
- [3] Спичин и другие, Методы работы с применением радиоактивных индикаторов. Глава. 50.

实验 2 G-M 计数管的工作原理 ——坪曲线的测定

目的 测定 G-M 计数管的坪曲线和正确地选择其工作电压。

原理 G-M 计数管按其猝灭机制可以分为靠外线路猝灭的非自灭计数管和靠管内猝灭气体猝灭的自灭计数管。这里，我们仅讨论目前普遍采用的自灭计数管的特性。自灭计数管按其所充猝灭气体的性质，又可分为充有机气体的有机管和充卤素气体的卤素管两类。

G-M 计数管的工作特性，一般由它的阈电压、坪的长度、坪的坡度、死时间、寿命、计数效率和温度范围等因素来决定。它们的具体数值，一般与管的几何形状及充气的成分、性质、压力等有关。现将常见的一些有机管和卤素管作一概括的比较：

	有机	卤素
工作电压	~1200 伏(也有 700—800 伏的)	~350 伏
坪长	~250 伏	~100 伏
寿命	~ 10^8 计数	> 10^9 计数
温度范围	~0°C—40°C(温度效应大)	~-10°C—50°C(温度效应小)

在应用上，我们希望计数管有低的工作电压，较大的电压工作区(坪长)，小的坪坡度，长的寿命，短的死时间，小的温度系数和高的效率等。

阈电压、坪的长度和坪的坡度可通过计数管的坪曲线来确定。所谓计数管的坪曲线是指在放射源强度不变(即进入计数管能引起电离放电的粒子数目不变)的情况下，脉冲计数率和计数管正负极间电位差的相互关系的曲线，如图 2.1 所示。

曲线上 A 点所对应的电压为计数管的阈电压，它的值与管内充气的成分、性质、压力及管的几何形状有关。如果管中惰性气体

的压力大,猝灭气体的含量多,阳极金属丝粗,阴极圆筒直径大,则都能影响阈电压增高。充多原子猝灭气体(有机)的计数管的阈电压较充简单原子猝灭气体的为高。

曲线的 BC 点所对应的电压差($v_2 - v_1$)为坪的长度。坪的长度除与以上所列举的因素有关外,如

果管内猝灭气体用量适当,则它能有最佳值,过多或过少的量都会有不利的影响。此外,高温时的坪会比低温时的长一些。再者,线路的负载电阻 R 愈大,坪也会愈长;但若考虑到死时间不能太长,则 R 不能用得太大。一般对于一个合用的计数管,坪的长度应不少于 150 伏(指有机管)或 50 伏(指卤素管)。

坪的坡度是指在坪的范围内,电压每升高一伏时计数率增加的百分数。它的成因主要是因为随着电压的升高,多次(假性)计数增加和计数管灵敏体积增大(末端效应)。前者与管中负离子的性质与数量以及管的真空度(高时坪坡小)有关。而后者主要与管的几何形状有关。有时为了减小由灵敏体积增大而引起的坡度增大,可在计数管下窗下放一带小孔的隔片(准直片),使通过小孔而进入计数管的粒子都能落到在计数管不变的灵敏区域内。此外,影响坪坡度的另一重要原因是:当电压增高时,所有脉冲的高度也普遍增高,使得原来不能触发记录装置(定标器)的较小的脉冲(如在计数管恢复时间内进入计数管的粒子所引起的脉冲),此时都被放大而被记录下来。一个合用的计数管,其坡度应在 0.01%—0.1% 每伏范围内。

随着计数管使用时间的增长,猝灭物质不断损耗,计数管的特性会不断改变,出现所谓衰老的象征:阈电压增高,坪长减短,坪坡

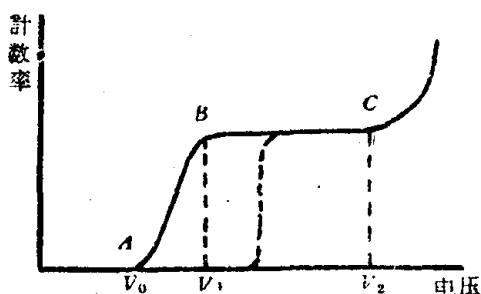


图 2.1 G-M 计数管的坪曲线

当电压升至 V_0 时,计数管开始有脉冲输出;电压在 V_1 和 V_2 间时,计数率基本上保持不变;电压高于 V_2 后,计数增加很快,进入连续放电区

增加,且在越来越低的电压下出現多次放电等。亦即坪从两端縮短了。計数一定次数后,計数管寿命即告終結,而不再能使用了。

計数管的工作电压大約选定在接近坪的起端三分之一和二分之一坪長間的地方。由于計数管的特性会随使用時間的增长(年齡)而不断改变,因此有必要定期检查和重新調整其工作电压。

对于沒有使用过的計数管,其坪曲綫的測定必須进行两次,两次之間的時間間隔为 8—10 小时。假如工作特性很好地相符,則研究計数管的“陈旧”問題就是多余的。反之,如果两次不相符合的話,就需要进一步研究它是否还可以使用。

其它(特殊)問題

1. 有关計数管的使用和保护問題 在計数管的保护方面,最重要的是应避免連續放电,因为气体放电时猝灭物質的分解会导致管中猝灭物質的損耗。一次連續放电就有可能使猝灭物質耗尽,使管子就此報銷。所以,使用时在升高加在計数管上的电压时,应特別注意打开定标器的“計数”开关,如發現計数率有突然升高的趨勢,应立即減小电压,停止測量。切忌把电压加高到坪長以外的範圍內去。基于同样的理由,在实际工作中,当測坪曲綫时,常常只須測至够用的一段,而不將整个坪測完。在保护計数管方面,別的注意事项还有防止大的震动和避免不必要的計数(因計数管的寿命有限),在不工作时最好不要用放射源照射等。

由于很多計数管在工作时常常因为光电效应而使本底計数增加,故使用时,应把計数管放在黑暗的鉛室內或用黑紙罩起来。

最后应特別注意計数管两端的高压对人有危險。并应注意不要使它們短路。

2. 选择計数管工作电压的簡單方法 对一般合用的 G-M 計数管而言,选定工作电压的較簡單(但不够精确)的方法是在找到閾电压后,对卤素管升高 40—50 伏,对有机管升高 80—100 伏,即可得工作电压。

3. 定标器的灵敏度問題 如果定标器的灵敏度不够高,則坪曲綫可能出現如图 1 虛綫所示的情况,它的缺点是明显的,因为此

时坪很短,而計数管必須給出較大的脉冲(放电)才能引起計数,从而管内猝灭物质損耗量增加,縮短了計数管的寿命。所以在使用时,要应用灵敏度足够高的定标器或增加一个前級放大器。

4. 計数率穩定問題和定标器的“預熱”引起計数率不够穩定的原因很多,除外来的放射性干扰和电磁干扰等外,高压的不夠穩定也是一重要原因。如果不穩定是由于外电源的波动,則可增用一台稳压器;但更应注意,在定标器漸漸热起来的过程中,高压亦是可能改变的,因此,原則上在仪器开动后的最初 30 分鐘內,都不能給出准确的結果。所以,对于長時間的間断性的測量,最好让整个綫路繼續开动着,但为了不影响計数管的寿命,必須将高压降至計数管閾电压以下,或拔去計数管高压輸入插头。

仪器 G-M 計数管、定标器、放射源(长寿的)、鉛房、有机玻璃架、停表。

实验步骤与数据处理

1. 弄清計数管之两极,用导綫将計数管阳极接到定标器之輸入插头上,阴极接地(与定标器应有公共的地)。

2. 領取一放射源,放在計数管支架的托板上,使源离計数管为 2—3 厘米。源的強度最好为 5000 次/分左右。

3. 打开定标器“电源”开关,让仪器預热 3—5 分鐘。

4. 按实验 1 的步骤檢驗定标器是否完好。

5. 关“檢驗开关”。順次打开“計数”和“高压”开关。緩慢轉动高压細調旋鈕,使电压逐漸增高,寻找計数管之閾电压。

6. 找到計数管閾电压后,电压每升高 10 伏,測量一次計数,每次測量時間为 2 分鐘(这样,准确度約为 1%),直到坪长測完为止。然后再測一次閾电压。

7. 測量完毕后,将“高压”旋鈕調至最低,然后依次关上“高压”和“电源”开关。

8. 将实验数据列入后面的表中。

9. 用方格坐标紙画出該計数管之坪曲綫。确定其閾电压值和坪的长度、坪的坡度,然后选定其工作电压。

年 月 日

定标器型号:

进位系数 $K =$

加在計数管上之电压 (伏)	測量時間 t (分)	机械計数 讀 数 $A = A_1 - A_2$	发亮的 氖灯数 B	在測量時間(t 分) 內的脉 冲 数 $N = KA + B$	每分脉冲計数 $I = \frac{N}{t}$

問 題 討 論

1. 当发现計数管連續放电时 (即計数有突然增加的趨勢时), 为什么要立即降低电压? 仅关上定标器之“計数”开关是否可以? 为什么?

2. 計数管的工作电压为什么要选在大約接近坪的起端三分之一和二分之一坪长之間的地方?

参 考 文 献

- [1] 中国科学院原子能研究所編, 放射性同位素应用知識, 科学出版社, 1959, 第五章.
- [2] Bleuler and Goldsmith, Experimental Nucleonics, exp. 1
- [3] Korff, Electron and Nuclear Counter.

实验 3 计数管的“死时间”的校正

目的

1. 测定计数管的“死时间”。
2. 学会用“死时间”校正实验结果。

原理 利用盖革计数管测定放射源的强度时，必须考虑到计数管实际记录的粒子数目和真正进入计数管的粒子数目之间的关系，即考虑到影响计数准确性的因素，以便对实验结果进行校正。

计数装置记录的粒子数为它的分辨本领所限制，而计数装置的分辨本领又决定于计数管、阴极跟随器和定标器的失效时间（死时间）。当我们采用进位系数为 64 的装置进行工作时，则整个计数装置的“分辨时间”主要由计数管的死时间决定，这是因为前者较后二者之失效时间为长；且对于后二者而言，脉冲输入的速率较慢，它们间的间隔都已大于或等于计数管的死时间了。换句话说，计数管好象起了一个“筛子”的作用。

计数管在每次电离放电后，由于正离子和负离子（实际是电子）向两极迁移的速率不相等，当电子已被阳极中和时，正离子尚未到达阴极，而形成了所谓正离子鞘。正离子鞘的存在，减弱了计数管内的电场强度，此时若有粒子进入计数管，亦不致于引起“雪崩”放电（即该粒子不能被计数管记录下来）。正离子鞘在阳极附近，计数管还不能计数的一段时间即称为计数管的“死时间”，用符号 τ_D 表示。用示波器触发扫描装置可以观察到，在经过时间 τ_D 后管内电场已恢复到能开始给出一个小的脉冲（如图 3.1 所示）；而经过时间 $\tau_D + \tau_R$ 后，计数管就能给出与初始放电一样大小的脉冲，时间 τ_R 称为恢复时间。如果在时间 τ 后出现的脉冲能被定标器记录下来，则时间 τ 称为计数装置的分辨时间。对于灵敏度足够高的定标器， $\tau \simeq \tau_D$ ，所以，常常也用计数管的“死时间”近似地作

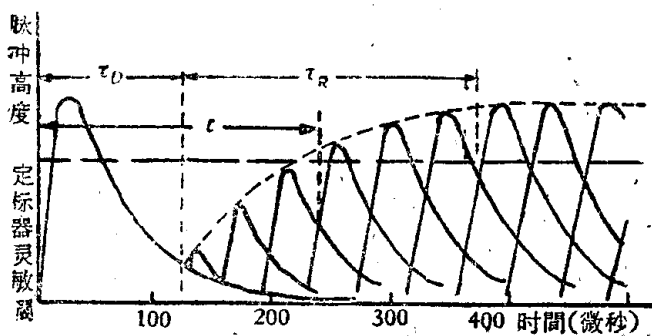


图 3.1 示波器屏上观察到的“死时间”

为计数装置的分辨时间。

死时间(更确切地说应为分辨时间)的存在,使我们有必要对测得的结果进行漏计数的校正,假设 m 为单位时间内计数装置实际测得的平均粒子数, n 为单位时间内真正进入计数管的平均粒子数, τ 为计数装置的分辨时间(有时也叫死时间)。单位时间内计数装置漏记的粒子数为

$$n - m = \frac{m\tau}{1/n} = nm\tau,$$

这样

$$m = \frac{n}{1 + n\tau}, \quad n = \frac{m}{1 - m\tau}. \quad (3.1)$$

通过上式,在知道分辨时间 τ 后,即可算得真正进入计数管的粒子数。且由上式可以看出,随着试样放射性强度的增加,不能被记录

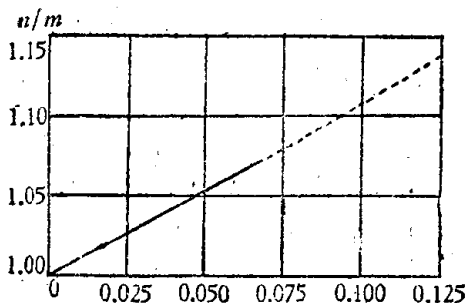


图 3.2 “死时间”的校正与计数率的关系曲线

下来的粒子数也增多。因此,在测量强放射性试样时,对于“死时间”所引起的漏计数的校正显得更为重要。各种计数率情况下“死时间”的校正可见图 3.2。

测量“死时间”的方法很多。前面提到的将计数管出来的脉冲输入示波器触发扫描装置(扫描时间为 500—1000 微秒)而直接观测的方法是其一种。此外,常用的方法还有双源法。