

# کنتور گایگر مولر و تعیین زمان مرده آن

ساتاز حقگو  
حسین علیصفایی  
معصومه مشکل گشا  
محمد نوری

دانشگاه صنعتی امیرکبیر



## مقدمه

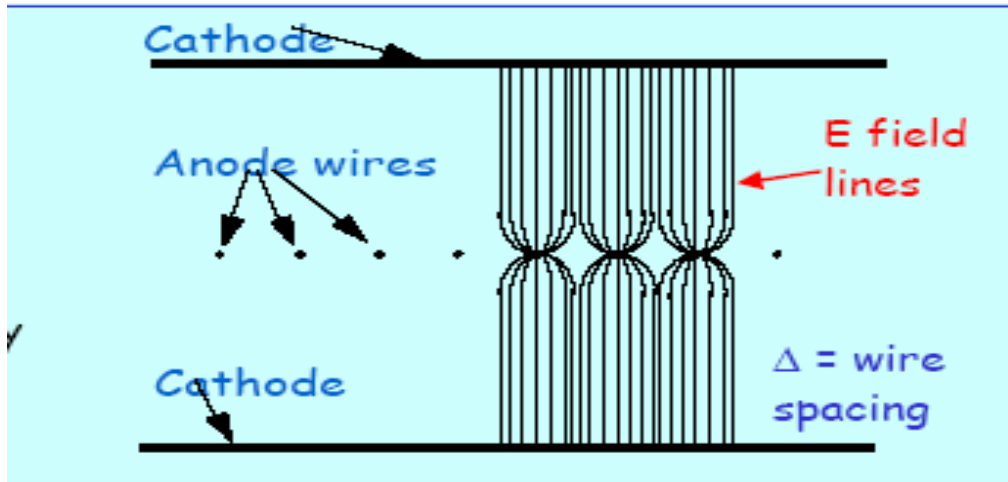
اشکارسازی تابش های هسته ای بدین جهت امکان پذیر است که در نتیجه ی تاثیر متقابل آنها با مواد فوتون ها زوج های الکترون-یون و یا زوج های الکترون وحفره بوجود می آید.

آشکار سازهای گازی (اتاقک های یونیزاسیون ، کنتور های تناسبی و کنتور های گایگر مولر) اتاقک های حباب و کنتور های جرقه ای بر اساس اینکه اشعه در نتیجه ی تاثیر متقابل با مواد یون ها را بوجود می آورد ، کار می کنند. ساختمان یک شمارنده گایگر مولر به این صورت است که الکتروستوانه خارجی را از فلز یا شیشه ای که روی آن لایه نازکی از یک هادی پوشانیده شده است انتخاب می کنند الکتروستوانه مرکزی یا آند معمولاً از تنگستن یا استیل انتخاب می شود و یک پنجره ی نازک از جنس میکا به منظور عبور پرتوهای با برد کم در قسمت جلوی دتکتور تعبیه می شود . داخل استوانه را با مخلوطی از گازهای شریف (نادر) یا هالوژن ها یا سایر گازهای آلی پر می کنند.

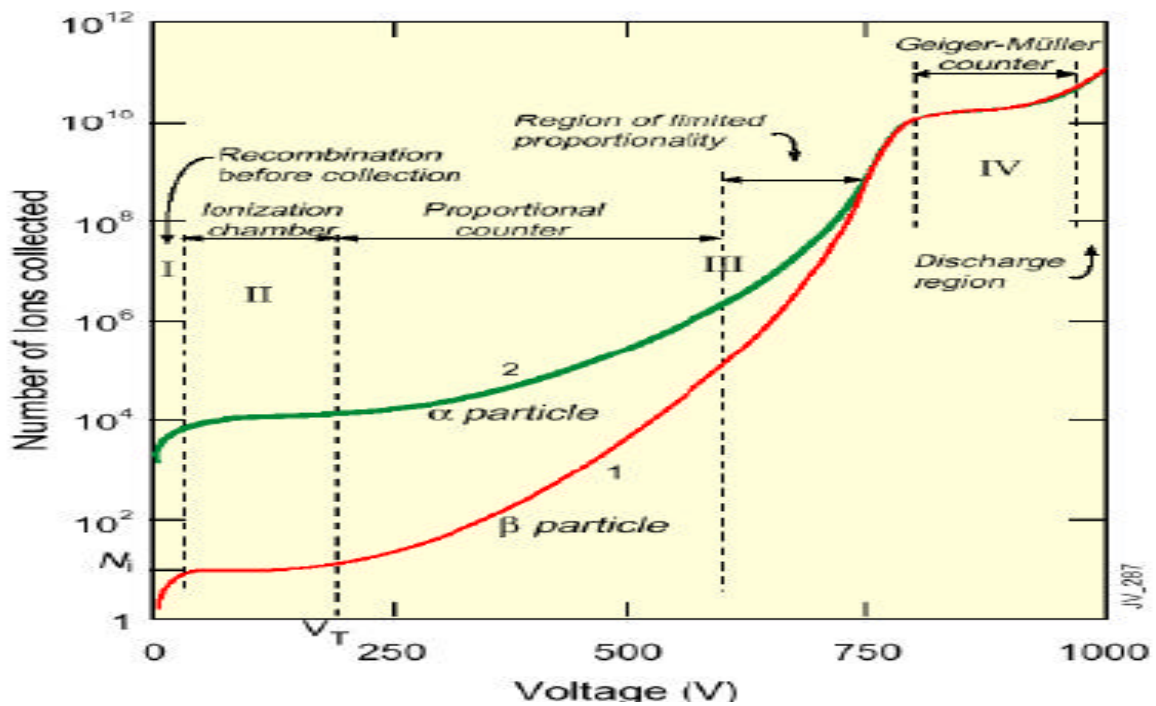
برای آگاهی از طرز کار یک شمارنده باید رفتار یون های ایجاد شده در شمارنده بوسیله ی اشعه را درک کنیم. اشعه تابشی برای ایجاد یک جفت الکترون و یون مثبت به طور متوسط ۳۰ الکترون ولت انرژی مصرف می نماید .

از آنجایی که الکترون ها و یون ها ذرات باردار هستند رفتار آنها تابع میدان الکتریکی در داخل شمارنده خواهد بود . اگر میدانی وجود داشته باشد یونها مجدداً با هم ترکیب خواهند شد هر چه ولتاژ بکار رفته بیشتر باشد تعداد بیشتری از یون ها و الکترون ها بوسیله الکتروستوانه جمع آوری می شوند .

الکترون ها معمولاً بوسیله الکتروستوانه میانی که معمولاً مثبت است جمع آوری میشوند و یون های مثبت بوسیله الکتروستوانه خارجی جمع آوری می شوند .



منحنی تغییر تعداد یون های جمع آوری شده بوسیله الکتروود بر حسب ولتاژ بکار برده شده در شکل (۱) نشان داده شده است.



در ناحیه اول این منحنی که **ناحیه ترکیب مجدد** نام دارد ولتاژ بین دو الکتروود برای جمع کردن یون ها کافی نمی باشد و ممکن است یون ها و الکترون ها مجددا با هم ترکیب شوند.

در ناحیه دوم که **ناحیه یونیزاسیون** نام دارد میدان الکتریکی به اندازه ای است که تمام یون ها رابه طرف الکتروود ها جاری کند. شمارنده ای که در این ناحیه کار کند **شمارنده یونیزاسیون** نام دارد .

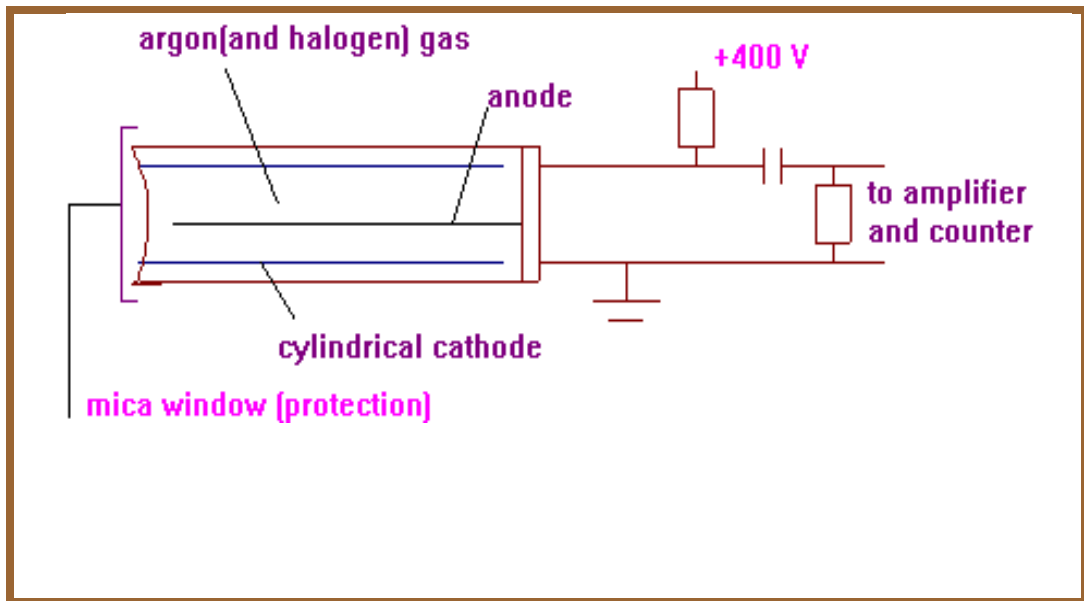
یون ها با سرعت متوسطی به نام سرعت جابجائی به طرف الکتروودها حرکت می کنند واین سرعت تابع میدان الکتریکی بکار برده شده فشار گاز جرم یون ها واندازه هندسی شمارنده است.

درطول حرکت الکترون ها با یون ها وسایر اتم های داخل شمارنده برخورد می نمایند .با افزایش میدان الکتریکی یک یون می تواند در یک متوسط طول آزاد انرژی کافی بدست آورد تا اتمی را که با آن برخورد می کند یونیزه کند ودر این حالت تکثیر یون ها صورت می گیرد.مقدار پتانسیل الکتریکی که با آن تکثیر شروع می شود نشان دهنده انتهای ناحیه یونیزاسیون است .تعداد یونها را بعد از تکثیر می توان به صورت حاصل ضرب یک ضریب ثابت که ضریب تکثیر نام دارد در تعداد یونها نوشت در ناحیه تناسبی ضریب تکثیر تغییر می کند. حد بالائی ضریب تکثیر تابع یون های اولیه است و در بین این دو حد این ضریب مستقل از تعداد یون های اولیه است وبا افزایش ولتاژ افزایش می یابد به عبارت دیگر در این ناحیه تعداد کل یون های جمع اوری شده متناسب با شماره یون های اولیه یعنی متناسب با انرژی ای که اشعه در شمارنده مصرف نموده است می باشد .

وقتی که ولتاژ بیشتر افزایش می یابد (ناحیه ۴) ضریب تکثیر افزایش می یابد ولی در این حالت تابع تعداد یون ها است وافزایش آن برای اشعه ای که تعداد یون های اولیه بیشتری ایجاد می کند سرعت کمتری خواهد داشت .این **ناحیه ناحیه تناسبی محدود شد** ه نام دارد ودر این ناحیه تناسبی بین تعداد یون ها و انرژی اشعه وجود ندارد و بنابراین تناسب مستقیمی بین یونها جمع اوری شده و یون های اولیه وجود ندارد .وتعداد یون های جمع اوری شده به طریق خیلی پیچیده ای تابع یون های اولیه می باشد .

وقتی ولتاژ خارج از این ناحیه افزایش می یابد شماره یون های جمع اوری شده مستقل از تعداد یون های اولیه می شود این ناحیه به **ناحیه گایگر** موسوم است .**آشکار ساز گایگرمولر** در این ناحیه کار می کند .

نمونه ای از آن در شکل زیر آمده است :



چون در این نوع آشکارساز بر خلاف شمارنده های تناسبی علامت آشکار شده در آشکار ساز مستقل از نوع و انرژی ذره است فقط اطلاعاتی پیرامون تعداد ذرات می توان گرفت و در مورد نوع ذره و انرژی آن نمی توان اطلاعاتی بدست آورد به همین جهت با کنتور گایگر مولر نمیتوان می توان اسپکتروسکوپی کرد.

جگونگی کار شمارنده گایگر مولر پیچیده تر از شمارنده تناسبی است و هنگامی که الکترون ها در اطراف میدان قوی اطراف سیم شتاب می گیرند علاوه بر ایجاد بهمن الکترونی جدید بر انگیزش قابل ملاحظه ای از اتم ها و مولکول های گازی را نیز باعث می شوند، این اتم ها و حالت های برانگیخته به هنگام بر گشتن به تراز اولیه ، تولید فوتون می کنند و این فوتون ها به نوبه خود در سایر بخش های شمارنده ایجاد فوتو الکترون می نمایند به این ترتیب بهمن الکترونی که در آغاز فقط نزدیک سیم وجود داشت به سرعت در بخش بزرگی از حجم شمارنده گسترش می یابد. در خلال این زمان الکترون ها دائما در آند جمع آوری می شوند، در حالیکه یون های مثبت که خیلی کندتر حرکت می کنند، هنوز در شمارنده بوده و پوششی مثبت دور آند ایجاد می نمایند. وقتی الکترون ها جمع آوری شدند این پوشش مثبت، که به صورت یک حفاظ الکتروستاتیکی عمل می کند، میدان را آن قدر کاهش می دهد که تخلیه الکتریکی متوقف باید شود با این همه چنین امری رخ نمی دهد زیرا یون های مثبت وقتی در پایان به کاتد برخورد کردند از آن الکترون گسیل می کنند و چون تا آن هنگام میدان به مقدار اولیه خود باز گشته است ، یک

بهمن تازه شروع می شود و فرایند تکرار می شود . برای متوقف کردن دائمی یا فرو نشان دادن تخلیه الکتریکی دو روش وجود دارد که یکی از این روش ها **خود فرو نشانی** است که با افزودن مقدار کمی از یک یا چند **گاز آلی** یا چند اتمی یا یک **گاز هالوژن** به گاز اصلی صورت می گیرد . مولکولهای گاز آلی وقتی یونیده می شوند ، انرژی خود را به جای ایجاد فرایندهای فوتو الکتریکی بر اثر تجزیه از دست می دهند و به این ترتیب تعداد فوتو الکترون ها که می توانستند موجب گسترش و تداوم بهمن شوند شدیداً کاهش می یابد .

مولکول های گاز آلی ، وقتی یونیده می شوند انرژی خود را به جای ایجاد فرایندهای فوتو الکتریک در اثر تجزیه از دست می دهند . به این ترتیب ، تعداد فوتو الکترون ها که می توانستند موجب گسترش و تداوم بهمن شوند شدیداً کاهش می یابد ، علاوه بر آن وقتی یون های آلی به سطح کاتد برخورد می نمایند به جای این که الکترون های تازه ای آزاد کنند تجزیه می شوند . شمارنده های گایگر مولر با یک گاز آلی به عنوان عامل فرونشانی به غلت تجزیه مولکول های آلی دارای یک طول عمر متناهی هستند و استفاده از گاز هالون به عنوان عامل فرو نشانی سبب افزایش طول عمر شمارنده می شود .

در ولتاژ بالاتر از این ناحیه گایگر تخلیه الکتریکی رخ می دهد و شمارنده از کار می افتد . این ناحیه **ناحیه تخلیه الکتریکی** نام دارد .

بعلت ضعیف بودن میدان الکتریکی در طول زمان مرده پالسی بوجود نمی آید . این زمان برای اکثر شمارنده های گایگر حدود ۱۰۰ تا ۵۰۰ میکرو ثانیه است و به **زمان مرگ** آشکار ساز معروف است .

رابطه بین شمارش واقعی و شمارش حاصله توسط شمارنده به صورت رابطه زیر است: **R**

$$R=R_0 / (1-R_0T)$$

شارش توسط شمارنده است  $R_0$  شمارش واقعی و  $R$  زمان مرده و  $T_R$  که

روش بدست آوردن رابطه بالا به صورت زیر است که بعلت زمان مرده شمارنده این امکان وجود دارد که بعضی از ذرات ثبت نشوند چون شمارنده برای آنها تپ ایجاد نخواهد کرد و مسلم اشمارش مشاهده شده را باید برای از دست دادن شمارش های ناشی از زمان مرده تصحیح کرد .

## شرح آزمایش :

### الف- تعیین ناحیه کار و رسم منحنی :

چشمه مناسب گاما را مقابل آشکارساز قرارداده و میزان ولتاژ منبع تغذیه رادر هر مرحله ۲۰ ولت افزایش داده و شمارش مربوط به هر مرحله را قرانت می کنیم و منحنی تغییرات را بر حسب ولتاژ رسم می کنیم .

ناحیه ای را که در آن میزان شمارش تقریبا ثابت است **ناحیه کار دتکتور** می نامیم که شیب آن در حدود ۲ الی ۳ در صد است و از رابطه زیر بدست می آید :

$$S = \frac{1060 - 1042}{1042} \times \frac{100}{40} = 0.04$$

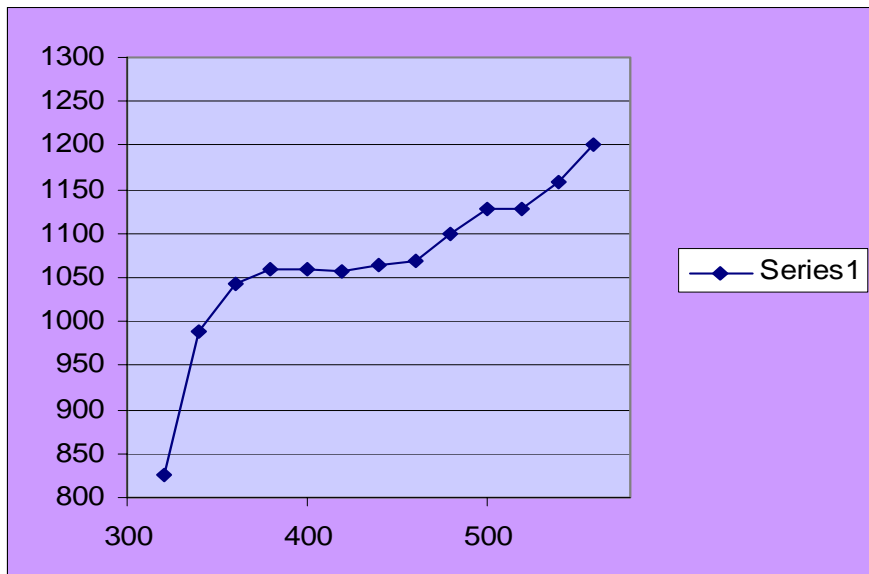
نتایج آزمایش به شرح زیر است :

ولتاژ V	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500	520	540	560
R	827	988	1042	1059	1060	1056	1065	1069	1100	1128	1129	1058	1200

با توجه به اعداد بدست آمده ولتاژ مناسب ناحیه کار را ۳۸۰ ولت انتخاب می کنیم و برای این ولتاژ شیب بصورت زیر بدست می آید:

$$S = \frac{1060 - 1042}{1042} \times \frac{100}{40} = 0.04$$

نمودار زیر نمودار شمارش بر حسب ولتاژ است :



### ب: تعیین DEAD THME

دو چشمه گاما را تهیه کرده و ابتدا چشمه ۱ را مقابل آشکارساز قرار می‌دهیم و شمارش حاصله را قرائت می‌کنیم و سپس چشمه ۲ را کنار اولی قرار داده و شمارش را در این حالت قرائت می‌کنیم و سپس ۱ چشمه را برمی‌داریم و در این حالت نیز شمارش را قرائت می‌کنیم و شمارش زمینه را نیز یادداشت می‌کنیم و از رابطه زیر زمان مرگ را حساب می‌کنیم:

$$T_R = \frac{R_2 + R_1 - R_{12} - R_B}{R_{21}^2 - R_1^2 - R_2^2} = \frac{26.45 + 6.61 - 28.33 - 0.41}{28.37^2 - 26.45^2 - 6.61^2} = 10000 \mu s$$

S	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>12</sub>	S <sub>B</sub>
R	26.45	6.61	28.33	0.41

