

Sm 142 72 m K β^- 1,03	Sm 145 340 d K 0,66 kein β^- γ 0,06, ... e ⁻	Sm 146 5·10 ⁷ a α 2,55	Sm 147 14,97 1,2·10 ¹¹ a α 2,23 α 87	Sm 148 11,24	Sm 149 13,83 α 4000	Sm 150 7,44	Sm 151 ~ 93 a β^- 0,076 γ 0,02 α 12400	Sm 152 26,72 α 140	Sm 153 47 h β^- 0,70; 0,64; 0,80; γ 0,10; 0,07, ...	Sm 154 22,7		
Pm 141 ~ 20 m β^- ~ 2,6 γ	Pm 142 34 s β^- 3,78; ... γ	Pm 143 265 d K γ 0,74	Pm 144 ~ 400 d K kein β^- γ 0,62; 0,70; 0,48, ...	Pm 145 18 a K 0,14 γ 0,072; 0,067	Pm 146 710 d K β^- 0,78 γ 0,75; 0,45	Pm 147 2,65 a β^- 0,73 γ ~ 60	Pm 148 42 d 5,3 d β^- 0,73 γ 0,55 0,43; 0,73 γ 0,55; 0,11	Pm 149 53 h β^- 1,05; 0,78; ... γ 0,29, ...	Pm 150 2,7 h β^- 2,3; 3,16; ... γ 0,33, ...	Pm 151 28,4 h β^- 1,1 γ 0,34; 0,17, ...	Pm 152 6 m β^- 2,2 γ 0,12; 0,24; ~ 1	
Nd 140 3,3 d K γ 0,11-0,5	Nd 141 64 s 2,5 h K β^- 0,78 γ 0,04; 0,42; 1,14, ...	Nd 142 27,11 α 18	Nd 143 12,17 α 240	Nd 144 23,85 2,4·10 ¹⁵ a α 1,83 α 50	Nd 145 8,30 α 60	Nd 146 17,22 α 1,8	Nd 147 11,1 d β^- 0,81; 0,37; ... γ 0,09; 0,53; ... e ⁻	Nd 148 5,73 α 3,7	Nd 149 1,8 h β^- 1,1; 1,5; 0,95 γ 0,03; 0,65	Nd 150 5,62 α 1,5	Nd 151 12 m β^- 2,06; 1,19; 1,82; 1,65 γ 0,09-2,17	
Pr 139 4,5 h K β^- 1,0 γ 1,3; 1,6, ...	Pr 140 3,4 m K β^- 2,37; ... γ 1,60; 0,90, ...	Pr 141 100 α 10,8	Pr 142 19,1 h β^- 2,15; 0,58 γ 1,57 α 18	Pr 143 13,7 d β^- 0,93 kein γ α 89	Pr 144 17,3 m β^- 2,98; 2,29; ... γ 0,69, ...	Pr 145 5,9 h β^- 1,80 γ 0,07-1,15	Pr 146 25 m β^- 3,7; 2,3 γ 0,46; 1,49; 0,75	Pr 147 12 m β^- 0,32; 1,7	Pr 148 2 m β^- 0,30			
Ce 138 9,2 ms 0,250 Jy 0,30 0,80 1,04	Ce 139 60 s 140 d Jy 0,75 K 0,10 kein β^- γ 0,17	Ce 140 88,48 α 0,31	Ce 141 32,5 d β^- 0,44; 0,58 γ 0,15	Ce 142 11,07 α 0,94	Ce 143 33,4 h β^- 1,09; 1,38; 0,50; γ 0,06; 0,29; 0,67, ... α 6,0	Ce 144 284 d β^- 0,32; 0,19; 0,24 γ 0,13; 0,08, ...	Ce 145 3,0 m β^- 2,0, ...	Ce 146 14 m β^- 0,70 γ 0,32; 0,22; 0,14, ...	Ce 147 1,2 m β^-	Ce 148 0,7 m β^-		
La 137 6·10 ⁴ a K kein γ	La 138 0,089 1,1·10 ¹¹ a K β^- 0,21 γ 1,43; 0,81	La 139 99,911 α 8,2	La 140 40,2 h β^- 1,38; 1,10; 0,83 γ 1,60; 0,49; 0,37; 0,82, ...	La 141 3,9 h β^- 2,43; 0,91 γ 1,37	La 142 92 m β^- ~ 4,0; ... γ 0,63; 2,40; 0,90; 2,08, ...	La 143 14,0 m β^- 3,30; ... γ 0,63; 1,17; 0,80; 1,98, ...	La 144 kurzt β^-	07.65.02				
Ba 136 7,81 α 0,016 + ?	Ba 137 2,6 m 11,32 Jy 0,66 α 5,1	Ba 138 71,66 α 0,5	Ba 139 85 m β^- 2,30; 2,14; 1,40; γ 0,17; 0,78; ... α 4	Ba 140 12,8 d β^- 1,01; 0,48; 0,6; 0,9 γ 0,54; 0,03; 0,44; 0,16, ...	Ba 141 18 m β^- 2,8; γ 0,19; 0,29; 0,46, ...	Ba 142 11 m β^- ~ 4 γ 0,26; 0,89; 1,20, ...	Ba 143 13 s β^-	Ba 144 kurzt β^-				
Cs 135 2,0·10 ⁶ a β^- 0,21 kein γ	Cs 136 13 d β^- 0,34; 0,66 γ 0,83; 1,07; 0,34, ...	Cs 137 30 a β^- 0,51; 1,18 α ~ 2	Cs 138 32 m β^- 3,40; ... γ 1,43; 1,01; 0,46; 2,21, ...	Cs 139 9,5 m β^- 4,3; ... γ	Cs 140 66 s β^- ~ 0,59	Cs 141 kurzt β^-	Cs 142 ~ 1 m β^-	Cs 143 kurzt β^-	Cs 144 kurzt β^-			
Xe 134 10,44 α ~ 0,2	Xe 135 15,7 m 9,2 h Jy 0,53 β^- 0,91 γ 0,25, ... α 2,7·10 ⁵	Xe 136 8,87 α 0,15	Xe 137 3,9 m β^- 3,5 γ 0,27; 0,45	Xe 138 17 m β^- 2,4 γ 0,42; 0,51; 1,78; 2,0	Xe 139 41 s β^- ~ 0,90-0,52	Xe 140 16 s β^-	Xe 141 1,7 s β^-	Xe 142 ~ 1,5 s β^-	Xe 143 1 s β^-	Xe 144 ~ 1 s β^-		
I 133 21 h β^- 1,23; 0,59 γ 0,53; 0,87, ...	I 134 53 m β^- 2,41; 1,25; 1,49 γ 0,85; 0,89; 0,61; 1,07, ...	I 135 6,7 h β^- 1,0; 0,47; 1,4 γ 1,14; 1,28; 1,72, ...	I 136 83 s β^- 4,2; 7,0; 5,6; 2,7 γ 1,32; 0,40; 0,27, ...	I 137 24 s β^- n	I 138 6 s β^- n	I 139 2,7 s β^- n						
Te 132 78 h β^- 0,22; ... γ 0,05; 0,23 e ⁻	Te 133 50 m ~ 2 m β^- 1,3; 2,4 γ 0,75; ... γ 0,43, ... Jy 0,33	Te 134 42 m β^- ~ 0,20; 0,26; 0,17, ...										
Sb 131 23 m β^-	Sb 132 2,1 m β^-	Sb 133 4,1 m β^-	Sb 134 0,8 m β^-									

C.N.E.A. Biblioteca
ARCHIVO PUBLICACIONES
Nº 1
AÑO 1965

07.65.02



Manual del

Curso de Metodología y

Aplicación de Radioisótopos

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

BUENOS AIRES — REPUBLICA ARGENTINA

2011-11-17 - Y

REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

CURSO DE METODOLOGIA Y APLICACION
DE RADIOISOTOPOS

DETERMINACION DE LA CARACTERISTICA DE UN CONTADOR
GEIGER-MULLER-TENSION DE TRABAJO

Josefina Rodriguez

DETERMINACION DE LA CARACTERISTICA DE UN CONTADOR GEIGER-MULLER—TENSION DE TRABAJO

INTRODUCCION

Las radiaciones nucleares se detectan y miden en general, utilizando la propiedad que poseen de ionizar los gases. Los iones producidos en el gas por la radiación son recogidos en dos electrodos de polaridad opuesta, y la variación de voltaje ó corriente eléctrica producida se miden en un circuito externo.

Supondremos una cámara de ionización esquematizada en la fig. 1, a la que aplicamos potenciales variables V .

Al ser atravesado el gas por una partícula alfa o beta se forman pares de iones, positivos y negativos. Con muy bajos potenciales algunos iones positivos se dirigirán al catodo y algunos negativos al anodo. En estas condiciones, muchos iones no tendrán suficiente velocidad para llegar a los electrodos y se recombinarán, la corriente de ionización obtenida es muy pequeña (fig. 2).

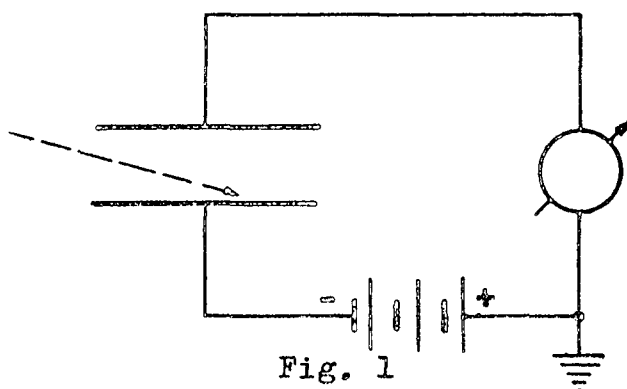


Fig. 1

Esquema de una Cámara de Ionización.

Si aumenta el potencial aplicado, cada vez llegarán más iones a los electrodos y menos se recombinarán, aumentando de esta forma la corriente de ionización. Llegará un momento, si se tiene una fuente constante de actividad y a un determinado voltaje, en que todos los iones formados lograrán llegar a los electrodos, y la corriente de ionización alcanzará un valor constante durante un cierto intervalo de voltaje, llamado corriente de saturación que da una medida directa de la velocidad de producción de iones en el volumen del gas.

Pasando el límite superior del intervalo de voltaje para la corriente de saturación, la corriente de ionización aumentará con el aumento del voltaje aplicado hasta que irrumpe en descargas continuas.

En lugar de medir la corriente de saturación, como sucede en las cámaras que miden corriente, se puede medir la caída temporaria de potencial que se produce a través de una resistencia, cada vez que alcanzan a los electrodos los iones producidos por una partícula radiactiva. Esa caída de voltaje dura microsegundos, de ahí que reciba también el nombre de impulso, ese impulso amplificado puede ser detectado por medio de equipos electrónicos. En este caso se habla de una cámara de impulsos.

La amplitud del impulso es proporcional al número de iones recogidos por los electrodos, y cuando la cámara trabaja con su potencial óptimo este número es el producido por la radiación.

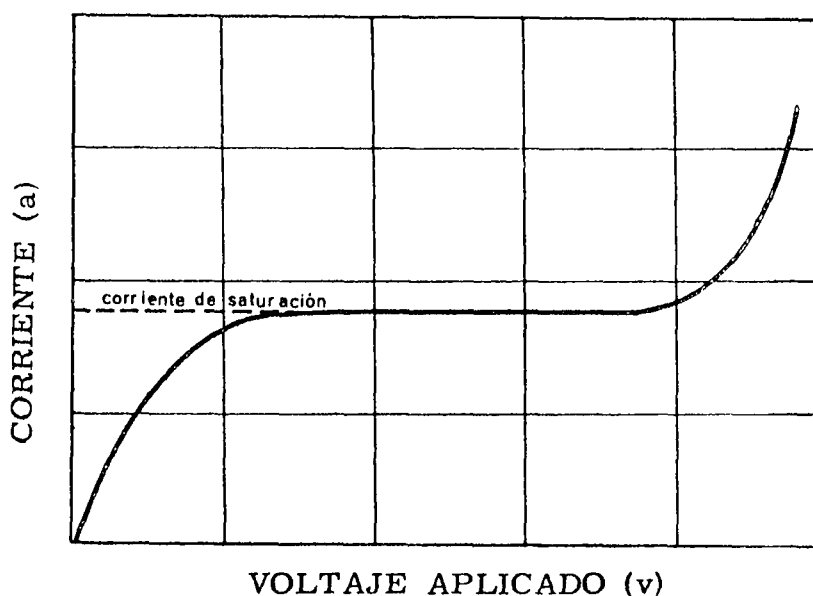


Fig.2 Corriente de Saturación.

El número de iones producidos depende de la ionización específica de la radiación. Se llama ionización específica de una radiación, al número de iones producidos por centímetro de trayectoria. Las partículas alfas tienen mayor ionización específica que las betas, y éstas mayor que las radiaciones gamma.

El número total de iones producidos por dos partículas de la misma clase, dependerá de la energía de las mismas, a mayor energía mayor número de iones.

Por lo tanto, en la cámara de impulsos no sólo se detectarán partículas radiactivas, sino que se diferenciará una partícula alfa de una partícula beta.

Supondremos que reemplazamos los dos electrodos planos por un electrodo cilíndrico y un electrodo en forma de hilo central.

En el caso de electrodos de planos paralelos, el gradiente de voltaje es el mismo en todo el espacio entre las placas excepto en los extremos, y está dado por la diferencia de potencial entre las placas dividido por la distancia entre las mismas.

En cambio, en el caso de dos electrodos en que el anodo es un hilo, y el catodo es un cilindro que lo envuelve, el gradiente de voltaje no es uniforme, aumenta muchísimo en el hilo y en su vecinudad. Ese condensador cilíndrico con el hilo central es la base del contador Geiger-Müller.

Esencialmente el contador es una cámara de ionización en la cual los electrodos son: un catodo cilíndrico y un hilo delgado, generalmente de tungsteno, en la parte central del cilindro que actúa como anodo. En el cilindro se ha hecho el vacío y se llena en algunos casos con una mezcla de argón y alcohol (contadores orgánicos) ó bien con argón y bromo (contadores de halógeno). La presión interior en algunos casos es de 10 cm de Hg y en otros la presión atmosférica. El catodo se pone a tierra y el anodo a un potencial más positivo.

Vamos a observar que sucede a medida que aplicamos potenciales más altos al tubo contador. A muy bajos potenciales la mayoría de los electrones se recombinan con los iones positivos, y una carga muy pequeña es recogida por los electrodos.

A) Región de la cámara de ionización.

Un potencial de pocos voltios aplicado al contador, es suficiente para evitar la recombinación de los iones. Los electrones son todos recogidos en el anodo, mientras que los iones positivos se mueven más lentamente hacia el catodo. Para bajos potenciales, el contador funciona como una cámara de ionización y todos los iones y electrones llegan a los electrodos.

En la fig. 3a, el número de pares de iones recogidos para cada partícula ionizante es indicado sobre una escala logarítmica en función del voltaje aplicado. Se puede ver que el número de iones recogidos es constante para potenciales comprendidos entre pocos voltios y 80 voltios. Las dos curvas representan las condiciones para una partícula alfa y una partícula beta, donde se puede observar que una partícula alfa dará lugar a un impulso de amplitud mayor que una partícula beta (fig. 3a).

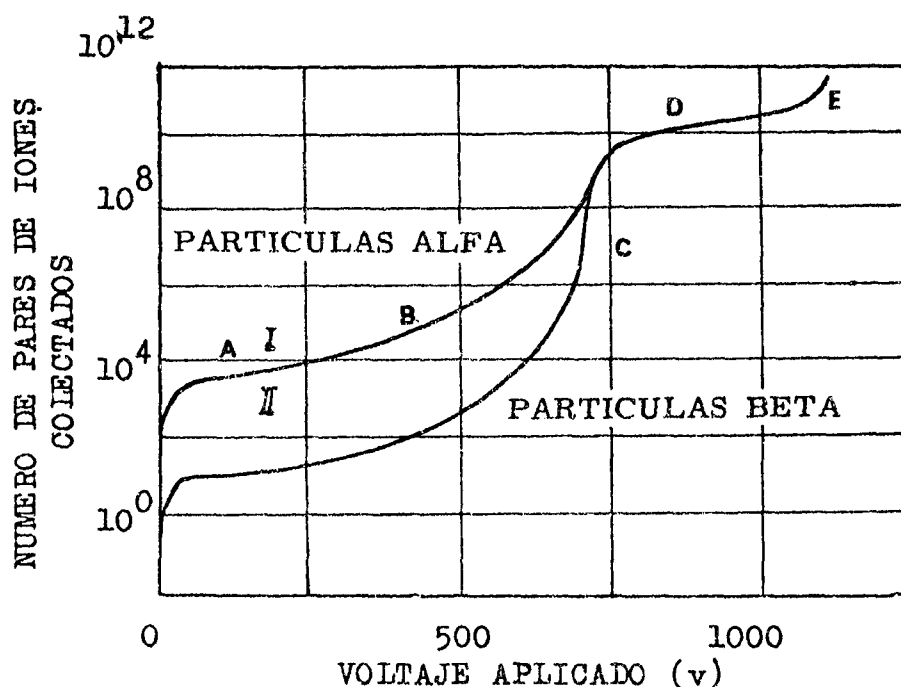


Fig.3a. Cargas Colectadas en un Contador Geiger.
 A- Región de la Cámara de Ionización, B- Región Proporcional, C- Región de Proporcionalidad Limitada, D- Región de Geiger-Müller, E- Descarga Continua

B) La región proporcional.

A potenciales del orden de 80 voltios algunos de los electrones que son acelerados por el campo entre los electrodos alcanzan suficiente energía cerca del hilo central para producir ionización de los átomos del gas con los que chocan, una colisión produce un nuevo electrón y un ión positivo. Ambos electrones son ahora acelerados hacia el hilo central, donde son eventualmente recogidos.

Cuando se aplican más altos potenciales, nuevos electrones son capaces de hacer colisiones ionizantes. Los electrones secundarios producidos en estas colisiones también alcanzan suficiente energía para producir nuevas ionizaciones, el efecto es acumulativo de manera que se produce una avalancha de electrones.

Para potenciales aplicados entre 80 y 600 ó 700 voltios el número de colisiones ionizantes en un contador dado, depende solamente del potencial aplicado. Hay así un factor de amplificación correspondiente a cada potencial aplicado, y el número de pares de iones recogidos en los electrodos es proporcional al número original formado por el pasaje de la partícula ionizante.

Esta proporcionalidad se observa en la fig. 3a. donde la distancia entre las curvas I y II, es constante en la región B. Los contadores que operan en esta región se llaman contadores proporcionales y se usan a menudo para distinguir diferentes partículas, ya que la amplitud del impulso es proporcional al número de pares de iones recogidos, siendo fácil distinguir entre partículas alfa y partículas beta por las amplitudes de los impulsos que ellos producen en el contador.

C) Región de la proporcionalidad limitada.

Las cargas totales de un gran número de electrones e iones positivos son suficientemente grandes para deformar el campo eléctrico dentro del contador.

El número de colisiones ionizantes que se produce a más altos potenciales está limitado por esta causa.

Para potenciales de 600 a 700 voltios el contador opera en una región de proporcionalidad limitada (zona C).

D) La región de Geiger-Müller.

En las proximidades de 1.000 voltios (cuando se trata de contadores orgánicos) el contador alcanza completa saturación.

Cada descarga ahora se distribuye uniformemente a lo largo de todo el hilo central. Un par de iones originales es suficiente para producir el número total de electrones e iones positivos.

El número finalmente recogido es independiente del número inicial de pares de iones formados por la partícula ionizante, siempre que haya al menos uno.

Se pierde la proporcionalidad entre la energía de la partícula y la altura del impulso. Todos los impulsos son del mismo tamaño. Esta zona se conoce como región de Geiger-Müller. Los contadores Geiger-Müller operan en esta región. (zona D).

E) Descarga continua.

La región de Geiger-Müller se limita a altos potenciales por la producción de más de una descarga por cada partícula, o por descarga continua en el contador.

Una de las razones que se dan para explicar la producción de más de una avalancha por partícula es la siguiente: al llegar un

ión positivo al catodo neutraliza su carga con un electrón, constituyendo un átomo en general excitado, que se libera del exceso de energía por emisión electromagnética. Los fotones liberados pueden incidir sobre el catodo liberando fotoelectrones, los que a su vez producirán una nueva avalancha y una posterior descarga.

La nueva avalancha produce más fotones y el proceso continúa en una serie de avalanchas en rápida sucesión. Se puede ver que la descarga se mantendrá por sí misma cuando el número de fotones producidos al final de una avalancha es justamente suficiente para producir un fotoelectrón del catodo.

Descargas continuas pueden producirse en algunos contadores antes que la región del Geiger-Müller sea alcanzada. Se trata de evitar este fenómeno, para lo cual se han propuesto algunas modificaciones, una de las que se usan más frecuentemente es la introducción de un vapor orgánico junto con el Argón. Una de las propiedades del vapor, es absorber los fotones emitidos antes que puedan alcanzar el catodo. En otros casos se utilizan alcoholes poliatómicos, pues los iones de Argón formados en el proceso de avalancha capturan electrones de las moléculas del alcohol con el cual chocan. Así solamente iones de alcohol llegan al catodo del contador, y cuando éstos son neutralizados, ellos emplean su exceso de energía en disociarse en pequeñas moléculas, en lugar de emitir fotones. Ya a muy altos potenciales, debido a la gran formación de iones positivos, se producen muchos fotones y como consecuencia irrumpe en descarga continua.

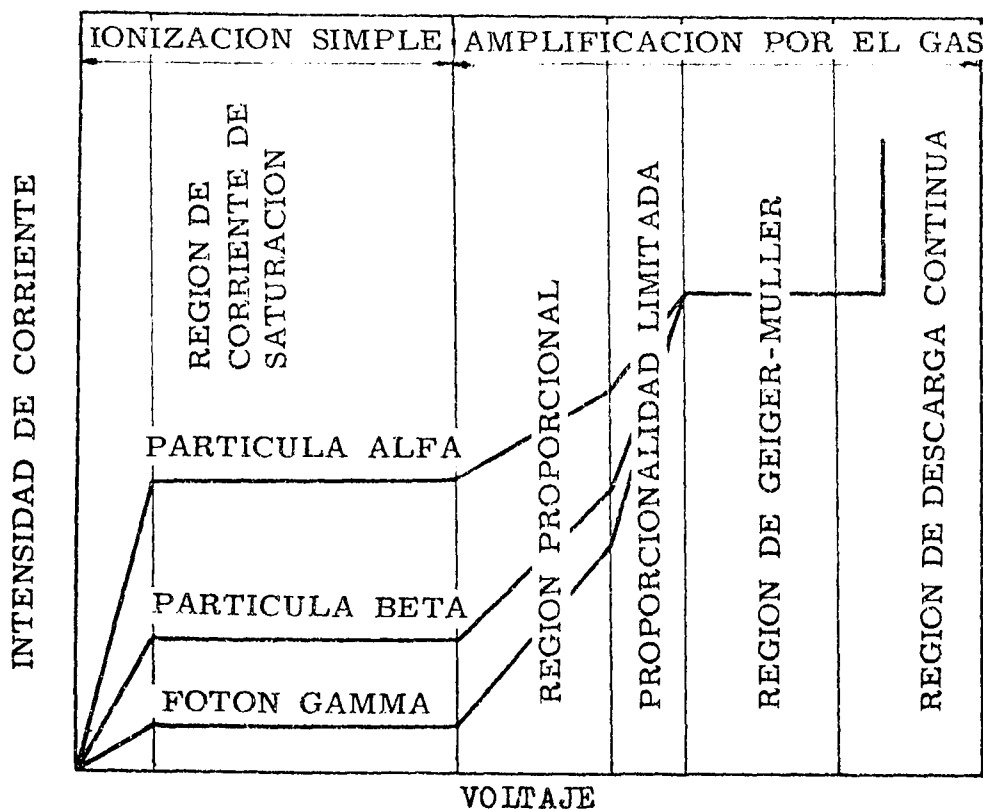


Fig.3b. Intensidad de Corriente versus Voltaje Aplicado.

CARACTERISTICA DEL TUBO

El contador Geiger-Müller tiene un voltaje óptimo de trabajo llamado "Tensión de trabajo" del contador.

Con el fin de determinarlo se realiza la característica del tubo contador. Para ello se somete al detector a una serie de tensiones crecientes, observándose el número de impulsos por unidad de tiempo (actividad) que se registrará en el equipo de medida con una fuente activa. Al comienzo, orden de cientos de voltios, los impulsos obtenidos no tienen la altura suficiente como para ser registrados.

Si se sigue aumentando la tensión llegará ésta a un valor en el cual el impulso de mayor amplitud logrará ser contado, a esta tensión se la llama "tensión de entrada".

Por aumento del voltaje aplicado, mayor número de impulsos lograrán ser observados, y por lo tanto se traducirá en mayor actividad. A partir de un determinado voltaje la actividad permanecerá prácticamente constante a pesar de que se continúe modificando la tensión, se habrá alcanzado la meseta o "plateau" de la curva. Si la tensión se aumenta mucho, la actividad observada crece rápidamente.

El "plateau" no es una recta paralela al eje de las abscisas, sino que tiene una cierta inclinación o pendiente y extensión que depende del tubo. De ahí que se defina un valor muy importante, que es la pendiente de un tubo contador. Definiremos la "pendiente de un tubo contador", como la variación de actividad registrada por 100 cuentas y por 100 voltios de variación de tensión.

Tanto la pendiente, como la extensión del plateau, califican a un detector Geiger-Müller. De ahí la importancia de estos dos valores. Tubos de buena calidad son los que presentan pendientes del 2-4% y longitudes de plateau de más de 100 voltios.

La pendiente se debe fundamentalmente a dos causas:

- 1.- Aumento del volumen sensitivo del contador con el potencial aplicado.
- 2.- Generación dentro del contador de descargas espúreas, las cuales no son iniciadas por el arribo de partículas.

Los tubos contadores con el tiempo envejecen y cambian su característica, el punto B, comienzo del plateau, se corre hacia las tensiones más altas, la extensión del "plateau" disminuye, y la inclinación aumenta (fig. 4).

PARTE EXPERIMENTAL

Determinación de la característica del tubo contador.

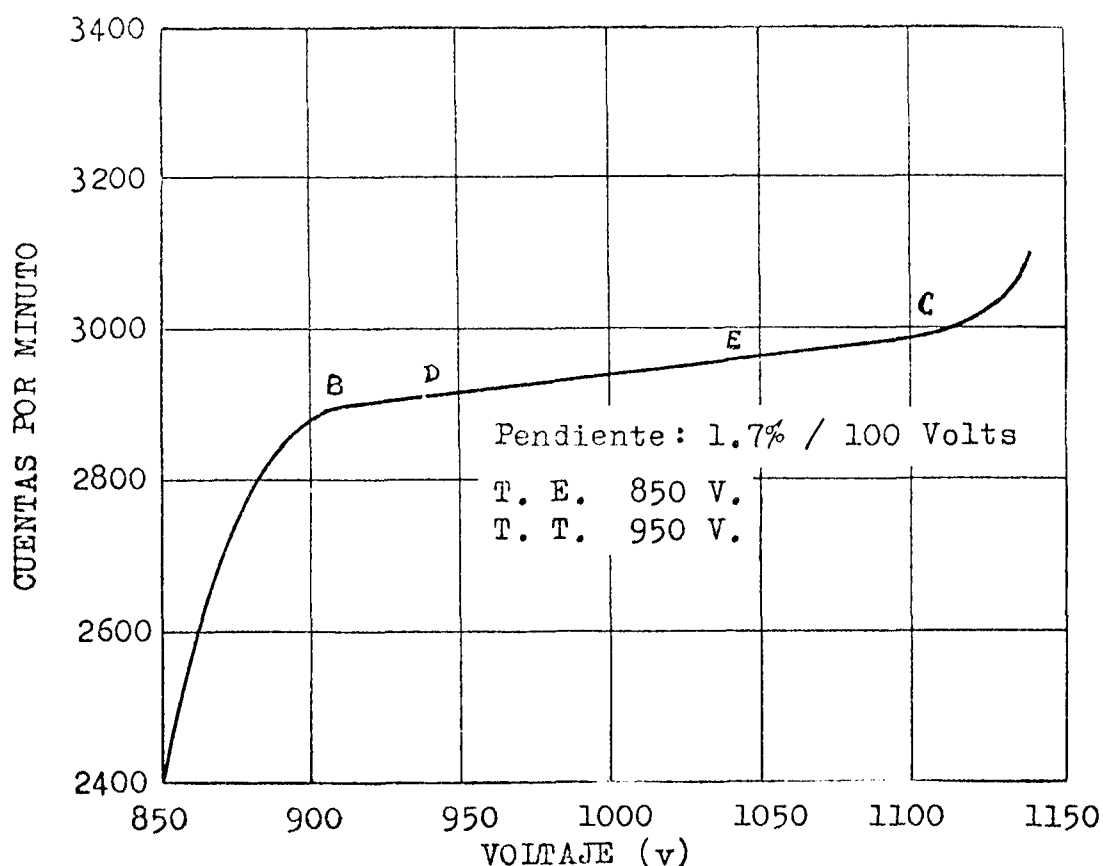
Material. Patrón de Uranio con una actividad relativa aproximada, a la tensión de trabajo y en las condiciones de trabajo usuales, de 3000 cuentas por minuto.

Se comienza por colocar la fuente activa, y teniendo el tubo conectado a la alta tensión, se comienza a aumentar el voltaje, anotándose la tensión a la cual el tubo comienza a contar, ésta es la "tensión de entrada". Se aumenta la tensión de entrada en 10 a 20 voltios, y se determina la actividad del preparado a esa nueva tensión. Se siguen haciendo lecturas del preparado a tensiones crecientes que irán aumentando de 10 a 20 voltios. No conviene excederse de unos 200 a 250 voltios de la tensión de entrada. Si se viese que después de haberse observado el "plateau", por un aumento del voltaje aplicado, se observase un aumento grande de la actividad, es conveniente no continuar la característica, habríase pasado ya el punto C de la curva. Una vez dibujada la curva característica del tubo, se debe elegir la tensión de trabajo. En todas la determinaciones se deben acumular por lo menos 10.000 cuentas.

Dos lecturas se considerarán concordante siempre que no varíen entre ellas en valores mayores que un 2%.

Cálculo de la pendiente.

Una forma práctica de calcular la pendiente es la siguiente (observar la fig. 4).



¹Fig.4. Plateau Típico de un Contador Geiger-Müller

Ya en el plateau se elige un intervalo de voltaje de 100 voltios, supongamos la extensión DE, se halla la diferencia de actividades a esos dos distintos voltajes.

En la fig. 4, a 940 voltios obtuvimos 2875 °/min. y a 1040 volts. 2925 la diferencia la hemos tenido en una variación de voltaje de 100 voltios y sobre un promedio de 2915 °/min. Como la pendiente se define para 100 voltios y 100 °/min. tendremos que la pendiente es:

$$\text{Pendiente} = \frac{50 \times 100}{2915} = 1.7\% \text{ por 100 voltios.}$$

La tensión de trabajo se elige más o menos en la parte media del plateau cuando el plateau es corto. Cuando el plateau es largo se toma a 100 voltios de la "tensión de entrada", siempre que este valor se encuentre sobre el plateau.

Algunas precauciones que hay que tener en el manejo de los tubos.

En general el material con que están cargados los tubos se consume. Particularmente un tubo cargado con una mezcla de alcohol y argón, se destruye después de haberse producido 10^8 a 10^9 impulsos. Esto no sucede con los tubos cargados con halógenos pues su material no se consume, por lo que no es conveniente dejar una fuente activa en el ángulo de medición del tubo si no se desea medirla.

Cuando se tienen que hacer mediciones de un preparado a diferentes tiempos y no se desea variar la geometría del mismo, conviene cubrir el preparado colocado en la posición a medir, con una lámina de plomo.

DATOS EXPERIMENTALES

TIPO DE TUBO CONTADOR
 TENSION DE ENTRADA Voltios
 TENSION INDICADA DE TRABAJO..... Voltios
 FUENTE RADIATIVA
 ESCALIMETRO

VOLTAJE	TOTAL DE CUENTAS	ΔT	C/min.

Hacer un gráfico como el indicado en fig. 4.

Indicar la tensión de entrada y de trabajo obtenidas.

T.E.-----

T.T.-----

PLATEAU