

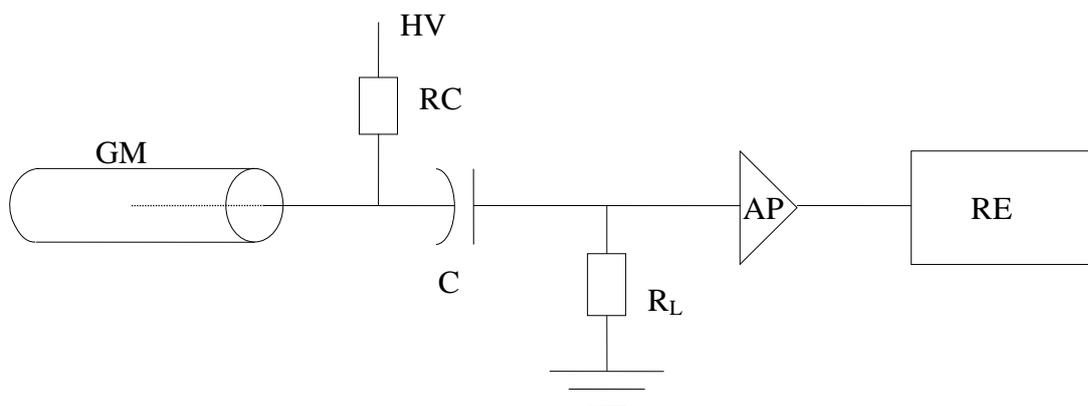
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
FSC 5151 - LABORATÓRIO DE FÍSICA MODERNA

CONTADOR GEIGER-MÜLLER

FUNDAMENTOS DA TEORIA

Uma das aplicações mais salientes resultantes do estudo da passagem da radiação através da matéria é o desenvolvimento de instrumentação usada em Física Nuclear. Dentre estes diversos instrumentos, salientamos o contador de Geiger-Müller (GM) como o de uso mais frequente, quer seja pela sua facilidade de manuseio, quer seja por sua robustez e versatilidade.

Uma esquematização dos componentes essenciais de um contador GM é apresentada na figura abaixo:



No esquema, GM representa um tubo Geiger-Müller cilíndrico alimentado por uma fonte de alta tensão (HV) através de um resistor (R_c). O capacitor C bloqueia a alta tensão da alimentação do GM, deixando passar os pulsos das descargas iônicas que, fluindo através dos resistores de carga R_L , produzem um sinal elétrico na entrada do amplificador (AP). Após ter sido amplificado, o sinal é contado como evento discreto pelo registrador eletrônico (RE).

Sob o ponto de vista fenomenológico, o aparecimento de correntes iônicas no interior do tubo GM, as quais irão dar origem aos pulsos macroscópicos registrados como eventos, podem ser examinadas coerentemente com a seguinte argumentação:

Quando a tensão entre os eletrodos alcançar um valor suficientemente alto, a passagem da radiação através da região que contém o gás entre os eletrodos (por ex. uma mistura de 90% de argônio mais 10% de álcool etílico, sob pressões de 2 a 10 cm de Hg), provoca o aparecimento de íons que, acelerados pelo campo elétrico presente, dará origem a uma descarga iônica. Na migração iônica entre os eletrodos, em especial na migração eletrônica, temos associado o efeito de

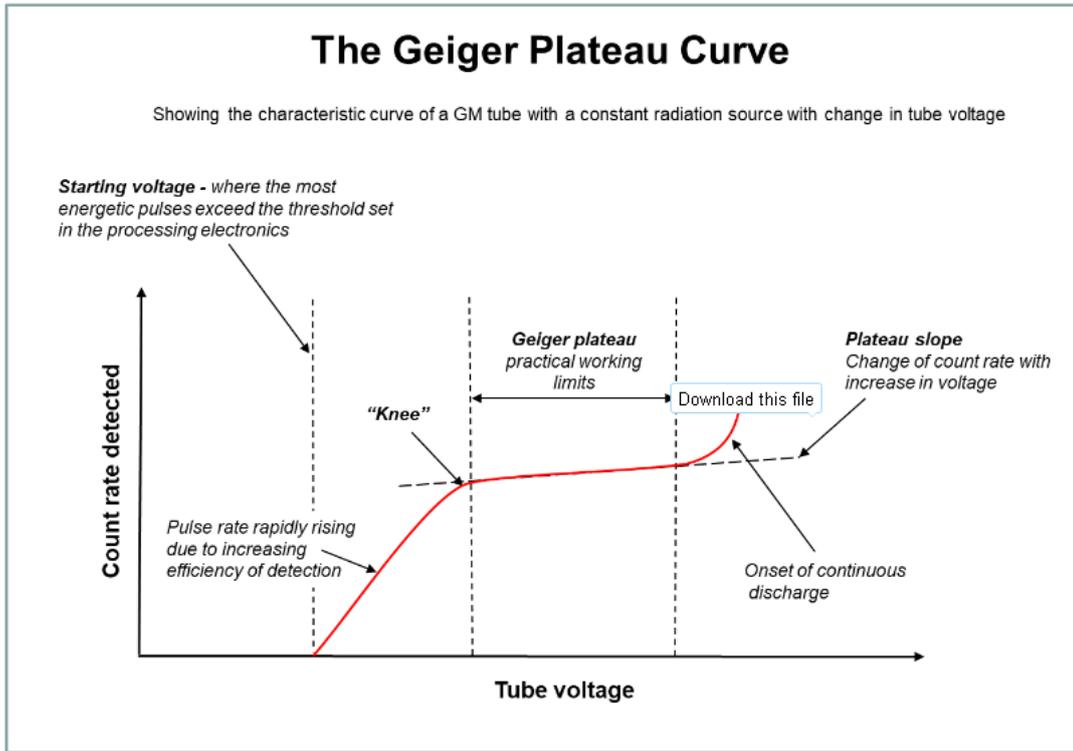
multiplicação do gás. A transformação da energia potencial em energia cinética faz com que os íons adquiram energia suficiente para produzirem efeito fotoelétrico. Os fótons emitidos durante o curso de uma avalanche fazem com que a descarga alcance o volume total do tubo GM. Alguns íons irão adquirir tal energia que, ao alcançarem os eletrodos, serão capazes de liberar novos elétrons do metal os quais serão acelerados para o ânodo, dando origem a um processo regenerativo da descarga. Este processo continuará indefinidamente, a menos que a tensão entre os eletrodos seja reduzida por algum meio. Com a finalidade de “amortecer” o processo regenerativo, dois diferentes meios estão disponíveis: um extrínseco e outro intrínseco.

No método extrínseco o tubo GM é em geral preenchido com um gás simples (por ex. argônio, hidrogênio) e uma variedade de circuitos eletrônicos é usada com a finalidade de (por diminuição da tensão do tubo) impedir a continuação do processo regenerativo.

O método intrínseco prevê o uso de gases poliatômicos (por ex. CO_2 , CH_4) ou o uso de misturas de gases simples com gases poliatômicos (por ex. argônio + etanol). Neste caso nenhum circuito externo é usado com a finalidade de extinguir o processo regenerativo. As moléculas poliatômicas da mistura (etanol, neste caso) são dissociadas absorvendo o excesso de energia responsável pelo desencadeamento do processo. Na literatura tais tipos de tubos GM são designados como auto amortecidos ‘self-quenching tubes’.

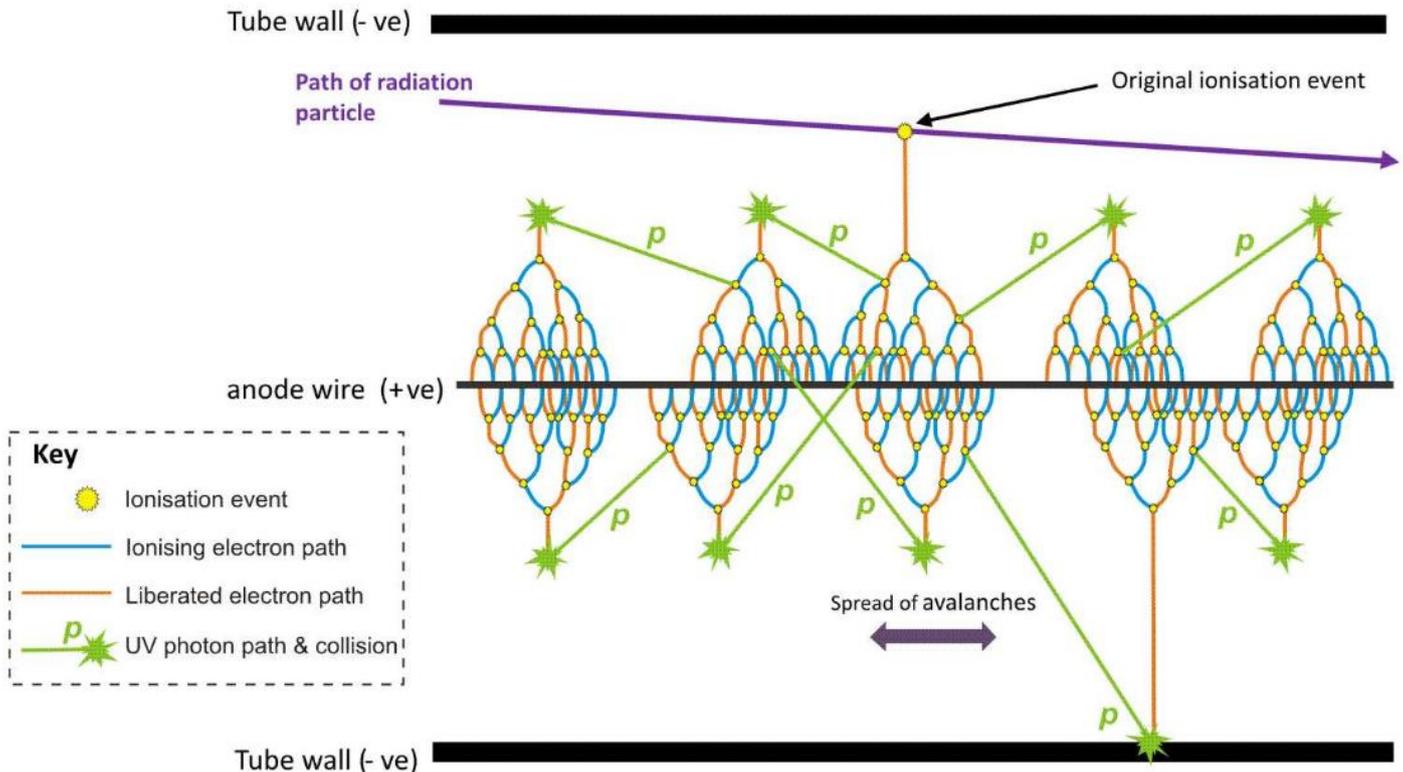
Em qualquer dos dois casos a interrupção do processo de avalanche implica na insensibilização total ou parcial do contador por um intervalo de tempo chamado de ‘tempo morto’ (t_m). Durante este intervalo de tempo a tensão entre os eletrodos estará abaixo do limite mínimo capaz de sensibilizar o detetor (tensão limiar) e a entrada de outra partícula no tubo não será contada como evento.

Vamos admitir que um tubo GM esteja submetido a um fluxo constante de radiação emitida por uma fonte radioativa. Um gráfico do número de contagens N (num intervalo de tempo fixo) em função da tensão de alimentação sobre o tubo tem a seguinte forma geral:



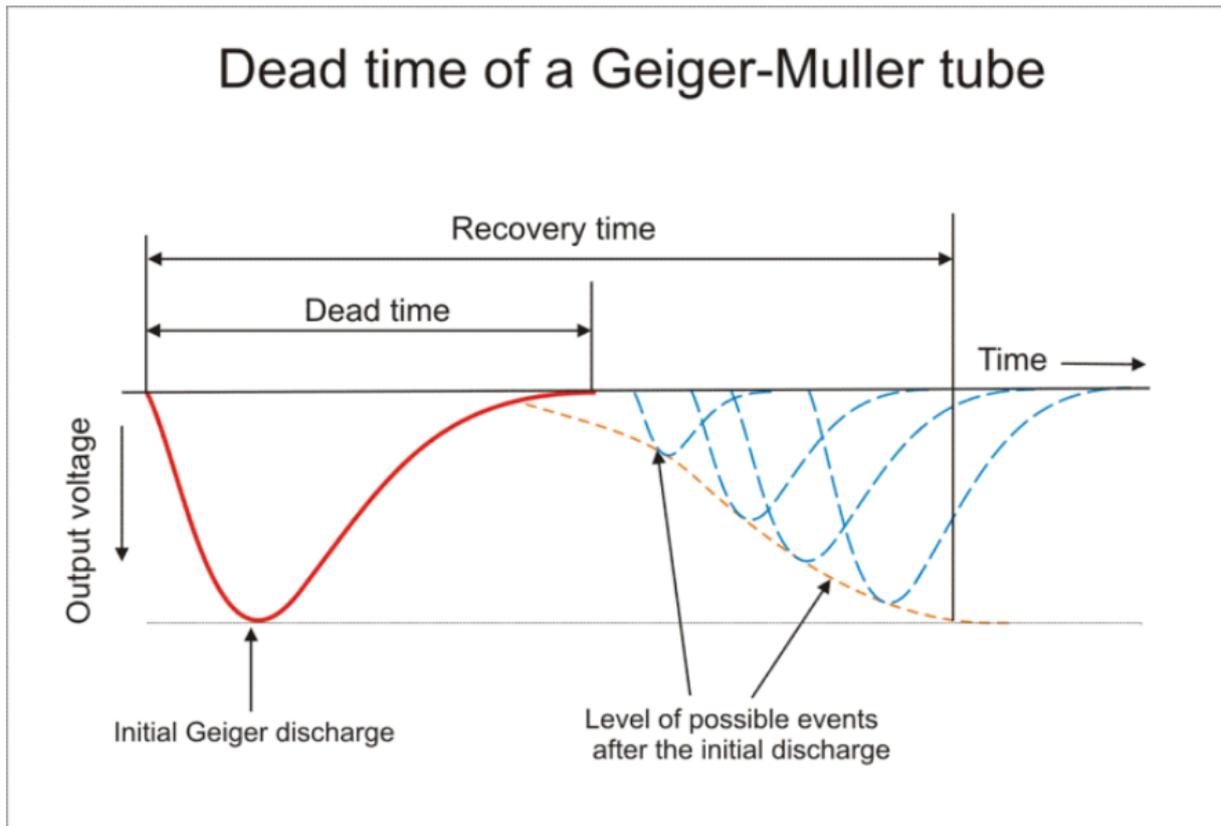
O processo de avalanche: (fonte Wikipedia)

Spread of avalanches in a Geiger-Muller tube



Not to scale

Na figura abaixo esquematizamos o comportamento da tensão sobre o tubo GM após a entrada de uma partícula ionizante, onde o conceito de tempo de resolução τ é esclarecido.



Após a entrada da partícula ionizante o processo de avalanche faz com que a tensão de operação do tubo, V_{op} , caia bruscamente abaixo da tensão limiar. O intervalo de tempo durante o qual a tensão permanece abaixo do valor limiar é chamado de tempo morto (t_m). A este fenômeno segue-se um novo intervalo de tempo de insensibilidade do sistema contador, chamado de tempo de recuperação (t_r). Aqui os pulsos produzidos não têm altura suficiente para serem resolvidos pelo contador eletrônico. Assim para efeitos práticos (pelo método que utilizaremos), teremos acesso a $\tau = t_m + t_r$, isto é, o tempo total durante o qual o contador é incapaz de distinguir dois eventos sucessivos, ou tempo de resolução, que é determinado pela soma do tempo morto do tubo t_m com o tempo de recuperação do circuito eletrônico externo.

Assim uma medida do tempo de recuperação estabelece o grau de limitação do uso do contador GM para elevadas taxas de contagem. Tendo em conta que o valor do tempo de resolução τ está compreendido geralmente entre 300 a 500 micro-segundos, isto implica que taxas entre 2000 a 3000 contagens por segundo determinam o limite operacional do contador.

Devido à natureza aleatória da emissão das partículas radioativas, a contagem de um tubo GM flutua de uma leitura para outra num dado intervalo de tempo. Esta flutuação é denominada desvio padrão ' σ ' e é calculada por:

$$\sigma = \sqrt{N} \quad (4)$$

onde N é a contagem média no intervalo de tempo considerado. Então a maioria das contagens (68% delas) estará compreendida no intervalo $N \pm \sigma$. Como o erro percentual pode ser calculado pela expressão:

$$erro(\%) = \frac{\sigma}{N} \times 100 \quad (5)$$

pode-se inferir que o erro relativo na medida de uma dada taxa de contagem diminui se o tubo GM efetuar contagens altas, com o aumento no intervalo de tempo das medidas.

PRÉ-RELATÓRIO:

1. Que cuidados especiais devem ser tomados no manuseio de fontes radioativas? Distinga os cuidados entre fontes seladas e não seladas. Comente a periculosidade em função da energia das partículas e da carga (seção de choque) das partículas.
2. Conceitue as unidades de medidas de radioatividade: Curie, Röentgen, Rem e Rad. Em que situações você usaria cada uma delas?
3. Procure em uma tabela de núclídeos (ou: <http://isotopes.lbl.gov>) o esquema de decaimento radioativo e a meia vida dos seguintes isótopos: ^{60}Co ; ^{57}Co ; ^{137}Cs ; (peça ao professor a “Table of Isotopes”)
4. Dê o esquema e explique o funcionamento de um tubo Gueiger-Müller.
5. Dê o esquema e explique brevemente o funcionamento de uma foto-multiplicadora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Preston, Daryl W. – EXPERIMENTS IN PHYSICS – John Wiley & Sons, 1996.
2. Knoll, G. F. - RADIATION DETECTION AND MEASUREMENT - second edition - John Wiley & Sons; 1.989.
3. Melissinos, A. C. - EXPERIMENTS IN MODERN PHYSICS - Academic Press; 1.966.
4. Kaplan, I. - FÍSICA NUCLEAR - segunda edição - Ed. Guanabara Dois; 1.978.
5. Table of Isotopes (sixth edition), by: C. M. Lederer; J. M. Hollander and I. Perlman; John Wiley & Sons – 1.967.

RELATÓRIO

1. Acesse <http://www.journey.sunysb.edu/ProjectJava/Radiation/home.html> ou via página web do Virtual Laboratory (<http://physicsweb.org/TIPTOP/VLAB/>) o experimento. de contador Geiger e faça seus comentários.
2. Serão dadas instruções em aula.