

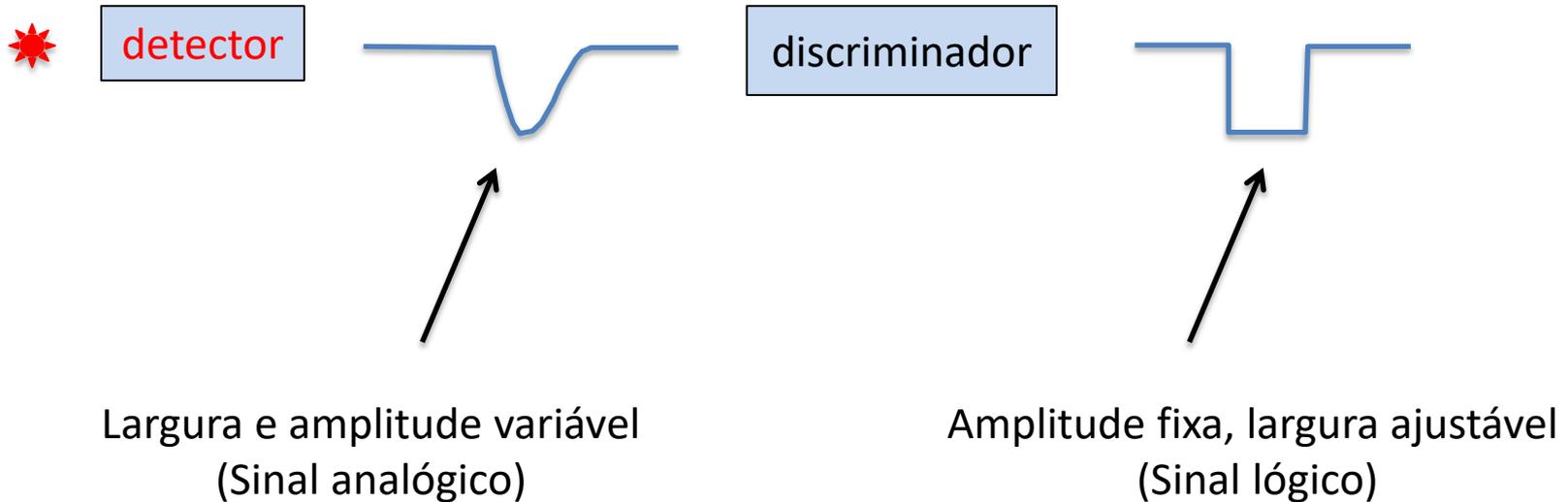
# Física Moderna e Experimental

Aquisição de dados e Trigger

# Aquisição de Dados Automatizada

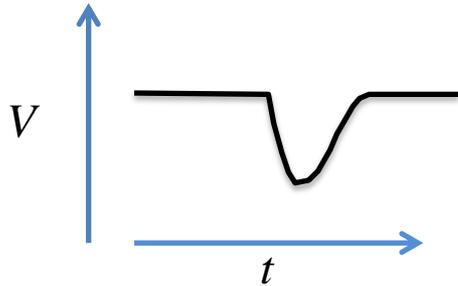
- Permite alta estatística.
- Compatibilização da taxa de eventos com a capacidade de aquisição dos dados.
- Requer uma lógica para aceitação de eventos.
- Necessita de uma unidade de armazenamento.

# Transformação em um Sinal Lógico



# Medidor de Carga Elétrica – QDC

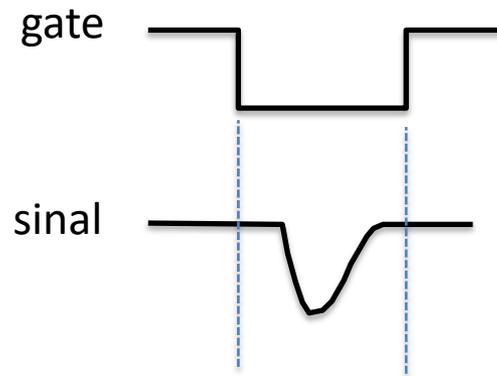
- *Charge (Q) to Digital Converter.*
- O sinal elétrico é uma variação de tensão em função do tempo  $V(t)$ .



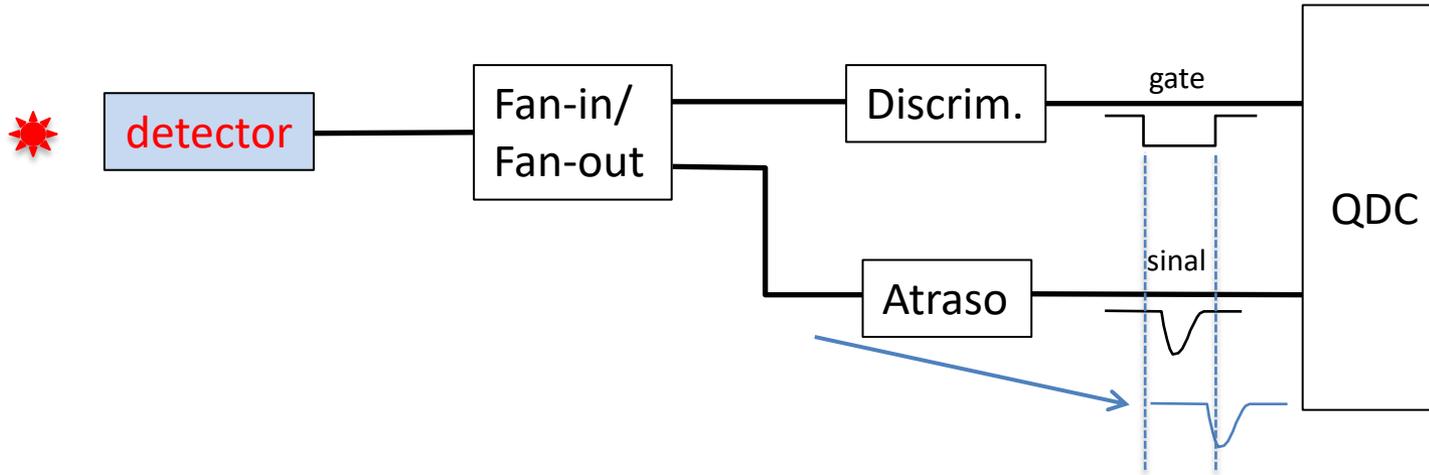
$$V = R \times I \quad \text{D} \quad V = R \frac{dq}{dt}$$
$$q = \frac{1}{R} \int V(t) dt$$

# Medidor de Carga – QDC

- Ao menos duas entradas devem ser usadas:
  - Ingresso do sinal analógico para amostragem.
  - Sinal lógico (*gate*) cuja largura cubra a duração do sinal.



# QDC - Exemplo



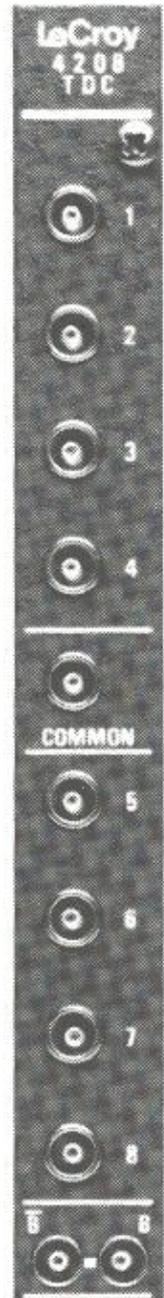
# Medidor de Tempo - TDC

- *Time to Digital Converter.*
- Atua como um cronômetro.
- Ao menos dois sinais lógicos em entradas separadas (start/stop).

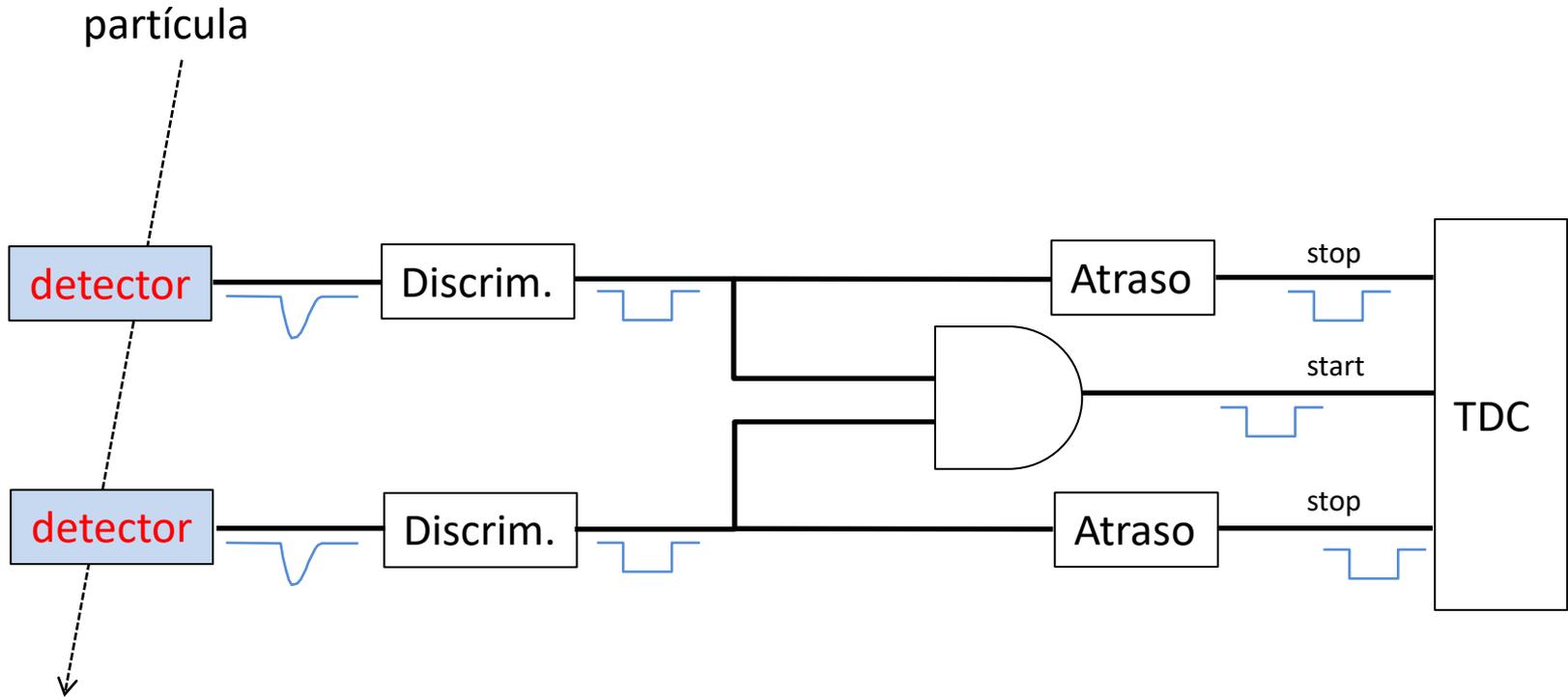
start



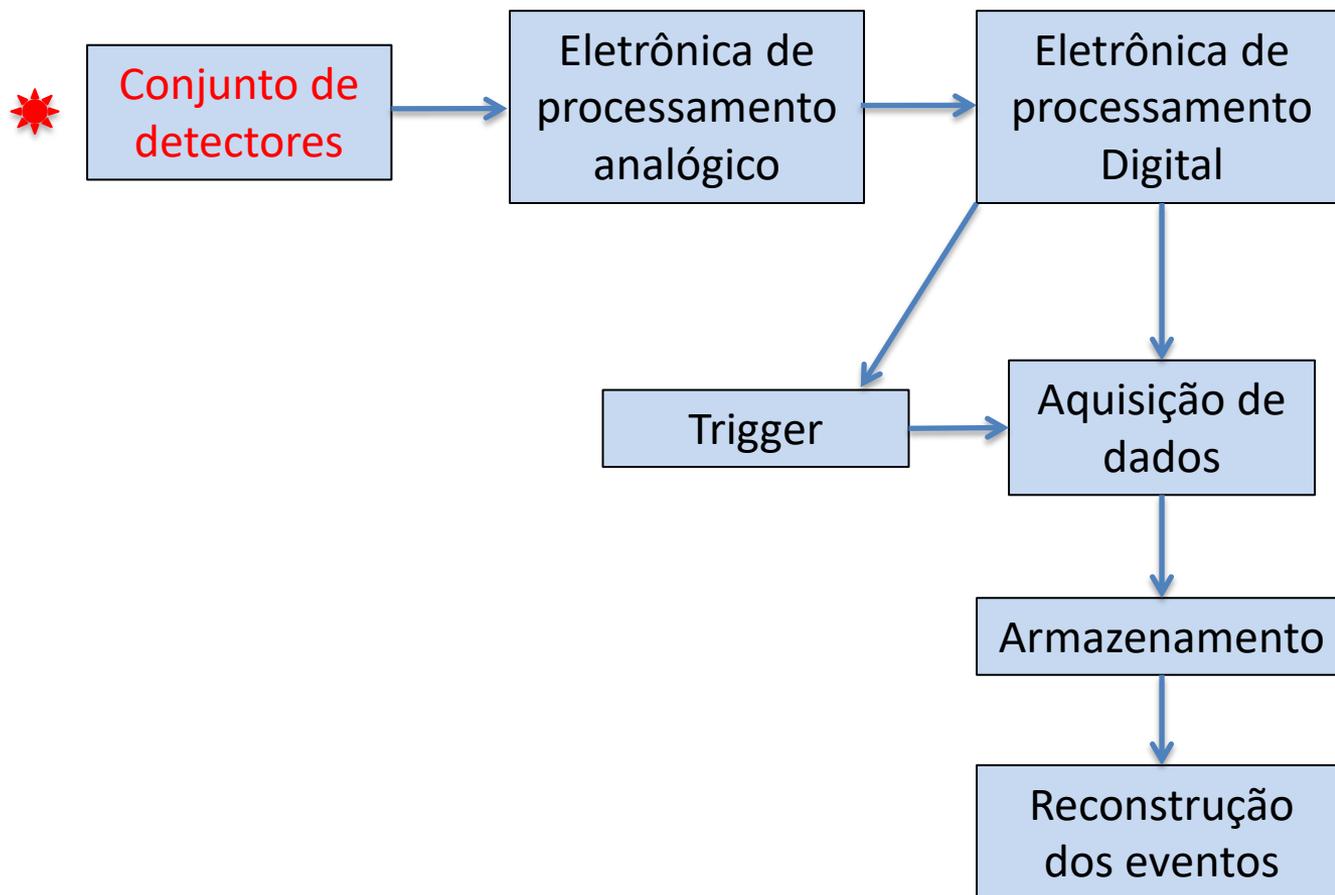
stop



# TDC - Exemplo



# Sistemas Experimentais



# Lógica Eletrônica

- Sinais lógicos de um ou mais detectores podem ser usados para selecionar eventos físicos de interesse.
- Unidades eletrônicas de coincidência desses sinais são usados para efetuar essas operações.

# Símbolos Lógicos Básicos

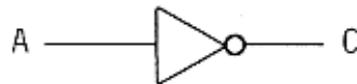
OPERATION

SYMBOL

TRUTH TABLE

MATHEMATICAL  
EXPRESSION

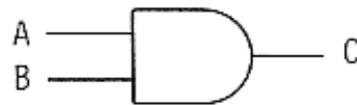
NOT



A	C
1	0
0	1

$\bar{A}$

AND



A	B	C
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

$C = AB$

OR  
(inclusive)

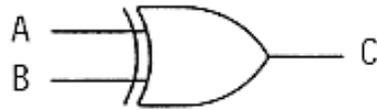


A	B	C
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

$C = A + B$

# Símbolos Lógicos Básicos

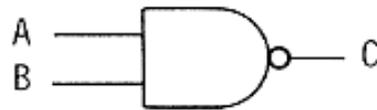
XOR  
(exclusive)



A	B	C
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	0

$$C = A \oplus B$$

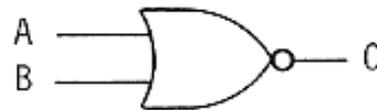
NAND



A	B	C
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	1

$$C = \overline{AB}$$

NOR

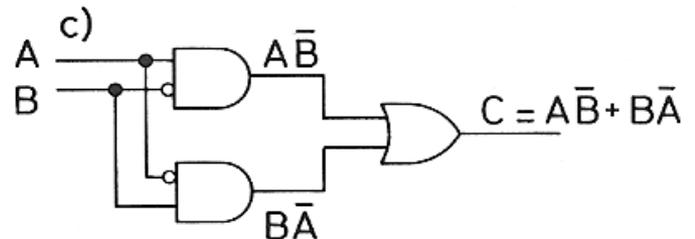
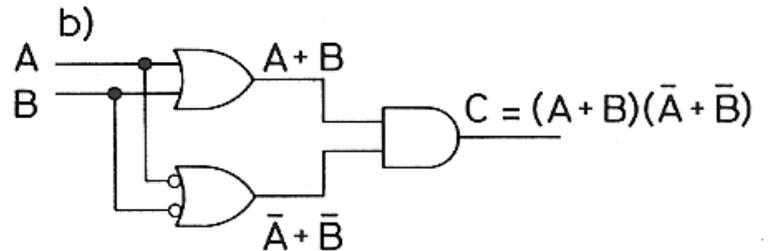
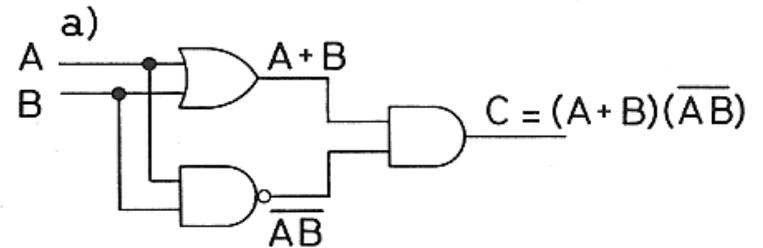
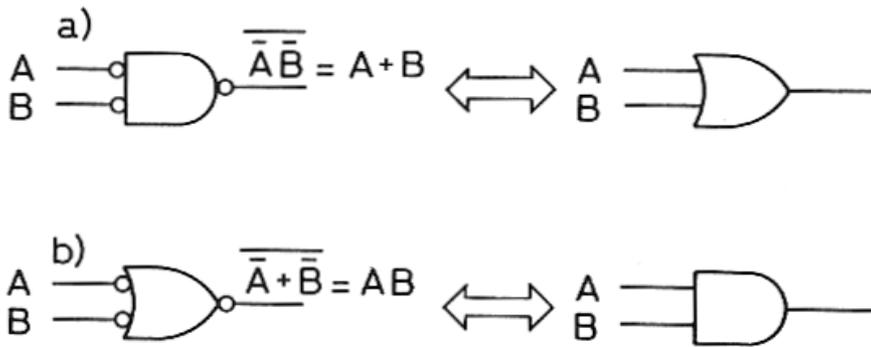


A	B	C
1	1	0
1	0	0
0	1	0
0	0	1

$$C = \overline{A + B}$$

# Identidades e Leis Booleanas

As três portas básicas NOT, AND e OR são suficientes para contruir todas as outras operações.



# Triggers

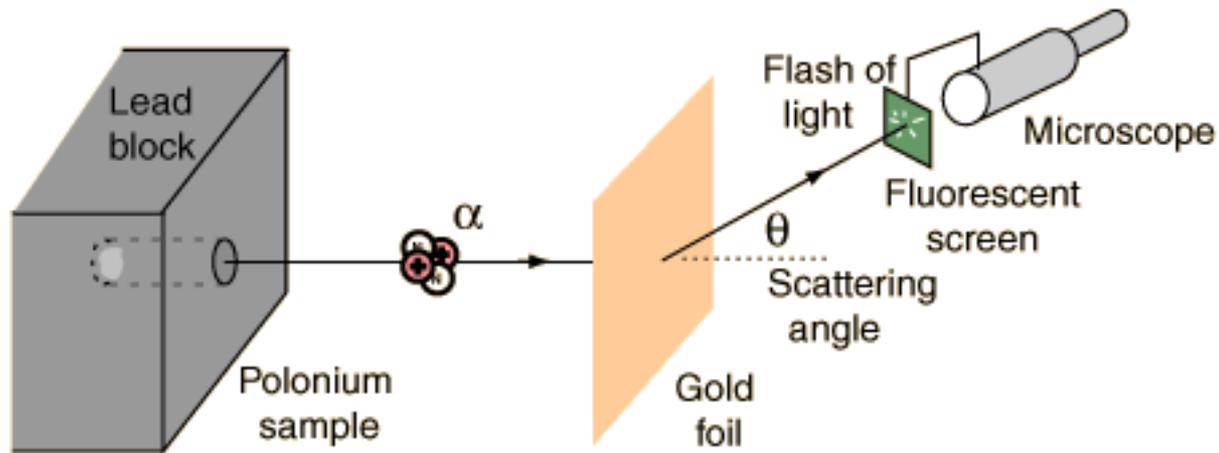
Em praticamente todas as experimentações em física, faz-se necessário a discriminação de uma determinada reação de um fundo e/ou de outras reações que ocorrem simultaneamente.

Para isso, deve-se impor certos critérios que identificam a reação, por exemplo, pela coincidência entre dois ou mais detectores, número de partículas produzidas e etc.

Eventos que satisfazem esses critérios ativam outras operações, como por exemplo o registro dos sinais dos instrumentos. A lógica eletrônica que executa essa seleção é chamada *trigger* no jargão da física experimental nuclear e de altas energias.

# Espalhamento de um corpo

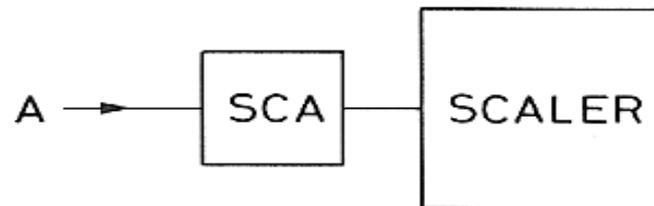
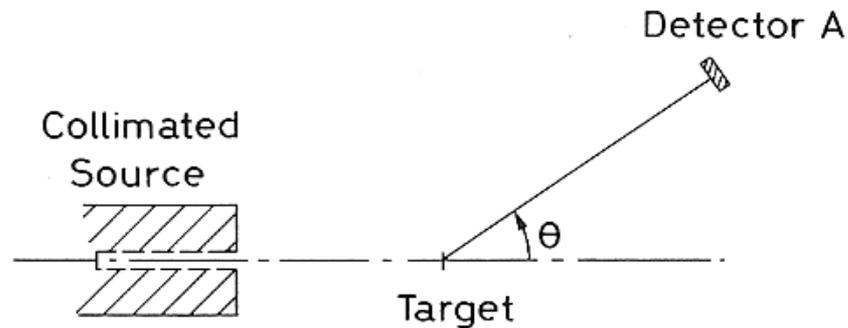
Um exemplo é o clássico experimento de Rutherford, onde partículas alfas são espalhadas em uma fina lâmina de ouro.



Usando detectores adequados e utilizando uma lógica eletrônica simples é possível reproduzir esta experiência.

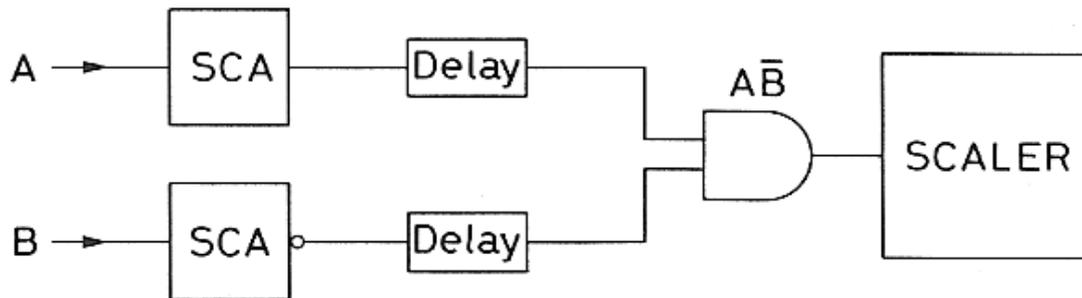
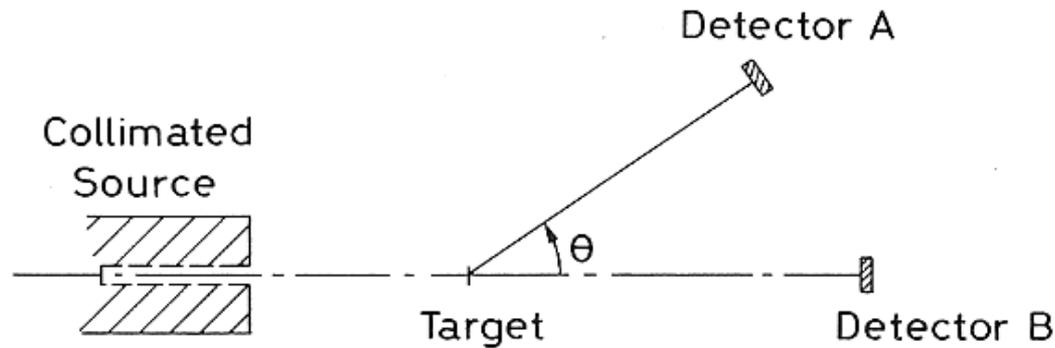
# Espalhamento de um corpo

Uma vez que o ouro é muito mais massivo do que a partículas alfa, a energia da partícula espalhada não deve ser muito diferente da sua energia inicial. Logo usando um discriminador com limiar inferior e superior de altura (SCA) de pulso é possível selecionar os eventos de interesse.



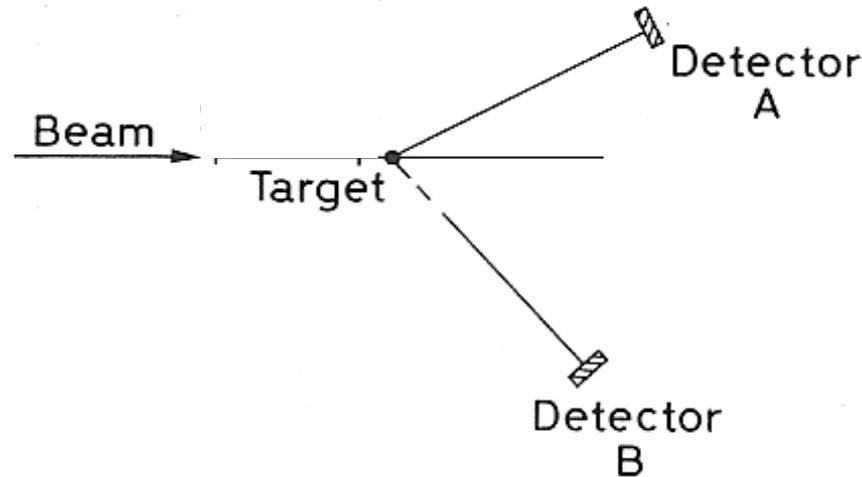
# Espalhamento de um corpo

O critério anterior, entretanto, não rejeita todo o fundo de contagens que não são de espalhamentos no alvo em questão. Uma forma de reduzir ainda mais o fundo é através da adição de um detector atrás do alvo, na linha do feixe incidente.



# Espalhamento de dois Corpos

É o caso em que dois corpos emergem do espalhamento, como em espalhamentos elásticos entre elétrons, espalhamentos pp e etc. Evidentemente, isto sugere a inclusão de ao menos dois detectores posicionados em ângulos apropriados em relação ao feixe incidente.

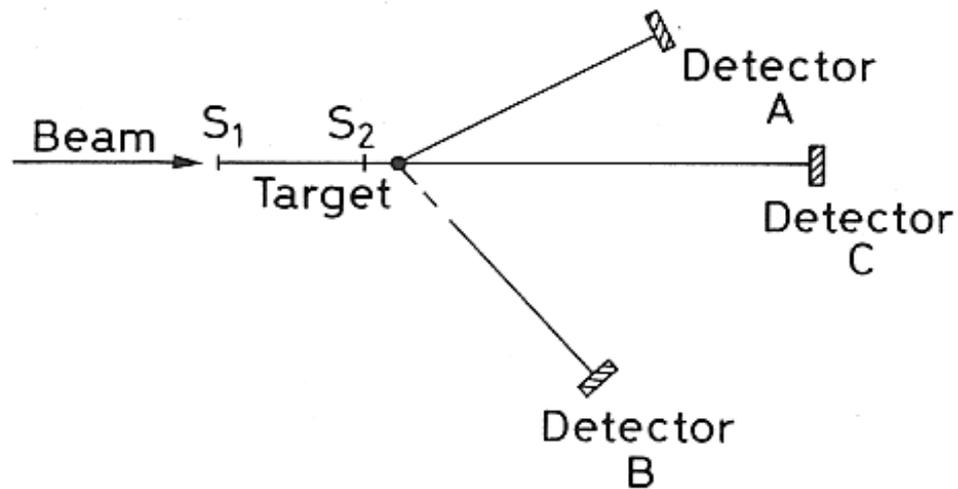


Dado que as partículas são originárias de um mesmo evento, estes dois detectores devem ser colocados em coincidência para selecionar esse processo físico.

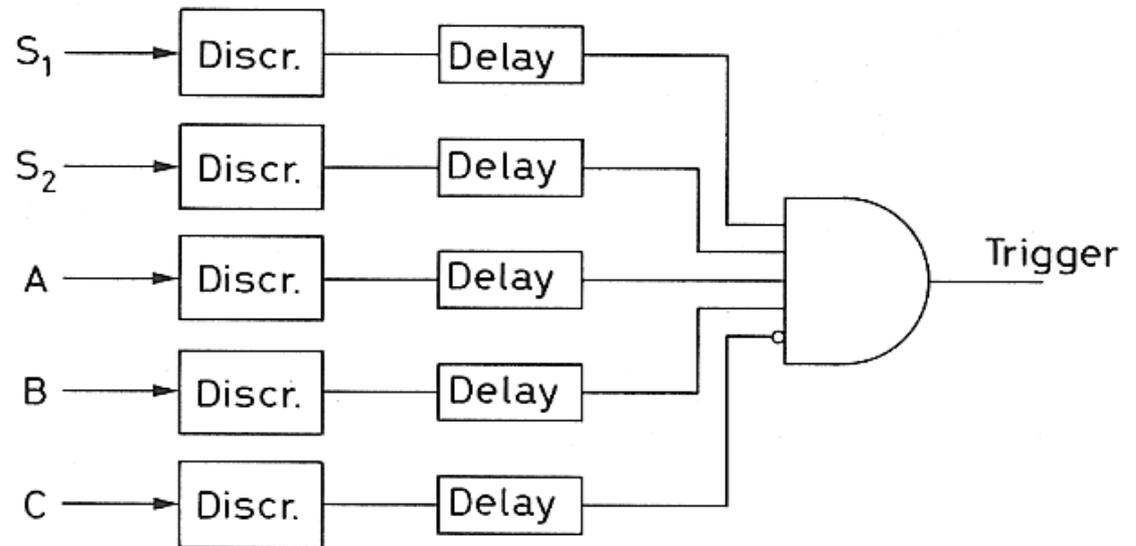
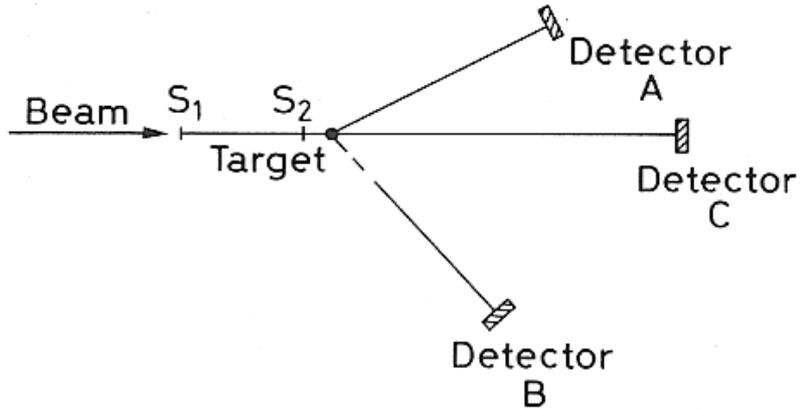
# Espalhamento de dois Corpos

Podemos adicionar um terceiro detector como no caso do espalhamento Rutherford, que serve como um veto para eventos em que a partícula do feixe não interage com o alvo.

Além disso, é um procedimento normal nesse tipo de experimento a adição de detectores que definem a posição do feixe. Estes podem ser adicionados à coincidência de forma a prover uma condição de trigger mais limpa.

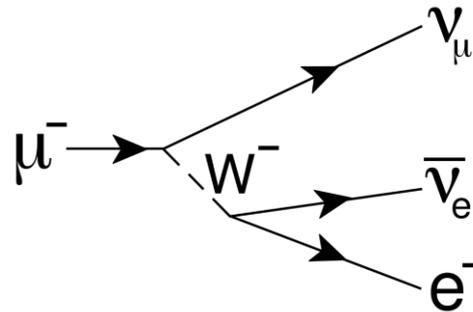


# Espalhamento de dois Corpos



# Medida do Tempo de Vida do Múon

Uma fonte natural de múons é a radiação cósmica. Da colisão destes raios com a atmosfera, píons são gerados e rapidamente decaem formando os múons. Devido ao seu alto poder de penetração, boa parte dos múons chegam à superfície da terra sem serem absorvidos. Eles eventualmente param na matéria e decaem via

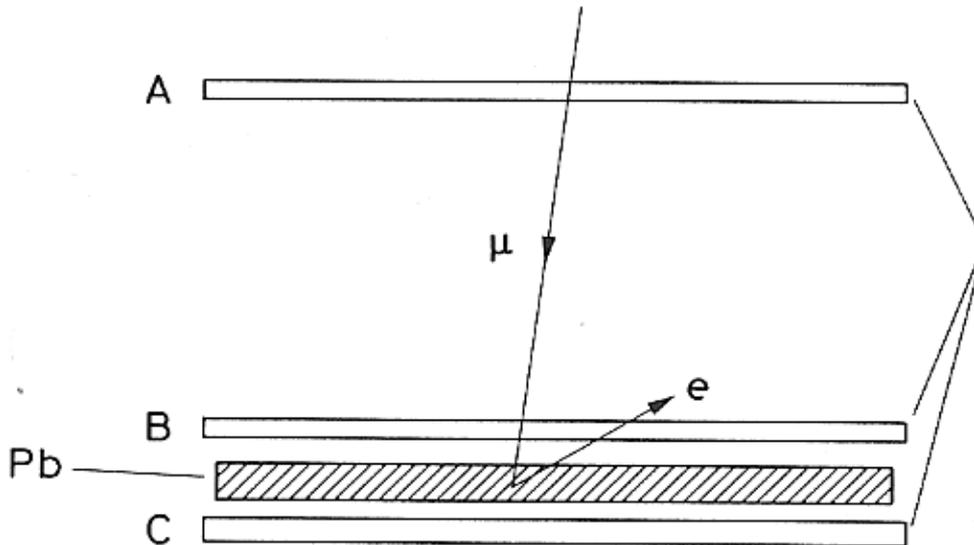


com um tempo de vida médio de  $2,2\mu\text{s}$ .

Como os neutrinos são pouco interagentes não podemos contar com eles para a detecção desse processo. Temos, portanto, somente o próprio múon e o elétron que surge após o desaparecimento do múon.

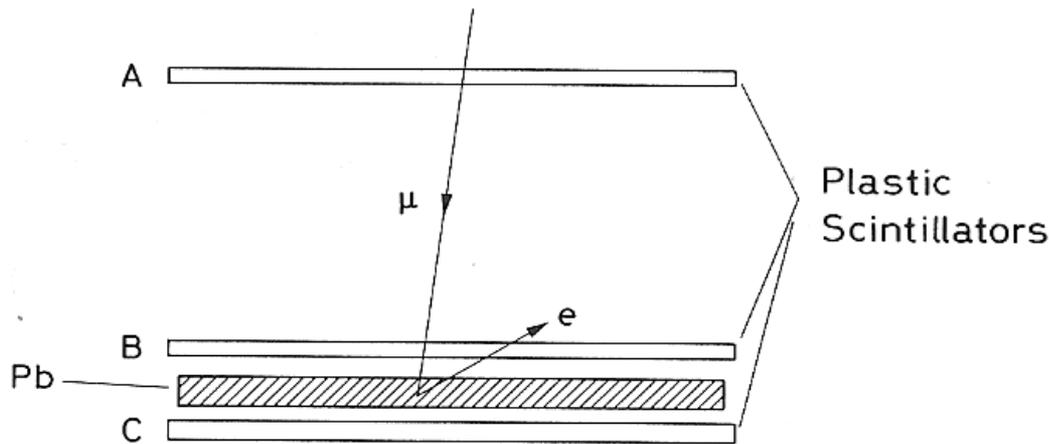
Porém, dada a grande massa do múon (105,7 MeV), o elétron é ejetado com alta energia e pode ser facilmente detectado.

# Medida do Tempo de Vida do Múon

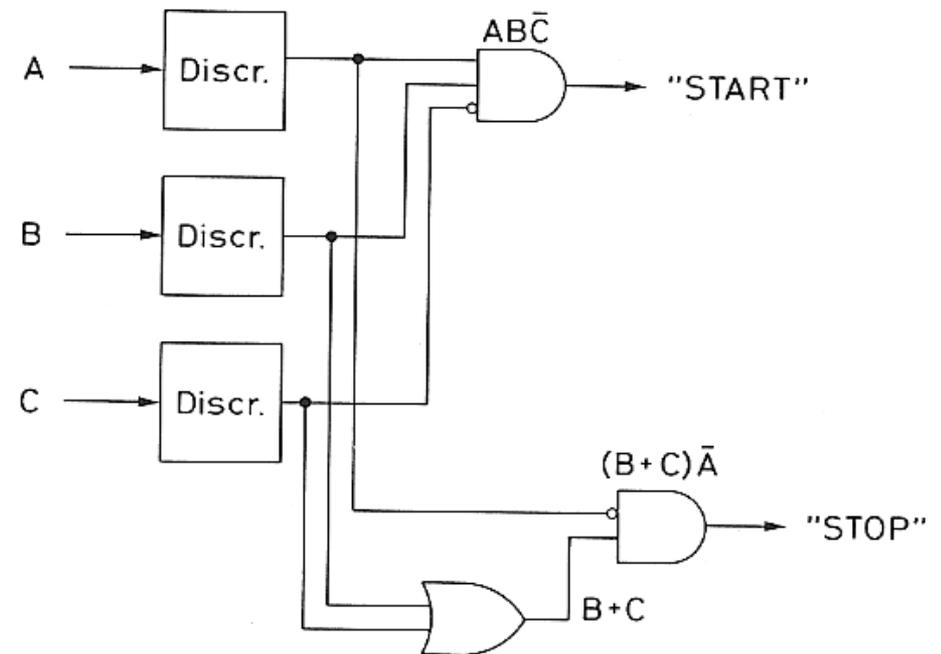


A coincidência entre os detectores A e B denota a passagem de um múon até o absorvedor (Pb). Se ele decai, não deve haver sinal em C, logo uma anticoincidência (NOT C) deve ser imposta. Esta é a condição de trigger para início de contagem de tempo, por exemplo, o disparo de um TDC. O elétron do decaimento pode ser ejetado em qualquer direção, seja na direção de C ou na direção de B. Logo uma OR entre C e B pode ser usado para selecionar a parada da contagem de tempo do TDC. Porém essa é uma condição muito “fraca”, visto que um outro múon pode gerar um sinal em C e/ou B. Para cortar esta contribuição, é feita uma anti-coincidência desta última lógica com o detector A.

# Medida do Tempo de Vida do Múon



Nessa configuração se o elétron sai em direção de B e depois A, o evento é descartado. Porém, se este veto não é imposto qualquer múon pode gerar o "stop" do TDC.



# Medida do Tempo de Vida do Múon

Como trata-se de um processo de decaimento, a distribuição das medidas de tempo assim coletadas deve possuir uma forma do tipo

$$F(t) \propto \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

onde  $\tau$  é o tempo de vida média do múon. Logo, ajustando esta função à distribuição deve-se obter um valor compatível com o valor de referência da vida média dos múons, que é de  $\tau = 2,1969811(22) \mu\text{s}$ .