

**CNEN/SP**

---

**ipen** Instituto de Pesquisas  
Energéticas e Nucleares

**KIT COM DETECTORES DE TRAÇOS PARA FINS DIDÁTICOS**

**Marília Tereza Freitas Cesar Khouri e Marina Fallone Koskinas**

IPEN - PUB - 228

**PUBLICAÇÃO IPEN 228**

**NOVEMBRO/1988**

**SÃO PAULO**

**KIT COM DETECTORES DE TRAÇOS PARA FINS DIDÁTICOS**

**Marília Tereza Freitas Cesar Khouri e Marina Fallone Koskinas**

**DEPARTAMENTO DE FÍSICA E QUÍMICA NUCLEARES**

**CNEN/SP  
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
SÃO PAULO – BRASIL**

**Série PUBLICAÇÃO IPEN**

**INIS Categories and Descriptors**

**E41.40**

**DIELECTRIC TRACK DETECTORS  
EDUCATIONAL FACILITIES  
ETCHING  
MICA  
POLYCARBONATES**

---

**IPEN - Doc - 3100**

**Publicação aprovada pela CNEN em 24/09/87.**

**Nota: A redação, ortografia, conceitos e revisão final são de responsabilidade do(s) autor(es).**

## KIT COM DETECTORES DE TRAÇOS PARA FINS DIDÁTICOS \*

Marília Tereza Freitas Cesar Khouri e Marina Fallone Koskinas

### RESUMO

O kit tem por finalidade possibilitar experiências de Física Nuclear em laboratórios de Física Moderna do curso de graduação em Física, ou similares, utilizando detectores de traços nucleares de estado sólido (Solid State Nuclear Track Detectors). Nestes materiais a passagem de partículas nucleares pesadas carregadas cria trajetórias (traços) que podem ser reveladas e observadas em microscópio óptico. Com a ajuda do kit podem ser feitas demonstrações e/ou experiências. O kit contém detectores virgens e irradiados. Dos irradiados alguns já estão revelados. Acompanha o kit uma fonte de  $^{241}\text{Am}$  adequada e texto explicativo com microfotografias dos detectores. Para utilizar o kit o laboratório deve dispor de um microscópio óptico comum.

### SOLID STATE NUCLEAR TRACK DETECTORS KIT FOR THE USE IN TEACHING

### ABSTRACT

The kit intends to improve the possibilities in performing experiments of Nuclear Physics in Modern Physics laboratories of Physics Course introducing the solid state nuclear track detectors. In these materials the passage of heavily ionizing nuclear particles creates paths (tracks) that may be revealed and made visible in an optical microscope. By the help of the kit several experiments and/or demonstrations may be performed. The kit contains solid state nuclear track detectors unirradiated and irradiated, irradiated etched and unetched sheets; an alpha source of  $^{241}\text{Am}$  and an instruction text with photomicrographs. To use the kit the laboratory must have an ordinary optical microscope.

### INTRODUÇÃO

Em 1959 Silk e Barnes<sup>(2)</sup> publicaram o primeiro trabalho sobre traços nucleares em sólidos mostrando os traços de fragmentos de fissão do  $^{235}\text{U}$  em mica. Este foi o começo dos estudos que resultaram na descoberta de vários materiais que hoje são utilizados como detectores de partículas, em muitos campos da ciência e tecnologia.

(\* ) Trabalho apresentado no 2º Congresso Geral de Energia Nuclear (CGEN), realizado no Rio de Janeiro, de 24 a 29 de abril de 1988.

A simplicidade da técnica de utilização dos detectores de traços (em inglês, Solid State Nuclear Track Detectors - SSNTD) tem sido o fator primordial na expansão do seu uso nas mais diversas condições. Sem depender de um equipamento sofisticado pode-se trabalhar com estes materiais. Isto os torna indicados para demonstrações em laboratórios didáticos.

As partículas carregadas pesadas ao atravessarem a matéria vão depositando energia ao longo de sua trajetória. Em materiais não condutores de eletricidade esta trajetória fica registrada, porém não é visível mesmo com a ajuda de microscópio. Entretanto, se o material isolante for submetido a um tratamento químico adequado a região da trajetória é atacada preferencialmente, e se torna visível quando observada em microscópio óptico.

Cristais e plásticos são utilizados como detectores de traços de partículas. A trilha de danos em cristais consiste de deslocamentos atômicos, manifestando-se como interstícios e vacâncias, rodeada por uma região de considerável tensão na rede. Nos plásticos a região de danos produz quebra de cadeias moleculares, e radicais livres<sup>(1)</sup>.

A formação do traço está relacionada com a produção de ionização e, em uma primeira aproximação, pode-se dizer que o traço ocorre quando o número de íons formados excede um certo valor limiar que varia de um material para outro. Alguns plásticos são sensíveis para registrar prótons de baixa energia enquanto que a maioria dos minerais não registra traços mesmo de partículas pesadas com ionização máxima. Elétrons e radiação gama tem relativamente pouco efeito sobre os SSNTD apenas modificando suas propriedades como, por exemplo, velocidade de ataque químico, porém não deixam traços.

Uma importante propriedade destes materiais é que mesmo após a "leitura" do detector a informação nele contida (traços) não é perdida e pode-se arquivá-los e posteriormente verificar os resultados.

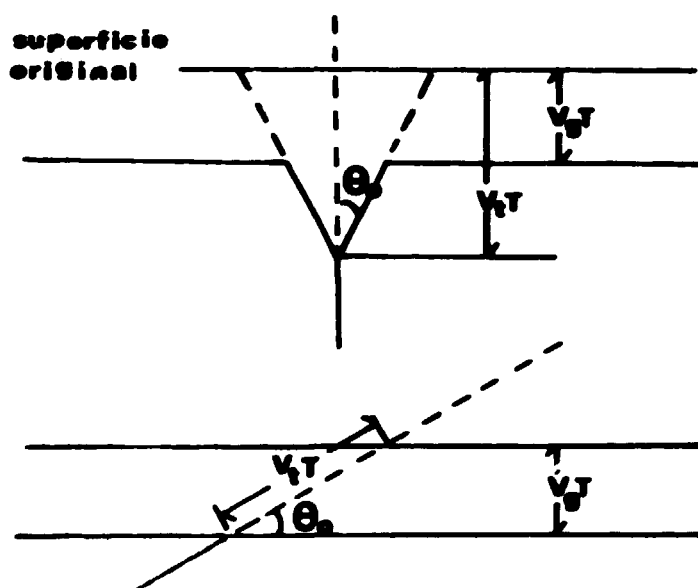
### ATAQUE QUÍMICO

O processo de ataque químico que torna os traços visíveis, pode ser

descrito da seguinte maneira: o detector é colocado submerso em uma solução adequada (depende do material), a uma temperatura bem conhecida e constante, durante um período de tempo determinado.

Durante o ataque o material é removido, do detector como um todo, a uma velocidade  $V_g$  e a uma velocidade  $V_t$  na direção de incidência da partícula.

Temos que considerar o ângulo de incidência da partícula com o detector pois os traços de partículas que incidem em ângulos menores do que um valor  $\theta_0$ , chamado ângulo crítico, não podem ser observados. Para todos os ângulos  $\theta > \theta_0$  o traço da partícula será revelado.



$$H = V_g T$$

$$L = V_t T$$

$$\text{sen } \theta = \frac{H}{L} = \frac{V_g}{V_t}$$

T tempo de ataque químico

H espessura removida no tempo T

L comprimento do traço revelado

### TIPOS DE DETECTORES

São vários os materiais detectores de traços, sendo os mais usados: nitrato de celulose, policarbonatos, vidro e mica.

Na Tabela 1, como informação estão os dados sobre os materiais mais utilizados. Nas figuras 2 - 6 podemos observar os detectores como são vistos ao microscópio.

**Observações:**

CN-85 \* - é incolor, tem 100  $\mu\text{m}$  de espessura, pode ser irradiado em ambas as faces. Fabricado pela Kodak Pathé, França.

LR-115 \* - é vermelho, compreende um substrato de poliéster de 100 $\mu\text{m}$ , incolor e uma camada de 12  $\mu\text{m}$  de nitrato de celulose colorido. A face a ser irradiada pode ser distinguida raspando-se uma das extremidades. Fabricado pela Kodak Pathé, França.

Makrofol E - incolor, ligeiramente opaco, encontrado em várias espessuras. A face sensível é a brilhante. Fabricado pela Bayer, Alemanha.

\* Esses filmes tem sua maior eficiência para partículas alfa com energia da ordem de 3 MeV. As partículas alfa do  $^{241}\text{Am}$  (5,5 MeV) não são detectáveis.

**TABELA 1 - Tipos de Detectores e suas Condições de Revelação**

DETECTOR/MATERIAL	PARTÍCULA	SOLUÇÃO ATACANTE	CONCENTRAÇÃO	TEMPERATURA	TEMPO
LR-115 e CN-85 nitrato de celulose	partículas alfa	NaOH	10%	60°C	120 min
Makrofol KG policarbonato	fragmentos de fissão	KOH	35%	60°C	15 min
Makrofol E policarbonato	partículas alfa e fragmentos de fissão	KOH + Álcool Etilico + H <sub>2</sub> O	15% 40% 45%	70°C	120 min
Míca	fragmentos de fissão	HF	48%	ambiente	24 hs
Vidro	fragmentos de fissão	HF	48%	ambiente	1 min

**O KIT**

O kit é constituído por:

- a) Uma fonte de  $^{241}\text{Am}$  com atividade da ordem de 5000 Bq;
- b) Um filme de policarbonato para ser usado entre a fonte e o detector para degradar a energia das partículas alfa, tornando as partículas alfa do  $^{241}\text{Am}$  detectáveis;
- c) Detectores de traços não irradiados (virgens);

Quantidade	Códigos	Tipo
03	N1	LR-115
03	N2	CN-85
03	N3	MAKROFOL E

- d) Detectores de traços irradiados e não revelados;

Quantidade	Códigos	Tipo
03	I1	LR-115, irradiado com partículas alfa de 3 MeV
03	I2	CN-85, idem
03	I3	MAKROFOL E, irradiado com partículas alfa de 5,5 MeV
03	I4	MAKROFOL E, irradiado com fragmentos de fissão

- e) Detectores de traços irradiados e revelados

Quantidade	Códigos	Tipo
01	R1	LR-115, idem I1
01	R2	CN-85, idem I2
01	R3	MAKROFOL E, idem I3
01	R4	MAKROFOL E, idem I4
01	R5	MICA, irradiado com fragmentos de fissão
01	R6	VIDRO, irradiado com fragmentos de fissão



## FONTE DE $^{241}\text{Am}$ ELETRODEPOSITADA

A fonte radioativa utilizada é uma fonte de  $^{241}\text{Am}$  (americium), com meia-vida de 462 anos, que se desintegra por emissão de partículas alfa de 5,5 MeV.

A fonte é preparada pela técnica de eletrodeposição. Esta técnica permite a deposição de finas camadas homogêneas e perfeitamente aderentes à superfície do suporte metálico, evitando problemas de auto absorção das partículas alfa. Como suporte são utilizados discos de aço inox com 1 mm de espessura e com 25 mm de diâmetro. O material radioativo ocupa uma área de aproximadamente 95 mm<sup>2</sup> no centro do disco metálico.

A padronização da fonte radioativa é feita com detector de silício tipo barreira de superfície num sistema de geometria definida.

O manuseio da fonte eletrodepositada deve ser com pinças, tendo-se o cuidado de não tocar na área ativa.

A atividade da fonte é da ordem de 5000 Bq (Becquerel) ou seja 5000 desintegrações por segundo\*.

\* A atividade da fonte é fornecida para cada kit.

## SUGESTÕES PARA EXPERIÊNCIAS DIDÁTICAS

- a) Absorção de partículas alfa
- b) Medida de alcance de partículas alfa
- c) Autoradiografia de rocha contendo urânio

## REFERÊNCIAS

1. DURRANI, S.A. & BULL, R.K. Solid state nuclear track detection. Pergamon Press, Oxford, 1987.
2. SILK, E.C.H. & BARNES, R.S. Examination of fission fragments tracks with an electron microscope. Phyl. Mag., 4:970-2, 1959.

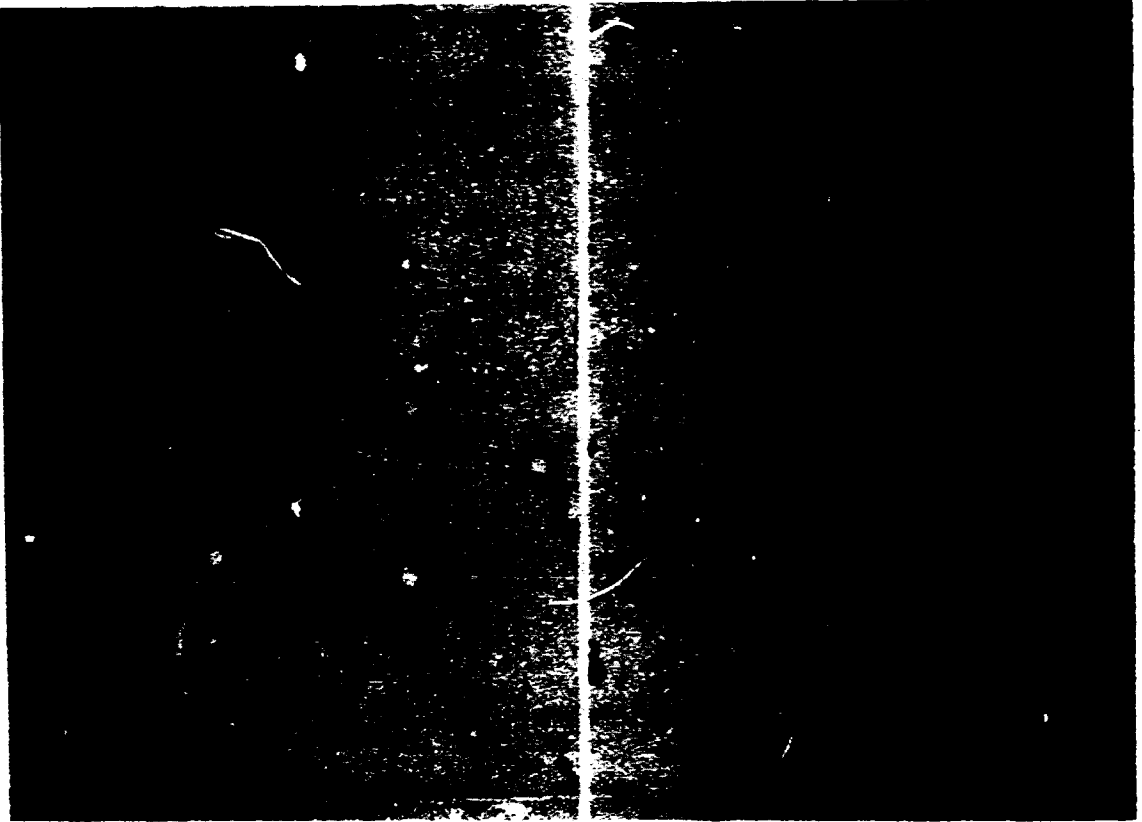


Figure 2

Figure 3

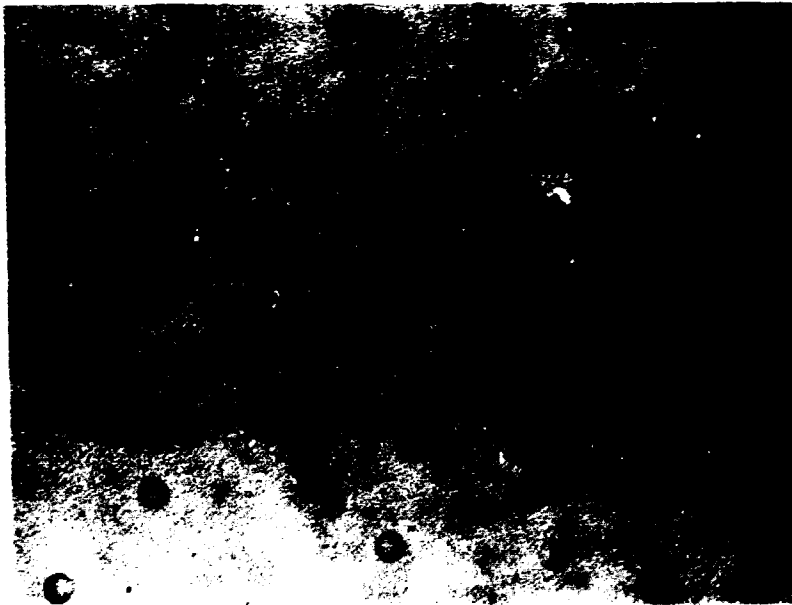
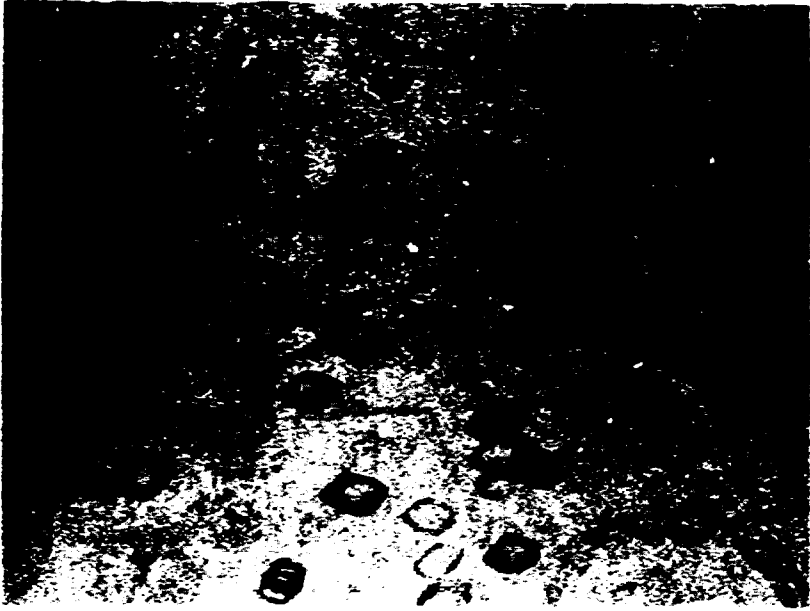


Figure 4



**Figure 5**



**Figure 6**