

# کاربرد دتکتور سولید تراس برای دتکسیون ذرات آلفا بکمک نیترات سلولز

نوشته :

دکتر پرویز نیک پی

موسسه علوم و فنون هسته‌ای دانشگاه تهران

مقدمه :

از سال ۱۹۵۸ تحقیقات بر روی کاربرد دتکتور سولید تراس توسط (۱) Young شروع گردید. در سال ۱۹۵۹ (۲) Silk و Barnes برای اولین بار تراس‌های مخفی را مشاهده نمودند. در سال ۱۹۶۲ (۳) Price و Walkes تشریح کامل اثر مواد شیمیائی را که بکمک آن ظهور تراس‌های مخفی در میکای تشعشع دیده عملی گردید مشاهده کردند که خود زمینه تحقیقات بیشتر بعدی را فراهم کرد. دتکتورهای اولیه مواد معدنی از قبیل میکا، شیشه و غیره بودند ولی پیشرفت در این زمینه وقتی ظاهر گردید که از اجسام پلاستیکی بشکل ورقه‌های بسیار نازک جهت ساختن این نوع دتکتورها استفاده شد. بطور کلی طرز عمل بدین ترتیب است که از برخورد یک ذره به ورقه‌های نازک پلاستیک اثری بر روی این ماده گذارده می‌شود که بعد از انجام فعل و انفعالات شیمیائی روی این دتکتورها این اثرات بصورت تراس در زیر میکروسکپ اپتیک قابل رویت می‌گردند.

## مشخصات دتکتور سولید تراس:

دتکتورهای سولید تراس دتکتور هائی هستند که ذرات با انرژی مشخص و تحت زاویه معینی قادرند بر روی آنها اثر گذارند بدین منظور می‌بایست که حداقل انرژی ذرات برخورد کننده حداقل زاویه برخورد ذرات در نظر گرفته شود. در حقیقت تراسها وقتی در دتکتور سولید قابل رویت خواهند بود که یک سری فعل و انفعالات فیزیکی و شیمیائی بر روی آنها انجام گیرد، بدین معنی که می‌بایست. ابتدا ثبت ذرات بشکل تراس‌های مخفی بر روی دتکتورها و سپس آشکارسدن آنها (قابل رویت شدنشان) در اثر عمل مواد شیمیائی که منجر به ظهور تراسها شده که در نتیجه می‌توان آنها را در زیر میکروسکپ تحقیقاتی بوضوح رویت نمود. برای اینکه ذرات بر روی دتکتورها اثر گذارند و تراس‌های آنها بعد از فعل و

انفعالات شیمیائی قابل رویت باشند می‌بایست انرژی ذرات بین حداقل و حداکثری باشد که از نظر دتکتورها قابل ثبت می‌باشند زیرا کمتر از آن قابل ثبت نبوده و بیشتر از آن نیز قابل توجه نخواهد بود.

### تراس‌های مخفی:

اگر یک ذره با نمره اتمی  $Z$  و سرعت  $V$  بداخل یک دتکتور نفوذ کند درجه شرایطی یک تراس مخفی بوجود می‌آید. آزمایشهای متعددی از جمله آزمایش  $Walker$  و  $Fleischer, Price$  در این مورد نشان داد که یک ذره وقتی بشکل تراس مخفی در یک دتکتور وارد شود بعد از ظهور قابل رویت می‌باشد و اگر این ذره با انرژی بیشتر از مقدار مشخص شده وارد این دتکتور شود تراسها قابل رویت نمی‌باشد. برای هر ماده‌ای این انرژی اولیه (حدانرژی ذرات برای ثبت تراس) متغیر می‌باشد.

مثال: برای اینکه یک ذره ازت روی استات سلولز تراس ثبت کند می‌بایست که انرژی آن کمتر از ۳ میلیون الکترون ولت باشد.

### آشکار شدن تراسهای مخفی:

اگر یک ذره با انرژی مشخص شده (حداقل انرژی برای ثبت اثر) در یک دتکتور وارد شود، تغییراتی در ساختمان مواد سازنده دتکتور می‌دهد که بعد از فعل و انفعالات شیمیائی اثر این ذرات قابل رویت در زیر میکروسکب اپتیک می‌باشد. روش ظهور این دتکتورها بکمک مواد شیمیائی همان روش  $Walker$  و  $Price$  می‌باشد.

### دتکسیون ذرات آلفا بکمک نیترا ت سلولز:

آنچه اهمیت دارد مطالعه چگونگی دتکسیون ذرات آلفا بکمک دتکتور پلاستیک، نیترا ت سلولز می‌باشد بدین منظور بشرح مطالب زیر می‌پردازیم.

### I - دتکتور مورد استفاده:

۱- حالت و خاصیت: موادی که برای این دتکتورها معمولاً بکار می‌رود غیر قابل ارتجاع بوده و بآسانی خط برمی‌دارد. این مواد بشکل ورقه‌های شفاف با ضخامت بسیار متغیر حدود  $0.5 \mu m$  می‌باشد، کاملاً واضح است که بآسانی می‌سوزد و در آب بسختی حل می‌شود ولی بالعکس بآسانی و بسرعت در استون حل می‌شود. دانسیته آن تقریباً  $1/4$  گرم بر سانتیمتر مکعب است.

### ۲- اتلاف انرژی، مسیر عبور ذرات آلفا:

الف - تصور می‌شود که ذرات برخورد کننده دارای انرژی انتقال خطی برابر با انرژی پروتون و با همان سرعت می‌باشند با در نظر گرفتن اینکه دارای بار مؤثر  $Z^*(\beta)$  است خواهیم داشت.

$$\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{پروتون}} = Z^{*2}(\beta) \left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{یون}}$$

$Z^*(\beta)$  بار مؤثر یونی ذرات با سرعت  $V = \beta C$  (سرعت نور است) بوسیله  $HECKMANN$

$$Z^*(\beta) = Z \left(1 - \exp\left(-\frac{12.0\beta}{Z^{2/3}}\right)\right)$$

داده شده

و در نتیجه خواهیم داشت:

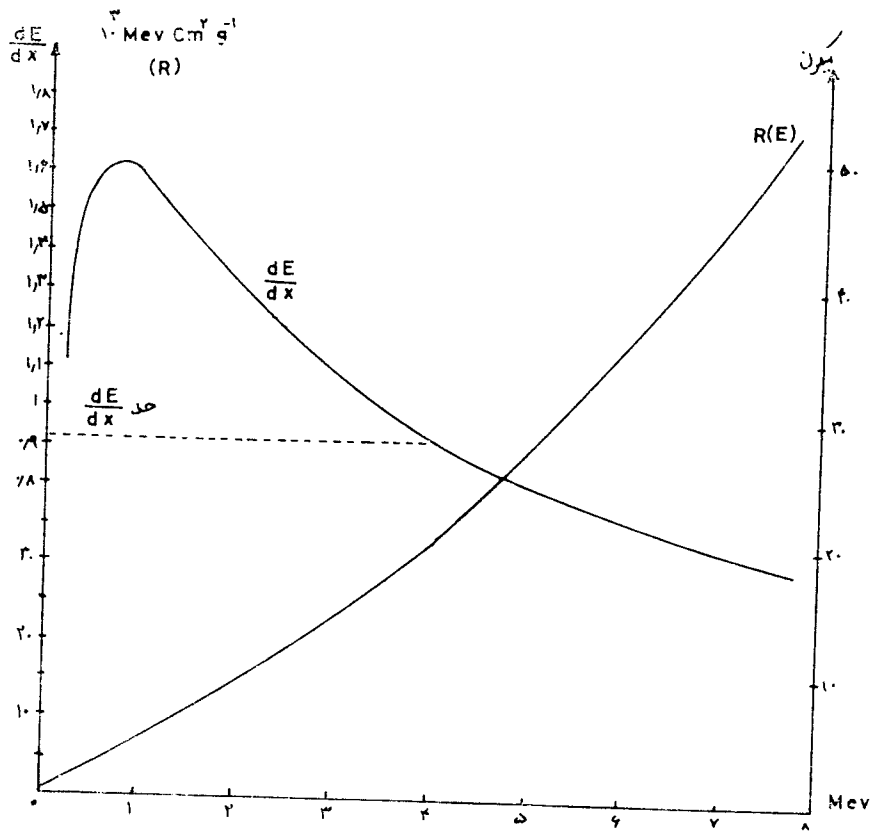
$$\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{پروتون}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} N_i A_i \left(\frac{dE}{dx}\right)^i}{\sum_{i=1}^{i=n} N_i A_i}$$

$N_i$  تعداد اتمها باجرم  $A_i$  مربوط به  $i$  ام عنصر سازنده دکتور و  $\left(\frac{dE}{dx}\right)$  عبارت است از قدرت متوقف کننده این عنصر  $i$  روی یک پروتون که دارای همان سرعتی است که ذرات برخورد کننده دارا هستند و مقدارش نسبت به انرژی مشخص شده و برابر با  $E \geq 0.2 \text{ MeV}$  است.

بکمک فرمول  $\frac{dE}{dx} = f(E)$  امکان تعیین مسیر  $R$  ذرات وجود دارد و داریم

$$R(E_0) = \int_0^{E_0} \frac{dE}{f(E)}$$

بدین ترتیب میتوان منحنی  $R(E)$  را رسم نمود. شکل ۱ منحنی مذکور را نشان می دهد.



شکل ۱- تغییرات انتقال انرژی خطی و مسیر در نیتاز سوز بر حسب انرژی ذرات آلفا

ب- روی شکل ۱ تغییرات  $\frac{dE}{dx}$  و  $R$  را نسبت به انرژی رسم نموده ایم. وقتی یک ذره آلفا بر روی

دتکتور سولید ثبت می‌شود که انرژی آن حدود چهارمیلیون الکترون ولت باشد بکمک منحنی شکل ۱ دیده می‌شود که حداقل انرژی انتقال خطی  $\frac{dE}{dx}$  برابر با  $1.0^3 \text{ MeVcm}^2/g \times 0.9$  می‌باشد. بنابراین یک ذره آلفا نمی‌تواند در دتکتور ثبت شود مگر اینکه انرژی آن کمتر از چهارمیلیون الکترون ولت و ضمناً بزرگترین مسیر ممکن در این حالت حدود ۲ میکرون را دارا باشد.

### ۳- مقدار زاویه حد برخورد ذرات آلفا

زاویه برخورد ذرات آلفا بکمک کلیماتور میتواند متغیر باشد. از آزمایشها نتیجه گرفته شده که زاویه حد برخورد ذرات خیلی نزدیک به ۶۵ درجه برای انرژی ذرات ۲۶۵ میلیون الکترون ولت بوده و ظهور با محلول سود  $N 20$  در درجه حرارت  $60^\circ$  درجه سانتیگراد می‌بایست انجام گیرد.

## II - چگونگی آزمایش:

(الف) تشعشع دادن دتکتور سولید.

بعنوان چشمه ذرات از چشمه  $Am 241$  که منتشر کننده ذرات آلفا با انرژی ۸ میلیون الکترون ولت می‌باشد استفاده می‌کنیم. ابتدایک کلیماتور مخصوص در مقابل چشمه طوری قرار می‌دهیم که قسمتی از ذرات را بکاهد. طول این کلیماتور طوری انتخاب شده که هوای داخل آن سرعت ذرات را میکاهد تا اینکه انرژی آنها در انتهای کلیماتور به  $MeV 27$  که قابل ثبت بر روی دتکتور باشد برسد.

در آزمایش دوم در مقابل چشمه، کلیماتور قرار نمیدهیم و سرعت ذرات را بوسیله کاغذهای میلار (Mylar) متالیزه با ضخامت مشخصی کاهش می‌دهیم بدین ترتیب که این کاغذ را مستقیماً بر روی چشمه اکتیو قرار میدهیم.

تعداد ذرات آلفا که از این صافی می‌گذرد بعد از انجام روشهای بالا بوسیله سه ضخامت از کاغذ مذکور برابر با تعداد ۱۱۶۰۰ ذره در دقیقه تحت زاویه  $2\pi$  می‌باشد.

همین چشمه با کلیماتور، همانطوریکه قبلاً گفته شد روی دتکتور  $27$ ، ذره در سانتیمتر مربع در یک دقیقه می‌اندازد که در سه ساعت برابر با ۱۳۲۰۰ ذره در یک سانتیمتر مربع می‌شود.

### ب) ظاهر کردن دتکتور:

برای ظهور دتکتور از محلول سود نسبتاً غلیظ با غلظت‌ها مختلف استفاده میشود. بدین معنی که از آن محلولهایی با غلظت‌های مختلف بکمک آب مقطر درست شده و مورد استفاده قرار میگیرد. حرارت این محلول ظهور باید ۶ درجه سانتیگراد باشد. در حقیقت تراسها در درجه حرارت زیاد سریعتر از درجه حرارت کم ظاهر می‌شوند.

در اغلب آزمایشها بدون استفاده از بهم زدن الکتریکی در مخلوط عمل ظهور انجام میگیرد مع هذا در عده‌ای از آزمایشها در موقع ظهور از بهم زن استفاده می‌شود تا نقاط مختلف محلول ظهور در شرایط یکسان از نظر درجه حرارت قرار گیرد. بعد از ظهور دتکتور را با آب مقطر کاملاً شسته و سپس با الکل پاک می‌کنیم.

این دتکتورها در درجه حرارت معمولی محیط خشک می شود و یابکمک کاغذ مخصوص خشک کرده و برای خواندن زیر میکروسکپ آماده می گردید.

### III - شمارش تراسها:

تراسهای ثبت شده بر روی دتکتورها را میتوان بکمک میکروسکپ تحقیقاتی که قدرت بزرگنمایی آن ۳۱ می باشد مشاهده نمود. امکان منعکس کردن این تصاویر بر روی پرده نیمه شفاف نیز وجود دارد. مسلماً تعداد تراسهایی که بر روی صفحه مذکور مشاهده می شود نسبت به مشاهده صفحه میکروسکپ بکمک دوچشم خیلی کمتر است. ولی شمارش تراسها از روی پرده نیمه شفاف آسانتر و کمتر خسته کننده می باشد.

کاربرد عدسیهای شئی و چشمی مختلف با توجه بنتایج مشاهده تراسها مورد توجه میباشد. واضح است که اگر بیش از اندازه تصویر را بزرگ کنیم قسمت کمتری از سطح دتکتور زیر میکروسکپ را مشاهده خواهیم کرد و در نتیجه تعداد تراسهای کمتری را می بینیم و بالعکس.

بطور کلی تراسها برنگ تیره و تاریک در صفحه روشن میکروسکپ دیده میشود. برای بهتر شمردن تراسها میدان روشن روی پرده میکروسکپ را به سیزده مربع تقسیم می کنیم بنابراین هر یک از این مربعها دارای سطحی برابر با  $10^{-4}$  سانتیمتر مربع نمونه تشعشع دیده می باشد.

اگر  $X$  تعداد حقیقی تراسها در هر یک از این میدانها باشد و تغییرات یک رفت و برگشت (چون یک رفت و برگشت را اندازه میگیریم)  $x$  اندازه گیری از  $X$  باشد. اگر  $x_k$  مقدار  $X$  در میدان نمره گذاری شده  $k$  باشد و شمارش در  $n$  میدان انجام گرفته باشد مقدار متوسط برابر است با

$$\bar{x} = \frac{\sum_{k=1}^n x_k}{n}$$

در نتیجه مقدار متغیر برابر می شود با :

$$S^2 = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n}$$

اگر تعداد تراسهای مشاهده شده خیلی زیاد باشد، اختلاف بین  $\bar{x}$  و  $x$  کوچک بوده و برابر با

$\frac{\sum_{k=1}^n x_k}{n}$  می باشد. باید توجه داشت که زمان شمارش با اندازه کافی کم باشد و برای این مقصود میبایست

میدان  $n$  کوچک باشد و گرنه دقت مشاهده کننده در اثر خستگی چشم کم شده و شمارش تراسها صحیحاً انجام نمی گیرد.

برای اینکه دقت آزمایشها زیاد شود باید خطای استاتستیک را منظور نمائیم. بکمک فرمول زیر

مقداری خطاهای استاتستیک را محاسبه می نمائیم.

$$e_r = \frac{\beta}{x} = \frac{t(n-1, \alpha)S}{x\sqrt{n}}$$

$$\beta = \frac{t(n-1-\alpha)S}{\sqrt{n}}$$

می باشد. در اینجا  $t(n-1-\alpha)$  عبارت است از مقدار متغیری است که برای  $n-1$  درجه آزادی و احتمال اطمینان  $P=1-\alpha$  در نظر گرفته شده است.

#### IV- نتایج حاصله از آزمایشها:

مقصود تعیین حساسیت ثبت تراشها بر روی دتکتورهای مورد استفاده می باشد.

یعنی نسبت بین  $\mu$  تعداد تراشهای شمرده شده به تعداد تراشهایی که ثبت شده است و در این آزمایش درصد حساسیت را مورد مطالعه قرار می دهیم.

الف) تغییرات مسیر برخورد ذرات با استفاده از کلیما تور در این آزمایشها زاویه مسیر برخورد ذرات با دتکتورها با کاربردن کلیما تور مشخص شده بود. دوتا بلوی زیر حساسیت ثبت و خطای استاتستیک ران نسبت به زاویه برخورد نشان می دهد.

تابلوی I (سری A) مربوط به پرتوتابی در مدت سه ساعت می باشد. در این آزمایش از محلول سود  $62.5N$  در درجه حرارت  $60^{\circ}C$  استفاده میشود و مدت ظهور تراشها سه ساعت است.

زاویه برخورد	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰
حساسیت ثبت	۰.۸۹	۰.۹۱	۰.۸۸	۰.۸۸	۰.۹۴	۱.۰۰	۱.۰۰	۰
خطای استاتستیک	۳.۹	۷.۳	۴.۳	۸.۳	۱۳.۲	۱۹.۲	۱۰.۹	—

تابلو I - خطای استاتستیک و حساسیت ثبت نسبت به زاویه برخورد ذرات.

تابلو II (سری B) مربوط به پرتوتابی در مدت دو ساعت می باشد. نمونه کاملاً بوسیله گزین شسته شده است. پرتوتابی فقط بزرگ طرف دتکتور انجام گرفت. ظهور بوسیله همان محلول قبلی در مدت ۱۷ دقیقه انجام گرفته است. نتایج حاصله نشان می دهد که شستشو با گزین مؤثر بوده است.

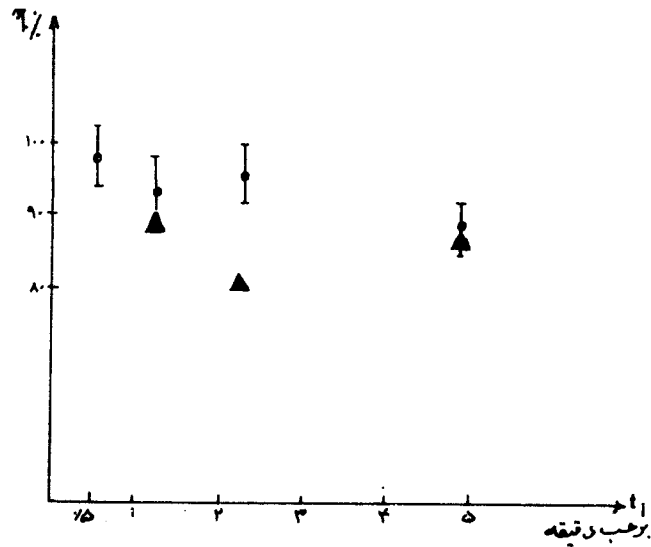
زاویه برخورد	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۶۵	۷۰
حساسیت ثبت	۰.۸۹	۰.۸۰	۰.۹۴	۰.۸۷	۰.۹۴	۰.۹۳	۰.۹۱	۱.۰	۰
خطای استاتستیک	۴.۰	۷.۹	۶.۴	۹.۹	۱۱.۱	۱۰.۱	۱۱.۰	۱۴.۴	—

تابلو II- تأثیر شرایط پرتوتابی روی حساسیت ثبت تراشها و خطای استاتستیک نسبت به زاویه برخورد ذرات

ب) مسیر غیر مشخص برخورد ذرات بدون استفاده از کلیما تور (چشمه آزاد):

با در نظر گرفتن زاویه حد مشخص شده، حساسیت کلی دتکتور  $\eta$  را در همان دوسری آزمایش A و B

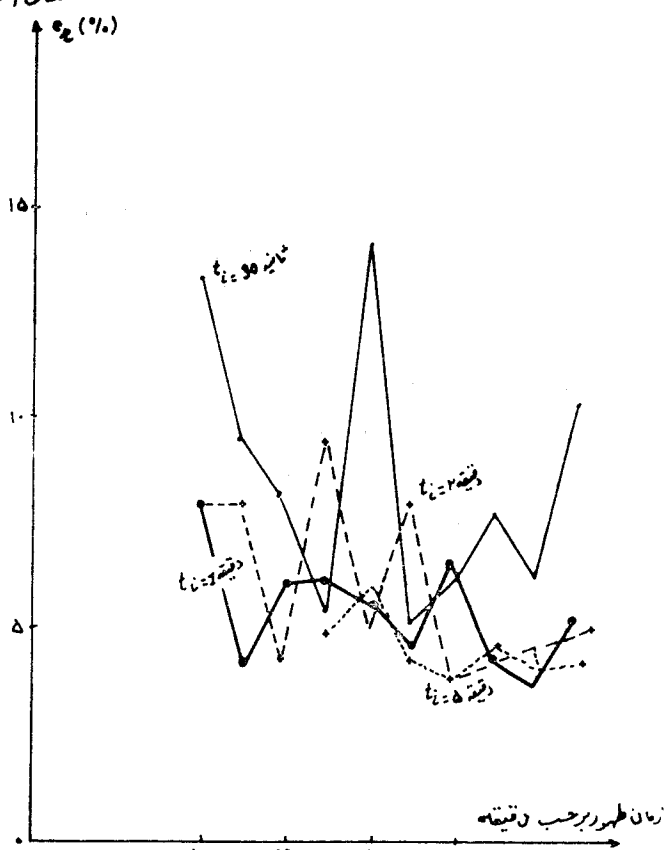
قبلی تعیین گردیده است زمان پرتوتابی ۳ ثانیه، یک دقیقه، ۲ دقیقه و ۰ دقیقه میباشد (شکل ۲). بالاخره شکل ۳ نشاندهنده تغییرات خطای استاتیستیک را نسبت به زمانهای مختلف اثرشیمیائی در سری آزمایش A نشان می دهد.



شکل ۲- تغییرات حساسیت ثبت روی نیرات مولون نسبت بزمان

سری A ○ و سری B ▲

خطای استاتیستیک



شکل ۳- تغییرات خطای استاتیستیک نسبت به زمان ظهور

## نتیجه کلی

از این آزمایشها بادر نظر گرفتن آزمایشهایی که قبلاً در این زمینه ها (۱۸ و ۲) انجام شده است . نتیجه جالب زیر گرفته می شود .

زاویه حد ثبت تراسها روی دتکتورهای مورد استفاده تقریباً ۶۰ درجه است .

- حساسیت ثبت برای یک برخورد مشخص شده پرتوها بطور کلی حدود ۰ . ۹ درصد در فضائی که ۲۰ درصد اکسیژن دارد می باشد .

خطی استاتستیک شمارش تراسها نسبت بزمان و نسبت به دانسیته تراسها کاهش می یابد . این مقدار نزدیک به پنج درصد است با احتمال احتیاط ۰ ۹ درصد برای یک سری ده تائی اندازه گیری . در این شرایط تعداد کلی تراسهای شمارش شده تا حدود دوهزار تراسها برای ده میدان مجاز می باشد .

- با کمی احتیاط ودقت در آزمایشها ، شستشودتکتور با گزینن ودقت در پرتوتابی به نیترات سلولز میتوان کیفیت اندازه گیری را بهتر کرد .

رویه مرفته بادر نظر گرفتن تمام جوانب میتوان نتیجه گرفت که نیترات سلولز یکی از مواد پلاستیکی ساده ای است که میتوان برای دتکسیون ذرات  $\alpha$  و دزیمتری نوترون بکاربرد .

همچنین این دتکتورها برای اندازه گیری مقدار آلودگی داخلی در حیوانات ، برای آلودگی هوای آزاد وقتی این هوا بوسیله رادون آلوده شده است بکار می رود .

## منابع

- 1) Young (D.A.) – Nature (G. B., 1958, 182, 375
- 2) Silk (E,C,H,) et Barnes (R.S.) – Phil. Mag., 1959, 4, 970
- 3) Price (P.B.) et walker (R.M.) – Journ. Appl. Phys. 1962, 3, 3400
- 4) Fleischer (R.L.), Price (P.B.), Walker (R.M.) et Hubbard (E.L.) Phys. Rev., 1967, 156, 352.
- 5) Price – J. Applied Physics., 1962, 3:113
- 6) Fleischer – Journ of Physics, 1964, 36:365
- 7) Fleischer – Phys. Rev., 1964, 133:1443
- 8) Benton. – Health Physics, 1967, 13:495
- 9) Fleischer – Science., 1967, 155:187
- 10) Fleischer. – Phy. Rev., 1967, 156:353
- 11) Monnin – Colloque Ini. de Toulouse 1968
- 12) Heckann – Phys. Reu., 1960, 117:554.
- 13) Williamson. – Rapport CEAR3047, 1966
- 14) Fischer. – Statist'cal Tables Oliver et Boyd Editer, Londres, 1963
- 15) Anno – Radioprotection, 1970, 5, N°2P. 147
- 16) Anno – Colloque sur les détecteurs solides de traces (Barcelone) 1970