

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

جلسه چهارم

مبانی حسگرها و آشکارسازها

حسگرها

- **حسگرها** نوعی مبدل هستند.
- بعضی از حسگرها به تنهایی قابل استفاده‌اند و برای خواندن آنها احتیاجی به وسایل جانبی دیگری نیست، مانند دماسنج جیوه‌ای.
- دسته دیگر برای استفاده باید با وسایل دیگری همراه باشند مثل ترموکوپل. بیشتر حسگرها الکتریکی یا الکترونیکی هستند که انواع الکتریکی از دقت پایین‌تری برخوردارند.

برخی حسگرها آنچه را که اندازه می گیرند تحت تاثیر قرار می دهند؛ برای مثال، اگر یک دماسنج معمولی را داخل یک فنجان مایع داغ نماییم، مایع را سرد می کند درحالی که آن مایع دماسنج را گرم می کند.

حسگرها معمولاً به گونه ای طراحی می شوند که کمترین اثر را روی آنچه اندازه گیری می کنند داشته باشند. از این لحاظ حسگرها را هرچه کوچکتر می سازند. در بیشتر موارد یک میکرو حسگر از سرعت و حسگری بیشتری نسبت به یک ماکرو حسگر برخوردار می باشد.

حساسیت یک حسگر

میزان تغییر خروجی آن را هنگامی که کمیت ورودی مورد اندازه گیری تغییر می کند نشان می دهد.

برای مثال، اگر جیوه داخل یک دماسنج هنگامی که دما یک درجه تغییر کند به اندازه یک سانتیمتر حرکت نماید، حساسیت $1 \text{ cm}/^{\circ}\text{C}$ می باشد.

یک حسگر خوب از قوانین زیر پیروی می کند:

- به خاصیت مورد اندازه گیری حساس است.
- به هر خاصیت دیگری که احتمالاً در میان کاربردش قرار دارد حساس است.
- تحت تاثیر خاصیت مورد اندازه گیری قرار نمی گیرد.

بیشتر حسگرها دارای یک **تابع انتقال خطی** می باشند.

در این حال حساسیت بصورت نسبت بین سیگنال خروجی و خاصیت مورد اندازه گیری تعریف می شود. برای مثال، اگر یک حسگر دما را اندازه گیری نماید و دارای یک ولتاژ خروجی باشد، حساسیت ثابتی با واحد V/K خواهد بود.

حساسیت شیب تابع انتقال است. تبدیل خروجی الکتریکی حسگر (مثلا V) به واحد مورد اندازه گیری (مثلا K) نیازمند تقسیم خروجی الکتریکی بر شیب (یا ضرب در عکس آن) می باشد. معمولاً یک مقدار اولیه باید به آن اضافه یا از آن کم شود. برای مثال، اگر خروجی صفر ولت متناظر با ورودی $40^\circ C$ باشد، باید 40 - اضافه شود.

برای پردازش یک حسگر آنالوگ یا حسگری
که در تجهیزات دیجیتال استفاده می شود،
لازم است آن را به یک سیگنال دیجیتال تبدیل
نمود. برای این منظور از یک مبدل آنالوگ به
دیجیتال (A/D converter) استفاده می شود.

انحرافات حسگر

- از آنجائیکه حسگرها نمی توانند یک تابع انتقال ایده آل را پدید آورند، انواع مختلفی از انحرافات ممکن است روی دهد که دقت حسگر را محدود می سازند که از جمله آن ها می توان به موارد زیر اشاره نمود:
- از آنجائیکه بازه سیگنال خروجی همیشه محدود است، هنگامی که خاصیت مورد انداز گیری از آن حدود عبور کند، سیگنال خروجی به کمینه یا بیشینه می رسد.

حساسیت در عمل ممکن است با مقدار نشان داده شده فرق داشته باشد. این را **خطای حساسیت** می نامند. این خطایی در شیب یک تابع انتقال خطی است.

اگر سیگنال خروجی به اندازه معینی با مقدار صحیح تفاوت داشته باشد، حسگر یک خطای اولیه یا یک پیش قدر دارد. این خطایی در محل تلاقی تابع انتقال خطی با محور y است.

غیر خطی بودن، انحراف تابع انتقال یک حسگر از تابع انتقال خطی مستقیم است. انحراف ناشی از تغییرات سریع خاصیت مورد اندازه گیری با زمان خطای دینامیک نامیده می شود.

حسگر ممکن است تا حدی به خواصی غیر از خاصیت مورد اندازه گیری حساس باشد. به عنوان مثال بیشتر حسگرها تحت تاثیر دمای محیطی که در آن کار می کنند قرار می گیرند.

تمام این انحرافات را می توان در دسته بندی **خطاهای سیستماتیک** یا **خطاهای تصادفی** جای داد. خطاهای سیستماتیک را گاهی می توان به کمک برخی روش های تنظیمی (اصطلاحاً کالیبره کردن (calibration) برطرف کرد.

پارازیت (noise) یک خطای تصادفی است که می توان آن را توسط پردازش سیگنال نظیر فیلتر کردن کاهش داد.

قدرت تفکیک

قدرت تفکیک (resolution) یک حسگر، کمترین تغییرات در مقدار مورد اندازه گیری است که می تواند آشکار نماید.

قدرت تفکیک یک حسگر با خروجی دیجیتال معمولاً قدرت تفکیک همان خروجی دیجیتال است.

قدرت تفکیک به دقتی که اندازه گیری صورت می گیرد مرتبط است، اما این دو یکی نیستند. دقت یک حسگر می تواند خیلی بدتر از قدرت تفکیک آن باشد.

حسگرهای طبیعی

همه موجودات زنده دارای حسگرهای زیستی با عملکردهایی شبیه به همان ها که در قطعات مکانیکی توصیف می شوند هستند. بیشتر این ها به موارد زیر حساس می باشند:

- نور، حرکت، دما، میدان های مغناطیسی، گرانش، رطوبت، ارتعاش، فشار، میدان های الکتریکی، صدا و سایر جنبه های فیزیکی محیط خارجی.

- جنبه های فیزیکی محیط داخلی مثل، کشیدگی، حرکت اندام، موقعیت بخش های وابسته.

- آشکارسازهای متابولیک داخلی مثل سطح اکسیژن، سطح گلوکوز.

حسگر شیمیایی

یک حسگر شیمیایی یک قطعه خود تحلیلگر است که می تواند اطلاعاتی راجع به ترکیبات شیمیایی محیط اطرافش، یعنی یک مایع یا یک گاز فراهم نماید. این اطلاعات به صورت یک سیگنال فیزیکی قابل اندازه گیری مرتبط با تراکم یک ماده شیمیایی مشخص (موسوم به تجزیه کننده) در دسترس قرار می گیرد.

- دو مرحله اصلی در عملکرد یک حسگر شیمیایی وجود

در مرحله تشخیص، مولکول های تجزیه کننده با مولکول های گیرنده موجود در ساختار عنصر تشخیص دهنده حسگر واکنش می دهند. در نتیجه، یک پارامتر فیزیکی مشخصه تغییر می کند و این تغییر به وسیله یک مبدل یکپارچه (integrated transducer) که سیگنال خروجی را تولید می کند گزارش می شود.

یک حسگر شیمیایی بر اساس تشخیص ماده با طبیعت بیولوژی را زیست حسگر (biosensor) می نامند.

زیست حسگر

در زیست دارو (biomedicine) و فناوری زیستی (biotechnology)، حسگرهایی که تجزیه کننده ها را آشکار می کنند مدیون یک مولفه زیستی مثل سلول ها، پروتئین و ... هستند و آن ها را **زیست حسگر** می نامند.

آشکار سازها

آشکار سازها ابزاری هستند که برای سنجش و آشکار سازی شدت و یا طیف یونیزاسیون و یا غیر یونیزاسیون به کار می‌روند.

اساس کار اکثر آشکار سازها مشابه است. متناسب با این که بخواهیم چه نوع ذره‌ای را آشکار کنیم باید از آشکار ساز خاصی استفاده کنیم .

آشکار سازهای گازی از جمله مهم ترین و پرکاربردترین آشکار سازها محسوب می‌شوند.

آشکارساز گایگر مولر

این آشکارساز، شمارنده‌ای برای ذرات بنیادی و ذرات باردار هم چنین برای سنجش اشعه ایکس، گاما، ذرات الفا و ذرات بتا نیز کاربردهای فراوان دارد.

آشکارساز گایگر از جمله آشکارسازهایی است که برای سنجش میزان آلودگی رادیواکتیو نیز استفاده می‌شود.

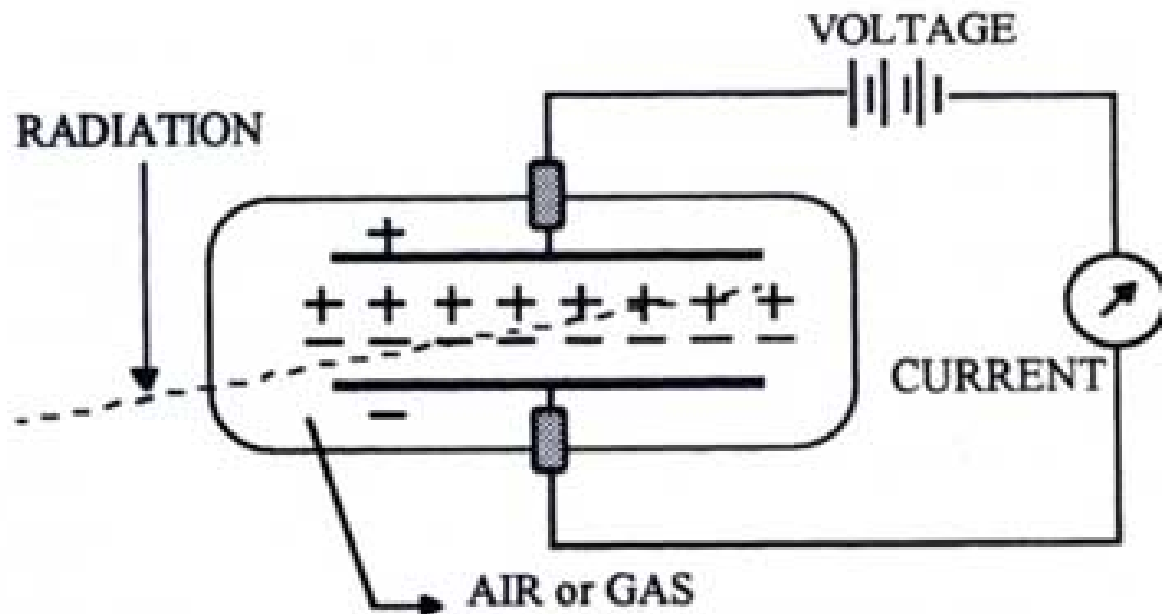
اساس کار آشکارساز گایگر مولر

زمانی که یک پرتو یا ذره ی شتابدار در حجم گاز وارد می شود، آن را یونیزه می کند.

اگر اختلاف پتانسیلی بین دو الکترود برقرار باشد، میدان الکتریکی در گاز ایجاد شده و نیرویی از طرف میدان به یونها وارد شده و یونهای مثبت را به الکترود منفی و یونهای منفی را به سمت الکترود مثبت هدایت می کند .

حرکت یونها منجر به تولید جریان الکتریکی لحظه ای می شود.

جریان تولید شده به وسیله‌ی یک الکترومتر با حساسیت متوسط قابل اندازه گیری است. شدت جریان تولید شده به عواملی از جمله اختلاف پتانسیل الکترودها، فاصله‌ی دو الکتروود، نوع گاز، حجم گاز، فشار و دمای گاز بستگی دارد که از بین این عوامل اختلاف پتانسیل بین دو الکتروود مهم ترین عامل تأثیرگذار در شدت جریان است.



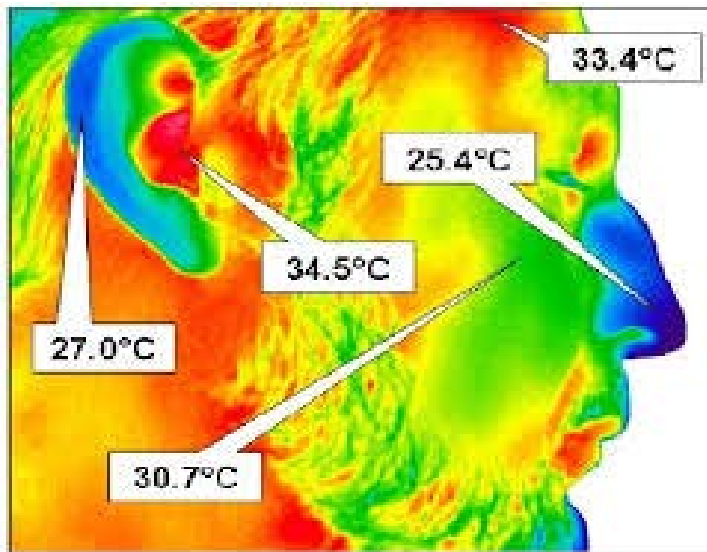
هر نوع گازی را می‌توان در آشکارسازهای گایگر استفاده کرد اما هوا و کلر از جمله گازهایی هستند که بهتر است در این آشکارسازها استفاده می‌شوند.

آشکارساز فروسرخ

این یک دستگاه است که با استفاده از اندازه‌گیری اشعه فروسرخ، تولید تصویر می‌کند. در حالیکه یک دوربین معمولی با استفاده از اندازه‌گیری نور مرئی تولید تصویر می‌کند.

نامهای دیگر آن: دوربین فروسرخ حرارتی ، دوربین تصویر برداری حرارتی، دوربین اندازه‌گیری حرارت یا دوربین سنجش تابش فروسرخ.²²

طول موج نور مرئی بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر است لذا
یک دوربین معمولی در حدود همین طول موجها به
اندازه گیری شدت نور مرئی می پردازد؛ ولی یک
آشکارساز فروسرخ در طول موجهای حدود ۱۴۰۰۰
نانومتر و نزدیک به آن به اندازه گیری شدت تابش
الکترومغناطیس می پردازد.



آشکار ساز سوسوزن

دو نوع آشکار ساز سوسوزن وجود دارد:

1- بلورهای معدنی جامد 2- پلاستیک و مایعات آلی

در این سوسوزنها نوع برانگیختگی متفاوت بوده ولی نتیجه نهائی یکسان است.

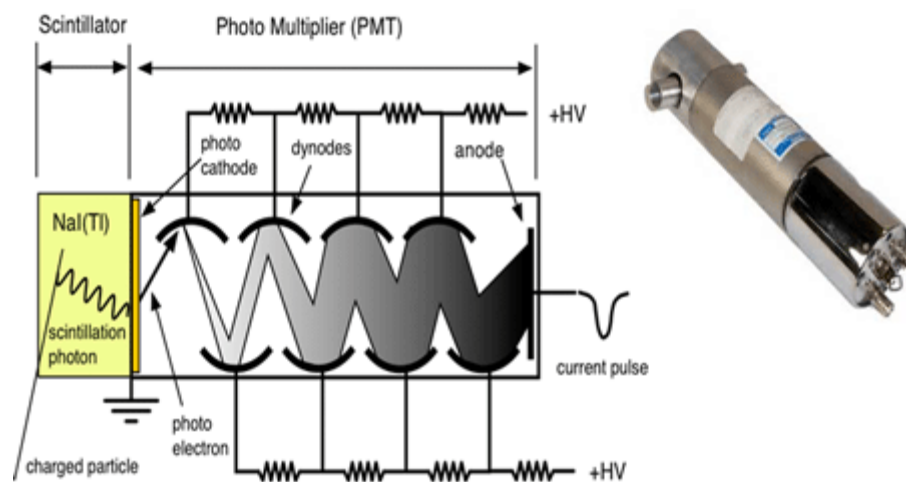
با عبور ذرات باردار از میان ماده انرژی از دست رفته بوسیله آنها به انرژی برانگیختگی بلورهای معدنی یا برانگیختگی مولکولی مولکولهای آلی تبدیل می گردد. انرژی برانگیختگی بصورت فلورسانس یا سوسوزنی رها می شود.

بسیاری از مواد از قبیل بلورهای معدنی مانند یدور سدیم و مواد آلی مانند آنتراسن هنگامی که تحت تابش پرتوهای یونیزه کننده قرار گیرند، از خود نور تابش می کنند. نور تابشی از این مواد می تواند توسط فوتومولتی پلایر آشکار گردند.

سازوکار عملکرد شمارنده سوسوزن

وقتی که تابش یونیزه کننده از داخل سوسوزن عبور می‌کند، فوتون‌هایی را بوجود می‌آورد. فوتومولتی پلایر دارای لایه‌ای با خاصیت فوتوالکتریک می‌باشد. وقتی نور با این لایه برخورد می‌کند، الکترون از آن خارج می‌شود. تعداد الکترون‌های خارج شده تابع شمار فوتون‌هایی است که با فوتوکاتد برخورد می‌کنند. الکترون‌های گسیل شده توسط سطح فوتوکاتد در میدان الکتریکی شتاب می‌گیرند و به طرف داینود رانده می‌شوند.

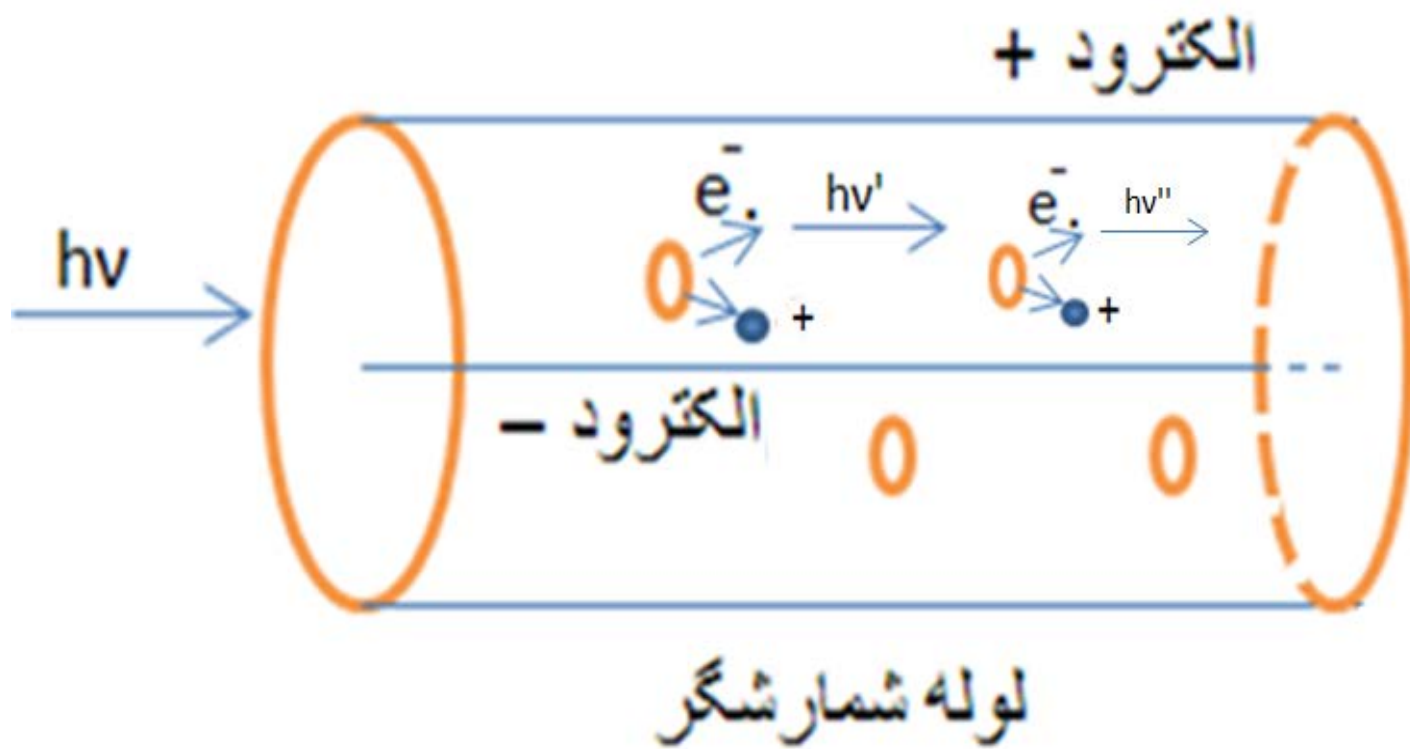
داینود صفحه‌ای است با رویه خاص که الکترون‌ها به آسانی از آن کنده می‌شوند. هر الکترونی که به داینود می‌رسد، بسته به انرژی که در میدان الکتریکی دریافت می‌کند، حدود سه یا چهار الکترون از داینود می‌کند. سپس الکترون‌هایی که از داینود گسیل می‌شوند، به طرف دومین داینود شتاب می‌گیرند و هر یک از الکترون‌ها چندین الکترون دیگر را از این داینود جدا می‌سازند و این فرایند چندین بار با تعداد الکترون‌هایی که در هر دینود سه یا چهار برابر شده‌اند،²⁷ تکرار می‌شود.



شمارشگر اشعه ایکس

این شمارشگر از یک لوله استوانه ای تشکیل شده است که محور و بدنه آن در دو پتانسیل مثبت و منفی قرار دارند. داخل استوانه با مقدار کمی گاز بخصوصی پر شده است. هنگامی که فوتون ایکس وارد محفظه می شود یک اتم گاز را یونیزه می کند. به این ترتیب یک یون و یک الکترون تولید می گردد که جذب الکترودها می گردند.

الکترون را فوتوالکترون می نامند زیرا قبل از جذب شدن یک فوتون گسیل می کند که انرژی آن به اندازه انرژی یونیزاسیون گاز از انرژی فوتون ورودی کمتر است. این فوتون در برخورد با اتم دیگری نظیر سازوکار قبلی زوج یون-فوتوالکترون دیگری را تولید می کند. این روند همچنان ادامه می یابد تا انرژی فوتون اولیه کاملاً مستهلک گردد. در نهایت زوج های جمع آوری شده توسط الکتروده مورد شمارش قرار می گیرند.



روش شمارش فوتون های ایکس:

فرض کنید فوتون های ایکس با انرژی $E_{ph} = 30000\text{eV}$ وارد محفظه شمارشگر شوند. اگر انرژی یونیزاسیون اتم گاز موجود در محفظه $E_i = 30\text{eV}$ باشد، آنگاه n تعداد عمل یونیزاسیون به ازای یک فوتون ورودی خواهد بود.

$$n = E_{ph} / E_i = 30000/30 = 1000$$

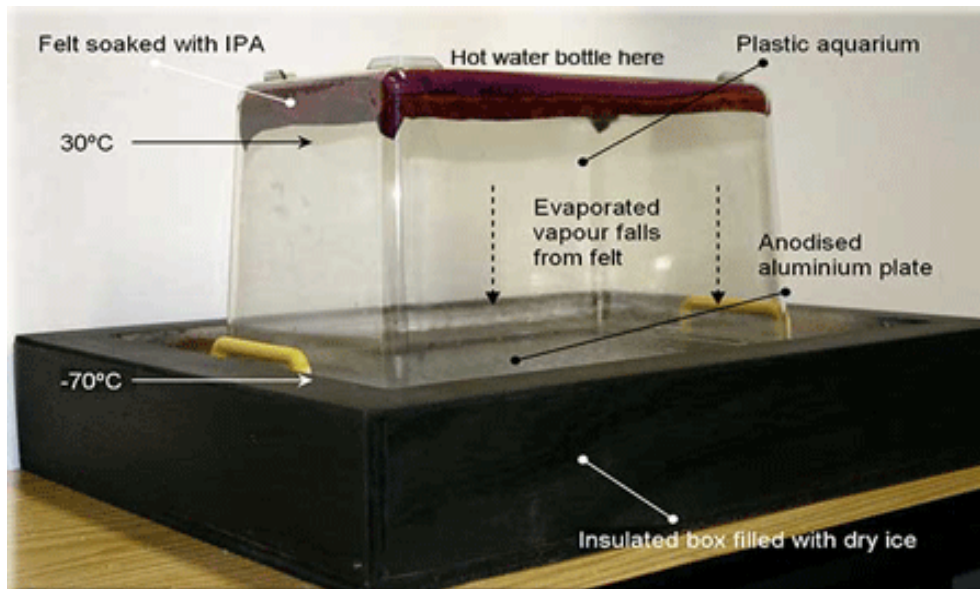
حال اگر فرض کنیم n' تعداد کل زوج یون- فوتوالکترون های تولید شده در یک بازه زمانی معین (مثلا یک دقیقه) باشد (مثلا $n' = 100000$)، آنگاه تعداد کل فوتون های وارد شده به محفظه (N) در همان مدت زمان برابر خواهد بود با:

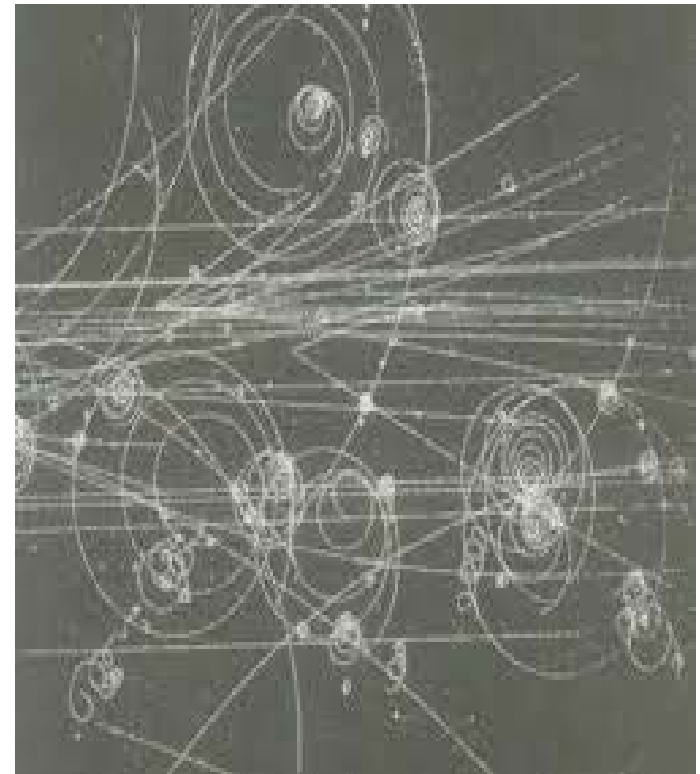
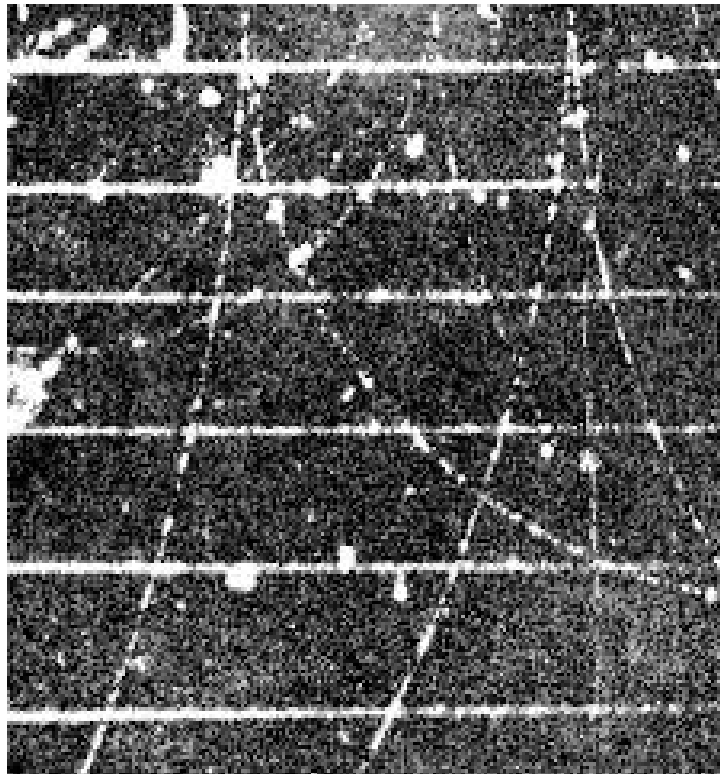
$$N = n'/n = 100000/1000 = 100$$

یعنی 100 فوتون ایکس در مدت یک دقیقه وارد محفظه شده اند.

اتاقک ابر

- اتاقک ابر متشکل از محفظه ای از هوا و بخار آب به حالت اشباع است. در اطراف یون های تشکیل شده از تابش ذرات باردار حامل انرژی، قطره های آب تشکیل می شود که با نوردهی مناسب می توان مسیر حرکت ذره را دید یا عکسبرداری کرد.







اندر دل من مها دل افروز تویی
یاران هستند و لیک دلسوز تویی
شادند جهانیان به نوروز و به عید
عید من و نوروز من امروز تویی
مولانا