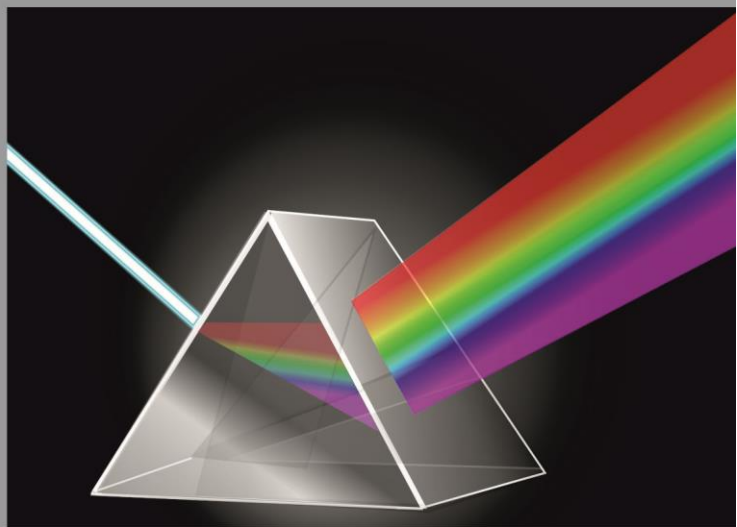


# مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

ویراست اول چاپ دوم



مؤلف:

ملیکا ملک آرا

ویراستار ادبی:

الهام خورسند، فرزانه شهسوار

مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

# مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

مؤلف:

ملیک ملک‌آرا

ویراستار ادبی:

الهام خورسند، فرزانه شهسوار

## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

### فصل اول

جلسه اول : کروماتوگرافی

ارزیابی خاصیت الکتربیکی مواد

خواص اپتیکی واکنش ماده نسبت به نور چگونه است؟

بررسی خواص اپتیکی (طیف نسبی)

در روش طیف نسبی تنها روش است که حالت فیزیکی ماده مهم نیست.

جامد - مایع - گاز

در این روش ها محدودیت حالت ماده  
نداریم.

۱- خواص نوری ماده: جذب اتمی

جذب نور

رفتار عبوری نور: IR یک طیف نسبی عبوری بر حسب (عدد

موجی - عبور نور)

انعکاس یا بازتابش:

## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

شکست نور یا ضریب شکست:

پخش نور:

چند فصل در خصوص مقدمات و کلیات طیف‌سنجی، علمی که از فیزیک وارد شیمی می‌شود.

۱۱ فصل تدریس می‌شود.



- قوانین optic
- محدودیت ابزارهای optic
- مدارهای الکترونیکی
- Noise - نوفه
- روش‌های طیف‌سنجی
- Atomic absorption

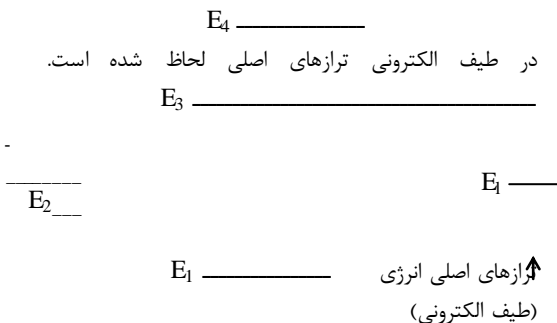
## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

\* طیف‌سنجی علمی است که از تأثیر متقابل نور و ماده صحبت می‌کند.

اگر این رفتارهای نوری را تبدیل به گراف کنیم طیف به دست می‌آید.

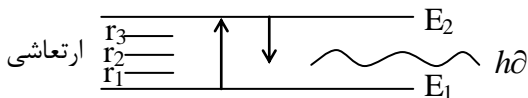
### Spectrum طیف

اگر این تغییرات شدت نور در خصوص اتم رخ داده باشد طیف اتمی داریم. طیف مولکولی طبقه‌بندی براساس انتقالات الکترونی است. ارتعاش چرخشی: چرخشی خالص

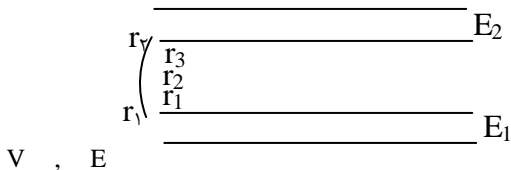


## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

لایه‌های فرعی اول ارتعاشی است و زیرمجموعه‌ها ارتعاشی چرخشی است.

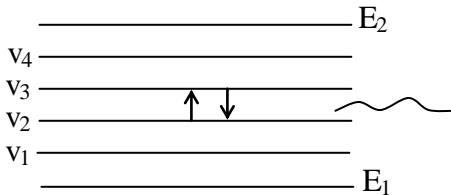


فقط ترازهای ارتعاشی عوض می‌شوند نه اصلی (۱) طیف الکترونی



ثابت فقط  $r$  عوض می‌شود. (۳) طیف چرخشی

## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی



(۲) طیف ارتعاش چرخشی

**ماده و نور:**

ماده حجم داشته باشد فضا را اشغال می‌کند: جامد، مایع، گاز  
مقدار هم طبقه‌بندی می‌شود. حجم و جرم نمونه یک تقسیم‌بندی  
دیگر دارد؟

Bulk sample نمونه توده

Initial sample نمونه اولیه

Analytical sample Analysis نمونه تجزیه ای

Analytic

نمونه توده به تمام نمونه گفته می‌شود.

**روش‌های نمونه‌گیری**

**نمونه برداری تصادفی**

## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

بعد از نمونه برداری تصادفی دوباره بکبار دیگر هم نمونه برداری می‌کنیم تا نمونه به حد آزمایشگاهی برسد. نمونه‌ی تجزیه آن نمونه ای است که داخل آزمایشگاه می‌شود و ما به دنبال آن هستیم. به طور مثال این pb برای نمونه کل رودخانه است.

انحراف استاندارد      کمیت آماری

تعداد آزمایش      معدل

معدل  $\bar{x}$  نماینده کل نمونه است که مقدار واقعی  $\mu$  است.  $\mu = \bar{x} \pm \frac{ts}{\sqrt{n}}$

لذا همیشه بین  $\bar{x}$  و  $\mu$  تفاوت صفر نیست.

$$\mu - \bar{x} = \pm \frac{ts}{\sqrt{n}}$$

$$\mu = \bar{x} \pm \frac{ts}{\sqrt{n}}$$

وقتی که به آنالیت می‌رسیم می‌خواهیم analyte را اندازه‌گیری کنیم.



## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

Macro analysis > 0/1 gr

Semi 0/1 – 0/01

Micro 0/001 ppt

Trace ppm فوق‌العاده ناچیز و مقادیر ناچیز کمیاب

< 0/001  $10^{-6}$

Part per milione  $\Rightarrow$  ppm

$10^{-9}$  nano  $\Rightarrow$  ppb

در مقالات trace را به کار می‌برند ولی بعضی از مقالات ultra trace یا فراناچیز گویند.

بسته به ماده‌ی ما که اتم باشد یا مولکول، طیف اتمی یا طیف مولکولی داریم.

هدف اندازه‌گیری غلظت ماده در کل است.

و باید با تکنیک‌های sampling آشنا باشیم.

**جلسه دوم:**

Signal تابع چه متغیرهایی است.

Signal = f ( $\lambda$ ) , (Ca) , ( $x_i$ )

سایر متغیرها مثل pH و دما غلظت آنالیت طول موج

(۱) (۲) (۳)

از نظر ریاضی می‌گویند تابع ما یک تابع چند متغیره است یعنی

(۱) و (۲) و (۳)

## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

اگر ما بخواهیم اثر این متغیرها را بررسی کنیم از نظر ریاضی می‌توانیم چه کار کنیم؟

یکی از آن کارها این است که یکی را تغییر می‌دهیم و دوتای دیگر را ثابت می‌گیریم. بعد دومی را تغییر داده بقیه را ثابت می‌گیریم و

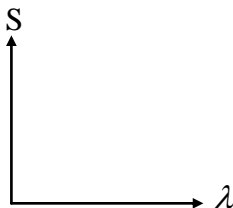
...

(غلظت و سایر متغیرها ثابت در نظر گرفته)

$$S = f(\lambda)_{Ca, xi}$$

## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

اثر طول موج بر سیگنال:



یک طول موج کوتاه دارد و یکی طول موج بلند دارید. محل پیک مربوط به ساختمان مولکول است.

ساختمان: مثلاً پیوند اشباع دارد، غیر اشباع دارد، حلقه بنزن دارد یا گروه عاملی دارد ...

(۱) محل پیک ← ساختمان مولکول

(۲) شدت سیگنال ← شناسایی و تعیین مقدار دقیق‌تر.

هرچه سیگنال قوی‌تر و شدیدتر باشد تشخیص آن راحت‌تر است. خطا در تعیین غلظت کمتر است.

\* عواملی که روی شدت اثر دارد:

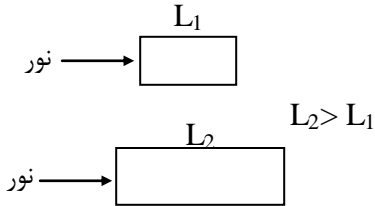
۱- غلظت

۲- افزایش مسافتی است که نور در داخل ظرف طی می‌کند.

## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

اگر ما ظرفی داریم که ۲ تا آنالیت دارد و ظرفی دیگر دارای چندین آنالیت است، کدام سیگنال قوی‌تری دارد؟  
(در ظرف دومی) (analyte) بیشتر شدت بیشتر است)  
در نمونه‌های واقعی غلظت همیشه کم است و غلظت‌های Trace هستند و از طرفی هم وقتی مقدار کم است شدت کم است.  
ما چه کار کنیم که غلظت زیاد شود؟  
پیش تغلیظ انجام دهیم.  
یعنی مقدار را در واحد حجم زیاد کنیم. (افزایش مقدار در واحد حجم)  
رایج‌ترین روش تغلیظ extraction است. (استخراج)  
مثال: ۵ نفر آدم را می‌بریم رستورانی که ۱۰۰ نفر ظرفیت دارد. آیا این ۵ نفر رستوران را شلوغ کرده‌اند؟!  
همینطوری است  
حالا اگر این ۵ نفر را در یک ساندویچی ببریم که ۴ تا صندلی دارد، آیا این ساندویچی شلوغ است؟  
بله ← این یعنی پیش تغلیظ یعنی ما مقدار را در واحد حجم زیاد کردیم.

## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی



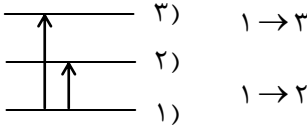
در صورتی که ما همان مقدار را داریم و فقط تغلیظ کرده‌ایم. غلیظ  
که شد شدت هم بالا می‌رود.

## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

نور را به هر دو ظرف می‌تابانیم و عبور می‌دهیم ولی چون نور در  $L_2$  مسافت

بیشتری را طی می‌کند، پس گونه‌های بیشتری سر راه آن هست پس

شدت سیگنال هم بیشتر است. در آزمایشگاه می‌گویند طول سل در صورتی که



عرض سل است و منظور از طول، طول مسیری است که نور حرکت کرده است.

۳- احتمال انتقال: یعنی چقدر احتمال وجود دارد که ما از یک تراز به تراز دیگر برویم.

۳ تا تراز داریم

احتمال اینکه از تراز اول به ۳ برود بیشتر است یا اینکه از تراز اول به تراز ۲ برود؟! معلوم نیست (انتگرال احتمال)

چیزی که اینجا مهم است انتگرالی است که در کوانتوم حل می‌کنند که محاسبه می‌کنند تراز  $۱ \rightarrow ۳$  و تراز  $۱ \rightarrow ۲$

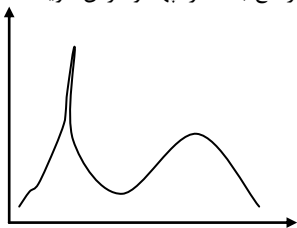
## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

احتمال آن چگونه است؟ فرض می‌کنیم که درآمده ۳  $\rightarrow$  ۱ بهتر است.

پس اگر ما نوری بتابانیم آن شدت ۲  $\rightarrow$  ۱ مناسب است نه ۳  
 $\rightarrow$  ۱ شدت ضعیف است ولی اگر نوری بتابانیم که مناسب ۳  
 $\rightarrow$  ۱ باشد و انتگرال هم احتمال ۳  $\rightarrow$  ۱ را بیشتر نشان داده  
است پس شدت سیگنال زیاد خواهد شد.

انتگرال احتمال می‌آید مشخص می‌کند کدام تراز و انرژی احتمال  
آن بیشتر است پس ما می‌فهمیم که نوری که باید بتابانیم اندازه و  
شدت آن باید به اندازه‌ی مثلاً تراز ۳  $\rightarrow$  ۱ باشد.

۴- **پهنای سیگنال**: سیگنال باریک و شارپ بهتر است هر چه  
سیگنال پهن باشد می‌آید پایین‌تر اول ارتفاع را حساب کرده  
(عرضی که معادل نصف ارتفاع باشد) را پهنای عرض گویند



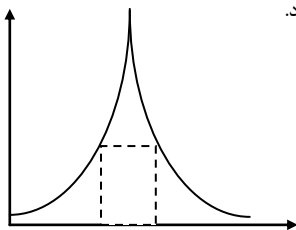
## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

(نیم‌پهنا)

$$\omega \frac{1}{2} * f \omega H \mu$$

\* چه عواملی روی پهنای سیگنال اثر دارد:

عرض سیگنال هم گفته می‌شود.



۱. عریض شوندگی برخوردی (برخورد مولکول‌ها به هم): تابع دما هست که هوا گرم شود برخورد بیشتر است و پیک پهن‌تر است. تابع جرم هم است.

جرم مولکول‌هایی که برخورد می‌کنند هم مهم است. با دما رابطه مستقیم با جرم رابطه عکس دارد.

۲. عریض شوندگی (Doppler):

عرض سیگنال (عرضی معادل نصف ارتفاع)



## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

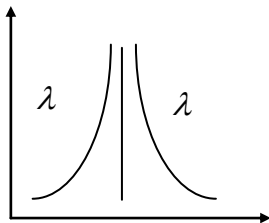
$$\left(\omega \frac{1}{2}\right)(f\omega H\mu)$$

عریض شونده‌گی برخوردی با عریض شونده‌گی Doppler چه تفاوتی با هم دارند؟

پدیده **Doppler**: اگر ما یک ناظر ساکن داشته باشیم اگر به ناظر ساکن نزدیک شود طول موج کوتاه و اگر به ناظر ساکن دور شویم طول موج بلند می‌شود.

ما اگر در کلاس باشیم وقتی در را باز می‌کنیم می‌توانیم با صدای پای دیگران بفهمیم که دارد نزدیک می‌شود یا دور می‌شود که در اینجا ما می‌شویم ناظر و ساکن.

خط وسط جایی است که آن‌ها نسبت به ناظر ساکن حرکت می‌کنند.



ناظر ساکن در دستگاه‌های طیف‌سنجی دتکتورها هستند.

## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

مولکول‌های ما نسبت به دتکتور دور می‌شوند یا نزدیک می‌شوند و میانگین آن

و چیزی که Detector نشان می‌دهد یک پیک پهن است. نزدیک و دور شدن تابع سرعت است. سرعت تابع دما است و جرم با دما رابطه مستقیم و با غلظت رابطه عکس دارد.

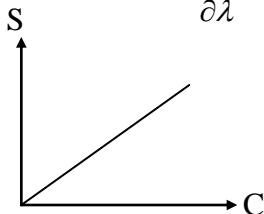
وقتی طیف می‌بینیم ۱- محل ۲- شدت ۳- پهنای چقدر تغییرات طول موج خط ایجاد می‌کند؟ چون دیگر خط نیست و یک دامنه می‌شود.

چه مقدار  $\Delta\lambda$  روی سیگنال وابسته خطا می‌شود؟ با مشتق حساب می‌شود.

ما از عبارت نسبت به طول موج مشتق بگیریم (اثر خطا براساس

$$\frac{\partial S}{\partial \lambda} = ?$$

(طول موج)



C	S
$C_1$	$S_1$
$C_2$	$S_2$
$C_3$	$S_n$

## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

اثر غلظت روی سیگنال:

اگر غلظت، غلظت استاندارد باشد (بدانیم غلظت چند است) به این خط منحنی کالیبراسیون گویند.

تغییر غلظت چقدر خطا ایجاد می‌کند؟

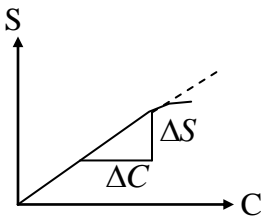
یعنی اگر از  $C_1 \rightarrow C_1 + \Delta C = C_2$  برویم با تغییر غلظت چقدر خطا در  $C$  حاصل می‌شود؟

$$\frac{\partial S}{\partial C} = ? \quad \text{باید مشتق بگیریم.}$$

چرا با  $\partial$  نشان می‌دهند؟ چون چند تا متغیر داریم (مشتقات جزئی چند تا متغیر داریم)

$m$  نشان‌دهنده‌ی حساسیت کالیبراسیون است.

$$m = \frac{\Delta S}{\Delta C} \quad \text{شیب منحنی}$$



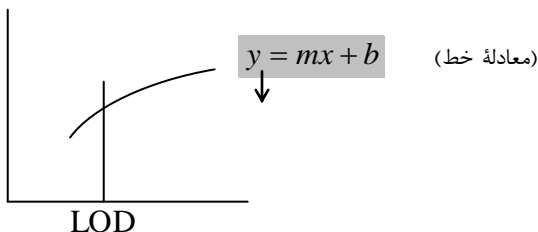
## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

از 1ppm به 2ppm سیگنال ما چقدر عوض می‌شود؟

حساسیت کالیبراسیون:

حساسیت

حساسیت کالیبراسیون  $\leftarrow$  شیب منحنی یعنی هرچه  $\Delta C$   
تغییر کند چقدر  $\Delta S$  تغییر می‌کند؟  
حساسیت تجزیه‌ای  $\leftarrow$  به کمترین تغییرات غلظت چقدر  
حساس است؟



عرض از مبدأ که نشان دهنده‌ی خط است که ما می‌خواهیم  $b$  صفر باشد.

## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

وقتی منحنی کالیبراسیون را نگاه می‌کنیم حد تشخیص (LOC) می‌بینیم:

تعریف:

تعریف علمی: غلظتی از جسم مورد تجزیه‌ای که سیگنال آن ۲ تا ۳ برابر انحراف استاندارد سیگنال بلانک (شاهد) باشد.

۲ برابر یعنی اطمینان ۹۵٪

$$2S \quad 2\delta \quad \delta \text{ انحراف معیار}$$

۳ برابر یعنی اطمینان

$$3S \quad 3\delta \quad S \text{ انحراف}$$

استاندارد

تعریف عادی: کمترین غلظتی است که دستگاه به آن پاسخ صحیح می‌دهد.

آیا نقطه‌ی شروع منحنی حد تشخیص است؟ خیر

دو برابر انحراف استاندارد معلول شاهد پاسخ صحیح است. پس

نقطه‌ی شروع خط LOD نیست. حد تشخیص را باید از blank

به دست آوریم اگر blank  $\leq 10^{-9}$  نشان دهد نمی‌تواند  $10^{-5}$  را

اندازه بگیرد.

## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

فرض  $\Leftarrow$  ppm  $10^{-4}$  :

LOD

آیا می‌توان غلظت  $10^{-5}$  را به عنوان مجهول اندازه‌گیری کنیم؟  
خیر. چون از LOD کمتر است.

حد تشخیص یعنی ما تشخیص داده‌ایم که فلان چیز هست و با اطمینان ۹۵ تا ۹۹ درصد.

حد تعیین یعنی ما می‌خواهیم اطمینان بیشتری داشته باشیم که آنالیت حتماً به مقدار زیاد وجود دارد (بیشتر در داروسازی)  
(اطمینان از حضور آنالیت بالاست و در حد تشخیص نیست) به طور مثال از دور تشخیص داده ایم که فلانی زینب است ولی وقتی نزدیک شد دیدیم شبیه آن بود و آن نیست که این می‌شود حد تشخیص.

ولی یک وقتی با اطمینان می‌گوییم زینب آمد که این می‌شود حد تعیین و مطمئن هستیم.

**تعریف LOQ**

غلظتی از جسم مورد تجزیه‌ای که سیگنال آن ۱۰ برابر انحراف استاندارد سیگنال بلانگ (شاهد) باشد.

**معلول شاهد** محلولی است که همه چیز داخل آن است به جز آنالیت

## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

$$\text{Sample} = \text{analyte} + \text{Matrix}$$

نمونه

شاهد همان ماتریکس

(همه چیز به جز Analyte)

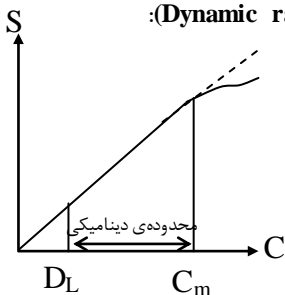
۵ برابر انحراف استاندارد شاهد یا ۱۰ برابر انحراف استاندارد شاهد حد تعیین می‌شود.

در منحنی کالیبراسیون:

(۱) شیب (حساسیت)      (۲) LOD      (۳)

LOQ (۴) محدوده دینامیکی

محدوده دینامیکی (Dynamic range):

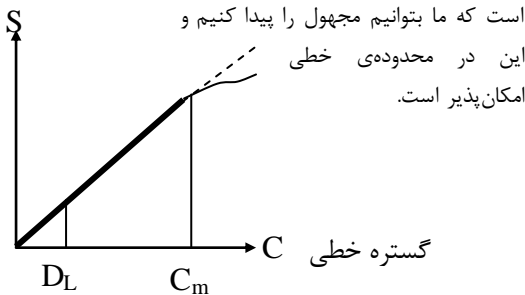


یعنی از جایی که LOD شروع می‌شود تا جایی که از حالت خطی

## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

خارج می‌شود که این دامنه خطی است یا محدوده‌ی دینامیکی است.

این محدوده‌ی دینامیکی چه فایده یا کاربردی دارد؟  
منحنی کالیبراسیون کلاً چه فایده‌ای داشت؟ مجهول‌یابی که در گستره خطی است. که پایین‌تر از LOD قبول نیست یعنی جایی است که ما بتوانیم مجهول را پیدا کنیم و



قسمت خطی مهم بود ← اگر منحنی خطی نباشد مناسب برای تعیین مجهول نیست.

اگر خیلی غلیظ باشد باید رقیق کنیم تا بیاید پایین و در محدوده‌ی خطی قرارگیرد.



## مقدمه‌ای بر طیف‌سنجی

اگر خیلی رقیق باشد و پایین باشد غلیظ می‌کنیم تا بالاتر بیاید، تا در گستره خطی بیفتد.

امروزه در شیمی تجزیه علمی ایجاد شده که ما در این علم از امکانات ریاضی، آمار و امکانات کامپیوتری (هوش مصنوعی)، پردازش داده‌ها استفاده می‌کنیم.

داده‌های ما در قسمت غیرخطی است یا زیر منحنی یا بالاست پس ما باید ناحیه غیرخطی را خطی کنیم کمومتریکس مورد نیاز است. شاخه‌ای از این علم **Multi variate calibration** کالیبراسیون چندمتغیره که کاری به خطی بودن نداریم.

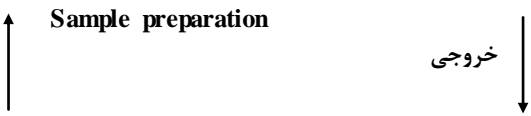
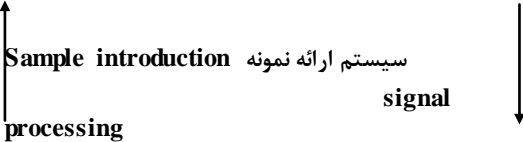
فصل دوم

جلسه سوم :

### Spectrochemical measurement

اندازه‌گیری‌های طیف‌سنجی‌های شیمیایی

Encoder                      optical information  
                                 selector                      detector                      →



سیستم ارائه نمونه بعضی وقت‌ها اتوماتیک و گاهی دستی است.

(۱) اتوماتیک

(۲) دستی (manually)

Encoder جایی است که نور و ماده باهم برخورد می‌کنند (رمزگذار) محلی که cell را داخل دستگاه گذاشته و درب آن را می‌بندیم.

جذب اتمی ← مشعل مجموع لامپ، مشعل encoder رمزگذاری

همه‌ی طول موج‌ها مفید نیست طیف وارد  $\lambda$ -selector شد مقادارها با طول موج گزین از هم جدا شده و وارد مبدل یا آشکارساز می‌شود.

Signal → Signal

قابل اندازه‌گیری نوری

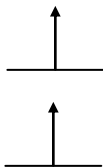


signal را تقویت کنیم و log بگیریم این را پردازش سیگنال گویند.

محاسبات در بیرون از دستگاه با نرم‌افزارهای آماری را به نام کمومتریکس گویند. تلفیقی از آزمایشگاه و کامپیوتر که خروجی پرینت می‌شود.

این اساس اکثر روش‌های طیف‌سنجی است.  
 جذب نور و رفتن الکترون از تراز پایین به تراز بالا  
 باید تابع  $h\omega$  باشد و  $h\omega$  جذب می‌شود  
 که مساوی با  $\Delta E = h\omega$  باشد.  
 جذب نور را به‌طور مستقیم نمی‌توان سنجید.

$$A = -\log I = -\log \frac{P}{P_0}$$



جذب uv - visible

IR

Atomic absorption

توتیب توالی دستگاه چیست؟ دستگاهوری است.

$\lambda$ -selector  $\longrightarrow$  ظرف نمونه  $\longrightarrow$  آشکارساز  $\longrightarrow$  منبع نور

جنس ظرف نمونه حتما باید کوارتز باشد. اگر پرتو uv باشد. پلاستیک-اگر پرتو visible باشد. در ناحیه‌ای که ما کار می‌کنیم جذب ندارد یا جذبش ثابت است. در اثر تفاضل گیری جذب را حذف می‌کنیم. می‌تواند جریان تاریک باشد. جذب اجزای optic دستگاه آینه - grating

$$A_{\text{total}} = A_{\text{analyte}} + A_{\text{مواد همراه}} + A_{\text{سایر منابع}}$$

کمیتی به نام جریان تاریک (dark current) موقعی که منبع نور خاموش است ما signal داریم.

اگر دستگاه ما جذب اتمی بود ظرف cell ما شعله است.

شعله تولید سیگنال ناخواسته می‌کند که به آن Background (نقش زمینه) (جذب زمینه) گویند.

از بین تمام موارد فقط Analyte را می‌خواهیم. چون این سیگنال تشکیل شده از خیلی اجزاست ولی ما فقط Analyte را می‌خواهیم.

$$A_{\text{analyte}} = A_{\text{signal total}} - A_{\text{سایر}}$$

در سایر منابع ما Matrix داشتیم، نشر زمینه داشتیم، جریان تاریک داشتیم ...

برای برطرف کردن این سیگنال ناخواسته راه آزمایشگاهی، استفاده از محلول شاهد است.

محلول شاهد مشابه نمونه است و همه چیز دارد به جز آنالیت.

Blank : Matrix – Analyte

Sample : Analyte + Matrix

$$\text{Matrix}_{\text{blank}} = \text{Matrix}_{\text{sample}}$$

جذب آنالیت: جذب بلانک از جذب کل کم می شود

Absorption چیزی جز ولتاژ نیست.

ثبات  $\longrightarrow$  signal processing آشکارساز

آشکارساز  $\longleftarrow$  نور را به جریان الکتریکی تبدیل می کند.

$$\text{Signal} \begin{pmatrix} \text{تقویت} \\ \text{حذف} \end{pmatrix}$$

در روش‌های نشری لامپ نداریم منبع نور نداریم و فقط با گرما نور می‌دهیم.

در اثر برخورد و حرارت به تر از بالا رفته و برمی‌گردد و یک فوتون می‌دهد و گرما که ما  $\varphi_E$  را می‌سنجیم که شدت نور تابیده شده است. نور منتشر شده  $\varphi_E$  است.

$$\text{گرما } h\nu + h$$

منبع برانگیختگی ما می‌تواند تخلیه الکتریکی باشد حرارت باشد،  
شعله یا هر چیز که حرارت می‌دهد.

Excitation source  $\longrightarrow$  sample container

$\longrightarrow$  wave length

حرارت منبع برانگیختگی      ظرف نمونه  
selector

### $\lambda$ - selector

$\lambda$  - selector  $\Leftarrow$  ابزاری است که یک طول موج را از

سایر طول موج‌ها جدا می‌کند.

گزینش‌گر طول موج می‌تواند منشور باشد.

(focal plane) صفحه کانونی عدسی

شکاف ورودی

طول موج موردنظر بیرون می‌آید

(Entrance slit)

تفکیک نور

منشور را اگر بچرخانیم  $\lambda_2$  به دست می‌آید.

(۱) اگر نور خروجی روی صفحه نمایش بیافتد یا روی دیوار،

دستگاه اسپکتروسکوپ است.

(۲) اگر نور خروجی که از صفحه کانونی بیرون می‌آید بر روی فیلم عکاسی باشد دستگاه اسپکتروگراف است.

(۳) اگر نور خروجی که از صفحه کانونی پرده نمایش یا فیلم عکاسی نباشد ابزار الکترونیکی که شدت نور را نمایش می‌دهد دستگاه اسپکترومتر است.

(۴) اگر ابزار الکترونیکی شدت نور را هم اندازه‌گیری کند دستگاه اسپکتروفوتومتر است.

### فلوئورسانس اتمی

معنی کلی: نور تابیدن - نشر کردن

لومینانس: ماده نور دهد ← بدون گرم شدن ←  
بدون آنکه با منبع نور برانگیخته شود.

حالت خاص لومینانس ← حرارت هم بدهیم و آن را  
تشدید کنیم و به آن لومینانس حرارتی گویند.

Thermoluminance حرارت

Photoluminance نور

تفاوت روش نشری و روش فوتولومینانس چیست؟

برانگیختگی با منبع نور صورت می‌گیرد در فوتولومینانس



مثال‌های فوتولومینانس ← (۱) فسفرسانس زمان نشر زیاد است.

(۲) فلورسانس زمان

نشر کوتاه است.


(در جذب عبور را می‌سنجیم)

(در نشر  $\varphi_E$  را سنجیدیم)

$$\varphi_L = k(\varphi_0 - \varphi) \text{ فلورسانس}$$

(در فلورسانس  $\varphi_L$  را می‌سنجیم)

← قانون بیرلامبرت

$$A = -\log \frac{\varphi}{\varphi_0} = \epsilon b c$$


به غلظت ربط می‌دهیم در

فرمول گذاشته

$$\varphi_L = kC \text{ معادله‌ی فلورسانس}$$

غلظت

دیاگرام فلوئورسانس:

$\lambda - selector$  (برانگیختگی)

sample  $\longrightarrow$

$\longrightarrow$  \* منبع نور داریم

منبع تابشی

ظرف نمونه ها

(۱)  $\lambda - selector$  Emission

گزینش گر طول موج

نشری

(طیف برانگیختگی)

Detector

(۱)

آشکار ساز

(طیف نشری)

دوتا  $\lambda$  - selector داریم که نسبت به هم عمود هستند که بین آن‌ها sample قرار دارد. اولی برانگیخته می‌کند و دومی نشر می‌دهد.

در جذب هم آنالیت داریم هم سایر اجزاء را داریم. اینجا هم همینطور.

$$\phi_{\text{total}} = \phi_{\text{analyte}} + \phi_{\text{blank}} + \phi_E$$

نشر آنالیت به وسیله گرما

blank

$\phi_E$  ← نشر حرارتی آنالیت است که معمولاً از آن صرف نظر می‌کنیم.

پس تا الان (۱) جذب اتمی (۲) نشر اتمی (۳) فلورئورسانس اتمی را گفتیم.

### پخش نور: Scattering

در این روش‌ها نور در اثر برخورد از مسیر خود منحرف می‌شود که اینجا می‌گویند نور پخش شده است (انحراف پخش)  
از نظر دیدگاه انرژی دو حالت دارد:

(۱) الاستیک، کشسان  $\leftarrow$  انرژی قبل از برخورد با انرژی بعد از برخورد ثابت و یکی است و فرقی ندارد که اکثر ذرات چنین رفتاری را دارند.

مثال: پخش رایلی که پخش کشسان است یعنی وقتی نور به ماده خورد و منحرف شد انرژی آن ثابت است فرکانس هم ثابت است و تغییری نمی‌کند. این موضوع در رایلی برای موادی گفته می‌شود که ابعاد آن نسبت به طول موج کوچک است.

(۲) غیرالاستیک، ناکشسان  $\leftarrow$  دو روش وجود دارد (۱)رامان

## (۲) Brliouin .

اندازه ذرات کوچک است ولی الاستیک نیست. یعنی وقتی برخورد کرد با انرژی قبل از برخورد یکسان نیست.

تفاوت Raman با Brliouin در چیست؟

در Raman تغییرات انرژی به دلیل جذب یا نشر انرژی ارتعاشی است ولی در Brliouin اساس پخش نور کاری به فوتون ارتعاشی ندارد، به بازتابش نور از امواج صوتی کار دارد.

پس اگر نور به امواج صوتی برخورد کند و در اثر بازتابش از امواج صوتی انرژی‌اش عوض شود Brliouin نام دارد.

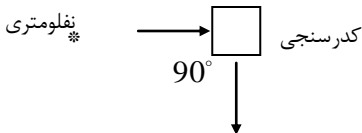
چون ما نور داریم  $k$  داریم  $\Leftarrow$

$$\varphi_s = k(\varphi_o - \varphi)$$

*scattering*

اگر برخورد ذرات و ابعاد ذرات خیلی بزرگ شد یعنی بزرگتر از طول موج شد دو روش داریم که در تصفیه آب حتما خواندیم (۱) نفلومتری (۲) کدرسنجی در این دو روش نور ما الاستیک است. ابعاد ذرات به مراتب بزرگتر از طول موج است و با چشم هم دیده می‌شوند.

اگر پخش نور را در زاویه  $90^\circ$  به منبع نور بخوانیم نفلومتری است.



کدرسنجی زلال بودن آب را تشخیص می‌دهد و شاخصی است برای کدورت آب که ذراتی در آن معلق نباشد. سایر روش‌هایی که در جدول ذکر شده است:

رفراکتومتري : ميزان شکست نور را اندازه می‌گیرد.  
 پلاريمتری : برای آنانتیومرها، برای آن‌هایی که فعال نوری هستند  
 استفاده می‌شود.  
 هر کدام از این روش‌ها ارقام شایستگی دارند حد تشخیص دارند،  
 حد تعیین دارند و ...  
 هر کدام از این روش‌ها را ما استفاده کنیم این ارقام شایستگی را  
 برای آن تعریف نکنیم.  
 در تمام این روش‌ها کمیت مورد اندازه‌گیری  
 لومینوسانس - پخش - نشر  
 ما می‌خواهیم راجع به سیستم اندازه‌گیری انرژی نور اطلاعاتی  
 به دست آوریم که وقتی ما می‌گوییم  $l - \circ$  می‌سنجیم  $\varphi_L$  و  
 $\varphi$  را می‌سنجیم باید ببینیم چی را می‌سنجیم؟! واحد آن  
 چیست؟!  
 برای اندازه‌گیری نور دو تا سیستم هست: (۱) رادیومتري (۲)  
 نورسنجی  
 اولی که در سیستم SI هست رادیومتري است.  
 اولین مورد در جدول کتاب  $\Leftarrow$  هر تابعی و هر انرژی که تابشی  
 باشد بانمادی مثل  $\varphi$  نشان می‌دهیم.

واحد انرژی آن (ج) ژول است.

انرژی دو کمیت دیگر دارد: چگالی انرژی - شار تابشی

$$\text{تغییرات توان در واحد حجم} \Rightarrow U = \frac{\partial \varphi}{\partial V} \text{ چگالی}$$

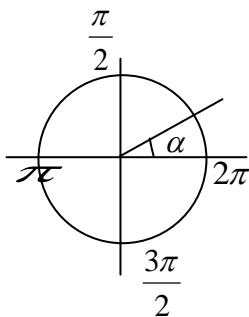
$$\text{تغییرات توان به تغییرات زمان} \Rightarrow \varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial t} \text{ شار تابشی}$$

جدول شماره (۲-۱) کتاب

$$\text{تغییرات } \varphi \text{ در واحد زاویه‌ی فضایی} \quad I = \frac{\partial \varphi}{\partial \Omega} \text{ شدت نور}$$

(تغییرات

زاویه فضایی)



$$\frac{2\pi}{R}$$

اگر دایره به  $360^\circ$  قسمتی تقسیم می‌شد واحد آن می‌شد درجه  
اگر دایره به  $400^\circ$  قسمت تقسیم می‌گردید گرانت می‌شد.

اگر این دایره مثلثاتی بود به  $\frac{2\pi}{R}$  می‌شد.

در رادیان طول قوس دایره باید با شعاع دایره یکی باشد که  
می‌شود یک رادیان.

اگر رادیان را در فضای سه بعدی نگاه کنیم استرادیان As

تغییرات شار در واحد سطح  $\mu = \frac{\partial \varphi}{\partial A}$  توان نشر یا توان

خروجی نشر

اگر با این سطح زاویه داشتیم  $\leftarrow$  می‌شد  $A \cos \theta$

اگر سطح ما با منبع نور زاویه داشته باشد می‌شد  $\cos$  زاویه‌ی ما

Projection area

$$j = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \Omega \partial V} \xrightarrow{\text{مشق نرم}} j = \frac{\partial}{\partial \Omega} \left( \frac{\partial \varphi}{\partial V} \right)^{\partial \varphi^2}$$

ضریب نشر

تغییرات  $\varphi$  در واحد حجم در واحد زاویه

$$\text{(Radians)} \quad \beta_{(\lambda)} = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \Omega \partial A} \longrightarrow \beta = \frac{\partial}{\partial \Omega} \left( \frac{\partial \varphi}{\partial A} \right)$$



تغییرات توان در واحد سطح در واحد زاویه

سیستم نورسنجی یا فوتومتری سیستمی است که براساس SI نیست براساس شمع کار می‌کند.

یک شمع یا یک کاندلا یعنی مقدار نوری که بتواند یا حداقل نوری که بتواند مساحت  $1\text{cm}^2$  را روشن کند و به چشم بیاید و آن را ببینیم در سیستم نورسنجی براساس شمع کار می‌کند و می‌گویند شدت نوری که شمع دارد باید به اندازه‌ای باشد که  $1\text{cm}^2$  مربع را روشن کند و به چشم بیاید.

به این نوری که در واحد سطح دیده می‌شود Lux گفته می‌شود پس واحد انرژی ما اینجا Lux است و ژول نیست.

در بعضی از دوربین‌های عکاسی نوشته می‌شد  $Lux$  یعنی وقتی که شمع خاموش است این دوربین باز هم فیلم می‌گیرد و در نور بسیار بسیار ضعیف هم فیلم می‌گیرد.

جدول کتاب روش رادیومتری را با روش نورسنجی مقایسه کرده (جدول ۲-۲)

## فصل سوم

### جلسه چهارم:

(نور) ← optic روی ابزارهای نوری و نور بحث می‌کنیم.

با قوانین نور آشنا می‌شویم با ابزارهای نور آشنا می‌شویم و اینکه این ابزارها را باهم جور کنیم چه دستگاہی درست می‌شود.  $\lambda$ -selector تولید می‌کند که مهم‌ترین آن است. انتخاب‌گر طول موج هم تولید می‌کند.

در مورد قانون نور یک قانون مهمی داریم به نام قانون بقای نور

←

$$\alpha_{(\lambda)} + \rho_{(\lambda)} + T_{(\lambda)} = 1 \quad \text{قانون بقای نور:}$$

عبور نور بازتابش نور جذب نور

جذب نور تابع طول موج است یعنی در طول موج‌های مختلف جذب‌های مختلف هم فرق می‌کند. بازتابش نور که در طول موج‌های مختلف انعکاس و بازتابش هم فرق می‌کند در طول موج‌های مختلف عبور نورها فرق می‌کند.

پس نور ۳ حالت برایش اتفاق می‌افتد یا عبور می‌کند یا بازتابش دارد و منعکس می‌شود یا جذب می‌شود.

ما از روی قانون بقای نور می‌توانیم تکنیک‌های نورسنجی را استخراج کنیم. نوری که از این محیط عبور می‌کند می‌تواند شکست شود.

وقتی نور می‌خواهد از یک محیطی وارد محیطی دیگر شود ممکن است نسبت به کمیتی به نام خط عمود (حکم شاخص) منحرف شود به سمت بالا (نسبت به خط عمود) و ممکن است منحرف شود به سمت پایین شکست کمتر شود و ما در امتداد آن خط نیستیم.

- سرعت نور در دو محیط مختلف متفاوت است.

$$V = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

سرعت نور در اجسام (شیشه، آب و ...)

$$C = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}}$$

سرعت نور در خلأ

(محیطی که نور می‌خواهد از آن برود)

$\epsilon$  قابلیت گذردهی الکتریکی است یعنی یک میدان الکتریکی از یک محیطی می‌تواند رد شود.

$\mu$  قابلیت انتقال یک محیط است.

(محیطی که نور می‌خواهد از آن رد شود)

می‌آییم نسبت این سرعت‌ها را در نظر می‌گیریم بعد این نسبت می‌شود یک عدد ثابت

وقتی یک ماده‌ای یا یک نوری که می‌خواهد از داخل محیطی عبور کند آن محیط چقدر متراکم هست و چقدر اجازه‌ی عبور می‌دهد که به آن اپتا گویند. چقدر اجازه‌ی عبور بردار الکتریکی را می‌دهد؟!

پس در اصطلاح می‌گوییم قابلیت گذردهی الکتریکی ولی به آن می‌گوییم قابلیت گذردهی نور و حالا اگر این دو را به هم تقسیم کنیم ←

$$\frac{C}{V} = \sqrt{\frac{\epsilon \cdot \mu}{\epsilon_0 \cdot \mu_0}}$$

ما نسبت گذردهی الکتریکی یا قابلیت گذردهی میدان الکتریکی را به آن ثابت دی‌الکتریک گویند.

$$k_D = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad \text{ثابت دی‌الکتریک}$$

ضریب شکست تابعی است از طول موج یعنی ضریب شکست با تغییر طول موج تغییر می‌کند. اگر ما شیشه داریم، نوری می‌تابانیم با طول موج 200nm رفتارش چه فرقی می‌کند وقتی طول موج

ما 300nm است؟! وقتی شیشه در ناحیه مرئی است مثلاً  
500nm است پس  $n(n_{(\lambda)})$  تابعی از  $\lambda$  است.

در پدیده شکست فرکانس نور عوض نمی‌شود. نسبت تغییرات موج  
ما  $\Leftarrow$  اگر ما تغییرات ضریب شکست را در طول موج‌های  
مختلف اندازه‌گیری کنیم  $\Leftarrow$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

یک ظرف محلول رنگی داریم، طول موج‌های مختلف را می‌تابانیم  
و ضریب شکست را می‌خوانیم  $\Leftarrow$  پاشندگی گویند به این کار  
ولی تغییرات  $n$  با  $\lambda$  را پاشیده شدن گویند.

حالا این پرتو ما که از داخل یک محیط به محیطی می‌رود  $\theta_2$   
زاویه شکست گویند و به آن زاویه‌ای که نور را می‌تابانیم می‌گفتیم  
تابش

زاویه شکست داشتیم - زاویه  $\theta_2$  که وارد محیط می‌شود و تابع  
غلظت محیط دور و نزدیک می‌شود -  $\theta_1$  داشتیم که زاویه تابش  
بود.

قانون اسنل - دکات

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

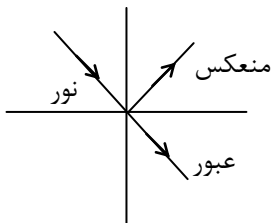
زاویه  $\sin \times$  ضریب شکست

دوم = زاویه  $\sin \times$  ضریب

شکست اول

با این قانون ما می‌توانیم میزان انحراف و میزان شکست نور را در

اثر تغییر ضریب شکست  $\frac{n_2}{n_1}$  حساب کنیم.



یکی از کاربردهای این بلورها در تولید نور پلاریزه است. (استفاده

از بلورهایی با شکست مضاعف)

وقتی ما نوری می‌تابانیم می‌تواند علاوه بر اینکه عبور می‌کند

منعکس هم شود.

یعنی به جای اینکه از محیط دوم عبور کند بخشی از انرژی ما تلف شود،

یعنی منعکس شود چون ما نمی‌خواهیم منعکس شود و پس چون نمی‌خواهیم

این مقدار نور منعکس شده تلف شده به حساب می‌آید. (نور ما در اثر بازتابش تلف شد) بازتابش نور که تابع  $\lambda$  طول موج بود.

با تغییر  $\lambda$  می‌توانیم میزان بازتابش هم عوض کنیم یعنی اتلاف نور تابع  $\lambda$  است.

اگر ما نور را تکفام بتابانیم  $\leftarrow$  تک شعاعی باشد و یک  $\lambda$  داشته باشد (مونوکروماتیک) (تک رنگ) باشد  $\rho$  می‌شود:

**Fresnel معادله فرنسل)**

$$\rho = \left( \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2$$

اگر این نور به سل

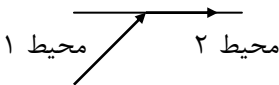
برخورد کند و بازتاب کند چقدر نور تلف شده؟!

یعنی تلف شدن

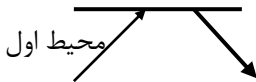
بازتابش نور تابع اختلاف ضریب شکست یعنی اختلاف هوا با شیشه

و شیشه با محلول داخل ظرف یعنی اگر این اختلاف زیاد باشد عملاً ۱۰۰٪

بازتابش پیدا می‌کند. اگر غیر از زاویه  $90^\circ$  باشد فرمولی داریم پرتو ما که دارد تابیده می‌شود به سطح عمود با زاویه  $\theta_1$  و با زاویه  $\theta_2$  خارج می‌شود که  $\theta_2$  می‌تواند بزرگ و بزرگتر شود طوری که مماس شود با سطح ما ما می‌توانیم با تغییر زاویه تابش طبق فرمول زاویه شکست را تغییر دهیم.



در این حالت زاویه تابشی که شکسته شده مماس، به این زاویه  $\theta_C$  گفته می‌شود. پرتو تابیده شده از محیط دیگر خارج نمی‌شود.



اگر پرتو را از زاویه حد بیشتر بتابانیم بازتابش کلی اتفاق می‌افتد.



موقعی اتفاق می‌افتد که از زاویه حد بزرگتر بتابانیم. سِل‌های ATR در طیف سنجی IR از این پدیده تبعیت می‌کنند (بازتابش کلی) یعنی نور به محیط برود و خارج نشود و نوری که می‌دهیم دوباره به محیط برگردد. ما محیط‌هایی داریم، کریستال‌هایی داریم که وقتی نور را می‌تابانیم دو جور رفتار نشان می‌دهند:

۱. رفتاری که از معادله‌ی اسنل - دکات تبعیت می‌کند و در این معادله صدق می‌کند. به آن می‌گویند شکست عادی (ordinary refraction)

۲. رفتاری که از این قانون تبعیت نمی‌کند و در این معادله صدق نمی‌کند که پرتو غیرعادی نام دارد. پرتو غیرعادی (extra ordinary)

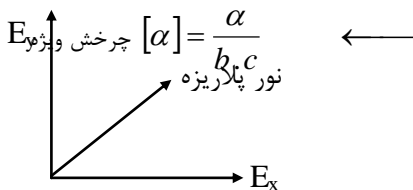
$\lambda$  طول موج  $b$  طول ظرف سل  $n$  ضریب شکست بود. ولی  $n_1 \leftarrow$  نوری که پلاریزه است یک جهت بیشتر ندارد و از نظر الکتریکی پلاریزه است و ما در ریاضی خواندیم که هر بردار را می‌توانیم به دو بردار تفکیک کنیم و تبدیل کنیم یک مؤلفه را  $E_x$  و  $E_y$  یک مؤلفه راستگرد و یک مؤلفه چپگرد است. حالا این مؤلفه‌ی ما می‌خواهد از محیط رد شود و محیط ما ضریب شکست

دارد و می‌شود شکست نور برای راستگرد و شکست نور برای چپ‌گرد.

$\leftarrow n_1$  شکست نور برای مؤلفه‌ی چپ‌گرد

$\leftarrow n_d$  شکست نور برای مؤلفه‌ی راست‌گرد

حالا اگر ما این  $\alpha$  را به غلظت تقسیم کنیم  $\leftarrow$



معمولاً برای خط زرد سدیم استفاده می‌شود. (نشر سدیم) در آتانومترها استفاده می‌شود این خط زرد سدیم.

اگر ما تغییرات  $\alpha$  را که تابع  $\lambda$  است  $\leftarrow$  اگر ما طول موج را تغییر دهیم و زاویه چرخش  $\alpha$  را بخوانیم یعنی منحنی  $\alpha$  بدون  $\lambda$  که منحنی ORD نام دارد.

ORD ( Optical Rotatory  
Dispersion)



مؤلفه راستگرد و مؤلفه چپگرد  $\leftarrow$

$$\mathcal{E}_L - \mathcal{E}_d$$

جذب نور جذب نور

وقتی از محیط می‌خواهد رد شود شکست داریم و بعد به آن می‌گوییم شکست چپگرد و شکست راستگرد.

$$\rho \begin{cases} \text{رفتار سینوسی } \delta \\ \text{رفتار مماسی } \pi \end{cases} \quad \rho = \rho_\delta + \rho_\pi$$

انعکاس نور (۲) تا مؤلفه دارد مؤلفه  $\sin \delta$  و مؤلفه مماس

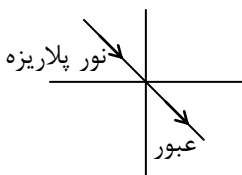
$$\tan \pi$$

کدام است که برخورد می‌کند و برمی‌گردد؟  $\sin \delta$

در اثر انعکاس  $\sin$  را از  $\tan$  جدا می‌کنیم. وقتی که نوری جدا شد می‌گویند این نور پلاریزه شد.

راه دیگر پلاریزه شدن پس بازتابش نور است.  
 پلاریزه شدن  $\Leftarrow$  با شکست مضاعف و با بازتابش نور ایجاد می  
 شود.

سؤال: دو روش پلاریزه کردن نور را نام ببرید؟



۱. شکست مضاعف ۲.
- بازتابش نور ۳. پخش
- نور ۴. جذب نور
- نور پلاریزه اگر نور بتابانیم  
 اصلا بازتابش ندارد.
- یعنی سینوسی که بازتاب  
 شد و از بین رفت

نوری که عبور می کند  $\pi$  است یعنی  $\tan \pi$

نور پلاریزه در آنالیز تکنیکی را به وجود آورده که به آن تکنیک  
 پلارومتری (قطبش سنجی) گویند.

ترکیباتی که کربن کایرال داشتند ترکیباتی بودند که فعال نوری  
 بودند. یعنی نور پلاریزه را در سمت راست یا در سمت چپ  
 بچرخانند (optically)

راست گرد یا چپ گرد می شد. زاویه ای که این نور چرخیده می شد  
 با  $\alpha$  نشان می دادند.

$$\alpha = \frac{180b}{\lambda} (n_L - n_d)$$

این پرتوی که از محیط عبور می‌کند که به صورت چپ‌گرد و راست‌گرد هست می‌تواند توسط محیط جذب هم شود؟ علاوه بر شکست جذب هم می‌شود.

( $\mathcal{E}$  جذب نور)

$$\alpha = \mathcal{E}_L - \mathcal{E}_d$$

(نیست)

خلاصه  $\Leftarrow$  ما یک مؤلفه‌ای را پلاریزه گرفتیم به دو تا مؤلفه آن را تقسیم کردیم شد راست و چپ که یک‌بار این از محیط رد می‌شود می‌شکند و بار دیگر رد می‌شود می‌گوییم جذب می‌شود که از این دو حالت خارج نیست. اگر جذب را بگیریم روش ما نمودار ما می‌شود (CD روش)

Circular dichroism (دورنگ‌نمایی دورانی)

اگر ضریب جذب معمولی ما تغییر کند و زاویه عوض شود. ما در قانون بقاء نور موردی که گفته نشده  $\Leftarrow$  جذب نور است.

$$\alpha_{(\lambda)} = 1 - T_{(\lambda)}$$

$$\alpha_{(\lambda)} + \rho_{(\lambda)} + T_{(\lambda)} = 1 \Rightarrow \alpha_{(\lambda)} = 1 - T_{(\lambda)}$$

می‌بینیم که جذب مستقیم قابل اندازه‌گیری نیست و آن را می‌توان از عبور تشخیص داد که عبور قابل اندازه‌گیری است.

$$T = \frac{\varphi}{\varphi_0} \quad \varphi \text{ می‌شود } \varphi_0 \text{ نوری که می‌تابانیم}$$

(نسبت این دو است و

تفاضل نیست و نباید اشتباه نکنیم)

جذب  $1 - T_{(\lambda)} = \alpha_{(\lambda)}$  را به غلظت ربط دادند. عبور نور را به غلظت ربط دادند و روشی به نام جذب سنجی به دست آمد.

$$A = \epsilon bc$$

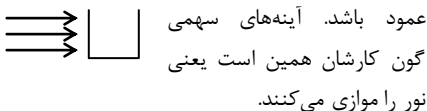
این قانون یک سری مفروضات دارد که این مفروضات اگر رعایت نشود می‌گویند انحراف از بیرلامبرت و یعنی این فرمول درست نیست.

(مفروضات جذب نور):

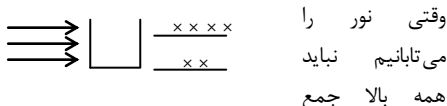
نوری که می‌تابانیم، این نور باید:

- تکفام باشد. یعنی طول موج  $\lambda$  داشته باشد.
- (نورهای چندطول موجی به درد جذب نمی‌خورد)

- موازی و عمود باشد. مایل و از پایین غلط است باید



- نور تابیده شده نباید باعث اشباع‌شدگی شود. یعنی



شود و شدت نور ما نمی‌تواند هر مقداری باشد.

- در ظرف ← جاذب‌هایی که داخل ظرف هستند باید

مستقل از هم عمل کنند یعنی اگر در داخل یک ظرف ۱۰ تا جاذب داریم ۱۰ تا جاذب هم باید باشد و در کل

یعنی ذرات به هم نچسبند و این عمل با رقیق شدن امکان‌پذیر است. رقیق شدن باعث فاصله گرفتن

گونه‌ها از هم می‌شود آن‌وقت رفتار مستقل دارند.

آیا می‌توان محلول غلیظ را بیرلامبرت کرد؟ خیر چون مستقل نیستند و باید رقیق شود.

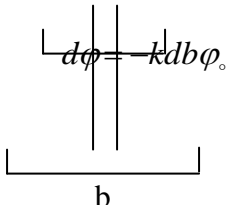
بررسی تغییرات نور می‌آیند یک بخش کوچکی را میگیرند فرمول آن را درمی‌آورند و بعد به کل مجموعه با انتگرال می‌دهند.

$$d\varphi \propto \varphi_0 db$$

تغییرات توان برابر است با شدت نور در فاصله (عرض) مستطیل

طول ظرف  $b$  است الان آن می شود  $db$  و حالا این تناسب را

تبدیل به تساوی می کنیم  $\leftarrow$



منفی به دلیل این است که نور در اثر

جذب شدن آن کاهش پیدا می کند.

$$\ln \varphi = -kb \quad \rightarrow \quad \ln \frac{\varphi}{\varphi_0} = -kb \quad \rightarrow \quad \varphi = \varphi_0 e^{-kb}$$

تغییرات توان یک تغییرات نمایی است.

اول شیب زیاد است  $\uparrow$  سرعت

تغییرات  $\uparrow$  زیاد است

هر چه پیش می رویم شیب کم می شود

$\downarrow$  و سرعت  $\downarrow$  می شود.



این را تغییرات نمایی گویند.

$$k = k' \cdot C \qquad \varphi = \varphi_0 e^{-k'bc}$$

ضریب  $k$  را هم می‌توان این‌طوری نوشت.

گفتیم که بیرلامبرت می‌آمد جذب و عبور را به غلظت ربط می‌دهند و  $\varphi_0$  و  $\varphi$  را به غلظت ربط می‌دهند ولی نشد در فرمول بالا  $\varphi = \varphi_0 e^{-kb}$  می‌آییم در پایین ثابت تناسب را تابع غلظت می‌کنیم.

$$-\log \frac{\varphi}{\varphi_0} = A(\text{جذب نور}) \Rightarrow 0/4k'bc$$

(تبدیل  $\ln$  به  $0/4\log$ )

می‌خواهد)

ضریب خاموشی

$$A = -\log \frac{\varphi}{\varphi_0} = abc$$

$A$  واحد ندارد  $\Leftarrow C$  (g / lit)  $b$  \* (cm)  $a$  \* (ثابت)

$k' = 0/43$  بود که به آن ضریب خاموشی گویند.

جذب A نسبت  $\frac{\varphi}{\varphi_0}$  است پس واحد ندارد.

**a ضریب خاموشی:**

نشاندهنده‌ی میزان جذب نور به شرطی که ظرف 1cm و غلظت

$$1 \text{ g/L} \text{ باشد.}$$

(هرچه a بزرگتر باشد جذب بیشتر است)

کدام نور را بیشتر جذب می‌کند؟  $a_1 = 10$  و  $a_2 = 20$   
 $a_2$  جذب بیشتری دارد.

a میزان جذب را نشان می‌دهد به شرطی که  
ظرف 1cm و غلظت 1g/L باشد.

ما به غیر از g/L یک واحد دیگر هم داشتیم (مولاریته)

اگر غلظت را مولاریته بگذاریم a می‌شد  $\mathcal{E}$  به قبلی که a بود  
می‌گفتند ضریب خاموشی ولی به این ضریب جذب مولی می  
گویند.

ضریب جذب مولی

$$A = \epsilon b c \rightarrow \frac{\text{mol}}{\text{Lit}} \\ \text{cm}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{L}$$

کدام نور را بیشتر جذب می‌کند؟  $\mathcal{E} = 10$  یا  $\mathcal{E} = 20$  ؟  
 $\mathcal{E} = 20$  نور بیشتری جذب می‌کند.

اکثراً با  $\mathcal{E}$  کار می‌کنیم چون غلظت مولار است.  
اینکه ظرف باید 1cm باشد و غلظت ۱ مول بر لیتر و ما براین اساس  $\mathcal{E} = 10$  و  $\mathcal{E} = 20$  را می‌فهمیم که جذب  $\mathcal{E} = 20$  بیشتر است که تابع موارد زیر است چون ظرف که 1cm و غلظت هم که یک مولار است. چرا جذب‌ها متفاوت است؟

♦ ۱- ساختار و ماهیت ماده مهم است.

به طور مثال (پیوند  $\pi$  - اشباع باشد) پیوند  $\pi$  جذب چه مقدار می‌شود؟ فنل (رنگ قرمز و سبز) که رنگ قرمز طول موج بلندتر دارد و جذب آن بالاست و هم چنین پیوندهای  $\pi$  که خاصیت رزونانس دارند بیشتر جذب می‌کنند.

♦ ۲- حلال

حلال فاصله بین ترازهای انرژی آنالیت را تغییر می‌دهد. پس اینکه جسم در آب یا در کلروفرم یا در الکل یا هگزان حل شود مهم است و جذب یکی نیست.

دما      قدرت یونی محیط      PH

$\lambda$  طول موج

همه‌ی این عوامل است ولی حلال و  $\lambda$  از همه مهم‌تر است.  
 $\epsilon$  ما با  $\lambda$  تغییر می‌کند پس جذب 300nm با جذب در  
400nm یکی نیست.

از قدیم حلال اگر آب باشد نمی‌نویسیم  
حلال آب چون ننوشته

تذکر: چون ذرات مستقل از هم هستند جذب خوانده شده مربوط  
به تک تک اجزاست یعنی جذب خوانده شده جذب کل است.  
اگر در ظرف سرب داریم و سایر مواد و از جمله حلال پس جذب  
 $(\varphi \rightarrow U \xrightarrow{\varphi})$  جذب کل می‌شود:

$$A_{\text{total}} = A_1 + A_2 + \dots + A_n$$

↓  
(هرچه که هست)

حلال

$$A_T = A_{pb} + A_* + A_o + A_{\Delta} + \dots$$

همه چیز به جز pb را بافت نمونه گویند یا matrix

(جذب کل)

در اینجا مشکل ما جذب سرب است و ما جذب کل را می‌خوانیم.

$$A_T - A_{\text{matrix}} = A_{pb}$$

$$A_T - A_{bk} = A_{pb}$$

blank (شاهد)

رایج ترین چیزی که همراه آنالیت است حلال است که معمولاً شاهد ما حلال است اگر شاهد حلال جواب نداد می‌رویم شاهد واقعی درست می‌کنیم (شاهد Reagent) ساده‌ترین شاهد آب است (حلال) اگر دیدیم جواب نگرفتیم باید شاهد را شبیه ماتریکس کنیم یعنی علاوه بر حلال هر چه که هست را در آن قرار دهیم با همان غلظت.

تذکره: چون جذب‌ها با هم همپوشانی دارند، یعنی ذرات تحت تأثیر میدان هم قرار می‌گیرند چه چیزی داریم؟  
شرط استفاده از قانون بیرلامبرت این است که پیک‌ها با هم تداخل ندارند ولی اگر داشتند می‌شود انحراف از قانون بیرلامبرت.



مستقل - گونه‌ها از هم مستقل‌اند

اگر گونه از هم

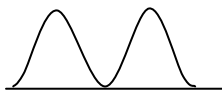
مستقل بودند

می‌توان با حل

معادلات چند

مجهولی غلظت

اجزاء مخلوط را محاسبه نمود.



در ظرف ۲ تا گونه هست  $pb$  و  $cu$  اگر مستقل باشند یک جذب توتال دارد برای سرب و دیگری برای مس

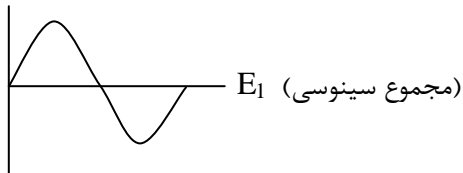
$$\begin{array}{|c|} \hline pb \\ \hline cu \\ \hline \end{array}$$

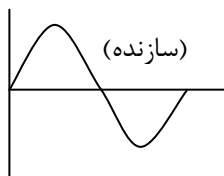
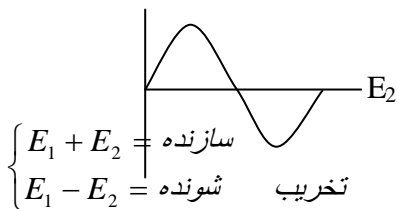
(دو معادله دو مجهول)

$$\begin{cases} A_{T(\lambda \max pb)} = A_1 + A_2 = \varepsilon_1 b_1 c_1 + \varepsilon_2 b_2 c_2 \\ A_{T(\lambda \max cu)} = A_1 + A_2 = \varepsilon_1 b c_1 + \varepsilon_2 b c_2 \end{cases}$$

مشکل بیرلامبرت هم که با کمو متریکس حل می‌کنیم این است که ما تداخلات طیفی را با کمو متریکس حل می‌کنیم.

یعنی





اگر همدیگر را تضعیف کنند نهایتاً ممکن است صفر شود.

$$E = E_1 + E_2$$

$$E = E_1^{\circ} \sin \omega t + \varphi_1 + E_2^{\circ} \sin \omega t + \varphi_2$$

(دامنه ارتفاع موج)

ارتفاع موج

دامنه‌ها با هم ترکیب شدند دامنه قوی شد و می‌تواند دامنه‌ها ترکیب شوند و ضعیف شوند.

**دامنه جدید:**

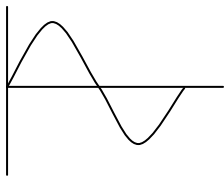
$$E = E_{o1}^2 + E_{o2}^2 + \underline{2E_{o1}E_{o2} \cos\varphi_2 \cdot \varphi_1}$$

(تداخل نوری)  $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$  (اختلاف فاز)

اگر اختلاف فاز ثابت باشد هنگام تداخل یا صفر شود به این تداخل نور (Coherent) گویند لیزر یک نور کوهرنت است. ( به درد تداخل می‌خورد)

اثر ینگ: یک منبع نور با دو تا روزنه و شکاف

$$\begin{cases} \omega_1 E_1 \sin(\omega + \varphi_1) & (\text{سوراخ اول}) \\ \omega_2 E_2 \sin(\omega + \varphi_2) & (\text{سوراخ دوم}) \end{cases}$$



نور داشتیم دو تا سوراخ در این خط بود، نور که از سوراخ‌ها می‌آمد بیرون می‌شد موج‌هایی که می‌خواهند با هم هم‌پوشانی کنند.



چون اختلاف فازی که هر دو نور با هم می‌آیند بیرون ثابت است  
تداخل سازنده است.

d فاصله‌ی بین روزنه‌ها  $\times \sin \theta$  می‌تواند بر تداخل اثر داشته  
باشد. تداخل  $m\lambda$  است.

$$d \sin \theta = \underbrace{m\lambda}_{\text{تداخل}}$$

$\lambda$  طول موج و m مرتبه تداخل است که یعنی اولین جایی که با  
هم برخورد کردند و بیشتر شدن هم همان جاست. برخورد دوم و  
سوم نیروی قوی ندارند.

### جلسه پنجم :

یادآوری جلسه قبل: در مورد عوامل نور حرف زدیم و قانونی به  
نام قانون بقای نور را بیان کردیم. اگر هر یک از عبارات صفر باشد  
روش طیف‌سنجی ما حاصل می‌شود.

$$\alpha_{(\lambda)} + \rho_{(\lambda)} + T_{(\lambda)} = 1$$

$$\rho_{(\lambda)} = 0 \Rightarrow \alpha_{(\lambda)} = 1 - T_{(\lambda)}$$

در قانون جذب چند تا عامل مهم بود:

۱. نور باید تکفام باشد ۲. عمود باشد ۳. محلول باید رقیق باشد.

$T_{(\lambda)}$  یعنی عبور که نسبت دو تا توان است.  $\Leftarrow$

$$T = \frac{\varphi}{\varphi_0}$$

قانون بیرلامبرت را خواندیم  $\Leftarrow$

$$A = \epsilon bc$$

جذبی که می خوانیم جذب total هست و مجموع گونه هاست که دستگاه نشان می دهد و به این خاطر که ما بتوانیم فقط جذب آنالیت را بخوانیم اشاره شد به اینکه از محلول شاهد استفاده می کنیم به همین دلیل هم هست که همه چیز در آن است به جز آنالیت .  
درخصوص نور پلاریزه با هم حرف زدیم پلارومتری با آن انجام می دهند فرمول را گفتیم اختلاف فاز بین نور پلاریزه ما را به پلاریزه خطی، دایره ای، بیضوی می رساند..  
نور پلاریزه نوری است که در یک راستا منتشر می شود و امتداد ارتعاشی آن ۱ است. فرمولی هم برای آن گفتیم که در آن چرخش نور و چرخش ویژه نور را در آن متوجه شدیم.

اگر مؤلفه را همان مؤلفه پلاریزه را به دو تا مؤلفه تقسیم کنیم که به این دو مؤلفه راست‌گرد و چپ‌گرد می‌گویند. اگر زاویه بین این دو مؤلفه  $90^\circ$  باشد این راست‌گرد و چپ‌گرد تشکیل یک دایره را می‌دهد که قطبش‌پذیری دایره‌ای نام دارد. اگر زاویه بین این‌ها صفر درجه باشد یا  $180^\circ$  درجه باشد پلاریزاسیون خطی می‌شود و غیر از این زاویه‌ها ما به آن پلاریزاسیون بیضوی گویند.

$(45^\circ, 135^\circ)$

این پرتو اگر از محیط رد شود، یکبار ما می‌توانیم روی جذب آن اظهارنظر کنیم که تکنیکی را حاصل کرد به نام CD که اختلاف جذب هر دو با هم یا اینکه اختلاف ضریب شکست این دو با هم بود.

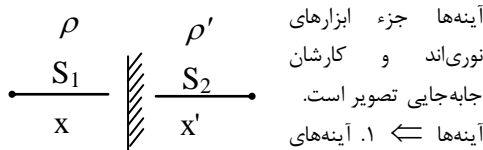
بخش دیگر تداخل نورها بود که دیدیم این‌ها راحت با هم جمع جبری می‌شوند. یک جمله داشتیم که حاصلضرب هر دوی این‌ها بود که جمله‌ی تداخلی نام داشت.

تداخل سازنده داشت که اختلاف فاز یا ثابت باشد یا صفر باشد. فرکانس این دو موج باید یکسان باشد برای اینکه ما پدیده تداخل را ببینیم پدیده ینگ را مثال زدیم.



## عناصر اپتیکی

این عناصر برای اهداف مختلفی به کار برده می‌شوند یا برای جابه‌جایی نور هست یا برای تغییر مسیر نور هست یا برای پلاریزه کردن نور هست یا برای درشت‌نمایی هست. این ابزارهای اپتیکی یه دسته آینه‌ها هستند.



تخت:

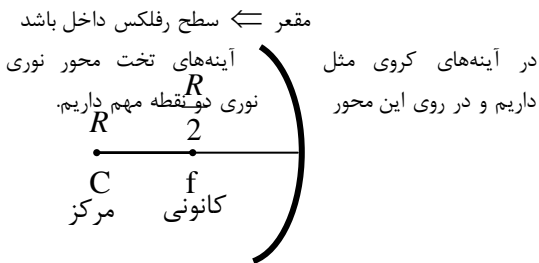
آینه‌هایی که جسم ما فاصله‌ی  $S_1$  داشته باشد درست قرینه‌اش آن طرف  $S_2$  می‌شود یعنی تصویر آینه‌ای که ممکن است ما با  $p$  و  $q$  خوانده باشیم. فاصله جسم تا آینه  $p$  و فاصله تصویر تا آینه  $p'$  تصویر مجازی است و نسبت طول جسم با نسبت طول تصویر یکی بود.

(یعنی نه بزرگ می‌کرد نه کوچک)  $\leftarrow \gamma = 1$  بزرگ‌نمایی

تصویر هیچ تغییری در شدت آن حاصل نمی‌شد.

۲. آینه‌های کروی:  $\leftarrow$  محدب  $\leftarrow$  سطح  $\leftarrow$  رفلکس بیرون

باشد



کانونی      فاصله تصویر تا آینه      فاصله جسم تا آینه

کانون ← فاصله کانونی مرکز

مرکز می‌شد مرکز نیم‌دایره‌ها

کانونی نصف شعاع نیم‌دایره است.

$$\frac{R}{2} = f \quad \text{اگر } R = C \text{ باشد}$$

در آینه‌ها فرمولی داریم  $\Leftarrow \frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2} = \frac{1}{f}$  یا

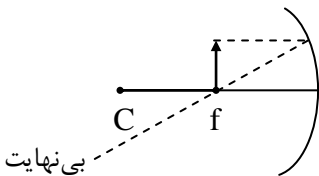
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

در مورد آینه‌های محدب و مقعر ما دو تا تعریف داشتیم  
به نام حقیقی و مجازی

تصویر حقیقی  $\Leftarrow$  تصویری که ما می‌توانیم آن را روی دیوار  
بیاندازیم یعنی در خود آینه نباشد.

تصویر مجازی  $\Leftarrow$  تصویری که ما نمی‌توانیم آن را روی دیوار  
منعکس کنیم و فقط در خود آینه است.

در آینه‌های کروی مجازی را منفی می‌گذاریم و علامت آن  $\ominus$   
است یعنی  $-q$  با  $-x'$  یعنی اینکه اگر ما آینه تصویر داشتیم  
جلوی آینه است و پشت آینه می‌شد منفی چون مجازی است. اگر  
در آینه ما فاصله کانونی مجازی باشد آن هم منفی می‌گیریم.  
پس هر چه از کانون یا از تصویر مجازی بود منفی می‌گیریم.



⇒ اگر جسمی در کانون باشد تصویر آن می‌رود در بی‌نهایت  
 قانون‌هایی اند که در جدول آمده و برعکس اگر جسم در بی‌نهایت  
 باشد تصویر در کانونی است.

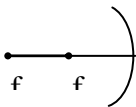
اگر جسم در مرکز باشد تصویر ما در وارون مرکز است. (همان  
 اندازه)

بنابراین ما با حرکت بین C تا آینه، تصویرمان هم به همین سرعت  
 جابه‌جا می‌شود. فقط توجه داریم اگر مجازی بود منفی و اگر  
 حقیقی بود خودش می‌شود.  $\gamma$  هم می‌تواند ۱ باشد یا بزرگتر از  
 ۱ برخلاف آینه‌های تخت می‌تواند گاما از ۱ هم بیشتر باشد.

$\gamma \geq 1$  یعنی تصویر بزرگتر یا شدت  $\uparrow$  باشد.

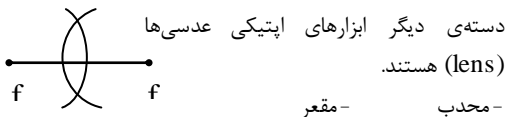
۳. آینه‌های شبه کروی: (سهمی‌گون  $\leftarrow$  قوس آن‌ها زیاد است)

این آینه‌ها دو تا کانون دارند.



سطح منعکس کننده یا پشت آینه است  $\Leftarrow$  (آینه‌های خانه)  
 در آینه‌هایی که در دستگاه‌ها به کار می‌برند می‌گویند آینه ما  
 front surface هست و سطح جلوی آینه است.  
 این آینه‌ها بخار فلزاتی چون نقره‌اند بنابراین این آینه‌ها سطح  
 منعکس کننده آنها جلوی آینه است. کارایی آنها بالاتر است.  
 جنس سطح منعکس کننده و ضخامت این آینه‌ها مهم است.  
 یعنی برای طول‌موج‌های مختلف آینه‌های مختلف داریم.  
 آینه‌ای که در ناحیه اشعه X است با آینه‌ای که در ناحیه IR است  
 مختلف است.

لایه ضخامت منعکس کننده هم خیلی مهم است.



دو تا کانون دارد و محور نوری که از مرکز عدسی رد می‌شود محور  
 اصلی نور نامیده می‌شود. یعنی می‌گویند محور اصلی می‌فهمیم که  
 محورهای دیگری هم هست .

اگر عدسی محور نوری دیگری داشته باشد اول عدسی دارای  
 خاصیت آستیگماتیسم است. وقتی که چند تا محور نوری داشته



باشیم نور دیگر در کانون متمرکز نمی‌شود و پخش می‌شود. (تار دیدن چشم)

عیب دیگر عدسی‌ها: دارای خاصیت می‌توانند باشند به نام Coma اشاره به این دارد که نور در یک نقطه متمرکز نمی‌شود بلکه نور به صورت دنباله است.

یعنی نوری که باید به این صورت باشد Coma به این صورت است.

عدسی که دستمان می‌گیریم اگر نوری که از آن رد می‌شود را بتوانیم روی یک نقطه جمع کنیم درست است و اگر پخش شود پدیده‌ی Coma اتفاق می‌افتد.

ما با ترکیب عدسی‌ها می‌توانیم این محدودیت‌ها را برطرف کنیم. عیب دیگر عدسی‌ها  $\leftarrow$  انحراف رنگی عیب دیگر است یعنی عدسی نور را تجزیه می‌کند.

وظیفه عدسی فقط جابه‌جایی نور بود نه اینکه نور را تجزیه کند. یعنی این عدسی مرکب از یک سری منشور است که منشور خاصیت تجزیه دارد که عدسی اینجا نقش منشور را بازی کرده است.

در عدسی‌ها همان فرمول آینه‌ها هم استفاده می‌شود. چون فرض بر این است که در عدسی دو تا آینه را به هم چسبانندیم.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

(فرمول ساخت عدسی)

$$\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2} = \frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

\* n ضریب شکست و  $R_1, R_2$  شعاع آینه‌ها هستند.

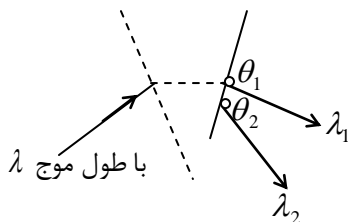
دسته‌ی دیگر از ابزارهای اپتیکی منشورها (prism) هستند .

کارهای مختلف می‌کنند مثلاً: - نور را پلاریزه کند. - جهت نور

را عوض کند (زاویه بازتابش کلی) - تفکیک و تجزیه نور

$\lambda_1$  تا خط عمود می‌شد  $\theta_1$  و  $\lambda_2$  تا خط عمود می‌شد  $\theta_2$

پس:



$$\Delta\lambda = \Delta\theta$$

یعنی طول موج ما تفکیک می‌شد.

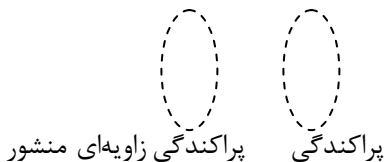
$$\frac{\Delta\theta}{\Delta\lambda}$$

تغییرات زاویه  
فاصله طول موج

مهم

\* (زاویه پراکندگی) Dispersion angle (براساس زاویه

$$\frac{d\theta}{d\lambda} = D_a \quad (\theta_2, \theta_1 \text{ کردیم})$$



n را در این فرمول آوردیم که علت پراکندگی وجود ضریب

$$\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{d\theta}{dn} \frac{dn}{d\lambda}$$

شکست است.

پراکندگی زاویه‌ای تابع ضریب شکست هست و ضریب شکست تابع طول موج در نتیجه پراکندگی زاویه‌ای تابع طول موج است.  
 \* دسته‌ی دیگر از ابزارهای اپتیکی شبکه Grating (توری پراش) است.

یک لایه شفاف است که روی این لایه شفاف شیار کشیدند مثل CD، مثل شانه: وقتی نور به این شیارها برخورد می‌کند این نور در اثر انعکاس، تداخل صورت می‌گیرد.  
 به محض اینکه گفتیم تداخل یاد این می‌افتیم که سازنده یا مخرب باشد؟!

که ما دنبال سازنده هستیم و سازنده را با  $(m\lambda)$  نشان می‌دهند.

منظور از منفی چیست؟  $m\lambda = d(\sin\alpha \pm \sin\beta)$   
 Grating (شبکه) ما به جای اینکه نور را بازتابش کند، می‌تواند Grating داشته باشیم که نور را از خود عبور دهد که به آن عبوری (Grating) گویند.

بنابراین نوری که عبور کرده آن طرف Grating می‌افتد و علامت آن منفی می‌شود که معمولاً از Grating عبوری کمتر استفاده می‌شود.

شیارکشیدن خیلی حساس است و وقتی این شیارها تعدادش زیاد می‌شود احتمال اینکه این شیارها روی هم بیافتند هم خیلی زیاد است. به وجود آوردن شیارها با ظرافت و دقت بالا خیلی سخت است. گریتینگ مادر درست می‌کنیم

### Master grating

(با دقت زیاد ساخته می‌شوند)

و سایر گریتینگ‌ها را از روی آن می‌سازیم. و کپی‌برداری و قالب‌گیری می‌کنند.

به این شبکه عنصر پراکنده‌ساز (منشور) یا عنصر پاشنده‌ساز (grating) گویند.

(عنصر پراکنده‌ساز)(dispersive element)

در این منشور و یا Grating  $\Leftarrow$  اگر سطح ما باشد و خط عمود هم داشته باشیم با زاویه‌ای مثل  $\alpha$  می‌خورد و باید زاویه‌ای مثل  $\beta$  منعکس می‌شود. حالا اگر با چند تا برخورد داشتیم  $\beta$  تا  $\beta$  داریم.

$$\frac{dB}{d\lambda} = D_a \text{ پراکندگی زاویه‌ای}$$

اگر چند تا برخورد باشد می‌شد  $\Delta$  :

$$\Delta B = \Delta \lambda$$

$|m|$  مرتبه‌ی تداخل است.

$$\frac{dB}{d\lambda} = \frac{|m|}{d \cos B} \quad \searrow$$
$$0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

فاصله شیارها

ما تا الان مرتبه‌ی تداخل صفر نداشتیم. یعنی  $m\lambda = 0$  است

$$\sin \alpha = -\sin \beta \quad \Leftarrow$$

اگر زاویه کوچک باشد در حد رادیان می‌شود  $\sin$ ها را از دو طرف

$$\alpha = -\beta \quad \text{زد.}$$

یعنی این grating ما دیگر grating نیست و آینه است وقتی

$$\alpha = -\beta \quad \text{یعنی فقط نور را منعکس کرده است.}$$

زمانی نقش grating را ایفا می‌کند که بتواند  $m$  از صفر بزرگتر باشد.

در رابطه قبل  $\frac{dB}{d\lambda}$  (تفکیک زاویه‌ای) رابطه مستقیم با  $|m|$  (مرتبه

تداخل) دارد یعنی هرچه  $m$  بیشتر باشد تفکیک بیشتر است.

$\frac{dB}{d\lambda}$  با  $d$  مخرج رابطه عکس دارد که  $d$  یعنی فاصله شیارها

$d$  هرچه بزرگتر تفکیک ما کمتر و خوب نیست. هرچه  $d$  کوچکتر باشد تفکیک بهتر است.

هرچه تفکیک  $\uparrow$  شود ظرافت در جداسازی طول موجها  $\uparrow$  بیشتر می شود.

چون  $m$  بالا رود درجه‌ی تفکیک گفتیم بهتر می شود ولی یک مشکلی وجود دارد:

اول هم این است که شیارها روی هم قرار می گیرند بنابراین برای اینکه ما بتوانیم از این مشکل رهایی پیدا کنیم.



در منشور شیارها را بایک زاویه‌ای نسبت به سطح منشور آریب می دهند.

که به آن زاویه **Blaze** زاویه درخشش گویند.

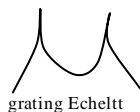
**Blaze angle** زاویه درخشش

اینقدر این زاویه مهم است که به این **Echeltt**  $\leftarrow$  **Grating**

**grating** گویند. یعنی هر وقت **یشل** گریتینگ شنیدیم یعنی

**Blaze** است و شیارهای ما زاویه  $\gamma$  دارند. چه فایده‌ای دارد

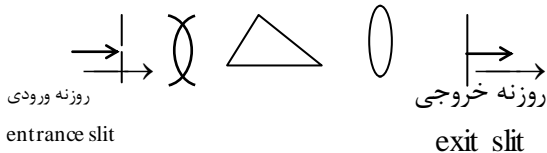
وقتی زاویه  $\gamma$  دارند؟



m هایی با مرتبه بالا می توانیم استفاده کنیم.

(تفکیک بالا دارد)

اگر این آینه‌ها و این grating ها را با هم داشته باشیم چه درمی آید؟!





آینه - آینه

عدسی - عدسی

منشور - grating

از ابتدا تا انتها را **monocromator** (تکرنگ ساز، تکفام ساز) موتوکروماتور گویند که یک  **$\lambda$  - selector** است. این طرح را یک دانشمند به نام **Buhsen** طراحی کرد. اگر این طرف یعنی ورودی  $\lambda$  باشد از خروجی  $\lambda$  ها به تفکیک می آیند بیرون.

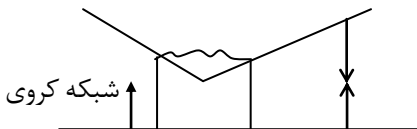
$\lambda \rightarrow \lambda_1 \rightarrow \lambda_2 \rightarrow \lambda_3 \rightarrow \dots$

(روزنه)



خروجی (روزنه ورودی)

برای اینکه 1 و  $\lambda_2$  و ... بیرون بیایند این **Grating** باید شروع به چرخیدن کند. دستگاه های امروز بیشتر از **Grating** استفاده می کنند.



منشور را برداشته grating وسط گذاشته که طرف چپ روزنه ورودی و سمت راست روزنه خروجی قرار داده است و ورودی خروجی روی یک صفحه و خطاند.

آینه اول شبه کروی است که وظیفه‌ی موازی کردن نور را دارد. آینه دوم سهمی‌گون است که وظیفه متمرکز کردن در روزنه خروجی است. از روزنه خروجی  $\lambda_1$  می‌آید بیرون بعد  $\lambda_2$  و ... اگر grating به اندازه  $\theta$  و پرتو به اندازه  $\varphi$  تغییر کند.

$$\alpha = \theta - \varphi$$

$$\beta = \theta + \varphi$$

در Grating ما دو زاویه داشتیم  $\alpha$  و  $\beta$  زاویه تابش و بازتابش

$$m\lambda = d(\sin\alpha + \sin\beta)$$

$$m\lambda = d((\sin\theta - \varphi) + (\sin\theta + \varphi))$$

$$m\lambda = d \sin\theta \cos\varphi$$

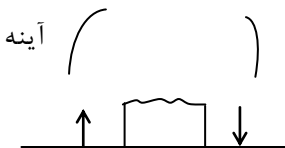
در مثلثات خوانده‌ایم:

$$\sin(A - B) + \sin(A + B) = 2 \sin A \cos B$$

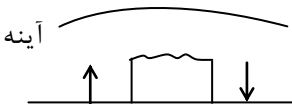
$$m\lambda = 2d \sin\theta \cos\varphi$$

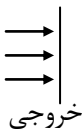
شرط تداخل از  $\alpha$  و  $\beta$  به  $\theta$  و  $\varphi$  چرخیده  
 آینده متمرکزکننده درست کانون آینه است و آینه موازی‌کننده  
 هم همینطور.

سوراخ ورودی سوراخ خروجی کانون آینه‌ها هستند.  
 صفحه‌ای که کانون‌ها را دربرگرفته صفحه کانونی نام دارد.  
 اگر خروجی ما بیفتد روی پرده نمایش اسپکتروسکوپ  
 اگر روی فیلم عکاسی می‌افتاد اسم دستگاه اسپکتروگراف  
 اگر خروجی روی آشکارساز الکترونی اسپکترومتر نام داشته اگر  
 شدت را نشان می‌داد اسپکتروفوتومتر نام دارد.



تکفام ساز Cherny - Turner دو تا آینه دارد.



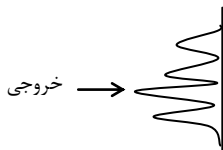


تکفام ساز monochromator ebert  
 یک آینه دارد.  
 اگر خروجی ما از یکی بیشتر بود.



(چند فام ساز) poly chromator

برای اینکه خروجی ما از یکی بیشتر باشد آن را روی نیم‌دایره  
 (Roland) می‌اندازند.



اگر خروجی ما فقط ۲ تا بود دوکاناله گویند یا fast reading  
 (طیف‌سنج سریع خوان) گویند.

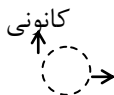
روی صفحه‌ی ما دچار تفکیک شده است ولی پراکندگی خطی ( $D_L$ ) است.

$D_L$  با قبلی چه رابطه‌ای دارد؟

(پراکندگی زاویه‌ای)  $D_L = f D_a$  (پراکندگی خطی یعنی روی خط جدا شدند)

$$D_L \propto D_a$$

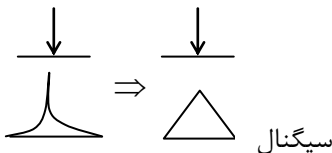
$$\frac{dx}{d\lambda} = D_L^{-1} = (f \cdot D_a)^{-1}$$



$$\frac{d\theta}{d\lambda} \text{ در منشور } D_a$$

$$\frac{d\beta}{d\lambda} \text{ در شبکه grating } D_a$$

نوری که از روزنه بیرون می‌آید از لبه شکاف خروجی چون خیلی ریز است ممکن است دچار تفرق شود  $S_d$  میزان شکست را  $S_d$  سیگنال تفرق گویند.

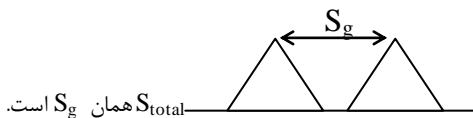


هر نوری که از سوراخی خارج شود دچار تفرق می‌شود که سیگنال آن  $S_d$  است. این نور به خاطر ابزار اپتیکی که داریم (آینه و منشور و عدسی) دچار انحراف رنگی شوند. یکی هم خودش اگر می‌خواهد بیرون بیاید.

خودش که از روزنه بیرون می‌آید، به صورت مثلث است و این سیگنال را  $S_g$  گویند که  $S$  هندسی هم گویند. اگر  $S_{\min}$  خیلی کوچک باشد می‌شود از آن صرف‌نظر کرد.

$$S_{\text{کل}} = \underbrace{S_d + S_u}_{\downarrow} + S_g$$

$$S_{\text{total}} = S_{\min} + S_g$$



$$\Delta\lambda = \Delta S_g \quad (\text{فاصله مثلث اول تا مثلث دوم})$$

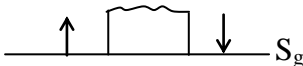
$$\text{Resolution) } R_{th} = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} \quad D_L^{-1} \text{ عکس}$$

قدرت تفکیک)

(عرض شکاف یا روزنه)

$$\Delta\lambda = 2S_g = 2R_d \cdot w$$

مقدار  $\Delta\lambda$  ما هم تابع  $S_g$  است هم تابع  $R_d$  است و هم تابع عرض آن است.



عرض شکاف مهم است.

پرتویی که بیرون می‌آید با چه توانی بیرون می‌آید؟

$S_g$  که بیرون می‌آید چقدر توان با خودش بیرون می‌آورد؟ چقدر

نور می‌آید بیرون؟

$$\varphi = WH\Omega \cdot B \cdot T_{opt}$$

زاویه فضایی باید مؤثر باشد.

$$\Omega = \frac{\pi}{4} \left( \frac{1}{(f/n)^2} \right)$$

زاویه

فضایی مؤثر

(F سرعت انتقال تصویر)



جلسه ششم :

(خلاصه جلسه قبل)


هرچه  $m$  درجه‌ی تداخل بیشتر باشد میزان جداسازی بیشتر است  
هر چه زاویه پراکندگی بازتر باشد و مرتبه‌ی تداخل بیشتر به نفع  
ماست. برای اینکه به خاصیت آن پی ببریم گریٹینگ اِشِل را  
معرفی کردیم که این امکان را می‌دهد از زوایای پراکندگی بازتر یا  
مراتب تداخل بالاتر زاویه‌ای به نام  $\gamma$  تعریف شد.  
این Grating اگر در لاندهای مختلفی را بیرون دهد باید چه  
کرد؟ می‌چرخد و با زاویه‌ای مثل  $\theta$  می‌چرخد. پراکندگی دیگری  
را تعریف کردیم به نام پراکندگی خطی یعنی همان سیگنال‌هایی  
که روی دیوار یا فیلم عکاسی می‌بینیم و با پراکندگی زاویه‌ای  
ارتباط دارد و فرمول آن هم نوشتیم.  
نور که از روزنه خارج شود از نظر هندسی مشابه مثلث است و بعد  
سیگنال را حساب مکنیم که این signal که از روزنه خارج  
می‌شود متشکل از سه جزء بود:  $S_g$  ،  $S_d$  ،  $S_a$  (مهم)  
بعد گفتیم نوری که از این مونوکروماتور بیرون می‌آید توانش چقدر  
است؟! معادله هم نوشتیم.

شکل مونوکروماتور یا پلی کروماتور را از هر کدام یکی را یاد بگیرید.

### ابزاری دیگر فیبرهای نوری fiber optics هستند.

قابل دسترس شدند - کابل برگردان شنیدیم (فیبر نوری است)

متشکل است از یک مغزی و غلاف یا از یک پوسته و گوشته

Core crust (مغزی) غلاف و پوسته 

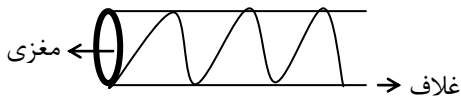
از لحاظ عملکرد ← در اثر بازتابش کلی یعنی بیش از زاویه که بازتاب داشته باشیم.

یعنی مغزی نور در آن به صورت پلکانی حرکت می کند و نمی تواند از غلاف خارج شود.

چون ضریب شکست غلاف با مغزی فرق می کند و به اندازه  $0.2\%$  کمتر می گیریم.

فرکانس و طول موج دارد منعکس می شود و ما قبلا گفتیم طول موج های

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_1}{n_2} \text{ مختلف شکست های مختلف دارند}$$



ما می‌توانیم طیف‌های وسیعی از  $\lambda$  ها را عبور دهیم بدون اینکه با هم تداخل کنند.

حالا که تفاوت ضریب شکست داریم بازتابش کلی داریم.

$$n_1 \sin \theta = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$$

$\text{MgF}_2$  ,  $\text{CaF}_2$



پس ما تعداد زیادی طول موج را بازتابش کلی دهیم بدون اینکه تداخل کنند.

**ابزار دیگر صافی تداخلی Fabry – prot هستند:**

اساس اینکه طول موجها را از هم جدا کند تداخل نور است و معروفترین آن

دو تا آینه موازی به فاصله  $d$  است که بین آن دیالکتریک است. این دو آینه در

اثر بازتابشهای متوالی تداخل نور انجام می‌شود و دو آینه می‌توانند بی‌نهایت

با هم تداخل کنند و ما تداخل سازنده می‌خواهیم.

$$m\lambda = 2d(n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} \quad (\text{تداخل})$$

(سازنده)

Fabry – prot دانشمندانی هستند که این صافی را ساخته‌اند. ما از رابطه‌ی قبلی می‌فهمیم که ما برای اینکه الگوی تداخلی داشته

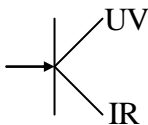
باشیم چه چیزهایی را می‌شود عوض کرد؟!

یکی  $d$  (فاصله بین دو آینه)، یکی  $m$  ضریب شکست نوری که در آن بازتابش می‌دهد (دیالکتریک)  $\text{CaF}_2/\text{MgF}_2$  پس ما با تغییر

دی‌الکترونیک در وسط یعنی  $m$  می‌توانیم الگوی تداخلی را عوض کنیم. یکی هم سینوس زاویه است (زاویه تابش) اگر تعدادی از صافی‌ها را کنار هم قرار دهیم سیستم ما سیستم تداخل سنج (اینترفرومتر) می‌شود. این صافی‌ها تا حد اعشار سیگنال‌ها را جدا کند. قدرت تفکیک خیلی بالاست.

\* ابزار دیگر شکافنده‌ی پرتو نور Beam Splitter (BS)

ابزارهایی اند که می‌خواهند نور را تقسیم کنند و وقتی نور به آن برخورد می‌کند به دو قسمت تقسیم می‌شود که می‌تواند 50 / 50 یا ۴۰ / ۶۰ باشد. یکی از آینه‌هایی که می‌تواند این تقسیم را انجام دهد، آینه‌های داغ هستند.



در Hot mirror:

اگر ما نور را بتابانیم IR را از UV جدا می‌کند. پس اگر نور IR را منعکس کرد نور آینه‌ها Hot است.

اگر آینه‌ها ما نور را منعکس نکرد Cold mirror (آینه‌های سرد) گفته می‌شود.

آینه‌های نیمه‌شفاف  $\Leftarrow$  به این تیپ آینه‌ها گویند چون یه بخشی را از خودش عبور می‌دهد و آینه ۱۰٪ منعکس نمی‌کند و

چون مقداری رفتار آینه را دارد IR منعکس کرده و قسمتی رفتار آینه را ندارد و UV را رد کرد.

چه آینه سرد و چه آینه داغ را partially mirror گویند.

### Interferometer (تداخل سنچ)

تداخل سنچها براساس پراکندگی نور کار نمی کنند  $\leftarrow$  یعنی منشور ندارند. Grating هم ندارد.

Gratingها هم  $\leftarrow$  منشور ندارند.

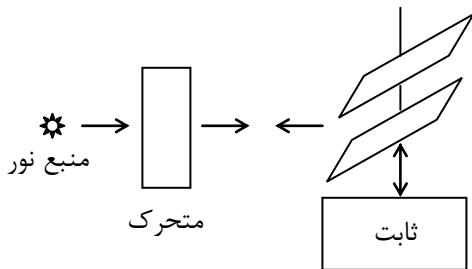
تداخل سنچ براساس تداخل نور است. که Michelson دستگاهی را پیشنهاد داد و به نام خودش ثبت کرد که تداخل منبع Michelson نام دارد.

در تداخل سنچ Michelson دو تا آینه داریم (۱) آینه ثابت fix mirror (آینه تخت)

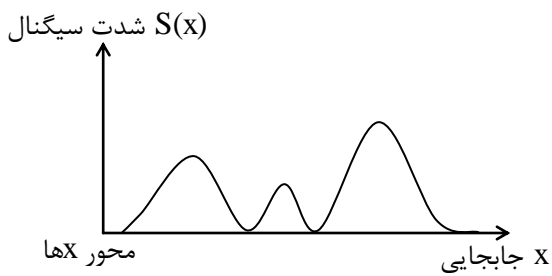
(۲) آینه

متحرک movable mirror (آینه تخت)  
این دو آینه عمود برهم هستند.





ما



اول یک منبع نور داریم  $\leftarrow$  نور را به دو تا شکاف تقسیم کنیم که یکی به آینه تخت بخورد fix و دیگری به movable برخورد کند سپس یک پاشنده‌ی نور می‌خواهیم که 50 / 50 تقسیم کند. از هر دو آینه بازتابش پیدا می‌کند و پایین با هم تداخل می‌کند.

چون مسیر نورها با هم مساوی است تداخل ما سازنده است و منظور از مسیر نورها (opt) است.

optical path length (طول مسیر نوری)

آینه متحرک در روی محور Xها شروع به حرکت می‌کند عقب و جلو می‌رود و با عقب جلو کردن شکل روبه‌رو به دست می‌آید.

الگوی تداخلی مختلفی به دست می‌دهد. (اساس کار مایکلسون) الگوی تداخلی (تداخل نگار) interferogram است که شدت سیگنال بر حسب جابجایی است. پس آینه ما عقب و جلو می‌رود روی محور Xها و تداخل سازنده می‌شود می‌رود بالا و تداخل تخریب‌شونده می‌شد می‌آید پایین دوباره به همین صورت. این بالا پایین رفتن‌ها اصولی دارد که ما در محور Xها مضاربی از

$$\frac{\lambda}{4} \text{ داریم یعنی } \frac{1}{4} \text{ طول موج را دارند.}$$





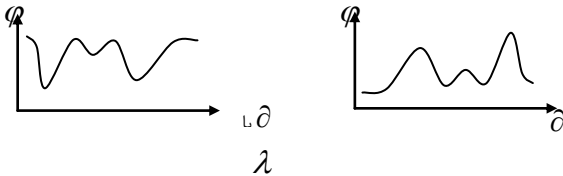
## تداخل نگار

در شیمی این تداخل نگار زیاد اهمیت ندارد  $\Leftarrow$  در فیزیک  
تداخل سازنده است.

ما پیوندها را می‌خواهیم که فشرده و کشیده می‌شوند مثل آینه‌ها  
Michelson گفت اگر مشکل فقط  $S(x)$  است و آمد  $S(x)$  را به  
شدت نور تبدیل کرد.

$$S(x) \rightarrow \varphi$$

Signal(x)



ما می‌خواهیم به جای  $S(x)$  از  $\varphi$  استفاده کنیم پس آمد با  
معادله‌ی یا فوریر (fruvier) آن را بیان کرد:

انتگرال فوریر (همان تداخل نگار است)

$$S_x = \int \varphi \cos(4\pi xv) d\vartheta$$

تبدیل فوریر  $S$  را به  $\varphi$  تبدیل کرد.

$$\varphi = \int S(x) \cos(4\pi xv) dx$$

ما در تداخل سنج Michelson یک ویژگی دیگری هم داریم

←

۱) شبکه و منشور ندارد. ۲) سیستم ما multiplex (یعنی

در یک زمان مشخص همه‌ی طول موج‌ها را داریم) است.

همه‌ی طول موج‌ها به نمونه تابیده می‌شود. (براساس تداخل)

Grating حرکت می‌کند ولی اینجا نداریم که حرکت کند ولی

multiplex است که به آن ویژگی flagget گفته می‌شود.

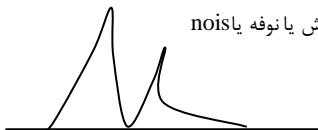
سرعت آنالیت ما

بالا رفته است به

خاطر این ویژگی.

signal

aghtashsh یا نوفه یا noise



سرعت آنالیت

مثلا اگر در طیف

سنجی ۵ دقیقه طول می‌کشید در اینجا نمی‌شود. ۱ دقیقه چون

در یک زمان مشخص طول موج را به آنالیت می تاباند، آن وقت می تواند ۱۰۰ تا سیگنال را بگیرد و معدل بگیرد و  $S/N$  آن بالا می رود.  
سیگنال به نویز بالا می رود.

(حدود)

$$\frac{\text{signal}}{\text{noise}} \text{ باید } 2 \text{ برابر باشد}$$

$S/N$  در مایکلسون بالا می بریم چون همه ی طول موج ها را در یک زمان مشخص به نمونه می تابانیم و وقتی معدل می گیریم همه ی خطاها را از هم کسر می کند و  $S/N$  بالا می رود و بهبود پیدا می کند.

ما دستگاهی به نام FT-IR داریم چون  $S/N$  بالا و سرعت بالا

دارد و با IR معمولی کار نمی کنند یا FT / NMR

دو تا تداخل سنج دیگر داریم ←

- (۱) مسیر مشترک      (۲) ماخ زنیدر      (۳) فیلتر  
تداخلی      (۴) مایکلسون

## فصل چهارم

### منابع نوری و مبدل‌ها (Trans – Lucer)

منابع نوری = لامپ      مبدل‌ها = دتکتور

از نور ما چه انتظاراتی داریم:

یعنی شدت مهم است، طول موج داده شده، پخش فضایی، توان، پایداری و ... مهم است.

این ویژگی‌ها را نسبت به منبع مرجع محاسبه می‌کنیم منبع

نور ← خصوصیاتش به صورت مطلق قابل اندازه‌گیری نیست و

باید با یکی دیگر مقایسه شود یعنی یک لامپ مرجع درست کنیم

و بگوییم نسبت به آن لامپ من توانش  $X$  مقدار است که این لامپ

مرجع تابش جسم سیاه است.

جسم سیاه ← یعنی در یک دمای ثابت میزان نشر نور با میزان

جذب نور با هم مساوی است.

چون نوری را منعکس نمی‌کند و بهش می‌گویند جسم سیاه

به صورت مولکولی: میزان

نوری که می‌رود بالا با میزانی که می‌آید پایین باید یکی باشد.

ما اگر از بالا به پایین بیاییم به دو صورت نشر می‌کنند؟!

خودبه‌خودی  $\Leftarrow$  spontaneous      نشر یا

گسیل القایی و خودبه‌خودی جمع این دو تا

القایی  $\Leftarrow$  stimulated      جذب

باید برابر باشد تا جسم سیاه شود.

انیشتین فرمول نوشت:

$$B_{ij} \times u \times n_i = B_{ji} u n_j + A_{ji} n_j$$

انیشتین دو تا ضریب A (خودبه‌خودی) و B (القایی) تعریف کرد.

$B_{ij}$  ضریب انیشتین جذب با این بالا می‌رود

u چگالی منبع نور

$n_i$  تعداد گونه‌هایی که نور را جذب کردند از تراز پایین به بالا

می‌رود

$n_i$  تراز پایین  $n_j$  تراز بالا

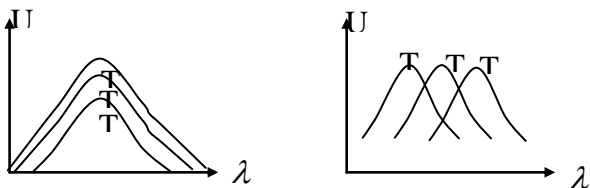
$A_{ji}$  یعنی آنهایی که از بالا به پایین می‌آیند و خودبه‌خودی‌اند

$n_j$  تعداد گونه‌هایی که بالا هستند.

تابع جسم داغ: تابش جسم ملتهب:

اگر ما جسمی را داغ کنیم برحسب  $\lambda$  انرژی آن را رسم کنیم در

دمای  $T_1, T_2, T_3$  این است.



دما  $T_2$  شود سر منحنی کج می شود به سمت کمتر و چپ یعنی  $T_3 > T_2 > T_1$  می رود بالا می آید پایین و ثابت بالا نمی رود بالا رفتن دما و این طور نیست که بالا رفتن دما باعث حجم بیشتر شود.

پلانک: برای جسم سیاه نوشت ←

$$u^b = \frac{8\pi h \partial^3}{C^3} \times \frac{1}{e^{-h\partial/kT} - 1}$$

$K$  ثابت بولتزمن است.  $H$  ثابت پلانک است.

در داخل جسم ما یه سری نوسان گر هست که انرژی ما متناسب با  $\partial$  ها و فرکانس ها است.

فرکانس  $E \propto \partial$  انرژی

هرچه تندتر ضربان می زند انرژی آن هم بیشتر است.

هرچه سرعت  $\uparrow$  تعداد نوسانات  $\uparrow$  انرژی هم بیشتر  $\uparrow$

$$E = h \partial$$

اگر از  $\partial_1$  تا  $\partial_2$  داشتیم و از  $\partial_2$  تا  $\partial_3$  داشتیم از  $\partial_3$  تا  $\partial_4$  داشتیم انرژی ما هم همان اندازه می شود یعنی  $\partial$  برابر و  $\partial_4$  برابر و  $\partial_5$  برابر و  $\partial_6$  برابر و  $\partial_7$  برابر و  $\partial_8$  برابر و  $\partial_9$  برابر و  $\partial_{10}$  برابر و ...  
 $E = nh\partial$  (n: شمارنده)

N عدد صحیح و شمارنده است چون انرژی پیوسته نیست و

کوانتیزه است و پلکانی است.  $h\partial, 2h\partial, 3h\partial, \dots$

قانون رایلی جیمز (طول موج بلند) - قانون وین (طول موج کوتاه)

پلانک طول موج بلند و کوتاه را یکی کرد.

بر این اساس منابع نوری را ما می سازیم  $\leftarrow$  هرچه جز سیاه باشد می شود خاکستری

چراغ خانه و اتومبیل و ... خاکستری اند.

Gray body (تابش جسم خاکستری)

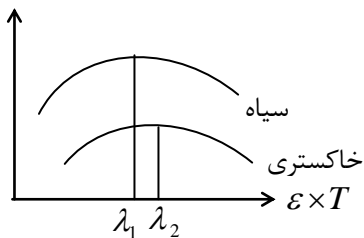
radiation

جسم سیاه جذب و نشر آن یکی است ولی خاکستری جذب و نشر آن یکی نیست.

(تابندگی جسم خاکستری)

$$B = \varepsilon_{(\lambda)} T_{opt} B^b$$

عنصری از جسم سیاه که آن مضرب  $\varepsilon$  است.



$T$  عبور غلاف شیشه‌ای  
لامپ ما غلاف شیشه‌ای دارد  $T$  عبور آن و چقدر نور می‌دهد  
می‌شه  $\varepsilon$  خاصیت نوردهی



طبقه‌بندی منابع نور خاکستری: (لامپ)

\* زمان نشر: (۱) نشر پیوسته به زمان  $\Leftarrow$  Continuous

Emission (قطع و وصل می‌شه)

(۲) خاموش روشن کنیم  $\Leftarrow$  pulse (ضربانی)

\* طول موج نشرشده:

(۱) پیوستار است  $\Leftarrow$  continuum source

تعریف  $\Leftarrow$  لامپی است که خروجی آن در محدوده‌ی عریضی از طول موج قرار دارد.

این منابع نور در طیف‌سنجی مولکولی به طور عمده کاربرد دارد.

لامپ  $H_2$ ، زنه‌ن لامپ تنگستن W.

برای ناحیه UV مناسب (زیر ۳۰۰ نانومتر) برای ناحیه

visible مناسب (لامپ اتاق ۸۰۰-۳۵۰ نانومتر)

اگر ناحیه مادون قرمز یا IR می‌خوانیم  $\Leftarrow$  Nernst تابنده نرنست

از جنس فلزات نادر مثل تورنیوم، زیرکونیوم

لامپ گلوبار  $\Leftarrow$  از جنس کاربید سیلیسیوم است. (میله است)

(جدول ۲-۴ کتاب اینگل)

(۲) خطی است  $\Leftarrow$  Linear source

تعریف  $\Leftarrow$  خروجی در محدوده‌ی باریکی از طول موج قرار دارد.

(نام اختصار ی مثال‌ها مهم است) مثل  $\Leftarrow$  لامپی با کاتد توخالی

### Hallow Cathode Lamp (HCL)

لامپی داریم که یه کاتد دارد و کاتد آن شبیه استوانه است. داخل لامپ گاز بی‌اثر ریختیم که به آن گاز پرکن گویند.

گاز بی‌اثر inert gas | پرکن | Filler gas  
مثل گاز آر

در اثر اختلاف پتانسیل Ar یونیزه می‌شود با اینکه یونیزاسیون خیلی بالاست در طیف‌سنجی اتمی مورد استفاده است.

وقتی گاز Ar یونیزه شود (بار مثبت است) با شتاب به سطح کاتد برخورد می‌کند که نتیجه این برخورد کندن سطح است و سطح کاتد بخار می‌شود و بخار اتمی تولید می‌شود. وقتی محکم برخورد می‌کند یک لایه‌ای از سطح بخار می‌شود و بخار اتمی تولید می‌کند که به این فرآیند، فرآیند **spattering** گویند.

بخار اتمی به طور مثال Cu باشد می‌شود بخار Cu

بخار اتمی Zn باشد می‌شود بخار Zn

اصلاً بخار اتمی n باشد می‌شود بخار n

حالا این بخار n برانگیخته می‌شود که \* n نشان می‌دهند و از حالت برانگیخته به پایین می‌آید و نور و گرما می‌دهد و به حالت پایه برمی‌گردد. به همین دلیل لامپ هم نور می‌دهد و هم گرما. بخار

که برانگیخته شد وقتی برمی‌گردد نور می‌دهد، نوری که می‌آید بیرون نور M است یعنی یا نور M یا نور Cu یا Zn یا هر چه باشد

...

اگر ما لامپ Cu داشتیم و نور آن هم Cu است. آیا می‌توانیم این نور را به Zn بتابانیم؟! خیر

اگر نور ما که Cu است می‌توانیم به آنالیتی بتابانیم که Cu نیست؟ خیر باید از جنس خودش باشد. (جنس لامپ و آنالیت باید یکی باشد)

۱۰ تا عنصر داریم ۱۰ تا هم لامپ داریم.

امروزه لامپ‌هایی آلیاژی درست کردند (مخلوطی از چند فلز)

لامپی که هم Zn دارد هم Cu

— Zn , Cu

ولی خط Zn و Cu با هم فرق دارد.

پس باید عنصری را بگذاریم که خط‌های آن‌ها با هم تداخل نکند.

لامپ‌های ۶ عنصری و ۱۲ عنصری وجود دارد.

چرا لامپ‌ها استوانه‌ای است و کاند و آند تخت نیست؟

(۱) بخار اتمی داخل لامپ پخش نشود

(۲) نور را مستقیم از کاند به آند بفرستد و پخش نشود.

جلسه هفتم:

(خلاصه جلسه قبل)

راجع به منابع نور توضیح داده شد و دیدیم یک جسمی به نام جسم خاکستری داریم که از منابع نور عادی هستند و دیگری جسم سیاه که قانون پلانک را برای جسم سیاه بیان کردیم.

منابع نور را تقسیم‌بندی کردیم از نظر زمان پیوسته یا pulse است و دیگری از نظر ناحیه طول موج که از نظر ناحیه طول موج پیوسته یا خطی باشد و می‌تواند خطی پیوستار باشد.

در لامپ کاتدی دیدیم که کاتد استوانه‌ای است و پدیده‌ای به نام spattering بخار اتمی تولید می‌کند و آن نشر می‌کند.

نشر آن فلز ← پس اگر جنس استوانه Zn باشد می‌شود Zn اگر Cu باشد می‌شود Cu و ...

آنالیت با نشر باید یکی باشد. (هر لامپ از جنس نمونه باشد)

منابع دیگر منابع خطی بدون الکتروود است.

**\* لامپ (EDL) Electrodeless discharge lamp**

در این لامپ محفظه‌ای از جنس کوارتز که داخل آن نمک فلز یا پودر فلز قرار داده شده و یک گاز بی‌اثر هم قرار داده شده است.

ابتدا تخلیه الکتریکی در لامپ صورت می‌گیرد، آرگون (گاز بی‌اثر) یونیزه می‌شود که این تخلیه با یک سیم‌پیچ به نام سیم‌پیچ تسلا اتفاق می‌افتد .

در هنگامی که Ar یونیزه شد امواج رادیویی به لامپ اعمال می‌کند و القا می‌کند و یونها در اثر میدان شتاب می‌گیرند و گرما تولید می‌کنند و در این هنگام پودر فلز بخار می‌شود و برانگیخته می‌شود و نور می‌دهد و نشر می‌کند و می‌شود نور Zn، نور Ni نور ...

شدت این نور از HCl بیشتر است. پس؛ در طیف‌سنجی‌هایی که شدت سیگنال با توان منبع نور متناسب است مثل فلورسانس اتمی بهتر است از EDL استفاده کنیم چون شدت نور بالاتر است.

$$S \propto \phi_0$$

توان منبع نور

شدت سیگنال

**\* لامپ‌هایی با افت حرارتی Thermal Gradient Lamp (TGL)**

در این لامپ‌ها برای اینکه نمونه را گرم کنند لامپ را درون آن قرار می‌دهند. شدت لامپ معادل EDL است.

### منابع لیزر: **Light Amplification** (تقویت نور)

نور چطور تقویت شد؟! به وسیله نشر القایی تابش نشری (لیزر)  
By stimulated Emission of Radiation Emission.

(نور تقویت شده‌ی القایی ناشی از تابش نشر) ← (لیزر)

ببینیم چگونه در یک سیستم لیزر به وجود می‌آید؟!

در این سیستم که ما پرتو لیزر را به وجود می‌آوریم یک شرطی دارد که اکثر گونه‌ها بایستی به تراز بالاتر برانگیخته شده باشند یعنی تعداد گونه‌ها در تراز بالاتر به مراتب بیشتر از تعداد گونه‌ها در تراز پایین باشد.

به این شرط برگردانی جمعیت یا وارونگی جمعیت گویند.

**Inversion population**

$$N_2 \gg N_1$$

درست خلاف نظریه بولتز من ← مواد به طور عمده در حالت پایداراند.

ما چطور نشر القایی ایجاد کنیم؟!

یک تیوب تهیه می‌کنیم که انتها و ابتدای تیوب آینه قرار دارد.

یک آینه، آینه کاملاً منعکس کننده است **Totally reflection** یعنی در هر طول موجی باشد منعکس می‌کند و در هر سطحی از انرژی باشی خاصیت آینه بودن خود را از دست نمی‌دهد ولی آینه

دوم به صورت جزئی منعکس می‌کند یعنی برای همه طول موج‌ها نقش آینه را ندارد. داخل تیوب ماده‌ای که قرار است لیزر شود قرار می‌دهیم و آن را با روش‌هایی مثل روش‌های الکتريکی (تخلیه الکتريکی) یا در اثر واکنش‌های شیمیایی برانگیخته می‌کنند. نور که در اثر برانگیختگی حاصل می‌شود نور تولید شده به وسیله آینه در خودش منعکس می‌شود و اجازه خروج نمی‌دهد. (آینه‌ها اجازه نمی‌دهند) وقتی نور منعکس شده توسط آینه به داخل محیط برمی‌گردد می‌گویند القا صورت گرفته است. القای نور یعنی القای نوری که نشر شده خود بین آینه‌ها در حال رفت و برگشت است و تخلیه الکتريکی همچنان در حال انجام است. این تکرار شده تا وارونگی اتفاق بیفتد. یعنی تعداد برانگیخته‌ها از آنهایی که برانگیخته نیستند بیشتر شود.

در این حالت یا آستانه آینه نیمه شفاف ما دیگر آینه نیست فقط یک دریچه خروجی است و نور از داخل تیوب بیرون می‌آید و نور لیزر است و پدیدۀ لیزیک اتفاق می‌افتد.

به فضایی که نور لیزر را تولید می‌کند، محیط فعال گویند.  $N_2$

$\gg N_1$

اگر این محیط فعال از جنس گاز بود Gas Laser است ولی اگر محیط فعال جامد باشد و جامد را یون‌هایش را برانگیخته کردیم Solid State Laser می‌نامند.

**لیزر گازی:** (۱) لیزر  $\text{CO}_2$  کربن دی اکسید  
(۲) لیزر (حساس ساز) هلیوم - نئون (که نور لیزر

می‌دهد)

در لیزرهای دوتایی معمولاً یکی کمک‌کننده است.

(۳) لیزر آرگون (یون آرگون)

**لیزر جامدی:** جامدی که برگردانی جمعیت روی آن اتفاق بیافتد

$$N_2 > N_1$$

لیزر یاقوت اولین لیزر که تهیه شد

لیزر yaj (در پزشکی کاربرد دارد)

**\* لیزر رنگی Dye Laser:**

ترکیباتی مثل رودامین خاصیت لیزینگ (پخش نور به صورت

لیزر) دارند. ولی برانگیختگی آنها با یک لیزر دیگر است.

یه محلولی از رودامین اگر با نوری مثل لیزر مورد تابش قرار دهیم

یعنی با کمک یک لیزر دیگر یک لیزر بسازیم که در ناحیه مرئی

است سبز قرمز آبی بنفش است.



مخلوط رنگ‌ها هم استفاده می‌شود ولی اختلاف غلظت خیلی مهم است.

اگر ما از مخلوط رنگ‌ها استفاده کنیم هم‌زمان چند تا پرتو لیزر داریم یعنی ۳ تا خط لیزر داریم.

### \* لیزرهای **excimer laser**:

این لیزرها گازی‌اند که یه طرف آن Ar بی‌اثر است و طرف دیگر هالوژن است. پس از ترکیب هالوژن و گاز بی‌اثر تهیه می‌شود. نیمه‌هادی‌ها هم می‌توانند لیزر باشند.

### ویژگی نور لیزر:

- (۱) یک نور کوه‌رنت است یا هم دوست است. یعنی فوتون‌هایی که ساخته می‌شوند یا با هم اختلاف فاز ندارند یا اختلاف فاز ثابت است. برخلاف نور (نور اتاق)
- (۲) در یک راستا منتشر می‌شود و پخش نمی‌شود. یک نقطه را روشن می‌کند.
- (۳) شدت آن زیاد است چون تعداد زیادی فوتون با هم پایین می‌آیند. چگالی تابش بالاست. برای اینکه شدت تابش را بالا ببریم از روشی استفاده می‌کنیم که (مدولاسیون) نام دارد. (یعنی یکی از خصوصیات نور را تقویت کنیم)

مدولاسیون جاذب رنگی اشباعی saturated Dye Absorber یعنی اینکه این رنگ و جاذب نمی گذارد اگر به آستانه رسید بیرون برود. نور را دوباره در خودش برمی گرداند. پس تعداد گونه‌های برانگیخته بالا می‌رود پس از آستانه بیشتر می‌شود. این نور را جذب می‌کند و تاحدی جذب می‌کند که از حد آستانه بالا می‌رود و سفید می‌شود و جاذب سفید می‌شود که رنگی است و به صورت مایع است. حالا ما اگر مدولاسیون را خاموش کنیم به محض اینکه saturated می‌شود سفید می‌شود و نور می‌خورد نمی‌گذارد بیرون برود و آن را جذب می‌کند.

به طور مثال ما می‌توانیم برای رودامین سوئیچی بگذاریم یعنی سوئیچ کردن کیفیت از حد آستانه به حد بالاتر سوئیچ کردیم و توان کیفیت بیشتر  $\phi$  swich شده است. (بیش از حد آستانه از لیزر نور می‌خواهیم)

۴) ویژگی دیگر نور تکفام بودن آن است.

نور لیزر نسبت به زمان ۲ حالت دارد: (۱) پالسی (۲) پیوسته

## آشکارسازها: Transducer Detector

هدف ما در دستگاه طیف‌سنجی این است که نور را به یک کمیت فیزیکی قابل اندازه‌گیری تبدیل کنیم در این زمان آشکارسازها ۳ دسته‌اند.

(۱) فوتونی (۲) حرارتی (۳) شیمیایی

هرکدام اجزایی دارند. آشکارساز ما از هر جنسی که باشد باید چند تا ویژگی داشته باشد یعنی یک آشکارساز خوب:

(۱) Response time زمان پاسخ باید کوتاه باشد.

$$\psi = \frac{1}{2\pi f} \quad (f: \text{فرکانس})$$

(۲) حساسیت آن بالا باشد. Sensitivity  $\varphi(\lambda)$

به عبارت دیگر تغییرات خروجی به تغییرات ورودی زیاد باشد.

کمیت فیزیکی (x) نوری که می‌تابانیم

$$\frac{dx}{d\varphi} \quad \text{خروجی نور} \quad (بالا باشد) \quad d\varphi$$

به طور مثال خروجی جریان، ولتاژ، حرارت باشد.

(۳) باید پایدار باشد، یعنی حساسیت نسبت به زمان تغییر نکند و ثابت باشد.

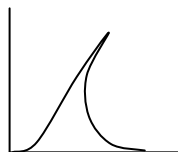
۴) آشکارساز خوب آشکارسازی است که  $S/N$  آن زیاد باشد.  
 ۵) گستره خطی آن وسیع باشد و خطی بودن یعنی میزان خروجی با میزان ورودی متناسب باشد.

\* فوتونی:

اولین مورد آن  $\Leftarrow$  Vacuum Photo tubo (pt) (لوله نوری خال)

یک تیوب داریم که یک کاتد دارد که داخل تیوب هوا نیست چو vacuum است و جنس کاتد از فلز قلیایی و قلیایی خاکی است و به راحتی یونیزه می‌شوند و به راحتی الکترون می‌دهند. اول می‌آیند بین کاتد و آند اختلاف پتانسیل ایجاد می‌کنند. اختلاف پتانسیل  $\uparrow$  جریان  $\uparrow$  به پتانسیلی به نام اشباع می‌رسیم که دیگر بالاتر رویم جریان بیشتر نمی‌شود.

دوم اینکه در این هنگام که در پتانسیل اشباع هستیم نور به کاتد



می‌تابانیم  $\Leftarrow$  ۲ تا ۵ الکترون جدا می‌شود که به آن فوتوالکترون گفته می‌شود. (الکترون‌های نوری)

یک سیگنال می‌دهیم  $\Leftarrow$  اگر دتکتور خطی بود ارتفاع سیگنال معادل نوری

است که به آن رسیده است.

سیگنال ما ارتفاع زیاد نیست و شدت زیاد نیست چون ۲ تا ۵ الکترون جدا شده

و برای تقویت آن دومی را ایجاد کردیم.

دومین مورد  $\Leftarrow$  photo multiplier tube (PMT) (لوله تکثیرکننده‌ی فوتون)

مثل قبلی است ولی بین کاتد و آند الکتروود فرعی قرار می‌دهیم و به آن Dynode گفته می‌شود.

Dynode ها نسبت به هم یک در میان کاتد و آند هستند. پس الکترون در اینجا تکثیر می‌شود و اون ۲ تا ۵ تا الکترون تکثیر می‌شوند و آبخاری از الکترون به وجود می‌آید.

سرعت انتقال الکترون ها ( $r$ ) از کاتد به سمت آند  $\Leftarrow$

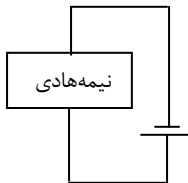
$$r_{cp} = \phi k$$

$r_{cp}$ : نور تابیده شده

$k$ : ضریب تناسب است. بازده کوانتومی است یعنی نور که می‌خورد چند تا الکترون می‌دهد ولی کوانتومی است و پیوسته نیست.

پس بازده داریم و بعد به سمت آند می‌رود و آن هم باید جذب کند و یک سرعت جذبی هم دارد که می‌شود  $\Leftarrow$

$\eta$ : ضریب جذب جمع‌آوری collective



$$r_{cp} = \eta r_{cp}$$

\* دتکتور نیمه هادی:

ترکیباتی که بین رسانا و نارسانا هستند از خانواده سیلیسیوم، ژرمانیوم، آرسنیک و ... نیمه‌هادی را در اختلاف پتانسیل قرار می‌دهند یعنی بین دو صفحه قرار می‌دهند که یک صفحه‌ای که زیر آن است که از جنس آهن است و اونی که روی آن را می‌پوشاند طلاست و به اصطلاح می‌گویند ساندویچ شده است و آن را به باتری وصل کرده‌اند. وقتی صفحه‌ها به برق وصل می‌شود در نیمه‌هادی تولید حفره و الکترون می‌کند. الکترون در مدار حرکت می‌کند پس تولید بار مثبت و منفی می‌کند و وقتی جریان ثابت شد ما نور می‌تابانیم و دوباره این نور حفره و الکترون تولید می‌کند.

در این حالت جریان فرق می‌کند که تغییر جریان به خاطر نور تابیده شده بود. Photo dyod

Charge امروزه نیمه‌هادی‌ها را کنار هم چیدند.

Coupled Device (قطعه جفت شده بار)

Charge براساس نیمه هادی کار می‌کنند.

Injection Device (CID) (قطعه تزریقی بار)

CID , CCD چه هستند؟

نیمه‌هادی‌ها، یعنی اینکه ما از گروه سوم اضافه کنیم یا پنجم؟! اگر از ۳ به ۴ اضافه کنیم چون الکترون‌ها کمتر از ۴ است می‌گویند نیمه‌هادی ما مثبت است و کمبود e دارد چون از ۳

اضافه شده و positive

است (P) اگر از ۵ به ۴

اضافه کنیم ۵ الکترون

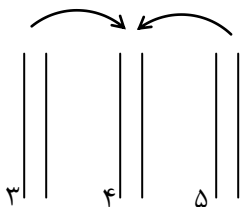
اضافی دارد نسبت به ۴ پس

Negative است (N)

اگر هر دو را کنار هم

بگذاریم می‌گویند (اتصال

PN junction (PN داریم.



اگر این نیمه هادی‌ها به صورت ترانزیستور کنار هم قرار بگیرند  
ولی چه ترانزیستوری؟

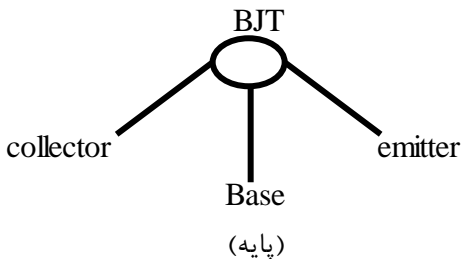
Field Effect Transistor (FET)  
(ترانزیستور اثر میدان)

یعنی در این ترانزیستور میدان الکتریکی مبنای کار است. حالا ما  
این‌ها را کنار هم چیدیم می‌شود CCD و CID و دوبعدی است.  
قبلی بر اثر میدان بود که (FET) نام داشت حالا حالت دیگری هم  
می‌توان آن را چید؛  $\ominus \oplus \ominus$   
ترانزیستورهای (BJT)

NPN

PNP

Bipolar Junction Transistor (دوقطبی)





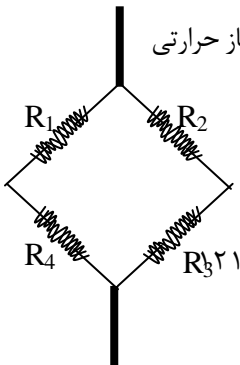
نسبت جریان collector به Base ضریب تقویت نام دارد.  
 اگر ما تعداد زیادی ترانزیستور داشته باشیم به آن مدار JC گویند.  
 اولی pt دومی PNT سومی CCD چهارمی CID  
 پنجمی پیل ولتایی

این شد خانواده آشکارسازهای فوتونی نه خانواده‌ای که انرژی زیادی باید بتابانیم تا e و جریان تولید شود. در فوتونی‌ها نوری که می‌تابانیم انرژی  $\uparrow$  و مستقیم به جریان و ولتاژ تبدیل می‌شود ولی ولتاژ ارجحیت دارد به جریان یعنی ولتاژ بالاتر است. چون چیزی که به جریان تبدیل شود به گرما تبدیل می‌شود پس بهتر است به ولتاژ تبدیل شود و باید مقاومت قرار دهیم که تبدیل به ولتاژ شود و اگر مقاومت نداشتیم OPAM می‌شود که operational Amplifier (تقویت کننده عملیاتی)

### \* حرارتی:

نور به گرما تبدیل می‌شود و گرما به جریان یا پتانسیل تبدیل می‌شود.

اولین آشکارساز حرارتی



بولومتر  
 از پل  
 ایتسون

استفاده کرده است. پل ایتسون ۴ تا مقاومت بود که حاصلضرب روبه‌روها با هم برابر بود گالوانومتر صفر را نشان می‌داد یعنی؛

$$R_1 R_3 = R_2 R_4$$

یکی از این بازوها مقابل نور قرار می‌دهیم و یکی از این مقاومت‌ها نور می‌دهیم و ۳ تای دیگر هیچ نوری به آن برخورد نمی‌کند و نفوذ نمی‌کند.

$$: R = R_0 (1 + \alpha \theta)$$

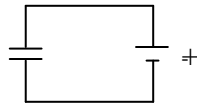
مقاومت تابع دماست

پس وقتی دما تغییر کند مقاومت هم تغییر می‌کند و گالوانومتر دیگر صفر را نشان نمی‌دهد که به آن Blometer گویند.

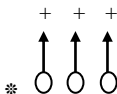
که در آن ۲ تا سیم را به هم پیچ می‌کنند و متصل می‌کنند که یک طرف دما ثابت است و نور نمی‌خورد ولی طرف دیگر را مقابل نور می‌تابانیم.

در فیزیک خوانده‌ایم اگر بین دو نقطه اختلاف دما بود جریان تولید می‌شود.

حساسیت این دستگاه‌ها  $10^6$  برابر است.

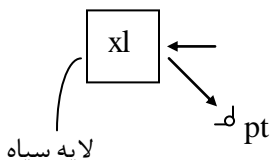


(خازن)



### پیزوالکتریک :

این آشکارساز از مفهوم خازن استفاده می‌کند. خازن دو صفحه بود که به باتری وصل بود و بین این دو تا صفحه ماده‌ای را می‌ریزند به نام تری گلاپسین سولفات که این ماده همان دوقطبی و آن به دما حساس است. تری گلاپسین سولفات (TGS) یعنی وقتی این ماده گرم می‌شود شروع به چرخیدن می‌کند پس اگر نور بدهیم مولکول‌ها می‌چرخند و تعداد بارهای + یا - تغییر می‌کند.



TGS وقتی در آینه در خلاف جهت باتری حرکت می‌کند سر مثبت به سمت - باتری می‌رود و سر منفی به سمت + باتری می‌رود وقتی نور می‌دهیم می‌چرخد و بار + و - هم مقدارش عوض می‌شود.

#### \*پنوماتیک

یعنی یک سیالی از جنس گاز برای ما کار انجام می‌دهد. به خاطر گاز چنین اسمی دارد. یه تیوب داریم که گاز Xe زنون در آن است و یک طرف آن لایه سیاه دارد و یه طرف آن آینه است. آینه نور می‌خورد منعکس می‌شود می‌رود به pt که photo tube خلأ است.

لایه سیاه هم مقابل نور قرار می‌گیرد چون همه‌ی اتم‌ها را جذب می‌کند مشکی است. گرما تولید می‌شود روی صفحه سیاه و آن را به گاز داخلی می‌دهد که انرژی جنبشی آن عوض می‌شود. و انرژی

گاز که بیشتر می‌شود تعداد ضربه به آینه آن طرف بیشتر می‌شود.

$$\text{انرژی جنبشی} = \frac{3}{2}KT$$

گاز

(K: ثابت گاز و T: دما کلوین)

ما خواندیم نیرو یعنی تعداد برخورد و یعنی وقتی تعداد برخورد زیاد می‌شود نیرو وارد می‌کنیم و ظرف منبسط می‌شود و فاصله نور که بازتابش می‌کرد کم و زیاد می‌شود و  $pt$  هم نوری که می‌گیرد دور و نزدیک می‌شود.

جلسه هشتم:

(خلاصه جلسه قبل)

معرفی منابع نور بود، راجع به آشکارسازها حرف زدیم و تابنده آن‌ها را دیدیم. دتکتورهای حرارتی معمولا در طیف‌سنجی مادون قرمز کاربرد دارد چون بخش حرارتی IR است. آشکارسازهای فوتونی داشتیم برای UV-visible مناسب بود و دسته سوم آشکارسازهای شیمیایی بودند که اینها براساس یک واکنش شیمیایی وجود نور را تعیین می‌کنند مثل صفحات عکاسی، فیلم‌های رادیولوژی و ...

ابزاری به نام دانسیتومتر که شدت سیاه و سفیدی را در این‌ها مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

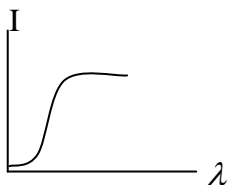
**پردازشگرهای سیگنال:**

هر عملیاتی که روی یک سیگنال الکتریکی انجام می‌شود را پردازشگر سیگنال گویند که این سیگنال از detector آمده است. حالا دتکتور می‌خواهد حرارتی، فوتونی، و ... باشد به پتانسیل یا ولتاژ تبدیل می‌شود.

مثلاً فرض می‌کنیم که عملیات ریاضی می‌خواهیم انجام دهیم یعنی انتگرال بگیریم یا مشتق و ... یا سیگنالی را حذف کنیم که مجموع این فعالیت‌ها را به عنوان پردازشگر سیگنال می‌شناسیم. بخشی از این‌ها نرم‌افزاری است و با نرم‌افزار می‌توان این سیگنال‌ها را مرتب کرد و سیگنال‌های ناخواسته را حذف کرد و برخی را شدت دهیم و ... دسته‌ی دیگری از روش‌ها روش‌های سخت‌افزاری است و ما باید مدار الکترونیکی داشته باشیم. روش‌های سخت‌افزاری وقتی استفاده می‌شود اولین چیزی که به ذهن ما می‌آید صافی‌ها هستند.

### \* filters صافی‌ها:

- (۱) براساس جذب نور کار می‌کنند.
- (۲) براساس تداخل نور کار می‌کردند.



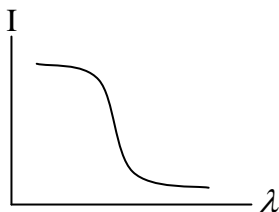
خروجی یک صافی معمولاً میزان عبور است که به طور معمول نمایش عبور است. که ممکن است همچنین شکلی را به ما بدهد:

### High pass filters

(صافی بالاگذر)

( $\lambda$  های پایین را حذف می‌کند)

طول موج‌های بلند را از خود عبور می‌دهد.

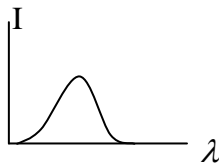


طول موج‌های پایین‌تر می‌توانند نویز باشند، سیگنال ناخواسته باشند و ما با این نوع صافی سیگنال پایین را حذف می‌کنیم.



## low pass filters

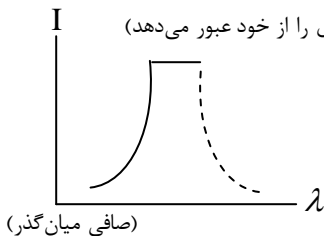
(صافی پایین گذر)



سیگنال‌های بالا را حذف می‌کند و اجازه عبور نمی‌دهد.  
طول موج‌های کوتاه را از خود عبور می‌دهد.

در نویزهایی که طول موج بلند دارند استفاده می‌شود.  
(صافی نوار گذر)

اگر ببینیم این صافی یک محدوده‌ی طول موجی را ما اجازه عبور  
می‌دهیم و از آن به پایین حذف است از یه مقدار به بالا هم حذف  
است. (یه نوار و یه  $\lambda$  ای را از خود عبور می‌دهد)



(صافی میان گذر)

وقتی می‌خواهیم یک  $R$  را حذف کنیم وقتی ما می‌خواهیم این سیگنال‌هایی را

نداشته باشیم نیاز به یک مداری داریم؛

یک مقاومت همین که به یک صفحه خازن وصل شده که خازن یک

خروجی آن آزاد است و مقاومت هم یک خروجی آن آزاد است. صافی RC است که یک صافی پایین‌گذر است.

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \quad (\text{مقاومت خازن})$$

ظرفیت خازن فرکانس

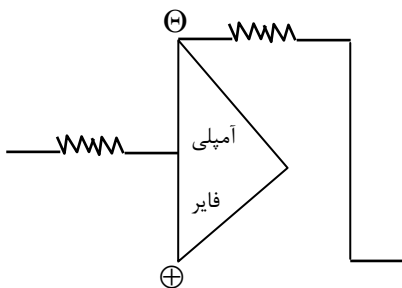
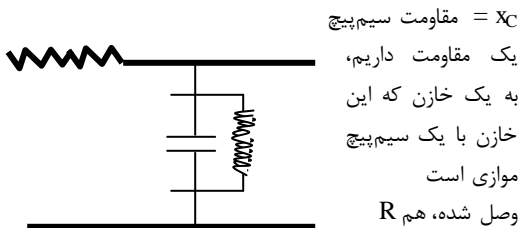
ممکنه ما در مدار خود صافی میان‌گذر داشته باشیم؛ سیم‌پیچ را به یک خازن می‌بندند

و مقاومت ظاهری سیم‌پیچ را با  $X_L$  نشان می‌دادیم؛

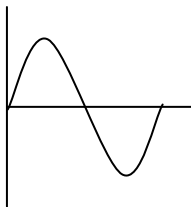
$$X_L = 2\pi fH$$

شرط اینکه ما به حالت میان‌گذر برسیم این است که حالت رزونانس پیش بیاید یعنی مقاومت ظاهری سیم‌پیچ با مقاومت ظاهری خازن مساوی شود یعنی دو تا فرمول با هم مساوی شود.

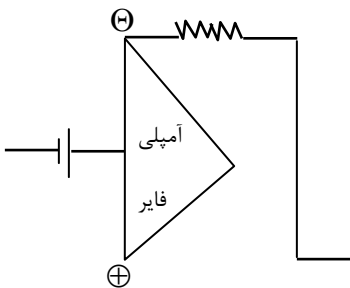
در حالت رزونانس یا حالت تشدید مقاومت خازن و مقاومت سیم‌پیچ با هم برابر می‌شود سیگنال حاصل همان میان‌گذر است. مقاومت خازن  $X_L$



هم  $X_C$  و هم  $X_L$  را داریم. همین کارها را می‌شود با آمپلی فایر هم انجام داد. آمپلی فایر (تقویت کننده) آمپلی فایر مرکب از نیمه‌هایها بود یعنی اگر  $nnpn$  می‌نوشتیم یک آمپلی فایر بود و اگر  $pnnp$  می‌نوشتیم یک آمپلی فایر دیگر بود. علاوه بر این کارها عملیاتی دیگر هم می‌توانیم انجام دهیم. مثلاً تقویت کردن که به طور مثال می‌خواهیم سیگنالی را تقویت کنیم و بعد از اینکه صاف کردیم آن را تقویت کنیم. مداری که برای این حالت مناسب است یک آمپلی فایر است که به شکل زیر است. به مقاومت به آمپلی فایر می‌آید و یک مقاومت به خروجی می‌آید. وظیفه دو تا مقاومت چیست؟ تقویت



اگر مقاومت به  $(\text{C})$  وصل شود در سری علاوه بر تقویت معکوس هم می‌کند.



معکوس یعنی؛

سیگنال را معکوس می‌کند.

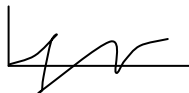
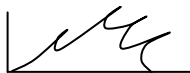
برای انتگرال‌گیری یا مشتق‌گرفتن؛

اگر یک خازن با آمپلی فایر سری باشد و یک مقاومت موازی با آن باشد

این سیستم برای ما مشتق می‌گیرد.

یعنی اگر ←

ناحیه + و - پیدا می‌کند.



برای انتگرال گرفتن چون انتگرال عکس مشتق است پس برای مشتق رسم کرده و عکس می‌کنیم که می‌شود انتگرال‌گیری.

خازن پایین بود و مقاومت سری موازی و جاهاشون عوض می‌شود مقاومت می‌آید پایین و خازن می‌رود بالا. (مقاومت انتگرال‌گیر) همین کارهایی که ما کردیم امکان نرم‌افزاری آن هم وجود دارد و می‌توان با نرم‌افزار مقاومت بگذاریم، خازن قرار دهیم و ...

نرم‌افزارهایی که وجود دارد Digital fitting

Wave let transform

موج‌ها را به صورت  $\sin$  حساب می‌کنند.  $\leftarrow$  fourier

Transform (تبدیل فرویه)

(شکل ۴۱-۴ کتاب اینگل مهم است).

در مورد دستگاه‌ها ما دستگاه‌هایمان به دو صورت طراحی می‌شوند (۱) تک شعاعی single Beam وقتی دستگاه تک‌شعاعی بود یعنی یک مسیر نور بیشتر در دستگاه نداریم که از این مسیر هم برای شاهد استفاده می‌شود و هم برای نمونه. (۲) دوپرتوی

Double beam

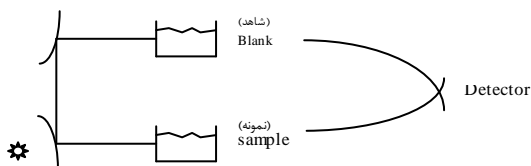
منبع هنوز داریم که می‌آید به  $\lambda$ -selector می‌خورد بعد به Cell نمونه می‌خورد بعد به Detector می‌خورد که یک مسیر

داریم، حالا ظرف نمونه را برمی‌داریم این دفعه شاهد را جایش می‌گذاریم.

محدودیت این روش: روش (۱)

اگر خطایی ناشی از نوسانات منبع نور یا  $\lambda$ -selector یا Detector اتفاق بیافتد ممکن است از یک آنالیز به آنالیز دیگر فرق کند.

یعنی اگر نمونه را برداشتیم شاهد گذاشتیم منبع نور پایدار بوده و Detector پایدار بوده است و حالا شاهد را برداشتیم نمونه را می‌خواهیم بگذاریم و نمی‌توانیم تضمین کنیم که Detector خطا نداشته باشد و منبع پایدار باشد و نویز داشته باشد و این ایراد هست که در این روش احتمال نویز و خطا در آن زیاد است. اگر سیستم ما دو پرتوی باشد؛ شکل ۴-۴۴ یعنی دو مسیر نور داریم.



$$A_a = A_T - A \text{ شاهد}$$

نور را به وسیله نیمه اسپیلیتر (شکافنده) به دو تا نور می شکافیم یکی از شاهد رد می شود و یکی از نمونه رد می شود. ما دو تا منبع نور نداریم. یک منبع نور داریم و آن به دو مسیر نوری شکافته می شود.

هر خطایی در شدت نور داشته باشیم همزمان در هر دو اتفاق می افتد. چونکه در هر دو اتفاق می افتد دیگر این خطا مهم نیست. دو پرتو می توانند یک در میان بیایند و به **Detector** برخورد کنند. یعنی در مرحله اول نوری که از شاهد می آید می خورد به **Detector** و **Detect** می شود دفعه ی بعدی نوری که از نمونه می آید می خورد به دتکتور، این یک مدل است که می گویند دستگاه ما **Double space** است (مکان و زمان) شکل a دو تا دتکتور دارد که یکی برای شاهد و دیگری برای نمونه است.

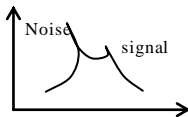
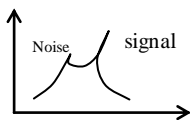
- (1) **Double Beam Space** دو پرتوی در فضا
  - (2) **Double Beam in time** دو پرتو در زمان
- یعنی یک در میان و یک **Detector** دارد.



دستگاه‌هایی که دو تا مسیر نور دارند  $\leftarrow$  حساسیت  $\uparrow$  بالا دارند. خطای  $\downarrow$  پایین دارند و قیمت بالاتر است. این سیگنال‌هایی که ما می‌گیریم در حالت ایده‌آل دوست داریم که فقط سیگنال آنالیت باشد ولی می‌بینیم که همراه سیگنال آنالیت سیگنال‌های ناخواسته‌ی دیگری هم ظهور پیدا می‌کند که این سیگنال‌های ناخواسته را به طور کلی Noise (یعنی هر سیگنالی که مربوط به جسم مورد تجزیه نیست و اضافی است)، نوفه یا اغتشاش گویند.

این نویزها چون سیگنال ما را مورد تأثیر قرار می‌دهند معیاری را

$$\frac{S}{N}$$
 معرفی می‌کنند به نام



$\frac{S}{N}$  ما زمانی قابل اعتماد است که حداقل دو برابر و بیشتر باشد.

$$\frac{S}{N} \geq 2$$

این سیگنال قابل قبول است و کمتر از این قابل قبول نیست.

(۱) Random Noise (خطای تصادفی داریم)

اگر سیگنال را تصادفی فرض کنیم یعنی سیگنال ما خاصیت

Random دارد یعنی وقوع آن  $50\% / 50\%$  است. پس  $\frac{S}{N}$  می‌شود

معکوس (RSD)؛

$$\frac{S}{N} = (RSD)^{-1}$$

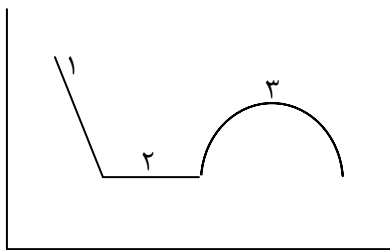
Relative Standard Deviation (انحراف استاندارد نسبی)

اگر سیگنال خاصیت تصادفی داشت

انحراف استاندارد نسبی  $\Leftarrow$

$$\frac{S}{\bar{x}} \Rightarrow$$

دکتور ما یا ولتاژ دارد یا جریان اینجا ولتاژ داریم پس در کتاب دیدیم که می‌گویند  $\frac{S}{E}$  که برای sample است و اگر  $\frac{E}{S}$  هم بگوییم می‌شود و هر دو یکی است اگر Noise تصادفی باشند. اگر سیگنال تصادفی نباشد؛



(۲) خطایی که داریم سیستماتیک است. None Random Noise  
 (۳) fundamental noise نویزهای مبنایی و اساسی و پایه  
 none fundamental نویزهای غیراساسی و غیرپایه‌ای  
 noise(۴)

نویزهای اساسی یا پایه‌ای ناشی از محدودیت‌های ذاتی ماده است و کاری نمی‌شود برای آن کرد. پس اگر نور و ماده ذاتاً محدودیت

داشته باشند هیچ کاریش نمی‌شود کرد و اساسی است. ولی غیر از این باشد، دستگاه فرسوده شده و لامپ شدتش کم شده است و می‌شود غیراساسی و غیرپایه‌ای است و دستگاه ایراد دارد.

نویز غیرتصادفی اساسی نیست یعنی ربطی به ذات ماده ندارد. نویزها را برای اینکه طبقه‌بندی کنند روش‌های مختلفی هست که یک دسته از این روش‌ها نمودار و شکل ۲-۵ است. توان  $\hat{O}$

برحسب  $\lambda$

(شکل ۲-۵) کتاب

طبقه‌بندی Noise براساس Nps

طیف نویز براساس توان Noise power spectrum

سه دسته می‌شوند:

اول  $\Leftarrow$  اونی که داره پایین می‌آید یعنی هرچه فرکانس بالا می‌رود نویز پایین می‌آید.

دوم  $\Leftarrow$  قسمت تخت منحنی و صاف و مسطح است که بدترین نوع نویز است چون هیچ ربطی به فرکانس ندارد و با تغییر فرکانس قابل تشخیص نیست پس بنیادی و اساسی است. ذات ماده برمی‌گردد.

environmental noise  $\Leftarrow$  سوم

یعنی اینکه دستگاه مثل آنتن از بیرون هرچه سیگنال را می‌گیرد و نشان می‌دهد مثل تلفن خانه که وقتی موبایل کنارش است هنوز موبایل زنگ زده در تلفن متوجه می‌شویم.

(نویز سوسو) (نویز اضافی) Shot noise (۵)

(نویز ضربه‌ای) flicer noise (6)

۵- نویز شات یا ضربه‌ای در محل‌های اتصال مدارات الکترونیکی اتفاق می‌افتد.

یعنی جاهایی که مدارات الکترونیکی به هم وصل می‌شوند، انتقال الکترون که می‌خواهد صورت گیرد این انتقال الکترون می‌تواند به صورت ضربه‌ای اتفاق بیافتد که shot است.

۶- اگر نویزی که ما داریم بیش از مقدار محاسبه شده باشد به آن flicer noise گویند که به آن نویز اضافی هم گویند.

در نقل و انتقال e عاملی که نوفه‌ها را تشدید می‌کند عامل حرارت است noise junhson نویز جانسون یا نویز حرارتی

Thermal noise

که گرم شدن دستگاه می‌تواند انتقالات الکترونی را آشفته کند و به آن نویز حرارتی یا جانسون می‌گویند.

$$\sqrt{4kT \cdot R \cdot \Delta f}$$

k ← ثابت بولتزمن است

$\Leftarrow T$  دما برحسب کلوین (k) (جزر دما باعث نویز است)  
 $\Leftarrow R$  مقاومت مدار که جریان از آن عبور می کند.  
 $\Leftarrow \Delta f$  تغییرات فرکانس (باند فرکانسی است که عبور می کند)  
 یعنی؛

$H|f|$  تابع تبدیل گویند.

$$\Delta f = \int H|f|^2 df$$

Transfer function یعنی ولتاژی که خارج می شود به ولتاژی که وارد می شود.

داخل مدار جریانی که وارد می شود از مدار پستی و از طرف دیگر خارج می شود نسبت خروجی به ورودی را به آن تبدیل گویند که

تابع فرکانس سیگنال است و  $H|f|$  گویند.  
 E هم گفتیم نماینده پتانسیل است.

$$H|f| = \frac{E_{out}}{E_i} \quad \begin{array}{l} \text{خروجی} \\ \text{ورودی} \end{array}$$

هرجا که سیگنال ما از یه نقطه به نقطه‌ی دیگر می رود یعنی جابه‌جا می شود و از یک قطعه الکترونیکی وارد قطعه‌ی دیگر

می‌شود، چند درصد آن تبدیل می‌شود، این می‌شود E ولتاژ تولید شده به ولتاژ وارد شده.

به این نقاط، نقاط تبدیل گویند. یعنی جایی که مدارها به هم وصل‌اند نقاطی که در آن به هم متصل‌اند را گویند.  $H|f|$  پس ما برای هر نقطه می‌توان تبدیلی فرمولی بنویسیم و از آن انتگرال بگیریم و در فرمول جانسون گذاشت.

#### ۸ - کوآنتوم نویز:

کوانتوم

اشاره به منبع نور دارد یعنی منبع نور به طور اتفاقی (نه آگاهانه) و تصادفی فوتون‌هایی غیر از فوتون‌هایی که برای آن تعریف شده نشر کند.

یعنی لامپ ما فوتونی نشر کند که آن فوتون در حیطه کارش نباشد و حیطه کارش مرئی است و اگر خارج از VIS فوتون دهی شود نویز کوانتومی است.

چون تابع زمان است احتمال آن را از فرمول زیر پیدا می‌کنند.

$$\frac{(rt)^n \times e}{n!} \quad \text{توزیع پواسون}$$

یعنی پدیده‌هایی که نسبت به زمان متغیرند از این دستور پیروی می‌کنند و چون تابع زمان است رخدادش تبعیت می‌کند.

**۹- نویز ثانویه: secondary emition noise نویز نشر ثانویه**

درخصوص Detector اتفاق می‌افتد که در اثر گرما می‌توانند signal اضافه‌تری تولید کنند.

**۱۰- نویز دستگاهی:**

که از خود دستگاه نویز ناخواسته تولید می‌شد. این نویز که ما

داریم، ما باید برای هر کدام از روش‌هایمان عبارت  $\frac{S}{N}$  را

بنویسیم.

اگر سیگنالی که مربوط به آنالیت است به طور مثال با ولتاژ نشان دهیم این تقسیم می‌شود به ولتاژی که به آن گویند total، یا اینکه واریانس که مربوط به خروجی آنالیت تقسیم بر مجموع

$$\frac{S}{N} = \frac{E_s}{E_{total}} \quad \text{واریانس‌ها.}$$

ما گفتیم signal با  $\varepsilon$  نمایش می‌دهیم اگر آنالیت باشد آن را با S نشان می‌دهیم و سایرین که در محیط تولید می‌شوند را با total



نشان می‌دهند حالا می‌شود به جای نماد  $\epsilon$  از واریانس استفاده کنیم.

می‌توانیم بگوییم واریانس به واریانس کل  $\leftarrow$

$$\frac{\delta_S^2}{\delta_{total}}$$

واریانس کل یعنی چه؟!

مجموع منابعی که می‌توانند در اندازه‌گیری ما تولید خطا کنند.

$$S_A = S_{total} - S_{blank} \text{ (شاهد)}$$

**Signal** شاهد  $\leftarrow$  تا قبل می‌دانستیم که شاهد محلولی است که آنالیت در آن نیست که این گفته برای حذف اثرات ماتریکس خوب بود. وقتی شاهد را با نمونه مقایسه می‌کردیم **signal** آنالیت به دست می‌آمد. گرفتاری موقعی بود که یک چیزی در نمونه باشد که در شاهد نباشد که اثرات **matrix** می‌گفتند. نقش سیگنال **blank** فقط این نیست.

وقتی ما می‌گوییم مجموع واریانس‌های منابع نویز، یکی از این منابع نویز حاصل از نشر ثانویه یا جریان تاریک است.

جریان تاریک  $\leftarrow$  برای **Detector** است که در غیاب نور دکتور تولید ولتاژ می‌کند و علاوه بر این اگر قسمت‌های

الکترونیکی دستگاه، به طور مثال آمپلی فایر (a) یا خروجی دستگاه r که با هم می‌شه آمپلی فایر a<sub>r</sub> نویز داشته باشد به علاوه نویز جریان تاریک می‌شود.

پس محلول شاهد و blank ما فقط نقش اثرات ماتریکس نبود و دیدیم که در حذف نویزها هم کمک می‌کند.

$$\delta_{dl}^2 + \delta_{ar}^2 + \delta_{BE}^2$$

واریانس موادی که همراه آنالیت هستند می‌توانند تولید نویز کنند، این noise هم خاصیت flicer می‌توانند داشته باشند هم shot پس نماینده‌ی دیگر محلول شاهد این است که noise‌هایی که برای سیگنال آنالیت اتفاق می‌افتد به طور کامل برای شاهد هم اتفاق بیفتد و وقتی ما طبق این دستور داریم کسر می‌کنیم، این noise خیلی‌هایشان حذف خواهد شد.

\* در روش‌های نشر می‌بینیم که نسبت  $\frac{S}{N}$  چگونه است؟!

\* در روش‌های جذبی ببینیم که نسبت  $\frac{S}{N}$  چگونه است؟!

در این دستگاه‌ها ما کلمه‌ای را می‌بینیم به نام Bias بایاس که اریب است و نقش مهمی در کاهش سیگنال مزاحم دارد.

بایاس پتانسیلی یا جریانی است که دستگاه براساس آن آماده‌ی کار است.

دستگاه اگر بخواهد کار بکند، مثلاً آمپلی فایر یا دتکتور یا هر قطعه الکترونیکی وقتی می‌خواهد کار کند نیاز به ولتاژ ( $E_g$ ) دارد که این signal را از ولتاژ خودش بردارد یا جداگانه به آن می‌دهیم؟!

اگر جداگانه بدهیم می‌شود Bias. برای سیستم‌هایی مانند ژرمانیوم بایاس دستگاه بین ۰/۱۵ تا ۰/۳۵ است (ولت) و برای سیستم‌هایی که از جنس سیلیکون است بایاس دستگاه ۰/۵۵ تا ۰/۷۵ است. پس signal که می‌آید و ما به دستگاه می‌گوییم که ما از جای دیگر آن را تأمین کردیم و تغذیه کردیم و کاری به signal اصلی ما نداشته باشد و اینجوری بازده بالا می‌رود. قطعه الکترونیکی عامل مهمی است که تحت تأثیر Bias است و این ولتاژی که می‌دهیم بایاس مثبت واگر نباشد منفی می‌شود.

بایاس به دو صورت رخ می‌دهد:

(۱) بایاس ساده  $\leftarrow$  که در این حالت را مقاومت معمولاً با دستگاه سری شده است.

(۲) خود بایاس  $\leftarrow$  که در این حالت معمولاً بین پایه و جمع کننده self Bias آمپلی فایر مقاومتی در نظر می‌گیرند.