

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست

نورشناسی

نویسنده: عباس عابدینی

مقدمه:

نور چیست؟

نور شکلی از امواج الکترومغناطیسی است.

سوال در ذهن ما ایجاد میشود که آیا نور همان چیزی است که ما میبینی؟؟؟

بله نور که چشم ما قادر به مشاهده آن است طول موج آن در حدود 380 نانومتر تا 770 نانومتر است. که به آن نور مرئی میگویند. اما اگر ما نور را به عنوان تابش الکترومغناطیس در نظر گرفته باشیم.

میتوانیم آن را نامرئی در نظر بگیریم در ادامه به پرتوهای فرابنفش و فروسرخ و... خواهیم پرداخت نور دو ماهیت دارد ذره ای و موجی حال وقتی ما وارد خانه میشیم یا اینکه شب میشود و دیگر نور خورشید در آسمان نیست ما چراغ خانه را روشن میکنیم سوال ایجاد شده اینجاست که آیا این نور که از لامپ خارج میشود و ما آن را میبینیم موجی است یا ذره ای آری نور تولید شده از لامپ خانه هم میتواند موجی و هم میتواند ذره ای باشد حال توجه داشته باشید که این خاصیت از نحوه چگونگی انجام آزمایش است.

ماهیت موجی:

ماهیت موجی نور به این معنا است که نور میتواند مانند یک موج الکترومغناطیسی رفتار کند. نور در واقع یک موج عرضی است که شامل دو میدان الکتریکی و مغناطیسی متعامد به یکدیگر است. حال ما در اینجا میتوانیم از خاصیت موجی نور برای آزمایش هایی مانند تداخل و پراش کمک بگیریم. یکی از آزمایش های این بخش مل میتوانیم به آزمایش یانگ اشاره کنیم. در آزمایش یانگ که ماهیت موجی نور را ثابت کرد. این آزمایش توسط توماس یانگ انجام شد. و نشان داد که نور نمیتواند فقط یک ذره باشد. (چگونگی انجام آزمایش یانگ هدف این کتاب نیست) و از دیگر آزمایش ها که میتوان نام برد آزمایش براگ است که با استفاده از پراش اشعه ایکس و مطالعه الگوهای تداخلی نشان میدهد که اشعه ایکس ویژگی موجی دارد.

ماهیت ذره:

ماهیت ذره ای نور به عنوان یک ذره به نام فوتون است. فوتون فاقد جرم ساکن است که همین موضوع باعث شده تفاوت کلیدی با الکترون ها یا بهتره بگم فرمیون ها البته که اکثر فرمیون ها دارای جرم ساکن هستند. و خاطر نشان کنم که فوتون از نوع بوزون ها است. که این رو جلو تر میگم که از موضوع اصلی دور نشیم فعلا حال من کمی پیش گفتم که فوتون ها جرم سکون ندارند حال سوال پیش آمده در ذهن شما این گونه است که انرژی فوتون چگونه به دست می آید. فوتون انرژی خود را به طور کامل از فرکانس و نه از جرم خود دریافت میکند. این نشان میدهد که فوتون انرژی جنبشی دارد. از آن جا که فوتون ها با سرعت نور حرکت میکنند تمام انرژی آن به انرژی جنبشی تبدیل میشود و جالب است بدانید که انرژی جنبشی فوتون ها است که هنگام برخورد با یک سطح میتوانند فشار تابش را ایجاد کند.

حال در شرایط خاص مانند اثر فوتوالکتریک این انرژی جنبشی باعث حرکت الکترون ها از سطح مواد میشود. حال به این نکته شاید توجه کرده باشید که این انرژی چگونه محاسبه میشود.

$$E = h\nu$$

انرژی فوتون از رابط بالا به دست می آید.

حال شاید بگید خب فرکانس ها برای نور متفاوت است. خب همین سوال باعث شد که جهان انرژی فوتون رو به صورت گسسته در نظر بگیرد. و پیوسته بودن انرژی رو در این جا کنار بزاره به عبارت ساده این نشان میده که فوتون ها نمیتوانند به صورت پیوسته از یک انرژی به انرژی دیگر تغییر کنند. بلکه مقادیر گسسته و مشخص بر اساس فرکانس ها و طول موج های مختلف حرکت می کنند.

در این جا اچ ثابت پلانک است. که توسط ماکس پلانک ساخته شد. خب بزارید بگویم که چگونه این ثابت به وجود امد. در فیزیک کلاسیک فرض بر این بود که انرژی میتواند به صورت پیوسته و بی پایان تغییر کند در نتیجه تابش در فرکانس های بالا هیچ محدودیتی نداشت و میتوانست توضیح دهد که چرا تابش جسم سیاه در فرکانس های بالاتر از حد معینی بیشتر نمیشود. در فیزیک کلاسیک که بخواهیم بگویم به عبارت ساده تر انرژی تابشی که از یک جسم سیاه خارج میشود در فرکانس های بالا باید به بی نهایت میل میکرد این پیش بینی به نام فاجعه فرکانس مازاد شناخته میشود. این به وضوح با مشاهدات تجربی مغایرت داشت زیرا در عمل مشاهده شد که تابش در فرکانس های بالا کاهش می یابد.

اگر فیزیکدان نباشید نمیدانید که جسم سیاه چیست و چگونه است. جسم سیاه جسمی است که تمام تابش الکترومغناطیس را جذب میکند و هیچ بخشی از آن بازتاب نمیشود. در نتیجه این جسم تنها از طریق تابش حرارت خود را منتشر میکند. در بالا هم منظور از تابش که داشتیم این بود که گرما را تابش میکند.

حال برگردیم به موضوع اصلی خودمون ماکس پلانک فرض کرد که انرژی نمیتواند به صورت پیوسته باشد بلکه به صورت گسسته گسیل میشود. حالا این موضوع چه ربطی به ماهیت ذره ای نور داشت...

اینشتین از ایده کوانتومی پلانک استفاده کرد تا نشان دهد که نور نه تنها به صورت موجی است بلکه به صورت ذرات "فوتون" است. ولی باید از هاینریش هرتز هم نام ببریم چون واقعا کار بدی میکنیم

هاینریش بود که اثر فوتوالکتریک را به صورت تصادفی کشف کرد و بعد ها توسط اینیشتن توسعه پیدا کرد. حالا چرا در کتاب ها هاینریش کم تر از اینیشتن مهم است چرا که اینیشتن بود که توضیح کامل اثر فوتوالکتریک داد و اولین بار بود که اینیشتن پیشنهاد داد که نور ذره است و انرژی فوتون ها با فرکانس نور تعیین میشود. و حال لنارد هم کمک کرد لنارد بود نشان داد که انرژی الکترون های خروجی به فرکانس نور بستگی دارد. حال من در مطالعات دیدیم که در برخی کتاب ها نوشته اند " به فرکانس بستگی دارد نه شدت" این **غلط است بلکه** ما میدانیم که فرکانس تابش بیشتر از فرکانس استانه باشد تا الکترون از سطح ماده خارج شود ولی شدت تابش اگر زیاد شود میزان برخورد با الکترون ها ماده افزایش پیدا میکند و الکترون های کنده شده را افزایش میدهد مانند این است که صد مرد به جنگ ده مرد بروند این صد مرد قوی تر از ده مرد است طبیعی است که این صد مرد در جنگ پیروز شوند حال شما ده مرد قوی را در نظر بگیرید که به جنگ ده مرد ضعیف میروند طبیعی است که این ده مرد قوی پیروز خواند شد ولی سرعت پیروزی کاهش پیدا میکند.

در فیزیک کلاسیک میگفتن که هر چه شدت نور بیشتر باشد انرژی الکترون های خروجی هم بیشتر میشود. در فیزیک کلاسیک حتی نور با فرکانس کم باید بتواند بعد از مدتی الکترون ها را آزاد کند. خب کمی هم از نظرات نیوتن بگویم نیوتن معتقد بود که نو از ذرات بسیار کوچک به نام کورپسکول تشکیل شده است. او میگفت که این ذرات از منبعی مانند خورشید به سوی چشم یا سایر ابزار های نوری حرکت میکنند.

نیوتن بود که نشان داد نور سفید از رنگ های مختلف تشکیل شده است و این رنگ ها را میتوان با استفاده از منشور از هم جدا کرد. در واقع نیوتن نور خورشید را از سوراخی عبور داد و و نوری که از آن سوراخ تابیده میشود را از یک منشور عبور داد و متوجه شد که نور دارای رنگ های متفاوتی است.

نور زمانی که از هوا یا از محیط خلاء وارد محیط شفاف میشود سرعت آن کند تر میشود. و بنا به ضریب شکست متفاوتی که هر کدام از رنگ ها دارند باعث میشود رنگ ها از هم جدا شوند. وقتی نور از ماده ای عبور میکند قبل تر گفتیم که نور موج الکترومغناطیس است که شامل میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی است. میدان الکتریکی متناوب نور وقتی از ماده عبور میکند نیروی بر الکترون آن ها وارد میشود که باعث نوسان آن ها میشود. در کل هنگامی که نور به ماده برخورد میکند میدان الکتریکی آن باعث تحریک و نوسان الکتریکی های اتمی میشود. این نوسان ها باعث ایجاد میدان الکترومغناطیس جدید میشود. و تداخل آن ها با نور اولیه میشود که در نهایت موجب تغییر سرعت نور و شکست یا پراکندگی آن در ماده میشود.

این اثر را میتوان با استفاده از قوانین الکترودینامیک و مدل کلاسیک نوسانگر هارمونیک توضیح داد.

معادله حرکت الکترون در حضور میدان الکتریکی نور :

$$e^{i\omega t} \frac{q}{m} = \frac{dx}{dt} \gamma + \frac{dx^2}{dt^2} + \omega^2 x$$

فرکانس طبیعی الکترون در اتم

$$\omega = \frac{\sqrt{k}}{\sqrt{m}}$$

فرکانس طبیعی نوسانات الکترون ها در اتم های یک ماده مشخص میکند که آن ماده چگونه با نور تعامل دارد. این فرکانس وابسته به نیروهای داخلی اتم است که الکترون ها را در مدارهایشان نگه میدارد. در این حالت وقتی نور به ماده ای مانند منشور برخورد میکند بسته به اینکه فرکانس نور نسبت به فرکانس طبیعی نوسانات الکترونی ماده چگونه باشد سه حالت مختلف رخ میدهد. این سه حالت تعیین میکنند که نور چگونه با ماده تعامل میکند. آیا عبور میکند خم میشود یا جذب میشود.

حالت اول: اگر فرکانس نور کم تر از فرکانس طبیعی ماده

عبور و شکست نور (مواد شفاف)

اگر ماده شفاف باشد مانند شیشه نور وارد آن شده و سرعتش کم میشود (در این جا توجه کنید که چون فرکانس نور کم تر است سرعت نیز زیاد کم نمیشود) اما بیشتر از آن از ماده عبور میکند دلیل این امر این است که در این حالت الکترون ها نمیتوانند با فرکانس نور نوسان قوی کنند در نتیجه انرژی زیادی جذب نمیشود.

خب دانستیم که اگر الکترون ها کم تر نوسان کنند انرژی کمی جذب میشود. در این حالت نور بیشتر عبور میکند.

ولی///نور فرابنفش به دلیل اینکه فرکانس نزدیک به شیشه دارد باعث میشود که وقتی از شیشه عبور میکند الکترون های شیشه زیاد نوسان کنند. و این شدت نوسان باعث میشود که انرژی زیادی را جذب کند پس ما از این نتیجه میگیریم که شیشه محافظ خوبی برای ما در برابر نور فرابنفش است.

حالت دوم این زمانی است که فرکانس نور با فرکانس ماده برابر باشند. حال در این حالت چه اتفاقی می افتد حالت رزونانسی :وقتی فرکانس نو با فرکانس طبیعی برابر میشود. الکترون ها میتوانند به طور موثر نوسان کنند و انرژی نور به شدت جذب میشود.

این جذب انرژی ممکن است باعث گرما یا تبدیل آن به تابش دیگر شود (فلورسانس)

در حالت دوم مقدار خیلی کمی از نور از ماده عبور میکند چرا حالا مقدار کم چون در دنیای هستیم که چیزی شبیه به دیگری به طور کامل نیست پس فرکانس های نور و ماده نیز در حالت دوم به صورت کامل با هم برابر نیستن بنابراین در این حالت مقداری از نور عبور میکند.

در حالت سوم فرکانس نور بیشتر از فرکانس طبیعی ماده است در این حالت ما منتظر ان هستیم که نوسانات زیادی اتفاق افتد و وقتی نوسان زیاد باشد جذب نور بیشتر تر و نور عبور کم شود. **ولی این گونه نیست** در این حالت بر خلاف نتیجه ای که گفتیم در بالا الکترون کم تر نوسان میکند و جذب نور کم تر از انتظار است و نور عبوری زیاد است.

☺پرتو ایکس از شیشه عبور داده میشود از شیشه عبور میکند

پس بهتره از شیش های سربی استفاده کنیم چرا که هم فرابنفش را جذب میکند هم پرتو ایکس را ولی یخورده گرونه سرچ کردم

حال به این نکته توجه کنید که هرچه فرکانس نور بالاتر باشد در مواجهه با ماده که میخواهد از آن عبور کند(منشور) به دلیل فرکانس بالا سرعت آن بیشتر کم میشود. و این باعث میشود که بیشتر شکسته شود. چرا این پدیده رخ میدهد اگر فرکانس کم تر باشد برهم کنش الکترون های ماده با نور کم تر است بنابراین نور سریع تر از میان ماده عبور میکند بر عکس اگر فرکانس بالا تر باشد برهم کنش قوی تر میشود و باعث کاهش سرعت نور در ماده میشودخب در نتیجه : ان جای که نور با فرکانس بالاتر ضریب شکست بیشتری دارد و بیشتر از نور بافرکانس پایین تر شکسته میشود.

محاسبه فرکانس نور برای هر رنگ

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

محاسبه سرعت نور در شیشه

$$v = \frac{c}{n}$$

معادله حرکت الکترون ها در یک پتانسیل هارمونیک

$$eE(t) = w^2 xm + m\gamma \frac{dx}{dt} + \frac{d^2x}{dt^2} m$$

$$\gamma = 0$$

$$-eE(t) = w^2 xm + \frac{d^2x}{dt^2} m$$

$$x(t) = Ae^{-i\omega t}$$

الکترون ها وقتی که تحت تاثیر میدان الکتریکی نور قرار میگیرند به نوساناتی با همان فرکانس "امگا" پاسخ میدهند. این رفتار نوسانی در حرکت الکترون به شکل زیر است

$$Ae^{-i\omega t}$$

$$-eEe^{-i\omega t} = -m\omega^2 Ae^{-i\omega t} + m\omega^2 Ae^{-i\omega t}$$

$$A = -\frac{e}{m(\omega^2 - \omega^2)} E$$

هر الکترون با جابه جای یک ممان دوقطبی الکتریکی ایجاد میکند.

$$P = -ex$$

علامت منفی نشان دهنده جهت مخالف بار الکترون نسبت به تغییر مکان است.

حال تعداد الکترون های موثر در واحد حجم ماده برابر "ان" باشد قطبش کل ماده به صورت زیر است

$$p = Np = -Nex$$

$$p = -Ne\left(-\frac{e}{m(\omega^2 - \omega^2)} Ee^{-i\omega t}\right)$$

$$p = \frac{Ne^2}{m(\omega^2 - \omega^2)} E(t)$$

$$p = \epsilon \aleph E(t)$$

چگونه نوسان الکترون ها در برابر میدان الکتریکی نور

$$\aleph = \frac{Ne^2}{\epsilon \cdot m(\omega^2 - \omega^2)}$$

رابط بین ضریب شکست و تابع دی الکتریک

$$n^2 = 1 + \aleph e(W)$$

معادله اصلی لنزور را نشان میدهد

$$n^2 = 1 + \frac{Ne^2}{\epsilon m(\omega^2 - \omega^2)}$$

چگالی الکترون که در این فرمول است تعداد الکترون هایی است که در یک واحد حجم ماده به طوری میتوانند تحت تاثیر میدان الکتریکی قرار بگیرند و نوسان کنند.

$$N = \frac{\epsilon m(\omega^2 - \omega^2)(n^2 - 1)}{e^2}$$

این فرمول برای محاسبه تعداد الکترون هایی که در اثر تابش نو نوسان می کنند و در نهایت بر ویژگی های اپتیکی ماده تاثیر میگذارد. فرمول بالا ساده شده نسخه نوسانگر لنزور است.

و در کلام آخر زمانی که نور مرئی به منشور برخورد میکند به دلیل اینکه در گذاشته گفتیم که نور موج الکترومغناطیس است دارای میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی است حال وقتی میدان الکتریکی نور وارد ماده میشود میدان الکتریکی نور را الکترون ها ماده برخورد میکند و باعث نوسانات در الکترون ماده میشود و این نوسانات الکترون ها باعث کند شدن سرعت نور میشود در قبل گفتیم که هرچه فرکانس بیشتر باشد سرعت عبور از ماده کم تر میشود و در نتیجه ضریب شکست بیشتری پیدا میکند و به خاطر این که نور مرئی که از خورشید می اید دارای تمام رنگ ها است ما میتوانیم وقتی نور را از ماده عبور دهیم این رنگ ها را به دلیل ضریب شکست متفاوت مشاهده کنیم و این تفاوت در زوایه است که ما میتوانیم ان ها را جدا جدا ببینیم. توجه کنید که هر ماده نمیتواند همه نور ها را از خود عبور دهد بهتر است از شیشه شفاف برای این کار استفاده کنیم دلیل این پدیده را نیز قبل توضیح دادم..

یکی از مثال ها جذاب نور با ماده میتوان اشاره به تشکیل رنگین کمان داشته باشیم. وقتی قطرات باران در جو زمین است نور خورشید وقتی تابیده میشود و از قطرات باران عبور میکند. شکست نور اتفاق افتد دلیل ان تغییر چگالی محیطی است که باعث کاهش سرعت نور میشود و نور دچار شکست میشود این شکست باعث تغیر در جهت نور میشود.

حال نور سفید که شامل تمامی طیف ها است در قطره اب به دلیل تفاوت در سرعت های مختلف رنگ ها (یعنی فرکانس های مختلف) به رنگ های مختلف تجزیه میشود. در شکست اول رنگین کمان رخ نمیدهد و وارد قطره میشود

بازتاب داخلی در سطح داخلی قطره

نور پس از ورود به قطره به سطح داخلی قطره برخورد میکند. اگر زاویه برخورد بزرگ تر از زاویه حدی باشد. بازتاب داخلی کامل رخ میدهد در این حالت نو از سطح داخلی قطره بازتاب پیدا میکند و دوباره درون قطره حرکت میکند(دوباره درون قطره باقی می ماند). حال بعد از بازتاب چه نتیجه ای را ما مشاهده خواهیم کرد؟؟؟ در این حالت میبینیم که نور درون قطره حرکت کرده و به سطح جلویی قطره می رسد. در اینجا ممکن است نور دوباره از اب به هوا عبور کند و شکست شود و از قطره خارج شود. در این جا ما میتوانیم رنگین کمان را مشاهده کنیم.

در بعضی قطرات ممکن است دو بار بازتاب داخلی داشته باشیم این باعث ایجاد رنگین کمان ثانویه میشود. رنگین کمان ثانویه کم نور تر از رنگین کمان اصلی است زیرا انرژی نور در هر بازتاب کاهش می یابد.

مثال

زاویه حدی در اب و هوا

$$\sin \theta = \frac{1}{1.3} = 0.75$$

$$\theta = 48.75^\circ$$

اگر نور درون اب با زاویه بیشتر از 48.75° درجه به سطح اب برخورد کند دیگر وارد هوا نمیشود و کاملاً بازتاب میشود.

برای محاسبه زاویه شکست نور در از قانون اسنل استفاده می کنیم.

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

مثال نور قرمز به آب تابیده میشود با زاویه 30° درجه تابیده شود

$$n_1 \sin 30^\circ = n_2 \sin \theta$$

$$n_1 = 1 \text{ and } n_2 = 1.3$$

$$\theta = 22.1^\circ$$

برای اینکه یکم خستگی رو از چشمم بگیرم رفتم دراز کشیدم و فکر میکردم چرا نور خیابان ها ابی نیست دلش این بود که انسان با طول موج های کوتاه تر بیشتر ادیت میشود چرا که انرژی زیادی دارند

و باعث جذب بیشتر توسط مردمک چشم میشود. به خاطر این است که برای چراغ های شهری از نور قرمز استفاده میکنند.

نور تکفام

نور تک فام به نوری اطلاق میشود که شامل تنها یک فرکانس یا طول موج خاص است این نوع نور دارای رنگ خاص است و هیچ تغیر یا پراکندگی در فرکانس های دیگر ندارد. نور تک فام یک رنگ ثابت دارد در اپتیک نور تک فام برای تحلیل های دقیق و آزمایش های فیزیکی مانند تداخل و پراش مفید است. نور تولید شده از لیزر تک فام است. به این معنی که شامل تنها یک طول موج خاص و در نتیجه یک رنگ مشخص است می باشد. به عنوان مثال لیزر هلیوم – نئون معمولا در طول موج 623 نانومتر (رنگ قرمز) تابش میکنند. جوشکاری لیزری از لیزر ها به دلیل توانای تولید انرژی متمرکز در یک نقطه مکان جوش کاری بدون تماس را فراهم میکند. لیزر های مادون قرمز معمولا به دلیل جذب شدن توسط مواد مختلف گرما زیادی تولید می کنند. این ویژگی در کاربرد های خاصی مانند جوشکاری برش و حکاکی بسیار مفید است. نور تک فام پهنای طیف صر دارد یعنی هیچ گونه تنوع و پراکندگی در طول موج ها وجود ندارد و تنها یک طول موج خاص در نور منتشر می شود. اگر این نوع نور ها را از منشور شیشه ای عبور دهیم به دلیل اینکه یک نوع فرکانس دارند برخلاف نور سفید که به رنگ ها مختلف تقسیم میشود در این جا پراکندگی به آن صورت نداریم و یک نور یا یک رنگ را میبینیم اگر در دامنه دید ما باشد. و نور تک فام یک ضریب شکست یکنواخت خواهد داشت.

نور خورشید به نظر می رسد که تک فام است ولی این گونه نیست نور خورشید که در قبل گفتیم شامل فرکانس ها و طول موج های متفاوتی است ولی در شرایطی که وجود دارد بنظر میرسد که تک فام است نور خورشید زمانی که از جو زمین عبور میکند به دلیل پدیده ای به نام پراکندگی ریلی بخش هایی از طیف نور به ویژه نور های با طول موج کوتاه تر مثل رنگ ابی و بنفش بیشتر پراکنده میشود این پراکندگی باعث میشود که نور ابی بیشتر در آسمان پخش شود چشم انسان از سه گیرنده مخروطی کار میکند که حساسیت های مختلفی نسبت به طول موج های مختلف دارند. در شرایط مختلف مانند زمانی که خورشید در افق قرار دارد یا زمانی نور خورشید از میان ابر ها عبور میکند انسان ترکیب های خاصی از رنگ ها را بیشتر دریافت میکند. این باعث میشود که انسان نور خورشید را به یک رنگ خاص (تک فام) به نظر برسد.

قانون پراکندگی ریلی

$$I \propto \frac{1}{\lambda^4}$$

قانون پراکندگی ریلی توضیح میدهد به ما که چرا نور با طول موج کوتاه تر بیشتر از نور با طول موج بلند تر پراکنده میشود

نور تک فام به دلیل اینکه یک فرکانس دارد انرژی ثابت نیز دارد.

$$E = h.f$$

طیف سنجی نور تک فام

یکی از روش های قدرت مند در تحلیل ویژگی های مواد و فرایند های فیزیکی است. در این روش از نور تک فام برای مطالعه و بررسی تعاملات ماده با نور استفاده میشود. مفهوم طیف سنجی این گونه است که نو و سایر تابش ها به ماده تابیده میشود و سپس طیف های جذب یا انتشار یا پراش نور از ماده بررسی میشود. هر ماده دارای ویژگی های جذب منحصر به فرد است که بسته به ترکیب شیمیایی و ساختار ملکول ان تغیر میکند. **آزمایش براگ** یکی از نمونه های مهم استفاده از نور تک فام در فیزیک است.

البته توجه کنید در آزمایش براگ از پرتو ایکس استفاده میشود در واقع پرتو ایکس **"فام" نیست** البته میتوان گفت که پرتو ایکس دارای یک طول موج است.

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

نور چند فام

نور چند فام که شامل طیفی از طول موج ها است نور چند فام برخلاف نور تک فام که دارای یک طول موج بود در نور چند فام دارای چند طول موج است. نور طبیعی که از نور خورشید دریافت میکنیم یا نور لامپ های معمولی نمونه ای از نور تک فام است. حال ما میدانیم که نور خورشید دارای رنگ های مختلف است پس توجه داشته باشید که یکی از دلایل اینکه ما گیاهان را به رنگ های مختلف مشاهد میکنیم علت این موضوع است. مثلاً **کلروفیل** ای بیشتر فوتون ها در طول موج های قرمز و ابی را جذب میکنند. و نور سبز را بازتاب میدهند که باعث میشود گیاهان سبز به نظر رسند حال وارد بخش **فیزیک** ان میشویم فرکانس های نور ابی و قرمز با فرکانس طبیعی مولکول کلروفیل هم خوانی دارد به همین دلیل جذب این طول موج توسط کلروفیل به صورت موثر اتفاق می افتد. در کودکی ام به خاطر دارم که شاهد تجزیه نور خورشید از نور آکفاریوم بودم بیاید زاویه شکست را برای این به دست بیاریم

مثال

فرض کنید که نور سفید وارد شیشه و سپس اب میشود. (برای رنگ های مختل)

$$n(\text{red}) = 1.49 \text{ and } n(1.52) = 1.52 \text{ and } n(1.55) = 1.55$$

فرض میشود زاویه تابش خورشید 30°

$$\sin \theta_{\text{rad}} = \frac{n_{\text{air}} \sin \theta}{n_{\text{rad}}}$$

$$\theta(\text{rad}) = 19.63^\circ$$

مرحله دوم شکست در اب

$$\sin \theta_{rad} - water = \frac{n_{glass} \sin \theta_{rad}}{n_{water}}$$

$$\theta_{rad} - water = 22.27^\circ$$

برای سایر رنگ ها خودتان دست به کار شوید.

کتاب پدروتی رو که میخوندم در مقدمه ان اشاره به رابط دوبروی کرده بود دلم نیامد که نگم پس ما هم در مقدمه کتاب خود از رابط دوبروی استفاده میکنیم رابط دوبروی مفهومی است که توسط فیزیکدان فرانسوی لوئیس دوبروی معرفی شد پایه گذار مکانیک موجی است این رابط بیان میکند که هر ذره که حرکت میکند ویژگی هایی مشابه موج نیز از خود نشان می دهد. رابط دوبروی با جرم و سرعت:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

از دوبروی چه چیززی های دستگیر میکنیم در این رابط ما متوجه میشویم هر چه سرعت ذره بیشتر باشد طول موج ان کوتاه تر است. رابط دوبروی برای ذراتی که جرم سنگین داند و سرعت پایین دارند نمیتوان آثار موجی ان ها را مشاهده کرد. در واقع وقتی بازیکنی توپی را شوت میکند توپ خاصیت موجی دارد چرا که از توضیح رابط کنوجه این موضوع میشویم در این جا به دلیل جرم زیاد و تکانه ما زیاد میشود بنابراین از این نتیجه میتوانیم بگیریم که طول موج دوبروی توپ بسیار کوچک است. حال اشاره ای به ذره ها داشتیم دوست ندارم که در رابط با انرژی ذره ها صحبت نکنم.

$$E = \gamma mc^2$$

$$v = 0$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{\frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E = mc^2$$

سوال ایا الکترون با سرعت نور حرکت میکند(با توجه به این سوال قراره سوال دیگری مطرح شود) حال ما در پاسخ به این سوال میگویم که خیر الکترون با سرعت نور حرکت نمیکند. الکترون با سرعت نور حرکت نمیکند ولی میتواند نزدیک به سرعت نور حرکت کند. در شتاب دهنده های که در آزمایشگاه ها وجود دارد الکترون ها به سرعت نور نزدیک شدن ولی هیچ وقت به ان نرسیدن

جرم سکون الکترون ها ان ها را با فوتون ها متمایز کرده است. چرا که میدانستیم از قبل که فوتون ها دارای جرم سکون نیست حال در این جا ما میدانیم که الکترون دارای جرم سکون است پس دارای انرژی سکون نیز هستند حال سوال چرا الکترون با سرعت نور حرکت نمیکند ولی در فرمول ای که ما مشاهده میکنیم ضرب سرعت نور شده است. حتی الکترون در این حالت ساکن است چرا ضرب سرعت نور باید کنیم.

مثال

سرعت با الکترون $0.8c$ حرکت میکند. انرژی کل آن را محاسبه کنیم.

$$mc^2 = 0.511 \text{ Mev}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{0.64-1}} = \frac{5}{3}$$

$$E = \frac{5}{3}(0.511) = 0.852 \text{ Mev}$$
 انرژی کل

$$K = E - mc^2$$
 انرژی جنبشی

$$k = 0.341 \text{ Mev}$$

در این جا حرف از ذره شد بگذارید اشاره ای به الکترون ها کنیم که یک به دسته فرمیون ها تعلق دارد فرمیون ها اسپین نیمه صحیح دارند. الکترون ها از امار فرمی دیراک پیروی میکنند کتاب پدروتی در مقدمه کتاب خود به این موضوع اشاره کرده است که در این صورت الکترون ها از اصل طرد پاولی پیروی میکنند یعنی الکترون نمیتواند در یک حالت خاص کوانتومی یکسان باشند در این جا سوال پیش می آید که پی الکترون به عنوان ذره یک فرمیون است فوتون چیست اری فوتون یک بوزون است که اسپین صحیح دارد و از اصل طرد پائولی پیروی نمیکند. و با این نکاتی که متوجه شدیم میتوانیم بگویم که فوتون از امار بوز-اینشتین استفاده میکند. که این اجازه میدهد که تا دو فوتون یا بیشتر در یک حالت کوانتومی یکسان قرار گیرند.

اصل طردپاولی

این اصل توسط ولفگانگ پاولی مطرح شد که در این اصل دو ذره فرمینونی با اسپین نیمه صحیح نمیتوانند تمامی ویژگی های کوانتومی یکسان داشته باشند. در اتم ها به دلیل این اصل نمیتوانند در یک مدار مشابه قرار بگیرند و بنابراین لایه های الکترونی و ساختار اتمی به وجود می آید. فرض کنید دو الکترون با خاصیت مشابه در یک اوربیتال قرار گیرند ولی اصل طرد پاولی این موضوع را رد میکند و میگوید که **گم شید** آن ور کنار هم نباشید مثلا میگویم شما دو تا اسپین یکسانی دارید در کنار هم قرار نگیرید.

پراش

زمانی رخ می دهد که یک موج هنگام عبور از یک شکاف یا کنار یک مانع از مسیر مستقیم خود منحرف میشود این پدیده برای امواج الکترومغناطیس مانند نور و امواج صوتی و امواج کوانتومی مانند الکترون ها رخ میدهد.

پراش فرنل

این چراش زمانی اتفاق می افتد که نور و صفحه مشاهده در فاصله محدود از مانع قرار دارند اتفاق می افتد. **معدلات ان پیچده** تر از پراش فرونهوفر هستند و به انتگرال های فرنل نیاز میشود. در شرایطی که منبع یا صفحه ی مشاهده فاصله ان زیاد شود پراش فرنل دیگر نیست و پراش فرونهوفر تبدیل میشود. برای اینکه توضیح دهیم چرا پیچده است باید چند مورد را بدانیم:

Spherical wave

موج کروی : این نوع موج معمولا از یک منبع نقطه ای منتشر میشود و در تمام جهات پخش میشود. جبهه ای موج کروی رو بگو جبهه های موج در هر لحظه کره هایی هستند که مرکز ان ها منبع موج است. و نکته ای که دارند دامنه موج با افزایش فاصله از منبع کاهش می یابد مانند سنگی که در آب فرود می آید و ایجاد جبهه های موج میکنند. منظور این است که جبهه موج مجموعه ای کره های هستند که مرکز مشترک ان ها منبع موج است.

حال در پراش فرنل موج کروی یا استوانه ای است.

Plane wave

موج تخت موجی است که جبهه های موج ان به صورت صفحات موازی در فضا گسترش می یابد این نوع موج معمولا زمانی رخ میدهد که نور یا هر نوع موج دیگری از منبعی که در فاصله ی بسیار دور قرار دارد منتشر میشود یا وقتی موج توسط یک عدسی همگرا یا یک صفحه ی مسطح به صورت موازی تنظیم شوند. برخلاف امواج کروی موج تخت در فضا افت شدید ندارد مگر اینکه جذب یا پراکنده رخ دهد.

سوال چرا: موج تخت برخلاف موج کروی در فضا افت شدید ندارد زیرا انرژی ان در یک جهت خاص منتشر میشود و سطحی که موج روی ان توزیع میشود ثابت باقی می ماند اما در مورد موج های کروی انرژی در سطح کره ای با فاصله از منبع افزایش می باید پخش شده است در موج کروی شدت موج با توان دوم فاصله کاهش می یابد

$$I = \frac{1}{r^2}$$

اما در موج تخت در فضا اما در موج تخت چون صفحات موازی هستند سطح مقطع انرژی تغییر نمیکند بنابراین چگالی انرژی ثابت باقی می ماند.

شرایط که موج تخت را به افت انرژی می توان نسبت داد

1 جذب: اگر موج از محیطی عبور کند که ضریب شکست جذب دارد شدت ان به صورت نمای کاهش می یابد.

2 پراکندگی: اگر موج با ذرات یا بی نظمی های محیط برخورد کند بخشی از انرژی ان در جهات دیگر پراکنده میشود و دامنه موج اولیه کاهش می یابد

3 تداخل: در صورت برهم نهی چندین موج ممکن است دامنه کاهش یابد

چرا وقتی دور میشویم موج کروی به موج تخت شباهت پیدا میکند

هر چقدر که از منبع دورتر میشویم شعاع کره های موج بزرگ تر میشوند وقتی فاصله ی شما از منبع بسیار زیاد میشود بخش هایی از منبع به صورت منحنی هستند به تدریج تقریباً مسطح به نظر میرسند به عبارت ساده تر در فاصله های دور هر نقطه از جبه موج تقریباً در موج در یک فاز مشابه قرار دارد و این جبه های موج به صورت صفحات موازی دیده میشود. برای مثال نور خورشید که به زمین میرسد به صورت موج کروی در خورشید منتشر میشود ولی تا به زمین برسد به موج تخت تبدیل میشود در یم موج الکترومغناطیس تخت میدان های الکتریکی و میدان مغناطیس به صورت عمود بریگدیگر و همود بر انتشار موج نوسان می کنند.

در یک موج الکترومغناطیس تخت نسبت دامنه میدان های الکتریکی و مغناطیسی همیشه برابر با سرعت نور در محیط انتشار است.

$$c = \frac{E}{B}$$

این رابط از کجا می اید

از معادلات ماکسول به دست می اید از معادله فارادی (فرم دیفرانسیلی).

$$\nabla * E = - \frac{\partial B}{\partial t}$$

توجه دارید که در الکترومغناطیس کرل میدان الکتریکی مقدار چرخش آن در فضا را اندازه گیری میکند علامت منفی در این جا یعنی چه

علامت منفی نشان دهنده قانون لنز است یعنی القا به گونه ای است که با تغییرات میدان مغناطیسی مخالفت میکند.

قانون لنز

قانون لنز میگوید که جهت جریان القایی همیشه به گونه ای است که با تغییر ایجاد کننده اش مخالفت کند این قانون مکمل قانون القای فارادی است و جهت جریان القای را مشخص میکند

خب بیایم این گونه کار کنیم ک اگر شار مغناطیسی افزایش یابد جریان القایی طوری ایجاد میشود که میدان مغناطیسی مخالف ایجاد میشود

اگر شار مغناطیسی کاهش یابد جریان القایی طوری ایجاد میشود که میدان مغناطیسی را حفظ کند طبیعت نمیخواهد تغییر کند و همیشه در برابر تغییرات مقاومت میکند

مثال فرض کنید یک آهن ربای میله ای باقطب شمال را به داخل یک حلقه فلزی نزدیک میکنید با نزدیک شدن آهنربا شار مغناطیسی داخل حلقه افزایش می یابد برای مقابله با این افزایش جریان القایی

در حلقه طوری ایجاد میشود که قطب مغناطیسی مخالف (شمال) در برابر آهنربا شکل بگیرد این باعث میشود که حلقه آهنربا را دفع کند

خب حال اگر همون کار رو ولی دور کنیم آهن ربا را از حلقه سیمشار مغناطیسی کاهش مییاد حال جریان القایی در حلقه طوری ایجاد میشود که قطب مغناطیسی مخالف (جنوب) در برابر آهن ربا تشکیل میشود تا آهنربا را نگه دادر

این بار آهن ربا جذب میشود

شار مغناطیسی: نشان دهنده که چه مقدار از میدان مغناطیسی از یک سطح مشخص عبور می کند

معادله ماکسول فارادی

یکی از چهار معادله ماکسول است که نشان می دهد چگونه یک میدان الکتریکی گردشی میتواند توسط یک میدان مغناطیسی متغیر با زمان ایجاد شود این معادله اساس القای الکتریکی را به ما می گوید. یه جور دیگه بگم براتون که این معادله به ما میگوید که میدان مغناطیسی در یک ناحیه با زمان تغییر کند یک میدان الکتریکی دوار در اطراف ان ایجاد میکند در قسمت الکتروستاتیک **کتاب الکترو دینامیک** **گریفیت** مشاهده کردیم که میدان الکتریکی از بار های الکتریکی ایجتد میشوندند اما در این جا شرایط فرق میکند در این جا بسته به جهت تغییر میدان مغناطیسی میدان الکتریکی مانند یک گردباد حلقه ای در اطراف ان تشکیل میشوند یه مثال که در آزمایشگاه فیزیک دو انجام شد به نام ترانسفورماتور ها

در این بخش تغییر میدان مغناطیسی در یک سیم پیچ باعث القای میدان الکتریکی و جریان در سیم پیچ دیگر میشود که در انتقال برق با والتاژهای مختلف استفاده میشود

قانون القای فارادی در بحث دو مدار

با قطع و وصل کردن مدار اول می توان جریان در مدار دوم ایجاد کرد

وصل جریان میدان مغناطیسی اطراف سیم پیچ اول به سرعت افزایش می یابد که باعث تغییر شار مغناطیسی در مدار دوم ایجاد میشود **قطع جریان** میدان مغناطیسی به سرعت کاهش می یابد که باعث تغییر شار در جهت مخالف میشود و دوباره جریان القای ایجاد میکند اما در جهت عکس

باز میگوید که چرا این گونه شد

باید این گونه بگم که وقتی ما کلید رو میزنیم و در مدار اول جریان ایجاد می شود و وقتی جریان ایجاد میشود الکترون ها در حال حرکت است و وقتی الکترون های در حال حرکت از خود میدان مغناطیسی در اطراف اون سیم ایجاد خواهند کرد حالا بیایم بگیم که طبق قانون دست راست میدان مغناطیسی به صورت حلقه ای در اطراف سیم است حالا متناسب بالا جهت حرکت جریان است

شدت این جریان متناسب با:

$$I \propto B$$

هرچه جریان بیشتر باشد شدت میدان مغناطیسی ایجاد شده بیشتر میشود

مدار دوم که در نزدیکی مدار اول قرار دارد تحت تاثیر میدان مغناطیسی ایجاد شده قرار میگیرد طبق شار مغناطیسی عبوری از مدار دوم به صورت زیر است

$$\phi B = BA \cos \theta$$

آ در این جا سطحی از مدار دوم است که خطوط میدان از آن عبور میکند

حالا ما در این جا داریم طبق قانون فارادی هر تغییری در شار مغناطیسی باعث ایجاد نیروی محرکه القایی در مدار دوم میشود این نیروی محرکه القایی باعث حرکت الکترون ها در مار دوم میشود و یک جریان القایی به وجود می آورند

در قبل هم گفتیم علامت منفی اشاره به قانون لنز دارد که به گونه ای با تغییر میدان مقابله میکند..

چرا موج کروی سخت تر از موج تخت است

در موج کروی این منحنی بودن جبهه های موج باعث میشود که معادلات موج در مختصات غیرکارتزین (کروی) قرار بگیرد که محاسبات را پیچیده تر است در قدم دوم ما میدانیم که در موج های کروی با افزایش فاصله از منبع انتشار یا چشمه جبهه های موج به تدریج کاهش می یابد ولی در موج تخت در فواصل مختلف هیچ تغییر نمیکند و هیچ گونه تغییر پیچیده ای در شدت موج به دلیل فاصله از منبع وجود ندارد. در قدم سوم وقتی از موج کروی در مسائل استفاده میکنیم منظور مسائل پراش و تداخل باید جبهه های موج را در تمام فضا در نظر بگیریم و برای هر نقطه روی سطح موج اختلاف فاز و اثرات را محاسبه کنیم این پیچیدگی های هندسی به محاسبات اضافه میشود ولی در موج ها تخت جبهه های موج صاف و موازی هستند و اختلاف فاز در نقاط مختلف بسیار ساده تر تحلیل میشود.

تاثیر شکاف در پراش

اگر عرض شکاف بسیار کوچک تر از طول موج باشد امواج پس از عبور از شکاف به طور چشمگیری پخش میشوند والگوهای پراش کاملاً مشخص خواهند بود و اگر شکاف بزرگ تر از طول موج باشد پراش کمتر دیده میشود و موج به طور عمده به صورت مستقیم از شکاف عبور میکند و اگر شکاف خیر بزرگ تر از طول موج باشد و نور لیز کا که یک تک فام است به آن تابیده شود به صورت تنقطه در صفحه نمایش خواهد یافت..

الگوی پراش

به الگوی خاصی اشاره دارد که هنگامی که امواج از یک شکاف لبه یا مانع عبور میکنند ایجاد میشود. این الگو نتیجه انحراف امواج از یک مسیر مستقیم است و معمولاً به صورت خطوط روشن و تاریک در فضا مشاهد میشود جلو تر راجب روشن و تاریک شدن نقاط مختلف در صفحه براتون عرض خواهم کرد.

پراش از یک شکاف

وقتی امواج از یک شکاف عبور میکنند یک الگوی پراش خاص به وجود می آید. یک خط روشن مرکزی در وسط قرار دارد و در دو طرف خط مرکزی خطوط تاریک و خطوط روشن ظاهر میشوند.

معادله برای خطوط تاریک نوجه برای تک شکاف

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

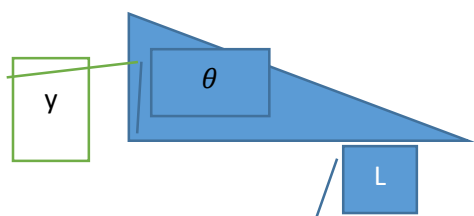
مثال

فرض کنید که یک نور تک فان با طول موج 680 نانو متر از شکاف 2×10^{-6} در فاصله 1.4 متری

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

$$2 \times 10^{-6} \sin \theta = 1 \times (680 \times 10^{-9})$$

$$\theta = \sin^{-1}(0.34) = 19.9$$



$$y = l * \tan \theta$$

$$y = 1.4 \tan 19.9 \approx 0.5062m$$

قبل از اینکه سراغ پراش از دوشکاف برویم من یه آزمایش انجام دادم با لیزر **536 نانومتری** که در منزل داشتم و یک سی دی پراش را انجام دادم و مشاهده کردم ان را خیلی جالب بود شما هم انجام بدین که ما در این جا سطح سی دی را داریم که دارای شیار ها بسیار ریز است این توری پراش عمل میکند وقتی لیزر را به ان تابیدم نور به طور منظم غیر ولی تقریبا منظم به شرط ان که همه چی استاندارد باشد بود ولی خب من تو دستم گرفته بودم با تگون دادن دستم بهم میخورد و **چیزه منظمی مشاهده نکردم** ولی شما منظم فرض کنید به شرط استفاده از ابزار ها مناسب

پراش از دوشکاف آزمایش یانگ

در پراش از دو شکاف نور طبیعی است که از دو شکاف باید عبور کند و پراکنده شود وقتی نور از این قسمت ها عبور میکند هر شکاف مانند یک منبع موج عمل میکند و امواج کروی تولید میکند و در نهایت امواج پراکنده شده در نقاط مختلف باهم جمع میشوند که منجر به تداخل سازنده و تداخل ویرانگر روی صفحه ی مشاهده است مکان نور های روشن

$$y = \frac{l\lambda m}{d}$$

اگر زاویه کوچک باشد و ما بتوانیم تانژانت را به صورت سینوس نمایش دهیم
فاصله نوار تاریک از مرکز صفحه

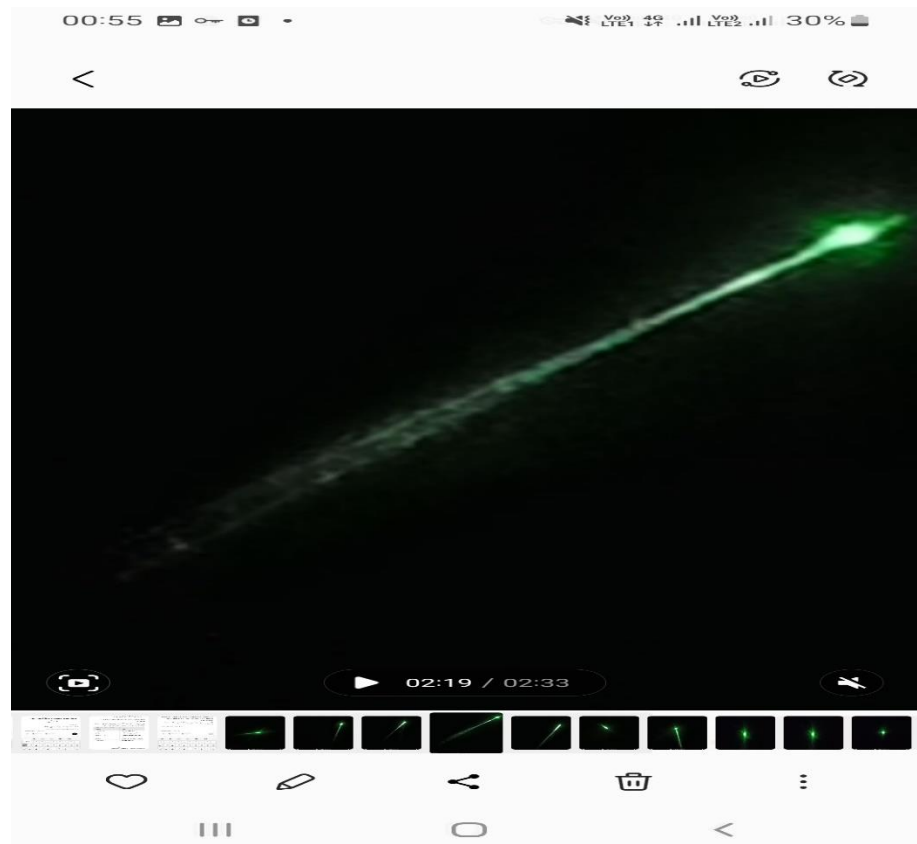
$$y = \frac{\lambda l (\frac{1}{2} + m)}{d}$$

تداخل :

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

ویرانگر (تاریکی)

$$d \sin \theta = \lambda (\frac{1}{2} + m)$$



ازمایش پراش با سی دی با طول موج 536 نانومتر لیزر یکم نورش ضعیف بود به خاطر باتری

Linear polarization

بزارید برای توضیح راحت تر اول برگزیم به نور خورشید که غیر قطبی است که این به معنای جهت گیری میدان الکتریکی در جهات مختلف است. میدانیم که در این حالت میدان الکتریکی عمود بر جهت انتشار موج است اما جهت گیری آن تصادفی و در همه جهات صفحه عمود بر انتشار توزیع شده است. در نور غیر قطبیده میدان الکتریکی میتواند به طور تصادفی در هر جهت داخل این صفحه نوسان کند یعنی در هر لحظه جهت میدان الکتریکی ممکن است به سمت بالا و پایین یا راست و چپ یا هر زاویه از این صفحه نمایل شود. پس راحت تر بگویم تا فهم قابل درک باشد که نور اولیه تابیده شده خورشید غیر قطبی است. زمانی که نور خورشید به جو زمین میرسد در قبل گفتیم که اثر های همچون پراکندگی رایلی و پراکندگی تندال رخ خواهد داد حال در این جا نور خورشید با مولکول های هوا مثل اکسیژن و نیتروژن برخورد میکند. میدان الکتریکی نوسانی موج نور باعث میشود که توزیع بارهای مثبت و منفی در مولکول های هوا به طور موقت تغییر کند. در کتاب الکترو دینامیک گریفث ما در باره ای قطبی شدن ماده در اثر میدان الکتریکی یا میدان مغناطیسی مطالعه های داشتیم خب ما در این کتاب خواندیم که ماده در میدان مغناطیسی قرار بگیرد قطبی شده و طرفی منفی متناسب با جهت میدان و طرفی نیز باز متناسب با جهت برخورد میدان الکتریکی مثبت خواهد شد. حال نور غیر قطبی باعث ایجاد دوقطبی های القایی در مولکول شد این دوقطبی ها نوسان میکنند. این تغییر باعث میشود که مولکول های مانند یک دوقطبی الکتریکی القای رفتار کند. دوقطبی القاشده در همان فرکانس موج تابشی نوسان میکند و نور را در جهات مختلف باز تابش میکند. و این دوقطبی ها نور را در جهات مختلف پراکنده میکنند. پراکندگی در راستای عمود بر نور اصلی بیشتر است حال نور قطبیده میشود در اثر رایلی از این نتیجه میگیریم که اثر رایلی علاوه بر تغییر جهت انتشار نور را قطبیده میکند. وقتی نور قطبیده میشود میدان الکتریکی فقط در یک جهت حرکت میکند مثلاً فقط به صورت چپ و راست در محور ایکس زمانی که محور اصلی تابش نور در محور زد باشد. در حالت نور قطبیده ما انواع مختلفی داریم مثلاً قطبش خطی نور در این حالت بردار میدان الکتریکی در یک راستا ثابت و مشخص نوسان میکند. اگر اختلاف فاز بین دو مولفه میدان الکتریکی صفر باشد یا مضربی از پی باشد نور **قطبیده خطی** است. این حالت یا هم فاز یا با فاز معکوس باهم نوسان میکنند.

نحوه تولید نور قطبیده خطی

گفتیم که نور غیر قطبیده دارای میدان الکتریکی در همه جهات های عمده بر راستای انتشار است. ما از یک فیلتر پولارایزر استفاده میکنیم که با استفاده از این کار فقط مولفه ای از میدان الکتریکی که در راستای قطبش است عبور میکند. مولفه های دیگر جذب یا حذف میشوند نور خروجی قطبیده خطی است از قانون مالوس میتوان شدت نور قطبیده را که از یک فیلتر قطبیده عبور میکند توصیف کرد این قانون بیان میکند که شدت نور خروجی از یک پولارایزر متناسب با مربع کسینوس زاویه بین جهت قطبش نور ورودی و محور قطبش فیلتر است.

$$I = I \cos^2 \theta$$

پلاستیک پلاروید

مواد دارای مولکول هایی هستند که در یک جهت خاص ارتعاش یافته اند و فقط یک مولفه از میدان الکتریکی را عبور میدهند

زاویه بوستر و قطبیده شدن نور

هنگامی که نور غیرقطبی به یک سطح شفاف مانند شیشه یا آب برخورد میکند بخشی از آن بازتاب و بخشی دیگر شکست پیدا میکند اگر نور در یک زاویه خاص به سطح برخورد کند نور زاویه بازتابیده به طور کامل قطبیده خطی خواهد شد این زاویه بوستر نام دارد. طبق قانون بوستر در یک زاویه خاص نور بازتاب شده تقریباً افقی قطبیده میشود.

$$\tan \theta = \frac{n_2}{n_1}$$

مثال

نور از هوا به سطح شیشه برخورد میکند زاویه بوستر را محاسبه کنید. ب) زاویه شکست (زاویه ای که پرتو عبوری در محیط دوم میسازد)

$$\tan \theta = \frac{n_2}{n_1}$$

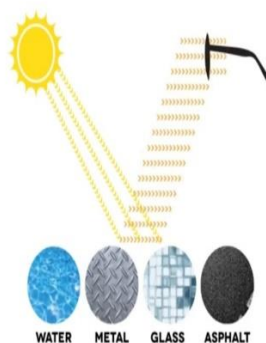
$$\theta = 56.3^\circ$$

از آن جای که زاویه شکست و زاویه بوستر با هم به زاویه نود درجه را درست میکنند زاویه شکست در این جا در حدود سی و هشت ممیز هفت صدم است.

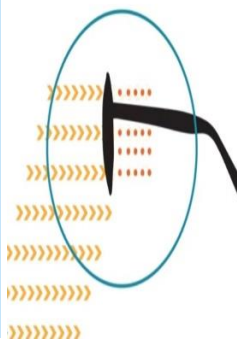
عینک های پلاریزه

طبق همیشه گفتیم که نور خورشید غیر قطبیده است (دارای مولفه های الکتریکی در همه جهات عمود بر مسیر انتشار) وقتی این نور به زمین برخورد میکند نور بازتابی به طور عمده در راستای افقی قطبیده میشود قانون بوستر هم گفت که بازتاب به صورت افقی است البته به صورت تقریبی!!!

عینک های پلاریزه دارای فیلتر قطبیده عمودی هستند که فقط نور با قطبش عمودی را عبور می دهد و مولفه افقی را مسدود میکند. در نتیجه نور آزار دهنده را این نوع عینک ها حذف میکنند.



**HOW
POLARIZED
LENSES
WORK**



**HOW
POLARIZED
LENSES
WORK**

نور یک موج عرضی

اول از همه بزارید موج طولی رو بگم موج طولی موجی است که در آن جهت نوسان ذرات محیط موازی با جهت انتشار موج است. در این نوع موج ذرات محیط در راستای انتشار موج جلو و عقب حرکت میکنند و نواحی تراکم و انبساط را ایجاد میکنند امواج صوتی در هوا نمونه از مثال موج طولی است.

موج عرضی نوعی موج از امواج که در آن جهت نوسان ذرات محیط عمود بر جهت انتشار موج است. به معنی که ذرات محیط در راستای انتشار موج حرکت نمی کند بلکه به سمت بالا و پایین یا جلو عقب حرکت میکنند در حالی که موج به سمت جلو حرکت میکند.

تا این جای کار بدونید که نور یک موج عرضی است. موج های عرضی قابلیت قطبش دارند. عرض کردم قبلا که قطبش چیه قطبش یعنی این که بتوانیم جهت نوسان میدان الکتریکی را در یک جهت خاص قرار دهیم حال امواج طولی به دلیل اینکه جهت ذرات مواری با جهت انتشار است و نمیتواند جهت خاصی برای نوسان آن ها تعیین کرد بنابراین این خاصیت را ندارد.

پرتو ایکس

سوال ایا پرتو ایکس نور است یا خیر؟؟؟ ما ان را تعریف می کنیم و قضاوت ان را به شما میسپاریم پرتو ایکس نوعی تابش الکترومغناطیس است که شباهت های با نور مرئی دارد مثلا میتوان گفت دارای خاصیت موجی و ذره ای است ولی میتوان گفت که قابل دید از چشم انسان نیست شاید از دید یک حیوان دیگر قابل دید باشد و طول موج این پرتو در حدود ده نانومتر تا ده پیکومتر است بنابراین پرتو ایکس طول موج کوتاهی نسبت به طول موج نور مرئی دارد این تفاسیر که طول موج کوتاه دارد من را به یاد یک موضوع اثر فوتوالکتریک می اندازد که فرکانس بیشتر میشود فوتون میتواند الکترون را از سطح ماده جدا کند پس دوباره نتیجه میگیرم که پرتو ایکس قادر به یونیزه کردن الکترون است این بدان معناست که الکترون ها را از اتم جدا کند. خب سوال ایا نور مرئی خاصیت جدا کردن اتم از سطح ماده را دارد در پاسخ به این سوال من میگویم که خیر چرا که طول موج بین 380 تا 770 نانومتر دارد و از انرژی خیلی پایینی برخوردار است این کم بودن انرژی باعث شد من به این فکر کنم که فرکانس ان نیز پایین بوده است و زمانی که فرکانس کم شود نسبت به فرکانس استانه اون ماده جدا شدن الکترون از ان ماده صورت نمیگیرد. حال پس تا این جا متوجه شدیم که پرتو ایکس میتواند الکترون را از ماده جدا کند.

نحوه تولید پرتو ایکس

پرتو ایکس از فرایند به نام انرژی دهی به الکترون ها و برخورد ان ها با یک ماده هدف تولید میشود مداحل تولید در ابتدا یک کاتد که معمولا سیم تنگستن است گرم میشود تا الکترون ها از ان جدا شوند این فرایند به نام تبخیر ترمویی شناخته میشود. و الکترون ها را توسط یک ولتاژ بالا به سمت اند که معمولا از ماده ای مانند تنگستن ساخته میشود شتاب داده میشود و الکترون ها با اند برخورد میکنند انرژی به صورت پرتو ایکس آزاد میشود این انرژی به دو صورت انتشار پیدا میکند پرتو ایکس مشخص: وقتی که یک الکترون به لایه های داخلی اتم های اند برخورد میکند و یک الکترون از لایه جدا میشود یک الکترون از لایه های بالاتر به جای ان می آید و انرژی اضافی به صورت پرتو ایکس آزاد میشود.

پرتو ایکس بریکس: وقتی که الکترون های شتاب دار به هسته اتم های اند نزدیک می شوند و از مسیر خود منحرف میشوند و شتاب ان در این نتیجه کاهش می یابد و در نتیجه انرژی به صورت تابش پرتو ایکس آزاد میشود. این انحراف باعث کاهش سرعت الکترون ها میشود و طبق قانون بقا انرژی این انرژی از دست رفته به صورت فوتون های ایکس تابش میکنند.

در این حالت از تابش پرتو ایکس به خاطر مقدار انرژی از دست رفته در برخورد متغییر است و باعث شده که طول موج های متفاوتی داشته باشد ولی در تابش ایکس مشخصه این چنین نیست و فقط یک طول موج و جود دارد و توجه داشته باشید که بخش کوچکی از انرژی الکترون ها به پرتو ایکس تبدیل میشود فقط یک درصد و بیش تر ان به صورت گرما در اند هدر می رود. و یکی از کاربرد های پرتو ایکس تحلیل مواد است یاد کدام آزمایش افتادین

پرتو مادون قرمز

پرتو مادون قرمز نوعی تابش الکترومغناطیس است مانند پرتو ایکس توجه کنید هر جسمی که از دمایی بالاتر از صفر مطلق داشته باشد انرژی تابشی منتشر میکند در دمای معمولی محیط بیشتر بیست تا س هفت درجه سلسیوس این تابش در محدوده مادون قرمز است من الان در حال تایپ این کتاب هستم دمای بدنم برای مثال بیست و هفت درجه باشد با استفاده از قانون وین برای طول موج اوج تابش

$$\lambda = \frac{b}{t}$$

$$\lambda = \frac{2.898 * 10^{-3}}{300k} = 9.65 \mu m$$

این مقدار نشان میدهد که بیش ترین شدت تابش بدن من در حال تایپ در طول موج حدود 9.35 میکرومتر در محدوده مادون قرمز رخ میدهد. البته من دارم فعالیت میکنم و فکر میکنم و انگشت هام دارن تایپ میکنند و دمای اتاق گرم است و دما در این شرایط تغییرات دارد.

بخاری کنار من نیز حاوی مقدار زیادی نسبت به من تابش مادون قرمز داد و امروز هوا صاف است و ابری نیست و چون شب هست و تابش خورشید نداریم پرتو تابیده شده خورشید باعث گرم شدن سطح

زمین شده است و الان در حال تابش پرتو مادون قرمز به هوا است و چون گفتم ابری نیست سریع تر میتواند این پرتو خارج شود البته توجه کنید که یکی از علت ها تشکیل ابر ها همین است که هدف از این کتاب نیست. البته در نجوم هم از این پرتو مادون قرمز استفاده میشود. حال با این معرفی که آورده شد آیا میتوانیم به آن تابش گرمای نیز بگوییم؟؟؟

در این جا ما میتوانیم توان کا تابش را نیز با استفاده از بولتزمن به دست بیاوریم

$$P = \delta T^4$$

$$\delta = 5.67 * 10^{-8}$$

Radiometry

رادیومتری علمی است برای اندازه گیری تابش الکترومغناطیس که میزان انرژی و توان تابشی را در کل طیف الکترومغناطیسی بررسی می کند برخلاف فوتومتری که فقط تابش قابل مشاهده برای چشم انسان را مطالعه میکند در کل رادیومتری تمام طول موج ها را در نظر میگیرد.

شدت تابشی

مقدار شار تابشی که در واحد زمانی از منبع خارج میشود. این کمیت مشخص می کند که یک منبع چقدر توان تابشی در واحد زاویه فضایی منتشر می کند

$$I = \frac{d\phi}{d\Omega}$$

زاویه فضایی برحسب استرادیان است. استرادیان چیست استرادیان واحد زاویه فضایی که میزان گسترش یک سطح روی کره را در فضا توصیف میکند همان طوری که می دانیم رادیان زاویه را در یک صفحه مسطح توصیف میکند استرادیان زاویه ای را در یک فضای سه بعدی توصیف می کند. استرادیان زاویه ای است که از مرکز یک کره سطحی روی آن کره ایجاد کند که مساحت آن برابر با مربع شعاع کره باشد. بنابراین اگر یک سطح به اندازه آن به توان دو روی یک کره با شعاع آن را بپوشانیم زاویه فضای ایجاد شده یک استرادیان است. مقایسه با رادیان ... رادیان زاویه ای در یک صفحه است که طول کمائی برابر شعاع دایره ایجاد میکند. استرادیان زاویه ای فضایی است که مساحتی برابر با مربع شعاع کره روی سطح آن کره ایجاد کند. زاویه فضایی یک کره چهار پی است.

مثال لامپ 100 وات

$$I = \frac{100}{4\pi} = 15.92 \text{ w. sr}$$

این مقدار به فاصله از منبع وابسته نیست زیرا همان طور که انرژی در هر زاویه منتشر میشود و مستقل از فاصله قرار گیری مشاهد گر از منبع مقدار ثابت باقی می ماند. به عبارت دیگر شدت تابش ویژگی ای است که صرفاً نحوه توزیع انرژی را در جهات مختلف نشان میدهد و برای یک منبع یکنواخت در فواصل مختلف یکسان است.

پس راجب این موضوع بحث شد بزارید راجبش بحث کنیم قانون **عکس مجذور فاصله برای تابش** از **یک منبع نقطه ای اشاره دارد** این قانون بیان میکند که شدت تابش در فاصله ای معین از یک منبع نقطه ای با مجذور فاصله از منبع رابطه ای معکوس دارد.

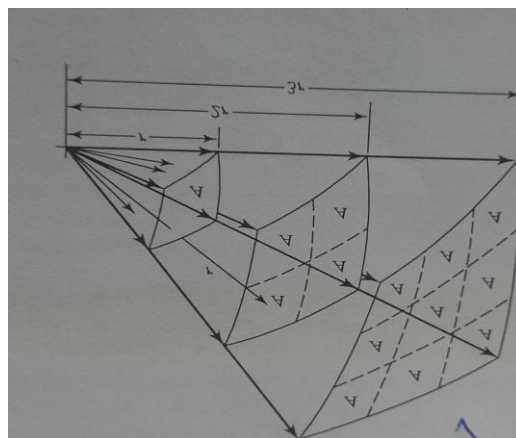
$$E \propto \frac{1}{r^2}$$

$$E = \frac{4\pi I}{4\pi r^2} = \frac{I}{r^2}$$

تابندگی تابندگی یک کمیت فیزیکی است که مقدار شدت تابشی در واحد حجم مساحت تصویر شده و در واحد زاویه ی جامد را توصیف میکند

$$L = \frac{dI}{dA \cos \theta}$$

این رابط نشان میدهد که اگر زاویه تتا افزایش یابد **تابندگی** کاهش می یابد.



مثال اگر یک سطح با محاست 0.1 متر مربع داشته باشیم و شدت تابشی که از منبع خارج می شود $2w.sr$

تحت زاویه شصت درجه دیده شود تابندگی ان برابر است با:

$$A = (0.1) * \cos 60^\circ = 0.05m^2$$

$$L = \frac{2}{0.05} = 40w.sr$$

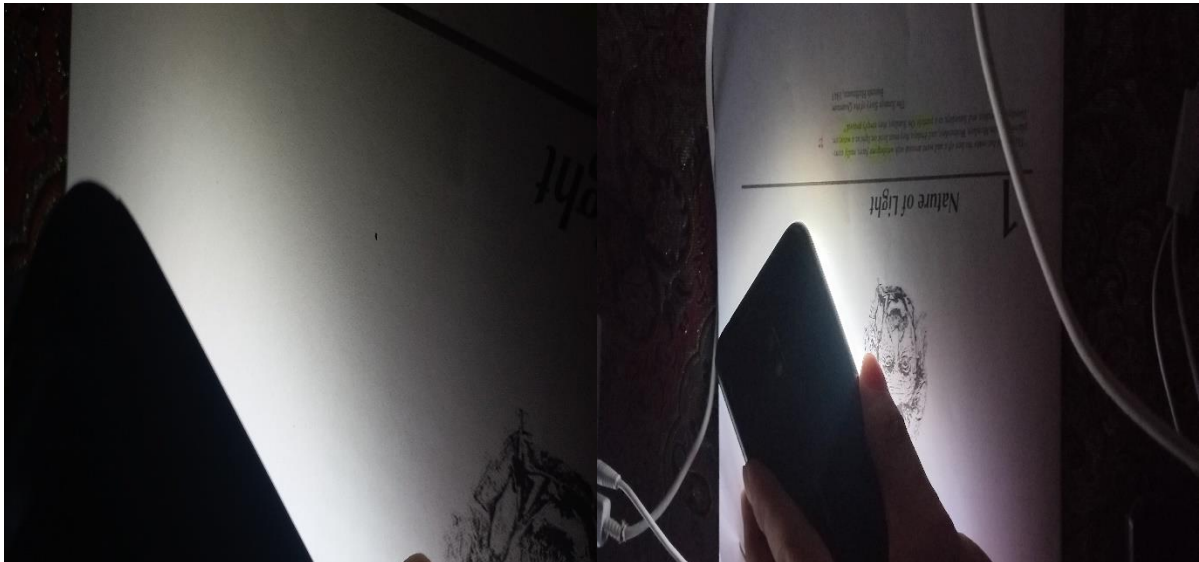
فوتومتري

فوتومتري شاخه ای از علم است که به اندازه گیری شدت نور و ویژگی نوری پرداخته میشود و برای ارزیابی و تجزیه و تحلیل روشنایی و تابش نوری در محیط های مختلف کاربرد دارد. فوتومتري به نور مرئی میگردازد و برای تعیین میزان روشنی یا شدت نور که از یک منبع به یک سطح مسرسد استفاده میشود.

فوتومتري بر پایه اندازه گیری شدت نور و تابش نوری است. برای اندازه گیری دقیق شدت نور معمولاً از دستگاه فوتومتري استفاده میشود فوتومتري شدت نور را برحسب لومن اندازه میگیرد.

لومن واحد اندازه گیری شدت نور بر اساس سطح است و برابر با یک لومن در هر متر مربع میباشد.

فوتومتري یکی از کاربرد های که دارد برای اندازه گیری شدت نور در محیط های داخلی و خارجی دفاتر و خیابان ها به کار میرود



در این تصویر مشاهده میکنید که با افزایش فاصله شدت نور کم شده ولی مقدار ضا که اشغال کرده بیشتر شده است.

قانون لامبرت

قانون تابش لامبرت توضیح میدهد که شدت تابش یک سطح در جهت خاصی متناسب با کسینوس زاویه بین آن ها جهت و نرمال سطح است. بیایید ساده تر بگوییم برایتان قانون لامبرت میگوید که هرچه از زاویه مایل تری به آن نگاه کنیم نور کمتری منتشر میکند اما روشنایی ظاهری آن همیشه یکسان به نظر میرسد. وقتی نور از یک سطح منتشر یا بازتاب میشود میزان نوری که در یک جهت خاص مشاهده میکنیم به زاویه دید بستگی دارد. اگر مستقیم به آن نگاه کنیم تمام شدت نور را دریافت میکنیم. اگر در زاویه ای مایل نگاه کنیم سطح ظاهری کوچک تر به نظر می رسد و نوری کم تری دریافت میکنیم. درکل شدت نوری که از یک سطح منتشر میشود متناسب با کسینوس زاویه ی بین سطح و خط دید ناظر است.

$$I = I \cos \theta$$

قبل اینکه بریم و این قانون را باز کنیم بیایید بگوییم **سطح لامبرترین چیست** در این جا ما سطحی داریم که تمام نور را به طور یکنواخت در تمام جهات منتشر میکند و شدت تابش آن مطابق با قانون کسینوس لامبرت کاهش می یابد. برخلاف سطح آینه که نور را فقط در یک جهت بازتاب میکند مثال از سطح لامبرترین میتوان به **کاغذ مات** اشاره کرد سطح گچ و بتن میتوان از این دست مثال ها باشد **در سطح های لامبرترین بر خلاف آینه ها روشنای ظاهری یکسان است** روشنایی ظاهری مقدار نوری است که از یک منبع یا سطح به چشم ناظر می رسد و درک ما از میزان روشنایی آن تعیین میکند. تفاوت شدت نور روشنایی ظاهری شدت نور: میزان نوری است که از یک منبع در یک جهت خاص تابش میشود. روشنایی ظاهری میزان نوری که ناظر از منبع دریافت میکند. شدت نور مستقل از فاصله است اما روشنایی ظاهری با افزایش فاصله کاهش می یابد **در کل سطوح لامبرترین ناظر از هر زاویه ای نگاه کند سطح را با روشنایی یکسان می بیند**

در این جا گفتیم که روشنایی ظاهری با افزایش فاصله کم میشود منظورم اینکه از چشمه روشنایی هرچه دور شویم روشنایی ظاهری کم میشود **حال دلیل این موضوع چیست** یکی از دلایلی که من میتوانم به آن اشاره کنم این است که پراکندگی فوتون در فضا است هر چه چشمه دور تر شویم فوتون ها در سطح بزرگ تری پخش میشوند و چگالی فوتون هایی که به چشم ما میرسند کاهش میابد. وقتی نوری از چشمه به چشم ما میخورد برسد در مسیر خود ممکن است توسط ماده جذب یا توسط همان ماده تغییر مسی دهد. **پراکندگی فوتون در مسیر ممکن است الاستیک یا غیر الاستیک باشد**

الاستیک

پراکندگی الاستیک

در این نوع پراکندگی فوتون ها با ذراتی بسیار کوچک تر از طول موج نور مانند مولکول هوا برخورد میکند چون اندازه ذرات کوچک است نور باطول موج کوتاه تر بیشتر پراکنده میشود در پراکندگی الاستیک طول موج فوتون قبل بعد از برخورد یکسان است. در مقابل میتوان بر غیرالاستیک نیز اشاره کرد فوتون مقداری از انرژی خود را به ذره ی برخورد کننده میدهد و در نتیجه طول موج ن تغییر میکند مانند اثر کامپتون حال توجه کنید که ما میتوانیم تفاوت اثر فوتوالکتریک با اثر کامپتون را مشاهد کنیم که در اثر کامپتون فقط مقداری از انرژی را فوتون به الکترون می دهد ولی در اثر فوتوالکتریک این گونه نیست

استفاده از پرده سفید در عکاسی خانه ها اگر دیده باشید که برای پخش یا متعادل کردن نور در صحنه های عکاسی به کار میرود این ابزار به عکاسان کمک میکند تا سایه های سخت را نرم کنند روشنایی یکنواخت ایجاد و تعادل رنگی مناسبی به دست آورند. پرده سفید نور را به طور یکنواخت در همه جا پخش میکند و از هر زاویه که به آن نگاه کنی به شرط اینکه در حین نگاه کردن فاصله نگیری یا نزدیک نشی روشنای آن ثابت به نظر خواهد رسید. در کل پرده سفید در عکاسی ها باعث حذف سایه ها میشود و استفاده از آن میتواند عکس های با کیفیت داشت. حال سوال اینجاست که سطوح های مات چرا حال همیشه براق باشه؟؟؟ اگر براق باشه بازتاب جهت دار ایجاد میند و نمیتوان به آن بگویم که یک سطح لامبرتین است سطوح براق نور را در زاویه مشخص بازتاب میکنند و بسته به زاویه ای مشاهده ممکن است بسیار روشن یا تاریک دیده شود. **خاطره در کلاس درس نشسته و استاد در حال تدریس است وقتی صورتم رو از خستگی میمالیدم نور ساعت افتاد روی استاد کنار پنجره نشسته بودم و نور خورشید با سطح براق ساعت من در تماس بود و نور را به یک جهت خاص بازتاب میکرد و نحوه بازتاب آن نیز به نحوه قرار گیری پنجره و نحوه تابش نور خورشید به ساعت من دارد.** پس سطح ساعت من لامبرتین نیست. دلیل این تمرکز نور نیز میتواند سطح اینه روی ساعت یا عدسی خاصی حال در فصل بعد به عدسی ها خواهیم پرداخت...

قانون جذب لامبرت

$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$

این قانون بیان میکند که شدت نور هنگام عبور از یک ماده جذب کننده به طور نمایی کاهش می یابد. در این فرمول فقط ضخامت ماده را در نظر میگیرد و به غلظت ماده جذب کننده کاری نداریم در این فرمول

مثال

فرض کنید یک پرتو نوری با شدت 120 وات بر متر مربع به ماده ای با ضریب جذب 0.5 بر میلی متر برخورد کند میخواهیم شدت نور را پس از عبور از 5 میلی متر محاسبه کنیم.

$$I = 120 \text{ W.m}^2 \text{ and } \alpha = 0.5 \text{ mm} \text{ and } x = 5 \text{ mm}$$

$$I = 120 * e^{-(0.5*5)}$$

$$I = 120 * 0.082$$

$$I = 9.85 \text{ W.m}^2$$

شدت نور پس از عبور از 5 میلی متر از ماده مورد نظر از 120 وات متر مربع بع 8.2 وات بر متر مربع کاهش می یابد.

قانون بیر-لامبرت

در این قانون میگویم که نه تنها جذب نور به ضخامت ماده بلکه به غلظت ماده جذب کننده "اس" نیز وابسته است.

$$I = Ie^{-\epsilon cx}$$

در آزمایش های شیمیای یا بیوشیمیایی برای شناسایی غلظت گلوکز در خون یا تعیین غلظت فلزات سنگین در آب از این قانون استفاده میکنند از قانون بیر لامبرت در مطالعات زیست محیطی برای اندازه گیری آلاینده های گازی در جو نیز کاربرد دارد. با استفاده از آن میتوان میزان آلاینده ها را در جو اندازه گرفت مثال میزان گازی دی اکسید کربن یا گاز نیروژن دی اکسید در جو با استفاده از طیف سنج های نوری که شدت نور عبوری را از جو اندازه گیری میکنند. در صنایع غذایی و دارویی از قانون بیر لامبرت برای کنترل کیفیت محصولات استفاده میشود به طور خاص برای تعیین غلظت مواد افزودنی رنگ ها یا ترکیبات شیمیایی در مواد اولیه یا محصول نهایی از این روش استفاده میشود. در مطالعات محیطی وابی از قانون بیر لامبرت برای تحلیل آب و فاضلاب و سنجش غلظت آلاینده ها استفاده میشود.

خب یکی از شغل های که با این میشه به دست آورد اینکه مقدار روشنای خیابان ها و شهر ها رو جور تنظیم کنیم که برای دید بهتر برای چشم انسان مناسب باشد

خب یه مثال بیاید بزنیم فرض کنید که در یک اتاق یا بهنر بگویم کلاس هستیم خب بیاید راحت ترش کنیم و بگویم خالی از دانشجو یا دانش آموز چراکه رنگ لباس های متفاوت ان ها و نحوه موقعیت ان ها در کلاس باعث بازتاب یا جذب نور میشود که یکم سخت است یه کلاس 50 متری را در نظر میگیریم که یه تخت سیاه هم دارد و جنس دیواره های این اتاق و رنگ این اتاق به گونه ای است که باعث شده تا ضریب بازتاب دیوار در حدود 0.6 باشد و مساحت دیواره ها برای سادگی کل در نظر میگیریم 40 متر مربع در این جا که ما یه تخت سیاه نیز داشتیم ضریب بازتاب ان در حدود 0.2 است و مساحت ان 2 متر مربع است چه تخت سیاه کوچکی چرا که در کلاس درس ما برخلاف کلاس های دیگر هم از تخته سیاه استفاده میشود و هم از تخته سفید برای راحتی تخته سفید را در نظر نمیگیریم

تصور کنید که تعداد چشمه های روشنای در این اتاق هشت عدد است که هر کدام با جریان نوری 3000 لومن قرار گرفته است مقدار میانگین را حساب کنید توجه کنید که مقدار میانگی رو خواستم و یک نقطه را نخواستم که با مقدار ارتفاع چراغ تغییرات کند حال در این سوال برای اینکه جالب باشد مقدار ضریب نگهداری و ضریب استفاده را نیز حساب کنید...

$$E = \frac{12960 + 24 + 0.4}{50} = 259.68 LX$$

در محاسبات قبلی برای میانگین کل روشنایی اتاق ما کل نور موثر را تقسیم بر مساحت اتاق کردیم بنابراین ارتفاع چراغ در آن محاسبه به صورت میانگین نهایی تاثیر چندانی نداشت. به عبارتی ارتفاع چراغ به طور مستقیم روی میانگین روشنایی تاثیر نمیگذارد بلکه روی توزیع روشنایی در سطح اتاق اثر میگذارد اما اگر بخواهیم به طور نقطه ای با در نظر گرفتن زاویه برخورد نور محاسبات را انجام دهیم باید تاثیر ارتفاع و فاصله افقی را از زیر چراغ را در نظر بگیریم.

پس شاید از من سوال کنید ارتفاع چه نقشی دارد

خب وقتی چراغ نزدیک تر باشد یعنی ارتفاع را کم کنیم روشنایی در مرکز اتاق بسیار زیاد است ولی گوشه ها تاریک تر میشود وقتی چراغ دورتر باشد روشنایی یکنواخت تر پخش میشود ولی در هر نقطه شدت آن کاهش می یابد. حال ما میایم تصور کنیم که با ارتفاع گرفتن با افزایش ارتفاع شدت نورشنایی در مرکز اتاق کم تر خواهد شد اما میانگین که چراغ در حال پخش در تمام اتاق است تغییری ندارد.

استاندارد نصب چراغ ها برای هر مرکز نوع فعالیت آن متفاوت است و هر کدام به طور استاندارد ارتفاع خاص خود را دارد مثلا برای راه رو دانشکده ما باید ارتفاع تقریبا 2.5 متر تا 3 متر را داشته باشد.

Cu

ضریب بهره این ضریب به تاثیر سطوح مختلف در فضا بر میزان نور بازتاب شده و انتقال آن به نقاط مختلف فضا اشاره دارد توجه کنید که اگر چراغ نور زیادی تولید کند ولی ضریب بهره کم باشد بخش زیادی از نور تولید شده هدر خواهد رفت.

سوال چه زمانی ضریب بهره زیاد چه زمانی کم

رنگ های روشن بازتاب بیشتری دارند و به همین دلیل ضریب بهره بالاتری دارند دیوار ها رو سفید رنگ کنید. سیاه یا مایل به تیر رنگ نکنید اگر روشنایی خانه برایتان از اهمیت بالایی برخوردار است چراغ های متمرکز یا استفاده از لامپ های با زاویه تابش محدود ممکن است ضریب بهره پایینی داشته باشند و در مور دبعدی که میتوانم بهان اشاره کنم میزان تابیده شده نور بر دیوار ها یا سقف است نور تابیده شده به دیوار ها سفید باعث بازتاب میشود که به کمک یکنواختی نور در فضا کم می کند.

$$E = \frac{I \cos \theta}{d^2}$$

حال فرض بر این است که زاویه برخورد صفر درجه است.

شدت تابشی چراغ 3000 لومن ارتفاع نصب چراغ 2 متر ارتفاع

$$E = \frac{I}{h^2} = \frac{3000}{4} = 740$$

لوکس 740

حل برای نقطه ای که به اندازه افقی از زیر چراغ فاصله دارد

$$d = \sqrt{l^2 + h^2}$$

زاویه برخورد

$$\theta = \arctan\left(\frac{l}{h}\right)$$

$$d = \sqrt{2^2 + 1^2} = \sqrt{5} \approx 2.236$$

$$\cos \theta = \frac{2}{2.236} = 0.894$$

$$E = \frac{3000 * 0.894}{(2.236)^2} \approx 536$$

در این جا ما دو جواب را بررسی می کنیم اول اینکه در نقطه دقیقا زیر چراغ در ارتفاع 750 لوکس

در جواب دوم در نقطه با فاصله افقی یک متر زیر چراغ 536 لوکس

ایا در کجا استفاده میشود""

این خیلی قشنگ میشه که در استفاده از محاسبه چراغ در خیابان ها و اتوبان ها استفاده شود تا از تاریکی و روشنایی در نقطه های متفاوت جلوگیری کنیم و یک روشنایی استاندارد تحویل شهرداری دهیم.

فیبر نوری

فیبر نوری یک تکنولوژی برای انتقال اطلاعات با استفاده از نور است فیبر نوری به دلیل سرعت بالا ظرفیت بالایی برای انتقال داده و مقاومت در برابر تداخل ها است

منظور از تداخل ها در این مطالب من چیت یعنی توانایی ان در مقابله با نویز یا سیگنال های مزاحم است که ممکن است بر کیفیت انتقال داده ها تاثیر بگذارد این ویژگی در مقایسه با کابل های مسی یکی از مزایای برجسته فیبر نوری است

چرا فیبر نوری مقاومت بالایی در برابر تداخل دارد

بزارید بیس کار رو بگم اول فیبر نوری دانستیم که برای انتقال اطلاعات از نور استفاده میکند ولی کابل مسی از الکترون ها استفاده میکند در این شرایط کابل های مسی به دلیل عبور جریان الکتریکی نحن تاثیر میدان های مغناطیسی محیط قرار میگیرند این میدان ها میتوانند باعث نویز و اختلال در سیگنال ها شوند در حالی که فیبر نوری به دلیل استفاده از نور از این تداخل ها مصون است

چرا؟؟؟

وقتی که جریان الکتریکی از دورن یک سیم مسی عبور میکند این جریان الکتریکی خود یک میدان مغناطیسی تولید میکنند در کتاب **گرفیث الکترو دینامیک** مشاهده کردین این پدیده بر اساس قانون بیوساوار و قانون امپر که بیان میشود میگویند که هرگاه جریان الکتریکی از یک رسانا عبور کند یک میدان مغناطیسی حوا ان رسانا تولید می شود جهت میدان مغناطیسی نیز توسط **قانون دست راست** مورد بررسی قرار میگیرد حال اگر میدان مغناطیسی خارجی به سیم مسی وارد شود این میدان مغناطیسی میتواند بر حرکت الکترون ها تاثیر بگذارد و نیروی وارد کند که باعث تغیر جهت یا سرعت الکترون های داخل سیم شود این نیروی مغناطیسی مستواند افت ولتاژ در طول سیم یا تغییر در جریان و حتی نویز ایجاد کند خب ما گفتیم که در سیم های مسی به دلیل حرکت الکترون ها و ما میدانستیم از متتاب گرفیث که هر الکترون در حال حرکت میدان مغناطیسی ایجاد میکند و ما میدانیم که حتی اگر حرکت الکترون ها حرکت نیز نداشته باشند ولی ناظر به ان ها که نگاه میکند یا مرجع رو اون ناظر در نظر بگیریم که در حال حرکت باشد باز با این شرایط به دلیل حرکت نکردن الکترون ما مشاهد تولید میدان مغناطیسی در اطراف الکترون ها هستیم که با استفاده از قانون بیوساوار میتوان ان ها را محاسبه کرد حال اگر ما ببینیم که این الکترون های در حال حرکت در اثر میدان مغناطیسی خارجی قرار دارند باعث یه سری اختلال ها الکترومغناطیسی میشود این اثرات میتواند مانند: **گرمایش و افت انرژی شود** زمانی که سیم در معرض میدان مغناطیسی شدید قرار گیرد این میدان میتواند باعث گرمایش اضافی در سیم شده و اتلاف انرژی بیشتر را در پی داشته باشد این پدیده میتواند در دستگاه های الکتریکی به عنوان اثر اهمی مشاهده شود. یه نوع دیگه نیز وجود دارد که بهش میگن جریان های گردابی وقتی همون سیم دچار قرار گیری در میدان مغناطیسی خارجی قار میگیرد این میدان میتواند جریان های گردابی ایجاد کند این جریان ها به نوبه خود باعث تولید گرما و اتلاف انرژی میشود

ساختار فیبر نوری

هسته: قسمت مرکزی فیبر نوری که نور از داخل ان عبور میکند قطر هسته معمولادر حدود چند میکرومتر است

پوسته: لایه ای اطراف هسته که ضریب شکست کتری نسبت به هسته دارد اینلایه موجب بازتاب داخلی نور در هسته میشود و باعث هدایت نور به داخل فیبر نوری میشود

تفاوت هسته و گوسته در ضریب شکست

هسته ضریب شکست بالاتری ساخته میشود که وظیفه هدایت نور را بر عهده دارد

پوسته از ماده ای با ظریب شکست کمتر ساخته شده است این اختلاف ضریب شکست بین هسته و چوسته عامل اصلی اختلاف ضریب شکست بین هسته و پوسته عامل اصلی بازتاب داخلی کامل نور است اگر توجه کنید بازتاب کامل در قطرات باران که موجب تشکیل رنگین کمان میشود گفتیم

جنس هسته و جنس پوسته

هسته فیبر نوری معمولا از شیشه یا پلاستیک ساخته میشود بیشتر فیبر های نوری از شیشه هایی مانند سیلسم دی اکسید ساخته میشوند که ضرب شکست لایی دارند و برای انتقال نور در طول موج های مختلف کاربردی است **پلاستیک** در فیبر نوری ارزان تر از پلاستیک با ضریب شکست بالا استفاده

میکند برای مثال فیبر های نوری پلاستیکی بیشتر برای انتقال داده در مسافت های کوتاه استفاده میشود در پوسته بیشتر فیبر های نوری با هسته شیشه ای پوسته ای از همان جنس شیشه یا مواد مشابح ساخته میشود که ضریب شکست آن ها کمی پایین تر است یا این ضریب شکست کم تر از هسته است به عنوان مثال شیشه های مانند سیسلسیم دی اکسید با مقدار کم ناخالصی فلزی میتواند برای پوسته استفاده شوند تا ضریب شکست کاهش یابد.

در هسته و پوسته پلاستیکی در فیبر های نوری پلاستیکی به دلیل انعطاف پذیری بالا و هزینه پایین تر استفاده از پلاستیک های مخصوص پلی متیل متاکریلات یا پلی اتیلن برای هسته و پوسته متداول است

فیبر نوری چه نوع اطلاعات را انتقال میدهد

فیبر نوری میتواند انواع مختلف ای از اطلاعات را منتقل کند که معمولاً شامل داده های دیجیتال صوت تصویر و حتی سیگنال های آنالوگ است فیبر نوری در ارتباطات داده ای و مخابرات است

سیگنال های آنالوگ: برخی سیگنال های رادیویی یا تلوزیون در فرمت های خاص میتواند از طریق فیبر نوری انتقال یابند.

ایا براتون سوال نشد فیبر نوری چطور اطلاعات را حمل میکند

فیبرنوری به خودی خود هیچ اطلاعاتی ندارد بلکه اطلاعات در آن مدولاسیون میشود یعنی ویژگی های نور مثل شدت،فرکانس،فاز و غیره تغییر داده میشود تا داده های خاصی حمل کند وقتی میگویم که فیبر نوری اطلاعات منتقل میکند منظورمان این است که سیگنال های نوری که به طور معمول به صورت پالس های نورانتقال می یابد ویژگی های خاصی از نور تغییر کرده تا اطلاعات دیجیتال یا آنالوگ رمزگذاری شود.

مدولاسیون

برای اینکه هزینه ها کاهش یابد.

عدسی ها

عدسی ها را با اینه ها یکی در نظر نگیرید عدسی ها باعث شکست نور عبور از خود میشود پرتو ها را یا واگرا یا همگرا میکنند. تصاویر ایجاد شده در هر نوع از عدسی متفاوت است.

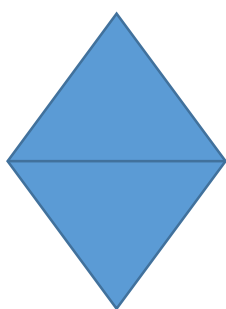
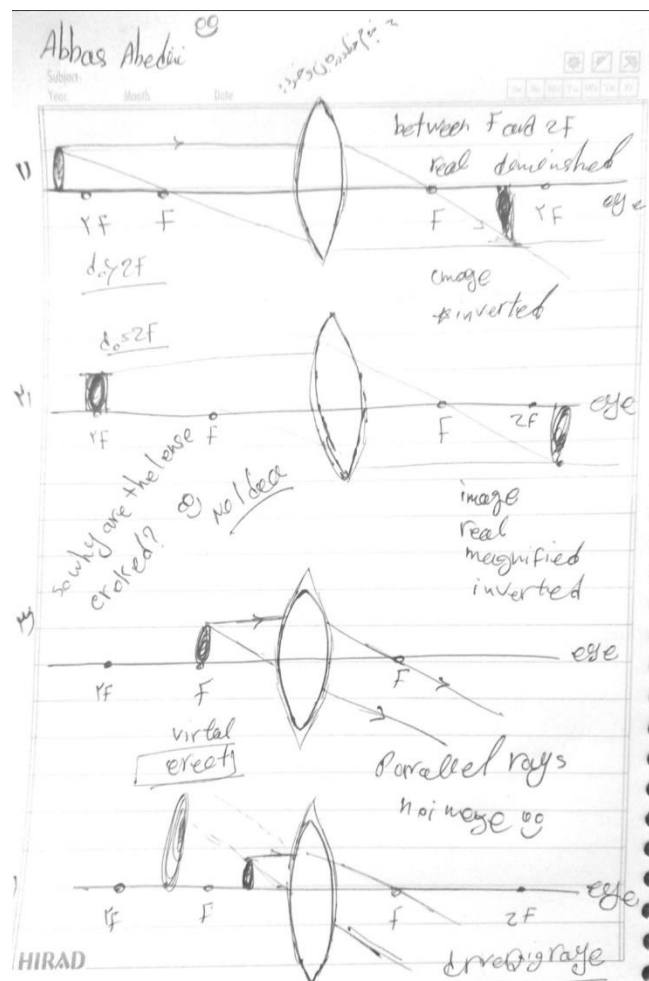
Convex lens

در عدسی ها محدب نور به صورت همگرا شکسته میشود. بیاید بگوییم همگرای نور چیست پرتو های نورموازی که به عدسی برخورد میکنند پس از شکست در یک نقطه به نام نقطه کانونی اف همگرا میشوند در این نوع عدسی ها بسته به فاصله جسم از عدسی یا وارون ویا مستقیم خواهد بود یا بزرگ تر یا کوچک تر است در این نوع لنزها لبه های این عدسی نازک تر از مرکز عدسی است و این باعث همگرای آن ها شده است.پرتو های که از مرکز عدسی عبور میکنند تقریباً بدون شکست عبور میکنند زیرا در این قسمت سوح عدسی تقریباً موازی هستند. پرتو های نورکه موازی محور نوری باشند هنگام

عبور از سطح منحنی عدسی دو بار میشکند یک هنگام ورود از هوا به عدسی پرتو نور به سمت خط عمود نزدیک تر میشود. دو به هنگام خروج از عدسی به هوا پرتو از خط عمود دورتر میشود نتیجه این دو شکست این است که پرتو های نور به سمت یک نقطه کانونی روی محور نوری متمرکز میشوند.

خب بیاید نحوه تصویر را با هم در مکان ها متفاوت از شی قرار گیری محاسبه کنیم

خب بیاید یه **تقلب** بگم که نیاز نباشه اشکال هندسی رو برای هر بار استفاده کنید در این جا یاد بگیرید که شی در هر مکان از عدسی پشت ان قرار گیرد در مکان بزرگ تر از اف قرار گیرد تصویر ایجاد شده در **جلو** عدسی وارون و حقیقی است ولی اگر در کوچک تر از اف قرار گیرد در پشت عدسی مستقیم و بزرگ ایجاد میشود و مجازی است..



در این عکس مشاهد میکند نحوه قرار گیری شی در مکان های مختلف می تواند عکس را وارون یا مستقیم یا مجازی یا حقیقی کند توضیحات بیشتر لازم نیست همه چی واضح است.

عدسی مقعر

یک نوع عدسی است که لبه های ان ضخیم تر از قسمت مرکزی ان است این عدسی باعث واگرایی پرتوهای نور موازی ای میشود که به ان می تابند ببیند عدسی ها مقعر واگرا

پرتو نور موازی که به عدسی تابیده میشود بعد از عبور از آن به گونه ای واگرا می شوند که به نظر می رسد از یک نقطه کانونی مجازی در همان طرف عدسی منشأ گرفته اند.

تصویری که عدسی مقعر میسازد مجازی و مستقیم است. منظورم از اینکه مستقیم است یعنی وارون نیست.

فرمول عدسی نازک

فرمول های عدسی نازک است مه برای همه ی عدسی ها به کار میرود تفاوت در این است که علامت فاصله کانونی برای عدسی محدب مثبت است و برای عدسی مقعر منفی است

سوال چرا فاصله کانونی برای عدسی محدب مثبت و برای عدسی های مقعر منفی

اول از همه بیایم فاصله کانونی را تعریف کنیم به فاصله ای گفته میشود که از مرکز عدسی تا نقطه است که پرتو های موازی نور پس از عبور از عدسی یا به نظر می رسد که از آن نقطه منشأ میگیرند این نقطه را کانون عدسی گویند. خب حالا در عدسی مقعر پرتو های موازی که به عدسی میتابند پس از عبور از آن به طور طبیعی واگرا می شوند به همین دلیل به نظر می رسد که از یک نقطه کانونی مجازی که در همان طرف عدسی قرار دارد منشأ میگیرد بزار ساده تر بگم در عدسی مقعر منفی است زیرا کانون آن به سمت همان طرف عدسی جایی که شی قرار دارد است. در عدسی محدب ما وقتی پرتو های موازی را از آن عبور میدهیم و در یک نقطه در طرف دیگر عدسی قرار می گیرد.

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

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} - \frac{1}{i}$$

