www.salampnu.com

اپتیک

رشته فیزیک

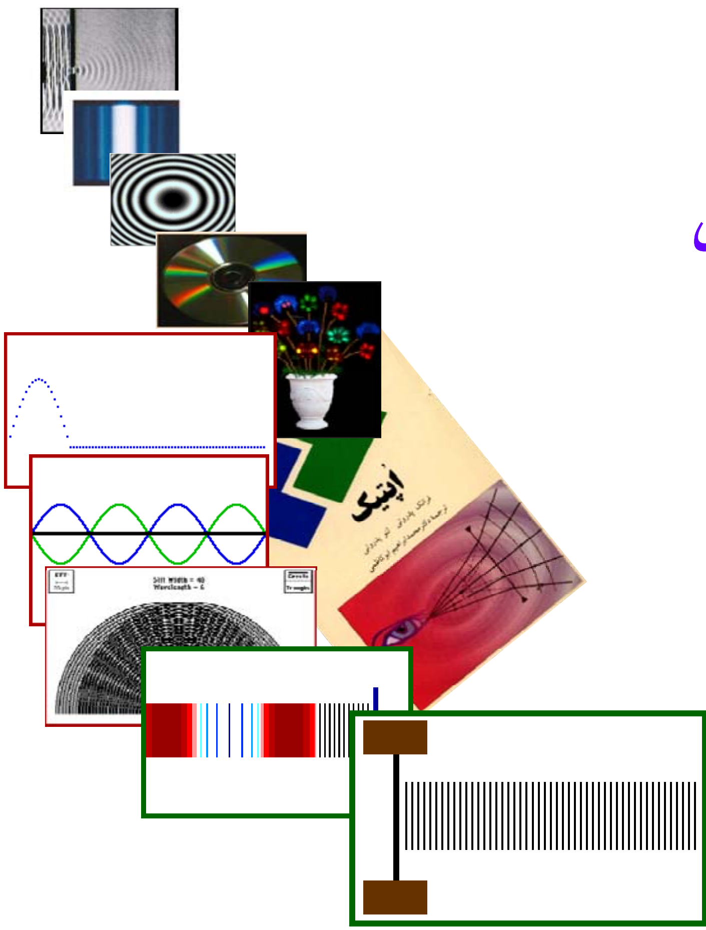
3 واحد درسی

نام منبع و مولف :اپتیک

فرانک پدروتی ، لنو پدروتی

ترجمه دکتر محمد ابراهیم ابو کاظمی

انتشارات دانشگاه پیام نور-1382



تهیه پاورپوینت:

محمود جنوبی

عضو هیئت علمی مرکز ارومیه

دانشگاه پیام نور

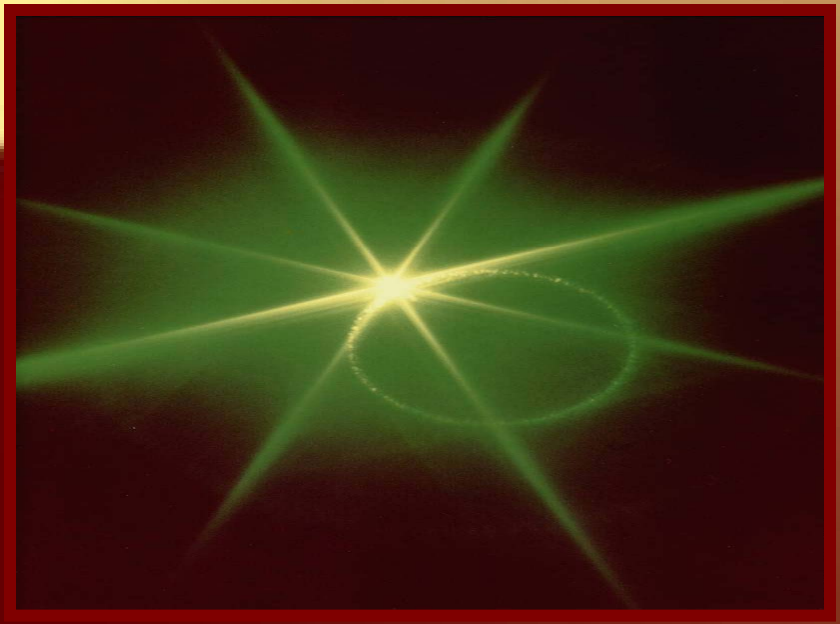
هدفهای کلی درس:

- درک بنیادی نور فیزیکی و نورهندسی
- بررسی جنبه های مختلف نورهندسی ، اصل هویگنس ، اصل فرما، بازتاب و شکست نور
- درک ویژگی های حرکت موجی ، به ویژه امواج سینوسی و حرکت هماهنگ ساده و بیان ریاضی امواج و امواج الکترومغناطیسی
- فهم اصل رویهمریزی خطی امواج ، تداخل سازنده و ویرانگر
- درک ویژگی موجی نور، تداخل نور ، آزمایش دوشکافی یانگ ، لایه های نازک ، حلقه های نیوتن
- در ک همدوسی ، آنالیز فوریه
- قطبش نور و قطبش به روشهای مختلف : بازتاب و پراکندگی
- درک خاصیت پراش نور : پراش فرانهوفر و فرنل و تفاوت آنها
- حل مسائل مربوط به نور هندسی و فیزیکی

پیشگفتار

“نور ، خالص ترین شکل ماده است ”

لوئیس دوبروی

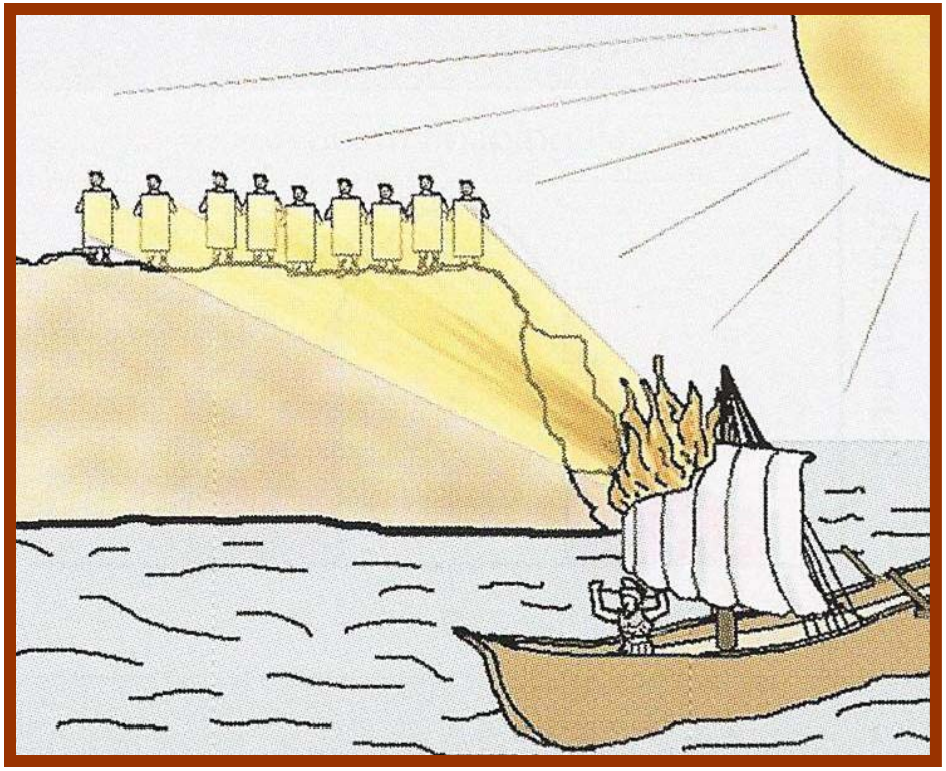


اپتیک : تاریخچه مختصری از اپتیک

هدفهای رفتاری :

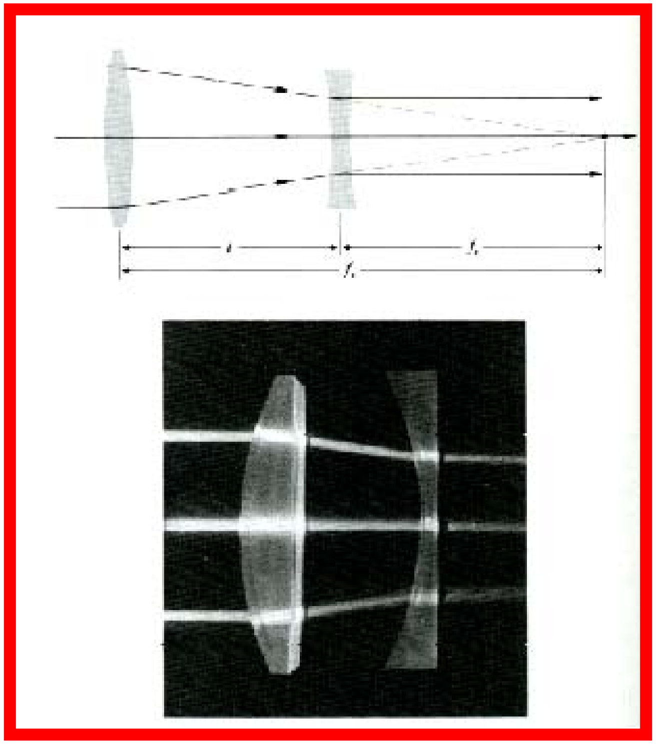
- تاریخچه کوتاهی از اپتیک
- معادلات ماکسول
- معادله موج
- پدیده های مربوط به نور
  - انعکاس کلی داخلی
  - تداخل
  - پراش
  - لیزر
  - اپتیک غیرخطی
  - اپتیک فوق سریع
- نقش کلیدی تبدیل فوریه در اپتیک

یونانی های باستان : اسلحه های نوری



مورخین یونانی ورومی نوشته اند
که ا رشمیدس صدها نفر را به
آینه ها یی که نور خورشید را
بروی کشتی های جنگی رومی در
جنگ سیراکوس متمرکز می کردند
مجهز نموده بود 211- 213)
BCE).

اپتیک دراوایل قرن هفدهم اروپا



هانس لیپرشای (Hans Lippershey)در سال 1608 تلسکوپ گالیله را ثبت اختراع کرد.

گالیله { Galileo (1564-1642)}با این تلسکوپ به کره مشتری و ماههای آن نگاه کرد.

فرانسیسکو فونتانا در ناپل (1580-1656) چشمی کاو تلسکوپ گالیله را با عدسی محدب عوض کرد و تلسکوپ کپلری را ابداع نمود.

ویلبرورد اسنل (Willibrord Snell (1591-1626 قانون انکسار نور که امروزه به افتخار او به همین نام خوانده می شود کشف کرد..

ژوهانس کپلر(Johannes Kepler (1571–1630

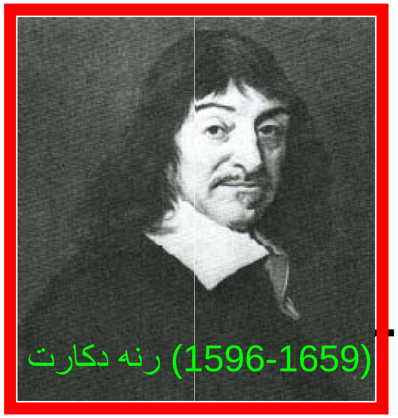
بازتاب کلی را کشف کرد.

طرز کار تلسکوپ را بیان کرد.

نظریه نورهندسی مرتبه اول را بیان کرد.

تقریب زاویه کوچک قانون انکسار را کشف نمود.

اپتیک در قرن هفدهم



دکارت نور را به صورت تغییرات فشار درمحیط بیان کرد.

پیر فرما Pierre de Fermat (1601-1665) "اصل حداقل زمان" را کشف کرد.

ماریا گریمالدی Maria Grimaldi پراش را کشف نمود. (1618-1663)

رابرت هوک Robert Hooke (1635-1703) تداخل رنگی لایه های نازک را بررسی کرده و اولین نظریه موجی بودن نور را بیان کرد

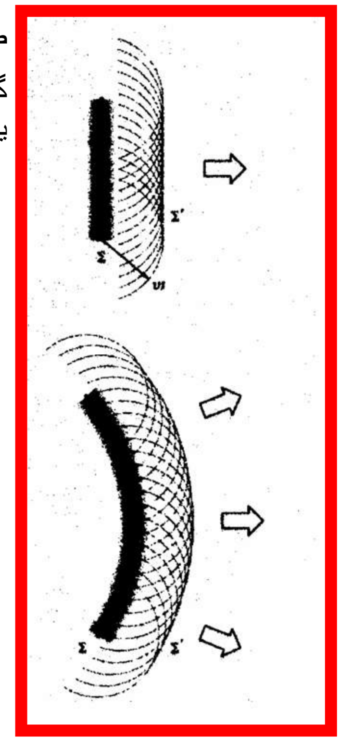
کریستین هویگنس
(1629-1695)

هویگنس نظریه موجی نوررا بسط داد.

او متوجه شد که سرعت نور درمحیط غلیظ کاهش می یابد.

او قطبش و بازتاب مضاعف را بیان کرد

طبق اصل هویگنس یک موج به گونه ای منتشر می شود که
گویی جبهه موج از آرایه ای از چشمه های نقطه ای که هر
یک یک موج کروی منتشر می سازند است

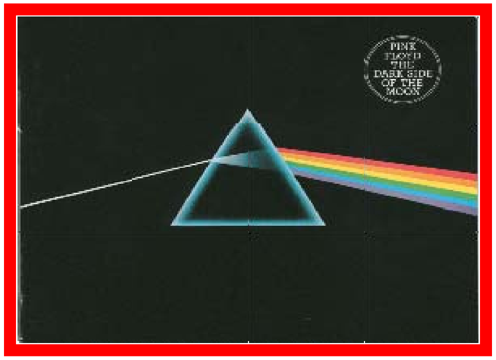


بازتاب مضاعف

اسحاق نیوتن (1642-1727)

اسحاق نیوتن

"من یک منشور شیشه ای مثلثی ساختم و سعی کردم با آن پدیده رنگها را جشن بگیرم(Newton, 1665) ".



او در سن بیست وسه سالگی تجزیه نور به رنگهای تشکیل دهنده آن را کشف کرد وبه اپتیک مفهوم جدیدی بخشید .

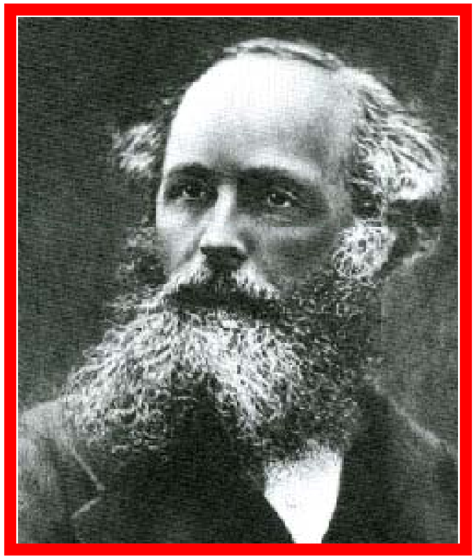
اپتیک در قرن هیجده و نوزده
اولر، یانگ ، فرنل:

اوگوستین فرنل

لئونارد اولر   Leonhard Euler (1707-1783)نظریه موجی نور را بیشتر توسعه داد و از ترکیب عدسی ها ی از مواد مختلف عدسی های آکروماتیک را ساخت.
توماس یانگ Thomas Young (1773-1829)پدیده تداخل و نوارهای رنگی را توضیح داد و نشان داد که نور یک موج عرضی است .

اوگوستین فرنل Augustin Fresnel (1788-1827)آزمایشاتی مبنی بر موجی بودن نور انجام داده عباراتی برای امواج بازتابی و تراگسیلی بدست آورد.

جیمز کلرک ماکسول ,(1831-1879)
مایکلسون & (1852-1931) مورلی(1838-1923)

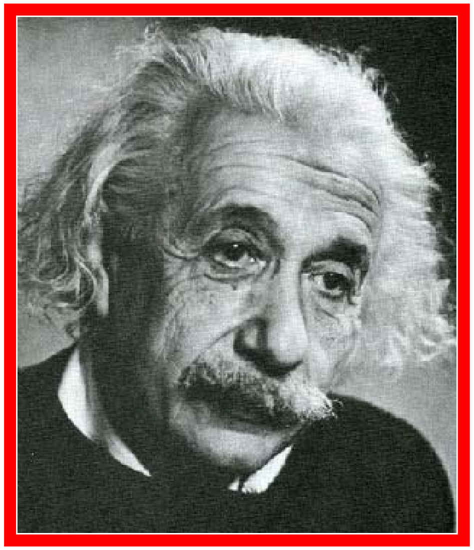


جیمز کلرک ماکسول

ماکسول به کمک معادلات مشهور خود الکتریسیته و مغناطیس را یگانه کرد و نشان داد که نور یک موج الکترومغناطیسی عرضی که در اتر حرکت می کند است..

مایکلسون ومورلی سعی کردندکه سرعت زمین را نسبت به اتر اندازه گیری کنند و آنرا براب با صفر بدست آوردند بنابراین وجود اتر را رد کردند.

آلبرت انشتین(1879-1955)



آلبرت انشتین

انشتین نشان دادکه نور:

- یک پدیده مربوط به فضای تهی است ;
- سرعت آن ثابت است و مستقل از سرعت ناظر بوده وپیامدها ی باورنکردنی دراصل فضا وزمان دارد ,
- وهم ذره وهم موج است.

معادلات اپتیک ، معادلا ت ماکسول هستند.

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{E}=\rho/\varepsilon \qquad \vec{\nabla}\times\vec{E}=-\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{B}=0 \qquad \vec{\nabla}\times\vec{B}=\mu\varepsilon\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}$$

که $\vec{E}$ میدان الکتریکی $\vec{B}$, میدان مغناطیسی ρ, چگالی بار ε , ضریب گذردهی و μ ضریب نفوذپذیری محیط است.

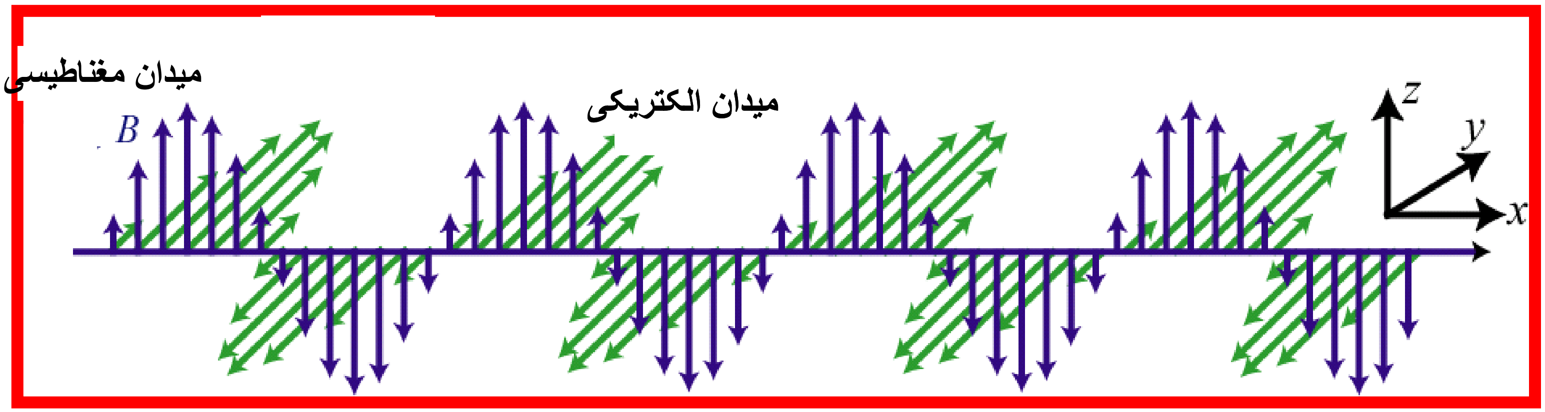
$$\nabla^2 \vec{E} - \mu\varepsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0$$

که پاسخ آن یک موج ساده سینوسی است:

$$\vec{E}(\vec{r},t) \propto \cos(\omega t \pm \vec{k} \cdot \vec{r})$$

نور یک موج الکترومغناطیسی است .

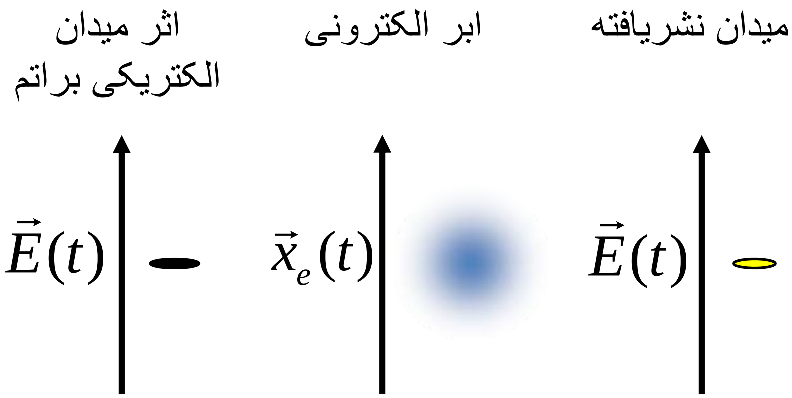
میدان های الکتریکی (E) ومغناطیسی (B) هم فازند .

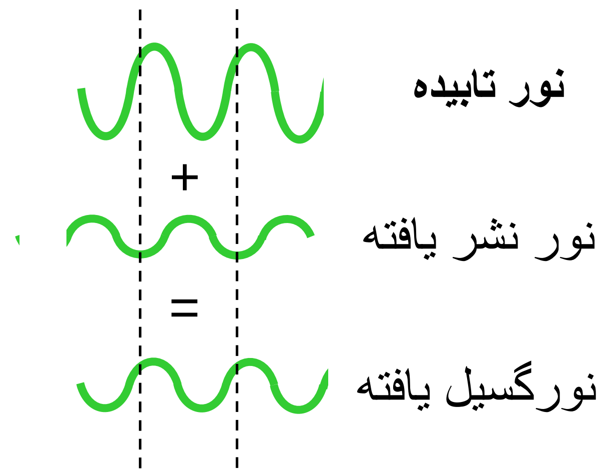


میدان الکتریکی ، میدان مغناطیسی و راستای انتشار برهم عمودند

نور اتم ها راتحریک می کندو این سبب نشر نور جدید می شود این نور با نور تابیده تداخل می کند(جمع یا تفریق می شود) ,

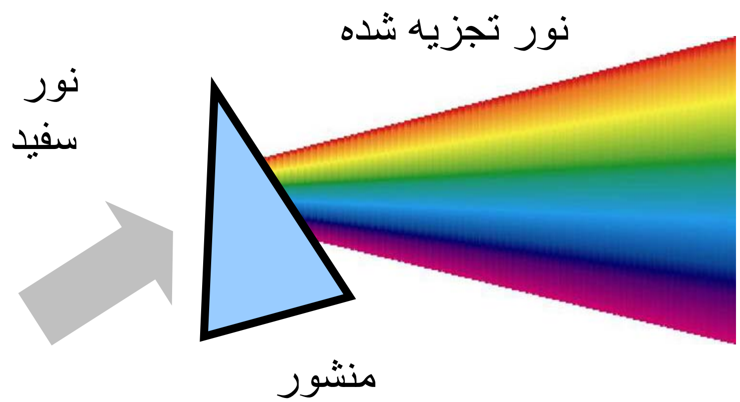
یک اتم به وسیله نور تحریک می شود.





نور تحریک شده در بسامد نور تابیده شروع به نوسان کرده و نوری با همان بسامد نشر می کند.
مسئله مهم فاز نسبی نور تابیده وگسیل یافته است .به عنوان مثال اگر این دو 180 درجه اختلاف فاز داشته باشند نور تابیده تضعیف می شودواین همان "جذب " است . ".واگر به اندازه $\sim\pm 90°$ اختلاف فاز داشته باشند سرعت نور تغییر می کند و این همان "شکست "نور است. :

تغییر ضریب شکست نور با طول موج نور که سبب پدیده های جالب می شود.



منشورها نور را به نورهای تشکیل دهنده آن تجزیه می کنند

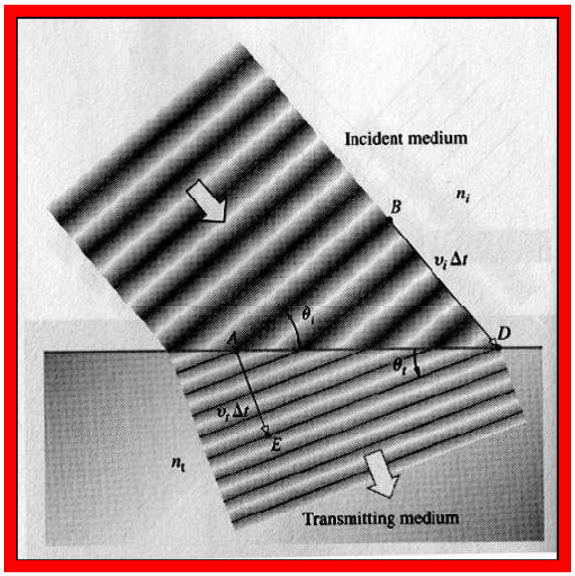
رنگین کمان از شکست و بازتاب نور در قطره های آب به وجود می َآید.

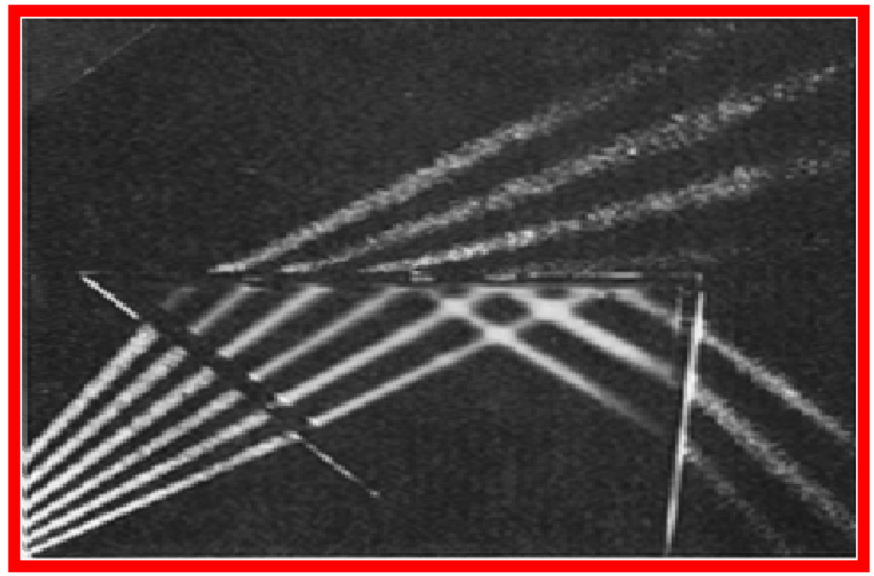
توجه کنید که معمولا دو رنگین کمان تشکیل می شود که یکی برعکس دیگری است .

پدیده های بسیار جالبی از نور در طبیعت وجود دارد...

یک سوال جالب این است که وقتی نور بر یک سطح شفاف می تابد چه روی می دهد؟

تحت زاویه مایل نور یا کاملا گسیل یافته و یاکاملا بازتاب می یابد.





"بازتاب کلی داخلی "اساس فیبرهای نوری است که یک صنعت چند بیلیون دلار را بوجود آورده است ,

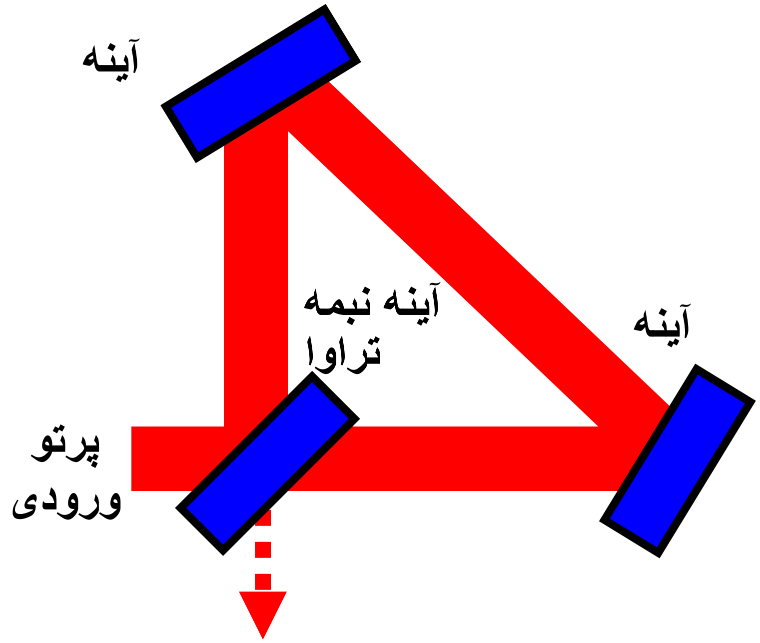
پرتوهای نور می توانند با هم تداخل کنند :دوچشمه نقطه ای...

جدایی های مختلف ، الگوهای مختلف ...

تداخل سازنده یا ویرانگر...

ترتیبی می توان داد که پرتوهای نور باهم تداخل کنند...

بااستفاده از یک آینه نیمه تراوا می توان یک پرتو را به دو پرتو تبدیل کرد.

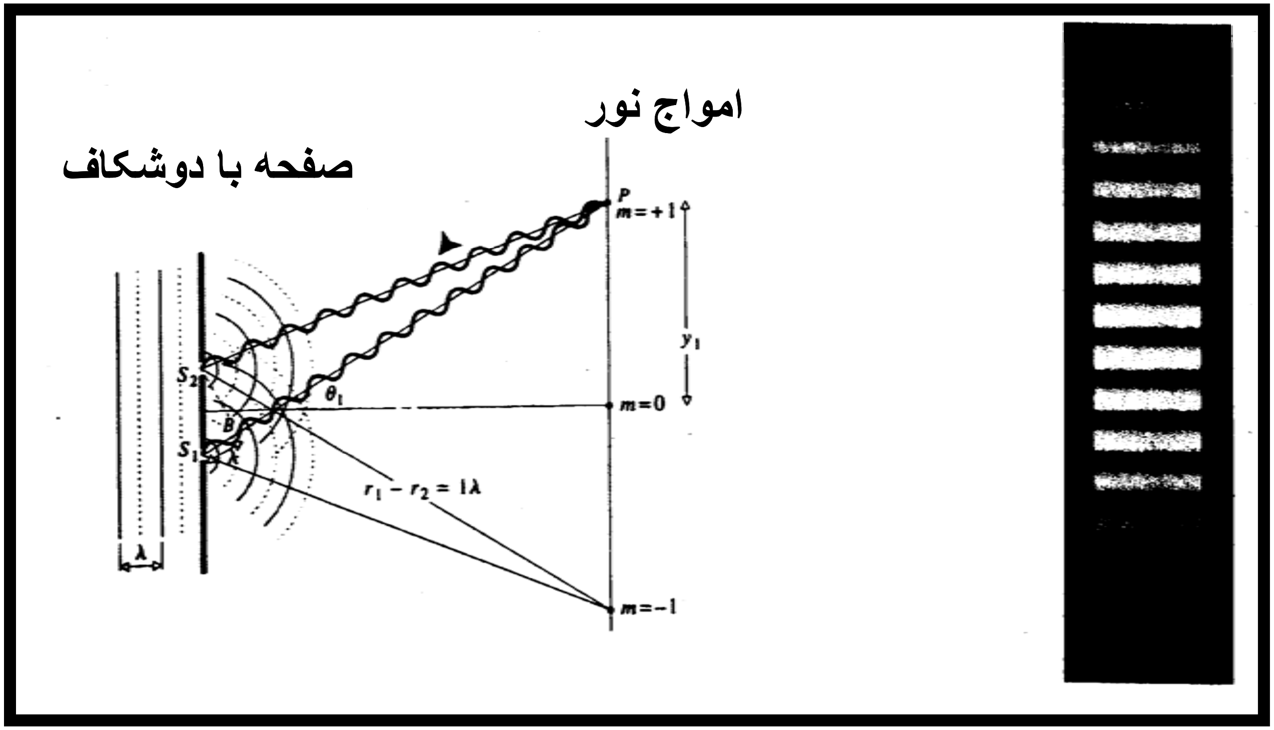


دو پرتو به وجود آمده را می توان با هم ترکیب کرد(تداخل) که در این جا فاز این دو پرتو حائز اهمیت است

بعضی وقتها هم این پرتوها به طور طبیعی با هم تداخل می کنند

آزمایش دوشکافی یانگ

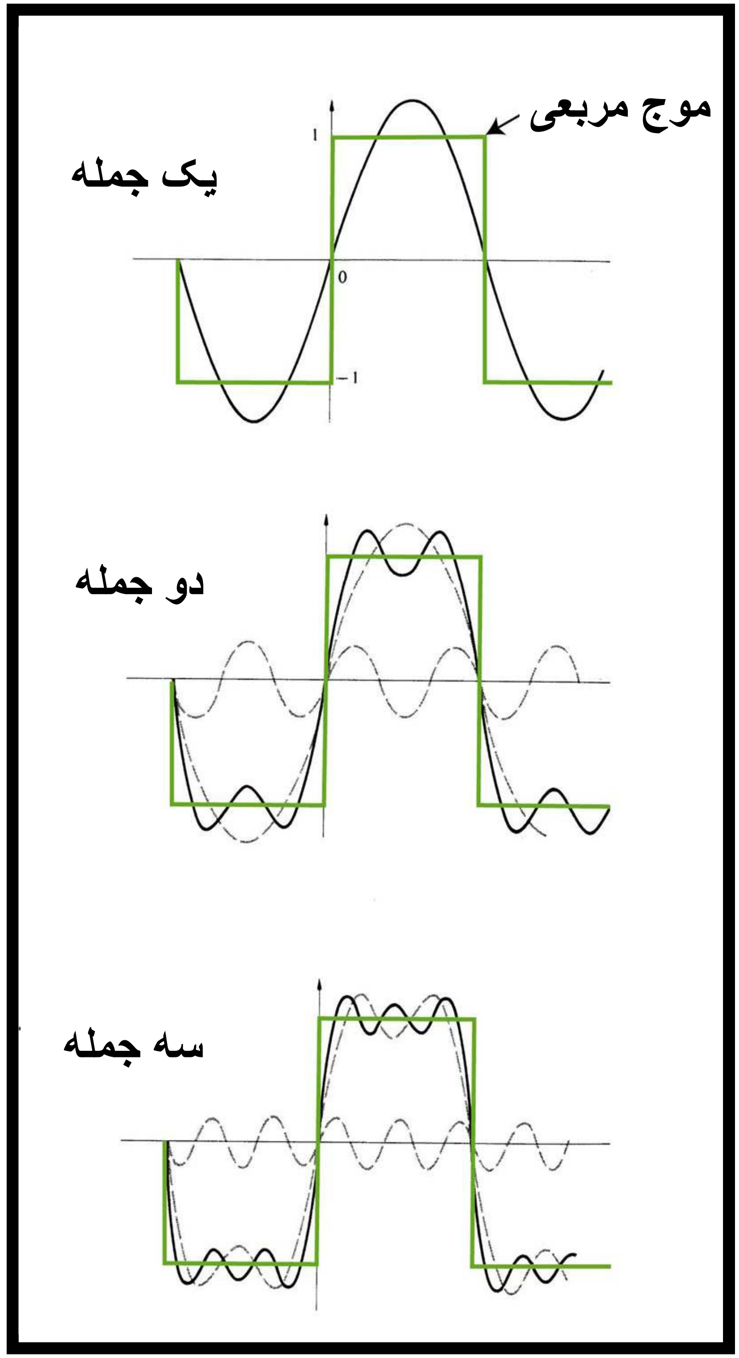
وقتی نور از دوشکاف می گذرد چه اتفاقی می افتد؟



الگوی تداخلی
تشکیل شده روی پرده

این نظریه در هلوگرافی ، عکاسی فوق سریع و آزمایش مکانیک کوانتم اهمیت به سزایی دارد.

توابع تجزیه گر فوریه نقش مهمی در اپتیک دارند.



به کمک آن می توان یک مرج مربعی را به صورت حاصل جمع تعدادی موج سینوسی نوشت.

تبدیل فوریه شاید مهمترین معادله در تمام علوم باشد!!

یک تابع زمانی به یک تابع بسامدی تبدیل می کند:

$$\tilde{E}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} E(t)\exp(-i\omega t)\,dt$$

و تقریبا با فورمولی مشابه عکس آنرا انجام می دهد:

$$E(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} \tilde{E}(\omega)\exp(+i\omega t)\,d\omega$$

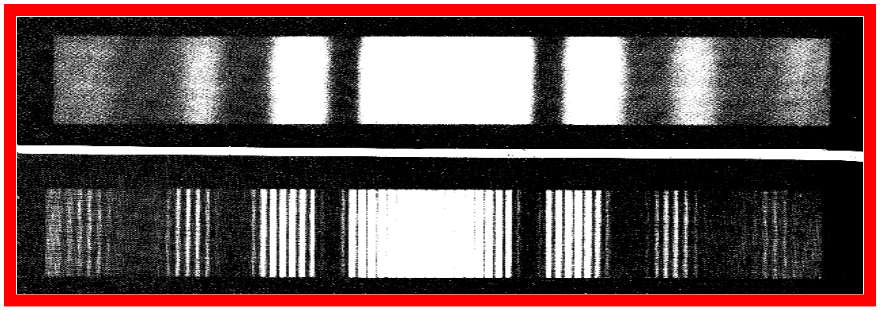
پراش

نور در گوشه ها وبرخورد باموانع خم می شود و این همان پراش نور است.

ا لگوهای نور بعد از عبور از
شکاف های باریک

یک شکاف

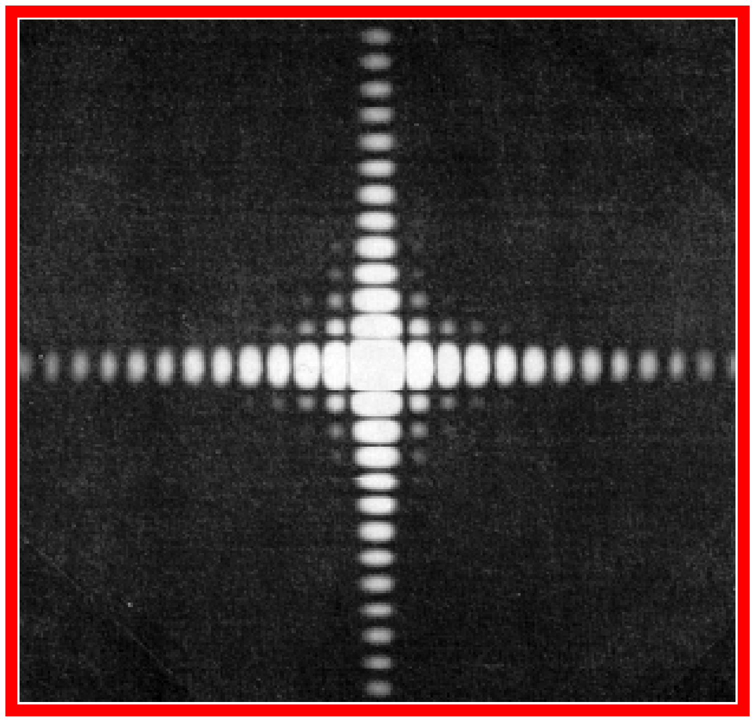
دو شکاف



الگوی پراش تبدیل فوریه تراگسیل شکاف نسبت به مکان است .

پراش دوبعدی

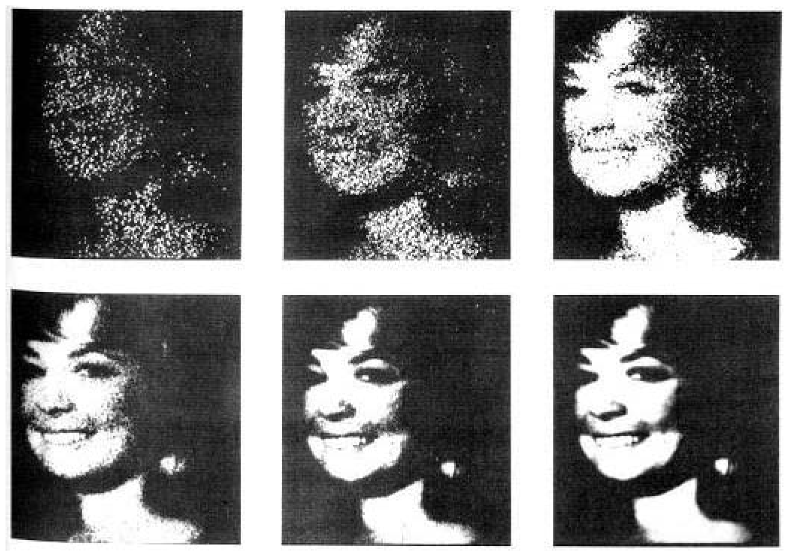
وقتی که نور از یک روزنه مربعی با ابعاد کوچک عبور میکند چنین می شود:



نور فقط موج نیست بلکه ذره هم هست !!

عکسهای که در محیط تاریکتر گرفته می شوند دانه ای تر به نظر می رسند

تاریک   تاریکتر   بسیارتاریک



روشن   روشن تر   بسیارروشن

وقتی که می خواهیم نور بسیار ضعیفی را آشکار کنیم ملاحظه می کنیم که از ذراتی بنام فوتون تشکیل شده است

فصل اول ...

مبانی نور هندسی

آینه ها

هدفهای رفتاری این بخش :

- آینه ها
  - تخت/ مسطح
  - رسم پرتوها درآینه ها
  - تصویر حقیقی / مجازی
  - شعاع انحنا / فاصله کانونی
  - معادله آینه ها
  - بزرگنمایی
  - قرارداد علامت
  - آینه کاو $p > f; p < f$,
  - آینه کوژ

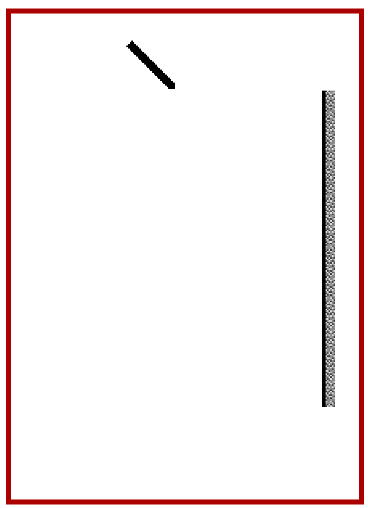
درآینه های تخت :

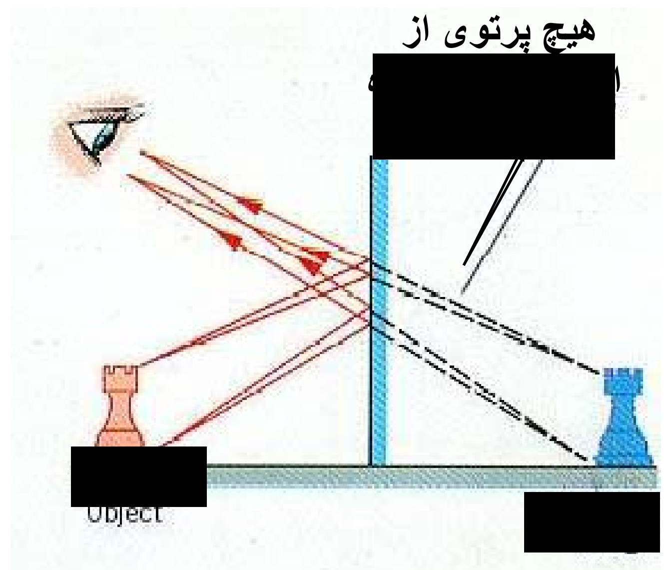
تصاویر در نقطه ای قرار دارند که درآن نقطه حقیقتا پرتوها واگرا میشوندویا به نظر واگرا می آیند.

تصویر حقیقی وقتی تشکیل می شود که پرتوها از آن نقطه عبور کرده و سپس واگرا شوند.

تصویر مجازی است اگر پرتوها از آن نقطه عبورنکرده و به نظر ایدکه پرتوها از آن نقطه واگراییده شده اند. .

[redacted]





بزرگنمایی عرضی

$$M = \frac{\text{طول تصویر}}{\text{طول جسم}}$$

$M = 1$ برای آینه های تخت

$$M = -\frac{q}{p}$$

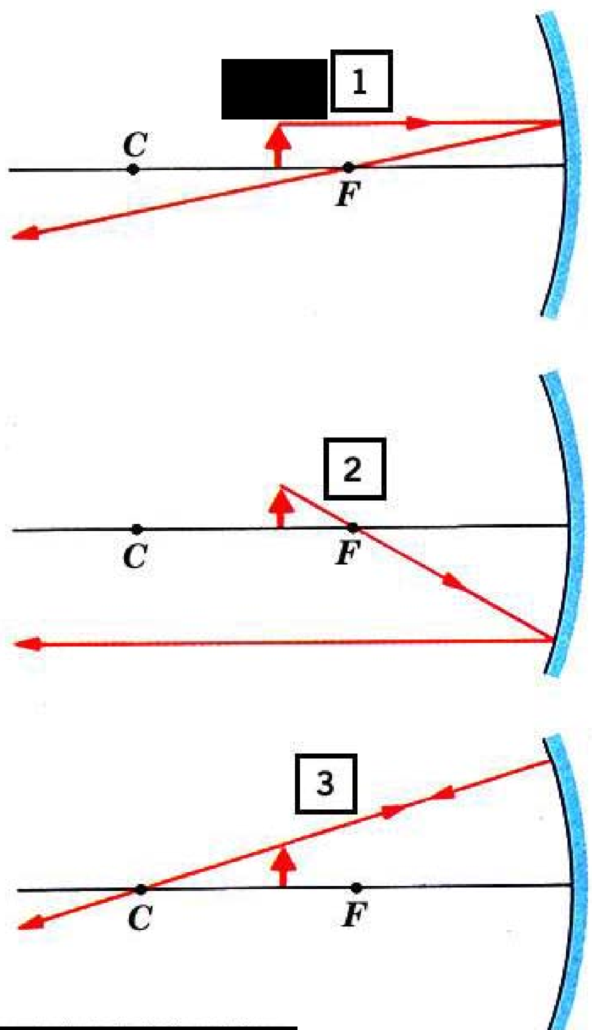
$$= -\frac{\text{فاصله تصویر}}{\text{فاصله جسم}}$$

معادله آینه ها

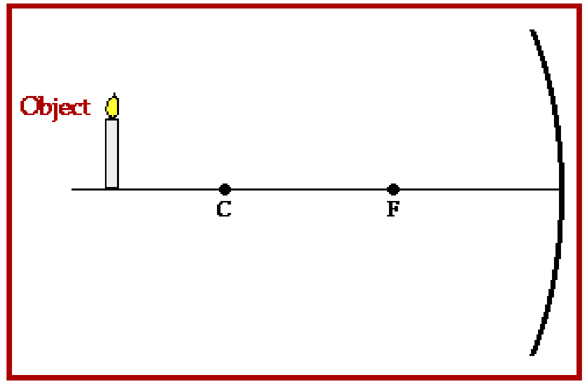
$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$$

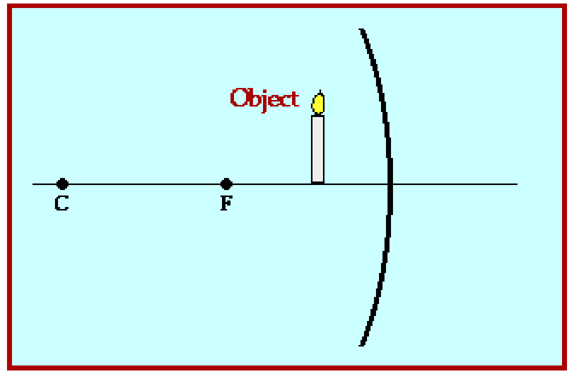
$$\left[f=\frac{R}{2}\right]$$

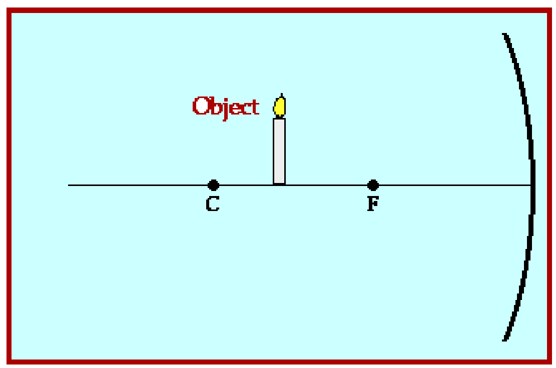
رسم پرتو ها در آینه ها

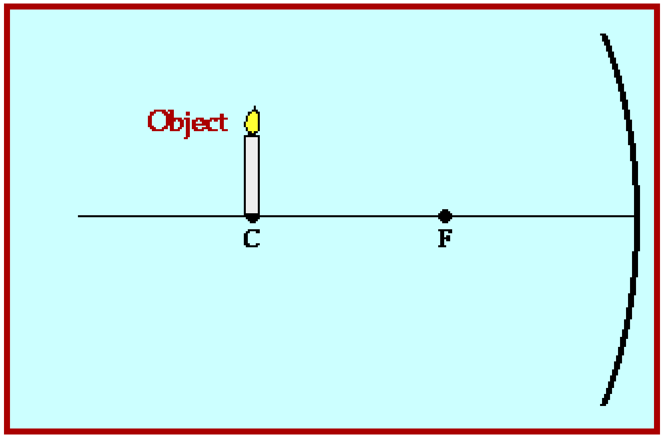


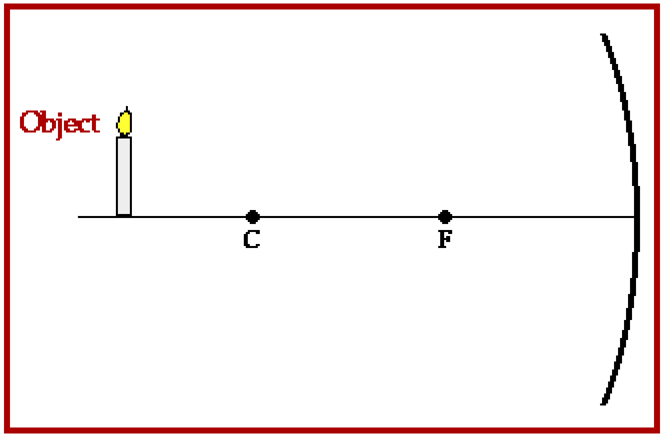
[redacted]











محل تصویر محل تلاقی نورهای
بازتابیده از آینه است.

بزرگنمایی طولی

$$M = \frac{\text{طول جسم}}{\text{طول تصویر}}$$

$$= - \frac{\text{فاصله جسم}}{\text{فاصله تصویر}}$$

$$M = -\frac{q}{p}$$

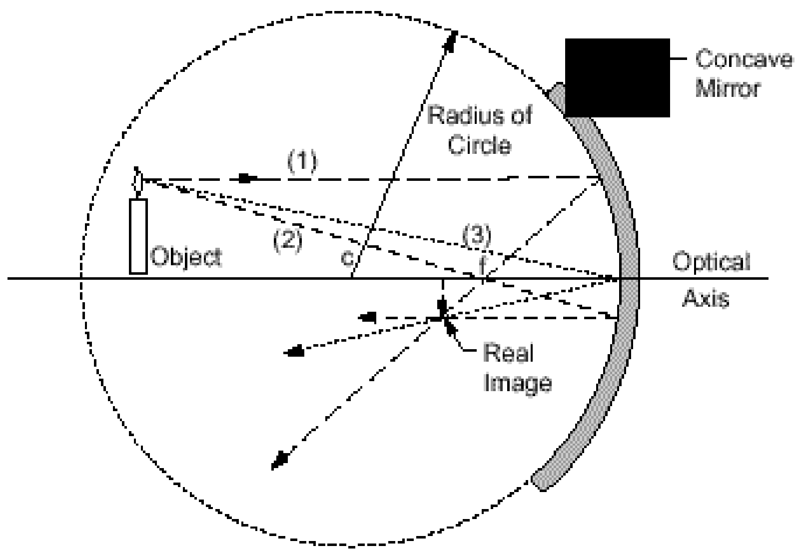
قرارداد علامت درمورد آینه ها

$p > 0$ اگر جسم درجلو آینه باشد(جسم حقیقی)
$p < 0$ اگر جسم پشت آینه باشد(جسم مجازی)

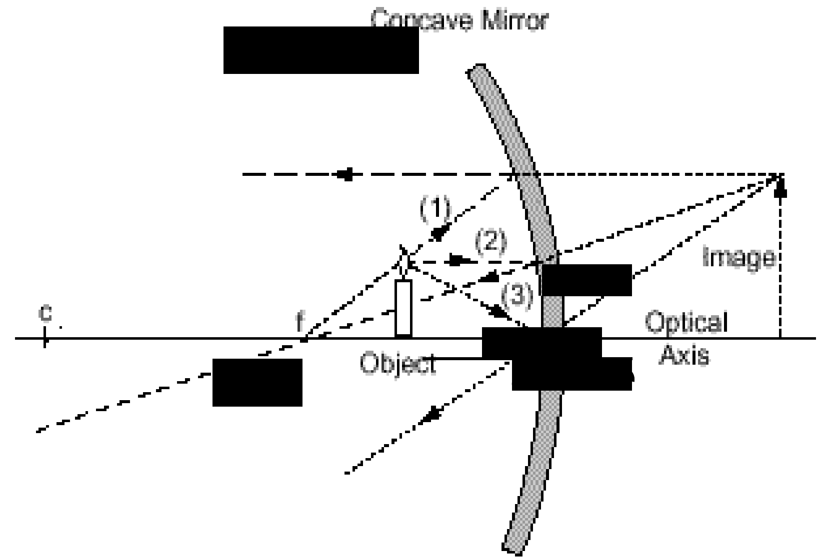
$q > 0$اگر تصویر در جلو آینه باشد(تصویر مجازی)
$q < 0$اگر تصویر پشت آینه باشد(تصویر مجازی)

اگر $M > 0$ باشد تصویر مستقیم است
اگر $M < 0$باشد تصویر معکوس است

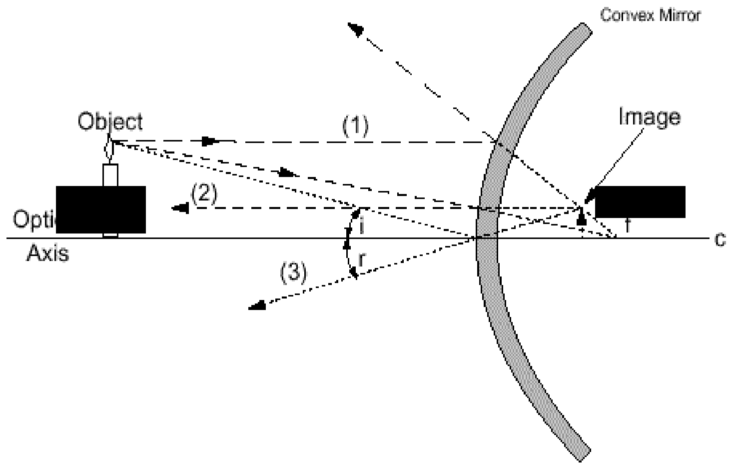
f و $R > 0$ اگر مرکز انحنا جلوی آینه باشد(آینه کاو)
fو $R < 0$ اگر مرکز انحنا پشت آینه باشد (آینه کوژ)



آینه کاو : $p > f$



آینه کاو : $p < f$



آینه کوژ

تشکیل تصویر به وسیله انکسار

انکسار در سطوح کروی

⇓

انکسار از دو سطح

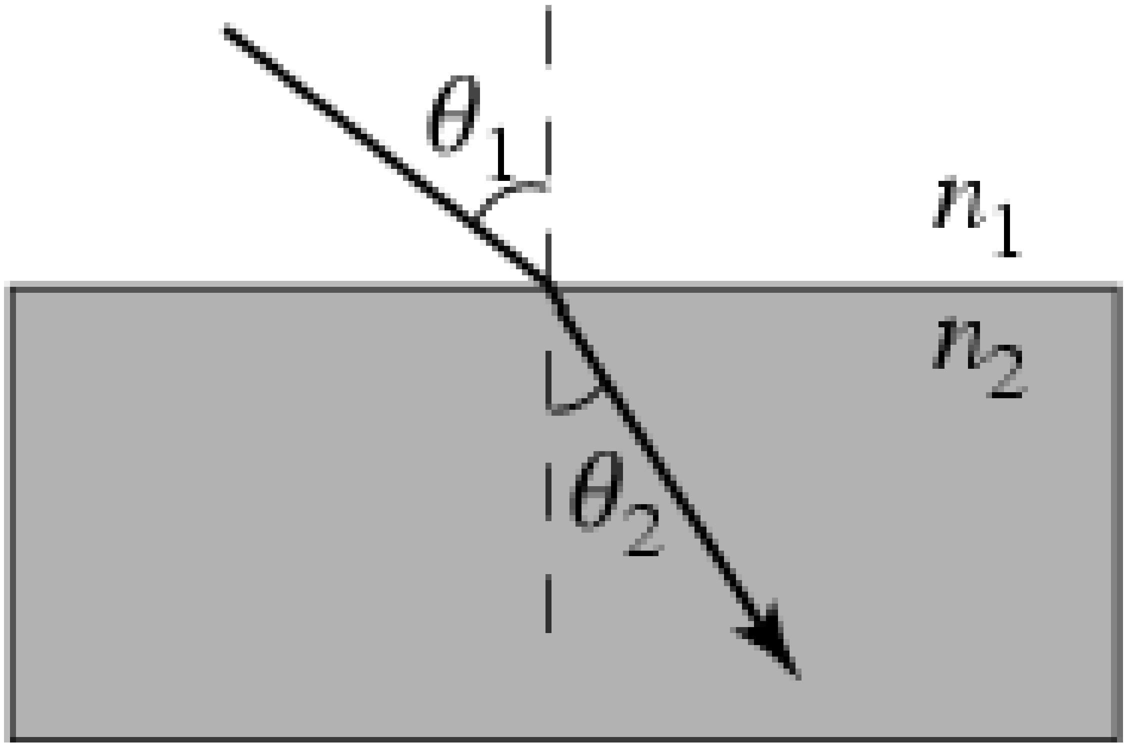
⇓

عدسی های نازک : معادله عدسی سازان

⇓

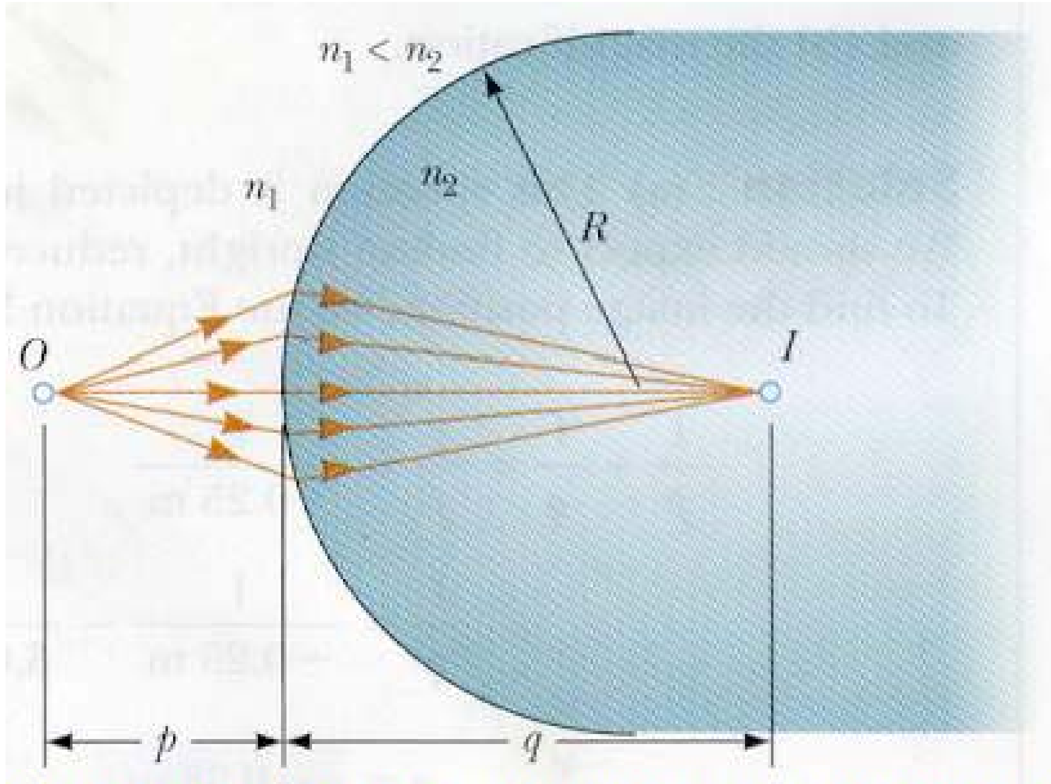
معادله عدسی های نازک

یادآوری انکسار



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

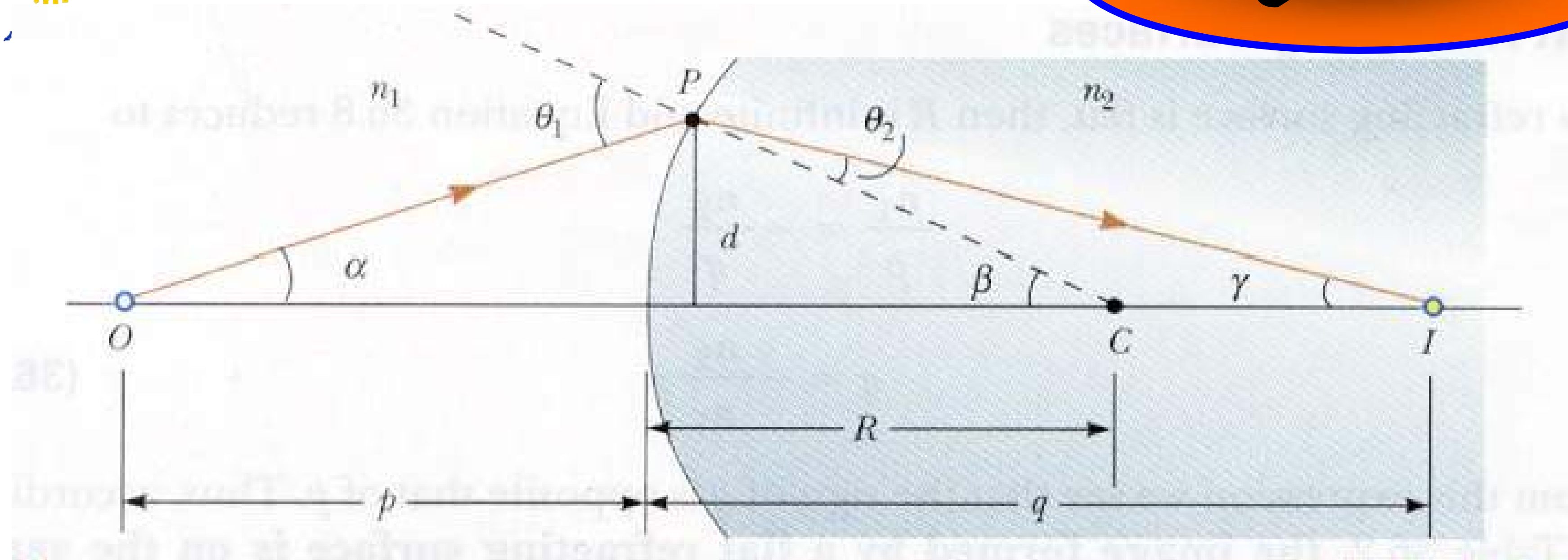
(قانون اسنل)



تحت زاویه کوچک:

کلیه پرتوهایی که از O می آیند در سطح کروی شکست پیدا کرده و دریک نقطه متمرکز می شوند

انکسار در سطح کروی

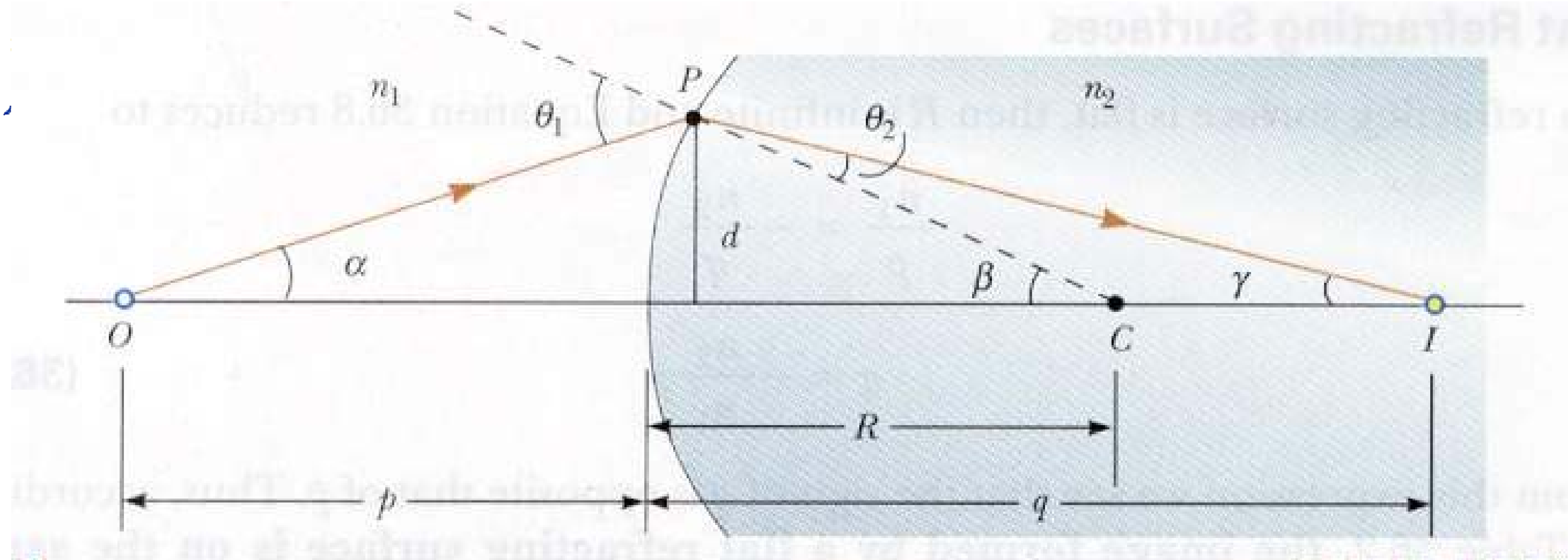


$$\begin{cases} n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 \\ \sin\theta \approx \theta \\ n_1\theta_1 = n_2\theta_2 \end{cases}$$

زوایای خارجی :

$$\begin{cases} \theta_1 = \alpha + \beta \\ \beta = \theta_2 + \gamma \\ \theta_2 = \beta - \gamma \end{cases}$$

$$n_1(\alpha+\beta) = n_2(\beta-\gamma)$$



تقریب زاویه کوچک :

$$\tan\alpha \approx \alpha \approx d/p$$

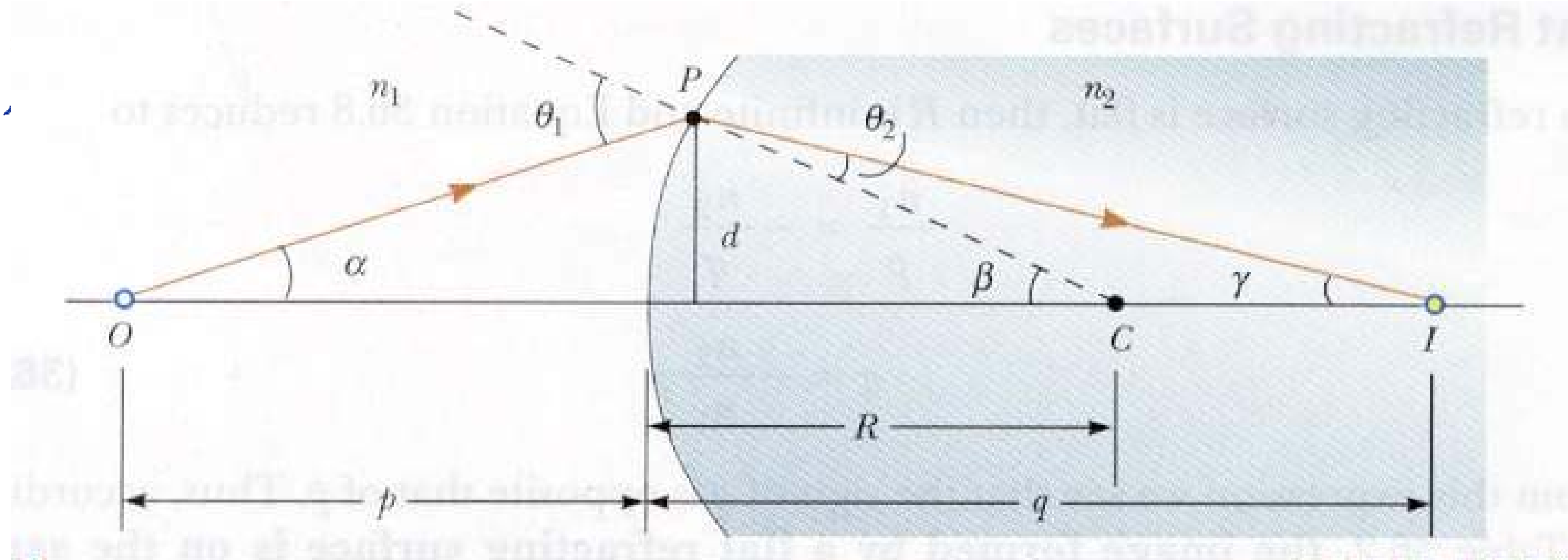
$$\tan\beta \approx \beta \approx d/R$$

$$\tan\gamma \approx \gamma \approx d/q$$

$$n_1(\alpha+\beta)=n_2(\beta-\gamma)$$

$$n_1\alpha+n_2\gamma=(n_2-n_1)\beta$$

Pفاصله جسم از سطح، qفاصله تصویر از سطح و R شعاع انحنای سطح است.



$$n_1\alpha + n_2\gamma = (n_2 - n_1)\beta$$

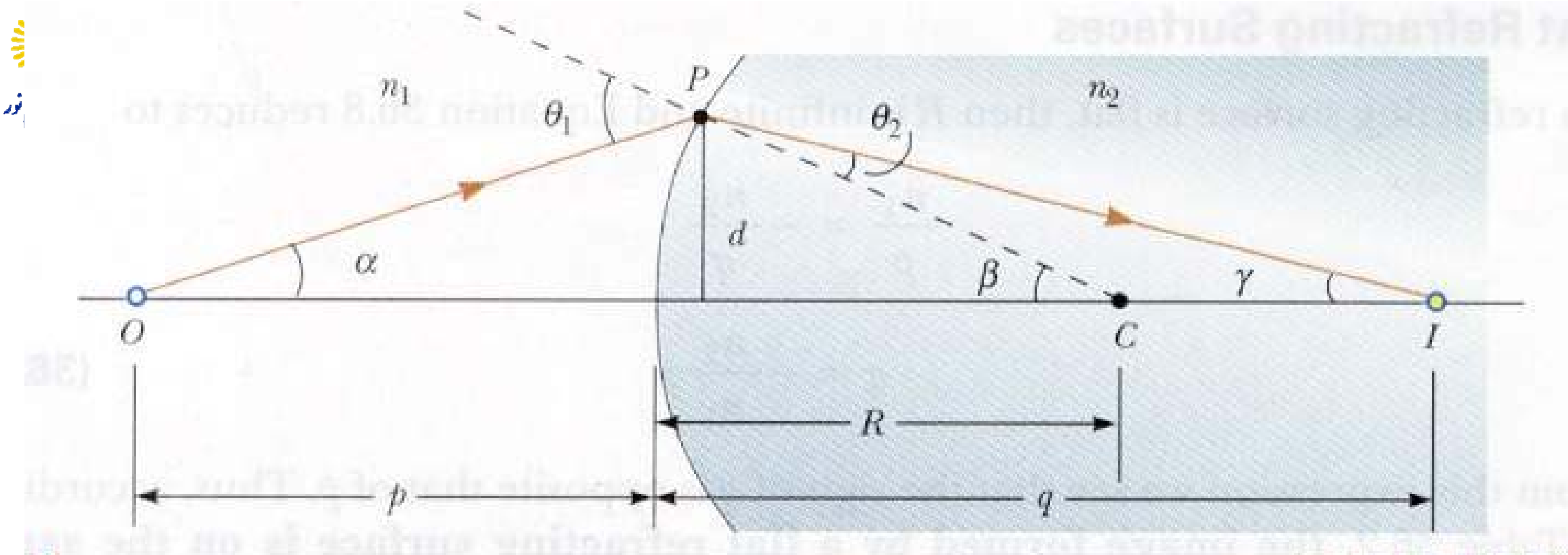
$$\alpha \approx d/p$$

$$\beta \approx d/R$$

$$\gamma \approx d/q$$

$$n_1\frac{d}{p} + n_2\frac{d}{q} = (n_2 - n_1)\frac{d}{R}$$

$$\boxed{\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{R}}$$



$$\boxed{\frac{n_1}{p}+\frac{n_2}{q}=\frac{n_2-n_1}{R}}$$

به ازای ***p*** ***ثابت*** ***q*** ,مستقل از زاویه ای است که با محور می سازد: کلیه پرتوها در یک نقطه متمرکز می شوند

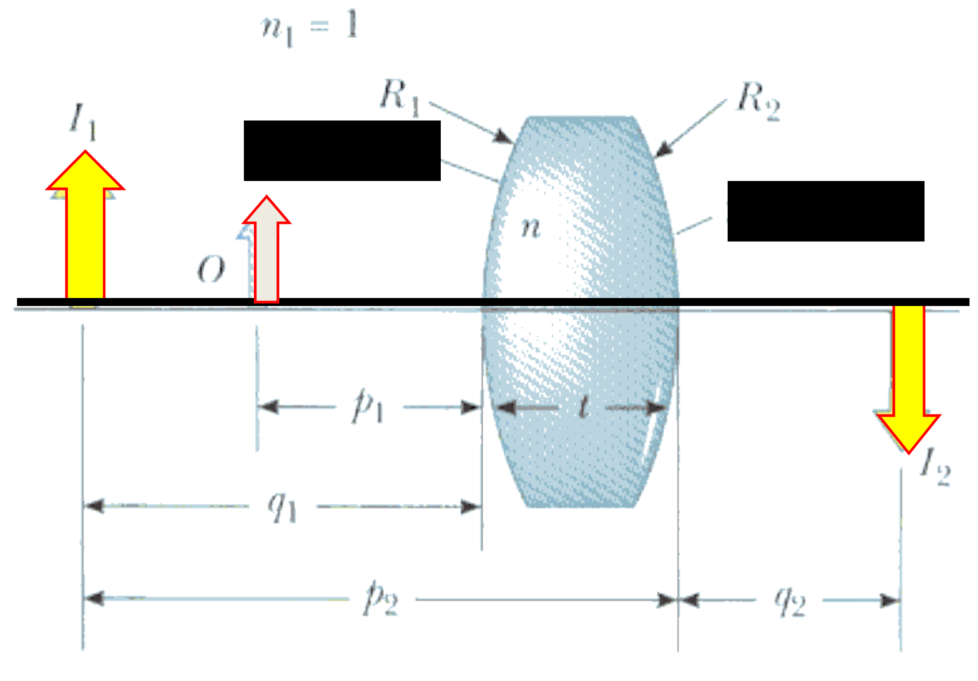
قرارداد علامت برای سطوح انکساری

$p > 0$ اگر جسم در جلوی سطح باشد (جسم حقیقی)
$p < 0$ اگر جسم در پشت سطح باشد (جسم مجازی)

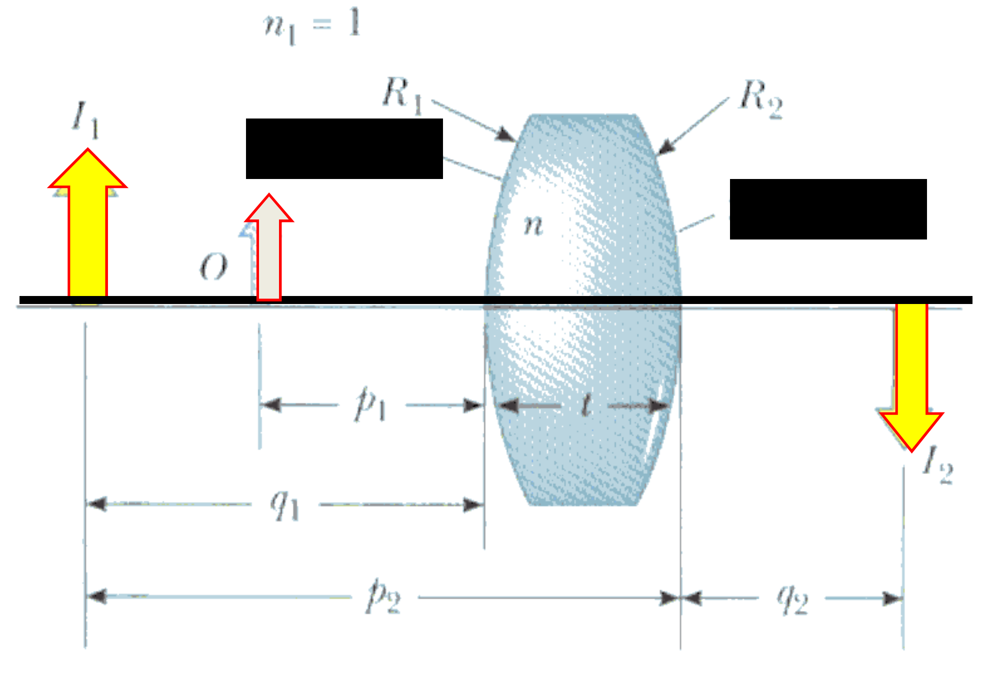
$q > 0$ اگر تصویر درپشت سطح باشد(تصویر مجازی)
$q < 0$ اگر تصویر درجلوی سطح باشد(تصویر مجازی)

$R > 0$ اگر مرکز انحنا پشت سطح کوژ باشد
$R < 0$ اگر مرکز انحنا جلوی سطح کاو باشد

عدسی ها:



تصویر تشکیل شده به وسیله یک سطح انکساری به عنوا ن تصویر سطح انکساری دوم می باشد.



انکسار در سطوح کروی:

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

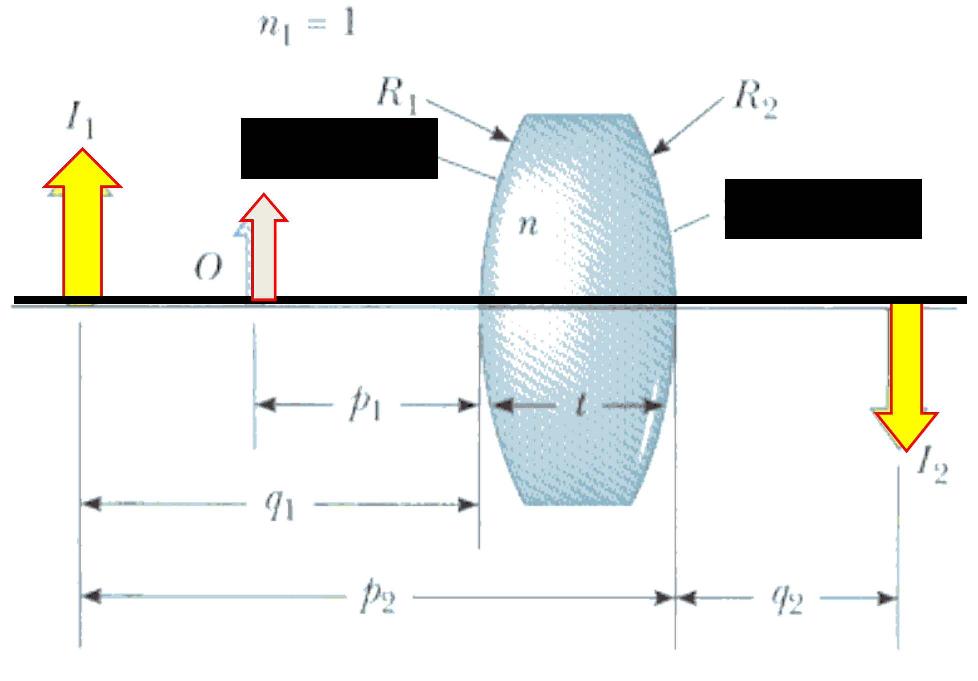
درسطح اول :

$$\frac{1}{p_1} + \frac{n}{q_1} = \frac{n-1}{R_1}$$

درسطح دوم:

$$\frac{n}{p_2} + \frac{1}{q_2} = \frac{1-n}{R_2}$$

$q_1 < 0$: مجازی



$$\frac{1}{p_1} + \frac{n}{q_1} = \frac{n-1}{R_1}$$

$$\frac{n}{p_2} + \frac{1}{q_2} = \frac{1-n}{R_2}$$

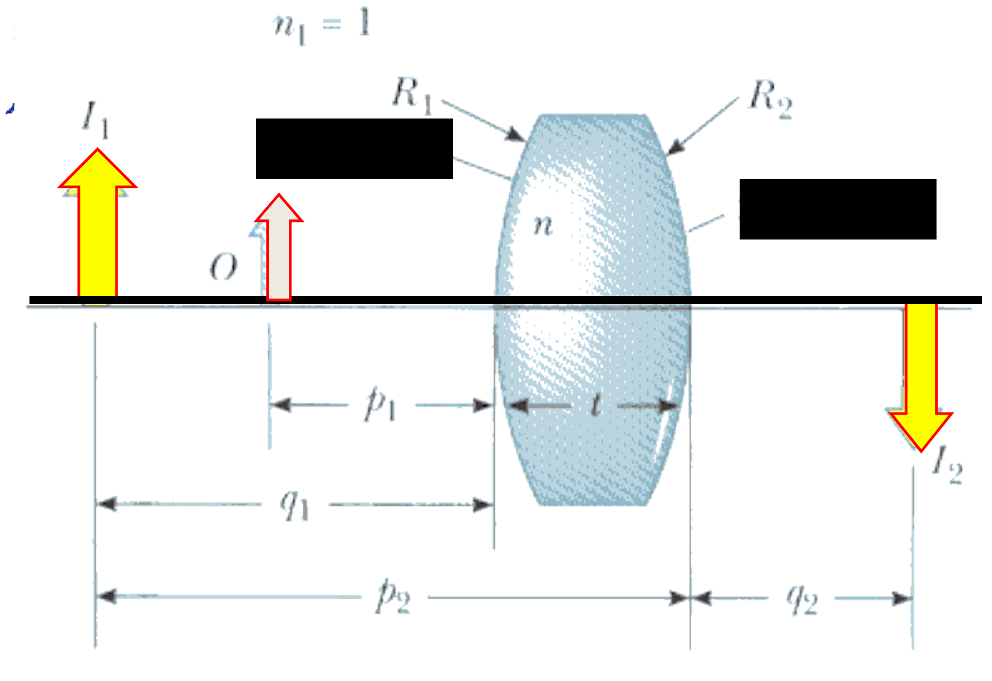
تصویر تشکیل شده به وسیله سطح اول جسم است برای سطح دوم را به طور ریاض اعمال می کنیم:

$$p_2 = -q_1 + t$$

$$-\frac{n}{q_1} + \frac{1}{q_2} = \frac{1-n}{R_2}$$

$$p_2 \approx -q_1$$

به ازای $t << R$



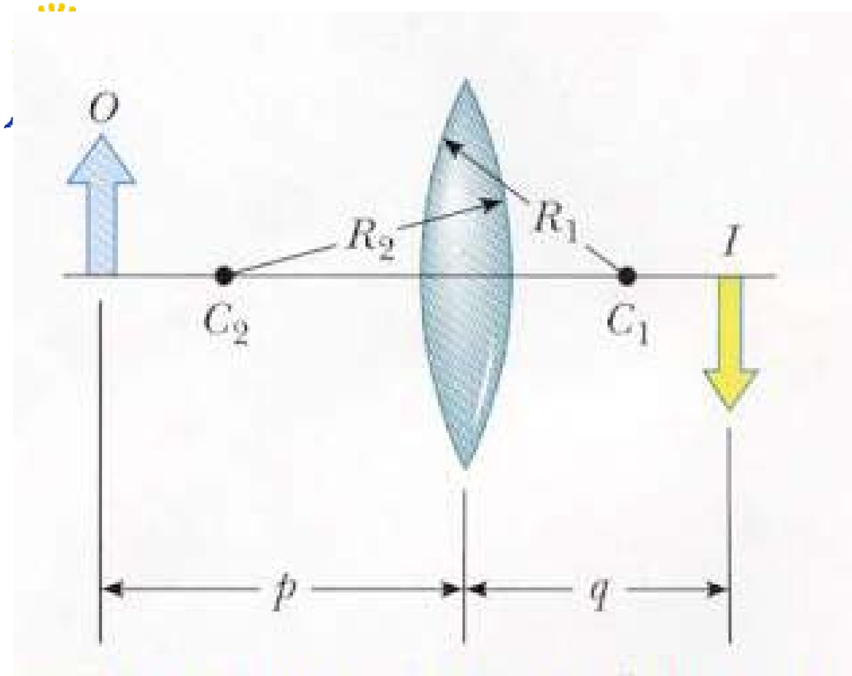
$$\frac{1}{p_1}+\frac{n}{q_1}=\frac{n-1}{R_1}$$

$$-\frac{n}{q_1}+\frac{1}{q_2}=\frac{1-n}{R_2}$$

دورابطه را جمع کنید:

$$\frac{1}{p_1}+\frac{1}{q_2}=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$$

$$\boxed{\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)}$$

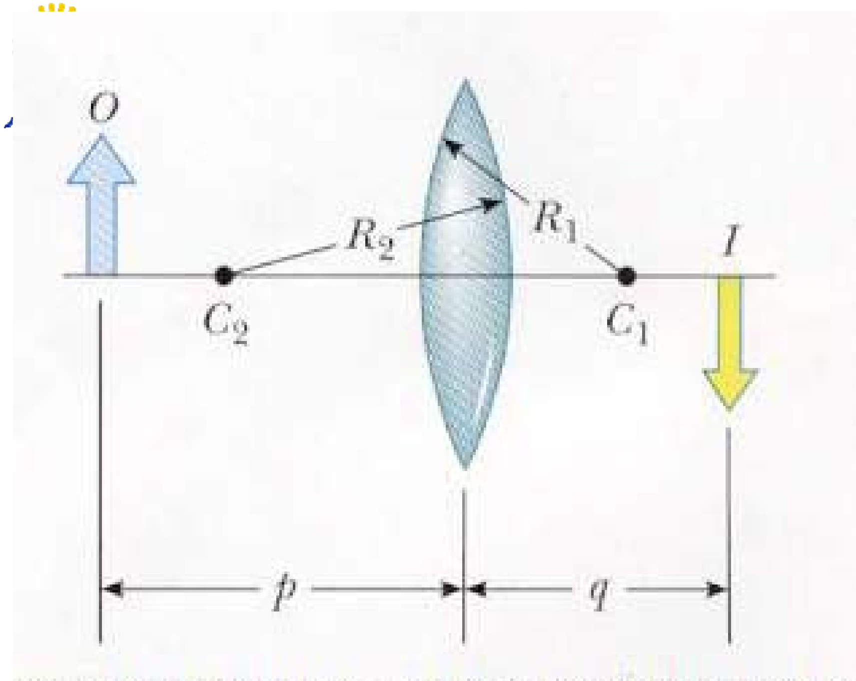


$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$$

$$p\to\infty \;\Rightarrow\; q\to f$$

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

معادله
عدسی سازان



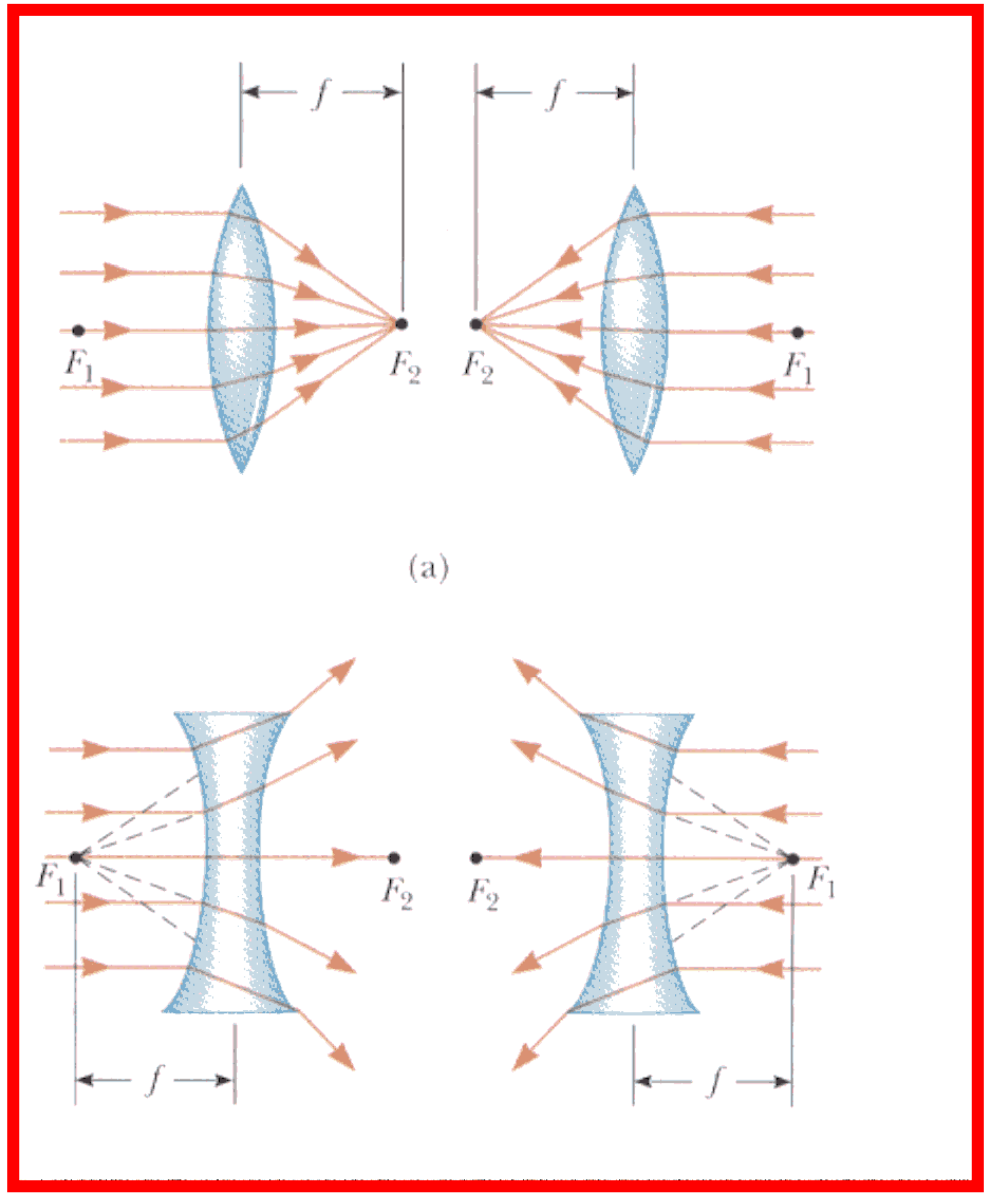
$$\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$$

معادله عد سی سازان

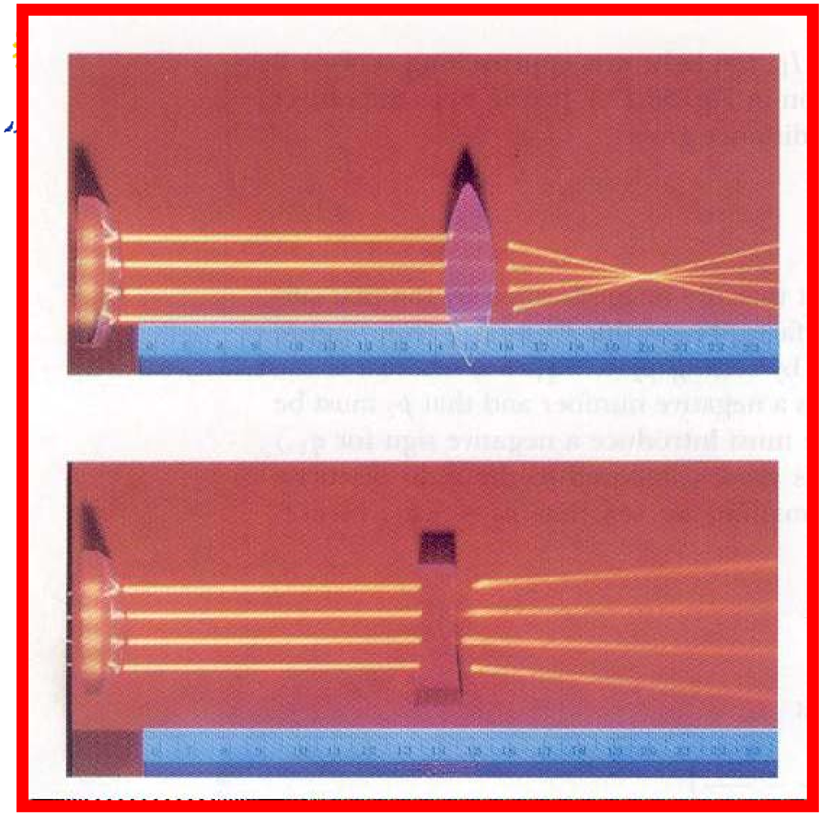
$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$$

معادله عدسی ها نازک

عدسی های همگرا(مثبت)



عدسی های واگرا

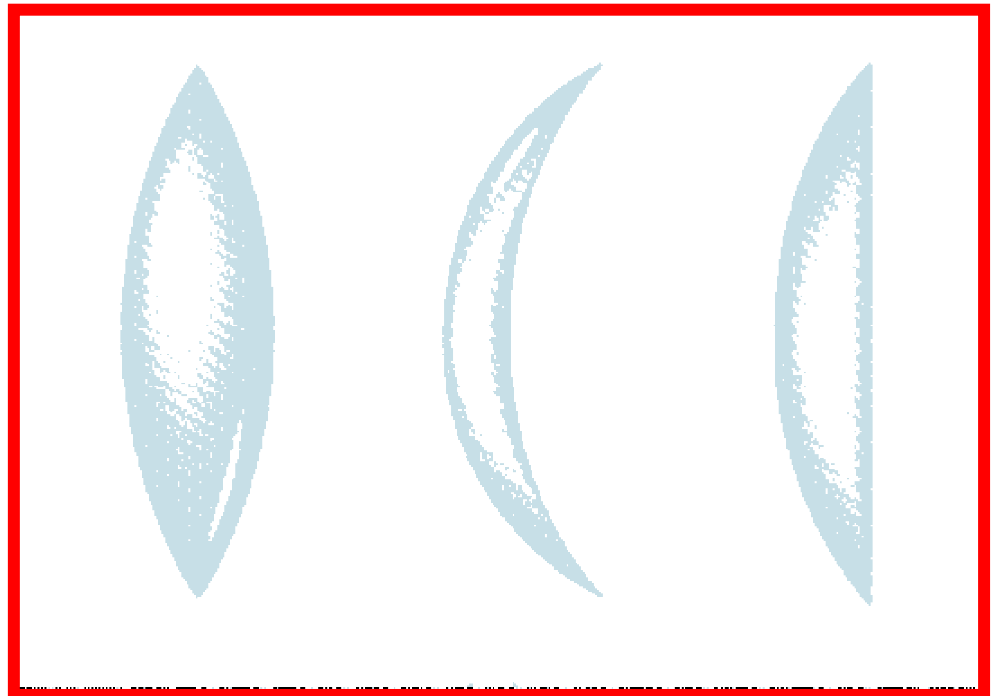


نقطه کانونی شیئی

نقطه کانونی تصویر

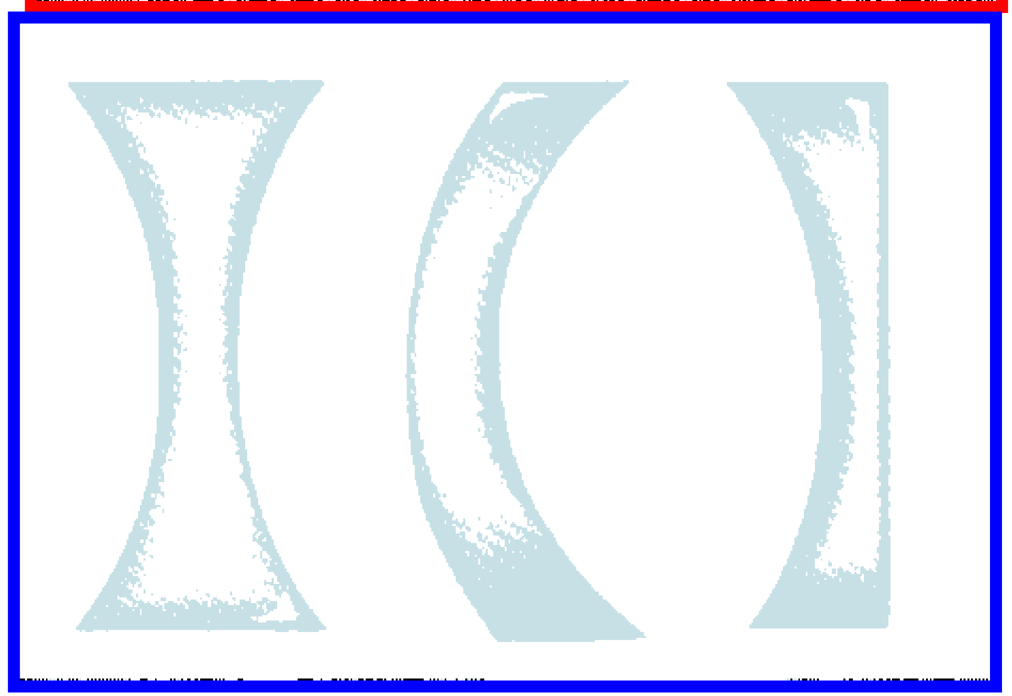
عدسی های همگرا

$f > 0$



عدسی های واگرا

$f < 0$



قرارداد علامت برای عدسی های نازک

$p > 0$ اگر جسم در جلوی عدسی باشد(جسم حقیقی)

$p < 0$ اگر جسم پشت عدسی باشد(جسم مجازی)

$q > 0$ اگر تصویر پشت عدسی باشد(تصویر حقیقی)

$q < 0$ اگر تصویر جلوی عدسی باشد(تصویر مجازی)

R_1و $R_2 > 0$ اگر مرکز انحنا پشت عدسی باشد

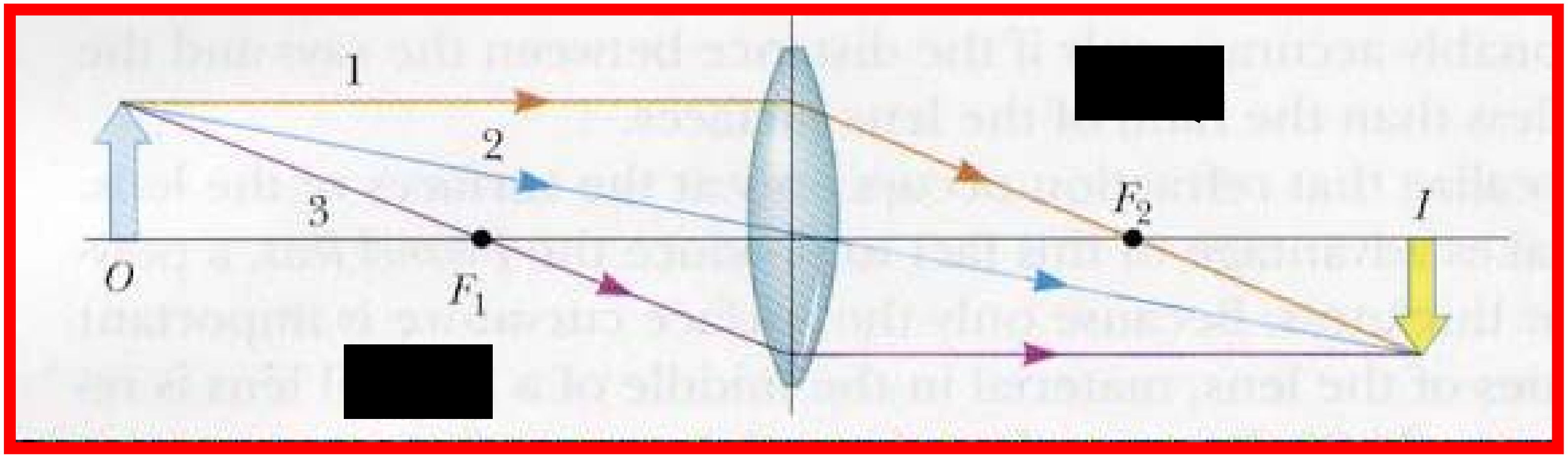
R_1و $R_2 < 0$ اگر مرکز انحنا جلوی عدسی باشد

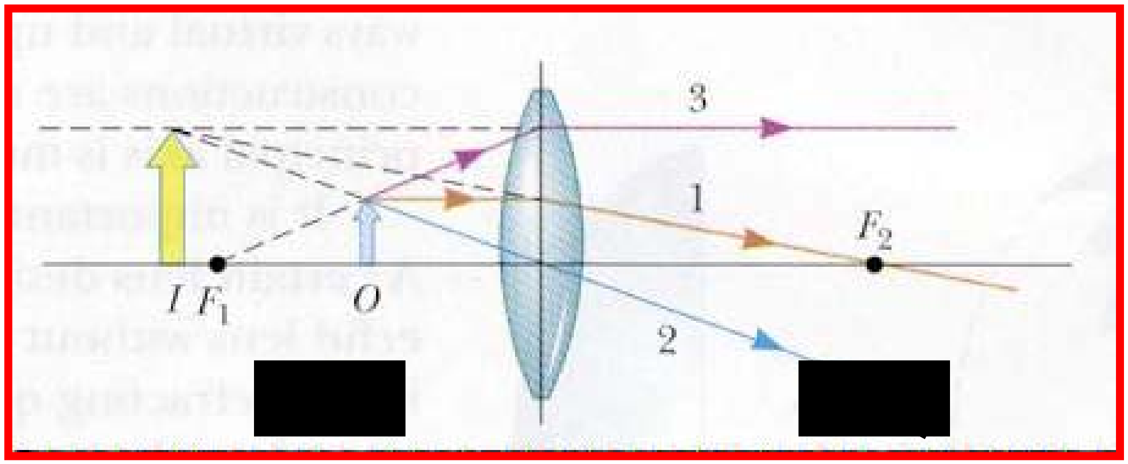
اگر عدسی همگرا باشد: $f > 0$

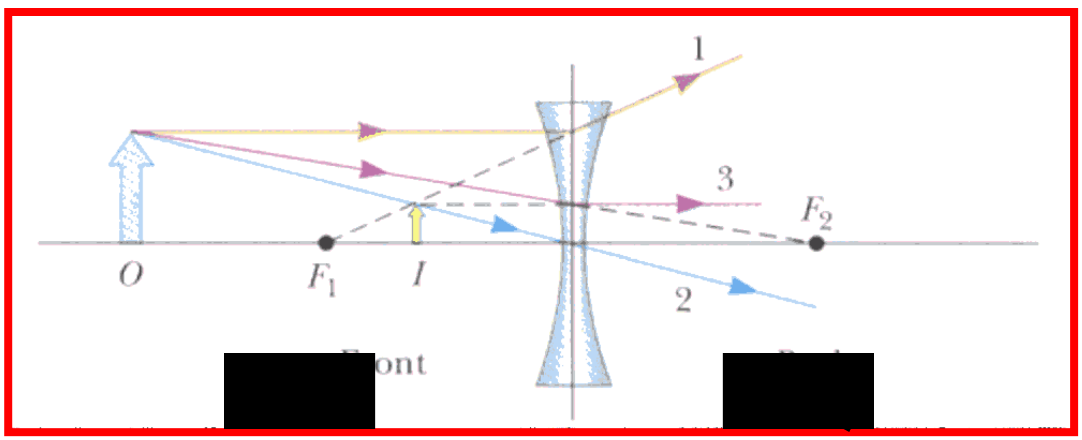
اگر عدسی واگرا باشد: $f < 0$

بزرگنمایی

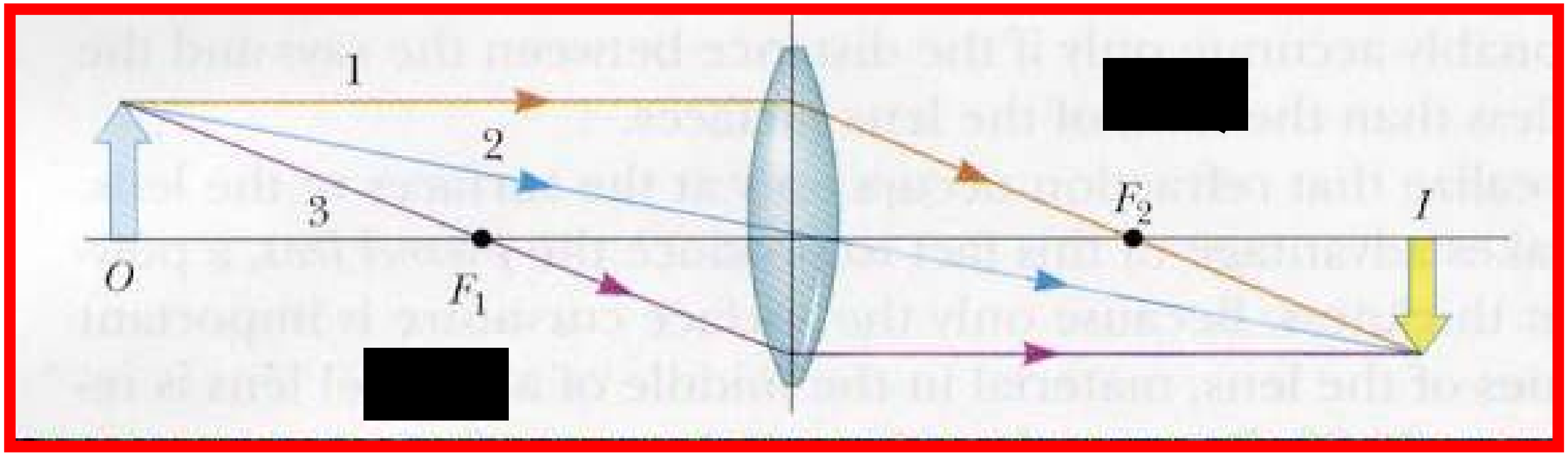
$$M = -\frac{q}{p}$$


1
2
3
O
F_1
F_2
I
[redacted]
[redacted]


3
1
2
F_2
I
F_1
O
[redacted]
[redacted]


1
3
2
F_2
O
F_1
I
[redacted]
[redacted]

مثال : عدسی همگرا $p > f$



$$f = 5 \text{ cm}$$

$$p = 11 \text{ cm}$$

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

$$q = \frac{pf}{p-f} = \frac{55}{6} \text{ cm}$$

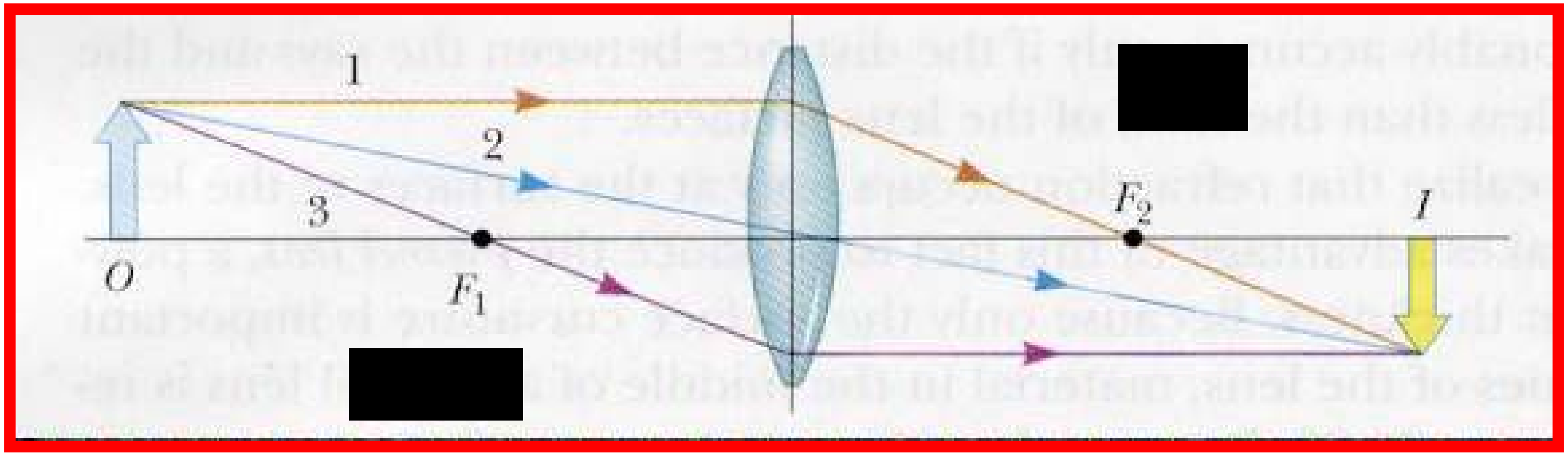
$$M = -\frac{q}{p}$$

$$= -\frac{55/6}{11}$$

$$= -\frac{5}{6}$$

حقیقی
معکوس
کوچکتر

عدسی محدب (مثبت) $p > f$

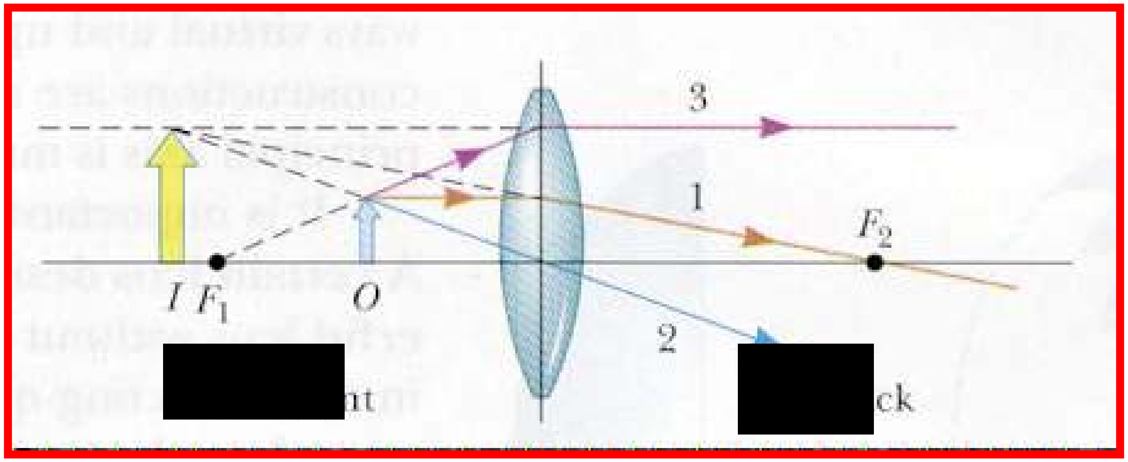


$|M| < 1$ حقیقی

$M < 0$ معکوس

کوچکتر

عدسی محدب (مثبت) $p < f$



$$f = 10 \text{ cm}$$

$$p = 6 \text{ cm}$$

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

$$q = \frac{pf}{p - f} = \frac{60}{-4} = -15 \text{ cm}$$

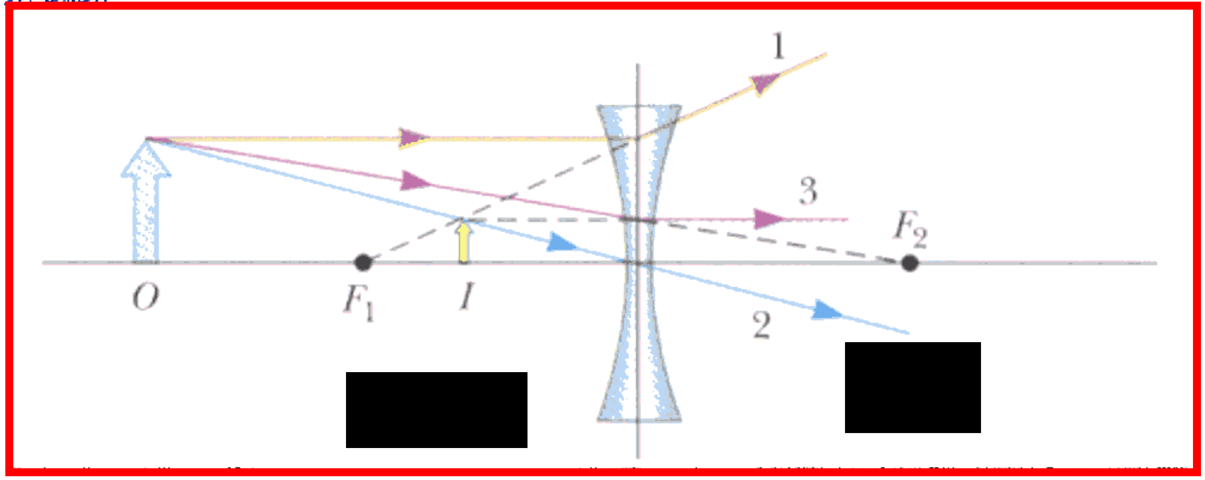
$$M = -\frac{q}{p}$$

$$= -\frac{-15}{6}$$

$$= \frac{5}{2}$$

مجازی
مستقیم
بزرگتر

عدسی واگرا از دوطرف (منفی) p اختیاری



$$f = -5 \text{ cm}$$

$$p = 9 \text{ cm}$$

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

$$q = \frac{pf}{p-f} = \frac{-45}{14} \text{ cm}$$

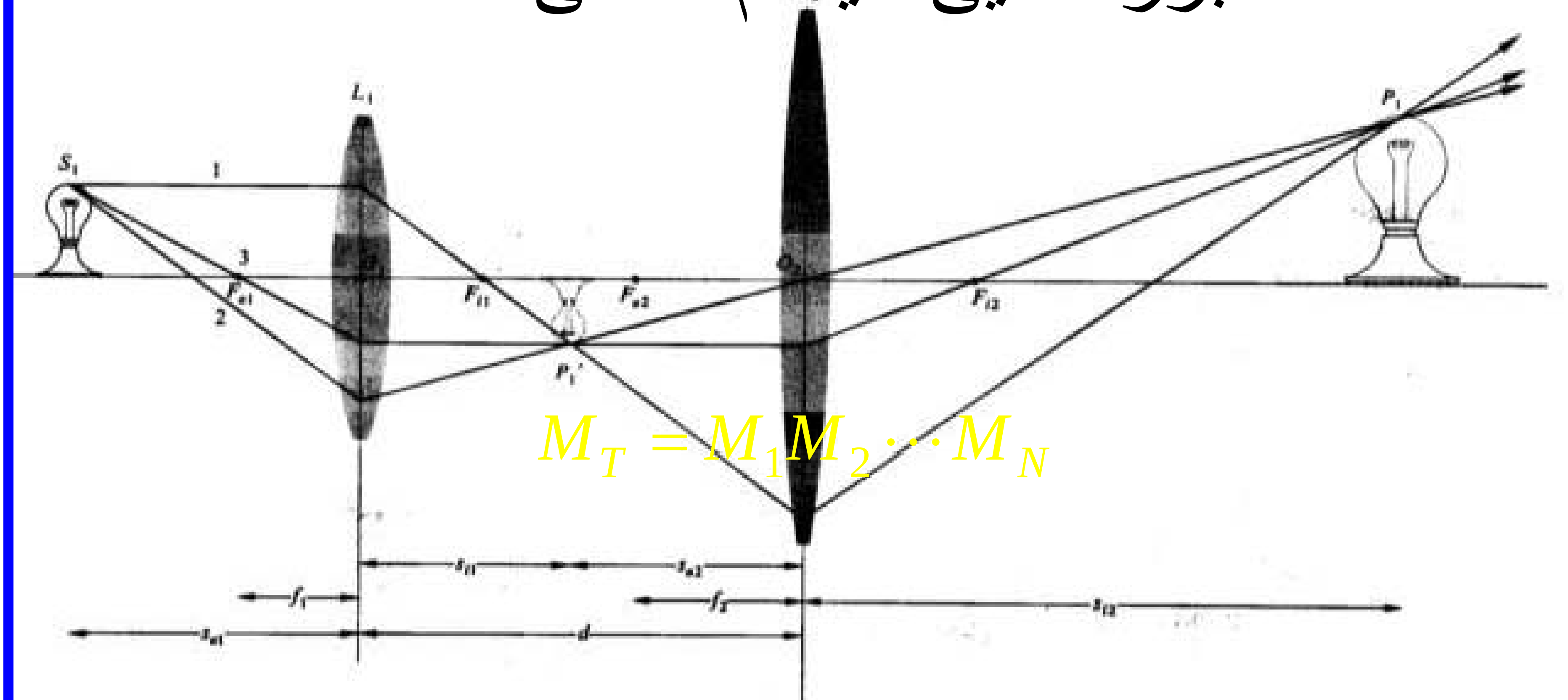
$$M = -\frac{q}{p}$$

$$= -\frac{-45/14}{9}$$

$$= \frac{5}{14}$$

مجازی
مستقیم
کوچکتر

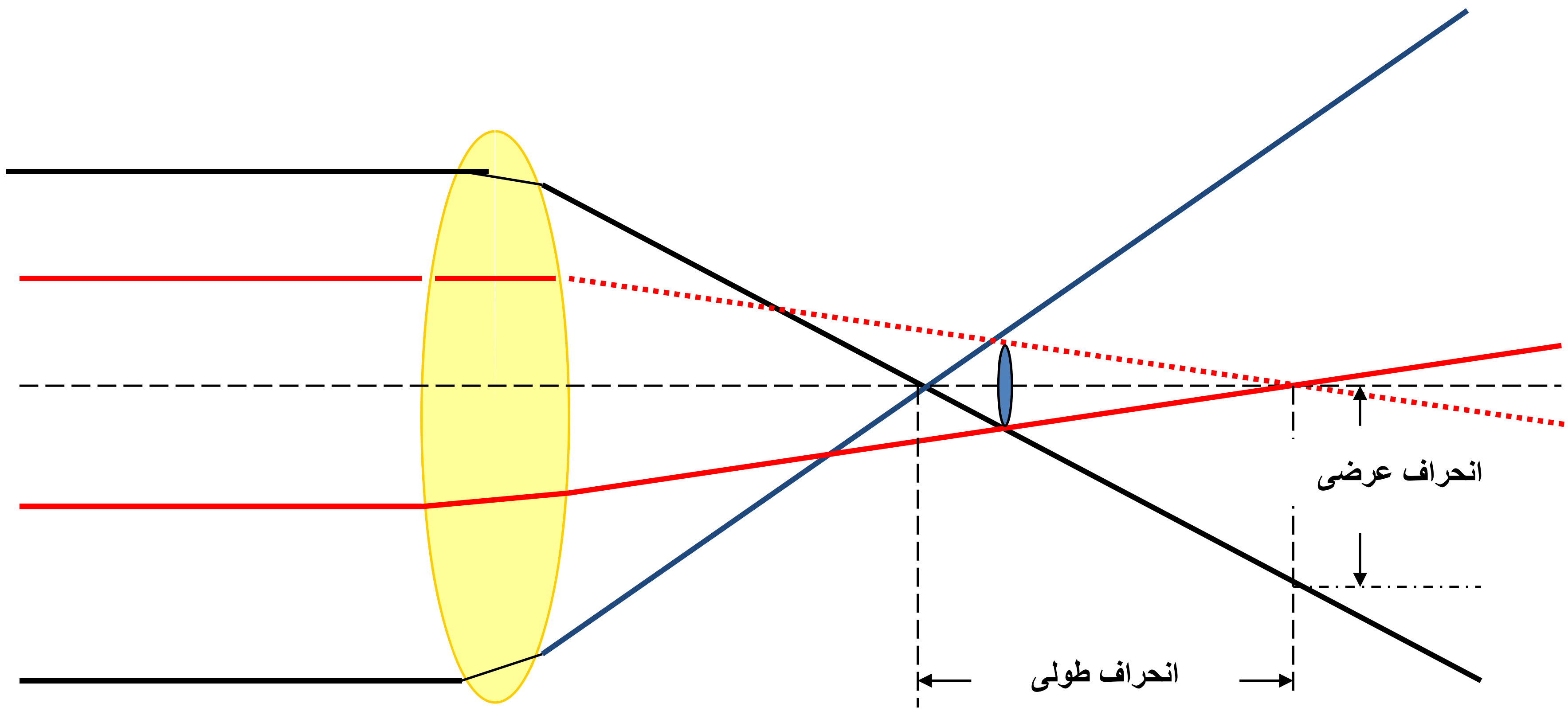
بزرگنمایی سیستم عدسی ها



$$M_T = M_1 M_2 \cdots M_N$$

انحراف کروی:

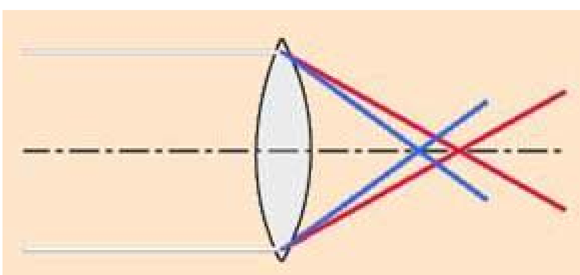
درمورد عدسی ها پرتوهای موازی با محور نوری درفواصل مختلف از محور نوری در یک نقطه همگرا نمی شوند. این نوع انحراف را انحراف کروی می گویند که از وضوح تصویر می کاهد .با خم کردن عدسی به بهترین نحو می توان این نوع انحراف را کاهش داد.

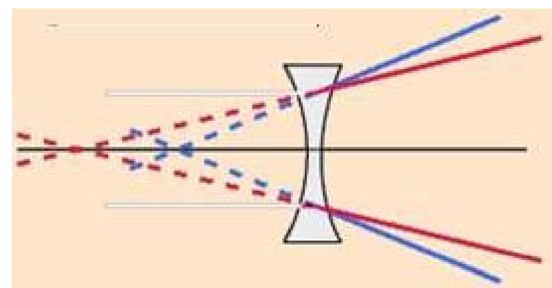


انحراف رنگی

عدسی ها به علت وابسته بودن فاصله کانونی عدسی به ضریب شکست نور همه نورها را در یک نقطه جمع نمی کنند .ضریب شکست برای نور آبی (طول موج کوتاهتر)بیش تراز نور قرمز است. میزان انحراف رنگی به پاشندگی شیشه بستگی دارد .

برای کاستن از انحراف رنگی از عدسیهای مرکب ازمواد باضریب شکست مختلف استفاده می شود.





سیستم ها وابزار نوری

دوربین عکاسی

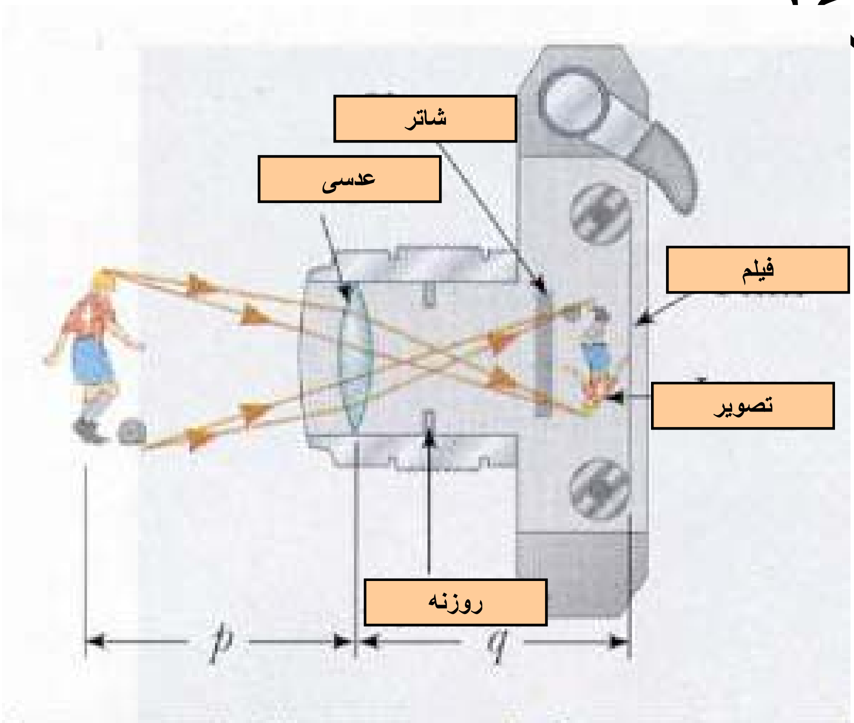
چشم

ذره بین

میکروسکوپ

تلسکوپ

دوربین عکا



$$f \text{ عدد} \equiv \frac{f}{D}$$

$$I \propto \frac{1}{(f \text{ عدد})^2}$$

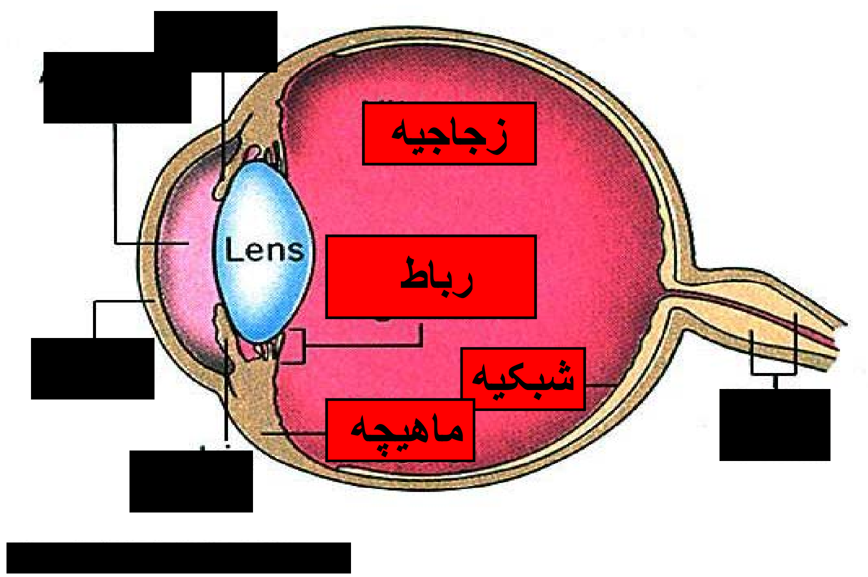
F: فاصله کانونی عدس

D: قطر عدسی

سرعت عدسی: f/2.8, f/4, f/5.6, f/8, f/11 و f/16

چشم انسان

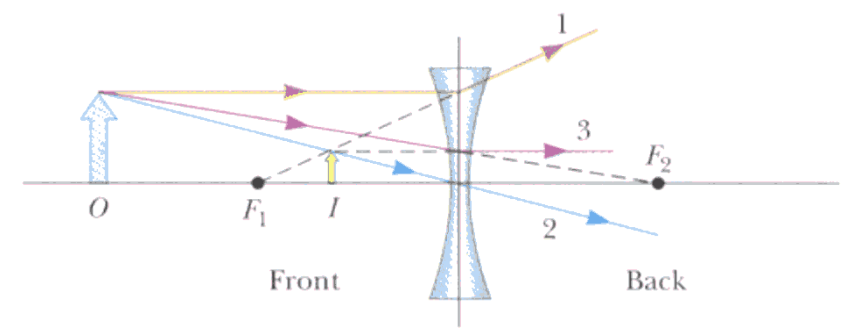
ماهیچه مژگانی تطابق چشم

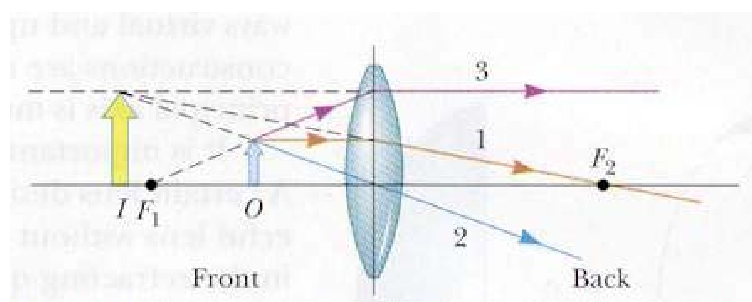


نقطه نزدیک :
نزدیک ترین فاصله ای که چشم می تواند روی آن تطابق کند.(25 cm)

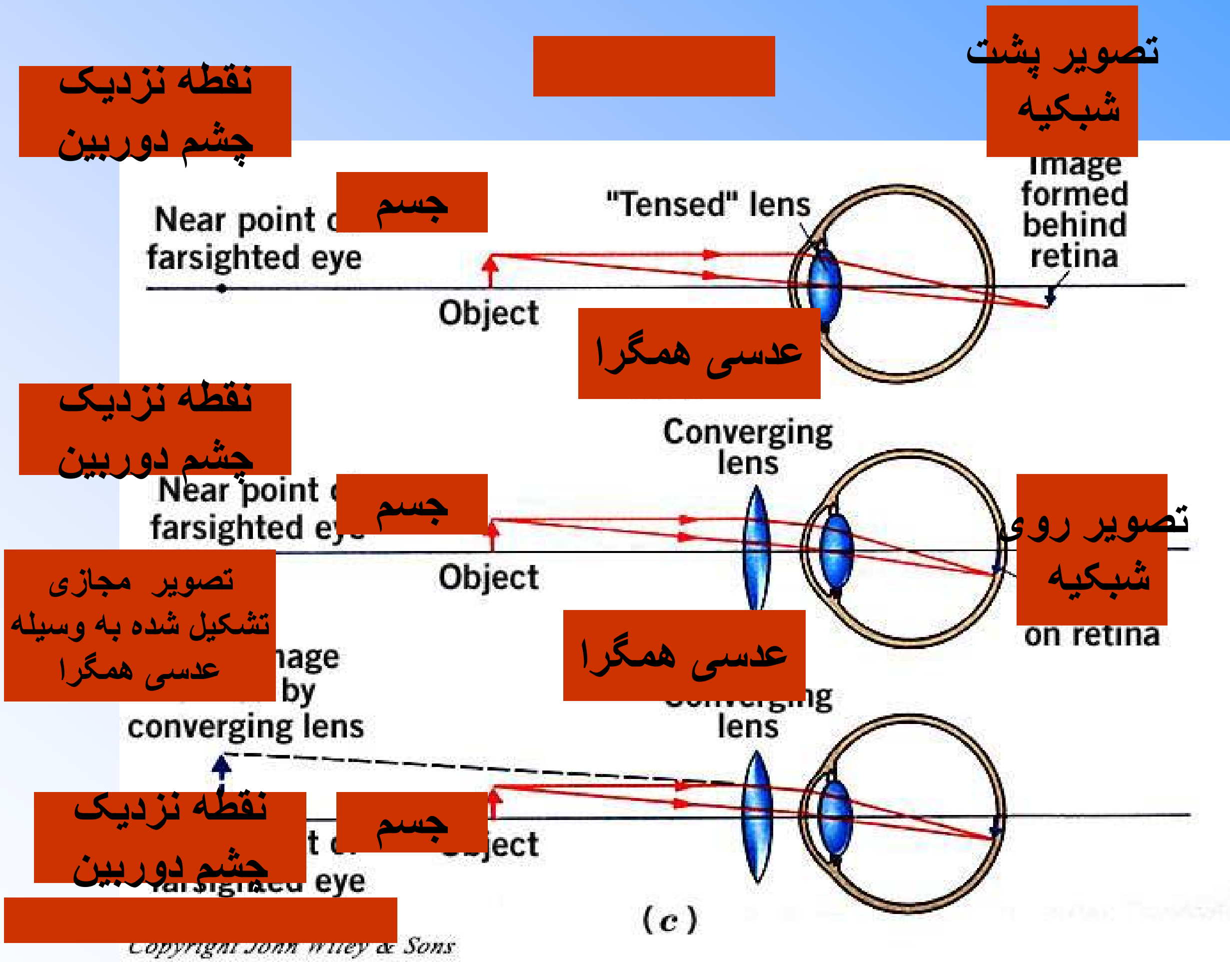
نقطه دور (تقریبا بینهایت فیزیکی)

دوربینی و نزدیک بینی



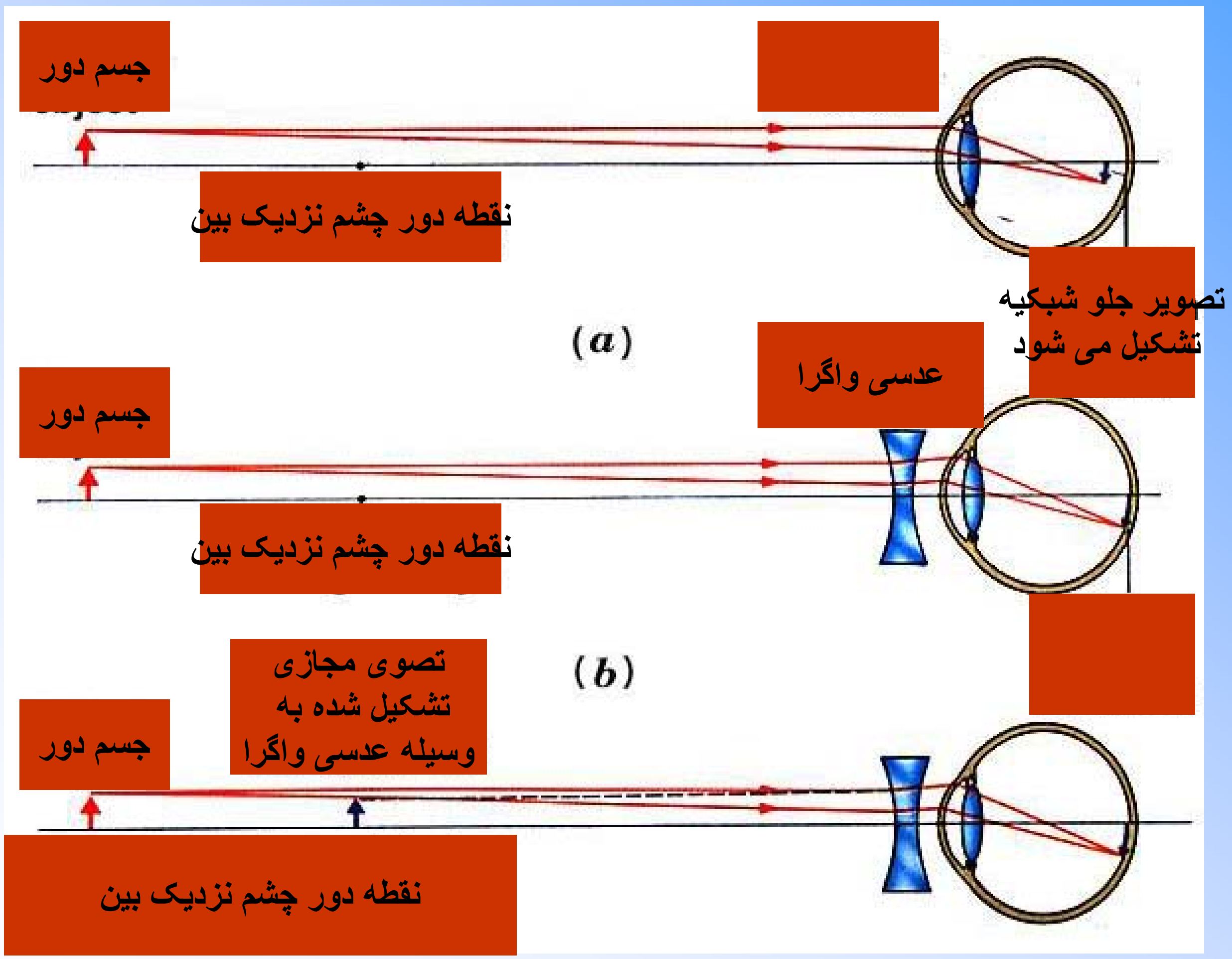


دوربینی



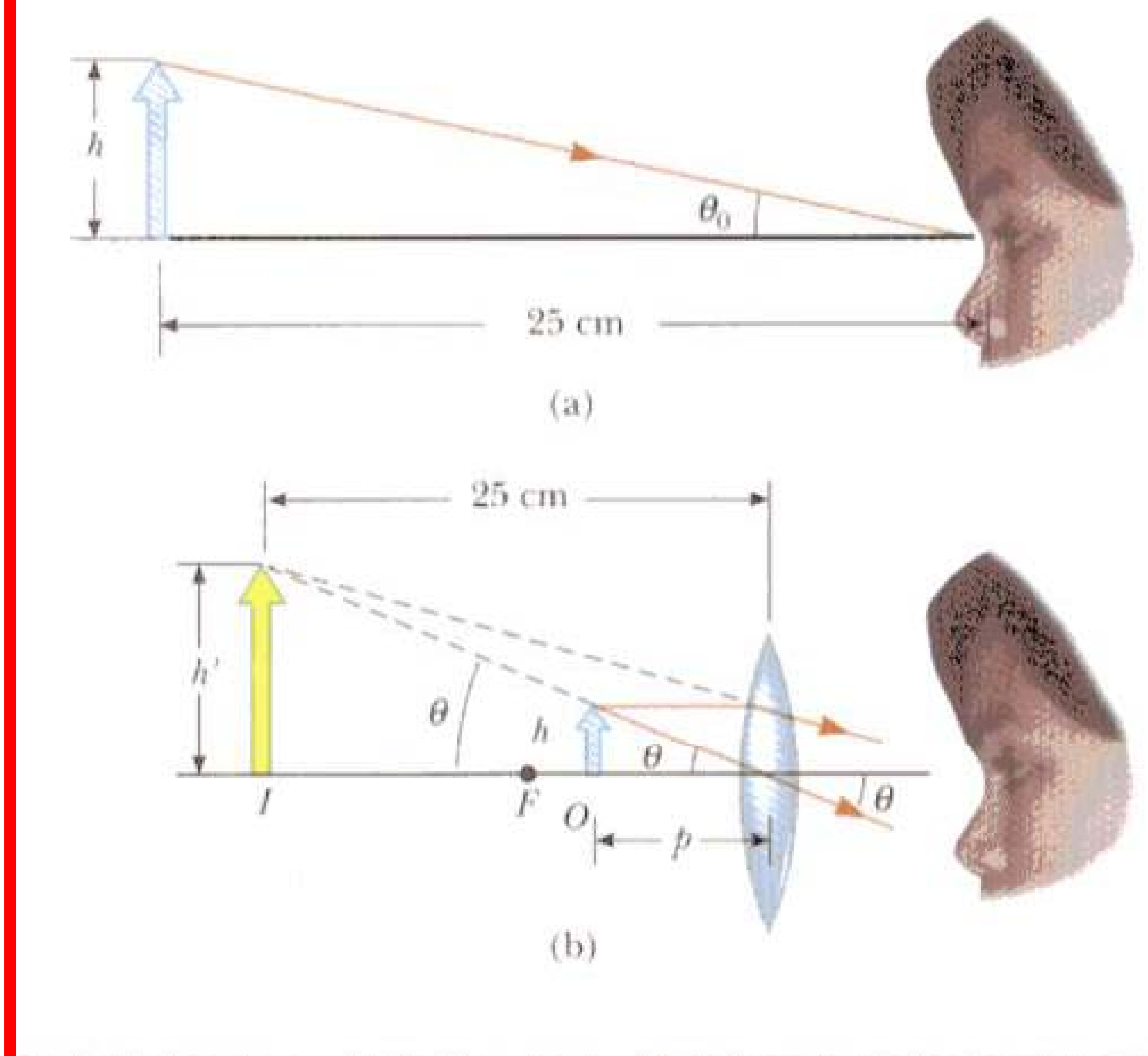
نقطه نزدیک چشم دوربین
تصویر پشت شبکیه
جسم
Near point of farsighted eye
"Tensed" lens
Image formed behind retina
Object
عدسی همگرا
نقطه نزدیک چشم دوربین
Converging lens
جسم
تصویر روی شبکیه
Object
تصویر مجازی تشکیل شده به وسیله عدسی همگرا
عدسی همگرا
on retina
converging lens
lens
نقطه نزدیک چشم دوربین
جسم
(c)

نزدیک بینی



جسم دور
نقطه دور چشم نزدیک بین
تصویر جلو شبکیه تشکیل می شود
(a)
عدسی واگرا
جسم دور
نقطه دور چشم نزدیک بین
تصوی مجازی تشکیل شده به وسیله عدسی واگرا
(b)
جسم دور
نقطه دور چشم نزدیک بین

ذره بین ساده

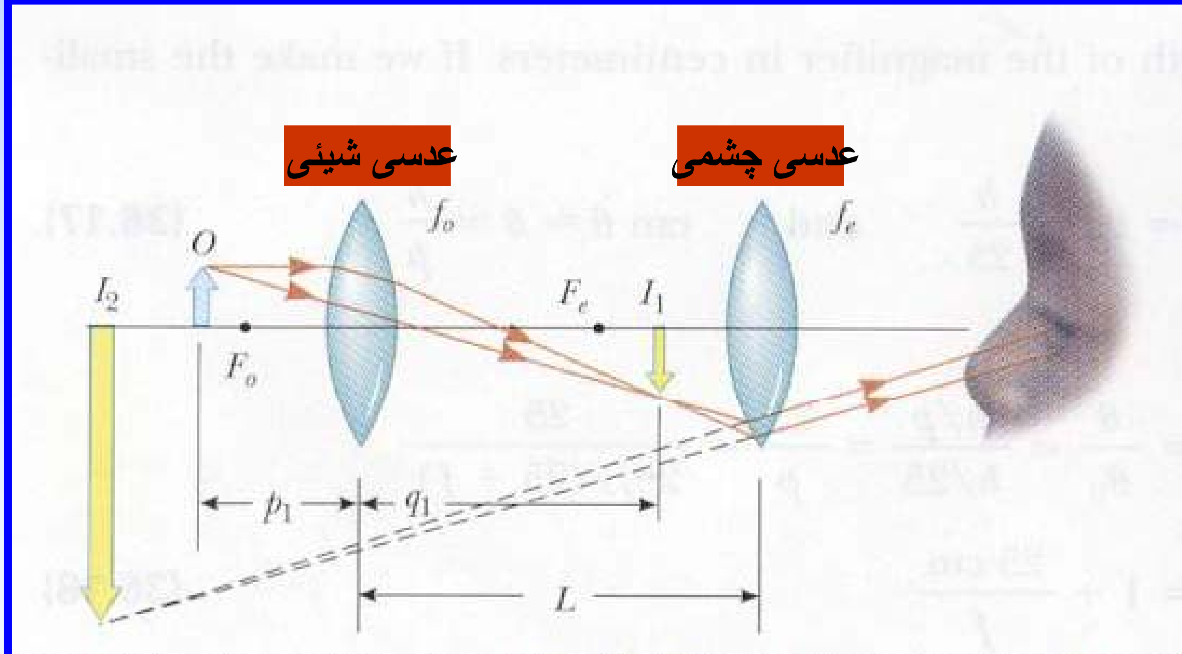


$$\theta_0 \approx \frac{h}{25}$$

$$\theta \approx \frac{h'}{25} = \frac{h}{p}$$

بزرگنمایی زاویه ای :

$$m = \frac{\theta}{\theta_0}$$



$$f_o < 1\ \text{cm} \qquad p_1 \approx f_o$$

$$f_e \qquad q_1 \approx L$$

$$m_e = \frac{25}{f_e}$$

$$L >> f_o, f_e$$

$$M_1 = -\frac{q_1}{p_1} \approx -\frac{L}{f_o}$$

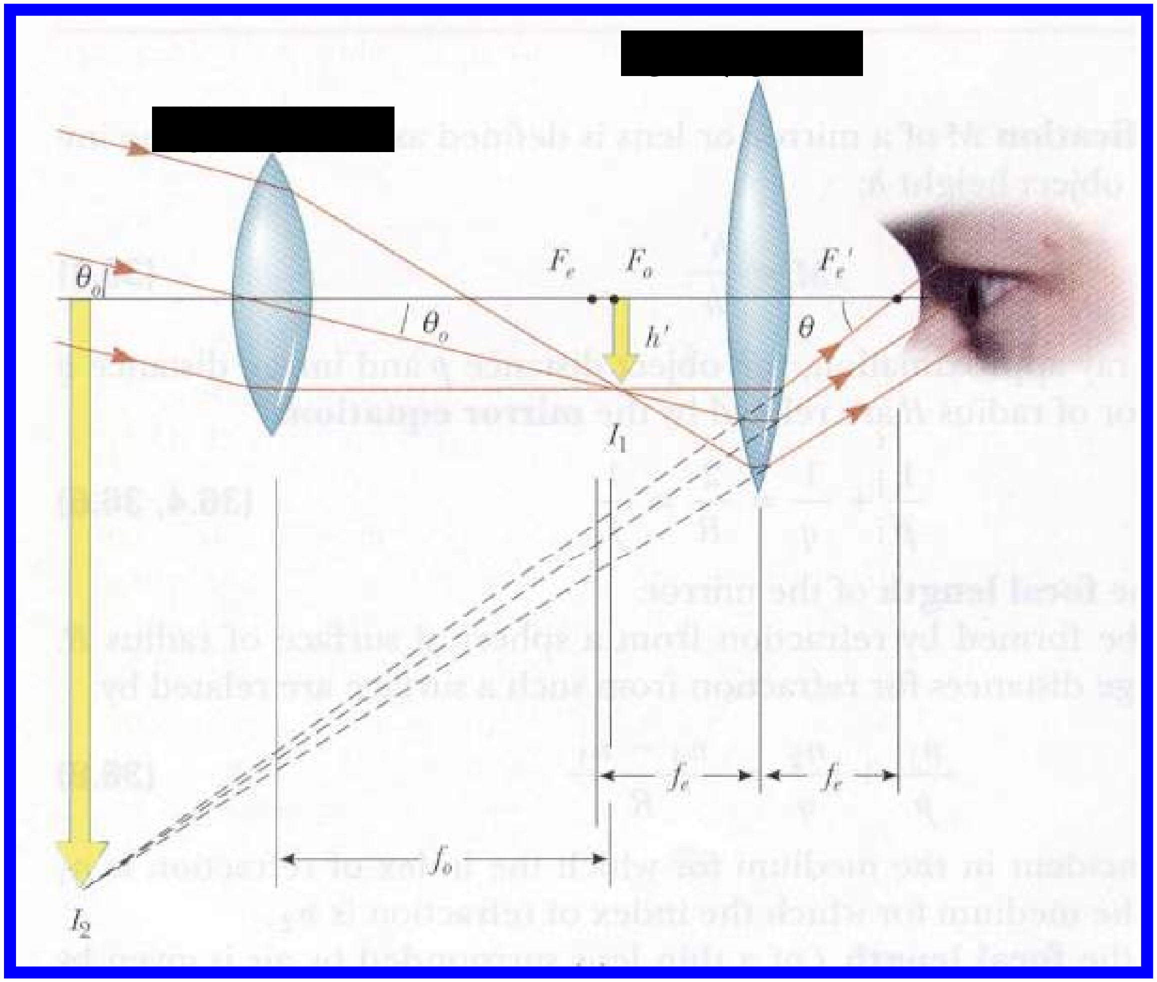
$$M = M_1 m_e = -\frac{L}{f_o}\frac{25}{f_e}$$

تلسکوپ

ترکیب عدسی ها : تلسکوپ انکساری

تلسکوپ انعکاسی : آینه خمیده و عدسی ها

تلسکوپ انکساری



$$L \approx f_o + f_e$$

$$m = \frac{\theta}{\theta_o}$$

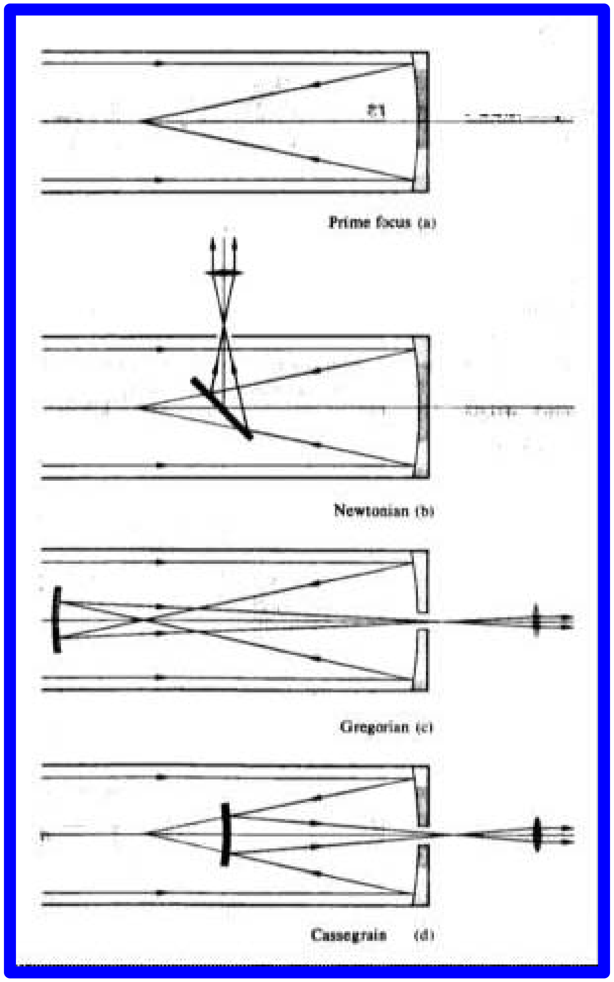
$$\tan\theta_o \approx \theta_o \approx -\frac{h'}{f_o}$$

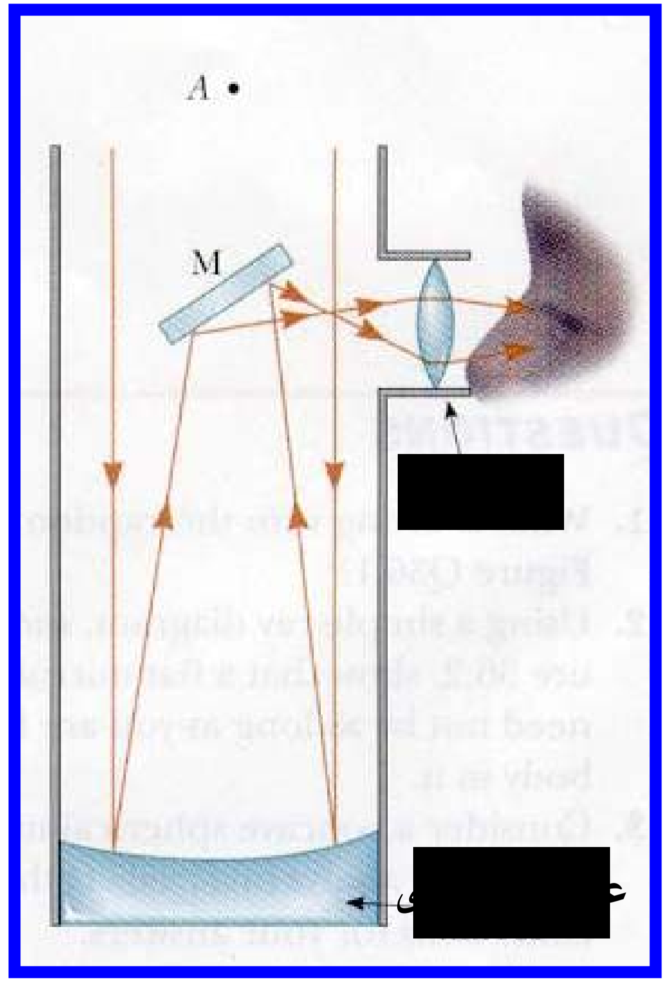
$$\tan\theta \approx \theta \approx \frac{h'}{f_e}$$

$$m = \frac{h'/f_e}{-h'/f_o} = -\frac{f_o}{f_e}$$

$$L = f_o - |f_e|$$

تلسکوپ انعکاسی





چرا تلسکوپ انعکاسی ؟

تابتواند بیشترین نور را جمع آوری کند!!

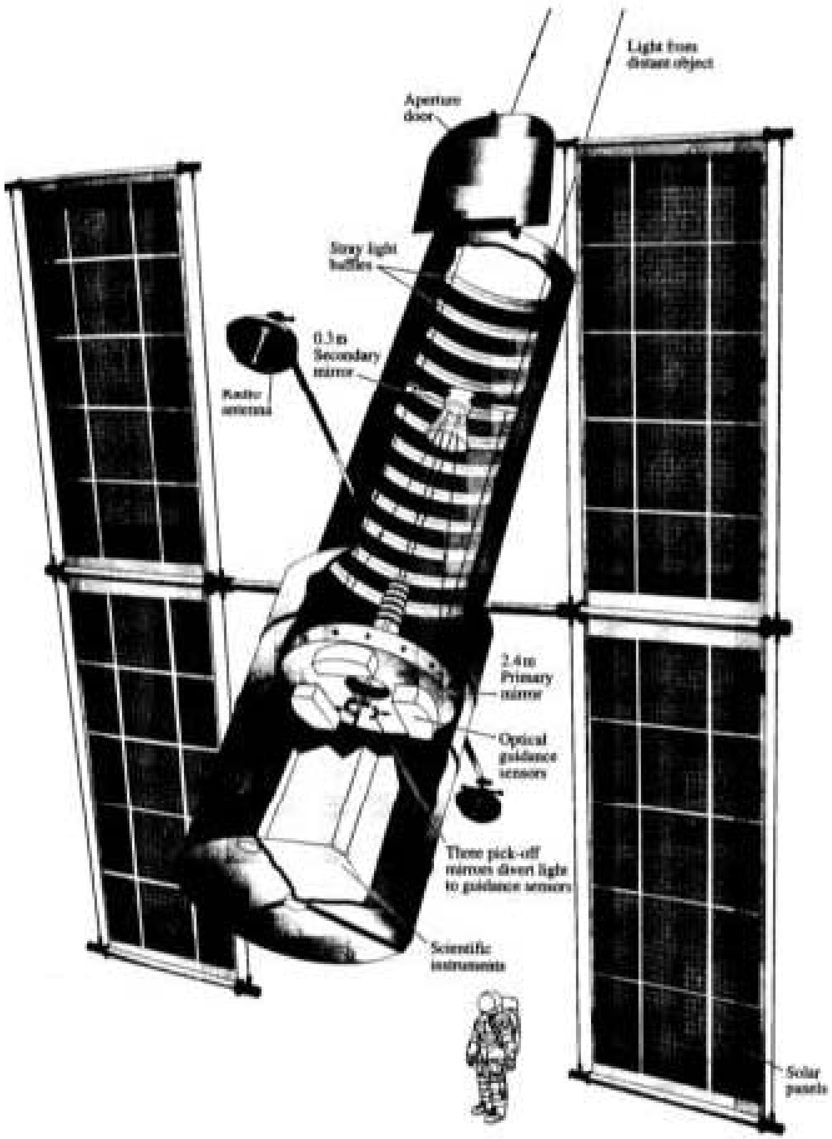
ارزانتر بودن تلسکوپ انعکاسی نسبت به انکساری

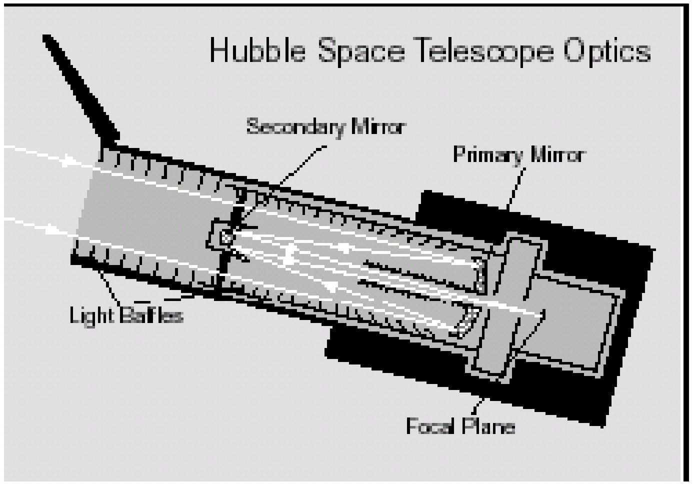
بدون انحراف نور و خم شدگی

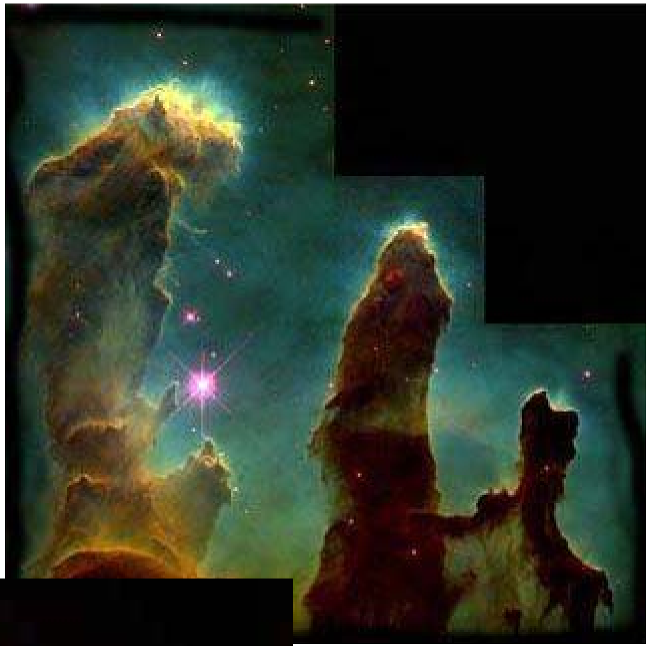
امکان استفاد ه از آینه های بزرگ

نور از شیشه عبور نکرده لذا فاقد انحرافات رنگی نور است

تلسکوپ فضایی هابل





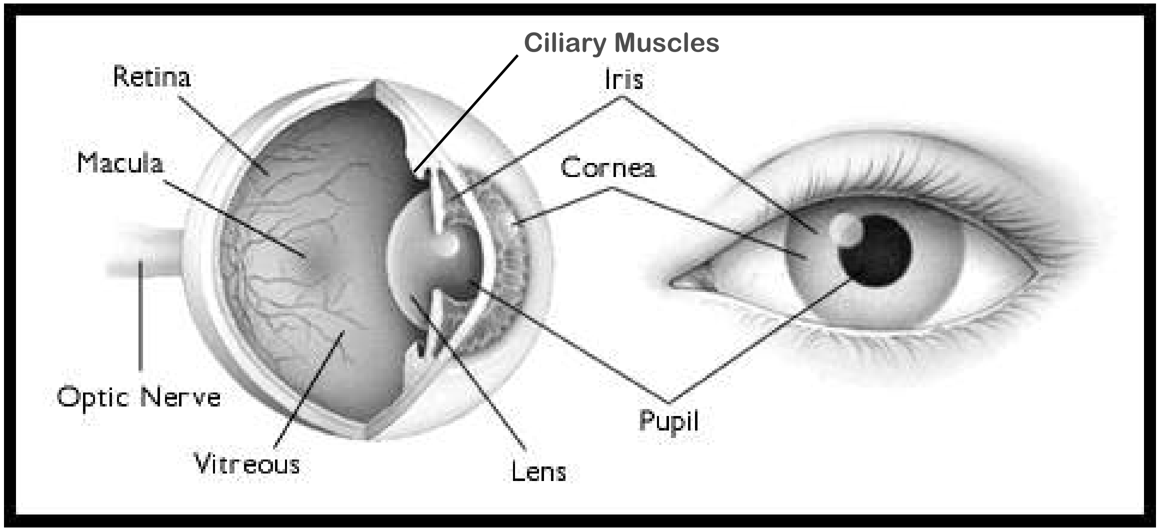


هدفهای کلی درس:

- درک بنیادی نور فیزیکی و نورهندسی
- بررسی جنبه های مختلف نورهندسی ، اصل هویگنس ، اصل فرما، بازتاب و شکست نور
- درک ویژگی های حرکت موجی ، به ویژه امواج سینوسی و حرکت هماهنگ ساده و بیان ریاضی امواج و امواج الکترومغناطیسی
- فهم اصل رویهمریزی خطی امواج ، تداخل سازنده و ویرانگر
- درک ویژگی موجی نور، تداخل نور ، آزمایش دوشکافی یانگ ، لایه های نازک ، حلقه های نیوتن
- در ک همدوسی ، آنالیز فوریه
- قطبش نور و قطبش به روشهای مختلف : بازتاب و پراکندگی
- درک خاصیت پراش نور : پراش فرانهوفر و فرنل و تفاوت آنها
- حل مسائل مربوط به نور هندسی و فیزیکی

اپتیک

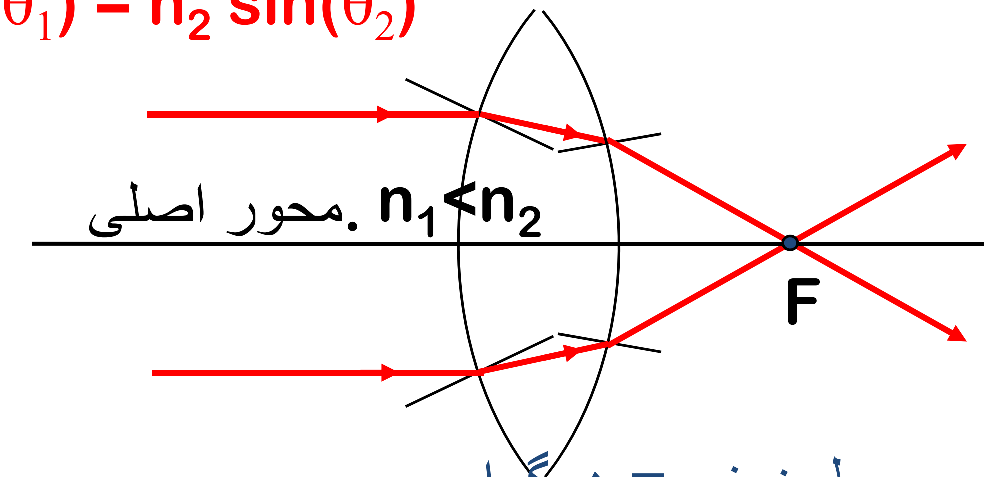
عدسی ها وچشم



کمی توجه کیند:

نقطه کانونی از هندسه و قانون اسنل بدست می آید:

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



وسط ضخیم = همگرا

وسط نازک = واگرا

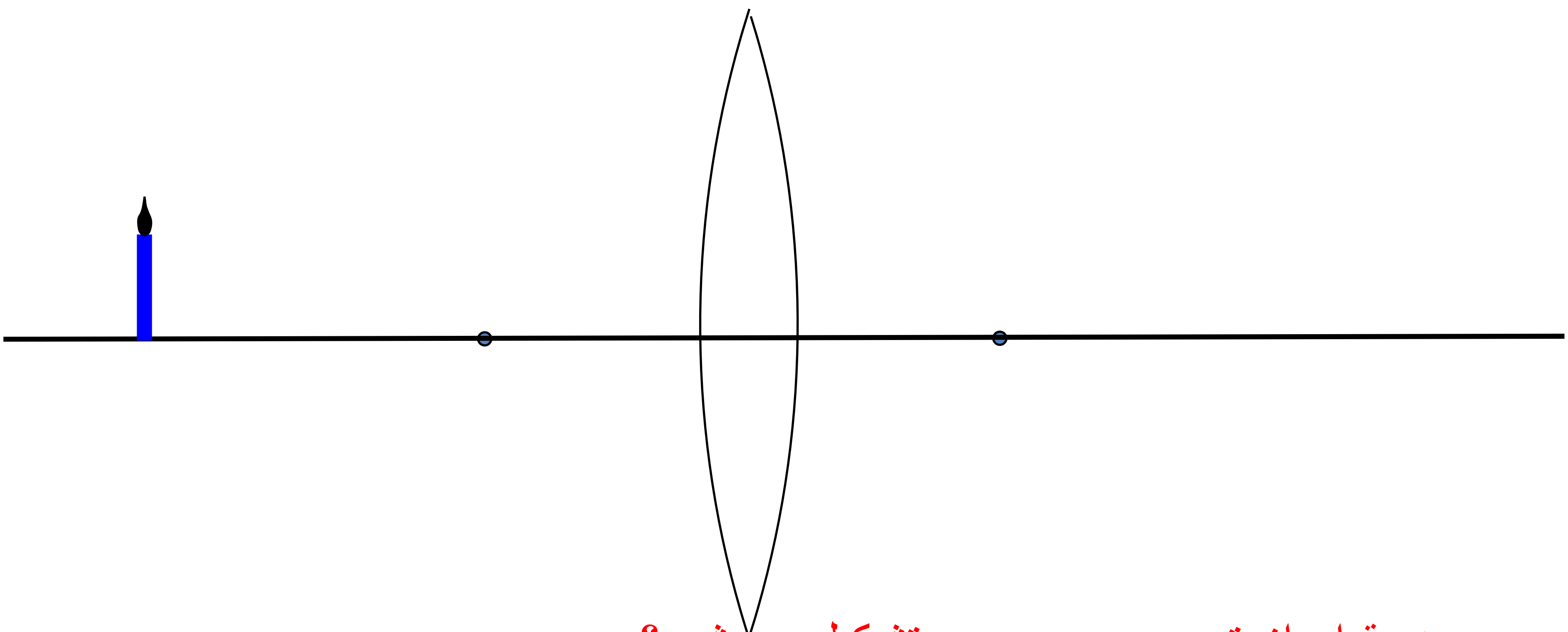
n_2/n_1 بزرگ تر = انحراف بیشتر, فاصله کانونی کوتاه تر.

$n_1 = n_2$ ⇨ بینهایت = f , بدون انحراف

عدسی ها در آب فاصله کانونی بزرگ تری دارند!

فکر کنید!

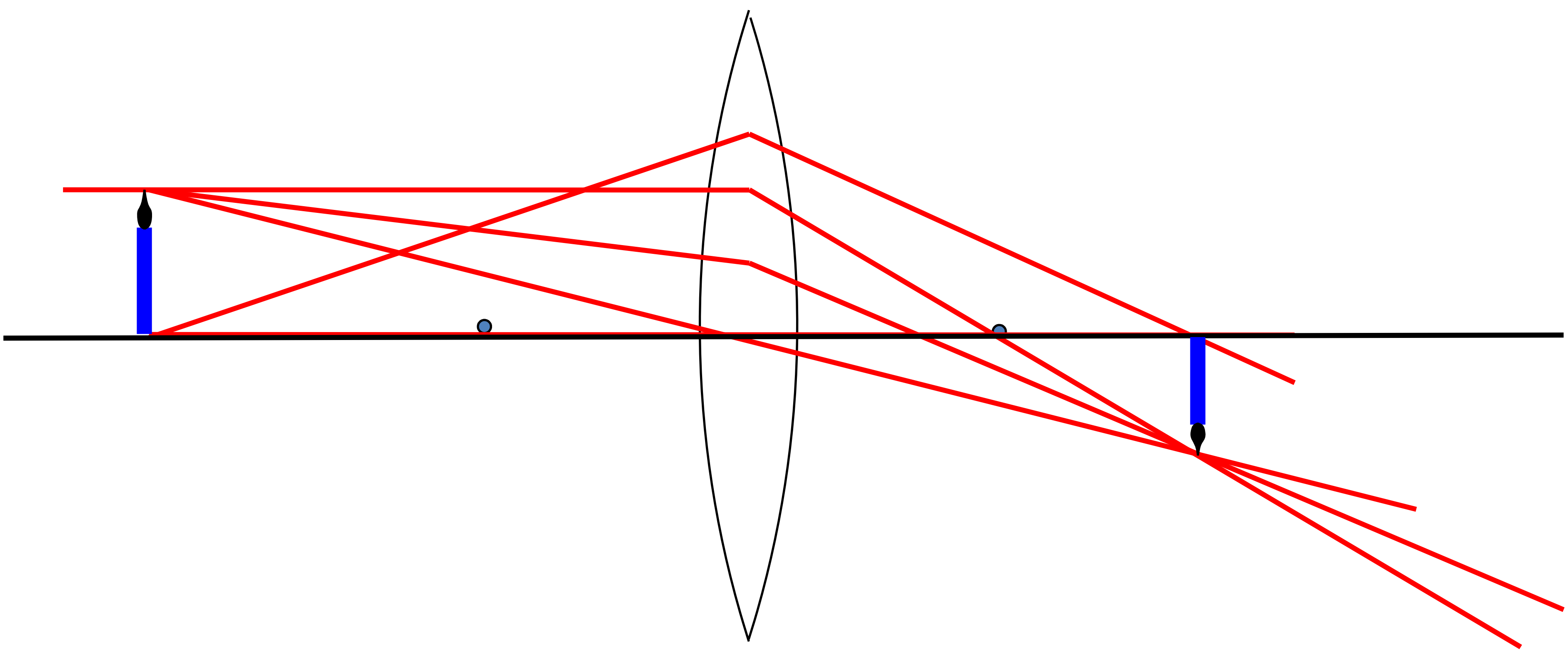
یک عدسی همگرا برای تشکیل تصویر حقیقی از جسم روی پرده بکار می رود .به وسیله یک تکه چسب سیاه نیمی از عدسی را می پوشانیم .



چه مقدار از تصویر روی پرده تشکیل می شود؟

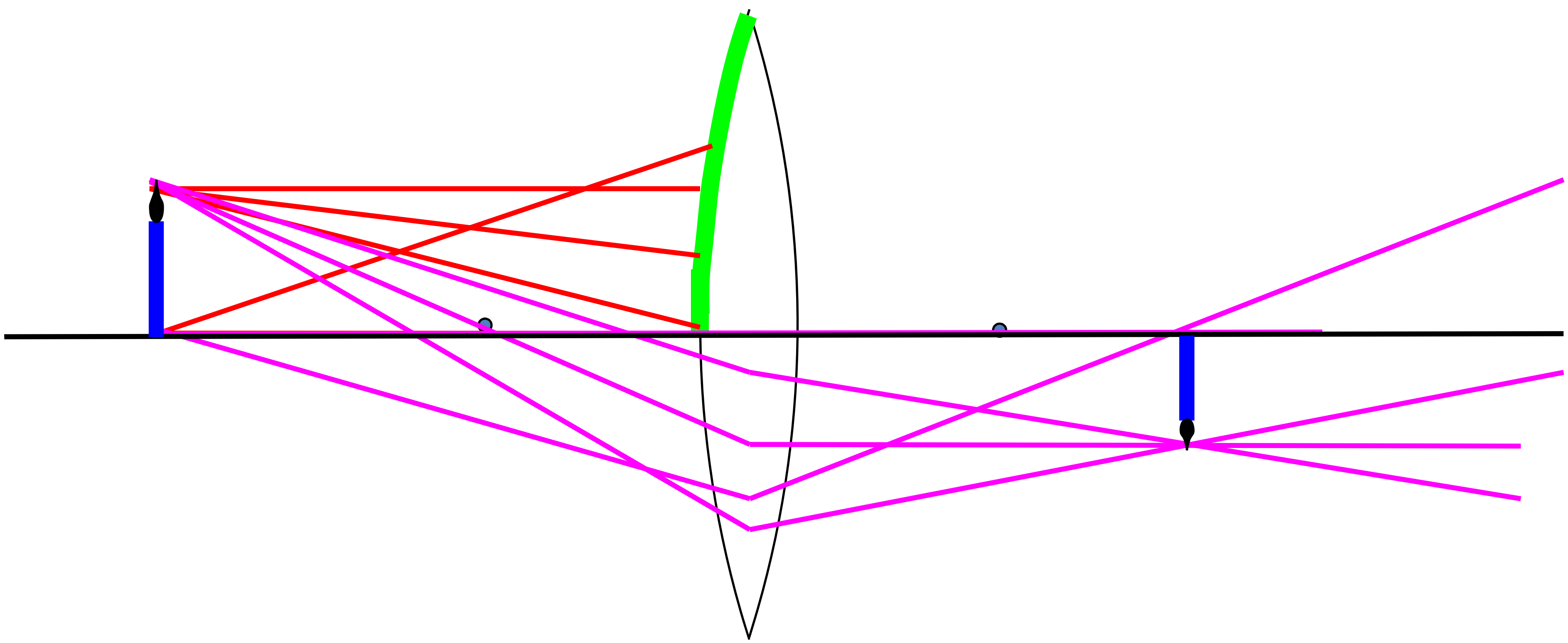
کمی فکر کنید!

یک عدسی همگرا برای تشکیل تصویر حقیقی از جسم روی پرده بکار می رود .به وسیله یک تکه چسب سیاه نیمی از عدسی را می پوشانیم .



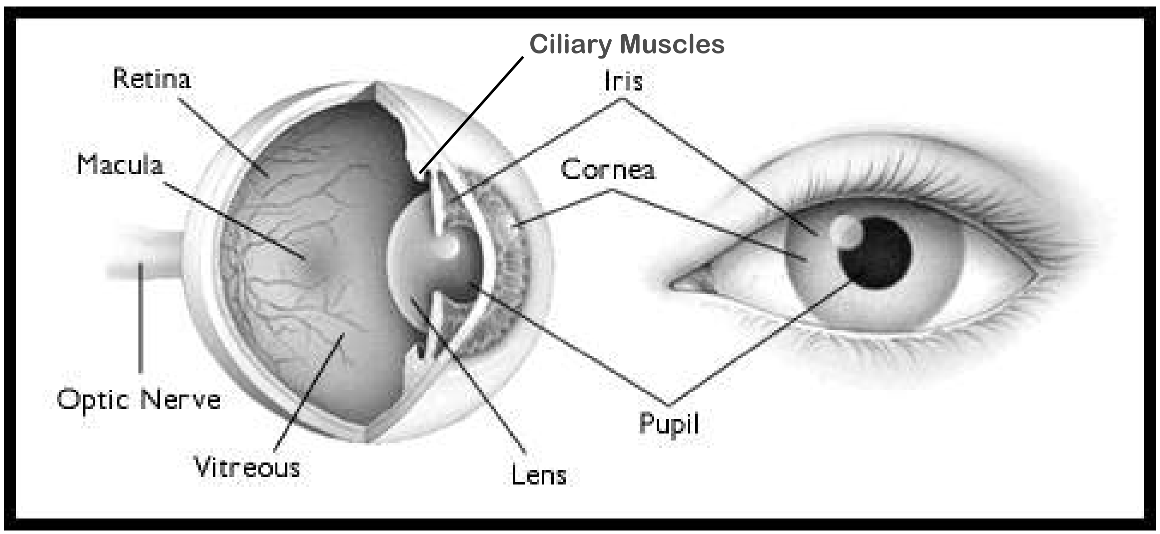
ادامه...

تمام تصویر را می بینیم ولی تارتر!



چشم سحر آمیز:

- یکی از اولین عضایی که رشد می کند .
- با 100 میلیون گیرنده — 4 million
  - 200,000 /mm² — 2,500 /mm²
  - حساس حتی به یک فوتون!
- قادر به دیدن نور یک شمع در 12 مایلی



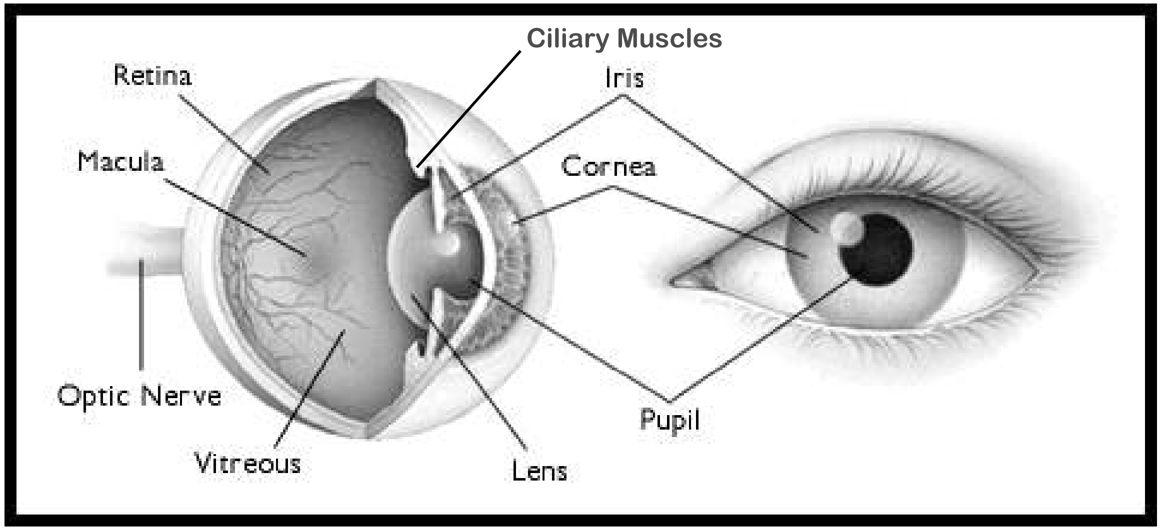
چشم و دیدن

ضریب شکست

قرنیه n= 1.38

عدسی n = 1.4

زجاجیه n = 1.33



کدام قسمت از چشم بیشتر نور را خم می کند؟

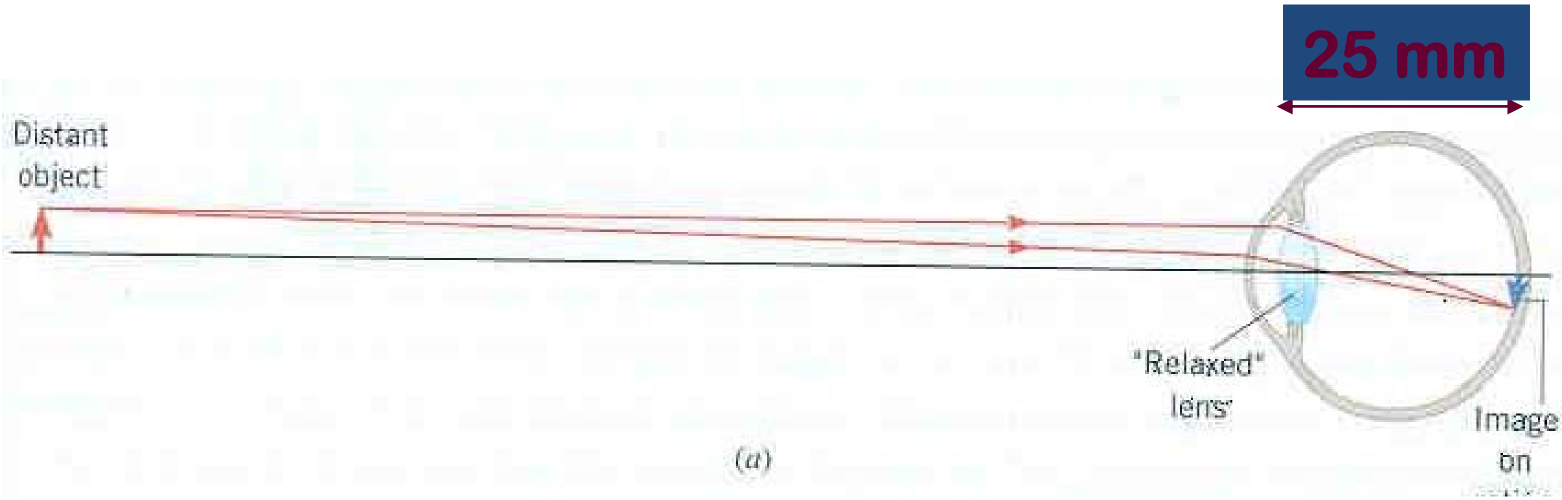
1) عدسی 2) قرنیه 3) شبکیه 4) یاخته های مخروطی

عدسی و قرنیه شکل وضریب شکست یکسان دارند. قرنیه دارای مرز هوا/قرنیه 1.38/1 است 70%, خمش نور به علت آن است. عدسی چشم دارای مرز عدسی / زجاجیه 1.4/1.33 است. عدسی چشم مهم است زیرا شکل آن می تواند تغییر کند.

جراحی لیزر قرنیه چشم را تغییر می دهد

Example

چشم در حالت آرامش



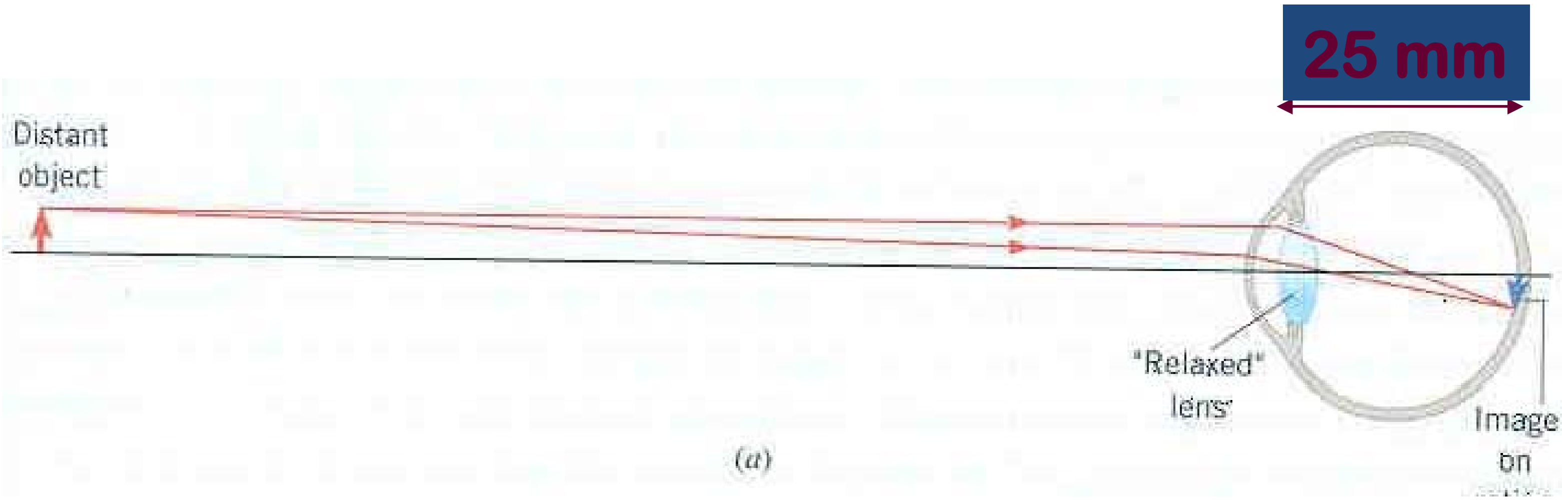
Determine the focal length of your eye when looking at an object far away.

Object is far away: $d_o =$

Want image at retina: $d_i =$

$f_{relaxed} =$

چشم در حالت آرامش



فاصله کانونی چشم را وقتی به به یک جسم دور نگاه می کنید حساب کنید.

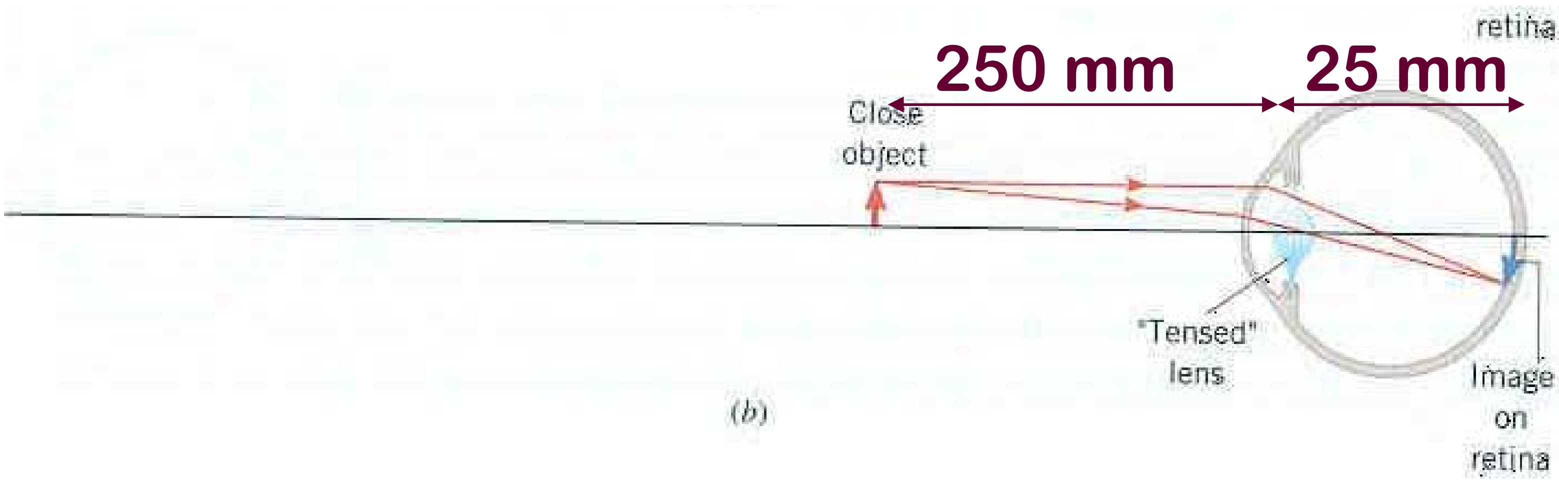
جسم دور: $d_o = \infty$

تصویر روی شبکیه: $d_i = 25mm$

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{25\,\text{mm}} = \frac{1}{f}$$

$$f_{relaxed} = 25\,\text{mm}$$

چشم



فاصله کانونی چشم وقتی به یک جسم نزدیک نگاه می کنید را حساب کنید .(25 cm)

$$\frac{1}{250\ \mathrm{mm}}+\frac{1}{25\ \mathrm{mm}}=\frac{1}{f}$$

جسم نزدیک:

$$d_o = 25cm = 250mm$$

$$f_{tense} = 22.7\ \mathrm{mm}$$

تصویر روی شبکیه:

$$d_i = 25mm$$

$$f_{relaxed} = 25\ \mathrm{mm}$$

تمرین

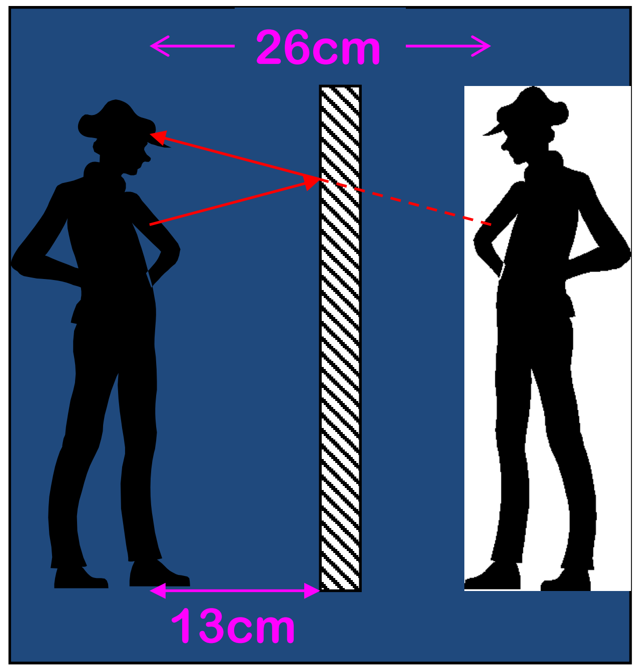
شخصی با دید معمولی) دید نزدیک در **26 cm)** مقابل یک آینه تخت ایستاده است.

نزدیک ترین نقطه به که می تواند به ایستد و خود را به وضوح ببیند چقدر است؟

1) 13 cm

2) 26 cm

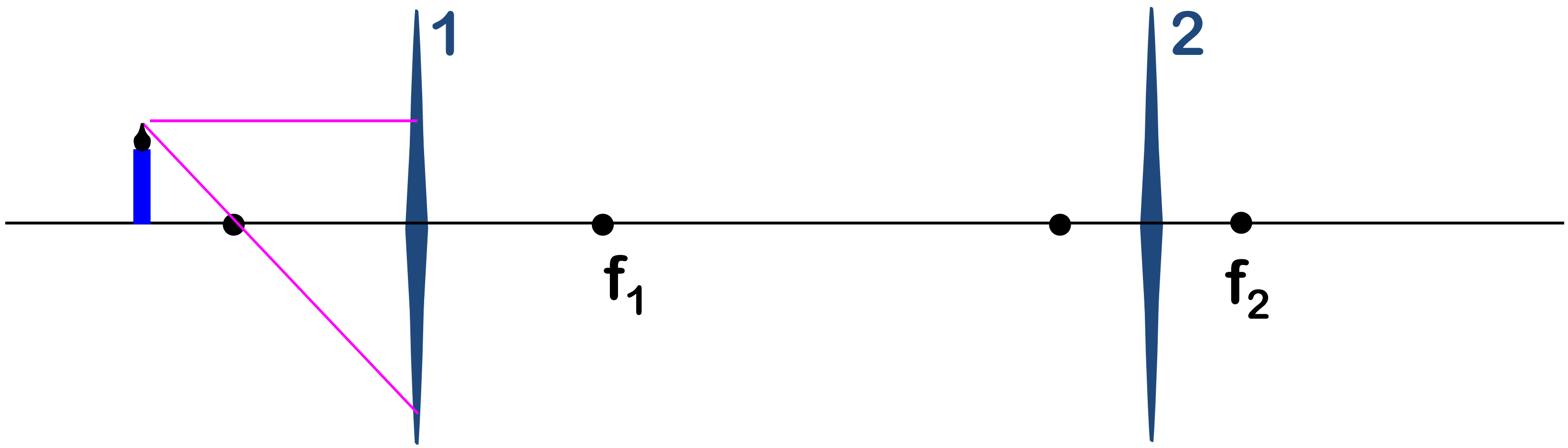
3) 52 cm



تصویر درآینه جسم برای چشم به حساب می آید.!

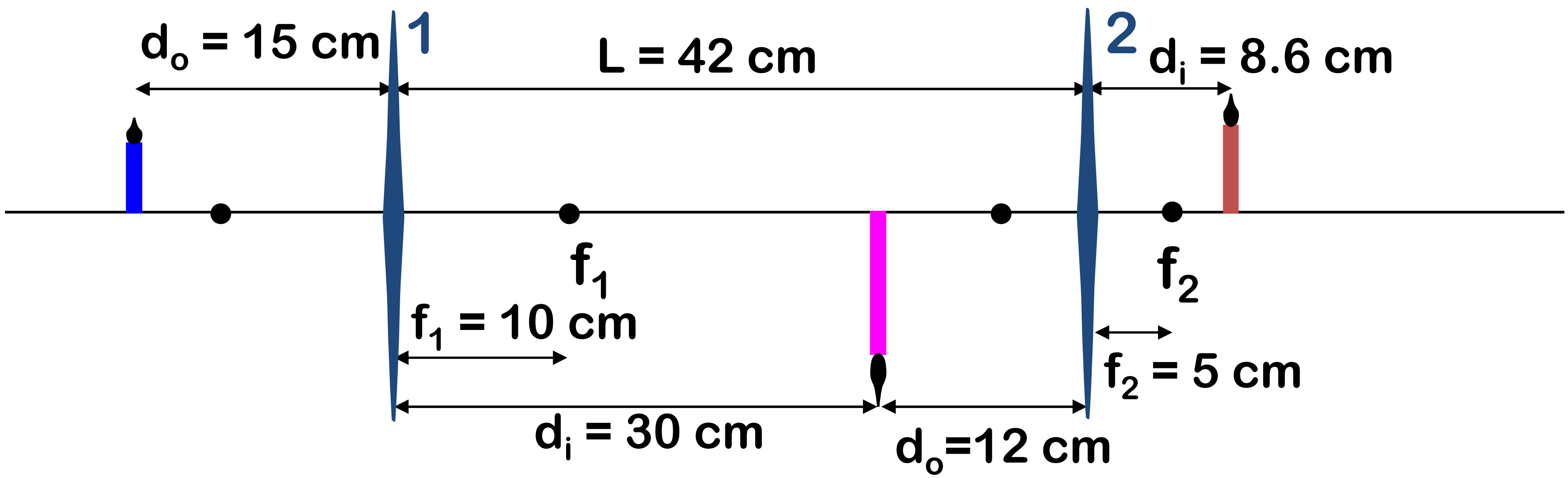
عدسی های مرکب

تصویر عدسی 1 برای عدسی 2 جسم به حساب می آید:



شعاع هارا روی کاغذ کامل کنید!!

عدسی های مرکب : بزرگنمایی



بزرگنمایی کل: $\boxed{m_{net} = m_1\, m_2}$

$m_1 =$

$m_2 =$

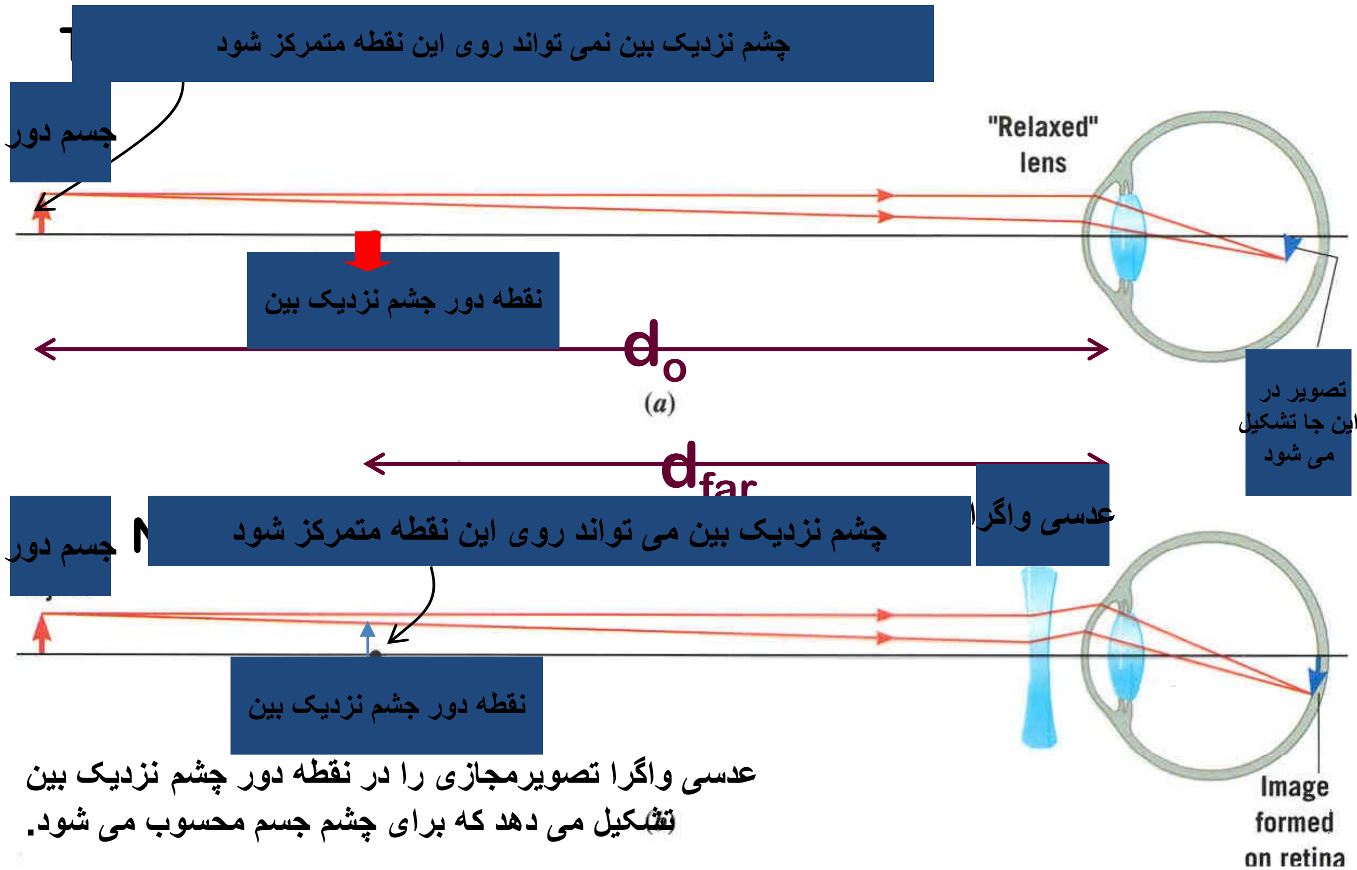
$$m_{net} = m_1 m_2 =$$

دید دور - دید نزدیک

- عدسی چشم می تواند تغییرکند و فاصله کانونی خودراتغییردهد
  - جسم در هر فاصله d_o می تواند تصویری روی شبکیه تشکیل دهد ($d_i = 25$ mm)
- دید نزدیک
  - نزدیک ترین فاصله d_o که تصویرروی شبکیه تشکیل می شود
  - معمولا ~25 cm
- دید دور
  - دورترین فاصله d_o که تصویرآن روی شبکیه تشکیل میشود
  - معمولا ، بینهایت

اگر نزدیک بین هستید...

(نقطه دورشما نزدیک است)



تصوی ر مجازی جسم دور $d_o = \infty$, درنقطه دور

چشم $d_i = -d_{far}$, تشکیل می شود.

قدرت انکسار عدسی ها

دیوپتر **= 1/f**

که **f** فاصله کانونی برحسب متر است.

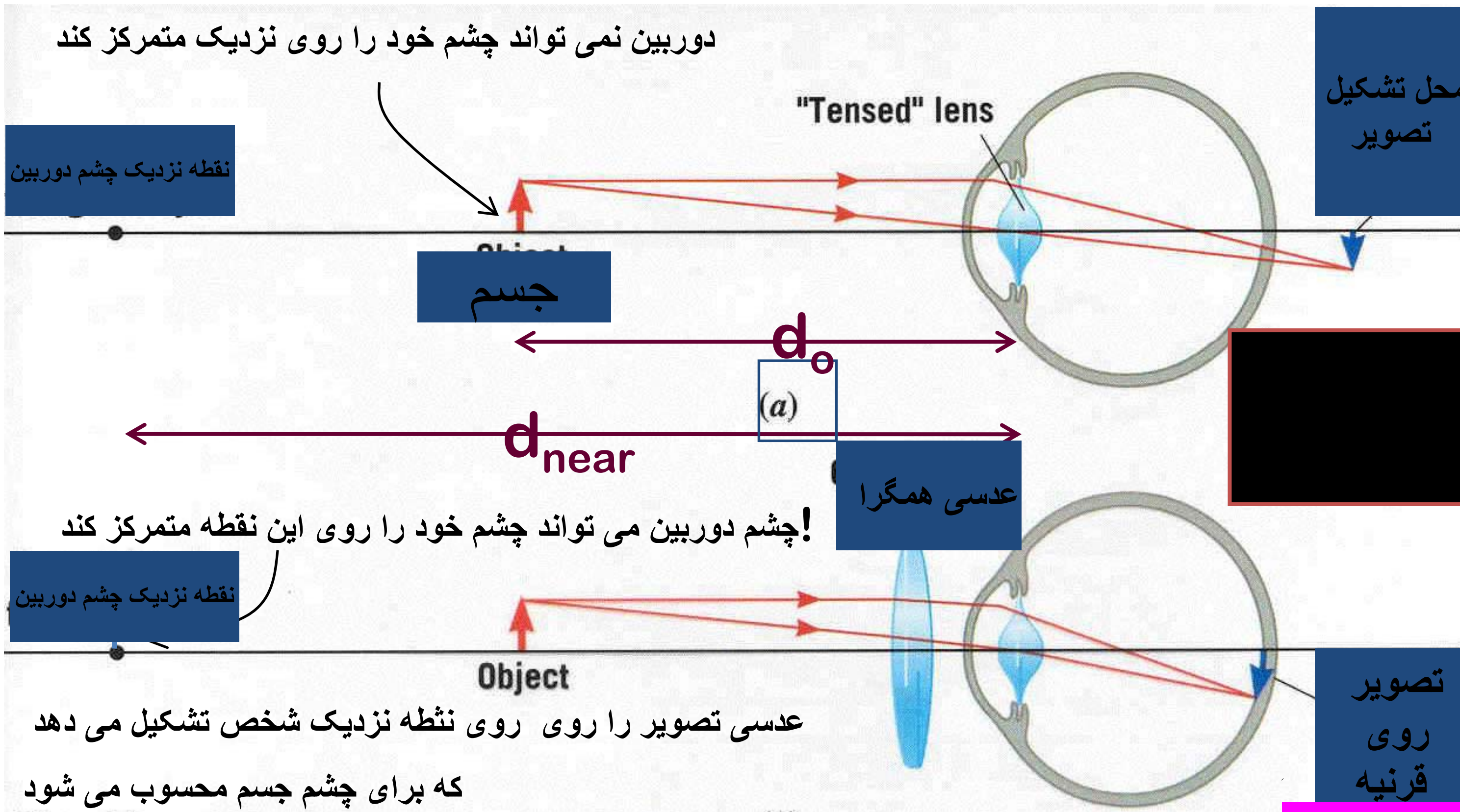
شخصی که نقطه دورش 5 متر است به عدسی به فاصله کانونی 5- مترنیاز دارد .

درنسخه دکتر چنین می خوانید :

1/(-5m) = –0.20 Diopters

اگر دوربین هستید...

(نقطه نزدیک شما دور است)



[redacted]

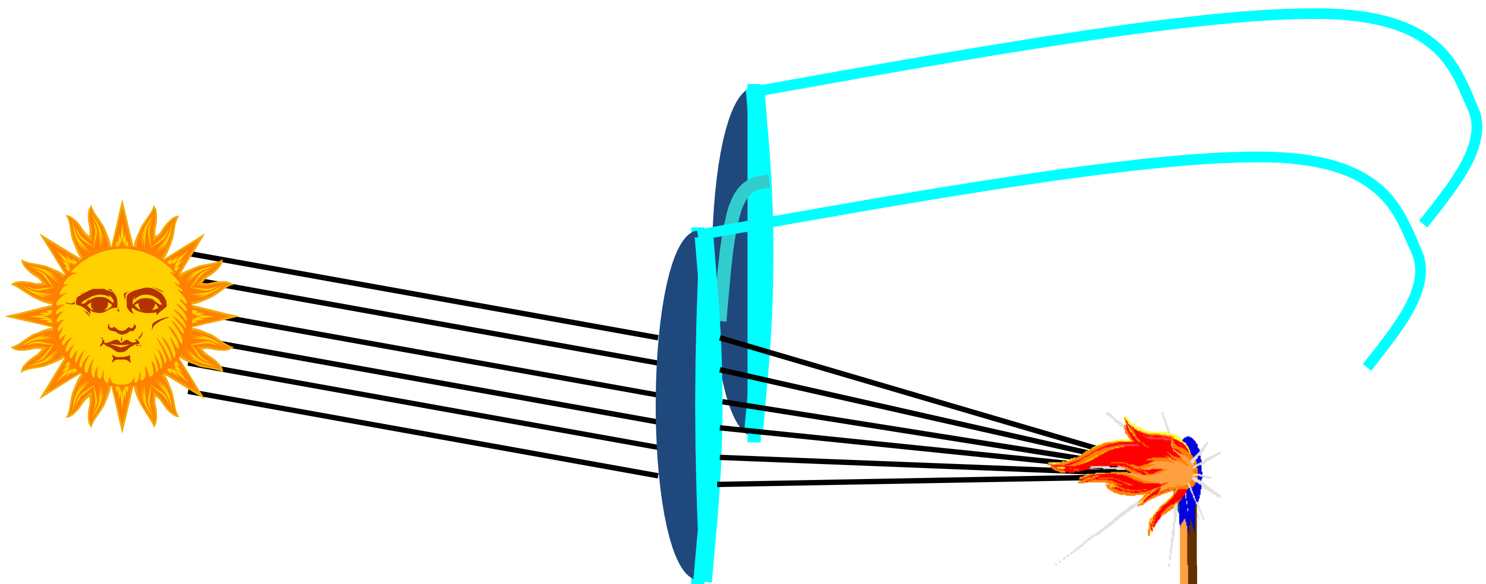
$$\frac{1}{25\,\mathrm{cm}}+\frac{1}{-50\,\mathrm{cm}}=\frac{1}{f}$$

$$f=50\,\mathrm{cm}$$

اگر جسم در d_o, باشد عدسی باید تصویر مجازی را در $-d_{near}$ تکشیل دهد .

یک سوال:

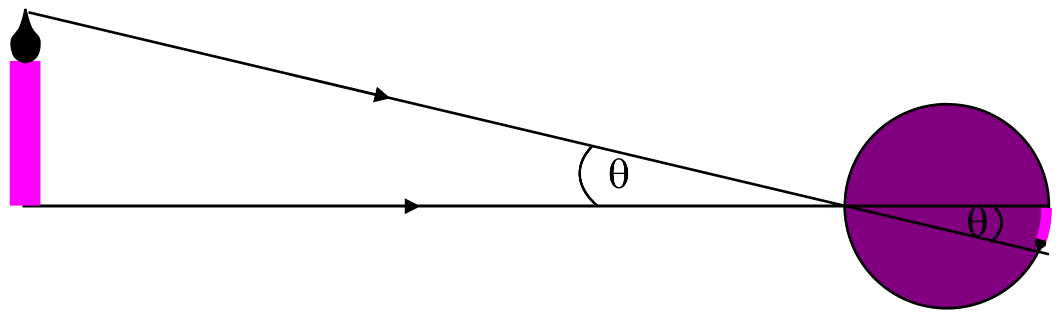
دوشخص عینک به چشم دارند . یکی از آنهادوربین و دیگری نزدیک بین است .برای ایجادآتش بوسیله نور خورشید عینک کدام یک مناسب است؟

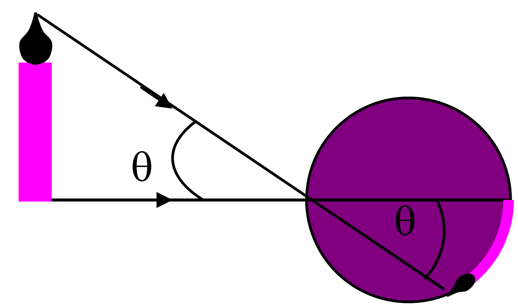


عینک شخص دوربین، زیرا عدسی های آن همگرا است وماننذ ذره بین عمل می کند –!!

اندازه زاویه ای

هردو شمع به یک اندازه هستند ولی شمع نزدیک تر بزرگتر به نظر می رسد





- اندازه زاویه ای می گوید که تصویر روی شبکیه به چه بزرگی است و شما آنرا چقدر بزرگ می بینید

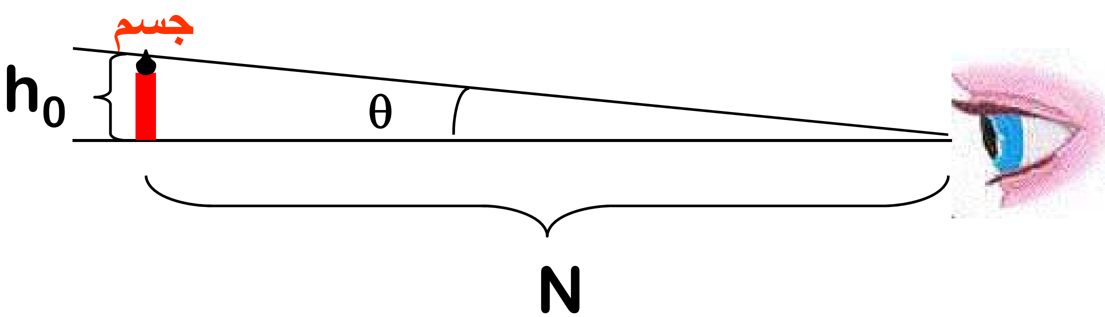
- # این فونت را چقدر بزرگ می بینید؟

Highwire Caramel Apples Rabbits Kindergarten

Hello Arboretum Halloween

چشم غیر مسلح

این جسم با چشم غیر مسلح چقدر بزرک دیده می شود.

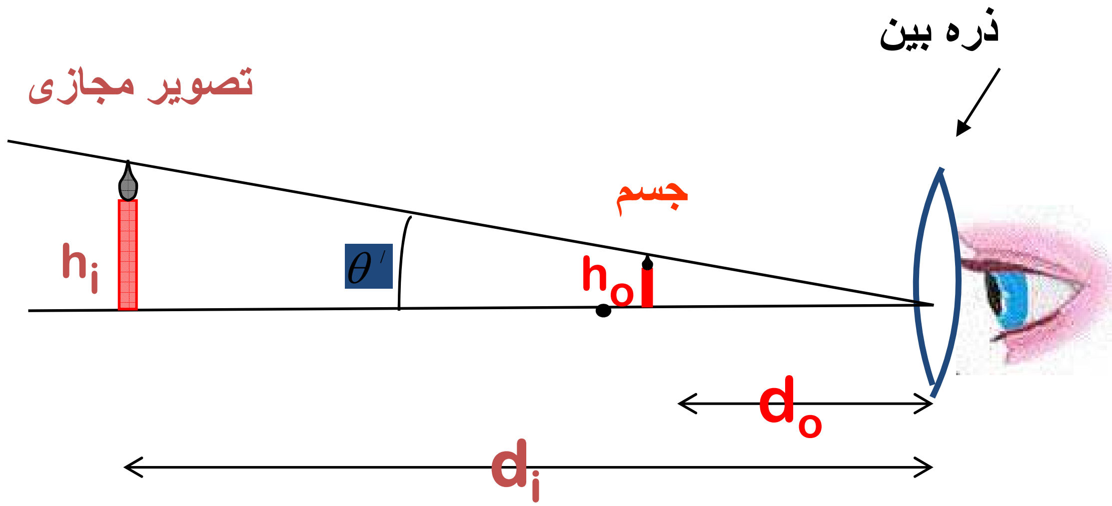


جسم را تا می توانید نزدیک کنید(تانقطه نزدیکN)

$$\tan(\theta) = \frac{h_o}{N} \longrightarrow \boxed{\theta \approx \frac{h_o}{N}}$$

* اگر θ کوچک و برحسب رادیان باشد.

ذره بین



ذره بین سبب می شود که تصویرپشت جسم تشکیل شود واین امکان را فراهم می کندکه تصویر اجسام نزدیک را بزرگ تر ببینیدوجسم رانزدیکتربیاورید , d_o و θ بزرگتر باشد'

درمقایسه با چشم غیر مسلح:

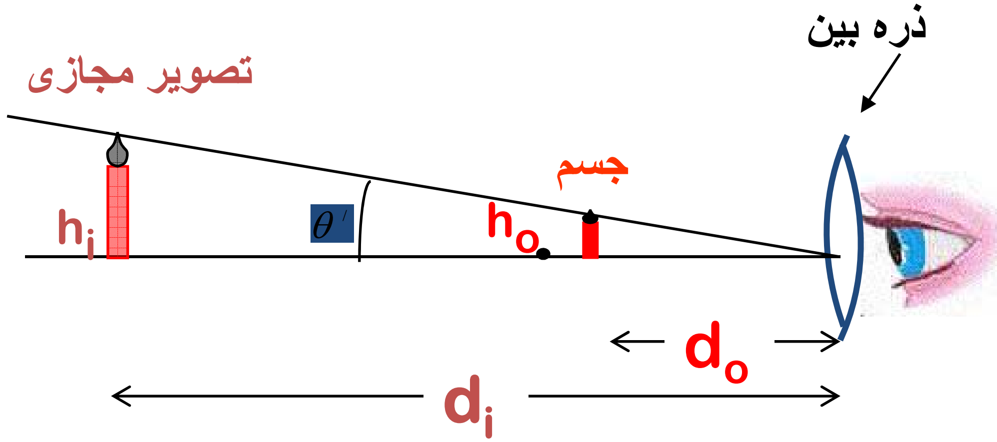
$$\theta = \frac{h_o}{N}$$

$$\theta' = \frac{h_i}{d_i} = \frac{h_o}{d_o}$$

نسبت دوزاویه برابر با بزرگنمایی زاویه ای است **M:**

$$M = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{h_o/d_o}{h_o/N} = \frac{N}{d_o}$$

بزرگنمایی زاویه ای $M=N/d_o$



(فاصله نزدیک از چشم = N.)

برای عدسی $\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}=\frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{d_o}=\frac{1}{f}-\frac{1}{d_i}$

برای بزرگنمایی بیشتر تصویر باید در N تشکیل شود. :

بنابراین $d_i = -N$: $\frac{1}{d_o}=\frac{1}{f}+\frac{1}{N}$

$d_i < -N$

$\therefore M$ بین دو مقدار $\frac{N}{f}+1$ و $\frac{N}{f}$ قرار دارد

هرچه فاصله کانونی کوچکتر باشد بزرگنمایی بیشتر است.

$M = 25/10 + 1 = 3.5$

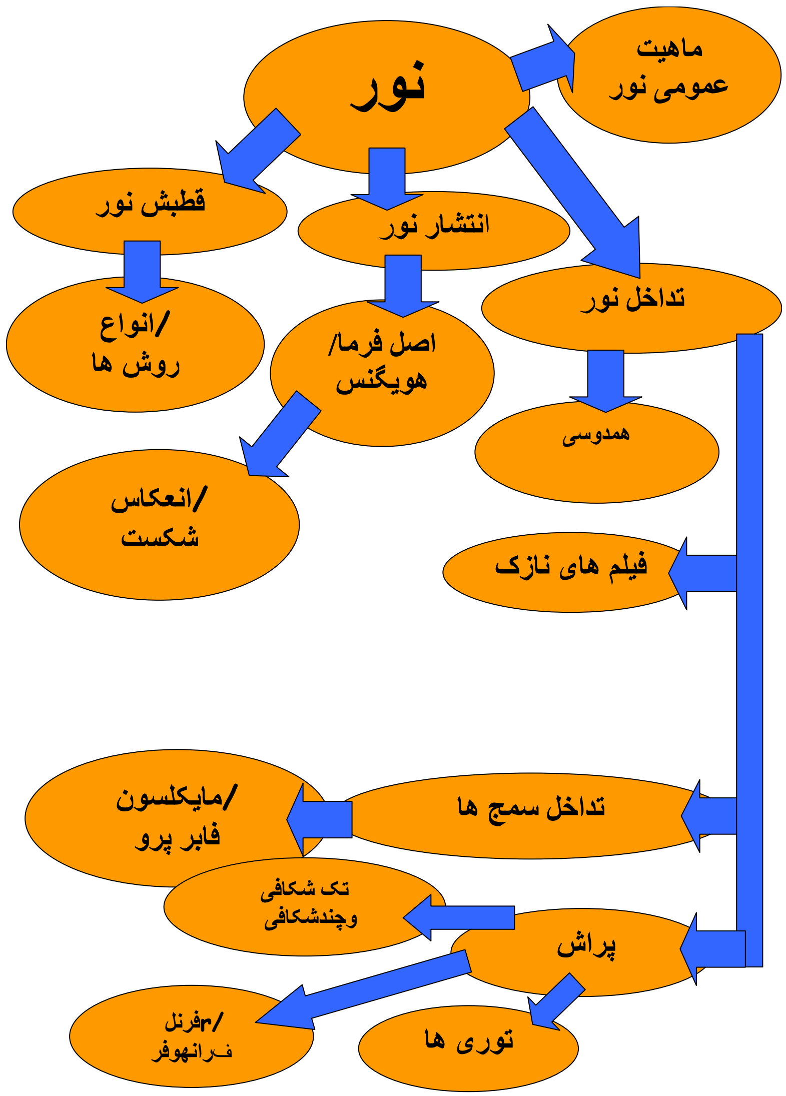
!به امید دیدار در کلاس آینده

- درس آینده ما...

فصل اول..

مبانی نور هندسی

اصل فرما – اصل هویگنس

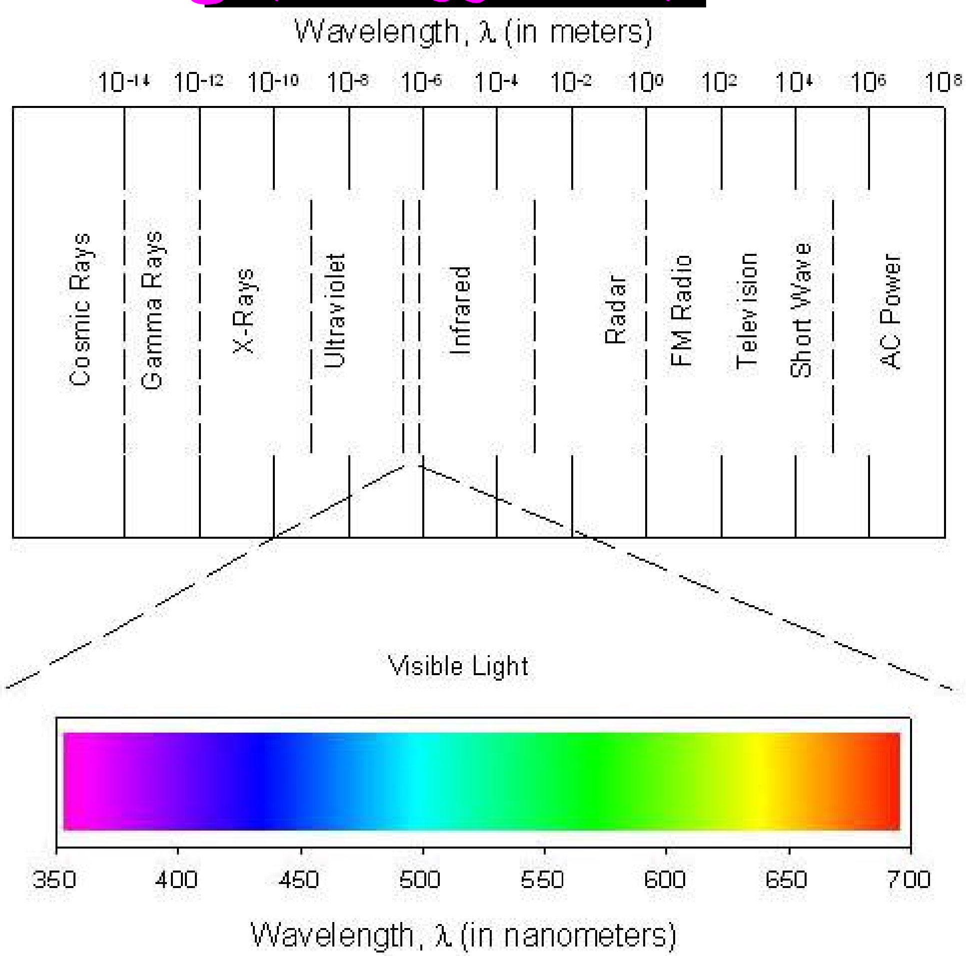


نور
ماهیت
عمومی نور
قطبش نور
انتشار نور
تداخل نور
انواع/
روش ها
اصل فرما/
هویگنس
همدوسی
انعکاس/
شکست
فیلم های نازک
مایکلسون/
فابر پرو
تداخل سنج ها
تک شکافی
وچندشکافی
پراش
فرنل/
فرانهوفر
توری ها

امواج الکترومغناطیسی

نور مرئی

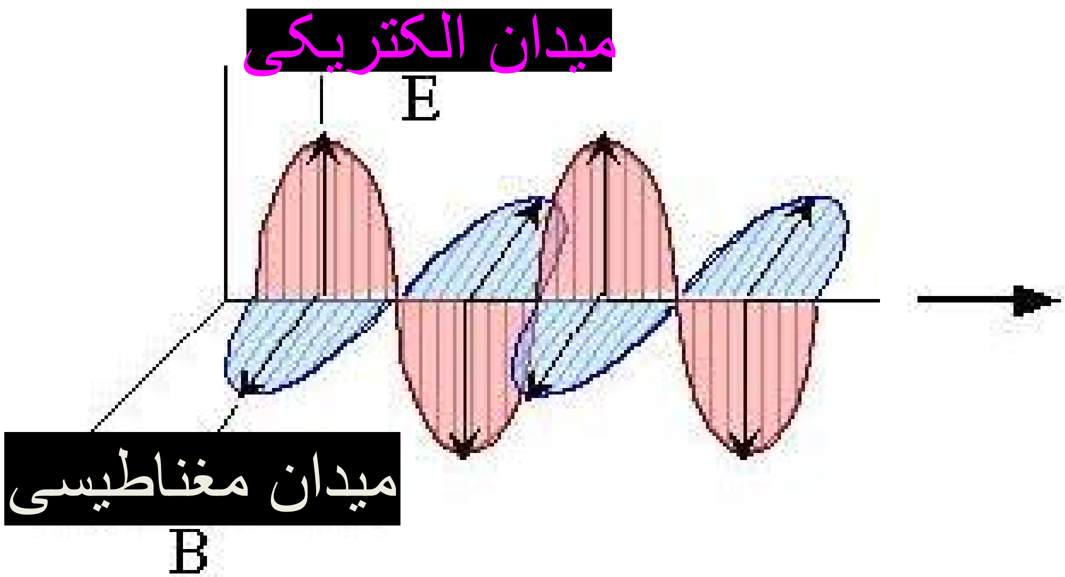
طیف الکترومغناطیسی



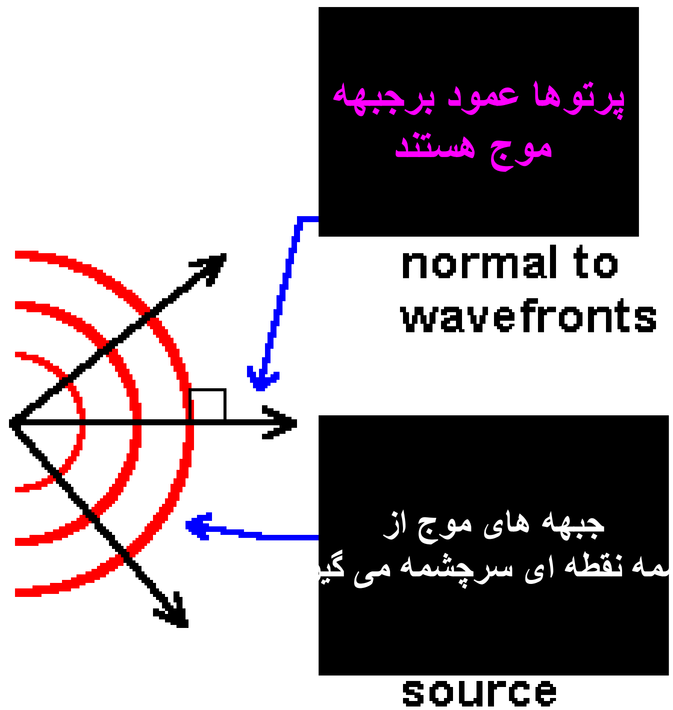
$$c = f\lambda$$

ماهیت نور

نور یک موج الکترومغناطیسی عرضی است



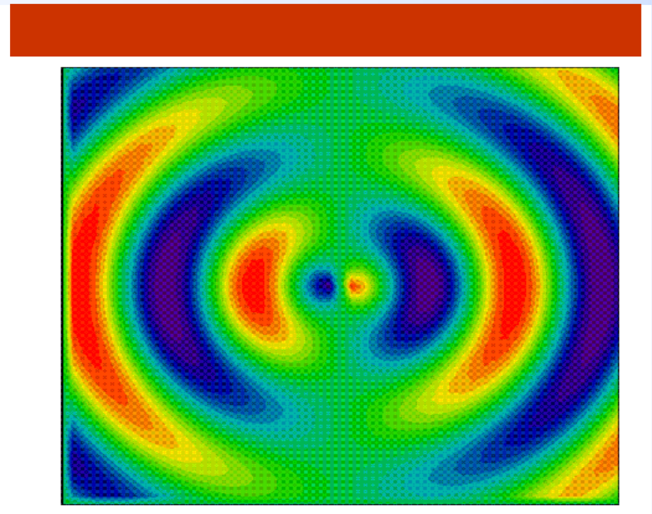
امواج و پرتوها



تابشگر دوقطبی

دو قطبی نوسانگر تابشگر اصلی امواج الکترومغناطیسی است

آنتنی که دو انتهای آن به طور متناوب مثبت و منفی می شود.



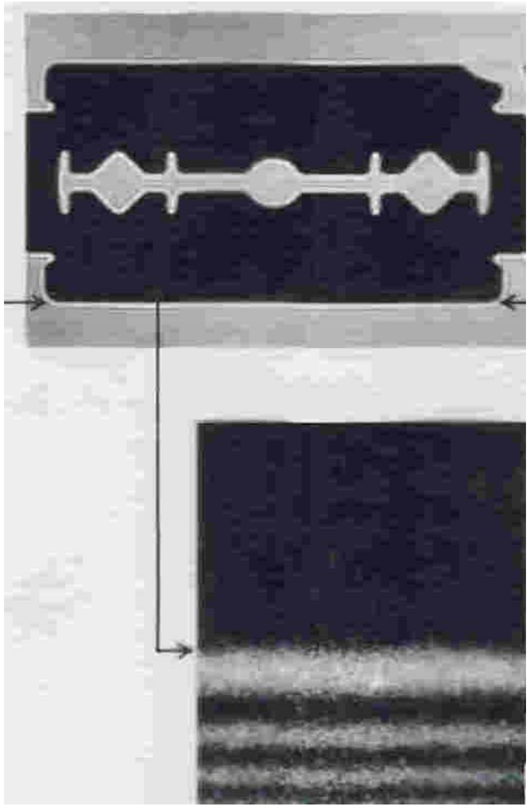
نورهندسی : رفتار موجی نور

خاصیت موجی نور:

- درنور هندسی :نور به صورت پرتوهای خطی درنظ ر گرفته می شود
- پدیده هایی از نور وجود دارد که با سیر نور به خط مستقیم قابل توجیه نیستند.
- نور نه تنها از آینه بازتاب می یابد بلکه در شیشه ، آب و محیط های دیگر شکست می یابد.
- **پدیده تداخل** را در وقایع روزمره مانند حباب صابون ولکه های روغن وغیر ه مشاهده می کنیم

لایه نازک روغن زیر تابش نور

خاصیت موجی نور...

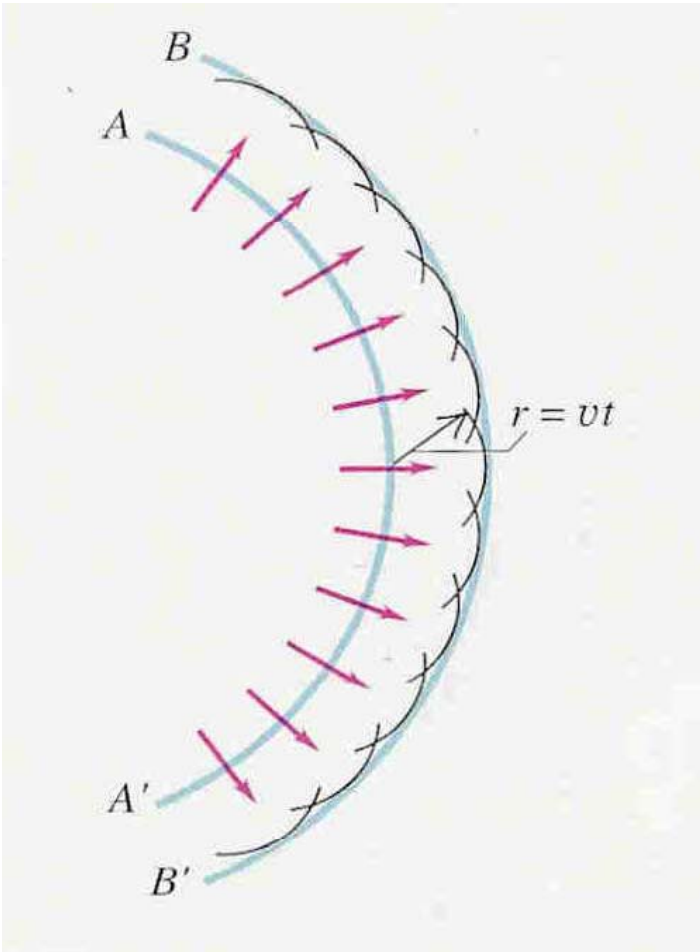


- پراش نور این پدیده در کلیه امواج مشاهده می شود :خم شدن صوت در لبه ها ,به علت رفتار موجی صوت است.
- پدیده پراش نور را درلبه های تیز اجسام مشاهده می کنیم. (مثلا ، تصویر یک تیغ)

نور فیزیکی مطالعه نور با درنظر گرفتن خاصیت موجی نور است .

- کریستین هویکنش 1678 برخلاف نیوتن که برای نور خاصیت ذره ای قایل بود نور را موجی می پنداشت.

اصل هویگنس



- خاصیت موجی نور: دانشمند هلندی کریستین هویگنس معتقد به موجی بودن نور بود وبااستفاده ازخاصیت موجی نور تلاش کرد تا بازتاب و شکست نور را اثبات کند.
- اصل هویگنس:

هر نقطه از جبهه موج چشمه موجک های جدید ی است که با همان سرعت موج درکلیه جهات منتشر می شوند.

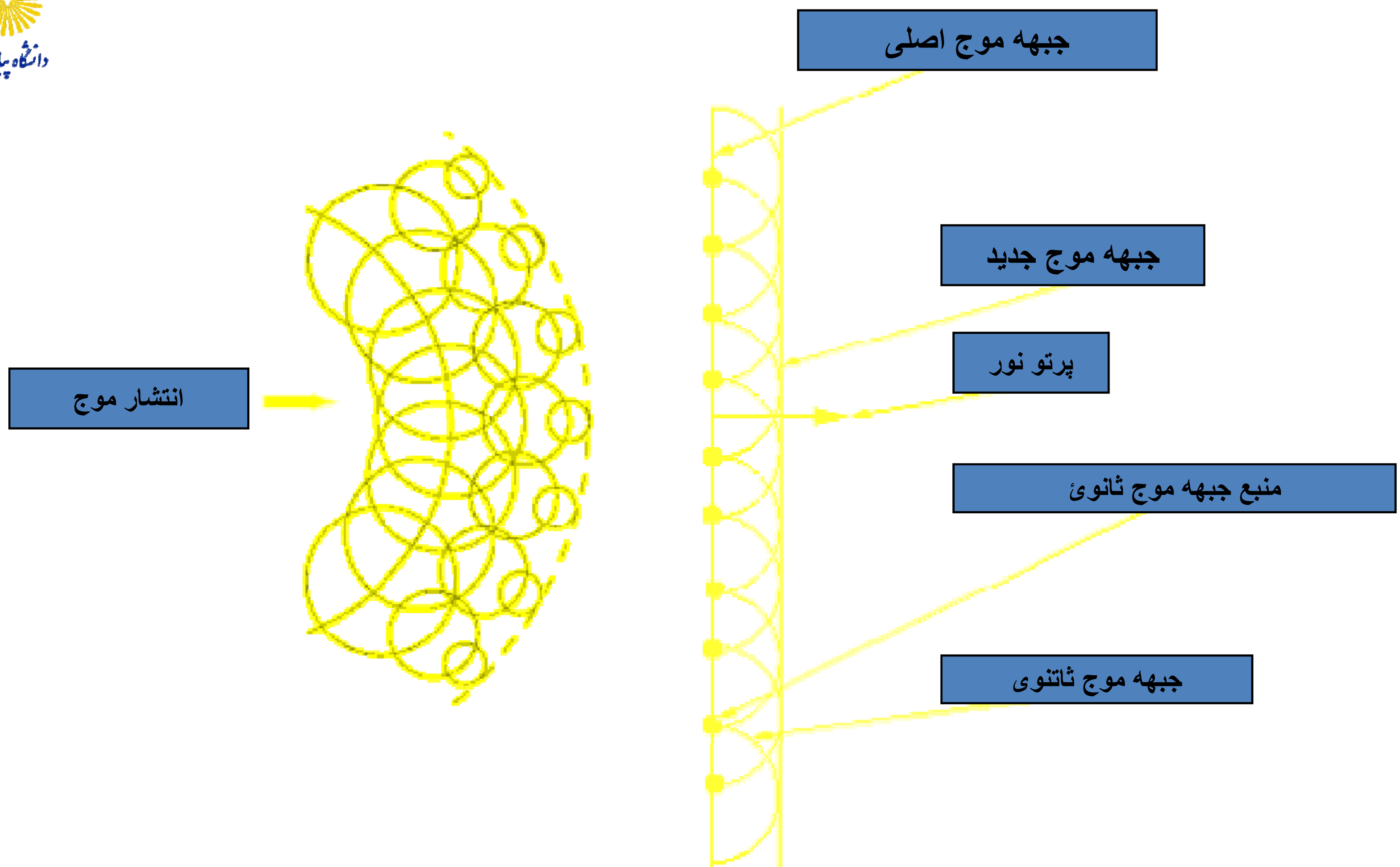
- در شکل جبهه جدید BB' از مماس بر کلیه موجک ها جدید بوجود می آید (پوش موجک ها است) وبه فاصله r=vt جبهه موجAA' قرار دارد.

- موفقیت اصل هویگنس در اثبات پدیده بازتاب و شکست نور به کمک خاصیت موجی نور است.

اصل هويگنس

درقرن هفده ,کريستيان هويگنس (1629–1695) اصلی راکه امروز اصل هويگنس می ناميم پيشنهاد کردويکی از بنيادی ترين اصول امواج و نور موجی است.

مطابق اين اصل " هر نقطه از جبهه موج مانند چشمه يک جبهه موج جديد عمل می کند که به طور شعاعی به بيرون منتشر می شودوهر نقطه از آشفتگی در حال انتشار منشا موج جديدی است."

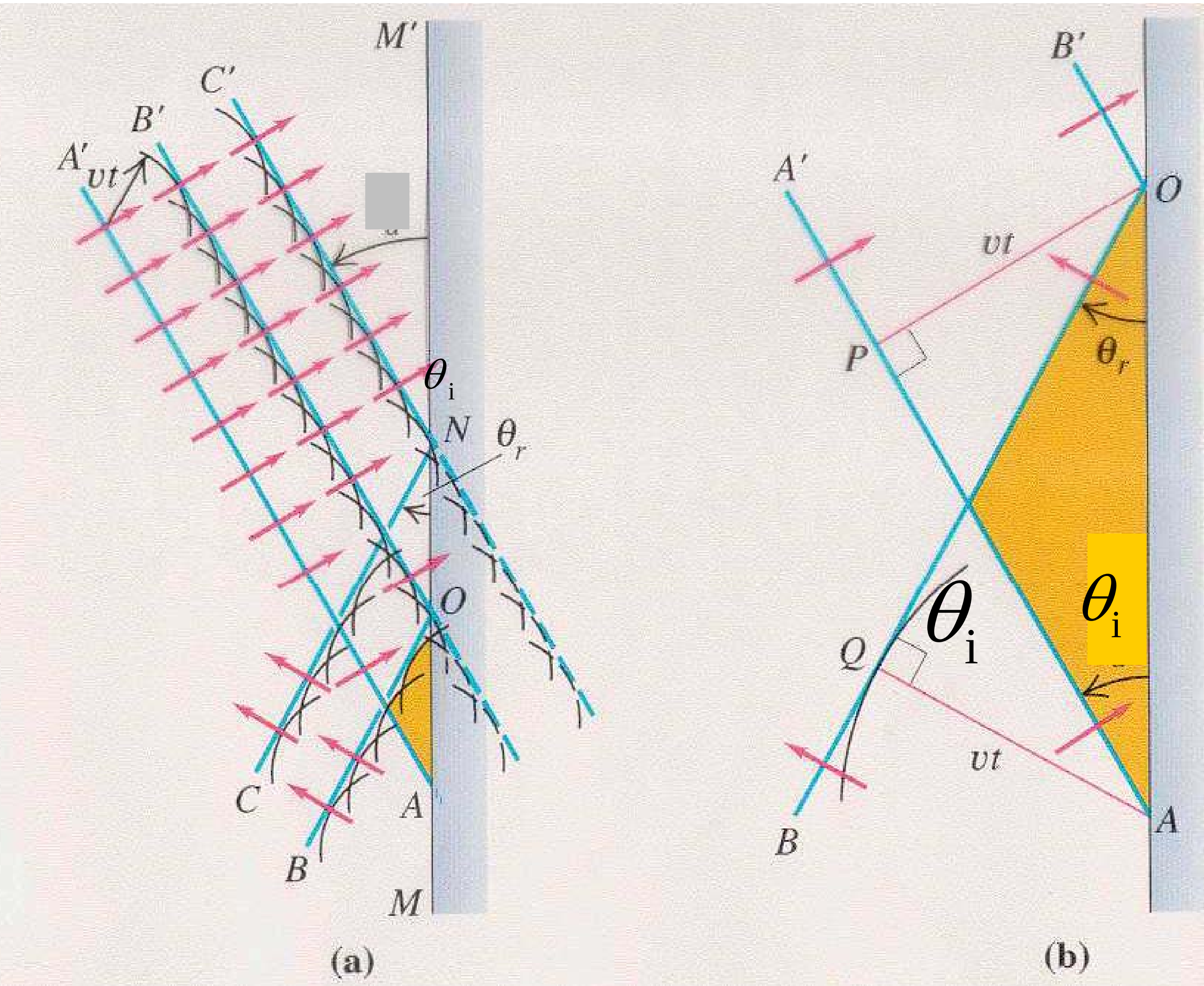

جبهه موج اصلی
جبهه موج جدید
پرتو نور
انتشار موج
منبع جبهه موج ثانوئ
جبهه موج ثاتنوی

بازتاب به کمک اصل هویگنس:

مثلثهای OPA و OQA
مساوی هستند درنتیجه:

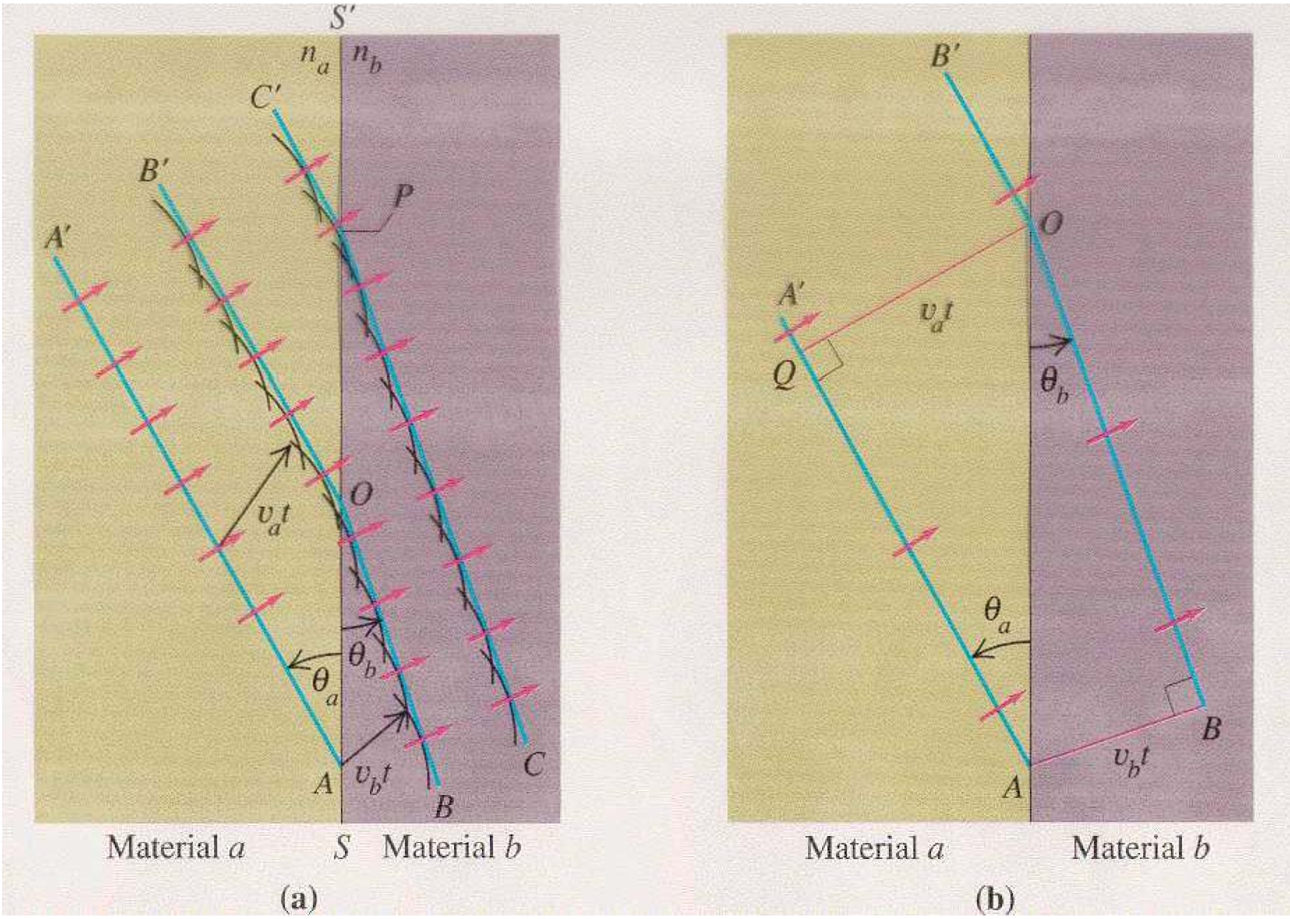
$$\theta_i = \theta_r$$

زاویه تابش با زاویه
بازتاب مساوی
است.



$\theta_i =$ زاویه تابش $\theta_r =$ زاویه بازتاب

❖ شکست نور به وسیله اصل هویگنس:



$$\sin\theta_a = \frac{OQ}{OA} = \frac{v_a t}{OA}$$

$$\sin\theta_b = \frac{AB}{OA} = \frac{v_b t}{OA}$$

$$\frac{\sin\theta_a}{v_a t} = \frac{\sin\theta_b}{v_b t}$$

ضریب شکست :

$$n_a = \frac{c}{v_a}$$

$$n_b = \frac{c}{v_b}$$

$$\Rightarrow n_a \sin\theta_a = n_b \sin\theta_b$$

قانون اسنل

$\theta_a =$ زاویه تابش

$\theta_b =$ زاویه شکست

طول موج در یک محیط :

- طول موج در یک محیط بستگی به ضریب شکست دارد.
- بسامد (رنگ نور) ثابت است ولی سرعت نور به محیط بستگی دارد .

- درمحیط :a

$$n_a = \frac{c}{v_a}$$

$$v_a = f\lambda_a \Rightarrow n_a = \frac{c}{f\lambda_a}$$

بنابراین :

$$n_a\lambda_a = n_b\lambda_b$$

مثال:

نور به طول موج 550 nm ازهوا به شیشه به ضریب شکست n= 1.52 می تابد. سرعت نور درشیشه جقدر است؟

n_a=1 و n_b=1.52: $\Rightarrow$ $\lambda_a = n_b\lambda_b \Rightarrow \lambda_b = \frac{\lambda_a}{n_b} = \frac{550\ nm}{1.52} = 361.8\ nm$

اصل فرما

”پرتو نور مسافت بین دو نقطه را در حداقل زمان طی می کند ".

” به عبارت دیگر ، نور مسافت بین دو نقطه را درکمترین را ه نور طی می کند".

راه نوری = ضریب شکست * مسافت طی شده

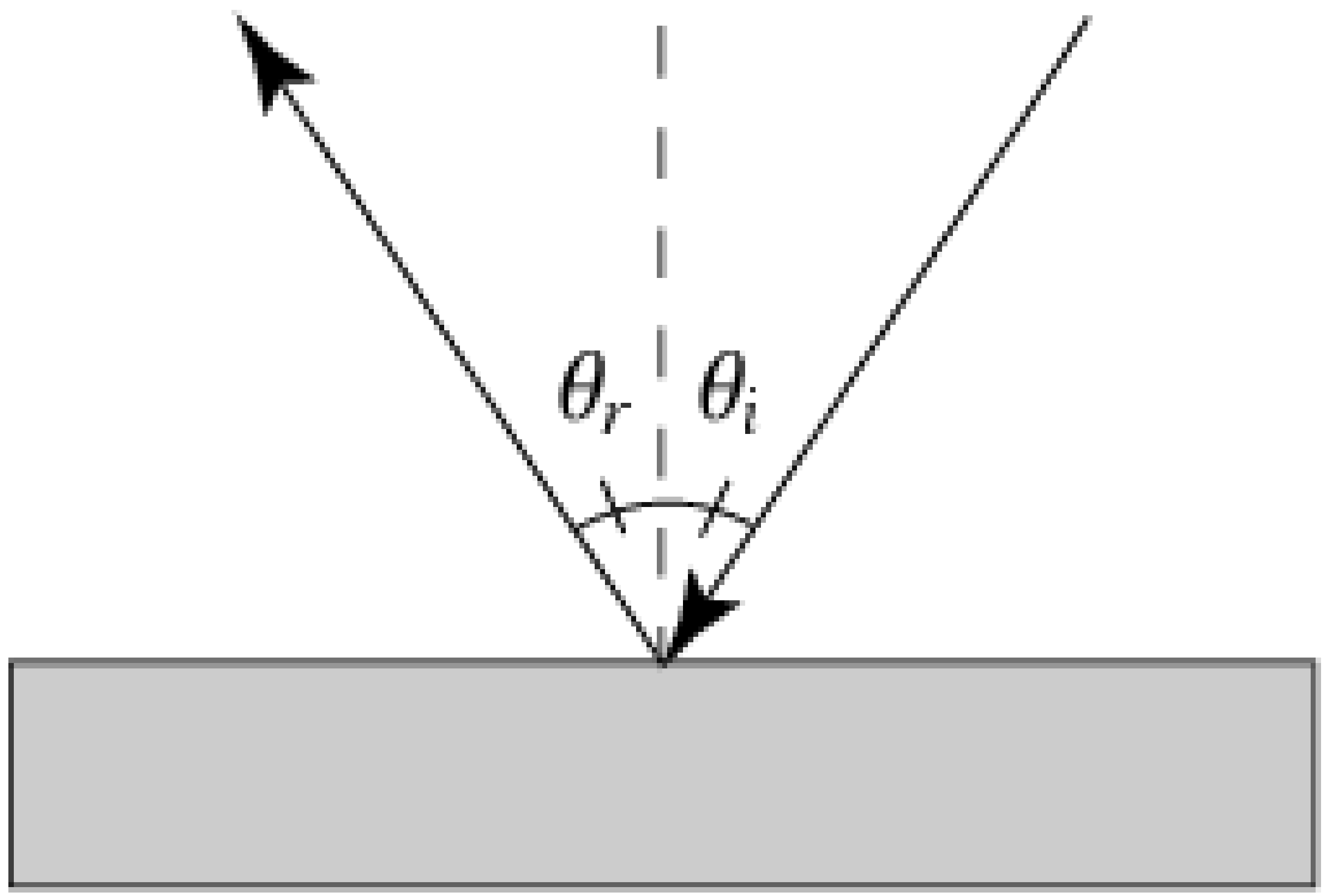
ضریب شکست

$$n_\alpha = \frac{\text{سرعت نور در خلا}}{\text{سرعت نور درمحیط}} = \frac{c}{v}$$

$$= \sqrt{\mu_r \varepsilon_r}$$

انعکاس نور

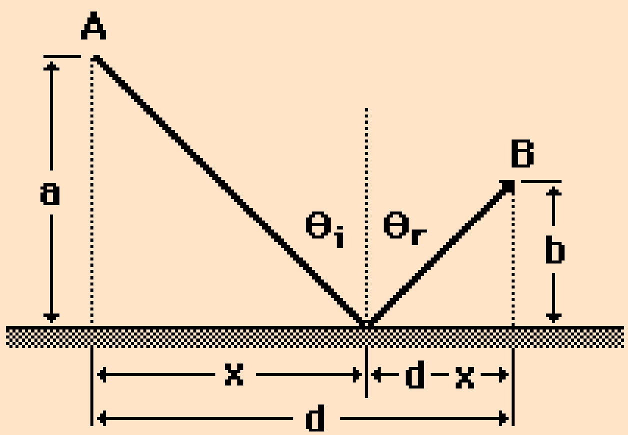
$$\theta_i = \theta_r$$


θ_r
θ_i

اصل فرما: انعکاس

قانون انعکاس را می توان به کمک اصل فرما اثبات کرد:

طول مسیر از A تا B



$$L = \sqrt{a^2 + x^2} + \sqrt{b^2 + (d-x)^2}$$

حداقل مسافت طی شده برابر است با:

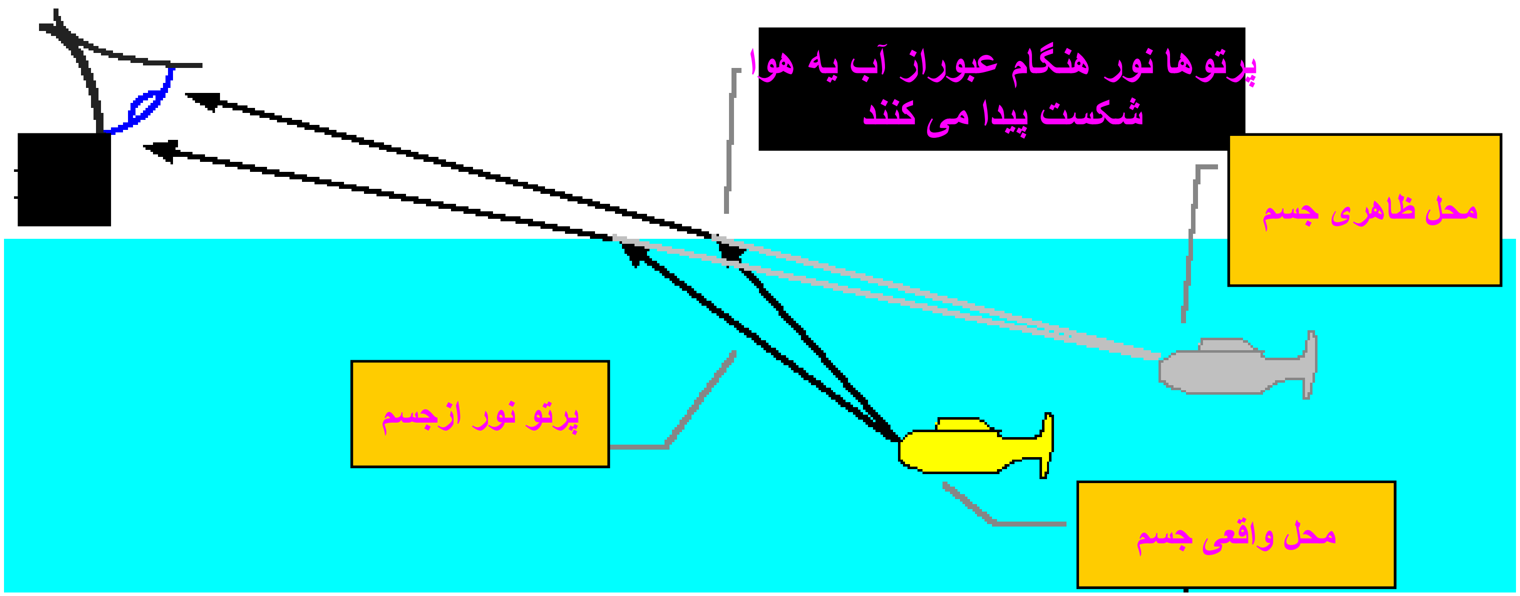
$$\frac{dL}{dx} = \frac{1}{2}\frac{2x}{\sqrt{a^2 + x^2}} + \frac{1}{2}\frac{2(d-x)(-1)}{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}} = 0$$

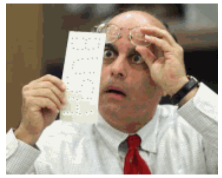
$$\Rightarrow \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \frac{(d-x)}{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}} \Rightarrow \sin\theta_i = \sin\theta_r$$

$$\Rightarrow \theta_i = \theta_r$$ قانون انعکاس

شکست نور

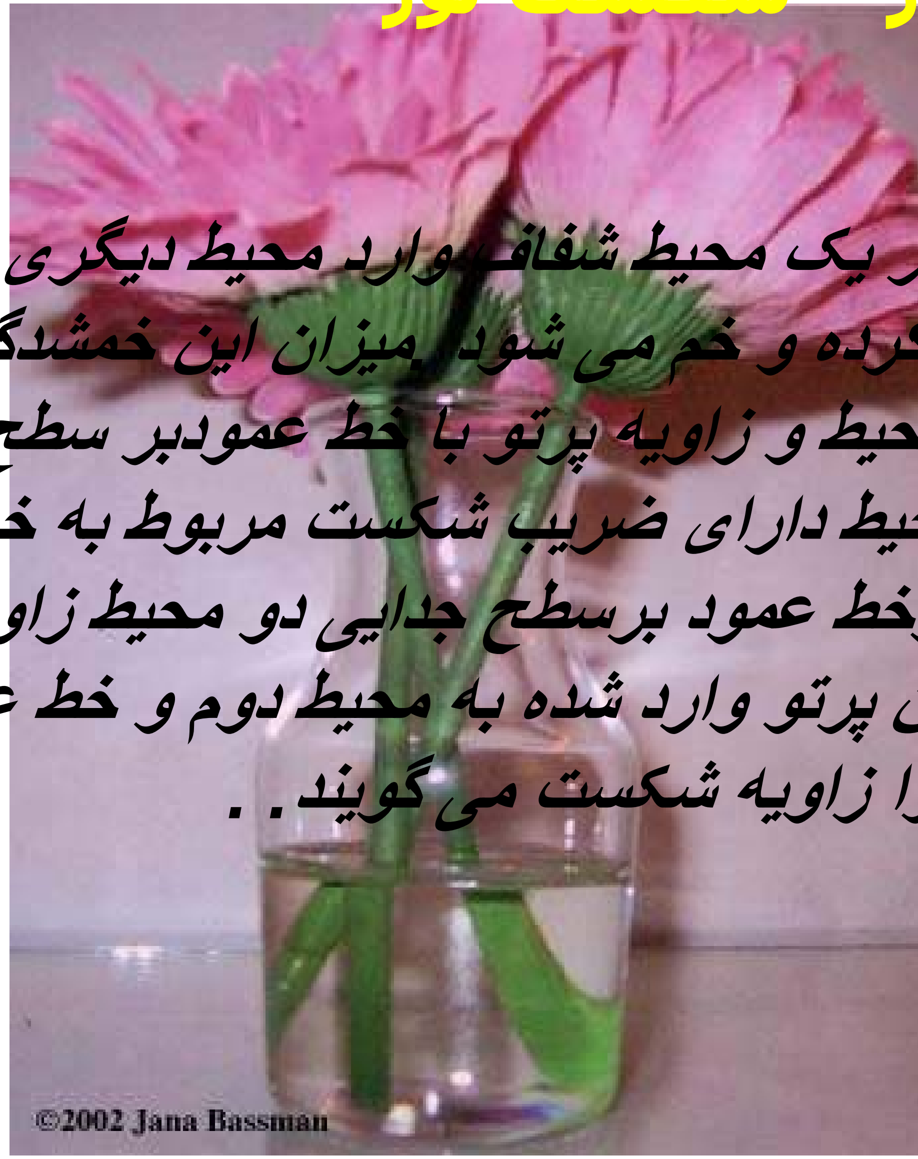
شکست در سطح آب



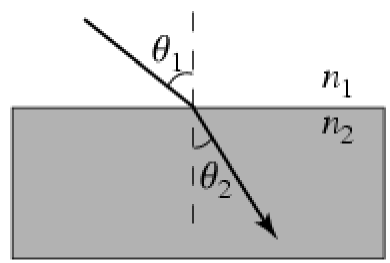


به انیمیشن به دقت نگاه کنید .آیا می توانید دلیلی بیاورید
که چرا بعداز ریختن روغن میله شیشه ای ناپدید می شود؟

خم شدن نور – شکست نور



هنگامی که نور از یک محیط شفاف، وارد محیط دیگری می شود سرعت آن تغییر کرده و خم می شود. میزان این خمشدگی بستگی به ضریب شکست محیط و زاویه پرتو با خط عمودبر سطح جدایی دو محیط دارد هر محیط دارای ضریب شکست مربوط به خودش است. . زاویه بین پرتو وخط عمود برسطح جدایی دو محیط زاویه تابش می گویند و زاویه بین پرتو وارد شده به محیط دوم و خط عمود بر سطح جدایی دو محیط را زاویه شکست می گویند. .



θ1
n1
n2
θ2

قانون اسنل :

در سال 1621یک فیزکدان آلمانی بنام اسنل ,1621
(1591-1626)رابطه زیر را که به قانون اسنل مشهوراست ورابطه ای بین ,
زوایای تابش و شکست و ضریب شکست های دو محیط است بدست آورد.:

$$n_i \sin\theta_i = n_r \sin\theta_r$$

که:

n_i = ضریب شکست محیطی نور آن را ترک می کند,
θ_i = زاویه تابش,
n_r = ضریب شکست محیطی که نور وارد آن می شود است,
θ_r = زاویه شکست

اصل فرما و شکست نور

قانون اسنل را می توان از اصل فرما بدست آورد:

$$t = \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{v} + \frac{\sqrt{b^2 + (d - x)^2}}{v'}$$

$$\frac{dt}{dx} = \frac{x}{v\sqrt{a^2 + x^2}} - \frac{(d-x)}{v'\sqrt{b^2 + (d - x)^2}}$$

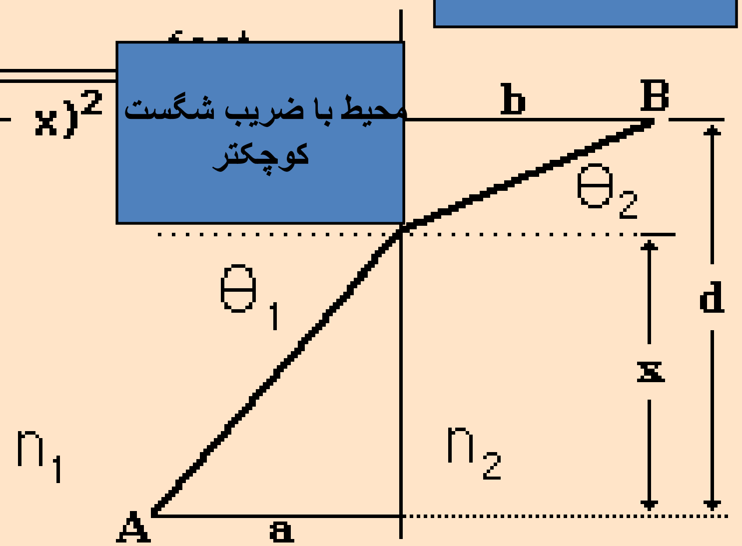
$$0 = \frac{\sin\theta_1}{v} - \frac{\sin\theta_2}{v'}$$

قانون اسنل

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

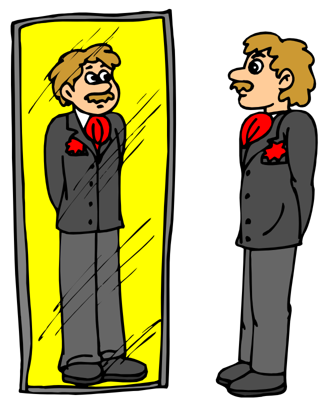
محیط با ضریب شکست بزرگتر

محیط با ضریب شکست کوچکتر

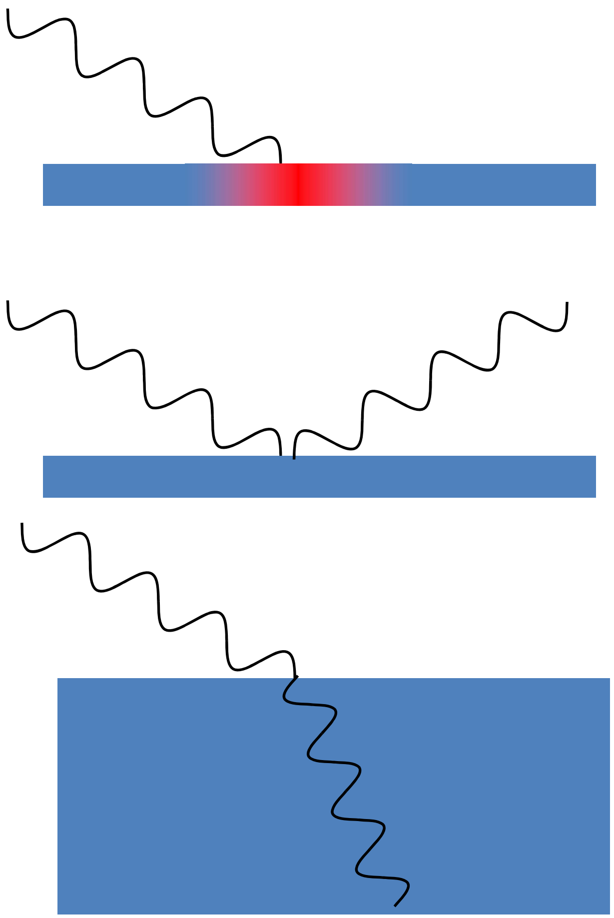


اپتیک

مقدمه آینه ها



نوری که بر یک جسم می تابد مقداری از آن:



- درآشامیده می شود
- بازتابیده می شود(پس می جهد)
  - سبب دیدن می شود
  - آینه ها
- ویا منکسر می شود(خم می شود)
  - عدسی ها

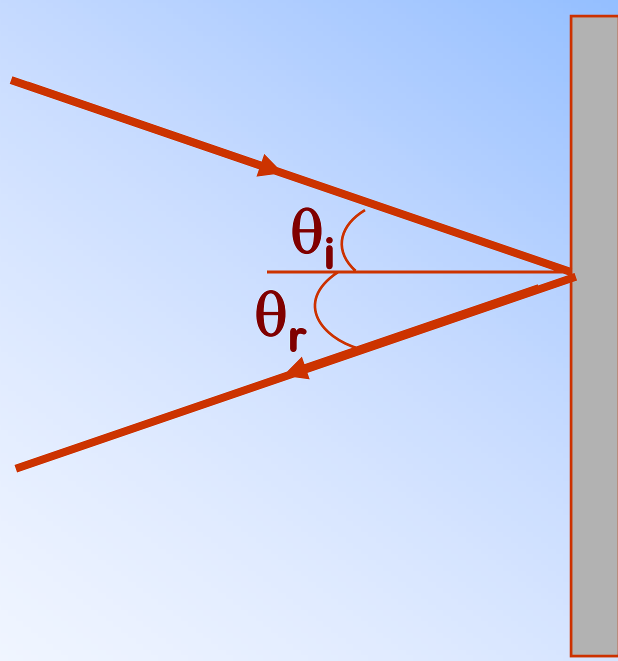
این وقتی درست است که طول موج>> اندازه جسم باشد

بازتاب

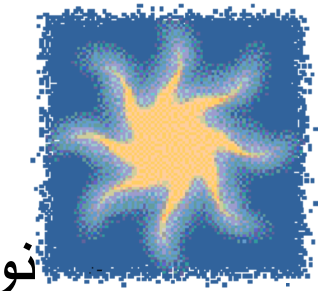
زاویه بازتاب = زاویه تابش

$$\theta_i = \theta_r$$

(زوایای بین پرتونور و خط قائم)

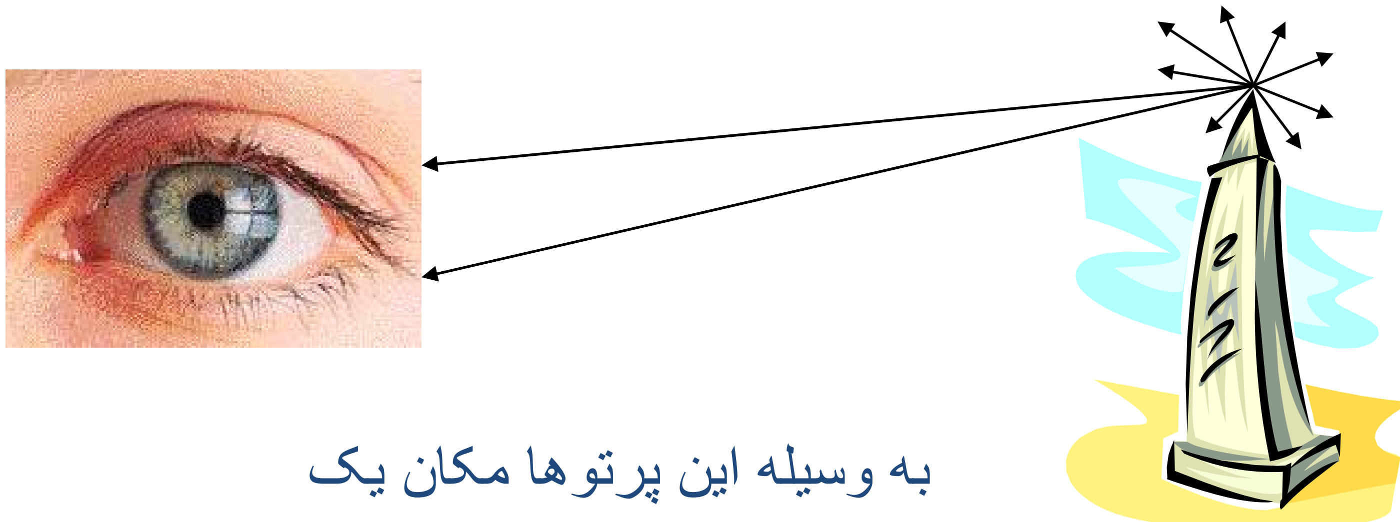


محل اجسام



نوری که از خورشید بر اجسام می تابد درکلیه جهات بازتابیده می شود.

– مقداری از این نور برچشم شما می تابد

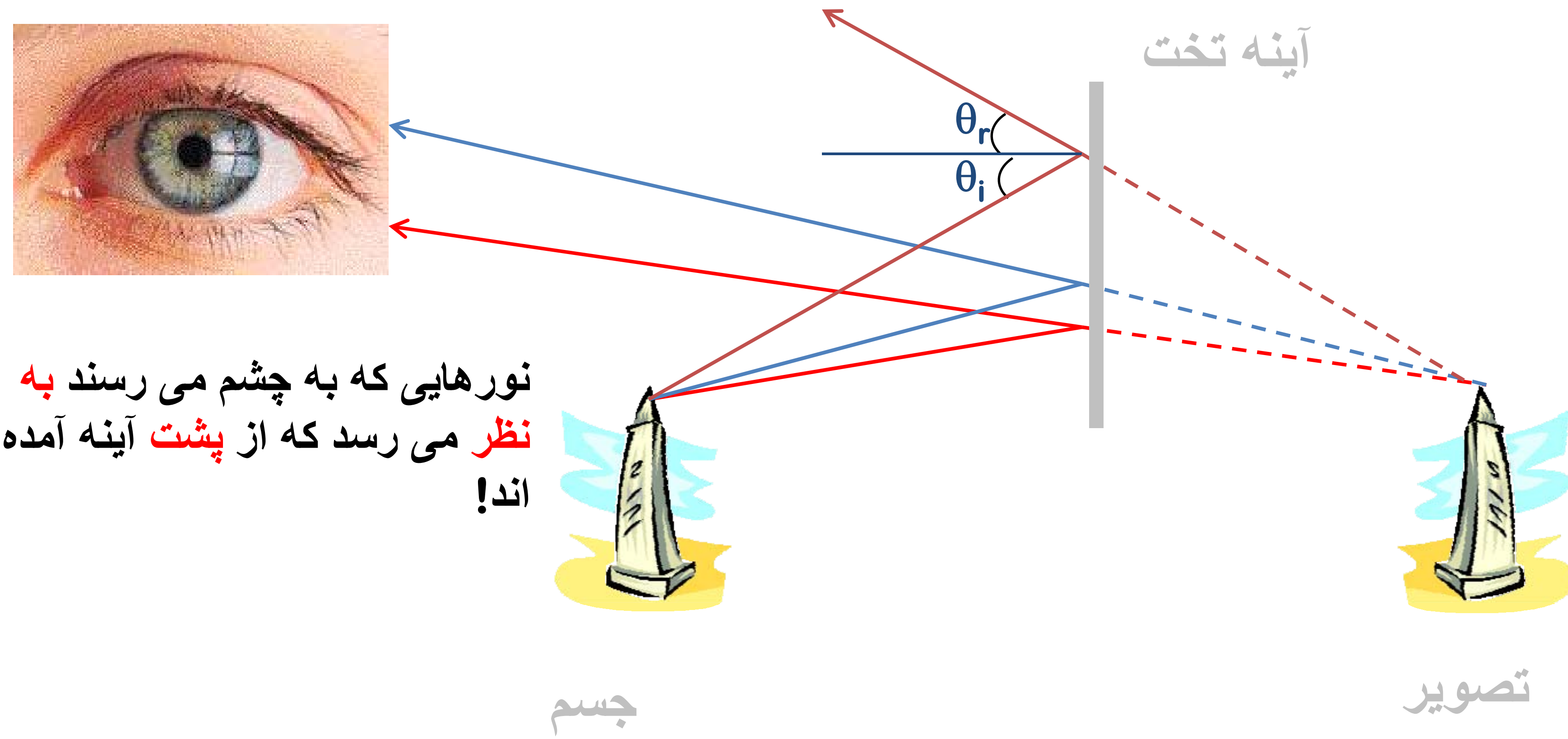


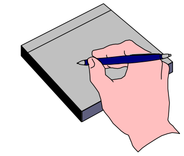
به وسیله این پرتوها مکان یک جسم را تشخیص می دهیم..

• رنگ :مقدار ی ازاین نورقبل از بازتاب به وسیله جسم جذب می شود..

آینه های تخت

- آن چه را می بینید چیزی است که به چشم شما تابیده است
  - تصورمی کنیم که محل یک جسم مکانی است که <u>به نظرمی رسد </u>پرتوها ی نوراز آن جا امده اند.





آینه های تخت

(1)اولین پرتو را عمود برآینه بکشید $0 = \theta_i = \theta_r$

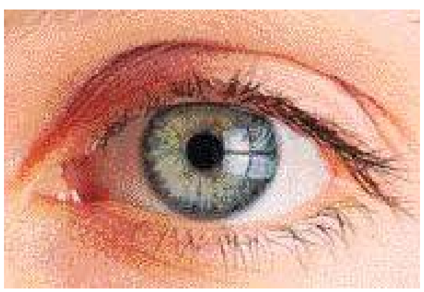
(2)پرتو دوم را تحت زاویه $\theta_i = \theta_r$ بکشید.

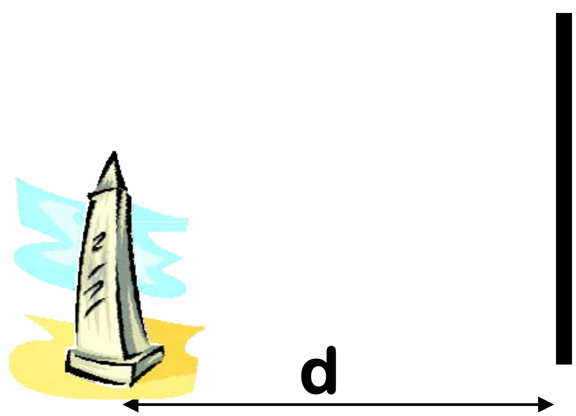
(3)به نظر می رسد که این خطوط به فاصله d پشت آینه همدیگر را قطع می کنند .واین مکان تصویر است.

Example

پرتو های نور درآن جادرواقع همگرانمی شوند ,بنابراین تصویر

"___________________"است





آینه های تخت

(1)اولین پرتو را عمود بر آینه بکشید $\theta_r = \theta_i = 0$

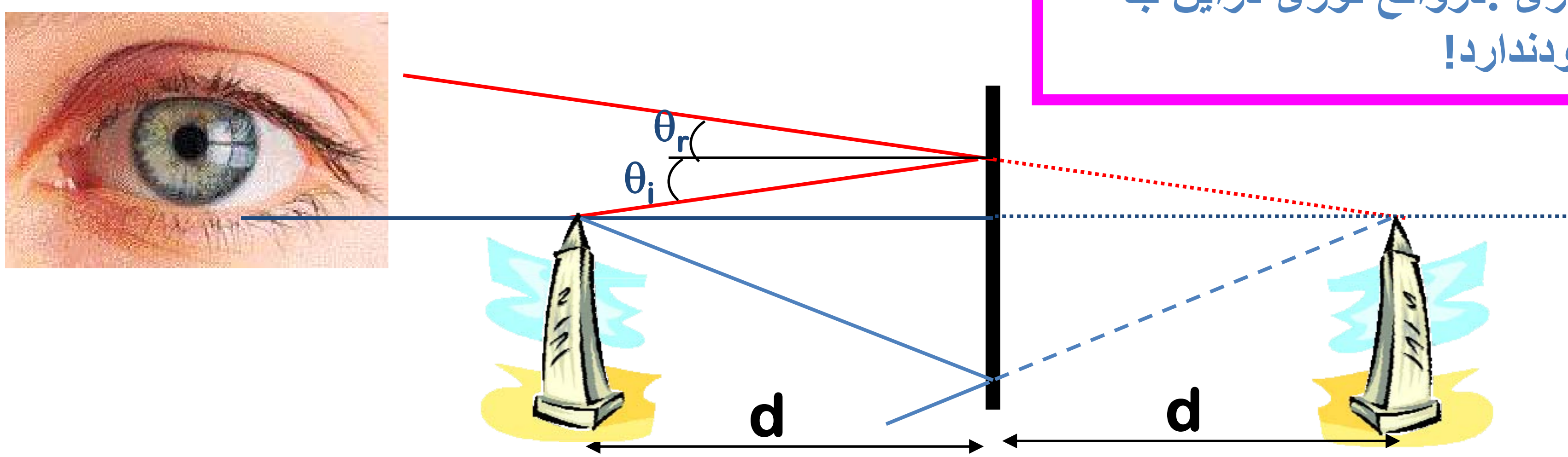
(2)دومین پرتو را تحت زاویه بکشید $\theta_r = \theta_i$.

(3)این پرتو ها به نظر می رسد که پشت آینه همدیگر را قطع می کنند .واین محل تصویر است .

مثال

پرتو های نور درآن جادرواقع همگرانمی, شوند بنابراین تصویر "مجازی" است

مجازی :درواقع نوری دراین جا وجودندارد!



خلاصه آینه های تخت

- تصویر درآینه تخت:
  – مستقیم
  – هم اندازه
  – به همان فاصله پشت آینه
  – در جهت مخالف :راس/چپ عوض می شود
  – تصویر مجازی :پرتوهای نور درواقع پشت آینه همدیگر را قطع نمی کنند.

فکر کنید!

- **چرا روی آمبولانس ها “AMBULANCE” برعکس نوشته می شود؟**

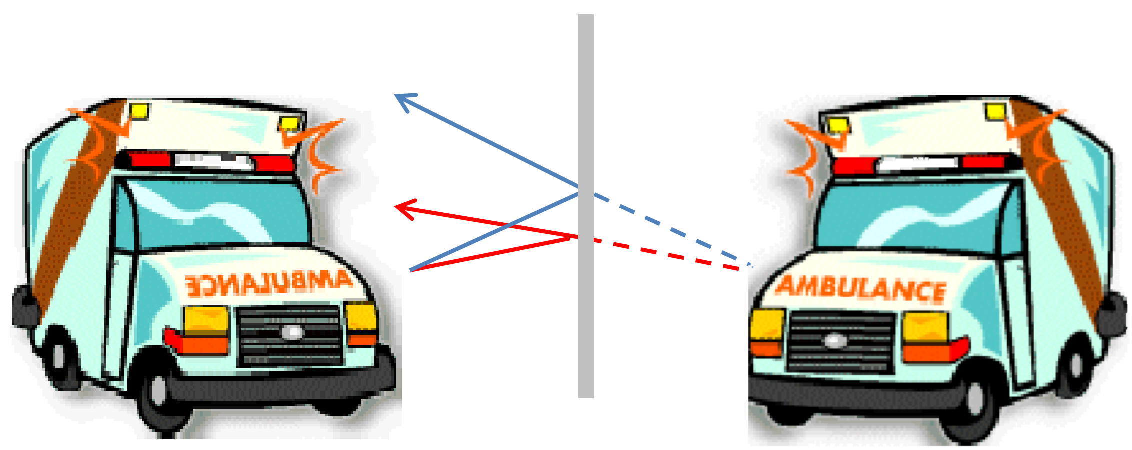
خلاصه آینه های تخت

- تصویر درآینه تخت:
  - مستقیم
  - هم اندازه
  - به همان فاصله پشت آینه
  - در جهت مخالف :راس/چپ عوض می شود
  - تصویر مجازی :پرتوهای نور درواقع پشت آینه همدیگر را قطع نمی کنند.

پاسخ فکر کنید!

- **چرا روی آمبولانس ها "AMBULANCE" برعکس نوشته می شود؟**

برای اینکه در آینه نمای پشت خودآن را بتوانید بخوانید!



پیش آزمون

آیا درآینه دم این سگ که اسمش فیدو است را می بینید؟

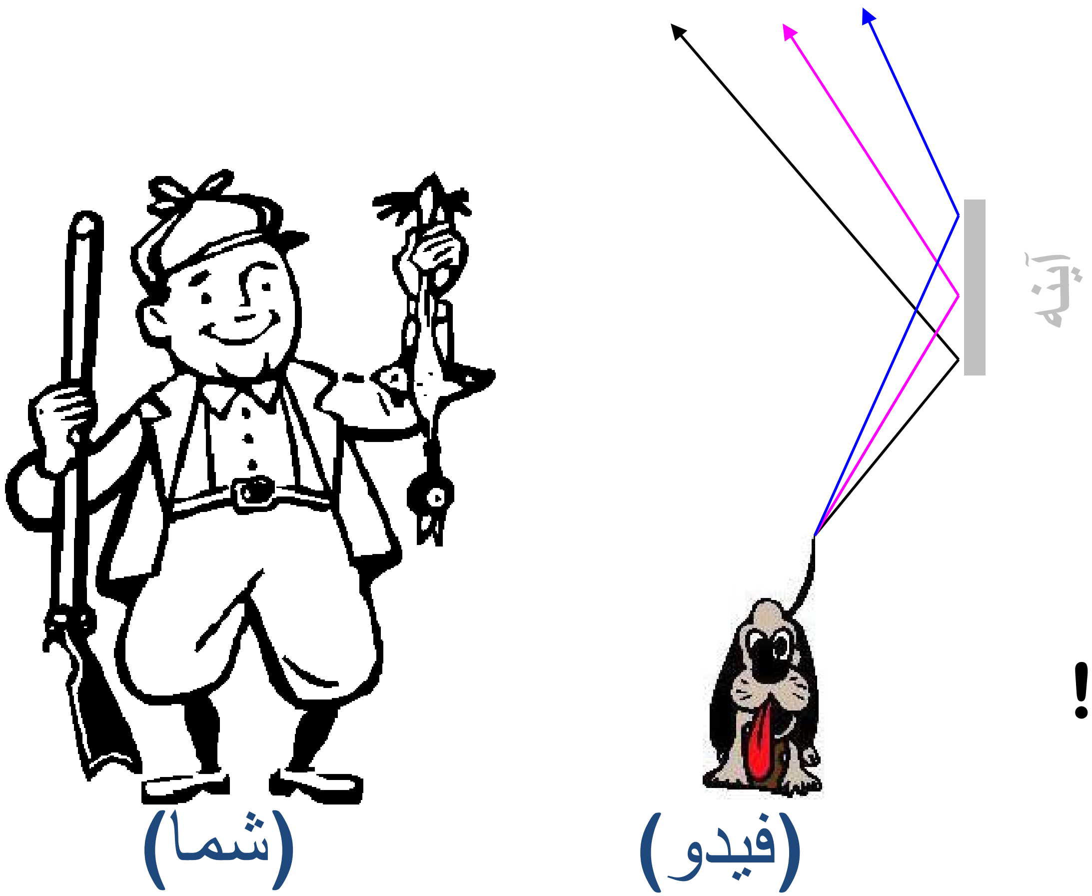
(شما)

(فیدو)

پاسخ پیش آزمون

آیا درآینه دم این سگ که اسمش فیدو است را می ببنید؟

نخیر!



لازم است که پرتوی که از دم سگ روی آینه بازتاب می کند به چشم شما برسد!

تمرین : آینه تخت

درجلوی آینه تختی که بالا نصب شده است ایستاده ایدوازبالای سر تازانوان خودرا می بینیدبرای اینکه کفش های خود نیز ببینید چکار باید بکنید؟

(1) به آینه نزدیک شوید.

(2) از آینه دور شوید.

(3) از آینه دیگری استفاده کنید.

دانشگاه پیام نور

تمرین : آینه تخت

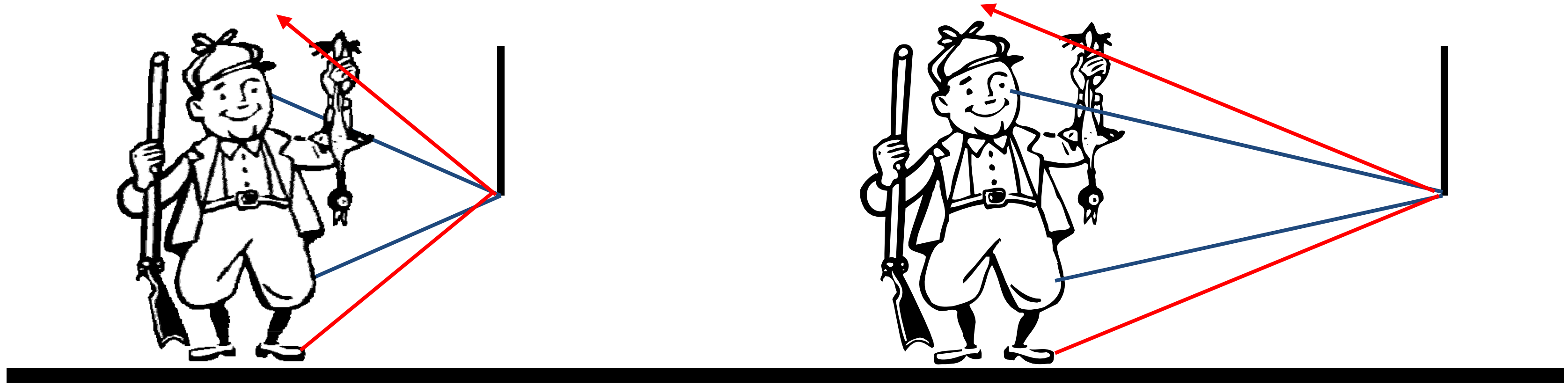
درجلوی آینه تختی که بالا نصب شده است ایستاده ایدوازبالای سر تازانوان خودرا می بینیدبرای اینکه کفش های خود نیز ببینید چکار باید بکنید؟

(1) به آینه نزدیک شوید.

(2) از آینه دور شوید.

(3) از آینه دیگری استفاده کنید.

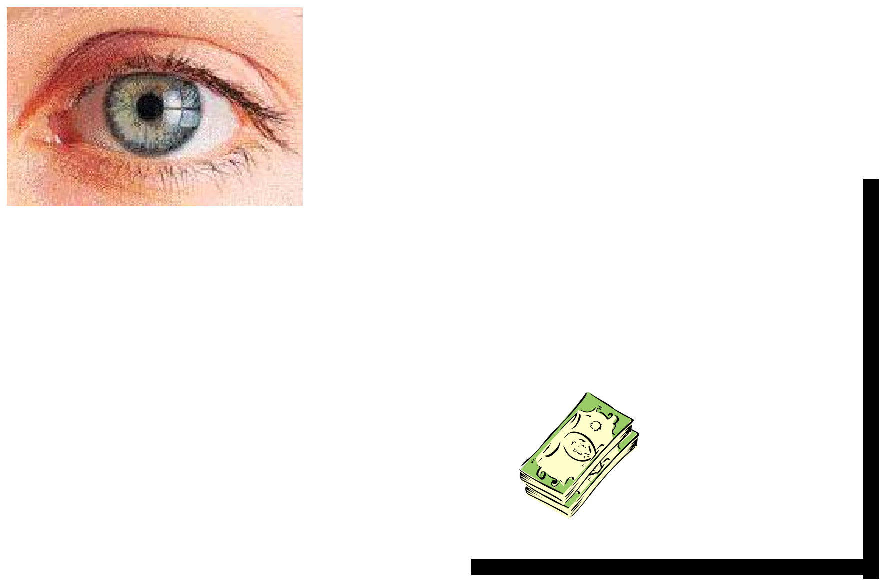
تغییر فاصله آن چه را که ازخودتان می بینید تغییر نمی دهد



دو آینه

چند تصویر از پول درآینه می بینید (غیراز پول واقعی)؟

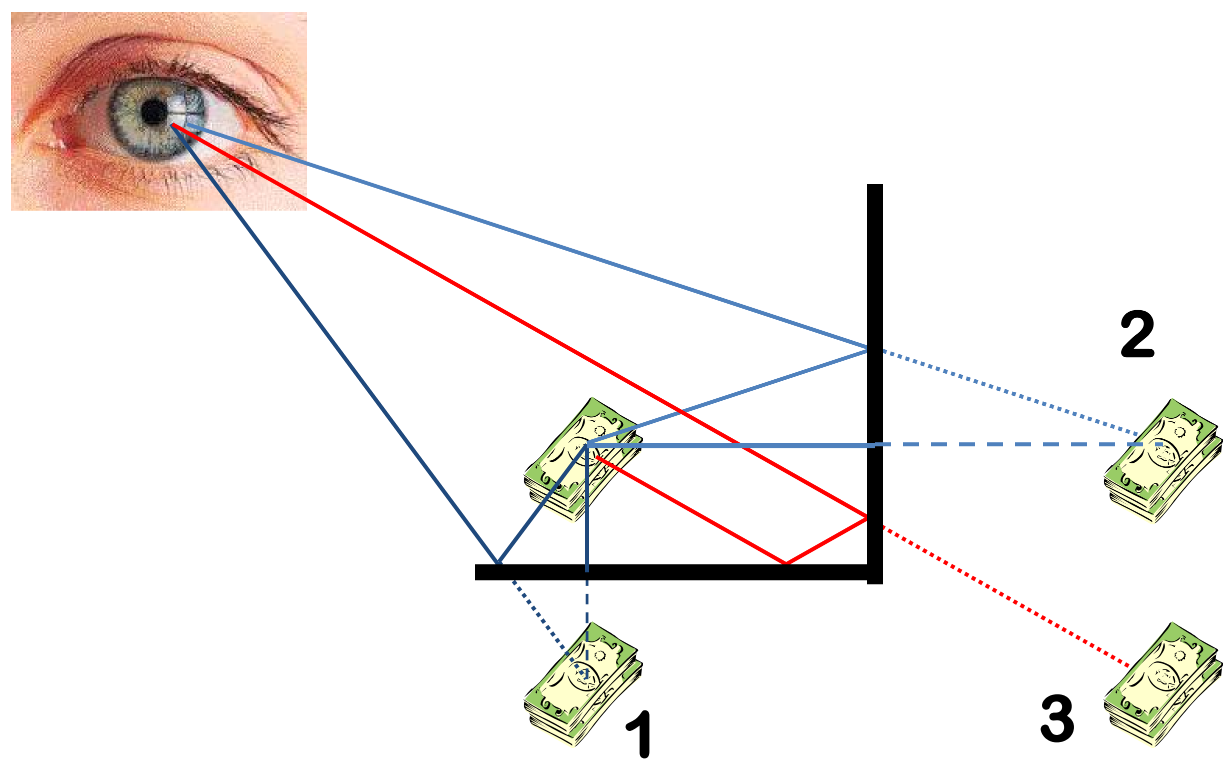
مثال



دو آینه

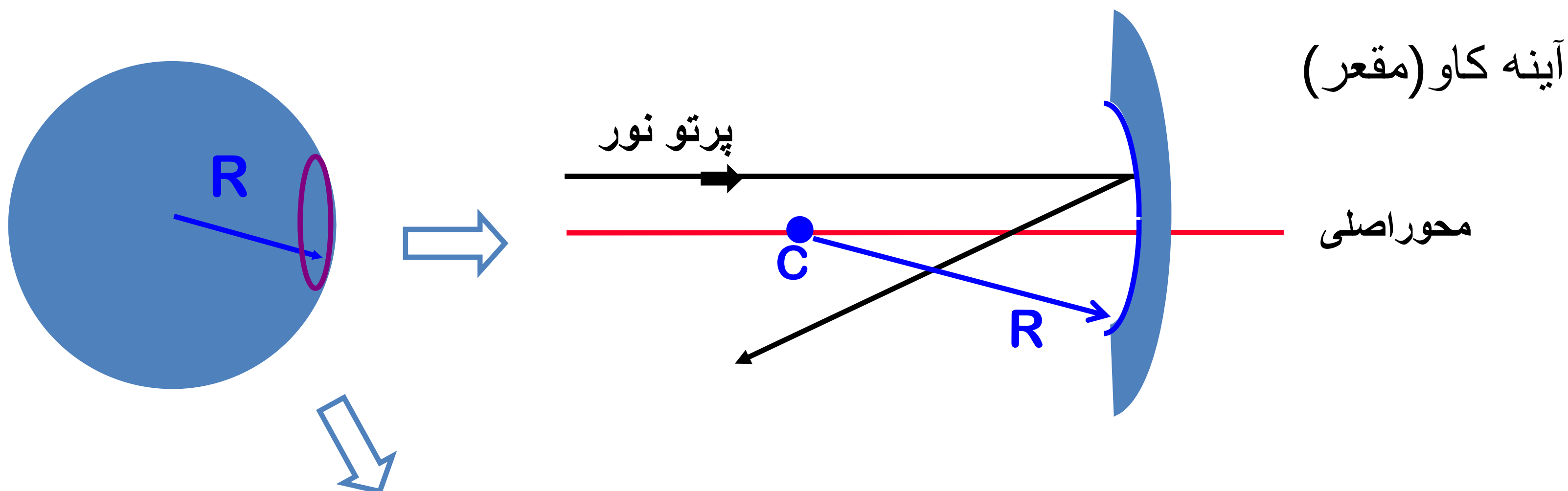
چند تصویر از پول درآینه می بینید (غیراز پول واقعی)؟

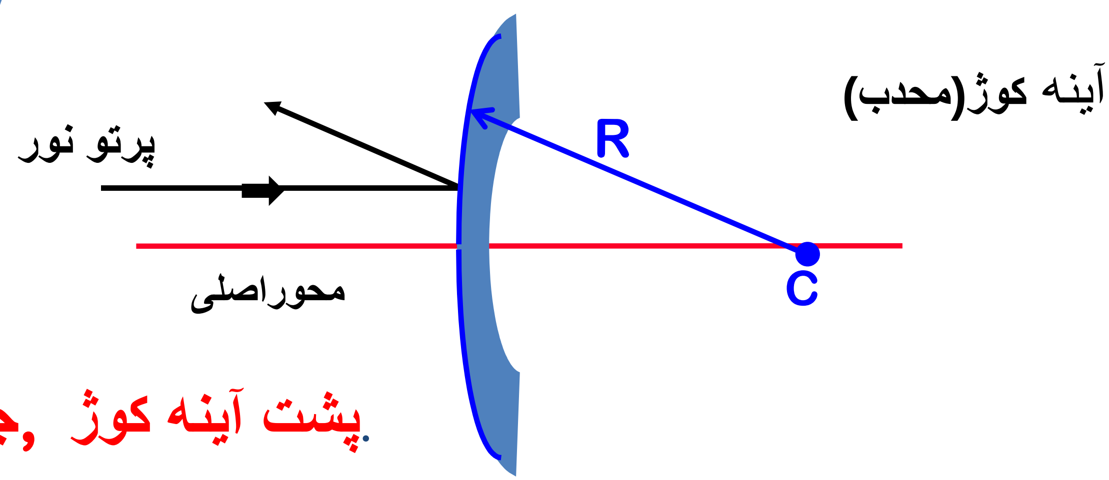
مثال



آینه های خمیده

یک آینه کروی :قسمتی از کره است.



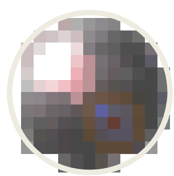


C = مرکز انحنا

پشت آینه کوژ, جلوی آینه کاو.

پیش آزمون

یک دانشجوی شیمی برحسب اتفاق گلوله ای شیشه ای را در محلول نیترات نقره می اندازد وسبب می شود که رویه خارجی آن بازتابنده شود چه نوع آینه ای تشکیل می شود؟.



چه نوع اینه ای است؟

(1) کاو

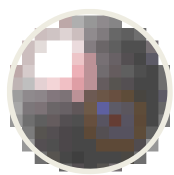
(2) کوژ

(3) تخت

پیش آزمون

یک دانشجوی شیمی برحسب اتفاق گلوله ای شیشه ای را در محلول نیترات نقره می اندازد وسبب می شود که رویه خارجی آن بازتابنده شود چه نوع آینه ای تشکیل می شود؟.

•



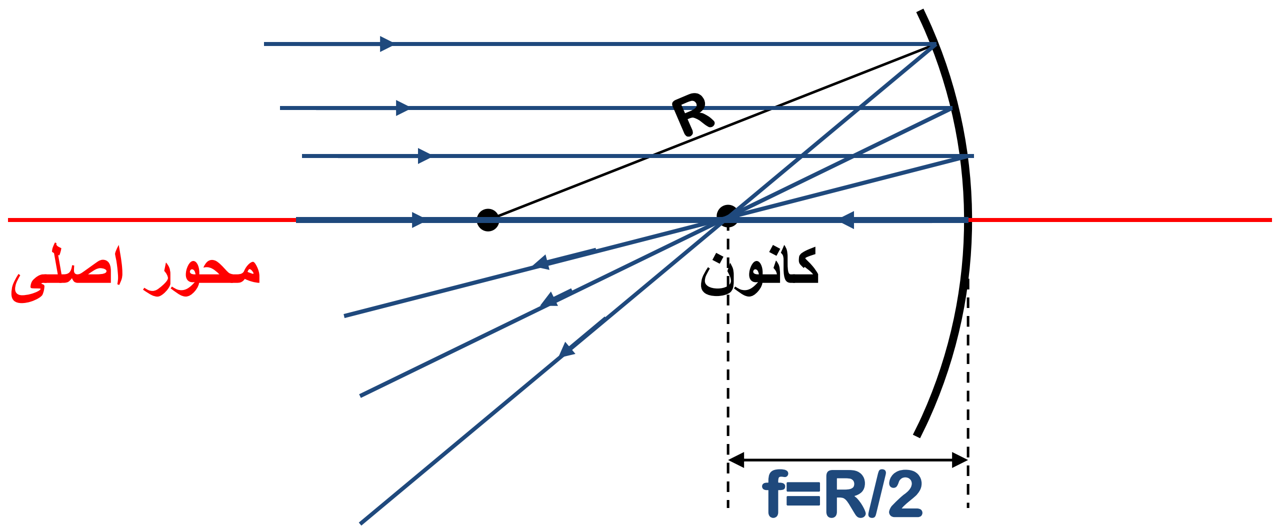
چه نوع اینه ای است؟

(1)کاو

(2)کوژ

(3)تخت

آینه کاو



پرتوها به طرف محور اصلی خم می شوند.

پرتوها موازی با محوراصلی چنان از آینه بازتاب می یابند که ازکانون اینه بگذرند.**(F)**

$$f = \frac{R}{2}$$

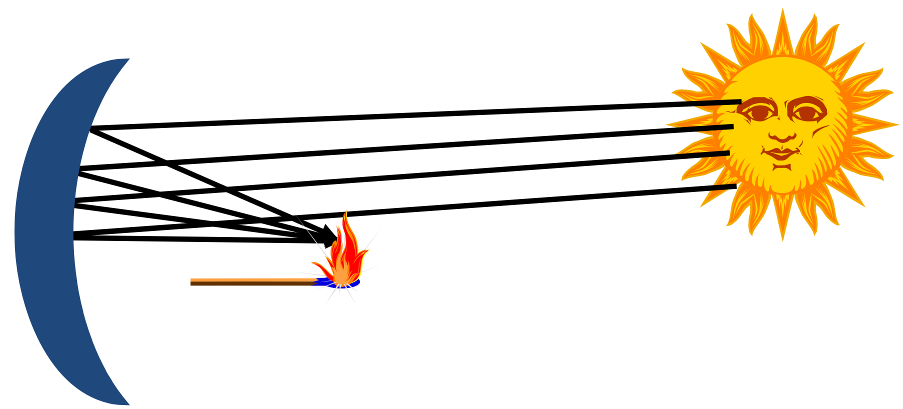
فاصله از **F** تامرکز آینه را "فاصله کانونی می گویند **(f)** .

پیش آزمون

چه نوع آینه ای را می توان برای ایجاد آتش بکار برد؟

کاو

کوژ



آینه را درچه فاصله ای ا ز کاغذ نگهدا ریم؟

دورتر از فاصله کانونی

نزدیکتر ا زفاصله کانونی

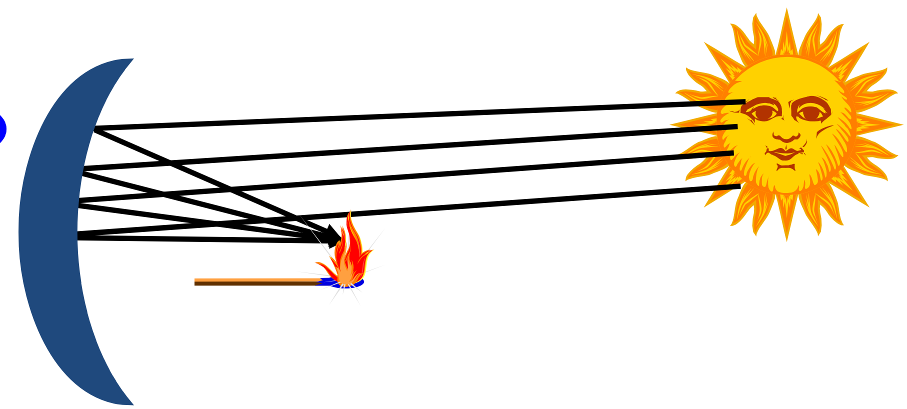
در فاصله کانونی

پیش آزمون

چه نوع آینه ای را می توان برای ایجاد آتش بکار برد؟

کاو

کوژ



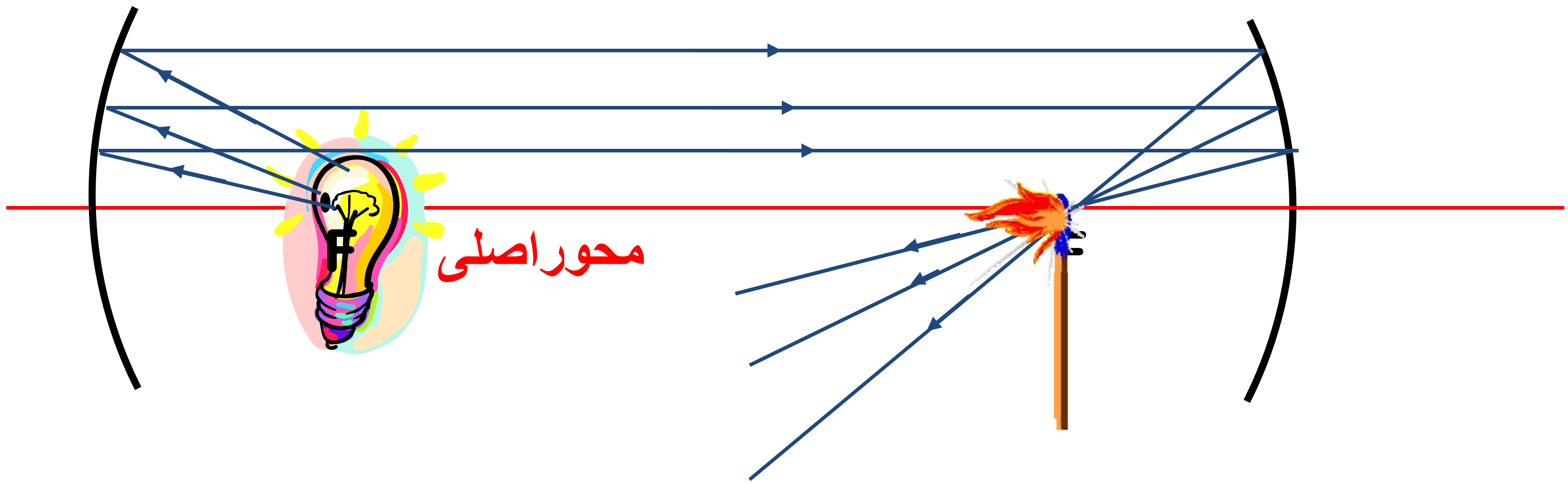
آینه را درچه فاصله ای ا ز کاغذ نگهدا ریم؟

دورتر از فاصله کانونی

نزدیکتر ا زفاصله کانونی

در فاصله کانونی

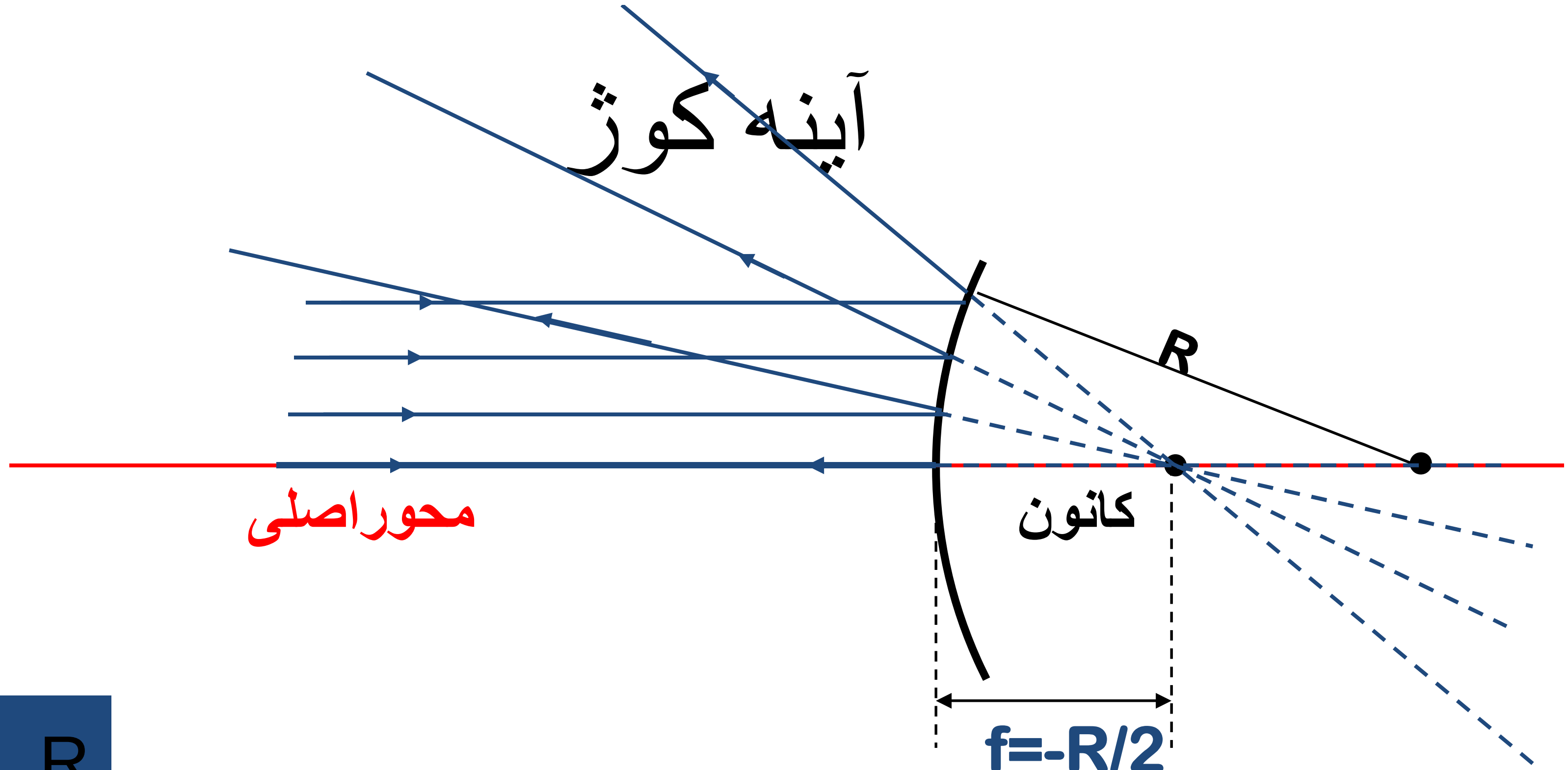
آینه کاو



پرتوهای که قبل از بازتاب از آینه از کانون بگذرند بطور موازی با محوراصلی بازتاب می یابند.

پرتوهایی که موازی محور اصلی به آینه می تابند طوری بازتاب می یابند که از کانون آینه بگذرند

آینه کوژ

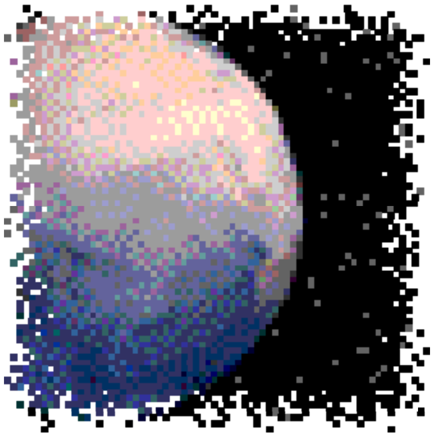


$$f = -\frac{R}{2}$$

پرتوها بعداز بازتاب از آینه از محور اصلی دور می شوند.

پرتوها ی موازی با محوراصلی بعداز بازتاب از آینه به نظر می رسد که از کانون آمده اند **(F)** .

فاصله از **F** تامرکز آینه را " فاصله کانونی" می گویند **(f)** .



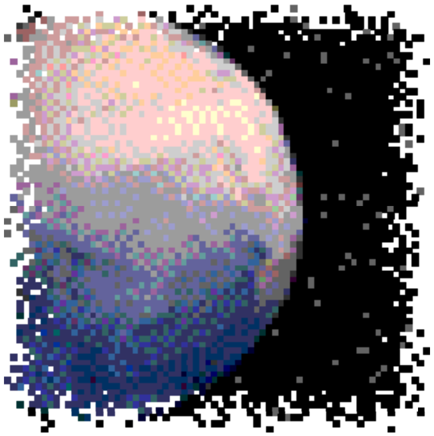
تمرین

آینه کاو دارای فاصله کانونی مثبت است$f > 0$

آینه کوژ دارای فاصله کانونی منفی است$f < 0$

فاصله کانونی آینه تخت چیست؟

الف - $f = 0$ ب - $f = \infty$



تمرین

آینه کاو دارای فاصله کانونی مثبت است $f > 0$

آینه کوژ دارای فاصله کانونی منفی است $f < 0$

فاصله کانونی آینه تخت چیست؟

الف - $f = 0$　　　　ب - $f = \infty$

هرچه آینه تخت تر باشد فاصله کانونی آن بزرگتر است.

به امید دیدار!

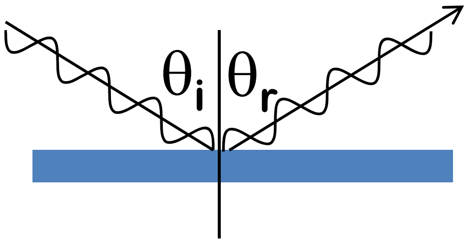
- درس آینده ما...

اپتیک

مقدمه:

بازتاب و انکسار نور

مرور



بازتاب:

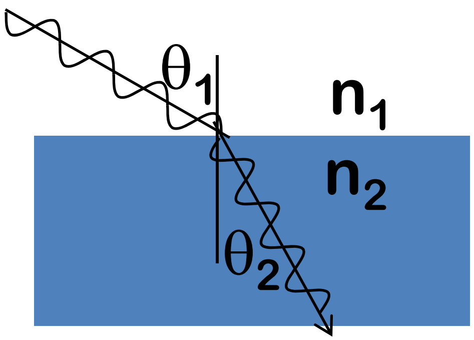
$$\boxed{\theta_i = \theta_r}$$

آینه تخت :

تصویر به فاصله مساوی پشت عدسی

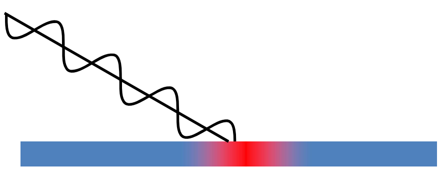
آینه کروی:

کوژ یا کا و



انکسارنور:

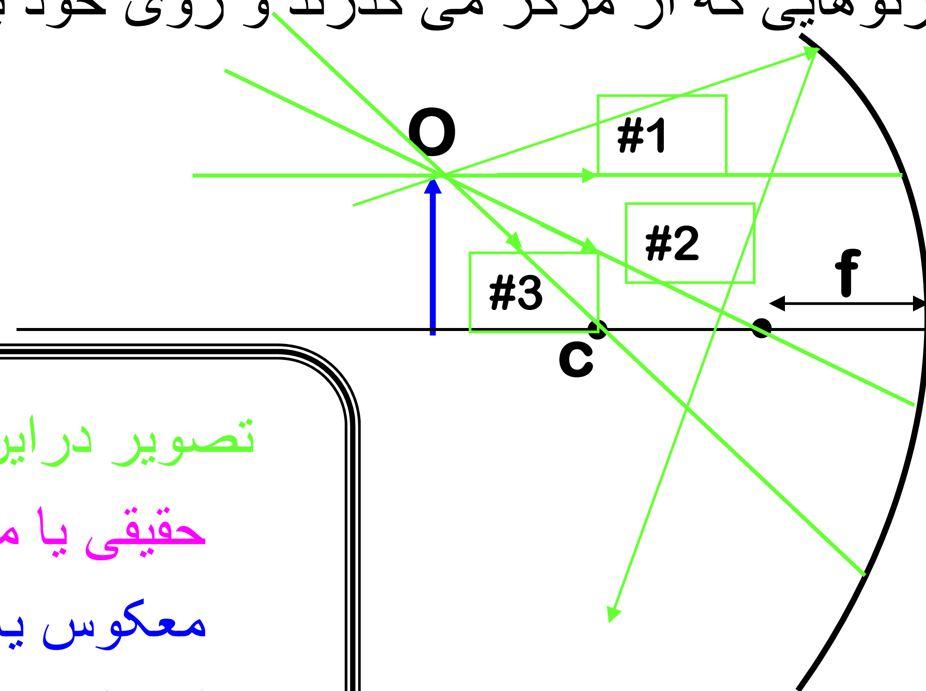
$$\boxed{n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)}$$



جذب نور

پرتوهای اصلی در آینه کاو

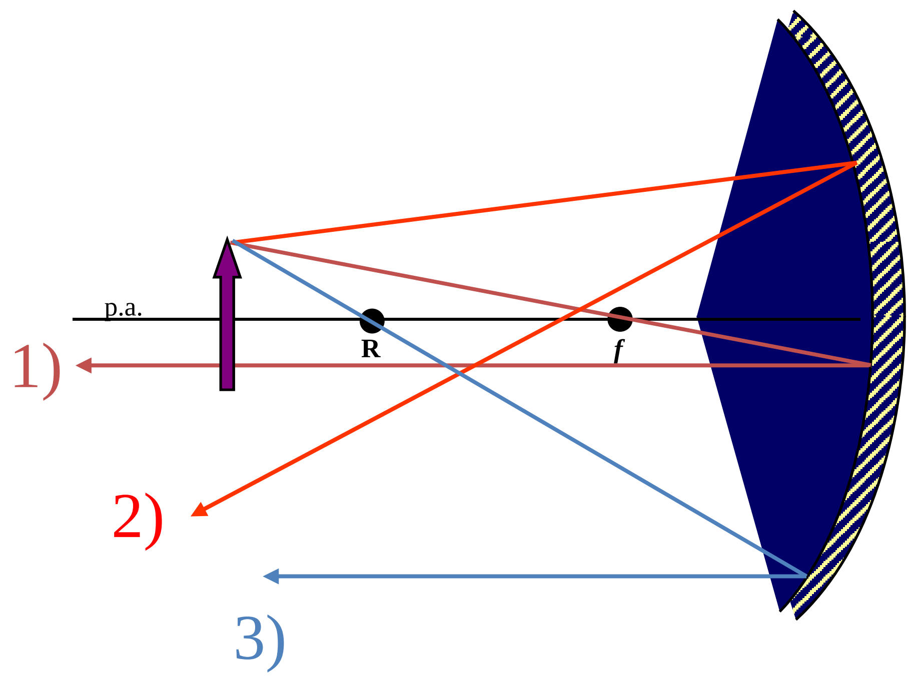
1- پرتوها موازی با محور اصلی بعدازبازتاب از کانون **f** می گذرند
2- پرتوهایی که از کانون می گذرند موازی با محوراصلی بازتاب می یابند.
3- پرتوهایی که از مرکز می گذرند و روی خود بازتاب می یابند.



تصویر دراین حالت :
حقیقی یا مجازی است
معکوس یا مستقیم است
کوچکتر یا بزرگتر است

پیش آزمون

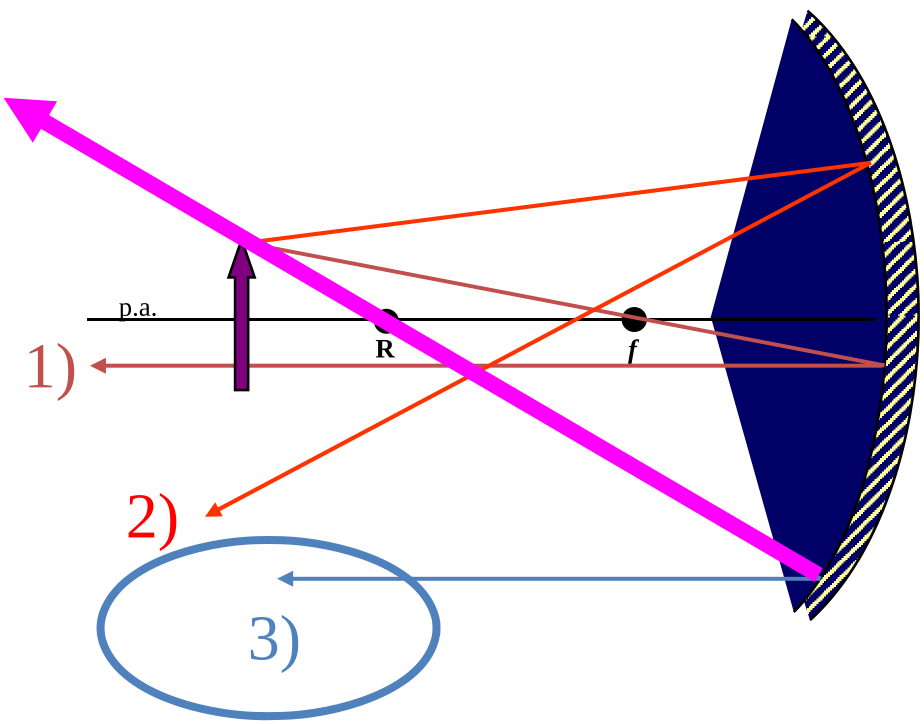
کدام پرتو صحیح نیست؟



پاسخ پیش آزمون

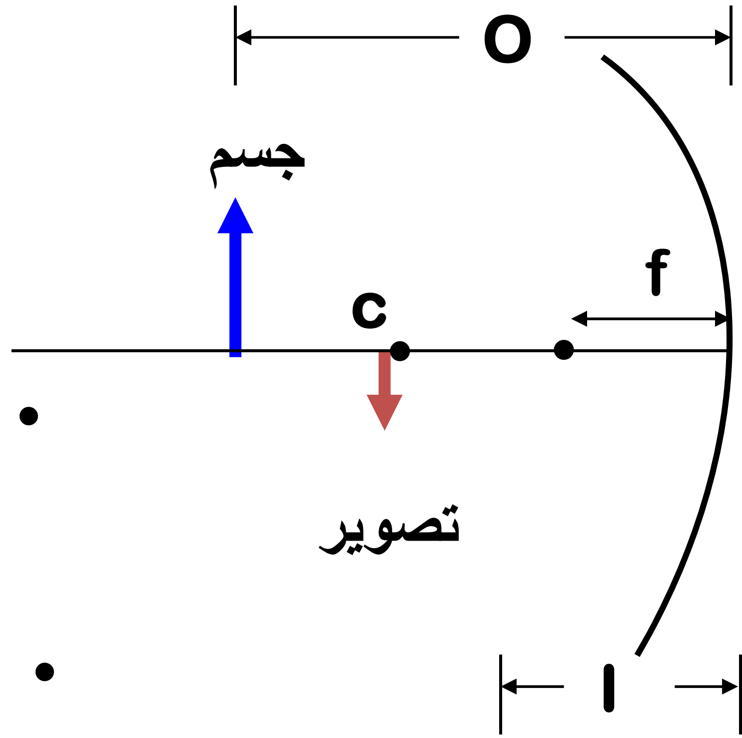
کدام پرتو صحیح نیست؟

پرتوی که از مرکز می آید باید روی خودش منعکس شود



معادله آینه ها

$$\frac{1}{O}+\frac{1}{I}=\frac{1}{f}$$



- O = فاصله جسم از آینه:

مثبت :جسم ________ آینه

منفی :جسم ________ آینه

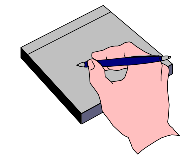
- I = فاصله تصویر از آینه:

- مثبت________ :تصویر ____ آینه
- منفی ________ :تصویر____ آینه

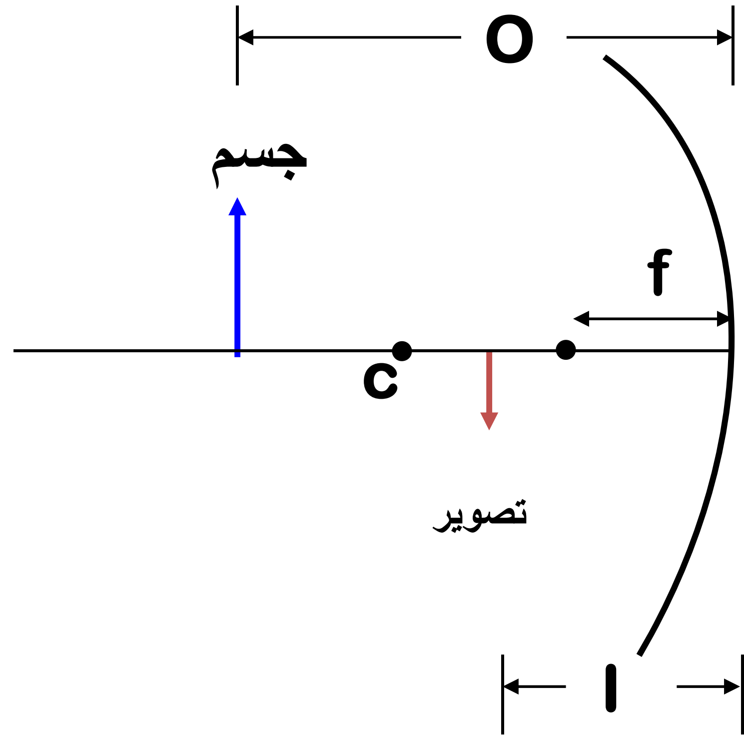
- f = فاصله کانونی:

- مثبت : آینه ------
- منفی : آینه ------

معادله آینه



$$\boxed{\frac{1}{O}+\frac{1}{I}=\frac{1}{f}}$$



O =فاصله جسم از آینه:

مثبت : جسم ______ جلوی ___ آینه

منفی : جسم _____ پشت ____ آینه

I =فاصله تصویر از آینه:

مثبت ________ :تصویر مستقیم وجلوی آینه

منفی ________ :تصویر معکوس وپشت آینه

فاصله کانونی:

مثبت : آینه کاو

منفی : آینه کوژ

پیش آزمون

تصویری که به وسیله آینه کاو تشکیل می شود :

1) همواره حقیقی است

2) همواره مجازی است

3) گاهی مجازی و گاهی حقیقی است

تمرین : آینه کاو

یک جسم را کجا جلوی یک آینه کاو قرار دهیم تا تصویرآن مجازی باشد؟

(1) نزدیک آینه

(2) دور از آینه

(3) دور یا نزدیک به آینه

(4) غیر ممکن

پاسخ پیش آزمون

تصویری که به وسیله آینه کاو تشکیل می شود :

1) همواره حقیقی است

2) همواره مجازی است

3) گاهی مجازی و گاهی حقیقی است

آینه کاو: **f > 0**

جسم حقیقی یعنی جلوی آینه: **O > 0**

$$\frac{1}{O}+\frac{1}{I}=\frac{1}{f} \Longrightarrow \frac{1}{I}=\frac{1}{f}-\frac{1}{O}$$

ممکن است مثبت یا منفی باشد !

تمرین :آینه کاو

یک جسم را کجا جلوی یک آینه کاو قرار دهیم تا تصویرآن مجازی باشد؟

معادله آینه:

1) دور از آینه

2) دور یا نزدیک به آینه

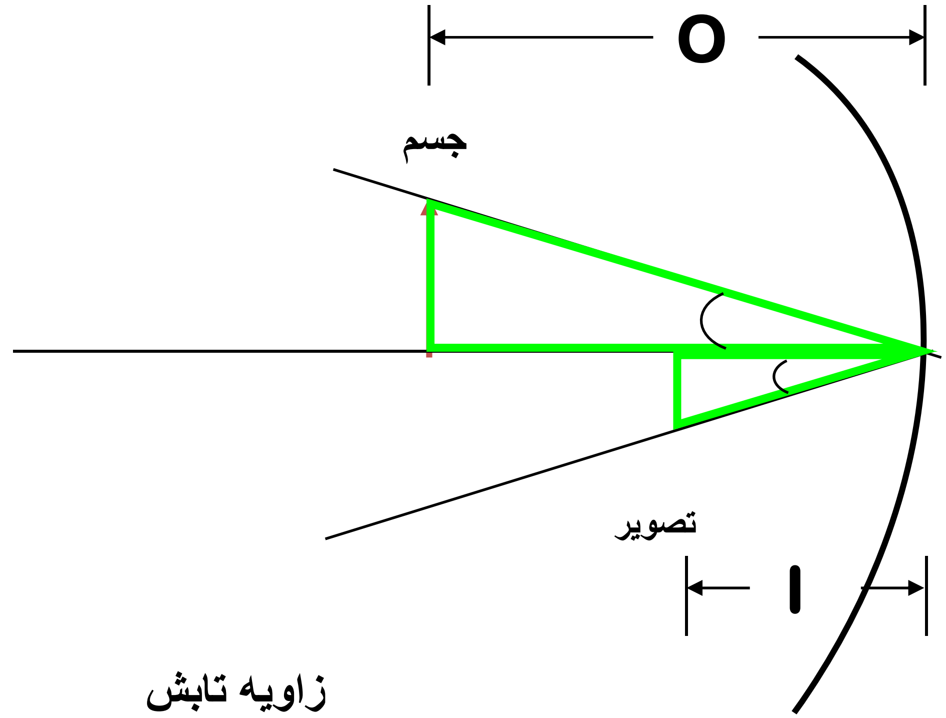
3) غیرممکن

4) نزدیک آینه

- آینه کاو $f > 0$:
- جسم جلوی آینه $O > 0$:
- تصویر مجازی یعنی پشت آینه $I < 0$:
- اگر $O < f$ باشد دراین صورت : $I < 0$ مجازی.

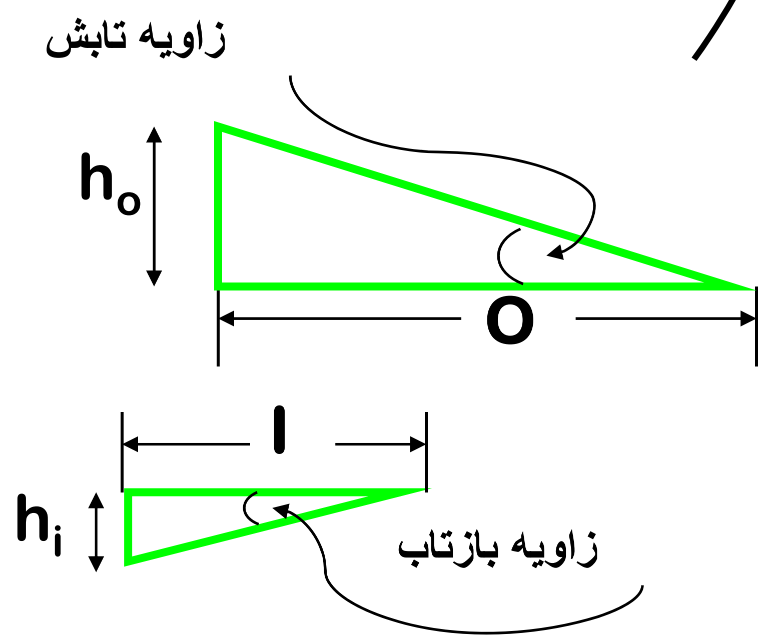
بزرگ نمایی

$$m = \frac{h_i}{h_o} = -\frac{I}{O}$$



- h_o = ارتفاع جسم:
  - مثبت:
- h_i = ارتفاع تصویر:
  - مثبت:
  - منفی:
- m= بزرگنمایی:
  - مثبت/منفی مانند h_i
  - < 1:
  - > 1:

$$\tan\theta = \frac{h_o}{O} = \frac{h_i}{I}$$

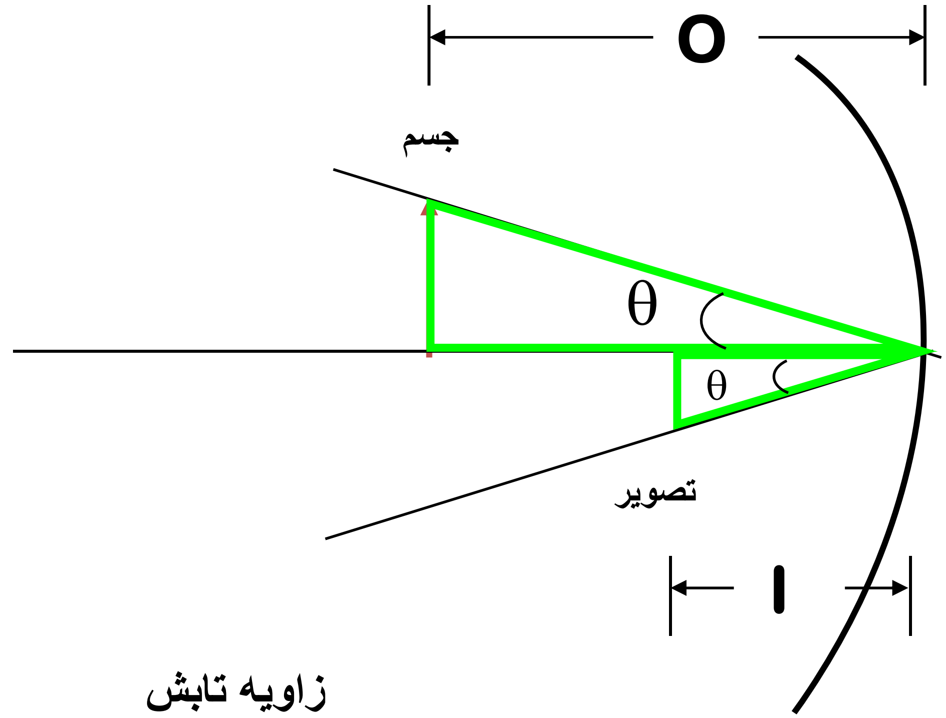


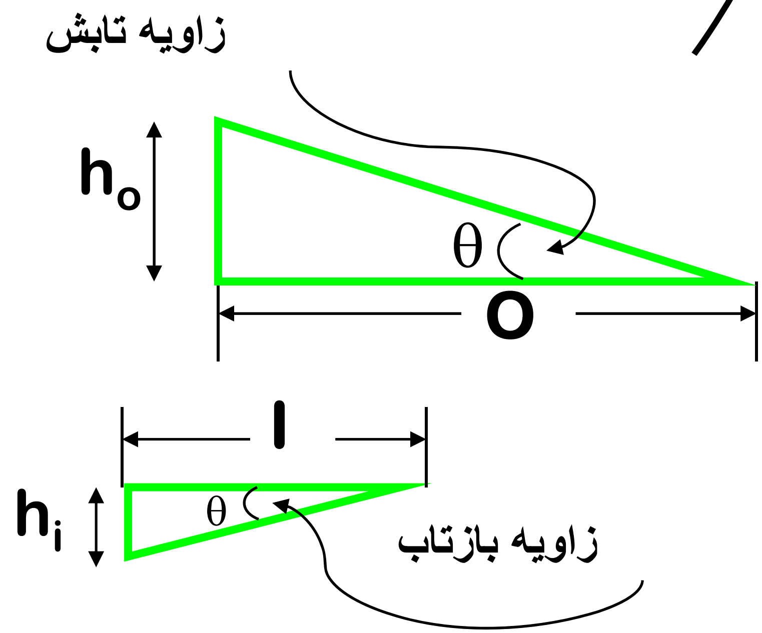
معادله بزرگنمایی

$$m = \frac{h_i}{h_o} = -\frac{I}{O}$$

- h_o = ارتفاع جسم:
  - همواره مثبت
- h_i = ارتفاع تصویر:
  - مثبت: تصویر مستقیم
  - منفی: تصویر معکوس
- m = بزرگنمایی:
  - مثبت /منفی: مانند h_i
  - < 1 : تصویر کوچک شده است
  - > 1 : تصویر بزرگ شده است

$$\tan\theta = \frac{h_o}{O} = \frac{h_i}{I}$$





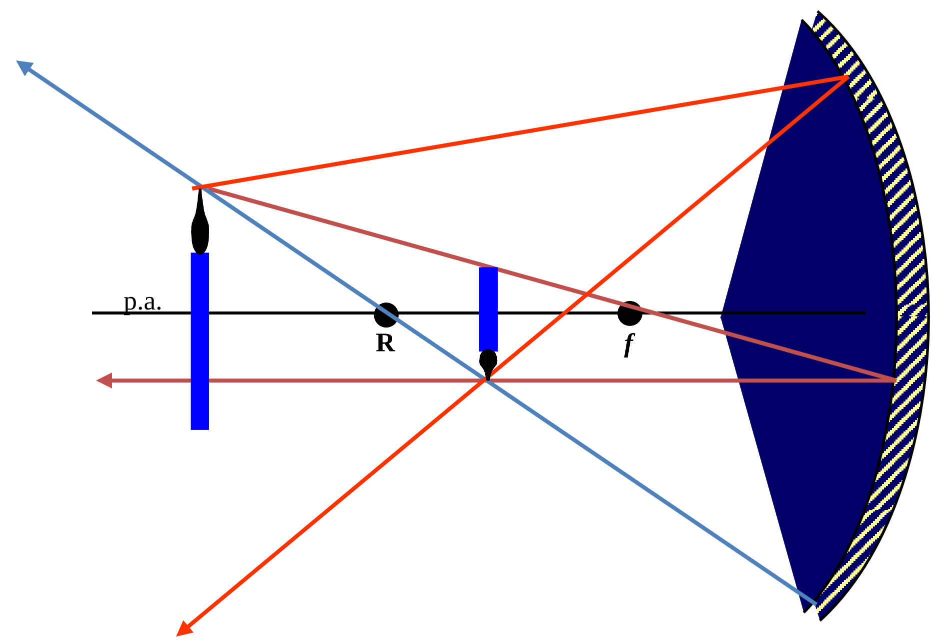
تمرین : حل معادله آینه

شمعی درفاصله **6 cm** جلوی یک آینه کاو به فاصله کانونی**f=2 cm** قرار دارد .
مکان تصویر را پیدا کنید.

ادامه تمرین:

درمقایسه با شمع تصویر چگونه است:

- بزرگتر
- کوچکتر
- مساوی



تمرین : حل معادله آینه

شمعی درفاصله 6 cm جلوی یک آینه کاو به فاصله کانونی f=2 cm قرار دارد. مکان تصویر را پیدا کنید.

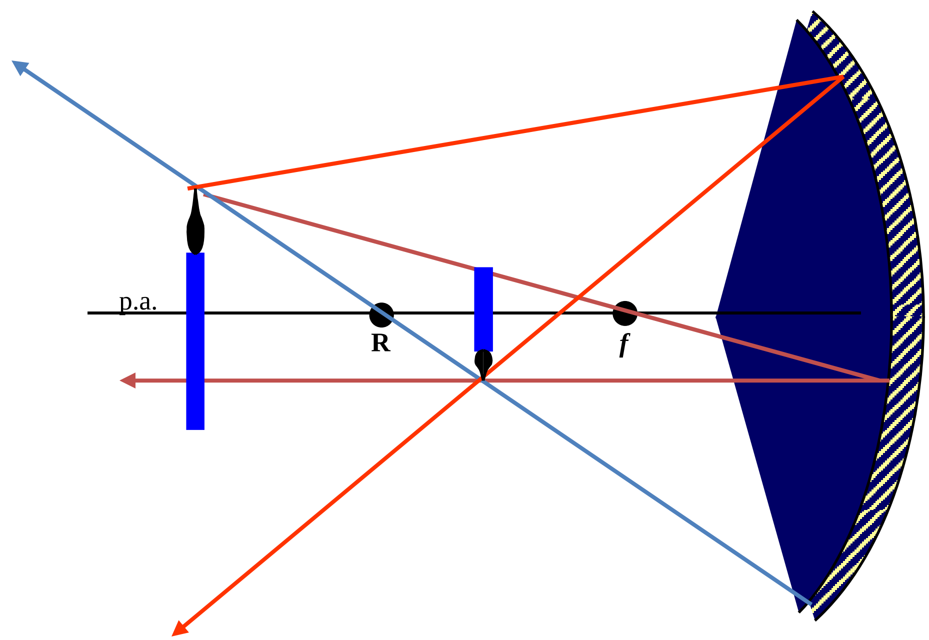
$$\frac{1}{6}+\frac{1}{I}=\frac{1}{2} \Rightarrow I = +3\ \text{cm}$$ (جلوی آینه)

تصویر حقیقی!

ادامه تمرین:

درمقایسه با شمع تصویر چگونه است:

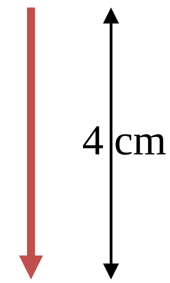
- بزرگتر
- کوچکتر
- مساوی



تمرین:بزرگنمایی

پیکان روبه پایین به فاصله 4 سانتی متر از یک آینه قرار گرفته است و تصویری با بزرگمایی 2- ایجاد شده است . اندازه تصویر چقدر است ؟

$$m \equiv \frac{h_i}{h_o}$$



1) 2 cm

2) 4 cm

3) 8 cm

$$h_i = mh_0 = -2 \times 4$$

جهت بردار تصویر چگونه است؟

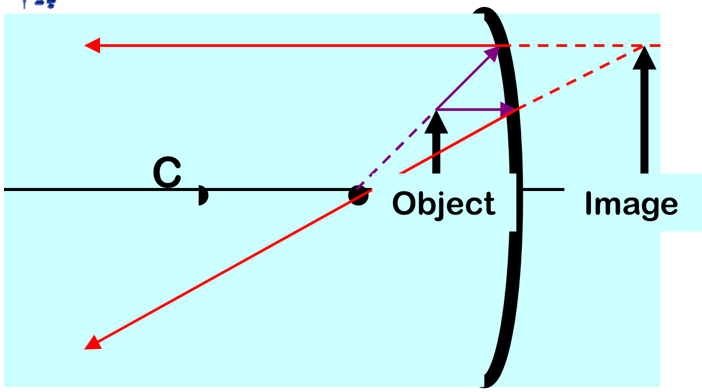
1) بالا

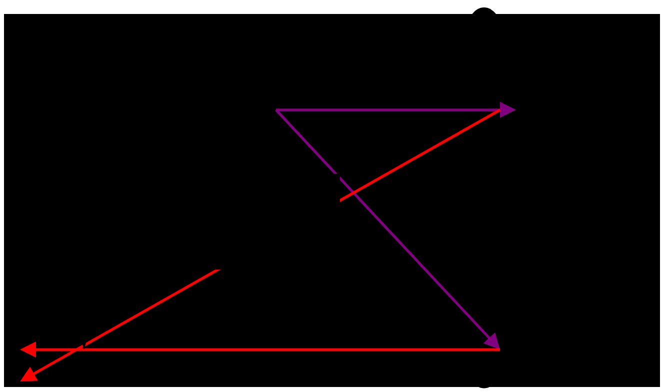
2) پایین

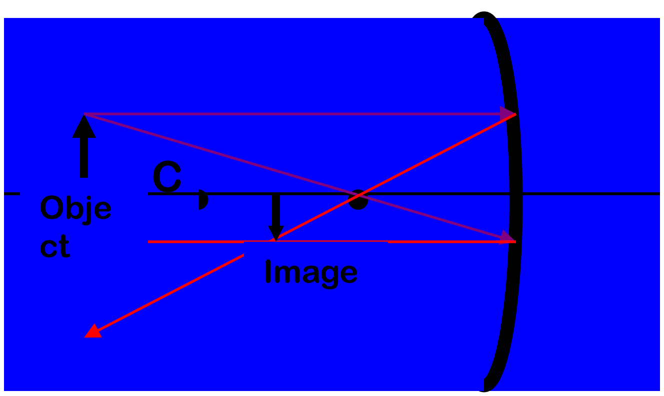
علامت (-) به معنای معکوس بودن تصویر است .

سه حالت آینه کاو

تصویر







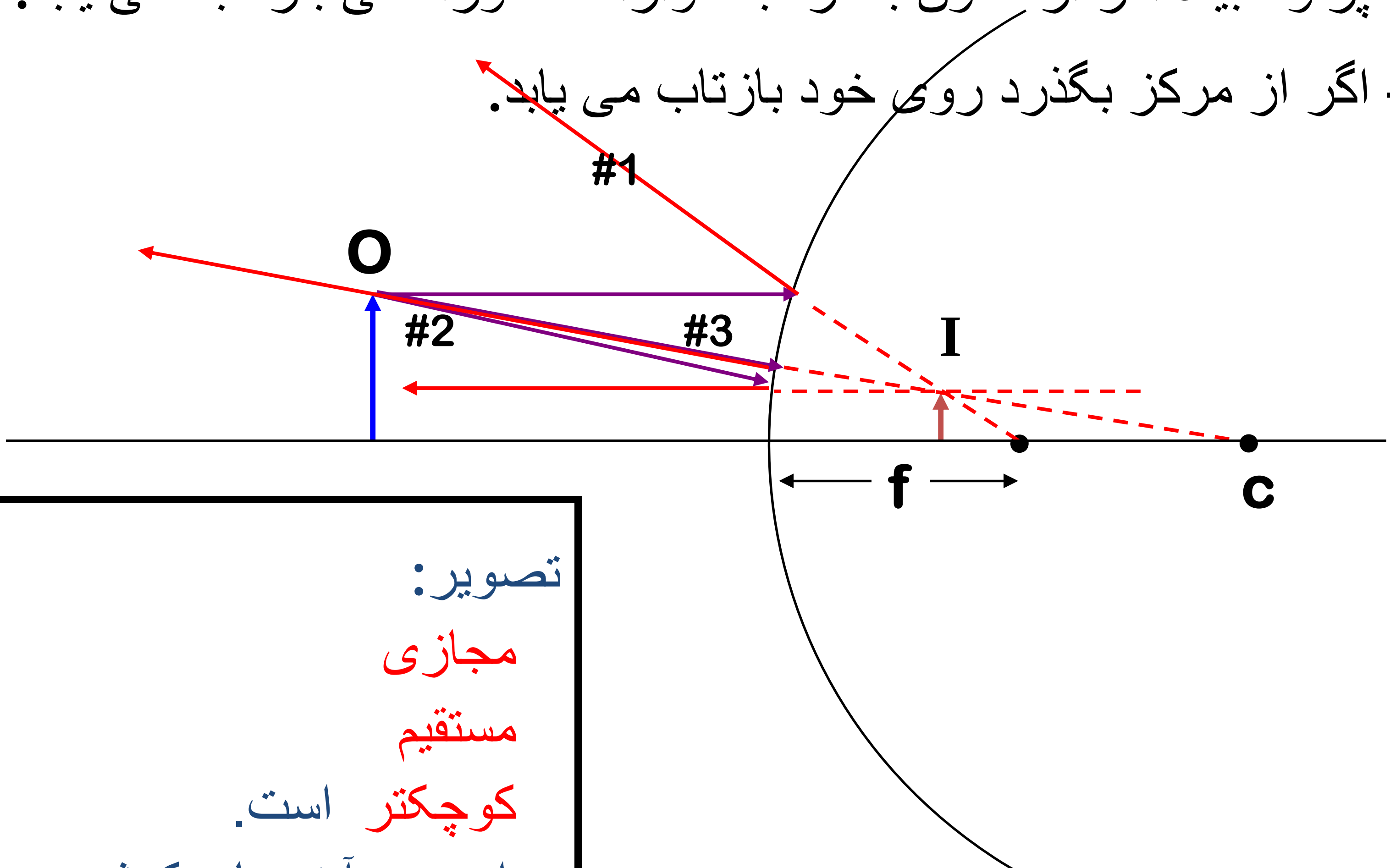
مستقیم بزرگتر مجازی	درون F
معکوس بزرگتر حقیقی	بین C و F
معکوس کوچکتر حقیقی	دوراز C

پرتوها در آینه کوژ

1 - موازی با محور اصلی چنان بازتاب می یابدکه ادامه اش از کانون بگذرد

2 - پرتو تابیده اگر از کانون بگذرد به موازات محوراصلی بازتاب می یابد.

3 - اگر از مرکز بگذرد روی خود بازتاب می یابد.



تصویر:

مجازی

مستقیم

کوچکتر است.

برای همه آینه های کوژ درست است!!

حل معادله آینه

مثال

جسمی به فاصله 6 سانتی متر از یک آینه کوژ به فاصله کانونی3- قرار گرفته است مکان تصویر پیدا کنید.

$$\frac{1}{6}+\frac{1}{I}=\frac{1}{-3}$$

$$m=-\frac{I}{O}=-\frac{-2}{6}$$

I = - 2 cm (پشت آینه)

بزرگنمایی جسم چقدر است؟.

تصویر مجازی!

اگر جسم 9 سانتی متر بلندی داشته باشد بلندی تصویر چقدراست؟

$$m=-\frac{I}{O}=-\frac{-2}{6}$$

m = + 1/3

$$+1/3=\frac{h_i}{9\text{ cm}}$$

h_i = + 3 cm

Image is Upright!

تمرین

یک جسم را کجا جلوی یک آینه کوژ قرار دهیم تا تصویر حقیقی تشکیل شود؟

معادله آینه:

$$\frac{1}{O}+\frac{1}{I}=\frac{1}{F}$$

1) جسم نزدیک به آینه باشد

2) جسم دور آز آینه باشد

3) جسم نزدیک یا دوراز آینه باشد

4) غیرممکن

$$\frac{1}{I}=\frac{1}{f}-\frac{1}{O}$$

I منفی !

fمنفی

مثبت O

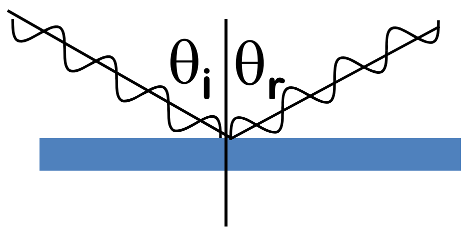
- آینه کوژ $f < 0$:
- جسم جلوی آینه: $O > 0$
- تصویر حقیقی یعنی: $I > 0$

خلاصه آینه ها

- زاویه تابش = زاویه بازتابش
- پرتوهای اصلی
  - موازی با محور اصلی از کانون بازتاب می یابد
  - ازکانون بگذرد موازی محوراصلی بازتاب می یابد.
  - ازمرکز بگذرد روی خودش بازتاب می یابد
- $|f| = R/2$
- $$\frac{1}{O}+\frac{1}{I}=\frac{1}{F}$$
- $$m=\frac{h_i}{h_o}=-\frac{I}{O}$$

نورفقط برنمی گردد بلکه شکست هم پیدا می کند!

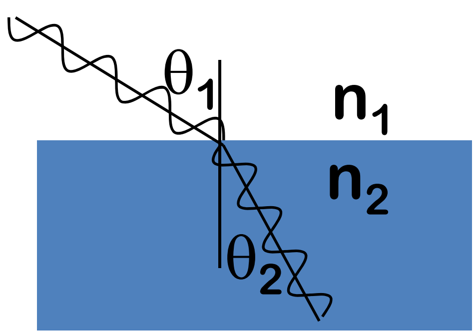
انعکاس (آینه ها) !



$$\theta_i = \theta_r$$

$$\frac{1}{O} + \frac{1}{I} = \frac{1}{F}$$

شکست نور (عدسی ها) !



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

قانون اسنل

ضریب شکست

300000 **Km/h** یک نظریه نیست بلکه

یک قانون است **!**

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

سرعت نور در خلا

سرعت نور درمحیط

ضریب شکست

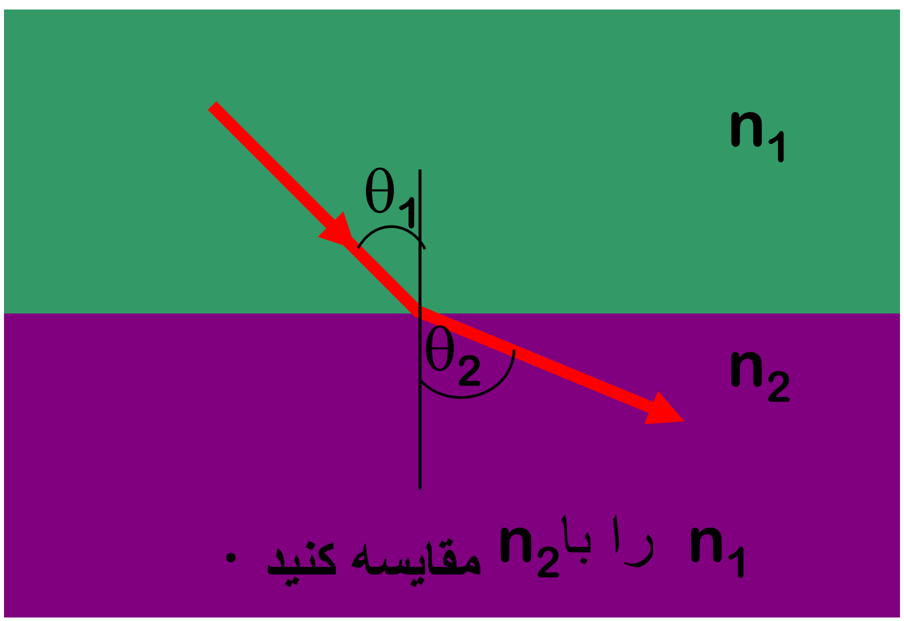
$V < C$ بنابراین $\Rightarrow$ $n > 1$

همیشه**!**

قانون اسنل

وقتی نور از یک محیط وارد محیط دیگری می شود سرعت آن تغییر می کند
$v=c/n$, ولی بسامد آن تغییرنمی کند لذادرمرز جدایی دومحیط خم می شود .

$$\boxed{n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)}$$



پیش آزمون :

1) $n_1 > n_2$

2) $n_1 = n_2$

3) $n_1 < n_2$

$\theta_1 < \theta_2$

$\sin\theta_1 < \sin\theta_2$

$n_1 > n_2$

تمرین: قانون اسنل

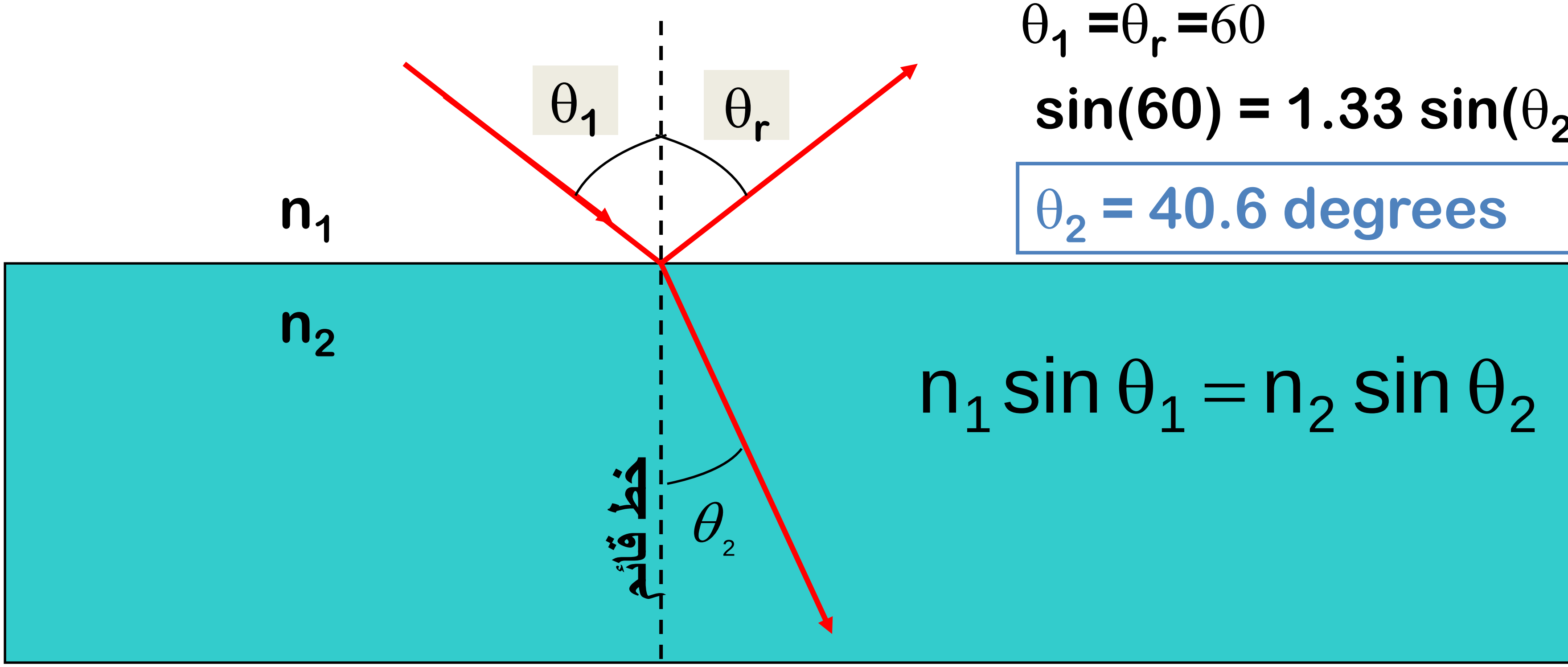
معمولا هم انعکاس داریم وهم انکسار

پرتو نوری که از هوا می گذرد **(n=1)** برآب می تابد **(n=1.33).** قسمتی ازآن تحت زاویه **θ_r = 60** بازتاب پیدا می کند .وقسمت دیگر آن شکست پیدا می کند . مقدار θ_2 چقدراست؟

$\theta_1 = \theta_r = 60$

$\sin(60) = 1.33 \sin(\theta_2)$

$\boxed{\theta_2 = 40.6 \text{ degrees}}$

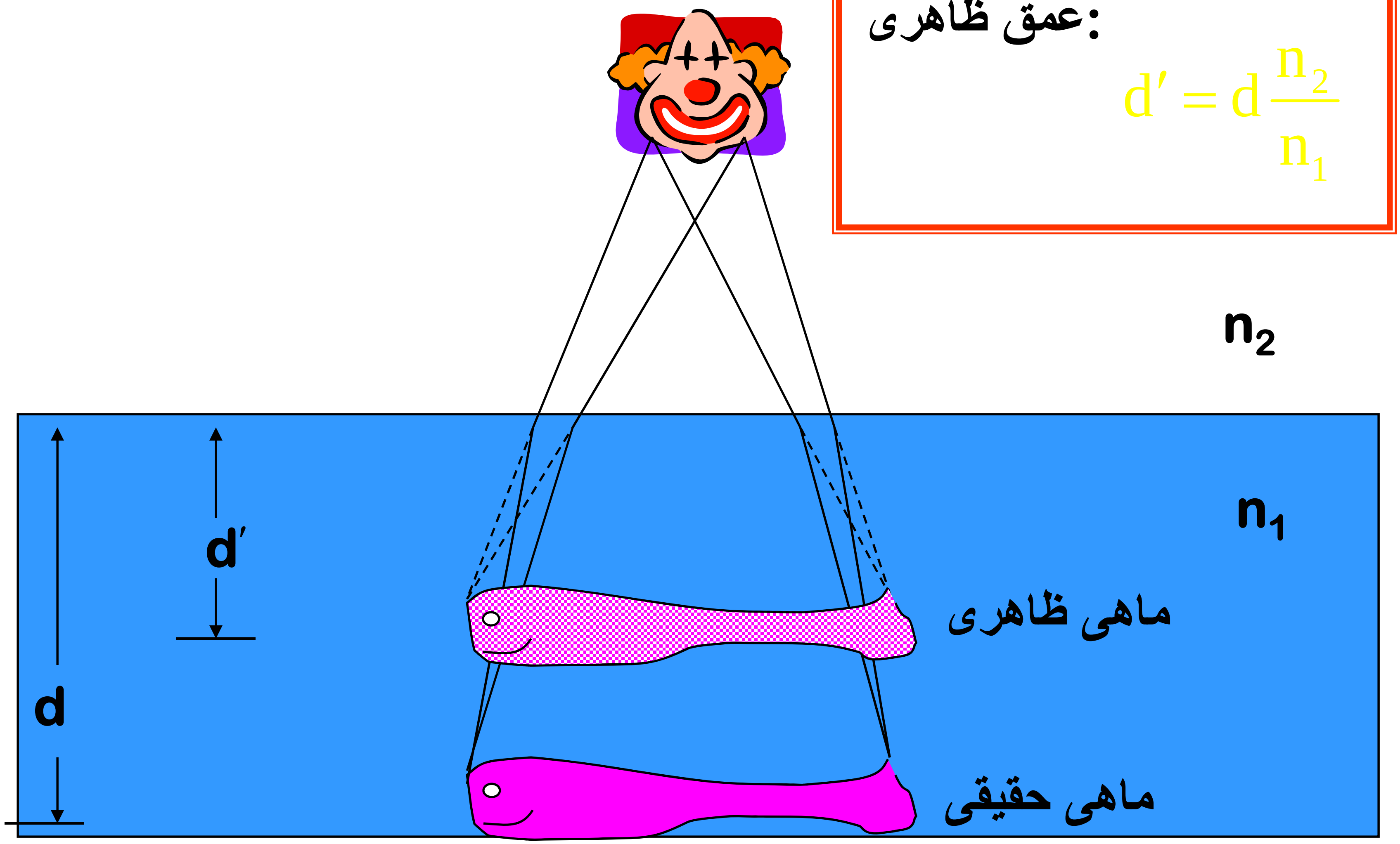


$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

عمق ظاهری:

عمق ظاهری:

$$d' = d\frac{n_2}{n_1}$$



به امید دیدار!

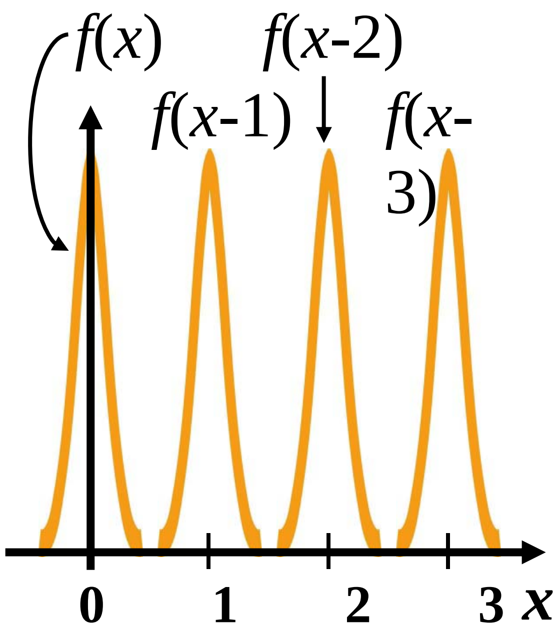
- درس آینده ما...

فصل دوم ...

حرکت موجی و موجهای الکترومغناطیسی

امواج، معادله موج، سرعت فاز

موج چیست؟



و موج پس[$f(x+vt)$]

طول موج

امواج تخت ،

موج چیست؟

موج چیزی است که حرکت می کند.

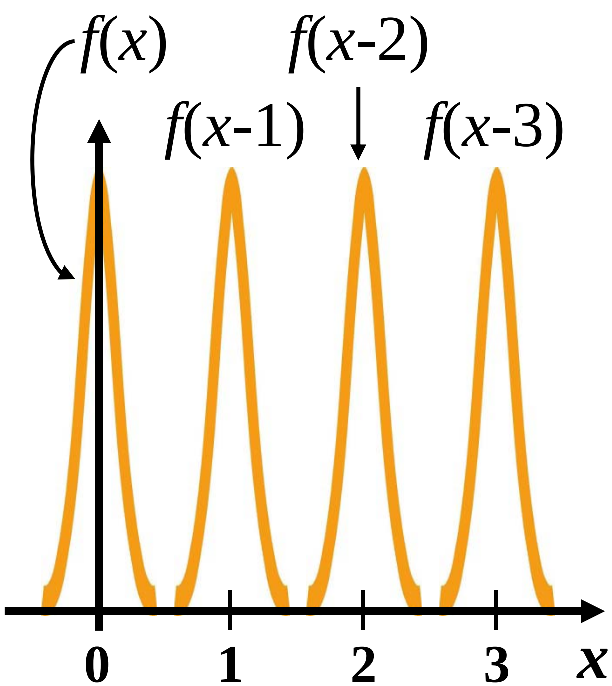
به راست ، $f(x)$ برای جابه جایی هرتابع
یک عدد a که $x-a$, به x آرگومان آن را از
صحیح است باید تغییرداد.

یک عدد v باشدو $a = \mathrm{v}\, t$, اگر فرض کنیم که
زمان باشد t صحیح مثبت و , .

نشاندهنده $f(x - \mathrm{v}\, t)$ یکه موج پیش رونده به لذا
راست خواهد بود.

نشان دهنده یک موج $f(x + \mathrm{v}\, t)$ پس همین طور,
رونده به چپ خواهد بود.

سرعت موج است. v



معادله موج یک بعدی

معادله موج را از معادلات ماکسول استخراج می کنیم . .تابع نرده ای (غیر برداری) $f($ ر, ا
درنظر بگیرید:

$$\boxed{\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0}$$

امواج نور (یا درواقع میدانهای الکتریکی امواج نور) جواب این معادله می باشند.دراین رابطه v سرعت نور است .

جواب معادله یک بعدی موج:

معادله موج دارای پاسخ ساده زیر است :

$$\boxed{f(x,t) = f(x \pm vt)}$$

$f(u)$ هر تابع دوبار مشتق پذیر است.

در معادله موج صدق می کند $f\,(x \pm vt)$ اثبا ت :

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \pm\, v \qquad \frac{\partial u}{\partial x} = 1$$

و $f\,(x \pm vt)$ را به صورت $f\,(u)$ می نویسیم, که $u = x \pm vt$ است . لذا

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial u}\frac{\partial u}{\partial x} \qquad \frac{\partial f}{\partial t} = \frac{\partial f}{\partial u}\frac{\partial u}{\partial t}$$

اکنون از قاعده زنجیری استفاده می کنیم : و

$$\Rightarrow \frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial u} \qquad \text{لذا} \qquad \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 f}{\partial u^2} \qquad \text{و} \Rightarrow \frac{\partial f}{\partial t} = \pm\, v\,\frac{\partial f}{\partial u} \qquad \text{و} \qquad \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = v^2\,\frac{\partial^2 f}{\partial u^2}$$

با قرار دادن در معادله موج داریم:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 f}{\partial u^2} - \frac{1}{v^2}\left\{v^2\,\frac{\partial^2 f}{\partial u^2}\right\} = 0$$

معادله یک بعدی موج برای موج نور:

$$\boxed{\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} - \mu\varepsilon \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0}$$

E میدان الکتریکی است

از پاسخ های سینوسی و کسینوسی موج استفاده می کنیم:

$$E(x,t) = B\cos[k(x \pm \mathrm{v}t)] + C\sin[k(x \pm \mathrm{v}t)]$$

$$\downarrow$$

$$kx \pm (k\mathrm{v})t$$

$$\downarrow$$

یا

$$E(x,t) = B\cos(kx \pm \omega t) + C\sin(kx \pm \omega t)$$

که:

$$\boxed{\frac{\omega}{k} = \mathrm{v} = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}}}$$

سرعت نور درخلا "c" است

وبرابر با 3×10^{10} is ,

cm/sمی باشد.

معادله موج هماهنگ:

$$E(x,t) = A\cos[(kx - \omega t) - \theta]$$

با استفاده از اتحاد مثلثاتی زیر :

$$\cos(z-y) = \cos(z)\cos(y) + \sin(z)\sin(y)$$

که $z = kx - \omega t$ و $y = \theta$ است داریم:

$$E(x,t) = A\cos(kx - \omega t)\cos(\theta) + A\sin(kx - \omega t)\sin(\theta)$$

که مطابق با نتیجه قبلی است,

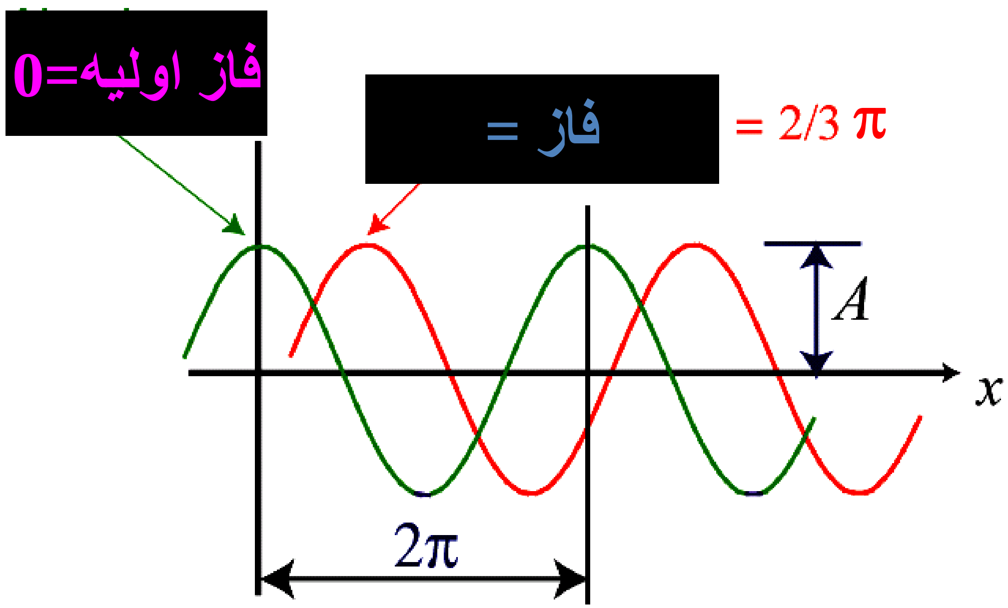
اگر فرض کنیم که:

$A\cos(\theta) = B$ و $A\sin(\theta) = C$

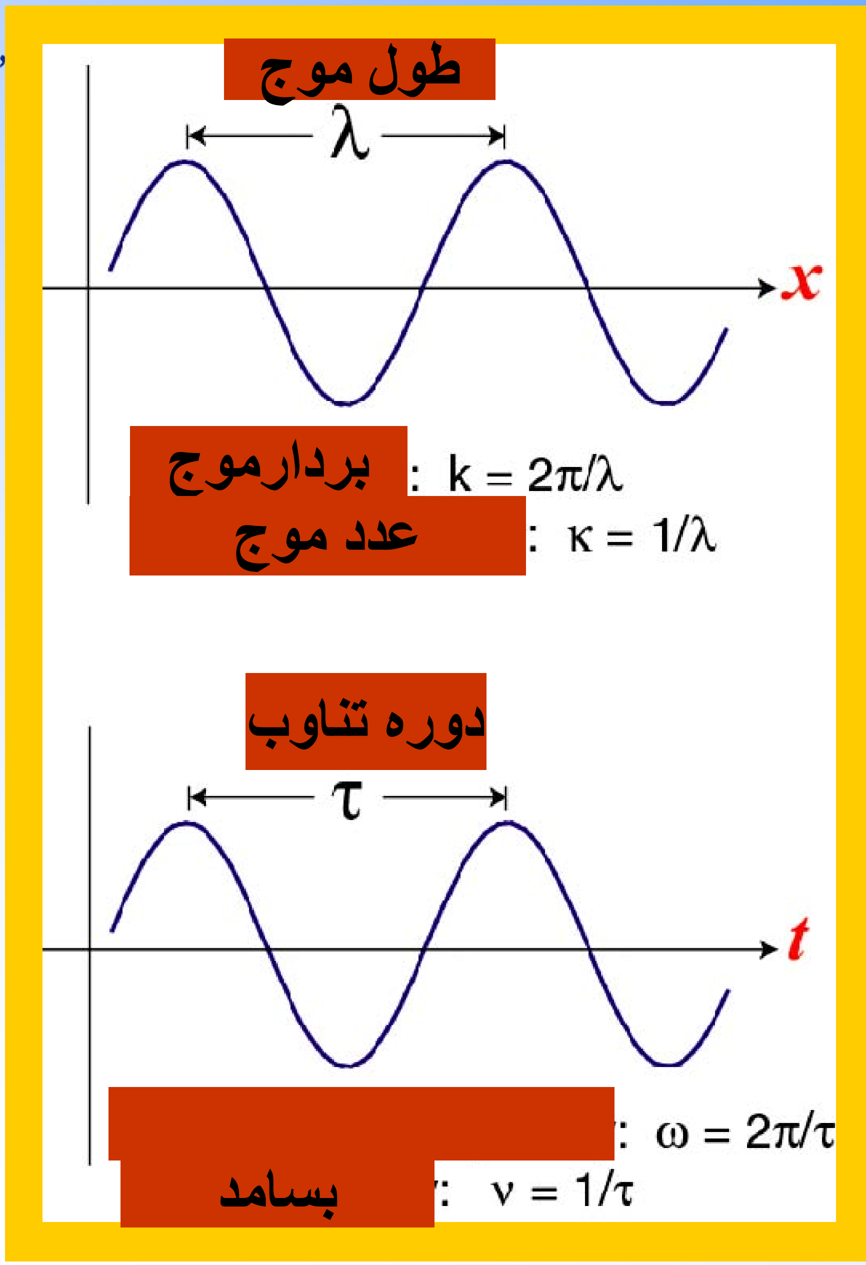
$$E(x,t) = B\cos(kx - \omega t) + C\sin(kx - \omega t)$$

تعاریف : دامنه و فاز مطلق

$$E(x,t) = A\cos[(kx - \omega t) - \theta]$$



تعاریف :



طول موج کمیتهای فضایی:
وعددموج

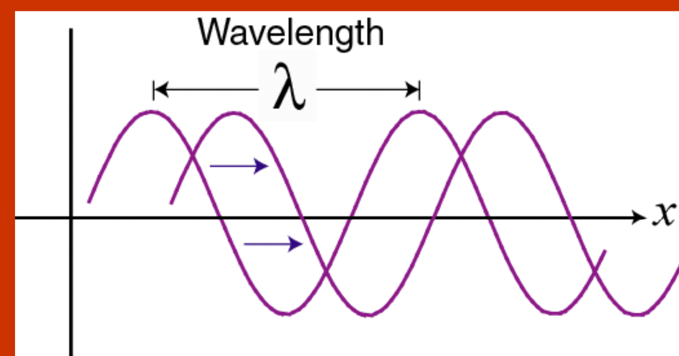
کمبت های زمانی :

دوره تنا وب ، بسا مد

موج با چه سرعتی حرکت می کند؟

سرعت مسافت مشخص بر زمان طی این مسافت در جهت مشخص است.

طول موج



سرعت فاز برابر با طول موج تقسیم بر دوره تناوب موج است:

سرعت فاز:

$$v = \lambda / \tau$$

برحسب بردار-k ، $k = 2\pi / \lambda$ و

بسامد زاویه ای $\omega = 2\pi / \tau$, داریم:

$$\boxed{v = \omega / k}$$

موج انسانی:

یک نوع موج انسانی دارای سرعت فاز 20 جا در ثانیه است .

فاز موج:

هرچه درون کسینوس قراردارد فاز موج است:

ثابت نیست ! θ , بوده و مانند $\varphi = \varphi(x,y,z,t)$

برحسب فازموج دا ریم:

$$\omega = -\partial\varphi/\partial t$$

$$k = \partial\varphi/\partial x$$

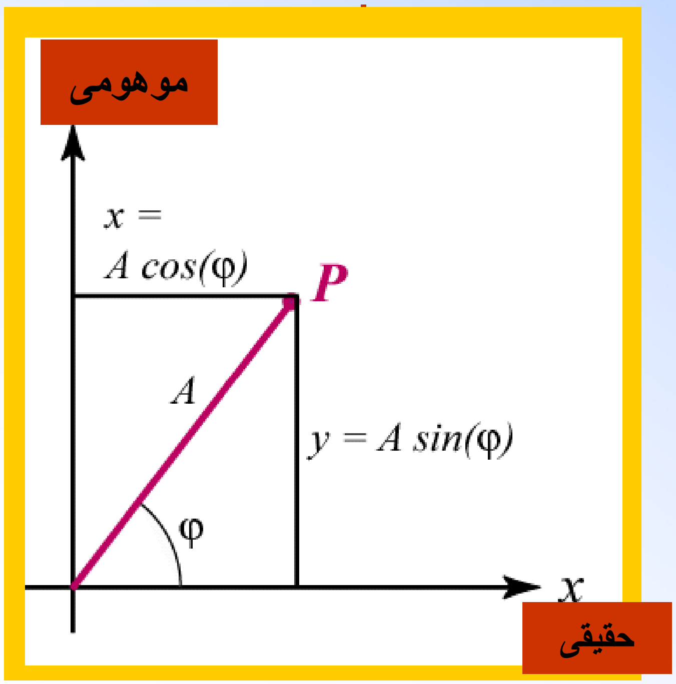
$$\boxed{v = \frac{-\partial\varphi/\partial t}{\partial\varphi/\partial x}}$$

این فورمول در صورت پیچیده بودن موج بسیار مفید است !!

اعداد مختلط:

نقطه $P = (x,y)$ را در یک دستگاه مختصات قائم در نظر بگیرید.

فرض کنید که مختصه x قسمت حقیقی و مختصه y قسمت موهومی یک عددمختلط باشد.



دراین صورت برای جفت مرتب (x,y), می توان نوشت:

$$P = x + i\,y$$
$$= A\cos(\varphi) + i\,A\sin(\varphi)$$

که $i = (-1)^{1/2}$ است

فورمول اولر:

$$\exp(i\varphi) = \cos(\varphi) + i\sin(\varphi)$$

لذا نقطه, $P = A\cos(\varphi) + i A\sin(\varphi)$, را چنین می نویسیم:

$$P = A\exp(i\varphi)$$

که:

A = دامنه

φ = فاز

اثبات فورمول اولر:

باستفاده از سری تیلوز:

$$f(x) = f(0) + \frac{x}{1!} f'(0) + \frac{x^2}{2!} f''(0) + \frac{x^3}{3!} f'''(0) + \ldots$$

$$\exp(x) = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^4}{4!} + \ldots$$

$$\cos(x) = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \frac{x^8}{8!} + \ldots$$

$$\sin(x) = \frac{x}{1!} - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \frac{x^9}{9!} + \ldots$$

اگر $x = i\varphi$

را در $\exp(x)$ قرار دهیم درداینصورت , :

$$\exp(i\varphi) = 1 + \frac{i\varphi}{1!} - \frac{\varphi^2}{2!} - \frac{i\varphi^3}{3!} + \frac{\varphi^4}{4!} + \ldots$$

$$= \left[1 - \frac{\varphi^2}{2!} + \frac{\varphi^4}{4!} + \ldots\right] + i\left[\frac{\varphi}{1!} - \frac{\varphi^3}{3!} + \ldots\right]$$

$$= \cos(\varphi) + i\sin(\varphi)$$

قضیه های مربوط به اعداد مختلط:

اگر:

$$\exp(i\varphi) = \cos(\varphi) + i\sin(\varphi)$$

$$\exp(i\pi) = -1$$

$$\exp(i\pi/2) = i$$

$$\exp(-i\varphi) = \cos(\varphi) - i\sin(\varphi)$$

$$\cos(\varphi) = \frac{1}{2}\left[\exp(i\varphi) + \exp(-i\varphi)\right]$$

$$\sin(\varphi) = \frac{1}{2i}\left[\exp(i\varphi) - \exp(-i\varphi)\right]$$

$$A_1\exp(i\varphi_1) \times A_2\exp(i\varphi_2) = A_1A_2\exp\left[i(\varphi_1 + \varphi_2)\right]$$

$$A_1\exp(i\varphi_1) / A_2\exp(i\varphi_2) = A_1/A_2\exp\left[i(\varphi_1 - \varphi_2)\right]$$

چند قضیه دیگر در مورد اعداد مختلط:

هر عدد مختلط, z, را چنین می نویسیم:

$$z = \mathrm{Re}\{ z \} + i\, \mathrm{Im}\{ z \}$$

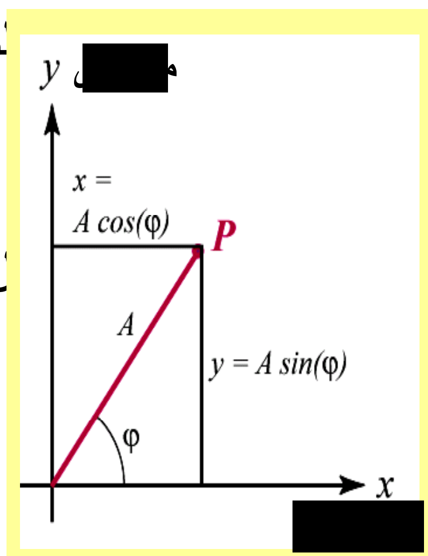
لذا:

$$\mathrm{Re}\{ z \} = 1/2 \; (z + z^*)$$

$$\mathrm{Im}\{ z \} = 1/2i \; (z - z^*)$$

که z^* مزدوج مختلط z ($i \rightarrow -i$) است.

ط ... برابر است با:



$$z^* = \mathrm{Re}\{ z \}^2 + \mathrm{Im}\{ z \}^2$$

ل ... به $A \exp(i\varphi)$:

$$= \mathrm{Re}\{ z \}^2 + \mathrm{Im}\{ z \}^2$$

$$(\varphi) = \mathrm{Im}\{ z \} / \mathrm{Re}\{ z \}$$

مانند یک آرگومان $\exp(ikx)$ می توان از حقیقی مشتق گرفت.

$$\frac{d}{dx}\exp(ikx) = ik\ \exp(ikx)$$

اثبــــــــات :

$$\frac{d}{dx}\left[\cos(kx) + i\ \sin(kx)\right] = -k\ \sin(kx) + ik\ \cos(kx)$$

$$= ik\left[-\frac{1}{i}\sin(kx) + \cos(kx)\right]$$

$$= ik\left[i\ \sin(kx) + \cos(kx)\right]$$

بیان موج برحسب اعداد مختلط:

میدان الکتریکی موج نور را چنین می نویسیم:

$$E(x,t) = A\cos(kx - \omega t - \theta)$$

چون $\exp(i\varphi) = \cos(\varphi) + i\sin(\varphi)$, $E(x,t)$ لذا است:

$$E(x,t) = \mathrm{Re}\{A\exp[i(kx - \omega t - \theta)]\}$$

یا:

$$E(x,t) = 1/2\, A\exp[i(kx - \omega t - \theta)] + c.c.$$

"به معنای مزدوج مختلط همه آن چه که قبل از علامت مثبت قراردارد است $+ c.c.$"

امواج با دامنه های مختلط:

فرض کنید که دامنه موج مختلط باشد:

$$E(x,t) = A\exp\left[i\left(kx - \omega t - \theta\right)\right]$$

$$E(x,t) = \{A\exp(-i\theta)\}\left\{\exp\left[i\left(kx - \omega t\right)\right]\right\}$$

که قسمت ثابت را از قسمت متغییرجداکرده ایم لذا بافرض :

$$\underset{\sim}{E}_0 = A\exp(-i\theta)$$

بنابراین:

$$\boxed{\underset{\sim}{E}\left(x,t\right) = \underset{\sim}{E}_0 \exp i\left(kx - \omega t\right)}$$

اعداد مختلط اپتیکی را ساده می کنند!

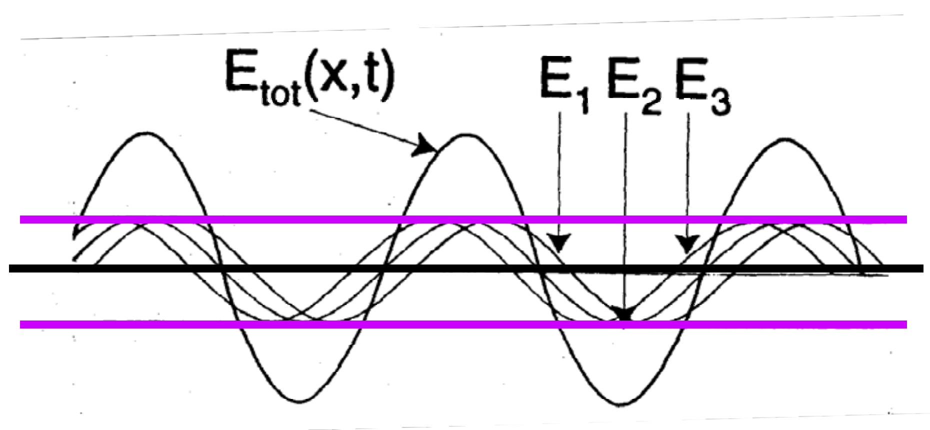
ازجمع ا مواج هم بسامد ولی با فاز اولیه مختلف موج با همان بسامد ایجاد می شود

این موضوع با بیان موج به صورت مختلط به سادگی اثبات می شود:

$$\underset{\sim}{E}_{tot}(x,t) = \underset{\sim}{E}_1 \exp i(kx-\omega t) + \underset{\sim}{E}_2 \exp i(kx-\omega t) + \underset{\sim}{E}_3 \exp i(kx-\omega t)$$

$$= (\underset{\sim}{E}_1 + \underset{\sim}{E}_2 + \underset{\sim}{E}_3) \exp i(kx-\omega t)$$

به شکل زیر توجه کنید:



معادله موج سه بعدی و جواب آن!

موج نور می تواند درهر راستایی از فضا منتشر شود:

$$\boxed{\vec{\nabla}^2 E - \mu\varepsilon \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0}$$

یا:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial z^2} - \mu\varepsilon \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0$$

جواب

$$\boxed{\underset{\sim}{E}(x, y, z, t) = \underset{\sim}{E}_0 \exp[i(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)]}$$

است.

که:

$$\vec{k} \equiv \left(k_x, k_y, k_z\right) \qquad \vec{r} \equiv \left(x, y, z\right)$$

و

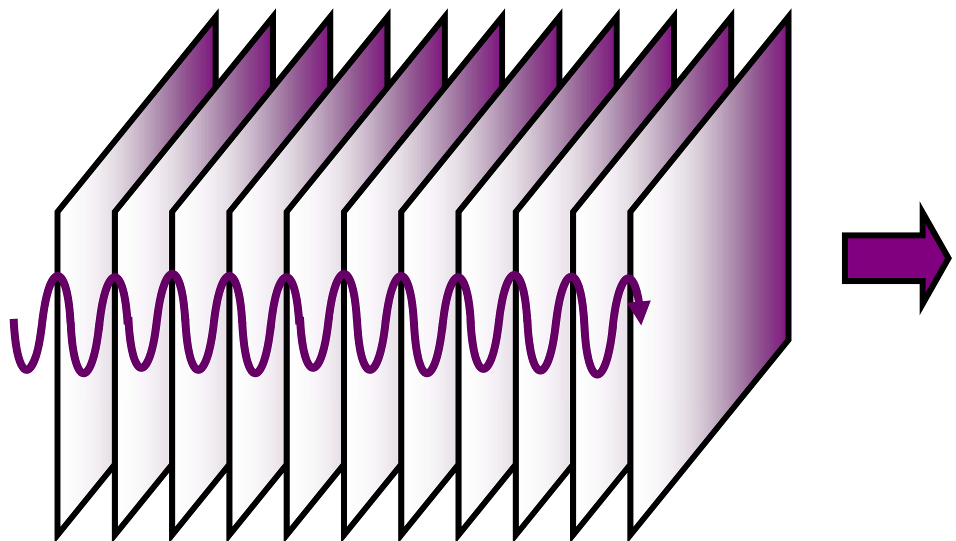
$$\vec{k} \cdot \vec{r} \equiv k_x\, x + k_y\, y + k_z\, z$$

$$k^2 \equiv k_x^2 + k_y^2 + k_z^2$$

$\underset{\sim}{E}_0 \exp[i(\vec{k}\cdot\vec{r}-\omega t)]$ “موج تخت” نامیده می شود.

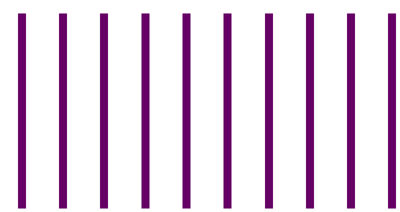
یک موج تخت ، سطوح با فاز بیشینه موج که اغلب “ جبهه موج “یا “ جبهه فاز” نامیده می شود است .

جبهه های موج برای ترسیم شکل تداخل امواج مفید است.



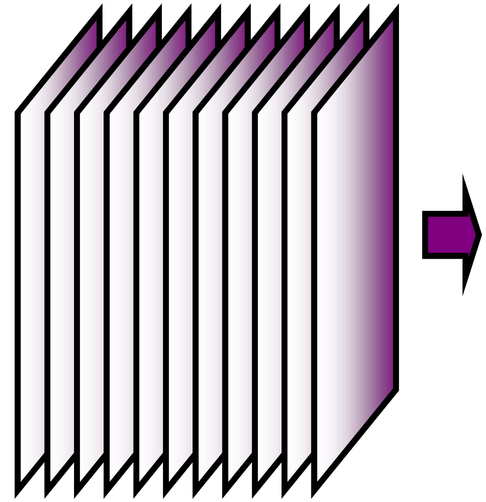
جبهه موج نور باسرعت نور حرکت می کند.

جبهه های موج دارای فاصله مساوی به اندازه طول موج هستند .وعمود بر جهت انتشار هستند.



جبهه موج تخت را به این شکل ساده رسم می کنیم.

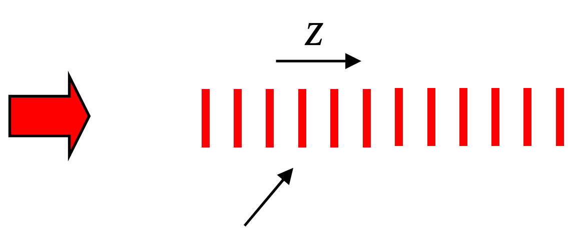
موج تخت و پرتو لیزر:



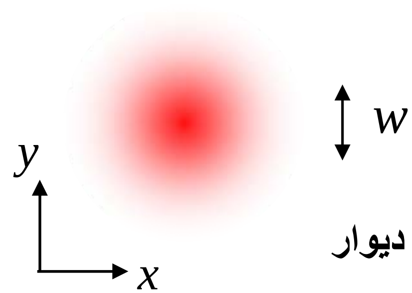
موج تخت در تمام فضا دارای جبهه تخت بوده و انرژی نامتناهی دارد و واقع وجود خارجی ندارد.

پرتو لیزر جایگزیده است :

$$\underset{\sim}{E}(x,y,z,t)=\underset{\sim}{E}_0\exp\left[-\frac{x^2+y^2}{w^2}\right]\exp[i(kz-\omega t)]$$



جبهه های موج جایگیده



لکه لیزر روی دیوار

ادامه فصل دوم...

حرکت موجی و موجهای الکترومغناطیسی

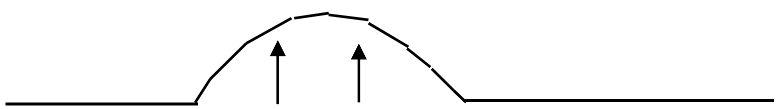
امواج

- حرکت هماهنگ ساده
  - معادله و پاسخ
  - پارامترها
  - ا نرژی
  - وحرکت دایره ای
  - رابطه با اعداد مختلط

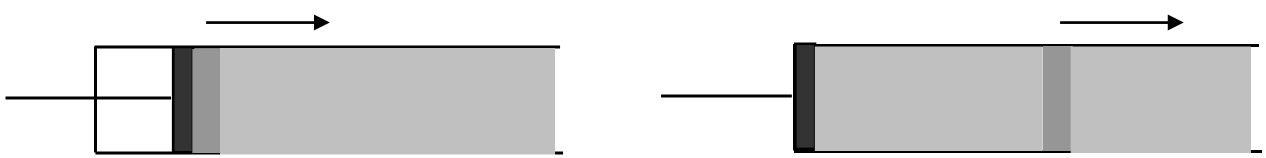
مقدمه ای بر امواج:

ویژگی های عمومی امواج:

- امواج مکانیکی
  - موج مکانیکی اغتشاشی است که از یک ماده که محیط موج نامیده می شود گذرمی کند..
  - ذرات محیط جابه جایی که بستگی به نوع موج دارد انجام می دهند.
  - موج عرضی :دراین موج جابه جایی عمود بر جهت حرکت موج دارد..



  - موج طولی   :جابه جایی در جهت حرکت موج است.



- خصوصیات مشترک امواج:
  - یک شرط مشخص تعادل وجود دارد(مثلا چگالی ثابت)
  - محیط رویهمرفته حرکت نمی کند ولی اغتشاش با سرعت معین ***v***, که سرعت موج نامیده می شود حرکت می کند.
  - برای ایجاد اغتشاش باید به محیط انرژی داد.
  - اغتشاش انرژی را باخود حمل می کند.

- امواج تناوبی :

اگر نیرویی که اغتشاش را ایجاد میکند به طور منظم تغییر کند دراین صورت امواج تناوبی ایجاد می شود این امواج با پارامترهای زیر مشخص می شوند: ,

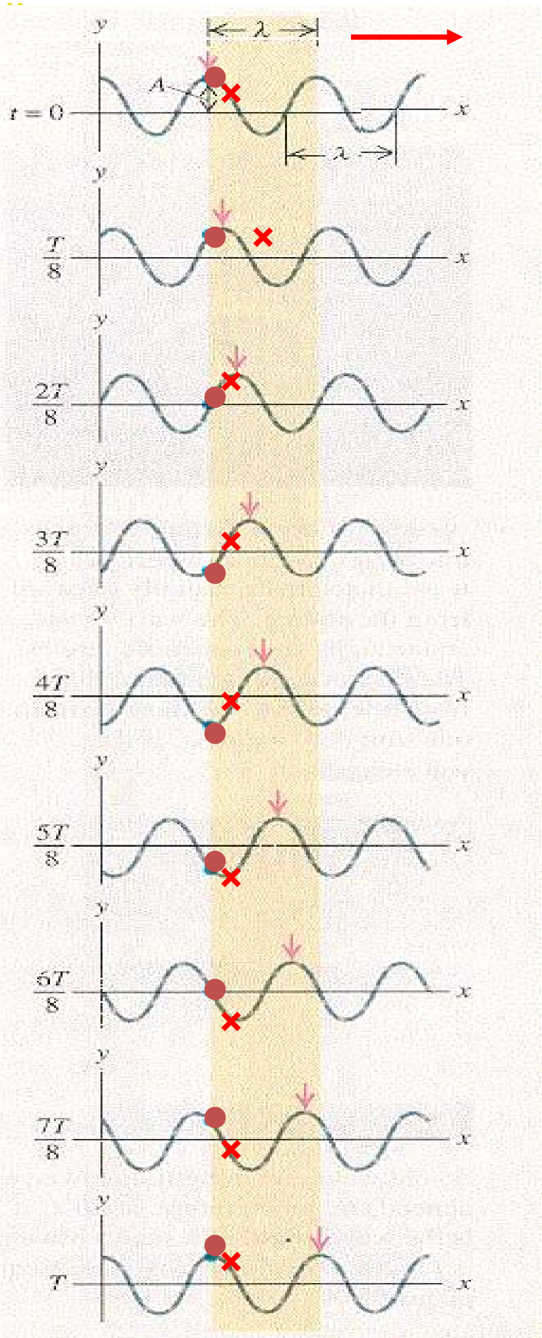
بسامد :f تعداد دفعاتی که یک الگو خود را تکرار می کند.

یکا : (1 Hertz = 1 cycle/s = 1 s^{-1})

بسامد زاویه ای : $\omega = 2\pi f$ (rad/s)

دوره تناوب :زمان بین نزدیکترین دو الگوی تکراری(s)

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$$



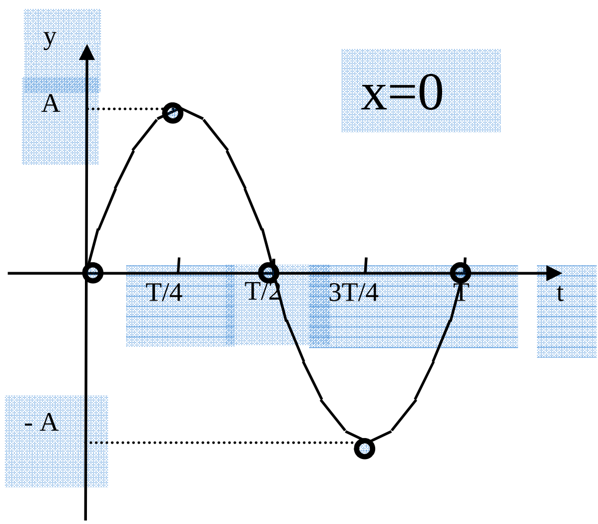
- موج سینوسی :توالی پیوسته از اغتشاش عرضی سینوسی.
- طول موج (λ): طول یک دوره از شکل تناوبی.(m)
- نقطه ○ به بالا و پایین با زمان تناوب T حرکت می کندو علامت × به اندازه t-x/v جابه جا می شود .یعنی علامت ضربدر × دارای همان الگوی ○ در زمان t-x/v است.
- نشانه ↓ درروی محور به اندازه λ درزمان T حرکت می کند. . بنابراین تندی موج برابر است با::

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

- فرض می کنیم که سرعت موج بابسامد تغییر نکند.این در مورد نورصحیح نیست.

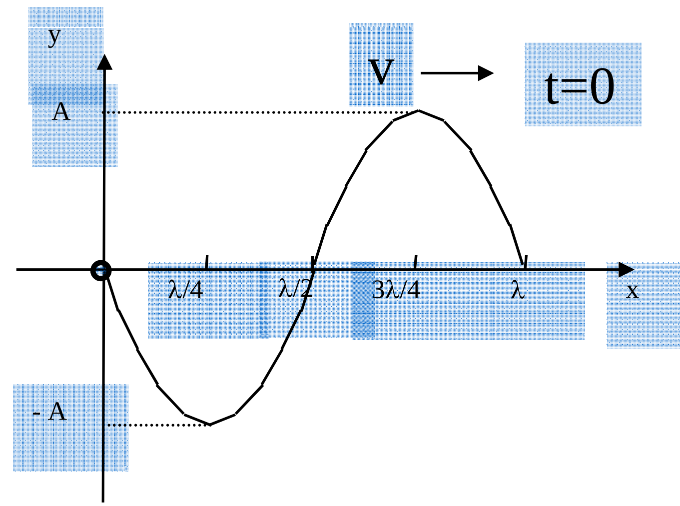
بیان ریاضی موج:

- امواج عرضی :
  - جابه جایی قائم بازمان تغییر می کند.
  - در یک زمان مشخص موج پیکره معینی داشته وجابه جایی برای ذرات مختلف متفاوت است .
  - دامنه A بیشترین جابه جایی درجهت y است(m)
- موج ازچپ به راست حرکت می کند. شکل موج



جابه جایی قائم برحسب زمان:

$$y(x=0,t) = A\sin\frac{2\pi}{T}t = A\sin\omega t$$



پیکره موج درزمان t=0

$$y(x,t=0) = A\sin(-kx)$$

- تابع موجی که از چپ به راست حرکت می کند
  - تابع عمومی موج بستگی به x وtدارد:

$$y = y(x,t)$$

  - درمدت زمان t ذره ازنقطه x=0 به اندازه t-x/v جابه جا می شود.:

$$y(x=0,t) = A\sin\omega t \Rightarrow y(x,t) = A\sin\omega\left(t-\frac{x}{v}\right) = A\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)$$

- عددموج k راچنین تعریف کنید : $k = \dfrac{2\pi}{\lambda}$ (radians/m)

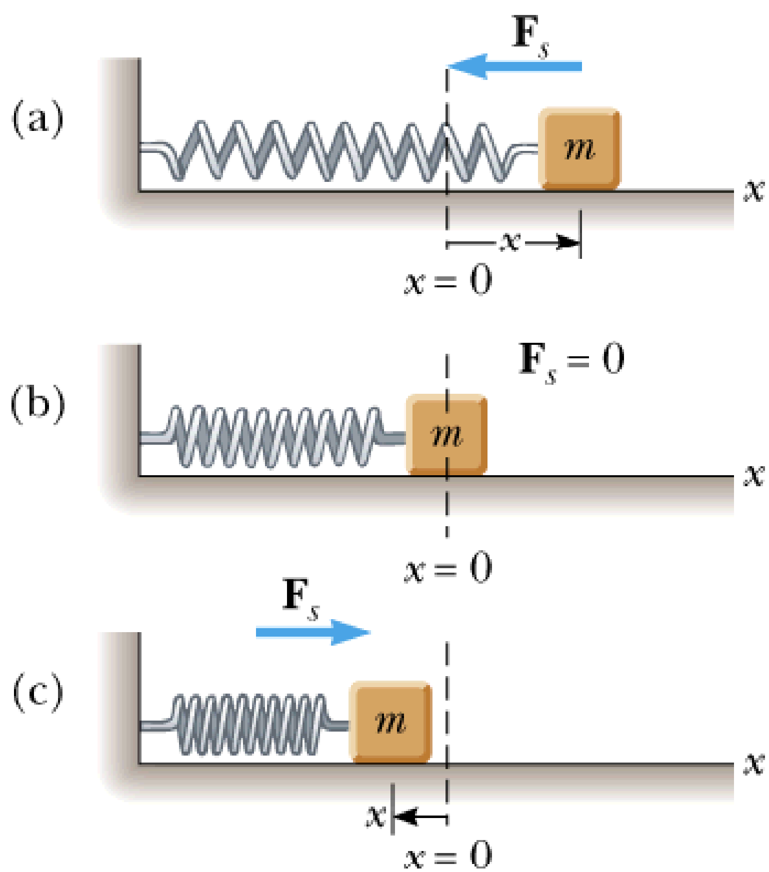
$$y(x,t) = A\sin(\omega t - kx)$$

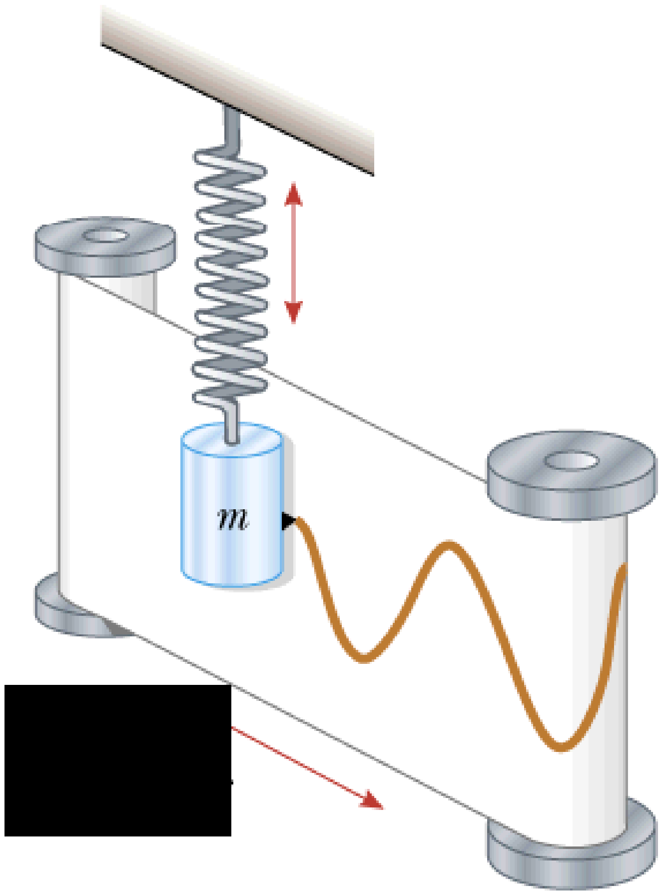
- تابع موجی که از راست به چپ حرکت میکند:
  جابه جایی t+x/v است .
  بنابراین تابع موج برابر است با :

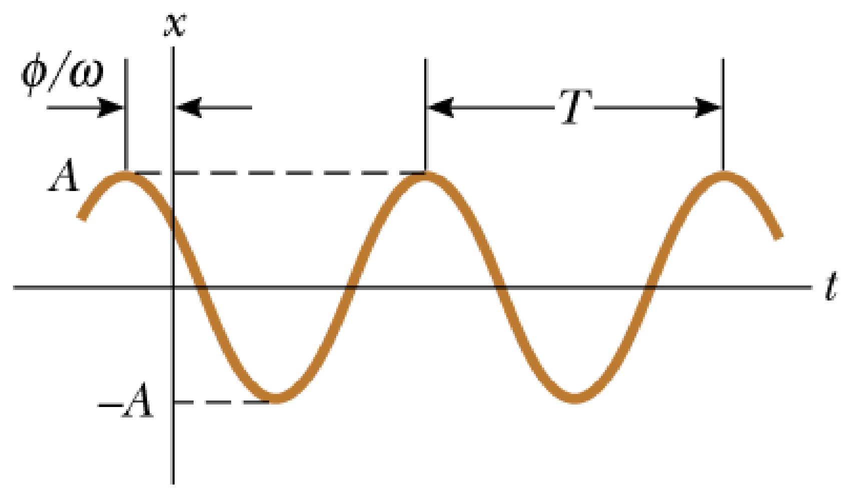
$$y(x,t) = A\sin\omega\left(t+\frac{x}{v}\right) = A\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}+\frac{x}{\lambda}\right) = A\sin(\omega t + kx)$$

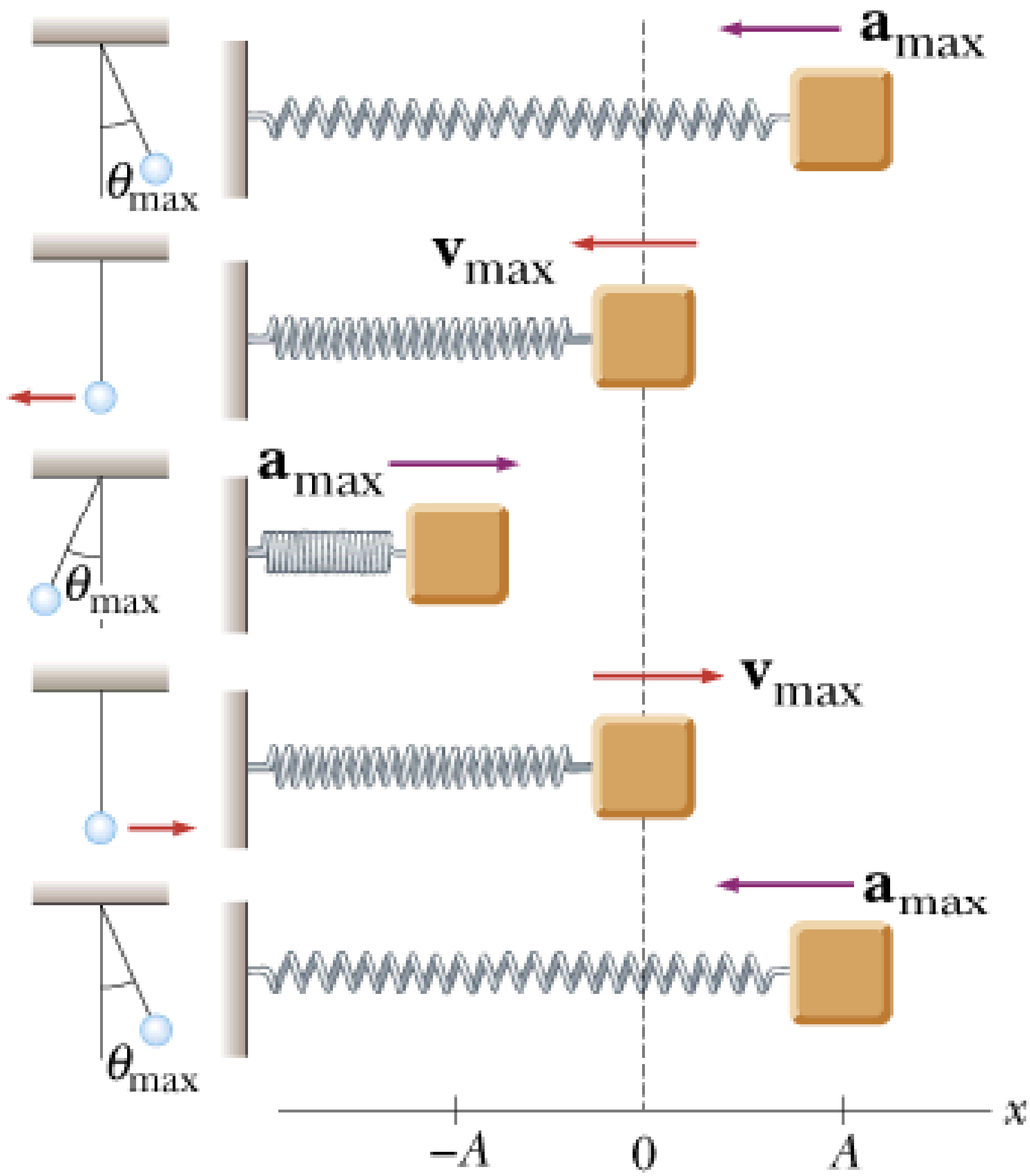
- فاز موج برابر است با (in radians) $\omega t \pm kx$

سیستم فنر- جسم
حرکت هماهنگ ساده




m


x
φ/ω
T
A
−A
t



$\mathbf{a}_{max}$
θ_{max}
$\mathbf{v}_{max}$
$\mathbf{a}_{max}$
θ_{max}
$\mathbf{v}_{max}$
$\mathbf{a}_{max}$
θ_{max}
$-A$
0
A
x

شکل موجهایی که به صورت تابع سینوسی یا کسینوسی باشند درفیزیک اهمیت خاصی دارند و موج هماهنگ نامیده می شوند.

$$F = ma = m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx$$

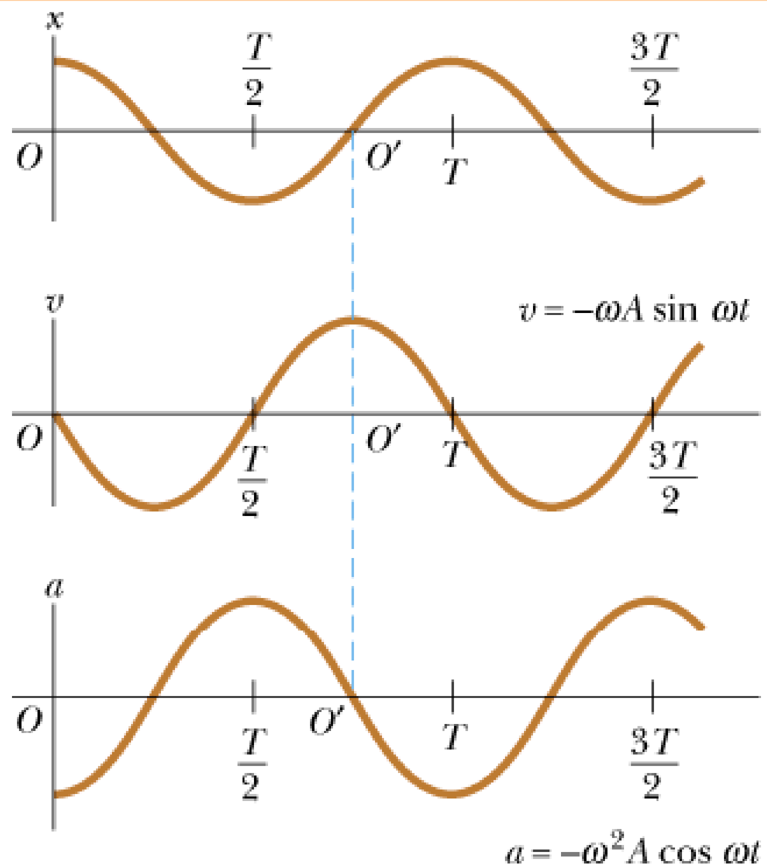
$$x = ax_1 + bx_2$$

خطی:

$$x(t) = A\cos(\omega_0 t + \phi)$$

$$v(t) = \frac{dx}{dt} = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \phi)$$

$$a(t) = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -A\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \phi)$$



$A \equiv$ دامنه

$\omega \equiv$ بسامد زاویه ای

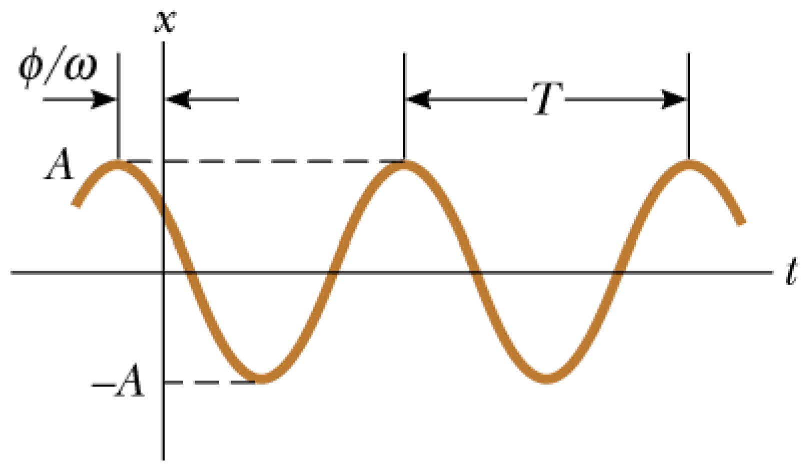
$f \equiv \upsilon \equiv$ بسامد $= \dfrac{\omega}{2\pi}$

$T \equiv \tau \equiv$ دوره تناوب $= 1/f = \dfrac{2\pi}{\omega}$

$\lambda \equiv$ طول موج

$k \equiv$ عددموج $= \dfrac{2\pi}{\lambda}$

$\phi \equiv$ زاویه فاز



$$x(t) = A\cos(\omega_0 t + \phi)$$

انرژی

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mA^2\omega_0^2\sin^2(\omega_0 t+\phi)$$

$$U = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2\cos^2(\omega_0 t+\phi)$$

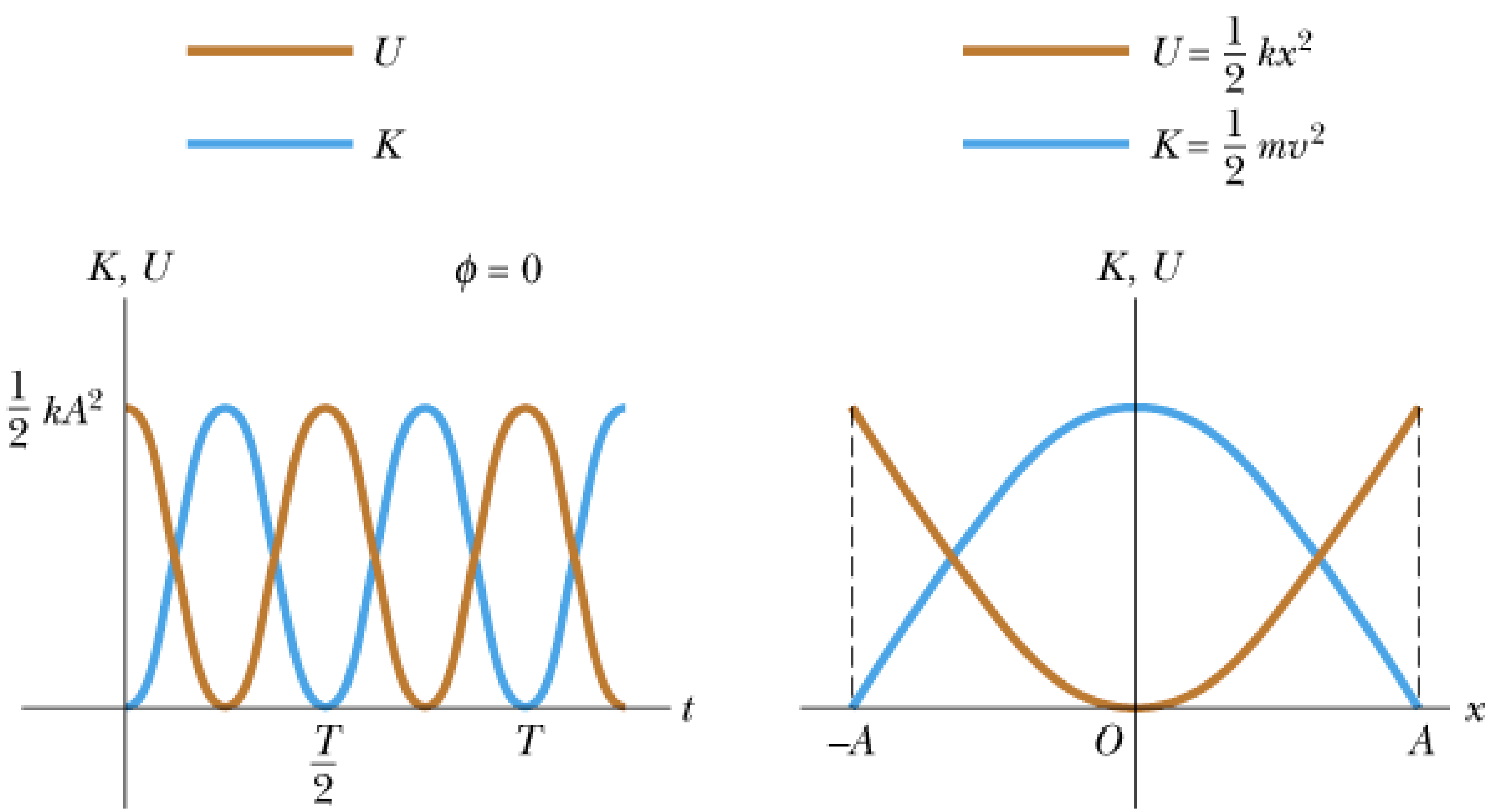
با استفاده از:

$$k = \omega_0^2 m$$

$$E = K + U = \frac{1}{2}mA^2\omega_0^2\left(\underbrace{\sin^2(\omega_0 t+\phi)+\cos^2(\omega_0 t+\phi)}_{1}\right)$$

$$E = \frac{1}{2}mA^2\omega_0^2$$

که ثابت است !!


U
K
$U = \frac{1}{2} kx^2$
$K = \frac{1}{2} mv^2$
K, U
$\phi = 0$
$\frac{1}{2} kA^2$
t
$\frac{T}{2}$
T
K, U
x
–A
O
A

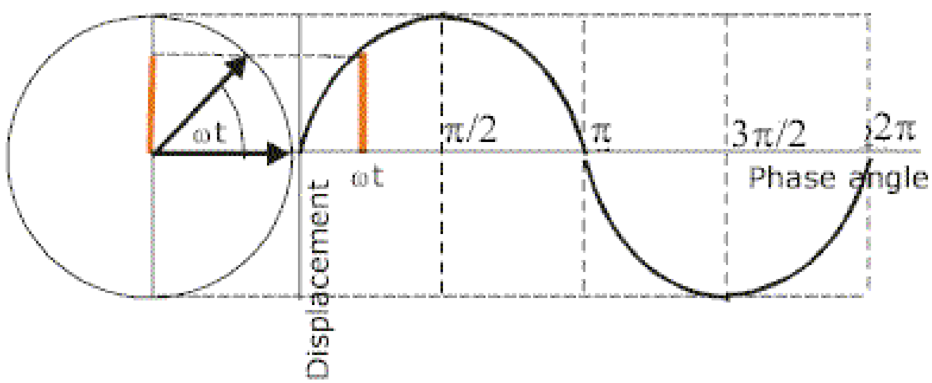
(a)

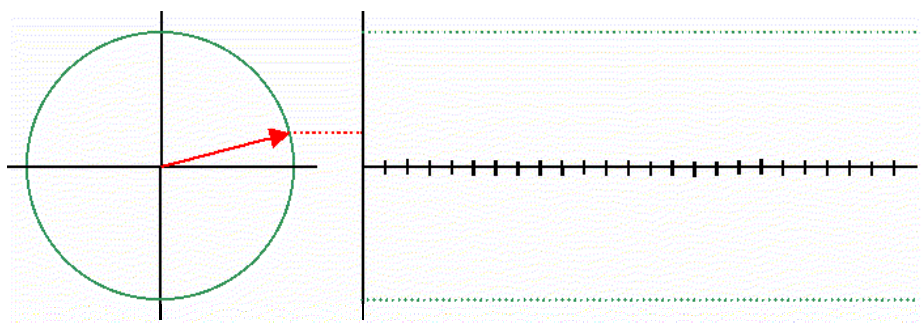
(b)

حرکت دایره ای و هماهنگ ساده

- سینوس و کسینوس را توابع دایرهای می گویند.رابطه نزدیکی بین
- نوسانگر هماهنگ ساده و حرکت دایره ای وجود دارد.

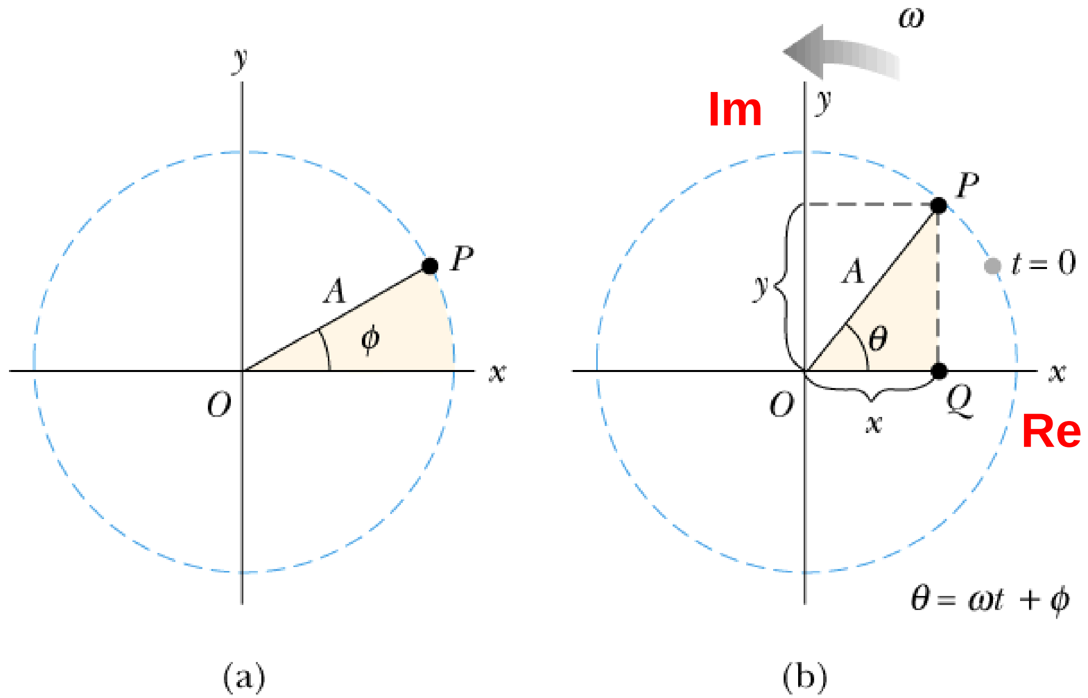
• فرض کنید که دیسکی به شعاع A حول محورش با سرعت زاویه ای ω_0 می چرخد. اگر نقطه ای از محیط آن روی محور x در زمان t=0 قرار داشته باشد, دراین صورت بردار شعاعی آن نقطه به اندازه θ درمدت زمان می چرخد. درواقع مختصات آن در صفحه xy برابراست با $[A\cos(\theta), A\sin(\theta)]$, یا $A\cos(\omega_0 t), A\sin(\omega_0 t)]$. است.





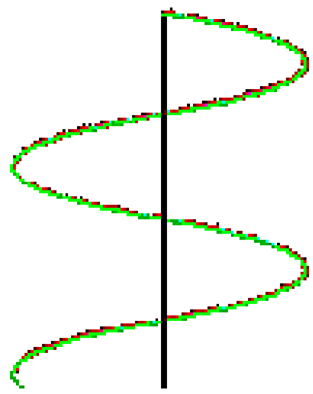
➢ بردار درحال چرخش را یک فازور میگویند

➢ حرکت هماهنگ ساده تصویر حرکت دایره ای روی محور x است



$$y = A\sin\theta$$

$$x = A\cos\theta$$



توجه کنید:

$$\left[e^{i\omega_0 t}\right]^4 = e^{4i\omega_0 t}$$

$$[\cos(\omega_0 t)]^4 = \frac{1}{8}[3 + 4\cos(2\omega_0 t) + \cos(4\omega_0 t)]$$

$$\left.\begin{aligned} y(t) &= ae^{i\omega_0 t} \\ \frac{\mathrm{d}y(t)}{\mathrm{d}t} &= i\omega_0 ae^{i\omega_0 t} \end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned} Y(t) &= a\cos(\omega_0 t) \\ \frac{\mathrm{dY}(t)}{\mathrm{d}t} &= -\omega_0 a\sin(\omega_0 t) \end{aligned}\right\}$$

هر کمیت فیزیکی حقیقی است و برابر است با قسمت
حقیقی شکل مختلط آن!!

$$\theta(t) = \mathrm{Re}[\theta_0 e^{i(\omega_0 t+\phi)}]$$

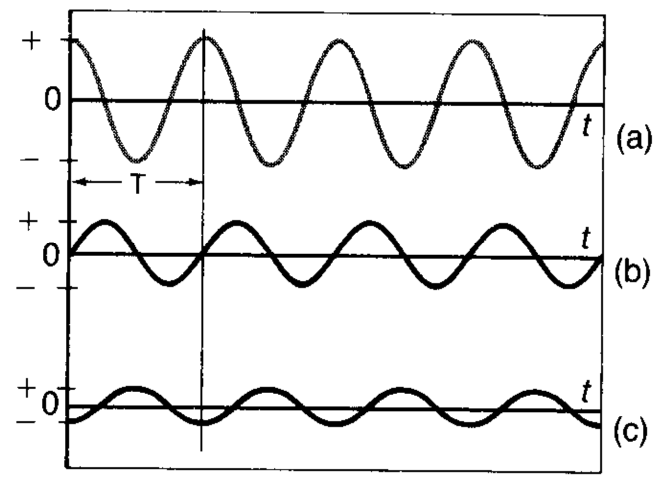
$$\theta(t) = \theta_0\,\mathrm{Re}[e^{i(\omega_0 t+\phi)}]$$
$$= \theta_0 \cos(\omega_0 t + \phi)$$

$$\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} = \theta_0\,\mathrm{Re}[i\omega_0 e^{i(\omega_0 t+\phi)}]$$
$$= \theta_0\omega_0\,\mathrm{Re}[ie^{i(\omega_0 t+\phi)}]$$
$$= -\theta_0\omega_0 \sin(\omega_0 t + \phi)$$

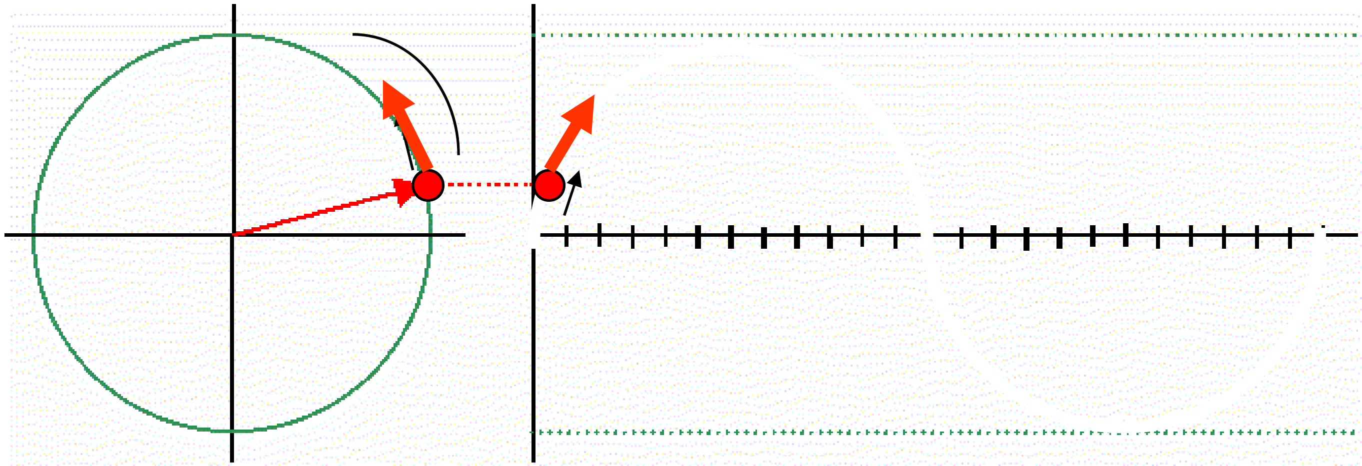
جابه جایی

سرعت

شتاب



سرعت به اندازه ربع زمان تناوب تاخیر دارد!



$$y = A_{\cos}^{\sin}\left[k(x \pm v t)\right]$$

$$y = A_{\cos}^{\sin}\left[2\pi\left(\frac{x}{\lambda} \pm \frac{t}{T}\right)\right]$$

$$y =_{\cos}^{\sin}\left[\left(kx \pm \omega t\right)\right]$$

شکل های مختلف یک موج هماهنگ

رابطه با اعداد مختلط:

قضیه دوموار

$$e^{i\theta} = \cos\theta + i\sin\theta \qquad \text{deMoivre's theorem}$$

$$x + iy = a\cos\left(\omega_0 t + \phi\right) + ia\sin\left(\omega_0 t + \phi\right)$$

$$= ae^{i\left(\omega_0 t + \phi\right)}$$

$$x(t) = a\cos\left(\omega_0 t + \phi\right) = \mathrm{Re}\left[ae^{i\left(\omega_0 t + \phi\right)}\right]$$

$$A = ae^{i\phi}$$

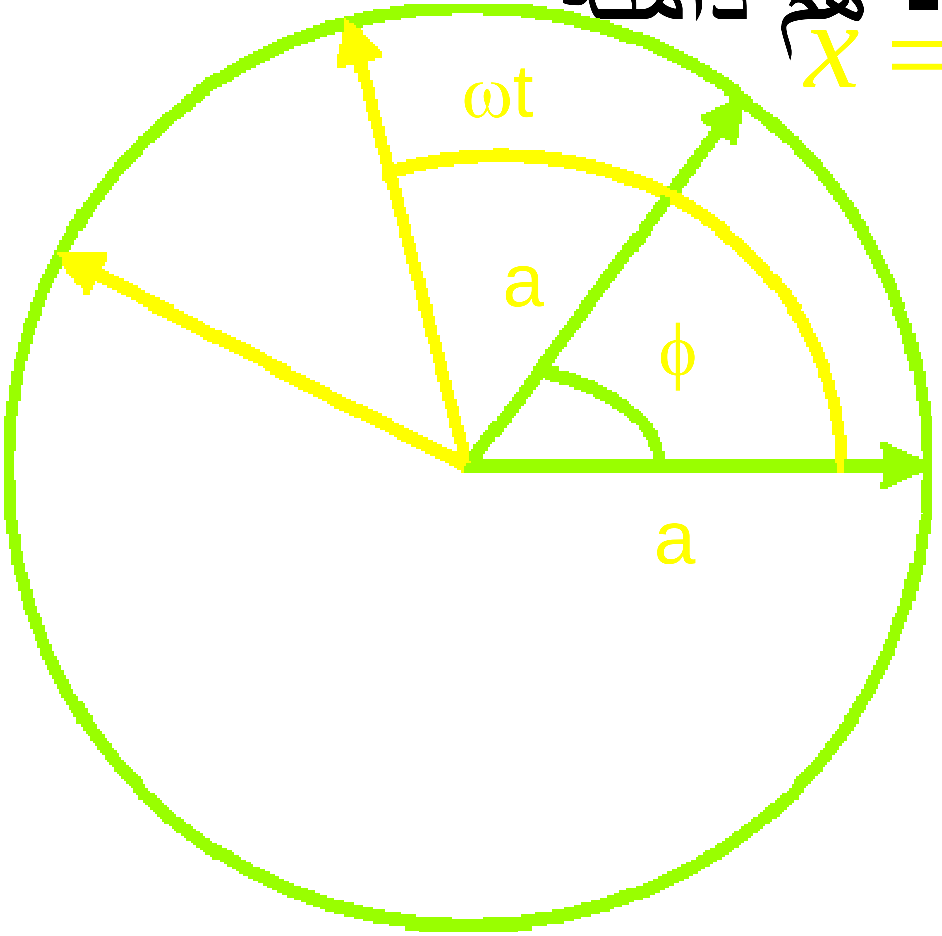
- ترکیب نوسانات
  - جمع فازورها
  - هم بسامد وهم دامنه
  - بسامد مختلف : پدیده زنش

ترکیب نوسانات

- هم فاز و یا در فاز مخالف
- دامنه مساوی یا مختلف
- بسامد مساوی و یا مختلف
- نوسانات پیوسته
- با رابطه فازی ثابت

هم بسامد- هم دامنه

$$x = a\cos(\omega t + \phi)$$



$$x = a\cos(\omega t)$$

$$\mathrm{Re}\left[Ae^{i(\omega t+\psi)}\right]=\mathrm{Re}\left[ae^{i\omega t}+ae^{i(\omega t+\phi)}\right]$$

$$=\mathrm{Re}\left[ae^{i(\omega t+\phi/2)}\left(e^{i\phi/2}+e^{-i\phi/2}\right)\right]$$

$$=2a\cos\left(\phi/2\right)\mathrm{Re}\left[e^{i(\omega t+\phi/2)}\right]$$

$$A=2a\cos(\phi/2)$$

$$\psi=\phi/2$$

$$A^2 = a^2 + a^2 - 2a^2\cos\left(\pi - \phi\right)$$

$$= 2a^2\left(1 + \cos\phi\right)$$

$$= 4a^2\cos^2\left(\phi/2\right)$$

$$A = 2a\cos\left(\phi/2\right)$$

$$\sin\psi = \frac{a\sin\phi}{A}$$

$$= \frac{2a\sin(\phi/2)\cos(\phi/2)}{2a\cos(\phi/2)}$$

$$= \sin(\phi/2)$$

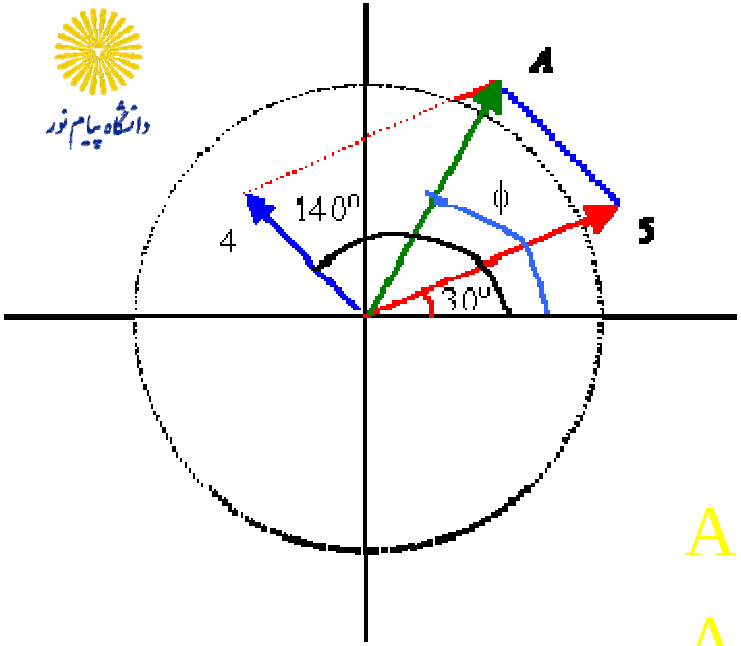
$$\psi = \phi/2$$

اگرموج سینوسی را مولفه قائم یک بردار درنظربگیریم در این صورت خواص مهمی خواهد داشت .مثلا جمع و تفریق امواج سینوسی به ریاضیات زیادی نیاز دارد .ولی اگر امواج سینوسی را به صورت بردار درنظر بگیریم درصورتیکه از ω *صرف نظر کنیم با* جمع *وتفریق برداری سروکارخواهیم داشت* .

مثلا فرض کنید که:

$$A\sin(\omega t+\phi)$$

$$=5\sin(\omega t+30^\circ)+4\sin(\omega t+140^\circ)$$



$$A\sin(\omega t+\phi)$$

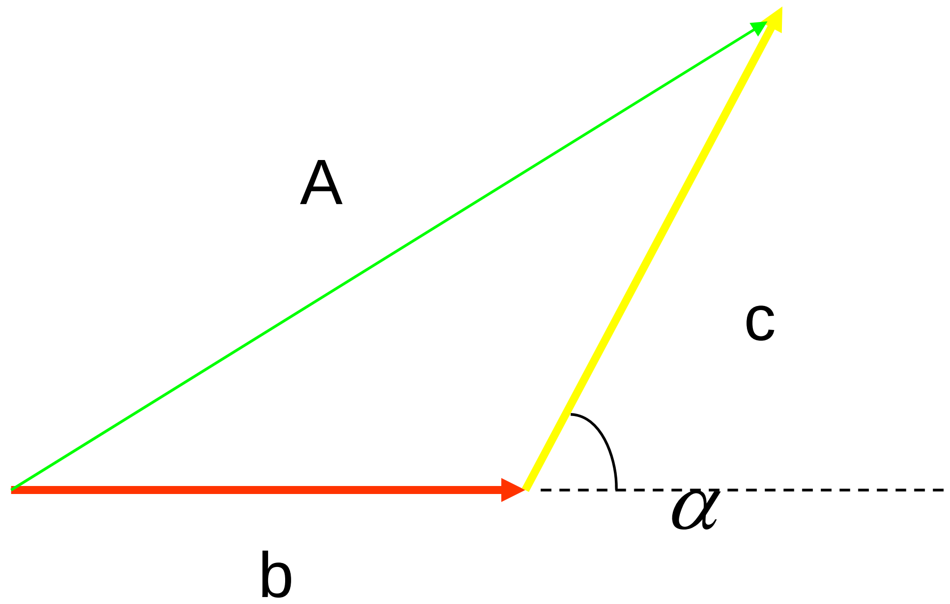
$$= 5\sin(\omega t + 30°) + 4\sin(\omega t + 140°)$$

$$\mathrm{A_x} = 5\cos(30°) + 4\cos(140°) = 1.26595$$

$$\mathrm{A_y} = 5\sin(30°) + 4\sin(140°) = 5.07115$$

$$A = \sqrt{(5.07115)^2 + (1.26595)^2} = 5.23$$

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{5.07115}{1.26595}\right) = 75.983°$$



قانون سینوس ها

$$A^2 = b^2 + c^2 - 2bc\cos\alpha$$

قانون کسینوس ها

$$\frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{c}{\sin\gamma}$$

برهم نهی موج های هم بسامد

ترکیب دو موج هماهنگ هم بسامد:

$$E = E_\circ \sin(\vec{k}.\vec{r} + \omega t + \varphi_\circ)$$

$$\Rightarrow \alpha = \vec{k}.\vec{r} + \varphi_\circ$$

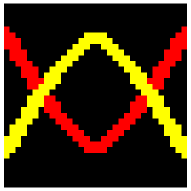
$$\Rightarrow E = E_\circ \sin(\omega t + \alpha)$$

$$\begin{cases} E_1 = E_{\circ 1} \sin(\omega t + \alpha_1) \\ E_2 = E_{\circ 2} \sin(\omega t + \alpha_2) \end{cases}$$

$$E_R = E_1 + E_2 = E_{\circ 1} \sin(\omega t + \alpha_1) + E_{\circ 2} \sin(\omega t + \alpha_2)$$

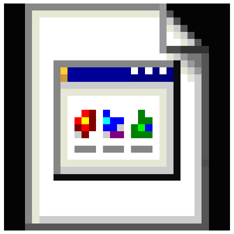
$$E_R = (E_{\circ 1} \cos \alpha_1 + E_{\circ 2} \cos \alpha_2) \sin \omega t + (E_{\circ 1} \sin \alpha_1 + E_{\circ 2} \sin \alpha_2) \cos \omega t$$

یک کار عملی: روی آیکون روبرو
کلیک کنید و اصل رویهمریزی
را تجربه کنید.

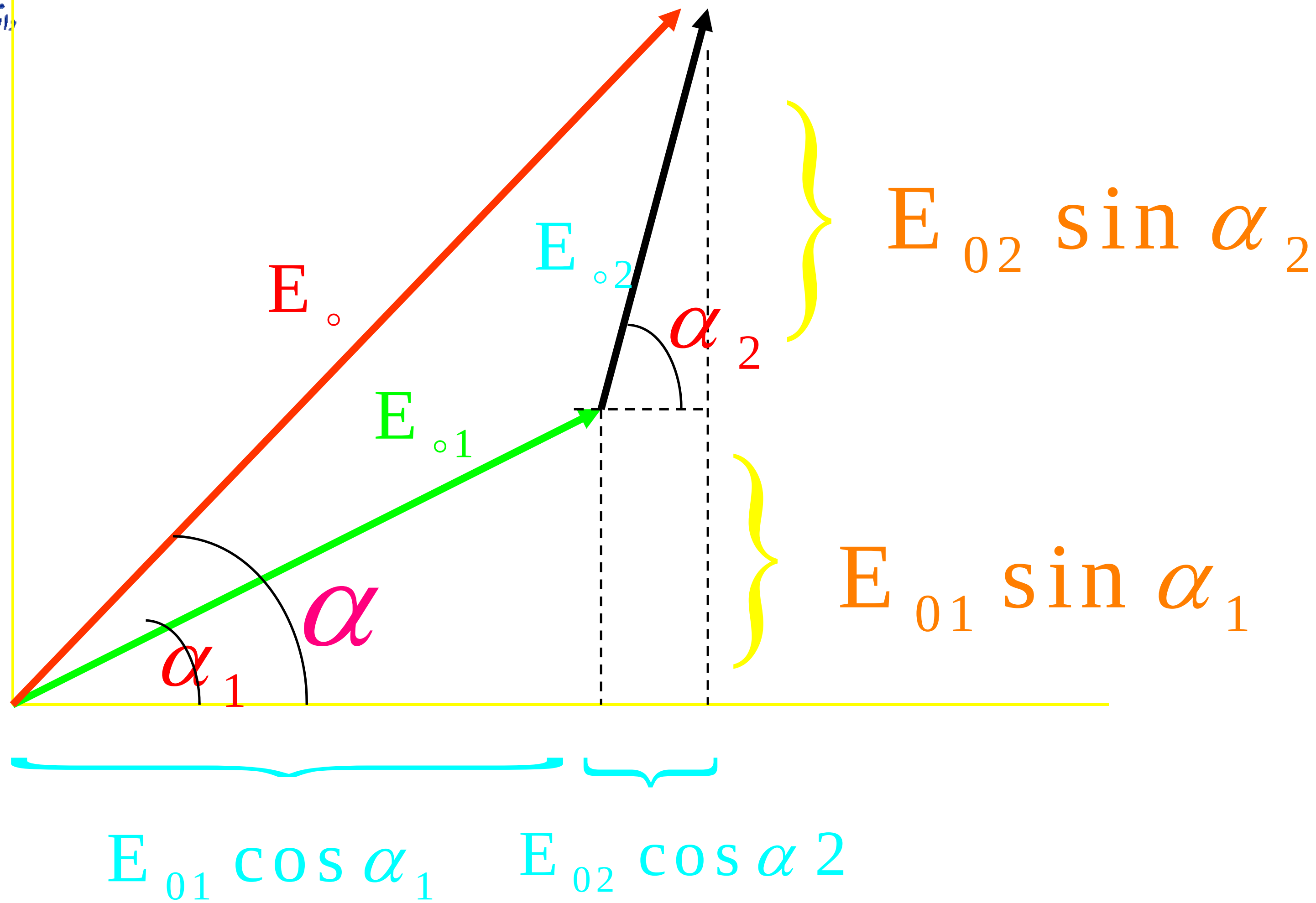


Superposition.exe

یک کار عملی: روی آیکون روبرو
کلیک کنید و اصل تداخل
را تجربه کنید.



interference.exe



نمودار فازور

برایند دوموج دارای بزرگی   وفاز   است که با توجه به شکل فوق
وروابط زیر آنها را بدست می آورد:

$$E_\circ \cos\alpha = E_{\circ 1}\cos\alpha_1 + E_{\circ 2}\cos\alpha_2$$

$$E_\circ \sin\alpha = E_{\circ 1}\sin\alpha_1 + E_{\circ 2}\sin\alpha_2$$

$$E_R = E_\circ \cos\alpha \sin\omega t + E_\circ \sin\alpha \cos\omega t$$

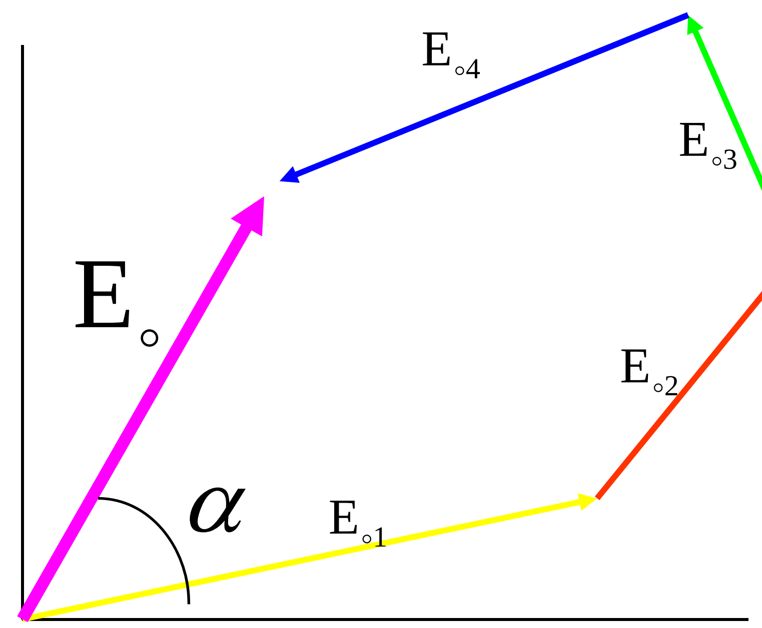
$$\Rightarrow E_R = E_\circ \sin(\omega t + \alpha)$$

از طرفی:

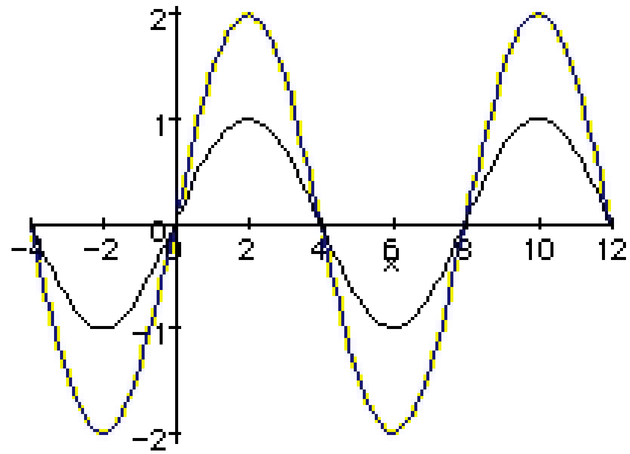
$$E_\circ^2 = E_{\circ 1}^2 + E_{\circ 2}^2 + 2E_{\circ 1}E_{\circ 2}\cos(\alpha_2 - \alpha_1)$$

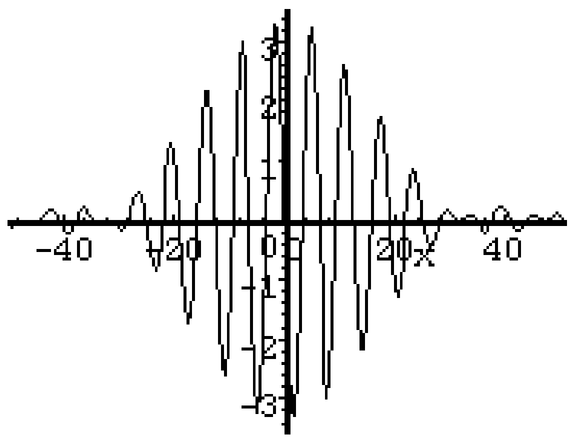
$$\tan\alpha = \frac{E_{\circ 1}\sin\alpha_1 + E_{\circ 2}\sin\alpha_2}{E_{\circ 1}\cos\alpha_1 + E_{\circ 2}\cos\alpha_2}$$

این روش ترسیمی موسوم به روش فازورهارا می توان برای هر تعداد ازموج ها بکاربرد:

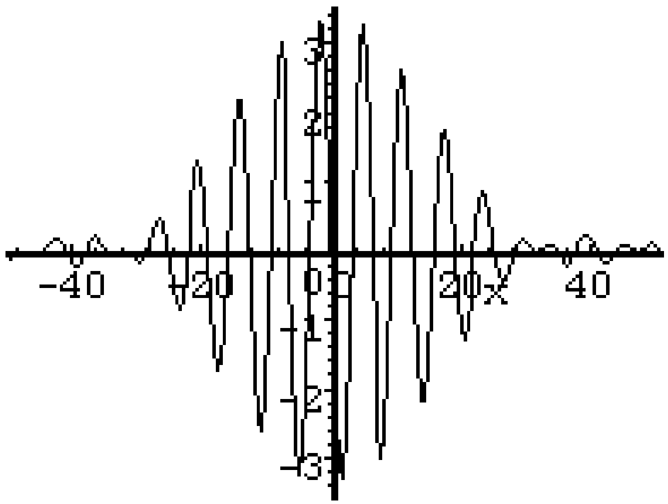


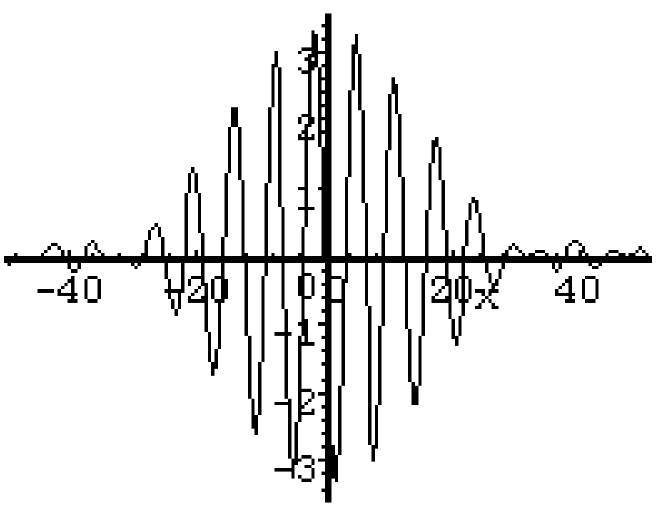
- امواج ایستاده
  - این امواج چگونه تشکیل می شوند؟
  - شکل معادله موج
  - شکم ها
  - گره ها
  - امواج ایستاده درهوا/ درطناب
    - هماهنگ ها :
    - طول موج وبسامدها

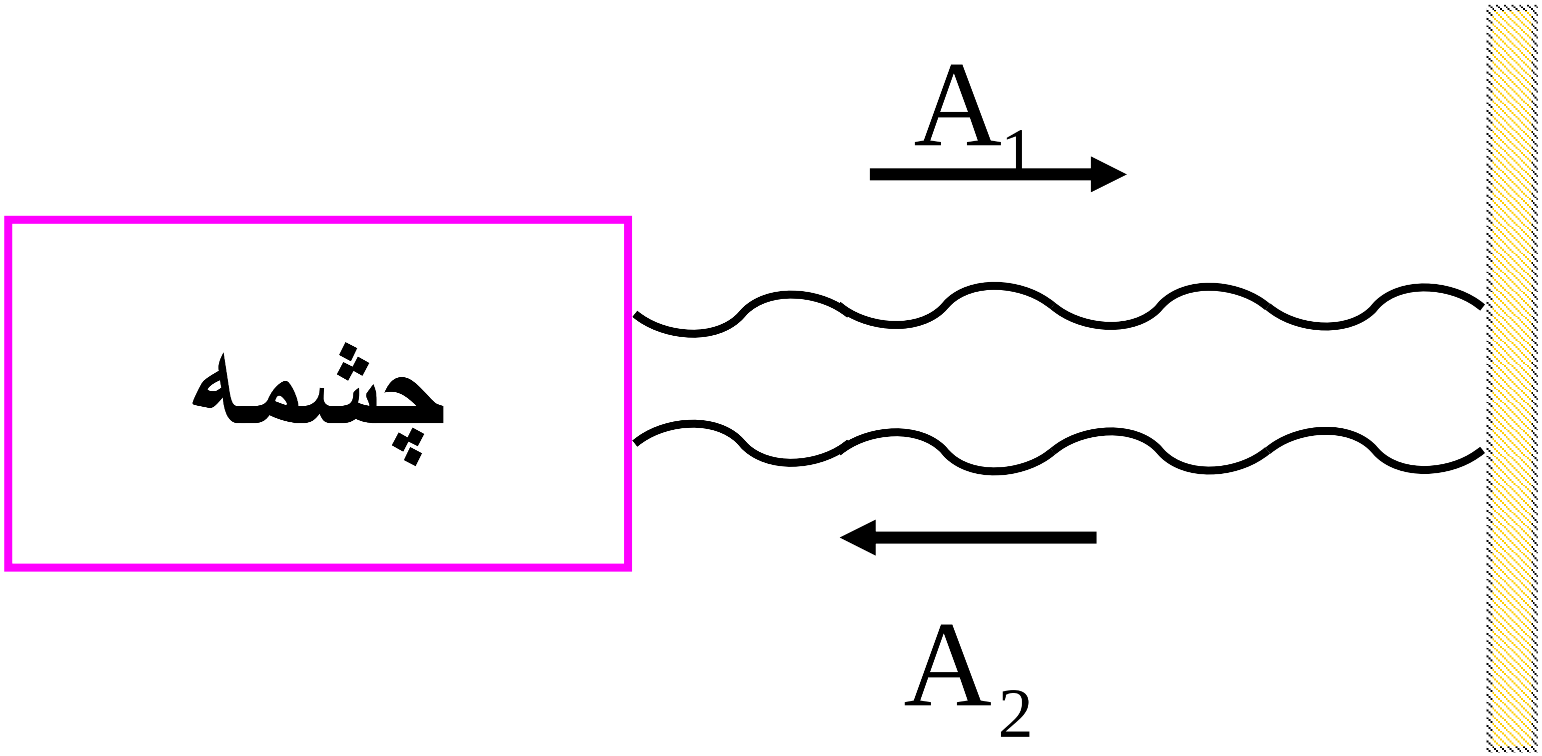

2
1
0
-1
-2
-4
-2
2
4
6
x
8
10
12


3
2
1
0
-1
-2
-3
-40
-20
20
x
40

سرعت گروه:







موج ایستاده و قتی تشکیل می شود که موج اصلی و بازتاب آن در یک محیط در حال انتشار باشند.

امواج ایستاده

$$y_1 = Ae^{i(kx-\omega t+\pi)}$$

$$y_2 = Ae^{i(kx+\omega t)}$$

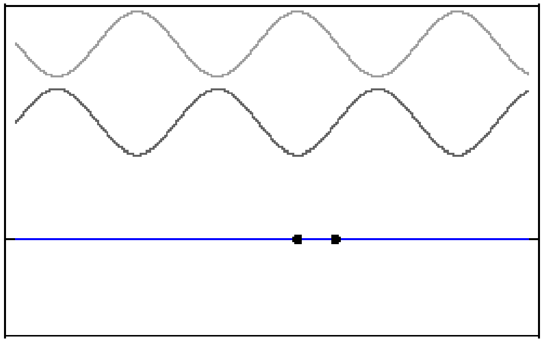
$$y = y_1 + y_2 = Ae^{i(kx-\omega t+\pi)} + Ae^{i(kx+\omega t)}$$

$$= Ae^{i\pi}e^{i(kx-\omega t)} + Ae^{i(kx+\omega t)}$$

$$= Ae^{ikx}(-e^{-i\omega t} + e^{i\omega t})$$

$$y = Ae^{ikx}(2i\sin\omega t)$$

$$y = \underbrace{-2A\sin kx}_{\text{دامنه}} \ \underbrace{\sin\omega t}_{\text{وابسته به زمان}}$$



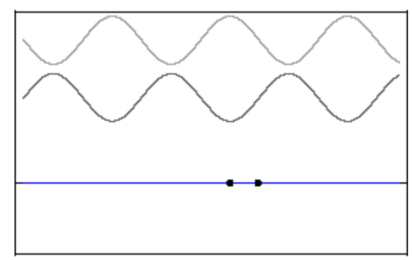
$$y = 2A \sin kx \sin \omega t$$

گره ها:

$$y = 0 \Rightarrow \sin kx = 0 \text{ o}$$

$$kx = n\pi, \quad n = 0,1,2,\ldots$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} x = n\pi$$



$$x = n\frac{\lambda}{2}, \quad n = 0,1,2,\ldots$$

$$y = 2A\sin kx \sin \omega t$$

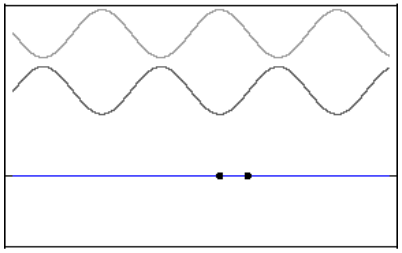
شکم ها:

$$y = \pm 2A \qquad \sin kx = \pm 1$$

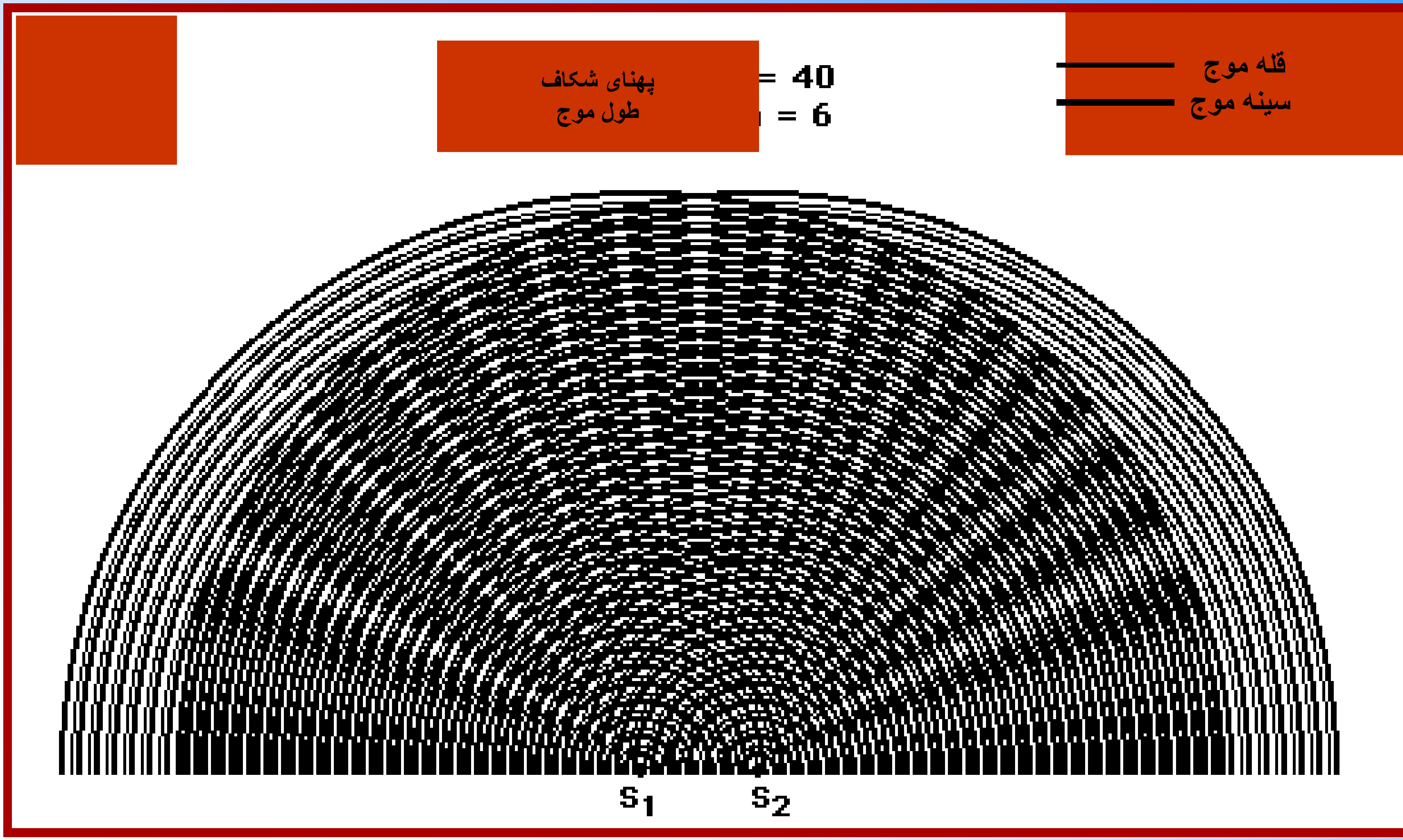
$$kx = \frac{(2n+1)\pi}{2}, \quad n = 0,1,2,\ldots$$

$$\frac{2\pi}{\lambda}x = \frac{(2n+1)\pi}{2}$$

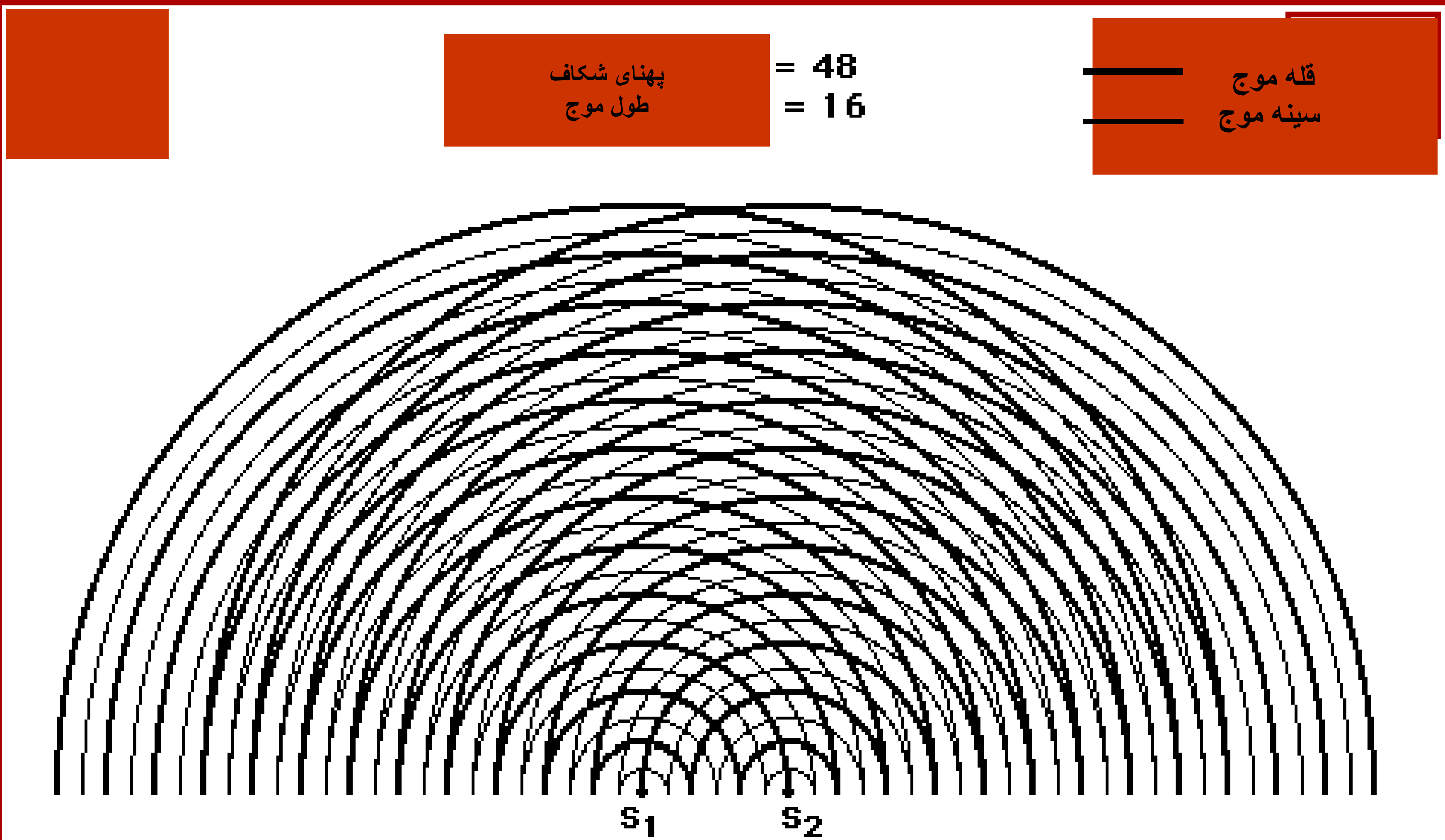
$$x = \frac{(2n+1)\lambda}{4}, \quad n = 0,1,2,\ldots$$



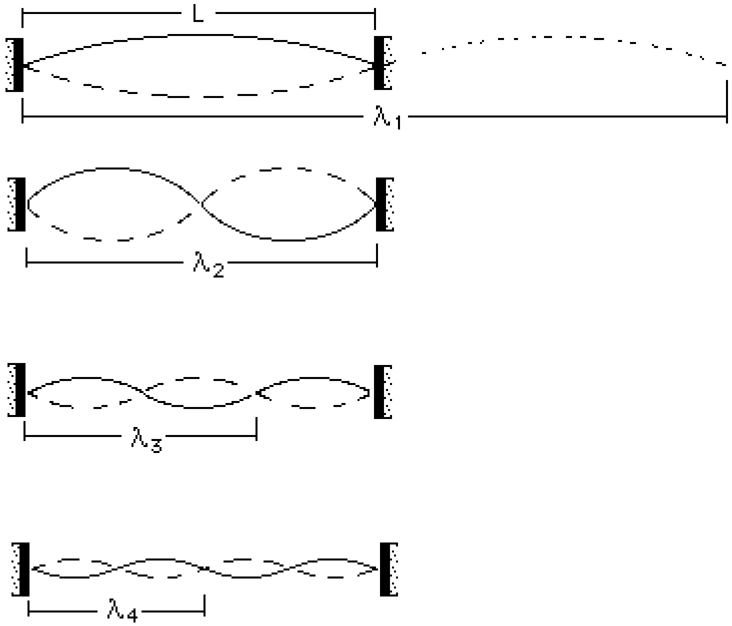
تداخل:



تد اخل:



دوانتها ثابت:



اولین هارمونیک/ اصلی

دومین هارمونیک

مدهای اصلی

سومین هارمونیک

چهارمین هارمونیک

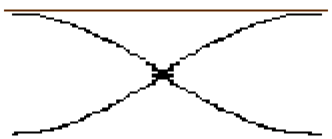
$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \qquad n = 1, 2, 3, \ldots$$

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = n\frac{v}{2L} \qquad n = 1, 2, 3, \ldots \qquad v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

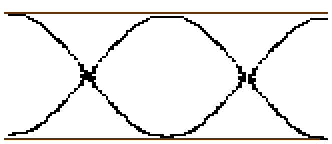
موج های ایستاده در لوله های باز:

دوانتهای باز:

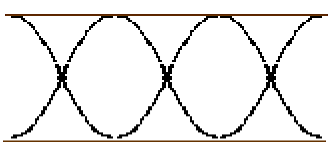
$$f_n = n\frac{v}{2L} \qquad n = 1, 2, 3, \ldots$$



$\lambda_1 = 2L$
$f_1 = v/2L$

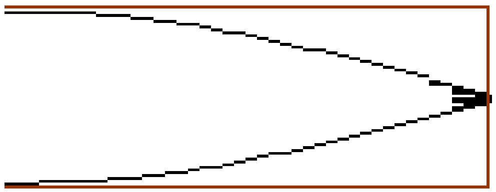


$\lambda_2 = L$
$f_2 = v/L$



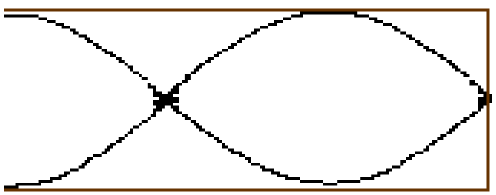
$\lambda_3 = 2L/3$
$f_3 = 3v/2L$

یک انتهای بسته :



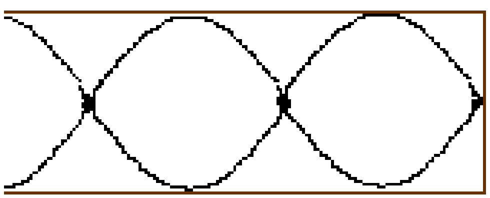
$\lambda_1 = 4L$

$f_1 = v/4L$



$\lambda_3 = 4L/3$

$f_3 = 3v/4L$



$\lambda_5 = 4L/5$

$f_5 = 5v/4L$

$$f_n = n\frac{v}{4L} \qquad n = 1,3,5,\ldots$$

سرعت موج:

سرعت یک نقطه از موج بافاز ثابت است.

فاز موج برابر است با:

$$\varphi = k(x \pm vt)$$

$$\Rightarrow \quad d\varphi = k(dx \pm vdt) = 0$$

$$\Rightarrow \quad \frac{dx}{dt} = \mp v$$

سرعت موج

نمایش موج هماهنگ باعددمختلط:

$$y = Ae^{i(kx-\omega t)} \Rightarrow \begin{cases} Re(y) = a\cos(kx-\omega t) \\ Im(y) = A\sin(kx-\omega t) \end{cases}$$

سرع فاز، سرعت گروه وپاشندگی

اگر سرعت فاز ثابت نباشد و به بسامد بستگی داشته باشد چگونه شکل یک تپ می تواند تغییر کند؟

برهم نهی امواج با دامنه یکسان و بسامدمختلف: پدیده زنش

سرعت گروه و سرعت فاز:

$$x_1(t) = \mathrm{Re}\left[Ae^{i\omega_1 t} \right]$$

$$x_2(t) = \mathrm{Re}\left[Ae^{i\omega_2 t} \right]$$

$$x_1 + x_2 = \mathrm{Re}\left[A\left(e^{i\omega_1 t} + e^{i\omega_2 t}\right)\right]$$

$$= A\,\mathrm{Re}\left[\frac{e^{i(\omega_1+\omega_2)t/2}}{e^{i(\omega_1+\omega_2)t/2}}\left(e^{i\omega_1 t} + e^{i\omega_2 t}\right)\right]$$

$$= A\,\mathrm{Re}\left[e^{i(\omega_1+\omega_2)t/2}\left(e^{i(\omega_1-(\omega_1+\omega_2)/2)t} + e^{i(\omega_2-(\omega_1+\omega_2)/2)t}\right)\right]$$

$$= A\,\mathrm{Re}\left[e^{i(\omega_1+\omega_2)t/2}\left(e^{i(\omega_1-\omega_2)t/2} + e^{-i(\omega_1-\omega_2)t/2}\right)\right]$$

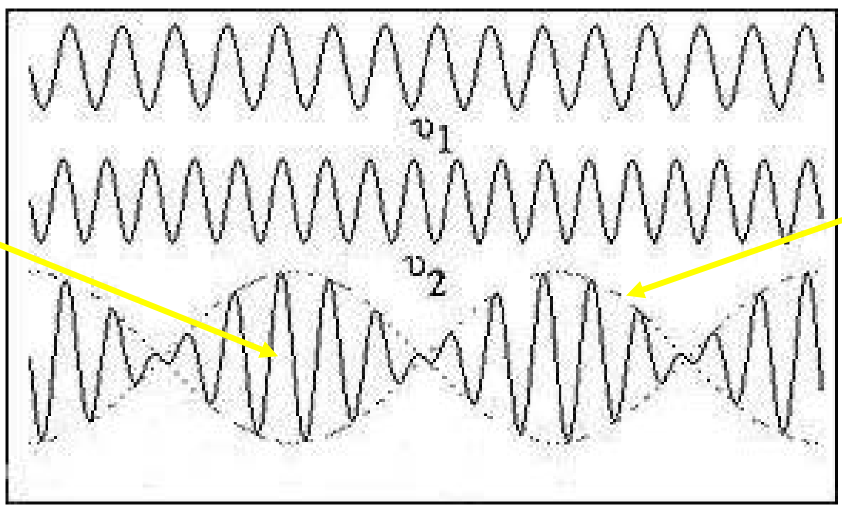
$$\cos\theta = \frac{e^{i\theta} + e^{-i\theta}}{2}$$

$$x_1(t) + x_2(t) = 2A\cos\left[\frac{(\omega_1 - \omega_2)}{2}t\right]\mathrm{Re}\left[e^{i(\omega_1+\omega_2)t/2}\right]$$

$$= 2A\cos\left[\frac{(\omega_1 - \omega_2)}{2}t\right]\cos\left[\frac{(\omega_1 + \omega_2)}{2}t\right]$$

موج حامل

$$\upsilon_{\text{carrier}} = \frac{\upsilon_1 + \upsilon_2}{2}$$



پوش موج

$$\upsilon_{\text{envelope}} = \frac{|\upsilon_1 - \upsilon_2|}{2}$$

یا...

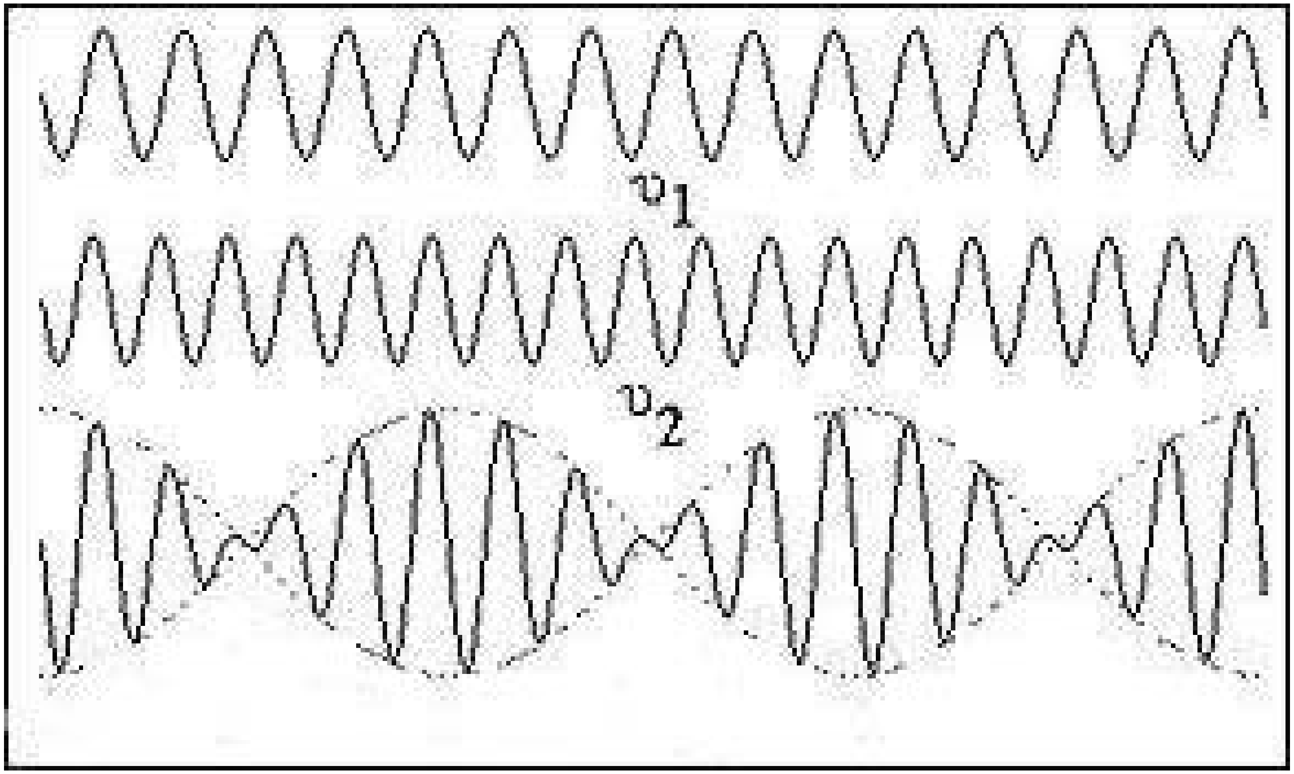
$$y_1 = A\cos\omega_1 t$$

$$y_2 = A\cos\omega_2 t$$

$$\cos A + \cos B = 2\cos\left(\frac{A+B}{2}\right)\cos\left(\frac{A-B}{2}\right)$$

$$y_1 + y_2 = A\cos\omega_1 t + A\cos\omega_2 t$$

$$= 2A\cos\left(\frac{\omega_1+\omega_2}{2}\right)t\ \cos\left(\frac{\omega_1-\omega_2}{2}\right)t$$



پوش موج

$$\upsilon_{envelope} = \frac{|\upsilon_1 - \upsilon_2|}{2}$$

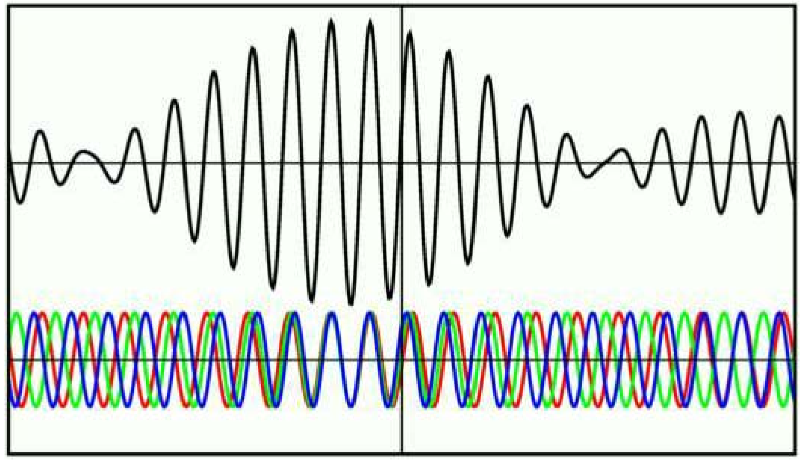
حامل

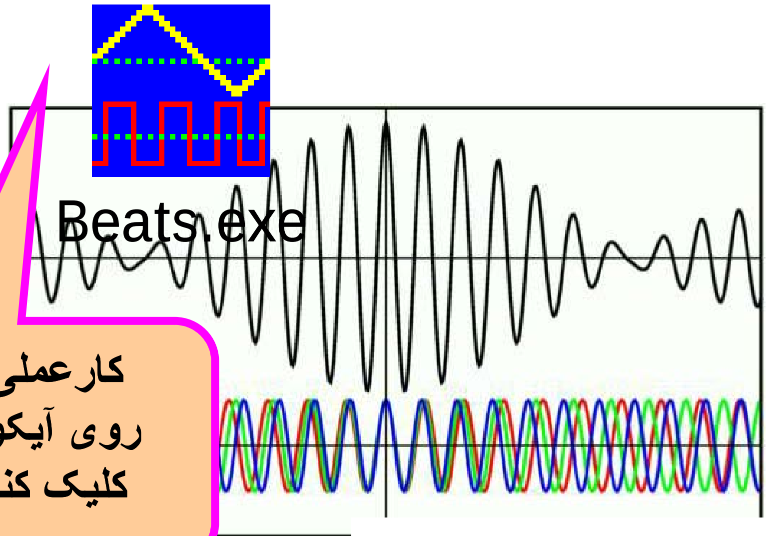
$$\upsilon_{carrier} = \frac{\upsilon_1 + \upsilon_2}{2}$$

سرعت فاز

$$y(x,t) = A\cos(kx - \omega t + \phi)$$

$$v_{\mathrm{p}} = \frac{\omega}{k}$$





کارعملی:
روی آیکون
کلیک کنید

یک کار عملی: روی آیکون مقابل کرده کرده روی صفحه ظاهرشده مجدا کلیک کنید.
با تغییر بسامدها پدیده زنش را تجربه کنید.

پدیده زنش : سرعت گروه و سرعت فاز به گونه ای دیگر:

$$\psi_1(x,t)=A\cos(k_1x-\omega_1 t)$$

$$\psi_2(x,t)=A\cos(k_2x-\omega_2 t)$$

$$\psi(x,t)=\psi_1(x,t)+\psi_2(x,t)$$

$$=2A\cos\left[\frac{k_1+k_2}{2}x-\frac{\omega_1+\omega_2}{2}t\right]\cos\left[\frac{k_1-k_2}{2}x-\frac{\omega_1-\omega_2}{2}t\right]$$

$$\omega_p=\frac{\omega_1+\omega_2}{2} \qquad k_p=\frac{k_1+k_2}{2}$$

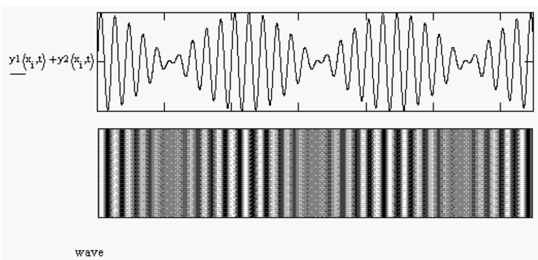
$$\omega_g=\frac{\omega_1-\omega_2}{2} \qquad k_g=\frac{k_1-k_2}{2}$$

$$\boxed{\psi(x,t)=2A\cos(k_p-\omega_p t)\cos(k_g-\omega_g t)}$$

موج حامل وموج پوش

موج حامل: مولفه ای با بسامد نصف مجموع

موج پوش: مولفه ای با بسامد نصف اختلاف



سرعت گروه, v_g, برابراست با:

- سرعت نقطه ای با فاز ثابت از موج مودولاسیون دامنه
- آهنگی که با آن انرژی موج منتقل می شود
- آهنگ سیر یک سیگنال

$$v_{\mathrm{p}} = \frac{\omega}{k}$$

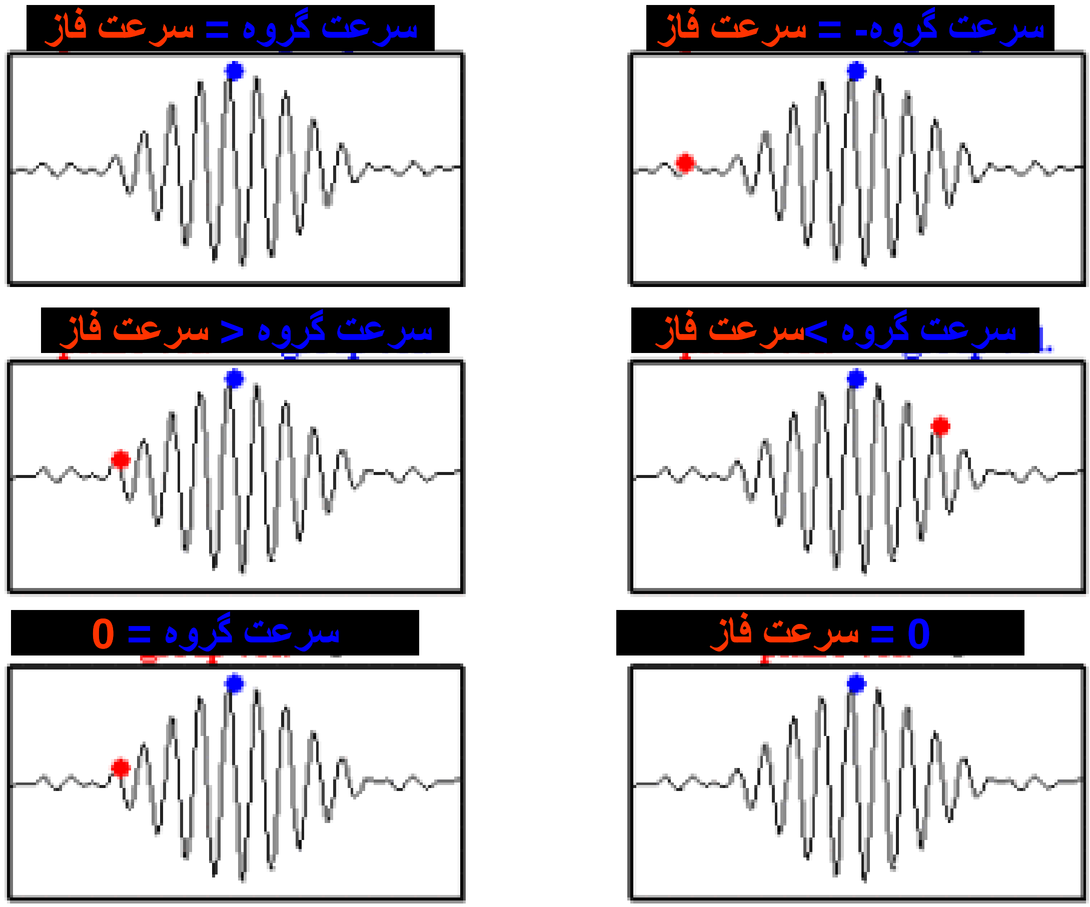
$$v_{\mathrm{g}} = \frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}k}$$

$$v_{\mathrm{g}} = \frac{\partial \omega}{\partial k} = \frac{\partial \left(v_{\mathrm{p}} k \right)}{\partial k} = v_{\mathrm{p}} + k \frac{\partial v_{\mathrm{p}}}{\partial k}$$

معمولا $\frac{\partial v_p}{\partial k} < 0$ بوده و $v_g < v_p$ واین پاشندگی عادی است.

واگر $v_g > v_p$ باشد پاشندگی غیر عادی است

دانشگاه پیام نور



[redacted]

- سرعت فاز وسرعت گروه:
  - سرعت گروه وسرعت فاز چیست؟
  - ضریب شکست ، n
  - محاسبات

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

$$v_{\mathrm{p}} = f\,\lambda = \frac{\omega_p}{k_p} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{k_1 + k_2} = \frac{\omega}{k}$$

$$v_{\mathrm{g}} = \frac{\omega_g}{\omega_g} = \frac{\omega_1 - \omega_2}{k_1 - k_2} = \frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}k}$$

$$v_{\mathrm{g}} = \frac{\partial \omega}{\partial k} = \frac{\partial\left(v_{\mathrm{p}} k\right)}{\partial k} = v_{\mathrm{p}} + k\,\frac{\partial v_{\mathrm{p}}}{\partial k}$$

در مورد نور:

$$v_{\mathrm{p}} = \frac{c}{n}$$

$$v_{\mathrm{g}} = v_{\mathrm{p}} + k\frac{\partial v_{\mathrm{p}}}{\partial k}$$

$$= \frac{c}{n} + k\frac{\partial v_{\mathrm{p}}}{\partial n}\frac{\mathrm{d}n}{\mathrm{d}k}$$

$$\frac{\partial v_{\mathrm{p}}}{\partial n} = \frac{\partial (c/n)}{\partial n} = -\frac{c}{n^2}$$

$$= \frac{c}{n} - k\frac{c}{n^2}\frac{\mathrm{d}n}{\mathrm{d}k}$$

- معادله موج
  - شکل موج
  - جواب معادله موج
  - امواج سینوسی
  - امواج رونده
  - امواج طولی/عرضی
  - سرعت فاز /سرعت گروه
  - اصل رویهمریزی
  - تداخل
  - بازتاب /تراگسیل
  - انتقال انرژی به وسیله موج

$$\frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial x^2}$$

عمومی ترین جواب معادله موج:

$$\psi(x,t) = h(x-vt) + g(x+vt)$$

که h و g هرتابع پیوسته دوبار مشتق پذیر است.

$$\psi(x,t) = ae^{i\frac{2\pi}{\lambda}(x-vt)}$$

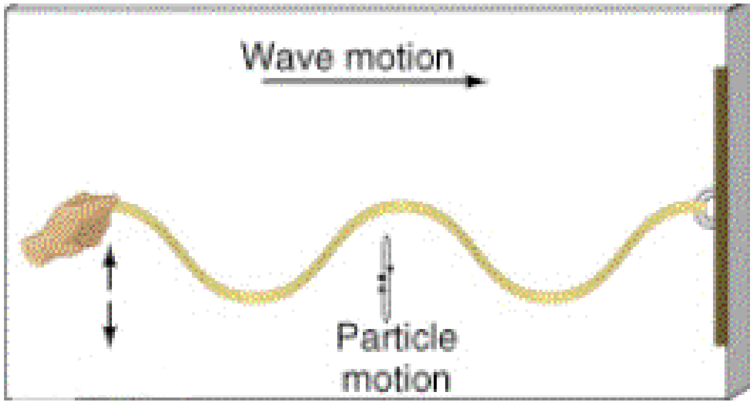
$$= ae^{i2\pi\left(\frac{x}{\lambda}-\upsilon t\right)}$$

$$= ae^{i2\pi\left(\frac{x}{\lambda}-ft\right)}$$

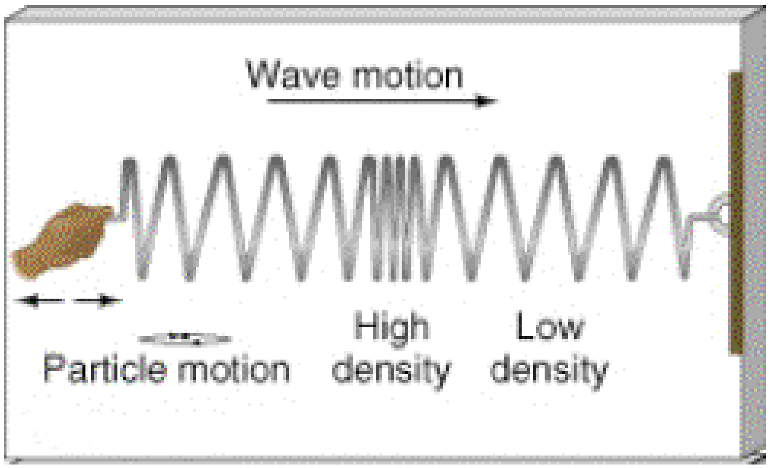
$$= ae^{i\omega\left(\frac{x}{v}-t\right)}$$

$$= ae^{i(kx-\omega t)}$$

$$a = Ae^{i\phi}$$



موج عرضی

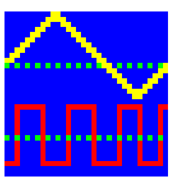


موج طولی

اصل برهم نهی

وقتی دو یا چند موج از محیطی می گذرند موج برایند برابربا جمع جبری توابع این امواج است.

وقتی دوموج در فضا باهم ترکیب می شوند موج براینده تولیدمی کننداین پدیده را تداخل می گویند .
تداخل ممکن است سازنده (دوموج دریک جهت) و یا ویرانگر(دوموج درخلاف جهت) باشند.

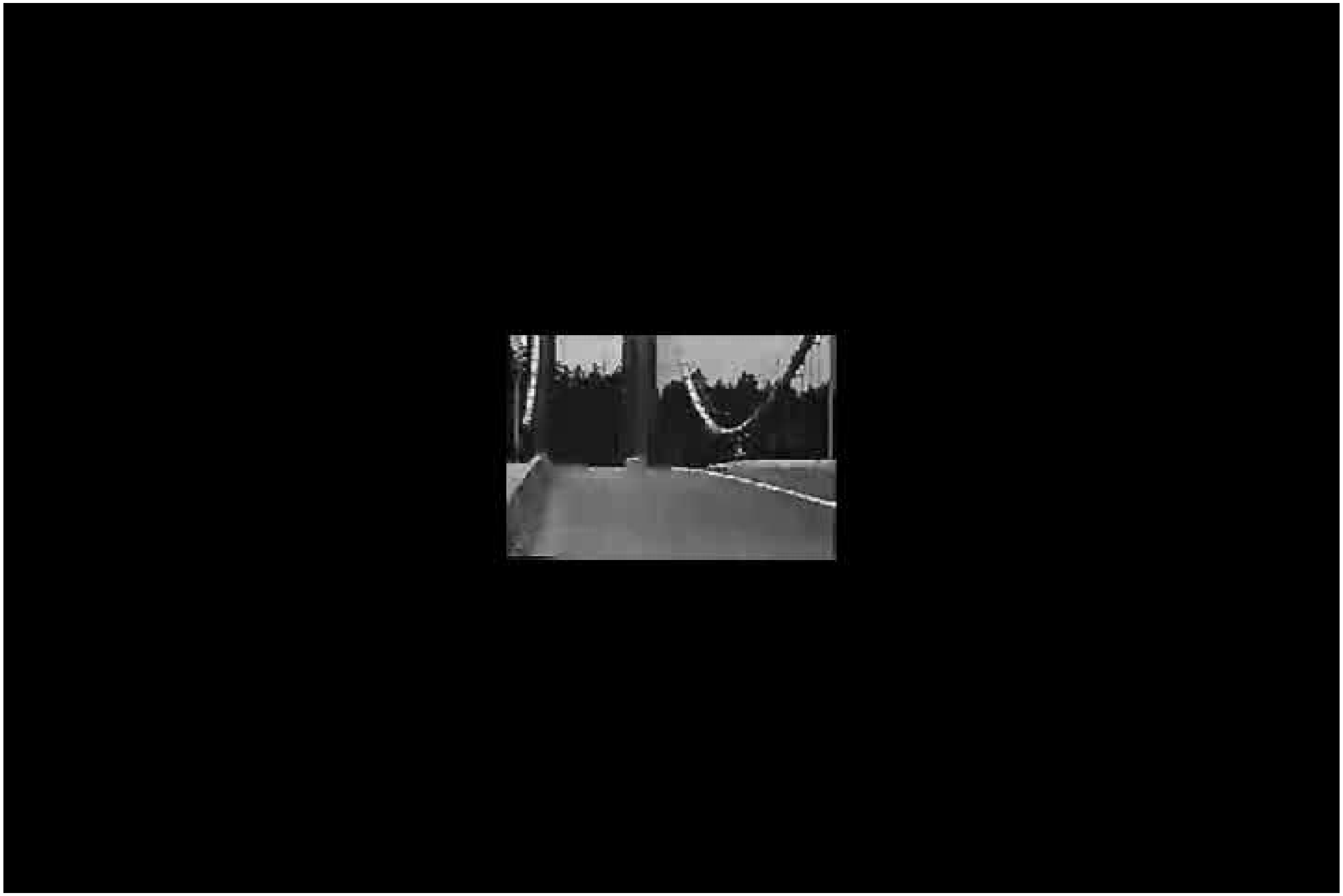


interference.exe

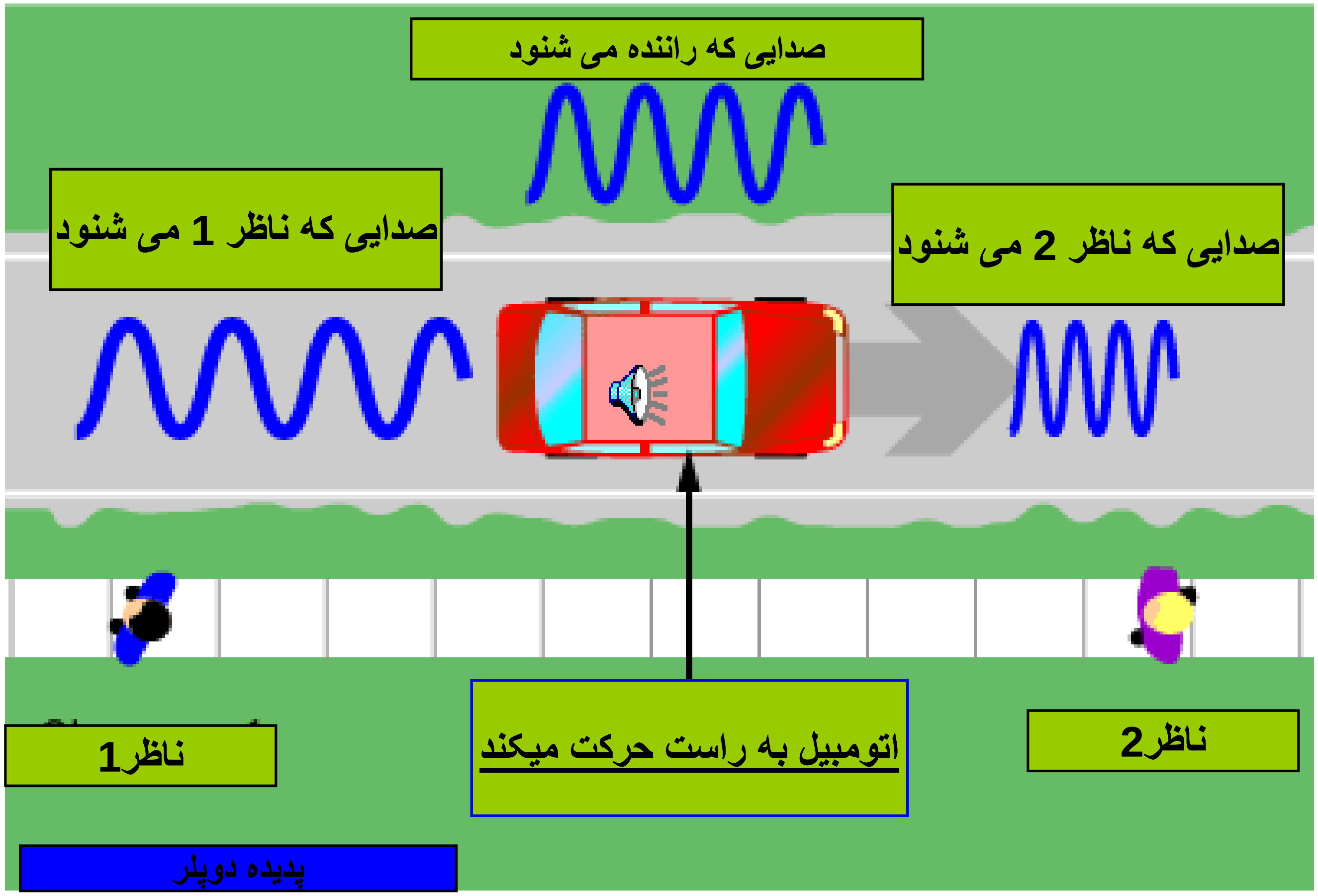
روی ایکون روبرو کلیک کنید و در صفحه ظاهر شده بسامد دوموچ را درمستطیل مربوطه تابپ کرده و روی OK کلیک و به تداخل امواج گوش دهید.

- اثر دوپلر
  - خواص امواج صوتی
  - موج صوتی چیست؟
  - محاسبه
    - ناظر نسبت به چشمه ثابت حرکت می کند
    - چشمه نسبت به ناظر ثابت حرکت میکند
    - ترکیب دو حالت فوق

ارتعاش و تشدید:



اثر دوپلر



یک کار عملی : روی آیکون بلندگو کلیک کنید و به صدای تولیدی گوش فرادهید.

صوت

چشمه متحرک/ناظر ساکن:

$$f' = \left(\frac{1}{1 \mp \frac{v_s}{v}} \right) f$$

چشمه /ناظر متحرک:

$$f' = \left(\frac{v \pm v_o}{v \mp v_s} \right) f$$

ناظر متحرک / چشمه ساکن:

$$f' = \left(1 \pm \frac{v_o}{v} \right) f$$

اثر دوپلر نسبیتی:

$$f_{\text{ناظر}} = \frac{\sqrt{1+v/c}}{\sqrt{1-v/c}} f_{\text{چشمه}}$$

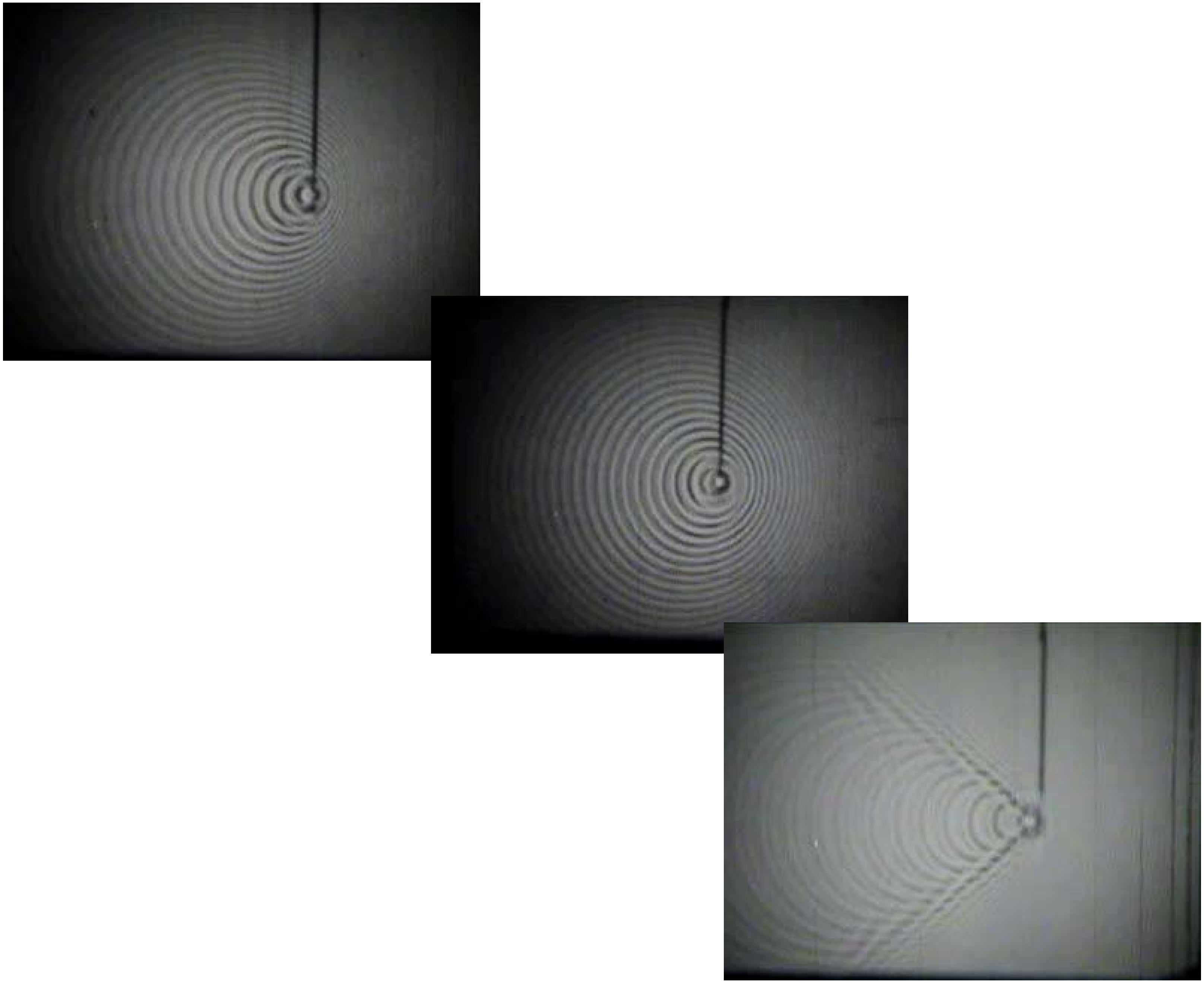
$$f' = \left(\frac{v \pm v_O}{v \mp v_S}\right) f$$

نور

درموج نور نیز مانند موج صوت پدیده دوپلر روی می دهد.
تفاوت موج صوتی ونوری دراین است که موج صوتی نیاز به محیطی برای انتشار دارد درصورتی که موج نور در خلا هم منتشر می شود.
درنور فقط حرکت نسبی میان چشمه و ناظر سبب تغییر بسامد می شود.

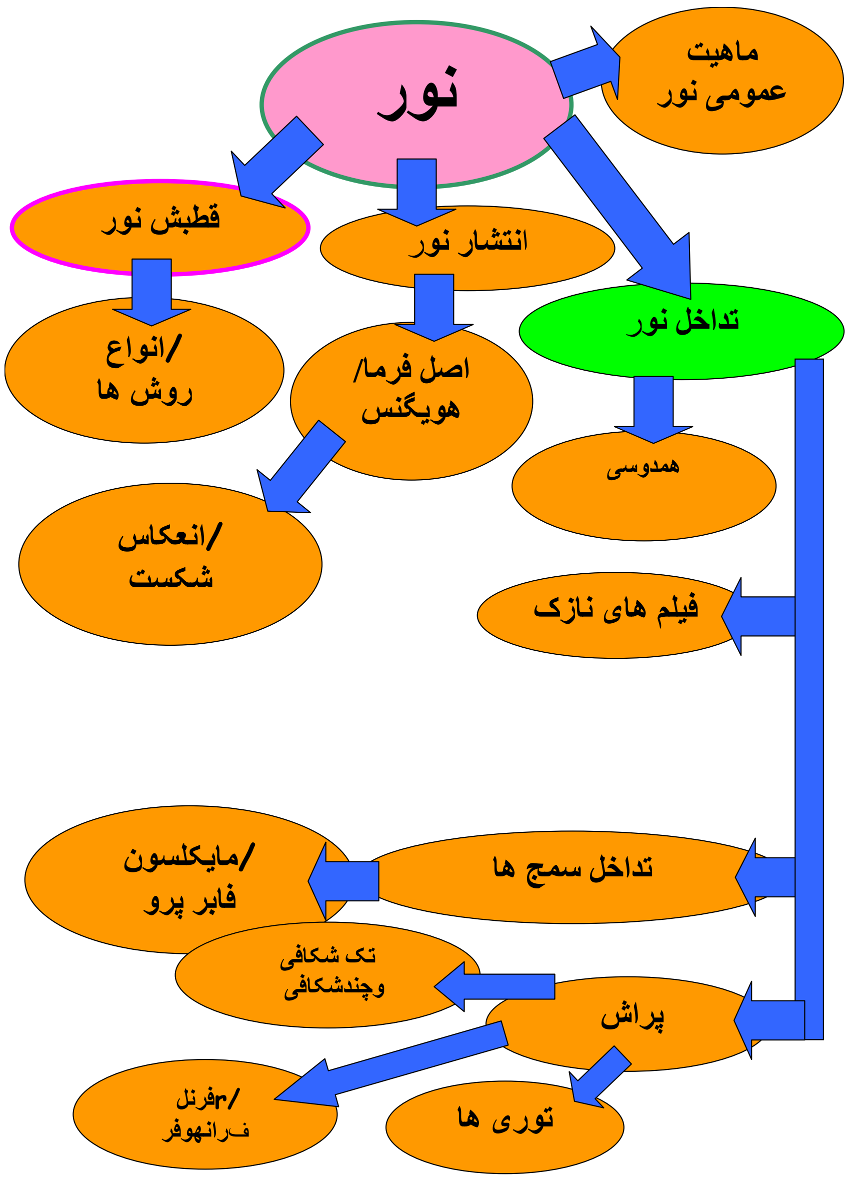
از نظریه نسبیت داریم :

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = \sqrt{\frac{1-\frac{v}{c}}{1+\frac{v}{v}}} \xrightarrow{V<<c} \frac{\lambda}{\lambda'} = 1-\frac{v}{c}$$



روی تصاویر به طور
جداگانه کلیک کرده
و به صدای ایجاد شده
گوش دهید:

فصل سوم...



نور
ماهیت
عمومی نور
قطبش نور
انتشار نور
تداخل نور
انواع/
روش ها
اصل فرما/
هویگنس
همدوسی
انعکاس/
شکست
فیلم های نازک
مایکلسون/
فابر پرو
تداخل سمج ها
تک شکافی
وچندشکافی
پراش
فرنلr/
فـرانهوفر
توری ها

تعاریف

- "اثرات تداخلی " از ویژگی های موجی نور است.
- دو یا چند باریکه همدوس نور که از چشمه واحدی آمده و به طریق تقسیم دامنه یا جبهه موج از یکدیگر جدا و سپس مجددابه همدیگر می آمیزند آثار تداخلی را بوجود می آورند.
- هرنوع انحراف ازنور شناسی هندسی که به علت وجود مانع دربرابر جبهه موج نور حاصل شده باشد پراش نامیده می شود.
- پراش نیز از آثار موجی نور است .

مثال هایی از پدیده تداخل

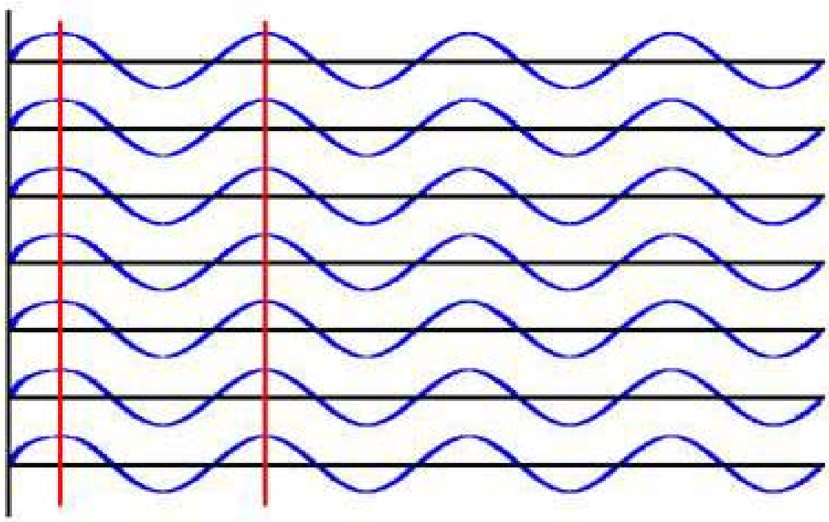
ازجمله...

- دوشکافی یانگ(تقسیم جبهه موج)
- فیلم های نازک(تقسیم دامنه)
- پوشش های ضد بازتاب
- حلقه های نیوتن
- تداخل سنج مایکلسون
- تداخل سنج فابری پرو
- توری های پراش

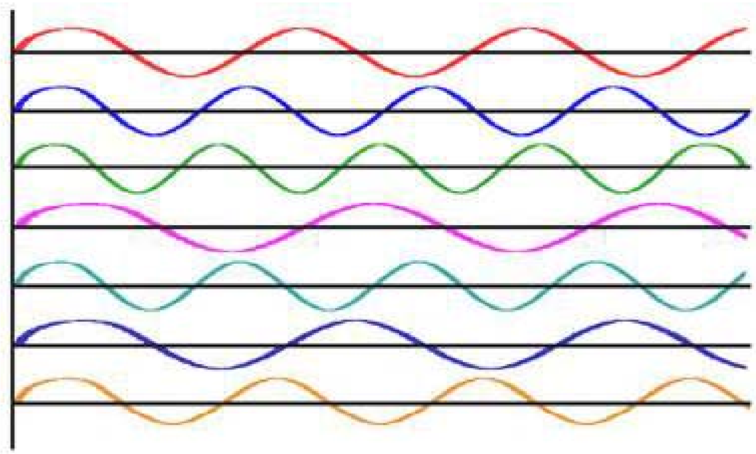
تداخل و همدوسی

همدوسی:

امواجی که رابطه فازی ثابتی با همدیگر دارند همدوس نامیده می شوند .این همدوسی را برحسب همدوسی فضایی و زمانی می توان بیان کرد



همدوس

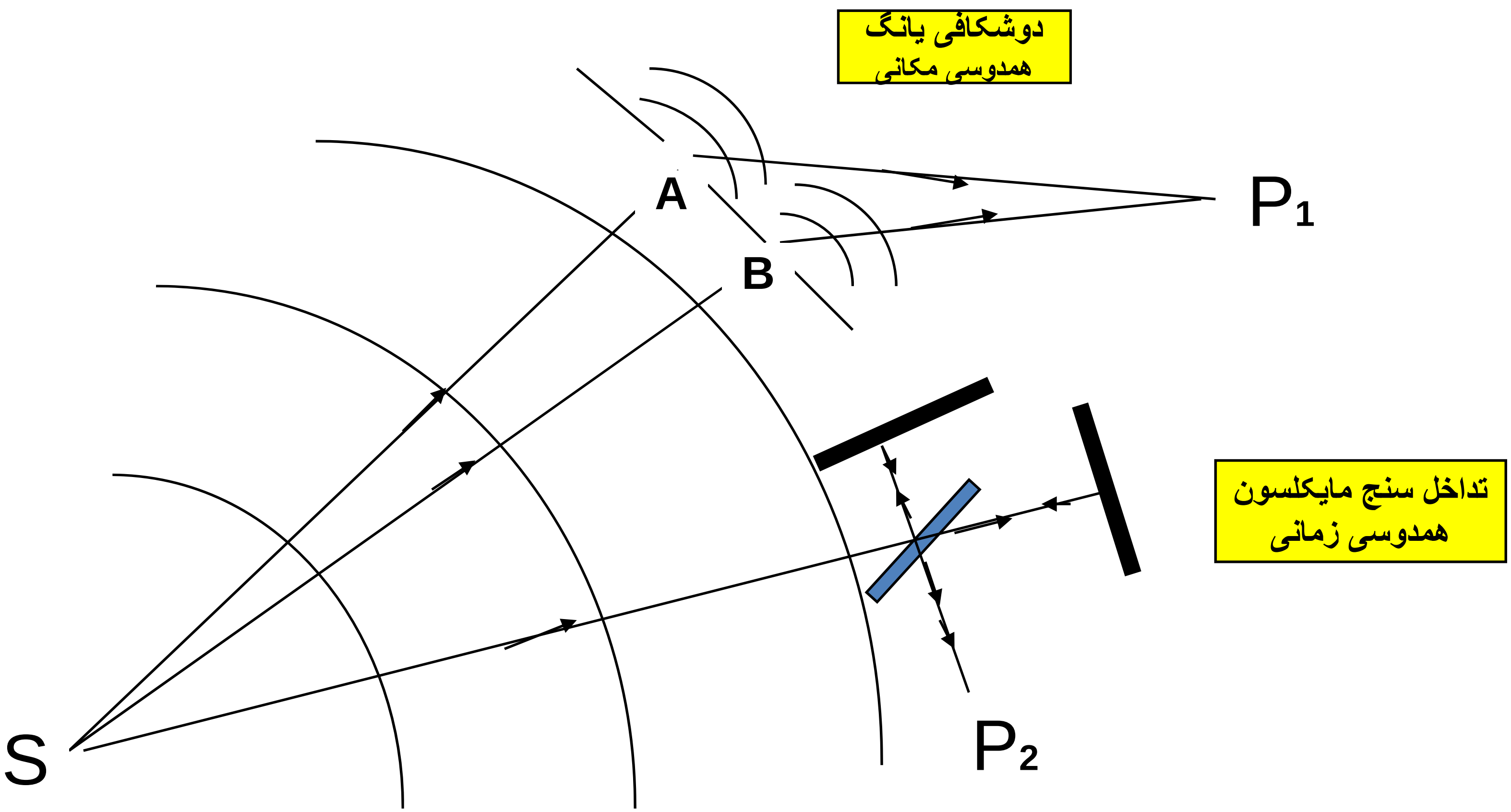


ناهمدوس

انواع همدوسی

- همدوسی زمانی (طولی):نقاطی از میدان تابش چشمه که در راستای انتشار قراردارند و ازلحاظ زمانی متمایز هستند همبستگی ثابتی برقرار است (تداخل سنج مایکلسون).
- همدوسی فضایی(عرضی) : بین نقاطی از میدان تابش که از لحاظ مکانی متمایز هستند همبستگی ثابتی برقرار است (دستگاه دوشکاف یانگ).

مثال :همدوسی زمانی و مکانی

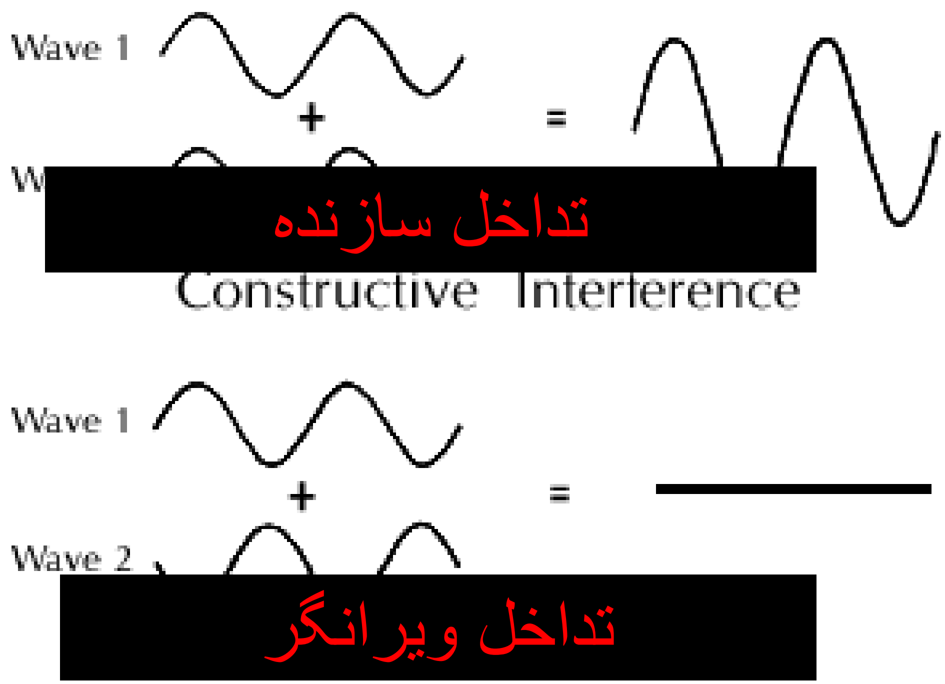


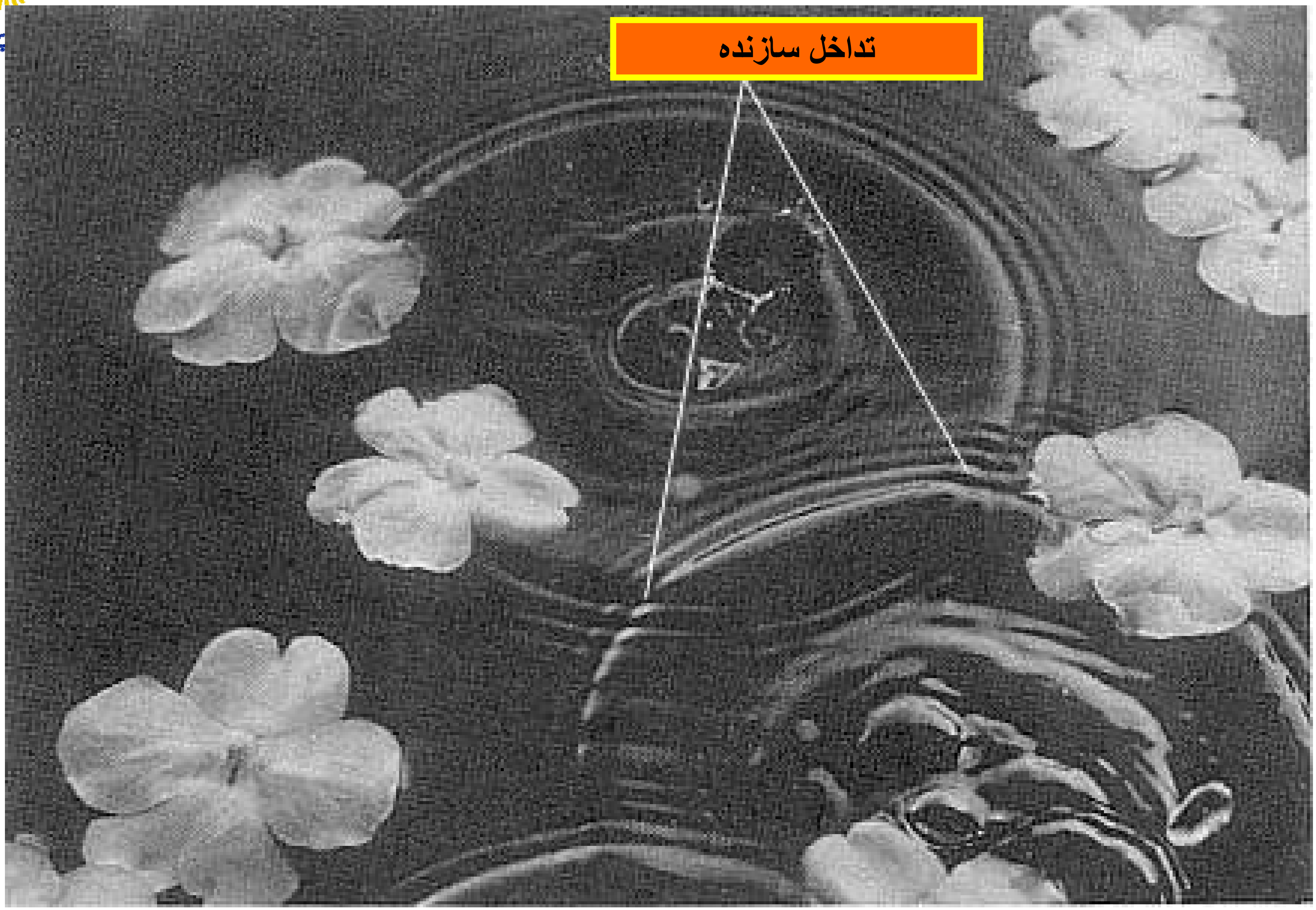
پراش فرانهوفر و فرنل

فرانهوفر(میدان دور) :نور تابیده موازی بوده وپرده تصویر در فاصله دوری از جسم پراشنده قراردارد. .

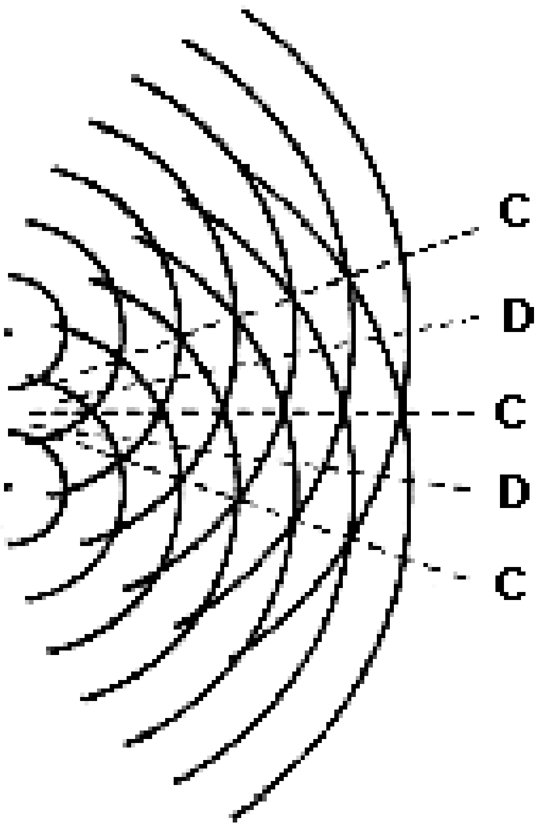
فرنل (میدان نزدیک) : جسم پراشنده به چشمه نور یا پرده تصویر و یا هردو نزدیک و انحنای جبهه موج باید در نظر گرفته شود. به ریاضیات پیچیده تری نیاز دارد. :

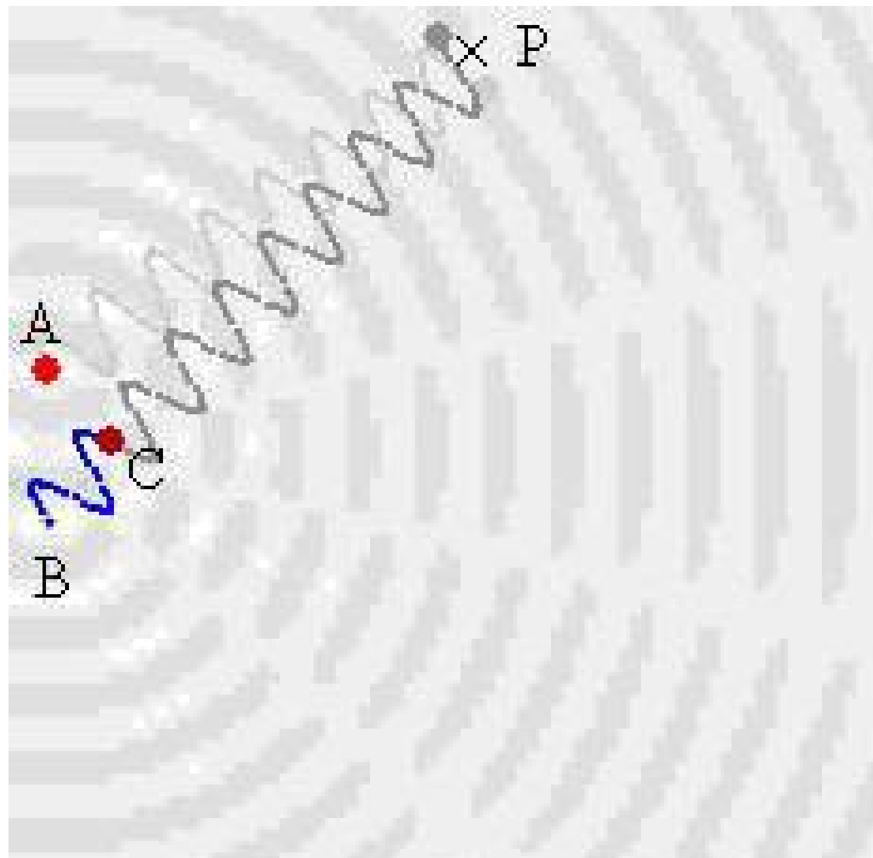
تداخل سازنده و ویرانگر



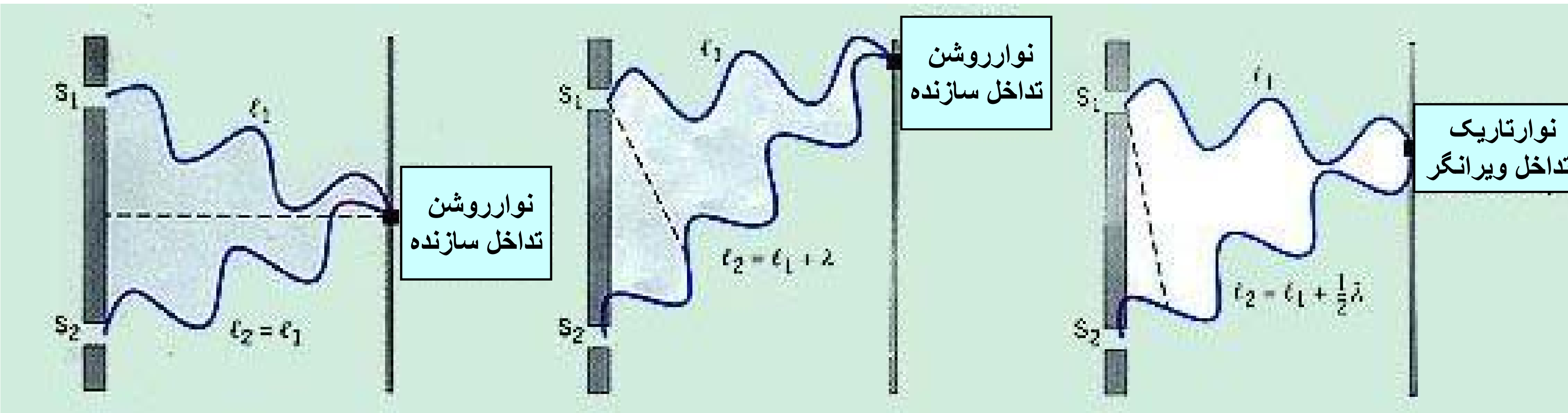

تداخل سازنده

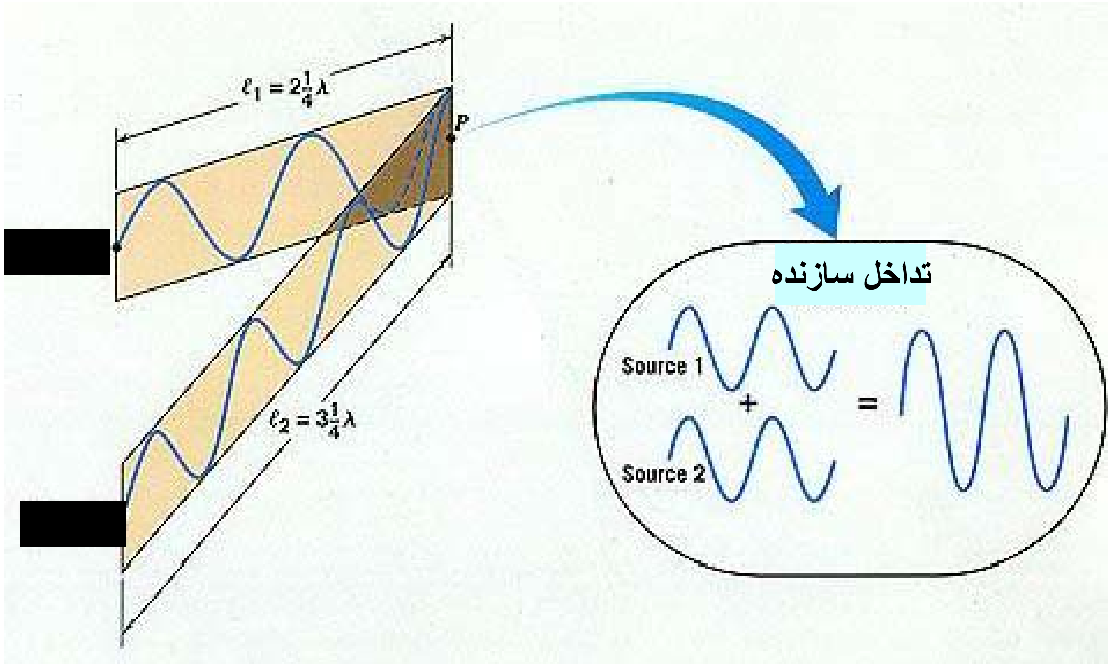
تداخل امواج





دانشگاه پیام نور

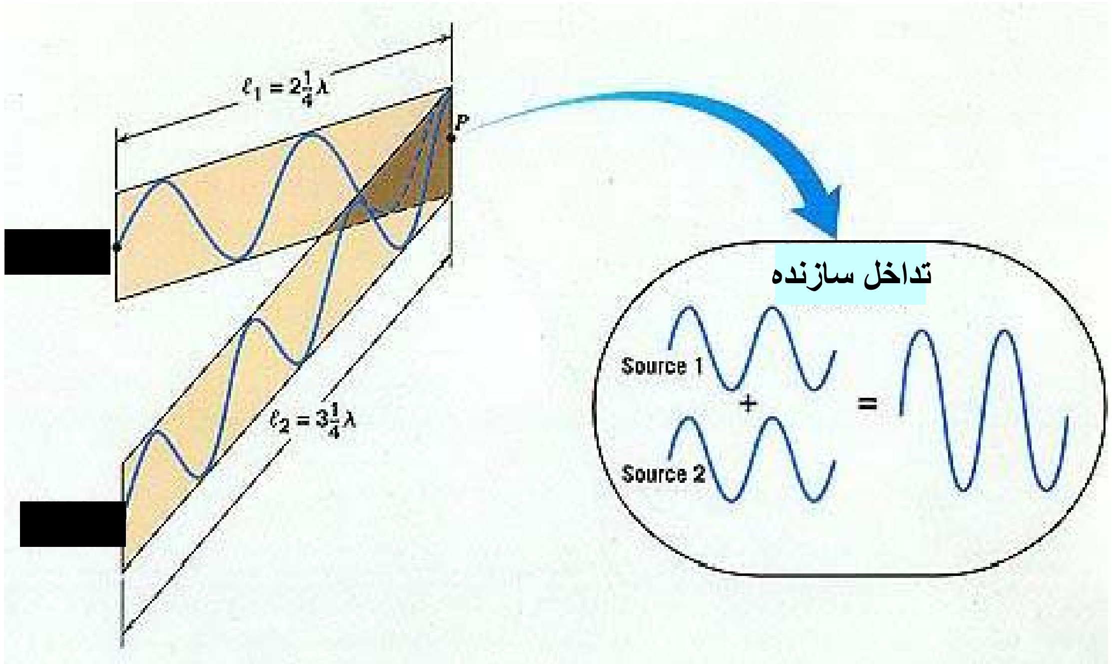




دوموج همدوس وقتی تداخل سازنده تشکیل می دهند که:

$$d_2 - d_1 = n\lambda \qquad n = 0, 1, 2, 3, ...$$

اختلاف راه دو موج باید مضرب صحیحی از طول موج باشد.



دوموج همدوس وقتی تداخل ویرانگر تشکیل می دهند که :

$$d_2 - d_1 = (2n + 1)(\lambda/2) \qquad n = 0, 1, 2, 3, \ldots$$

اختلاف راه دو موج باید مضرب فردی ازنصف طول موج باشد.

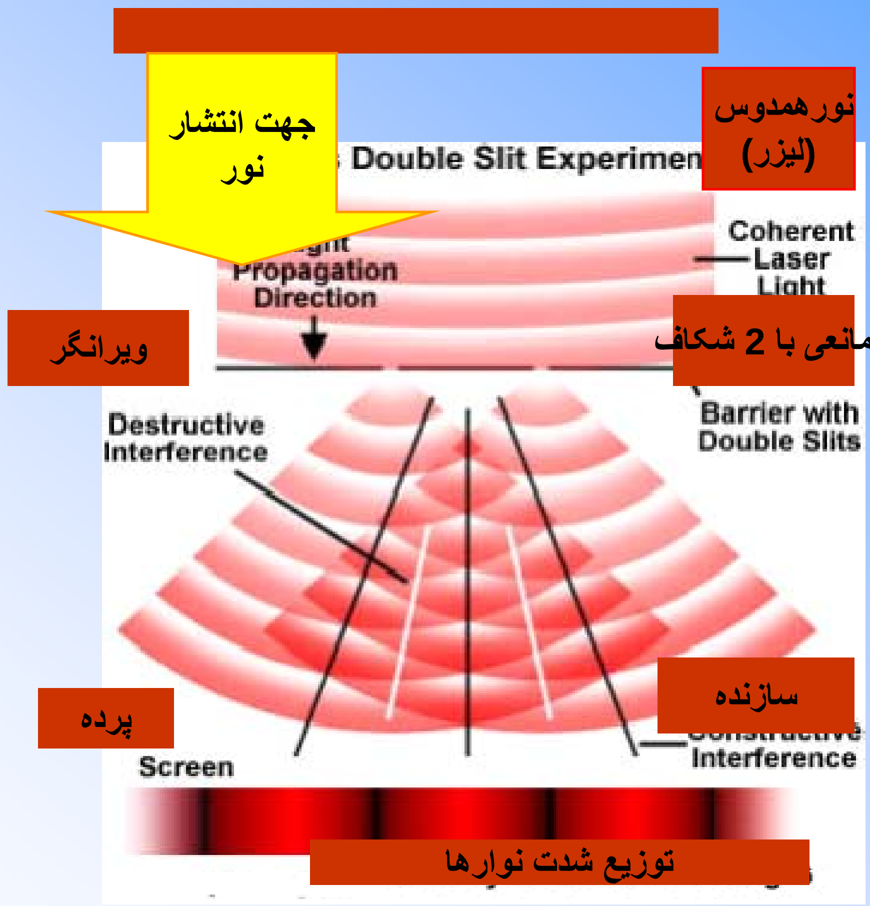
موجی به طول موج 4.0 m فاصله 7.0 m طی کرده است.

الف – چند طول موج را طی کرده است؟

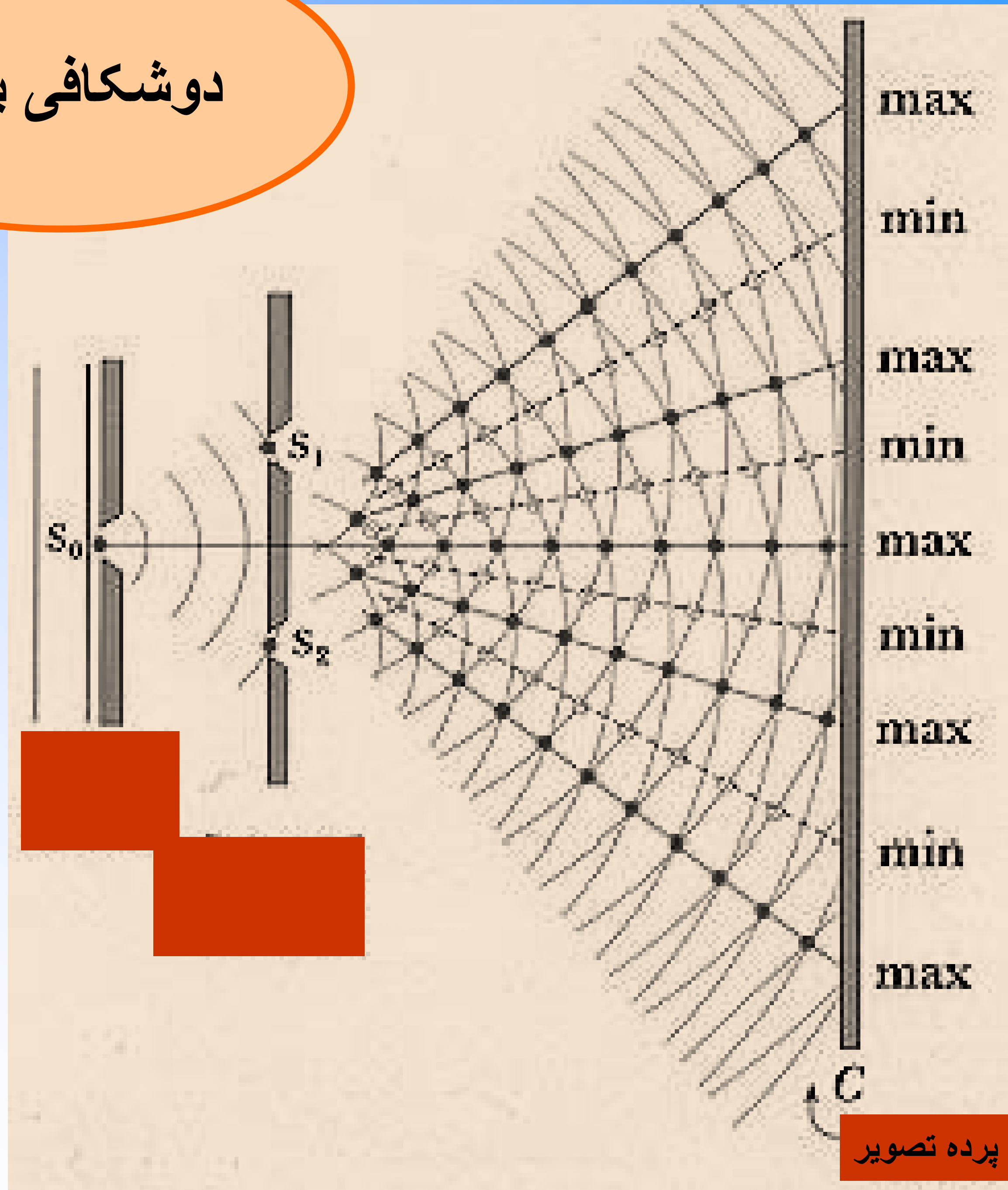
ب – فاز موج چقدر تغییر کرده است ؟

$$\frac{\Delta\delta}{2\pi} = \frac{\Delta L}{\lambda}$$

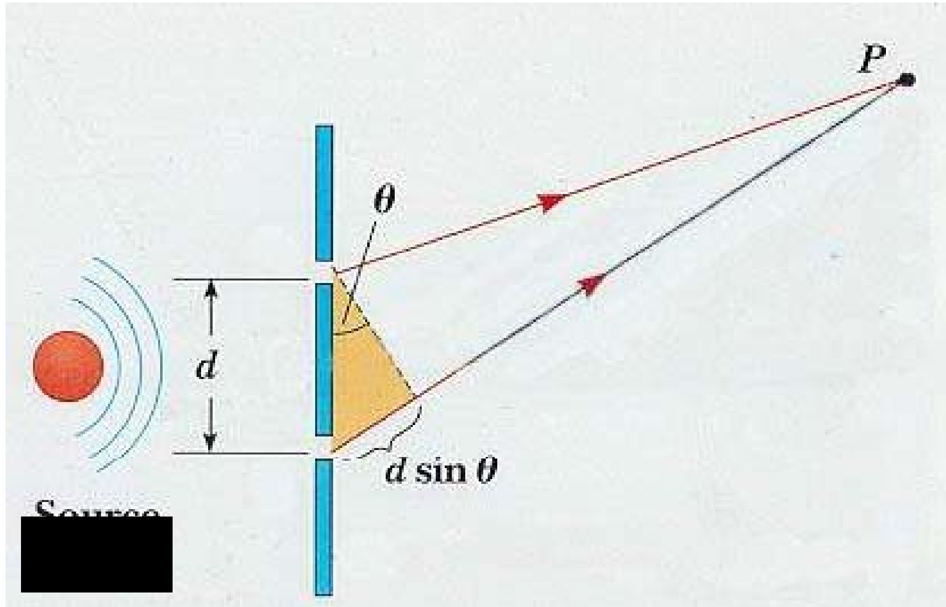
دوشکافی یانگ



دوشکافی یانگ



هندسه دوشکافی یانگ



برای تشکیل نوار روشن در P :

یا: $\lambda = d \sin\theta$ or $2\lambda = d \sin\theta$

$3\lambda = d \sin\theta$ or etc

به ازای λ معین ,نوارهای روشن دراینجا تشکیل می شوند:

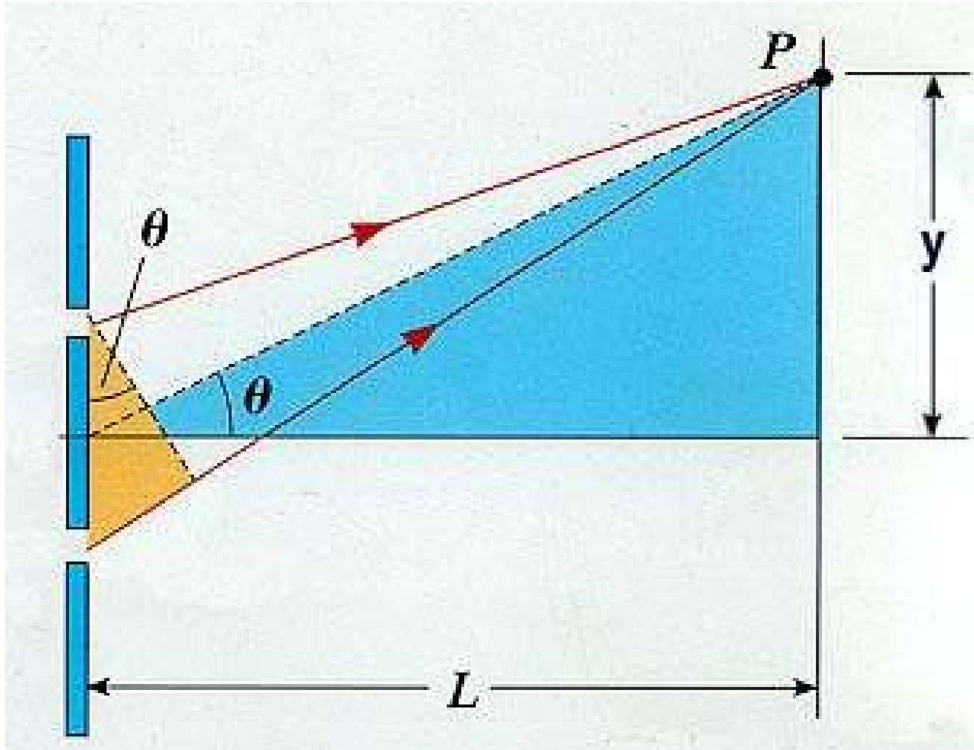
$\sin\theta = 0$

$= \lambda/d$

$= 2\lambda/d$

$= 3\lambda/d$

$d \sin\theta = m\lambda, \; m = 0, 1, 2, \ldots$



$\tan\theta = y / L \qquad\qquad y = L\tan\theta$

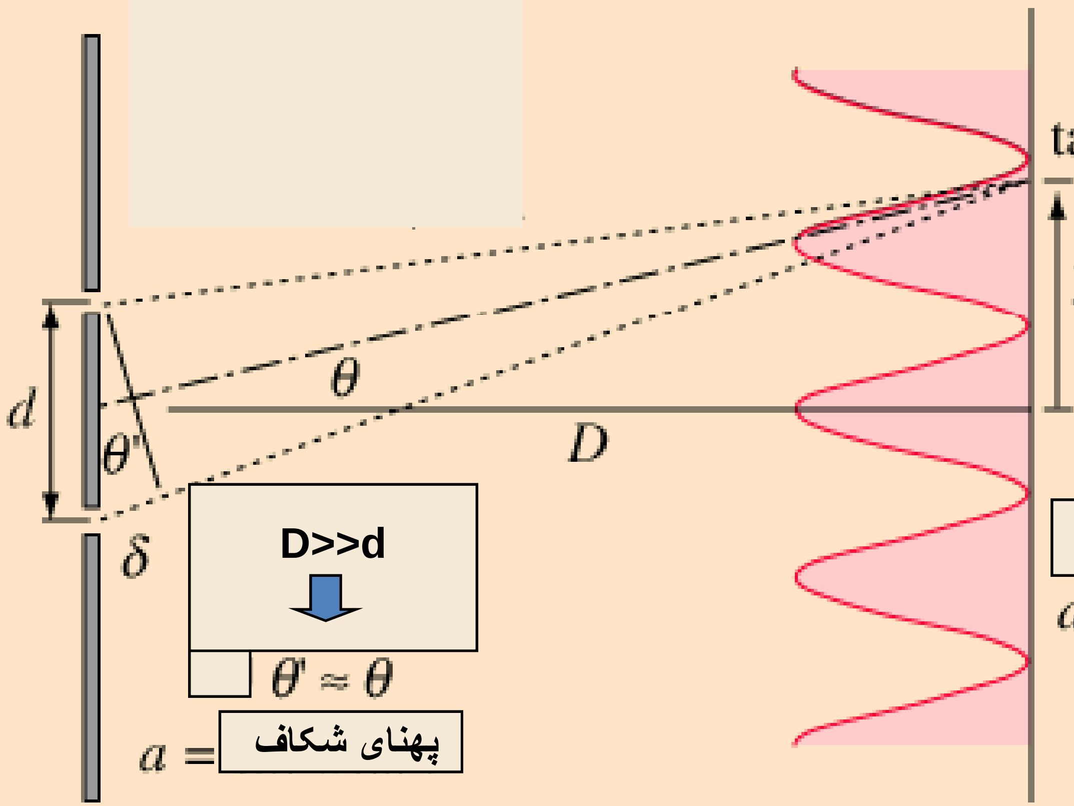
اگر مقدار θ که به ازای آن نوار روشن تشکیل می شود معلوم باشد
دراین صورت از رابطه $d\sin\theta = m\lambda$ می توان مقادیر y یا
محل نوارهای روشن را محاسبه کرد.

تداخل دوشکافی یا نگ

$$\tan\theta = \frac{y}{D}$$

شرط پرده در فاصله دور

$$\tan\theta \approx \sin\theta \approx \theta \approx \frac{y}{D}$$



شرط تشکیل نوار روشن

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

$$y \approx \frac{m\lambda D}{d}$$

$$E_1 = E_0 \sin \omega t$$

$$E_2 = E_0 \sin\left(\omega t + \phi\right)$$

$$\sin A + \sin B = 2\cos\frac{1}{2}(A-B)\sin\frac{1}{2}(A+B)$$

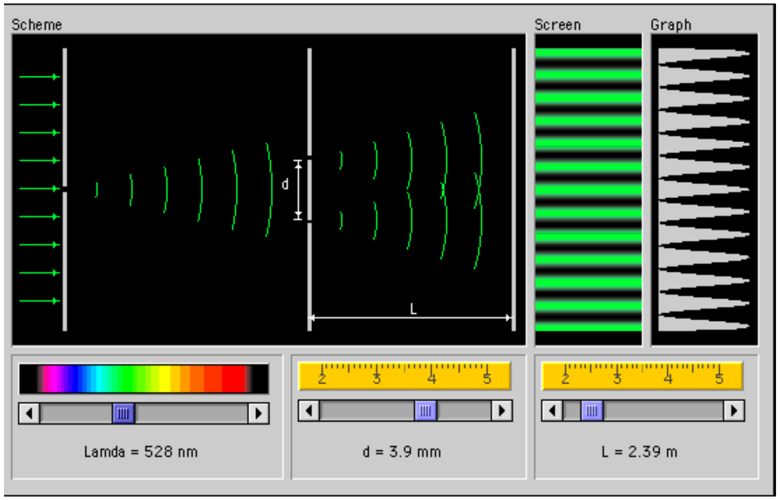
$$E_1 + E_2 = \underbrace{2E_0 \cos\frac{1}{2}(\phi)}_{\text{دامنه}}\sin\frac{1}{2}(2\omega t + \phi)$$

شدت نوارهای تداخلی

$$I \propto A^2$$

$$= \left[2E_0 \cos\frac{1}{2}\phi\right]^2$$

$$I = 4E_0^2 \cos^2\frac{\phi}{2}$$



$$\left(\text{اختلاف فاز}\right) = \frac{2\pi}{\lambda}\left(\text{اختلاف راه دو موج}\right)$$

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin\theta$$

روش دیگر:

$$E_1 = E_0 \sin \omega t \qquad E_1 = E_0 e^{i\omega t}$$

$$E_2 = E_0 \sin\left(\omega t + \phi\right) \qquad E_2 = E_0 e^{i(\omega t + \phi)}$$

$$E_1 + E_2 = E_0\left(e^{i\omega t} + e^{i(\omega t+\phi)}\right)$$

$$= E_0 e^{i\omega t}\left(1 + e^{i\phi}\right)$$

$$\cos\theta = \frac{e^{i\theta} + e^{-i\theta}}{2}$$

$$= E_0 e^{i\omega t} e^{i\phi/2}\left(e^{-i\phi/2} + e^{i\phi/2}\right)$$

$$= \underbrace{2E_0 \cos\frac{\phi}{2}}\, e^{i(\omega t + \phi/2)}$$

$$I = 4E_0^2 \cos^2\frac{\phi}{2}$$

جمع بندی دو شکافی یانگ:

$$d\sin\theta = m\lambda \qquad m = 0, 1, 2, \dots$$

$$I = 4I_0 \cos^2\frac{\phi}{2}$$

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} d\sin\theta$$

فراموش نکنید...

پهنای هر شکاف را اعلام نکردیم . فقط جدایی دوشکاف را مشخص نمودیم:

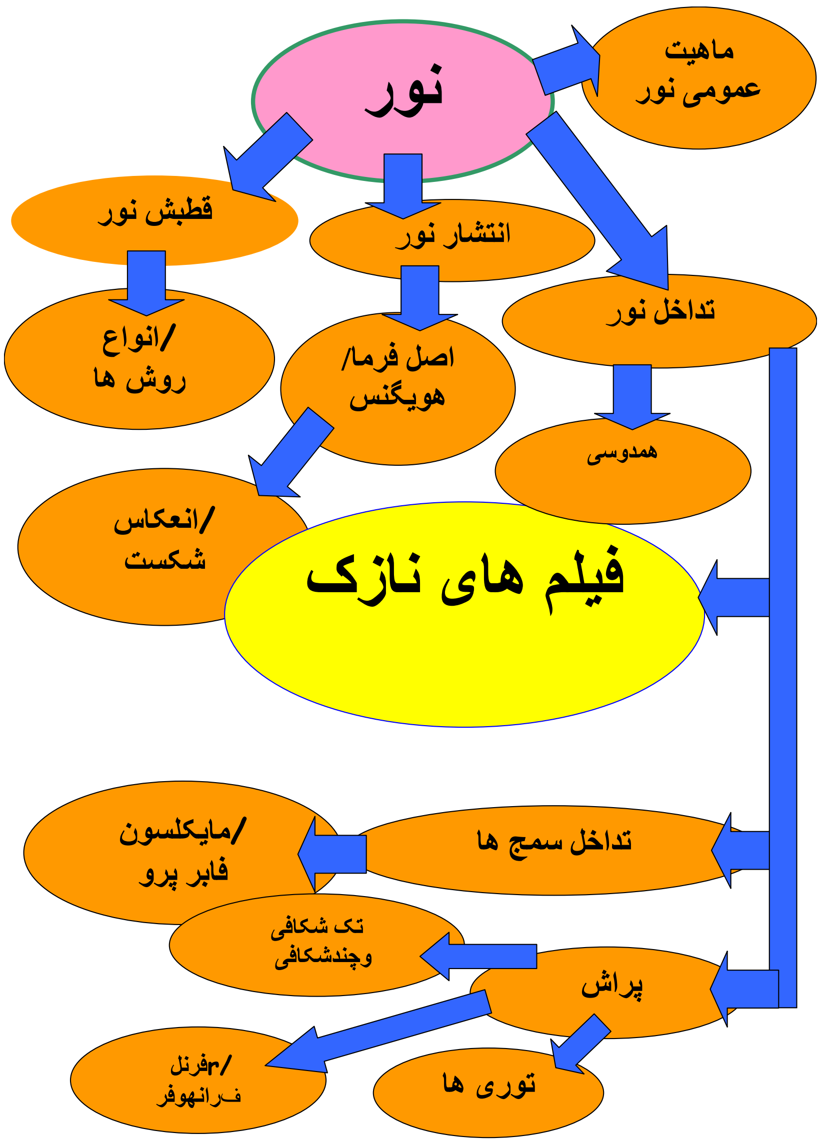
$$d\sin\theta = m\lambda$$

فصل سوم ...

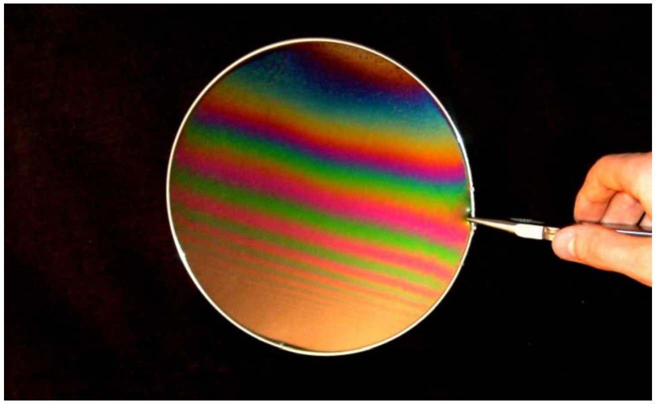
تداخل نور

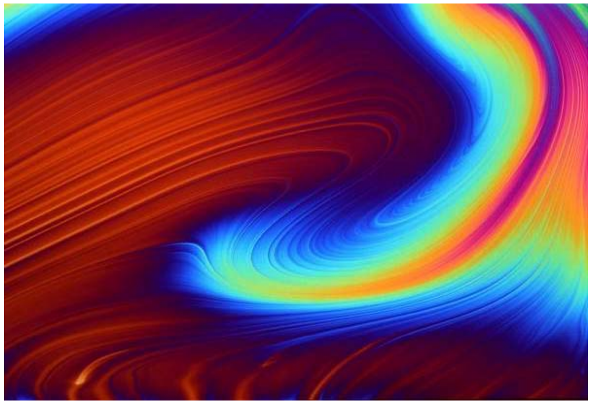
فیلم های نازک

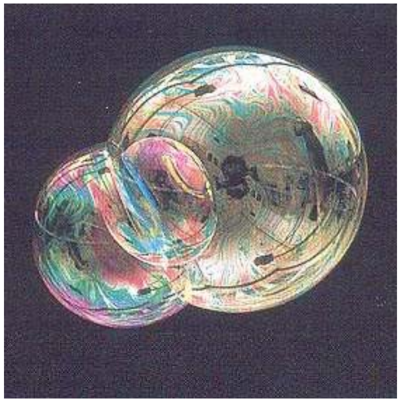
دانشگاه پیام نور



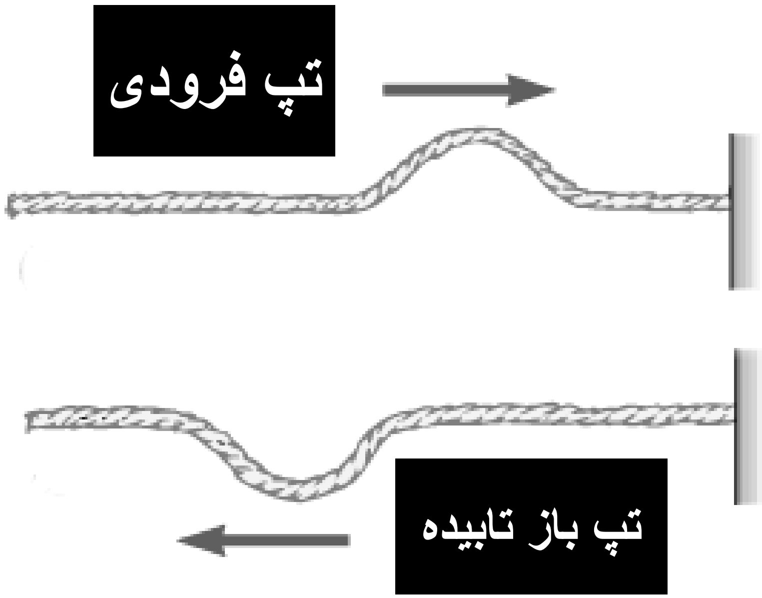
فیلم های نازک



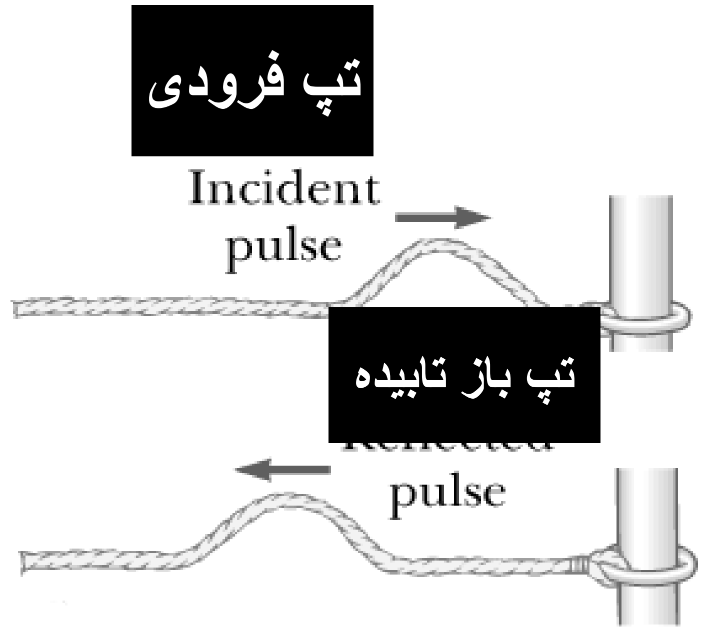




مانع سخت



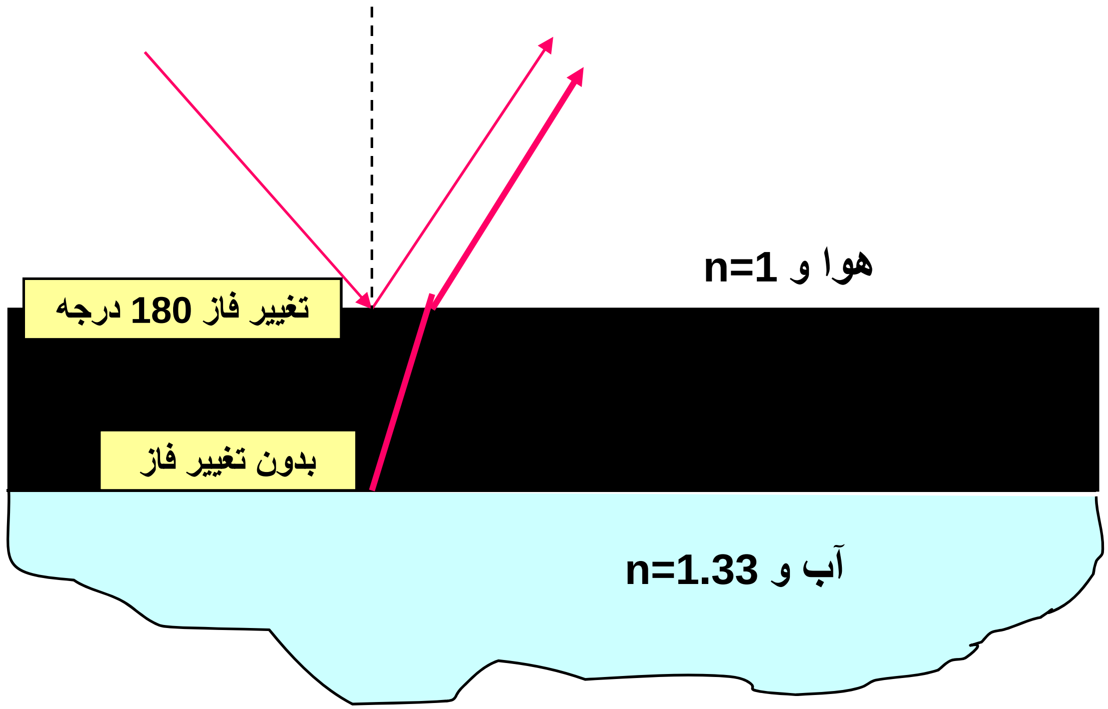
مانع نرم



در صورتی که مانع سخت باشد یک اختلا ف فاز 180 درجه بین تپ فرودی و بازتابیده ایجاد می شود!

تغییر فاز در اثر بازتاب

اگر نور از محیط با ضریب شکست بالاتر بازتاب یابد نور بازتابیده یک تغییر فاز 180 درجه پیدا می کند. و اگر ضریب شکست کوچکتر باشد هیچ کونه تغییر فازی ایجاد نمی شود.این مسئله در تداخل در فیلم های نازک مهم است و نیز اهمیت ویژه ای در پوشش های ضد بازتاب و فیلترهای تداخلی و نازک دارد.



شرط تداخل در فیلم های نازک

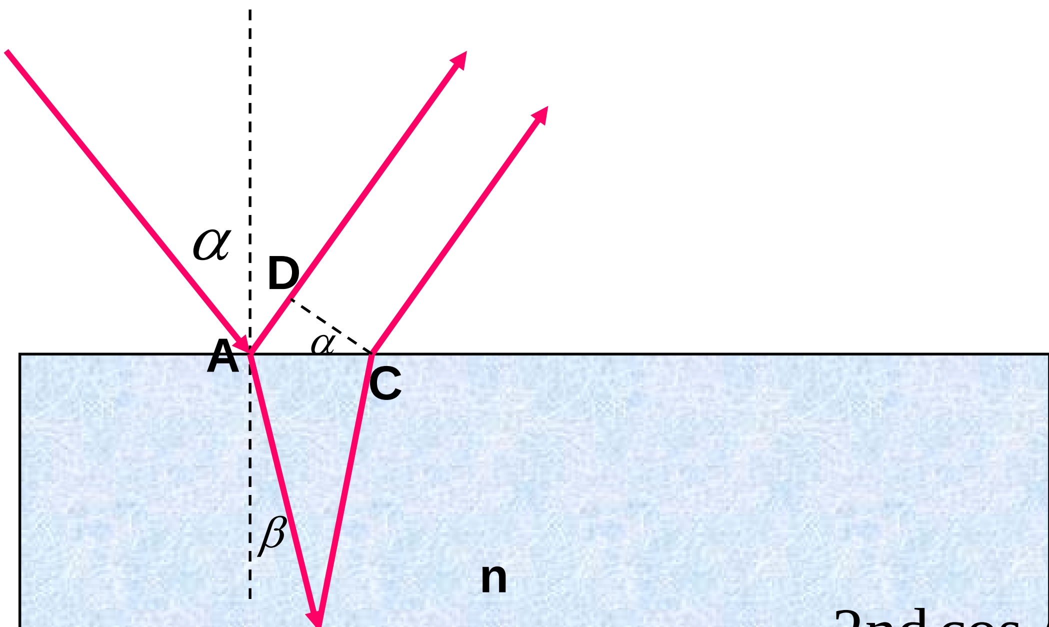
اختلاف راه دو پرتو:

$$\Delta = n(AB+BC) - AD$$

$$AB = \frac{d}{\cos\beta}$$

$$\begin{cases} AD = (2d\tan\beta)\sin\alpha \\ AD = 2d\tan\beta(n\sin\beta) \end{cases}$$

درنتیجه:



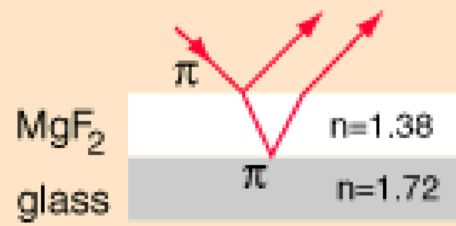
$$2nd\cos\beta = m\lambda$$

$$2nd\cos\beta = (m-\frac{1}{2})\lambda$$

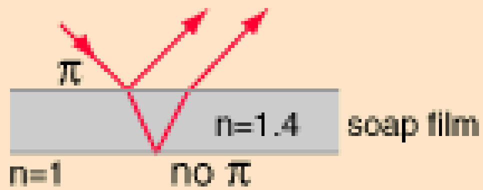
اختلاف فاز 180 درجه	اختلاف فاز 0 درجه
ویرانگر	سازنده
سازنده	ویرانگر

فیلم های نازک

خواص نوری فیلم های نازک از تداخل و بازتاب ناشی می شود . شرط اساسی تداخل بستگی به این دارد که بازتاب ها تغییر فاز 180 درجه پیداکنند یانه!



پوشش بی بازتاب



لایه نازک صابون

$$2nd\cos\beta = m\lambda$$

$$2nd\cos\beta = (m - \frac{1}{2})\lambda$$

بیشینه و کمینه های تداخل

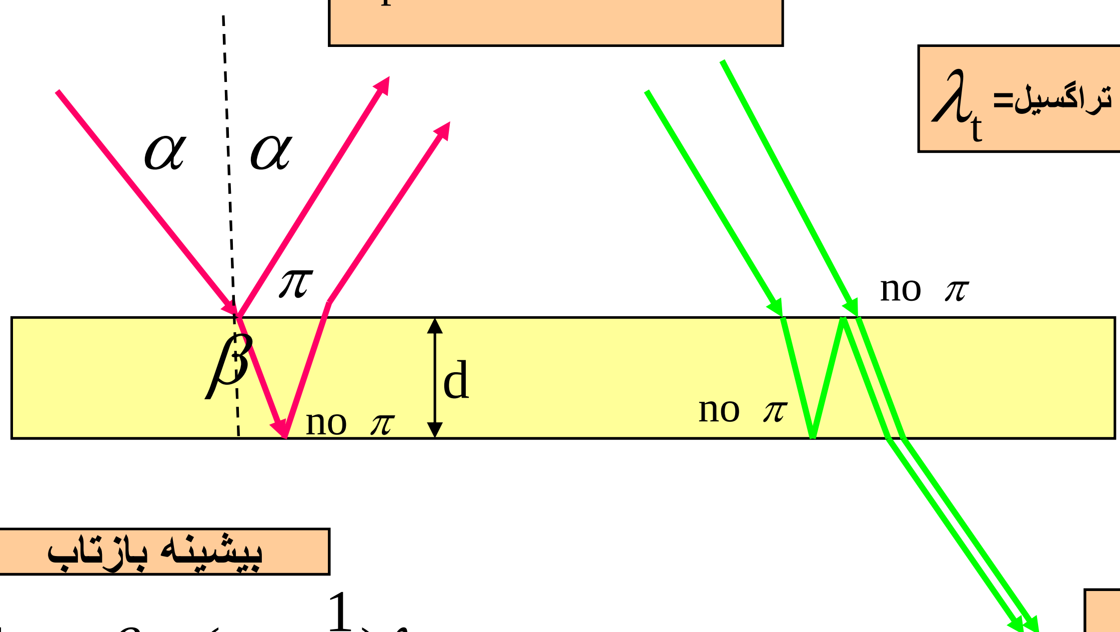
لایه نازک روغن

تداخل در لایه صابون

رنگ های تداخل حاصل از لایه صابون به ضخامت لایه وشرط تداخل واینکه 180 درجه تغییر فاز در اثر بازتاب از سطح لایه و عدم تغییر فاز در اثر بازتاب از سطح پشتی حاصل می شود بستگی دارد. رنگ مشاهده شده به زاویه دید نیز بستگی دارد.

λ_r =طول موج بیشینه بازتاب

λ_t =طول موج بیشینه تراگسیل



بیشینه بازتاب

$$2nd\cos\beta=(m-\frac{1}{2})\lambda_r$$

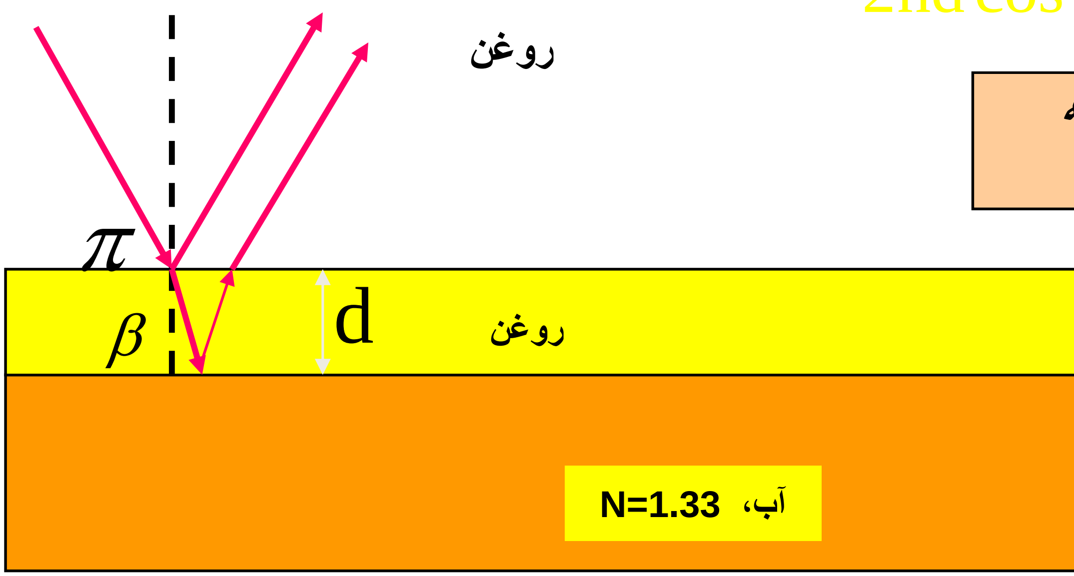
بیشینه تراگسیل

$$2nd\cos\beta=m\lambda_r$$

تداخل در لایه روغن

رنگهای تداخل از لایه روغن روی آب به ضخامت لایه دارد و یک تغییر فاز 180درجه دراثر بازتاب از سطح لایه بوجود می آید ولی بازتاب از سطح پشتی لایه بدون تغییر فاز است یعنی ضریب شکست زوغن بزرگتر از آب است . رتگ ها بستگی به زاویه دید نیز دارد.

$$2nd\cos\beta = (m - \frac{1}{2})\lambda_r$$



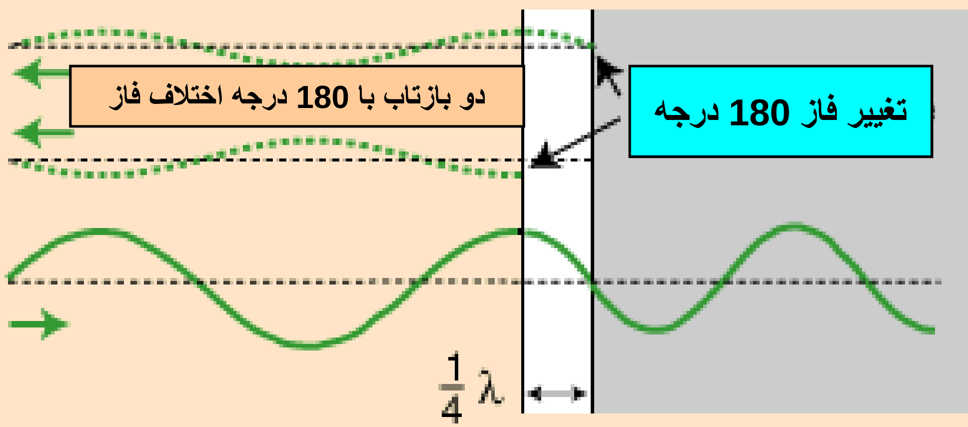
λ طول موج برای بیشینه بازتاب

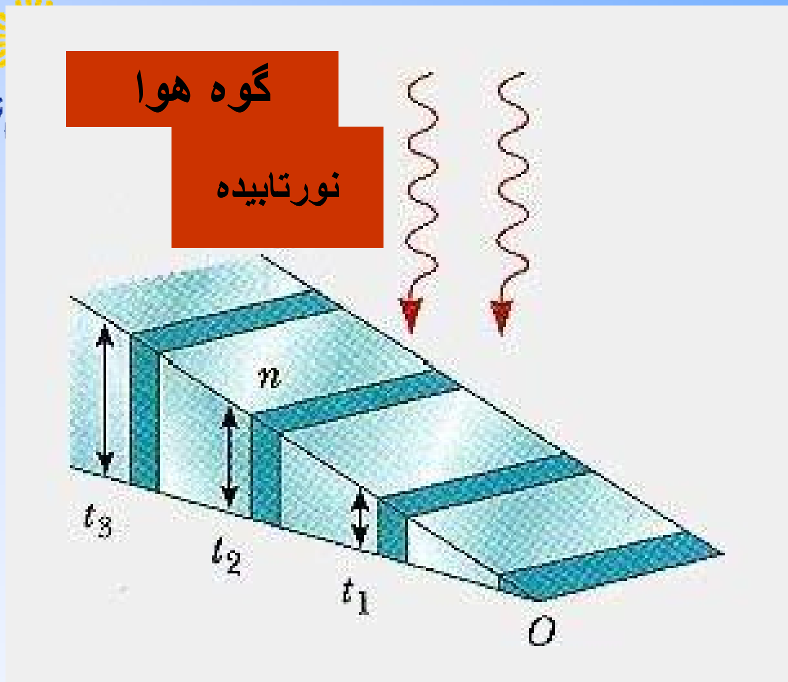
پوشش های بی بازتاب

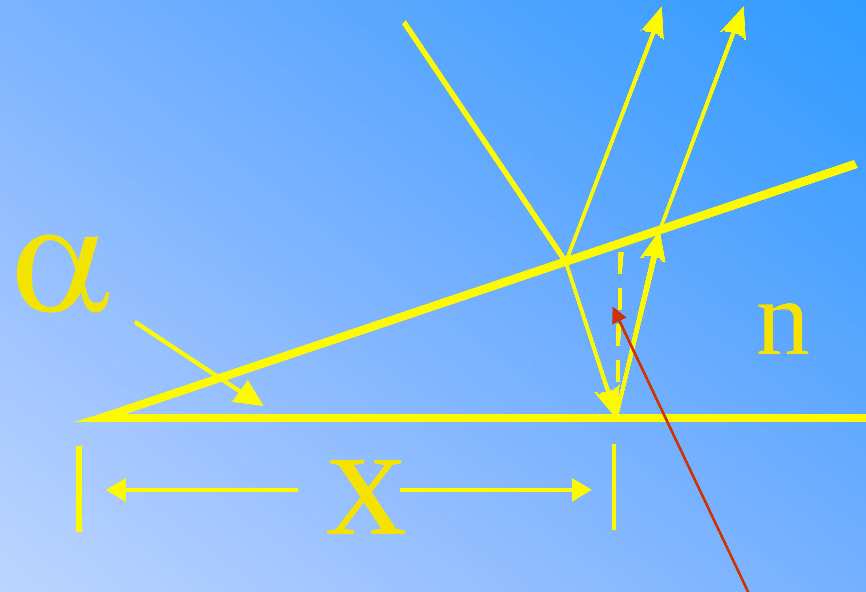
پوشش های بی بازتاب درعدسی های مرکب از اتلاف نور می کاهند وبراساس تغییرات فازو بستگی ضریب بازتاب به ضریب شکست عمل می کنند. یک پوشش به ضخامت ربع طول موج با ضریب شکست مناسب می تواند دران طول موج بازتاب راحذف کند وپوشش چند لایه می تواند طیف نور مریی را حذف کند.

اگر ضخامت پوشش ربع طول موچ و ضریب شکست آن کمتر از شیشه باشد دراین صورت مطابق شکل زیر دو بازتاب حاصل 180 درچه اختلاف فاز داشته واین اختلاف فاز ناشی از اختلاف را ه طی شده است درنتیجه تداخل ویرانگر خواهد بود و بازتابی نخواهیم داشت .

در پوشش های بی بازتاب دو اننعکاس ایجاد می شود که به طور ویرانگر باهم تداخل می نمایند







$$t_x = \alpha x$$

تغییر فاز 0-180 درجه را درلایه نازک به ضخامت d درنظر بگیرید:

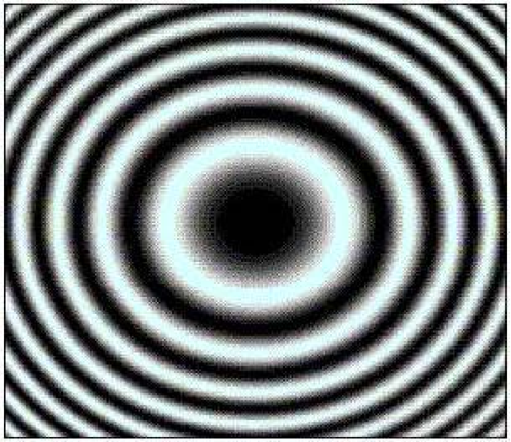
$$\left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda = 2nd$$

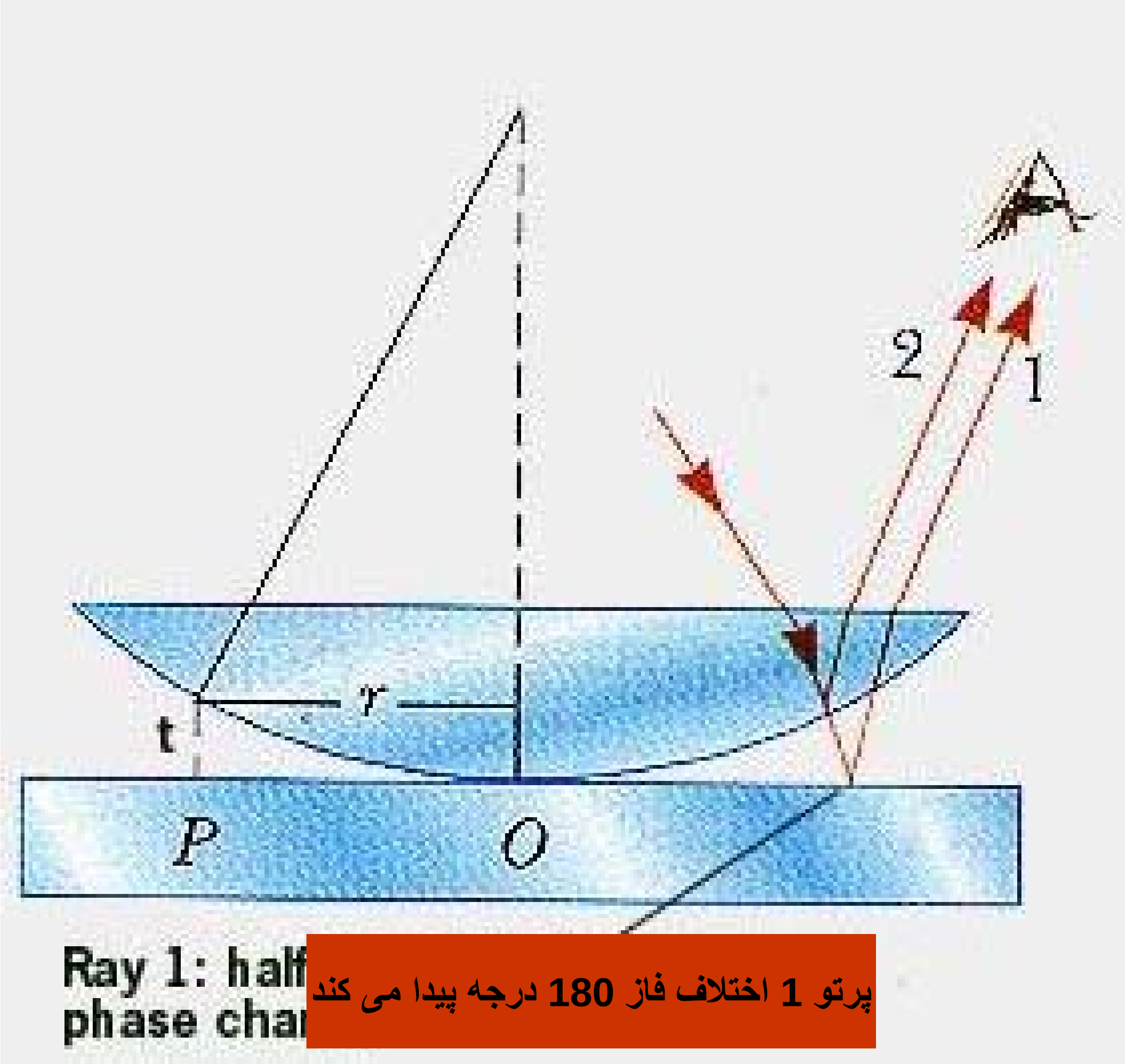
$$d = t_x = \alpha x$$

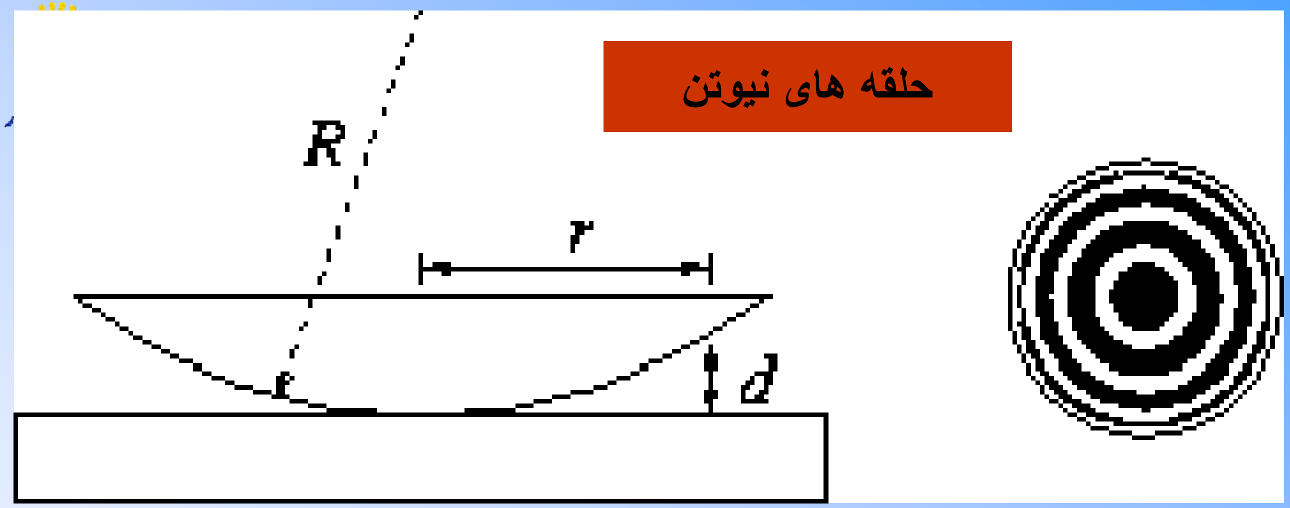
$$\left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda = 2n\alpha x$$

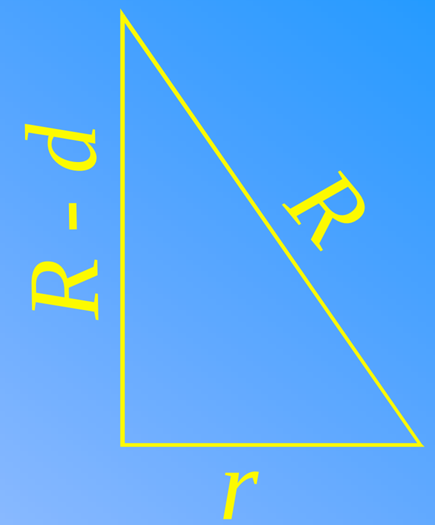
حلقه های نیوتن چیست؟

نوارهای هم مرکز رنگی در نواحی که دو سطح شفاف کاملا با هم تماس ندارند دیده می شود که به حلقه های نیوتن مشهوراست. این حلقه ها ناشی از تداخل بوده ووقتی روی می دهد که جدایی بین این سطوح در حدود طول موج نور باشد.




2
1
r
t
P
O
Ray 1: half
phase chan
پرتو 1 اختلاف فاز 180 درجه پیدا می کند





$$r^2 = R^2 - (R - d)^2$$

$$r^2 = 2Rd - d^2$$

$$R >> d \quad \rightarrow \quad r^2 \approx 2Rd$$

$$2d_m = \left(m - \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda_0}{n}$$

$$r^2 = 2R\left[\frac{1}{2}\left(m - \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda_0}{n}\right]$$

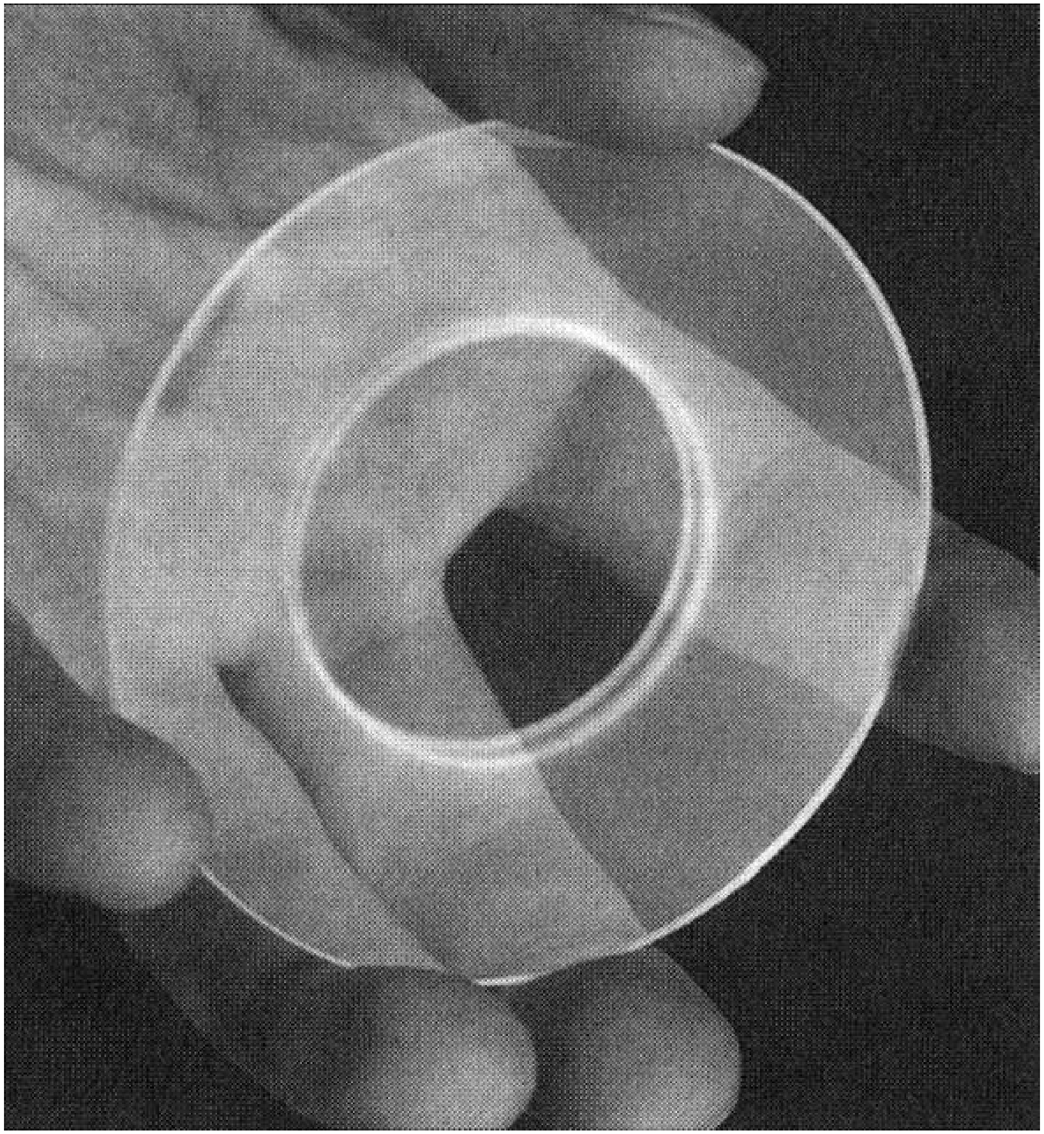
$$r_{m,\max} = \sqrt{\left(m - \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda_0}{n}R}$$

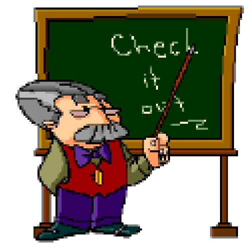
$$r_{m,\min} = \sqrt{m\frac{\lambda_0}{n}R}$$

تداخل سنج ها

هرچشمه عادی نور تعداد زیادی قطار موج تقریبا سینوسی غیر وابسته به هم که هریک به مدت کمتراز 10^{-8} s دوام دارند منتشرمی کند. . موج برایند حاصل برای مدت کمتراز زمان همدوسی Δt, فاز ثابت خود را نگه میدارند. .

امواج منتشر شده از همچنین دو چشمه ای می توانند با هم تداخل کنند ولی الگوی تداخل فقط کمتراز Δt ثانیه دوام دارد.





یک پرسش : ظاهرا به نظر می رسد که وسط این ورقه پلاستیکی سوراخ بوده و خالی ولی چنین نیست .آیا می توانید دلیلی بیاورید که چرا چنین بنظر می رسد؟

کاربرد تداخل سنج ها

به طور کلی وسیله ای که می تواند الگوی تداخلی را ایجاد کند تداخل سنج نامیده می شود .

کاربرد تداخل سنج ها در اندازه گیری دقیق طول موج ها ، اندازه گیری فواصل و ضخامت های ریز ، بررسی خطوط طیفی ، اندازه گیری ضریب شکست و تعیین فاصله ستاره های دوقلو و تعیین قطر ستاره های بسیار بزرگ می باشد.

تداخل سنج تقسیم جبهه موج

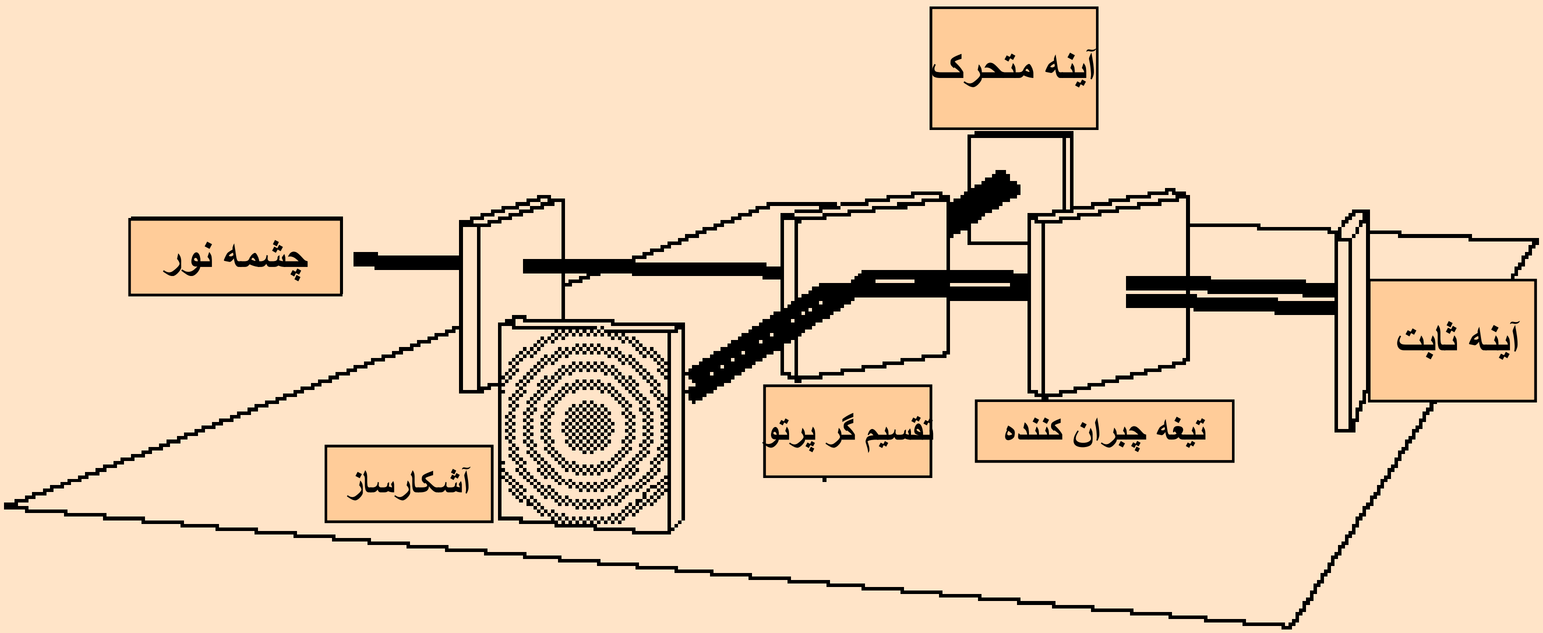
در تداخل سنج تقسیم جبهه موج در واقع دو قسمت از یک جبهه موج بعداز طی مسیرهای مختلف با هم تداخل می کنند . یکی ازاین تداخل سنج ها را در آزمایش دو شکافی یانگ مشاهده کردید که قبلا بررسی کردیم .

تداخل سنج تقسیم دامنه

تداخل سنج تقسیم دامنه با استفاده از آینه ها دو دامنه از موج جداشده که قبل از به هم آمیزی و تداخل مورد دستکاری قرار می گیرند . تداخل سنج مایکلسون نمونه ای از این نو ع تداخل سنج است که در عین حال مهمترین ابزار نوری و نیز تاریخی می باشد.

تداخل سنج مایکلسون

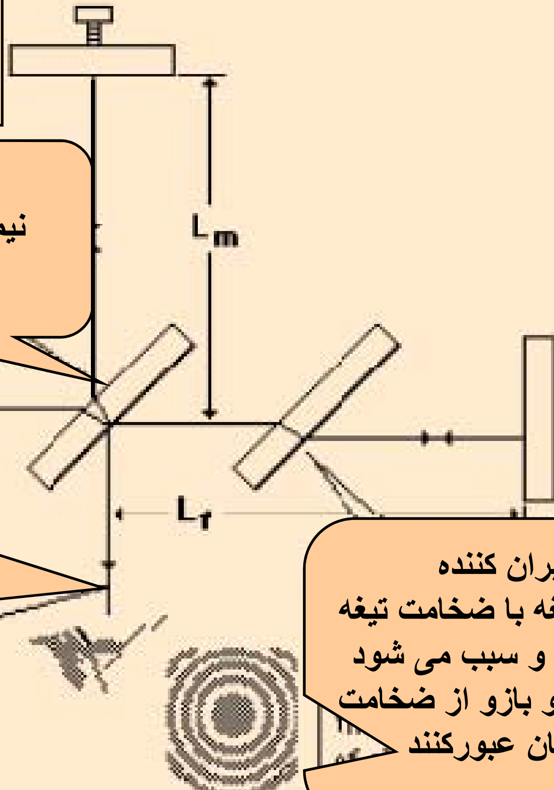
دراین تداخل سنج نوارهای تداخلی با تقسیم پرتو تک رنگ به دو پرتو که یکی از آنها به یک آینه ثابت و دیگری به یک آینه متحرک می تابد و ازتداخل پرتوهای بازتابیده ازاین آینه ها الگوهای تداخلی بوجود می آید تشکیل می شود.



تداخل سنج تقسیم دامنه

دانشگاه پیام نور

تداخل سنج مایکلسون



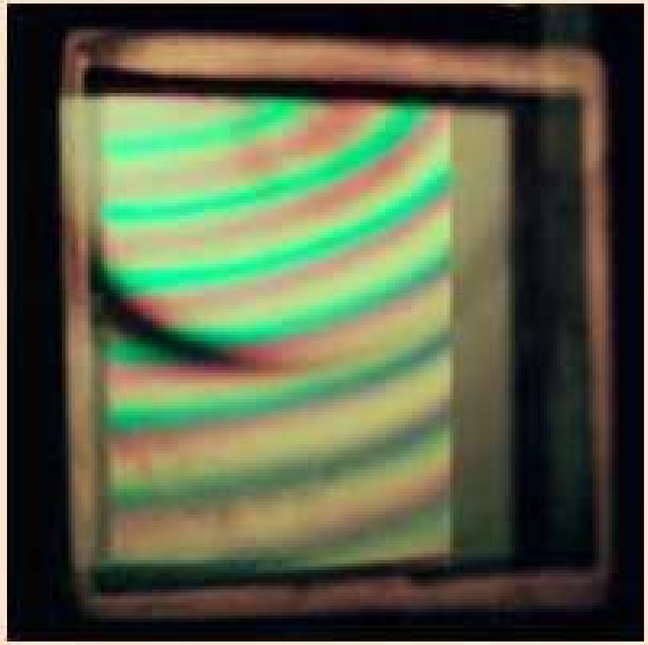

حلقه های نور سدیم

باشمردن تعداد نوارها نسبت به یک نقطه مرجع می توان فاصله دقیقی را اندازه گیری کرد.
فاصله dمربوط به mنوار برابر است با:

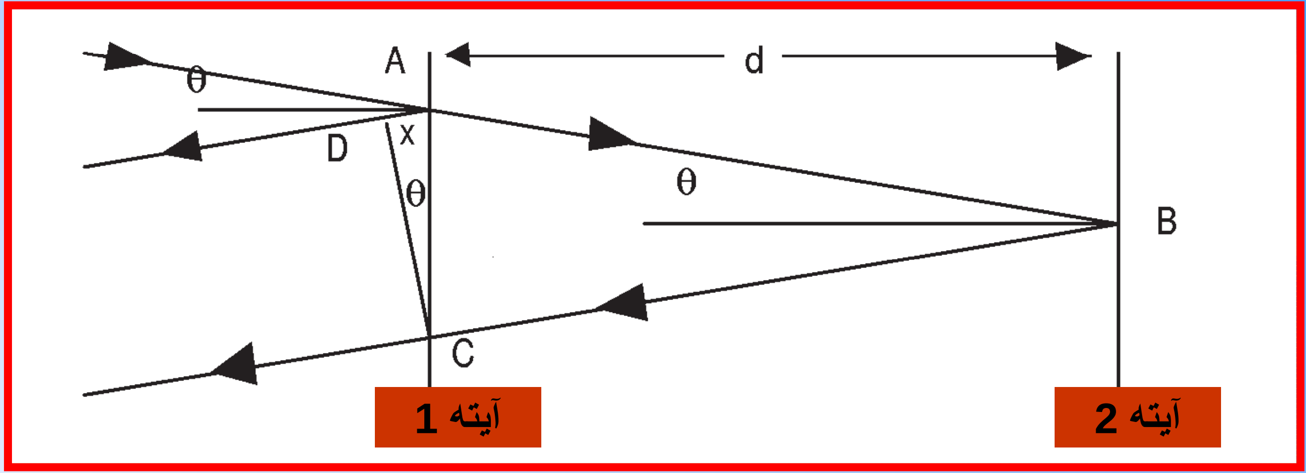
$$d = \frac{m\lambda}{2}$$

نوارهای تداخلی نور سفید

باتنظیم دقیق آینه ها ی تداخل سنج مایکلسون برای اختلاف مسیر صفر دو پرتو می توان نوارهای نور سفید را مشاهده کرد. این نوارها در شکل زیر به وسیله نورسفید لامپ نئون تولید شده اند.



محاسبه ریاضی:



اختلاف راه $\equiv PD = ABC - AD$

$$= 2AB - AD$$

$$AB\cos\theta = d$$

$$AB = \frac{d}{\cos\theta}$$

$$AD = AC\sin\theta$$

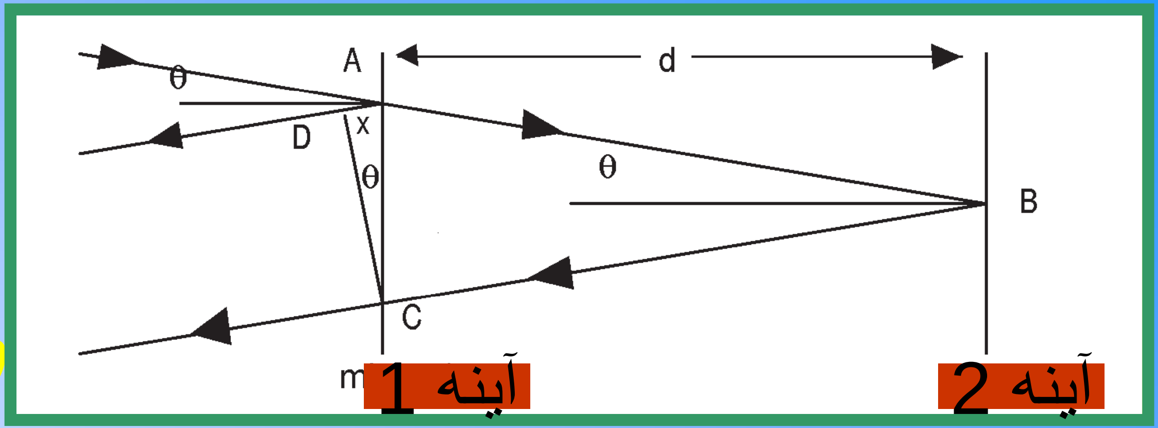
$$AC = 2\left(d\tan\theta\right)$$

$$AD = 2d\tan\theta\sin\theta$$

$$PD = 2AB - AD$$

$$AB = \frac{d}{\cos\theta}$$

$$AD = 2d\tan\theta\sin\theta$$



$$PD = \frac{2d}{\cos\theta} - 2d\tan\theta\sin\theta$$

$$= \frac{2d - 2d\sin\theta\sin\theta}{\cos\theta}$$

$$= 2d\left(1 - \sin^2\theta\right)/\cos\theta$$

$$= 2d\cos^2\theta/\cos\theta$$

$$PD = 2d\cos\theta$$

نوارهای تاریک:

$$\boxed{\begin{aligned}\Delta &= 2d\cos\theta \\ \cos\theta &= p\frac{\lambda}{2d}\end{aligned}}$$

نوارهای دایره ای : آینه ها موازی
نوارهای راست : آینه ها کج

اندازه گیری n

$$\Delta OPL = 2(n - n_{air})t$$

جابه جایی نوارها $= \dfrac{2(n - n_{air})t}{\lambda}$

چشمه ای با دو طول موج:

$$\cos\theta \approx 1$$

$$2d = p_1\lambda_1 = p_2\lambda_2 \rightarrow p_{1,2} = \frac{2d}{\lambda_{1,2}}$$

$$p_1 - p_2 = 2d\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right)$$

$$p_1 - p_2 + 1 = 2\left(d + \Delta d\right)\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right)$$

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = \frac{\lambda_1\lambda_2}{2\Delta d} \approx \frac{\lambda^2}{2\Delta d}$$

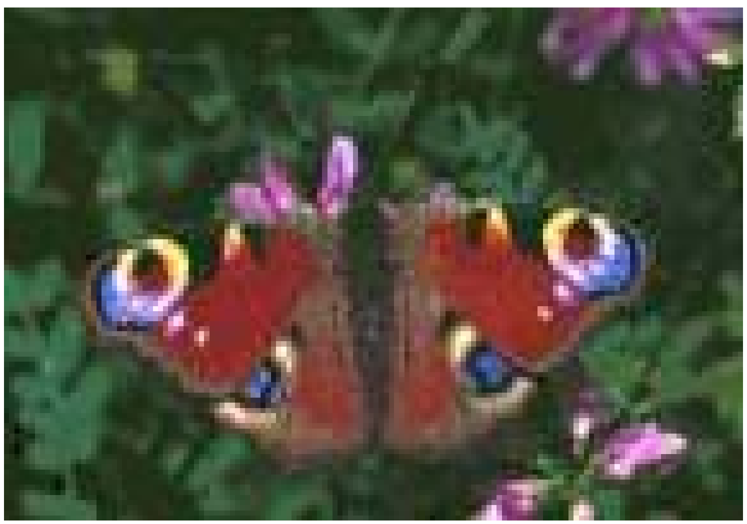
ادامه فصل سوم...

تداخل نور

تداخل یانگ

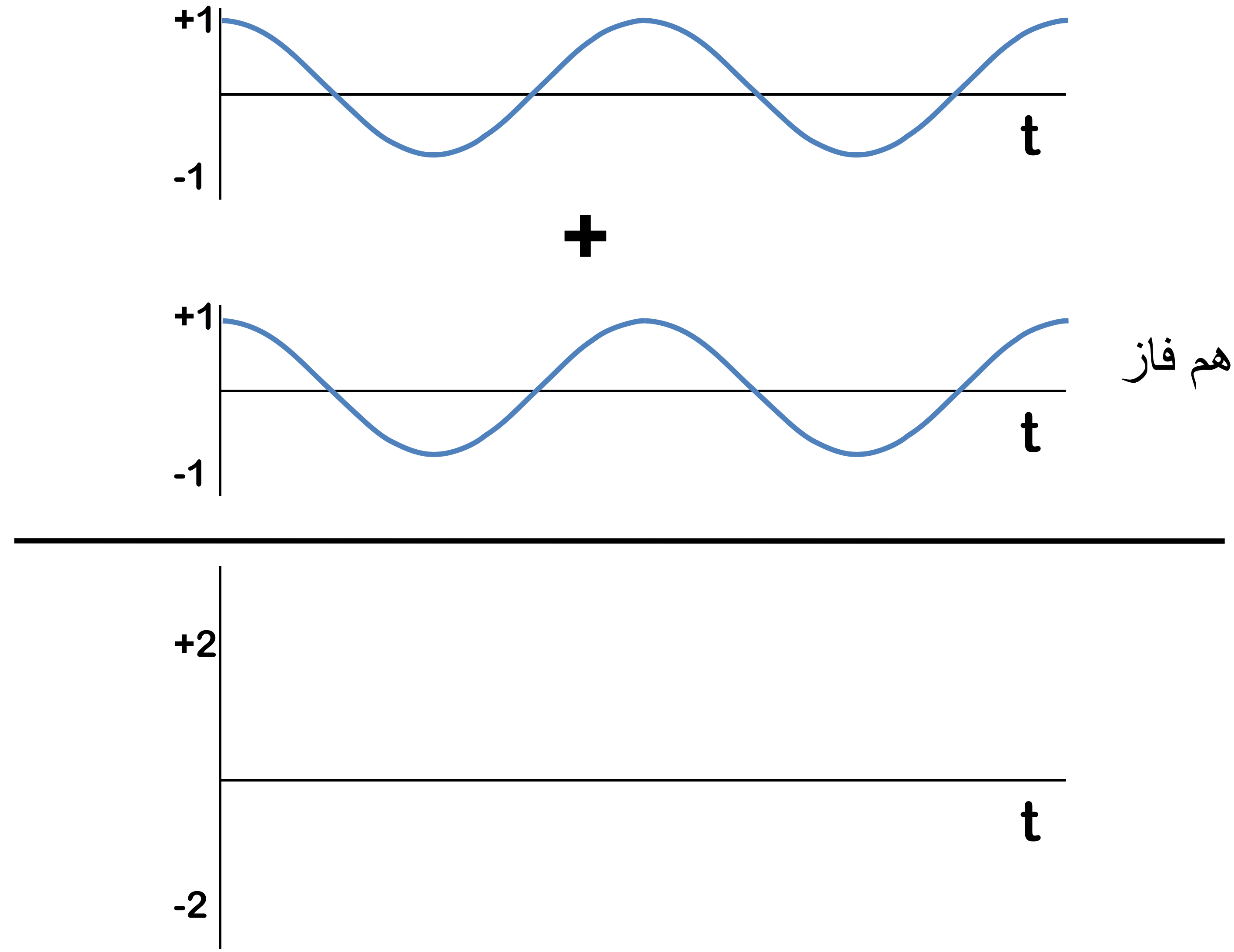
اپتیک

مقدمه : پدیده تداخل



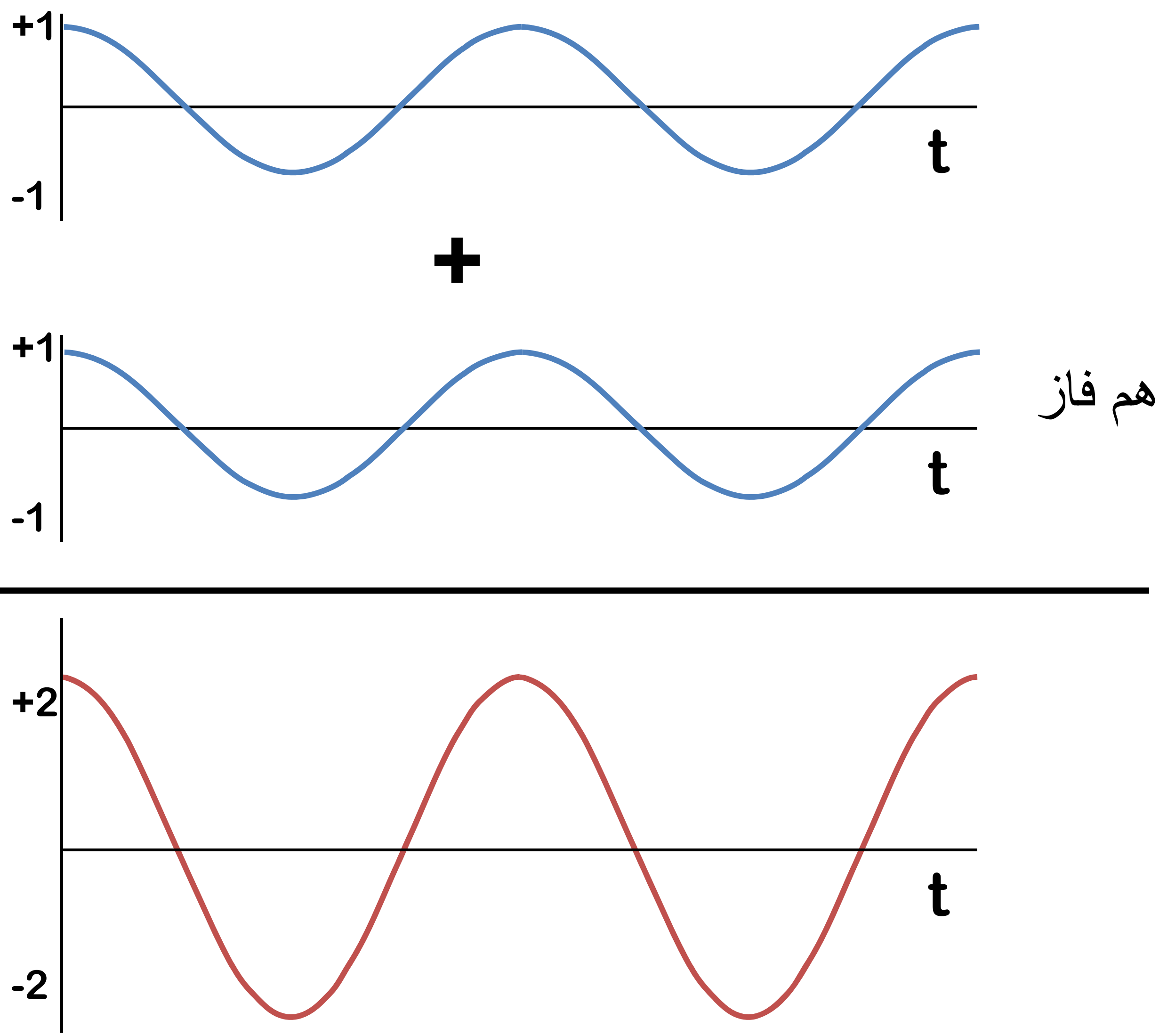
اصل رویهمریزی

تداخل سازنده



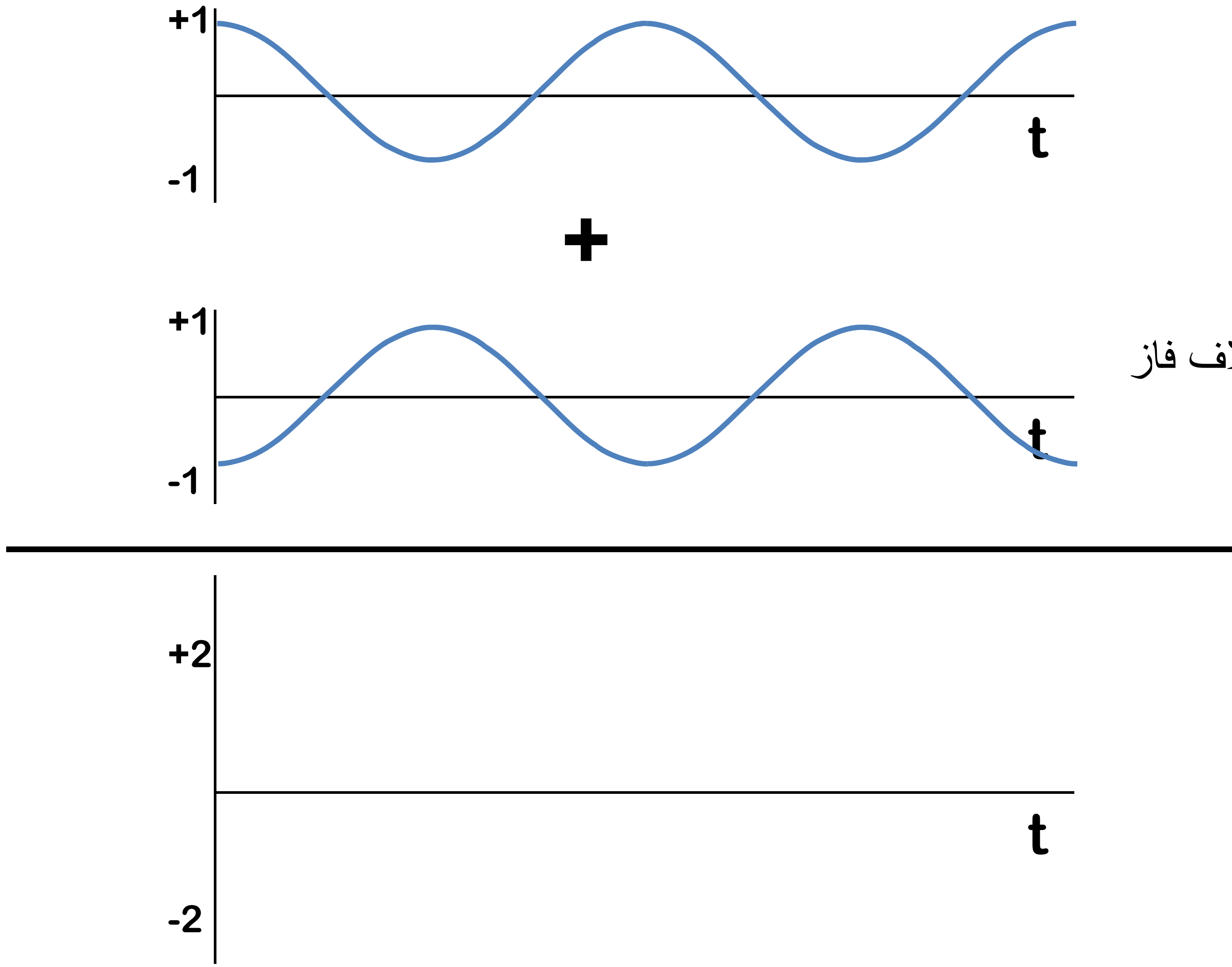
اصل رویهمریزی

تداخل سازنده

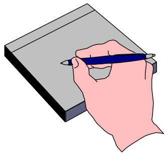


اصل رویهمریزی

تداخل ویرانگر

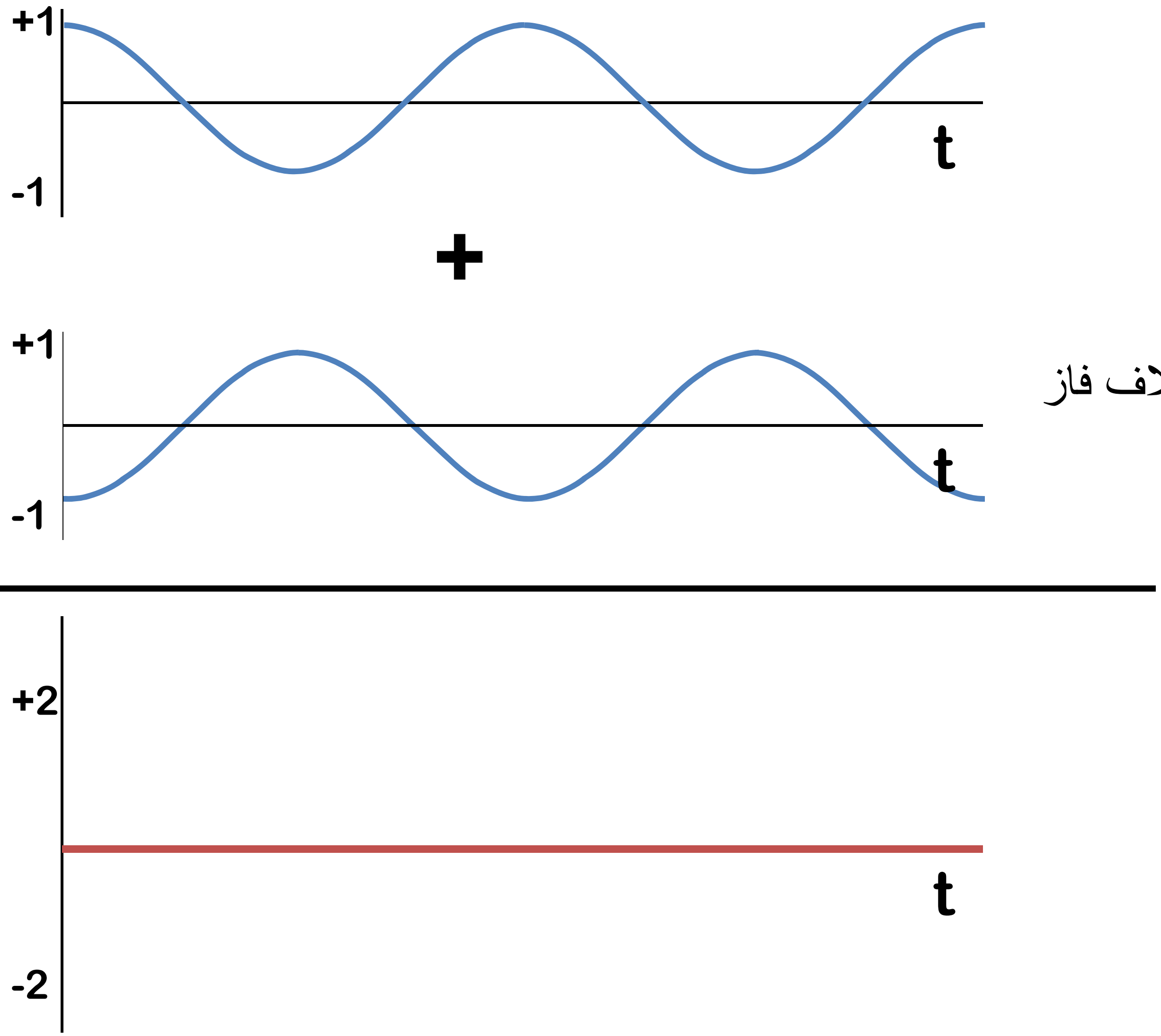


180 درجه اختلاف فاز



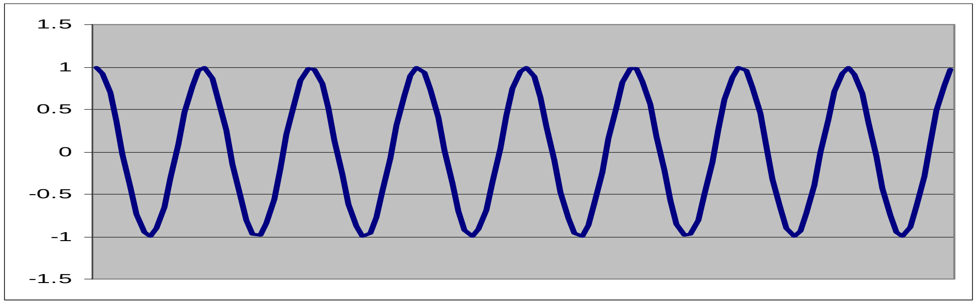
اصل رویهمریزی

تداخل ویرانگر

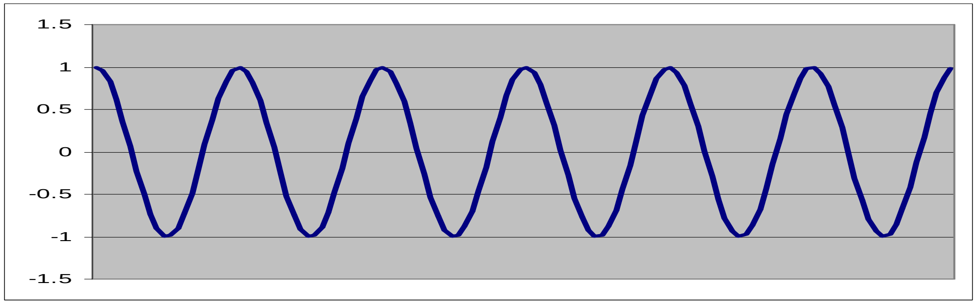


180 درجه اختلاف فاز

تمرین رویهم ریزی



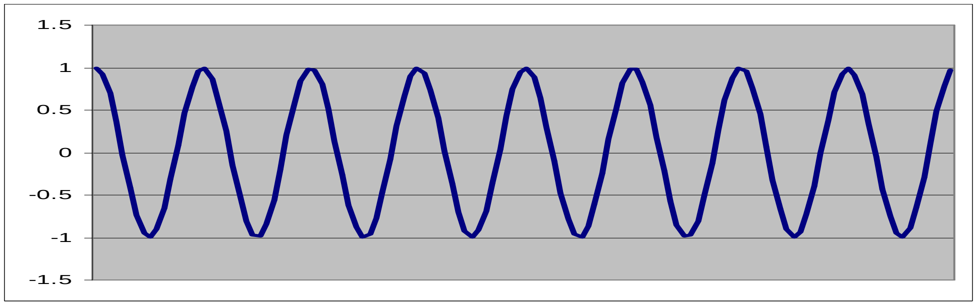
+



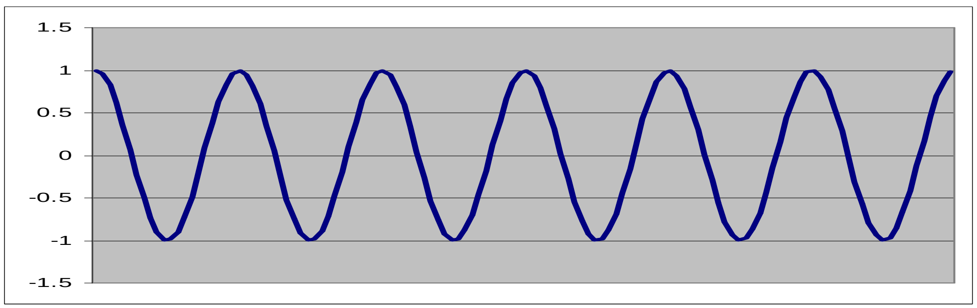
بسامد مختلف

1-سازنده 2- ویرانگر 3- هیچ کدام

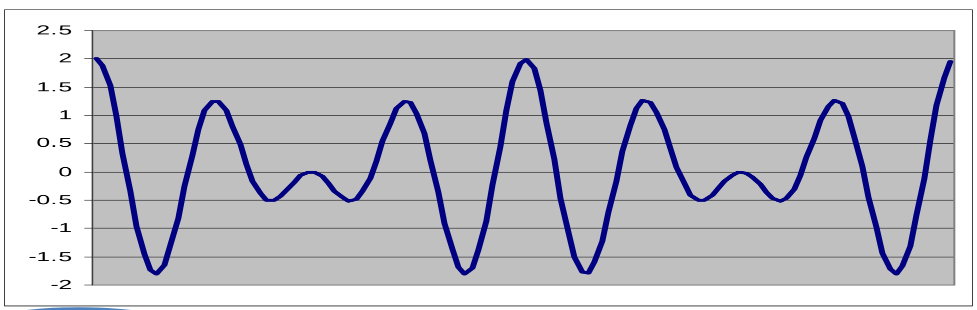
تمرین رویهم ریزی



+



بسامد مختلف



1-سازنده

2- ویرانگر

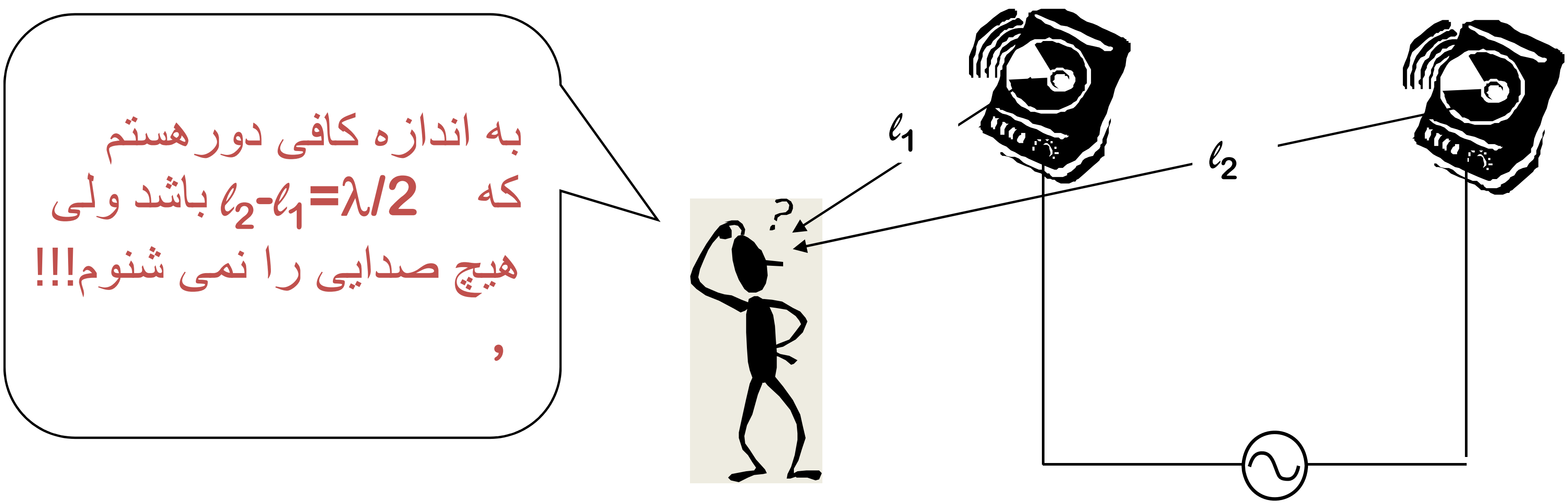
3- هیچ کدام

شرط های تداخل:

- وجود دو یا چند موج
- هم بسامد
- همدوس بودن (یعنی ، امواج رابطه فازی معین باهم دیگر داشته باشند)

تداخل صوت ها ...

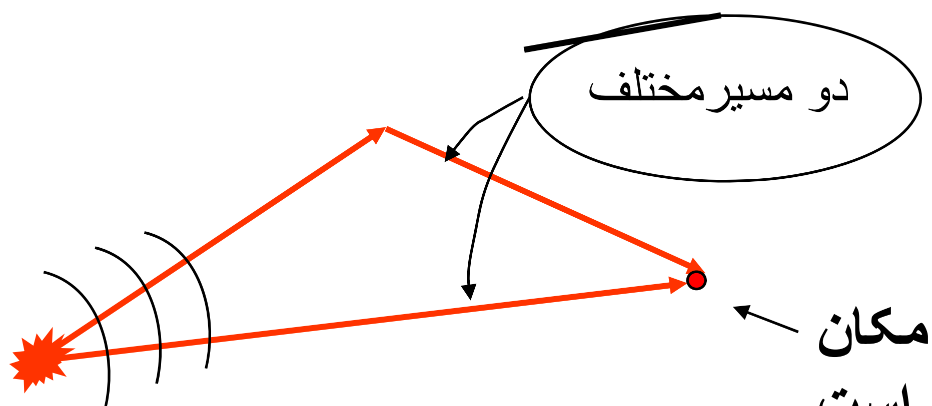
مثلا دو بلندگو به طور هم فاز صوت با بسامد **f** و طول موج λ معین ایجاد می کنند.



ولی این در مورد نور درست نیست ، به این وسیله نمی توان امواج همدوس ایجادکرد

تداخل نور ...

- نمی توان نور همدوس به وسیله دو منبع جداگانه ایجادکرد. ($f \approx 10^{14}$ Hz)
- لازم است که موج نور ازیک منبع و در دومسیرجداگانه بیاید
  - تداخل دوشکافی
  - تداخل بوسیله انعکاس(فیلم های نازک)
  - پدیده پراش

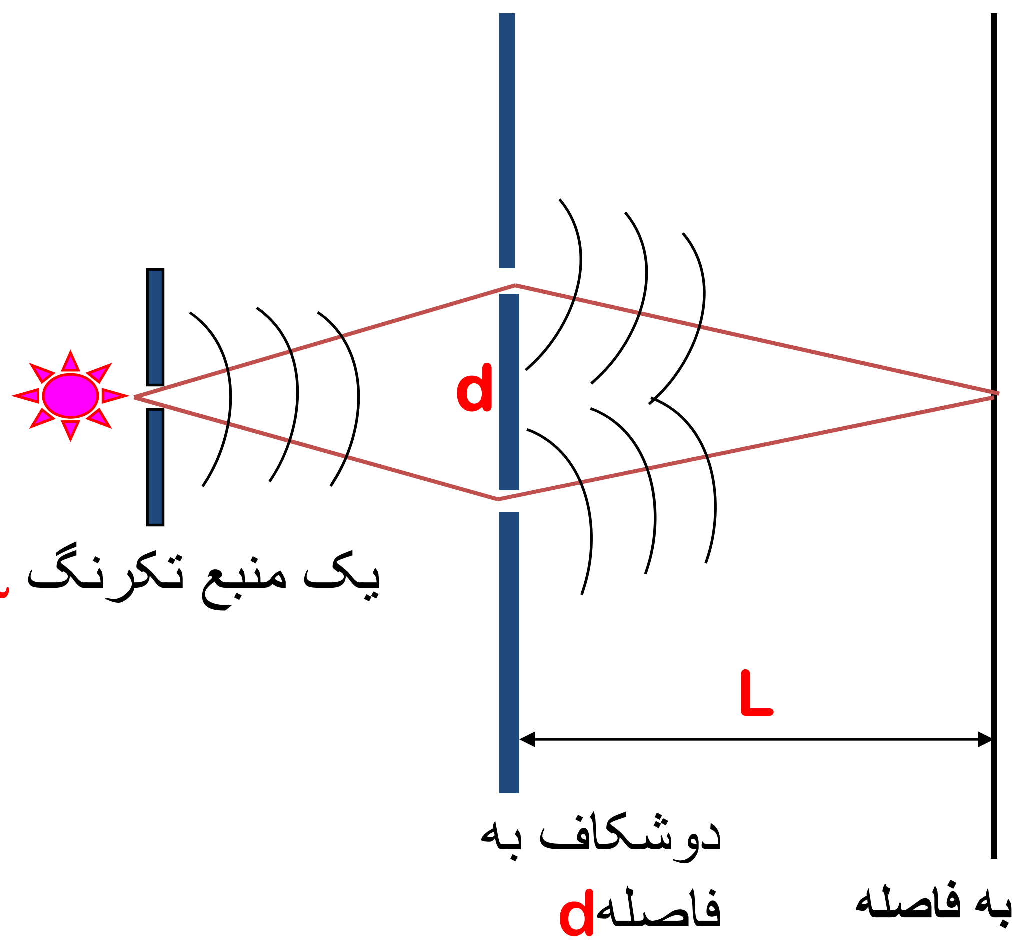


تداخل در اینجا امکان پذیراست

یک منبع

تمرین : تداخل دوشکافی یانگ

امواج نور حاصل از یک شکاف دومسیر مختلف را قبل از رسیدن به صفحه طی می کنند.تداخل رو صفحه چگونه است؟:



1) سازنده

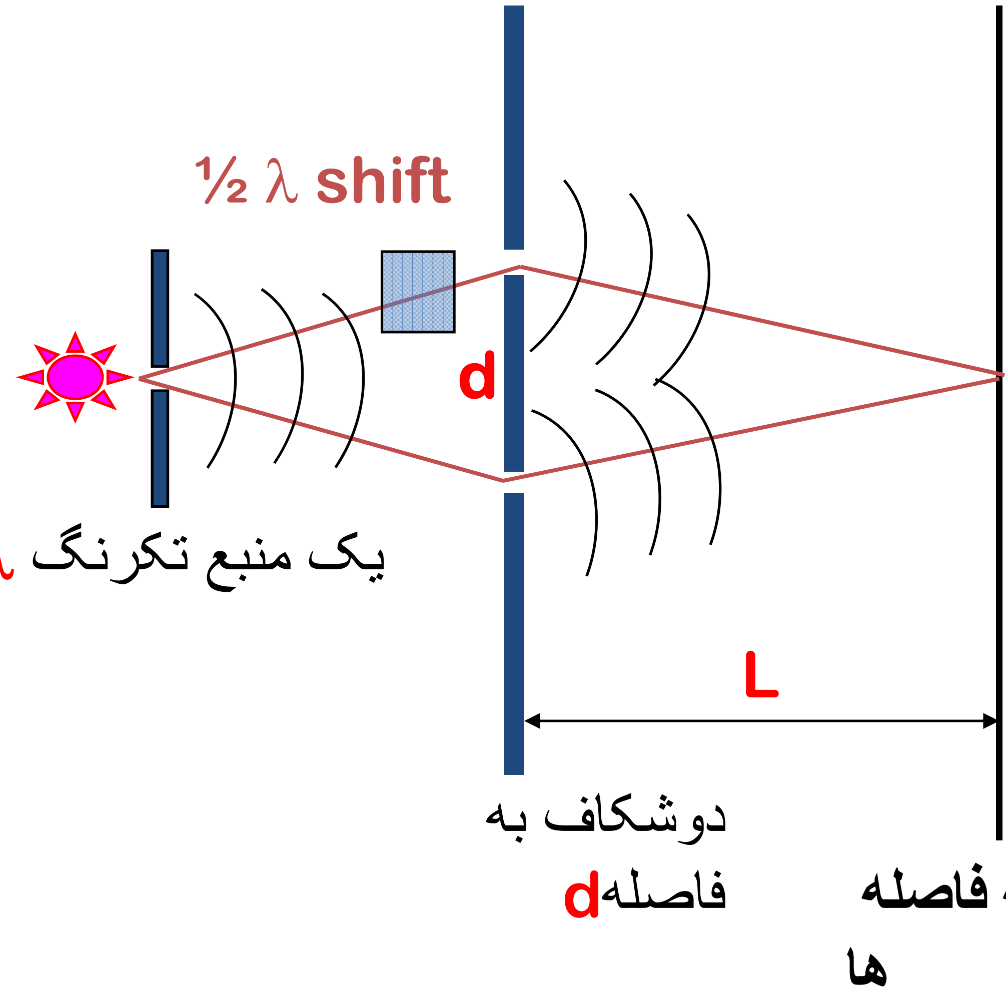
2) ویرانگر

3) بستگی به **L** دارد

پرتوها درآغاز هم فازبوده ومسافت یکسانی را طی می کنندو به طور هم فاز به پرده می رسند

پیش آزمون

آزمایش را اندکی تغییرمی دهیم به طوری که یکی از امواج تغییرفازی به اندازه ½ λ پیدا کند. دراین حالت تداخل چگونه است؟



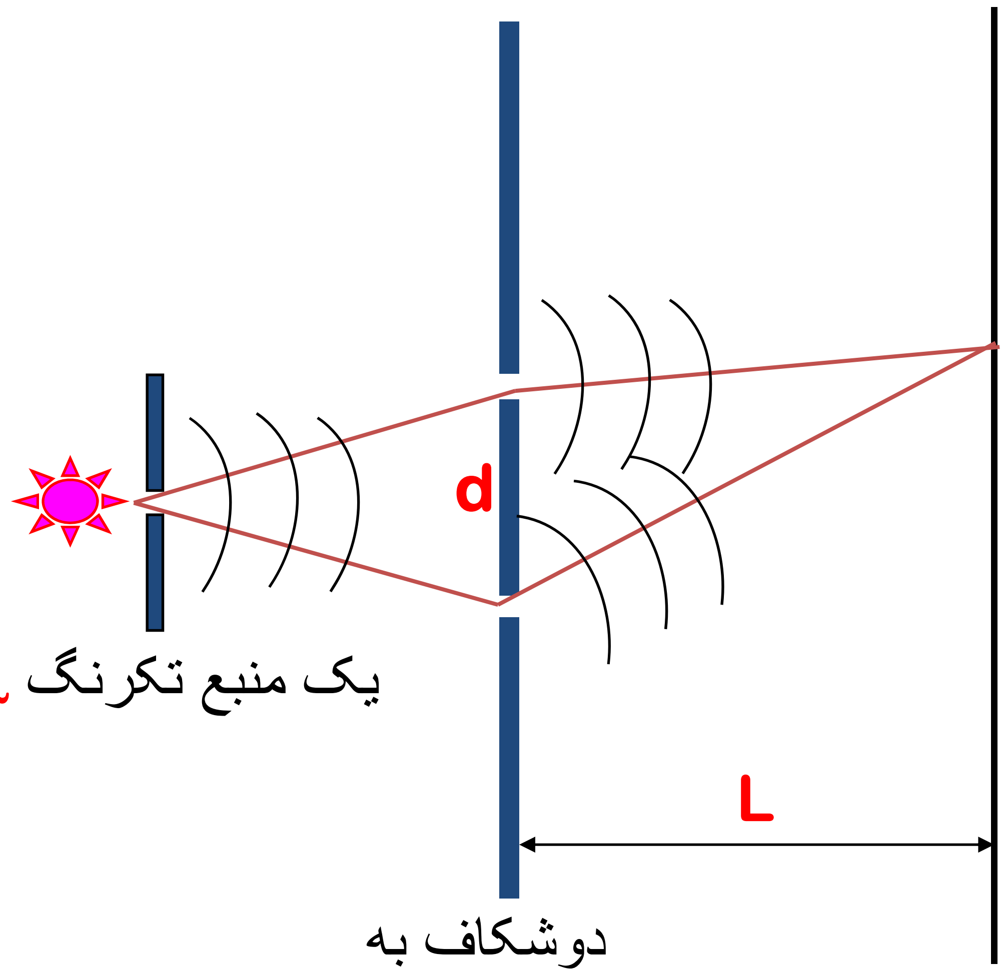
1) سازنده

2) ویرانگر

3) بستگی به L دارد

پرتوها درآغاز هم فازبوده ومسافت یکسانی را طی می کنندو در فازمخالف به پرده می رسند

اصل دوشکافی یانگ



درنقاطی که اختلاف مسیر

$0, \lambda, 2\lambda, \ldots,$ است پرده

روشن است (سازنده)

درنقاطی که اختلاف طول

مسیر برابر با $\frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}, \frac{5\lambda}{2} \ldots$

است پرده تاریک است

(ویرانگر)

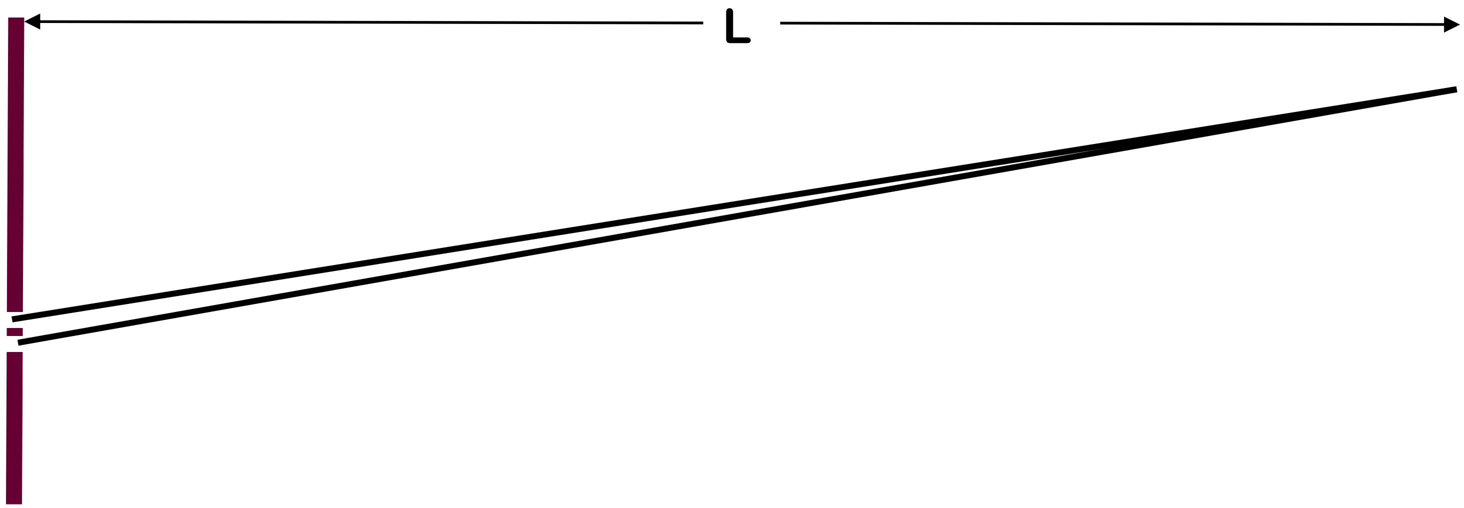
دوشکاف به

فاصله **d**

از شکاف L پرده به فاصله

ها

نظریه کلیدی در تداخل یانگ



دو پرتو مسافت تقریبا یکسانی را طی میکنند

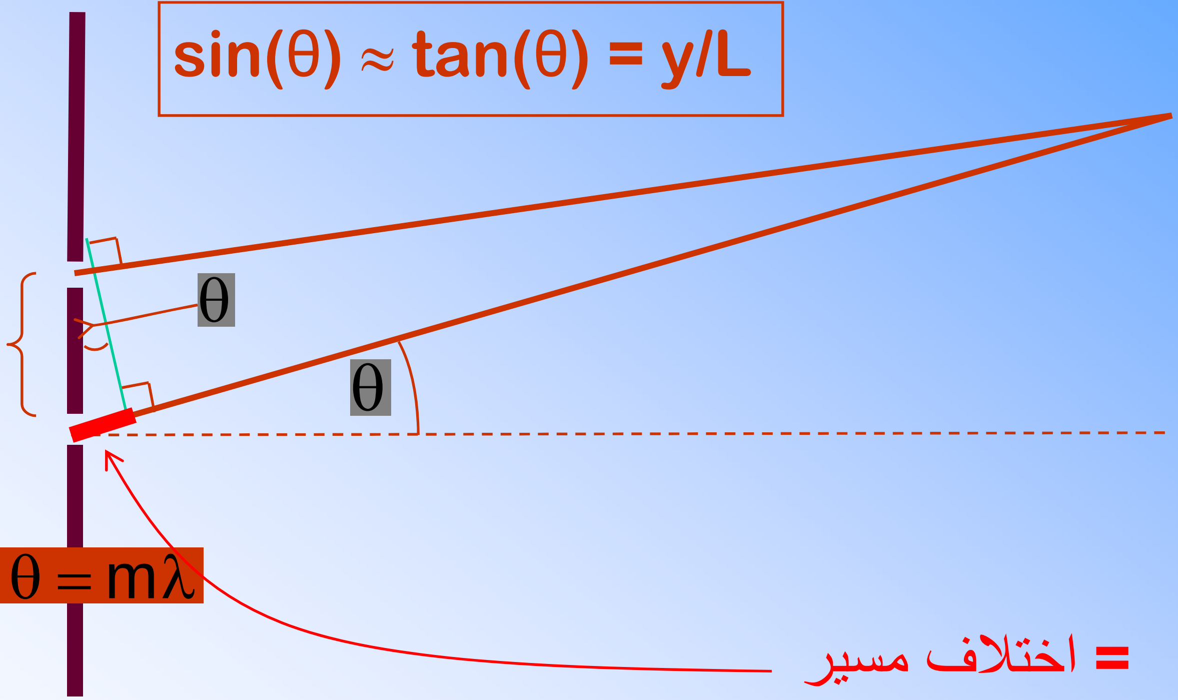
پرده باید خیلی دورباشد : (L >> d)

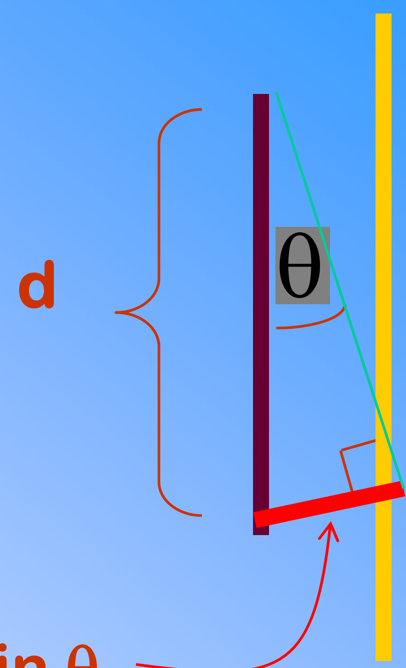
پرتو پایینی مسافت اندک بیشتری را طی می کند

نقش کلیدی در تداخل را همین مسافت اندک بیشترایفا می کند.

دوشکاف یانگ به طورکمی

$\sin(\theta) \approx \tan(\theta) = y/L$





$d\sin\theta = m\lambda$

اختلاف مسیر = $d\sin\theta$

تداخل سازنده

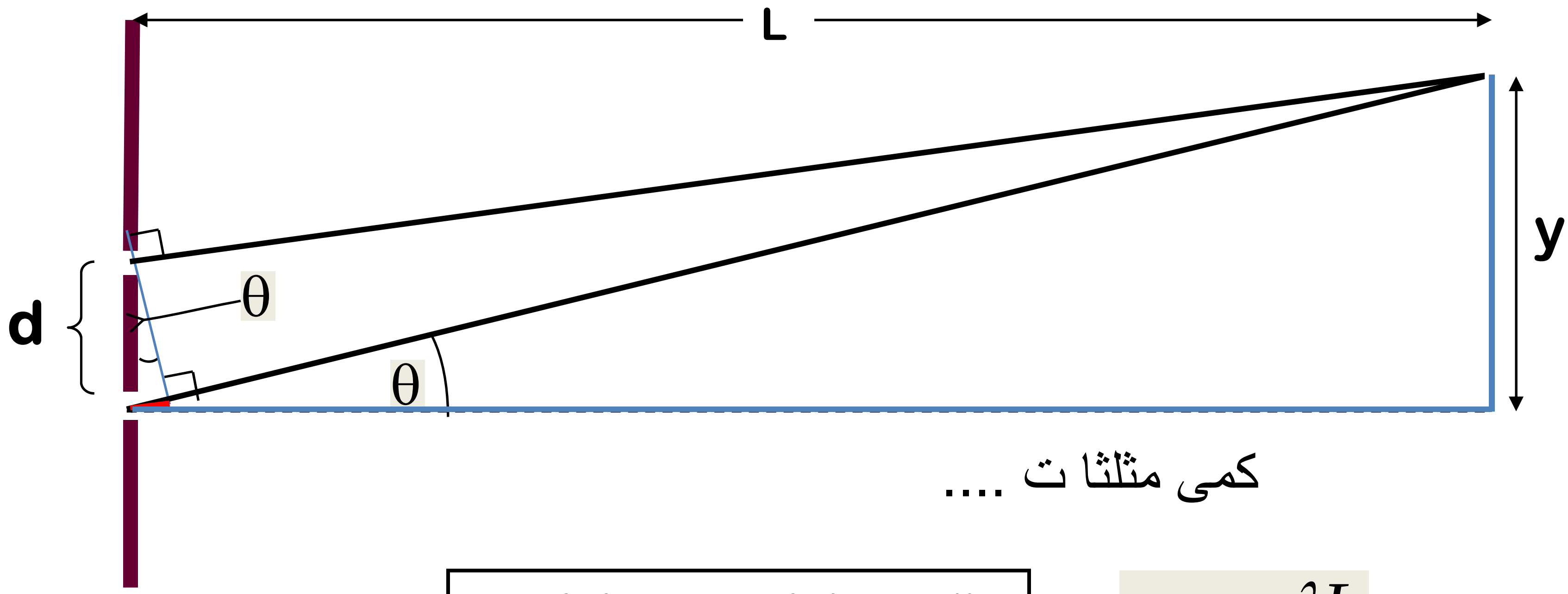
لازم است که $\lambda < d$

تداخل ویرانگر

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

$(m = 0, 1, 2, \ldots)$

دوشکافی یانگ به طورکمی



کمی مثلثا ت ....

$$\boxed{\sin(\theta) \approx \tan(\theta) = y/L}$$

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

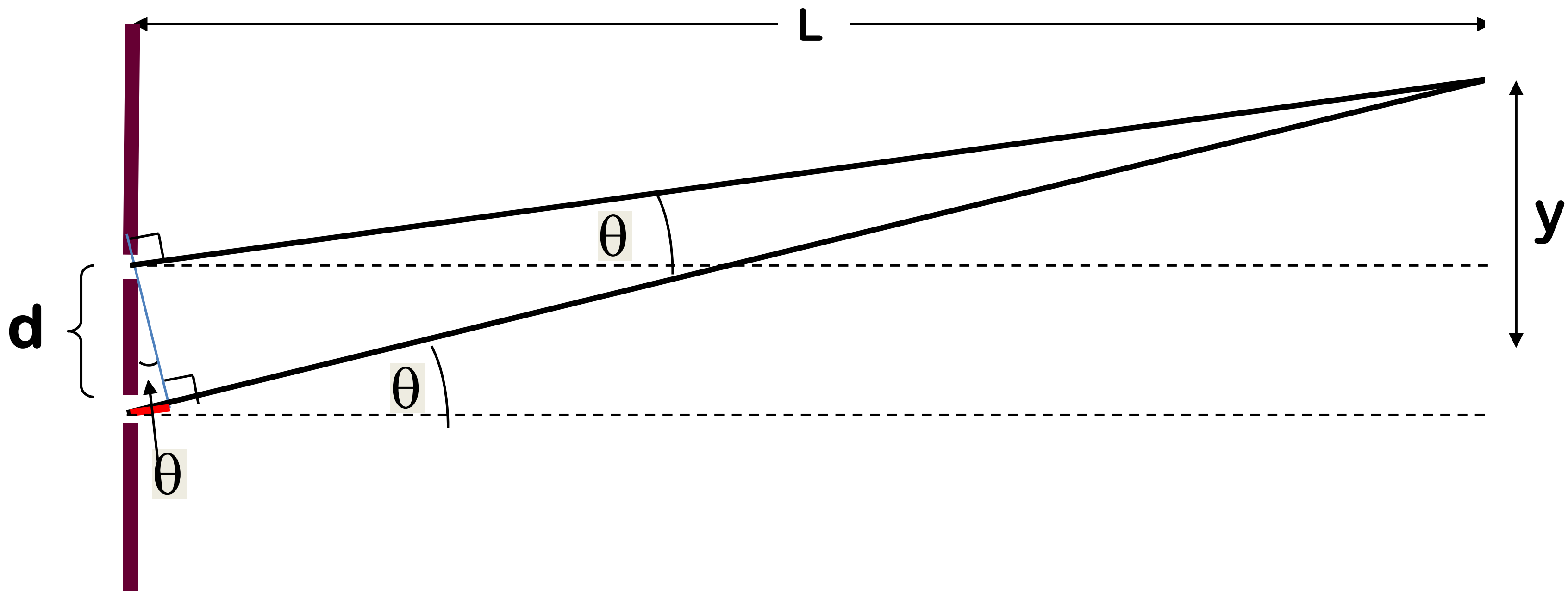
تداخل سازنده $\quad d\sin\theta = m\lambda$

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

$$y = \frac{\left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda L}{d}$$

m = 0, or 1, or 2, ...

پیش آزمون



وقتی آزمایش دوشکافی یانگ را در آب قرار دهیم دراین صورت جدایی بین بیشیه ها وکمینه ها.

1) افزایش   2) بدون تغییر   3) کاهش

می یابد.

طول موج در درون آب کوتاهتر است...

تمرین

در آزمایش دو شکافی یانگ آیا بیشینه ها ی تداخل را درصورتی که فاصله بین شکافها کمتر از طول موج نور باشد دید؟

خیر   بلی

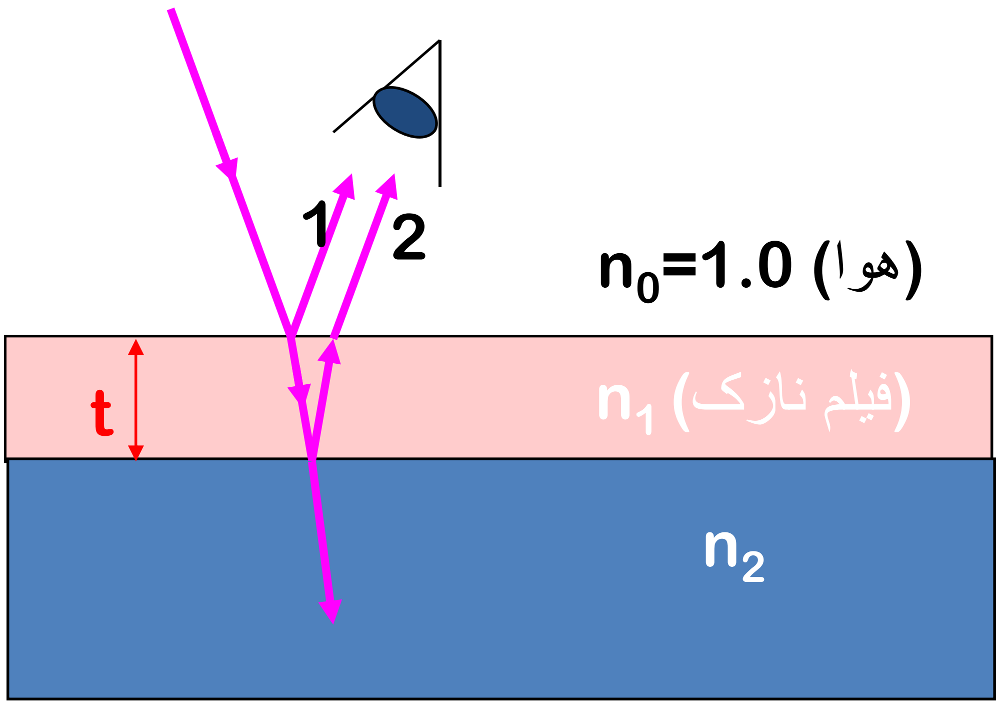
لازم است که : $d \sin\theta = m\lambda$ ⟸ $\sin\theta = m\lambda / d$

اگر $\lambda > d$ باشد دراین صورت $\lambda / d > 1$

لذا: $\sin\theta > 1$

غیرممکن!

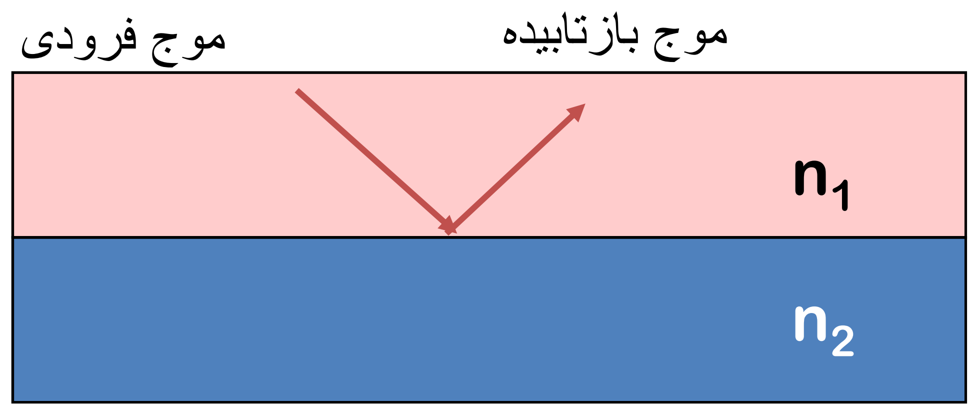
تداخل فیلم نازک



به وسیله دو ورق (فیلم) مختلف دراثر بازتاب از آنها دو موج ایجادمی کنیم .

پرتو 2 تقریبا مسافت **2t** بیش از پرتو 1 طی می کند.

انعکاس + تغییرفاز

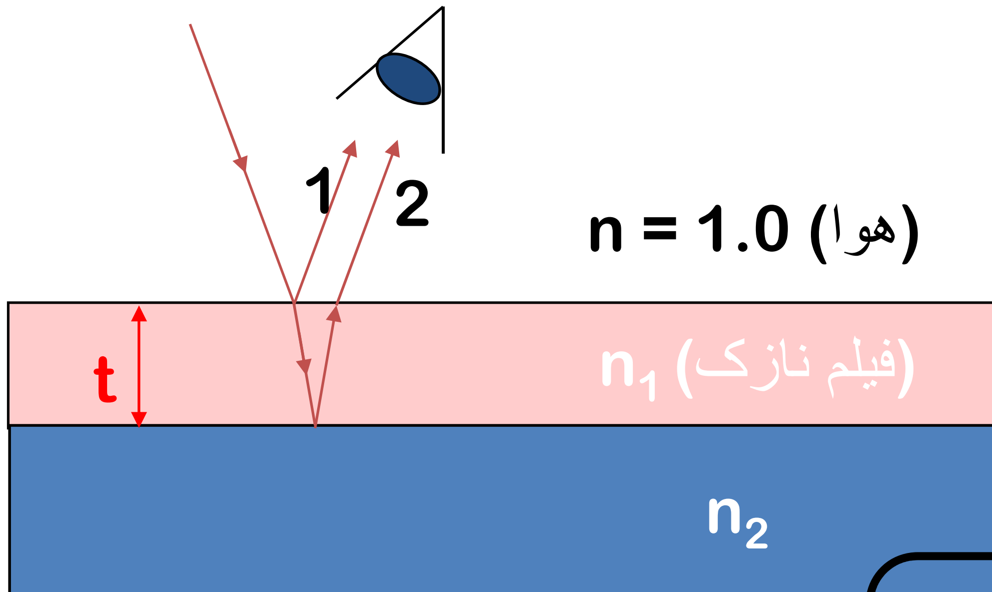


دراثر انعکاس از مرز جدایی دو محیط شفاف ممکن است فازموج بازتابیده تغییرپیداکند..

- اگر – $n_1 > n_2$ باشددراثر بازتاب تغییر فاز ایجاد نمی شود
- اگر– $n_1 < n_2$ باشددراثربازتاب یک تغییرفاز 180 ایجاد می شود که معادل انتقال طول موج $\lambda/2$ است.

خلاصه فیلم نازک

δ, تعداد طول موج اضافی هر موج را تعیین کنید.



این مهم است!

انعکاس　　　مسافت

پرتو 1: $\delta_1 = 0 \text{ or } \frac{1}{2}$

پرتو 2: $\delta_2 = 0 \text{ or } \frac{1}{2} \quad + 2\,t/\,\lambda_{film}$

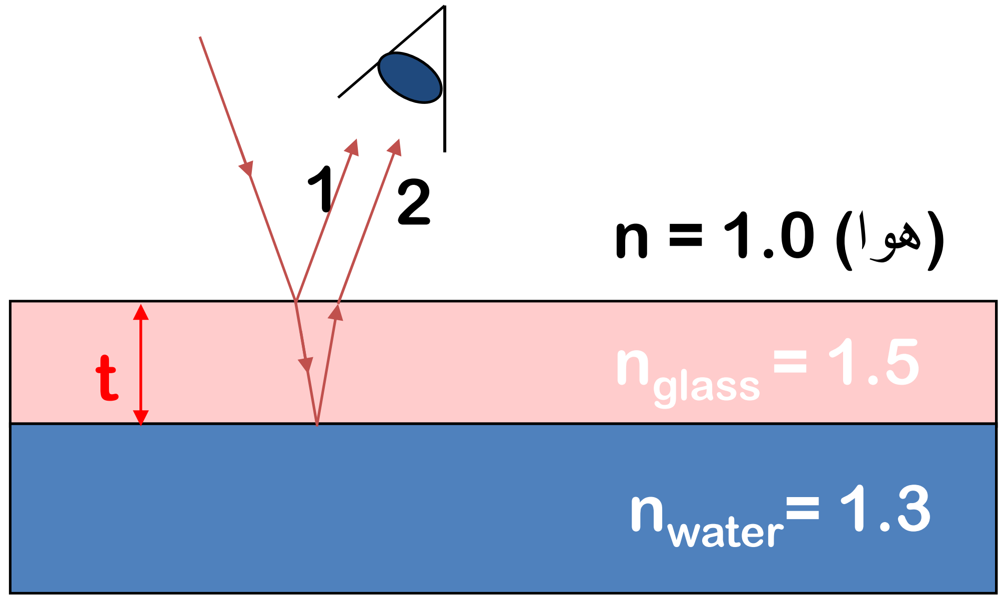
توجه: این طول موج در فیلم است!

$(\lambda_{film} = \lambda_o / n_1)$

اگر $|(\delta_2 - \delta_1)| = 0, 1, 2, 3 \ldots.$ **(m)** باشد سازنده

اگر $|(\delta_2 - \delta_1)| = \frac{1}{2}, 1\frac{1}{2}, 2\frac{1}{2} \ldots.$ **(m + ½)** باشد ویرانگر

تمرین فیلم نازک



نورآبی (λ_o = 500 nm) به روی ورقه شیشه ای (n_{glass} = 1.5)به ضحامت

(t = 167 nm)که به روی آب شناور است می تابد. (n_{water} = 1.3)

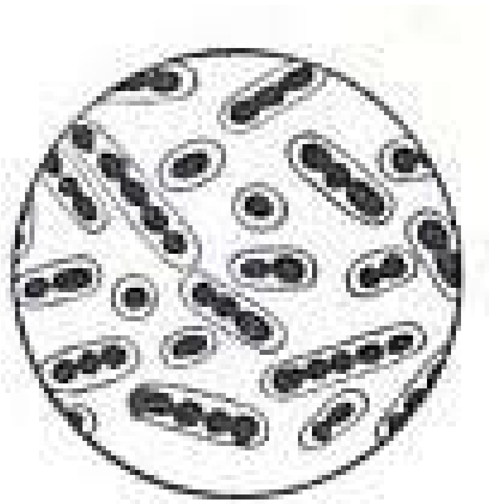
تداخل سازنده یا ویرانگر یا هیچ یک نیست؟

انعکاس روی مرز هوا- شیشه

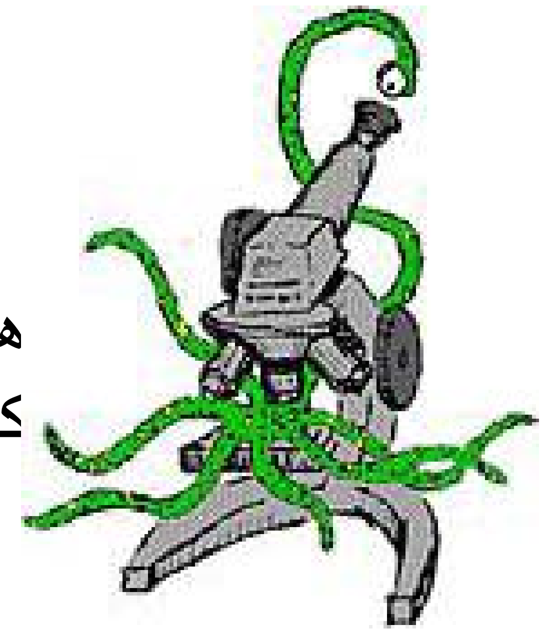
$\delta_1 = ½$

$\delta_2 = 0 + 2t / \lambda_{glass} = 2t\, n_{glass} / \lambda_0 = 1$

تغییر فاز $= \delta_2 - \delta_1 = ½$ طول موج



آیا می دانید؟



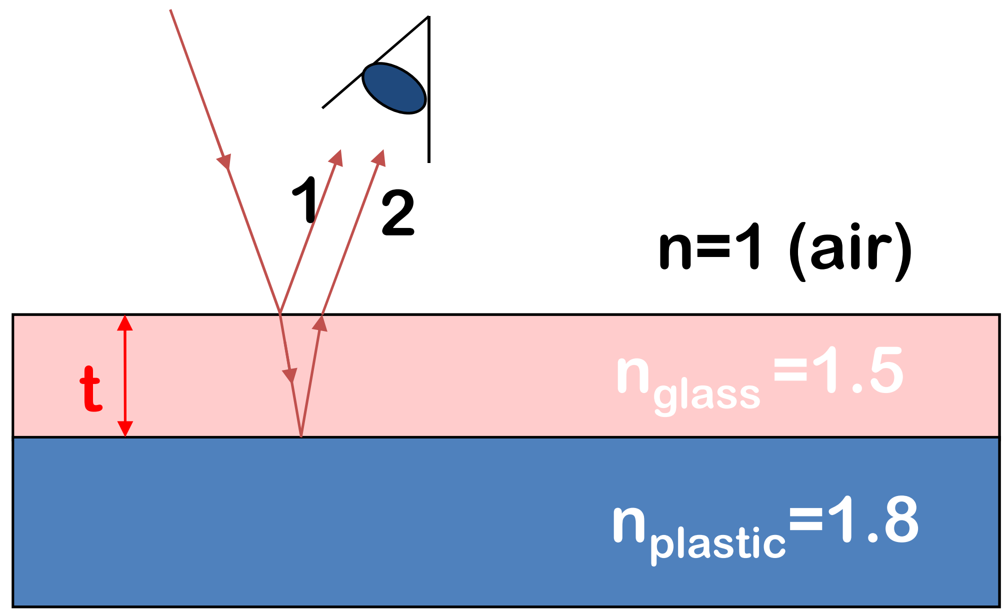
هیچ گاه نباید لنزهای میکروسکپ را آغشته به روغن کرد !

زیرا روغن یک لایه نازک است روی سرتاسر تصویر ایجاد لکه های روشن وتاریک می کند!

)البته تمیزکردن روغن روی لنز هم کار مشکلی است (!

تمرین : فیلم نازک

نورآبی λ **= 500 nm** به روی ورقه شیشه **(t = 167 nm)** که روی پلاستیک قرار گرفته است می تابد .تداخل چگونه است ؟ :



(1) سازنده

(2) ویرانگر

(3) هیچ یک

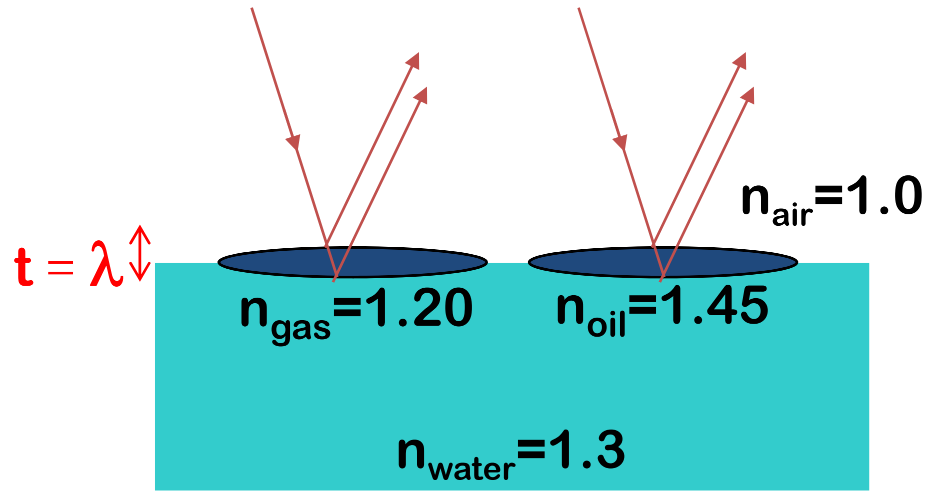
$\delta_1 = ½$ انعکاس روی هردو مرز!

$\delta_2 = ½ + 2t / \lambda_{glass} = ½ + 2t\, n_{glass} / \lambda_0 = ½ + 1$

تغییر فاز $= \delta_2 - \delta_1 = 1$ طول موج

پیش آزمون

یک ورقه گازوئیل $(n_{gas}=1.20)$
ویک ورقه روغن $(n_{oil}=1.45)$
روی آب شناورند
وقتی ضخامت$(n_{water}=1.33)$.
آن ها دقیقا برابربا یک طول موج
است ...



گازوئیل به نظر:

- روووشن
- تاریک است

روغن به نظر می رسد که:

- روشن
- تاریک است

$\delta_{1,gas} = ½ \qquad \delta_{2,gas} = ½ + 2$

$| \delta_{2,gas} - \delta_{1,gas} | = 2$

سازنده

$\delta_{1,oil} = ½ \qquad \delta_{2,oil} = 2$

$| \delta_{2,oil} - \delta_{1,oil} | = 3/2$

ویرانگر

به امید دیدار!

- درس آینده ما...

فصل چهارم ...

همدوسی

آنالیز فوریه

سری های فوریه و تبدیل فوریه

هدفهای رفتاری بخش:

تبدیل فوریه چیست؟

سری فوریه برای توابع زوج و فرد

حدفوریه (تبدیل فوریه)

طیف

چند مثال و چند قضیه:

$$f(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)\exp(i\omega t)\,d\omega \qquad F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\exp(-i\omega t)\,dt$$

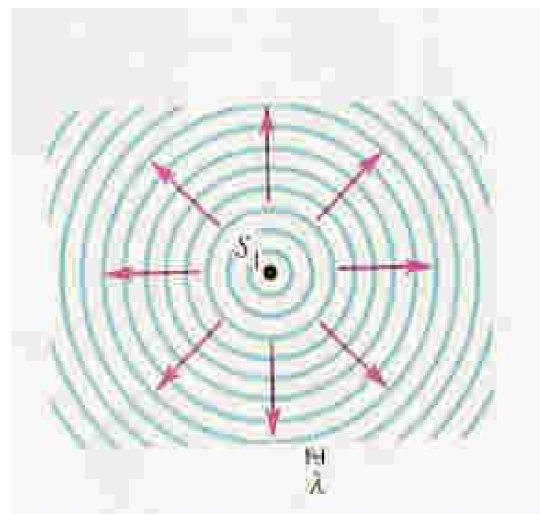
◻ همدوسی:

- اگر دوموج دارای بسامد یکسان و رابطه فازی باهم داشته باشند می گوئیم همدوس

$$\omega_1 = \omega_2 \equiv \omega; \qquad k_1 = k_2 \equiv k$$

◻ چشمه های همدوس:

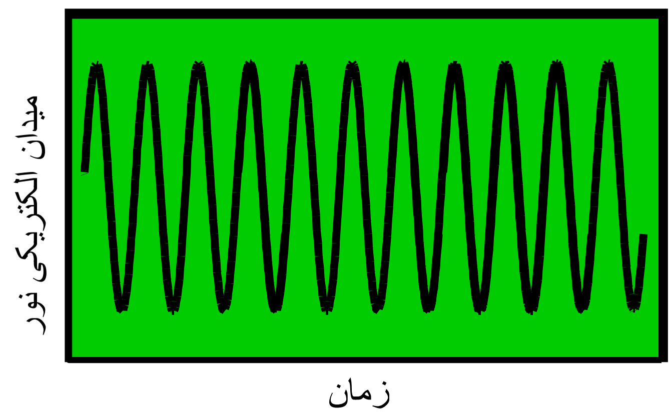
- چشمه S_1 امواج همدوس را در دوبعد ایجاد می کند.
- کلیه جبهه های موج همدوس هستند.
- مثال : موج روی آب



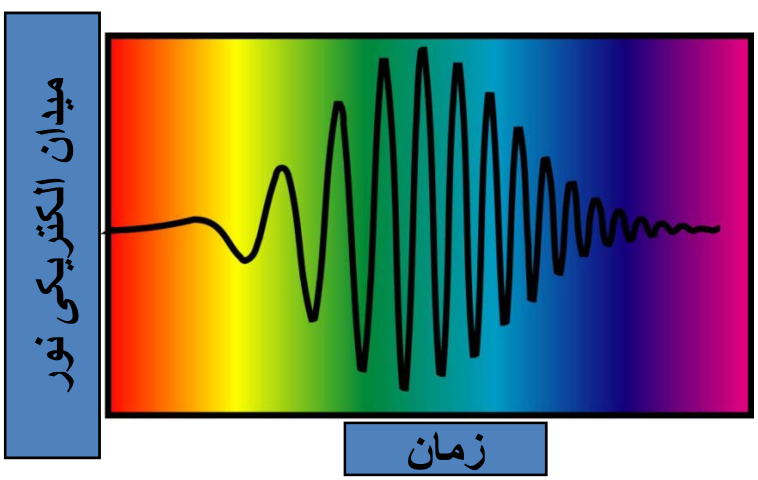
هد ف از سری فوریه چیست ؟

می خواهیم بدانیم که چه بسامدهایی در موج وجود دارند.
واز این طریق " طیف " را تعریف کنیم.

امواج تخت فقط یک بسامد
دارند.ω ,



این موج نور چند ین بسامد دارد وبسامد آن
با زمان افزایش می یابد (از قرمز به آبی)



خیلی خوب است اگز بدانیم که یک بسامد خاص چه وقت روی می دهد!

لورد کلوین و قضیه فوریه:

قضیه فوریه یکی از زیباترین نتایج آنالیز جدید, وابزار بسیار مفیدی است که به کمک فیزیک جدید آمده است.

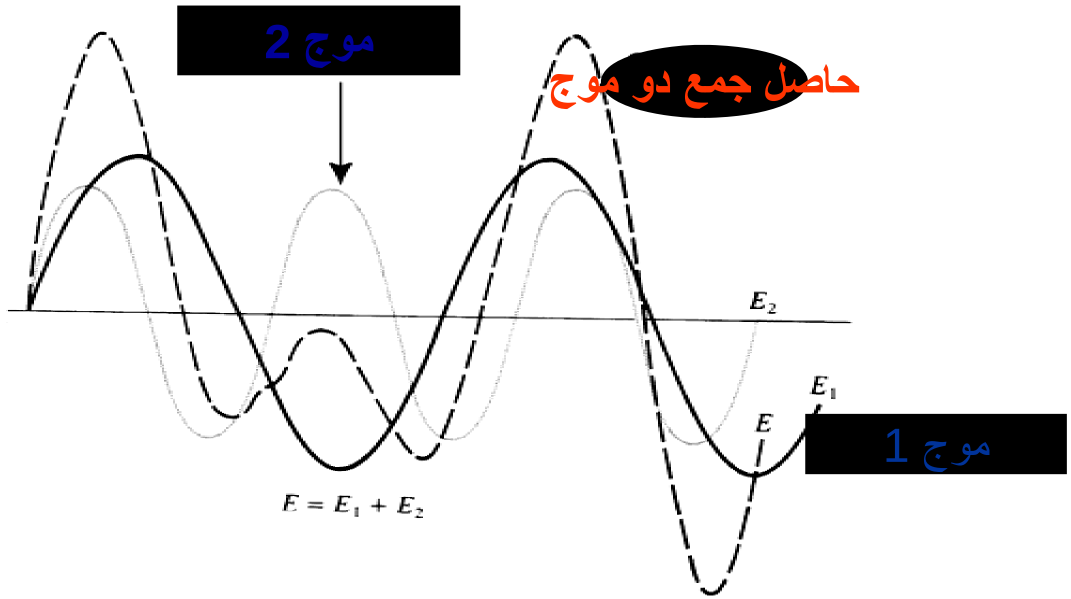
لوردکلوین

ژوزف فوریه ، قهرمان درس امروز ما

فوریه در زمینه فیزیک حرارت کار کرد و سری فوریه و تبدیل فوریه را به وجود آورد تا بتواند مسائل مربوط به شار-- حرارت را مدل سازی کند.

امواج غیر هماهنگ مجموعی از امواج سینوسی هستند.

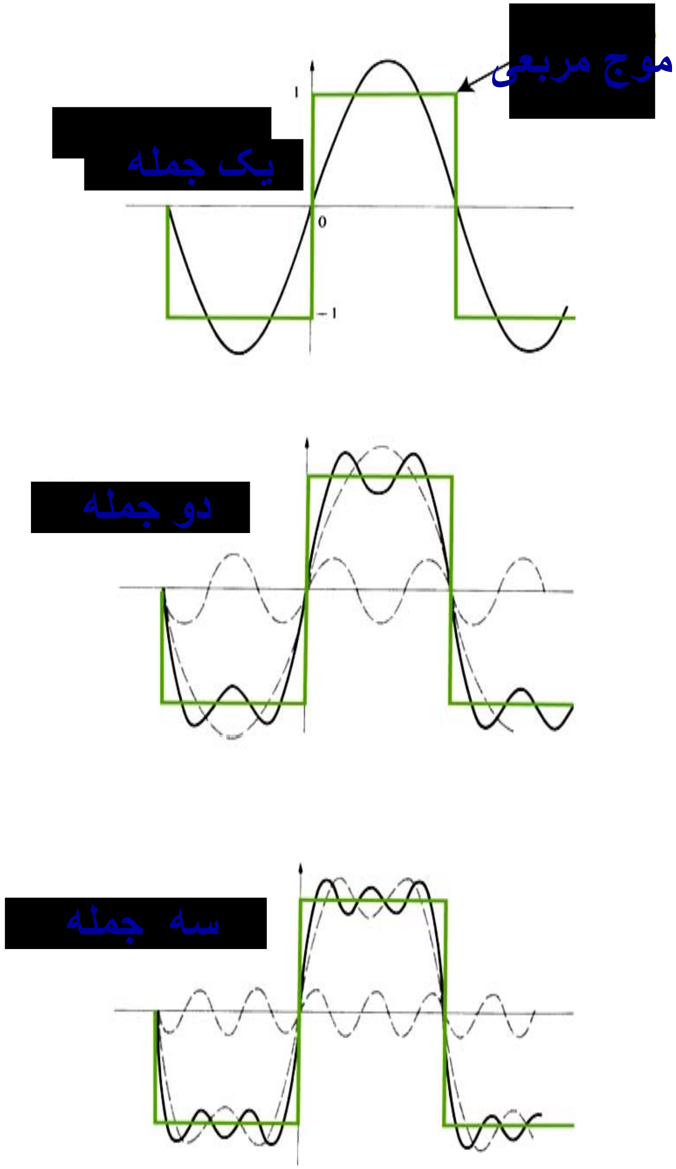
دو موج سینوسی (یعنی هماهنگ) با بسامد مختلف را درنظر بگیرید:



حاصل دوموج دوره ای است ولی هماهنگ نیست.

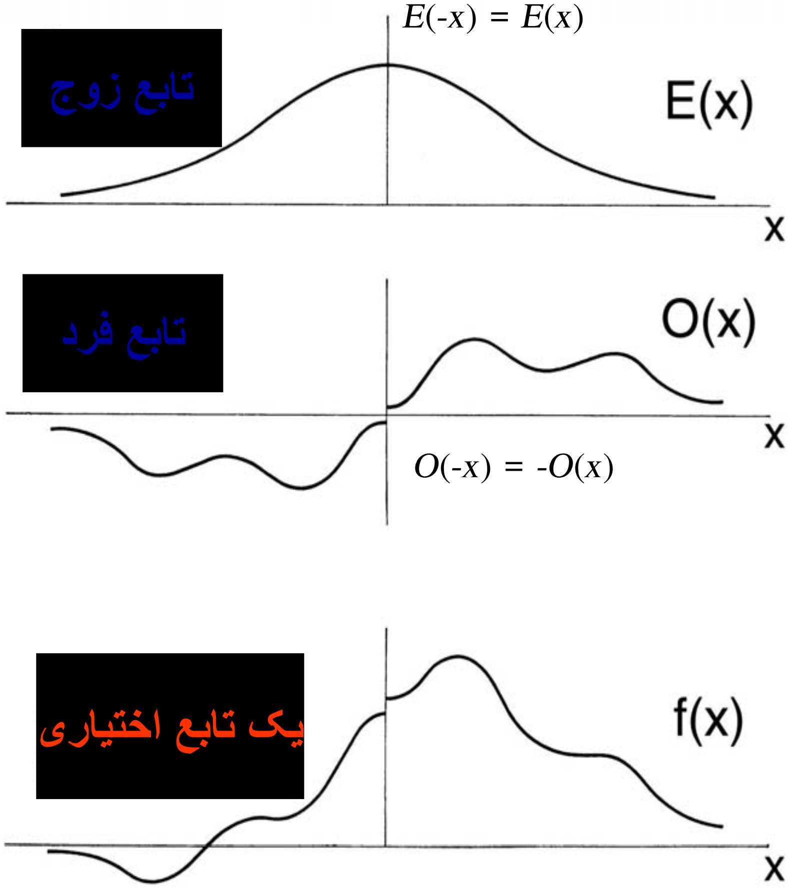
اصولا همه امواج غیر هماهنگ هستند.

تجزیه فوریه توابع :



توجه کنید که چگونه یک
موج می تواند ا ز
ترکیب چند موج
هماهنگ ساده به وجود
آید:

هر تابعی را می توان به صورت مجموع یک تابع فرد و
ز و ج نو شت



$$E(x) \equiv [f(x) + f(-x)]/2$$

$$O(x) \equiv [f(x) - f(-x)]/2$$

$$\Downarrow$$

$$f(x) = E(x) + O(x)$$

سری های کسینوسی فوریه

می توانیم هر تابع زوج $m($ به ازای کلیه مقادیر) یا تابع زوج است $\cos(mt)$ چون,
: را اینگونه بنویسیم $f(t)$,

$$f(t) = \frac{1}{\pi}\sum_{m=0}^{\infty} F_m \cos(mt)$$

سری ضرایب است که سری مزبور را تعریف می کند. $\{F_m;\ m = 0, 1, \ldots\}$ که سری

تنها نگرانی ما درمورد تابع $f(t)$ در بازه $(-\pi,\pi)$ است .

تابع دلتای کرونکر

$$\delta_{m,n} \equiv \begin{cases} 1 \text{ if } m = n \\ 0 \text{ if } m \neq n \end{cases}$$

در سری های کسینوسی فوریه F_m, پیدا کردن ضرایب

سری فوریه

$$f(t) = \frac{1}{\pi}\sum_{m=0}^{\infty} F_m \cos(mt)$$

برای یافتن F_m, دوطرف رادر $\cos(m't)$, ضرب کنید وانتگرال بگیرید m' یک عدد صحیح است:

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(t)\cos(m't)\,dt = \frac{1}{\pi}\sum_{m=0}^{\infty}\int_{-\pi}^{\pi} F_m \cos(mt)\cos(m't)\,dt$$

ولی:

$$\int_{-\pi}^{\pi} \cos(mt)\cos(m't)\,dt = \begin{cases} \pi & if\ m = m' \\ 0 & if\ m \neq m' \end{cases} \equiv \pi\,\delta_{m,m'}$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(t)\cos(m't)\,dt = \frac{1}{\pi}\sum_{m=0}^{\infty} F_m\,\pi\,\delta_{m,m'}$$

بنابراین:

$$\boxed{F_m = \int_{-\pi}^{\pi} f(t)\cos(mt)\,dt}$$

باحذف ' از m

ضرایب $f(t)$ بدست می آید

سری های سینوسی فوریه

چنین $f(t)$, می توان هر تابع فرد m , به ازای کلیه مقادیر یک تابع فرد است $\sin(mt)$ چون نوشت:

$$\boxed{f(t) = \frac{1}{\pi}\sum_{m=0}^{\infty} F'_m \sin(mt)}$$

که سری $\{F_m;\ m = 0, 1, \ldots\}$ سری ضرایب است که سری مزبور را تعریف می کند.

پیدا کردن ضرایب F_m, در سری های سینوسی فوریه

سری های سینوسی فوریه :

$$f(t) = \frac{1}{\pi}\sum_{m=0}^{\infty} F'_m \sin(mt)$$

برای یافتن F_m, دوطرف رادر $\sin(m't)$, ضرب کنید وانتگرال بگیرید m' یک عدد صحیح است:

ولی:

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(t)\sin(m't)\,dt = \frac{1}{\pi}\sum_{m=0}^{\infty}\int_{-\pi}^{\pi} F'_m \sin(mt)\sin(m't)\,dt$$

بنابراین:

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin(mt)\sin(m't)\,dt = \begin{cases}\pi & if\ \ m=m' \\ 0 & if\ \ m\neq m'\end{cases} \equiv \pi\,\delta_{m,m'}$$

بنابراین:

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(t)\sin(m't)\,dt = \frac{1}{\pi}\sum_{m=0}^{\infty} F'_m\,\pi\,\delta_{m,m'}$$

با حذف ´ از m
ضرایب $f(t)$ بدست می آید

:

$$\boxed{F'_m = \int_{-\pi}^{\pi} f(t)\sin(mt)\,dt}$$

سری های فوریه

بنابراین اگر $f(t)$ یک تابع عمومی ، نه فرد و نه زوج باشد می توان چنین نوشت : ,

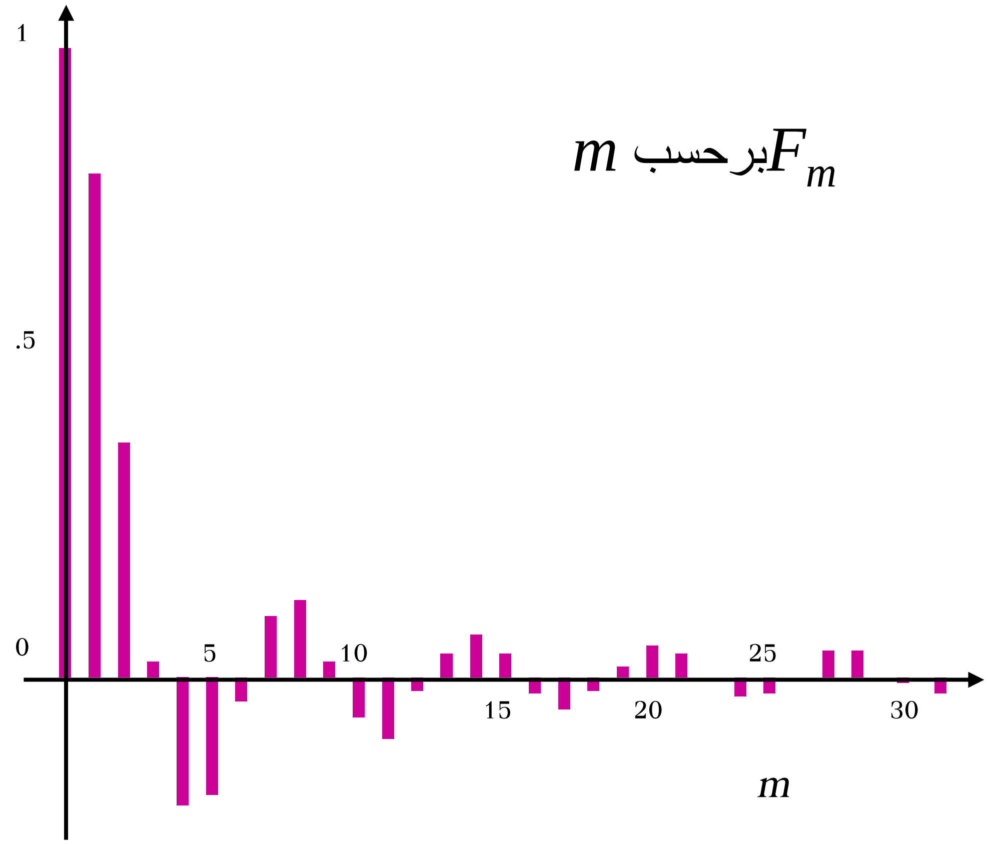
$$\boxed{f(t) = \frac{1}{\pi}\sum_{m=0}^{\infty} F_m \cos(mt) + \frac{1}{\pi}\sum_{m=0}^{\infty} F'_m \sin(mt)}$$

مولفه زوج　　　　　　　　مولفه فرد

که:

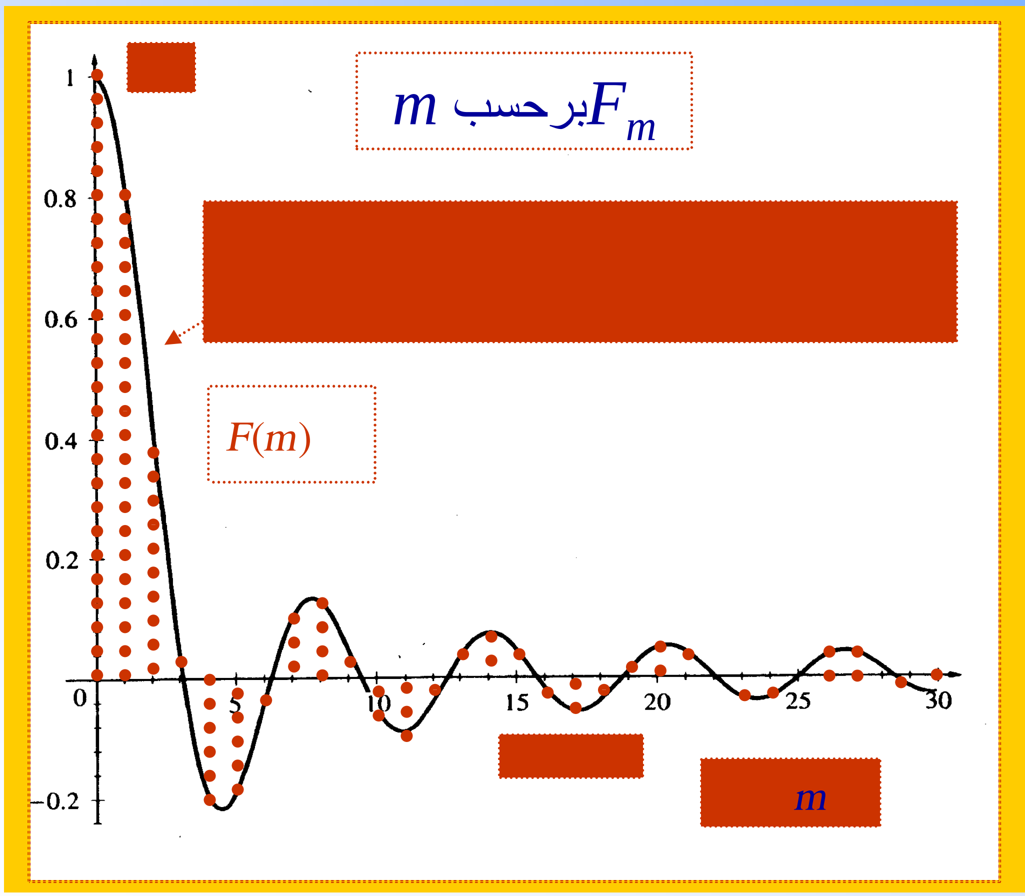
$$F_m = \int f(t)\cos(mt)\,dt \qquad F'_m = \int f(t)\sin(mt)\,dt$$

می توان ضرایب سری فوریه را رسم کرد



درواقع به دو نوع منحنی از این نوع نیاز داریم یکی برای سری سینوسی و یکی برای سری کسینوسی.

سری فوریه گسسته در مقابل تبدیل پیوسته فوریه



فرض کنید که m
یک عدد حقیقی بوده
و F_m, تابع,
باشد $F(m)$.

بازهم به دو رسم ازاین نوع نیاز داریم یکی برای سری سینوسی و یکی برای سری کسینوسی.

تبدیل فوریه:

چنان تعریف می کنیم که شامل ضرایب سینوسی و $F(m)$ تابع. ضرایب فوریه را درنظر بگیرید
کسینوسی هردو باشد به گونه ای که سری سینوسی جز موهومی آن باشد:

$$F(m) \equiv F_m - i\,F'_m = \int f(t)\cos(mt)\,dt - i\int f(t)\sin(mt)\,dt$$

فرض کنید که m را با آنرا در این جا که باشد "بسامد"، ω نشان می دهیم دراین صورت:

$$\boxed{F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\exp(-i\omega t)\,dt}$$

تبدیل فوریه

می گوییم که $F(\omega)$ تبدیل فوریه $f(t)$ نامیده می شود. و دربرگیرنده اطلاعات موجود در $f(t)$ است.
در واقع شیوه دیگری در نگاه $F(\omega)$ حوزه بسامد زندگی می کند و $F(\omega)$ در حوزه زمانی, $f(t)$ در
به یک موج است

تبد یل عکس فوریه

تبدیل فوریه $f(t)$ را به $F(\omega)$ تبدیل می کند ولی در مورد فرایند عکس آن چه باید گفت؟

سری فوریه $f(t)$ را به یاد بیاورید:

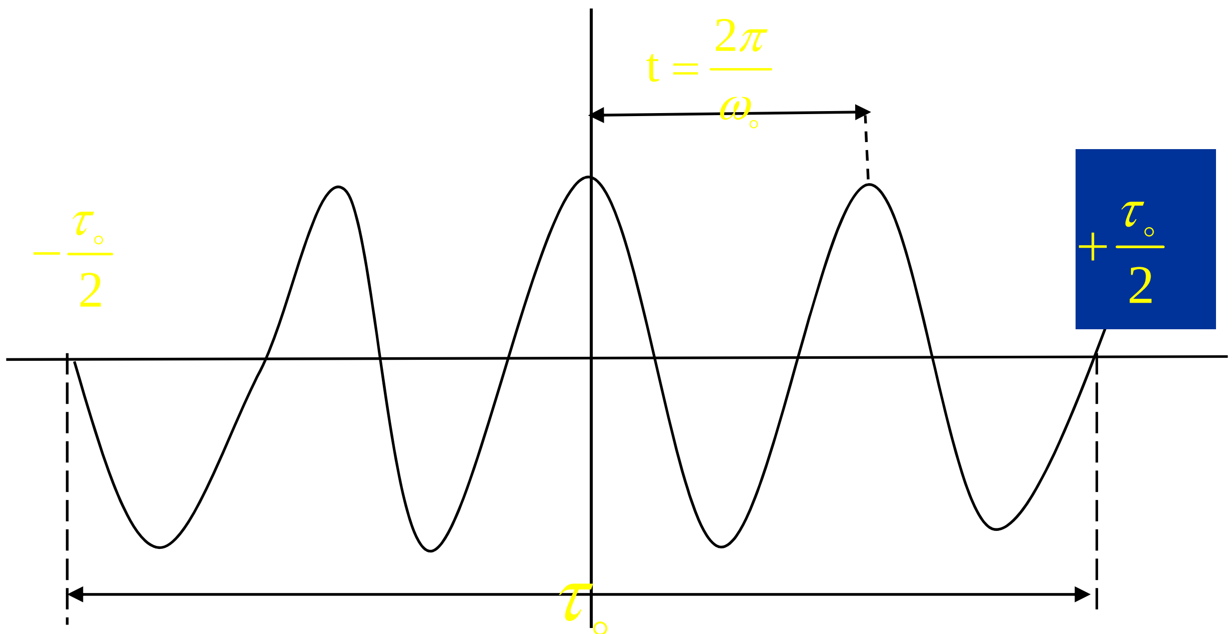
$$f(t) = \frac{1}{\pi}\sum_{m=0}^{\infty} F_m \cos(mt) + \frac{1}{\pi}\sum_{m=0}^{\infty} F'_m \sin(mt)$$

دراین صورت : جمع ها را به انتگرا ل تبدیل کرده وبه جای F_m ، $F(\omega)$ قرار دهید.

$$\boxed{f(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)\exp(i\omega t)\,d\omega}$$

تبدیل عکس فوریه

مثال: بررسی یک موج سینوسی نامتناهی (قطار موج) با عمر $\tau_\circ$ و بسامد $\omega_\circ$



$$f(t) = \begin{cases} e^{-i\omega_\circ t} & : -\frac{\tau_\circ}{2} < t < \frac{\tau_\circ}{2} \\ 0 & \text{خارج از محدوده} \end{cases}$$

$$g(\omega)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{i\omega t}dt=\frac{1}{2\pi}\int_{-\tau_\circ/2}^{\tau_\circ/2} e^{i(\omega-\omega_\circ)}dt$$

$$\Rightarrow \quad g(\omega)=\left[\frac{e^{i(\omega-\omega_\circ)t}}{2\pi(\omega-\omega_\circ)}\right]_{-\frac{\tau_\circ}{2}}^{\frac{\tau_\circ}{2}}$$

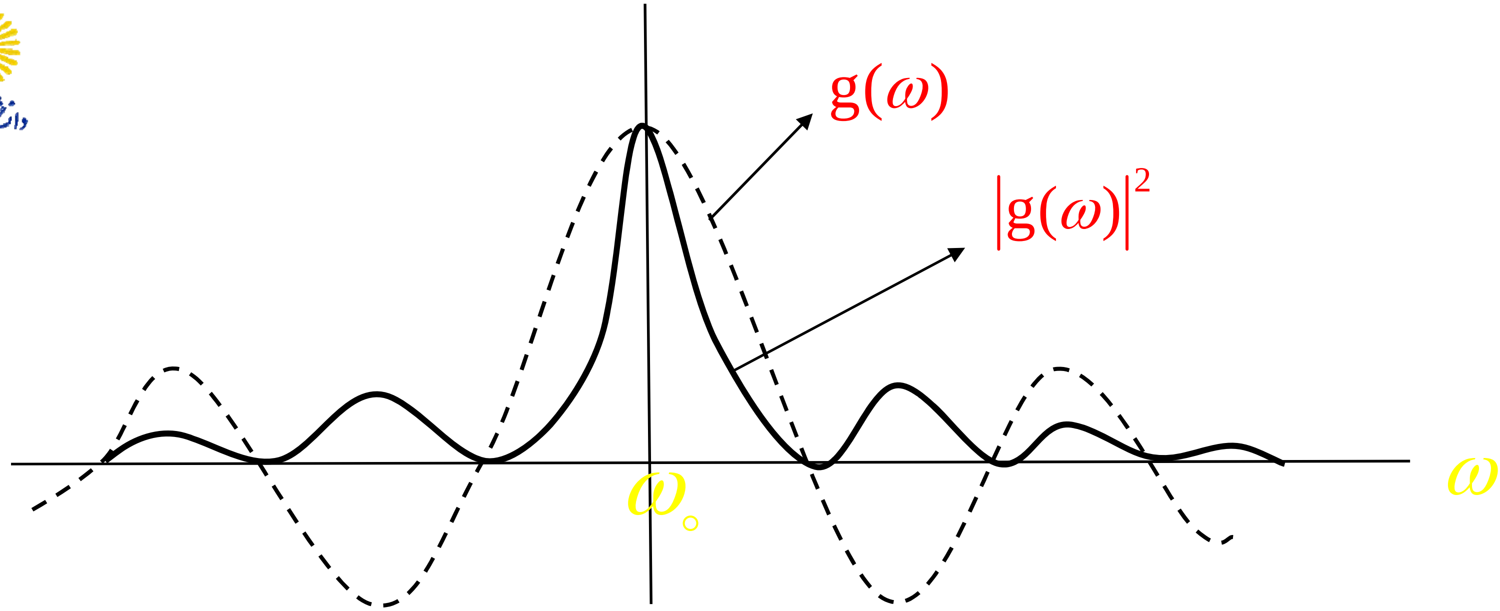
$$=\frac{1}{\pi(\omega-\omega_\circ)}\left[\frac{e^{i(\omega-\omega_\circ)\frac{\tau_\circ}{2}}-e^{-i(\omega-\omega_\circ)\frac{\tau_\circ}{2}}}{2i}\right]$$

$$e^{ix}-e^{-ix}=2i\sin x \quad \Rightarrow$$

$$g(\omega)=\frac{\sin\left[\frac{\tau_\circ}{2}(\omega-\omega_\circ)\right]}{\pi(\omega-\omega_\circ)}=\frac{\tau_\circ}{2\pi}\left\{\frac{\sin\left[\frac{\tau_\circ}{2}(\omega-\omega_\circ)\right]}{\left[\frac{\tau_\circ}{2}(\omega-\omega_\circ)\right]}\right\}$$

$$=\frac{\tau_\circ}{2\pi}\sin cu \quad \Leftarrow \quad u=\left[\frac{\tau_\circ}{2}(\omega-\omega_\circ)\right]$$

$$\boxed{g(\omega)=\frac{\tau_\circ}{2\pi}\left[\frac{(\sin u)}{u}\right]}$$



$$\Delta\omega = \frac{2\pi}{\tau_\circ} \quad \Rightarrow \Delta f = \frac{1}{\tau_\circ}$$

تبدیل فوریه برای قطار موج هماهنگ : منحنی خط چین دامنه طیف بسامد
و منحنی خط پر مربع دامنه یا طیف توان

طیف

چنین تعریف می کنیم $E(t)$ طیف موج را

.

$$\boxed{\left|\mathscr{F}\left\{E(t)\right\}\right|^2}$$

واین معیاری برا ی بسامدهای موجود در یک موج است .

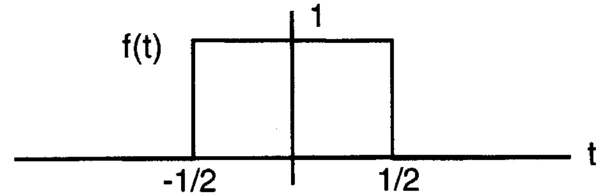
مثال: تبدیل فوریه یک تپ مربعی: rect(t)

$$F(\omega) = \int_{-1/2}^{1/2} \exp(-i\omega t)\,dt = \frac{1}{-i\omega}\left[\exp(-i\omega t)\right]_{-1/2}^{1/2}$$

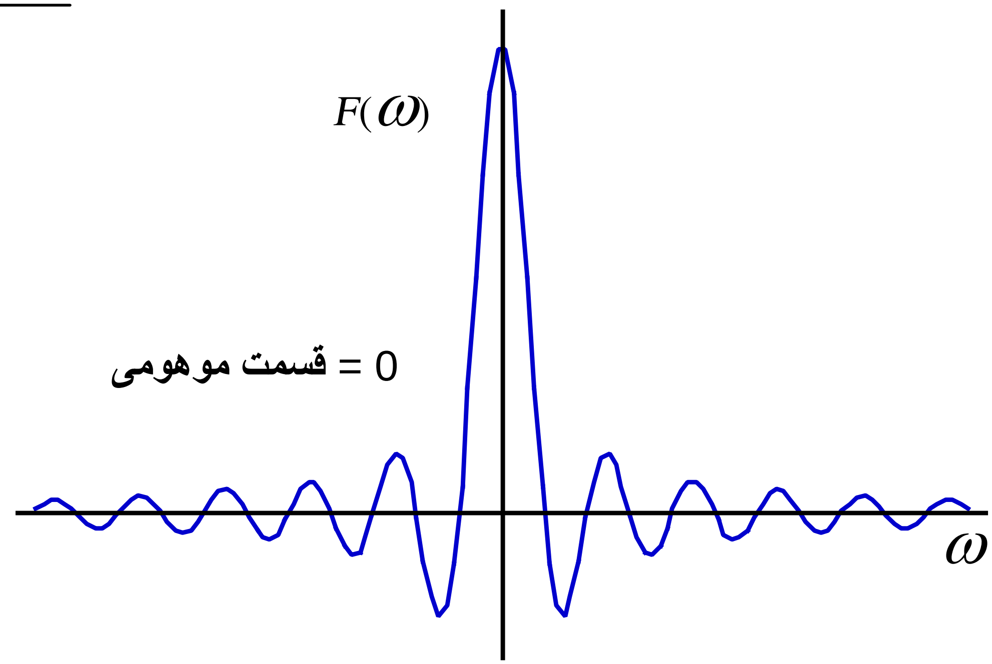
$$= \frac{1}{-i\omega}\left[\exp(-i\omega/2) - \exp(i\omega/2)\right]$$

$$= \frac{1}{(\omega/2)} \frac{\exp(i\omega/2) - \exp(-i\omega/2)}{2i}$$

$$= \frac{\sin(\omega/2)}{(\omega/2)} \equiv \operatorname{sinc}(\omega/2)$$



$$\boxed{\begin{aligned} &\mathcal{F}\ \{\operatorname{rect}(t)\} \\ &= \operatorname{sinc}(\omega/2) \end{aligned}}$$



مثال: تبدیل فوریه یک تابع نمایی نزولی: exp(-at) (t > 0)

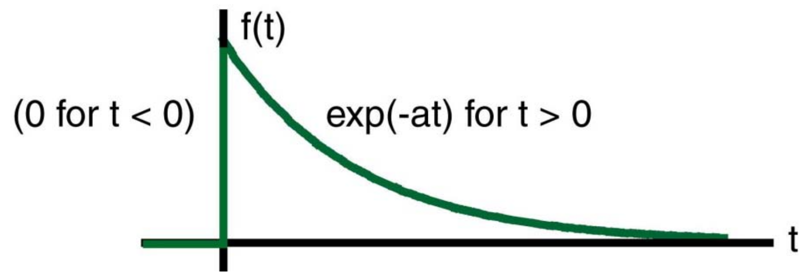
$$F(\omega) = \int_0^{\infty} \exp(-at)\exp(-i\omega t)\,dt$$

$$= \int_0^{\infty} \exp(-at - i\omega t)\,dt = \int_0^{\infty} \exp(-[a + i\omega]t)\,dt$$

$$= \frac{-1}{a + i\omega} \exp(-[a + i\omega]t)\Big|_0^{+\infty} = \frac{-1}{a + i\omega}[\exp(-\infty) - \exp(0)]$$

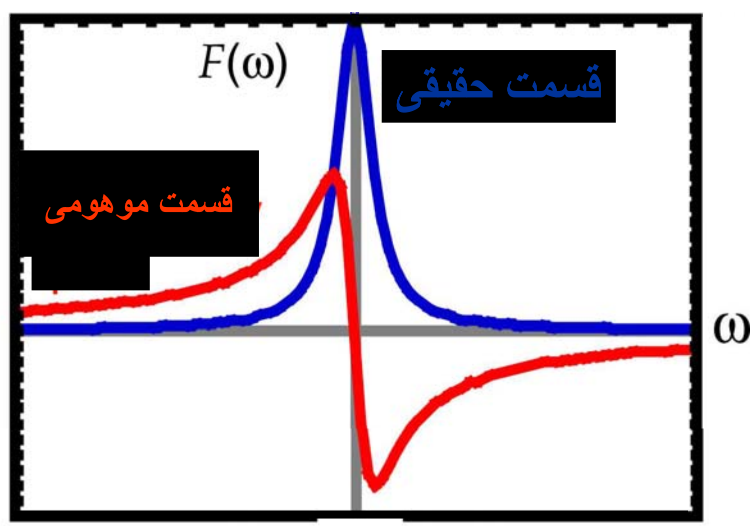
$$= \frac{-1}{a + i\omega}[0 - 1]$$

$$= \frac{1}{a + i\omega}$$



$$\boxed{F(\omega) = -i\,\frac{1}{\omega - ia}}$$

یک تابع لورنتزی مختلط



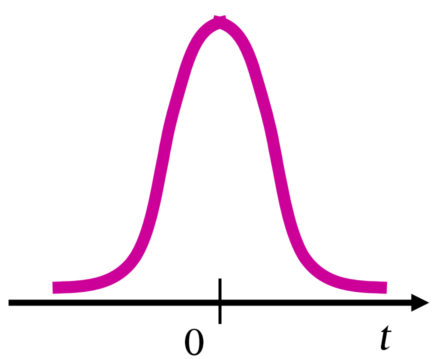
تبدیل فوریه یک تابع گوسی: مثال
برابر با خودش است! $\exp(-at^2)$,

$$\mathrm{F}\ \{\exp(-at^2)\} = \int_{-\infty}^{\infty} \exp(-at^2)\exp(-i\omega t)\,dt$$

$$\boxed{\propto \exp(-\omega^2/4a)}$$

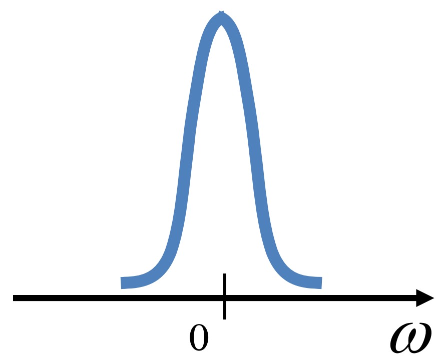
جزییات مسئله تکلیف منزل شما است!!

$\exp(-at^2)$



$\supset$

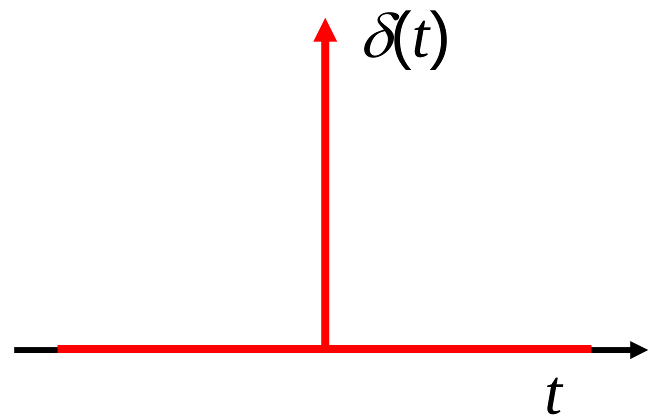
$\exp(-\omega^2/4a)$



تابع دلتای دیراک

تابع دلتای کرونکر تابع, که تابع دو عدد صحیح است, برخلاف تابع دلتای کرونکر
است t, عدد حقیقی .

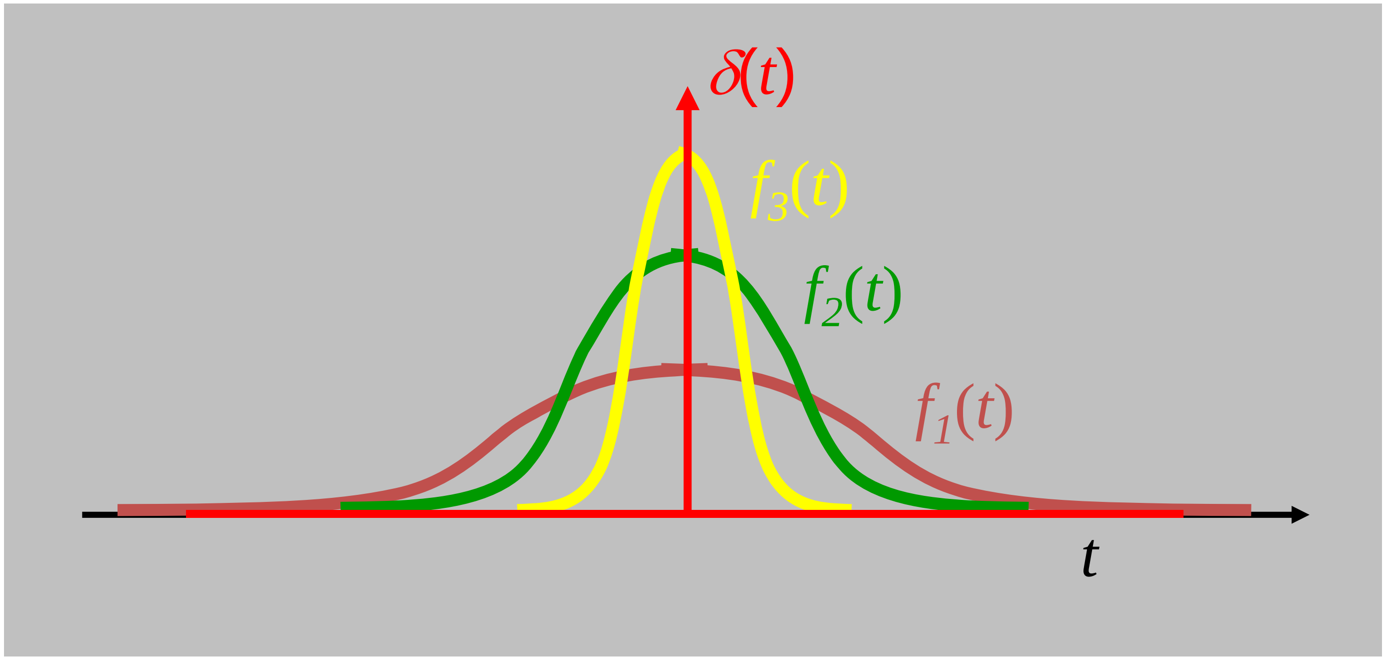
$$\boxed{\delta(t) \equiv \begin{cases} \infty \text{ if } t = 0 \\ 0 \text{ if } t \neq 0 \end{cases}}$$



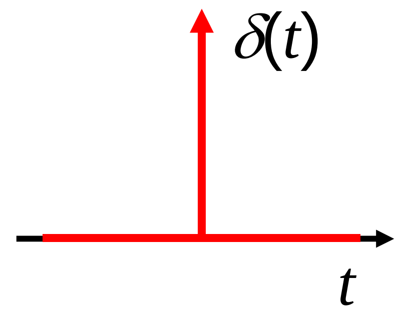
تابع دلتای دیراک

بهتراست که تابع دلتای دیراک راحد یک سری توابع پیوسته تیز در نظر بگیریم

$$f_m(t) = m \exp[-(mt)^2]/\sqrt{\pi}$$



خواص تابع δ



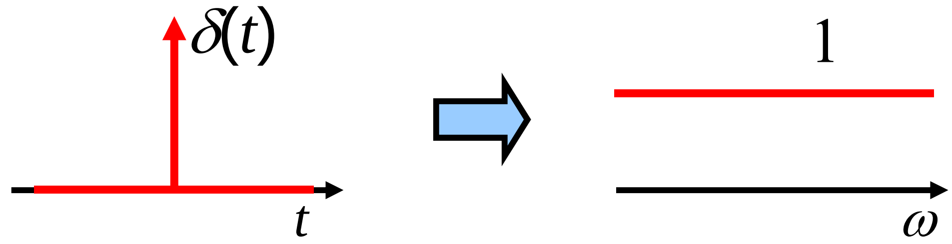
$$\boxed{\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t)\, dt = 1}$$

$$\boxed{\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t-a)\, f(t)\, dt = \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t-a)\, f(a)\, dt = f(a)}$$

$$\boxed{\begin{aligned} &\int_{-\infty}^{\infty} \exp(\pm i\omega t)\, dt = 2\pi\, \delta(\omega) \\ &\int_{-\infty}^{\infty} \exp[\pm i(\omega-\omega')t]\ \, dt = 2\pi\, \delta(\omega-\omega') \end{aligned}}$$

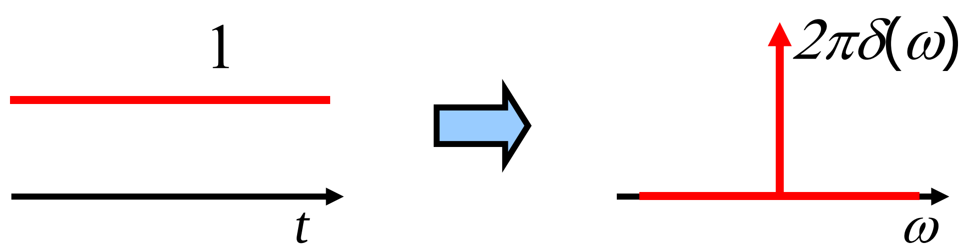
تبدیل فوریه تابع of $\delta(t)$ 1 است .

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) \exp(-i\omega t)\, dt = \exp(-i\omega[0]) = 1$$



وتبدیل فوریه 1 برابراست با: $2\pi\delta(\omega)$

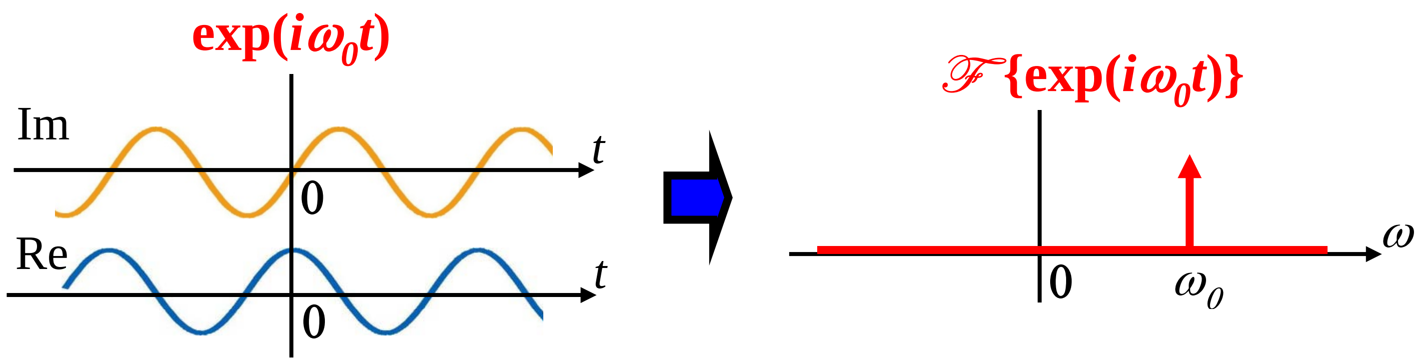
$$\int_{-\infty}^{\infty} 1 \exp(-i\omega t)\, dt = 2\pi\, \delta(\omega)$$



تبدیل فوریه $\exp(i\omega_0 t)$

$$\mathrm{F}\ \{\exp(i\omega_0 t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} \exp(i\omega_0\, t) \exp(-i\,\omega t)\, dt$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} \exp(-i[\omega - \omega_0]t)\, dt = 2\pi\, \delta(\omega - \omega_0)$$



تابع $\exp(i\omega_0 t)$ عنصر ضروری آنالیز فوریه است .

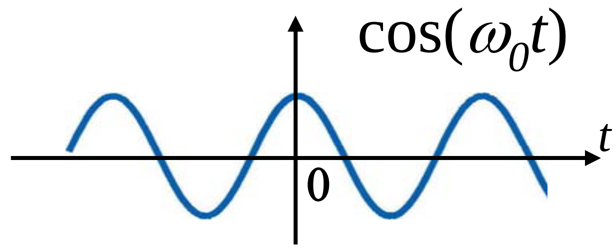
تبدیل فوریه $\cos(\omega_0 t)$

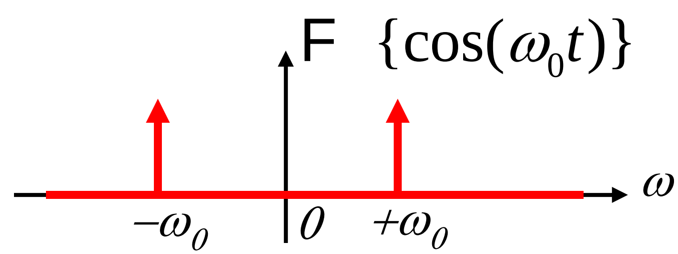
$$\mathcal{F}\left\{\cos(\omega_0 t)\right\} = \int_{-\infty}^{\infty} \cos(\omega_0 t)\exp(-i\,\omega t)\,dt$$

$$= \frac{1}{2}\int_{-\infty}^{\infty} \left[\exp(i\,\omega_0\,t) + \exp(-i\,\omega_0\,t)\right]\exp(-i\,\omega t)\,dt$$

$$= \frac{1}{2}\int_{-\infty}^{\infty} \exp(-i[\omega-\omega_0]t)\,dt \quad + \quad \frac{1}{2}\int_{-\infty}^{\infty} \exp(-i[\omega+\omega_0]t)\,dt$$

$$= \pi\,\delta(\omega-\omega_0) \quad + \quad \pi\,\delta(\omega+\omega_0)$$





قضیه مودولاسیون:

تبدیل فوریه $E(t)\cos(\omega_0 t)$

$$\mathcal{F}\left\{E(t)\cos(\omega_0 t)\right\} = \int_{-\infty}^{\infty} E(t)\cos(\omega_0 t)\exp(-i\,\omega t)\,dt$$

$$= \frac{1}{2}\int_{-\infty}^{\infty} E(t)\left[\exp(i\,\omega_0 t) + \exp(-i\,\omega_0 t)\right]\exp(-i\,\omega t)\,dt$$

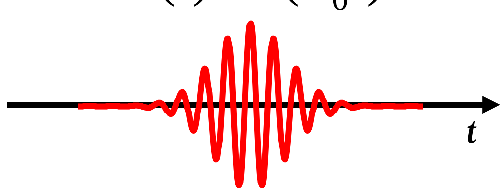
$$= \frac{1}{2}\int_{-\infty}^{\infty} E(t)\exp(-i[\omega-\omega_0]t)\,dt \quad + \quad \frac{1}{2}\int_{-\infty}^{\infty} E(t)\exp(-i[\omega+\omega_0]t)\,dt$$

$$\boxed{\mathcal{F}\left\{E(t)\cos(\omega_0 t)\right\} = \frac{1}{2}\tilde{E}(\omega-\omega_0) \quad + \quad \frac{1}{2}\tilde{E}(\omega+\omega_0)}$$

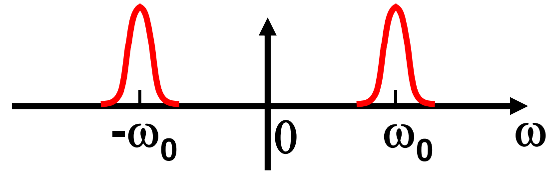
مثال:

$E(t) = \exp(-t^2)$

$E(t)\cos(\omega_0 t)$



$\mathcal{F}\left\{E(t)\cos(\omega_0 t)\right\}$



قضیه مقیاس

تبدیل فوریه تابع $f(at)$ برابراست با :

$$\boxed{\mathcal{F}\ \{ f(at) \} = F(\omega/a)\ /\ |a|}$$

اثبات:

$$\mathcal{F}\ \{ f(at) \} = \int_{-\infty}^{\infty} f(at)\exp(-i\omega t)\, dt$$

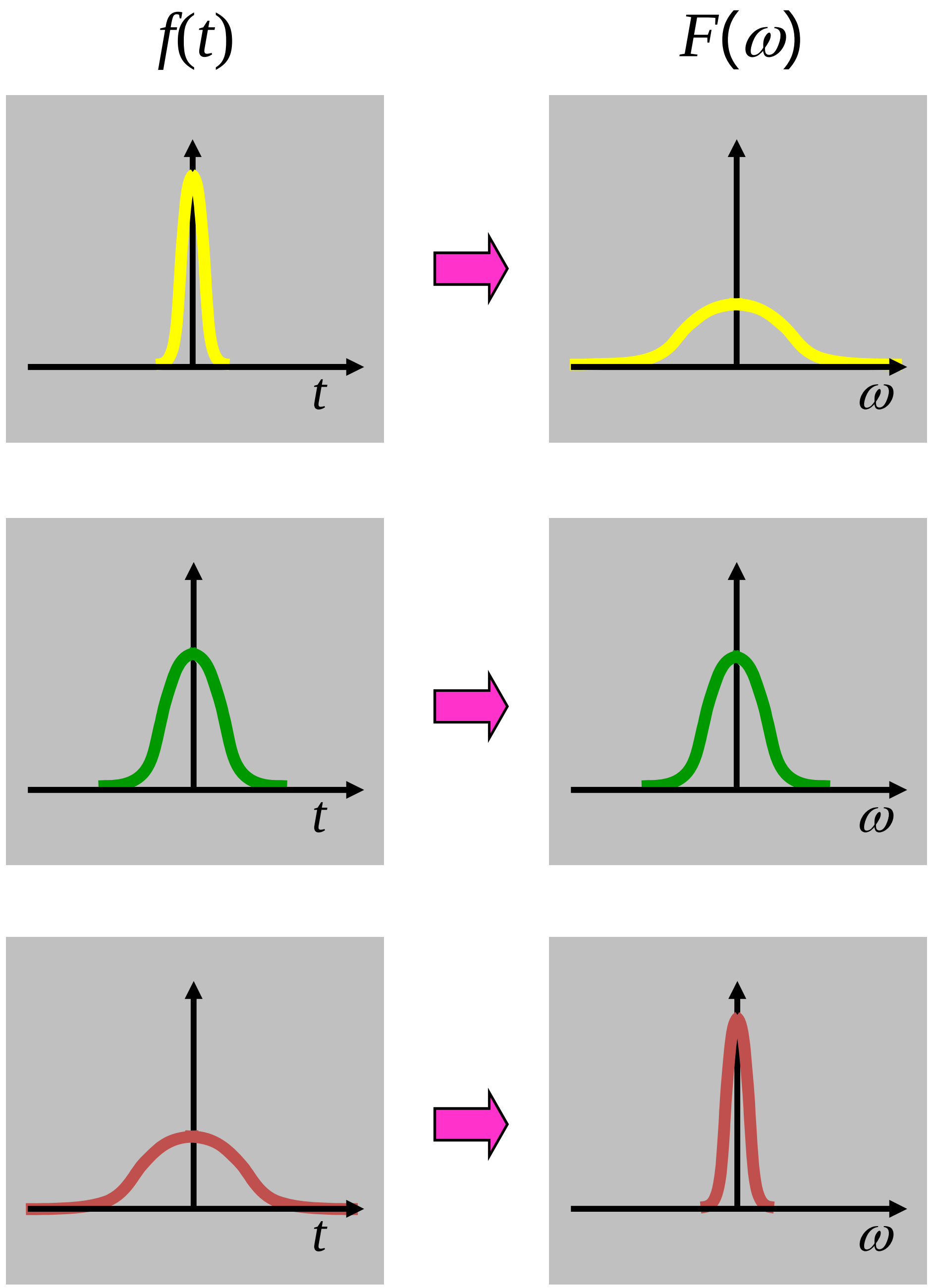
بافرض $a > 0,$ این تغییر متغییر را بدهید $u = at$:

$$\mathcal{F}\ \{ f(at) \} = \int_{-\infty}^{\infty} f(u)\exp(-i\omega[u/a])\, du\ /\ a$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} f(u)\exp(-i\,[\omega/a]\,u)\, du\ \ /\ \ a$$

$$= F(\omega/a)\ /\ a$$

قضیه مقیاس در عمل :



تپ کوتاه

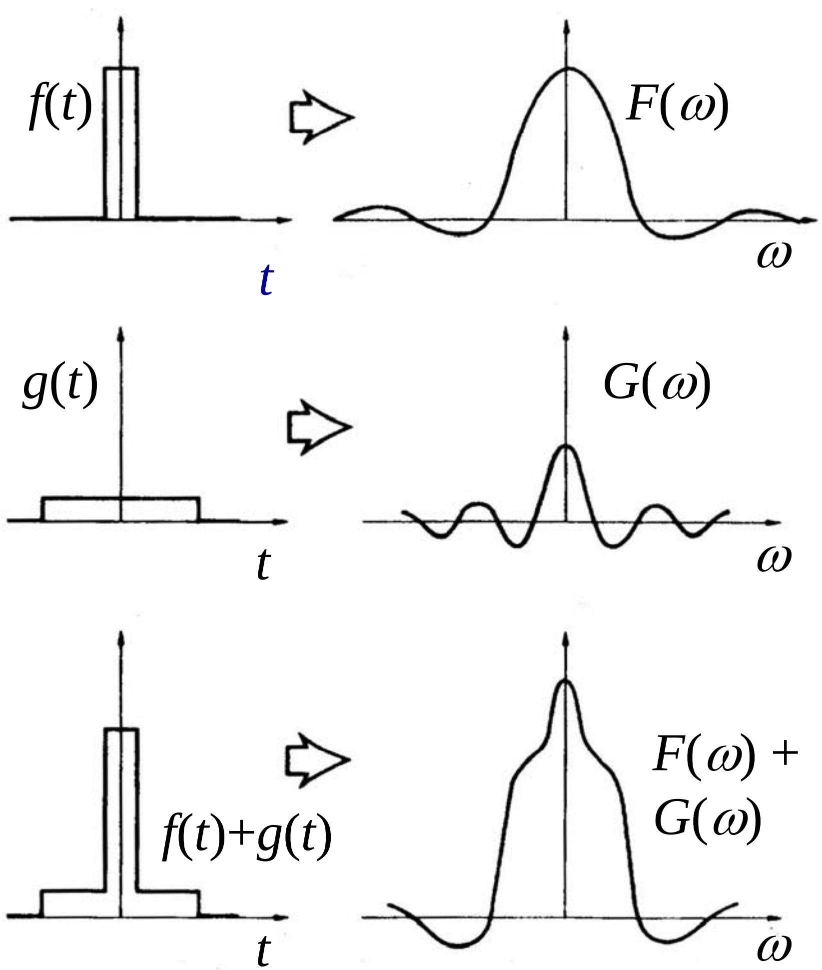
تپ متوسط

تپ بلند

هرچه تپ کوتاهتر باشد طیف پهنتر است !

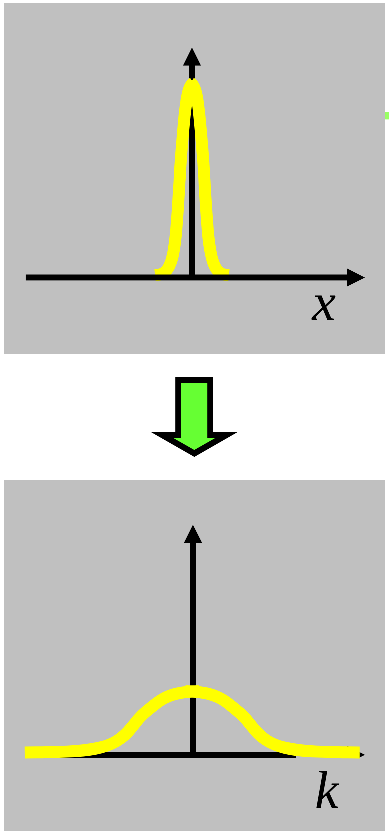
جوهر اصل عدم قطعیت !

تبدیل فوریه مجموع دو تابع :



$$\mathcal{F}\{a f(t)+b g(t)\}=$$
$$a\mathcal{F}\{f(t)\}+b\mathcal{F}\{g(t)\}$$

تبدیل فضـ



اگر $f(x)$ تابع مکان باشد:

$$\boxed{F(k)=\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\exp(-ikx)\,dx}$$

$$\mathscr{F}\{f(x)\} = F(k)$$

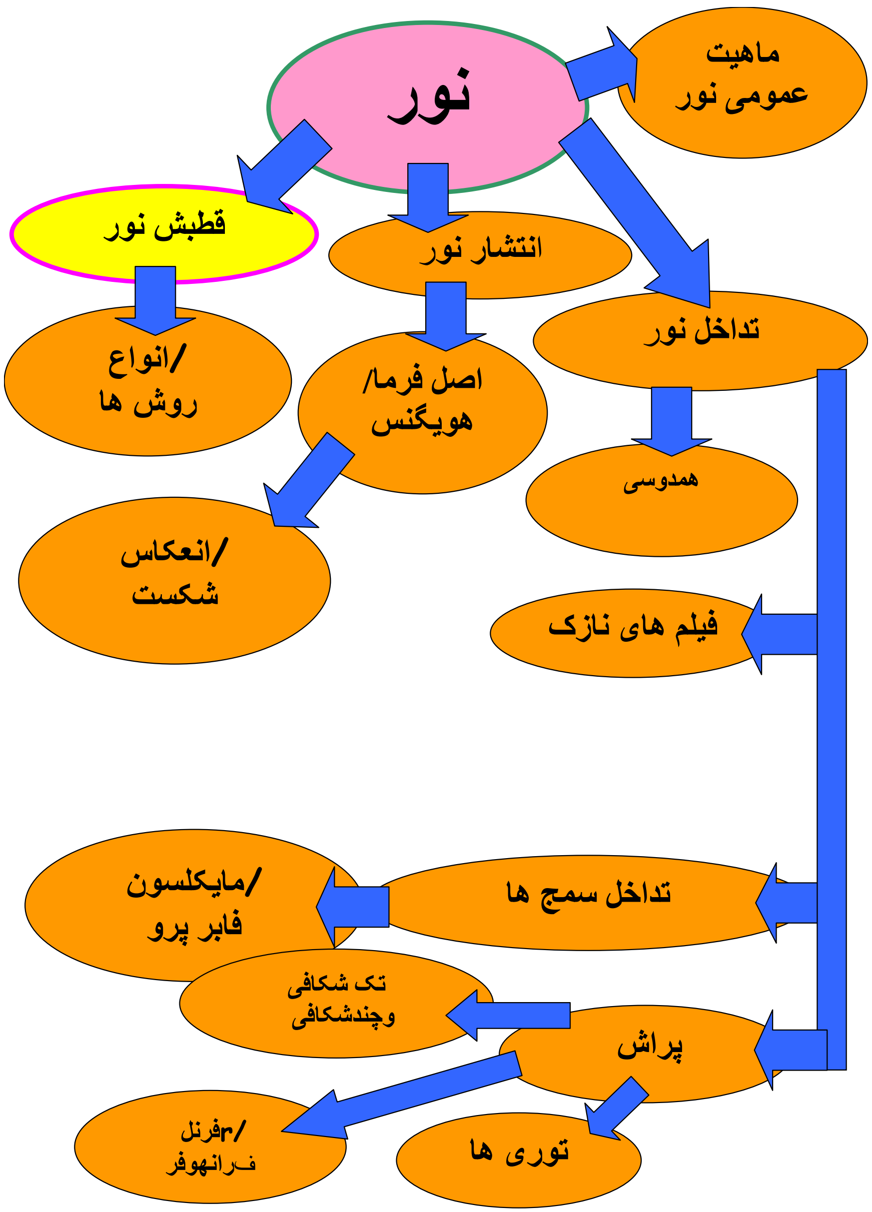
k را **بسامد فضایی** می گوییم .

هرچه را درمورد تبدیل فوریه درحوزه t و ω گفتیم در حوزه x و k نیز صادق است .

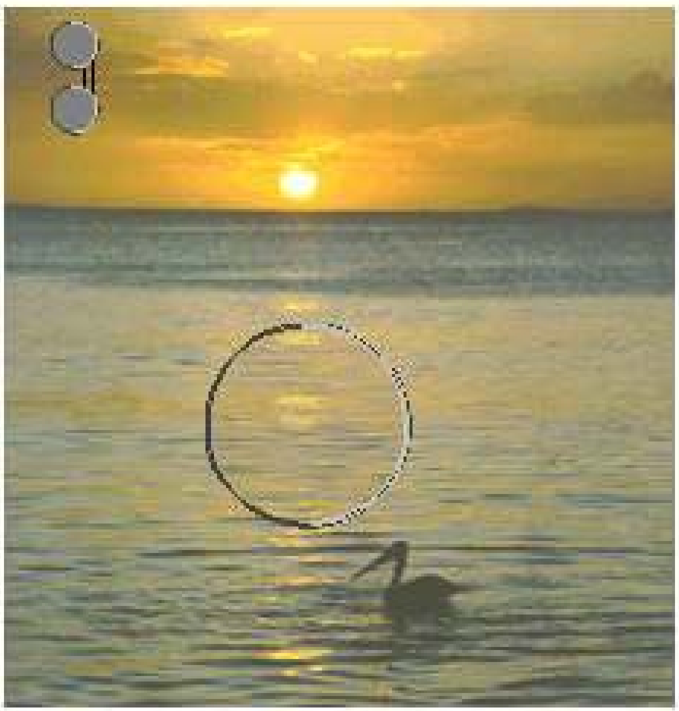
فصل پنجم

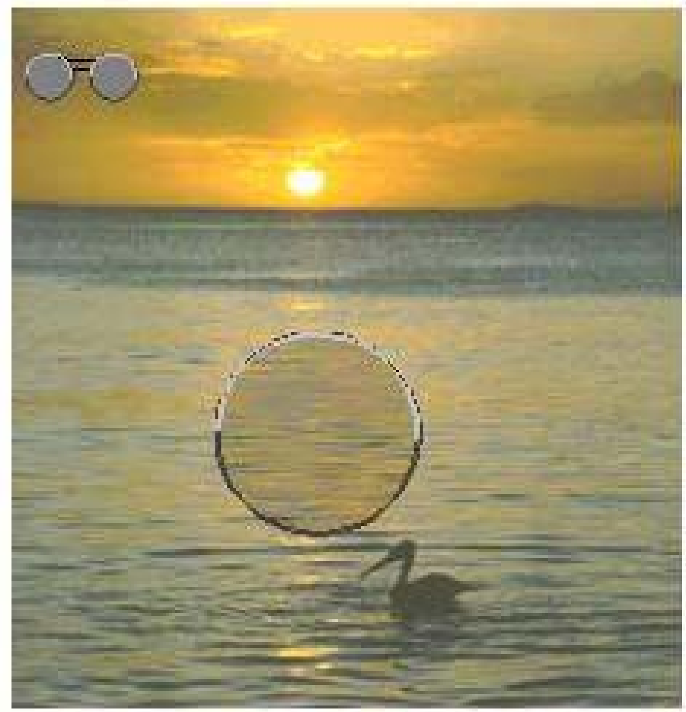
قطبش نور

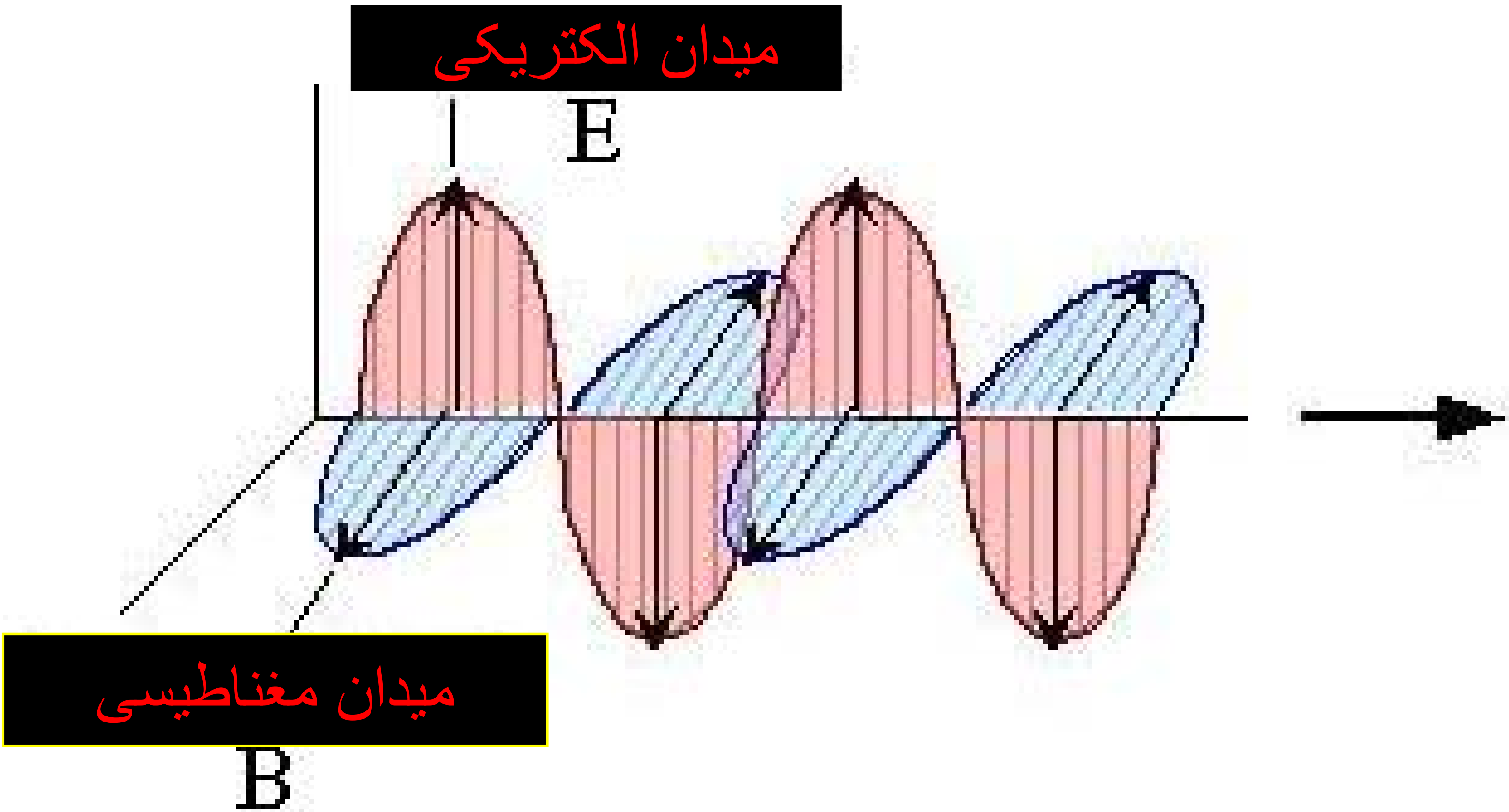
دانشگاه پیام نور



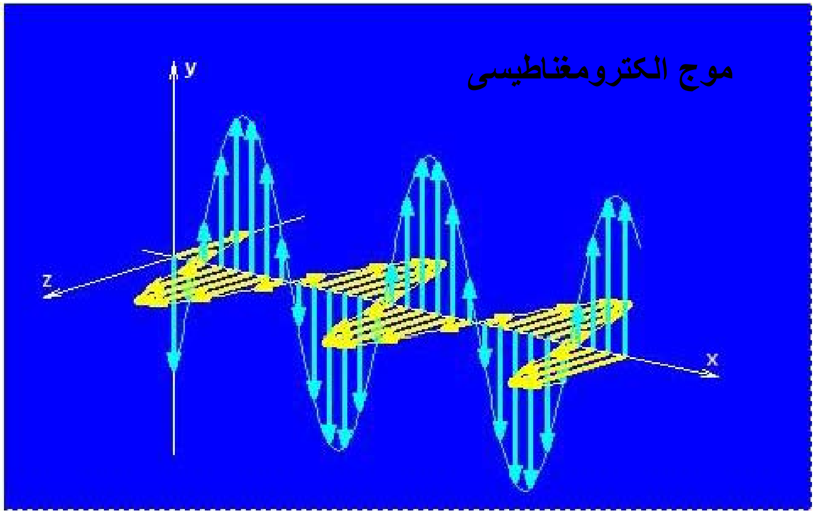
دریک روز آفتابی درکنار ساحل دریا عینک پولارویید به چشم زده ودراز کشیده اید .به شکل زیر توجه کنید که چگونه دریا را در دوحالت مختلف مشاهده می کنید:

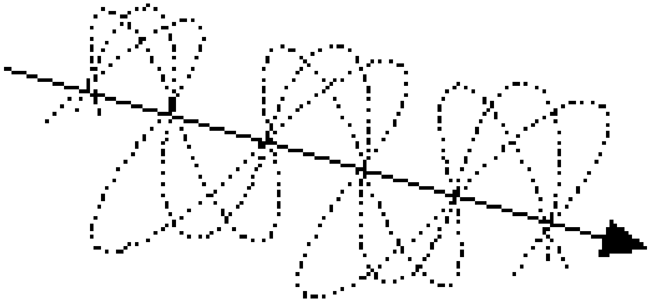




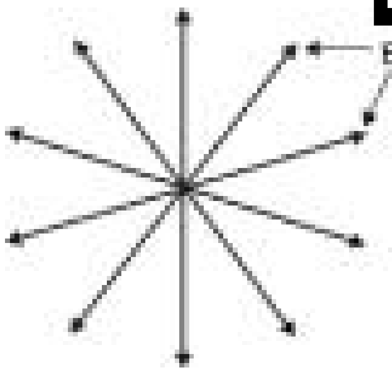

میدان الکتریکی
E
میدان مغناطیسی
B

نور غیر قطبیده

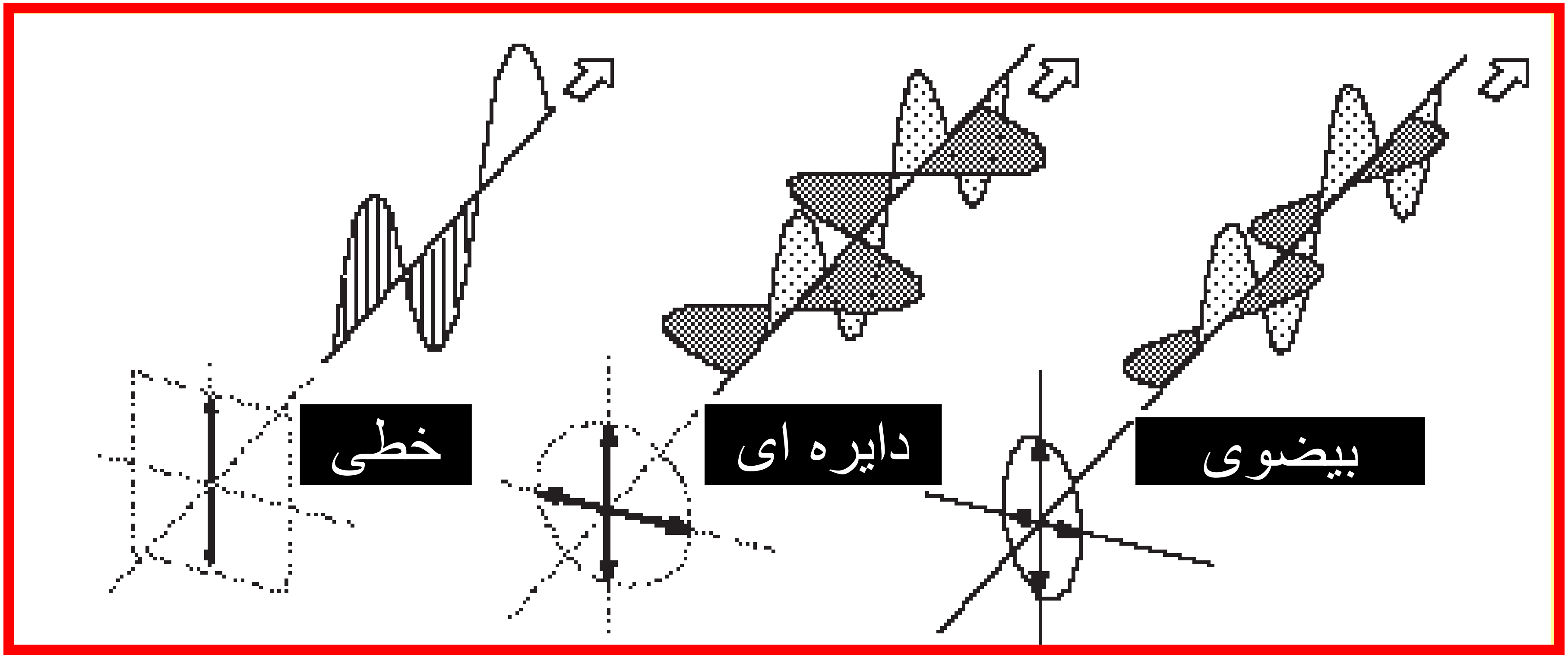




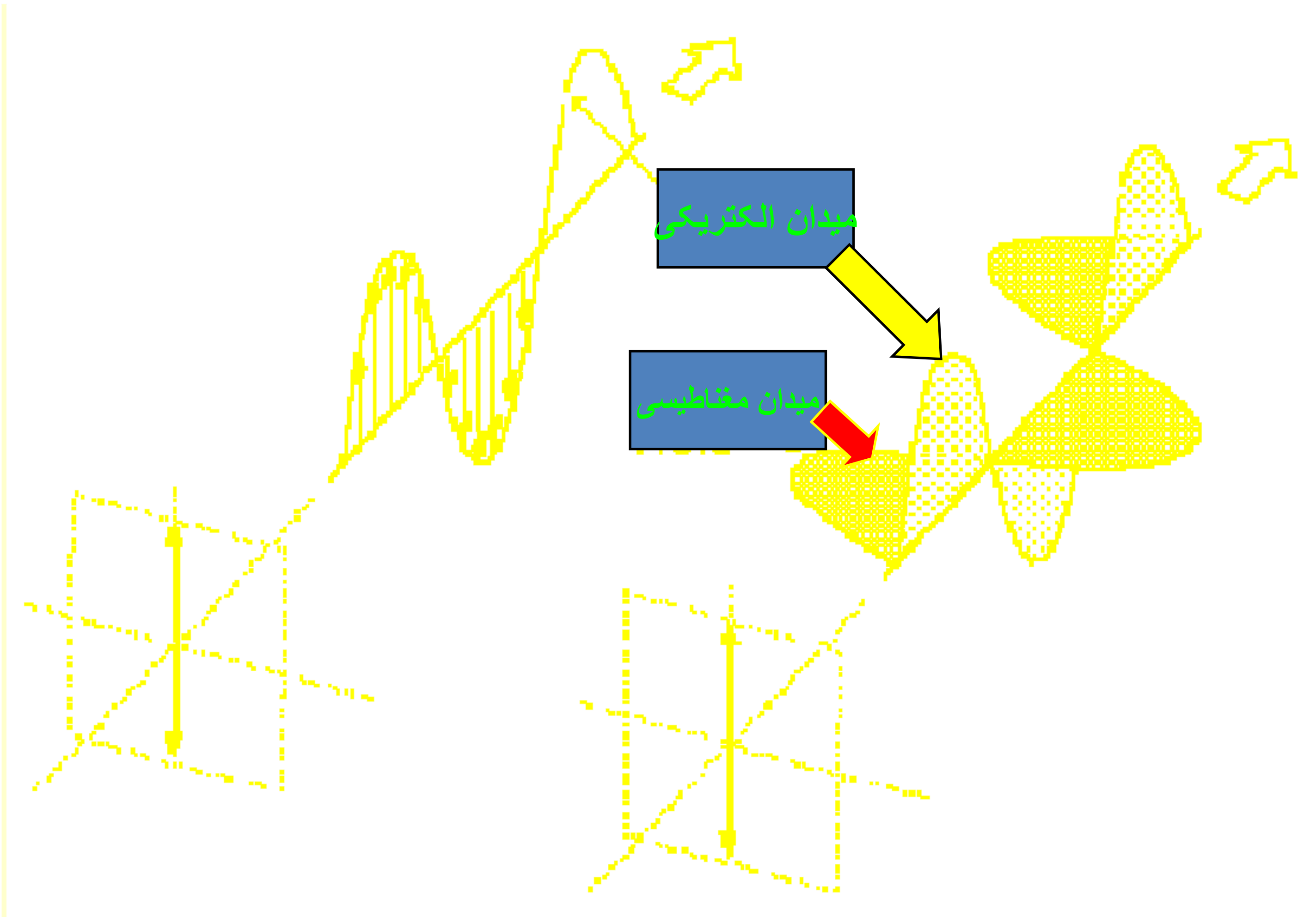
نورغیر قطبیده



انواع قطبش



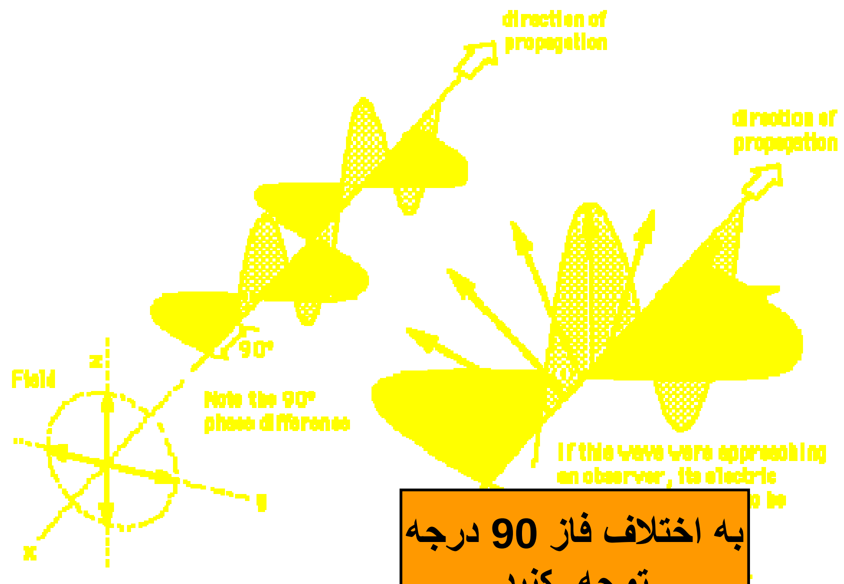
نور قطبیده خطی



نورقطبیده دایره ای

جهت انتشار

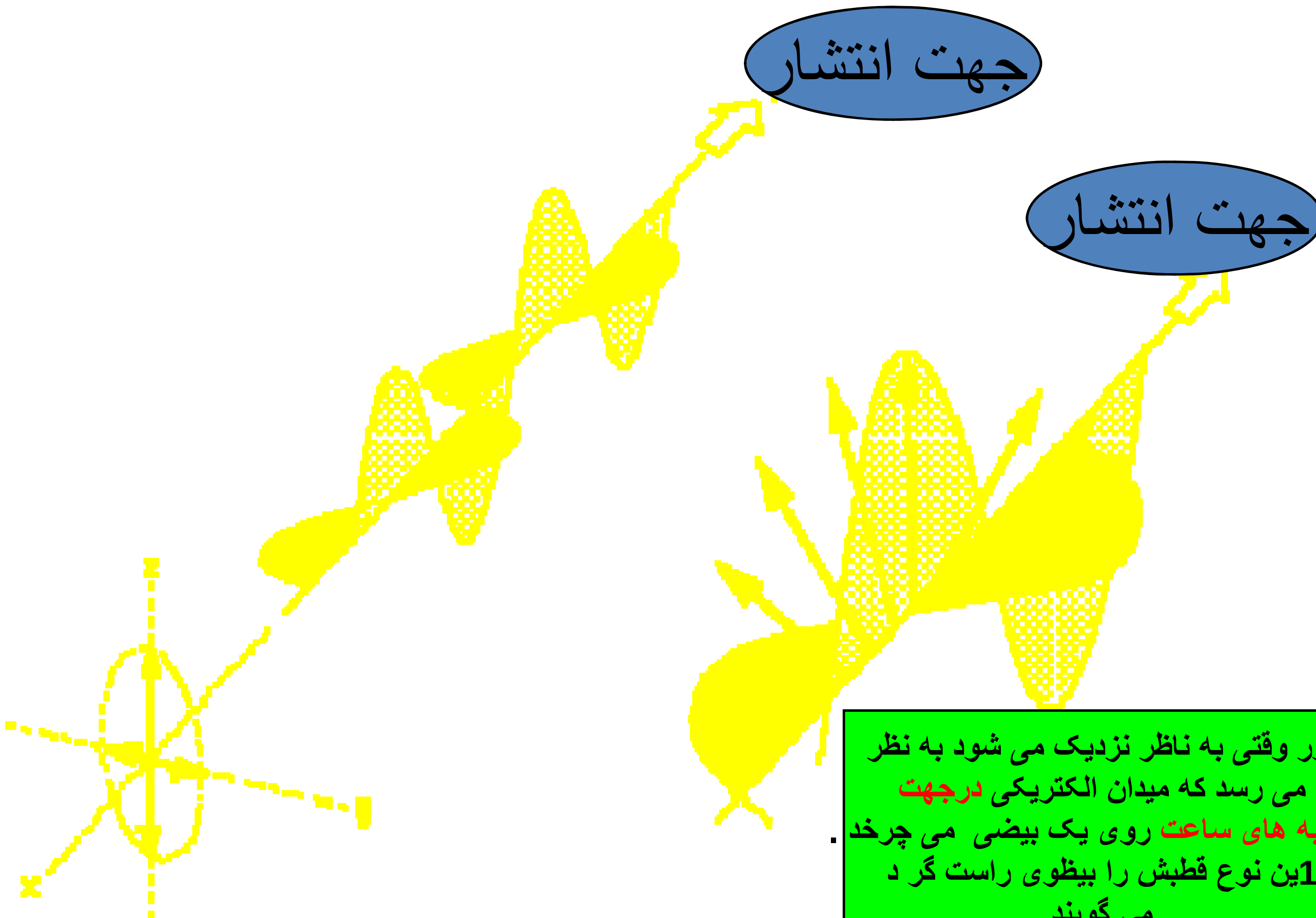
جهت انتشار



به اختلاف فاز 90 درجه توجه کنید

نوروقتی به ناظر نزدیک می شود به نظر می رسد که میدان الکتریکی در جهت عقربه های ساعت می چرخد .این نوع قطبش را دایره ای راست گرد می گویند.

نورقطبیده دایره ای

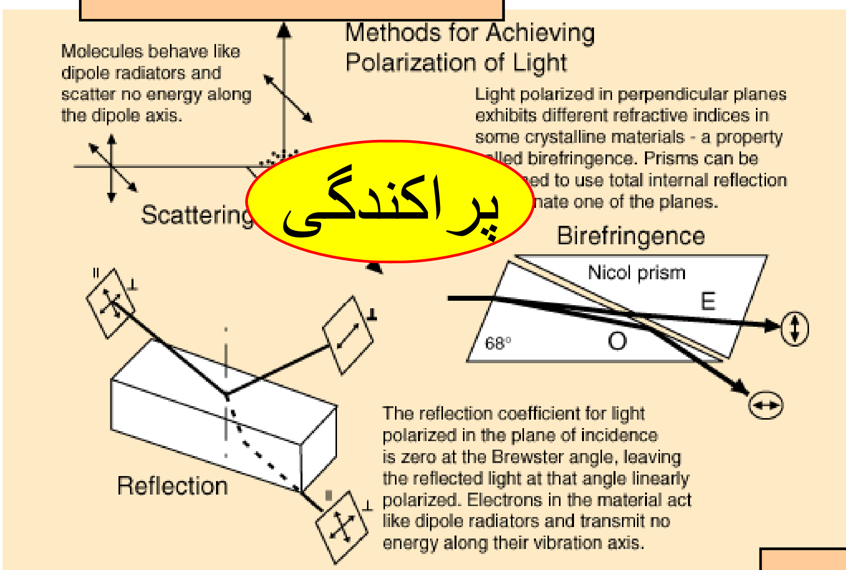


نور وقتی به ناظر نزدیک می شود به نظر می رسد که میدان الکتریکی درجهت عقربه های ساعت روی یک بیضی می چرخد . 1ین نوع قطبش را بیظوی راست گر د می گویند.

روشهای قطبش:

روشهای قطبش نور

ملکولها مانند تابشگرهای دوقطبی عمل کرده و هیچ انرژی در راستای محور دوقطبی پراکنده نمی کنند



برخی از کریستال ها در مقابل نور دو ضریب شکست مختللف دارند ونور را در صفحات عمود برهم قطبیده می کنند

دو شکستی

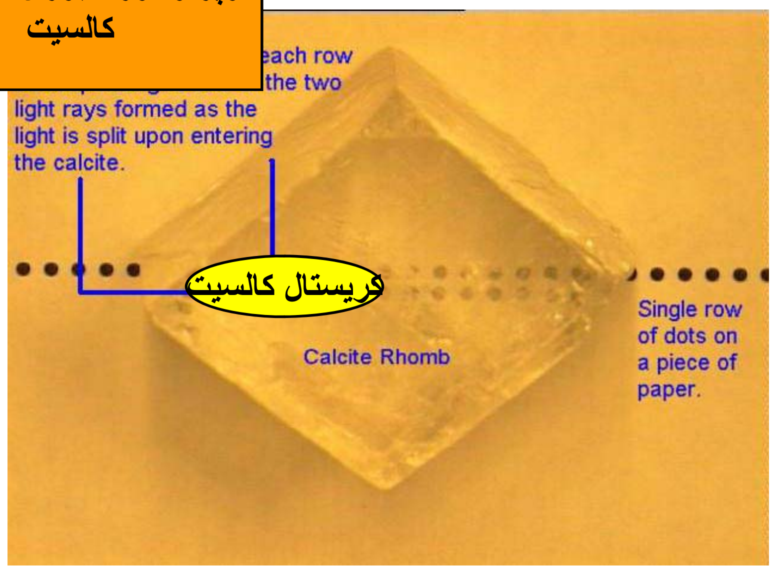
پراکندگی

انعکاس

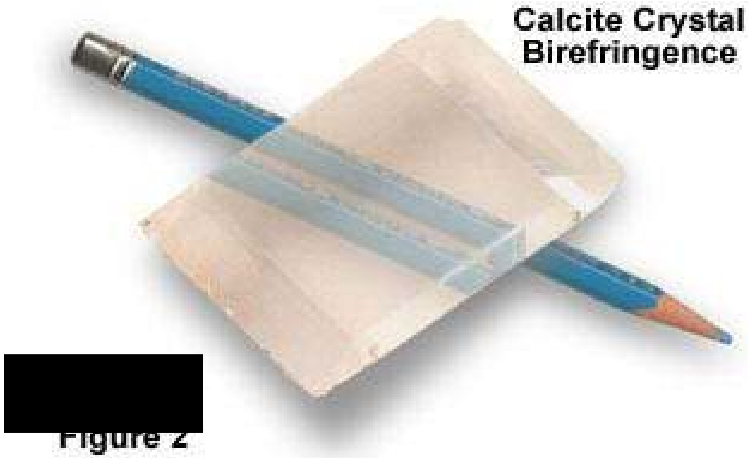
ضریب انعکاس برای نور قطبیده در صفحه تابش تحت زاویه بروستر صفر است و این سبب قطبش خطی نور بازتابیده می شود.
الکترونهادر ماده مانند تابشکر دوقطبی عمل کرده و انرژی درطول محور ارتعاش خود گسیل نمی دارند.

شکست دوگانه(دوشکستی)

دوردیف نقطه مربوط به عبور دوپرتو نور عبوری از کریستال کالسیت

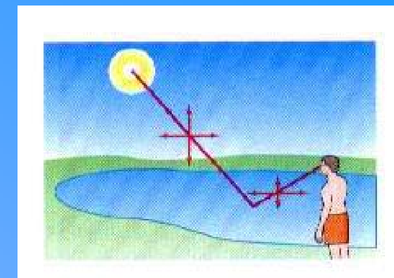


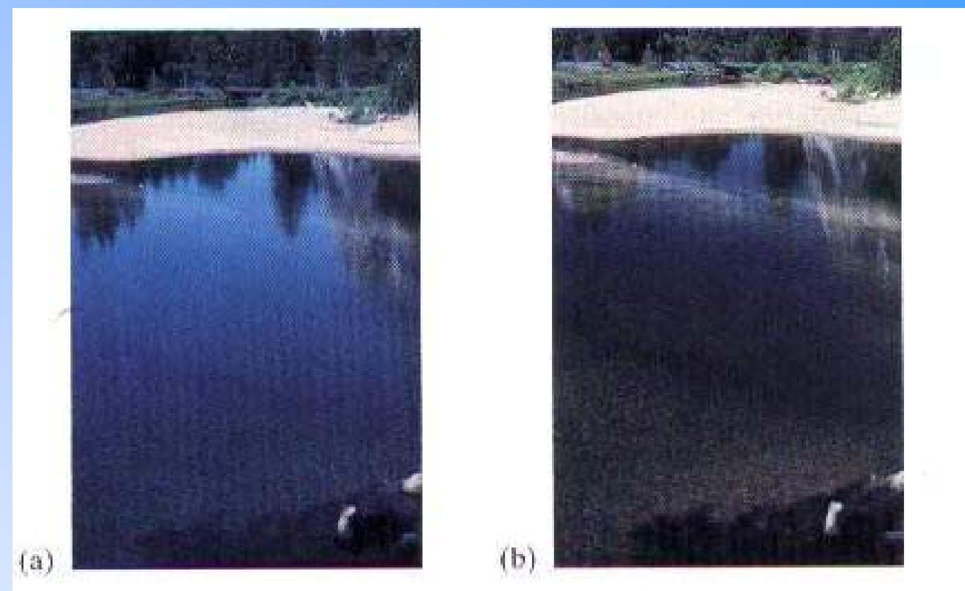
دوشکستی در کریستال کالسیت

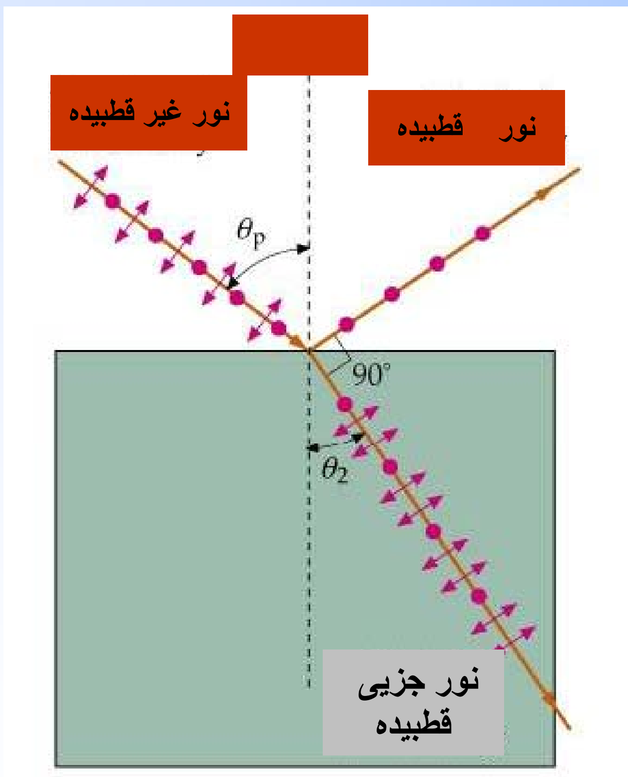


[redacted]

قطبش در اثر بازتاب نور:







قانون بروستر:

$$n_1 \sin\theta_p = n_2 \sin\theta_2$$

$$\theta_2 = 90^o - \theta_p$$

$$n_1 \sin\theta_p = n_2 \cos\theta_p$$

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

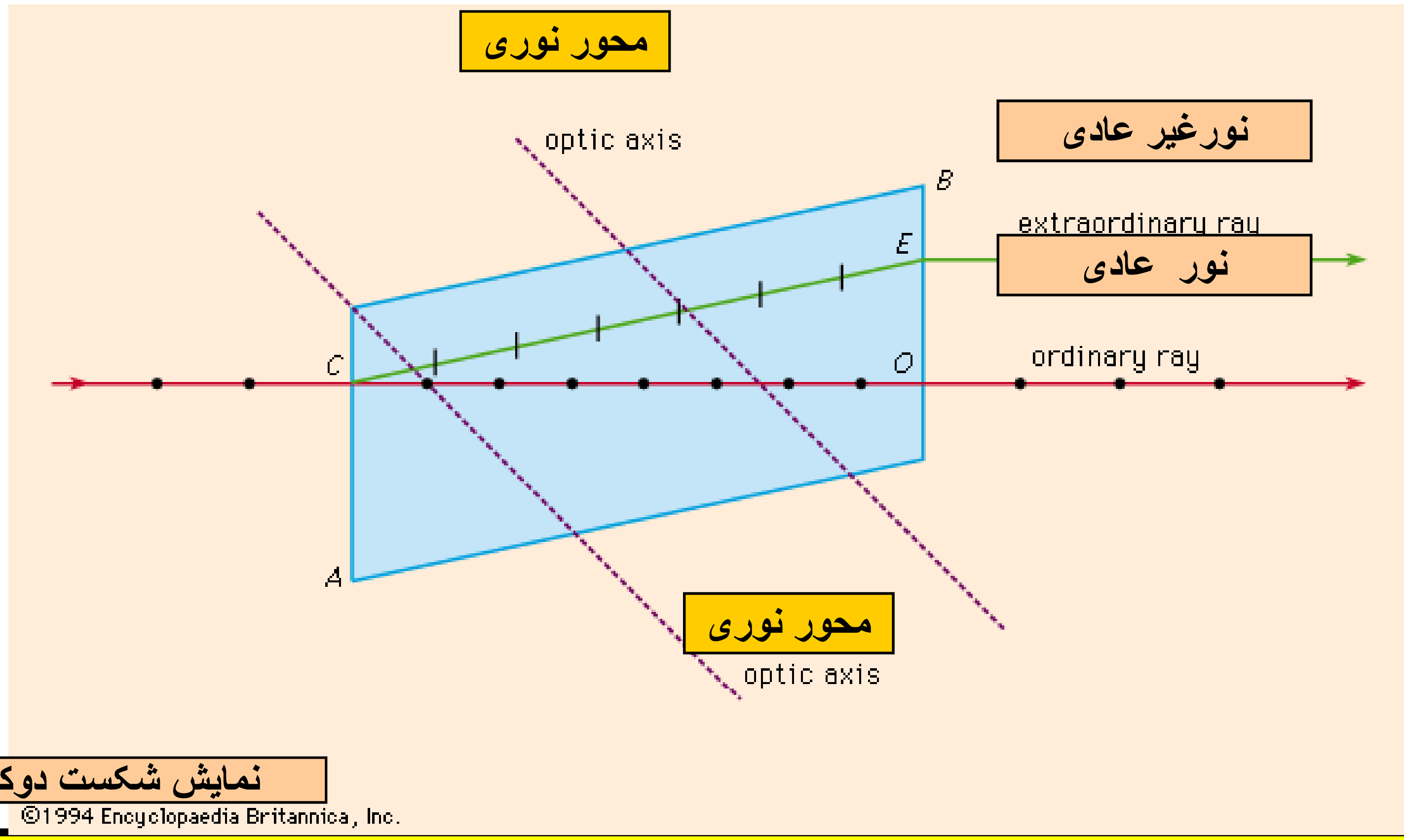
قطبش دو شکشتی : بلور کالسیت

قطبش : صفحات پولاروید

درحالت تعامد قطبنده و آنالیزور هیچ نوری از آنالیزور عبور نمی کند>

برخی از مواد کریستالی در مقابل عبور نوردر جهت های مختلف کریستال از خود ضریب شکست های مختلف از خود نشان می دهند . بعضی ازکریستال ها دارا دوضریب شکست هستند این مواد را دوشکستی می گویند .

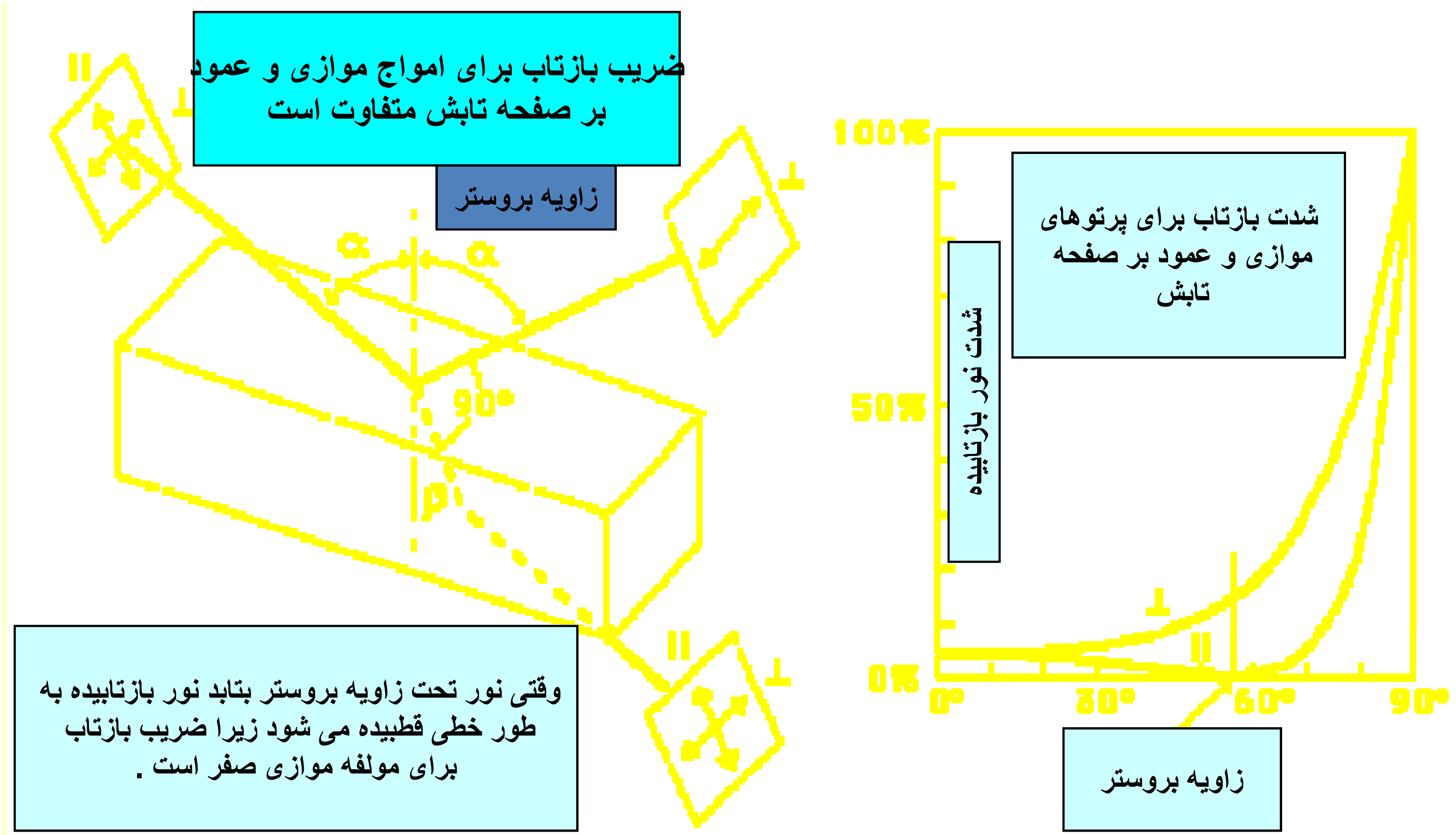
- اگر جهت y و z از نظر نیروهای کریستالی یکسان باشند دراین صورت , محور x منحصر به فرد بوده و به نام محور نوری نامیده می شود .
- انتشار نور در طول محور نوری مستقل از قطبش بوده و اگر میدان الکتریکی نور همه جا عمود بر محور نوری باشد آنرا موج عادی ویا موج o می نامند .پرتو نوری که میدان الکتریکی آن موازی محور نوری باشد آنرا پرتوغیر عادی یا موج E می نامند .

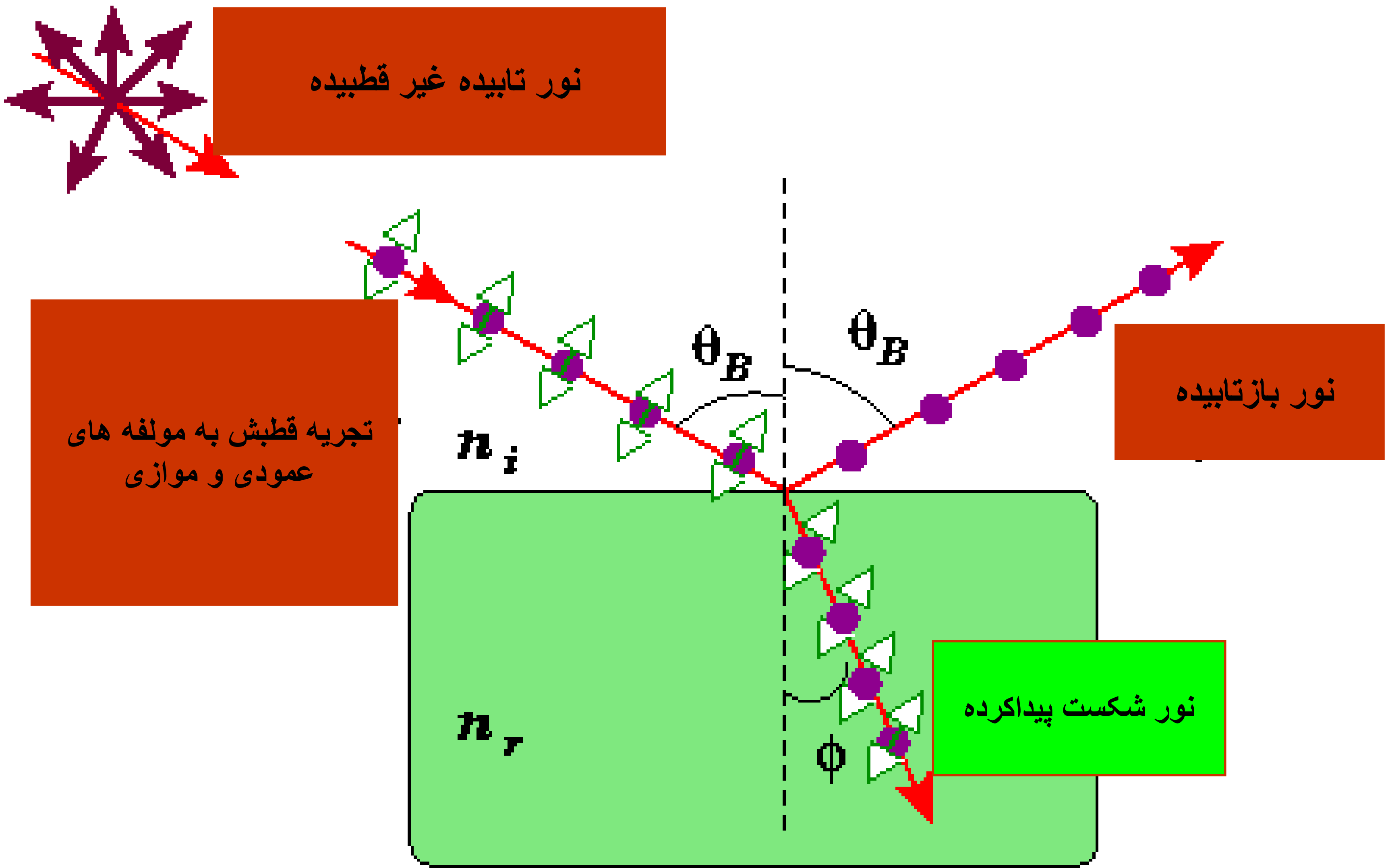


نمایش شکست دوکانه

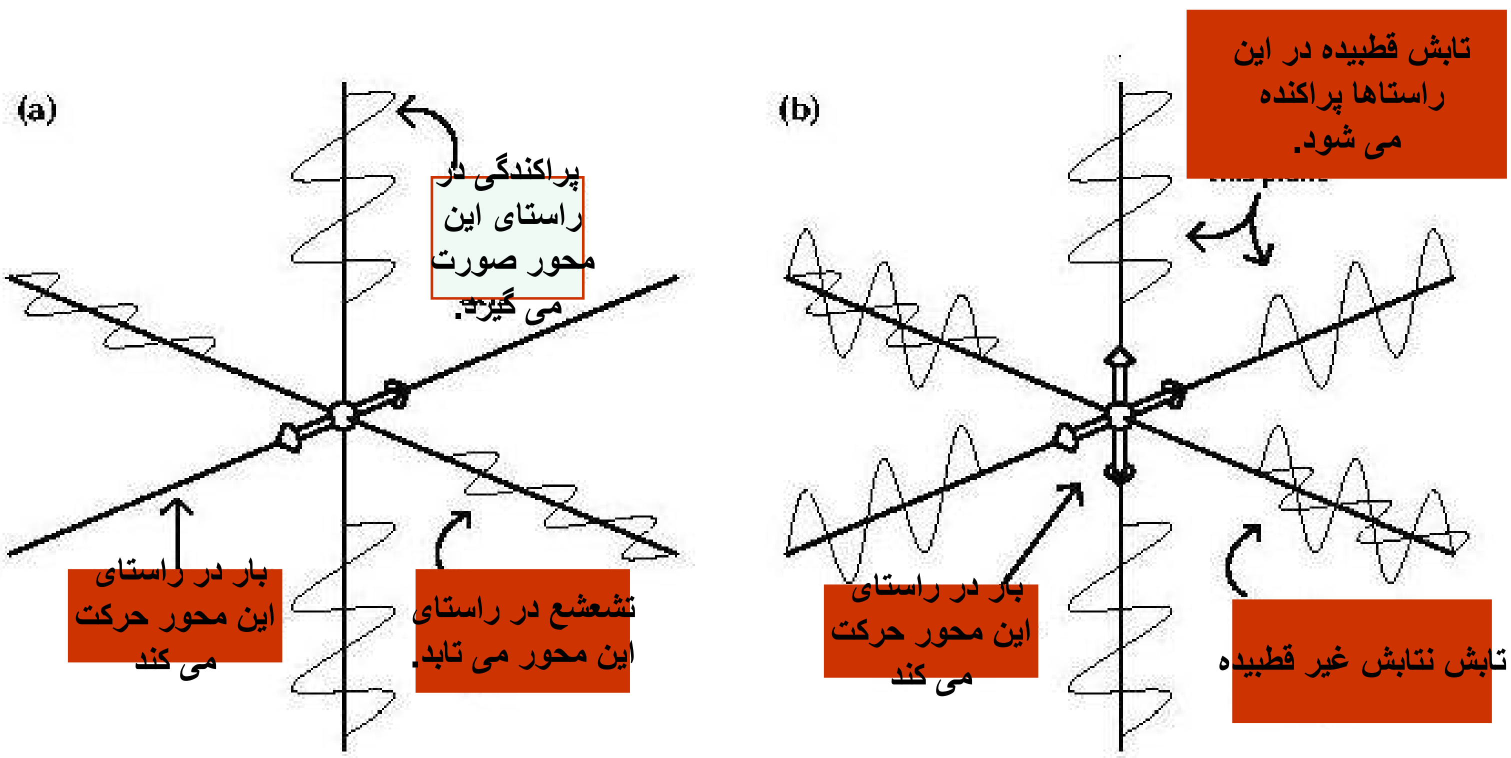
ناهمسانگردی نیروهای بستگی الکترونها در یک ماده می تواند به ناهمسانگردی دامنه نوسان الکزونها در برابر موج الکترومغناطیسی محرک و در نتیجه به ناهمسانگردی جذب نور تابیده شده منجر شود.این مواد خاصیت دو فامی ازخود نشان می دهتد.عدم تقارن ساختار بلوری سبب تغییر سرعت نور در جهت های مختلف بلور می شود.

قطبش در اثر بازتابش



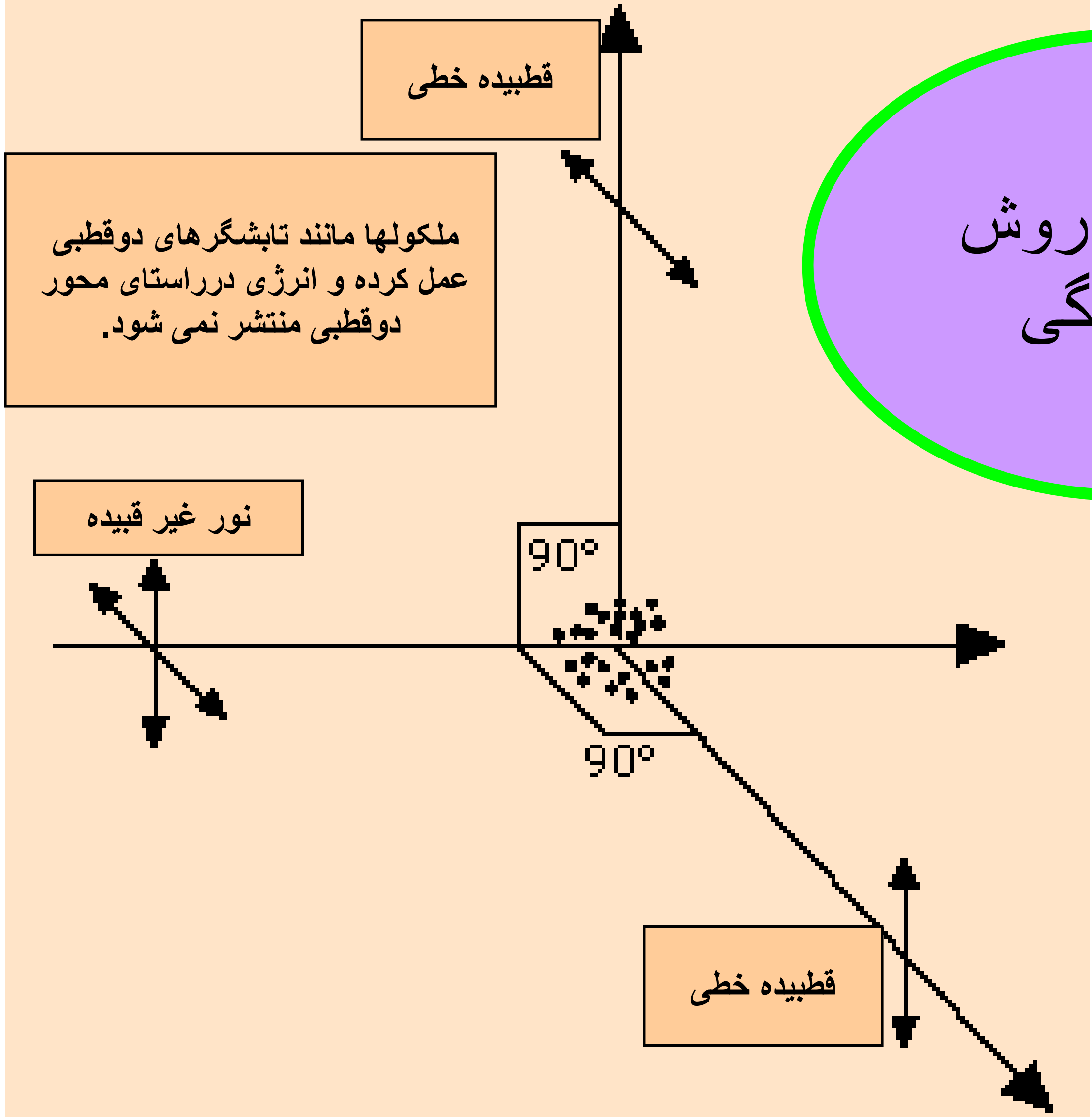

نور تابیده غیر قطبیده
تجریه قطبش به مولفه های عمودی و موازی
نور بازتابیده
نور شکست پیداکرده
θ_B
θ_B
n_i
n_r
ϕ

قطبش در اثر پراکنش

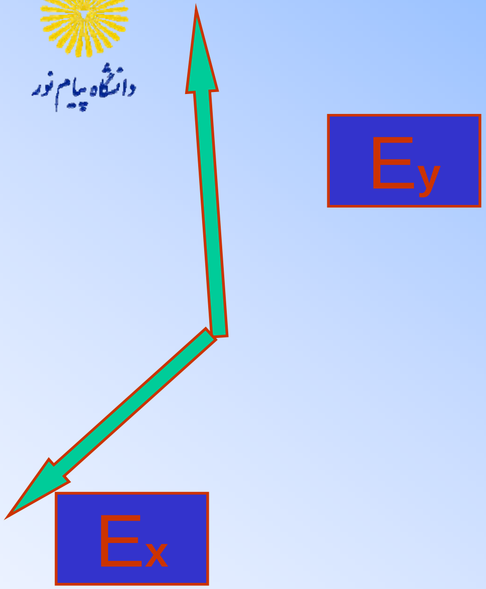


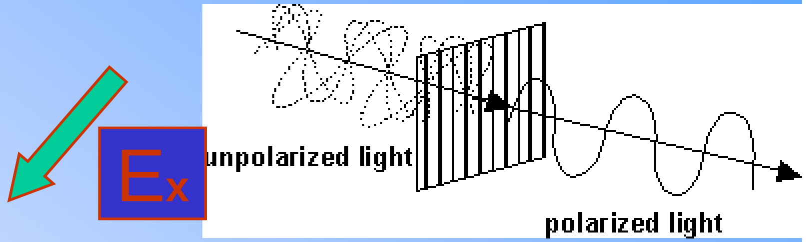
قطبش به روش پراکندگی

ملکولها مانند تابشگرهای دوقطبی عمل کرده و انرژی درراستای محور دوقطبی منتشر نمی شود.



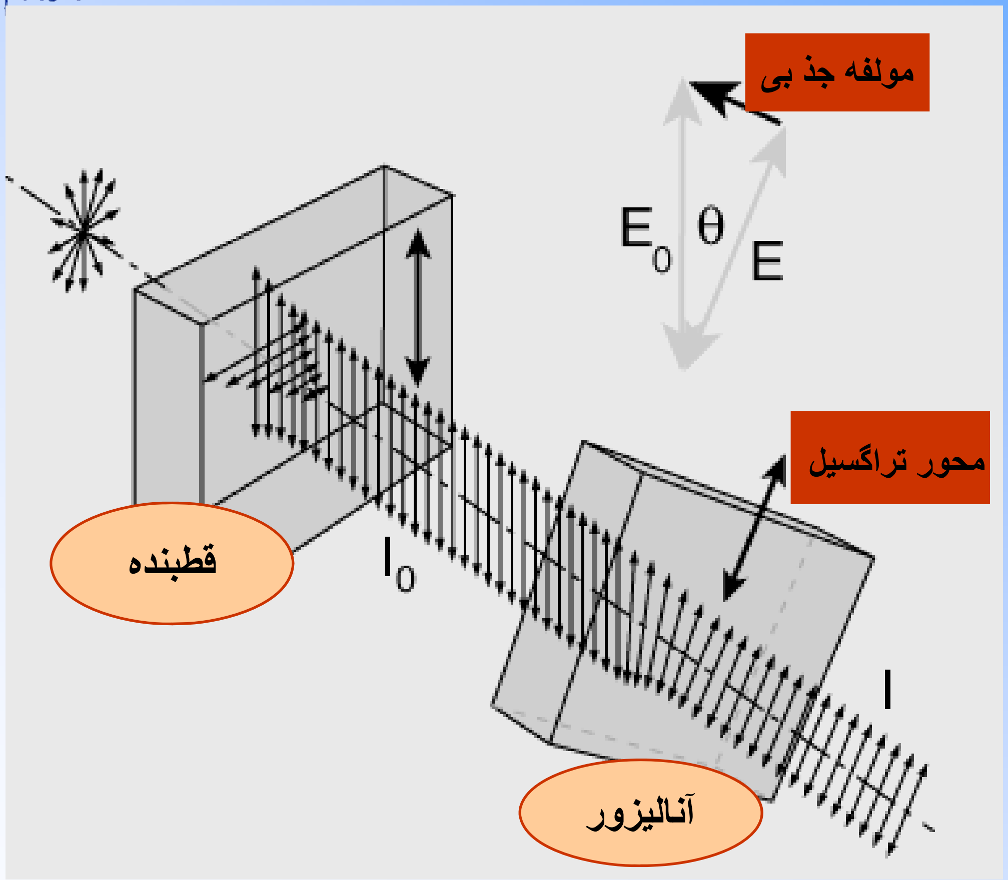
تاثیر یک شبکه سیمی قائم بر میکروموج :





برهم کنش میکروموج سبب می شود که الکترون های آزاد درون سیم به نوسان درآیند .یک الکترون نوسانگر مانند یک چشمه دوقطبی به همه طرف ، جز راستای نوسانش انرژی الکترومغناطیس گسیل می دارد . درنتیجه تابش در راستای عمود بر سیم قطبیده خطی می شود.

قانون مالوس :

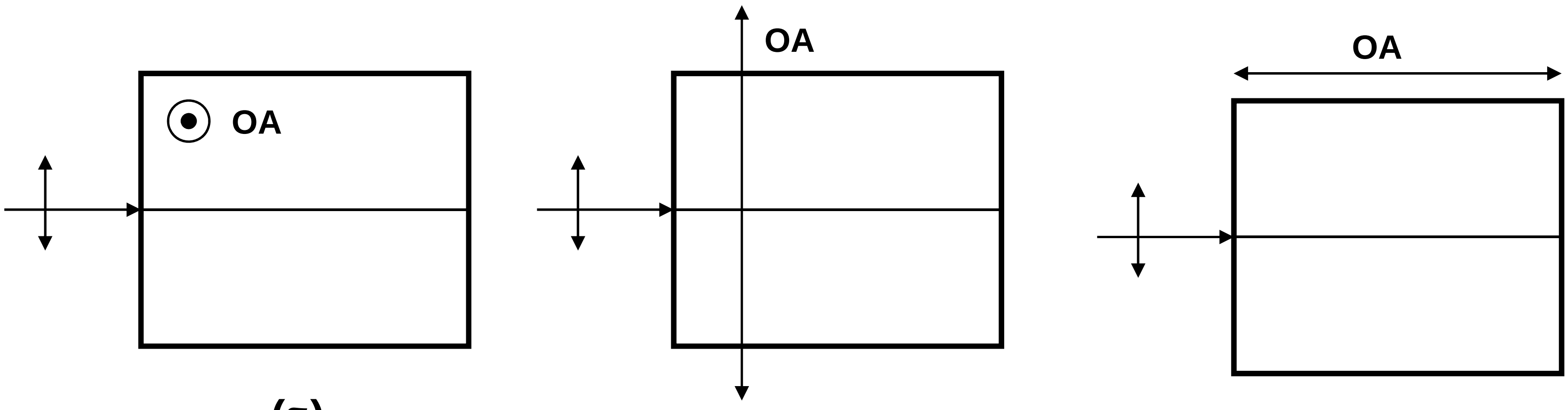


$$E = E_0 \cos\theta$$

$$I = I_0 \cos^2\theta$$

تیغه ربع موج و نیم موج:

بابریدن و صیقل کاری بلورهای دو شکستی می توانیم که عنصرهای قطبنده ای بسازیم که محور اپتیکی شان نسبت به نور فرودی سمتگیری معینی داشته باشند. مثال شکل زیر توجه کنید:



الف — هر دو مولفه عمود بر محور نوری بوده و با سرعت یکسان منتشرمی شوند.

ب و ج- محور اپتیکی بریک مولفه عمود و با دیگری موازی است اگر ضخامت بلور باشد اختلاف راه اپتیکی برابر است با

$$\Delta = |n_{\perp} - n_{\Uparrow}| d$$

تیغه ربع موج و نیم موج:

اختلاف فاز مولفه ها:

$$\Delta\varphi = 2\pi\left[\frac{\Delta}{\lambda_\circ}\right] = \left[\frac{2\pi}{\lambda_\circ}\right]\left|n_{vertical} - n_{par}\right|d$$

تیغه ربع موج :

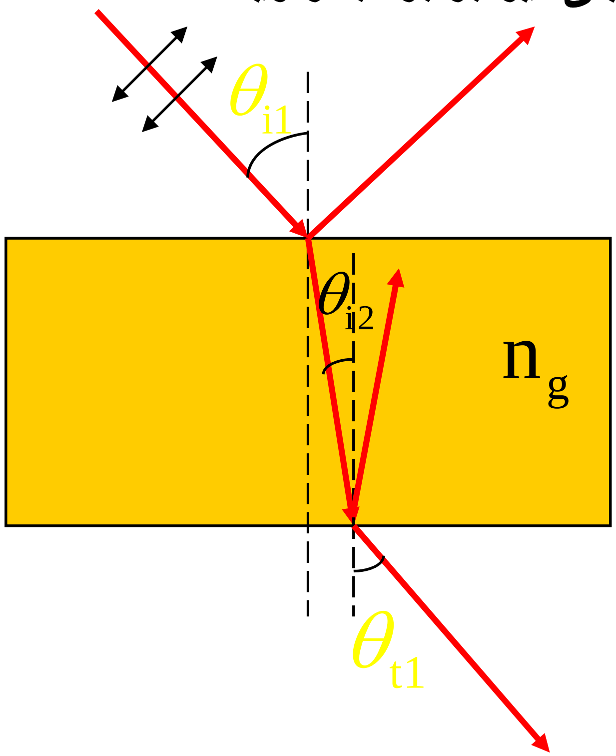
$$\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$$

تیغه نیم موج :

$$\Delta\varphi = \pi$$

مثال:

یک تیغه شیشه ای را به صورت غوطه وردر آب در نظر بگیرید . نشان دهید که بخشی از باریکه نور طبیعی که با زاویه قطبش بروستر بر سطح بالایی تیغه فرود می آید به گونه ای وارد تیغه می شود که زاویه تابش آن با سطح پایینی نیز برابر با زاویه قطبش است :



$$n_w \sin\theta_p = n_g \sin\theta_{t1} = n_g \sin\theta_{i2}$$

$$\Rightarrow \sin\theta_{i2} = \frac{n_w}{n_g}\sin\theta p \qquad (1)$$

$$\tan\theta_p = \frac{n_g}{n_w} \qquad (2)$$

$$\Rightarrow \quad \sin\theta_{i2} = \cos\theta_p \qquad (3)$$

$$\theta_{i2} + \theta_p = 90$$

$$\tan\theta_{i2} = \frac{1}{\tan\theta_p} = \frac{n_w}{n_g} \qquad \Rightarrow \theta_{i2} = \theta'_p$$

یک سوال؟

نور غیر قطبیده از سه فیلتر پولاروید عبور می کند که محور تراگسیل هریک با محور قبلی زاویه 45 درجه می سازد .چه مقدار نور عبور می کند؟

الف- 0%

ب- 12.5%

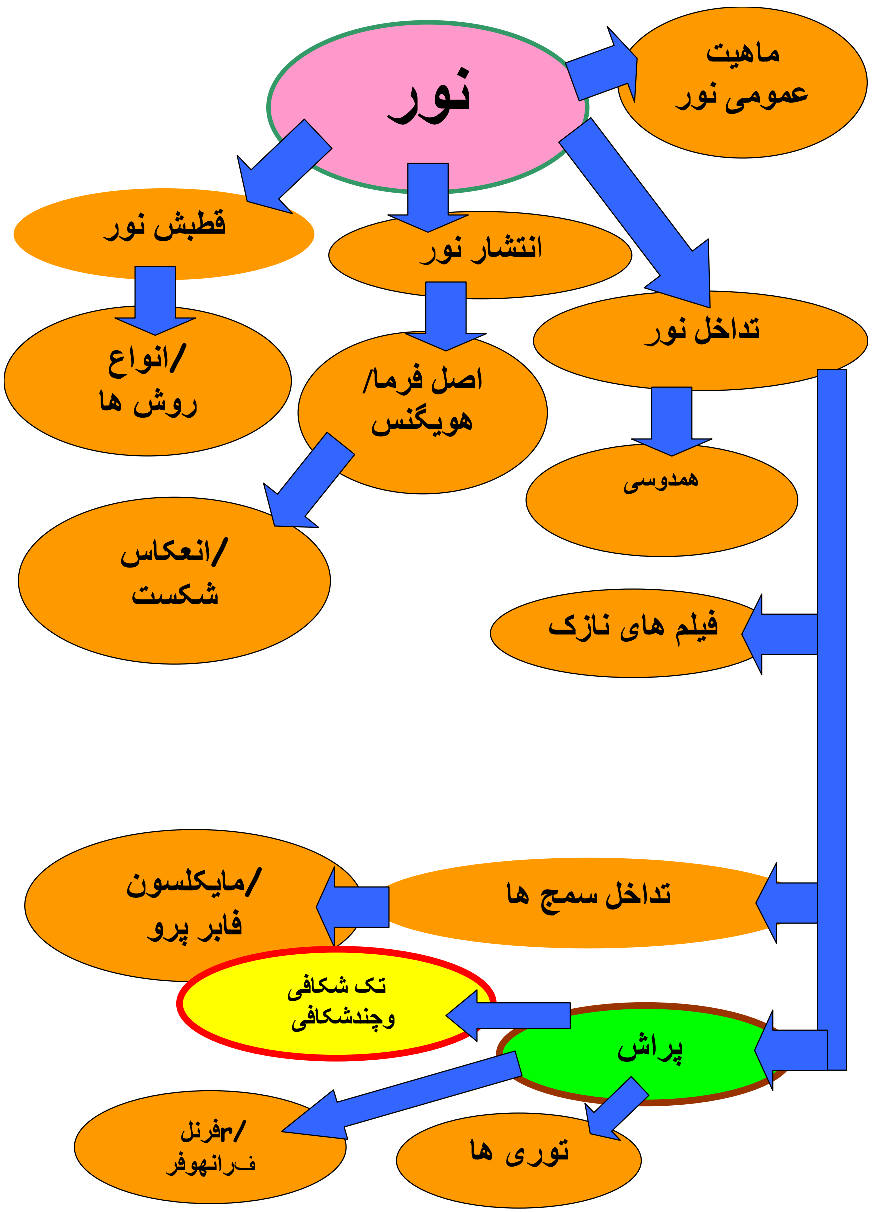
ج- 25%

د- 50%

ه- 33%

الف- سه روش برای ایجاد نور قطبیده از نور غیر قطبیده ذکر کنید؟

ب- نور غیر قطبیده از سه ورقه پولاروید عبورمی کند. محور اولی قائم است . محور دومی زاویه 30 درجه با قائم می سازد و محور سومی هم قائم است . چه کسری از نور عبور می کند؟



نور
ماهیت
عمومی نور
قطبش نور
انتشار نور
تداخل نور
انواع/
روش ها
اصل فرما/
هویگنس
همدوسی
انعکاس/
شکست
فیلم های نازک
مایکلسون/
فابر پرو
تداخل سمج ها
تک شکافی
وچندشکافی
پراش
فرنل/r
فـرانهوفر
توری ها

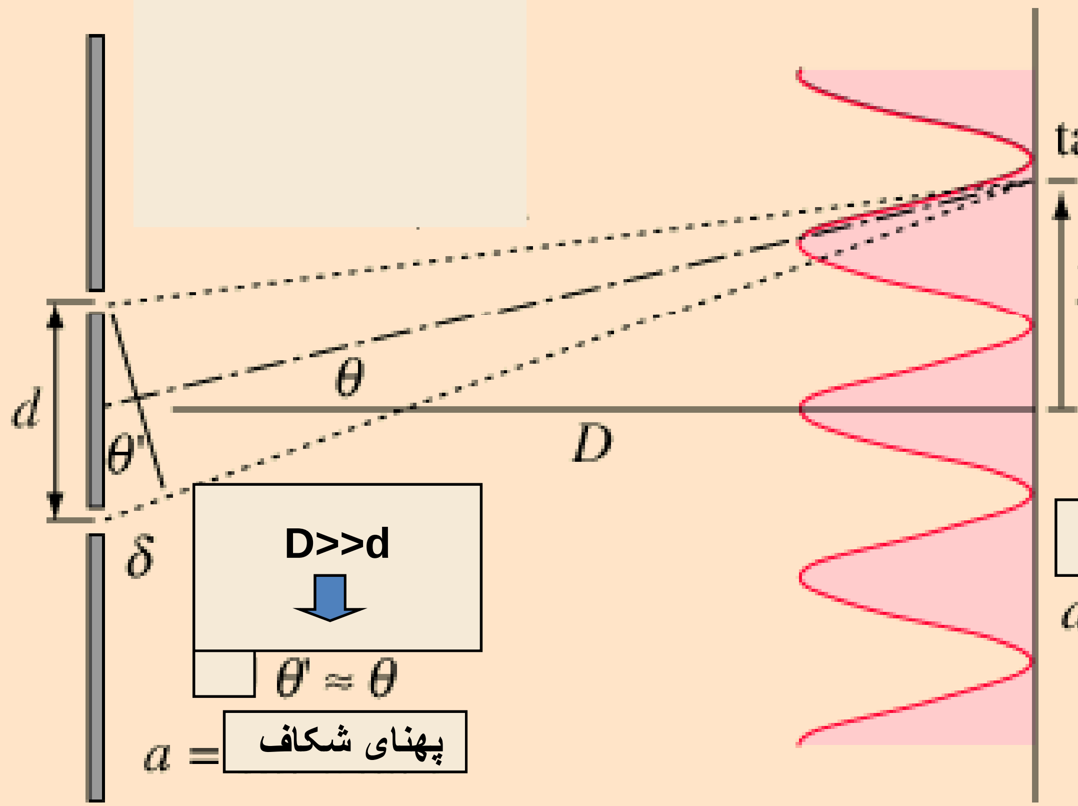
یادآوری

تداخل دوشکافی یا نگ

$$\tan\theta = \frac{y}{D}$$

شرط پرده در فاصله دور

$$\tan\theta \approx \sin\theta \approx \theta \approx \frac{y}{D}$$



D>>d

$\theta' \approx \theta$

$a =$ پهنای شکاف

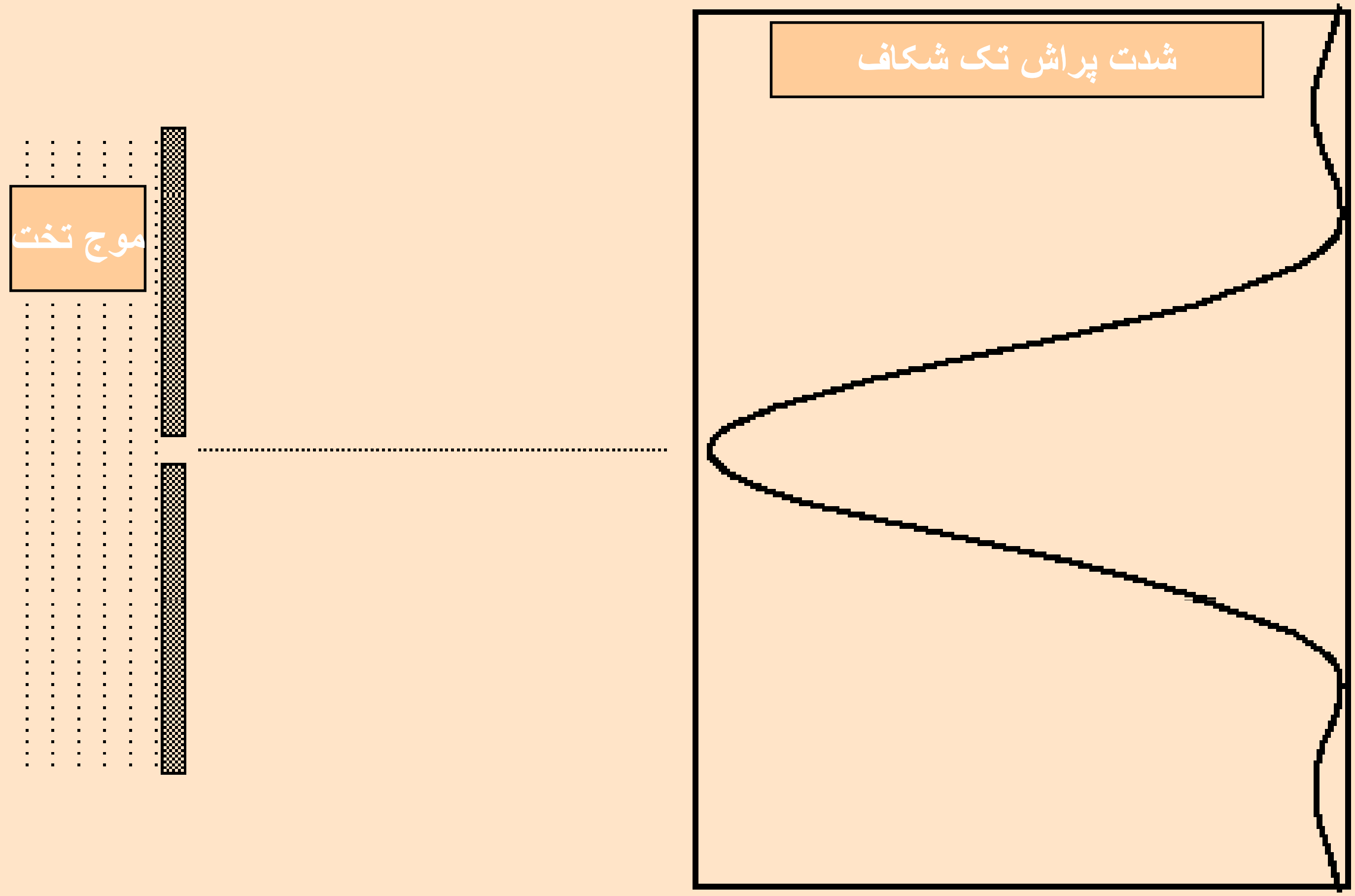
شرط تشکیل نوار روشن

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

$$y \approx \frac{m\lambda D}{d}$$

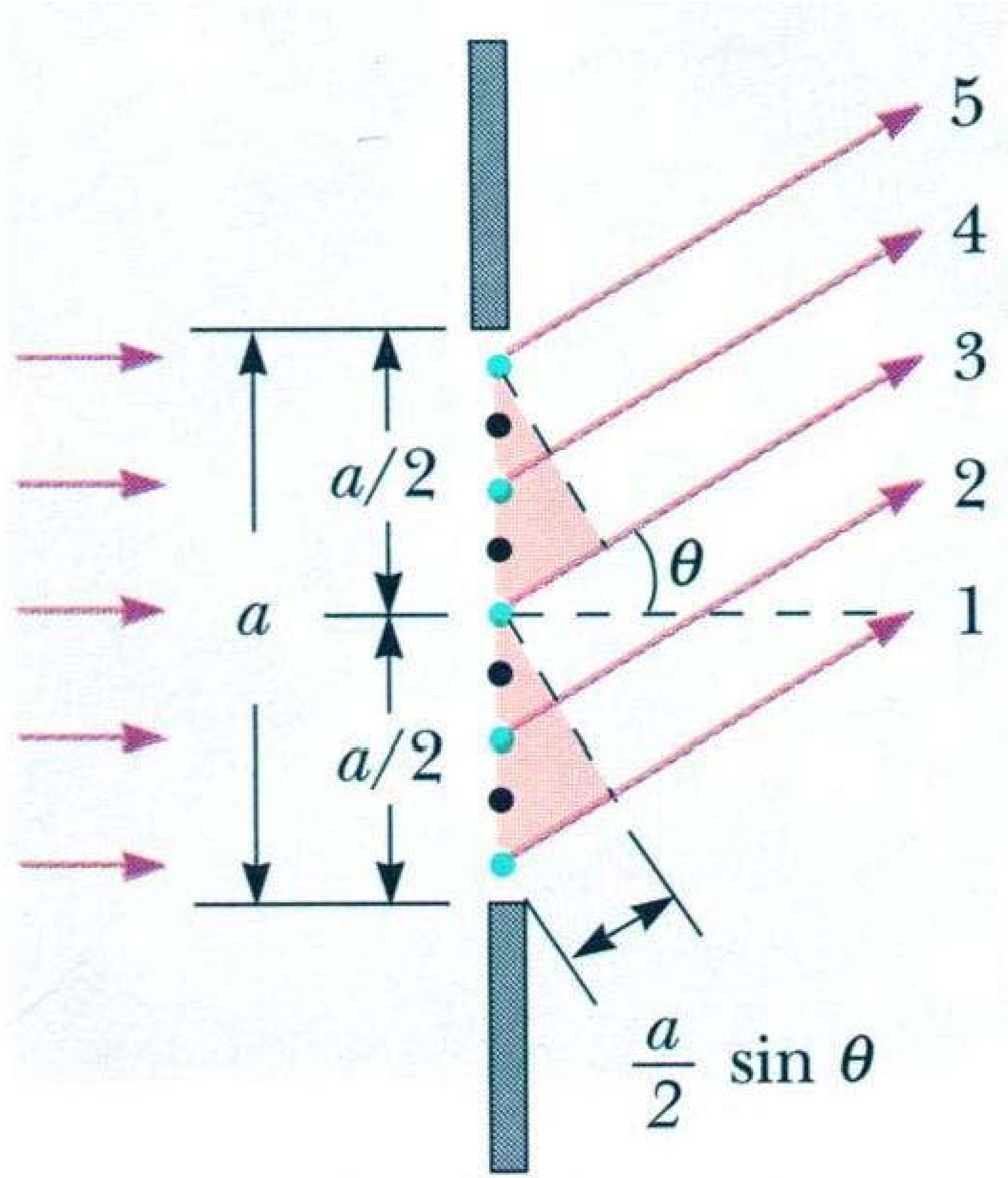
دانشگاه پیام نور

پراش تک شکافی



پراش تک شکاف

برای فهم پراش تک شکا فرض می کنیم که جبهه های موج مانند چشمه های نوربا فاز مساوی شکاف را ترک می کنند و امواجی که بدون انحراف به پرده تصویر می رسند با همدیگر تداخل سازنده می نمایند.



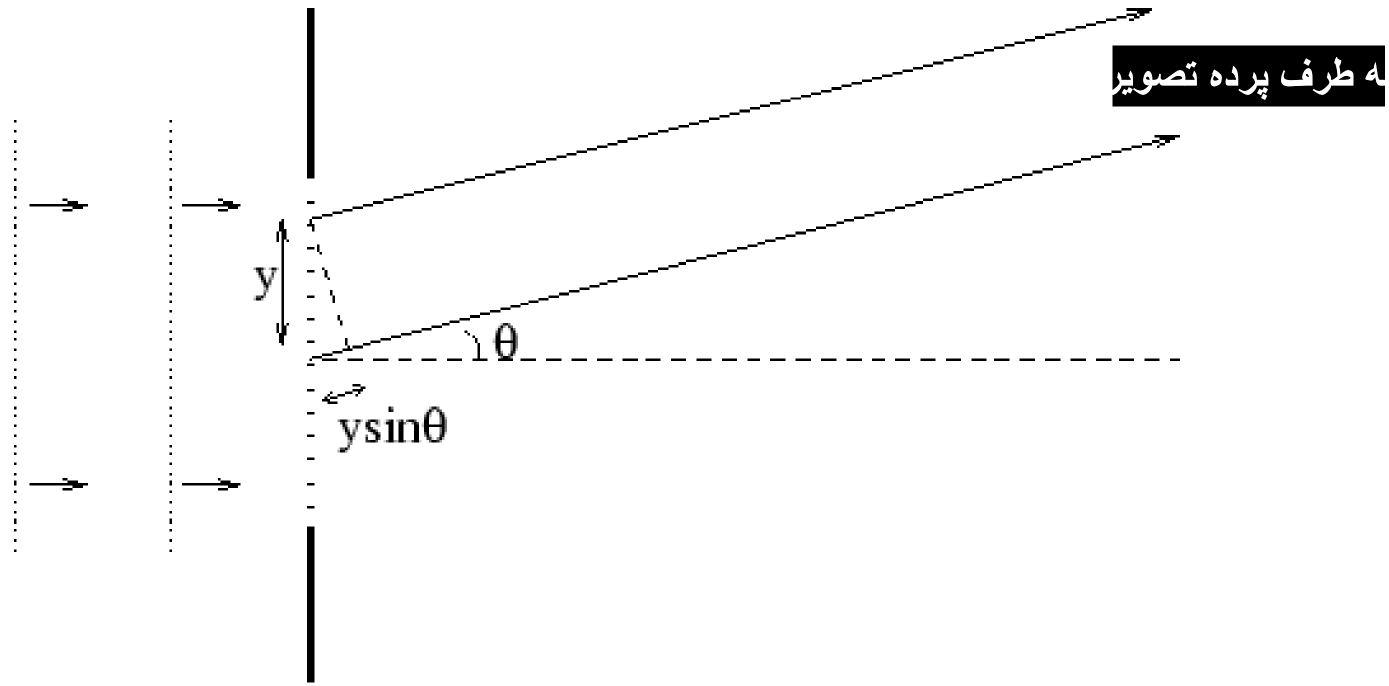
شرط تداخل سازنده:

$$\frac{a}{2}\sin\theta = m\frac{\lambda}{2}$$

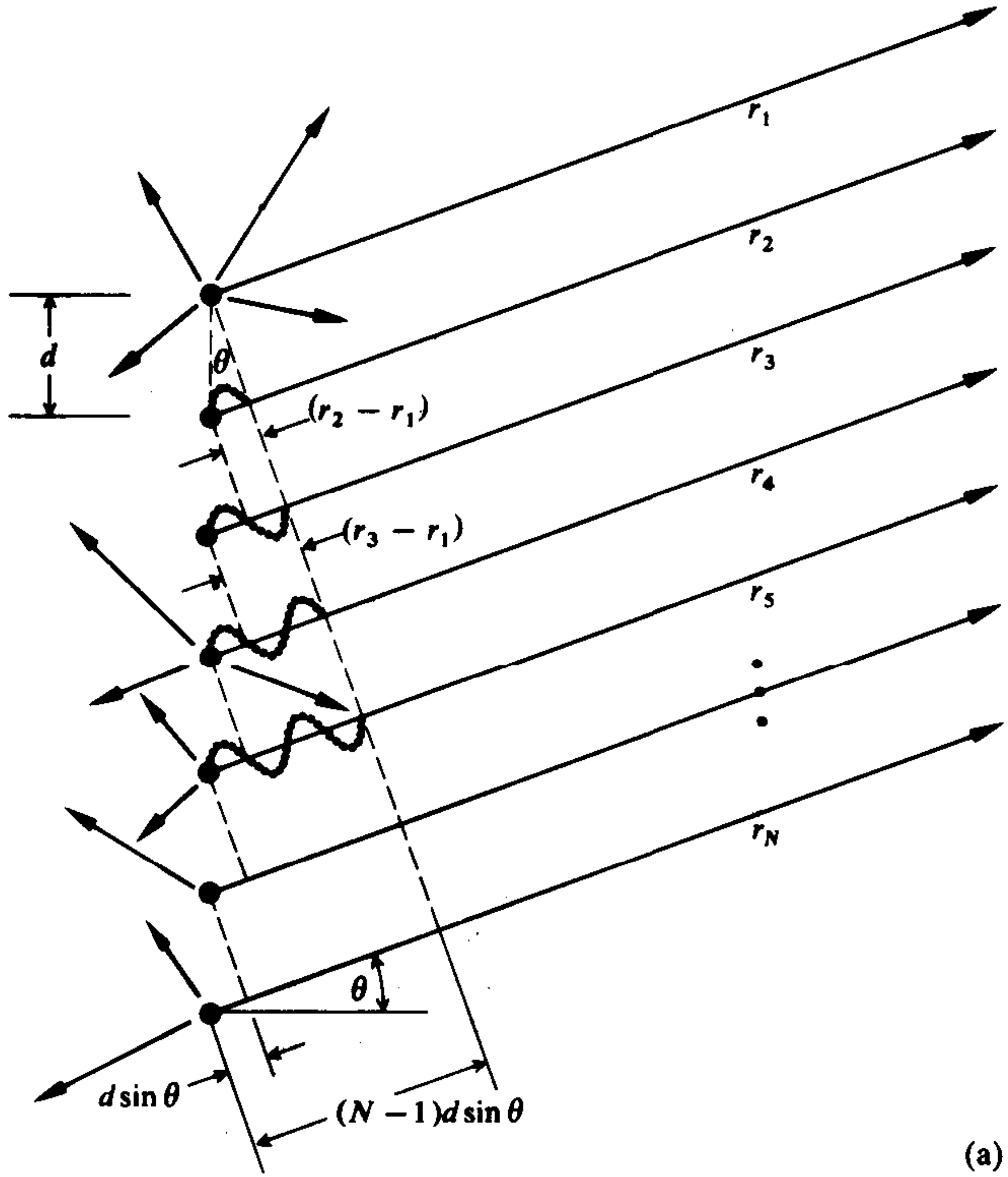
$$a\sin\theta = m\lambda$$

m=1,2,3, …

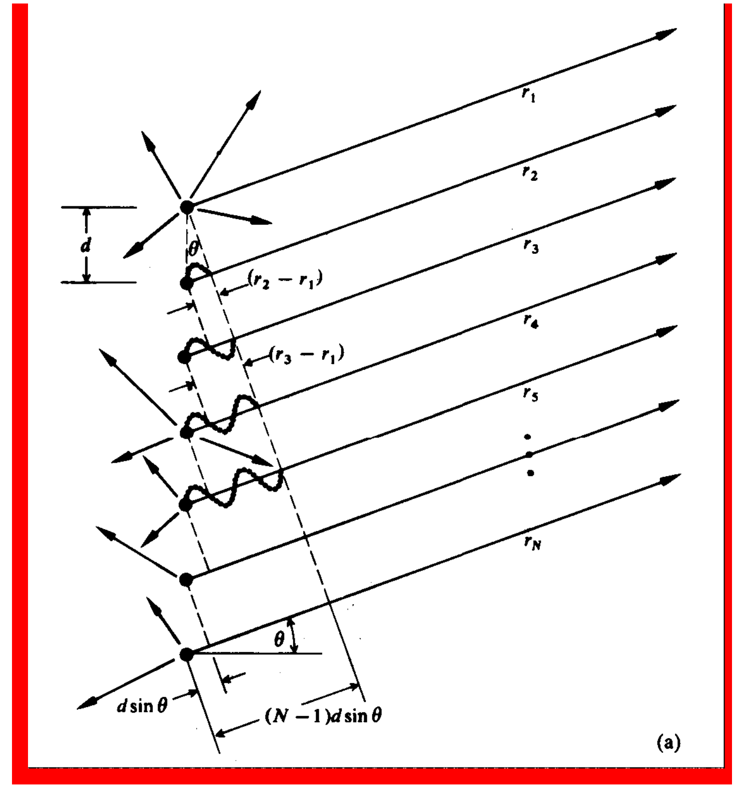
شدت : پراش تک شکاف



اکنون ، آرایه ای از N نوسانگر را در نظر بگیرید:



r1
r2
r3
r4
r5
rN
d
θ
(r2 − r1)
(r3 − r1)
θ
d sin θ
(N − 1)d sin θ
(a)



برای یک نوسانگر

$$E = E_0(r)e^{i(kr-\omega t)}$$

برای N نوسانگر:

$$E = E_0(r)e^{i(kr_1-\omega t)} + E_0(r)e^{i(kr_2-\omega t)} + \cdots + E_0(r)e^{i(kr_N-\omega t)}$$

$$E = E_0(r)e^{-i\omega t}e^{ikr_1}\left[1 + e^{ik(r_2-r_1)} + e^{ik(r_3-r_1)} + \cdots e^{ik(r_N-r_1)}\right]$$

بین چشمه های مجاور:

$$PD = d\sin\theta \Rightarrow \delta = kd\sin\theta = \frac{2\pi}{\lambda}d\sin\theta$$

$$E = E_0(r)e^{-i\omega t}e^{ikr_1}\left[1+e^{ik(r_2-r_1)}+e^{ik(r_3-r_1)}+\cdots e^{ik(r_N-r_1)}\right]$$

$$\delta = k(r_2 - r_1)$$

$$2\delta = k(r_3 - r_1),\ldots$$

$$E = E_0(r)e^{-i\omega t}e^{ikr_1}\left[1+e^{i\delta}+e^{i2\delta}+\cdots e^{i(N-1)\delta}\right]$$

$$E = E_0(r)e^{-i\omega t}e^{ikr_1}\left[1+\left(e^{i\delta}\right)+\left(e^{i\delta}\right)^2+\cdots\left(e^{i\delta}\right)^{N-1}\right]$$

مقدار داخل کروشه برابر است با:

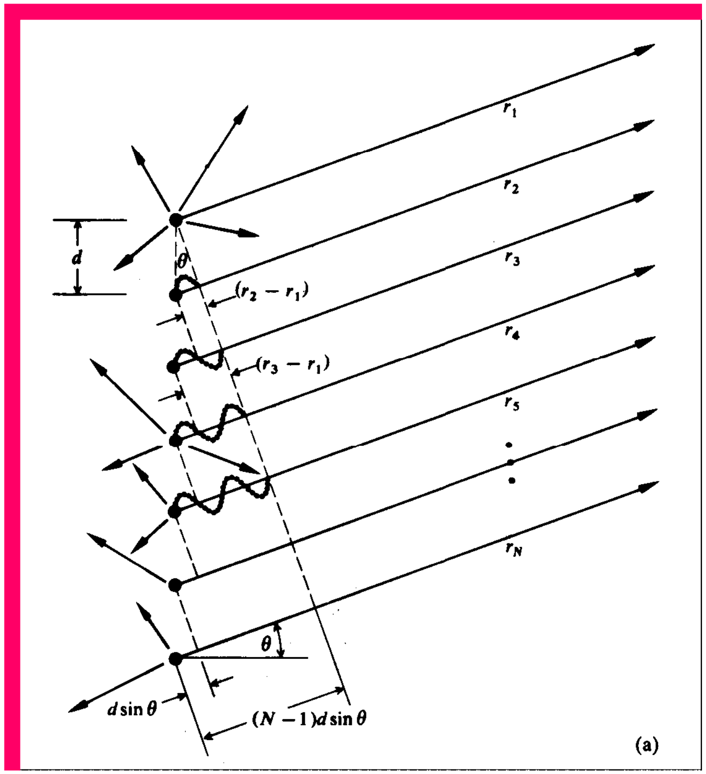
$$\frac{e^{i\delta N}-1}{e^{i\delta}-1} = \frac{e^{iN\delta/2}\left[e^{iN\delta/2}-e^{-iN\delta/2}\right]}{e^{i\delta/2}\left[e^{i\delta/2}-e^{-i\delta/2}\right]}$$

$$= e^{i(N-1)\delta/2}\left[\frac{\sin N\delta/2}{\sin\delta/2}\right]$$

$$E = E_0(r)e^{-i\omega t}e^{i[kr_1+(N-1)\delta/2]}\left(\frac{\sin N\delta/2}{\sin\delta/2}\right)$$

$$R = \frac{1}{2}(N-1)d\sin\theta + r_1$$

$$E = E_0(r)e^{i(kR-\omega t)}\left(\frac{\sin N\delta/2}{\sin\delta/2}\right)$$



$$E = E_0(r)e^{i(kR-\omega t)}\left(\frac{\sin N\delta/2}{\sin\delta/2}\right)$$

$$I = EE^*/2$$

$$I = I_0\frac{\sin^2(N\delta/2)}{\sin^2(\delta/2)}$$

$$\boxed{I = I_0 \frac{\sin^2(N\delta/2)}{\sin^2(\delta/2)}}$$

$$N = 0 \Rightarrow I = 0$$

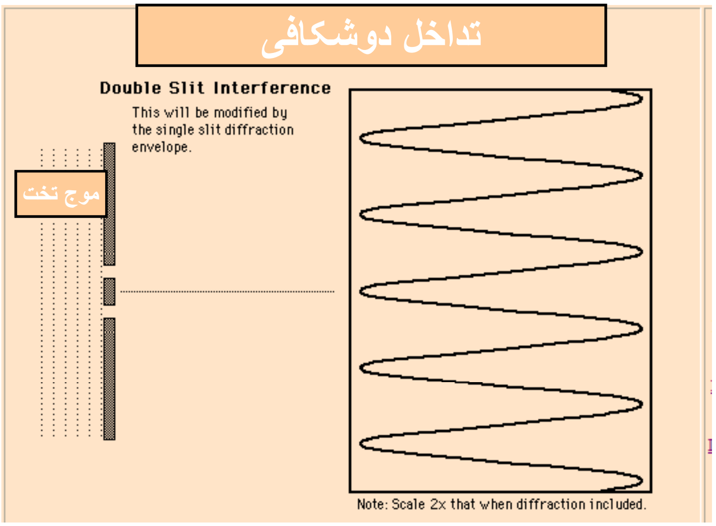
$$N = 1 \Rightarrow I = I_0$$

$$I = I_0 \frac{\sin^2(N\delta/2)}{\sin^2(\delta/2)}$$

$$N = 2$$

$$I = I_0 \frac{\sin^2(\delta)}{\sin^2(\delta/2)} = I_0 \frac{4\sin^2(\delta/2)\cos^2(\delta/2)}{\sin^2(\delta/2)}$$

$$I = 4I_0 \cos^2(\delta/2)$$



پراش تک شکاف

$$I = I_0 \frac{\sin^2(N\delta/2)}{\sin^2(\delta/2)}$$

$$\beta = \delta/2 = (\pi/\lambda)d\sin\theta$$

$$I = I_0 \frac{\sin^2(N\beta)}{\sin^2(\beta)} = I_0 \frac{\sin^2((\pi/\lambda)Nd\sin\theta)}{\sin^2((\pi/\lambda)d\sin\theta)}$$

$$N \to \infty$$

$Nd \to a$ عرض شکاف

$$d \to a/N$$

$$\alpha = (\pi/\lambda)a\sin\theta$$

$$I \propto \frac{\sin^2\left((\pi/\lambda)Nd\sin\theta\right)}{\sin^2\left((\pi/\lambda)d\sin\theta\right)}$$

$$I \propto \frac{\sin^2\left((\pi/\lambda)a\sin\theta\right)}{\sin^2\left((\pi/N\lambda)a\sin\theta\right)}$$

$$I \propto \frac{\sin^2\alpha}{\sin^2(\alpha/N)}$$

$$\sin^2\frac{\alpha}{N} \to \left(\frac{\alpha}{N}\right)^2$$

$$I \propto \frac{\sin^2\alpha}{\alpha^2} \quad \text{with} \quad \alpha = \frac{\pi}{\lambda}a\sin\theta$$

مانند سابق ، شرط داشتن کمینه پراش :

$$a \sin \theta = m\lambda$$

برای پراش تک شکاف :

$$I = I_0 \frac{\sin^2 \alpha}{\alpha^2} \quad \text{where} \quad \alpha = \frac{\pi}{\lambda} a \sin\theta$$

برای تداخل N شکاف

$$I = I_0 \frac{\sin^2 N\beta}{\sin^2 \beta} \quad \text{where} \quad \beta = \frac{\pi}{\lambda} d \sin\theta$$

برای تداخل N شکاف:

$$I = I_0 \frac{\sin^2 N\beta}{\sin^2 \beta} \Longrightarrow \beta = \frac{\pi}{\lambda} d \sin\theta$$

برای پراش تک شکاف :

$$I = I_0 \frac{\sin^2 \alpha}{\alpha^2} \Longrightarrow \alpha = \frac{\pi}{\lambda} a \sin\theta$$

توجه کنید که I شدت تابش است در :

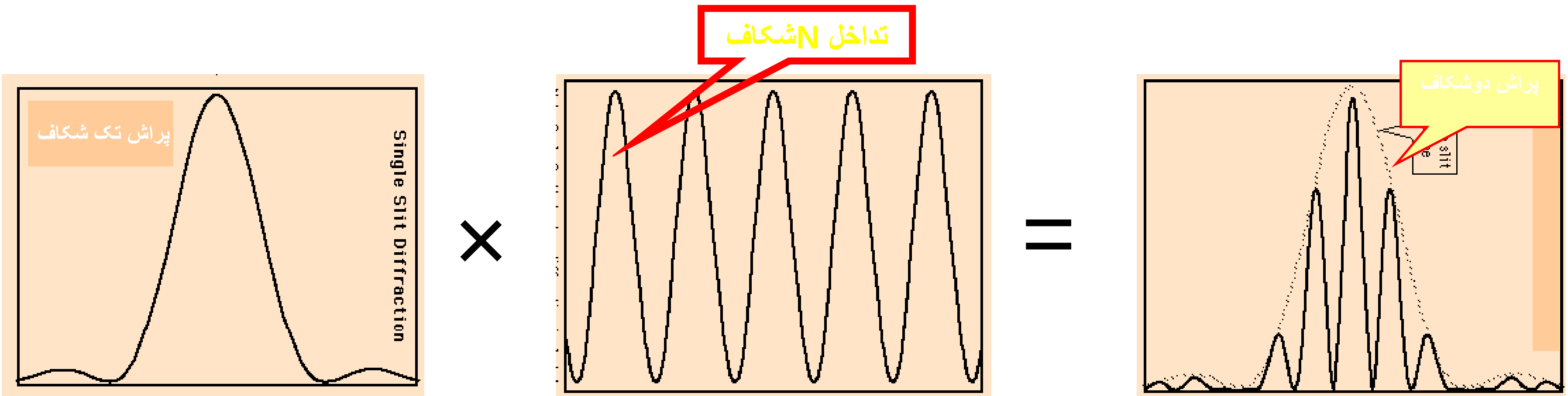
$$\text{at } \theta = 0 = \beta = \alpha :$$

$$I(0) = N^2 I_0$$

ازترکیب این دو:

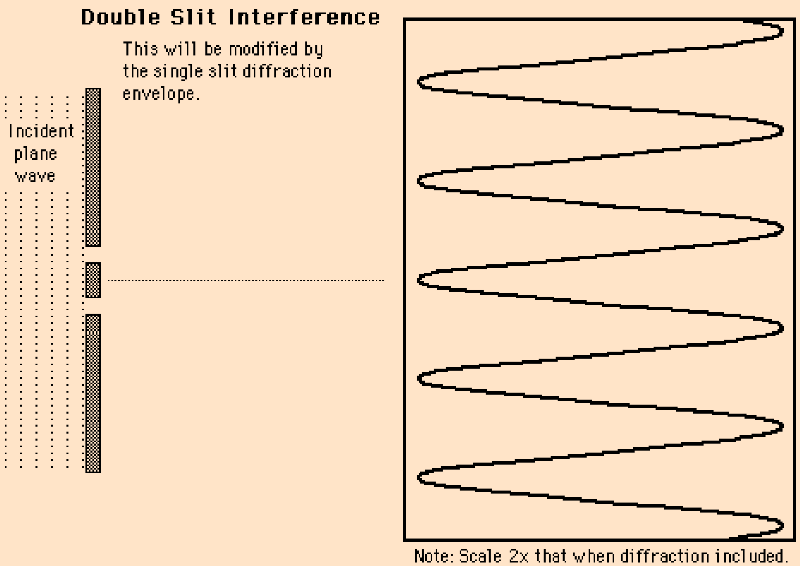
$$I = I_0 \frac{\sin^2 \alpha}{\alpha^2} \times \frac{\sin^2 N\beta}{\sin^2 \beta}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{\lambda} a \sin\theta \quad \text{و} \quad \beta = \frac{\pi}{\lambda} d \sin\theta$$

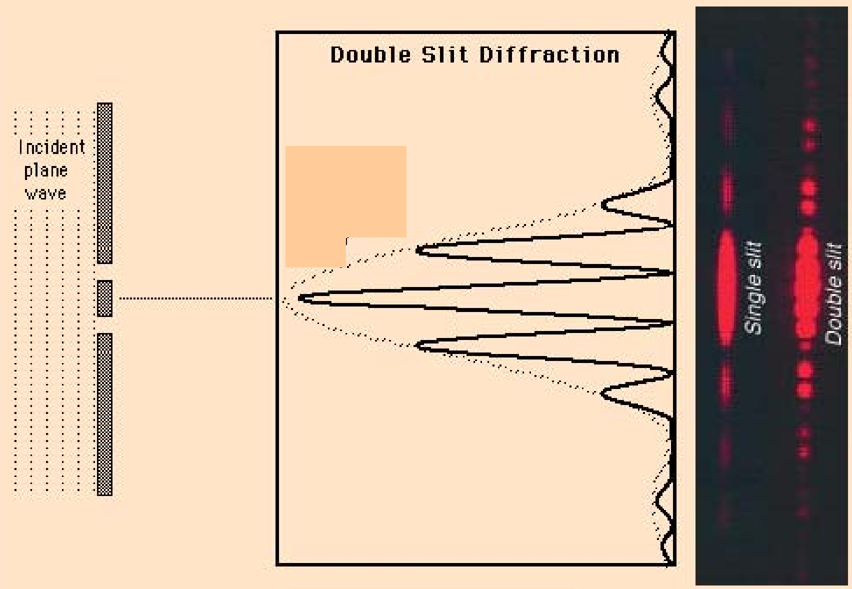


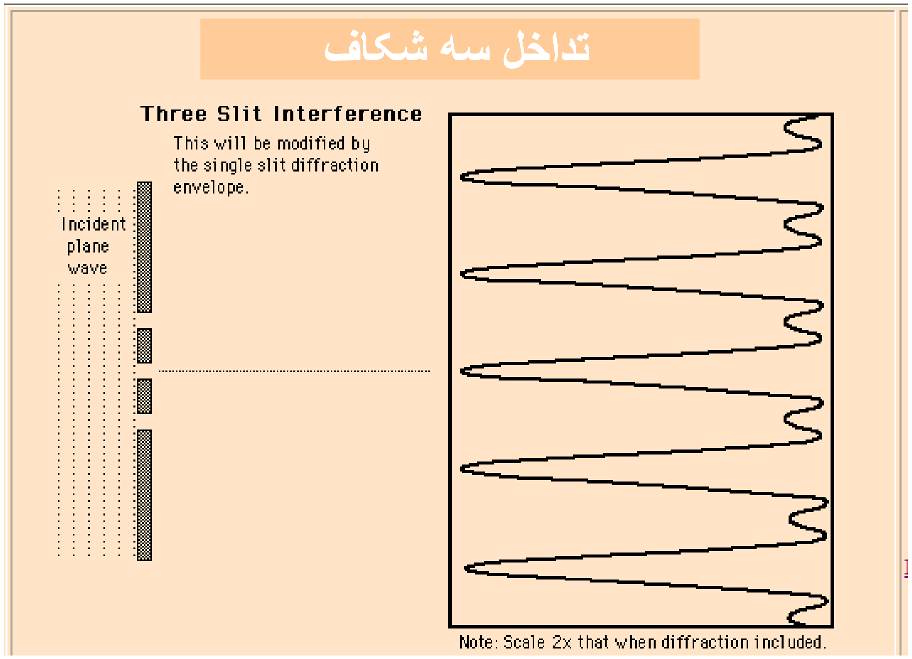
چون سومین پیک تداخل روی اولین پیک پراش قرار می گیرد: $d = 3a$

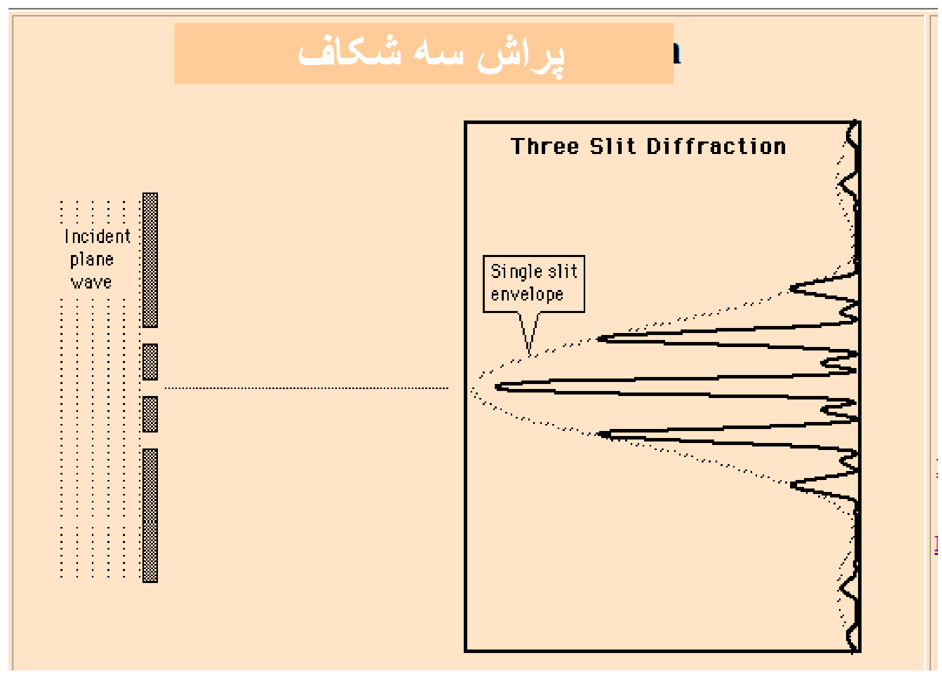
تداخل دوشکاف



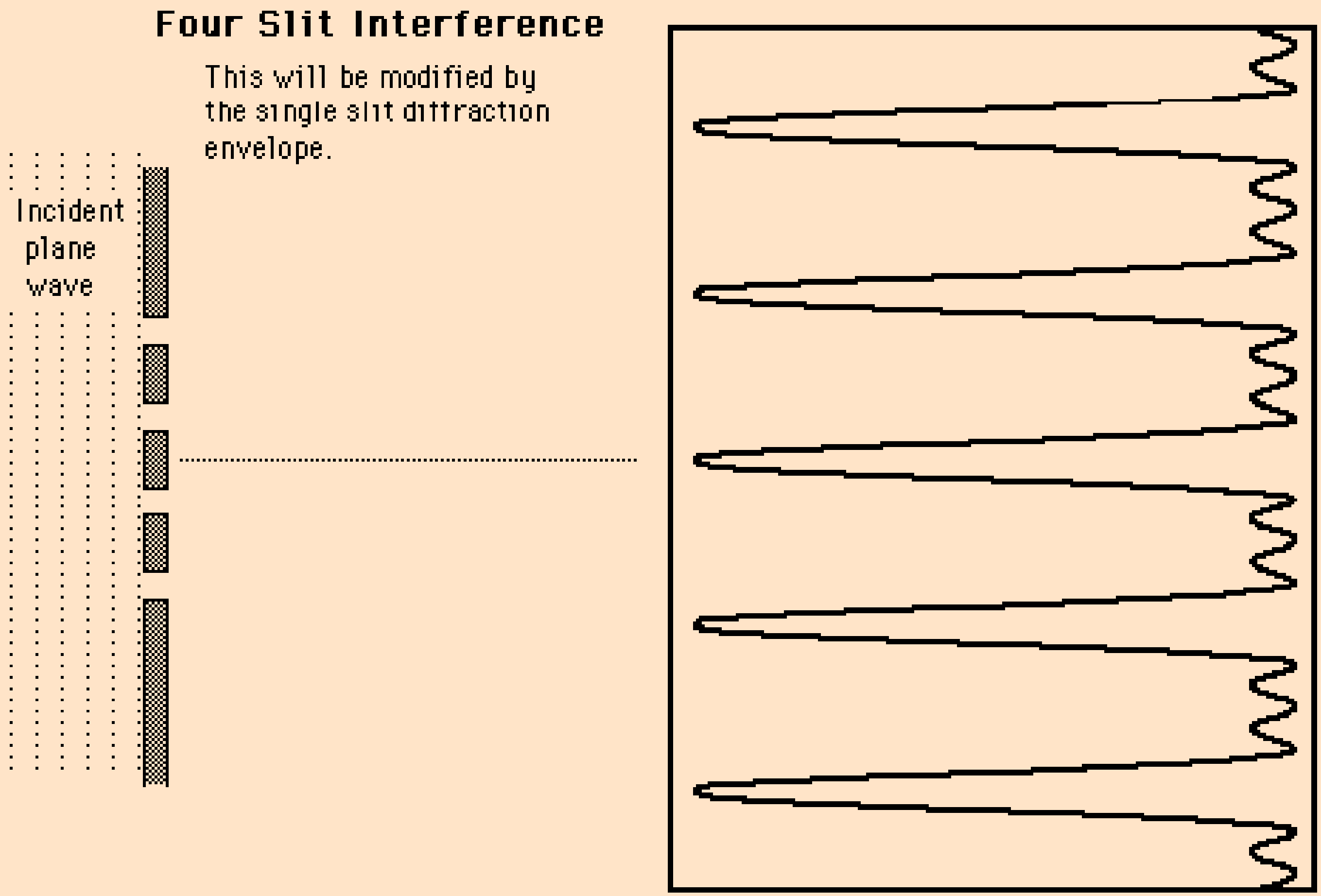
پراش دوشکاف



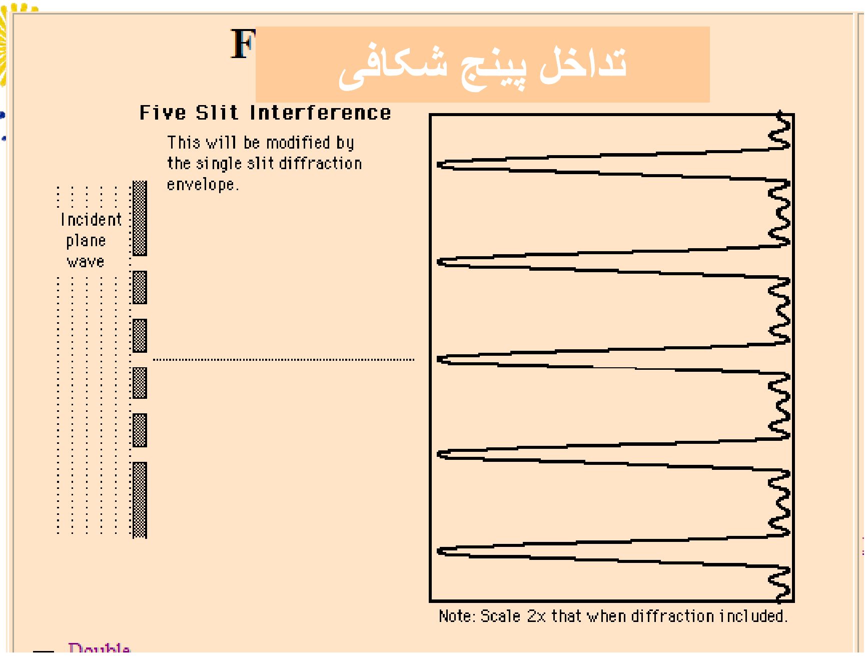

تداخل سه شکاف
Three Slit Interference
This will be modified by the single slit diffraction envelope.
Incident plane wave
Note: Scale 2x that when diffraction included.

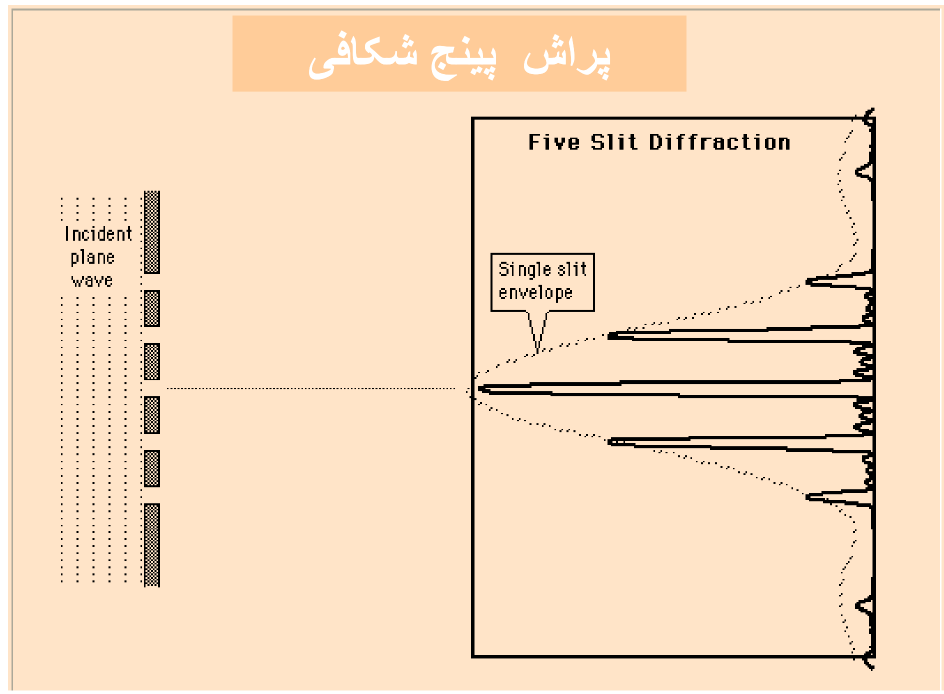

پراش سه شکاف
Three Slit Diffraction
Incident plane wave
Single slit envelope

تداخل چهار شکاف



Note: Scale 2x that when diffraction included.


تداخل پینج شکافی
Five Slit Interference
This will be modified by the single slit diffraction envelope.
Incident plane wave
Note: Scale 2x that when diffraction included.


پراش پینج شکافی
Five Slit Diffraction
Single slit envelope
Incident plane wave

بیشینه ها تداخل:

بیشینه ها وقتی اتفاق می افتند:

$$\frac{\sin N\beta}{\sin\beta} = N$$

$$\beta = 0, \pm\pi, \pm 2\pi, \ldots$$

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

کمینه های تداخل:

کمینه ها وقتی روی می دهندکه:

$$\frac{\sin N\beta}{\sin\beta} = 0$$

$$\beta = \pm\frac{\pi}{N}, \pm\frac{2\pi}{N}, \ldots, \pm\frac{(N-1)\pi}{N}, \pm\frac{(N+1)\pi}{N}, \ldots$$

توجه کنید که $0, N\pi/N, 2N\pi/N$ بیشینه ها هستند

$N - 1$ کمینه, لذا $N - 2$ بیشینه فرعی وجود دارد:

بیشینه های فرعی تداخل :

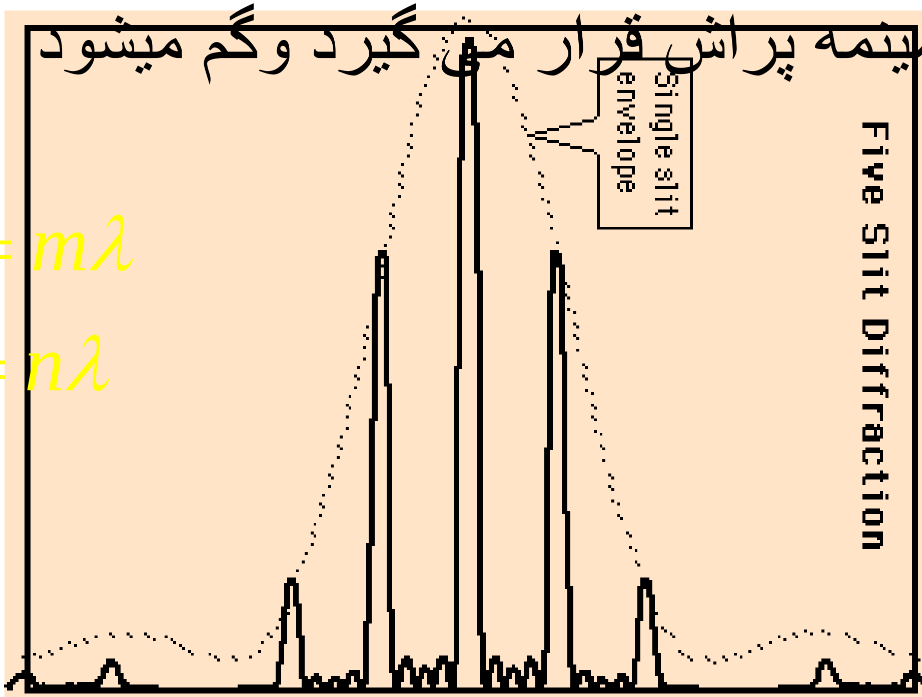
بیشنه ها تقریبا در نیمه را ه بین کمینه ها قرار دارند.

$$\beta = \pm\frac{3\pi}{2N}, \pm\frac{5\pi}{2N}, \dots$$

پیک های گم شده :

m امین بیشینه تداخل

روی n امین کمینه پراش قرار می گیرد وگم میشود . دراین حالت :



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

$$a\sin\theta = n\lambda$$

$$\frac{d}{a} = \frac{m}{n}$$

پهن شدن ابزاری :

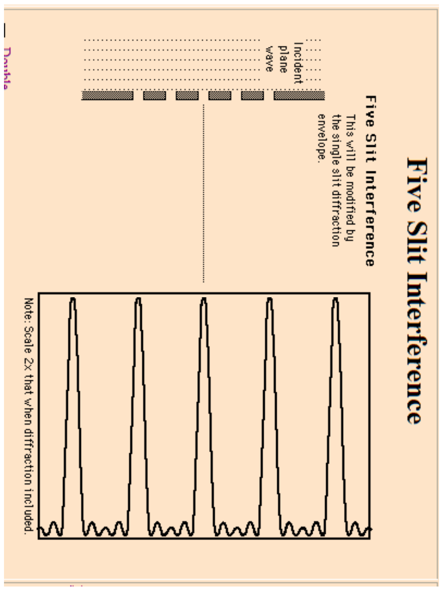
$$\Delta\beta = \frac{2\pi}{N}$$

$$\beta = \frac{\pi}{\lambda} d \sin\theta \Rightarrow \Delta\beta = \frac{\pi}{\lambda} d \cos\theta \Delta\theta$$

$$\frac{\pi}{\lambda} d \cos\theta \Delta\theta = \frac{2\pi}{N}$$

$$\Delta\theta = \frac{2\lambda}{Nd\cos\theta_m}$$

$$\Delta\theta = \frac{2\lambda}{Nd} \quad \text{for } m = 0$$



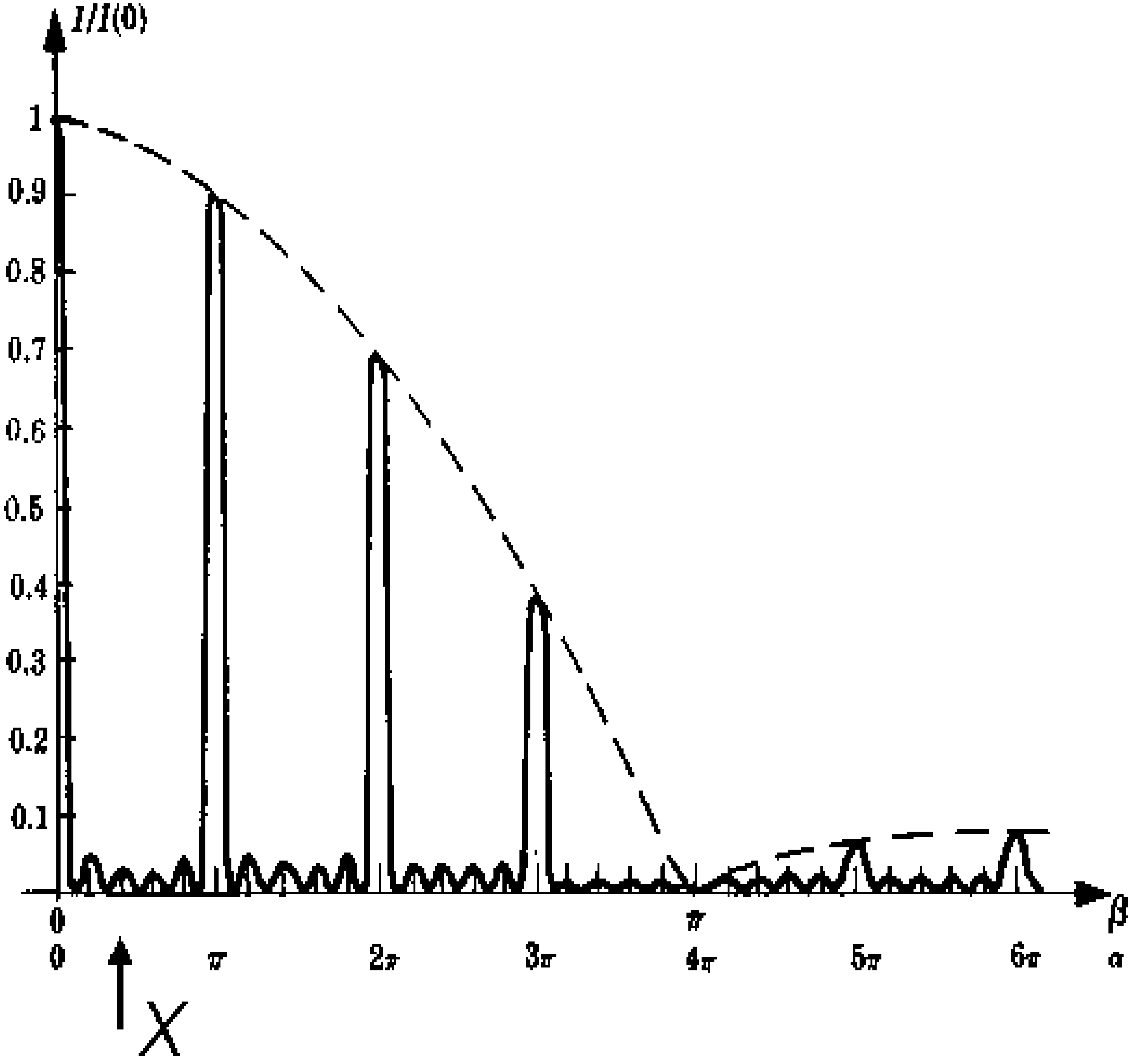
الگوی پراش فرانهوفر دارای آرایه ای از Nشکاف بوده که شکاف ها دارای عرض bبوده که به فاصله aازهم قراردارند . شدت پراش برابر است با:

$$I(\theta) = \frac{I(0)}{N^2}\left[\frac{\sin\beta}{\beta}\right]^2\left[\frac{\sin N\alpha}{\sin\alpha}\right]^2$$

که: $k = 2\pi / \lambda$:

$$\beta \equiv \frac{kb}{2}\sin\theta \qquad \alpha \equiv \frac{ka}{2}\sin\theta$$

•



I/I(0)
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
π
2π
3π
π
4π
5π
6π
β
α
X

اپتیک

مقدمه :

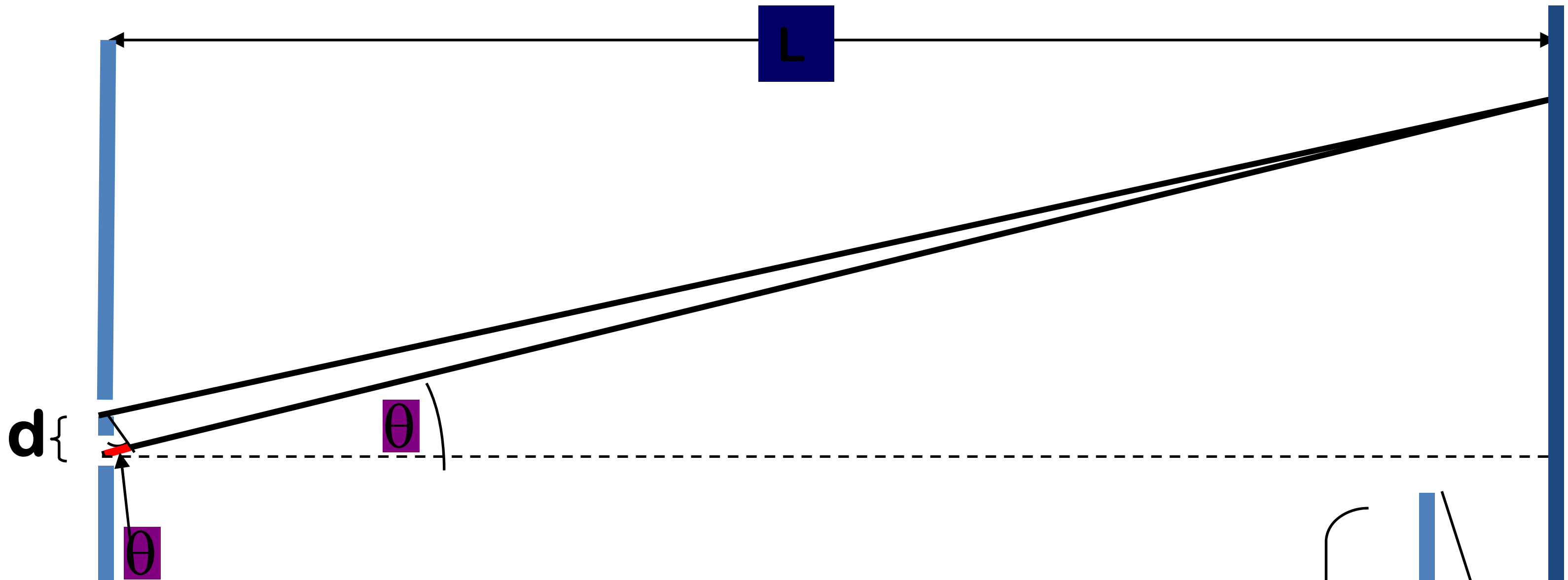
پراش،توری،قدرت تفکیک

یادآوری

- تداخل(حداقل دوموج همدوس)
  - سازنده (تفاوت کامل طول موج)
  - ویرانگر (تفاوت ½ طول موج)

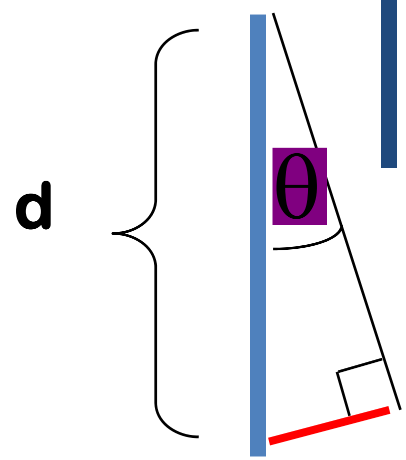
- یک منبع ,(ولی مسیرها ی مختلف)
  - فیلم های نازک
  - دو/چندشکافی
  - پراش/تک شکاف نور

یادآوری دوشکافی یانگ



اختلاف طول مسیر $= d \sin\theta$

درکدام حالت تداخل سازنده است ؟



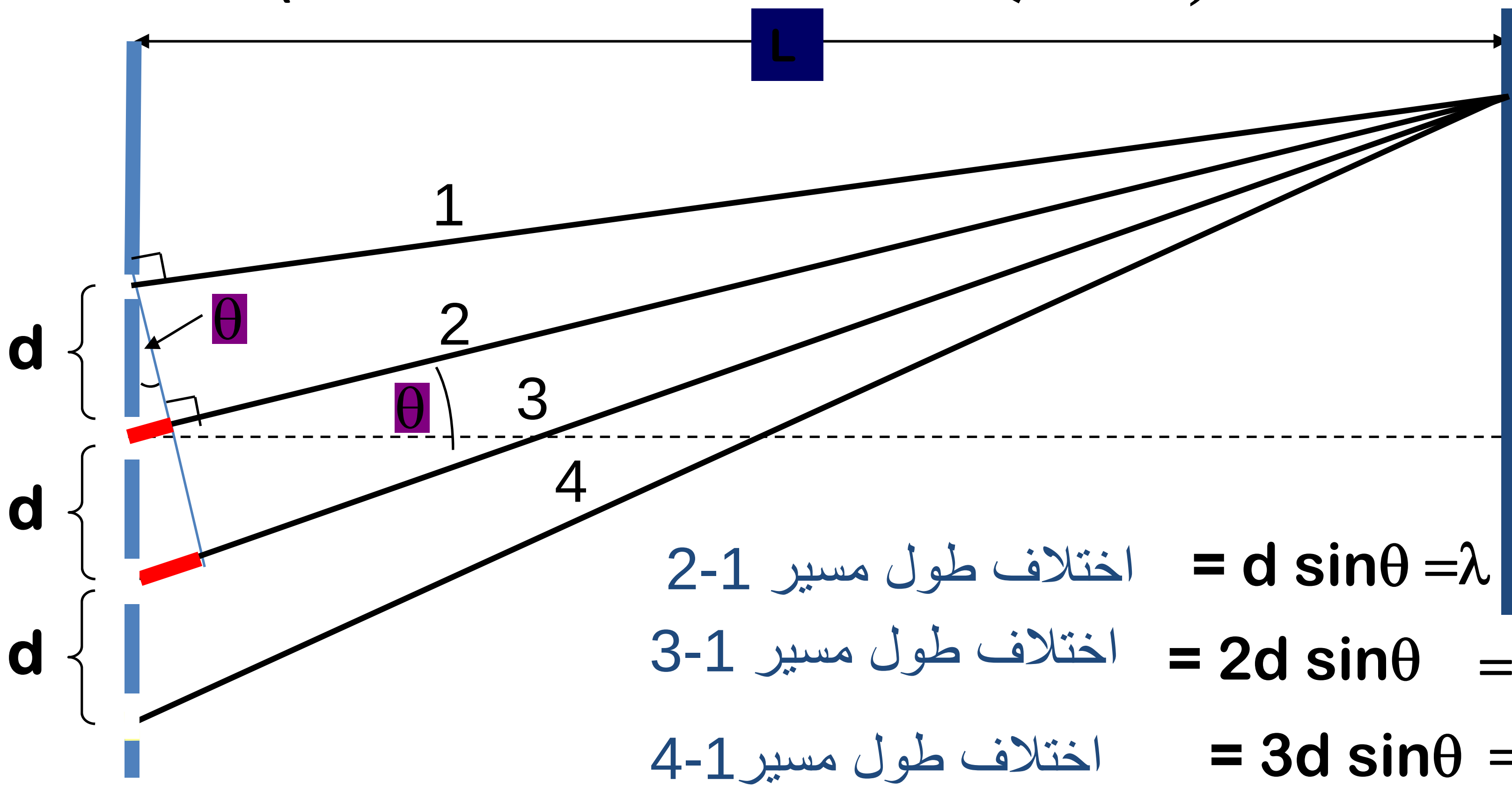
1) $d \sin\theta = m\lambda$

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

$m = 0$, or 1, or 2, ...

چند شکاف

(توری پراش N- شکاف با جدایی d)



اختلاف طول مسیر 2-1 $= d\sin\theta = \lambda$

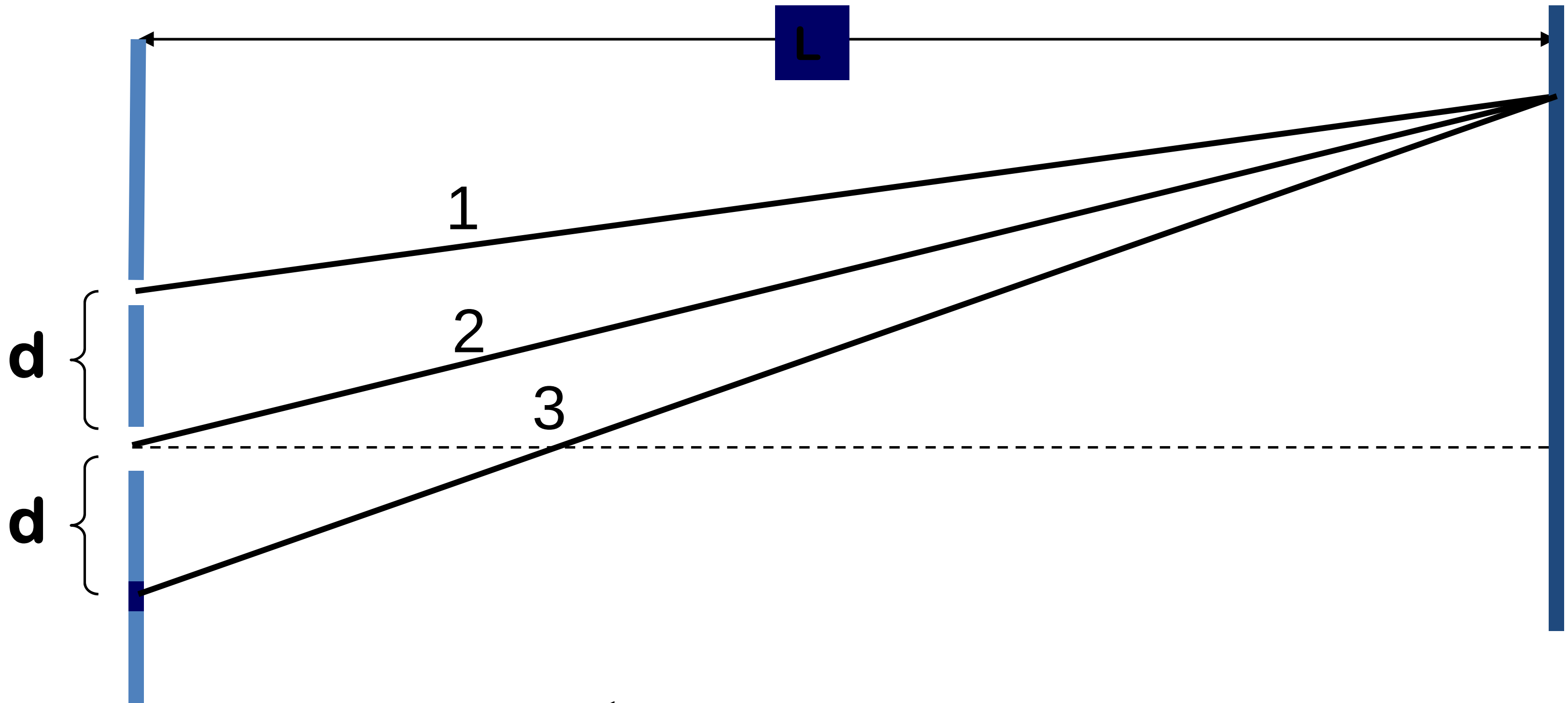
اختلاف طول مسیر 3-1 $= 2d\sin\theta = 2\lambda$

اختلاف طول مسیر 4-1 $= 3d\sin\theta = 3\lambda$

تداخل سازنده برای کلیه مسیرها وقتی است که:

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

پیش آزمون



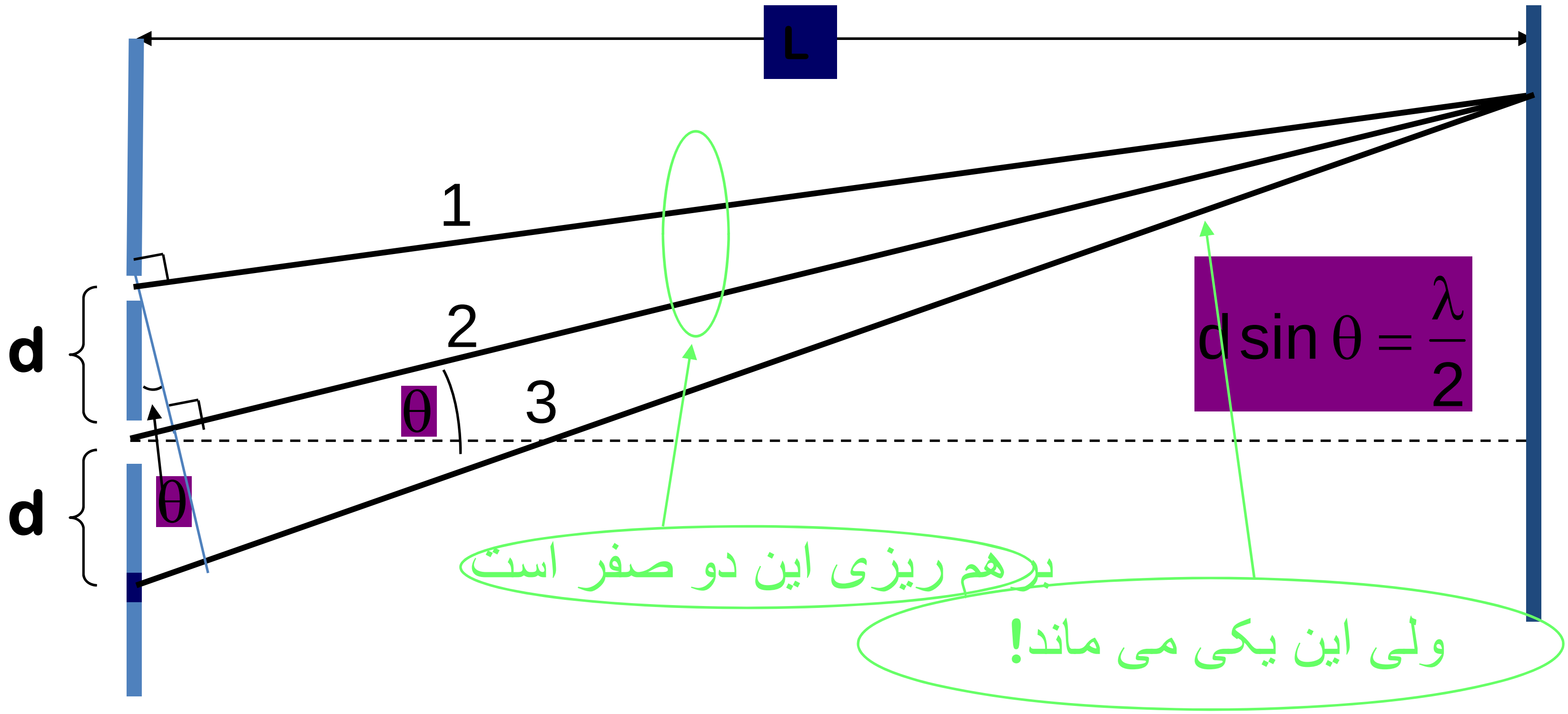
سه پرتو درنقطه نشان دادن شده تداخل سازنده دارند .اگر شدت پرتو1 I_0 باشد, ترکیب شدت سه پرتو در آن نقطه چقدر خواهد بود؟

3) $9\ I_0$ 2) $3\ I_0$ 1) I_0

سهم دامنه هر شکاف روی پرده E_o است. $E_{tot} = 3\ E_o$. ولی $I \ \alpha\ E^2$. لذا :

$$I_{tot:} = (3E_0)^2 = 9\ E_0^2 = 9\ I_0$$

پیش آزمون



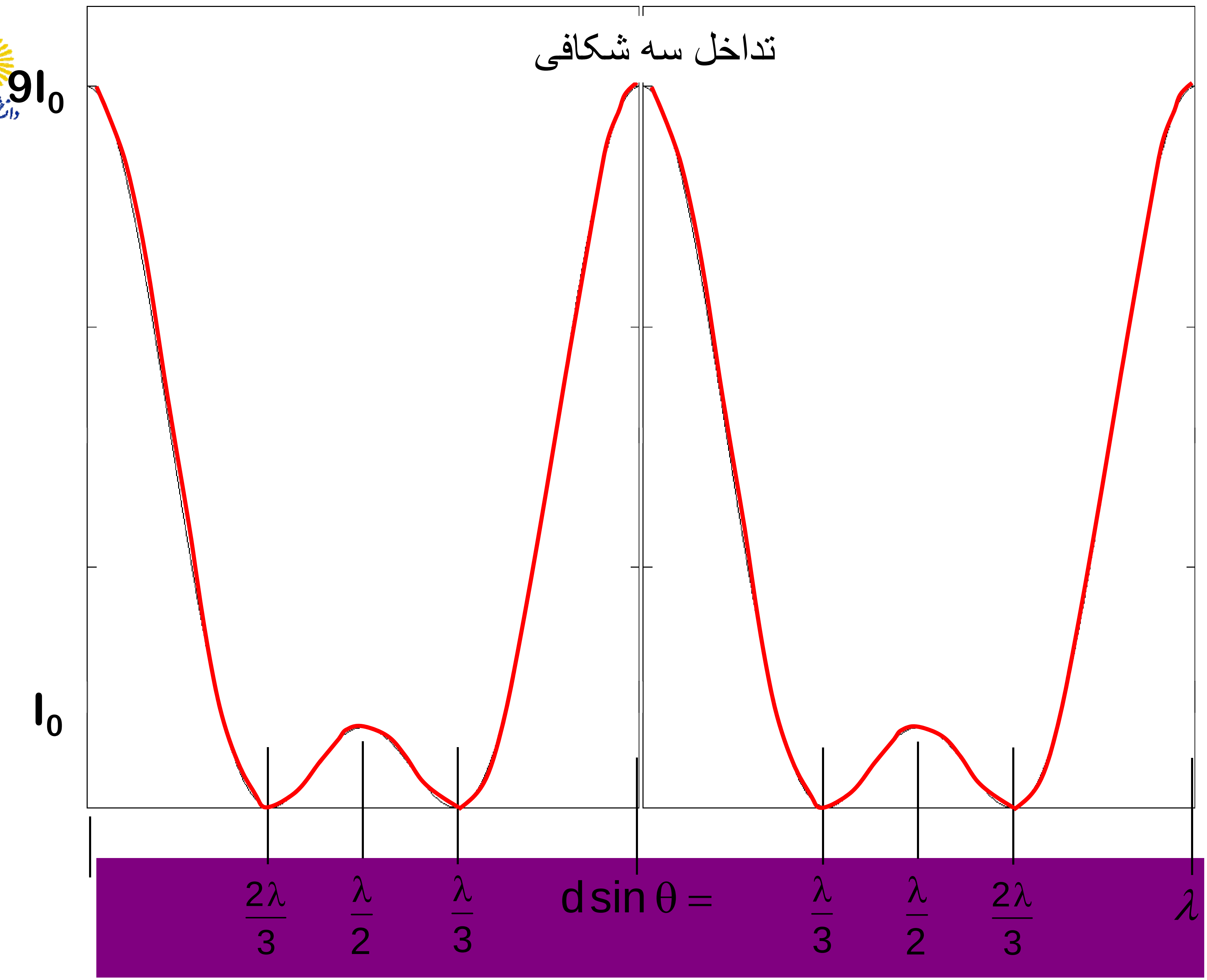
- پرتوهای 1و2 تداخل ویرانگر دارند, آیا شدت حاصل از سه پرتو کمینه است؟

1- بلی

2- خیر

پرتوهای 1و2 همدیگر را خنثی می کنند. انتظار داریم شدت $I = 1/9\ I_{max}$ باشد

تداخل سه شکافی



تداخل چند شکافیی

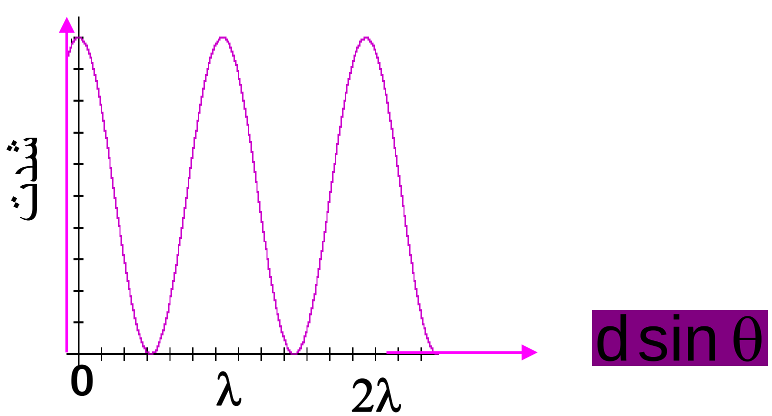
(توری پراش)

برا ی چند شکاف بازهم بیشیه وقتی است که: $\sin\theta = m\dfrac{\lambda}{d}$

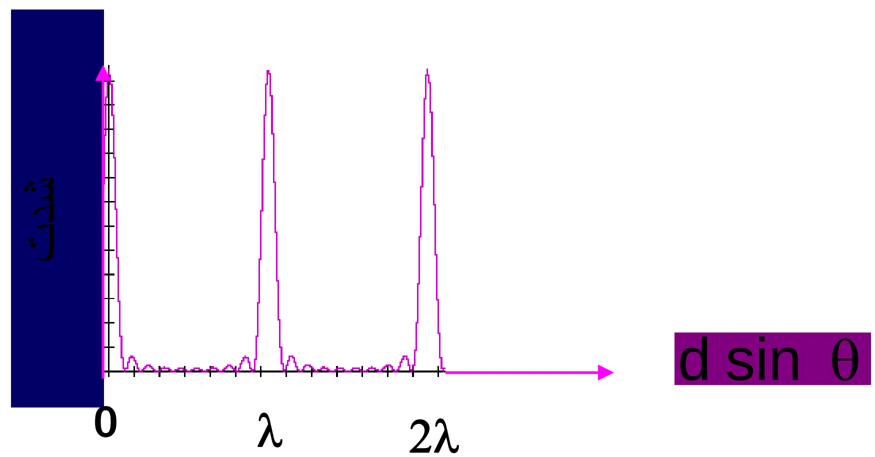
وقتی تعدا شکاف ها زیاد می شود فاصله بین بیشنه ها زیاد وفریزها ی روشن باریک تر و روشن تر می شوند

نقاط پیک بستگی به طول موج دارد**!**

2شکاف(N=2)

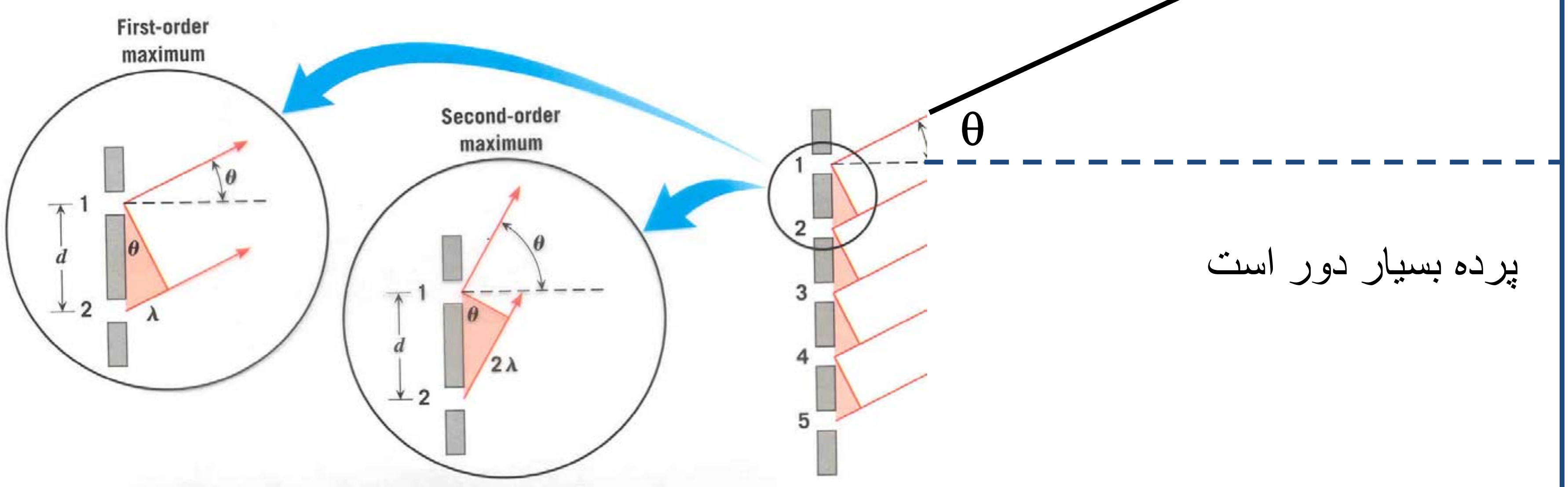


10شکاف(N=10)



توری پراش

Nشکاف با جدایی**d**

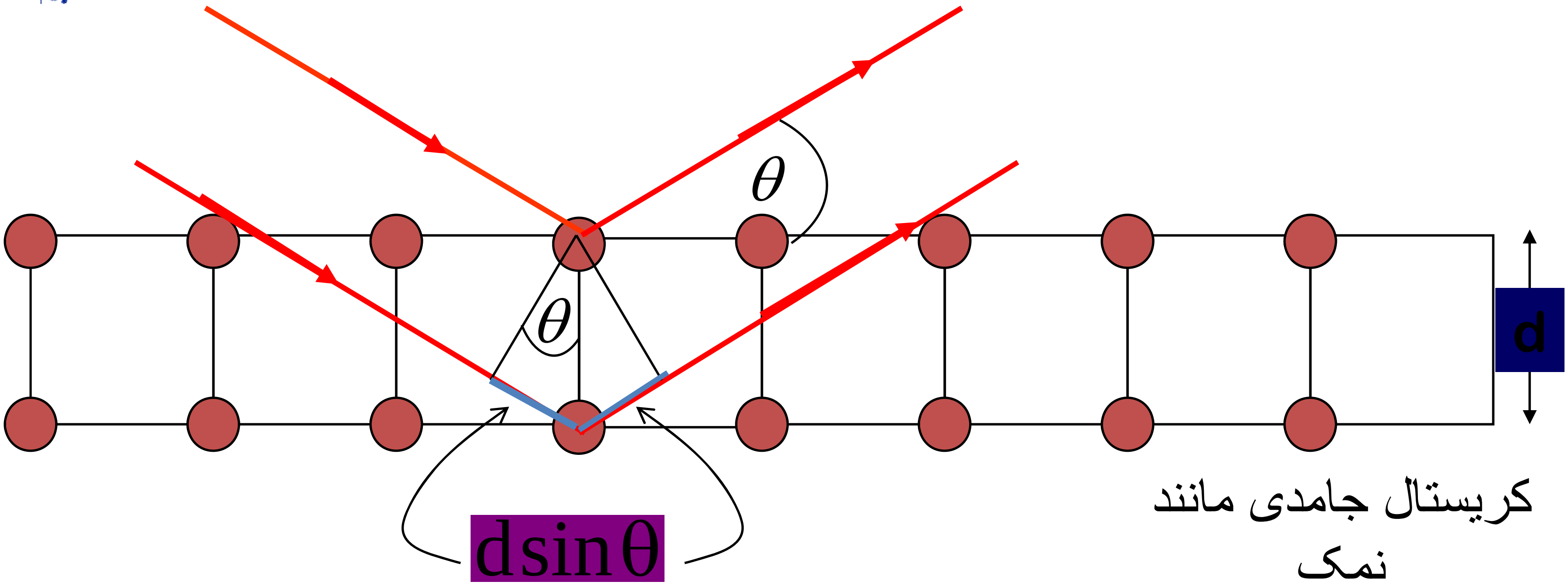


بیشینه ها ی تداخل سازنده دراین جا قرار دارند: :

$$\boxed{\sin\theta = m\frac{\lambda}{d}}$$

مانند دوشکافی یانگ!

پراش پرتو X

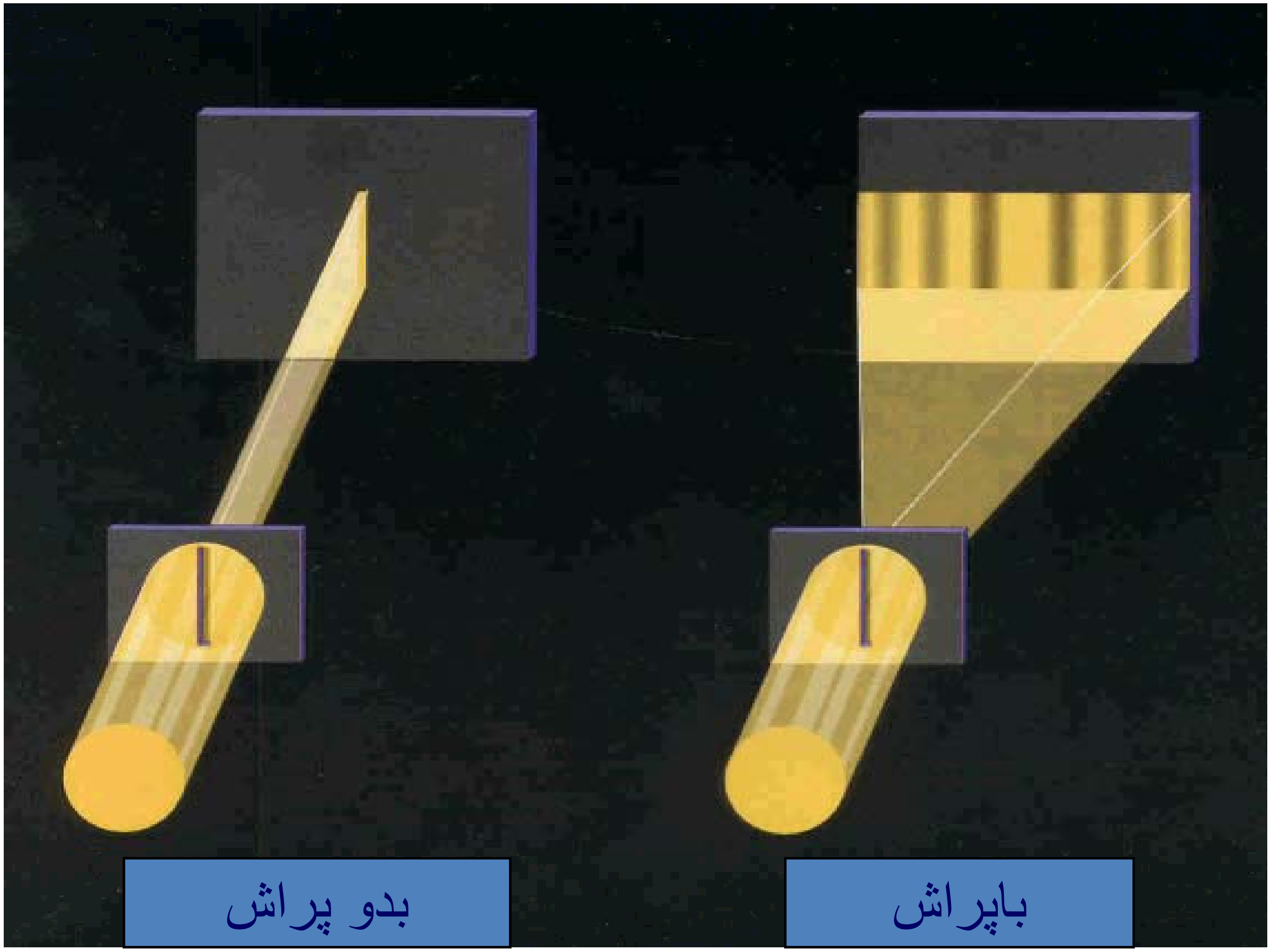


شرط تداخل سازنده: $2d\sin\theta = m\lambda$

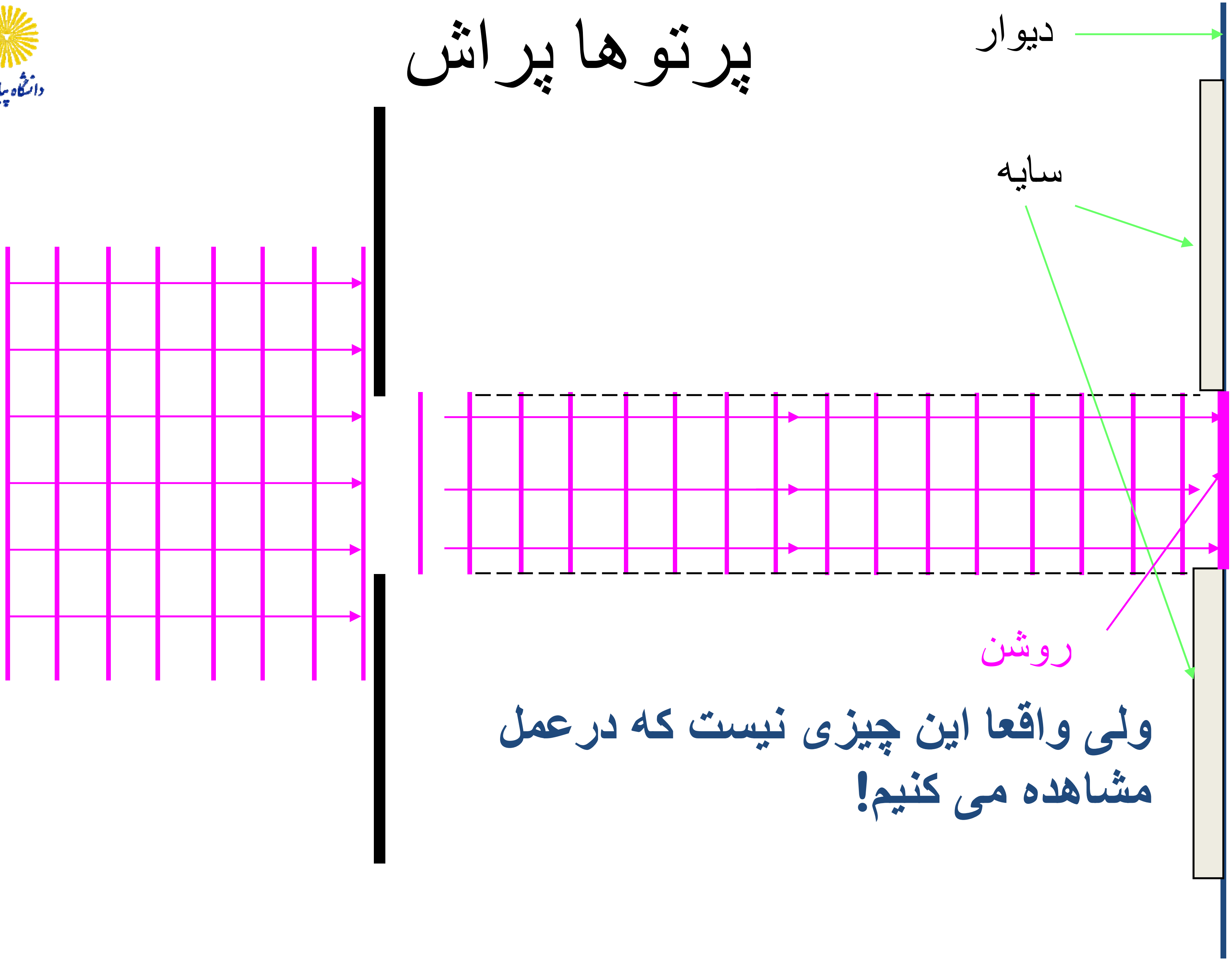
در **NaCl** $d \approx 0.5\,nm$

به ازای $\underbrace{\lambda = .017nm}_{\text{پرتو-X}}$ اولین بیشینه در 10^0 قرار دارد

تداخل تک شکافی؟!



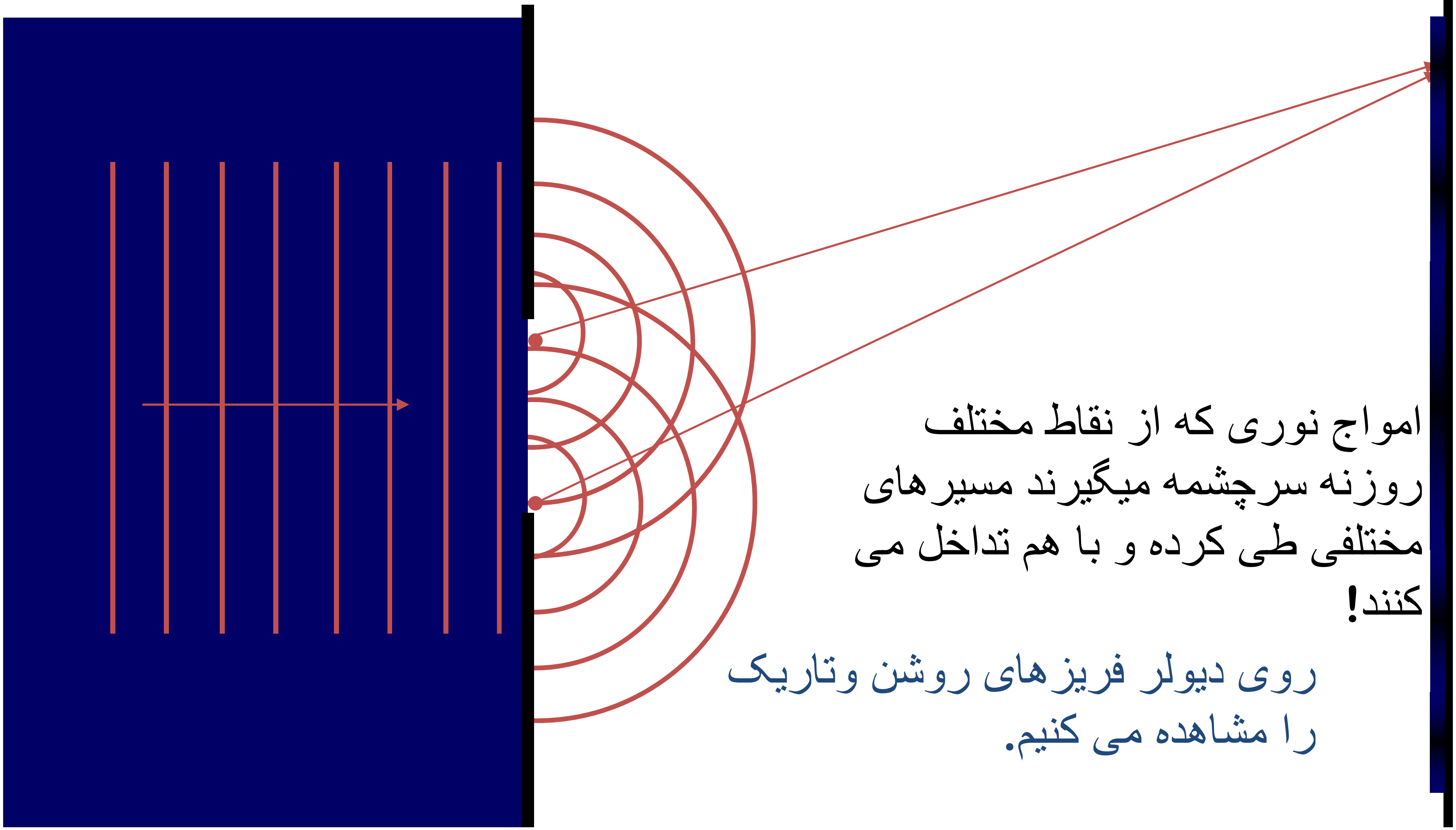
پرتوها پراش



ولی واقعا این چیزی نیست که درعمل مشاهده می کنیم!

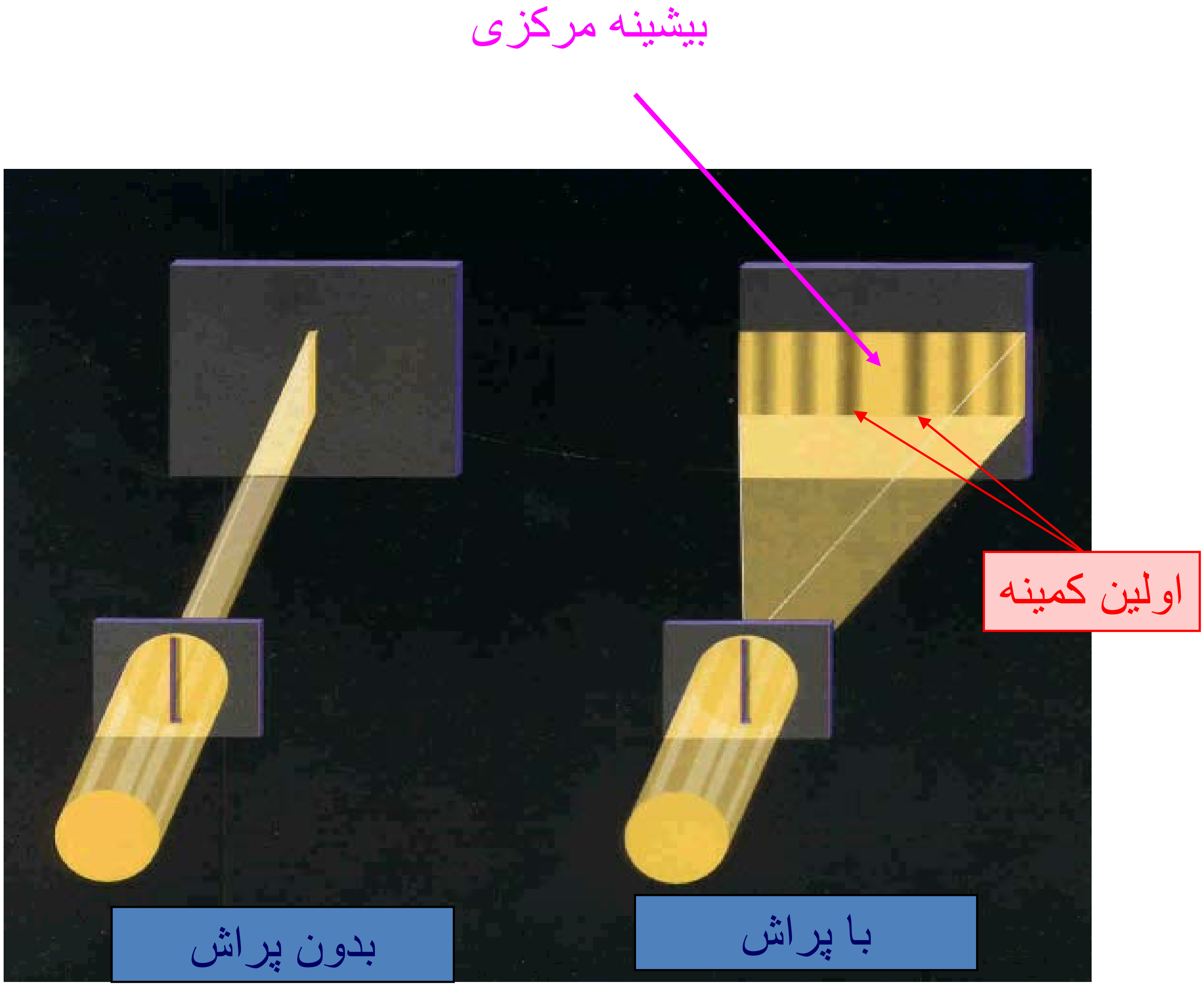
پراش هویگنس

طبق اصل هویگنس :هر نقطه روی جبهه موج مانند چشمه کوچک موج عمل می کند که به جلو حرکت می کنند:

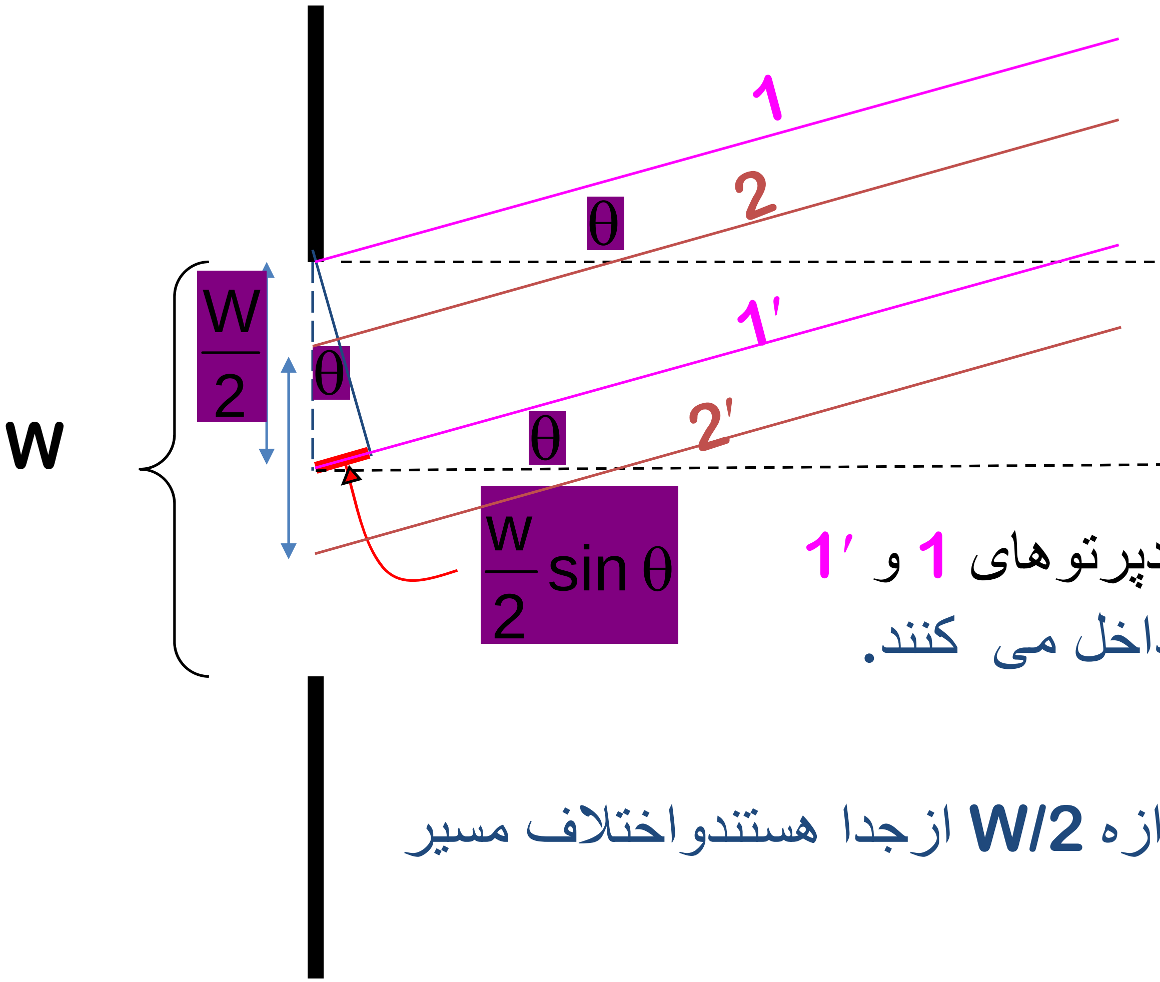


امواج نوری که از نقاط مختلف روزنه سرچشمه میگیرند مسیرهای مختلفی طی کرده و با هم تداخل می کنند!

روی دیولر فریزهای روشن وتاریک را مشاهده می کنیم.


بیشینه مرکزی
اولین کمینه
بدون پراش
با پراش

پراش تک شکاف



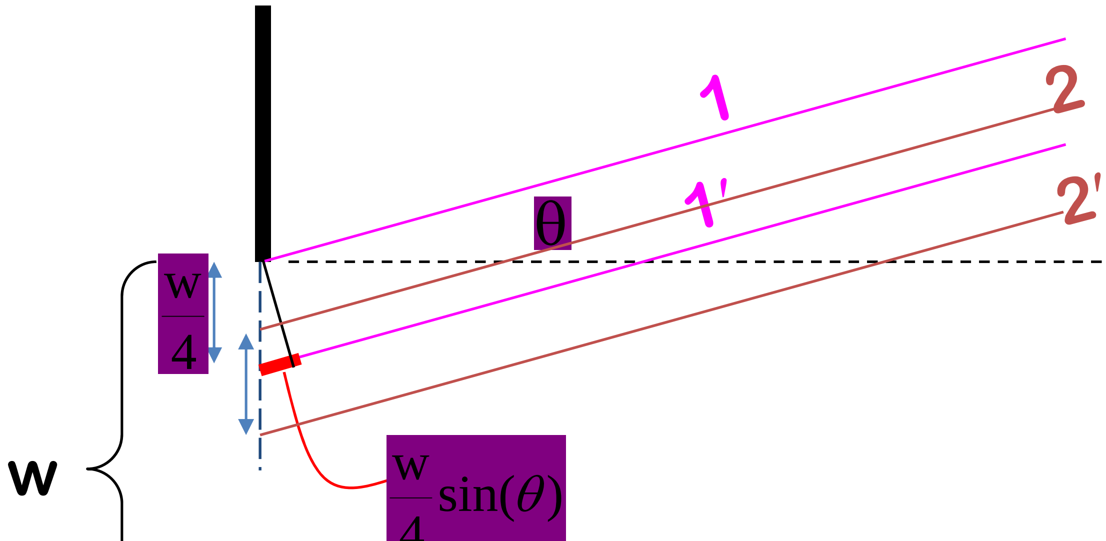
اگر $\frac{w}{2}\sin\theta = \frac{\lambda}{2}$ باشدپرتوهای 1 و 1′ به طور ویرانگر تداخل می کنند.

پرتوهای 2 و 2′ نیز به اندازه **W/2** ازجدا هستندواختلاف مسیر یکسان دارند .

تحت این شرایط هر پرتو از نیمه بالا با یک پرتو از نیمه پایین تداخل ویرانگر خواهد داشت.

اولین کمینه در $\sin\theta = \lambda/w$ اتفاق می افتد

پراش تک شکافی



وقتی $\frac{w}{4}\sin(\theta)=\frac{\lambda}{2}$ باشد پرتوهای 1 $1'$ به طور ویرانگر تداخل خواهندکرد.

پرتوهای 2 و $2'$ نیز باندازه **w/4** جداهستندوهمان اندازه اختلاف مسیر دارند .

تحت این شرایط هر پرتوی که از ربع بالایی شکاف سرچشمه می گیرد باپرتوی از ربع پایینی شکاف تداخل ویرانگر می کند.

دومین کمینه در $\sin\theta = 2\lambda/w$ قرار دارد

خلاصه پراش تک شکافی

شرط اینکه نیمه های شکاف تداخل ویرانگر داشته باشند:

$$\sin(\theta) = \frac{\lambda}{w}$$

شرط اینکه ربع های شکاف تداخل ویرانگر داشته باشند:

$$\sin(\theta) = 2\frac{\lambda}{w}$$

شرط اینکه یک ششم های شکاف تداخل ویرانگر داشته باشند:

$$\sin(\theta) = 3\frac{\lambda}{w}$$

به طور کلی ...

$$\sin\theta = m\frac{\lambda}{w}$$

(m=1, 2, 3, ...)

این فورمول کمینه ها را بدست می دهد...

الگوی پهن تر => شکاف باریکتر

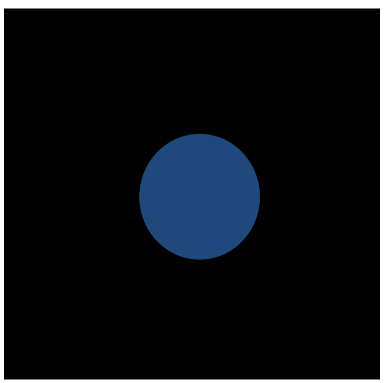
توجه: تداخل در صورتی روی می دهد که: $w > \lambda$

پیش آزمون

نور لیزر از روزنه بسیارکوچکی روی پرده می افتد . اگر روزنه را کوچکتر کنید لکه روی پرده چگونه می شود؟ .

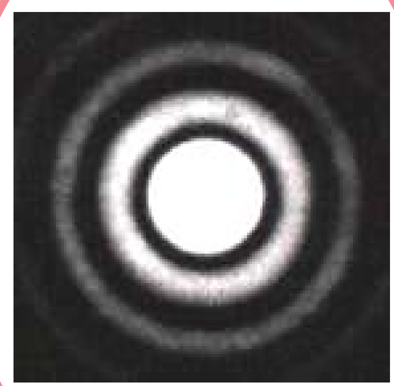
کوچکتر　　　　　بزرگتر

الکوی نور روی پرده چگونه است ؟

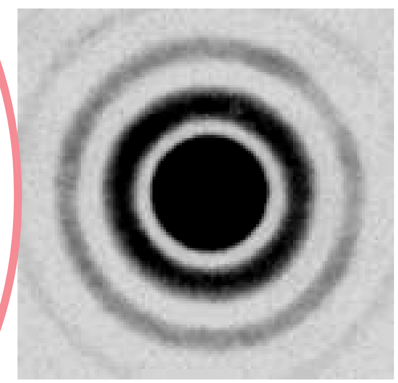


(1)

(2)

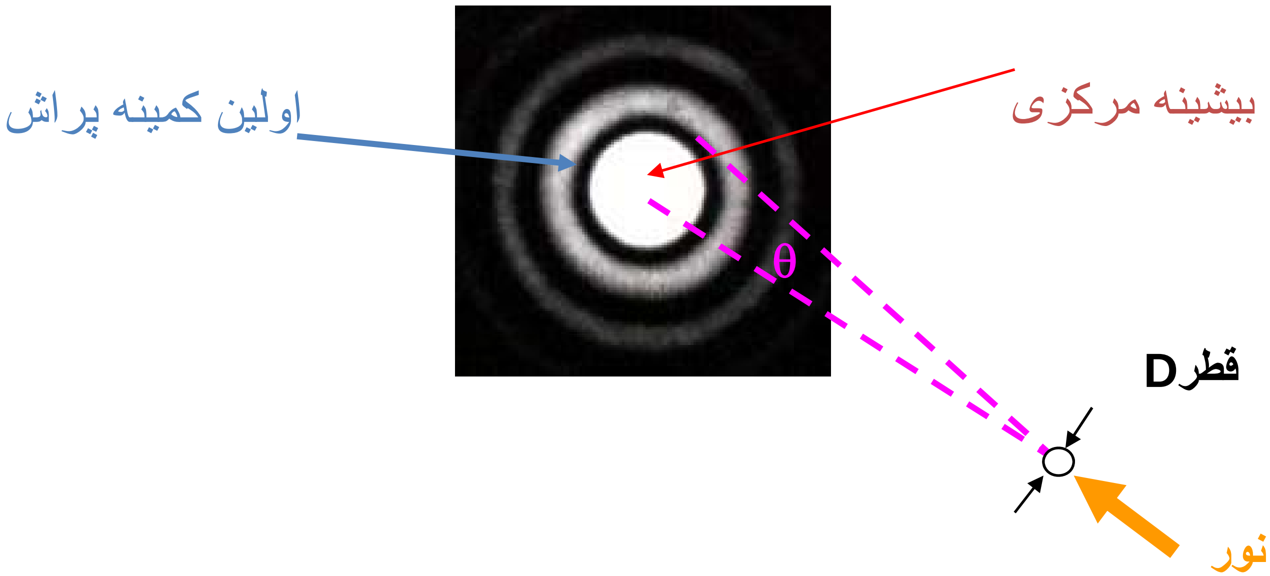


(3)



(4)

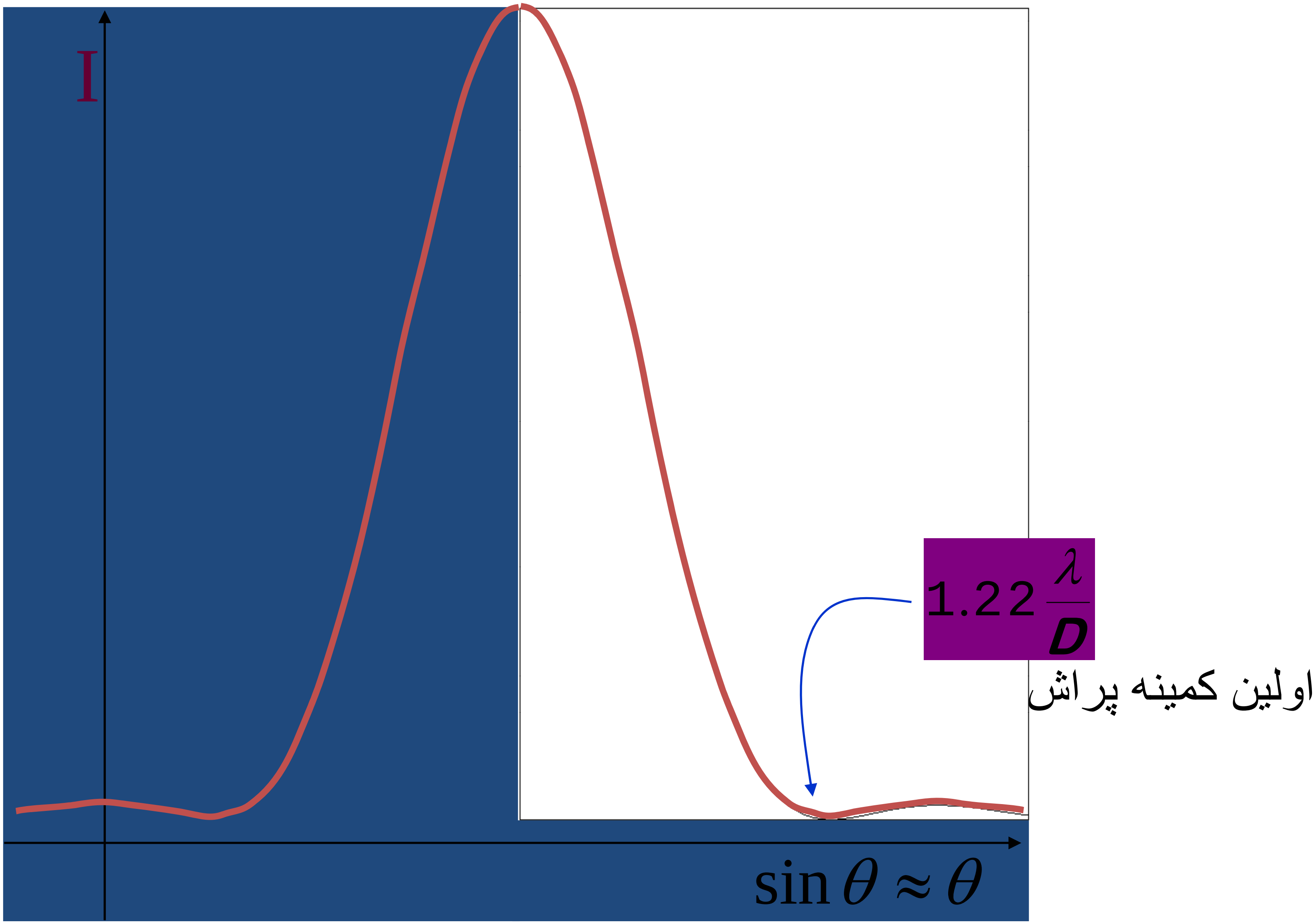
پراش روزنه دایره ای

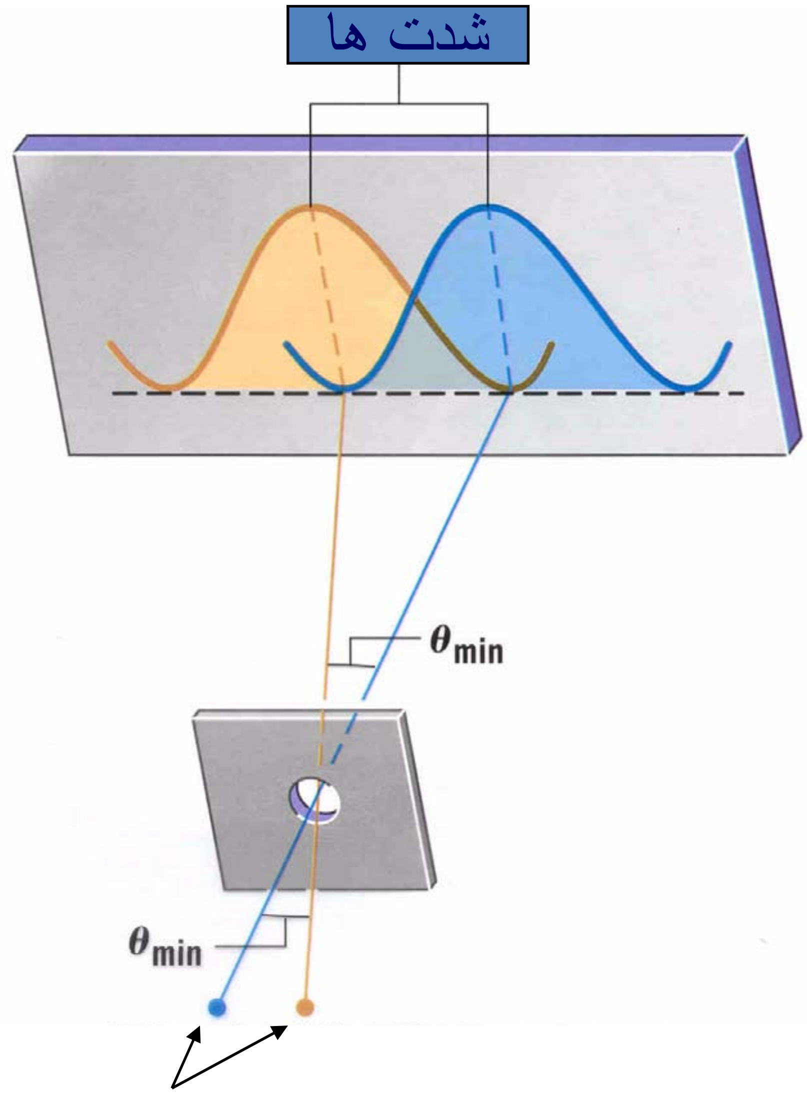


بیشینه ها و کمینه ها حلقه های گرد روی پرده هستند

اولین کمینه پراش در $\sin\theta = 1.22\,\dfrac{\lambda}{D}$ قرارداردارد.

شدت پراش روزنه گرد





این دوجسم ازهم تفکیک پذیرند.

دوجسم وقتی از هم قابل تفکیک هستند که کمینه یکی روی بیشینه دیگری قراربگیرد.

قدرت تفکیک

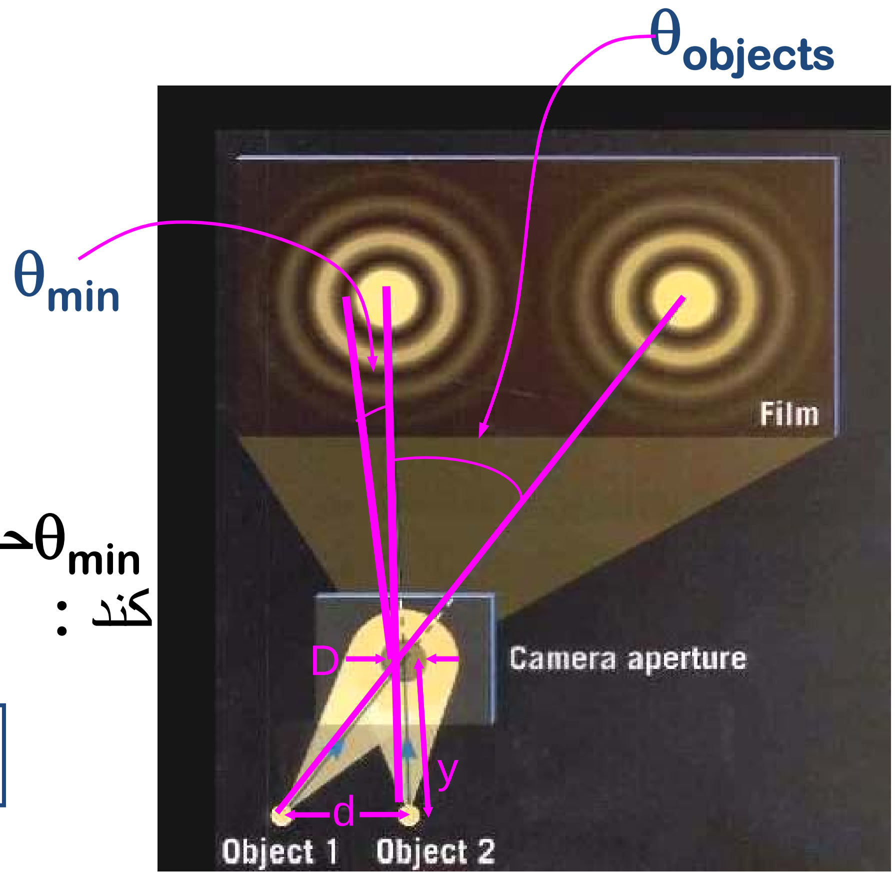
برای اینکه دوجسم را از هم جدا ببینیم لازم است که: $\theta_{objects} \gg \theta_{min}$

$\theta_{objects}$ زاویه بین اجسام وشکاف است:

$$\boxed{\tan \theta_{objects} \approx d/y}$$

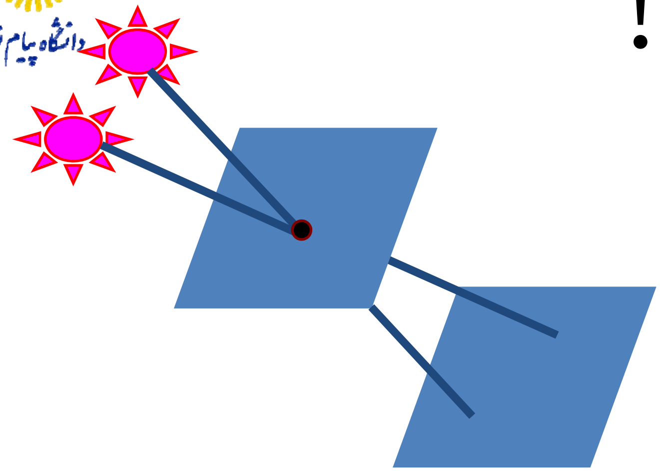
θ_{min} حداقل جدایی زاویه ای که وزنه تفکیک می کند :

$$\boxed{\sin \theta_{min} \approx \theta_{min} = 1.22\ \lambda/D}$$



توان تفکیک را با افزایش $\theta_{objects}$ یا کاهش θ_{min} بهترکنید

کمی فکر کنیم!



می خواهیم که: $\theta_{objects} > \theta_{min}$

$\theta_{min} = 1.22\lambda / D$ راکاهش دهید

افزایش می یابد! D

فضانوردی رو ی سیاره ای که دو خورشید دارد ساکن است .اومیخواهد هردو خورشید را ببیندولی می داند که نگاه کردن به آنها خطرناک است .لذا به مسیله یک کارت دارای روزنه یک دوربین می سازد .نور این دوخورشید از طریق این روزنه روی کارت ثالثی می افتد .

ولی روی این کارت فقط یک لکه مشاهده می کند !برای اینکه این دوخورشید را به وضوح ببیند باید روزنه را بزرگ یا کوچک کند؟

تمرین : قدرت تفکیک

$$\sin\theta_{min} \approx \theta_{min} = 1.22\frac{\lambda}{D}$$

وقتی که روشنایی اتاق کاهش می یابد بیشینه قدرت تفکیک چشم شما چگونه تغییر می کند؟.

1) افزایش　　2) تغییر نمی کند　　3) کاهش می یابد

وقتی روشنایی کاهش می یابد مردمک چشم باز می شود (**D** تا10 برابر زیاد می شود**!**) ولی محدودیت اصلی مربوط به چگالی یاخته های مخروطی شبکیه است .لذا متوجه اثر جدیدی نخواهید شد **, !**

یادآوری نهایی

- تداخل :امواج همدوس
  - اختلاف باطول موج کامل = سازنده
  - اختلاف نصف طول موج = ویرانگر
- چند شکاف
  - سازنده $d \sin(\theta) = m \lambda$ (m=1,2,3...)
  - ویرانگر $d \sin(\theta) = (m + 1/2) \lambda$ فقط دوشکافی
  - تعدادشکاف بیشتر = بیشینه روشن تر, کمینه تاریک تر

مخالف هم

- اصل هویکنس :هر نقطه روی جبهه موج مانند چشمه یک موج همدوس عمل می کند که می تواند در تداخل شرکت کند.
- تک شکاف:
  - ویرانگر : $w \sin(\theta) = m \lambda$ (m=1,2,3...)
  - تفکیک پذیری : بیشینه یکی روی کمینه دیگری

به امید دیدار !

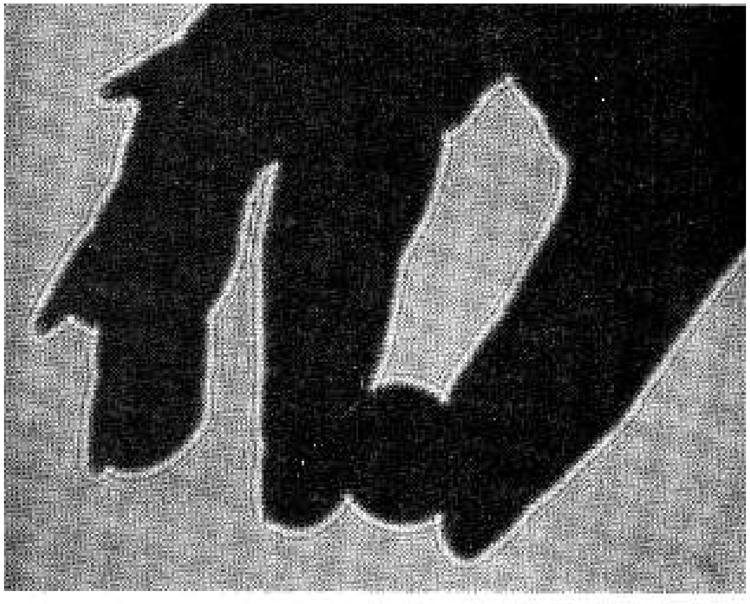
- درس آینده ما...

فصل ششم و هفتم

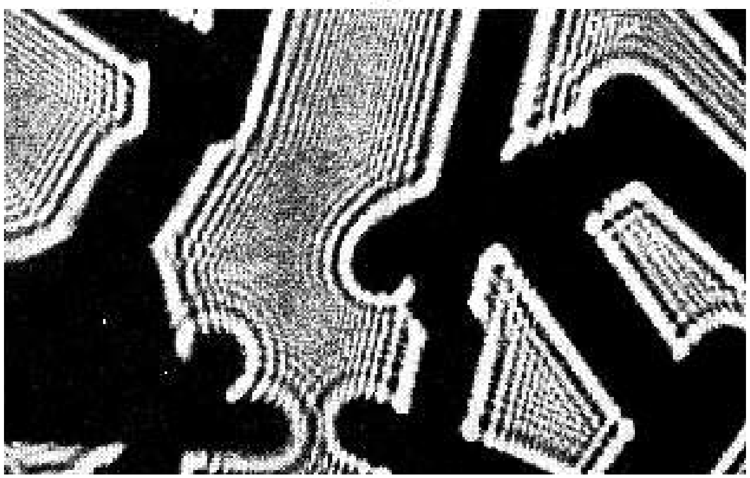
پراش فرانهوفر

پراش فرنل

پدیده پراش



(a)



خم شدن نور!

فرض ها ی مربوط به پراش

پراش میدان نزدیک

پراش فرنل
چند مثال

میدان دور

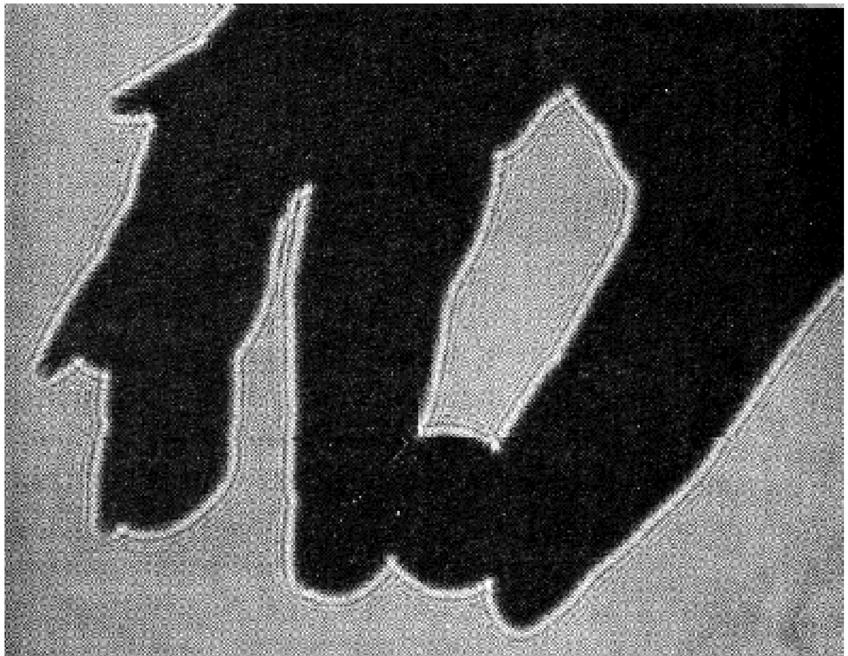
پراش فرانهوفر
چندمثال

پراش

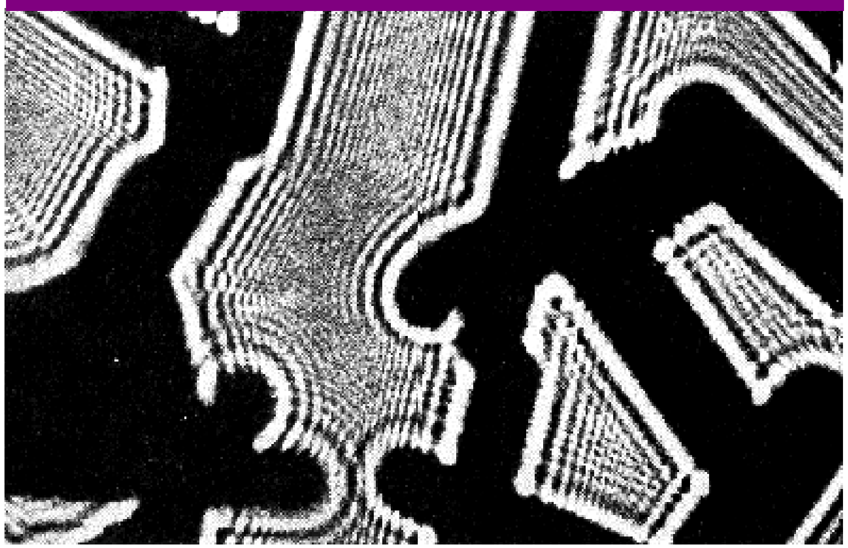
نور همیشه به خط مستقیم
سیر نمی کند.

نور درپیرامون اجسام
خم می شود و این
پدیده را “پراش” می
گو یند“

هرموجی چنین عمل
می کند ازجمله موج
نور و موج صوت.



سایه دست که به وسیله نور هلیوم-نئون روشن شده است.

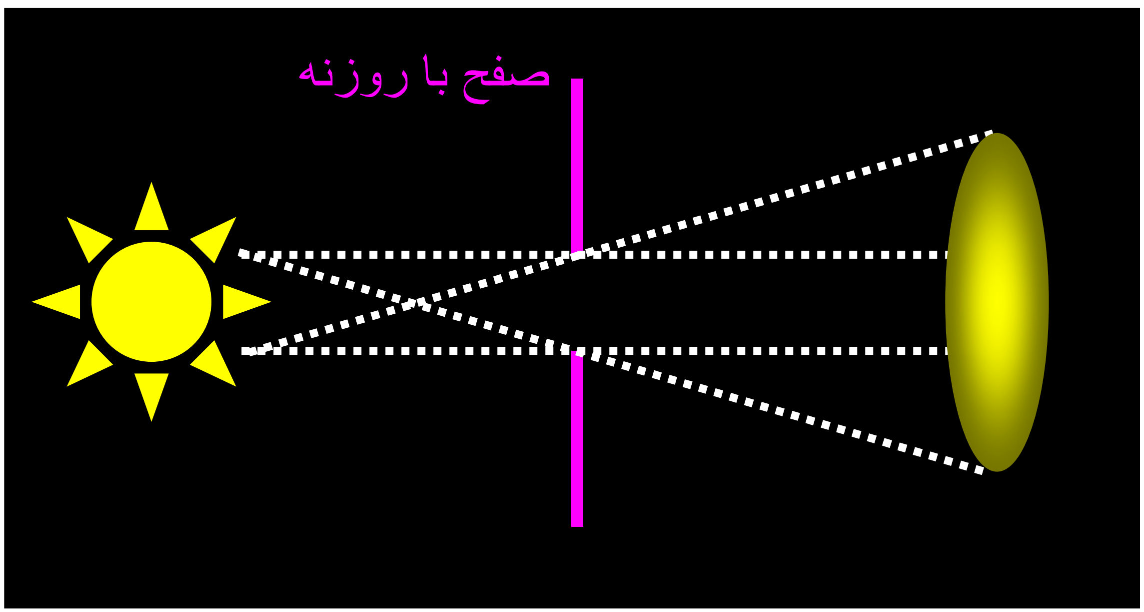


سایه کریستال اکسید روی که به وسیله الکترونها روشن شده است.

چرا دیدن پراش مشکل است؟

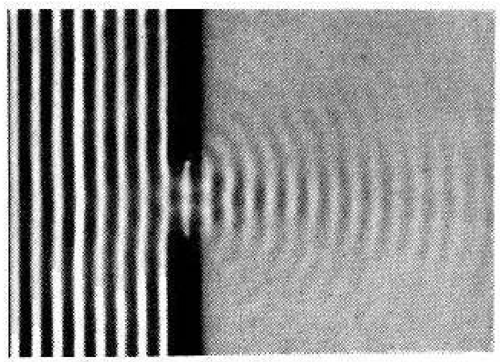
پراش سبب می شود که لبه ها موجدار شود.ولی چشمه های با همدوسی زمانی و مکانی ضعیف این موجک ها را می پوشانند

مثال : یک چشمه بزرگ کاملا غیرهمدوس فضایی مانندخورشید سبب سایه های تیره می شود واثر پراش را پنهان می کند.

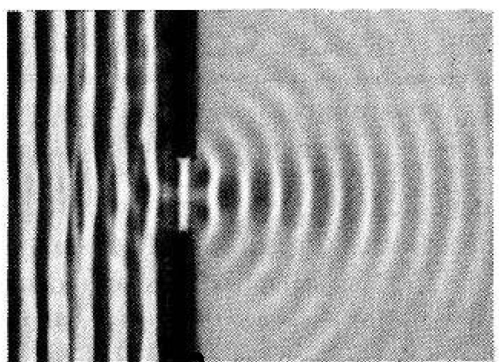


پرتوها ی راست سایه تیره ای ازجسم تشکیل می دهند.

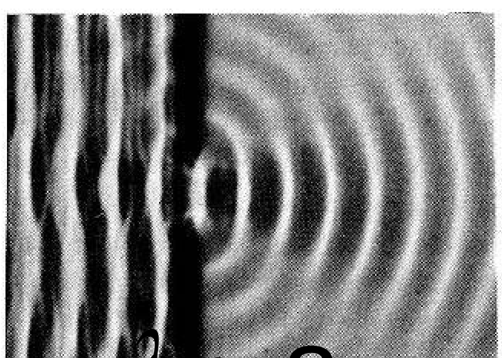
پراش به وسیله یک شکاف



[redacted]



λ [redacted] a



λ [redacted] a

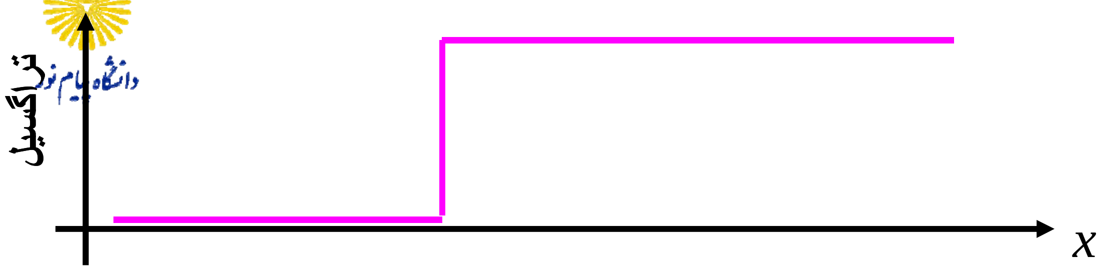
امواج آب یا الکترومغناطیس وقتی از یک شکاف می گذرند درصورتی که اندازه شکاف به طول موج نزدیک باشد اثر خارق العاده " پراش " را ایجاد می کنند.

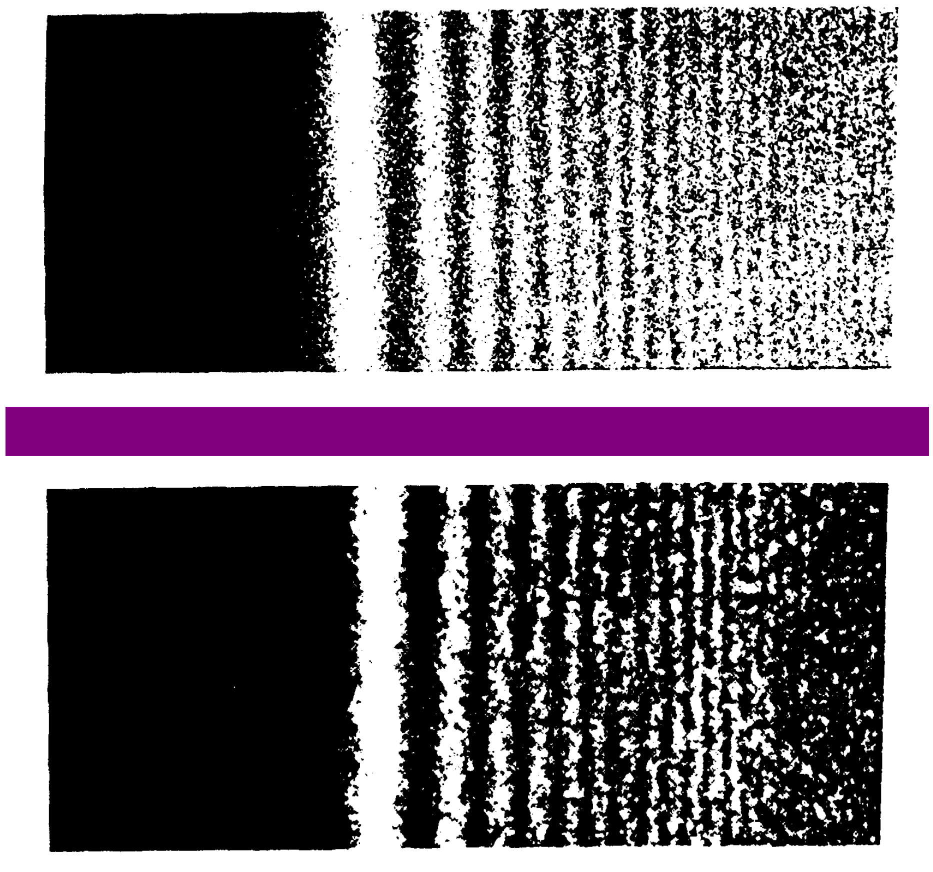
پراش امواج آب اقیانوس

عبور امواج آب اقیانوس از یک سوراخ

.پدیده پراش در مورد هر موجی روی می دهد

پراش به وسیله یک لبه





عبور نوراز یک لبه

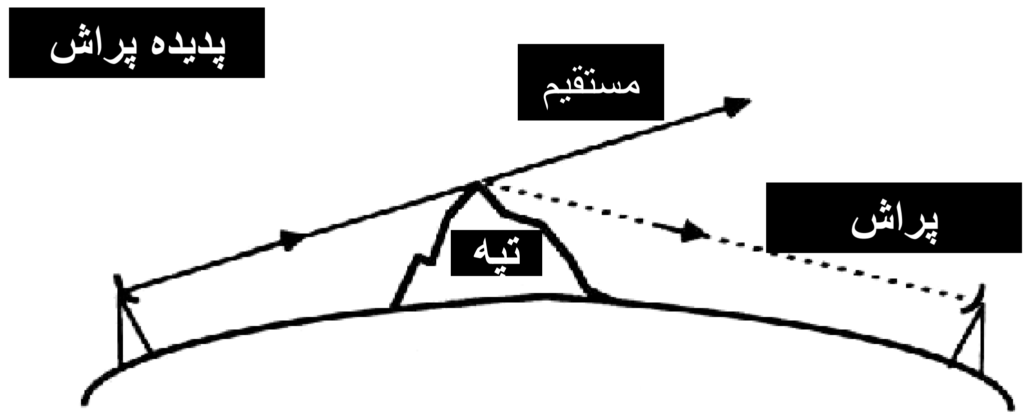
عبورالکترونها از یک لبه (کریستالMgO)

حتی بدون شکاف هم پراش اتفاق می افتد .

انتشار ساده تابش از یک لبه

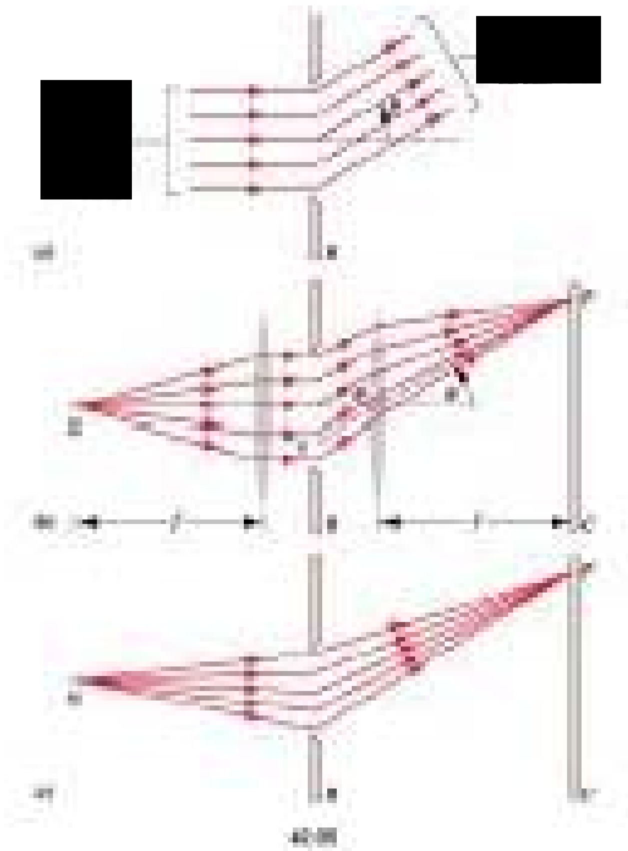
امواج رادیویی دراطراف کوهها نیز پراشیده می شوند:

درصورتی که طول موج حدود کیلومتر باشد کوهها یک مانع تیز خواهند بود!



پدیده دیگر پراکندگی که اثر پراش را می پوشاند.

پراش فرانهوفر
"میدان دور"



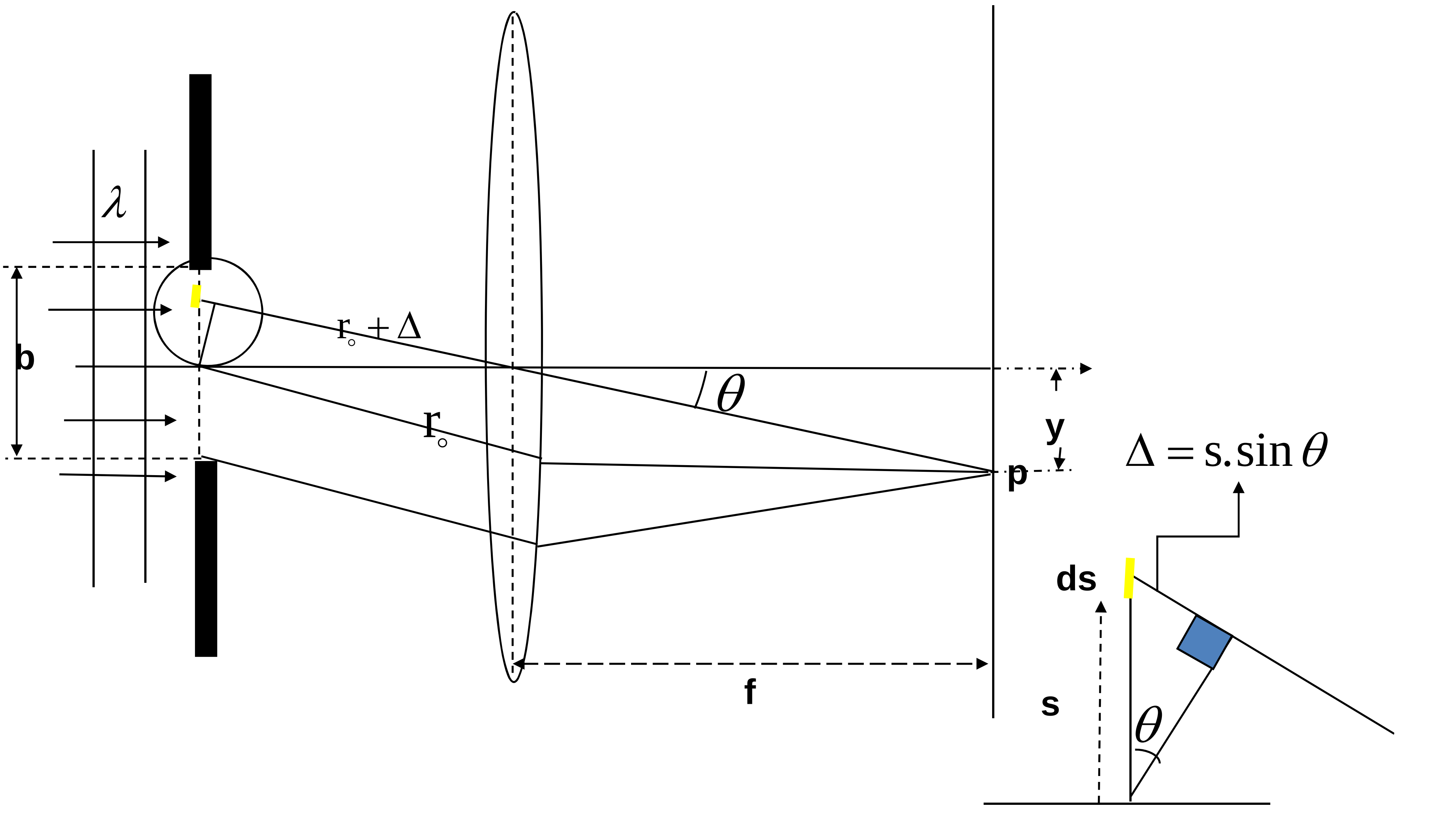
- **پراش فرانهوفر:** چشمه نور و پرده تصو.یرهردو به اندازه کاف از روزنه پراش دورهستند.جبهه های موج تتخت هستند.

- **پراش فرنل** :چشمه نور و پرده تصویر هردو به روزنه پراش نزدیک هستند. جبهه های موج کروی هستند.

پراش فرانهوفر

- پراش درتک شکاف
- پراش به وسیله روزنه های راست گوشه
- پراش به روزنه های دایره ای
- تفکیک
- پراش دوشکاف
- پراش چندشکاف

پراش تک شکاف فرانهوفر



جبهه موج تختی که به روزنه می رسد آرایه پیوسته ای از چشمه های موج هویگنس به طول

برابر است با: p است موج ناشی از این چشمه هویگنس در نقطه ds

$$dE_p = \left[\frac{dE_\circ}{r}\right] e^{i(kr-\omega t)}$$

$$dE_p = \left[\frac{dE_\circ}{r}\right] e^{i[k(r_\circ+\Delta)-\omega t]}$$

$$dE_\circ = E_L ds \qquad ;\ \Delta = s.\sin\theta$$

$$dE_p = \left[\frac{dE_\circ}{r}\right] e^{i[k(r_\circ+s.\sin\theta)-\omega t}$$

بعدازانتگرال گیری روی پهنه شکاف :

$$E_p = \left[\frac{E_L}{r_\circ}\int_{\frac{-b}{2}}^{\frac{b}{2}} e^{iks\sin\theta} ds\right] e^{i(kr_\circ-\omega t)}$$

دامنه موج (بخش درون پرانتز) بعداز قرارادادن کرانه های انتگرال و فرض:

$$\beta = \frac{1}{2} kb\sin\theta$$

$$E_R = \frac{E_L b}{r_\circ}\frac{\sin\beta}{\beta}$$

شدت تابش درنقطه pبرابر است با:

$$\Delta = \frac{b}{2}\sin\theta$$

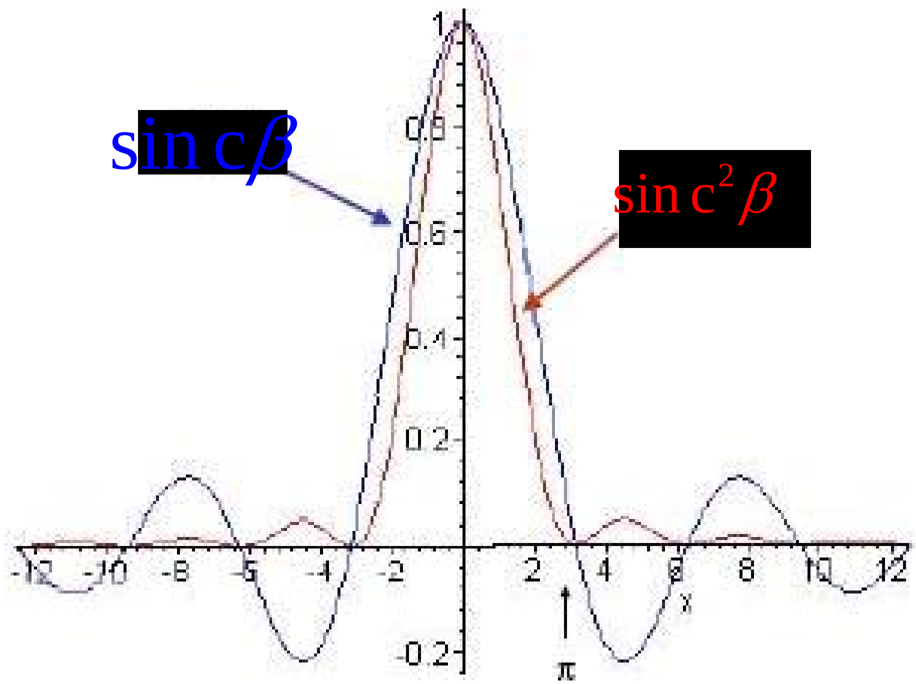
$$I = \left(\frac{\varepsilon_\circ c}{2}\right)E_R^2 = \frac{\varepsilon_\circ c}{2}\left[\frac{E_L b}{r_\circ}\right]^2 \frac{\sin^2\beta}{\beta^2}$$

$$\boxed{I = I_\circ\left[\frac{\sin^2\beta}{\beta^2}\right] I_\circ \sin c^2\beta}$$

خاصیت تابع $\sin c\beta$:

$$\lim_{\beta\to 0}\sin c\beta = \lim_{\beta\to 0}\left[\frac{\sin\beta}{\beta}\right] = 1$$

نقاطی که در آن ها شدت تا بش صفر است : $\beta = \frac{1}{2}(kb\sin\theta) = m\pi \qquad ; m = \pm 1, \pm 2, \ldots$

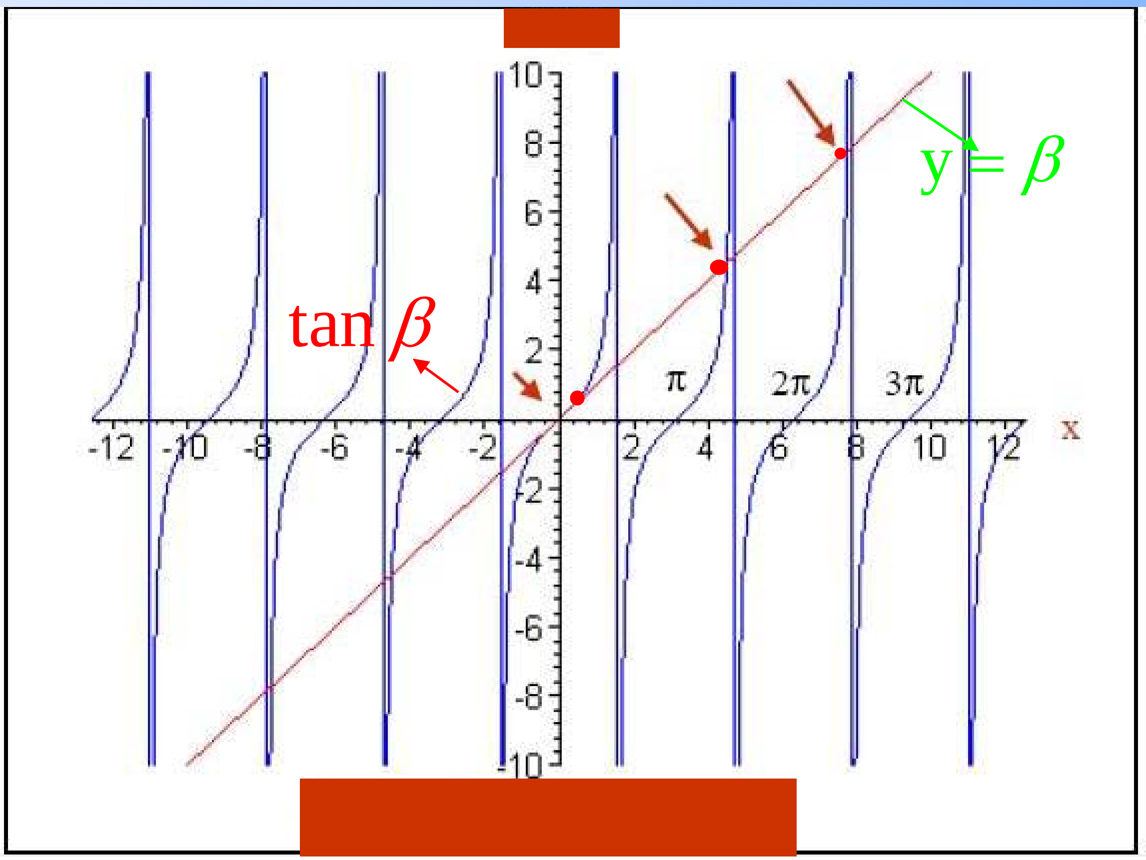


محل کمینه ها:

$$I = I_\circ \,\mathrm{sinc}^2 \beta$$

$$\frac{dI}{d\beta} = 0 \quad \Rightarrow \quad \beta = \tan \beta$$

$$\beta = 0\ , 1.43\pi, 2.26\pi, 3.47\pi, \ldots$$



توجه:

❖ شدت تابش $\theta = 0$ یا $y = 0$ بیشینه است.

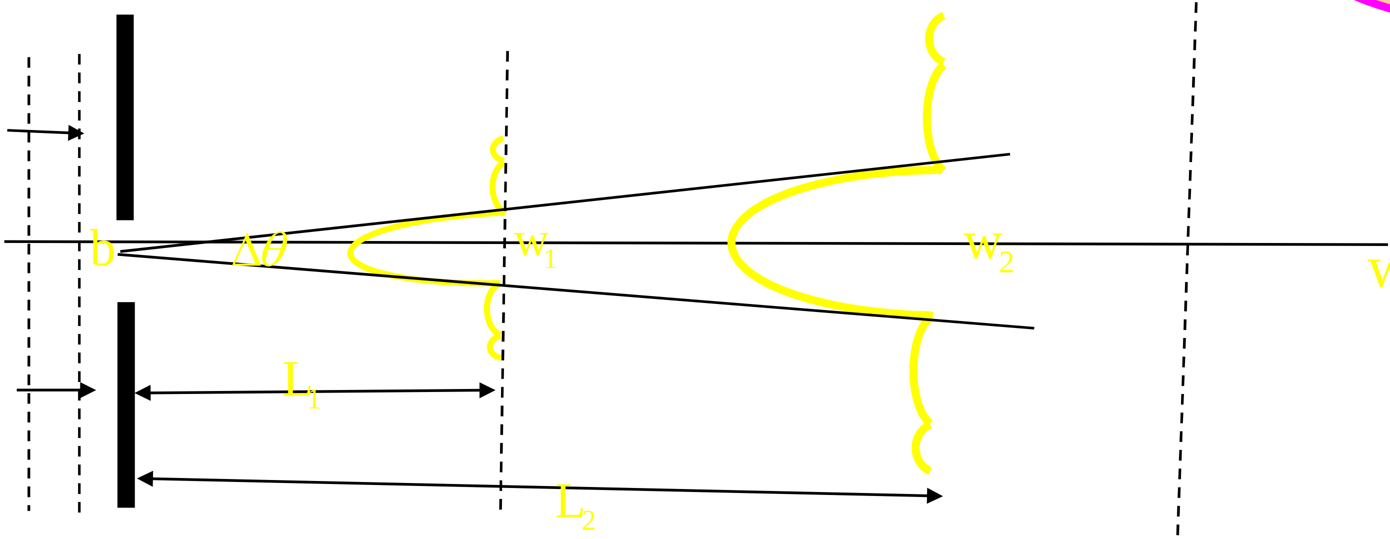
❖ شدت تابش به ازای مقادیر زیر صفر است:

$$y = \frac{m\lambda f}{b}$$

❖ بیشینه مرکزی تصویر شکاف روی پرده است و پهنای زاویه ای آن برابر است با:

$$\Delta\theta = \frac{2\lambda}{b}$$

پخش باریکه:



$$w = L\Delta\theta = \frac{2L\lambda}{b}$$

معیارپراش فرانهوفر:

$$L >> \frac{b^2}{\lambda} \Rightarrow L >> \frac{\text{مساحت روزنه}}{\lambda}$$

روزنه های راستگوشه :

شد ت برای روزنه ای به پهنای **a** برابر است با :

$$I = I_\circ \left[\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right]^2 \qquad , \quad \alpha = \left(\frac{k}{2}\right) a \sin\theta$$

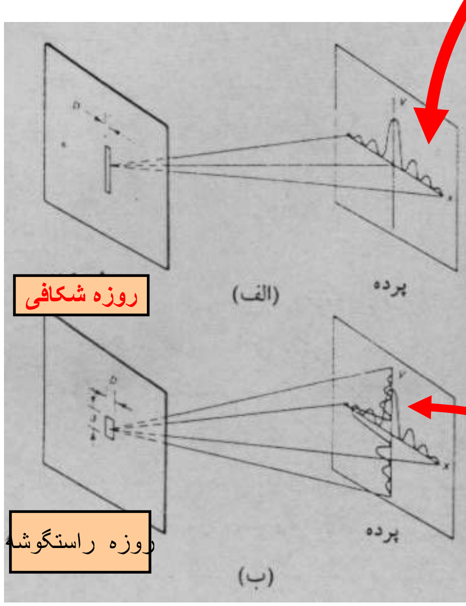
شدت نقش پراش در دوبعد درنقاط به مختصات **x** و **y** برابر صفراست:

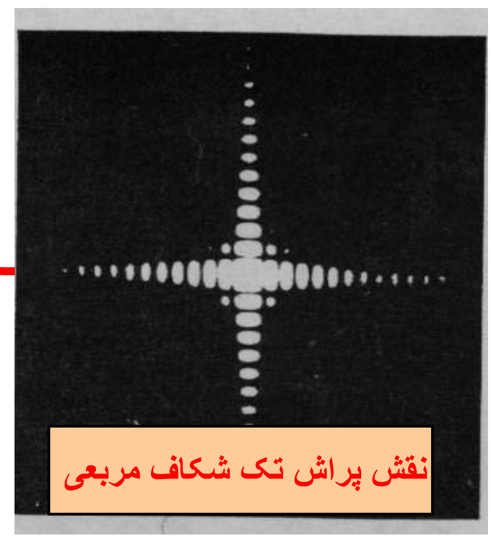
$$y = \frac{m\lambda f}{b} \qquad , x = \frac{m\lambda f}{a}$$

شدت پراش روی پرده از حاصل ضرب تابع شدت ها در هربعد به دست می آید:

$$I = I_\circ (\sin c^2 \beta)(\sin c^2 \alpha)$$


نقش پراش تک شکاف


روزه شکافی
(الف)
پرده
روزه راستگوشه
(ب)
پرده


نقش پراش تک شکاف مربعی

پراش روزنه دایره ای به قطر D :

باتوجه به قابل مقایسه بودن بعدهای افقی و قائم انتگرال گیری روی مساحت روزه انجام می شود

$$E_R = \frac{E_A}{r_\circ} \iint_{Area} e^{isk\sin\theta} dA$$

$$x = 2\sqrt{R^2 - s^2}$$

$$E_r = \frac{2E_A}{r_\circ} \int_{-R}^{R} e^{isk\sin\theta} \sqrt{R^2 - s^2} ds$$

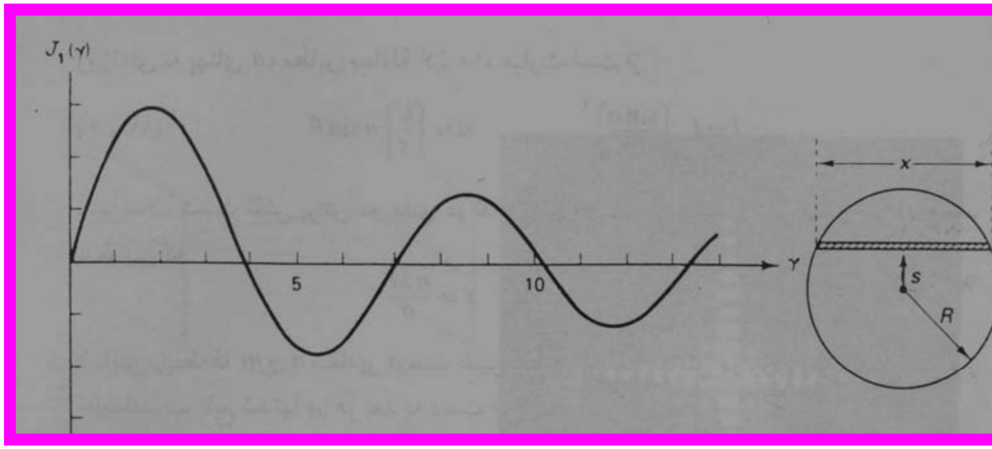
تغییر متغییر:

$$\frac{e}{R} = \nu \qquad , \quad kR\sin\theta = \gamma$$

$$E_R = \frac{2E_A R^2}{r_\circ} \int_{-1}^{1} e^{i\gamma\nu} \sqrt{1-\nu^2} d\nu$$

پاسخ این انتگرال تابع بسل زیر است:

$$\int_{-1}^{1} e^{i\gamma\nu}\sqrt{1-\nu^2}\,d\nu = \frac{\pi J_1(\gamma)}{\gamma}$$



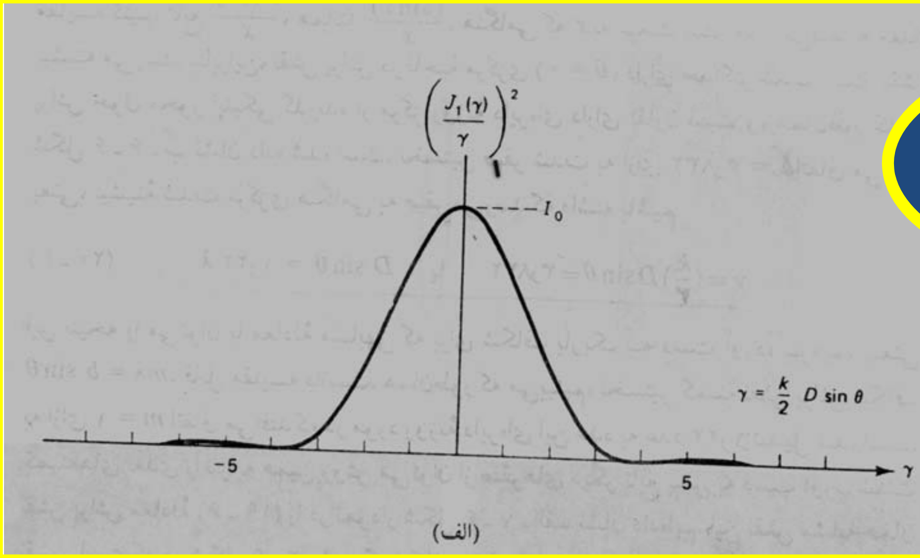
$$J_1(\gamma) = \frac{\gamma}{2} - \frac{(\frac{\gamma}{2})^3}{1^2.2} + \frac{(\frac{\gamma}{2})^5}{1^2.2^2.3} - \dots$$

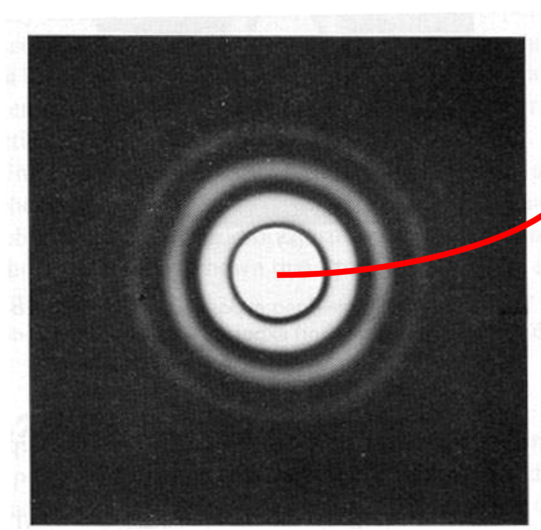
$$= \frac{\gamma}{2}\left[1 - \frac{1}{1!2!}\left[\frac{\gamma}{2}\right]^2 + \frac{1}{2!3!}\left[\frac{\gamma}{2}\right]^4 - \frac{1}{3!4!}\left[\frac{\gamma}{2}\right]^6 + \dots\right]$$

شدت پراش :

$$\boxed{I = I_\circ\left[\frac{2J_1(\gamma)}{\gamma}\right]^2 \qquad , \quad \gamma = \frac{1}{2}kD\sin\theta}$$

شدت نقش پراش روزنه دایره ای



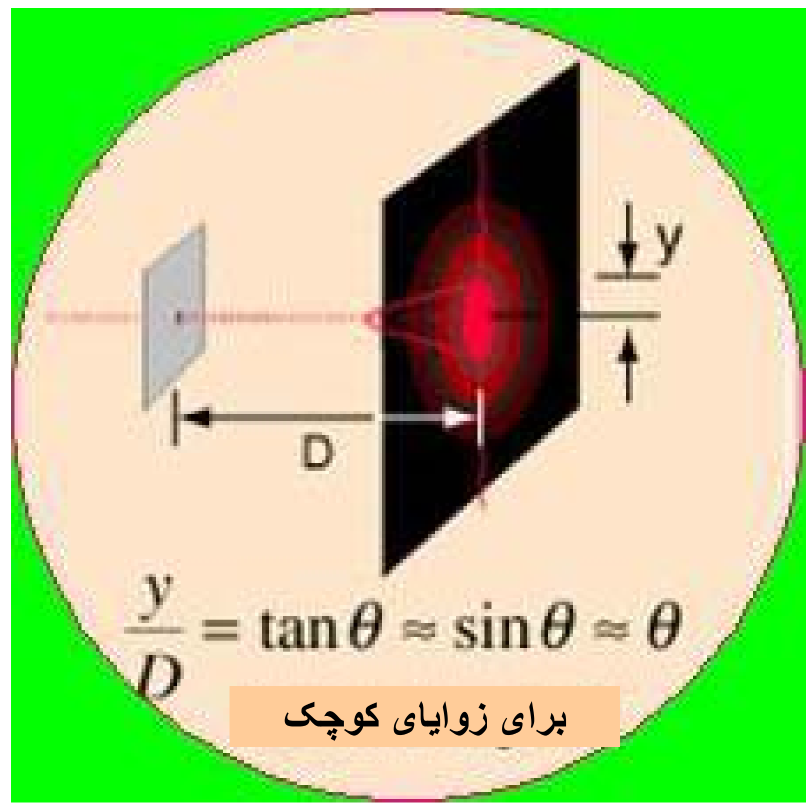


قرص آیری

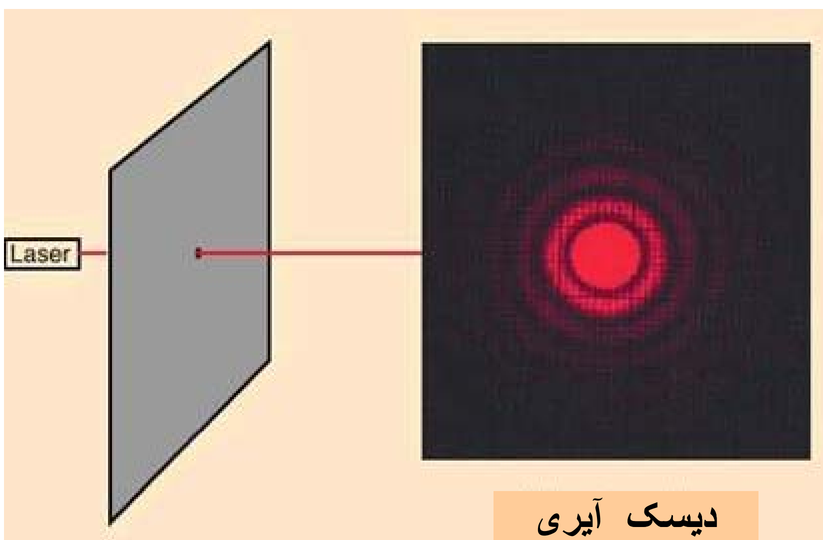
شعاع زاویه ای قرص آیری:

$$\Delta\theta = \frac{1.22\lambda}{d}$$

وقتی نور از یک چشمه نقطه ای مانند لیزر به یک روزنه گرد کوچک می تابد روی صفحه یک نقطه روشن ایجاد نمی شود بلکه یک دیسک دایره ای پراشیده بنام قرص آیری دیده می شودکه به وسیله حلقه های دایره ای هم مرکز احاطه شده است .این مثال از پراش حائز اهمیت زیادی در وسایل اپتیکی است زیرا بسیاری از این وسایل دارای روزنه گرد هستند.اگر این لکه تصویر بزرگتر از تصویری که به وسیله انحرافات سیستم تولید می شود باشد در این صورت می گوییم که فرایند تصویر برداری به وسیله پراش محدود شده است . محدودیت تفکیک تصاویر را به وسیله معیارریلی می توان بیان نمود:

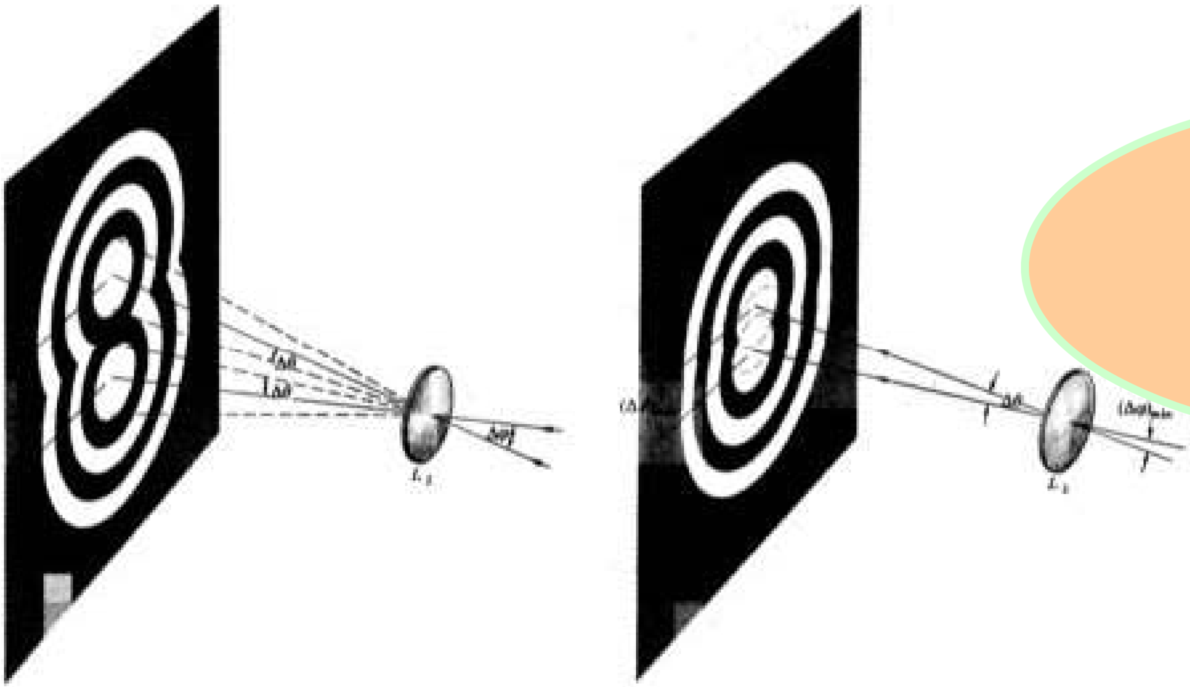


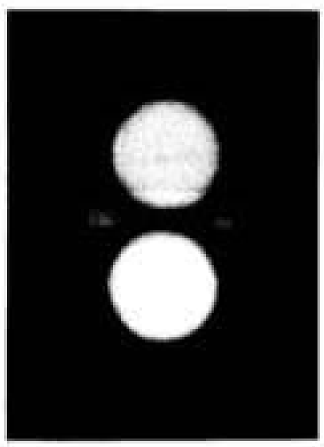
برای زوایای کوچک

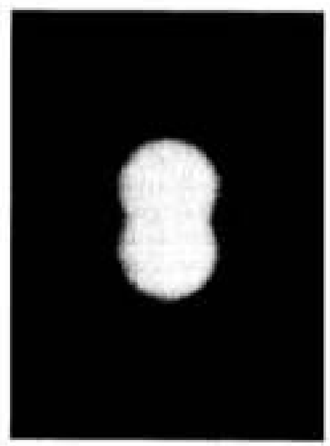


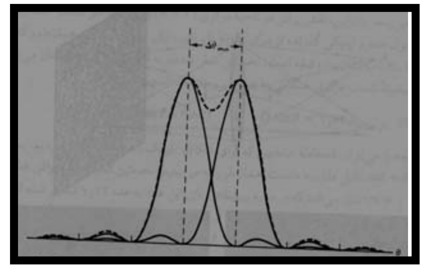
دیسک آیری

استانه تفکیک پذیری





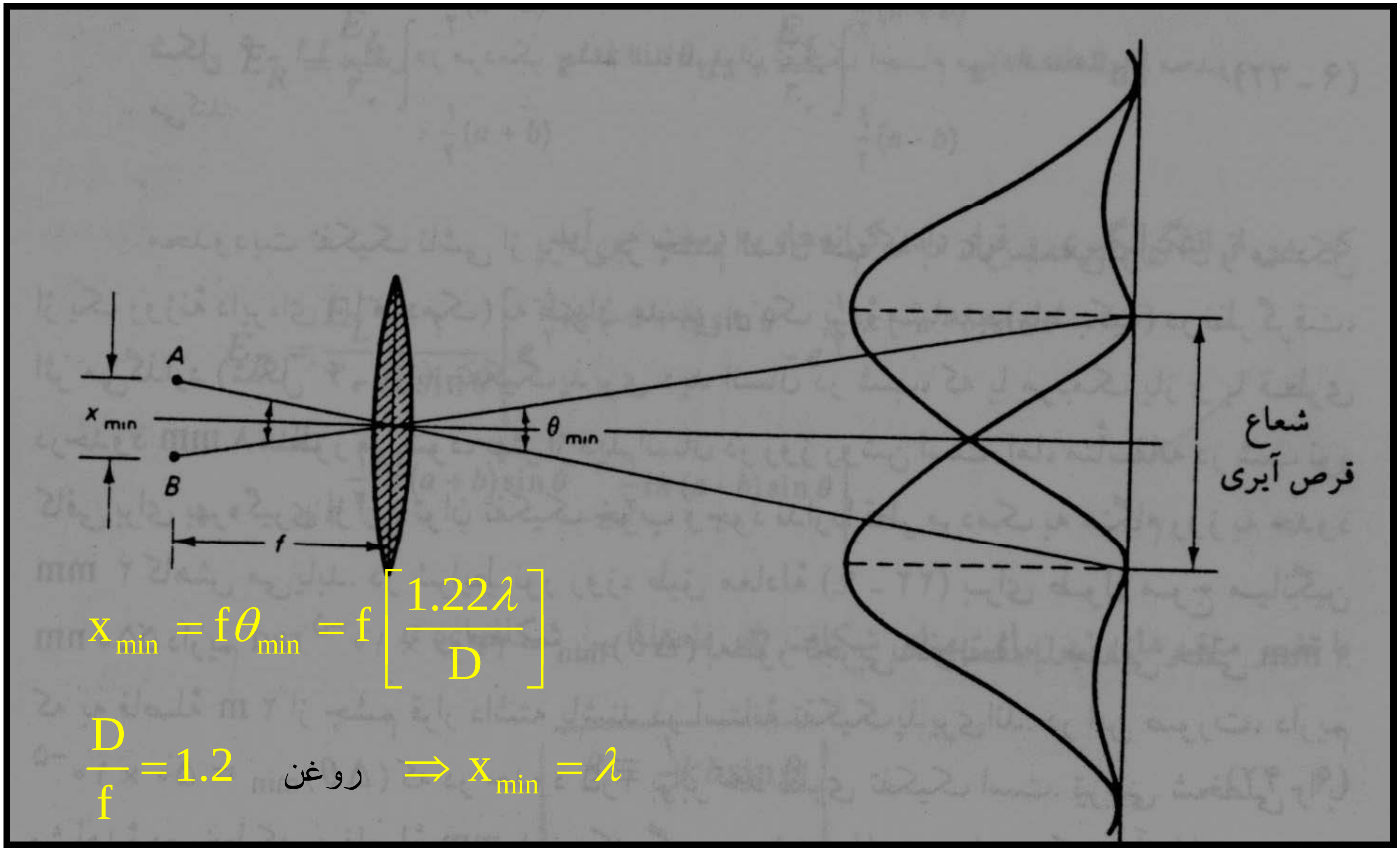




[redacted]

تفکیک پذیری در میکروسکوپ:

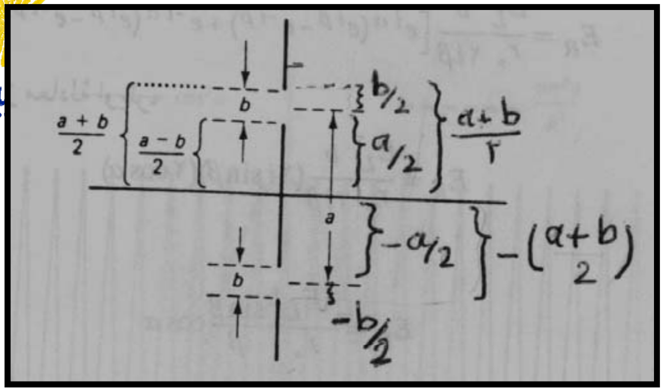
آستانه تفکیک پذیری میکروسکوپ به تقریب برابر با طول موج بکاررفته است.



$$x_{min} = f\theta_{min} = f\left[\frac{1.22\lambda}{D}\right]$$

$$\frac{D}{f} = 1.2 \quad \text{روغن} \quad \Rightarrow x_{min} = \lambda$$

پر اش دوشکاف :



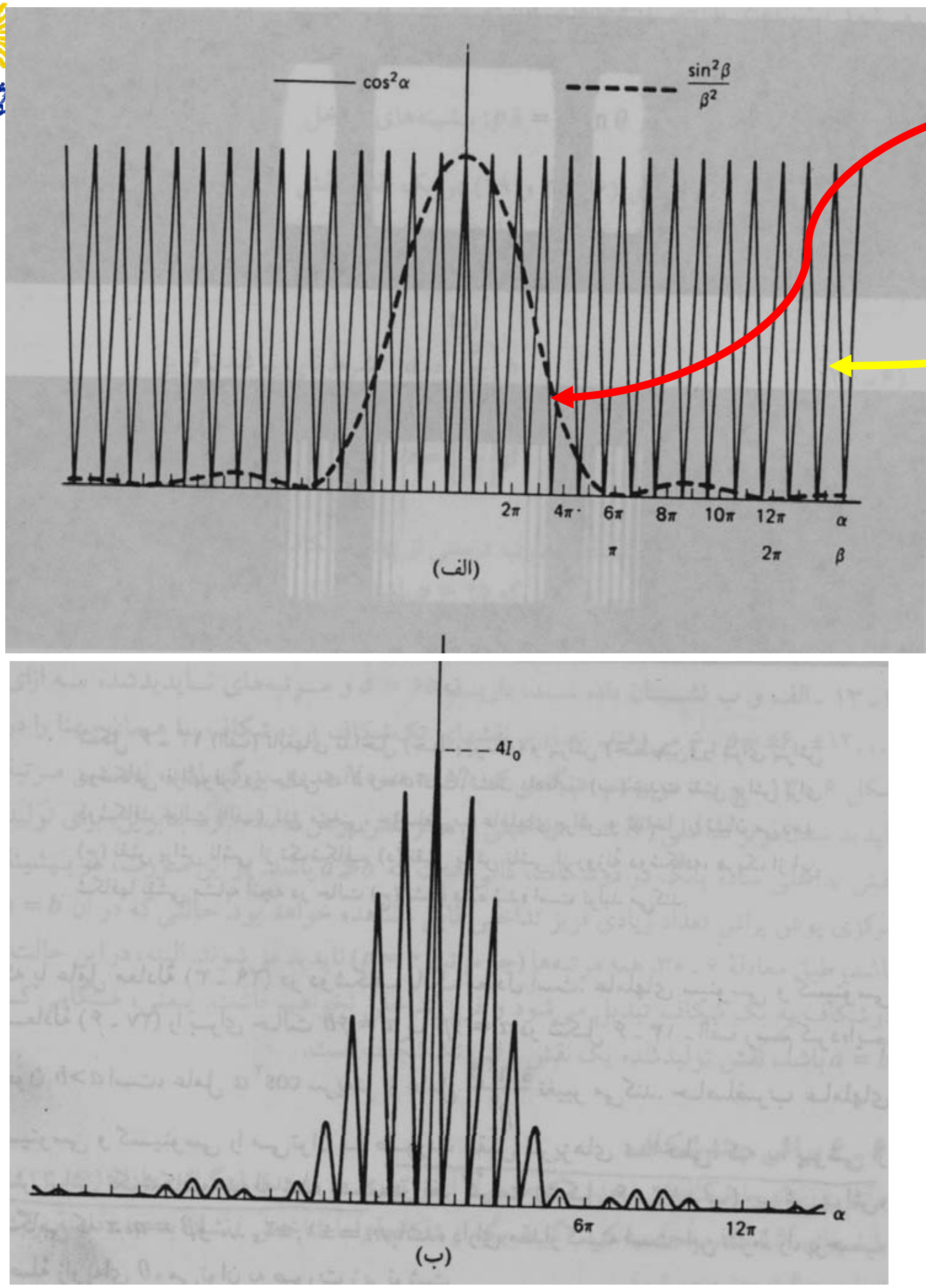
$$E_R = \frac{E_L}{r_\circ} \int_{-\frac{1}{2}(a+b)}^{-\frac{1}{2}(a-b)} e^{isk\sin\theta} ds + \frac{E_L}{r_\circ} \int_{\frac{1}{2}(a-b)}^{\frac{1}{2}(a+b)} e^{isk\sin\theta} ds$$

$$\Rightarrow E_R = \frac{E_L}{r_\circ} \frac{1}{ik\sin\theta} \left[e^{\frac{1}{2}ik(-a+b)\sin\theta} - e^{\frac{1}{2}ik(-a-b)\sin\theta} + e^{\frac{1}{2}ik(a+b)\sin\theta} - e^{\frac{1}{2}ik(a-b)\sin\theta} \right]$$

$$\beta = \frac{1}{2} kb\sin\theta \quad , \quad \alpha = \frac{1}{2} ka\sin\theta$$

$$E_R = \frac{2E_L b}{r_\circ} \frac{\sin\beta}{\beta} \cos\alpha$$

$$\boxed{I = \left[\frac{\varepsilon_\circ c}{2}\right] E_R^2 = 4I_\circ \left[\frac{\sin\beta}{\beta}\right]^2 \cos^2\alpha \quad , I_\circ = \left(\frac{\varepsilon_\circ c}{2}\right)\left(\frac{E_L b}{r_\circ}\right)^2}$$



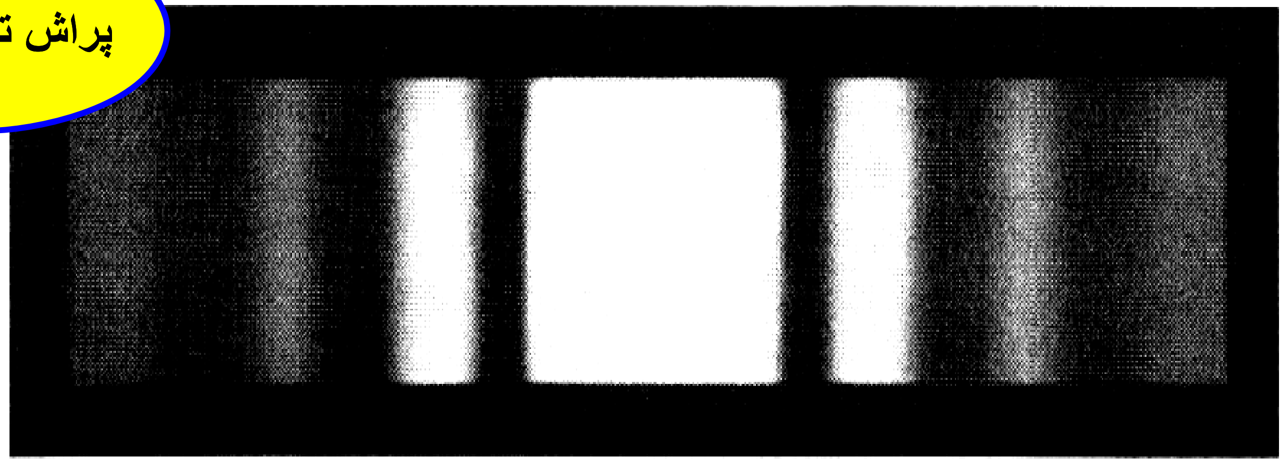
$$\frac{\sin^2\beta}{\beta^2}$$

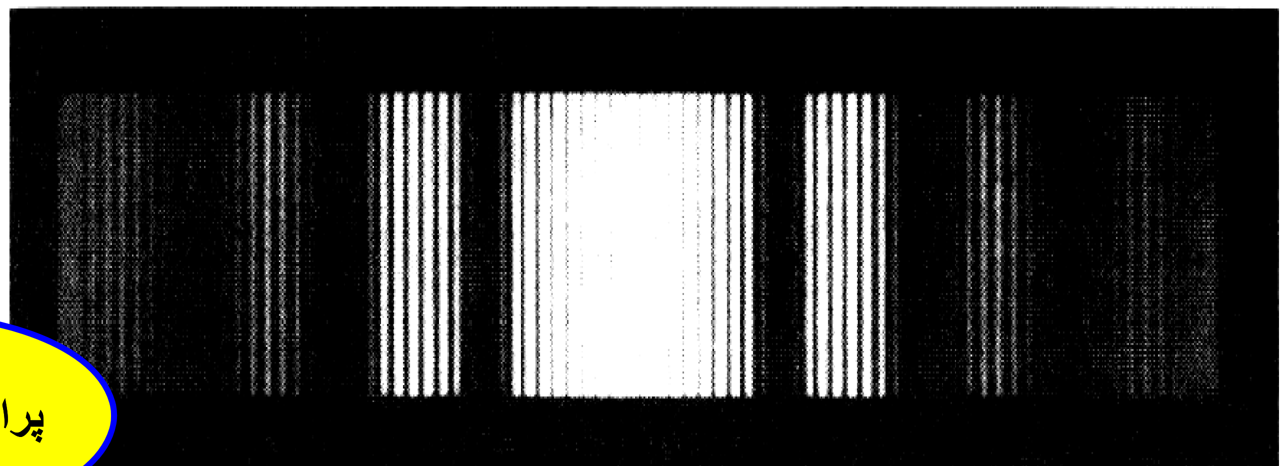
$$\cos^2\alpha$$

شدت پراش دوشکاف برابر
است با حاصل ضرب شدت های تداخل

دوشکاف و پراش تک شکاف !

پراش تک شکاف





پراش دوشکاف

کمینه های پراش :

$$m\lambda = b\sin\theta \quad , \; \beta = m\pi \quad , \; m = \pm 1, \pm 2, \ldots$$

بیشینه های پراش:

$$p\lambda = a\sin\theta \quad , \alpha = p\pi \quad , p = 0, \pm 1 \pm 2, \ldots$$

شرط ناپدید شدن فریزها:

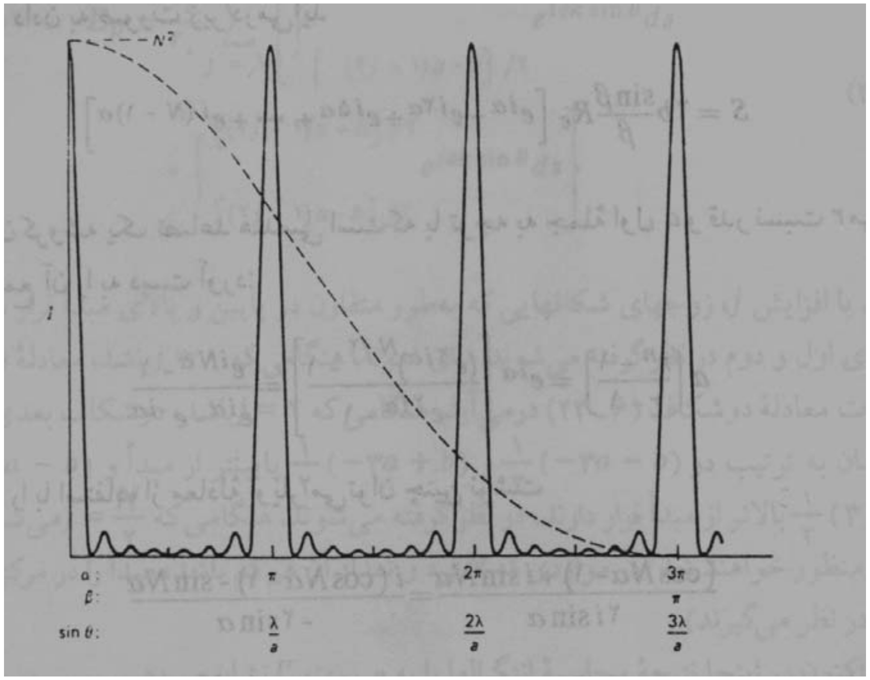
$$a = \left(\frac{p}{m}\right) b \qquad , \quad \alpha = \left(\frac{p}{m}\right)\beta$$

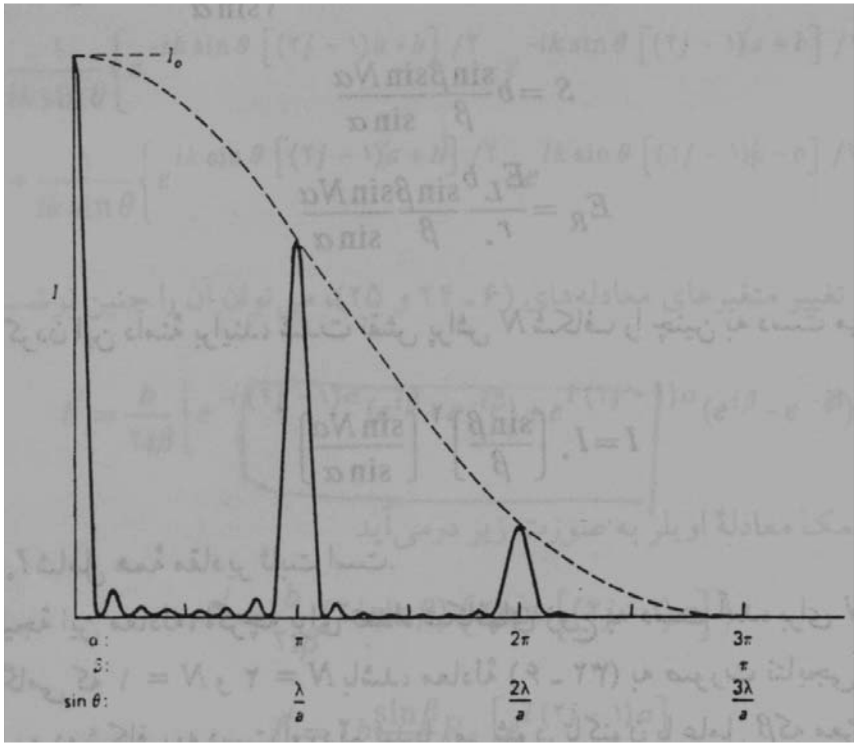
پراش چند شکاف(توری پراش):

$$E_R = \frac{E_L}{r_\circ} \sum_{j=1}^{N/2} \left\{ \int_{\frac{[-(2j-1)a-b]}{2}}^{\frac{[-(2j-1)a+b]}{2}} e^{isk\sin\theta} ds + \int_{\frac{[(2j-1)a-b]}{2}}^{\frac{[(2j-1)a+b]}{2}} e^{isk\sin\theta} ds \right\}$$

$$E_R = \frac{E_L b}{r_\circ} \frac{\sin\beta}{\beta} \frac{\sin N\alpha}{\sin\alpha}$$

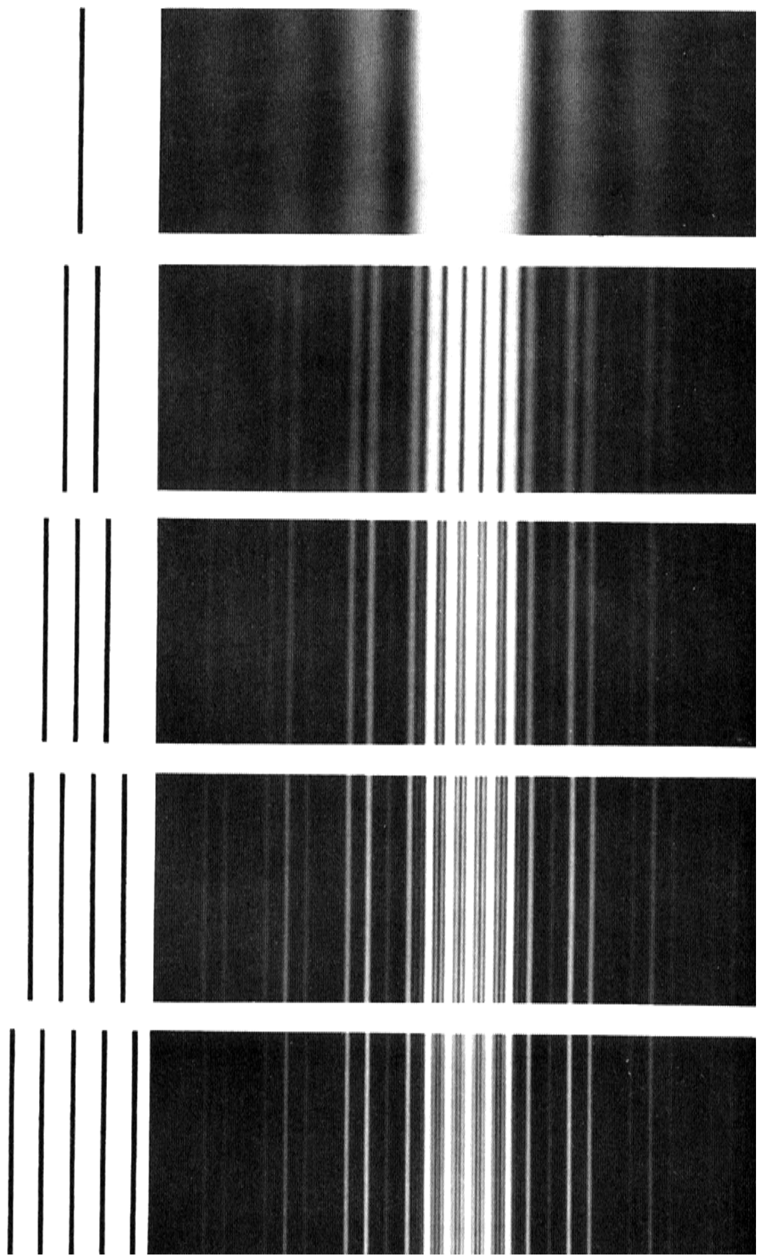
$$\boxed{I = I_\circ \left(\frac{\sin\beta}{\beta}\right)^2 \left(\frac{\sin N\alpha}{\sin\alpha}\right)^2}$$





تابع تداخل (خط پیوسته) و پراش (خط چین) برای پراش فرانهوفر چندشکافی

N=8 ,a=3b



پراش چند شکاف

درتوری هایی که تعداد شکاف ها زیاد است بیشینه های اصلی روشن ومتمایز و کاملا جدا هستند.

بزرگی بیشینه های اصلی در نقش تداخل متناسب با N^2 است.

درمیان بیشینه های اصلی **N-1** کمینه وجود دارد.

دررابطه زیر:

$$\alpha = \frac{p\pi}{N} \quad , \quad a\sin\theta = \frac{p\lambda}{N} \quad , \; p = 0, \pm1, \pm2, \ldots$$

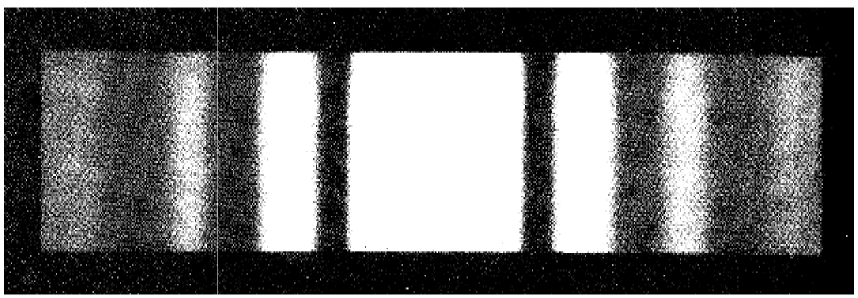
بیشینه های اصلی به ازای :

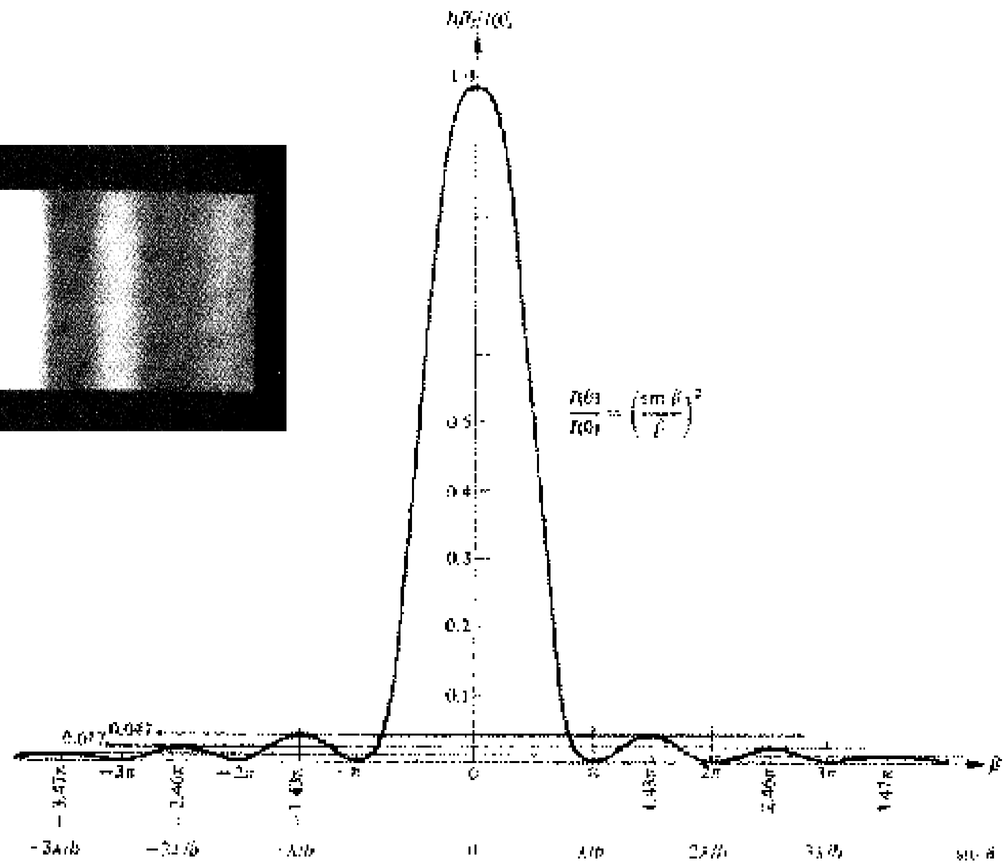
$$p = 0, \pm N, \pm 2N, \ldots$$

بدست می آید.

پاش فرانهوفر از یک شکاف

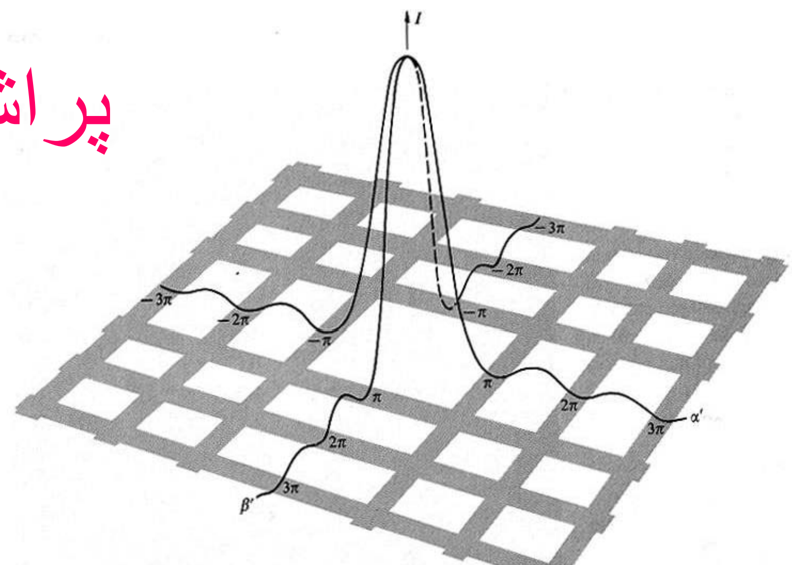
پراش فرانهوفر تک شکاف تبدیل فوریه تابع مستطیلی است که یک تابع sinc است . لذا شدت تابع $sinc^2$ است.



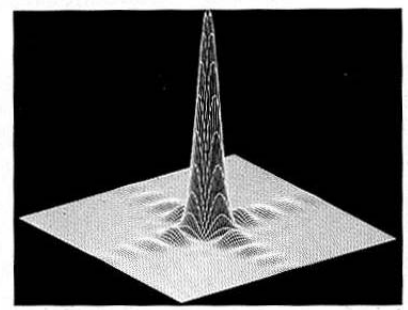


پراش فرانهوفر روزنه مربعی

میدان پراشیده درراستای x_1 و y_1 تابع sinc است.

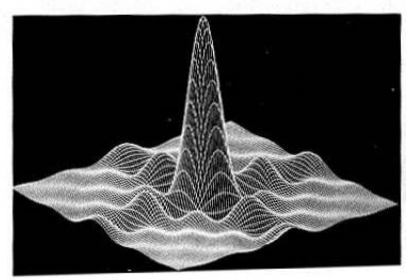


(a)



(b)

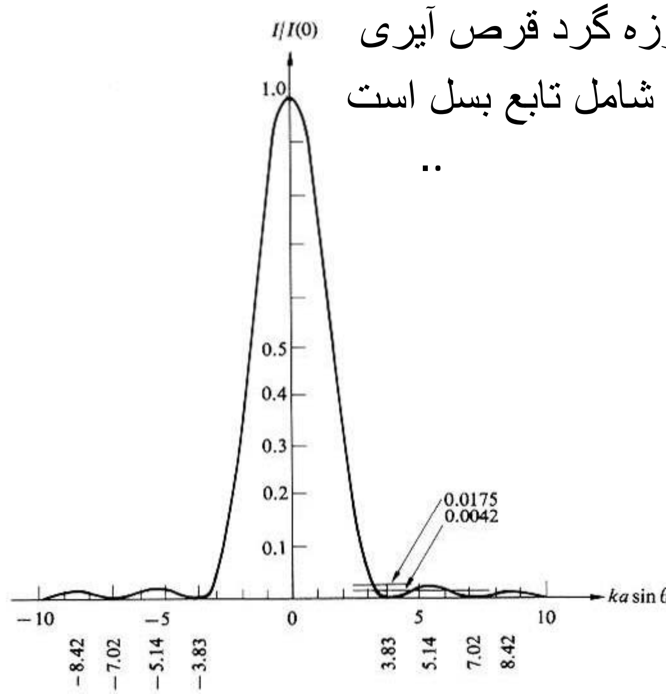
Diffracted irradiance



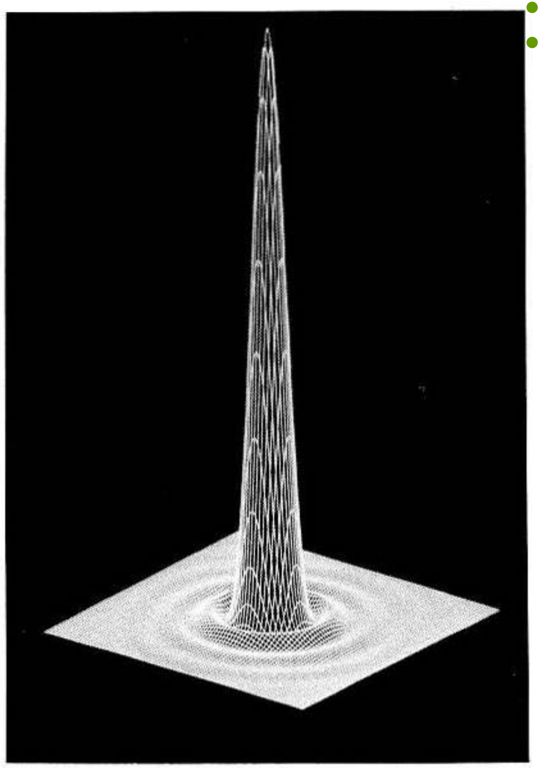
Diffracted field

پراش از روزه دایرهای در دو بعد:

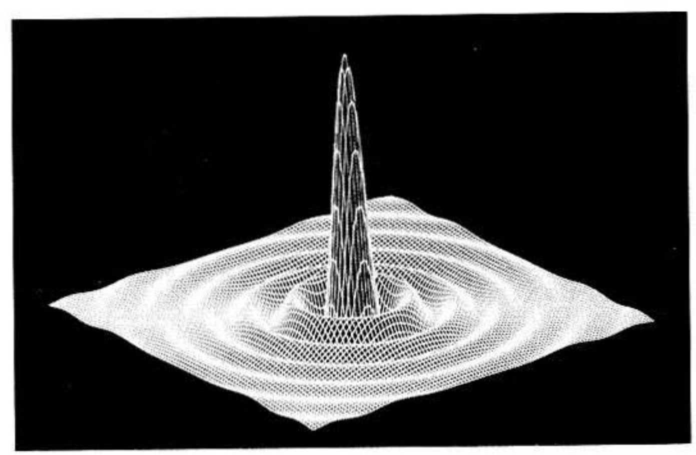
پراش روزه گرد قرص آیری
است که شامل تابع بسل است
..



(a)



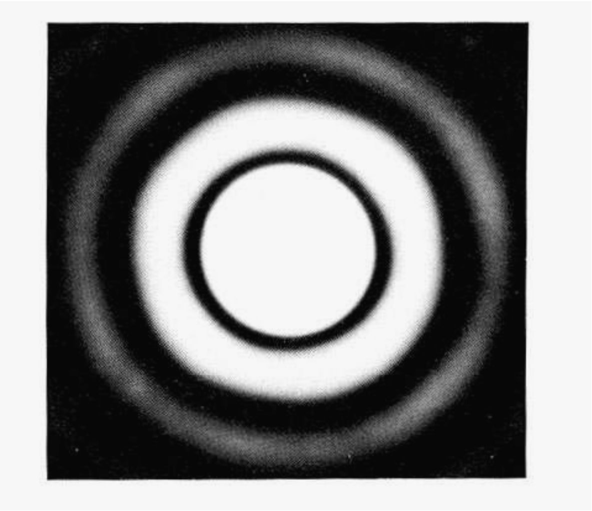
شدت پراشده



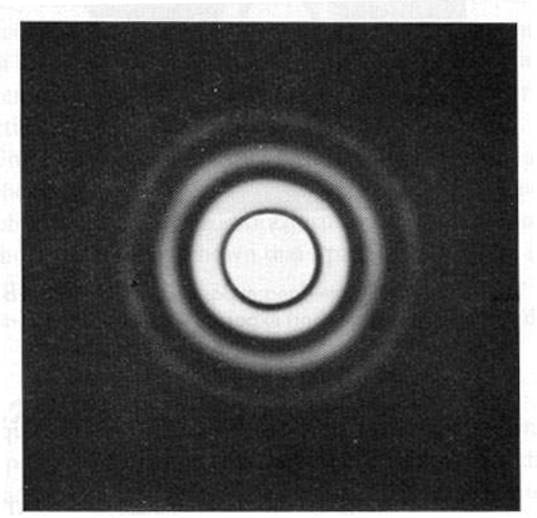
میدان پراشیده

پراش از روزنه گرد کوچک وبزرگ

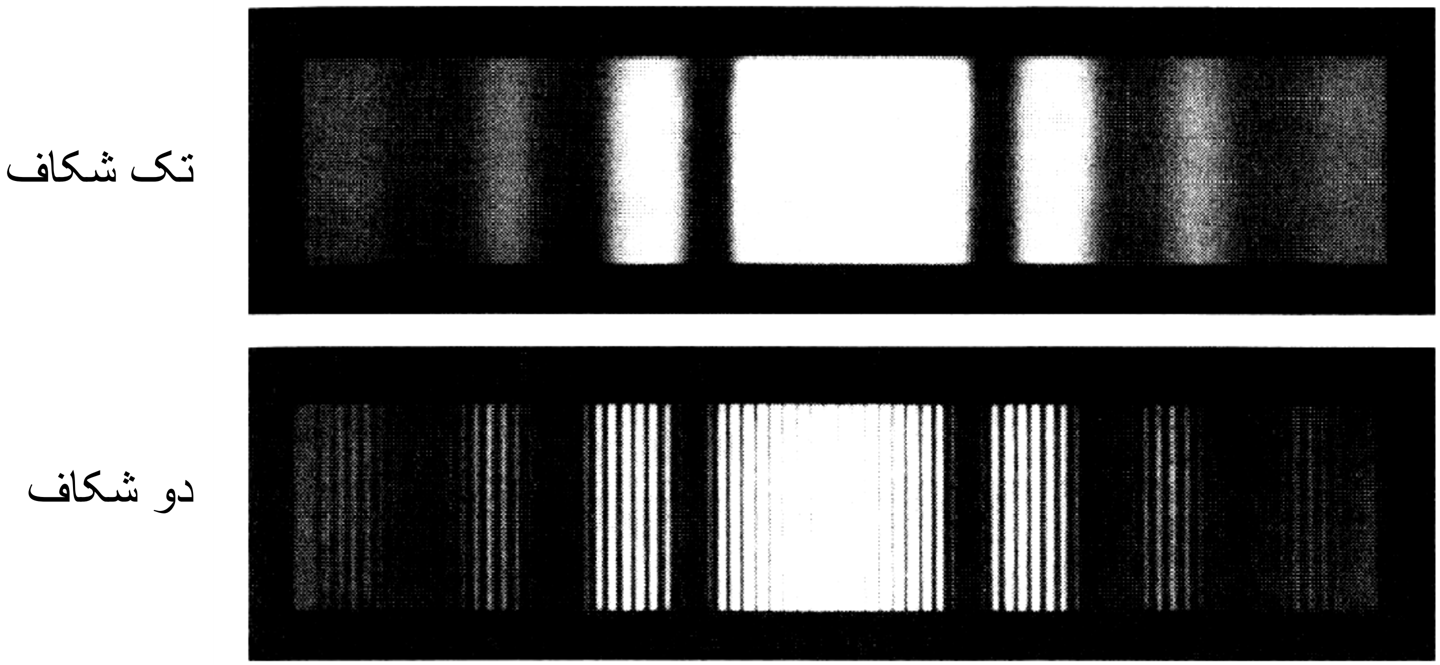
Small aperture



Large aperture

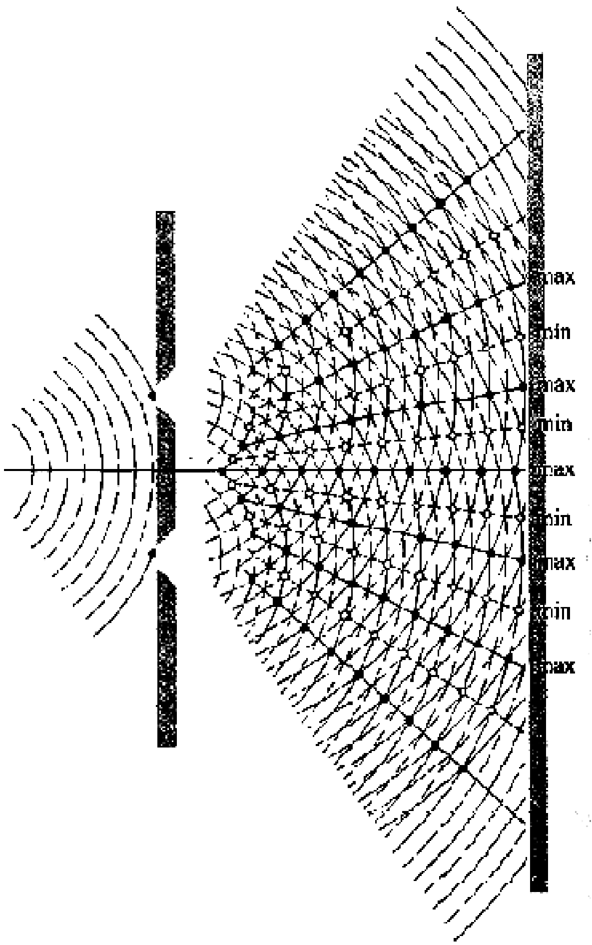


الگوهای پراش تک شکاف و دو شکاف



آزمایش دوشکافی یانگ و همدوسی

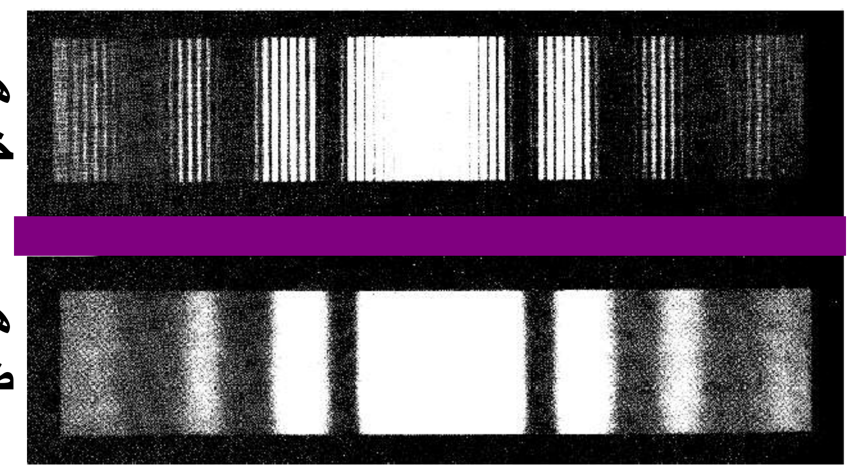
اگر طول همدوسی فضایی کمتراز جدایی شکاف ها باشد فاز نسبی نور تراگسیلی از هر شکا ف به طور اتفاقی تغییرکرده و فریزهای ریز ناپدید می شوند و ا لگوی تک شکاف مشاهده می شود.



الگوهای پراش فرانهوفر

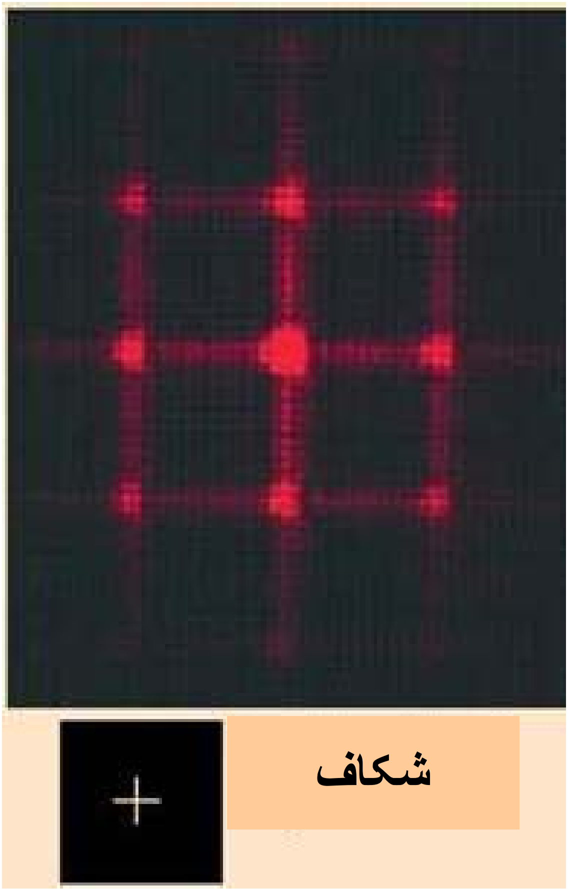
همدوس فضایی خوب

همدوسی فضایی ضعیف



شیارهای دیسک فشرده نوری (CD)مانند توری پراش عمل می کند.فاصله بین شیارها 1.6 میکرومتر است یعنی 625 شیار در میلی متر و این در حدود توری های آزمایشگاهی است . لذا نور قرمز ، با طول موج 600 نانومتر پراش مرتبه اول با بیشینه ای در 22 درجه ایجاد می کند.

الگوی پراش روزنه صلیبی

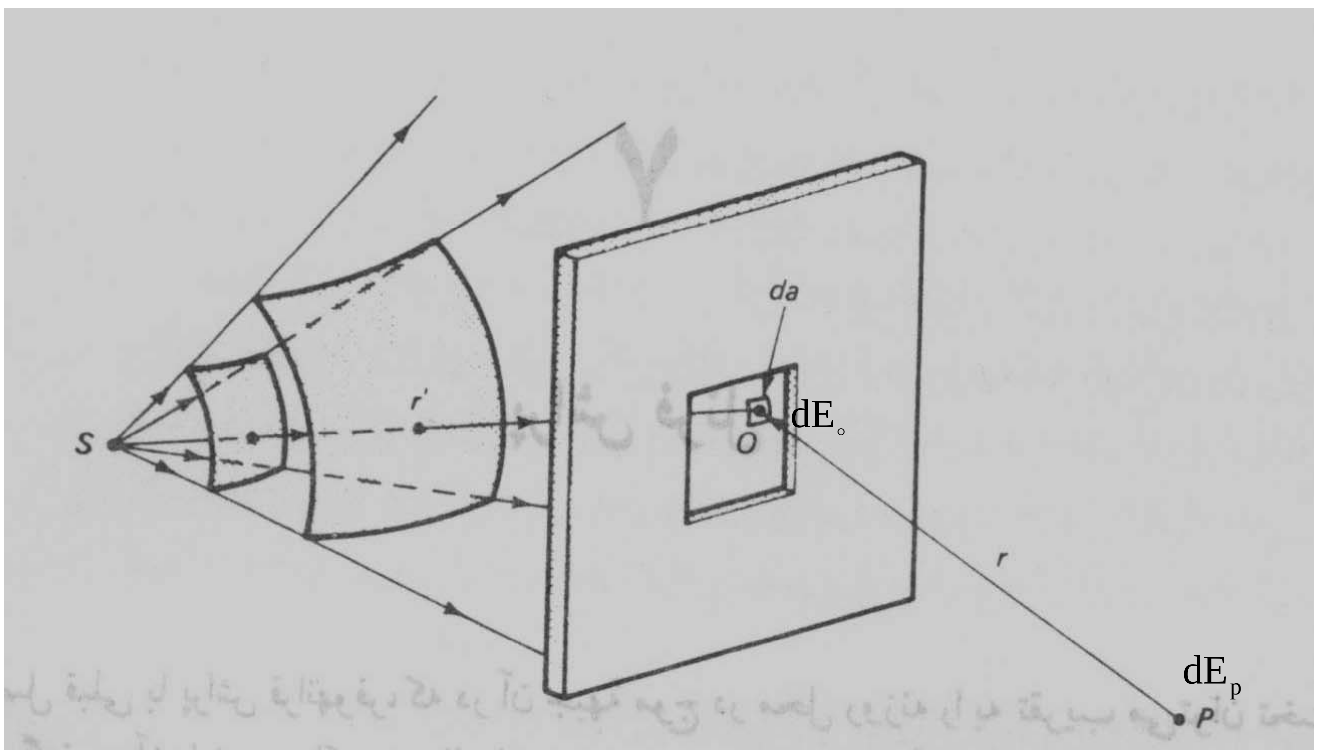


الگوی پراش حاصل از عبور نور لیزر – هلیوم از یک شکاف به شکل صلیب 90 درجه را در شکل روبرو ملاحظه می کنید این الگو تقارن جسم پراشنده را نشان می دهد . زوایای 90 درجه در الگو متناظر با همین زوایا درجسم است . فضای بین تمرکز روشن نور نسبت عکس با پهنای شکافها درجسم دارد و برای اندازه گیری این پهناها کاربرد دارد.

اصولا این مشابه پراش اشعه ایکس که برای آشکارکردن تقارن در شبکه اتمی در کریستا ل ها بکار می رود.

پراش فرنل (میدان نزدیک)

در پراش فرنل روزنه پراش به چشمه یا پرده مشاهده ویا هردو نزدیک است وجبهه موج در محل روزنه کروی است و محاسبات ریاضی دراین حالت پیچیده تر است.



$$dE_p = \left(\frac{dE_\circ}{r} \right) e^{ikr}$$

$$dE \propto E_L \, da$$

$$E_L = \left(\frac{E_s}{r'} \right) e^{ikr'}$$

$$dE_p = \left(\frac{E_s}{rr'} \right) e^{ik(r+r')} da$$

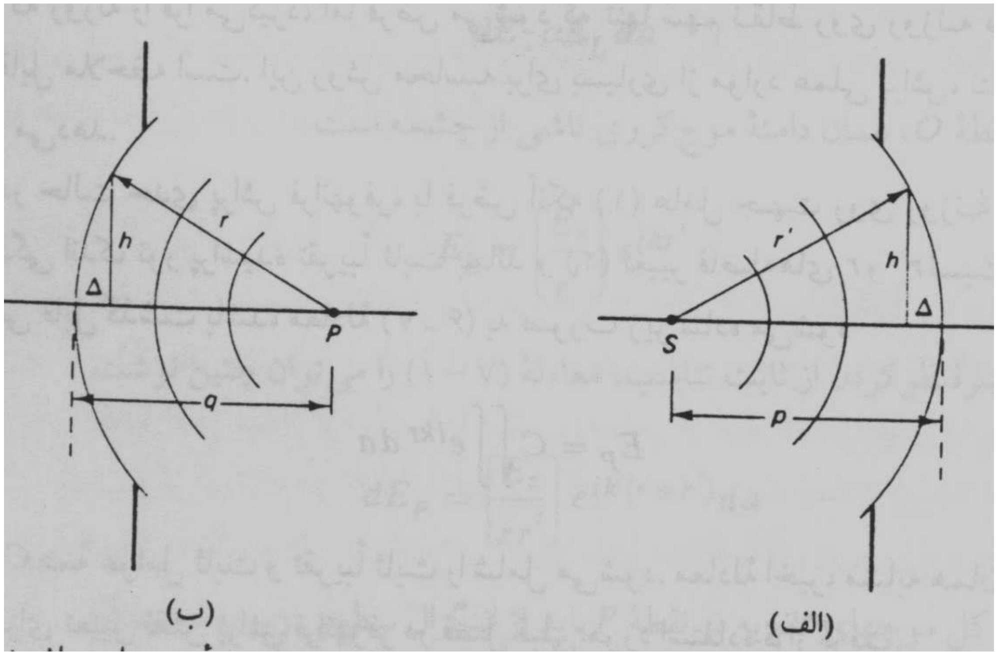
$$E_p = E_s \iint \left(\frac{1}{rr'} \right) e^{ik(r+r')} da$$

$$E_p \frac{-ikE_s}{2\pi} \iint F(\theta) e^{ik(r+r')} da \quad , \quad F(\theta) = \frac{1+\cos\theta}{2}$$

$$\boxed{E_p = c \iint e^{ikr} da}$$

انتگرال فرنل - کیرشهوف

معیار پراش فرنل:

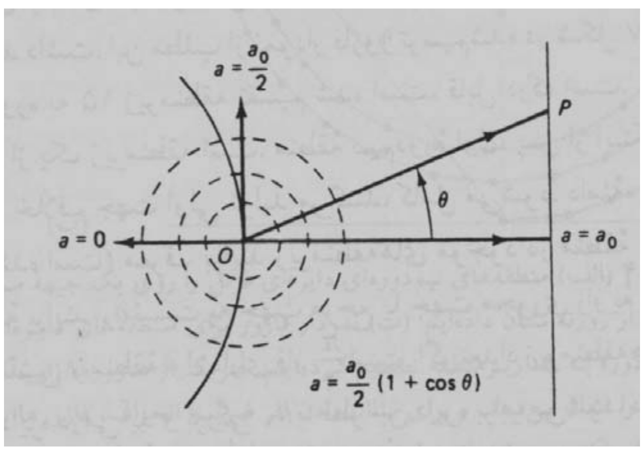


$$\Delta = p - \sqrt{r'^2 - h^2} \quad \Rightarrow \Delta = p - r'\left(1 - \frac{h^2}{2r'^2}\right)$$

$$\Delta = \frac{h^2}{2p} > \lambda \qquad , \Delta = \frac{h^2}{2q} > \lambda$$

میدان نزدیک $: \frac{1}{2}\left(\frac{1}{p} + \frac{1}{q}\right)h^2 > \lambda$

میدان نزدیک $: d < \frac{A}{\lambda}$

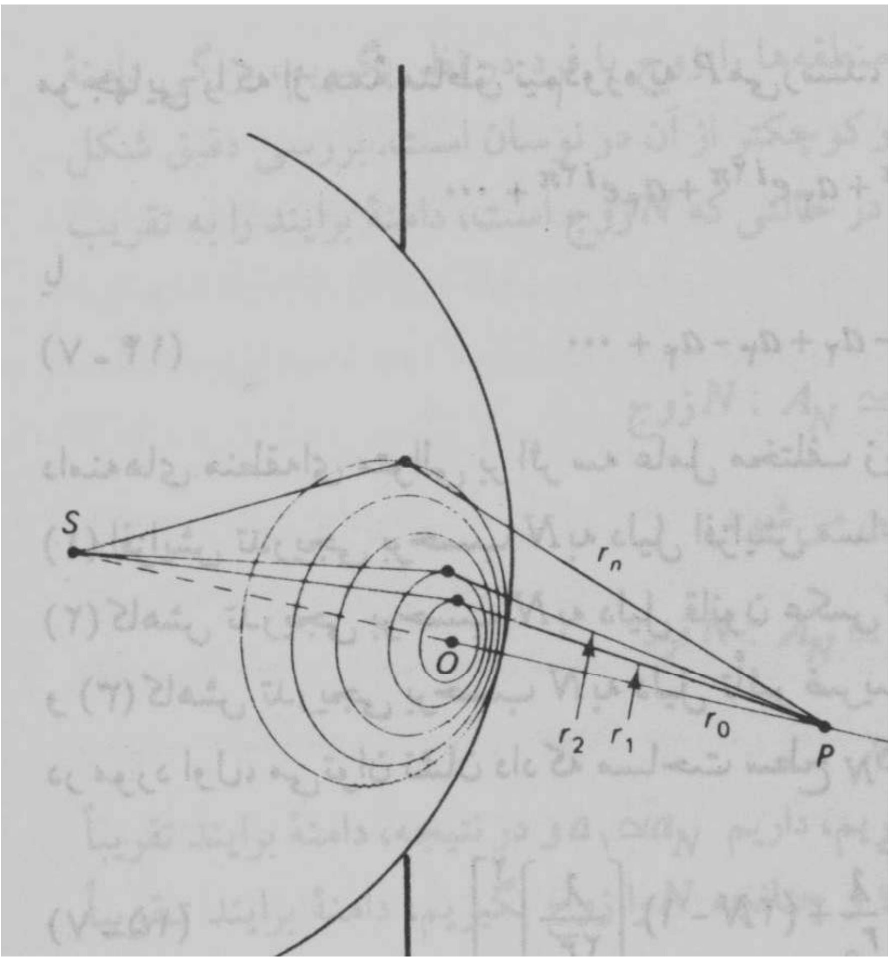


ضریب انحراف :

$$a = \frac{a_\circ}{2}(1 + \cos\theta)$$

برای پرهیز از انتگرال گیری از روش هوشمندانه زیر استفاده می شود:

جبهه کروی به مرکز s به منطقه هایی چنان تقسیم می کنیم که فاصله هر منطقه از نقطه p به طور متوسط به اندازه نصف طول موج با منطقه مجاورش تفاوت داشته باشد:



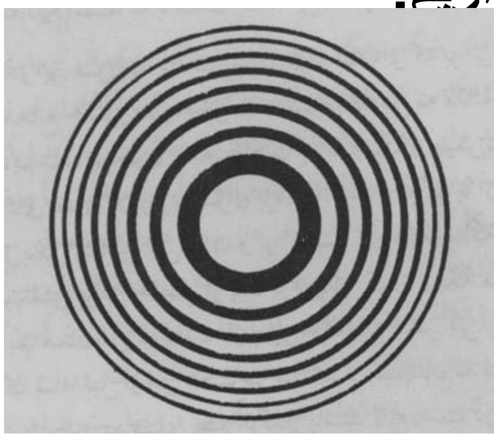
$$r_N = r_\circ + \frac{N\lambda}{2}, \ldots, r_2 = r_\circ + \lambda, r_2 = r_\circ + \frac{\lambda}{2}$$

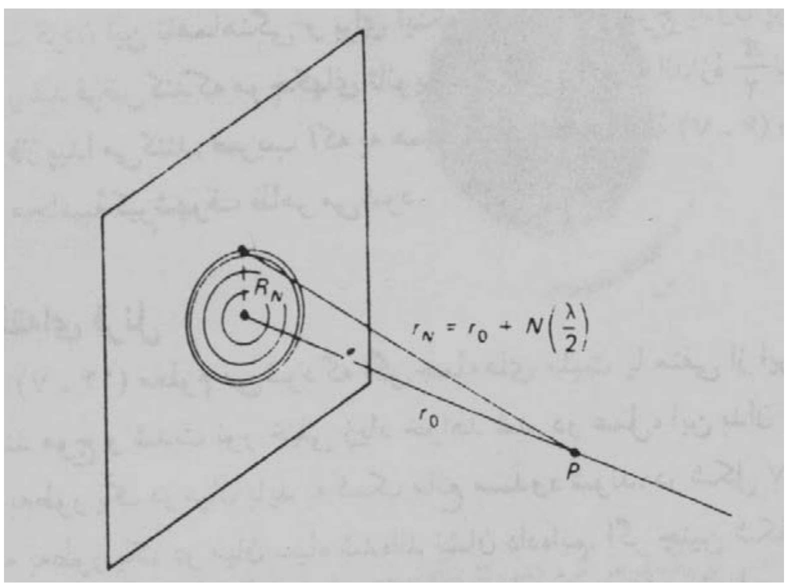
این منطقه هار ا مناطق نیم دوره ای فرنل می گویند .سهم هر منطقه نسبت به منطقه قبلی در فاز مقابل است یعنی مناطق پشت سرهم نسبت به هم به اندازه π با هم اختلاف فاز دارند.

محاسبات فازوری نشان می دهد که دامنه برایند برابر نصف دامنه ناشی از منطقه اول است.

تیغه منطقه ای فرنل :

منطقه های فرنل را یک در میان بوسیله مانعی مسدود می کنیم.
چنین شکلی را با اندازه کوچکتر روی لایه ای شفا ف چاپ می کنیم در نتیجه یک تیغه منطقه ای فرنل داریم:





شعاع تیغه منطقه ای فرنل:

$$R_N^2 = \left(r_\circ + \frac{N\lambda}{2} \right)^2 - r_\circ$$

$$\Rightarrow R_N = \sqrt{N r_\circ \lambda}$$

اگر شعاع منطق اول R_1 باشد
شعاع دیگر مناطق برابر خواهد بود:

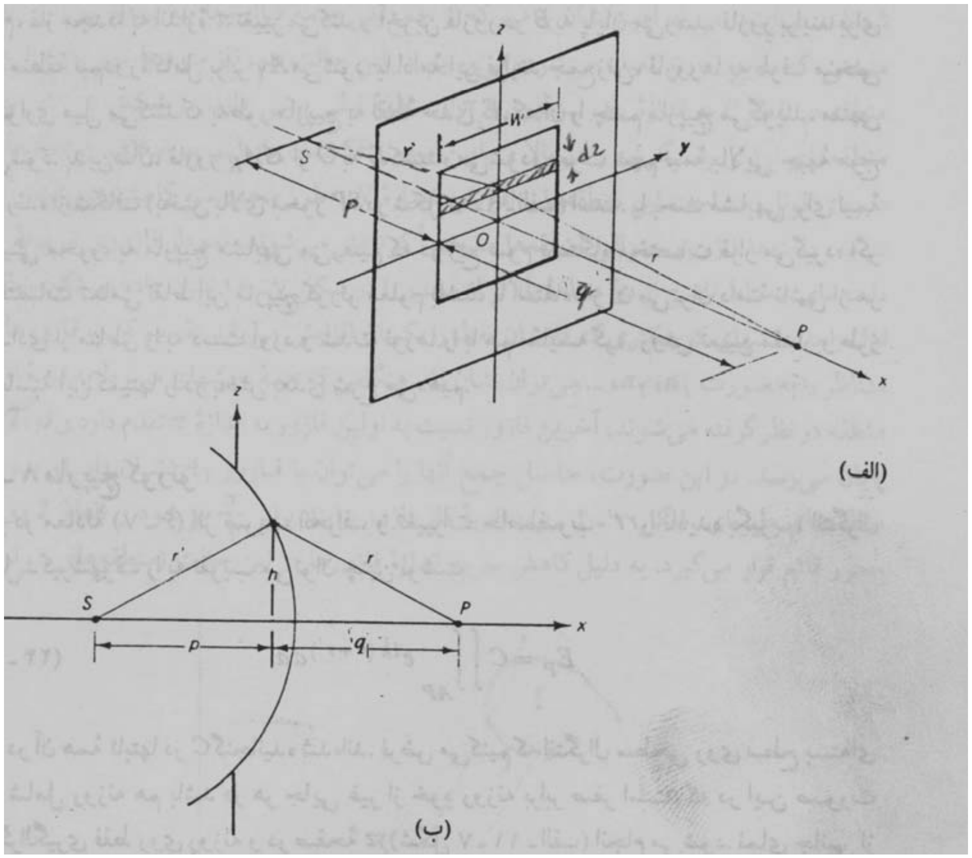
$$1.41R_1 \,, 1.73R_1 , 2R_1 , \ldots$$

تیغه های منطقه ای فرنل

تعداد زیادی دوایر هم مرکز که شعاع های آنها متناسب با جذر اعداد صیحیح است روی ورقه از کاغذ می کشیم مناطق فرد را سیاه می کنیم و تصویر کوچک تری از آن را روی شیشه نازک تهیه می کنیم. در نگا تیف نواحی فرد شفا ف خواهند بود. شیشه نگاتیف را تیغه منطقه ای مثبت می گویند.

مارپیچ کورنو:

انتگرا ل فرنل $E_p = C\iint_A e^{ik(r+r')}da$ که در آن همه ثابتها گنجانیده شده اند دور از پیچیدگی ها می توان به روش ساده زیر حل کرد:فاصله $r+r'$ می توان از شکل زیر بدست آورد:



$$h \ll q \quad , h \ll p \quad \Rightarrow$$

$$r' = (p^2 + h^2)^{\frac{1}{2}} = p\left[1 + \frac{h^2}{2p^2}\right]$$

$$\Rightarrow \quad r' = p + \frac{1}{2}\left(\frac{h^2}{p}\right) \qquad , \; r = q + \frac{1}{2}\left(\frac{h^2}{q}\right)$$

$$\Rightarrow \qquad r + r' = (p+q) + \left[\frac{1}{p} + \frac{1}{q}\right]\frac{h^2}{2}$$

$$D = p + q \qquad , \qquad \frac{1}{L} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$

$$\Rightarrow \quad r + r' = D + \frac{h^2}{2L}$$

فاصله های کانونی تیغه منطقه ای فرنل:

تیغه منطقه ای مانند یک عدسی عمل می کند که کانون آن در P قراردارد .با حرکت دادن این نقطه به سوی تیغه منطقه ای کانون های مختلقی را تشخیص خواهیم داد که شعاع آنها چنین است :

$$f_1 = \frac{R_1^2}{\lambda}$$

$$f_N = \frac{R_1^2}{N\lambda}$$

Nفــرد

$$E_p = c\iint e^{ik(d+\frac{h^2}{2L})} da$$

$$h = z \quad , da = wdz$$

$$\Rightarrow \; E_p cwe^{ikD}\int e^{\frac{ikD}{2L}} dz \qquad , \frac{kz^2}{2L} = \frac{\pi z^2}{L\lambda}$$

$$z = \sqrt{\frac{\lambda L}{2}}\nu \quad \Rightarrow \nu = \sqrt{\frac{2}{L\lambda}}z$$

$$|E_p| = cw\left|\int e^{i\pi\nu^2/2}\sqrt{\frac{L\lambda}{2}}d\nu\right|$$

$$\therefore \; |E_p| = E_\circ\left|\int \cos\left(\frac{\pi\nu^2}{2}\right)d\nu + i\int \sin\left(\frac{\pi\nu^2}{2}\right)d\nu\right|$$

$$\Rightarrow \quad E_p = E_\circ\left[c(\nu) + i\,s(\nu)\right]$$

$$\boxed{\begin{aligned} c(\nu) &= \int_0^{\nu} \cos(\frac{\pi\nu^2}{2})d\nu \\ s(\nu) &= \int_0^{\nu} \sin(\frac{\pi\nu^2}{2})d\nu \end{aligned}}$$

انتگرال های فرنل:

$$I_p \propto |E_p|^2$$

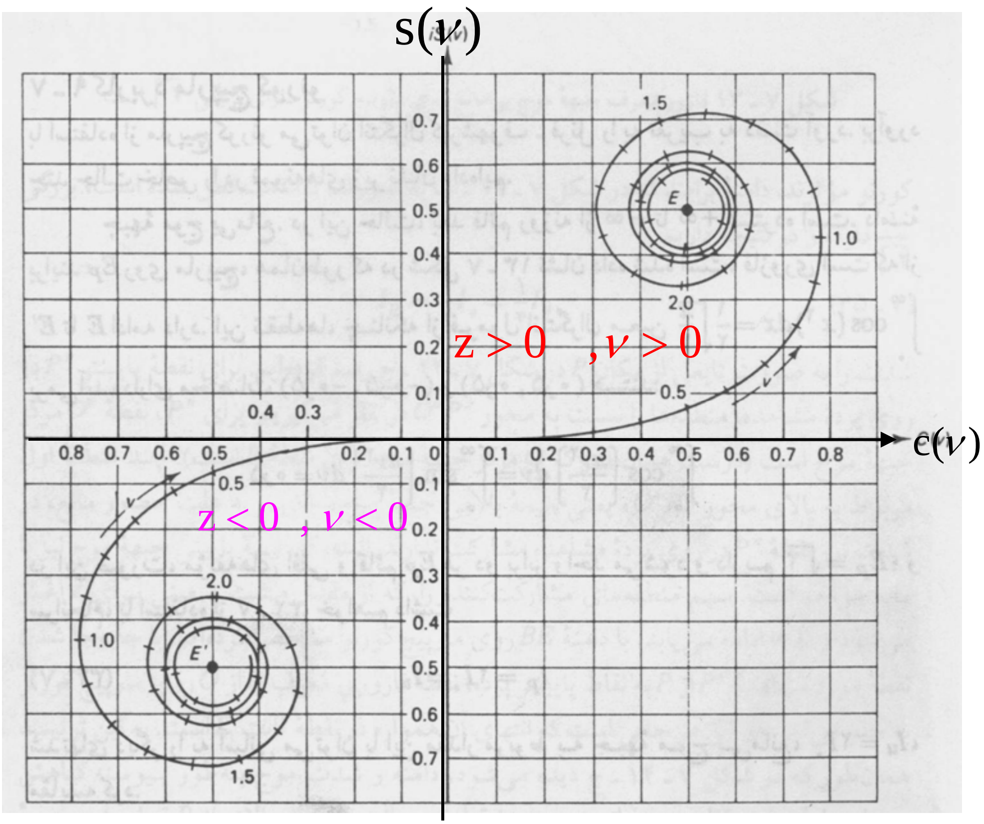
$$I_p = I_\circ (c+is)(c-is) = I_\circ (c^2+s^2)$$

اگر مقادیر انتگرال های فوریه را برحسب متغیر v و به صورت مختصه های حقیقی و موهومی روی صفحه مختلط رسم کنیم نمودار حاصل را مارپیچ کورنو می نامند.

خط راستی که میان هردونقطه از این مارپیچ رسم شود با دامنه میدان الکتریکی در نقطه p متناسب است :

$$E_p \propto (c^2+s^2)$$

مارپیچ کورنو:

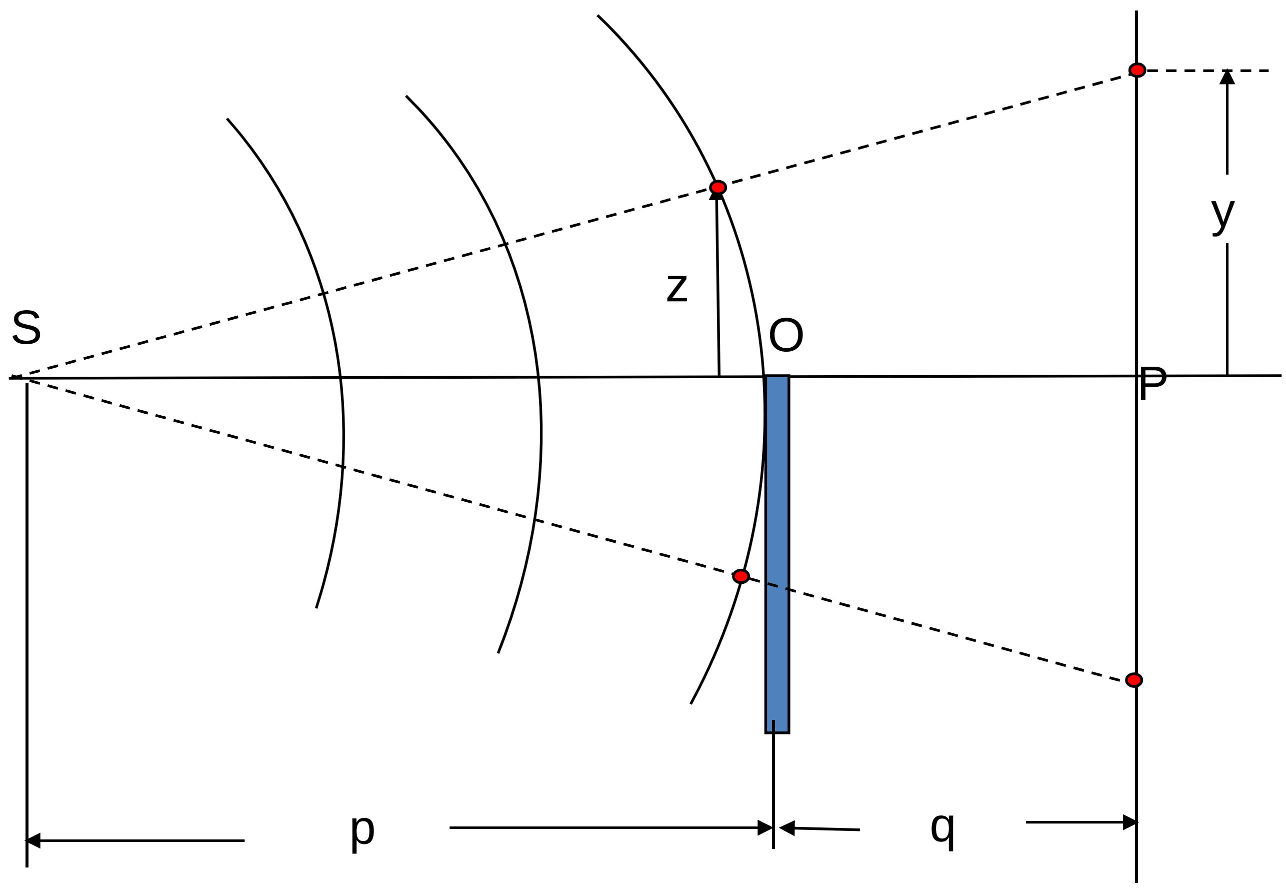


کاربرد مارپیچ کورنو:

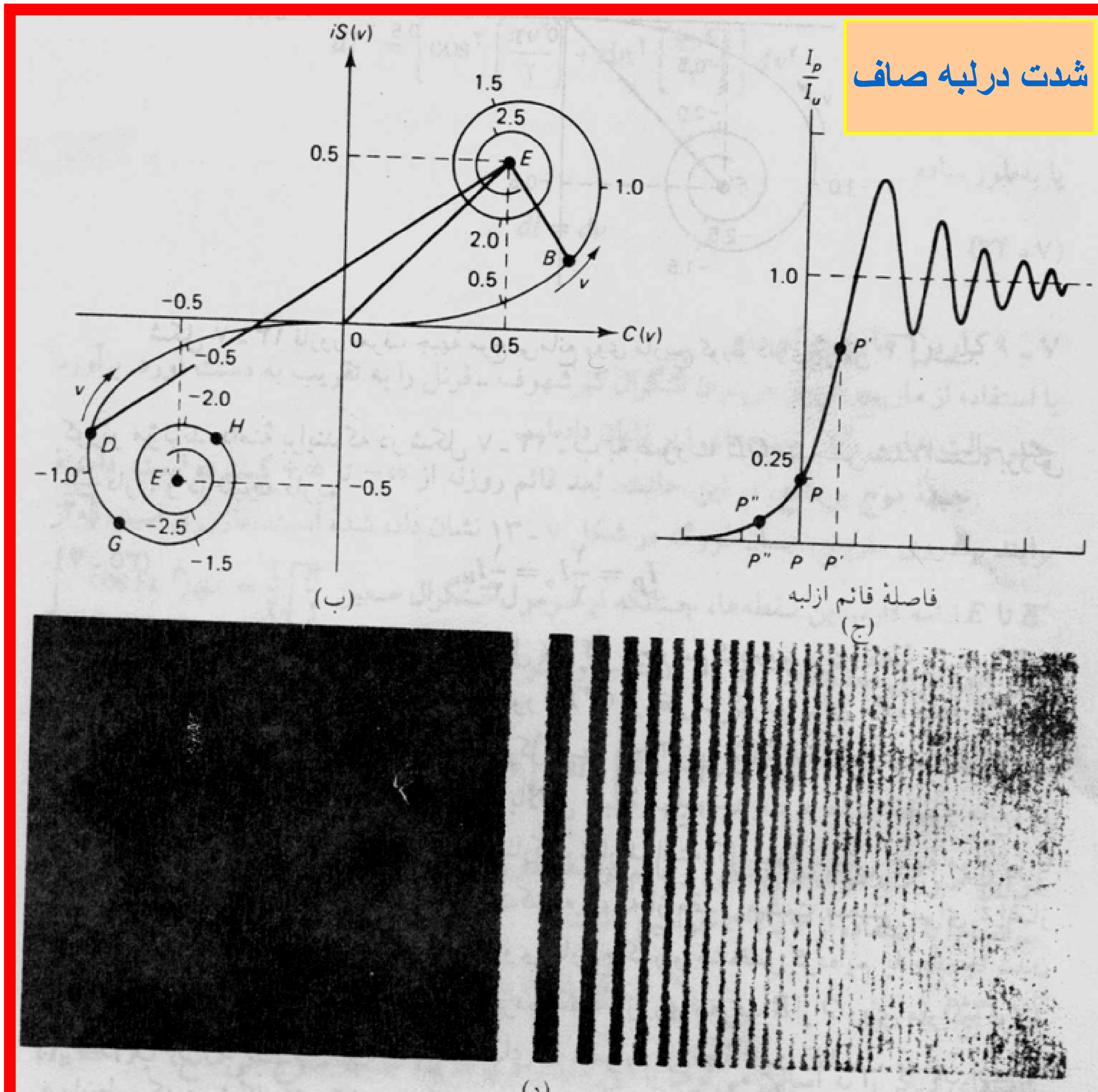
باستفاده از مارپیچ کورنو می توان انتگرال فرنل – کیرشهوف را با تقریب بدست آورد.

مثال مارپیچ کورنو: لبه صا ف

پراش فرنل در لبه صاف در شکل زیر نشان داده شده است :



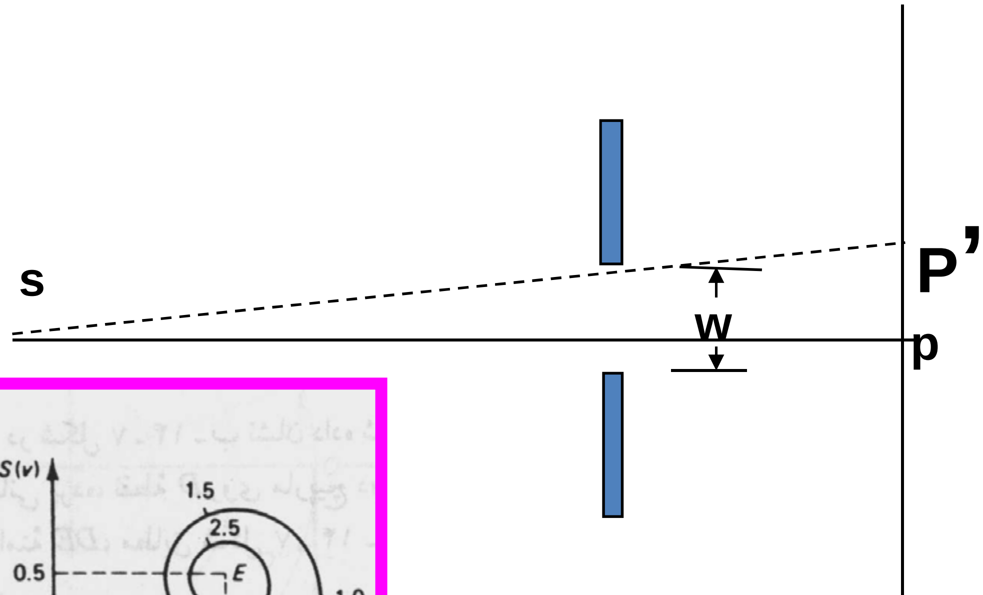
شدت درلبه صاف

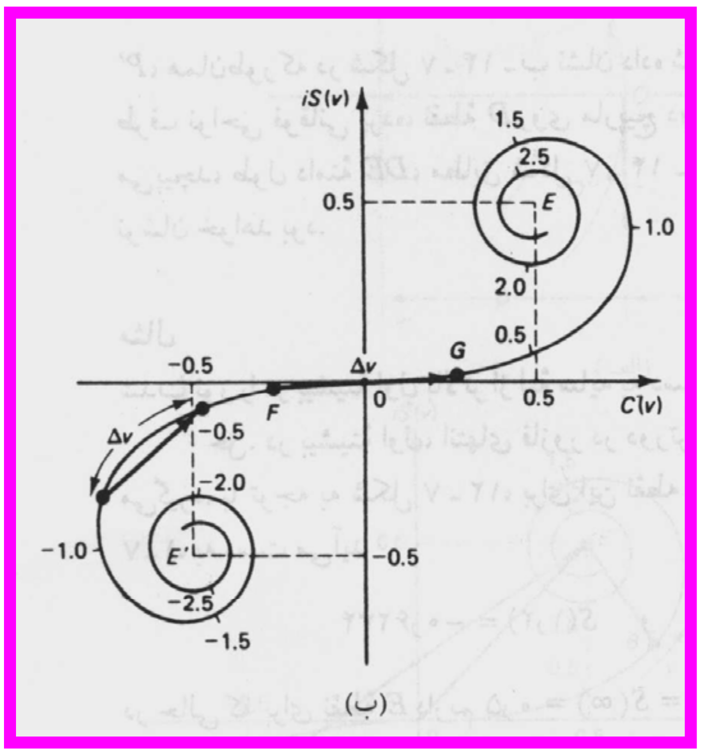


$$OE = \sqrt{0.5^2 + 0.5^2} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\Rightarrow I_p = \frac{1}{2} I_\circ = \frac{1}{4} I_u$$

مثال :تک شکاف





$$\Delta \nu = \sqrt{\frac{2}{L\lambda}}\Delta z = \sqrt{\frac{2}{L\lambda}}w$$

مثال : فرض کنید که درمثال قبل طول موج نور 500 نانومتر و پهنای شکاف 1 میلی متر باشد.فاصله شکاف چشمه تا شکاف پراش 20 سانتی متر است . نقش پراش رادر فاصله 30 سانتی متر از شکاف مشاهده می کنیم . شدت نور روی پرده درارتفاع 1 میلی متر بالاتراز محور چقدر است ؟

$$l = \frac{pq}{p+q} = \frac{(20)(30)}{20+30} = 12 \text{ cm}$$

$$z = \left[\frac{p}{p+q}\right] y = \left(\frac{20}{50}\right)(1) = 0.4 \text{ mm}$$

$$\nu_1 = \sqrt{\frac{2}{L\lambda}} = \sqrt{\frac{2}{(0.12)(500*10^{-9})}}(0.4*10^{-3}) = 2.3094$$

$$\Delta\nu = \sqrt{\frac{2}{L\lambda}}\Delta z = \sqrt{\frac{2}{L\lambda}} w$$

$$\Delta\nu = 5.7735$$

$$\nu_2 = \nu_1 - \Delta\nu = 2.3094 - 5.7735 = -3.4641$$

$$\nu_1 \Rightarrow: c(2.3094) = 0.6199 \ , S(2.3094) = 0.5594$$

$$\nu_2 \Rightarrow: c(-3.4641) = -0.4988 \ , s(-3.4641) = -0.4204$$

$$E_p^2 = [0.6199 - (-0.4988)]^2 + [0.5594 - (-0.4204)]^2 = 2.21$$

$$I_p = 2,21 I_\circ = 1.11 I_u$$

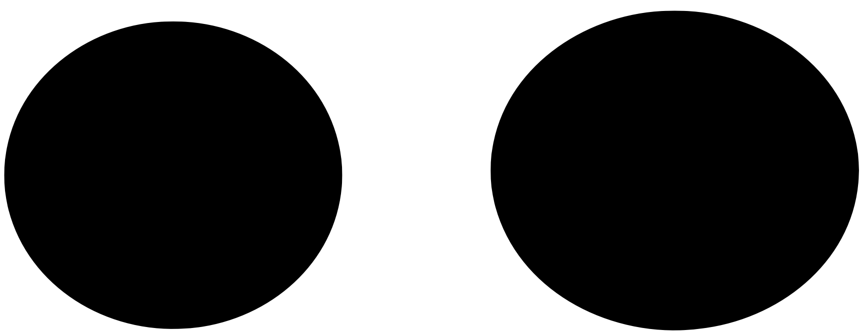
اصل بابینه :

روزنه هایی که در آنها جای منطقه های شفا ف و کدر با هم عوض می شود
روزنه مکمل می گویند.
اگر این روزنه هارا با A و B نشان دهیم و آنها را جداگانه در نظر بگیریم
و دامنه های موج را در نقطه ای از پرده مشاهده به دست آوریم ، حاصل جمع
این دامنه ها باید با دامنه به مانع در آن نقطه برابر شود:

$$E_A+E_B=E_u$$

که A و B دو روزنه مکمل هستند.

اگر $E_u=0$ باشد دراین صورت $E_A=-E_B$ و $I_A=I_B$ خواهد بود



اصل بابینه :

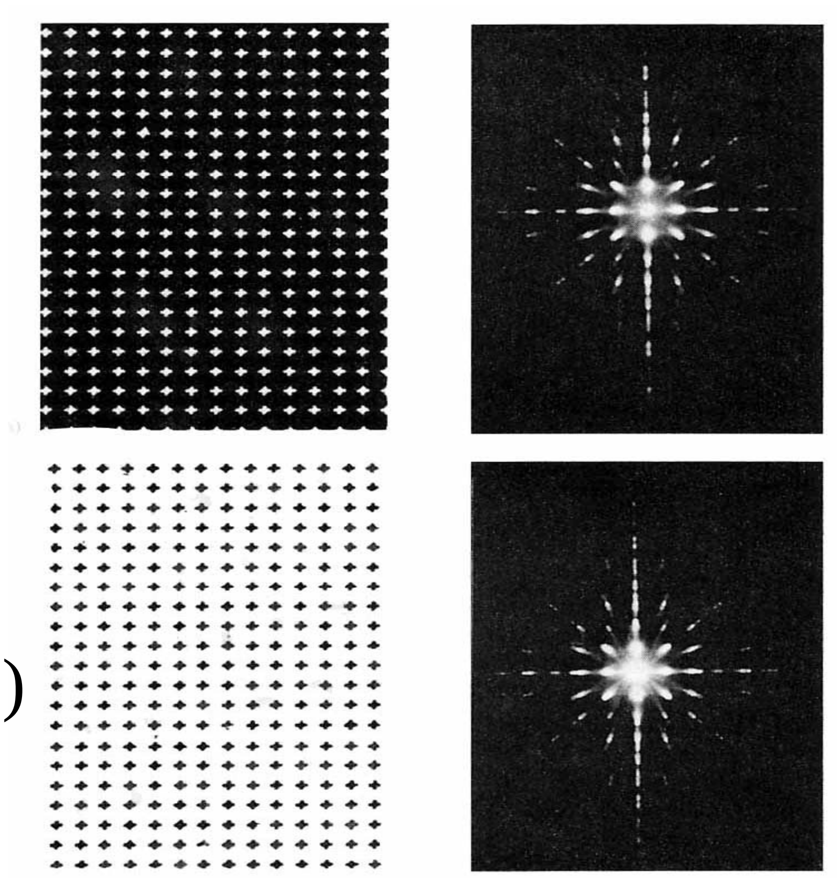
الگوی پراش یک روزنه با الگو پراش مخالف آن برابر است !

روزنه ها

$A(x,y)$

ضد روزنه ها

$1-A(x,y)$



$$\mathcal{F}\{1-A(x,y)\} =$$

$$\mathcal{F}\{1\} - \mathcal{F}\{A(x,y)\}$$

$$= \delta(k_x,k_y) - \mathcal{F}\{A(x,y)\}$$

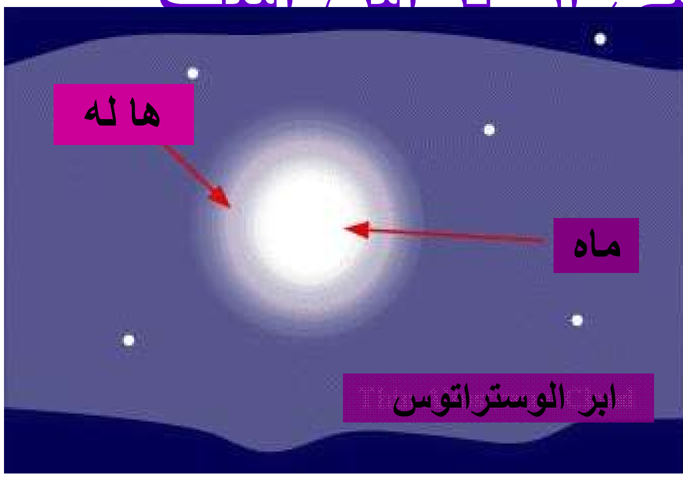
با صرف نظراز نقطه مرکزی :

میدان دور:

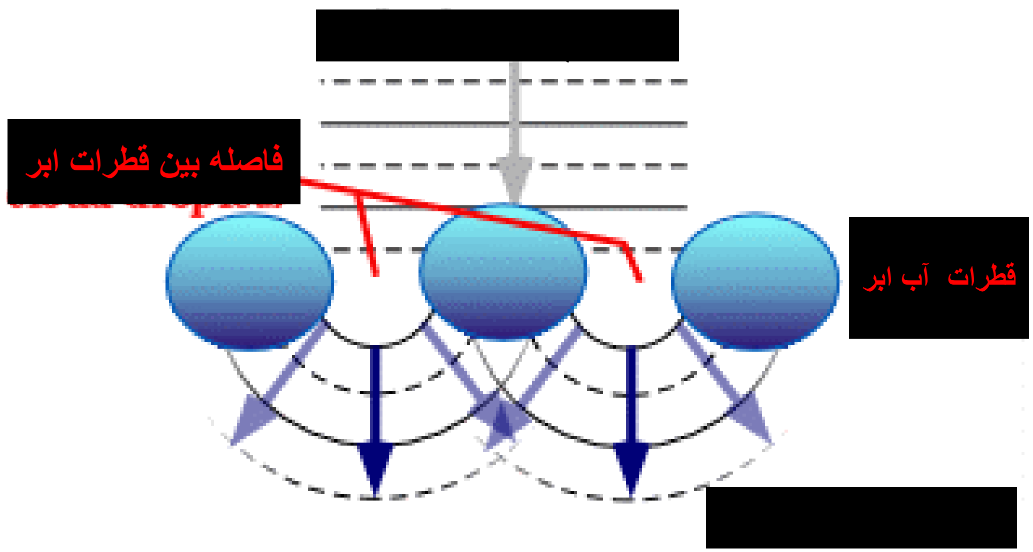
$$E_{\text{ضد روزنه}} = -E_{\text{روزنه}}$$

$$I_{\text{ضدروزنه}} = I_{\text{روزنه}}$$

هاله های دورکره ماه ناشی از پراش است



وقتی که ماه اندکی مه آ لود به نظر می رسد هاله هایی دور آن می بینید .این هاله ها اثر پراش است .



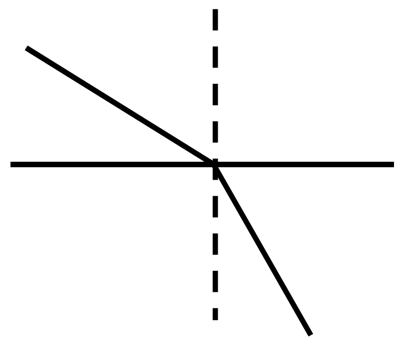
دانشگاه پیام نور

پسگفتار

- فیبر نوری

اپتیک فیبری

قانون اسنل

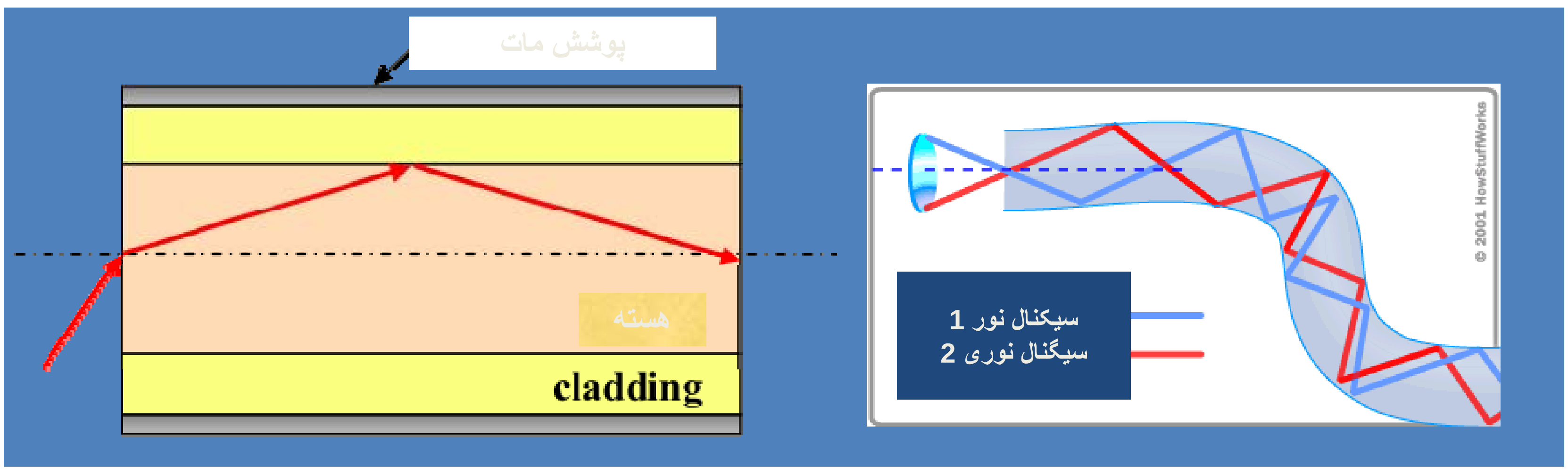


بازای

,زاویه بحرانی برابراست با:

انعکاس کلی

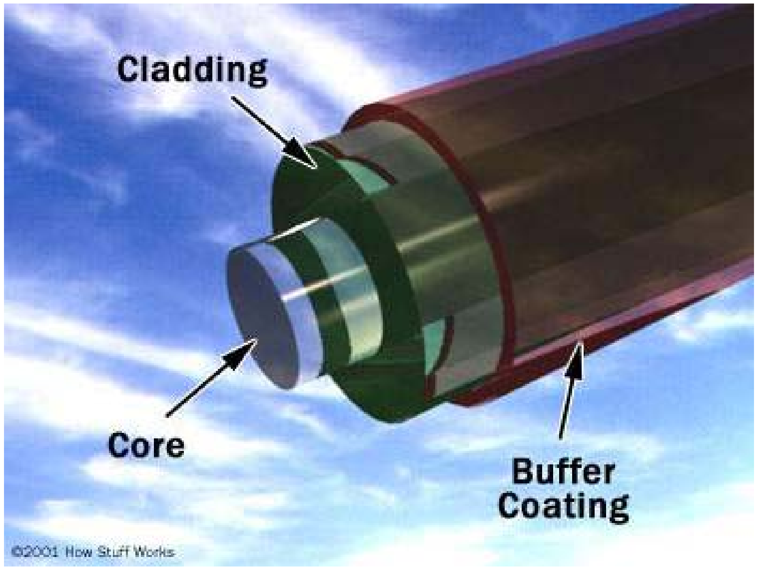
انعکاس کلی وقتی روی می دهد که زاویه تابش از زاویه بحرانی بیشتر شود.



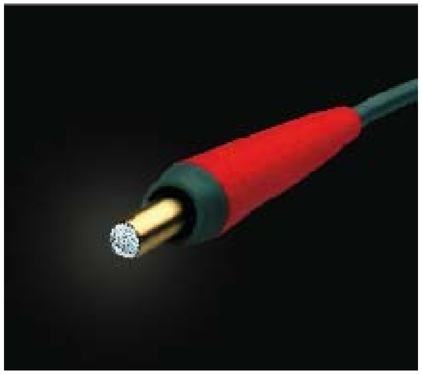
”موجبر“

ساختمان

- هسته ، معمولا از شیشه یا پلاستیک.
- Cladding – ازماده به ضریب شکست پایین جهت جلوگیری از نشت.
- پوشش محافظ.



howstuffworks.com



advancedfiberoptics.net

کاربردها

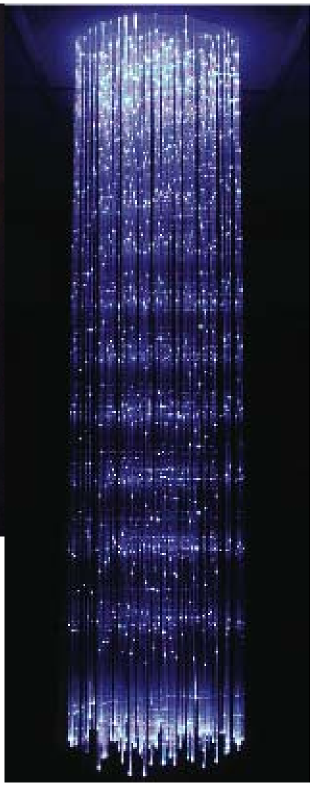
- ارتباطات
  - یک جفت سیم مسی می تواند تا 24 مکالمه را انتقال دهد
  - فیبر نوری TAT-8 می تواند تا 40,000 مکالمه را از طریق دو رشته فیبر انتقال دهد

کاربردها

- پزشکی
  - برای رساندن نور به داخل حفره های بدن
  - برای انتقال تصاویر ویدیویی از داخل بدن به مانیتور به هنگام جراحی
  - برای انتقال نورلیزر و باز کردن انسداد رگهای خونی

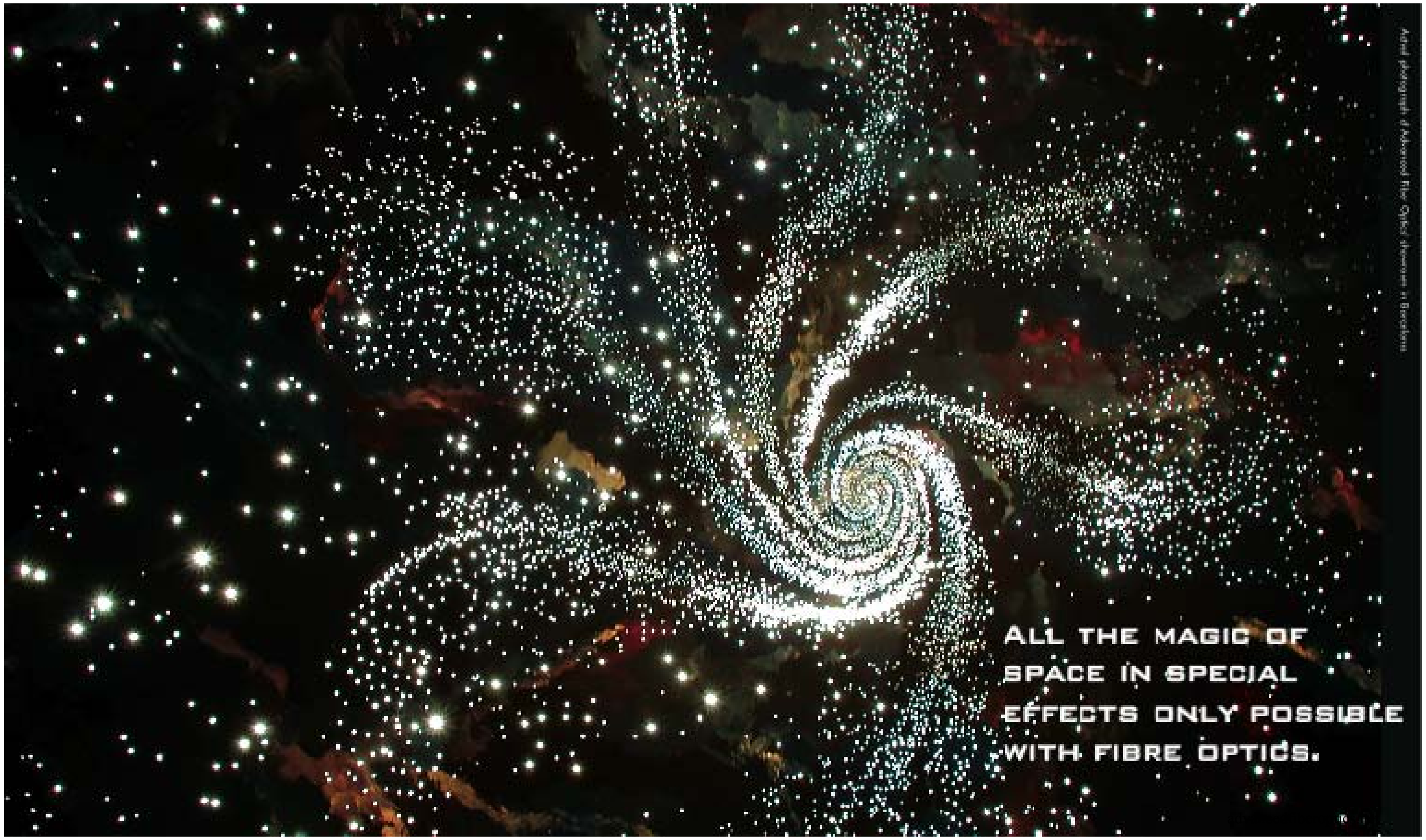
کاربردها

advancedfiberoptics.net



- دکوراسیون وکارهای هنری

کاربردها



- دکوراسیون وکارهای هنری

مزایا

- ارزان تر از سایر سیم کشی ها
- انتقال سریع تر داده ها و اطلاعات
- عدم هدایت الکتریسیته
- ایده ال برای ارتباطات مطمئن
- افت ناچیز در انتقالات دور

www.salampnu.com