

Kankor Widget ابزار کانکور

جدیدترین تکنالوژی آموزشی در سطح کشور

تداخل امواج نوری





فهرست مطالب

1.....	تداخل امواج نوری
1.....	معادله تداخل
2.....	انواع تداخل
2.....	شرایط تداخل
3.....	شرایط عمومی تداخل
3.....	تعیین موقعیت شکل تداخلی نوارها
3.....	برای تداخل ویرانگر:
6.....	مأخذ

تداخل امواج نوری

اهدا کننده: ابزار کانکور

منبع: کتابخانه درخت دانش

جواز / دارنده حق چاپ: دامنه عمومی / CC.0

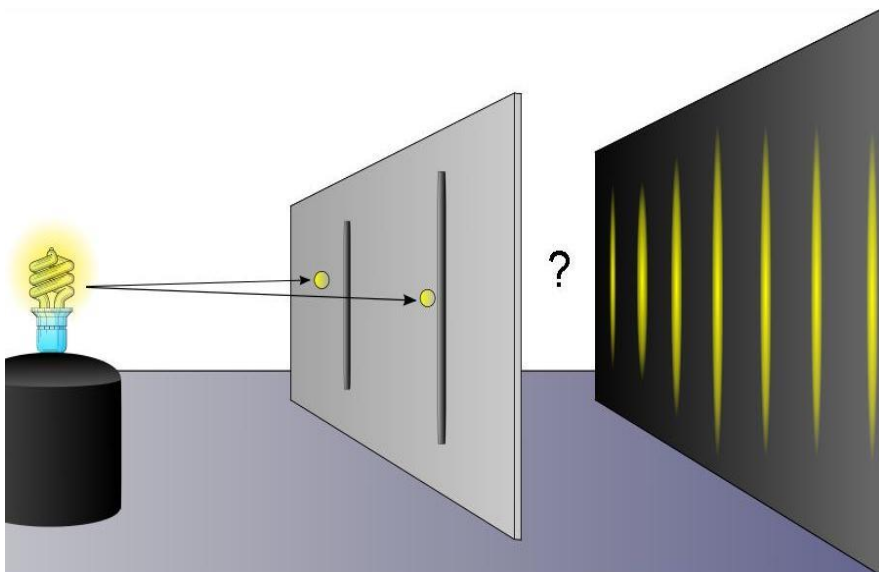
تداخل امواج نوری

حدود دو قرن پیش دو نظریه متفاوت در مورد ماهیت نور وجود داشت. یکی از آن‌ها نظریه ذره نور بود که به وسیله نیوتن ارایه شده و دیگری نظریه موجی بودن نور نام داشت که توسط کریستیان هویگنس (دانشمند هلندی) مطرح گردیده بود. بعدها نظریه هویگنس پایه و اساس تحقیقات فزیک‌دان دیگری به نام توماس یانگ قرار گرفت.

نیوتن معتقد بود که نور جریانی از ذرات بسیار کوچک ماده است که از منبع نور به خط مستقیم در فضا منتشر می‌شود. او توضیح داد که انعکاس نور به این جهت رخ می‌دهد که ذرات نور درست همانند توپی که به دیواری می‌خورد و بر می‌گردد، پس از برخورد با یک سطح صیقلی، منعکس می‌شود. او پدیده شکست نور را چنین توضیح داد: از آنجا که نور در محیط‌هایی چون آب و شیشه سریع‌تر از هوا حرکت می‌کند، اشعه‌های آن شکسته می‌شود. نظریه نیوتن هر چند می‌توانست به خوبی پدیده انعکاس نور را توضیح دهد، اما نمی‌توانست به درستی انکسار نوری یا شکست نور را تشریح کند. در مقابل، هویگنس معتقد بود که نور همانند امواجی که از انداختن یک سنگ در آب پدید می‌آید، دارای حرکت موجی است. او نشان داد که هر یک از رنگ‌های نور دارای یک طول موج خاص است. به علاوه ثابت کرد که نور در هوا سریع‌تر از آب و شیشه حرکت می‌کند. به همین جهت وقتی نور از محیطی شفاف همانند هوا وارد محیط شفاف دیگری همانند آب یا شیشه می‌شود، مسیر اشعه‌ها به طور ناگهانی انحراف می‌کند. به این ترتیب او دلیل شکست نور را توضیح داد.

در سال ۱۸۰۱ میلادی توماس یانگ نظریه خود را بر اساس نظریه موجی بودن نور مطرح کرد و نشان داد که طبق نظریه هویگنس، نور به صورت موجی حرکت می‌کند. او برای اثبات این موضوع دست به آزمایش زد. یانگ در این آزمایش روی یک ورق مقوایی دو سوراخ کوچک مطابق به تصویر (۱) به وجود آورد و آن را مقابل یک منبع نور قرار داد. به این ترتیب از هر سوراخ یک اشعه باریک نور خارج می‌شد. این دو اشعه پس از خروج از منبع خود با هم یک جا می‌شوند و شکلی نوارهای تیره و روشن به وجود می‌آوردند. به این پدیده، پدیده تداخل و به این نوارهای تیره و روشن، طیف تداخلی می‌گویند. پدیده تداخل به این جهت رخ می‌دهد که امواج نور ضمن انتشار در محیط با هم تلفیق می‌شوند. نوارهای روشن نشان می‌دهند که دو موجی که به هم برخورد کرده اند، هم فاز بوده و به همین جهت یکدیگر را تقویت کرده اند. نوارهای تیره نشان دهنده برخورد امواج در قسمتی هستند که فاز متقابل دارند.

معادله تداخل



دو موج را با دامنه و فریکوانسی یکسان در نظر بگیرید که هر دو با سرعت یکسان در جهت مثبت محور X حرکت می‌کنند و بین آن‌ها اختلاف فازی به اندازه Φ وجود دارد. معادلات این دو موج را می‌توان به صورت زیر نوشت:

در روابط فوق k عدد موج، ω فریکوانسی زاویه‌ای a دامنه و Φ اختلاف فاز بین دو موج است. حال اگر این دو موج با هم ترکیب شوند، روابط آن قرارذیل می‌باشد:

تصویر (۱) تجربه را که برای مشخص ساختن خاصیت نور توسط توماس یانگ صورت گرفته را نشان می‌دهد

$$y_1 = a \cdot \sin(kx - \omega t) \dots\dots\dots(1)$$

$$y_1 = a \cdot \sin(kx - \omega t - \Phi) \dots\dots\dots(2)$$

$$y_1 + y_2 = a \cdot \sin(kx - \omega t) + a \cdot \sin(kx - \omega t - \Phi) \dots\dots\dots(3)$$

$$y_1 + y_2 = a \{ \sin(kx - \omega t) + \sin(kx - \omega t - \Phi) \} \dots\dots\dots(4)$$

$$a = kx - \omega t, b = kx - \omega t - \Phi$$

$$\Rightarrow \sin a + \sin b = 2 \sin\left(\frac{a+b}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{a-b}{2}\right)$$

$$\sin a + \sin b = 2 \sin\left(\frac{kx - \omega t + kx - \omega t - \Phi}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{kx - \omega t - (kx - \omega t - \Phi)}{2}\right)$$

$$\sin a + \sin b = 2 \cdot \sin \frac{2(kx - \omega t) - \Phi}{2} \cos \frac{\Phi}{2}$$

$$y_1 + y_2 = a \cdot 2 \sin \frac{2(kx - \omega t) - \Phi}{2} \cdot \cos \frac{\Phi}{2} \dots\dots\dots(5)$$

مجموعه این دو موج، موج جدیدی است که همان فریکونسی دو موج اولی را دارد، ولی دامنه‌اش برابر $a \cos \frac{\Phi}{2}$ است. **انواع تداخل**

اگر Φ یعنی اختلاف فاز بین دو موج اولیه، صفر باشد، در این صورت دو موج در همه جا هم‌فاز هستند، یعنی بالاترین و پایین‌ترین نقاط دو موج بر هم منطبق هستند. در این حالت اصطلاحاً گفته می‌شود که امواج به طور سازنده با هم تداخل کرده‌اند.

در این حالت دامنه موج دو برابر دامنه هر یک از امواج اولیه به تنهایی است. از طرف دیگر، اگر $\Phi = \pi$ باشد، در این صورت دامنه موج به وجود آمده صفر خواهد بود. در این حالت بالاترین نقطه یک موج دقیقاً بر پایین‌ترین نقطه موج دیگر منطبق می‌شود و اصطلاحاً گفته می‌شود که تداخل ویرانگر اتفاق افتاده است.

شرایط تداخل

برای ایجاد تداخل دو شرط وجود دارد. شرط اول این است که باید دو منبع تولید امواج در یک محیط موجود باشد. دوم اینکه پریود اهتزاز و دامنه‌ی موج‌های ایجاد شده باید مساوی باشند.

اگر به طور اختیاری فاز یکی از منبع‌ها را تغییر دهیم، در این صورت در هر نقطه دو ارتعاش به تناوب یک سان و متفاوت به وجود می‌آید و محل اعظمی‌ها (نقاط تداخل سازنده) ثابت نمی‌ماند. همچنین اگر دوره تناوب دو موج مختلف باشد، در هر نقطه سطح تقویت ارتعاش‌ها به تضعیف تبدیل و سپس ارتعاش‌ها دوباره تقویت می‌شوند و همین طور تا آخر ادامه پیدا می‌کند. هر قدر اختلاف دوره تناوب بیشتر و یا آهنگ تغییر فاز یکی از ارتعاش‌ها زیاده‌تر باشد، نقاط اعظمی محل شان را سریع‌تر تغییر می‌دهند.

وقتی از نقش تداخلی صحبت می‌کنیم، منظور نقشی یکی در میان از اعظمی‌ها و اصغری‌ها پایدار و مستقل از زمان است. این نقش پایدار فقط وقتی ظاهر می‌شود که امواج بر هم نهاده شده، دارای دوره تناوب یک سان بوده و در هر نقطه ثابت اختلاف فاز ثابت باشد. این قبیل امواج را کوهرنیت می‌گویند. در نتیجه تداخل پایدار فقط به شرطی مشاهده می‌شود که امواج کوهرنیت باشند.

شرایط عمومی تداخل

عمل اثرهای تداخلی از قطار موج‌هایی حاصل می‌شوند که از یک منبع (یا از منابع‌های که بین فازهای آن‌ها رابطه ثابتی وجود دارد) بیرون می‌آیند، ولی تا نقطه تداخل، مسیرهای متفاوتی را می‌پیمایند. اختلاف فاز Φ بین امواجی را که به یک نقطه می‌رسند، می‌توان با تعیین اختلاف مسیرهایی که این موج‌ها از منبع تا نقطه تداخل می‌پیمایند، محاسبه کرد. هرگاه اختلاف مسیر مضرب درستی از طول موج به صورت $n\lambda$ که n عدد طبیعی است باشد، دو موج یکدیگر را تقویه می‌کنند و به نام امواج سازنده با هم تداخل می‌کنند، ولی اگر اختلاف مسیر مضرب کسری از طول موج λ باشد (مثل $\lambda/2$ ، $\lambda/3$ و غیره)، در این صورت امواج به طور ویران‌گر با هم تداخل می‌کنند.

تعیین موقعیت شکل تداخلی نوارها

در این مطلب، محاسبات مربوط به نوارهای تاریک و روشن که از تداخل سازنده و ویران‌گر امواج نوری به دست می‌آید، بررسی خواهیم کرد.

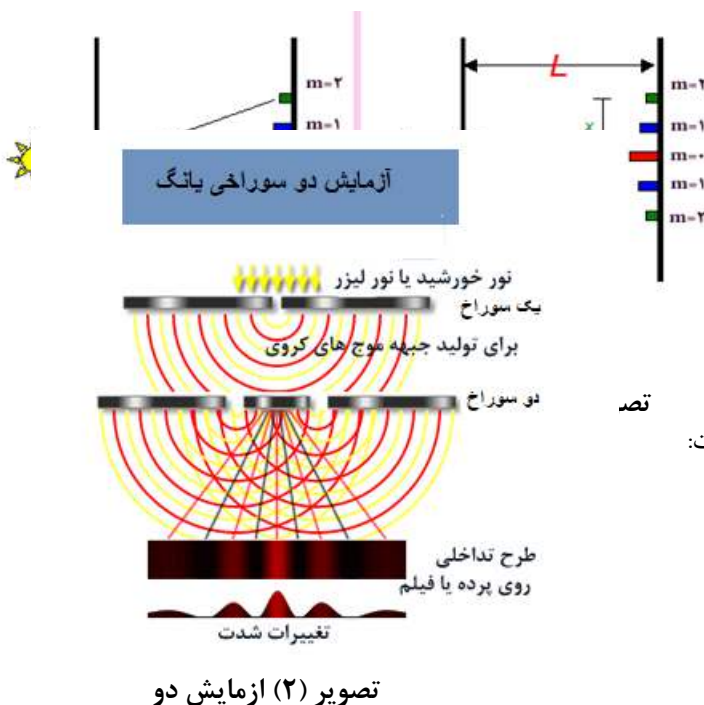
آزمایش دو سوراخی یانگ: وسایل لازم برای این آزمایش عبارت است از یک قطعه مقوا که دارای دو سوراخ باشد، یک سوراخ که دارای نور کوهیرینت و یا نور خورشید باشد و یک پرده که نوارهای تداخلی به روی آن تشکیل شود، مطابق به تصویر (۲).

در این مطلب می‌خواهیم نشان دهیم که کدام نکات را باید رعایت کنیم تا نوارهای روشن و تاریک مشاهده کرده بتوانیم.

در این آزمایش فاصله بین سوراخ‌ها بسیار کوچک از فاصله پرده از سوراخ‌ها باشد، یعنی $d \ll L$ این شرط برای این است که خطوطی که از هر نقطه روی پرده، تا هر کدام از سوراخ‌ها رسم شوند، تقریباً موازی یک دیگر باشند. فاصله بین دو سوراخ را به d و مسیرهای امواج را که از سوراخ‌ها خارج می‌شوند، زاویه θ نسبت به خط عمود بر پرده دارند، تفاوت راه دو موج $d \cdot \sin \theta$ را خواهد داشت.

$$d \cdot \sin \theta = m \cdot \lambda \quad m = \pm 1, \pm 2, \dots \dots \dots (6) \quad \text{برای تداخل سازنده:}$$

برای تداخل ویران‌گر:



فاصله بین دو نوار روشن را به X نشان می‌دهیم قسمیکه در شکل (۳) مشاهده می‌کنید، از مقایسه دو شکل آخر داریم؛

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

اگر فاصله بین دو نوار روشن یعنی X از فاصله بین L خیلی کوچکتر باشد یعنی $X \ll L$ باشد در این صورت:

$$\sin \theta \approx \frac{X}{L}$$

بنابر این رابطه بالا هم به شکل زیر تغییر خواهد کرد:

$$\frac{X}{L} = \frac{m\lambda}{d} \quad \lambda = \frac{xd}{mL}$$

$$x = \frac{m\lambda L}{d} \dots\dots\dots(8)$$

اگر تداخل ویرانگر باشد به جای m از $(m + \frac{1}{2})$ استفاده می‌کنیم، یعنی:

$$\frac{X}{L} = \frac{(m + \frac{1}{2})\lambda}{d} \quad \lambda = \frac{xd}{(m + \frac{1}{2})L}$$

$$x = \frac{(m + \frac{1}{2})\lambda L}{d} \dots\dots\dots(9)$$

هرگاه فاصله بین سوراخ‌ها و پرده تغییر نماید، شدت نوارها و ضخامت نوارها روی پرده نیز تغییر می‌کند.

مثال(1):

پرده ای در فاصله $13.7m$ از دو سوراخ آزمایش ینگ قرار گرفته است. سومین نوار تشکیل شده روی پرده با فاصله $2.5cm$ از نوار مرکزی تشکیل شده است. اگر فاصله دو شکاف از هم $0.096cm$ باشد، طول موج نور تابیده به سوراخ‌ها را تعیین کنید و با توجه به طیف امواج الکترومقناطیسی بگویید، این طول موج متعلق به چه محدوده نوری است؟

جواب:

از روی فرمول زیر به راحتی می‌توان جواب این مسئله را پیدا کرد. چرا از این فرمول استفاده کردیم؟ به دلیل این که فاصله پرده تا سوراخ‌ها بسیار بزرگ‌تر از فاصله دو سوراخ است.

$$\left. \begin{array}{l} L = 13.7m \\ m = 3 \\ x = 2.5cm = 0.025m \\ d = 0.096cm = 0.00096m \\ \lambda = ? \end{array} \right\} \lambda = \frac{x \cdot d}{m \cdot L} = \frac{0.025m \cdot 0.00096m}{3 \cdot 13.7m} = \frac{0.000024m}{41.1} = 5.839m$$

$$\Rightarrow \lambda = 584nm$$

که با توجه به طیف الکترومقناطیسی که در مطلب "امواج الکترومقناطیسی" به آن اشاره کردیم، این طول موج مربوط به محدوده مرئی طیف و نور زرد رنگ می‌باشد.

مثال(2):

اگر نور زرد رنگی با طول موج $540nm$ روی دو شکاف که از هم $0.100cm$ فاصله دارند، بتابد، با چه زاویه ای نسبت به نوار مرکزی باید به پرده نگاه کرد تا دومین نوار را روی آن مشاهده کنیم؟

جواب:

واضح است که باید از چه فرمولی استفاده کنیم. در حل این مسایل همواره به یاد داشته باشید که طول موج و دیگر کمیت‌ها را بر حسب متر به دست آورده و در فرمول جای گذاری کنید تا زاویه را بر حسب درجه و درست محاسبه کنید. همچنین دقت کنید که

وقتی از عدد ۲ برای شماره نوار استفاده می‌شود، یعنی مقدار صحیح و غیر کسری برای شماره نوار باید در نظر گرفت و معلوم می‌شود باید از فورمول طول موج برای تداخل سازنده باید استفاده کرد.

نظر به فورمول خواهیم داشت:

$$\sin \theta = \frac{\lambda m}{d} = \frac{540nm \cdot 2}{10000nm} = \frac{1080}{10000} = 0.108$$
$$\theta = 6.20^\circ$$

مأخذ:

این ممد درسی با همکاری کتابخانه درخت دانش به شما اهداء گردیده است.

wwwddl.af



Darakht-e Danesh Information



@AfghanOERs

