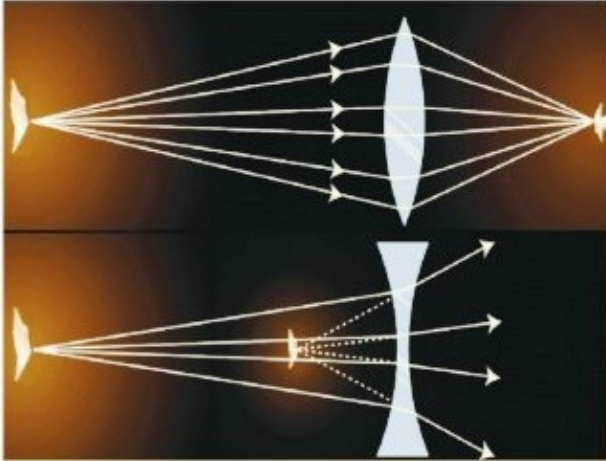




پوهنځی طب هرات

# نور و فزیک جدید



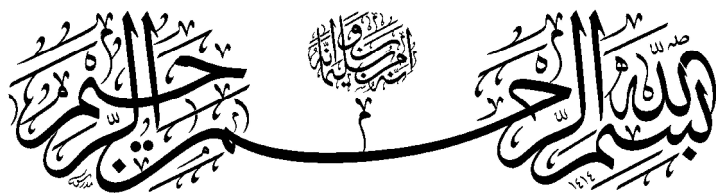
پوهنوال غلام قادر دهگان



۱۳۹۱

Ketabton.com

www.ketabton.com



(بخاطر برادر گرامی ام شهید صوفی غلام حیدر کہ  
آموختنم آموخت و اندیشیدن)

# نور و فزیک جدید

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

اسم کتاب	نور و فزیک جدید
مؤلف	پوهنوال غلام قادر دهگان
ناشر	پوهنځی طب هرات
ویب سایت	www.hu.edu.af
تاریخ نشر	۱۳۹۱
چاپ	مطبعه افغانستان تایمز، کابل
داونلود	<a href="http://www.ecampus-afghanistan.org">www.ecampus-afghanistan.org</a>
تیراژ	۱۰۰۰

کتاب هذا توسط موسسه همکاری های اکادمیک آلمان (DAAD) از بودیجه وزارت خارجه فدرالی آلمان تمویل شده است. امور اداری و تخنیکي کتاب توسط موسسه افغانیک انجام یافته است. مسؤولیت محتوا و نوشتن کتاب مربوط نویسنده و پوهنځی مربوطه میباشد. ارگان های کمک کننده و تطبیق کننده مسؤل نمی باشند.

اگر میخواهید که کتابهای تدریسی شما چاپ گردد، با ما به تماس شوید:  
داکتر یحیی وردک، وزارت تحصیلات عالی، کابل  
تلفون دفتر ۰۷۵۶۰۱۴۶۴۰  
ایمیل wardak@afghanic.org

آی اس بی ان 4-978849280827

تمام حقوق نشر و چاپ همراهی نویسنده محفوظ است



## پیام وزارت تحصیلات عالی

در جریان تاریخ بشریت کتاب برای کسب علم و دانش نقش عمده را بازی کرده و جز اساسی پروسه درسی بوده که در ارتقای کیفیت تحصیلات دارای ارزش خاص میباشد. از اینرو باید با در نظر داشت ستندردها و معیارهای شناخته شده جهانی و ضروریات جوامع کتب و مواد درسی جدید برای محصلین آماده و چاپ گردد.

از اساتید محترم موسسات تحصیلات عالی کشور قلبا اظهار سپاس و قدردانی مینمایم که با تقبل زحمات در جریان سالهای متمادی با تالیف و ترجمه کتب ممد درسی دین ملی خود را ادا نموده اند و از سایر اساتید و دانشمندان گرانقدر نیز صمیمانه تقاضا مینمایم که در رشته های مربوطه خود کتب و سایر مواد درسی را تهیه نمایند تا بعد از چاپ در دسترس محصلین گرامی قرار داده شوند. وزارت تحصیلات عالی وظیفه خود میداند تا جهت ارتقای سطح دانش محصلین عزیز کتب و مواد درسی جدید و معیاری را آماده نماید.

در اخیر از وزارت خارجه کشور آلمان، موسسه DAAD، سایر ادارات و اشخاصیکه زمینه چاپ کتب طبی اساتید محترم پوهنخی های طب کشور را مهیا ساخته اند صمیمانه تشکر مینمایم و امیدوارم که این کار سودمند ادامه یافته و به سایر بخش ها نیز گسترش یابد.

بااحترام

پوهاند دوکتور عبیدالله عبید

وزیر تحصیلات عالی

کابل ۱۳۹۱

## چاپ کتب درسی پوهنخی های طب

### استادان گرامی و محصلین عزیز!

کمبود ونبود کتب درسی در پوهنتون های افغانستان از مشکلات عمده به شمار میرود. محصلین و استادان با مشکلات زیاد رویرو میباشند، آنها اکثرا به معلومات جدید دسترسی نداشته و از کتاب ها و چپتر های استفاده مینمایند که کهنه بوده و در بازار به کیفیت پایین فوتوکاپی میگردد. برای رفع این مشکلات در دو سال گذشته ما چاپ کتب درسی پوهنخی های طب پوهنتون های کشور را آغاز نمودیم و تا اکنون ۶۰ عنوان کتب درسی را چاپ نموده و به تمام پوهنخی های طب افغانستان ارسال نموده ایم.

این در حالی است که پلان ستراتیژیک وزارت تحصیلات عالی (۲۰۱۰ - ۲۰۱۴) کشور بیان می دارد:

« برای ارتقای سطح تدریس، آموزش و آماده سازی معلومات جدید، دقیق و علمی برای محصلان، باید برای نوشتن و نشر کتب علمی به زبان های دری و پشتو زمینه مساعد گردد. برای ریفورم در نصاب تعلیمی ترجمه از کتب و مجلات انگلیسی به دری و پشتو حتمی و لازمی میباشد. بدون امکانات فوق ناممکن است تا محصلان و استادان در تمامی بخش ها به پیشرفت های مدرن و معلومات جدید زود تر دسترسی بیابند.»

استادان و محصلین پوهنخی های طب با مشکلات زیاد مواجه اند. تدریس به میتود کهنه، عدم دسترسی به معلومات و مواد جدید درسی و استفاده از کتب و چپتر های که به کیفیت بسیار پایین در بازار دریافت میگردد از جمله مشکلات عمده در این راستا میباشد. باید آن عده از کتاب هاییکه توسط استادان تحریر گردیده اند جمع آوری و چاپ گردند. با درنظرداشت حالت بحرانی کشور جنگ زده ما به دوکئوران ماهر و ورزیده نیاز داریم تا بتوانند در بهبود و ارتقای تحصیلات طبی و صحت عامه در کشور سهم فعال بگیرند. از اینرو باید توجه زیادتیر برای پوهنخی های طب جلب گردد.

تا به حال ما به تعداد ۶۰ عنوان کتب مختلف طبی برای پوهنخی های طب ننگرهار، خوست، هرات، کندهار، بلخ هرات و کابل را چاپ نموده ایم و پروسه چاپ ۵۰ عنوان دیگر جریان دارد که یک نمونه آن همین کتابی است که فعلا در دسترس شما قرار دارد. قابل یاد آوری است که تمام کتب چاپ شده مذکور بصورت مجانی برای پوهنخی های طب کشور توزیع گردیده اند.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

به اثر درخواست وزارت محترم تحصیلات عالی، پوهنتون ها، استادان محترم و محصلین عزیز در آینده می خواهیم این پروگرام را به بخش های غیر طبی (ساینس، انجینری، زراعت و سایر بخش ها) و پوهنخی های دیگر هم توسعه دهیم و کتب مورد نیاز پوهنتون ها و پوهنخی های مختلف را چاپ نماییم.

از آنجاییکه چاپ نمودن کتب درسی یک پروژه پروگرام ما بوده، بخش های کاری دیگر ما بطور خلاصه قرار ذیل اند:

### 1. چاپ کتب درسی طبی

کتابی که در اختیار شما است، نمونه از فعالیت های ما میباشد. ما میخواهیم که این روند را ادامه دهیم تا بتوانیم در زمینه تهیه کتب درسی با پوهنتون های کشور همکاری نماییم و دوران چپتر و لکچرنوت را خاتمه دهیم و نیاز است تا برای موسسات تحصیلات عالی کشور سالانه به تعداد ۱۰۰ عنوان کتاب درسی چاپ گردد.

### 2. تدریس با میتود جدید و وسایل پیشرفته

در جریان سال ۲۰۱۰ توانستیم در تمام صنوف درسی پوهنخی های طب بلخ، هرات، ننگرهار، خوست و کندهار پروجکتورها را نصب نماییم. برای ایجاد محیط مناسب درسی باید تلاش گردد که اطاق های درسی و کنفرانس و لابراتوارها مجهز به مولتی میدیا، پروجکتور و سایر وسایل سمعی و بصری گردند.

### 3. ارزیابی ضروریات

وضعیت فعلی (مشکلات موجوده و چالش های آینده) پوهنخی های طب باید بررسی گردد و به اساس آن به شکل منظم پروژه های اداری، اکادمیک و انکشافی به راه انداخته شود.

### 4. کتابخانه های مسلکی

باید در تمام مضامین مهم و مسلکی کتب به معیارهای بین المللی به زبان انگلیسی خریداری و به دسترس کتابخانه های پوهنخی های طب قرار داده شود.

### ۵. لایراتوارها

در پوهنخی های طب کشور باید در بخش های مختلف لایراتوارهای فعال وجود داشته باشد.

### ۶. شفاخانه های کدري

هر پوهنخی طب کشور باید دارای شفاخانه کدري باشد و یا در یک شفاخانه شرایط برای تربینگ عملی محصلین طب آماده گردد.

### ۷. پلان ستراتیژیک

بسیار مفید خواهد بود که هر پوهنخی طب در چوکات پلان ستراتیژیک پوهنتون مربوطه خود دارای یک پلان ستراتیژیک پوهنخی باشد.

از تمام استادان محترم خواهشمندیم که در بخش های مسلکی خویش کتب جدید تحریر، ترجمه و یا هم لکچرنوت ها و چپتر های خود را ایدیت و آماده چاپ نمایند. بعدا در اختیار ما قرار دهند، تا به کیفیت عالی چاپ و به شکل مجانی به دسترس پوهنخی های مربوطه، استادان و محصلین قرار داده شود. همچنان در مورد نکات ذکر شده پیشنهادات و نظریات خود را به آدرس ما شریک ساخته تا بتوانیم مشترکاً در این راستا قدم های مؤثرتر را برداریم. از محصلین عزیز نیز خواهشمندیم که در امور ذکر شده با ما و استادان محترم همکاری نمایند.

از وزارت محترم خارجه آلمان و مؤسسه DAAD (همکاری های اکادمیک آلمان) اظهار سپاس و امتنان مینماییم که تاکنون چاپ 90 عنوان کتب طبی درسی را به عهده گرفته که از آن جمله پروسه چاپ 50 عنوان آن جریان دارد. از پوهنخی طب پوهنتون ماینز آلمان (Mainz/Germany) و استاد پوهنخی مذکور دوکتور زلمی توریال، Dieter Hampel و موسسه افغانیک نیز تشکر میکنیم که در امور اداری و تخنیکی چاپ کتب با ما همکاری نمودند.

بطور خاص از دفاتر جی آی زیت (GIZ) و CIM (Center for International Migration and Development) یا مرکز برای پناهنده



---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

گی بین المللی و انکشاف که برای من امکانات کاری در طی دو سال گذشته در افغانستان را مهیا ساخته است نیز اظهار سپاس و امتنان مینمایم.

از دانشمند محترم پوهاند دوکتور عبیدالله عبید وزیر تحصیلات عالی، محترم پوهنوال محمد عثمان بابری معین علمی وزارت، محترم پوهندوی دوکتور گل حسن ولیزی معین اداری و مالی، روسای محترم پوهنتون ها، پوهنخی های طب و استادان گرامی تشکر مینمایم که پروسه چاپ کتب درسی را تشویق و حمایت نمودند.

همچنان از همکاران محترم دفتر هر کدام دوکتور محمد یوسف مبارک، عبدالمنیر رحمانزی، احمد فهیم حبیبی، سبحان الله و همت الله نیز تشکر مینمایم که در قسمت چاپ نمودن کتب همکاری نمودند.

داکتر یحیی وردک، وزارت تحصیلات عالی  
کابل، نومبر سال ۲۰۱۲ م

نمبر تیلیفون دفتر: ۰۷۵۶۰۱۴۶۴۰

ایمیل آدرس: wardak@afghanic.org  
textbooks@afghanic.org

ناشر اکتسابی: ستوارت جان سن ناشر ارشد تولیدات: الیزابت وین  
مینیجر ارشد تولیدات: باب سمیت تزئین کننده ارشد: کرین ردیس  
کنچولی ناشر نگارش: انا ملهورن ناشر تصاویر: سار اویت و هیلری  
نومنتزئین کننده متون: لی گولدستین تزئین کننده پوش: دیود لیوی  
تصویر روی پوش از کمپنی IBM و مرکز تحقیقاتی المندن.

هنر خطاطی آن توسط کمپنی هنری امینجرنگ.

اندازه خط این کتاب ۱۲/۱۰ به خط تایمز اومن توسط تکنالوژی  
معلومات عصری تزئین ، چاپ و جلد توسط کوریر ویست فورد شده  
است. پوش آن توسط لی های ترتیب شده است.

این کتاب از ورق های بدون اسید تهیه شده است.

حق چاپ محفوظ است.

**Copyright © 1990, 1962, 1978, 1992, 2002 John Wiley & Sons,  
Inc. All rights reserved.**

هیچ بخشی از این کتاب قابل تولید دوباره ، ذخیره یا انتقال آن به هر  
شکل و وسیله ای مثلاً از طریق برق میخانیکی ، کاپی ، ضبط ، اسکن و

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

غیره به استثنای اجازه قانونی ۱۰۷ و ۱۰۸ ، ۱۹۸۷ ایالات متحده امریکا بدون اجازه ناشر ، نویسنده و مسئولین به شرط آنکه به ازای هر ورق قیمت مناسب برای مرکز حق چاپ کتب که دارای نمبر فکس ۴۴۷۰-۷۵۰ (۹۷۸) است پردازند میتوانند چاپ کند تقاضا برای اجازه پخش آن از طرف اداره داده میشود.

برای خرید کتاب، مشتریان به شماره تلفون ( ۲۲۵-۴۹۴۵ ) به تماس شوند.

## مقدمه برای جلد ۳ و ۴

این چاپ پنجم کتاب درسیست که در سال ۱۹۶۰ چاپ شده و بنام فزیک برای شاگردان ساینس و انجینری توسط دیود هالیدی و رابرت سنگ به رشه تحریر درآمده است. در طی چهار دهه استندرد های برای کورس های مقدماتی سروی را فراهم کرده و از نگاه وضوع و تکامل عرضه خود مشهور است.

در چاپ حاضر ما تقلا کردیم تا درجه تفهیم کتاب را بدون کم کرده محتویات آن افزایش دهیم.

دوباره نویسی متن های آن به صورت اساسی انجام شده تا مواد درسی را برای شاگردانیکه جدید به موضوع وارد میشوند بسیار آسان و ساده نماید. ما کوشش کردیم تا مثال های جامع برای تمام مسائل اختصاصی و عمومی در اثنا تشریح فصل را فراهم سازیم. سیمای این چاپ تغییرات در روش آموزگاری و هم در ترتیب مواد در فصل ها می آورد و کسانیکه با جلد چهارم آن آشنا اند مقالات یکسانی را در این کتاب خواهند دید ولی با یک ترتیب معکوس. در ساختن این چاپ تازه ما جوای نظره های

خواننده های قبلی شدیم و نیز نتایج فزیک تحصیلی را در نظر گرفتیم. تغییراتی که ما در این آورده ایم قرار ذیل است.

۱:- جمع آوری دوباره سبب حذف دو فصل از بخش اول شد و فصل های بخش دوم با شماره گذاری دوباره از شماره ۲۵ شروع شده است که نمایندگی از فصل ۲۷ چاپ چهارم میکند.

۲:- شاگردان معمولاً در محاسبات توزیع چارچ های متمادی ساحه برقی که یک طرز عمل تصویری معلق است مشکل دارند. اقدام بخاطر رسیدگی زودتر به مشکلات تصویری ، ما معرفی پروسه را با ارتباط به قوه الکتریکی کردیم نه با ساحه برقی به طور مثال در فصل ۲۵ ما در مورد محاسبه قوه های اعمالی که در یک خط چارچی نشان دادیم.

شاگردان معمولاً درک بالاتری از قوه ها دارند نسبت به ساحه ، به این ترتیب ما می توانیم که طرز العمل های الجبری با قرینه فزیک وجود آوریم. بعداً محاسبات در باره ساحه و پوتانشیل خواهیم کرد. برای دلیل های مشابه ما معرفی طرح های نظری را در فصل ۲۵ در قرینه با قوه که موافق به معرفی فصل چهاردهم جلد اول که در باره قوه جاذبه است طرح کردیم.

۳:- قانون پخش را در فورد که در فصل قوانین گازات در چاپ قبلی بود به بحث ساحه برقی فصل ۲۶ این کتاب منتقل شد.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۴:- در فصل ۲۷ (قانون گازات) ما بحث خود را در رابطه بین جریان برق و ساحه خطی توسعه دادیم و حالا بحث در باره طرح های قراردادی قانون گازات به توزیع چارچ های متمادی قبل از ارائه آنها به هادی می پردازیم.

۵:- فصل ۲۹ ( خاصیت الکتريکی ) یک فصل جدید است که مواد در هادی و **Dielectrid** که در چاپ پیشتر به دو فصل خاذن و جریان گفته شده بود حالا با هم آمیخته شده است و به این وسیله می توانیم فرق بین مواد عایق و هادی را در ساحه برقی به آسانی تشخیص دهیم.

۶:- تحقیقات فزیکي تحصيلی نشان میدهد که شاگردان مشکلات عمده در شناخت سرکت های مستقیم دارند بنا بر این ما پیشکش های خود را درباره سرکت های **multi loop** آلات اندازه گیری کاهش دادیم.

۷:- حالا ما معرفی خود را در منابع ساحه مغناطیسی (فصل ۳۳) شروع می کنیم با پیشکش ساحه ای بخاطر یک چارچ مفرد حرکی و بعداً به بحث در باره یک عنصر معمولی می پردازیم این عمل میتواند یک برابری خوبی را در معرفی بخش مغناطیس که در فصل آینده کرده میشود (بحث در باره قوه یک چارچ مفرد حرکی نسبت به قوه یک عنصر معمولی) باشد. ما همچنان محاسبه

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

مستقیم یک ساحه محوری یک سلونوئید را با استفاده از قانون  
**Biot-savart** پیش از تکرار محاسبه و با استفاده از قانون  
امپیر مهیا ساختیم.

۸:- معرفی مومنت مغناطیس دو قطبی تا به فصل ۳۵ (خاصیت  
مغناطیس مواد) به تعویق افتاده است. این عمل به خاطریکه از یاد افتادن  
تکالیف بر شاگردان جلوگیری شود همراهی مواد جدیدی که در فصل  
اول ساحه مغناطیسی به واسطه که یک ارتباط منطقی برای دسترسی به  
معرفی مغناطیس دو قطبی در قرینه ای که بصورت مستقیم به کار می افتد  
مهیا کنیم انجام شده است. ما تا به اندازه بحث اتم و خاصیت مغناطیسی  
هستوی را در اینجا با ترجیح در تعویق افتادن بحث های در باره جزئیات  
تا اینکه اندکی بعد از فصل معرفی اصل ساختمان اتم همراه با چرخ  
الکترون را مختصر کرده ایم.

۹:- ما فصل های ۴۰ ، ۴۱ ، ۴۲ و ۴۳ چاپ گذشته را در فصل  
۳۸ و ۳۹ چاپ فعلی شکل داده ایم. فصل ۳۸ حالا به بحث در باره  
معادله ماکسول ، تطبیق آنها در امواج الکترو مغناطیسی و موادی که در  
فصل های ۴۰ و ۴۱ چاپ چهارم آماده می پردازیم. فصل ۳۹ به معرفی  
خاصیت امواج نوری به شمول انعکاس و انکسار و همچنان موادی که  
قبلاً در فصل ۴۱ ، ۴۲ و ۴۳ ظاهر شد ارتباط میدهد . تشکیل تصاویر

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

توسط آئینه مستوی در فصل ۴۰ ظاهر میشود طوری که با بحث تشکیل تصویر توسط آئینه و عدسیه ها موافقت دارد.

۱۰:- در چاپ چهارم مقالاتی از فزیک جدید در میان متن ها عموماً در بخش که بنام ( **Optional** ) ( اختیاری ) نامیده میشد می درخشید.

در این چاپ استفاده از مثال هایکه در فزیک جدید در میان متن ها مناسب است ادامه می دهیم ولی بخش جدائی در فزیک جدید به فصل های ۴۵ تا ۵۲ پیوسته است، که به بحث در باره فزیک کوانتم و تطبیق آن به اتم اجسام جامد و هسته می پردازد. ما بر این انتقاد داریم که فزیک نسبیت و کوانتم اجزا ضروری برای معرفی در این کتاب هستند. ولی قضاوت در باره این مضامین توسط یک رابطه منطقی بهتر قابل فهم است نسبت به یک تشریح مجزا. مطابق با چاپ چهارم ما ادامه دادیم با جایگزین ساختن فصل های در باره نسبت مخصوص بین میخانیک قدیم یا کلاسیک در جلد اول که اعتقاد ما در باره اینکه نسبت متعلق به فصل های کلاسیک، سینماتیک و میخانیک است.

از فصل ۴۵ تا ۴۸ که بحث در باره فزیک کوانتم و تطبیقات آن به اتم اساساً دوباره از چاپ چهارم نوشته شده است. فصل ۴۵ تجارب قدیمی که خاصیت ذروی تشعاعات الکترومغناطیسی را معرفی (تشعشع حرارتی ، اثر فوتوالکتریک بخش کاپتون) میکند.



---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

با وجودیکه مدرک غیر مبهم که برای امواج دو گانگی نور فقط از تجارب انتخابی تاخیر جدید بوجود می آید که حالا ما در فصل ۴۵ بحث میکنیم. نظر به اصل مواد شرودینگر

(Schrodinger) حالا در فصل ۴۵ بحث میشود همراهی تطبیقات جزئی

برای پوتانشیل ویل ها (Wells) و اتم های دورجن در فصل ۴۷.

فصل ۴۸ که در باره ساختمان اتم بحث میکند مانند فصل ۵۲ چاپ چهارم است، همراهی مواد اضافی جدید در خاصیت مغناطیسی اتم. مواد آخر این فصل عمدتاً با چاپ قبل متفاوت است.

ست سوالات ( که همه کلید بخش ها فصل شده بود ) بطور آگاهانه چاپ و جایگزین به دو گروه شده است:

تمرینات و سوالات، تمرینات که کلید اش بخش ها است عمدتاً دوباره به حیث تطبیقات مواد تحد بخش پیشکش میگردد. و هدف آن اینست که شاگردان با مفاهیم، فورمول های مبهم، واحداث، ابعاد و غیره آشنا گردند.

سوالاتی که کلید برای بخش متن نیست معمولاً تقاضای استفاده مفاهیم را از بخش های مختلف یا حتی از فصل های قبلی می نماید. بعضی سوالات شاگرد را آگاه میسازد تا که تخمین کند یا که مستقلانه معلوماتی که ضرورت دارد تا سوال را حل کند جایگزین کند را چاپ و گروه بندی تمرینات و سوالات ما همچنان بعضی از مسایل را در چاپ قبلی بود

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

حذف نمودیم . یک سوال متمم مسایل از دست رفته ای را مانند انتخاب سوالات و تمرینات جدید را پیوست خواهد داد ، مانند قبل که جوابات مسائل طاق در آخر کتاب ذکر میشد. حالا جوابات مسائل جفت در کتاب استاد موجود است. سوالاتی انتخابی نیز در آخر هر فصل درج شده است. سوالاتی انتخابی که عموماً تصویری در ذات است و معمولاً بینش غیر عادی درمواد.

جوابات، سوالات انتخابی به کتاب استاد در دسترس است سوالات کامپیوتری همراهی ورق جدا شناسائی تکنیک جدید را تقاضا میکند یا سمبول های روش کار دستی مثل **Maple** و **Mathematica** توسعه مواد آخر فصل ها تحت نظر و معاونت واقعی آقای پاول استانلی استاد دانشگاه لوترین کالیفورنیا صورت گرفته است. ما مسرور هستیم تا از بصیرت و ابتکارات این شخص در این پروژه مستفید شدیم.

ما کوشش کردیم تا کتاب درسی را که معرف یک سروی کامل و دقیق برای معرفی فزیک در این کتاب است توسعه بدهیم با وجودیکه این امر مهمی است که ادعا کنیم. بعضی از استاد ها میخواهند تمام متن را از شروع تا ختم مخصوصاً در کورس یکساله تعقیب نمایند برای ایشان مهم است روش های متناوب در این متن وجود دارد.

معلمی آرزو دارد که به بحث در باره بعضی مقالات با یک تعمق عالی فکری پردازد

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

(این اشخاص معمولاً میگویند: کم، زیاد است) قادر خواهند بود تا از بین این روش ها متن انتخاب کنند بعضی بخش های فرعی بنام (Optional) (اختیاری) نامگذاری شده است، نشان میدهد که بدون نقص در ادامه درس و یا مفهوم آن میتوان از آن صرف نظر کرد که متعلق به طرح کورس یا دیگر بخش ها و یا حتی تمام فصل ها میتواند بعضی نکات آن صرف نظر شود کتاب معلم مانند نسخه همراه برای اختصار معلومات کتاب است، حتی اگر یک پیشگش کامل متن باقی بماند و شاگرد کنجکاو موفق به فهم نکات حذف شده شود که از نظر وسیع بودن موضوع شاگرد مستحق جایزه میگردد. ما آرزو میکنیم که متن های این کتاب به نحوی مانند نقشه جاده رعایت فزیک را بکند راه های بسیاری صحنه ای و مستقیم باید گرفته شود و تمام جاده ها ضروریست که استفاده شوند. در سفر اول مسافر مشتاق ممکن است تشویق شود تا برگردد در جستجوی مناطقی که در سفر های قبلی حذف شده بود. متن این کتاب در دو جلد موجود است. جلد اول در برگیرنده سینماتیک، میخانیک و ترمودینامیک است و جلد فعلی در برگیرنده الکترومغناطیس، نور و فزیک کوانتم و تطبیقات آن است. ضمائم موجود شامل:

- کتاب کلید جوابات برای استاد.
- کتاب برای استاد.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

- منابع CD برای استاد.
  - ذخیره سوالات.
  - کتاب کلید جوابات برای شاگردان.
  - رهنمائی مطالعه برای شاگردان.
  - فزیک وانمود سازی.
  - کارخانگی های Egrade.
  - سیستم اداری.
- در تهیه این چاپ ما از نصایح یک و نیم انتقاد کننده گان که بصورت انفرادی و جمعی نظریات و انتقادات با دقت خود را تقریباً در هر صفحه این کتاب پیشکش کرده اند مستفید شده ایم :
- ریچارد برکیری - از دانشگاه لویولا  
دونا کارمونی - از دانشگاه پوردو  
ریچارد کرسمن - از دانشگاه کوست گارد امریکا  
پاول دکسن - از دانشگاه ایالتی کالیفورنیا  
جان فیدرسی - از انستیتوت تکنالوژی نیوجرسی  
دیود گویندا - از یونیورستی تکزاس  
ستیورت گیزز - از یونیورستی شیگاگو  
جیمز گیر هارت - از یونیورستی واشنگتن  
جان گربز - از یونیورستی ایالت سان جوز

مارتین اک ورد - از یونیورسٹی ایالت اداھو  
جاننن ھال - از دانشگاه ایالت نیسلوانیا  
اوشیری کارمون - از دانشگاه دیا بلوویلی  
جیم ناپلتانو - از استیتوت پولی تخنیک رینلر  
دونالد نالگی - از دانشگاه تکزاس  
دوگلوز اوشرف - از دانشگاه استانفورد  
ھاروی پیکر - از دانشگاه ترینتی  
انیونی بیتاکو - از دانشگاه عامه پیما  
رابرت - از دانشگاه ایالت اوھایو  
جان توتانگ - از دانشگاه ستیل

ما عمیقاً مدیون این اشخاص برای سعی و بینش که برای نویسنده مھیا کرده بودند هستیم.

ما نصایح گروپ فزیک تحصیلی دانشگاه واشنگتن را مخصوصاً از پاول ھرنول و لیلن مک دورمات را به دیدہ قدر مینگریم. ما از حمایت ہمیشہ گی کارکنان شرکت جان ویلی و پسران کہ در تهیه این پروژه مھیا کرده بودند سپاسگذاریم ما مخصوصاً از ادارہ و کنترول آقای استیورت جانسن و کوشش آنها در تکمیل کتاب تشکری می کنیم. معاونت اصلی در ساختن این کتاب در حصہ کیفیت متن توسط ناشر آن الیزابت سوان ، ناشر عکس الاری نیومن، ناشر طرح تصویر انا ملھارن و تزئین کنندہ

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

کترین کینچول انجام شده است. که بدون مهارت و کوشش این اشخاص انفرادی این پروژه ممکن نبود.

با وجود بهترین کوشش های نویسنده و ناشرین ممکن است بعضی اشتباهات حتمی الوقعی موجود باشد و ما نظریات اصلاحات استفاده کننده گان را از طریق ارتباطات بخاطر آموزش بهتر به فال نیک میگیریم ما تمام ارتباطات و پیام خواننده گان را می خوانیم ولی با عرض تاسف که قادر به جواب دادن همه نخواهیم بود با وصف این ما خواننده گان را با فرستادن نظریات شان با آدرس انترنیتی ذیل تشویق میکنیم.

[www.wiley.com/college/halliday](http://www.wiley.com/college/halliday)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
	فصل اول
	امواج نوری
۱	۱ - طیف الکترومغناطیس
۳	نور
۳	شعاعات تحت قرمز
۵	امواج میکروسکوپی
۶	امواج رادیویی
۷	شعاعات ماورای بنفش
۹	شعاع X
۹	شعاع گاما
۱۰	۱ - ۲ نور قابل دید
۱۵	۱ - ۳ سرعت نور
۲۱	سرعت نور در جسم

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۲۳	انتشار نور در اجسام (اختیاری) -----
۲۵	۱ - ۴ انعکاس و انکسار امواج نوری -----
۲۹	انعکاس و انکسار موج الکترومغناطیسی -----
۳۶	اشتقاق قانون انعکاس -----
۴۴	اشتقاق قانون انکسار -----
۵۳	۱ - ۵ انعکاس کلی داخلی -----
۶۱	۱ - ۶ اثر دوپلر برای نور -----
۶۹	اشتقاق اثر نسبی دوپلر -----
۷۳	اثر متقاطع دوپلر -----
۷۸	سوالات چند گزینه ای -----
۸۶	سوالات -----
۹۳	تمرینات -----
	مسائل -----
	۱۰۹
۱۲۰	مسئله کامپیوتری -----

.....



## فصل دوم

### آئینه ها و عدسیه ها

- ۱۲۱      ۲ - ۱ تشکیل تصویر بوسیله آئینه ها و عدسیه ها --
- ۱۲۴      ----- اوبتیک هندسی و موجی
- ۱۲۷      ----- ۲ - ۲ آئینه های مستوی
- ۱۳۱      ----- تصویر یک جسم
- ۱۳۴      ----- تصویر معکوس
- ۱۳۹      ----- ۲ - ۳ آئینه های کروی
- ۱۴۱      ----- معادله آئینه
- ۱۴۳      ----- علامه های قرار دادی
- ۱۴۸      ----- ترسیم شعاع
- ۱۵۳      ----- استحصال معادله آئینه
- ۱۵۸      ----- ۲ - ۴ سطوع شکاننده کروی
- ۱۶۴      ----- استحصال فورمول سطح شکاننده
- ۱۶۷      ----- ۲ - ۵ عدسیه های نازک
- ۱۶۹      ----- علامت های قرار دادی
- ۱۷۳      ----- ترسیم شعاع

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۱۷۵	----- استحصال فورمول عدسیه های نازک
۱۸۱	----- سیستم دو عدسیه
۱۸۸	----- ۲ - ۶ اسباب های اپتیکی
۱۸۹	----- ذره بین ساده
۱۹۳	----- میکروسکوپ مرکب
۱۹۵	----- تلسکوپ منکسره
۱۹۹	----- سوالات چند گزینه ای
۲۰۷	----- سوالات
۲۱۵	----- تمرینات
۲۳۳	----- مسائل
۲۴۲	----- مسئله کامپیوتری

.....

فصل سوم

تداخل

۲۴۳	----- ۱ - ۳ تداخل دو منبع
-----	---------------------------

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۲۴۷	----- ۲ - ۳ تداخل دو شکاف
۲۵۴	----- تجربه دو سوراخی یانگ ( Young )
۲۵۷	----- ۳ - ۳ ارتباط ، چسپیده گی ( کوهرنس )
۲۶۲	----- ۴ - ۳ شدت در تداخل دو شکاف
۲۶۸	----- انطباق امواج
۲۷۳	----- ۳ - ۵ تداخل در فلم نازک
۲۷۶	----- تغییر فاز در انعکاس
۲۷۹	----- معادله برای تداخل فیلم های نازک
۲۹۰	----- برگشت نور و تغییر فاز در انعکاس نوری
۲۹۳	----- ۳ - ۶ تداخل سنج مایکل سن
۲۹۷	----- تداخل سنج مایکل سن و انتشار نور
۳۰۳	----- سوالات چند گزینه ای
۳۱۱	----- سوالات
۳۱۹	----- تمرینات
۳۳۱	----- مسائل

.....

## فصل چهارم

### تفرق

۳۳۷	۴ - ۱ تفرق و نظریه موجی نور -----
۳۴۵	۴ - ۲ تفرق در درز منفرد -----
	۴ - ۳ شدت در تفرق درز واحد -----
	۳۵۱
	----- محاسبه شدت
	۳۵۶
	۴ - ۴ تفرق در شکاف دایروی -----
	۳۶۴
	۴ - ۵ تداخل دو شکاف و ترکیب تفرق -----
	۳۷۰
۳۸۲	اشتقاق فازی معادله ۴ - ۱۷ -----
۳۸۶	سوالات چند گزینه ای -----
	سوالات -----
	۳۹۲

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۳۹۵ ----- تمرینات

۴۰۶ ----- مسائل

۴۱۱ ----- مسائل کامپیوتری

-----

-----

-----

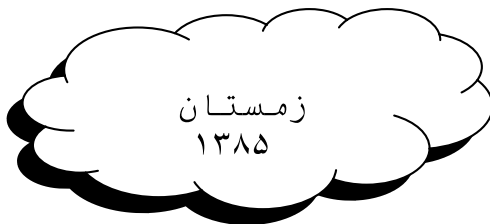
-

-----

-----

-----

-----



## تصدیق

بخشی از کتاب (۴) Physics تألیف Resnick, Halliday, krane یعنی فصول ۳۹، ۴۰، ۴۱ و ۴۲ که مربوط موضوعات نور هندسی و موجی میباشند از زبان انگلیسی به دری توسط محترم پوهنمل غلام قادر دهگان استاد پوهنتون هرات ترجمه گردیده از آغاز تا انجام مطالعه و دو بار به مترجم آن جهت اصلاحات لازم، ضروری و موضوعات و پارگراف های که از ترجمه باز مانده بودند فرستاده و رهنمای لازم نموده ام ترجمه آخر یا بار سوم آن که تاب حاضر میباشد به دقت و حوصله مندی بیشتر صورت گرفته است.

کتاب به روش معمول کتاب نویسی با کار برد اصطلاحات مروج علم فزیک به زبان سلیس، روان و عام فهم ترجمه شده است. از اینکه خلا و کمبود کتب درسی در پوهنتون ها مشکلات محصلان را دو چند ان ساخته این ابتکار استاد محترم دهگان را به دیده قدر نگریسته و یک قدم

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

نیک و به موقع در راستای پر کردند خلا کمبود کتاب و رفع مشکلات محصلان میدانم.

من از ترجمه کتاب حاضر که به تمام امانت داری و رعایت اصول کتاب نویسی انجام شده است تصدیق نموده و برای ترفیع به رتبه علمی پوهندوی در صورت تکمیل سایر شرایط کافی میدانم لهذا ترفیع محترم پوهنمل غلام قادر دهگان از رتبه علمی پوهنمل به رتبه علمی پوهندوی پیشنهاد می نمایم. در آخر برای محترم استاد دهگان از درگاه ایزد متعال خواهان موفقیت های هر چه بیشتر در زندگی علمی شان می باشم.

پوهندوی زلمی احمدزی

استاد دیپارتمنت فزیک پوهنخی ساینس پوهنتون کابل

## پیشگفتار

در شرایط امروزی کشور عزیز ما افغانستان توجه به کمبود استادان مسلکی در رشته ریاضیات و فزیک عدم هم آهنگی پروگرام های درسی، محدودیت جدی کتب و نشر آن و عوامل دیگری نیز موجود است که عرصه تدریس ریاضیات و فزیک را در مربوطات معارف و تحصیلات عالی دچار مشکلات نموده است، اکثراً شاگردان که وارد موسسات تحصیلات عالی میگردند، در فراگیری مضامین فوق دچار سر درگومی و قسماً با دشواری های زیادی مواجه اند.

بنا برین لازم است تا برنامه های دروس فزیک سال اول تحصیلات عالی طوری طرح ریزی شود که متمم معلومات دوره لیسه محصلان بوده و در عین زمان با نیاز مندی های آینده شان هم آهنگ باشد، مبتنی بر همین مصلحت گرچه کتب معتبر از اساتید محترم پوهنتون های کابل در رشته های مختلف فزیک و ریاضیات بدست داریم که از نظر متن و



---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

محتوا خیلی با ارزش است، و استفاده شایان میگردد، ولی من هم نظر به دستایر اعضا محترم دیپارتمنت پاراکلینیک و ضرورت مبرم وظیفه گرفتم تا یک بخشی از کتاب نور و فزیک جدید که یکی از جمله معتبرترین کتب جدید فزیک بوده که در سال ۲۰۰۲=۱۳۸۰ در تهران تدوین شده و فهرست بندی آن بر اساس معلومات CIP است. شماره استاندارد بین المللی کتاب ۹-۳۲۰۵۷-۷۴۱-۰ بوده و در چهار جلد قرار ذیل ترتیب و تنظیم شده است:

جلد اول: فزیک میخانیک.

جلد دوم: فزیک مایعات، امواج و حرارت.

جلد سوم: فزیک برق و مغناطیس.

جلد چهارم: نور و فزیک جدید.

و از جلد چهارم، چهار فصل ترجمه شده است که قرار ذیل اند:

فصل اول: شامل امواج نوری، نور و شعاعات .....

فصل دوم: شامل آئینه ها و عدسیه ها .....

فصل سوم: چون تداخل و مسائل مربوط آن.

فصل چهارم: محتوا تفرق و سوالات چند گزینه ای مربوط آن.

این مجموعه برای محصلان موسسات تحصیلات عالی خصوصاً پوهنچی های ساینس، طب، تعلم و تربیه و انجینری مفید است. و مولف این کتاب پروفیسور دیود هالیدی... بوده در پوهنتون های ایران و امریکا

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

تدریس می‌گردد، در اخیر از همکاری و رهنمای های بی دریغ استاد محترم پوهندوی زلمی احمدزی ، استاد فزیک پوهنچی ساینس پوهنتون کابل که در ترتیب و تنظیم آن بنده را نهایت همکاری خسته گی ناپذیر را نموده از صمیم قلب سپاسگذارم و همچنان از استاد محترم پوهاند الحاج عبدالظاهر استانگزی معاون علمی پوهنتون کابل اظهار امتنان می نمایم . و هم جای دارد که از حیدر ناصر که بنده را در کامپیوتر و دیزاین معاونت کرده تشکر کنم. و هم از تمام علاقه مندان و اهل علم و دانش استدعا دارم تا از نظریات و پیشنهادات خویش بنده را مطلع سازند.

با احترام  
غ. ق. دهگان

زمستان ۱۳۸۵

---

---

امواج نوری فصل (1) . . . . .

---

---

## بنام خدا

### فصل ۱

## امواج نوری

در این فصل درباره خاصیت امواج نوری به شمول تشعشع قابل دید، سرعت انتشار در خلأ و ماده، تغییر جهت وقتی که نور با مرز دو محیط برخورد میکند که سرعت انتشار در آن متفاوت باشد و اثر دوپلر (تغییر فریکوانسی مربوط به حرکت منبع و ناظر بیننده) بحث نموده آنرا مورد مطالعه قرار می دهیم. از اینکه چیز اساسی وجود ندارد که نور را از دیگر نوع موج الکترومقناطیسی نیز میتواند صدق کند. این فصل به حیث یک پل بین مباحث امواج الکترومقناطیسی در فصل قبلی و بحث اپتیک که موضوع فصل آینده ما است خواهد بود.

### ۱-۱ طیف الکترومقناطیس\*

---

\* Specturm یک کلمه لاتینی است به معنی شکل (Form) یا appearance لغات آشنا دیگری از همین ریشه (spectaele) و (Species) می باشد، نیوتن این لغات را برای تشریح کمان رستم که در نتیجه عبور دسته نور از منشور شیشه ئی بوجود می آید معرفی نموده و بکار برد. امروز ما در باره طیف الکترومقناطیسی صحبت می نمایم تا انواع مختلف تشعشع الکترومقناطیسی را مطابق فریکوانسی و یا طول موج آنها از کوچک تا طویل طبقه بندی نموده نشان دهیم، ما همچنان در باره طیف سیاسی که نشان دهند وسعت نظریات سیاسی از محافظه کاری تا آزادی خواهی یا لیبرال بودن صحبت می نمایم.

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

در زمان ماکسول نور و اتصال شعاع تحت قرمز و ماورای بنفش تنها انواع شناخته شده شعاعات الکترومقناطیس بودند. طیف الکترومقناطیس که در شکل (۱-۱) نشان داده شده است. شامل ساحه وسیع از شعاعات مختلف از منابع متنوع است. از نظر ماکسول ما نتیجه میگیریم با وجودیکه این شعاع ها از نظر خاصیت تولید و طریقه که ما آنرا دریافت میکنیم اختلاف عمده دارند ولی دیگر خواص شان به طور عموم با هم مشابه اند.

تمام آنها می تواند که در بخش های برق و مقناطیس توضیح شوند و تمام آنها در خلأ سرعت سیر مساوی دارند (سرعت نور).

در حقیقت نظر به اساس آنها طول موج و فریکونسی مختلف دارند. نام های که به ساحات مختلف طیف در شکل ۱-۱ نشان داده شده اند باید با طریقه های مختلفی که امواج تولید و جذب میشوند انجام شوند. به غیر از اختلاف در طول موج دیگر کدام طریقه مثبت که موج در ساحه قابل دید را از موج در ساحه تحت قرمز تفریق کند وجود ندارد. امواج اشکال یکسان و توضیح ریاضیکی مشابه دارند کدام شکاف در طیف وجود ندارد و نه کدام سرحد نیز بین کتگوری های مختلف وجود دارد. ساحات معینه طبق قانون برای استفاده های دیگر اختصاص داده می شوند مثلاً نشرات تلویزیون *AM* و یا *FM*.

اجازه بدهید که بعضی از انواع شعاعات الکترومقناطیس را با جزئیات بیشتر مطالعه نماییم.

---



---

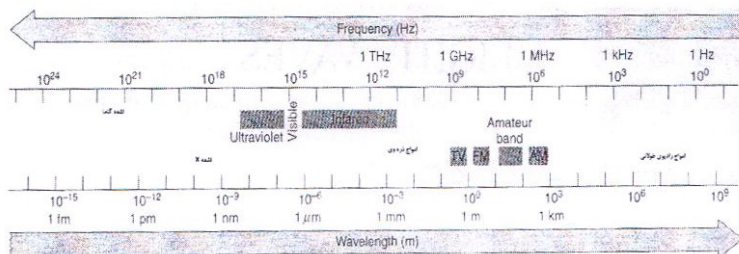
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

**۱ :- نور:** ساحه قابل دید طیف آن است که برای ما و شما خوب آشنا باشد بخاطریکه به حیث یکنوع گیرنده های توافق کرده (چشم) داریم که با شعاعات شدید الکترومقناطیس که بوسیله آفتاب تولید می شوند حساس هستند. نزدیکترین منبع خارج ارضی محدوده طول موج ساحه قابل دید بین ماوردی بنفش  $400nm$  تا به  $700nm$  سرخ است. لذا می تواند بوسیله اجتماع رقیق اتم ها انتشار یابد مانند گاز که در آن نور خاصیت اتم های انفرادی را دارد و یا توسط اجتماع غلیظ اتم ها مانند یک جامدی که در آن نور خاصیت تمام جسم را دارد، مطالعه نوری که بوسیله آفتاب و یا ستاره ها دورتر آزاد می شود می تواند به ما معلوماتی درباره ساختمان کیمیاوی، درجه حرارت و حرکت آن بدهد.



شکل ۱-۱: طیف الکترومقناطیسی. هر دو مقیاس طول موج و فریکونسی بصورت لگارتیمیک میباشند.

**۲ :- شعاعات تحت قرمز:** شعاع تحت قرمز که طول موج طولانی تر از اشعه قابل دید دارد از  $(0,7\mu m$  تا  $1mm)$  بطور عموم بوسیله اتم ها

---

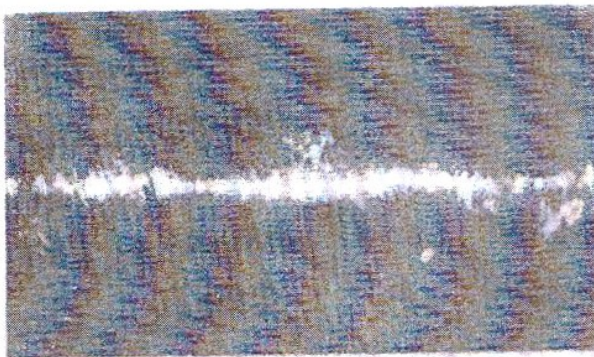
---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

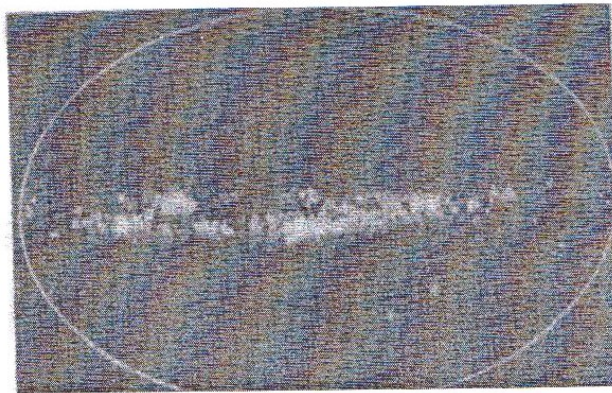
---

---

و یا مالیکول ها آزاد می شوند. وقتی که حرکت دورانی و یا اهتزازی شان را تغییر میدهند شعاع تحت قرمز بعضی اوقات بنام شعاع گرما نیز یاد میشود بخاطریکه این اشعه با حرارت که بوسیله تشعشعات انتقال داده میشود هم آهنگ است. مانند جسمی که انرژی را بدست می آورد و یا از دست میدهد. اجسام را با حرارت در ساحه که ما بطور نارمل تصادف میکنیم شدیدترین شعاعات خود را در ساحه تحت قرمز آزاد میکنند. اتم های که شعاع تحت قرمز از فضا (ساحه) به ما معلومات ارائه میدارد. آنهای که از شعاع حداقل دید بسدت آمده است.



شکل ۱-۲: a- تصویر مادون قرمز مسیرهای شیری کهکشانی که توسط ستلایت IRAS اخذ شده است.



*b*-تصویر قابل دید مسیر شیری قسمت های تصویر قابل دیده خصوصاً قسمت های نزدیک مرکز کهکشان توسط خاک و ابرها بصورت تاریک درآمده و بالای تصویر مادون قرمز تاثیری ندارد در دو مورد ذیل کهکشان و طرف راست مرکز ابرهای کوچک و بزرگ *Magellanicis* اند که کهکشان های باهم قرین با مسیرهای شیری را نشان میدهد.

۳:- امواج میکروسکوپی: امواج میکروسکوپی میتواند مانند امواج کوتاه رادیویی حساب شوند با طول موج وصفی بین  $(1mm - 1m)$  بطور عموم بوسیله ساختمان های حرکتی (جنبنده) الکتریکی تولید می شوند. مثلاً در صورت موجودیت های اجاق های *(Micro waves)* بطور عموم برای مکالمات تلفونی بکار می روند (۳-۱) در توازن عالم جهان مملو از شکایات که بقایای حادثه *(big bing)* که اصلیت جهان در



حدود  $10^{10}$  سال قبل نشان میدهد این تشعشعات تقریباً در ساحه *MicroWave* در طیف هستند.

**۴:- امواج رادیویی:** امواج رادیویی طول موج طولانی تری از  $1m$  دارند. آنها میتوانند بوسیله الکترون های که در سیستم ها شرکت های الکتریکی در حال حاضر اهتزاز دارند تولید شوند و آنتن ها میتوانند بدون انتقال و دریافت امواج رادیویی که سیگنال های  $(AM - FM)$  و  $(TV)$  را انتقال میدهند استفاده میشود.

همچنان منابع تولید کننده امواج نوری خارجی ارضی وجود دارند که شدیدترین آن آفتاب است. که آزاد سازی امواج رادیوی آن می تواند با امواج رادیویی و تلویزیونی روی زمین مداخله کند سیاره مشتری هم یک منبع فعال آزاد سازی امواج رادیویی است. چنین امواجی که بام ستاره شناسی رادیویی یاد میشود به ما معلومات زیادتر در باره جهان ارزیابی فراهم میکند. شکل ۱-۴ مثالی از رادیوتلسکوپ بوده و شکل ۱-۵ نقشه از امواج رادیویی می باشد.



شکل ۱-۳: یک مرکز تقویه کننده موج می باشند که وظیفه اخذ و انتقال دوباره سیگنال های که مسئول تأمین ارتباطات بین مسافه های طولانی است.

**۵:- شعاعات ماورای بنفش:** شعاعات با طول موج کوتاه تری از اشعه قابل دید شعاع ماورای بنفش را شروع میکند (400nm - 1nm) که میتواند بوسیله الکترون ها و همچنان بوسیله منابع حرارتی مانند آفتاب تولید شوند. قرار گرفتن در معرض شعاع ماورای بنفش می تواند سبب آفتاب سوختگی و حتی سرطان پوست شود. لذا جای خوشبختی است که تعدادی از شعاعات ماورای بنفش بوسیله اتموسفیر زمین جذب میشوند. بخاطر این جذب باید ستاره شناس ماورای بنفش به معلومات از دیدگاه مدار زمین متکی باشد.

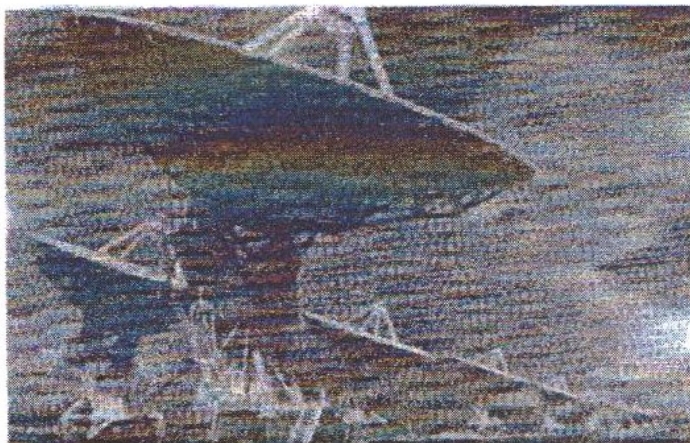
---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---



شکل ۱-۴: یکی از دیش آنتن های رادیو تلسکوپ های با قطر  $25\text{cm}$  در *Newmexieo* در نزدیکی *SOCORRO* در *very large array* آنتن های  $27$  بصورت  $(Y)$  شکل در مسیر خطوط آهن تنظیم شده ان که هر پایه اش ده میل طول دارد این تنظیم مشابه به دیش واحدی با قطر  $20$  میل است.



شکل ۱-۵: یک تصویر رادیویی مسیر شیری کهکشانی با شکل ۱-۲ مقایسه کنید.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

این تصویر با طول موج  $73\text{cm}$  گرفته شده است این اشعه اکثراً توسط الکترون های پرنانرژی که ذریعه ساحات مقناطیسی موجود در کهکشان منحرف میشوند تولید میشوند تجلی قوی که از سطح کهکشان بیرون میزند ولی در شکل ۱-۲ ظاهر نشده را در نظر داشته باشید.

### ۶:- شعاع X: شعاع $x$ با طول موج وضعی بین $(0,01\text{nm}-10\text{nm})$

میتواند با طول موج های مجزا در اتم ها بوسیله انتقالاتی که شامل الکترونهاست که بطور محکم پهلوی هم واقع شده اند تولید شوند و همچنان میتواند در یک ساحه متناوب از طول امواج وقتیکه پارچه ها چارچ دار میشوند مانند الکترون های که از سرعت شان کاسته میشود بخاطریکه شعاع  $x$  از انساج صاف عبور کرده می تواند لاکن از استخوان عبور کرده نمی تواند مورد استفاده زیادی در طبابت پیدا کرده است. بطور عادی ستاره ها آزادکننده های قوی شعاع  $x$  نیستند لیکن در سیستم ستاره ای جفتی ماده از یک ستاره میتواند شعاع  $x$  تولید کند وقتیکه حرارت و سرعت داده شود طوریکه در ستاره دیگریفتند.

### ۷:- شعاع گاما ( $\gamma$ ): شعاع $\gamma$ که کمترین طول موج را در طیف

الکترومقناطیسی دارد در اثر تخریب هسته های رادیواکتیو و اجزای عناصر مشخص آزاد میشوند (کمتر از  $10\text{pm}$ ) بیشترین قدرت نفوذیه از

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

شعاعات الکترومقناطیسی دارند و قرار پائین درجه حرارت شعاع  $\gamma$  در وجود برای گرفتن تصویر اجزای داخلی برای داکتران بکار میرود. هر جز از هسته رادیواکتیو شعاع اشعه  $\gamma$  مخصوص بخود را آزاد میکند و این آزاد شدن شعاع  $\gamma$  از ستاره ها و کهکشان ها به ما شواهد درباره موجودیت عناصر مخصوص و موجودیت پروسه های خاص هستوی در جهان میدهد.

از توضیحات فوق دانسته میشود که منابع طبیعی و مصنوعی شعاعات الکترومقناطیسی وجود دارد و همچنان میتوانید ببینید که مطالعه شعاعات الکترومقناطیسی و در تمام طول امواج می تواند برای افزون علم خود درباره ساختمان و تکامل جهان استفاده شود. مطالعات ما در چند فصل آینده بر طبیعت طول موج آن متمرکز خواهد بود هر چند بعضی از تجارب پیشنهاد میکند که نور به حیث امواج صاف مختلف محسوب شوند بلکه بحیث بندل های فشرده الکترومقناطیسی انرژی که فوتون نامیده میشود حساب شود.

۱-۲ نور قابل دید: ما نور قابل دیدی را بطور عملی اینطور تعریف می کنیم که نور عبارت از شعاع الکترومقناطیسی است که چشم به آن حساس است حساسیت به اشیا مختلف شاید متفاوت باشد لیکن انسان ها

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

شعاعات با طول موج بین ( $400nm - 700nm$ ) دریافت میکنند در این محدوده حساسیت به شعاعات با طول امواج مختلف ثابت نیستند زیادترین حساسیت نزدیک ( $555nm$ ) که به رنگ زرد - سبز برابری میکند واقع میشود. حساسیت و سرعت در طول موج کوتاه و طولانی کاهش مییابد ما به سختی می توانیم ساحه نور قابل دید را تعیین کنیم جائیکه حساسیت برابر ۱% یا قله است  $430nm$  از امواج آبی و  $690nm$  امواج سرخ. منابع نور قابل دید متکی بر حرکت الکترونها است الکترونها در اتم ها می توانند از کمترین حالت انرژی به زیادترین حالت انرژی ارتقا کنند به عباره دیگر بطور مثال وسیله گرم کردن یک ماده و یا بوسیله عبور جریان الکتریکی از زمانیکه الکترونها به پائین ترین سطح خود سقوط میکنند اتم شعاعات را آزاد میکند که در ساحه قابل دید طیف باشد. آزاد سازی نور قابل دید مشخصاً مانند یکدیگرند در حالیکه الکترون های بیرونی آنها می اند که انتقالات را می سازند. آشناترین منبع نور قابل دید آفتاب است سطح آن شعاعاتی را در طول تمام طیف الکترومقناطیس منتشر میکند لیکن شدیدترین تشعشع آن در ساحه است که ما آنرا ساحه قابل دید توصیف کردیم.

شدت تشعشع آفتاب در قله در طول موج تقریباً  $550nm$  که با قله حساسیت متوسط دریافت انسان برابری میکند. این به ما می آموزاند که در انتخاب طبیعت چشمان ما طوری باز میشوند که حساسیت آن با طیف

---



---

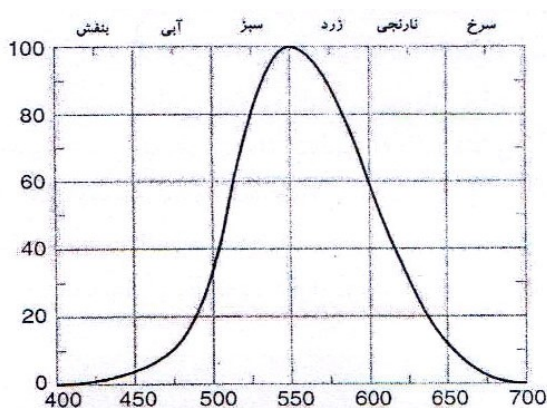
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

آفتاب برابری کند تمام اجسامی که شعاع الکترومقناطیسی آزاد می کنند بنام شعاع حرارتی یاد میشوند. بخاطریکه درجه حرارت آن اجسام مانند که شعاع حرارتی آن قابل دید است بنام (*Incasdoscent*) سفید شونده از گرما یاد میشود. و دیگر اشیاء معمول سفید شونده از گرما فلامنت ها گروه های معمولی است و ذغال تابنده یا درخشان داخل آتش ذغال چوب است.



شکل ۱-۶: ارتباط حساسیت چشم انسان با تابعیت از طول موج.

سفید شدن در اندک گرما بطور نورمال با اجسام گرم هماهنگ است بطور وضعی درجه حرارت بالاتر از  $1000^{\circ}C$  ضرورت است. همچنان امکان دارد که نور از اجسام سرد منتشر شود این حادثه بنام (*Lu min escence*) یاد می شود. مثال های شامل چراغ های فلورسنت

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

روشن کننده و دریافت کننده های تلویزیون در صورت موجودیت چراغ فلورسنت یک جریان الکتریکی از داخل گاز در یک تیوب سبب میشود که الکترونها به یک حالت بالاتری انرژی قرار گیرند وقتی که الکترون ها به حالت اصلی انرژی برگردند آنها انرژی زیاد خود را به طوری شعاع ماورای بنفش آزاد میکنند این شعاع بوسیله اتم های سطح داخلی تیوب بسته جذب می شوند و بعداً شعاع قابل دید را آزاد می سازند. و در صورت ساعت ها تاباندن نور ضمناً سبب هیجان میشود. اجسام درخشان می توانند به دو کتگوری تقسیم شوند با توجه به طول موج و مدت آزادسازی نور بعد از اینکه منبع قطع میشود  $10^{-8}$  sec بنام فلورسنت یاد می شود بطور مثال فلورسنت اجسامی که به تابش بعد از برداشتن منبع همچنان ادامه می دهند مانند صفحه ساعت بنام فلورسنت یاد می شود و ماده که سبب این حادثه میشود بنام فسفور می نامند.





---

---

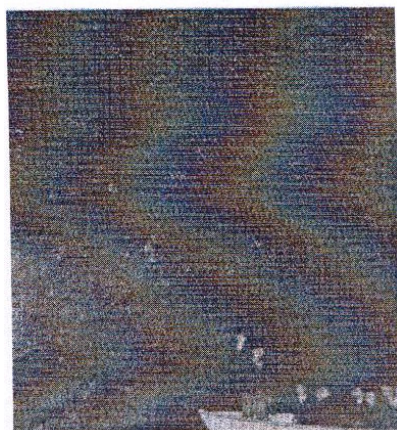
فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

شکل ۱-۷: یک ماده تابنده باعث میشود تا شماره ها بالای ساعت مذکور بصورت تابنده و قابل دید در آینه از ترکیب رادیوم رادیواکتیف با فاسفور جهت انرژی القائی استفاده میکند.

لومینوسنس می توان اسباب مختلف داشته باشد وقتیکه انرژی اتمی عبور می کند. از یک عکس العمل کیمیاوی منشأ میگیرند بناً شمیلاومسنس یاد می شود. اغلباً این تاثیرات از اشیا زنده بوجود می آید. مانند اجسام آبزی که در این حالت بنام بیالومسنس یاد میشود شکل ۱-۸ نور همچنان بوسیله تصادف کرستل های مشخص مانند شکر منتشر میشود که این حادثه را بنام تریلولومینسنس میتواند بوسیله خورد کردن و هم می تواند بین دندان ها در یک اطاق تاریک دریافت کنیم. دیگر عوامل لومینسنس شامل جریان الکتریکی و بر خورد اجزای کوچک با انرژی بلند است.



---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

شکل 1-8 نقطه های نوری بصورت لوله های مارپیچ در یک گاز در نیوزلند تعبیه شده اند و این نور حشرات را جذب میکند و این حشرات در دام افتید و بعنوان غذا برای لاروهای این لوله های تابنده تهیه میشوند.

۱-۳ سرعت نور: به استناد نظریه ماکسول تمام امواج الکترومقناطیس در خلأ به سرعت یکسان حرکت میکنند این سرعت را ما بنام سرعت نور یاد میکنیم با وجود آنکه برای تمام شعاعات الکترومقناطیس صدق میکند نه تنها نور این سرعت یکی از اساسات ثابت طبیعت است. تا قرن ۱۷ بصورت عموم عقیده بر این بود که انکسار سرعت نور لایتناهی است. گالیله این مسئله را در یک کار مهم بحث کرد گفتگو راجع به دو موضوع علمی در سال ۱۶۳۸ انجام شد او بحث خود را به شکل گفتگو در بین اشخاص مختلف تقدیم کرد بشمول *Sagredos Simpleio*.

*Simpleio*: تجارب مهم نشان میدهد که انتشار نور ناگهانی است یا آنی است وقتی که ما یک مرمی را می بینیم که فیر می شود در یک فاصله دورتر از ما، جرقه آن بدون گذشت کدام زمان قابل ملاحظه است ولی صدای آن بعد از یک انتروال زمانی به گوش میرسد. *Sagresos* - خوب - *Simpleio*: تنها چیزیکه من از این تجربه خود استنباط کرده ام صوت است که با سرعت کمتر از نور حرکت کرده بگوش ما میرسد

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

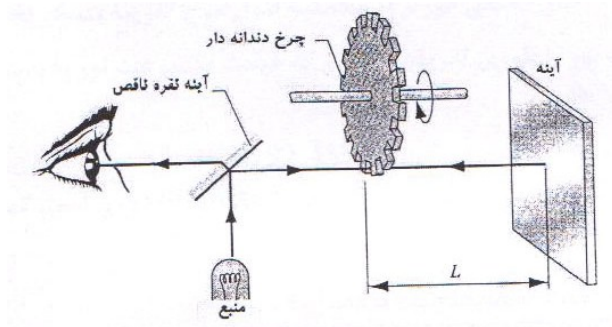
اما واضح نمی سازد نوری که به چشم ما میرسد آنی است یا با سرعت بی حد زیاد حرکت می کند که هنوز به زمان نیاز است تا که بدانیم.

گاليله بعداً ادامه داد و یک تجربه را توضیح میدهد (که خودش انجام داده است) برای محاسبه سرعت نور او یک معاون اش روبروی هم ایستادند و به یک فاصله حدوداً 1Mile در شب در حالیکه یک چراغ که امکان آشکار نمودن و پت نمودن آن بود به همراه داشتند. گاليله شروع به روشن کردن چراغش میکرد. بعداً گاليله کوشش کرد که تا فاصله زمانی بین تابش نور چراغ خود را با چراغ معاون اش محاسبه کند با وجود آنکه قادر نشد تا یک قیمت برای سرعت نور تعیین کند ولی وی افتخار اولین کوشش برای محاسبه سرعت نور را دارد در سال ۱۶۷۶ رومر منجم دانمارکی که در پاریس کار میکرد و از ارزیابی نجمی استفاده کرد تا ثابت سازد که نور سرعت لایتناهی نیست. استنباط وی بر خلاف بین زمان پیش بینی شده و بدست آمده تاریکی کسوف داخلی ترین طبقه مشتری استوار بود. تقریباً پنجاه سال بعدها *James Bradley* یک منجم انگلیسی یک تکنیک متفاوتی بکاربرد که به نور ستاره استوار بود و قیمت را  $3.10^8 m/sec$  بدست آورد.

---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



شکل ۱-۹: یک دیاگرام شیماتیک الهه *Fizeau's* جهت اندازه گیری سرعت نور.

پیشرفت بزرگی بعد از این تا حدود یک قرن در مورد سرعت نور وجود نیامد. در سال ۱۸۴۹ فزیکدان فرانسوی *Loui* یک تخنیک میخانیکی را که در شکل ۱-۹ نشان داده بکار برد. یک شعاع نوری تولید مید که از یک مسیر حلقوی عبور میکرد و همچنان از یک چرخ دندانه دار که در حال دور خوردن بود عبور میکرد. چرخ در حال دوران شعاع را به پارچه ها تجزیه می کرد و پارچه های خورد به آئینه برخورد نموده در زمانیکه پارچه های خورد نوری بطور حلقوی حرکت میکرد بطرف آئینه و پس از آئینه و چرخ در حال دوران بوده و باعث غائب شدن نور می شود ارزیابی کننده نور در این حال نمی بیند وقتی که این کار واقع میشود زمان  $\frac{2L}{c}$  شعاع نوری را بوجود میآورد بین چرخ و آئینه باید مسافه  $\frac{0}{w}$

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

مساوی باشد. این چرخ را وادار سازد که به سرعت زاویه ای  $\omega$  در زاویه  $\theta$  بین مرکز دندانه چرخ و مرکز شکاف.

$$\frac{2L}{c} = \frac{\theta}{\omega} \quad \text{و یا} \quad c = \frac{2L\omega}{\theta} \quad (1-1)$$

شعاعات تجزیه شده همچنان برای محاسبه سرعت نیوترون ها و دیگر ذرات بکار میرود. نتیجه فیزو که از این میتود استفاده کرده سرعت نور  $3,133 \times 10^8 \text{ m/sec}$  بود دیگر تجربه از آن به بعد بشمول فزیکدان های امریکای Michelson Abert روش های مشابه را در اواخر قرن ۱۹ و اوایل قرن ۲۰ بکار بردند. Michelson بخاطر وقت خلاصه آن قابل قدر است و جایزه نوبل سال ۱۹۰۷ را بخاطر استفاده از تکنیک های نوری بروی محاسبه دقیق را گرفت. در نتیجه این تحقیقات سرعت به  $1000 \text{ m/sec}$  کاهش یافت. پیشرفت تکنیک های الکترون بخصوص قیمتی که درباره *MicroWaves* صدق میکند به انجام تحقیقات جدید در ۱۹۵۰ راه را هموار ساخت. این محاسبات نتایج را به دست داد که کار Michelson را تأیید میکند و عدم موفقیت مشابه را داشت.

موفقیت در محاسبه سرعت نور در سال ۱۹۷۰ با وجود آمدن *Lasers* بدست آمد بوسیله محاسبه طول موجود فریکونسی بطور مستقیم سرعت نور میتواند از فرمول تصفیه  $c = \lambda f$  این تکنیک ها منتج به خطا  $C$  در حدود  $1 \text{ m/sec}$  شد.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

خلاصه بعضی از موفقیت های درباره سرعت نور در شکل (۱-۱) درج گردیده است. وقت محاسبه فریکونسی تقریباً یک بخش در  $10^{13}$  خیلی دورتر از محاسبه طول موج تقریباً یک بخش در  $10^9$  است در نتیجه ما سرعت نور را طوری تعریف میکنیم که قیمت سرعت نور را بدست آوریم.

$$C = 299,792,458 \frac{m}{s}$$

و تعریف ثانیه بر اساس محاسبه فریکونسی است طوری که متر Standard دومی است که در ترم های ثانیه و قیمت  $C$  تعریف شده است.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

جدول ۱-۱ گیرنده از اندازه گیری های سرعت الکترومقناطیس در فضا (خلا).

تاریخ	تجارب کننده گان	مملکت	طریقه	سرعت $Km/s$	عدم قطعیت $Km/s$
۱۶۰۰	گالیله	ایتالیا	فانوس و درجه	فوق العاده سریع	
۱۶۷۵	رومر	فرانسه	اقمار مشتری		
۱۷۲۹	برولی	انگلستان	بیراهی نورستاره	۳۰۴۰۰	
۱۸۴۹	فیزو	فرانسه	چرخ دنداندار	۳۱۳۰۰۰	
۱۸۶۲	فوکولت	فرانسه	آئینه دوار	۲۹۸۰۰	۵۰۰
۱۸۸۰	مایکلسون	آمریکا	آئینه دوار	۲۹۹۹۱۰	۵۰
۱۹۰۶	ازاودرسی	آمریکا	نظریه الکترومقناطیس	۲۹۹۷۸۲	۱۰
۱۹۲۳	مرسیه	فرانسه	امواج ایستاده درسیم	۲۹۹۷۸۲	۱۵
۱۹۲۶	مایکلسون	آمریکا	آئینه دوار	۲۹۹۷۹۶	۴
۱۹۵۰	برگ استراند	سویدن	جیودیمتر	۲۹۹۷۹۲.۲	۰.۲۵
۱۹۵۰	اسن	انگلستان	کاواک میکروموجی	۲۹۹۷۹۲.۵	۳
۱۹۵۰	بول و هانس	آمریکا	کاواک میکروموجی	۲۹۹۷۸۹.۳	۰.۴
۱۹۵۱	آسلاکسون	آمریکا	رادارشوران	۲۹۹۷۹۴.۲	۱.۹
۱۹۵۲	رنک، روت	آمریکا	طیف مالیکول	۲۹۹۷۷۶	۷
۱۹۵۲	فروم	انگلستان	داخل سنج میکروموجی	۲۹۹۷۹۲.۶	۰.۷

## سرعت نور در جسم

وقتی به سرعت نور مراجعه میکنیم معمولاً منظور ما از سرعت در خلأ است. ما در بخش ۳۸ در مورد انتشار تابش الکترومقناطیس که از طریق جفت شدن در بین ساحات الکتریکی و مقناطیس صورت میگیرد، بحث کرده ایم. ما در بخش ۲۹-۶ دیده ایم که در مواد دای الکتریک ساحه الکتریکی توسط فکتور  $K_e$  (مقاومت دای الکتریک در ماده) تعویض میشود.

قسمی که در بخش ۲۹-۶ نشان داده شده راه مناسب تعریف معادلات ساحات الکتریکی در فضا برای محاسبه دای الکتریک مواد اینست که مقاومت الکتریکی  $\epsilon_0$  را به مقدار  $K_e \epsilon_0$  تعویض کنیم.

ما همچنان باید تاثیر خواص مقناطیس محیط کشت را بالای ساحه مقناطیسی انتشار امواج الکترومقناطیسی را محاسبه نمائیم، طوریکه در بخش 35 4 بحث نمودیم، مواد مقناطیسی توسط قابل نفوذ پیوسته  $k_m$  تعریف میشوند و در مقایسه با ساحه برق ما می توانیم معادلات ساحه مقناطیس را در صورت تعویض مقاومت مقناطیس  $\mu_0$  با کمیت  $k_m \mu_0$  تعریف نمائیم. در اجرا این توضیحات بناً ما میتوانیم که معادله ۳۸-۱۹ را تعریف نمائیم تا سرعت نور در اجسام را ارائه کند.



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

$$v = \frac{1}{\sqrt{k_m k_e}} \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = \frac{c}{\sqrt{k_m k_e}} \quad \text{---(2-1)}$$

موادی که نور را عبور میدهند معمولاً مقناطیس غیرفلزی اند و در اینصورت  $k_m$  از (1) تفاوت دارد که مشخصاً بیشتر از  $10^{-4}$  نباشد، (به جدول های ۲-۳۵ و ۳-۳۵ مراجعه کنید). بناً این مقاومت دای الکتریکی  $k_e$  است که سرعت نور در اجسام را تعیین میکند. هر چند مقاومت دای الکتریکی که در معادله جدول ۲-۲۹ فهرست میشوند نمی توانند در معادله ۲-۱ استفاده شوند، زیرا این قیمت ها مشخصات شرایط مربوط به اجسام ساکن اند.

به یاد داشته باشید که در نتیجه مقاومت دای الکتریکی واکنش دیپولها برای ساحه برقی خواسته شده است. اگر ساحه مورد نظر به فریکونسی بلند تغییر کند دیپول ها وقت واکنش را نخواهد داشت و ما نمی توانیم که مقاومت دای الکتریکی ساکن را بخاطر تغییر سریع ساحه الکتریکی بکار بگیریم، در فریکونسی های مختلف مشخصات موج نوری  $10^5 \text{ Hz}$  بوده ساحه بسیار زود بخاطر دیپول ها نوسان میکند تا مکمل موج را تعقیب نماید. بر علاوه  $k_e$  در معادله ۲-۱ همراه با فریکونسی تغییر می یابد. بنا سرعت نور در اجسام وابسته به طول موج و یا فریکونسی نور می باشد.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

جدول ۱-۲ قیمت های سرعت نور در اجسام مختلف را نشان میدهد.

اجسام	سرعت نور
خلأ	3,00
هوا	3,00
آب	2,26
شکر منحل (۵۰٪)	2,11
شیشه	1,97
الماس	1,24

### انتشار نور در اجسام (اختیاری)

میکانیزم که انتشار نور را عهده دار است در حال فروپاشی است، در نتیجه جذب تصادفی توسط اتم ها و مالیکول های محیط کشت و ماموریت دوباره نور در ساحات مختلف فازهای این امواج منتشر شده بطرف ساحه تصادم نور رفته و باعث مداخلات تخریبی در ساحاتی عرضی میشود. سفر موازی امواج منتشر شده بسوی ساحه تصادم نور در فاز نور متصادم نیست، در نتیجه مداخله بین دو موج فاز اتصال آنها از فاز موج متصادم

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

متفاوت است. ما این تغییر در فاز را منحنیث تغییر در سرعت رعایت میکنیم.

ساحه برقی نور متصادم باعث می شود تا الکترونها در یک اتم همراه با فریکونسی نور تصادم کننده نوسان کند. فاز موج تقسیم شده به فریکونسی نوسان اتمی متعلق است و سپس به فریکونسی موج اصلی. هرگاه امواج منتشره و تصادم کننده مقابل میشوند، فاز اتصال آنها به فاز فرق آنها مربوط بوده و سپس از این به فریکونسی، در نتیجه سرعت نور در اجسام به فریکونسی یا طول موج مربوط است. این پدیده که انتشار نامیده میشود در قسمت ۱-۴ بحث میشود.

در یک جسم برجسته، فاصله که در آن نور اصلی جذب و منتشر میشود قانون مایکرومتر است و در هوا ملی متر، در نتیجه نوری را که ما می بینیم از آفتاب بر چشمان می تابند، مستقیماً از آفتاب نمی تابند چرا که از مالیکولهای هوا می تابند که اندکی جلوی چشمان ما است.

مسئله نمونه ۱-۱: - سرعت نور زرد رنگ  $\lambda = 589mm$  که تبدیل شود به  $f = 5,09 \times 10^{14} Hz$  در آب  $m/s = 2,26 \times 10^8$  است. مقاومت موثر دای الکتریک به همین فریکونسی برای آب چقدر است؟

حل: از معادله ۱-۲ استفاده میکنیم و وانمود میکنیم که دقت کافی برای محاسبه این است:  $k_m = 1$  و با حل نمودن معادله ۱-۲ برای  $k_m$  و گذاشتن  $k_m = 1$  در می یابیم که:

$$k_e = \left(\frac{c}{v}\right)^2 = \left(\frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{2.26 \times 10^8 \text{ m/s}}\right)^2 = 1.76$$

این بسیار فرق می کند از مقاومت الکتریکی دای الکتریک جسم ساکن در آب که حدوداً قیمت  $80^\circ$  را بخود میگیرد در درجه حرارت اتاق. مشکلی که مونت دیپول ها مالیکولها ساحه برقی در زیر دارد، اختلاف ساحه برقی به همین فریکونسی پیشنهاد میشود. بصورت عموم مقاومت های دای الکتریک با فریکونسی بلند کوچکتر اند از قیمت برق ساکن که جواب میدهد.

و این معنی را میدهد که فریکونسی بلند که ساحه برقی را کم نموده کوچکتر است از برق ساکن که ساحه برقی را کاهش داده است.

## ۱-۴ انعکاس و انکسار امواج نوری:

وقتیکه شما به طرف یک سوراخ شیشه کلکین نگاه میکنید نور را از هر طرف مشاهده میکنید که در حرکت است. ولی تا این جا طیف الکترومقناطیس را که شامل نور مرئی هم میشود فقط در فضای خالی بی

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

مانع در نظر گرفته ایم. حالا می‌خواهیم ببینیم که این امواج چگونه از سطوح آئینه متوالی شده از شیشه و سطح آب انعکاس می‌کنند و بخصوص می‌خواهیم رفتار آنها را در عبور از چنین مواد شفاف بررسی کنیم.

در فصل بعد خواهیم دید که چنین وسایل مثل کامره عکاسی - تلسکوپ، عینک و میکروسکوپ مستلزم آگاهی از این خواص است طبق معمول آنچه در این فصل در مورد نور مرئی می‌گوئیم در مورد بقیه نواحی طیف الکترومقناطیس هم مصداق است. در شکل 1-a ۱۰ اشعه نوری که بر سطح آب تابیده هم از این سطح منعکس و هم موقع ورود به آب منکسر شده است. و در شکل 1-10b اشعه ورود را با یک خط نشان داده ایم که همان اشعه ورودی و در استقامت انتشار است در این شکل فرض می‌کنیم که بالای آئینه مستوی است و جبهه‌های این موج به اشعه وارده عمود اند و همچنان اشعه‌های منعکسه و منکسره هم مشخص شده اند.

همانطوریکه در رسم می‌بینید زوایای وارده  $\theta_1$  و منعکسه  $\theta_1'$  و منکسره  $\theta_2$  زوایای هستند که میان خط عمود بر مستوی جدائی و اشعه‌های مربوط تشکیل می‌شوند.

آزمایش نشان می‌دهد که قوانین ذیل بر انعکاس و انکسار حاکم اند.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

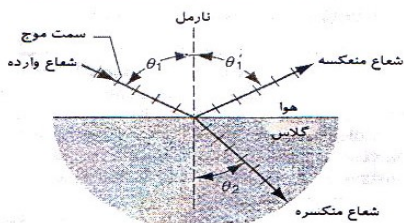
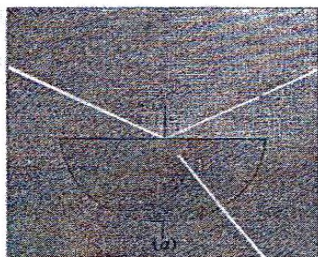
۱: شعاعات منعکسه و منکسره در صفحه متشکل از اشعه وارده و خط عمود بر سطح مشترک در نقطه ورود یعنی در همان صفحه شکل 10b-1 قرار دارند.

$$\theta_1' = \theta_1 \text{ ----- (3-1) برای انعکاس}$$

۳: برای انکسار

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \text{ ----- (4-1)}$$

( a )



( b )

شکل 10-1: a- یک عکس العمل که انعکاس و انکسار یک مسیر نور وارده را به یک سطح مسطح شیشه وارد میگرداند را نشان میدهد.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

$b$  - یک نمایش با استفاده از شعاع - زاویه وارده  $\theta_1$  شعاع زاویه منعکسه  $\theta_1'$  و زاویه منکسره  $\theta_2$  را نشان داده شده است باید متوجه بود که زاویه در بین نارمل و شعاع مورد نظر محاسبه میشود.

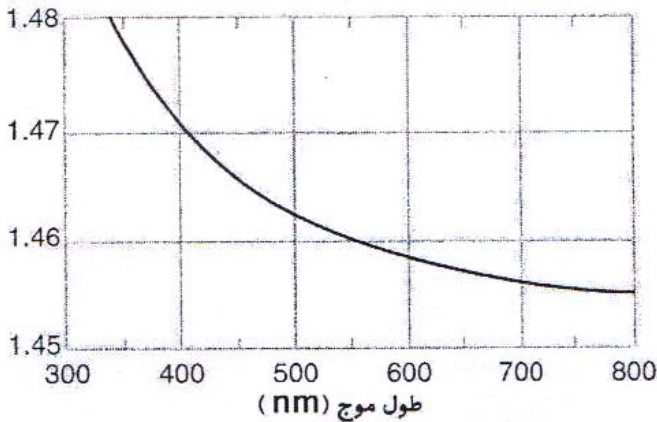
معادله ۱-۴ را به نام قانون Snells یاد میکنند که در این جا  $n_1$  و  $n_2$  را بنام ضریب انکسار محیط (۲) نسبت به محیط (۱) میگویند. و  $n$  ضریب انکسار بین چند محیط مادی و خلأ است.

$$n = \frac{c}{v} \text{------(5-1)}$$

در جدول ۱-۳ ضریب انکسار چند ماده معمولی را نسبت به خلأ برای طول موج نور سیم انگستروم آورده ایم.

ضریب انکسار	محیط	ضریب انکسار	محیط
۱.۵۴	سودیم کلوراید	۱.۰۰۰۰۰	خلأ
۱.۵۵	پولی استایرین	۱.۰۰۰۲۹	هوا
۱.۶۳	کاربن دای سلفید	۱.۳۳	آب $20^\circ C$
۲.۴۲	الماس	۱.۳۶	اسیتون
۱.۷۷	آلمونیوم	۱.۳۶	ایتایل الکل
۱.۵۵	پولسترین	۱.۴۹	شکر ۳۰%
۱.۵۲	شیشه واقعی	۱.۴۹	شکر ۸۰%

ضریب انکسار یک محیط نسبت به محیط دیگر عموماً با طول موج تغییر میکند. همان طوریکه در شکل ۱-۱۱ می بینید با استفاده از همین خاصیت پدیده انکسار است که می توانیم دسته امواج نوری را به طول موج های تشکیل دهنده آنها تجزیه کنیم.



شکل ۱-۱۱: ضریب انکسار کوارتز فشرده بعنوان یک تابع طول موج.

## انعکاس و انکسار موج الکترومقناطیسی

قانون عمومی انکسار در تمام شعاعات  $x$  و الکترومقناطیس ذریعه سپکترم اندازه میشود. نه تنها شعاع نور نظر به معادلات ۱-۵ و ۱-۴ قانون ماکسویل که قبلاً مطالعه کردیم. ما اکثراً سطوح صاف و صیقلی را به



---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

عنوان انعکاس دهنده خوب در نظر میگیریم اما سطوح دیگر نیز ممکن است عمل انعکاس را انجام دهند، طور مثال یک ورقه کاغذ انعکاس ذریعه ورق ما اکثراً سطوح صاف و صیقلی را بعنوان انعکاس دهنده خوب در نظر میگیریم اما سطوح دیگر نیز ممکن عمل انعکاس را انجام دهند طور مثال یک ورقه کاغذ انعکاس ذریعه ورق کاغذ که بنام انعکاس منتشره یاد میشود باعث پراکندگی زیاد و کم نور در جهات مختلف می گردد دلیل اینکه ما اشیای زیادی را در ماحول خود بصورت غیردرخشان می بینیم انعکاس منتشره میباشد تفاوت این انعکاس منتشره و آئینه مربوط به درشتی سطح منعکسه می باشد.

---



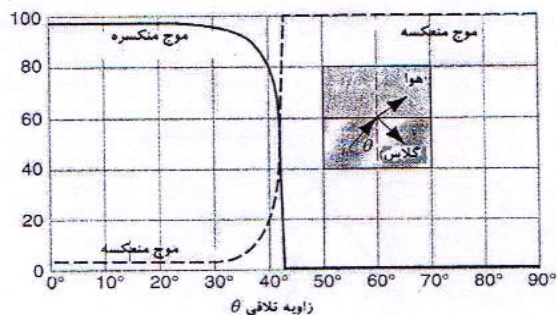
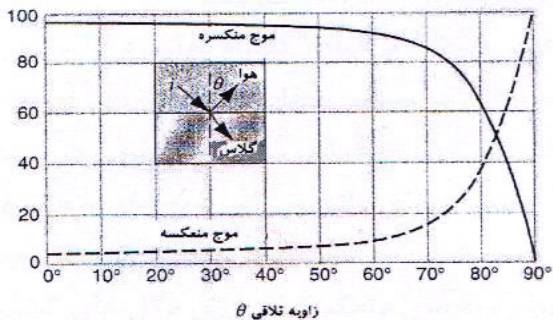
---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---



شکل ۱-۲:  $a$  - فیصدی شعاع را که هنگام ورود به یک سطح شیشه ای از هوا وارد میشود نشان میدهند.  $n = 150$ .

$b$  - مشابه یک موج در هوا که بالای سطح شیشه وارد میشود انعکاس داخلی را نشان میدهد.

مسئله نمونه ۱-۲: شکل ۱-۳ شعاع تصادم کننده  $(i)$  را نشان میدهد که تحت زاویه  $\theta$  به آئینه صاف  $MM'$  اصابت میکند. آئینه  $M'M''$  بر  $MM'$  عمود است. این شعاع را از طریق انعکاسات بعدی آن رسم کنید؟

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

حل: شعاع منعکسه ( $r$ ) زاویه  $\theta$  را با نارمل در نقطه ( $b$ ) می سازد و منحیث شعاع تصادم کننده بر آئینه " $M'M$ " می افتد.

زاویه تصادمی  $\theta'$  آن بر آئینه عبارت است از  $\frac{\pi}{2} - \theta$  شعاع منعکسه دوم ( $r'$ ) زاویه  $\theta'$  را همراه نارمل که در نقطه  $b'$  نصب شده می سازد. شعاع های ( $i$ ) و ( $r'$ ) در قیمت های  $\theta$  ناموازی اند. برای اینکه این را بفهمید داریم که:

$$\phi = \pi - 2\theta = \pi - 2\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) = 2\theta$$

هرگاه زاویه داخلی متضاد دو خط ( $\phi$  و  $2\theta$ ) مساوی باشند، آن دو خط باهم موازی اند. سوال را تکرار نمائید در صورتیکه زاویه بین آنها آئینه ها ۱۲۰ درجه بیشتر از ۹۰ درجه باشند. مقیاس سه بعدی شکل ۱-۱۳ زاویه منعکس کننده است که شامل سه آئینه عمودی که مثل قسمت های مثبت آئینه های هم پایه سیستم  $xyz$  متصل اند میباشد. یک زاویه منعکسه این خصوصیت را دارد که برای هر مسیر تصادم یک شعاع تصادم کننده دوباره در مسیر مقابل انعکاس داده میشود. مسیرهای منعکسه از این پرنسپ استفاده میکنند، بناً نور چراغ های موتری که در حال آمدن باشد دوباره بطرف خود موتر انعکاس میکند، بدون در نظر داشت قسمتی که موتر به آن نزدیک میشود، زاویه چراغ های بالای سرک زاویه های منعکسه توسط اپولو منجم است، که بالای مهتاب وضع شده، تعیین

---



---

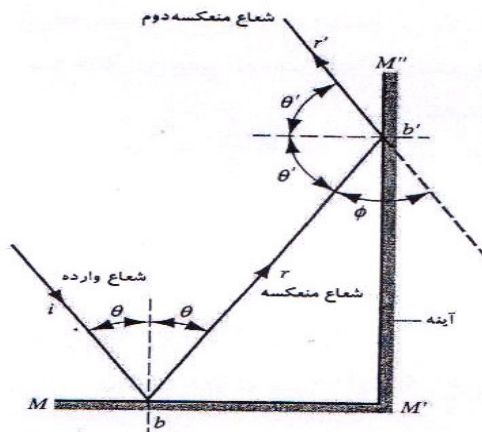
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

سرعت شعاع لیزر منعکسه از زمین فاصله معین جدائی مهتاب و زمین را ارائه میکند زاویه های منعکسه نیز روی دگل های کشتی های خورد قابل یافت اند که در آنها جابجا شده اند تا رادارهای جستجو کننده آنها را بیشتر و آسانتر بجا بیاورند.



شکل ۱-۱۳ مانند شکل ۱-۲ یک زاویه منعکسه دو بعدی.

مسئله نمونه ۱-۳: شعاع یک نور در هوا بر سطح مسطح کوارتز تصادم کرده و همراه با نارمل زاویه  $30,00$  درجه را میسازد. این شعاع دو طول موج  $400nm$  و  $500nm$  را در بر دارد. مشخصه های انکسار برای کوارتز در این طول موج ها  $1,4702$  و  $1,4624$  زاویه بین دو شعاع منکسره در کوارتز چند است؟

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

حل: از معادله (۱-۴)  $(n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2)$  داریم، برای شعاع  $400nm$  برای هوا  $n_1 = 1.0003$  را میگیریم.

$$(1.0003) \sin 30.00^\circ = (1.4702) \sin \theta_2$$

در می یابیم که:

$$\theta_2 = 19.89^\circ$$

برای شعاع  $500nm$  داریم که:

$$(1.0003) \sin 30.00^\circ = 1.4624 \sin \theta_2$$

یا

$$\theta_2 = 20.00^\circ$$

زوايه  $\Delta\theta_2$  بين شعاع كه عبارت از  $0,11$  درجه است با طول موج کوتاه ايکه بسوی زاويه بزرگ خمیده شده که زاويه منکسره کوچکتر را دارا است. با کاهش زاويه تصادم تفاوت در زاويه کاهش می یابد.  $0.018^\circ$  از  $\theta_1 = 5^\circ$  بدست میآید. در وسایل اپتیکی که در آن لینز وجود دارد اختلاف دو زاويه منکسره و طول موج به انحراف به پیش میرود که انحراف رنگ نگاری نامیده میشود. استفاده از زاويه های کوچک تصادم انحراف را کاهش میدهد با وجود انحراف رنگ نگاری.

مسئله نمونه ۱-۴: همان طوریکه در شکل ۱-۴ می بینید اشعه ای از هوا به یک سطح منشور شیشه ای می تابد. زاويه  $\theta$  طوری انتخاب میشود که

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

اشعه خارج شده از منشور هم همان زاویه  $\theta$  را با وجه قائم دیگر بسازد رابطه بدست بیاورید که ضریب انکسار ماده تشکیل دهنده این منشور را بدست بدهد.

$$\alpha = \frac{1}{2}\phi \text{ ----- (6-1)}$$

زاویه انحراف  $\psi$  برابر است با مجموعه دو زاویه متقابل داخلی در مثلث *aed* یعنی:

$$\psi = 2(\theta - \alpha)$$

اگر  $\frac{1}{2}\psi$  را به جای  $\alpha$  بگذاریم و معادله را برای  $\theta$  حل کنیم نتیجه میشود.

$$\theta = \frac{1}{2}(\psi + \phi) \text{ ----- (7-1)}$$

در نقطه  $a$ ،  $\theta$  زاویه فرود و  $\alpha$  زاویه انکسار دلتا قانون انکسار معادله ۱-۴ می گویند.

$$\sin \theta = n \sin \alpha$$

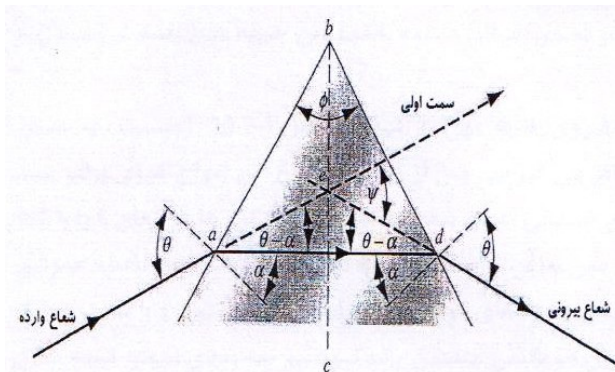
مقادیر  $a$  و  $\theta$  را به ترتیب از معادلات ۱-۶ و ۱-۷ در این معادله میگذاریم که نتیجه میشود.

$$\sin \frac{\psi + \phi}{2} = n \sin \frac{\phi}{2} \text{ ----- (8-1)}$$

و یا

$$n = \frac{\sin(\psi + \phi) / 2}{\sin(\phi / 2)}$$

که همان رابطه دلتا که میخواستیم. این رابطه فقط در صورتی برقرار است که  $\theta$  طوری انتخاب شده باشد که نور به طور متقارن از منشور عبور کند. زاویه انحراف برای چنین شرایطی به کمتر مقدار خود میرسد. اگر  $\theta$  زیاد یا کم کنیم زاویه انحراف بزرگتر میشود.  $\psi$  را زاویه انحراف minimum یا اصغری می گویند.



شکل ۱-۱۴: سوال نمونه ۱-۴.

## اشتقاق قانون انعکاس

قانون انعکاس نور را می توان به چند طریقه بدست آورد. ما در این جا دو طریقه را تحت مطالعه خود قرار میدهم.

## اصل هویگنس:

اگر نظریه درباره نور نتواند قوانین مانند انعکاس و انکسار را توضیح بدهد، پذیرفتنی نیست. این قوانین را میشود از معادلات ماکسول هم بدست آورد، اما برای اجتناب از پیچیدگی های ریاضی فعلاً این کار را نمیکیم. خوشبختانه میتوانیم این قوانین و خیلی از قوانین های دیگر اپتیک را بر مبنای یک نظریه نور که ساده تر است ولی جامع تر بوده به دست آوریم. این نظریه را هویگنس (فزیکدان هالندی) در سال ۱۶۷۸ عنوان کرده است چیزیکه در این نظریه فرض میشود این است که نور یک نوع موج است و نه مثلاً جریانی از ذرات، هویگنس از نظریه اش چیزی راجع به ماهیت این موج نمی دانست که نور موج عرضی است یا طولی؟ از طول موج های نور مرئی خبر نداشت درباره سرعت نور اطلاعاتی کمی داشت. با این همه نظریه او رهنمای مفیدی تا سالها برای آزمایش بود و هنوز هم برای مقاصد آموزشی و بعضی منظورهای دیگر قابل استفاده است. البته نباید انتظار داشت که این نظریه ها به اندازه الکترومقناطیسی ماکسول (که کاملتر است) به ما اطلاعات بدهد.

نظریه هویگنس مبتنی به یک ساخت هندسی بنام اصل هویگنس است که با استفاده از آن میتوانیم با دانستن مکان یا جبهه در یک زمان جای آن را در هر زمان آینده پیشگویی کنیم. بنابراین اصل تمام نقاط روی یک جبهه



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

موج را میشود چشمه های دانست که مولد موجک های کروی ثانویه اند بعد از زمان  $t$  مکان جدید این جبهه موج سطحی است که بر این موجک های ثانوی مماس اند.

این مطلب را با یک مثال خیلی ساده نشان میدهم: اگر جبهه موجی  $ab$  در شکل ۱-۱۵ به صورت موج مستوی در فضای خالی داشته باشیم این جبهه موج بعد از زمان  $t$  متحرک خواهد بود.

طبق اصل هویگنس تعدادی از نقاط روی جبهه موج را در شکل ۱-۱۵ است، به عنوان مراکز موجکهای کروی ثانویه در نظر میگیریم، پس از زمان  $t$  شعاع این امواج کروی برابر به  $ct$  که  $c$  سرعت نور در فضای خالی است. صفحه مماس بر این کره ها در زمان  $t$  را با  $ad$  نشان میدهم. همانطوریکه انتظار میرود این صفحه با صفحه  $ab$  موازی است و به فاصله عمودی  $ct$  از آن واقع شده است. بنابراین جبهه های موج تحت صفحه های مستوی و با سرعت  $c$  منتشر میشوند. توجه کنید که روش هویگنس متضمن یک ترسیم سه بعدی است. که شکل ۱-۱۵ فصل مشترک آنها با صفحه کتاب نشان میدهد. شاید علی رغم آنچه مشاهده میکنیم انتظار داشته باشیم همان طور که موج از نقاط دور جبهه موج شکل ۱-۱۵ به جلو منتشر میشود به عقب هم منتشر شود اما با این فرض که شدت موجک های کروی در همه جهت ها یکی نیست و بطوریسته از یک ماگزیمم در جهت جلو تا یک مینومم صفر در جهت عقب تغییر

---



---

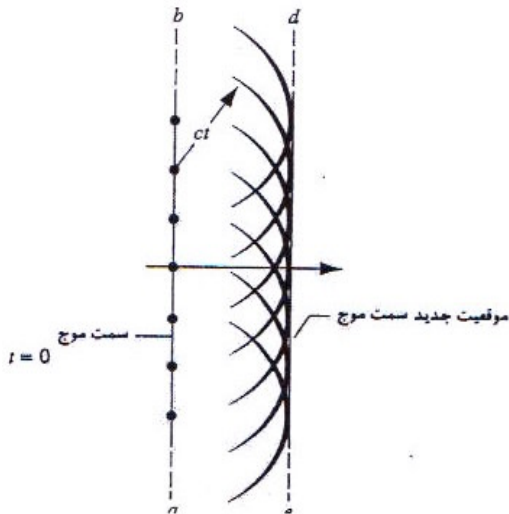
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

میکند این فکر را کنار میگذاریم. منقطع بودن قوسهای کروی رد شکل (۱-۱۵) حاکی از همین موضوع است.



شکل ۱-۱۵: پراکنده گوی یک موج سطح مستوی یا هموار در فضا آزاد توسط ترکیب هیوگنز توضیح میشود، متوجه باید بود که اشعه مسیرافقی بین عمود بودن بالای سطح قدامی موج است.

در شکل 1-16a سه جبهه از امواج مستوی را می بینید که به آئینه مستوی  $MM'$  می تابند برای راحتی این جبهه ها را به فاصله یک طول موج از یکدیگر انتخاب کرده ایم.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

توجه کنید که زاویه میان هر یک از جبهه‌ها با آئینه  $\theta_1$  همان زاویه میان موج ورودی و خط عمود بر آئینه است به عبارت دیگر  $\theta_1$  زاویه وارده است. این سه جبهه موج مطابق با اصل هویگنس به هم مربوط می‌شوند همانطوریکه در شکل ۱-۱۵ آمده است. در شکل 1-16 موج که مرکز آن در  $a$  است پس از زمان  $\lambda/c$  آنقدر منبسط می‌شود که به نقطه که می‌رسد از نقطه  $P$  که روی همان جبهه شامل  $a$  است.

نور نمیتواند که به آن طرف آئینه عبور کند بلکه باید مثل یک موج (هویگنسی) کروی بطرف بالا منبسط شود. اگر سوزن پرکار را در نقطه  $P$  بگذاریم و قوسی به شعاع  $\lambda$  رسم کنیم جبهه موج باز تابیده باید مماس با این قوس‌ها باشد این مماس‌ها از نقطه  $L$  بگذرد. چون نقطه  $L$  باید روی همین جبهه موج جدید قرار گیرد توجه کنید که زاویه میان این جبهه موج و آئینه  $\theta_1'$  همان زاویه میان اشعه باز تابیده و عمود بر آئینه است به عبارت دیگر  $\theta_1$  زاویه انعکاس است. دو مثلث قائم الزاویه  $abp$  و  $a'bp$  را در نظر بگیرید ضلع  $dp$  میان آنها مشترک است و ضلع  $ab = \lambda$  با ضلع  $a'p$  مساوی است. پس این دو مثلث متساوی‌اند و میتواند نتیجه گرفت که:

$$\theta_1 = \theta_1'$$

و این همان است که قانون انعکاس ایجاب میکند. اگر به یاد داشته باشید که ساخت اصل هویگنس سه بعدی است و قوسهای را که می‌بینید

---



---

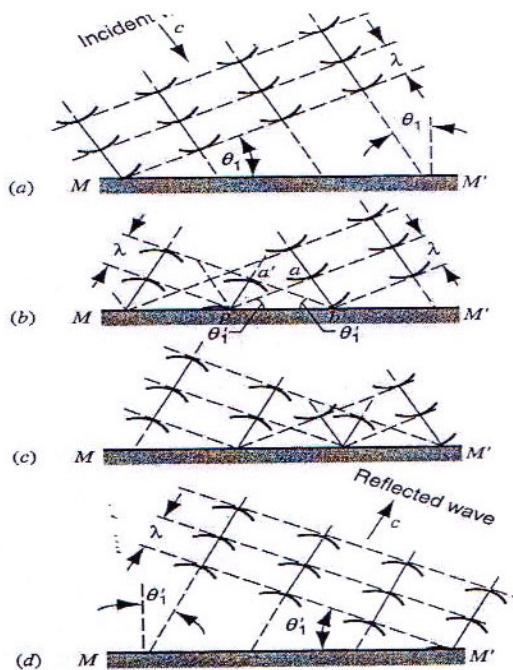
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

نماینده سطوح کروی اند آنوقت می توانید متقاعد شوید که شعاع بازتابیده در صفحه ای قرار می گیرد که متشکل از شعاع وارده و عمود به آئینه است که این همه لازمه قانون انعکاس است.



شکل ۱-۱۶: انعکاس یک موج مستوی از یک سطح آئینه مستوی که توسط طرح هویگنس تحلیل و تجزیه شده است.

اصل فرما: در سال ۱۶۵۰ پیرفرما اصل بسیار جالبی را کشف کرد که میشود آنرا با این عبارات بیان کرد. اشعه نور در عبور از یک نقطه به

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

نقطه دیگر چنان مسیری را دنبال میکند که زمان لازم برای طی آن در مقایسه با مسیرهای مجاور یا مینومم باشد یا ماگزیمم و یا تغییر نکند. قوانین انعکاس و انکسار را میشود به آسانی در این فصل بدست آورد. در شکل (۱-۱۷) دو نقطه ثابت  $A$  و  $B$  را می بینید که خط  $APB$  آنها را به هم وصل میکند طول کل این خط  $L$  برابر است با:

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

که  $x$  جای نقطه  $p$  یعنی محل برخورد اشعه با آئینه را نشان میدهد. بنأ به اصل فرما نقطه  $p$  باید در جای قراربگیرد که مدت سیر نور مینیموم باشد و یا ماگزیموم باشد و یا تغییر نکند. به بیان دیگر طول کل خط باید مینیموم باشد یا ماگزیموم یا تغییر نکند. در هر دو صورت این امر مستلزم آنست که:

$$\begin{aligned} \frac{dt}{dx} &= \frac{1}{c} \frac{dL}{dx} \\ &= \frac{1}{2c} (a^2 + x^2)^{-\frac{1}{2}} (2x) \\ &+ \frac{1}{2c} [b^2 + (d - x)^2]^{-\frac{1}{2}} (2)(d - x)(-1) = 0 \end{aligned}$$

که چنین هم میتوانیم بنویسیم.

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

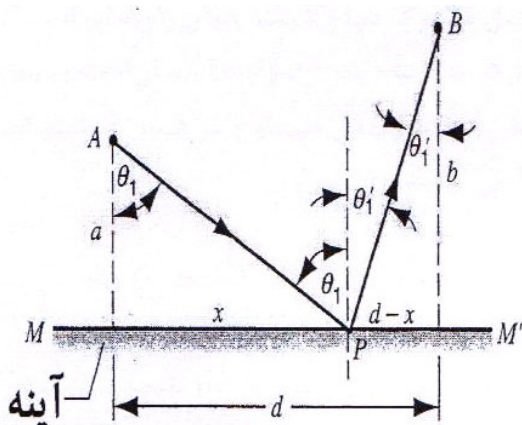
با توجه به شکل ۱-۱۷ می بینیم که میشود این معادله را بصورت ذیل نوشت.

$$\sin \theta_1 = \sin \theta_1'$$

و یا

$$\theta_1 = \theta_1'$$

که همان قانون انعکاس است.



شکل ۱-۱۷: انعکاس یک موج مستوی از یک سطح آئینه مستوی که توسط قانون fermat تحلیل و تجزیه شده است یک شعاع از نقطه  $A$  بعد از انعکاس در نقطه  $P$  به نقطه  $B$  میرسد.

### اشتقاق قانون انکسار:

حال ما با استفاده از اصل هویگنس و فرما اشتقاق قانون انکسار را می یابیم.

اصل هویگنس: شکل ۱-۱۸ چهار مرحله از شکست سه جبهه موج متوالی از موج مستوی را در فصل مشترک میان هوا (محیط اول) و شیشه (محیط دوم) نشان میدهد برای آسانی فرض میکنیم فاصله میان

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

جبهه های موج  $\lambda_1$  باشد.  $\lambda_1$  طول موج است که در محیط اول اندازه گیری میشود سرعت نور را در هوا  $v_1$  و در شیشه  $v_2$  میگیریم فرض میکنیم که:

$$v_2 < v_1 \quad \text{-----} (9-1)$$

این فرض برای چیزی که میخواهیم بدست میآوریم ضروری است. در شکل 18a-1 جبهه های موج بنا به ترسیم هویگنس شکل 1-15 با هم مربوط شده اند.  $\theta_1$  مانند همان شکل 1-16 زاویه وارده است در شکل 18b-1 زمانی  $\left(\frac{\lambda_1}{v_1}\right)$  را در نظر بگیرید که طول میکشد تا یک موجک هویگنس که از نقطه  $e$  حرکت کرده است به نقطه  $d$  برسد در این مدت نوری که در نقطه  $h$  وارد شیشه میشود با سرعت کمتر حرکت میکند و مسافتی کمتری را می پیماید که این مسافت برابر است به:

$$\lambda_2 = \lambda_1 \frac{v_2}{v_1} \quad \text{-----} (10-1)$$

جبهه موج منکسره باید مماس باشد به قوسی که مرکز آن  $h$  و شعاع آن  $\lambda_2$  است این جبهه جدید همانطوریکه می بینید از نقطه  $e$  میگذرد چون این نقطه هم باید روی آن باشد توجه کنید که  $\theta_2$  یعنی جبهه میان موج منکسره و فصل مشترک هوا و شیشه همان زاویه ای است که میان اشعه منکسره و عمود این فصل وجود دارد. بعبارت دیگر  $\theta_2$  زاویه انکسار است به این هم توجه کنید که طول موج در شیشه  $\lambda_2$  از طول موج در



---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

هوا  $\lambda_1$  کمتر است برای مثلث های قائم الزاویه  $hde$  و  $hdf$  میتوانیم بنویسیم که:

$$\sin \theta_2 = \frac{\lambda_2}{hd} \quad \text{برای} \quad \sin \theta_1 = \frac{\lambda_1}{hd} \quad \text{برای}$$

از تقسیم طرفین این دو معادله به یکدیگر و با استفاده از معادله ۱-۱۰ نتیجه میشود.

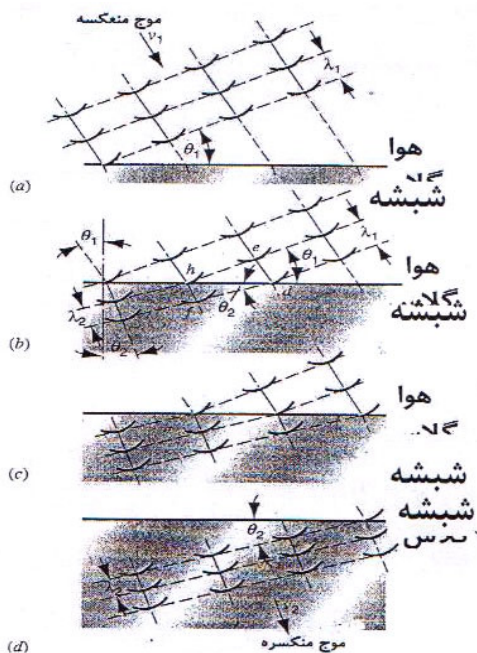
$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad \text{-----} (11-1)$$

این معادله نشان میدهد که طول موج نور در هر محیط مادی از طول موج همان نور در خلأ کمتر است.

---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



شکل ۱-۱۸: انکسار این موج مستوی را در یک سرحد مستوی که توسط طرح هیوگنز تشریح شد نشان می‌دهد. جهت ساده بودن و درک آسان آن موج منعکسه در شکل مذکور نشان داده نشده است به تغییر طول موج در موج منکسره توجه نماید. ضمن معرفی فاکتور عمومی از  $C$  اجازه داریم که معادله ۱-۱۱ را چنین بنویسیم.

$$\frac{c}{v_1} \sin \theta_1 = \frac{c}{v_2} \sin \theta_2 \quad \text{-----} (12-1)$$

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

نظر به معادله ۵-۱،  $c/v_1 = n_1$  و  $c/v_2 = n_2$ ، لذا معادله ۱۲-۱ چنین بدست می آید.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad \text{-----}(13-1)$$

که همان قانون انکسار است.

اگر یک وسیله از خلأ را داشته باشیم معادله 10-1 چنین بدست می آید.

$$\lambda_n = \lambda \frac{v}{c} = \frac{\lambda}{n} \quad \text{-----}(14-1)$$

جای که  $\lambda_n$  عبارت از طول موج نور در شاخص و یا علامت  $n$  بوده و  $\lambda$  طول موج در خلأ میباشد. با عبور کردن از یک وسیله به وسیله دیگر هر دو سرعت نور و طول موج توسط یک عاملی کاهش می یابد. مگر به فریکونسی نور کدام تغییر وارد نمیگردد.

نظر هویگنز در رابطه انکسار نور این بود که هرگاه نور از مقابل هوا عبور کرده و داخل یک محیط غلیظ شود منکسر میگردد. که بعد از آن باید سرعت نور در هوا زیادتر است از سرعت نور که در داخل محیط غلیظ است. (معادله ۹-۱ را ببینید.) که این نظریه بالای تمامی امواج نوری

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

تطبيق میشود. در اولین بار نظریه ذروی نور توسط نیوتن کشف شد. توضیح نظریه انکسار سرعت نور که در مقابل محیط غلیظ منکسر میشود بزرگتر است از هوا جستجو در رابطه به محیط غلیظ در نور این بود که اگر نور ذره ئی به سطح غلیظ وارد شود زاویه منکسره را تشکیل میدهد.

**اصل فرما:** برای اثبات قانون انکسار اصل فرما شکل ۱-۱۹ را در نظر بگیرید. در این شکل دو نقطه  $A$  و  $B$  را در دو محیط متفاوت می بینید که خط  $APB$  آنها را به هم وصل میکند زمان رسیدن شعاع از نقطه  $A$  به نقطه  $B$  عبارت است از:

$$t = \frac{L_1}{v_1} + \frac{L_2}{v_2}$$

با استفاده از رابطه  $n = \frac{c}{v}$  میتوان نوشت که:

$$t = \frac{n_1 L_1 + n_2 L_2}{c} = \frac{L}{c} \quad \text{----- (15-1)}$$

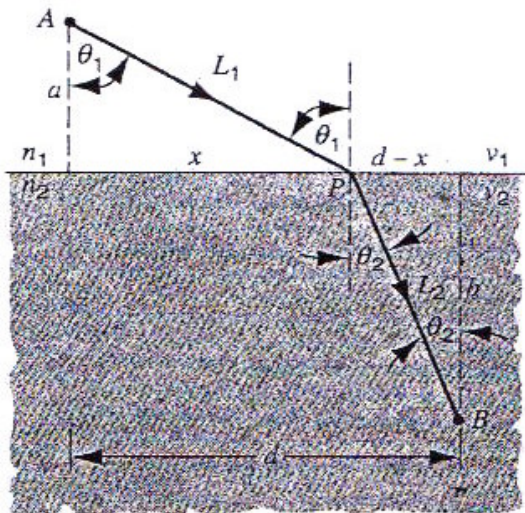
$L$  عبارت از طول مسیر نور است که طور ذیل می توانیم بنویسیم:

$$L = n_1 L_1 + n_2 L_2 \quad \text{----- (16-1)}$$

---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



شکل ۱-۱۹: انکسار یک موج مستوی در یک سرحد مستوی که توسط قانون Fermat بیان شده است یک موج از نقطه  $A$  انکسار در نقطه  $P$  به نقطه  $B$  میرسد.

معادله ۱-۱۴  $(\lambda_n = \lambda/n)$  که طول مسیر شعاع نوری برابر است به طول که مانند شماره های قبلی طول موج که در خلأ است میباشد. مخلوط نکنید طول مسیر شعاع نوری را با طول مسیر هندسی که عبارت از  $L_1 + L_2$  برای شعاع شکل ۱-۱۹ میباشد.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

اصل فرما ایجاب میکند که زمان  $t$  در مسیر شعاع  $APB$  باید که مینومم باشد یا ماکزیمم و یا اینکه تغییر نکند.

$$L = n_1 L_1 + n_2 L_2 = n_1 \sqrt{a^2 + x^2} + n_2 \sqrt{b^2 + (d-x)^2}$$

با جایگزین کردن نتیجه در معادله 15-1 و متمایز کردن آن چنین نتیجه میشود.

$$\frac{dt}{dx} = \frac{1}{c} \frac{dL}{dx}$$

$$= \frac{1}{2c} (a^2 + x^2)^{-\frac{1}{2}} (2x)$$

$$+ \frac{1}{2c} [b^2 + (d-x)^2]^{-\frac{1}{2}} (2)(d-x)(-1) = 0$$

معادله فوق را می توانیم که به صورت ذیل بنویسیم:

$$n_1 \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = n_2 \frac{d-x}{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}}$$

با توجه به شکل ۱-۹ می توانیم که معادله فوق را بطور ذیل بنویسیم:

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

که همان قانون انکسار است.

مسئله نمونه ۱-۵: طول موج شعاع نوری قرمز  $623\text{nm}$  تحت زاویه  $\theta_1 = 39^\circ$  وارد میگردد. و به حالت نورمال خود در شیشه مایکروسکوپی

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

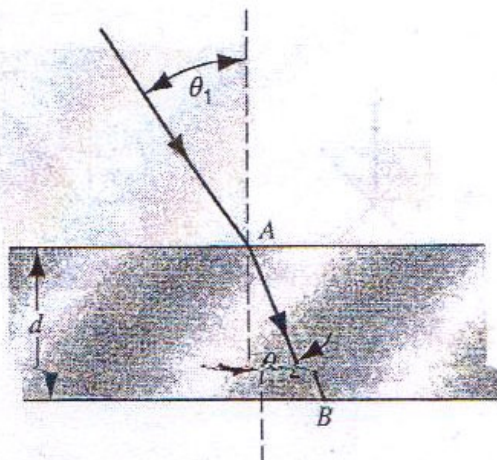


---

ماند. دریابید که:  $d = 0,78nm$  و زاویه انکسار  $n = 2.52$  مانند شکل (1-20) باقی می

ماند. دریابید که:

$a$ : طول موج در شیشه را  $b$ : مسیر طول نور را در جریان شیشه



شکل ۱-۲۰: مسئله نمونه ۱-۵

حل:  $a$ : با استفاده از معادله ۱-۱۴ میتوانیم طول موج را در شیشه بدست

آوریم طوری که:

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n} = \frac{623nm}{1.52} = 416nm$$

$b$ : زاویه انکسار از معادله ۱-۱۳ چنین بدست می آید.

$$\sin \theta_2 = \frac{\sin \theta}{1.52} = 0.414$$

یا

$$\theta_2 = 24.5^\circ$$

و طول مسیر موج واقعی از آئینه:

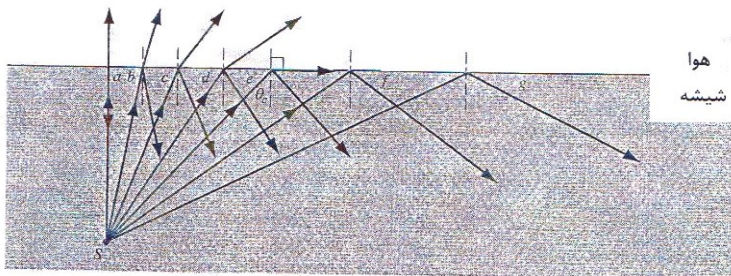
$$AB = \frac{d}{\cos \theta_2} = \frac{0.78 \text{ nm}}{\cos 24.5^\circ} = 0.857 \text{ nm}$$

فاصله نوری

$$L = n(AB) = 1.52(0.857 \text{ nm}) = 1.30 \text{ nm}$$

## ۵-۱ انعکاس کلی داخلی

شکل ۱-۲۱ اشعه‌های را از یک منبع نقطوی از داخل شیشه که به سطح شیشه ای که به فصل مشترک شیشه هوا می افتد نشان میدهد. به هر اندازه که زاویه وارده  $\theta$  افزایش یابد ما به حالتی برمیخوریم (اشعه  $e$  را ببینید) که در آن شعاع منکسر به امتداد سطح قرار داشته و زاویه  $90^\circ$  درجه را تشکیل میدهد.





---

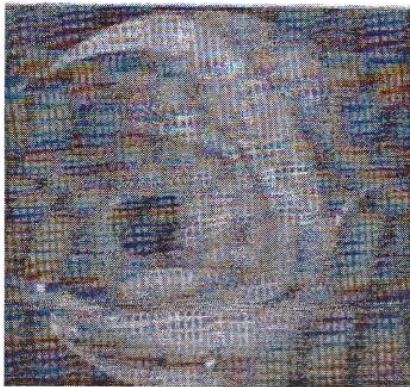
---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

شکل ۱-۲۱: برای زاویه بزرگتر از زاویه حدی  $\theta_c$  اشعه منکسره وجود ندارد و این حالت انعکاسی کلی را نشان میدهد.



شکل ۱-۲۲: تصویر هنگام عبور از رشته های نوری از معده به روده ها کوچک میرسد.

با وضع نمودن  $\theta_2 = 90^\circ$  مطابق به قانون انکسار (معادله ۱-۴ را ببینید) زاویه بحرانی را مییابیم.

$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin 90^\circ \text{ ----- (1-17)}$$

یا

$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

برای سرحد شیشه و هوا  $\theta_c = \sin^{-1} \left( \frac{1.00}{1.50} \right) = 41.8^\circ$  است.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

شکل 1-12b: نشان دهنده اینست که %۱۰۰ انرژی امواج منکسر می‌گردد زمانیکه زاویه وارده از ۴۱.۸ درجه بیشتر گردد.

$Sin$  یک زاویه از یک واحد زیاد نمیشود بنا باید  $n_2 < n_1$  باشد.

شکل ۱-۲۱ انعکاس کلی نور از یک منبع نقطه ای زمانی اتفاق می افتد که تمام زوایای بزرگتر از زاویه حدی  $S$  گردد. در زاویه بحرانی نور منکسر در امتداد سطح قرار دارد. این بیان میدارد که انعکاس کلی زمانی اتفاق می افتد که شعاع وارده در وسط قاعده پائینی انکسار باشد. کلمه انعکاس کلی به معنی اینست که انعکاس بدون از دست دادن شدت واقع میشود و فرق آن با انعکاس های معمولی از یک آئینه اینست که در انعکاس های معمولی شدت نور به اندازه %۴ کاهش می یابد. انعکاس کلی در وسایل رشته های نوری این را ممکن می سازد به فزیک دان ها قسمت های داخلی بدن را مشاهده کنند.

شکل ۱-۲۲ رامی بینید در این وسایل یک دسته اشعه های که یک تصویر را تشکیل میدهد سبب دیدن آن به خارج از بدن # میگردند. قطعات فیبر نوری در ارتباطات تلفونی، انتقال معلومات برقی بخار وزن نوری آنها و دوری از تداخل الکترومقناطیسی برای انتقال سیگنال ها در یک سفینه استفاده می شوند.

# : رشته های محوری در طبابت توسط Abraham Katzer دانشمند امریکای may 1989 صفحه ۱۲۰ را ببینید.

---

---

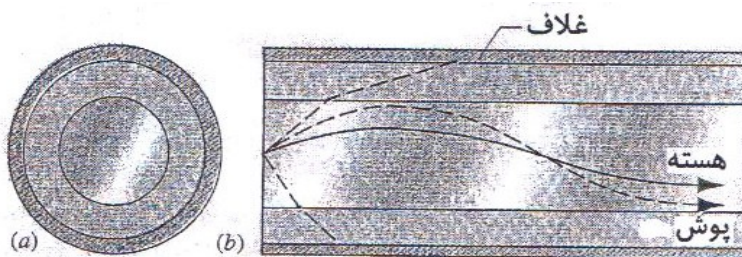
فصل (1) ..... امواج نوری

---

---



شکل ۱-۲۳: نور را از بین رشته های نوری انتقال میکند.



شکل ۱-۲۴:  $a$ : یک رشته نوری در مقطع عرضی نشان داده شده است

قطر رشته تقریباً یکسان باموی انسان است.

$b$ : مطره معکوسی که نشان میدهد انتشار توسط انعکاسی کلی است

هسته، پوش داخلی و پوش محافظوی در شکل نشان داده شده است.

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

شکل ۱-۲۳ نشان می‌دهد که نور از رشته‌های نوری بیرون می‌شود #. طوری که شکل ۱-۲۴ نشان می‌دهد رشته‌ها تشکل از یک هسته مرکزی که بصورت آرام در قسمت خارج پوش داخلی که دارای ضریب انکسار کمتر است قرار گرفته اند می‌باشد و فقط اشعه‌های منکسره داخلی می‌توانند در امتداد رشته‌ها منتشر شوند برای کاهش دادن دقیق سیگنال‌ها وقتی که از امتداد رشته‌های گذرند از مواد با خالص بسیار زیاد استفاده می‌شود. اگر آب در دریا مانند شیشه‌ای که از آن رشته‌های نوری را می‌سازیم شفاف تر می‌بود ممکن بود که اعماق دریا را با انکسار دادن نور آفتاب تا چندین میل ببینیم.

مسئله نمونه ۱-۶: شکل  $1a-25$  یک منشور مثلث القاعده ایی شیشه‌ای را نشان می‌دهد که شعاع نور طور نورمال به یک روی آن تابیده و انعکاس کلی صورت می‌گیرد. اگر  $\theta_1 = 45^\circ$  باشد شما از ضریب انکسار  $n$  شیشه چی نتیجه گرفته می‌توانید.

حل: زاویه  $\theta_1$  باید مساوی یا بزرگتر از زاویه حدی  $\theta_c$  باشد طوری‌که  $\theta_c$  توسط معادله ۱-۱۷ نشان داده شده است.

---

# امواج نوری و ارتباط تلفونی توسط Stewart Emiller دانشمند امریکایی ۱۹۸۶ صفحه ۶۶ کشف شد.

---



---

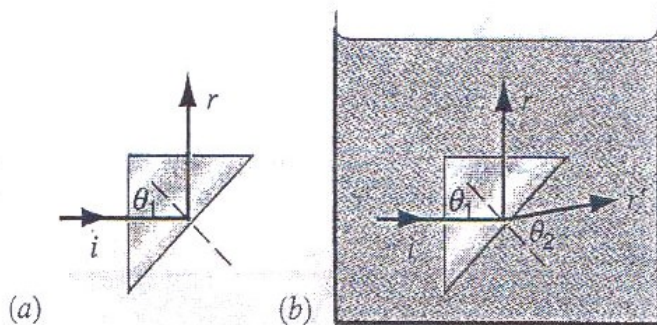
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1} = \sin^{-1} \frac{1}{n}$$



شکل ۱-۲۵: a- مسئله نمونه ۱-۶ b- مسئله نمونه ۱-۷.

$$n = \frac{1}{\sin \theta_c} \quad \text{یا}$$

که در آن ضریب انکسار هوا  $n_2$  برابر به یک است بخاطریکه انعکاس کلی اتفاق می افتد  $\theta_c$  باید کوچکتر از  $45^\circ$  درجه باشد، و داریم که:

$$n > \frac{1}{\sin 45^\circ} = 1.41$$

همچنان ضریب انکسار شیشه باید از 1.41 بیشتر گردد اگر  $n$  کوچکتر از 1.41 شود. اشعه نشان داده شده در شکل 1-25a در هوا اندکی منکسر میگردد به عوض اینکه کاملاً دوباره به داخل شیشه منعکس شوند.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

مسئله نمونه ۷-۱: در مسئله نمونه ۶-۱ اگر منشور به آب فرو برده شود چي اتفاق مي افتد با فرض اينکه  $n_1 = 1.50$  و  $n_2 = 1.33$  باشد؟ شکل  $25b-1$  را ببينيد.

حل: زاويه بحراني جديد توسط معادله 17-1 نشان داده شده است که عبارت است از:

$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1} = \sin^{-1} \frac{1.33}{1.50} = 62.5^\circ$$

زاويه واقعي وارده  $45^\circ$  درجه کمتر از اين است بناً ما انعكاس كلي نداريم همراه زاويه انعكاس  $45^\circ$  درجه يک اشعه منکسره  $r$  وجود دارد طوريکه در شکل  $25b-1$  نمايان است و همچنان اشعه منکسره  $r'$  همراه زاويه منکسره ای که طور ذيل داده شده وجود دارد.

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

$$(1.50)(\sin 45^\circ) = (1.33) \sin \theta_2$$

بناً  $\theta_2 = 52.9^\circ$  بدست مي آيد. شما نشان دهيد که اگر  $n_2 \rightarrow n_1$  نمايد.  $\theta_c \rightarrow 90^\circ$  مينمايد.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

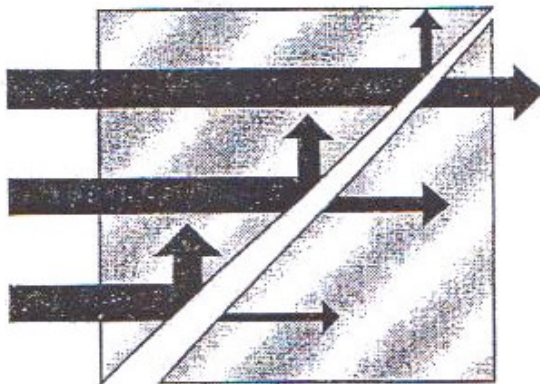
---

چطور اشعه وارده  $i$  در شکل های  $25a-1$  و  $25b-1$  معین میشود اگر هوا یا آب در آن طرف شیشه باشد؟

امواج عرضی در شیشه باعث بوجود آمدن ساحه برقی و مقناطیسی میشوند که فاصله که باعث نفوذ یک تعداد امواج نوری که در قسمت وسط نور دیگر داخل میشود آن را فوق العاده کاهش میدهد، این ساحه ها مانند آنها همراهی امواج عرضی مشترک نشده اند. اما میتوان به حیث نمونه وسطی آنطرف آنرا شمرده میتوانیم که این نفوذ پذیری را با گذاشتن منشور شیشه ای نزدیک اولی مانند شکل ۱-۲۶ نشان داد. در محیط وسطی دو (هوا) ساحه ها همچنان منشور دوم را در برمیگیرد.

با وجودیکه امواج در قانون انکسار از ظاهر شدن در فاصله بین هوا و منشور ناممکن است انتشار آنها در منشور دوم ناممکن نیست.

از شکل ۱-۲۶ ملاحظه کنید که اشعه نوری در منشور دوم ظاهر میشود نه در هوا این حالت را بنام انعکاس کلی باطل می نامند و عموماً به امواج ارتباط دارد (برای امواج کوچک بکار نمیروند) در میخانیک کوانتم مشخصات موج مانند ذرات اثر مشابه را نشان میدهند که آنرا بنام سد نفوذ یاد میکنند یک ذره از یک ناحیه اجازه دارد میتواند به ناحیه دیگری که اجازه دارد عبور کند. با نفوذ از ناحیه که از آن منع شده است. سد نفوذ در فصل ۴۶ مورد مطالعه قرار خواهد گرفت.



شکل ۱-۲۶: از بین بردن مجموعه انکسار داخلی، ضخیم شدن شکاف هوا کوچکتر است از شدت نور در منشور دوم، امواج نوری در شکاف به مشاهده نمیرسند.

## ۱-۶ اثر دوپلر برای نور

در بخش ۹-۱۹ ما نشان دادیم که اگر یک منبع صوت که به طرف یک شنونده به سرعت  $u$  در حرکت باشد فریکوئسی  $F$  که توسط شنونده شنیده میشود عبارت است از (معادله ۴۲-۱۹ را ببینید) که دوباره ترتیب شده و  $u$  به  $v$  تعویض شده است).



شنونده ساکن منبع در حرکت

$$f = f_0 \frac{1}{1 + u/v} \text{-----} (18-1)$$

در این معادله  $f_0$  فریکونسی وقتیکه منبع ساکن است و  $v$  سرعت صوت میباشد، این تغییر در فریکونسی که بوجود میآید به نام اثر دوپلر یاد میشود. اگر منبع ساکن اما شنونده از منبع به سرعت  $u$  دور شود فریکونسی که به نظر میخورد عبارت است از (معادله ۱-۱۹) را ببینید که در آن  $u$  به  $v$  تعویض شده است.

منبع ساکن، شنونده متحرک

$$f = f_0 \left(1 - \frac{u}{v}\right) \text{-----} (19-1)$$

اگر سرعت نسبی دور شدن منبع و ناظر  $u$  در هر دو مورد یکسان میباشد. فریکونسی ها که از معادلات ۱-۱۸ و ۱-۱۹ بدست می آید متفاوت است. شاید به این فکر بی افتیم که در معادلات ۱-۱۸ و ۱-۱۹ میشود که  $c$  (سرعت نور) را به جای  $v$  (سرعت صوت) گذاشت و آن وقت آنها را در مورد نور بکار برد اما معلوم شده است که نور برخلاف صوت به محیط انتقالی که چشم و ناظر نسبت به آن در حرکت باشد ممکن نیست. این بدین معنی است که از لحاظ فزیک در این وضعیت که منبع از ناظر دور میشود و با وضعی که ناظر از منبع دور میشود یکسان است و فریکونسی دوپلر برای هر دوی آنها باید دقیقاً یکی باشد در مورد نور باید

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

که معادله (۱۸-۱) و یا معادله (۱۹-۱) و یا باید که هر دوی آنها اشتباه باشد طوریکه بعداً در این بخش مطالعه میکنیم اثر دوپلر از تیوری نسبت پیش بینی میشود که:

موج نوری منبع و ناظر از هم دور میشوند.

$$f = f_0 \frac{1 - u/c}{\sqrt{1 - u^2/c^2}} \text{-----} (20-1)$$

معادله ۲۰-۱ فقط به حالت مخصوص که جهت انتشار نور مثل جهت حرکت نسبی  $s$  و  $s'$  است تطبیق میشود.

اگر به جای  $u$  در معادله  $-u$  بگذاریم روابط مناسب که در آن منبع و ناظر به همدیگر نزدیک میشوند بدست میآید. با استفاده از تیوری باینومل می میتوانیم جذرالمربع در معادله ۲۰-۱ انکشاف دهیم یعنی:

$$\left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}} = 1 + \frac{1}{2} \frac{u^2}{c^2} + \dots$$

که:

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

$$f = f_0 \left[ 1 - \frac{u}{c} + \frac{1}{2} \left( \frac{u}{c} \right)^2 + \dots \right] \quad \text{-----} (21-1)$$

نسبت  $\frac{u}{c}$  برای همه منابع موجود نور حتی آنهای که ابعاد اتمی دارند کوچک است. حدود که در  $\frac{u^2}{c^2}$  در چنین حالات بصورت غیرقابل صرف نظر کوچک هستند و نخستین ترتیب حد  $\frac{u}{c}$  یک تخمین مناسبی را از اثر دوپلر میدهد تجربه قدیمی نسبیّت اثر دوپلر توسط H.E Ives و G.R. Stillwell انجام شده است. آنها شعاع انجام اتم های هایدروجن را که در یک تخلیه گازی بوجود می آید به سرعت  $u$  در تحت یک تیوب مطابق به شکل ۱-۲۷ می فرستند آنها نوری را که از اتم ها به جهت مخالف  $u$  بیرون می شود با استفاده از آئینه و همچنان در یک جهت موازی  $u$  مشاهده میکنند همراه با یک اسپکتروگراف دقیق آنها می تواند تصویر شخص همین خط طبیعی نور را بگیرند با در نظر داشت اندازه فریکونسی خطوط به  $f_1'$  و  $f_2'$  که در شکل 1-27b نشان داده شده است نشانی میشوند همچنان ممکن است که تصویر آنها را در یک صفحه تصویری یکسان بگیریم خطی که نمانده گی از نور بیرون شده از اتم ساکن می کند مثل  $F$  ظاهر میشود مانند شکل 1-27b یک مقدار اندازه شده اساسی در تجربه عبارت از  $\frac{\Delta f}{f}$  است که توسط معادله:

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

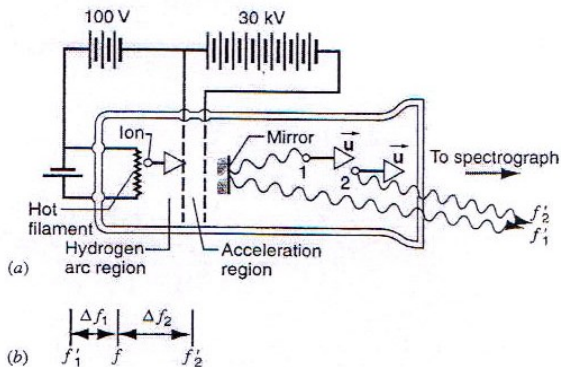
---



---

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta f_2 - \Delta f_1}{f} \quad \text{-----} (22-1)$$

تعیین شده است شکل 1-27b را ببینید.



شکل 1-27: وسایل که در تجربه Ives و Stillwell استفاده شده است.

جدول 1-4: تجربه Ives و Stillwell.

$\frac{\Delta f}{f} 10^{-5}$			
Speed $u (10^6 \text{ m/s})$	Classical	Relativistic	Experiment
0.865	1.67	0.835	0.762
1.01	2.26	1.13	1.1
1.15	2.90	1.45	1.42
1.33	3.94	1.97	1.9

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

مقادیر را اندازه میکند که فریکونسی های نور اتم های ساکن در بین فریکونسی های  $f_1$  و  $f_2$  می افتد.

جدول ۱-۴ نتایج اندازه شده همراه با فرمول های تیوری نسبت معادله ۱-۲۰ مطابقت دارد نه با فرمول های کلاسیک از تیوری انتشار صوت در مواد.

*Ives* و *Stillwell* نتایج تجربی خود را به عنوان ثبوت برای تقویه نظریه نسبت انشتین آنها نظر نکردند ولی یک موضوع تیوریکه متناوب را توضیح میدارند.

ناظرین عصری نه تنها به تجارب عالی آنها بلکی به تمام ساحه های ثبوت های تجربی آنها نظر می اندازند و تجربه *Ives* و *Stillwell* را تعبیری از اثر نسبی دوپلر توضیح میدارند.

مسئله نمونه ۱-۸: یک *quasar* دور از زمین به سرعت  $u$  دور میشود، یک منجم خط طیفی نوری را از *quasar* جستجو میکند آن خط از اتم هایدروجن خارج شده است با استفاده از تیوب تخلیه هایدروجن در روی زمین که دارای طول موج  $\lambda_0 = 121.6nm$  است مشاهده میشود. منجم خط طیفی هایدروجن را که از *quasar* به طول موج  $\lambda = 460.9nm$  بیرون میشود دریافت میکند با فرض اینکه *quasar* از شعاع آفتاب وارد میشود سرعت نسبی ان چند است؟

حل: از معاله ۱-۲۰ که ما آنرا برای طول موج نوشته ایم داریم که:

$$\frac{c}{\lambda} = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{1 - u/c}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}$$

یا ----- (۲۳-۱)

$$\lambda = \lambda_0 \sqrt{\frac{1 + u/c}{1 - u/c}}$$

و برای دریافت سرعت

$$\frac{u}{c} = \frac{\left(\frac{\lambda}{\lambda_0}\right)^2 - 1}{\left(\frac{\lambda}{\lambda_0}\right)^2 + 1} \text{ ----- (24-1)}$$

همراهی  $\frac{\lambda}{\lambda_0} = 460.9 \text{ nm} / 121.6 \text{ nm} = 3.79$  می یابیم که:

$$\frac{u}{c} = \frac{(3.79)^2 - 1}{(3.79)^2 + 1} = 0.87$$

*quasar* از زمین با سرعت برابر به  $87\%$  فیصد سرعت نور دور میشود این

محاسبه تنها ترکیب شعاع سرعت نسبی را معین میکند.

---



---

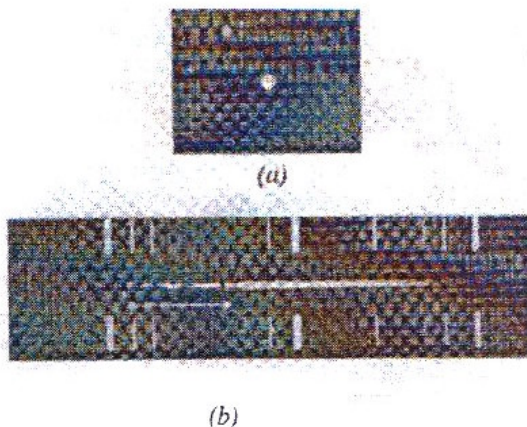
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

اثر دوپلر باعث طولانی شدن و نزدیک شدن طول موج به طیف سرخ (با طول موج زیاد) از یک شی عقب کشیده شده از زمین میشود از اینرو آنرا به نام تغییر مکان سرخ یاد میکنند. شکل ۱-۲۸ یک مثال تغییر مکان سرخ را نشان میدهد که از آن ممکن است که سرعت کهکشان نسبت به زمین را مشخص نمایم. شواهدی از چنین مشاهدات نشان میدهد که تمام اشیای دور از ما دور میشوند، بنابراین رابطه خطی بین سرعت شی و فاصله آن از زمین وجود دارد. هر قدر شی دور تر باشد با سرعت بیشتری در حرکت است این حالت خطی که باعث کاهش اندازه گیری تغییر مکان سرخ میشود یکی از شواهدی ابتدائی توسط هستی است.



شکل ۱-۲۸:  $a$  - کهکشان را نشان میدهد.  $b$  - خط وسطی طول موج طیف نور که از کهکشان بیرون میشود نشان میدهد دود بسته تاریک عمودی نشان دهنده

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

جذب طیف ما همراهی کلسیم است که در کلهکشان موجود است خطوط بالا و پایین در یک منبع لابرانوار برای اندازه قطر موج ثبت شده است خطوط افقی نشان دهنده اینست که خطوط کلسیم چقدر دور از جای که آنها نمایان میشوند اگر آنها از یک منبع ساکن در لابرانوار خارج شوند جابجا شده است. از این جابجای دوپلر سرعت کلهکشان کاهش می یابد و  $2.1000 \text{ Km/s}$  می باشد.

### اشتقاق اثر نسبی دوپلر

اجازه بدهید که معادله اصلی ۱-۲۰ نسبت اثر دوپلر را ببینیم و چرا این معادله از معادلات ۱-۱۸ و ۱-۱۹ فرق دارد؟ شکل ۱-۲۹ نشان دهنده شنونده  $a$  است که یک منبع امواج الکترومقناطیسی را انتقال میدهد این منبع یکدسته امواج  $n$  را خارج مینماید و شنونده  $S$  نسبت به  $S'$  با سرعت  $u$  در حرکت است. در یک زمان بسیار کوتاه که در شکل ۱-۲۹ نشان داده شده است که اولین دسته امواج فقط به موقعیتی خطی  $S$  است. نظر به  $S'$  فاصله طی شده امواج  $c\Delta t_0$  است، علامه  $0$  را به خاطری مینویسم که محدوده  $\Delta t_0$  یک زمان مشخص را تاکید میکند. همان قسمتی که در فصل ۲۰ واضح شد که محدوده زمان مشخص آنست که شروع و ختم محدوده زمانی در یک موقعیت یکسان اتفاق می افتد را نشان میدهد.



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

محدوده  $\Delta t_0$  توسط  $s'$  از زمان بین خارج شدن اولین موج و موج  $n$  ام یک در یک موقعیت یکسانی در مرجع  $s$  قرار دارند اندازه میشود. نظر به  $s'$  طول موج  $\lambda'$  مجموعه فواصلی که از تقسیم  $n$  دسته موج بر تعداد دسته های موج انتقال شده است بدست می آید.

$$\lambda' = \frac{c\Delta t_0}{N} \text{-----} (25-1)$$

فریکونسی و طول موج به  $c = \lambda' f_0$  ارتباط دارد بناً:

$$f_0 = \frac{c}{\lambda'} = \frac{N}{\Delta t_0} \text{-----} (26-1)$$

حالا بیاید که از یک حالت یکسانی از نقطه نظر بیننده  $S$  که نسبت به  $S'$  با سرعت  $u$  در حرکت است ببینید.

شکل 29b-1 نظر به  $s$  اولین دسته موج از موقعیت اصلی  $s'$  نظر به موقعیت  $s$  در زمان  $\Delta t$  در حرکت است و فاصله  $c\Delta t$  را می پیماید. در یک محدوده زمان یکسان  $s'$  به فاصله  $u\Delta t$  انتقال میکند به نظر داشته باشید که  $\Delta t$  یک محدوده زمان مشخص برای  $s$  که ناظر اولین دسته موجی خارج شده میباشد نسبت زمانیکه منبع در یک موقعیت و آخرین دسته موجی سرچشمه گرفته از منبع در یک موقعیت متفاوت

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

دیگری مییابد نظر به  $n, S$  دسته موجی فاصله  $u\Delta t + c\Delta t$  را اشغال میکند برای این طول موج  $\lambda$  است.

$$\lambda = \frac{u\Delta + c\Delta t}{N} \text{ ----- (27-1)}$$

همرای  $f = c/\lambda$  و  $N = f_0\Delta t_0$  از معادله 26-1 داریم که:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{cN}{u\Delta t + c\Delta t} = f_0 \frac{\Delta t_0}{\Delta t} \frac{1}{1 + u/c} \text{ ----- (28-1)}$$

نسبت بین محدوددهزمان  $\Delta t_0$  و انتروال  $\Delta t$  توسط فرمول ۲۰-۳ متوسل میشود.

$$\Delta t = \Delta t_0 / \sqrt{1 - u^2/c^2}$$

$$f = f_0 \frac{\sqrt{1 - u^2/c^2}}{1 + u/c} = f_0 \frac{1 - u/c}{\sqrt{1 - u^2/c^2}} \text{ ----- (29-1)}$$

که موافق به معادله ۲۰-۱ است.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

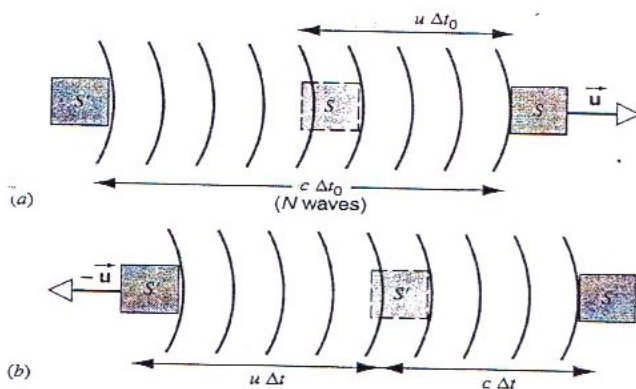
---



---

چرا مشتق امواج نوری نتیجه ای میدهد که از امواج صوتی متفاوت است؟ در معادله ۲۶-۱ و ۲۸-۱  $c = \lambda' f_0$  و  $c = \lambda f$  استفاده کردیم که دلالت بر این میکند که ناظرین  $S'$  و  $S$  که سرعت یکسانی برای امواج نوری دارند.

و این از اصل دوم نسبت بدست میآید که نشان دهنده ایست که سرعت نور در یک فضای خالی قیمت یکسانی برای تمام ناظرین دارد و بدون در نظر داشت اینکه حرکت نسبی آنها چیست برای امواج صوتی که سرعت امواج نسبی برای حد وسطی انتقال برای بیننده ای که به سرعت متفاوتی در حرکت است متغیر می باشد.



شکل ۲۹-۱:  $a$ - یک منبع امواج نور که از مرجع  $S'$ ، دسته موج را بیرون میکند شکل نشان میدهد که اولین دسته امواج که فوراً به  $S$  میرسد در حال حرکت به سرعت  $u$  میباشد.  $b$ - حالت یکسانی از مرجع  $S$  است.

## اثر متقاطع دوپلر

معادله ۲۹-۱ برای مورد خاصی که از حرکت نسبی  $S$  و  $S'$  که در امتداد خطی که آنها را متصل میسازد استخراج نمودیم بطور عموم سرعت  $u$  ممکن است به زاویه ارتباط داشته باشد در اولین حد معادله ۱-۲۹ صورت کسر از فکتور ازدیاد زمان بدست میآید و ارتباط به بزرگنمایی دارد نه به جهت حرکت نسبی معرج اگر چه ترکیبات  $u$  را در امتداد خط متصل  $S$  و  $S'$  را در بر دارد بنابراین فاصله  $u\Delta t$  و شکل 1-29 و شکل 1-28 عبارت از  $(u \cos \theta)\Delta t$  است در نتیجه معادله ۱-۲۹ برابر است به:

$$f = f_0 \frac{\sqrt{1-u^2/c^2}}{1 + (u/c) \cos \theta} \quad \text{-----} \quad (30-1)$$

به حالت خصوصی که  $\theta = 90^\circ$  باشد معادله 1-30 عبارت است از:

$$f = f_0 \sqrt{1-u^2/c^2} \quad \text{-----} \quad (31-1)$$

معادله ۱-۳۱ اثر متقاطع دوپلر را توضیح میکند که ناظر و منبع هر دو به جهتی که آنها را با هم متصل میسازد به صورت عمود در حرکت اند اثر متقاطع دوپلر برای امواج صوتی هیچ کدام تغییری در فریکونسی وارد نمیشود و اگر منبع صوت یا ناظر بصورت متقاطع در حرکت باشند اثر متقاطع دوپلر یک اثر خالص نسبی است که هیچ شباهتی به اثر متقاطع

---



---

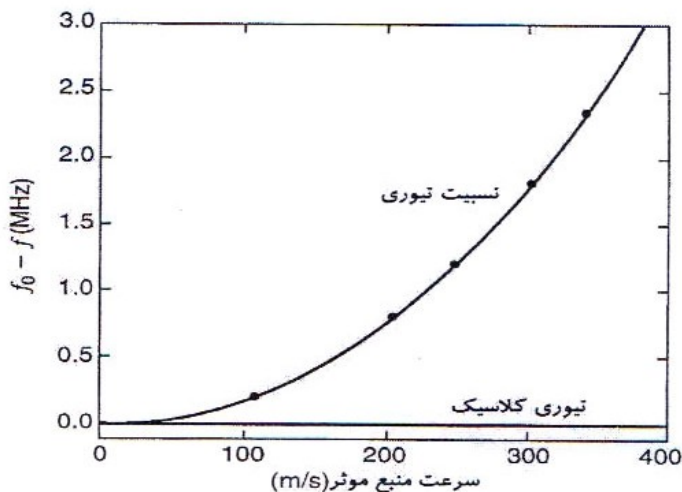
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

دوپلر قدیمی ندارد بهترین و منطقی ترین اثر متقاطع دوپلر برای اشعه  $\gamma$  در سال ۱۹۶۳ توسط Walter Kundig با استفاده از یک منبع اشعه  $\gamma$  در مرکز استوانه سنترفیوج و موج یا به چرخ انجام شود. یک خلاصه از نتایج را در شکل 1-30 پیشکش شده است.



شکل 1-30: نتایج تجربه Kundig (نقاط معلومات همراه با نقطه سیاه مشخص شده است) برای اثر متقاطع دوپلر همراه تیوری نسبیت معادله 1-16 موافق به همراه تیوری کلاسیک که هیچکدام اثری را پیش بینی نمی کند موافق نیست.

مسئله نمونه 1-9: یک ستلایت از شرق به غرب به ارتفاع  $h = 153 \text{ Km}$  در یک مدار دایروی بالای خطی استوا در دوران است (شکل 1-31 را ببینید) یک کشتی کشف در خط استوا به مبدأ نصف النهار در صفر درجه

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

قرار دارد (دورتر از ساحل غربی افریقا) ستلایت امواج رادیوی را به فریکونسی  $122.450\text{MHz}$  بیرون میکند به چی فریکونسی باید انتخابی صدا کشتی دور داده شود وقتیکه ستلایت

$a$  - سیستم رو به جلو باشد.

$b$  - در  $10^\circ$  درجه غربی کشتی

$c$  - درجه شرقی کشتی چنداست؟

حل:  $a$  - میگذاریم که قالب  $S'$  همراهی ستلایت فوری به هوا حرکت کند قالب  $S$  در پائین کشتی باشد فریکونسی که به  $S'$  مشاهده میشود برابر به  $122.450\text{MHz}$  است سرعت نسبی  $u$  در بین قالب ها توسط مدارهای ستلایت در ارتفاع  $h$  به شعاع  $R = R_E + h$  که  $R_E$  شعاع زمین است معین میشود.

تعجیل جاذبه در شعاع  $R$  عبارت است از  $MG/R^2$  است که باید به قوه جذب مرکز  $u^2/R$  که برای مدار دایروی ضروری است تطبیق شود.

$$MG/R^2 = u^2/R$$

$$u = \sqrt{\frac{MG}{R}} = \sqrt{\frac{MG}{R_E + h}}$$

$$= \sqrt{\frac{(5.98 \times 10^{24} \text{ Kg}) \left( 6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{Kg}^2 \right)}{6370 \text{ Km} + 153 \text{ Km}}}$$

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

$7.82 \times 10^3 \text{ m/s} = 2.61 \times 10^{-5} c$  زمانیکه ستلایت مستقیم به هوا باشد  
 اثر تغییر مکان دوپلر از معادله 1-30 هم‌رای  
 $f = f_0 \sqrt{1 - u^2/c^2}$   $\theta = 90^\circ$  بدست می‌آید.

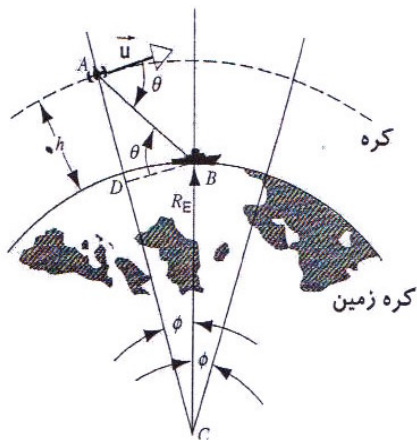
هم‌رای  $u/c = 2.61 \times 10^{-5}$  ما  $u^2/c^2 = 6.8 \times 10^{-10}$  را داریم. مقدار زیر  
 جذر از 1 توسط بعضی بخش‌ها تا  $10^{10}$  تغییر میکند بنابراین به صراحت و  
 دقت مورد نظر ما عبارت است از:

$$f \approx f_0 = 122.450 \text{ MHz}$$

$b$  - وقتی که ستلایت به هوا نباشد محاسبه زاویه  $\theta$  بین سرعت ستلایت و  
 جهت مستقیم‌گشتی کشف شده ضروری است (شکل 1-31 را ببینید)  
 خط  $AB // BD$  به طور عمود رسم می‌کنیم  $AC = R_E + h$  بعداً به خاطر  
 زاویه  $\angle ABD = \theta$  باشد.  $\cot \theta = BD / AD$  داریم جای که  
 $BD = R_E \sin \phi$  و  $AD = AC - CD = R_E + h - R_E \cos \phi$  داریم که:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \frac{R_E \sin \phi}{h + R_E (1 - \cos \phi)} \\ &= \frac{(6370 \text{ Km})(\sin 10^\circ)}{153 \text{ Km} + (6370 \text{ Km})(1 - \cos 10^\circ)} = 4.428 \\ \theta &= \cot^{-1} 4.428 = 21.7^\circ \end{aligned}$$

یا



شکل ۱-۳۱: مسئله نمونه ۱-۹ یک ستلایت در یک مدار دایروی به ارتفاع  $h$  روی سطح زمین قرار دارد یک کشتی در سطح زمین سیگنال ها پرتو شده از ستلایت را مشاهده میکند.

برای پیدا کردن فریکوئسی از معادله ۱-۳۰ و با استفاده از نتیجه بخش (a) که جذرالمربع آن تقریباً ۱ است و به تعویض  $-u$  به  $u$  به خاطری که ستلایت به کشتی نزدیک میشود میتوانیم استفاده کنیم.

$$f \approx \frac{f_0}{1 - \left(\frac{u}{c}\right) \cos \theta} = \frac{122.450 \text{ MHz}}{1 - (2.61 \times 10^{-5}) (\cos 12.7^\circ)}$$

$$f = 122.447 \text{ MHz}$$



می بینیم که فریکونسی که به زمین بدست می آید از  $122.453\text{MHz}$  (نزدیک ستلایت) تا  $122.450\text{MHz}$  (بالای ستلایت) اندازه گیری فریکونسی (تغییر مکان دوپلر) همچنان مناسب برای ستلایت است.

### سوالات چند گزینه ای

۱-۱: طیف الکترومقناطیسی

۲-۱: نور مرئی

۱:- کدام رنگ نور بصورت کم توسط گیاهان جذب میشود؟

۱) سرخ ۲) زرد ۳) سبز ۴) بنفش

۳-۱: سرعت نور

۲:- سرعت نور در آب کمتر از سرعت نور در هوا است وقتی که اشعه

نور سرخ  $\lambda = 650\text{nm}$  باشد و از هوا به اب داخل شود چی تغییری رونما میشود؟

۱) فریکونسی ۲) طول موج ۳) رنگ ۴) ۱ و ۲ و ۳

۳:- در کدام یک از انواع مواد ذیل نور سرعت زیادتری نسبت به C دارد؟

۱) دای الکتريک ۲) دای دیامگنتیک ۳) پارامقناطیسی

۴) فیرومقناطیسی

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۴- مطابق به بحث بخش ۳-۱ آیا شما فکر میکنید که نور سرخ تیزتر یا آهسته تر از میان مواد عبور میکند یا نور آبی؟

(۱) نور سرخ تیزتر حرکت میکند

(۲) نور آبی تیزتر حرکت میکند

(۳) هر دو به عین سرعت حرکت میکنند بخاطریکه رنگ یک مشخصه روانی است

(۴) جواب وابستگی به مواد دارد.

۴-۱: انکسار و انعکاس امواج نوری

۵- یک اشعه نور طوریکه در شکل 1-13 نشان داده شده است در گوشه منعکس کننده ای می تابد هر چند که زاویه وارده  $\theta$  افزایش می یابد زاویه بین اشعه منعکسه اخیری و زاویه وارده:

(۱) افزایش می یابد

(۲) کاهش می یابد

(۳) یکسان می ماند

(۴) سوال تا وقتی که زاویه وارده را بطور جداگانه حل ننمایم جواب داده نمی شود.

۶- یک اشعه نور بروی یک آئینه ای که با آئینه دیگر با زاویه  $60^\circ$  تلاقی است می تابد طوریکه در شکل ۱-۳۲ نشان داده شده است

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

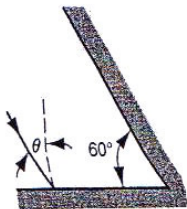
---



---

هرچند که زاویه وارده  $\theta$  افزایش میکند زاویه بین اشعه منعکسه و اشعه وارده:

- (۱) افزایش می یابد      (۲) کاهش می یابد  
 (۳) یکسان می ماند      (۴) سوال تا وقتی هر زاویه وارده را بطور جداگانه حل نکنیم جواب ندارد.



شکل ۱-۳۲: سوال ششم سوالات چند گزینه ای

۷- یک اشعه نور در بین دو آئینه که با زاویه  $\alpha$  (به رادیان اندازه میشود) باهم تلاقی اند می تابند یک تخمین مناسب از تعداد اعظمی دفعات که نور بالای آئینه می تابند قبل از اینکه برگردد چیست؟

$$(1) \frac{2\pi}{\alpha} \quad (2) \frac{\pi}{\alpha} \quad (3) \sqrt{\frac{\pi}{\alpha}} \quad (4) \sqrt{\frac{\alpha}{\pi}}$$

۸- یک اشعه نور که به سرحد بین دو جنس مطابق به شکل ۱-۳۳ برخورد میکند اجناس دارای ضریب انکسار متفاوتی اند کدام اشعه خارج شده تولید شده نمی تواند؟

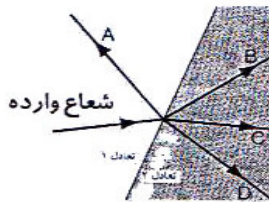
---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

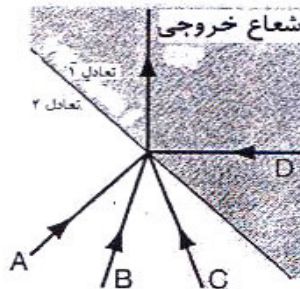
---

---



شکل ۱-۳۳: سوال هشتم سوالات چند گزینه ای.

۹:- یک اشعه نور که به سرحد بین دو محیط مطابق به شکل ۱-۳۴ برخورد میکند دارای ضریب انکسار متفاوتی اند کدام اشعه وارده خارج شده را تولید کرده نمی تواند؟



شکل ۱-۳۴: سوال نهم سوالات چند گزینه ای.

۱۰:- زاویه اشعه وارده  $\theta_1 = 20^\circ$  است و زاویه انکسار برای زاویه اشعه منکسره  $\theta_r > 20^\circ$  است.

$a$ - اگر زاویه وارد به  $10^\circ$  درجه کاهش پیدا کند بعداً زاویه انکسار:

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

(۱) هم به  $10^\circ$  درجه کاهش خواهد یافت (۲) به  $10^\circ$  بیشتر کاهش خواهد یافت

(۳) به  $10^\circ$  درجه کمتر کاهش خواهد یافت (۴) سوال بدون موجودیت -  
معلومات زیاد جواب داده نمیشود

b- اگر به جای آن زاویه وارده تبدیل شود ازینرو زاویه منکسره مضاعف میشود و زاویه وارده:

(۱) باید مضاعف گردد (۲) باید بیشتر از مضاعف گردد

(۳) کمتر از مضاعف گردد (۴) سوال بدون موجودیت معلومات  
زیاد جواب داده نمیشود

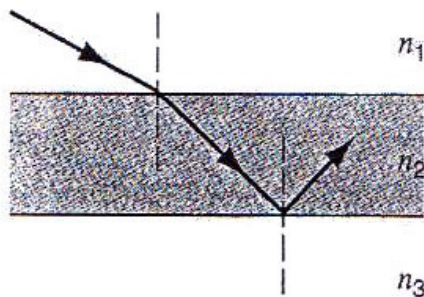
۱-۵ انعکاس کلی داخلی

11:- نور از میان سه ماده شفاف در مسیر که به شکل ۱-۳۵ نشان داده شده است میگذرد ضرایب انکسار را از کوچکترین تا بزرگترین آن ترتیب دهید با توجه با اینکه انعکاس کلی در سطح پائینی محیط دوم واقع میشود.

$$(۱) \quad n_1 < n_2 < n_3 \quad (۲) \quad n_2 < n_1 < n_3 \quad (۳) \quad n_2 < n_3 < n_2$$

$$(۴) \quad n_3 < n_1 < n_2$$

فصل (1) ..... امواج نوری



شکل ۱-۳۵: سوال یازدهم سوالات چند گزینه ای.

۱۲:- نور به سطح شیشه ای مانند شکل ۱-۳۶ برخورد میکند،  $\theta_1$

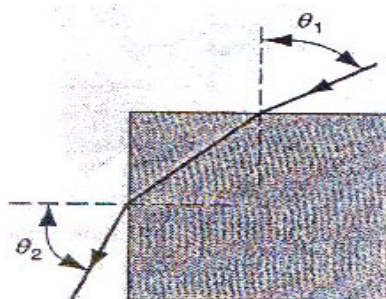
اندکی افزایش می یابد به  $\theta_2$  چی واقع میشود؟

(۱)  $\theta_2$  همچنان اندکی افزایش می یابد (۲)  $\theta_2$  بدون تغییر باقی می

ماند

(۳)  $\theta_2$  اندکی کاهش می یابد (۴)  $\theta_2$  ناگه\_\_\_\_\_ان-

تغیر میکند بخاطر یکه انعکاس کلی مینماید



شکل ۱-۳۶: سوال دوازدهم سوالات چند گزینه ای.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۱۳- یک گروپ به داخل آب فرو برده میشود نور به همه جهات از گروپ منتشر میشود اما مقداری از نور از سطح آب فرار میکند (با شکل ۱-۲۱ مقایسه کنید) به کسر  $F$  نور از سطح آب فرار میکند هر قدر گروپ عمیق تر به داخل آب فرو برده میشود چی واقع می شود؟

(۱)  $F$  افزایش می یابد

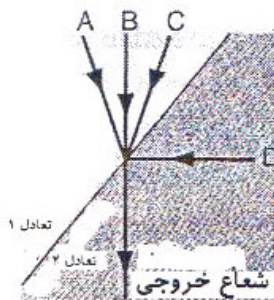
(۲)  $F$  کاهش می یابد

(۳)  $F$  بدون تغییر می ماند

(۴) جواب مربوط به ضریب

انکسار آب میشود

۱۴- دیده میشود که اشعه نور از سرحد بین دو جسم خارج میشود مثلیکه در شکل ۱-۳۷ نشان داده شده است اجسام ضریب های انکسار متفاوتی دارند. کدام یک از اشعه وارده نتوانسته است که اشعه رونده را تولید کند؟



شکل ۱-۳۷: سوال چهاردهم سوالات چند گزینه ای.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۱-۶: دوپلر برای نور

۱۵: یک سیگنال رادیوی که با سرعت  $V$  هنگامی که از زمین دور میشود مشاهده میشود فریکونسی دوپلر از  $96MHz$  تا  $48MHz$  تغییر مینماید اگر انرا دوباره دور داده و به همان سرعت به طرف زمین بفرستیم

حالا فریکونسی جابجای دوپلر سیگنال رادیویی چی خواهد بود؟

(۱) بزرگتر از  $192MHz$  (۲) مساوی به  $192MHz$  (۳) کمتر

از  $192MHz$  (۴) هیچکدام



## سوالات

۱:- امواج الکترومقناطیسی از فاصله دور از فضا به ما میرسد از معلوماتی که آنها با خود دارند آیا می توانیم بگوییم که جهان در حال حاضر چی قسم است؟ و در زمان انتخاب شده ای در گذشته؟

۲:- اگر شما در یک امتحان مورد سوال قرار گیرید که چی کسری از طیف الکترومقناطیسی در فاصله ای طیف نور مرئی می افتد جواب شما چی خواهد بود؟

۳:- چندین حالتی را که امواج رادیوی از امواج نور مرئی متفاوت است لست کنید؟

۴:- چی قسم شما شعاع الکترومقناطیسی را که دارای فریکونسی  $10\text{Khz}$  است مشخص میکنید یا  $10^{20}\text{ Hz}$ ؟ طول موج  $500\text{nm}$ ؟  $10\text{km}$  و یا  $0.50\text{nm}$ ؟

۵:- چی طول مورد نظر و جهت (*Rabbit ears*) را در آنتن یک تلویزیون معین میکند؟

۶:- چطور یک اجاق مایکروود غذا می پزد؟ شما می توانید که آب را در یک پاکت پلاستیکی در چنین بخاری بجوش بیاورید این چطور ممکن است؟

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۷:- چطور حساسیت انحنای چشم مثل شکل 6-1 ممکن است که اندازه شود؟

۸:- چرا سیگنال‌های سرخ در زمانی که چشم در مقابل زرد و سبز حساسیت بیشتری دارد خطرناک است؟

۹:- به ارتباط شکل 6-1،

(a) آیا شما فکر میکنید که حساسیت اعظمی طول موج ممکن است متفاوت باشد اگر شدت نور تغییر کند؟

(b) انحنای شکل 6-1 برای گروه از اشخاص رنگ کور که نمی‌توانند نور سرخ را از سبز تغییر دهند چی می‌باشد؟

۱۰:- فرض کنید که چشم انسان در مقابل نور مرئی غیرحساس است ولی به مقابل نور ما تحت قرمز حساس است چی تغییرات محیطی ضرور است اتفاق بی‌افتد اگر شما

(a) در امتداد دهلیز قدم بزنید؟

(b) یا راننده گی نماید؟ آیا پدیده رنگ موجود می‌باشد؟ چراغ‌های ترافیکی چگونه باید نشان داده شوند؟

۱۱:- کدام سیمای نور مطابق بلندی صوت است؟

۱۲:- چطور گالیه تجربتاً دفعات عکس‌العمل یک منبع اشتباه در کوشش با اندازه‌گیری سرعت نور که در بخش ۱-۳ تشریح شد امتحان نمود؟

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۱۳:- آیا شما در باره مشاهدات روزانه (که بدون وسایل تجربی است) فکر کردید تا نشان دهید که سرعت نور معین نیست، درباره برقک زدن فکر کنید و مقایرت های ممکن در بین وقت پیش بینی شده طلوع آفتاب و وقت پیش بینی شده ارتباطات رادیویی در بین زمین فکر کنید؟

۱۴:- در این بیانیه نظر بدهید بخاطری روشنی که معین شده هرگز ممکن نیست که سرعت نور اندازه شود؟

۱۵:- موضوعات سرعت نور که ممکن است در مدت زمان تدریجاً تغییر کند پیشنهاد شده است آیا شما می توانید که شواهدی را برای جدول ۱-۱ بدست بیاورید؟

۱۶:- در یک خلاّ آیا سرعت نور به :

(۱) طول موج (۲) فریکونسی (۳) شدت (۴) سرعت منبع

(۵) سرعت ناظر ارتباط دارد؟

۱۷:- توضیح بدارید که چگونه محیط ماحول شما خواهد بود اگر تمام اشیا نور آفتاب را کاملاً جذب کند در یک خانه روی یک چوکی نشسته آیا می توانید که چیزی را ببینید؟ اگر یک گربه در خانه داخل شود میتواند که آنرا ببیند؟

۱۸:- آیا برای اثبات اینکه قانون انعکاس برای تمام طول موج یکسان است در تحت حالتی که نور هندسی منتشر گردد کدام یک تجربه را می توانید که تصور کنید؟

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

۱۹:- یک چراغ در سرک که توسط انکسار یک کتله آب که در آن سنگریزه ها که در ساحه دید بسیار باریک میشوند اما نه در ساحه اطراف نشان داده شده است توضیح بدارید.

۲۰:- امواج کوتاه که از اروپا انتشار می نماید در آمریکا شنیده میشوند اگر چی مسیر خط مستقیم نیست چگونگی پدیده را توضیح بدارید.

۲۱:- زمان حرکت سیگنال ها از ستلایت برای گرفتن استیشن خود به زمین نظر به فریکونسی های سیگنال فرق میکند چرا؟

۲۲:- با چی فیصدی سرعت نور آبی در فیوز کوارتز از نور سرخ متمایز میشود؟

۲۳:- چطور ضریب انکسار محیط جدول ۱-۳ در ارتباط با آب را معین کرده می تواند؟ ارقام در جدول داده شده است.

۲۴:- آیا شما انتظار اینکه امواج صوتی از قوانین انکسار و انعکاس که توسط امواج نوری تعقیب میشود پیروی میکنند یا نه؟ انتشار کروی و استوانه وی امواج را با استفاده از اصل هیوگینز بحث کنید، برای امواج صوتی در هوا هم تطبیق میشود؟

۲۵:- اگر اصل هیوگینز قوانین انکسار و انعکاس را پیش بینی نماید چرا این ضروری است که نور را مثل امواج الکترومقناطیسی نمایش دهیم با تمام پیچیده گی های آن؟

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۲۶:- یک شعاع نور در حال داخل شده به آب چی واقع میشود توضیح دهید؟

۲۷:- آیا این صحیح است که بگوییم بین نور مرئی و یک محیط شفافی که از آن می گذرد عمل متقابل موجود نیست؟

۲۸:- چی قسم اثر انکسار اتموسفیری در زمان غروب ظاهر میشود؟

۲۹:- ستاره ها چشمک میزنند ولی سیاره نه چرا؟

۳۰:- چرا قسمت اخیر یک حوض که عمق آن منظم باشد کم عمق تر نسبت به جای که بیننده در زاویه ای که قرار دارد دیده می شود؟

۳۱:- روز روشن و آفتابی است و شما می خواهید که یک کمان رستم را با استفاده از پیپ در پشت حویلی بسازید دقیقاً چطور انجام میدهد؟ چرا نمی توانید از زیر آن عبور کنید و یا به قسمت های اخیر آن برسید؟

۳۲:- آیا ممکن است که با استفاده از چندین منشور رنگ طیفی را تشکیل شده است از نور سفید یکجا سازید زمانیکه نور سفید از یک منشور بگذرد؟ اگر بلی چرا؟

۳۳:- توضیح بدارید که یک ماهی چی چیز را دیده می تواند زمانیکه او به یک انکسار متفاوتی به خط افقی بالای خود نگاه میکند؟

۳۴:- چرا یک الماس نسبت به شیشه که به شکل الماس قطع شده باشد بیشتر جرقه میکند؟

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

۳۵:- آیا این قابل توجه است که طول موج نور در وقت عبور از آب تغییر میکند ولی فریکونسی آن نه؟ توضیح بدارید؟

۳۶:- در انعکاس و انکسار چرا اشعه منکسره و منعکسه بالای مستوی که توسط امواج وارده و نارمل به سطح مشخص شده است می افتد؟ آیا کدام استثنائی وجود دارد؟

۳۷:- یک تلسکوب را با استفاده از فایده های انعکاس کلی بسازید مفاد آن را همراهی آئینه کروی مقایسه کنید.

۳۸:- چی مشخصات را باید یک شی داشته باشد تا که بتواند منحیث یک پپ نوری موثر کار کند؟

۳۹:- یک برس دندان دارای یک دسته پلاستیکی سرخ می باشد که در ردیف آن سیخ نیلون تزئین شده است قسمت بلند سیخ سرخ معلوم میشود (نه اطراف آن) توضیح بدارید؟

۴۰:- چرا رشته های نوری انتقال دهنده خوبی معلومات نسبت به کیبل اند در باره فریکونسی های استفاده شده فکر کنید.

۴۱:- اگر اثر دو پلر یک انسابط زمانی است نه چیز دیگر یا در آن چیز دیگر وجود دارد؟

۴۲:- یک عضو از سیستم ستاره دو گانه نور مرئی را خارج میکند آنرا در یک گرافی چی قسم فریکونسی دوپلر که زمین انتقال میکند نسبت به زمین تحول میکند نشان دهید.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۴۳:- آیا شما و یک کهکشان آنقدر به فاصله دور می توانید قرار گیرید که سرعت آن مساوی به ۳۰ باشد؟

اگر چنین است چطور میتوانیم که ما یک کهکشان را بینیم و این به خاطر اینست که آیا نور آفتاب به ما خواهد رسید؟

۴۴:- اشعه گاما تشعشع الکترومقناطیسی است که از هسته رادیو الکترو بیرون میشود در فضا باز آیا آنها با یک سرعت مشابه به سرعت نور مرئی حرکت میکنند؟ آیا سرعت به سرعت هسته که از آن خارج میشود ارتباط دارد؟

۴۵:- شاید ساده ترین مشاهده نجومی را که شما می توانید انجام دهید اینست وقتیکه آفتاب مینشیند آسمان تاریک میشود این صحیح و آشکارا است ولی به یک بحثی می توانید انجام دهید که این چنین نباشد ملاحظه کنید. با فرض نمودن یک جهان معین که منظمآً توسط ستاره به صورت کم یا زیاد حول آفتاب پر شده باشد ما می توانیم بگویم که خط مستقیمی که از ناظر در هر جهت افکنده شود بلاخره به یک ستاره برخورد خواهد کرد و فاصله بین هر کدام از این ستاره ها بسیار زیاد خواهد بود، بناءً ستاره ها به ناظر ما یک تصویر بسیار ضعیفی مشخص میشوند تمایز مشخص شده تصویر مانند  $\frac{1}{R^2}$  است بعباره دیگر تعداد ستاره های دور که از منبع یک تیوب گردی که شعاع آن از  $R$  به  $R + dR$  افزایش می یابد مثلاً

$R$  (با فرض اینکه  $r$  ثابت باشد) آیا شما این جمله اخیر را تأیید میکنید؟ این دواثر به نظر میرسند که بصورت واضح لغو شوند همچنان آسمان شب باید دقیقاً روشن باشد تا ناظر که توسط محدودیت آفتاب به تصویر کشیده شود آیا شما کدام نقص در این مباحثه میبیند (معمولاً پارادوکس می نامند)؟

فکر کنید که درباره سرعت معین نور میزان بزرگ جهان توسعه دنیا و اشتراک جا به جای سرخ و زمان معین زندگی ستاره ها و غیره (پارادوکس آسمان آبی تاریک توسط E.R.Harrison جو زمان فزیک دان امریکای در فبروری ۱۹۷۷ صفحه ۷۹ برای بازدید تاریخی واضح سازید؟

## تمرینات

۱-۱: طیف الکترومقناطیسی

۱- نشان دهید که فریکونسی و طول موج که در شکل ۱-۱ نشان داده شده است از نسبت  $f\lambda = c$  پیروی میکند.

۲- پروژه (Sea farer) یک پروگرام جا طلبانه برای ساختن آنتن بسیار بزرگ بود که امروز زیر خاک در ساحه تقریباً ۴۰۰۰ مایل مربع وسعت دهن آن میشود هدف آن انتقال دادن سیگنال های برای زیر دریایی ها



---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

وقتیکه آنها عمیقاً به زیر دریا میرفتند اگر طول موج موثر آن  $1.0 \times 10^4$  شعاع زمین میبود.

*a*- فریکونسی

*b*- زمان خروج اشعه چی بود؟

معمولاً شعاع الکترومقناطیسی بسیار دور از هادی های مثل آب بحر نفوذ نمی کنند، آیا شما در باره کدام علتی که چرا تشعشعات باید به موثریت نفوذ کند فکر میکنید؟ درباره حدود فریکونسی صفر نیز فکر کنید؟ (چرا سیگنال ها را به فریکونسی صفر نمی فرستند؟)

۳- *a*- طول موج پر انرژی اشعه  $x$  وقتیکه الکترون تعجیلی  $30\text{GeV}$  را در تعجیل خطی Stanford در داخل یک هدفی سختی به  $0.067\text{fm}$  به صدا می آید تولید میشود. فریکونسی این اشعه های  $x$  چیست؟

*b*- یک  $VLF$  موج رادیویی دارای فریکونسی  $30\text{Hz}$  است طول موج چیست؟

۴- تشعشع از یک لنز معین  $HeNe$  با وجودی که در باد وجودیکه  $632.8\text{nm}$  متمرکز شده است دارای عرض خطی معین  $0.010\text{nm}$  است عرض خطی واحدهای فریکونسی آنرا محاسبه نمائید.

۱-۲: نور مرئی

۵- *a*- در کدام طول موج جسم یک ناظر استندرد نصف حساسیت اعظمی را دارد؟

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

$b$  - طول موج، فریکونسی و زمانی که نور برای چشم بسیار حساس است چیست؟

۶- چقدر دودها مکمل در قطار امواج نور با طول موج  $520nm$  که از یک لینز به زمان  $430Ps$  خارج میشود در بر دارد؟

۱-۳: سرعت نور

۷-  $a$  - فرضاً که ما قادر به ساختن ارتباطات رادیویی همراه با ساکنین فرضی یک سیاره فرض شده با مدار که از نزدیکترین سیاره ما است که  $۴.۳۴$  سال نوری از ما فاصله دارد چقدر زمان برای گرفتن یک پیغام ضروری است؟

$b$  - تکرار کنید آن را برای نیوبولا بزرگ که نزدیکترین سیاره به ما اما به فاصله  $2.2 \times 10^6$  سال نوری این ملاحظات چرا برای نتیجه گیری درباره طبیعت و ارتباطات ممکن در بین تحول ها شما را رهنمائی میکند؟

۸-  $a$  - چقدر وقت را در بر میگیرد که یک سیگنال رادیویی  $150km$  از ترانسمیتر به یک آنتن برسد؟

$b$  - ما مهتاب مکملی را توسط نور منعکسه آفتاب می بینیم چقدر وقت نوری که در چشم ما داخل میشود از آفتاب بیرون میشود؟

$c$  - زمان سفر رفت و برگشت نور در بین زمین و سفینه که در مدار زحل در حال چرخش است که  $1.3 \times 10^9 km$  دور است.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

*d*- نیولا *Crab* که تقریباً ۶۵۰۰ سال نوری دور است فکر شده که نتیجه انفجار *Supernova* است که توسط منجمین چینه‌ای در سال ۱۵۰۰ قبل از میلاد بیان شده است تقریباً انفجارات در کدام سال اتفاق افتاده است؟

۹:- فاصله نامعین مهتاب که توسط انعکاس اشعه لایزر از انعکاس دهنده که در مهتاب *Apoloo* قرار دارد تقریباً  $2\text{cm}$  اندازه شده است این نامعینی همراهی زمان اندازه شده نقضی همراه شده است چی نامعینی در این زمان دلالت میکند؟

۴-۱: انعکاس و انکسار امواج نوری

۱۰:- یک انعکاس کننده ای که در تطبیقات نوری و مایکروموج استفاده میشود متشکل از سه آئینه مستوی مکعب بسته شده اند میباید دارای مشخصه ایست که اشعه وارده بر گشت میکند بعد از سه انعکاس همانا با جهت آن دقیقاً برمیگردد این نتیجه را به اثبات برسانید؟

۱۱:- با استفاده از اصل *Fermat* ثبوت کنید که اشعه منعکسه، اشعه وارده و اشعه نارمل در یک مستوی قرار دارند؟

۱۲:- یک طرف چوب بداخل اب به سرعت  $v$  که بیشتر از سرعت  $u$  امواج آب است داخل شده است با تطبیق ساختمان هیوگنیز برای امواج

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



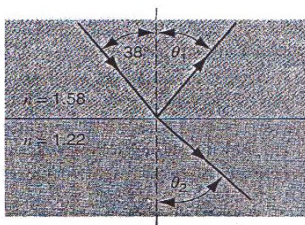
---

آبی نشان دهید که دسته امواج مخروطی تشکیل شده است و نصف زاویه  $\alpha$  قرار ذیل داده شده است:

$$\sin \alpha = \frac{u}{v}$$

این مشهور است که قوس امواج یک کشتی یا امواج لرزنده که توسط یک کشتی که از بین هوا به سرعت بیشتر از صوت عبور میکند سبب شده است. مثل شکل ۱-۱۶

۱۳:- در شکل ۱-۳۸ زاویه  $\theta_1 (a)$  و  $\theta_2 (b)$  را دریافت کنید.



شکل ۱-۳۸: تمرین ۱۳.

۱۴:- نور در خلأ به سطح یک شیشه برخورد میکند در خلأ شعاع یک زاویه  $325^\circ$  درجه را همراه نارمل به سطح میسازد زمانی که بداخل گیلان زاویه  $21.0^\circ$  درجه را همراهی نارمل میسازد ضریب انکسار شیشه را دریابید؟

۱۵:- سرعت نور زرد سویدیم به داخل یک مایع معین  $1.92 \times 10^8 \text{ m/s}$  اندازه شده است ضریب انکسار این مایع با در نظر داشت هوا برای نور سویدیم بدست آورید.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



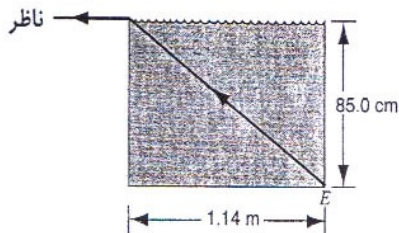
---

۱۶:- سرعت نور را در فیزو کوارتز با طول موج  $550\text{nm}$  بدست آورید (شکل ۱-۱۱ را ببینید).

۱۷:- زمانیکه یک الکترون از بین یک محیط با سرعتی بیشتر از سرعت نور در محیط حرکت میکند امواج الکترومقناطیسی را متشعشع میسازد (اثر Cerenkov) سرعت اصغری را که باید یک الکترون در داخل مایعی با ضریب انکسار  $1.54$  داشته باشد تا اینکه تشعشع سازد چیست؟

۱۸:- شعاع لیزری در امتداد محور یک پایپ لاین با  $1.61\text{km}$  طول حرکت میکند پایپ درجه استندرد هوا و فشار بصورت نارمل هوا در آن وجود دارد ولی آن هوا ممکن است تخلیه شود در چی حالتی میتواند که زمان حرکت برای شعاع بیشتر باشد و چقدر؟

۱۹:- زمانیکه یک تانک فلزی مستطیلی در شکل ۱-۳۹ تا قسمت اخیر آن تانک مایع ناشناخته پر شود یک ناظر همراهی چشم هایش که برابر به قسمت بالای تانک قرار گرفته است فقط میتواند که گوشه  $E$  را ببیند، ضریب انکسار مایع را دریابید؟



شکل ۱۰۳۹: تمرین ۱۹.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

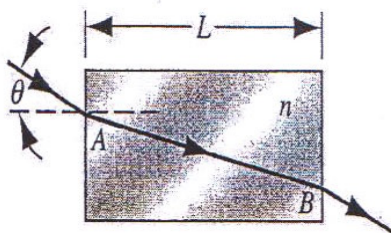


---

۲۰:- اشعه نور از یک منشور متساوی الاضلاع در قسمت انحراف  
 اصغری می‌رود، انحراف کلی  $37^\circ$  درجه است ضریب انکسار منشور  
 چیست؟ (مسئله نمونه ۱-۴ را ببینید.)

۲۱:- در شکل ۱-۱۴ (مسئله نمونه ۱-۴ را ببینید) توسط ترسیم نمودن  
 گراف اشعه با استفاده از یک نقاله نشان دهید که اگر  $\theta$  برای اشعه وارده  
 افزایش یا کاهش یابد زاویه انحراف  $\psi$  افزایش می‌یابد.

۲۲:- نور از یک لیزر وارد یک شیشه در قسمت  $A$  شده و از  $B$  خارج  
 می‌گردد شکل ۱-۴۰ را ببینید دیوار شیشه دارای طول  $L = 54.7\text{cm}$  و  
 ضریب انکسار  $n = 1.63$  است زاویه وارده  $\theta = 24.0^\circ$  است زمانی که  
 نور برای عبور نمودن از دیوار شیشه بکار دارد دریابید؟



شکل ۱-۴۰: تمرین ۲۲.

۲۳:- یک دیوار در زیر سطح آب در یک دریاچه با زاویه  $27^\circ$  درجه از  
 قائم نگاه میکند تا ببیند یک حلقه را که در حال شنا است بروی سطح از  
 مرکز حلقه قسمت بالا یک دودکش دیده میشود که  $98\text{m}$  ارتفاع دارد  
 قاعده دودکش از حلقه چقدر دور است؟

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

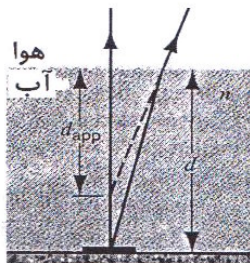
---



---

۲۴:- یک دکمه که  $200\text{cm}$  طول و وزن آن در قاعده آن مرکز است دارد از پائین یک حوض آبیاری به یک نقطه  $64\text{cm}$  بالای آب توسعه می یابد نور آفتاب با زاویه  $55$  درجه بالای افق برخورد میکند طول سایه را در سطح پائین حوض محاسبه کنید.

۲۵:- یک سکه به قسمت پائینی حوض به عمق  $d$  و ضریب انکسار  $n$  می افتد مثلیکه در شکل ۱-۱۴ نشان داده شده است نشان دهید که شعاعات نور که نزدیک به نارمل هستند به نظر میرسند که از نقطه  $d_{app} = \frac{d}{n}$  در پائین سطح می آیند این فاصله عمق آشکار حوض است.



شکل ۱-۴۱:- تمرین ۲۵.

۲۶:- یک منشور شیشه ای با زاویه راس  $60$  درجه دارای ضریب انکسار  $n = 1.60$  است.

$a$  - کوچکترین زاویه وارده که یک اشعه بتواند از یک طرف منشور داخل شود و از طرف دیگر خارج شوند چند است؟

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

b- کدام زاویه وارده بکار است برای اشعه که از منشور با قرینه عبور کند (مسئله نمونه ۱-۴ را ببینید).

۲۷:- یک لایه آب با  $(n=1.33)$  و  $20mm$  ضخامت بالای لایه کاربن تتراکلوراید  $(n=1.46)$  و  $41mm$  ضخامت حرکت میکند چقدر دور از سطح آب که در نزدیک نارمل دیده میشود قسمت پائینی تانک دیده میشود؟

۲۸:- عمق ظاهر یک حوض مربوط به زاویه که دیده میشود میباشد فرض کنید که شما سکه را در داخل یک حوض آب بازی پر از آب  $(n=1.33)$  و عمق  $2.15m$  جابجا میکنید عمق ظاهر سکه پائین از سطح آب زمانیکه دیده میشود

(a) در نزدیک نارمل وارد میشود.

(b) توسط شعاعات که باعث این میشود که سکه زاویه  $35.0$  درجه همراهِ با نارمل که در قسمت پائین حوض بسازد دریابید؟

۲۹:- نوری با طول موج  $612nm$  در یک خلأ به فاصله  $1.57 pm$  در یک وسیله با ضریب انکسار  $1.51$  می گذرد پیدا کنید.

(a) طول موج را در وسیله

(b) طول مسیری نوری

(c) فرق فاز را بعد از اشغال نمودن به آن فاصله با توجه به اینکه نور به عین فاصله در خلأ عبور میکند.



---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۳۰:- طول موج نور زرد سویدیم در هوا  $589nm$  است.

(a) فریکونسی آن چند است؟

(b) طول موج آن در یک شیشه که ضریب انکسار آن  $1.53$  است چند است.

(c) از نتایج  $a$  و  $b$  سرعت آنرا در شیشه پیدا کنید؟

۳۱:- ثبوت کنید که طول های مسیر نوری برای انعکاس و انکسار در اشکال  $1-17$  و  $1-19$  هر کدام اصغری است زمانیکه با مسیرهای نزدیک ای که همین دو نقطه را وصل میکند مقایسه شود. (اشاره: مقدار  $d^2L/dx^2$  را امتحان کنید).

۵-۱: انعکاس کلی

۳۲: یک اشعه نور به شکل نورمال به سطح  $ab$  یک منشور شیشه ای با ضریب انکسار ( $n=1.52$ ) برخورد میکند مثلیکه در شکل  $1-42$  نشان داده شده است.

(a) فرض کنید که منشور در آب فرو برده شود بزرگترین قیمت را برای زاویه  $\phi$  دریابید تا که اشعه کاملاً به سطح  $ac$  انعکاس کند.

(b)  $\phi$  دریابید اگر منشور در آب فرو برده شود.

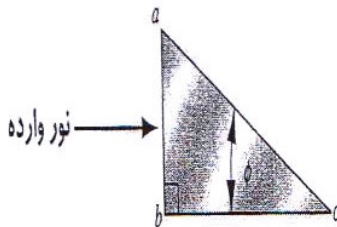
---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---



شکل ۱-۴۲: تمرین ۳۲.

۳۳:- دو جسم A و B به ترتیب دارای ضرایب انکسار 1.667 و 1.586 هستند.

(a) زاویه بحرانی را برای انعکاس کلی در یک Interface بین دو جسم دریابید؟

(b) به کدام جهت باید که شعاعات وارده انتشار نماید اگر کاملاً منعکس گردد؟

۳۴:- یک ماهی 1.8m پایین از سطح یک دریاچه قرار دارد. در کدام زاویه بالای خط افق نگاه کند تا نور یک آتش را که به فاصله 92m دور در یک کنج قرار دارد ببیند؟

۳۵:- یک منبه نقطوی نوری 82.0cm پائین از سطح آب قرار گرفته است قطر بزرگترین دایره را به روی سطح آب که نور از آن خارج میشود دریابید؟

---



---

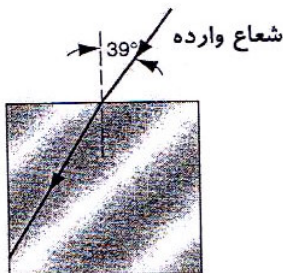
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

۳۶:- یک اشعه نوری بروی صفحه یک شیشه مربع شکل می افتد مثل شکل ۱-۴۳ کوچکترین ضریب انکسار شیشه چند خواهد بود اگر انعکاس کلی به سطح عمود واقع شود؟



شکل ۱-۴۳: تمرین ۳۶.

۳۷:- یک سطح امواج نور سفید که از فیوز کوارتز میگذرد به سطح مستوی کوارتز برخورد میکند و زاویه وارده  $\theta$  را میسازد آیا ممکن است برای شعاعی که انعکاس کلی نموده است که دیده شود

(a) آبی

(b) سرخ

(c) بطور کلی کدام قیمت  $\theta$  باید استفاده گردد؟

(اشاره: نور سفید به رنگ آبی دیده میشود اگر طول امواج که متقابل به سرخ اند برطرف گردند).

۳۸: یک مکعب شیشه ای یک لکه کوچکی در مرکز خود دارد.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

(a) کدام قسمت سطح مکعب باید پوشانیده شود تا از دیدن لکه خود داری گردد؟ جهت دیدن مدنظر نیست.

(b) کدام کسر باید پوشانیده شود؟ فرض کنید که کنار مکعب  $12.6\text{mm}$  و ضریب انکسار آن  $1.52$  باشد (بعد انعکاس کلی را در نظر نگیرید).

۱-۶: اثر دوپلر برای نور

۳۹:- نشان دهید که بالای خط  $21.1\text{cm}$  اکثراً توسط منجمین رادیویی استفاده میشود فریکونسی جابجای دوپلر میتواند تغییر نماید به سرعت شعاع  $\text{Km/s}$  با ضرب شدن توسط  $0.211$  به شرط اینکه  $u \ll c$  باشد.

۴۰:- نشان دهید که برای سرعت  $u \ll c$  جابجای دوپلر میتواند به شکل تخمینی نوشته شود.

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{u}{c}$$

جای که  $\Delta\lambda$  تغییر در طول موج است.

۴۱:- یک موشک از کشتی به سرعت  $0.20c$  دور میشود، نور در موشک برای مسافرت کشتی که به رنگ آبی نمایان میشود به کدام رنگ معلوم خواهد شد؟ (شکل ۱-۶ را ببینید).

۴۲:- یک سفینه که از زمین به سرعت  $0.892c$  دور میشود دوباره با انتقال دادن یک فریکونسی (که در سفینه اندازه میشود)  $1000\text{MHz}$  به

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

زمین خبر میدهد به کدام فریکونسی باید گیرنده زمین کوک گردد تا این سیگنال را بگیرد؟

۴۳:- در طیف  $3C9, quasar$  بعضی از خطوط شناخته شده هایدروجن ظاهر میشود ولی بسیار دور به طرف اشعه سرخ انتقال می یابند که طول امواج آنها ۳ مرتبه بیشتر از نوریست که از اتم های هایدروجن در حال ساکن مشاهده میشود.

(a) نشان دهید که معادله کلاسیک دوپلر که فرض می نماید که نور مانند صوت رفتار می نماید سرعت برگشت بزرگتر از  $C$  میدهد.

(b) سرعت بازگشت را با در نظر داشت معادله نسبی دوپلر که پیش بینی شده پیدا کنید؟

۴۴:- جابجای سرخ تشعشع از یک کهکشان دور شکل از نور  $H_\gamma$  که دارای طول موج  $434nm$  است و زمانیکه در لابراتوار مشاهده میشود دارای طول موج  $462nm$  است.

(a) سرعت کهکشان نسبت به زمین را بدست آورید.

(b) آیا کهکشان نزدیک میشود یا دور؟

۴۵:- طول موج جابجای دوپلر که توقع میشود از نوری با طول موج  $553nm$  که از کنار حلقه آفتاب از خط استوا از سبب دوران آفتاب خارج میشود محاسبه نماید. ضمیمه  $C$  برای ارقام مورد نیاز.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۴۶:- به کدام سرعت شما باید از میان نور سرخ بروید تا که آن به نظر برسد؟ طول موج سرخ در  $620nm$  و طول موج سبز در  $540nm$  بگیرد.

۴۷:- در تجربه *Stillwell* و *Ives* سرعت  $u$  اتم های هایدروجن در یک حرکت مشخص  $8.65 \times 10^5 m/s$  بود.  $\Delta f/f$  در محاسبه نماید با فرض اینکه:

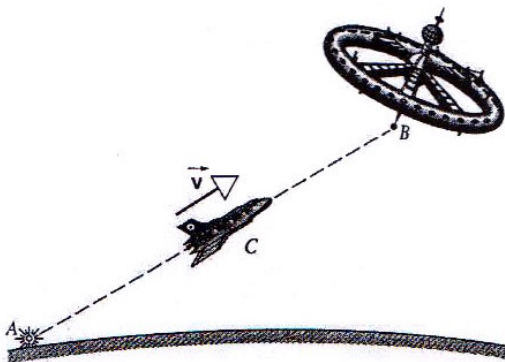
(a) که معادله ۱-۱۸ صحیح است یا نه

(b) معادله ۱-۲۰ صحیح است نتایج خود را با نتایج داده شده در جدول ۱-۴ برای این سرعت مقایسه کنید.

۴۸:- نقطه  $A$  در روی زمین در هر 6 دقیقه با نور برقی سیگنال میدهد و  $B$  در یک استیشن فضای که به مناسبت زمین ضروری است  $C$  در یک راکت است که از  $A$  بطرف  $B$  با یک سرعت ثابت  $0.60c$  نسبت به  $A$  حرکت میکند. (شکل ۱-۴ را ببینید)

(a) به کدام محدوده  $B$  از  $A$  سیگنال میگیرد

(b) در چی محدوده  $C$  از  $A$  سیگنال میگیرد اگر  $C$  در هر دفعه نور بزند به واسطه  $A$  گرفته شود به کدام محدوده نقطه  $B$  نور نقطه  $C$  را میگیرد؟



شکل ۱-۴۴: تمرین ۴۸.

۴۹: - یک ستلایت زمین که مستقیماً از استیشن رادیو به ارتفاع  $400\text{ km}$  به سرعت  $2.9 \times 10^4 \text{ Km/h}$  و فریکونسی  $40\text{ MHz}$  منتقل میشود، تغییرات فریکونسی را با استفاده از اثرات دوپلر با عمل نمودن محاسبه زمانی  $t = 0$  به فرض اینکه ستلایت بالای استیشن باشد تغییرات فریکونسی را معین کنید.

(اشاره: سرعت در فرمول دوپلر سرعت یک ستلایت حقیقی یک ستلایت نیست اما به جهت استیشن منطبق است از انحنای زمین از هر چرخش ستلایت صرف نظر شود).

۵۰: - طول موج جابجای دوپلر  $\lambda - \lambda_0$  بدست آورید اثر خط  $D_2$  سدیم ( $589.00\text{ nm}$ ) خارج میشود از یک منبع که به حلقه با سرعت

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

ثابت  $0.122c$  که توسط ناظرین که در قسمت مرکز حلقه جابجا شده اند اندازه میشود.

۵۱:- یک منبع امواج رادیو با فریکونسی ساکن  $188MHz$  که با سرعت  $0.717c$  که به دید یک کشف کننده معکوس میشود در حرکت است به کدام زاویه به خط دید یک منبع دومی با فریکونسی ساکن  $162MHz$  که همچنان سرعت آن  $0.717c$  است حرکت کند اثر فریکونسی های دو منبه که توسط کشف کننده گرفته میشود مساوی باشد؟

۵۲:- یک منبع نور با زوایای قائمه به ساحه دید یک کشف کننده حرکت سرعت منبع  $0.662c$  است به کدام سرعت باید که یک منبع یکسانی به زاویه  $75^\circ$  درجه به خط دید حرکت کنند اثر جابجای دوپلر توسط کشف کننده ثبت میشود برای هر دو منبع مساوی میباشد.

## مسائل

---

۱:- ستاره که به یک خطی که از طریق آفتاب عمود به مستوی که زمین بدور آفتاب می چرخد موقعیت گرفته باشد در نظر بگیرید. فاصله ستاره بزرگتر است نسبت به قطر زمین نشان بدهید که به سبب سرعت معین نور یک تلسکوپ که از طریق آن ستاره دیده میشود باید به یک زاویه  $\alpha = 20.5^\circ$  به خط عمود در جهت آن که زمین حرکت میکند عنوان داده



---



---

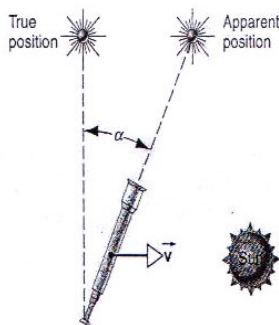
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

شود. شکل ۱-۴۵ را ببینید. این پدیده را ضبط می‌گویند و اولین بار توسط *James Bradley* توضیح شده است.



شکل 1-45: مسئله 1.

۲- در سال ۱۶۷۶ سرعت نور معین و محدوده توسط مشاهده زمان کسوف یک مشتری ۱۰ استنباط کرد (شکل ۱-۴۶ را ببینید) با اتکا به اساس شناخت مشخصات مداری ۱۰ پیش گویی شده است که سایه مشتری در وقت معین مطابق به موقعیت زمین در  $x$  و مدار وی بیرون میشود. وقتیکه زمین دقیقاً به موقعیت  $y$  بود. ۱۰ از سایه مشتری تقریباً ده دقیقه دیرتر بیرون میشود *Roemer* نتیجه گیری کرد که مغایرت باید که از سبب وقت اضافه که برای نور از ۱۰ به فاصله شعاع مدار زمین برود ضروری است چی قیمتی برای ارزش سرعت نور از این بررسی محاسبه شده میتواند؟

---



---

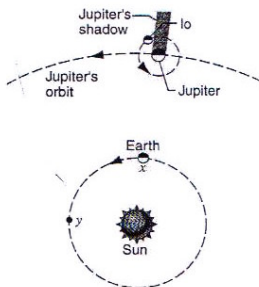
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

(این مشاهدات همچنین می‌تواند که در حد اثر دوپلر نور نیز تغییر شود ببینید که کتاب در می‌تود تعبیر دوپلر Roemer که توسط V.Mbabovicic و B.A.Ariein نویسنده مجله امریکای فزیک جون ۱۹۹۱. صفحه ۵۱۵).



شکل ۱-۴۶: مسئله ۲.

۳- امواج اقیانوس به سرعت  $4.0\text{ m/s}$  تحت زاویه  $30^\circ$  درجه با نارمل قرار شکل ۱-۴۷ می‌رسند با فرض اینکه عمق آب ناگهان تغییر میکند و سرعت موج به  $3.0\text{ m/s}$  پائین می‌آید نزدیک به ساحل زاویه  $\theta$  بین جهت حرکت موج و نارمل چند است؟ قانون انکسار یکسانی برای نور در نظر بگیرید توضیح بدارید که چرا بیشترین امواج به نارمل نزدیک میشوند در ساحل با وجودی که از فاصله دور آنها و زوایای متفاوت می‌آیند.

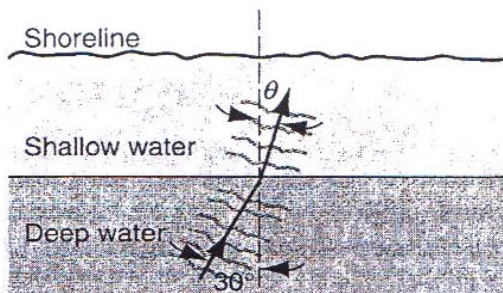
---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

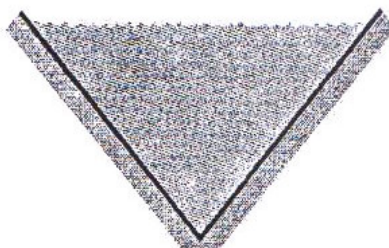


شکل ۱-۴۷: مسئله ۳.

۴:- دو آئینه عمودی که در یک ظرف حدی تشکیل میدهند همراهِ آب پر شده است مانند شکل ۱-۴۸ اشعه نور از بالای نارمل به سطح آب می‌تابد.

(a) نشان دهید که اشعه خروجی موازی به اشعه وارده است با فرض اینکه دو انعکاس در سطح آئینه وجود داشته باشد.

(b) تحلیل را برای حالت برخورد اشعه بطور مایل تکرار کنید.



شکل ۱-۴۸:- مسئله ۴.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

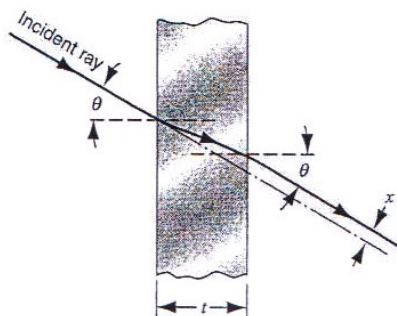
۵:- ثبوت کنید که اشعه نور به یک سطح ورق شیشه مستوی میتابد که ضخامت آن  $t$  است برخورد میکند و از جهت دیگر خود موازی به جهت اولیه خود است ولی دارای اضلاع بی جا شده به بیرون میباشد طوریکه در شکل ۱-۴۹ نشان داده شده است.

(a) نشان دهید که برای تمامی زوایای کوچک وارده  $\theta$  از فرمول ذیل بدست می آید.

$$x = t\theta \frac{n-1}{n}$$

جای که  $n$  ضریب انکسار و  $\theta$  به رادیان اندازه میشود.

(b) تغییر مکان در حالیکه زاویه وارده  $10^\circ$  درجه است از بین یک ورق شیشه به ضخامت  $1.0\text{cm}$  را محاسبه نماید.



شکل ۱-۴۹: مسئله ۵.

۶:- ضریب انکسار اتموسفیر زمین به صورت یکنواخت همراه با ارتفاع آن از سطح زمین تقریباً  $1,00029$  به ارزش آن در فضا تقریباً  $1,00000$

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

در بالای اتموسفیر کاهش می یابد تغییرات با ملاحظات اتموسفیر که به سه چند لایه موازی تصنیف میشود تقریب میشود و در هر کدام ضرایب انکسار ثابت است همچنان در شکل ۱-۵۰ داریم که:

$$n_3 > n_2 > n_1 > 1.00000$$

یک اشعه از یک ستاره  $S$  در نظر بگیرید که در قسمت بالای اتموسفیر به زاویه  $\theta$  با افق برخورد میکند.

(a) نشان دهید که جهت  $\theta_3$  ستاره همراهی افق طوریکه توسط ناظر از سطح زمین دیده میشود داریم که:

$$\sin \theta_3 = \frac{1}{n_3} \sin \theta$$

(اشاره: قانون انکسار را به جوره های متوالی لایه های اتموسفیر تطبیق شود انحنای این را مدنظر بگیرید.)

(b) انتقال ستاره که توسط ناظر به زاویه  $50^\circ$  درجه از افق دیده میشود محاسبه نماید اثرات بسیار کوچک از جهت انکسار اتموسفیر بسیار مهم است بطور مثال آنها باید با استفاده از ستلایت به محاسبه گرفته شود تا موقعیت ثابت در روی زمین تثبیت نماید.

---



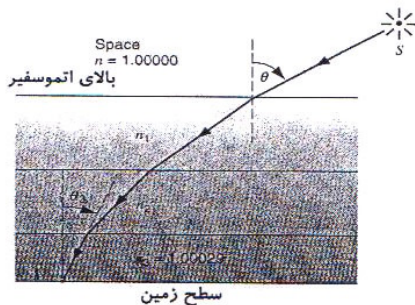
---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

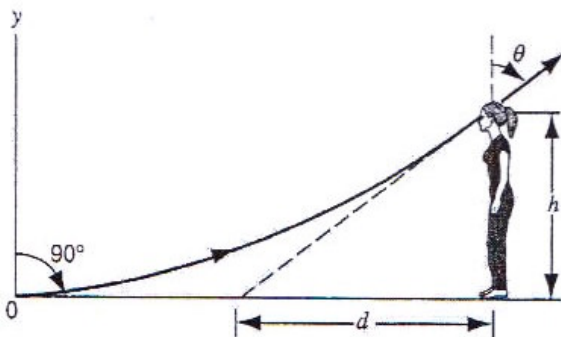


---



شکل ۱-۵۰:- مسئله ۶.

۷:- شما در اخیر خط پرواز میدان هوای ایستاده هستید شیب افقی حرارت در هوا از نتیجه ضریب انکسار هوا بالای خط پرواز نتیجه میشود تا ارتفاع  $y$  مطابق با  $n = n_0(1 + ay)$  جای که  $n_0$  ضریب انکسار در خط پرواز و  $a = 1.5 \times 10^{-6} m^{-1}$  متفاوت است چشمان شما در ارتفاع  $h = 1.7m$  بالاتر از خط پرواز قرار دارد از فاصله عمودی  $d$  شما نمیتواند خط پرواز را ببیند؟ شکل ۱-۵۱ و مسئله ۶ را ببینید.



شکل ۱-۵۱:- مسئله ۷.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



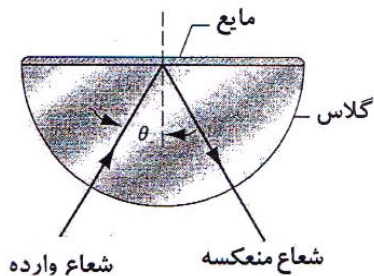
---

۸-:  $Mouns$  به کتله  $106 \text{ MeV}/c^2$  و  $Pions$  خنثی با کتله  $135 \text{ MeV}/c^2$  و هر کدام با مومنتم  $145 \text{ MeV}/c$  از میان مواد شفاف عبور میکنند محدوده ضریب انکسار مواد را پیدا کنید تا که  $Mouns$  تنها شعاع  $Cerenkov$  را خارج سازد. (تمرین ۱۷ را ببینید).

۹-: یک قطره مایع در یک تخته شیشه نیم دایروی قرار دارد. مثل شکل ۱-۵۲.

(a) نشان دهید که چگونه ضریب انکسار مایع با در نظر داشت انعکاس کلی را معین میکنیم ضریب انکسار شیشه نامعلوم است و باید که معلوم شود آیا ضریب انکسار به این روش معلوم میشود؟

(b) در حقیقت این میتود چقدر عملی است.



شکل ۱-۵۲-: مسئله ۹.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

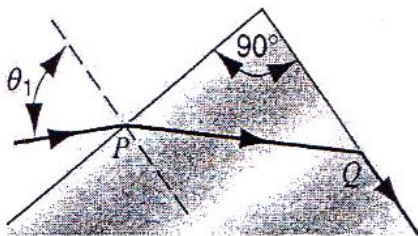


---

۱۰:- یک اشعه موج با طول موج داده شده در هوا به منشور  $90^\circ$  درجه (شکل ۱-۵۳ را ببینید). برخورد میکند و در آنجا منعکس میشود در  $Q$  با چنین وسعت فقط در سطح راست منشور در  $Q$  آهسته برخورد میکند.

(a) ضریب انقباض منشور برای این طول موج در حد زاویه وارده  $\theta_1$  تعیین کنید که به این حالت افزایش میدهد.

(b) یک محدوده شماره ای برای ضریب انکسار منشور بدهید و نشان دهید که توسط دیاگرام اشعه ای چی اتفاق می افتد اگر زاویه وارده در  $P$ ،  $C$  بزرگتر یا  $d$  کمتر از  $\theta_1$  باشد.



شکل ۱-۵۳:- مسئله ۱۰.

۱۱:- یک منبع نقطوی نور در فاصله  $h$  تحت یک دریاچه عمیق قرار گرفته است.

(a) نشان دهید که قیمت  $f$  انرژی نور که از سطح آب بطور مستقیم فرار میکند به  $h$  ارتباط ندارد و توسط معادله ذیل بدست می آید:

$$f = \frac{1}{2} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{n^2}} \right)$$



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

جای که  $n$  ضریب انکسار آب است.

(یادداشت: جذب در بین آب و انعکاس در سطح صرف نظر شده است).

(b) این قیمت را بصورت عددی بررسی کنید.

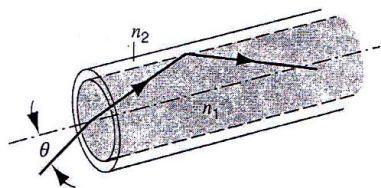
۱۲: - یک رشته نوری معین که متشکل از شیشه طبقه بندی نشده (ضریب انکسار  $n_1$  است) توسط یک پوش محدود شده (ضریب انکسار  $n_2 < n_1$  است).

یک اشعه نور را در نظر بگیرید که رشته از هوا به زاویه  $\theta$  همراه به محور رشته که در شکل ۱-۵۴ نشان داده شده داخل شده است.

(a) نشان دهید که بزرگترین ارزش ممکنه  $\theta$  برای اینکه اشعه به قسمت پائین رشته منتشر میشود توسط معادله ذیل داده شده است:

$$\theta = \sin^{-1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

(b) با فرض اینکه شیشه و ضریب انکسار طبقه ه 1,58 و 1,53 به ترتیب داده شده ارزش این زاویه را محاسبه نمایید؟



شکل ۱-۵۴: - مسئله ۱۲:

۱۳: - در یک رشته نور (مسئله ۱۲ را ببینید) اشعه های متفاوت در امتداد رشته به مسیرهای مختلف حرکت می کند که به دفعات مختلف حرکت

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

دلالت میکند این سبب یک ضربه نور برای توسعه آن هر چند که در امتداد رشته حرکت میکند میشود که نتیجه از دادن معلومات زمان محو شود باید که به اصغری ترین زمان تزئین رشته شود. یک اشعه که در فاصله  $L$  در امتداد محور رشته حرکت میکند و دیگری را که به زاویه بحرانی منعکس میشود وقتیکه به مقصد یکسان حرکت میکند مانند اولی در نظر بگیرید.

(a) نشان دهید که فرق  $\Delta t$  در زمان وارد شده

$$\Delta t = \frac{L}{c} \frac{n_1}{n_2} (n_1 - n_2)$$

جای که  $n_1$  ضریب انکسار مقطع است و  $n_2$  ضریب انکسار پوش.

(b)  $\Delta t$  را برای رشته مسئله 12 همراهی  $L = 350 \text{ Km}$  محاسبه کنید.

۱۴:- مالیکول های دروجن در  $700 \text{ Km}$  به فریکونسی  $457 \text{ THz}$  خارج میسازد.

(a) تغییرات فریکونسی نور را که مشاهده میشود از سبب حرکت مالیکول ها که به طرف ناظر به مربع جذر دوم سرعت حرکت میکنند معین کنید.

(b) فریکونسی انتقالی بدست آورید اثر چنین نوری از اتم های دروجن بجای مالیکول آن بیرون شود.

۱۵:- مایکروود که با سرعت نور حرکت میکند از یک طیاره دور که به طرف منبع در حرکت است منعکس میشود این واضح شده وقتی که

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

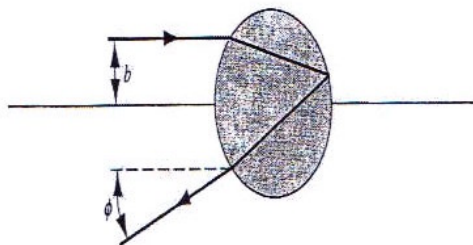
---

---

امواج منعکسه در مقابل امواج از منبع برخورد میکنند فریکونسی برگشت کننده  $990\text{Hz}$  است. اثر مایکروود  $12.0\text{cm}$  در طول موج میباشد سرعت نزدیک شدن طیاره چند است؟

### مسئله کامپیوتری

۱:- یک کمان رستم به خاطری که نور سفید از قطره کروی مطابق به شکل ۵۵-۱ نشان داده شده منعکس و منکسر میشود اتفاق می افتد.  
(a) یک گراف را رسم کنید که نشان دهنده زاویه خروجی نور مثل یک کار پارامتر  $b$  است.  
(b) لمیت زاویوی  $\phi_1$  و  $\phi_2$  بین شعاعات خروجی که  $80\%$  نور وارده را در بر دارد پیدا کنید.



شکل ۵۵-۱: مسئله کامپیوتری ۱.

## فصل ۲

### آئینه ها و عدسیه ها

سیستمهای نوری شامل آئینه ها و عدسیه ها بوده و دارائی اهمیت زیاد می باشد، ما چنان سیستمهای را بکار می بریم که بینائی، طرح و تصویر، در روی یک صفحه تصحیح نمایم جائیکه میتوان کنسرت بوسیله مردم وقتیکه در داخل یک سینما و یا در صنف درسی بخوبی دیده شود.

در این فصل ما شکل گیری تصویر ها بوسیله آئینه ها و عدسیه ها را مورد مطالعه قرار میدهیم، ما هر دو روش جبری و گرافیکی برای تجزیه کردن شکل گیری تصویر توسعه خواهیم داد، و ما این روش را به سیستم دو یا قطعات زیادتیر مانند میکروسکوپ یا تلسکوپ توسعه خواهیم داد.

#### ۲ - ۱ تشکیل تصویر بوسیله آئینه ها و عدسیه ها

زمانیکه ما برای دیدن دوست خود از آئینه و یا عدسیه استفاده میکنیم، چیزی را مشاهده می کنیم که بطور واقعی اش نیست ، دوست تان بطور واقعی است بلکه آئینه و یا عدسیه او را به شکل دیگری جلوه میدهد. ممکن است که خیلی فرق از حالت واقعی اش داشته باشد. (اندازه دوست تان بزرگتر و یا کوچکتر به نظر میرسد.)

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

به فهمیدن شکل گیری یک تصویر، ما باید اول به فهمیم چطور مسیر یک تیر روشن تغییر داده شده است، موقعی که آئینه یا عدسیه به برخوردی مواجه می شوند. برای چی چیز ما می توانیم که قوانین انعکاس و انکسار را بکار ببریم که در فصل ( ۱ ) توضیح داده شد.

به هر حال ما باید بفهمیم که چطور مغز مان در جریان می اندازد نوری را که از آئینه و یا عدسیه توسط چشم به ملاحظه میرسد. مغز مان یک تمایل خیلی قوی دارد که باور نماید که نور تنها در خط های مستقیم منتشر می شود . چرا زمانیکه شما به یک آئینه مستوی نگاه میکنید، فکر میکنید که تصویر تان به عقب آئینه تشکیل میشود.

زمانیکه شما یک شی را می بینید مغزتان در مقابل نوری که از شی به چشم تان میرسد حساسیت نشان میدهد. مغزتان معلومات را از شی گرفته و واقعیت ها را در حافظه تان نگاه میدارد. تصویر شی و اطراف آن را به نمایش می گذارد.

ممکن است که مغزتان نظر به دلایل خطای حسی کاملاً از کار بی افتد. که این جریان ها مشابه به نوری است که از آئینه و یا عدسیه به ملاحظه میرسد.

نوع تصویر آن توسط یک آئینه مستوی و هم در تعدادی از موارد توسط آئینه ها و عدسیه های منحنی تاسیس شده است. که دارای چندین مشخصه ذیل می باشد .

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۱: - در موقعیت که تصویر قرار داشته باشد نور نمی تواند که از مقابل اش عبور کند، بطوریکه آئینه مستوی تصویر در جای ظاهر می شود که نور نمی تواند از آنجا عبور کند.

۲: - تصویر روی یک صفحه متمرکز شده نمی تواند، برای دیدن تصویر باید که به داخل آئینه و یا عدسیه نگاه کرد.

۳: - یک تصویر مجازی همیشه توسط یک آئینه و یا عدسیه واحد بصورت راسته تشکیل میشود. ( که در آخر این فصل مورد مطالعه قرار می دهیم). از چندین آئینه و یا عدسیه چندین تصویر حقیقی بصورت راسته و یا معکوس تشکیل میشود.

از طرف دیگر یک تصویر حقیقی دارای مشخصات ذیل است.

۱: - بعد از برخورد نور به آئینه و یا عدسیه، نور بصورت مستقیم از موقعیت تصویر عبور می کند.

۲: - بنا بر این تصویر روی یک صفحه متمرکز می شود. و ضرورت به نگاه کردن به آئینه و یا عدسیه نیست (در این مورد می توانید پروژکتور صنف درسی خود را مورد بررسی قرار دهید).

۳: - یک تصویر حقیقی بوسیله یک آئینه منفرد تشکیل می گردد، و یا عدسیه همیشه بصورت معکوس بوده و همچنین توسط سیستم های مختلف می توانیم تصاویر حقیقی تشکیل کنیم که عمود و یا معکوس بوده باشند.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

برای تجزیه کردن شکل تصویر قوانین مختلف برای آئینه و عدسیه وجود دارد، ما بحث خود را در مورد تصاویر حقیقی و مجازی توسعه داده و شما می توانید که در ضمیمه تجاربی را دنبال نمایید: یک قاشق فلزی براق را از صورت تان بالا برده، تا که تصویر معکوس تان را بالای آن ببینید، بعداً قاشق را دور داده و به طرف تصویر راسته که در قاشق از صورت تان نمایان است نظر اندازید که تصویر تان در عقب قاشق نمودار میشود.

### اوپتیک هندسی و موجی

شکل ۲ - ۱ نشان دهنده موجی آبی است که در یک تانکر آب تشکیل شده و از طرف چپ به راست در حرکت است. باندهای روشن و تاریکی که توسط یک کامره نشان داده می شوند، به قسم دره ها نمودار میشوند.

بدین گونه گسترش روشنی امواج به شکل یک بخش از طول موج هستند. موج به یک مانع برخورد نموده که از یک سوراخ کوچکی بریده شده، شما می توانید ببینید که چطور موج ها خارج و شعله ور می شوند. بعد از اینکه از سوراخ میگذرند در منطقه پشت مانع محکم ظاهر می شوند. این پدیده چنانچه تفرق دانسته شده است، تفرق که ما بحث می کنیم در فصل (۴) بازگو خواهد شد.



شکل ۲ - ۱ :- تفرق موجهای آب در باز کردن یک سد. یادداشت آن در باره همان اندازه طول موج است.

موج در شکل ۲ - ۱ اندازه باز کردن به مشابهت طول موج است. اثر مشتعل کم می شود و اندازه باز کردن بزرگ تر از طول موج ساخته شده است اگر اندازه باز کردن است چندین دفعه طول موج، تفرق تاثیرات اندک، هست و بعد از اینکه گذر توسط باز کردن موج تنه در سایه هندسی باز کردن ظاهر خواهد شد موجب می شود که موج یک مانع به جای یک باز کردن در یک سد مواجه شود.

طول موج نور قابل  $4 \times 10^{-7}$  رویت در 400 تا 700 nm (تا  $7 \times 10^{-7}$  متر است).

حتی یک آئینه ریز یا عدسیه دیامتر تنها چند mm بزرگتر از طول موج نور است.



---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

تأثیرات تفرق بدین گونه تقریباً همیشه اندک در شکل‌گیری تصویرها بوسیله آئینه‌ها و عدسیه‌ها هستند. این قلمرو علم نور و بینایی هندسی است که نور لبخند می‌زند .

مواجه شده که آن خیلی بزرگ‌تر از طول موج نور هست. شرایط علم نور و بینایی هندسی در تمام موارد در خواست خواهد کرد که ما در این فصل بحث می‌کنیم.

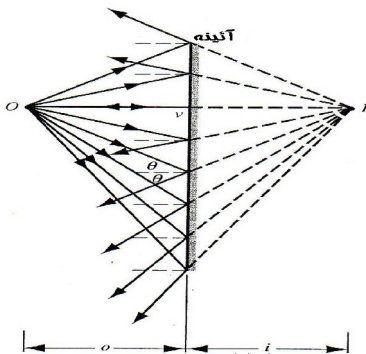
در علم نور و بینایی هندسی ما می‌توانیم شکل‌گیری تصویرها بوسیله فرضاً نور مسیرها در خط مستقیم یا شعاع‌ها تجزیه بکنیم. برای این دلیل ، علم نور و بینایی هندسی هم چنانچه علم نور و بینایی شعاع دانسته شده است. یک شعاع یک راه مناسب توصیف کردن سفر نور است: شعاع‌های عمود در یک جهت رسم شده اند که سفر موج را نشان بدهند. ما در حقیقت قبلاً شعاع‌ها را در بخش ۱ - ۴ به کار برده ایم که نور نشان بدهد بطوریکه آن انعکاس یک شکست زیر می‌رود.

بعبارتی دیگر، اگر تفرق موجب بشود ما در قلمرو علم نور و بینایی مادی ، هم وقتیکه علم نور و بینایی موج دانسته شده ایم برای اینکه هم اکنون ما طبیعت موج نور مخصوصاً به سوی حساب در تحلیل می‌گیریم. تداخل را ما در فصل ۳ بحث می‌کنیم، و فصل انکسار در چپتر ۴ مثال تأثیرات هستند که ما باید روش‌های علم نور و بینایی مادی به کاربریم.

## ۲-۲ آئینه های مستوی:

در شکل ۲-۱ یک منبع نقطه ای نور  $O$  را می بینید که به عنوان شی در فاصله  $O$  در مقابل آئینه مستوی قرار گرفته است. نور بصورت موج کروی به آئینه می تابد که این موج کروی را در شکل با شعاع های که از نقطه  $O$  صادر میشوند نشان داده ایم. در محل برخورد هر یک از شعاع ها را به آئینه باز تابیده رسم میکنیم اگر این شعاع های تابیده شده را به عقب امتداد بدهیم همدیگر را به پشت آئینه در نقطه  $I$  قطع میکنند که فاصله آن از آئینه برابر است با فاصله شی ( $I$  عبارت از تصویر  $O$  است).

در فصل (۱) در بحثی که در مورد انعکاس از آئینه ها داشتیم شکل (۲-۲) نور وارده را موج مستوی در نظر گرفته بودیم که در آن شعاعات ورودی با یکدیگر موازی اند. در این مورد یک منبع نقطه ای داریم و شعاع ها که از این منبع به آئینه می تابند نسبت به یکدیگر واگرا هستند.



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

شکل ۲ - ۲: از شی نقطه O تصویر مجازی I در آئینه مستوی تشکیل شده است. به نظر می رسد که شعاع ها از I صادر می شوند ولی در واقع نوری از این نقطه عبور نمی کند.

تصاویر یا حقیقی هستند یا مجازی در تصویر حقیقی نور واقعاً از نقطه تصویر میگذرد در تصویر مجازی رفتاری نور طوری است که گویی از نقطه تصویر متباعد می شود. اگر چه نور از این نقطه عبور نمی کند. از تجربیات روزمره خودمان میدانیم که چنین تصاویر مجازی چقدر حقیقی به نظر می رسند و چطور جا های آنها در فضای پشت آئینه معین است. اگر چه این فضا یک دیوار خشتی اشغال کرده است.

شکل ۲ - ۳ دو تا از شعاع های شکل ۲ - ۲ را نشان میدهد. یکی بطور عمود در نقطه V به آئینه میخورد. و دیگر آن در نقطه اختیاری a به آئینه میتابد و با قسم قائم آئینه در این  $\theta$  نقطه زاویه وارده را میسازد. از هندسه  $\theta$  مقدماتی معلوم است که زوایای aOv و aIv هم با برابر هستند. بنا بر این دو مثلث قائم الزاویه aOv و aIv با هم متساوی اند و

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

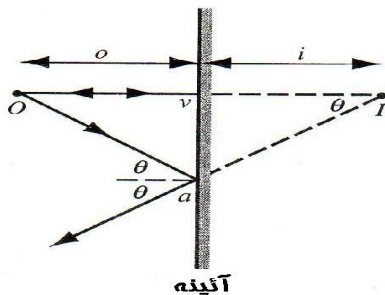
---



---

$$i = -o \quad \text{-----} \quad (1 - 2)$$

علامت منفی را برای این گذاشته ایم که نشان بدهیم I و O در دو طرف مقابل آئینه واقع شده اند. معادله (1 - 2) ربطی به  $\theta$  ندارد. و این یعنی که امتداد باز تابش هر شعاع که به آئینه می تابد از نقطه I (در پشت آئینه) می گذرد. همان طوری که قبلا هم دیدیم. برای بدست آوردن معادله (2 - 2) جز این  $\theta$  فرض که آئینه واقعاً مستوی است و شرایط اعتبار نور هندسی بر قرار اند هیچ تقریبی دیگری به کار نبرده ایم. از یک شی نقطه ای همیشه یک تصویر نقطه ای تشکیل میشود (بطوری که  $i = -o$ ) و هیچ فرقی نمی کند که زاویه در شکل 2 - 3 چقدر بزرگ است.



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

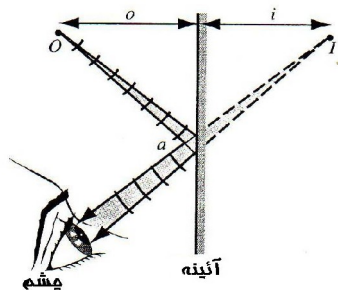


---

شکل ۲ - ۳: - دو تا از شعاع های شکل ۲ - ۲ زاویه میان شعاع  $Oa$  و قائم آئینه به دلخواه  $\theta$  انتخاب شده است.

به علت محدود بودن قطر مردمک چشم تنها شعاع های که نسبتاً نزدیک همدیگر باشند

می توانند پس از بازتابش در آئینه به چشم وارد شوند. اگر موضع چشم آن باشد که در شکل ۲ - ۴ می بینید تنها قطعه کوچکی از آئینه که دور و بر نقطه  $a$  است در تشکیل تصویر موثر است. بقیه آئینه را میشود که پوشاند یا اصلاً جدا کرد. اگر جای چشم را عوض کنیم قطعه موثر هم عوض می شود اما تا وقتی که شی سر جای خودش بماند جای تصویر مجازی  $I$  تغییر نمی کند.



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

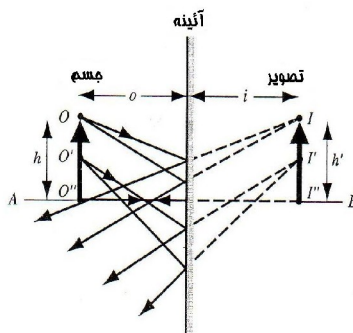


---

شکل ۲ - ۴ :- باریکی کوچکی که از شعاع های گسیل شده از O پس از انعکاس در آئینه مستوی وارد چشم میشود. تنها آن قسمتی از آئینه که حول نقطه a است موثر است. قوسهای کوچک نماینده بخشهایی از جبهه های موج کروی اند.

## تصویر یک جسم

اغلب ما مایل به یک تصویر منفرد از یک منبع نور نیستیم ، مگر یک شی توسعه یافته مانند صورت یا یک جسم کامل. مانند شکل ۲ - ۵ ما شی توسعه یافته را نشان میدهم توسط یک تیر. تمام راس ها از شی به عین فاصله از O قرار دارند. با استفاده از میتود های این فصل ما می توانیم که راس های شی O را از یک تصویر I که بنام فاصله I در عقب آئینه نامیده میشود بدست آوریم. فاصله شی و فاصله تصویر هر دو با هم یکجا شده اند توسط معادله ۲ - ۱ .



شکل ۲ - ۵ :- تصویر یک جسم در یک آئینه مستوی است.

آن هم یک مسافت I به پشت آئینه است. بدینوسیله با توجه به هدف کامل آهنگ ساخته شده است از منبعهای امتیاز ما می توانستیم به طورنهایی خارج تاریخچه کامل تصویر ردیابی بکنیم.

زیرا تمام امتیازها روی یک هدف مسافت O از آئینه هستند و تمام امتیازها روی تصویر یک مسافت I پشت آئینه هستند. لازم است که محل تنهائیک امتیاز تصویر بیابد که تصویر کامل واقع بشود. معمولاً ما تصویر نوک هدف می یابیم که در آنوقت نوک تصویر واقع بشود. در آن وقت است که آسان است که تصویر کامل بیرون بکشد. تصویر "I باید از دم پیکان به طول AB خط قرار داشته باشد. که از "O هدف توسعه داشته و عمود به آئینه است.

برای یک هدف تمدید شده آن مناسب است که بزرگ نمایی جانبی را به m نشان بدهیم و بطوریکه ما به ساده گی اشاره بکنیم که بزرگنمایی نسبت h' بر ارتفاع h باشد.

$$m = \frac{h'}{h} \text{ ----- (۲ - ۲)}$$

به طرف چپ این معادله (بدون آنکه به علامت اش کاری داشته باشیم) بزرگنمایی عرضی آئینه میگوییم و آنرا با  $m$  نشان میدهیم چون میخواهیم که معکوس بودن تصویر را با بزرگنمایی منفی نشان بدهیم در این صورت داریم که:

$$m = -\frac{i}{o} \text{-----} (3 - 2)$$

برای آئینه های کروی هر دو شکل  $2 - 2$  و  $3 - 2$  نشان میدهد که  $m = +1$  تصویر قائم شی بوده و اندازه همان شی است که بزرگنمایی آن چنین می باشد.

۱: اگر  $|m| > 1$  باشد تصویر مربوط نظر به شی بزرگ میشود.

اگر  $|m| < 1$  باشد تصویر خرد میشود.

### تصویر معکوس

شکل  $2 - 4a$  نشان میدهد که تصویر دست چپ به دست راست ظاهر میگردد. ما این منظور خود را تحت نام معکوس راست و چپ تفسیر مینمایم. اگر شما دست چپ خود را بلند کنید بعداً آئینه نشان میدهد بلند کردن دست راست شما را. این موضوع همیشه سوال بر انگیز بوده



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

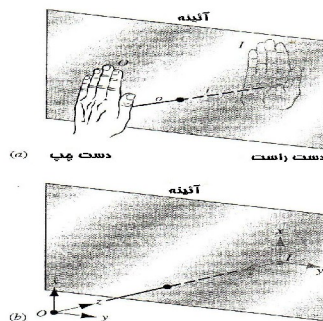
---



---

است که چرا آئینه چپ و راست را معکوساً نشان میدهد اما بالا و پائین را معکوساً نمایش نمی دهد.

شکل ۲-۶b نشان میدهد که یک آئینه شی سه بعدی را معکوس نشان میدهد. به ساده گی نشان داده شده بعنوان مجموعه دو طرفه سه پیکانی عمود. خط موازی پیکان های که به آئینه کروی (پیکانهای  $x$  و  $y$ ) که یکسان با تصویر آئینه های شان هستند. تنها پیکان  $z$  جهت اش توسط انعکاس تغییر داده شده است. بنا بر این دقیق تر بگویم که یک آئینه نسبتاً سریع تر معکوس میشود از جلو به عقب نسبت به معکوس شدن از چپ به راست. تغییر شکل دادن دست چپ به راست توسط حس پنجگانه تعیین شده بوسیله مبادله کردن جلو و پشت دست.



شکل ۲-۶ :- (a) آئینه مستوی چپ و راست را عوض می کند. شی  $O$  دست چپ است و تصویر  $I$  دست راست است.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

(b) مطالعه منعکس شدن سه پیکان شی نشان میدهد که معکوس شدن جلو به عقب سریع تر است نسبت به معکوس شدن چپ به راست.

یک شی نشان میدهد مشخصات قرار دادی دست راست را ( $X$  عبور می کند از مسیر  $Y$  به سمت  $Z$ ) زمانیکه تصویر مشخصات قرار دادی دست چپ را نشان دهد ( $X$  عبور میکند از مسیر  $Y$  به سمت منفی  $Z$ ). که این عمل دلالت بر یک شی معکوس فزیک می کند:

اگر ما به یک واقعیت پی ببریم که تمام انسان ها از دست راست خود استفاده میکنند، ما در می یابیم تفاوت بین یک وضعیت فزیک و آئینه که جسم تشکیل میشود. انسان ها از دست راست خود استفاده میکنند ولی آئینه دست چپ شان را نمایان میکند.

اگر چه انسان ها بدو دسته از نظر صورت تقسیم می شوند ما نمی توانیم که تشخیص دهیم بین جهان واقعی و یا جهانی که از یک آئینه شیشه ای می بینیم. که این فرق و تمایز هم مربوط به قوانین فزیک میشود. اگر قوانین فزیک تقارن راست و چپ مناسبی داشته باشد، تصویر که از آئینه تشکیل میشود یک تجربه بوده و همچنین یک تجربه فزیک هم است.

در سال ۱۹۵۶ کشف شد که مقابله با یک جسم ضعیف که دلیل مسلم شعاع رادیو اکتیو است عدم این تقارن است. که مساوات یا برابری نامیده میشود. که این تجربه برای اولین بار تقسیم شد بین اولین پایه اصلی در جهان ما و تصاویر آن.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

.....  
 مسئله نمونه ۲ - ۱ :- حد اقل طول  $h$  یک آئینه را که برای یک شخص که دارای ارتفاع  $H$  است بیاید ، تا که انعکاس کامل آن را ببینیم.

حل : شکل ۲ - ۷ نشان میدهد که پاهای شخص  $f$  ، چشم های او  $e$  و بالای سر او  $t$  می باشد ، برای اینکه شخص مذکور تمام قد خود را ببیند ، اشعه نوری  $tae$  باید که از نقطه بالای سر او به امتداد آئینه تابیده و بروی سطح آئینه در نقطه  $c$  منعکس گردیده واپس به چشمان شخص داخل گردد . همزمان اشعه نوری  $fce$  نیز از پاهای او به امتداد آئینه تابیده بعد از انعکاس در نقطه  $c$  به چشمان شخص بر میگردد.

شخص مذکور قادر است تا انعکاس کامل قد خود را ببیند (به شمول تصاویر مجازی نقاط  $t$  و  $f$ ) هرگاه طول آئینه حد اقل  $ac$  باشد. از شکل هندسی ۲ - ۷ داریم که :

$$ab = \frac{1}{2}te \quad \text{و} \quad bc = \frac{1}{2}ef$$

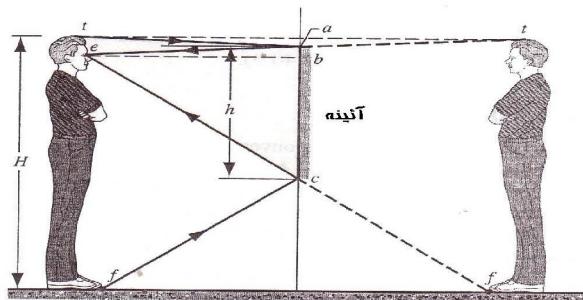
نقطه  $b$  به عین ارتفاع چشم ها قرار دارد .

$$ac = ab + bc = \frac{1}{2}te + \frac{1}{2}ef = \frac{1}{2}tf$$

به ازای  $h=ac$  و  $H=tf$  خواهیم داشت که:

$$h = \frac{1}{2} H$$

شخص مذکور در صورتی می تواند که تصویر کامل خود را مشاهده کند، که آئینه حد اقل برابر به نصف قد شخص باشد. قسمت های از آئینه که پائین تر از نقطه C قرار دارند. تصویر شخص نه بلکه تصویر کف اطاق که در قسمت جلو پا S قرار دارند را نمایش میدهد. باید توجه داشت که فاصله شخص از آئینه در این محاسبات کدام تغییری وارد نمی نماید. گفته های فوق برای تمامی اشیا در هر فاصله ای که از آئینه مستوی قرار داشته باشند صدق میکند.

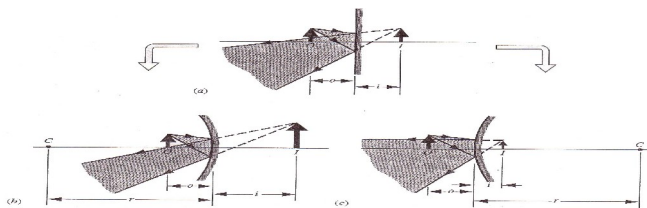


شکل ۲-۷ :- مسئله نمونه ۲-۱ .

## ۲ - ۳ آئینه های کروی

هرگاه ما برای یک آئینه مستوی یک مقدار انحنای بدیم آئینه کروی بدست خواهد آمد ، در اینجا ما به طور خصوصی آئینه های را مورد مطالعه قرار میدیم که شکل کروی دارند ، اشکال  $۲ - b$  و  $۲ - c$  اثرات را به دو طریق مختلف وانمود می سازند . در طریق اول شکل  $۲ - b$  آئینه مقعر است با نظر داشت موقعیت جسم .

نوت : این آئینه ها با مقایسه با آئینه های مستوی دارای بزرگنمایی تصویر اند ( تصویر بزرگتر از جسم است ) و تصویر به موقعیت دورتری در عقب آئینه قرار دارد ( طوریکه قیمت تصویر  $i$  منفی است ).  
از این آئینه ها به منظور تراشیدن ریش و یا زمانیکه بزرگنمایی مطلوب باشد استفاده میگردد. هرچند که میدان دید کاهش خواهد نمود . شکل  $۲ - b$  فقط زمانی صدق می نماید که فاصله جسم از آئینه کوچک باشد ( کوچکتر از  $r/2$  طوریکه مشاهده می نمایم ).



---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

شکل ۲ - ۸ :- ( الف ) جسم O در آئینه مستوی یک تصویر مجازی i را تشکیل میدهد. ( ب ) اگر آئینه خمیده باشد ، آئینه مقعر را میسازد تصویر از آئینه دور گردیده و بزرگتر میگردد. ( ج ) اگر آئینه خمیده باشد آئینه محدب را می سازد تصویر به آئینه نزدیک گردیده و کوچکتر می گردد. نقطه C بنام مرکز انحنا آئینه کروی یاد میگردد. نقطه C مرکز کره ایست که آئینه کروی قسمت از محیط آن ساخته شده است.

در طریق دوم شکل ( ۲ - ۸ ) آئینه محدب است با در نظر داشت موقعیت جسم.

نوت: تصویر تا اندازه کوچکتر گردیده و به آئینه نیز نزدیکتر میگردد در مقایسه با آئینه مستوی . نمونه از این نوع آئینه ها ، آئینه های دست راست و کنار موتر و آئینه های مراقبت است ، که در دوکان ها برای کنترل مشتری استفاده میگردد. در مقایسه با آئینه های مستوی ساحه دید در این آئینه ها بیشتر است.

فرض نماید که آئینه کروی در شکل ۲ - ۸ انحنا پذیر می بود، اگر ما آئینه ها را طوری خم می دادیم تا شکل یک آئینه مستوی را اختیار نماید تصویر نیز موقعیت و اندازه را مشابه به تصویر آئینه های مستوی اختیار می نماید. فلذا ما می توانیم آئینه های مستوی را نیز حالت بخصوص از آئینه های کروی بدانیم. طوریکه در آن شعاع انحنا لایتناهی یا بی نهایت بزرگتر است.

معادلات که آئینه ها کروی توضیح می نمایند نیز باید که به معادلات آئینه مستوی تقلیل یابند طوریکه ( $i = -o$ ) میگردد ، زمانیکه شعاع به طرف لاینهای متمایل میگردد.

## معادله آئینه

در اخیر همین فصل ما معادله که فاصله شی را به  $O$  و فاصله تصویر را به  $i$  وانمود می سازد بدست می آوریم ما حالت بخصوص را در نظر میگیریم ، طوریکه شعاعات نورانی که از جسم به امتداد آئینه می تابد با محور آئینه زاویه کوچکی را میسازد .

و حالتی دیگری را بگیریید طوریکه ابعاد آئینه نظر به شعاع انحنای آن کوچک اند . توضیحات ما برای یک آئینه کاملاً درخشان یا به شکل نیم کره کامل صدق نمی کند.

معادله آئینه سه نقطه را در شکل ۲ - ۸ مرتبط می سازد . این نقاط عبارتند از  $O$  ،  $i$  و  $r$  شعاع انحنای آئینه . این ارتباط بوسیله معادله آئینه کروی توضیح میگردد.

$$\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = \frac{2}{r} \quad \text{-----} (2 - 4)$$

اگر ما فاصله محراقی را نیم شعاع انحنای فرض نمایم درست است .

$$f = \frac{r}{2} \quad \text{-----} (۲ - ۵)$$

لذا معادله آئینه کروی از چنین فاصله محراقی اینطور توضیح میگردد.

$$\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f} \quad \text{-----} (۲ - ۶)$$

شکل (۲ - ۹) شعاعات موازی متلاقی با آئینه را نشان میدهد. شعاعات موازی از یک جسم که در موقعیت دوری از آئینه قرار دارند به امتداد آئینه می آیند و بعد از برخورد در محراق جمع میگردند. نقطه که شعاعات جمع میگردند بنام محراق آئینه یاد گردیده و از آئینه به فاصله جسم در لایتهای از آئینه باشد.  $i = f$  میگردد. اگر  $r = \infty$  در یک آئینه مستوی باشد، معادله ۲ - ۴ با در نظر داشت معادله ۲ - ۱ به  $i = -o$  تبدیل میگردد. لذا آئینه مستوی یک حالت خاصی آئینه کروی است. هرگاه شعاع انحنای به طرف لایتهای متمایل گردد معادله ۲ - ۶ برای دریافت موقعیت تصویر استفاده میشود و اندازه تصویر در مقایسه با اندازه جسم از  $m = -\frac{i}{o}$  یعنی بزرگنمایی دریافت شده می تواند.



## علامه های قرار دادی

شکل ۲ - ۹ علامه قرار دادی که باید در معادلات ۲ - ۶ و ۲ - ۴ استفاده شود را نشان میدهد. آن طرف آئینه که نور به آن برخورد میکند بنام (جهت حقیقی) یاد میگردد.

بخاطریکه در همان طرف تصویر حقیقی تشکیل میشود.

تصویر حقیقی تصویر است که توسط شعاعات متقارب تشکیل میگردد. معمولاً می توانیم بگویم که تصویر حقیقی تصویر است که در موقعیت تشکیل بالای پرده گرفته شده بتواند. در جهت حقیقی  $f$  مثبت گرفته میشود.

ناحیه عقبی آئینه را بنام (جهت مجازی) یاد میکنند. بخاطریکه در همان طرف تصویر مجازی تشکیل میگردد. تصویر مجازی تصویر است که توسط شعاعات متباعد تشکیل گردیده و بالای پرده گرفته شده نمی تواند. در جهت مجازی  $f$  منفی گرفته میشود.

بر اساس این علامه های قرار دادی در شکل ۲ -  $b$  فاصله جسم  $O$  مثبت است.

(بخاطریکه جسم در جهت حقیقی مثبت است) فاصله تصویر یعنی  $i$  منفی است.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

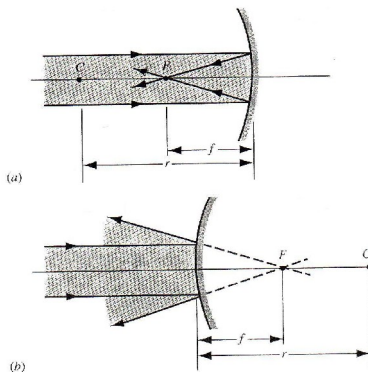
---



---

(بخاطریکه تصویر در جهت مجازی آئینه است). مرکز انحنا یعنی  $C$  به جهت حقیقی است. لذا شعاع انحنا یعنی  $r$  مثبت است. در شکل ۲ - ۸c  
 $0$  مثبت و  $i$  منفی است. مثل شکل 2 - 8b اما  $r$  منفی است بخاطریکه در جهت مجازی است.

شکل ۲ - ۱۰ فاصله تصویر را در آئینه مقعر از سه جسم در موقعیت های متقارب نشان میدهد. در شکل ۲ - ۱۰a فاصله جسم و تصویر مثبت است. بخاطریکه جسم و تصویر هر دو در جهت حقیقی موقعیت دارند.



شکل ۲ - ۹: (الف) - در یک آئینه مقعر شعاعات موازی در نقطه  $f$  یعنی محراق اصلی در جهت حقیقی جمع شده اند.  
 (ب) در یک آئینه محدب امتداد شعاعات موازی پس از انعکاس به محراق

---



---

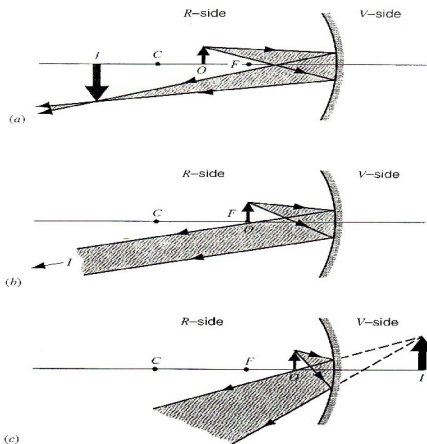
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

مجازی در جهت مجازی جمع شده اند.



شکل ۲ - ۱۰ :- شی را به آرامی به آئینه مقعر نزدیک میکنیم. (الف) جسم دورتر از محراق قرار دارد .

(ب) جسم بین محراق و آئینه قرار دارد . بنا بر این تصاویر ایجاد شده در هر حالت چنین خواهد بود .

(a) تصویر در قسمت R تشکیل میشود . (b) تصویر در بی نهایت تشکیل میشود . (c) تصویر در قسمت V تشکیل میشود .

در سمت مثبت شکل ۲ - ۱۰b جسم در محراق آئینه قرار دارد . بنا بر این فاصله جسم از محراق  $f=0$  است . و نظر به معادله ۲ - ۶ ما

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

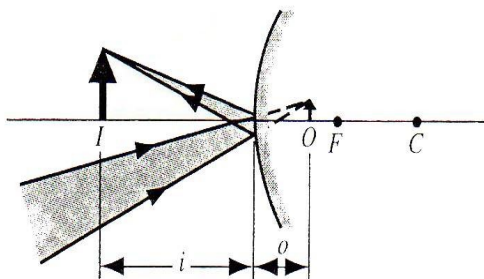


---

داریم که  $i$  مساوی به لایتناهی خواهد شد. که این با موازی بودن نور در آئینه های مقعر سازگاری دارد.

در شکل ۲ - ۱۰c بزرگنمایی جانبی  $m$  که از معادله ۲ - ۳ بدست می آید منفی می باشد. بخاطریکه  $O$  و  $i$  هر دو مثبت اند. و تصویر ایجاد شده نیز معکوس می باشند ( که آن هم بزرگتر از حد معمول است چگونه  $i$  بزرگتر از  $O$  است. )

در شکل ۲ - ۱۰c.  $O$  و  $i$  علامت های مختلف دارند. بنا بر این  $m$  مثبت و تصویر نیز همانطوریکه نشان داده شده است به سمت بالا خواهد بود.



شکل ۲ - ۱۱: - تفاوت نور (در آئینه ها و عدسیه ها مانند هم نیست) در آئینه های محدب بستگی به محدبیت آئینه دارد. اگر جسم قرار گرفته در نقطه  $O$  نوری بتابد. در صورتیکه هیچ نوری در قسمت  $V$  نباشد. تصویر حقیقی  $i$  تشکیل

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

میگردد. بدین ترتیب این بدان معنی است که تصویر حقیقی تنها زمانی تشکیل میشود که فاصله آن کمتر از فاصله محراقی باشد. (فاصله آئینه تا محراق  $f$  را فاصله محراقی میگویند) اما در حالت مشابه می توانیم بگوئیم که تصویر آئینه های محدب همیشه یک تصویر حقیقی است.

در شکل ۲ - ۱۱ ترتیب دیگری در نظر گرفته شده است طوری که جسم در قسمت  $V$  آئینه قرار دارد. بنا بر این  $O$  منفی است. (سایر آئینه ها و عدسیه های مختلف نشان داده نشده اند). در شکل ۲ - ۱۱ اگر آئینه وجود نداشته باشد نور مستقیماً به جسم در نقطه  $O$  تلاقی میکند که این نقطه موقعیت جسم را نشان میدهد. و فاصله بین جسم و آئینه که منفی می باشد. را فاصله جسم می گویند و فاصله تصویر مثبت می باشد. بزرگنمایی نیز مثبت است. و جهت تصویر همانطوری که نشان داده شده است. به سمت بالا می باشد. آیا می توانید که پیشگوی کنید که تصویر ایجاد شده چگونه خواهد بود اگر محدبیت آئینه تغییر کند (یعنی آئینه محدب، مقعر باشد) فاصله و نتیجه تصویر ایجاد شده چگونه خواهد بود؟ تصویر به سمت بالا خواهد بود یا به سمت پائین؟

ترسیم شعاع

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

این یک فکر خوب برای چک کردن نتایج الجبری حاصله از معادلات گرافیکی آئینه می باشد . که این روش را ترسیم شعاع میگویند . همانطوریکه در شکل ۲ - ۱۰ پیشنهاد شده است ، تصاویر حقیقی و مجازی از شعاع وارده و منعکسه شعاع های که به سطح آئینه برخورد میکنند بوجود می آیند و ما می توانیم که موقعیت آنها مشخص کنیم که این کار را با ساده گی به کشیدن شعاع های اصلی میتوان انجام داد . که از تلاقی این شعاع ها تصویر مورد نظر تشکیل میشود .

شعاع های که در شکل ۲ - ۱۲ نشان داده شده اند در بر گیرنده بی نهایت شعاع می باشند . که می توانند که موقعیت تصویر ایجاد شده را بیان کنند . ( منظور این است که برای نشان دادن یک دسته شعاع نوری که از میلیونها شعاع نوری تشکیل شده است . ما در اشکال کشیده شده تنها از چند شعاع نوری اصلی استفاده کنیم .) این شعاع ها لازم نیست که در واقعیت هم وجود داشته باشند . بطور مثال ممکن است که آئینه مورد نظر ما بوده و انعکاس نور در آن فرق کند ولی در اصول و قوانین انعکاس این موضوع خللی در انعکاسات تئوری نوری ایجاد نمی کنند . به هر حال و با این وجود برای بدست آوردن تصویر مورد نظر می توان که از این قوانین استفاده کرد . و حتی با بلاک شدن تعداد زیادی از شعاع ها نیز تصویر در حالت تئوری نه عملی تشکیل خواهد شد . شعاع موجود عبارت اند از :

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

۱ - شعاع های موازی با محور از محراق عبور میکنند. ( شکل ۲ - ۱۲a آئینه مقعر ) یا در آئینه های محدب این عملیه قابل تطبیق است . مانند شکل ( ۲ - ۱۲c ).

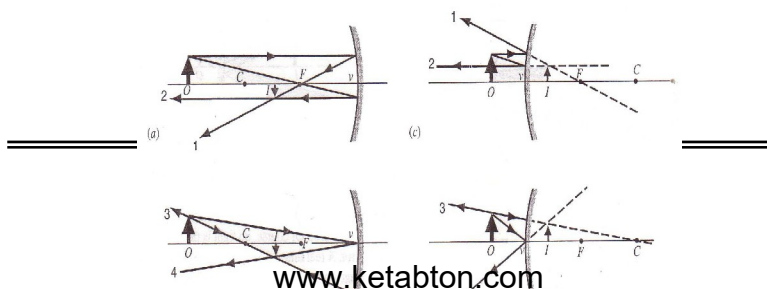
۲ - شعاع های که از محراق عبور میکنند در آئینه های محدب شکل ۲ - ۱۲a یا ۲ - ۱۲c در آئینه های مقعر به موازات محور انعکاس میکنند.

۳ - شعاع های که از مرکز C عبور میکنند دوباره از همان مرکز C هم انعکاس میکنند .

( شکل ۲ - ۱۲b و ۲ - ۱۲d ) .

۴ - شعاع های که از نقطه V عبور میکنند ( V نقطه تلاقی محور با آئینه است . ) با همان زاویه تابش ولی به صورت معکوس انعکاس میکنند. ( شکل ۲ - ۱۲b و ۲ - ۱۲d ) .

دو نوع از چهار نوع شعاع ذکر شده بالا برای تعیین موقعیت تصویر استفاده میشوند مانند شکل ۲ - ۱۲ .



---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

شکل ۱۲ - ۲ :- (a و b) برای تشکیل تصویر در آئینه های کروی چهار دسته شعاع ضرورت است، که تصاویر حقیقی و مجازی است. (c و d) چهار شعاع مشابه در آئینه های کروی محدب، که تصاویر راسته و معکوس اند.

.....

مسئله نمونه ۲ - ۲ :- در حالت نشان داده شده در شکل ۲ - ۱۲a و ۲ - ۱۲b فرض کنید که  $f=12cm$  و  $o=36cm$  باشد. موقعیت تصویر و انعکاس نور را مشخص کنید. حل: با توجه به معادله ۲ - ۶ داریم که:

$$\frac{1}{i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{o} = \frac{1}{12cm} - \frac{1}{36cm}$$

$$i = 18 cm$$

یا

با استفاده از رابطه ۲ - ۳ داریم که:



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

$$m = -\frac{i}{o} = -\frac{18cm}{36cm} = -0.50$$

بنا بر این اندازه تصویر  $\frac{1}{2}$  اندازه جسم است. و چون علامت منفی دارد پس تصویر به صورت معکوس می باشد مانند شکل ۲ - ۱۲a و ۲ - ۱۲b.

.....

مسئله نمونه ۲ - ۳ :- آئینه محدب نشان داده شده در شکل دارای شعاع انحنای 22cm و جسم در 14cm آئینه قرار دارد تصویر حاصله را بدست بیاورید با استفاده از حالت گرافیکی و روش الجبری.

حل :- (الف) در شکل ۲ - ۱۳ جسم و آئینه نشان داده شده است شعاع ۱، ۲ و ۳ نشان دهنده موقعیت تصویر می باشد، تصویر به سمت بالا و در قسمت V می باشد فاصله تصویر حدوداً نصف اندازه جسم واقعی است.

(ب) با در نظر گرفتن علامت ها شعاع منفی خواهد بود اگر مرکز انحنای در قسمت V باشد با استفاده از معادله (۲ - ۴) برای  $\frac{1}{i}$  چنین بدست می آوریم:

$$\frac{1}{i} = \frac{2}{r} - \frac{1}{o} = \frac{2}{-22cm} - \frac{1}{+14cm}$$

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

و از معادله فوق چنین بدست

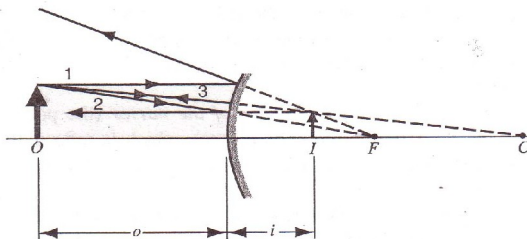
می آید:

$$i = -6.2 \text{ cm}$$

که این مقدار با توجه به شکل گرافیکی نیز درست می باشد .  
و بزرگنمایی نیز با استفاده از معادله ۲ - ۳ چنین خواهد بود:

$$m = -\frac{i}{o} = -\frac{-6.2 \text{ cm}}{+14 \text{ cm}} = +0.44$$

که با استفاده از حالت گرافیکی نیز به همین صورت بدست خواهد آمد و چون  $m > 0$  است این بیانگر آن می باشد که تصویر به سمت بالا است.



شکل ۲ - ۱۳ :- مسئله نمونه ۲ - ۳ .

### استحصال معادله آئینه:

در شکل ۲ - ۱۴ یک موج کروی را می بینید که از شی نقطه ای O به یک آئینه مقعر با شعاع انحنای I تابیده است یک محور مرجع مناسب خطی است که از O و از مرکز انحنای آئینه (c) می گذرد. یک شعاع که با محور زاویه دلخواه  $\alpha$  را می سازد از O به آئینه میتابد و بعد از انعکاس در a محور را در I قطع میکند. شعاع دیگر که از شی O در امتداد محور به آئینه می تابد بعد از انعکاس در v روی خودش بر میگردد و این هم از I می گذرد. بنا بر این اقلأً برای این دو شعاع I تصویر O است این تصویر حقیقی است چون نور واقعاً از I عبور میکند حالا می خواهیم که جای I را پیدا کنیم.

از یک قضیه هندسه استفاده میکنیم که میگوید هر زاویه خارجی مثلث با مجموع زوایای داخلی مقابل آن مساوی است بنا به این قضیه می توانیم در مورد مثلثهای oac و oal در شکل ۲ - ۱۴ بنویسم که:

$$\beta = \alpha + \theta \quad \text{و} \quad \gamma = \alpha + 2\theta$$

اگر  $\theta$  را از بین این دو معادله حذف کنیم نتیجه می شود که

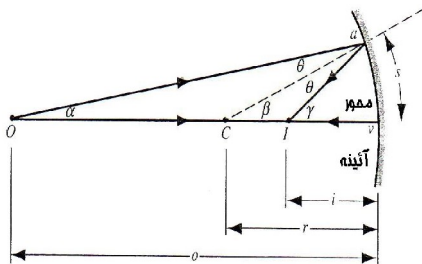
---



---


$$\alpha + \gamma = 2\beta$$

----- (۷ - ۲)



شکل ۲ - ۱۴: دو شعاع تابیده از شی بعد از انعکاس در یک آئینه کروی مقعر تقارب میشوند و تصویر حقیقی I را تشکیل میدهند. زوایای  $\alpha$  و  $\beta$  و  $\gamma$  را می توانیم بر حسب رادیان به صورت زیر بنویسیم.

$$(۲ - ۸) \quad \alpha \approx \frac{s}{o} \quad \beta = \frac{s}{r} \quad \gamma \approx \frac{s}{i}$$

در روابط فوق  $s$  طول منحنی  $av$  بوده،  $o$  و  $i$  به ترتیب فاصله جسم و تصویر و  $r$  طول شعاع انحنای آن است. همچنان باید متذکر شده که کاملاً مساوی به  $s/r$  بوده چون مرکز انحنای قوس  $av$  را در نقطه  $c$  تشکیل

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

میدهد. اما در روابط  $a$  و  $\gamma$  رابطه به صورت تقریبی بوده در صورتیکه زوایا به اندازه کافی کوچک باشند. از جمله شعاعات که از جسم  $O$  به آئینه می تابند تنها یک زاویه محور تشکیل می دهند و این شعاعات که با محور آئینه زاویه خیلی کوچک را می سازند بنام شعاعات پاراکسل یاد میشوند. و ضرورت است که این نوع حالت ها در مقابل آئینه های مستوی تشکیل نمایم.

شکل (۲ - ۱۵) طوریکه در شکل دیده میشود. یک جسم نقطوی  $O$  در مقابل یک آئینه محدب قرار داشته و شعاعات وردی آن زوایای مانند زوایای شکل (۲ - ۱۴) تشکیل داده اند. و می توانیم که یک برداشت مانند شکل قبلی نمایم و معادله آن طبق معادله ۲ - ۴ می باشد. در شکل ۲ - ۱۵ قیمت های  $i$  و  $r$  منفی می باشد.

در تمرین ۱۶ این موضوع به وضاحت گفته شده است. برای دریافت بزرگنمایی از شکل ۲ - ۱۶ استفاده میکنیم. که در شکل مذکور شعاع  $a$  از جسم به آئینه تابیده بعد از انعکاس به امتداد  $v$  از بلند یا راس تصویر میگردد.

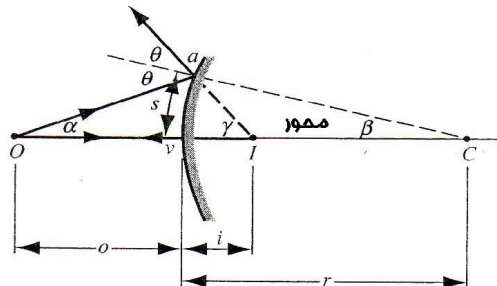
و طبق قاعده انعکاس شعاع وردی  $a$  زوایای مساوی  $O$  را با محور آئینه میسازد.

در دو مثلث قائم الزاویه  $aov$  و  $biv$  می توانیم بنویسیم که:

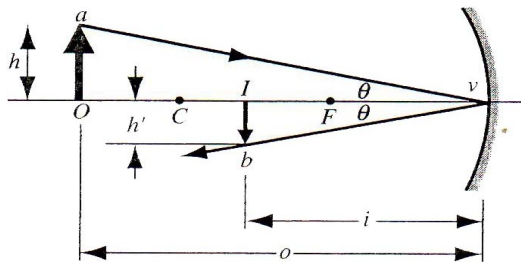
$$\frac{Ib}{Oa} = \frac{vI}{vO}$$

فصل (۱) ..... امواج نوری

----- (۲ - ۹)



شکل ۲ - ۵  
آئینه محدب تشکیل میدهد. این شکل را با شکل ۲ - ۱۴ مقایسه نماید.  
i را در مقابل



شکل ۲ - ۱۶ : - جسم  $O$  تصویر حقیقی  $I$  را در آئینه مقعر تشکیل داده است.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

اگر جسم oa را  $h$  بگیریم و تصویر را  $h'$  بگیریم این کمیات موافق مقدارهای ذکر شده

(۲ - ۲) می باشد، که قبلاً هم در مورد شان بحث شده و همچنان طرف چپ مساوات ۲ - ۹ برابر است به  $h'/h$ . بعد از اختصار داریم که:  $m = -i/o$  طبق که در مساوات (۲ - ۳) بیان گردید.

مساوات (۲ - ۴) در بر گیرنده زوایای  $\beta$ ،  $\gamma$  و  $\theta$  نمی باشد و برای تمام شعاعات پاراکسل صدق میکند. شعاعات در مقابل آئینه آنقدر می توانند حالت پاراکسل را بخود بگیرند که گذاشتن یک دیگرام دایروی با راس  $v$  می توان حالت ماکریمم  $a$  را تشکیل نمود. بعضاً تصاویر در مقابل آئینه های کروی حالت ثابت تشکیل شده که این حالت از انحراف کمی شعاعات بوجود می آید بخاطریکه نور شعاعات پاراکسل کاملاً نمی توان توجیه کرد. بناً یک منبع نقطوی در مقابل تشکیل تصویر نقطوی نمی دهد. تمرین ۱۲ را ببینید گاهی یک تحریف در مقابل آئینه بوجود می آید بخاطریکه از بزرگنمائی با فاصله محور آئینه تفاوت نمی کند.

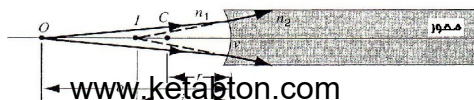
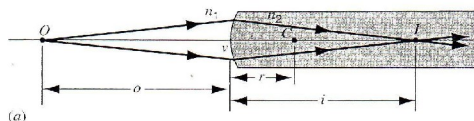
مساوات یا معادله ۲ - ۳ کاملاً برای شعاعات پاراکسل صدق میکند. اخیراً باید در نظر داشته باشیم که نور هندسی یک حالت

مخصوص از نور فیزیکی است. اثرات تفرق حالت طبیعی تصویر را تظاهر میسازد.

## ۲ - ۴ سطوح شکاننده کروی

طوریکه در شکل ۲ - ۱۷a مشاهده میکنید یک دسته شعاع از جسم نقطه ای  $O$  به یک سطح منکسره کروی با شعاع انحنای  $r$  می تابد. سطح مذکور دو محیط را از همدیگر جدا میکند. طوریکه ضریب یک محیط  $n_1$  که شعاع از آن می تابد، و از محیط دوم  $n_2$  می باشد. و از جسم نقطوی  $a$  یک تصویر در مرکز سطح مذکور تشکیل گردیده ولی اغلب ما به این نوع تصاویر مواجه نمی شویم. دریافت معلومات در باره تصاویر متشکله مقابل سطوح منکسره کروی بسیار ضروری است. بخاطری دانستن تصاویر در مقابل عدسیه نازک در بخش ۲ - ۵ بیان میگردد.

در شکل (۲ - ۱۷b) سطح مقعر یک تصویر مجازی را تشکیل وقتیکه  $n_1 < n_2$  و تصویر مجازی در آن طوری تشکیل شده که گویا شعاعات از همان نقطه  $i$  پخش میشوند. در شکل (۲ - ۱۷c) یک سطح مقعر است که با شعاع وارده هم جهت بوده و دراین حالت  $n_1 > n_2$  و یک تصویر حقیقی را تشکیل میدهد.





---



---

 فصل (۱) ..... امواج نوری
 

---



---

شکل (۲ - ۱۷) :- ( الف ) یک تصویر حقیقی در مقابل سطح کروی محدبی

تشکیل شده که در

آن  $n_2 > n_1$  است . ( ب ) یک تصویر مجازی بوده که از امتداد یافته شعاع

منکسره در مرز با جهت مقعر تشکیل شده طوریکه  $n_2 > n_1$  ( ج ) مانند ب

بوده به استثنای اینکه  $n_2 < n_1$  است و در حالت مذکور یعنی C یک تصویر

حقیقی تشکیل میشود.

قراریکه بعداً ثبوت خواهیم نمود فاصله تصویر ( i ) به فاصله جسم O و

شعاع انحنا r با ضرایب انکسار  $n_1$  و  $n_2$  دارای یک رابطه مانند ذیل اند .

$$\frac{n_1}{o} + \frac{n_2}{i} = \frac{n_2 - n_1}{r} \quad \text{----- ( ۲ - ۱۰ )}$$

---



---

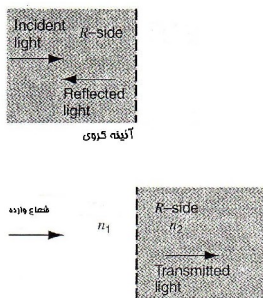
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

که این مساوات می تواند برای حل مسائل سطوح محدب و مقعر صدق میکند. تنها محدودیت که در آئینه های کروی وجود دارد ، عبارت از این است که شعاعات باید پاراکسل باشند.



شکل (۲ - ۱۸) :- تصاویر حقیقی معمولاً

در عین جهت تشکیل میشوند ، یعنی هم جهت با شعاع ورودی می باشند که این حالت تنها در آئینه ها صدق میکند. اما برای دیوپتر کروی و عدسیه ها تصاویر در جهت های مختلف تشکیل میشود.

قیمت که در رابطه (۲ - ۱۰) وضع شده در شکل (۲ - ۱۶) خلاصه و واضح می شوند و همراهی روابط در آئینه های مقعر مقایسه میشوند. اگر قرار باشد که یک تصویر حقیقی از تلاقی شعاعات در مقابل سطح منکسر کروی تشکیل شود باید که شعاعات ورودی در جهت مخالف قرار داشته باشند، جهت که تصویر حقیقی تشکیل میشود بنام جهت حقیقی و طرف که تصاویر مجازی با عین جهت با شعاعات ورودی

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

تشکیل میشوند بنام جهت مجازی یاد میشوند، قراریکه در شکل ۲ - ۱۷b نشان داده شد.

شعاع انحنای مثبت را بخود میگیرد در صورتیکه مرکز یا C به طرف جهت حقیقی باشد و شعاع انحنای قرار شکل ۲ - ۱۷b قیمت منفی را بخود میگیرد، و در صورتیکه مرکز در جهت مجازی باشد، شعاع قیمت مثبت را شکل های (۲ - ۱۷a) و (۲ - ۱۷b) دارا است اما در b قیمت منفی را دارا می باشد.

.....

#### مسئله نمونه ۲ - ۴ :-

یک تصویر هندسی را در مقابل یک کروی مانند شکل ۲ - ۱۷a در نظر بگیرید ، هرگاه طول تصویر 11cm و ضرایب انکسار یعنی  $n_1 = 1.0$  و  $n_2 = 1.9$  باشد و فاصله جسم نیز 19cm باشد فاصله تصویر را بدست آورید :

حل :- معادله ۲ - ۱۰ را برای  $n_2 / i$  بدست آورید بعداً قیمت های بدست آمده را جایگزین نمایم می یابیم که :

$$\frac{n_2}{i} = \frac{n_2 - n_1}{r} - \frac{n_1}{o} = \frac{1.9 - 1.0}{+11cm} - \frac{1.0}{+19cm}$$

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

در این جا  $r$  مثبت است چرا که مرکز یا  $C$  به جهت حقیقی مطابق به شکل  $2 - \sqrt{a}$  قرار دارد. اگر ما معادله فوق را برای  $i$  حل نمایم می یابیم که:

$$i = +65cm$$

و نتیجه آخری موافق به علامه های قرار دادی می باشد. نور معمولاً از مقابل تصویر  $i$  عبور نموده، در این حالت تصویر حقیقی می باشد. بخاطر داشته باشید که  $n_1 (= 1.0)$  همیشه اشاره بر وسیله می کند که نور از کدام منبع می تابد.

.....  
مسئله نمونه ۲ - ۵ :-

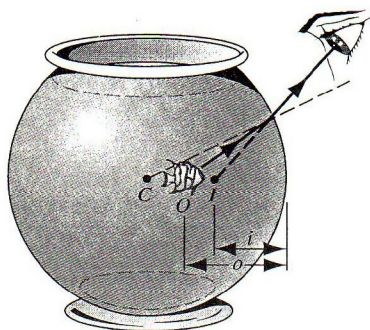
یک ماهی در جهت افقی قطر یک ظرف کروی به فاصله  $10cm$  از کنار آن شنا میکند، اگر شعاع کره  $15cm$  و ضریب انکسار آب  $n_1 = 1.33$  باشد، موقعیت ماهی را بدست آورید.

حل :- مطابق به علامه های قرار دادی و شکل هندسی ۲ - ۱۹، ما  $O$  را مثبت در نظر می گیریم بخاطریکه شی در جهت مجازی سطح کروی قرار دارد، و  $r$  را منفی در نظر میگیریم بخاطریکه  $C$  به طرف مجازی قرار دارد. معادله ۲ - ۱۰ را همراهی  $n_2 = 1$  استفاده میکنیم که می یابیم:

$$\frac{n_2}{i} = \frac{n_2 - n_1}{r} - \frac{n_1}{o} = \frac{1 - 1.33}{-15cm} - \frac{1.33}{10cm}$$

بعد از اختصار می یابیم که :

$$i = -9.0\text{cm}$$



شکل ۲ - ۱۹ : - مسئله نمونه ۲ - ۵ ، شعاع O یا شعاع که از ماهی می تابد بعد از خروج طبق قانون snell انکسار میکند .

استحصال فورمول سطح شکاننده

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

در شکل (۲ - ۲۰) منبع نقطه ای O را می بینید که نزدیک یک سطح شکاننده کروی به شعاع انحنای I قرار گرفته است این سطح دو محیط را که ضریب شکستهای آنها متفاوت است از هم جدا میکند. ضریب شکست محیطی که نور از آن به سطح می تابد  $n_1$  است و ضریب شکست محیطی که در طرف دیگر این سطح قرار گرفته  $n_2$  است.

خطی که از O و از مرکز انحنای سطح شکاننده C میگذرد محور مناسبی است که سطح را در راس  $v$  قطع میکند. از O اشعه رسم میکنیم که با محور زاویه کوچک ولی دلخواه  $\alpha$  را میسازد. و این اشعه در  $a$  به سطح میخورد و طبق قانون می شکند و شعاع شکسته محور را در I قطع میکند.

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

شعاع که از O روی محور به طرف سطح می رود موقع ورود شکسته نمی شود و آن هم از I میگذرد. بنا بر این دست کم این دو شعاع I تصویر O است.

مثلاً وقتی که داشتیم معادله آئینه را به دست می آوردیم از آن قضیه استفاده می کنیم.

که می گوید هر زاویه خارجی مثلثی برابر است با مجموعه دو زاویه داخلی مقابل بنأ به این قضیه می توانیم در مورد مثلث های COa و Ica بنویسیم.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

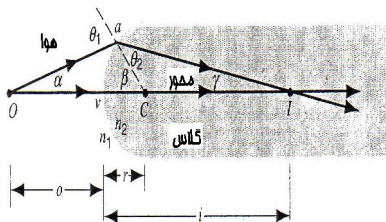
$$\theta_1 = \alpha + \beta \quad \text{-----} \quad (2-11) \quad (\beta = \theta_2 + \gamma) \quad \text{و}$$

با کوچک شدن  $\alpha$  زاویه های  $\beta$  ،  $\theta_1$  ،  $\gamma$  و  $\theta_2$  در شکل ۲-۳ هم کوچک می شوند. به جای ساین زاویه های خود این زاویه ها را قرار بدهیم و آن وقت می توانیم که قانون انکسار نور را به این صورت بنویسیم.

$$n_1 \theta_1 \approx n_2 \theta_2 \quad \text{-----} \quad (2-12)$$

از ترکیب معادلات ۲-۱۱ و ۲-۱۲ نتیجه می شود.

$$n_1 \alpha + n_2 \gamma = (n_2 - n_1) \beta \quad \text{-----} \quad (2-13)$$



شکل ۲-۲۰ :- شی ۵ با یک تصویر واقعی I بعد از برخورد به یک سطح محدب کروی با همدیگر یکجا می شوند.

زوایای  $\alpha$  ،  $\beta$  و  $\gamma$  را بر حسب رادیان در شکل ۲-۲۰ می توانیم به صورت زیر بنویسیم.

$$\alpha \approx \frac{s}{0} \quad \gamma \approx \frac{s}{i} \quad \beta \approx \frac{s}{r} \quad (2-14)$$

از این معادلات فقط دومی آنها دقیق است دو تای دیگر تقریبی اند چون O و I مراکز دایره‌های که av قوسی از آنها باشند نیستند. با این همه برای شعاع‌های (برای  $\alpha$  های که به قدر کافی کوچک اند) می‌توانیم خط‌های موجود در معادله ۲-۱۴ را تا حد مطلوب کوچک کنیم. اگر معادله ۲-۱۴ را در معادله ۲-۱۳ قرار بدهیم نتیجه معادله ۲-۱۰ می‌شود.

## ۲-۵ عدسیه‌های نازک:

مثال‌های بسیاری در رابطه به انکسار نور توسط عدسیه‌های وجود دارد. مانند عدسیه در چشمان ما متمرکز کردن نور در شبکه چشم - و تصحیح کننده عدسیه‌های عینک و همچنین جبران کردن کمبودی‌های در بینائی ما وظیفه اجرا می‌کند. عدسیه‌های گوناگون برای متمرکز کردن نور در کامره‌های فیلم وجود دارد. در این بخش ما مورد بررسی قرار می‌دهیم مشخصات همچو عدسیه‌های را. در وضعیت‌های مختلف انکسار ظاهراً انکسار‌های متعددی دیده می‌شود. این یک راه درست برای ارتباط عدسیه است. از آن جایکه اول نور از فضا به داخل کلاس تاییده و بعداً از



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

شیشه به چشم ما میخورد در این جا است که ما یک علت مخصوص عدسیه های نازک را ملاحظه میکنیم. در این جا است که ضخامت عدسیه مقایسه شده کوچک است به شی که در فاصله  $o$  است نسبت به شی در فاصله  $I$  است. و خمیده گی و انحنای  $r_1$  و  $r_2$  را به نام انکسار این دو یاد میکنند. برای همین قسم عدسیه ها ما خواهد ثابت کردیم در این بخش این کمیت شرح داده شده توسط:

$$\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f'} \quad \text{----- (۲ - ۱۵)}$$

و در محراق موضعی طول عدسیه  $f$  داده شده است توسط:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad \text{----- (۲ - ۱۶)}$$

معادلات ۲ - ۱۵ و ۲ - ۱۶ شباهت زیادی به عدسیه ها و شعاع پاراکسل دارند. یادداشت: معادله (۲ - ۱۵) مانند معادله است که در آئینه های کروی است. معادله (۲ - ۱۶) را همچنین بنام معادله سازنده عدسیه هم یاد میکنند.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

در معادله (۲ - ۱۶) ،  $r_1$  شعاع انحنای دایره در زمانی که اولاً نور می تابد و  $r_2$  شعاع دومی می باشد. معادله ۲ - ۱۶ به عدسیه های استفاده می شود که ضریب انکسار آن  $n$  در فضا باشد. اگر عدسیه را وارد یک محیط معتدل نمایم ضریب انکسار آن برابر یک نمی شود. در معادله ۲ - ۱۶ ما می توانیم که جایگزین نمایم  $n$  را به جای  $n_{\text{lens}}/n_{\text{medium}}$  . بزرگ سازی جانبی عدسیه ها داده شده توسط فورمول مشابه آئینه های کروی.

$$m = -\frac{i}{o} \text{ ----- (۲ - ۱۷)}$$

در این بخش ما مورد مطالعه قرار میدهیم نتیجه این موضوع را.

### علامت های قرار دادی

علامت های قرار دادی برای  $o$  ،  $i$  و  $r_1$  مساوی اند به آئینه های کروی و صفحه منکسره مطابق شکل (2-18) و (۲ - ۲۱) این علامت قرار داد را نشان میدهد ، مانند گذشته ما دو طرف  $R$  و  $V$  داریم.

۱ :- شعاع انحنای  $r_1$  با مراجعه کردن به سطح اولی به نور میخورد و  $r_2$  با رجوع کردن به سطح دومی به نور خورده و مثبت اند. اگر مرکز متقابل انحنای طرف  $R$  باشد و اگر مرکز متقابل یا مطابقت انحنای طرف  $V$  باشد شعاع منفی است .

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

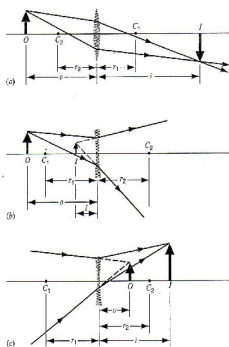


---

در شکل (۲ - ۲۱a) مرکز انحنای  $C_1$  به طرف  $R$  است لذا  $R_1$  مثبت است و  $C_2$  بطرف  $V$  است لذا  $R_2$  منفی است. با بررسی معادله ۲ - ۱۶ نشان میدهد که وقتی که  $r_1 > 0$  و  $r_2 < 0$  که مرکز طول آن همیشه مثبت است که این قسم عدسیه را همیشه میتوان متقارب نامید. عدسیه مرکزی ضخیم تر است نسبت به کنارها. وقتیکه معقریت در متوسط سطح منکسره پائین تر از عدسیه باشد. همیشه عدسیه مقعر است.

در شکل ۲ - ۲۱b،  $C_1$  به طرف  $V$  است و  $C_2$  به طرف  $R$  است از اینرو  $r_1$  منفی و  $r_2$  مثبت است.

در این حالت معادله ۲ - ۱۶ نشان میدهد که  $F$  همیشه منفی است. چنین قسم عدسیه های را بنام عدسیه منحرّف مقعر می نامند یک عدسیه در مرکز باریکتر نسبت به کنار است وقتیکه فرو رفتگی پائین تر از نما انکسار است همیشه یک عدسیه منحرّف است.



شکل (۲ - ۲۱) :- (الف) یک تصویر واقعی معکوس تقارب میکند به طرف عدسیه. که همچو عدسیه ها طول محراقی مثبت داشته و ضخیم تر نسبت به کنارهای عدسیه می باشند. (ب) یک تصویر مجازی راست ظاهر میشود به طرف عدسیه. به طرف همچو

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

عدسیه که طول محراقی آن منفی است و نازکتر نسبت به کنارها و مرکز آن است. (ج) تقارب نور در تصویر مجازی O است. و تصویر واقعی توسط I نشان داده میشود.

۲:- فاصله O مثبت است اگر تصویر حقیقی باشد و موقعیت داشته باشد طرف عدسیه V در هر دو شکل  $21a - 2$  و  $21b - 2$  روشنائی حقیقی منحرف است و قتیکه به عدسیه میخورد و همچنان یک روشنائی منحرف به عدسیه بخورد مانند شکل  $21c - 2$  در این حالت اگر عدسیه ثابت نباشد نور منحرف بالای O به طرف عدسیه R میاشد، در این حالت O منفی است که ما تصویر واقعی میگیریم.

۳:- فاصله تصویر I مثبت است اگر موقعیت تصویر حقیقی به طرف عدسیه R باشد مانند شکل  $21a - 2$  و  $21c - 2$  در صورتی i منفی است که تصویر حقیقی موقعیت آن به طرف عدسیه V باشد مانند شکل  $(21b - 2)$

۴:- مطابق به معادله  $(2 - 17)$  قدرت ذره بینی منفی است. و قتیکه هر دو یعنی i و O مثبت هستند مانند شکل  $(21a - 2)$  که متقابل است به معکوس تصویر که در این حالت تصویر مستقیم است. مانند شکل  $(2)$   $(21b - 2)$  و  $(21c - 2)$  قدرت ذره بینی مثبت است. بخاطریکه O و i علامت های متضاد دارند که در شکل  $(21b - 2)$  نشان داده شده که O مثبت و i منفی است در حالیکه در شکل  $(21c - 2)$ ، O منفی

---



---

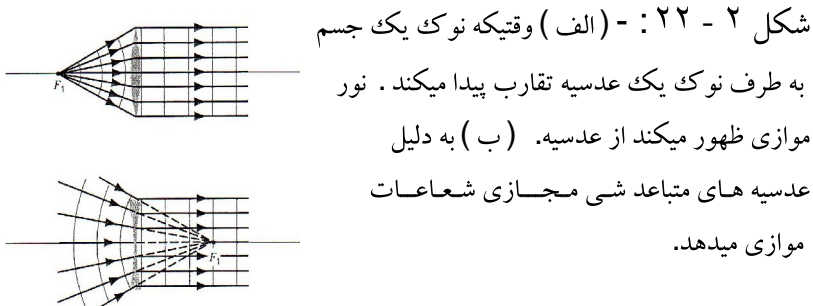
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

و  $i$  مثبت است. از مقایسه آئینه های مقعر یا سطح منکسره مقعر و عدسیه دو مرکز نوک دار دارد. در یک عدسیه باریک دو نوک آن در یک فاصله مساوی قرار دارند که  $F$  در هر دو طرف عدسیه قرار دارد.



وقتی که نوک بالای مرکز نوک دار  $F_1$  قرار دارد که عدسیه به یک نور مساوی میخورد، طوریکه در شکل (۲ - ۲۲a) نشان داده شده از این سبب عدسیه منحرف در شکل (۲ - ۲۲b) که تصویر نوک دار تصویر حقیقی است که تمرکز نور مقعر بالای  $F_1$  است. اگر عدسیه ها وجود نداشته باشد نور مساوی بالای عدسیه منحرف تمرکز نمی کند قسمت مرکزی نوک دار دوم  $F_2$  جایست که نور مساوی از نوک آن تمرکز میکند به عدسیه. مانند شکل (۲ - ۲۳).

---



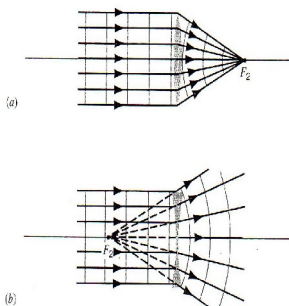
---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---



شکل ۲ - ۲۳ :- (الف) زمانیکه یک دسته شعاعات نور به عدسیه متقارب برخورد میکنند . نور دوباره به نوک محراقی دوم خود بر میگردد. (ب) زمانیکه یک دسته نور به عدسیه متباعد برخورد میکنند ، دوباره به نوک محراقی دوم خود ظاهر میشود.

### ترسیم شعاع

نظر به قضیه آئینه های کروی ، مفید خواهد بود که جای تصویر را با استفاده از میتود گرافیکی و همراه شعاعات اساسی با عدسیه نازک عوض کنیم . شکل ۲ - ۲۴ نشان دهنده سه شعاع است که قابل اجرا یک تصویر حقیقی با عدسیه متقارب می باشد. ( ۲ - ۲۴a ) ، یک تصویر مجازی ظاهر میشود توسط عدسیه متقارب ( ۲ - ۲۴b ) ، و یک تصویر مجازی ظاهر میشود توسط عدسیه منحرف.

۱ :- یک اشعه ( اشعه 1 در شکل ۲ - ۲۴ ) وقتیکه امتداد داده شود می تواند که مستقیماً عبور کند که با نقط تیز یا نوک دار  $F_1$  برخورد می کند.

۲ :- یک اشعه ( اشعه ۲ در شکل ۲ - ۲۴ ) مساویانه عبور نموده و به امتداد نقطه تیز یا نوک دار  $F_2$  عبور میکند.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

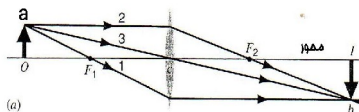


---

۳-: یک اشعه ( اشعه ۳ مانند شکل ۲ - ۲۴ ) بالای عدسیه در مرکز آن می افتد و از آن بطور مستقیم عبور میکند بخاطریکه در نزدیک با مرکز عدسیه روبرو میشود با شیشه مسطح که اطراف آن با هم مساوی اند. که در هدایت و یا برخورد آن تغییری وارد نمی شود. که هر کدام از آن شعاع ها می توانند در جای تصویر استفاده شوند.

که سومی به شکل یک مانع قابل دسترسی می باشد.

نوت: شکل ۲ - ۲۴ برای هر سه اشعه است و ما می توانیم که مشاهده کنیم که انکسار جای یک طیاره در بر میگردد در موقعیت تصویر و این تنها در عدسیه نازک یا باریک شده میتواند.



(a)

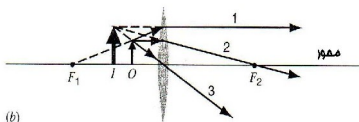
شکل ۲ - ۲۴ :- سه شعاع می توانند

که ظاهر کنند تصویر را توسط :

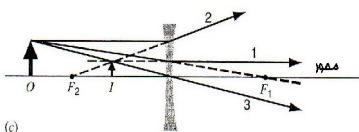
( الف ) تصویر واقعی

( ب ) تصویر مجازی

( ج ) عدسیه متباعد.



(b)



(c)

استحصال فورمول عدسیه های نازک

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

هدف ما مشاهده کردن سطح هر عدسیه بطور جداگانه است، استفاده کردن از تصویر تشکیل شده بوسیله تصویر اولی بجای تصویر دومی. شکل ۲-۲۵a نشان دهنده یک شیشه ضخیم یا عدسیه به طول  $L$  که سطح آن به پایه های  $r_1$  و  $r_2$  ارتباط دارند. یک تصویر نوک دار  $A$  که  $O$  به نزدیک سطح طرف چپ آن نشان داده شده است. اشعه  $A$  که  $O$  را ترک میکند در طول محور بصورت مستقیم یا داخل میشود یا عدسیه را ترک میکند. اشعه دومی  $A$ ،  $O$  را در زاویه  $\alpha$  همراه با محور به سطح نوک دار  $a$  میخورد که منکسر میشود. که به سطح دومی خورده و در قسمت  $b$  اشعه دوباره منکسر شده و محور در ناحیه  $L$  عبور میکند که عبارت اند از خطوط متقاطع دو اشعه  $O$  که تصویر نوک دار  $O$  تشکیل میشود.

شکل ۲-۲۵b نشان دهنده سطح اولیست که تصویر حقیقی  $O$  با  $I'$  است، ما معادله (2-10) را همراهی  $n_1 = 1$  و  $n_2 = n$  استفاده میکنیم:

$$\frac{1}{o} + \frac{n}{i'} = \frac{n-1}{r_1}$$

از اینجا نتیجه میگیریم که  $i'$  منفی است.

$$\frac{1}{o} - \frac{n}{|i'|} = \frac{n-1}{r_1}$$



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

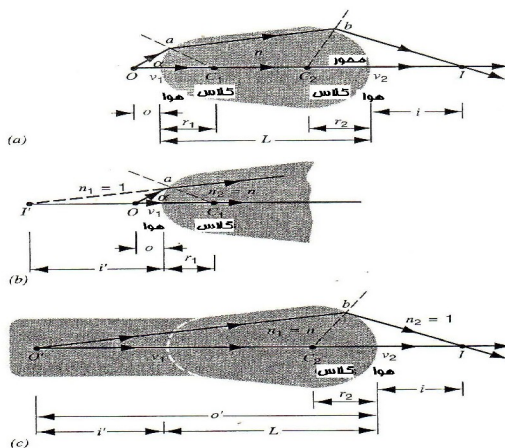
---



---

----- (۲ - ۱۸)

شکل (۲ - ۲۵c) نشان دهنده سطح دومی است. و نقطه  $b$  نشان دهنده موجودیت سطح اولی است شما شاید که فکر کنید که نور در نقطه اصلی  $i'$  برخورد میکند. در شکل (۲ - ۲۵b) آن ناحیه است که یک طرف آن شیشه ای است بنا بر این تصویر حقیقی  $i'$  در سطح اولی تشکیل میشود. عبارت از تصویر واقعی  $O'$  برای دومی است.



شکل ۲ - ۲۵: (a) - دو اشعه از  $O$  تصویر حقیقی تشکیل میدهد در  $I$  بعد از برخورد بر هر دو سطح کروی منکسر میشود سطح اولی تقارب نموده و سطح دومی متباعد میشود.

---



---

 فصل (۱) ..... امواج نوری
 

---



---

(b) سطح اولی . (c) سطح دومی جداگانه نشان داده شده است . که درجه عمودی آن پائین می آید .

فاصله این جسم از سطح اولی عبارت است از :

$$O' = |i'| + L \text{ ----- ( ۱۹ - ۲ )}$$

در معادله (۲ - ۱۰) ما برای سطح دومی  $n_1 = n$  و  $n_2 = 1$  را جایگزین میکنیم به خاطریکه جسم در شیشه جا داده شده است. اگر ما از معادله (۲ - ۱۹) استفاده کنیم ، معادله (۲ - ۱۰) شکل ذیل را بخود میگیرد.

$$\frac{n}{|i'| + L} + \frac{1}{i} = \frac{1-n}{r_2} \text{ ----- ( ۲۰ - ۲ )}$$

حالا فرض میکنیم که ضخامت  $L$  در عدسیه در شکل (۲ - ۲۵a) کوچکتر از مقایسه با دیگر اندازه های طول است. که تقریباً در عدسیه های باریک دیده میشود . طوریکه اگر  $L = 0$  در معادله (۲ - ۲۰) جای داده شود می توانیم بنویسیم که :

$$\frac{n}{|i'|} + \frac{1}{i} = -\frac{n-1}{r_2}$$


---



---

---



---

 فصل (۱) ..... امواج نوری
 

---



---

$$----- (۲ - ۲۱)$$

با یکجا کردن معادله (۲ - ۱۸) و (۲ - ۲۱) چنین نتیجه بدست می آید.

$$\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) ----- (۲ - ۲۲)$$

با ملاحظه از طرف راست معادله (۲ - ۲۲).  $1/f$  مستقیماً به معادله (۲ - ۱۵) و  $۱۶ - ۲$  تکمیل کننده مشتق است.

برای مشتق کردن در معادله (۲ - ۱۷) برای بزرگنمایی به شکل (۲ - ۲۴a) مراجعه میکنیم. سه زاویه طرف راست  $aco$  و  $bci$  با هم مساوی هستند، بخاطریکه زوایای  $aco$  و  $bci$  با هم مساوی هستند برای بدست آوردن زوایای مساوی از طرف داریم که:

$$- \frac{bI}{aO} = \frac{cI}{cO} ----- (۲ - ۲۳)$$

طرف راست این قضیه مفصلاً  $i/o$  است ، هنگامیکه طرف چپ  $(-m)$  است علامت منفی نشان دهنده برگشت تصویر است. نظر به این تغییرات معادله (۲ - ۲۳) مستقیماً کاهش پیدا میکند به معادله ۲ - ۱۷

.....

مسئله نمونه ۲ - ۶ :-

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

عدسیه های شکل ۲ - ۲۱ دارای شعاع انحنای به اندازه 42cm اند که از شیشه ساخته شده است اگر  $n=1.65$  باشد، فاصله محراقی را محاسبه کنید؟

حل: در شکل (۲ - ۲۱a) زمانیکه موقعیت  $C_1$  به طرف R است.  $r_1$  مثبت است. زمانیکه موقعیت  $C_2$  به طرف V است  $r_2$  منفی می باشد.

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = (1.65-1) \left( \frac{1}{+42cm} - \frac{1}{-42cm} \right)$$

$$f = +32cm \quad \text{یا}$$

فاصله مثبت محراقی دلالت بر این میکند که شعاعات موازی وارده بعد از انکسار در محراق حقیقی یگدیگر را قطع می کند.

در شکل (۲ - ۲۱b) و (۲ - ۲۱c)،  $C_1$  به طرف V موقعیت دارد که عدسیه  $r_1$  منفی است. تا زمانیکه  $r_2$  مثبت است. از معادله ۲ - ۱۶ چنین نتیجه حاصل میشود که:

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = (1.65-1) \left( \frac{1}{-42cm} - \frac{1}{+42cm} \right)$$

$$f = -32cm \quad \text{یا}$$

.....  
مسئله نمونه ۲ - ۷ :-

جسم به اندازه 38cm از عدسیه دور می باشد که فاصله محراقی آن - 24cm است ، موقعیت تصویر و بزرگنمایی آنرا دریابید ؟

حل :-

با استفاده از معادله (۲ - ۱۵) داریم که :

$$\frac{1}{+38cm} + \frac{1}{i} = \frac{1}{-24cm}$$

یا

$$i = -15cm$$

بزرگنمایی آن عبارت است از:

$$m = -\frac{i}{o} = -\frac{-15cm}{+38cm} = +0.39$$

شکل ۲ - ۲۴a نشان دهنده حل گرافیکی این سوال است . شما موقعیت و اندازه آن را مشاهده میکنید و تعیین جهت تصویر و توافق همراهی نتیجه محاسبه است.

## سیستم دو عدسیه

آئینه ها یا ی عدسیه های واحد به ندرت میتواند موثر باشد . در ابزار مانند دوربین دو چشمی، تلسکوپ، میکروسکوپ، کامره، و غیره. تصویر ها بوسیله یکجا شدن چندین عدسیه با هم تشکیل میشود. در این بخش ما تصویر های که بوسیله دو عدسیه تشکیل میشوند مطالعه میکنیم. برای تحلیل و تجزیه نمودن تصویر های تشکیل شده بوسیله سیستم های دو عدسیه ما می توانیم که هر دو عدسیه را در یک وقت مشاهده کنیم. طوری دیگر ما تصویر را نمی بینیم گرفتن یک تصویر که تشکیل میشود برای یک تصویر بعدی، ما از فورمول عدسیه های نازک و ترسیم های گذشته استفاده میکنیم. باید متوجه حساب علامت های قرار دادی در هر حالتی باشیم ، ما به کار می بریم فورمول اشتقاقی عدسیه های نازک را (عادلات ۲ - ۱۵ و ۲ - ۱۷) دقیقاً محاسبه علامه های قرار دادی را مد نظر گرفته است.

یک عدسیه به عدسیه دیگر تماس میکند که تصویر اولی به حیث تصویر حقیقی برای تصویر دومی است ، وقتیکه تصویر در عدسیه مقعر تشکیل میشود تصویر عدسیه با عامل دومی برخورد میکند که تصویر تشکیل شده را بحیث تصویر حقیقی برای عدسیه دومی میدانیم. بزرگنمایی

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

افقی یا ضلعی مجموعاً  $m_t$  در سیستم دو عدسیه مساوی به بزرگنمایی هر یک از تصویر های تشکیل شده است.

$$m_t = mm' \quad \text{-----} (2 - 24)$$

در حالیکه  $m$  و  $m'$  هر دو بزرگنمایی افقی هر یک از عدسیه ها است . و سیستم امتداد داده میشود ، روش سیستم های یک عدسیه و یک آئینه و یا همراه با چندین سیستم .

.....

مسئله نمونه ۲ - ۸ :-

دو عدسیه محدب به فاصله محراقی  $f = f' = +15cm$  به فاصله  $d = 6cm$  از هم قرار دارند قرار شکل ۲ - ۲۶ یک منبع نوری جای داده شده به فاصله  $d = 10cm$  از عدسیه اولی . موقعیت تصویر نهائی را پیدا کنید ؟

حل :- ما شروع کردیم با استفاده از موقعیت اشعه با یک دیاگرام قرار شکل ۲ - ۲۶ ، اشعه های دومی و سومی از O انکسار میکنند با عدسیه اولی که امتداد آنها بطرف عقب نشان دهنده تصویر حقیقی است

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

که بوسیله عدسیه اولی تولید میشود که این تصویر به جای O' در عدسیه دومی است اشعه های 2' و 3' که موقعیت آخری I' را نشان میدهد معکوس و حقیقی است.

نظر به معادله ۲ - ۱۵ ما می توانیم که موقعیت تصویر اولی را چنین پیدا کنیم.

$$\frac{1}{+10cm} + \frac{1}{i} = \frac{1}{+15cm}$$

یا

$$i = -30cm$$

آن تصویر مجازی تشکیل شده به اندازه 30cm در طرف V ، پذیرفتن این تصویر O' برای عدسیه دومی است . فاصله O' عبارت از i است . اگرچه i تصویر حقیقی عدسیه اولی است و O' تصویر واقعی است برای عدسیه دوم بخاطریکه نور در آئینه های مقعر با عدسیه دومی می خورد .

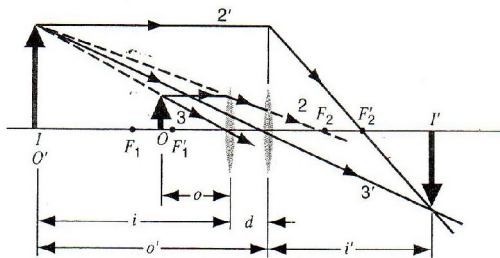
نظر به معادله ۲ - ۱۵ دوباره می توانیم بنویسیم که :

$$\frac{1}{+36cm} + \frac{1}{i'} = \frac{1}{+15cm}$$

یا



$$i' = +26\text{cm}$$



شکل ۲ - ۲۶ :- مسئله نمونه ۲ - ۸ .

.....  
مسئله نمونه ۲ - ۹ :-

سیستم نوری نشان داده شده در شکل ۲-۲۷ متشکل از دو عدسیه است که فاصله های محراقی آن  $f = +12\text{cm}$  و  $f' = -32\text{cm}$  به فاصله  $d = 22\text{cm}$  جدا شده است ، یک جسم نورانی به فاصله  $18\text{cm}$  از عدسیه اول قرار دارد ، موقعیت تصویر نهایی که توسط این سیستم تشکیل میشود را معلوم کنید ؟

حل :-

در شکل ۲ - ۲۷ ترسیم ساختمانی یک اشعه داده شده است ، تصویر حقیقی از ذریعه عدسیه اولی و در طرف عدسیه دومی خواهد بود . بخاطریکه نور که این تصویر را تشکیل میدهد در آئینه مقعر به عدسیه

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

دومی برخورد میکند که ما تصویر حقیقی  $O'$  را برای عدسیه دومی می دانیم.

برای عدسیه اولی معادله  $۲ - ۱۵$  چنین بدست می آید .

$$\frac{1}{+18cm} + \frac{1}{i} = \frac{1}{+12cm}$$

یا

$$i = +36cm$$

تصویر حقیقی به فاصله  $36cm$  از عدسیه اول تشکیل خواهد شد، طوریکه نشان داده شده است فاصله  $O'$  از شی مجازی  $O'$  به عدسیه دوم که دارای بزرگنمایی  $i-d$  و یا  $36cm-22cm=14cm$  قرار دارد. بخاطریکه  $O'$  یک شی مجازی است ما فاصله  $O'$  را منفی در نظر گرفته،

حالا معادله  $۲ - ۱۵$  برای عدسیه دوم چنین بدست می آید.

$$\frac{1}{-14cm} + \frac{1}{i'} = \frac{1}{-32cm}$$

یا

$$i' = +25cm$$

که تصویر حقیقی  $I'$  از طرف  $R$  در عدسیه تشکیل میشود.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

.....  
 مسئله نمونه ۲ - ۱۰ :-

جسم در شکل ۲ - ۲۷ دارای ارتفاع 2.4cm است ارتفاع تصویر را پیدا کنید؟

حل :- ما جستجو می کنیم بزرگنمایی جانبی سیستم های مرکب را . یک بار دیگر هم ما به جای سیستم های مرکب مورد مطالعه قرار دادیم دو سیستم جدا شده از هم را ، و مجموعه بزرگنمایی جانبی  $m_1$  سیستم های مرکب تولید کننده بزرگنمایی جانبی  $m$  و  $m'$  عدسیه های تکی است .

$$m_t = mm' = \left( -\frac{i}{o} \right) \left( -\frac{i'}{o'} \right) = \left( -\frac{+36cm}{+18cm} \right) \left( -\frac{+25cm}{-14cm} \right) = -3.57.$$

ما از مقدار فاصله جسم و تصویر در مسئله نمونه 2 - 9 می‌کنیم . ارتفاع  $h_f$  تصویر آخری عبارت است از:

$$h_f = m_t h = (-3.57)(2.4cm) = -8.6cm$$

چونکه ما قیمت شی و فاصله تصویر را از مسئله نمونه 2 - 9 پیدا کرده ایم . ارتفاع  $h_f$  آخرین تصویر عبارت است از:

$$h_f = m_t h = (-3.57)(2.4cm) = -8.6cm$$

---

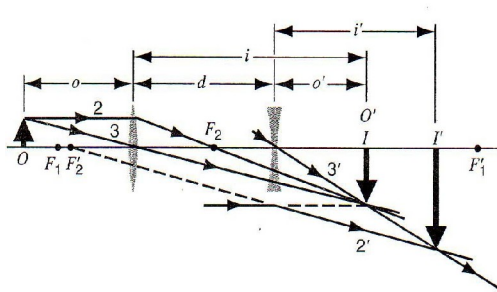
---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

قیمت منفی ما را تذکر می دهد که تصویر نهایی شکل معکوس شی اصلی می باشد .



شکل ۲ - ۲۷ :- مسئله نمونه های ۲ - ۹ و ۲ - ۱۰ :

.....

## ۲ - ۶ اسباب های اپتیکی :

چشم انسان اندامی است که کار های کم نظیری دارد ساحه دید را میشود به راه های مختلف و با استفاده از وسایل اپتیکی متعدد و سیعتر کرد. این

وسایل عبارتند از : عینک ، ذره بین، دستگاه نمایش فیلم ، دوربین عکاسی، دوربین فیلم بر داری ، میکروسکوپ، دوربین نجومی و از این قبیل وسایل اپتیکی در مواردی میان دید ما از ساحه مرئی فراتری می برند دوربین های فرسرفی که به ماهواره نصب میشوند و میکروسکوپ های شعاع X از جمله این موارد اند.

تقریباً در تمام اسباب های پیچیده و پیشرفته اپتیکی ، فورمول های آئینه ها و عدسیه های محدب فقط بصورت تقریبی صحیح اند ، هر کسی که با دوربین کار کرده باشد میداند که شعاع ها میتوانند که پیرامحوری نباشند اما برای دوربین نجومی شعاع ها واقعاً پیرا محوری اند در میکروسکوپ های معمول در آزمایشگاه ها نمی شود عدسیه را به آن معنی که در گذشته تعریف شد ( نازک ) فرض کرد . در خیلی از وسایل اپتیکی از عدسیه های مرکب استفاده میشود یعنی عدسیه ها شامل چند جز که با هم چسپانده شده اند و در اکثر موارد فصل مشترک این اجزاً دقیقاً کروی نسبت با استفاده از این سیستم ها کیفیت و روشنائی تصاویر بهتر میشود. و وابستگی به شعاع پیرامحوری حد زیادی از میان میرود . حالا سه تا از این وسایل را مورد مطالعه قرار میدهیم و فورمول عدسیه های محدب در هر سه صدق میکند.

## ذره بین ساده :

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

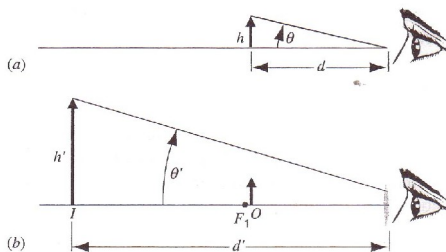


---

شکل (۲ - ۲۸a) تشکیل تصویر توسط چشم را نشان میدهد. اندازه تصویر در شبکیه ثابت است تحت زاویه  $\theta$  که چشم جسم را دیده می تواند قرار دارد. برای موقعیت اجسام کوچک می توان گفت یک فاصله زیادی از چشم دارد که زاویه  $\theta$  تقریباً مساوی است به:

$$\theta \approx \frac{h}{d} \text{ ----- ( ۲۵ - ۲ )}$$

$h$  عبارت از اندازه جسم و  $d$  عبارت از فاصله جسم از چشم است.



شکل ۲ - ۲۸ - (a) چشم به ارتفاع  $h$  در فاصله  $d$  یک زاویه  $\theta$  تشکیل میدهد.

(b) چشم که مشاهده میشود از عدسیه عبارت است از بزرگنمایی ساده یا ذره بین ساده است تصویر (i) ارتفاع  $h'$  در فاصله ( $d'$ ) زاویه  $\theta'$  را در چشم مجسم می سازد.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

در شکل ۲ - ۲۸b نشان دهنده جسم در عدسیه که تشکیل دهنده تصویر در یکطرف به اندازه  $h'$  به فاصله  $d'$  از چشم است. اندازه تصویر در گوشه نشان دهنده زوایای کوچک است.

$$\theta' \approx \frac{h'}{d'} \quad \text{-----} \quad (2 - 26)$$

تصویر که از عدسیه به نظر میرسد بزرگتر از جسم اصلی به نظر میرسد اگر تصویر بزرگتر تشکیل شود. این نه تنها برای بزرگنمایی ضلعی است  $m(=h'/h)$  که برای اندازه گیری جسم و تصویر نیز خیلی مهم است. بزرگنمایی زاویه بی  $m_\theta$  عبارت است از:

$$m_\theta = \frac{\theta'}{\theta} \quad \text{-----} \quad (2 - 27)$$

تاثیر  $m_\theta$  اندازه نسبت بین دو تصویر در شبکه است یکی در عدسیه و دیگر خارج عدسیه است چشم نورانی در انسان ها می تواند یک تصویر را مجسم سازد در بالای شبکه اگر موقعیت تصویر O در لایتهای باشد (در بخش ستاره ها) که ناحیه مشخص عبارت از نقطه نزدیک  $P_n$  که آنرا تقریباً 25cm از چشم میگیریم اگر شما یک جسم در نزدیکتر از نقطه نزدیک دید تصویر در شبکه نامعلوم است، موقعیت

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

نزدیک بینی در چشم نظر به سن تفاوت دارد ، ما قبلاً داستان های شنیده ایم که مردم ادعا میکردند که ضرورت به عینک نداریم ولی آنها روزنامه ها را بوسیله خط بردن می خواندن ، نزدیک بینی آنها برگشت میکند. نزدیک بین خود را از بین یک صفحه و صفحه دیگر حرکت دهید جداگانه مشاهده نماید تا وقتیکه به موقعیت برسید که تصویر شروع به مشاهده کردن است برای مقایسه به اندازه زاویه وی که جسم از آن ظاهر میشود عبارت از ناحیه نزدیک بینی است .

$$\theta = \frac{h}{25cm} \quad \text{-----} \quad (28 - 2)$$

بنا بر این اگر چنین جسم که نقطه در داخل محور اصلی عدسیه متقارب است قرار شکل

۲۸b - ۲ یک تصویر حقیقی خیلی دور در عدسیه تشکیل میشود. بزرگنمایی ضلعی  $m$  به بزرگنمایی  $i/o$  و فاصله  $d'$  تا به  $i$  است. اندازه تصویر ضلعی در برگیرنده بزرگنمایی تمام کمیت ها است.

$$h' = mh = \frac{i}{o} h \quad \text{-----} \quad (29 - 2)$$

و اندازه زاویوی عبارت است از :



$$\theta' = \frac{h'}{d'} = \frac{(i/o)h}{i} = \frac{h}{o} \approx \frac{h}{f} \quad \text{----- (۲ - ۳۰)}$$

جایست که آخرین نقطه به دست می آید چراکه فرض میکنیم که جسم در نقطه محوری جابجا شده است و بزرگنمایی زاویوی عبارت است از:

$$m_{\theta} = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{h/f}{h/25cm} \quad \text{----- (۲ - ۳۱)}$$

یا

$$m_{\theta} = \frac{25cm}{f}$$

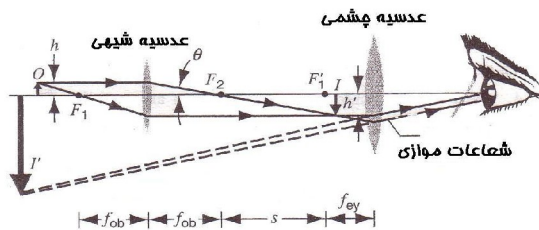
از مساوات (۲ - ۳۱) بزرگنمایی زاویه یی ذره بین های ساده بدست می آید، که فقط یک عدسیه استفاده میشود که عبارت از ذره بین شیشه ای معمولی است، که توسط مثلان و هنرمندان نمایش تصویر استفاده میشود. که در حقیقت یک ذره بین ساده است برای بدست آوردن بزرگنمایی ضلعی کروی میخواهیم که  $f$  به اندازه کوچک باشد که ممکن است، در تمرین بزرگنمایی زاویوی تقریباً ده ضلعی خوبی را میتوانیم قبل از انحراف عدسیه شروع به تغییر شکل تصویر کنیم. بیشتر ذره بین های پیشرفته مانند مایکروسکوپ های مرکب را بعداً مورد مطالعه قرار میدهم.

## میکروسکوپ مرکب

شکل ۲ - ۲۹ نشان دهنده انحراف یک عدسیه در میکروسکوپ مرکب است، که برای اندازه گیری اجسام خیلی کوچک که نزدیک به عدسیه شی در ابزار چشمی است می باشد جسم  $O$  به ارتفاع  $h$  فقط بیرون از محراق  $F_1$  در عدسیه شی جا داده شده است که طول محراق آن عبارت از  $f_{ob}$  است. یک تصویر معکوس  $i$  به ارتفاع  $h'$  در عدسیه شی تشکیل میشود. که همراهی بزرگنمایی ضلعی با مساوات داده شده است.

$$m = \frac{h'}{h} = \frac{-s \tan \theta}{f_{ob} \tan \theta} = -\frac{s}{f_{ob}} \quad \text{----- (۲ - ۳۲)}$$

طبق معمول علامت منفی دلالت به تصویر معکوس می نماید.



شکل ۲ - ۲۹ :- انحراف عدسیه باریک در میکروسکوپ برابر نمی باشد.

فاصله  $s$  عبارت از طول تیوب انتخاب شده که تصویر  $i$  می افتد . در نزدیک محراق اولی  $F'_1$  در عدسیه چشمی که به شکل ذره بین ساده عمل میکند طوری که قبلاً تشریح شد شعاع مساوی به چشم داخل میشود و تصویر نهایی  $I'$  بیشتر در لایتنائی تشکیل میشود. و بزرگنمایی نهایی  $m$  عبارت از تولید خط ها طولی بزرگنمایی  $m$  برای عدسیه های شی در معادله ۲ - ۳۲ است. و بزرگنمایی زاویوی در عدسیه چشم قرار ذیل است.

$$M = mm_{\theta} = - \frac{s}{f_{ob}} \frac{25cm}{f_{ey}} \quad \text{-----} \quad (۲ - ۳۳)$$

### تلسکوپ منکسر ه:

مانند میکروسکوپ انواع مختلف دارد نوع که ما در اینجا مطالعه میکنیم عبارت از تلسکوپ ساده که یک عدسیه شی و یک عدسیه چشمی دارد، هر دو در شکل ۲ - ۳۰ بوسیله عدسیه های باریک نشان داده شده است . در تمرین مثلاً مایکروسکوپ هر عدسیه شاید که از عدسیه

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

های مرکب ساخته شده باشد. در اول شاید که تنظیمات تلسکوپ و میکروسکوپ با هم مشابه به نظر برسند.

اگر چه تلسکوپ ها برای اجسام بزرگ مانند کهکشان ها ، ستاره ها ، و سیارات در فاصله مختلف طرح شده اند در حالیکه میکروسکوپ به اهداف دیگر طرح شده است . نوت همچنان در شکل ۲ - ۳۰ محراق دومی در جسم  $F_2$  شامل محراق اولی در عدسیه چشمی است مگر در شکل ۲ - ۲۹ اینها توسط تیوب های طول S جدا شده است .

در شکل ۲ - ۳۰ شعاع موازی از فاصله جسم میخورد به عدسیه شی که یک زاویه بنام  $\theta_{ob}$  میسازد ، که در محراق تلسکوپ به صورت حقیقی تشکیل میشود . تصویر معکوس در نهاییات عمومی  $F_2$  و  $F'_1$  است .

این تصویر به شکل جسم عمل میکند در عدسیه چشمی که هنوز معکوس است و تصویر حقیقی در لایتنائی تشکیل میشود که اشعه های سازنده تصویر در زاویه  $\theta_{ey}$  در محور تلسکوپ است . بزرگنمایی ضلعی  $m_\theta$  تلسکوپ عبارت از  $\theta_{ey} / \theta_{ob}$  است . برای اشعه های محوری می

توان نوشت که :  $\theta_{ob} = h' / f_{ob}$  و  $\theta_{ey} = h' / f_{ey}$

$$m_\theta = - \frac{f_{ob}}{f_{ey}} \text{ ----- ( ۲ - ۳۴ )}$$

چایکه علامه منفی باشد دلالت به معکوس بون تصویر می کند .

---



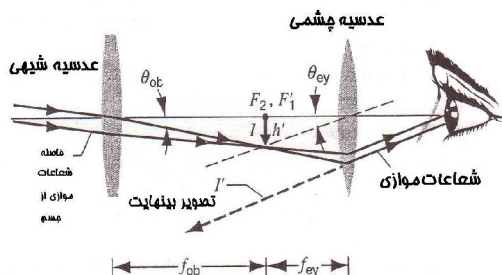
---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---



شکل ۲ - ۳۰ : انحراف عدسیه باریک در میکروسکوپ برابر نمی باشد.

بزرگنمایی یکی از عاملین تلسکوپ ها ستاره ای است که در حقیقت خیلی ساده بدست می آوریم. تلسکوپ خوب به قدرت و روشنایی نیاز دارد که میتواند روشنایی تصویر را معین سازد. این خیلی مهم است وقتیکه منظره اجسام کوچک از قبیل فاصله کهکشان که عدسیه شی و یا دیامتر به اندازه بزرگتر نشان میدهد که ممکن باشد. زمینه منظره های یک پارامتر مهم دیگر است. ابزار های که برای مشاهده کهکشان ها طرح شده و یا برای سنگ های آسمانی طرح شده کاملاً متفاوت هستند و نشان میدهند که طراح تلسکوپ باید که حساب عدسیه ها و انحراف آئینه شامل انحراف کروی (عبارت از آئینه های و عدسیه های همراهی

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

سطوح کروی که بصورت تیز تشکیل تصویر نمیدهند) و انحراف کروماتیک (برای عدسیه های ساده و انکسار که طول مرکزی با طول موج متفاوت است پس تصویر های که تشکیل میشوند رنگ های غیر طبیعی را نمایش میدهند .) برای ساختن تلسکوپ های انکساری با قطر دایره ای برای جمع آوری نور کافی است که عدسیه ضخیم تری بسازیم که تا باعث کمی انحراف در عدسیه شوند.

تلسکوپ های بزرگ انکساری که تقریباً در پایان قرن ۱۹ قطر آن از قطر دایره به اندازه 5m است ، انعکاس در تلسکوپ عدسیه شی اگر از آئینه ساخته شده نسبت به عدسیه و از انحراف که در شیوه عدسیه ها نباید که رخ بدهد برد بخاطریکه نور از سطح جلو آئینه منعکس میشود. کوچکترین تلسکوپ های قطره دایره آن ها به 10m میرسد که بزرگنمایی آن صد برابر نسبت به تلسکوپ های بزرگ و جذب بیشتر نور را دارا می باشد. حتی انکسار تلسکوپ های بزرگ ساخته شده یکجا با نوری که از آئینه های انفرادی منعکس شده در یک تصویر کره زمین تلسکوپ های نوری محدود شده اند و فقط میتواند که تصاویر تیز و خورد بسازند. با انحراف اتموسفیر اغتشاش طبیعی در انحراف اتموسفیر تقریباً در طیاره موج پیش رو به زمین میرسد از فاصله جسم.

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

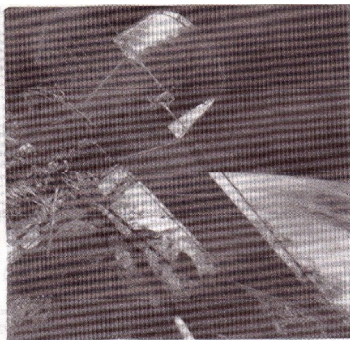
---

---

یک حل برای این مشکل عبارت از پیشرفت پذیرش نور است که همانا قبول کردن انحراف اتموسفیر است . شیب یک آئینه منحنی میتواند توصیف یا جبران برای انحراف تصویر باشد.

یک ذره متناوب برای حذف کردن تاثیر اتموسفیر عبارت از جابجایی بالای اتموسفیر است شکل (۲ - ۳۱) نشان دهنده فضای هوبل در تلسکوپ است .

یک تلسکوپ انعکاسی که به مدار زمین فرستاده شده بوسیله سفینه در سال 1990 بود.



شکل ۲ - ۳۱ :- تلسکوپ فضای هوبل.

## سوالات چند گزینه ای

۱ - ۲ تشکیل تصویر توسط آئینه ها و عدسیه ها

۱ :- آیا کدام شی مجازی وجود دارد؟

(A) نخیر

(B) بلی، مگر فقط مانند ساختمان غیر فیزیکی و ریاضیکی.

(C) بلی زمانیکه اشعه نور از یک جای سرچشمه میگیرد که در آن

جا وجود نداشته

باشد.

(D) بلی قبل از تقارب نور با اسباب های اپتیکی .

۲ - ۲ آئینه های مستوی :

۲ :- در تصویر شما چی واقع میشود وقتیکه شما در مقابل یک آئینه

مستوی قدم میزنید

(A) تصویر به طرف دیگری حرکت نموده و کوچک شده میرود.

(B) تصویر به طرف دیگری از آئینه حرکت نموده و به حالت اولی

خود باقی می ماند.

(C) تصویر به عین فاصله از آئینه قرار داشته ولی کوچکتر میشود.

(D) تصویر به عین فاصله از آئینه قرار داشته و به حالت اولی خود

باقی می ماند.



---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

۳- حد اصغری یک آئینه باید که چی اندازه باشد که یک کسیکه از شش فوت بلند

تر است بتواند بصورت کامل خود را ببیند؟

6ft (A)      4.5ft (B)      3ft (C)

(D) این وابسته به فاصله که شخص از آئینه قرار دارد می باشد.

۲ - ۳ آئینه های کروی:

۴- مسافرین موتر زمانیکه به آئینه اتومبیل نگاه میکنند. شی در آئینه نزدیک تر معلوم می شود نسبت به اینکه آنها مشاهده میکنند اگر تصویر واقعاً نسبت به شی دورتر است؟

(A) بلی تصویر کوچکتر و دورتر از شی است .

(B) نخیر ، تصویر کوچکتر و نزدیکتر به شی است.

(C) نخیر تصویر بزرگتر و نزدیکتر به شی است .

(D) بلی تصویر بزرگتر و دورتر از شی است .

۵- مهم نیست که شما به چی فاصله ای از آئینه قرار دارید ، تصویر تان بصورت عمودی ظاهر شده چی نوع آئینه را ما می توانیم که بگویم ؟

(A) مقعر      (B) محدب      (C) مستوی

(D) b و c

(E) معلومات کافی برای جواب این سوال نداریم.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۶ :- مسلماً شما وقتی که در مقابل یک آئینه ایستاده هستید ، شما مشاهده میکنید که تصویر تان بزرگ شده است . چی نوع آئینه است ؟  
(A) مقعر (B) محدب (C) مستوی  
(D) a و b

(E) معلومات کافی برای جواب این سوال نداریم.  
۷ :- در آئینه بوجود می آورد یک تصویر حقیقی I را از شی حقیقی O  
( $o > i$ ).

شما در رابطه به طول مرکزی آئینه چی نتیجه میگیرید ؟  
(A)  $f < 0$  (B)  $0 < f < i$  (C)  $i < f < 0$  (D)  $0 < f$

۲ - ۴ سطوح شکاننده کروی :

8 :- نور در عمق آب جوش می تابد . آب جوش مانند چی نوع اسباب اپتیکی عمل میکند ؟  
(A) تقارب پیدا میکنند . (B) پراکنده شده (C) به شکل مسطح قرار میگیرد.

۹ :- یک غواص همراهی کلاه شیشه ای خود به طرف ماهی مانند شکل  
32 - 2 نگاه میکند

(a) تصویر ماهی نظر به موقعیت حقیقی خود به کجا بستگی دارد ؟  
(A) نزدیک به غواص است .  
(B) از غواص دورتر است .

---

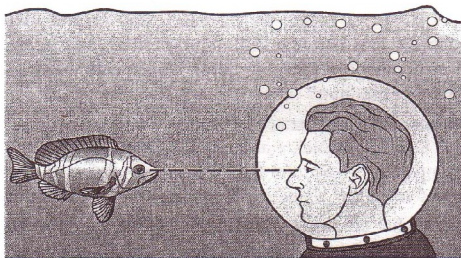
---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

- (C) به عین فاصله از غواص وجود دارد .  
(D) جواب بستگی به موقعیت ماهی دارد .  
(b) اندازه تصویر با مقایسه با اندازه خود ماهی چي طور است ؟  
(A) بزرگتر است .  
(B) کوچکتر است .  
(C) مساوی است .  
(D) جواب بستگی به موقعیت ماهی دارد .



شکل ۲ - ۳۲ :- سوال ۹ . سوالات چند گزینه ای .

## ۲ - ۵ عدسیه های نازک:

- ۱۰ :- یک شخص به حداعظمی یک متری میتواند که همراهی یک نزدیک بین یک اخبار را بخواند . فاصله قانونی که شخص نظر به عدسیه ها قرار داشته باشد باید که چند باشد .

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

(A) بیشتر از ۲ متر .

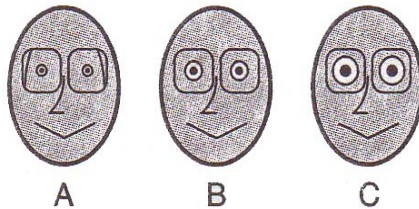
(B) بیشتر از ۱ متر .

(C) کمتر از ۱ متر

(D) کمتر از 0.5 متر .

۱۱ :- شکل ۲ - ۳۳ نشان میدهد سه شخص را که عینک پوشیده اند

کدام شخص نزدیک بین است ؟ (تمرین ۴۰ را ببینید).



شکل ۲ - ۳۳ :- سوال یازده . سوالات چند گزینه ای .

۱۲ :- لامپ برق شی حقیقی از عدسیه است. یک تصویر از لامپ

تشکیل میشود به یک صفحه.

(a) چی نوع عدسیه این است ؟

(A) متقارب (B) متباعد (C) همچنین a و b .

(D) معلومات کافی برای جواب این سوال نیست .

(b) چی نوع تصویری را تولید میکند ؟

(A) حقیقی (B) عمودی (C) مجازی

(D) متناوب

فصل (1) ..... امواج نوری

۱۳: - یک شی به طرف چپ عدسیه نازک قرار دارد. و یک تصویر حقیقی مشاهده میشود به طرف راست (شکل ۲ - ۳۴a را ببینید) کدام تصویر در شکل ۲ - ۳۴b تصویر بهترین را نشان میدهد.



شکل ۲ - ۳۴: - سوال سیزده

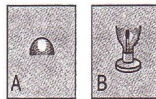
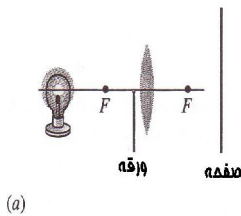
سوالات چند گزینه ای.



۱۴: - مانند شکل (۲ - ۳۵a) یک کارت تاریک و کدری گذاشته شده مقابل یک عدسیه متقارب. در شکل ۲ - ۳۵b کدام تصویر بهتر به مشاهده میرسد؟

شکل ۲ - ۳۵: - سوال چارده.

سوالات چند گزینه ای.



۲ - ۶ اسباب های اپتیکی:

۱۵: - در چی فاصله ذره بین شیشه ای  $f$  باید که از شی قرار داشته باشد که ذره بین را به زاویه بزرگتری تقسیم کند، همراهی یک تصویر عمودی؟

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

$$2f < o \text{ (D)} \quad f < o < 2o \text{ (C)} \quad o = f \text{ (B)} \quad o < f \text{ (A)}$$

(D) مهم نیست ذره بین بستگی به  $o$  ندارد.

۱۶ :- یک ذره بین شیشه ای به طول حقیقی  $f$  گذاشته شده به حد مطلوب فاصله از شی که ذره بین را به بزرگترین آن تقسیم نماید. چشم شما به چی فاصله باید که از ذره بین قرار داشته باشد که بزرگترین زاویه ذره بین را تقسیم کند؟

(A) دور باید که از شیشه باشد.

(B) تقریباً  $F$ .

(C) بسیار نزدیک به عینک .

(D) مهم نیست چراکه ذره بین بستگی به فاصله عینک ندارد.



### سوالات:

---

۱ :- آیا میتوان از یک تصویر مجازی با قرار دادن فیلم در موقعیت

تصویر عکس برداری کرد؟

۲ :- در شب در یک اطاق روشن شما یک حلقه دود را جانب پنجره

پف می نماید اگر شی چشمهای تانرا در حلقه دود در حالیکه به پنجره

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

نزدیک میشود پرازید معلوم میشود که مستقیماً از طریق شیشه بتاریکی

عجیبی حرکت میکند. توضیح دهید که این خطای باصره چیست؟

۳:- در حال راننده گی موتر شما یک از عراده جات را مانند امبلانس مشاهده میکنید که حروفی در آنها طوری نوشته است که اگر از طریق آئینه عقب شما نظر کنید حروف به صورت عادی به نظر میرسد، نام خود را طوری بنویسید که همچنان خوانا باشد.

۴:- ما مشاهده نمودیم که یک انعکاس واحد از آئینه صاف به راست و چپ عقب گرد دارد مثلاً زمانیکه در مسیر یک شاهراه راننده گی میکنیم، حروف در اشارات زمانیکه از آئینه عقب به ملاحظه میرسد معکوس است هنوز هم بطوریکه از عین آئینه ملاحظه میشود.

چرا آئینه علامات را انعکاس میدهد؟ بحث نماید.

۵:- همه میدانیم زمانیکه به یک آئینه نظر می اندازیم راست و چپ معکوس است دست راست ما معلوم میشود که دست چپ ما است، اگر موی سر خود را بطرف چپ شانه کنیم معلوم میشود که به طرف چپ است و همچنین آیا میتوانید که روش را در آئینه ها تفکر نماید که خود را طوری مشاهده کنیم که دیگران مشاهده بکنند؟ اگر میتوانید که ترسیم نماید و بوسیله ترسیم شعاع های مثالی نظری خود را ثابت کنید.

۶:- سیستمی را در آئینه های مستوی تدبیر نماید که شما را به مشاهده عقب سر تان قادر سازد. جهت اثبات نظرتان شعاع ها را ترسیم نماید.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۷:- معنی (مسیر طول نوری) چیست؟ میتواند که طول مشاهده کمتر از طول جریان جغرافیای باشد؟ یا بزرگتر؟

۸:- در بسیاری از سرویسهای شهری یک آئینه محدب در دروازه جهت مشاهده کامل دریور آویزان است، چرا آئینه مستوی یا مقعر نمی باشد؟

۹:- دندان پزشکان و متخصصان دندان از آئینه کوچک با دسته دراز که به آن وصل است از آن برای معاینه دندان ها استفاده میکنند ، آیا این آئینه محدب است ، مستوی است و یا مقعر است و چرا؟

۱۰:- در چی شرایطی یک آئینه کروی که ممکن محدب یا مقعر باشد.

الف: تصویر حقیقی.

ب: تصویر معکوس.

ج: یا تصویر کوچکتر از شی بوجود می آورد؟

۱۱:- آیا میشود که یک تصویر خیالی یا مجازی را در یک پرده ترسیم

کرد؟

۱۲:- شما یک سگ را از طریق آئینه کلکین مشاهده میکنید تصویر

سگ در کجا است؟

آیا این تصویر حقیقی است یا مجازی و یا خیالی؟

آیا راسته است و یا معکوس؟



---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

شیشه کلکین را یک حالت محدود در نظر بگیرید که از اثر تشعشع عدسیه منحنی کوچک تصویر را بطور نامحدود بزرگ نشان میدهد.

۱۳ :- در بعضی از موترها آئینه عقب نمای طرف راست خاطر نشان میسازد که اشیا نظر به حالت واقعی نزدیک تر به چشم به نظر میرسند. بگوید که کدام وضع آئینه این حالت را خاطر نشان میسازد؟ چی امتیازاتی آئینه دارد تا تلاقی این تصویر بدست آید؟

آیا موترهای که در این آئینه به نظر میرسند چنان می نمایند که سریع تر اند یا اگر در آئینه مستوی مشاهده گردند آهسته تر اند؟

۱۴ :- آیا اشیا که در سوال سیزده تذکر یافت حقیقتاً نزدیک تر از حالت واقعی ظاهر میشوند. تصویر کجا است؟

۱۵ :- تماماً مایان تصاویر تلویزیونی بازی بسیاری را مشاهده کردیم که بوسیله کامره که در کدام جای در عقب موقعیت دوم قرار داشت اخذ گردیده است. پاس دهنده و شوت کننده در حدود 60 فوت فاصله دارند لکن در صفحه تلویزیونی بسیار نزدیک معلوم میشوند. چرا که تصاویر که توسط عدسیه های کامره تلویزیونی اخذ میگردد. در این حالت کوتاه و فشرده اند.

۱۶ :- یک عدسیه نازک غیر متناسب تصویر نسبی را در نقطه از محراق خود تشکیل میدهد آیا موقعیت تصویر اگر عدسیه معکوس شود تغییر می یابد؟

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

۱۷:- چرا عدسیه دو نقطه موضعی دارد و یک آئینه یکی دارد؟

۱۸:- در کدام حالت یک عدسیه نازک که ممکن تفاوت داشته باشد یا

تفاضل؟

الف: تصویر حقیقی.

ب: یک تصویر معکوس.

ج: یا تصویری کوچکتر از شی داشته باشد؟

۱۹:- یک شناور دوست دارد که از یک خریطه پلاستیکی هوا شده به

حیث یک عدسیه تجمع جهت مشاهده در زیر آب استفاده نماید،

موقعیت مناسب خریطه را رسم نماید.

۲۰:- در ارتباط به تصویر شماره (۲ - ۲۳a) تماماً شعاعیکه از عین

موج در اصطکاک امواج حاصل میشود به عین مسیر جریان را تا نقطه

تصویر دارند این مطلب را در ارتباط قواعد به بحث بکشید (با ملاحظه

فصل ۱).

۲۱:- چرا انحراف و خطای رنگی در عدسیه های ساده رخ میدهد نه در

آئینه ها؟

۲۲:- در انحراف های عدسیه های متعدد توجه نماید، آیا اساساً ممکن

است که در زمان اعیار در رنگ بینی عدسیه را از تمام انحرافات مبرا

نمود؟

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

۲۳:- یک آئینه مقعر و یک عدسیه تمرکز دهنده عین فاصله محراقی در هوا دارند آیا این فاصله محراقی را زمانیکه در آب فرو روند خواهند داشت؟

۲۴:- تحت کدام شرایط یک عدسیه باریک ( نازک ) میتواند که بزرگ سازی افقی داشته باشد؟

الف : of-1

ب : of+1

۲۵:- چگونه فاصله محراقی یک عدسیه نازک شیشه ای برای نور آبی میتواند برای نور قرمز مقایسه شود؟  
با در نظر داشت اینکه عدسیه :

الف : عدسیه انشعاب دهنده است.

ب : عدسیه متمرکز دهنده است.

۲۶:- آیا فاصله محراقی یک عدسیه مربوط به حد وسط آن است که عدسیه زیر آب است؟ آیا ممکن است که برای یک عدسیه معین که در یک حد وسط متمرکز باشد و در یک حد وسط دیگر منشعب؟

۲۷:- آیا جملات ذیل برای یک عدسیه شیشه ای در هوا صادق است؟

الف: یک عدسیه یکه در وسط ضخیم تر نسبت به لبه ها است، یک عدسیه متمرکز کننده برای شعاع موازی است.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

ب: یک عدسیه که در لبه های ضخیم تر از مرکز است یک عدسیه منشعب کننده که برای شعاع موازی است.

۲۸:- تحت کدام شرایط بزرگ سازی افقی ( $m=-i/o$ ) برای عدسیه و آئینه ها نامحدود میشود؟ آیا کدام اهمیت عملی برای این حالت وجود دارد؟

۲۹:- چرا بزرگ سازی یک بزرگ ساز (به نتیجه گیری به معادله ۲ - ۳۱ مراجعه کنید) به تاسی از زاویه تعریف شده نه نظر به تصویر حجم شی؟

۳۰:- عینک های عادی بزرگ نمی سازند لکن یک بزرگ کننده عادی بزرگ میسازد پس عمل کرد عینک چگونه است؟

۳۱:- شماره  $f$  در یک عدسیه کامره فاصله محراقی آن تقسیم به قطر دهانه است، چگونه میتواند که به یک عدسیه تبدیل شود؟ چگونه زمان نمایش با شماره  $f$  ارتباط دارد؟

۳۲:- یک شیشه بزرگ کننده که دارای فاصله محراقی کوچک است، میتواند که محتوای دقیق تری نسبت به آنکه فاصله محراقی طولانی تری دارد امتحان یا تجربه کند، علت آن چیست توضیح بدارید؟

۳۳:- طولانی ترین فاصله ای که چشم بشر میتواند یک روزنامه را مطالعه کند تخمین نماید؟

۳۴:- آیا فرق میکند که:

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

الف: یک تلسکوپ ستاره شناسی.

ب: یک میکروسکوپ مرکب.

ج: یک بزرگ کننده ساده.

د: یک کامره بشمول یک کامره تلویزیون.

ه: یا یک پروجکتور شامل تصاویر راست و یا معکوس تولید کننده؟ در مورد تصویر حقیقی و یا افقی چطور؟

۳۵- چی خصوصیتی میتواند که یک عدسیه را یک عدسیه فروزنده آتش گرداند، (یک عدسیه که مقابل آفتاب قرار گیرد کاغذ را آتش میزند یا اینکه یک شاخه مرطوب در عقب آن قرار گیرد؟

۳۶- عمل کرد عدسیه یک میکروسکوپ را توضیح دهید چرا بطور کلی استفاده از یک عدسیه؟ چرا نه فقط استفاده از یک بزرگ کننده قوی؟

۳۷- چرا ستاره شناسان تلسکوپ های ذره بینی را در مشاهده آسمان ها بکار بردند؟

با وجود آن ستاره ها به اندازه دور اند که همچنان بصورت نقطه های روشن بدون تشخیص مفصل نمودار میگردند.

۳۸- یک ساعت ساز در زمان راننده گی از عینک های منحرف دهنده استفاده میکند و در زمان مطالعه از هیچ عینکی استفاده نمی کند، و در زمان وظیفه از عینک نزدیک بین استفاده میکند، آیا چشم های عینک ساز نزدیک بین است و یا دوربین؟ توضیح بدارید؟

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

توضیح دهید که چرا؟

الف: بعضی اوقات از نور ماورای بنفش جهت روشن سازی اشیا از میکروسکوپ استفاده میشود؟

ب: از فلترهای آبی رنگ بعضی اوقات جهت عکس برداری یک ستاره ایکه از طریق تلسکوپ به مشاهده میرسد استفاده میشود؟

ج: معمولاً از اشعه مادون قرمز جهت وضاحت بیشتر تصویر در عکس های مناظر خشکی استفاده میکنند؟



### تمرینات

---

۲ - ۱ تشکیل تصویر توسط آئینه ها و عدسیه ها

۲ - ۲ آئینه های مستوی ( صاف )

۱ :- شما در مقابل یک آئینه بزرگ مستوی ایستاده هستید و به تصویر خود نظر دوخته اید اگر شما به سرعت  $V$  به جانب تصویر حرکت نماید تصویر شما با چی سرعت به جانب شما حرکت میکند؟ این سرعت را در هر دو صورت راپور دهید.

الف: در چوکات ارجاع به خود و.

ب: در چوکات اطایکه آئینه در آن قرار گرفته است.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

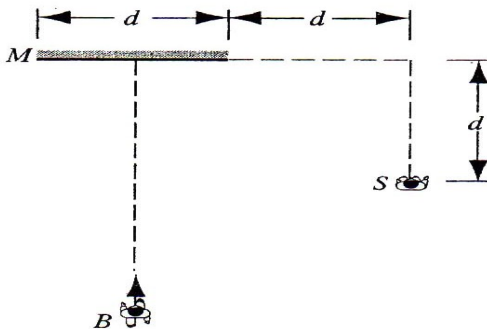
---

---

۲:- یک شی کوچک به فاصله 10cm در مقابل یک آئینه مستوی قرار دارد، هرگاه شما به عقب شی به فاصله 30cm ایستاده شوید و به تصویر خویش نظر اندازید برای چی فاصله ای باید که شما چشم های خود را عیار نماید؟

۳:- ثابت کنید که هرگاه یک آئینه مستوی به اندازه زاویه  $\alpha$  دوران داده شود، شعاع انعکاسی یه اندازه زاویه  $2\alpha$  دور خورده است نشان دهید که این نتیجه مناسب برای  $\alpha = 45^0$  در چه می باشد.

۴:- شکل ۲ - ۳۶ از نمای افقی نشان میدهد که B مستقیماً بطرف یک آئینه عمود حرکت میکند . B به چی فاصله از آئینه خود رسید ، تا برای S امکان دیدن آن مساعد گردد . در صورتیکه  $d=3m$  باشد .



شکل ۲ - ۳۶ :- تمرین ۴.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۵:- یک شی کوچک O به  $\frac{1}{3}$  فاصله در بین دو آئینه مستوی موازی جابجا گردیده است قرار شکل ۲ - ۳۷ شعاعات را رسم نماید که چهار تصویری را که به نزدیکترین فاصله از نقطه O قرار دارند مشخص نماید.



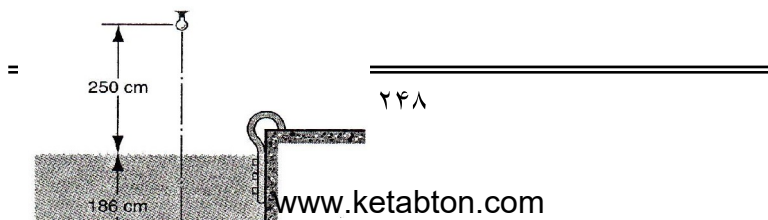
• O

شکل ۲-۳۷ :- تمرین ۵.



۶:- در شکل ۲-۴ شما آئینه را  $30^\circ$  درجه بطرف پائین در خلاف جهت عقربه ساعت میچرخانید ، و در آن محل نقطه O را برای جسم در نظر گیرید . آیا موقعیت تصویر تغییر می نماید ؟ اگر بلی موقعیت تصویر در کجا تشکیل میگردد؟ آیا پس از تغییر موقعیت تصویر چشم ناظر بدون اینکه تغییر موقعیت دهد توانائی دیدن تصویر را دارد ؟ شکل را طراحی نماید که حالت جدید را نشان دهد.

۷:- شکل (۲ - ۳۸) یک چراغ برق را نشان میدهد که به فاصله 250cm از سطح آب حوض آبیازی آویزان است. عمق آب 180cm است و در کف حوض یک آئینه کلان است، هرگاه از نزدیک تلاقی نارمل نظر شود ، تصویر چراغ برق در کجا تشکیل می گردد ؟





شکل ۲ - ۳۸ :- تمرین ۷ .

۸ :- دو آئینه مستوی طوری قرار دارند که با هم زاویه  $90^\circ$  درجه را می سازند . بیشترین تعداد تصاویر متشکله از یک جسم واقع بین این دو آئینه چند است ؟ جسم در بالای آئینه موقعیت ندارد .

۹ :- یک جسم به فاصله  $10\text{cm}$  از آئینه مستوی و چشم یک ناظر به فاصله  $24\text{cm}$  از آئینه مستوی قرار دارند ، قطر چشم ناظر  $5\text{mm}$  است ، اگر تصور شود که چشم ناظر و جسم هر دو در امتداد خط مستقیم و عمود به سطح زمین باشد. مساحت آئینه را بیابید که برای تجربه و به منظور انعکاس استفاده شده است .

۱۰ :- تمرین ۸ را کار نماید هرگاه زاویه بین دو آئینه ( a )  $45^\circ$  درجه ، ( b )  $60^\circ$  درجه و

( c )  $120^\circ$  درجه باشد ، و جسم در فاصله مساوی از آن قرار داشته باشد .

۱۱ :- در یک دیوار که سقف و دو دیوار مجاور آن آئینه باشد چند تصویر خود را میتوان دید توضیح دهید ؟

۲ - ۳ آئینه های کروی:

---



---

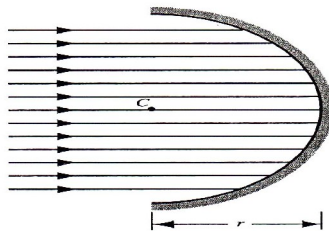
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

۱۲ :- شکل ۲ - ۳۹ را بروی یک ورق کلان دوباره رسم نماید . اشعه های منعکسه را نظر به قانون انعکاس بدقت رسم نماید. آیا یک نقطه محراقی تشکیل میگردد؟



شکل ۲ - ۳۹ :- تمرین ۱۲.

۱۳ :- یک آئینه مقعر ریش تراشی دارای شعاع انحنا بطول 35cm است این آئینه از صورت ناظر به فاصله قرار دارد که تصویر بیننده را ۲.۷ مرتبه بزرگتر نشان میدهد ، آئینه از چی فاصله از صورت بیننده قرار دارد ؟

جدول ۱ - ۲ :- تمرین ۱۵.

	a	b	c	d	e	f	g	h
Type	Concave						Convex	
$f$ (cm)	20		+20			20		
$r$ (cm)					-40		40	
$i$ (cm)					-10		4.0	
$o$ (cm)	+10	+10	+30	+60				+24
$m$		+1.0		-0.50		+0.10		0.50
Real image?		No						
Upright image?								No

---



---

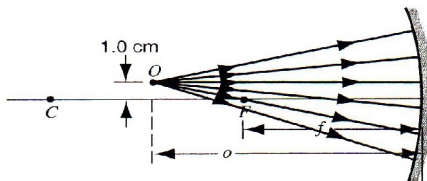
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

۱۴:- شکل (۲ - ۴۰) را تکمیل نمایید ، امتداد مسیر اشعه های وارده از نقطه O را به آئینه بعد از انعکاس ترسیم نمایید در صورتیکه فاصله محراقی 10cm و فاصله جسم 15cm باشد .



شکل ۲ - ۴۰ :- تمرین ۱۴.

۱۵:- جدول (۲ - ۱) را خانه پری نمایید . در جدول هر ستون مربوط به یک آئینه کروی یا یک آئینه مستوی و یا یک جسم حقیقی است . نتایج بدست آمده را با ترسیم اشعه آزمایش کنید . فاصله را بر حسب cm محاسبه نموده هرگاه کدام عددی علامت مثبت و یا منفی ندارد علامت درست را شما بیابید .

۱۶:- شکل ۲ - ۱۵ که مربوط به یک آئینه محدب است را در نظر گرفته برای آن معادله از معادله ۲ - ۴ گرفته اشتقاق نمایید و ثبوت نمایید که معادله بدست آمده فقط در صورتیکه صدق می نماید که  $i$  و  $f$  منفی فرض شود .

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

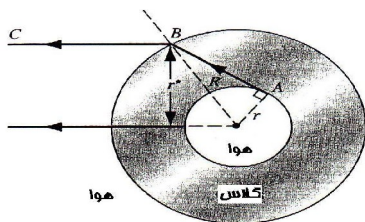
---



---

## ۲ - ۴ سطوح شکاننده کروی :

۱۷ :- شکل ۲ - ۴۱ نشان دهنده تقاطع یک تیوب شیشه ای میان خالی به شعاع داخلی  $r$  و شعاع خارجی  $R$  و ضریب انکسار  $n$  است.  
 الف: خودتان را متقاعد بسازید که اشعه  $ABC$  نشان دهنده شعاع ظاهری یا داخلی  $r$  است.  
 ب: ثبوت نماید که  $r^*$  مستقل از  $R$  است.



شکل ۲ - ۴۱ :- تمرین ۱۷.

## جدول ۲ - ۲: تمرین ۱۸.

	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$	$g$	$h$	$i$
Type	Converging								
$f$ (cm)	10	+10	10	10					
$r_1$ (cm)					+30	-30	-30		
$r_2$ (cm)					-30	+30	-60		
$i$ (cm)									
$o$ (cm)	+20	+5.0	+5.0	+5.0	+10	+10	+10	+10	+10
$n$					1.5	1.5	1.5		
$m$			>1	<1				0.50	0.50
Real image?									Yes
Upright image?								Yes	

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

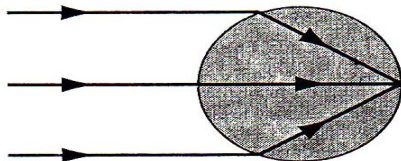
---

۱۸ :- جدول (۲ - ۲) را خانه پُری نماید، هر ستون مربوط به یک سطح کروی است که دو محیط متفاوت را که دارای ضرایب انکسار مختلف اند از هم جدا میسازد. جسم در تمام حالات حقیقی است، فاصله برحسب  $cm$  است. برای هر حالت یک تصویر را ترسیم نموده و اشعه ها را بصورت مناسب بصورت گرافی رسم نماید محل جسم را فرضی در نظر بگیرید.

۱۹ :- یک دسته اشعه نورانی از یک چراغ لیزری بطور عمود به یک سطح جامد کروی با ضریب انکسار  $n$  قرار شکل ۲ - ۴۲ برخورد می نماید.

الف: ثبوت نماید که دسته اشعه به محراق در عقب آئینه انتقال داده نمی شود، اگر عرض اشعه خورد تر از شعاع کره نباشد.

ب:- اگر حالت الف درست است ضریب انکسار کره چند است.



شکل ۲ - ۴۲ :- تمرین ۱۹.

---

---

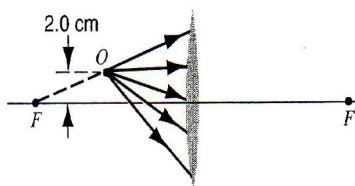
فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

۲ - ۵ عدسیه های نازک:

۲۰:- شکل ۲ - ۴۳ را تکمیل نماید ، امتداد مسیر هر اشعه وارده از منبع O را پس از عبور از عدسیه ترسیم نماید ، فاصله محراقی 10cm و فاصله جسم 6cm است .



شکل ۲ - ۴۳ :- تمرین ۲۰.

۲۱:- یک جسم به طرف چپ یک عدسیه نازک متقارب به فاصله 20cm قرار دارد فاصله محراقی عدسیه مذکور 30cm است تصویر در کجا تشکیل میگردد موقعیت تصویر را بر حسب محاسبه و دیاگرام بیابید.

۲۲:- یک عدسیه محدب الطرفین از شیشه با ضریب انکسار 1.5 ساخته شده است شعاع انحنا یک سطح آن دو برابر شعاع انحنا دیگر آن است . هرگاه فاصله محراقی 60mm باشد . شعاعات انحنا را بیابید .

۲۳:- فرض نماید که تصویر آفتاب را بروی یک پرده با استفاده از یک عدسیه نازک متمرکز نموده اید . هرگاه فاصله محراقی عدسیه 27cm باشد ، طول قطر تصویر را بیابید ؟

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

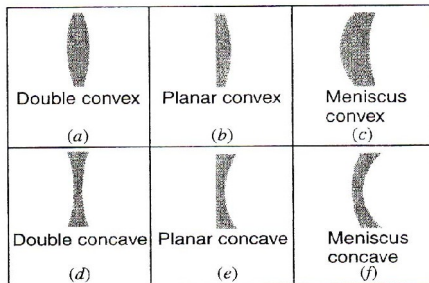
---

---

۲۴:- یک عدسیه از شیشه ساخته شده است که ضریب انکسار آن 1.5 است عدسیه یک عدسیه محدب مستوی است . شعاع انحنای عدسیه محدب آن 20cm است.

الف: فاصله محراقی عدسیه را بیابید.

ب: اگر جسم به فاصله 40cm بسمت چپ عدسیه قرار داشته باشد تصویر در کجا تشکیل خواهد شد.



شکل ۲ - ۴۴: - تمرین ۲۵.

۲۵:- شما یک حلقه شیشه ای تخت با ضریب انکسار  $n=1.5$  را اختیار بدارید و همچنان یک دستگاه عدسیه تراش که شعاع انحنای برابر به 40cm و یا 60cm را تنظیم کرده بتواند از شما خواسته میشود تا لست از شش نوع عدسیه که در شکل ۲ - ۴۴ است آماده کنید .

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

فاصله محراقی هر عدسیه چند خواهد بود؟ در جایکه امکان انتخاب بین دو عدسیه برای شما است عدسیه با شعاع انحنا کوچکتر را انتخاب نمایید.

۲۶:- جسم به مرکز O و شعاع انحنا یک عدسیه مقعر محدب الطرفین که اندازه طول شعاع انحنا هر دو طرف آن مساویست قرار دارد.

الف: فاصله تصویر را از شعاع I و ضریب انکسار را دریابید.

ب: خصوصیات تصویر را توضیح بدارید.

ج: نتایج بدست آمده را توسط دیاگرام رسم نمایید.

۲۷:- معادله ۲ - ۱۵ فورمول عدسیه نازک است شکل دیگر این

فورمول، فورمول نیوتن است، طوریکه فاصله جسم از محراق به X و

فاصله تصویر از محراق X' مشخص شده است، این فورمول را ثبوت

نمایید.

$$XX' = F^2$$

جدول ۲ - ۳ :- تمرین ۲۸.

	a	b	c	d	e	f	g	h	i
Type	Converging								
f (cm)	10	+10	10	10					
r <sub>1</sub> (cm)					+30	-30	-30		
r <sub>2</sub> (cm)					-30	+30	-60		
i (cm)									
o (cm)	+20	+5.0	+5.0	+5.0	+10	+10	+10	+10	+10
n					1.5	1.5	1.5		
m			>1	<1				0.50	0.50
Real image?									Yes
Upright image?								Yes	



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

۲۸:- نظر به وسعت امکان، جدول ۳ - ۲ را خانه پری نماید اگر کدام کمیت محاسبه شده نتوانست علامت X بزنید، فاصله ها را بر حسب cm است اگر کدام عدد به استثنائی ردیف n علامت (+) و یا (-) ندارد شما علامت درست را بیابید برای هر حالت شکل و شعاعات مناسب گرافی بسازید جسم در تمام حالات حقیقی است.

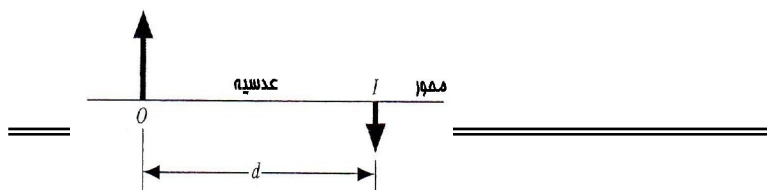
۲۹:- یک سطح نورانی در فاصله 44cm از یک پرده محکم شده است به چی فاصله از سطح نورانی یک عدسیه با فاصله محراقی 11cm باید که جابجا گردد تا تصویر را بروی پرده متمرکز نماید.

۳۰:- یک وکتور نورانی به فاصله 40cm خود تصویر معکوس بروی مختصات اپتیکی یک عدسیه تشکیل میدهد. (با توجه به شکل ۲ - ۴۵) طول تصویر نصف طول جسم است.

الف: از چی نوع عدسیه برای تشکیل تصویر استفاده شده است.

ب: جسم به چی فاصله ای از عدسیه مذکور قرار دارد.

ج:- فاصله محراقی عدسیه مذکور چند است.



شکل ۲ - ۴۵ : - تمرین ۳۰.

۳۱: - یک عدسیه محدب یا مقارَب با فاصله محراقی 20cm به فاصله 10cm از یک عدسیه مقعر متباعد با فاصله محراقی 15cm موقعیت دارد. اگر جسم به فاصله 40cm در سمت چپ عدسیه اول قرار گیرد. تشکیل و خصوصیات تصویر را توضیح دهید.

۳۲: - ثبوت نماید هرگاه یک عدسیه محدب مقارَب با فاصله محراقی  $f$  در امتداد یک عدسیه مقعر متباعد با فاصله محراقی  $-f$  قرار داشته باشد شعاعات نورانی را اگر عقب عدسیه دوم متمرکز خواهد ساخت  
الف: هر فاصله بین دو عدسیه  $O < L < F$  باشد.

ب: هرگاه عدسیه ها با هم دیگر تعویض شوند خاصیت فوق تعویض میگردد.

ج: هرگاه  $L=0$  گردد چی اتفاقی خواهد افتاد.

۳۳: - یک جسم به فاصله 1.12m در مقابل یک عدسیه مقارَب با فاصله محراقی 58cm موقعیت دارد. طوریکه خود عدسیه به فاصله 1.97m از یک آئینه مستوی قرار دارد.

الف: موقعیت نه‌ای تصویر از عدسیه در صورتیکه بیننده از آئینه مستوی سمت عدسیه نظر کند را بیابید.

ب: آیا تصویر نه‌ای حقیقی است یا مجازی.

ج: آیا تصویر نه‌ای راسته است یا معکوس.

د: بزرگنمایی جناحی چند است.

34: - یک جسم به فاصله 20cm در طرف چپ یک عدسیه با فاصله

محراقی 10cm+ قرار دارد عدسیه دومی با فاصله محراقی 12.5cm در

طرف راست عدسیه اول به فاصله 30cm قرار دارد .

الف: اگر تصویر متشکله عدسیه اول جسم برای عدسیه دومی فرض شود

، تشکیل و اندازه تصویر نه‌ای را بیابید.

ب: خلاصه نتایج بدست آمده را توسط رسم سیستم عدسیه و تنظیم

ساخت دیاگرام اشعه توضیح دهید .

ج: تصویر نه‌ای را توضیح دهید.

## ۲ - ۶ اسباب های اپتیکی

35: - بزرگنمایی زاویوی یک تلسکوپ نجومی در تنظیمات نارمل ۳۶

است و قطر عدسیه ابجکتیف ( شی ) 72mm است . حد اقل قطر

عدسیه چشمی بمنظور جمع آوری تمام شعاعات ورودی به عدسیه

ابجکتیف ( شی ) بروی مختصات دستگاه و از یک فاصله چند است؟

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

۳۶ :- بعضی مایکروسکوپ های قدیمی که توسط لیون هوک ساخته شده بودند از یک عدسیه تشکیل گردیده بودند. ارتفاع بزرگنمایی آئینه ها در حدود ۲۰۰ بود. فرض نماید از یک عدسیه دو وجهی شیشه ای با ضریب انکسار  $n=1.5$  و شعاع انحنا  $R$  ساخته شده بودند.

الف :  $R$  را بیابید. ب : احتمال قطر اعظمی در این مایکروسکوپ ها چند است ؟

۳۷ :- شکل ۲ - ۴۶a تصویر یک چشم نورمال انسان را نشان میدهد. شعاعات ورودی از لایتهای یک تصویر معکوس بالای شبکیه تشکیل میدهد. چشم به مانند یک عدسیه محدب متقارب عمل میکند. بیشترین انکسار در قسمت خارجی چشم قرنیه اتفاق می افتد. یک فاصله محراقی  $f$  را برای یک چشم ۲.۵ سانتی متری فرض نمائید ، در شکل ۲ - ۴۶b جسم به فاصله  $o=36.0\text{cm}$  از چشم منتقل میشود برای تشکیل تصویر بالای شبکیه باید که فاصله محراقی به  $f'$  کاهش یابد این اتفاق توسط انساج موی مانند برای عدسیه چشم اتفاق می افتد.

این عمل انجام میگیرد توسط عضلاتی که باعث تبدیل شدن اندازه عدسیه و طول محراقی چشم را. (الف) پیدا کنید  $f'$  را طبق معلومات بالا (ب) آیا شعاع انحنا عدسیه بزرگتر و یا کوچکتر میشود از سبب انتقال از شکل ۲ - ۴۶a به شکل ۲ - ۴۶b ؟ در شکل تنها به ساختار چشم اشاره شده است. و شکل ۲ - ۴۶b درجه مقیاس نمی باشد.

---



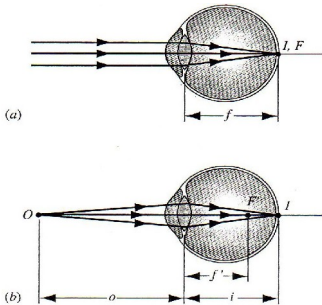
---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---



شکل ۲ - ۴۶: - تمرین ۳۷:

۳۸: - یک نوع مایکروسکوپ که در شکل (۲ - ۲۹) نشان داده شده است، عدسیه آبجکتیف (شی) آن دارای فاصله محراقی  $4.2\text{cm}$  و عدسیه چشمی اوکولر آن دارای فاصله محراقی  $7.7\text{cm}$  است. طوریکه فاصله بین این دو عدسیه  $25\text{cm}$  است.

الف: فاصله  $S$  در شکل (۲ - ۲۹) چند است.

ب: برای بدست آوردن دوباره شرایط شکل ۲ - ۲۹ به چی فاصله از محراق  $F_1$  جسم تغییر نماید.

ج: بزرگنمایی جناحی  $m^*$  برای عدسیه آبجکتیف (شی) چند است.

د: بزرگنمایی جناحی  $m_\theta$  در عدسیه چشمی چند است.

ه: بزرگنمایی کلی  $M$  در مایکروسکوپ چند است.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

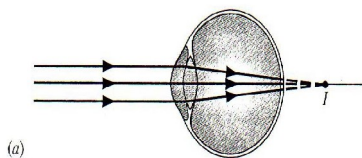
۳۹ :- در یک میکروسکوپ مرکب ، جسمی به فاصله 12.0mm از عدسیه آبجکتیف ( شی ) قرار دارد فاصله بین عدسیه های میکروسکوپ 285mm است تصویر میانه به فاصله 48mm از عدسیه چشمی فاصله دارد بزرگنمایی چند است .

۴۰ :- در یک چشم دوربین، چشم شعاعات عمود نورانی را طوری متمرکز می نماید که تصویر در عقب شبکیه تشکیل می گردد . قرار شکل ۲ - ۲۷a در یک چشم نزدیک بین تصویر در جلو شبکیه تشکیل میگردد . قرار شکل ( ۲ - ۲۷b ) .

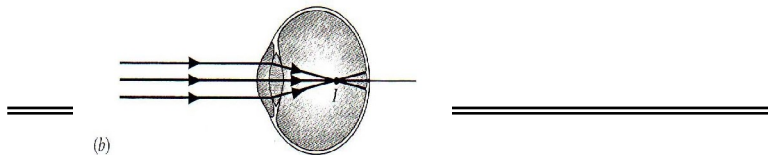
الف : شما برای رفع مشکل برای هر دو نوع چشم چه نوع عدسیه را در نظر میگیرید . برای هر حالت دیاگرام شعاعات را در نظر بگیرید .

ب : اگر شما برای مطالعه به عینک نیاز داشته باشید دوربین استید یا نزدیک بین ؟

ج : از عینک های دو محراقی که قسمت های بالائی و پائینی آن دارای فاصله محراقی متفاوت اند به چی منظور استفاده میشود ؟



شکل ۲ - ۴۷ :- تمرین ۴۰ .

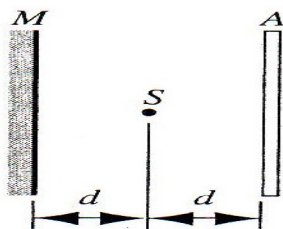


\* - : گشاده



### مسائل

۱ - : يك نقطه نورانی S در مقابل پرده A به فاصله d قرار دارد . هرگاه آئینه M به فاصله d در عقب نقطه نورانی قرار گیرد شدت نوری در مرکز پرده به چه صورت تغییر می نماید . قرار شکل 2 - 48 .



شکل ۲ - ۴۸ - : سوال ۱ .

نکته : تغییر شدت نظر به تغییر فاصله را بیاد آرید.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

۲:- الف: یک نقطه نورانی با سرعت  $V_0$  بطرف آئینه کروی و به امتداد مختصات آن در حرکت است با استفاده از فورمول

$$V_i = -\left(\frac{r}{20-r}\right)^2 V_0$$

سرعتی را توضیح دهید که در آن تصویر این

جسم انتقال پیدا میکند.

ب: فرض نماید که در آئینه مقعر  $r=15\text{cm}$  و  $V_0 = 5\text{cm/sec}$  سرعت تصویر را بیاید هرگاه جسم دورتر از فاصله محراقی به فاصله  $O=75\text{cm}$  قرار داشته باشد.

ج: هرگاه به نقطه محراقی نزدیک باشد  $O=7.7\text{cm}$ .

د: هرگاه جسم به خود آئینه بسیار نزدیک باشد  $O=0.15\text{cm}$ .

۳:- یک جسم باریک با طول  $L$  و به فاصله  $O$  از یک آئینه کروی برای مختصات آئینه مذکور قرار دارد.

الف: فورمول  $L' = L \left(\frac{f}{o-f}\right)^2$  را برای طول تصویر ثبوت نماید.

ب: ثبوت نماید که بزرگنمایی طولی  $m' = \left(\frac{L'}{L}\right)$  مساوی به  $m^2$  است در صورتیکه  $m$  بزرگنمایی جناحی باشد.

۴:- یکدسته اشعه نورانی بطور عمود از طرف چپ یک کره شیشه ای جامد متلاقی با نارمل به سطح کره برخورد می نماید. شعاع کره  $R$  ضریب انکسار باشد،  $n < 2$  فاصله تصویر را از طرف راست کرده بیاید.



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

۵:- ثبوت نماید که  $f$  فاصله محراقی یک عدسیه نازک است که هرگاه ضریب انکسار عدسیه مذکور  $n$  باشد و عدسیه مذکور به داخل یک مایع با ضریب انکسار  $n'$  غوطه ور باشد فورمول ذیل را ثابت نماید.

$$\frac{1}{f} = \frac{n-n'}{n'} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

۶:- هرگاه  $y = \frac{o}{|f|}$  و  $y' = \frac{i}{|f|}$  باشد، ثبوت کنید که معادله ۲- ۴ و ۲- ۱۵ می توانند که بصورت ذیر باشند.

$$\frac{1}{y} + \frac{1}{y'} = \pm 1$$

گراف از  $Y$  مقابل  $Y'$  تشکیل دهید. هرگاه حاصل معادله فوق  $(+1)$  گردد و گراف دیگری حاصل معادله فوق  $(-1)$  میشود. تغییرات متحول و تابع در هنگام تشکیل گراف برای  $y$  و  $y'$  بین  $+4$  و  $-4$  در نظر بگیرید.

الف: پس از ترسیم گراف های مطابق با آئینه های مقعر، آئینه های محدب، عدسیه های متباعد، عدسیه های متقارب مشخص شود.

ب: قیمت های هر گراف را که تعیین کننده جسم حقیقی، جسم مجازی، تصویر حقیقی و تصویر مجازی است مشخص نماید.

ج: نقاط را بالای هر خط منحنی علامت گذاری نماید در صورتیکه بزرگنمایی  $\pm 2$ ،  $\pm 1$  و  $\pm 0.5$  باشد.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

۷:- یک جسم نورانی و یک پرده از هم به فاصله  $D$  قرار دارند .  
 الف : ثبوت نماید که یک عدسیه متقارب با طول محراقی  $f$  بروی پرده  
 یک تصویر حقیقی از جسم در دو موقعیت که از هم به فاصله زیر قرار  
 دارند تشکیل میدهد.

$$d = \sqrt{D(D - 4f)}$$

ب : ثبوت نماید که نسبت بین اندازه های دو تصویر در بین دو موقعیت  
 چنین است.

$$\left( \frac{D - d}{D + d} \right)^2$$

۸:- ثبوت نماید که فاصله بین جسم حقیقی و تصویر حقیقی در یک  
 عدسیه متقارب همیشه بزرگتر یا مساوی به  $4f$  چند فاصله محراقی است .  
 ۹:- دو عدسیه متقارب با فاصله های محراقی  $F_1$  و  $F_2$  از همدیگر به  
 فاصله  $F_1 + F_2$  قرار دارند ، قرار شکل ۲ - ۴۹ ساختمان مشابه به این  
 بنام توسعه دهنده شعاعات یاد میگردد . و اکثراً برای بلند بردن ضخامت  
 دسته شعاعات لیزر بکار میرود.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



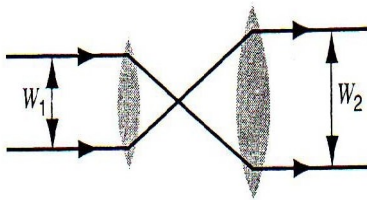
---

الف: هرگاه  $W_1$  عرض شعاعات ورودی باشد ثبوت نماید که عرض

شعاعات خروجی  $W_2 = \frac{F_2}{F_1} \cdot W_1$  است.

ب: ثبوت نماید که چطور یک عدسیه مرکب متقارب، متباعد بصفت توسعه دهنده شعاعات بکار میرود. شعاعات ورودی و خروجی عمود بر محور عدسیه است.

ج: نسبت بین شدت اشعه خروجی از توسعه دهنده و اشعه لیزر را محاسبه نماید.



شکل ۲ - ۴۹: - سوال ۹.

۱۰: - یک صفحه مسطح نیمه شفاف به فاصله  $b$  از یک آئینه محدب قرار دارد یک منبع نوری  $S$  به فاصله  $a$  در مقابل صفحه جابجا شده است قرار شکل ۲ - ۵۰ طوری که تصویر آن در سطح نیمه شفاف با تصویر آن در آئینه منطبق است. هرگاه  $b=7.5\text{cm}$  و  $F=-28.2\text{cm}$  باشد،  $a$  را پیدا نموده دیاگرام اشعه را نیز رسم کنید.

---



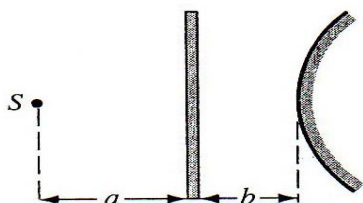
---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---



شکل ۲ - ۵۰ :- سوال ۱۰ .

۱۱ :- دو عدسیه نازک با فواصل محراقی  $f_1$  و  $f_2$  با هم در تماس اند، ثبوت نماید که آنها بصورت یک عدسیه واحد با فاصله محراقی

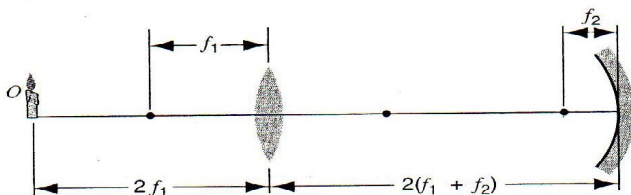
$$f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2}$$

عمل می نماید.

۱۲ :- یک شمع از عدسیه به فاصله  $F_1$  قرار داده شده است، از طرف دیگر عدسیه یک آئینه مقارب با فاصله محراقی  $F_2$  از عدسیه به فاصله  $2(F_1 + F_2)$  قرار دارد قرار شکل ۲ - ۵۱ .

الف : موقعیت، خواص و اندازه تصویر نهایی را بیابید هرگاه از طریق عدسیه به سمت آئینه بیند .

ب : دیاگرام مناسب شعاعات را رسم نماید.



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

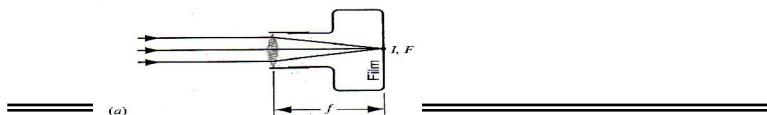
شکل ۲ - ۵۱ : - سوال ۱۲.

۱۳ :- شکل (۲ - ۵۲) یک کامره را نشان میدهد که بروی یک جسم در لایتناهی متمرکز شده است یک تصویر حقیقی معکوس به فاصله  $i$  که مساوی به فاصله محراقی عدسیه است تشکیل گردیده است. در شکل ۲ - ۵۲b جسم O نزدیکتر به کامره است، طوریکه فاصله جسم O از عدسیه 100cm است برای متمرکز ساختن تصویر I بروی فیلم ما باید عدسیه را از کامره دور بسازیم چرا؟

الف: در شکل (۲ - ۵۲b)،  $i'$  را بیابید.

ب :- چقدر عدسیه باید که منتقل شود؟ نوت: کامره در اینجا حیثیت چشم را ندارد و از چشم فرق میکند (تمرین ۳۷ را ببینید) در کامره F ثابت می ماند و فاصله تصویر I توسط جابجای عدسیه تغییر می نماید. برای چشم فاصله تصویر I ثابت می ماند و فاصله محراقی توسط کج شدن عدسیه تغییر می نماید. اشکال ۲ - ۴۶ و ۲ - ۵۲ را بدقت مقایسه نماید.

ج: فاصله محراقی یک کامره کوچک 50mm و ترتیب تمرکز عدسیه آن از 1.2m تا لایتناهی است. شما ترتیب تغییرات فاصله بین فیلم و عدسیه را بیابید.



شکل ۲ - ۵۲ : - سوال ۱۳ .

۱۴ :- قدرت  $P$  یک عدسیه  $P=1/F$  است . طوریکه  $F$  فاصله محراقی عدسیه است . واحد قدرت عدسیه دیوپتری بوده و  $1\text{dioptr}=1/m$  است .

الف : چرا این یک تعریف مؤجه برای قدرت یک عدسیه است .

ب : ثبوت نماید که قدرت دو عدسیه مماس با هم توسط فورمول  $P = P_1 + P_2$  بدست می آید . طوریکه  $P_1$  قدرت عدسیه اول و  $P_2$  قدرت عدسیه دوم می باشد . ( اشاره به سوال ۱۱ ) .

۱۵ :- یک عکاس به فاصله  $44.5m$  از یک خط ریل می ایستد و طوریکه مسیر دید عمود بر خط ریل است . یک قطار با سرعت  $135km/h$  عبور می نماید و عکاس با استفاده از کامره با فاصله محراقی  $3.6cm$  عکس میگیرد . زمان اعظمی نور دهی را طوریکه تیره گی تصویر فیلم از  $75cm$  . تجاوز نکند بیابید .

۱۶ :- نیوتن خود را متقاعد ساخت که انحراف مربوط به خواص ذاتی تلسکوپ منکسره می باشد . که بطور خلاصه در شکل ۲ - ۵۳ نشان داده شده است . او پیشکش نمود مدل دوم از تلسکوپ خود را که

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

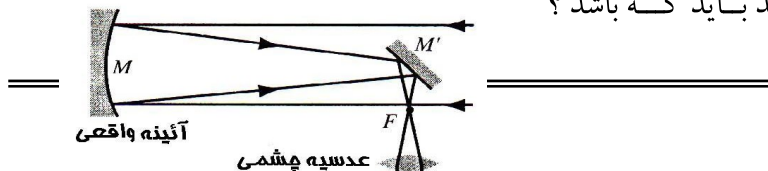
قدرت بزرگ نشان دادن آن ۳۸ بود، که تا هنوز هم است. در شکل ۲-۵۳ شعاع نوری موازی با محور تلسکوپ به آئینه واقعی  $M$  می تابد ، بعد از انعکاس از آئینه کوچک  $M'$  شعاعات یکدیگر خود را نقطه بنام  $F$  قطع میکنند ، بعداً نمایان میشود در مقابل یک عدسیه چشمی ( الف ) نشان دهید که ذرین زاویه یی  $m_{\theta}$  از معادله ۲-۳۴ بدست می آید.

$$m_{\theta} = -f_{ob} / f_{ey}$$

ب : - از پروگرام تان استفاده نماید تا که بوجود بیاورید یک دوره متوالی را ، جایکه  $f_{ob}$  طول محراقی آئینه واقعی می باشد ، و  $f_{ey}$  عبارت از عدسیه چشمی می باشد ، آئینه 200-in در تلسکوپ منعکسه دارای طول محراقی 16.8m است. معلوم نماید اندازه تصویر در محراق مستوی این آئینه را زمانیکه شی یک چوب یک متری باشد. شعاعات را موازی با هم فرض کنید.

ج : - آئینه های مختلف تلسکوپ های ستاره شناسی منعکسه دارای یک شعاع انحنای موثر می باشند ، بخاطریکه همچو آئینه ها دارای شکل سهمی می باشند نسبت به یک شکل کروی .

برای یک ذره بین زاویه یی ۲۰۰ ، اندازه طول محراقی عدسیه چشمی چند باید که باشد ؟



شکل ۲ - ۵۳ :- سوال ۱۶ .



### مسئله کامپیوتری

---

۱ :- در یک آئینه کروی مقعر شعاعات که عمود بر محور مختصات آئینه می تابند همگی در نقطه محراقی منعکس نمی گردد. فرض کنید که شما یک آئینه کروی مقعر با شعاع انحنا  $1m$  دارید.

الف: برای شعاعات متلاقی عمود برنامه کامپیوتر بنویسید طوری که نقطه برخورد شعاعات منعکسه با محور مختصات آئینه در فاصله  $d$  قرار دارند مشخص شود. (ب) گسترش دهید پروگرام تان را برای شعاعات منعکسه از فاصله های وارده  $d=0.5, 10, 15, \dots, cm$  تا به  $d=10.0m$  و این شعاعات را در یک دیاگرام تکی رسم نماید ، و پوشش خارجی این شعاعات ( فلز قلیایی ) نامیده میشود. شما نیز می توانید مشاهده نماید زمانیکه نور انعکاس می کند از داخل یک قاشق که داخل یک توته ورق است. تمرین ۱۲ و شکل ۲ - ۳۹ را ببینید.

-----

-----



فصل ۳

تداخل

در این فصل و فصل آینده ما در باره تداخل و تفرق امواج نوری بحث خواهیم کرد. این در بحث فزیک نوری (اوپتیک موجی) که در آن یک شعاع نوری با مانع که سایز آن با طول موج نوری قابل مقایسه است برخورد میکند. با توجه به خواص عدسیه ها و آئینه ها که توسط میتود های جیومتریکی نور تشریح شده اند و جائیکه ما نور را به شکل اشعه ارائه نمودیم. فزیک اوپتیک به طبیعت موجی نور بستگی دارد. در حقیقت این از تجاربی است که در ابتدا طبیعت موجی نور را به اثبات میرساند.

۳ - ۱ تداخل دو منبع

در صورتیکه امواج از دو منبع در فضا تداخل نمایند، شدت موج حاصله در این نقطه میتواند بزرگتر یا کمتر از شدت هر یک از این دو موج باشد. ما این را اثر تداخل می نامیم تداخل میتواند سازنده یعنی زمانیکه شدت خالص بیشتر از شدت های امواج به تنهایی است و یا تخریبی یعنی زمانیکه شدت خالص کمتر از شدت های امواج به تنهای

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

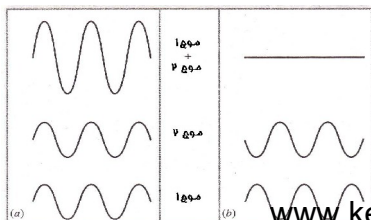


---

است باشد. چه تداخل سازنده و چه تخریبی باشد مربوط به فاز آن دو موج است.

گرچه اساساً هر تعدادی از امواج میتوانند تقاطع نمایند ما در این جا تنها تداخل دو موج را مد نظر میگیریم. فرض میکنیم که منابع این امواج هر یک با عین طول موج تولید مینمایند. موضوع منابعی ایکه امواج با طول موج متفاوت تولید میکند میتواند با تقاطع جداگانه هر یک از طول امواج انفرادی مد نظر گرفته شوند.

شکل ۳ - ۱ بستگی زمانی دو موج را که به یک نقطه کیفی  $P$  در فضا میرسند نشان میدهد. در شکل  $۱a - ۳$  دو موج در مرحله ای میرسند که قله به قله و عقده به عقده است اثر خالص در نقطه  $P$  حاصل یکجا شدن دو موج است و موج حاصله امپلیتود دو چند مضاعف امواج اجزاً است این حالت تقاطع سازنده اعظمی است. شکل  $۱a - ۳$  عین چیز خواهد بود اگر یکی از امواج به اندازه یک سیکل مکمل ( $2\pi$  رادیان) یا هر اندازه سیکل مکمل تغییر یابد. بنا براین میتوانیم بگویم که تقاطع اعظمی سازنده دو موج وقتی بوقوع می پیوندد که تغییر فاز شان به رادیان به اندازه  $0, 2\pi, 4\pi, \dots$  باشد.



۲۷۴

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

شکل ۳ - ۱ : (a) موثریت تداخل دو موج که در فاز می باشند. (b) مضر بودن تداخل دو موج که 180 درجه خارج فاز اند.

شکل ۳ - b ۱ که قله یک موج به عقده موج دیگر یکجا شده و یک تداخل تخریبی صورت گرفته یک موج ، موج دیگر را حذف مینماید. برای رفتن از این حالت تقاطع سازنده (مانند شکل ۳ - a ۱) به تقاطع تخریبی (شکل ۳ - b ۱) ما باید یکی از امواج را اندازه بکنیم. سیکل ( $\pi$  رادیان) یا تعدادی سیکل مکمل با اضافه نیم سیکل تغییر دهیم. یعنی تقاطع تخریبی مکمل دو موج زمانی اتفاق می افتد که تغییر فاز شان به رادیان به اندازه  $\pi, 3\pi, 5\pi, \dots$  باشد یا معادلاً میگویم زمانیکه 180 درجه فرق فاز داشته باشند.

در حال حاضر فرض میکنیم که ارتباط فاز دو موج با زمان تغییر نمی کند. اینگونه امواج چسبیده میباشند. وقتی امواج کوهنت تقاطع می نمایند شدت امواج یکجا شده در نقطه صفر در فضا با زمان تغییر نمی کند. امواج کوهنت که یک حالت ضرور برای وقوع تقاطع است در مبحث ۳ - ۳ بحث گردیده اند.

---



---

 فصل (1) . . . . . امواج نوری
 

---



---

دو منبع مختلف نور بصورت عموم نمی تواند که کوهزنت باشند بخاطر اینکه تولید نور توسط اتم های یک منبع غیر وابسته به تولید نور از یک منبع دیگر است. قله ها و عقده های امواج دو منبع یک فاز ارتباطی معین را حفظ نمی کند و امواج گفته میشود که ناچسبیده اند. برای اجرای تجارب تقاطع با نور، معمولاً ضرورت است که تا نور تولید شده از یک منبع را به دو جز تقسیم کرد و قسمی فکر کرد که هر یک از اجزا از یک منبع مستقل تولید شده اند. اگر این ها را به شکل درست اجرا نمایم، این اجزا می توانند با هم تقاطع داده شوند. در این فصل چندین شبکه را مد نظر گرفته ایم تا این تقسیم موج نور را ایجاد نمایم.

اگر دو منبع امواج که بسوی ساحه یی از فضا تولید میشوند در عین زمان ممکن است تداخل سازنده را در بعضی از نقاط تداخل تخریبی و در بعضی نقاط دیگر در رشته باشد یعنی ممکن در بعضی نقاط در فضا جائیکه فاصله از نقطه مشاهده به دو منبع فقط در قسمتی است که دو موج به فاز برسند است مانند شکل ۳ - ۱a اینها تقاطعی برای تقاطع اعظمی اند ممکن است که نقاط دیگر موجود باشد که در آنجا ساحه به دو منبع سبب میشود که دو موج به خارج از فاز برسند از نقطه مشاهده مانند شکل ۳ - ۱b این نقاط تقاطع اصغری اند شکل ۳ - ۲ شکل تقاطع اعظمی و اصغری توسط تقاطع امواج آب را در یک تانک نشان

---

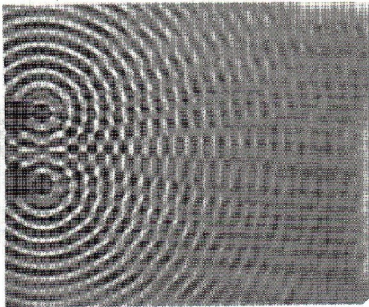
---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

میدهد. مثلی که در بخش آینده خواهیم دید امواج تقاطعی نور نیز عین شکل را نمایش میدهند.



شکل ۳ - ۲: نمونه تداخل را تولید شده در یک تانک از امواج آبی. دو نمونه امواج می سازد نمونه امواج دایره وی را. که نیمی از نمونه حد اعظمی و حد اصغری در امواج است حد اعظمی می تواند که مشخص گردد توسط موقعیت نیم راست عکس

جایکه سایه نشان میدهد تیزی دره را. حد اصغری واقع شده در امتداد خط که سایه آن کمی واضح محدود شده است.

### ۳ - ۲ تداخل دو شکاف

شکل ۳ - ۳ اولین میتود ما در جهت تقسیم یک اشعه نور را به دو جزائیکه میتوانند با همدیگر تداخل نمایند بیان می نماید. یک شعاع نور که ما آنرا از امواج خطی میدانیم مثل اینکه از لیزر منشأ گرفته باشد به یک مانع باریک برخورد کرده و به دو شکاف باریک تقسیم شده است. اجزا بخش ها از مانع ها عبور میکند بناً این بخش ها میتواند بحيث دو منبع امواج همسو مد نظر گرفته شوند. ( انتشار نور وقتی از

---



---

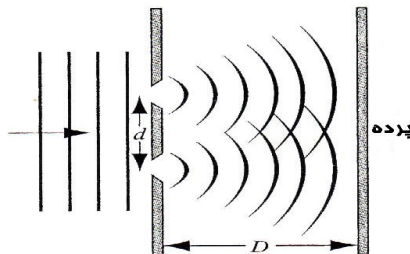
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

مانع‌ها که در شکل ۳-۳ به تصویر کشیده شده‌اند بنام تفرق یاد میشود که در فصل آینده بحث خواهد شد. یک انتشار مشابه در انکسار امواج که از یک قسمت باز شده گی خارج میشود ایجاد میشود مثلی که این موضوع در شکل ۳-۱ ترسیم شده بود. برای فعلاً ما مانع‌ها را چنان نازک مد نظر میگیریم که مشابه به منابع نقطه ای نور باشند که هر منبع نقطه ای امواج دایروی ای که در فصل ۱ بحث شد). متوجه باشید که دو موج میتواند از منطقه ای که به صفحه بر میخورند تقاطع نمایند برای ساده ساختن این تحلیل فرض میکنیم که مسافت  $D$  بین موانع و صفحه بسیار بزرگتر از جدا شده گی مانع  $d$  است. (در عوض میتوانیم یک عدسیه بین مانع‌ها و صفحه برای تمرکز دادن امواج منتشره به صفحه استفاده کرد چنانچه بعداً نیز بحث خواهیم کرد) ما وقتی به صفحه نگاه میکنیم سلسله از باندهای متناوب روشن و تاریک را می بینیم یا همان تقاطع که مطابقت به حد اعظمی و حد اصغری بودن شدت نور مینماید.



---



---

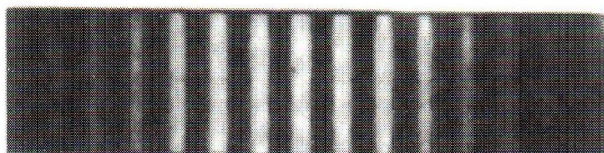
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

شکل ۳ - ۳: - رشته از امواج نوری که وارد میشود در یک مسیر به داخل دو سوراخ باریک که جدا شده توسط فاصله  $d$ . عرض سوراخ ها کوچک بوده که مقایسه میشود همراهِ طول موج. از این رو امواج عبور میکنند از میان گسترده گی سوراخ و صفحه را روشن می کنند.



شکل ۳ - ۴: - نمونه تداخل مرکب شده از روشنی و تاریک باند و یا حاشیه ، که ظهور خواهد کرد در صفحه که در شکل ۳ - ۳ است.

آنچه در شکل ۳ - ۴ نشان داده شده است کنار سمت راست تانک شکل ۳ - ۲ نقش صفحه را در شکل ۳ - ۳ ایفا میکند. در طول صفحه در تانک یک مجموعه متناوب از نکات حد اعظمی و حد اصغری مشابه به شکل ۳ - ۴ دیده میشود.

برای تحلیل نحوه تقاطع ما امواج را که در یک نقطه  $P$  یکجا میشوند در بالای صفحه  $C$  در شکل ۳ - ۵ . نقطه  $p$  در فاصله نسبی  $r_1$  و  $r_2$  از موانع نازک  $s_1$  و  $s_2$  قرار دارد. خط  $s_2b$  ترسیم شده است تا خطوط  $ps_2$  و  $pb$  طول های مساوی داشته باشند . اگر  $d$  فاصله از مانعی بسیار کمتر از فاصله  $D$  بین مانع ها باشد و نسبت  $d/D$  در شکل بزرگتر

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

شده است برای دفعات بیشتر  $s_2 b$  در این صورت تقریباً بر هر دو  $r_1$  و  $r_2$  عمود است.

این بدان معنی است که زاویه  $s_1 s_2 b$  تقریباً مساوی به زاویه  $paO$  است هر زاویه که به شکل  $\theta$  نشانی شده است در شکل به معادلاً خطوط  $r_1$  و  $r_2$  تقریباً موازی مد نظر گرفته میشوند.

دو شعاع که به نقطه p میرسند در شکل ۵ - ۳ از  $s_1$  و  $s_2$  اصلاً هم فاز بوده اند در منبع شان هر دو شان از این شعاعات مسافات مختلف را طی مینمایند. (مطابق به طول مسیر نوری مختلف) به نقطه p با تفاوت زمانی میرسند. تعداد طول موجهای در مسیرهای مختلف  $s_1 b$  شکل تداخل را در نقطه p متاثر میسازد.

برای داشتن حد اعظمی در p باید که دو شعاع هم فاز با عین زمان برسند و بناً  $S_1 b (= d \sin \theta)$  مساوی به تمام طول موجها باشد (معادل تغییر یکی از امواج در شکل ۳ - ۱a توسط تعداد کل سیکل ها) یا:

$$S_1 b = m \lambda \quad m = 0, 1, 2, \dots,$$

ما میتوانیم بنویسیم که:

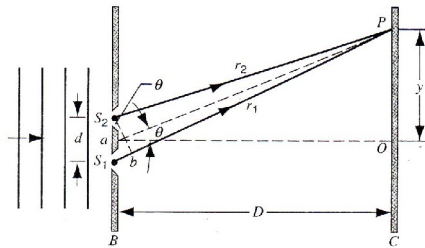
$$d \sin \theta = m \lambda \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \text{ --- حد اعظمی (۳ - ۱)}$$



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



شکل ۳ - ۵: شعاعات از  $S_1$  و  $S_2$  ترکیب شده از  $p$ . در واقعیت  $D \gg d$  شکل تحریف شده برای روشنی موضوع. نقطه  $a$  عبارت از نقطه میانی دو سوراخ است.

توجه باید داشت که هرحد اعظمی بالاتر از  $O$  در شکل ۳ - ۵ یک حد اعظمی در تناظر با پایتتراز  $O$  دارد. این مطابقت با استفاده از  $m = -1, -2, \dots$  در معادله ۱ - ۳ ماگزیمم مرکزی (در نقطه  $O$ ) با  $m = 0$  تشریح شده است.

برای حد اصغری در نقطه دو شعاع باید که در فاز شان به اندازه یک  $\pi$  طاق فرق داشته باشد. (مانند شکل ۳ - ۱) به اندازه ایکه  $S_1 b (= d \sin \theta)$  باید به تعداد نصف انتگرال از طول امواج را داشته باشد یا:

$$d \sin \theta = \left( m + \frac{1}{2} \right) \lambda \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad \text{--- حد اصغری} \quad (۳ - ۲)$$

قیمت های منفی  $m$  حد اصغری را در نصف پائینی صفحه قرار میدهد.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

همیشه ما علاقه مند هستیم که موقعیت یک تداخل حد اعظمی بالای صفحه که با فاصله  $y$  نشان داده شده است و از مرکز نمودار تداخل در شکل ۳-۵ اندازه میشود این راحت است که این محاسبه را در حالتی که  $y$  کوچک است با مقایسه به مسافه  $D$  که بین شکاف و صفحه است در صورتیکه زاویه  $\theta$  کوچک باشد و ما میتوانیم یک تخمین زاویه کوچک  $\sin \theta \approx \tan \theta$  با  $\sin \theta = m\lambda / d$  از معادله ۳-۱ و  $\tan \theta = y_m / D$  از شکل ۳-۵ جایکه  $y_m$  نماینده گی از ماگزیمم  $m$ th می کند و داریم که:

$$\frac{m \lambda}{d} = \frac{y_m}{D} \quad \text{----- ( ۳ - ۳ )}$$

$$y_m = m \frac{\lambda D}{d} \quad (\text{ماگزیمم } m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

انفکاک بین ماگزیمم های مجاور عبارت است از:

$$\Delta y = y_{m+1} - y_m = (m+1) \frac{\lambda D}{d} - m \frac{\lambda D}{d} \quad \text{----- ( ۴ - ۳ )}$$

یا -

---



---


$$\Delta y = \frac{\lambda D}{d}$$

تا زمانیکه  $\theta$  کوچک است به انفکاک ماگزیمم ها غیر وابسته به  $m$  است.

به شکل طاق یا یک در میان مسافه داده شده اند مثلیکه در شکل ۳ - ۴ بر علاوه فاصله ها بین دو اصغری های مجاور همانند فاصله ها بین ماگزیمم ها است.

از نظر ریاضی محاسبه با امواج خطی که هم جهت بوده و از آن منشأ میگیرند. در حالیکه یک تصویر را بروی صفحه از یک فاصله  $D$  از این ها تشکیل نمیدهد.

بهمین دلیل ما اکثراً یک عدسیه را استفاده مینمایم. مانند آنچه که در شکل ۳ - ۶ نشان داده شده است. این عدسیه جهت تمرکز اشعه موازی بالای صفحه استفاده میشود. نور متمرکز شده در نقطه  $p$  باید که عدسیه را در موازات خط  $Px$  امتداد یافته از  $p$  بطرف مرکز عدسیه برخورد کند. در تحت چنین شرایطی به اشعه  $r_1$  و  $r_2$  که تقریباً موازی اند گرچه خواسته  $d \gg D$  دریافت نگرردد.

اگر عدسیه بین منبع و صفحه استفاده شود ممکن است بنظر رسد که یک تفاوت فاز بین اشعه عقب که با  $S_2b$  نمایش داده میشوند بوجود بیاید

---



---

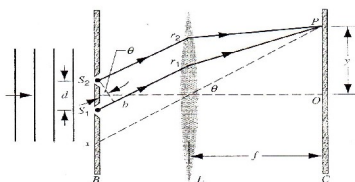
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

طول مسیر جیومتر یکی بین این مستوی و  $p$  بصورت واضح متفاوت است.



شکل ۳ - ۶ : - یک عدسیه جهت

ساختن تداخل حاشیه استفاده میشود.

شکل ۳ - ۵ را مقایسه کنید. در حقیقت

$f \gg d$  است. و شکل دوباره تحریف شده

برای روشنی موضوع.

در شکل ۳ - ۵ گرچه ما دیدیم که برای اشعه موازی که توسط یک عدسیه متمرکز شده باشند طول مسیر نوری شان مساوی است دو اشعه با طول مسیر نوری مساوی حاوی عین تعداد طول موج اند بناً هیچگونه تفاوت فاز در نتیجه عبور نور از عدسیه ایجاد نمی گردد.

### تجربه دو سوراخی یانگ ( Young )

تجربه در شکل فوق تشریح شده است در رابطه با تداخل اولین بار در 1801 توسط توماس یانگ اجرا شد. تجربه یانگ اولین ثبوت برای طبیعت موجی نور بود بخاطر اینکه چنانچه در معادله ۳ - ۳ نشان داده شده است موقعیت تداخل اعظمی مربوط به طول موج است. تجربه یانگ اولین اندازه گیری مستقیم طول موج نور را ارائه کرد.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

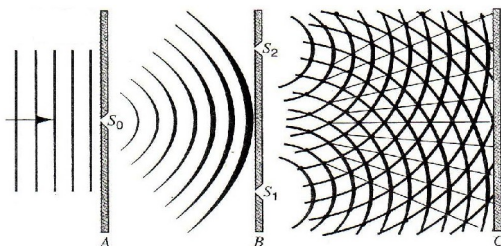


---

البته هیچگونه لیزر در زمان یانگ موجود نبود بناً او یک منبع نور کوهرنت را با اجازه دادن و تابندن نور آفتاب بالای یک فضای باز باریک  $S_0$  چنانچه در شکل ۳ - ۷ نشان داده شده است ایجاد کرد.

.....

# توماس یانگ (1773-1829) اصلاً فزیکدان تربیه شده بود که منفعت او را به مفهوم قوه ادراک و قوه دید و مطالعه در مورد نور او را بسوی فزیک رهبری نمود. و همچنان در میان دیگر معلومات علمی مطالعه در مورد سطح، کشش و قوه ارتجاعی تمیز انجام داده است. که بنام مودل پانگ شناخته شده است به او همچنان یادداشت برای منفعت خود در تصویر نگاری در استخراج کردن سنگ Roseta اشتراک نمود.



شکل ۳ - ۷ : - در تجربه تداخل امواج یانگ نور آفتاب از نقطه  $S_0$  بر نقطه های  $S_1$  و  $S_2$  در روی صفحه  $B$  منکسر میگردد، که بلاخره آن نورها از این دو نقطه بالای صفحه  $C$  سرازیر شده و تداخل امواج را تولید مینمایند.

.....

مسئله نمونه ۳ - ۱ : - دو سوراخ که در شکل ۳ - ۵ ترتیب شده است توسط نوری که از چراغ غبار سیماب حاصل میگردد روشن شده

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

است و طول موج نیز به اندازه  $\lambda = 546\text{nm}$  بوده و در صورتیکه کناره قابل رویت و سوراخ ها به اندازه  $0.12\text{mm}$  باشد و کنار صفحه که موج به آن برخورد میکند به اندازه  $55\text{cm}$  باشد در اینصورت:

(a) موقعیت اولین اصغری زاویوی را پیدا کنید؟ اعظمی دهم را پیدا کنید؟

(b) فاصله صفحه بین ماگزیمم مساوی به چقدر خواهد بود؟

حل: - (a) در اصغری اول  $m=0$  قرار میدهیم و نظر به معادله ۳ - ۲ داریم که:

$$\sin \theta = \frac{(m + \frac{1}{2})\lambda}{d} = \frac{(\frac{1}{2})(546 \times 10^{-9} \text{ m})}{0.12 \times 10^{-3} \text{ m}} = 0.0023$$

چون قیمت  $\theta$   $\sin$  یک عدد کم بوده و قیمت خود  $\theta$  مساوی به  $\theta = 0.13^\circ$  میگردد.

(b) در حد اکثر دهم  $m$  را مساوی به  $10$  قرار داده و از معادله ۳ - ۱ استفاده نموده داریم که: از معادله ۳ - ۴ درمی یابیم که:

$$\Delta y = \frac{\lambda D}{d} = \frac{(546 \times 10^{-9} \text{ m})(55 \times 10^{-2} \text{ m})}{0.12 \times 10^{-3} \text{ m}} = 2.5\text{mm}$$

### ۳-۳ ارتباط چسبیده گی (کوهرنس)

برای برخورد تداخل امواج بطور عموم تفاوت یا فرق فاز را بین دو نقطه بروی صفحه که موج بر آن برخورد میکند نظر به زمان تغییر نکند می یابیم. اگر این حادثه به وقوع بپیوندد یعنی به اثر برخورد موج ما گفته می توانیم که از نقطه  $S_1$  و  $S_2$  مکماً بطور چسبیده به نظر میرسد که این چسبیده گی در هر نمونه از موج بوجود می آید بطور مثال چسبیده گی موج صدا که از دو بلندگو مختلف میتوان حاصل کرد و یا همگنان ارتباط یا چسبیده گی موج را به ساده گی میتوان دید که به نوسان مغناطیسی وصل است.

فرضاً اگر به عوض نقطه  $S_1$  و  $S_2$  که توسط دو منبع نوری بصورت آزاد و مکمل بی جا شده است از قبیل همچو دو سیم سفید شونده از گرما که پهلوی به پهلوی گذاشته شده در نظر میگیریم. در این صورت تداخل امواج در حاشیه صفحه C ظاهر نمیگردد ولی در اینجا نقطه یک شکل نسبی روشن شده بنظر میرسد.

ما می توانیم فرق این دو فاز رادر ارتباط به نوری بدسیم که به اندازه زمانی  $10^{-8}$  sec برای تجدید قوا خواهد بود. که این اختلافات و یا

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

تغییرات سریع را چشم تعقیب کرده نتوانسته و تنها همان سطح روشن شده یکسان قابل رویت می باشد.

سرعت در هر نقطه مساویانه مجموع شدت های هر منبع نوری  $S_1$  و  $S_2$  که بطور جدا جدا از همان منبع تولید میگردد.

برای دریافت اثر شدت از شعاعات نوری به هم چسبیده که روی هم قرار دارد چنین عمل میکنیم. (۱) دامنه موج را در نظر میگیریم که در حال گرفتن اختلاف فاز های ثابت و درست در داخل و سپس برای مکمل ساختن شعاعات نوری نا مرتب یعنی نا چسبیده ما امپلیتود های انفرادی موج را مربع ساخته تا مقدار شدت های انفرادی نور حاصل گردد و سپس شدت های انفرادی نور را اضافه ساخته تا نتیجه شدت حاصل گردد.

که این روش ها مطابق به آزمایش برای مکمل ساختن شعاعات نوری موافق بوده و نتیجه شدت در هر نقطه همیشه بزرگتر است نسبت به شدت که حاصل میگردد یا تولید میگردد. اما در موج های به هم چسبیده شدت برخورد کوچکتر است نسبت شدت که از برخورد حاصل میگردد (در صورتیکه منبع موج یک منبع باشد).

چه قسم موج های به هم چسبیده مرتبط حاصل میگردد؟

برای این کار تخته مغناطیسی که بوسیله جریان برق خاصیت مغناطیسی را پیدا میکند در نظر گرفته موج که از اثر نوسان حاصل میگردد (بخش ۳ -



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

۳۸) به آنتن وصل است که موج ها را از فاصله دور تولید می نماید (مانند شکل ۳ - ۸a) این موج اصلاً بصورت مبهم وسعت یافته وقتیکه  $t > 0$  و یا  $t < 0$  در هر نقطه موجود باشد.

موجی که از هر نقطه میگذرد به حصه  $\vec{E}$  or  $\vec{B}$  تقسیم میگردد از این گذشته در هر موقع از زمان موج ها در نوسان برابر موج های را بوجود می آورند که به امتداد همدیگر به عین جهت در حرکت است. اختلاف فاز در بین آنها در یک موقعیت در یک مسیر از انکسار نسبت به تمام مسیر های موج در امتداد آنها عین چیز خواهد بود و اختلاف فاز ها در موقعیت داده شده عین چیز را در همه اوقات دارا میباشد.

اگر تغییری در منبع نور قابل رویت مثل استفاده از سیم های سفید چراغ برق یا عبور جریان برق از بن گاز از فرق های اساسی آگاه میشویم. مثلاً در هر دو حالت موج از منبع اساسی نور به ذره های اتفاق می افتد که هر ذره در حالت تعاونی در مقابل همدیگر عمل نمی کند که این حالت چسبیده بنظر میرسد.

از اثر انتشار و عمل نور یک ذره در حالت عادی تقریباً  $10^{-8}$  sec را دارا بوده و نور منتشر شده را به قسم یک موج محدود شرح گردیده است. (شکل ۳ - ۸b) طوریکه شکل ۳ - ۸a موج نامحدوده را نشان میدهد در موقع خروج نور موجی مثل موج هایکه چندین متر طول داشته است برای منابع نور اصلی مثل لوله گاز های که تحت فشار کم

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

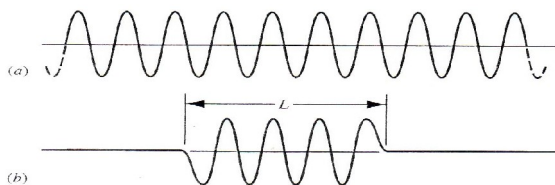


---

باشد در این حالت طول موج ها کاهش یافته و به چندین سانتی متر میرسد تداخل امواج از منابع نور معمولی توسط گذاشتن یک سوراخ بسیار تنگ در شکل ۳ - ۷ انجام و تولید میشود طوری که سوراخ بطور مستقیم در مقابل منبع قرار داشته باشد.

این نقطه برخورد موج های  $S_1$  و  $S_2$  را بالای صفحه B مطابق به شکل ۳ - ۷ مساعد میسازد. اگر طول مسیر از همه نقطه ها  $S_0$  ،  $S_1$  و  $S_2$  تقریباً با هم مساوی باشد در این حالت نور آن دو نقطه را عبور نموده و داخل آن میگردد که نمونه تداخل موج ثابت در صفحه C ظاهر میگردد.

اگر نقطه  $S_0$  عریض تر گردد نقطه های در آنها موجود اند که در داخل نقطه  $S_0$  میگردد برای اینکه طول مسیر نقطه  $S_1$  و  $S_2$  از نیم طول موج فرق داشته باشد اگر سوراخ به اندازه زیاد خورد باشد در اینصورت فرق فاز های داده شده در هر نقطه ای از سطح C که بین در بین سوراخ  $S_1$  و  $S_2$  موج ها جریان دارد. قابل درک میباشد که در این حالت که با هم چسبیده ملاحظه میکنیم.



---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

شکل ۳ - ۸ - : (a) یک بخشی از امواج نا محدود . (b) یک رشته از موج محدود با طول  $L$ .

اگر سوراخ یا نقطه  $S_0$  مطابق به شکل ۳ - ۷ به تدریج زیاد گردد در این صورت مشاهده شده که حد اعظمی از حاشیه تداخل موج از شدت آن کاهش یافته و شدت که در حاشیه اصغری وجود دارد دقیقاً به صفر تقرب میکند یا به عبارت دیگر تداخل امواج کمتر واضح و آشکار به نظر میرسد.

اگر سوراخ نقطه  $S_0$  به اندازه زیاد عریض گردد در اینصورت شدت اعظمی کم گردیده است و شدت اصغری زیاد گردیده است طوریکه حاشیه ظاهر نگردد یعنی ناپدید گردد.

به اثر زیاد شدن نقطه امواج  $S_1$  و  $S_2$  از حالت ارتباط یا چسبیده گی مکمل یا کامل به حالت کامل ناچسبیده تبدیل میگردد.

### ۳ - ۴ شدت در تداخل دو شکاف

معادلات ۳ - ۱ و ۳ - ۲ موقعیت حالت اعظمی و اصغری نمونه های تداخل امواج را ارائه میدارد. این معادلات نشان میدهد که چه قسم شدت از حالت اعظمی به اصغری تغییر میکند . در این بخش افاده را

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

استخراج میکنیم که برای شدت I در هر نقطه P و زاویه  $\theta$  مطابق به شکل ۳ - ۵ نشان داده شده است.

$$E_1 = E_0 \sin \omega t \quad \text{-----} \quad (3 - 5)$$

$$E_2 = E_0 \sin(\omega t + \phi) \quad \text{-----} \quad (3 - 6)$$

و از آنجاییکه  $\omega (= 2\pi f)$  فریکونسی موج و  $\phi$  فرق فاز بین آنها

است طوری که  $\phi$  نظر به موقعیت نقطه P تغییر میکند که در شکل ۳ - ۵ شرح گردیده است. ما فرض میکنیم که اگر سوراخ ها باریک باشد در اینصورت شعاع منکسر شده از هر سوراخ فقط حصه مرکزی صفحه را روشن میسازد مطابق به شکل ۳ - ۳. این بدین معنی است که قسمت مرکزی نزدیک صفحه  $E_0$  مستقل از نقطه P میباشد.

اگر سوراخ جدای d کوچکتر از فاصله D در روی صفحه باشد از وکتور E که تقریباً دو موج که با هم موازی باشند ما میتوانیم مجموع وکتور E را بدست بیاوریم.

$$E = E_1 + E_2 \quad \text{-----} \quad (3 - 7)$$

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

ما در می یابیم که :

$$E = E_{\theta} \sin(\omega t + \beta) \quad \text{-----} (3 - 8)$$

از آنجاییکه فاز  $\beta$  مساوی است به :

$$\beta = \frac{1}{2} \phi \quad \text{-----} (3 - 9)$$

و امپلیتود آن عبارت است از :

$$E_{\theta} = 2E_0 \cos \beta \quad \text{-----} (3 - 10)$$

امپلیتود  $E_{\theta}$  تعیین کننده شدت حاشیه تداخل امواج بوده که مربوط به  $\beta$  میباشد. و مستقیماً متناسب به زاویه  $\theta$  در نقطه P که در شکل 3 - 5 موقعیت دارد حد اعظمی امپلیتود  $E_{\theta}$  مساوی به  $2E_0$  میباشد.

$$I = \frac{1}{2\mu_0 C} E^2 m \quad \text{-----} (3 - 11)$$

نسبت شدت های دو موج نوری مستقیماً متناسب به نسبت مربع امپلیتود آن می باشد. اگر  $I_{\theta}$  شدت موج در نقطه P باشد و  $I_0$  شدتی می

---



---

 فصل (۱) ..... امواج نوری
 

---



---

باشد که هر موج ساده به تنهای تولید می نماید. در اینصورت می توانیم بنویسیم که:

$$\frac{I_{\theta}}{I_0} = \left( \frac{E_{\theta}}{E_0} \right)^2 \quad \text{----- (۳-۱۲)}$$

از مقایسه معادلات ۳-۱۰ و ۳-۳ -  
چنین نتیجه حاصل میگردد .

$$I_{\theta} = 4I_0 \text{Cos}^2 \beta \quad \text{----- (۳-۱۳)}$$

باید در نظر داشت که شدت موج در هر نقطه P از صفر تا چهار مرتبه تغییر می یابد. برای نقطه ای که  $\phi (= 2\beta) = \pi$  و برای نقطه  $\phi (= 2\beta) = 0$  می باشد.

در معادله ۳-۶ نظر به نوع مسیر تغییر میکند اگر  $S_1 b$  مساوی به  $\frac{1}{2}\lambda$  باشد در اینصورت  $\phi = \pi$  بوده و اگر  $S_1 b = \lambda$  باشد  $\phi = 2\pi$  میگردد در اینصورت داریم که:

$$\frac{\text{تغییرات فاز}}{2\pi} = \frac{\text{تغییرات مسیر}}{\lambda} \quad \text{----- (۳-۱۴)}$$

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

$\phi$  فرق فاز بوده طوری که در معادله (3-5) مساوی به  $d\sin\theta$

میباشد پس داریم که:

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

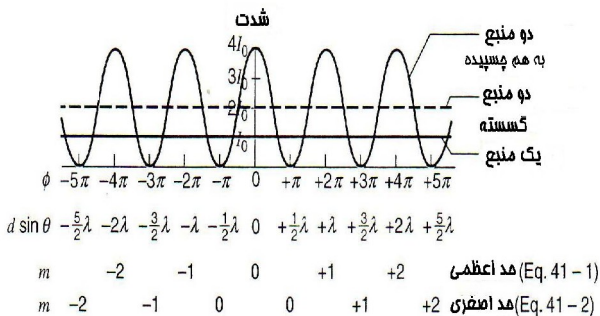
از معادله 3-9 داریم که:

$$\beta = \frac{1}{2}\phi = \frac{\pi d}{\lambda}\sin\theta \quad \text{----- (3-15)}$$

شدت در هر نقطه  $\theta$  را می توانیم که چنین بنویسیم:

$$I_{\theta} = 4I_0 \cos^2 \frac{1}{2}\phi \quad \text{----- (3-16)}$$

$$I_{\theta} = 4I_0 \cos^2 \left( \frac{\pi d \sin \theta}{\lambda} \right) \quad \text{یا ----- (3-17)}$$



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

شکل ۳ - ۹: - نمونه شدت در تداخل امواج دو نقطوی فرضاً دو موج تداخل روشن میسازد منطقه از صفحه را بصورت یکنواخت. که  $I_0$  مستقل در موقعیت خود است.

$$\cos^2 \frac{1}{2} \phi = 1$$

از معادله ۳ - ۱۶ ما می بینیم که شدت اعظمی یا:

$$\phi = 2m\pi \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

از معادله ۳ - ۱۵ می توانیم بنویسیم که:

$$d \sin \theta = m\lambda \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \text{ ----- (اعظمی)}$$

که مانند معادله ۳ - ۱ است. نظر به معادله ۳ - ۱۶ که شدت اصغری مساوی است به

$$\cos^2 \frac{1}{2} \phi = 1$$

$$\phi = (2m + 1)\pi \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \text{ یا}$$

از معادله ۳ - ۱۵ چنین استنباط میشود که:



$$d \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (\text{اصغری})$$

شکل ۳ - ۹ شدت را در تداخل امواج دو نقطوی نشان میدهد. خطی افقی  $I_0$  شدت یکسان و یکنواخت را روی صفحه در صورتیکه روی یکی از نقطه‌ها پیچیده باشد نشان میدهد. اگر دو منبع از امواج با هم چسبیده نباشند در اینصورت شدت بصورت یکنواخت بوده و مساوی به  $2I_0$  خواهد بود. برای منابع کوهرنت ما قدرتی را در نظر گرفتیم که محضاً بیان می‌کند صفحه تداخل را، بخاطریکه انرژی یا قدرت همچنین بوجود می‌آید توسط جریان تداخل. بدین ترتیب اوسط شدت تداخل باید که  $2I_0$  باشد، مانند منابع غیر کوهرنت. که این‌ها در معادله 3-16 تطبیق می‌گردد.

### انطباق امواج

حالا ما معادلات (۳ - ۸) را با معادلات ۳ - ۱۰ برای الکترون و نوری را در دو شکاف تداخل داخل می‌کنیم. که این عملیه توسط عملیات الجبری می‌تواند صورت گیرد. و یا طریقه که در بخش 8-18 ذکر گردیده بسیار مشکل به نظر میرسد. که برای دریافت این عملیه از

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



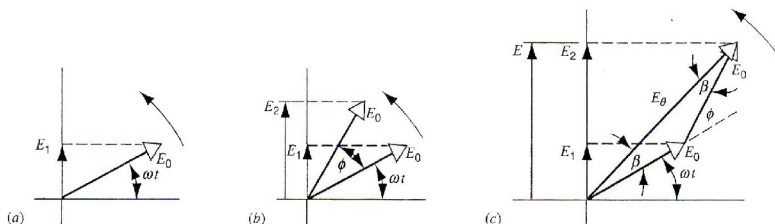
---

طریق گراف استفاده کنیم که در هر حالت وضع های پیچیده را به اثبات میرساند.

در شکل ۳-۱۰a اندازه مقدار  $E_0$  با یک فریکونسی معین  $\omega$  به محور خود میچرخد تغییرات موج  $E_1 (= E_0 \sin \omega t)$  مطابق به معادله ۳-۵ تصویر از محور عمودی را در شکل ۳-۱۰a نشان میدهد.

تصویر ۳-۱۰b در محور عمودی خود دارای عین اندازه  $E_0$  میباشد که با محور افقی زاویه  $\phi$  را می سازد. در این حالت  $E_2 = E_0 \sin(\omega t + \phi)$  حاصل میگردد که با معادله ۳-۶ مطابقت می نماید.

در شکل ۳-۱۰c محور E به اندازه طول  $E_0$  بالای تصویر به قسم عمودی عمل می نماید که در حقیقت طول E عبارت از حاصل جمع طول دو وکتور  $E_0$  می باشد.



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

شکل ۳ - ۱۰ : - (a) یک وقت نوسان کردن موج  $E_1$  به نماینده گی از گلوله یا سیکلو ترون.

(b) دو موج  $E_1$  و  $E_2$  فرق دارند در فاز توسط  $\phi$ . (c) یک راه دیگر تعبیر b. در بسیاری از مسایل علم نور فقط به دامنه موج امپلیتود  $E_\theta$  برخورد میکنیم که با تغییرات زمان همراه نمی باشد. بخاطریکه چشم و دیگر اشیای اندازه گیری نور به این مسئله جواب گو می باشد. برای نور سودیمی  $\lambda = 589nm$  بوده طوریکه  $f (= w/2\pi)$  یا  $5.1 \times 10^{14} Hz$  میباشد.

در شکل ۳ - ۱۰c شکل سه ضلعی آن در حقیقت تمامی از مثلث متساوی الساقین را نشان میدهد که دارای طول های  $E_0$  ،  $E_0$  و  $E_\theta$  میباشد.

از طرف دیگر طوریکه زاویه خارجی هر مثلث مساوی به مجموعه زوایای غیر مجاور داخلی آن می باشد. یعنی (زاویه خارجی مثلث  $\phi$ ) و (زاویه داخلی مثلث  $\beta$ ).

$$\beta = \frac{1}{2} \phi$$

که این حالت از شکل ۳ - ۱۰c نیز به وضاحت دیده میشود. که طول های هر مثلث مساوی است به:

$$E_\theta = 2E_0 \cos \beta$$

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

که این معادلات مطابق به معادلات  $3 - 9$  و  $3 - 10$  می باشد.  
در موارد عمومی ما باید که زیاد تر از دو برآیند سینوسی را پیدا کنیم. که  
این روش ها قرار ذیل اند:

۱ :- بسازید یک رشته سیکلوترون را که به یک عملیه اضافه گردد ، و  
نقطه به نقطه آنرا رسم کنید ، و حفظ کنید ارتباط را بین فاز خاص و  
سیکلوترون مجاور را.

۲ :- بسازید عملیه دستگاه سیکلوترون را شبیه به عملیه های وکتور.  
نتیجه طول سیکلوترون عبارت از امپلیتود برقی می باشد ، و زاویه  
بین امپلیتود و سیکلوترون اولی عبارت از نتیجه فاز اولی است.

.....

مسئله نمونه ۳ - ۲ :- به روش ترسیمی  $E(t)$  موج ها ذیل را پیدا  
کنید؟

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

$$E_2 = E_0 \sin(\omega t + 15^\circ)$$

$$E_3 = E_0 \sin(\omega t + 30^\circ)$$

$$E_4 = E_0 \sin(\omega t + 45^\circ)$$

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

حل :- شکل ذیل نشان دهنده چهار موج است که در هر حالت ظاهر میگردد زاویه بین فازهای اولی 15 درجه میباشد در حالیکه در هر جهت بسته چند ضلعی زوایای داخلی آن مساوی به ۱۸۰ درجه بوده پس در شکل پنج جهت abcde زوایای داخلی آن مساوی به 540 درجه خواهد بود.

و همچنان زوایای داخلی b، c، و d هر کدام  $180^0 - 15^0 = 165^0$  میگردد که هر کدام آنها چنین استنباط میگردد.

$$\beta = \frac{1}{2} [540^0 - 3(165^0)] = 22.5^0$$

طول هر ضلع ae چنین نوشته میگردد. که :

$$ae = ab \cos \beta + bc \cos(\beta - 15^0) \\ + cd \cos(\beta - 15^0) + de \cos \beta$$

$$ab = bc = cd = de = E_0$$

$$ae = E_\theta$$

همراهی و پس داریم که:



---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

یا پرده شفاف آن برخورد میکنند. ضخامت پرده بطور عادی ترتیب تر از طول موج نوری میباشد.

پرده نازک ترکیب های نور را ذخیره می نماید مثلاً عدسیه های کامره عکاسی که میتواند انعکاس را کاهش دهد و شدت نور را زیاد می نماید. و همچنان پوشش نازک در کلکین میتواند که انعکاس را برای تشعشعات ذره ای کاهش دهد که این حالت می تواند باعث کاهش حرارت نور آفتاب در ساختمان ها گردد. گرفتن حرارت مربوط به ضخامت پرده بوده و یک پرده نازک بطور کامل میتواند از انتقال نور یا اشعه تا حد کامل جلوگیری نماید طوری که در شکل ۳ - ۱۲ نشان داده شده است.

شکل (۳ - ۱۳) ضخامت پرده شفاف  $d$  که توسط طول موج  $\lambda$  که از منبع نقطه  $S$  روشن شده باشد نشان میدهد.

در نقطه  $a$  چشم در حالتی قرار دارد که از اثر برخورد معین شعاع  $i$  از منبع داخل میگردد به طرف پیش سطح از فیلم که شعاع  $r_1$  در آن منعکس میشود.

در نقطه  $b$  شعاع که وارد میشود به طرف عقب منکسر میگردد. نقطه  $c$  طوری است که نور در پیشروی سطح ظاهر میشود و همچنان در چشم نیز داخل میگردد.

فصل (1) ..... امواج نوری

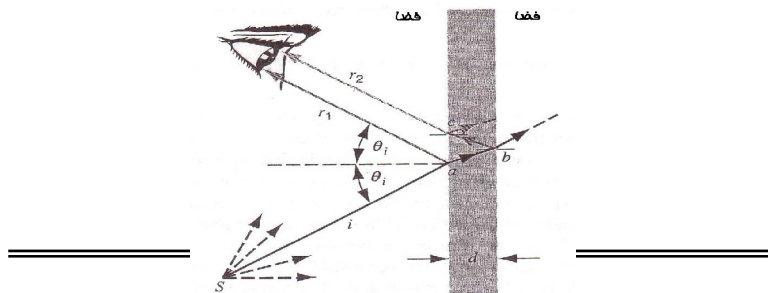
شعاعات  $r_1$  و  $r_2$  از نگاه هندسه با هم موازی بوده طوریکه در شکل (۳) - (۱۳) نشان داده شده است که از این نقطه سر چشمه گرفته است.



شکل ۱۲ - ۳: - شکل پرده آبی صابونی را که به شکل یک حلقه عمودی بوده نشان میدهد که نور منکسر شده است و قسمت سیاه که در بالا قرار داشته قسمت پاره شدن آنرا نشان میدهد که تاثیر از پرده میباشد. به خشکی اندازه آنجا به اندازه نازک است که تداخل امواج بین نور منعکس شده

از پیش رو به طرف عقب زده را نشان میدهد. آنها نیز موج چسبیده بوده که در حالت تداخل امواج قابل دید بوده بخاطریکه این دو اشعه مسیرهای بالای را با طولهای مختلف پیموده اند همچنان استقامت های مختلف را پیموده که همه آنها را دیده می توانید.

در اینجا نمونه های مختلفی از انعکاس را در نقطه  $a$  و  $b$  متحمل خواهد شد.





---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

شکل ۳ - ۱۳ : - پرده نازک را نشان داده است که از منبع S نور بالای آن منعکس شده است. موج‌هاییکه از عقب و پیش روی سطح داخل چشم شده که در شکل نشان داده است و شدت نتیجه موج نوری توسط اختلاف فاز در بین امواج مشخص گردیده طوریکه هر دو طرف پرده را هوا محصور نموده است. شدت آن بوسیله چشم دریافت میشود و اشعه‌ها بطور مساوی از زاویه‌های مختلف داخل چشم می‌شود، که تصاویر آنها متفاوت است. دو هماهنگی در این مرحله وجود دارد که از شکل ۳ - ۱۳ واضح است که اشعه  $r_2$  یک فاصله زیاد تری نظر به  $r_1$  طی می‌نماید، بخاطریکه باید  $r_2$  دو مرتبه از پرده فیلم عبور میکند قبل از آنکه به چشم برسد.

که این فاصله اضافی در همکاری با تفاوت اشعه دخالت داده همکاری دیگر با تفاوت فاصله عبارت از تغییر ناگهانی در مرحله  $180^\circ$  است. که می‌تواند در وقت معکوس شدن موج اتفاق بی‌افتد. قبلاً ما می‌توانستیم که بحث بکنیم راجع به دخالت  $r_1$  و  $r_2$  ما باید که مشاهده کنیم. دومین همکاری با ربط جزئیات مرحله تغییر داده شده.

### تغییر فاز در انعکاس

اگر یک عدسیه باریک را مشاهده کنیم، که در آن  $2d$  کمتر از یک طول موج است. بخاطریکه فاصله بیشتر  $r_2$  به  $2d$  میرسد. تغییر فاز بعد

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

از دو بار عبور از  $r_2$  به طرف صفر تقرب میکند. اگر تغییر فاز بین  $r_1$  و  $r_2$  یک مسیر اضافی باشد، بعداً مجموعه تغییر فاز عبارت از صفر خواهد بود. اگر چه در شکل ۳-۱۲ واضح نشان داده شده است که این سبب آن نمی باشد. قسمت بالای فیلم باریک ترین جای عدسیه است. بخاطریکه کشش جاذبه زمین تاریکتر معلوم میشود نسبت به روشنی این واضح است که منفی بودن یا غیر موثریت آن بیشتر از مثبت بودن یا سازنده گی آن است. که دخالت آن همیشه در باریک ترین قسمت فیلم رخ میدهد. برای توضیح این و بسیاری حوادث مشابه میتوان گفت که یک یا هر دو اشعه شکل ۳-۱۳ شاید که یک تغییر فوری را اجازه دهد. ( $\pi (=180^\circ)$ ) وقتیکه در هوا منعکس شود در رو برو شدن با عدسیه. وقتیکه اشعه بیرون میشود فقط از سطح جلو این مرحله میتواند که تغییر کند اشعه دیگر در این مرحله تغییر نمیکند. بصورت فوری همچنان با عبور از سطح جلو یا از معکوس شدن در عقب سطح.

در بخش 9-18 ما بحث کردیم که تغییرات مرحله برگشت یا معکوس برای امواج متقاطع در تارها است. برای توسعه چنین طرز تفکر باید که ترکیب تارها در شکل ۳-۱۴ که متشکل از کتله مختلف با فاصله مختلف است امتداد داده شده است یک اهتزاز در یک تار سنگینی حرکت میکند به طرف راست مانند شکل ۳-۱۴a که نزدیک به انشعاب می باشد. دیرتر از انعکاس یک اهتزاز خواهد بود، از عقب به

---



---

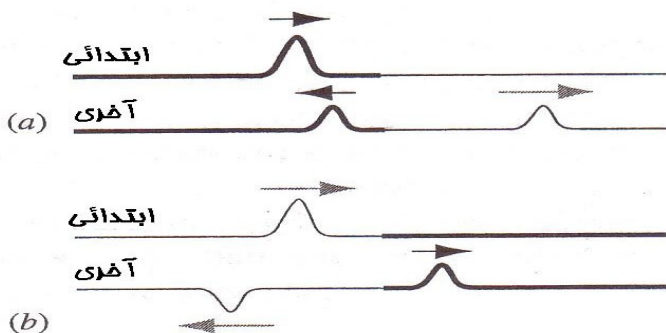
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

چپ یا به پهلو. و یک اهتزاز عبور کننده. در این حالت انعکاس اهتزاز در فاز عبارت است از اهتزاز تصادفی است در شکل (۳ - ۱۴b) که شرایط جاگزینی شده است که حادثه اهتزاز بالای تار بیشتر است. در این حالت انعکاس اهتزاز با فاز فرق میکند. از عملیه اهتزاز بوسیله  $(\pi (=180^\circ))$ .



شکل ۳ - ۱۴ : - تغییرات فاز انکسار بین دو رشته خطی از شدت کتله . سرعت موج عالی تر است از رشته های برقی . ( الف ) ضربان رسیده در رشته های که سنگین تر از هوا هستند. ( ب ) ضربان وارده در رشته های برقی. در هر حالت انتقال اهتزاز در حادثه اهتزاز است شکل (۳ - ۱۴a) نشان دهنده یک موج نوری در یک شیشه است ، نزدیک شدن سطح در عقب که یک نور نسبتاً متراکم است یکی از پائین ترین شاخه های انعکاس است . مانند هوا. شکل (۳ - ۱۴b) نشان دهنده یک موج نوری

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

در هوا نزدیک به شیشه است، ما به این ترتیب می توانیم خلاصه کنیم که شرایط نور برای انعکاس یک عمل روبرو یا متقابل است. اگر وسط عقب یک شعاع بلند متقابل انعکاس نماید موج انعکاس به طرف فاز تغییر  $(=180^\circ)$  می نماید. اگر وسط عقب در داخل به طرف باریک شعاع پائین انعکاس کند موج انعکاس در فاز تغییر نمی کند.

در حالت شکل ۳ - ۱۳ تغییر فاز  $\pi$  رخ میدهد برای انعکاس  $r_1$  در ناحیه a بخاطر در متوسط عقب روبرو شدن عدسیه یک شاخه انعکاس بلند تر دارد نسبت به وسط که اشعه بطرف هوا میرود. تغییر فاز برای انعکاس اشعه  $r_2$  در قسمت b نمی باشد. بخاطریکه اشعه به داخل فیلم میرود. و هوای عقب از داخل به طرف جلو یک شاخه انعکاس پائین تر دارد. نسبت به فیلم در قسمت انعکاس  $r_2$  فاز تغییر نمی کند.

در ناحیه c بخاطریکه هیچ وقت فاز مساوی تغییر نمیکند. اشعه منعکس میشود در داخل فیلم در ناحیه a تجربه تغییر فاز ندارد.

### معادله برای تداخل فیلم های نازک

قابل ذکر است که طول موج تعیین کننده نوع تداخل در طول موج  $\lambda_n$  در داخل فیلم است نه طول موج  $\lambda$  در هوا. میتوان گفت که ما علاقه مند هستیم در فاصله نوری متفاوت و نه در فاصله های متفاوت جغرافیائی طول موج  $\lambda_n$  و  $\lambda$  با هم ربط دارند.

$$\lambda_n = \lambda / n \quad \text{-----} \quad (3 - 18)$$

جای است که  $n$  اشاره انعکاس از فیلم می باشد.

اگر اشعه ها  $r_1$  و  $r_2$  خود را قطع کنند ، به تفاوت فاز در بین شان بستگی دارد.

اگر تغییر یا تفاوت فاز صفر باشد  $2\pi$  ،  $4\pi$  و..... و تقاطع مثبت است. مساویانه می توان گفت که فاصله متفاوت برای تداخل مثبت صفر است.  $\lambda_n$  و  $2\lambda_n$  ..... یا بطور ساده  $m\lambda_n$  برای  $m=0,1,2,\dots$  برای تقاطع منفی تفاوت فاز عبارت  $\pi$  ،  $3\pi$  و  $5\pi$  .... و مساوات در فاصله مختلف عبارت است از  $\lambda_n/2, 3\lambda_n/2, 5\lambda_n/2$  و یا  $(m + \frac{1}{2})\lambda_n$  همراهی  $m=0,1,2,\dots$  است.

ما آسان خواهد ساختیم مشکلات را به طریق که بعضی واقعات که نورمال فرض کنیم  $\theta_i \approx 0$  در شکل ۳ - ۱۳ در این حالت در هماهنگی در فاصله یا در مسیر تفاوت بخاطر رفتن اشعه  $r_2$  مستقیماً به داخل فیلم عبارت از  $2d$  است . امکان دیگر هماهنگی مجموعه تفاوت مسیر در بین  $r_1$  و  $r_2$  متقابل به تفاوت مسیر از  $\pi$  یا مسیر  $1/2$  طول موج است . که می تواند در انعکاس در بالای سطح جلو فیلم باشد اگر

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

اشاره انعکاس فیلم بزرگتر از اشاره انعکاس در وسط است که اشعه از آن سرچشمه میگیرد. و فاز متفاوت از  $\pi$  ( تفاوت مسیر  $1/2$  طول موج است ) که میتواند بالای انعکاس سطح عقب فیلم باشد. اگر اشاره انعکاس در فیلم خورد تر از اشاره انعکاس در وسط سطح عقب باشد ما اصطلاح اینکه راجع به جمع مسیر متفاوت یا تفاوت در بین مسیر  $r_1$  و  $r_2$  قرار ذیل است.

$$( ۳ - ۱۹ ) \text{-----} = 2d + \frac{1}{2} \lambda_n + \frac{1}{2} \lambda_n \text{ - تغییر فاز}$$

علامت سوالیه به معنی یک یاد آوری که وابسته به ارتباط اشاره انعکاس در فیلم عبارت از مقایسه در هر طرف فیلم است ما شاید ضرورت به شامل ساختن هیچکدام از آنها و یا شاید به یکی از آن ها و یا هر دو پیدا میکنیم. بیائید که دو باره مثال  $۳ - ۱۳$  را مشاهده کنیم . که اشاره های انعکاس فیلم  $\Pi$  بواسطه هوا احاطه شده است ما باید بیشتر نیم طول موج برای سطح جلو اضافه کنیم به سطح عقب. مجموعه تفاوت مسیر عبارت از  $2d + \frac{1}{2} \lambda_n$  است. برای تقاطع مثبت خواهد داشتیم:

$$(۳-۲۰) \text{-- (حد اعظمی)} \quad 2d + \frac{1}{2} \lambda_n = m \lambda_n \quad m = 1, 2, 3, \dots$$

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

جایست که  $m=0$  است. بخاطریکه حالت فیزیکی آن بی معنی است. برای تقاطع منفی چنین پیروی میکنیم.

$$2d + \frac{1}{2}\lambda_n = (m + \frac{1}{2})\lambda_n \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad \text{(حد اصغری) - (۲۱-۳)}$$

چنین نتیجه میگیریم که اشاره انعکاس در فیلم بزرگتر از اشاره انعکاس در ماده است. در هر دو طرف بطور مثال یک فیلم صابون در هوا در این حالت ما داریم در معادله (۳ - ۱۹) فقط در یکی از آنها مساوات وقتی بدست می آید که اشاره انعکاس در فیلم کمتر از اشاره انعکاس در اشیا در هر دو طرف باشد. بطور مثال: یک فیلم باریک از هوا بین بشقاب شیشه ای در این حالت ما فقط دومی را از آنها در معادله (۳ - ۱۹) بطور نمونه شکل (۳ - ۵) و نمونه شکل (۳ - ۴) نمایش جایست که معادله (۳ - ۲۰) و (۳ - ۲۱) بدست نمی آید.

اگر ضخامت فیلم مشخص نباشد قرار شکل ۳ - ۱۲ جایست که تقاطع مثبت فیلم در یک کنار و تقاطع منفی در کنار دیگر آن رخ میدهد. که تشدد اعظمی و اصغری و اضع است که ریشه ثابت ضخامت نامیده میشود. فضا و عرض رشته ها مربوط به نوع ضخامت نور  $d$  است. اگر نوار با نور سفید روشن ساخته شود بیشتر از نور مونوکروماتیک روشن

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

است. روشنی از قسمت های مختلف در فیلم تغییر داده میشود. که تقاطع مثبت و منفی بوجود می آید. این حساب برای واضح ساختن رنگ یا تشعشع رنگ که در حباب های صابون و در چربی و تری روغن دیده میشود. فقط اگر نوار باریک است ،  $d$  کمتر روشنی طول موج ممکن است در انواع مختلف رشته ها بدست آید. این رشته ها ظاهراً موضوع آن ها روی فیلم است که با هم یکجا یک ضخامت متنوع در نوار می سازند.

برای نور خیلی ضخیم می توان گفت  $d \approx 1cm$  با تفاوت مسیر بین هر دو اشعه قرار شکل (۳ - ۱۳) طول موج زیاد است و تفاوت فاز در یک نکته داده شده در نوار خیلی زود تغییر میکند. وقتی که ما حرکت میکنیم حتی یک فاصله بسیار کم از  $a$  برای نوار های باریک اگر چه تغییر فاز در ناحیه  $a$  همچنان بلند میشود. برای نزدیکی نکات یک تکه روشنی مشخص در هر نکته از نوار مانند شکل ۳ - ۱۲ نشان داده میشود که رشته های متقاطع برای هر نوار ضخیم تولید میشود. که آنها بالای نوار هستند مگر بی نهایت هستند.

.....  
مسئله نمونه ۳ - ۳ :-



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

مانند شکل ۳-۳ یک حباب صابون  $n=1.33$  به ضخامت  $320\text{nm}$  است. اگر آن توسط نور سفید روشن ساخته شود چه رنگ بعد از انعکاس دیده خواهد شد؟

حل:- در این سوال ما میخواهیم که طول موج را دریافت کنیم که  $\lambda$  در نکات مثبت رخ دهد که قرار شکل ۳-۲۰ برای طول موج چنین بدست می آوریم:  $\lambda_n = \lambda / n$

$$\lambda = \frac{2dn}{m - \frac{1}{2}} = \frac{(2)(320 \text{ nm})(1.33)}{m - \frac{1}{2}} = \frac{851 \text{ nm}}{m - \frac{1}{2}}$$

تقاطع مثبت اعظمی برای طول موج عبارت است از:

$1702\text{nm}$  ( $m=1$ ),  $567\text{nm}$  ( $m=2$ ),  $340\text{nm}$  ( $m=3$ ) و فقط نقطه اعظمی  $m=2$  در ساحه دید تقریباً بین  $400$  و  $700\text{nm}$  روشنی طول موج  $567\text{nm}$  سبز و زرد دیده میشود. اجزای ترکیبی زیادی دیده میشوند. وقتیکه منعکس شوند چه رنگی از نوار عبور میکند؟

.....

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

مسئله نمونه ۳ - ۴ :-

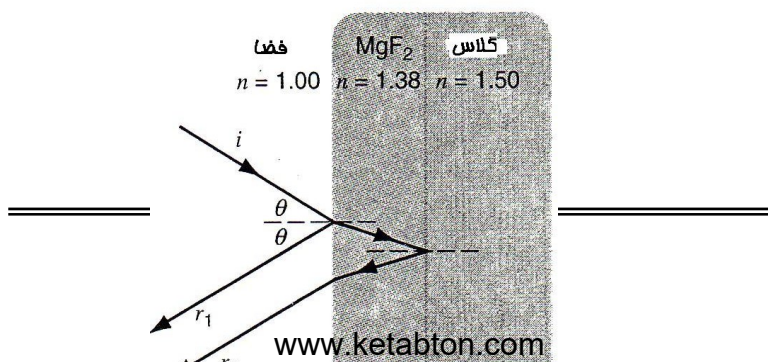
عدسیه ها اقلاناً همراهی نوار های باریک پوش کرده میشوند که از ماده شفاف  $MgF_2$  ( $n=1.38$ ) برای کاهش انعکاس از سطح شیشه استفاده میشوند مانند شکل ۳ - ۱۵ چقدر ضخامت یک پوش ضرورت دارد تا انعکاس در نقطه اصغری کاهش داده در مرکز طیف نوری  $(\lambda = 550nm)$  ؟

حل :-

فرض کنید که نور در عدسیه تقریباً به شکل نورمال برخورد میکند (پائین آورده میشود برای واضح بودن) مانند شکل ۳ - ۱۵ ما موقعیت منفی تقاطع بین اشعه  $r_2$  و  $r_1$  را جستجو میکنیم. معادله ۳ - ۲۱ بدست نمی آید بخاطر تغییر فاز در هر دو اشعه  $180^0$  است. برای هر دو اشعه از سطح جلو و عقب  $MgF_2$  انعکاس از قسمت متوسط است که به شکل اعظمی منکسر میشود. تفاوت مسیر از معادله (۳ - ۱۹)

$$2d + \frac{1}{2}\lambda_n + \frac{1}{2}\lambda_n$$

و موقعیت برای تقاطع منفی تفاوت مسیر

$$2d + \lambda_n = (m + \frac{1}{2})\lambda_n \text{ یا } = (m + \frac{1}{2})\lambda_n \text{ است.}$$


---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

شکل ۳ - ۱۵ : - مسئله نمونه ۳ - ۴ انعکاس ناخواسته از شیشه میتواند کم شود در طول موج انتخاب شده با پوش شیشه در فیلم با یک ضخامت کامل.

با گذاشتن  $\lambda_n = \lambda / n$  و حل برای  $d$  می یابیم که:

$$d = \frac{(m - \frac{1}{2}) \lambda}{2n} \quad m = 1, 2, 3, \dots$$

ما جستجو می کنیم و ضخامت اصغری برای تقاطع منفی  $m=1$  عبارت است از:

$$d = \frac{\lambda}{4n} = \frac{550nm}{(4)(1.38)} = 100nm$$

مسئله نمونه ۳ - ۵ : -

---

---

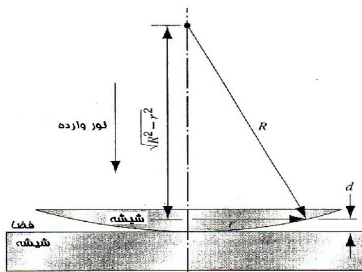
فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

شکل ۳ - ۱۶ نشان دهنده یک عدسیه محدب است که شعاع انحنا  $R$  بطور مستقیم بالای یک شیشه ئی روشن شده از طول موج بالای. شکل ۳ - ۱۷ نشان دهنده تقاطع رشته های دورانی است که بنام حلقات نیوتن یاد میشود که ظاهراً همراه ضخامت متنوع نوار هوا در بین عدسیه و شیشه قرار دارد. شعاع تقاطع دورانی اعظمی را دریافت کنید؟  
حل :-

در اینجا اشعه از سطح عقب از نوار هوایی بیشتر از سطح جلو میروود و تغییر فاز  $180^0$  که اولین انعکاس از قسمت متوسط و بلند تر از دیگر شاخه های انکسار است. موقعیت برای تقاطع مثبت باقی می ماند.



---

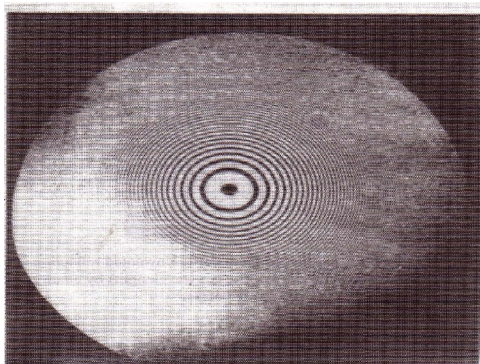
---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

شکل ۳ - ۱۶ : - میثله نمونه ۳ - ۵ . دستگاه برای مشاهده حرکات حلقوی نیوتن.



شکل ۳ - ۱۷ : - تداخل دایروی حاشیه مشاهده میشود توسط دستگاه شکل ۳ - ۱۶ .

با وجود تغییر نا پذیری معادله ۳ - ۲۰ داریم که :

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

فرض کنید که  $n=1$  برای فیلم فضای است . از معادله ۳ - ۱۶ میتوانیم بنویسیم که :

$$d = R - \sqrt{R^2 - r^2} = R - R \left[ 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right]^{1/2}$$

اگر  $r/R \ll 1$  باشد. ما توسعه خواهیم داد مربع دسته برای تئوری باینومل با در نظر داشت تیرم دوم.

$$d = R - R \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{r}{R} \right)^2 + \dots \right] \approx \frac{r^2}{2R}$$

جایگزین نمودن  $d$  از حالت تداخل برای  $r$  می توانیم که بنویسیم که :

$$r = \sqrt{\left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda R} \quad m = 1, 2, \dots \quad \text{----- (اعظمی)}$$

شعاع رادیو اکتیو که مانند حلقه براق است بدست می آید ، اگر نور سفید از هر یک از اسپکتروم ها استفاده کند ، اسپکتروم تولید میکند حاشیه های کنارهای دایره را.

نوت  $r > 0$  برای  $m = 0$  که عبارت از اولین حلقه براق  $r > 0$  می باشد ه عمولاً سیائی به وسط می باشد . طوریکه در شکل ۳ - ۱۷ نشان داده شده است، که این بررسی می تواند که تقویت دهد آزمایش ما را در

باره تغییر فاز  $180^\circ$  درجه در انعکاس که در شکل ۳ - ۲۰ به ملاحظه می‌رسد.

## برگشت نور و تغییر فاز در انعکاس نوری

جی جی ستوک در سال‌های (۱۸۱۹ الی ۱۹۰۳) انعکاس عمده نور را مورد بررسی قرار داد. برای بررسی کردن انعکاس نور با برخورد در بین دو رسانه بررسی کرد. موضوع مهم این است که از جذب نور موجود نیست اشعه نور را منعکس می‌شود. اشعه که منعکس شد دوباره به مسیر اصلی برگشته اگر هدایت آن به طرف عقب است، این را باید بخاطر داشت که هر سیستم میخانیکی همانطوریکه به عقب بر می‌آید به جلو نیز می‌تواند برگردد.

به ثبوت رسیده که هیچ پراکنده گی در انرژی وجود ندارد از قبیل اصطکاک.

شکل (۳ - ۱۸a) نشان دهنده یک موج نوسان  $E$  منعکس و انکسار شده در یک سطح جداگانه رسانه ۱ و ۲ جایکه  $n_2 > n_1$  مرکز نوسان انعکاس موج عبارت است از  $r_{12}E$ . که عبارت از ضریب نوسان انعکاس است. که نوسان موج عبارت از  $t_{12}E$  است جایه ضریب نوسان انتقالی آن است.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

علامت ضریب دلالت بر وابستگی فاز یا اجزا تقریبی انتقال می کند .  
 اگرما فقط تغییر فاز به  $0$  یا  $180^0$  و  $r_{12} + 0.5$  بطور مثال طوری که  
 کاهش پراکنده گی در انعکاس به  $\frac{1}{2}$  بدون تغییر در فاز برای  
 $r_{12} = -0.5$  فاز به اندازه  $180^0$  تغییر میکند . بخاطریکه

$$E \sin(\omega t + 180^0) = -E \sin \omega t$$

در شکل ۳-۱۸b و  $r_{12}E$  و  $t_{12}E$  دلالت میکند که بصورت مستقیم  
 برگشته اند ، اشعه  $r_{12}E$  شناسائی شده شاخه مفرد در شکل که تولید  
 پراکنده گی و  $r_{12}^2E$  و  $r_{12}t_{12}E$  که منکسره و منعکس نوسان است.  
 که اشعه  $t_{12}E$  با سه خط عمودی شناسائی شده که منکسره و منعکسه  
 اشعه های  $t_{12}t_{21}E$  و  $t_{12}r_{21}E$  می باشد.  $r_{12}$  توضیح دهنده یک  
 اشعه متوسط که از متوسط دوم منعکس میشود. و  $t_{21}$  توضیح دهنده  
 یک اشعه دو که از متوسط یا واسطه اولی منعکس میشود.  $t_{12}$  مساویانه  
 توضیح دهنده اشعه ایست که سطح اولی به سطح دومی عبور میکند.  
 $t_{21}$  نشان دهنده اشعه است از سطح دومی به سطح اولی عبور میکند.  
 اساساً در برگشت یا انعکاس باید که اضافه کرد که دو اشعه از طرف چپ  
 بالای شکل ۳-۱۸b باید که مساوی باشد به اشعه های بوجود آمده



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

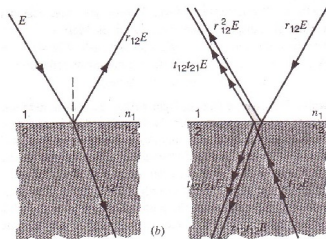
در شکل ۱۸a - ۳ که برگشت دو اشعه که در قسمت پائین و چپ  
 ۱۸ - ۳ باید که لغو شوند. همچنان در شکل دومی نیز داریم که:

$$r_{12}t_{12}E + t_{12}r_{21}E = 0$$

یا

$$r_{12} = -r_{21}$$

این نتیجه به ما میگوید که اگر ما دو موج منعکسه را مقایسه کنیم، از  
 سطح اولی با انعکاس در سطح دومی آنها تغییرات دارد که در یکی از  
 آنها فاز به اندازه  $180^0$  تغییر میکند. تحقیق نشان داده که اشعه منعکسه  
 از نور متراکم در سطح اجازه داده میشود از تغییر فاز به  $180^0$ .



شکل ۱۸ - ۳ : - (الف) اشعه A منعکس شده و انکسار شده در یک تقاطع.  
 (ب) که نور منعکس در این وضعیت که دو اشعه طرف پائین باید که لغو شوند.



شکل ۳ - ۱۹ : - (الف) تجربه برای آئینه های لویده.

حاشیه ظاهر میشود بین راسته و منعکسه مانند  
شائین ترازو. (ب) حاشیه ها مشاهده میشوند در  
تجربه آئینه لویده.

.....

### ۳ - ۶ تداخل سنج مایکل سن

دستگاه اندازه گیری مایکل سن جهت اندازه گیری طولها و تغییرات در طولها که با دقت می توانیم ذریعه آن اندازه گیری نمایم. که در اصل نمونه را که بوسیله A.A. Michelson در سال 1881 ساخته شد اینطور تعریف کرده میتوانیم: نور را در نظر بگیرید که منبع گسترده S را ترک می نماید، و بالای نقطه P می افتد و آئینه نیمه جیره (خاکستری) M را که بعضاً بنام تقسیم کننده اشعه یاد میشود این آئینه دارای ضخامت لازم یک پوش جیره ای است که نور پخش می نماید و نیم واقع نور را منعکس می نماید. به دو موج یکی تعقیب می نماید با انتقال از فاصله  $d_1$  بطرف آئینه  $M_1$  و دیگری تعقیب می نماید با انعکاس از فاصله  $d_2$  بطرف  $M_2$  امواجی که منعکس می شوند در هر یک از آئینه ها و دوباره باز فرستاده میشوند به امتداد و استقامت

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

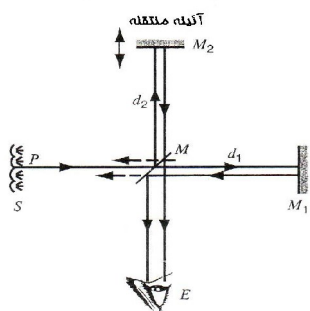


---

های وقوع شان داخل میشوند. به علت اینکه این امواج منسجم هستند در نهایت هر کدام از اینها به چشم E داخل میشوند و از عین نقطه منبع که تداخل نموده اند مشتق میشوند. چشم مثل حلقات نیوتن دوره های حلقوی نمونه تداخل را می بیند (شکل ۳ - ۱۷).

به علت اینکه شعاعات دو نور مسیرهای مختلف بین  $M_1$  و  $M_2$  ،  $M$  را می پیمایند تداخل بوجود می آید. که هر شعاع مسیر بعدی خود را دوباره می پیماید بنا براین وقتی که شعاع ها دوباره یکجا میشوند اختلاف مسیر شان  $2(d_2 - d_1)$  می باشد.

حرکت دادن آئینه  $M_2$  به اختلاف مسیر میتواند تغییر نماید طوری که زیاد میشود با میزان کردن نور سنج بسیار حساس همچنان طوری که  $M_2$  حرکت داده میشود کلان شدن یا کوچک شدن دوره های حلقوی به مشاهده میرسد که این خود بستگی به استقامت و بعد  $M_2$  دارد با ظاهر شدن حلقات در مرکز نمونه تداخل و بزرگ شدن آن بطرف بیرون و یا حلقات کلانتر و یا کوچک شدن در هم شکسته گشته و ناپدید میشوند در مرکز نمونه تداخل.



شکل ۳ - ۲۰ : - تداخل سنج مایکل سن نشان

میدهد مسیر یک شعاع را که سر چشمه میگیرد از جسم P که توسعه می یابد به منبع S. همان شعاع

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

از  $p$  شکاف میکند  $M$  را، دو شعاع منعکس میشوند از آئینه های  $M_1$  و  $M_2$  و بعد از آن یکجا میشوند در  $M$ . آئینه  $M_2$  میتواند که مسیر خود را در بین دو آئینه یکجا شده تغییر دهد.

در مرکز حلقه های نمونه در حال تبادل هستند از روشنی به تاریکی و از تاریکی به تاریکی و دوباره به روشنی با یک طول موج متفاوت مسیر بین دو شعاع باید تغییر داده شود که به این معنی و مفهوم است که آئینه  $M_2$  در بین یک مسافت  $\frac{1}{2}\lambda$  حرکت مینماید. جهت اندازه گیری کردن تغییرات در طول از تداخل سنج استفاده میشود که آنهم تداخل که عبور می نماید میدان دید را بر اساس حرکت دادن آئینه عمل می نماید.

.....

مسئله نمونه ۳ - ۶ :

نور زرد  $\lambda = 589.00nm$  روشن یا منور می سازد تداخل سنج مایکلسن را.

چقدر حاشیه ها یا نوار های روشن حساب خواهد شد مانند اینکه آئینه به طرف  $1.0000cm$  حرکت کند؟

حل : - هر يك از نوار ها و يا حاشيه ها مربوط به يك حرکت آئينه نصف طول موج اند.

تعداد نوار ها بدین گونه یکسان است مانند نصف تعداد طول موج ها در  $1.0000\text{cm}$  و یا

$$\frac{1.0000 \times 10^{-2} \text{ m}}{\frac{1}{2} (589.00 \times 10^{-9} \text{ m})} = 33.956$$

## تداخل سنج مایکل سن و انتشار نور

در بخش ۲۰ ما تقدیم نمودیم فرضیه های انشتین را و حالا دقیق باز بینی میکنیم که در خلا های خالی سرعت نور مشابه به سرعت C بوده ولی مهم نیست که سرعت نور مربوط از منابع مشاهده کننده باشد.

این خواص فزیک مغایرت دارد از نظریات قرن ۱۹ در زمینه موجی بودن مروج است. این برای فیزیکدان مشکل بوده تا خواص فزیک را تجربه کند قسمیکه آنها در فزیک قدیمی و کلاسیک آن زمان عقیده داشتن که موج یک بخش و یا واسطه می باشد.

اگر چنین واسطه تاسیس شود سرعت نور و روشنائی طبیعی بوده نظر به سرعت که داده شده به آن واسطه تنها سرعت صدا ترجیح داده میشود به یک واسطه مانند هوا. گرچه هیچ مدیم برای ترویج نور و یا روشنائی

---

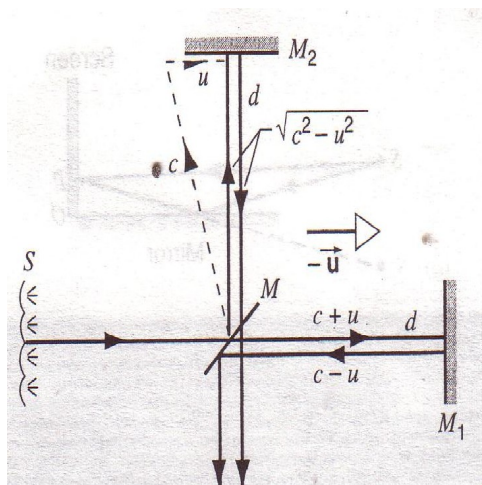
---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

وجود نداشته در سال ۱۸۸۱ - ۲۴ سال قبل از فرضیه انشتین مایکل سن نشست تا که بازبینی کند موجودیت فزیک مستقیم را از اثر بخصوص مایکل سن که بعداً توسط مورلی سرعت نور اندازه شد.



شکل ۳ - ۲۱: اثر ساطع شده همراه با سرعت  $\vec{U}$  مستقیم تداخل سنچ مایکل سن سرعت را مبتنی بر فرضیه غلط اثر هسته نشان داده است.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

مرتبط های روی قدیمی که به یک شخص که میداند قایق به یک مصافه  $d$  پائین رود و به یک فاصله مثبت به بالا رود، مرتبط دوم که میداند قایق به مصافه  $d$  از مقابل آن عبور میکند.

مبتنی بر فرضیه سرعت روشنی نور در مسیر  $MM_2$  عبارت از  $C$  است. و  $M_1M$  در وقت برگشت  $C-U$  است. و وقت لازمه برای تکمیل این فرضیه عبارت است از:

$$t_1 = \frac{d}{c+u} + \frac{d}{c-u} = d \frac{2c}{c^2 - u^2} = \frac{2d}{c} \frac{1}{1 - (u/c)^2}$$

سرعت نور بر اساس فرضیه فضا برای مسیر  $MM_2$  که  $\sqrt{c^2 - u^2}$  میشود، مبنای قرار داده شده. همانطوریکه شکل ۳ - ۲۱ نشان میدهد برای مسیر انعکاس  $M_2M$  این عینیت سرعت را نگاه میدارد، بنا بر این زمان لازم برای این مسیر کامل میشود.

$$t_2 = \frac{2d}{\sqrt{c^2 - u^2}} = \frac{2d}{c} \frac{1}{\sqrt{1 - (u/c)^2}}$$

تفاوت زمان برای این دو مسیر چنین میشود.

$$\Delta t = t_1 - t_2$$

$$= \frac{2d}{c} \left\{ \left[ 1 - \left( \frac{u}{c} \right)^2 \right]^{-1} - \left[ 1 - \left( \frac{u}{c} \right)^2 \right]^{-1/2} \right\}.$$

فرض میشود که  $u/c \ll 1$ ، ما می توانیم که کمیت را بزرگ نمائیم در قوس مربع با استفاده کردن از فورمول بینوم و در نتیجه می یابیم که:

$$\Delta t = \frac{2d}{c} \left\{ \left[ 1 + \left( \frac{u}{c} \right)^2 + \dots \right] - \left[ 1 + \frac{1}{2} \left( \frac{u}{c} \right)^2 + \dots \right] \right\}$$

$$= \frac{2d}{c} \left\{ \frac{1}{2} \left( \frac{u}{c} \right)^2 \right\} = \frac{du^2}{c^3} \text{ ----- (۲۲ - ۳)}$$

حال اجازه بدهید که تداخل سنج ۹۰ درجه چرخانده شود. این تبادل می نماید نقش های دو مسیر نور را و اکنون  $MM_1M$  جریان چلیپا  $t$  و



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

$MM_2M$  هم‌رای جریان رود خانه ، اختلاف زمانی که دو موج که به چشم داخل نمی شود نیز در در نظر گرفته شده است.

تفاوت فاز بین امواج یکجا شده را تغییر می‌دهد و اصطلاح می نماید موقعیت های بیشتر تداخل را همانطوریکه اگر چرخانده میشود، آزمایش در بر گیرنده نگاه کردن به یک دگرگونی دوره های تداخل.  $2\Delta t$  تبدیل تفاوت زمانی است که تفاوت فاز را می رساند  $\Delta\phi = \omega(2\Delta t)$  از آنجائیکه  $\omega (= 2\pi c / \lambda)$  فرکانس ناموزون نور موج میباشد، بیشترین دگرگونی پیش بینی شده در تعداد دوره ها  $90^\circ$  درجه چرخش مساوی است با:

$$\Delta N = \frac{\Delta\phi}{2\pi} = \frac{\omega(2\Delta t)}{2\pi} = \frac{2c\Delta t}{\lambda} = \frac{2d}{\lambda} \left(\frac{u}{c}\right)^2 \quad \text{----- (۳ - ۲۳)}$$

از آنجائیکه ما معادله  $۳ - ۲۲$  را برای  $\Delta t$  استفاده نموده ایم.

در تداخل سنج مایکل سن - مورلی اجازه دهید  $d=11m$  (که با ضرب کردن انعکاس در تداخل سنج تعیین میشود.)  $\lambda = 5.9 \times 10^{-7} m$ .

اگر  $u$  و طور تخمینی سرعت اوربیتال زمین فرض شود پس  $u/c \approx 10^{-4}$  پس بیشترین دوره که پیش بینی میشود که تغییر نماید وقتی است که تداخل سنج در  $90^\circ$  درجه چرخانده میشود.

$$\Delta N = \frac{2d}{\lambda} \left(\frac{u}{c}\right)^2 = \frac{(2)(11m)}{5.9 \times 10^{-7} m} (10^{-4})^2 = 0.4$$

حتی اگر دگرگونی فقط به اندازه 0.4 دور دهد پیش بینی میشود . مایکل سن و مورلی مطمئن بودند که آنها دگرگونی را به اندازه 0.01 دور را میتوانند مشاهده نمایند، به هر صورت آنها در آزمایشات خود کدام دور محسوس و قابل ملاحظه را نیافتند.

به نظر میرسد واقعه که در سال ۱۸۸۱ به ارتباط مقایسه بین موج نور که در فضا فرض شده بود و قایقی که در آب حرکت می نماید بطور ساده نادرست است. وقتیکه تجزیه و تحلیل بر اساس فرضیات انشتین انجام شد نتایج که مشاهده گردید بطور آشکار پیش بینی نمود که این سرعت نور است که در تمام مسیر ها موجود می باشد. حرکت خورشید بدور زمین و چرخش تداخل سنج از دیدگاه انشتین که سرعت موج نور در تداخل سنج هر آنچه باشد هیچ تاثیر ندارد.

باید خاطر نشان ساخت که روی هم رفته آزمایشات انشتین هیچ نتیجه را بر آزمایشات مایکل سن و مورلی نداشت.

.....

.....

### سوالات چند گزینه ای

---

۳ - ۱ تداخل دو منبع

۳ - ۲ تداخل دو شکاف

۱ :- تفکیک انشعاب  $d$  برای تداخل که حد اقل غیر از ماگزیمم مرکزی یک ماگزیمم تولید نماید چیست؟

(A)  $d \geq 5\lambda$  (B)  $d \geq 3\lambda$  (C)  $d \geq \lambda$  (D)

(D)  $d \geq \lambda/3$  مینیمم وجود ندارد.

۲ :- مگزیمم انشعاب تفکیک  $d$  که واحد های تداخل می تواند تفکیک شود چیست؟

(A) ماگزیمم وجود ندارد.

(B)  $d \leq 5\lambda$  (C)  $d \leq 3\lambda$  (D)  $d \leq \lambda$  س

(E)  $d \leq \lambda/3$

۳ :- در شکل ۳ - ۵ یک دستگاه دو شکافه ترتیب داده شده است برای تشکیل نمونه تداخل از چراغ سبز استفاده صورت گرفته است چراغ سبز بعداً جانشین چراغ سرخ میشود کدام یک از تغییرات ذیل

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

اجازه خواهد داد تا فاصله بین نوار های روشن ثابت مانده با تغییر دادن رنگ نور چراغ بالای صفحه مورد تاثیر قرار نگیرد.

- (A) زیاد میشود . (B) کم میشود . (C) ثابت می ماند .  
(D) بستگی دارد که کدام انشعاب پوشانده شود .

۴ :- فرض نماید که یک فلتر جای داده شده است بالای یکی از شکاف ها در شکل ۳ - ۳ تا از عبور نور جلوگیری نماید.

- (a) شدت نور در موقعیت ماگزیمم چه خواهد شد در شکل ۳ - ۴ ؟  
(A) شدت نور زیاد میشود . (B) شدت نور کم میشود .  
(C) به شدت تغییری وارد نمی شود . (D) بستگی به آن دارد که کدام شکاف بسته شده است .

- (b) شدت نور در موقعیت اولین مینیمم چی خواهد شد ؟  
(A) شدت نور زیاد میشود .  
(B) شدت آن کم میشود .  
(C) به شدت نور تغییری وارد نمیشود .

(D) بستگی دارد که کدام شکاف پوشانیده شده است .

(c) به شدت نور در موقعیت اولین ماگزیمم پهلوی ماگزیمم مرکزی چه واقع خواهد شد؟

- (A) شدت نور زیاد میشود . (B) شدت نور کم میشود .

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

(c) شدت نور ثابت می ماند. (D) بستگی دارد که کدام شکاف پوشانیده شده است.

۵:- از دستگاه دو شکاف جهت نظارت و مشاهده یک نمونه بروی یک پرده انداخته شده است استفاده میشود در صورتیکه منبع نور بی جای حرکت داده شود بطرف شکاف های دو با سرعت ثابت چی چیزی بروی صفحه مشاهده خواهد شد؟

(A) تداخل نمونه بدون تغییر خواهد ماند.

(B) دور های دور از یگدیگر حرکت خواهد کرد به طرف یک فاصله جدید معین.

(C) دور های نزدیکتر و یکجا با هم حرکت خواهد کرد بطرف یک فاصله جدید معین.

(D) دور های به حرکت به خود را دور تر و دورتر از یگدیگر ادامه خواهد داد همانطور که منبع آمده میشود.

۶:- یک معلم فزیک یک ورق نازک از مواد شفاف با ضریب شکست فقط یک کمی بزرگتر از هوا را بالای یکی از شکاف های در یک نمایش دو شکاف داخل نمود تداخل نمونه بالای صفحه نمایش چه خواهد شد؟

(A) تغییری نخواهد آمد.

(B) دورها پخش خواهد شد دورتر از یگدیگر

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

(C) دورها حرکت خواهد کرد نزدیک بر یگدیگر  
(D) موقعیت خود را دورها عوض خواهد کرد لیکن از نظر جا تغییر نخواهد کرد.

۷:- یک معلم فزیک یک ورق نازک از مواد شفاف با ضریب شکست فقط یک کم زیاد بزرگتر از هوا را بالای هر دو شکاف در یک نمایش دو شکاف داخل نمود چه چیزی مشاهده خواهد شد با نمونه تداخل بالای صفحه؟

(A) تغییری نخواهد آمد.  
(B) دورها پخش خواهد شد دورتر از یگدیگر.  
(C) دورها حرکت خواهد کرد نزدیک بر یگدیگر.  
(D) موقعیت خود را دورها عوض خواهد کرد لیکن از نظر جا تغییری نخواهد آمد.

۸:- دو منبع نور مونوکروماتیک که بطور نزدیک به یگدیگر در کنار هم قرار گرفته اند از یک تداخل نمونه معین را بالای صفحه نمایش بوجود آوردند بعداً از فرکانس یک از منابع کم میشود در نتیجه چی خواهد شد به نمونه تداخل؟

(A) نمونه بطور کامل ناپدید میشود.  
(B) فاصله بندی دورها زیاد خواهد شد.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

(C) دور ها بطرف راست یا چپ بدل خواهد شد لیکن فاصله نوری ثابت خواهد ماند.

(D) فاصله بندی دور ها کم خواهد شد.

۹:- معادله  $3 - 4$  برای زوایای کوچک یک تخمین است در این تخمین فاصله بین مگزیم های مجاور ثابت است که با  $\Delta y$  نشان داده میشود در واقع فاصله بین مگزیم های مجاور:

(A) کوچکتر است از  $\Delta y$  با زیاد شدن  $\theta$  حتی کوچکتر میشود.

(B) کوچکتر است از  $\Delta y$  لاکن با زیاد شدن  $\theta$  کلاتر میشود.

(C) کلاتر است از  $\Delta y$  لیکن با زیاد شدن  $\theta$  کوچکتر میشود.

(D) کلاتر است از  $\Delta y$  لیکن با زیاد شدن  $\theta$  حتی کلاتر میشود.

### ۳-۳ ارتباط چسبیده گی (کوهرنس)

۱۰:- در صورتیکه منطقی در نظر گرفته شود یکی از عواملی ذیل برای دو شعاع نور باید همانند باشد .

(A) فریکونسی (B) طول موج (C) سرعت (D) فاز موج

(E) دامنه موج

۴ - ۳ شدت در تداخل دو شکاف

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۱۱:- برای ساعت تیری یک شاگرد یک آزمایش سه شکافه تداخل را اجرا کرد اگر نور از هر یک از سه شکاف به فاز ماگزیمم مرکزی برسد شدت I در مقایسه با شدت  $I_0$  از یک شکاف چطور خواهد بود؟

$$I = 6I_0 \quad (C) \quad I = 3I_0 \quad (B) \quad I = I_0 \quad (A)$$

$$I = 9I_0 \quad (D)$$

۱۲:- سه اشعه نوری با شدت مساوی و منسجم بروی یک صفحه به یک نقطه P میرسد تا بوجود بیآورد یک مینیم تداخل با شدت وصفی اگر یکی از دو اشعه بسته شود شدت نور در نقطه P ،  $I_0$  خواهد بود در صورتیکه یکی از اشعه ها بسته شود شدت نور در نقطه P چي خواهد بود؟

$$(D) \quad I_1 \quad (C) \quad I_1/2 \quad (B) \quad 0 \quad (A)$$

$$4I_1 \quad (E) \quad 2I_1$$

### ۳ - ۵ تداخل در فلم نازک

۱۳:- اشعه نور واقع است بالای فیلم نازک دو عدد اشعه منعکس شده نشان داده شده است و همچنان دو اشعه فرستاده شده نیز نمایش داده شده در شکل ۳ - ۲۲ :



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

(a) فرض نماید که شعاع های  $a$  و  $b$  را که به علت تفاوت ضریب های شکست مورد دستخوش یک تغییر فاز قرار دارد کدام یک از

ترتیب مناسب ضریب های انکسار خواهد بود؟

$$n_2 > n_3 > n_1 \quad (B) \quad n_1 > n_2 > n_3 \quad (A)$$

$$n_3 > n_1 > n_2 \quad (D) \quad n_3 > n_2 > n_1 \quad (C)$$

(E) هیچ یک از این ها تغییرات خاص فاز واقع خواهد شد.

(a) فرض نماید که فاز های  $a$  و  $c$  را که بعلافت تفاوت ضریب های شکست مورد دستخوش یک تغییر فاز قرار داشته کدام یک ترکیب

مناسب ضریب های انکسار خواهد بود؟

$$n_2 > n_3 > n_1 \quad (B) \quad n_1 > n_2 > n_3 \quad (A)$$

$$n_3 > n_1 > n_2 \quad (D) \quad n_3 > n_2 > n_1 \quad (C)$$

(E) هیچ یک از این تغییرات خاص در فاز واقع نخواهد شد.

(c) فرض نماید که فاز های  $a$  و  $d$  را که به علت ضریب های انکسار مورد دستخوش یک تغییر فاز قرار داشته کدام یک از ترتیب مناسب

ضریب های انکسار خواهد بود؟

$$n_2 > n_3 > n_1 \quad (B) \quad n_1 > n_2 > n_3 \quad (A)$$

$$n_3 > n_1 > n_2 \quad (D) \quad n_3 > n_2 > n_1 \quad (C)$$

(E) هیچ یک از اینها تغییرات خاص واقع نخواهد شد.

---

---

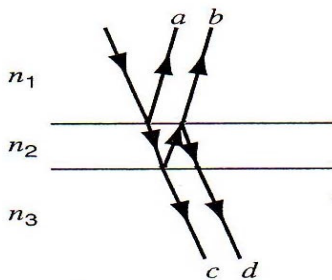
فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

(d) فرض نماید فاز های را که بعلت ضریب های انکسار مورد دستخوش یک تغییر فاز قرار داشته که:

- (C)  $n_2 > n_3 > n_1$  (B)  $n_1 > n_2 > n_3$  (A)  
 $n_3 > n_1 > n_2$  (D)  $n_3 > n_2 > n_1$



شکل ۳ - ۲۲ :- سوال چند گزینه ای ۱۳

۱۴ :- وقتی که به دریچه شیشه ای کامره عکاسی نگاه میکنیم چرا بر اثر تداخل فیلم نازک نگاه میکنیم؟

- (A) تداخل در فیلم های ضخیم واقع نمی شود.  
(B) دور ها بسیار کم نور و مبهم هستند.  
(C) دورها در یک فاصله دور از یکدیگر واقع هستند.  
(D) دور های روشن در تاریک واقع و مبهم روی همدیگر قرار دارند.

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

۱۵ :- اشعه  $\lambda = 550nm$  به سطح فیلم نازک طور نورمال وارد میشود. تمام نور انتقال داده شده و انعکاس نه می نماید. و اشعه دوم طول موج نور  $\lambda$  با یک فیلم نازک و بسیار کوچک به سطح نورمال تصادم می نماید. که همچنین همه نور ها انتقال یافته و هیچ نوری انعکاس نمی نماید. ما در رابطه به  $\lambda$  می توانیم بنویسیم که:

(A)  $\lambda > 550nm$  (B)  $\lambda = 550nm$  (C)  $\lambda < 550nm$

(D) هیچ چیز بدون شناخت شاخص تفرق گوناگون جایگزین این مسئله شده نمی تواند.



## سوالات

- 
- ۱ :- در تجربه یانگ . تجربه تداخل و یا تجربه انکسار هر دو یکی اند ؟
- ۲ :- در تجربه تداخل دو شکافه یانگ با استفاده از منبع نور لابر اتواری تک رنگ ، چرا پرده A در شکل ۳ - ۷ ضروری است ؟ اگر منبع نور یک شی لیزری است ، پرده A ضروری نیست چرا ؟
- ۳ :- چی تغییراتی اگر اتفاق بی افتد در حاشیه تداخل که دستگاه در شکل ۳ - ۵ به زیر آب قرار بگیرد ؟

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

- ۴:- آیا شما اثرات تداخل را که در امواج صوتی اتفاق می افتد انجام داده اید؟ اظهار بدارید که امواج صوتی عرضی هستند و یا طولی؟
- ۵:- ناممکن است که اثرات تداخل را بین نور و دو سویدیم لامپ بخار نشان داد. مگر شما می توانید که اثرات تداخل را بین دو صدا از دو بلند گو که آنها جدا شده اند توسط نوسان نشان دهید. این موضوع را بیان نماید که چرا؟
- ۶:- اگر بین موجهای نور با فرکانس های مختلف امکان وجود داشته باشد ضربات و تصادفات نور باید که مشاهده شود همانند ضربات صدا که اجرا میگردد، از دو منبع صدا با یک فرکانس کم و متفاوت مورد بحث قرار دهید که چطور امکان دارد به آن نگاه کرد به چه امکان؟
- ۷:- چرا شکافهای موازی داده میشود به مسامات کوچکتر که یانگ به تجربه خود برای نمایش تداخل استفاده نمود؟
- ۸:- آیا کوهنت بودن در انعکاس و انکسار مهم است؟
- ۹:- توضیح دهید که در شکل ۳ - ۵ بالای تصویر C شدت نور نمونه را در صورتیکه یکی از سوراخ ها پوشانیده شود به همراهی یک فلتر سرخ و دیگری با فلتر آبی واقع نور هم سفید باشد توضیح دهید؟
- ۱۰:- در شکل ۳ - ۵ اگر یکی از شکاف ها بسته شود چه تغییرات بوجود خواهد آمد به شدت نور در مرکز تصویر؟

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۱۱ :- ما بطور دوام دار شستشوئی می‌شویم با انرژی تابش الکترو مغناطیسی اگر از آفتاب، رادیو و سگنال های و تلویزیون پخش میشود و همچنان ستاره گان و دیگر اجسام سماوی چرا در این امواج دخالت میکند به همراهی یگدیگر؟

۱۲ :- برای محاسبه کردن و قرار دادن جوهره از امواج ، چی وقت باید که شما اضافه کنید شدت و یا امپلیتود را؟

۱۳ :- در تجربه دو شکاف یانگ فرض نماید که تصویر A در شکل

۳ - ۷ که شامل دو شکاف نازک و موازی بجای شکاف می باشد.

(الف) نشان دهید که فاصله بین این شکاف ها بطور مناسب انتخاب شده باشد تداخل دورهای می توانند که ناپدید گردد.

(ب) در تحت این شرایط آیا می توانید بنامید که اشعه ها ظاهر میشود از شکاف های  $S_1$  و  $S_2$  در تصویر جسم B که آنها تداخل دوره ها را نمی سازند.

(ج) در صورتیکه عرض یک شکاف در تصویر A تدریجاً P زیاد میشود به تداخل دوره ها چه واقع میشود موضوع را مورد بحث قرار دهید.

۱۴ :- این بیانیه را حمایت نماید شکل  $3 - 8a$  که ساین و یا کوساین موج، لیکن شکل  $3 - 8b$  در واقع نباشد یا نمی باشد شما می توانید که تعیین نماید یک فرکانس واحد را به منحنی در شکل  $3 - 8b$  چرا شد ؟

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

۱۵ :- اکثریت مایان آشنا هستیم با چرخ دادن و نوسان کردن آنتن های که تولید می نماید چرخش را و یا نوسان تابش های ریز موج اشعه ها . همچنین این امکان وجود دارد تا تولید نوسان اشعه تابش موج های ریز را نماید. بدون کدام حرکت میکانیکی از رساندن آنتن این عمل شدنی است با تغییرات پی در پی فاز تابش همانطور در بخش های فرستنده های مختلف آنتن فرستنده ظاهر میشود. خود را قانع کنید که البته تداخل سازنده از بخش های مختلف یک آنتن عیار شده یک اشعه نوسان کنند ریز موج در واقع تولید میشود.

۱۶ :- چی چیز باعث اهتزاز دریافت صدا رادیو میشود . وقتیکه یک طیاره بالای آن پرواز نماید؟

۱۷ :- آیا این امکان وجود دارد که بین منابع نور کوهرنرنت وجود داشته باشد در صورتیکه آنها از طول موجهای مختلف نور را صادر نمایند؟

۱۸ :- یک موتر چراغ های پیشرویش را به کنار مزرعه می اندازد چرا در ناحیه که نور دو اشعه روی هم قرار میگیرد دور های تداخل بوجود می آید؟

۱۹ :- فرض کنید که یک پوشه یا فیلم با ضریب انکسار بزرگتر از شیشه روی شکل ۳ - ۱۵ قرار گرفته است، آیا میتواند که هنوز حالت غیر انعکاس را داشته باشد . اگر چنین شود چه فرقی را پوشه با پرده ایجاد خواهد کرد؟

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

- ۲۰:- وقتی که نور منتقله به نظر میرسد یا دیده میشود نیازها و ضروریات برای شدت اعظمی چیست؟
- ۲۱:- برای نمایش اثرات تداخل یا مداخله گر یک فیلم یا پرده حباب صابونی و یک لکه چرب چرا باید کم ضخامت و نازک باشد؟ چگونه باید که نازک باشند یعنی چه قسم زیاد یا متوسط و یا کم؟
- ۲۲:- چرا عدسیه های پوش شده (شکل ۳ - ۴ را ببینید) توسط شعاع منعکسه بنفش به نظر میرسد؟
- ۲۳:- کلکین عادی معمولاً از سطح داخلی و خارجی خود شعاع منعکس میسازد چرا ما اثرات تداخل یا دخالت کننده را نمی بینیم؟
- ۲۴:- اگر شما برای پاک کردن عینک تان آنرا مرطوب می سازید خواهی گفت که بعد از آنکه آب آن تبخیر میگردد عینک برای یک مدت کوتاه حالت انعکاسی یا انعکاس دهنده بخود میگیرد توضیح دهید که چرا؟
- ۲۵:- یک عدسیه برای کاهش انعکاس پوش شده است مانند مسئله نمونه ۳ - ۴ برای انرژی که قبلاً منعکس شده چی اتفاق می افتد؟ آیا پوش کاملاً شعاع مذکور که قبلاً منعکس شد جذب خواهد کرد؟
- ۲۶:- در مورد اشیا ذیل که انواع رنگ را بعد از قرار گرفتن در مقابل شعاع آفتاب تولید میکنند فکر کنید: ۱: حباب های صابونی  
۲: گلبرگ لاله ای یا سرخ ۳: سطح داخلی یک صدف

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

۴: سطح صیقلی نازک و چرب ۵: پوش غیر منعکسه یا کدر در روی عدسیه کامره ، چرم دم پرندۀ طاوس، انواع رنگ توسط همه اجسام فوق نمایش داده میشود اما یکی از اشیا فوق پدیده تداخلی یا مداخله گر بدون شاملیت کدام نوع رنگ است کدام یک استثنا است؟ چرا دیگران رنگی به نظر میرسند؟

۲۷:- یک پرده صابونی با یک پرده صیقلی بالای یک حلقه سیمی نگهداری میشود قسمت از سطح یا پرده مذکور توسط شعاع منعکسه سیاه به نظر میرسد. و از طرف دیگر یک فیلم یا پرده نازکی روی آب شناور است. قسمت های نازک این پرده برخلاف پرده اولی روشن بنظر میرسد این پدیده را توضیح دهید؟

۲۸:- تغییرات بسیار کوچک زاویه ورودی برای پرده های نازک حالت های تداخل را زیاد تغییر نمی دهد اما در پرده های ضخیم برعکس می باشد چرا؟

۲۹:- یک سطح نوری قطعه از شیشه میباشد ، که زمینه هموار برای شکست کوچک یک طول موج بوده است چطور سطح مذکور برای ثابت کردن همواری قطعه شیشه چطور استعمال خواهد شد.

۳۰:- در یک آزمایش و تجربه حلقه های نیوتن، آیا لکه مرکزی بعد از انعکاس سیاه دیده میشوند یا سفید؟ توضیح دهید.



---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۳۱:- با در نظر داشت تغییر فاز در سطح میانی بین محیط شفاف بالای انعکاس آیا می توانید بگویید که تغییر فاز  $0$  یا  $\pi$  ممکن است یا خیر؟ آیا می توانید بگویید که تغییر مکان فاز را دقیقاً میتوان با استفاده از قانون ماکسول محاسبه نمود یا خیر؟

۳۲:- مشخصه های یک آنتین رادار حساس منحیث یک آخذہ امواج رادیوی شناخته شده به ارتباط مشخصه های آن مستقیماً منحیث یک ناقل یا ترانسمر باشد چی می توان گفت؟

۳۳:- یک فرد در یک اطاق تاریک قرار دارد و از میان پنجره بیرون را می بیند که یک مرد در مقابل شعاع قرار دارد شخص دوم شخص اولی را دیده نمی تواند آیا این یک نقیصه از قاعده برگشت یا انعکاس نور است؟ فرض کنید که هیچ مجدوبیت نوری وجود ندارد.

۳۴:- چرا چرخاندن انترفرومتر در تجربه مایکل سن - مورلی ضروری و حتمی است؟

۳۵:- تغییر نهائی منفی آزمایش یا تجربه مشیل - سان - مورلی که توسط نظریه نسبی انشتین تعبیر و تفسیر میگردد چگونه است؟

۳۶:- اگر طول آئینه متحرک انترفرومتر مایکل سن خیلی بزرگ شود یا تغییر کند یا اینکه به آئینه ساکن برسد (شکل ۳ - ۲۰ را ببینید) فرضاً بیشتر از یک متر حاشیه ها شروع به ناپدید شدن میکنند توضیح دهید چرا؟ عدسیه ها این دامنه را وسعت می بخشد؟

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

۳۷:- چطور می توانید یک انتروفرومتر مایکل سن را برای اندازه طول امواج صوتی بکار ببرید؟ در مورد فوق با انتروفرومتر نوری بحث کنید.



### تمرینات

---

۳ - ۱ تداخل دو منبع

۳ - ۲ تداخل دو شکاف

۱:- شعاع مونوکروماتیک سبز با طول موج  $554\text{nm}$  شکاف های موازی و باریک که به فاصله  $7.7\mu\text{m}$  از هم قرار دارند را روشن میکند ، موقعیت زاویه یی نوار روشن مرتبه سوم را الف : بر حسب رادیان ب : بر حسب درجه محاسبه کنید.

۲:- شعاع مونوکروماتیک دو شکاف را به فاصله تقریباً  $d$  منور می سازد حد اعظمی اول در موقعیت زاویه مانند  $۱۵$  درجه عیار شده به چی

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

فیصدی باید  $d$  افزایش یا کاهش یابد تا حد اعظمی دومی در جای  $15^\circ$  درجه عیار شود.

۳:- یک آزمایش دو شکاف توسط شعاع آبی و سبز به طول موج  $512 \text{ nm}$  نانو متر انجام شد شکاف ها  $1.2 \text{ mm}$  می باشد. اگر فاصله صفحه از شکاف ها  $5.4 \text{ m}$  باشد در چه فاصله نوار به روی پرده خواهد شد؟

۴:- فاصله شکاف را در یک سیستم دو شکافه که مولد حاشیه تداخلی روشن است بدست آورید فرض کنید که طول موج  $592 \text{ nm}$  باشد.

۵:- یک سیستم دو شکاف در برابر مولد حاشیه تداخلی برای شعاع سویدیم به طول موج  $589 \text{ nm}$  که  $0.23$  درجه است می باشد. برای کدام طول موج فاصله زاویوی شکل از  $10^\circ$  فیصد بزرگتر باشد؟ فرض کنید که زاویه  $\theta$  کوچک است.

۶:- یک سیستم دو شکاف دو برابر مولد حاشیه تداخلی برای شعاع سویدیم به طول موج  $589 \text{ nm}$  که  $0.20$  است می باشد و فاصله حاشیه زاویوی شکل چند است در صورتیکه سیستم داخلی به آب  $n=1.33$  داخل گردد.

7:- در یک آزمایش دو شکافه فاصله بین شکاف ها  $5.22 \text{ mm}$  است و شکاف ها  $1.36 \text{ m}$  از پرده فاصله دارند. دو منظره تداخلی در صفحه دیده شده میتواند اول به خاطر شعاع با طول موج  $480 \text{ nm}$  و دوم با

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

شعاع به طول موج  $612\text{nm}$  فاصله بین صفحه حاشیه تداخلی طبقه سوم را بدست آورید؟

۸- در یک آزمایش یا تجربه تداخلی در یک تانکر مرتعش بزرگ (شکل ۳ - ۲ را مشاهده کنید) ارتباط منابع مرتعش به  $120\text{nm}$  نصب شده است، فاصله اعظمی ما بین آنها که  $180\text{nm}$  دور می باشد اگر سرعت تکان  $25\text{cm/s}$  باشد فریکونسی منابع مرتعش را بدست آورید

۹- اگر فاصله حد اقل اول و دهم یک زینه شکاف ها دو چند  $18\text{mm}$  فاصله خودشان و صفحه به ترتیب  $0.15\text{mm}$  و  $50\text{cm}$  باشد طول شعاع استفاده شده چند است؟

۱۰- دو منبع نقطوی امواج رادیوی ارتباطی به فاصله  $2.0\text{m}$  از یکدیگر قرار دارند و امواج را به  $\lambda = 0.50\text{m}$  پخش میکنند. یک آله جستجو اگر با یک آخذه به نواحی دایروی شکل و روی مستوی در برگیرنده آنها حرکت میکند حد اعظمی امواج مذکور را نشان دهید.

۱۱- یک زمینه تداخلی را طرح کنید که برای سوراخ خورد سنجاق مانند بجای شکاف باریک استفاده گردد.

۱۲- شعاع سودیم با طول موج  $\lambda = 589\text{nm}$  بالای یک شکاف دو برابر به فاصله  $d=0.180\text{mm}$  می افتد و یک عدسیه نازک به فاصله محراقی  $1.13\text{m}$  در نزدیک شکاف نصب شده، قرار شکل ۳ -

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۶ فاصله خطی حاشیه از صفحه که بالای مستوی عدسیه واقع است چند است؟

۱۳: - شعاع سودیم با طول موج  $\lambda = 589nm$  بالای یک شکاف دو برابر به فاصله  $2.0mm$  می افتد فاصله صفحه شکاف  $40mm$  است چی یک غلطی انکسار با استفاده از رابط ۳ - ۱ در سیستم واقع میشود که تا حاشیه روشن دهم را برای صفحه واقع سازد؟

### ۳ - ۳ ارتباط چسبیده گی ( کوهرنس )

۱۴: - طول ارتباطی یک موج فاصله است بالای فاز که موقعیت ثابت داشته باشد.

( a ) اگر یک اتم شعاع را با  $1 \times 10^{-8} s$  مساطع کند طول ارتباط موج چقدر خواهد بود؟

( b ) فرض کنید که یک آئینه با انعکاس کم موج و قطار را دو قسمت کند بعد از طی فاصله های  $5m$  و  $10m$  آیا امواج مذکور حاشیه تداخلی قابل عیار به چشم انسان ایجاد میکنند؟

### ۳ - ۴ شدت در تداخل دو شکاف

۱۵: - منبع  $A$  با شعاع طویل موج باعث به تاخیر انداختن  $B$  به زاویه  $90^\circ$  درجه میگردد . فاصله  $r_A$  از دیکتور بهتر از فاصله  $r_B$  است ، تفاوت فاز در دیکتور چیست در صورتیکه هر دو دارای عین طول موج اند؟

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۱۶ :- فرق فاز بین امواج را از دو شکاف وارده در حاشیه تاریک در یک آزمایش دو چند شکاف پیدا کنید؟

۱۷ :- شعاع با طول موج  $600\text{nm}$  بالای شکاف های موازی که توسط  $0.60\text{m}$  فاصله از هم جدا شده وارد میگردد. یک شدت زمینه را طرح کنید که تابع فاصله صفحه باشد و زاویه بر حسب رادیان قیمت داشته باشد.

۱۸ :- حاصل جمع الجبری روابط ذیل را پیدا کنید . ( الف ) با استفاده از گراف. ( ب ) با استفاده از مثلثات:

$$Y_1 = 10 \sin \omega t$$

$$Y_2 = 8.0 \sin(\omega t + 30^\circ)$$

۱۹ :-  $S_1$  و  $S_2$  در

شکل ۲۳ - ۳ منابع موثر نقطوی تشعشعات اند که توسط نوسان کردن تحریک شده اند و از نگاه فاز با یکدیگر ارتباط دارند فاصله  $d=4.17\text{m}$  بوده و هر دو شعاعات به طول موج  $1.06\text{m}$  امواج الکترومغناطیسی پخش میکنند.

( الف ) موقعیت اولی ، دومی و سومی اعظمی سگنال را دریافت نماید طوریکه موج یاب D به نقطه O به امتداد محور X حرکت کند.

---



---

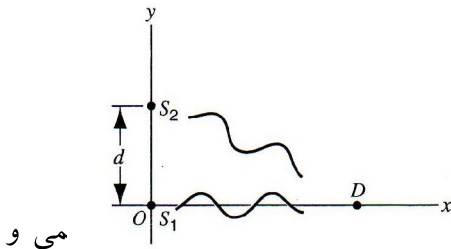
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

(ب) آیا نزدیکترین حد اقل شدت صفر است. جواب خود را وسعت بدهید.



شکل ۳ - ۲۳ : - تمرین ۱۹.

۲۰: - با استفاده از میتود فا

الجبری جمع کنید.

$$y_1 = 10 \sin \omega t$$

$$Y_2 = 14 \sin(\omega t + 26^\circ)$$

$$y_3 = 4.7 \sin(\omega t - 41^\circ)$$

### ۳ - ۵ تداخل در فلم نازک

۲۱: - می‌خواهیم که قطع مسطح شیشه ئی را با ضریب انکسار  $n=1.50$  توسط ماده شفاف با ضریب انکسار  $1.25$  روکش با پوش نمایم. طوریکه شعاع با طول موج  $620\text{nm}$  بالای آن وارد گردیده منعکس نشود. حد اقل ضخامت پوش مذکور را بدست آورید.

---



---

 فصل (1) . . . . . امواج نوری
 

---



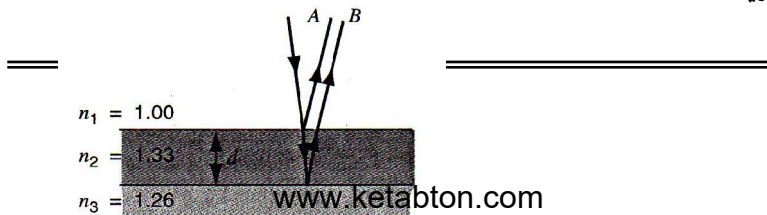
---

۲۲:- یک فیلم در هوا  $410\text{nm}$  ضخامت دارد و توسط شعاع سفیدی نور شده است اگر ضریب انکسار آن  $1.50$  باشد چپ طول امواج در طیف مرئی بعد از انعکاس حالت اعظمی را بخود خواهد گرفت.

۲۳:- یک تانکر حاوی نفت با ضریب انکسار  $1.20$  در خلیج فارس چکک میکند. یعنی سوراخ شده و قطره قطره از آن میریزد و یک لکه بزرگ از نفت را روی آن به ضریب انکسار  $1.33$  ایجاد کرده است. (الف) اگر شما مستقیماً از یک طیاره لکه مذکور را مشاهده کنید جای که ضخامت آن  $460\text{nm}$  است برای کدام طول موج نور مرئی انعکاس اعظمی خواهد داشت؟ (ب) اگر شما یک دستگاه اسکوپ که زیر آب باشد که مستقیماً در حوزه مذکور پرتاب کنید برای کدام طول امواج نور مرئی به شدت به داخل منتقل خواهد شد.

۲۴:- جواهرات معمولی و سنگ ها ساخته شده از شیشه با ضریب انکسار  $1.5$  که اغلب توسط مونو اکساید با ضریب انکسار  $2.0$  روکش میشوند با بیشتر حالت انعکاسی را داشته باشد. ضخامت پوش اجسام فوق برای نور طول موج  $560\text{nm}$  چقدر باشد تا باز حالت انعکاس اعظمی شان حفظ شود؟

۲۵:- اگر طول موج شعاع وارده  $\lambda = 572\text{nm}$  باشد. شعاعات A و B قرار شکل ۳ - ۲۴ دارای فرق فاز  $1.50\lambda$  اند ضخامت طبقه d را بدست آورید.





شکل ۳ - ۲۴ : - تمرین ۲۵ .

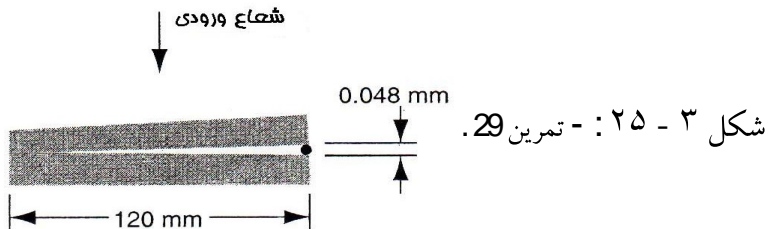
۲۶ :- شعاع با طول موج  $585\text{nm}$  بالای یک حباب صابونی با ضریب انکسار  $n=1.33$  وارد میشود ، اگر ضخامت پرده مذکور که در هوا قرار دارد  $0.00121\text{mm}$  باشد معلوم کنید چه وقت روشن و چه وقت تاریک در مقابل منبع نقطوی نوری دیده خواهد شد.

۲۷ :- یک پرده نازک تشکیل از اسیتون با ضریب انکسار  $1.25$  یک سطح شیشه ائی نازک را با ضریب انکسار  $1.50$  پوش میکند. امواج شعاعی به حالت نورمال بالای سطح مذکور وارد میشوند وقتیکه یک موج منعکسه به جسم میرسد تداخل انهدامی به طول موج  $600\text{nm}$  و تداخل تعمیری به طول موج  $700\text{nm}$  اتفاق می افتد. ضخامت پرده مذکور را از اسیتون ساخته محاسبه کنید.

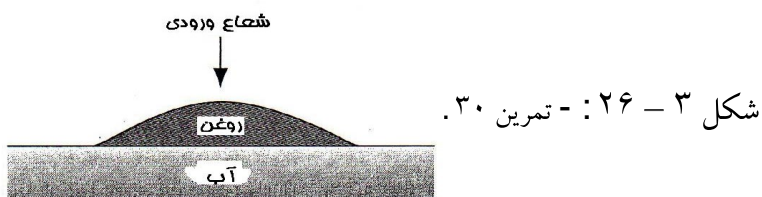
۲۸ :- نور سفید عمودی از یک سطح صیقلی به هوا منعکس شده است. البته در طیف مرئی و برای تداخل اعظمی طول موج  $600\text{nm}$  و از اصغر  $450\text{nm}$  است اگر ضریب انکسار پرده  $1.33$  باشد ضخامت پرده را بدست آورید؟

فصل (1) ..... امواج نوری

۲۹:- یک منبع بیرونی نور به طول موج  $680\text{nm}$  قاب هموار شیشه ای را با طول  $120\text{mm}$  منور میسازد. که در یک نقطه با یگدیگر متصل و از قسمت دیگر توسط سوراخ به قطر  $0.048\text{mm}$  جدا میشوند قرار شکل ۳ - ۲۵ چقدر حاشیه های مرئی در فاصله  $120\text{mm}$  بوجود خواهد آمد؟



۳۰:- یک قطره روغن با ضریب انکسار  $n=1.20$  روی سطح آب به ضریب انکسار  $n=1.3$  شناور است. قرار شکل ۳ - ۲۶ (الف) قسمت بیرونی لکه یا لکه مذکور با لکه روشن تاریک میکند. (ب) ضخامت پرده روغنی مذکور چند است. (ج) چرا رنگ ها با ازدیاد ضخامت قطره ناپدید می شوند.



---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

۳۱:- شعاع با طول موج  $630\text{nm}$  به حالتی بالای یک پرده با ضریب انکسار  $1.50$  وارد میگردد. ده حاشیه روشن و نه حاشیه تاریک در امتداد طول فیلم وجود دارد به چقدر تغییر ضخامت طول پرده مذکور تغییر وارد خواهد شد؟

۳۲:- در هوا دو مستوی شیشه ئی به امتداد لبه ها خود متصل اند،  $4001$  خط شعاعات تاریک بعد از عیار که توسط شعاع منعکسه مونو کروماتیک بوجود می آید دیده میشود بعد از کاستن و کاهیدن هوا از بین مستوی ها مذکور تنها  $4000$  خط دیده میشود ضریب انکسار هوا را از این پدیده بدست آورید.

۳۳:- در یک تجربه آزمایشی حلقه نیوتن شعاع انحنای عدسیه  $R$  مساوی به  $5.0\text{m}$  بوده و قطر آن  $20\text{mm}$ . (الف) چقدر حلقه ها تولید میشوند. (ب) چقدر حلقه ها بعد از داخل سیستم به آب دیده خواهد شده فرض کنید  $\lambda = 589\text{nm}$  باشد.

۳۴:- قطر ده حلقه نوری در یک دستگاه از نیوتن از  $1.42$  به  $1.27\text{cm}$  تغییر میکند اگر بین عدسیه و مستوی مایع در نظر گرفته شود ضریب انکسار مایع مذکور را بدست آورید؟

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

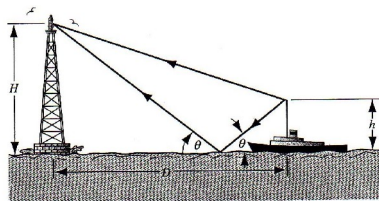
---



---

۳۵ :- یکی از دستگاه نیوتن برای اندازه گیری قطر عدسیه استعمال میشود شعاعات  $n$ th و  $(n+20)$  th و حلقه نوری به ترتیب 1.62 و 0.368cm باشد در مقابل شعاع با طول موج 546nm می باشند شعاع انحنای سطح عدسیه پائینی را بدست آورید.

۳۶ :- یک کشتی در حال نزدیک شدن به بندر است که امواج به طول  $\lambda = 3.43m$  از آنتن خود که از سطح دریا ۲۳ متر ارتفاع دارد انتقال میدهد. آنتن دریافت کننده ایستگاه 160m از سطح دریا ارتفاع دارد. فاصله افقی بین آنتن ایستگاه و کشتی چقدر است و قتیکه موج اتصالی در لحظه اول به آنتن برسد.



شکل ۳ - ۲۷ :- تمرین ۳۶.

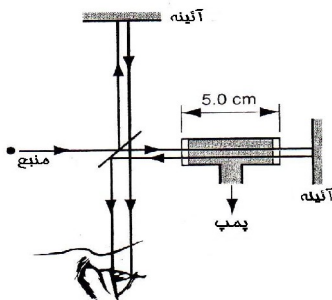
37 :- در مسئله نمونه ۳ - ۴ فرض کنید که انعکاس برای شعاع بطول موج 550nm صفر است. فاکتور که انعکاس را کاهش میدهد است. (الف) اگر طول موج 450nm. (ب) اگر طول موج 650nm باشد بدست آورید. ( $\phi$  در رابطه ۳ - ۱۶ محاسبه کنید.)

### ۳ - ۶ تداخل سنج مایکل سن

۳۸ :- یک پرده نازک با ضریب انکسار  $n=1.42$  و شعاع با طول موج  $589\text{nm}$  روی بازو انترفرومتر نصب شده است اگر یک تغییر مکان  $7.0$  حاشیوی اتفاق بی افتد ضخامت پرده را بدست بیاورید؟

۳۹ :- اگر آئینه  $M_2$  در آله مذکور به طول  $0.233\text{mm}$  و  $792$  حاشیه که توسط نور سنج محاسبه گردیده حرکت نماید طول موج شعاع را بدست آورید.

۴۰ :- یک جسم اتاق مانند به طول  $5.0\text{cm}$  همراه یک پنجره کوچک بروی بازو انترفرومتر نصب شده است قراریکه در شکل ۳-۳ - ۲۸ نشان داده شده است شعاع با طول موج  $\lambda = 500\text{nm}$  استفاده شده هوا تدریجاً ذریعه پمپ از اتاق خارج میشود. و قتیکه هوا کاملاً بیرون میشود  $60$  حاشیه از منظر آن عبور میکند ضریب انکسار اتموسفیر هوا را بدست آورید.



شکل ۳ - ۲۸ :- تمرین ۴۰ .

## مسائل

۱-: در مقابل سالون صدا یا مثلاً سخنرانی شعاع متشکل از هیلیم نیون و لیزر با طول موج  $\lambda = 632.8nm$  دو چند شکاف را منور میسازد. از همان نقطه به عقب سالون به 20m به نزدیک آئینه میرود و به عین فاصله از آئینه قرار میگیرد.

( الف ) بخاطریکه فاصله تداخلی اعظمی 10.0cm شود فاصله بین شکاف چند است.

( ب ) بیان کنید که اگر سخنران کاغذ را روی سطح مطلق بالای شکاف هموار کند.

۲-: قطعه از سنگ با ضریب انکسار 1.58 برای پوش به یک سیستم دو شکافه استفاده شده است نقطه مرکزی توسط حاشیه هفتم اشعاع شده ضخامت قطعه مرکزی چقدر است؟

۳-: دو منبع نقطوی قرار شکل ۳ - ۲۹ یعنی  $S_1$  و  $S_2$  امواج را ساطع میکند نشان دهید که حالت منحنی جا داده شده که توسط شعاعات  $r_1$  و  $r_2$  ثابت قرار دادند هایپربولها اند یک فرق فاز ثابت یک طول موج ثابت  $r_1$  و  $r_2$  دو معنی میدهد. سیستم OMEGA دریای نوری بالای قاعده ثابت است.  $S_1$  و  $S_2$  فاز منتقله اند. دریا نوردان کشتی مدعی اند که فرق فاز دریافت در نوسان کشتی را روی یک هایپربول

---



---

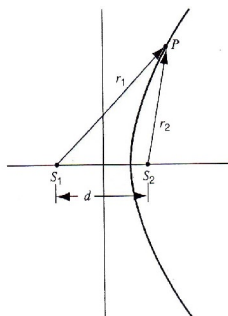
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

واقع میسازند دریافت سگنال ها توسط یک ناقل سوم برای تعیین موقعیت آن روی هایپربول ضروری است.



شکل ۳ - ۲۹ : - مسئله ۳.

۴ :- یک شکاف از یک سیستم دو شکافه توسط یک قطعه که ضریب انعکاس آن 1.4 می باشد پوشیده شده است. و از شکاف دیگر شیشه دیگری با ضریب انکسار 1.7 نقطه مرکز قبل از آنکه شعاع به امتداد توسط قطعه شیشه ئی مذکور ارتعاش میشود  $m=5$  فرض کنید که طول موج مساوی به  $\lambda = 780nm$  بوده و قطعه های مذکور عین ضخامت را داشته باشد. قیمت  $t$  را بدست آورید.

۵ :- نشان دهید که نصف قیمت ساحه  $\Delta\theta$  یک سیستم تداخلی دو برابر شکاف از رابطه ذیل بدست می آید.  $\Delta\theta = \lambda/2d$  اگر  $\theta$  خیلی کوچک باشد  $\sin\theta \approx \theta$  قیمت نصف حاشیه میشود که شدت در یکی از مراکز قیمت نصف را دارا می باشد.

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

۶ :- یکی از شکاف سیستم دو شکافه نسبت به دیگری وسیع تر است. طوریکه امپلیتود بین هر دو شکاف یک و تنها عمل میکنند یک جمله یا اصطلاح را برای شدت  $I$  و  $\theta$  بیان کنید.

۷ :- یک موج از شعاع مونوکروماتیک بالای پرده نازک از روغن که یک قطعه شیشه را پوشانده می‌تابد. طول موج منبع بصورت متداوم می‌تواند متغیر باشد. تداخل انهدامی شعاع منعکسه که با طول موج‌ها  $485\text{nm}$  و  $679$  عیار شده تکمیل نماید. و اگر ضریب انکسار روغن  $1.32$  و از شیشه  $1.50$  باشد ضخامت پرده روغنی مذکور را بدست آورید.

۸ :- یک ورق شیشه ای با ضریب انکسار  $1.40$  توسط یک پرده با ضریب انکسار  $1.55$  پوش میشود طوریکه شعاع سبز با  $525\text{nm}$  از آن انتقال می‌نماید.

(الف) حداقل ضخامت پرده را بدست آورید.

(ب) چرا قیمت های دیگر ضعیف مرئی طبیعتاً از آن انتقال نمیکنند.

(ج) آیا انتقال یعنی رنگ ها را می‌تواند کاهید یا کاست؟

۹ :- دو قطعه مستوی از شیشه با یگدیگر نگهداری میشود طوریکه فضا هوا در بین شان بسیار کم باشد شعاع با طول موج  $480\text{nm}$  بالای سطح اولی عموداً می‌تابد. و توسط سطح پائینی منعکس میشود و همچنان



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

توسط بالای نیز قابل انعکاس اند بدانگو که مولد یک سلسله حاشیه های  
 تداخلی اند. ضخامت فضا در حاشیه ۱۶ و ۶ دو مستوی چقدر است؟  
 ۱۰ :- یک مستوی شیشه ئی با ضریب انکسار  $n=1.50$  همراه با  
 پلاستیک سیاه با ضریب انکسار  $n=1.20$  روی یگدیگر نصب شده اند.  
 قراریکه در شکل ۳ - ۳۰ دیده میشود و در نقطه A با یگدیگر  
 متصل اند. شعاع با طول موج  $600\text{nm}$  از بالای نشان وارده میگردد  
 شعاع تاریک حاشیه بعد از انعکاس شعاع ورودی قرار شکل ۳ - ۳۰b  
 نشان داده:

(الف) ضخامت فضا شیشه با پلاستیک چقدر است؟

(ب) آب با ضریب انکسار 1.33 داخل فضا مذکور می گردد چقدر  
 حاشیه های تاریک بعد از نفوذ آب به نظر خواهد رسید.



(a)



(b)

شکل ۳ - ۳۰ :- مسئله ۱۰.

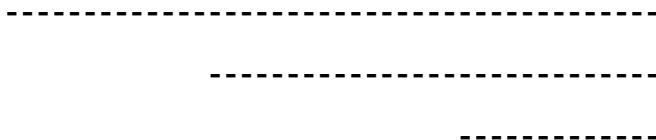
۱۱ :- در یک آزمایش نیوتن فرق در شعاعات حلقه مجاور را نشان  
 دهید که رابطه ذیل بدست می آید.

$$\Delta r = r_{m+1} - r_m \approx \frac{1}{2} \sqrt{\lambda R / m}$$

فرض کنید  $m \gg 1$  و محیط بین حلقه های اعظمی از رابطه ذیل بدست می آید.

$$A = \pi \lambda R$$

۱۲ :- یک اصطلاح برای انترفرومتر برای شدت عیار شده بیان کنید (شکل ۳ - ۲۰) مانند یک تابع موقعیت آئینه غیر ساکن اندازه موقعیت آئینه را بدست آورید با در نظر داشت  $d_1 = d_2$ .



## فصل ۴

### تفرق

تفرق عبارت از خم نمودن یا پخش نمودن موج های که به اثر برخورد با ماده مثلاً دیوار یا سوراخ و همچنان بروی مسیر های آنها عبارت از تفرق است.

که در این بخش فقط تفرق موج های نوری را مورد مطالعه قرار میدهیم . اما تفرق شامل انواع و اقسام مختلف موج مثلاً موج صدا و غیره که نتیجه آنها را توسط صدا های مختلف میتوانیم که بشنویم اما گاهی ممکن است که ما در یک خط مستقیم از مبدأ قرار نداشته باشیم.

برای بوقوع پیوستن تفرق اندازه شی یا ماده به اندازه طول های موج و موج های لازمه متساوی باشد. وقتیکه طول موج کوچکتر از اندازه شی قرار گیرد تفرق قابل رویت بوده و شی به قسم یک سایه تیر به نظر خواهد رسید. نمونه های مختلف تفرق شامل نور و دسته های عینی نور بوده، که در قسمت ۳ کتاب مورد مطالعه قرار گرفت است. به اثر مطالعه این نمونه از تفرق ما میتوانیم معلومات راجع به تفرق شی معلومات های زیادی را کسب نمایم. بطور مثال تفرق های اشعه X که از پدیده ها و میتود های مهم برای مطالعه ساختمان جسم جامد و دیگر تفرق اشعه گاما بوده که برای مطالعه ساختمان هسته استفاده میشود می باشد.

تفرق از خود اثر های نامبهم مثل پخش نمودن نور وقتیکه داخل تلسکوپ میگردد میباشد.

## ۴ - ۱ تفرق و نظریه موجی نور

وقتیکه نور مانند شکل ۴ - ۱ از سوراخ کوچک میگذرد نه فقط نور و یا شعاع آفتاب بلکه تمام شعاعات بر آن طرف سایه هندسی بتابد و برای برخواستن آنها شعاعات نوری و بند های تاریک که مشابه برخورد به حاشیه است ضرورت است. (مانند شکل ۴ - ۱).

حالا میخواهیم که درباره نمونه و نمایش های از تفرق معلومات حاصل کنیم. تفرق تقریباً در زمانه های هیوگنس و نیوتن شناخته شده بود اما هیچ کدام آنها معتقد و یا شواهدی را که نور نمونه است از موج معلومات حاصل نکردند.

نیوتن به این عقیده بود که نور به شکل ذرات خورد حرکت میکند اما بعد نظریه موجی نور اولین بار توسط انجینر فرانسوی بنام (Fresnel) در بین سالهای (1788-1827) بوجود آمد فرنسل به این نظر بود که تفرق نتیجه از نظریه موجی نور شده می تواند. ولی این نظر بعد از تحقیق و آزمایش توسط توماس مورد قبول قرار نگرفت.

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

بعد از مدتی فرنسل بار دوم در سال ۱۸۱۹ میلادی نظریه خود را در اکادمی ساینس فرانسه مطرح ساخت یکی از اعضای این اکادمی بنام Simon – Denis – Posion فرانسوی که او یکی از مخالفان نظریه موجی نور بود ، نظریه فرنسل را مورد استهزا قرار داد بخاطریکه او به این عقیده بود که فرنسل یک نظریه پوچ و بی فایده را تعقیب نموده است.



شکل ۴ - ۱ :- نمونه از تفرق تولید شده زمانیکه نور از یک سوراخ باریک عبور میکند.

فرنسل به این عقیده بود که سایه که بروی شی یا جسم بوجود می آید دارائی یک نقطه روشن مرکزی خود میباشد . مانند شکل ۴ - ۲ .  
در شکل دیده میشود که نمونه از تفرق بالای سطح بصورت واضح و روشن دیده میشود و به صورت صحیح نقطه روشن که از مرکز قرار دارد قابل رویت می باشد. در شکل ۴ - ۳ دیده می شود که وقتی جسم توسط نور روشن شود اثری از تفرق است. برای مشاهده عینی تفرق تجربه ذیل را اجرا میکنیم:

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

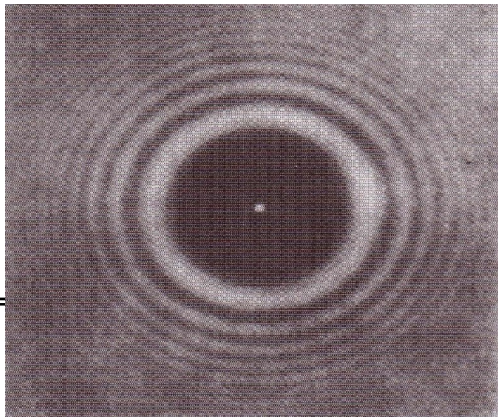
---

---

دوانگشت خود را طوری با هم گرفته که شکاف و یا سوراخ در بین آنها  
بوجود آید بعداً بطرف آفتاب یا کدام منبع نوری دیگر مشاهده کنیم،  
در اینجا بدو طرف سوراخ یا شکاف خط های تاریکی دیده میشود  
که این هم نمونه از تفرق است. مثال دیگری از تفرق عبارت از  
Floaters یا حرکت روی آب است که تعدادی زیادی از اشخاص در  
زنده گی خود مشاهده می نمایند.

Floaters ها نقطه های خورد زنجیر مانند نیمه شفاف می باشد که در  
روی آب و یخ های متحرک ظاهر می گردد.

آنها وقتی که توتی از کاغذ سفید را روشن می سازد توسط چشم از فاصله  
های دور قابل دید میباشد. Floaters ها سبب آبیگی شدن و سیال  
شدن مردمک چشم توسط حجرات خود میگردد. و روشنی که در  
قرنیه یا شبکیه چشم مشاهده میکنیم همه شان نمونه از تفرق است.

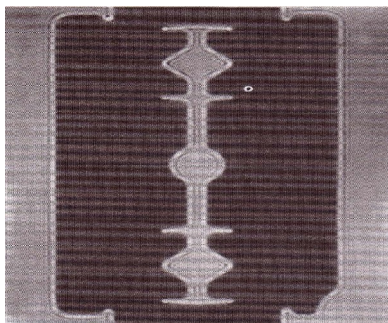


شکل ۴ - ۲ : - نمونه تفرق یک صفحه.

نوت در نکته روشن در مرکز صفحه.

شکل ۴ - ۴ حالت تفرق را بصورت کلی یا جامع نشان میدهد و سطوح که بطرف چپ شکل قرار دارد موج های لازمه را از نور نمایان میسازد. در شکل دیده میشود که نور از سطح B بالای حصار شیشه برخورد میکند و سطح مذکور تصویر را از سوراخ مطلقه نشان میدهد (که در شکل (۴ - ۱) راجع به نمونه تفرق در یک سوراخ را مورد مطالعه قرار دادیم).

در شکل (۴ - ۴)، عبارت از صفحه یا عکس فیلم است که نور را گرفته و در بین و یا به اطراف شی یا جسم منکسر می سازد.



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

شکل ۴ - ۳ : - نمونه تفرق دیده میشود در سر تیزی یک تیغه در نور مونوکروماتیک ، حاشیه ها نزدیک کنار ها واقع شده اند.

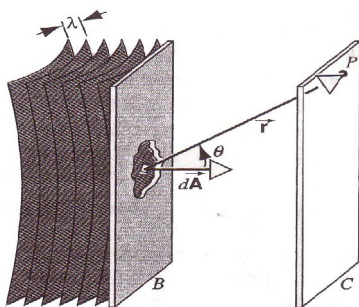
ما می توانیم که نمونه های زیادی را در صفحه C توسط تجربه موج در

بین سازه  $d\vec{A}$  مشاهده کنیم . که هر کدام از آنها منشأ اصلی گسترش موج های کوچک می باشد. موج که در نقطه P میرسد دارای امپلیتود و فاز های مختلفی می باشد بخاطریکه :

۱ : - منبع اصلی در فاصله های مختلف از نقطه P قرار دارد .

۲ : - نور از منبع اصلی به زوایای مختلف میگذرد .

۳ : - بعضی از منابع نور توسط دیوار های B مسدود میگردد .



شکل ۴ - ۴ : - تفرق بوجود می

آید زمانیکه موج های یکسان نور

سقوط میکند در یک مانع کدر

B ، که در بر گیرنده یک شکاف

اختیاری میباشد. نمونه تفرق را میتوانید



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



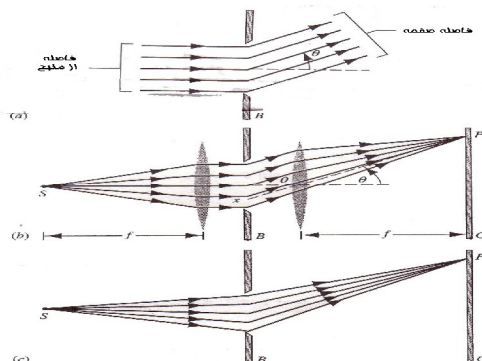
---

در صفحه C مشاهده نماید..

تفرق وقتی بوجود می آید که در اصل خود ساده و بسیط باشد و ممکن است که در عمل مشکل گردد محاسبه باید برای هر نقطه در صفحه C مکرراً صورت گیرد تا که شدت نور را بدانیم که این بخش با بحث که در بخش (۴ - ۴) مکماً و دقیقاً مورد مطالعه قرار دادیم.

شکل (۴ - ۵) شعاع نور را به شکل هندسی آن نشان میدهد نمونه نوری که در صفحه تشکیل میگردد مربوط به جدائی دو صفحه C و B می باشد در مجموع سه دلیل ذیل قابل توجه است که عبارت است از:

۱: - جدائی بسیار کوچک: وقتی که C بسیار نزدیک به B باشد امواج عابر از سوراخ کوتاه را پیموده و شعاعات بسیار کم از هم جدا میگردد. در اینجا اثری از تفرق بصورت کم موجود بوده و تصویری که در روی صفحه بوجود می آید عبارت از سایه هندسی سوراخ میباشد.



---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

شکل ۴ - ۵: - نور از منبع جسم S روشن و نورانی عبور میکند یک جسم کدر B را، و شکاف توسعه میدهد نور را به یک فاصله زیادی به بالا و زیر شکل مستوی: که این فاصله عالی تر است نسبت به عرض شکاف شدت جسم P بروی صفحه C ارتباط دارد به فاز نوری که می آید از یک قسمتی از شکاف، (الف) اگر منبع S و صفحه C را تغییر بدهند فواصل زیادی را از شکاف هر دو شعاع وارده و ظاهر شده و در B تشکیل می شود به شعاع نزدیک و موازی. (ب) نسبتاً با استفاده از یک فاصله زیاد منبع و صفحه جای خواهند گرفت در یک عدسیه مستوی مرکزی، که یکبار دیگر شعاعات موازی شکاف را ترک میگویند. (ج) بدون عدسیه ها شعاعات موازی نیستند.

۲: - انفصال یا جدائی بسیار بزرگ: شکل ۴ - ۵a حالتی را بیان میکند که سوراخ دورتر از صفحه موقعیت داشته باشد و ما می توانیم شعاعات را بصورت موازی و یا معادل ملاحظه کنیم طوریکه موج بر سطح مواجه گردد به این سبب ما منبع را وقتی اخذ میکنیم که دورتر از سوراخ موقعیت داشته باشد. پس موج لازمه عبارت از موج مسطحه بوده که عین اثر می تواند توسط روشن شدن سوراخ بوسیله لیزر قابل اجرا باشد.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



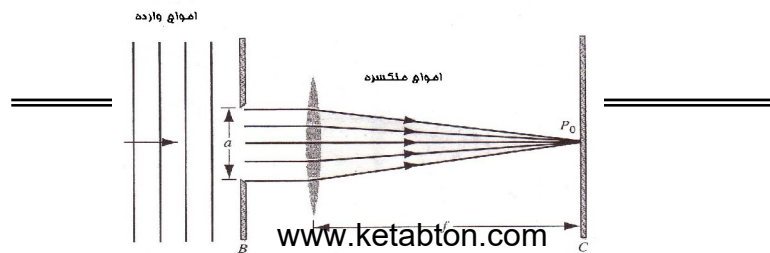
---

حالتی دیگری نیز وجود دارد که بنام تفرق فرونرفیر یاد میگردد که در لابراتوار دو آئینه مورد استعمال قرار میگردد. طوریکه در شکل ۴ - ۵b ذکر گردید، طوریکه آئینه اولی نوری را از هم جدا و از منبع به داخل موج مسطح بر میگرداند و آئینه دومی موج مسطح را در نقطه P متمرکز میسازد. تمام شعاعات موازی که به نقطه P میرسد در نقطه Px که از نقطه P به مرکز آئینه دومی وصل است ختم میگردد.

۳: - انفصال متوسط: - طوریکه در شکل ۴ - ۵c دیده میشود صفحه نور میتواند در فاصله که از سوراخ قرار دارد و تمام شعاعات که در داخل و خارج سوراخ میگردد موازی نمی باشد که این نوع تفرق عبارت از تفرق فرنسل یاد میگردد. اگر چه تفرق فرونرفیر یک حالت مخصوص از تفرق فرنسل را دارد که این حالت یک حالت بسیار مهم و آسان برای محاسبه می باشد که ما همچنان تفرق را در بخش ۳ کتاب مورد مطالعه قرار دادیم.

## ۴ - ۲ تفرق در درز منفرد

در این بخش ما راجع به موقعیت های اصغری ها و اعظمی ها تفرق طوریکه در شکل ۴ - ۱ ذکر گردید بحث میکنیم. و در بحث آینده ما شدت و کار کرد وضع صفحه را مورد مطالعه قرار میدهیم.



شکل ۴ - ۶: - نمونه وضع حد اعظمی مرکزی تفرق.

شکل ۴ - ۶ موج مستوی را نشان میدهد که در وسعت نقطه  $a$  به شکل نورمال وارد میشود.  $P_0$  عبارت از نقطه مرکزی پرده  $C$  است. شعاعات که سوراخ را بصورت موازی عبور میکنند در نقطه مرکزی محور افقی  $P_0$  متمرکز میشوند. این شعاعات در حالتی باقی می مانند که توسط عدسیه در محل اصلی آورده میشود طوری که در شکل ۲ - ۲a مورد بحث قرار گرفت. از آنجایی که تمام شعاعات در نقطه  $P_0$  وارد میشود دارای حالتی می باشد که آنها ضمن برخورد نمودن و شدت اعظمی را در نقطه  $P_0$  بوجود می آورد.

حال نقطه دیگری را روی صفحه مورد توجه قرار میدهم. شعاعات نوری که به نقطه  $P_1$  قرار شکل ۴ - ۷ میرسد تحت زاویه  $\theta$  از سوراخ عبور میکند. و همچنان شعاع  $xP_1$  به شکل غیر منحرف یا غیر منکسر از قسمت مرکزی عدسیه میگذرد. شعاع  $r_1$  در قسمت بالای سوراخ بوجود آمده و شعاع  $r_2$  در قسمت مرکزی سوراخ برخورد میکند.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

اگر  $\theta$  زاویه ای انتخاب گردیده باشد پس فاصله  $bb'$  به اندازه نصف طول موج میباشد.

$r_1$  و  $r_2$  خارج حالتی بوده و در نقطه  $P_1$  برخورد میکنند. و شعاعات  $r_1$  و  $r_2$  دارائی عین فاصله می باشند. برای هر شعاعی که از قسمت بالای سوراخ میگذرد شعاع مقارن و دیگری از قسمت پائین سوراخ میگذرد و آن دو شعاع طوری به نقطه  $P_1$  برخورد میکند که یک شعاع از قسمت بالای سوراخ و شعاع دیگری از قسمت پائینی سوراخ به نقطه  $P_1$  اصابت میکند.

قدرت شدت در نقطه  $P_1$  صفر بوده و  $P_1$  دارای کمترین نمونه از تفرق را در خود دارا می باشد.

از آنجائیکه فاصله  $bb'$  مساوی به

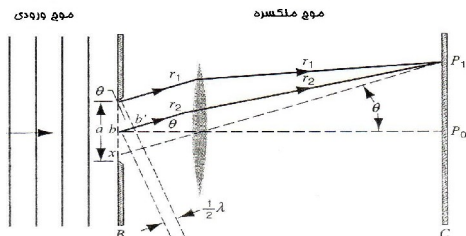
$$\frac{a}{2} \sin \theta = \frac{\lambda}{2} \quad \text{است پس:} \quad \frac{a}{2} \sin \theta$$

$$a \sin \theta = \lambda \quad \text{----- (۱ - ۴)}$$

یا

معادله ۴ - ۱ نشان میدهد که قسمت مرکزی وسیع تر بوده و قتیکه سوراخ باریکتر باشد. اگر  $a = \lambda$  در صورتیکه  $\theta = 90^\circ$  باشد پس نظر به معادله ۴ - ۱ داریم که:

$$\sin \theta = 1$$

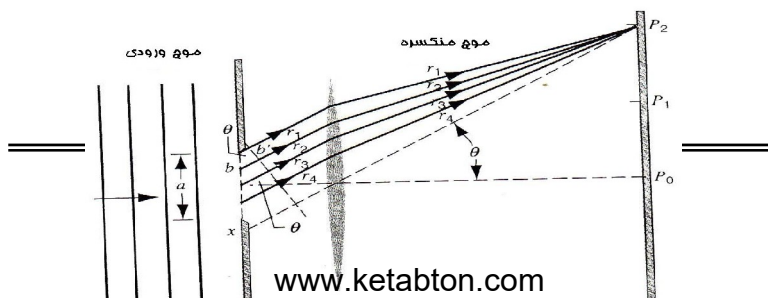


شکل ۴ - ۷: - وضع در حد اصغری اول نمونه تفرق. زاویه  $\theta$  نظر به فاصله  $bb'$  نصف طول موج است.

در شکل ۴ - ۸ دیده میشود که سوراخ به چهار قسمت تقسیم شده و همراه با یک شعاع از سوراخ میگذرد.

اگر  $\theta$  زاویه ای انتخاب گردد پس فاصله  $bb'$  به اندازه نصف طول موج میگردد.

شعاعات  $r_1$  و  $r_2$  در نقطه  $p_2$  برخورد نموده و شعاعات  $r_3$  و  $r_4$  همچنان به اندازه نصف طول موج بوده و در نقطه  $p_2$  اصابت میکند و همچنان شعاعات  $r_1$  و  $r_2$  متساوی به شعاعات  $r_3$  و  $r_4$  می باشد.



---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

شکل ۴ - ۸ : - وضع در حد اصغری دومی نمونه تفرق ، زاویه  $\theta$  نظر به فاصله  $bb'$  نصف طول موج است.

حال برای برخورد شعاع ضرورت به فاصله  $bb'$  بوده و طوریکه  $(a/4)\sin\theta$  نظر به هندسه در شکل ۴ - ۸ مساوی به  $\frac{1}{2}\lambda$  می باشد پس :

$$\frac{a}{4} \sin \theta = \frac{\lambda}{2} \text{ ----- (۲ - ۴)}$$

یا

$$a \sin \theta = 2\lambda$$

که در این جا  $a$  عبارت از وسعت سوراخ و  $\lambda$  عبارت از طول موج میباشد.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

از مقایسه معادلات ۴ - ۱ و ۴ - ۲ فورمول عمومی بدست می آید.

$$a \sin \theta = m\lambda \quad m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (3-4) \text{ حد اصغری}$$

در اینجا تقریباً حد اعظمی بین هر خوردترین جوهره یک اتصال وجود دارد. در بحث آینده فورمول را برای بحث تفرق نور مورد مطالعه قرار میدهیم. در معادله ۴ - ۳.

$m$  می تواند که قیمت های مختلف اعظمی و اصغری را بگیرد.  $\theta$  زاویه است به امتداد محور به شرط اینکه ( $m < 0$ ) باشد یعنی  $m \pm 1$  باشد.

.....

مسئله نمونه ۴ - ۱: - اگر شکاف به وسعت  $a$  توسط نور سفید روشن شده باشد، برای چی مقدار  $a$  میتواند کمترین مقدار نور سرخ که  $\lambda = 650nm$  و  $\theta = 15^0$  باشد گرفته میتواند؟

حل: - طوریکه در معادله ۴ - ۳ قیمت  $m = 1$  بوده پس  $a$  عبارت است از:

$$a = \frac{m\lambda}{\sin \theta} = \frac{(1)(650nm)}{\sin 15^0}$$



$$= 2510nm = 2.51\mu m$$

.....  
مسئله نمونه ۴ - ۲ : - در مسئله نمونه ۴ - ۱ قیمت طول موج نور یعنی  $\lambda'$  را دریابید در صورتیکه اولین اعظمی تفرقی تحت زاویه ۱۵ درجه واقع شود.

حل :- چون زاویه اعظمی  $\theta = 15^0$  بوده پس زاویه اصغری اولی  $\theta = 10^0$  و زاویه اصغری دومی عبارت از  $\theta = 20^0$  می باشد پس :

$$a \sin \theta = 2\lambda'$$

یا

$$\lambda' = \frac{1}{2} (2510nm)(\sin 20^0) = 430nm$$

در اینجا این نور طول موج بنفش است. اعظمی دوم برای طول موج نور همیشه 430nm می باشد، و برای اصغری اولی طول موج نور 650nm می باشد. اگر شکاف باریک یا نازک باشد، زاویه  $\theta$  بزرگتر شده میرود.

### ۴ - ۳ شدت در تفرق درز واحد

در بخش ۴ - ۲ ما حالت های مختلف اصغری را در سوراخ منفرد ثابت نمودیم ، حال می خواهیم که بیان را راجع به شدت و نمونه دقیق از زاویه  $\theta$  تفرق معلومات حاصل کنیم.

این اظهار ما اجازه را راجع به پیدا کردن شدت و اعظمی تفرق خواهد داد. قبل از محاسبه ای موضوع ما راجع به اعظمی و اصغری تفرق و نتیجه تکمیلی آنها را مورد مطالعه قرار میدهیم.

شکل ۴ - ۹ نشان میدهد که وسعت  $a$  به  $N$  حصه خط های موازی تقسیم شده است . که عبارت از  $\delta x$  می باشد . این خط ها بسیار باریک بوده پس هر خط میتواند ملاحظه از Radiator یا نور پخش موج کوچک هیوگنس بوده و تمام نور هایکه از خط مذکور در نقطه  $P$  می تابند دارائی عین حالت میباشد.

موج هایکه از بر خورد خط های متصل بر نقطه  $P$  وارد میشود دارائی عین حالت  $\Delta\phi$  بوده که از رابطه ذیل حاصل میگردد.

$$(۴-۴) \text{-----} \frac{\text{فرق مسیر}}{\lambda} = \frac{\text{فرق فاز}}{2\pi}$$

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

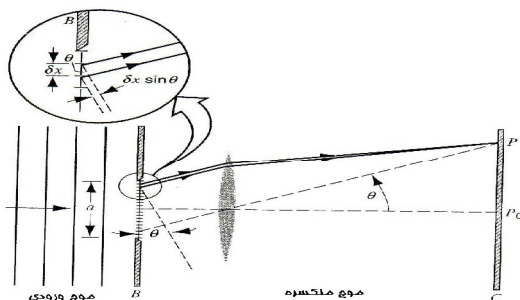


---

یا

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \delta x \sin \theta$$

در اینجا  $\delta x \sin \theta$  نظر به شکل ۴ - ۹ عبارت از فرق مسیرهای شعاع می باشد.



شکل ۴ - ۹: - یک شکاف با عرض  $a$  تقسیم شده به نوارهای  $N$  با عرض  $\delta x$ . که واضحاً نشان داده شده وضع نوار دومی. حدود دیفرانسیل عرض  $dx$  هر کدام از نوارها بطور لایتجزا کوچک شده و شماره نوارها نیز بطور لایتجزا بزرگ میشود. اینجا و در شکل آینده ما  $N=18$  قرار میدهم.

اگر زاویه  $\theta$  بزرگ نباشد هر خط موج را که دارائی عین امپلیتود  $\delta E_0$  باشد در نقطه  $P$  تولید میکند. اثری که به نقطه  $P$  وارد میگردد مربوط به

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

و کتور  $N$  دارائی عین امپلیتود می باشد. و هر فرق در فاز مربوط به  $\Delta\phi$  می باشد. برای پیدا کردن شدت در نقطه  $P$  اول ناحیه الکتریکی و کتور  $N$  را می یابیم.

در بخش ۴ - ۳ ما طریقه گرافیک را برای اضافه نمودن موج و توضیحات آن معلومات حاصل کردیم و آن ما را قادر ساخت تا ما محاسبه را برای دو سوراخ انجام دهیم.

حال ما مثال های زیادی را راجع به تفرق سوراخ انفرادی مطرح میکنیم. اول با توجه به ناحیه برقی  $p_0$  داشته باشیم. در این حالت  $\theta = 0$  و نظر به معادله ۴ - ۴  $\Delta\phi = 0$  را بخود گرفته و حالت های مختلف عین خط های معادله بوجود می آید. و همچنان نظر به طریقه که در بخش ۴ - ۳ که ما  $N$  و کتور را به طول  $\delta E_0$  موازی به یگدیگر و طوریکه نقطه آخری شان به نقطه اولی باشد قرار میدهم. ( $\Delta\phi = 0$ ). محصله  $E_\theta$  در شکل ۴ - ۱۰a نشان داده شده این محصله قیمت اعظمی است که محصله و کتور های  $N$  بخود میگیرد. و ما آنرا  $E_m$  می نامیم.

چینیکه از زاویه  $\theta = 0$  دور می شویم تغییر فاز  $\Delta\phi$  به یک قیمت معین غیر از صفر تقرب می کند و مجدداً و کتور های  $N$  را از نقطه آخری شان به نقطه اولی قرار میدهد هر اختلاف جهت و کتور را از ما قبلاً بوسیله

---



---

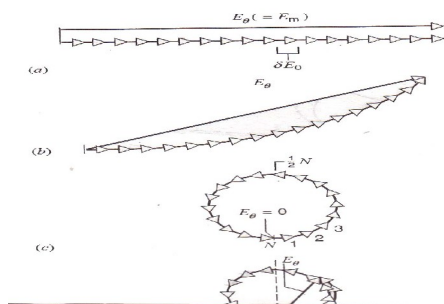
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

$\Delta\phi$  ارائه شده و ما محصله نشان داده را در شکل ۴ - ۱۰b دریافت میکنیم، بیاد داشته باشید که  $E_\theta$  کوچکتر از  $E_\theta$  در شکل ۴ - ۱۰a است.



شکل ۴ - ۱۰: - وکتورهای دور را دور تفرق یگانه (الف) حد اعظمی در مرکز (ب) به مقدار جهت اش را از حالت حد اعظمی مرکز تغییر میدهد. (ج) اولین نقطه اصغر (د) اولین نقطه اعظمی دورتر از نقطه اعظمی مرکزی این شکل مطابقت به  $N=18$  در شکل 4-9 میکند.

اکنون اولین نقطه اصغری تفرق را در نظر میگیرید (نقطه  $P_1$  در شکل ۴ - ۷) در این نقطه شدت صفر است، پس محصله  $E_\theta$  هم باید که صفر شود، و چنین مفهومی را میرساند که  $N$  وکتور دواری که نقطه اولی وکتور را به نقطه آخری آن قرار داده باید که یک حلقه بسته را تشکیل نماید مانند ۴ - ۱۰c در حالت خارج نقطه اصغری اولی تغییر فاز  $\Delta\phi$  هنوز بزرگتر است و سلسله وکتورها به دور زاویه بزرگتر از  $360^\circ$  درجه دور میزنند. در یک زاویه معینی (بر طبق تغییر فاز در شکل

۴ -  $(10d)$  محصله  $E_\theta$  بزرگترین طول خود را در این حلقه دارا می باشد.

بیاد داشته باشید که شدت نقطه اعظمی درین حالت خیلی کوچک تر از نقطه اصغری در حالت مرکزی است در شکل ۴ -  $10a$  ارائه گردیده بلاخره این حلقه بالای خودش نزدیک میگردد. یک محصله صفری را ارائه میکند. و به نقطه اصغری دومی منطبق می گردد.

### محاسبه شدت

اکنون به یک محاسبه مکمل برای دریافت شدت با هر موقعیت  $\theta$  بروی صفحه بر میگردیم، روش ما برای شدت در نوع تفرق یک شکاف برای هر زاویه  $\theta$  است که تغییر فاز را مطابق به معادله ۴ - ۴ ارزیابی می کنیم. و محصله  $E_\theta$  را پیدا میکنیم مانند شکل ۴ -  $10b$  سپس مربع این محصله شدت نسبی را میدهد مانند بخش ۴ - ۳.

نوریکه از یک درز به  $P$  میرسد فقط حالتی از فاز میباشد که درز بی اندازه خورد گردد، و تعداد درزها به همان تناسب خورد گردد، سلسله از وکتورهای دوار در شکل ۴ -  $10b$  نزدیک به قوس دایره میشود طوریکه در شکل ۴ - ۱۱ رسم شده طول قوس  $E_m$  می باشد و امپلیتودی که ما برای ساحه محصله جستجو میکنیم بوسیله وتر  $E_\theta$  تعیین شده است زاویه  $\theta$  اختلاف فاز مجموعی بین شعاعات بالای و پائینی

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

درز می‌باشد. مانند شکل ۴ - ۱۱ در شکل دیده می‌شود که  $\theta$  نیز زاویه بین دو شعاع R است.

$$E_{\theta} = 2R \sin \frac{\phi}{2}$$

از شکل ۴ - ۱۱،  $\phi$  با مقایسه با رادیان چنین بدست می‌آید:

$$\phi = \frac{E_m}{R}$$

با ترکیب نمودن R چنین نتیجه می‌شود.

$$E_{\theta} = \frac{E_m}{\phi/2} \sin \frac{\phi}{2} \quad \text{----- (۴ - ۵)}$$

یا

$$E_{\theta} = E_m \frac{\sin \alpha}{\alpha} \quad \text{----- (۴ - ۶)}$$

$$\alpha = \frac{\phi}{2}$$

از شکل ۴ - ۹ چنین نتیجه بدست می‌آید که  $\phi$  فرق فاز بین شعاعات

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

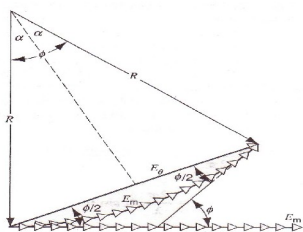
بالا و پائین شکاف بوده که فاز این دو شعاع عبارت از  $a \sin \theta$  است، داریم که :

$$\text{فاز} = \frac{\text{مسیر}}{\lambda} = \frac{\text{فاز}}{\lambda}$$

فاز

$$2\pi \quad \text{یا}$$

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} (a \sin \theta)$$



شکل ۴ - ۱۱ :- ترسیمی می باشد برای محاسبه شدت تفرق در یک شکاف این حالت مطابقت میکند به شکل ۴ - ۱۰b.

با ترکیب نمودن معادله ۴ - ۶ بدست می آید که :

$$\alpha = \frac{\phi}{2} = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta \quad \text{-----} \quad (۴ - ۷)$$



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

معادله ۴ - ۵ با در نظر داشت قیمت  $a$  مطابق با معادله ۷ - ۴ محاسبه گردیده و قیمت را از اختلال موج برای یک زمینه شکاف تفرقی منفرد در هر زاویه  $\theta$  میدهد. و شدت  $I_\theta$  برای زمینه متناسب است با مربع دامنه بنا داریم که:

$$I_\theta = I_m \left( \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 \text{-----} (۴ - ۸)$$

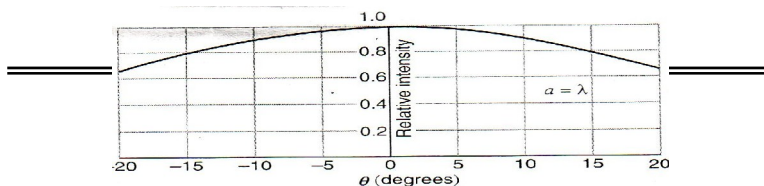
معادله ۴ - ۸ همراه با معادله ۷ - ۴ مقایسه میگردد یعنی ترکیب شان نتیجه میدهد که ما برای آن ( شدت در شکاف تفرقی منفرد برای هر زاویه  $\theta$  ) جستجو کنیم.

شکل ۴ - ۱۲ نشان دهنده شدت نسبی  $I_\theta / I_m$  برای چندین قیمت نسبی  $a/\lambda$  می باشد. و هر قدر که قیمت  $a/\lambda$  را افزایش دهیم زمینه عرض خود را کاهش میدهد. معادله ۴ - ۸ حد اقل قیمت را بخود میگیرد و قتیکه  $\sin \alpha = 0$  یا:

$$\alpha = m\pi \quad m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \text{-----} (۴ - ۹)$$

با مقایسه همراه با معادله (۴ - ۷) بدست می آید که:

$$\alpha = m\pi \quad m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \text{-----} (\text{حد اصغری})$$



---



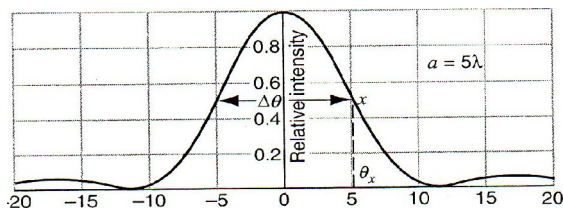
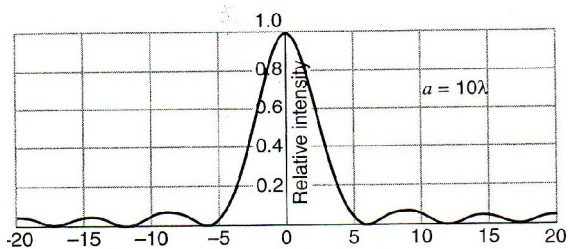
---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---



شکل ۴ - ۱۲ : - نشان دهنده پخش شدت در شکاف تفرق منفرد سه قیمت نسبت  $a/\lambda$  می باشد، طوریکه در شکل دیده میشود هر قدر که شکاف عریض گردد تفرق مرکزی کاهش عرض میدهد طوریکه در شکل B نشان داده شده است اندازه عرض راس مرکزی می باشد. P که مشتق از بخش های قبلی می باشد، معادله ۴ - ۳ در آن بخش فقط ما

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

بین اندازه را مشتق گرفتیم، و آن در برگرنده قیمت های غیر معادل برای شدت زمینه تفرقی در جایکه وجود نداشته می باشد، در اینجا معادله ۴ - ۸ دارای معلومات کامل از شدت می باشد.

.....  
 مسئله نمونه ۴ - ۳ : -

قیمت شدت نسبی را در یک زمینه شکاف تفرق اعظمی بزرگ فراون هوفر بدست آورید .

حل : - و وضع اعظمی تقریباً بین حد اقل و قیمت معادله ذیل است .

$$\alpha \approx \left(m + \frac{1}{2}\right)\pi \quad m = 1, 2, 3, \dots$$

با یک نتیجه مشابه برای  $m < 0$  وضع قیمت فوق در معادله 4 - 8 معادله ذیل بدست می آید.

$$I_{\theta} = I_m \left[ \frac{\text{Sin}\left(m + \frac{1}{2}\right)\pi}{\left(m + \frac{1}{2}\right)\pi} \right]^2$$

بعد از اختصار می توانیم بنویسیم که :

$$\frac{I_{\theta}}{I_m} = \frac{1}{\left(m + \frac{1}{2}\right)^2 \pi^2}$$

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

در این جا

قیمت  $I_{\theta}/I_m = 0.045(m=1), 0.016(m=2), 0.0083(m=3)$  و  
 غیره بدست می آید. و این حد اعظمی حاصله شدت سریع کاهش پذیر  
 است.

.....  
 مسئله نمونه ۴ - ۴ : - عرض اعظمی  $\Delta\theta$  در یک زمینه تقریبی  
 شکاف فراون هوفر را بدست آورید؟ (شکل ۴ - b۱۲ را مشاهده  
 کنید) عرض مذکور می تواند توسط یک زاویه بین دو نقطه در جایکه  
 شدت نصف است ارائه گردد.

حل:- نقطه X در شکل ۴ - b۱۲ انتخاب شده و  $I_{\theta}$  قیمت  $\frac{1}{2}I_m$  را  
 بخود گرفته و یا از معادله ۴ - ۸ می توانیم بنویسیم که:

$$\frac{1}{2} = \left( \frac{\sin \alpha_x}{\alpha_x} \right)^2$$

این معادله به شکل تحلیلی نمی تواند که برای قیمت  $\alpha_x$  حل گردد. با  
 استفاده از یک ماشین حساب یا کامپیوتر می توانیم که قیمت دقیق را  
 بدست آوریم.

معادله را چنین می نویسیم که:

$$\alpha_x = \sqrt{2} \sin \alpha_x. \text{ ----- ( ۴ - ۱۰ )}$$

برای حل این معادله از طریق ماشین حساب کلید رادیان را فشار دهید یک قیمت  $\alpha_x = 1$  را در نظر بگیرید ، این قیمت را در طرف راست معادله ۴ - ۱۰ وضع نموده حل کنید ، ۱.۱۹ بدست می آید. که معادله ۴ - ۱۰ بیان میدارد که بعد از آن سپس معادله  $\alpha_x$  باشد، که دقیقاً آدرس  $1 \neq 1.19$  محاسبه نیست . و قیمت ۱.۱۹ فقط شکل آزمونی در نظر گرفته و طرف معادله را محاسبه کنید ۱.۳۱ بدست می آید، ما هنوز کدام قیمت صدق کننده با معادله ۴ - ۱۰ نداریم  $1.19 \neq 1.31$  اما نسبت به قبل نزدیکترین است به همین طریق ادامه دهید با استفاده از یک محاسبه مطابق ابتدا نقطه بعدی و طرف راست معادله ۴ - ۱۰ به قدری که کوچک میشود عمل نمائید و می توانید که این حالت را منحنی یک پروگرام در ماشین حساب و کامپیوتر طرح کنید و می توانید این پروسه را در شرایط که قیمت ها بسیار کوچک شده و خارج از محدوده شما باشد توقف دهید ، این مینو بنام ( فن مکرر ) برای حل روابط است بعد از 10 مرتبه تکرار قیمت مساوی میشود به  $\alpha_x = 1.39156$ .

وقتیکه قیمت وضع گردد ، (  $a = 5\lambda$  مطابق به معادله  $4 - 7$  وضع گردد بدست می آید ) که:

$$\theta_x \text{Sin}^{-1}\left(\frac{\alpha_x \lambda}{\pi a}\right) = \text{Sin}^{-1}\left(\frac{1.39}{5\pi}\right) = 5.1^0$$

عرض منحنی پس از این معادله بدست می آید.

$$\Delta\theta = 2\theta_x = 10.2^0$$

## ۴ - ۴ تفرق در شکاف دایروی

برای تنظیم یک تصویر معمولاً یک عدسیه نوری وارده از سطح خود را بخوبی عبور میدهد، از این نقطه نظر می توانیم بگویم که یک عدسیه مطابق یک شکاف دایروی در یک صفحه کدر عمل میکند، مانند یک شکاف که آئینه تفرقی مشابه را از یک درز منفرد تشکیل میدهد، اثرات تفرق معمولاً برای تلسکوپ و دیگر آلات نوری محدود می باشد و یا به عباره دیگر اثرات تفرق و یا انکسار موانع اغلباً توانائی تلسکوپ و دیگر آلات نوری برای تشکیل تصاویر دقیق محدود می سازد.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

تصویر متشکله توسط یک عدسیه اثرات دیگری نیز تحریف پذیر می باشد به شمول اساسات کروی و کروماتیک، این اثرات دقیق توسط شکل دهی سطوح عدسیه میتواند که کاهش یا از بین برود.

و قتیکه ما برای تحلیل عدسیه ها از نور هندسی استفاده می نمایم ما عدم تفرق را فرض می نمایم نور هندسی نور آن یک پدیده طبیعی است اگر ما خواسته باشیم که طرز تشکیل تصویر را توسط یک عدسیه تحلیل نمایم خواهیم یافت که اثرات تفرق از راه طبیعی بلند می شود.

شکل ۴ - ۱۳ نشان دهنده تصویری از یک منبع نقطوی بعید نوری می باشد تحلیل ریاضی که تفرق توسط شکاف دایروی نشان میدهد که حد اقل اندازه توسط زاویه یا محور اتفاق می افتد که از معادله ذیل بدست می آید:

$$-- \quad \text{Sin} \theta = 1.22 \frac{\lambda}{d} \quad \text{-----} \quad ( ۴ - ۱۱ )$$

طوریکه  $d$  قطر شکاف است که می تواند توسط معادله ۴ - ۱ مقایسه گردد.

$$\text{Sin} \theta = \frac{\lambda}{a}$$

که در اصغری اولی شکاف عرضی  $a$  قرار دارد. این اصطلاحات با فکتور ۱.۲۲ فرق میکند و قتیکه شکاف را به منابع ابتدائی هیوگنز تقسیم نمایم

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

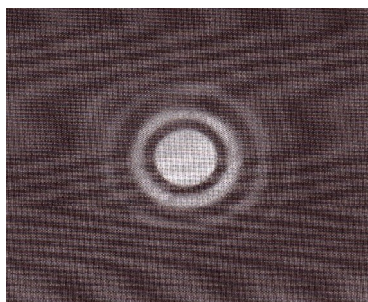
در شکل ۴ - ۱۴a اجسام ثابت نیستند و از یک منبع نقطوی فرق شده نمی توانند، از شکل ۴ - ۱۴b بخوبی نمایان اند در شکل ۴ - ۱۴c کاملاً وصل اند در شکل ۴ - ۱۴b فاصله زاویوی دو نقطه از منبع همانند حد اعظمی تفرق نقطه مرکزی و حد اقل تفرق نقاط دیگری می باشد که بنام رای لگز کریرون یاد میشود.

و قیمت زاویوی  $\theta_R$  را دارا می باشد.

$$\theta_R = \text{Sin}^{-1} \left( \frac{1.22\lambda}{d} \right)$$

از آنجائیکه زوایای شامل نسبت کوچک اند بناً بجای  $\sin \theta_R$  می توانیم  $\theta_R$  را وضع کنیم.

$$\theta_R = 1.22 \frac{\lambda}{d} \text{ ----- (۴ - ۱۲)}$$





---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

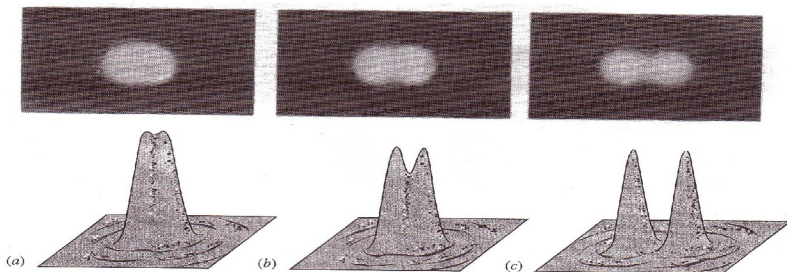
---



---

شکل ۴ - ۱۳: - عبارت از نمونه تفرق دایروی بوده که حد اعظمی مرکزی آن را نام آیری دیسک یاد می کنند که برای اولین بار مسئله مرکزی تفرق در سال ۱۸۳۵ حل گردید.

و  $\theta_R$  بر حسب رادیان حساب گردد از فاصله  $\theta$  از  $\theta_R$  بزرگتر باشد می توانیم که دو جسم را در نظر بگیریم و اگر کم باشد نمی توانیم زاویه  $\theta_R$  کوچکترین زاویه برای فاصله مذکور می باشد اگر خواسته باشیم که برای این کار از عدسیه استفاده کنیم با افزایش قطر عدسیه می توانیم که زمینه تفرق حد اقل را بسازیم شکل ۴ - ۱۲ را ببینید.



شکل ۴ - ۱۴: - تصاویر دو نقطه متفاوت منابع (ستاره ها) توسط یک عدسیه محدب تشکیل شده است قطر عدسیه 10cm است. بنأ  $a/\lambda = 200,000$  اگر طول موج موثر 500nm باشد. در شکل (a) ستاره ها بسیار باهم نزدیک اند که تصاویر آنها را به ندرت می توان از هم فرق نمود بخاطریکه روی هم قرار گرفته اند در شکل (b) ستاره ها از هم بیشتر دوراند و دوری آنها با مقیاس Rayleigh's برای تحلیل تصاویر تشکیل میشود.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

درشکل (c) ستاره ها هنوزاز هم دوراند و تصاویر آنها بخوبی تحلیل می شود طرح های پایه ها در تصاویر نشان داده شده است.

با استفاده از طول موج کوتاه یک دلیل برای ساختن تلسکوپ های بزرگ ، تولید تصاویر واضح تر است تا که ما بتوانیم عناصر نجومی را با معلومات بهتر مورد بررسی قرار بدهیم. تصاویرهمچنان روشن تر است نه تنها بخاطر تمرکز انرژی دریک صفحه باتفرق کمتر بلکه بخاطریکه عدسیه های بزرگ نور را بیشترمتقارب می نمایند. همچنان عناصرضعیف تر بطورمثال کهکشان های دور را هم می توان دید.بخاطر کاهش اثرات تفرق دار میکروسکوپ ها معمولاً از نور ماورای بنفش استفاده میکنیم بخاطریکه طول موج کوتاه آن معلومات بهتری را هنگام بررسی نسبت با استفاده از نور مرئی با همان میکروسکوپ مهیا می سازد.

در فصل ۸ باید دید که رفتار شعاع الکترون های تحت بعضی شرایط مانند امواج است و در الکترون میکروسکوب چنان شعاعات دارایی طول موج موثر  $4 \times 10^{-3} \text{ nm}$  به ترتیبی که  $10^5$  مرتبه کوچکتر از نوری مرئی است معلومات بیشتری را هنگام بررسی اشیاء کوچک مانند ویروس ها وباکتری مهیا می سازد (شکل ۴ - ۱۵).

اگر چنین اشیاء توسط میکروسکوب نوری بررسی شود ساختمان آنها در اثر تفرق پنهان خواهد شد.

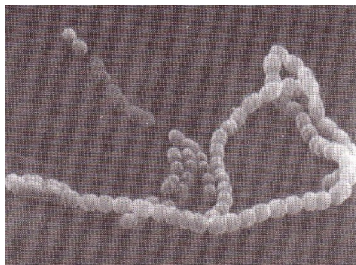
---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---



شکل ۴ - ۱۵ :- نشان دهنده ای تصویر  
باکتریای زنجیری با قطر  $10^{-6} m$  توسط  
الکترون میکروسکوپ است با توجه به  
واضح بودن تصویر که با استفاده از نور  
مرئی این صراحت امکان نداشت.

.....

مسئله نمونه ۴ - ۵ :-

عدسیه محدب با قطر  $32mm$  که دارای فاصله محراقی  $f$  و  $24cm$   
است در نظر بگیرید.

(a) چقدر زاویه جدایی نقاط دور از شی باشد تا مقیاس Rayleigh  
را صدق نماید با توجه به اینکه  $\lambda = 550nm$  باشد.

(b) مرکز تفرق اشیاء در مستوی محراقی عدسیه چقدر از هم فاصله  
گرفته است؟

حل :- (a) از معادله ۴ - ۱۲ .

$$\theta_R = 1.22 \frac{\lambda}{d} = \frac{(1.22)(550 \times 10^{-9} m)}{32 \times 10^{-3} m}$$

$$= 2.10 \times 10^{-5} rad = 4.3 arc seconds$$

(b) جدایی خطی عبارت است از :

$$\Delta x = f\theta_R = (0.24m)(2.10 \times 10^{-5} \text{ rad}) = 5.0 \mu\text{m}$$

و یا تقریباً ۹ چند طول امواج نور.

#### ۴ - ۵ تداخل دو شکاف و ترکیب تفرق

از تحلیل مراجع به تداخل مضاعف بخش (۳ - ۲) ما تصور کردیم که شکاف ها (درزها) به طور مطلق کم عرض (باریک) بودند که  $a \ll \lambda$  برای چنین درزهای باریک مرکز صفحه ای که نور تا بانده می شود منظمآ روشن می شود توسط امواج متفرق شده از هر درز.

هنگامی که چنین امواج تداخل می نمایند باعث تولید نوار های تداخلی باشدت یکسان میشوند. معمولآ درعمل برای نور مرئی شرط  $a \ll \lambda$  صدق نمی کند برای چنین درزهای عریض شدت نوارهای تداخلی تشکیل شده بالای صفحه یکسان نیست. عوضاً شدت نوارها همراه با بسته های نوار بخاطر پدیده تفرق از درز واحد تغییر می کند.



شکل ۴ - ۱۶: (a) - نوارهای تداخلی در یک سیستم درزهای مضاعف که عرض شکاف قابل صرف نظر نیست به مقایسه طول موج.

(b) پدیده تفرق یک درز واحد با عرض یکسان، توجه به این پدیده تفرق شدت نوارهای تداخلی را طوری که در قسمت a نشان داده شده است متعادل می سازد. اثر تفرق بالای پدیده تداخل از درز مضاعف در شکل (۴ - ۱۶) نشان داده شده است که پدیده درز مضاعف را با پدیده تفرق تولید شده از درز واحد با عرض یکسان هر یک از درزهای مضاعف مقایسه می کند.

شما می توانید در شکل ۴ - ۱۶a ببینید که تفرق در حقیقت یک محوطه شدت را برای نوارهای تداخلی بسیار نزدیک به هم را از درزهای مضاعف مهیا می سازد.

اجازه بدهید تا ترکیب پدیده تداخل و پدیده تفرق را در شکل ۴ - ۱۶a تحلیل نماییم.

پدیده تداخل برای دو درز باریک بسیار کوچک توسط معادله ۴ - ۱۳ داده شده است یا همراه با یک تغییر کوچک در علامه:

$$I_{\theta, \text{int}} = I_{m, \text{int}} \cos^2 \beta \quad \text{----- (۴ - ۱۳)}$$

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

جاییکه :

$$\beta = \frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta \quad \text{----- (۴ - ۱۴)}$$

که  $d$  فاصله بین خطوط مرکزی درزها است. بشدت برای امواج متفرق شده از هر درز توسط معادله  $۹ - ۴$  داده شده یا دوباره همراه با یک تغییر کوچک در علامه .

$$I_{\theta, dif} = I_{m, dif} \left( \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 \quad \text{----- (۴ - ۱۵)}$$

جاییکه :

$$\alpha = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta \quad \text{----- (۴ - ۱۶)}$$

ما تاثیر ترکیبی را نظر به  $I_{m, int}$  در معادله  $۴ - ۱۳$  به حیث امپلیتود متغیر که در حقیقت توسط  $I_{\theta, dif}$  داده شده در معادله  $۴ - ۱۵$  یافتیم .

این تصویر برای پدیده ترکیبی عبارت است از:

$$I_{\theta} = I_m (\cos \beta)^2 \left( \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 \text{----- ( ۱۷ - ۴ )}$$

که ما از تمام عناوین فرعی به طور جداگانه که به تداخل و تفرق مربوط بود صرف نظر نمودیم. بعداً درین بخش ما این نتیجه را با استفاده از خانه ها بررسی خواهیم کرد.

اجازه بدهید تا این نتایج را با کلمات بیان نماییم در هر نقطه به روی صفحه شدت نور موجوده از هر درز که به طور جداگانه مورد توجه قرار گرفته است توسط پدیده تفرق همان درز (معادله ۴ - ۱۵) داده شده است.

پدیده های تفرق برای دو درز که دوباره به طور جداگانه مورد توجه قرار گرفته موافق است. بخاطریکه اشعه های موازی در تفرق فراون هوفر دریک نقطه یکسان متمرکز شده است. بخاطریکه دوموج متفرق شده پیوسته اند با هم تداخل می نمایند.

اثر تداخل برای توزیع دوباره انرژی موجوده در روی صفحه شکل یک ست از نوارها را می کند.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



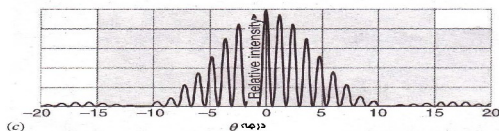
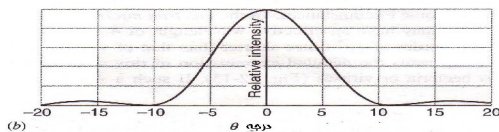
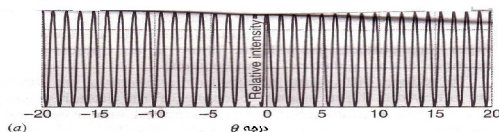
---

در بخش ۳ - ۲ جایکه ما فرض کردیم  $a \ll \lambda$  باشد، انرژی موجوده در تمام نقاط صفحه یکسان بود طوریکه نوارهای تداخلی نیز عین شدت را داشتند (شکل ۳ - ۹ را ملاحظه نماید).

اگر ما متمرکز شویم در فرضیه ای که  $a \ll \lambda$  است انرژی موجوده بر روی صفحه منظم نیست.

ولی توسط پدیده های تفرق از درزی با عرض  $a$  داده شده است. به این سبب نوارهای تداخل دارای شدت های اند که توسط شدت های پدیده تفرق در موقعیت یعنی نوار تعیین می شوند. معادله (۴ - ۱۷) اصطلاح الجبری این مباحثه است. و این شکل (۴ - ۱۷) مخصوصاً واضح است که  $(a)$  نشان دهنده عامل تداخل در مساوات (۴ - ۱۷) است.

$C$  حاصل ضرب را نشان می دهد. (که عامل آن  $\cos^2 \beta$ ) نشان دهنده عامل تفرق  $\left(\frac{\sin \alpha}{\alpha}\right)^2$  و





---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

شکل ۴ - ۱۷ : (a) - نوارهای تداخل که توسط یک درز مضاعف که دارای عرض بسیار کوچک است تولید می شود. (b) پدیده تفرق برای یک درز با عرض معین. (c) پدیده نوارهای تداخل که توسط دو درز دارای عین عرض مانند b ساخته شده است. این پدیده مساوی به حاصل ضرب منحنی های نشان داده شده در شکل a و b است. (شکل ۴ - ۱۶a را مشاهده کنید).

شکل ۴ - ۱۸ یک طرحی از شدت  $I_{\theta}/I_m$  که توسط معادله ۴ - ۱۷ برای  $d = 50\lambda$  و برای سه قیمت  $a/\lambda$  داده شده است. و واضحاً نشان می دهد که برای درزهای باریک  $a = \lambda$  نوارها در شدت تقریباً یکسان اند. هر قدر که درزها عریض می شوند شدت های نوارها توسط عامل تفرق میزان می شوند. معادله ۴ - ۱۷ را با عامل  $\left(\frac{\sin \alpha}{\alpha}\right)^2$  توسط شکل ۴ - ۱۲ مقایسه کنید.

اگر ما عرض درز a را کم می سازیم محوط نوارها عریض تر می شود و قله مرکزی گسترش می یابد (شکل های ۴ - ۱۸a و ۴ - ۱۸b را مقایسه کنید).

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

هنگامیکه عرض  $a$  به صفر تقرب نماید و  $\frac{\sin \alpha}{\alpha} \rightarrow 1$  بنا براین

معادله ۴ - ۱۷ به معادله

۴ - ۱۳ کاهش می یابد که تداخل را از یک جوهره درز باریک بسیار کوچک توضیح می دارد.

اگر اجازه بدهیم که جدایی درز  $d$  به صفر تقرب نماید دو درز یکجا شده

به یک درز واحدی به عرض  $a$  تبدیل می شوند از معادله ۴ - ۱۴ ،

$\beta \rightarrow 0$  طوریکه  $d \rightarrow 0$  تقرب نموده و معادله ۴ - ۱۷ به معادله

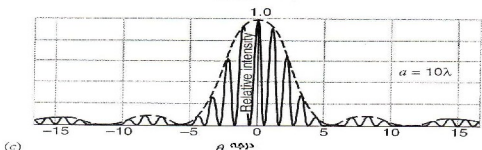
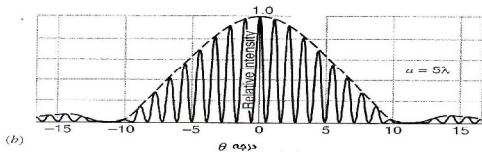
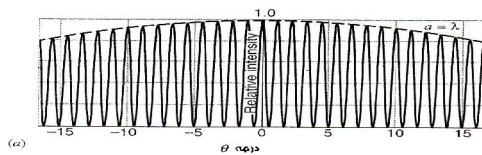
۴ - ۱۵ کاهش می یابد که معادله تفرق به یک درز واحد به عرض  $a$

است. اگر عرض درز یعنی  $a$  را افزایش دهیم ، محوطه نوار باریکتر

میشود و قله مرکزی آن تیز تر میگردد. (شکل های ۴ - ۱۸b و ۴ -

۱۸c را باهم مقایسه کنید.) جدایی بین نوارهای که ارتباط به  $d/\lambda$  می

گیرد تبدیل نمی شوند.



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

شکل ۴ - ۱۸ :- تداخل نوارها برای یک درز مضاعف همراه جدایی درز  $d = 50\lambda$  سه عرض متفاوت یک درز نشان داده شده است.

اگر ما جدایی درزی یعنی  $d$  را افزایش دهیم نوارها با هم نزدیکتر می شوند ولی محوطه نوار که ارتباط  $a/\lambda$  می گیرد تغییر نمی کند. اگر ما طول موج نوار لازمی را افزایش دهیم هر دو پدیده تداخل و تفرق گسترش می یابد. محوطه تفرق عریض می شود و جدایی نوار افزایش می یابد. تاثیر معکوس زمانی اتفاق می افتد که طول موج را کاهش بدهیم. پدیده درز مضاعف که در شکل ۴ - ۱۷ نشان داده شده است تداخل و تفرق را به صورت نزدیک یکجا می سازد هر دو از آنها از تاثیرات انطباق پذیری است که ارتباط می گیرد به اضافه کردن موانع موج در یک نقطه داده شده با در نظر داشت اختلاف فاز. اگر امواجی که با هم یکجا میشوند از تعداد معین (و معمولاً کوچک) رادیاتورهای پیوسته سرچشمه بگیرند مانند که درز مضاعف، این اثر را تداخل می نامیم اگر امواجی که باهم یکجا می شوند از تقسیم یک موج به رادیاتورهای پیوسته ای بسیار کوچک مانند روش ما در یک درز واحد سرچشمه بگیرند این اثرات تفرق می نامیم.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

فرق بین تداخل و تفرق مناسب و مفید است اگرچه چنانچه نباید از یاد برد که این دو پدیده تاثیرات انطباق پذیر یک دیگراند و همزمان هر دوی آنها در تجربه درز مضاعف موجود می باشند.

.....

مسئله نمونه ۴ - ۶ :-

در یک تجربه درز مضاعف فاصله  $D$  صفحه از درزها  $52\text{cm}$  است، طول موج  $\lambda = 480\text{nm}$  است جدایی درز یعنی  $d = 0.12\text{mm}$  است و ضخامت درز که به  $a$  نشان می دهند  $0.025\text{mm}$  است.

(a) فاصله بین نوارهای مجاور را پیدا کنید؟

(b) فاصله بین اعظمی تا اصغری محوطه نوار را پیدا کنید؟

حل :- (a) نمونه شدت توسط مساوات ۴ - ۱۷ داده شده است فاصله نوارهای توسط عامل تداخل  $\cos^2 \beta$  از مساوات ۴ - ۳ تعیین می شود پس داریم که :

$$\Delta y = \frac{\lambda D}{d} = \frac{(480 \times 10^{-9} \text{ m})(52 \times 10^{-2} \text{ m})}{0.12 \times 10^{-3} \text{ m}} = 2.1 \text{ mm}$$

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

(b) موقعیت زاویوی اولین اصغری به تعقیب معادله ۴ - ۱ قرار ذیل است.

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{480 \times 10^{-9} \text{ m}}{25 \times 10^{-3} \text{ m}} = 0.0192$$

چون رقم کوچکی است و با کمی فرق می توانیم عوض  $\sin \theta$  ،  $\tan \theta$  را بنویسیم:

$$y = D \tan \theta \approx D \sin \theta = (52 \times 10^{-2} \text{ m})(0.0192) = 10 \text{ mm}$$

پس شما نشان داده می توانید که ۹ نوار درقله مرکزی محوطه تفرق وجود دارد.

.....

مسئله نمونه ۴ - ۷ :-

چقدر ضرورت است برای اعظمی مرکزی محوطه تداخل از درز مضاعف که در نظر گرفته شود تا دقیقاً دارای 11 نوار باشد؟

حل :- حالت مورد نظر طوری در نظر گرفته می شود ، اگر ششمین اصغری عامل تداخل

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

( $\cos^2 \beta$  در معادله ۴ - ۱۷) با اولین اصغری عامل تفرق  
 ( $\frac{\sin \alpha}{\alpha}$ )<sup>2</sup> در معادله ۴ - ۱۷) روی هم قرار گیرند.

ششمین اصغری عامل تداخل وقتی واقع می شود که:  $d \sin \theta = \frac{11}{2} \lambda$   
 در معادله ۳ - ۲:

$$\beta = \left( \frac{11}{2} \right) \pi \quad \text{و یا:}$$

در معادله ۴ - ۱۴ اولین اصغری در بخش تفرق وقتی واقع می شود که  
 $a \sin \theta = \lambda$  در معادله ۴ - ۱ شود.

$$a = \pi \quad \text{یا}$$

در معادله ۴ - ۱۶ از تقسیم معادلات ۴ - ۱۴ و ۴ - ۱۶ حاصل  
 میشود که  $\frac{\beta}{\alpha} = \frac{d}{a}$  و بنا برین:

$$\frac{d}{a} = \frac{11}{2}$$

جدایی درز یعنی  $d$ ،  $\frac{11}{2}$  مرتبه عرض درز  $a$  باشد شرایط تنها وابستگی  
 به نسبت جدایی درز  $d$  بر عرض درز  $a$  دارد و نه برای طول موج

برای  $\lambda$  بزرگتر پدیده عریض تراسست نسبت به  $\lambda$  کوچکتر اما همیشه  
 ۱۱ نوار در قله مرکزی محوطه موجود است.

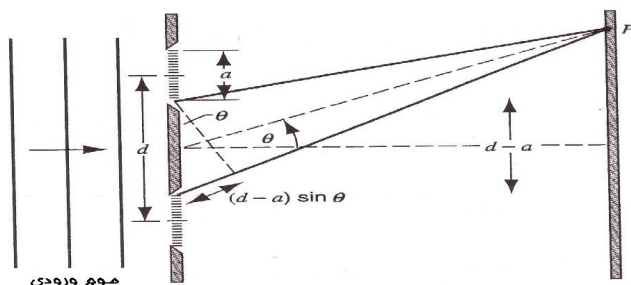
.....  
 .....

### اشتقاق فازی معادله ۴ - ۱۷

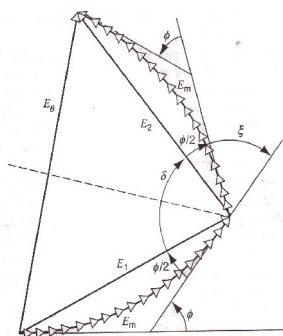
شکل (۴ - ۱۹) با استفاده از فاز نشان دهنده ای مختص هندسی برای  
 تحلیل درز مضاعف است هر کدام از دو درز به  $N$  ناحیه تقسیم شده  
 است مانند اینکه به درز واحد در شکل (۴ - ۹) انجام شده بود ساحه  
 برقی در قسمت  $P$  از انطباق و کتورهای ساحه برقی  $N$  از قسمت درز  
 بالای به و کتورهای ساحه برقی  $N$  از قسمت درز پایینی  $N$  پیدا می شود.  
 میتود فازی مارا قادر می سازد تا سهولت های را از ساحه برقی  $P$  یکجا  
 سازیم، با در نظر داشت نسبت فازی ایشان، شکل (۴ - 20) نشان  
 دهنده اولین فاز  $N$  (همنوا با درز بالای شکل ۴ - ۱۹) و محصله آنها  
 $E_1$  مانند شکل (۴ - ۱۱) است. و فرق فازی  $\Delta\phi = \frac{\phi}{N}$  بین هریک از  
 فازهای  $N$  موجود است. برای اضافه نمودن گروپ دوم فازهای  $N$   
 (همنوا با درز پایینی) ما باید زاویه فاز  $\phi$  بین آخرین فاز از قسمت درز

فصل (1) ..... امواج نوری

بالائی و اولین فاز از درز پایینی را دریابیم. بعداً ما  $N$  فاز را از قسمت درز پایینی ترسیم و محصله آنها  $E_2$  را پیدا می نمایم.



شکل ۴ - ۱۹: - هر درز از درز مضاعف به  $N$  خط تقسیم شده است. در مشتق خطوط بی نهایت کوچک و بی نهایت زیاد میشود مثلیکه مادرشکل ۴ - ۹ ،  $N=18$  را نشان دادیم.



شکل ۴ - ۲۰: - دیاگرام فاز برای محاسبه محصله ساحه برقی در تداخل از درز مضاعف استفاده می شود.



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

مجموعه فاز های  $E_1$  و  $E_2$  محصله  $E_\theta$  را که مشخص کننده درز مضاعف است می دهد. از شکل ۴ - ۲۰ ما می دانیم که  $E_\theta$  قاعده یک مثلث متساوی الساقین است که دو ساق آن دارای عین طول  $E_1$  و  $E_2$  اند. که در معادله ۴- 5 نشان داده شده اند. از شکل هندسی 4 - 20 داریم که:

$$E_\theta = 2 E_1 \sin \frac{\delta}{2} \quad \text{-----} \quad (۴ - ۱۸)$$

که  $\delta$  زاویه راس مثلث چنین بدست می آید:

$$\frac{\phi}{2} + \delta + \frac{\phi}{2} + \xi = \pi \quad \text{-----} \quad (۴ - ۱۹)$$

$$\delta = \pi - (\xi + \phi) \quad \text{-----} \quad (۴ - ۲۰) \quad \text{که:}$$

با استفاده از معادله ۴ - ۲۰ برای بدست آوردن قیمت  $\sin \frac{\delta}{2}$  ما در می یابیم که:

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

$$\text{Sin} \frac{\delta}{2} = \text{Sin} \left( \frac{\pi}{2} - \frac{\xi + \phi}{2} \right) = \text{Cos} \frac{\xi + \phi}{2} \quad \text{---- (۲۱ - ۴)}$$

از اصطلاح

$$\frac{\text{اختلاف مسیر}}{\lambda} = \frac{\text{اختلاف فاز}}{2\pi}$$

همراهی اختلاف فاز بین دو شعاع ( از قسمت پائینی درز بالا و قسمت بالای درز پائینی که در شکل ۴ - ۱۹ نشان داده شده است )  $\xi$  و اختلاف مسیر  $(d - a) \sin \theta$  داریم که:

$$\frac{\xi}{2} = \frac{\pi}{\lambda} (d - a) \sin \theta$$

یکجا ساختن این معادله با معادله ۴ - ۷  $\frac{\phi}{2} = \left( \frac{\pi a}{\lambda} \right) \text{Sin} \theta$  در می یابیم که:

$$\frac{\xi + \phi}{2} = \frac{\pi}{\lambda} d \text{Sin} \theta$$

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

که نظر به معادله ۴ - ۱۴  $\beta$  است. جایگزین کردن آن در معادله ۴ - ۲۱ در می یابیم که:

$$\text{Sin } \frac{\delta}{2} = \text{Cos } \beta$$

با یکجا نمودن این نتیجه با معادله ۴ - ۱۸ و با

استفاده از معادله ۴ - ۵ برای بزرگ نمودن  $E_1$  و  $E_2$  داریم که:

$$E_{\theta} = 2E_m \frac{\text{Sin } \alpha}{\alpha} \text{Cos } \beta \quad \text{----- (۲۲ - ۴)}$$

مربع نمودن معادله ۴ - ۲۲ شدت را چنین میدهد.

$$I_{\theta} = I_m (\text{cos } \beta)^2 \left( \frac{\text{Sin } \alpha}{\alpha} \right)^2$$

که معادل معادله ۴ - ۱۷ است، با توجه به اینکه در معادله ۳ - ۱۳  $I_m = 4I_0$  است.

### سوالات چند گزینه ای

---

۴ - ۱ تفرق و نظریه موجی نور

۱ :- کدام یک از این جملات صحیح تر است؟

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

- (A) تفرق فقط در امواج متقاطع دیده می شود.  
(B) تفرق ثابت می سازد که نور مانند موج عمل می کنند.  
(C) تفرق کمان رستم را واضح می سازد.  
(D) سرخی غروب یک نمونه ای تفرق است.

### ۴ - ۲ تفرق در درز منفرد

- ۲-: بسته های روشن و تاریک از یک درز واحد دارای عرض  $a$  را با بسته های روشن و تاریک از جدائی یک درز مضاعف  $\frac{a}{2}$  مقایسه کنید (a) آیا دارای اعظمی مرکزی است؟  
(b) در هنگامی که زاویه کوچک گردد آیا بسته های تاریک و روشن مساویانه از همدیگر قرار دارند؟ (c) آیا هردو اعظمی و اصغری در زاویه های موقعیت دارند که توسط سین  $\theta \alpha K$  داده شده است جایی که  $K$  یک عدد تام است؟  
(A) بلی ، برای هردو.  
(B) فقط برای تفرق از درز واحد.  
(C) فقط برای تداخل از درز واحد.  
(D) نه ، برای هردو.

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

۳:- پدیده تفرق از درز واحد همراي نور سبز مشاهده شده است کدام يك از تغييرات ذيل موقعيت تفرق اصغري رادر روي صفحه نمايان مي سازد تا از تغييرات رنگ نور محفوظ باشد؟

(A) افزايش عرض درز.

(B) کاهش عرض درز.

(C) اشتقاق - تركيب عدسيه صفحه از درز.

(D) افزايش شدت منبع نور.

۴:- دو رنگ نور سرخ و بنفش مي توانند از درز واحد بگذرند با رعايت اينكه براي يك عرض درز معين  $a$  اعظمي دومي نور بنفش و اعظمي اولي نورسرخ منطبق شدن اعظمي نور سرخ و بنفش چه اتفاق مي افتد؟

(A) جدايي اعظمي همراي زاويه اعظمي نورسرخ از نور بنفش سريع تر افزايش مي يابد.

(B) جدايي اعظمي همراي زاويه اعظمي نوربنفش از نور سرخ بيشتتر افزايش مي يابد.

(C) زاويه اعظمي سرخ افزايش مي يابد در حاليكه زاويه بنفش کاهش مي يابد.

(D) زاويه اعظمي هردو افزايش مي يابد بخاطريكه انطباق پذيري آنها ادامه دارد.

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۵:- طیف نور مرئی از درز واحد می تواند عبور کند پس جاییکه توسط رنگ های نور مرئی منور شده نمی تواند کجاست؟

(A) بین اعظمی مرکزی و اولین اعظمی برای نور سرخ.  
(B) بین  $n$  ام اعظمی برای نوربنفش و  $n+1$  ام اعظمی برای نورسرخ که  $n$  می تواند هر عدد تام باشد.

(C) بین  $n$  ام اعظمی برای نور بنفش و  $n+1$  ام اعظمی برای نورسرخ  $n > 3$  باشد.

(D) هر زاویه متوافق به اعظمی برای بعضی رنگ ها است.

۴ - ۳ شدت در تفرق درز واحد

۶:- شدت اعظمی مرکزی در تفرق از درز واحد:

(A) مستقل از عرض درز است.

(B) متناسب به عرض درز است.

(C) متناسب به مربع عرض درز است.

(D) معکوساً متناسب به عرض درز است.

۷:- شدت اولین اعظمی بالای اعظمی مرکزی تقریباً چند فیصد شدت اعظمی مرکزی است؟

(A) 50% (B) 25% (C) 5% (D) متعلق به

عرض درز است.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

8: - پدیده تفرق اصغری در زاویه  $\theta_m$  موقعیت داشته که  $m$  یک عدد تام غیر صفر است و؟

$$(C) \quad a \sin \theta_m > m\lambda \quad (B) \quad a \sin \theta_m = m\lambda \quad (A)$$

$$a \sin \theta_m < m\lambda$$

9: - پدیده تفرق اعظمی در زاویه  $\theta_m$  موقعیت داشته که  $m$  یک عدد تام مثبت است و

$$a \sin \theta_m > (m + 1/2)\lambda \quad (B) \quad a \sin \theta_m = (m + 1/2)\lambda \quad (A)$$

$$a \sin \theta_m < (m + 1/2)\lambda \quad (C)$$

#### ۴ - ۴ تفرق در شکاف دایروی

۱۰: - تفرق از یک شکاف مربع شکل با ضلع  $d$  در نظر است اولین اعظمی در  $d \sin \theta = K\lambda$  واقع خواهد شد. طوری که  $K$  یک عدد ثابت و توسط انتگرال دریافت میشود کدام یک از قیمت ها برای  $K$  ممکن است

$$(D) \quad 1 < K < 1.22 \quad (C) \quad K = 1 \quad (B) \quad K < 1 \quad (A)$$

$$1.22 < K \quad (E) \quad K = 1.22$$

۱۱: - کوچکترین جسمی که توسط مایکروسکوب نوری عادی تحلیل می شود عبارت است از؟

(A) باکتریا (B) ویروس (C) یک مالیکول آب (D) ناممکن نیست یک روز مایکروسکوب های بهتری ساخته خواهد شد.

#### ۴ - ۵ تداخل دو شکاف و ترکیب تفرق

۱۲: - پدیده درز مضاعف در شکل ۴ - ۲۱a که توسط منبع نور مونوکروماتیکی دیده می شود به یک نوعی به پدیده شکل ۴ - ۲۱b تبدیل می شود. تغییرات ممکنه درین حالات قرار ذیل است؟

(A) طول موج نور افزایش یافته بود.

(B) طول موج نور کاهش یافته بود.

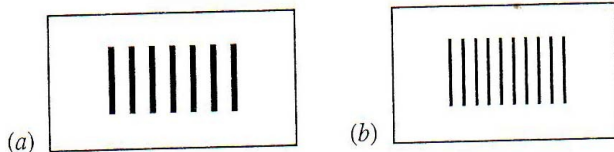
(C) عرض هر کدام از درزها افزایش یافته بود.

(D) عرض هر کدام از درزها کاهش یافته بود.

(E) جدایی درزها افزایش یافته بود.

(F) جدایی درزها کاهش یافته بود.

کدام بخش تغییر این دو پدیده را واضح می سازد.



شکل ۴ - ۲۱: - سوال چند گزینه ای ۱۲.



## سوالات

- ۱- هنگام تمیز نمودن بین تفرق فرنسل آیا قواعد فزیکمی مختلفی آنها را در برمی گیرد اگر چنین است آنها کدام قواعد اند و اگر قاعده عمومی یکسان آنها را در بر میگیرد کدام است؟
- ۲- به کدام طریق تداخل و تفرق یکسان اند و به کدام طریق متفاوت؟
- ۳- فرض نمایید که شما یک درز واحد باریک و عمودی را پیش روی مردمک چشم خود گرفته اید و به یک تار طولانی به هیجان آمده به حیث یک منبع نور نگاه کنید آیا پدیده تفرق را که می بینید پدیده فرنسل یا فراون هوفر؟
- ۴- آیا اثرات تفرق برای تصاویر مجازی مانند تصاویر حقیقی اتفاق می افتد؟ واضح سازید.
- ۵- آیا اثرات تفرق برای تصاویر توسط آئینه های مستوی یا آئینه های کروی اتفاق می افتد؟ توضیح دهید.
- ۶- برای این جمله نظریدهید " تفرق در تمام نواحی طیف الکترومقناطیسی اتفاق می افتد" به طور مثال ناحیه ای X-ray و ناحیه امواج را در نظر داشته باشید و نظر بدهید برای این جمله که صحیح است یا اشتباه؟

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۷:- ما ادعا کرده بودیم که معادلات ماکسول تمام پدیده های نوری کلاسیک را توضیح می کرد حالانکه در فصل 3 (تداخل) و این فصل (تفرق) تذکر ناچیزی از معادلات ماکسول موجود است آیا کدام ناسازگاری درین جا موجود است؟ معادله ماکسول در کجا محسوس است بحث کنید؟

۸:- اگر ما تحلیل های خود را درباره مشخصات عدسیه ها در فصل 2 که با میتود هندسی نور اما بدون محدود کردن توجه ما به شعاع پاراکسل و عدسیه های نازک غور مجدد نماییم آیا پدیده تفرق از تحلیل ما پدیدار می شود؟ بحث کنید.

۹:- چرا تفرق امواج صوتی در مشاهدات روزانه ای ما بیشتر مشهور است نسبت به تفرق امواج نور؟

۱۰:- امواج صوتی می تواند متفرق شوند تقریباً چه عرضی باید از یک درز واحد استفاده نماییم تا که توزیع امواج صوتی یک سطح مایل را که دارای فریکونسی 1KHz است توسعه دهیم؟

۱۱:- چرا امواج رادیویی در اطراف خانه ها متفرق می شوند با وجودیکه امواج نوری نمی شوند؟

۱۲:- یک لادسپیکر که در کنسرت موسیقی راگ استفاده شده دارای شکاف مستطیلی یک متر ارتفاع و 30cm عرض است آیا پدیده شدت صوتی در سطح افقی عریض تر است یا در سطح عمودی؟

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

۱۳:- یک آنتن را طوری ساخته تا که اندازه های صحیح از ارتفاع یک  
طیاره را بدست آورده می تواند ولی اندازه گیری جهت آنرا در سطح افق  
با دقت کمتر می دهد آیا باید نسبت طول بر عرض آنتن کوچکتر ،  
مساوی و یا بزرگتر از یک واحد باشد ؟

۱۴:- واضح سازید که در یک پدیده تفرق از درز واحد فراون هوفرچه  
اتفاق می افتد اگر تمام دستگاه به زیر آب فرو برده شود ؟

۱۵:- در تفرق از درز واحد تاثیر افزایش (a) طول موج و (b) عرض درز  
چیست؟

۱۶:- هنگام شنیدن رادیو موتر زمانیکه از زیر یک پل می گذریم شما  
شاید توجه کرده باشید که سگنال AM تضعیف می شود اما  
سگنال FM نمی شود آیا تفرق کدام ارتباطی به این پدیده دارد یا  
خیر؟

۱۷:- پدیده تفرق از درز واحد چه قسم دیده می شود اگر  $\lambda > a$  باشد.

۱۸:- چه قسم پدیده ای بالای صفحه تشکیل شده توسط درز مضاعف  
دیده می شود اگر درزها دارای عرض یکسان باشند ؟ آیا موقعیت نوارها  
هم تغییر می نماید؟

۱۹:- سایه ای یک چوب بیرق که به صورت عمود قرار دارد توسط  
آفتاب تشکیل شده است به طور واضح حاشیه های نزدیک قاعده خود

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

را نمایان می کند و حاشیه های قسمت بالای را به طور کمتر نمایان میکند چرا؟

۲۰:- نور آفتاب که بالای یک درز واحد به عرض  $1\text{Pm}$  می تابد پدیده نتیجوی تفرق چطور دیده می شود از لحاظ کیفیت توضیح نماید؟

۲۱:- در شکل ۴ - ۸ اشعه  $r_1$  و  $r_3$  که فاز آنها  $r_2$  و  $r_4$  اند چرا در نقطه  $P_2$  شدت اعظمی نیست حالانکه اصغری است؟

۲۲:- وقتی ما درباره تفرق از درز واحد صحبت می نمایم باید بگویم که عرض یک درز باید به تناسب طول آن کمتر باشد فرض کنید که طول مساوی به دو چند عرض است یک حدس تقریبی که چطور پدیده تفرق دیده خواهد شد بزنید؟

۲۳:- در شکل ۴ - ۶ طول مسیر نور از درز با نقطه  $P_0$  یکسان است چرا؟

۲۴:- در شکل ۴ - ۱۰d چرا  $E_\theta$  که نمایندگی از نخستین اعظمی بالای اعظمی مرکزی می کند عمود نیست؟

نکته: تاثیرات ماریچ کم و یا غیر ماریچ یک کامل فاز نما این شکل را در نظر بگیرید. تمرین ۱۲ را مشاهده نماید.

۲۵:- حد اقل دو دلیل بگویید که چرا فایده میخانیکی یک تلسکوپ بزرگ با افزایش قطر عدسیه افزایش می یابد؟

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۲۶ :- تاثیرات تفرق یا تلسکوب انعکاسی متحد است مانند تلسکوب فضایی هوبل که در آن به جای عدسیه آئینه استفاده شده ؟ اگر چنین است چرا ما در صدد انداختن تلسکوب های بزرگ در فضاء هستیم ؟

۲۷ :- مشاهد نمودیم که تفرق قدرت تحلیل تلسکوب های نوری را محدود می سازد (شکل ۴ - ۱۴ را ببینید) آیا تلسکوب های بزرگ رادیو هم چنین عمل می کند؟

۲۸ :- تفرق برای تلسکوب ها نسبت به کمره ها مضرتراست چرا؟

۲۹ :- پدیده تداخل از درز مضاعف که در شکل ۴ - ۱۶a ما گفته بودیم که نوارهای تداخل در شدت که از پدیده تفرق از درز واحد رخ می دهد معادل شده بود آیا می توانیم این جمله را معکوس نموده بگوییم که پدیده تفرق از درز واحد توسط شدت تداخل نوارها متعادل می شود؟ بحث کنید.

### تمرینات

---

۴ - ۱ تفرق و نظریه موجی نور

۴ - ۲ تفرق در درز منفرد

۱ :- وقتی که نورمونوکروماتیک بالای یک درزی که دارای  $0.022\text{mm}$  عرض است می تابد اولین تفرق اصغری در تحت

---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

زاویه  $1.8^0$  از جهت محل واقعه دیده شده می تواند طول موج نور تابیده شده را بدست آورید؟

۲:- آیا می تواند که موج طبیعی X-rays را با تفرق آنها از یک درز واحد معین نمایید؟ حداکثر عرض درز را که می تواند استفاده شود اگر عرض اعظمی زاویه مرکزی  $0.12\text{mrad}$  گرفته شود شما طول موج X-rays، را به اندازه  $0.10\text{nm}$  تخمین مشخص نمائید؟

۳:- نور مونوکروماتیک با طول موج  $441\text{nm}$  بالای یک درز باریک می تابد و در یک صفحه ای که به اندازه ای  $2.16\text{m}$  دورتر است و فاصله بین اصغری دومی و اعظمی مرکزی  $1.62\text{cm}$  است.

(a) زاویه تفرق  $\theta$  اصغری دوم را محاسبه نمائید. (b) عرض درز را دریافت نمائید.

۴:- نوری که دارای طول موج  $633\text{nm}$  است بالای یک درز باریک می تابد زاویه بین اصغری در یک کنار اعظمی مرکزی و نخستین اصغری در کنار دیگر آن  $1.97^0$  است عرض درز را دریافت نمائید؟

۵:- یک درز واحد توسط امواج نوری با طول موج های  $\lambda_a$  و  $\lambda_b$  درخشان شده است بناءً تفرق اصغری اول از ترکیب  $\lambda_a$  همراه با ترکیب اصغری دوم  $\lambda_b$  منطبق است. (a) چه نسبتی بین این دو طول موج است. (b) آیا دیگر نقاط اصغری در این دو پدیده مطابقت می کند؟

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۶:- یک سطح موج با طول موج  $593\text{nm}$  بالای یک درز که  $420\mu\text{m}$  عرض دارد می‌تابد یک عدسیه محدب نازک با طول محراقی  $71.4\text{cm}$  در عقب درز جایگزین شده است و نور را بالای صفحه متمرکز می‌سازد فاصله را بالای صفحه بین مرکز پدیده و اصغری دوم دریابید؟

۷:- در پدیده تفرق از درز واحد فاصله بین اولین اصغری از طرف راست و اولین اصغری به طرف چپ  $5.20\text{mm}$  است صفحه ای که بالای آن پدیده نمایش داده شده است  $82.3\text{cm}$  از درز قرار دارد و طول موج  $546\text{nm}$  است عرض درز را محاسبه نمایید؟

۸:- فاصله بین اولین و پنجمین اصغری یک درز واحد  $0.350\text{m}$  است و صفحه  $41.3\text{cm}$  دورتر از درز است با استفاده نوری دارای طول موج  $546\text{nm}$ . (a) زاویه تفرق ( $\theta$ ) اولین اصغری را محاسبه نمایید و (b) عرض درز را پیدا کنید؟

۹:- درزی به عرض  $1.16\text{mm}$  توسط نوری با طول موج  $589\text{nm}$  روشن شده است پدیده تفرق بالای صفحه که  $2.49\text{m}$  دورتر واقع است دیده می‌شود فاصله بین نخستین دو تفرق اصغری در تفرق یک طرف اعظمی مرکزی دریابید؟

۴ - ۳ شدت در تفرق درز واحد

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

۱۰:- اگر شما عرض یک درز واحد مضاعف نمائید شدت اعظمی مرکزی پدیده تفرق با چهار عامل افزایش می یابد اگر چه انرژی که از بین دو درز می گذرد چند می شود این کیفیت را توضیح دهید؟

۱۱:- نور مونوکروماتیک با طول موج  $538\text{nm}$  بالای درزی با عرض  $25.2\mu\text{m}$  می تابد فاصله درز از صفحه  $3.48\text{m}$  است یک نقطه ای به اندازه ای  $1.13\text{cm}$  به روی صفحه از اعظمی مرکزی در نظر بگیرید (a)  $\theta$  را محاسبه نماید (b)  $\alpha$  را محاسبه نمائید (c) نسبت شدت در این نقطه را با شدت اعظمی مرکزی محاسبه نمائید؟

۱۲:- در شکل ۴ -  $d$  زاویه  $E_{\theta}$  را که با عمود می سازد محاسبه نمایید؟ (سوال ۲۴ و مسئله ۳ را ببینید).

۱۳:- عرض یک اعظمی را در یک پدیده تفرق از درز واحد که  $a = 10\lambda$  است محاسبه نمایید نتیجه خود را با شکل ۴ -  $C$  مقایسه نمائید؟ (مسئله نمونه ای ۴ - ۴ را ببینید).

۴ - ۴ تفرق در شکاف دایروی

۱۴:- یک منجم ادعا می کند که او می تواند دو نقطه ای جداگانه ای را که  $163\text{km}$  پایتتر در سطح زمین قرار دارد تفکیک نماید (a) زاویه و (b) جدایی خطی دو نقطه را با در نظر داشت شرایط ایدئال محاسبه نمائید؟



---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

۱۵ :- چراغ های پیش روی یک موتر نزدیک شونده به فاصله ای 1.42m از هم قرار دارند.

(a) در کدام جدایی زاویوی و (b) در کدام فاصله اعظمی چشم آنها تفکیک خواهد کرد؟ بادر نظر داشت اینکه قطر مردمک چشم 5.00nm و طول موج 562nm است وهم چنان تاثیرات تفرق به تنهایی نتیجه تفکیک را محدود می سازد.

۱۶ :- دیوارهای یک اتاق بزرگ توسط آجرهای صوت گذر که در آن سوراخ های کوچک به اندازه ای 5.20mm از یک مرکز به مرکز دیگر برمه شده پوشیده شده است چقدر دور می تواند یک شخص از چنین آجرها قرار داشته باشد و باز هم سوراخ های انفرادی را تفکیک کند؟ بادر نظر داشت شرایط آیده آل همچنان با در نظر داشت اینکه نظر مردمک چشم مشاهده کننده 4.60mm و طول موج 542nm باشد.

۱۷ :- جدایی دو نقطه در سطح مهتاب توسط تلسکوپ 1200 انچ یا 5.08m که در Mount Palomar قرار دارد و تفکیک می شود دریابید؟ بادر نظر داشت اینکه این فاصله توسط تاثیرات تفرق معین شده است و طول موج 565nm است.

۱۸ :- یک زیر دریایی از راداری به طول موج 1.57cm استفاده می کند آنتن دایروی آن دارای قطر 2.33m است در فاصله 6.25km کوتاه ترین فاصله ای که بین دو قایق که از یکدیگر قرار دارند و هنوز به

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

حیث روشی جدا ازهم دیگر درسیستم رادار تفکیک می شوند بدست آرید؟

۱۹:- اگر یک superman بینایی شعاع x-ray را به طول موج 0.12-nm و طول موج 4.33-mm قطر مردمک چشم آن باشد داشته باشد درچه ارتفاعی اعظمی او می تواند تبه کاران را از قهرمانان تفکیک نماید؟ با در نظرداشت اینکه کمترین معلومات مستلزم در 4.8cm برای superman واضح می شود؟

۲۰:- یک قمر که به نام "جاسوس درآسمان" در ۱۶۰ کیلومتری بالای سطح زمین در چرخش است دارای یک عدسیه ای به طول محراقی 3.6m است و قدرت تفکیک آن برای اشیاء روی زمین 30cm است و به آسانی می تواند اندازه ای یک هوا کش طیاره را اندازه نماید قطر موثر عدسیه ای که تنها توسط تمرکز تفرق معین شده است چیست؟ با در نظرداشت اینکه  $\lambda = 550nm$  باشد.

۲۱:- نقاشی آقای جورج بوش سورات که در شکل ۴ - ۲۲ نشان داده شده حاوی نقاط کوچک به اندازه  $(\approx 2m)$  نزدیک هم قرار داده شده (شکل ۴ - ۲۲) از زنگ خالص می باشد خبط بصارت رنگ ها بخاطر واقع می شود که مردمک چشم بیننده باعث تفرق نوری که در داخل آن می شود ، کوچکترین فاصله ای را محاسبه نمائید که بیننده بایداز چنین نقاشی قرار گیرد تا بتواند که مخلوط رنگها دلخواه خودرا

بدست آورد. طول موج نور را  $475\text{nm}$  و قطر مردمک را  $4.4\text{mm}$  فرض نمائید؟

شکل ۴ - ۲۲ :- تمرین ۲۱.

۲۲ :- در جون ۱۹۸۵ یک شعاع لیزری از قرارگاه نوری قوای هوایی فیر شد و دوباره به قرارگاه برگشت نموده طوریکه  $354\text{km}$  به طرف بالا سرعت داده شده بود و قطر اعظمی مرکزی شعاع در موقعیت  $9.14\text{m}$  گفته شده است و طول موج شعاع  $500\text{nm}$  است قطر موثر شکاف لیزر در میدان چقدر است؟ ( توجه: شعاع لیزر بخاطر تفرق منتشر می شود با در نظر داشت اینکه سوراخ خروجی نیز دایروی باشد).

۲۳ :- (a) یک دیاگرام دایروی دارای  $60\text{cm}$  قطر به فریکونسی  $25\text{KHz}$  در یک منبع زیرآبی صوتی که برای کشف زبردیایی ها استفاده می شود اهتزاز می نماید و دور از منبع شدت صوت مانند پدیده تفرق برای یک سوراخ دایروی که قطر آن مساوی به قطر دیاگرام است توزیع می گردد سرعت صوت را در آب  $1450\text{m/s}$

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

فرض نمائید و زاویه بین نارمل و دیاگرام وجهت نخستین اصغری را دریابید؟

(b) ودوباره آنرا برای منبعی که دارای فریکونسی شنوایی 1KHz است تکرار نمائید؟

۲۴:- رادارهای ملی متر امواجی شعاعات نازکتر را نسبت به رادارهای مایکرو امواجی تولید می کند و این برای Missile های ضد رادار کمتر آسیب می رساند.

(a) عرض زاویوی از نخستین اصغری به نخستین اصغری قسمت مرکزی که توسط شعاع 220GHz رادار تولید می شود و توسط قطر-55 cm آنتن دایروی منتشر می شود محاسبه نمائید؟

(b) همین مقدار رادار را در کشتی که در تمرین 18 توضیح شده بود نیز محاسبه نمائید؟

## ۴ - ۵ تداخل دو شکاف و ترکیب تفرق

۲۵:- دو درز دارای عرض (a) و جدایی (d) که توسط شعاع پیوسته طوریکه طول موج آن  $\lambda$  است روشن شده است جدایی خطی نوارهای تداخل که در روی صفحه به فاصله D دور است و مشاهده می شود چیست؟

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

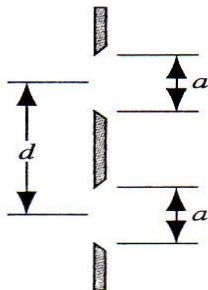
---



---

۲۶:- (a) یک سیستم درز مضاعف را بسازید که در آن نوار چهارم آن در اثر عدم موجودیت اعظمی مرکزی غایب باشد؟ (b) دیگر کدام نوارها اگر موجود باشد مفقود می شوند؟

۲۷:- (a) برای  $d=2a$  در شکل ۴ - ۲۳ چقدر نوارهای تداخل در قسمت مرکزی تفرق قرار میگیرند؟ (b) اگر ما  $d=a$  قرار دهیم هر دو درز به یک درز واحد که دارای عرض  $2a$  است تبدیل می شود نشان دهید که معادله ۴ - ۱۷ برای چنین درز به پدیده ای تفرق تقلیل می یابد؟



شکل ۴ - ۲۳ :- تمرین ۲۷.

۲۸:- فرض نمایید که در مسئله نمونه (۴ - ۷) محوطه قله مرکزی دارای ۱۱ نوار است چقدر نوارها بین اصغری اول و دوم محوط قرار می گیرد؟

۲۹:- (a) چه تعداد نوارهای مکمل در بین اولین اصغری نوار محوطه در هر طرف اعظمی مرکزی برای یک نمونه ای یک درز مضاعف

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

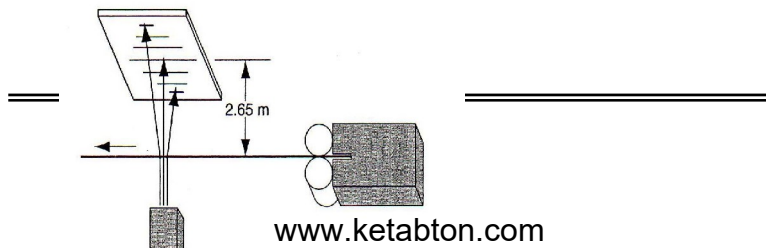
ظاهر میشود اگر  $\lambda = 557\text{nm}$  ،  $d=0.150\text{mm}$  و  $a=0.030\text{mm}$  ؟  
باشد؟

( b ) نسبت شدت نوار سوم که به کنار مرکز قرار دارد به شدت نور مرکزی چیست؟

.....

### مسائل

۱ :- تولید کننده گان سیم ( و دیگر اشیاء دارای ابعاد کوچک ) بعضی اوقات از لیزر استفاده می کنند تا که به طور متداوم ضخامت محصولات را کنترل نمایند. بیسیم از اشعه لیزر جلوگیری می کند و باعث تولید پدیده تفرق مانند درز واحد که دارای عرض یکسان مثل قطر سیم است می شود. شکل ۴ - ۲۴ را ببینید. فرض نمائید که لیزر He-Ne با طول موج  $632.8\text{nm}$  سیم را روشن می نماید و پدیده تفرق بر روی صفحه که  $2.65\text{m}$  دور است نمایان می شود اگر قطر سیم مورد نظر  $1.37\text{mm}$  باشد فاصله مشاهده شده بین دو اصغری مرتب شده هم در هر طرف اعظمی مرکزی چقدر است؟



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

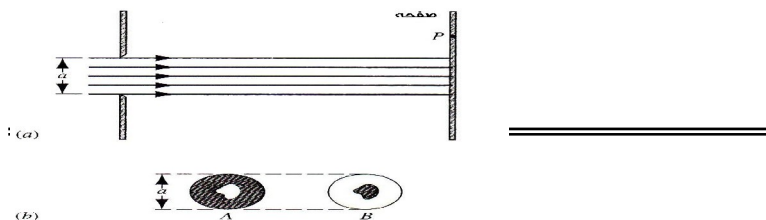


---

شکل ۴ - ۲۴ - مسئله ۱.

۲ - یک شعاع مونوکروماتیک نور موازی بالای یک سوراخ دارای قطر  $a \gg \lambda$  می‌تابد. نقطه P در ناحیه سایه ای هندسی روی صفحه دور قرار می‌گیرد طوری که در شکل ۴ - ۲۵a نشان داده شده است دو مانع طوری که در شکل ۴ - ۲۵b نشان داده شده است در مقابل سوراخ موازی به حال چرخش قرار دارند. A یک دایره تاریکی است همراه یک سوراخ در آن و B یک کلیشه ای A است با استفاده از مفهوم انطباق پذیری نشان می‌دهد که شدت در نقطه ای P معادل است برای هر یک از اشیاء متفرق کننده A و B: "این اصل Babint است".

در این رابطه معلوم می‌شود که پدیده تفرق برای یک سیم مانند یک درز با عرض مساوی یکسان است. ("اندازه گیری قطر یک موی توسط تفرق" این کتاب را که توسط S.M.Curry و A.I. Schawow نوشته شده و مجله فیزیک امریکایی که در ماه می سال ۱۹۷۴ پخش شده صفحه ۴۱۲ آنرا ببینید).



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

شکل ۴ - ۲۵ :- مسئله ۲.

۳ :- (a) نشان دهید که قیمت  $\alpha$  در کدام شدت اعظمی در رویداد تفرق از درز واحد به طور دقیق میتواند که پیدا شود با مشتق گرفتن رابطه ۴ - ۸ با در نظر داشت  $\alpha$  و قرار دادن آن مساوی به صفر، حالت  $\tan \alpha = \alpha$  بدست می آید.

(b) قیمت های  $\alpha$  را با اجرای این رابطه توسط طرح گراف منحنی  $y = \tan \alpha$  و خط مستقیم  $y = a$  و با پیدا نمودن تقاطع آنها و یا با استفاده از ماشین حساب قیمت مناسب بدست آورید.

(c) قیمت های نسبتی  $m$  را با در نظر داشت نقاط اعظمی پی در پی در پدیده درز واحد را پیدا کنید.

با توجه به اینکه اعظمی دوم دقیقاً در نصف راه بین اصغری قرار نمی گیرد.

۴ :- در تجربه متحد شوروی و فرانسه برای بازرسی سطح مهتاب همراه اشعه نور تشعشع وارد شده از لیزر یا قوتی  $\lambda = 0.69 \mu m$  از طریق یک تلسکوپ انعکاسی همراه با شعاع آئینه  $1.3m$  به طرف نور سوق داده شده بود یک انعکاس گر که در مهتاب وجود داشت مانند یک آئینه مستوی با شعاع  $10cm$  درمقابل عکس العمل نشان داده و نور را



---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

مستقیماً دوباره به طرف تلسکوپ زمین منعکس نمود و نور منعکس شده دوباره توسط نورسنج کشف شده بعد از اینکه توسط تلسکوپ متمرکز مشهود شده بود. چه نسبتی از انرژی نور اصلی توسط کشف کننده اخذ شده بود؟ بادر نظر داشت اینکه گردش در هر جهت، تمام انرژی در قسمت مرکزی دایره تفرق متمرکز است.

۵-: می توان نشان داد که به استثناء  $\theta = 0$  یک مانع دایروی که دارای قطر یکسان باشد بر علاوه این اگر موانع بسیار مانند قطرات کوچک آب که به طور اتفاقی موقعیت دارد و بعداً در اثر تداخل از بین می رود، نقطه با گذاشتن تفرق همراه با مانع واحد.

(a) توضیح بدهید که در یک شب غبار آلود چرا به دور مهتاب یک حلقه دیده می شود؟ حلقه همیشه در رنگ سرخ است چرا؟ توضیح بدارید.

(b) اندازه قطرات آب را محاسبه نمائید در هوا اگر حلقه ای دور مهتاب با قطر 1.5 مرتبه از قطر مهتاب بزرگتر باشد؟ قطر زاویوی مهتاب در آسمان  $0.5^\circ$  است.

(c) در کدام فاصله از مهتاب حلقه ای آن آبی رنگ دیده می شود؟ بعضی اوقات حلقه ها سفید اند چرا؟

(d) ترتیب رنگ ها مخالف رنگ های کمان رستم است چرا؟

---



---

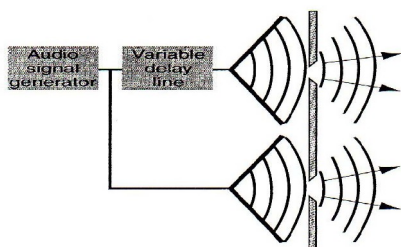
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

۶ :- یک سیستم درز مضاعف صوتی (جدایی درز  $d$  و عرض درز  $a$ ) توسط دو لادسیپکر داده شده است مانند شکل ۴ - ۲۶ با استفاده از خط تأخیری ناپایدار فازیکی از این لادسیپکر ها شاید متفاوت باشد. با تمام جزئیات شرح دهید که کدام تغییرات در پدیده شدت در فواصل بزرگ و قتیکه این اختلاف فاز از صفر به  $2\pi$  تغییر می نماید واقع می شود؟ تاثیرات تداخل و تفرق را در نظر بگیرید.



شکل ۴ - ۲۶ :- مسئله ۶

۷ :- نوری با طول موج  $440\text{nm}$  از طریق درز مضاعف با داشتن پدیده تفرق با شدت  $I$  و زاویه  $\theta$  که در شکل ۴ - ۲۷ نشان داده شده است میگذرد.

(a) عرض درز و (b) جدای درز را محاسبه نماید.

(c) شدت های نمایش داده شده  $m=1$  و  $m=2$  نوار های تداخل را متمایز سازید.

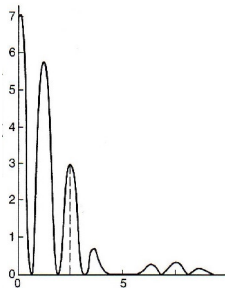
---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---



شکل ۴ - ۲۷ :- مسئله ۷ .

.....

### مسائل کامپیوتری

۱ :- گراف شدت را که تابع زاویه از محور مرکزی تفرق از درز دایروی به طور عددی است تشکیل کنید؟ قطر درز را  $d = 5\lambda$  در نظر بگیرید این رابط را با در نظر داشت درز دایروی که می تواند توسط یک شبکه مربع شکل منابع نقطوی که هر کدام به فاصله ای  $d/10$  از هم جدا شده اند تقریب شود. تنها نقاط شبکوی همراهِ دایره می توانند تشعشع شوند. ضریب 1.22 را در معادله ۴ - ۱۱ ثابت نماید.

۲ :- معادله ۴ - ۸ را برای قیمت های مختلف  $a$  و  $\lambda$  برای ثابت ساختن اینکه قدرت برخورد مجموعی بر روی درز واحد مانند قدرت برخورد بر روی صفحه یکسان باشد از حیث عدد کامل کنید. بعضی از قیمت های را که می توانید امتحان کنید ۱ و ۲ و  $a/\lambda = 0.5$  اند.

پایان



خلص سوانح بیوگرافی غلام قادر دهگان

اینجانب پوهنوال غلام قادر دهگان فرزند غلام رسول ۱۳۲۵ دریک فامیل بیسواد و متدین متولد شدم دوره ابتدایی را در مکتب فوشنج بدرجه اعلی اکمال نموده ودر سال ۱۳۳۹ به دارالمعلمین اساسی ولایت هرات شامل و بسال ۱۳۴۴ از صنف دوازدهم فارغ وشامل تحصیلات عالی کشور شدم .

وبه سال ۱۳۴۹ از رشته ریاضیات و فزیک پوهنتون تعلیم و تربیه کابل به سویه لسانس فارغ وبه موسسه عالی تربیه معلم هرات به صفت استاد مقرر شدم ودرسال ۱۳۶۳ چانس تحصیل در کشور آلمان حاصل نمودم ومدت یکسال تحصیلی در پوهنتون P.A.DAGOGISCHE HOCHSCHULE

HALLE. N.K.KRVPSKAJA مصروف تحصیل بودم ودر سال ۱۳۶۹ که پوهنخی طب در چوکات پوهنتون هرات افتتاح شد به آن پوهنخی تبدیل شدم وتا کنون در پوهنخی طب و ساینس مصروف تدریس مضامین فزیک و بیوفزیک میباشم.

بااحترام

پوهنوال غلام قادر دهگان

میایل: ۰۷۰۷۴۲۵۰۴

ایمیل: g dehgan@gmail.com

## Abstract

The title of new physics and light are made in four section or four seasons which are (lightening waves, mirrors, lenses, interference, and diffraction) and in every seasons it is tried to discus about every issue very well till the students catch all the beneficial points in simple language and there are questions and exercises in every section which are well beneficial and for preparing this issue the well known sources have been used.

With respect

## **Publishing of textbooks and support of medical colleges in Afghanistan**

**Honorable lecturers and dear students,**

The lack of quality text books in the universities of Afghanistan is a serious issue, which is repeatedly challenging the students and teachers alike. To tackle this issue we have initiated the process of providing textbooks to the students of medicine. In the past two years we have successfully published and delivered copies of 60 different books to the medical colleges across the country.

The Afghan National Higher Education Strategy (2010-1014) states:

*“Funds will be made ensured to encourage the writing and publication of text books in Dari and Pashto, especially in priority areas, to improve the quality of teaching and learning and give students access to state-of- the-art information. In the meantime, translation of English language textbooks and journals into Dari and Pashto is a major challenge for curriculum reform. Without this, it would not be possible for university students and faculty to acquire updated and accurate knowledge”*

The medical colleges’ students and lecturers in Afghanistan are facing multiple challenges. The out-dated method of lecture and no accessibility to update and new teaching materials are main problems. The students have easy access to low quality and cheap study materials (copied notes & papers), hence the Afghan students are deprived of modern knowledge and developments in their respective subjects. It is vital to compose and print the books that have been written by lecturers. Taking the critical situation of this war torn country into consideration, we need desperately capable and professional medical experts. Those, who can contribute in improving standard of medical education and public

health throughout Afghanistan, thus enough attention, should be given to the medical colleges.

For this reason, we have published 60 different medical textbooks from Nangarhar, Khost, Kandahar, Herat, Balkh & Kabul medical colleges. Currently we are working on to publish 60 more different medical textbooks, a sample of which is in your hand. It is to mention that all these books have been distributed among the medical colleges of the country free of cost.

As requested by the Ministry of Higher Education, the Afghan universities, lecturers & students they want to extend this project to non-medical subjects like (Science, Engineering, Agriculture, Economics & Literature) and it is reminded that we will publish textbooks for different colleges of the country which are in need.

As stated that publishing medical textbooks is part of our program, we would like to focus on some other activities as following:

### **1. Publishing Medical Textbooks**

This book in your hand is a sample of printed textbook. We would like to continue this project and to end the method of manual notes and papers and publish each year 100 different textbooks for Afghan Higher Education Institutions.

### **2. Interactive and Multimedia Teaching**

In the beginning of 2010, we were able to allocate multimedia projectors in the medical colleges of Balkh, Herat, Nangarhar, Khost & Kandahar. To improve learning environment the classrooms, conference rooms & laboratories should also be equipped with multimedia projectors.

### **3. Situational Analysis and Needs Assessment**

A comprehensive need assessment and situation analysis is needed of the colleges to find out and evaluate the problems and

future challenges. This would facilitate making a better academic environment and it would be a useful guide for administration and other developing projects.

#### 4. College Libraries

New updated and standard textbooks in English language, journals and related materials for all important subjects based on international standards should be made available in the libraries of the colleges.

#### 5. Laboratories

Each medical college should have well-equipped, well managed and fully functional laboratories for different fields.

#### 6. Teaching Hospitals (University Hospitals)

Each medical college should have its own teaching hospital (University Hospital) or opportunities should be provided for medical students in other hospitals for practical sessions.

#### 7. Strategic Plan

It would be very nice if each medical college has its own strategic plan according to the strategic plan of their related universities.

**I would like to ask all the lecturers to write new textbooks, translate or revise their lecture notes or written books and share them with us for publication. We assure them quality composition, printing and free of cost distribution to the medical colleges. I would like the students to encourage and assist their lecturers in this regard. We welcome any recommendations and suggestions for improvement.**

We are very thankful to the German Federal Foreign Office; German Academic Exchange Service (DAAD) for providing funds



for 90 different medical textbooks and the printing process for 50 of them are ongoing. I am also thankful to Dr. Salmaj Tural from J. Gutenberg University Mainz/Germany, Dieter Hampel member of Afghanic/Germany and Afghanic organization for their support in administrative & technical affairs.

I am especially grateful to GIZ (German Society for International Cooperation) and CIM (Centre for International Migration & Development) for providing working opportunities during the past two years in Afghanistan.

In Afghanistan, I would like cordially to thank His Excellency the Minister of Higher Education, Prof. Dr. Obaidullah Obaid, Academic Deputy Minister Prof. Mohammad Osman Babury and Deputy Minister for Administrative & Financial Affairs Associate Prof. Dr. Gul Hassan Walizai, the universities' chancellors and deans of the medical colleges for their cooperation and support for this project. I am also thankful to all those lecturers that encouraged us and gave all these books to be published.

At the end I appreciate the efforts of my colleagues Dr. M. Yousuf Mubarak, Abdul Munir Rahmanzai, Ahmad Fahim Habibi, Subhanullah and Hematullah in publishing books.

Dr Yahya Wardak  
CIM-Expert at the Ministry of Higher Education, November, 2012  
Karte 4, Kabul, Afghanistan  
Office: 0756014640  
Email: [textbooks@afghanic.org](mailto:textbooks@afghanic.org)  
[wardak@afghanic.org](mailto:wardak@afghanic.org)



## Message from the Ministry of Higher Education

In the history, book has played a very important role in gaining knowledge and Science and it is the fundamental unit of educational curriculum which can also play an effective role in improving the quality of Higher Education. Therefore, keeping in mind the needs of the society and based on educational standards and new learning materials, new textbooks should be published for the students.

I appreciate the efforts of the lecturers of Higher Education institutions and I am very thankful to them who have worked for many years, and have written or translated textbooks. I also warmly welcome more lecturers to prepare textbooks in their respective fields. So, that they should be published and distributed among the students to take full advantage of them.

The Ministry of Higher Education has the responsibility to make available new and updated learning materials in order to better educate our students.

At the end, I am very grateful to the German Federal Foreign Office, the German Academic Exchange Service (DAAD) and all those institutions and its people who have provided opportunities for publishing medical textbooks. I am hopeful that this project should be continued and publish textbooks in other subjects too.

Sincerely,  
Prof. Dr. Obaidullah Obaid  
Minister of Higher Education  
Kabul 2012

Book Name	Light & Modern physics
Author	Prof. Ghulam Qader Dahgon
Publisher	Herat Medical Faculty
Website	www.hu.edu.af
No of Copies	1000
Published	2012
Download	www.ecampus-afghanistan.org
Printed at	Afghanistan Times printing press

This Publication was financed by the German Academic Exchange Service (DAAD) with funds from the German Federal Foreign Office.

Administrative and Technical support by Afghanic organization.

The contents and textual structure of this book have been developed by concerning author and relevant faculty and being responsible for it. Funding and supporting agencies are not holding any responsibilities.

If you want to publish your text books please contact us:

Dr. Yahya Wardak, MoHE, Kabul, Afghanistan

Office 0756014640

Email wardak@afghanic.org

ISBN 978849280827 – 4

All rights are reserved with the author

Printed in Afghanistan 2012



Herat Medical Faculty

AFGHANIC

Prof. Ghulam Qader Dahgon

# Light & Modern Physics

DAAD Deutscher Akademischer Austausch Dienst  
German Academic Exchange Service



2012

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

**Get more e-books from [www.ketabton.com](http://www.ketabton.com)  
Ketabton.com: The Digital Library**