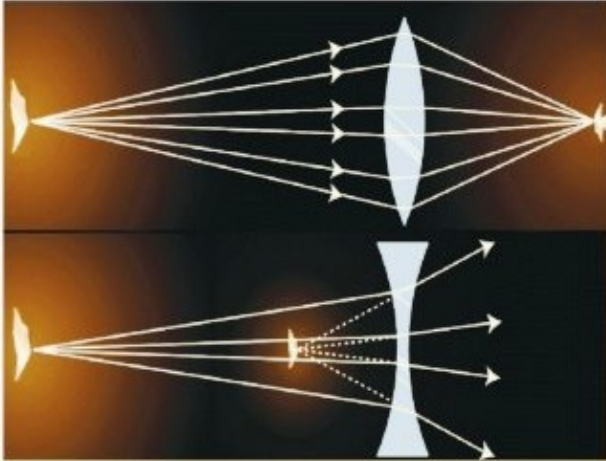




پوهنځی طب هرات

# نور و فزیک جدید



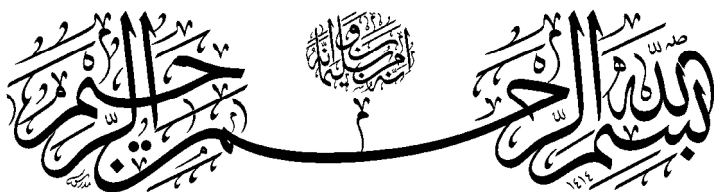
پوهنوال غلام قادر دهگنان



۱۳۹۱

Ketabton.com

www.ketabton.com



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



# نور و فزیک جدید

کتاب هذا توسط موسسه همکاری های اکادمیک آلمان (DAAD) از بودیجه وزارت خارجه فدرالی آلمان تمویل شده است.

امور اداری و تخنیکی 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 نمي باشند.

wardak@afghanic.org ایمیل

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 سنت‌دردها 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 قلباً 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

## استادان گرامی و محصلین عزیز!

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

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 دوکتوران 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.



در پوهنخی های طب کشور باید در بخش های مختلف لابراتوارهای فعال و جود داشته باشد.

هر پوهنځی طب کشور باید دارای شفاخانه کدري باشد و يا در يک شفاخانه شرايط بر اي تر بينگ عملي محصلين طب آماده گر دد.

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

از وزارت محترم خارجه آلمان و مؤسسه DAAD (همکاری های آکادمیک آلمان) اظهار سپاس و امتنان مینمایم 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، پوهنځی 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

هنر خطاطی آن توسط کمینی هنری امینجرنگ.

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



‘ ’



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

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

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 ساحت 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:- مافصل 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

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

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 تشعشات الکترومغناطیسی را معرفی (تشعشع حرارتی ، اثر فوتوالکتریک بخش کایتون) میکند.

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 گروپ بندی تمرینات و سوالات ما همچنان بعضی از مسائل را در چاپ قبلی بود

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



● کتاب برای استاد.

- 2.



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      -----      ۱-۲      اپتیک 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 | ۳ - ۱ تداخل دو منبع ----- |
|-----|---------------------------|



---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

|     |                                            |
|-----|--------------------------------------------|
| ۲۴۷ | ۳ - ۲ تداخل دو شکاف -----                  |
| ۲۵۴ | تجربه دو سوراخی یانگ ( Young ) -----       |
| ۲۵۷ | ۳ - ۳ ارتباط ، چسپیده گی ( کوهرنس ) -----  |
| ۲۶۲ | ۳ - ۴ 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 ۴ - ۱۷ اشتقاق فازی معادله -----
- ۳۸۶ سوالات چند گزینه ای -----
- سوالات -----
- ۳۹۲

---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

|     |                 |
|-----|-----------------|
| ۳۹۵ | تمرینات         |
| ۴۰۶ | مسائل           |
| ۴۱۱ | مسائل کامپیوتری |

-----

-----

-----

-

-----

-----

-----

-----



## تصديق

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 مییاشد به دقت و حوصله مندی بیشتر صورت گرفته است.

کتاب به روش معمول کتاب نویسی با کار برد اصطلاحات مروجہ علم فزیک به زبان سلیس، روان و عام فہم ترجمہ شدہ است. از اینکہ خلا و کمبود کتب درسی در پوہنتون ہا مشکلات محصلان را دو چند ان ساختہ این ابتکار استاد محترم دہگان را بہ دیدہ قدر نگریستہ و یک قدم

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.

یوهندوی زلمی احمدزی

استاد ديارتمنت فزيك پوهنځي ساينس پوهنتون كابل

بنابراین 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

جلد اول : فزیک میخانیک.

جلد سوم : فزیک برق و مغناطیس۔

جلد چہارم : 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 پوهنهی های ساینس، طب، تعلم و تربیه و انجینری مفید است. و مولف این کتاب پروفسور دیود هالیدی... بوده در پوهنتون های ایران و امریکا

با احترام  
غ. ق. دهگان

زمستان ۱۳۸۵





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 و قتیکه نور با مرز دو محیط بر خورد میکند که سرعت انتشار در آن متفاوت باشد و اثر دوپلر (تغییر فریکونسی 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.

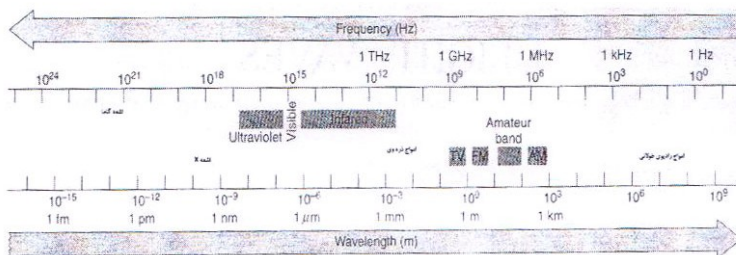
١-١ طيف الكتر ومقناطيس:

\* 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 اید معرفی نموده و بکار برد. امروز ما در باره طیف الکترومقناطیسی صحبت می نماییم تا انواع مختلف تشعشع الکترومقناطیسی را مطابق فریکونسی 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 نماییم.

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

## 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 لگاریتمیک 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

A close-up photograph of a textured surface, possibly a book cover or fabric. The surface has a mottled, brownish-grey appearance with a fine, woven texture. A prominent horizontal band of lighter, off-white or light grey material runs across the center, suggesting a seam, a repair, or a different layer of material. The lighting is somewhat uneven, with the central band appearing brighter than the surrounding areas.

شکل ۱-۲:  $a$ - تصویر مادون قرمز مسیرهای شیری کهکشان که توسط ستلايت *IRAS* اخذ شده است.

---



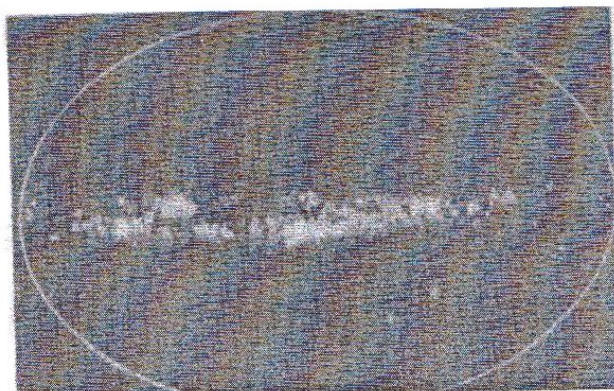
---

 فصل (1) . . . . . امواج نوری
 

---



---



*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.

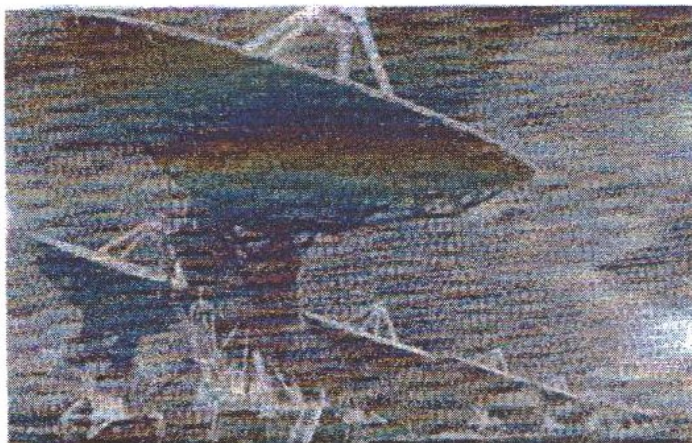
۳:- امواج میکروسکوپی: امواج میکروسکوپی میتواند مانند امواج کوتاه رادیویی حساب شوند با طول موج وصفی بین  $(1\text{mm} - 1\text{m})$  بطور عموم بوسیله ساختمان های حرکتی (جنبنده) الکتریکی تولید می شوند. مثلاً در صورت موجودیت های اجاق های *(Micro waves)* بطور عموم برای مکالمات تیلیفونی بکار می روند (۳-۱)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





۵:- شعاعات ماورای بنفش: شعاعات با طول موج کوتاه تری از اشعه قابل دید شعاع ماورای بنفش را شروع میکند ( $1nm - 400nm$ ) 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.





شکل ۴-۱: یکی از دیش آنتن های رادیو تلسکوپ های با قطر 25cm در *Newmexieo* در *SOCORRO* (very large array) در نزدیکی آنتن های ۲۷ 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 کهکشان با شکل ۱-۲ مقایسه کنید.

۶:- شعاع X: شعاع  $x$  با طول موج وضعی بین  $(0,01nm-10nm)$

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

www.ketabton.com

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

شدت تشعشع آفتاب در قله در طول موج تقریباً  $550\text{nm}$  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

---



---

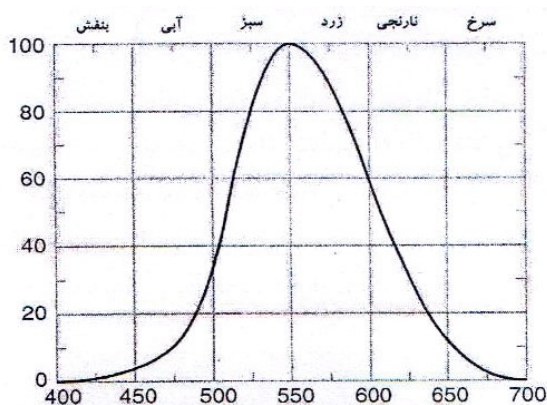
فصل (1) ..... امواج نوری

---



---

آفتاب برابری کند تمام اجسامی که شعاع الکترومغناطیسی 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  $1000^{\circ}\text{C}$  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

---



---

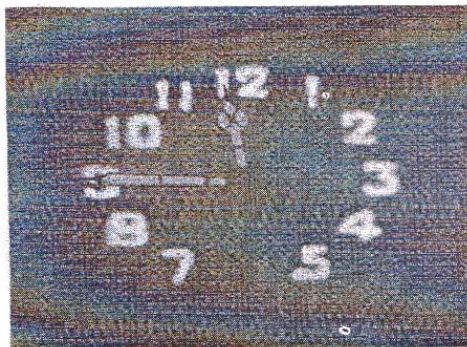
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

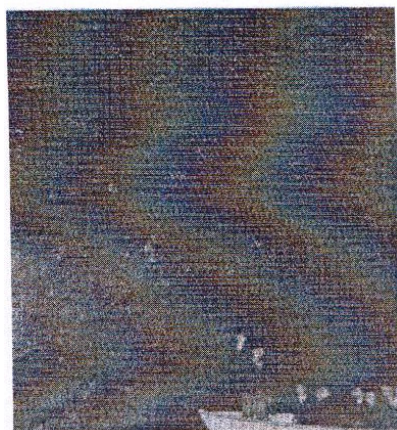


---

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 بر گردند 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 فوسفور می نامند.



لومینوسنس می توان اسباب مختلف داشته باشد وقتیکه انرژی اتمی عبور می کند. از یک عکس العمل کیمیاوی منشأ میگیرند بناً شمیلاومنس یاد می شود. اغلباً این تاثیرات از اشیا زنده بوجود می آید. مانند اجسام آبزی که در این حالت بنام بیالومنس یاد میشود شکل ۱-۸ نور همچنان بوسیله تصادف کرستل های مشخص مانند شکر منتشر میشود که این حادثه را بنام تربیلومینسنس 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.



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. گاليله 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

www.ketabton.com

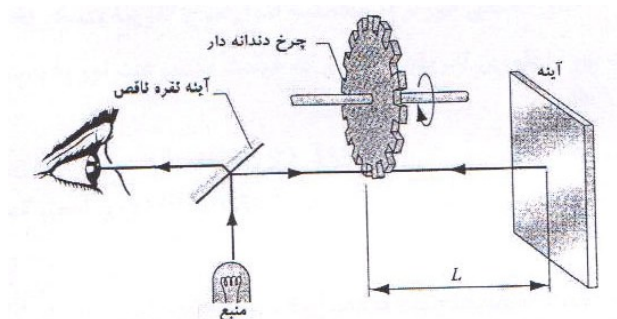


www.ketabton.com

---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



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

پیشرفت بزرگی بعد از این تا حدود یک قرن در مورد سرعت نور بوجود نیامد. در سال ۱۸۴۹ فزیکدان فرانسوی *Loui* یک تخنیک میخانیکی را که در شکل ۹-۱ 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  $\frac{0}{w}$

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

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  $1m/sec$  شد.

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

۵۴

| تاریخ | تجارب کنندگان | مملکت    | طریقه                  | سرعت $Km/s$     | عدم قطعیت $Km/s$ |
|-------|---------------|----------|------------------------|-----------------|------------------|
| ۱۶۰۰  | گاليله        | ایتالیا  | فانوس و دریچه          | فوق العاده سریع |                  |
| ۱۶۷۵  | رومر          | فرانسه   | اقمار مشتری            |                 |                  |
| ۱۷۲۹  | برولی         | انگلستان | بیراهی نورستاره        | ۳۰۴.۰۰          |                  |
| ۱۸۴۹  | فیزو          | فرانسه   | چرخ دندانه دار         | ۳۱۳۰۰۰          |                  |
| ۱۸۶۲  | فوکولت        | فرانسه   | آئینه دوار             | ۲۹۸۰۰           | ۵۰۰              |
| ۱۸۸۰  | مایکلسون      | آمریکا   | آئینه دوار             | ۲۹۹۹۱۰          | ۵۰               |
| ۱۹۰۶  | ازاودورسی     | آمریکا   | نظریه<br>الکترومقناطیس | ۲۹۹۷۸۲          | ۱۰               |
| ۱۹۲۳  | مرسیه         | فرانسه   | امواج ایستاده<br>درسیم | ۲۹۹۷۸۲          | ۱۵               |
| ۱۹۲۶  | مایکلسون      | آمریکا   | آئینه دوار             | ۲۹۹۷۹۶          | ۴                |
| ۱۹۵۰  | برگ استراند   | سویدن    | جیودیمتر               | ۲۹۹۷۹۲.۲        | ۰.۲۵             |
| ۱۹۵۰  | اسن           | انگلستان | کاواک<br>میکروموجی     | ۲۹۹۷۹۲.۵        | ۳                |
| ۱۹۵۰  | بول و هانس    | آمریکا   | کاواک<br>میکروموجی     | ۲۹۹۷۸۹.۳        | ۰.۴              |
| ۱۹۵۱  | آسلاکسون      | آمریکا   | رادار شوران            | ۲۹۹۷۹۴.۲        | ۱.۹              |
| ۱۹۵۲  | رنک، روت      | آمریکا   | طیف مالیکول            | ۲۹۹۷۷۶          | ۷                |
| ۱۹۵۲  | فروم          | انگلستان | داخل سنج<br>میکروموجی  | ۲۹۹۷۹۲.۶        | ۰.۷              |



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

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

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). بنأ این مقاومت دای الکتریک  $k_e$  است که سرعت نور در اجسام را تعیین میکند. هر چند مقاومت دای الکتریک 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 الکتریک 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 الکتریک 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.

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

## 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
 

---



---

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

این بسیار فرق می کند از مقاومت الکتریکی دای الکتریک جسم ساکن در آب که حدوداً قیمت ۸۰ را بخود میگیرد در درجه حرارت اتاق. مشکلی که مومنت 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.

## ۴-۱ 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

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

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

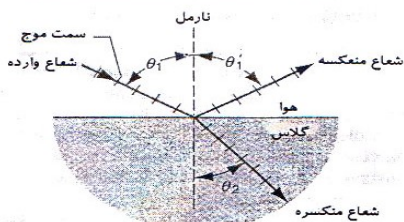
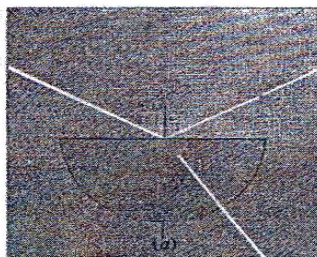
۱: شعاعات منعکسه و منکسره در صفحه متشکل از اشعه وارده و خط عمود بر سطح مشترک در نقطه ورود یعنی در همان صفحه شکل 10b-1 قرار دارند.

۲: برای انعکاس  $\theta_1' = \theta_1$  ----- (3-1)

۳: برای انکسار

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

( a )



( b )

شکل ۱۰-۱: a- یک عکس العمل که انعکاس و انکسار یک مسیر نور وارده را به یک سطح مسطح شیشه وارد میگرداند را نشان میدهد.

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 خلا است.

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

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

| محیط             | ضریب انکسار | محیط               | ضریب انکسار |
|------------------|-------------|--------------------|-------------|
| خلاء             | ۱.۰۰۰۰      | سودیم کلوراید      | ۱.۵۴        |
| هوا              | ۱.۰۰۰۲۹     | پولی استایرین      | ۱.۵۵        |
| آب $20^{\circ}C$ | ۱.۳۳        | کاربن دای<br>سلفید | ۱.۶۳        |
| استون            | ۱.۳۶        | الماس              | ۲.۴۲        |
| ایتایل الکل      | ۱.۳۶        | آلمونیوم           | ۱.۷۷        |
| شکر ۳۰٪          | ۱.۴۹        | پولسترین           | ۱.۵۵        |
| شکر ۸۰٪          | ۱.۴۹        | شیشه واقعی         | ۱.۵۲        |

---



---

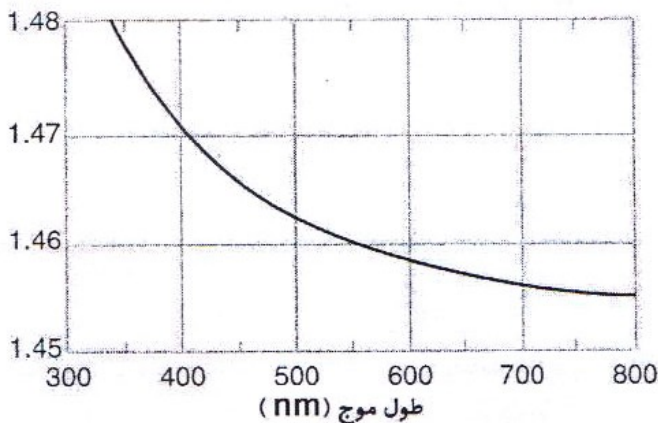
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

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.



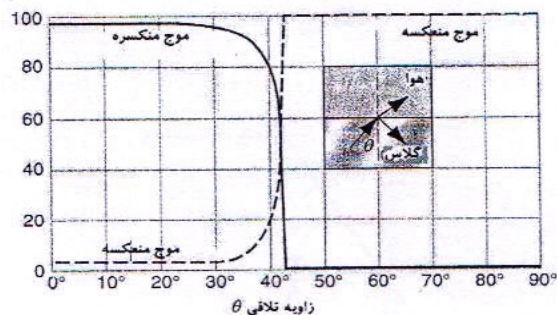
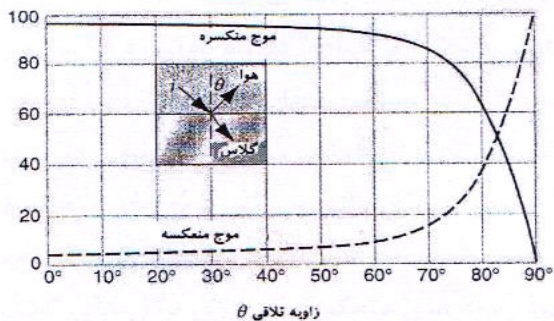
شکل ۱-۱۱: ضریب انکسار کوآرتز فشرده بعنوان یک تابع طول موج.

### 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

www.ketabton.com

## فصل (1) ..... امواج نوری



شکل ۱-۱۲:  $a$  - 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 ۱-۱۳ 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؟



زاویه تصادمی  $\theta'$  آن بر آئینه عبارت است از  $\theta - \frac{\pi}{2}$  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، بنأ نور چراغ های موتري 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

---



---

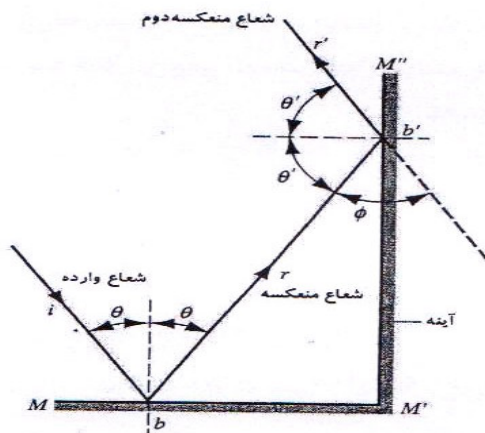
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

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  $30,00^\circ$  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؟

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

در می یابیم که:

$$\theta_2 = 19.89^\circ$$

برای شعاع  $500\text{nm}$  داریم که:

$$(1.0003)\sin 30.00^\circ = 1.4624\sin \theta,$$

٢

$$\theta_2 = 20.00^\circ$$

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

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

شکل ۱-۴: 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.

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

طبق اصل هویگنس تعدادی از نقاط روی جبهه موج را در شکل ۱۵-۱ 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 میدهیم. 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 ۱۵-۱ فصل مشترک آنرا با صفحه کتاب نشان میدهد. شاید علی رغم آنچه مشاهده میکنیم انتظار داشته باشیم همان طور که موج از نقاط دور جبهه موج شکل ۱۵-۱ 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 بطورپیوسته از یک ماگزیمم در جهت جلو تا یک مینومم صفر در جهت عقب تغییر

---



---

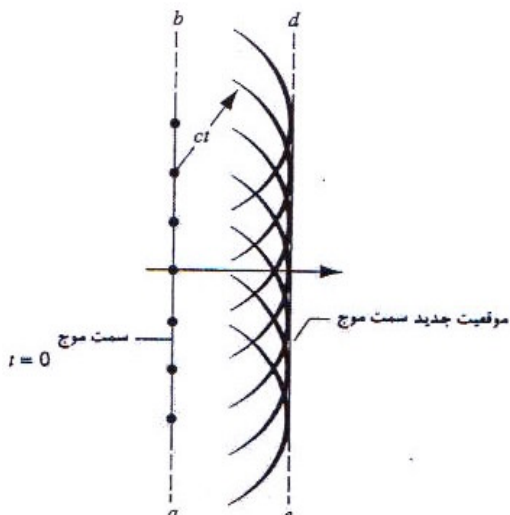
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

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 16a-1 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.



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 قوس ها باشد این مماس ها 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 به 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 متساوی اند و میتواند نتیجه گرفت که:

$$\theta_1 = \theta_1'$$

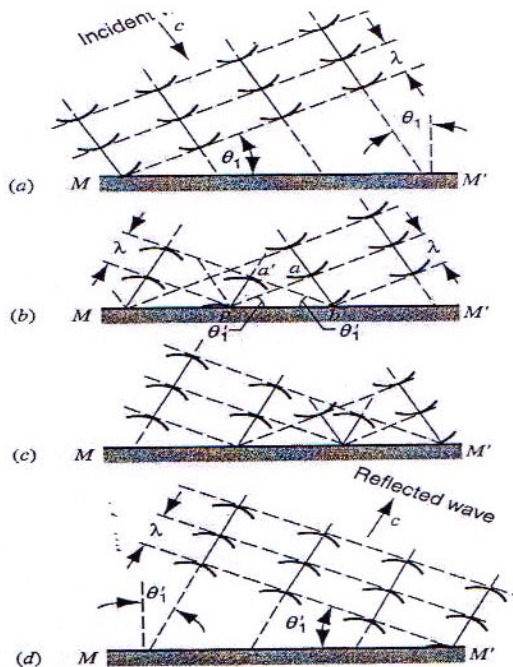
و این همان است که قانون انعکاس ایجاد میکند. اگر به یاد داشته باشید که ساخت اصل هوینگنس سه بعدی است و قوسهای را که می بینید

---

 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

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

$$\frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \frac{d - x}{\sqrt{b^2 + (d - x)^2}}$$
$$\sin \theta_1 = \sin \theta_1'$$

و یا

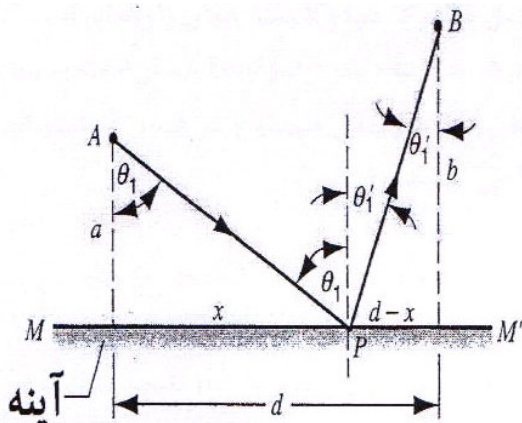
$$\theta_1 = \theta_1'$$

که همان قانون انعکاس است.

---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



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

$$v_2 < v_1 \quad \text{-----} (9-1)$$
$$\lambda_2 = \lambda_1 \frac{v_2}{v_1} \quad \text{-----} (10-1)$$

www.ketabton.com

---



---

فصل (1) ..... امواج نوری

---



---

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

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

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

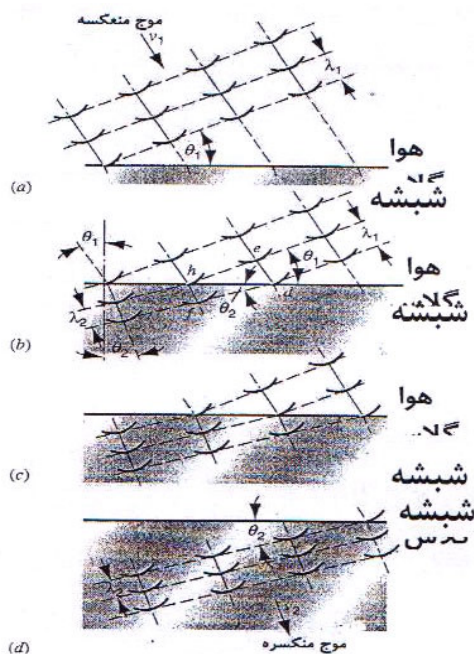
$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad \text{-----} (11-1)$$

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 منعکسه 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،  $\frac{c}{v_1} = n_1$  و  $\frac{c}{v_2} = n_2$ ، لذا معادله ۱-۱۲ 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 1-10 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 خلا 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 زیاده تر 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
 

---



---

تطبیق 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 ذره‌ای 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:

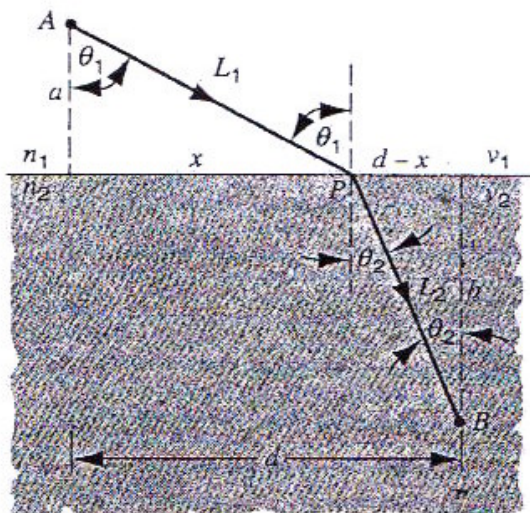
$$t = \frac{L_1}{v_1} + \frac{L_2}{v_2}$$

با استفاده از رابطه  $n = c/v$  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:

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



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

$$L = n_1 L_1 + n_2 L_2 = n_1 \sqrt{a^2 + x^2} + n_2 \sqrt{b^2 + (d - x)^2}$$
$$\frac{dt}{dx} = \frac{1}{c} \frac{dL}{dx}$$

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

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

$$n_1 \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = n_2 \frac{d - x}{\sqrt{b^2 + (d - x)^2}}$$
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

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
 

---

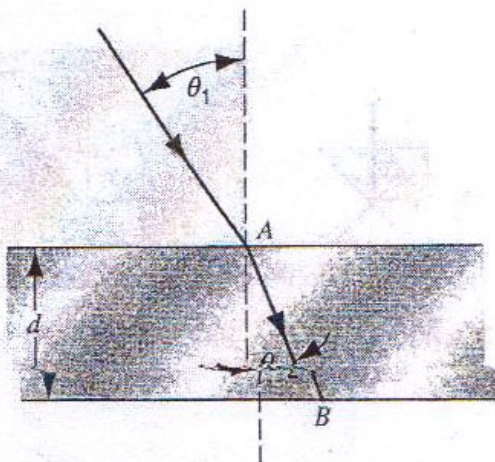


---

$d = 0,78nm$  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 ۱-۴ 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 ۱-۳ چنین بدست می آید.

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

یا

---



---

فصل (1) ..... امواج نوری

---



---

$$\theta_2 = 24.5^\circ$$

و طول مسیر موج واقعی از آئینه:

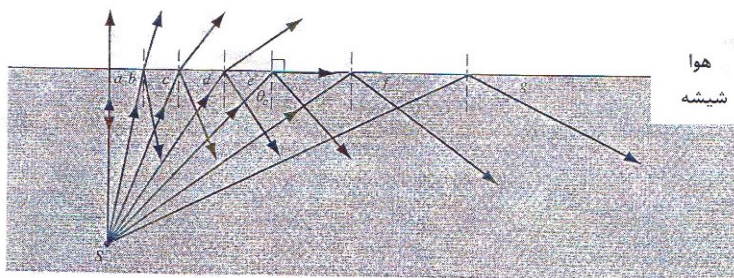
$$AB = \frac{d}{\cos \theta_2} = \frac{0.78 \text{ nm}}{\cos 24.5^\circ} = 0.857 \text{ nm}$$

فاصله نوری

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

## 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 قرارداشته و زاویه  $90^\circ$  درجه را تشکیل می‌دهد.



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

6

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

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

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

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 بسند.



---

---

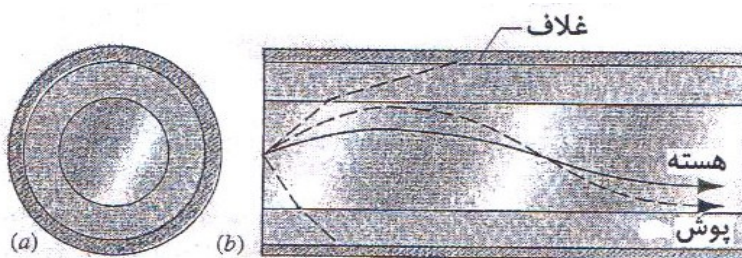
فصل (۱) . . . . . امواج نوری

---

---



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 محافظی در شکل نشان داده شده است.

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

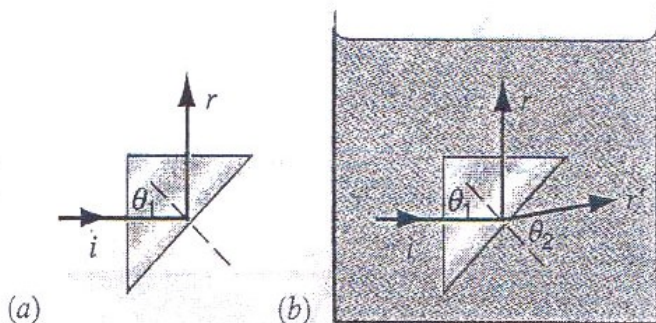
www.ketabton.com

---

 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.

حل: زاویه بحرانی جدید توسط معادله 1-17 نشان داده شده است که عبارت است از:

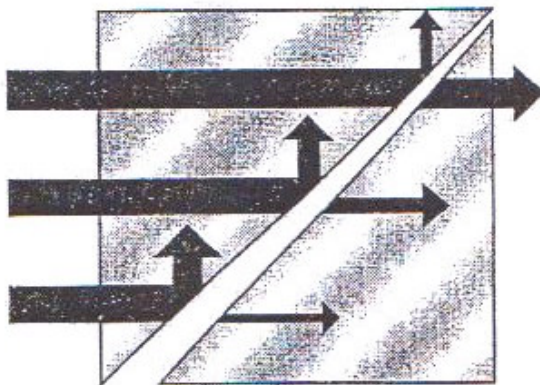
$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1} = \sin^{-1} \frac{1.33}{1.50} = 62.5^\circ$$

زاویه واقعی وارده  $45^\circ$  درجه کمتر از این است بناً ما انعکاس کلی نداریم همراه زاویه انعکاس  $45^\circ$  درجه یک اشعه منکسره  $r$  وجود دارد طوریکه در شکل  $25b-1$  نمایان است و همچنان اشعه منکسره  $r'$  همراه زاویه منکسره ای که طور ذیل داده شده وجود دارد.

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

بنابراین  $\theta_2 = 52.9^\circ$  بدست می‌آید. شما نشان دهید که اگر  $n_2 \rightarrow n_1$  نماید،  $\theta_c \rightarrow 90^\circ$  منبماید.





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 فریکوئنسی  $F$  که توسط شنونده شنیده می‌شود عبارت است از (معادله ۴۲-۱۹ را ببینید) که دوباره ترتیب شده و  $u$  به  $v$  تعویض شده است).

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

شنونده ساکن منبع در حرکت

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

در این معادله  $f_0$  فریکونسی وقتی که منبع ساکن است و  $v$  سرعت صوت می باشد، این تغییر در فریکونسی که بوجود می آید 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 می باشد. 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 فیزیکی 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:

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

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  $u^2/c^2$  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 نسبیت 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 نماینده 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
 

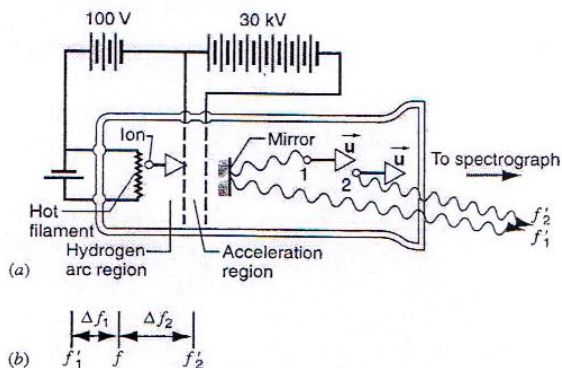
---



---

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

تعیین شده است شکل 1-27b را ببینید.



شکل ۱-۲۷: وسایل که در تجربه Ives و Stillwell استفاده شده است.

جدول ۱-۴: تجربه Ives و Stillwell.

| $\frac{\Delta f}{f} 10^{-5}$ |           |              |            |
|------------------------------|-----------|--------------|------------|
| Speed $u (10^6 \text{ m/s})$ | Classical | Relativistic | Experiment |
| ۰.۸۶۵                        | ۱.۶۷      | ۰.۸۳۵        | ۰.۷۶۲      |
| ۱.۰۱                         | ۲.۲۶      | ۱.۱۳         | ۱.۱        |
| ۱.۱۵                         | ۲.۹۰      | ۱.۴۵         | ۱.۴۲       |
| ۱.۳۳                         | ۳.۹۴      | ۱.۹۷         | ۱.۹        |

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.

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 نسیی دوپلر توضیح میدارند.

مسئله نمونه ۸-۱: 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  $\lambda_0 = 121.6\text{nm}$  است مشاهده میشود. منجم خط طیفی هایدروجن را که از *quasar* به طول موج  $\lambda = 460.9\text{nm}$  بیرون میشود دریافت میکند با فرض اینکه *quasar* از شعاع آفتاب وارد میشود سرعت نسبی آن چند است؟

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

---



---

فصل (1) ..... امواج نوری

---



---

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

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  $\frac{\lambda}{\lambda_0} = 460.9nm / 121.6nm = 3.79$  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.

www.ketabton.com

## اشتقاق اثر نسبی دویلر

www.ketabton.com

$$\lambda' = \frac{c\Delta t_0}{N} \text{-----} (25-1)$$
$$f_0 = \frac{c}{\lambda'} = \frac{N}{\Delta t_0} \text{-----} (26-1)$$

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 زمانی که منبع در یک موقعیت و آخرین دسته موجی سرچشمه گرفته از منبع در یک موقعیت متفاوت

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

دیگری می‌باشد 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 محدودده زمان  $\Delta t_0$  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
 

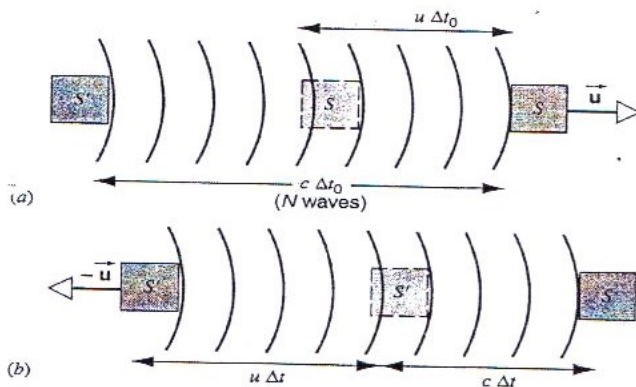
---



---

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 مخرج اگر چه ترکیبات  $u$  را در امتداد خط متصل  $S$  و  $S'$  را در بر دارد بنابراین فاصله  $u\Delta t$  و شکل 29b-1 و شکل 28-1 عبارت از  $(u \cos \theta)\Delta t$  است در نتیجه معادله ۲۹-۱ برابر است به:

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

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

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

معادله ۳۱-۱ 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 فریکوئسی 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

---



---

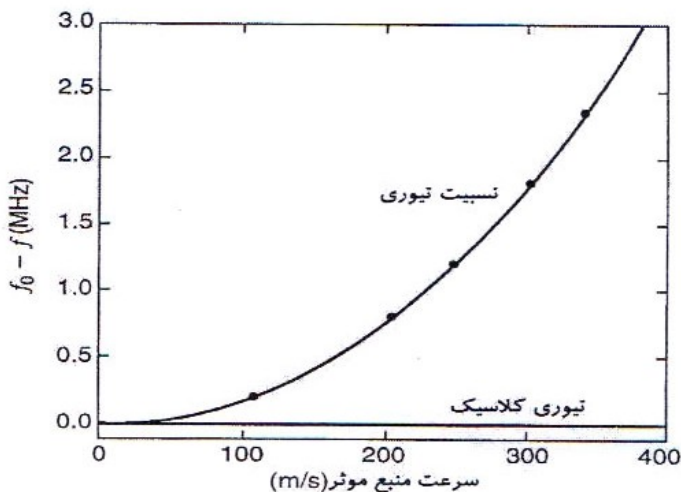
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

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 ستریفیوج و موج یا به چرخ انجام شود. یک خلاصه از نتایج را در شکل 1-30 پیشکش شده است.



شکل 1-۳۰: 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 ۱-۹: یک ستلایت از شرق به غرب به ارتفاع  $h = 153 \text{ Km}$  در یک مدار دایروی بالای خطی استوا در دوران است (شکل ۱-۳۱ را ببینید) یک کشتی کشاف 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  $\frac{MG}{R^2}$  است که باید به قوه جذب مرکز  $\frac{u^2}{R}$  که برای مدار دایروی ضروری است تطبیق شود.

$$\frac{MG}{R^2} = \frac{u^2}{R}$$

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

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

---



---

 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  
 $f = f_0 \sqrt{1 - u^2/c^2}$  بدست می‌آید.  $\theta = 90^\circ$

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 مستقیم کشتی کشف شده ضروری است (شکل ۱-۳۱ 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:

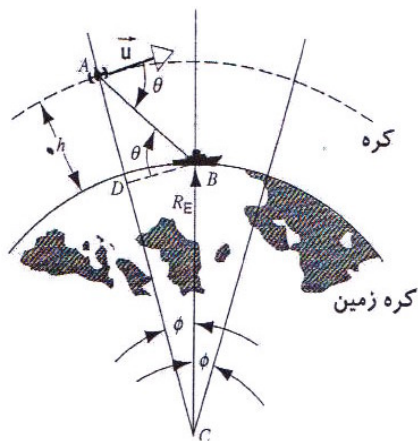
$$\begin{aligned}
 \cos \theta &= \frac{R_E \sin \phi}{h + R_E (1 - \cos \phi)} \\
 &= \frac{(6370 \text{ Km})(\sin 10^\circ)}{153 \text{ Km} + (6370 \text{ Km})(1 - \cos 10^\circ)} = 4.428 \\
 \theta &= \cot^{-1} 4.428 = 21.7^\circ
 \end{aligned}$$

یا

---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



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 فریکوئنسی 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.

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

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

## سوالات چند گزینه ای

۱-۲: نور مرئی

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

(۱) سرخ (۲) زرد (۳) سبز (۴) بنفش

### ۱-۳ 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 ۱ و ۲ (۴) ۱، ۲ و ۳

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

(۱) دای الکتریک (۲) دای دیامگنتیک (۳) پارامقنایسی

(۴) فیرو مقناطیسی

## فصل (1)

(۴) جواب وابستگی به مواد دارد.

۱-۴: انکسار و انعکاس امواج نوری

۵:- یک اشعه نور طوری که 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 نمایم جواب داده نمی شود.

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



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

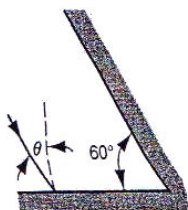
---



---

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 تابد یک تخمین مناسب از تعداد اعظمی دفعات که نور بالای آئینه می تابد 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
 

---

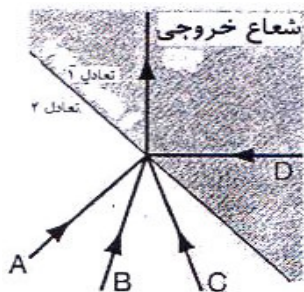


---



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.

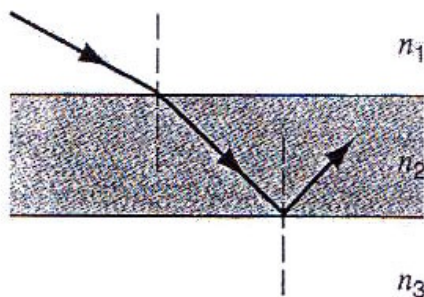
a- اگر زاویه وارد به  $10^\circ$  درجه کاهش پیدا کند بعداً زاویه انکسار:

$$\begin{array}{lll} n_2 < n_3 < n_2 \text{ (}\Psi\text{)} & n_2 < n_1 < n_3 \text{ (}\Psi\text{)} & n_1 < n_2 < n_3 \text{ (}\Psi\text{)} \\ & & n_3 < n_1 < n_2 \text{ (}\Psi\text{)} \end{array}$$

---

 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،  $\theta_1$

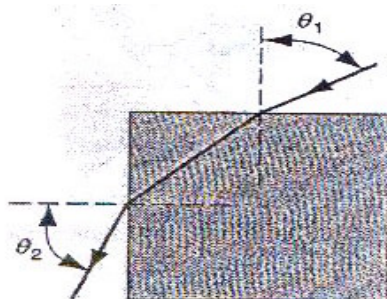
اندکی افزایش می یابد به  $\theta_2$  چی واقع میشود؟

(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 یک انعکاس کلی مینماید



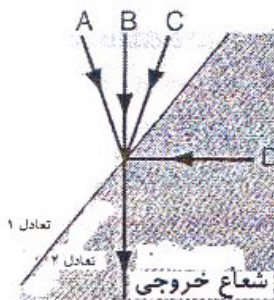
شکل ۱-۳۶: سوال دوازدهم سوالات چند گزینه ای.

(۱)  $F$  افزایش می یابد      (۲)  $F$  کاهش می یابد

(۳)  $F$  بدون تغیر می ماند

## انکسار آب مشود

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.

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

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









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

۳۶:- در انکسار و انعکاس 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 تلسکوپ را با استفاده از فایده های انعکاس کلی بسازید مفاد آن را همراهی آئینه کروی مقایسه کند.

۳۸- چي مشخصات را بايد يك شي داشته باشد تا كه بتواند منحيث يك پيپ نوري موثر كار كند؟

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 کیل اند در باره فریکونسی های استفاده شده فکر کنند.

۴۱-: اگر اثر دو پلر یک انبساط 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 وقتی که 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 منظمأً 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 بعبارۀ دیگر تعداد ستاره های دور که از منبع یک تیوب گردی که شعاع آن از  $R$  به  $R + dR$  افزایش می یابد مثلاً

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؟

## تمرينات

### ١-١: طيف الكترومقناطيسي

۱:- نشان دهید که فریکوئسی 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

$a$ -فریکونسی

۱-۲: نور مرئی

www.ketabton.com







---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



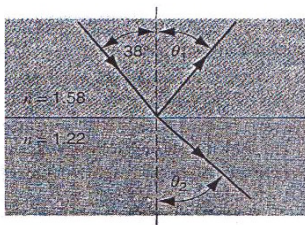
---

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 درجه را همراه نارمل به سطح میسازد زمانی که بداخل گیلان زاویه 21.0 درجه را همراهی نارمل میسازد ضریب انکسار شیشه را دریابید؟

۱۵:- سرعت نور زرد سودیم 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 سودیم بدست آورید.



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

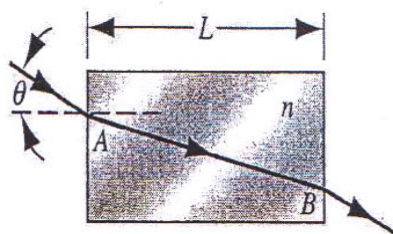


---

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 ۱-۴ (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
 

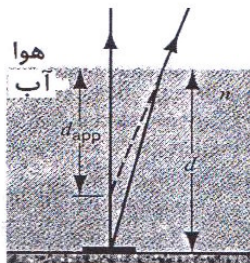
---



---

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  $55^\circ$  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  $60^\circ$  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)

(a) فریکونسی آن 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 ۱-۱۷ و ۱-۱۹ هر کدام اصغری است زمانیکه با مسیرهای نزدیک ای که همین دو نقطه را وصل میکند مقایسه شود. (اشاره: مقدار  $\frac{d^2L}{dx^2}$  را امتحان کنید).

۱-۵: 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 ۱-۴۲ نشان داده شده است.

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

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

---



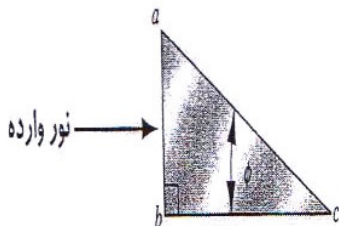
---

 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؟



---



---

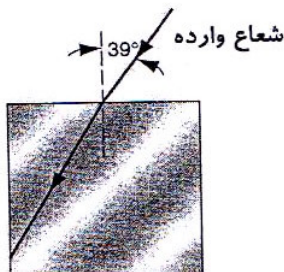
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

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

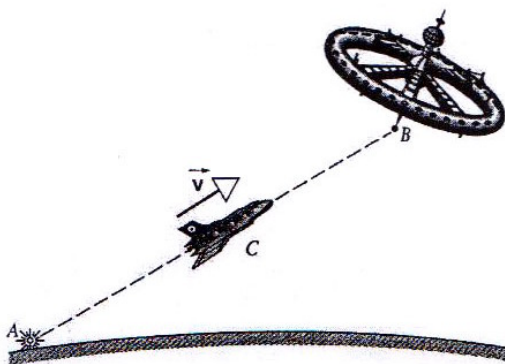




---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



## شکل ۴۴-۱: 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

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

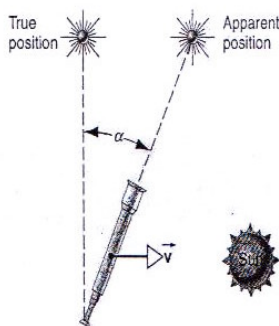
۱:- ستاره که به یک خطی که از طریق آفتاب عمود به مستوی که زمین بدور آفتاب می چرخد موقعیت گرفته باشد در نظر بگیرید. فاصله ستاره بزرگتر است نسبت به قطر زمین نشان بدهید که به سبب سرعت معین نور یک تلسکوپ که از طریق آن ستاره دیده میشود باید به یک زاویه  $\alpha = 20.5$  به خط عمود در جهت آن که زمین حرکت میکند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

---



---

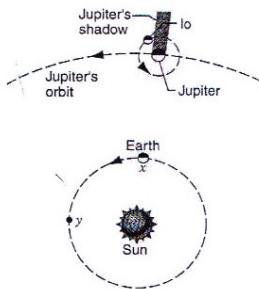
فصل (1) ..... امواج نوری

---



---

(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.

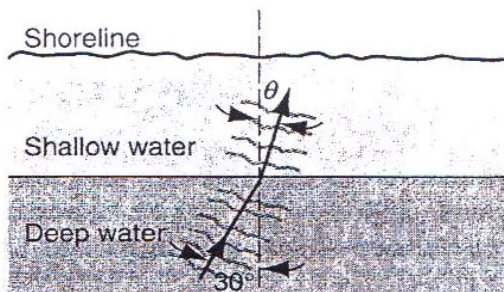
۳:- امواج اقیانوس به سرعت  $4.0 m/s$  تحت زاویه  $30^\circ$  درجه با نارمل قرار شکل ۱-۴۷ میرسد با فرض اینکه عمق آب ناگهان تغییر میکند و سرعت موج به  $3.0 m/s$  پائین می آید نزدیک به ساحل زاویه  $\theta$  بین جهت حرکت موج و نارمل چند است؟ قانون انکسار یکسانی برای نور در نظر بگیرید توضیح بدارید که چرا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



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

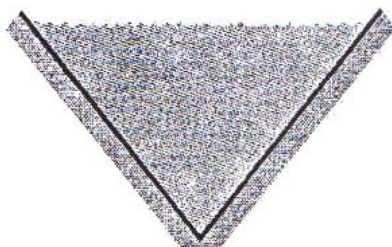


شکل ۱-۴۷: مسئله ۳.

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

(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
 

---



---

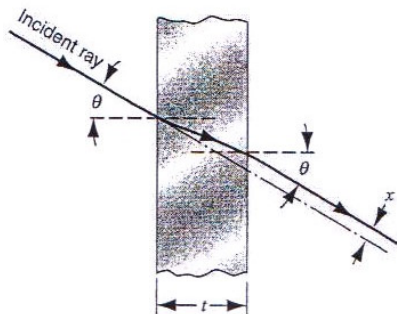
۵:- ثبوت کنید که اشعه نور به یک سطح ورق شیشه مستوی میتابد که ضخامت آن  $t$  است برخورد میکند و از جهت دیگر خود موازی به جهت اولیه خود است ولی دارای اضلاع بی جا شده به بیرون میباشد طوری که در شکل ۴۹-۱ نشان داده شده است.

(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 زوایه وارده  $10^\circ$  درجه است از بین یک ورق شیشه به ضخامت  $1.0\text{cm}$  را محاسبه نماید.



شکل ۴۹-۱: 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  $1,00000$

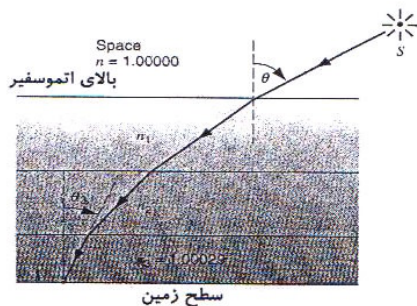
$$n_3 > n_2 > n_1 > 1.00000$$
$$\sin \theta_3 = \frac{1}{n_2} \sin \theta$$

(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 ستالایت به محاسبه گرفته شود تا موقعیت ثابت در روی زمین تثبیت نماید.

---

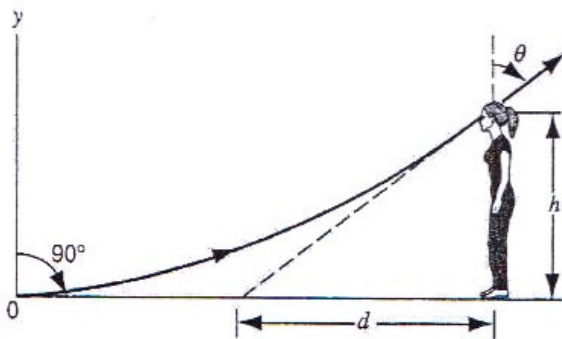
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



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 ببینید؟ شکل ۱-۵۱ و مسئله ۶ را ببینید.



شکل ۱-۵۱:- مسئله ۷.

---



---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

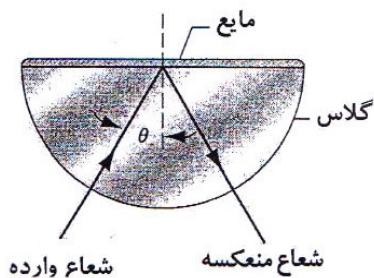


---

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 ۵۲-۱.

(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 ۵۲-۱:- مسئله ۹.

---



---

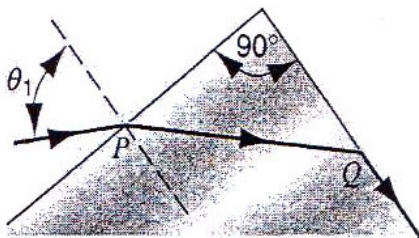
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

- ۱۰:- یک اشعه موج با طول موج داده شده در هوا به منشور  $90^\circ$  درجه (شکل ۱-۵۳) 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

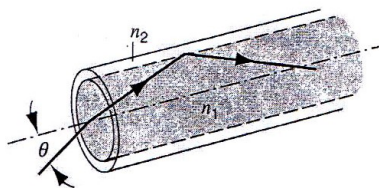
انکسار  $n_1$  است) توسط یک پوش محدوده شده (ضریب انکسار  $n_2 < n_1$  است).

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 نمائید؟



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)

(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  $L = 350 Km$  محاسبه کنید.

۱۴:- مالیکول هایدروجن در 700Km به فریکونسی 457THz خارج میسازد.

(a) تغییرات فریکوئنسی نور را که مشاهده میشود از سبب حرکت مایکول ها که به طرف ناظر به مربع جذر دوم سرعت حرکت میکند معین کنید.

(b) فریکونسی انتقالی بدست آورید اثر چنین نوری از اتم هایدروجن بجای مالکول آن میرون 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
 

---

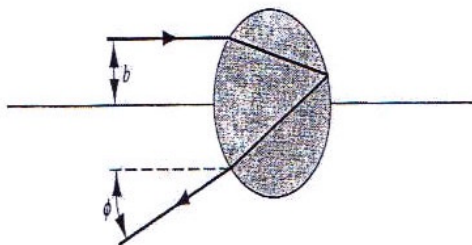


---

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 زیادهتر 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.)

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 پرورکتور 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.

# اوپتیک ہندسی و موجی

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 .





بعبارتی دیگر، اگر تفرق موجب بشود ما در قلمرو علم نوروپینیایی مادی، هم وقتیکه علم نوروپینیایی موج دانسته شده ایم برای اینکه هم اکنون ما طبیعت موج نور مخصوصا به سوی حساب در تحلیل می گیریم. تداخل را ما در فصل ۳ بحث می کنیم، و فصل انکسار در چپتر ۴ مثال تاثیرات هستند که ما باید روش های علم نوروپینیایی مادی به کار ببریم.

---



---

فصل (1) ..... امواج نوری

---



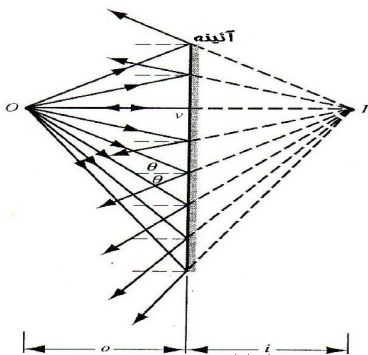
---

## 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
 

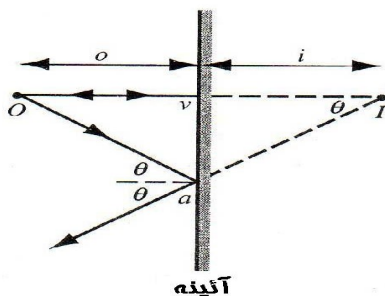
---



---

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

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 قبلاً 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 ۲-۳ چقدر بزرگ است.



The diagram illustrates the geometry of a vertical mirror. A vertical line represents the mirror. To the left, an object is at a distance  $o$  from the mirror. To the right, an observer's eye is at a distance  $i$  from the mirror. A dashed line represents the light path from the object to the mirror at point  $a$  and then to the observer's eye. The observer is looking at the virtual image of the object, which is located at a distance  $i$  behind the mirror. The observer's eye is labeled 'مشاهده' (Observation) and the mirror is labeled 'آئینه' (Mirror).

---



---

 فصل (1) . . . . . امواج نوری
 

---

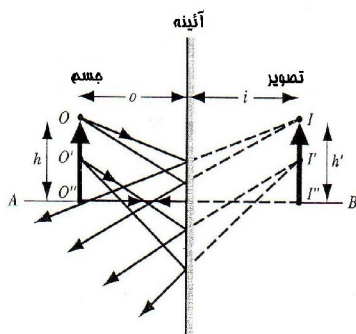


---

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 .



آن هم یک مسافت I به پشت آئینه است. بدینوسیله باتوجه به هدف کامل آهنگ ساخته شده است ازمنبعهای 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 تنهاییک 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.

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

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

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

$$m = -\frac{i}{o} \text{ ----- } (۳ - ۲)$$

برای آئینه های کروی هر دو شکل  $۲ - ۲$  و  $۳ - ۲$  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  $۲ - ۶a$  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

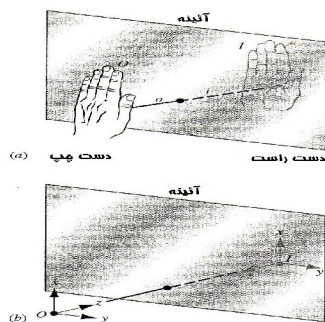
---



---

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
 

---



---

.....  
 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 پا های شخص  $f$  ، چشم های او  $e$  و بالای سر او  $t$  می باشد ، برای اینکه شخص مذکور تمام قد خود را ببیند ، اشعه نوری  $tac$  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 .

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

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

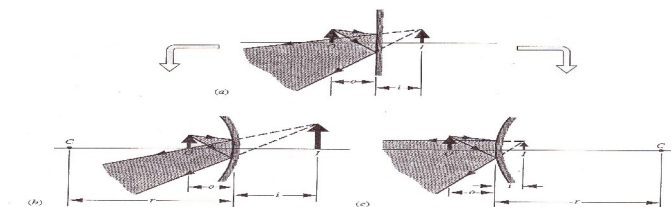
www.ketabton.com

## 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  $2-b$  و  $2-c$  اثرات را به دو طریق مختلف وانمود می سازند . در طریق اول شکل  $2-b$  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  $2-b$  فقط زمانی صدق می نماید که فاصله جسم از آئینه کوچک باشد ( کوچکتر از  $r/2$  طوریکه مشاهده می نمایم ).





---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

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 لایتنهای 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 تابند 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 .

---



---

 فصل (۱) ..... امواج نوری
 

---



---

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

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 لایتناهی 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 لایتناهی 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.

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.

تصویر حقیقی تصویر است که توسط شعاعات متقارب تشکیل می‌گردد. معمولاً می‌توانیم بگوییم 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 ۲-۸ فاصله جسم 0 ممت است.

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

---

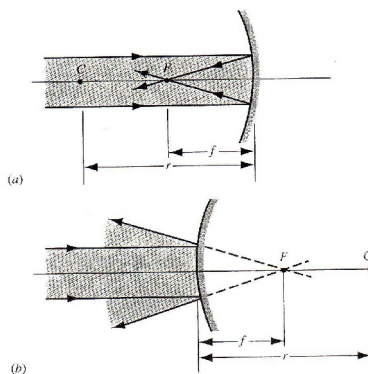


---

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 - ۸  $C$  مثبت و  $i$  منفی است. مثل شکل ۲ - ۸b اما  $r$  منفی است بخاطریکه  $C$  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



---



---

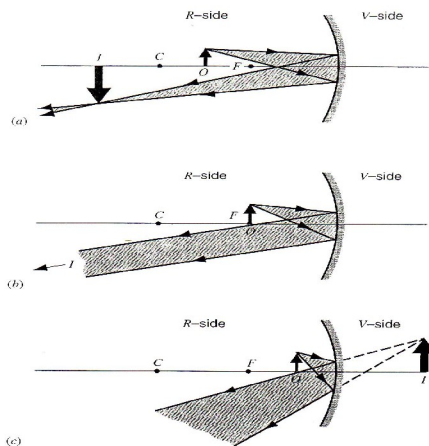
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

مجازی در جهت مجازی جمع شده اند.



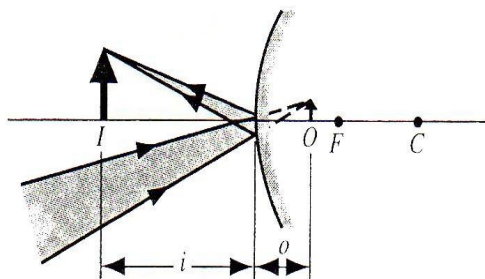
شکل ۲ - ۱۰ :- شی را به آرامی به آئینه مقعر نزدیک میکنیم. (الف) جسم دورتر از محراق قرار دارد .

(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

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



www.ketabton.com

## فصل (1)

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؟

ترسیم شعاع

---



---

 فصل (1) — . — . — . — . — . — . — . امواج نوری
 

---



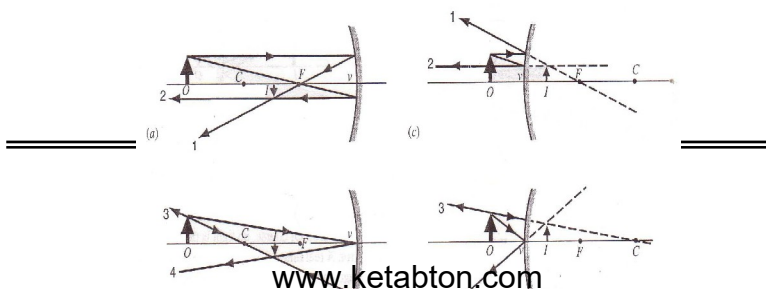
---

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 آنرا 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 ۱۲a - ۲ و ۱۲b - ۲ 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:

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

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

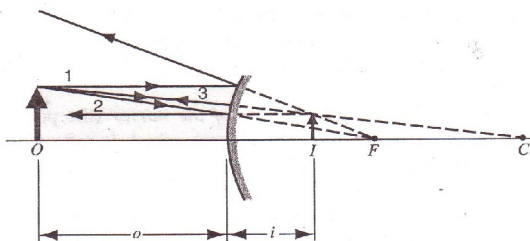
می آید:

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

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

---


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


---

---



---

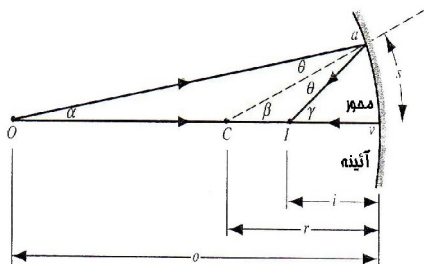
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

----- (۲ - ۷)



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 انحنا است. همچنان باید متذکر شده که کاملاً مساوی به  $s/r$  بوده چون مرکز انحنا قوس  $av$  را در نقطه  $c$  تشکیل

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

---



---

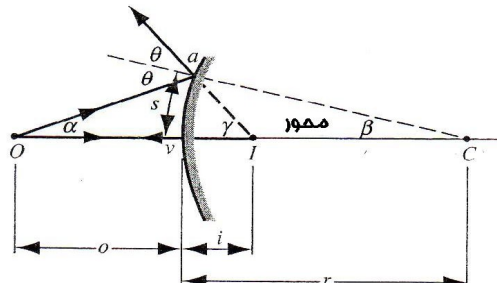
 فصل (۱) ..... امواج نوری
 

---

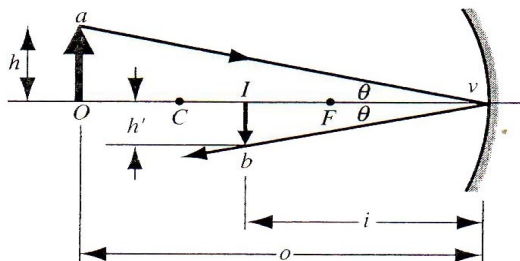


---

----- (۲ - ۹)



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



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

(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 دیاکرام دایروی با راس  $v$  می توان حالت ماکزیمم  $a$  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 بزرگنمایی 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

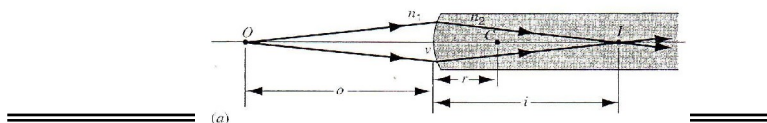
## فصل (1) ..... امواج نوری

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 0 به یک سطح منکسر کروی با شعاع انحنا  $r$  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 منکسر 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.



$$\frac{n_1}{o} + \frac{n_2}{i} = \frac{n_2 - n_1}{r} \quad \text{-----} (1, -2)$$

www.ketabton.com



شعاع انحنا قیمت مثبت را بخود میگیرد در صورتیکه مرکز یا C به طرف جهت حقیقی باشد و شعاع انحنا قرار شکل ۲ -  $17b$  قیمت منفی را بخود میگیرد، و در صورتیکه مرکز در جهت مجازی باشد، شعاع قیمت مثبت را شکل های  $(2 - 17a)$  و  $(2 - 17b)$  دارا است اما در b قیمت منفی را دارا می باشد.

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

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

در این جا  $r$  مثبت است چرا که مرکز یا  $C$  به جهت حقیقی مطابق به شکل  $2 - 17a$  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 :-

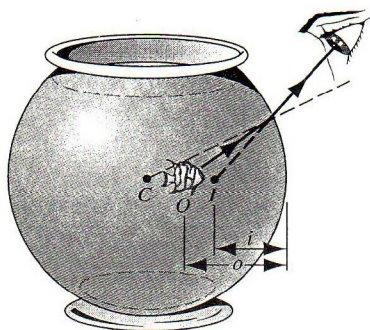
یک ماهی در جهت افقی قطر یک ظرف کروی به فاصله  $10cm$  از کنار آن شنا میکند، اگر شعاع کره  $15cm$  و ضریب انکسار آب  $n_1 = 1.33$  باشد، موقعیت ماهی را بدست آورید.

حل :- مطابق به علامه های قرار دادی و شکل هندسی  $2 - 19$ ، 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  $2 - 10$  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

خطی که از 0 و از مرکز انحناى سطح شکانده C میگذرد محور مناسبی است که سطح را در راس  $V$  قطع میکند. از 0 اشعه رسم میکنیم که با محور زاویه کوچک ولى 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.

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

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

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

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

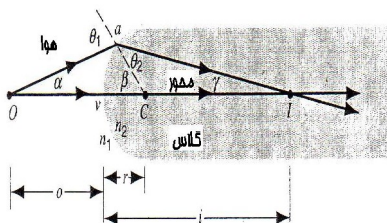
$$\theta_1 = \alpha + \beta \quad \text{-----} \quad ( \beta = \theta_2 + \gamma \quad 11-2 ) \quad \text{و}$$

با کوچک شدن  $\alpha$  زاویه های  $\beta$  ،  $\gamma$  ،  $\theta_1$  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.

$$n_1 \theta_1 \approx n_2 \theta_2 \quad \text{-----} \quad ( ۱۲ - ۲ )$$

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

$$n_1 \alpha + n_2 \gamma = (n_2 - n_1) \beta \quad \text{-----} \quad ( ۱۳ - ۲ )$$



شکل ۲-۲۰ :- شی 0 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.

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

از این معادلات فقط دومی آنها دقیق است دو تای دیگر تقریبی اند چون I و O مراکز دایره‌های که  $av$  قوسی از آنها باشند نیستند. با این همه برای شعاع‌های ( $\alpha$  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 عدسیه های نازک:

مثال های بسیاری در رابطه به انکسار نور توسط عدسیه های وجود دارد. مانند عدسیه در چشمان ما متمرکز کردن نور در شبکه چشم - و تصحیح کننده عدسیه های عینک و همچنین جبران کردن کمبودی های در بینائی ما وظیفه اجرا میکند. عدسیه های گوناگون برای متمرکز کردن نور در کمره های فیلم وجود دارد. در این بخش ما مورد بررسی قرار میدهیم مشخصات همچو عدسیه های را. در وضعیت های مختلف انکسار ظاهراً انکسار های متعددی دیده میشود. این یک راه درست برای ارتباط عدسیه است. از آن جاییکه اول نور از فضا به داخل کلاس تابیده و بعداً از

---



---

 فصل (۱) ..... 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 0 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:

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

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

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

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.

$$m = -\frac{i}{\Omega} \quad \text{-----} (14 - 2)$$

## علامت های قرار دادی

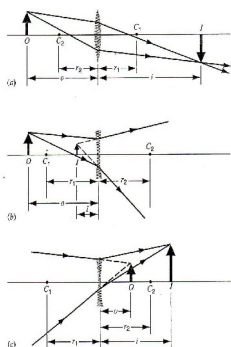
۱:- شعاع انحنا  $r_1$  با مراجعه کردن به سطح اولی به نور میخورد و  $r_2$  با رجوع کردن به سطح دومی به نور خورده و مثبت اند.

اگر مرکز متقابل انحنا طرف R باشد و اگر مرکز متقابل یا مطابقت انحنا به طرف V باشد شعاع منفی است .



در این حالت معادله  $۲ - ۱۶$  نشان می‌دهد که  $F$  همیشه منفی است. چنین قسم عدسیه‌های را بنام عدسیه منحرف مقعر می‌نامند یک عدسیه در مرکز باریکتر نسبت به کنار است وقتی که فرو رفتگی پائین تر از نما انکسار است همیشه یک عدسیه منحرف است.

ظاهر میشود به طرف عدسیه . به طرف همچو

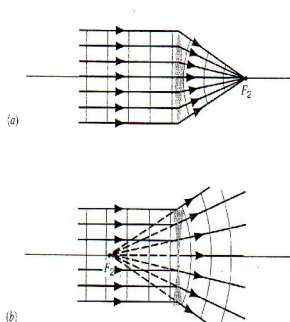


۴:- مطابق به معادله  $(2 - 17)$  قدرت ذره بینی منفی است. و قتیکه هر دو یعنی  $i$  و  $o$  مثبت هستند مانند شکل  $(2 - 21a)$  که متقابل است به معکوس تصویر که در این حالت تصویر مستقیم است. مانند شکل  $(2 - 21b)$  و  $(2 - 21c)$  قدرت ذره بینی مثبت است. بخاطریکه  $o$  و  $i$  علامت های متضاد دارند که در شکل  $(2 - 21b)$  نشان داده شده که  $o$  مثبت و  $i$  منفی است در حالیکه در شکل  $(2 - 21c)$ ،  $o$  منفی

Figure 1 consists of two ray diagrams, (a) and (b), illustrating the behavior of light rays passing through a thin lens. In diagram (a), parallel rays of light from a distant object enter the lens from the left and converge at a point labeled  $F_1$  on the right side of the lens. In diagram (b), parallel rays of light from a distant object enter the lens from the left and diverge as if they were coming from a point labeled  $F_1$  on the left side of the lens.

وفتیکه 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 میکند. نور دوباره به نوک محراقی دوم خود بر میگردد. (ب) زمانیکه یک دسته نور به عدسیه متباعد برخورد میکند، 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 همراهی 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) وقتی که امتداد داده شود می تواند که مستقیماً عبور کند که با نقطه 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
 

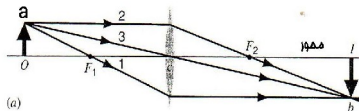
---



---

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.

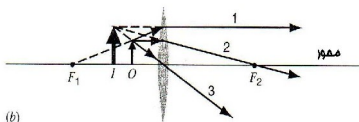
که سومی به شکل یک مانع قابل دسترسی می باشد.  
 نوت: شکل ۲ - ۲۴ برای هر سه اشعه است و ما می توانیم که مشاهده کنیم که انکسار جای یک طیاره در بر میگیرد در موقعیت تصویر و این تنها در عدسیه نازک یا باریک شده میتواند.



(a)

شکل ۲ - ۲۴ :- سه شعاع می توانند

که ظاهر کنند تصویر را توسط :

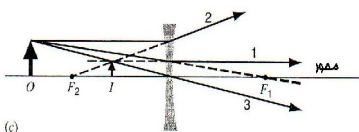


(b)

(الف) تصویر واقعی

(ب) تصویر مجازی

(ج) عدسیه متباعد.



(c)

استحصال فورمول عدسیه های نازک

شکل ۲-۵b نشان دهنده سطح اولیست که تصویر حقیقی 0 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
 

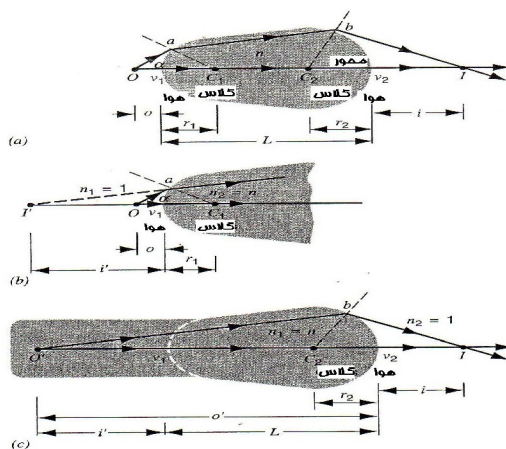
---



---

----- (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 (1) ..... امواج نوری
 

---



---

----- ( ۲ - ۲۱ )

با یکجا کردن معادله ( ۲ - ۱۸ ) و ( ۲ - ۲۱ ) چنین نتیجه بدست می آید.

$$\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \text{ ----- ( ۲ - ۲۲ )}$$

با ملاحظه از طرف راست معادله ( ۲ - ۲۲ ) .  $1/f$  مستقیماً به معادله ( ۲ - ۱۵ ) و ۲ - ۱۶ 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 :

$$- \frac{bI}{aO} = \frac{cI}{cO} \text{ ----- ( ۲ - ۲۳ )}$$

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 :-

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.

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = (1.65-1) \left( \frac{1}{+42\text{cm}} - \frac{1}{-42\text{cm}} \right)$$

$f = +32cm$  يا

در شکل (۲b-۲) و (۲c-۲)،  $C_1$  به طرف  $V$  موقعیت دارد که عدسیه  $r_1$  منفی است. تا زمانی که  $r_2$  مثبت است، از معادله ۲-۱۶ چنین نتیجه حاصل می شود که:

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = (1.65-1) \left( \frac{1}{-42\text{cm}} - \frac{1}{+42\text{cm}} \right)$$

$$f = -32cm \quad \text{یا}$$

.....  
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.

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 تصویرهای تشکیل شده است.

$$m_t = mm' \quad \text{-----} (۲ - ۲۶)$$

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

نظر به معادله ۲ - ۱۵ ما می توانیم که موقعیت تصویر اولی را چنین پیدا کنیم.

$$\frac{1}{+10cm} + \frac{1}{i} = \frac{1}{+15cm}$$

٤

$$i = -30cm$$

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:

$$\frac{1}{+36cm} + \frac{1}{i'} = \frac{1}{+15cm}$$

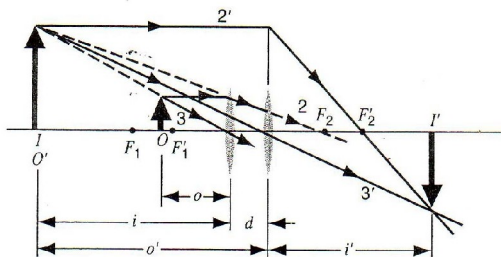
٦

---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

$$i' = +26\text{cm}$$



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 I 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 :

$$h_f = m_t h = (-3.57)(2.4cm) = -8.6cm$$

---



---

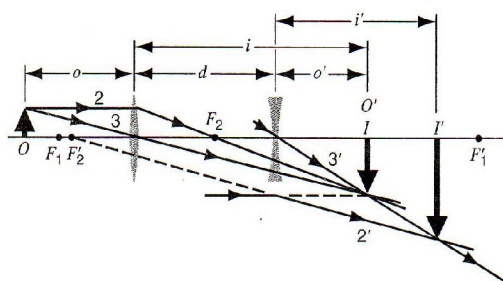
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

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 سيعتر کرد. این

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 میکرسکوپ 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 چسبانده 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 :

---



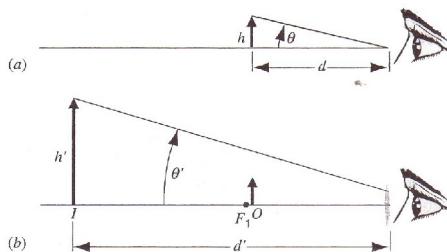
---

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 می‌تواند قرار دارد. برای موقعیت اجسام کوچک می‌توان گفت یک فاصله زیادی از چشم دارد که زاویه  $\theta$  تقریباً مساوی است به:

$$\theta \approx \frac{h}{d} \quad \text{-----} \quad (۲ - ۲۵)$$

$h$  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 می‌سازد.

---



---

 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.

$$\theta' \approx \frac{h'}{d'} \quad \text{-----} \quad (۲ - ۲۶)$$

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 یی  $m_\theta$  عبارت است از:

$$m_\theta = \frac{\theta'}{\theta} \quad \text{-----} \quad (۲ - ۲۷)$$

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 لایتنائی 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 وقتی که 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 :

$$\theta' = \frac{h'}{d'} = \frac{(i/o)h}{i} = \frac{h}{o} \approx \frac{h}{f} \text{ ----- (۲ - ۳۰)}$$

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:

$$m_{\theta} = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{h/f}{h/25cm} \text{ ----- (۲ - ۳۱)}$$

یا

$$m_{\theta} = \frac{25cm}{f}$$

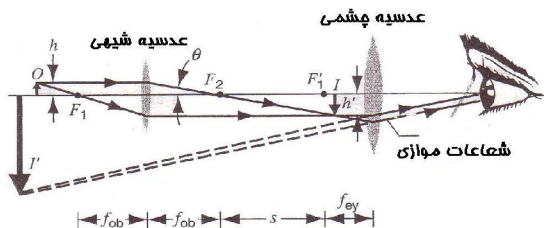
از مساوات (۲ - ۳۱) بزرگنمایی زاویه یی ذره بین های ساده بدست می آید، که فقط یک عدسیه استفاده میشود که عبارت از ذره بین شیشه ای معمولی است، که توسط مثلان و هنرمندان نمایش تصویر استفاده میشود. که در حقیقت یک ذره بین ساده است برای بدست آوردن بزرگنمایی ضلعی کروی میخواهیم که  $f$  به اندازه کوچک باشد که ممکن 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.





$$M = mm_{\theta} = -\frac{s}{f_{ob}} \frac{25cm}{f_{ev}} \text{ ----- ( ३३ - २ )}$$

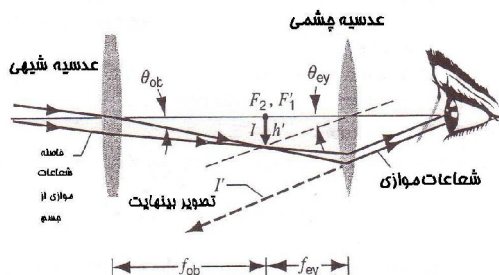
مانند میکروسکوپ انواع مختلف دارد نوع که ما در اینجا مطالعه میکنیم عبارت از تلسکوپ ساده که یک عدسیه شی و یک عدسیه چشمی دارد، هر دو در شکل ۲ - ۳۰ بوسیله عدسیه های باریک نشان داده شده است. در تمرین مثلاً مایکروسکوپ هر عدسیه شاید که از عدسیه



---

 فصل (1) . . . . . امواج نوری
 

---

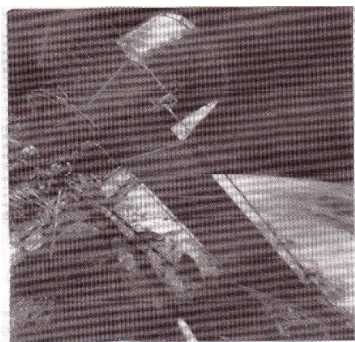


شکل ۲ - ۳۰ : - انحراف عدسیه باریک در میکروسکوپ برابر نمی باشد.

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 و قتیکه 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

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 نوریکه از آئینه های انفرادی منعکس شده در یک تصویر کره زمین تلسکوپ های نوری محدود شده اند و فقط میتواند که تصاویر تیز و خورده سازند. با انحراف اتموسفیر اغتشاش طبیعی در انحراف اتموسفیر تقریباً در طیاره موج پیش رو به زمین میرسد از فاصله جسم.

یک تلسکوپ انعکاسی که به مدار زمین فرستاده شده بوسیله سفینه در سال 1990 بود.



شکل ۲ - ۳۱ :- تلسکوپ فضای هوبل.

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

۱:- آیا کدام شی مجازی وجود دارد؟

(A) نخیر

(B) بلی، مگر فقط مانند ساختمان غیر فزیک 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 ایتیکی .

۲ - ۲ آئینه های مستوی :

۲-: در تصویر شما چی واقع میشود وقتی که 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

بقاى مى ماند.

تر است بتواند بصورت کامل خود را ببیند؟

(D) این وابسته به فاصله که شخص از آئینه قرار دارد می باشد.

۲ - ۳ آئینه های کروی:

۴ :- مسافریں موتر زمانیکہ به آئینه اتومبیل نگاہ 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 شیء 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

 $c, b(D)$ 

(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 . چي 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 ؟

0 < f (D)    i < f < 0    (C)    0 < f < i    (B)    f < 0    (A)

۲ - ۴ سطوح شکننده کروی :

8:- نور در عمق آب جوش می تابد . آب جوش مانند چی نوع اسباب ایستیکی 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 .



(D) جواب بستگی به موقعیت ماهی دارد.

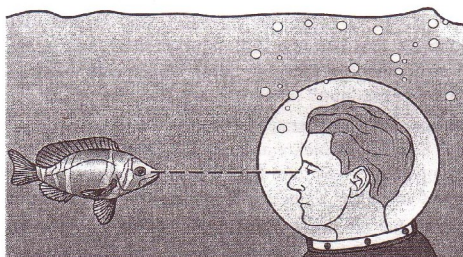
(b) اندازه تصویر با مقایسه با اندازه خود ماهی چي طور است؟

(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

---

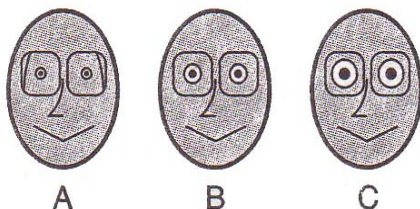
---

(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

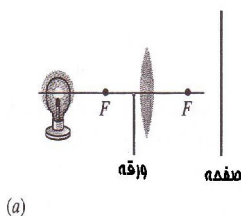
سوالات چند گزینه ای.



۱۴: - مانند شکل (۲ - ۳۵a) یک کارت تاریک و کدري 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؟

(D) مهم نیست ذره بین بستگی به 0 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 چپ 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 چرا که 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 دریاور 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؟



۲۴ :- تحت کدام شرایط یک عدسیه باریک ( نازک ) میتواند که بزرگ سازی افقی داشته باشد؟

الف : of-1

$$\text{of}+1 : \cup$$

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.

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  
شما؟

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 :- آما فرق مکند که:



---

---

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

عکسهای 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 چي 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.

شكل ٢ - ٣٦ : - تمرين ٤.

فصل (1) . . . . .

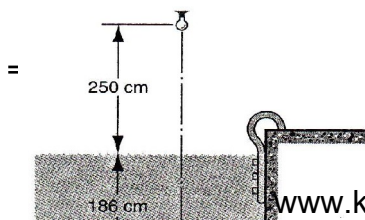
\_\_\_\_\_

0

شکل ۲- ۳۷ :- تمرین ۵.



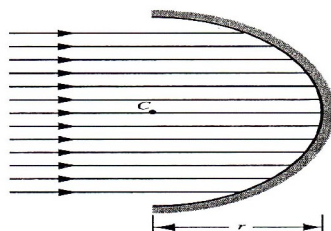
۷ :- شکل (۲ - ۳۸) یک چراغ برق را نشان میدهد که به فاصله 250cm از سطح آب حوض آبیازی آویزان است. عمق آب 180cm است و در کف حوض یک آئینه کلان است، هرگاه از نزدیک تلاقی نارمل نظر شود، تصویر چراغ برق در کجا تشکیل می گردد ؟





## 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 ۲ - ۱ :- 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   |



---



---

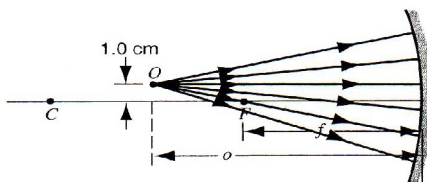
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

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 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
 

---

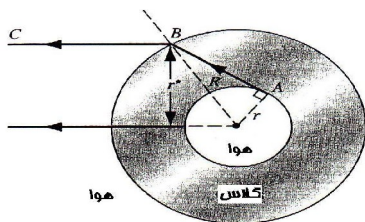


---

## 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: خود تان را متقاعد بسازید که اشعه  $ABC$  نشان دهنده شعاع ظاهری یا داخلی  $r$  است.

ب: ثبوت نماید که  $r^*$  مستقل از  $R$  است.



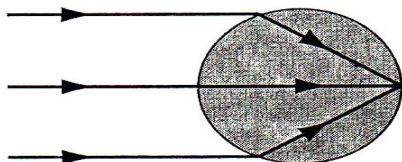
شکل ۲ - ۴۱ :- تمرین ۱۷.

## 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  |      |

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.



شكل ٢ - ٤٢ :- تمرين ١٩.

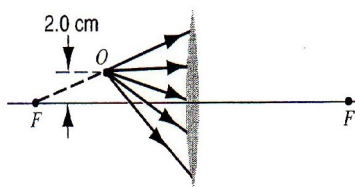
---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

## ۲ - ۵ عدسیه های نازک:

۲۰:- شکل ۲ - ۴۳ را تکمیل نمایید ، امتداد مسیر هر اشعه وارده از منبع O را پس از عبور از عدسیه ترسیم نمایید ، فاصله محراقی 10cm و فاصله جسم 6cm است .



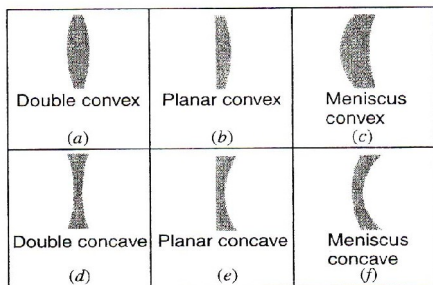
شکل ۲ - ۴۳:- تمرین ۲۰.

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 سطح دیگر آن است . هرگاه فاصله محراقی 60mm باشد . شعاعات انحنا را بیابید.

۲۳:- فرض نمایید 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 ؟

ب: اگر جسم به فاصله 40cm بسمت چپ عدسیه قرار داشته باشد تصویر در کجا تشکیل خواهد شد.

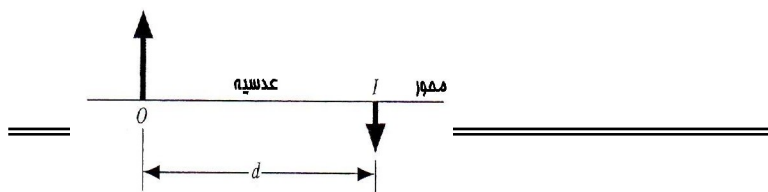


شکل ۲ - ۴۴ : - تمرین ۲۵.

۲۵:- شما یک حلقه شیشه ای تخت با ضریب انکسار  $n=1.5$  را اختیار بدارید و همچنان یک دستگاه عدسیه تراش که شعاع انحنا 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 .



ج :- فاصله محراقی عدسیه مذکور چند است.







---

---

فصل (1) . . . . . امواج نوری

---

---

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؟

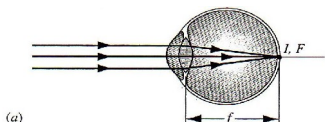
۳۷ :- شکل ۲ - ۴۶a تصویر یک چشم نورمال انسان را نشان می‌دهد. شعاعات ورودی از لایتهای یک تصویر معکوس بالای شبکه تشکیل می‌دهد. چشم به مانند یک عدسیه محدب متقارب عمل میکند. بیشترین انکسار در قسمت خارجی چشم قرینه اتفاق می افتد . یک فاصله محراقی f را برای یک چشم ۲.۵ سانتی متری فرض نمائید ، در شکل ۲ - ۴۶b جسم به فاصله  $o=36.0\text{cm}$  از چشم منتقل میشود برای تشکیل تصویر بالای شبکه 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 انحنای 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 .

---

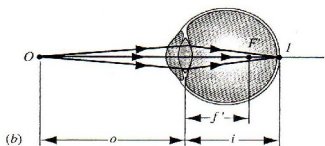
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



(a)

شکل ۲ - ۴۶ - تمرین ۳۷:



(b)

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.

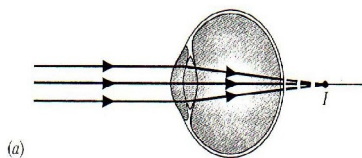
۳۹:- در یک میکروسکوپ مرکب ، جسمی به فاصله 12.0mm از عدسیه آبجکتیف ( شی ) قرار دارد فاصله بین عدسیه های میکروسکوپ 285mm است تصویر میانه به فاصله 48mm از عدسیه چشمی فاصله دارد بزرگنمایی چند است .

۴۰ :- در یک چشم دوربین، چشم شعات 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 میگرد . قرار شکل ( ۲ - ۲۷b ).

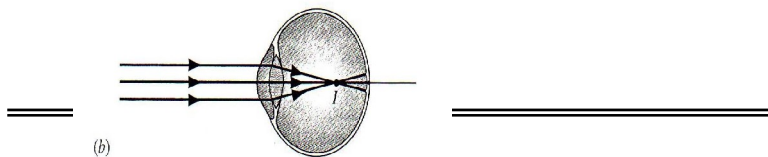
الف: شما برای رفع مشکل برای هر دو نوع چشم چه نوع عدسیه را در نظر میگیرید. برای هر حالت دیاگرام شعاعات را در نظر بگیرید.

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.



////////////////////

## مسائل

The diagram shows a light source  $S$  at the top center. Two slits, labeled  $M$  and  $A$ , are positioned below  $S$ . The distance from  $S$  to each slit is labeled  $d$ . The distance between the two slits is also labeled  $d$ . The slits are represented by vertical bars with small gaps at their centers.

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 بیابید 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 بیابید.

---



---

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 زیر 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.

$$d = \sqrt{D(D - 4f)}$$
$$\left(\frac{D-d}{D+d}\right)^2$$

www.ketabton.com



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



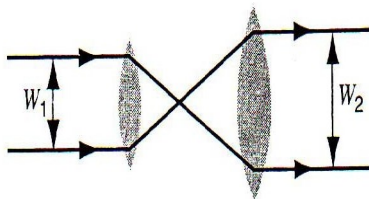
---

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.



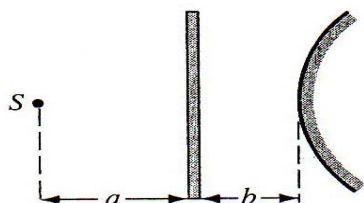
شکل ۲ - ۴۹: - سوال ۹.

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 دیگرام اشعه را نیز رسم کنید.

---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



شکل ۲ - ۵۰: - سوال ۱۰.

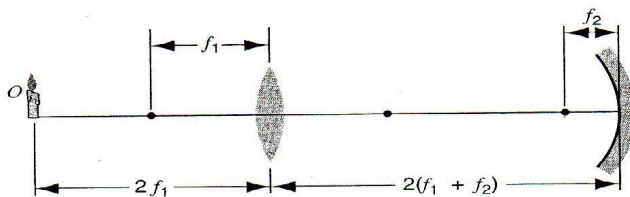
۱۱:- دو عدسیه نازک با فواصل محراقی  $f_1$  و  $f_2$  با هم در تماس اند، ثبوت نماید که آنها بصورت یک عدسیه واحد با فاصله محراقی

$$f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2} \text{ عمل می نماید.}$$

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 نه‌ای را بیابید هرگاه از طریق عدسیه به سمت آئینه ببیند.

ب: دیاگرام مناسب شعاعات را رسم نماید.

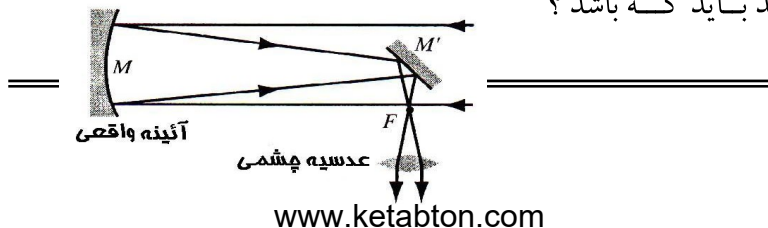






$$m_{\theta} = -f_{ob} / f_{ey}$$

چند باید که باشد ؟



---

---

فصل (1) ..... امواج نوری

---

---

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 سائز 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.

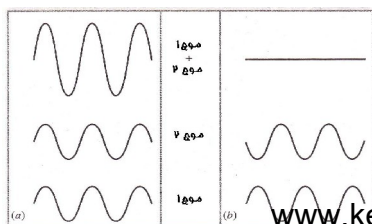
### ۳ - ۱ تداخل دو منبع

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) . . . . .

گرچه اساساً هر تعدادی از امواج میتواند 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 ای که 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 ۳-۱a 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 ۳-۱a 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.







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

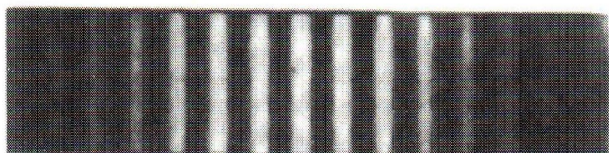
جایکه سایه نشان میدهد تیزی دره را. حد اصغری واقع شده در امتداد خط که سایه آن کمی واضح محدود شده است.

### ۳ - ۲ تداخل دو شکاف

۲۷۷



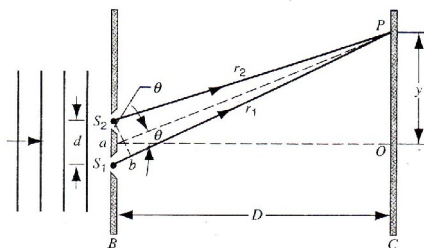
شکل ۳-۳: - رشته از امواج نوری که وارد میشود در یک مسیر به داخل دو سوراخ باریک که جدا شده توسط فاصله  $d$ . عرض سوراخ ها کوچک بوده که مقایسه میشود همراهی طول موج. از این رو امواج عبور میکنند از میان گسترده گی سوراخ و صفحه را روشن می کنند.



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



شکل ۳ - ۵: - شعاعات از  $S_1$  و  $S$  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 پاینتراز  $O$  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 - ۱b) 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 نمو دار 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 :

$$\frac{m \lambda}{d} = \frac{y_m}{D} \quad \text{----- ( ۳ - ۳ )}$$

$$y_m = m \frac{\lambda D}{d} \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \text{ ماگزیمم})$$

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 -

---



---


$$\Delta y = \frac{\lambda D}{d}$$


---



---



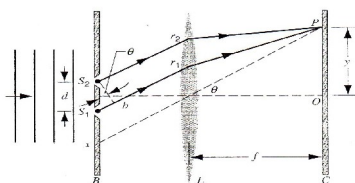
اگر عدسیه بین منبع و صفحه استفاده شود ممکن است بنظر رسد که یک تفاوت فاز بین اشعه عقب که با  $S_2b$  نمایش داده میشوند بوجود بیاید

---

 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 باشد 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

---

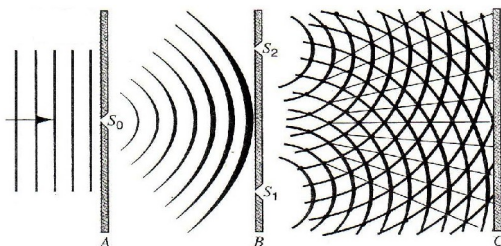


---

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 نور ها 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

(a) موقعیت اولین اصغری زاویوی را پیدا کنید؟ اعظمی دهم را پیدا کنند؟

(b) فاصله صفحه بین ماگزیم 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  $\theta = 0.13^0$  میگردد.

(b) در حد اکثر دهم  $m$  را مساوی به  $10$  قرار داده و از معادله  $3 - 1$  استفاده نموده داریم که: از معادله  $3 - 4$  درمی یابیم که:

$$\Delta y = \frac{\lambda D}{d} = \frac{(546 \times 10^{-9} \text{ m})(55 \times 10^{-2} \text{ m})}{0.12 \times 10^{-3} \text{ m}} = 2.5 \text{ mm}$$



---



---

 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.

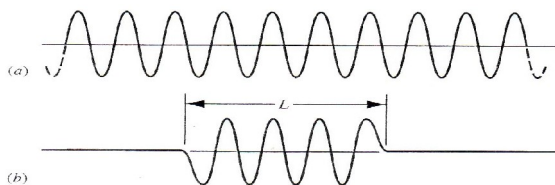
که این روش ها مطابق به آزمایش برای مکمل ساختن شعاعات نوری موافق بوده و نتیجه شدت در هر نقطه همیشه بزرگتر است نسبت به شدت که حاصل میگردد یا تولید میگردد. اما در موج های به هم چسبیده شدت برخورد کوچکتر است نسبت شدت که از برخورد حاصل میگردد (در صورتیکه منبع موج یک منبع باشد).

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 -



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.





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 ۱-۳ و ۲-۳ 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.

$$E_1 = E_0 \sin \omega t \quad \text{-----} \quad (۳ - ۵)$$

$$E_2 = E_0 \sin(\omega t + \phi) \quad \text{-----} \quad (۳ - ۶)$$

و از آنجاییکه  $\omega (= 2\pi f)$  فریکوئنسی موج و  $\phi$  فرق فاز بین آنها

است طوریکه  $\phi$  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.

$$E = E_1 + E_2 \quad \text{-----} \quad (۳ - ۷)$$

---



---

 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:

$$\frac{I_{\theta}}{I_0} = \left( \frac{E_{\theta}}{E_0} \right)^2 \text{ ----- ( ۳ - ۱۲ )}$$

از مقایسه معادلات ۳ - ۱۰ و ۳ - ۱۲ چنین نتیجه حاصل میگردد .

$$I_{\theta} = 4I_0 \cos^2 \beta \text{ ----- ( ۳ - ۱۳ )}$$

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:

$$\frac{\text{تغییرات فاز}}{2\pi} = \frac{\text{تغییرات مسیر}}{\lambda} \text{ ----- ( ۳ - ۱۴ )}$$

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

$\phi$  فرق فاز بوده طوریکه در معادله (3-5) مساوی به  $d\sin\theta$  میباید پس داریم که:

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

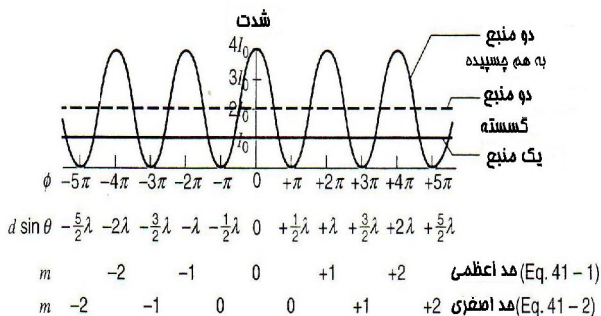
از معادله 3-9 داریم که:

$$\beta = \frac{1}{2}\phi = \frac{\pi d}{\lambda}\sin\theta \quad \text{----- (3-15)}$$

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 :

$$d \sin \theta = m\lambda \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad \text{----- (اعظمی)}$$

که مانند معادله ۳ - ۱ است. نظر به معادله ۳ - ۱۶ که شدت اصغری مساوی است به

$$\cos^2 \frac{1}{2} \phi = 1$$

$$\phi = (2m + 1)\pi \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad \text{یا}$$

از معادله ۳ - ۱۵ چنین استنباط میشود که :

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 نقطه ها 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 می کند صفحه تداخل را، بخاطریکه انرژی یا قدرت همچنین بوجود می آید توسط جریان تداخل. بدین ترتیب اوسط شدت تداخل باید که  $2I_0$  باشد، مانند منابع غیر کوهرنت. که این ها در معادله 3-16 تطبیق میگرد.

حالا ما معادلات (۳ - ۸) را با معادلات ۳ - ۱۰ برای الکترون و نوری را در دو شکاف تداخل داخل می کنیم. که این عملیه توسط عملیات الجبری می تواند 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
 

---



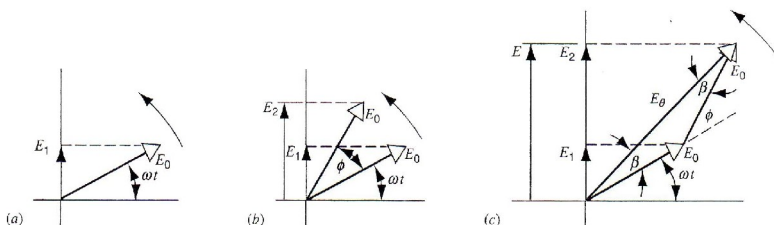
---

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
 

---



---

که این معادلات مطابق به معادلات ۳-۹ و ۳-۱۰ 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؟

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

$$E_2 = E_0 \sin(\omega t + 15^\circ)$$

$$E_3 = E_0 \sin(\omega t + 30^\circ)$$

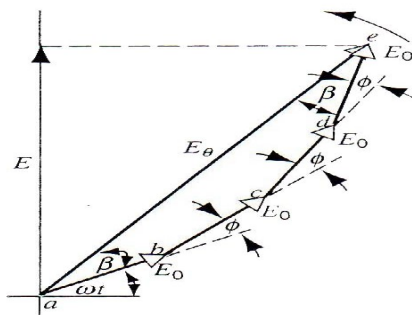
$$E_4 = \sin(\omega t + 45^\circ)$$



$$E_{\theta} = 3.83E_0$$

پس نتیجه  $E(t)$  در روی محور عمودی عبارت از تصویر  $E_{\theta}$  در روی محور می باشد.

$$E(t) = E_{\theta} \sin(\omega t + \beta) = 3.83E_0 \sin(\omega t + 22.5^{\circ}).$$



شکل ۳ - ۱۱ : - مسئله نمونه ۳-۲ چهار موج بصورت هندسی اضافه شدن با استفاده از میتود سکلوترون.

### ۳ - ۵ تداخل در فلم نازک

رنگ ها که بر اثر برخورد نور بالای حباب های صابون و روغن چرب سبب میشود که تداخل امواج نوری از پیش و عقب بروی سطح نازک

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 طوریکه در شکل ۳ - ۱۲ نشان داده شده است.

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  $r_2$  ازنگاه هندسه با هم موازی بوده طوریکه در شکل (۳) — (۱۳) نشان داده شده است که از این نقطه سر چشمه گرفته است.

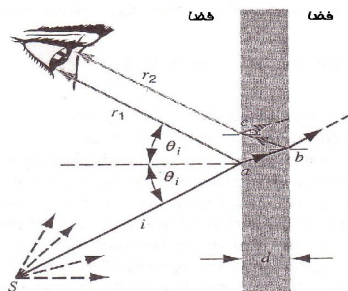


شکل ۱۲ - ۳: شکل پرده آبی

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.





در بخش 9-18 ما بحث کردیم که تغییرات مرحله برگشت یا معکوس برای امواج متقاطع در تار ها است. برای توسعه چنین طرز تفکر باید که ترکیب تار ها 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. در تر از انعکاس یک اهتزاز خواهد بود، از عقب به



---



---

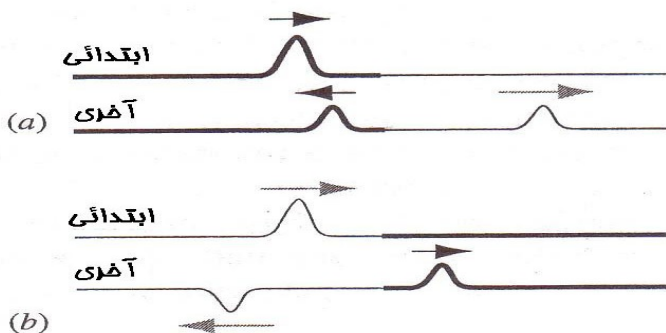
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

چپ یا به پهلوی 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



$$\lambda_n = \lambda / n \quad \text{-----} \quad (۳ - ۱۸)$$

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  $\frac{1}{2}$  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.

$$(۳-۱۹) \text{-----} \quad 2d + \frac{1}{2}\lambda_n + \frac{1}{2}\lambda_n = \text{تغیر فاز}$$

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:

$$(۳-۲۰) \text{--} \quad (2d + \frac{1}{2}\lambda_n = m\lambda_n \quad m = 1, 2, 3, \dots \text{ (حد اعظمی)})$$

$$2d + \frac{1}{2} \lambda_n = (m + \frac{1}{2}) \lambda_n \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad (3-21) \text{ - (حد اصغری)}$$

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

برای نور خیلی ضخیم می توان گفت  $d \approx 1\text{cm}$  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 نوارهای 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 :-

حل:- در این سوال ما میخواهیم که طول موج را دریافت کنیم که  $\lambda$  در نکات مثبت رخ دهد که قرار شکل  $3 - 20$  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 ناحیه دید تقریباً بین  $400$  و  $700\text{nm}$  روشنی طول موج  $567\text{nm}$  سبز و زرد دیده میشود. اجزای ترکیبی زیادی دیده میشوند. و قوتیکه منعکس شوند چه رنگی از نوار عبور میکند؟

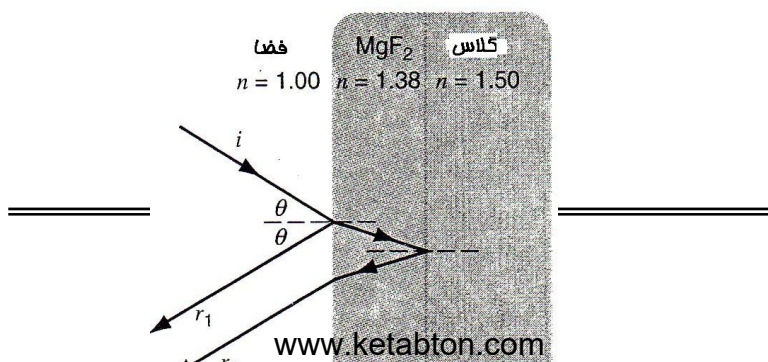
## فصل (1) . . . . . امواج نوری

مسئله نمونه ۳ - ۴ :

عدسیه ها اقلان 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  $180^\circ$  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  $2d + \lambda_n = (m + \frac{1}{2})\lambda_n$  یا  $(m + \frac{1}{2})\lambda_n =$  است.







---



---

 فصل (1) . . . . . امواج نوری
 

---

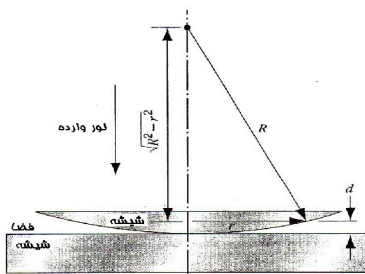


---

شکل ۳ - ۱۶ نشان دهنده یک عدسیه محدب است که شعاع انحنای  $R$  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 همراهی 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  $180^\circ$  که اولین انعکاس از قسمت متوسط و بلند تر از دیگر شاخه های انکسار است. موقعیت برای تقاطع مثبت باقی می ماند.



A circular, textured surface, possibly a CD or DVD, with a series of concentric rings radiating from a central point, set against a dark background.

با وجود تغییر نا پذیری معادله ۳ - ۲۰ داریم که:

$$2d = (m - \frac{1}{2})\lambda$$

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 عموماً 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

## برگشت نور و تغییر فاز در انعکاس نوری

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 جاییکه  $n_2 > n_1$  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 جاییه ضریب نوسان انتقالی آن است.

$$E \sin(\omega t + 180^\circ) = -E \sin \omega t$$

اساساً در برگشت یا انعکاس باید که اضافه کرد که دو اشعه از طرف چپ بالای شکل ۳-۱۸ باید که مساوی باشد به اشعه های بوجود آمده

---



---

فصل (1) ..... امواج نوری

---



---

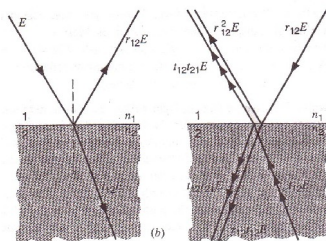
در شکل ۱۸a - ۳ که برگشت دو اشعه که در قسمت پائین و چپ ۱۸ - ۳ باید که لغو شوند. همچنان در شکل دومی نیز داریم که:

$$r_{12}t_{12}E + t_{12}r_{21}E = 0$$

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.



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

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

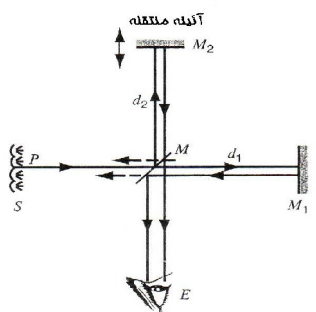


## فصل (1) . . . . . امواج نوری

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  $M$ ،  $M_1$  و  $M_2$  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 طوریکه زیاد میشود با میزان کردن نور سنج بسیار حساس همچنان طوریکه  $M_2$  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؟

تعداد نوار ها بدین گونه یکسان است مانند نصف تعداد طول موج ها در  $1.0000cm$  و یا

$$\frac{1.0000 \times 10^{-2} m}{\frac{1}{2} (589.00 \times 10^{-9} m)} = 33.956$$

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 فیزیکی مغایرت دارد از نظریات قرن ۱۹ در زمینه موجی بودن مروج است. این برای فیزیکدان مشکل بوده تا خواص فیزیکی 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

---



---

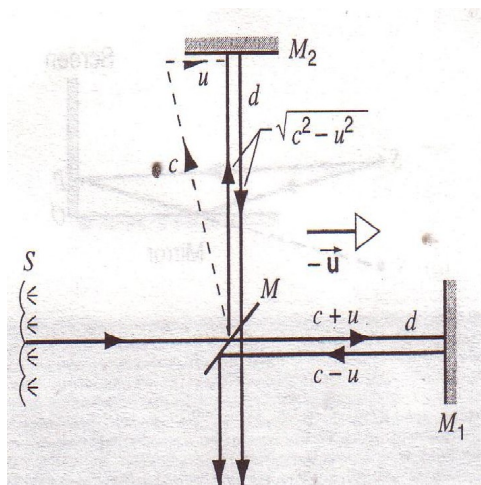
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

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.

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 ، مبنا 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

$$\Delta N = \frac{\Delta \phi}{2\pi} = \frac{\omega(2\Delta t)}{2\pi} = \frac{2c\Delta t}{\lambda} = \frac{2d}{\lambda} \left( \frac{u}{c} \right)^2 \quad \text{-----} \quad (23 - 2)$$
$$\Delta N = \frac{2d \left( \frac{u}{c} \right)^2}{\lambda} = \frac{(2)(11m)}{5.9 \times 10^{-7} m} (10^{-4})^2 = 0.4$$

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)  $d \geq \lambda/3$  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)  $d \leq \lambda$  (E)  $d \leq \lambda/3$  س

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

(A) زیاد میشود. (B) کم میشود. (C) ثابت می ماند. (D) بستگی دارد که کدام انشعاب پوشانده شود.

(A) شدت نور زیاد میشود. (B) شدت نور کم میشود.

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؟

(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) دوره‌ها یخش، خواهد شد دورتر از یگدیگر

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 بالایی صفحه؟

(B) دوره‌ها یخش خواهد شد دورتر از یگدیگر.

(C) دورها حرکت خواهد کرد نزدیک بر یگدیگر.

(D) موقعیت خود را دور ها 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 دور ها زیاد خواهد شد.



---



---

 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 بیاورد 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 :

(E) هیچ یک از اینها تغییرات خاص واقع نخواهد شد.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

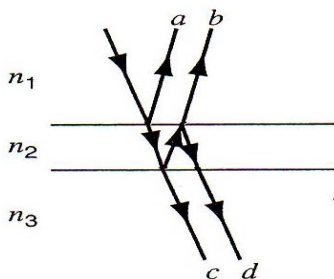


---

( d ) فرض نماید فاز های را که بعلت ضریب های انکسار مورد دستخوش یک تغییر فاز قرار داشته که:

$$(C) \quad n_2 > n_3 > n_1 \quad (B) \quad n_1 > n_2 > n_3 \quad (A)$$

$$n_3 > n_1 > n_2 \quad (D) \quad n_3 > n_2 > n_1$$



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) دور ها در یک فاصله دور از یکدیگر واقع هستند.

(D) دور های روشن در تاریک واقع و مبهم روی همدیگر قرار

دارند.



$$\lambda < 550nm \quad (\text{C}) \quad \lambda = 550nm \quad (\text{B}) \quad \lambda > 550nm \quad (\text{A})$$

////////////////////

## سوالات

۳۳۹

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 دوره‌های 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 کوهرنت 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؟

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 : گلیبرک 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 بگویند که تغییر فاز 0 یا  $\pi$  ممکن است یا خیر؟ آیا می توانید بگویند که تغییر مکان فاز را دقیقاً میتوان با استفاده از قانون ماکسول محاسبه نمود یا خیر؟

۳۲:- مشخصه های یک آنتین رادار حساس منحنی یک آخذ امواج رادیوی شناخته شده به ارتباط مشخصه های آن مستقیماً منحنی یک ناقل یا ترانسمتر 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 مجذوبیت 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 نسبیت 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 که چرا؟ عدسیه ها این دامنه را وسعت می بخشد؟

////////////////////

### ۳- ۱ تداخل دو منبع

### ۳ - ۲ تداخل دو شکاف

۱:- شعاع مونوکروماتیک سبز با طول موج 554nm 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 مونو کروماتیک دو شکاف را به فاصله تقریباً  $d$  منور می سازد حد اعظمی اول در موقعیت زاویه مانند  $۱۵^\circ$  درجه عیار شده به چپ



---



---

فصل (1) — . — . — . — . — . — . — . — . امواج نوری

---



---

فیصدی باید  $d$  افزایش یا کاهش یابد تا حد اعظمی دومی در جای ۱۵ درجه عیار شود.

۳:- یک آزمایش دو شکاف توسط شعاع آبی و سبز به طول موج ۵۱۲ نانومتر انجام شد شکاف ها 1.2mm می باشد. اگر فاصله صفحه از شکاف ها 5.4m 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 592nm باشد.

۵:- یک سیستم دو شکاف در برابر مولد حاشیه تداخلی برای شعاع سودیم به طول موج 589nm که 0.23 درجه است می باشد. برای کدام طول موج فاصله زاویوی شکل از ۱۰ فیصد بزرگتر باشد؟ فرض کنید که زاویه  $\theta$  کوچک است.

۶:- یک سیستم دو شکاف دو برابر مولد حاشیه تداخلی برای شعاع سودیم به طول موج 589nm که ۰.۲۰ 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 5.22mm است و شکاف ها 1.36m از پرده فاصله دارند. دو منظره تداخلی در صفحه دیده شده میتواند اول به خاطر شعاع با طول موج 480nm 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 -

۱۳: - شعاع سودیم با طول موج  $\lambda = 589\text{nm}$  بالای یک شکاف دو برابر به فاصله  $2.0\text{mm}$  می افتد فاصله صفحه شکاف  $40\text{mm}$  است چپ یک غلطی انکسار با استفاده از رابط ۳ - ۱ در سیستم واقع میشود که تا حاشیه روشن دهم را برای صفحه واقع سازد؟

۱۴:- طول ارتباطی یک موج فاصله است بالای فاز که موقعیت ثابت داشته باشد.

(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؟

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؟



---



---

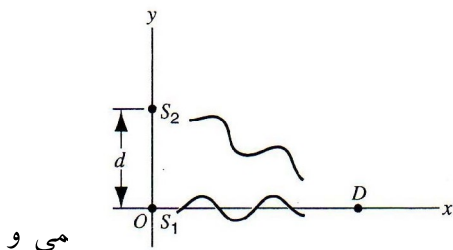
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

(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.

$$y_1 = 10 \sin \omega t$$

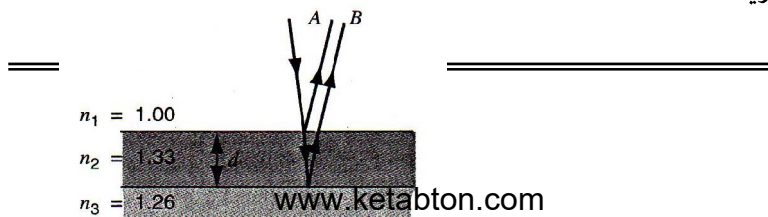
$$Y_2 = 14 \sin(\omega t + 26^0)$$

$$y_3 = 4.7 \sin(\omega t - 41^0)$$

### 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 620nm بالای آن وارد گردیده منعکس نشود. حد اقل ضخامت پوش مذکور را بدست آوردید.

۲۵ :- اگر طول موج شعاع وارده  $\lambda = 572nm$  باشد. شعاعات A و B قرار شکل ۳ - ۲۴ دارای فرق فاز  $1.50\lambda$  اند ضخامت طبقه d را بدست آورید.



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

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 وقتی که 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؟

---



---

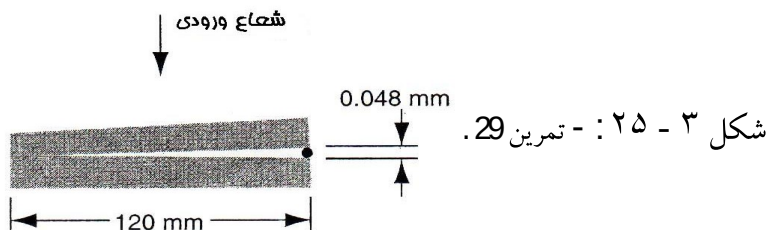
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

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.





۳۴ :- قطر ده حلقه نوری در یک دستگاه از نیوتن از 1.42 به 1.27cm تغییر میکند اگر بین عدسیه و مستوی مایع در نظر گرفته شود ضریب انکسار مایع مذکور را بدست آورید؟

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

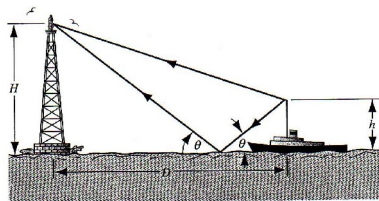
---



---

۳۵:- یکی از دستگاه نیوتن برای اندازه گیری قطر عدسیه استعمال میشود شعاعات  $n^{\text{th}}$  و  $(n+20)^{\text{th}}$  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 وقتی که موج اتصالی در لحظه اول به آنتن برسد.



شکل ۳ - ۲۷ :- تمرین ۳۶.

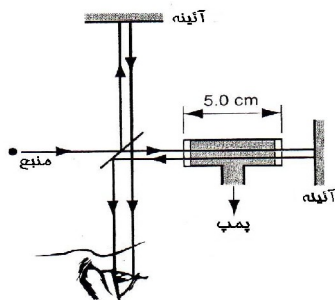
37:- در مسئله نمونه ۳ - ۴ فرض کنید که انعکاس برای شعاع بطول موج 550nm صفر است. فاکتور که انعکاس را کاهیده است. (الف) اگر طول موج 450nm. (ب) اگر طول موج 650nm باشد بدست آورید. ( $\phi$  در رابطه ۳ - ۱۶ محاسبه کنید).

### 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 انتروفرومتر 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 انتروفرومتر نصب شده است قراریکه در شکل 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.

۱: - در مقابل سالون صدا یا مثلاً سخnerانی شعاع متشکل از هیلیم نیون و لیزر با طول موج  $\lambda = 632.8\text{nm}$  دو چند شکاف را منور میسازد. از همان نقطه به عقب سالون به  $20\text{m}$  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 سخران 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 هایپرβολا 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

---



---

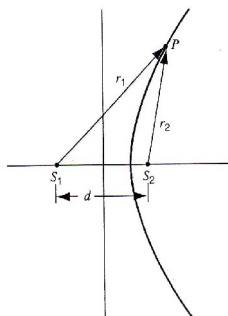
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

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 ۱.۴ می باشد پوشیده شده است. و از شکاف دیگر شیشه دیگری با ضریب انکسار ۱.۷ 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
 

---



---

توسط بالای نیز قابل انعکاس اند بدانگو که مولد یک سلسله حاشیه های داخلی 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.

$$\Delta r = r_{m+1} - r_m \approx \frac{1}{2} \sqrt{\lambda R / m}$$

$$A = \pi \lambda R$$

۱۲: - یک اصطلاح برای انترومتر برای شدت عیار شده بیان کنید (شکل ۳ - ۲۰) مانند یک تابع موقعیت آئینه غیر ساکن اندازه موقعیت آئینه را بدست آورید یا در نظر داشت  $d_1 = d_2$ .



## فصل ۲

## تفرق

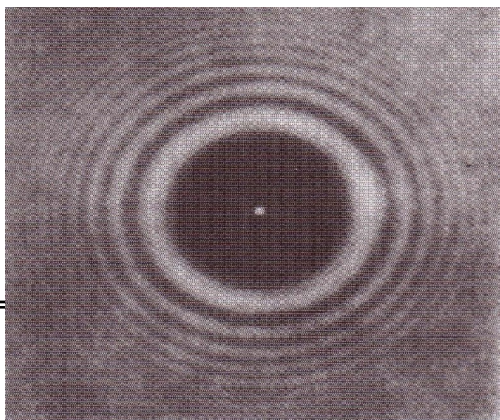
برای بوقوع پیوستن تفرق اندازه شی یا ماده به اندازه طول های موج و موج های لازمه متساوی باشد. وقتی که طول موج کوچکتر از اندازه شی قرار گیرد تفرق قابل رویت بوده و شی به قسم یک سایه تیر به نظر خواهد رسید. نمونه های مختلف تفرق شامل نور و دسته های عینی نور بوده، که در قسمت ۳ کتاب مورد مطالعه قرار گرفت است. 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.

## ۴-۱ تفرق و نظریہ موجی نور

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.

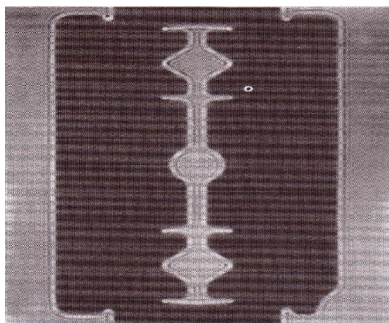
در شکل دیده میشود که نمونه از تفرق بالای سطح بصورت واضح و روشن دیده میشود و به صورت صحیح نقطه روشن که از مرکز قرار دارد قابل رویت می باشد. در شکل ۴ - ۳ دیده می شود که وقتی جسم توسط نور روشن شود اثری از تفرق است. برای مشاهده عینی تفرق تجربه ذیل را اجرا میکنیم:

آنها وقتی که توتۀ از کاغذ سفید را روشن می سازد توسط چشم از فاصلۀ های دور قابل دید میباشد. Floaters ها سبب آبیگی شدن و سیال شدن مردمک چشم توسط حشرات خود میگردد. و روشنی که در قرنیه یا شبکیه چشم مشاهده میکنیم همه شان نمونه از تفرق است.

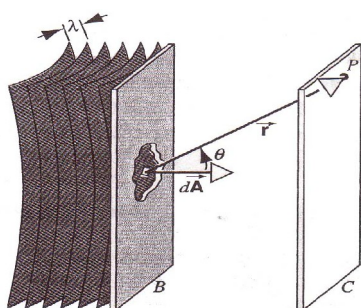


نوت در نکته روشن در مرکز صفحه.

در شکل (۴ - ۴)، C عبارت از صفحه یا عکس فیلم است که نور را گرفته و در بین و یا به اطراف شی یا جسم منکسر می سازد.



۳:- بعضی از منابع نور توسط دیوارهای B مسدود می‌گردد.



اختیاری می‌باشد. نمونه تفرق را می‌توانید

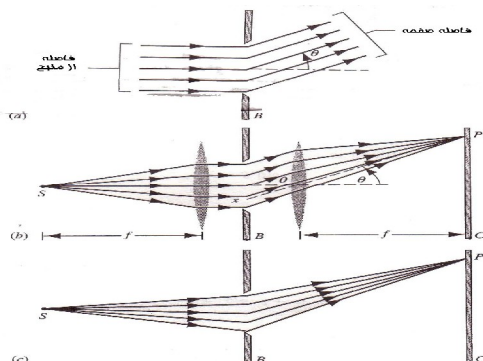
## فصل (1) . . . . . امواج نوری

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) مکملأ 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 فاصله 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.



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 طوری که 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.



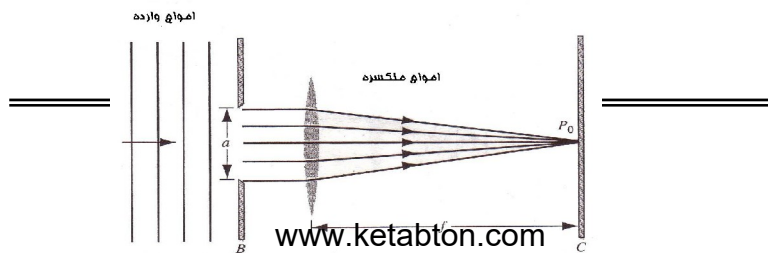
## فصل (1) . . . . . امواج نوری

حالتی دیگری نیز وجود دارد که بنام تفرق فرونرفیر یاد میگردد که در لابراتوار دو آئینه مورد استعمال قرار میگرد. 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  $P_x$  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.



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 میکند. 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

$$\frac{a}{2} \sin \theta = \frac{\lambda}{2} \quad \text{است پس:}$$

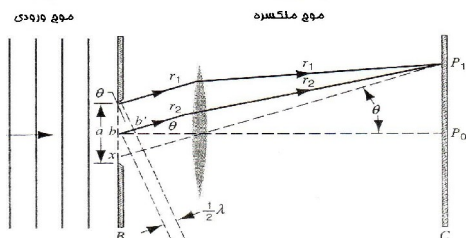
$$a \sin \theta = \lambda \quad \text{----- (۴ - ۱)}$$

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:

# فصل (1) . . . . . امواج نوری

$$\sin \theta = 1$$

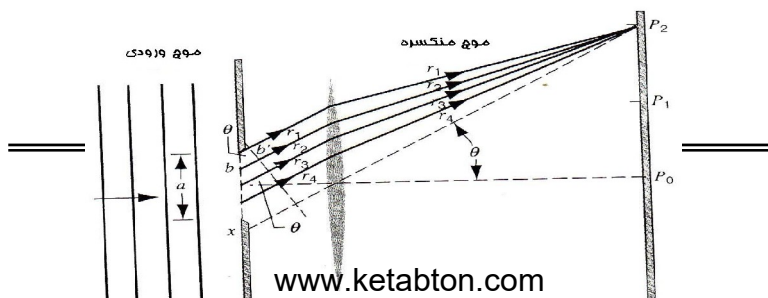


شکل ۴ - ۷: - وضع در حد اصغری اول نمونه تفرق. زاویه  $\theta$  نظر به فاصله  $bb'$  نصف طول موج است.

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:

$$\frac{a}{4}\sin\theta = \frac{\lambda}{2} \quad \text{-----} \quad (۴ - ۲)$$

یا

$$a \sin \theta = 2\lambda$$

که در این جا  $a$  عبارت از وسعت سوراخ و  $\lambda$  عبارت از طول موج میباشد.

$$a \sin \theta = m\lambda \quad m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad \text{حد اصغر ی (۳-۴)}$$

$m$  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.

حل: - طوری که در معادله ۴ - ۳ قیمت  $m=1$  بوده پس عبارت است از:

$$a = \frac{m\lambda}{\sin \theta} = \frac{(1)(650\text{nm})}{\sin 15^\circ}$$

$$= 2510\text{nm} = 2.51\mu\text{m}$$

.....

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  $\theta = 15^\circ$  بوده پس زاویه اصغری اولی  $\theta = 10^\circ$  و زاویه اصغری دومی عبارت از  $\theta = 20^\circ$  می باشد پس :

$$a \sin \theta = 2\lambda'$$

یا

$$\lambda' = \frac{1}{2} (2510\text{nm})(\sin 20^\circ) = 430\text{nm}$$

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.





---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---

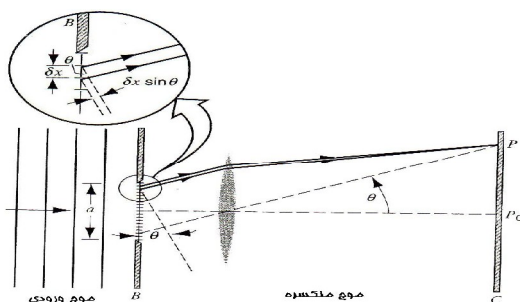


---

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 مسیر های شعاع می باشد.



شکل ۴ - ۹: - یک شکاف با عرض  $a$  تقسیم شده به نوار های  $N$  با عرض  $\delta x$ .  
 که واضحاً نشان داده شده وضع نوار دومی. حدود دیفرانسیل عرض  $dx$  هر کدام از نوار ها بطور لایتجزا کوچک شده و شماره نوار ها 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

چونکه از زاویه  $\theta = 0$  دور می شویم تغییر فاز  $\Delta\phi$  به یک قیمت معین غیر از صفر تقرب می کند و مجدداً وکتورهای  $N$  را از نقطه آخری شان به نقطه اولی قرار میدهد هر اختلاف جهت وکتور را از ما قبلاً بوسیله

---



---

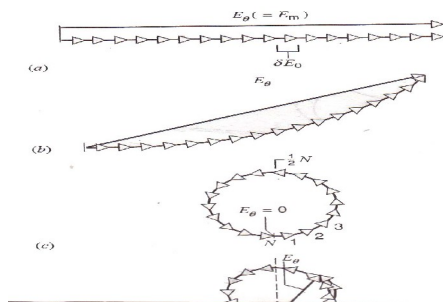
 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

$\Delta\phi$  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 : - وکتور های 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

بیاد داشته باشید که شدت نقطه اعظمی درین حالت خیلی کوچک تر از نقطه اصغری در حالت مرکزی است در شکل ۴ - a ۱ ارائه گردیده بلاخره این حلقه بالای خودش نزدیک میگردد. یک محصله صفری را ارائه میکند. و به نقطه اصغری دوم، منطق 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  $4 - 4$  ارزیابی می کنیم . و محصله  $E_\theta$  را پیدا میکنیم مانند شکل  $4 - 10b$  سپس مربع این محصله شدت نسبی را میدهد مانند بخش  $4 - 3$  .  
 نوری که از یک درز به P میرسد فقط حالتی از فاز میباشد که درز بی اندازه خورد گردد ، و تعداد درز ها به همان تناسب خورد گردد ، سلسله از وکتور های دوار در شکل  $4 - 10b$  نزدیک به قوس دایره میشود طوری که در شکل  $4 - 11$  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
 

---



---

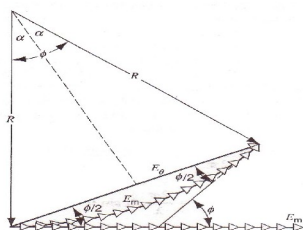
بالا و پائین شکاف بوده که فاز این دو شعاع عبارت از  $a \sin \theta$  است، داریم که :

$$\frac{\text{مسیر}}{\text{فرق}} = \frac{\text{فرق}}{\lambda}$$

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 - b.

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:

$$I_\theta = I_m \left( \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 \text{ ----- (۴ - ۸)}$$

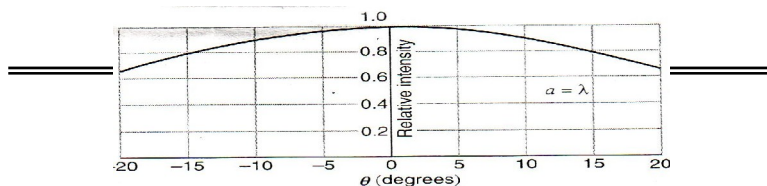
معادله ۴ - ۸ همراه با معادله ۷ - ۴ مقایسه میگردد یعنی ترکیب شان نتیجه میدهد که ما برای آن (شدت در شکاف تفرق منفرد برای هر زاویه  $\theta$ ) جستجو کنیم.

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 (۷ - ۴) بدست می آید که:

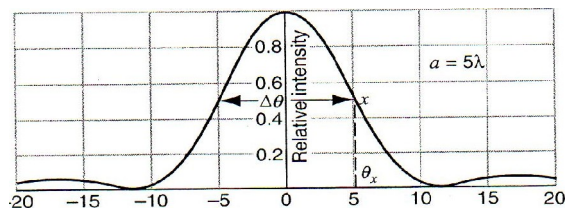
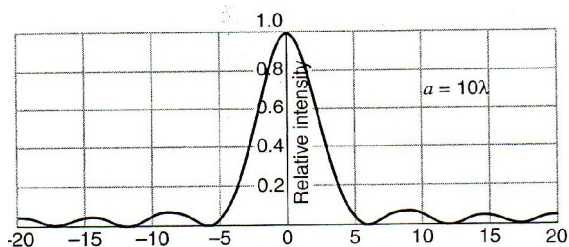
$$\alpha = m\pi \quad m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \text{ ----- (حد اصغری)}$$



---

 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 ضع اعظمی تقریباً بین حد اقل و قیمت معادله ذیل است .

$$\alpha \approx (m + \frac{1}{2})\pi \quad m = 1, 2, 3, \dots$$

با یک نتیجه مشابه برای  $m < 0$  وضع قیمت فوق در معادله 4 - 8 معادله ذیل بدست می آید.

$$I_{\theta} = I_m \left[ \frac{\sin(m + \frac{1}{2})\pi}{(m + \frac{1}{2})\pi} \right]^2$$

بعد از اختصار می توانیم بنویسیم که :

$$\frac{I_{\theta}}{I_m} = \frac{1}{(m + \frac{1}{2})^2 \pi^2}$$

---



---

 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 - ۱۲b 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 - ۱۲b 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  $1.19 \neq 1$  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  $1.31 \neq 1.19$  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 منحیث 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:

$$\theta_x \sin^{-1} \left( \frac{\alpha_x \lambda}{\pi a} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{1.39}{5\pi} \right) = 5.1^0$$

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.

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:

$$\therefore \sin \theta = 1.22 \frac{\lambda}{d} \quad \text{----- ( 11 - 4 )}$$

طوری‌که  $d$  قطر شکاف است که می‌تواند توسط معادله ۴-۱ مقایسه گردد.

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{a}$$

۱.۲۲. که در اصغری اولی شکاف عرضی  $a$  قرار دارد. این اصطلاحات با فکتور

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

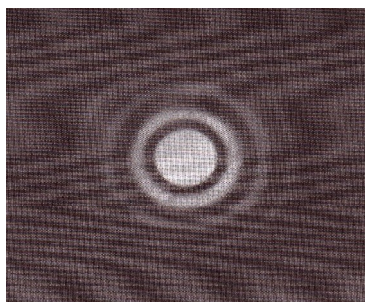
در شکل ۴ - ۱۴a اجسام ثابت نیستند و از یک منبع نقطوی فرق شده نمی توانند ، از شکل ۴ - ۱۴b بخوبی نمایان اند در شکل ۴ - ۱۴c کاملاً وصل اند در شکل ۴ - ۱۴b فاصله زاویوی دو نقطه از منبع همانند حد اعظمی تفرق نقطه مرکزی و حد اقل تفرق نقاط دیگری می باشد که بنام رای لگز کریرون یاد میشود.

و قیمت زاویوی  $\theta_R$  را دارا می باشد.

$$\theta_R = \sin^{-1} \left( \frac{1.22\lambda}{d} \right)$$

از آنجائیکه زوایای شامل نسبت کوچک اند بناً بجای  $\sin \theta_R$  می توانیم  $\theta_R$  را وضع کنیم.

$$\theta_R = 1.22 \frac{\lambda}{d} \quad \text{-----} \quad (۴ - ۱۲)$$



---



---

 فصل (1) . . . . . امواج نوری
 

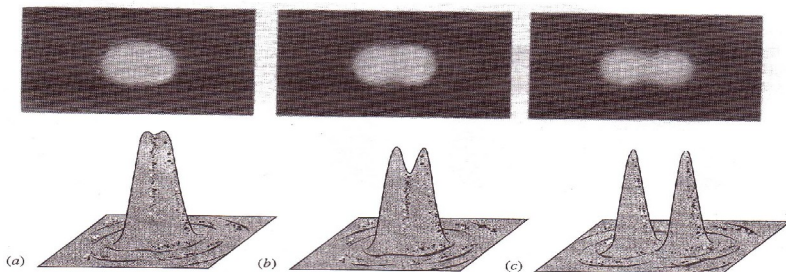
---



---

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. بناً  $a/\lambda = 200,000$  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.

اگر چنین اشیاء توسط مایکروسکوب نوری بررسی شود ساختمان آنها در اثر تفرق پنهان خواهد شد.



---



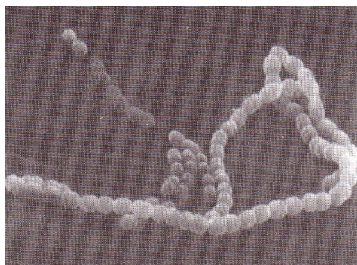
---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---



شکل ۴ - ۱۵ :- نشان دهنده ای تصویر

باکتریای زنجیری با قطر  $10^{-6} m$  توسط الکترون مایکروسکوب 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 .

$$\theta_R = 1.22 \frac{\lambda}{d} = \frac{(1.22)(550 \times 10^{-9} m)}{32 \times 10^{-3} m}$$

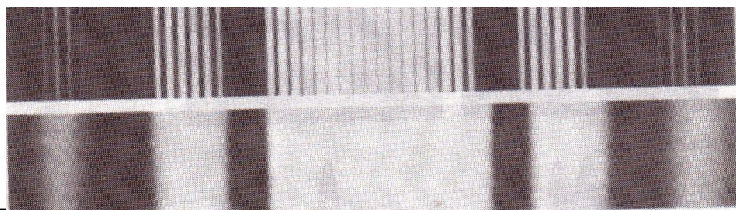
$$= 2.10 \times 10^{-5} rad = 4.3 arc seconds$$

$$\Delta x = f\theta_R = (0.24m)(2.10 \times 10^{-5} \text{ rad}) = 5.0 \mu m$$

و یا تقریباً <sup>۹</sup> 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 منظمأً 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. معمولاً در عمل 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.



---



---

 فصل (1) . . . . . امواج نوری
 

---



---

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 هریک 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 (۱) ..... امواج نوری
 

---



---

جاییکه :

$$\beta = \frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta \quad \text{-----} \quad (۴ - ۱۴)$$

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 .

$$I_{\theta, dif} = I_{m, dif} \left( \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 \quad \text{-----} \quad (۴ - ۱۵)$$

جاییکه :

$$\alpha = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta \quad \text{-----} \quad (۴ - ۱۶)$$

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 .

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

این تصویر برای پدیده ترکیبی عبارت است از:

$$I_{\theta} = I_m (\cos \beta)^2 \left( \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 \text{ ----- ( ۴ - ۱۷ )}$$

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.

اثرتداخل برای توزیع دوباره انرژی موجوده در روی صفحه شکل یک ست از نوارها را می کند.

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



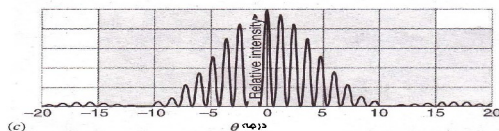
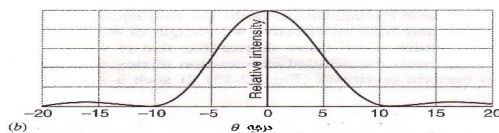
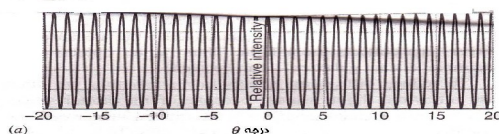
---

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.

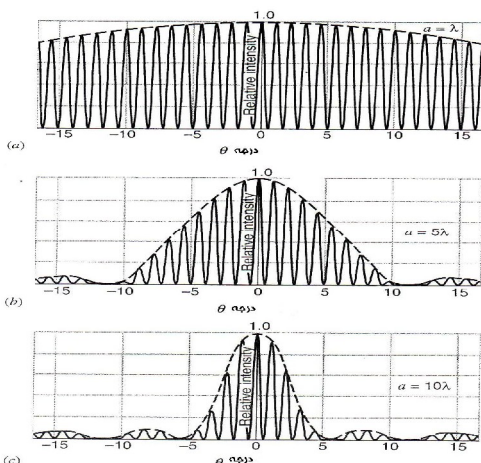
$C$  حاصل ضرب را نشان می دهد. (که عامل آن  $\cos^2 \beta$ ) نشان دهنده عامل تفرق  $\left(\frac{\sin \alpha}{\alpha}\right)^2$  و



اگر ما عرض درز  $a$  را کم می‌سازیم محوط نوارها عریض تر می‌شود و قله مرکزی گسترش می‌یابد (شکل‌های  $۱۸a - ۴$  و  $۱۸b - ۴$  را مقایسه کنید).

معادله ۴ - ۱۷ به معادله

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  $4 - 14$  ،  $\beta \rightarrow 0$  طوریکه  $d \rightarrow 0$  تقرب نموده و معادله  $4 - 17$  به معادله  $4 - 15$  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 نیز تر میگردد. (شکل های  $4 - 18b$  و  $4 - 18c$  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 هردوی 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.

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  
 $(\frac{\sin \alpha}{\alpha})^2$  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  $\beta / \alpha = d / a$  و بنا برین:

$$\frac{d}{a} = \frac{11}{2}$$

جدایی درزیعی  $d$ ،  $\frac{11}{2}$  مرتبه عرض درز  $a$  باشد شرایط تنها وابستگی  
 به نسبت جدایی درز  $d$  بر عرض درز  $a$  دارد و نه برای طول موج

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

برای  $\lambda$  بزرگتر پدیده عریض تراست 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 وکتورهای ساحه برقی  $N$  از قسمت درز  
 بالای به وکتورهای 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  $\phi = \frac{\phi}{N}$  بین هریک از  
 فازهای  $N$  موجود است. برای اضافه نمودن گروپ دوم فازهای  $N$   
 (همنوا با درز پایین) ما باید زاویه فاز  $\phi$  بین آخرین فاز از قسمت درز

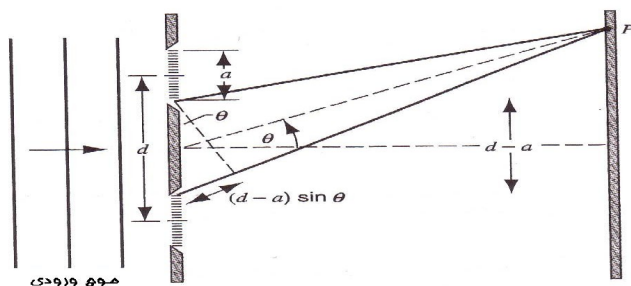
---



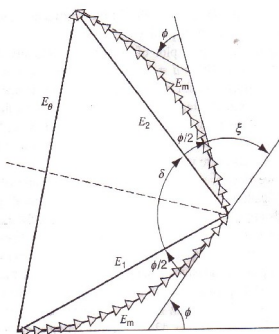
---

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 نماییم.



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 4- 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 (۱) ..... امواج نوری
 

---



---

$$\sin \frac{\delta}{2} = \sin \left( \frac{\pi}{2} - \frac{\xi + \phi}{2} \right) = \cos \frac{\xi + \phi}{2} \quad \text{---- (۴ - ۲۱)}$$

از اصطلاح

$$\frac{\text{اختلاف مسیر}}{\lambda} = \frac{\text{اختلاف فاز}}{2\pi}$$

همرای اختلاف فاز بین دو شعاع ( از قسمت پائینی درز بالا و قسمت بالای درز پائین 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  $\frac{\phi}{2} = \left( \frac{\pi a}{\lambda} \right) \sin \theta$  در می یابیم که:

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



---



---

فصل (1) ..... امواج نوری

---



---

که نظر به معادله ۴ - ۱۴  $\beta$  است . جایگزین کردن آن در معادله ۴ - ۲۱ در می یابیم که :

$$\sin \frac{\delta}{2} = \cos \beta$$

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:

$$E_{\theta} = 2E_m \frac{\sin \alpha}{\alpha} \cos \beta \quad \text{----- (۴ - ۲۲)}$$

مربع نمودن معادله ۴ - ۲۲ شدت را چنین میدهد.

$$I_{\theta} = I_m (\cos \beta)^2 \left( \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2$$

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؟

- ## ۴-۲) تفرق در درز منفرد

(A) بلی، برای هردو.

(B) فقط برای تفرق از درز واحد.

(C) فقط برای تداخل از درز واحد.

(D) نه ، برای هر دو.

(D) افزایش شدت منبع نور.

(D) زاویه اعظمی هردو افزایش می یابد بخاطریکه انطباق پذیری آنها ادامه دارد.

## فصل (1)

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؟

$$(A) \quad a \sin \theta_m = m\lambda \quad (B) \quad a \sin \theta_m > m\lambda \quad (C) \quad$$

$$a \sin \theta_m < m\lambda$$

9: - پدیده تفرق اعظمی در زاویه  $\theta_m$  موقعیت داشته که  $m$  یک عدد تام مثبت است و

$$(A) \quad a \sin \theta_m = (m + 1/2)\lambda \quad (B) \quad a \sin \theta_m > (m + 1/2)\lambda$$

$$(C) \quad a \sin \theta_m < (m + 1/2)\lambda$$

### 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. طوریکه  $K$  یک عدد ثابت و توسط انتگرال دریافت میشود کدام یک از قیمت ها برای  $K$  ممکن است

$$(A) \quad K < 1 \quad (B) \quad K = 1 \quad (C) \quad 1 < K < 1.22 \quad (D) \quad$$

$$K = 1.22 \quad (E) \quad 1.22 < K$$

۱۱: - کوچکترین جسمی که توسط میکروسکوب نوری عادی تحلیل می شود عبارت است از ؟

#### ۴ - ۵ تداخل دو شکاف و ترکیب تفرق

www.ketabton.com

۱:- هنگام تمیز نمودن بین تفرق فرسل آیا قواعد فزیکی 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؟

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 نظربدهید" 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؟

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



## تمرينات



۹ :- درزی به عرض 1.16mm توسط نوری با طول موج 589nm روشن شده است پدیده تفرق بالای صفحه که 2.49m دورتر واقع است دیده می شود فاصله بین نخستین دوتفرق 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 مونوکروٹیک 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 -  $10^\circ$  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 -  $12^\circ$  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 دونقطه را با درنظر 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 اطاق 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 دوقایق که از یکدیگر قرار دارند و هنوز به

۲۱ :- نقاشی آقای جورج بوش سورات که در شکل ۴ - ۲۲ نشان داده شده حاوی نقاط کوچک به اندازه  $(2m \approx)$  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 نماید که بیننده بایداز چنین نقاشی قرار گیرد تا بتواند که مخلوط رنگها دلخواه خود را



شكل ٤ - ٢٢ :- تمرين ٢١ .

www.ketabton.com



---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

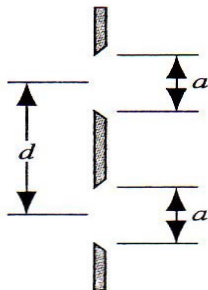
---



---

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 نوار های 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 نوار ها بین اصغری اول و دوم محوط قرار می گیرد؟

۲۹:- (a) چه تعداد نوار های مکمل در بین اولین اصغری نوار محوطه در هر طرف اعظمی مرکزی برای یک نمونه ای یک درز مضاعف

---



---

 فصل (1) ..... امواج نوری
 

---



---

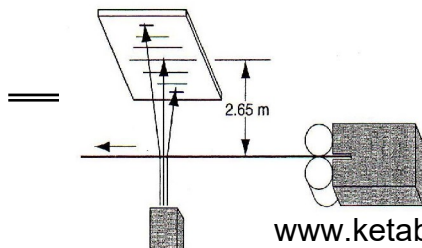
ظاهر میشود اگر  $\lambda = 557\text{nm}$  ،  $d=0.150\text{mm}$  و  $a=0.030\text{mm}$  ؟  
باشد؟

(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

---

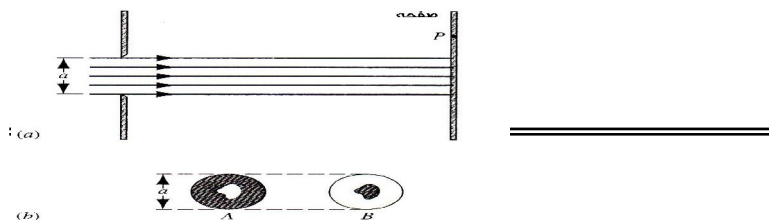


---

شکل ۴ - ۲۴ - مسئله ۱.

۲ - یک شعاع مونوکروماتیک نور موازی بالای یک سوراخ دارای قطر  $a \gg \lambda$  می تابد. نقطه P در ناحیه سایه ای هندسی روی صفحه دور قرار می گیرد 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 می دهد 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 می شود 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).



شکل ۴ - ۲۵ :- مسئله ۲.

۳-: (a) نشان دهید که قیمت  $\alpha$  در کدام شدت اعظمی در روبداد  
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 کند.

با توجه به اینکه اعظمی دوم دقیقاً در نصف راه بین اصغری قرار نمی گیرد.

۴:- در تجربه متحد شوری 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

(d) ترتیب رنگ ها مخالف رنگ های کمان رستم است چرا؟

The diagram illustrates a stereo system setup. On the left, a box labeled "Audio signal generator" is connected to two speakers. The top speaker is connected directly to the generator. The bottom speaker is connected to the generator through a box labeled "Variable delay line". Both speakers are represented by a cone shape with curved lines indicating sound waves emanating from them. A vertical line separates the speakers from the sound waves. To the right of this line, there are two sets of sound waves, each with an arrow pointing to the right, representing the sound field created by the speakers. The top set of waves is slightly ahead of the bottom set, illustrating the time delay introduced by the variable delay line.



---



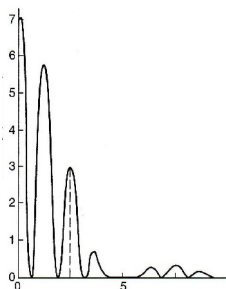
---

 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 همراهی 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



اینجانب پوهنوی غلام قادر دهگان فرزند غلام رسول ۱۳۲۵ دریک فامیل بیسواد و متدین متولد شدم دوره ابتدایی را در مکتب فوشنج بدرجه اعلی اكمال نموده ودر سال ۱۳۳۹ به دارالمعلمین اساسی ولایت هرات شامل و بسال ۱۳۴۴ از صنف دوازدهم فارغ وشامل تحصیلات عالی کشور شدم .

چوکات پوهنتون هرات افتتاح شد به بآن پوهنځی تبدیل شدم و تا کنون در پوهنځی طب و ساینس مصروف تدریس مضامین فزیک و بیوفزیک میباشم

ایمل: 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









## **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**