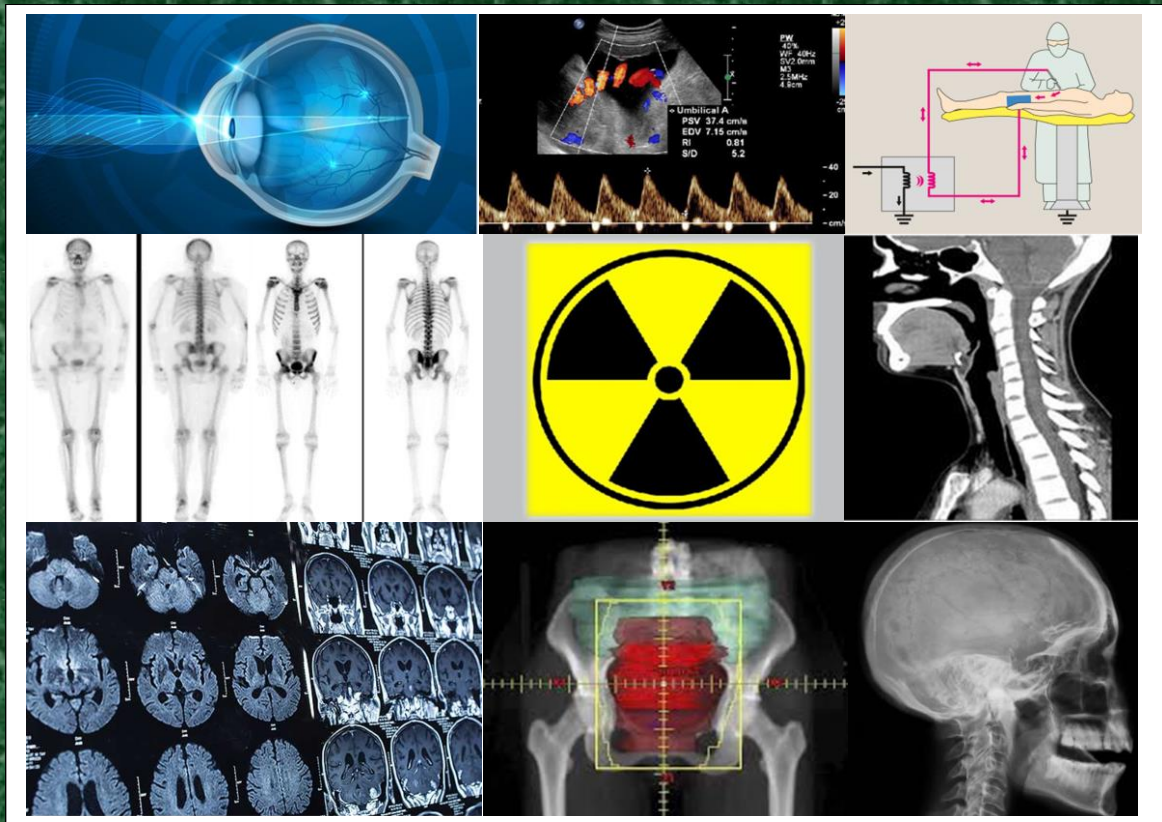


فیزیک پزشکی

برای دانشجویان پزشکی، دندانپزشکی و لیسانس به پزشکی

چاپ اول



گردآوری: حامد غفاری

کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی

دانشگاه علوم پزشکی ایران

پیشگفتار

امروزه، دانش فیزیک و فناوری های وابسته به آن نقش بی چون و چرائی را در پزشکی ایفا می کنند. بنابراین فیزیک پزشکی که در واقع کاربرد و مفاهیم علوم فیزیک در تشخیص و درمان پزشکی می باشد، بخش جدا ناپذیر آموزش پزشکی می باشد. مطالب و سر فصل های این کتاب بر اساس شورای عالی برنامه ریزی و مطابق برنامه های پیشنهادی این شورا گردآوری شده اند. بنابراین شش فصل موجود در این کتاب به شرح زیر می باشند:

فصل اول: نور، فیزیک بینایی و لیزر

فصل دوم: مبانی فیزیکی امواج فراصوت و کاربردهای آن در پزشکی

فصل سوم: امواج پرفرکانس و کاربردهای آن در پزشکی

فصل چهارم: پزشکی هسته ای

فصل پنجم: اشعه ایکس و کاربردهای آن در پزشکی

فصل ششم: رادیوبیولوژی و پرتو درمانی

همچنین در پایان هر فصل مجموعه ای از سوالات آزمون های علوم پایه پزشکی و لیسانس به پزشکی گردآوری شدند که می تواند برای آزمون های پایان ترم دانشجویان و همچنین آزمون علوم پایه پزشکی و دندان پزشکی و آزمون لیسانس به پزشکی مفید واقع شود. مطالب و مفاهیم گردآوری شده در این کتاب، مفاهیم اولیه و بنیادی فیزیک پزشکی می باشند و می تواند به عنوان یک راهنمای خوب برای دانشجویان پزشکی، دندان پزشکی و سایر علاقمندان به فیزیک پزشکی و کاربردهای آن در پزشکی باشد. با همه تلاشی که شده است تا این مجموعه بدون کاستی گردآوری گردد، اما از همه دانشجویان و اساتید می خواهیم که در بهینه سازی مطالب این کتاب مرا یاری دهند.

حامد غفاری

کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی

دانشگاه علوم پزشکی ایران

۱۳۹۷

فصل اول:

نور، فیزیک بیناے

ولیزر

نور

محیط پیرامون ما پر از نور است. نور خورشید و ستارگان، نور لامپ، نور فلاش ها و... نور باعث می‌شود دنیایی را که در آن زندگی می‌کنیم، بهتر بشناسیم. در طول قرن ها، دیدگاه ما نسبت به نور بطور چشمگیری تغییر کرده است. اولین نظریه پردازی ها توسط یونانیان باستان مانند فیثاغورس، اپیکور، اقلیدس و بطلمیوس انجام شد و پس از آنها دانشمند عرب، ابن هیثم به بررسی نور پرداخت. اما اولین و جامع ترین نظریه توسط نیوتن ارائه شد. در ادامه مختصری در مورد دیدگاه یا تئوری های ماهیت نور توضیح داده می‌شود.

ماهیت ذره ای نور

آیزاک نیوتن (Isaac Newton)، اولین آزمایش مهم نور را انجام داد. وی یک دسته اشعه نور خورشید را که از شکاف باریکی وارد اتاق تاریکی شده بود، بطور مایل بر وجه یک منشور شیشه ای تابانید. او اشعه خارج شده را بر یک پرده سفید انداخت و مشاهده کرد که به جای تشکیل یک لکه سفید نور، دسته ای از نوارهای رنگین که به ترتیب سرخ، نارنجی، زرد، سبز، آبی و بنفش بودند، پراکنده شده اند. او این نوار رنگین را طیف نور نامید. وی بیان کرد که پرتوهای نور ذرات کوچکی هستند که از یک جسم نورانی نشر می‌شوند. نیوتن نوشت که نور در امتداد خط مستقیم منتشر می‌شود و یکی از مثال های خوب برای توضیح آن بوجود آمدن سایه است.

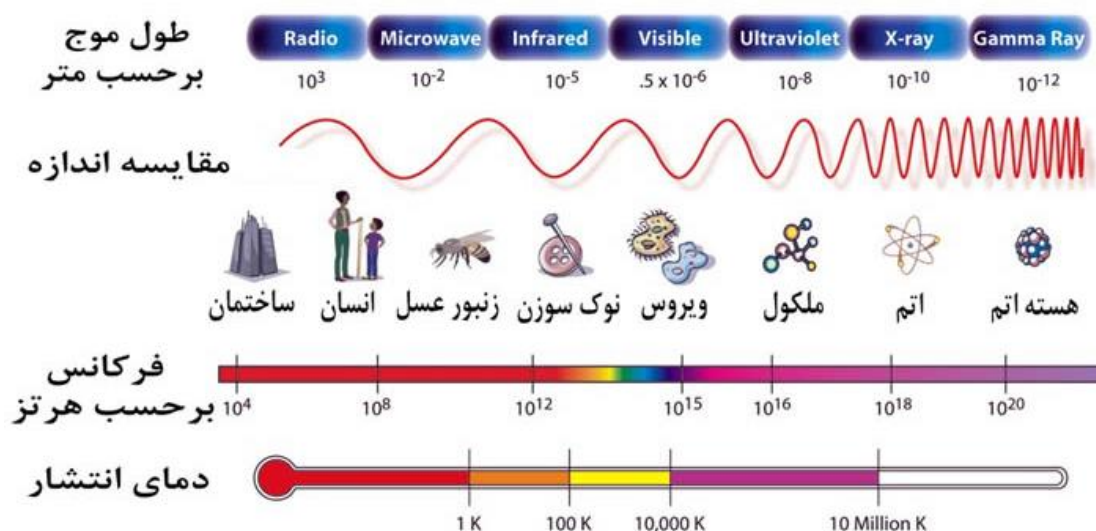
ماهیت موجی نور

کریستیان هویگنس (Christiaan Huygens) نظریه ی دیگری را در مورد نور منتشر کرد، که در آن حرکت نور به صورت موجی است و از چشمه‌های نوری به تمام جهات پخش می‌شود، همچنین هویگنس قوانین بازتاب و شکست را تشریح کرد. حقایق دیگری که با تصور موجی بودن نور توجیه می‌شوند پدیده‌های تداخلی هستند مانند به وجود آمدن فریزهای روشن و تاریک در اثر بازتاب نور از لایه‌های نازک و یا پراش نور در اطراف مانع.

ماهیت الکترومغناطیسی نور

جیمز کلارک ماکسول (James Clerk Maxwell) بیان کرد که نور نوعی انرژی الکترومغناطیسی است که معمولاً به عنوان امواج الکترومغناطیسی توصیف می‌شود. وی قوانین الکترومغناطیس را ارائه داد. گستره کامل امواج الکترومغناطیسی شامل: موج رادیویی، تابش فرو سرخ، نور مرئی از قرمز تا بنفش، تابش فرابنفش، اشعه ایکس و اشعه گاما می‌باشد (شکل ۱-۱). امواج الکترومغناطیس دارای ماهیت و سرعت یکسان هستند و فقط از لحاظ فرکانس یا طول موج با هم تفاوت دارند. طبق تعریف، موج الکترومغناطیس یک نوسان سینوسی می‌باشد که از ترکیب یک میدان الکتریکی و یک میدان مغناطیسی عمود بر هم پدیدار می‌شود. نور نیز نوعی موج الکترومغناطیسی است که برای انتشار احتیاج به هوا یا محیط مادی ندارد. سرعت امواج الکترومغناطیسی در خلأ $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ می‌باشد.

باید توجه داشت آنچه به عنوان نور دیدگانی می شناسیم گستره هایی از بیناب (طیف) امواج الکترومغناطیسی است که بوسیله ی چشم احساس شده و باعث دیدن می شود. دامنه طول موج های نور مرئی (نور سفید) بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ یا ۷۵۰ نانومتر است.



شکل ۱-۱- طیف امواج الکترومغناطیسی

ماهیت کوانتومی و تکمیلی نور

بر اساس نظریه مکانیک کوانتومی نور، که توسط پلانک، آلبرت انیشتین و بور برای اولین بار پیشنهاد شد، انرژی الکترومغناطیسی کوانتیده است، یعنی جذب یا نشر انرژی میدان الکترومغناطیسی به مقادیر گسسته‌ای به نام "فوتون" انجام می‌گیرد. نظریه جدید نور شامل اصولی از تعاریف نیوتون و هویگنس است. بنابراین گفته می‌شود که نور خاصیت دو گانه‌ای دارد، برخی از پدیده‌ها مثل تداخل و پراش خاصیت موجی آنرا نشان می‌دهد و برخی دیگر مانند پدیده فوتوالکتریک، پدیده کامپتون و ... با خاصیت ذره‌ای نور قابل توضیح هستند. در واقع یک دوگانگی میان ویژگی های موجی بودن و ذره ای بودن نور وجود دارد. برای از میان بردن این دوگانگی، دوبروی نشان داد که نور از امواج و ذره ها درست شده است و این دو به هم مرتبط هستند. او بیان کرد که هر ذره در حال حرکت همیشه همراه با یک موج است (موج همراه یا وابسته) و رابطه زیر بین طول موج وابسته و اندازه حرکت ذره (p=mv) برقرار است:

$$\lambda = h/mv$$

که v سرعت ذره به جرم m است. h هم ثابت پلانک می باشد.

یکاهای نور

یکای شدت روشنایی کاندلا نام دارد. لوکس یکای دیگری است که برابر یک لومن بر متر مربع می باشد. یکای دیگر هم به نام استیلب وجود دارد که یک کاندلا بر سانتی متر مربع است.

اندازه گیری کاربردی نور با دستگاه اکتینومتر ها انجام می شود که بر تغییرات بوجود آمده فیزیکی و یا شیمیایی نور استوار است. یک نمونه اکتینومتر فیزیکی، سلول فوتوالکتریک می باشد سلول فوتوالکتریک متشکل از یک حباب از جنس کوارتز، که بخوبی تخلیه شده و دو الکتروود، است. کاتد تشکیل شده از یک رسوب فلزی نازک که جدار داخلی حباب به غیر از قسمت کوچکی را که برای ورود نور است، می پوشاند. آند در داخل حباب بوده، از یک حلقه فلزی ساخته شده است. هرگاه بین دو الکتروود اختلاف پتانسیل در حدود ۱۰۰ ولت برقرار کنیم، به شرطی که قطب منفی به رسوب فلزی متصل باشد، هر گاه سلول در تاریکی باشد، جریانی نمی گذرد، ولی اگر بر رسوب نوری بتابانیم، از آن الکترون جدا شده، جریانی که شدت آن متناسب با شدت نور تابیده است، برقرار می شود. شدت این جریان خیلی کم است (در حدود یک میکرو آمپر) و باید آن را بوسیله لامپهای سه قطبی تقویت نمود.

کاربردهای نور در پزشکی

قبل از بیان کاربردهای نور در پزشکی، به چند تعریف ساده می پردازیم. بررسی واکنش های شیمیایی ایجاد شده یا کاتالیزه شده را در اثر جذب پرتو های نوری را بررسی های فتوشیمیایی گویند. اگر کوانتوم نوری تابش شده به وسیله مولکول و در حالت برانگیختگی الکترون طول موجی در گستره طول موج نور دیدگانی داشته باشد پدیده تابش را لومینسانس می نامند. اگر تابش در زمان کوتاهی و نزدیک به میلیونیم ثانیه انجام شود یعنی تابش آنی باشد پدیده را فلورسانس و چنانچه تابش زمانی پس از جذب انجام شود که ممکن است گاهی چند دقیقه یا چند ساعت باشد پدیده را فسفرسانس گویند. که هر دو پدیده در پزشکی کاربرد دارند. در این قسمت بطور مختصر کاربردهای تشخیصی و درمانی نور در پزشکی توضیح داده می شوند.

از کاربردهای تشخیصی نور می توان به ردیابی برخی مواد بواسطه ی تابشی که از خود ساطع می کنند نام برد. مثلاً تتراسایکلین در بررسی گردش خون کاربرد دارد. همچنین برای مشاهده حفره های درون بدن از دستگاه هایی استفاده می شود که بطور کلی آنها را آندوسکوپ می نامند و دارای چشمه های نوری برای مشاهده ساختارهای تحت معاینه می باشند. امروزه آندوسکوپ ها از فیبر نوری ساخته شده اند که دارای خمش پذیری بالایی هستند و به راحتی از حفره های بدن عبور می کنند. در درون آندوسکوپ، پدیده بازتاب کلی رخ می دهد. جدول ۱-۱ انواع آندوسکوپ ها را تقسیم بندی می کند.

جدول ۱-۱ معرفی انواع آندوسکوپ ها

نام دستگاه	ساختار تحت بررسی
سیتوسکوپ	بررسی مثانه
پروکتوسکوپ	بررسی رکتوم
برونکوسکوپ	بررسی شش ها

از دیگر کاربردهای تشخیصی نور گذرایی نوری می باشد. در این روش با عبور دادن نور از میان بافت های بدن می توان یک بیماری را می توان تشخیص داد. تشخیص بالینی هیدروسفالی (بزرگ شدن غیرطبیعی سر نوزاد) با استفاده از تفنگ چُن یک نمونه گذرایی نوری است. دمانگاری یا ترمونگاری یکی از کاربردهای تشخیصی نور می باشد که با استفاده از امواج فرسرخ یک نقشه ی دمایی از ساختارهای سطحی بدن بدست می آید.

کاربردی های درمانی نور شامل، درمان زردی یا یرقان نوزادان که با استفاده از لامپ های فلورسنت انجام می گیرد. چنین تصور می شود که مؤلفه طول موج حدود ۴۰۵ نانومتر موجود در نور لامپ موقع جذب در عروق سطحی بدن نوزاد باعث جدا شدن بیلی روبین از آلبومین در کبد و دفع آن می گردد.

کروموتراپی، با توجه به اینکه نور مرئی از رنگ های متفاوتی تشکیل شده است از هر رنگ برای درمان بعضی از بیماری ها استفاده می شود. مثلا برای بهبودی بیماری آبله، مخملک و سرخک از رنگ قرمز استفاده می شود. یا از رنگ سبز و آبی می توان جهت ایجاد تسکین و آرامش استفاده کرد. جهت تحریک اعصاب از رنگ قرمز استفاده می کنند.

نور فرابنفش

نور فرابنفش (Ultraviolet: UV) طول موج بین ۱۰ تا ۴۰۰ نانومتر را دارد. مهمترین چشمه پرتو فرابنفش خورشید است. موج فرابنفش را می توان با ایجاد جرقه میان دو الکترود مس نیکل- و آلومینیم بوجود آورد. همچنین لامپ پرفشار بخار جیوه با شیشه کوارتزی از دیگر چشمه های نور فرابنفش می باشد. گونه ای از این لامپ با آب خنک می شود و لامپ فرابنفش کروماتر نامیده می شود که به پوست چسبانده و جهت درمان استفاده می شود.

این پرتو از دیدگاه بیولوژیکی به سه بخش تقسیم می گردد:

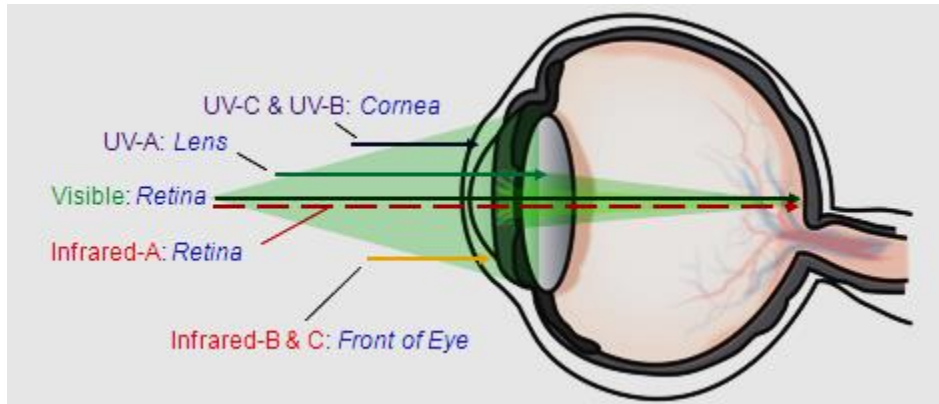
۱. اگر طول موج بین ۳۱۵ تا ۴۰۰ نانومتر باشد به آن ناحیه نزدیک یا طول موج بلند یا ناحیه A گفته می شود که از شیشه معمولی عبور نمی کند و فقط باعث تغییر رنگ دانه های پوست می شوند.

۲. اگر طول موج ۲۸۰ تا ۳۱۵ نانومتر باشد به آن ناحیه میانی یا متوسط یا B گفته می شود که تنها از شیشه های مخصوصی عبور می کنند. این بیناب پرتو باعث اریتما می شود و ساخت ویتامین D را انجام می دهد.

۳. اگر طول موج کمتر از ۲۸۰ نانومتر باشد آن را ناحیه دور یا طول موج کوتاه یا C گفته می شود. که دارای ویژگی میکروب کشی قوی است از آن جهت استرلیزه کردن وسایل پزشکی استفاده می کنند. اثر فتوشیمیای زیاد دارد به خاطر طول موج های کوتاهش اثر اریتمای آن اندک است.

برنزه کردن پوست، ایجاد سرطان پوست و آب مروارید از دیگر اثرات UV می باشد. اثر پرتوهای فرابنفش بر روی پروتئین ها دنا توره کردن آنهاست این تأثیر به ویژه در از میان بردن اثر آنزیمی چشمگیر است. پرتو های فرابنفش برای از بین بردن زردی نوزادان کاربرد دارد. همچنین جذب بیش از اندازه پرتوهای فرابنفش در چشم می تواند آب مروارید (کاتاراکت) ایجاد کند.

جذب طول موج های مختلف پرتوهای فرابنفش توسط ساختارهای مختلف چشم متفاوت است. همانطور که در شکل ۱-۲ نشان داده شده است UV-B و UV-C عمدتاً توسط قرنیه جذب می شود (جذب UV-C کاملاً بوسیله قرنیه صورت می پذیرد). اما UV-A عمدتاً توسط عدسی چشم جذب می شود و بخش بسیار کوچکی از آن به شبکیه چشم می رسد.



شکل ۱-۲- جذب طول موج های مختلف نور فرابنفش توسط چشم

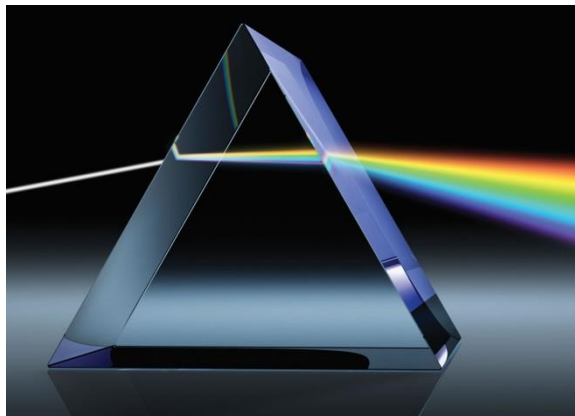
پرتو فرو سرخ (IR: Infra Red)

پرتو های فروسرخ نزدیک به نیمی از انرژی خورشید که به ما می رسد را شامل می شوند. تابش IR از هر جسمی بالای صفر کلوین انجام می پذیرد. پرتو های IR می تواند روی شبکیه چشم سوختگی ایجاد نماید (به ویژه در خورشیدگرفتگی). طول موج پرتو فروسرخ از ۷۶۰ نانومتر آغاز و تا نزدیک های امواج رادیویی ادامه دارد. پرتو های فروسرخ از عدسی چشم عبور می کند.

پرتو های IR بیش از نور دیدگانی در بافت نفوذ می کند از این رو بهتر می تواند بافت ها را گرم کند. علت این است که پرتو فروسرخ در بافت های سطحی جذب می شود ولی چون بافت های گرم شونده به نوبه ی خود فروسرخ تابش می کنند. این اثر به لایه های عمقی منتقل می شود. از اثرهای گرمایی (ترمال) پرتو های فرو سرخ می توان به گشاد شدن عروق ها (وازدیلاتاسیون)، آرام بخشی و ضد درد اشاره کرد. پرتوهای فرو سرخ با تأثیر روی پیوند های هیدروژنی در مولکول های DNA باعث جهش ژنتیکی شود.

شدت اشعه مادون قرمز IR با توان چهارم دمای مطلق آن جسم متناسب است. مثلاً اگر در اثر تب دمای بدن نسبت به حالت عادی ۱۵ درصد افزایش یابد میزان تابش گرمایی چند درصد افزایش می یابد؟ میزان افزایش تابش گرمایی برابر است با $(1/15)^4$ که می شود $1/75$ یعنی ۷۵ درصد افزایش داریم.

منشور



منشور یک وسیله اپتیکی می باشد که منجر به تجزیه نور می شود. نور خورشید شامل طیف وسیعی از رنگ ها است و هر رنگ دارای یک ضریب شکست منحصر به فرد می باشد (یعنی هیچ دو رنگی ضریب شکست مشابه و برابر ندارند) در نتیجه با توجه به ضریب شکست مقدار انحراف پرتوها نیز متفاوت خواهد بود نورهایی با ضریب شکست بیشتر انحراف بیشتری دارند و نورهای با ضریب شکست کمتر، کمتر منحرف می شوند، در نتیجه در اولین شکست توسط منشور یا قطره باران رنگ ها از هم جدا می گردند.

رنگ قرمز کمترین ضریب شکست و رنگ بنفش بیشترین ضریب شکست را خواهد داشت. رنگ قرمز کمترین انحراف و رنگ بنفش بیشترین انحراف را در شکست دارد.

عدسی ها

عدسی یا لنز ابزارهای نوری است که نور در اثر عبور از آن می شکند و همگرا یا واگرا می شود. عدسی ها از نظر شیوه شکست نور در آن ها به دو دسته همگرا (محدب یا کوژ) و واگرا (مقعر یا کاو) تقسیم می شوند.

انواع عدسی ها

- عدسی کروی

- عدسی استوانه ای

- عدسی کروی- استوانه ای

عدسی کروی (Sphere: SPH)

عدسی همگرا: در عدسی همگرا، پرتوهای تابش، پس از شکست و گذر از عدسی، به هم نزدیک می شوند (یعنی همگرا می شوند). از این نوع عدسی در میکروسکوپها (تمام قسمتها)، تلسکوپها (برخی قسمتها) و عینک افراد دوربین یا آستیگمات (ترکیب عدسی های محدب با چینش مخصوص) استفاده می شود. این نوع عدسی شیئی را بزرگتر نشان می دهد.

عدسی واگرا: در عدسی های واگرا، پرتوهای تابش، پس از شکست و گذر از عدسی، از هم دور می شوند (یعنی واگرا می شوند). از این عدسی می توان به عنوان عینک برای افراد نزدیک بین و نزدیک بین آستیگمات استفاده نمود. این نوع عدسی شیئی را کوچکتر نشان می دهد. شکل ۳-۱ انواع عدسی کروی را نشان می دهد.