# شیمی و تکنولوژی رنگ

فصل اول

# فیزیک نور

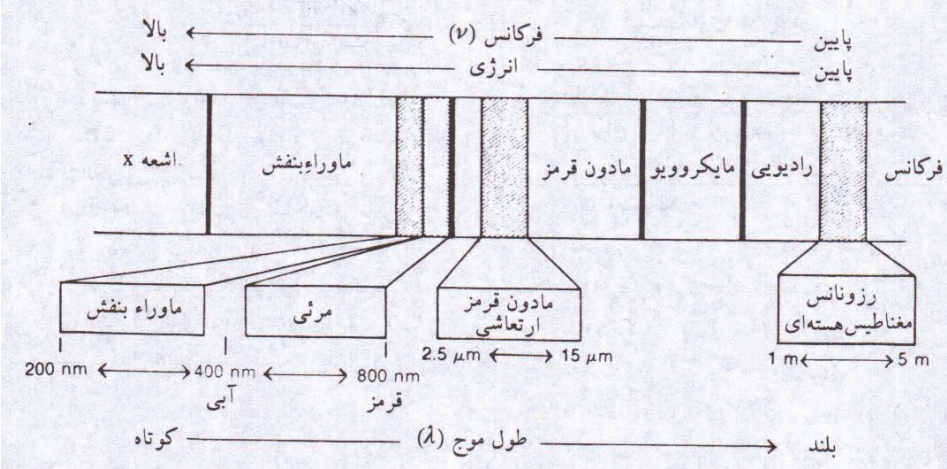
## ۱-۱- مقدمه

هنگامی که نوری به سطح قسمتی از ماده می تابد بردار الکتریکی این نور با اتمها و مولکولهـای آن ماده تأثیر متقابل دارد که این تأثیر متقابل بستگی به خواص فیزیکی و شیمیایی مـاده و سـطح آن و همچنین به ویژگی های نور تابیده شده دارد که ممکن است عبـور داده شـود، جـذب گـردد و یـا بازتابش پیدا کند.

رنگ در نتیجه رسیدن نور به شبکیه چشم و واکنش عصبی حاصل از این تحریک حس می شود و احساس رنگ به ترکیب طیفی نور موجود در محیط، ویژگی های شیمیائی و فیزیکی اجسام مـورد نظر و همچنین به حساسیت چشم بیننده بستگی دارد. احساس رنگ در اثر تابش نور معنی پیدا می کند به طوری که اگر در محیط نور وجود نداشته باشد انسان نمی تواند اجسام موجود در آن محیط را ببیند پس بین اجسام قابل دیدن و نوری که به آنها می تابد رابطه وجود دارد. بـه ایـن خـاطر در این فصل به طور مختصر در رابطه با امواج الکترو مغناطیس و به ویژه نور مرئی و رابطه آن با رنگ اجسام بحث می گردد.

## ۱-۲- امواج الکترومغناطیس

امواج الکترومغناطیس محدوده وسیعی از طول موجهای مختلف را شامل می شوند که به طور کلی می توان آنها را به صورت زیر تقسیم بندی کرد:




**شکل (۱-۱): محدوده های طیف**

ازکل طیف امواج الکترومغناطیس امواج مایکروویو ، مادون قرمز ، مرئی و ماوراء بـنفش در شـیمی اهمیت زیادی دارند . زیرا مولکول ها و مجموعه های اتمی در این محدوده با جذب انـرژی مـوج تابیده شده برانگیخته می گردند .

یک موج الکترومغناطیس به وسیله پارامترهای مشخصی تعریف می شود که عبارتند از:

۱. **طول موج** $(\lambda)$: فاصله خطی بین دو برآمدگی یا فرورفتگی متوالی در یک مـوج را طـول مـوج می نامند که به وسیله واحدهای طول مشخص می گردد.

۲. **سرعت موج** $(V)$: مسافتی که جبهه موج در یک محیط مادی در واحد زمـان طـی مـی کنـد را سرعت موج می نامند که در مورد امواجی که سرعت آنها تقریبا برابر با سرعت نور می باشـد بـا c مشخص می شود. کلیه امواج الکترومغناطیس با صرفنظر از طول موجشان با سـرعت یکـسانی در خلاء حرکت می کنند که این سرعت ، سرعت نور نامیده می شود.

$C = ۲/۹۹۷۹۲ \times ۱۰^{۸}\ m/s$

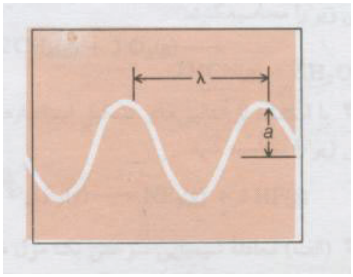
در محیط مادی بین امواج الکترومغناطیس تابش و الکترونهای موجود در محیط یکسری تأثیرات متقابل ایجاد می شود که باعث افت سرعت می گردد.

**۳. فرکانس موج** $(\nu)$: تعداد موجهایی که در واحد زمان از نقطه ی مشخص عبور می کنند را فرکانس یک موج می نامند که واحد آن $S^{-1}$ یا Hz ( هرتز ) می باشد. ( به تعداد نوسانات میدان در هر ثانیه نیز گفته می شود.)

فرکانس یک موج با استفاده از طول موج و سرعت آن موج بدست می آید .

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \qquad (۱-۱)$$

**۴. دامنه موج** $(a)$: عبارت است از ارتفاع یک برآمدگی یا عمق یک فرورفتگی موج .شدت یا درخشندگی یک تابش یا موج متناسب با مجذور دامنه $(a^2)$ می باشد.




**شکل (۱-۲): یک موج الکترومغناطیس**

**۵. عدد موجی** $(\sigma)$**:** تعداد موجها در سانتی متر تعریف می شود.

**۶. توان** $(p)$: توان یک دسته امواج الکترومغناطیس عبارت است از مقدار انرژی که توسط این امواج به یک سطح معین در هر ثانیه می رسد.

**۷. شدت** $(I)$: عبارت است از توان در یک واحد زاویه فضائی. توان و شدت‌غالباً به جای یکدیگر استفاده می شوند که با مجذور دامنه متناسبند.

نظریه موجی بسیاری از خواص امواج الکترومغناطیس را به طور موفقیت آمیز توصیف مـی نمایـد. طبق نظریه کوانتومی انرژی تابشی که در سال ۱۹۰۰ به وسیله ماکس پلانـک مطـرح شـد . انـرژی تابشی فقط می تواند به صورت پیمانه ای یا کوانتومی جذب یا نشر گردد که انرژی هر کوانتـوم از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$E = h\nu \qquad (۲-۱) \qquad h=6.62 \times 10^{-34}\ J.S$$

با استفاده از رابطه ۱-۱ و ۱-۲ می توان به رابطه زیر دست یافت:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \qquad (۳-۱)$$

که نشان می دهد انرژی یک موج با طول موج آن نسبت عکـس دارد یعنـی امـواج بـا طـول مـوج بلندتر انرژی کمتری دارند و برعکس.

امواج مایکروویو و مادون قرمز وقتی به مولکول ها و گروههای اتمی تابیده می شوند و جذب مـی گردند به دلیل طول موج بلند و در نتیجه انرژی کم ، فقط باعث تغییرات در حرکت های ارتعاشـی و چرخشی این ذرات می گردند اما امواج الکترومغناطیس در ناحیه مرئی و ماوراء بنفش طول موج کوتاهتری داشته و در نتیجه انرژی بیشتری دارند و باعث انتقالات الکترونی در مولکول ها و گـروه های اتمی می شوند و تولید طیف الکترونی می نمایند.

برای تفسیر یک طیف الکترونی نیاز به داشتن مقادیر انرژی در حالت های پایه و برانگیخته مولکول ها است که این اختلاف انرژی بین حالت پایه و برانگیخته از رابطه:

$$\Delta E = h\nu \qquad (۴-۱)$$

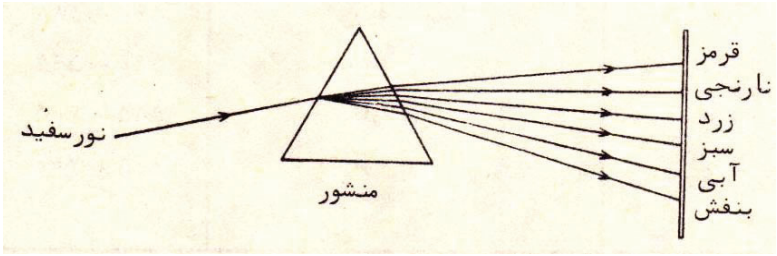
قابل محاسبه می باشد که نشان می دهد اختلاف انرژی بین این دو حالت بـا فرکـانس نـور جـذب شده نسبت مستقیم و با طول موج آن نسبت عکس دارد.

با استفاده از مکانیک کوانتومی و مکانیک موجی می توان اطلاعاتی مربوط به سطوح انرژی الکترونها در مولکولها و مجموعه های اتمی کسب کرد.

## ۱-۳- رنگ و طیف جذبی

نور مرئی شامل امواج الکترومغناطیسی می باشد که توسط سیستم بینائی انسان قابل درک می باشد که این امواج قسمت کوچکی از امواج الکترومغناطیس را تشکیل می دهند که در گستره ۳۸۰-۷۹۰nm قرار دارند.

نور سفید ( نور مرئی ) پس از عبور از منشور به طیفی که شامل رنگ های بنفش، نیلی، آبی، سبز، زرد، نارنجی و قرمز است تجزیه می گردد.




**شکل (۱-۳): تجزیه نور مرئی**

چشم انسان نوری را که از اجسام منعکس می شود احساس می کند و قادر به درک رنگ واقعی اجسام نیست. مواد رنگی قسمتی از رنگ های طیف نور سفید را جذب می کنند و باقیمانده را منعکس می نمایند که طول موج نور جذب شده به ساختمان ماده رنگی بستگی دارد.

اگر ماده مورد نظر تمام نورهائی را که طول موجشان در ناحیه مرئی قرار دارد منعکس نماید به رنگ سفید دیده می شود و اگر ماده ای تمامی این طول موج ها را جذب نماید به رنگ سیاه دیده خواهد شد .

بین نورهای جذب شده و منعکس شده در ناحیه مرئی (نور سفید) به وسیله یـک جـسم رابطـه ای برقرار می باشد که در جدول ۱-۱ آمده است.

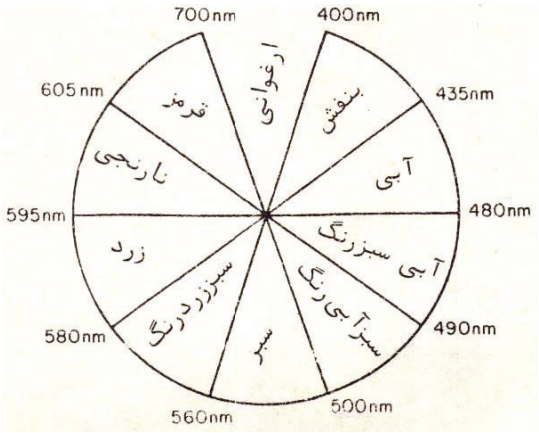
**جدول (۱-۱)**

| طول موج (nm) | رنگ واقعی جسم (نور جذب شده) | رنگ مریـــی (نور منعکس شده) |
|---|---|---|
| ۴۰۰ – ۴۳۵ | بنفش | سبز– زرد |
| ۴۳۵ – ۴۸۰ | آبی | زرد |
| ۴۸۰ – ۴۹۰ | سبز– آبی | نارنجی |
| ۴۹۰ – ۵۰۰ | آبی – سبز | قرمز |
| ۵۰۰ – ۵۶۰ | سبز | ارغوانی |
| ۵۶۰ – ۵۸۰ | زرد– سبز | بنفش |
| ۵۸۰ – ۵۹۵ | زرد | آبی |
| ۵۹۵ – ۶۰۵ | نارنجی | سبز– آبی |
| ۶۰۵ –۷۰۰ | قرمز | آبی – سبز |

رنگ واقعی یک جسم در حقیقت براساس نورهای جذب شده تعیین می گـردد امـا چـشم انـسان نورهای منعکس شده را مشاهده می کند.

اگر نور جذب شده به وسیله یک جسم را به نور منعکس شده از آن اضـافه نمـائیم نـور سـفید بـه دست می آید. به این علت به این جفت نورها ، نورهای مکمل گفته می شود.

اگر رنگ واقعی یک جسم را با رنگ مشاهده شده آن مخلوط نمائیم نور سفید به دست می آید. در دایره رنگ (Color circle ) رنگ های متقابل، رنگهای مکمل هستند کـه از مخلـوط شـدن آنهـا رنگ سفید به دست می آید.




**شکل (۱-۴): دایره رنگ**

برای مثال موادی که به رنگ قرمز دیده می شوند طول موج های بلندتر نور سـفید را مـنعکس مـی کنند و طول موجهای پائین تررا در ناحیه آبی جذب می کنند و مواد آبی رنگ طول موجهای پـائین تر را منعکس کرده و طول موجهای بلندتر را ناحیه قرمز جذب می کنند.

وقتی تابش چند فامی مانند نور مرئی به یک محیط که دارای ذرات اتمی و مولکولی می باشـد مـی تابد این ذرات می توانند با جذب انرژی این تابش به صورت برانگیخته دربیایند. در ذراتی کـه بـه صورت اتمی می باشند براثر جذب این تابش الکترونهای لایه ظرفیت آنها برانگیختـه مـی گـردد و

چون تعداد حالت های انرژی (ترازهای انرژی) در اتمها کم است تعداد محـدودی از فرکـانس هـا توسط عمل جذب حذف می شوند و طیف های جذبیعموماً از تعداد کمـی پیـک هـای باریـک تشکیل می شوند اما جذب در مولکول های چند اتمی پیچیده می باشد زیرا برای هر حالت انـرژی انتقال الکترونی در مولکول چندین حالت انرژی ارتعاشی و برای هر حرکت ارتعاشی حالـت هـای انرژی چرخشی فراوانی وجود دارد در نتیجه ترازهای انرژی به شدت افزایش می یابند. کل انـرژی یک مولکول با صرف نظر از انرژی انتقالی از رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$E_{\text{کل}} = E_{\text{الکترونی}} + E_{\text{ارتعاشی}} + E_{\text{چرخشی}} \qquad (۵-۱)$$

$E_{\text{الکترونی}}$ (انرژی انتقالات الکترونی) در ناحیه انرژی های تابشی نـور مرئـی و مـاوراء بـنفش قـرار دارد. $E_{\text{ارتعاشی}}$ (انرژی انتقالات حرکت های ارتعاشـی) در ناحیـه انـرژی تـابش مـادون قرمـز و در محدوده $\mu_m$ ۱۵-۱ و تغییرات انرژی چرخشی( $E_{\text{چرخشی}}$) در ناحیه تابش با طول موج ۱۰ تـا ۱۰۰ میکرون قرار می گیرند.

طیف های مولکولی اغلب توسط نوارهای جذبی خاصی مشخص می شوند که این نوارهـا ممکـن است گستره وسیعی از طول موجهای مختلف را شامل شوند. جذب به وسـیله مولکولهـا در ناحیـه ماوراء بنفش و مرئی در نتیجه انتقالات الکترونی شامل الکترونهـای پیونـدی و جفـت الکترونهـای ناپیوندی اتمهائی مثل نیتروژن، اکسیژن، گوگرد و هالوژنها می باشند. با توجه به اینکه تعداد زیـادی حالت های ارتعاشی و چرخشی برای هر حالت الکترونی وجود دارد طیف های مولکـولی پیچیـده می شوند.

## ۱-۴- اوربیتال های مولکولی و ارتباط آنها با رنگ