

مفهوم جسم سیاه :

بر حسب تعریف، هر جسمی که فقط جزیی از انرژی تابشی را بتواند جذب کند و جزء دیگر را بازتاب داده و یا از خود عبور دهد، اصطلاحاً جسم حقیقی (یا معمولی) نامیده می شود. بررسیها نشان داده است که در بین اجسام معمولی، سطح صیقلی فلزات (آینه) کمترین قدرت جذب انرژی تابشی (حدود 6 درصد) را دارد و قسمت عمده آن را بازتاب می دهد. بدیهی است که هر چه سطح جسم ناهموارتر باشد. مقدار بیشتری از انرژی تابشی را می تواند جذب کند.

هر جسمی که بتواند در دمای معمولی، تمامی تابشهایی را که با هر طول موج و تحت هر زاویه ای که بر آن بتابد، جذب کند، اصطلاحاً جسم سیاه نامیده می شود. بدیهی است که هر گاه جسم سیاه در محیطی که دمای کمتری دارد. قرار گیرد، می تواند تمامی تابشهای جذب شده را نشر دهد. یعنی جسم سیاه هم جذب کننده کامل و هم نشر دهنده کامل است. هر چند چنین جسمی ممکن است وجود خارجی نداشته باشد ولی تا حدی می توان به آن دسترسی پیدا کرد. در عمل برای دست یافتن به جسمی که تقریباً مانند جسم سیاه عمل کند، حفره ای در دیواره یک کوره که جدار داخلی آن کاملاً دوده اندود بوده و به تعداد زیادی از پره های دوده اندود مجهز باشد، ایجاد می کنند. در این صورت تقریباً 97 درصد انرژی پرتوهایی که به داخل آن حفره بتابند، جذب می شوند.



مفهوم تابش جسم سیاه:

تابشهای گرمایی (تابش زیر قرمز) که طول موج آنها از طول موج تابشهای مرئی بزرگتر و انرژی آنها کمتر است و منحصرأ بر اثر تحریک گرمایی اتم های جسم به وجود می آیند، تابش جسم سیاه نامیده می شود.

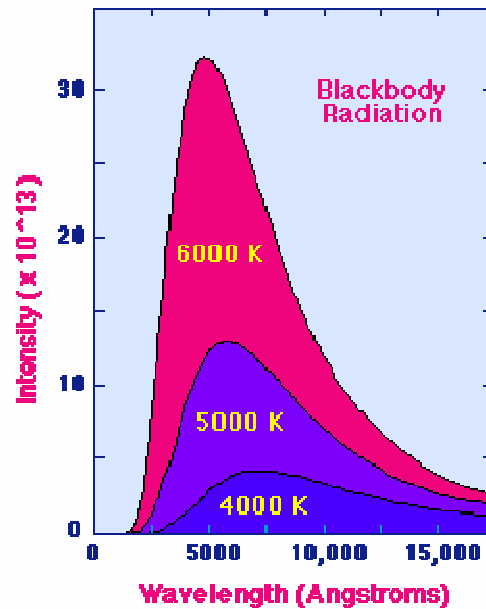
چنین تابشی به ماهیت جسم یا منبعی که آن را از خود منتشر می کند، بستگی ندارد، بلکه به دمای آن جسم وابسته است. از آنجایی که این نوع تابشها، مرئی نبوده و در نتیجه، اگر منبع نورانی خارجی وجود نداشته باشد، جسمی که آنها را تابش می کند نیز دیده نمی شود و سیاه به نظر می آید، از این رو، اصطلاحاً تابش جسم سیاه نامیده شده است.

بدیهی است با بالا رفتن دما، جسم سیاه می تواند تابشهایی با طول موج های کوتاهتری را منتشر کند. مثلاً در دماهای پائین تر از 1000 کلوین، فقط پرتوهای زیر قرمز تابش می شوند (تابشهای گرمایی) که دیده نمی شوند.

بین 2000 تا 3000 درجه کلوین (دمای کمان الکتریکی و رشته تنگستن) پرتوهای مرئی نیز تابش می شود ولی تابشهای گرمایی شدت بیشتری دارد و جسم به رنگ سرخ دیده می شود. ولی بین دماهای 4000 تا 6000 درجه کلوین (دمای سطح خورشید) علاوه بر پرتوهای زیر قرمز و مرئی، پرتوهای فرابنفش نیز تابش می شود و جسم به تدریج به رنگهای قرمز، نارنجی، زرد و سرانجام سفید دیده می شود.

لومر¹ و پرینگشایم² (در سال 1899) با انجام آزمایشها و بررسی نتایج حاصل از آنها توانستند نمودار تغییرات انرژی تابشی جسم سیاه یا جسم ملتهب را نسبت به طول موج (طیف انرژی) در دماهای

مختلف طبق شکل زیر بدست آورند. با در نظر گرفتن اصول نظریه کلاسیک تابشهای الکترومغناطیسی، روند این نمودارها غیر منتظره و بسیاری از جنبه های آن غیر قابل توجیه بود. زیرا بر خلاف آنچه که براساس نظریه کلاسیک تابشهای الکترومغناطیس پیش بینی می شد، انرژی تابشی جسم سیاه، متناسب با توان فرکانس یعنی متناسب با عکس مجذور طول موج افزایش نمی یابد. بلکه در هر دما، به تدریج که طول موج کوتاهتر می شود، ابتدا انرژی تابشی افزایش یافته و پس از رسیدن به یک مقدار ماکزیمم، رو به کاهش می گذارد.



نمودارهای توزیع (طیف) انرژی تابشی یک جسم سیاه نسبت به طول موج در دماهای مختلف

علاوه بر آن در هر دما، طول موجی که به ازای آن، انرژی تابشی جسم سیاه به مقدار ماکزیمم خود می رسد، کوتاهتر می شود.

به منظور توجیه چنین روندهای غیر منتظره ای، روابطی ارائه شد که هیچ یک نمی توانستند مبنای درستی برای توجیه کامل روند نتایج تجربی مربوط به تابش جسم سیاه باشند. پلانک³، به منظور ارائه یک زیر بنای نظری قابل قبول برای توجیه نتایج تجربی تابش جسم سیاه و جسم ملتهب در سال 1900 نظریه^۴ کاملاً تازه ای به شرح زیر بیان داشت که نظریه^۵ کوانتومی تابش نامیده شده است:

بر خلاف نظریه^۶ کلاسیک، یک نوسان کننده، نمی تواند تمام مقادیر پیوسته انرژی را در برداشته باشد. بلکه باید قبول کرد که در هر شرایطی دارای مقدار مشخصی انرژی است. هر یک از این مقادیر مشخص انرژی، مضارب درستی از یک واحد بنیادی انرژی به نام کوآنتوم انرژی (e) است. یعنی می توان نوشت:

$$E = ne$$

که n عدد درستی است که عدد کوانتومی نامیده می شود و می توان تمام اعداد درست مثبت و صفر را به آن نسبت داد.

هر نوسان کننده، فقط هنگامی می تواند مقداری از انرژی خود را تابش کند که دارای سطوح انرژی مشخص و مجازی باشد و از یک سطح انرژی مجاز بالاتر (E_2) به سطح انرژی مجاز پایین تر (E_1) سقوط کند که در این صورت، تفاوت انرژی دو سطح را به صورت یک کوآنتوم انرژی تابش می کند، یعنی می توان نوشت:

$$e = E_2 - E_1$$

به ازای هر طول موج، یک کوآنتوم مشخص تابش می شود که مقدار آن با عکس طول موج و یا با فرکانس تابش متناسب بوده و از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$e = hv$$

که در آن ν فرکانس تابش و h ثابتی است که به ثابت پلانک معروف شد. و مقدار آن برابر

$6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$ است. این رابطه را با توجه به اینکه $\nu = \frac{c}{\lambda}$ است، می توان به صورت زیر نوشت:

$$e = \frac{hc}{\lambda}$$

با توجه به روابط بالا، می توان نوشت: $E = nh\nu$ ، که نشان می دهد، بر خلاف نظریه کلاسیک انرژی

تابشی با فرکانس تابش متناسب است (نه با توان دوم آن)

در توجیه پیوسته به نظر آمدن تابشهای الکترومغناطیس، پلانک، فرض کرد که هر نوسان کننده، یک

کوانتوم انرژی متناسب متناسب با فرکانس خاص خود را تابش می کند. چون تعداد نوسان کننده ها در جسم

تابش کننده، فوق العاده زیاد است و هر کدام با فرکانس معینی نوسان می کنند، امکان تابش تمام کوانتوم

های قابل تصور به وسیله جسم ملتهب یا جسم سیاه وجود دارد. از این رو، تابش آنها پیوسته به نظر می آید.

در توجیه وجود ماکزیمم در نمودارها، پلانک فرض کرد که به ازای هر دما، فرکانس مناسبی (فرکانس

غالب) وجود دارد که تعداد بیشتری از نوسان کننده ها با آن فرکانس نوسان می کنند. در نتیجه، انرژی

تابش جسم سیاه عمدتاً شامل کوانتوم های مربوط به چنین فرکانسی خواهد بود، در صورتی که کوانتوم های

کوچکتر و یا بزرگتر، امکان تابش کمتری دارند.

در پاسخ به این پرسش که چرا با بالا رفتن دما، نقطه ماکزیمم در نمودارهای شکل، به سمت طول

موجهای کوتاهتر جابجا می شود، پلانک فرض کرد که فرکانس نوسان کننده ها، از جمله فرکانس غالب

افزایش یافته، طول موج نظیر آن (I_{\max}) نیز در جهت کوتاهتر شدن، جابجا می شود.

در مورد شدت انرژی تابشی جسم سیاه، پلانک برخلاف طرفداران نظریه کلاسیک پیشنهاد کرد که

این شدت با تعداد کوانتوم هایی که در واحد زمان از واحد سطح جسم تابش می شود متناسب است.

*Lummer*¹

*pringsheim*²

*Planck*³: (به خاطر همین نظریه ، جایزه نوبل فیزیک سال 1918 نصیب وی شد.)



Olympiad.roshd.ir