

اهداف آموزشی :

1. تشعشع حرارتی دارای مشخصات ذیل است
2. مقادیری که بر روی جذب حرارت تأثیر می گذارد
3. جسم سیاه مطلق
4. قانون تشعشع
5. قانون وین
6. قانون ستیفان
7. فزیک اتمی
8. نارسایی های فزیک کلاسیک

۱ ● : تشعشع حرارتی دارای مشخصات ذیل است

✓ تشعشع حرارتی دارای ویژگی های اصلی زیر است: ماهیت موج الکترومغناطیسی دارد، در خلاء نیز منتشر می شود، به طور مستقیم و خطی پخش می شود، و شدت آن با مربع فاصله نسبت معکوس دارد. این نوع تشعشع به محیط مادی برای انتشار نیاز ندارد و با سرعت نور حرکت می کند .

مشخصات تشعشع حرارتی:

1. ماهیت موج الکترومغناطیسی: تشعشع حرارتی یک موج الکترومغناطیسی است، مانند نور.
2. قابلیت انتشار در خلاء: این تشعشع نیازی به محیط مادی برای انتشار ندارد و می تواند در فضای خلاء نیز منتقل شود.
3. انتشار مستقیم و خطی: تشعشع حرارتی در خط مستقیم و مانند نور منتشر می شود.
4. قانون مربع معکوس: شدت این تشعشع با مجذور فاصله از منبع نسبت عکس دارد؛ یعنی هرچه فاصله بیشتر شود، شدت تشعشع کمتر می شود.
5. سرعت انتشار: این تشعشع با سرعت نور حرکت می کند .

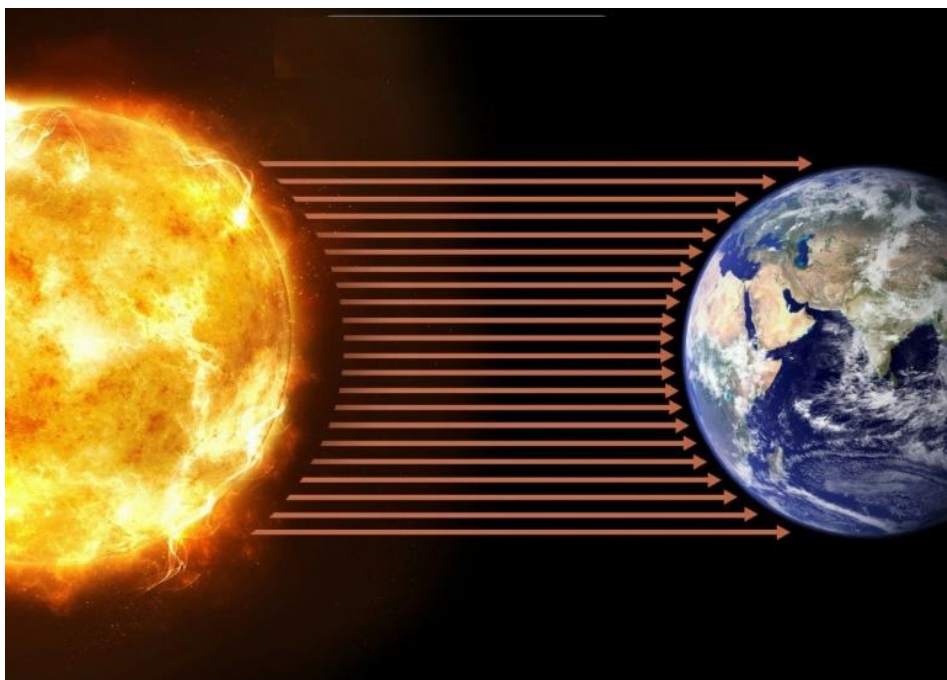
● 2 :- مقادیری که بر روی جذب حرارت تأثیر می گذارد

قادیر اصلی که بر جذب یا انتقال گرما تأثیر می گذارند عبارتند از ** رسانایی حرارتی (ضریب انتقال حرارت) ** و جرم گرمایی (ظرفیت حرارتی ویژه)، که هر دو به نوع و خواص ماده بستگی دارند. رسانایی حرارتی میزان سرعت عبور گرما از ماده را نشان می دهد و جرم گرمایی مقدار گرمایی است که یک ماده می تواند برای افزایش دمای آن جذب کند

رسانایی حرارتی (ضریب انتقال حرارت)

این مقدار نشان می دهد که یک ماده چقدر خوب گرما را هدایت می کند .

- مواد با رسانایی حرارتی بالا: مانند مس، آلومینیوم و نقره، گرما را به سرعت منتقل می کنند و برای کاربردهایی مانند مبدل های حرارتی و سینک های حرارتی مناسب هستند



- مواد با رسانایی حرارتی پایین: مانند فولاد و پشم سنگ، گرما را به خوبی منتقل نمی کنند و به عنوان

عایق عمل می کنند پپ

جرم گرمایی (ظرفیت حرارتی ویژه)

این مقدار نشان دهنده مقدار انرژی گرمایی است که برای بالا بردن دمای یک واحد جرم از ماده به مقدار مشخصی لازم است .

- موادی با جرم گرمایی بالا، مقدار زیادی گرما را برای افزایش دمایشان جذب می کنند.
- موادی با جرم گرمایی پایین، با جذب مقدار کمتری گرما، دمایشان افزایش می یابد.

فاکتورهای تاثیرگذار دیگر:

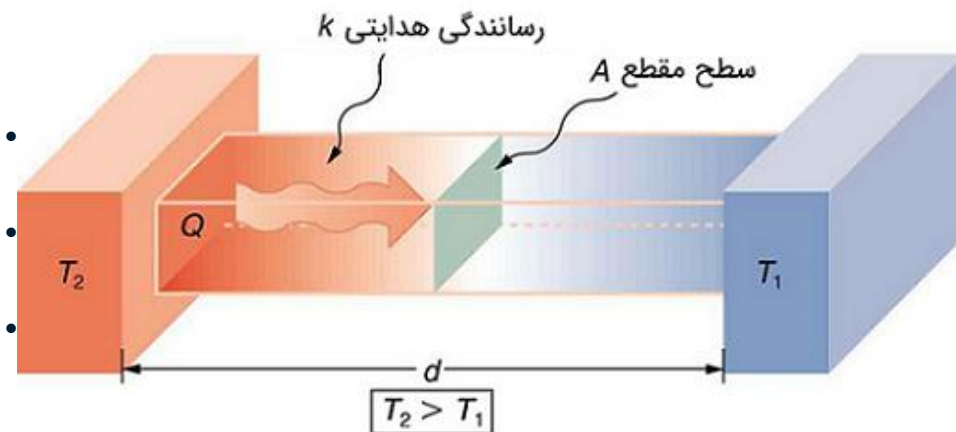
- ضخامت و مساحت: هرچه ضخامت ماده بیشتر باشد و مساحت سطح آن کمتر، انتقال گرما کمتر می شود .
- رنگ و بافت سطح: سطوح تیره و مات بیشتر گرما را جذب می کنند تا سطوح روشن و براق .
- جریان هوا (همرفت): جابجایی هوا بر روی سطح ماده می تواند در میزان انتقال حرارت مؤثر باشد . با توجه به این مقادیر، می توان مواد و طراحی های مناسبی را برای کاربردهای مختلف مانند گرمایش، سرمایش و عایق بندی انتخاب کرد

3- جسم سیاه مطلق

جسم سیاه مطلق یا جسم سیاه، یک مفهوم نظری در فیزیک است که تمام انرژی تابشی الکترومغناطیسی که بر آن می تابد را جذب می کند و در تعادل حرارتی، تابشی را بر اساس دمای خود ساطع می نماید. این تابش، که «تابش جسم سیاه» نام دارد، طیفی پیوسته دارد و شدت آن در طول موج های مختلف، تنها به دمای جسم بستگی دارد و مستقل از جنس و شکل آن است .

ویژگی های کلیدی جسم سیاه:

- جذب کننده کامل: یک جسم سیاه ایده آل هیچ تابشی را منعکس نمی کند و تمام تابش های فرودی را بدون توجه به فرکانس یا زاویه، جذب می نماید .
- تابش کننده کامل: در تعادل حرارتی، جسم سیاه تمام انرژی تابشی را که در همان دما توسط هر جسم دیگری ساطع می شود، منتشر می کند .
- وابستگی طیف به دما: شدت تابش جسم سیاه در طول موج های مختلف به دمای آن بستگی دارد؛ با افزایش دما، اوج طیف تابش به سمت طول موج های کوتاه تر و شدت تابش به طور کلی افزایش می یابد .
- ایده آل بودن مفهوم: هیچ جسم واقعی در طبیعت کاملاً سیاه نیست، اما اجسام ساخته شده از مواد فوق العاده جاذب یا حفره های کوچک با دیواره های سیاه، می توانند تقریب های بسیار خوبی از جسم سیاه باشند .
اهمیت و کاربرد:
- پایه مکانیک کوانتومی: مفهوم تابش جسم سیاه و تحلیل آن توسط ماکس پلانک، یکی از پیش گامان ظهور نظریه مکانیک کوانتومی بود .
- مدل سازی پدیده های فیزیکی: جسم سیاه به عنوان یک مدل ایده آل، در توصیف تابش حرارتی اجرام آسمانی مانند ستارگان و سیارات، و همچنین در طراحی ابزارهای اپتیکی و تلسکوپ ها، کاربرد دارد .
- پدیده های طبیعی: اجرام داغی که در تعادل حرارتی هستند، مانند ستارگان، رفتار تابشی نزدیکی به جسم سیاه دارند و مطالعه طیف آن ها، اطلاعات مهمی درباره دما و ترکیب آن ها به دست می دهد .



▪ σ ثابت استفان-بولتزمن

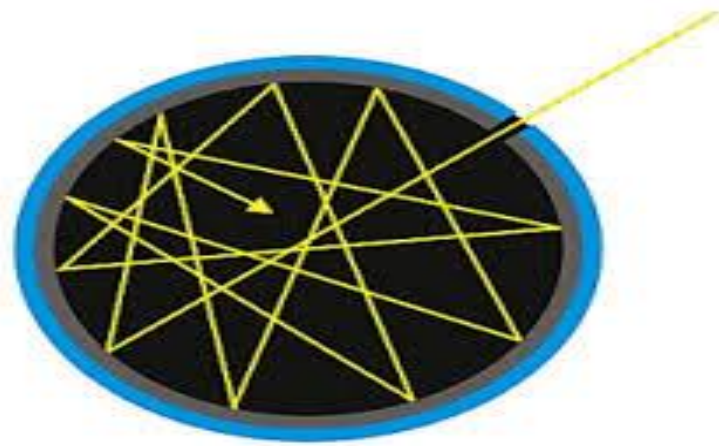
▪ T دمای مطلق جسم بر حسب کلوین.

2. قانون کیرشهف (Kirchhoff's Law of Thermal Radiation)

- **توصیف:** این قانون در مورد نسبت جذب و نشر تابش حرارتی توسط یک جسم در تعادل ترمودینامیکی (دما ثابت) صدق می کند.
- **مفهوم:** این قانون می گوید که برای هر جسمی در دمای معین، نسبت توان تابشی خروجی آن به ضریب جذب آن، برابر با تابع جهانی تابش یک جسم سیاه کامل در همان دما و طول موج است [2، 3].
- **کاربرد:** این قانون رابطه ای بین خواص جذب و نشر اجسام برقرار می کند. اجسامی که ساطع کننده های خوبی هستند (امواج حرارتی را خوب منتشر می کنند)، جاذب های خوبی نیز هستند. به عنوان مثال، سطح نقره ای یک قطره چکان ضعیف و جاذب ضعیف است، در حالی که سطح سیاه شده یک قطره چکان و جاذب عالی محسوب می شود.

مفهوم جسم سیاه:

- جسم سیاه یک مفهوم ایده آل در فیزیک است که تمام تابش های ورودی (از هر طول موج و جهتی) را جذب می کند و هیچ تابشی را بازتاب نمی دهد پ
- یک جسم سیاه در دمای معین، بیشترین انرژی ممکن را ساطع می کند و به عنوان یک معیار برای مقایسه سایر اجسام در تشعشع حرارتی استفاده می شود



Conceptual Black Body

4:- قانون تشعشع

قانون تشعشع حرارتی به دو قانون اصلی اشاره دارد: **قانون استفان-بولتزمن** که میزان کل انرژی تابش شده از یک سطح را توصیف می کند و متناسب با توان چهارم دمای مطلق آن است ($\varphi q \propto T^4$)، و **قانون کیرشهف** که نسبت جذب و نشر تابش یک جسم در دمای تعادل ترمودینامیکی را بیان می کند و بر اساس آن، جسمی که ساطع کننده خوبی است، جاذب خوبی نیز می باشد. این قوانین به درک چگونگی انتقال گرما از طریق امواج الکترومغناطیسی کمک می کنند

قوانین مهم تشعشع حرارتی:

1. قانون استفان-بولتزمن (Stefan-Boltzmann Law)

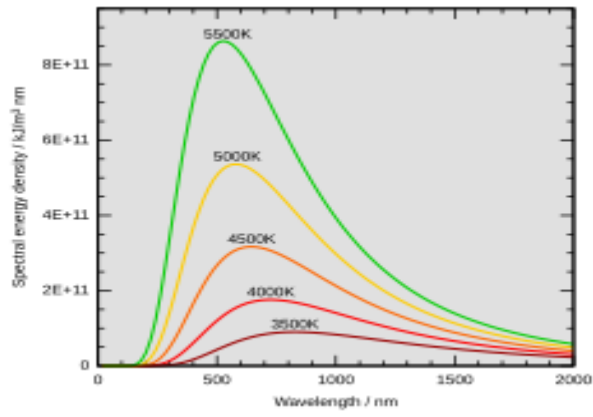
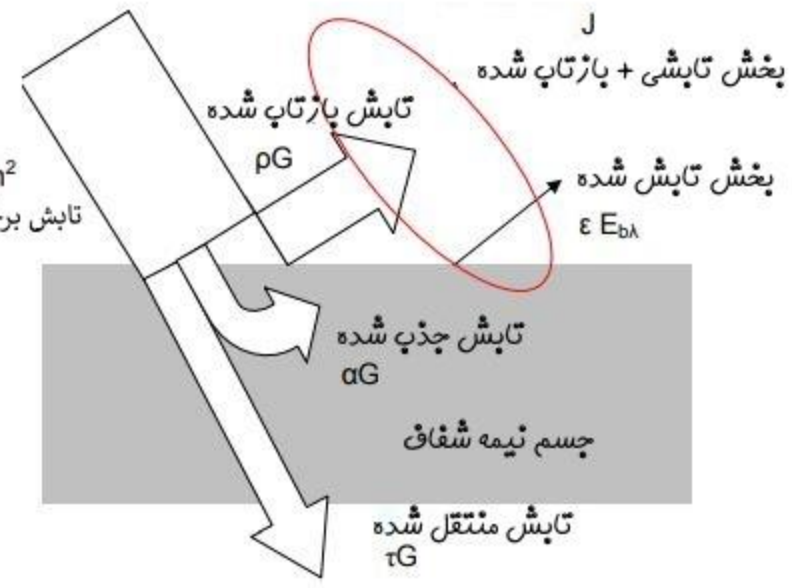
○ **توصیف:** این قانون بیان می کند که انرژی کل تابش شده از یک جسم (☐ جسم سیاه)، که یک ساطع کننده کامل و جاذب کامل است، با توان چهارم دمای مطلق آن (T) متناسب است

○ **رابطه:** به طور کلی، این قانون به صورت $\varphi q = \epsilon \sigma T^4$ بیان می شود، که در آن:

▪ φq شدت انرژی تابشی

▪ ϵ ضریب گسیل (برای جسم سیاه کامل $\epsilon=1$ است)

- λ_{max} لامبدای مکس: (طول موجی است که در آن شدت تابش جسم سیاه به حداکثر می رسد (بر حسب متر یا میکرومتر)
- آیتا: (دمای مطلق جسم بر حسب کلوین است
- b : ثابت وین است که مقدار آن تقریباً برابر با 2.898×10^{-3} متر-کلوین است کاربردها و مثالها
- $G, W/m^2$ تابش برخورد کرده
- رنگ اجسام با دما: این قانون به توضیح تغییر رنگ اجسام با افزایش دما کمک می کند. اجسام سردتر در طیف مادون قرمز می درخشند، در حالی که با افزایش دما، رنگ آن ها از قرمز به نارنجی و سپس زرد و سفید تغییر می کند
- رنگ خورشید: دمای سطح خورشید حدود 5800 کلوین است و بیشترین شدت تابش آن در محدوده نور مرئی (نزدیک به زرد) قرار دارد



5-: قانون وین

قانون جابجایی وین رابطه میان طول موج بیشینه تابش جسم سیاه و دمای آن را شرح می دهد و می گوید که با افزایش دمای جسم، طول موج این تابش به سمت طول موج های کوتاه تر جابه جا می شود. فرمول این قانون به صورت « $\lambda_{max} * T = b$ » است که در آن λ_{max} طول موجی است که تابش در آن بیشینه است و T دمای مطلق جسم بر حسب کلوین، و b ثابت وین است. این قانون به توضیح پدیده هایی مانند تغییر رنگ اجسام با افزایش دما کمک می کند.

مفهوم قانون جابجایی وین

- رابطه معکوس با دما: این قانون نشان می دهد که هرچه جسم داغ تر باشد، طول موجی که بیشترین انرژی را از خود تابش می کند، کوتاه تر است
 - "جابجایی" به سمت کوتاه موج: واژه "جابجایی" به این نکته اشاره دارد که با افزایش دما، قله منحنی تابش (بیشینه انرژی تابشی) به سمت طول موج های کوتاه تر حرکت می کند
- فرمول قانون جابجایی وین
این قانون به صورت زیر بیان می شود:
 $\lambda_{max} * T = b$

6-: قانون استفان

قانون استفان یا قانون استفان-بولتزمان، قانونی در فیزیک است که رابطه بین کل انرژی تابش شده از سطح یک جسم و دمای ترمودینامیکی آن جسم را توصیف می کند طبق این قانون، انرژی تابشی کل در واحد

● 7:- فزیک اتمی

فیزیک اتمی شاخه‌ای از فیزیک است که به مطالعه‌ی اتم‌ها به صورت یک سیستم منفرد، شامل ساختار داخلی، آرایش الکترون‌ها، و برهم‌کنش‌های آن‌ها با انرژی‌ها و میدان‌های الکترومغناطیسی می‌پردازد. این رشته برخلاف فیزیک هسته‌ای که به مطالعه‌ی هسته‌ی اتم می‌پردازد، اتم را به عنوان یک کل در نظر می‌گیرد.

موضوعات اصلی در فیزیک اتمی:

- ساختار اتم: بررسی ساختار داخلی اتم که شامل یک هسته و الکترون‌های اطراف آن است.
 - آرایش الکترون‌ها: مطالعه‌ی چگونگی آرایش الکترون‌ها در پوسته‌های مختلف اطراف هسته.
 - برانگیختگی و یونیزاسیون: بررسی فرآیندهایی که در آن الکترون‌ها انرژی جذب کرده و به سطوح بالاتر انرژی منتقل می‌شوند (برانگیختگی) یا از اتم خارج می‌شوند (یونیزاسیون)
 - برهم‌کنش‌ها: مطالعه‌ی چگونگی واکنش اتم‌ها با نور (فوتون‌ها) و سایر ذرات، و همچنین میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی
 - تفاوت فیزیک اتمی با فیزیک هسته‌ای:
 - فیزیک اتمی: تمرکز بر کل اتم و به خصوص رفتار الکترون‌ها در اطراف هسته است.
 - فیزیک هسته‌ای: تمرکز بر مطالعه‌ی ساختار هسته‌ی اتم و ترکیبات و برهم‌کنش‌های آن
- کاربردها:**
- اگرچه فیزیک اتمی مستقیماً به کاربردهای گسترده‌ای نمی‌پردازد، اما مفاهیم آن پایه‌ای برای بسیاری از علوم و فناوری‌های دیگر است. برخی از کاربردهای فیزیک اتمی در زمینه‌هایی مانند لیزر، طیف‌سنجی، و درک پدیده‌های کوانتومی مشهود است

سطح و واحد زمان با توان چهارم دمای جسم متناسب است. این قانون توسط جوزف استفان به صورت تجربی و لودویگ بولتزمن به صورت نظری استخراج شد و برای اجسام سیاه ایده‌آل به صورت {الرمز σT^4 } بیان می‌شود که در آن {الرمز σ } ثابت استفان-بولتزمن و الرمز T دمای جسم بر حسب کلونین است

فرمول قانون استفان-بولتزمن:

$$M = \sigma T^4$$

- M: انرژی تابشی کل در واحد سطح و واحد زمان.
- σ (سیگما): ثابت استفان-بولتزمن $(5.670 \times 10^{-8} \text{ وات بر متر مربع بر کلونین به توان چهارم})$.
- T: دمای مطلق جسم بر حسب کلونین = (K)

مفهوم کلیدی: الجسم الأسود (Blackbody)

- جسم سیاه یک جسم ایده‌آل است که هر نوری را که به آن می‌تابد، بدون انعکاس، جذب می‌کند
- این مفهوم در قانون استفان-بولتزمن کاربرد دارد؛ انرژی تابش شده از سطح یک جسم سیاه ایده‌آل، با توان چهارم دمای آن نسبت مستقیم دارد.

نکات مهم:

- این قانون رابطه بین انرژی کلی تابش شده و دمای جسم را بیان می‌کند.
- نام این قانون ترکیبی از نام جوزف استفان و لودویگ بولتزمن است که هر کدام به سهمی در تبیین آن نقش

$$P = \epsilon \sigma AT^4$$

Power (Watts) Surface area of emitter (m²) Absolute temperature (K)

Emissivity ($\epsilon = 1$ for a perfect black body)

Stefan-Boltzmann constant $5.67 \times 10^{-8} \text{ Watts/m}^2 \cdot \text{K}^4$

e.g.. ■ Back body (matt) 1.00 ■ Aluminium foil 0.04 ■ Concrete 0.85

طییف خطی اتمها: پیش بینی های فیزیک کلاسیک نشان می داد که اتمها با چرخش الکترونها به دور هسته، با تابش انرژی به صورت پیوسته، در نهایت فرو می پاشند. اما این امر مشاهده نشد و اتمها پایدار بودند.

در زمینه پدیده های کوانتومی:

• اثر فوتوالکتریک: فیزیک کلاسیک قادر به توضیح این پدیده نبود که چگونه نور با فرکانس معین می تواند باعث آزاد شدن الکترون از سطح فلز شود، اما فرکانس های کمتر، حتی با شدت زیاد، این کار را نمی توانند.

• وابستگی دمای ظرفیت گرمایی جامدات: پیش بینی کلاسیک ظرفیت گرمایی جامدات را مستقل از دما نشان می داد، که با اندازه گیری های آزمایشگاهی (به خصوص در دماهای پایین) مغایرت داشت.

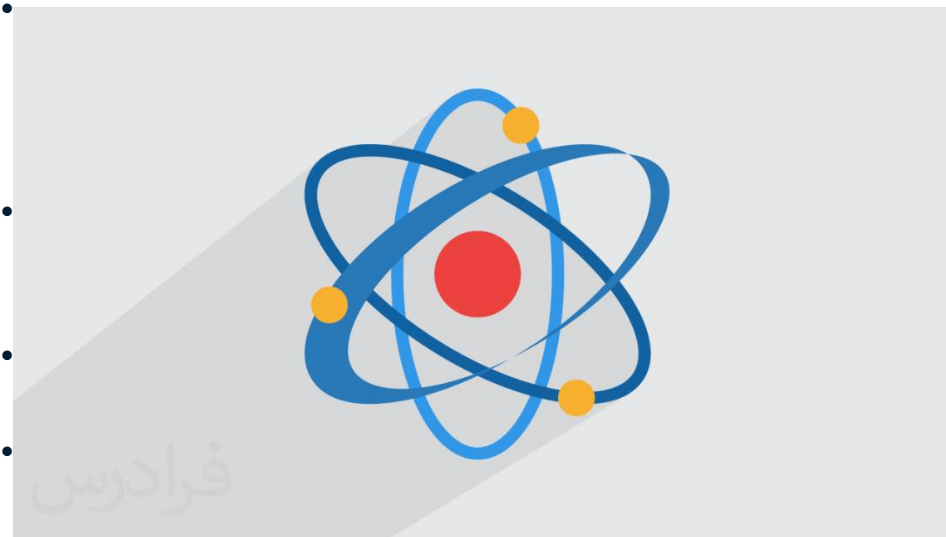
• اثر کامپتون و اثر رامان: این پدیده ها که شامل پراکندگی پرتو ایکس و نور توسط الکترونها با تغییر طول موج است، کاملاً با مفاهیم کلاسیک قابل توضیح نبود.

نارسانیه های دیگر:

• هدایت فوق العاده: (Superconductivity) یک حالت فیزیکی که در آن مواد در دماهای بسیار پایین هیچ مقاومتی در برابر جریان الکتریکی نشان نمی دهند، کاملاً با فیزیک کلاسیک قابل تبیین نبود.

• فراسیالی بودن: (Superfluidity) مشاهده اینکه برخی مایعات در دماهای بسیار پایین خواصی مانند جریان بدون اصطکاک از خود نشان می دهند، از محدودیت های فیزیک کلاسیک بود.

این نارسایی ها نشان دادند که فیزیک کلاسیک برای تبیین پدیده ها در مقیاس های بسیار کوچک (اتمها) و در شرایط خاص (دماهای پایین) کافی نیست، و منجر به توسعه نظریه های مدرن مانند نظریه نسبیت انیشتین و مکانیک کوانتومی شد.



● 8:- نارسایی های فیزیک کلاسیک

نارسایی های فیزیک کلاسیک شامل ناتوانی در تبیین پدیده هایی مانند تابش جسم سیاه، اثر فوتوالکتریک، وابستگی دمای ظرفیت گرمایی جامدات و طیف خطی اتمها بود. این نارسایی ها باعث ایجاد شکاف هایی در درک جهان شد که با ظهور فیزیک مدرن، به ویژه کوانتوم، حل شدند.

در ادامه به برخی از مهم ترین نارسایی های فیزیک کلاسیک اشاره می شود:

در زمینه تابش جسم سیاه و طیف اتمی:

- مشکل «فاجعه فرابنفش»: فیزیک کلاسیک پیش بینی کرد که یک جسم داغ باید بیشترین تابش را در طول موج های کوتاه (فرابنفش) داشته باشد، که با مشاهدات تجربی در تناقض بود و به «فاجعه فرابنفش» معروف است.



طیف زمینه کیهانی در قطب شمال کیهانشناسی

