



Education Bridge for Afghanistan

موسسه پل آموزشی برای افغانستان

علوم فزیک

امواج • حرارت • فزیک اتمومی

راهنمایی آموزشی فزیک

صنف دوازدهم

حرکت هارمونیک، امواج صوتی، حرارت و فزیک هسته‌ای

$$v = f \cdot \lambda$$

$$Q = mc\Delta T$$

$$N = N_0 e^{(-\lambda t)}$$

$$P = \sigma T^4 \quad E = mc^2$$

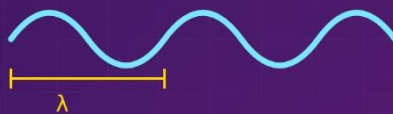


تشعشع و مواد رادیواکتیف

مودل اتمومی



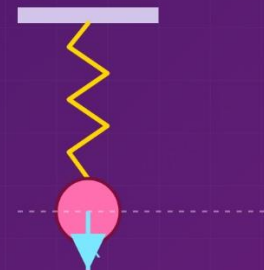
موج صوتی و هارمونیک



حرارت و انتقال گرما



حرکت هارمونیک ساده



"این چیتر شامل ۱۴ دوره درسی برای ارتقای سطح علمی متعلمان صنف دوازدهم می باشد"

فیزیک صنف دوازدهم

دوره اول:

 عنوان درس: اهتزاز (نوسان) – مفاهیم و معادلات پایه

۱. مفاهیم کلیدی به زبان ساده

 اهتزاز چیست؟

اهتزاز (نوسان) به حرکت رفت و برگشتی منظم یک جسم در اطراف یک موقعیت تعادل گفته می‌شود.

مثال‌های ساده:

• حرکت رقصه ی ساده (ساعت پندالومی)

• فنری که وزنه‌ای به آن آویزان است

• تارهای گیتار

 موقعیت تعادل:

جایی که جسم اگر بدون قوه رها شود، بی حرکت می‌ماند. هنگام اهتزاز، جسم همواره به این نقطه بازمی‌گردد.

 اصطلاحات کلیدی:

واحد	علامت	تعریف ساده	اصطلاح
ثانیه (s)	T	زمان یک دور کامل اهتزاز	دوره (T)
هرتز (Hz)	f	تعداد اهتزاز در یک ثانیه	تکرار (f)
متر (m)	A	بیشترین فاصله جسم از نقطه تعادل	دامنه (A)
rad/s	ω	سرعت تغییر زاویه در حرکت دایروی	سرعت زاویه‌ای (ω)

فرمول‌های اساسی:

• $f = 1 / T$

• $T = 1 / f$

• $\omega = 2\pi f = 2\pi / T$

۲. معادلات اهتزاز ساده (Simple Harmonic Motion)

حرکت اهتزاز ساده (Simple Harmonic Motion) با معادله زیر تعریف می‌شود:

معادله ی اهتزاز:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$$

در اینجا:

• $x(t)$: موقعیت جسم در زمان t

• A: دامنه اهتزاز

• ω : فریکوینسی زاویه ای

• ϕ : فاز اولیه در صنف دوازدهم معمولاً $\phi = 0$ گرفته می‌شود

قوه اهتزاز:

$$F = -kx$$

قانون هوک، در صورت استفاده از فنر

۳. تمرینات خانگی

 تمرین ۱: مفهومی

• اهتزاز را به زبان خود تعریف کنید.

• فرق بین پریود و فریکوینسی چیست؟

- چه مثال‌هایی از اهتزاز در زندگی روزمره دیده‌اید؟

تمرین ۲: محاسبه

۱. اگر یک رقصه 20 اهتزاز در 10 ثانیه انجام دهد، f و T را محاسبه کنید.

$$f = 20 \div 10 = 2 \text{ Hz}$$

$$T = 1 \div f = 0.5 \text{ s}$$

۲. اگر $A = 0.1 \text{ m}$ و $f = 5 \text{ Hz}$ باشد، ω را پیدا کنید.

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 5 = 31.4 \text{ rad/s}$$

تمرین ۳: رسم گراف

- گراف موقعیت در برابر زمان را برای $x(t) = A \cos(\omega t)$ رسم کنید.

- دامنه را $A = 1 \text{ m}$ فرض کنید و یک دوره را از 0 تا 2π نشان دهید.

۴. فعالیت‌های عملی خانگی

فعالیت ۱: ساخت رقصه ساده

وسایل: تار، سنگ یا کلید، ساعت

- یک رقصه بسازید.
- زمان 10 اهتزاز را با ساعت اندازه بگیرید.
- f و T را محاسبه کنید.

فعالیت ۲: مشاهده فنر

- اگر فنر در خانه دارید، وزنه‌ای را آویزان کنید.
- آن را کمی بکشید و رها کنید.
- حرکت بالا و پایین فنر را مشاهده کرده و به تعداد اهتزازات در 10 ثانیه توجه کنید.

فعالیت ۳: بازی نقش اهتزاز

- یک نفر نقش رقصه باشد و در جا عقب‌جلو حرکت کند.
- سایر اعضا، زمان، دامنه، و دوره را اندازه‌گیری کنند.

فعالیت ۴: مستندسازی

- از فعالیت خود و رقصه ساخته‌شده عکس بگیرید.
- رسم $x(t)$ روی کاغذ و مقایسه آن با حرکت آونگ.

۵. روش‌های خلاقانه یادگیری

ژورنال اهتزاز:

- کتابچه ای تهیه کرده، در آن:

- انواع اهتزازهای دیده‌شده در خانه

- محاسبات f و T

- گراف رسم‌شده

- برداشت‌های خودتان از حرکت ثبت شود.

اپلیکیشن‌ها (در صورت دسترسی):

- PhET Simulation: Mass-Spring

- Physics Toolbox Pendulum موبایل به رقصه تبدیل می‌شود

۶. خلاصه مفاهیم هفته:

واحد	تعریف	اصطلاح
—	حرکت رفت و برگشتی منظم	اهتزاز
m	بیش‌ترین فاصله از تعادل	دامنه (A)

● ۱: معادله حرکت ساده هارمونیک

✓ معادله حرکت ساده هارمونیک که جابجایی جسم را در زمان t توصیف می‌کند، به صورت $x(t) = A \cos(\omega t - \phi)$ است که در آن A دامنه، ω فرکانس زاویه‌ای، t زمان و ϕ فاز اولیه است. این معادله نشان می‌دهد که جسم با گذشت زمان، حول یک موقعیت تعادلی نوسان می‌کند.

اجزای معادله:

• $x(t)$:

موقعیت جسم در زمان t نسبت به موقعیت تعادلی.

• A دامنه

حداکثر فاصله جسم از موقعیت تعادلی در طول حرکت.

• ω فرکانس زاویه‌ای

سرعت نوسان جسم و با فرمول $\omega = 2\pi/T$ که T دوره تناوب است) تعریف می‌شود.

• t زمان

متغیری که نشان می‌دهد حرکت در چه لحظه‌ای رخ می‌دهد.

• فاز اولیه (ϕ) :

زاویه‌ای که موقعیت اولیه جسم در لحظه $t=0$ را تعیین می‌کند.

نکات کلیدی:

• حرکت ساده هارمونیک (SHM) یک نوع حرکت نوسانی است که در آن نیروی بازگرداننده متناسب با جابجایی و در خلاف جهت آن عمل می‌کند.

s	زمان یک نوسان کامل	پریود (T)
Hz	نوسانات در هر ثانیه	تکرار (f)
rad/s	سرعت تغییر زاویه	سرعت زاویه‌ای (ω)
—	$\omega = 2\pi f$	رابطه ω و f

جمع‌بندی نهایی:

اهتزاز یکی از مهم‌ترین مفاهیم فزیک در صنف دوازدهم است که در بسیاری از پدیده‌های طبیعی، مانند حرکت امواج، صوت، نور، و حتی اتم‌ها دیده می‌شود. یادگیری درست آن پایه درک فصل‌های آینده است.

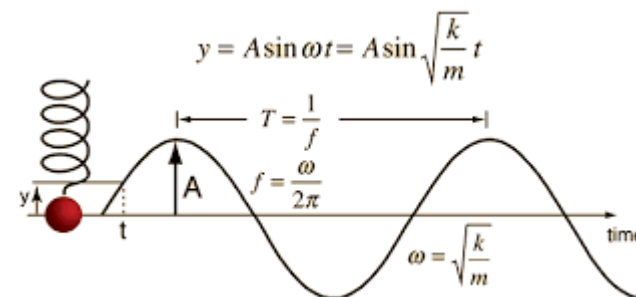
دوره دوم:

📌 اهداف آموزشی:

1. معادله حرکت ساده هارمونیک
2. امیگ چيست
3. پریود چيست
4. فریکونسی زاویه پی چيست
5. رابطه پی بین حرکت دایروی و حرکت ساده هارمونیک
6. امواج و حرکت آنها
7. موج چيست و چند قسم است
8. امواج میخانیکي
9. امواج عرضی
10. امواج طولی
11. خصوصیت امواج

- با استفاده از این معادله می‌توان موقعیت، سرعت و شتاب جسم را در هر لحظه از زمان محاسبه کرد.

- همچنین می‌توان از انرژی‌های جنبشی و پتانسیل آن برای توصیف حرکت استفاده کرد



2- امیگا چیست

در حرکت هارمونیک ساده، ω نمادی برای فرکانس زاویه‌ای است که معیاری از سرعت نوسان است و رابطه آن با فرکانس معمول (f) و دوره تناوب (T) به صورت $\omega = 2\pi f$ و $\omega = 2\pi/T$ است [فرکانس زاویه‌ای نشان می‌دهد که در هر ثانیه چند رادیان تغییر فاز در موج سینوسی اتفاق می‌افتد و واحد آن رادیان بر ثانیه (rad/s) است]

مفاهیم کلیدی :

- فرکانس زاویه‌ای: (ω)

سرعت تغییر فاز در یک موج سینوسی یا نوسان است.

- فرکانس معمولی: (f)

تعداد نوسانات کامل در یک ثانیه است و بر حسب هرتز (Hz) اندازه‌گیری می‌شود

- دوره تناوب: (T)

مدت زمان لازم برای انجام یک نوسان کامل است و بر حسب ثانیه اندازه‌گیری می‌شود [1, 5].

ارتباط بین مفاهیم :

- هر نوسان کامل در حرکت هارمونیک، معادل با 2π رادیان تغییر فاز است.

- بنابراین، اگر f تعداد نوسانات در ثانیه باشد، در هر ثانیه $2\pi f$ رادیان تغییر فاز رخ می‌دهد که همان ω است: $\omega = 2\pi f$ [3, 4].

- همچنین، از آنجایی که فرکانس f عکس دوره تناوب (T است $f = 1/T$)، می‌توان نوشت: $\omega = 2\pi/T$ [1, 5].

اهمیت در حرکت هارمونیک ساده :

- فرکانس زاویه‌ای (ω) بخشی از معادله‌ای است که حرکت هارمونیک را توصیف می‌کند، مثلاً در موقعیت $x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$

- این پارامتر نشان‌دهنده سرعت نوسان یک جسم یا ذره است و ارتباط نزدیکی با انرژی و فرکانس سیستم نوسانی دارد.

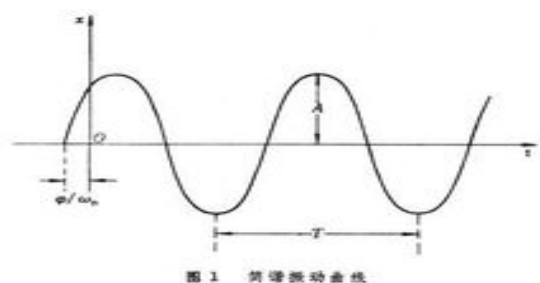


图 1 简谐振动曲线

3- پریود چیست

زمان تناوب در حرکت دایروی به زمانی گفته می‌شود که یک جسم برای کامل کردن یک دور کامل در مسیر دایره‌ای به آن نیاز دارد. به عبارت دیگر، این زمان، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا یک جسم یک بار مسیر دایره‌ای را طی کند و به نقطه شروع خود بازگردد. به عنوان مثال، اگر یک سیاره به دور خورشید در یک مدار دایره‌ای بچرخد، زمان تناوب آن، زمانی است که طول می‌کشد تا یک دور کامل به دور خورشید بچرخد.

توضیحات بیشتر:

- حرکت دایروی:

حرکتی است که در آن یک جسم در یک مسیر دایره‌ای حرکت می‌کند.

• حرکت تناوبی:

حرکتی است که در آن یک جسم پس از یک دوره زمانی مشخص، مسیر خود را تکرار می‌کند.

• زمان تناوب:

مدت زمانی است که طول می‌کشد تا یک چرخه کامل از حرکت تناوبی اتفاق بیفتد

✓ فرمول زمان تناوب

$T = \frac{t}{n}$ که در این فرمول T زمان تناوب n تعداد دور و t مدت زمان آن می‌باشد

مثال:- متحرک در مسیر دایروی 10 دور را در مدت 60sec انجام می‌دهد. پریود آنرا در یافت کنید؟

حل:-

$$n=10$$

$$t=60\text{sec}$$

$$T=?$$

$$T = \frac{t}{n} = 60\text{sec}/10 = 6\text{sec}$$

● 4:- فریکونسی زاویه پی چیست

فرکانس زاویه‌ای (ω) میزان تغییر زاویه (بر حسب رادیان) در سیستم‌های دوار یا نرخ تغییر فاز در امواج سینوسی را نشان می‌دهد [1]، 3. [این کمیت که با واحد رادیان بر ثانیه اندازه‌گیری می‌شود، از ضرب فرکانس عادی (f در 2π به دست می‌آید) $(\omega = 2\pi f)$ 2] 3. فرکانس زاویه‌ای با نماد یونانی «امگا» (ω) نمایش داده می‌شود.

درک بهتر فرکانس زاویه‌ای

• در سیستم‌های چرخشی:

فرکانس زاویه‌ای سرعت چرخش یک جسم را توصیف می‌کند.

• در امواج:

فرکانس زاویه‌ای سرعت تغییر فاز یک موج سینوسی را مشخص می‌کند

تفاوت با فرکانس عادی

• فرکانس عادی: (f)

تعداد چرخه یا نوسان کامل در واحد زمان است و با واحد هرتز (Hz) اندازه‌گیری می‌شود

• فرکانس زاویه‌ای: (ω)

تعداد رادیان‌های تغییر زاویه در واحد زمان است و همیشه 2π برابر فرکانس عادی است [2، 3].

فرمول و واحد

• فرمول: $\omega = 2\pi f$:

• واحد: رادیان بر ثانیه (rad/s).

اهمیت

فرکانس زاویه‌ای به دلیل حذف عدد π از محاسبات، در بسیاری از پدیده‌های تناوبی مانند حرکت هماهنگ ساده ترجیح داده می‌شود.

● 5:- رابطه پی بین حرکت دایروی و حرکت ساده هارمونیکی

رابطه بین حرکت دایره‌ای و حرکت ساده هارمونیکی (SHM) در این است که حرکت ساده هارمونیکی را می‌توان با تصویر یکنواخت حرکت دایره‌ای بر روی یک قطر توجیه کرد؛ یعنی مولفه حرکت دایره‌ای در یک راستا، یک حرکت ساده هارمونیکی است. به عبارت دیگر، اگر ذره‌ای روی یک دایره با سرعت ثابت حرکت کند، حرکت آن بر روی هر یک از محورهای x یا y به صورت مولفه‌ای یک حرکت ساده هارمونیکی خواهد بود.

توضیح بیشتر:

1. حرکت دایره‌ای:

جسمی را تصور کنید که با سرعت ثابت روی محیط یک دایره حرکت می‌کند. موقعیت این جسم در هر لحظه می‌تواند با مولفه‌های x و y در دستگاه مختصات کارتزین توصیف شود.

2. تصویر بر روی محور:

حرکت ساده هارمونیک زمانی رخ می‌دهد که ما موقعیت جسم در طول یک محور (مثلاً محور x) را در نظر بگیریم. در طول زمان، موقعیت این جسم روی محور x به صورت سینوسی یا کسینوسی تغییر می‌کند.

3. اثر دایره‌ای:

چون حرکت اصلی جسم روی دایره است، موقعیت آن روی محور x به شکل منظم و دوره‌ای تکرار می‌شود و دامنه نوسان آن برابر با شعاع دایره است. سرعت و شتاب حرکت روی محور نیز با تغییرات موقعیت همخوانی دارد و ویژگی‌های حرکت ساده هارمونیک را نشان می‌دهد.

مثال:

- فرض کنید یک چراغ روی یک صفحه گردان در حال چرخش است. وقتی از روبرو به آن نگاه می‌کنید، نور چراغ به صورت رفت و برگشتی بر روی یک خط مستقیم (مثلاً خط افقی) دیده می‌شود. این حرکت رفت و برگشتی نور همان حرکت ساده هارمونیک است.

به طور خلاصه، حرکت دایره‌ای یک نمایش دو بعدی است در حالی که حرکت ساده هارمونیک یک نمایش یک بعدی است و حرکت ساده هارمونیک در واقع یک "رشته" یا "تصویر" از حرکت دایره‌ای است که بر روی یک محور رسم می‌شود.

6- امواج و حرکت آنها

امواج پدیده‌هایی فیزیکی هستند که انرژی را از طریق نوسان یا آشفتگی در یک محیط منتقل می‌کنند، بدون اینکه خود ماده را منتقل کنند این امواج دو نوع اصلی دارند: مکانیکی که برای انتشار به محیط مادی نیاز دارند (مانند امواج صوتی و لرزه‌ای) و الکترومغناطیسی که می‌توانند در خلاء هم منتشر شوند (مانند نور و امواج رادیویی). (حرکت امواج شامل انعکاس، انکسار، پراش و تداخل است و ویژگی‌های مهم آن شامل دامنه، طول موج، فرکانس و سرعت است)

انواع اصلی امواج :

- **امواج مکانیکی:**

- برای انتشار به یک محیط مادی (مانند جامد، مایع یا گاز) نیاز دارند.
- با ارتعاش ذرات محیط به وجود می‌آیند و انرژی را منتقل می‌کنند، اما ذرات خود محیط در یک محدوده ثابت نوسان می‌کنند و جابجا نمی‌شوند
- **مثال‌ها:** امواج صوتی، امواج لرزه‌ای، امواج آب.

- **امواج الکترومغناطیسی:**

- نیازی به محیط مادی ندارند و می‌توانند در خلاء منتشر شوند.
- از نوسان میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی ایجاد می‌شوند که عمود بر یکدیگر و در راستای انتشار موج نوسان می‌کنند.
- **مثال‌ها:** نور مرئی، امواج رادیویی، اشعه ایکس

اصول حرکت امواج:

- **ارتعاش و جابجایی:**

موج یک آشفتگی یا نوسان است که در یک محیط منتشر می‌شود. ذرات محیط به طور موقت از مکان تعادلی خود جابجا می‌شوند و نیروی آن‌ها را به مکان اولیه بازمی‌گرداند.

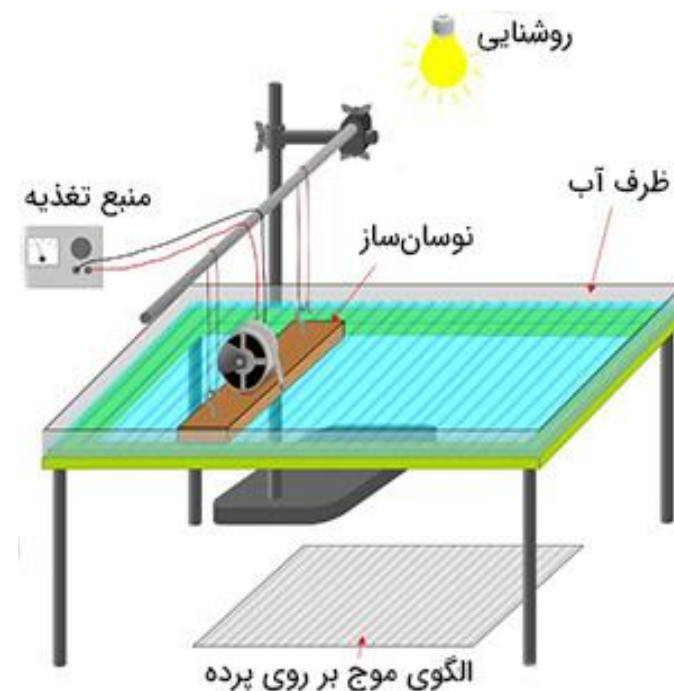
- **انتقال انرژی:**

موج در واقع پدیده‌ی انتقال انرژی است. انرژی از یک ذره به ذره‌ی دیگر منتقل می‌شود و الگوی آشفتگی از منبع به سمت انتهای دیگر محیط حرکت می‌کند.

- **انواع حرکت ذرات:**

- **امواج طولی:** جهت نوسان ذرات محیط موازی با جهت انتشار موج است. مثال: امواج صوتی
- **امواج عرضی:** جهت نوسان ذرات محیط عمود بر جهت انتشار موج است. مثال: سیم مرتعش گیتار.

- **امواج سطحی:** نوسان در سطح دو محیط (مانند آب و هوا) اتفاق می‌افتد و ذرات آب به صورت دایره‌ای حرکت می‌کنند. مثال: موج دریا



● 7:- موج چیست و چند قسم است

موج «آشفته‌گی یا ارتعاشی است که انرژی را در یک محیط یا خلاء منتقل می‌کند». امواج به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند: موج‌های مکانیکی که به محیط مادی برای انتشار نیاز دارند (مانند موج‌های صوتی و امواج آب) و موج‌های الکترومغناطیسی که می‌توانند در خلاء منتشر شوند و نیازی به محیط مادی ندارند (مانند نور و امواج رادیویی)

موج چیست؟

موج، به طور کلی، یک اختلال یا آشفته‌گی است که از منبع خود دور می‌شود و انرژی را با خود منتقل می‌کند، بدون اینکه ذره‌های محیط به طور دائمی جابجا شوند

انواع اصلی موج

دو دسته اصلی موج وجود دارد که بر اساس نیاز به محیط برای انتشار دسته‌بندی می‌شوند

● موج‌های مکانیکی

- نیاز به محیط: برای انتشار به یک محیط مادی (مانند جامد، مایع، یا گاز) نیاز دارند
- نحوه انتقال انرژی: انرژی از طریق ارتعاش ذرات محیط منتقل می‌شود
- مثال‌ها: موج‌های صوتی، امواج آب، و امواج لرزه‌ای

● موج‌های الکترومغناطیسی

- نیاز به محیط: نیازی به محیط مادی برای انتشار ندارند و می‌توانند در خلاء نیز منتشر شوند
- نحوه انتقال انرژی: انرژی از طریق نوسان میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی منتقل می‌شود
- مثال‌ها: نور، امواج رادیویی، مایکروویو، اشعه ایکس، و اشعه گاما

دسته‌بندی دیگر بر اساس جهت ارتعاش

علاوه بر دسته‌بندی بر اساس نیاز به محیط، امواج را می‌توان بر اساس جهت ارتعاش ذرات نسبت به جهت انتشار موج نیز دسته‌بندی کرد

● امواج طولی:

جهت ارتعاش ذرات محیط با جهت انتشار موج موازی است .

- مثال: امواج صوتی .

● 8:- امواج میخانیکی

مواج مکانیکی نوساناتی هستند که برای انتشار به یک محیط مادی نیاز دارند و انرژی را از طریق ارتعاش ذرات محیط منتقل می‌کنند این امواج انرژی را منتقل می‌کنند، اما ماده نوسان‌کننده به طور کلی از موقعیت اولیه خود دور نمی‌شود و ج‌های مکانیکی به سه دسته اصلی طولی، عرضی و سطحی تقسیم می‌شوند و برای انتشار به محیطی با خاصیت ارتجاعی و اینرسی نیاز دارند

انواع امواج مکانیکی

- امواج طولی:

در این نوع موج، ذرات محیط در همان جهتی که موج منتشر می‌شود نوسان می‌کنند مثال رایج آن امواج صوتی است که با فشرده شدن و انبساط ذرات هوا منتشر می‌شوند.

- امواج عرضی:

در امواج عرضی، حرکت ذرات محیط بر جهت انتشار انرژی عمود است، [موج‌های روی آب و ارتعاش طناب در حال حرکت نمونه‌هایی از امواج عرضی هستند.

- امواج سطحی:

این امواج ترکیبی از امواج طولی و عرضی هستند

ویژگی‌های اصلی امواج مکانیکی

- انرژی:

موج‌های مکانیکی انرژی را منتقل می‌کنند اما خودشان انرژی را به وجود نمی‌آورند.

- نیاز به محیط:

این امواج برای انتشار به یک محیط مادی کُشسان مانند جامد، مایع یا گاز نیاز دارند و نمی‌توانند در خلاء منتشر شوند

- انتقال آشفستگی:

موج مکانیکی به صورت آشفستگی‌هایی در محیط اطرافش منتشر می‌شود.

مثال‌های امواج مکانیکی

- موج آب:

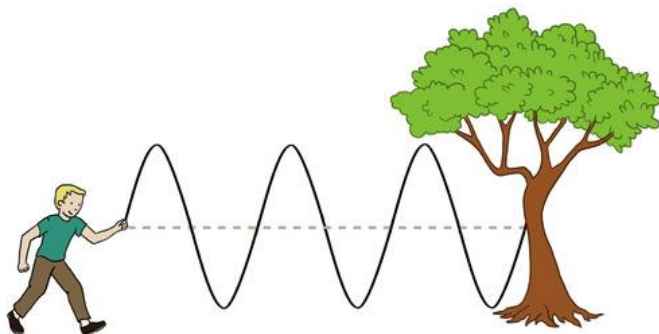
نمونه‌ای آشکار از امواج مکانیکی است که هم موج طولی و هم موج عرضی را شامل می‌شود

- موج صوتی:

موجی است که در هوا و سایر محیط‌های مادی منتشر می‌شود.

- ارتعاش طناب یا فنر:

حرکت موجی در طناب یا فنر نیز مثالی از امواج مکانیکی است



- 9--: امواج عرضی

مواج عرضی موج‌هایی هستند که در آن‌ها راستای ارتعاش ذرات محیط یا میدان، عمود بر راستای انتشار موج است. مثال‌هایی از امواج عرضی شامل امواج نور و سایر امواج الکترومغناطیسی، امواج سطحی آب و امواج زلزله (امواج S) می‌باشند. این امواج می‌توانند در محیط‌های مادی مانند جامدات و سطح مایعات و همچنین در خلاء منتشر شوند، برخلاف امواج طولی.

- ویژگی‌های امواج عرضی:

- عمود بودن نوسان:

ذرات محیط به جای حرکت در امتداد انتشار موج، به صورت بالا و پایین یا عمود بر جهت حرکت موج، نوسان می‌کنند.

- محیط انتشار:

امواج عرضی می‌توانند در محیط‌های مادی مانند جامدات و سطح مایعات ایجاد شوند.

- انتشار در خلاء:

امواج الکترومغناطیسی مانند نور، که نمونه‌ای از امواج عرضی هستند، می‌توانند در خلاء منتشر شوند.

• قطبش:

امواج عرضی قابلیت قطبش دارند، به این معنا که می‌توان جهت ارتعاش آن‌ها را در یک صفحه خاص محدود کرد.

مثال‌هایی از امواج عرضی:

• نور:

امواج نور و دیگر امواج الکترومغناطیسی (مانند امواج رادیویی) نمونه‌های مهمی از امواج عرضی هستند.

• امواج سطحی آب:

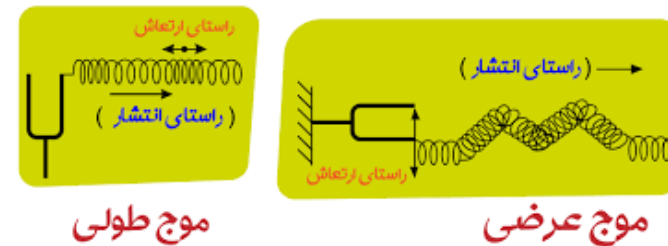
موج‌هایی که هنگام انداختن سنگ در برکه ایجاد می‌شوند، از امواج عرضی هستند.

• امواج لرزه‌ای (امواج S):

این امواج که در هنگام زلزله ایجاد می‌شوند، از نوع امواج عرضی هستند.

• موج در طناب:

اگر یک سر طنابی را ثابت نگه دارید و سر دیگر آن را به بالا و پایین تکان دهید، موج عرضی ایجاد شده در طناب یک نمونه‌ی فیزیکی از این نوع موج است.



● 10: - امواج طولی

مواج طولی امواجی مکانیکی هستند که در آن‌ها، ذرات محیط هم‌جهت یا خلاف جهت انتشار موج ارتعاش می‌کنند. به دلیل فشردگی و منبسط شدن محیط در اثر این ارتعاشات، به امواج طولی «امواج فشاری» نیز گفته می‌شود. امواج صوتی و امواج زلزله نمونه‌هایی از امواج طولی هستند که برای انتشار به محیط مادی (جامد، مایع یا گاز) نیاز دارند و نمی‌توانند در خلاء منتشر شوند.

ویژگی‌های امواج طولی:

• مکانیکی بودن:

امواج طولی برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند و انرژی را از طریق ارتعاش ذرات این محیط منتقل می‌کنند.

• هم‌جهت بودن ارتعاش و انتشار:

جهت جابجایی ذرات محیط در جهت انتشار موج یا خلاف جهت آن است.

• ایجاد فشردگی و انبساط:

حرکت این امواج باعث ایجاد نواحی فشرده و منبسط در محیط انتشار می‌شود، به همین دلیل به آن‌ها امواج فشاری نیز می‌گویند.

• عدم انتشار در خلاء:

از آنجایی که این امواج به محیط مادی نیاز دارند، نمی‌توانند در خلاء منتشر شوند.

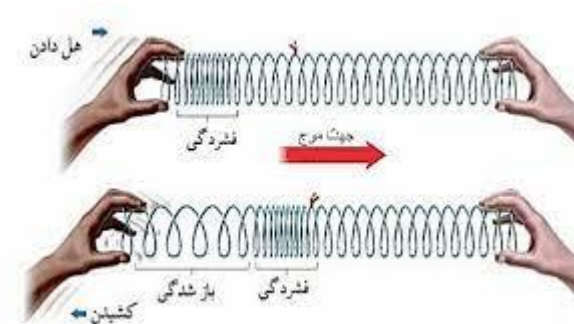
نمونه‌هایی از امواج طولی:

• امواج صوتی:

زمانی که صدا در هوا یا مایعات حرکت می‌کند، ذرات هوا یا مایع در جهت انتشار صدا ارتعاش می‌کنند و باعث فشردگی و منبسط شدن محیط می‌شوند.

• امواج فشاری در زلزله:

امواج P که در هنگام زلزله تولید می‌شوند، از نوع امواج طولی هستند و باعث لرزش زمین در جهت



انتشار موج می‌شوند.

11: - خصوصیت امواج

خصوصیات اصلی امواج شامل انتقال انرژی بدون انتقال جرم، دو نوع اصلی مکانیکی (نیاز به محیط مادی) و الکترومغناطیسی (عدم نیاز به محیط)، و ویژگی‌های هندسی مانند دامنه (حداکثر جابجایی)، طول موج (فاصله بین قله‌ها)، فرکانس (تعداد نوسانات در واحد زمان) و سرعت (طول موج ضربدر فرکانس) است همچنین امواج می‌توانند به صورت طولی (مانند صوت) یا عرضی (مانند امواج آب) نوسان کنند و پدیده‌هایی مانند تداخل، شکست و پراش را نشان دهند

انواع امواج

• امواج مکانیکی:

برای انتشار به یک محیط مادی (جامد، مایع یا گاز) نیاز دارند و انرژی را از طریق ارتعاش ذرات آن محیط منتقل می‌کنند. مثال‌ها شامل امواج صوتی، امواج آب و امواج لرزه‌ای است

• امواج الکترومغناطیسی:

نیازی به محیط مادی ندارند و می‌توانند در خلأ منتشر شوند. این امواج شامل میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی هستند که بر یکدیگر عمودند و با سرعت نور حرکت می‌کنند. مثال‌ها شامل نور مرئی، امواج رادیویی و اشعه ایکس است

خصوصیات هندسی و فیزیکی

• دامنه: (Amplitude)

حداکثر جابجایی از نقطه تعادل است و شدت موج را نشان می‌دهد

• طول موج: (Wavelength)

فاصله بین دو قله (تاج) یا دو دره (فرورفتگی) متوالی در یک موج است

• فرکانس: (Frequency)

تعداد نوسانات یا چرخه‌های کامل موج در واحد زمان است

• دوره تناوب: (Period)

زمان لازم برای تکمیل یک چرخه کامل نوسان است و عکس فرکانس است.

• سرعت موج: (Wave Speed)

حاصل ضرب طول موج در فرکانس است ($v = \lambda f$)

رفتار امواج

• نوسان طولی و عرضی:

در امواج عرضی، ذرات محیط عمود بر جهت انتشار موج نوسان می‌کنند (مانند امواج روی سطح آب)، در حالی که در امواج طولی، ذرات در راستای انتشار موج نوسان می‌کنند (مانند امواج صوتی)

• تداخل: (Interference)

وقتی دو یا چند موج با هم برخورد می‌کنند، با هم جمع شده و موجی جدید ایجاد می‌کنند که می‌تواند تقویت (تداخل سازنده) یا تضعیف (تداخل ویرانگر) شود.

• شکست: (Refraction)

خم شدن امواج هنگام عبور از مرز بین دو محیطی که چگالی متفاوتی دارند یا سرعت انتشار موج در آن‌ها فرق می‌کند.

• پراش: (Diffraction)

خم شدن امواج هنگام عبور از شکاف‌ها یا اطراف موانع، که باعث پخش شدن آن‌ها در فضایی فراتر از سایه هندسی می‌شود.

● 12: - موج‌های ایستاده

موج ایستاده حالتی از ارتعاش در یک محیط است که در آن دامنه نوسان در فضا ثابت باقی می‌ماند و انرژی در آن به طور خالص منتقل نمی‌شود. این پدیده زمانی رخ می‌دهد که دو موج با دامنه و فرکانس یکسان در خلاف جهت یکدیگر حرکت کنند و با هم تداخل (برهم‌نهی) داشته باشند. نقاطی از موج که جابجایی ندارند، "گره" نامیده می‌شوند و نقاطی که حداکثر دامنه نوسان را دارند "پادگره" نام دارند.

چگونگی تشکیل موج ایستاده:

• تداخل دو موج:

موج ایستاده نتیجه تداخل دو موج است که در جهات مخالف هم حرکت می‌کنند و هر دو دامنه و فرکانس یکسان دارند.

• انعکاس موج:

این تداخل معمولاً زمانی رخ می‌دهد که موجی به انتهای محیط برخورد کرده و منعکس می‌شود و سپس با موج فرودی در همان محیط تداخل پیدا می‌کند.

• تشدید:

پدیده تشدید یکی از شایع‌ترین علت‌های تشکیل امواج ایستاده است. در این حالت، امواج در فرکانس‌های خاصی (فرکانس تشدید) به عقب و جلو بازتاب می‌شوند و با امواج تابشی تداخل پیدا کرده و موج ایستاده را تشکیل می‌دهند.

ویژگی‌های موج ایستاده:

• ثابت بودن دامنه در فضا:

برخلاف موج رونده، موج ایستاده در فضا حرکت نمی‌کند، بلکه در یک مکان ثابت نوسان می‌کند و دامنه نوسان آن در هر نقطه از فضا ثابت است.

• وجود گره و پادگره:

○ **گره (Node):** نقاطی در امتداد موج هستند که دامنه نوسان آن‌ها همیشه صفر است و هیچ جابجایی در آن‌ها رخ نمی‌دهد.

○ **پادگره (Antinode):** نقاطی هستند که دامنه نوسان آن‌ها حداکثر است و بیشترین جابجایی را در هر چرخه ارتعاش دارند.

• عدم انتقال انرژی:

به دلیل تداخل دو موج، در امواج ایستاده انتقال خالص انرژی به صورت انرژی موجی وجود ندارد.

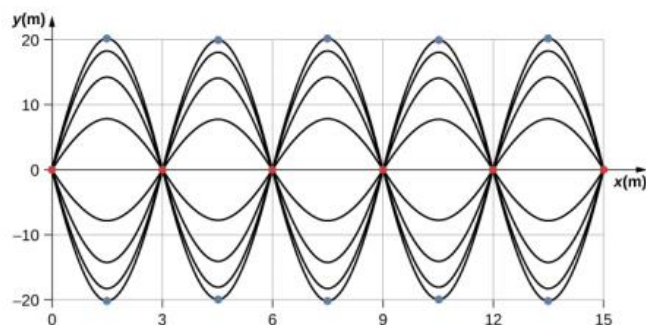
مثال‌ها و کاربردها:

• سازهای زهی:

در سازهایی مانند گیتار و ویولن، امواج ایستاده روی سیم‌ها ایجاد می‌شوند و باعث تولید صدا می‌شوند.

• مایکروویو:

در اجاق‌های مایکروویو، امواج ایستاده می‌توانند باعث شوند غذا در بعضی نقاط بیشتر و در بعضی دیگر کمتر گرم شود؛ به همین دلیل از چرخاننده یا همزن موج برای توزیع یکنواخت گرما استفاده می‌شود.



دوره سوم:

اهداف آموزشی:

1_ دانش آموزان با مفاهیم اساسی موضوعات (فریکونسی، پریود، انعکاس موج میخانیکی

, انکسار یا شکست موج میخانیکی, تداخل, تابع انتشار موج, تداخل موجها, امواج صوتی

, صدا و مشخصات آن, تولید نمودن امواج صوتی

, سرعت صوت, سرعت صوت در هوا) آشنایی کامل دریافت کند.

2_ دانش آموزان با موارد استفاده از موج و صوت آگاهی کامل کسب نمایند.

3_ دانش آموزان باید با اهمیت موضوعات مطرح شده آشنا شوند و بتوانند در زندگی روزمره شان تطبیق نمایند.

بخش اول: موج چیست و چند قسم است؟

هر حرکتی که ذرات اهتزاز، انرژی حرکی خویش را به صورت دوامدار به ذره مجاور داده و آنرا به نوسان در آورد، این حرکت را بنام حرکت موجی یاد می کند. این عملیه در محیط متجانس و استقامت مقابل ادامه پیدا می کند،



(شکل 1)

تازمانی که با تصادم به یک مانع، انرژی خود را از دست داده و در محیط جذب شود، هر موج خصوصیات مشخص دارد و آن عبارت از طول موج، فریکونسی، دامنه اهتزاز ذرات و سرعت می باشد. امواج از نظر خصوصیات فیزیکی به دو بخش تقسیم شده است.

1. امواج میخانیکی

این نوع امواج برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند، موجهای آب، موجهای صوتی و موجهای زلزله نمونه ای از موجهای میخانیکی هستند.

2. امواج الکترومقناطیسی

این نوع موجها علاوه در محیطهای مادی در محیطهای غیرمادی (خلا) نیز منتشر می شوند، به صورت نمونه موجهای نوری ستارهها در فضا از خلا عبور می کنند تا به ما برسد.

یک تعداد مشخصات معین فیزیکی است که در هر دو نوع امواج موجود است، نمونه آن موج در محیط متجانس به خط مستقیم منتشر می گردد. هر موج، طول موج فریکونسی و پریود مشخص دارد. هر موج سرعت انتشار خاصی دارد که به کثافت محیط انتشار مرتبط می باشد. این که موجودات زنده می شوند و می بینند، که پروسه ها و میکانیسم شنیدن صداها و زلزله بر می خیزند و دیگر پدیده های طبیعی، شکل های از امواج اند. به همین سبب ساینس دانان از قانون مندی های طبیعت در تخنیک استفاده نموده آنرا به خدمت انسان ها استعمال می نمایند.

امواج میخانیکی (Mechanical Waves) :

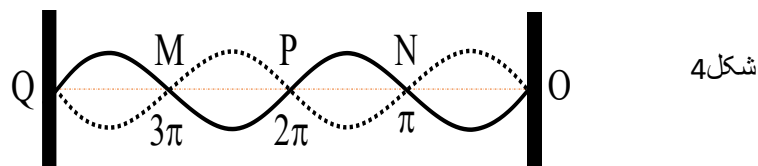
اگر در یک قسمت یک محیط متجانس اختلال وارد شود، پس در مالیکولها یا ذرات این محیط قوه های کشش به وجود می آید و این قوه ها بدون این که موقعیت قسمت های محیط را تغییر بدهد، به ساختارهای مادی مجاور خود انرژی می دهند و در نتیجه موج در محیط منتشر می گردد، در طبیعت امواج میخانیکی در دندها، روی آب های ایستاده به وضاحت معلوم می شود.

در یک محیط متجانس سرعت موج میخانیکی در رابطه $x = vt$ صدق می کند، می بینید که در این رابطه فاصله انتشار طول موج تابع وقت به شکل خطی می باشد. پس جهت انتشار، یک شکل خطی را دارد. چگونگی انتشار امواج میخانیکی به کثافت و خصوصیات فیزیکی محیط ارتباط دارد.

و باید گفت که انتشار زلزله‌ها هم عرضی و هم طولی بوده می‌توانند. موج‌های زلزله از عمق زمین بلند شده و بعد از بر روی زمین می‌رسند. نظر به نوع موج زلزله و سرچشمه بلند شدن موج زلزله، سرعت انتشار زلزله‌ها با هم متفاوت است.

امواج ایستاده (Stationary wave) :

امواج ساکن به خاثری این نام داده است، که مانند امواج دیگر در محیط انتشار نمی‌کنند. این امواج از اثر دو موجی که دارای فریکونسی مساوی بوده و یکی در جهت مخالف دیگر انتشار می‌یابد به وجود می‌آیند. مانند تارهای مرتعش آلات موسیقی مثل دوتار، سه‌تار، تنبور و رباب هنگام نواختن (سازکردن) به اساس تولید همین امواج ساکن کار می‌کنند.



شکل 4

ما می‌توانیم نمونه موج ساکن را به واسطه موجی که از یک ریسمان به وجود می‌آید نمایش دهیم، و ضربه دست در سر ریسمان یکی پی دیگر چنان امواج متواتر را به وجود آورد که فریکونسی آن‌ها با هم مساوی و یکی از دیگر به اندازه π تفاوت فاز داشته باشد. (فاز زاویه‌ای است که اندازه پیش بودن و عقب بودن ذره اهتزاز را ارائه می‌دارد). مانند شکل 2، وقتی که موج اولی از انتهای ریسمان بسته شده انعکاس نموده و بر می‌گردد و به نقطه N می‌رسد، موج متواتر بعدی به نقطه که ریسمان در آن محکم گردیده می‌رسد و با موج در نقطه N یک گره یا عقده را به وجود می‌آورد و در نتیجه در بین خطوط منحنی ON و NO بطن می‌سازد، گره‌ها و بطن‌ها در امواج تا آن وقت به وجود می‌آیند که انرژی حرکتی و پاتنشیل امواج در محیط غیر منظم شده و جذب گردد.

خصوصیات امواج :

باید بدانیم که یک موج مشخص، مانند یک اهتزاز برای شناسایی اش خصوصیتی مانند: طول موج، فریکونسی موج، وقت تناوب و یا زمان موج واحد (پریود)، مودل ریاضی، معادله حرکت یا انتشار موج دارد، که در این جا هر یک آن‌ها را به طور مشخص مطالعه می‌کنیم.

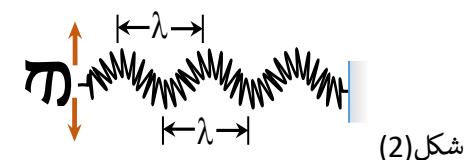
طول موج (Wavelength) :

اگر اخلاص محیط به شدت انجام گردد، امواج به وجود آمده هم بسیار بلند و عمیق می‌باشد. موضعی که اخلاص در آن به وجود می‌آید، منبع انتشار موج نامیده می‌شود.

امواج میخانیکی در رابطه با جهت انتشار و چگونگی اهتزاز اجزای محیط به سه بخش تقسیم گردیده است که امواج طولی، امواج عرضی و موج‌های ایستاده نامیده می‌شوند.

امواج عرضی (Transverse wave) :

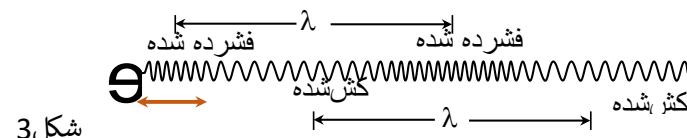
در امواج عرضی سمت اهتزاز به جهت انتشار موج‌ها عمود است و یا امواج که در اثر تکان دادن فنر به دو طرف چپ و راست نیز به وجود می‌آید و گراف آن مشابه به گراف sin است. مانند شکل (2)



شکل (2)

امواج طولی (Longitudinal wave) :

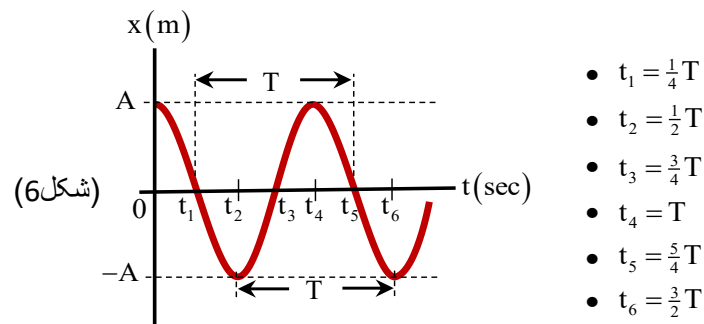
امواجی است که در آن جهت انتشار موج در جهت انتشار نوسان ذرات محیط موازی باشد، در نگاره زیر یک موج طولی را می‌بینید که در اثر حرکت رو به پیش و رو به عقب دست، در یک فنر منتشر می‌شود. حلقه‌های فنر به طور مرتب به هم نزدیک و از هم دور می‌شوند وقتی به هم نزدیک می‌شوند یک ناحیه تراکمی ایجاد می‌شود و وقتی که از هم دور می‌شود یک ناحیه انبساطی به وجود می‌آورد.



شکل 3

یاداشت: در مورد امواج طولی، میتوان گفت: فریکونسی موج برابر تعداد تراکم‌ها (انبساط نهایی) است که در واحد زمان از یک نقطه عبور می‌کند.

می‌دانیم که همه حادثات طبیعی در زمان صورت می‌گیرد، و هیچ پدیده‌ی احساس شده نمی‌تواند که خارج از فکتور زمان واقع شده باشد. پس زمان تناوب عبارت از زمانی است که موج یک اهتزاز مکمل را انجام می‌دهد که بنام پریود نیز یاد می‌شود.



در شکل 6 ارتباط بین زاویه‌های محیطی دایره و پریود را با سپری شدن زمان مورد بررسی قرار می‌دهیم، زاویه برای یک دور کامل، $\varphi = 2\pi$ بوده و وقت مربوط به این دوران، (T) می‌باشد، پس برای سرعت زاویه‌ی نوشته می‌توانیم که $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ، اگر به طور مشابه، این رابطه را برای موج بنویسیم. پس در حقیقت سرعت اهتزاز موجی که بعد از یک پریود یعنی (T) ، بر طول یک موج λ از دو نقطه هم فاز، عبور می‌نماید، عبارت از $v = \frac{\lambda}{T}$ است.

مثال 1. موج عرضی با فریکونسی 2.5Hz در سطح آب تولید شده و با سرعت 0.5m/s منتشر می‌شود، فاصله بین دو قله‌ی متوالی موج چند سانتی‌متر است؟

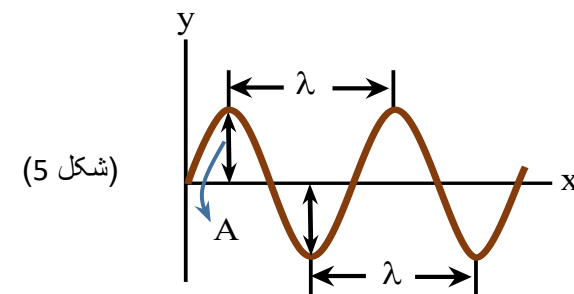
حل.

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{0.5\text{m/s}}{2.5\text{Hz}} = \frac{1}{5}\text{m} = \frac{100}{5}\text{cm} \Rightarrow \lambda = 20\text{cm}$$

مثال 2. در طول ریسمانی موج‌های ساینی با سرعت 2.4m/s منتشر می‌شود، اگر طول موج 1.2m باشد، فریکونسی آن چند سانتی‌متر است؟

حل.

طول موج مشخصه شناخت یک موج است و واحد اندازه‌گیری آن همان واحد اندازه‌گیری طول است. موج‌ها از قیمت‌های بسیار کوچک مانند انگستروم ($\text{\AA}$) گرفته تا کیلومتر (km) طول دارند. از نگاه نوعیت هم امواج عرضی و هم موج‌های طولی هر دو دارای طول موج هستند.



معادله ریاضی حرکات موجی، تابع $\sin$ یا $\cos$ بوده و مربوط به این است که مبدای انتشار موج از کدام نقطه مسیر این تابع $\sin$ حساب می‌گردد. اگر مبدای انتشار یک موج برای یک ماده را تحت بررسی قرار دهیم و باز در مسیر انتشار قسمی یک نقطه مادی را نزدیک به نقطه دومی تعیین که این دو نقطه نزدیک با هم دیگر از نگاه داشتن انرژی با هم مساوی باشند، در آن صورت کوتاه ترین فاصله بین این نقطه‌ها که یک مستقیم است بنام طول موج یاد می‌شود و یا به عبارت دیگر فاصله‌ی را که موج در زمان یک پریود طی می‌نماید طول موج می‌گویند. که به نماد لاتین λ نشان داده می‌شود. در طبیعت طول موج‌های مختلف و متفاوت وجود دارد، و می‌توانیم چنین امواج را به صورت مصنوعی نیز ایجاد نماییم که طول موج‌های آن‌ها با هم مساوی و یا مقابل هم باشند.

تواتر یا فریکونسی (Frequency) :

طوری که قبلاً گفتیم، که اندازه اهتزازات موجی در واحد زمان فریکونسی نامیده می‌شود، که با (Symbol) یا نماد f نشان داده می‌شود. واحد فریکونسی هرتز (Hertz) است و با نماد (Hz) نمایش داد می‌شود، تمام امواج طبیعی الکترومقناطیسی و میخانیکی به همین واحد اندازه می‌شوند.

زمان تناوب یا پریود (Period) :

$$f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{2.4m/s}{1.2m} = 2 \frac{1}{s} = 2Hz$$

انعکاس موج میخانیکي (Reflection of Waves) :

اگر بربل یک دریا موج‌های آب دریا را به دقت دیده باشید، حتماً متوجه شده اید، وقتی که موج‌های آب به ساحل دریا برخورد می‌کند، ابتدا به کناره‌های خشکه بلند رفته و بعد از تصادم بربل‌های دریا دوباره به شکل موج به طرف دریا بر می‌گردد، که بعد از تصادم با موج‌های تازه از بین می‌رود، این که موج بعد از تصادم باز هم به شکل موج به طرف دریا می‌رود، به این حادثه، انعکاس موج گفته می‌شود. انعکاس صدا ثبوت روشنی برای پدیده انعکاس امواج میخانیکي بود می‌تواند. و باید گفت که در هر حالت انعکاس، محیط حرکت موج تغییر نمی‌کند، فقط موج، بعد از برخورد با یک مانع یا جسم سخت دوباره به روی مسیر قبلی خود بر می‌گردد.

انکسار موج میخانیکي (Refraction of wave) :

در انکسار نور وقتی که امواج نوری از یک محیط متجانس شفاف به محیط دیگر شفاف داخل می‌شوند، مسیر انتشارش را در محیط دوم تغییر می‌دهند، که به این عملیه شکستن یا انکسار نور می‌گویند، خصوصیات موج‌های الکترومقناطیسی شعاع نوری و موج‌های میخانیکي هر دو در این عملیه یکسان بوده، هنگامی که از یک محیط متجانس به محیط دیگر داخل می‌گردند، می‌شکنند و مسیر اصلی خود را تغییر می‌دهند. باید گفت که خواص امواج میخانیکي علاوه بر ساختار و کثافت محیط، به فشار محیط انتشار و پارامترهای مربوط به آن هم ارتباط دارد، یک خصوصیت عمده این رابطه این است که سرعت تنها به طول موج ارتباط دارد، و فریکونسی هرگز تغییر نمی‌کند. و رابطه بین سرعت، طول موج و فریکونسی در دو محیط را طور ذیل نشان می‌دهیم.

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow \begin{cases} v_1 = \lambda_1 \cdot f \\ v_2 = \lambda_2 \cdot f \end{cases} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}, f = const$$

یاداشت: نسبت سرعت‌ها با نسبت طول‌های موج معکوساً متناسب است.

مثال 1. دو تناب از یک ماده که شعاع سطحی مقطع یکی 3 برابر دیگری است، در یک نقطه به هم گره خورده و طناب مرکب را میان دو نقطه بسته‌ایم، نوسان‌های با طول موج $\lambda = 45cm$ در طناب نازک ایجاد می‌کنیم، طول موج ایجاد شده در طناب ضخیم چند سانتی‌متر است.

حل.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \Rightarrow \frac{3v_2}{v_2} = \frac{45cm}{\lambda_2} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{45cm}{3} = 15cm$$

مثال 2. اگر سرعت انتشار موج‌های حاصل از یک منبع ارتعاشی در آب 4 برابر سرعت انتشار آن در هوا باشد، طول موج در هوا چند برابر طول موج در آب است.

حل. اگر سرعت موج و طول موج در هوا به v_1 و λ_1 نشان داده شود پس:

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{4v_1} \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{1}{4}$$

مثال 3. سرعت انتشار موجی $20m/s$ و فریکونسی آن $50Hz$ است، کم‌ترین فاصله دو نقطه که در جهت انتشار موج قرار دارند و با یک‌دیگر هم‌فاز اند، چند سانتی متر است؟

حل.

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{20cm/s}{50Hz} = 0.4m \Rightarrow \lambda = 40cm$$

مثال 4. سرعت انتشار موج در یک محیط $40m/s$ و طول موج آن $2cm$ است، طول موج در محیط دیگری که سرعت موج در آن $50m/s$ است، چند سانتی‌متر خواهد بود؟

حل.

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{2cm}{\lambda_2} = \frac{40m/s}{50m/s} \Rightarrow \lambda_2 = 2.5cm$$

تابع انتشار موج :

اگر خصوصیات فزیکي نقاط اهتزازی موج را به جهت انتشار آن و این نقاط را از منبع انتشار موج به تابع زمان مشخص کرده بتوانیم،

رابطه اخیر، موقعیت یک نقطه اهتزازی کیفی را نظر به موقعیت O ارائه می‌کند، هم چنان اگر هم فازهای مشخص $A, A', A'', \dots$ و نقاط دیگر اهتزازی نظر به O را در نظر بگیریم، چنین موقعیت‌ها از رابطه $k\lambda$ حاصل شده می‌تواند، که اگر $k = 1, 2, 3, \dots$ را به خود قیمت بگیرد.

یادداشت: برای همیشه فاصله بین ذرات اهتزازی هم فاز باهم مساوی و برابر به طول موج است.

اکنون قسمی در نظر می‌گیریم، که یک ذره اهتزازی از نقطه O به اندازه $\frac{\lambda}{2}$ فاصله دارد، فرض کنید که این ذره اهتزازی در نقطه C قرار دارد. ذره اهتزازی C به اندازه π تفاوت فاز دارد، وقتی که یک اهتزاز مکمل را طی می‌کند، از مبدأ به اندازه $\lambda + \frac{\lambda}{2}$ فاصله دارد. پس موقعیت اهتزاز این ذرات از نقطه O توسط رابطه $\frac{\lambda}{2}(2k+1)$ نشان داده می‌شود، که در این جا $k = 0, 1, 2, \dots$ است، با قرار دادن قیمت‌های داده فاصله‌ها $\frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}, \frac{5\lambda}{2}, \dots$ خواهد گردید.

مثال 1. تابعی موجی که در جهت محور x منتشر می‌شود، در SI به صورت $y_M = 0.02 \sin(20\pi t - 4\pi x)$ داده شده است، طول موج و سرعت انتشار موج را حساب کنید.

حل.

$$\left. \begin{aligned} y_M &= a \sin(\omega t - kx) \\ y_M &= 0.02 \sin(20\pi t - 4\pi x) \end{aligned} \right\} k = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow 4\pi = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \lambda = 0.5m$$

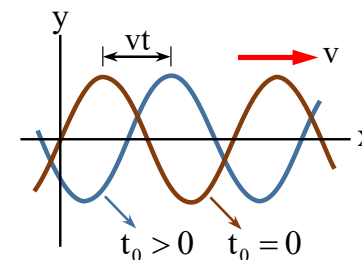
$$k = \frac{\omega}{v} \Rightarrow 4\pi = \frac{20\pi}{v} \Rightarrow v = 5m/s$$

مثال 2. معادله موجی در SI به صورت $y_M = 0.02 \sin(500t - 50\pi x)$ است، نوعیت این موج، دامنه، سرعت زاویه‌ای، زمان تناوب، فریکوئنسی و سرعت انتشار آن را دریابید.

حل. چون نوسان در جهت محور y و انتشار آن در جهت محور x است، پس موج عرضی می‌باشد.

$$\left. \begin{aligned} y_M &= a \sin(\omega t - kx) \\ y_M &= 0.02 \sin(500t - 50\pi x) \end{aligned} \right\} a = 0.02m, \omega = 500 \frac{rad}{s}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow 500 \frac{rad}{s} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{\pi}{250} sec$$



(شکل 7)

پس به چنین تابعی، تابع خصوصیت اهتزازی موج گفته می‌شود. تابع موج ساده $y = a \cdot \sin \varphi$ در این جا φ زاویه‌ای است که در زمان اختیاری (t) به سرعت معین طی می‌گردد، البته با قیمت‌های مختلف t ، موقعیت نقطه اهتزاز را نظر به منبع موج (نقطه O) مشخص می‌کنند.

اگر در رابطه فوق قیمت $\varphi = \omega t$ را نظر به موقعیت (O) وضع کنیم، پس نوشته کرده می‌توانیم که:

$$y_0 = a \cdot \sin \omega t = a \cdot \sin \frac{2\pi}{T} \cdot t$$

اکنون می‌خواهیم موقعیت فیزیکی اهتزازی یک نقطه کیفی M را از نقطه اهتزاز O حاصل نماییم، فرضاً نقطه M با تأخیر زمان $t_M = \frac{x}{v}$ از نقطه O به اهتزاز آغاز نماید، در این حالت آغار اهتزاز M عبارت از $(t - t_M)$ خواهد بود. پس داریم که:

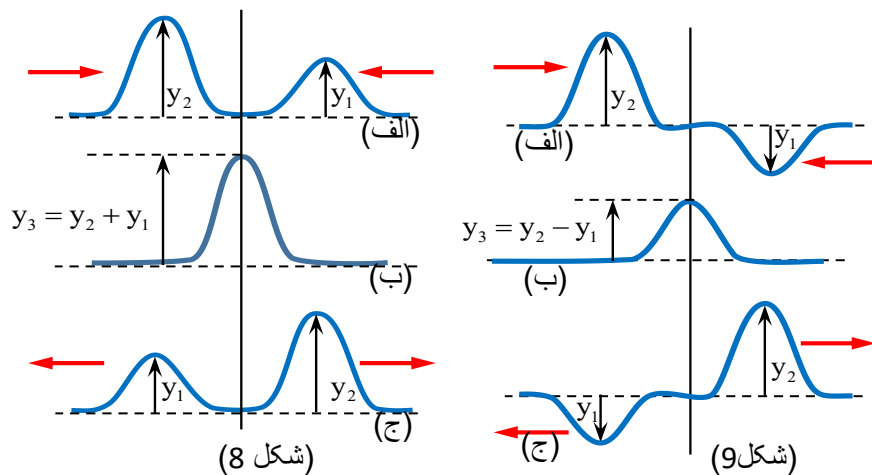
$$y_M = a \cdot \sin \frac{2\pi}{T} (t - t_M) = a \cdot \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

با گذاشتن قیمت $\lambda = vT$ در رابطه فوقانی داریم که:

$$y_M = a \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \vee y_M = a \cdot \sin(\omega t - kx)$$

در رابطه فوقانی a دامنه، ω سرعت زاویه‌ای که برابر به $\frac{2\pi}{T}$ هست و k که مساوی به $\frac{2\pi}{\lambda}$ هست، به نام عدد موج یاد می‌شود. و $\frac{2\pi}{\lambda} \cdot x$ را فاز اهتزاز بین نقاط اهتزازی O و M می‌گویند.

پرده گوش ما می‌رسند. و انتشار یک صوت مانع انتشار صوت‌های دیگر نمی‌شود، این مثال نشان دهنده اصلی به نام اصل تداخل است. بنابر این اصل هر موج در حال انتشار، بدون آن که برای انتشار سایر موج‌ها مزاحمتی ایجاد کند، از آن عبور کرده و به انتشار خود ادامه می‌دهد، درست مانند آن که هیچ موجی دیگری در محیط منتشر نمی‌شود، در نقطه‌ای که دو یا چند موج با هم تلاقی می‌کنند، تغییر مکان ذره‌ی از محیط که در آن نقطه است، برابر محیط تغییر مکان هر یک از موج‌ها است. باید دانست که در هر حالتی که موج‌ها نوسان‌های هم جهت ایجاد کنند، جمع وکتوری بالای هم معادل جمع الجبری آن می‌شود.



به حالت‌های مختلف شکل 8 متوجه باشد، در حالت (الف) دو تپ عرضی در طول طناب به طرف یک‌دیگر در حال انتشار هستند، این دو تپ در حالت (ب) به یک‌دیگر رسیده‌اند و چون تغییر مکان حاصل از دو تپ هم‌جهت‌اند، محصله آن‌ها برابر مجموع اندازه‌ی تغییر مکان‌های حاصل از هر یک شده است. در این حالت (ب) می‌گوییم تداخل موج‌ها سازنده است، در حالت (ج) دو تپ از یک‌دیگر عبور و به انتشار خود ادامه داده‌اند، و تفاوت راه بین منابع و ذره‌های اهتزاز با ضریب تام طول موج‌ها (λ) طور ذیل است.

$$d_2 - d_1 = k\lambda, (k = 0, 1, 2, \dots)$$

و مطابق نگاره 14.9 تغییر مکان‌ها در خلاف جهت یک‌دیگر می‌باشند، تغییر مکان محصله برابر تفاضل اندازه تغییر مکان‌های است که هر تپ به تنهایی در جزئی از طناب که باهم به آن رسیده‌اند، ایجاد می‌کند. به حالت‌های مختلف شکل 9 توجه کنید، در حالت (ب) می‌گوییم تداخل موج‌ها

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{0.004 \text{ sec}} \frac{250}{\pi}$$

$$k = \frac{\omega}{v} \Rightarrow 50\pi = \frac{500 \text{ rad/s}}{v} \Rightarrow v = \frac{500}{50\pi} \text{ m/s} = \frac{10}{\pi} \text{ m/s}$$

مثال 3. منبع موجی در هر ثانیه 20 نوسان کامل انجام می‌دهد، و امواج حاصل با سرعت ثابت در یک محیط منتشر می‌شوند، اگر عدد موج 40π رادیان بر متر باشد، سرعت انتشار موج چند متر بر ثانیه است.

حل.

$$\omega = 2\pi f \Rightarrow \omega = 2\pi \times 20 \frac{1}{s} = 40\pi \frac{\text{rad}}{s}$$

$$v = \frac{\omega}{k} \Rightarrow v = \frac{40\pi \text{ rad/s}}{40 \text{ rad/m}} = 1 \text{ m/s}$$

مثال 4. تابع موجی در طول یک طناب به صورت $y_M = a \sin(50\pi t - \pi x)$ در سیستم SI داده شده است، سرعت انتشار موج در آن چند m/s است.

حل.

$$\left. \begin{aligned} y_M &= a \sin(\omega t - kx) \\ y_M &= a \sin(50\pi t - \pi x) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \omega = 50\pi \text{ rad/s}, k = \pi \text{ rad/m}$$

$$v = \frac{\omega}{k} \Rightarrow v = \frac{50\pi \text{ rad/s}}{\pi \text{ rad/m}} = 50 \text{ m/s}$$

تداخل موج‌ها (Interference of waves) :

برای این که بین دو موج تداخل صورت گیرد، شرط نخست باید دو منبع تولید امواج در یک محیط باشد، و شرط دوم این که پریود اهتزاز و دامنه‌ی موج‌های ایجاد شده باید مساوی باشند. اغلباً اتفاق می‌افتد که دو یا چند موج به طور هم‌زمان از ناحیه عبور می‌کند، به طور مثال وقتی به صدای یک موسیقی گوش می‌دهیم، موج‌های صوتی حاصل از سازمان‌های گوناگون به طور هم‌زمان به

ویرانگر است. و تفاوت راه‌ها بین منابع اهتزاز با ضرب تاق نصف طول موج‌ها بدست می‌آید، که طور ذیل نشان داده می‌توانیم.

$$d_2 - d_1 = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, (k = 0, 1, 2, \dots)$$

امواج صوتی (Sound Waves) :

امواج صدا یک بخش مهم امواج میخانیکی را تشکیل می‌دهد، موج‌های صدا به طور طولی منتشر می‌گردد، به این معنا که جهت انتشار موج‌ها و اهتزاز ذرات که انرژی آواز را انتقال می‌دهند با هم موازی و یا منطبق هستند.

در چهار اطراف ما صداهای زیاد تولید می‌شود، ولی تنها صدای انسان به طور نورمال بین فریکونسی‌های 20Hz و 20000Hz برای ما قابل شنیدن است، آوازهای که بیشتر از 20000Hz دارد، از ساحة صداهای قابل شنیدن بلند و پایان‌تر از 20Hz از ساحة صداهای قابل شنیدن پایین نامیده می‌شوند، دیگر حیوانات قابل شنیدن امواج‌های خفیف اند، که این انتروال فقط برای گوش‌های نورمال انسان است، اما می‌توان امواج بیرون از ساحة را به کمک وسایل تخنیکی به این ساحة داخل نماییم، که این وسایل تقویه کننده‌ها (Amplifiers) گفته می‌شود، مانند شنیدن صدای رادیو و غیره. و باید گفت برای انسان‌ها امواج صدا از اهتزاز تارهای صوتی حنجره آن‌ها بلند می‌شوند، که در جانب مقابل به شکل امواج طولی انتشار می‌یابد، که موج‌های صوتی مانند: امواج طولی دیگر انعکاس و انکسار می‌نمایند.

سرعت صوت در گازات :

می‌دانیم که امواج صوتی در محیط الاستیکی (ارتجاعی) منتشر می‌گردد، خصوصیت الاستیکی محیط گازی به خواص دینامیکی آن مربوط است، پارامترهای دینامیکی محیط گازی به درجه حرارت، فشار و حجم ارتباط دارد، که در گازهای کامل، سرعت صوت ذریعه فورمول لاپلاس به دست می‌آید، و آن این است.

$$v = \sqrt{\gamma \cdot \frac{P}{\rho}}$$

در فورمول فوقانی P فشار گاز، ρ کثافت گاز و $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ از نسبت ظرفیت مخصوصه حرارتی گاز با فشار ثابت C_p و حجم ثابت C_v بدست می‌آید. حرارت مخصوصه گازها با فشار ثابت و حجم ثابت برای گازهای مختلف متفاوت است، اما در صورتی که تعداد مالیکول‌ها در حجم مساوی باشد، این نسبت برای همه گازها تقریباً مساوی است. مقدار γ برای گازهای یک اتمی $\gamma = 5/3 = 1.67$ ، دو اتمی مانند هوا $\gamma = 7/5 = 1.40$ و سه اتمی مانند CO_2 برابر با $\gamma = 4/3 = 1.33$ است.

از جانب دیگر برای گازهای خیالی، از قانون ترمودینامیک می‌فهمیم که هرگاه گاز خیالی تحت فشار P، دارای حجم V و درجه حرارت T باشد، و سپس درجه حرارت را به $T_1, T_2, \dots$ فشار را به $P_1, P_2, \dots$ و حجم را به $V_1, V_2, \dots$ انتقال دهیم، که این ارتباط بین آن‌ها قرار ذیل است.

$$\frac{P \cdot V}{T} = \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = \dots = \frac{P_3 \cdot V_3}{T_3} = R = \text{const}$$

در رابطه فوقانی R به نام ثابت گازات یاد می‌شود، که مقدار آن تقریباً برابر به $8.314 \frac{\text{Joul}}{\text{mol} \cdot K}$ می‌باشد، اگر در حجم مربوطه اندازه گاز به قدر m مالیکول گرام موجود باشد، پس:

$$\begin{aligned} \frac{P \cdot V_m}{T} = R &\Rightarrow P = \frac{RT}{V_m} \rightarrow v = \sqrt{\gamma \cdot \frac{P}{\rho}} \\ \Rightarrow v &= \sqrt{\gamma \cdot \frac{RT}{\rho V_m}} = \sqrt{\gamma \cdot \frac{RT}{\rho V_m}} = \sqrt{\gamma \cdot \frac{RT}{\rho \cdot \frac{M}{\rho}}} \end{aligned}$$

و سرعت انتشار صوت طور ذیل به دست می‌آید:

$$v = \sqrt{\gamma \cdot \frac{RT}{M}}$$

مثال 1. سرعت صوت در هوا را که حیثیت گاز کامل را دارد، در صفر درجه سلیسیوس معلوم کنید، ($M = 29 \text{ gr/mol}$)

حل.

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{(1.4)(8.31)(273)}{0.029}} \approx 331 \text{ m/s}$$

مثال 2. سرعت انتشار صوت در گاز نایتروجن با حرارت 127°C چند متر بر ثانیه است؟
($\lambda = 1.4, R = 8 \frac{\text{joul}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$)

حل.

$$M = 27 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol} \cdot \text{K}}, T = (127 + 273)\text{K} = 400\text{K}$$

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{1.4 \times 8 \times 400}{27 \times 10^{-3}}} \approx 407 \text{ m/s}$$

مثال 3. حرارتی گازی را از 47°C به 227°C افزایش می‌دهیم، سرعت صوت در آن به اندازه‌ی 135 m/s افزایش می‌یابد، قبل از افزایش حرارت سرعت صوت در گاز چند متر بر ثانیه بوده است.

حل.

$$\begin{cases} v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \\ v' = \sqrt{\frac{\gamma RT'}{M}} \end{cases} \Rightarrow \frac{v}{v'} = \sqrt{\frac{T}{T'}} \Rightarrow \frac{v}{v + 135} = \sqrt{\frac{320}{500}}$$
$$\Rightarrow \frac{v}{v + 135} = \frac{4}{5} \Rightarrow 5v = 4v + 540 \Rightarrow v = 540 \text{ m/s}$$

سرعت صوت در اجسام جامد و مایع :

می‌دانیم که سرعت انتشار موج در یک محیط به ارتجاعیت و ساختمان مالیکول‌های آن محیط ارتباط دارد، چون برای اجسام سخت این خصوصیت در رابطه با قوه‌های کشش بین مالیکول‌ها به خوبی آشکار است و برای مایعات و گازها این قوه و ساختار ارتجاعیت به ترتیب کم می‌شود، پس در رابطه با انتشار امواج هم به همین تناسب برای اجسام سخت سریع‌تر و به همین ترتیب وضاحت اکتفا نموده، سرعت‌های صوت در محیط‌های مختلف قیمت‌های مختلف دارند.

دوره چهارم:

اهداف آموزشی:

1_ دانش آموزان با مفاهیم اساسی موضوعات (امواج صوتی، سرعت صوت در اجسام جامد و مایع، شدت صوت، امواج الکترومقناطیسی، تداخل شعاع نوری، تعیین نمودن موقعیت شکل تداخلی نوارها، تفرق، قطبی‌شدن نور

، مستوی استقطاب) آشنایی کامل دریافت کند.

2_ دانش آموزان با موارد استفاده از قطبی‌شدن و سرعت صوت آگاهی کامل کسب نمایند.

3_ دانش آموزان باید با اهمیت موضوعات هذا آشنا شده و بتوانند در زندگی روزمره شان تطبیق نمایند.

بخش اول: امواج صوتی (Sound Waves)

امواج صدا یک بخش مهم امواج میخانیکی را تشکیل می‌دهد، موج‌های صدا به طور طولی منتشر می‌گردد، به این معنا که استقامت انشتار موج‌ها و اهتزاز ذرات که انرژی آواز را انتقال می‌دهند با هم موازی و یا منطبق استند.

در چهار اطراف ما صداهای زیاد تولید می‌شود، ولی تنها صدای انسان به طور نورمال بین فریکونسی‌های 20Hz و 20000Hz برای ما قابل شنیدن است، آوازهای که بیش‌تر از 20000Hz دارد، از ساحة صداهای قابل شنیدن بلند و پایان‌تر از 20Hz از ساحة صداهای قابل شنیدن پایین نامیده می‌شوند، دیگر حیوانات قابل شنیدن امواج‌های خفیف اند، که این انتروال فقط برای گوش‌های نورمال انسان است، اما می‌توان امواج بیرون از ساحة را به کمک وسایل تخنیکی به این ساحة داخل نماییم، که این وسایل تقویه کننده‌ها (Amplifiers) گفته می‌شود،

$$\Rightarrow v = \sqrt{\gamma \cdot \frac{RT}{\rho}} = \sqrt{\gamma \cdot \frac{RT}{\rho V_m}} = \sqrt{\gamma \cdot \frac{RT}{\rho \cdot \frac{M}{\rho}}}$$

و سرعت انتشار صوت طور ذیل به دست می‌آید:

$$v = \sqrt{\gamma \cdot \frac{RT}{M}}$$

مثال 1. سرعت صوت در هوا را که حیثیت گاز کامل را دارد، در صفر درجه سلسیوس معلوم کنید،
($M = 29 \text{ gr/mol}$)

حل.

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{(1.4)(8.31)(273)}{0.029}} \approx 331 \text{ m/s}$$

مثال 2. سرعت انتشار صوت در گاز نایتروجن با حرارت 127°C چند متر بر ثانیه است؟
($\lambda = 1.4, R = 8 \frac{\text{joul}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$)

حل.

$$M = 27 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}, T = (127 + 273)\text{K} = 400\text{K}$$

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{1.4 \times 8 \times 400}{27 \times 10^{-3}}} \approx 407 \text{ m/s}$$

مانند شنیدن صدای رادیو و غیره. و باید گفت برای انسان‌ها امواج صدا از اهتزاز تارهای صوتی حنجره آن‌ها بلند می‌شوند، که در جانب مقابل به شکل امواج طولی انتشار می‌یابد، که موج‌های صوتی مانند: امواج طولی دیگر انعکاس و انکسار می‌نمایند.

سرعت صوت در گازات

می‌دانیم که که امواج صوتی در محیط الاستیکی (ارتجاعی) منتشر می‌گردد، خصوصیت الاستیکی محیط گازی به خواص دینامیکی آن مربوط است، پارامترهای دینامیکی محیط گازی به درجه حرارت، فشار و حجم ارتباط دارد، که در گازهای کامل، سرعت صوت ذریعه فورمول لاپلاس به دست می‌آید، و آن این است.

$$v = \sqrt{\gamma \cdot \frac{P}{\rho}}$$

در فورمول فوقانی P فشار گاز، ρ کثافت گاز و $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ از نسبت ظرفیت مخصوصه حرارتی گاز با فشار ثابت C_p و حجم ثابت C_v بدست می‌آید. حرارت مخصوصه گازها با فشار ثابت و حجم ثابت برای گازهای مختلف متفاوت است، اما در صورتی که تعداد مالیکول‌ها در حجم مساوی باشد، این نسبت برای همه گازها تقریباً مساوی است. مقدار γ برای گازهای یک اتمی $= 5/3$ و دواتومی مانند هوا $1.40 = 7/5$ و سه اتمی مانند CO_2 برابر با $1.33 = 4/3$ است.

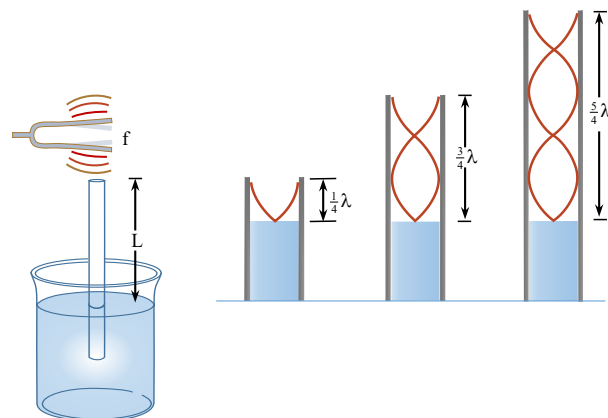
از جانب دیگر برای گازهای خیالی، از قانون ترمودینامیک می‌فهمیم که هرگاه گاز خیالی تحت فشار P ، دارای حجم V و درجه حرارت T باشد، و سپس درجه حرارت را به $T_1, T_2, \dots$ فشار را به $P_1, P_2, \dots$ و حجم را به $V_1, V_2, \dots$ انتقال دهیم، که این ارتباط بین آن‌ها قرار ذیل است.

$$\frac{P \cdot V}{T} = \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = \dots = \frac{P_3 \cdot V_3}{T_3} = R = \text{const}$$

در رابطه فوقانی R به نام ثابت گازات یاد می‌شود، که مقدار آن تقریباً برابر به $8.314 \frac{\text{joul}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ می‌باشد، اگر در حجم مربوطه اندازه گاز به قدر m مالیکول گرام موجود باشد، پس:

$$\frac{P \cdot V_m}{T} = R \Rightarrow P = \frac{RT}{V_m} \rightarrow v = \sqrt{\gamma \cdot \frac{P}{\rho}}$$

ذرات اهتزازی آن محیط، دامنه‌ی اهتزاز و فاصله منبع تولید صوت وابسته می‌باشد.



استفاده از عملیة ریزونانس (Resonance) در اندازه نمودن سرعت صوت در وسایل، سامان‌آلات ساز و آواز بکار رفته است، که در اثر آن موج‌های صوتی خود را هم آهنگ می‌نمایند، برای فهم خوبتر موضوع فوق در لابراتوارها یک آله‌ی ساخته شده که طول موج‌ها را به وسیله یک هم آهنگ کننده (صوت تولید شده توسط پنجه صوتی) معلوم می‌نمایند، مانند نگاره 14.10، اگر فریکونسی صدای پنجه صوتی f باشد، پس سرعت اهتزاز صوت تولید شده در هوا توسط رابطه $v = f \times \lambda$ معلوم می‌گردد، هم‌چنان مطابق به نگاره 14.10 می‌توانیم، که در نل شیشه‌ی داخل ظرف، ارتفاع ستون هوا را با اضافه نمودن و کم کردن آب تحت مشاهده قرار دهیم، اول یک حصه کم نل را از هوا و متباقی آن را از آب پر می‌کنیم، آب را از نل آهسته آهسته کم می‌کنیم، تا که آواز پنجه صوتی به حالت ریزونانس برسد، پنجه صوتی را به طرف باز نل که هوا به آن نمی‌رسید گرفته و می‌بنیم که آب در نل از این صدا متأثر می‌گردد، یعنی:

$$L_1 + c = \frac{\lambda}{4}, L_2 + c = \frac{3\lambda}{4}, \dots, L_n = \frac{(2n-1)\lambda}{4} + c$$

$$L_2 - L_1 = \frac{\lambda}{2}, L_3 - L_2 = \frac{\lambda}{2}, \dots, L_n - L_{n-1} = \frac{\lambda}{2}$$

اگر $v = f \times \lambda$ باشد، پس سرعت صوت را طور زیر می‌توان نوشت:

$$v = 2f(L_2 - L_1) = 2f(L_3 - L_2) = 2f(L_n - L_{n-1})$$

مثال 3. حرارتی گازی را از $47^\circ C$ به $227^\circ C$ افزایش می‌دهیم، سرعت صوت در آن به اندازه‌ی $135 m/s$ افزایش می‌یابد، قبل از افزایش حرارت سرعت صوت در گاز چند متر بر ثانیه بوده است.

حل.

$$\begin{cases} v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \\ v' = \sqrt{\frac{\gamma RT'}{M}} \end{cases} \Rightarrow \frac{v}{v'} = \sqrt{\frac{T}{T'}} \Rightarrow \frac{v}{v+135} = \sqrt{\frac{320}{500}} \Rightarrow \frac{v}{v+135} = \frac{4}{5} \Rightarrow 5v = 4v + 540 \Rightarrow v = 540 m/s$$

سرعت صوت در اجسام جامد و مایع

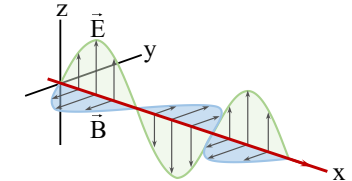
می‌دانیم که سرعت انتشار موج در یک محیط به ارتجاعیت و ساختمان مالیکول‌های آن محیط ارتباط دارد، چون برای اجسام سخت این خصوصیت در رابطه با قوه‌های کشش بین مالیکول‌ها به خوبی آشکار است و برای مایعات و گازها این قوه و ساختار ارتجاعیت به ترتیب کم می‌شود، پس در رابطه با انتشار امواج هم به همین تناسب برای اجسام سخت سریع‌تر و به همین ترتیب وضاحت اکتفا نموده، سرعت‌های صوت در محیط‌های مختلف قیمت‌های مختلف دارند.

شدت صوت (Sound Intensity)

صدا مانند هر پدیده موجی دیگر، انعکاس و انکسار می‌کند، ولی در ارتباط باشنیدن، صوت به دو نوع می‌باشد، یکی صوت‌های آهنگ‌دار و دیگری صوت‌های بی‌آهنگ می‌باشد، آوازهای آهنگ‌دار به صوت‌های گفته می‌شود که بالای گوش‌ها یا حس شنوایی انسان اثر مطبوع وارد می‌کند، در حالی که صوت‌های بی‌آهنگ برای حس شنوایی انسان خوش آیند نبوده و احساس خوب را به میان نمی‌آورند. این بلندی و پستی به شدت صدا مربوط است، شدت صوت عبارت از آن مقدار انرژی است که در یک ثانیه از سطحی به اندازه یک سانتی‌متر مربع که به استقامت انتشار موج عمود باشد، مشخص می‌شود، البته شدت صوت به منبع و انتشار انرژی و گوش هم ارتباط دارد، از همین جا گفته می‌توانیم که شدت صوت یک کمیت فیزیکی است، شدت آواز به محیط اهتزاز و

امواج الکترومغناطیسی (Electromagnetic Waves)

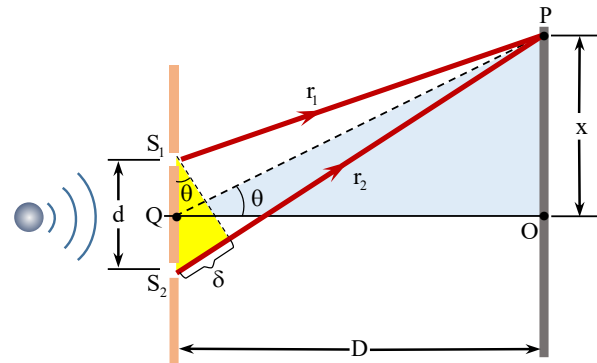
امواج الکترومغناطیسی در نتیجه یک مناقشه طولانی که در رابطه با طبیعت نور و چگونگی آن، که نور موج است و یا ذره، توسط یک عالم انگلیسی مکسویل مطرح گردیده است.



که در این جا بر اساس خصوصیت موجی نور پروسه های تداخل، تفرق و قطبی شدن بررسی می گردد، باید بگوییم که نور، آن عاملی است که طول موج آن در فاصله بسیار کوچک از $4000\text{\AA}$ تا $4500\text{\AA}$ قرار دارد، سرعت نور در هوای آزاد 300000 km/s است و تمام امواج الکترومغناطیسی همین خصوصیت را دارند.

تداخل شعاع نوری

تداخل امواج نوری هنگامی صورت می گیرد، که شعاع نوری کوهرنت (Coherent) باشد، یعنی فاز و امپلیتюд شعاعاتی که تداخل می نمایند شکل یک سان و مساوی داشته باشند و از طرف دیگر قیمت طول موج ها یعنی λ باهم مساوی و مونوکروماتیک (Monochromatic) باشند. تحت این شرایط، در طبیعت این چنین منابع موجی نوری پیدا شده نمی توانند، پس ساینس دانان از روش ها و وسیله های مختلف سعی می نمایند تا منابع دارای خصوصیات فوق را ایجاد نمایند. ما در این جا از یک میتود خاص که به واسطه یونگ و فرنیل ایجاد شده، تداخل را به شکل تحلیلی آن بررسی می نماییم.



انتشار موجی شعاع نور شکل تابع سین (sin) را دارد. فاز یک نقطه اهتزازی این تابع را که از فاصله اهتزاز x قیمت φ را دارد، این طور نشان داده می توانیم.

$$\varphi = \frac{2\pi x}{\delta}, x = D \sin \theta \approx D \tan \theta, \delta = r_2 - r_1 = d \sin \theta$$

در این رابطه δ تفاوت راه بین آن دو شعاع موجی نوری است، که فاز آن ها 2π می باشد، در حالی که برای یک نقطه کیفی مهتز، این فاز φ و تفاوت راه نوری x است. مطابق نگاره 14.12 از یک منبع نوری S که به دو منبع مجازی S_1 و S_2 عبور می دهیم، که بعد از عبور از سوراخ ها موج های نوری منتشر می گردد و در یک فاصله معین امواج منتشر شده از این منابع، یکی به دیگر داخل می گردند، و در نتیجه شدت امواج نوری طور ذیل محاسبه می گردد.

$$I = 4a^2 \times \cos^2 \frac{\varphi}{2}$$

تعیین نمودن موقعیت شکل تداخلی نوارها

توماس یانگ برای اولین بار با استفاده از دستگاه تداخل سنجی که به آن طول موج رنگ های مختلف نور را اندازه گیری نمود،

این دستگاه فاصله دو شکاف را به d ، فاصله پرده از صفحه شکاف ها به D ، فاصله ی یک نوار روشن یا یک تار یک معین تا نوار روشن مرکزی را به x مانند نگاره بالا. و اختلاف راه موج های نوری که نوار روشن یا تاریک از تداخل آن ها به وجود آمده است به δ نشان می دهیم، مانند شکل 14.12، رابطه ی زیر برقرار است.

$$n = \frac{n\lambda D}{d} \Rightarrow D = \frac{xd}{n\lambda} \Rightarrow D = \frac{5 \times 10^{-3}m \times 0.6 \times 10^{-3}m}{10 \times 0.5 \times 10^{-6}m}$$

$$D = 0.6m = 60cm$$

مثال 4. در آزمایش یانگ با نوری یک رنگ، فاصله ی پرده نوارها از دو شکاف 2000 برابر فاصله دو شکاف و فاصله چهارمین نوار روش از نوار مرکزی 4mm است، طول موج این نور چند انگستروم است؟ حل.

$$x = \frac{n\lambda D}{d} \Rightarrow \lambda = \frac{xd}{nD} \Rightarrow \lambda = \frac{4 \times 10^{-3}m \times d}{4 \times 2000d} = 5 \times 10^{-7}m$$

$$x = 5000 \times 10^{-10}m = 5000\text{\AA}$$

تفرق (Diffraction)

در زنده گی روزمره دیده می شود، که نور به خط مستقیم انتشار می نمایند، و این یک اصل نور هندسی است. یک قرن پیش یک تعداد دانشمندان به این باور بودند که اگر نور خصوصیت موجی را دارا می بود، پس باید به خط مستقیم انتشار نمی کرد و مثال های آشکار و غیر دقیق هم برای این عقیده وجود داشت، مثلاً: هنگامی که شعاع از یک سوراخ و یا هم از طریق ذرات داخل اطاق می گردید، مانند یک خط مستقیم معلوم می شد، پس نور باید ذره باشد، ولی بعداً هیوگنز یک تعداد تجارب را انجام دادند و در نتیجه آن نشان دادند، وقتی که شعاع از یک سوراخ کوچک داخل اطاق می گردد، شعاعی که با کناره های سوراخ تماس نموده انحناء می کند، و در طرف تصویر سوراخ یک تعداد قسمت های روشن و تاریک ظاهر می شد، که به خصوصیت موجی شعاع نوری دلالت می کند، هیوگنز این حادثه را مثل حادثه صوت با اصول موجی توضیح نمود، و به این حادثه نام تفرق (Diffraction) را گذاشت. هیوگنز این دو تجربه بسیار ساده را به انجام رسانید.

$$\frac{x}{D} = \frac{\delta}{d} \rightarrow x = \frac{\delta D}{d} \vee \delta = \frac{xd}{D} \dots (i)$$

$$\delta = d \sin \theta_{\text{bright}} = \frac{xd}{D} = m\lambda, x = \frac{m\lambda D}{d} \dots (ii)$$

$$\delta = d \sin \theta_{\text{dark}} = \frac{xd}{D} = (2m - 1) \frac{\lambda}{2}, x = (2m - 1) \frac{\lambda D}{2d} \dots (iii)$$

رابطه نخست اندازه x فاصله نوار روشن و یا تاریک از نوار مرکزی و δ تفاوت راه نوری را نشان می دهد، رابطه دوم مقدار x فاصله نوار روشن - m ام از نوار مرکزی و رابطه آخری مقدار x فاصله نوار تاریک m - ام از نوار مرکزی را بیان می کند، و برای همیشه m = 1, 2, 3, ... می باشد.

مثال 1. در آزمایش یانگ فاصله ی دو شکاف 0.4mm و فاصله پرده تا دو شکاف 80cm است، اگر طول موج نور λ = 0.6μm باشد، فاصله نوار دهم روشن از نوار مرکزی چند ملی متر است؟ حل.

$$x = \frac{m\lambda D}{d} \Rightarrow x = \frac{10 \times 0.6 \times 10^{-6}m \times 0.8m}{0.4 \times 10^{-3}m} = 12 \times 10^{-3}m$$

$$x = 12mm$$

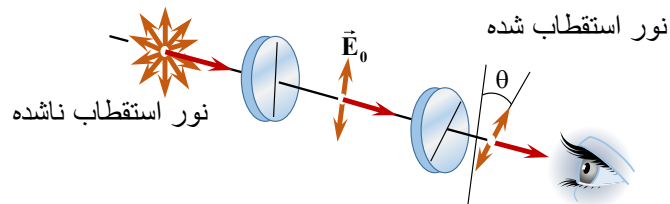
مثال 2. در آزمایش یانگ فاصله دو شکاف 0.5 ملی متر و فاصله پرده تا دو شکاف 1m است، اگر طول موج نور 0.6μm باشد، فاصله ی نوار تاریک دهم از نوار مرکزی چقدر است؟ حل.

$$x = (2m - 1) \frac{\lambda D}{2d} \Rightarrow x = (2 \times 10 - 1) \frac{0.6 \times 10^{-6}m \times 1m}{2 \times 0.5 \times 10^{-3}m}$$

$$x = 11.4 \times 10^{-3}m = 11.4mm$$

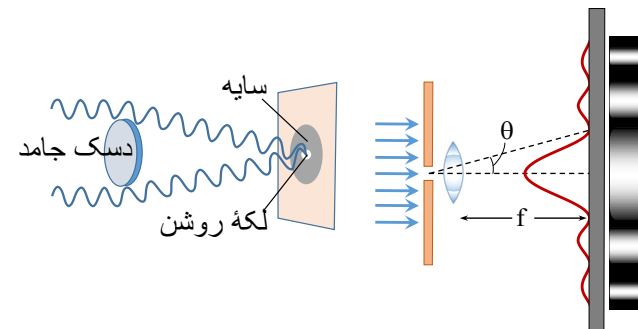
مثال 3. در آزمایش یانگ فاصله دو شکاف 0.6mm و فاصله نوار روشن دهم از وسط نوار مرکزی 5mm است، اگر طول موج نوری 0.5μm، فاصله پرده تا دو شکاف چند سانتی متر است؟ حل.

وقتی که نور عادی از کرسنال تورمالین می‌گذرد، قطبی می‌گردد، و این نور قطبی شده به استقامت انتشار نور عموداً اهتزاز می‌نماید، که در حقیقت به این نور، نور قطبی شده‌ی مستوی می‌گویند، مستوی اسقطاب آن مستوی است که اهتزاز در آن صورت می‌گیرد. در نگاره 14.16 اهتزازات بر مستوی قطبی عموداً صورت می‌گیرد. آن مستوی که در آن اهتزازها صورت می‌گیرد، به نام مستوی اهتزازی یاد می‌شود.



می‌دانیم که نور عادی از موج‌های زیاد تشکیل گردیده است، که هر موج آن به یک رنگ مشخصی که اهتزازات خطی، دایره‌ای و بیضی‌ای اجرا می‌نمایند، مطابقت می‌کند. از طرف دیگر این واضح است که اهتزازهای بیضی و دایره‌ای از دو اهتزاز خطی که یکی بالای دیگر، عمود بوده و تفاوت فاز $\frac{\pi}{2}$ را دارد، به میان می‌آید. به همین علت است که هر اهتزاز به دو مرکبه که یکی بالای دیگر عمود باشد، تجزیه گردد. به این اساس اشعه نور را که امواج عرضی اند، در دو مستوی xy' و $x'y'$ که یکی بالای دیگر عمود بوده و در عین زمان به استقامت انتشار نور هم عمود اند، به دو مرکبه تجزیه می‌نماییم.

اهتزازاتی را که ذرات به موازات مستوی کاغذ به سر می‌رسانند مطابق نگاره به نماد $(\uparrow)$ و آن اهتزازاتی که بر مستوی کاغذ عمود باشند به سیمبول $(\bullet)$ نشانی شده اند.



اول در مسیر شعاع نوری یک سوراخ دایره‌ای را قرار داد و هنگامی که شعاع از سوراخ خارج گردیده، بر روی پرده طوری نمایان شد، که در اطراف تصویر ساحه‌های روش و تاریک به نظر می‌خورد، که این خصوصیت موجی شعاع نوری را آشکار می‌سازد، در این تجربه روشنی زیاد در حصه وسطی قرار داشته و هر قدر که به استقامت شعاع به کناره‌ها (لب‌ها) می‌رود، روشنی آهسته آهسته کم می‌گردد تا این که نیمه روشن و قسمتی از سوراخ معلوم می‌شود، هم‌چنان در مسیر شعاع نوری یک دیسک (قرص) خورد دایره‌ای را بگذاریم، دیده می‌شود که شعاع نوری از لب‌ها دیسک به پرده می‌خورد و دیسک سایه‌اش را روی پرده به شکل سیاه رنگ تشکیل می‌دهد، این چنین انتشار نور را که به خصوصیت موجی شعاع نوری جواب می‌دهد، تفرق می‌گویند. از حادثه تفرق در مطالعه کرسنال‌ها استفاده زیاد می‌گردد، در این حادثه نیز از شعاع مونوکروماتیک استفاده می‌شود، در این حادثه تفرق ابعاد تجربی بسیار کوچک و با طول موج شعاع نوری قابل مقایسه است.

قطبی‌شدن نور (Polarization of Light Waves)

حوادث نوری تداخل و تفرق محض آشکار نمود، که طبیعت شعاع نوری موجیست، و این را توضیح نمی‌نماید، که این حالت موجی به شکل امواج طولی است، و یا به گونه امواج عرضی، اما استقطاب نوری این را واضح ساخت که شعاع نوری امواج عرضی است، یعنی اهتزاز ذرات اهتزازی به استقامت انتشار امواج شعاع نوری عمود است.

مستوی استقطاب (Plane of polarization)

و در تخنیک، طباط و پژوهش‌های تحقیقی دیگر از آن استفاده وسیع صورت می‌گیرد که ما در این جا تنها به معرفی این حادثه اکتفا نموده‌ایم.

🔥 سوالات تمرینی

◆ (الف) سوالات مفهومی:

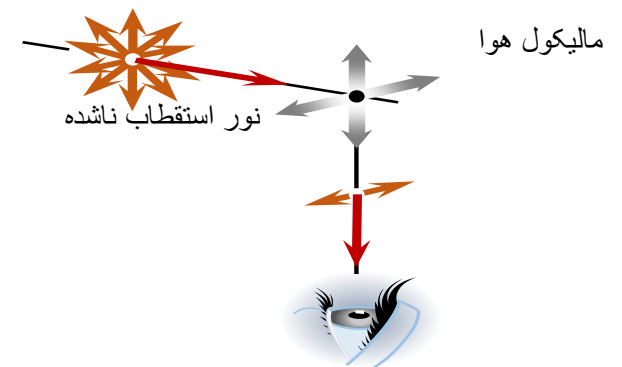
1. امواج صوتی چیست و چگونه تولید می‌شوند؟
2. چرا سرعت صوت در آب بیشتر از هوا و در آهن بیشتر از آب است؟
3. شدت صوت به چه معناست و به چه عوامل وابسته است؟
4. امواج الکترومغناطیسی چیستند؟ چند نمونه از آن‌ها را نام ببرید.
5. تداخل شعاع نوری چگونه رخ می‌دهد؟ در کجاها قابل مشاهده است؟

◆ (ب) قطبی‌شدن نور:

6. قطبی‌شدن نور یعنی چه؟ چه وقت نور قطبی می‌شود؟
7. مستوی استقطاب چیست و چه مفهوم دارد؟
8. در زندگی روزمره کجا از قطبی‌شدن نور استفاده می‌شود؟ (حداقل دو مثال)
9. تفاوت میان نور قطبی‌شده و نور عادی در چیست؟
10. چرا عینک‌های آفتابی قطبی برای رانندگی یا ورزش مفید اند؟

▲ (ج) سوالات تحلیلی و محاسبه‌ای:

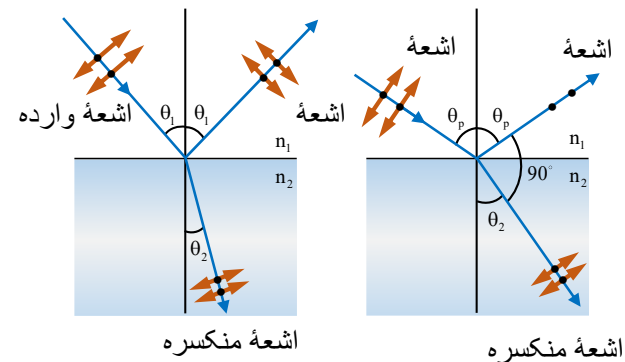
11. اگر سرعت صوت در آب ۱۵۰۰ متر در ثانیه و در آهن ۵۰۰۰ متر در ثانیه باشد، یک موج صوتی فاصله ۳۰۰۰ متر را در هر محیط در چند ثانیه طی می‌کند؟



قطبی کردن به وسیله‌ی انعکاس

در سال ۱۸۸۰ میلادی یک ساینس‌دان به نام ملوس (malus) نشان داد، که شعاع منعکس شده از سطح یک شیشه عادی قطبی می‌شود. این عالم به واسطه یک تجربه شعاع نور عادی را بر شیشه مستوی وارد نموده و سپس شعاع منعکسه را از آن ذریعه کرسنال تورمالین آزمایش کرد که قطبی می‌شود یا نه. موصوف در جریان تجربه کرسنال تورمالین را به استقامت شعاع منعکسه حرکت داده و بالاخره دید که در یک موقعیت معین و تحت زاویه وارده، شعاع منعکسه قطبی گردیده است. به این زاویه، زاویه‌ی استقطاب (قطبی شدن) می‌گویند.

در این جا شعاع منعکسه بر سطح شیشه عمود و به مرکبه‌های موازی به آن تجزیه می‌شود و دوباره



موازی منعکس می‌گردد و مرکبه عمودی تحت زاویه معین قابل رویت می‌گردد، هم چنان شعاع منعکسه تحت زاویه‌های معین نیز مانند امواج سطح آب قطبی می‌شود، باید گفته شود که حادثه قطبی‌شدن بحث بسیار طولانی است

12. در یک آزمایش نوری، شعاع نوری از دو شکاف گذشته و نوارهای تداخلی تولید می‌کند. اگر فاصله بین دو نوار روشن ۲ میلی‌متر باشد، این چه چیزی در مورد طول موج نشان می‌دهد؟
13. اگر شدت صوت در فاصله معین ۸۰ دسی‌بل باشد، وقتی فاصله دو برابر شود، شدت صوت چگونه تغییر می‌کند؟

فعالیت‌های صنفی / عملی

فعالیت ۱: آزمایش سرعت صوت

هدف: درک تفاوت سرعت صوت در مواد مختلف

- از سه محیط مختلف استفاده شود: هوا، آب و فلز.
- شاگردان توسط زدن دو سنگ یا استفاده از زنگ، انتقال صوت را در این سه ماده تجربه می‌کنند.
- ثبت کنند که در کدام محیط، صوت سریع‌تر به گوش می‌رسد و چرا.

فعالیت ۲: مشاهده تداخل نور

هدف: شناخت نوارهای تداخلی

- با استفاده از تصاویر، ویدیو یا وسایل ساده آزمایشگاهی، عبور نور از دو شکاف نشان داده شود.
- شاگردان محل نوارهای روشن و تاریک را مشاهده و تحلیل نمایند.
- بحث شود که چه زمانی بیشترین و کمترین شدت نور ایجاد می‌شود.

فعالیت ۳: آزمایش قطبی شدن نور

هدف: مشاهده مستوی استقطاب

- از دو شیشه عینک آفتابی قطبی یا فیلتر استفاده شود.
- شاگردان آن را در مقابل منبع نور قرار داده و در زوایای مختلف بچرخانند.
- وقتی دو فیلتر ۹۰ درجه چرخانده می‌شوند، نور از آن عبور نمی‌کند → نتیجه: نور قطبی شده.
- مفهوم مستوی استقطاب و جهت موج توضیح داده شود.

فعالیت ۴: گروپ‌کاری – کاربرد مفاهیم در زندگی

هدف: فهم عملی و کاربردی مفاهیم

- شاگردان به گروپ تقسیم شوند.
- هر گروپ جدول کاربردهای مفاهیم فیزیکی را در زندگی روزمره تهیه نماید، مانند:
 - استفاده از سرعت صوت در سونوگرافی در طب
 - قطبی شدن نور در عینک‌های آفتابی
 - استفاده از رادار و سونار در طیاره و کشتی
- هر گروپ یافته‌های خود را به صنف ارائه دهد.

دوره پنجم:

اهداف آموزشی:

- 1_ دانش آموزان با مفاهیم اساسی موضوعات (قطبی کردن به وسیله انعکاس، حالات ماده، کثافت، وزن مخصوص، ارتجاعیت) آشنایی کامل دریافت کند.
- 2_ دانش آموزان با موارد استفاده از قطبی شدن و سرعت صوت آگاهی کامل کسب نمایند.

3_ دانش آموزان باید با اهمیت موضوعات هذا آشنا شده و بتوانند در زندگی روزمره شان تطبيق نمایند.

بخش اول:

قطبی شدن نور (Polarization of Light Waves)

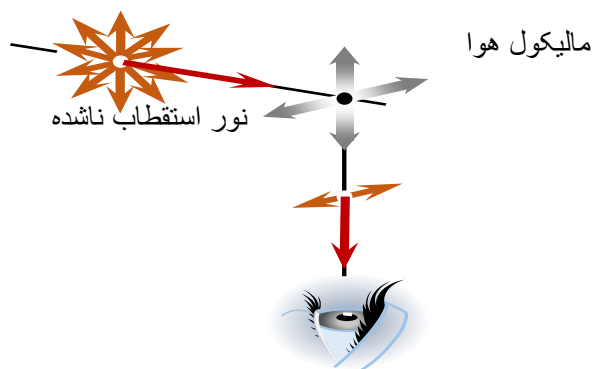
حوادث نوری تداخل و تفرق محض آشکار نمود، که طبیعت شعاع نوری موجیست، و این را توضیح نمی‌نماید، که این حالت موجی به شکل امواج طولی است، و یا به گونه امواج عرضی، اما استقطاب نوری این را واضع ساخت که شعاع نوری امواج عرضی است، یعنی اهتزاز ذرات اهتزازي به استقامت انتشار امواج شعاع نوری عمود است.

مستوی استقطاب (Plane of polarization)

وقتی که نور عادی از کرسنال تورمالین می‌گذرد، قطبی می‌گردد، و این نور قطبی شده به استقامت انتشار نور عموداً اهتزاز می‌نماید، که در حقیقت به این نور، نور قطبی شده‌ی مستوی می‌گویند، مستوی اسقطاب آن مستوی است که اهتزاز در آن صورت می‌گیرد. در نگاره 14.16 اهتزازات بر مستوی قطبی عموداً صورت می‌گیرد. آن مستوی که در آن اهتزازها صورت می‌گیرد، به نام مستوی اهتزازي یاد می‌شود.

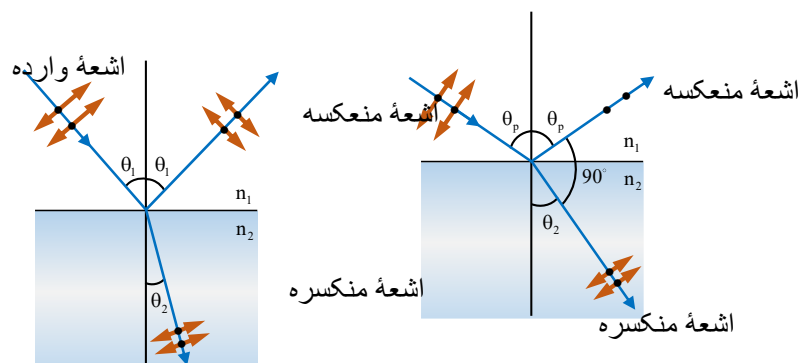
می‌دانیم که نور عادی از موج‌های زیاد تشکیل گردیده است، که هر موج آن به یک رنگ مشخصی که اهتزازات خطی، دایره‌ی و بیضه‌ی اجرا می‌نمایند، مطابقت می‌کند. از طرف دیگر این واضع است که اهتزازهای بیضوی و دایره‌ی از دو اهتزاز خطی که یکی بالای دیگر، عمود بوده و تفاوت فاز $\frac{\pi}{2}$ را دارد، به میان می‌آید. به همین علت است که هر اهتزاز به دو مرکبه که یکی بالای دیگر عمود باشد، تجزیه گردد. به این اساس اشعه نوری را که امواج عرضی اند، در دو مستوی xx' و yy' که یکی بالای دیگر عمود بوده و در عین زمان به استقامت انتشار نور هم عمود اند، به دو مرکبه تجزیه می‌نماییم.

اهتزازاتی را که ذرات به موازات مستوی کاغذ به سر می‌رسانند مطابق نگاره به نماد $(\uparrow)$ و آن اهتزازاتی که بر مستوی کاغذ عمود باشند به سیمبول $(\bullet)$ نشانی شده اند.



قطبی کردن به وسیله انعکاس

در سال 1880 میلادی یک ساینس‌دان به نام ملوس (malus) نشان داد، که شعاع منعکس شده از سطح یک شیشه عادی قطبی می‌شود. این عالم به واسطه یک تجربه شعاع نور عادی را بر شیشه مستوی وارد نموده و سپس شعاع منعکسه را از آن ذریعه کرسنال تورمالین آزمایش کرد که قطبی می‌شود یانه. موصوف در جریان تجربه کرسنال تورمالین را به استقامت شعاع منعکسه حرکت داده و بالاخره دید که در یک موقعیت معین و تحت زاویه وارده، شعاع منعکسه قطبی گردیده است. به این زاویه، زاویه استقطاب (قطبی شدن) می‌گویند.

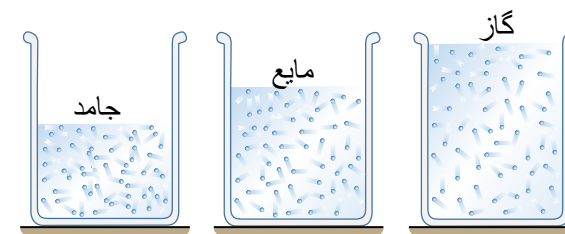


در این جا شعاع منعکسه بر سطح شیشه عمود و به مرکبه‌های موازی به آن تجزیه می‌شود و دوباره موازی منعکس می‌گردد و مرکبه عمودی تحت زاویه معین قابل رویت می‌گردد، هم چنان شعاع منعکسه تحت زاویه‌های معین نیز مانند امواج سطح آب قطبی می‌شود، باید گفته شود که حادثه قطبی شدن بحث بسیار طولانی است و در تکنیک، طباط و پژوهش‌های تحقیقی دیگر از آن استفاده وسیع صورت می‌گیرد که ما در این جا تنها به معرفی این حادثه اکتفا نموده‌ایم.

خواص میخانیکی ماده

حالات ماده (Matter State)

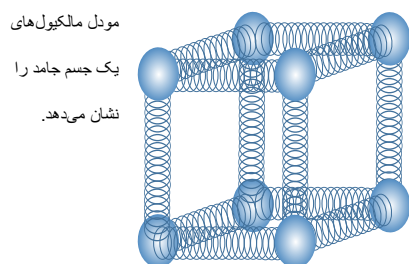
در طبیعت، ماده به سه حالت دیده می‌شود، (حالت گاز، حالت مایع، حالت جامد) این سه حالت به مالیکول‌های داخلی و ساختمان اتمی اجسام مرتبط است، به میان آوردن شرایط سخت، گاز را به مایع، مایع را به گاز، جامد را به جسم مایع و جسم مایع را به گاز تبدیل نماییم. حالت‌های جامد، مایع و گاز. اگر یک پارچه یخ را که در حالت جامد است حرارت دهیم، پس یخ به آب و یا حالت جامد به حالت مایع تبدیل می‌گردد، یعنی توسط حرارت دادن حالت جامد ماده به حالت مایع آن تبدیل می‌شود، و اگر به همین آب حرارت بیشتر بدهیم، پس آب جوشیده و به بخار تبدیل می‌گردد که در این حالت آب از حالت مایع به حالت گاز تغییر می‌یابد. حالت یک جسم به درجه حرارت، فشار و ساختمان داخلی آن ارتباط دارد.



(نگاره 15.1)

وقتی که یک جسم از یک حالت به حالت دیگر تغییر می‌نماید، پس این تغییر حالت را که در یک درجه معین حرارت صورت می‌گیرد، تغییر فاز (Phase) جسم می‌گویند. در حالت جامد، جسم حجم و شکل معین دارد، برای تغییر شکل و حجم این ماده، به یک مقدار قوه ضرورت است، زیرا که اجسام سخت در مقابل تغییر حجم و شکل خویش مقاومت زیاد نشان می‌دهند، باید بگوییم که ماده مایع حجم معین دارد، ولی شکل ثابت و معین ندارد، مایعات در هر ظرف شکل همان

ظرف را اختیار می‌نمایند، جریان پیدا می‌کنند و در مقابل تغییر شکل مقاومت نشان نمی‌دهند. ماده در حالت گاز هر شکل و حجم را اختیار کرده می‌تواند و در این رابطه مقاومت قابل ملاحظه را از خود نشان نمی‌دهد، به این اساس، گاز که در هر حجم انداخته شود، به سرعت زیاد آن را اشغال می‌نماید، باد بگوییم که بعضی اجسام مصنوعی مثل قیر، موم و لاک با تغییر درجه حرارت بسیار کم از جامد به مایع و از مایع به جامد تبدیل می‌گردد. و باید گفت که اجسام در حالت طبیعی در قیمت‌های معین درجه حرارت، حالت‌های جامد، مایع و یا گاز را به خود اختیار می‌نمایند، وقتی که یک جسم از یک حالت، به حالت دیگر تغییر می‌نماید، فقط فاصله در بین مالیکول‌های آن تغییر می‌یابد، یا به عبارت دیگر فاصله میان مالیکول‌های یک جسم سخت بی‌اندازه کم و ارتباط بین این مالیکول‌ها بسیار قوی است، در حالی که اگر این جسم به حالت مایع تبدیل شود، این به که فاصله میان مالیکول‌های جسم زیاد شده ارتباط این مالیکول‌ها یک با دیگر ضعیف گردیده است.



می‌دانیم که در اجسام جامد قوه عمل متقابل در بین مالیکول‌ها بسیار زیاد است، هنگامی که به جسم حرارت زیاد ده شود، انرژی حرکی مالیکول‌ها جسم بیشتر می‌گردد که در نتیجه رابطه بین مالیکول‌های جسم سخت ضعیف و فاصله میان مالیکول‌های آن به چنان یک حالت می‌رسد که جسم دیگر حالت جامد قبلی‌اش را نگه کرده نمی‌تواند و همه مالیکول‌های جسم در یک حالت ضعیف واقع می‌گردد و در نتیجه جسم آب می‌شود و قابلیت جریان را پیدا می‌کند، وقتی که جسم از حالت جامد به حالت مایع مبدل می‌شود، گفته می‌شود که جسم فاز خود را تبدیل نموده است. اگر چه در حالت فاز به جسم حرارت زیاد داده می‌شود، ولی درجه حرارت آن ثابت می‌ماند، که این درجه حرارت، درجه حرارت تبدیل شدن فاز جسم گفته می‌شود.

کثافت (Density)

نسبت کتله و حجم برای یک جسم معین، کثافت آن جسم نامیده می‌شود، اگر کتله به m (mass)، حجم را به v (volume) و کثافت را به ρ (rho) نشان دهیم پس داریم:

$$\text{وزن مخصوصه} = \frac{\text{کثافت جسم}}{\text{کثافت ماده استاندارد}}, \quad \text{Sp.gr} = \frac{\rho}{\rho_s}$$

و باید گفت که اگر $\rho \times g$ گردد، کثافت وزنی (ρ_w) حاصل می‌شود.

مثال 1. مقدار $0.082 \frac{gr}{cm^3}$ را از جنس $\frac{kg}{m^3}$ دریابید.

حل. برای همیشه مقدار $1 \frac{gr}{cm^3}$ مساوی به $1000 \frac{kg}{m^3}$ می‌گردد.

$$0.082 \frac{gr}{cm^3} = 0.082 \times 10^3 \frac{kg}{m^3} = 82 \frac{kg}{m^3}$$

مثال 2. کثافت جسمی را از جنس دریابید که کتله آن $4kg$ و حجم آن $0.5m^3$ باشد.

حل.

$$\rho = \frac{m}{v} \Rightarrow \rho = \frac{4kg}{0.5m^3} = 8 \frac{kg}{m^3}$$

مثال 3. یک جسم جامد $4.5kg$ وزن و $3m^3$ حجم دارد، اگر $g = 981 \frac{cm}{s^2}$ باشد، کثافت جسم مذکور چه قدر خواهد بود؟

حل.

$$\rho = \frac{w}{gv} = \frac{mg}{gv} = \frac{m}{v} \Rightarrow \rho = \frac{4.5kg}{3m^3} = 1.5 \frac{kg}{m^3}$$

مثال 4. $51gr$ تیل پترول $75cm^3$ حجم دارد، کثافت و وزن مخصوص این پترول را معلوم کنید؟

حل.

$$\text{کثافت} = \frac{\text{اندازه کتله جسم}}{\text{اندازه حجم جسم}}, \quad \rho = \frac{m}{v}$$

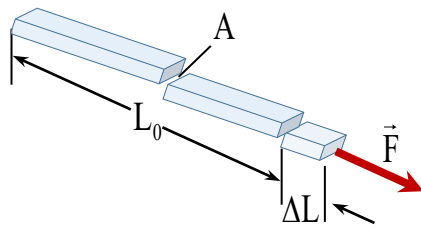
در سیستم SI، واحد کثافت kg/m^3 و یا gr/cm^3 است. برای همیشه مقدار $1 \frac{gr}{cm^3}$ مساوی به $1000 \frac{kg}{m^3}$ است.

کثافت بعضی از مواد در جدول ذیل درج گردیده است.

مواد (Matter)	کثافت ($\frac{kg}{m^3}$)
طلا (Gold)	19.3
یورانیم (Uranium)	18.7
سیماب (Mercury)	13.6
سرب (Lead)	11.3
آهن (Iron)	7.86
آب ($15^\circ C$ Water)	1.025
آب ($4^\circ C$ Water)	1.00
یخ (Ice)	0.917
الکول (Alcohol)	0.806
هوا (Air)	1.29×10^{-3}
آب ($100^\circ C$ Water _{gas})	5.98×10^{-4}
هیدروژن (Hydrogen)	8.99×10^{-5}

کثافت هر ماده و کثافت یک ماده استاندارد را به نام وزن مخصوصه (Specific gravity) یاد می‌کنند، معمولاً برای مایعات و جامدات (آب در $4^\circ C$) و برای گازها هوا می‌باشد، برای همیشه وزن مخصوصه بدون واحد می‌باشد.

در نگاره زیر جسمی را نشان می‌دهد، که در اول دارای سطح مقطع یک‌نواخت با مساحت A و طول L_0 است، سپس قوه $\vec{F}$ به انتهای آن وارد می‌کنیم، جسم به اندازه ΔL دراز می‌گردد، در این صورت می‌گوییم که جسم تحت کشش است، که برای همیش قوه عمود بر سطح مقطع وارد می‌شود، که استریس کششی δ در سطح مقطع را به صورت نسبت قوه $\vec{F}$ به مساحت سطح مقطع A تعریف می‌شود. دراز شدن جسم فقط از نتیجه بزرگی فاصله بین مالیکول‌ها و یا اتوم‌ها به میان می‌آید. فشاری که در مقطع معین سیم به واسطه قوه F به وجود می‌آید تحت تأثیر قوه ثابت F با مقطع سیم معکوساً متناسب است. یعنی با باریک شدن سیم، فشار بالای آن زیاد می‌شود. اگر این کار دوام پیدا کند، فشار فوق‌العاده زیاد می‌گردد و ممکن است که سیم کنده (قطع) شود. اگر مقطع سیم ثابت نگه‌داشته شود، با زیاد شدن قوه فشار بالای جسم افزایش می‌یابد و این به معنای آن است که سیم دیگر نمی‌تواند فشار را تحمل کند و ارتباط بین اتوم‌های ساختمانی جسم قطع می‌گردد و سیم قطع خواهد شد. گاه‌گاهی طوری واقع می‌شود که سیم قطع نمی‌شود، بلکه در شکل فیزیکی آن تغییر به وجود می‌آید که در تکنیک این خاصیت فلزات در نظر گرفته می‌شود و کوشش می‌شود که تغییر شکلی که در اثر حوادث مختلف تحت تأثیر قوه به وجود می‌آید، بعد از دور شدن قوه، جسم حالت اولی خویش را دوباره اختیار نماید، که در حقیقت به این خصوصیت حالت ارتجاعی فلز یا جسم گفته می‌شود.



$$\text{Stress} = \frac{\text{Force}}{\text{Area}} \Rightarrow \delta = \frac{F}{A} = \frac{kx}{A}, \left(\frac{N}{m^2} = pa \right)$$

در رابطه بالا مقدار $\frac{k}{A}$ ثابت تناسب گفته می‌شود، در حالی که k یک کمیت ثابت قانون هوک است، که مربوط به خصوصیت‌های اجسام ارتجاعی می‌باشد، در سیستم بین‌المللی اندازه‌گیری واحدها (SI)، واحد فشار یا استریس پاسکال است، در صورتی که یک نیوتن قوه بر سطح یک $1m^2$ عموداً عمل نماید. در تکنیک، فشار بالای سیم‌ها به کیلوپاسکال محاسبه می‌گردد.

$$\rho = \frac{m}{v} \Rightarrow \rho = \frac{51gr}{75cm^3} = 0.68 \frac{gr}{cm^3}$$

$$Sp. gr = \frac{\rho}{\rho_s} = \frac{0.68gr/cm^3}{1gr/cm^3} = 0.68$$

مثال 5. معلوم کنید که $300gr$ سیماب (Hg) چه قدر حجم دارد، در حالی که کثافت سیماب $\rho = 13600 \frac{kg}{m^3}$ است.

حل.

$$\rho = \frac{m}{v} \Rightarrow v = \frac{m}{\rho} = \frac{300gr}{13.600gr/cm^3} = \frac{300}{13.600} cm^3 \approx 22cm^3$$

ارتجاعیت (Elasticity)

اگر یک جسم زیر عمل قوه خارجی شکل خود را تغییر دهد و بعد از دور شدن قوه، به حالت اولی خود برگردد، ارتجاعیت جسم گفته می‌شود. وقتی که یک جسم جامد از اثر قوه خارجی شکل خود را تغییر داده و بعد از دور شدن قوه، شکل قبلی خویش را دوباره اختیار ننماید، چنین جسم را غیر ارتجاعی می‌گویند.

دوره ششم:

اهداف آموزشی:

1_ دانش آموزان با مفاهیم اساسی موضوعات (فشار تراکی یا تنش، طول و فشار، مودول بلک، مودول شیر) آشنایی کامل دریافت کند.

2_ دانش آموزان با موارد استفاده از فشار تراکی و مودول شیر آگاهی کامل کسب نمایند.

3_ دانش آموزان باید با اهمیت موضوعات هذا آشنا شده و بتوانند در زندگی روزمره شان تطبیق نمایند.

بخش اول:

استریس (Stress) و استرین (Strain) کششی

مثال 1. یک سیم مسی که قطر مقطع آن $0.003m$ است، برای اندازه کردن $Stress$ آن به یک لابراتوار تخریبی انتقال می گردد. اگر کارکنان تخریبی $100kg$ کتله را از مقطع آن آویزان کنند فشار قوه را بر مقطع سیم به kpa حساب کنید.

حل.

$$d = 0.003m \Rightarrow A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 3.14 \left(\frac{0.003m}{2}\right)^2 = 7 \times 10^{-6}m^2$$

$$\delta = \frac{F}{A} = \frac{100kg \times 9.81m/s^2}{7 \times 10^{-6}m^2} = \frac{981N}{7 \times 10^{-6}m^2} \approx 1.4 \times 10^8 pa$$

اگر جسم تحت کشش باشد، محصله قوه های وارده بر جسم صفر است، ولی جسم تغییر شکل پیدا می کند، استریس کششی (نسبت قوه بر مساحت سطح مقطع) یک استرین کششی ε مانند نگاره 15.3 تشکیل می دهد، استرین کششی همیشه از نسبت افزایش طول ΔL و طول اولیه L_0 به دست می آید.

$$Strain = \frac{\text{change in length}}{\text{original length}} \Rightarrow \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

حاصل تقسیم استریس کششی و استرین کششی مدول یانگ نامیده می شود، که طول ذیل تعریف می گردد.

$$Young's modulus = \frac{\text{tensile stress}}{\text{tensile strain}} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta L}{L_0}} \vee \delta = Y \cdot \frac{\Delta L}{L_0}$$

اگر به انتهای یک نل ارتجاعیت دارای قطر d_1 و طول L_1 ، جسم را به وزن W آویزان کنیم، و این نل را به قطر d_2 و طول L_2 برساند، پس شکل معادله ذیل به دست می آید.

$$\frac{\Delta d}{d_1} \approx \frac{\Delta L}{L_1} \Rightarrow \frac{\Delta d}{d_1} = \mu \frac{\Delta L}{L_1}, \Delta d = d_2 - d_1, \Delta L = L_2 - L_1$$

در رابطه فوقانی μ برای اندازه گیری ابعاد نل که به نام ضریب پادسون یاد می شود، این ضریب دارای واحد نیست، و تنها ارزش عددی دارد و قیمت آن از 0.01 تا 0.3 تغییر می یابد. و باید گفت

که با کشش وزن، ابعاد نل به دو استقامت (طول زیاد می گردد و قطر کم می گردد) تغییر می کند، و $\Delta L > 0$ و $\Delta d < 0$ می باشند.

مثال 2. میله فولادی به طول $2m$ دارای سطح مقطع به مساحت $0.3cm^2$ است، این میله از یک انتها به یک جرثقیل آویزان شده و به انتهای دیگری آن کتله $550kg$ به پایین آویزان شده است، استریس، استرین و افزایش طول میله را تعیین کنید. که مدول یانگ $2 \times 10^{11}pa$ و $g = 9.8m/s^2$ باشد.

حل.

$$\delta = \frac{F}{A} = \frac{550kg \cdot 9.8m/s^2}{3 \times 10^{-5}m^2} = \frac{5390N}{3 \times 10^{-5}m^2} \approx 1.8 \times 10^8 pa$$

$$\varepsilon = \frac{\delta}{Y} \Rightarrow \varepsilon = \frac{1.8 \times 10^8 pa}{2 \times 10^{11} pa} = 9 \times 10^{-4}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \Rightarrow \Delta L = (9 \times 10^{-4}) \cdot 2m = 0.0018m = 1.8mm$$

مثال 3. طول یک سیم فولادی استوانه ای برابر $4m$ و قطر آن $9cm$ است، وقتی یک وزنه $80000kg$ روی آن گذاشته شود، کاهش طول آن چه قدر خواهد بود: ($Y = 1.9 \times 10^{11}pa$)

حل.

$$A = \pi r^2 \Rightarrow A = \pi \left(\frac{9}{2}cm\right)^2 = 63.61cm^2$$

$$Y = \frac{F \cdot L_0}{A \cdot \Delta L} \Rightarrow \Delta L = \frac{(80000kg \times 9.8m/s^2)(4m)}{(1.9 \times 10^{11}pa)(63.61 \times 10^{-4}m^2)}$$

$$\Delta L = \frac{3.136 \times 10^6 m}{1208.59 \times 10^6} \approx 0.0026m = 2.6mm$$

مثال 4. اگر وزنه ای به کتله $225kg$ را به انتهای یک سیم آهنی به طول $4m$ و سطح مقطع $0.5cm^2$ بیاویزیم، طول آن $1mm$ افزایش می یابد، مدول یانگ این سیم چند گیگا پاسکال است؟

حل.

$$\text{strain} = \frac{\Delta V}{V_0}$$

افزایش فشار ΔP همان استریس حجمی است، نسبت استریس حجمی بر استریس حجمی را مدول بُلک می‌نامند و با B نشان داده می‌شود.

$$\text{Bulk Modulus} = \frac{\text{volume stress}}{\text{volume strain}} \Rightarrow B = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta V}{V_0}} = V_0 \cdot \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

مثال 1. تغییر حجم یک مکعب مسی به ضلع 4mm را وقتی تحت فشار 20Mpa قرار گیرد، حساب کنید (مدول بُلک برای مس 125Mpa است).

حل.

$$V_0 = a^3 \Rightarrow V_0 = (4\text{mm})^3 = 64\text{mm}^3$$

$$B = \frac{V_0 \cdot \Delta P}{\Delta V} \Rightarrow \Delta V = \frac{(64\text{mm}^3)(20 \times 10^6\text{pa})}{125 \times 10^6\text{pa}} = 10.24\text{mm}^3$$

مثال 2. مدول بُلک برای آب 2.1Gpa است، حجم تراکم 100ml آب را وقتی تحت فشار 1.2Mpa قرار گیرد چه قدر است؟

حل.

$$B = \frac{V_0 \cdot \Delta P}{\Delta V} \Rightarrow \Delta V = \frac{100\text{ml} \times 1.5 \times 10^6\text{pa}}{2.1 \times 10^9\text{pa}}$$

$$\Delta V = \frac{0.15 \times 10^9\text{ml}}{2.1 \times 10^9\text{pa}} = 0.071\text{ml}, \Delta V = -0.071\text{ml}$$

استریس (Stress) و استریس (Strain) برشی

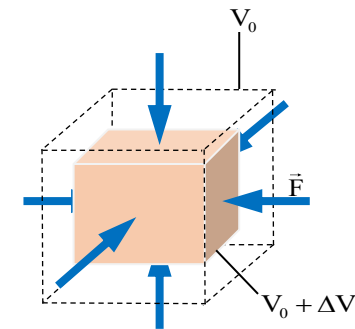
$$Y = \frac{F \cdot L_0}{A \cdot \Delta L} = \frac{(225\text{kg} \times 9.8\text{m/s}^2)(4\text{m})}{(0.5 \times 10^{-4}\text{m}^2)(1 \times 10^{-3}\text{m})} = 176.40 \times 10^9\text{pa}$$

$$Y = 176.40\text{Gpa}$$

استریس (Stress) و استریس (Strain) حجمی

هنگامی که یک غواص در عمق اقیانوس در حرکت است، آب فشاری تقریباً یک‌نواخت بر همه جای سطح بدن او وارد می‌کند و با فشردن او حجمش را به مقدار جزئی کاهش می‌دهد، این وضعیت با استریس‌ها و استریس‌های کششی و تراکمی که برهمه‌ی وجوه وارد می‌شود و تغییر شکل ناشی از آن یک تغییر حجم است واژه‌های استریس حجمی و استریس حجمی را برای توصیف این کمیت‌ها به کار می‌بریم. اگر جسمی در سیال (مایع و گاز) غوطه‌ور شود سیال بر هر بخش از سطح قوه‌ی وارد می‌کند، این قوه عمود بر سطح است.

(اگر تلاش کنیم سیال قوه‌ی موازی با سطح جسم وارد کند سیال برای مقابله با این قوه یک طرف می‌لغزد) قوه‌ی F به طور عمود بر واحد سطح که سیال بر سطح جسم خوطه‌ور وارد می‌کند فشار داخل سیال به P تعریف می‌گردد.



$$\text{stress} = P = \frac{F}{A} \Delta P = P_1 - P_2 = \frac{\Delta F}{A}$$

در رابطه فوقانی تغییرات فشار به ΔP و تغییرات قوه به ΔF نشان داده شده است، فشار نقش استریس را در یک تغییر شکل حجمی ایفاء می‌کند، استریس حجمی عبارت از تغییر نسبی حجم مانند نگاره 15.4 یعنی نسبت تغییر حجم ΔV بر حجم اصلی V_0 .

$$S = \frac{\delta_s}{\varepsilon_s} = \frac{0.33kpa}{0.133} = 2.5kpa$$

مثال 2. دو قوه موازی با جهت مخالف، هرکدام به اندازه 400N به طول مماسی بر سطوح بالا و پایین یک مکعب فلزی به ضلع 25cm وارد می‌شود، تغییر مکان سطح بالایی را نسبت به سطح پایینی چقدر است؟ (مدول برشی برای این فلز 80Gpa است)

حل.

$$A = a^2 \Rightarrow A = (25cm)^2 = 625 \times 10^{-4}m^2, h = 25 \times 10^{-2}m$$

$$S = \frac{F \cdot h}{A \cdot \Delta x} \Rightarrow \Delta x = \frac{(400N)(25 \times 10^{-2}m)}{(625 \times 10^{-4}m^2)(80 \times 10^9pa)}$$

$$\Delta x = \frac{100m}{5 \times 10^4 \times 10^5} = 0.2 \times 10^{-7}m = 2 \times 10^{-8}m = 20nm$$

دوره هفتم:

📖 اهداف آموزشی:

1. خواص حرارتی مواد
2. انتقال حرارت توسط هدایت
3. معرفی درجه های حرارت
4. انبساط حرارتی
5. انبساط طولی

1. 🔵 خواص حرارتی مواد

وضعیت استریس و استرین نوع سوم را برشی می‌نامند، نگاره زیر جسمی را نشان می‌دهد که تحت استریس برشی تغییر شکل یافته است، در این حالت قوه‌های با اندازه یک‌سان ولی درجهت‌های مقابل (مخالف) مماس بر سطح بر دو انتهای مخالف جسم وارد می‌شوند استریس برشی را به صورت قوه‌ی $\vec{F}$ که مماس بر سطح بر آن وارد می‌شود تقسیم بر مساحت A ، سطحی که قوه بر آن وارد می‌شود تعریف می‌کنیم.

$$shearstress = \delta_s = \frac{\vec{F}}{A}$$

شکل نشان می‌دهد که یک وجه جسمی که تحت استریس برشی است به اندازه فاصله‌ی Δx نسبت به وجه مخالف جابه‌جا شده است. استرین برشی به صورت نسبت تغییر مکان Δx به بعد عرضی h تعریف می‌شود.

$$shearstrain = \varepsilon_s = \frac{\Delta x}{h}$$

$$-\vec{F}$$

و از نسبت استریس و استرین برشی (شیر) مدول شیر به دست می‌آید.

$$\text{Shear Modulus} = \frac{shearstress}{shearstrain} \Rightarrow S = \frac{\delta_s}{\varepsilon_s} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta x}{h}} = \frac{F \cdot h}{A \cdot \Delta x}$$

مثال 1. مساحت سطح بالای جسمی خشت مانند برابر $15cm^2$ و ارتفاع آن $3cm$ است، هنگامی که قوه‌ی برشی $0.5N$ بر سطح بالای آن وارد شود، این سطح $4mm$ نسبت به سطح پایینی جابه‌جا می‌شود، استرین، استریس برشی و مدول برشی این قطعه چه قدر است؟

حل.

$$\delta_s = \frac{F}{A} \Rightarrow \delta_s = \frac{0.5N}{15 \times 10^{-4}m^2} = 0.33kpa$$

$$\varepsilon_s = \frac{\Delta x}{h} \Rightarrow \varepsilon_s = \frac{0.4cm}{3cm} = 0.133$$

• انتقال حرارت:

فرآیندهایی که گرما را از یک نقطه به نقطه دیگر منتقل می‌کنند، شامل هدایت، همرفت و تابش.

اهمیت خواص حرارتی مواد:

خواص حرارتی مواد در بسیاری از زمینه‌ها از جمله موارد زیر اهمیت دارند:

• طراحی و ساخت عایق‌های حرارتی:

انتخاب مواد با هدایت حرارتی پایین برای جلوگیری از اتلاف گرما.

• طراحی قطعات و سازه‌ها:

در نظر گرفتن انبساط و انقباض حرارتی در طراحی اجزای مختلف.

• صنایع الکترونیک:

انتخاب موادی که بتوانند گرما را به خوبی دفع کنند تا از آسیب دیدن قطعات جلوگیری شود.



2: انتقال حرارت توسط هدایت

انتقال حرارت به روش هدایت ((Conduction روشی است که در آن گرما از طریق تماس مستقیم بین ذرات ماده، از یک ناحیه گرم‌تر به یک ناحیه سردتر منتقل می‌شود. این روش بیشتر در جامدات رخ می‌دهد، اما در مایعات و گازها نیز وجود دارد، اگرچه با سرعت کمتری.

توضیح کامل:

✓ خواص حرارتی مواد به ویژگی‌های مواد در برابر گرما و انتقال حرارت اشاره دارد. این خواص شامل مواردی مانند هدایت حرارتی، ظرفیت گرمایی، انبساط حرارتی و مقاومت حرارتی است که در مهندسی و طراحی کاربردهای مختلف اهمیت دارند.

مهمترین خواص حرارتی مواد:

• هدایت حرارتی: (Thermal Conductivity)

میزان توانایی یک ماده در انتقال گرما از یک نقطه به نقطه دیگر. مواد با هدایت حرارتی بالا، مانند فلزات، گرما را به سرعت انتقال می‌دهند، در حالی که مواد با هدایت حرارتی پایین، مانند عایق‌ها، انتقال گرما را کند می‌کنند.

• ظرفیت گرمایی: (Specific Heat Capacity)

مقدار گرمایی که برای افزایش دمای یک واحد جرم از یک ماده به میزان یک درجه سلسیوس نیاز است.

• انبساط حرارتی: (Thermal Expansion)

تغییر حجم یک ماده در اثر تغییر دما. برخی مواد در اثر گرما منبسط و در اثر سرما منقبض می‌شوند.

• مقاومت حرارتی: (Thermal Resistance)

توانایی یک ماده در جلوگیری از انتقال گرما. این خاصیت در عایق‌ها اهمیت دارد.

• نقطه ذوب و جوش:

دماهایی که در آنها ماده از حالت جامد به مایع (ذوب) یا از حالت مایع به گاز (جوش) تبدیل می‌شود.

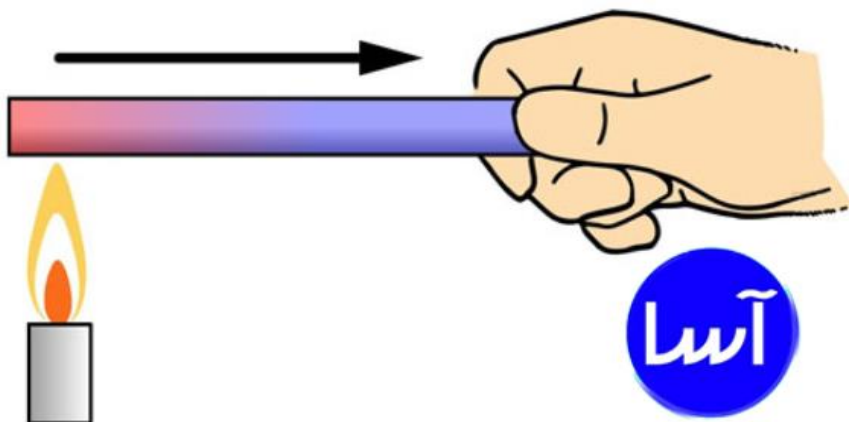
• پایداری حرارتی:

توانایی یک ماده در حفظ خواص خود در برابر دماهای بالا.

• نفوذپذیری حرارتی:

میزان نفوذ گرما به داخل یک ماده.

این واحد که با نماد °C نشان داده می‌شود، بیشتر در کشورهای مختلف برای مصارف روزمره



استفاده می‌شود. صفر درجه سلسیوس (°C) نقطه انجماد آب و ۱۰۰ درجه سلسیوس (°C) نقطه جوش آب در فشار استاندارد است

• فارنهایت: (Fahrenheit)

این واحد بیشتر در ایالات متحده آمریکا و برخی مناطق دیگر کاربرد دارد. در این مقیاس، نقطه انجماد آب ۳۲ درجه فارنهایت (°F) و نقطه جوش آن ۲۱۲ درجه فارنهایت (°F) است

• کلون: (Kelvin)

این واحد، واحد اصلی دما در سیستم بین‌المللی واحدها (SI) است. صفر کلون ۰ K به عنوان صفر مطلق شناخته می‌شود و معادل ۲۷۳.۱۵- درجه سلسیوس است

تبدیل واحدها:

برای تبدیل دما از یک واحد به واحد دیگر، می‌توان از فرمول‌های زیر استفاده کرد:

• از سلسیوس به فارنهایت: $F = (C \times 9/5) + 32$

• از فارنهایت به سلسیوس $C = (F - 32) \times 5/9$

• از سلسیوس به کلون $k = C + 273,15$

• مکانیسم:

در هدایت حرارتی، ذرات ماده (اتم‌ها یا مولکول‌ها) با افزایش انرژی حرارتی، بیشتر ارتعاش می‌کنند و با ذرات مجاور خود برخورد می‌کنند و انرژی را به آن‌ها منتقل می‌کنند. این انتقال انرژی به طور پیوسته ادامه می‌یابد تا زمانی که دما در تمام نقاط ماده یکسان شود (تبادل حرارتی)

• نقش مواد:

مواد مختلف، رسانایی حرارتی متفاوتی دارند. فلزات به دلیل وجود الکترون‌های آزاد، رسانای خوبی برای گرما هستند، در حالی که عایق‌هایی مانند چوب و پلاستیک، رسانایی حرارتی کمتری دارند.

• اهمیت در صنعت:

هدایت حرارتی در بسیاری از فرآیندهای صنعتی و زندگی روزمره نقش دارد. به عنوان مثال، گرم کردن یک کتری روی اجاق گاز، گرم شدن یک میله فلزی در یک کوره و یا انتقال گرما در دیوارهای یک ساختمان همگی نمونه‌هایی از انتقال حرارت به روش هدایت هستند.

• تفاوت با همرفت و تابش:

در حالی که هدایت حرارتی شامل انتقال انرژی از طریق تماس مستقیم ذرات است، همرفت شامل انتقال گرما توسط حرکت خود ماده (به عنوان مثال، جریان هوای گرم) و تابش شامل انتقال گرما از طریق امواج الکترومغناطیسی (مانند نور خورشید) است.

تمرین:

1: سه نوع انتقال حرارت که در محیط تان به صورت هدایت می‌گیرد نام بپذیرید؟

2: در نوع انتقال حرارت بصورت هدایت را که چی نوع انرژی حرارتی عبور می‌کند توزیع هید؟

● 3: - معرفی درجه های حرارت

درجه حرارت به عنوان یک کمیت فیزیکی، معیاری برای سنجش گرما و سرما است. واحدهای مختلفی برای اندازه‌گیری دما وجود دارند، از جمله سلسیوس، فارنهایت و کلون.

واحدهای اصلی اندازه‌گیری دما:

• سلسیوس: (Celsius)

از کلوین به سلسیوس $^{\circ}\text{C} = \text{k} - 273,15$

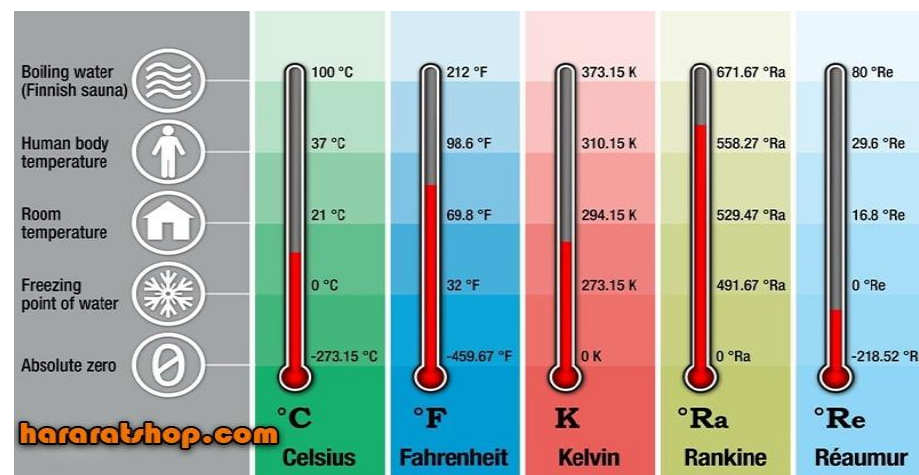
اهمیت اندازه‌گیری دما:

اندازه‌گیری دما در بسیاری از زمینه‌ها اهمیت دارد، از جمله :

- علوم طبی تشخیص بیماری‌ها و بررسی وضعیت سلامت افراد]
- علوم فیزیک: مطالعه خواص مواد و پدیده‌های فیزیکی.
- مهندسی: طراحی و ساخت سیستم‌ها و تجهیزات مختلف.
- هواشناسی: پیش‌بینی وضعیت آب و هوا و مطالعه تغییرات اقلیمی.

نکات تکمیلی:

- دمای طبیعی بدن انسان حدود 37°C درجه سلسیوس (98.6°F درجه فارنهایت) است .
- هایپوترمی (کاهش بیش از حد دمای بدن) و هایپرترمی (افزایش بیش از حد دمای بدن) هر دو می‌توانند برای سلامتی خطرناک باشند .
- درجه حرارت در مقیاس کلوین، بدون علامت درجه ($^{\circ}$) نوشته می‌شود .
- صفر مطلق (0K) پایین‌ترین دمای ممکن است که در آن تمام حرکت مولکولی متوقف می‌شود



مثال‌ها:

1: 30 درجه سانتی‌گرید چند درجه کلوین می‌شود؟

حل: $\text{k} = ^{\circ}\text{C} + 273,15 = 310\text{k}$

مثال: 55 درجه فارنهایت چند درجه سانتی‌گرید می‌شود؟

حل: $^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \cdot 5/9 = (55 - 32) \cdot 5/9 = 13^{\circ}\text{C}$

4: - انبساط حرارتی

بساط حرارتی به تمایل ماده برای تغییر ابعاد فیزیکی خود (مانند طول، مساحت، یا حجم) در پاسخ به تغییر دما گفته می‌شود. این پدیده معمولاً با افزایش دما همراه است و باعث افزایش ابعاد می‌شود، اما در برخی موارد خاص، ممکن است ماده در اثر افزایش دما منقبض شود (انبساط حرارتی منفی)

توضیحات بیشتر:

• علت انبساط حرارتی:

هنگامی که گرما به ماده‌ای اعمال می‌شود، ذرات سازنده آن (اتم‌ها یا مولکول‌ها) بیشتر به حرکت در می‌آیند و به طور متوسط فاصله بیشتری از یکدیگر می‌گیرند. این افزایش فاصله بین ذرات منجر به افزایش ابعاد ماده می‌شود

• انواع انبساط حرارتی:

- انبساط خطی: افزایش طول یک ماده .
- انبساط سطحی: افزایش مساحت یک ماده .
- انبساط حجمی: افزایش حجم یک ماده .

• ضریب انبساط حرارتی:

این ضریب نشان‌دهنده میزان انبساط یک ماده به ازای هر درجه افزایش دما است. مقادیر این ضریب برای مواد مختلف متفاوت است و با دما تغییر می‌کند

• کاربردهای انبساط حرارتی:

- دماسنج‌ها: دماسنج‌ها بر اساس انبساط مایع (مانند جیوه) در اثر گرما کار می‌کنند.
- درز انبساط در پل‌ها و ساختمان‌ها: این درزها برای جلوگیری از آسیب ناشی از انبساط و انقباض مواد در اثر تغییرات دما در نظر گرفته می‌شوند.
- خنک‌کننده‌های موتور خودرو: رادیاتور خودروها از انبساط مایع خنک‌کننده برای انتقال حرارت و خنک کردن موتور استفاده می‌کنند.

• انبساط حرارتی منفی:

در برخی موارد خاص، مانند برخی از مواد در دمای پایین، ماده ممکن است با افزایش دما منقبض شود. این پدیده به عنوان انبساط حرارتی منفی شناخته می‌شود



● 5: - انبساط طولی.

انبساط خطی به افزایش طول یک جسم در اثر افزایش دما گفته می‌شود. این پدیده زمانی رخ می‌دهد که یک جسم در اثر گرما، انرژی جنبشی مولکول‌های خود را افزایش می‌دهد و در نتیجه از هم فاصله می‌گیرند و طول آن بیشتر می‌شود.

توضیحات بیشتر:

• انبساط خطی چیست؟

زمانی که یک جسم جامد گرم می‌شود، مولکول‌های آن شروع به ارتعاش بیشتر می‌کنند. این ارتعاشات باعث افزایش فاصله بین مولکول‌ها و در نتیجه افزایش طول جسم می‌شود. این افزایش طول در یک بعد را انبساط خطی می‌گویند.

• فرمول انبساط خطی:

تغییر طول (ΔL) یک جسم با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود: $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$.

- ΔL : تغییر طول (افزایش طول).
- α : ضریب انبساط طولی (ضریبی که نشان دهنده میزان افزایش طول به ازای هر درجه سلسیوس افزایش دما است).
- L_0 : طول اولیه جسم.
- ΔT : تغییر دما (تغییر دمای جسم).

• ضریب انبساط خطی:

این ضریب برای هر ماده متفاوت است و نشان می‌دهد که آن ماده چقدر در برابر تغییرات دما منبسط می‌شود. به عنوان مثال، فلزات معمولاً ضریب انبساط خطی بالاتری نسبت به مواد دیگر دارند.

• مثال‌های عملی:

- ریل‌های قطار در تابستان به دلیل گرما کمی طولانی‌تر می‌شوند و شکاف‌هایی برای جبران این انبساط در نظر گرفته می‌شود.
- پل‌ها نیز برای جلوگیری از آسیب دیدن در اثر انبساط و انقباض ناشی از تغییرات دما، از اتصالات انبساطی استفاده می‌کنند.
- ترموستات‌ها که در وسایلی مانند اتو و یخچال استفاده می‌شوند، از خاصیت انبساط فلزات برای کنترل دما استفاده می‌کنند.

ماده	ضریب انبساط حجمی: $\beta (1/C)$	ضریب انبساط خطی: $\alpha (1/C)$
مواد جامد		
آلومینیوم	$75 \cdot 10^{-6}$	$25 \cdot 10^{-6}$
برنج	$56 \cdot 10^{-6}$	$19 \cdot 10^{-6}$
مس	$51 \cdot 10^{-6}$	$17 \cdot 10^{-6}$
طلا	$42 \cdot 10^{-6}$	$14 \cdot 10^{-6}$
آهن و فولاد	$35 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$
آلیاژ نیکل-آهن	$27 \cdot 10^{-6}$	$0.9 \cdot 10^{-6}$
سرب	$87 \cdot 10^{-6}$	$29 \cdot 10^{-6}$
نقره	$54 \cdot 10^{-6}$	$18 \cdot 10^{-6}$
شیشه	$27 \cdot 10^{-6}$	$9 \cdot 10^{-6}$
شیشه (پیرکس)	$9 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$
کوارتز	$11 \cdot 10^{-6}$	$0.4 \cdot 10^{-6}$
پتن	$36 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$
مرمر	$2.1 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-6}$
مایعات		
اتر	$165 \cdot 10^{-6}$	
الکل	$110 \cdot 10^{-6}$	
نفت خام	$95 \cdot 10^{-6}$	
گلیسرین	$50 \cdot 10^{-6}$	
چپوه	$18 \cdot 10^{-6}$	
آب	$21 \cdot 10^{-6}$	
گازها		
هوا و اکثر گازها در فشار اتمسفر	$340 \cdot 10^{-6}$	

تمرین:

1:- طول اولیه یک فولاد 12m است در صورت که تغییرات درجه حرارت 100C درجه سانتی گرید باشد. تغییرات طول را دریابید؟



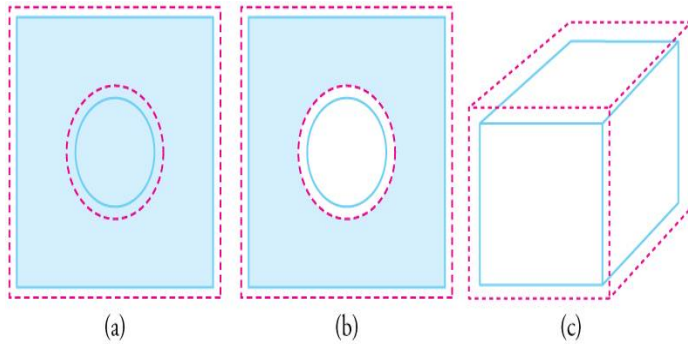
مثال: طول اولیه یک فولاد 2m است در صورت که تغییرات درجه حرارت 22C درجه سانتی گراد باشد. تغییرات طول را دریابید؟

حل:- $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T = 12 \cdot 10^{-6} C^{-1} \cdot 2m \cdot 22C = 0,000528m$

دوره نهم:

اهداف آموزشی :

1. انبساط حرارتی سطحی
2. انبساط حجمی
3. گرادینت درجه حرارت
4. انتقال حرارت بواسطه جریان
5. انواع کانوکشن



2. انبساط حرارتی حجمی (انبساط حجمی)

- تعریف: اگر دمای یک جسم (جامد یا مایع) بالا رود، حجم آن افزایش می‌یابد. این پدیده را انبساط حجمی می‌نامند.

• فرمول کلی:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

- V_0 حجم اولیه
- γ ضریب انبساط حجمی (تقریباً سه برابر ضریب خطی است)
- ΔT تغییر دما
- مثال‌های روزمره:
 - پر شدن کامل بوتل شیشه‌ای از آب در زمستان باعث شکستن آن می‌شود.
 - مخزن‌های ذخیره سوخت باید جای خالی برای انبساط داشته باشند.

1. انبساط حرارتی سطحی

تعریف: هنگامی که دمای یک جسم جامد افزایش می‌یابد، سطح آن گسترده‌تر می‌شود. این پدیده را انبساط سطحی می‌گویند.

• فرمول کلی:

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

که در آن:

- A_0 سطح اولیه
- β ضریب انبساط سطحی (تقریباً دو برابر ضریب خطی است)
- ΔT تغییر دما
- نمونه‌ها:
 - باز شدن سطح فلزی در اثر گرما
 - بال زدن پل‌های فلزی در تابستان

- مفهوم: اگر دو نقطه از یک جسم در تماس با هم باشند و دمای متفاوت داشته باشند، گرادیانت حرارتی وجود دارد.

- اهمیت: نیروی محرکه برای انتقال حرارت است.

4. انتقال حرارت توسط جریان – (Convection) کانوکشن

- تعریف: انتقال حرارت در مایعات و گازها به وسیله حرکت ذرات سیال را کانوکشن می نامند.
- ویژگی: همیشه نیاز به محیط سیال (مایع یا گاز) دارد.

5. انواع کانوکشن

1. کانوکشن طبیعی: (Natural Convection)

- عامل حرکت: تفاوت چگالی ناشی از تغییر دما
- مثال‌ها:
 - حرکت هوا در اتاق گرم
 - جریان آب در سماور

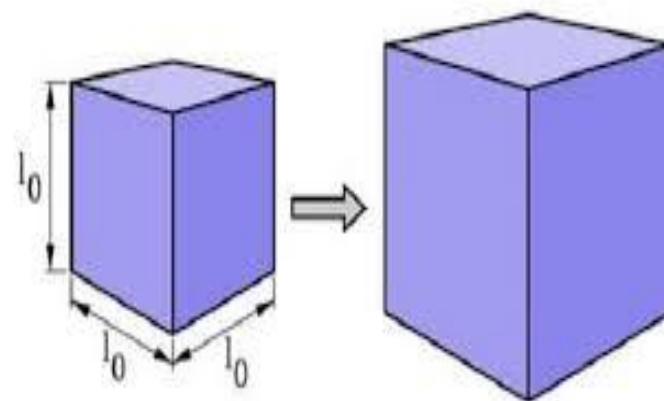
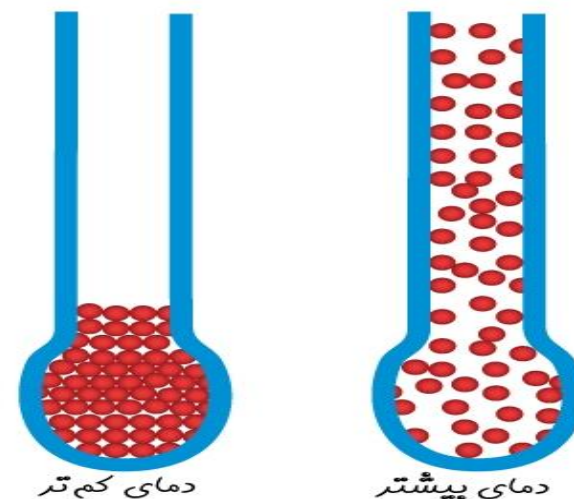
2. کانوکشن اجباری: (Forced Convection)

- عامل حرکت: وسیله مکانیکی مانند پمپ یا پنکه
- مثال‌ها:
 - کولر برقی
 - سیستم خنک کننده موتورها

3. کانوکشن ترکیبی: (Mixed Convection)

- زمانی که هم عوامل طبیعی و هم عوامل مکانیکی دخالت داشته باشند.
- مثال: تهویه طبیعی و پنکه کمکی در یک اتاق

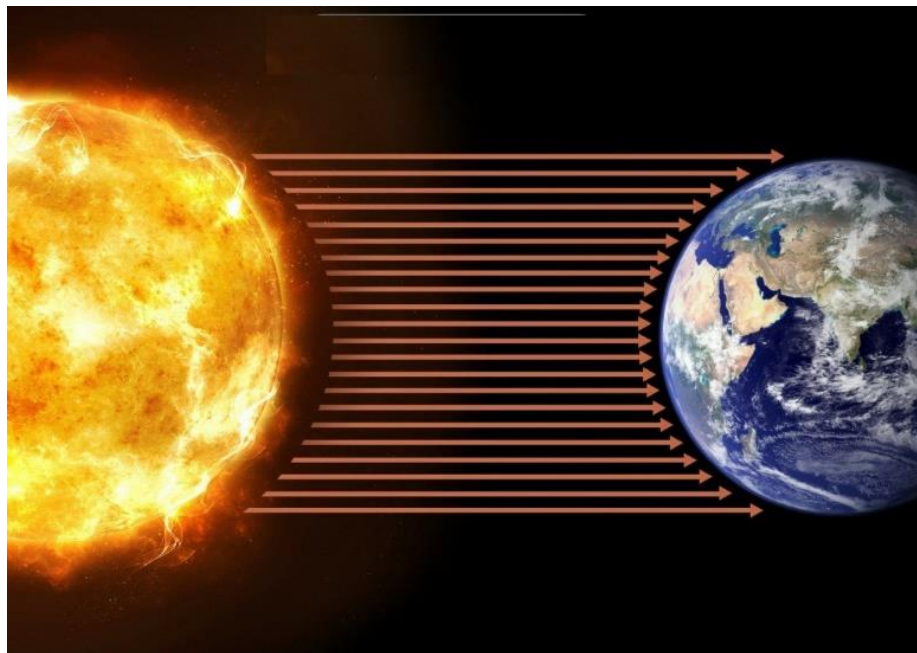
📖 اهداف آموزشی :



3. گرادیانت درجه حرارت (Temperature Gradient)

- تعریف: تغییر دما در یک واحد طول را گرادیانت حرارتی می گویند.

$$\frac{dT}{dx}$$



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

قادر 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

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 .

3- جسم سیاه مطلق

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

ویژگی‌های کلیدی جسم سیاه:

- جذب‌کننده کامل: یک جسم سیاه ایده‌آل هیچ تابشی را منعکس نمی‌کند و تمام تابش‌های فرودی را بدون توجه به فرکانس یا زاویه، جذب می‌نماید.
- تابش‌کننده کامل: در تعادل حرارتی، جسم سیاه تمام انرژی تابشی را که در همان دما توسط هر جسم دیگری ساطع می‌شود، منتشر می‌کند.
- وابستگی طیف به دما: شدت تابش جسم سیاه در طول موج‌های مختلف به دمای آن بستگی دارد؛ با افزایش دما، اوج طیف تابش به سمت طول موج‌های کوتاه‌تر و شدت تابش به طور کلی افزایش می‌یابد.
- ایده‌آل بودن مفهوم: هیچ جسم واقعی در طبیعت کاملاً سیاه نیست، اما اجسام ساخته شده از مواد فوق‌العاده جاذب یا حفره‌های کوچک با دیواره‌های سیاه، می‌توانند تقریب‌های بسیار خوبی از جسم سیاه باشند.

اهمیت و کاربرد:

- پایه مکانیک کوانتومی: مفهوم تابش جسم سیاه و تحلیل آن توسط ماکس پلانک، یکی از پیش‌گامان ظهور نظریه مکانیک کوانتومی بود.
- مدل‌سازی پدیده‌های فیزیکی: جسم سیاه به عنوان یک مدل ایده‌آل، در توصیف تابش حرارتی اجرام آسمانی مانند ستارگان و سیارات، و همچنین در طراحی ابزارهای اپتیکی و تلسکوپ‌ها، کاربرد دارد.
- پدیده‌های طبیعی: اجرام داغی که در تعادل حرارتی هستند، مانند ستارگان، رفتار تابشی نزدیکی به جسم سیاه دارند و مطالعه طیف آن‌ها، اطلاعات مهمی درباره دما و ترکیب آن‌ها به دست می‌دهد.

- مواد با رسانایی حرارتی پایین: مانند فولاد و پشم سنگ، گرما را به خوبی منتقل نمی‌کنند و به عنوان عایق عمل می‌کنند.

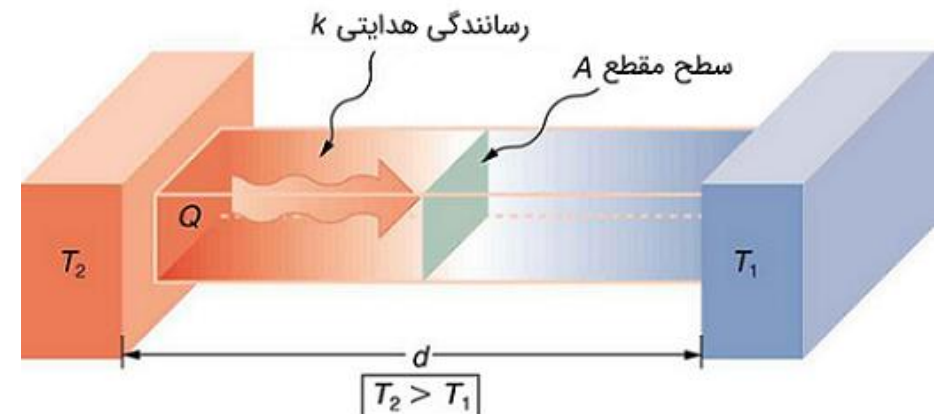
جرم گرمایی (ظرفیت حرارتی ویژه)

این مقدار نشان‌دهنده 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 می‌کنند.
- موادی با جرم گرمایی پایین، با جذب مقدار کمتری گرما، دمایشان افزایش می‌یابد.

فاکتورهای تأثیرگذار دیگر:

- ضخامت و مساحت: هرچه ضخامت ماده بیشتر باشد و مساحت سطح آن کمتر، انتقال گرما کمتر می‌شود.
- رنگ و بافت سطح: سطوح تیره و مات بیشتر گرما را جذب می‌کنند تا سطوح روشن و براق.
- جریان هوا (همرفت): (جابجایی هوا بر روی سطح ماده می‌تواند در میزان انتقال حرارت مؤثر باشد.
- با توجه به این مقادیر، می‌توان مواد و طراحی‌های مناسبی را برای کاربردهای مختلف مانند گرمایش، سرمایش و عایق‌بندی انتخاب کرد.



φq = شدت انرژی تابشی

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

σ = ثابت استفان-بولتزمن

T = دمای مطلق جسم بر حسب کلوین.

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 می‌کند.

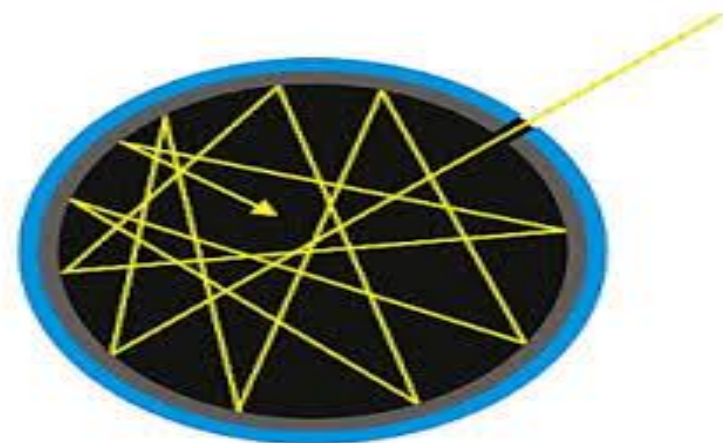
- مفهوم: این قانون می‌گوید که برای هر جسمی در دمای معین، نسبت توان تابشی خروجی آن به ضریب جذب آن، برابر با تابع جهانی تابش یک جسم سیاه کامل در همان دما و طول موج است [2, 3].

- کاربرد: این قانون رابطه‌ای بین خواص جذب و نشر اجسام برقرار می‌کند. اجسامی که ساطع کننده‌های خوبی هستند (امواج حرارتی را خوب منتشر می‌کنند)، جاذب‌های خوبی نیز هستند. به عنوان مثال، سطح نقره‌ای یک قطره چکان ضعیف و جاذب ضعیف است، در حالی که سطح سیاه شده یک قطره چکان و جاذب عالی محسوب می‌شود.

مفهوم جسم سیاه:

- جسم سیاه یک مفهوم ایده‌آل در فیزیک است که تمام تابش‌های ورودی (از هر طول موج و جهتی) را جذب می‌کند و هیچ تابشی را بازتاب نمی‌دهد.

- یک جسم سیاه در دمای معین، بیشترین انرژی ممکن را ساطع می‌کند و به عنوان یک معیار برای مقایسه سایر اجسام در تشعشع حرارتی استفاده می‌شود.



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 می‌کند و متناسب با توان چهارم دمای مطلق آن است (φq) ($\propto T^4$)، و قانون کیرشهف که نسبت جذب و نشر تابش یک جسم در دمای تعادل ترمودینامیکی را بیان می‌کند و بر اساس آن، جسمی که ساطع کننده خوبی است، جاذب خوبی نیز می‌باشد این قوانین به درک چگونگی انتقال گرما از طریق امواج الکترومغناطیسی کمک می‌کنند

قوانین مهم تشعشع حرارتی:

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

- توصیف: این قانون بیان می‌کند 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 می‌شود، که در آن:

فرمول قانون جابجایی وین

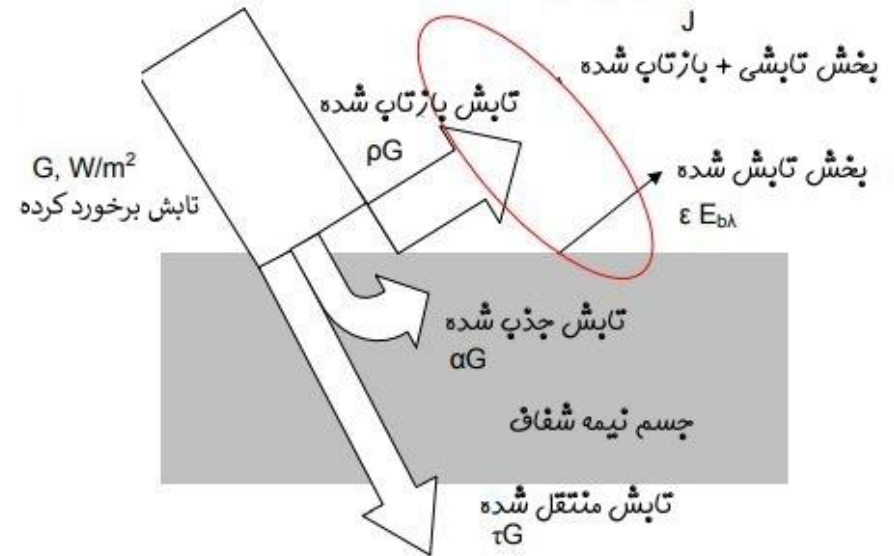
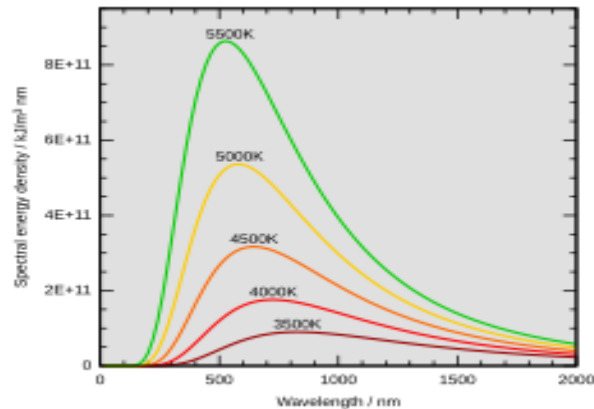
این قانون به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\lambda_{\max} * T = b$$

- $\lambda_{\max}$ لامبدا ی مکس: (طول موجی است که در آن شدت تابش جسم سیاه به حداکثر می‌رسد (بر حسب متر یا میکرومتر))
- T تیتا: (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

- رنگ اجسام با دما: این قانون به توضیح تغییر رنگ اجسام با افزایش دما کمک می‌کند. اجسام سردتر در طیف مادون قرمز می‌درخشند، در حالی که با افزایش دما، رنگ آن‌ها از قرمز به نارنجی و سپس زرد و سفید تغییر می‌کند
- 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 می‌دهد و می‌گوید که با افزایش دمای جسم، طول موج این تابش به سمت طول موج‌های کوتاه‌تر جابه‌جا می‌شود. فرمول این قانون به صورت « $\lambda_{\max} * T = b$ » است که در آن $\lambda_{\max}$ 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 پدیده‌هایی مانند تغییر رنگ اجسام با افزایش دما کمک می‌کند.

مفهوم قانون جابجایی وین

- رابطه معکوس با دما: این قانون نشان می‌دهد که هرچه جسم داغ‌تر باشد، طول موجی که بیشترین انرژی را از خود تابش می‌کند، کوتاه‌تر 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 موج‌های کوتاه‌تر حرکت می‌کند

6: قانون ستیفان

قانون استفان یا قانون استفان-بولتزمن، 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 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 ایده آل به صورت {الرمز σT^4 } بیان می شود که در آن {الرمز σ } ثابت استفان-بولتزمن و الرمز T دمای جسم بر حسب کلوین است

فرمول قانون استفان-بولتزمن:

$$M = \sigma T^4$$

- M : انرژی تابشی کل در واحد سطح و واحد زمان.
- σ (سیگما): ثابت استفان-بولتزمن (5.670×10^{-8} وات بر متر مربع بر کلوین به توان چهار).

- T : دمای مطلق جسم بر حسب کلوین (K)

مفهوم کلیدی: الجسم الأسود (Blackbody)

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

نکات مهم:

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

$$P = \epsilon \sigma A T^4$$

Power (Watts) → Surface area of emitter (m^2) → Absolute temperature (K) → Emissivity ($\epsilon = 1$ for a perfect black body) → Stefan-Boltzmann constant $5.67 \times 10^{-8} \text{ Watts/m}^2 \cdot K^4$

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

7: فزیک اتمی

فیزیک اتمی شاخه ای از فیزیک است که به مطالعه ای اتم ها به صورت یک سیستم منفرد، شامل ساختار داخلی، آرایش الکترون ها، و برهم کنش های آن ها با انرژی ها و میدان های الکترومغناطیسی می پردازد این رشته برخلاف فیزیک هسته ای که به مطالعه ای هسته ای اتم می پردازد، اتم را به عنوان یک کل در نظر می گیرد

موضوعات اصلی در فیزیک اتمی:

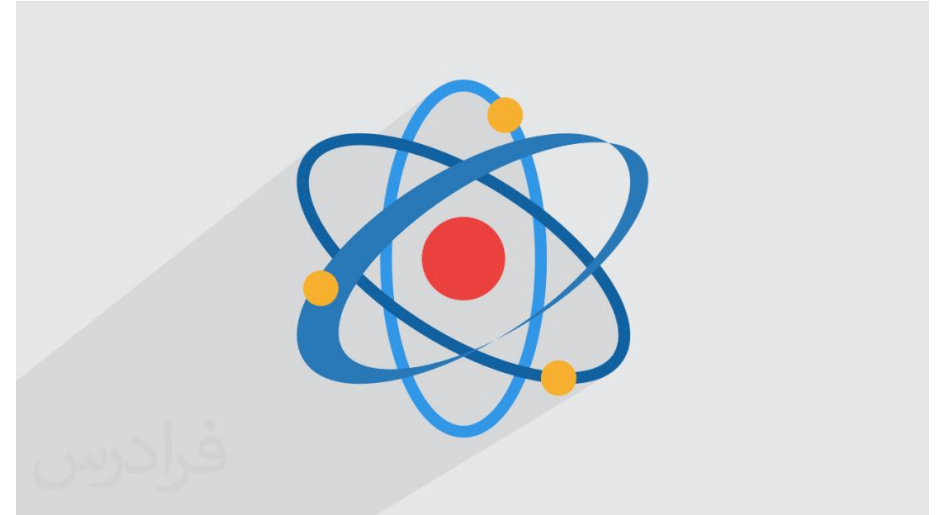
- ساختار اتم: بررسی ساختار داخلی اتم که شامل یک هسته و الکترون های اطراف آن است .
- آرایش الکترون ها: مطالعه ای چگونگی آرایش الکترون ها در پوسته های مختلف اطراف هسته .
- برانگیختگی و یونیزاسیون: بررسی فرآیندهایی که در آن الکترون ها انرژی جذب کرده و به سطوح بالاتر انرژی منتقل می شوند (برانگیختگی) یا از اتم خارج می شوند (یونیزاسیون)
- برهم کنش ها: مطالعه ای چگونگی واکنش اتم ها با نور (فوتون ها) و سایر ذرات، و همچنین میدان های الکتریکی و مغناطیسی

تفاوت فیزیک اتمی با فیزیک هسته ای:

- فیزیک اتمی: تمرکز بر کل اتم و به خصوص رفتار الکترون ها در اطراف هسته است .
- فیزیک هسته ای: تمرکز بر مطالعه ای ساختار هسته ای اتم و ترکیبات و برهم کنش های 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



8:--نارسای های فزیک کلاسیک

نارسای‌های فیزیک کلاسیک شامل ناتوانی در تبیین پدیده‌هایی مانند تابش جسم سیاه، اثر فوتوالکتریک، وابستگی دمایی ظرفیت گرمایی جامدات و طیف خطی اتم‌ها بود. این نارسای‌ها باعث ایجاد شکاف‌هایی در درک جهان شد که با ظهور فیزیک مدرن، به ویژه کوانتوم، حل شدند

در ادامه به برخی از مهم‌ترین نارسای‌های فیزیک کلاسیک اشاره می‌شود:

در زمینه تابش جسم سیاه و طیف اتمی:

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

- **طیف خطی اتم‌ها:** پیش‌بینی‌های فیزیک کلاسیک نشان می‌داد که اتم‌ها با چرخش الکترون‌ها به دور هسته، با تابش انرژی به صورت پیوسته، در نهایت فرو می‌پاشند. اما این امر مشاهده نشد و اتم‌ها پایدار بودند.

در زمینه پدیده‌های کوانتومی:

- **اثر فوتوالکتریک:** فیزیک کلاسیک قادر به توضیح این پدیده نبود که چگونه نور با فرکانس معین می‌تواند باعث آزاد شدن الکترون از سطح فلز شود، اما فرکانس‌های کمتر، حتی با شدت زیاد، این کار را نمی‌توانند.

- **وابستگی دمایی ظرفیت گرمایی جامدات:** پیش‌بینی کلاسیک ظرفیت گرمایی جامدات را مستقل از دما نشان می‌داد، که با اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی (به خصوص در دماهای پایین) مغایرت داشت.

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

نارسای‌های دیگر:

- **هدایت فوق‌العاده (Superconductivity):** یک حالت فیزیکی که در آن مواد در دماهای بسیار پایین هیچ مقاومتی در برابر جریان الکتریکی نشان نمی‌دهند، کاملاً با فیزیک کلاسیک قابل تبیین نبود.

- **فراسایالی بودن (Superfluidity):** مشاهده اینکه برخی مایعات در دماهای بسیار پایین خواصی مانند جریان بدون اصطکاک از خود نشان می‌دهند، از محدودیت‌های فیزیک کلاسیک بود.

این نارسای‌ها نشان دادند که فیزیک کلاسیک برای تبیین پدیده‌ها در مقیاس‌های بسیار کوچک (اتم‌ها) و در شرایط خاص (دماهای پایین) کافی نیست، و منجر به توسعه نظریه‌های مدرن مانند نظریه نسبیت انیشتین و مکانیک کوانتومی شد

دوره دهم:

اهداف آموزشی:

1. تابش جسم سیاه
2. شدت تابشی
3. طیف اتمی
4. طیف جذبی
5. مدل اتمی تامسون
6. مدل اتمی را در مورد
7. نظریه ماکس پلانک
8. اثر فوتو الکتریک

۱. تابش جسم سیاه

✓ تابش جسم سیاه به تابش الکترومغناطیسی حرارتی گفته می‌شود که توسط یک جسم ایده‌آل (جسم سیاه) در تعادل حرارتی با محیط اطرافش ساطع می‌شود این تابش دارای طیفی پیوسته است که تنها به دمای جسم بستگی دارد، نه به جنس یا شکل آن با کاهش دما، شدت تابش کاهش یافته و حداکثر آن به سمت طول موج‌های بلندتر حرکت می‌کند. مفاهیم «جسم سیاه» و «قانون پلانک» برای توصیف تابش جسم سیاه در فیزیک مدرن بنیادی بوده‌اند

جسم سیاه چیست؟

- یک جسم ایده‌آل که تمام تابش‌های الکترومغناطیسی فرودی را جذب می‌کند و هیچ نوری را بازتاب نمی‌دهد
- به همین دلیل، در دمای پایین، به نظر سیاه می‌رسد، اما در دماهای بالا تابش‌های حرارتی را ساطع می‌کند
- یک حفره کاملاً عایق با یک سوراخ کوچک، تقریباً خوبی برای یک جسم سیاه ایده‌آل است

تابش جسم سیاه چه ویژگی‌هایی دارد؟

- تابش حرارتی: انرژی که از جسم سیاه ساطع می‌شود، از نوع امواج الکترومغناطیسی حرارتی است
- طیف دما-وابسته: طیف تابش (شدت در طول موج‌های مختلف) تنها به دمای جسم بستگی دارد و با تغییر دما تغییر می‌کند
- کاهش شدت و شیفیت به طول موج‌های بلندتر با کاهش دما: وقتی دمای جسم سیاه کاهش می‌یابد، شدت کلی تابش کم شده و قله طیف به سمت طول موج‌های بلندتر (مانند مادون قرمز) جابجا می‌شود
- مبنای مکانیک کوانتومی: ماکس پلانک با ارائه فرمولی برای تابش جسم سیاه که با فیزیک کلاسیک ناسازگار بود، نظریه کوانتومی انرژی را پایه‌ریزی کرد

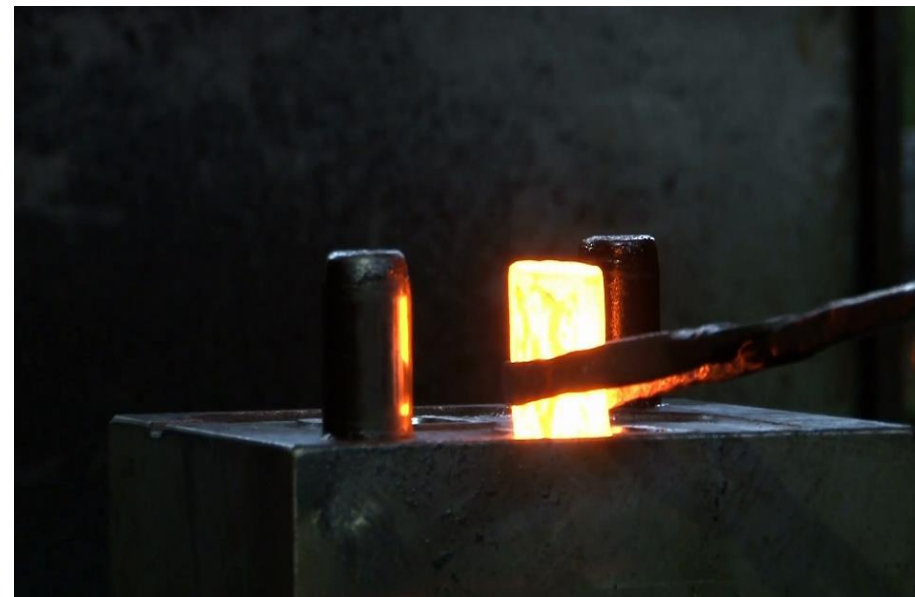
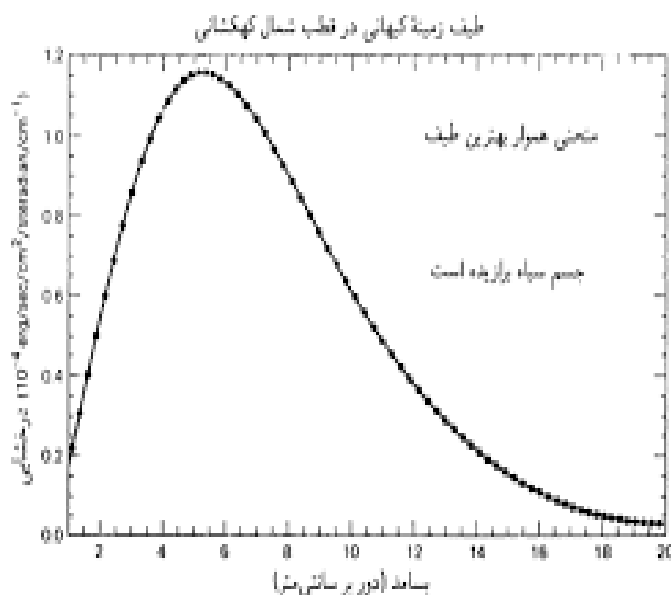
اهمیت تابش جسم سیاه:

- رابطه با ستارگان و سیارات: تابش جسم سیاه، اولین تقریب خوب برای انرژی تابشی ستارگان (مانند خورشید) و سیارات است، هرچند که آن‌ها کاملاً جسم سیاه نیستند
- مفهوم بنیادی: این پدیده نقش اساسی در شکل‌گیری مفاهیم کوانتومی و درک فیزیک مدرن داشته است

- واحدها: در سیستم بین‌المللی یکاها (SI)، شدت تابش بر حسب وات بر رادیان مربع (W/sr) اندازه‌گیری می‌شود.

تفاوت شدت تابش با سایر مفاهیم:

- **شدت نور:** در حالی که شدت تابش شامل تمام انرژی الکترومغناطیسی می‌شود، شدت نور به طور خاص به بخشی از آن انرژی اشاره دارد که قابل مشاهده برای چشم انسان است
 - **تابش: (Irradiance)** مفهوم دیگری در رادیومتری است که انرژی تابشی دریافت شده توسط یک سطح در واحد سطح را توصیف می‌کند و واحد آن وات بر متر مربع (W/m^2) است.
 - **شدت تابش طیفی:** این کمیت مربوط به شدت تابش در واحد فرکانس یا طول موج است و واحدهای آن متفاوت از شدت تابش کل است.
- به طور خلاصه، شدت تابشی ابزاری برای اندازه‌گیری "جهت‌دهی" انرژی تابشی از یک منبع به فضاست و به طور گسترده در زمینه‌های مختلف فیزیک برای توصیف امواج الکترومغناطیسی به کار می‌رود.



2 :- شدت تابشی

شدت تابشی به مقدار کل انرژی تابش الکترومغناطیسی که در واحد زمان و در واحد زاویه فضایی توسط یک منبع ساطع یا دریافت می‌شود، گفته می‌شود. واحد استاندارد آن وات بر رادیان مربع (W/sr) است. این کمیت معمولاً با نماد "I" نمایش داده می‌شود و با انتگرال شار تابشی (Φ) بر زاویه فضایی (Ω) تعریف می‌شود: $I = d\Phi/d\Omega$. در نورسنجی (علم اندازه‌گیری نور)، مفهوم مشابهی با نام شدت نور یا کاندلا (cd) وجود دارد که به انرژی تابشی در طیف مرئی اشاره دارد.

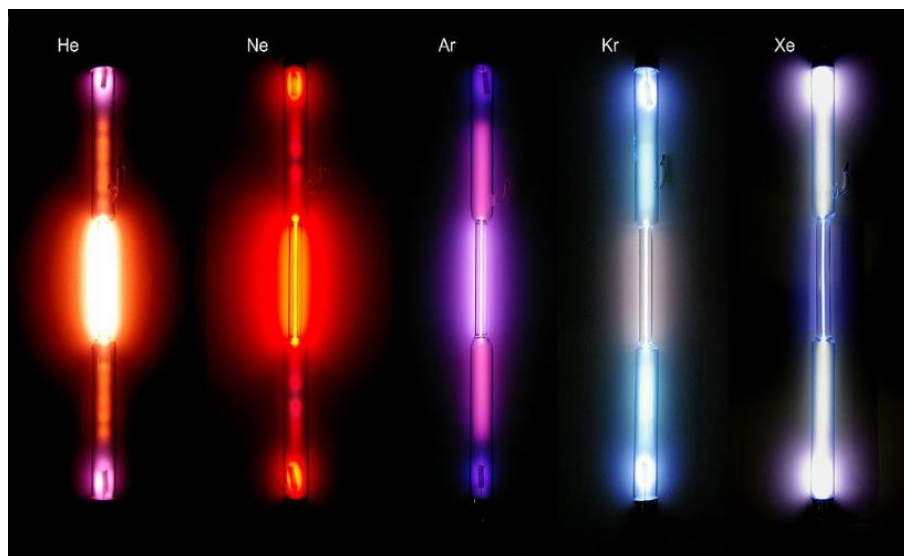
مفاهیم کلیدی:

- **انرژی تابشی:** شکلی از انرژی است که در قالب امواج الکترومغناطیسی منتشر می‌شود.
- **شار تابشی:** کل انرژی تابشی عبوری از یک سطح در واحد زمان است.
- **زاویه فضایی:** مقدار سه‌بعدی زاویه است که در فضا توسط یک شیء در یک نقطه ایجاد می‌شود و مانند زاویه در صفحه دو بعدی است.

3. خطوط طیفی: چون سطوح انرژی در اتم‌ها کوانتومی و گسسته هستند، تنها فوتون‌هایی با انرژی‌های خاص (و در نتیجه فرکانس‌های خاص) می‌توانند منتشر شوند. این فوتون‌ها پس از تجزیه شدن، خطوط نوری خاصی را ایجاد می‌کنند که طیف اتمی آن عنصر را تشکیل می‌دهند.

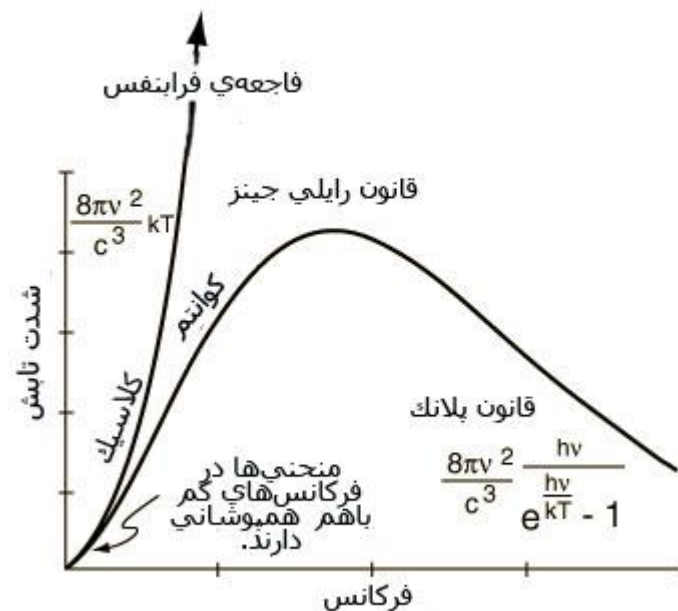
اهمیت و کاربردها

- **شناسایی عناصر:** طیف اتمی هر عنصر منحصر به فرد است و دانشمندان از این طریق می‌توانند ترکیب شیمیایی مواد یا حتی اجرام دوردست مانند خورشید را شناسایی کنند، بدون اینکه به آن‌ها دسترسی فیزیکی داشته باشند.
- **درک ساختار اتم:** طیف‌های اتمی، مدرکی مهم برای اثبات مدل اتمی کوانتومی و وجود سطوح انرژی گسسته برای الکترون‌ها



4. طیف جذبی

طیف جذبی، کسری از تابش الکترومغناطیسی است که توسط یک ماده جذب می‌شود و به صورت خطوط تاریک در پس‌زمینه یک طیف پیوسته ظاهر می‌شود. این جذب در نتیجه انتقال الکترون‌ها از سطح انرژی پایین‌تر به سطوح انرژی بالاتر رخ می‌دهد و فرکانس‌های جذب شده با اختلاف



3. طیف اتمی

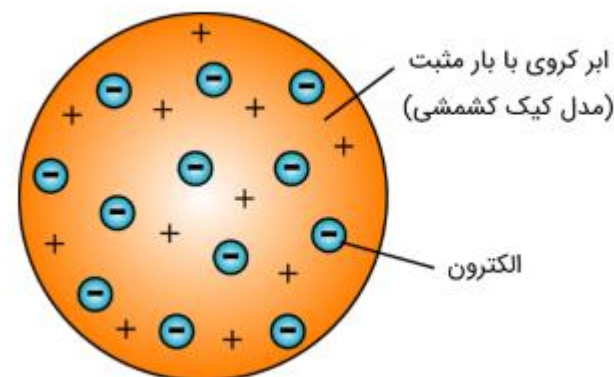
طیف اتمی به مجموعه فرکانس‌ها یا طول‌موج‌های نور (تابش الکترومغناطیسی) گفته می‌شود که یک اتم در اثر انتقال الکترون‌هایش بین سطوح انرژی مختلف منتشر یا جذب می‌کند. هر عنصر طیف اتمی منحصر به فردی دارد که مانند اثر انگشت عمل کرده و به شناسایی آن عنصر کمک می‌کند. این طیف‌ها به صورت خطوط رنگی مشخصی ظاهر می‌شوند و نتیجه کوانتومی بودن اوربیتال‌های الکترونی هستند.

چگونگی ایجاد طیف اتمی

1. **جذب انرژی:** هنگامی که یک الکترون نوری را جذب کند، انرژی آن افزایش یافته و به یک سطح انرژی بالاتر (لایه دورتر) می‌رود.
2. **انتشار انرژی:** الکترون در لایه بالاتر ناپایدار است و به حالت پایه خود بازمی‌گردد. این بازگشت با انتشار یک فوتون با انرژی مشخص و فرکانس معین همراه است.

نقص مدل و جایگزینی آن:

مدل تامسون با آزمایش معروف **رادرفورد** در سال ۱۹۱۱ رد شد. آزمایش رادرفورد نشان داد که اتم دارای یک هسته کوچک و متمرکز با بار مثبت است، نه یک کره مثبت با بار الکتریکی پراکنده. مدل رادرفورد که الکترون‌ها را در مدارهای اطراف هسته قرار می‌داد، جایگزین مدل تامسون شد.



6-: مدل اتمی را در فورد

مدل اتمی رادرفورد، که در سال ۱۹۱۱ توسط ارنست رادرفورد ارائه شد، بیان می‌کند که اتم دارای یک هسته کوچک، چگال و با بار مثبت است که بیشتر جرم اتم را در خود جای داده است و الکترون‌های با بار منفی مانند سیارات به دور این هسته می‌چرخند. این مدل از آزمایش پراکندگی ذرات آلفا توسط ورقه طلای نازک ناشی شد که نشان داد بیشتر ذرات از اتم عبور می‌کنند اما درصد کوچکی با زاویه‌ای بیش از ۹۰ درجه بازمی‌گردند.

جزئیات مدل رادرفورد

- هسته مرکزی: رادرفورد نتیجه گرفت که مرکز اتم یک هسته کوچک و چگال است که دارای بار مثبت است.

- فضای خالی: بخش عمده‌ای از حجم اتم را فضای خالی تشکیل می‌دهد.
- مدار الکترون‌ها: الکترون‌ها با بار منفی در مدارهایی به دور هسته می‌چرخند، شبیه به سیارات که به دور خورشید می‌گردند.

آزمایش فویل طلا (آزمایش رادرفورد)

- در این آزمایش، باریکه ذرات آلفا (هسته هلیوم) به ورقه نازکی از طلا تابیده شد.
- بیشتر ذرات آلفا مستقیماً از ورقه عبور کردند یا به مقدار کمی منحرف شدند.
- اما درصد بسیار کوچکی از ذرات با زاویه‌ای بیشتر از ۹۰ درجه به عقب بازگشتند، که این نشان‌دهنده وجود یک هسته چگال و پر جرم در اتم بود.

محدودیت‌های مدل رادرفورد

- مدل رادرفورد بر اساس فیزیک کلاسیک بود و توضیح نمی‌داد که چرا الکترون‌های در حال چرخش تابش الکترومغناطیسی ساطع نمی‌کنند و به درون هسته سقوط نمی‌کنند.
- این مدل تنها به توصیف ساختار اتم پرداخت و جایگاه دقیق الکترون‌ها را مشخص نکرد.

اهمیت و تأثیر مدل رادرفورد

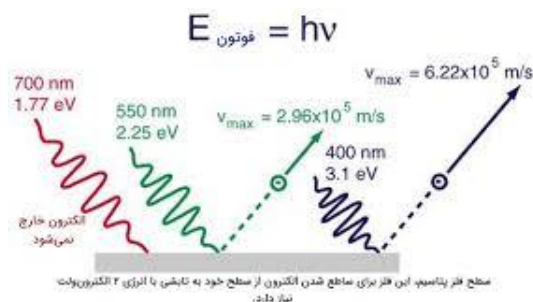
- مدل رادرفورد یک تحول بزرگ در درک ساختار اتم بود و منجر به کشف هسته اتم شد.
- این مدل راه را برای مدل‌های اتمی بعدی، از جمله مدل اتمی بور که از مفاهیم کوانتومی استفاده می‌کرد، هموار کرد.

مفاهیم کلیدی نظریه پلانک

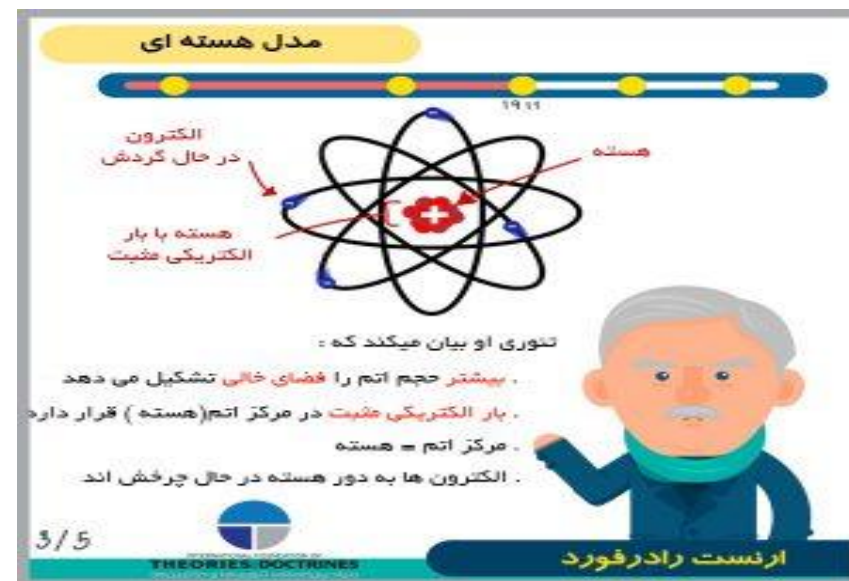
- **کوانتوم:** مفهوم اصلی نظریه کوانتومی، که نشان می‌دهد انرژی در «بسته‌های» مشخص و گسسته منتقل می‌شود.
- **ثابت پلانک: (h)** یک ثابت فیزیکی بسیار کوچک که انرژی هر کوانتوم را تعیین می‌کند و انرژی ساطع شده از یک جسم، مضربی صحیح از این ثابت است.
- **فرمول پلانک:** فرمولی که توزیع انرژی تابشی جسم سیاه را در طول‌موج‌ها و دماهای مختلف به‌دقت پیش‌بینی می‌کند.

اهمیت نظریه پلانک

- **مبنای فیزیک کوانتومی:** کشف پلانک، پایه‌ی نظریه‌ی کوانتومی و درک فرآیندهای اتمی و زیراتمی را بنیان نهاد.
- **جایزه نوبل:** در سال ۱۹۱۸، بخاطر این اکتشاف ارزشمند، جایزه نوبل فیزیک به ماکس پلانک اهدا شد.
- **تأثیر بر فیزیک مدرن:** این نظریه دیدگاه انسان نسبت به جهان را به‌طور چشمگیری تغییر داد و زمینه‌ی پیشرفت‌های بیشتر توسط فیزیکدانانی چون انیشتین و بور را فراهم کرد.



8:-- اثر فوتو الکتریک

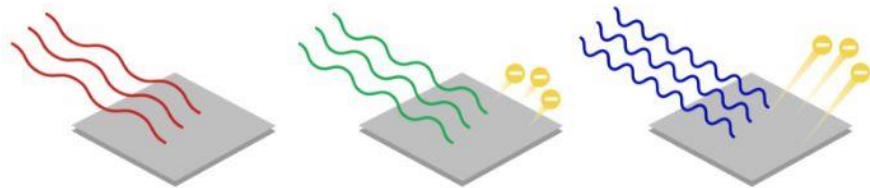


7:-- نظریه ماکس پلانک

«نظریه ماکس پلانک «معمولاً به» نظریه کوانتومی «اشاره دارد که در سال ۱۹۰۰ توسط ماکس پلانک پایه‌گذاری شد و انقلابی در فیزیک ایجاد کرد. پلانک با ابداع مفهوم «کوانتوم»، بیان کرد که انرژی به صورت پیوسته ساطع نمی‌شود، بلکه به‌صورت بسته‌های گسسته (کوانتوم) منتشر می‌شود و مقدار این انرژی برابر با مضرب صحیحی از «ثابت پلانک» است. این نظریه برای حل «فاجعه فرابنفش» در فیزیک کلاسیک ارائه شد و پایه‌ی فیزیک مدرن و «مکانیک کوانتومی» را بنا نهاد.

زمینه‌ی پیدایش نظریه پلانک

- **مشکل فیزیک کلاسیک:** فیزیک کلاسیک نمی‌توانست «تابش جسم سیاه» را به درستی توصیف کند. طبق این نظریه، اجسام داغ باید در طول‌موج‌های کوتاه (فرابنفش) انرژی بی‌نهایت ساطع کنند که این «فاجعه فرابنفش» نامیده می‌شود، اما در عمل چنین نبود.
- **مفهوم کوانتومی:** برای حل این مشکل، پلانک پیشنهاد کرد که انرژی تابشی به صورت پیوسته، بلکه در مقادیر گسسته و «کوانتای» ساطع می‌شود.



دوره یازدهم:

اهداف آموزشی:

1. مدل اتمی بور
2. شعاع ایکس
3. فرضیه (تیوری) کوانتم
4. طبیعت دوگانه نور
5. سرعت امواج دی بروگی

۱. مدل اتمی بور

مدل اتمی بور یک مدل کوانتومی از اتم است که در آن الکترون‌ها در مدارهای دایره‌ای مشخص و با سطوح انرژی ثابت به دور هسته می‌چرخند. این مدل فرض می‌کند که الکترون‌ها در بین مدارها نمی‌توانند حرکت کنند، بلکه فقط با جذب یا انتشار انرژی می‌توانند به مدار با انرژی بالاتر یا پایین‌تر منتقل شوند و این انتقال باعث گسیل یا جذب نور در طیف‌های خطی می‌شود. مدل بور برای اتم‌های هیدروژن و هلیوم قابل قبول بود اما برای اتم‌های سنگین‌تر محدودیت داشت.

مفروضات کلیدی مدل اتمی بور

- اوربیتال‌ها و ترازهای انرژی:

الکترون‌ها در مدارهای دایره‌ای ثابت به نام «اوربیتال» به دور هسته می‌چرخند و هر اوربیتال یک «تراز انرژی» مشخص دارد.

اثر فوتوالکتریک پدیده‌ای است که در آن ماده با جذب انرژی فوتون (بسته انرژی نور) الکترون‌های خود را آزاد می‌کند، که این پدیده یکی از شواهد کلیدی اثبات ماهیت ذره‌ای نور است و توسط آلبرت اینشتین توضیح داده شد که به خاطر آن جایزه نوبل فیزیک را دریافت کرد. این اثر هنگامی رخ می‌دهد که انرژی فوتون ورودی بیش از حد لازم برای جدا کردن الکترون از ماده (تابع کار) باشد.

نکات کلیدی اثر فوتوالکتریک:

- جدا شدن الکترون: وقتی نور با بسامد مناسب به سطح یک ماده (معمولاً فلز) می‌تابد، الکترون‌های آن ماده آزاد می‌شوند.
 - فوتون: نور به صورت بسته‌های انرژی کوانتومی به نام فوتون عمل می‌کند و انرژی هر فوتون مستقیماً با بسامد (فرکانس) نور متناسب است.
 - تابع کار: برای اینکه یک الکترون از سطح ماده جدا شود، انرژی فوتون ورودی باید از مقدار مشخصی به نام تابع کار آن ماده بیشتر باشد.
 - شواهد ماهیت ذره‌ای نور: برخلاف پیش‌بینی‌های فیزیک کلاسیک که می‌گفت نور با انرژی کافی و گذشت زمان می‌تواند باعث جدا شدن الکترون شود، در واقعیت با تاباندن نور با بسامد پایین‌تر، اثر فوتوالکتریک مشاهده نمی‌شود. اینشتین با نظریه فوتون (بسته‌های انرژی) این معما را حل کرد و نشان داد که انرژی به صورت مجزا منتقل می‌شود نه به صورت پیوسته.
- ### کشف و اهمیت:
- این پدیده توسط هایزنبرگ هرگز کشف شد، اما اینشتین با ارائه نظریه فوتون، توانست آن را به طور کامل توضیح دهد.
 - مطالعه اثر فوتوالکتریک نقش مهمی در درک کوانتومی نور ایفا کرد و به عنوان یکی از پایه‌های فیزیک کوانتوم شناخته می‌شود.

- کوانتومی بودن انرژی :

انرژی الکترون در یک مدار مشخص ثابت است و فقط در صورت انتقال به مداری دیگر تغییر می کند .

- انتقال الکترون :

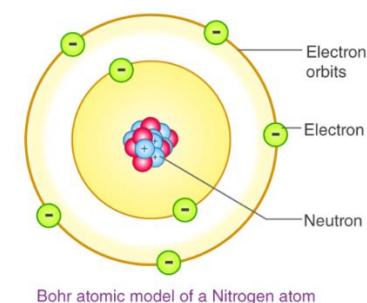
الکترون ها می توانند با جذب انرژی، از تراز پایین به تراز بالاتر و با از دست دادن انرژی، از تراز بالا به تراز پایین تر منتقل شوند .

- گسیل و جذب طیف :

انتقال الکترون از سطح انرژی بالاتر به پایین تر باعث آزادسازی انرژی به صورت نور و گرما می شود که می تواند طیفی خطی ایجاد کند .

- مدل منظومه شمسی :

این مدل شباهت زیادی به مدل منظومه شمسی دارد، به همین دلیل به آن مدل منظومه شمسی نیز گفته می شود .



2 :- شعاع ایکس

"شعاع ایکس" به اشعه ایکس اشاره دارد، که نوعی تابش الکترومغناطیسی پرانرژی با طول موج کوتاه است . این اشعه در پزشکی برای تصویربرداری داخلی بدن (مانند عکس برداری از استخوان ها و دندان ها) به کار می رود و همچنین در صنایع مختلف برای بازرسی کیفیت استفاده می شود .

وجود مفید بودن، این اشعه یونیزان است و قرار گرفتن در معرض آن می تواند خطرناک باشد، بنابراین استفاده از آن تحت پروتکل های ایمنی و با تجهیزات محافظ انجام می شود .

توضیحات بیشتر

- چیست؟

اشعه ایکس، شکلی از تابش الکترومغناطیسی با انرژی بالا و طول موج کوتاه است که با سرعت نور حرکت می کند .

- کشف :

این اشعه اولین بار توسط ویلهلم رونتگن در سال ۱۸۹۵ کشف شد و به دلیل ماهیت ناشناخته اش به نام "ایکس" نامگذاری شد .

- کاربردها:

○ پزشکی :تشخیص شکستگی ها، بیماری ها و مشکلات اندام های داخلی از طریق رادیوگرافی و سی تی اسکن .

○ صنعت :بازرسی کیفیت قطعات و مصالح ساختمانی و همچنین در دستگاه های امنیتی فرودگاه ها برای اسکن چمدان ها .

- خطرات :

اشعه ایکس می تواند به سلول ها و بافت های زنده آسیب برساند، بنابراین در هنگام استفاده، اقدامات احتیاطی و محافظتی مانند استفاده از پوشش های سرپی ضروری است .

- نکات ایمنی :

برای کاهش آسیب احتمالی، از تجهیزات محافظ، دوزهای پایین اشعه و مدت زمان کوتاه تر استفاده می شود و همچنین راهکارهایی مانند مصرف آنتی اکسیدان ها و نوشیدن آب کافی برای کمک به ترمیم سلولی پیشنهاد می شود

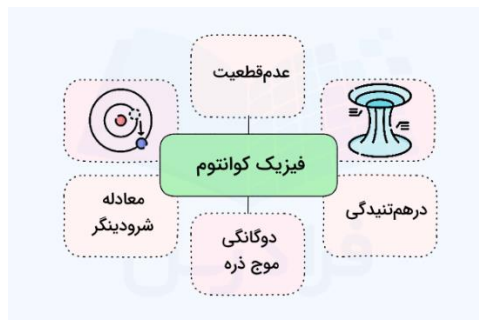
هرچه اطلاعات بیشتری درباره يك ذره مانند موقعیت آن داشته باشیم، اطلاعات کمتری از کمیت دیگری مانند سرعت آن خواهیم داشت .

• جایگزین میکانیک کلاسیک :

در مقیاس‌های اتمی و زیر اتمی، میکانیک کلاسیک کارایی ندارد و میکانیک کوانتومی يك توصیف دقیق‌تر ارائه می‌دهد .

جایگاه میکانیک کوانتومی در فیزیک مدرن

میکانیک کوانتومی همراه با نظریه نسبیت، پایه‌های فیزیک مدرن را تشکیل می‌دهند و برای توصیف طیف وسیعی از پدیده‌های فیزیکی از جمله رفتار اتم‌ها، مولکول‌ها و نور ضروری است .



● 4:-: طبیعت دوگانه نور

طبیعت دوگانه نور به این معنی است که نور همزمان خاصیت ذره‌ای و موجی دارد . این پدیده که به آن «دوگانگی موج-ذره» گفته می‌شود، به این معناست که نور گاهی مانند موج (مثلاً در آزمایش تداخل دو شکاف) و گاهی مانند ذرات (به نام فوتون، مثلاً در اثر فوتوالکتریک) رفتار می‌کند . دانشمندان پذیرفته‌اند که هر دو خاصیت در نور وجود دارد و بسته به شرایط مشاهده، یکی از این دو خاصیت بارزتر می‌شود .

رفتارهای نور

• رفتار موجی :



● 3:- فرضیه (تیوری) کوانتم

فرضیه کوانتم، که به طور معمول «میکانیک کوانتومی» نامیده می‌شود، شاخه‌ای از فیزیک نظری است که پدیده‌های در مقیاس‌های بسیار کوچک (اتمی و زیراتمی) را توصیف می‌کند . این نظریه با نکات کلیدی مانند گسسته بودن انرژی و احتمالی بودن موقعیت ذرات، در تضاد با میکانیک کلاسیک که در آن همه چیز پیوسته و قطعی است، شناخته می‌شود .

اصول کلیدی میکانیک کوانتومی

• کمیت‌های گسسته :

در دنیای کوانتومی، برخی کمیت‌ها مانند انرژی گسسته و پله‌پله هستند و تنها مقادیر مشخصی را می‌توانند داشته باشند، نه هر مقداری .

• خاصیت دوگانگی موج-ذره :

ذرات میکروسکوپی مانند الکترون‌ها همزمان خاصیت ذره‌ای و موجی دارند .

• احتمال گرایی :

میکانیک کوانتومی نمی‌تواند موقعیت دقیق يك ذره را پیش‌بینی کند، بلکه تنها احتمال یافتنش را در مکان‌های مختلف محاسبه می‌کند .

• اصل عدم قطعیت :



5: -سرعت امواج دی بروگی

♦ تعریف:

لوئی دی بروگی (Louis de Broglie) فیزیک‌دان فرانسوی در سال ۱۹۲۴ میلادی پیشنهاد کرد که هر ذره متحرک، مانند الکترون، دارای خاصیت موجی نیز است. به این موج، موج دی بروگی (de Broglie wave) گفته می‌شود.

♦ رابطه طول موج دی بروگی:

طول موج دی بروگی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\frac{h}{mv} = \lambda$$

که در آن:

- λ = طول موج دی بروگی
- h = ثابت پلانک (6.63×10^{-34} ژول ثانیه)
- m = جرم ذره
- v = سرعت ذره

نور در برخی آزمایش‌ها مانند یک موج رفتار می‌کند. به عنوان مثال، پدیده پراش (خم شدن نور هنگام عبور از لبه یک جسم) و تداخل (برهم‌نهی موج‌ها) به خوبی با مدل موجی توضیح داده می‌شود.

• رفتار ذره‌ای :

نور در شرایط دیگر مانند مجموعه‌ای از ذرات گسسته (فوتون) رفتار می‌کند. در پدیده‌هایی مانند اثر فوتوالکتریک، نور انرژی را به صورت بسته‌های کوانتومی (فوتون) منتقل می‌کند.

اهمیت و شواهد

• آزمایش دو شکاف یانگ :

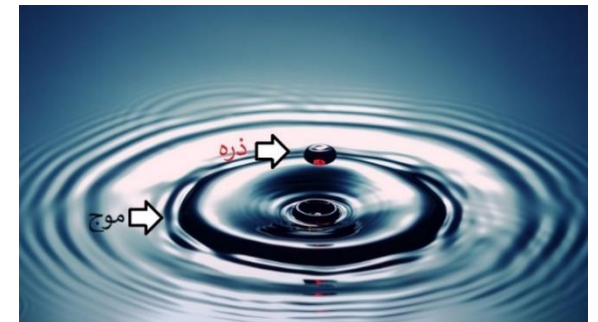
این آزمایش یکی از مهم‌ترین شواهد برای دوگانگی موج-ذره است. وقتی نور از دو شکاف عبور می‌کند، الگوی تداخل موجی ایجاد می‌کند، اما اگر آشکارگر را طوری قرار دهیم که جای فرود هر فوتون را ثبت کند، الگوی نقطه‌ای و ذره‌ای ظاهر می‌شود.

• نظریه کوانتومی :

نظریه کوانتومی که توسط دانشمندانی مانند ماکس پلانک و آلبرت انیشتین توسعه یافت، این دوگانگی را به عنوان یک اصل بنیادین پذیرفت.

• ساخت واژه «Wavicle» :

برای توصیف این دوگانگی، گاهی از واژه ترکیبی «wavicle» استفاده



$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}, \quad v = \frac{h}{m\lambda}$$

طول موج دیبروگلی

◆ نتیجه‌گیری:

- هر ذره متحرک دارای موجی به نام موج دیبروگلی است.
- طول موج آن با افزایش سرعت، کاهش می‌یابد.
- سرعت فاز $v = \frac{v}{2}$ و سرعت گروهی $v = g$ می‌باشد.
- سرعت واقعی ذره همان سرعت گروهی موج دیبروگلی است.

مثال 2: طول موج دیبروگلی یک مرمی به کتله ی $0,02kg$ که با سرعت $330m/s$ حرکت می کند چند متر است؟

$$m = 0,02kg, \quad v = 330m/s, \quad h = 6,626 \times 10^{-34} J.s, \quad \lambda = ?$$

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6,626 \times 10^{-34} J.s}{(0,02kg)(330m/s)} = 10^{-34} m$$

دوره دوازدهم:

📖 اهداف آموزشی :

1. اصول عدم قطعیت هایزنبرگ
2. فزیک هسته (Nuclear Physics)
3. اندازه و ساختار هسته
4. قوه هسته‌ای (Nuclear Force)
5. آیزوتوپ‌ها (Isotopes)

1. اصول عدم قطعیت هایزنبرگ

اصول عدم قطعیت هایزنبرگ

تعریف:

اصل عدم قطعیت یکی از بنیادی‌ترین مفاهیم در فزیک کوانتومی است که در سال ۱۹۲۷ میلادی توسط ورنر هایزنبرگ (Werner Heisenberg) فزیک‌دان آلمانی بیان شد. بر اساس این اصل، نمی‌توان مکان و مومنتم (یعنی سرعت و جهت حرکت) یک ذره را در یک زمان با دقت کامل و هم‌زمان اندازه گرفت.

بیان اصلی:

هرچه مکان ذره را دقیق‌تر بدانیم، از مومنتم آن با دقت کمتری آگاه می‌شویم، و برعکس. به عبارت دیگر، در جهان ذرات ریز (مانند الکترون‌ها) همیشه نوعی عدم اطمینان طبیعی و بنیادی وجود دارد.

رابطه ریاضی:

$$\Delta p \times \Delta x \geq \frac{h}{4\pi}$$

Δx : عدم قطعیت مکان

Δp : عدم قطعیت مومنتم

h : ثابت پلانک

مثال ساده:

اگر بخواهیم موقعیت دقیق یک الکترون را در اتم بدانیم، باید به آن نور (فوتون) بتابانیم. اما همین تابش نور باعث می‌شود الکترون حرکتش تغییر کند و دیگر نتوانیم سرعتش را دقیق بدانیم.

بنابراین با افزایش دقت مکان، دقت در سرعت از بین می‌رود — این همان اصل عدم قطعیت است.

مفهوم فلسفی:

اصل عدم قطعیت می‌گوید که طبیعت در مقیاس کوانتومی (اتم و ذرات زیراتمی) ماهیتی احتمالی دارد، نه قطعی.

یعنی هیچ چیز را نمی‌توان با دقت مطلق پیش‌بینی کرد؛ فقط می‌توان احتمال حضور یا رفتار ذره را بیان نمود.

نتایج و اهمیت:

1. این اصل پایه فزیک کوانتومی است.

2. نشان می‌دهد که قوانین فزیک کلاسیکی (نیوتنی) در جهان ذرات ریز صدق نمی‌کند.

3. توضیح می‌دهد چرا الکترون نمی‌تواند در مدار دقیق و ثابت مانند سیارات بچرخد، بلکه در محدوده‌ای از فضا احتمال حضور دارد.

4. نقش مهمی در فهم ساختار اتم، انرژی هسته‌ای و میکانیک موجی دارد.

خلاصه در یک جمله: در دنیای ذرات بنیادی، هیچ اندازه‌گیری کاملاً دقیق نیست — همیشه میان دانستن مکان و دانستن حرکت، باید یکی را تا حدی قربانی کرد.

2. فزیک هسته ای

◆ تعریف:

فزیک هسته‌ای شاخه‌ای از فزیک است که به مطالعه ساختار، خواص، نیروها و واکنش‌های هسته اتم می‌پردازد.

هسته (Nucleus) بخش مرکزی اتم است که تقریباً تمام جرم اتم در آن متمرکز است و از پروتون‌ها و نوترون‌ها تشکیل شده است.

3. اندازه و ساختار هسته

هسته از دو نوع ذره تشکیل یافته است:

1. پروتون (Proton): دارای چارج مثبت (+e)

2. نوترون (Neutron): بدون چارج برقی (بی‌چارج)

مجموع پروتون‌ها و نوترون‌ها را نوکلئون (Nucleons) می‌نامند.

مشخصات هسته:

- هسته بسیار کوچک ولی سنگین است.

- قطر آن در حدود 10^{-15} متر است.

- چارج مثبت آن به سبب وجود پروتون‌ها است.

- بیشتر کتله اتم در هسته متمرکز می‌باشد.

◆ عددهای اتمی و کتله ی:

برای توصیف یک هسته، از دو عدد استفاده می‌شود:

1. عدد اتمی (Z): تعداد پروتون‌ها در هسته

2. عدد کتله ی (A): مجموع پروتون‌ها و نوترون‌ها

$$A = Z + N$$

که در آن N تعداد نوترون‌ها است

4. قوه ای هسته ای

تعریف:

قوة هسته‌ای نیروی است بسیار قوی و جاذب که میان پروتون‌ها و نوترون‌ها در داخل هسته اتم عمل می‌کند و سبب می‌شود که ذرات هسته در کنار هم باقی بمانند.

اگر این نیرو وجود نمی‌داشت، پروتون‌ها به دلیل بار مثبت‌شان یکدیگر را دفع می‌کردند و هسته از هم می‌پاشید.

کشف و اهمیت:

در واقع، آیزوتوپ‌ها مانند افراد یک خانواده‌اند که نام خانوادگی (عنصر) آن‌ها یکی است، ولی وزن یا سن متفاوت دارند.

مثال‌ها:

توضیح	آیزوتوپ‌ها	عنصر
سه نوع هیدروژن با نوترون‌های مختلف	^1H پروتیوم، ^2H دیوتریوم، ^3H تریتیوم	هیدروژن
همه دارای ۶ پروتون، ولی نوترون‌ها متفاوت‌اند	^{12}C ، ^{13}C ، ^{14}C	کربن
هر دو آیزوتوپ اورانیم‌اند، ولی یکی در راکتور هسته‌ای کاربرد دارد	^{235}U ، ^{238}U	اورانیم

عده‌های اتمی و کتله ی در آیزوتوپ‌ها:

- عدد اتمی (Z) ثابت است (تعداد پروتون‌ها)
 - عدد کتله ی (A) متفاوت است چون نوترون‌ها فرق دارند
- فرمول کلی:

$$A = Z + N$$

که در آن:

- A = عدد کتله ی
- Z = عدد اتمی
- N = تعداد نوترون‌ها

 اهداف آموزشی :

6. پایداری هسته ها
7. انرژی بسته گی هسته

پس از کشف هسته توسط ارنست رادرفورد، دانشمندان دریافتند که نیروی برقی نمی‌تواند هسته را نگه دارد، چون پروتون‌ها هم‌بار مثبت‌اند و باید از هم دور شوند. بنابراین، برای پایداری هسته باید نیروی دیگری وجود داشته باشد — نیروی قوی‌تر از نیروی برقی — که آن را قوه هسته‌ای قوی نامیدند.

انواع نیروهای هسته‌ای:

در فزیک هسته‌ای، دو نوع نیرو مطرح است:

• قوه هسته‌ای قوی: (Strong Nuclear Force)

- نیروی اصلی نگهدارنده نوکلئون‌ها (پروتون‌ها و نوترون‌ها).
- بسیار قوی، اما فقط در فاصله بسیار کوتاه 10^{-15} عمل می‌کند.
- جاذبه دارد و هم بر پروتون‌ها و هم بر نوترون‌ها تأثیر می‌گذارد.
- این نیرو باعث پایداری هسته است.

• قوه هسته‌ای ضعیف: (Weak Nuclear Force)

- در برخی واپاشی‌های رادیواکتیف مانند پرتو شکنی بتا (β) نقش دارد.
- از قوه قوی بسیار ضعیف‌تر است.
- در تبدیل نوترون به پروتون یا برعکس نقش اساسی دارد.

5. آیزوتوپ‌ها (Isotopes)

تعریف:

آیزوتوپ‌ها اتم‌های یک عنصر واحد اند که تعداد پروتون‌های مساوی دارند ولی تعداد نوترون‌هایشان متفاوت است.

♦ چون تعداد پروتون‌ها مساوی است، آیزوتوپ‌ها از لحاظ خواص کیمیاوی یکسان هستند، اما از لحاظ کتله اتمی و پایداری هسته‌ای با هم فرق دارند.

توضیح ساده:

8. سطوح انرژی یا ترازهای انرژی هسته

9. رادیو اکتیو طبیعی

10. متلاشی شدن همراه با خروج اشعه الفای

11. متلاشی شدن همراه با خروج اشعه بیتا

12. متلاشی شدن اشعه گاما

1. پایدار هسته ها

پایداری هسته ها (Stability of Nuclei)

مقدمه:

اتم ها از هسته و الکترون ها تشکیل شده اند.

در داخل هسته، پروتون ها (با بار مثبت) و نیوترون ها (بدون بار) وجود دارند.

چون پروتون ها همگی دارای بار مثبت اند، میان آن ها نیروی دافعه قوی الکتریکی وجود دارد.

اما با وجود این دافعه، هسته از هم نمی پاشد.

پرسش این است که:

چرا بعضی از هسته ها پایدار اند و بعضی ناپایدار؟

تعریف پایداری هسته:

پایداری هسته به این معنی است که ذرات تشکیل دهنده هسته (پروتون ها و نیوترون ها) بدون

تجزیه یا تابش، در کنار هم باقی بمانند.

اگر هسته در گذر زمان بدون تغییر باقی بماند، آن را هسته پایدار می گویند.

اما اگر با گذشت زمان تغییر کند و ذراتی را تابش دهد، آن را هسته ناپایدار (رادیواکتیف)

می گویند.

عوامل مؤثر بر پایداری هسته:

1. نسبت نیوترون به پروتون (N/Z)

پایداری هسته بستگی به نسبت تعداد نیوترون ها (N) به تعداد پروتون ها (Z) دارد.

• برای عناصر سبک، این نسبت تقریباً ۱ است.

• برای عناصر سنگین تر، این نسبت تا حدود ۱/۵ افزایش می یابد.

اگر این نسبت خیلی زیاد یا خیلی کم باشد، هسته ناپایدار می شود و تابش می دهد تا به حالت پایدار برسد.

2. نیروی قوی هسته ای

بین پروتون ها و نیوترون ها در فاصله های بسیار کوچک، نیرویی به نام نیروی قوی هسته ای وجود دارد.

این نیرو:

• بسیار قوی تر از نیروی دافعه الکتریکی است،

• ولی فقط در فاصله های خیلی کوچک (حدود 10^{-15} تا 10^{-10} متر) عمل می کند.
این نیرو ذرات هسته را در کنار هم نگه می دارد و باعث پایداری آن می شود.

3. انرژی بستگی (Binding Energy)

برای نگهداری ذرات هسته در کنار هم، مقدار معینی انرژی لازم است که به آن انرژی بستگی گفته می شود.

هر قدر انرژی بستگی زیادتر باشد، هسته پایدارتر است.

انرژی بستگی از تفاوت بین جرم مجموع ذرات و جرم واقعی هسته به دست می آید:

$${}^2\Delta mc = {}_bE$$

که در آن:

• Δm : تفاوت جرم (Defect Mass)

• c : سرعت نور در خلأ (3×10^8 m/s)

◆ هسته های ناپایدار:

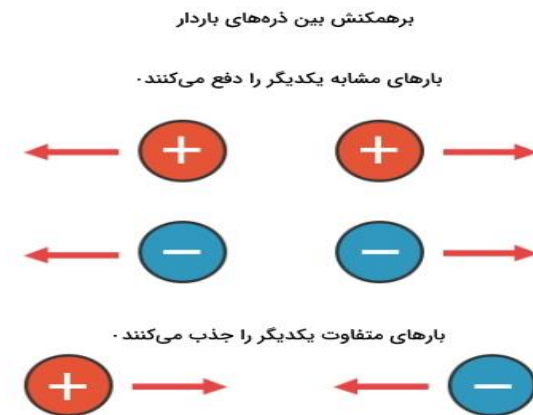
اگر هسته‌ای نسبت نادرست N/Z داشته باشد یا انرژی بستگی کمی داشته باشد، ناپایدار می‌شود و به طور طبیعی تجزیه یا تابش می‌کند تا به حالت پایدار برسد. این فرایند را رادیواکتیویته (Radioactivity) می‌گویند.

◆ نمونه‌ها:

- هسته‌های پایدار: مثل کربن-12، اکسیژن-16، آهن-56
- هسته‌های ناپایدار: مثل رادیوم-226، یورانیم-238، کربن-14

◆ نتیجه:

پایداری هسته وابسته به تعادل میان نیروی قوی هسته‌ای و نیروی دافعه الکتریکی پروتون‌ها است. اگر این تعادل حفظ شود، هسته پایدار می‌ماند؛ در غیر آن، ناپایدار شده و به صورت طبیعی تجزیه می‌شود.



2- انرژی بسته گی هسته

✿ انرژی بستگی هسته (Binding Energy of the Nucleus)

◆ مقدمه:

هسته اتم از پروتون‌ها و نیوترون‌ها تشکیل شده است که به آن‌ها نوکلئون‌ها (Nucleons) گفته می‌شود.

پروتون‌ها دارای بار مثبت‌اند و میان آن‌ها نیروی دافعه الکتریکی وجود دارد، ولی با وجود این، هسته از هم نمی‌پاشد.

سؤال این است که چه نیروی سبب می‌شود ذرات در کنار هم باقی بمانند؟

پاسخ این است که میان نوکلئون‌ها نیروی قوی هسته‌ای وجود دارد که آن‌ها را به هم پیوند می‌دهد.

برای نگهداری این ذرات، انرژی خاصی لازم است که آن را انرژی بستگی هسته می‌نامند.

◆ تعریف انرژی بستگی هسته:

انرژی بستگی هسته عبارت است از مقدار انرژی‌ای که باید به هسته داده شود تا تمام پروتون‌ها و نیوترون‌های آن از هم جدا شوند.

یا به عبارت دیگر:

انرژی بستگی همان انرژی است که هنگام تشکیل هسته از به هم پیوستن نوکلئون‌ها آزاد می‌شود.

◆ پدیده نقص جرم: (Mass Defect)

اگر مجموع جرم پروتون‌ها و نیوترون‌های آزاد را محاسبه کنیم و با جرم واقعی هسته مقایسه کنیم، می‌بینیم که:

جرم هسته < مجموع جرم نوکلئون‌ها $\text{جرم هسته} < \text{مجموع جرم نوکلئون‌ها}$

این اختلاف جرم را نقص جرم (Mass Defect) می‌گویند و با نماد Δm نشان می‌دهند.

◆ علت نقص جرم:

بخشی از جرم نوکلئون‌ها در هنگام تشکیل هسته به انرژی بستگی تبدیل می‌شود. این انرژی، ذرات هسته را در کنار هم نگه می‌دارد و از جدا شدن آن‌ها جلوگیری می‌کند.

♦ رابطه میان انرژی بستگی و نقص جرم:

طبق معادله مشهور آینشتاین:

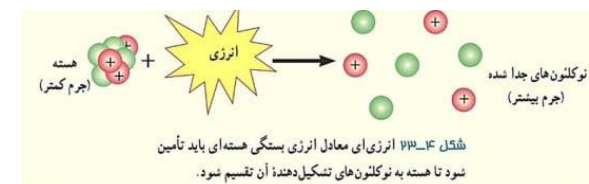
انرژی بستگی به ازای هر نوکلئون:

برای مقایسه پایداری هسته‌ها، معمولاً انرژی بستگی هر نوکلئون محاسبه می‌شود:

$${}^2\Delta mc = {}_bE$$

که در آن:

- ${}_bE$: انرژی بستگی (ژول یا MeV)
- Δm : نقص جرم (کیلوگرم یا amu)
- c : سرعت نور در خلا (3×10^8 m/s)



● 3- سطوح انرژی یا ترازهای انرژی هسته

❖ سطوح انرژی یا ترازهای انرژی هسته

♦ مقدمه:

همان‌گونه که در اتم‌ها الکترون‌ها در ترازهای انرژی معین قرار دارند، در داخل هسته اتم نیز نوکلئون‌ها (پروتون‌ها و نوترون‌ها) در ترازهای معین انرژی جای می‌گیرند.

این ترازها

$$\frac{{}_bE}{A} = {}_{b/n}E$$

که در آن A : تعداد کل نوکلئون‌ها (عدد جرمی) است.

هر قدر ${}_{b/n}E$ زیادتر باشد، هسته پایدارتر است.

نشان‌دهنده میزان انرژی ذرات در داخل هسته می‌باشند و به آن‌ها سطوح انرژی هسته گفته می‌شود.

♦ تعریف:

سطوح انرژی هسته عبارت از مقادیر معینی از انرژی‌اند که نوکلئون‌ها (پروتون‌ها و نوترون‌ها) می‌توانند در داخل هسته داشته باشند.

نوکلئون‌ها فقط در این سطوح مشخص قرار می‌گیرند و نه در بین آن‌ها.

♦ ویژگی‌های سطوح انرژی:

1. سطوح انرژی هسته گسسته (Discrete) هستند، یعنی فقط مقادیر معین انرژی مجاز است.
2. پایین‌ترین سطح انرژی، سطح پایه (Ground State) نام دارد.
3. سطوح بالاتر از آن را حالت‌های برانگیخته (Excited States) می‌گویند.
4. اگر هسته در حالت برانگیخته قرار گیرد، پس از مدتی با تابش انرژی (معمولاً به صورت شعاع گاما γ) به حالت پایدار بازمی‌گردد.

♦ توضیح فیزیکی:

نوکلئون‌ها در هسته مانند الکترون‌ها در اتم، نمی‌توانند هر مقدار انرژی را داشته باشند. آن‌ها فقط می‌توانند در سطوحی جای گیرند که انرژی آن‌ها با ساختار هسته سازگار باشد. وقتی هسته انرژی جذب کند (مثلاً از برخورد ذره‌ای دیگر)، یکی از نوکلئون‌ها به سطح انرژی بالاتر منتقل می‌شود.

اما این حالت ناپایدار است و نوکلئون دوباره به سطح پایین‌تر باز می‌گردد و فوتون گاما آزاد می‌کند.

◆ مثال:

در هسته نیتروجن-14 (N^{14})، نوکلئون‌ها در چند تراز انرژی قرار دارند. اگر یکی از نوکلئون‌ها به تراز بالاتر برود، هسته در حالت برانگیخته قرار می‌گیرد. وقتی دوباره به حالت عادی (پایه) بازگردد، تابش گاما تولید می‌شود.

◆ نمودار سطوح انرژی:

در کتاب معمولاً این سطوح به صورت خطوط افقی رسم می‌شوند:

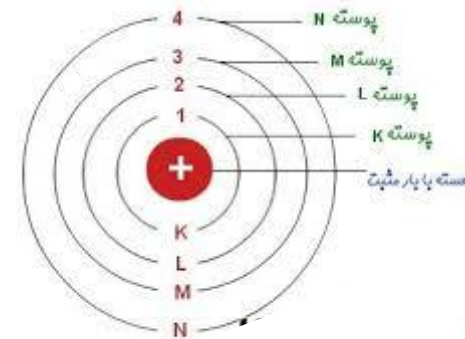
- خط پایین: حالت پایه (پایدارترین حالت)
- خطوط بالاتر: حالت‌های برانگیخته با انرژی‌های بیشتر
- فلش پایین: تابش گاما هنگام بازگشت به سطح پایین‌تر

◆ اهمیت سطوح انرژی هسته:

1. توضیح پدیده تابش گاما
2. درک بهتر از ساختار هسته و پایداری آن
3. کاربرد در فیزیک هسته‌ای، رادیواکتیویته، و انرژی هسته‌ای

◆ نتیجه:

نوکلئون‌ها در هسته مانند الکترون‌ها در اتم در سطوح انرژی معین قرار دارند. تغییر جایگاه آن‌ها میان این سطوح باعث جذب یا گسیل انرژی می‌شود که در بیشتر موارد به صورت اشعه گاما ظاهر می‌گردد. بنابراین، سطوح انرژی هسته اساس فهم بسیاری از پدیده‌های هسته‌ای است



رادیواکتیوی طبیعی

تعریف:

رادیواکتیوی طبیعی، فرایندی است که در آن هسته بعضی از اتم‌ها به صورت طبیعی و بدون دخالت انسان ناپایدار شده و اشعه انرژی‌دار (α, β, γ) منتشر می‌کنند. این اشعه‌ها باعث تغییر در هسته اتم می‌شوند و اتم ناپایدار به اتم پایدار تبدیل می‌گردد.

منابع رادیواکتیوی طبیعی:

رادیواکتیوی طبیعی عمدتاً در عناصر زیر مشاهده می‌شود:

1. اورانیم (U-238)

2. توریم (Th-232)

3. رادیوم (Ra-226)

4. کربن-14 (C-14)

این عناصر به طور طبیعی در زمین، سنگ‌ها، خاک و حتی در موجودات زنده یافت می‌شوند.

انواع پرتوهای رادیواکتیوی:

1. پرتوی α (آلفا)

- شامل ۲ پروتون و ۲ نوترون است.
- دارای بار مثبت و جرم زیاد.
- نفوذ کمی دارد (مثلاً توسط یک کاغذ متوقف می‌شود)

2. پرتوی β (بتا)

- شامل الکترون یا پوزیترون است.
- نفوذ متوسط دارد (مثلاً توسط یک لایه فلز نازک متوقف می‌شود)

3. پرتوی γ (گاما)

● 4.-. رادیواکتیو طبیعی

○ اشعه الکترومغناطیسی با انرژی زیاد است.

○ بدون جرم و بار است.

○ نفوذ زیادی دارد و برای توقف آن به لایه‌های ضخیم سرب یا بتن نیاز است.

مثال:

• اورانیم ۲۳۸ → طی چند مرحله → رادیوم → در نهایت به سرب پایدار (Pb-206) تبدیل می‌شود و در این مسیر α و β و γ منتشر می‌شود.

کاربردهای رادیواکتیوی طبیعی:

1. تعیین سن زمین و سنگ‌ها (با اورانیم و کربن-14)

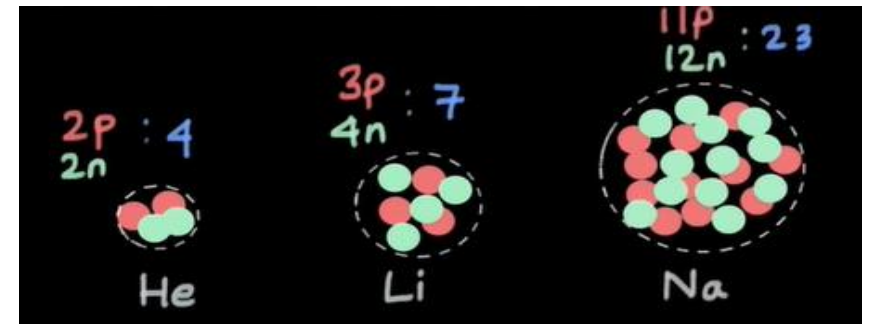
2. تحقیقات علمی و پزشکی

3. تولید انرژی در نیروگاه‌های هسته‌ای (استفاده از عناصر رادیواکتیوی طبیعی در سوخت)

نکات مهم:

• رادیواکتیوی طبیعی همیشه در محیط وجود دارد ولی مقدار آن معمولاً کم و غیر خطرناک است.

• مهم است که با منابع رادیواکتیوی با دقت برخورد شود تا از آسیب‌های احتمالی جلوگیری شود



● 5:- متلاشی شدن همراه با خروج اشعه الف

متلاشی شدن هسته همراه با خروج اشعه α

تعریف:

متلاشی شدن هسته همراه با خروج اشعه آلفا (α)، فرایندی است که در آن هسته ناپایدار یک عنصر رادیواکتیوی برای رسیدن به پایداری، یک ذره آلفا (α) که شامل ۲ پروتون و ۲ نوترون است) منتشر می‌کند.

این ذره باعث کاهش عدد اتمی و عدد جرمی هسته می‌شود و اتم جدیدی تشکیل می‌گردد.

ویژگی‌های متلاشی شدن آلفا:

1. هسته اصلی عدد اتمی اش ۲ واحد کاهش می‌یابد.

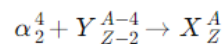
2. عدد جرمی هسته ۴ واحد کاهش می‌یابد.

3. اشعه آلفا دارای بار مثبت و جرم زیاد است.

4. نفوذ آن کم است و با یک کاغذ یا چند سانتی‌متر هوا متوقف می‌شود.

فرمول کلی:

اگر هسته‌ای با نماد X^A_Z متلاشی شود و اشعه α منتشر کند، تبدیل می‌شود به:



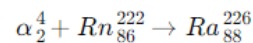
• X: هسته اولیه

• Y: هسته جدید (پایدارتر)

• α: ذره آلفا

مثال:

• رادیوم (Ra-226) متلاشی می‌شود و رادون (Rn-222) تولید می‌کند:



در این مثال:

• عدد اتمی: ۸۸ → ۸۶ (کاهش ۲ واحد)

• عدد جرمی: ۲۲۶ → ۲۲۲ (کاهش ۴ واحد)

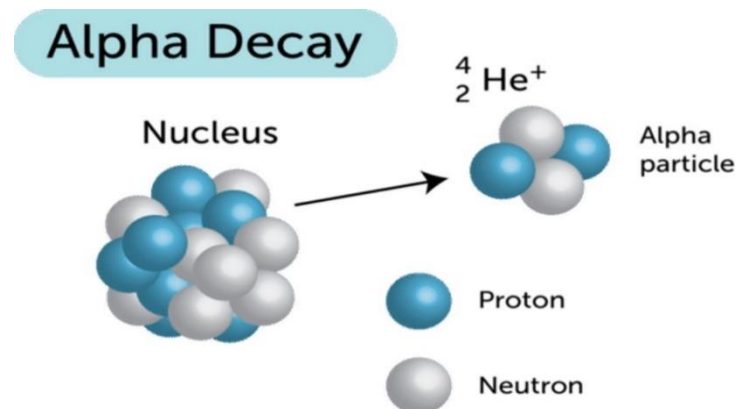


نکات مهم:

• متلاشی شدن α یکی از رایج‌ترین روش‌های رادیواکتیوی طبیعی است.

• پرتو آلفا برای انسان خارج از بدن خطرناک نیست اما اگر بلعیده یا استنشاق شود، ممکن است آسیب جدی بر سلول‌ها وارد کند.

• این فرایند باعث ایجاد هسته‌ای پایدارتر و کاهش ناپایداری هسته می‌شود



● 6:- متلاشی شدن همراه با خروج اشعه بتا

متلاشی شدن هسته همراه با خروج اشعه β

تعریف:

متلاشی شدن هسته همراه با خروج اشعه بتا (β) ، فرایندی است که در آن یک هسته ناپایدار رادیواکتیوی برای رسیدن به پایداری، یک ذره بتا (الکترون یا پوزیترون) منتشر می‌کند. این ذره باعث تغییر در عدد اتمی هسته می‌شود، اما عدد جرمی هسته تغییر نمی‌کند.

ویژگی‌های متلاشی شدن بتا:

1. عدد اتمی هسته ۱ واحد تغییر می‌کند:

○ اگر یک نوترون به پروتون تبدیل شود $\rightarrow$ عدد اتمی $+1$

○ اگر یک پروتون به نوترون تبدیل شود $\rightarrow$ عدد اتمی -1

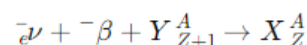
2. عدد جرمی هسته تغییر نمی‌کند.

3. ذره β دارای جرم بسیار کم و بار منفی (β^-) یا مثبت (β^+) است.

4. نفوذ پرتو بتا متوسط است و با یک لایه فلز نازک (مثل آلومینیوم) متوقف می‌شود.

فرمول کلی:

اگر هسته‌ای با نماد A_ZX متلاشی شود و اشعه β منتشر کند، تبدیل می‌شود به:



• X : هسته اولیه

• Y : هسته جدید (پایدارتر)

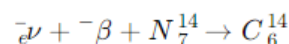
• β^- : ذره بتا (الکترون)

• $\bar{\nu}$: نوترینوی الکترونی که انرژی اضافی را حمل می‌کند

اگر β^+ (پوزیترون) منتشر شود، عدد اتمی ۱ واحد کاهش می‌یابد.

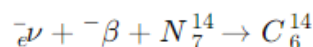
مثال:

• کربن-۱۴ متلاشی می‌شود و نیتروژن-۱۴ تولید می‌کند:



مثال:

• کربن-۱۴ متلاشی می‌شود و نیتروژن-۱۴ تولید می‌کند:



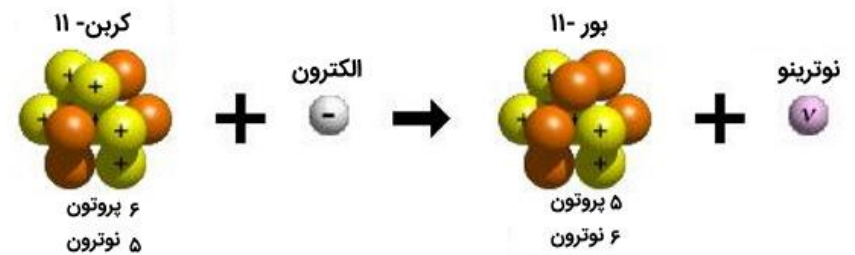
در این مثال:

• عدد اتمی: $6 \rightarrow 7$ (افزایش ۱ واحد)

• عدد جرمی: $14 \rightarrow 14$ (تغییر نکرد)

نکات مهم:

- پرتو بتا می‌تواند به سلول‌ها و بافت‌های زنده نفوذ کند و در صورت تماس مستقیم خطرناک باشد.
- این فرایند باعث می‌شود که هسته‌های ناپایدار به هسته‌های پایدارتر تبدیل شوند.
- اشعه بتا در رادیوکاربِن سنجی و پزشکی هسته‌ای کاربرد دارد.



● 7:- متلاشی شدن اشعه گاما

متلاشی شدن هسته همراه با خروج اشعه γ

تعریف:

متلاشی شدن هسته همراه با خروج اشعه گاما (γ) ، فرایندی است که در آن هسته ناپایدار یک عنصر رادیواکتیوی پس از متلاشی شدن با انتشار اشعه α یا β ، انرژی اضافی خود را به صورت پرتو الکترومغناطیسی گاما آزاد می‌کند.

نکته: برخلاف اشعه α و β ، اشعه γ فقط انرژی است و ذره ندارد، بنابراین عدد اتمی و عدد جرمی هسته تغییر نمی‌کند.

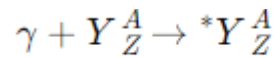
ویژگی‌های اشعه γ :

1. بدون جرم و بدون بار است.
2. نفوذ بسیار زیاد دارد و برای توقف آن به لایه‌های ضخیم سرب یا بتن نیاز است.

3. معمولاً پس از متلاشی شدن هسته با انتشار α یا β تولید می‌شود تا هسته به حالت پایدار برسد.

4. انرژی بسیار بالایی دارد و می‌تواند از بافت‌ها و مواد ضخیم عبور کند.

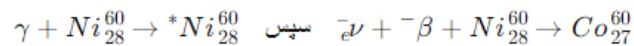
فرمول کلی:



- Y : هسته تحریک شده (با انرژی اضافی)
- Y : هسته پایدار
- γ : اشعه گاما

مثال:

- کوبیوم-۶۰ (Co-60) پس از انتشار β به نیکل-۶۰ (Ni-60) تبدیل می‌شود و اشعه γ منتشر می‌کند:



در این مثال:

- عدد اتمی و عدد جرمی هسته پس از انتشار γ تغییر نمی‌کند.
- فقط انرژی اضافی هسته آزاد می‌شود.

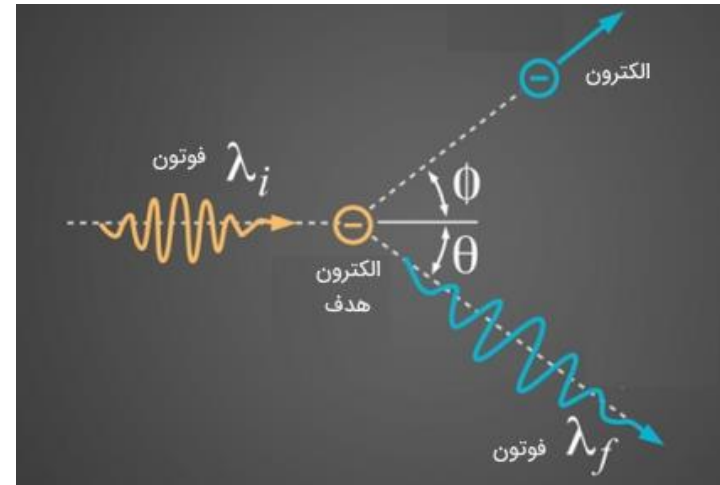
کاربردهای اشعه γ :

1. در پزشکی: برای درمان سرطان و تصویربرداری پزشکی.
2. در صنعت: برای کنترل کیفیت و بررسی ساختار مواد.
3. در تحقیقات علمی: برای مطالعه هسته‌ها و واکنش‌های هسته‌ای.

نکات مهم:

• اشعه γ بسیار پرانرژی و نفوذپذیر است، بنابراین تماس مستقیم با آن خطرناک است و نیاز به حفاظ‌های ضخیم دارد.

• این اشعه به تنهایی هسته را تغییر نمی‌دهد، بلکه تنها انرژی اضافی هسته را آزاد می‌کند.



دوره چهاردهم:

اهداف آموزشی :

1. نیم عمر ماده را دیواکتیو
2. حفاظت در برابر اشعه
3. رادیوکتور مصنوعی
4. انشقاق هسته بی
5. غنی سازی یورانیوم
6. تعامل زنجیری

1. نیم عمر ماده را دیواکتیو

نیمه عمر رادیواکتیو (Half-life)

نیمه عمر رادیواکتیو به مدت زمانی گفته می‌شود که در آن نصف مقدار اولیه یک ماده رادیواکتیو متلاشی (دیکای) می‌شود. یعنی اگر در آغاز مقدار معینی از هسته‌های ناپایدار داشته باشیم، پس از یک نیمه عمر ۵۰٪ آن باقی مانده و ۵۰٪ دیگر به هسته‌های پایدارتر تبدیل می‌شود.

نیمه عمر یک مقدار ثابت است و به شرایط محیطی مانند دما، فشار و حالت فیزیکی ماده وابسته نیست؛ بلکه فقط به ساختار هسته بستگی دارد.

فرمول ریاضی نیمه عمر

برای محاسبه مقدار باقی مانده ماده رادیواکتیو از فرمول استفاده می‌شود:

$$x = \frac{1}{2} x$$

$T_{1/2}$ = نیمه عمر

t = زمان سپری شده

اهمیت نیمه عمر در زندگی و علوم

نیمه عمر در بخش‌های مختلف علوم اهمیت دارد، از جمله:

۱. طب (پزشکی هسته‌ای)

از مواد رادیواکتیو با نیمه عمر مناسب برای تشخیص بیماری‌ها و درمان سرطان استفاده می‌شود.

۲. باستان‌شناسی

نیمه عمر کربن-۱۴ برای تعیین سن آثار باستانی به کار می‌رود (روش کربن سنجی).

۳. انرژی هسته‌ای

دانستن نیمه عمر برای مدیریت سوخت هسته‌ای و زباله‌های رادیواکتیو ضروری است.

ویژگی‌های مهم نیمه عمر

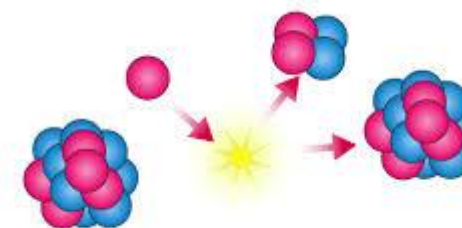
- مقدار ثابت برای هر ایزوتوپ

- مستقل از شرایط بیرونی

- نرخ دیکای نمایی دارد

- مواد با نیمه عمر کوتاه → سریع تر متلاشی می شوند

- مواد با نیمه عمر بلند → مدت طولانی فعال باقی می مانند



2:- حفاظت در برابر اشعه

3:- رادیوکتور مصنوعی

رادیواکتیویته مصنوعی (Artificial Radioactivity)

رادیواکتیویته مصنوعی به حالتی گفته می شود که در آن انسان به طور عمدی یک هسته پایدار را با بمباران ذرات، به هسته ناپایدار و رادیواکتیو تبدیل می کند. این پدیده نخستین بار توسط ایرن و فریدریک ژولیو-کوری در سال ۱۹۳۴ کشف شد.

در رادیواکتیویته طبیعی، هسته ها خود به خود تجزیه می شوند، اما در رادیواکتیویته مصنوعی، هسته ها با دخالت انسان به هسته رادیواکتیو تبدیل می گردند.

چگونگی ایجاد رادیواکتیویته مصنوعی

برای تولید یک هسته رادیواکتیو مصنوعی، هسته پایدار را با ذرات پرانرژی مانند:

- نوترون

- پروتون

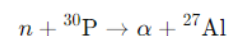
- ذرات آلفا (α)

- ذرات دوتریم

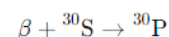
بمباران می کنند. در نتیجه هسته جدیدی تولید می شود که معمولاً ناپایدار بوده و مانند مواد رادیواکتیوی طبیعی، تابش آلفا، بتا یا گاما از خود نشر

نمونه واکنش رادیواکتیویته مصنوعی

وقتی آلومینیوم با ذره آلفا برخورد کند:



هسته فسفرس-۳۰ تولید شده ناپایدار است و با نشر بتا تجزیه می شود:



ویژگی های رادیواکتیویته مصنوعی

- با دخالت انسان ایجاد می شود

- هسته تولید شده معمولاً ناپایدار است

- دیکای آن مانند رادیواکتیوی طبیعی به صورت نشر آلفا، بتا یا گاما انجام می شود

- میزان و نوع تشعشع قابل کنترل تر است

- در صنعت، طب و تحقیق نقش مهم دارد

کاربردهای رادیواکتیویته مصنوعی

۱. طب (پزشکی هسته ای)

- تولید رادیوایزوتوپ ها برای تشخیص بیماری ها

مثال: تکنیشیم-۹۹ برای تصویربرداری قلب و استخوان



4-: انشقاق هسته پی

انشقاق هسته‌ای (Nuclear Fission)

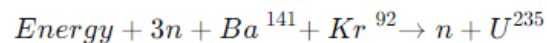
انشقاق هسته‌ای فرایندی است که در آن هسته یک اتم سنگین مانند اورانیم-۲۳۵ یا پلوتونیم-۲۳۹، پس از جذب یک نوترون، به دو هسته کوچکتر شکسته می‌شود. این شکستن همراه با آزاد شدن انرژی زیاد و چند نوترون جدید است. انشقاق هسته‌ای یکی از مهم‌ترین پدیده‌های فیزیک هسته‌ای و اساس تولید انرژی در بسیاری از نیروگاه‌های هسته‌ای جهان است.

چگونگی وقوع انشقاق هسته‌ای

۱. یک نوترون کند به هسته سنگین برخورد می‌کند.
۲. هسته نوترون را جذب کرده و ناپایدار می‌شود.
۳. هسته ناپایدار به دو هسته کوچکتر تجزیه می‌شود.
۴. سه یا دو نوترون جدید آزاد می‌شوند.
۵. مقدار زیادی انرژی (حدود 200 MeV) آزاد می‌شود.



مثال واکنش انشقاق اورانیم-۲۳۵:



- درمان سرطان با ید-۱۳۱ و کبالت-۶۰.

۲. صنعت

- تست ضخامت، سنجش تراکم، و بررسی کیفیت مواد
- ردیابی نشتی در لوله‌ها با رادیوایزوتوپ‌ها

۳. تحقیقات علمی

- استفاده در فیزیک هسته‌ای و تحقیقات ساختار ماده
- تولید ایزوتوپ‌های جدید در لابراتوارها

۴. زراعت

- بهبود کیفیت تخم‌ها
- ایجاد جهش‌های کنترل‌شده برای تولید نباتات مقاوم

اهمیت رادیواکتیویته مصنوعی

- انسان می‌تواند رادیوایزوتوپ‌های مورد نیاز را هر زمان تولید کند
- کنترل مقدار، نیمه‌عمر و نوع تشعشع ممکن است
- کمک بزرگی در پزشکی، صنعت، کشاورزی و پژوهش دارد
- نسبت به منابع طبیعی، ایمن‌تر و قابل مدیریت‌تر است

واکنش زنجیره‌ای

نوترون‌های آزاد شده از انشقاق، می‌توانند با هسته‌های دیگر برخورد کرده و آن‌ها را نیز بشکنند. اگر این فرایند در هر ثانیه چندین بار تکرار شود، واکنش زنجیره‌ای شکل می‌گیرد.

دو نوع واکنش زنجیره‌ای:

- قابل کنترل → در راکتورهای هسته‌ای
- غیرقابل کنترل → در بمب‌های اتمی

در راکتورها، برای کنترل سرعت واکنش از میله‌های کنترل‌کننده ساخته شده از مواد جذب‌کننده نوترون (مانند بور یا کادمیم) استفاده می‌شود.

انرژی آزاد شده در انشقاق

بیشتر انرژی آزاد شده به صورت:

- انرژی جنبشی قطعات شکسته شده
- حرارت
- مقدار کمی اشعه گاما

آزاد می‌شود.

همین حرارت در نیروگاه‌های هسته‌ای برای تولید بخار و چرخاندن توربین‌ها استفاده می‌شود.

کاربردهای انشقاق هسته‌ای

۱. تولید برق در نیروگاه‌های هسته‌ای

مهم‌ترین استفاده عملی انشقاق است. حرارت ایجاد شده، آب را به بخار تبدیل کرده و توربین‌ها را می‌چرخاند.

۲. تولید رادیوایزوتوپ

نوترون‌های آزاد برای ساخت ایزوتوپ‌های مفید در پزشکی و صنعت به کار می‌روند.

۳. سلاح‌های هسته‌ای

در این حالت واکنش زنجیره‌ای بدون کنترل رخ می‌دهد و انرژی بسیار زیاد در مدت کوتاه آزاد می‌شود.

مزایا و معایب انشقاق هسته‌ای

مزایا

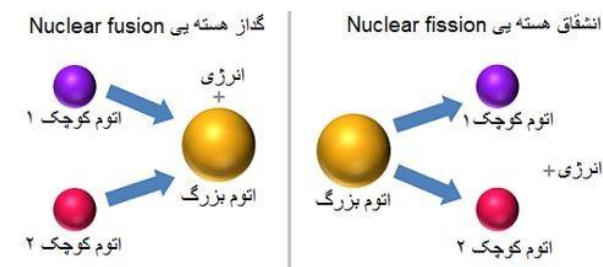
- تولید انرژی بسیار زیاد نسبت به سوخت‌های فسیلی
- آلودگی کمتر نسبت به نفت و گاز
- کاربردهای گسترده در پزشکی و صنعت

معایب

- تولید زباله‌های رادیواکتیو با نیمه‌عمرهای طولانی
- نیاز به تجهیزات ایمنی بسیار دقیق
- خطر وقوع حادثه در نیروگاه‌ها
- امکان استفاده نظامی

خلاصه بسیار کوتاه (برای حفظ کرد)

- انشقاق: شکستن هسته سنگین → تولید دو هسته کوچک + نوترون‌های جدید + انرژی زیاد
- اساس تولید انرژی در نیروگاه‌های هسته‌ای
- اگر کنترل شود → راکتور
- اگر کنترل نشود → بمب اتمی



● 5- غنی سازی یورانیوم

غنی سازی یورانیوم

یورانیوم یک عنصر رادیواکتیف است که در طبیعت بیشتر به شکل ایزوتوپ U-238 یافت می‌شود، در حالی که مقدار بسیار کمی از آن U-235 است. برای این که یورانیوم در رآکتورهای هسته‌ای یا در بعضی بخش‌های علمی استفاده شود، باید مقدار U-235 در آن افزایش یابد. به این روند غنی سازی یورانیوم گفته می‌شود.

چرا غنی سازی لازم است؟

- ایزوتوپ U-235 قابل شکافت هسته‌ای است، یعنی وقتی نوترون را جذب می‌کند، هسته آن شکافته شده و انرژی زیاد آزاد می‌شود.
- اما در یورانیوم طبیعی، مقدار U-235 بسیار کم (حدود 0.7٪) است.
- برای استفاده در رآکتورهای برق، مقدار آن باید به حدود ۳ تا ۵ درصد برسد.
- برای مصارف تحقیقاتی، مقدار آن بیشتر نیز می‌تواند باشد

چگونه یورانیوم غنی می‌شود؟

چون U-235 و U-238 از نظر شیمیایی یکسان هستند، نمی‌توان آن‌ها را با روش‌های عادی جدا کرد. تنها فرق آن‌ها جرم شان است. به همین دلیل روش‌های زیر استفاده می‌شود:

۱. روش سانتریفیوژ گازی

- رایج‌ترین و پیشرفته‌ترین روش است.
- یورانیوم را به گاز (UF₆) تبدیل می‌کنند.
- این گاز در سانتریفیوژ با سرعت بسیار زیاد می‌چرخد.
- ایزوتوپ سبک‌تر (U-235) بیشتر در مرکز جمع می‌شود و به تدریج غنی می‌گردد.

۲. روش انتشار گازی

(قدیمی بوده و امروزه کم استفاده می‌شود)
گاز یورانیوم را از میان فیلترهای بسیار باریک عبور می‌دهند؛ مولکول‌های سبک‌تر سریع‌تر عبور می‌کنند.

سطوح غنی سازی

- کم غنی شده → (LEU) مقدار U-235 بین ۳ تا ۵٪، برای تولید برق در رآکتورها.
- میان غنی شده → مقدار U-235 بین ۲۰٪.
- بسیار غنی شده → (HEU) مقدار U-235 تا ۹۰٪، که در فیزیک صنف دوازدهم تنها به عنوان مفهوم علمی ذکر می‌شود.

اهمیت غنی سازی یورانیوم

- تولید انرژی پاک در نیروگاه‌های هسته‌ای.
- استفاده در تحقیقات علمی و طبی (تولید رادیوایزوتوپ‌ها)
- مدیریت دقیق این پروسه برای امنیت جهانی مهم است

برای این که تعامل زنجیری به صورت پیوسته ادامه پیدا کند، سه شرط مهم لازم است:

۱. وجود ماده قابل شکافت به اندازه کافی

ماده باید دارای مقدار کافی $U-235$ یا $Pu-239$ باشد.

۲. رسیدن ماده به «جرم بحرانی»

جرم بحرانی کمترین مقدار ماده قابل شکافت است که تعامل زنجیری را پایدار نگه می‌دارد. اگر جرم کمتر از مقدار لازم باشد، نوترون‌ها از ماده خارج شده و تعامل دوام نمی‌کند.

۳. سرعت مناسب نوترون‌ها

نوترون‌های آهسته (حرارتی) بیشتر احتمال شکافت ایجاد می‌کنند. در رآکتورها از کندکننده‌ها مانند آب، گرافیت یا آب سنگین استفاده می‌شود تا سرعت نوترون‌ها کاهش یابد.

انواع تعامل زنجیری

۱. تعامل زنجیری قابل کنترل

در رآکتورهای هسته‌ای استفاده می‌شود.

با استفاده از میله‌های کنترل (از جنس کادمیم یا بور) تعداد نوترون‌ها تنظیم می‌شود تا واکنش آرام و ثابت بماند.

نتیجه: تولید انرژی برقی به شکل پایدار و امن.

۲. تعامل زنجیری غیرقابل کنترل

در وسایل انفجاری هسته‌ای رخ می‌دهد.

در این حالت، هیچ کنترلی بر نوترون‌ها وجود ندارد و واکنش بسیار سریع انجام می‌شود. نتیجه: آزاد شدن انرژی در زمانی بسیار کوتاه.

اهمیت تعامل زنجیری



6- تعامل زنجیری

تعامل زنجیری

تعامل زنجیری به سلسله‌ای از واکنش‌های هسته‌ای گفته می‌شود که در آن وقتی یک هسته شکافته می‌شود، چند نوترون آزاد می‌کند و این نوترون‌ها سبب شکافت هسته‌های دیگر می‌شوند. در نتیجه، واکنش به شکل پیوسته ادامه پیدا کرده و انرژی بسیار زیاد آزاد می‌شود.

چگونه تعامل زنجیری آغاز می‌شود؟

زمانی که یک نوترون آهسته به هسته یک ماده قابل شکافت مانند $U-235$ یا $Pu-239$ برخورد می‌کند، هسته شکسته می‌شود و:

- دو هسته کوچکتر (محصولات شکافت)

- چند نوترون تازه

- مقدار زیاد انرژی

آزاد می‌گردد.

نوترون‌های آزاد شده دوباره به هسته‌های دیگر برخورد می‌کنند و همین روند تکرار می‌شود. این تکرار مداوم، همان تعامل زنجیری است.

شرایط لازم برای تعامل زنجیری

• ایجاد انرژی در رآکتورهای برق.

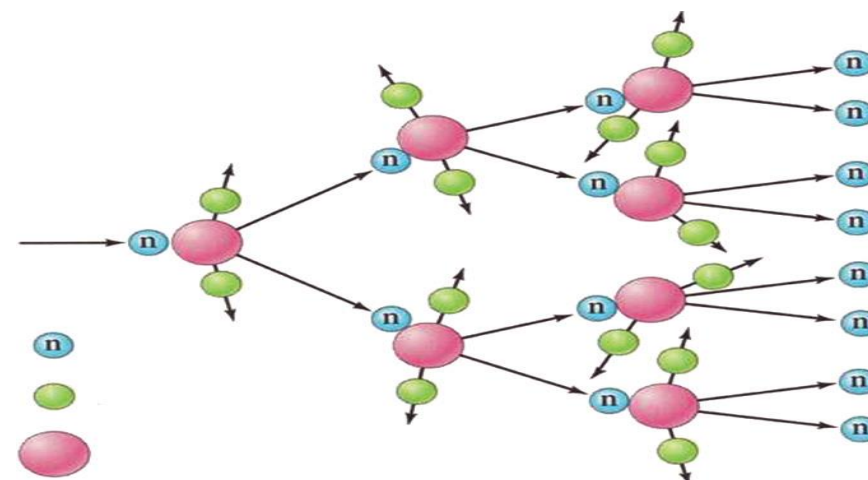
• استفاده در تحقیقات علمی و طبی.

• درک بهتر فیزیک هسته‌ای و روش‌های تولید انرژی.

• آگاهی از کنترل دقیق برای جلوگیری از خطرات.

خلاصه موضوع

تعامل زنجیری یک روند پیوسته شکافت هسته‌ای است که در آن نوترون‌های آزاد شده سبب شکافت بیشتر می‌شوند. این تعامل می‌تواند قابل کنترل (در نیروگاه‌ها) یا غیرقابل کنترل (در انفجارها) باشد و برای ادامه یافتن آن، ماده قابل شکافت باید به جرم بحرانی برسد.



اهداف آموزشی:

7. رهایی انرژی به مقیاس زیاد و بعضی از پیامدهای آن

8. همجوشی یا گداز هسته‌ای

9. تعاملات همجوشی در ستاره‌گان

10. ریکتور هسته‌ای

11. بم‌های هسته‌ای

12. کاربردهای ریکتور هسته‌ای

1. رهایی انرژی به مقیاس زیاد و بعضی از پیامدهای آن

رهايي انرژی به مقیاس زیاد و بعضی از پیامدهای آن

رهايي انرژی به مقیاس زیاد زمانی رخ می‌دهد که مقدار بسیار بزرگی از انرژی در یک مدت بسیار کوتاه آزاد شود. این انرژی می‌تواند از منابع مختلف مانند احتراق، انفجارهای کیمیاوی، فشردگی و انبساط سریع گازها، انرژی هسته‌ای (شکست یا همجوشی هسته‌ای)، یا پدیده‌های طبیعی مانند آتش‌فشان و زلزله آزاد گردد.

۱. انواع رهایی انرژی به مقیاس زیاد

1. رهایی انرژی کیمیاوی

- مانند انفجار مواد سوختی، باروت، TNT یا سوخت‌های مایع.
- انرژی در زمان بسیار کوتاه آزاد شده، فشار زیاد و موج ضربه‌ای تولید می‌کند.

2. رهایی انرژی هسته‌ای

- در نتیجه شکست هسته (Fission) یا همجوشی (Fusion) رخ می‌دهد.
- انرژی آزاد شده میلیون‌ها برابر بیشتر از انرژی کیمیاوی است.
- در بم‌ها و نیروگاه‌های هسته‌ای دیده می‌شود.

3. رهایی انرژی طبیعی

- مانند فعالیت آتشفشان‌ها، سقوط شهاب‌سنگ، رعدوبرق و زلزله.

○ این پدیده‌ها انرژی بسیار زیادی را در سطح زمین آزاد می‌کنند.

۲. پیامدهای رهایی انرژی به مقیاس زیاد

الف) تولید موج ضربه‌ای (Shock Wave)

هنگام آزاد شدن ناگهانی انرژی، فشار محیط به‌طور ناگهانی افزایش می‌یابد. این افزایش فشار باعث به‌وجود آمدن موج ضربه‌ای می‌شود که می‌تواند:

- شیشه‌ها را بشکند
- دیوارها را تخریب کند
- به انسانها و حیوانات آسیب برساند

ب) افزایش شدید حرارت

بسیاری از انفجارها مقدار بسیار زیادی گرما آزاد می‌کنند که می‌تواند:

- مواد اطراف را ذوب یا آتش‌گیر سازد
- سبب سوختگی شدید شود
- ساختمان‌ها را تخریب کند

ج) تولید تابش‌های خطرناک (در انفجارهای هسته‌ای)

انرژی هسته‌ای علاوه بر موج ضربه‌ای و حرارت، تابش‌های رادیواکتیف آزاد می‌کند که خطرات آن شامل:

- سرطان
- تخریب ساختار DNA
- آلودگی محیط زیست برای سال‌های زیاد

د) آلودگی محیط زیست

رهايي انرژی در مقیاس زیاد، مخصوصاً انفجارهای صنعتی یا هسته‌ای، سبب:

- آلودگی هوا
- آلودگی خاک
- آلودگی آب
- تخریب محیط زیست گیاهی و حیوانی می‌شود.

ه) اثرات اجتماعی و اقتصادی

- تخریب زیربناها
- تلفات جانی
- کاهش تولیدات
- هزینه‌های عظیم بازسازی

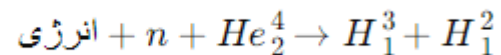
۳. موارد مثبت رهایی انرژی در مقیاس زیاد

گرچه این پدیده معمولاً خطرناک است، اما در مواردی به‌طور کنترل‌شده استفاده مفید دارد:

- راکت‌ها و فضاییماها (استفاده از انرژی زیاد برای حرکت)
- انرژی هسته‌ای در نیروگاه‌ها
- استخراج معادن با انفجار کنترل‌شده
- Airbags موتورها که با آزاد شدن ناگهانی انرژی باز می‌شوند

در چنین شرایطی هسته‌ها به یکدیگر نزدیک شده و نیروهای هسته‌ای قوی سبب ترکیب آن‌ها می‌شوند.

نمونه معادله همجوشی در خورشید



ر این فرایند، دو ایزوتوپ هیدروژن (دوتریم و تریتم) با هم ترکیب شده و هلیوم تولید می‌کنند و انرژی زیاد آزاد می‌شود.

ویژگی‌های همجوشی هسته‌ای

- انرژی بسیار بزرگی تولید می‌کند (بیشتر از شکست هسته‌ای)
- آلودگی رادیواکتیف کم‌تر دارد
- مواد اولیه آن فراوان است (هیدروژن در آب وجود دارد)
- فقط در دما و فشار بسیار زیاد انجام می‌شود

کاربردهای همجوشی هسته‌ای

1. منبع انرژی خورشید و ستاره‌ها
2. تلاش برای ساخت نیروگاه‌های همجوشی (به نام Tokamak)
3. استفاده در بمب‌های هیدروژنی (به شکل غیرکنترل‌شده)



2- همجوشی یا گداز هسته بی

همجوشی یا گداز هسته‌بی (Nuclear Fusion)

همجوشی هسته‌ای فرایندی است که در آن دو هسته سبک با یکدیگر ترکیب شده و یک هسته سنگین‌تر را تشکیل می‌دهند. در این فرایند مقدار بزرگی انرژی آزاد می‌شود.

این همان فرایندی است که در خورشید و ستاره‌ها جریان دارد و منبع اصلی نور و گرمای آن‌ها می‌باشد.

چگونگی وقوع همجوشی

برای آن که دو هسته سبک مانند هیدروژن (پروتون‌ها) با هم یک‌جا شوند، باید:

1. دما بسیار زیاد باشد (میلیون‌ها درجه سانتی‌گراد)
2. فشار بسیار زیاد باشد
3. هسته‌ها بر نیروی دافعه برقی میان خود غلبه کنند

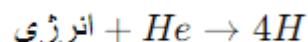
این چرخه منبع اصلی انرژی خورشید و ستاره‌های کوچک‌تر است. در این فرایند سه مرحله اساسی رخ می‌دهد:

1. برخورد دو پروتون:
دو پروتون با هم برخورد کرده، یکی به نوترون تبدیل می‌شود و هسته دوتریم تشکیل می‌شود.
2. تشکیل هلیوم-۳:
دوتریم با یک پروتون دیگر ترکیب شده و هلیوم-۳ را می‌سازد.
3. تشکیل هلیوم-۴:
دو هسته هلیوم-۳ با هم ترکیب شده و هلیوم-۴ تولید می‌شود و مقدار قابل توجهی انرژی آزاد می‌گردد.

۳. چرخه کربن – نیتروژن – اکسیجن (CNO Cycle)

این چرخه بیشتر در ستاره‌های بزرگ‌تر و داغ‌تر رخ می‌دهد. در CNO، هیدروژن به هلیوم تبدیل می‌شود، اما کربن، نیتروژن و اکسیجن به عنوان واسطه (Catalyst) عمل می‌کنند.

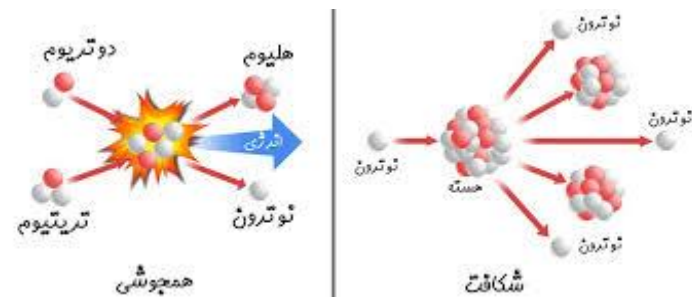
نتیجه نهایی این چرخه:



این چرخه انرژی بسیار بیشتری نسبت به چرخه PP تولید می‌کند.

۴. پیامدهای تعاملات همجوشی در ستاره‌گان

- تولید انرژی و نور ستاره
- ایجاد تعادل میان نیروی جاذبه ستاره و فشار درونی



3- تعاملات همجوشی در ستاره‌گان

تعاملات همجوشی در ستاره‌گان

ستاره‌گان منبع عظیم انرژی در جهان هستند. منشأ این انرژی، فرایندهای همجوشی هسته‌ای است که در مرکز ستاره‌ها تحت دما و فشار بسیار زیاد صورت می‌گیرد. در این فرایندها، هسته‌های سبک با هم ترکیب شده و هسته‌های سنگین‌تر را می‌سازند و در نتیجه مقدار بزرگی انرژی آزاد می‌شود.

۱. شرایط لازم برای همجوشی در ستاره‌گان

برای آن که همجوشی در مرکز ستاره انجام شود، باید شرایط زیر وجود داشته باشد:

- دما بسیار زیاد (ده‌ها میلیون درجه)
- فشار فوق‌العاده زیاد
- چگالی بالا

این شرایط باعث می‌شود که هسته‌های سبک با وجود نیروی دافعه برقی، به هم نزدیک شوند و یک‌جا شوند.

۲. چرخه پروتون – پروتون (PP Cycle)

- تولید عناصر سنگین‌تر (در ستاره‌های بزرگ‌تر)
- ادامهٔ عمر ستاره و جلوگیری از رمبش (Collapse)

۵. نقش همجوشی در تکامل ستاره

همجوشی هسته‌ای تعیین می‌کند که یک ستاره:

- چه مقدار روشن باشد
- چه مدت عمر کند
- در پایان عمر به چه شی تبدیل شود (سفیدکوتوله، ستارهٔ نوترونی یا سیاه‌چاله)



4- ریکتور هسته‌ای

ریکتور هسته‌ای (Nuclear Reactor)

ریکتور هسته‌ای دستگاه یا محوطه‌ای است که در آن یک سلسله واکنش‌های شکست هسته‌ای (Fission) به‌طور کنترل‌شده انجام می‌شود و انرژی تولید می‌گردد. هدف اساسی ریکتور، تبدیل انرژی هسته‌ای به حرارت و سپس تولید برق در نیروگاه‌های هسته‌ای می‌باشد

چگونگی کار ریکتور هسته‌ای

در ریکتور، هسته‌های سنگین مانند یورانیم-۲۳۵ یا پلوتونیوم-۲۳۹ با برخورد نیوترون می‌شکنند و:

- دو هستهٔ سبک‌تر تولید می‌شود
- چند نیوترون آزاد می‌گردد
- مقدار زیاد انرژی حرارتی آزاد می‌شود

این نیوترون‌ها دوباره هسته‌های دیگر را می‌شکنند و یک واکنش زنجیره‌ای کنترل‌شده ایجاد می‌شود.

اجزای اساسی ریکتور هسته‌ای

۱. مواد سوخت (Fuel)

معمولاً یورانیم-۲۳۵ یا پلوتونیوم است که هسته‌های آن قابلیت شکست دارند.

۲. کندکننده (Moderator)

مواد مانند آب سبک، آب سنگین یا گرافیت که سرعت نیوترون‌ها را کم می‌کنند، تا امکان شکست هستهٔ یورانیم بیشتر شود.

۳. میله‌های کنترل (Control Rods)

از مواد مانند کادمیم یا بور ساخته می‌شوند که نیوترون‌ها را جذب می‌کنند. با بالا و پایین کردن این میله‌ها، شدت واکنش هسته‌ای کنترل می‌شود.

۴. محافظ یا پوشش (Shielding)

دیوارهای ضخیم بتنی یا سربی که از خروج تابش‌های خطرناک جلوگیری می‌کند.

۵. سیستم خنک‌کننده

معمولاً آب، گاز یا فلزات مایع که حرارت تولیدشده را از ریکتور خارج می‌کند تا به بخار تبدیل شده و توربین‌ها را به حرکت آورد.

کاربردهای ریکتور هسته‌ای

- تولید برق در نیروگاه‌های هسته‌ای

بم هسته‌ای نوعی سلاح است که از انرژی آزاد شده در واکنش‌های هسته‌ای برای ایجاد انفجار بسیار بزرگ استفاده می‌کند. انرژی آزاد شده از بم‌های هسته‌ای میلیون‌ها برابر بزرگ‌تر از انفجارهای کیمیاوی است.

بم‌های هسته‌ای به دو دسته بزرگ تقسیم می‌شوند:

۱. بم‌های شکست هسته‌ای (Fission Bomb)

این بم‌ها بر اساس شکست هسته‌های سنگین مانند یورانیم-۲۳۵ یا پلوتونیم-۲۳۹ کار می‌کنند.

در این واکنش:

- هسته سنگین با نیوترون برخورد می‌کند
- به دو هسته سبک‌تر تقسیم می‌شود
- چند نیوترون آزاد می‌گردد
- مقدار زیادی انرژی آزاد می‌شود

آزاد شدن ناگهانی انرژی سبب موج ضربه‌ای، حرارت بسیار زیاد و تابش‌های رادیواکتیف می‌شود.

۲. بم‌های همجوشی (Hydrogen Bomb / Fusion Bomb)

در این نوع بم‌ها، هسته‌های سبک مانند ایزوتوپ‌های هیدروژن (دوتریم و تریتیوم) با هم ترکیب شده و هلیوم می‌سازند. این فرایند همجوشی هسته‌ای مقدار انرژی بسیار زیادتر از شکست هسته‌ای آزاد می‌کند.

ویژگی‌های این بم‌ها:

- انفجار بسیار قوی‌تر
- تولید حرارت و نور شدید
- تولید تابش‌های خطرناک

پیامدهای انفجار هسته‌ای

• تولید ایزوتوپ‌های طبی

• تحقیق‌های علمی

• تولید نیتروژن‌ها برای کاربردهای صنعتی

مزایای ریکتور هسته‌ای

• تولید مقدار بسیار زیاد انرژی

• نیاز به مقدار کم سوخت

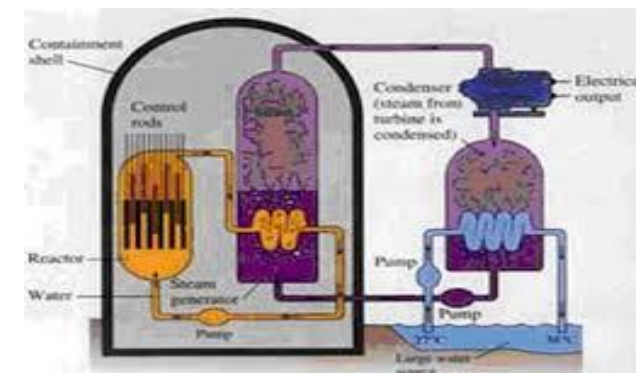
• کاهش آلودگی هوا (عدم تولید گازهای گلخانه‌ای)

نقایص و خطرات

• تولید زباله‌های رادیواکتیف

• امکان حادثه هسته‌ای در صورت خراب‌کاری یا اشتباه

• هزینه زیاد ساخت و نگهداری



● 5- بم‌های هسته بی

بم‌های هسته‌بی

۱. موج ضربه‌ای (Shock Wave)

سبب تخریب شدید ساختمان‌ها، از بین رفتن زیربناها و تلفات جانی می‌شود.

۲. حرارت بسیار زیاد

در کسری از ثانیه حرارتی تولید می‌شود که:

- فلزات را ذوب می‌کند
- سبب آتش‌سوزی‌های گسترده می‌شود
- به انسان‌ها سوختگی شدید وارد می‌کند

۳. تابش‌های رادیواکتیف

پرتوهای آلفا، بتا و گاما و همچنین ذرات رادیواکتیف سبب:

- سرطان
- آلودگی محیط زیست
- آسیب‌های طولانی‌مدت به نسل‌ها می‌شود.

۴. آلودگی محیط زیست

مواد رادیواکتیف سال‌ها در هوا، خاک و آب باقی می‌مانند و باعث:

- آلودگی غذا و آب
- نابودی گیاهان و حیوانات
- مشکلات جدی صحت می‌گردند.

دلایل خطرناک بودن بم‌های هسته‌ای

- قدرت تخریب بسیار زیاد

- تأثیرات درازمدت رادیواکتیف

- اثرات غیرقابل پیش‌بینی بر سلامت انسان

- تخریب کامل محیط زیست و زیربناها



● 6:- کاربردهای ریکتور هسته‌ای

کاربردهای ریکتور هسته‌ای

ریکتور هسته‌ای دستگاهی است که در آن واکنش‌های شکست هسته‌ای (Fission) به‌طور کنترل‌شده انجام می‌شود. انرژی به‌وجودآمده در این واکنش‌ها در بخش‌های مختلف علمی، صنعتی، طبی و تولید انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱. تولید برق در نیروگاه‌های هسته‌ای

بزرگ‌ترین و مهم‌ترین کاربرد ریکتور هسته‌ای، تولید انرژی برق است. در ریکتور، انرژی هسته‌ای به حرارت تبدیل می‌شود، سپس این حرارت آب را به بخار تبدیل کرده و بخار توربین‌ها را می‌چرخاند و در نهایت برق تولید می‌شود.

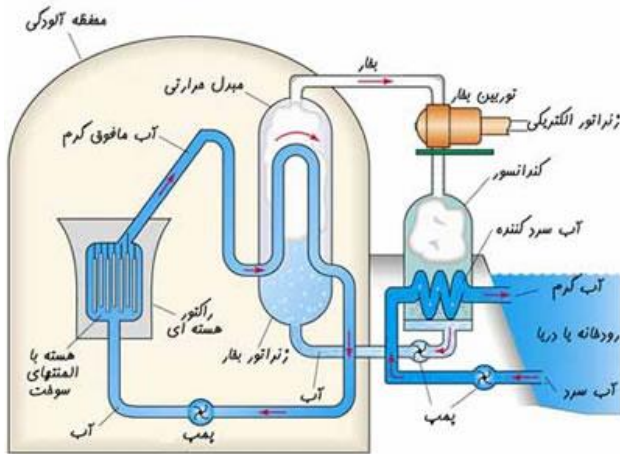
استفاده می‌شود.

۵. تولید حرارت برای استفاده‌های خاص

در بعضی کشورها از حرارت ریکتور برای: گرمایش شهرها, نمک‌زدایی آب دریا, تولید هیدروژن استفاده می‌کنند.

۶. کاربردهای نظامی (غیرهنرمایی)

ریکتورهای خاص در برخی کشورها برای تأمین انرژی کشتی‌های آبی‌خودرو (زیردریایی‌ها) استفاده می‌شود.



۲. تولید ایزوتوپ‌های رادیواکتیف برای طبابت

در ریکتورهای تحقیقاتی، ایزوتوپ‌های رادیواکتیف مانند:

• کوبالت-۶۰

• یودین-۱۳۱

• تکنیشیم-۹۹

تولید می‌شود.

این ایزوتوپ‌ها در تشخیص بیماری‌ها، تداوی سرطان، و تداوی تیروئید استفاده می‌گردند.

۳. تحقیقات علمی

ریکتورها برای:

• مطالعه مواد توسط نیوترون

• آزمایش‌های فزیک هسته‌ای

• تحقیق در انرژی‌های نو

به کار می‌روند.

این تحقیقات سبب پیشرفت در فزیک، کیمیا و انجینیری می‌شوند.

۴. کاربردهای صنعتی

نیوترون‌های تولیدشده در ریکتور برای:

• عیب‌یابی و بررسی کیفیت مواد

• تشخیص ترک‌ها و عیوب در فلزات

• عقیم‌سازی وسایل صحت

• افزایش مقاومت برخی مواد