

پوستر تعاریف و اشکال سینماتیک

سینماتیک

حرکت‌شناسی (سینماتیک)

سینماتیک، شاخه‌ای از علم مکانیک در فیزیک است که به بررسی انواع حرکت، بدون توجه به علل به وجود آمدن آنها، می‌پردازد.

حرکت یک بعدی:

حرکت یک بعدی، حرکت بر روی خط راست (مستقیم‌الخط) را می‌گویند.

در این مدل حرکت، متحرک صرفاً می‌تواند بر روی خط راست، حرکت رفت و برگشت انجام دهد.

متحرک می‌تواند سرعت خود را افزایش (گاز) یا سرعت خود را کاهش دهد (ترمز) ولی حق انحراف از مسیر مستقیم را ندارد.

تعریف بردار مکان:

بردار مکان است که مبدأ مکان ($x=0$) را به مکان در هر لحظه، متصل می‌کند.

مکان اولیه (x_0): نقطه‌ای است که حرکت از آنجا بررسی می‌شود.

مکان ثانویه x_1 : به اختصار مکان گفته می‌شود و نقطه‌ای است که متحرک در هر لحظه قرار دارد.

تغییر مکان (جابجایی Δx): کمیتی برداری است. مسیر حرکت را نشان نمی‌دهد و فقط نمایانگر ابتدا و انتهای حرکت است. $\Delta x = x - x_0$

بردار جابجایی نیز به صورت $\vec{\Delta d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1$ نمایش داده می‌شود.

مسافت طی شده (L): به شمارش نرده‌ای (اسکالر) مسیر حرکت، اطلاق می‌گردد. کاملاً به مسیر حرکت وابسته است.

علامت جابجایی، جهت حرکت را نشان می‌دهد. هر گاه در جهت + حرکت می‌کنیم، جابجایی مثبت و هر گاه در جهت - حرکت می‌کنیم جابجایی منفی است.

و دوباره تأکید می‌کنیم:

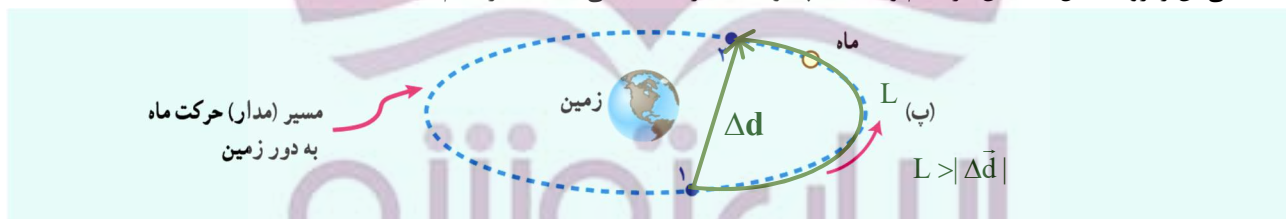
که مسافت طی شده یک کمیت نرده‌ای (اسکالر) است و علامت ندارد.

زمانی جابجایی (Δx) و مسافت طی شده (L) با هم برابرند که حرکت رفت و برگشت نباشد یعنی تغییر جهت نداشته باشیم. اندازه مسافت طی شده

همیشه بزرگتر مساوی اندازه جابجایی است.

$$L \geq \Delta x$$

شکل زیر مسیر حرکت ماه به دور زمین را نشان می‌دهد. وقتی ماه در جهت نشان داده شده در شکل، از مکان ۱ به مکان ۲ می‌رود مسیر حرکت و بردار جابجایی آن را روی شکل مشخص کرده‌ایم و مسافت پیموده شده را با جابجایی مقایسه کرده‌ایم.



تعریف سرعت متوسط (V_{av}):

$$V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \xrightarrow{\text{واحد اصلی (SI)}} \frac{m}{s}$$

$$\frac{km}{h} = \frac{1000m}{3600s} = \frac{10}{36} \frac{m}{s}$$

جابجایی در واحد زمان را سرعت متوسط می‌گویند.

سرعت متوسط، همانند جابجایی به مسیر حرکت وابسته نیست و فقط به نقطه شروع و پایان وابسته است. ضمناً سرعت متوسط یک کمیت برداری است و علامت سرعت متوسط جهت حرکت را نشان می‌دهد.

تعریف تندی متوسط (S_{av}):

$$S_{av} = \frac{L}{\Delta t} \xrightarrow{\text{واحد اصلی (SI)}} \frac{m}{s}$$

به مسافت طی شده در واحد زمان تندی متوسط گفته می‌شود.

تندی متوسط، همانند مسافت طی شده وابسته به مسیر حرکت است و یک کمیت اسکالر (نرده‌ای) است.

سرعت لحظه‌ای و تندی لحظه‌ای:

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} \text{ لحظه‌ای}$$

سرعت متوسط را در بازه زمانی بسیار بسیار کوچک، سرعت لحظه‌ای (سرعت) می‌گویند.

$$S = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{L}{\Delta t} \text{ لحظه‌ای}$$

تندی متوسط را در بازه زمانی بسیار بسیار کوچک، تندی لحظه‌ای (تندی) می‌گویند.

پوستر تعاریف و اشکال سینماتیک

چون مقادیر لحظه‌ای در بازه زمانی بسیار کوچک (دیفرانسیلی) محاسبه می‌شود، تغییر جهت امکان‌پذیر نیست بنابراین اندازه (بزرگی) سرعت لحظه‌ای و تندى لحظه‌ای برابر است. تندى لحظه‌ای نرده‌ای است، اما سرعت لحظه‌ای برداری است. $S = |V|$. عقربه سرعت شمار خودرو «تندى لحظه‌ای» را نشان می‌دهد.



تندشونده و کندشونده بودن حرکت:

$|V| = S \rightarrow$ تندشونده $\Rightarrow$ افزایش (گاز)

$|V| = S \rightarrow$ کندشونده $\Rightarrow$ کاهش (ترمز)

برای مشخص کردن تندشونده یا کندشونده بودن حرکت، دو شرط را بایستی رعایت کنیم.
(۱) مقادیر باید لحظه‌ای باشند (۲) علامت مهم نیست (قدرمطلق)
تغییرات سرعت در واحد زمان را شتاب متوسط می‌گویند.

$$a_{av} = \frac{\Delta V}{\Delta t} \xrightarrow{\text{واحد اصلی در SI}} \frac{m}{s^2}$$

شتاب به تغییرات سرعت وابسته است نه به خود سرعت!!

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t} \text{ لحظه‌ای}$$

$$\vec{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$$

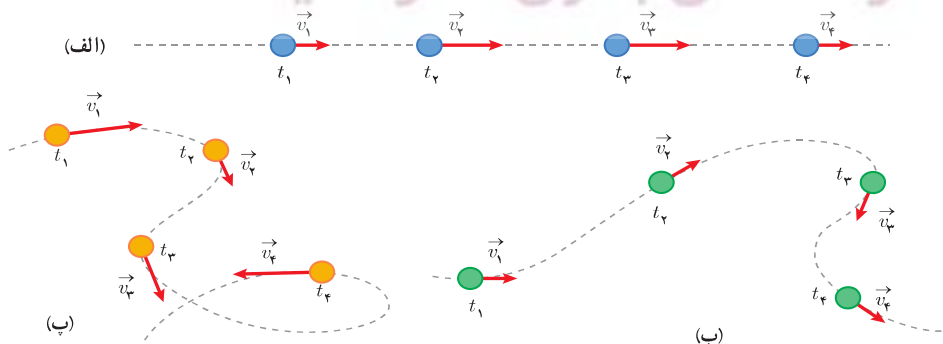
علامت شتاب ما را به یاد عاقبت انسان‌ها می‌اندازد:

$$\text{علامت شتاب} \begin{cases} V > 0, |V| \uparrow & a > 0 \\ V > 0, |V| \downarrow & a < 0 \\ V < 0, |V| \uparrow & a < 0 \\ V < 0, |V| \downarrow & a > 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a \cdot V > 0 \Rightarrow \text{تندشونده} \\ a \cdot V < 0 \Rightarrow \text{کندشونده} \end{cases}$$

تغییرات سرعت هم می‌تواند به دلیل تغییر اندازه یا به دلیل تغییر جهت باشد!!

یعنی اگر جهت حرکت (علامت سرعت) عوض شود (و حتی اندازه سرعت ثابت بماند!) باز هم شتاب خواهیم داشت.

بردار سرعت در هر نقطه از مسیر، بر مسیر حرکت مماس است. تغییر سرعت جسم در نقاط مختلف مسیر حرکت می‌تواند به دلیل تغییر در اندازه بردار سرعت (تندی) جسم باشد. (الف) یا می‌تواند به دلیل تغییر در جهت بردار سرعت آن باشد (ب)، یا همچنین می‌تواند به دلیل تغییر در اندازه و جهت بردار سرعت متحرک باشد (پ).



وقتی سرعت جسمی (الف) به دلیل تغییر اندازه آن، (ب) به دلیل تغییر جهت آن و (پ) به دلیل تغییر اندازه و جهت آن تغییر کند، حرکت جسم شتاب‌دار است.

آیا در حرکت بر روی خط راست می‌تواند بردار سرعت و شتاب خلاف جهت هم باشند؟

بله - وقتی حرکت کندشونده است. $a \cdot V < 0$

آیا در حرکت بر روی خط راست می‌تواند بردار سرعت و شتاب هم‌جهت باشند؟

بله - وقتی حرکت تندشونده است. $a \cdot V > 0$

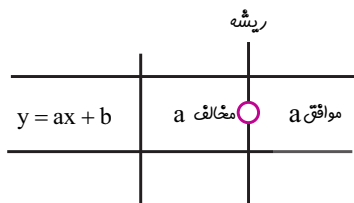
پوستر تعاریف و اشکال سینماتیک

معادله ی حرکت ، رابطه ای است بین مکان و زمان که مکان متحرک را بر حسب زمان ، در هر لحظه نشان می دهد. برای متحرک در حال حرکت یک بعدی، معادله ی مکان آن بر حسب زمان ، به شکل کلی $x = f(t)$ نوشته می شود. بسیار مهم است که بدانیم معادله حرکت (تابع مکان — زمان) به مسیر حرکت ربطی ندارد. هر چه درجه تابع مکان زمان بیشتر باشد، تعداد رفت و برگشت ها و گاز و ترمزها زیاد شده است.

روش تعیین علامت عبارت درجه اول $(y = ax + b)$

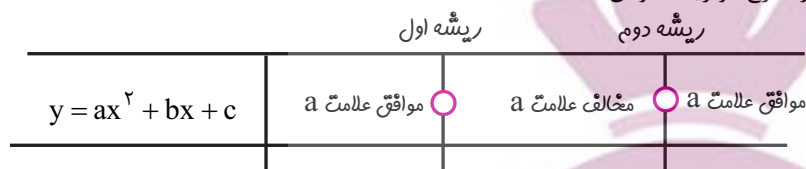
ریشه عبارت درجه اول را محاسبه می نماییم.

بزرگتر از ریشه موافق علامت a و کوچکتر از ریشه مخالف علامت a



روش تعیین علامت عبارت درجه دوم $(y = ax^2 + bx + c)$

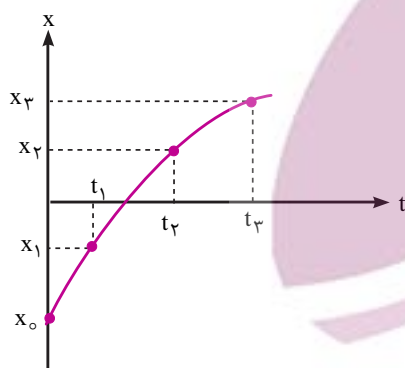
ریشه ها را به دست می آوریم. بین دو ریشه مخالف علامت a و خارج دو ریشه موافق علامت a



با تعیین علامت تابع مکان - زمان می توانیم دریابیم در چه زمان هایی مکان (بردار مکان) مثبت و در چه زمان هایی مکان (بردار مکان) منفی است.

کاربردهای نمودار مکان زمان:

۱- مکان در هر لحظه را نشان می دهد.



$$t = 0 \longrightarrow x_0$$

$$t_1 \longrightarrow x_1$$

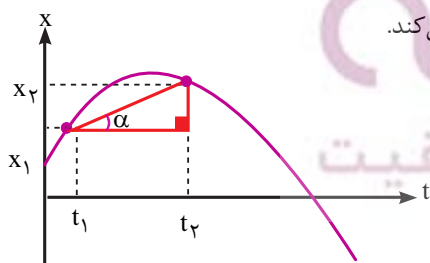
$$t_2 \longrightarrow x_2$$

$$t_3 \longrightarrow x_3$$

$$V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

۲) سرعت متوسط:

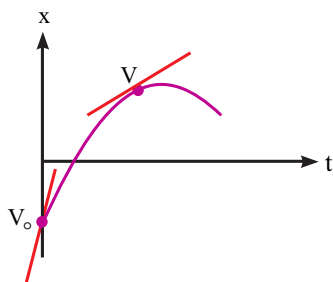
در نمودار مکان - زمان، سرعت متوسط بین دو نقطه، شیب خطی است که دو نقطه را به هم وصل می کند.



$$\tan \alpha = \text{شیب خط} = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = V_{av}$$

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

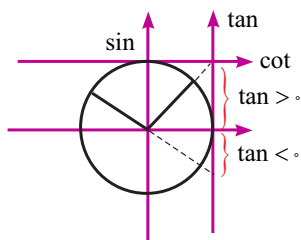
شیب خط مماس بر منحنی مکان - زمان در هر لحظه را سرعت لحظه ای می گویند.



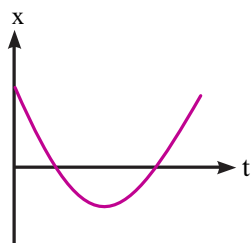
پوستر تعاریف و اشکال سینماتیک

علامت سرعت یعنی جهت حرکت

علامت شیب در نمودار مکان - زمان، علامت سرعت را نشان می‌دهد.



نمودار مکان - زمان مقابل یک سهمی است. این بدان معنا نیست که متحرک روی مسیر سهمی حرکت می‌کند. متحرک فقط روی خط راست حرکت می‌کند. یعنی نمودار مکان زمان (همانند تابع مکان زمان) نمایانگر مسیر حرکت نیست. چون حرکت متحرک تغییر جهت و گاز و ترمز داشته است. نمودار آن سهمی شکل شده است.



بردار سرعت متوسط با بردار جابجایی هم‌جهت است.

بردار سرعت متوسط با بردار مکان الزاماً هم‌جهت نیست.

بردار سرعت متوسط با بردار سرعت لحظه‌ای الزاماً هم‌جهت نیست.

بردار سرعت با بردار شتاب الزاماً هم‌جهت نیست.

تندی متوسط و تندی لحظه‌ای:

برای محاسبه تندی متوسط در نمودار مکان - زمان بایستی تمام مکان‌ها (به صورت عددی)، مشخص باشد با شمارش نرده‌ای تمام واحدهای پیموده شده، مسافت طی شده محاسبه می‌گردد و می‌توان تندی متوسط را محاسبه نمود.

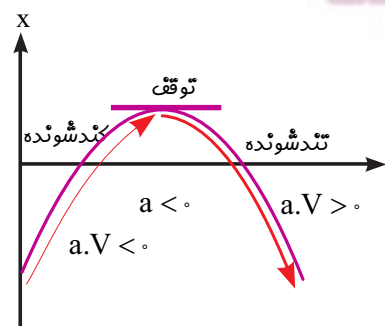
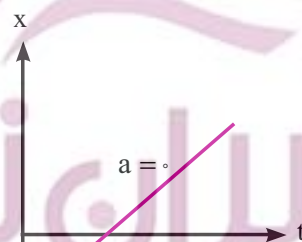
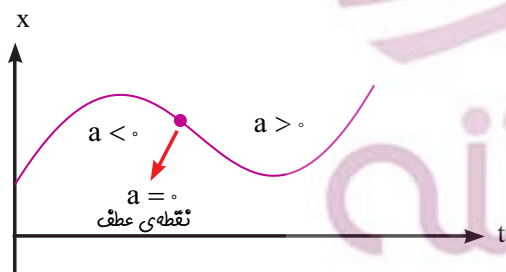
اما همان‌طور که گفته شد بزرگی سرعت لحظه‌ای و تندی لحظه‌ای با هم برابر است. $|V| = S$

بنابراین می‌توان بزرگی شیب خط مماس بر منحنی در هر لحظه را تندی لحظه‌ای نیز نامید. (نمودار مکان - زمان)

اما علامت شیب در تندی لحظه‌ای اهمیت ندارد.

هر گاه نمودار مکان زمان تقعر به سمت بالا باشد (کاسه)، شتاب مثبت

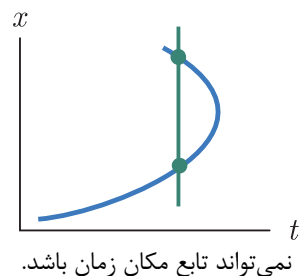
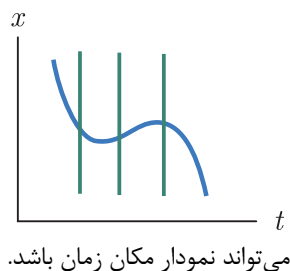
هر گاه در نمودار مکان زمان تقعر به سمت پایین باشد (کلاه) شتاب منفی است.



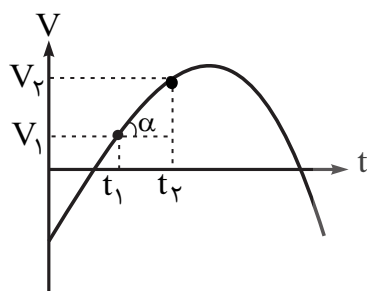
توجه به این نکته، ضروری به نظر می‌رسد که یک متحرک نمی‌تواند در یک زمان مشخص در دو مکان مختلف باشد! بنابراین هر خطی که به موازات

محور X نمودار مکان - زمان رسم می‌شود، ناپیستی نمودار را در بیش از یک نقطه قطع کند. (مفهوم تابع در ریاضی در ذهن ما تداعی می‌شود!)

پوستر تعاریف و اشکال سینماتیک



نمودار سرعت زمان



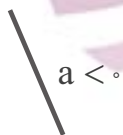
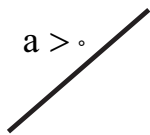
$$a_{av} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$\text{شیب خط} = \tan \alpha = \frac{\Delta V}{\Delta t} = a_{av}$$

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad \text{شیب خط مماس بر منحنی در هر لحظه}$$

در شتاب متوسط و لحظه‌ای هر گاه شیب خط با جهت مثبت محور x زاویه حاده بسازد شتاب $+$ و هر گاه زاویه منفرجه بسازد شتاب $-$ است

شیب خطی که دو نقطه را به هم وصل می کند.



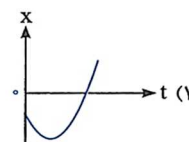
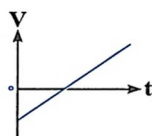
$a = 0$ یکنواخت

در نمودار سرعت زمان

(جهت حرکت) هر گاه نمودار بالای محور t باشد سرعت $+$ و هر گاه پایین محور t باشد سرعت $-$ است. و اگر نمودار روی محور t باشد سرعت صفر است.

۶- تندشونده و کندشونده بودن: هر گاه نمودار $V-t$ از محور t دور شود حرکت تندشونده و هر گاه نزدیک شود حرکت کندشونده است.

سرعت- زمان متحرکی در مسیر مستقیم مطابق شکل است. نمودار مکان- زمان آن به شکل زیر است. (منحنی‌های رسم شده قسمتی از یک سهمی هستند)



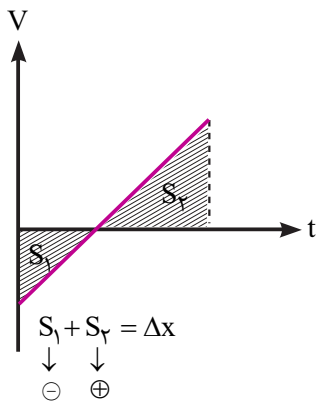
چون در نمودار سرعت زمان شیب مثبت است یعنی شتاب مثبت است. بنابراین نمودار مکان زمان بایستی شبیه کاسه باشد.

مساحت زیر نمودار سرعت - زمان، می تواند نشان دهنده‌ی جابجایی یا تغییر مکان باشد (انتگرال)

$$V(t) \xrightarrow[\text{انتگرال}]{\text{مشتق}} a(t)$$

مساحت زیر نمودار

پوستر تعاریف و اشکال سینماتیک



فقط بایستی توجه کرد:

اگر بالای محور t ، مساحت با علامت (+)

اگر پایین محور t ، مساحت با علامت (-)

جابجایی محاسبه می شود.

$$V_{aV} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$|S_1| + |S_2| = L$$

$$S_{aV} = \frac{L}{\Delta t}$$

در ادامه می توان سرعت متوسط را نیز محاسبه کرد:

اما جمع قدرمطلق مساحت ها، مسافت طی شده را نشان می دهد.

که در ادامه می توان تندی متوسط را نیز محاسبه نمود.

نمودار شتاب زمان:

شتاب در هر لحظه

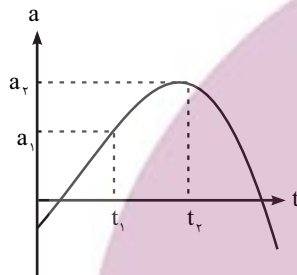
نکته: در این نمودار شیب به معنای Jerk کاربرد ندارد

- بالای محور t $a > 0$

- روی محور t $a = 0$

- پایین محور t $a < 0$

علامت شتاب

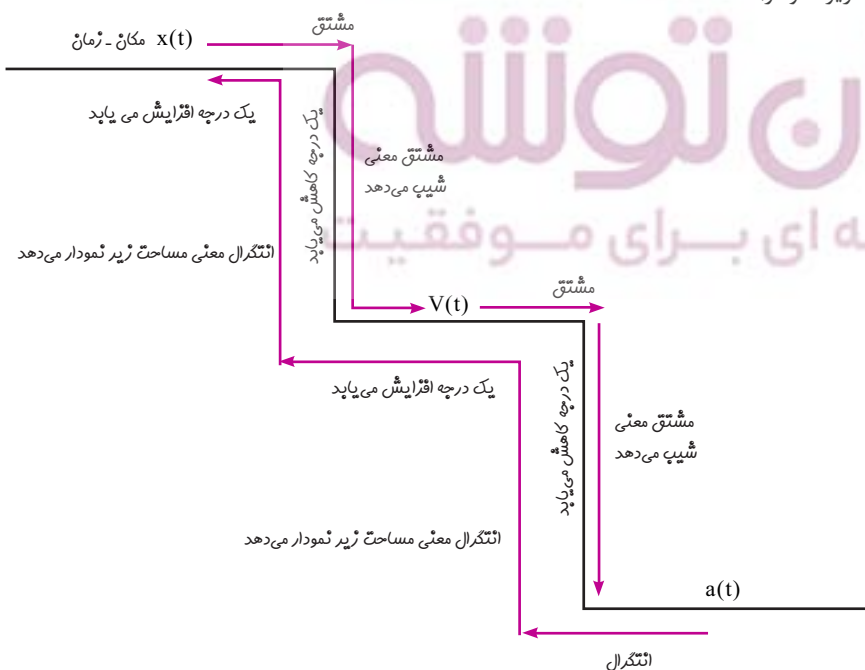


$$S_1 + S_2 = \Delta V$$

↓ ↓
+ -

با محاسبه ΔV می توان شتاب متوسط را نیز محاسبه نمود

مفاهیم مشتق (شیب خط مماس) و انتگرال (مساحت زیر نمودار)

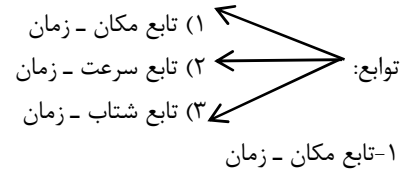


$$y = ax^n + b \xrightarrow{\text{مشتق}} y' = anx^{n-1}$$

$$y = ax^n + b \xrightarrow{\text{انتگرال}} \int y = \frac{a}{n+1} x^{n+1} + bx + c$$

پوستر تعاریف و اشکال سینماتیک

مشتق دوم در ریاضی معنی تقعر و تحدب (گودی) می‌دهد.



با تابع مکان زمان می‌توان، مکان در هر لحظه را به‌دست آورد.

$$t_1 \longrightarrow x_1$$

$$t_2 \longrightarrow x_2$$

$$V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

سرعت متوسط در هر بازه زمانی قابل محاسبه است.

با مشتق اول از تابع مکان - زمان به تابع سرعت - زمان و با مشتق دوم از تابع مکان - زمان به تابع شتاب - زمان می‌رسیم.

تابع سرعت - زمان:

(۱) می‌توان سرعت لحظه‌ای را در هر زمان مشخص کرد.

(۲) شتاب متوسط قابل محاسبه است.

(۳) با رسم نمودار سرعت - زمان یا تعیین علامت می‌توان مسافت پیموده شده و یا تندشونده و کندشونده بودن حرکت را مشخص کرد.

(۴) می‌توان شتاب را محاسبه نمود و راجع به علامت آن اظهارنظر کرد.

به کمک معادله سرعت - زمان به دو شیوه می‌توان مسافت طی شده و نیز تندشونده و کندشونده بودن حرکت را مشخص نمود:

(۱) تعیین علامت عبارت جبری

(۲) رسم نمودار سرعت - زمان (قطعاً روش دوم سریع‌تر است).

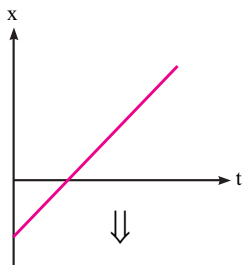
تابع شتاب - زمان: (۱) می‌توان شتاب لحظه‌ای را در هر زمان مشخص کرد. (۲) می‌توان راجع به علامت شتاب در هر لحظه اظهارنظر کرد. حرکت سرعت ثابت (یکنواخت):

$$V_{av} = V$$

حرکت سرعت ثابت تنها از یک رابطه تبعیت می‌کند:

$$\Delta x = Vt \Rightarrow \underline{x = Vt + x_0}$$

معادله مکان زمان حرکت یکنواخت

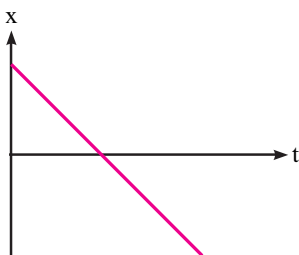


نمودار مکان - زمان حرکت یکنواخت، یک خط راست است.

خط راست نماد تناسب می‌باشد.

ایران تونل
توشه‌ای برای موفقیت

نمودار مکان - زمان متحرکی که در جهت شیب محور X بصورت یکنواخت حرکت می‌کند.



نمودار مکان - زمان متحرکی که در جهت منفی محور X بصورت یکنواخت حرکت می‌کند.

حرکت یکنواخت نمی‌تواند تغییر جهت داشته باشد چون نمی‌تواند گاز و ترمز داشته باشد. بنابراین جابجایی و مسافت طی شده و نیز سرعت متوسط و تندی متوسط و نیز اندازه سرعت متوسط و لحظه‌ای با هم برابرند.

برای حل مسائل دو متحرک با سرعت ثابت (یکنواخت) علاوه بر روش تناسب و نوشتن معادلات، می‌توان از روش سرعت نسبی استفاده کرد:

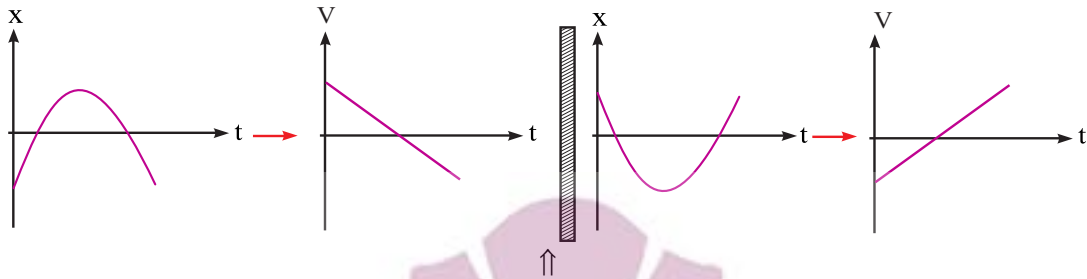
هر گاه دو متحرک در خلاف جهت هم حرکت کنند، می‌توان تصور کرد که یکی ایستاده و متحرک دوم با سرعت نسبی $V_1 + V_2$ حرکت می‌کند و هر

گاه دو متحرک در یک جهت حرکت کنند، می‌توان تصور کرد که یکی ایستاده و متحرک دوم با سرعت نسبی $V_1 - V_2$ حرکت می‌کند.

پوستر تعاریف و اشکال سینماتیک

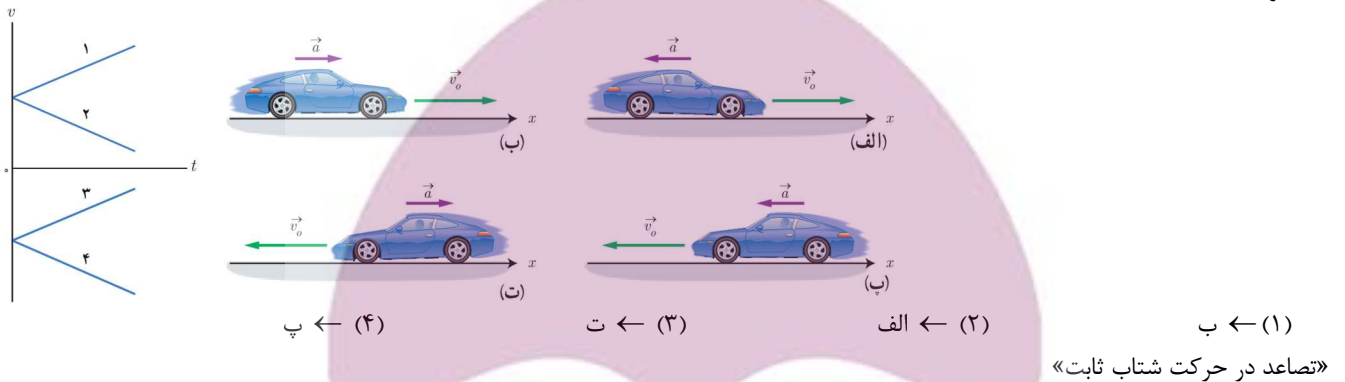
حرکت با شتاب ثابت در مسیر مستقیم:

در این حرکت، شتاب حرکت ثابت است، در نتیجه شتاب متوسط همواره با شتاب لحظه‌ای برابر است. چون سرعت تابع درجه اول از زمان است، سرعت متوسط بین هر دو لحظه با میانگین سرعت های آن دو لحظه برابر است.

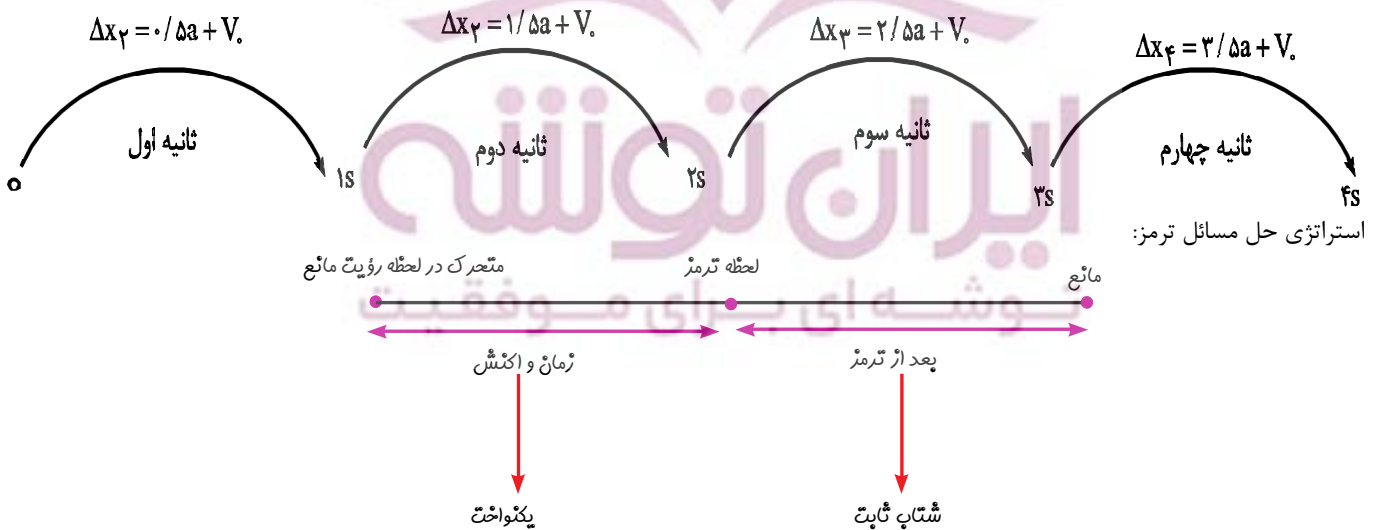


مجدداً به تبدیل نمودار مکان زمان و سرعت زمان به همدیگر در حرکت شتاب ثابت توجه کنید.

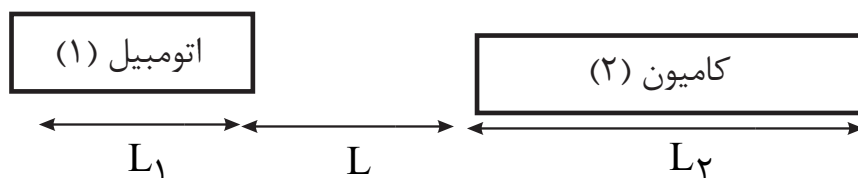
در تمامی حالت‌های شکل زیر، خودروها در امتداد محور X و با شتاب ثابت در حرکت‌اند. حرکت هر یک از خودروها، توسط کدامیک از نمودارهای $V-t$ توصیف می‌شود؟ همچنین توضیح دهید تندى کدام خودرو در حال افزایش (حرکت تندشونده) و تندى کدام خودرو در حال کاهش (حرکت کندشونده) است.



«تساعد در حرکت شتاب ثابت»



مفهوم سبقت:



$$\Delta x_1 > \Delta x_2$$

$$\Delta x_1 - \Delta x_2 = L + L_1 + L_2$$

سبقت کامل:



پوستر تعاریف و اشکال دینامیک

تعریف نیرو:

وقتی جسمی را می کشیم یا آن را هل می دهیم، به آن نیرو وارد می کنیم. نیرو، حاصل برهم کنش یا اثر متقابل دو جسم بر یکدیگر است. نیرو کمیتی برداری است که علاوه بر اندازه، جهت نیز دارد. معمولاً نیرو را با $\vec{F}$ نشان می دهند. در رسم نیرو از یک پاره خط جهت دار با مقیاس مناسب استفاده می شود.

نیرو را به کمک نیروسنج اندازه گیری می کنیم و یکای آن، نیوتون است که با نماد N نشان داده می شود. نیروی وارد بر یک جسم می تواند سبب تغییر سرعت جسم یا تغییر شکل آن شود.



قوانین حرکت نیوتون

قانون اول نیوتون: اگر به جسمی به طور هم زمان چند نیرو اثر کند و این نیروها اثر یکدیگر را خنثی کنند، به عبارت دیگر برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر شود، می گوئیم نیروهای وارد بر جسم متوازن هستند. وقتی نیروهای وارد بر جسمی متوازن باشند، اگر جسم ساکن باشد، همچنان ساکن باقی می ماند و اگر در حال حرکت باشد، سرعت جسم تغییر نمی کند و ثابت می ماند.

گالیله قبل از نیوتن پی برده بود که بدون وارد کردن نیرو (متوازن) هم جسم می تواند حرکت کند.

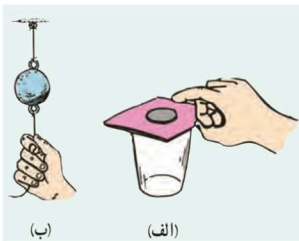
شکل - گاهی برای سادگی فرض می شود که همه جرم یک جسم در یک نقطه به نام مرکز جرم متمرکز شده است و به جای آنکه نیرو به قسمت های مختلف جسم وارد شود به این نقطه وارد می شود.

سوال ۱: در فیلمی علمی تخیلی، موتور یک کشتی فضایی که در فضای تهی خارج از جو زمین و دور از هر سیاره و خورشید در حرکت است، از کار می افتد. در نتیجه حرکت کشتی فضایی کند می شود و می ایستد. آیا امکان وقوع چنین رویدادی وجود دارد؟ توضیح دهید. خیر طبق قانون اول نیوتن اگر خالص نیروهای وارد بر یک جسم صفر باشد و جسم در حال حرکت باشد، به حرکت خود به صورت یکنواخت ادامه می دهد. موتور سفینه فضایی، نیروی خارجی است که از کار می افتد. ضمناً چون در خلأ هست، اصطکاک و مقاومت هوا نیز وجود ندارد و چون دور از سیاره ها و ستاره ها هست، نیروی گرانش نیز وجود ندارد. لختی (اینرسی): برگرفته از قانون اول نیوتن است. تمایل اجسام به حفظ حالت را نشان می دهد.

فرض کنید در اتوبوسی نشسته اید و اتوبوس در یک جاده مستقیم حرکت می کند. اگر راننده ترمز کند و شما کمر بند خود را نبسته باشید، ممکن است به جلو پرتاب شوید (متماثل شوید)، یا اگر اتوبوس ساکن باشد و ناگهان شروع به حرکت کند، به طرف عقب به صندلی خود فشرده می شوید. بر اساس قانون اول نیوتن، اگر بر جسم نیروی خالصی وارد نشود، جسم ساکن می ماند و یا با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می دهد. به این خاصیت اجسام که میل دارند وضعیت حرکت خود را هنگامی که نیروی خالص وارد بر آنها صفر است حفظ کنند، لختی گویند. طبق قانون اینرسی یا لختی برای تغییر حالت در اجسام نیاز به (۱) نیرو و (۲) مدت زمان لازم برای تغییر هست.

سوال ۲: الف) چرا حرکت سریع مقوا در شکل الف، سبب افتادن سکه در لیوان می شود؟

ب) چرا در شکل ب، اگر به آرامی نیروی وارد بر گوی سنگین را زیاد کنیم نخ بالای گوی پاره می شود، اما اگر ناگهان نخ را بکشیم، نخ پایین آن پاره می شود؟



الف: کشیدن سریع مقوا باعث افتادن سکه در لیوان می شود اما کشیدن آهسته و آرام باعث می شود که سکه با مقوا

حرکت کند و داخل لیوان سقوط نکند ← قانون لختی (اینرسی) ← برگرفته از قانون

اول نیوتن ← چون وقتی به آرامی مقوا را می کشیم، فرصت و مدت زمان کافی برای تغییر حالت دو جسم فراهم کرده ایم.

ب: قانون لختی (اینرسی) ← قانون اول نیوتن وقتی نخ را سریع می کشیم از پایین قطع می شود و وقتی آرام می کشیم نخ از بالا پاره می شود.

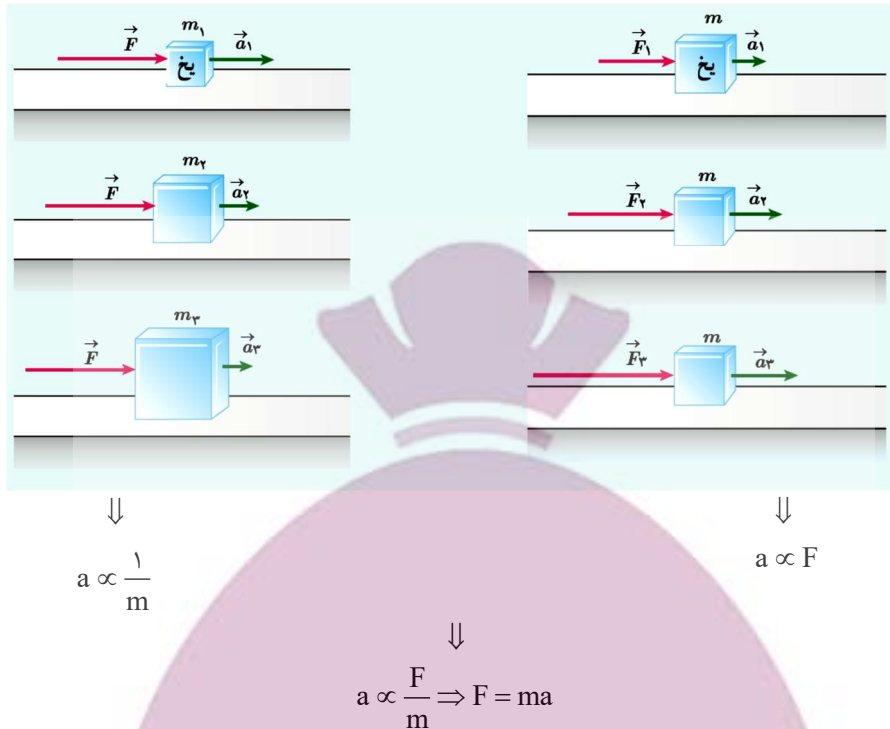


پ: چرا بستن کمر بند ایمنی در خودروها الزامی است؟ زیرا اگر راننده به صورت ناگهانی ترمز کند، سرنشینان به جلو پرتاب خواهند شد. زیرا طبق قانون لختی (اینرسی) که برگرفته از قانون اول نیوتن است، تغییر حالت در اجسام نیازمند نیرو و مدت زمان اثر نیرو است.

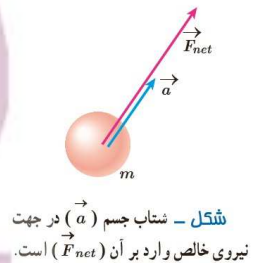
پوستر تعاریف و اشکال دینامیک

قانون دوم نیوتون: وقتی نیروی خالصی به جسمی وارد می‌شود، سرعت آن تغییر می‌کند و جسم تحت تأثیر آن نیرو، شتابی در جهت نیروی خالص پیدا می‌کند.

در شکل‌های زیر، قطعه یخ‌ها روی یک سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارند. استنباط خود را از این شکل‌ها بیان کنید.



هرگاه بر جسم نیروی خالصی وارد شود، جسم تحت تأثیر آن نیرو شتاب می‌گیرد که این شتاب با نیروی خالص وارد بر جسم نسبت مستقیم دارد و در همان جهت نیروی خالص است و با جرم جسم نسبت عکس دارد.



نتیجه:

قانون اول نیوتون: یک جسم، حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می‌کند، مگر آن‌که نیروی خالص غیرصفری به آن وارد شود. به عبارت دیگر وقتی نیروهای وارد بر جسمی متوازن باشند (نیروی خالص وارد شده به جسم صفر باشد) اگر جسم ساکن باشد، همچنان ساکن باقی می‌ماند و اگر در حال حرکت باشد، به حرکت خود با سرعت ثابت ادامه می‌دهد.

$$\vec{F}_{net} = 0 \rightarrow \text{سرعت ثابت (یکنواخت) یا ساکن (تعداد)}$$

قانون دوم نیوتون: هرگاه به جسمی نیروی خالصی وارد شود، جسم تحت تأثیر آن نیرو شتاب می‌گیرد که این شتاب با نیروی خالص وارد بر جسم نسبت مستقیم دارد و در همان جهت نیروی خالص است و با جرم جسم نسبت وارون دارد. به عبارت دیگر داریم:

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a}$$

$$\vec{F}_{net} \leftarrow \text{نیروی خالص وارد شده به جسم بر حسب نیوتون (N)}$$

$$m \leftarrow \text{جرم جسم بر حسب کیلوگرم (kg)}$$

$$\vec{a} \leftarrow \text{شتاب حرکت جسم بر حسب متر بر مجذور ثانیه (\frac{m}{s^2})}$$

نکته: در رابطه فوق برای محاسبه F_{net} نیروهایی که در جهت حرکت هستند (نیروهایی که به حرکت جسم کمک می‌کنند یا به عبارت دیگر نیروهای خوب) با علامت مثبت و نیروهایی که در خلاف جهت حرکت هستند (نیروهایی که با حرکت جسم مخالفت می‌کنند یا به عبارت دیگر نیروهای بد) با علامت منفی جایگذاری می‌شوند.

پوستر تعاریف و اشکال دینامیک

نکته: همان طور که می دانید نیرو کمیته برداری است، بنابراین برای محاسبه $\vec{F}_{net}$ باید برآیند نیروها را به صورت برداری محاسبه کنیم.

* بردار مقدماتی

یادآوری:



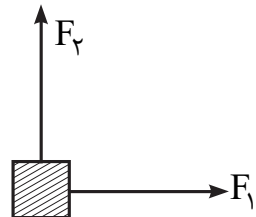
$$F_{net} = F_1 + F_2$$

برآیند دو نیروی هم راستا و هم جهت (سو)



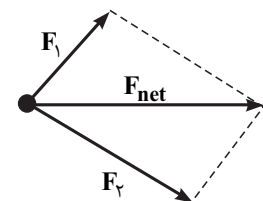
$$F_{net} = |F_1 - F_2|$$

برآیند دو نیروی هم راستا در خلاف جهت هم:



$$F_{net} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

برآیند دو نیروی عمود بر هم:

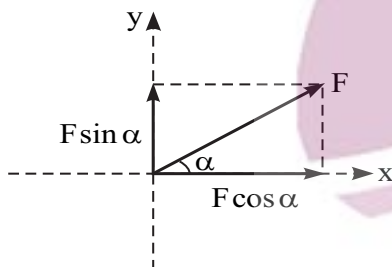


روش متوازی الاضلاع:

برای یافتن جهت برآیند دو نیرو، به موازات و هم اندازه نیروی اول، یک خط رسم می کنیم و به موازات و هم اندازه نیروی دوم نیز چنین می کنیم. یک متوازی الاضلاع تشکیل می شود که قطر آن جهت برآیند را نشان می دهد.

تجزیه نیرو:

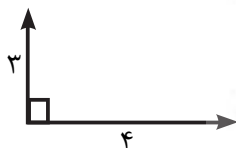
یک نیرو را می توان همواره به دو مولفه افقی و عمودی تجزیه کرد:



اگر بیش از ۲ نیرو نیز وجود داشته باشد، برای برآیندگیری همواره تجزیه نیرو را هگشا خواهد بود. چون همه نیروها به نیروهای افقی و عمودی تجزیه می شوند و در نهایت با فیثاغورس قابل ساده شدن هستند.

برای فیثاغورس گرفتن، فاکتورگیری و نسبت های طلایی را استفاده می کنیم.

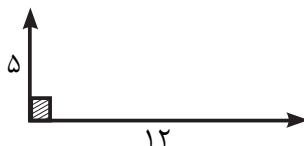
نسبت های طلایی فیثاغورس:



(۵) فیثاغورس



(۱۰) فیثاغورس



(۱۳) فیثاغورس

قانون سوم نیوتون: نیرو اثر متقابل دو جسم بر یکدیگر است.

پوستر تعاریف و اشکال دینامیک

همواره به صورت جفت وجود دارند. اگر یکی از این نیروها را کنش بنامیم، نیروی دیگر واکنش نامیده می‌شود. سوم نیوتون رابطه‌ی کمی بین نیروهای کنش و واکنش را به صورت زیر بیان می‌کند: جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی هم اندازه و هم راستا اما در خلاف وارد می‌کند.

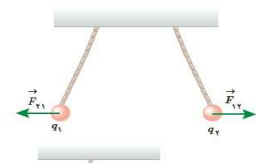
قانون سوم نیوتن

کنش و واکنش همدیگر را خنثی نمی‌کنند چون به دو جسم مختلف وارد می‌شوند. کنش و واکنش هم جنس هستند (مکانیکی، الکتریکی، مغناطیسی و گرانشی)

$$\text{کنش و واکنش اثرات یکسانی ندارند} \quad a \propto \frac{1}{m}$$

سیبی را در نظر بگیرید که به شاخه درختی آویزان است و سپس از درخت جدا می‌شود. رسم شکل نیروهای وارد بر سیب را قبل و بعد از جدا شدن از درخت نشان دهید. mg : کنش و واکنش زمین و سیب

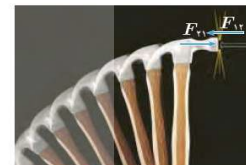
کشش نخ (شاخه) کنش و واکنش بین سیب و شاخه



نیروها
قانون
هرگاه
جهت



شکل - نیروهای کنش و واکنش هم اندازه، هم راستا و در خلاف جهت یکدیگرند.



شکل - چکش به میخ نیرو وارد می‌کند و میخ به چکش، این نیروها هم اندازه، هم راستا و در خلاف جهت یکدیگرند.

با
الف:
T :

سیبی را در نظر بگیرید که از شاخه جدا شده و در حال سقوط است. نیروهای وارد بر سیب را تبیین کنید:

(۱) نیروی وزن رو به پایین کنش و واکنش زمین با سیب

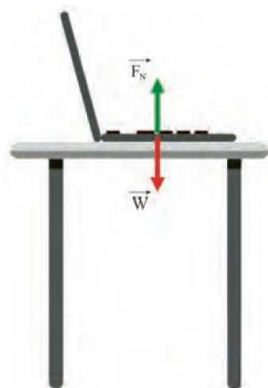
(۲) نیروی مقاومت شاره (هوا) رو به بالا، کنش و واکنش سیب با مولکول‌های هوا

شخص اول، شخص دوم را هل می‌دهد (نیرو وارد می‌کند) طبق قانون سوم نیوتن، شخص دوم هم با همان نیرو و در خلاف جهت شخص اول را هل می‌دهد. (۱) این نیروها همدیگر را خنثی نمی‌کنند چون به دو جسم مختلف وارد می‌شوند (۲) هم جنس هستند. هر دو نیروی خارجی (مکانیکی) محسوب می‌شوند. (۳) اثرات یکسانی ندارند. شخص دوم چون جرم کمتری دارد، شتاب بیشتری می‌گیرد. (۴) از اصطکاک صرف‌نظر شده (کفش‌های چرخ‌دار) و نیروی وزن هم غیرمؤثر است چون بر مسیر حرکت عمود است و طبق رابطه $W = F.d.\cos\theta$

زاویه θ قائمه (90°) است و $\cos\theta = 0 \leftarrow W = 0$

در شکل مقابل نیز نیروی وزن و نیروی شناوری (ارشمیدس) نیروهای غیرمؤثر هستند چون بر راستای حرکت عمود هستند و همدیگر را خنثی می‌کنند.

$$F_d = mg$$



نیروی عمودی سطح:

نیروی عمودی سطح ناشی از تغییر شکل سطح تماس دو جسم است. اگر جسمی سنگین را روی یک سطح اسفنجی یا یک تشک قرار دهیم تغییر شکل اسفنج یا تشک به خوبی دیده می‌شود. حتی یک زمین به ظاهر سفت و سخت نیز وقتی جسمی روی آن قرار می‌گیرد، تغییر شکل می‌دهد. این تغییر شکل مربوط به نیروهای بین مولکولی است.

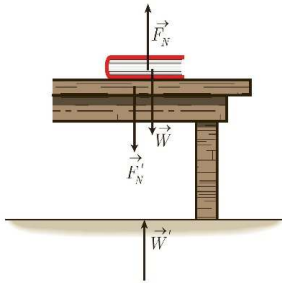
شکل - نیروهای وارد بر لپ‌تاپ متوازن‌اند.

پوستر تعاریف و اشکال دینامیک

نکته: دقت کنید که نیروهای وزن ($\vec{W}$) و عمودی سطح ($\vec{N}$) به یک جسم وارد می‌شوند و نیروهای کنش و واکنش نیستند،

W : کنش و واکنش کتاب با زمین است.

F_N : کنش و واکنش کتاب با سطح میز است.



نتیجه: هرگاه جسمی به هر نحوی بر سطحی تکیه کند، نیروی عمود بر سطح یا تکیه گاه ظاهر می‌شود.
*نیروی اصطکاک:

اصطکاک عامل ایجاد حرکت و نیز نیروی مزاحم در برابر ایجاد حرکت است!!!

نیروی اصطکاک کنش و واکنش ناهموازی‌های دو سطح است.

نیروی اصطکاک:

نیروی اصطکاک

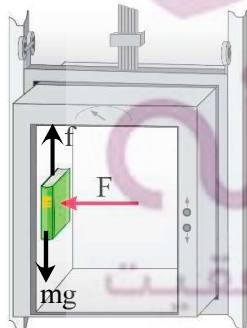
(۱) عامل ایجاد حرکت و اصطکاک مفید و لازم (همواره در جهت حرکت): مانند راه رفتن، دویدن، هل دادن ماشین، کشیدن اجسام سنگین، نوشتن با خودکار

(۲) مخالف حرکت و مزاحم (همواره در خلاف جهت حرکت)



شکل - نیروی اصطکاک ایستایی در خلاف جهت هل دادن به وجود آمده است.

نیروی اصطکاک بین دو جسم به جنس سطح دو جسم، و زبری و نرمی آنها و... بستگی دارد.
در اشکال زیر، جهت نیروی اصطکاک را مشخص کنید.

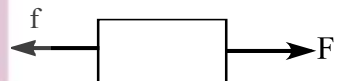


آسانسور بالا می‌رود.



شخص به سمت چپ حرکت می‌کند.

اصطکاک لازم و به سمت چپ است.

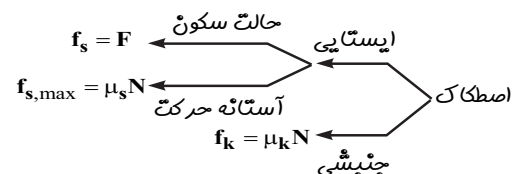
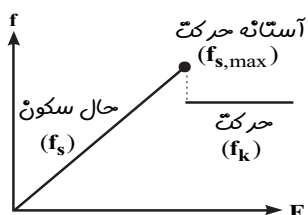


جعبه به راست کشیده می‌شود.

اصطکاک مزاحم و به سمت چپ است.

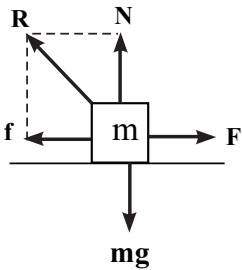
هنگام بالا رفتن اصطکاک لازم و هم جهت حرکت و هنگام پایین رفتن مزاحم است ولی در هر دو حالت جهت نیروی اصطکاک رو به بالا است.

در نمودار زیر تغییرات نیروی اصطکاک وارد شده به جسم بر حسب تغییرات نیروی F رسم شده است به نمودار زیر توجه کنید:



پوستر تعاریف و اشکال دینامیک

نیروی عکس‌العمل سطح: هنگامی که جسمی روی سطحی ثابت است و یا در حال حرکت می‌باشد، از طرف سطح دو نیروی عمودی سطح و اصطکاک می‌تواند به جسم وارد شود. به براینند نیروهایی که از طرف یک سطح به جسم روی آن وارد می‌شود، نیروی عکس‌العمل سطح می‌گویند و آن را با $\vec{R}$ نشان می‌دهند و به صورت زیر به دست می‌آید:



$$R = \sqrt{f^2 + N^2}$$

$R \leftarrow$ نیروی عکس‌العمل سطح بر حسب نیوتون (N)

$f \leftarrow$ اصطکاک بر حسب نیوتون (N)

اگر در مسئله نوع اصطکاک مشخص نباشد، ابتدا بایستی f_{sm} را محاسبه کنیم. اگر نیرو پیش برنده از f_{sm} کوچکتر باشد، اصطکاک، اصطکاک قبل از آستانه $f_s = F$ و اگر نیروی پیش برنده از f_{sm} بزرگتر باشد، اصطکاک جنبشی $f_k = \mu_k N$ خواهد بود.



آزمایش اندازه‌گیری ضریب اصطکاک ایستایی بین دو جسم
شرح آزمایش:

۱- مکعب چوبی را از طرف وجه بزرگ آن، روی سطح افقی میز قرار دهید.

۲- نیروسنج را مانند شکل به مکعب چوبی وصل کنید و سر دیگر نیروسنج را با دست بگیرید و به طور افقی بکشید.

۳- نیروی دستتان را به آرامی افزایش دهید تا جایی که مکعب چوبی در آستانه لغزیدن قرار گیرد. در این حالت عددی را که نیروسنج نشان می‌دهد، یادداشت کنید.

۴- با اندازه‌گیری جرم مکعب چوبی و استفاده از رابطه مقدار μ_s را در هر آزمایش محاسبه کنید.

ضریب اصطکاک ایستایی به جنس دو سطح و نیز زبری و نرمی آنها وابسته است.

بعد از شروع حرکت، نیروی اصطکاک مزاحم که خلاف جهت حرکت است f_k (اصطکاک جنبشی) نامیده می‌شود.

$$f_k = \mu_k \cdot F_N$$

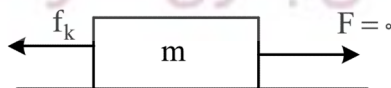
$$\mu_k < \mu_s \Rightarrow f_k < f_{sm}$$

توجه به این نکته مهم است که پس از شروع حرکت، اصطکاک جنبشی از نیروی پیشران مستقل خواهد بود که اساس و پایه اکثر مسائل است.

ترمز: *هرگاه متحرکی ترمز می‌کند تا بایستد یا جسمی پرتاب می‌شود تا پس از مدتی بایستد، تنها نیروی وارد نیروی اصطکاک است.

همانطور که قبلاً گفته شد، بعد از شروع حرکت جسم بر روی سطح، f_k (اصطکاک جنبشی) مقداری ثابت شده و از پیشران مستقل می‌گردد. f_k با تغییرات نیروی پیشران تغییر نمی‌کند. اگر نیروی پیشران به صفر برسد، تنها نیروی وارد بر جسم همان f_k (اصطکاک جنبشی) خواهد بود. این پدیده را در دینامیک ترمز می‌نامیم.

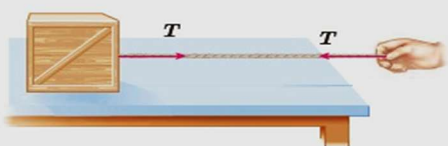
پرتاب یک جسم بر روی سطح افقی نیز از قوانین ترمز پیروی می‌کند.



$$F_{net} = 0 \Rightarrow -f_k = ma \Rightarrow -\mu_k mg = ma \Rightarrow a = -\mu_k g$$

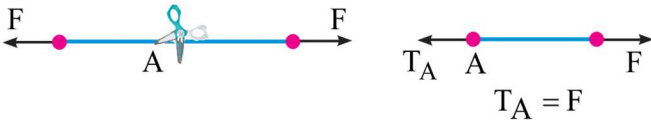
نیروی کششی طناب: نیروی کشش طناب: وقتی طناب (کابل، ریسمان و ...) متصل به جسمی را مانند شکل می‌کشیم، طناب جسم را با نیرویی می‌کشد که جهت آن از جسم به سمت بیرون و در راستای طناب است. چون در این حالت طناب تحت کشش قرار دارد، به این نیرو، نیروی کشش طناب گفته می‌شود و آن را با $\vec{T}$ نشان می‌دهند.

شکل - طناب جسم را با نیروی کشش $\vec{T}$ می‌کشد.



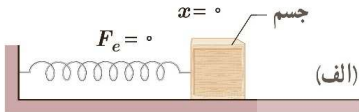
پوستر تعاریف و اشکال دینامیک

نیروی کشش نخ بدون جرم در هر نقطه برابر نیرویی است که اگر به طور فرضی نخ را از آن نقطه پاره کنیم باید به آن سر نخ وارد شود تا نخ همچنان به حالت اولیه و ساکن بماند:

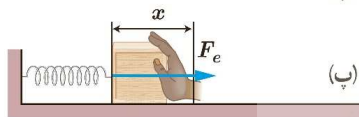
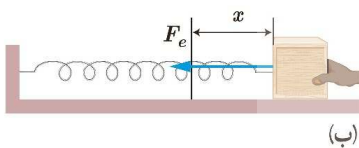


هر گاه یک طناب سنگین از سقف آویزان شود، کشش در هر نقطه از طناب برابر وزن قسمت زیر آن نقطه است.

نیروی کشسانی فنر: اگر مطابق شکل‌های زیر فنری را به اندازه x بکشیم یا فشرده کنیم، فنر نیرویی به طرف نقطه تعادل به جسم وارد می‌کند که به آن نیروی کشسانی فنر می‌گویند و آن را با F_e نشان می‌دهند و اندازه آن به صورت زیر به دست می‌آید:



$$F_e = kx$$



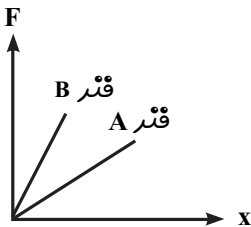
$F_e \leftarrow$ نیروی کشسانی فنر بر حسب نیوتون (N)

$k \leftarrow$ ثابت فنر بر حسب نیوتون به متر ($\frac{N}{m}$)

$x \leftarrow$ تغییرات طول فنر نسبت به حال عادی بر حسب متر (m)

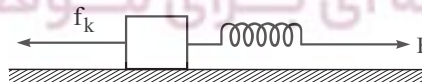
ثابت فنر از مشخصات فنر است و به اندازه شکل و ساختار ماده‌ای که فنر از آن ساخته شده بستگی دارد. هر چه k بیش‌تر باشد، فنر سخت‌تر بوده و برای ایجاد تغییر طول معین در آن باید نیروی بیش‌تری به فنر وارد کرد.
نکته: طبق رابطه $F_e = kx$ نمودار نیروی کشسانی فنر بر حسب تغییرات طول آن به صورت خطی می‌باشد. دقت کنید که شیب این خط برابر ثابت فنر می‌باشد و هر چه شیب نمودار بیش‌تر باشد، ثابت فنر بزرگ‌تر است.

$$k_B > k_A \Rightarrow \text{شیب نمودار B} > \text{شیب نمودار A}$$



*فنر (قانون هوک): $F = k\Delta x$

تنها نکته ای که قابل ذکر است اینکه فنر در مسائل، همان نقش کشش نخ را بازی می‌کند یعنی در یک جسم همانند نیروی خارجی رفتار می‌کند.



$$F = k\Delta x$$

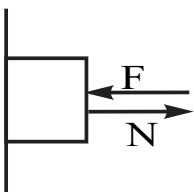
$$\Sigma F = ma$$

$$k\Delta x - f_k = ma$$

نکته: اگر جرم m_1 به فنر آویخته شود و طول آن x_1 شود و نیز جرم m_2 به فنر آویخته شود و طول آن x_2 گردد، در اینصورت داریم:

$$k = \frac{\Delta mg}{\Delta x}$$

تکیه جسم بر دیوار و انواع مختلف آن:

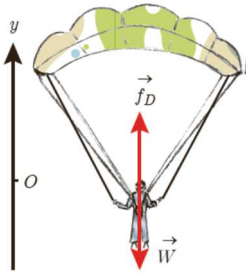


معمولا این گونه هست که نیروی F در تعیین N نقش بازی می‌کند و نیروی mg در نقش نیروی پیش برنده ظاهر می‌شود. (یعنی دقیقا برعکس سطح افقی)

$$N = F$$

پوستر تعاریف و اشکال دینامیک

نیروی مقاومت شاره: به طور کلی وقتی جسمی در یک شاره (مایع یا گاز) قرار دارد و نسبت به آن حرکت می کند از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم، به آن وارد می شود که به آن نیروی مقاومت شاره می گویند و معمولاً آن را با $\vec{f}_D$ نشان می دهند. نیروی مقاومت شاره به بزرگی جسم، تندی آن و... بستگی دارد. هر چه تندی جسم بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد شد. همان طور که می دانیم اگر جسم در هوا حرکت کند، به این نیرو، نیروی مقاومت هوا می گویند.

$$W = f_D \Rightarrow mg = f_D \Rightarrow F_{net} = 0 \Rightarrow \text{سرعت حدی یا تندی حدی}$$


دو گلوله از یک ارتفاع، رها می شوند. اگر از مقاومت هوا صرف نظر کنیم، با هم و با یک سرعت به زمین می رسند و جرم دو گلوله نقشی ندارد. اما اگر مقاومت هوا را در نظر بگیریم، گلوله ای که جرم بیشتری دارد زودتر و با سرعت بیشتر به زمین برخورد می کند.

مراحل پرش چتر باز:

(۱) سقوط آزاد: چون مقاومت هوا تابعی از سرعت است، چتر باز ابتدا خود را رها می کند تا با افزایش سرعت، مقاومت هوا نیز در هنگام باز شدن چتر، بزرگ باشد.

(۲) لحظه باز شدن چتر: چون سرعت بالاست در هنگام باز شدن چتر، مقاومت هوا عدد بسیار بزرگی است. نیروی مقاومت هوا از وزن چتر باز نیز بیشتر است. $f_D > mg \Rightarrow F_{net} < 0 \Rightarrow a < 0$. شتاب در لحظه باز شدن چتر را که عدد منفی است، شتاب بیشینه یا ماکزیمم می گویند.

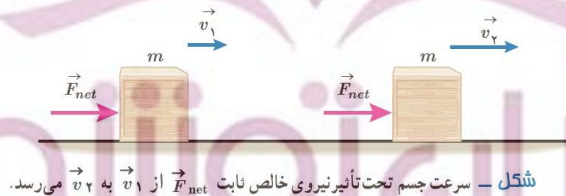
(۳) تندی حدی: با باز شدن چتر، سرعت مدام کمتر و مقاومت هوا نیز کم تر می شود در لحظه ای که نیروی مقاومت هوا و وزن برابر می شوند، خالص نیروها صفر شده و چتر باز با تندی ثابت موسوم به تندی حدی پایین می آید.

تکانه

به حاصل ضرب جرم در سرعت یک متحرک تکانه گویند تکانه را با $\vec{P}$ نشان می دهند. تکانه کمیتی برداری است و یکای آن در SI، $\frac{kgm}{s}$ می باشد و $\vec{P} = m\vec{V}$

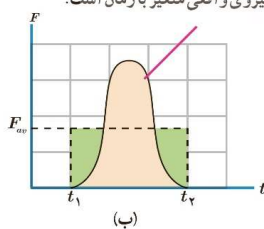
تکانه یک جسم به صورت زیر به دست می آید:

$$\vec{P} \leftarrow \text{تکانه بر حسب کیلوگرم متر بر ثانیه} \left(\frac{kgm}{s} \right) \quad m \leftarrow \text{جرم بر حسب کیلوگرم} (kg) \quad \vec{V} \leftarrow \text{سرعت بر حسب متر بر ثانیه} \left(\frac{m}{s} \right)$$

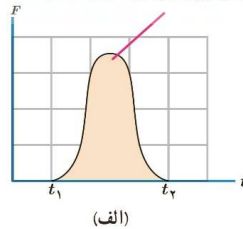


تغییر تکانه یک جسم $(\Delta \vec{P} = \vec{F}_{net} \Delta t)$ را می توان از سطح زیر نمودار نیرو - زمان نیز به دست آورد.

تغییر تکانه ناشی از نیروی متوسط برابر با تغییر تکانه نیروی واقعی متغیر با زمان است.



تغییر تکانه برابر با مساحت سطح زیر نمودار نیرو - زمان است.



شکل - الف) نیروی خالص وارد بر یک جسم می تواند بر حسب زمان تغییر کند. (ب) مقدار نیروی متوسط (F_{av}) به گونه ای است که مساحت مستطیل $(F_{av} \Delta t)$ برابر با مساحت سطح زیر منحنی شکل الف باشد.

اگر نیروی خالص متوسط وارد شده به جسمی در مدت زمان Δt برابر $\vec{F}_{av}$ باشد، رابطه زیر برقرار است:

$$\vec{F}_{av} = m \vec{a}_{av} = m \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} \Rightarrow \vec{F}_{av} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$$

$$\Delta \vec{P} \leftarrow \text{تغییرات تکانه} \left(\frac{kgm}{s} \right)$$

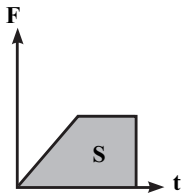
$\vec{F}_{av} \leftarrow$ نیروی خالص متوسط وارد شده به جسم بر حسب نیوتون (N)

$\Delta t \leftarrow$ زمان اعمال شدن نیرو بر حسب ثانیه (s)

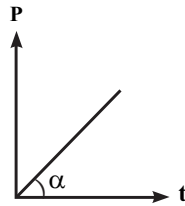
پوستر تعاریف و اشکال دینامیک

نمودارهای تکانه - زمان و نیرو - زمان

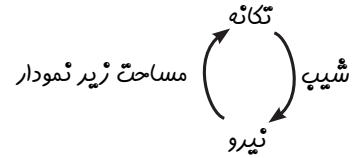
شیب نمودار تکانه - زمان برابر نیروی وارد شده به جسم و مساحت زیر نمودار نیرو - زمان برابر تغییرات تکانه جسم است. به عبارت دیگر داریم:



$$S = |\overline{\Delta P}| = \text{مساحت زیر نمودار}$$

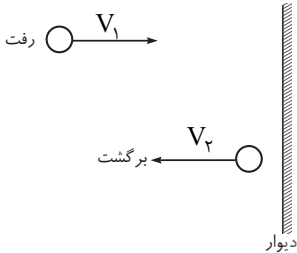


$$\tan \alpha = F = \text{شیب نمودار}$$



در تعیین تکانه، علامت سرعت بسیار مهم است.

علامت V_2 بایستی $\ominus$ در نظر گرفته شود.



$$\Delta P = m\Delta V = m(V_2 - V_1)$$

کاربرد قانون اول نیوتون

طبق قانون اول نیوتون اگر جسمی ساکن باشد، نیروی خالص وارد شده به آن صفر است. به عبارت دیگر نیروهای وارد شده به اجسام در حال تعادل متوازن می‌باشند. برای حل مسائل تعادل از دو روش زیر می‌توانیم استفاده کنیم:

روش اول: صفر شدن برآیند نیروها در دو راستای X و Y

در این روش مراحل زیر را طی می‌کنیم:

(۱) نیروهای وارد شده به جسم را مشخص کرده و محورهای مختصات را رسم می‌کنیم.

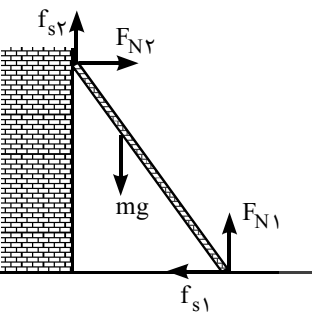
(۲) اگر نیرویی در راستای محورهای مختصات نبود، آن را تجزیه می‌کنیم.

(۳) از آنجایی که جسم ساکن است، برآیند نیروهای آن در راستای افق و قائم صفر است و داریم:

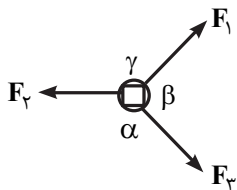
$$\Sigma F_x = 0 \quad \Sigma F_y = 0$$

روش دوم: قضیه سینوس

برای حل مسائل تعادل می‌توانیم از قضیه سینوسها استفاده کنیم. طبق این قضیه اگر مطابق شکل مقابل



سه نیرو به جسمی وارد شوند و جسم در حال تعادل باشد، نسبت هر نیرو به سینوس زاویه بین دو نیرو دیگر مقدار ثابتی است. به عبارت دیگر داریم:



$$\frac{F_1}{\sin \alpha} = \frac{F_2}{\sin \beta} = \frac{F_3}{\sin \gamma}$$

*قانون جهانی گرانش:

نیروی گرانشی

نیروی گرانشی میان دو ذره با حاصل ضرب جرم دو ذره نسبت مستقیم و با مربع فاصله آنها از یکدیگر نسبت وارون دارد.

اگر مطابق شکل جرم دو ذره m_1 و m_2 و فاصله آنها از یکدیگر r باشد، اندازه نیروی گرانشی میان دو ذره یعنی F از رابطه زیر به دست می‌آید:

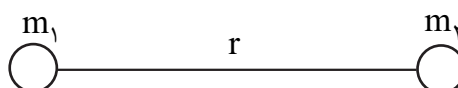
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

(اندازه نیروی گرانشی بین دو ذره)

در این رابطه، G ثابت گرانش عمومی نام دارد و برابر است با:

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2$$

ثابت گرانشی G را اولین بار هنری کاوندیش اندازه‌گیری کرد.

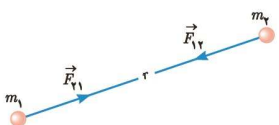


علت گردش زمین و هفت سیاره دیگر به دور خورشید، گردش ماه به دور زمین گردش ماهواره‌ها و سقوط اجسام به سمت زمین، همین نیروی گرانش است.

حرکت دایره‌ای همواره مانع سقوط می‌شود.

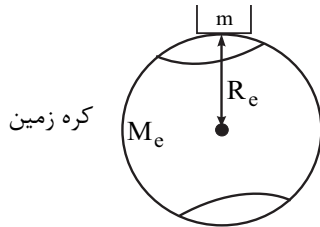


شکل - اگر بر ماه نیرویی وارد نشود ماه باید به طور مستقیم حرکت کند نه به صورت دایره‌ای



شکل - نیروی گرانشی بین دو ذره جاذبه است و در امتداد خط واصل دو ذره وارد می‌شود. طبق قانون سوم نیوتون این دو یک جفت نیروی کنش - واکنش را تشکیل می‌دهند که:

پوستر تعاریف و اشکال دینامیک



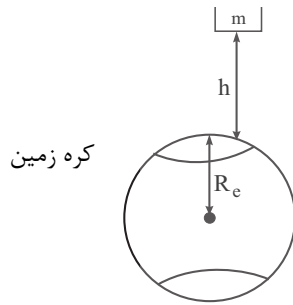
$$W = mg = G \frac{mM_e}{R_e^2}$$

$R_e \rightarrow$ شعاع کره زمین

$M_e \rightarrow$ جرم کره زمین

$$g = \frac{GM_e}{R_e^2} \text{ (شتاب گرانش (جاذبه زمین))}$$

اگر جسمی در ارتفاع h از سطح زمین قرار بگیرد (مانند ماهواره‌ها):



$$W' = mg' = \frac{GmM_e}{(R_e + h)^2}$$

$$g' = \frac{GM_e}{(R_e + h)^2}$$

*ماهواره:

$$F_c = W'$$

وزن در ارتفاع h
شعاع ماهواره $r = R_e + h$

$$\frac{W'}{W} = \left(\frac{R_e}{R_e + h}\right)^2$$

وزن روی زمین

ویژه رشته ریاضی

آشنایی با مفاهیم اولیه‌ی حرکت دایره‌ای

حرکت متحرکی را که بر روی یک دایره حرکت می‌کند، حرکت دایره‌ای گویند. مثل حرکت پنکه، عقربه‌های ساعت، چرخ و فلک، حرکت اتومبیل در یک میدان و بسیاری از حرکت‌های دیگری که در اطراف شما است.

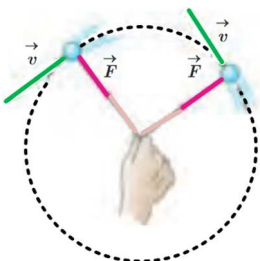
دوره حرکت دایره‌ای: مدت زمان لازم برای پیمودن یک دور محیط دایره را دوره تناوب یا به اختصار دوره گویند. دوره را با حرف (T) نشان می‌دهند و یکای آن در SI، ثانیه است.

بسامد: تعداد دورهایی که متحرک در هر ثانیه طی می‌کند، بسامد (فرکانس) نام دارد. بسامد را با (f) نشان می‌دهند و یکای آن در SI هرتز (Hz) است. بین دوره و بسامد رابطه زیر برقرار است.

$$f = \frac{1}{T}$$

بسامد زاویه‌ای: به نسبت تغییرات زاویه به زمان بسامد زاویه‌ای می‌گویند. بسامد زاویه‌ای را با حذف (ω) نشان می‌دهند و یکای آن در SI، رادیان بر ثانیه $\left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$ است. می‌توانیم بگوییم بسامد زاویه‌ای نشان‌دهنده سرعت چرخش یک متحرک است، بسامد زاویه‌ای به کمک روابط زیر به دست می‌آید:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$



$$\omega \leftarrow \text{بسامد زاویه‌ای بر حسب رادیان بر ثانیه } \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$$

$$\Delta\theta \leftarrow \text{تغییرات زاویه بر حسب رادیان (rad)}$$

$$\Delta t \leftarrow \text{زمان بر حسب ثانیه (s)}$$

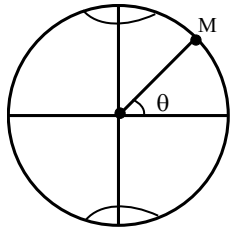
$$T \leftarrow \text{دوره بر حسب ثانیه (s)}$$

$$f \leftarrow \text{بسامد بر حسب هرتز (Hz)}$$

در حرکت دایره‌ای یکنواخت اندازه سرعت همواره ثابت است و همان‌طور که در شکل بالا می‌بینید، بردار سرعت مماس بر مسیر حرکت است.

با وجود این‌که در حرکت دایره‌ای یکنواخت اندازه سرعت ثابت است، اما با توجه به این‌که جهت بردار سرعت تغییر می‌کند، حرکت شتاب‌دار است. همان‌طور که در شکل بالا می‌بینید بردار شتاب همواره عمود بر سرعت بوده به سمت مرکز دایره است به همین دلیل به آن شتاب مرکز‌گرا می‌گویند.

پوستر تعاریف و اشکال دینامیک

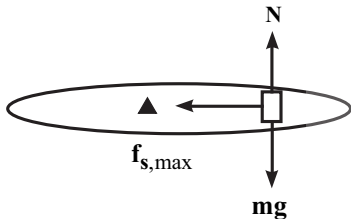


همان طور که در شکل بالا می بینید، جهت نیروی مرکزگرا همواره در جهت بردار شتاب بوده و بر سرعت عمود است. نکته: دقت کنید که نیروی مرکزگرا نوع جدیدی از نیرو نیست، به خالص نیروهای وارد بر جسم در حرکت دایره ای، نیروی مرکزگرا می گویند.

نیروهای گرانشی یا الکتریکی می توانند نیروهای مرکزگرا را تأمین کنند و به طور مثال، نیروی گرانشی که زمین به ماه وارد می کند، باعث می شود ماه در یک مدار تقریباً دایره ای به دور زمین بچرخد.

از هر نقطه روی سطح زمین، خطی به مرکز زمین وصل می کنیم. زاویه آن با افق، عرض جغرافیایی می گویند.

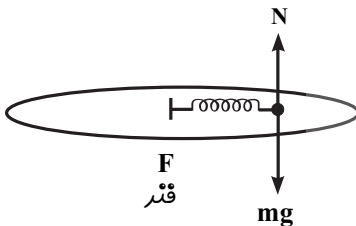
حرکت دایره ای جسم روی سطح دارای اصطکاک:



فرض کنید مطابق شکل زیر جسمی بر روی یک صفحه دوار (صفحه گرامافون) قرار گرفته است و همراه آن می چرخد. در این حالت علاوه بر دو نیروی وزن و عمودی سطح، نیروی اصطکاک نیز در جهت نشان داده شده در شکل به جسم وارد می شود، با توجه به این که نیروی اصطکاک به سمت مرکز دایره است، در این حرکت، نیروی اصطکاک نقش نیروی مرکزگرا را بازی می کند. اگر جسم با حداکثر سرعت ممکن بر روی مسیر دایره ای حرکت کند، جسم در آستانه لغزیدن روی صفحه قرار می گیرد، در این حالت اصطکاک وارد شده به جسم $f_{s,max}$ می شود.

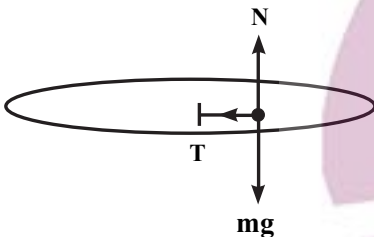
مطالب بیان شده برای اتومبیلی که دور یک میدان بر روی خیابان دارای اصطکاکی در حال حرکت است نیز صادق است.

حرکت دایره ای جسم متصل شده به فنر



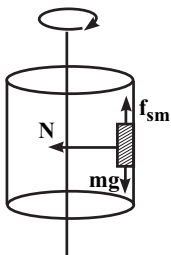
در این حالت علاوه بر نیروی وزن و عمودی سطح نیروی فنر به جسم وارد می شود. همان طور که در شکل زیر می بینید، با توجه به این که جهت نیروی فنر به سمت مرکز دایره است، نیروی فنر نقش نیروی مرکزگرا را بازی می کند.

حرکت دایره ای جسم متصل به نخ



فرض کنید مطابق شکل زیر گلوله ای به نخ متصل شده و در راستای افقی با تندی ثابت می چرخد، در این حالت نیروی کشش نخ، نقش نیروی مرکزگرا را بازی می کند.

حرکت دایره ای استوانه دوار

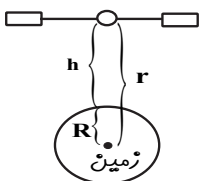


نیروی عمود بر سطح (تکیه گاه) نقش نیروی مرکزگرا را بازی می کند دیوار مرگ در شهر بازی ها هم دقیقاً همین مدل از حرکت دایره ای است.

حرکت ماهواره به دور یک سیاره:

فرض کنید ماهواره ای در فاصله h از سطح زمین (در فاصله r از مرکز زمین) به دور کره زمین بر روی مسیر دایره ای در حال حرکت باشد، در این حالت تنها نیروی وارد شده به ماهواره، نیروی گرانش یا به عبارت دیگر جاذبه کره زمین است و این نیرو نقش نیروی مرکزگرا را بازی می کند.

$$r = R_e + h$$



$$r = R_e + h$$

$$a \propto \frac{1}{r^2}$$

$$V \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$$

$$\omega \propto \frac{1}{\sqrt{r^3}}$$

$$f \propto \frac{1}{\sqrt{r^3}}$$

$$T \propto \sqrt{r^3}$$

$$T = 24h \text{ ماهواره}$$

$$T = 12h \text{ ماهواره}$$

اگر ماهواره ای از نگاه ناظر زمین، ساکن به نظر آید:

اگر ماهواره ای در هر شبانه روز فقط یک بار در مکان مشخص دیده شود:

پوستر تعاریف و اشکال حرکت نوسانی، موج مکانیکی، موج الکترومغناطیسی، امواج صوتی و بازتاب و شکست

حرکت نوسانی ساده (سال دوازدهم - فصل سوم)

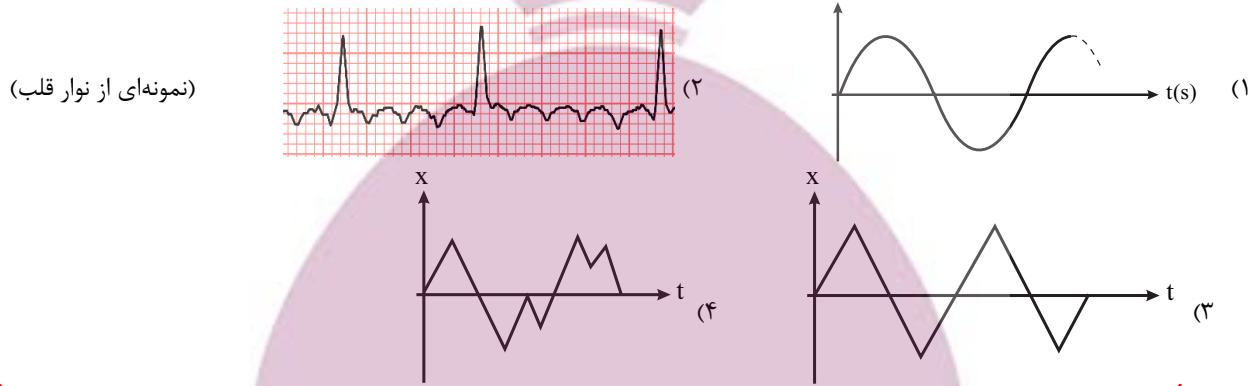


نمونه‌های حرکت نوسانی:

الف) ضربان قلب انسان، ب) تاب خوردن، پ) بالا و پایین رفتن سرنشینان کشتی، ت) زمین لرزه، نمونه‌هایی از نوسان هستند.

نوسان دوره‌ای:

چرخه‌های منظم تکرار شونده در یک دوره



در بین شکل ۴ داده شده فقط شکل شماره ۴ نوسان دوره‌ای نیست.

مفهوم حرکت نوسانی ساده:

(به حرکت رفت و برگشت یک فنر به صورت آرمانی در سطح فاقد اصطکاک حرکت نوسانی ساده گفته می‌شود.)



اگر یک نوسانگر پاره خط نوسان (A تا -A) را دو بار طی کند و یا دامنه را ۴ بار طی کند یک نوسان کامل اتفاق می‌افتد. نوسان همواره از +A آغاز می‌شود.

تعریف دوره (زمان تناوب) T:

به مدت زمان یک نوسان کامل گفته می‌شود و واحد آن ثانیه است.

اگر نوسانگر به مدت زمان t، حرکت نوسانی انجام دهد:

تعریف بسامد (فرکانس) f:

به تعداد نوسان کامل در یک ثانیه اطلاق می‌گردد.

بسامد عکس زمان تناوب است.

واحد بسامد، $\frac{1}{s}$ یا s^{-1} است که هرتز Hz گفته می‌شود.

$$n = \frac{t}{T} \leftarrow \text{تعداد نوسان}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$F = -kx \rightarrow a = -\frac{k}{m}x$$

نوسان از قانون هوک پیروی می‌کند.

نتیجه ۱: حرکت نوسانی یک حرکت شتاب متغیر است و با روابط حرکت یکنواخت یا شتاب ثابت قابل حل نیست.

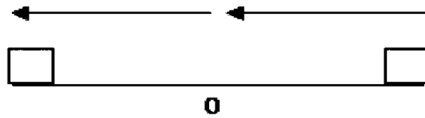
نتیجه ۲: شتاب با مکان قرینه است.

نتیجه ۳: شتاب با مکان متناسب است.

پوستر تعاریف و اشکال حرکت نوسانی، موج مکانیکی، موج الکترومغناطیسی، امواج صوتی و بازتاب و شکست

$$|a| \propto |x| \longrightarrow \begin{cases} a_{\max} \longrightarrow x = \pm A \\ a = 0 \longrightarrow x = 0 \end{cases}$$

تندشونده $a < 0$ و $V < 0$ کندشونده $V < 0, a > 0$



تندشونده $V > 0, a < 0$ کندشونده $V > 0, a > 0$

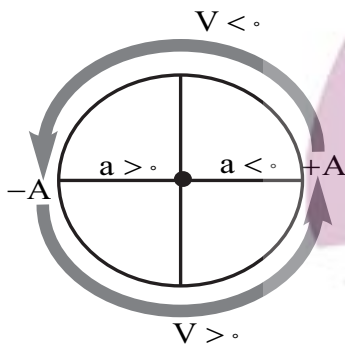
هرگاه نوسانگر به سمت مبدا حرکت کند، تند شونده و هرگاه به سمت دامنه حرکت کند، کند شونده است.

$$V \xrightarrow{\text{علامت سرعت جهت حرکت}} \begin{cases} V_{\max} \longrightarrow x = 0 \\ V_{\min} \longrightarrow x = \pm A \end{cases}$$

از عبارات بالا می‌توان نتیجه گرفت:

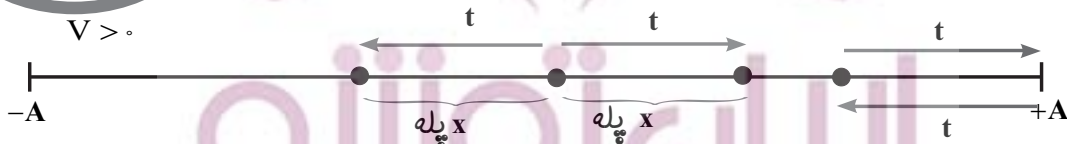
وقتی مکان مثبت است حتماً شتاب منفی است ولی درباره علامت سرعت و نیز تندشونده و کندشونده بودن نمی‌توان اظهار نظر قطعی کرد. وقتی مکان منفی است، حتماً شتاب مثبت است ولی درباره علامت سرعت و نیز تندشونده و کندشونده بودن نمی‌توان اظهار نظر قطعی کرد.

حرکت نوسانی را همواره می‌توان با یک حرکت دایره‌ای یکنواخت معادل دانست.



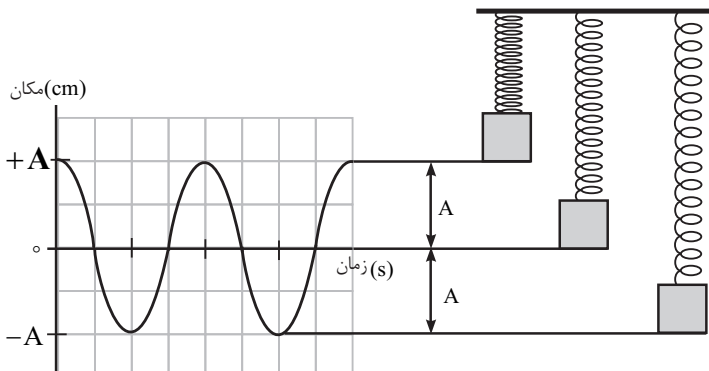
هرگاه یک جسم، حرکت دایره‌ای یکنواخت انجام دهد، با تابش نور از بالا و پایین، سایه آن جسم روی زمین حرکت نوسانی انجام می‌دهد.

توجه مهم: حرکت نوسانی یک حرکت کامل متقارن است !!



در مکان x و $-x$ که از دو طرف مبدأ یک فاصله هستند (قرینه هستند)، تمام کمیت‌هایشان اعم از سرعت، شتاب، نیرو، انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل، اندازه‌های برابر دارند.

تفاوت نوسان در راستای قائم با نوسان افقی در این است که چون جهت $+$ محور y به سمت بالاست، ابتدا بایستی فنر را فشرده کنیم و بعد رها کنیم. یعنی $+A$ بیشترین فشردگی است در حالیکه در نوسان افقی $+A$ بیشترین کشیدگی است.



اگر در یک مدت زمان دلخواه در حرکت نوسانی در نظر بگیریم و آن را به دو قسمت مساوی تقسیم کنیم و دو قسمت مذکور را در دو طرف مبدأ در نظر بگیریم، جابجایی و مسافت طی شده، سرعت متوسط و تندی متوسط بیشینه (بیشترین مقدار ممکن) خواهد بود. چون در مبدأ سرعت بیشینه است و به

پوستر تعاریف و اشکال حرکت نوسانی، موج مکانیکی، موج الکترومغناطیسی، امواج صوتی و بازتاب و شکست

سمت مبدأ حرکت تندی متناوب است اما اگر یک مدت زمان دلخواه را در دو طرف دامنه در نظر بگیریم (رفت و برگشت) جابجایی و سرعت متوسط صفر و مسافت طی شده و تندی متوسط کمینه (کمترین مقدار ممکن) خواهد بود زیرا در دامنه، سرعت صفر است و به سمت دامنه حرکت کندشونده است. در حرکت نوسانی ساده در مبدأ سرعت بیشینه است و شتاب و نیرو صفر است. در حرکت نوسانی ساده در دامنه سرعت صفر است و شتاب و نیرو بیشینه است.

انرژی نوسانگر:

مجموع انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل (انرژی مکانیکی) در فتر نیز همواره مقداری ثابت است.

$$E = K + U = \text{ثابت}$$

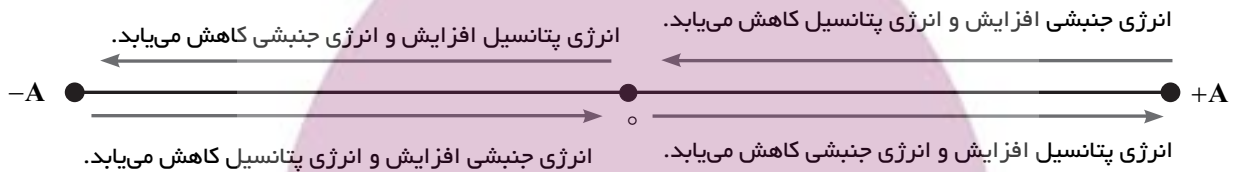
انرژی پتانسیل انرژی جنبشی انرژی مکانیکی

در حرکت نوسانی ساده در مبدأ سرعت بیشینه (ماکزیمم) است در نتیجه انرژی جنبشی نیز بیشینه است ولی انرژی پتانسیل صفر است. در حرکت نوسانی ساده در دامنه‌ها بیشترین کشیدگی و بیشترین فشردگی وجود دارد. در نتیجه در دامنه‌های انرژی پتانسیل بیشینه و انرژی جنبشی صفر است.

$$\text{در مبدأ} \rightarrow V = \max \rightarrow K = \max = \frac{1}{2} m V^2 \rightarrow U = 0$$

$$\text{در دامنه‌ها} \rightarrow V = 0 \rightarrow K = 0 \rightarrow U = \max$$

$$K_{\max} = U_{\max} = E$$

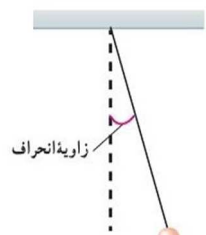


آونگ:

آونگ‌هایی که با زاویه کمتر از 6° درجه نوسان می‌کنند را نیز می‌توان یک حرکت نوسانی ساده در نظر گرفت. چون تقریباً می‌توان مسیر نوسان را یک خط راست تلقی کرد. (اگر زاویه انحراف آونگ از وضع تعادل کوچک باشد، آونگ حرکت هماهنگ ساده خواهد داشت و همان تبدیل‌های انرژی نوسانگر هماهنگ ساده در اینجا نیز رخ میدهد.)

آزمایش‌های متعدد و محاسبه، نشان می‌دهد دوره تناوب آونگ ساده فقط به شتاب گرانشی (g) و طول آونگ (L) بستگی دارد و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$



آونگ ساده، شامل وزنه‌ای کوچک است که از نخ به جرم و کش نیامدنی آویزان است.

این رابطه نشان می‌دهد که دوره تناوب آونگ ساده به جرم و دامنه آن بستگی ندارد.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$$

در حالی که دوره تناوب در دستگاه وزنه و فنر فقط به جرم و ثابت فنر بستگی دارد:

نوسان طبیعی (بسامد طبیعی):

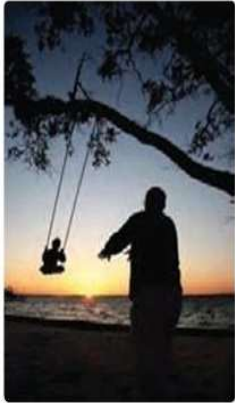
هر گاه یک فنر با یک آونگ اندکی از وضع تعادل خارج شده و رها شود (بدون دخالت نیروی خارجی) نوسان را طبیعی می‌گویند و به فرکانس آن، فرکانس (بسامد) طبیعی می‌گویند.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

پوستر تعاریف و اشکال حرکت نوسان، موج مکانیک، موج الکترومغناطیس، امواج صوتی و بازتاب و شکست

نوسان میرا:



با هل دادن تاب، کودک به نوسان واداشته می‌شود.

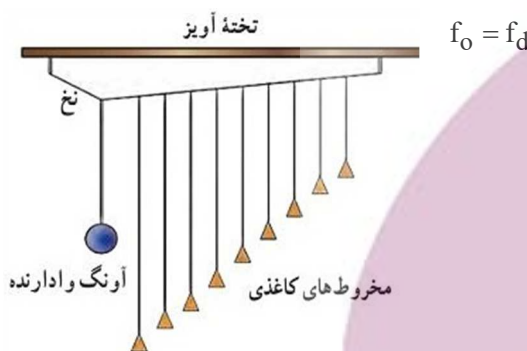
در نوسان طبیعی غیر ایده‌آل (اصطکاک و اتلاف وجود دارد) در هر نوسان، انرژی کمتر شده و دامنه کوتاه‌تر می‌شود و سرانجام نوسان متوقف می‌شود. به این نوسان، میرا می‌گویند.

نوسان واداشته:

نوسانی را واداشته می‌گویند که نیروی خارجی در آن دخالت داشته باشد. و فرکانس آن را با f_d نمایش می‌دهند. (مانند هل دادن تاب کودک)

پدیده تشدید (رزونانس):

اگر بسامد نوسان واداشته و طبیعی با هم برابر شود، دامنه نوسان، مدام افزایش می‌یابد که این پدیده را تشدید یا رزونانس می‌نامند.



آونگ‌های بارتون

مطابق شکل یک گلوله سنگین به نام آونگ وادارنده وجود دارد که با ارتعاش خود سایر گلوله‌های سبک‌تر را وادار به نوسان می‌کند. آزمایش نشان می‌دهد، هر کدام از گلوله‌ها با آونگ وادارنده هم طول باشد، دامنه بیشتر می‌خواهد داشت (پدیده تشدید)

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$$

آونگ

هر چه به استوا نزدیک شویم g کمتر و $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ و نوسان کندتر می‌شود و آونگ عقب می‌افتد!

در پی زمین‌لرزه عظیمی (به بزرگی ۸/۱ در مقیاس ریشتر) که در ساحل غربی مکزیک در سال ۱۹۸۵ اتفاق افتاد ساختمان‌های نیمه بلند فرو ریختند، ولی ساختمان‌های کوتاه تر و بلندتر پابرجا ماندند.



(ب)



(الف)

الف) ساختمان‌های کوتاه و ب) ساختمان‌های بلند، در زمین‌لرزه مکزیکوسیتی بر جای ماندند.

علت فرو ریختن ساختمان‌های نیمه بلند در زلزله مکزیکوسیتی پدیده تشدید یا رزونانس بود!!!

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$$

(ساختمان) آونگ

زیرا در هنگام زلزله، ساختمان‌ها همانند آونگ شروع به نوسان می‌کنند بسامد آونگ به طول آونگ (ساختمان) وابسته است. ساختمان‌های نیمه‌بلند (آنهايي که ویلایی یا برج بلند نبودند) با زلزله تشدید شده (فرکانس آنها با زلزله یکی شد) و فرو ریختند.

پوستر تعاریف و اشکال حرکت نوسانی، موج مکانیکی، موج الکترومغناطیسی، امواج صوتی و بازتاب و شکست

موج

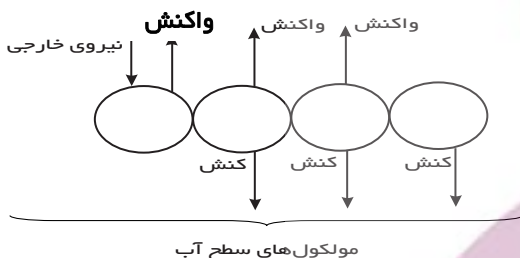
*موج، آشفتگی در هر محیط کشسان را موج می‌گویند.

موج و انواع آن: هر گاه در ناحیه ای از یک محیط کشسان ارتعاشی به وجود آید، موجب پدید آمدن ارتعاش‌های پی در پی دیگری می‌شود که از محل شروع ارتعاش دور و دورترند و به این ترتیب آنچه که موج مکانیکی می‌نامند به وجود می‌آید.



پرتاب سنگ در آب، فرورفتگی‌ها و برآمدگی‌هایی دایره‌ای شکل بر سطح آب پخش می‌شوند.

قانون سوم نیوتن (کنش و واکنش) عامل ایجاد موج محسوب می‌شوند.



* ذرات در هنگام انتشار موج، حرکت نوسانی ساده انجام می‌دهند و موج منتشر می‌شود.

موج *
 (۱) نوسان ذرات (ارتعاش) ← شتاب متغیر ← پله ω, L, T, A (منبع)
 مثال: سیم - طناب - نخ
 (۲) انتشار موج (انتقال) ← یکنواخت ← محیط

بسامد و دامنه‌ی موج مکانیکی به ویژگی‌های منبع تولید نوسان وابسته است. در حالی که سرعت انتشار موج فقط و فقط به ویژگی‌های محیط وابسته است. (به جنس وابسته است)

$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

سرعت انتشار موج همواره ثابت است (موج همواره به صورت یکنواخت منتشر می‌شود).

F: نیروی کشسانی

$$\mu = \frac{m}{L}, \quad \mu = \rho A \Rightarrow \mu = \rho \pi r^2$$

μ : خاصیت لختی (چگالی خطی)

امواج طولی (صوت) و امواج عرضی (تار):

هرگاه راستای انتشار و ارتعاش (نوسان) بر هم منطبق باشند موج مکانیکی را طولی و هرگاه راستای انتشار و ارتعاش (نوسان) بر هم عمود باشند موج مکانیکی را عرضی می‌گویند.

سرعت انتشار امواج در جامدات بیش از مایعات و در مایعات بیش از گازهاست. امواج عرضی عموماً در جامدات و مایعاتی که کشش سطحی نسبتاً بالایی دارند منتشر می‌شود در حالیکه امواج طولی در تمام حالت‌های جامد، مایع و گاز منتشر می‌شود.

مثال برای امواج عرضی: موج در طناب، سیم، تار، موج آب

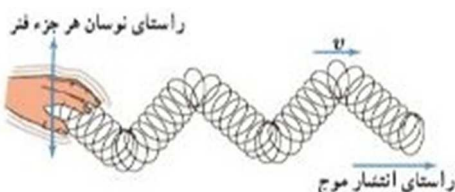
مثال برای امواج طولی: موج صوتی

در فنر می‌توان هر دو نوع موج طولی و عرضی را ایجاد کرد که درباره نحوه تولید و انتشار آن‌ها با هم بحث می‌کنیم!

اگر فنر را به سمت بالا و پایین حرکت بدهیم، موج ایجاد شده در فنر عرضی و اگر فنر را به سمت جلو و عقب حرکت بدهیم، موج ایجاد شده در فنر طولی خواهد بود.

سرعت امواج طولی از امواج عرضی بیشتر است.

اگر دست خود را پایایی به بالا و پایین حرکت دهید یک موج پیوسته با تندی در طول فنر به حرکت در می‌آید. اگر به حرکت جزئی از فنر که در هنگام عبور موج به بالا و پایین نوسان میکند دقت کنید در می‌یابید جابه‌جایی هر جزء نوسان کننده‌ای از فنر عمود بر جهت حرکت موج است. که به آن، موج عرضی گفته می‌شود.



پوستر تعاریف و اشکال حرکت نوسانی، موج مکانیکی، موج الکترومغناطیسی، امواج صوتی و بازتاب و شکست

درحالی که موج به سمت راست منتشر می شود هر جزء فنر عمود بر راستای انتشار موج ، به بالا و پایین نوسان می کند.

از این فنر بلند می توان برای ایجاد نوع دیگری از موج موسوم به موج طولی نیز استفاده کرد. اگر این بار سر آزاد فنر را به جای اینکه به بالا و پایین چپ و راست حرکت دهید به سرعت به جلو و عقب ببرید یک تپ در طول فنر به راه می افتد و اگر دست خود را بیایی به جلو و عقب حرکت دهید یک موج طولی پیوسته با تندی در طول فنر به حرکت در می آید. جابه جایی هر جزء نوسان کننده ای از فنر در راستای حرکت موج است به همین دلیل است که به چنین موجی، موج طولی می گویند. به موج های عرضی و طولی که تا اینجا بررسی شد، موج های پیش رونده گفته می شود. زیرا هر دوی این موج ها از نقطه ای به نقطه دیگر حرکت کرده و انرژی را با خود منتقل میکنند توجه کنید این موج است که از یک سر به سر دیگر حرکت می کند نه ماده.

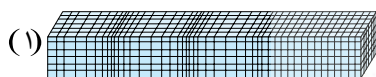
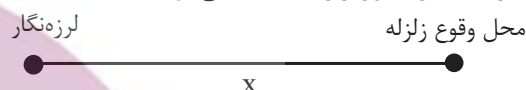


نحوه ی عملکرد دستگاه لرزه نگار:

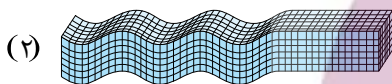
در هنگام وقوع زلزله، دو موج، با نام های S و P ایجاد می شود. امواج طولی P سرعت بیشتری نسبت به امواج عرضی S دارند

سرعت انتشار امواج طولی P تقریباً $8 \frac{km}{s}$ و سرعت انتشار امواج عرضی S تقریباً $4.5 \frac{km}{s}$ است. از اختلاف زمانی این دو موج

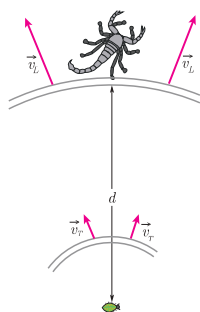
برای تعیین کانون زلزله استفاده می شود



موج P زلزله →



موج S زلزله →



عقرب های ماسه ای وجود طعمه را با امواجی که بر اثر حرکت طعمه در ساحل شنی ایجاد می شود، احساس می کنند. این امواج که در سطح ماسه منتشر می شوند، بر دو نوع اند: امواج عرضی با تندی V_T و امواج طولی با تندی V_L . عقرب ماسه ای می تواند با استفاده از اختلاف زمانی بین زمان رسیدن این امواج به نزدیک ترین پای خود، فاصله خود از طعمه را تعیین کند. این عملکرد عقرب دقیقاً همانند دستگاه لرزه نگار است.

تعریف موج پیشرونده: موج هایی که از نقطه ای به نقطه دیگر حرکت کرده و انرژی را با خود منتقل می کنند.

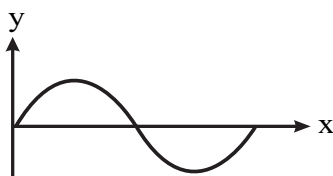
نمودار Y-X و نمودار Y-t:

اگر مکان را در یک موج ثابت نگاه داریم، همانند این است که به یک نقطه از موج خیره شویم. یعنی نوسان یک ذره از موج را بررسی می کنیم. در حالیکه اگر زمان را ثابت نگاه داریم همانند عکسی است که در یک لحظه از موج گرفته ایم. یعنی حالت ذرات مختلف یک موج در آن لحظه (شکل موج) را نشان می دهد.

نمودار Y-X، عکس موج را در هر لحظه نشان می دهد (نقش موج)

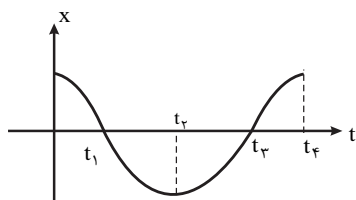
نکته: در موج مکانیکی (نمودار Y-X) هر ذره نقش ذره قبلی را بازی می کند. یعنی هر ذره نسبت به ذره قبلی خود تاخیر فاز دارد.

به زبان ساده:



نمودار Y-X (نمودار جابجایی مکان)، عکس موج را در یک لحظه ثابت نشان می دهد. بعد از عکس، موج در راستای محور X منتشر می شود و ذرات در راستای محور Y فقط نوسان می کنند.

Y-t یا X-t : نوسان هر ذره از موج را نشان می دهد



طول موج: مسافتی است که موج در مدت زمان یک دوره از نوسان ذرات طی میکند. (حداقل فاصله دو

$$VT = \frac{V}{f} \lambda$$

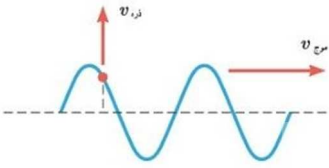
نقطه از یک موج که با هم همگامند)

پوستر تعاریف و اشکال حرکت نوسانی، موج مکانیکی، موج الکترومغناطیسی، امواج صوتی و بازتاب و شکست

نکته: دو نقطه ی متوالی از یک موج که فاصله ی آنها مضربی صحیح از طول موج باشد (دو قله یا ستیغ متوالی یا دو دره یا پاستیغ متوالی) با هم همگامند (هم فازند) و دو نقطه متوالی از یک موج که فاصله آنها مضربی فرد از نصف طول موج باشد (یک قله تا دره متوالی) با هم در گام متقابلند. (فاز مخالف)

$$T \sim 2\pi \sim \lambda$$

شکل زیر موجی عرضی در یک ریسمان را نشان می دهد که با تندی $v_{\text{موج}}$ به سمت راست حرکت می کند، درحالی که تندی ذره نشان داده شده در راستای عمودی است.



هر گاه عکس موج (نمودار $y-x$) را Δt ثانیه بعد بخواهند، بایستی محور y را به عقب بکشیم (خلاف انتشار) و هر گاه عکس موج (نمودار $y-x$) را Δt ثانیه قبل بخواهند، بایستی محور y را به جلو بکشیم (جهت انتشار) چون هر ذره نقش ذره قبلی را بازی می کند.

$$E = \frac{1}{2} MA^2 \omega^2 = 2\pi^2 MA^2 f^2$$

انرژی موج عبارت سؤال از انرژی مجموع ذرات یک موج که حرکت نوسانی انجام می دهند.

انرژی ذرات موج با مجذور دامنه و مجذور بسامد متناسب است.

*نکته: انرژی موج در هر طول موج با بسامد متناسب است. (و نه مجذور بسامد)

$$E \propto A^2$$

$$E \propto f^2$$

$$E_{\lambda} \propto f$$

مفهوم جبهه موج:

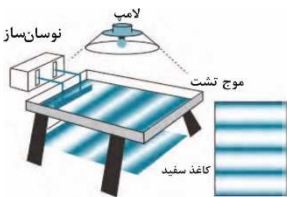
در انتشار موج در فضای دو بعدی و سه بعدی، نقاط هم فاز با پیوستن به هم جبهه موج را پدید می آورند.

جبهه موج در سطوح دو بعدی (مثل آب) به شکل دایره و در سطوح سه بعدی (مثل هوا) کروی است.

تشت موج:

تشت شیشه ای کم عمق که درون آن، آب ریخته می شود.

نوسان ساز ارتعاش می کند و رفتار موج تشکیل شده توسط سایه آب روی کاغذ (که توسط لامپ بالای سر سایه تشکیل می شود) بررسی می شود.

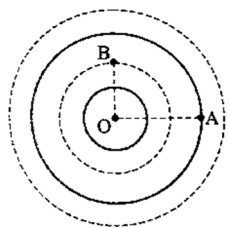


دستگاه تشت موج می تواند نحوه بررسی انتشار موج را نشان می دهد.

اگر نوسان ساز در دستگاه تشت موج، تیغه ای باشد، موج تخت بر سطح آب تشکیل می شود و اگر نوسان ساز به شکل گوی باشد موج دایره ای بر سطح آب تشکیل می شود.

هر چه عمق آب تشت بیشتر شود، سرعت انتشار موج بیشتر می شود. یعنی عمق آب تشت هم به نوعی جنس محیط محسوب می شود.

شکل روبه رو، چشمه نوسانی O و موج های دوره ای ایجاد شده بر سطح آب را در یک لحظه نشان می دهد. دایره های توپر، قله ها و دایره های خط چین دره های ایجاد شده در سطح آب هستند.



ویژگی های امواج الکترومغناطیسی:

ذرات باردار شتاب دار عامل تولید امواج الکترومغناطیس هستند.

میدان مغناطیسی متغیر با زمان منجر به تولید میدان الکتریکی می شود و میدان الکتریکی متغیر با زمان نیز منجر به تولید میدان مغناطیسی می شود.

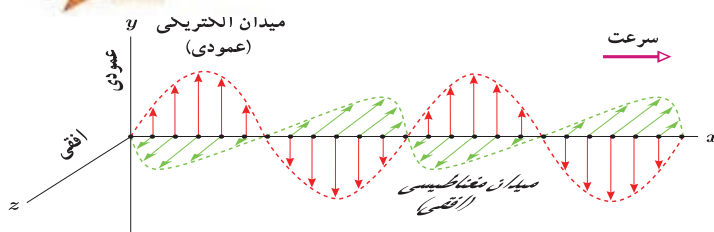
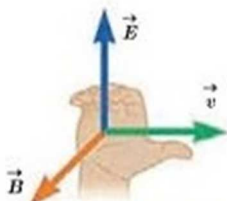
در امواج الکترومغناطیسی میدان های الکتریکی و مغناطیسی بر هم عمودند و هردو بر جهت انتشار نیز عمود

هستند (فضای سه بعدی) پس می توان نتیجه گرفت که امواج الکترومغناطیسی از نوع عرضی هستند

امواج الکترومغناطیس برخلاف امواج مکانیکی برای انتشار نیاز به محیط مادی ندارند و در خلا نیز منتشر می شوند.

5 موجهای الکترومغناطیس (میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی) بطور هم فاز در فضا منتشر می شوند یعنی با

هم صفر می شوند و با هم بیشینه می شوند.



یک تصویر لحظه ای از موجی الکترومغناطیسی که میدان الکتریکی در امتداد قائم (y) و میدان مغناطیسی در امتداد افقی (z) و انتشار موج در جهت x است.

پوستر تعاریف و اشکال حرکت نوسانی، موج مکانیکی، موج الکترومغناطیسی، امواج صوتی و بازتاب و شکست

این امواج همانند امواج مکانیکی دارای بسامد، طول موج و سرعت انتشار می باشند. بسامد به ویژگی منبع تولید موج وابسته هست ولی سرعت به ویژگی های محیط وابسته می باشد

۷ امواج الکترومغناطیسی در خلا با سرعت نور یعنی 3×10^8 متر بر ثانیه منتشر می شوند:

$$C = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = (\epsilon_0 \mu_0)^{-\frac{1}{2}}$$

۸ طبق نکته قبل اگر امواج الکترومغناطیس از محیطی وارد محیط دیگر شوند سرعت آن ها تغییر می کند. یادآوری می کنیم که سرعت نور در هر محیطی غیر از هوا یا خلا از رابطه $V = \frac{c}{n}$ محاسبه می شود که n ضریب شکست محیط نامیده می شود. چون بسامد همواره ثابت است پس $\lambda = \frac{\lambda_1}{n}$ نیز در ورود امواج الکترومغناطیسی از محیطی به محیط دیگر قابل استفاده است.

وایسته به محیط
وایسته به منبع (چشمه)

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

$$V_s > V_L > V_g$$

$$V_g > V_L > V_s$$

مثال: سیم - کش - طناب - امواج صوتی - امواج سطح آب

نیاز به محیط مادی دارد

در خلا منتشر نمی شود

مثال: نور و امواج موبایل و اینترنت

به محیط مادی نیازی ندارد (در خلا منتشر می شود)

در خلا منتشر می شود.

مکانیکی

امواج

الکترومغناطیسی

قانون لنز:

تاثیر میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی در امواج الکترومغناطیسی تابع قانون لنز است. (با عامل تغییر شار مخالفت می شود).

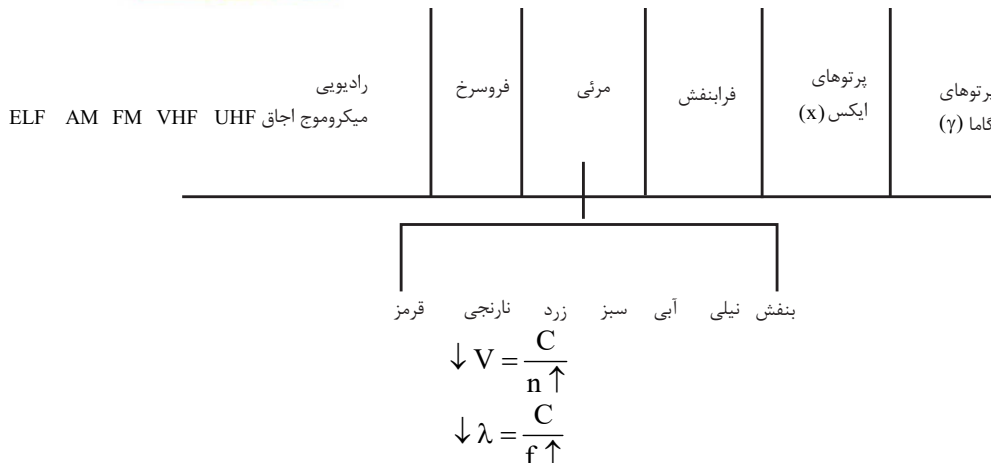
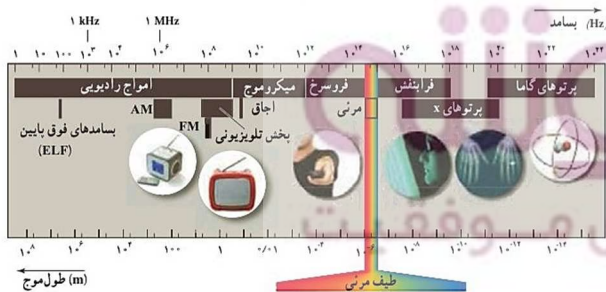
قانون لنز همواره یک میدان مغناطیسی اولیهی موجود است که تغییرات آن منجر به تولید میدان الکتریکی (در حلقه) و سپس میدان مغناطیسی ثانویه می شود.

میدان مغناطیسی ثانویه همواره با تغییرات اولیه مخالف است.

از قاعدهی عکس دست راست استفاده می کنیم.

به این منظور باید چهار انگشت خود را در جهت جریان قرار دهید و برون سو $\odot$ یا درون سو $\otimes$ بودن میدان را در حلقه یا سیم لوله مشخص کنید.

طیف امواج الکترومغناطیسی: امواج رادیویی میکروموج فروسرخ طیف نور مرئی، فرابنفش پرتوهای X و پرتوهای گاما است که از کمترین بسامد تا بیشترین بسامد گسترده شده اند. تمام این امواج به رغم تفاوت فراوان در روش های تولید و کاربردهای آنها، امواجی الکترومغناطیسی هستند و همگی با تندی نور در خلا حرکت می کنند و هیچ گسستگی ای در این طیف وجود ندارد.



پوستر تعاریف و اشکال حرکت نوسانی، موج مکانیکی، موج الکترومغناطیسی، امواج صوتی و بازتاب و شکست

هر چه از امواج رادیویی به سمت گاما حرکت می‌کنیم، بسامد، انرژی، نفوذپذیری و خطرناکی، ضریب شکست محیط برای پرتو، تغییر ناگهانی سرعت پرتو، افزایش می‌یابد و فقط طول موج کاهش می‌یابد.

طول موج نور مرئی بین ۴۰۰nm (بنفش) و ۷۰۰nm (قرمز) است. طول موج امواج رادیویی فقط می‌تواند در محدوده متر و کیلومتر باشد. هاینریش هرتز با ایجاد نوسانهای الکتریکی پر بسامد آزمایشهای مشهوری در تأیید نظریهٔ ماکسول انجام داد. هرتز نشان داد که امواج رادیویی نیز با همان تندی نور مرئی در آزمایشگاه حرکت میکنند و این حاکی از سرشت یکسان امواج رادیویی و نور مرئی بود.

گستره تقریبی طول موج نور مرئی در خلا از ۴۰۰nm (نور بنفش) تا ۷۰۰nm نور (قرمز است). گسترهٔ بسامد مربوط به نور مرئی را بر حسب هرتز به شکل زیر است.

۴۰۰nm	۴۵۰	۵۰۰	۵۵۰	۶۰۰	۶۵۰	۷۰۰nm
بنفش	آبی	سبز	زرد	نارنجی	قرمز	

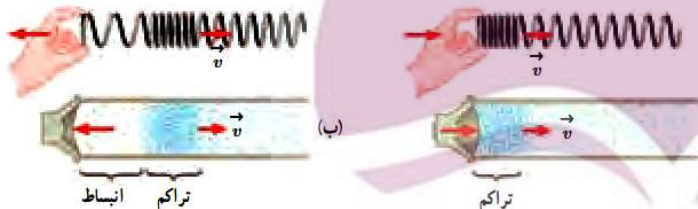
نور یک نوع موج است و برای آن میتوان از رابطه $v = f\lambda$ استفاده کرد. اما برای این موج v برابر با تندی نور ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$) است. بنابراین برای دو حد بالا و پایین بسامد طیف نور مرئی به ترتیب داریم:

$$f_{\text{بنفش}} = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{400 \times 10^{-9} \text{ m}} = 7.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$f_{\text{قرمز}} = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{700 \times 10^{-9} \text{ m}} = 4.3 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

*نحوه ی انتشار امواج صوتی:

امواج صوتی، موج های طولی هستند که به صورت جبهه های پر فشار (تراکم) و کم فشار (انبساط) هوا انتشار می یابند عامل این تغییر فشارها می‌تواند تارهای صوتی حنجره انسان، سیم سازهای زهی، دیافازون یا پوسته های مرتعش (دیافراگم) بلندگو باشد. *صوت در تمام محیط های مادی جامد، مایع و گاز (در تمام جهات) منتشر می‌شود. (صوت نوعی موج مکانیکی است) *سرعت انتشار گاز عموماً در جامدات بیشتر از مایعات و در مایعات بیشتر از گازهاست (در گازها هرچه دما و فشار بالاتر باشد سرعت انتشار نیز بیشتر است)



سرعت انتشار صوت مانند تمام موج هایی که قبلاً آموختیم از رابطه زیر پیروی می کند:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$\Delta x = v \cdot t$$

یادآوری:

$$V_s > V_L > V_g$$

$$V_g > V_L > V_s$$

مثال: سیم - کش - طناب - امواج صوتی - امواج سطح آب

نیاز به محیط مادی دارد

در خلا منتشر نمی‌شود

مثال: نور

به محیط مادی نیازی ندارد (در خلا منتشر می‌شود)

در خلا منتشر می‌شود.

مکانیکی

الکترومغناطیسی

امواج

پوستر تعاریف و اشکال حرکت نوسانی، موج مکانیکی، موج الکترومغناطیسی، امواج صوتی و بازتاب و شکست

تندی صوت در محیط های مختلف

تندی (m/s)	محیط
گازها*	
۳۳۱	هوا (۰°C)
۳۴۳	هوا (۲۰°C)
۹۶۵	هلیوم (۰°C)
۱۲۸۴	هیدروژن (۰°C)
مایع ها	
۱۱۴۳	متیل الکل (۲۵°C)
۱۴۰۲	آب (۰°C)
۱۴۸۲	آب (۲۰°C)
۱۵۲۲	آب دریا (۲۰°C) و شوری (۳/۵٪)
جامدها	
۵۹۴۱	فولاد
۶۰۰۰	گرانیت
۶۲۲۰	آلومینیم

* فشار همه گازها ۱ atm است.

این جدول نشان می دهد که سرعت صوت، با افزایش دما، افزایش می یابد.

در شکل مقابل یک وسیله آزمایشگاهی برای اندازه گیری تندی حرکت صوت در هوا مشخص شده است. تأخیر زمانی اندازه گیری شده توسط زمان سنج حساس از دو صوت دو میکروفن تندی حرکت صوت در محیط را نشان می دهد.

$$V = \frac{L_2 - L_1}{\Delta t}$$



صوت با دو شاخص سنجیده می شود:

- (۱) ارتفاع (تن صدا) ← زیری و بمی صدا ← فقط به بسامد وابسته است. (۲) بلندی صدا ← به شدت (انرژی) موج وابسته است.
- شدت صوت: به مقدار انرژی عبوری در واحد زمان از واحد سطح شدت صوت می گویند.
- (توان صوت در واحد سطح را شدت صوت می گویند)

$$I = \frac{E}{t.A}$$

$$I = \frac{P}{A}$$

$$\text{واحد اصلی شدت صوت} = \frac{W}{m^2} \text{ (وات بر متر مربع)}$$

$$A = 4\pi r^2$$

صوت به صورت کره منتشر می شود. پس:

* محدوده شنوایی گوش انسان بین ۲۰ Hz تا ۲۰۰۰۰ Hz می باشد. به اصوات زیر ۲۰ Hz امواج فروصوت و به اصوات بالای ۲۰۰۰۰ Hz، امواج فراصوت گفته می شود.

* بین ۲۰ Hz تا ۲۰۰۰۰ Hz برای صوت شرط لازم برای شنیدن است اما کافی نیست. چون علاوه بر این محدوده فرکانسی شدت نیز باید به اندازه کافی باشد.

* مطلوبترین بسامد برای گوش انسان را ۱۰۰۰ Hz در نظر می گیرند که در این بسامد حداقل شدت لازم برابر $I_0 = 10^{-12}$ وات بر متر مربع است که آستانه شنوایی نامیده می شود و حداکثر شدت در این بسامد $I = 1$ وات بر متر مربع است که آستانه دردناکی نامیده می شود.

$$\beta = \text{Log} \frac{I}{I_0}$$

* تراز شدت نسبی صوت:

واحد تراز شدت صوت بل است. این رابطه نشان می دهد که ارتباط بین شدت صوت و بلندی صوت یک رابطه لگاریتمی است.

$$\beta = 10 \cdot \text{Log} \frac{I}{I_0}$$

معمولاً واحد تراز شدت صوت را با دسی بل dB می سنجند.

$$0 \leq \beta \leq 120 \text{ dB} \text{ (صداهایی که گوش انسان می تواند بشنود)}$$

پدیده دوپلر: به بررسی حرکت منبع صوت و شنونده و تأثیر آن بر طول موج و بسامد شنیده شده می پردازد.

f_0 : بسامد شنونده f_s : بسامد منبع صوت λ_0 : طول موج شنونده λ_s : طول موج منبع

$$\lambda_0 = \lambda_s$$

(۱) حرکت شنونده به تنهایی بر روی طول موج شنیده شده، اثر ندارد. یعنی اگر فقط شنونده حرکت کند:

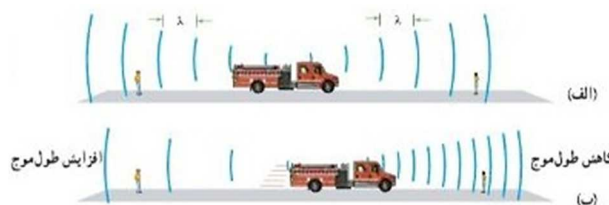
(۲) حرکت منبع صوت به تنهایی و حرکت منبع صوت و شنونده با هم روی طول موج شنیده شده اثر دارد:

$$\lambda_0 < \lambda_s$$

هر گاه منبع صوت و شنونده به طور نسبی به هم نزدیک شوند:

$$\lambda_0 > \lambda_s$$

و هر گاه منبع صوت و شنونده به طور نسبی از هم دور شوند:



(الف) وقتی ماشین ساکن است تجمع جبهه های موج در جلو و عقب ماشین یکسان است.

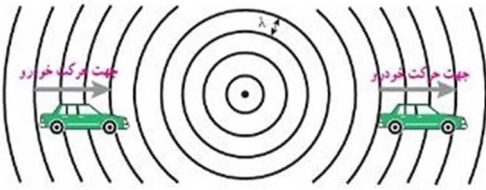
(ب) با حرکت رو به جلوی ماشین، تجمع جبهه های موج در جلوی ماشین بیشتر و در عقب آن کمتر می شود.

پوستر تعاریف و اشکال حرکت نوسانی، موج مکانیکی، موج الکترومغناطیسی، امواج صوتی و بازتاب و شکست

۳) حرکت منبع صوت و شنونده چه به تنهایی و چه با هم روی بسامد شنونده اثر دارند.
اگر منبع صوت و شنونده به طور نسبی به هم نزدیک شوند:
اگر منبع صوت و شنونده به طور نسبی از هم دور شوند:

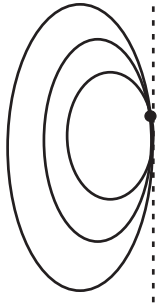
$$f_o > f_s$$

$$f_o < f_s$$

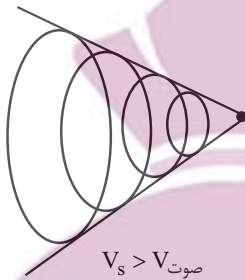


در مدت زمان یکسان خودرویی که به چشمه ساکن صوت نزدیک میشود با جبهه های موج بیشتری برخورد می کند. در حالی که خودرویی که از این چشمه دور میشود با جبهه های موج کمتری برخورد می کند.

به نحوه حرکت منبع تولید صوت و جبهه های صوت تشکیل شده توجه فرمایید.



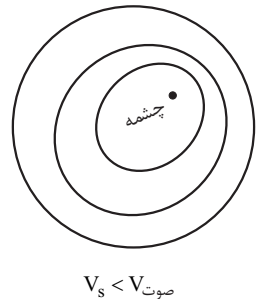
$$V_s = V_{\text{صوت}}$$



$$V_s > V_{\text{صوت}}$$



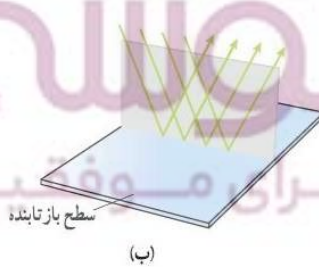
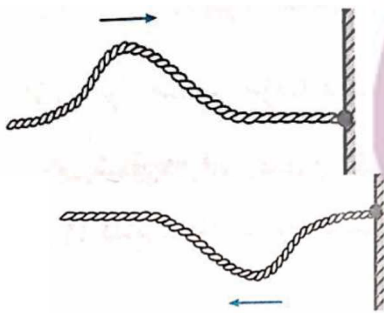
$$V_s = 0$$



$$V_s < V_{\text{صوت}}$$

بازتابش موج سینوسی:

در بازتابش موج از مانع سخت، موج بازتابش شده نسبت به موج فرودی به اندازه π اختلاف فاز پیدا می کند. برای رسم شکل موج بازتابش شده کافیست یکبار آن را نسبت به محور افقی و یکبار نسبت به محور قائم قرینه کنیم.
مطابق شکل، تپی را درون یک طناب که یک سر آن بر تکیه گاهی ثابت شده است، ایجاد کرده ایم. شکل تپ بازتاب شده از انتهای ثابت مطابق شکل زیر خواهد بود:



(ب)



(الف)

طول موج نور مرئی در محدوده 400 nm / 700 nm است.

اگر ابعاد ناهمواری های یک جسم بیشتر از $1 \mu\text{m}$ باشد (همانند کاغذ) سطح، ناهموار محسوب می شود و از قانون عمومی بازتابش تبعیت نمی کند.
اگر ابعاد ناهمواری های یک جسم کمتر از $1 \mu\text{m}$ باشد (همانند آینه، فلز صیقلی)، هموار محسوب می شود و از قانون عمومی بازتابش تبعیت می کند.

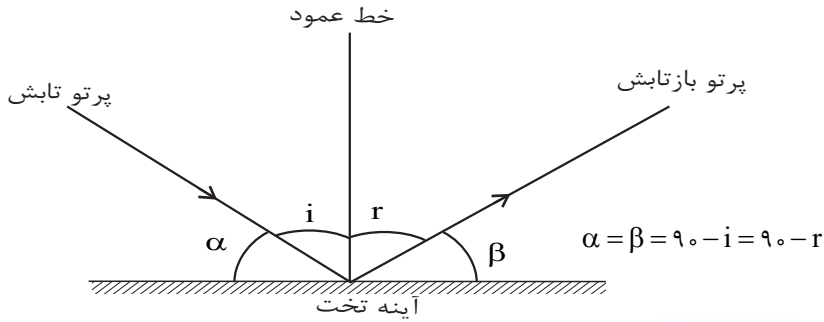
بازتاب از سطوح هموار و صیقلی ← بازتاب آینه ای یا منظم ← دسته پرتو موازی
بازتاب از سطوح ناهموار ← بازتاب پخشنده یا نامنظم ← کاتوره ای

قانون عمومی بازتابش امواج:

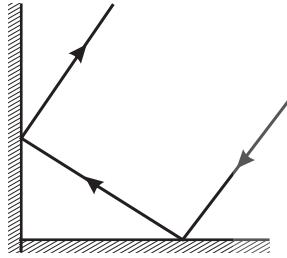
امواج مکانیکی (موج مکانیکی صوت) و امواج الکترومغناطیسی (نور) از قانون بازتابش عمومی پیروی می کنند.

پوستر تعاریف و اشکال حرکت نوسانی، موج مکانیکی، موج الکترومغناطیسی، امواج صوتی و بازتاب و شکست

* مفهوم زاویه تابش و بازتابش :



* دو آینه تخت متقاطع:



شاید این رابطه کار را تمام کند:

$$X = i_1 + i_2$$

X : زاویه بین دو آینه

i_1 : زاویه تابش در آینه ۱

i_2 : زاویه تابش در آینه ۲

نکته: اگر پرتو عمود بر آینه تخت بتابد روی خودش بازتاب می‌شود.

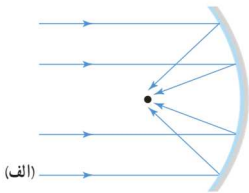


زاویه انحراف در دو آینه تخت متقاطع، زوایای تابش و بازتابش ربطی ندارد و فقط به زاویه دو آینه وابسته است. بازتاب امواج تابیده آینه مقعر (کاو):



امواج الکترومغناطیسی تخت تابیده به یک سطح کاو پس از بازتابش، در یک نقطه کانونی می‌شوند.

کاربرد آینه مقعر در امواج الکترومغناطیسی:



(الف) یک موج الکترومغناطیسی تخت پس از بازتاب از یک سطح کاو در نقطه‌ای مقابل سطح، کانونی می‌شود. (ب) تصویری از یک اجاق خورشیدی

(۱) امواج رادیویی: بشقاب‌های ماهواره

(۲) امواج فرسوخ: اجاق‌های خورشیدی برای گرم کردن آب و غذا

کاربرد آینه مقعر در امواج مکانیکی (صوت):

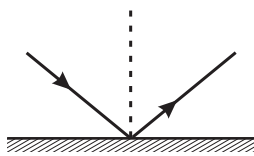
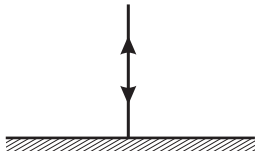
(۱) فراصوت: میکروفن سهموی برای کانونی کردن صدا برای شنود صدا و کاربردهای امنیتی

(۲) فراصوت: دستگاه لیتوتریپسی برای کانونی کردن صدا در شکستن سنگ‌های کلیه، مجاری و صفرا



پوستر تعاریف و اشکال حرکت نوسانی، موج مکانیکی، موج الکترومغناطیسی، امواج صوتی و بازتاب و شکست

پژواک: اگر صوت پس از بازتاب با یک تأخیر زمانی به گوش شنونده ای برسد که صوت اولیه را مستقیماً می شنود، به چنین بازتابی پژواک می گویند اگر تأخیر زمانی بین این دو صوت کمتر از ۱/۵ s باشد، گوش انسان نمیتواند پژواک را از صوت مستقیم اولیه تمیز دهد. همانطور که گفته شد، امواج مکانیکی (موج مکانیکی صوت) و امواج الکترومغناطیسی (نور) از قانون بازتابش عمومی پیروی می کنند.



(۱) قانون بازتاب عمومی

(۲) انتشار امواج با سرعت ثابت $\Delta x = V \cdot t$

(۳) $\lambda = \frac{V}{f}$

پژواک



خفاش برای یافتن طعمه از پژواک موج صوتی خود استفاده می کند.

مکان یابی پژواکی :

مکان یابی پژواکی به استفاده همزمان از دو پدیده فیزیکی یعنی پژواک و دوپلر می گویند.

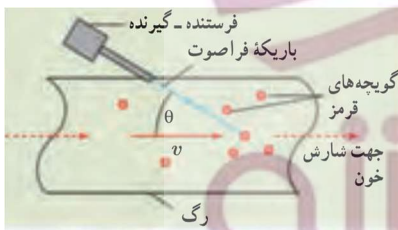
پژواک: مدت زمان رفت و برگشت موج، می تواند محل دقیق مانع یا طعمه را نشان دهد.

دوپلر: تغییر فرکانس (بسامد) پرتو تابیده شده و بازتاب شده می تواند سرعت حرکت مانع یا طعمه را نشان دهد.

(۱) فراصوت (مکانیکی): خفاش، دلفین، سونوگرافی، سونار کشتی، اندازه گیری تندى شارش خون (گلوبول ها یا گویچه های قرمز)

(۲) الکترومغناطیسی: امواج رادیویی برای مکان یابی پژواکی در بزرگراه ها و تعیین سرعت خودروها توسط دوربین

مکان یابی پژواکی



- مکان یابی پژواکی

- پژواک و دوپلر

- فراصوت (مکانیکی)

- تعیین تندى شارش خون (گویچه های قرمز)



- مکان یابی پژواکی

- پژواک و دوپلر

- رادیویی (الکترومغناطیسی)

- ثبت سرعت و تخلفات رانندگی در دوربین بزرگراه ها



- این تصویر معبد کوکولکان مکزیک

- مربوط به پدیده بازتابش امواج و پژواک

- صوت (مکانیکی)

- پژواک های پی در پی از یک صدای تولید شده از پلکان های مختلف

که با فاصله منظمی از هم قرار گرفته اند، نت های موسیقی و صدای

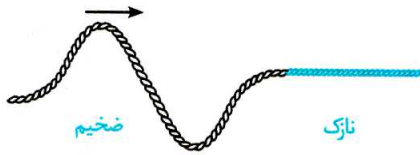
پرندگان را در ذهن متبادر می سازد.

تصویری از معبد کوکولکان

پوستر تعاریف و اشکال حرکت نوسانی، موج مکانیکی، موج الکترومغناطیسی، امواج صوتی و بازتاب و شکست

شکست امواج:

هر گاه امواج از محیطی وارد محیط دیگر شوند، سرعت و نیز جهت حرکت آن‌ها تغییر می‌کند. وقتی موج در طناب از قسمت پهن به قسمت باریک وارد می‌شود.



طبق رابطه $\mu = \rho \cdot A$ چگالی خطی آن (لختی) کم شده و سرعت و طول موج آن افزایش می‌یابد.

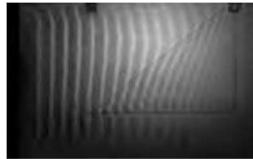
این پدیده شکست موج است.



شکارچیان بومی آمریکای جنوبی به تجربه دریافته‌اند که محل واقعی یک ماهی متفاوت با محلی است که آن را می‌بینند.

تصویر مربوط به پدیده شکست نور است. نور تابیده شده از ماهی وقتی از آب وارد هوا می‌شود، تغییر جهت می‌دهد و به چشم شکارچی برخورد می‌کند. به همین دلیل شکارچی ماهی و دوربین را در جای واقعی خود نمی‌بیند. رنگین‌کمان، عینک، عدسی میکروسکوپ و دوربین مثال‌های دیگری از شکست نور هستند.

این آزمایش نشان می‌دهد که وقتی موج آب از عمق زیاد به عمق کم می‌رسد (محیط تغییر می‌کند) نه تنها سرعت آن کاهش می‌یابد بلکه تغییر جهت نیز می‌دهد. این پدیده همان شکست موج است. دلیل تغییر جهت موج از محیطی به محیط دیگر پایداری انرژی مکانیکی است.

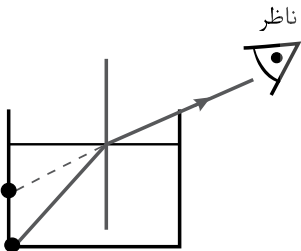


(الف) طرحی از شکست امواج سطحی در مرز آب عمیق و آب کم عمق در تشت موج و (ب) تصویری واقعی از شکست امواج سطحی در تشت موج

سکه‌ای را در گوشه فنجانی خالی قرار دهید و طوری مقابل آن قرار گیرید که نتوانید سکه را ببینید. سپس بی‌آنکه سرتان را حرکت دهید به آرامی در فنجان آب بریزید، به طوری که آب ریختن شما موجب جابه جایی سکه نشود. با پرشدن فنجان، سکه را خواهید دید. با رسم پرتوها علت دیده شدن سکه را توضیح دهید.



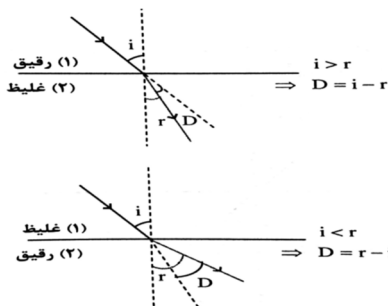
وقتی پرتو نور از آب وارد هوا می‌شود، شکست می‌یابد و از خط عمود، دور می‌شود بنابراین گویی سکه بالاتر از جای قبلی خود است.



ایران توننده
توشه ای برای موفقیت

*شکست نور:

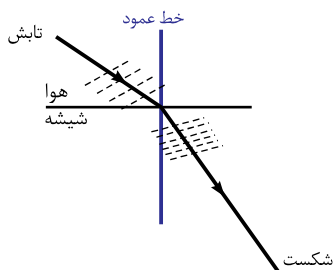
هرگاه نور از محیط رقیق وارد محیط غلیظ شود، به گونه ای شکست می‌یابد که به خط عمود نزدیکتر شود. هرگاه نور از محیط غلیظ وارد محیط رقیق شود، به گونه ای شکست می‌یابد که از خط عمود دورتر شود.



$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

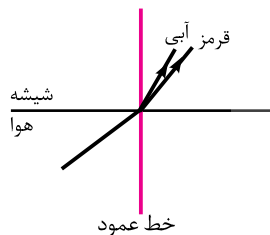
پرتو نوری از هوا وارد شیشه می‌شود:

پوستر تعاریف و اشکال حرکت نوسانی، موج مکانیکی، موج الکترومغناطیسی، امواج صوتی و بازتاب و شکست



همانطور که در شکل دیده می شود پرتو به خط عمود نزدیکتر می شود. سرعت نور کمتر شده طول موج نیز کوتاه تر می شود و جبهه های موج به هم نزدیک تر می شوند. و بالعکس!

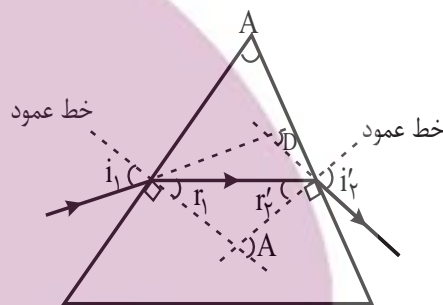
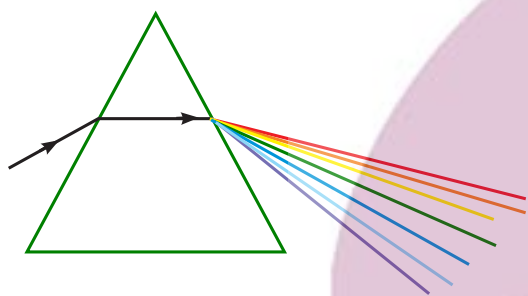
پرتو نوری مرکب از رنگ های آبی و قرمز از هوا وارد شیشه می شود و می شکند. همان طور که در شکل دیده می شود پرتو به خط عمود نزدیک تر می شود و پرتو آبی نسبت به قرمز انحراف بیشتری از امتداد پرتو پیدا می کند.



محیط های موازی پی در پی و تیغه متوازی السطوح:

در عبور نور از محیط های موازی پی در پی، فقط محیط اول و آخر را در نظر می گیریم. (منظور آن است که می توانیم، به تعداد دلخواه از محیط های وسط را حذف کنیم)

*منشور: وقتی نور از منشور (شیشه) وارد هوا می شود (غلیظ به رقیق) از خط عمود دور می شود. قرمز کمترین انحراف و بنفش بیشترین انحراف را خواهد داشت یعنی پاشندگی نور (تجزیه) رخ می دهد.



پدیده سراب:



همانطور که در شکل بالا دیده می شود، در روزهای گرم تابستان هر چه به سطح زمین نزدیک می شویم هوا گرم تر و در نتیجه رقیق تر می شود. پرتو نور خورشید هنگام نزدیک شدن به زمین، مکرراً از محیط غلیظ به رقیق رفته و مدام از خط عمود دور می شود و نهایتاً بدون اینکه به زمین برخورد کند، بازتاب شده و برمی گردد (بازتابش کلی) چشم ناظر پرتو را می بیند و مغز به اشتباه گمان می کند که پرتو از داخل آب بازتاب شده است.

پوستر تعاریف و اشکال اتمی و هسته‌ای

نظریه نسبیت خاص (مربوط به مطالعه پدیده‌ها در تندی‌های بسیار زیاد و قابل مقایسه با تندی نور)، نظریه نسبیت عام (مربوط به مطالعه هندسه فضا زمان و گرانش) و نظریه کوانتومی (مربوط به مطالعه پدیده‌ها در مقیاس‌های بسیار کوچک، مانند اتم‌ها و ذره‌های سازنده آنها) منجر شد که امروزه به آن فیزیک جدید می‌گویند.

از سطح اجسام در هر دمایی تابش الکترومغناطیسی گسیل می‌شود. به این تابش خودبخود یا گسیل خودبخود می‌گویند. مقدار انرژی تابشی با سه پارامتر تناسب دارد (۱) دما (۲) سطح جسم (۳) کدورت و تیرگی جسم
* با افزایش دما ضمن افزایش میزان تابش، بیشینه تابش به سمت طول موج‌های کوتاه‌تر میل می‌کند.

$$\lambda_m \times T = 2.9 \times 10^{-3} = \text{cte}$$

می‌توان از قانون فوق اینچنین برداشت کرد که امواج تابشی از اجسام در محدوده فروسرخ (دمای اتاق) تا مرئی و فرابنفش است. نظریه کوانتومی پلانک: امواج الکترومغناطیس از بسته‌های مجزا به نام فوتون تشکیل شده است (نور ذره‌ای است)

$$E = nhf$$

اگر $h = 6.6 \times 10^{-34}$ قرار داده شود (خود مسئله f را می‌دهد و نیازی به حفظ کردن نیست). انرژی بر حسب J محاسبه می‌شود اما اگر 4×10^{-15} $h =$ قرار داده شود انرژی بر حسب eV (الکترون ولت) بدست می‌آید که بایستی این عدد را بخاطر بسپاریم.

$$1eV = 1.6 \times 10^{-19} J$$

پدیده فوتو الکتریک:

اگر نور فرابنفش به یک الکتروسکوپ دارای بار منفی تابیده شود، تیغه‌ها به هم نزدیک می‌شوند چون بسامد بالایی دارد و انرژی بالایی دارد و می‌تواند الکترون‌های کلاهدک را جدا کند.

در حالیکه اگر نور مرئی بتابانیم، اتفاقی نمی‌افتد. انرژی فوتون‌های نور مرئی کمتر است.



الف) برهم کنش نور فرودی فرابنفش با کلاهدک برق‌نما سبب می‌شود تا ورقه‌های آن به سرعت به هم نزدیک شوند. ب) در حالی که برهم کنش نور مرئی گسیل شده از یک لامپ رشته‌ای تغییری در انحراف ورقه‌های برق‌نما به وجود نمی‌آورد.

آغاز پدیده فوتو الکتریک بستگی دارد به } (۱) بسامد پرتو
(۲) جنس فلز

W_0 (تابع کار): حداقل انرژی لازم برای کنده شدن اولین الکترون و آغاز پدیده فوتو الکتریک. W_0 به جنس فلز وابسته است.
 f_0 (بسامد قطع): حداقل بسامد فوتون که می‌تواند اولین الکترون را جدا نموده و فوتو الکتریک آغاز شود.

$$W_0 = hf_0 \quad \text{یا} \quad W_0 = \frac{hc}{\lambda_0} \quad (\lambda_0 \leftarrow \text{طول موج قطع})$$

بنابراین شرط آغاز پدیده فوتوالکتریک اینست که $f = f_0$

$$\left. \begin{array}{l} f \geq f_0 \longrightarrow \text{پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد.} \\ f < f_0 \longrightarrow \text{پدیده فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} hf \geq W_0 \longrightarrow \text{پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد} \\ hf < W_0 \longrightarrow \text{پدیده فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد} \end{array} \right\}$$

λ_0 (طول موج قطع یا طول موج آستانه): بلندترین طول موج ممکن برای شروع فوتوالکتریک است.
توجه: چون λ با f رابطه‌ی عکس دارد، پس:

$\lambda \leq \lambda_0 \longrightarrow$ پدیده‌ی فوتوالکتریک رخ می‌دهد

$\lambda > \lambda_0 \longrightarrow$ پدیده‌ی فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد

آزمایش فوتوالکتریک نشان می‌دهد که آغاز پدیده فوتوالکتریک به شدت پرتوها و تعداد فوتون‌ها و مدت زمان تابش ربطی ندارد. چون اصلاً نور ذره‌ای (فوتونی) است و فقط یک فوتون مهم است. فوتون‌ها با هم انسجام و پیوستگی ندارند.

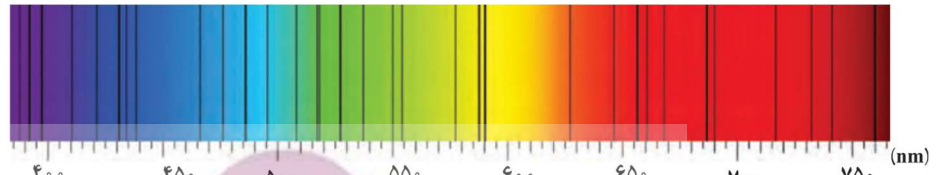
بنابراین آغاز پدیده فوتوالکتریک فقط به یک فوتون بستگی دارد. و انرژی فوتون به بسامد (طول موج) بستگی دارد. آغاز پدیده فوتوالکتریک به جنس فلز (الکتروسکوپ) بستگی دارد.

پوستر تعاریف و اشکال اتمی و هسته‌ای

طیف سنجی: بخار عناصر یا گازها برخلاف جامدات در اثر گرما فقط طول موجهای خاصی را تابش می کنند که منحصر به آن گاز است و به آن طیف نشری یا گسیلی خطی گفته می شود. (هنگامی که به جامدات گرما داده می شود تمام طول موجها را تابش می کنند که طیف نشری پیوسته نامیده می شود) و اگر نور سفید از آنها گذرانده شود همان طول موجها را جذب می کنند و به جای آن ها خطوط تیره ظاهر می شود که به آن طیف جذبی خطی گفته می شود.

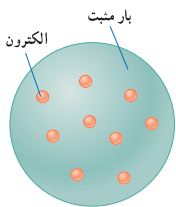
خطوط فرانیهوفر: خطوط تاریکی هستند که توسط گازهای جو خورشید از طیف نور خورشید حذف شده‌اند. (طیف جذبی خطی)

خطهای تاریکی که در طیف خورشید دیده می شود، به افتخار کشف کننده آن، خطهای فرانیهوفر نامیده می شوند.



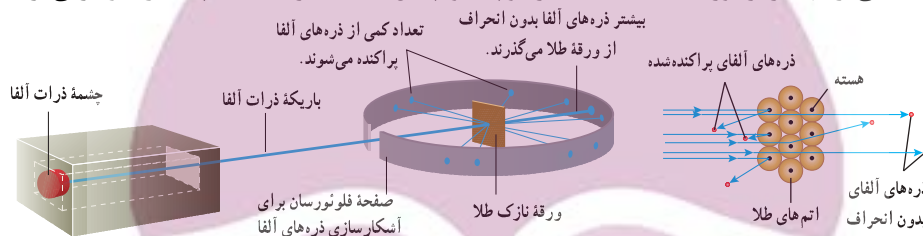
مدل اتمی تامسون: (یک کشمشی یا هندوانه‌ای) اتم مانند کیک و الکترون‌ها همانند کشمش در آن پخش هستند.

در مدل اتمی تامسون، وقتی الکترون‌ها با بسامدهای معینی حول وضع تعادلشان نوسان می کنند. این نوسان سبب تابش امواج الکترومغناطیسی از اتم می شود. توجیه تابش خودبخود (گسیل خودبخود) یکی از ناکامی های مدل تامسون این بود که بسامدهای تابش گسیل شده از اتم، که این مدل پیش بینی می کرد، با نتایج تجربی سازگار نبود.



در مدل تامسون، بار الکتریکی مثبت به طور همگن در کره ای توزیع شده است و الکترون ها مانند کشمش های کیک در نقاط مختلف آن قرار دارند.

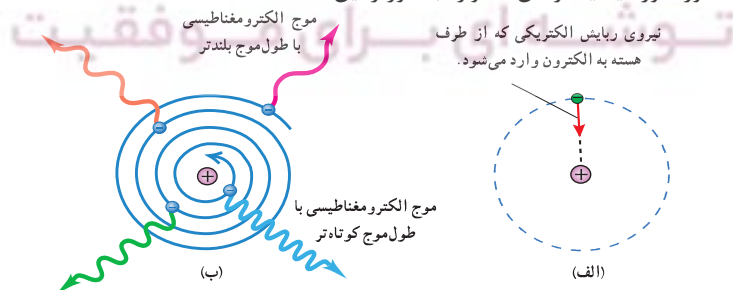
مدل اتمی رادرفورد: اتم شامل یک بخش مرکزی به نام هسته است و الکترون‌ها به دور آن در حال گردش می باشند. آزمایش زیر، آزمایش ورقه های طلا و ذرات α است که مدل اتمی رادرفورد از آن نتیجه گیری شد. ذرات α به راحتی از ورقه طلا عبور می کنند و تعداد کمی از آنها در برخورد به هسته که بسیار کوچک و چگال است، انحراف شدید پیدا کرده و باز می گردند.



آزمایش پراکندگی رادرفورد که در آن ذرات α از یک ورقه نازک طلا پراکنده شده اند. تمام وسیله ها در یک اتاقک خلا قرار دارد که در این شکل نشان داده نشده است.

موادی که رادرفورد توجیه می کرد:

- (۱) تابش خودبخود (گسیل خودبخود): رادرفورد معتقد بود که حرکت دایره ای الکترون به دور هسته حرکت شتاب دار است باعث تولید خودبخود امواج الکترومغناطیس می شود. که البته بعدها بور این نظر را رد کرد.
- (۲) درباره این سؤال که چرا در اثر نیروی جاذبه کولنی، الکترون به روی هسته با بار مثبت سقوط نمی کند، رادرفورد معتقد بود که حرکت دایره ای مانع سقوط است مانند گردش زمین به دور خورشید یا گردش ماهواره به دور زمین.



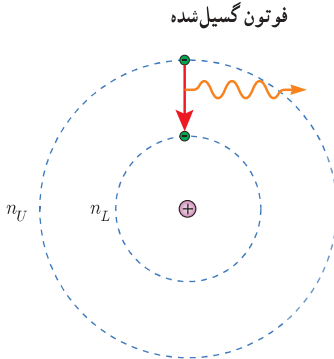
ناتوانی مدل اتم هسته ای رادرفورد در تبیین پایداری اتم. الف) اگر الکترون نسبت به هسته ساکن فرض شود بر اثر نیروی ربایش الکتریکی، روی هسته سقوط می کند. ب) اگر الکترون دور هسته بچرخد، طیفی پیوسته گسیل می کند و سرانجام روی هسته فرو می افتد.

ایرادات مدل اتمی رادرفورد به شرح زیر است:

- ۱- پایداری اتم را توجیه نمی کند ۲- طیف جذبی و نشری خطی را توجیه نمی کند، چون اگر قرار باشد الکترون بر اثر حرکت دایره ای امواج الکترومغناطیسی ایجاد کند باید انرژی آن مرتباً کاهش یابد و سرانجام در یک مسیر حلزونی به روی هسته سقوط کند. ضمناً باید تمام طول موجها را تابش کند.

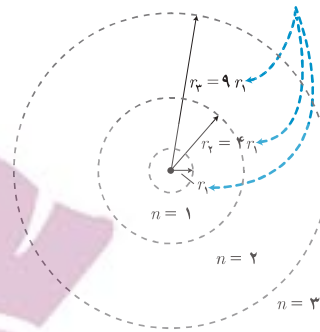
پوستر تعاریف و اشکال اتمی و هسته‌ای

مدل اتمی بور: (۱) الکترون‌ها فقط در مدارهایی دارای انرژی مشخص (مدارهای مانا)، می‌توانند به دور هسته گردش کنند. هرچه از هسته دور شویم انرژی مدارهای مانا بیشتر می‌شود. (۲) تا زمانی که الکترون در یک مدار مانای مشخص گردش کند تابش الکترومغناطیسی ساطع نمی‌کند. (۳) شعاع هر مدار مانا مضربی از شعاع اولیه است. $r_n = n^2 r_1$ (۴) هرگاه الکترون از مدار بالاتر به پایین تر بیاید پرتو الکترومغناطیسی ساطع می‌کند و زمانی از مدار پایین تر به بالاتر می‌رود که پرتو الکترومغناطیسی جذب کند. شعاع مدارها با n^2 متناسب است.



فوتون گسیل شده

بنا به مدل بور، وقتی الکترونی از مداری با انرژی بیشتر به مداری با انرژی کمتر جهش می‌کند یک فوتون گسیل می‌شود.



اولین مدار بور در اتم هیدروژن دارای انرژی E_1 است. مدارهای دوم و سوم بور به ترتیب دارای انرژی‌های $E_2 = E_1/4$ و $E_3 = E_1/9$ هستند.

اصل ریذبرگ (محاسبه طول موج طیف های اتم هیدروژن):

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right)$$

$R_H = \frac{1}{100}$: ثابت ریذبرگ n_U : شماره مدار بالاسری (بزرگتر) n_L : شماره مدار پایه (کوچکتر)

نام رشته	مقدار n_L	مقدارهای n_U	گستره طول موج n
لیمان	۱	$n = 2, 3, \dots$	فرابنفش
بالمر	۲	$n = 3, 4, \dots$	فرابنفش و مرئی
پاشن	۳	$n = 4, 5, \dots$	فروسرخ
براکت	۴	$n = 5, 6, \dots$	فروسرخ
پفوند	۵	$n = 6, 7, \dots$	فروسرخ

$$\lambda \propto n' \text{ و } \lambda \propto \frac{1}{n}$$

$$n' = \text{ثابت} \rightarrow \lambda \propto \frac{1}{n}$$

$$n' = \text{ثابت} \rightarrow \begin{cases} \lambda_{max} \rightarrow n = \text{Min} = n' + 1 \\ \lambda_{min} \rightarrow n = \text{Max} = \infty \end{cases}$$

*انرژی ریذبرگ:

$$r_n = n^2 r_1 \text{ : شعاع هر الکترون هیدروژن در تراز } n$$

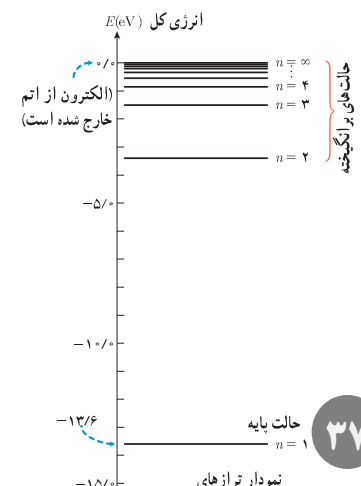
$$E_n = \frac{-E_R}{n^2} \text{ : انرژی کل الکترونهای هیدروژن در تراز } n$$

$$E_R = 13.6 \text{ eV} \text{ : انرژی ریذبرگ}$$

هرگاه الکترون از مدار بالاتر (n) به مدار پایین تر (n') بیاید، فوتونی به طول موج λ تابش می‌کند و اگر از مدار پایین تر به بالاتر برود این فوتون را جذب می‌کند.

$$E_n - E_{n'} = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

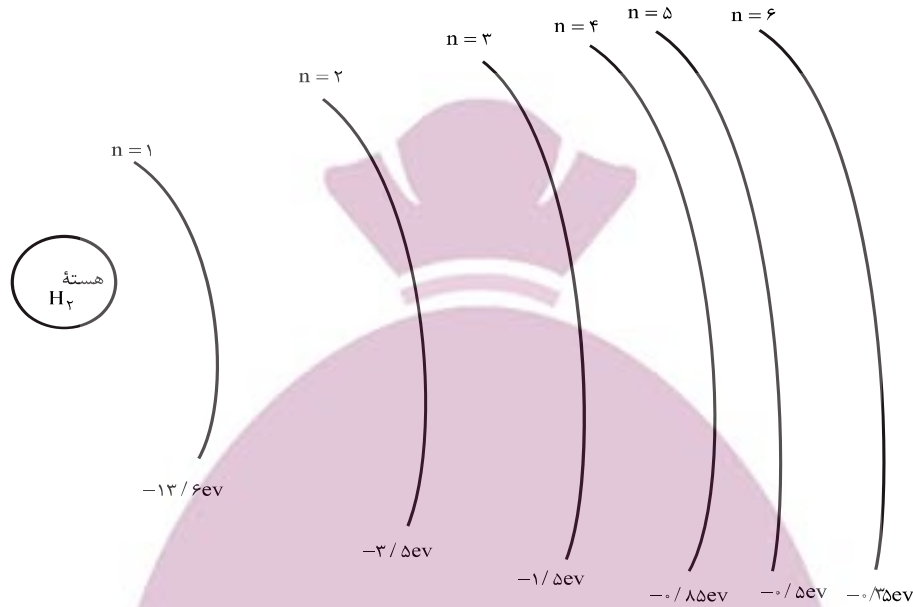
در این نمودار، که برای اتم هیدروژن رسم شده است بالاترین تراز انرژی به $n = \infty$ مربوط است و دارای انرژی 0 eV است. برعکس، پایین ترین تراز انرژی مربوط به $n = 1$ است و دارای مقدار -13.6 eV است. پایین ترین تراز انرژی، حالت پایه نامیده می‌شود یعنی مثل ریاضی هست! هر چه از اعداد منفی به سمت صفر می‌رویم، انرژی بیشتر می‌شود، توجه کنید که با افزایش n چگونه انرژی‌های حالت‌های برانگیخته به هم نزدیک و نزدیک تر می‌شوند.



پوستر تعاریف و اشکال اتمی و هسته‌ای

در اتم هیدروژن و در دمای اتاق، الکترون اغلب در حالت پایه قرار دارد. برای بالا بردن الکترون از حالت پایه ($n=1$) به بالاترین حالت برانگیخته ممکن ($n=\infty$) مقدار 13.6 eV انرژی باید صرف شود. صرف این مقدار انرژی، الکترون را از اتم خارج می‌کند و یون مثبت هیدروژن H^+ ایجاد می‌شود. این کمترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه، انرژی یونش الکترون نامیده می‌شود. (۴) با افزایش n انرژی‌های حالت برانگیخته به هم نزدیک و نزدیک‌تر می‌شوند.

تکنیک تخمین انرژی:



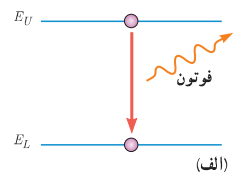
نارسایی‌ها (ایرادات) مدل اتمی بور:

این مدل برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می‌گردد به کار نمی‌رود، زیرا در مدل بور، نیروی الکتریکی که یک الکترون بر الکترون دیگر وارد می‌کند به حساب نیامده است. همچنین این مدل نمی‌تواند متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی را توضیح دهد. برای مثال مدل بور نمی‌تواند توضیح دهد که چرا شدت خط قرمز با شدت خط آبی در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی با یکدیگر متفاوت است.

لیزر

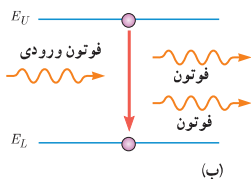
گسیل خودبخود

الکترون از مدار بالا به پایین می‌آید (خودبخود) و اختلاف انرژی دو مدار را به صورت یک فوتون تابش می‌کند
 $\Rightarrow$ فوتون کاتوره‌ای است.

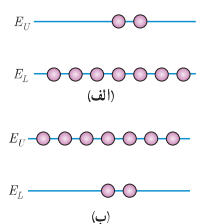


گسیل القایی:

یک فوتون که انرژی آن با اختلاف انرژی دو مدار برابر است به الکترون تابانده می‌شود و الکترون کنده شده اجباراً به مدار پایین‌تر آمده و دو فوتون تابش می‌کند. (دو فوتون هم انرژی و هم فاز و هم جهت هستند)



(الف) گسیل خودبه‌خود
 (ب) گسیل القایی



(الف) به طور معمول و

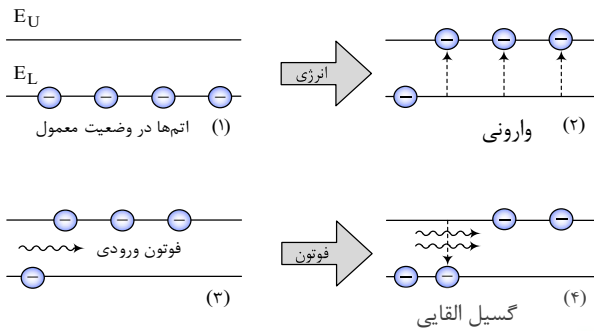
در دمای اتاق، بیشتر الکترون‌ها در تراز انرژی پایین‌تر قرار دارند. (ب) در وضعیتی که وارونی جمعیت به وجود آید بیشتر الکترون‌ها در تراز بالاتری

در گسیل القایی یک چشمه انرژی خارجی مناسب باید وجود داشته باشد تا الکترون‌ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کند. این انرژی می‌تواند به روش‌های متعددی از جمله درخش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا فراهم شود. که به وارونی جمعیت معروف است.

در وارونی جمعیت: الکترون‌ها مدت زمان بسیار طولانی‌تری (10^{-3} s) نسبت به حالت برانگیخته معمولی (10^{-8} s) باقی می‌مانند. این زمان طولانی‌تر، فرصت بیشتری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه تقویت نور لیزر فراهم می‌کند.

پوستر تعاریف و اشکال اتمی و هسته‌ای

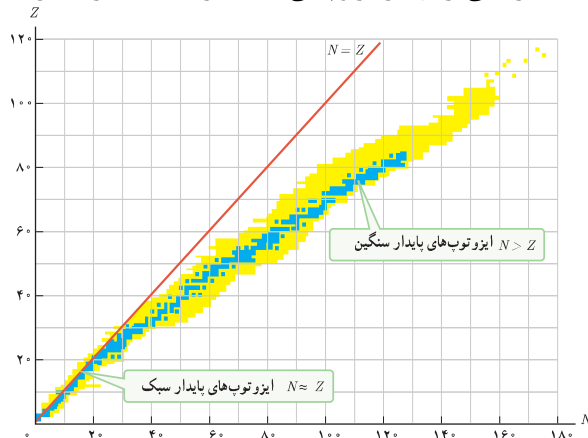
مراحل تولید لیزر:



فیزیک هسته‌ای:

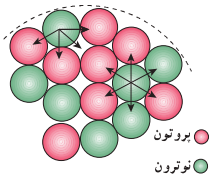
تعاریف:

- ابعاد اتم در حدود 10^{-10} (آنگستروم) است در حالیکه ابعاد هسته در حدود 10^{-15} (فرمی یا فمتومتر) است.
 - Z (عدد اتمی): تعداد پروتون‌های هسته را می‌گویند.
 - A (عدد جرمی): به تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های هسته می‌گویند. (تعداد نوکلئون‌ها)
 - عدد اتمی ویژگی‌های شیمیایی عناصر را نشان می‌دهد در حالیکه عدد جرمی ویژگی‌های فیزیکی عناصر را نشان می‌دهد. (هسته‌ها در واکنش‌های شیمیایی نقشی ندارند. ترازهای انرژی آنها در حدود MeV بوده و نمی‌توانند در واکنش‌های شیمیایی نقش بازی کنند)
 - عناصری را که دارای عدد اتمی یکسان ولی تعداد نوترون متفاوت هستند (عدد جرمی متفاوت) ایزوتوپ می‌گویند.
 - مثلاً اورانیوم 235 به راحتی در راکتور شکافته می‌شود در حالیکه اورانیوم 238 این ویژگی را ندارد. هر عنصر هم ایزوتوپ پایدار دارد و هم ایزوتوپ ناپایدار دارد. (فقط رادون استثنا است که ایزوتوپ پایدار ندارد). اغلب ایزوتوپ‌های عناصر ناپایدارند.
 - از ایزوتوپ‌های ناپایدار برای ردیابی در پزشکی و صنعت استفاده می‌شود.
 - نیروی هسته‌ای با نیروی کولنی دو تفاوت عمده دارد:
- ۱- نیروی کولنی فقط بین پروتون‌ها وجود دارد و از نوع دافعه یا رانشی است ولی نیروی هسته‌ای بین تمام نوکلئون‌ها وجود دارد و از نوع جاذبه یا ربایشی است.
 - ۲- نیرو هسته‌ای بسیار کوتاه برد است.
- عدد اتمی عناصر موجود در طبیعت $1 \leq Z \leq 92$ است. عناصر با $Z > 92$ را عناصر فرا اورانیومی می‌گویند.
 - عدد نوترونی عناصر موجود در طبیعت $0 \leq N \leq 146$ است.
 - عموماً عناصر پایدار در ابتدا تقریباً دارای پروتون و نوترون برابر هستند ولی به تدریج به سمت نوترون‌های بیشتر می‌روند.
- برای پایداری هسته، باید نیروی دافعه الکتروستاتیکی بین پروتون‌ها با نیروی جاذبه بین نوکلئون‌ها، که ناشی از نیروی هسته‌ای است، موازنه شده باشد. ولی به دلیل بلندبرد بودن نیروی الکتروستاتیکی، یک پروتون تمام پروتون‌های دیگر درون هسته را دفع می‌کند، در حالی که یک پروتون یا یک نوترون، فقط نزدیک‌ترین نوکلئون‌های مجاور خود را با نیروی هسته‌ای جذب می‌کند. به همین دلیل وقتی تعداد پروتون‌های درون هسته افزایش یابد، اگر هسته بخواهد پایدار باقی بماند، باید تعداد نوترون‌های درون هسته نیز افزایش یابد. هسته پایدار با بیشترین تعداد پروتون ($Z = 82$) متعلق به بیسموت ($^{209}_{83}\text{Bi}$) است.
- در میان عناصر ناپایدار با عدد اتمی $Z > 83$ ، توریم ($Z = 90$) و اورانیوم ($Z = 92$) تنها عنصرهایی‌اند که واپاشی آنها چنان کند است که از هنگام تشکیل منظومه شمسی در چندین میلیارد سال پیش، فقط مقدار کمی از آنها بر اثر واپاشی، به عنصرهای سبک‌تر تبدیل شده‌اند.



نمودار تغییرات Z بر حسب N
 برای هسته‌های پایدار و برتوزا. هر نقطه
 آبی رنگ نشان‌دهنده یک هسته پایدار
 است. نقاط زرد رنگ هسته‌های برتوزای
 شناخته شده را نشان می‌دهند.

پوستر تعاریف و اشکال اتمی و هسته‌ای



قسمتی از هسته و نوکلئون‌های آن که به صورت طرح‌وار نشان داده شده است. هر نوکلئون، فقط به نزدیک‌ترین نوکلئون‌های مجاورش نیروی هسته‌ای وارد می‌کند.

• برای عناصر پایدار ابتدا $N=Z$ سپس $\frac{N}{Z} = 1/2$ شده و در نهایت به $\frac{N}{Z} = 1/5$ می‌رسد.

• با افزودن یک نوترون می‌توان به پایداری هسته کمک کرد. چون نیروی هسته‌ای وارد هسته می‌شود بدون اینکه دافعه کولنی داشته باشد.

• جرم هسته همواره از جرم مجموع نوکلئون‌ها کوچکتر است. این جرم مفقود شده طبق رابطه $E = mc^2$ به انرژی بستگی هسته (هسته‌ای) تبدیل شده است.

$$M_x < ZM_p + NM_n$$

جرم نوترون: M_n

جرم پروتون: M_p

جرم هسته: M_x

$$E = (ZM_p + NM_n - M_x) c^2$$

• در فرآیندهای هسته‌ای اصل پایستگی جرم و انرژی به تنهایی برقرار نیستند بلکه اصل پایستگی جرم و انرژی برقرار می‌باشد.

• معمولاً در فیزیک هسته‌ای از واحد جرمی بسیار کوچک، به نام u (amu) استفاده می‌کنند که $\frac{1}{12}$ جرم اتم کربن ۱۲ می‌باشد.

*انرژی بستگی هسته:

$$M_x < ZM_p + NM_n$$

جرم هسته: M_x

جرم نوترون: M_n

جرم پروتون: M_p

$$E = (ZM_p + NM_n - M_x) c^2$$

$$M_p \approx M_n \approx 1/67 \times 10^{-27} \text{ Kg} = 1 \text{ U}$$

$$\frac{1}{12} \text{ جرم اتمی کربن } 12 : u$$

$$E = mc^2 \approx 1/5 \times 10^{-10} \text{ J}$$

*پرتوزایی:

$$E = mc^2 \approx 931/5 \text{ Mev}$$

$$\beta^- \text{ (الکترون)} : {}^A_Z X \rightarrow {}^{A}_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e$$

$$\beta^+ \text{ (پوزیترون)} : {}^A_Z X \rightarrow {}^{A}_{Z-1} Y + {}^0_{+1} e$$

$$\alpha \text{ (آلفا)} : {}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 \text{ He}$$

$$\gamma \text{ (گاما)} : {}^A_Z X^* \rightarrow {}^A_Z X + {}^0_0 \gamma$$

$$n \text{ (نوترون)} : {}^A_Z X \rightarrow {}^{A-1}_Z X + {}^1_0 n$$

در پرتوزایی طبیعی سه نوع پرتو ایجاد می‌شود: پرتوهای آلفا (α)، پرتوهای بتا (β) و پرتوهای گاما (γ). پرتوهای α کمترین نفوذ را دارند و با ورقه نازک سربی با ضخامت ناچیز ($\approx 0.1 \text{ mm}$) متوقف می‌شوند، در حالی که پرتوهای β مسافت خیلی بیشتری را ($\approx 0.1 \text{ mm}$) در سرب نفوذ می‌کنند. پرتوهای γ بیشترین نفوذ را دارند و می‌توانند از ورقه‌ای سربی به ضخامت قابل ملاحظه‌ای ($\approx 10 \text{ mm}$) بگذرند. در تمام فرایندهای واپاشی پرتوزا مشاهده شده است که تعداد نوکلئون‌ها در طی فرایند واپاشی هسته‌ای پایسته است؛ یعنی تعداد نوکلئون‌ها، پیش از فرایند با تعداد نوکلئون‌ها پس از فرایند مساوی است.

$$\frac{N_0}{N} = \frac{m_0}{m} = 2^n$$

N : تعداد هسته‌های باقی مانده

m : جرم مواد رادیواکتیو باقی مانده

*نیمه عمر مواد رادیواکتیو:

N_0 : تعداد هسته‌های فعال اولیه

m_0 : جرم مواد رادیواکتیو اولیه

$$n = \frac{t}{T_{1/2}}$$

n : تعداد نیمه عمر

$T_{1/2}$: نیمه عمر

t : زمان کل

تعاریف و اشکال الکتریسیته ساکن

هر عنصر در طبیعت از اتم‌ها، تشکیل شده است ابعاد اتم 10^{-10} متر یا آنگستروم است.

اتم از دو بخش تشکیل شده است

(۱) هسته: بخش بسیار کوچک اتم می‌باشد.

ابعاد آن در حد 10^{-15} متر است که فمتومتر یا فرمی نامیده می‌شود.

هسته شامل پروتون‌ها و نوترون‌ها می‌باشد.

پروتون‌ها دارای خاصیت الکتریکی (بارالکتریکی) هستند ولی نوترون‌ها فاقد این خاصیت هستند که خنثی نامیده می‌شوند.

(۲) الکترون‌ها:

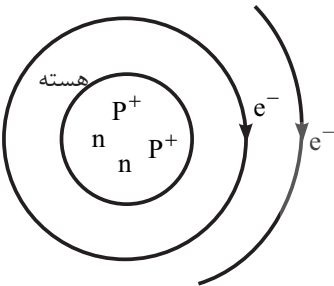
در مدارهایی به دور هسته در حال گردش هستند الکترون‌ها نیز دارای خاصیت الکتریکی (بارالکتریکی) هستند.

بارالکتریکی الکترون‌ها و بارالکتریکی پروتون‌ها با هم متفاوت، ولی هم‌اندازه هستند!

به بارالکتریکی الکترون‌ها اصطلاحاً منفی و به بارالکتریکی پروتون‌ها اصطلاحاً مثبت می‌گویند.

به همین دلیل یک الکترون می‌تواند یک پروتون را خنثی کند.

تعداد الکترون‌ها و تعداد پروتون‌ها در اتم، در حالت عادی با هم برابر هستند. به همین دلیل اتم‌ها در حالت عادی خنثی هستند.



منشأ تولید الکتریسیته جابجایی الکترون‌ها است.

اگر اتم الکترون بگیرد دارای بارمنفی و اگر الکترون از دست بدهد دارای بار مثبت می‌شود.

بار هر e^- (الکترون)، 1.6×10^{-19} است که واحد بارالکتریکی به افتخار دانشمند فرانسوی، «شارل کولن» C (کولن) نامیده می‌شود.

بارالکتریکی:



توصیف آذرخش مبتنی بر اصول الکتریسیته ساکن است.



انتقال پیام‌های عصبی در دستگاه اعصاب به‌صورت الکتریکی صورت می‌گیرد.

$$q = \pm n e$$

$$1e = 1p = 1.6 \times 10^{-19}$$

تعداد الکترون‌های جابه‌جا شده

اصل پایستگی بارالکتریکی:

مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است.

بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود ولی هرگز کم یا زیاد نمی‌شود.

کوانتیده بودن بارالکتریکی:

همواره بارها بایستی مضرب صحیح از عدد $e (1.6 \times 10^{-19})$ باشند.



مالش بادکنک به بدن گربه سبب ایجاد بار الکتریکی در آنها و در نتیجه برافراشته شدن موهای گربه می‌شود.

چرا وقتی روکش پلاستیکی را روی یک ظرف غذا می‌کشید و آن را در لبه‌های ظرف فشار می‌دهید، روکش در جای خود ثابت باقی می‌ماند؟

توجه کنید:

جابجایی (تبادل) الکترون‌ها باعث می‌شود که یکی دارای بار مثبت و دیگری دارای بار منفی شود و در نتیجه همدیگر را جذب کنند.

توجه کنید:

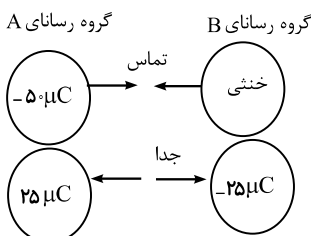
عموماً به سه روش می‌توان اجسام را باردار کرد:

۱- تماس در اجسام رسانا:

هر گاه یک جسم باردار با یک جسم رسانا (بدون بار) تماس پیدا کند، هر دو جسم دارای بارهای هم‌نام می‌شوند.

اگر دو جسم مورد نظر در بالا، مشابه (هم‌جنس و هم‌اندازه) باشند، بارها به طور مساوی در هر جسم پخش و ذخیره می‌شود.

و اگر یکی از اجسام بزرگتر باشد، طبیعتاً بار بیشتری را دریافت می‌کند.

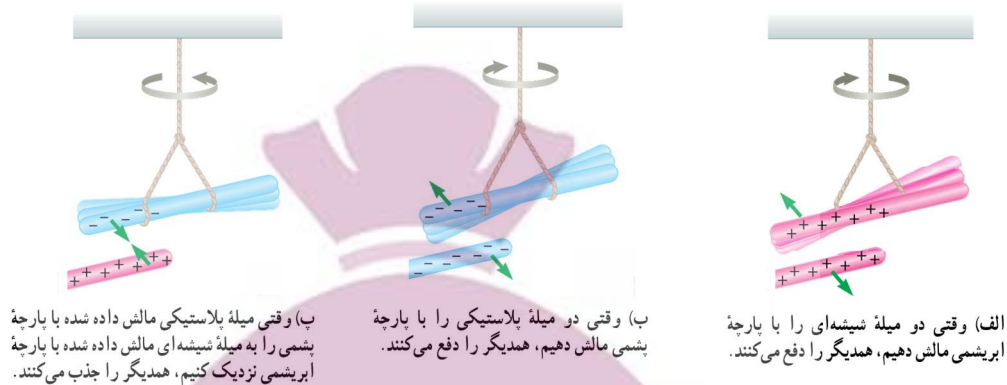


تعاریف و اشکال الکتریسیته ساکن

۲- مالش:

عموماً در اجسام نارسانا اتفاق می‌افتد. و در اثر برخورد شدید یکی از اجسام الکترون می‌دهد (دارای بار مثبت می‌شود) و دیگری الکترون می‌گیرد. (دارای بار منفی می‌شود) تمایل اجسام به از دست دادن الکترون، در جدولی موسوم به سری الکتریسیته مالشی (تریوالکتریک) به ترتیب چیده شده است.

با توجه به جدول تریوالکتریک، چرا در شکل میله پلاستیکی با پارچه پشمی و میله شیشه‌ای با پارچه ابریشمی مالش داده شده است؟



تمایل به از دست دادن پشم بیشتر از ابریشم است.

ابریشم بیشتر تمایل دارد تا الکترون بگیرد و برای شیشه مناسب‌تر است.

مطابق شکل، دو لوله کاغذی را در کنار هم قرار داده‌ایم. یکی را با پارچه ابریشمی و دیگری را با پارچه کتان مالش می‌دهیم. نیروی الکتریکی بین این دو لوله پس از مالش آن‌ها به پارچه‌ها، ربایشی است یا رانشی؟ چرا؟

انتهای مثبت سری
ابریشم
کاغذ
پارچه کتان
انتهای منفی سری



همدیگر را جذب می‌کنند زیرا تمایل به از دست دادن الکترون در ابریشم بیشتر از کاغذ است، پس در مالش کاغذ و ابریشم، کاغذ دارای بار منفی می‌شود. در مالش کاغذ و پارچه کتان اوضاع برعکس است و کاغذ دارای بار مثبت می‌شود.

۳- القاء: در اجسام رسانا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در این روش، تماس بین اجسام وجود ندارد.



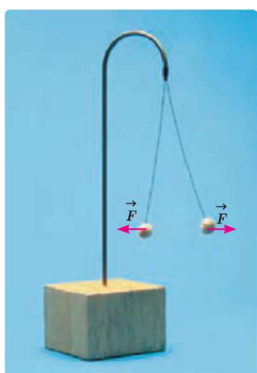
نیروی کولنی و ویژگی های آن:

(۱) نیروهای کولنی در راستای خط واصل وارد می‌شوند.

(۲) بارهای هم‌نام همدیگر را دفع و بارهای ناهم‌نام همدیگر را جذب می‌کنند.

(۳) نیرویی که بار (۱) بر بار (۲) وارد می‌کند، با نیرویی که بار (۲) بر (۱) وارد می‌کند، با هم برابر هستند (قانون سوم نیوتن)

قانون کولن: اندازه نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار نقطه‌ای که در راستای خط واصل آنها اثر می‌کند با حاصلضرب بزرگی آنها متناسب است و با مربع فاصله آنها نسبت وارون دارد.



گوی‌های باردار همنام یکدیگر را با نیرویی هم‌اندازه دفع کرده‌اند.

تعاریف و اشکال الکتریسیته ساکن

$$F = \frac{K |q_1| |q_2|}{r^2}$$

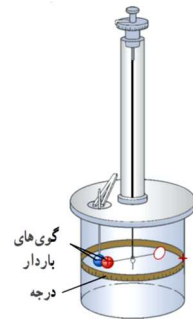
$$K = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \quad \epsilon_0 : \text{ضریب گذردهی الکتریکی خلأ}$$

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

یک گوی به صورت افقی قرار گرفته که توسط یک رشته سیم کشسان، در حالت افقی نگه داشته می شود (گوی قرمز رنگ). یک گوی رسانای مشابه باردار به صورت عمودی وارد شیشه شده (گوی آبی رنگ) و با گوی افقی تماس پیدا می کند. چون بارهای دو گوی با هم یکسان و هم علامت می شوند، پس همدیگر را دفع می کنند. گوی قرمز افقی شروع به گردش می کند هر چه بار گوی آبی بیشتر باشد، نیروی دافعه دو گوی بیشتر شده و گوی قرمز زاویه بیشتری طی می کند.

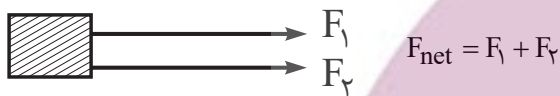
ترازوی پیچشی برای تحقیق قانون کولن مورد استفاده قرار می گیرد.



تماس دو گلوله مشابه دارای بارالکتریکی:

دو گلوله مشابه یکی دارای بارالکتریکی q_1 و دیگری دارای بارالکتریکی q_2 مفروض است. آنها را به هم تماس داده و دوباره جدا می کنیم بار هر یک از گلوله ها با هم برابر می شود.

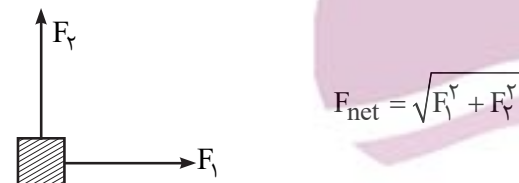
برآیند نیروهای کولنی: * بردار مقدماتی: یادآوری:



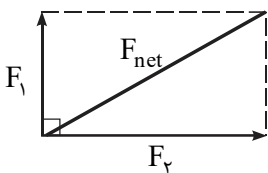
برآیند دو نیروی هم راستا و هم جهت (سو)



برآیند دو نیروی هم راستا در خلاف جهت هم:



* مهم ترین حالت برآیند دو نیروی عمود بر هم:



روش متوازی الاضلاع:

برای تعیین جهت نیروی برآیند به کار می رود. به موازات نیروی اول و نیروی دوم خطی وصل می کنیم تا همدیگر را قطع کنند. از محل برخورد دو نیرو قطر چهارضلعی را رسم می کنیم. جهت برآیند به دست می آید.

قوانین نیوتن:

قانون اول نیوتن: اگر جسمی در حال سکون یا تعادل باشد و یا با سرعت ثابت (یکنواخت) حرکت کند، برآیند نیروهای

وارد بر آن صفر است. $\Sigma F = 0$ — تعادل

قانون دوم نیوتن: اگر برآیند نیروهای وارد بر جسمی صفر نباشد، حرکت جسم شتابدار است که شتاب حرکت از رابطه $\Sigma F = ma$ محاسبه می شود.

قانون سوم نیوتن:

اگر جسم (۱) به جسم (۲) نیرو وارد کند، جسم (۲) نیز به جسم (۱) همان نیرو را وارد می کند برابر و در خلاف جهت!

توجه: گاهی برای یک ذره باردار در الکتریسیته ساکن، جرم نیز داده می شود که بایستی علاوه بر نیروی کولنی، نیروی وزن (mg) را نیز

در نظر گرفت. نیروی وزن (گرانش کره زمین) همواره به سمت پایین رسم می شود:



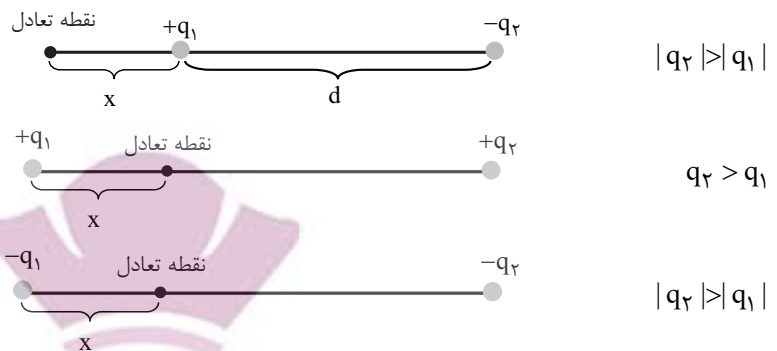
چه عاملی باعث شده که گلوله بالایی سقوط نکند؟ نیروی دافعه کولنی به سمت بالا و نیروی وزن گلوله به سمت پایین همدیگر را خنثی نموده و طبق قانون اول نیوتن ($F_{net} = 0$) گلوله بالایی معلق (در حالت تعادل) می ماند.



تعاریف و اشکال الکتریسیته ساکن

*تعادل الکتروستاتیک:

- ۱- اگر دو بار هم نام باشند نقطه تعادل بین دوبار نزدیک به بار کوچکتر خواهد بود.
 - ۲- اگر دو بار نا هم نام باشند نقطه تعادل خارج خط واصل دوبار نزدیک به بار کوچکتر خواهد بود.
 - ۳- دقت کنید که چون مسائل تناسبی است نیاز به تبدیل واحد نیست.
- تعادل الکتروستاتیکی:



*میدان الکتریکی:

میدان الکتریکی، نیرویی است که در هر نقطه از طرف جسم باردار به بار آزمون وارد می شود. میدان بارهای مثبت در هر نقطه دلخواه به سمت بیرون و میدان بارهای منفی در هر نقطه دلخواه به سمت درون رسم خواهد شد.

میدان الکتریکی را بصورت کمی چنین تعریف می کنند:

فضای اطراف هر بار الکتریکی را میدان الکتریکی می گویند. این میدان که با نماد $\vec{E}$ نشان می دهند با اندازه بار رابطه

$$E = \frac{k|q|}{r^2}$$

مستقیم و با مربع فاصله از هر نقطه رابطه عکس دارد.

الف: میدان الکتریکی در اطراف هر بار، با مجذور فاصله رابطه عکس دارد.

ب: اگر بار الکتریکی را ۴ برابر کنیم و فاصله تا بار را دو برابر کنیم، میدان الکتریکی بار یک برابر می شود.

پ: اگر میدان اطراف یک بار ثابت، دو برابر شود، فاصله تا بار را یکدکال دو دوم برابر شده است.

رسم خطوط میدان الکتریکی

(ویژگی های خطوط میدان الکتریکی)

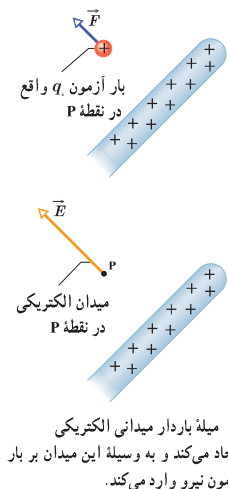
(۱) بردار میدان در هر نقطه، مماس بر خطوط میدان و هم جهت بار آن است.

(۲) تراکم خطوط میدان، نشان دهنده اندازه میدان در هر نقطه است. هر چه خطوط متراکم تر باشند، میدان قوی تر است.

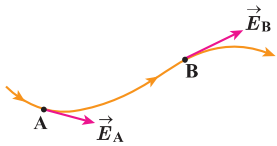
(۳) در آرایش چندین بار، میدان الکتریکی از بار مثبت شروع و به بار منفی ختم می شود.

(۴) خطوط میدان هرگز همدیگر را قطع نمی کنند.

بار نقطه ای مثبت	بار نقطه ای منفی	دو بار غیرهمنام هم اندازه $ q_1 = q_2 $
دو بار همنام و هم اندازه $ q_1 = q_2 $	دو بار غیرهمنام و نامساوی $ q_1 > q_2 $	دو بار همنام غیرمساوی $ q_1 > q_2 $

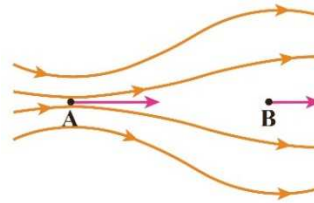


تعاریف و اشکال الکتریسیته ساکن

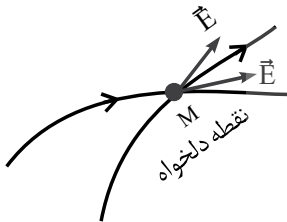


میدان الکتریکی در هر نقطه برداری است مماس بر خط میدانی که از آن نقطه می‌گذرد و با آن خط میدان هم جهت است.

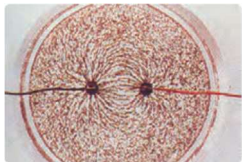
میزان تراکم خطوط میدان در هر ناحیه از فضا نشان‌دهنده اندازه میدان در آن ناحیه است و هر جا تراکم خطوط میدان الکتریکی بیشتر باشد، اندازه میدان الکتریکی بیشتر است.



$$E_A > E_B$$



- چرا خطوط میدان الکتریکی همدیگر را قطع نمی‌کنند؟
پاسخ: زیرا در هر نقطه دلخواه از فضای اطراف، فقط یک میدان می‌تواند وجود داشته باشد. در صورتیکه خطوط میدان، همدیگر را قطع کنند، در یک نقطه چندین میدان می‌توان متصور شد.



آزمایشی را طراحی کنید که جهت میدان الکتریکی در اطراف بارهای الکتریکی را نشان دهد.
پاسخ: در یک ظرف شیشه‌ای مقداری پارافین یا روغن می‌ریزیم. دو الکتروتود (دو تیغه) را به مولد وان دوگراف وصل می‌کنیم. مقداری بذر ریحان یا خاکشیر بین دو الکتروتود می‌پاشیم. اگر دو تیغه میله‌ای باشند، بعد از وصل شدن به مولد وان دوگراف مانند خازن عمل می‌کند و اگر کوچک باشند همانند بارهای نقطه‌ای عمل می‌کنند.
دانه‌های بذر در مجاورت میدان الکتروتودها، قطبیده شده و در جهت میدان، منظم می‌شوند و شکل خطوط میدان ساخته می‌شود.
تفاوت استراتژی حل مسائل نیروی کولنی و میدان الکتریکی

(۱) نیروی الکتروستاتیکی فقط بر روی بارها وارد می‌شود ولی میدان الکتریکی در هر نقطه دلخواه قابل محاسبه است.

(۲) وقتی n بار الکتریکی موجود است، بر هر بار $n-1$ نیرو وارد می‌شود!

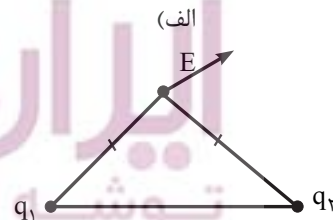
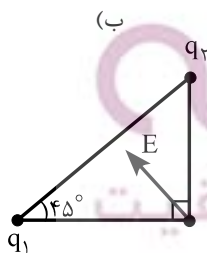
و وقتی n بار الکتریکی موجود است، در هر نقطه دلخواه n میدان الکتریکی وجود خواهد داشت!
نتیجه‌گیری از شکل مقابل بنویسید.



مولد وان دوگراف

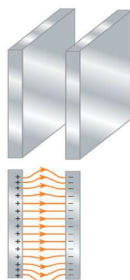
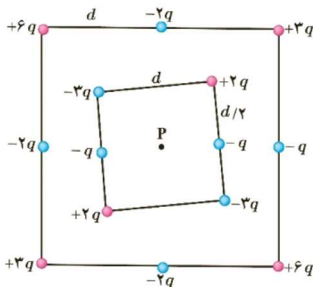
هر چه از کلاهک وان دوگراف دور می‌شویم انحراف شعله در اثر میدان الکتریکی کاهش می‌یابد. یعنی میدان الکتریکی کلاهک وان دوگراف با افزایش فاصله کاهش می‌یابد.

با توجه به جهت میدان الکتریکی در اشکال زیر درباره اندازه بارها و علامت آنها اظهار نظر کنید: (روش متوازی‌الاضلاع در برآیندگیری مرور شود)



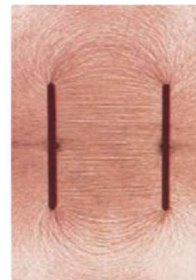
شکل زیر دو آرایه مربعی از ذرات باردار را نشان می‌دهد. مربع‌ها که در نقطه P هم مرکزند، همردیف نیستند.

ذره‌ها روی محیط مربع به فاصله d یا $\frac{d}{\sqrt{2}}$ از هم قرار گرفته‌اند. بزرگی و جهت میدان الکتریکی برایند در نقطه P چیست؟ (کتاب درسی)



طرحی از خطوط میدان

یکنواخت بین دو صفحه رسانای موازی، با بارهای هم‌اندازه و ناهمنام



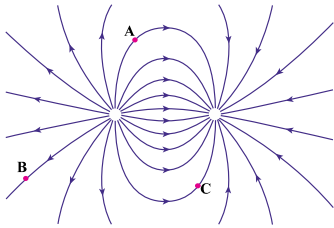
سمت‌گیری دانه‌ها در فضای بین دو الکتروتود صفحه‌ای موازی

تعریف میدان الکتریکی یکنواخت:
به دو صفحه رسانای موازی دارای بارهای هم‌اندازه و ناهمنام گفته می‌شود.

تعاریف و اشکال الکتریسیته ساکن

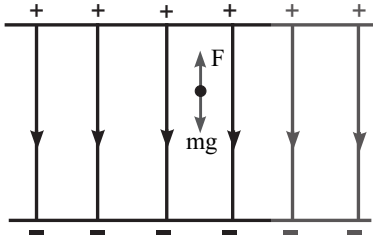
یادآوری:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Sigma F = 0 \rightarrow \text{سکون یا سرعت ثابت (یکنواخت)} \quad (1) \\ \Sigma F = ma \rightarrow \text{شتاب ثابت} \quad (2) \end{array} \right. \text{قوانین نیوتون}$$



نکته: هر گاه بار الکتریکی در معرض میدان الکتریکی قرار بگیرد از طرف میدان بر آن نیروی $F = E \cdot q$ وارد می‌شود.

بر بارهای مثبت نیرو در جهت میدان و بر بارهای منفی نیرو در خلاف جهت میدان وارد می‌شود. بار $-q$ را در نقطه‌های A، B و C از میدان الکتریکی غیریکنواخت شکل روبه‌رو قرار دهید و جهت نیروی الکتریکی وارد بر این بار منفی را تعیین کنید.



آزمایش قطره - روغن میلیکان:

رابرت اندرو میلیکان بین دو ورقه فلزی موازی، میدان الکتریکی قائم یکنواخت E ایجاد کرد. از طریق روزنه‌های کوچک، قطره‌های روغن را به داخل میدان الکتریکی تزریق کرد. عمده‌تاً این قطرات در اثر مالش با دهانه روغن پاش باردار بودند.

قطرات معلق باردار در بین این صفحات، می‌توانست بار الکتریکی هر قطره را نشان دهد!!!

$$\Sigma F = 0 \rightarrow F = mg \rightarrow E \cdot q = mg \quad \text{قانون دوم نیوتن (سکون) \rightarrow تعادل}$$

q از این رابطه محاسبه می‌شود!

جرم هر قطره از رابطه $m = \rho \times V$ و میدان الکتریکی توسط اختلاف پتانسیل اعمال شده برای میلیکان مشخص بود. جالب آنکه میلیکان در این آزمایش کوانتیده بودن بارهای الکتریکی یعنی رابطه $q = ne$ را نیز اثبات کرد.



نکته: بال زنبور و ریز موها و پرزهای بال و بدن زنبور در اثر حرکت (بال زدن) همواره دارای بار مثبت می‌شود. (در جدول تریبوالکتریک عموماً موی انسان و حیوانات و حشرات تمایل به از دست الکترون هستند) در حالی که گرده روی گل‌ها عموماً دارای بار منفی بوده و جذب زنبور عسل شده و به گل‌های دیگر منتقل شده و باعث تولیدمثل می‌شود. رسوب‌دهنده‌های الکتروستاتیکی (ESP) می‌تواند با کمک میدان الکتریکی، دانه‌های گرد و غبار را جدا کند.



دو صفحه به پایه وان دوگراف وصل شده و دارای بار منفی می‌شوند. دود و گرد و خاک ناشی از صنایع و کارخانجات هم از یک توری ظرفی که بین این دو صفحه (بار منفی) قرار گرفته، عبور داده می‌شوند. حال اگر توری فلزی به کلاهی وان دوگراف وصل شود (بار مثبت)، با به کار افتادن وان دوگراف دود و گرد و غبار دارای بار مثبت شده و جذب صفحات منفی می‌شوند.

*کار و انرژی الکتریکی:

هرگاه یک بار در مجاورت میدان الکتریکی حرکت کند، کار الکتروستاتیکی انجام می‌شود و انرژی تغییر می‌کند. روابط کار عبارتند از:

$$W_T = W_E = E |q| \cdot d \cdot \cos \theta$$

توجه کنید که فقط میدان روی بار کار انجام می‌دهد و از کارهای وزن، اتلاف و اصطکاک صرف‌نظر می‌گردد.

$$W = \Delta V \cdot q \quad \text{الکتریکی بر روی ذره باردار کار انجام می‌دهد.}$$

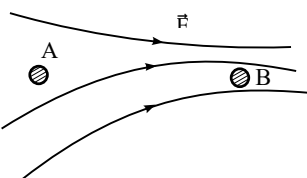
$$W_T = W_E = \Delta K = \frac{1}{2} m (V_f^2 - V_i^2) \quad \text{یادآوری می‌کنیم که طبق قضیه کار و انرژی مجموع کار انجام شده با تغییرات انرژی جنبشی برابر است.}$$

$$\Delta K = -\Delta U$$

و ضمناً تغییرات انرژی جنبشی با تغییرات انرژی پتانسیل قرینه است.

تعریف اختلاف پتانسیل: تغییرات انرژی در واحد بار را اختلاف پتانسیل می‌نامند و واحد آن ولت (معادل $\frac{J}{C}$) می‌باشد.

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow \Delta U = \Delta V \cdot q$$



نکته: جهت میدان الکتریکی همواره از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر است.

با توجه به شکل مقابل جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید:

الف: میدان الکتریکی در نقطه A از میدان الکتریکی در نقطه B است.

ب: اگر یک بار $\oplus$ از نقطه A به B جابجا شود، تغییرات انرژی پتانسیل آن است.

پ: اگر یک الکترون از بین دو نقطه A و B به سمت نقطه جابجا می‌شود.

ت: اگر یک ذره آلفا (هسته هلیوم) در نقطه A به سمت نقطه جابجا می‌شود.

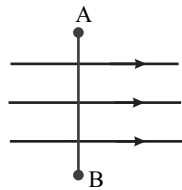
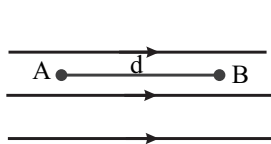
ث: یک بار الکتریکی از نقطه A به B جابجا شده و سرعت آن مدام کمتر می‌شود.

آن بار است و در این جابجایی کار میدان الکتریکی است.

تعاریف و اشکال الکتریسیته ساکن

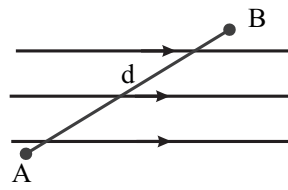
*محاسبه اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از یک میدان الکتریکی:

هر گاه میدان دیدید یعنی بین نقاط اختلاف پتانسیل وجود دارد. هر گاه اختلاف پتانسیل داشته باشیم یعنی میدان هم داریم $E \iff \Delta V$



$$\Delta = 0$$

هم پتانسیل
 $V_A = V_B$

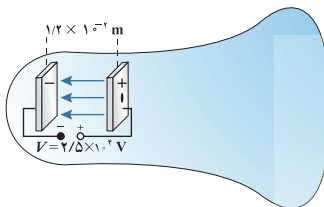


$$W = E \cdot q \cdot d \cdot \cos \alpha$$

$$W = \Delta V \cdot q$$

$$E \cdot q \cdot d \cdot \cos \alpha = \Delta V \cdot q$$

$$\Delta V = E \cdot d \cdot \cos \alpha$$



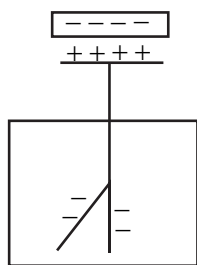
لامپهای تصویر تلویزیونها و نمایشگرهای قدیمی، لامپ پرتو - کاتدی (CRT) بودند. در این لامپ، الکترونها در میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه باردار، مطابق شکل، شتاب می گیرند و با صفحه نمایشگر برخورد می کنند.

نحوه کارکرد الکتروسکوپ:

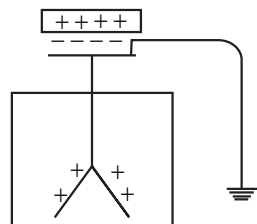
از الکتروسکوپ برای تشخیص باردار بودن یا نبودن اجسام و نیز نوع بار آنها استفاده می شود.

(۱) تشخیص باردار بودن یا نبودن اجسام:

جسم را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می کنیم. اگر جسم دارای بار الکتریکی باشد، تیغه های الکتروسکوپ باز شده و از هم فاصله می گیرند. همانطور که متوجه شده اید، الکتروسکوپ به روش القاء کار می کند.



میله شیشه ای



(۲) تشخیص نوع بار جسم:

ابتدا الکتروسکوپ را می توانیم با دو روش تماس و القاء باردار کنیم.

(روش تماس)

(روش القا)

ابتدا یک جسم باردار را به کلاهک نزدیک کرده، سپس بارهای تجمع شده در کلاهک را به زمین منتقل می کنیم



سپس جسم مورد نظر را (که قرار است نوع بار آن مشخص شود) به کلاهک نزدیک می کنیم. اگر تیغه ها بیشتر باز شدند، بار جسم و الکتروسکوپ هم نام هستند. و اگر تیغه ها بسته شدند (و أحياناً مجدداً باز شدند) بار جسم و الکتروسکوپ نام هم نام هستند.

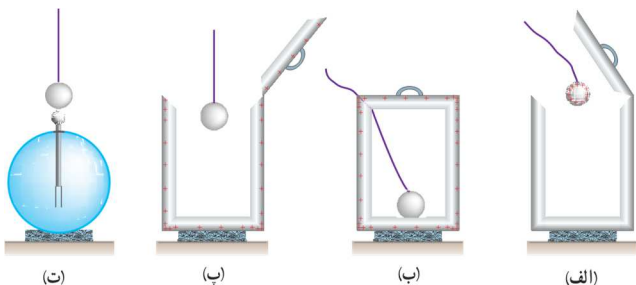
تعیین رسانا یا نارسانا بودن جسم:

برای این منظور ابتدا الکتروسکوپ را باردار می کنیم، سپس جسم مورد نظر را که در تماس با زمین است، با یک سیم رسانا به کلاهک الکتروسکوپ متصل می کنیم. اگر جسم مورد نظر رسانا باشد، بار الکتروسکوپ خنثی شده و صفحات به هم می چسبند و اگر نارسانا باشد، چون بار الکتروسکوپ تخلیه نمی شود، صفحات هم چنان باز باقی می مانند.

توزیع بار الکتریکی در رسانا آزمایش فاراده: نخستین بار بنیامین فرانکلین برای پی بردن به اینکه بار الکتریکی داده شده به رسانای خنثی چگونه در آن توزیع می شود، آزمایشی را در سال ۱۷۵۵ میلادی انجام داد. تقریباً ۸۰ سال بعد (۱۸۳۶ میلادی) این آزمایش توسط مایکل فاراده انگلیسی به گونه ای دیگر تکرار شد. در ادامه به توضیح نوعی از آزمایش فاراده می پردازیم که اندکی با

آزمایش اصلی او متفاوت است.

ظرف رسانایی با درپوش فلزی را در نظر بگیرید که روی پایه نارسانایی قرار دارد و روی درپوش آن دسته ای عایق نصب شده است. ابتدا ظرف بدون بار است. یک گوی فلزی را که از نخ عایقی آویزان است باردار و سپس وارد ظرف می کنیم (شکل الف) اکنون گوی را با کف ظرف تماس می دهیم و سپس درپوش فلزی را می بندیم (شکل ب) آن گاه درپوش فلزی را با دسته عایقش برمی داریم (شکل پ)



(ت)

(ب)

(پ)

(الف)

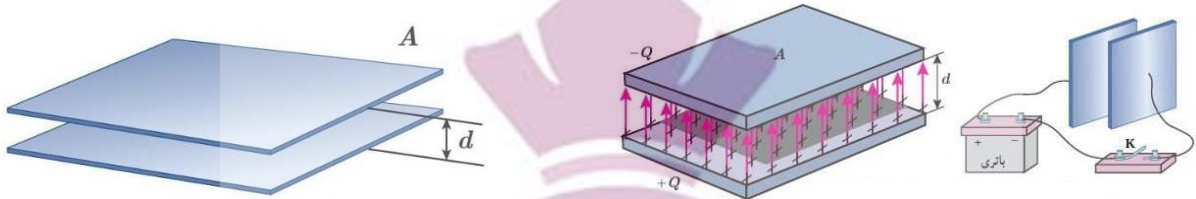
تعاریف و اشکال خازن



انرژی فلاش دوربین در یک خازن ذخیره شده است.

خازنخازن وسیله‌ای الکتریکی است که می‌تواند بار و انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند؛ مثلاً باتری‌های یک دوربین با باردار کردن یک خازن، انرژی را در خازن فلاش دوربین ذخیره می‌کنند. باتری‌ها معمولاً می‌توانند انرژی را فقط با آهنگ نسبتاً کمی به مدار بدهند که این آهنگ برای گسیل نور از فلاش دوربین بسیار کم است، اما وقتی خازن باردار می‌شود، می‌تواند انرژی را با آهنگ بسیار زیادی برای فلاش زدن آماده کند.

باردار(شارژ) کردن خازن: روش باردار کردن خازن قرار دادن آن در مدار الکتریکی ساده‌ای است که یک باتری دارد. وقتی یک خازن باردار می‌شود، صفحه‌های آن دارای بارهایی با بزرگی یکسان، ولی با علامت مخالف می‌شود: $+Q$ و $-Q$. با این حال، بار یک خازن را به صورت Q نشان می‌دهند که همان بار صفحه مثبت است. بین دو صفحه خازن باردار یک میدان الکتریکی ایجاد می‌شود که خطوط این میدان از صفحه مثبت به منفی است.



یک خازن تخت، از دو صفحه با مساحت A ساخته شده است که به فاصله d از هم قرار گرفته‌اند.

پراستفاده‌ترین خازن، خازن نوع تخت است که شکل شماتیکی از آن نمایش داده شده است.

ظرفیت خازن (C): نسبت بار خازن به اختلاف پتانسیل بین دو صفحه را ظرفیت خازن می‌گوییم.

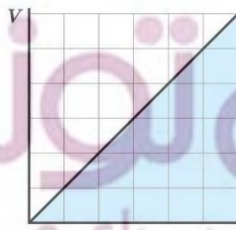
توجه: ظرفیت یک خازن از ویژگی‌های ساختمانی خازن است. بنابراین برای یک خازن ظرفیت ثابت است و به عواملی مانند Q و V بستگی ندارد.

$$\text{کولن} \rightarrow C = \frac{Q}{V} \leftarrow \text{ولت} \text{ فاراد}$$

یکای ظرفیت خازن: یکای ظرفیت خازن $\frac{\text{کولن}}{\text{ولت}}$ است که فاراد (F) نامیده می‌شود.

$$\begin{matrix} \mu C & \mu F V \\ \uparrow & \uparrow \uparrow \\ Q = C V \end{matrix}$$

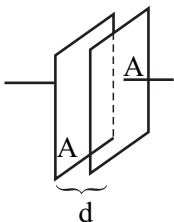
فاراد یکای بسیار بزرگی است، لذا عملاً ظرفیت اکثر خازن‌ها در محدوده پیکوفاراد تا میلی فاراد است.



نمودار ولتاژ بر حسب بار برای خازنی که توسط یک باتری باردار می‌شود.

ظرفیت خازن تخت و عامل‌های مؤثر بر آن:

ظرفیت خازن تخت با مساحت مشترک صفحات متناسب و با فاصله‌های بین دو صفحه نسبت عکس دارد بنابراین، ظرفیت خازن وقتی که بین دو صفحه خلأ یا هوا باشد از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید.



$$\begin{cases} (C \propto A) \\ C \propto \frac{1}{d} \end{cases}$$

$$C_0 = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

خازن با دی‌الکتریک (مثالی از کاربرد دی‌الکتریک)

اگر بین دو صفحه‌ی خازن را با عایقی به ثابت دی‌الکتریک

$$C = K \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

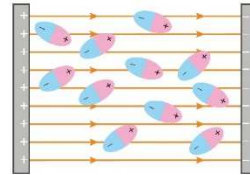
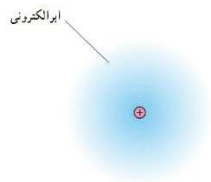
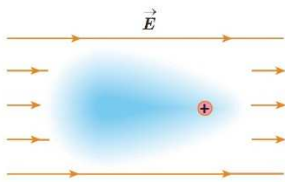
K کاملاً پر کنیم ظرفیت خازن K برابر شده در نتیجه:

بنابراین ظرفیت خازن تخت، علاوه بر مساحت مشترک صفحات و فاصله‌ی بین آنها به جنس عایق بین دو صفحه هم بستگی دارد.

تعاریف و اشکال خازن

مقایسه ظرفیت دو خازن تخت:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{K_2}{K_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2}$$



(ب) در حضور میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی از هم جدا می شوند و ابرالکترونی در خلاف جهت میدان جابه جا می شود.

(الف) در نبود میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی برهم منطبق اند.

(ب) در حضور میدان الکتریکی، مولکول های قطبی می گویند خود را در جهت میدان الکتریکی خارجی هم ردیف کنند.

(الف) در نبود میدان الکتریکی، سمت گیری مولکول های دو قطبی نامنظم است.

فروریزش الکتریکی: اگر ولتاژ دو سر خازن بیش از حد زیاد شود، در نتیجه میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن نیز به شدت افزایش می یابد و این موضوع باعث می شود که الکترون های دی الکتریک به صفحه مثبت برخورد کرده و جرقه بزنند و در واقع دی الکتریک به رسانا تبدیل می شود. گاهی در اثر پدیده فروریزش خازن می سوزد.



شکل - تصویری از یک خازن که روی آن ظرفیت و اختلاف پتانسیل بیشینه قابل تحمل نوشته شده است.



شکل - تقض های لیچنبرگ، فروریزش الکتریکی باعث تشکیل مسیرهای رسانایی سرخشی شکلی در دی الکتریک شده است.

$$C = \epsilon \cdot \frac{A}{d} \quad (2)$$

$$c = \frac{Q}{V} \quad (1) \quad \text{نتیجه:}$$

پارامترهای رابطه ۲ بر ظرفیت خازن اثر می گذارد و تغییر ظرفیت خازن q و v را نیز در رابطه ۱ تغییر می دهد ولی عکس این مطلب صادق نیست.

نکته: با قرار دادن دی الکتریکی بین صفحات ظرفیت خازن افزایش می یابد. اگر ضریب دی الکتریک k باشد، $C = k\epsilon \cdot \frac{A}{d}$

روابط انرژی خازن:

$V =$ ثابت

$Q =$ ثابت

مادامی که یک خازن به باتری وصل است، اختلاف پتانسیل ثابت است:

هر گاه خازن از باتری جدا شود، بار الکتریکی ثابت است:

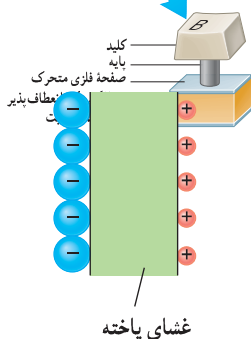
نکته: طرز کار و ساختار خازن در تمام اشکال زیر، تقریباً به یک شکل است:

با فشار دادن خازن، فاصله صفحات بین آن تغییر کرده و بنابراین طبق رابطه $C = k\epsilon \cdot \frac{A}{d}$ ، ظرفیت خازن تغییر می کند

و اکنون طبق رابطه $C = \frac{q}{V}$ بار الکتریکی دو سر خازن نیز بایستی تغییر کند. بنابراین یک سیگنال الکتریکی ارسال می شود.



(الف)



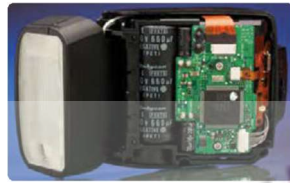
فشار دادن کلید، صفحه متحرک به صفحه ثابت نزدیک می شود و ظرفیت خازن افزایش می یابد. این تغییر ظرفیت به صورت سیگنالی الکتریکی توسط مدارهای الکترونیکی رایانه آشکار می شود.

یک یاخته عصبی (نورون) را می توان با یک خازن تخت مدل سازی کرد، به طوری که غشای سلول به عنوان دی الکتریک و یون های باردار با علامت مخالف که در دو طرف غشا هستند به عنوان بارهای روی صفحه های خازن عمل کنند.

تعاریف و اشکال خازن

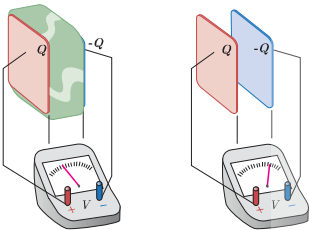


ضربه شدید باعث تغییر فاصله صفحات خازن در کیسه هوا شده در نتیجه ظرفیت خازن تغییر می‌کند تغییر ظرفیت خازن باعث تغییر باد در دو سر خازن شده و یک سیگنال الکتریکی تولید شود که باعث گسیل شدن گاز نیتروژن از مخزن به کیسه می‌گردد.



در دستگاه دفع انرژی صفحه‌های رابط (کفشک‌ها) روی قفسه سینه بیمار قرار داده می‌شوند و خازن بخشی از انرژی ذخیره شده خود را از طریق کفشک‌ها به بدن بیمار منتقل می‌کند. هدف از این کار این است که قلب به طور موقت از کار بیفتد و پس از آن با آهنگ منظم و طبیعی خود به کار افتد.

در شکل زیر صفحه‌های باردار یک خازن تخت را که بین آنها هواست، به ولت‌سنج وصل می‌کنیم. با وارد کردن دی‌الکتریک در بین صفحه‌ها، اختلاف پتانسیل دو صفحه کاهش می‌یابد. علت آن را توضیح دهید.

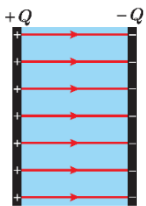


$$C = \frac{q}{V} \quad (1)$$

$$C = K\epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2)$$

چون خازن از باتری جدا شده بنابراین q ثابت است. با قرار دادن دی‌الکتریک C افزایش می‌یابد پس بایستی V (عدد ولت‌سنج) کاهش یابد. انرژی خازن

وقتی خازن به باتری وصل می‌شود در آن انرژی ذخیره می‌شود.



$$W = Q\bar{V} = Q\left(\frac{V}{2}\right) = \frac{1}{2}QV$$

این کار به صورت انرژی الکتریکی در میدان الکتریکی فضای بین صفحه‌های خازن ذخیره می‌شود:

$$U_{\text{خازن}} = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

شکل - انرژی در میدان الکتریکی

بین صفحات خازن ذخیره می‌شود.

که در آن انرژی پتانسیل الکتریکی خازن ($U_{\text{خازن}}$) برحسب ژول (J)، بار خازن (Q) برحسب کولن (C)، اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن (V) برحسب ولت (V) و ظرفیت خازن (C) برحسب فاراد (F) است.

اگر انرژی ذخیره شده در خازن در مدت زمان t ، تخلیه شود.

$$P = \frac{U}{t} \rightarrow \frac{J}{s} = W$$

خازن تختی که بین صفحات آن هواست، توسط یک باتری باردار شده است. آن را از باتری جدا می‌کنیم هر یک از تغییرات زیر چه تأثیری بر انرژی ذخیره شده در خازن ایجاد می‌کند؟ چون خازن از باتری جدا شده بنابراین ثابت $q =$

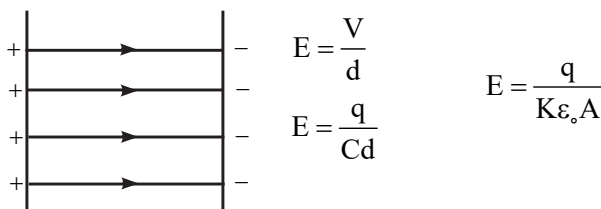
الف) قرار دادن دی‌الکتریک بین صفحات خازن: C افزایش می‌یابد بنابراین طبق رابطه $U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$ ، انرژی کاهش می‌یابد.

ب) کاهش مساحت صفحات خازن: A کاهش می‌یابد پس C کاهش می‌یابد و طبق رابطه $U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$ ، انرژی افزایش می‌یابد.

دو صفحه خازن تخت بارداری را به هم وصل می‌کنیم. در نتیجه جرقه‌ای زده می‌شود. حال اگر دوباره صفحات را به همان اندازه باردار کنیم ولی فاصله آنها را دو برابر کنیم و سپس دو صفحه را به هم وصل کنیم، آیا جرقه حاصل بزرگ‌تر از قبل می‌شود، یا کوچک‌تر و یا تغییری نمی‌کند؟ توضیح دهید. شدت جرقه نمایانگر انرژی ذخیره شده در خازن است. چون بار ثابت است، با دو برابر شدن فاصله صفحات، ظرفیت خازن نصف می‌شود پس طبق رابطه

$$U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$$

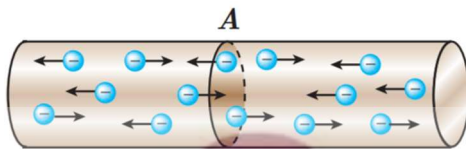
بین صفحات خازن میدان الکتریکی یکنواخت تشکیل می‌گردد.



تعاریف و اشکال مدار و مقاومت

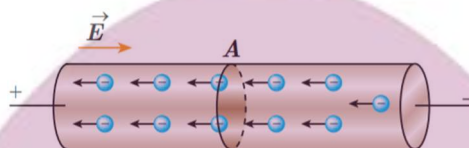
جریان الکتریکی: شارش بارهای الکتریکی متحرک را جریان الکتریکی گوئیم.
برای داشتن جریان الکتریکی باید یک شارش خالص بار از یک سطح مقطع معین داشته باشیم.
که به این منظور نیاز به باتری داریم تا با ایجاد میدان الکتریکی بارها را در جهت معینی به حرکت درآورد.
حرکت الکترون‌های آزاد در جسم رسانا:

الکترون‌های آزاد در یک جسم رسانا مثلاً یک سیم فلزی به طور کاتوره‌ای در همه جهات با تندی‌هایی از مرتبه 10^6 m/s در حرکت‌اند. بنابراین در نبود اختلاف پتانسیل شارش بار خالصی از مقطع معین A از سیم نداریم. یعنی در آن جریان برقرار نیست.



در نبود اختلاف پتانسیل شارش بار خالصی از مقطع معین A از سیم نداریم.

چگونگی ایجاد جریان در یک سیم:
اگر دو سر سیم فلزی را به دو قطب باتری متصل کنیم یعنی دو سر آن اختلاف پتانسیل و در آن میدان الکتریکی ایجاد کنیم الکترون‌ها حرکت کاتوره‌ای خود را کمی تغییر داده و با سرعت متوسطی موسوم به سرعت سوق در خلاف جهت میدان به طور بسیار آهسته‌ای سوق پیدا می‌کنند. یعنی در رسانا جریان برقرار می‌شود.



در حضور اختلاف پتانسیل، شارش بار خالصی از مقطع A از سیم، دیگر صفر نیست. یعنی در آن جریان برقرار است.

سرعت سوق:

سرعت متوسطی را که الکترون‌های آزاد سیم رسانا با قرار گرفتن در میدان الکتریکی در خلاف جهت میدان پیدا می‌کنند سرعت سوق گفته می‌شود. در

رساناهای فلزی سرعت سوق کمتر از $\frac{1 \text{ mm}}{\text{s}}$ است.

سرعت سوق الکترون‌های آزاد در یک رسانا می‌تواند به کندی سرعت حرکت یک حلزون باشد.

اگر سرعت سوق الکترون‌ها این قدر کم است، پس چرا وقتی کلید برق را می‌زنیم چراغ‌های خانه به سرعت روشن می‌شوند؟ (راهنمایی: شیلنگ شفاف را در نظر بگیرید. وقتی شیر را باز می‌کنید، هنگامی که شیلنگ پر از آب است، آب بلافاصله از سر دیگر شیلنگ جاری می‌شود؛ ولی اگر لکه‌ای رنگی را درون آب چکانده باشیم، می‌بینیم این لکه رنگی به آهستگی در آب حرکت می‌کند.)

نمایش مسیر الکترون آزاد در رسانای فلزی

مسیر زیگزاگ یک الکترون آزاد در رسانای فلزی در حضور میدان الکتریکی در خلاف جهت میدان می‌باشد.



جهت جریان الکتریکی:

جهت جریان الکتریکی را جهت حرکت فرضی بارهای مثبت که خلاف جهت سوق الکترون‌هاست در نظر می‌گیریم. این جریان از پتانسیل بیشتر به کمتر است. یعنی در جهت میدان الکتریکی است. به آن جریان قراردادی هم گفته می‌شود.

توجه: جریان اصلی همان جهت سوق (حرکت) الکترون‌های آزاد است که از پتانسیل کمتر به بیشتر است.

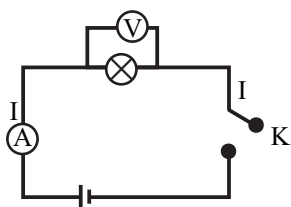
مدار الکتریکی:

مسیر کاملی را که جریان الکتریکی طی می‌کند مدار الکتریکی می‌گوئیم.

اجزاء مدار الکتریکی:

بعضی اجزای مدارهای الکتریکی عبارتند از:

مولد الکتریکی (باتری)، مصرف‌کننده (لامپ)، وسایل اندازه‌گیری (ولت‌سنج - آمپرسنج). سیم‌های رابط و کلیدهای قطع و وصل.



شکل مقابل یک مدار الکتریکی ساده را نشان می‌دهد.

تعاریف و اشکال مدار و مقاومت

جریان الکتریکی متوسط ($\bar{I}$): هر یک از گزاره‌های زیر مفهوم جریان الکتریکی متوسط را بیان می‌کند.

۱. خارج قسمت بار الکتریکی شارش شده به زمان شارش بار را جریان الکتریکی متوسط می‌گوئیم.
۲. بار الکتریکی شارش شده از مقطعی از رسانا را در یک ثانیه جریان الکتریکی متوسط گوئیم.
۳. متوسط آهنگ شارش بار الکتریکی را از هر مقطع رسانا جریان الکتریکی متوسط گوئیم.
۴. شیب خطی که دو نقطه از نمودار ($q - t$) را به هم وصل می‌کند جریان الکتریکی متوسط را در آن بازه نشان می‌دهد.

اگر بار خالص Δq در بازه زمانی Δt از مقطعی از رسانا عبور کند نسبت $\frac{\Delta q}{\Delta t}$ را جریان الکتریکی متوسط می‌گویند.

نکاتی در مورد جریان الکتریکی:

در رابطه بار الکتریکی (Δq) بر حسب کولن (C)، مدت زمان (Δt) بر حسب ثانیه (s) و جریان (I) بر حسب آمپر (A) است. برخی از مقادیر تقریبی جریان های متداول عبارت اند از ۱A برای لامپ حبابی ۲۰۰A برای استارت خودرو، ۱mA برای تأمین انرژی نمایشگر گوشی همراه، ۱nA برای جریان نوروں های مغزی، ۱۰kA در یک یورش آذرخش نوعی، و ۱GA در بادهای خورشیدی.

در این فصل با جریان مستقیم سرو کار داریم که در آن جهت جریان با زمان تغییر نمی کند و مقدار جریان ثابت می ماند.

(۱) یکای جریان الکتریکی آمپر (A) است که معادل $\frac{\text{کولن}}{\text{ثانیه}}$ است.

(۲) جریان الکتریکی با آن که جهت دارد ولی کمیت نرده ایست، زیرا از قاعده جمع بردارها پیروی نمی کند. مقدار بار الکتریکی شارش شده:

اگر در مداری جریان ثابت I برقرار باشد مقدار بار الکتریکی شارش شده از هر مقطع رسانا در بازه زمانی t برابر است با:

$$q = I \cdot t$$

$$1A \cdot h = 3600C$$

آمپر - ساعت (Ah):

یکایی است برای بار الکتریکی ← از این یکا برای بیان مقدار الکتریسته‌ی ذخیره شده در باتری‌ها یا گرفته شده از آنها استفاده می‌شود.

باتری خودروها با آمپر - ساعت (Ah) و باتری گوشی‌های همراه با (mAh) مشخص می‌شود.

توجه: هر چه (آمپر - ساعت) یک باتری بستر باشد حداکثر باری که باتری می‌تواند از مدار عبور دهد تا به طور ایمن تخلیه شود، بیشتر است.

در رابطه ($\Delta q = I(\Delta t)$) اگر I بر حسب آمپر و Δt بر حسب ساعت باشد، یکای Δq آمپر - ساعت می‌شود. باتری خودروها با آمپر - ساعت (Ah) و باتری گوشی‌های همراه با میلی آمپر - ساعت (mAh) مشخص می‌شود. هر چه آمپر - ساعت یک باتری بیشتر باشد حداکثر باری که باتری می‌تواند از مدار عبور دهد تا به طور ایمن تخلیه شود، بیشتر است.



مقاومت الکتریکی (R):

وقتی یک اختلاف پتانسیل در دو سر سیم ایجاد می شود و باعث حرکت الکترون‌های آزاد در سیم مدار می شود. این الکترون‌ها با اتم های رسانا که در حال نوسان اند برخورد می کنند و این موضوع باعث گرم شدن رسانا می شود. در واقع الکترون‌های آزاد هنگام حرکت در رسانا همیشه با نوعی مقاومت روبه رو هستند. اصطلاحاً می‌گوییم رسانا دارای مقاومت الکتریکی است. مقاومت الکتریکی به ابعاد هندسی رسانا، یعنی طول و سطح مقطع رسانا بستگی دارد. همچنین جنس ماده رسانا و دمای آن بر مقاومت الکتریکی اثر می‌گذارد.

تحت یک اختلاف پتانسیل یکسان، دو سیم با مقاومت الکتریکی متفاوت، جریان های مختلفی را از خود عبور می دهند؛ به طوری که سیم با مقاومت کمتر، جریان بیشتری از خود عبور می دهد و بالعکس. از اینجا می توان مقاومت الکتریکی بین دو نقطه از یک رسانا را به صورت زیر تعریف کرد :

$$R = \frac{V}{I}$$

در این رابطه مقاومت الکتریکی (R) بر حسب ولت بر آمپر (V/A) که به پاس خدمات علمی جرج سیمون اهم به نام اهم نام گذاری شده است و با نماد Ω نشان داده می‌شود. رسانای را که دارای مقاومت الکتریکی است، اصطلاحاً مقاومت می‌نامند و آن را در مدارهای الکتریکی با نماد



نمایش می‌دهند.

$$R = \frac{V}{I}$$

خارج قسمت اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به جریان الکتریکی در رسانا را مقاومت الکتریکی گوئیم.

تعاریف و اشکال مدار و مقاومت

قانون اهم:

در دمای ثابت جریان در یک رسانا همواره با اختلاف پتانسیل دو سر آن متناسب است.

$$I \propto V \Rightarrow \frac{V}{I} = \text{ثابت}$$

$$\frac{V}{I} = R$$

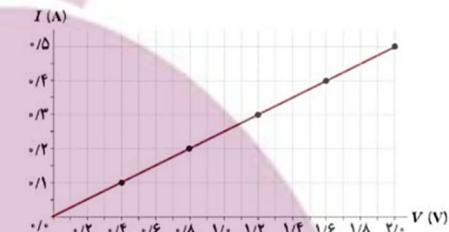
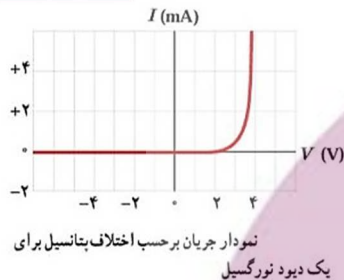
این قانون برای فلزات و بسیاری از رساناهای غیر فلزی در دمای ثابت برقرار است. جدول مقادیر اندازه گیری شده برای جریان و اختلاف پتانسیل یک مقاومت را نشان می دهد که از قانون اهم پیروی می کند. همان طور که نمودار شکل را نشان میدهد جریان با ولتاژ برای این وسیله به طور خطی افزایش می یابد.

به کمک یک آمپرسنج و ولتسنج می توان با وصل کردن باتری های مختلف و ثبت جریان های مختلف، متوجه می شویم

که نسبت $\frac{V}{I}$ ثابت می ماند.

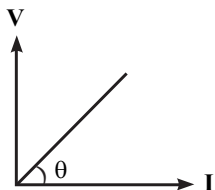
با این حال وسیله های زیادی نیز یافت میشود که از این قانون پیروی نمی کنند. یکی از این وسیله های غیر اهمی، دیود نورگسیل (LED) است نمودار جریان بر حسب اختلاف پتانسیل چنین دیودی تقریباً شبیه شکل است.

جدول مقادیری نوعی برای یک رسانای اهمی		
$R (\Omega)$ مقاومت	$I (A)$ جریان	$V (V)$ اختلاف پتانسیل
4	0.1	0.4
4	0.2	0.8
4	0.3	1.2
4	0.4	1.6
4	0.5	2.0



نمودار تغییر ولتاژ دو سر رسانای اهمی بر حسب جریان:

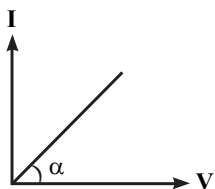
در دمای ثابت برای رسانای اهمی نمودار $(V - I)$ خط راستی است. شیب این نمودار مقاومت رسانا را نشان می دهد. بنابراین هر چه شیب بیشتر باشد R بیشتر است.



$$\text{شیب نمودار} = \tan \theta = \frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2} = \frac{\Delta V}{\Delta I} = R$$

رسم نمودار جریان بر حسب ولتاژ برای رسانای اهمی:

برای این رسانا نمودار خط راستی با شیب $\frac{1}{R}$ است. بنابراین هر چه شیب بیشتر باشد، R کمتر است.



$$\text{شیب نمودار} = \tan \alpha = \frac{I}{V} = \frac{1}{R} \Rightarrow R = \frac{1}{\tan \alpha} = \cot \alpha$$

عوامل موثر بر مقاومت الکتریکی

آزمایش

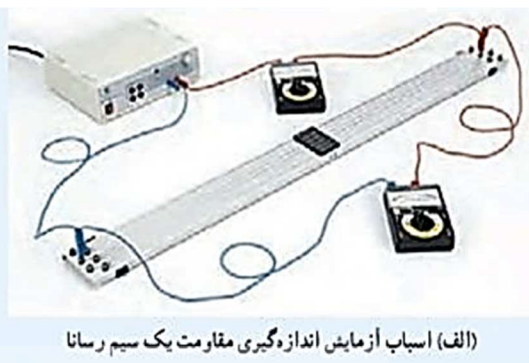
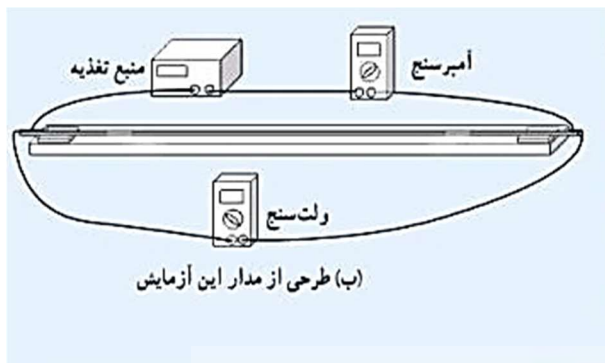
اسباب آزمایشی را شامل یک منبع تغذیه، آمپرسنج، ولتسنج، سیم های رابط و قطعه سیم هایی که می خواهیم مقاومت آن ها را به دست آوریم، مطابق شکل داده شده سوار کنید. آزمایش شامل سه مرحله است.

۱- قطعه سیم هایی از جنس یکسان، مثلاً کنستانتان (یا نیکروم) با قطر برابر ولی طول های متفاوت را در مدار قرار دهید و با استفاده از تعریف مقاومت، مقاومت هر کدام از سیم ها را با استفاده از عددی که آمپرسنج و ولتسنج نشان می دهند محاسبه و نتایج خود را ثبت کنید.

۲- آزمایش را با سیم هایی از جنس یکسان با طول برابر، ولی قطرهای متفاوت انجام دهید و نتایج خود را ثبت کنید.

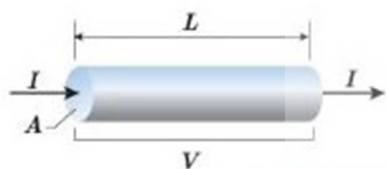
۳- آزمایش را با دو قطعه سیم هم طول و با قطر یکسان انجام دهید که این بار جنس یکی از آنها کنستانتان و دیگری نیکروم است و نتایج خود را یادداشت کنید.

تعاریف و اشکال مدار و مقاومت



با انجام آزمایش بالا درمی یابیم که مقاومت جسم در دمای ثابت به طول، مساحت مقطع، و جنس آن بستگی دارد. این آزمایش ها که با محاسبات نظری

نیز تایید شده اند نشان می دهد اگر سطح مقطع جسم در تمام طول آن یکسان باشد مقاومت آن از رابطه روبهرو به دست می آید.

$$R = \rho \frac{L}{A}$$


از سیمی به طول L و مقطع یکنواخت A ، تحت اختلاف پتانسیل V جریان I می گذرد.

که در آن رسانا (L) برحسب متر (m)، مساحت جسم (A) برحسب متر مربع (m^2)، و مقاومت جسم (R) برحسب اهم (Ω) است، و بنابراین، کمیت ρ که به آن مقاومت ویژه گفته می شود برحسب اهم - متر ($\Omega.m$) می شود. این بستگی مقاومت به طول و مساحت مقطع جسم را می توان با شبیه سازی های ساده ای نیز درک کرد. هرچه جسم بلندتر شود الکترون ها هنگام عبور از آن برخوردهای بیشتری با اتم ها پیدا می کنند. بنابراین، مقاومت الکتریکی جسم بیشتر می شود. کوچک تر شدن سطح مقطع جسم را نیز می توان به کوچک تر شدن سبب کاهش عبور شارژ می شود که به معنای افزایش مقاومت در برابر عبور شارژ است.

مقاومت ویژه یک ماده به ساختار اتمی و دمای آن بستگی دارد. رساناهای الکتریکی خوب مقاومت ویژه بسیار کم و عایق های خوب مقاومت ویژه بسیار زیادی دارند. دسته ای از مواد مانند ژرمانیم و سیلیسیم نیز وجود دارند که مقاومت ویژه آنها بین رساناها و نارساناهاست. به این دسته از مواد، نیم رسانا می گویند.

نتیجه گیری:

عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی:

بعضی از عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی عبارتند از:

- (۱) طول
 - (۲) سطح مقطع
 - (۳) ترکیب و ساختار اتمی (جنس)
 - (۴) دما
- رابطه مقاومت الکتریکی:

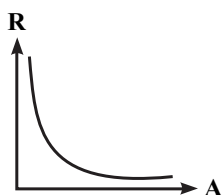
مقاومت الکتریکی رسانایی که سطح مقطع آن در تمام طولش یکسان باشد با طول آن متناسب و با سطح مقطع آن نسبت عکس دارد. بنابراین هر چه سیم ها طولانی تر و نازک تر باشند مقاومت بیشتری دارند.

$$\rho \text{ را مقاومت ویژه می نامیم. } \left\{ \begin{array}{l} R \propto L \\ R \propto \frac{1}{A} \Rightarrow R \propto \frac{L}{A} \Rightarrow \Omega \leftarrow R = \rho \frac{L \rightarrow \text{متر}}{A \rightarrow m^2} \end{array} \right.$$

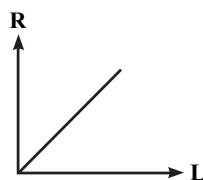
نکاتی در مورد مقاومت ویژه:

۱. یکای مقاومت ویژه در SI (اهم متر) ($\Omega.m$) است.
 ۲. مقاومت ویژه یک ماده به ساختار اتمی (جنس) و دمای آن بستگی دارد.
 ۳. رساناهای الکتریکی خوب مقاومت ویژه بسیار کم و عایق های خوب مقاومت ویژه بسیار زیادی دارند.
- رسم نمودار تغییر مقاومت الکتریکی رسانا در دمای ثابت:

(ب) برحسب تغییر سطح مقطع آن



(الف) برحسب تغییر طول



تعاریف و اشکال مدار و مقاومت

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2}$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$$

مقایسه مقاومت های الکتریکی دو رسانا:

عموماً توصیه ما این است که برای حل سریع مسائل عوامل موثر بر مقاومت ها، سه قسمت دسته بندی شده زیر را به خاطر بسپارید:

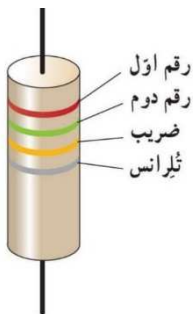
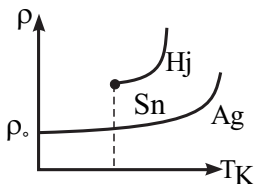
$R = \rho \frac{L}{A}$ مقاومت ویژه (جنس)	$m = \rho \cdot A \cdot L$ چگالی (جنس)	$A = \pi r^2 = \pi \frac{D^2}{4}$ شعاع مقطع قطر مقطع
---	---	---

ابر رسانا: جسمی که مقاومت الکتریکی اش صفر است.

ابر رسانایی:

صفر شدن مقاومت ویژه موادی مانند جیوه و قلع که در دماهای پایین اتفاق می افتد ابرسانایی گفته می شود.

قلع در دمای ۳/۷۲K و جیوه در دمای ۴/۱۵K ابرسانا می شوند.



مقاومت های ترکیبی معمولاً از کربن، برخی نیم رساناها و یا لایه های نازک فلزی ساخته شده اند. مقاومت های ترکیبی را در اندازه های استاندارد خاص تولید می کنند. مقدار این مقاومت ها به صورت کدی رنگی، نشان داده می شود. هر رنگ معرف عددی مشخص است!

دو حلقه اول، از آن طرفی که به یک سر مقاومت نزدیک تر است، به ترتیب رقم اول، و رقم دوم مقاومت را نشان می دهند.

رقم حلقه سوم ضربی است به صورت 10^n که در عدد دو رقمی قبلی، ضرب می شود.

حلقه چهارم یک حلقه طلایی یا نقره ای رنگ است که «تولرانس» نامیده می شود. و مقدار مجاز انحراف از مقدار دقیق

مقاومت را بر حسب درصد مشخص می کند.

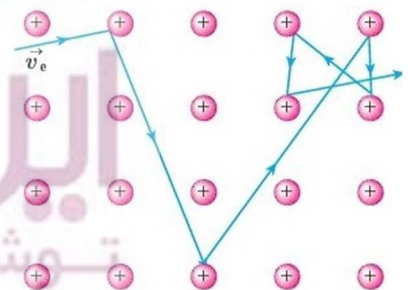
نبود نوار چهارم به معنای آن است که تولرانس ۲۰٪ است.

تغییر مقاومت ویژه با دما:

اگر یک رسانای فلزی داشته باشیم، با افزایش دمای آن، تعداد حامل های بار (اینجا الکترون های آزاد) تقریباً ثابت می ماند، ولی ارتعاشات کاتوره ای اتم

ها و یون های آن افزایش می یابد. این عامل موجب افزایش برخورد حامل های بار با شبکه اتمی رسانای فلزی می شود و به این ترتیب، مقاومت رسانا

در برابر



حرکت الکترون در داخل شبکه بلوری فلز.

با افزایش دما، ارتعاشات شبکه و در نتیجه

برخورد الکترون ها با شبکه افزایش می یابد.



لامپ حبابی شده است.

عبور جریان از رشته (فیلامان) تنگستنی موجب درخشش

در نیم رساناها مانند کربن، سیلیسیم و ژرمانیوم با افزایش دما، الکترون ها (حاملان بار) می توانند به لایه های بالاتر که فاصله کمی با لایه پایین دارند

مهاجرت کنند و مقاومت کاهش می یابد.

موادی که مقاومت ویژه آن ها بین مقاومت ویژه رساناها و نارساناها قرار دارند نیم رسانا گفته می شوند. ژرمانیم و سیلیسیم نیز نیم رسانا هستند.

رساناهای فلزی: مقاومت ویژه رساناهای فلزی با افزایش دما زیاد می شود. زیرا در اثر افزایش دما برخورد الکترون های آزاد به اتم های در حال ارتعاش زیاد

می شود.

نیم رساناها: با افزایش دما مقاومت ویژه نیم رساناها کاهش می یابد، افزایش دما باعث افزایش تعداد حاملان بار مثلاً الکترون های آزاد می گردد.

تعاریف و اشکال مدار و مقاومت



تصویری از یک دماسنج مقاومت پلاتینی

دیدید دماسنج مقاومت پلاتینی یکی از سه دماسنج معیار برای اندازه گیری دماست. از دماسنج مقاومت پلاتینی می‌توان برای اندازه گیری دقیق دما در گسترده دمایی حدوداً از ۱۴K تا ۱۲۳۵K استفاده کرد. اساس کار دماسنج های مقاومت پلاتینی مبتنی بر تغییر مقاومت الکتریکی با دماست. در این دماسنج ها از پلاتین استفاده می‌کنند که تقریباً دچار خوردگی نمی‌شود و نقطه ذوب بالایی دارد.

منبع نیروی محرکه الکتریکی (باتری):

اصلی‌ترین جزء یک مدار، منبع نیروی محرکه الکتریکی (emf) است. و آن وسیله ایست که با انجام کار روی بارهای الکتریکی یعنی دادن انرژی به آن‌ها جریان الکتریکی را در مدار ایجاد می‌کند.

جهت جریان همواره از قطب + باتری به - خواهد بود.

یک منبع تولید نیروی محرکه (مولد)، انرژی لازم برای به حرکت درآوردن بارها را به روش‌های زیر تأمین می‌کند: الف) در یک با تری این انرژی از طریق واکنش‌های شیمیایی که در داخل آن رخ می‌دهد مهیا می‌شود. ب) در یک سد (نیروگاه برق آبی) این انرژی از آب ذخیره شده پشت سد گرفته می‌شود. ج) در سلول‌های خورشیدی، انرژی نورخورشید به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. د) در پیل‌های ترموالکتریک، انرژی گرمایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

نیروی محرکه الکتریکی ($\mathcal{E}$):

انرژی که مولد الکتریکی به یک واحد بارالکتریکی مثبت می‌دهد تا در مدار شارش کند.

اگر منبع الکتریکی روی بار Δq کار ΔW را انجام دهد نیروی محرکه الکتریکی بنا به تعریف برابر است با:

$$V = \frac{J}{C} \leftarrow \mathcal{E} = \frac{\Delta W}{\Delta q} \rightarrow J/C$$

مقاومت درونی مولد الکتریکی (r): مقاومتی که در داخل مولد در مقابل حرکت بارها ایجاد می‌شود مقاومت درونی مولد گفته می‌شود.

یکای مقاومت درونی مولد اهم (Ω) است. این مقاومت مقداری از انرژی را به گرما تبدیل می‌کند. ضمناً مقاومت درونی باتری‌ها با اهم متر قابل اندازه‌گیری نیست باید آن را محاسبه کرد.

افت پتانسیل داخل مولد (rI): انرژی تلف شده (گرمای تولید شده) در داخل مولد در اثر عبور یک کولن را افت پتانسیل داخل مولد می‌گوییم.

$V' = rI$ افت پتانسیل داخل باتری

مقایسه مقاومت درونی باتری نو و کهنه:

مقاومت یک باتری نو و فرسوده عمدتاً در مقدار مقاومت داخلی آن است.

مقاومت داخلی باتری فرسوده از مقاومت درونی باتری نو به مراتب بیشتر است.

مقاومت داخلی باتری نو می‌تواند کمتر از 1Ω و برای باتری فرسوده تا چند هزار اهم باشد.

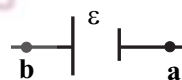
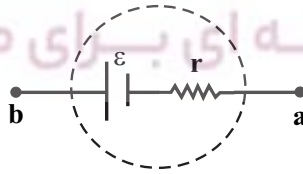
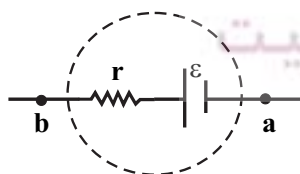
انواع منبع نیروی محرکه:

الف) منبع آرمانی (ایده‌آل): مولدی است که مقاومت درونی آن صفر است. ($r=0$) اختلاف پتانسیل دو قطب این مولد با نیروی محرکه برابر است.

ب) مولدی واقعی: مولدی است که دارای مقاومت درونی r می‌باشد. اختلاف پتانسیل دو قطب این مولد از نیروی محرکه کمتر است.

توجه: عملاً مولدها واقعی هستند یعنی مولد آرمانی وجود ندارد.

نماد (علامت) مولد در مدار الکتریکی:



مولد آرمانی

مولد واقعی

قانون ژول بیان می‌دارد گرمای تولید شده توسط جریان I عبوری از یک مقاومت R در مدت زمان t برابر با RI^2t این قانون را می‌توان به روش گرماسنجی با یک گرماسنج تحقیق کرد.

این آزمایش شبیه به فرآیند گرماسنج بمبی است. گرماسنج، آب و مدار (گرمای تولید شده توسط مقاومت) با هم به تعادل دمایی می‌رسند:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

مدار گرماسنج آب

$$\Rightarrow m_1 C_1 (\theta_e - \theta_1) + C(\theta - \theta_1) + RI^2 t = 0$$



تعاریف و اشکال مدار و مقاومت



توان اسمی:

اعدادی که روی لامپ و برخی وسایل برقی به صورت (V, W) یعنی (توان و ولتاژ) نوشته می‌شود را توان و ولتاژ اسمی می‌گویند.

یعنی اگر وسیله به این ولتاژ وصل شود، توان مورد نظر حاصل می‌شود.

روی لامپی اعداد $(220V, 100W)$ نوشته شده است. یعنی اگر لامپ به ولتاژ $220V$ وصل شود، توان آن $100W$ خواهد بود.



همانند شکل با یک اهم متر، مقاومت رشته سیم داخل لامپ 100 وات را اندازه‌گیری کنید. سپس با استفاده

از رابطه $P = V^2 / R$ مصرفی P ، و با داشتن مشخصات روی لامپ مقاومت آن را در حالت روشن محاسبه

کنید. چرا مقدار اندازه‌گیری شده با مقدار محاسبه شده متفاوت است؟

وقتی مشخصات لامپ در کارخانه درج می‌شود (توان اسمی و ولتاژ اسمی) در حالتی آزمایش می‌شود که لامپ روشن است.

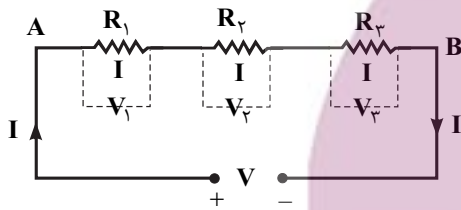
اهم‌تر مقاومت لامپ را در حالت خاموش، اندازه‌گیری می‌کند. مقاومت لامپ روشن بیشتر از مقاومت لامپ خاموش است. (دما باعث افزایش مقاومت می‌شود)

به هم بستن متوالی مقاومت‌ها:

هر گاه چند مقاومت را به دنبال هم طوری ببندیم که انشعابی بین آن‌ها نباشد اتصال را متوالی گوئیم.

* در این اتصال جریان (I) ثابت است، یعنی از همه مقاومت‌ها جریان یکسانی عبور می‌کند. (پایستگی بار)

* در این اتصال ولتاژ ثابت نیست. ولتاژ کل با جمع اختلاف پتانسیل‌های دو سر مقاومت‌ها برابر است یعنی:



$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

* در به هم بستن متوالی جریان ثابت و اختلاف پتانسیل تقسیم می‌شود.

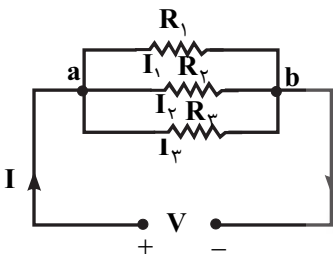
بستن مقاومت‌ها به طور موازی (انشعابی):

* هر گاه چند مقاومت را بین دو نقطه از یک مدار قرار دهیم اتصال را موازی گوئیم.

* در این اتصال ولتاژ ثابت است. یعنی ولتاژ دو سر هر کدام V است. $V = V_1 = V_2 = V_3$

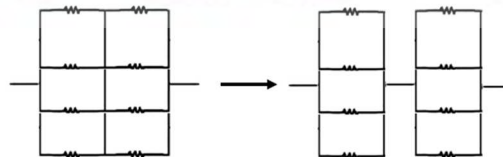
* در این اتصال بنا به پایستگی بار جمع جریان‌ها با جریان کل برابر است. $I = I_1 + I_2 + I_3$

در مقاومت‌های موازی اختلاف پتانسیل ثابت است و جریان تقسیم می‌شود.



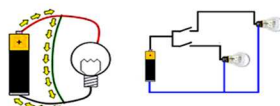
نقاط هم پتانسیل :

سیم در مدار اختلاف پتانسیل ایجاد نمی‌کند بنابراین تمام نقاطی که با سیم به هم متصل هستند را می‌توان یک نقطه در نظر گرفت.



اتصال کوتاه :

هر گاه یک سیم دو سر مقاومتی را به هم وصل کند آن مقاومت و تمام مقاومت‌های موازی با آن از مدار حذف خواهد شد.



نقش کلید :

کلید باز به معنای پاره بودن سیم و قطع ارتباط بین دو نقطه از مدار است.

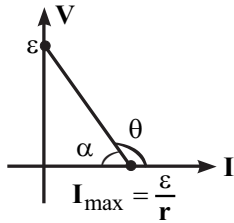
تعاریف و اشکال مدار و مقاومت

آمپرسنج: که با نماد A نشان می‌دهند برای اندازه‌گیری جریان الکتریکی به کار می‌رود.

ولت‌سنج (ولت‌متر): که با نماد V نمایش داده می‌شود و برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل بخشی خاص از مدار استفاده می‌شود. آمپرسنج متوالی (سری) بسته می‌شود و باید مقاومت آن صفر باشد ولی ولت‌سنج موازی بسته می‌شود و باید مقاومت آن بی‌نهایت (∞) باشد.

دو حالت خاص: (۱) $R = \infty \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R+r} = 0 \Rightarrow \varepsilon - rI = V \Rightarrow V = \varepsilon$ و (۲) $R = 0 \Rightarrow V = RI = 0 \Rightarrow \varepsilon - rI = 0 \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{r}$

تذکر: برای یک مولد آرمانی یا ایده‌آل اختلاف پتانسیل دو قطب با نیروی محرکه برابر است یعنی $V = \varepsilon$
رسم نمودار اختلاف پتانسیل دو قطب مولد بر حسب شدت جریان در مولد:



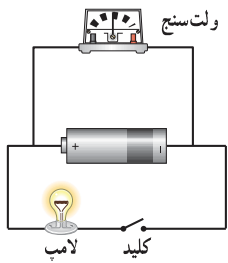
I	V
0	ε
ε/r	0

$$V = \varepsilon - rI$$

V بر حسب I از درجه اول است بنابراین نمودار خط راستی است.

$$\tan \theta = -\tan \alpha = -r = \frac{V - \varepsilon}{I} = \frac{(\varepsilon - V)}{I}$$

کلید باز (۱)
خازن در مدار (۲)
ولت متر متوالی (۳)



به کمک یک باتری، سیم‌های رابط لامپ کوچک، ولت‌سنج و کلید، مداری همانند شکل روبه رو درست کنید. قبل از بستن کلید عددی را که ولت‌سنج نشان می‌دهد بخوانید. سپس کلید را ببندید و دوباره عددی را که ولت‌سنج نشان می‌دهد بخوانید. در کدام حالت ولت‌سنج عدد بزرگتری را نشان می‌دهد؟ چرا؟
در ادامه با علت تفاوت این دو عدد آشنا خواهید شد.

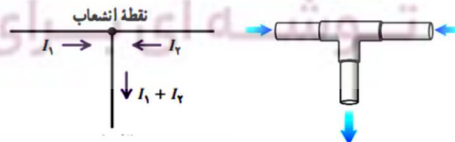
در حالی که لامپ به باتری وصل نیست، جریان صفر است و طبق رابطه $\varepsilon - rI = V$ ، افت پتانسیل (rI) نیز صفر است بنابراین $\varepsilon = V$ اما وقتی مقاومت به باتری وصل می‌شود، جریان الکتریکی برقرار شده و افت پتانسیل ایجاد می‌شود. و در نتیجه ولت‌سنج عدد کوچک‌تری نشان می‌دهد.

رئوستا: رئوستا نوعی مقاومت متغیر است که از سیمی با مقاومت ویژه نسبتاً زیاد ساخته شده است. این سیم

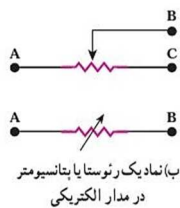
روی استوانه‌ای نارسا پیچیده شده و با استفاده از دکمه‌ای لغزنده که روی ریلی در بالای استوانه قرار دارد و انتهای آن با سیم در تماس است می‌تواند قسمت دلخواهی از سیم را در مسیر جریان قرار دهد، و بنابراین مقدار مقاومت را تغییر دهد (در مدارهای الکترونیکی وسیله‌ای به نام پتانسیومتر نقش رئوستا را دارد).

جمع جبری شدت جریان‌ها:

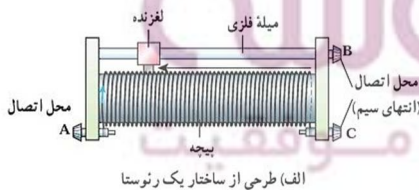
قاعده انشعاب در جریان‌ها:



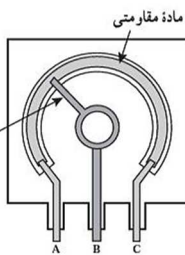
همواره جمع جریان‌های ورودی به یک انشعاب (گره) و جمع جریان‌های خروجی با هم برابر است



(ب) نماد یک رئوستا یا پتانسیومتر در مدار الکتریکی



(الف) طرحی از ساختار یک رئوستا



(ت) طرحی از یک پتانسیومتر



(ب) تصویر واقعی یک رئوستا



(ت) تصویری واقعی از یک پتانسیومتر

پوستر تعاریف و اشکال مغناطیس و القا



سنگ آهنربای طبیعی. تالس
که اغلب از او به عنوان پدر علم یونان یاد
می‌شود، ماده‌ی کانی مگنتیت Fe_3O_4 را که
ویژگی آهنربایی دارد می‌شناخت.

آثار مغناطیسی دست‌کم ۲۵۰۰ سال پیش در تکه‌هایی از سنگ آهن مغناطیسی شده در نزدیکی شهر باستانی مگنسیا (که نام امروزی آن مانيسا و در غرب ترکیه واقع است) مشاهده شد.

آزمایش روبه‌رو نشان می‌دهد که:

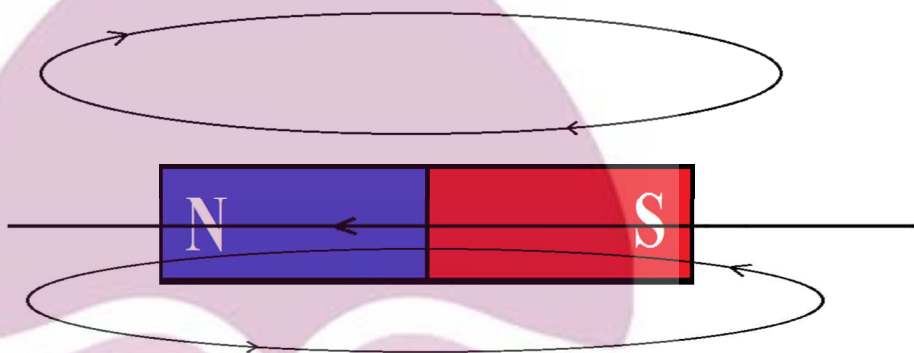
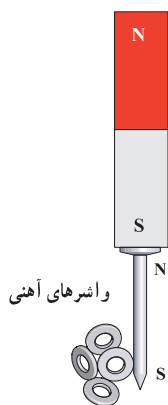
(۱) آهنربای تک‌قطبی وجود ندارد.

(۲) مغناطیس یک خاصیت بنیادی است و اتم‌ها خود یک دوقطبی مغناطیسی هستند.

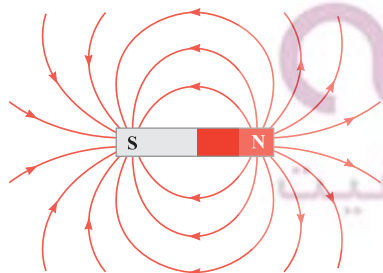


پدیده‌ی القاء مغناطیس:

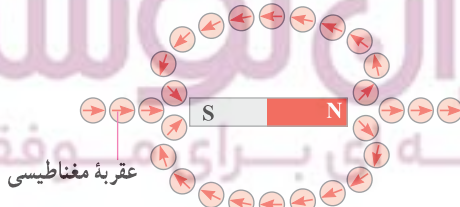
همواره به صورت جاذبه است، زیرا قطب‌های ناهم‌نام آهنربا همیشه همدیگر را جذب می‌کنند.



جهت میدان مغناطیسی در اطراف آهنربا از N به S و در داخل آهنربا (روی آهنربا) از S به N است. هرگاه یک قطب نما (عقربه مغناطیسی) در میدان مغناطیسی قرار بگیرد به گونه‌ای می‌چرخد که مماس بر میدان باشد و میدان از S آن وارد شده و از N خارج شود.



(ب)

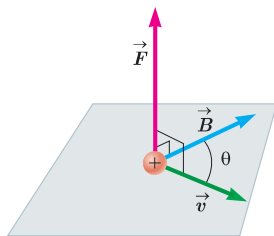
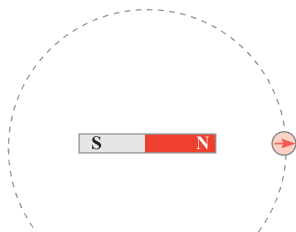


(الف)

(الف) تعیین جهت میدان مغناطیسی به کمک عقربه مغناطیسی.

(ب) خط‌های میدان مغناطیسی در هر نقطه در جهت عقربه مغناطیسی اند و از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شوند. (در این شکل خط‌های درون آهنربا نشان داده نشده است.)

یک آهنربای میله‌ای را روی سطح افقی می‌زی قرار دهید. یک قطب‌نما یا عقربه مغناطیسی را مقابل یکی از قطب‌های آهنربا قرار دهید. روی مسیری دایره‌ای شکل دور آهنربا، عقربه را به آرامی حرکت دهید (شکل روبه‌رو). خواهید دید که عقربه مغناطیسی 72° دوران می‌کند.



نیروی وارد بر بار الکتریکی متحرک از طرف میدان مغناطیسی:

$$F = q \cdot V \cdot B \sin \alpha$$

q: بار الکتریکی

V: سرعت

B: میدان

α : زاویه‌ی بین سرعت و میدان

نیروی $\vec{F}$ بر هر دو بردار $\vec{B}$ و $\vec{v}$

عمود است. به عبارت دیگر، نیروی مغناطیسی

پوستر تعاریف و اشکال مغناطیس و القا

قاعده نجم (نیرو، جریان و میدان): انگشت شست جهت نیرو، انگشت اشاره جهت جریان و انگشت وسط (کف دست) جهت میدان.
نکته: گاهی مسیر حرکت بار الکتریکی در معرض میدان مغناطیسی را با منحنی نمایش می دهند که در اینصورت مماس اول جهت جریان و مماس دوم جهت نیرو را نشان می دهد.
جهت‌های سه بعدی در مغناطیس



قوانین نیوتن:

قانون اول نیوتن: اگر جسمی در حال سکون یا تعادل باشد و یا با سرعت ثابت (یکنواخت) حرکت کند، برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است.

$$\Sigma F = 0 \rightarrow \text{تعادل}$$

قانون دوم نیوتن: اگر برآیند نیروهای وارد بر جسمی صفر نباشد، حرکت جسم شتابدار است که شتاب حرکت از رابطه $\Sigma F = ma$ محاسبه می شود.

قانون سوم نیوتن: اگر جسم (۱) به جسم (۲) نیرو وارد کند، جسم (۲) نیز به جسم (۱) همان نیرو را وارد می کند برابر و در خلاف جهت!

عموماً در مغناطیس و القاء، ۳ نیرو مورد بحث قرار می گیرد.

(۱) نیروی مغناطیسی (۲) نیروی الکتریکی (۳) نیروی وزن

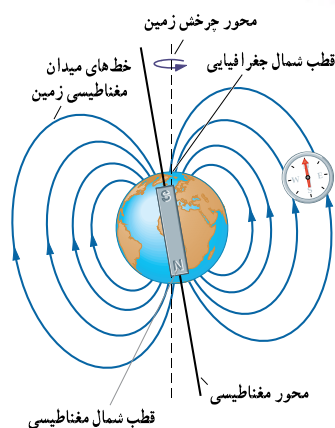
$$F_{\text{net}} = 0$$

اگر جسم منحرف نشود یا مسیر خود را حفظ کند:

اگر جرم بار در مسئله داده شده باشد و نیروی وزن بار لحاظ شده باشد، علاوه بر نیروی وارد از طرف میدان مغناطیسی، نیروی وزن ($W = mg$) نیز بایستی در مسئله تأثیر داشته باشد.

فقط توجه نمایید که نیروی وزن همواره به سمت پایین است.

اگر ذره‌ای در مجاورت میدان مغناطیسی بدون انحراف حرکت کند (مسیر خود را حفظ کند) یعنی خالص نیروها صفر شده است:



میدان مغناطیسی زمین: زمین مانند یک آهنربای بسیار بزرگ رفتار می کند و طرح خط های میدان مغناطیسی آن مانند طرح خط های آهنربای میله‌ای بزرگی است که در نزدیکی مرکز زمین قرار دارد و قطب شمال آن در نزدیکی قطب جنوب جغرافیایی زمین است.

شواهد زمین‌شناختی نشان می دهند که جهت این میدان در بازه های زمانی نامنظم از ده هزار تا یک میلیون سال به طور کامل وارون می شود. قطب های مغناطیسی زمین بر قطب های جغرافیایی آن منطبق نیستند. در واقع، قطب های مغناطیسی و جغرافیایی زمین فاصله نسبتاً زیادی از یکدیگر دارند؛ این بدان معناست که عقربه مغناطیسی قطب نما در جهت شمال واقعی جغرافیایی قرار نمی گیرد و تا حدودی از شمال جغرافیایی انحراف دارد.

طرح ساده‌ای از میدان مغناطیسی زمین.
عقربه مغناطیسی قطب‌نما در هر نقطه در امتداد خط‌های این میدان قرار می‌گیرد.

پوستر تعاریف و اشکال مغناطیس و القا

میدان الکتریکی و مغناطیسی توأمان:

نکته: گاهی میدان مغناطیسی و الکتریکی بصورت همزمان در یک محل حضور دارند و جهت حرکت بار الکتریکی حفظ می شود (منحرف نمی شود) یعنی:

$$F_E = F_B$$

$$E \cdot q = q \cdot V \cdot B \cdot \sin \alpha \xrightarrow{\alpha=90^\circ} V = \frac{E}{B}$$

$F = E \cdot q$
+ : نیرو در جهت میدان
- : نیرو در خلاف جهت میدان

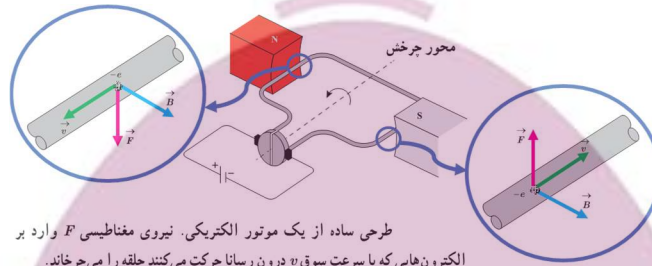
$$F = BIL \sin \alpha$$

نیروی وارد بر سیم حامل جریان از طرف میدان مغناطیسی:

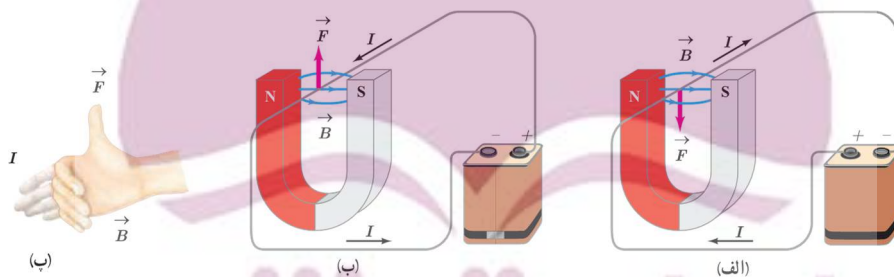
قاعده نجم (نیرو، جریان و میدان): انگشت شست جهت نیرو، انگشت اشاره جهت جریان و کف دست جهت میدان.

موتورهای الکتریکی ابزارهایی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می کنند و اساس کار بسیاری از دستگاهها نظیر جاروی برقی، متۀ برقی، آسیاب برقی، ماشین لباسشویی، پنکه و... را تشکیل می دهند.

در هر موتور الکتریکی، سیم هایی وجود دارند که حامل جریان اند (یعنی بارهای الکتریکی در آنها در حرکت اند) و آهنرباهایی نیز وجود دارند که بر بارهای متحرک نیرو وارد می کنند. از این رو، بر هر سیم حامل جریان، نیروی مغناطیسی وارد می شود و این نیروها حلقه را می چرخاند.



طرحی ساده از یک موتور الکتریکی. نیروی مغناطیسی F وارد بر الکترون هایی که با سرعت سوق v درون رسانا حرکت می کنند حلقه را می چرخاند.



(الف) نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی: (ب) نیروی مغناطیسی وارد بر سیم در حالی که جهت جریان

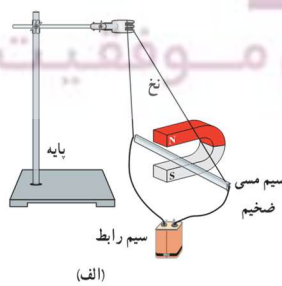
وارونه شده است. (ب) قاعده دست راست برای تعیین جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی شکل (ب).

$$F = B \cdot I \cdot L \cdot \sin \alpha$$

آزمایش روبه رو نشان دهنده نیروی وارد بر سیم حامل جریان از طرف میدان مغناطیسی آهنربا می باشد:

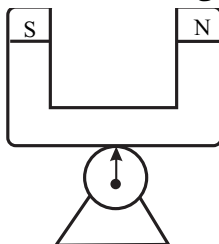


(ب)

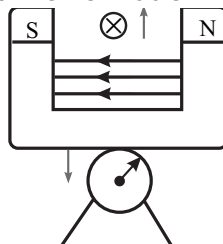


(الف)

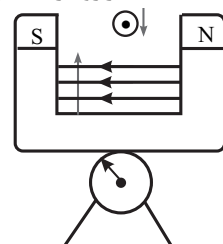
نکته: علت اینکه عدد ترازو در هنگام عبور جریان تغییر می کند: کنش و واکنش بین آهنربا و سیم حامل جریان می باشد.



ترازو وزن واقعی را نشان می دهد.



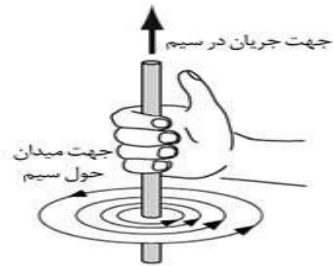
ترازو عددی بیشتر از وزن واقعی را نشان می دهد.



ترازو عددی کمتر از وزن واقعی را نشان می دهد.

پوستر تعاریف و اشکال مغناطیس و القا

میدان مغناطیسی سیم راست:



میدان مغناطیسی اطراف سیم
حامل جریان را می‌توان با قرار دادن تعدادی
عقربه مغناطیسی پیرامون آن نشان داد.



قاعده دست راست: انگشت شست دست راست را در جهت جریان قرار می‌دهیم جهت بسته شدن سایر انگشتان جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.

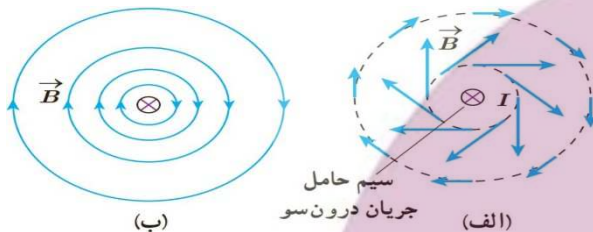
$$B \propto \frac{I}{r}$$

تعادل در سیم‌های راست حامل جریان:

(۱) اگر دو سیم دارای جریان‌های هم‌جهت باشند نقطه تعادل بین دو سیم، نزدیک به جریان کوچکتر است.

(۲) اگر دو سیم دارای جریان‌های خلاف جهت هم باشند نقطه تعادل خارج دو سیم باز هم نزدیک به جریان کوچکتر می‌باشد.

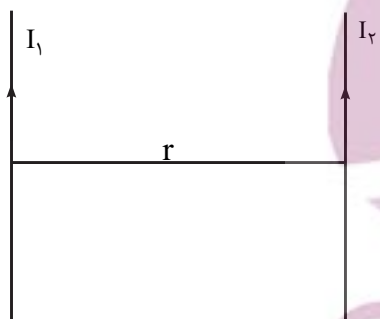
میدان مغناطیسی در سیم‌های راست عمود بر صفحه:



برای یافتن جهت میدان مغناطیسی، از سیم‌های راست عمود بر صفحه بر هر نقطه دلخواه خطی وصل می‌کنیم. میدان مغناطیسی بر آن خطوط عمود است.

نیروی بین دو سیم موازی حامل جریان:

نکته: هر گاه دو سیم در فاصله r از هم قرار می‌گیرند، بر هم نیرو وارد می‌کنند.



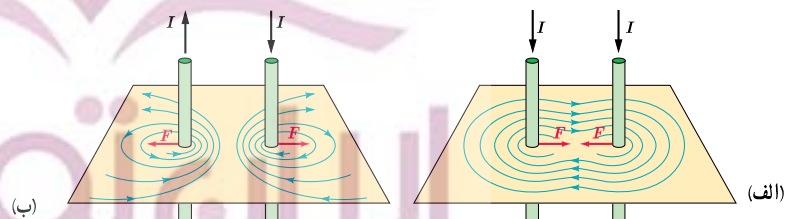
$$F_{12} = F_{21}$$

نیروی وارد بر یک متر از هر کدام از سیم‌ها

$$F \propto I_1$$

$$F \propto I_2$$

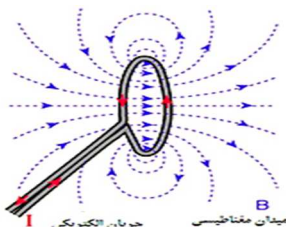
$$F \propto \frac{1}{r}$$



نیروی بین دو سیم موازی حامل جریان و رسم خطوط

میدان مغناطیسی بر آیند آنها. (الف) برای جریان‌های همسو، ریاضی است و (ب) برای جریان‌های ناهمسو، رانشی است.

اگر جریان هم سیم هم‌جهت باشد، نیروی بین آنها جاذبه و اگر جریان دو سیم خلاف جهت هم باشند نیروی بین آنها دافعه است.



پیچچه:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$$

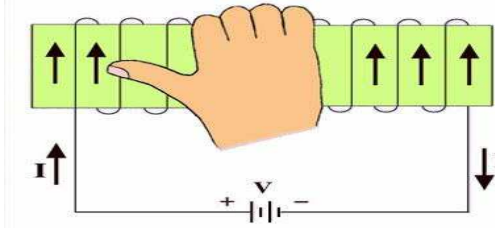
$$N = \frac{\ell}{2\pi R}$$

۲R: قطر

N: تعداد دور سیم (حلقه) I: جریان

پوستر تعاریف و اشکال مغناطیس و القا

قاعده عکس دست راست: برای یافتن جهت میدان مغناطیسی در پیچه و سیم لوله از عکس دست راست استفاده می کنیم. چهار انگشت دست راست در جهت جریان، آنگاه انگشت شست جهت میدان را نشان می دهد.
سیم لوله:



$$B = \frac{\mu_0 NI}{L}$$

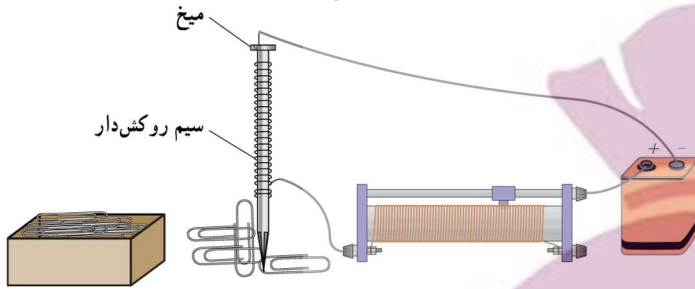
I: جریان

N: تعداد دور سیم (حلقه)

l: طول سیم لوله

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L}$$

قاعده عکس دست راست: برای یافتن جهت میدان مغناطیسی در پیچه و سیم لوله از عکس دست راست استفاده می کنیم. چهار انگشت دست راست در جهت جریان، آنگاه انگشت شست جهت میدان را نشان می دهد.



قسمتی از سیم نازک روکش داری را دور میخ آهنی نسبتاً بلندی بپیچید و مداری مطابق شکل تشکیل دهید. با تغییر مقاومت رئوستا، جریان عبوری از مدار را تغییر دهید. بررسی کنید برای جریان های متفاوت، آهنربای الکتریکی چه تعداد گیره فلزی را می تواند بلند کند. (ب) اگر تعداد دورهای سیم دو برابر شود، نتیجه کار چه تفاوتی خواهد داشت؟

چون سیم لوله به باتری وصل است، از آن جریان می گذرد پس به آهنربا تبدیل می شود و می تواند طبق القاء مغناطیسی گیره ها را جذب کند. هر چه مقاومت رئوستا بیشتر شود، جریان کمتر شده و میدان مغناطیسی سیم لوله ضعیف تر می شود و هر چه تعداد حلقه های سیم لوله بیشتر شود، میدان مغناطیسی داخل سیم لوله قوی تر می شود.

$$\theta = 90^\circ - \alpha$$

$$\phi = BA \cos \theta$$

تعریف شار مغناطیسی:

α زاویه بین صفحه و میدان مغناطیسی هست

$$\Delta \phi = A \cos \theta \Delta B$$

$$\Delta \phi = B \cos \theta \Delta A$$

$$\Delta \phi = BA \Delta \cos \theta$$

تغییرات شار مغناطیسی:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

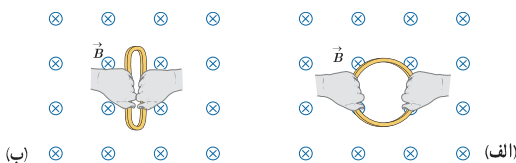
$$I = -\frac{N}{R} \cdot \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

$$I = \frac{q}{\Delta t} \longrightarrow \frac{\varepsilon}{R} = \frac{q}{\Delta t}$$

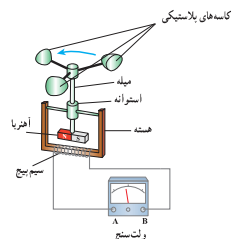
نیروی محرکه القایی:

$$-\frac{N \Delta \phi}{R \Delta t} = \frac{q}{\Delta t} \longrightarrow q = -\frac{N \Delta \phi}{R}$$

شکل مقابل یادآور قانون القاء الکترومغناطیس فارادی می باشد. با ورود آهنربا به داخل پیچه، هر لحظه مساحت بیشتری در معرض میدان مغناطیسی آهنربا قرار می گیرد در نتیجه شار افزایش می یابد و باعث تولید نیروی محرکه القایی می شود. ولت سنج ولتاژ تولیدی القایی را نمایش می دهد.



شکل مقابل یادآور قانون القای الکترومغناطیس فارادی است یک حلقه در مجاورت میدان مغناطیسی دارای شار مغناطیسی شده است (شکل الف) با فشردن حلقه (شکل ب) مساحت حلقه کمتر شده و شار حلقه کاهش یافته و نیروی محرکه القایی و جریان القایی تولید می شود.

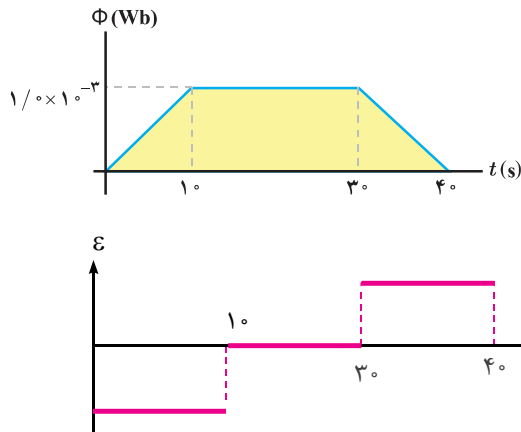


شکل مقابل وسیله ای به نام بادسنج را نشان می دهد. با وزش باد و چرخیدن کاسه های پلاستیکی، آهنربایی که به آن وصل است نیز می چرخد و در نتیجه شار سیم لوله ثابت که در مجاورت آهنرباست تغییر می کند.

$$\Delta \phi = BA \Delta \cos \theta$$

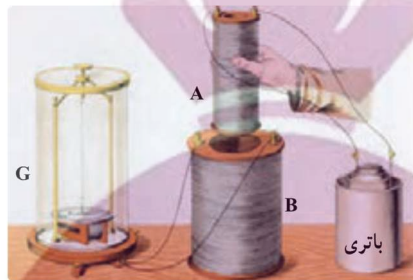
پس طبق قانون القاء الکترومغناطیس فارادی، نیروی محرکه القایی و جریان القایی تولید می شود.

پوستر تعاریف و اشکال مغناطیس و القا



نمودار زیر، تغییرات شار مغناطیسی یک رسانا را با گذشت زمان، نشان می‌دهد. تغییرات شار مغناطیسی باعث تولید نیروی محرکه القایی می‌شود:
نمودار نیروی محرکه بر حسب زمان مطابق شکل خواهد بود.

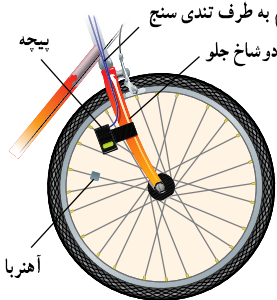
$$\left. \begin{aligned} \Delta\phi > 0 &\Rightarrow \varepsilon < 0 \\ \Delta\phi = 0 &\Rightarrow \varepsilon = 0 \\ \Delta\phi < 0 &\Rightarrow \varepsilon > 0 \end{aligned} \right\} \leftarrow \varepsilon = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$



فاراده برای پی بردن به پدیده القای الکترومغناطیسی، به جای آهنربای دائمی، از آهنربای الکتریکی (سیم‌لوله A که به باتری وصل شده است) استفاده کرد. فاراده مشاهده کرد که با عبور آهنربا از درون سیم‌لوله B تغییر میدان مغناطیسی در محل این سیم‌لوله، عقربه گالوانومتر منحرف می‌شود.

سیم‌لوله A به باتری وصل است و در آن جریان جریان الکتریکی عبور کرده و تبدیل به آهنربای موقت می‌شود $B = \frac{\mu_0 NI}{L}$ با ورود سیم‌لوله A به داخل سیم‌لوله B، شار داخل آن تغییر کرده و طبق قانون القاء الکترومغناطیسی فارادی جریان القایی تولید می‌شود.

تندی سنج دوچرخه‌های مسابقه‌ای شامل یک آهنربای کوچک و یک پیچه است. آهنربا به یکی از پره‌های چرخ جلو و پیچه به دو شاخ فرمان متصل است (شکل روبه رو). دو سر پیچه با سیم‌های رسانا به نمایشگر تندی سنج (که در واقع نوعی رایانه کوچک است) وصل شده است. با نزدیک شدن آهنربا به پیچه در حال رکاب زدن شار پیچه تغییر کرده و جریان القایی تولید می‌شود:



$$\Delta\phi > 0 \Rightarrow \varepsilon < 0 \Rightarrow I < 0$$

با دور شدن آهنربا از پیچه شار پیچه کاهش یافته و جریان القایی در جهت مخالف تولید می‌شود:

$$\Delta\phi < 0 \Rightarrow \varepsilon > 0 \Rightarrow I > 0$$

این جریان رفت و برگشت باعث تولید سیگنال الکترومغناطیس می‌شود.

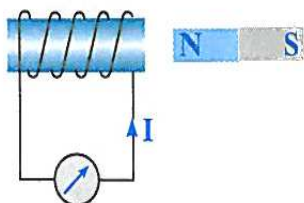
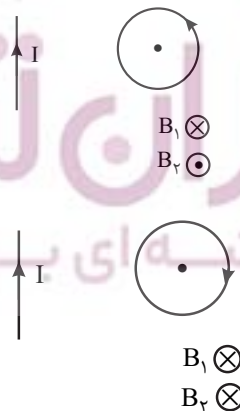
قانون لنز: اثرات مغناطیسی ناشی از عبور جریان القایی همواره با تغییر شار مخالفت می‌کند.

$$I \uparrow \Rightarrow \Phi \uparrow \Rightarrow B_y \Rightarrow I \text{ القایی}$$

$$\Phi \uparrow \Rightarrow B_1, B_y \text{ مخالف}$$

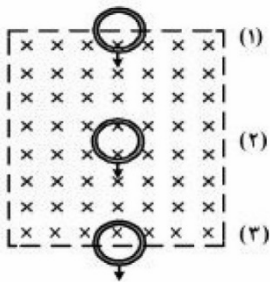
$$\Phi \downarrow \Rightarrow B_1, B_y \text{ موافق}$$

$$I \downarrow \Rightarrow \Phi \downarrow \Rightarrow B_y \Rightarrow I \text{ القایی}$$



در شکل روبه‌رو با نزدیک شدن یا دور شدن آهنربا به سیم‌لوله، شار درون سیم‌لوله افزایش یا کاهش می‌یابد و در نتیجه طبق قانون القاء الکترومغناطیسی فارادی، گالوانومتر عبور جریان را نشان می‌دهد.

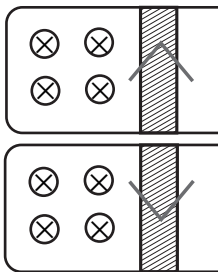
پوستر تعاریف و اشکال مغناطیس و القا



در شکل مقابل با ورود حلقه به داخل میدان مغناطیسی درونسو، شار داخل حلقه افزایش می‌یابد (موقعیت ۱) و در نتیجه طبق قانون لنز در حلقه جریان پادساعتگرد به وجود می‌آید. در حالت دوم چون شار ثابت شده، جریان القایی قطع می‌شود. و در موقعیت (۳) هنگام خروج حلقه طبق قانون لنز جریان القایی ساعتگرد تولید می‌شود.

$$\varepsilon = BVL$$

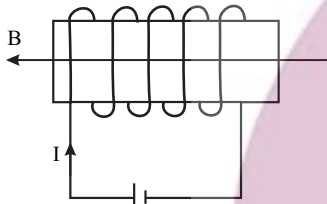
$$I = \frac{BVL}{R} \quad \text{میلۀ متحرک در میدان مغناطیسی (تغییر مساحت قاب):}$$



$$\Phi \uparrow \Rightarrow B_{\uparrow} \odot$$

$$\Phi \downarrow \Rightarrow B_{\downarrow} \otimes$$

خود القایی (خود القاوری): تغییرات جریان عبوری از یک سیم لوله، خود باعث تولید یک جریان القایی مخالف می‌شود.



$$\varepsilon = \frac{-\mu_0 N^2 A}{\ell} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

واحد هانری (H) ضریب القاوری

$$U = \frac{1}{2} LI^2$$

انرژی ذخیره شده در خودالقا:

$$I \uparrow \Rightarrow B \uparrow \Rightarrow \Phi \uparrow \Rightarrow I \text{ القایی مخالف}$$

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin \omega t$$

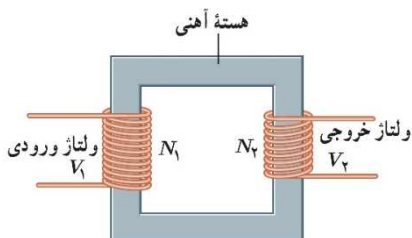
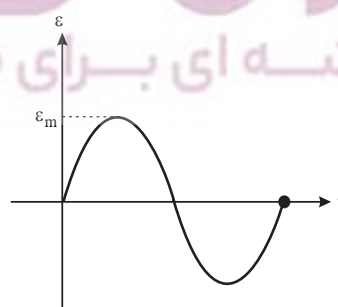
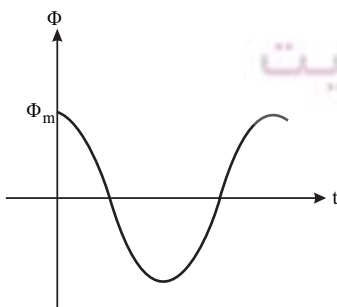
$$I \downarrow \Rightarrow B \downarrow \Rightarrow \Phi \downarrow \Rightarrow I \text{ القایی موافق}$$

$$\phi = \phi_m \cos \omega t$$

جریان متناوب:

$$I = I_m \sin \omega t \longrightarrow I = \frac{\varepsilon_m}{R} \sin \omega t$$

نمودارهای جریان متناوب:



یک مبدل آرمانی شامل دو پیچۀ که روی یک هسته آهنی پیچیده شده‌اند.

مبدلی شامل دو پیچۀ با تعداد دورهای متفاوت را نشان می‌دهد که دور یک هسته آهنی (فرومغناطیس نرم) پیچیده شده‌اند. در عمل پیچۀ اولیه با N_1 دور به ولتاژ V_1 بسته شده است و پیچۀ ثانویه با N_2 دور ولتاژ V_2 را تأمین می‌کند. برای یک مبدل آرمانی که مقاومت پیچ‌های آن ناچیز است، رابطه زیر برقرار است:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

برقرار است:

پوستر تعاریف و اشکال مغناطیسی و القا

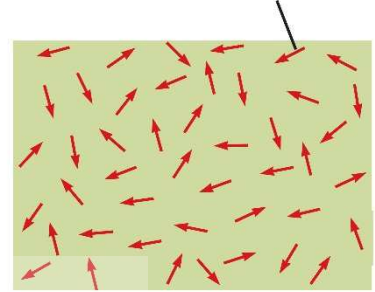
مواد پارامغناطیسی: اتم های مواد پارامغناطیسی، خاصیت مغناطیسی دارند اما دوقطبی های مغناطیسی وابسته به آنها، به طور کاتوره ای سمت گیری کرده اند و میدان مغناطیسی خالصی ایجاد نمی کنند (شکل). با قرار دادن مواد پارامغناطیسی درون میدان مغناطیسی خارجی قوی (مثلا نزدیک یک آهنربای قوی)، دوقطبی های مغناطیسی آنها، مانند عقربه قطب نما در نزدیکی آهنربا رفتار می کنند و به مقدار مختصری در راستای خط های میدان مغناطیسی منظم می شوند. با دور کردن آهنربا از این مواد، دوقطبی های مغناطیسی آنها، دوباره به طور کاتوره ای سمت گیری می کنند.

به این ترتیب، می توان گفت مواد پارامغناطیسی در حضور میدان های مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت پیدا می کنند. اورانیم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن از جمله مواد پارامغناطیسی اند.

مواد دیا مغناطیسی: اتم های مواد دیامغناطیسی، نظیر مس، نقره، سرب و بیسموت، به طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی اند. به عبارت دیگر، هیچ یک از اتم های این مواد، دارای دوقطبی مغناطیسی خالصی نیستند.

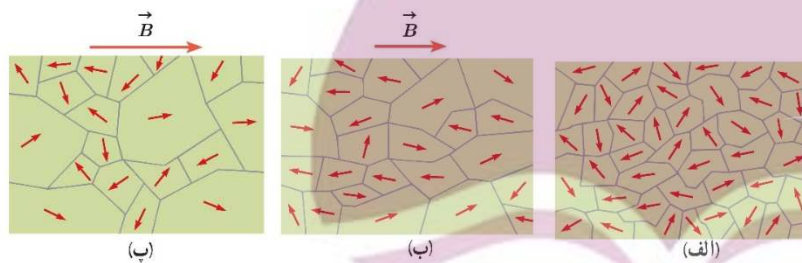
مواد فرومغناطیسی: نوع دیگری از مواد به نام مواد فرومغناطیسی وجود دارد که اتم های آنها به طور ذاتی دارای دوقطبی مغناطیسی هستند. آهن، نیکل، کبالت و بسیاری از آلیاژهای دارای این عناصرها فرومغناطیسی اند. برهم کنش های قوی بین دوقطبی های مغناطیسی در این مواد موجب می شود که این دوقطبی ها، حتی در نبود میدان خارجی، در ناحیه هایی که حوزه های مغناطیسی نامیده می شود، همسو شوند. مواد فرومغناطیسی را می توان با قرار دادن در یک میدان مغناطیسی، آهنربا کرد. شکل (ب) یک ماده فرومغناطیسی را در یک میدان مغناطیسی خارجی ضعیف و شکل (پ) در یک میدان مغناطیسی خارجی قوی تر نشان می دهد.

هر ذره سازنده مواد پارامغناطیسی یک آهنربای میکروسکوپی است.



سمت گیری کاتوره ای دوقطبی های

مغناطیسی در یک ماده پارامغناطیسی در نبود میدان مغناطیسی



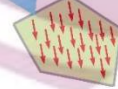
(ب)

(ب)

(الف)

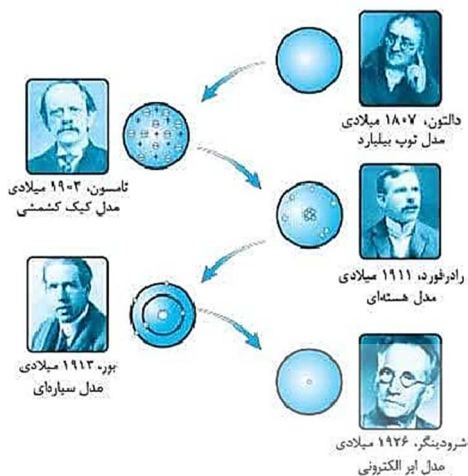
(الف) ماده فرومغناطیسی در نبود میدان مغناطیسی خارجی. (ب) ماده فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی ضعیف. (پ) ماده فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی قوی.

ابعاد حوزه ها از مرتبه دهم تا هزارم میلی متر است.



ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

پوستراشکال و تعاریف اندازه گیر و چگالے فصل اول پایه دهم



دانشمندان فیزیک برای درک طبیعت، اقدام‌های زیر را انجام می‌دهند.

(۱) مشاهده: منظور از مشاهده، گردآوری مجموعه‌ای از حقایق و اطلاعات در مورد آن است.

(۲) تفسیر (توضیح) پدیده: در مرحله بعدی تلاش می‌کنند پدیده‌ها را با استفاده از قانون، مدل یا نظریه فیزیکی توصیف کنند.

(۳) آزمایش: قوانین، مدل یا نظریه‌های مطرح شده باید توسط مشاهدات و آزمایش‌های مختلف تأیید شوند.

شکل مقابل مراحل تکامل نظریه اتمی را نشان می‌دهد.

قانون: قانون یک گزاره کلی و همیشگی است که دامنه وسیعی از پدیده‌های مختلف طبیعی را توصیف می‌کند.

تعریف کمیت‌های برداری و نرده‌ای (اسکالر)

برای بیان برخی از کمیت‌های فیزیکی، تنها از یک عدد و یکای مناسب آن استفاده می‌شود.

این گونه کمیت‌ها، کمیت نرده‌ای نامیده می‌شوند. مانند جرم، طول و زمان برای بیان برخی دیگر از کمیت‌های فیزیکی، افزون بر یک عدد و یکای مناسب آن، لازم است به جهت آن نیز اشاره کنیم. این دسته از کمیت‌ها را، کمیت برداری می‌نامند.

به عنوان مثال، نیرو و سرعت جزء کمیت‌های برداری هستند چون راستا و جهت در این کمیت‌ها مهم است.

کمیت‌های قابل اندازه‌گیری در فیزیک به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف: کمیت‌های اصلی: تقریباً از هم مستقل بوده و ترکیبی نیستند.

ب: کمیت‌های فرعی: از ترکیب دو یا چند کمیت اصلی حاصل شده‌اند. برای شمارش کمیت‌ها باید از یکا (واحد) مناسب کرد.

یکاهای باید دارای شرایط زیر باشند:

- ۱- تغییر نکنند
- ۲- قابلیت باز تولید داشته باشند.

کمیت های اصلی و یکاهای اصلی دستگاه بین المللی (SI)		
کمیت	نام یکا	نماد یکا
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s
دما	کلوین	K
مقدار ماده	مول	mol
جریان الکتریکی	آمپر	A
شدت روشنایی	کندلا (شمع)	cd

چند مثال از یکاهای فرعی دستگاه بین المللی (SI)		
کمیت	نام یکا	یکای فرعی برحسب یکاهای اصلی
تندی و سرعت	متر بر ثانیه (m/s)	m/s
شتاب	متر مربع ثانیه (m/s ²)	m/s ²
نیرو	نیوتون (N)	kg.m/s ²
فشار	پاسکال (Pa)	kg/ms ²
انرژی	ژول (J)	kg.m ² /s ²

اندازه هر کمیت فیزیکی، که به صورت نمادگذاری علمی بیان می‌شود، باید شامل سه قسمت باشد. قسمت‌های اول و دوم، دربرگیرنده حاصل ضرب عددی از ۱ تا ۱۰ در توان صحیحی از ۱۰ است و در قسمت سوم، یکای آن کمیت نوشته می‌شود.

یکای نجومی برابر میانگین فاصله زمین تا خورشید است ($1\text{Au} \approx 1.5 \times 10^{11}\text{m}$)

مسافتی را که نور در مدت یک سال در خلأ می‌پیماید یک سال نوری می‌نامند و آن را با نماد Ly نمایش می‌دهند.

پیشوندهای یکاها					
ضریب	پیشوند	نماد	ضریب	پیشوند	نماد
۱۰ ^{۱۵}	پتا	P	۱۰ ^{-۱۵}	فمتو	f

پوستراشکال و تعاریف اندازه گیر و چگالے فصل اول پایه دهم

P	پیکو	10^{-12}	T	ترا	10^{12}
n	نانو	10^{-9}	G	گیگا (جیگا)	10^9
μ	میکرو	10^{-6}	M	مگا	10^6
m	میلی	10^{-3}	k	کیلو	10^3
c	سانتی	10^{-2}	h	هکتو	10^2
d	دسی	10^{-1}	da	دکا	10^1

فیزیکدانان برای بررسی پدیده‌ها، از مدلسازی استفاده می‌کنند. مدلسازی در فیزیک فرایندی است که طی آن یک پدیده فیزیکی، آنقدر ساده و آرمانی می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود. این روند ساده کردن تا جایی ادامه می‌یابد که کلیت مسئله خدشه‌دار نشود!!

در پرتاب یک توپ به سمت بالا و بازگشت آن به زمین، برای آنکه به تدریج پیشروی کنیم و به نتایج و روابط دلخواه برسیم، می‌توانیم بسیاری از عوامل و پارامترهای تأثیرگذار در حرکت توپ را نادیده بگیریم و فقط عوامل اصلی را بررسی کنیم. در پرتاب توپ به سمت بالا در گام اول می‌توان از عوامل زیر صرف‌نظر کرد:

الف: ابعاد توپ (می‌توان توپ را بسیار کوچک و یک نقطه فرض نمود) ب: مقاومت هوا و اصطکاک پ: اثر دما و بارش باران و وزیدن باد
ت: تغییر شتاب گرانش با ارتفاع از زمین ث: اثر دورانی توپ بر روی زمان رفت و برگشت
اما در پرتاب توپ به سمت بالا:

نیروی گرانش (وزن توپ) را نمی‌توان نادیده گرفت اگر نیروی وزن توپ وجود نداشته باشد، هرگز توپ نمی‌ایستد و به حرکت خود به سمت بالا ادامه می‌دهد و کلیت مسئله خدشه‌دار می‌شود.

توجه داریم هنگام مدلسازی یک پدیده فیزیکی، باید اثرهای جزئی‌تر را نادیده بگیریم نه اثرهای مهم و تعیین کننده را.



استفاده از یک مدل آرمانی برای ساده‌سازی تحلیل حرکت یک توپ بسکتبال در هوا

راننده اتومبیلی با دیدن مانعی اقدام به ترمز می‌کند و اتومبیل پس از طی مسافتی متوقف می‌شود. در مدل سازی حرکت اتومبیل بایستی از ابعاد اتومبیل، مقاومت هوا، سرنشینان صرف‌نظر کرد اما نمی‌توان از اصطکاک چرخ‌ها و جاده صرف‌نظر کرد چون کلیت موضوع خدشه‌دار می‌شود. در مدل‌سازی حرکت دورانی سیاره‌ها به دور خورشید، از ابعاد سیاره‌ها، تأثیر سیاره‌ها بر روی هم و چرخش سیاره‌ها به دور خودشان باید صرف‌نظر کرد. اما از نیروی گرانش (جاذبه عمومی) بین سیاره‌ها و خورشید نمی‌توان صرف‌نظر کرد چون کلیت موضوع خدشه دار می‌شود. اندازه گیری کمیت‌ها به عوامل زیر بایستی توجه کرد:

۱) دقت وسیله اندازه گیری

۲) مهارت شخص آزمایش کننده

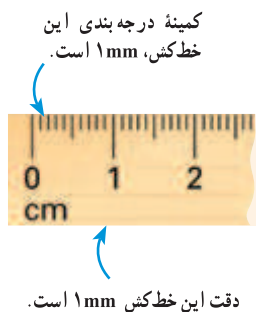
۳) تعداد دفعات تکرار آزمایش

۱- دقت وسیله اندازه گیری:

ابزار اندازه گیری کمیت‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند.

الف: وسایل درجه‌ای و معمولی: کوچک‌ترین درجه‌بندی دقت این وسایل را نشان می‌دهد.

ب: وسایل دیجیتالی: آخرین اعشار، دقت این وسایل را نشان می‌دهد.



تعداد دفعات اندازه گیری:

بعد از تکرار چندبار آزمایش‌ها، ابتدا اعداد پرت (آنهایی که با بقیه اندازه‌گیری‌ها اختلاف فاحش دارند) را حذف می‌کنیم و از بقیه اعداد میانگین می‌گیریم. چگالی: نسبت جرم به حجم یک جسم را چگالی می‌نامند.

پوستراشکال و تعاریف اندازه گیر و چگالی فصل اول پایه دهم

$$\rho = \frac{m}{V}$$

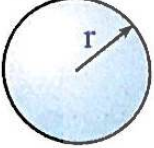
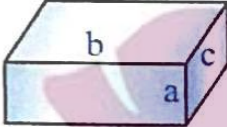
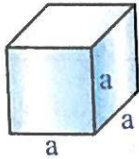
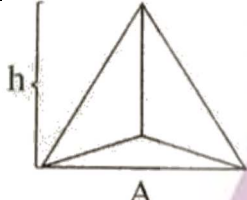
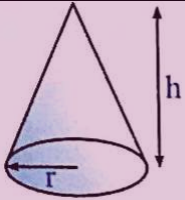
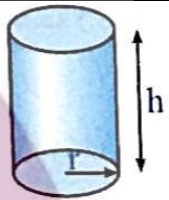
چگالی نشان دهنده فشردگی، تراکم و سنگینی یک جسم است.

$$m^3 \rightarrow \text{lit} \rightarrow \text{cm}^3 \text{ (mlit, cc)} \quad (\text{ارتباط } 1000 \text{ تا } 1000)$$

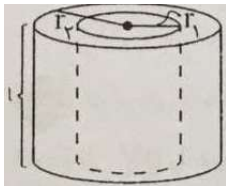
واحدهای حجم:

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

در جدول زیر روابط مورد نیاز برای محاسبه حجم اجسام خاص مطرح شده است.

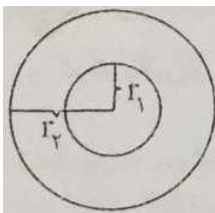
کره	مکعب مستطیل	مکعب
$V = \frac{4}{3} \pi r^3$	$V = abc$	$V = a^3$
		
هرم	مخروط	استوانه
$V = \frac{1}{3} A \times h$	$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h$	$V = \pi r^2 h$
		

برای محاسبه حجم استوانه‌ای توخالی به شعاع داخلی r_1 و شعاع خارجی r_2 می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد.



$$V = \pi(r_2^2 - r_1^2)h$$

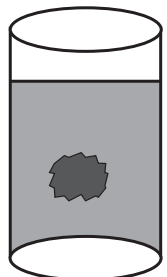
برای محاسبه حجم کره‌ای توخالی به شعاع داخلی r_1 و شعاع خارجی r_2 می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد.



$$V = \frac{4}{3} \pi (r_2^3 - r_1^3)$$

ایران تونش

استوانه مدرج



نکته: برای به دست آوردن حجم اجسامی که شکل هندسی خاصی ندارند از استوانه مدرج استفاده می‌شود. مطابق شکل زیر ابتدا داخل استوانه حجم معینی آب ریخته می‌شود، سپس جسم مورد نظر داخل آب انداخته می‌شود و آب موجود در استوانه به اندازه حجم جسم بالا می‌آید و به کمک درجه‌بندی‌های مشخص شده روی استوانه، حجم جسم مورد نظر مشخص می‌شود.

حجم مایعات همان حجم ظرفشان است.

حجم حفره:

اگر در مسئله ρ ، m و V هر سه داده شده باشد: حتما در جسم حفره وجود دارد. با ρ و m داده شده، حجم را محاسبه می‌کنیم. اختلاف آن با حجم داده شده، حجم حفره را مشخص می‌کند.

در تغییر حالت یک ماده، چگالی (جنس) و حجم تغییر می‌کند اما نکته‌ای که مسائل را حل می‌کند، اینست که:

اصل پایستگی جرم، بیان بالا را تأیید می‌کند.

جرم (مقدار ماده) ثابت است و تغییر نمی‌کند.

پوستر تعاریف و اشکال کار و انرژی ویژه پایه دهم

تعریف کار:

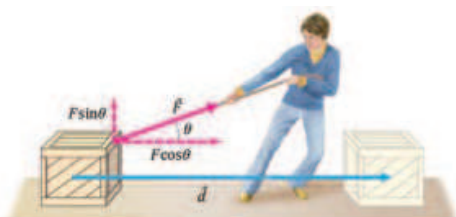
$$W = F \cdot d \cdot \cos \theta$$

نیرو ضرب در جابجایی ضرب در کسینوس زاویه بین آنها

F: نیرو ← واحد نیوتن (N)

d: جابجایی ← واحد متر

θ : زاویه بین نیرو و جابجایی



نیروی ثابت $\vec{F}$ با جابجایی $\vec{d}$ زاویه θ می‌سازد و کار $W = (F \cos \theta) d$ را روی جسم انجام می‌دهد.

واحد کار N.m هست که با J (ژول) معادل است.

توجه کنید که الزاماً وارد شدن نیرو به منزله انجام کار نیست!

برای انجام شدن کار بایستی دو شرط زیر نیز، رعایت شود:

۱- حتماً جابجایی در نقطه اثر نیرو وجود داشته باشد.

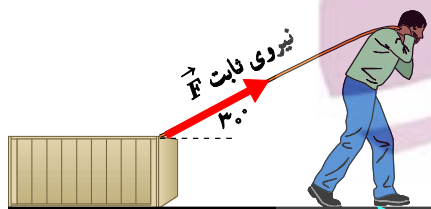
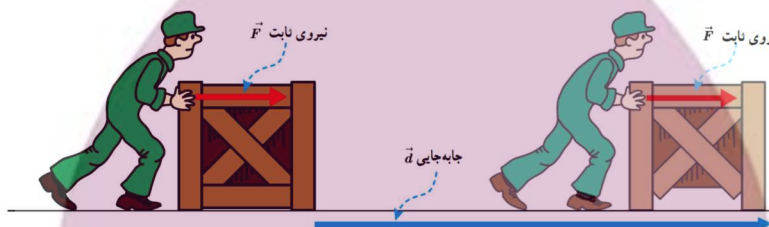
۲- نیرو و جابجایی بر هم عمود نباشند:

کلاً با چهار نوع کار، سر و کار خواهیم داشت که عبارتند از:

۱- کار نیروی خارجی ۲- کار نیروی وزن ۳- کار نیروی اصطکاک (مقاومت هوا) ۴- کار نیروی عمود بر سطح یا تکیه‌گاه (F_N)

۱- کار نیروی خارجی (F): کشیدن، هل دادن، بلند کردن، موتورها و پمپها

مهم‌ترین نکته این است که کار نیروی خارجی، ناپایستار است. یعنی به تمام مسیر حرکت وابسته است. و d در این کار معنی مسافت طی شده را می‌دهد.



$$\vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j}$$

$$\vec{d} = d_x \vec{i} + d_y \vec{j}$$

کار نیروی خارجی

کار یک کمیت اسکالر و نرده‌ای است و تابع قوانین بردار نیست.

یعنی اگر چندین کار در مسأله موجود باشد صرفاً باید آنها را با هم جمع جبری کنیم.

نیروهایی که بر جابجایی عمود هستند، کار انجام نمی‌دهند.

به صورت ضربدری کار انجام نمی‌شود!!

$$\Sigma W = F_x d_x + F_y d_y \quad (\text{ضرب درونی یا داخلی})$$

۲- کار نیروی وزن:

نیروی وزن یک نیروی پایستار است و کار آن از مسیر مستقل است و به ارتفاع عمودی ابتدا و انتها وابسته می‌باشد.

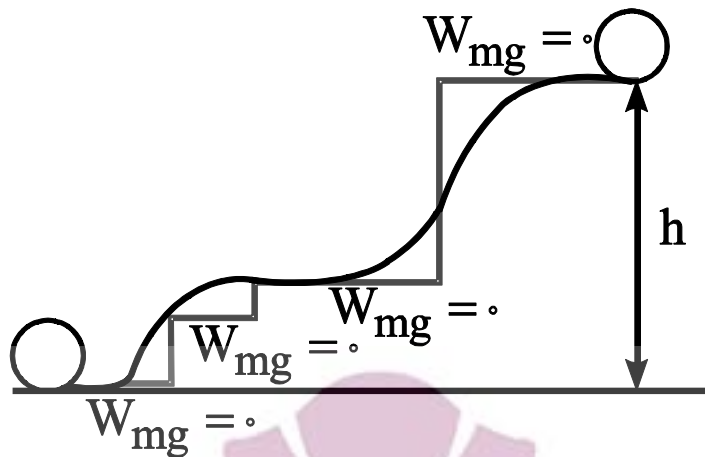


جسم، بالا می‌رود

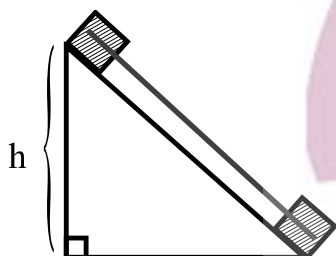
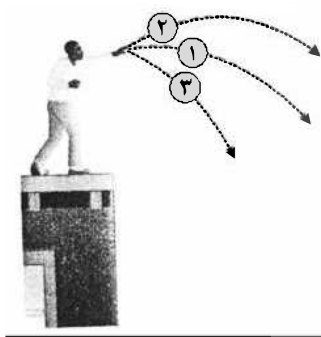
$$W_{mg} = -mgh$$

فرض می‌کنیم جسمی بر روی سطح تپه ماندنی بالا رفته باشد، این جسم در مسیرهای افقی، کار نیروی وزنش صفر است!!

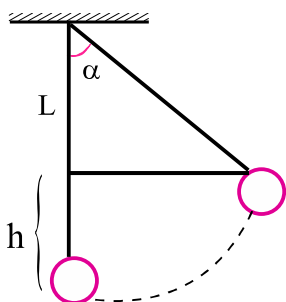
پوستر تعاریف و اشکال کار و انرژی ویژه پایه دهم



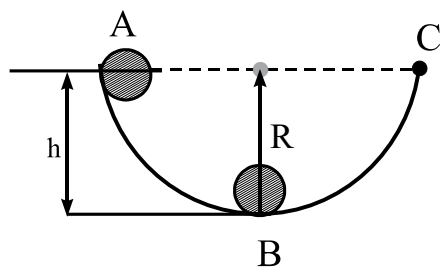
در شکل مقابل با وجود اینکه ۳ گلوله مشابه تا رسیدن به زمین، مسافت‌های مختلفی را طی می‌کنند ولی کار نیروی وزن آنها یکسان است. زیرا ارتفاع عمودی ابتدا و انتهای آنها یکسان است. (کار نیروی وزن پایستار است)



کار نیروی وزن در سطح شیب‌دار فقط به ارتفاع عمودی ابتدا و انتها وابسته است (پایستار بودن) که در شکل نشان داده شده است.



کار نیروی وزن در آونگ فقط به ارتفاع عمودی ابتدا و انتهای آن وابسته است (پایستار بودن) که در شکل نشان داده شده است.



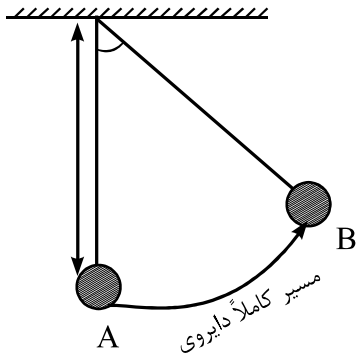
کار نیروی وزن در کاسه (سطح کروی) فقط به ارتفاع عمودی ابتدا و انتهای آن وابسته است (پایستار بودن) که در شکل نشان داده شده است.

۳- کار نیروی اصطکاک:

$$W_f = f_k \cdot d \cdot \cos 180^\circ = -f_k \cdot d$$

نیروی اصطکاک و نیروهای خارجی ناپایستار هستند یعنی به مسیر حرکت وابسته هستند:

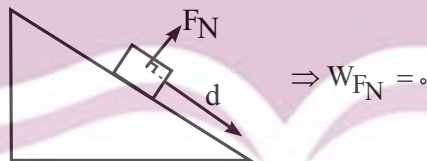
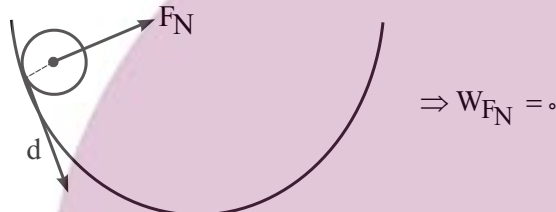
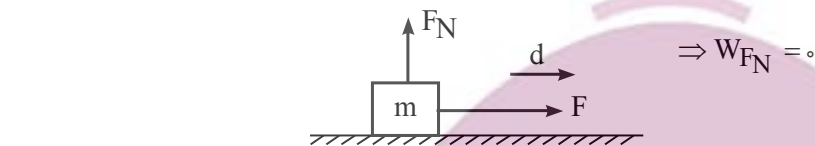
پوستر تعاریف و اشکال کار و انرژی ویژه پایه دهم



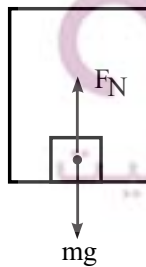
کار نیروی اصطکاک (مقاومت هوا) در شکل مقابل به تمام مسیر حرکت (محیط دایره) وابسته است. زیرا کار نیروی اصطکاک ناپایستار است.

۴- نیروی عمود بر سطح (تکیه‌گاه F_N):

هر گاه جسمی به هر نحوی به سطحی تکیه کند، نیروی عمود بر سطح یا تکیه‌گاه، ظاهر می‌شود. و چون معمولاً عمود بر مسیر حرکت است، کاری انجام نمی‌دهد! نیروی تکیه‌گاه فقط در آسانسور و بالابرها کار انجام می‌دهد!



اما می‌توان حالاتی نادر را تصور کرد که F_N ، کار انجام می‌دهد! آسانسور یکی از آن موارد خاص است:



$$\Rightarrow F_{\text{net}} = ma$$

در آسانسور F_N کار انجام می‌دهد.

تعریف انرژی جنبشی:

انرژی اجسام در حال حرکت را می‌گویند.

از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$K = \frac{1}{2} m V^2$$

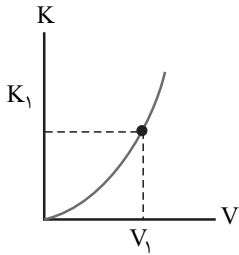
انرژی جنبشی → واحد → J (ژول)

جرم → واحد → kg

سرعت → واحد → $\frac{m}{s}$

پوستر تعاریف و اشکال کار و انرژی ویژه پایه دهم

انرژی جنبشی و سرعت نموداری شبیه به شکل زیر دارند:
(درجه دوم - سهمی)



اشکال بالا نشان می‌دهد که انرژی جنبشی نرده‌ای است و به جهت حرکت وابسته نیست. تقریباً بیشتر شهاب‌سنگ‌هایی که وارد جو زمین می‌شوند به دلیل اصطکاک زیاد با ذرات تشکیل‌دهنده جو، به دمای بالایی می‌رسند و می‌سوزند. برخی از آنها نیز به دلیل داشتن بار الکتریکی در تله مغناطیسی زمین، منحرف می‌شوند.

$$\Sigma W = W_1 + W_2 + \dots = \Delta K = \frac{1}{2} m (V_2^2 - V_1^2)$$

قضیه کار و انرژی:

کار کل انجام شده، همواره با تغییرات انرژی جنبشی خودش را نشان می‌دهد!!!
نکته: هرگاه جسمی بر روی سطح افقی پرتاب شود تا متوقف شود و یا اتومبیلی ترمز کند، تنها نیروی وارد بر آن نیروی اصطکاک است.

$$K = \frac{1}{2} m V^2 \leftarrow \text{انرژی جنبشی}$$

$$U = mgh \leftarrow \text{انرژی پتانسیل گرانشی}$$

h: در رابطه انرژی پتانسیل گرانشی، فاصله عمودی تا مبدأ است! $W_{mg} = -\Delta U$

تعریف انرژی مکانیکی: به مجموع انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل، انرژی مکانیکی می‌گویند.

$$E = K + U$$

انرژی مکانیکی

پایستگی انرژی مکانیکی:

مقدار کل انرژی، همواره مقداری ثابت است. انرژی تولید نمی‌شود و از بین نمی‌رود بلکه از حالتی به حالت دیگر تبدیل می‌شود!

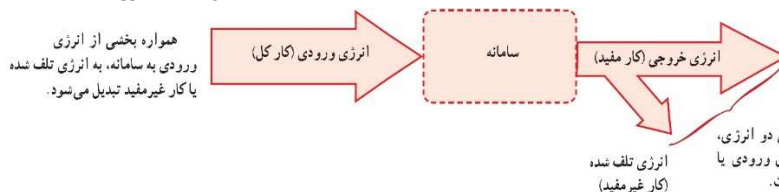
اگر اتلاف انرژی نداشته باشیم

(از اصطکاک و مقاومت هوا) صرف‌نظر کنیم

اگر اصطکاک (مقاومت هوا)

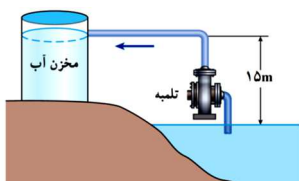
و اتلاف انرژی نداشته باشیم

$$E_1 \neq E_2 \Rightarrow E_2 - E_1 = W_f$$



تعریف بازده: از رابطه زیر می‌توان درصد بازده هر سامانه را به سادگی محاسبه کرد.

$$\text{بازده} = \frac{\text{انرژی خروجی}}{\text{انرژی ورودی}} \times 100\%$$



توان و بازده صرفاً در مسائلی مطرح می‌شود که نیروی خارجی (موتورها و پمپ‌ها) باشند.

پوستراشکال و تعاریف فشار و ویژگی‌های ماده پایه دهم

$$P = \frac{F_{\perp}}{A} = \frac{F_N}{A}$$

تعریف فشار: نیروی عمودی در واحد سطح را فشار گویند.

فشار یعنی نیروی عمودی در واحد مساحت!

یعنی به عبارتی، فشار اثر نیرو را نشان می‌دهد.

اگر شما یک سوزن را به راحتی می‌توانید در دیوار فرو ببرید، دلیلش اینست که: نیروی شما روی مساحت بسیار کوچکی متمرکز شده است. پس اثر بسیار قوی‌تری خواهد داشت.

یا وقتی با چوب اسکی در برف، فرو نمی‌روید دلیلش اینست که وزن شما روی مساحت بزرگتری پخش شده است و اثر خود را تقریباً از دست داده است!

$$\frac{N}{m^2} = Pa$$

واحد فشار نیوتن بر مترمربع است که پاسکال نامیده می‌شود.

اصل پارادوکس

$$\left. \begin{array}{l} \left. \begin{array}{l} 1- \text{همواره} \quad P = \frac{mg}{A} \\ 2- \text{همگن (مکعب و استوانه)} \quad P = \rho gh \end{array} \right\} \begin{array}{l} (1) \text{ جامدات} \\ (2) \text{ مایعات} \end{array} \\ \left. \begin{array}{l} 1- \text{همواره} \quad P = \rho gh \\ 2- \text{ظرف همگن (مکعب و استوانه)} \quad P = \frac{mg}{A} \end{array} \right\} \end{array} \right\} \text{فشار}$$

اصل پاسکال:

فشار به تمام نقاط مایع یکسان منتقل می‌شود.

یکی دیگر از یکاهای متداول فشار، اتمسفر یا جو است که با نماد atm نمایش داده می‌شود. فشار یک اتمسفر، به صورت فشار معادل ستونی از جیوه

به ارتفاع ۷۶۰ mm / تعریف می‌شود (در دمای °C و به ازای $g = 9.8 \text{ N/kg}$). (چگالی جیوه را برابر 13600 kg/m^3 بگیرید).

$$P = \rho \cdot g \cdot h = 13600 \times 9.8 / 760 = 101325 \text{ Pa} = 1 \text{ atm}$$

در هواشناسی و روی نقشه‌های آب و هوا، معمولاً از یکای بار (bar) برای فشار هوا استفاده می‌کنند. به‌طوری که داریم:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 10^5 \text{ Pa}$$

یعنی فشار هر ۶۸ سانتی‌متر آب با فشار ۵ سانتی‌متر جیوه برابر است.

هر یک سانتی‌متر جیوه معادل ۱۳۶۰ پاسکال است.

فشارسنج جیوه‌ای (بارومتر): وسیله‌ای ساده که برای اندازه‌گیری فشار جو به کار می‌رود فشارسنج جیوه‌ای است که جوسنج نیز نامیده می‌شود. این

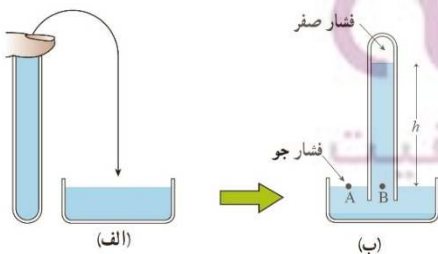
فشارسنج در سال ۱۶۴۳ میلادی توسط تورپچلی فیزیکدان ایتالیایی اختراع شد.

فشارسنج جیوه‌ای شامل یک لوله شیشه‌ای بلند (به طول تقریبی ۸۰ سانتی‌متر) و یک سر بسته

است که با جیوه پر شده و سپس در یک ظرف محتوی جیوه به طور وارون قرار گرفته است.

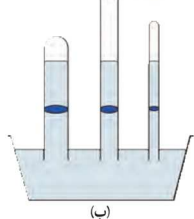
فضای بالای ستون جیوه تنها محتوی بخار جیوه است که فشار آن ناچیز و در عمل برابر صفر

فرض می‌شود.

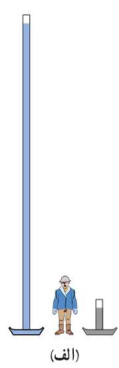


فشارسنج جیوه‌ای که برای

اندازه‌گیری فشار جو به کار می‌رود.



(ب)



(الف)

الف) توضیح دهید چرا تورپچلی در آزمایش خود ترجیح داد به جای آب از جیوه استفاده

کند؟ ارتفاع آب بسیار زیاد می‌شد

ب) برای لوله‌های غیرمومین، اگر سطح مقطع و طول لوله‌ها متفاوت باشد، ارتفاع ستون جیوه تغییر نمی‌کند

(شکل ب). علت را توضیح دهید. هر چه مساحت بیشتر باشد، وزن مایع بالای سر نیز بیشتر می‌شود بنابراین

$$P = \frac{mg}{A}$$

طبق رابطه $P = \frac{mg}{A}$ فشار تغییری نمی‌کند.

پ) در قلم خودکار، جوهر از طریق یک لوله وارد نوک قلم شده و در آنجا توسط یک گوی فلزی ضد زنگ غلتان،

روی ورقه کاغذ پخش می‌شود. در بدنه لایه یا درپوش بالایی این نوع قلم‌های خودکار، سوراخ ریزی ایجاد

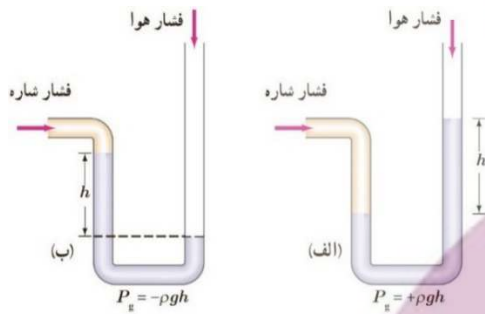
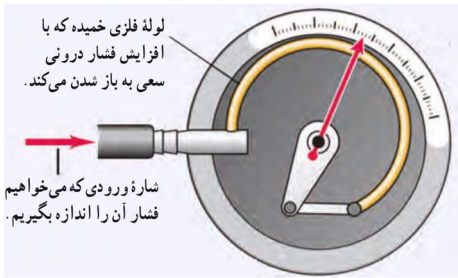
می‌کنند (شکل پ). دلیل این کار را توضیح دهید.

چون فشار هوا از روزنه وارد شده و باعث جریان جوهر می‌شود.

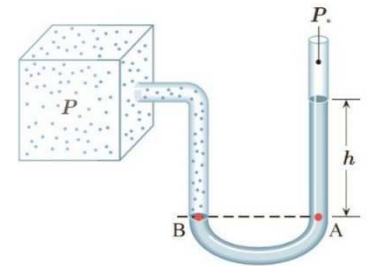
پوستراشکال و تعاریف فشار و ویژگی‌هاک ماده پایه دهم

فشارسنج بوردون

تغییر فشار پیمانه‌ای شاره درون لوله سبب تغییر شکل لوله و در نتیجه حرکت عقربه روی صفحه مدرج می‌شود. معمولاً برای اندازه‌گیری فشار در مخزن های گاز و همچنین اندازه گیری فشار باد لاستیک وسیله‌های نقلیه به کار می‌روند.



(الف) فشار شاره بیشتر از فشار جو است.
(ب) فشار شاره کمتر از فشار جو است.



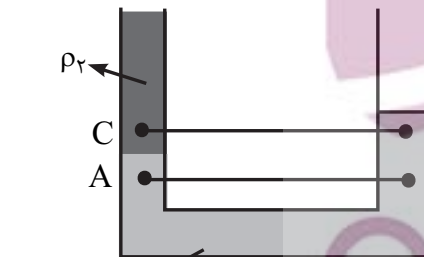
فشارسنج با لوله باز که
برای اندازه‌گیری فشار یک شاره
محصور استفاده می‌شود.

دو نقطه که درون یک مایع باشند و تراز (هم‌سطح) نیز باشند هم‌فشار هستند.

فشارسنج U شکل (مانومتر): یکی از وسیله‌های ساده برای اندازه‌گیری فشار یک شاره محصور، فشارسنج U شکل است.

ویژگی‌های لوله‌های U شکل:

- تمام نقاط تراز در یک مایع با هم، هم فشار هستند.
 - مایعی که در سطح پایین‌تر قرار می‌گیرد، چگالی بیشتری دارد (سنگین‌تر است).
 - نقاط تراز در مایعات مختلف، هم فشار نیستند.
- نقطه‌ای که ارتفاع بیشتری بالای سر می‌بیند، فشار بیشتری دارد.



$$\rho_1 > \rho_2$$

$$P_A = P_B$$

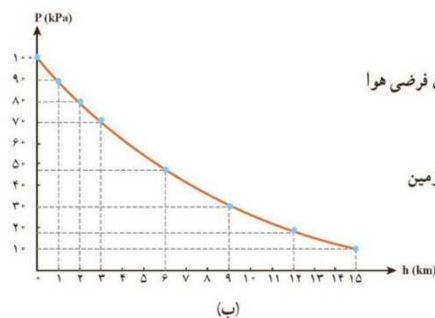
$$P_C > P_D$$

ایران تونش
توشه‌ای برای موفقیت

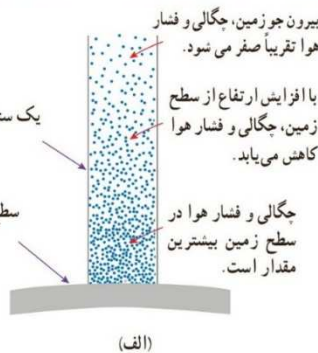
فشار هوا و ارتفاع:

به ازای هر ۱۰m که از سطح زمین (آب‌های آزاد) بالا برویم، فشار هوا ۱mmHg کاهش می‌یابد. برای محاسبه اختلاف فشار بین دو نقطه از هوا که اختلاف ارتفاع قابل توجهی دارند، دیگر نمی‌توان از رابطه pgh استفاده کرد.

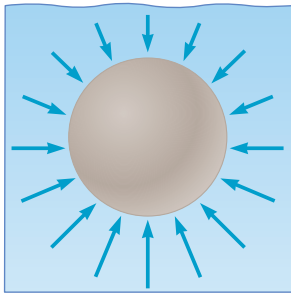
زیرا با افزایش ارتفاع از سطح زمین، چگالی هوا کاهش می‌یابد (شکل الف). نیروی جاذبه زمین سبب می‌شود که لایه‌های زیرین هوا نسبت به لایه‌های بالایی هوا متراکم‌تر شوند. در نتیجه هر چه به سطح زمین نزدیک‌تر می‌شویم، چگالی و فشار هوا بیشتر می‌شود.



(الف) با افزایش ارتفاع از سطح زمین، چگالی و فشار هوا کاهش می‌یابد. (ب) نمودار فشار هوا برحسب ارتفاع از سطح دریای آزاد.



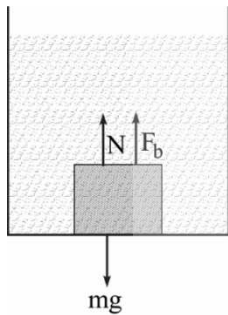
پوستر اشکال و تعاریف فشار و ویژگی‌هاک ماده پایه دهم



نیروی شناوری وارد بر یک جسم در یک مایع با وزن مایع جابه‌جا شده برابر است.
وقتی جسمی درون یک سیال (شاره) قرار می‌گیرد از طرف سیال نیرویی رو به بالا بر جسم وارد می‌شود که نیروی شناوری یا اصل ارشمیدس نامیده می‌شود.

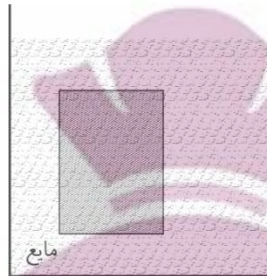
حالت‌های مختلف نیروی شناوری:

۳- فرورفتن:



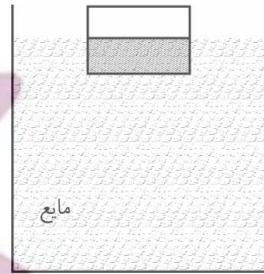
$\rho_{\text{مایع}} > \rho_{\text{جسم}}$

۲) غوطه‌وری:



$\rho_{\text{مایع}} = \rho_{\text{جسم}}$

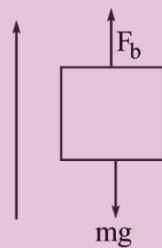
۱) شناوری:



$\rho_{\text{مایع}} < \rho_{\text{جسم}}$

۴) بالا رفتن:

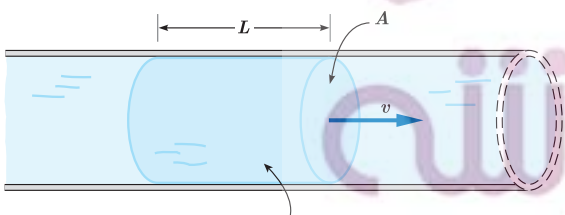
معمولاً در گازها (که سیال هستند) اتفاق می‌افتد:
مثل بادکنک هلیومی



$\rho_{\text{مایع}} \ll \rho_{\text{جسم}}$

آهنگ شارش سیال: به حجم سیال جابه‌جا شده در واحد زمان می‌گویند.

$$\text{آهنگ شارش سیال} = \frac{\text{حجم سیال}}{\text{زمان}} = \frac{A \cdot L}{t} = A \cdot v$$



حجم این بخش شاره برابر AL است.

$$AV = \text{ثابت} \rightarrow A_1 V_1 = A_2 V_2$$

معادله پیوستگی جریان (سیال):

آهنگ شارش سیال همواره مقداری ثابت است.

اصل برنولی: مجموع انرژی جنبشی، انرژی پتانسیل و انرژی حاصل از فشار در سیالات مقداری ثابت است.

$$\text{ثابت} = (Ep) \text{ انرژی فشاری} + (U) \text{ انرژی پتانسیل} + (K) \text{ انرژی جنبشی}$$



وقتی شیر آبی را کمی باز کنید و آب به آرامی جریان یابد، مشاهده می‌شود که باریکه آب با نزدیک‌تر شدن به زمین، باریک‌تر می‌شود (شکل روبه‌رو). دلیل این پدیده این است که هر چه آب پایین‌تر می‌رود سرعت شاره (آب) بیشتر می‌شود بنابراین طبق معادله پیوستگی شارش باید مساحت مقطع آن کاهش یابد.



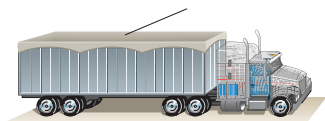
وقتی مایع آمپول از پیستون وارد سوزن می‌شود، طبق معادله پیوستگی شاره، چون مساحتش کم می‌شود، بنابراین سرعتش زیاد می‌شود.

پوستراشکال و تعاریف فشار و ویژگی‌هاک ماده پایه دهم

روزهایی که باد می‌وزد، ارتفاع موج‌های دریا یا اقیانوس بالاتر از ارتفاع میانگین می‌شود. زیرا جریان هوایی (باد) که زیر موج قرار می‌گیرد، سرعت و انرژی جنبشی‌اش کاهش می‌یابد پس فشار و نیروی رو به بالا در آن افزایش می‌یابد (اصل برنولی)

پوشش برزنتی صاف و تخت است.

کامیون در حال توقف



پوشش برزنتی پُف کرده است.

کامیون در حال حرکت



ب) شکل روبه‌رو کامیونی را در دو وضعیت سکون و در حال حرکت نشان می‌دهد. در حالتی که کامیون حرکت می‌کند سرعت جریان هوا و انرژی جنبشی‌اش افزایش می‌یابد بنابراین فشار و نیروی عمودی آن کاهش می‌یابد و پف می‌کند (اصل برنولی)

در شکل زیر که تصویر بال یک هواپیما در حال حرکت را نشان می‌دهد، بال هواپیما خمیدگی به سمت پایین دارد.

جریان هوای زیر بال سرعت و انرژی جنبشی کمتری پیدا می‌کند بنابراین نیرو و فشار رو به بالا به بال هواپیما وارد می‌کند (اصل برنولی)

پلاسما: حالت چهارم ماده با ترکیبی از الکترون‌ها، یونهای مثبت و گازها

فضای بین ستاره‌ای، ماده درون ستارگان، آذرخش، شفق‌های قطبی، آتش، لامپ مهتابی

(۱) جامدات $\leftarrow 1\text{\AA}$ تراکم‌ناپذیر

(۲) مایعات $\leftarrow 1\text{\AA}$ تراکم‌ناپذیر

(۳) گازها $\leftarrow 35\text{\AA}$ تراکم‌پذیر

فاصله مولکول‌ها از هم در حالت‌های مختلف ماده

(۱) جامدات: بسیار قوی، شکل خود را حفظ می‌کنند، خاصیت پخشی ندارند.

(۲) مایعات: نسبتاً قوی، حرکت کاتوره‌ای محدود دارند، روی هم می‌لغزند، خاصیت پخشی

متوسطی دارند، به شکل ظرف درمی‌آیند. (پخش شدن جوهر در آب)

(۳) گازها: بسیار ضعیف، حرکت کاتوره‌ای شدید دارند، خاصیت پخشی قوی دارند (پخش

شدن عطر در هوا، خالی شدن تدریجی بادکنک)

نیروی بین مولکولی $\leftarrow$ از جنس نیروی الکتریکی

(۱) نیروی هم‌چسبی: بین مولکول‌های مشابه (ماده یکسان)

(۲) نیروی دگرچسبی: بین مولکول‌ها غیرمشابه (مواد غیریکسان)

نیروی الکتریکی $\leftarrow$ نیروی بین مولکولی

(۱) کشش سطحی آب: راه رفتن حشرات روی آب، شناور ماندن

کاغذ و سنجاق روی آب



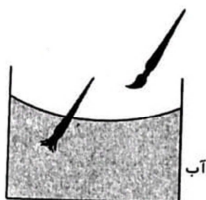
(الف) نشستن حشره روی سطح آب، (ب) قرارگرفتن گیره فلزی روی سطح آب، (ب) تشکیل حباب‌های آب و صابون و

(ت) قطره‌های کروی آب در حال سقوط آزاد، جلوه‌هایی از کشش سطحی هستند.

(۲) کروی بودن قطره‌های آب: حجم بهینه می‌شود چون قطره‌ها سعی در چسبیدن به هم دارند.

(۳) به هم چسبیدن قلم‌مو بعد از خارج شدن از آب

نیروی هم‌چسبی



پوستراشکال و تعاریف فشار و ویژگی‌هاک ماده پایه دهم

(۱) ترشوندگی: آب که سطح شیشه را تر می‌کند یعنی آب و شیشه دگرچسبی قوی دارند و جیوه که سطح شیشه را تر نمی‌کند یعنی جیوه و شیشه دگرچسبی ضعیف دارند.



(پ)



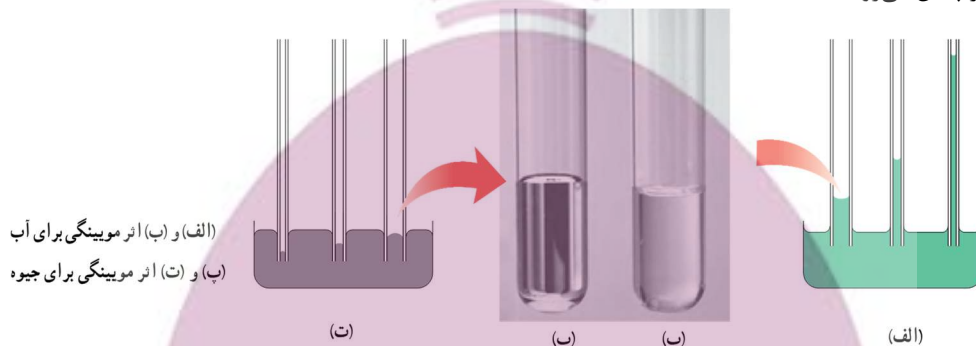
(الف)

شکل الف) پخش آب روی سطح شیشه / (ب) قطره‌ای شدن جیوه روی سطح شیشه

نیروهای دگرچسبی

(۲) موینگی آب از لوله موئین بالا می‌رود. آب از ساقه گیاهان بالا می‌رود. نفوذ آب در حبه قند

نیروی دگرچسبی بین آب و شیشه بسیار قوی است به همین علت آب در لوله موئین به شکل مقعر قرار می‌گیرد و هر چه مساحت مقطع لوله کمتر باشد بیشتر بالا می‌رود نیروی دگرچسبی بسیار ضعیف جیوه و شیشه باعث می‌شود جیوه در لوله موئین به شکل محدب قرار گیرد و هر چه مساحت مقطع لوله کمتر باشد بیشتر پایین می‌رود.



(الف) و (ب) اثر موینگی برای آب
(ب) و (ت) اثر موینگی برای جیوه

نیروی دگرچسبی بالای آب باعث می‌شود بسیاری از حشرات برای شکار آب دهان خود را به سوی طعمه پرتاب کنند یا بادهای ضعیف می‌توانند امواج دریا را به تلاطم درآورند.

افزایش دما باعث می‌شود نیروهای بین مولکولی (همچسبی و دگرچسبی) هر دو کاهش یابند.

افزودن ناخالصی (روغن، دوده و مایع ظرفشویی) باعث می‌شود نیروی‌های بین مولکولی (همچسبی و دگرچسبی) هر دو کاهش یابند.

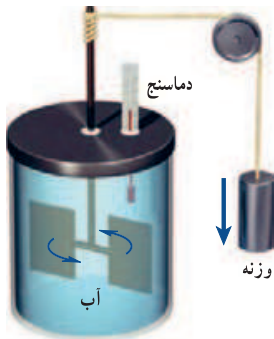
ظرف‌ها با آب گرم بهتر شسته می‌شوند ← افزایش دما، دگرچسبی را کاهش می‌دهد.

اضافه کردن روغن یا مایع ظرفشویی باعث می‌شود سنجاق روی آب شناور نماند ← افزودن ناخالصی باعث کاهش نیروی همچسبی آب شده است.

روغن روی شیشه باعث می‌شود آب قطره‌قطره شود ← افزودن ناخالصی باعث کاهش نیروی دگرچسبی آب و شیشه و طبعاً کاهش ترشوندگی آب و شیشه می‌شود.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

پوستر تعاریف و اشکال گرما و دما پایه دهم



شکل: نمونه‌ای از آزمایش ژول: در این آزمایش نشان داده می‌شود کار نیروی وزن برابر با مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای آب است.



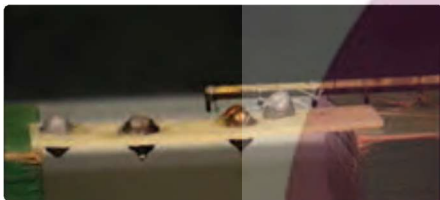
شکل: وقتی دو جسم با دمای متفاوت را در تماس با یکدیگر قرار می‌دهیم، انرژی از جسم گرم به جسم سرد، منتقل می‌شود. با رسیدن به تعادل گرمایی، دیگر گرمایی منتقل نمی‌شود.

در این آزمایش ژول نشان داد که گرما از جنس کار و انرژی است.

گرمای ویژه: گرمای ویژه هر جسم، مقدار گرمایی است که باید به یک کیلوگرم از آن جسم داده شود تا دمای آن یک درجه سلسیوس (یا یک کلوین) افزایش یابد. گرمای ویژه را با c نشان می‌دهند.

یکای Q ، ژول (J) و یکای m ، کیلوگرم (kg) و یکای ΔT ، کلوین (K) است؛ بنابراین، یکای c در SI، ژول بر کیلوگرم - کلوین ($J/kg.K$) است. گرمای ویژه یک جسم به جنس ماده تشکیل‌دهنده آن بستگی دارد.

آزمایش جان تیندال:



گوی‌ها بسته به جنس خود، ورقه پارافین را در زمان‌های متفاوت ذوب می‌کنند.

چند گوی فلزی از جنس‌های مختلف، مثلاً از آلومینیم، فولاد، برنج مس، سرب و ش، را اختیار می‌کنیم که همگی جرم یکسانی داشته باشند. گوی‌ها را توسط ریسمان‌هایی داخل ظرف آبی قرار می‌دهیم که آب آن در حال جوشیدن است و پس از مدتی گوی‌ها را بیرون آورده و آنها را روی یک ورقه پارافین قرار می‌دهیم. هر گلوله که گرمای ویژه بیشتری داشته باشد، برای رسیدن به دمای $100^\circ C$ (جوش آب) قطعاً گرمای بیشتری دریافت کرده است و گرمای بیشتری ذخیره کرده است. اجسامی که گرمای ویژه بیشتری داشته باشند برای ذخیره و انتقال گرما مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تعریف دما:

دما معیاری برای تشخیص گرمی و سردی اجسام است. واحد اصلی آن در SI درجه کلوین (K) می‌باشد.

واحدهای فرعی دما:

$$\Delta T = \Delta \theta \longrightarrow T = 273 + \theta \text{ کلوین}$$

$$\theta \longrightarrow \text{درجه سلسیوس (سانتی‌گراد)}$$

$$F = \frac{9}{5}\theta + 32 \longrightarrow F = \frac{1}{8}\theta + 32 \text{ فارنهایت}$$

$$\Delta F = \frac{1}{8}\Delta \theta$$

ظرفیت گرمایی: اگر جسمی با محیط اطراف خود گرمای Q را مبادله کند و در اثر این مبادله گرما، دمای آن به اندازه ΔT تغییر کند، Q متناسب با

$$\Delta T \text{ است که ضریب این تناسب را با } C \text{ نشان می‌دهند، به‌طوری که: } Q = C\Delta T$$

به C ، ظرفیت گرمایی جسم گفته می‌شود که به جنس جسم و جرم آن بستگی دارد. یکای Q ، ژول (J) و یکای ΔT ، کلوین (K) است؛ بنابراین، یکای C ، ژول بر کلوین (J/K) می‌شود. وقتی می‌گوییم ظرفیت گرمایی یک جسم $2000 J/K$ است، یعنی اگر به آن جسم $2000 J$ گرما بدهیم، دمای آن $1 K$ افزایش پیدا می‌کند. مقادیر زیاد آب، مانند آب دریاچه‌ها و دریاها، نوسان‌های دمای هوای اطراف خود را متعادل می‌کند؛ زیرا اگر مقدار آب زیاد باشد، می‌تواند گرمای زیادی از محیط بگیرد یا اینکه به محیط بدهد، بی‌آنکه دمای خودش تغییر محسوسی بکند.

پوستر تعاریف و اشکال گرما و دما پایه دهم



شکل - تصویری از سواحل قسم. آب دریا به دلیل داشتن ظرفیت گرمایی زیاد، دمای هوا را متعادل نگه می‌دارد، اما دمای خودش تغییر محسوسی نمی‌کند.

تغییر حالت‌های ماده



نقطه ذوب یا دمای گذار جامد به مایع به جنس جسم و فشار وارد بر آن بستگی دارد. به استثنای چند مورد خاص، حجم جامدهای بلوری هنگام ذوب شدن افزایش می‌یابد؛ زیرا حجمی که بلور با آرایش منظم مولکول‌ها در حالت جامد اشغال می‌کند، نسبت به این حجم در حالت مایع که آرایش مولکولی نامنظمی دارد، کمتر است. معمولاً افزایش فشار وارد بر جسم سبب بالا رفتن نقطه ذوب جسم می‌شود. اما در برخی مواد مانند یخ، افزایش فشار به کاهش نقطه ذوب می‌انجامد.

گرمای نهان ذوب (L_F):

مقدار گرمایی که لازم است تا 1 kg از یک جسم جامد در نقطه ذوب به مایع تبدیل شود.

$$L_F = \frac{Q}{m}$$

گرمای نهان ذوب بستگی به جنس جسم دارد و یکای آن در SI ژول بر کیلوگرم (J/kg) است. بنابراین، وقتی نمونه‌ای به جرم m کاملاً تغییر فاز دهد گرمای منتقل شده برابر با $Q = mL_F$ است.



شروع بالا رفتن حباب‌ها در تبخیر ← نقطه جوش فروپاشیدن کامل حباب‌ها ← جوش کامل (غلغل کردن) به فرایند تبخیر تا پیش از رسیدن به نقطه جوش، تبخیر سطحی و به فرایند تبخیر در نقطه جوش، اصطلاحاً جوشیدن می‌گویند، در حالی که هر دو فرایند، تبخیرند. گرمای نهان تبخیر: مقدار گرمایی که لازم است تا 1 kg از یک جسم تبخیر شود.

$$L_V = \frac{Q}{m}$$



شکل - در هنگام جوشیدن، حباب‌ها از محل تشکیل خود به سمت سطح آزاد مایع بالا می‌روند.

پوستر تعاریف و اشکال گرما و دما پایه دهم

این جدول نشان می‌دهد که آب، حتی قبل از رسیدن به نقطه جوش هم می‌تواند تبخیر شود (تبخیر سطحی) ولی در این مدل تبخیر L_v متفاوت است.

جدول - مقادیر L_v برای آب در دماهای مختلف °	
L_v (kJ/kg)	دما (°C)
۲۴۹۰	۰
۲۴۵۴	۱۵
۲۳۷۴	۵۰
۲۲۵۶	۱۰۰
۲۱۱۵	۱۵۰
۱۹۴۰	۲۰۰

* مقادیر تا ۱۰۰°C در فشار ۱ atm است.

البته نقطه جوش هر مایع به جنس و فشار وارد بر آن بستگی دارد. افزایش فشار وارد بر مایع سبب بالا رفتن نقطه جوش آن می‌شود.

- چرا غذا در دیگ زودپز، زودتر پخته می‌شود؟ زیرا بخار آب متراکم شده و فشار آن افزایش می‌یابد. افزایش فشار نقطه جوش را بالا می‌برد. بنابراین مواد غذایی به جای اینکه در دمای ۱۰۰°C بجزند (دمای جوش تا تبخیر کامل، ثابت می‌ماند) در دمای بالاتری می‌جزند و زودتر پخت و پز انجام می‌شود.

- دلیل دیرتر پخته شدن تخم مرغ در ارتفاعات چیست؟ کوهنوردان برای رفع این مشکل چه کاری انجام می‌دهند؟ کاهش فشار در ارتفاعات، نقطه جوش را پایین می‌آورد و تخم مرغ به جای اینکه در دمای ۱۰۰°C بجزد، در دمای پایین‌تری قرار می‌گیرد. اضافه کردن نمک و ناخالصی راهگشاست.

دمای تعادل: اگر دو یا چند جسم با دماهای مختلف در تماس با یکدیگر قرار گیرند، پس از مدتی هم‌دما می‌شوند، یعنی دمای آنها به مقدار یکسانی می‌رسد. به این دما، دمای تعادل می‌گویند که می‌توان با استفاده از قانون پایستگی انرژی، آن را محاسبه کرد. در این حالت بعضی از اجسام گرما از دست می‌دهند و بقیه اجسام گرما می‌گیرند. بنا به قرارداد علامت Q برای اجسامی که گرما می‌گیرند مثبت ($Q > 0$) و برای اجسامی که گرما می‌دهند منفی ($Q < 0$) اختیار می‌شود.

گرماسنج و گرماسنجی: گرماسنج که به آن کالری‌متر نیز می‌گویند شامل ظرفی است در پوش‌دار که به خوبی عایق‌بندی گرمایی شده است. این ظرف در آزمایش‌های گرماسنجی مانند تعیین گرمای ویژه اجسام، به کار می‌رود. در گرماسنج مقداری آب با جرم معین می‌ریزیم و پس از هم‌دما شدن آب و گرماسنج، دمای آب را اندازه می‌گیریم. سپس جسمی را که می‌خواهیم گرمای ویژه‌اش را پیدا کنیم و جرم و دمای اولیه آن معلوم است، درون گرماسنج قرار می‌دهیم. آنگاه به کمک همزن آب را به هم می‌زنیم تا مجموعه سریع‌تر به دمای تعادل برسد. پس از برقراری تعادل گرمایی، دمای تعادل را اندازه می‌گیریم.

$$Q_{\text{ظرف}} + Q_{\text{جسم}} + Q_{\text{آب}} = 0$$

$$0 = (m_{\text{ظرف}} - \theta_1) c_{\text{ظرف}} + (m_{\text{جسم}} - \theta_1) c_{\text{جسم}} + m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta - \theta_1)$$

به کمک این رابطه می‌توانیم گرمای ویژه جسم را به دست آوریم.

گرماسنج بمبی: گرماسنج بمبی نوعی گرماسنج است که از آن برای تعیین ارزش غذایی مواد با اندازه‌گیری انرژی آزاد شده آنها در حین سوختن استفاده می‌شود. نمونه‌ای که جرم آن به دقت اندازه‌گیری شده است در ظرف سرسته‌ای که محتوی اکسیژن است (که اصطلاحاً به آن بمب گفته می‌شود) قرار داده می‌شود. سپس این محفظه در آب یک گرماسنج قرار داده می‌شود و توسط جریان الکتریکی عبوری از یک سیم نازک، نمونه داخل آن سوزانده می‌شود. با اندازه‌گیری تغییر دمای آب، انرژی حاصل از احتراق ماده موردنظر را به دست می‌آورند که تقریباً معادل انرژی آزاد شده از آن ماده است.

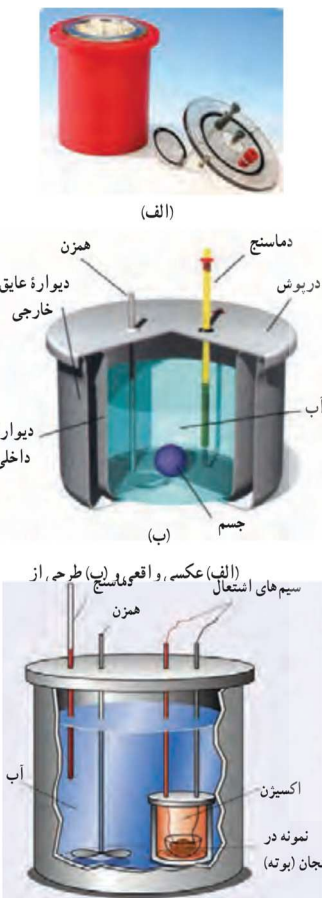
$$Q + m c \Delta \theta + C \Delta \theta = 0$$

ظرفیت گرمایی گرماسنج

روش‌های انتقال گرما

شارش گرما به سه صورت متفاوت انجام می‌شود که عبارتند از: رسانش گرمایی، همرفت و تابش گرمایی.

اختلاف دما باعث شارش گرما از جسم با دمای بالاتر به جسم با دمای پایین‌تر می‌شود. انتقال گرما، از جسم گرم به جسم سرد تا وقتی ادامه می‌یابد که دو جسم هم‌دما شوند و اصطلاحاً به تعادل گرمایی برسند.



اجزای یک گرماسنج بمبی



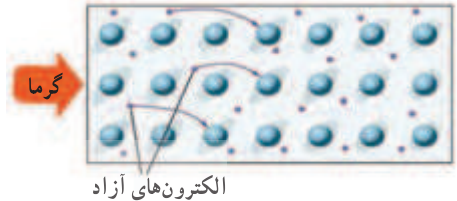
شکل - هر سه روش انتقال گرما را در این تصویر مشاهده می‌کنید.

پوستر تعاریف و اشکال گرما و دما پایه دهم

رسانش گرمایی: برای انتقال گرما به روش رسانش، نیاز به محیط مادی داریم اما ماده منتقل نمی‌شود چون سان به دو دلیل رخ می‌دهد (۱) ارتعاشات اتم‌ها (۲) حرکت الکترون‌های آزاد با گرما حرکت الکترون‌های آزاد بسیار مهم‌تر است. بنابراین فلزات رساناهای خوبی هستند. از چوب و شیشه و هوا که نارسانا هستند (چون الکترون آزاد ندارند) برای عایق استفاده می‌کنند.



شکل - در نافلزات گرما صرفاً از طریق ارتعاش اتم‌ها انتقال می‌یابد. در شکل، این



شکل - الکترون‌های آزاد با برخورد به یکدیگر و اتم‌ها موجب رسانش بهتری برای گرما می‌شوند.

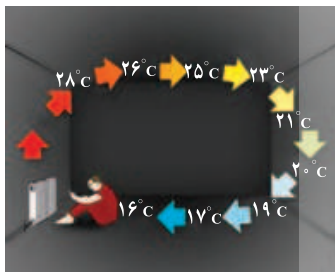
- موهای خرس قطبی توخالی هستند. تحقیق کنید این موضوع چه نقشی در گرم نگه داشتن

بدن خرس در سرمای قطب دارد؟



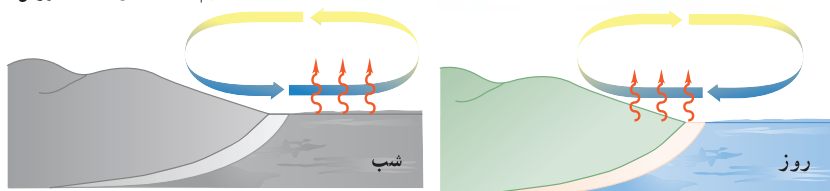
تصویری بسیار بزرگ شده از موی یک خرس قطبی

بین موهای بدن خرس قطبی، حفره‌های خالی وجود دارد. در آن حفره‌ها هوا جمع می‌شود و چون هوا نارساناست همانند عایق رفتار می‌کند و اجازه نمی‌دهد گرمای بدن خرس به محیط داده شود (مثل ساختار پنجره‌های دو جداره که بین آنها هوا قرار می‌گیرد) همرفت: انتقال گرما در مایعات و گازها که معمولاً رساناهای گرمایی خوبی نیستند عمدتاً به روش همرفت، یعنی همراه با جابه‌جایی بخشی از خود ماده، انجام می‌گیرد. در پدیده همرفت در اثر گرما حجم سیال (شاره) زیاد می‌شود (انبساط) پس چگالی آن کم می‌شود ($\rho = \frac{m}{V}$) یعنی سبک می‌شود و بالا می‌رود



شکل - گرم شدن هوای اتاق به روش همرفت

و شاره سرد و سنگین جای آن را می‌گیرد. (قانون ارشمیدس یا شناوری) گرم شدن هوای داخل اتاق به وسیله بخاری و رادیاتور شوفاژ، گرم شدن آب درون قابلمه، جریان‌های باد ساحلی، انتقال گرما از مرکز خورشید به سطح آن و ... همگی بر اثر پدیده همرفت رخ می‌دهند. همه این مثال‌ها نمونه‌هایی از همرفت طبیعی است.



شکل - روز: زمین ساحل گرم‌تر از آب دریاست. پدیده همرفت موجب نسیمی از سوی دریا به سمت ساحل می‌شود. شب: زمین ساحل سردتر از آب دریاست. پدیده همرفت موجب نسیمی از سوی ساحل به سمت دریا می‌شود.

شکل - گرم شدن آب درون قابلمه به روش همرفت

نوع دیگری از همرفت، همرفت واداشته است که در آن شاره به کمک یک تلمبه (طبیعی یا مصنوعی) به حرکت واداشته می‌شود (فن یا موتور) سیستم گرم‌کننده مرکزی در ساختمان‌ها، سیستم خنک‌کننده موتور اتومبیل و نیز گرم و سرد شدن بخش‌های مختلف بدن بر اثر گردش جریان خون در بدن جانوران خونگرم مثال‌هایی عینی از انتقال گرما به روش همرفت واداشته هستند.

پوستر تعاریف و اشکال گرما و دما پایه دهم

تابش گرمایی: انتقال گرما توسط امواج الکترومغناطیسی را تابش گرمایی می‌گویند. نیاز به محیط مادی ندارد. امواج الکترومغناطیسی در خلأ هم منتشر می‌شوند.

تابش گرمایی در دماهای زیر حدود 50°C عمدتاً به صورت تابش فروسرخ است که نامرئی است. (قانون ویلهلم وین در اتمی) برای آشکارسازی تابش‌های فروسرخ از ابزاری موسوم به دمانگار استفاده می‌کنیم و به تصویر به‌دست آمده از آن دمانگاشت می‌گوییم. تابش گرمایی از سطح هر جسم علاوه بر دما به مساحت، میزان صیقلی بودن و رنگ سطح آن جسم بستگی دارد. سطوح صاف و درخشان با رنگ‌های روشن تابش گرمایی کمتری دارند، در حالی که تابش گرمایی سطوح تیره، ناصاف و مات بیشتر است.



← مار زنگی ← انتقال گرما توسط تابش

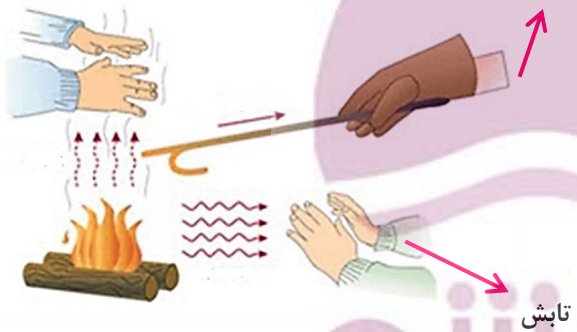
شکل - اینها اندام‌های حفره‌ای هستند که گرما را آشکار می‌کند.



شکل - کلم اسکانک برف اطراف خود را آب کرده است.

← کلم اسکانک ← انتقال گرما توسط تابش

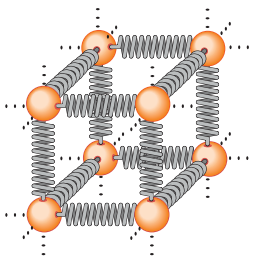
راه‌های انتقال گرما ⇒ رسانش



تابش

انبساط

علت انبساط ← افزایش طول پیوندهای بین مولکولی در اثر گرما (کشیده شدن) ← پیوندها به فنر تشبیه می‌شوند. علت انبساط در مایعات و گازها علاوه بر مورد بالا افزایش حرکت کاتوره‌ای و دور شدن مولکول‌ها از هم است.



ماده‌ای که دندان را پر می‌کند

باید همان مشخصه‌های گرمایی دندان را داشته باشد.

ضریب انبساط حجمی ماده پرکننده دندان بایستی حتماً با ضریب انبساط حجمی خود دندان برابر باشد. چون اگر بیشتر منبسط شود دندان را می‌شکند و اگر کمتر منبسط شود از دندان جدا می‌شود.

چرا بهتر است قفل و کلید یک در، هم جنس باشند؟

چون اگر هم جنس نباشند و ضریب انبساط آنها برابر نباشد: ممکن است کلید بیشتر منبسط شود و در حفره درگیر کند یا در بیشتر منبسط شود و کلید باز نکند.

پوستر تعاریف و اشکال گرما و دما پایه دهم

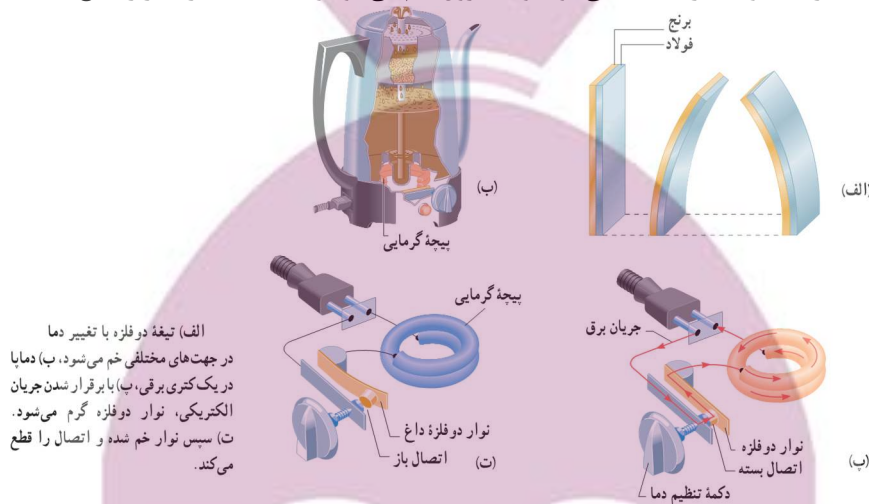
آزمایش



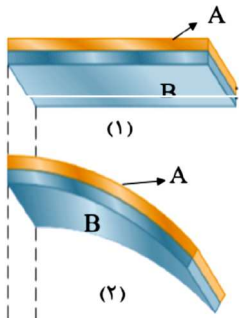
شکل مقابل، آزمایشی برای محاسبه ضریب انبساط طولی یک میله فلزی است. توسط بخار آب به میله گرما داده می‌شود و توسط ریزسنج، طول اولیه و ثانویه آن به دقت اندازه‌گیری می‌شود.

$$\Delta L = \alpha \Delta \theta L_0$$

دمایا (ترموستات): دو صفحه رسانا با جنس‌های مختلف (مثلاً برنج و فولاد) که به هم پرس شده‌اند و در اثر افزایش دما، یکی بیشتر منبسط شده (ضریب انبساط طولی برنج بیشتر است و بیشتر منبسط می‌شود) و به بیرون خم می‌شود و مانند کلید باز مدار را قطع کند،



(الف) تیغه دوفلزه با تغییر دما در جهت‌های مختلفی خم می‌شود، (ب) دمایا در یک کتری برقی، با برقرار شدن جریان الکتریکی، نوار دوفلزه گرم می‌شود، (ت) سپس نوار خم شده و اتصال را قطع می‌کند.



شکل (۱) دو تیغه فلزی از جنس‌های متفاوت که سرتاسر به هم جوش داده شده‌اند را در دمای 20°C و شکل (۲)، همان تیغه‌ها را در دمای صفر درجه سلسیوس نشان می‌دهد. ضریب انبساط طولی کدام فلز بیشتر است؟ چرا؟ فلزی که دارای ضریب انبساط طولی بیشتر است:

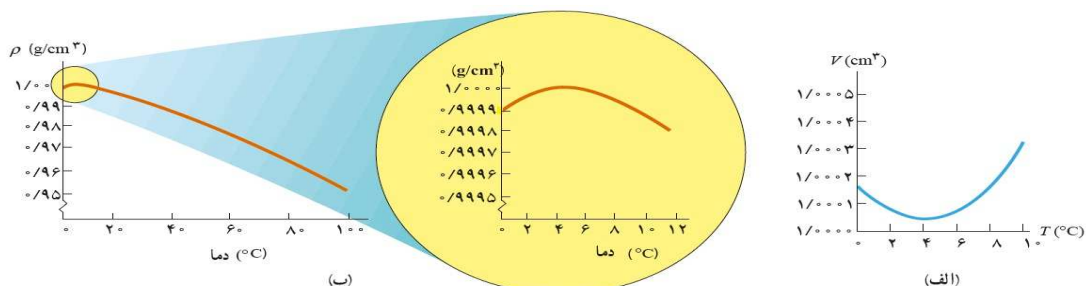
وقتی دما بالا رود بیشتر منبسط می‌شود و بر روی (سطح خارجی) خم می‌شود. وقتی دما پایین رود بیشتر منقبض شده و زیر (سطح داخلی) خم می‌شود. اینجا دما کم شده پس فلز B ضریب انبساط طولی بیشتری دارد.

انبساط حجمی مایعات از انبساط حجمی جامدات بیشتر است.

بین ضریب انبساط حجمی سیال (شاره) و میزان انتقال گرما به روش همرفتی در آنها ارتباط مستقیم وجود دارد
 $\uparrow (\text{همرفتی}) \Rightarrow \rho \downarrow \Rightarrow V \uparrow \Rightarrow \uparrow (3\alpha)$

انبساط آب بین 0°C تا 4°C غیرعادی است یعنی به جای افزایش حجم کاهش می‌یابد و باعث می‌شود در زمستان دریاها و دریاچه‌ها از بالا به پایین یخ بزنند اگر انبساط عادی بود، دریاها از پایین به بالا یخ می‌زدند:

اگر آب دریاچه‌ها از پایین به بالا یخ می‌زد، اثرات زیست‌محیطی زیانباری در پی داشت و حیات گیاهی و جانوری در عمق دریاچه‌ها از بین می‌رفت. (به بیرون دریا سرریز می‌شدند)



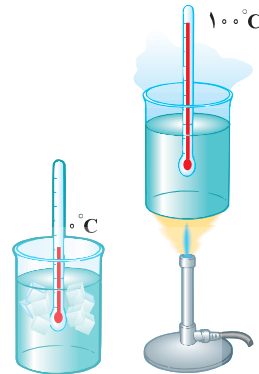
(الف) تغییرات حجم یک گرم آب (شیرین) با دما، (ب) تغییرات چگالی آب (شیرین) با دما

پوستر تعاریف و اشکال گرما و دما پایه دهم

برای اندازه گیری دما لازم است مقیاس دمایی داشته باشیم و برای این کار می توانیم از هر مشخصه قابل اندازه گیری بهره بگیریم که با گرمی و سردی جسم تغییر می کند. به این ویژگی، اصطلاحاً کمیت دماسنجی می گویند. تغییر کمیت دماسنجی، اساس کار دماسنج هاست.



یک نمونه دماسنج الکلی



شکلی طرح وار از مقیاس بندی دما

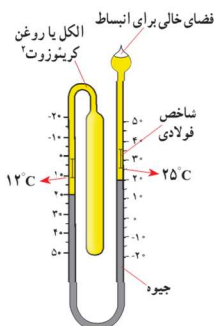
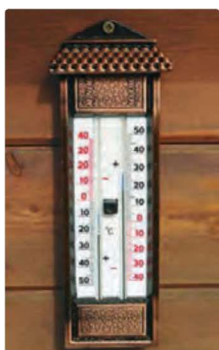
کمیت دماسنجی دماسنج الکلی و جیوه ای حجم (انبساط) است.

مقیاس های دما: یکی از مقیاس های متداول دما مقیاس دما، بر حسب درجه سلسیوس است. این مقیاس مبتنی بر دو نقطه ثابت است: یکی دمایی که در آن آب خالص در فشار جو متعارف (1 atm) شروع به یخ زدن می کند و دیگری دمایی که آب خالص در فشار جو متعارف در حال جوشیدن است. به نقطه اول، عدد صفر و به نقطه دوم عدد 100 را اختصاص می دهند و فاصله بین این دو را به 100 قسمت مساوی تقسیم می کنند و هر قسمت را 1 درجه می نامند. قبلاً به چنین دماسنجی، دماسنج با مقیاس سانتی گراد گفته می شد. یکای درجه سلسیوس را با نماد $^{\circ}\text{C}$ ، و دما بر حسب درجه سلسیوس را معمولاً با θ نمایش می دهند.

برای نگهداری یاخته های بنیادی بدننای خون، به دمای حدود -190°C نیاز داریم که توسط نیتروژن (ازت) مایع تأمین می شود. کمیت دماسنجی در دماسنج پزشکی، شدت تابش امواج الکترومغناطیس است. (تفسنج تابشی)



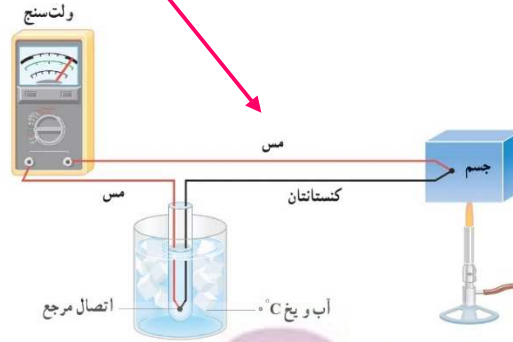
دماسنج تابشی که بر اساس آشکارسازی شدت تابش گرمایی کار می کند.



نوع ویژه ای از دماسنج های مایعی که بیشینه و کمینه دما را در یک مدت زمان معین نشان می دهد، دماسنج بیشینه - کمینه نام دارد. از این دماسنج ها معمولاً در مراکز پرورش گل و گیاه، باغداری، هواشناسی و ... استفاده می شود.

پوستر تعاریف و اشکال گرما و دما پایه دهم

کمیت دماسنجی این دماسنج، ولتاژ است. ← تصویر دماسنج ترموکوپل



طرحی از یک دماسنج ترموکوپل

دو سیم غیرهم جنس مثل مس و کنتانتان با تغییر دما، ولتاژ تولید می کنند.

گستره دماسنجی یک ترموکوپل به جنس سیم های آن بستگی دارد؛ گستره دماسنجی از -270°C تا 1372°C است. مزیت ترموکوپل این است که به دلیل جرم کوچک محل اتصال، خیلی سریع با دستگاهی که دمای آن اندازه گیری می شود به حالت تعادل گرمایی می رسد و به علاوه می تواند در مدارهای الکترونیکی به کار رود که در بسیاری از وسایل صنعتی، گرمایشی و سرمایشی یافت می شود.



در این تصویر دمای یک گرماسنج به روش الکتریکی اندازه گیری می شود. (ترموکوپل)

دماسنج نواری دوفلزه: نوار دوفلزه (بی متال) از دو تیغه فلزی متفاوت، مانند برنج و آهن ساخته شده است که سرتاسر به هم جوش داده شده یا پرچ شده اند. هرگاه این نوار، گرم یا سرد شود، نوار مانند شکل خم می شود. از این ویژگی می توان برای دماسنجی و ساختن دماسنج استفاده کرد. به این نوع دماسنج ها، دماسنج نواری دوفلزه گفته می شود. (دقیقاً مثل ترموستات)



(الف) با گرم و سرد شدن، نوار دوفلزه در جهت های مخالفی خم می شود.
(ب) یک نوار دوفلزه پیچیده ای (ب) یک دماسنج نواری واقعی

مقایسه دو دماسنج:

همواره می توان با برقراری تناسب خطی (معادله خط راست) بین نقاط ابتدا و انتهای دو دماسنج، رابطه بین دو دماسنج

