

اندازه‌گیری و بردار:

فصل اندازه‌گیری کوتاهه و فصل بردار در ریاضیات مطرح میشه ولی کاربرد بسیار زیادی در فیزیک‌داره. بنابراین تصمیم گرفتم این دو فصل را در یک فصل براتون مطرح کنم.

کمیات اصلی و فرعی در فیزیک:

کمیات اصلی در فیزیک عبارتند از:

(۱) جرم (M) با واحد kg

(۲) طول (L) با واحد m

(۳) زمان (T) با واحد S

(۴) جریان الکتریکی (A) با واحد آمپر (A)

(۵) دما (K) با واحد کلونین (K)

(۶) مقدار ماده (n) با واحد مول (mol)

(۷) شدت روشنایی (I) با واحد کندلا (Cd)

تمامی کمیات دیگری که در فیزیک می‌بینید، کمیت فرعی محسوب می‌شوند و تمامی کمیات فرعی را می‌توان بر حسب کمیات اصلی نوشت مثلاً نیرو کمیت فرعی است و $N = kg \frac{m}{s^2}$ می‌باشد.

تذکر: نسبت‌های مثلثاتی، زاویه (فاز) یا کمان و دور (سیکل) جزو کمیات اصلی و فرعی محسوب نمی‌شوند و واحد آن‌ها (۱) می‌باشد.

دقت اندازه‌گیری:

کمترین مقداری که یک وسیله اندازه‌گیری می‌تواند اندازه‌گیری نماید را دقت اندازه‌گیری می‌گویند. دقت اندازه‌گیری خط کش میلی‌متری، ۱mm است و دقت اندازه‌گیری یک نقاله، ۱ درجه می‌باشد.

خطای اندازه‌گیری:

{ برای وسایل مدرج (درجه بندی شده) $\pm \frac{1}{p}$ کمترین مقدار اندازه‌گیری شده $(\pm \frac{1}{p})$ دقت اندازه‌گیری (برای وسایل دیجیتالی (رقمی) ± 1 کمترین مقدار اندازه‌گیری شده (± 1) دقت اندازه‌گیری }

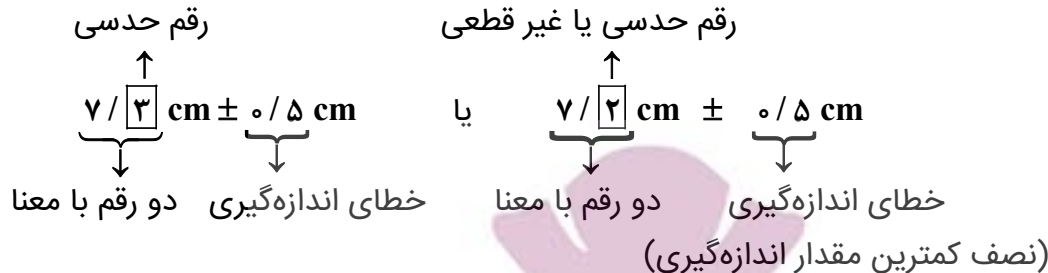
تخمین اندازه‌گیری:

$$\begin{cases} \text{if} & 1 \leq x < 5 \Rightarrow x \approx 1 \\ \text{if} & 5 \leq x < 10 \Rightarrow x \approx 10 \end{cases}$$

ارقام با معنا و رقم حدسی:



در شکل زیر، به کمک یک خط کش سانتی‌متری، عرض یک دستگاه موبایل را اندازه گرفته‌ایم، عرض موبایل عددی بین $7/2\text{ cm}$ و $7/3\text{ cm}$ است که به یکی از دو صورت زیر می‌توان نمایش داد:



در این خط‌کش، کمترین عددی که می‌توان به طور قطعی خواند، یک سانتی‌متر است و نصف آن، برابر خطای اندازه‌گیری در نظر گرفته می‌شود. همچنین عددی که قطعاً به عنوان عرض موبایل خواند می‌شود، 7 cm بوده و $7/2\text{ cm}$ یا $7/3\text{ cm}$ را حدس می‌زنیم.

کمیات نرده‌ای و برداری:

(۱) **کمیات نرده‌ای:** فقط با یک عدد مثبت و یا منفی مطرح می‌گردند مانند: زمان، جرم، تندی، پتانسیل الکتریکی و ... بنابراین علامت آنها را در نظر می‌گیریم.

(۲) **کمیات برداری:** دارای راستا و سو و بزرگی می‌باشند و برای مطرح کردن آنها، باید رسم شوند. کمیات زیر برداری هستند و تمامی کمیات غیر از کمیات زیر، نرده‌ای یا اسکالر یا عددی می‌باشند.

(I) مکان $\vec{x}(m)$ و جابه‌جایی $\Delta\vec{x}(m)$

(II) سرعت $\vec{V}(\frac{m}{s})$

(III) شتاب $\vec{a}(\frac{m}{s^2})$ یا $\frac{N}{kg}$

(IV) نیرو $\vec{F}(N)$

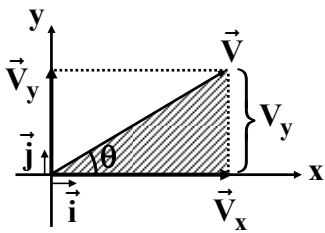
(V) تکانه $\vec{p}(Kg \frac{m}{s})$ یا $N.S$

(IV) ضربه $\vec{\rho}(Kg \frac{m}{s})$ یا $N.S$

(VII) میدان الکتریکی $\vec{E}(\frac{N}{C})$ یا $\frac{V}{m}$

(VIII) میدان مغناطیسی $\vec{B}(T)$

نمایش بردار در دستگاه مختصات دو بعدی:



$$\begin{aligned} \cos \theta &= \frac{V_x}{V} \text{ مجاور وتر} & \Rightarrow \begin{cases} V_x = V \cos \theta \\ V_y = V \sin \theta \end{cases} \\ \sin \theta &= \frac{V_y}{V} \text{ مقابل وتر} & \Rightarrow \end{aligned}$$

تبدیل دستگاه قطبی به دکارتی

$$\begin{cases} \tan = \frac{V_y}{V_x} \text{ مقابل مجاور} \\ V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \text{ قضیه فیثاغورس} \end{cases} \rightarrow \text{تبدیل دستگاه دکارتی به قطبی}$$

$\vec{V} = V_x \vec{i} + V_y \vec{j}$ یا $\vec{V}(V_x, V_y)$ نمایش دکارتی بردار

$\downarrow$ مولفه افقی $\downarrow$ مولفه عمودی
 (بزرگی تصویر روی محور قائم) (بزرگی تصویر روی محور افقی)

$\vec{V}(V, \theta)$ نمایش قطبی بردار

$\downarrow$ بزرگی بردار $\downarrow$ زاویه بردار با جهت مثبت محور x ها

تذکر: اگر یک بردار را بر حسب بردارهای یک $\vec{i}$ و $\vec{j}$ نمایش دهیم، دستگاه مختصات را دکارتی می‌گویند و اگر نمایش بردار به صورت بزرگی بردار (V) و زاویه θ باشد، دستگاه مختصات، قطبی نام دارد. هنگام نمایش بردار، یا از دستگاه دکارتی ($\vec{i}$ و $\vec{j}$) و یا از دستگاه قطبی (زاویه θ) استفاده کنید و لطفاً قیّمه‌ها رو نریزید توماستا! دو دستگاه را با هم قاطی نکنید!

ایران تونل

توشه ای برای موفقیت

الف) دستگاه دکارتی: بردارها را بر حسب $\vec{i}$ و $\vec{j}$ نوشته و سپس $\vec{i}$ ها را با هم و $\vec{j}$ ها را با هم جمع یا تفریق می‌کنیم.

ب) دستگاه قطبی:

$$\left\{ \begin{array}{l} R = 2a \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ R' = 2a \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \xleftarrow{\text{فرمول}} \\ \text{بزرگی} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \text{حالت خاص مهم} \\ a=b \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{بزرگی برآیند} \quad R = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \theta} \\ \text{بزرگی تفاضل} \quad R' = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \theta} \end{array} \right.$$

روش متوازی‌الاضلاع: دو بردار را از یک نقطه رسم کرده و با آنها یک متوازی‌الاضلاع تشکیل می‌دهیم. قطری که زاویه بین دو بردار را می‌شکافد، برآیند و دیگری تفاضل خواهد بود. این روش برای دو بردار مناسب‌تر است.

روش مثلثی: بردار را به دنبال هم رسم کرده و سپس ابتدای اولی را به انتهای آخری وصل می‌کنیم تا راستا و جهت بردار برآیند تعیین شود. این روش برای بیش از دو بردار مناسب‌تر است.

راستا و سو $\xleftarrow{\text{رسم}}$

تأکید می‌کنم که هر گاه کمیات برداری و زاویه دیدید، دستگاه قطبی است و هرگاه بردارهای یکه دیدید، دستگاه دکارتی می‌باشد.

$$W = Fd \cos \theta$$

کار:

d : جابجایی (m)

F : نیرو (N)

W : کار (J) کمیت نرده‌ای

θ : زاویه‌ی بین بردارهای نیرو و جابه‌جایی

تذکر: برای تعیین کار در تمامی مباحث فیزیک فقط از رابطه‌ی فوق استفاده می‌کنیم و سایر روابط همگی مثال‌هایی برای کار می‌باشند.

انرژی:

$$\left. \begin{array}{l} \text{انرژی جنبشی} \leftarrow K = \frac{1}{2} m V^2 \\ \text{انرژی پتانسیل} \leftarrow \begin{array}{l} \text{گرانشی زمین} \leftarrow U = mgh \\ \text{کشسانی (فنر)} \leftarrow U = \frac{1}{2} K x^2 \end{array} \end{array} \right\}$$

کار و انرژی:

$$\left\{ \begin{array}{l} W_{\text{کل}} = \Delta K \\ W_{\text{پایستار}} = -\Delta U \\ W_{\text{ناپایستار}} = \Delta E \quad (\text{اصطکاک } f) \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \xrightarrow[\text{ثابت } V = \text{سرعت}]{\text{حالت خاص}} W_{\text{کل}} = 0 \\ \xrightarrow[\text{حرکت عمود بر خطوط میدان}]{\text{حالت خاص}} W_{\text{پایستار}} = 0 \\ \xrightarrow[f = \text{اصطکاک}]{\text{حالت خاص}} \Delta E = 0 \Rightarrow E_1 = E_2 \end{array}$$

نکات مهم در مورد حل سوالات کار و انرژی:

(۱) روابط کار و انرژی را بین دو نقطه‌ی دلخواه برای یک جسم می‌توان نوشت. آن دو نقطه، نقاطی هستند که یا مجهول در آن قرار دارد و یا اینکه اطلاعات خوبی از آن نقطه در سوال مطرح گردیده است.

$$W_{\text{پایستار}} + W_{\text{ناپایستار}} = W_{\text{کل}} \Rightarrow \Delta E = \Delta K + \Delta U$$

ΔU : به مسیر بستگی نداشته و فقط به دو نقطه مورد نظر بستگی دارند.

ΔE : به مسیر بستگی دارد.

(۳) اگر به جسمی چندین نیرو وارد شود، برای تعیین کار کل یا کار نیروی برآیند وارد بر جسم، سه روش وجود دارد. که به ترتیب اهمیت عبارتند: (I) قضیه کار-انرژی جنبشی (II) ابتدا کار تک نیروها را به دست آورده و سپس آن‌ها را جمع جبری می‌کنیم. (III) ابتدا نیروها را رسم کرده و برآیند آن‌ها را به دست آورده و سپس کار نیروی برآیند (کل کار) را به دست می‌آوریم.

۴) مبحث کار و انرژی در دو علم مکانیک و برق (الکتریسیته) کاربرد فراوانی دارد.

توان:

$$P = \frac{\text{کار یا انرژی یا گرما (J)}}{\text{زمان (s)}} \rightarrow \begin{matrix} Q \text{ یا } E \\ W \end{matrix} \rightarrow t$$

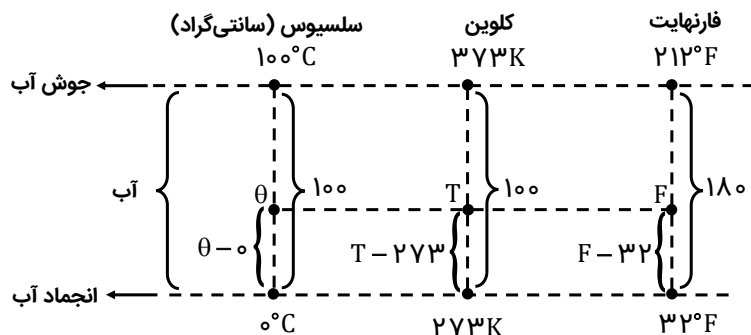
(watt = $\frac{J}{s}$) توان

بازده:

$$Ra = \frac{\text{مفید یا خروجی}}{\text{کل یا ورودی}} \times 100$$

Ra راندمان یا بازده





$$\frac{\theta - 0}{100} = \frac{T - 273}{100} = \frac{F - 32}{180} \Rightarrow \begin{cases} T = 273 + \theta \\ F = 1.8\theta + 32 \end{cases}$$

تذکر: اگر تغییر دما مطرح شود، واحدهای سانتی‌گراد و کلون نیاز به تبدیل ندارند. (چرا؟)

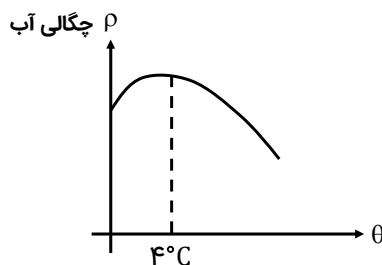
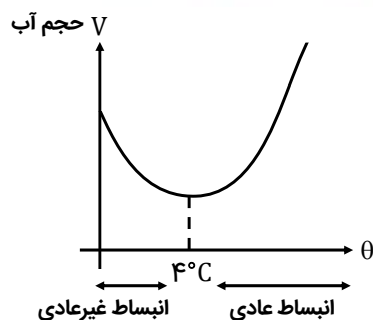
تمرین: رابطه تغییر دما بین سانتی‌گراد و فارنهایت را بدست آورید.

انبساط:

ضریب انبساط طولی ($\frac{1}{K}$ یا $\frac{1}{C}$)	← طولی (جامدات)
$\Delta l = l_1 \alpha \Delta \theta$	
$\Delta A = A_1 (2\alpha) \Delta \theta$	← سطحی (جامدات)
ضریب انبساط سطحی	
$\Delta V = V_1 (3\alpha) \Delta \theta$	← حجمی (جامدات و مایعات)
ضریب انبساط حجمی	
$\Delta \rho = -\rho_1 \beta \Delta \theta$ (تقریبی)	← چگالی (جامدات و مایعات)

انبساط غیر عادی (استثنای):

اکثر اجسام در اثر افزایش دما، منبسط می‌شوند اما چند جسم رفتاری متفاوت دارند و گاهی در اثر افزایش دما، منقبض می‌شوند مانند لاستیک، پلاستیک، آب در دمای بین $4^{\circ}C$ تا $0^{\circ}C$ و ...



گرما:

← غیرنهن (تغییر حالت ندارد ولی تغییر دما دارد).

$$Q = m c \Delta \theta$$

گرمای ویژه

جرمی (تمامی حالات)

دارد $\Delta \theta$

$$Q = n c_M \Delta T$$

گرمای ویژه مولی

مولی (فقط گازها)

$$n = \frac{m}{M}$$

تعداد مولها

جرم مولی

← نهن (تغییر حالت دارد ولی تغییر دما ندارد).

$$Q_F = m L_F$$

ثابت نهن ذوب

نهن ذوب

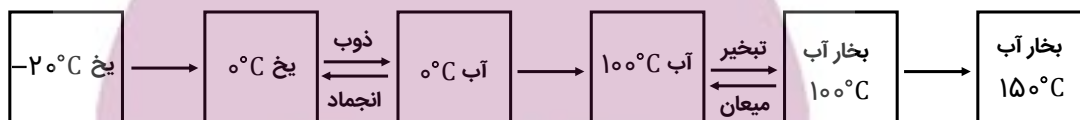
ندارد $\Delta \theta$

$$Q = m L_V$$

ثابت نهن تبخیر

نهن تبخیر

تغییر حالت (فاز) یخ به بخار:



Q_1 غیرنهن (تغییر دما دارد)

Q_F

Q_2 غیرنهن

Q_V

Q_3 غیرنهن

$$Q_{\text{کل}} = Q_1 + Q_F + Q_2 + Q_V + Q_3$$

تعادل گرمایی و دمای تعادل:

اگر دو یا چند جسم با دماهای متفاوت در مجاورت همدیگر قرار گیرند، انتقال گرما از جسمی که دمای بیشتر دارد به جسمی که دمای کمتری دارد، صورت گرفته تا اینکه اجسام همدمای می‌شوند. به این حالت تعادل گرمایی و دمای اجسام در این حالت را دمای تعادل (θ_e) می‌گویند. دمای تعادل پای ثابت همیشگی سوالات کنکور بوده است و ساده‌ترین روش تعیین آن به صورت زیر است:

$$|Q_1| = |Q_2|$$

→ گرمایی که جسم با دمای کمتر دریافت می‌کند.

→ گرمایی که جسم با دمای بیشتر از دست می‌دهد.

اگر از تبادل گرمایی اجسام با محیط صرف‌نظر نماییم، گرمایی که جسم با دمای بیشتر از دست می‌دهد را جسم با دمای کمتر دریافت می‌نماید. بهتر است علامت‌ها را برای سادگی در نظر نگرفته و از قدر مطلق آنها استفاده کنید.

تذکر بسیار مهم: برای تسریع در محاسبات و سرعت عمل در مبحث گرما، بهتر است به جای واحد ژول (J) از واحد غیر SI آن یعنی کالری (Cal) استفاده نمایید.

$$1 \text{ Cal} = 4/2 \text{ J} \Rightarrow \text{Cal} \xrightarrow[\div 4/2]{\times 4/2} \text{J}$$

$$C_{\text{آب}} = \cancel{4200} \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \xrightarrow{\text{بهتر است}} C_{\text{آب}} = 1 \frac{\text{Cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

$$C_{\text{یخ}} = \cancel{2100} \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \xrightarrow{\text{بهتر است}} C_{\text{یخ}} = 0.5 \frac{\text{Cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

$$L_F = \cancel{336000} \frac{\text{J}}{\text{Kg}} \xrightarrow{\text{بهتر است}} L_F = 80 \frac{\text{Cal}}{\text{g}}$$

$$L_V = \cancel{2250000} \frac{\text{J}}{\text{Kg}} \xrightarrow{\text{بهتر است}} L_V = 540 \frac{\text{Cal}}{\text{g}}$$

احتمال بسیار زیاد بعد از چند تست این اعداد را حفظ می‌شوید، اگر حفظ نشدید، آنها را حفظ کنید!

***قانون عمومی گازهای کامل یا آرمانی (معادله حالت گاز):**

هنگامی که فاصله ذرات یک گاز زیاد است، حجم گاز زیاد شده و چگالی آن کاهش خواهد یافت (رقیق می‌شود). و می‌توان از برهم کنش بین ذرات گاز صرف نظر کرد. به این نوع گاز، کامل یا آرمانی گفته می‌شود. و رابطه زیر همواره برای آنها برقرار است. تمامی گازها در حد دبیرستان و کنکور، کامل فرض می‌شوند.

$$\begin{array}{c} \text{حجم گاز} \leftarrow \text{فشار گاز} \\ \frac{PV}{nT} = R \rightarrow \text{ثابت جهانی گازهای کامل} \quad R = 8/314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \\ \text{دمای مطلق گاز (K)} \leftarrow \text{تعداد مول‌های گاز} \\ \text{جرم گاز} \leftarrow n = \frac{m}{M} \end{array}$$

برای مقایسه دو گاز، می‌توان $\frac{PV}{nT}$ آنها را مساوی قرار داد، اما جرم آن‌ها را می‌توان مساوی قرار داد. آنگاه $n = \frac{m}{M}$ آنها برابر بوده و می‌توان $\frac{PV}{T}$ آنها را مساوی قرار داد.

$$\text{ثابت} \quad \frac{PV}{T} = \text{ثابت} \quad \text{دو گاز با جرم و جنس یکسان} \quad \text{ثابت} \quad \frac{PV}{nT} = \text{ثابت} \quad \text{دو گاز دلخواه}$$

***حالات خاص در مورد گازهای کامل:**

(۱) فشار ثابت:

$$\text{ثابت} \quad \frac{V}{T} \rightarrow \text{فشار یک گاز ثابت بماند.} \\ \text{ثابت} \quad p \leftarrow \text{ثابت} \quad n$$

V و T رابطه خطی (مستقیم) دارند.

(۲) حجم ثابت:

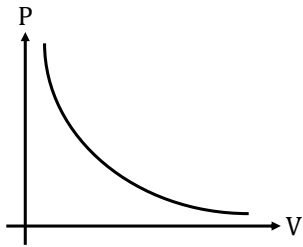
P و T رابطه خطی دارند.

ثابت $\frac{P}{T} = \text{ثابت}$ $\rightarrow$ حجم گازی ثابت بماند.

(۳) دما ثابت:

ثابت $PV = \text{ثابت}$ $\rightarrow$ دمای گازی ثابت بماند.

در این حالت P و V رابطه هموگرافیک (عکس) دارند.



(۴) قانون آووگادرو:

ثابت $\frac{V}{n} = \text{ثابت}$ $\rightarrow$ دو گاز با فشار و دمای ثابت
 $\swarrow$ ثابت T
 $\swarrow$ ثابت p
 $\rightarrow$ ثابت $n \neq$

V و n رابطه خطی دارند.

ایران توننه
توشه ای برای موفقیت

نیروی عمودی وارد بر واحد سطح را فشار می‌گویند و واحد آن در SI به صورت $\frac{N}{m^2}$ یا Pa می‌باشد.

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

این رابطه همواره قابل استفاده بوده و در داخل مایعات کمی تغییر می‌کند. همچنین برای تعیین نیروی وارد بر یک سطح، از این رابطه استفاده می‌کنیم.

فشار هوا:

فشار هوا، اولین بار توسط توریچلی محاسبه گردید و مقدار آن برحسب واحدهای مختلف به صورت زیر است، بهتر است آنها را به خاطر داشته باشید.

$$P_0 = 10^5 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa} = 1 \text{ atm} \text{ یا } \text{bar} \text{ یا } 76 \text{ cm-Hg} = 10 \text{ m-H}_2\text{O}$$

چگالی یا جرم حجمی:

جرم واحد حجم یک جسم را چگالی می‌گویند.

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow \frac{kg}{m^3} \leftarrow \frac{kg}{m^3}$$

واحد متداول دیگر چگالی $\frac{gr}{cm^3}$ می‌باشد که SI نیست ولی کاربرد بیشتری دارد.

$$\rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{kg}{m^3} = 1 \frac{gr}{cm^3}$$

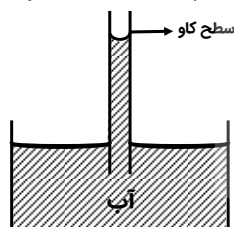
$$\rho_{\text{جیوه}} = 13600 \frac{kg}{m^3} = 13.6 \frac{gr}{cm^3}$$

چند نکته:

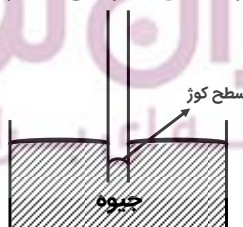
(۱) هنگامی که ابعاد جسمی (جامد، مایع، گاز) را در حد نانو (10^{-9}) تغییر داده و کوچک نماییم، ویژگی‌های فیزیکی آن جسم مانند، نقطه ذوب، نقطه جوش، رسانش الکتریکی و... تغییر می‌کنند برای این منظور لازم نیست که تمامی ابعاد جسم کوچک باشند (نانو ذره)، حتی اگر یکی از ابعاد جسم در حد نانو (نانو لایه) باشد، می‌توان این تغییرات را مشاهده نمود.

(۲) به نیروی چسبندگی (هم‌چسبی) مولکول‌های یک مایع در سطح آزاد آن، نیروی کشش سطحی می‌گویند. اگر جرم جسمی کوچکتر یا مساوی این نیرو باشد، بر سطح مایع شناور می‌ماند مانند شناور ماندن سوزن و پشه بر سطح آب.

(۳) علت بالا رفتن آب در داخل لوله‌های موئین (نازک) و بالا نرفتن جیوه در آنها را خاصیت موئینگی می‌گویند.



هم‌چسبی > دگرچسبی



هم‌چسبی < دگرچسبی

(۴) هرچه از سطح زمین بالاتر رویم، فشار و چگالی هوا کاهش یافته و نقطه ذوب و جوش اجسام نیز کاهش می‌یابد.

بر حسب Pa (SI) و پارامتری و جامدات با سطح مقطع ثابت

$$P = \rho gh + P_0$$

فشار هوا ← P_0 فشار پیمانه‌ای ← ρgh

$g = 10 \text{ SI}$

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cm-Hg} = 10 \text{ m-H}_2\text{O}$$

آب جیوه هوا

بر حسب atm: تناسب

فشار در داخل مایعات

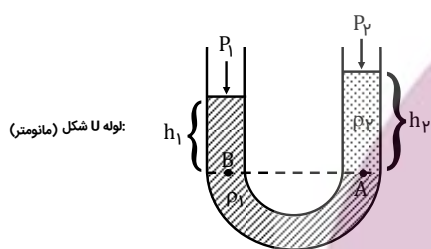
$$\text{مایع} \xrightarrow{\times \frac{\rho}{13.6}} \text{cm-Hg}$$

$$\text{cm-Hg} \xrightarrow{\times 1360} \text{Pa}$$

بر حسب cm-Hg: تبدیل واحد

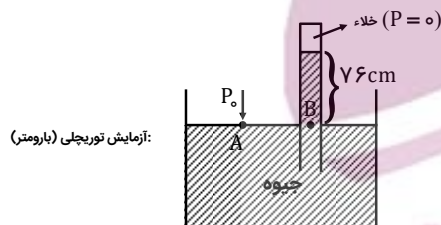
نقاط هم سطح در یک مایع:

نقاط هم سطح از یک مایع هم فشار می‌باشند. با این قانون ساده، بسیاری از سوالات دشوار این مبحث را می‌توانید حل کنید. مانند لوله U شکل، آزمایش تورپیچلی، فرو بردن لوله در یک مایع و... توجه داشته باشید که این‌ها مثال‌هایی از کاربردهای این قانون می‌باشند:



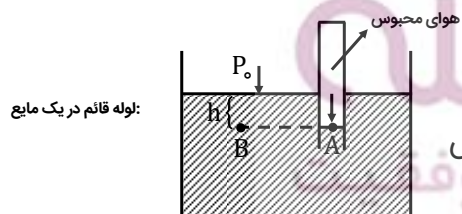
نقاط هم سطح از یک مایع هم فشارند ← $P_A = P_B$

$$\rho_2 gh_2 + P_2 = \rho_1 gh_1 + P_1$$



$P_A = P_B$

$$P_0 = 76 \text{ cm-Hg}$$



$P_A = P_B$

$$P = \rho gh + P_0$$

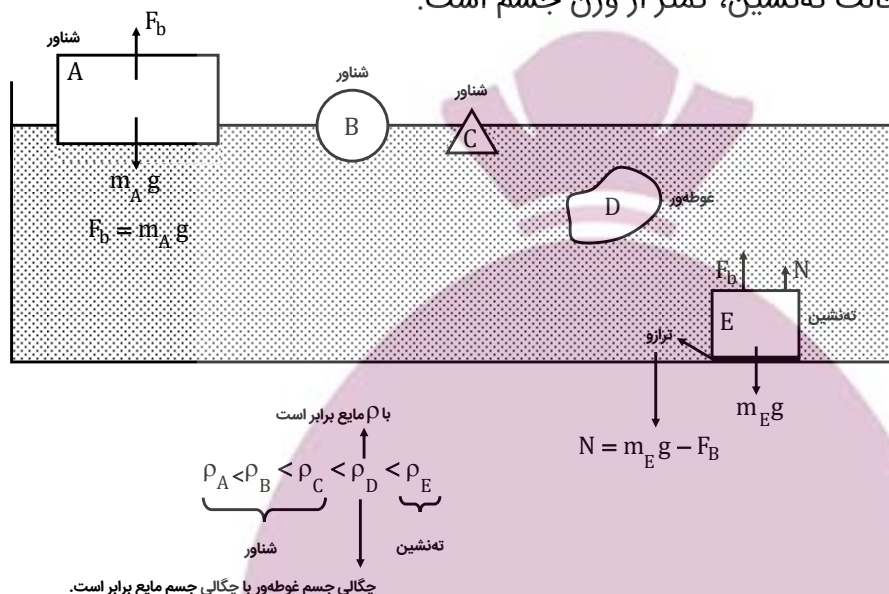
هوای محبوس

وقتی که جسمی داخل یک سیال (شاره) (مایع یا گاز) قرار می‌گیرد، از طرف شاره به جسم نیرویی رو به بالا وارد می‌شود که با وزن شارۀ جابه‌جا شده برابر است. به این نیرو، نیروی شناوری (ارشمیدس) می‌گویند.

$$F_b = mg = \rho V g$$

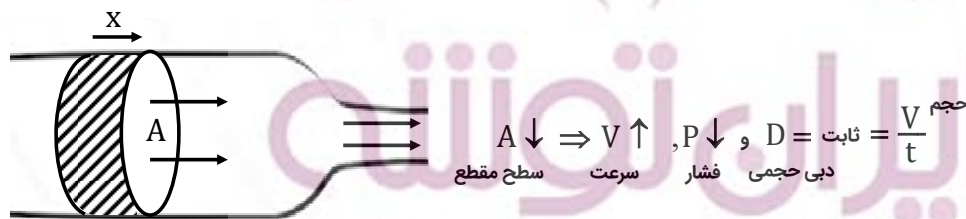
↓ شاره
↓ شاره
↓ حجم شاره جابه‌جا شده

در شکل زیر، ۵ جسم متفاوت در یک مایع قرار داده شده‌اند. در حالات شناور و غوطه‌ور، نیروی شناوری با وزن جسم برابر است، اما در حالت ته‌نشین، کمتر از وزن جسم است.



اصل برنولی:

هنگامی که سطح مقطع عبوری یک شاره (تراکم ناپذیر) کم می‌شود، سرعت شاره افزایش و فشار آن کاهش می‌یابد، اما آهنگ شارش شاره (دبی حجمی) ثابت می‌ماند.



معادله پیوستگی:

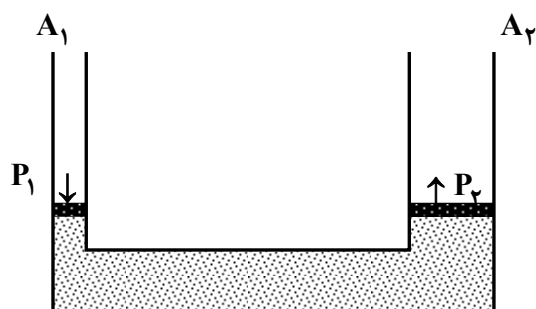
شاره‌ای که در مدت t از مقطع بزرگ عبور می‌کند، باید در همان مدت t نیز از مقطع کوچک عبور نماید پس باید با سرعت بیشتری از مقطع کوچک عبور کند و در اثر این افزایش سرعت، فاصله ذرات شاره از همدیگر بیشتر شده و بنابراین فشار کاهش می‌یابد.

$$D = \frac{\text{حجم}}{t} = \text{ثابت} \Rightarrow \frac{V}{t} = \text{ثابت} \xrightarrow{V = Ax} \frac{Ax}{t} = \text{ثابت} \xrightarrow{\frac{x}{t} = v} \boxed{Av = \text{ثابت}} \Rightarrow A_1 v_1 = A_2 v_2$$

↓ سرعت
↓ سطح مقطع

اصل پاسکال:

فشار افزوده شده به یک مایع، عیناً به تمامی نقاط دیگر مایع (تراکم‌ناپذیر) منتقل می‌شود.



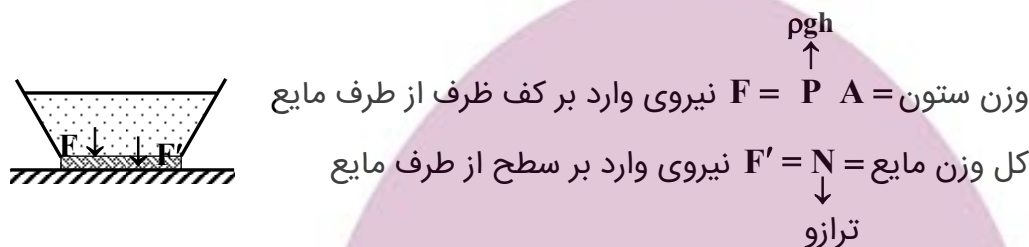
$$\Rightarrow P_1 = P_2 \text{ اصل پاسکال}$$

$$\left. \begin{array}{l} P = \text{ثابت} \Rightarrow \frac{F}{A} = \text{ثابت} \\ V = \text{ثابت} \Rightarrow AH = \text{ثابت} \end{array} \right\} \Rightarrow F \propto A \propto \frac{1}{H}$$

$\downarrow$
 πr^2

حجم جابه‌جا شده

توجه مهم:

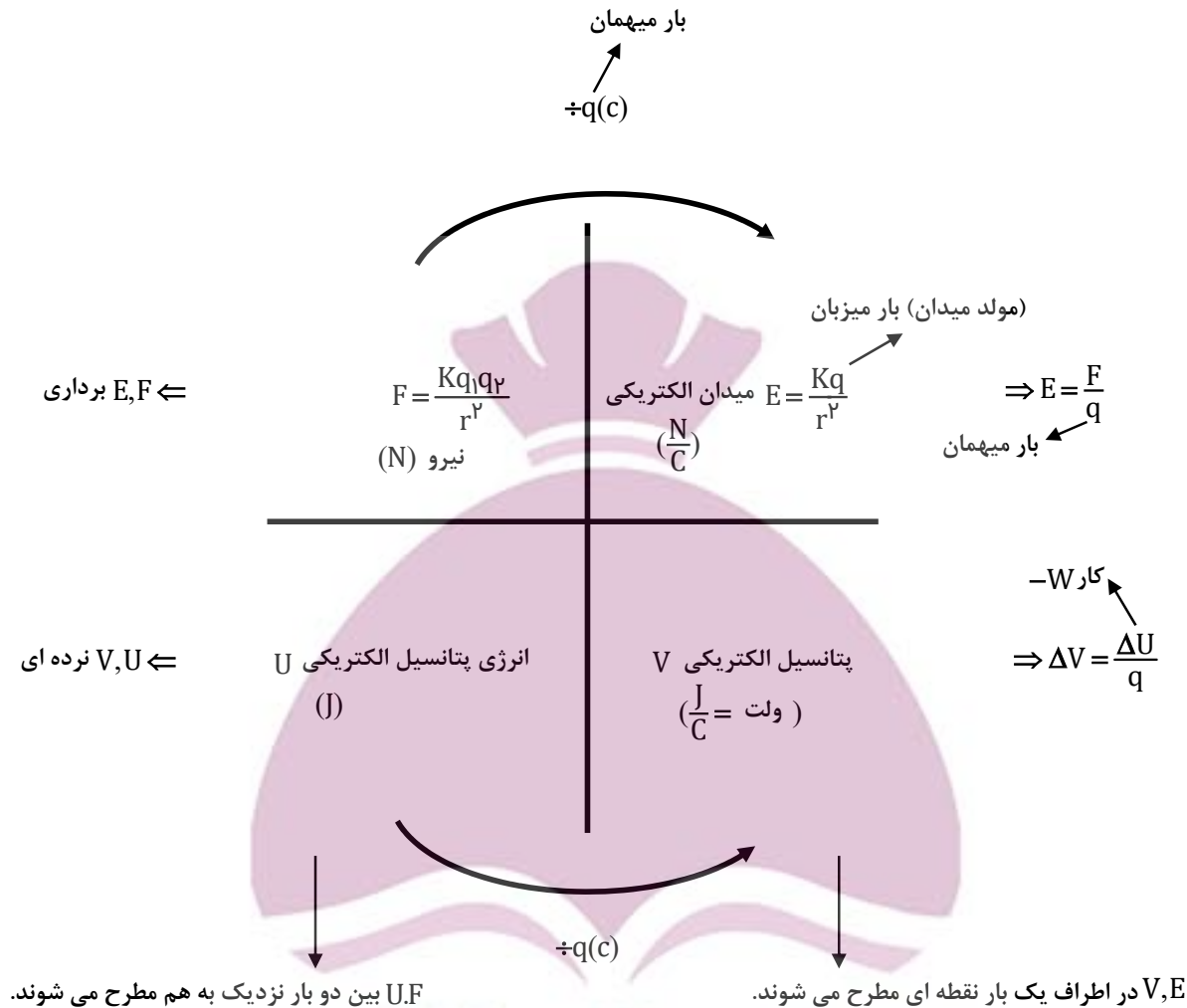


محاسبه نیروهای F و F' به شکل ظرف بستگی ندارد، اما مقایسه این نیروها با همدیگر به شکل ظرف بستگی دارد.

ایران تونل
توشه‌ای برای موفقیت

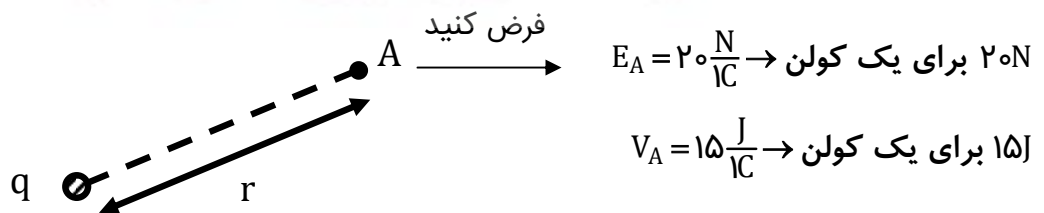
جمع و جور کمیات اصلی در الکتریسیته ساکن:

۴ کمیت اصلی در الکترواستاتیک مطرح است، ۲ کمیت برداری و ۲ کمیت نرده‌ای که رابطه بین آنها را به صورت زیر براتون مرتب کردم و اسمش رو گذاشتم «چلیب» که به معنی چهارسو یا چهارگانه است.



تذکر مهم: با افزایش بار میزبان، میدان حاصل از آن افزایش می‌یابد اما با افزایش بار میهمان، میدان تغییری نکرده و نیروی وارد بر بار افزایش می‌یابد.

برای درک بهتر مفاهیم E, V به مثال زیر توجه کنید. نقطه A در فاصله r از بار نقطه‌ای q قرار دارد.



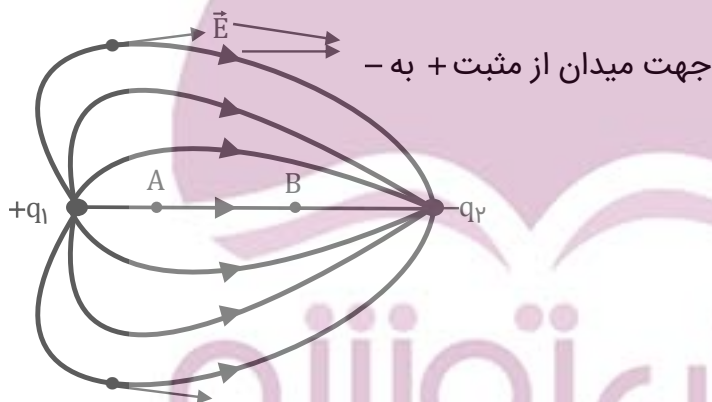
یعنی اگر بار $1C$ که به آن بار آزمون می‌گویند. در نقطه A قرار گیرد، 2×10^6 نیرو به آن وارد شده و $15J$ انرژی پتانسیل الکتریکی در آن ذخیره می‌شود.

(۱) نیروی وارد بر یک بار (F) و انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره شده در یک بار (U) برای یک بار دلخواه مطرح می‌شود در حالی که V, E برای یک نقطه دلخواه مطرح می‌گردد.

(۲) برای تعیین برآیند نیروهای وارد بر یک بار، ابتدا تک تک نیروهای وارد بر آن بار را رسم نموده و سپس بین آنها برآیند بگیرید و معمولاً نیازی به محاسبه ندارند، به شرطی که از روش «پررو» استفاده نمایید.

(۳) برای تعیین میدان الکتریکی در یک نقطه دلخواه در اطراف چندین بار نقطه‌ای، ابتدا بار آزمون را در آن نقطه فرض کرده و سپس میدان حاصل از تک تک بارها را در آن نقطه رسم نموده و بین آنها برآیند بگیرید. در این گونه سؤالات یا بارها بر روی یک شکل هندسی قرار داده می‌شوند و باید از هندسه مربوط به شکل نیز کمک بگیرید. بدیهی است که برای تعیین برآیند E و F نیاز به مبحث بردار خواهید داشت. یعنی این گونه سؤالات ترکیب الکتریسیته ساکن و هندسه و بردار است و یا اینکه بارها هم‌راستا می‌باشند که در این صورت نیازی به هندسه نخواهید داشت و فقط بردار کافی خواهد بود.

(۴) خطوط میدان در اطراف بارهایی که بزرگی بیشتری دارند، متراکم‌تر بوده و بنابراین میدان الکتریکی بیشتر خواهد بود اما پتانسیل الکتریکی در اطراف بارهای مثبت بیشتر از اطراف بارهای منفی است. (چون کمیت نرده‌ای است و مثبت بیشتر از منفی است.)



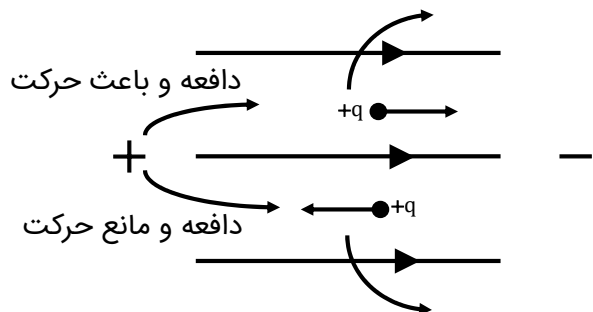
$$|q_1| < |q_2| \rightarrow \text{خطوط میدان در اطراف } q_2 \text{ متراکم‌تر است.} \rightarrow E_A < E_B$$

$$\rightarrow V_A > V_B \rightarrow \text{نقطه A نزدیک بار مثبت و نقطه B نزدیک بار منفی است.}$$

همواره در جهت میدان، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد. (با انرژی پتانسیل الکتریکی اشتباه نگیرید!)

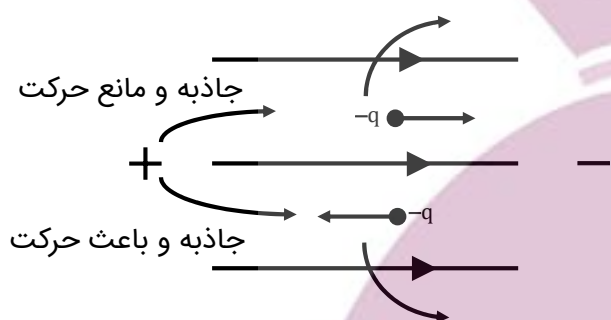
(۵) هنگامی که یک بار نقطه‌ای در داخل یک میدان الکتریکی قرار می‌گیرد، بسته به نوع حرکت بار در داخل میدان، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش یا افزایش خواهد یافت.

انرژی جنبشی → انرژی پتانسیل → حرکت خود به خودی → حرکت بار مثبت در جهت میدان افزایش کاهش (مانند سقوط گلوله به پایین)



انرژی جنبشی → انرژی پتانسیل → حرکت غیر خود به خودی → حرکت بار مثبت در خلاف جهت میدان کاهش افزایش (مانند پرتاب گلوله با بالا)

$U \uparrow \rightarrow K \downarrow$ → حرکت غیر خود به خودی → حرکت بار منفی در جهت میدان (پرتاب گلوله با بالا)



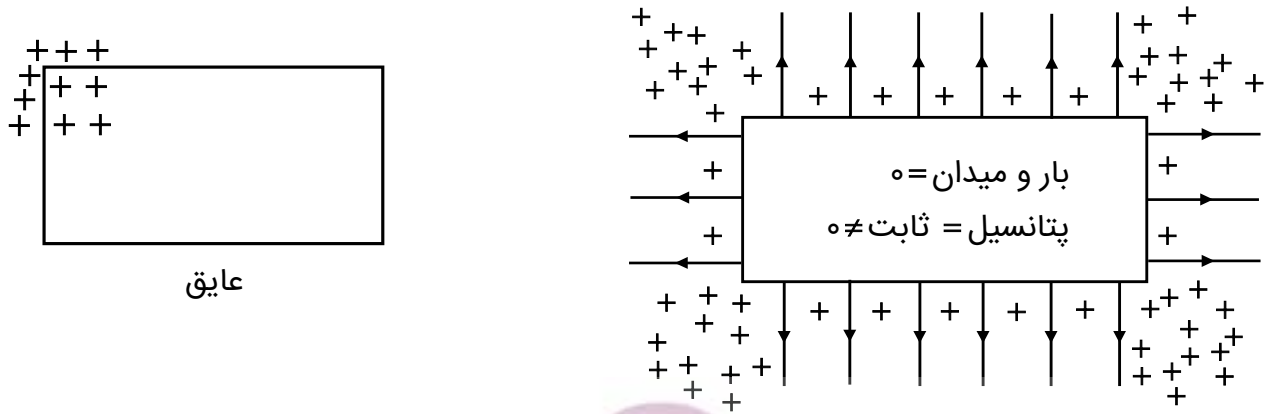
$U \downarrow \rightarrow K \uparrow$ → حرکت خود به خودی → حرکت بار منفی در خلاف جهت میدان (سقوط گلوله)

برای تحلیل مفهومی این گونه سؤالات، بهتر است ابتدا خودبه خودی و یا غیر خودبه خودی بودن حرکت بار را تعیین نموده و سپس از سقوط یا پرتاب یک گلوله در میدان گرانشی کمک بگیرید.
سقوط گلوله (خودبه خودی)



۶) برای محاسبه کار در الکتریسیته ساکن، از $W = Fd \cos \theta$ (رابطه کار) استفاده نموده و به جای $F = Eq$ قرار دهید. البته به جای این کار می‌توانید از $W = -\Delta U$ نیز استفاده نمایید.

۷) در الکتریسیته ساکن همواره از نیروی اصطکاک صرف نظر می‌کنیم و بنابراین کاهش انرژی پتانسیل با افزایش انرژی جنبشی برابر است و برعکس. $f = 0 \rightarrow |\Delta U| = |\Delta K|$



اگر یک جسم رسانا باردار شود، تمامی بار بر سطح خارجی آن توزیع می‌گردد و چگالی سطحی بار ($\sigma = \frac{q}{A}$) در نقاط نوک تیز بیشتر خواهد بود (چون مساحت کمتر است) و در داخل جسم رسانای باردار، بار و در نتیجه میدان برابر صفر بوده و پتانسیل الکتریکی تمامی نقاط جسم ثابت خواهد بود. این مطالب ابتدا توسط فارادی به‌طور تجربی کشف و آزمایش گردید و سپس توسط سایر دانشمندان به کمک ریاضیات اثبات گردید.

خازن (اسم فاعل خزن به معنی ذخیره کننده):

وسیله‌ای است که جهت ذخیره بار و انرژی الکتریکی از آن استفاده می‌شود و در کسری از ثانیه این انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد (مانند فلش دوربین) ساده‌ترین نوع آن از دو صفحه رسانای موازی به مساحت A که در فاصله d از همدیگر قرار دارند تشکیل شده است و فضای بین صفحات آنها از عایقی به ثابت دی‌الکتریک K پر شده است. بنابراین به دلیل وجود این عایق از خازن، جریان الکتریکی عبور نمی‌کند (مانند سدی که در مقابل رودخانه قرار دارد) بین صفحات خازن میدان الکتریکی یکنواخت (ثابت E) برقرار می‌شود.

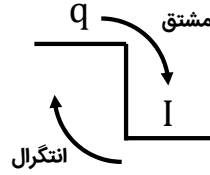
ظرفیت خازن (F) $C = K\epsilon_0 \frac{A}{d}$

ولتاژ دو سر باتری و خازن $V = Ed$

بار ذخیره شده بر روی صفحات خازن $q = cv$

انرژی پتانسیل ذخیره شده در خازن $U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} qv = \frac{q^2}{2C}$

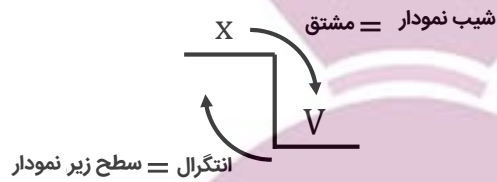
شدت جریان الکتریکی لحظه‌ای $I = \frac{dq}{dt}$ ؛ شدت جریان الکتریکی متوسط $\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$



$(A = \frac{C}{s})$

رابطه ریاضی روابط فوق را در مبحث حرکت براتون نوشتم:

$\bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ؛ $V = \frac{dx}{dt}$

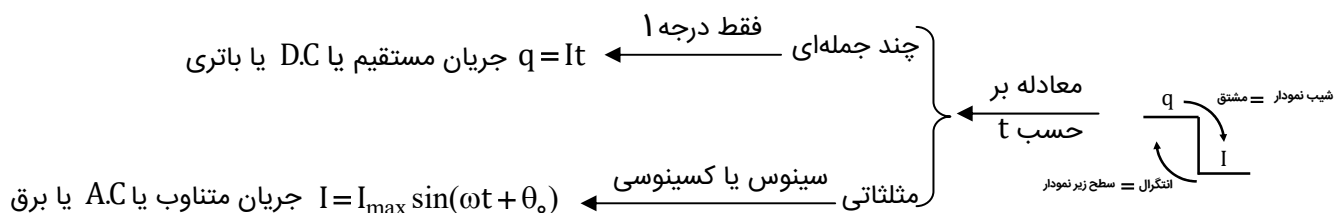


یادآوری:

درجه ۱ $(x = vt)$ }
 ... درجه ۲ } ← چند جمله‌ای
 ... درجه ۳ }
 ← مثلثاتی ← سینوسی یا کسینوسی
 $x = x_{\max} \sin(\omega t + \theta_0)$

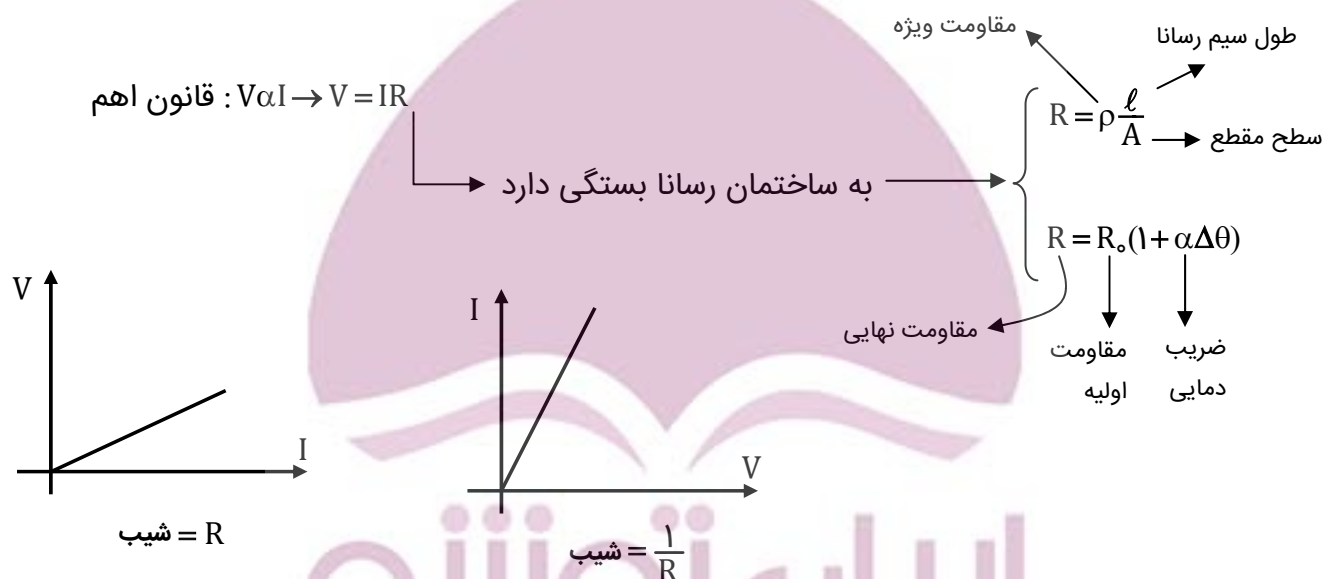
مشتق x → V
 معادله بر حسب t

حال همان مطالب حرکت را برای بارهای الکتریکی به صورت زیر مطرح می‌کنیم:

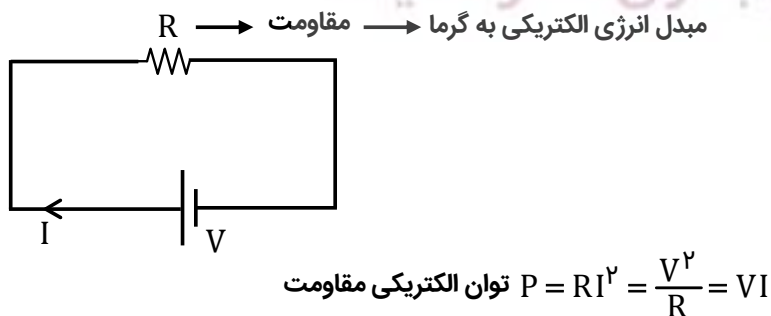


مقاومت الکتریکی:

هنگام عبور جریان الکتریکی (حرکت بارهای الکتریکی) از یک رسانا، به ذرات تشکیل‌دهنده رسانا برخورد می‌کنند که به آن مقاومت الکتریکی می‌گویند. بدیهی است که هر چه مقاومت الکتریکی کمتر باشد، عبور جریان راحت‌تر انجام می‌شود یعنی I و R برعکس همدیگر تغییر می‌کنند. در اثر این برخوردها، انرژی الکتریکی بار عبوری تبدیل به گرما برای ذرات رسانا می‌شود.



تذکر: رابطه $R = R_0(1 + \alpha \Delta\theta)$ از کتاب تجربی نظام جدید حذف شده است ولی برای رشته ریاضی مطرح گردیده است.



برای تعیین گرمای تولید شده در یک مقاومت، از رابطه زیر استفاده نمایید:

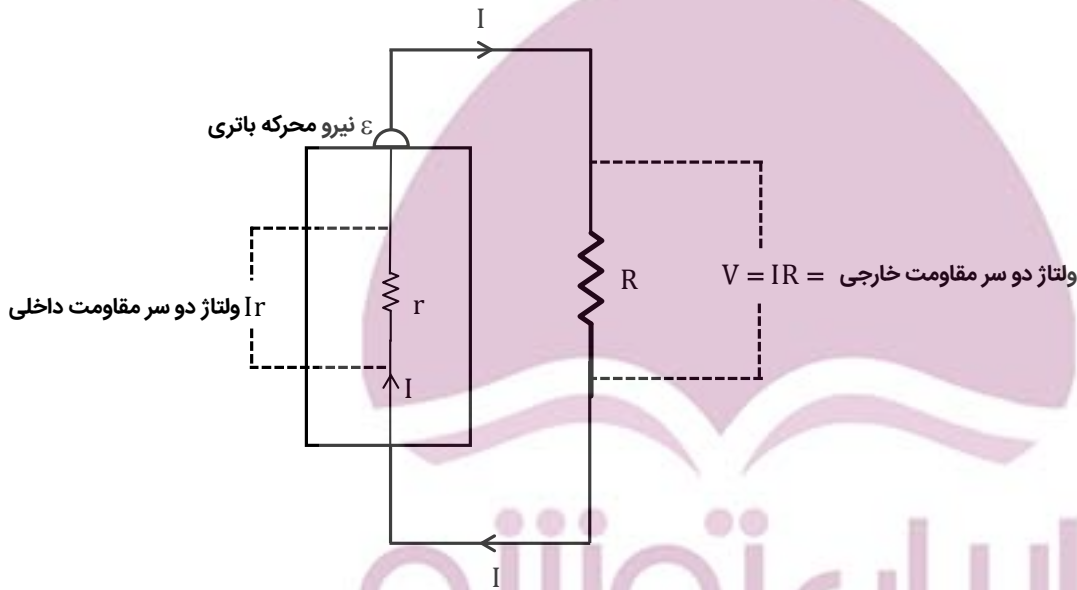
$$P = \frac{W}{t} \quad \begin{array}{l} \nearrow \text{گرمای (J)} \\ \searrow \text{زمان (S)} \end{array} \quad \text{watt} = \frac{\text{J}}{\text{S}}$$

توان الکتریکی (وات)

برای مقاومت دو نوع توان مطرح می‌شود:

$$P = RI^2 = \dots \quad \begin{array}{l} \nearrow \text{توان مصرفی (max)} \\ \searrow \text{توان اسمی (max)} \end{array}$$

عدد نوشته شده روی وسایل برقی = توان مصرفی $P = \max$ توان اسمی (max)



برای درک بهتر اعداد زیر به عنوان مثال در نظر بگیرید:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ولتاژ دو سر باتری} \neq \text{عدد نوشته شده روی باتری} = \text{ولت } \varepsilon = 1/5 \\ \text{ولتاژ دو سر باتری} = \text{ولتاژ دو سر مقاومت خارجی} = \text{ولت } V = IR = 1/2 \\ \text{افت پتانسیل در باتری} = \text{ولت } Ir = 0/3 \end{array} \right.$$

بنابراین عدد نوشته شده روی باتری به دو قسمت تقسیم می‌شود IR و Ir پس:

$$\boxed{\varepsilon = \frac{IR}{V} + Ir} \rightarrow \begin{cases} \varepsilon - V = Ir \\ I = \frac{\varepsilon}{R+r} \end{cases}$$

در واقع هدف از قرار دادن باتری، رساندن اختلاف پتانسیل به R بوده (مفید) و مقاومت r مزاحم می‌باشد (تلف شده). بنابراین سه نوع توان برای باتری مطرح می‌شود:

$$\begin{cases} \text{توان مفید} & p = RI^2 = VI \\ \text{توان تلف شده} & p' = rI^2 \\ \text{توان کل} & p'' = (R+r)I^2 = \varepsilon I \end{cases}$$

بازده (راندمان) باتری به صورت زیر می‌باشد:

$$Ra = \frac{\text{توان مفید}}{\text{توان کل}} = \frac{VI}{\varepsilon I} = \frac{RI^2}{(R+r)I^2} \rightarrow Ra = \frac{V}{\varepsilon} = \frac{R}{R+r} \leq 1$$

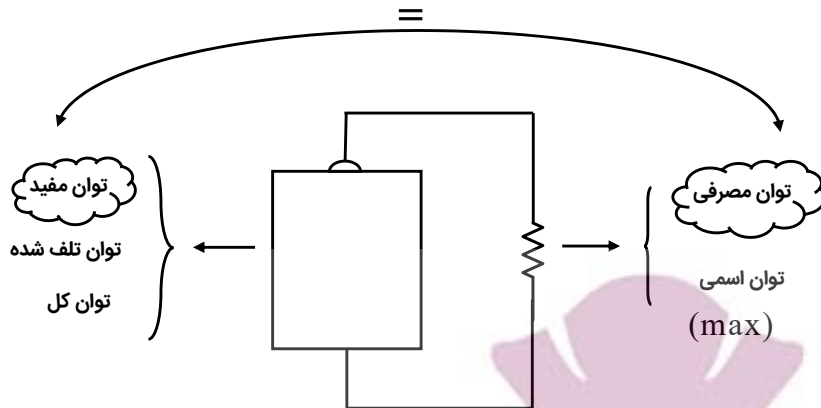
$Ra = 1 \rightarrow$ باتری ایده‌آل $\begin{cases} r = 0 \\ \varepsilon = V \end{cases}$
 ولتاژ دو سر باتری عدد روی باتری

بنابراین سه رابطه برای باتری مطرح می‌گردد که هر کدام از آنها یکی از کمیات رابطه $V = IR$ را ندارد. برای استفاده از رابطه دقیق باید توجه کنید که کدام کمیت در سؤال مطرح نشده است. (نه معلوم و نه مجهول).

$$\begin{cases} \varepsilon - V = Ir & \text{مستقل از } R \\ I = \frac{\varepsilon}{R+r} & \text{مستقل از } V \\ \frac{V}{\varepsilon} = \frac{R}{R+r} & \text{مستقل از } I \end{cases}$$

البته معتقدم که اگر باتری را درست فهمیده باشید فقط $\varepsilon = IR + Ir$ کافی است که آن هم حفظی نیست! بفهمید و لذت ببرید و شادروان شوید!

تذکره مهم: در مبحث مدار، ۵ نوع توان مطرح است که دوتا از آنها برای مقاومت و سه تای دیگر برای باتری است. البته یکی از توان های باتری با یکی از توان های مقاومت برابر است، توان مفید باتری همان توان مفید مصرفی مقاومت می باشد.

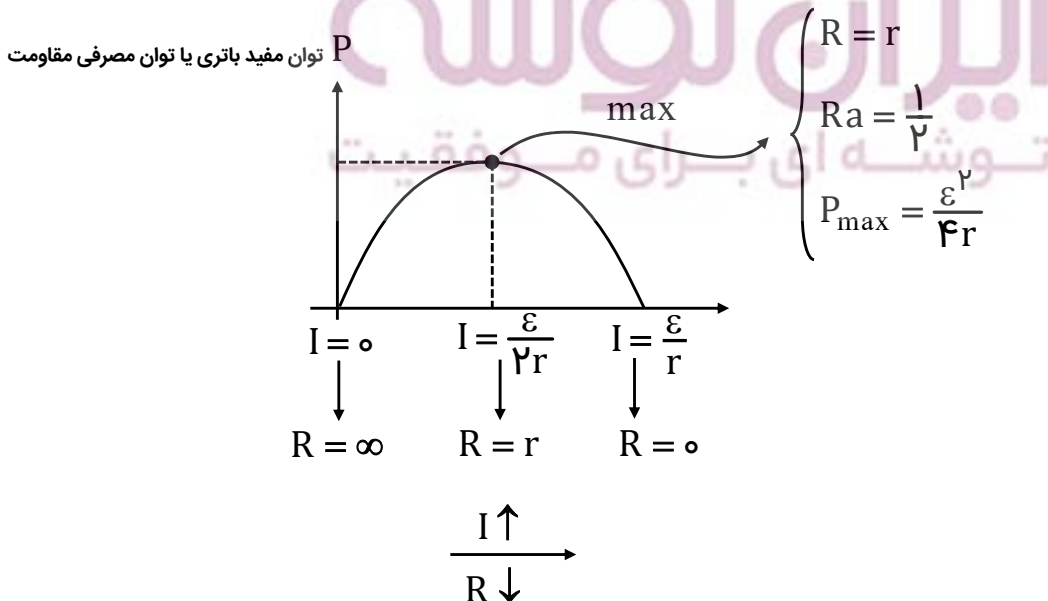


توان مفید باتری (توان مصرفی باتری مقاومت):

$$P = RI^2 \xrightarrow[\text{با حذف R به کمک } \varepsilon = IR + Ir]{\text{تلف شده کل}} P = \varepsilon I - rI^2$$

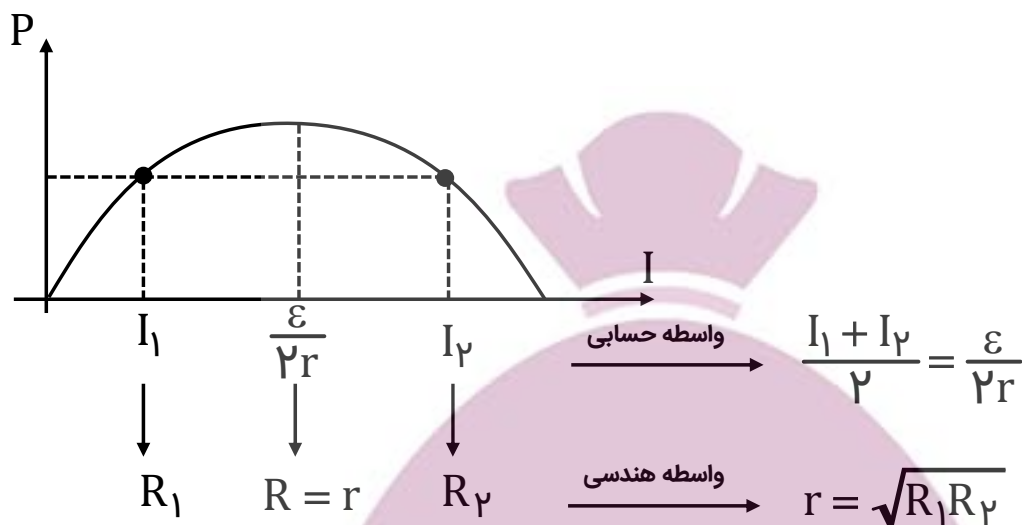
$R = \text{ثابت}$ $R \neq \text{ثابت}$

در صورت تغییر مقاومت R (مثلاً به کمک رئوستا) بهتر است از $P = \varepsilon I - rI^2$ استفاده نمایید. چون r, ε همواره برای یک باتری ثابت است و آنگاه p برحسب I درجه ۲ (سه می) خواهد بود در حالی که در رابطه $P = RI^2$ ، توان برحسب دو متغیر R و I مطرح گردیده است و ریاضیات مربوط به آن (توابع دو متغیره) در حد دبیرستان نیست.



تمرین مهم: باتوجه به معادله $P = \varepsilon I - rI^2$ ، نمودار P بر حسب I یک سهمی دارای $\max$ می‌باشد و مختصات نقطه $\max$ و تمامی موارد ذکر شده در نمودار را بدست آورده و از حفظ کردن آنها خودداری نمایید. ممنون!

نکته: اگر خطی افقی رسم نمایید؛ نمودار $P-I$ را در دو نقطه قطع می‌کند که این دو نقطه یعنی: به ازای دو مقدار مختلف برای مقاومت خارجی R ، دو مقدار متفاوت جریان I توسط باتری در مدار برقرار می‌شود اما توان مفید باتری یکسان خواهد بود. این یکی رو اگر حالشو داشتید اثبات کنید، اگر نه اثباتش خیلی مهم نیست.



تحلیل انواع مدارهای جریان مستقیم:

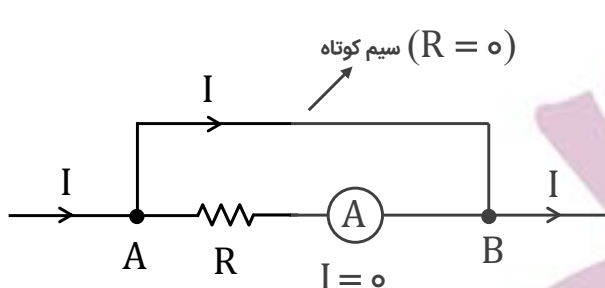
- تک باتری ————— استفاده از سری و موازی ————— تناسب + فرمول‌های باتری
 - چند باتری ————— قوانین کیرشهف ————— فرمول‌های باتری قابل استفاده نیستند.
- (مختص رشته ریاضی)

به هم بستن مقاومت‌ها:

- سری یا متوالی ————— ثابت I ————— $P \propto I^2 R$ ————— تمامی کمیات با R رابطه مستقیم دارند به جز I که ثابت است. ————— جمع = مقاومت معادل
- موازی یا انشعابی ————— ثابت V ————— $P \propto V^2 \frac{1}{R}$ ————— تمامی کمیات با R رابطه عکس دارند به جز V که ثابت است. ————— عکس و جمع = مقاومت معادل

توجه داشته باشید که تمامی سؤالات مدارهای تک‌باتری به کمک تناسب (رابطه مستقیم یا عکس) بعلاوه روابط باتری حل می‌شوند و نیازی به هیچ نکته و فرمول خاصی نیست! فقط به دلیل تنوع بسیار زیاد سؤالات این قسمت لطفاً، حتماً پاسخ تشریحی سؤالات را بخوانید تا کامروا شوید!

تذکر: در اکثر سؤالات کنکور تعیین مقاومت معادل به صورت ذهنی امکان پذیر است اما در برخی سؤالات این امکان وجود ندارد که آنگاه باید نام‌گذاری انجام دهید.



اتصال کوتاه: اگر یک عنصر مداری (مثلاً یک مقاومت) با یک سیم کوتاه موازی بسته شود، تمامی جریان از سیم عبور نموده و از مقاومت هیچ جریانی نمی‌گذرد. چون جریان و مقاومت در حالت موازی رابطه عکس دارند.

توجه داشته باشید که هر سیمی اتصال کوتاه نیست، فقط سیمی که با یک عنصر مداری موازی بسته شده باشد، اتصال کوتاه ایجاد می‌کند.

همچنین توجه داشته باشد که هر دو نقطه‌ای که با سیم به هم متصل می‌شوند (مانند B, A) هم پتانسیل بوده و اختلاف پتانسیل آنها برابر صفر خواهد بود.

$$V_A = V_B \rightarrow V_{AB} = 0 \rightarrow IR = 0 \rightarrow \begin{cases} I = 0 & \text{مقاومت} \\ R = 0 & \text{سیم} \end{cases}$$

مدارهای تغییراتی:

یکی از دشوارترین سؤالات این مبحث برای دانش‌آموزان، سؤالاتی است که با تغییر دادن در مدار، کاهش یا افزایش (تغییرات) نور لامپ یا ولت‌سنج و آمپرسنج را می‌خواهند. اگر با روش من همراه باشید بسیار ساده می‌توانید این‌گونه سؤالات را حل نمایید:

ابتدا به کمک توضیحات سؤال (یا کلید و یا رئوس‌طرح می‌کنند)، ثابت یا متغیر بودن مقاومت R را تعیین نموده و سپس از تحلیل زیر استفاده نمایید:

$$\begin{cases} R = \text{ثابت} \rightarrow V \propto I \\ R \neq \text{ثابت} \rightarrow R \propto V \propto \frac{1}{I} \text{ (تغییراتی)} \end{cases}$$

منظور از تغییراتی این است که فقط برای تعیین افزایش یا کاهش می‌توانید ازش استفاده کنید و برای تعیین مقدار دقیق کارایی نداره. در حالت اول V و V رابطه مستقیم و در حالت دوم رابطه عکس دارند. (اشتباه نکنیدها)

نور لامپ، بستگی به شدت جریان عبوری از لامپ دارد، پس برای بررسی تغییرات نور یک لامپ، کافی است که شدت جریان عبوری از لامپ را بررسی نمایید.

برای یادگیری کامل اینگونه سؤالات و روش من، لطفاً، حتماً پاسخ سؤالات را بخونید، بخون خواهر من، بخون برادر من.

قوانین کیرشهف: (مختص رشته ریاضی)

قانون اول: در هر گره مجموع جریان‌های ورودی با مجموع جریان‌های خروجی برابر است.

قانون دوم: در هر حلقه بسته، مجموع جبری ولتاژها برابر صفر است.

برای حل سؤالاتی که بیش از یک باتری دارند از قانون دوم کیرشهف با رعایت موارد زیر استفاده نمایید:

۱) برای هر شاخه (سیم) یک جریان دلخواه با یک جهت دلخواه در نظر بگیرید. اگر در آخر سؤال جواب جریان منفی بدست آید، جواب شما درست است و فقط جهت انتخابی شما برعکس بوده که اصلاً مهم نیست.

۲) در یک حلقه بسته، از یک نقطه دلخواه در یک جهت دلخواه (ساعتگرد یا پادساعتگرد) حرکت کنید و تمامی ولتاژها (ϵ ، IR و Ir) را بادر نظر گرفتن علامت نوشته و جمع جبری آن‌ها را برابر صفر قرار دهید.

۳) برای تعیین علامت ولتاژها به دستور زیر توجه کنید:

علامت ϵ : علامت قطب خروجی حرکت شما از یک باتری (تله کابین)

علامت IR, Ir : در جهت جریان شاخه، منفی و در خلاف جهت جریان، مثبت (رودخانه)

۴) برای تعیین اختلاف پتانسیل بین دو نقطه دلخواه، ابتدا جریانها را بدست آورده و سپس قانون دوم را بین آن دو نقطه بنویسید

۵) از شاخه‌هایی که دارای مقاومت صفر هستند، حتماً استفاده نمایید.

روش تولید میدان‌های مغناطیسی

- آهنربای دائمی ← مواد فرومغناطیس سخت ← فولاد و آلیاژهای آهن، نیکل و کبالت و کره زمین
- ذرات باردار متحرک ← جریان الکتریکی (I) ← سیم راست، پیچه یا حلقه، سیم‌لوله یا سیم‌پیچ

تمامی انواع میدان‌ها (گراشی، الکتریکی و ...) توسط هر عاملی پدید بیایند به هم جنس خود نیرو وارد می‌کنند. بنابراین اگر ذرات باردار متحرک (I) یا آهنرباها در یک میدان مغناطیسی قرار گیرند، به آنها نیرو وارد خواهد شد.

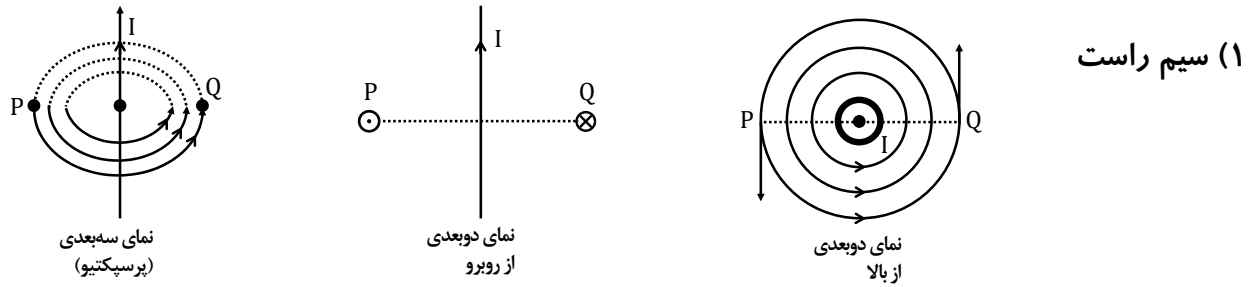
ویژگی‌های مغناطیسی مواد:

- ۱) دیامغناطیس ← خاصیت مغناطیسی ندارند مانند نقره، سرب و اندام بدن ← در حضور میدان مغناطیسی قوی، دو قطبی‌های مغناطیسی در خلاف جهت میدان در آنها القا می‌شود مانند MRI
- ۲) پارامغناطیس ← دو قطبی مغناطیسی کاتوره‌ای دارند اما حوزه مغناطیسی ندارند مانند اورانیوم، پلاتین، آلومینیوم، اکسیژن و ... ← در حضور میدان مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و قوی پیدا می‌کنند.

- ۳) فرومغناطیس ← دو قطبی و حوزه مغناطیسی دارند ←
 - نرم ← آهنربای موقت ← به سادگی آهنربا شده و به سادگی هم خاصیت خود را از دست می‌دهند. مانند آهن، نیکل و کبالت
 - سخت ← آهنربای دائمی ← به سختی آهنربا شده و به سختی هم خاصیت خود را از دست می‌دهند. مانند فولاد و آلیاژهای

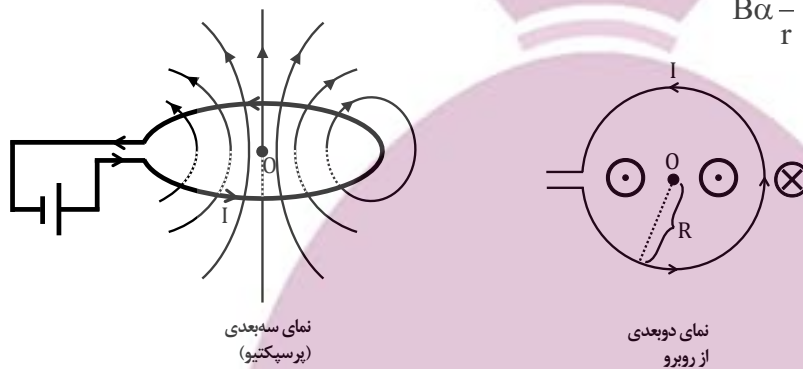
میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی I:

میدان مغناطیسی یک کمیت برداری است (مانند میدان الکتریکی) بنابراین برای تعیین آن، ابتدا جهت آن را به کمک قانون دست راست آمپر و سپس بزرگی آن را به کمک روابط تعیین نمایید.



جهت ← قانون دست راست آمپر: انگشت شست منطبق بر جریان، چهار انگشت، جهت میدان را نشان می‌دهد.

بزرگی ← $B \propto \frac{I}{r}$ در اطراف سیم راست



(۲) حلقه یا پیچه:

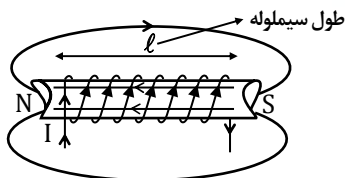
جهت ← قانون دست راست آمپر: بسته شدن چهار انگشت دست راست منطبق بر جریان پیچه، انگشت شست جهت میدان در داخل پیچه را نشان می‌دهد.

تعداد دورهای پیچه بزرگی ← $B \propto \frac{I}{R} N$ و $B = \frac{\mu_0 I}{2R} N$ میدان در مرکز پیچه

شعاع پیچه رشته تجربی رشته ریاضی

تذکر: هرگز قانون دست راست را بر روی اشکال پرسپکتیو استفاده نکنید چون ممکن است دچار اشتباه شوید.

(۳) سیم‌لوله یا سیم‌پیچ یا القاگر یا خودالقا:



تفاوت سیم‌لوله با پیچه در این است که پیچه طول ندارد ($l = 0$) و همچنین قطعاً هسته نیز ندارد، در حالی که سیم‌لوله دارای طول l بوده و البته سیم‌لوله ممکن است هسته آهنی داشته باشد و یا اینکه هسته آن هوا باشد.

جهت ← قانون دست راست: بسته شدن چهار انگشت دست راست منطبق بر ورود جریان به سیم‌لوله، انگشت شست جهت میدان در داخل سیم‌پیچ را نشان می‌دهد.

بزرگی ← $B = \frac{\mu_0 I}{l} N$ در داخل سیم‌پیچ

طول سیم‌پیچ

نکته: اگر طول سیم مورد استفاده در ساخت سیم پیچ و پیچه را برابر ℓ' در نظر بگیریم، آنگاه سیم مورد نیاز برای هر دور سیم پیچ و پیچه برابر محیط دایره $(2\pi R)$ خواهد بود و به صورت زیر تعداد دورهای آنها را می توان بدست آورد:

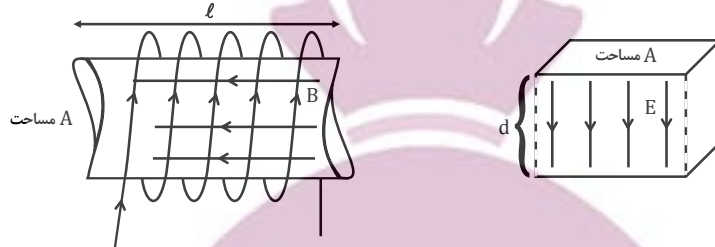
$$N = \frac{\ell'}{2\pi R} \rightarrow \begin{array}{l} \text{طول سیم پیچ} \\ \text{شعاع سیم پیچ} \end{array}$$

می دانید که سیم با طول ℓ' دارای مقاومت الکتریکی است، پس مقاومت پیچه و سیم پیچ به صورت زیر خواهد بود:

$$R = \rho \frac{\ell'}{A} \rightarrow \begin{array}{l} \text{طول سیم} \\ \text{سطح مقطع سیم} (A = \pi r^2) \end{array} \quad \text{شعاع } (r < R)$$

مقاومت ویژه

تناظر بین خازن (میدان الکتریکی یکنواخت) و سیم پیچ (میدان مغناطیسی یکنواخت):



$$L = \frac{\mu_0 K A N^2}{\ell} \quad \text{ضریب القاوری (H) هانری} \quad \text{(رشته ریاضی)}$$

طول میدان مغناطیسی

$$C = \frac{K \epsilon_0 A}{d} \quad \text{ظرفیت خازن (F) فاراد}$$

طول میدان الکتریکی

$$U = \frac{1}{2} L I^2 \quad \text{انرژی ذخیره شده در سیم لوله} \quad U = \frac{1}{2} C V^2 \quad \text{انرژی ذخیره شده در خازن}$$

نیروی وارد بر میهمانان میدان های مغناطیسی:

هنگامی که یک ذره باردار متحرک و یا یک سیم حامل جریان در داخل میدان مغناطیسی به عنوان میهمان قرار گیرند، از طرف میدان مغناطیسی یعنی میزبان به آنها نیرو وارد می شود.



$$F = qVB \sin \alpha \quad \text{نیروی وارد بر بار میهمان}$$

$$F = BIl \sin \alpha \quad \text{نیروی وارد بر سیم میهمان}$$

بار ذره

سرعت

میدان میزبان

جریان عبوری از سیم

طول سیم

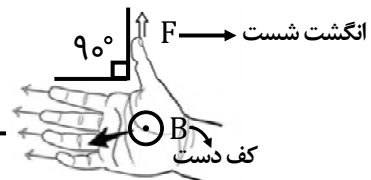
تسلا

نیوتن

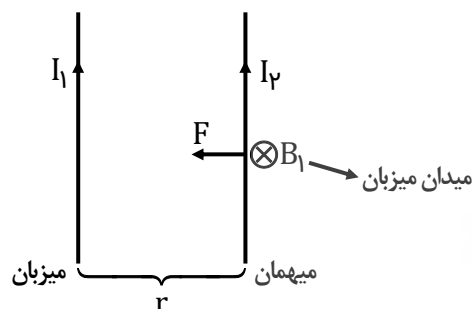
$$N = TAm \times 1 \Rightarrow T = \frac{N}{Am}$$

من

چهار انگشت



کف دست راست را در جهت میدان مغناطیسی میزبان قرار داده و چهار انگشت را منطبق بر جریان و یا سرعت بار میهمان نمایید. آنگاه انگشت شست شما جهت نیرو را نشان می‌دهد. .
در قانون دست راست آمپر، از بین شست و چهار انگشت یکی را منطبق بر جریان می‌کنیم تا دیگری جهت میدان را تعیین نماید. جریان و میدان در این حالت هر دو میزبان هستند و چهار انگشت حرکت می‌نماید.
نیروی بین دو سیم راست موازی:

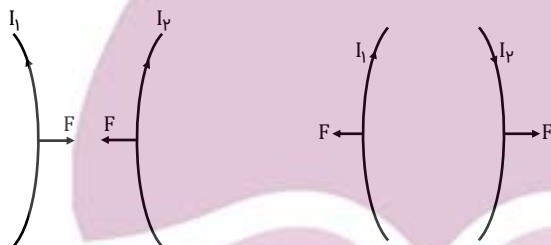


در این شکل، I_1 ، میدان B_1 را ایجاد کرده و I_2 به عنوان میهمان در میدان B_1 قرار دارد و به آن نیروی F وارد می‌شود.

$$F = B_1 I_2 \ell \sin 90^\circ \Rightarrow F \propto \frac{I_1 I_2}{r} \ell$$

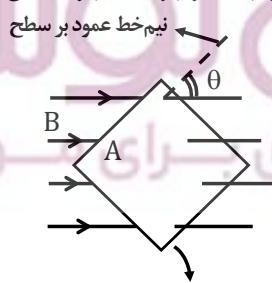
$$B_1 \propto \frac{I_1}{r}$$

اگر سیم‌ها جریان هم‌سو داشته باشند، نیروی بین آنها جاذبه و اگر جریان ناهم‌سو داشته باشند، نیروی بین آنها دافعه خواهد بود.



شار مغناطیسی:

خطوط میدان مغناطیسی عبوری از یک سطح (مانند پیچه یا سیم‌پیچ) را شار مغناطیسی می‌گویند. هرچه خطوط عبوری از یک سطح بیشتر باشد، شار مغناطیسی بیشتر بوده و برعکس.



$$\phi = AB \cos \theta$$

(Wb)

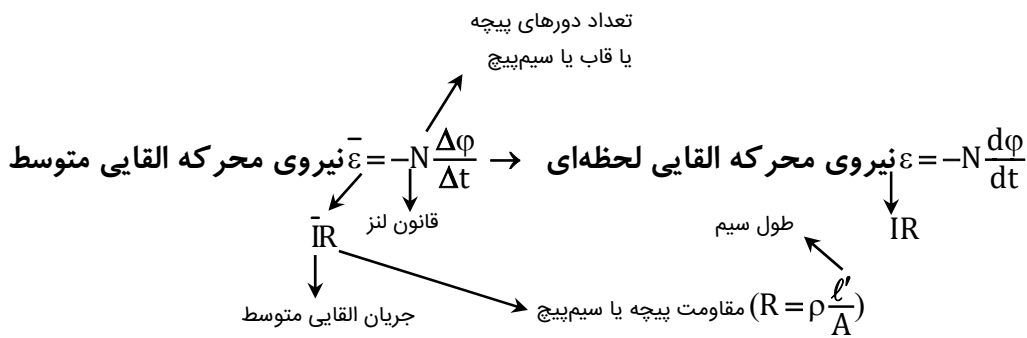
زاویه بین خطوط میدان و نیم‌خط عمود بر سطح

قاب مستطیل شکل (پیچهای که سطح مقطع آن به جای دایره، مستطیل است).

$$\text{If } \begin{cases} \theta = 0^\circ \\ \theta = \pi \end{cases} \Rightarrow \text{خطوط میدان عمود بر سطح قاب} \Rightarrow \phi_{\max} = \pm AB$$

$$\text{If } \theta = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \text{خطوط میدان موازی سطح قاب} \Rightarrow \phi = 0$$

و خطوط موازی قاب و عمود بر نیم‌خط قائم می‌باشند.



$$\phi - t \text{ شیب نمودار} = \frac{d\phi}{dt} = -\frac{\varepsilon}{N}$$

$$\varepsilon - t \text{ سطح زیر نمودار} = -N \Delta\phi$$

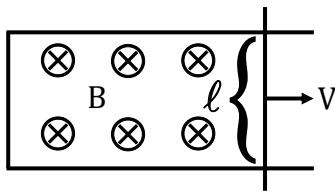
$$I - t \text{ سطح زیر نمودار} = -\frac{N}{R} \Delta\phi$$

دینام یا مولد جریان متناوب:

برای تولید جریان القایی I در یک پیچه یا سیمپیچ، باید شار مغناطیسی عبوری از آن تغییر نماید. برای تغییر شار مغناطیسی، باید مساحت مقطع آن‌ها (A) یا میدان مغناطیسی (B) و یا زاویه θ تغییر کند. در دینام با چرخیدن یک پیچه یا قاب در داخل یک میدان مغناطیسی، زاویه θ و در نتیجه شار مغناطیسی تغییر نموده و نیرو محرکه و بنابراین جریان القایی بوجود می‌آید. اتفاقاتی که در یک دور چرخش پیچه می‌افتد، عیناً در دوره‌های بعدی تکرار می‌شوند یعنی این جریان، متناوب (سینوسی یا کسینوسی) خواهد بود.



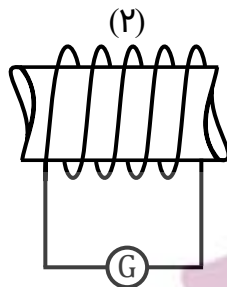
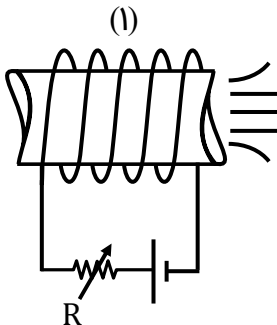
$$I = I_{\max} \sin(\omega t) \text{ جریان القایی متناوب}$$



$$\varepsilon = BV\ell$$

$\downarrow$ $\downarrow$ $\swarrow$
 IR سرعت طول
 میله میله

القای متقابل:

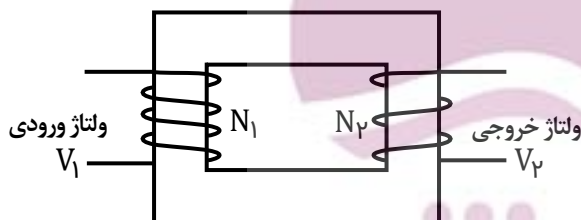


در شکل زیر، با تغییر مقاومت رئوستا، جریان عبوری از سیم‌پیچ (۱) تغییر می‌کند و بنابراین میدان سیم‌پیچ (۱) و شاری که سیم‌پیچ (۱) از سطح مقطع سیم‌پیچ (۲) عبور می‌دهد نیز تغییر می‌کنند ($\phi \propto B \propto I$). در اثر تغییر شار عبوری در سیم‌پیچ (۲)، نیرو محرکه و جریان القا شده و بنابراین گالوانومتر جریان را نشان خواهد داد. به عنوان

تمرین یکبار مقاومت رئوستا را افزایش و بار دیگر کاهش دهید و جهت جریان القایی در سیم‌پیچ (۲) را تعیین نمایید.

مبدل یا ترانسفورماتور:

برای تبدیل ولتاژهای بالا به ولتاژهای پایین (مانند آداپتور) و برعکس از ترانسفورماتور استفاده می‌کنیم و دو نوع کاهنده و افزایشنده دارد.



$$V \propto N \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

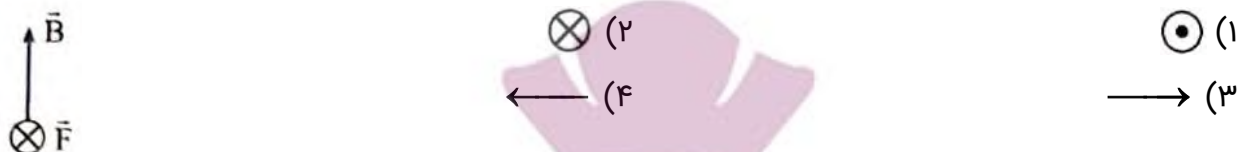
ایران تونش

توشه ای برای موفقیت

۱- بار الکتریکی q با سرعت $\vec{v}$ وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت که اندازه‌ی آن B است می‌شود و از طرف میدان نیروی $\vec{F}$ بر آن وارد می‌شود. کدام یک از موارد زیر درباره‌ی بردارهای $\vec{F}$ ، $\vec{v}$ و $\vec{B}$ درست است؟

- (۱) $\vec{v}$ همواره بر دو بردار $\vec{F}$ و $\vec{B}$ عمود است. (۲) $\vec{B}$ همواره بر دو بردار $\vec{v}$ و $\vec{F}$ عمود است.
(۳) $\vec{F}$ همواره بر دو بردار $\vec{v}$ و $\vec{B}$ عمود است. (۴) $\vec{F}$ ، $\vec{v}$ و $\vec{B}$ همواره دوه‌دو بر یکدیگر عمودند.

۲- الکترونی با سرعت $\vec{v}$ در یک میدان مغناطیسی یکنواخت عمود بر میدان در حرکت است. اگر شکل روبه‌رو نشان‌دهنده‌ی جهت میدان ($\vec{B}$) و جهت نیروی وارد بر الکترون ($\vec{F}$) باشد، جهت $\vec{v}$ کدام است؟



۳- در شکل روبه‌رو الکترونی با سرعت $\vec{v}$ در مسیری عمود بر میدان مغناطیسی در حرکت است. نیروی الکترومغناطیسی وارد بر الکترون در یک لحظه نشان داده شده است. از آن لحظه، قسمتی از مسیر حرکت الکترون در میدان کدام است؟



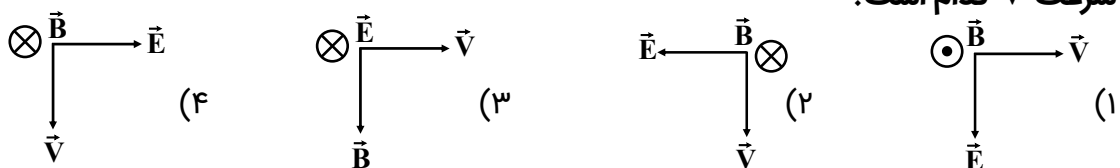
۴- در مکانی که میدان مغناطیسی یکنواخت 0.4 T برقرار است، ذره‌ای با بار الکتریکی $-50\mu\text{C}$ با سرعت $200\frac{\text{m}}{\text{s}}$ به سمت مغرب در حرکت است. اگر خطوط میدان مغناطیسی افقی و جهت میدان به سمت شمال باشد، نیروی الکترومغناطیسی وارد بر ذره چند نیوتن و به کدام جهت است؟

- (۱) 2×10^{-3} ، شمال (۲) 2×10^{-3} ، جنوب (۳) 4×10^{-4} ، بالا (۴) 4×10^{-4} ، پایین

۵- پروتونی تحت زاویه‌ی 90° نسبت به یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی 20 mT حرکت می‌کند و نیروی الکترومغناطیسی $1/28 \times 10^{-16}\text{ N}$ به آن وارد می‌شود. انرژی جنبشی پروتون چند الکترون ولت است؟ (جرم پروتون $1/7 \times 10^{-27}\text{ kg}$ و الکترون ولت (eV) یکای انرژی و برابر $1/6 \times 10^{-19}$ است.)

- (۱) $2/5$ (۲) 5 (۳) $8/5$ (۴) 17

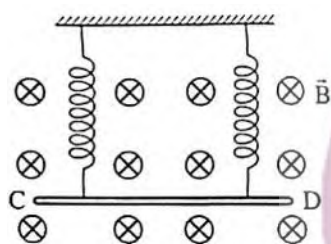
- ۶- یک دسته الکترون در فضایی که میدان‌های الکتریکی ($\vec{E}$) و مغناطیسی ($\vec{B}$) وجود دارد، با سرعت $\vec{v}$ حرکت می‌کنند. اگر الکترون‌ها مسیر مستقیم حرکت خود را حفظ کنند، وضعیت میدان‌های $\vec{E}$ ، $\vec{B}$ و سرعت $\vec{v}$ کدام است؟



- ۷- بردار میدان مغناطیسی یکنواختی در SI به صورت $\vec{B} = 0.6\vec{i} + 0.8\vec{j}$ است. از سیم راستی جریان 5.0 آمپر در جهت $\vec{j}$ می‌گذرد. نیروی مغناطیسی وارد بر 20 cm از این سیم که در این میدان قرار دارد، چند نیوتن است و اگر بردارهای $\vec{i}$ و $\vec{j}$ در این صفحه به صورت شکل زیر باشد، جهت این نیرو کدام است؟

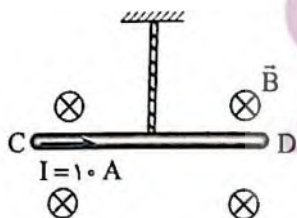


- ۸- مطابق شکل روبه‌رو، میله‌ی CD به جرم 160 گرم و طول 80 سانتی‌متر به دو فنر مشابه آویخته شده و در یک میدان مغناطیسی یکنواخت که اندازه‌ی آن 0.4 تسلا است به صورت افقی قرار دارد. از میله جریان چند آمپر و در چه جهتی عبور عبور کند تا از طرف میله بر فنرها نیرویی وارد نشود؟ ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$)



- (۱) ۵ و از C به طرف D
(۲) ۵ و از D به طرف C
(۳) ۲ و از C به طرف D
(۴) ۲ و از D به طرف C

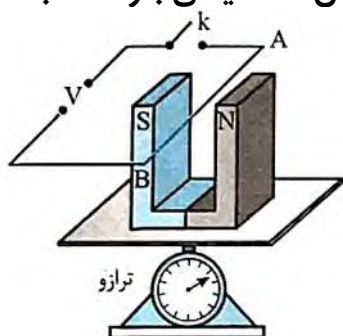
- ۹- مطابق شکل روبه‌رو، میله‌ی رسانای CD به طول 20 cm به طور افقی در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ به بزرگی 0.2 T از نخ سبکی آویخته شده در حال تعادل قرار دارد و جریان الکتریکی 10 A از C به D از آن می‌گذرد. اگر بدون تغییر در اندازه، جهت میدان مغناطیسی $\vec{B}$ قرینه شود، اندازه‌ی نیروی کشش نخ (کانون فرهنگی آموزش ۹۷)



- (۱) 0.8 نیوتن افزایش می‌یابد.
(۲) تغییر نمی‌کند.
(۳) 0.4 نیوتن افزایش می‌یابد.
(۴) 0.8 نیوتن کاهش می‌یابد.

۱۰- در شکل روبه‌رو، سیم افقی AB در میدان مغناطیسی بین دو قطب آهنربا معلق است و قبل از بستن کلید k ترازو عدد ۱۰N را نشان می‌دهد. وقتی کلید k بسته شود، از سیم جریان ۲۰A می‌گذرد و ترازو عدد ۸N را نشان می‌دهد. اگر طول سیم AB برابر ۱۰cm باشد، اندازه‌ی میدان مغناطیسی بر حسب

تسلا و جهت جریان در سیم کدام است؟



(۱) ۰/۰۱، از A به B

(۲) ۱، از B به A

(۳) ۱، از A به B

(۴) ۰/۰۱، از B به A

۱۱- سه سیم حامل جریان‌های برابر، در سه رأس یک مثلث متساوی‌الاضلاع قرار دارند. اگر یک عقربه‌ی مغناطیسی در نقطه‌ی O وسط ضلع BC قرار دهیم، کدام گزینه جهت عقربه را به درستی نشان

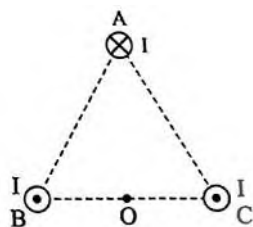
می‌دهد؟

(۱) ↖

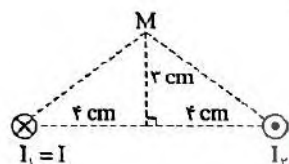
(۲) ←

(۳) ↓

(۴) →

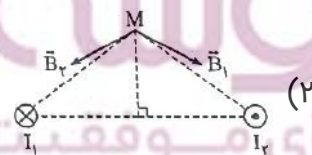


۱۲- دو سیم موازی بسیار بلند، حامل جریان I، مطابق شکل روبه‌رو عمود بر صفحه قرار دارند. بردار میدان مغناطیسی هر یک از دو سیم در نقطه M در کدام شکل درست است؟

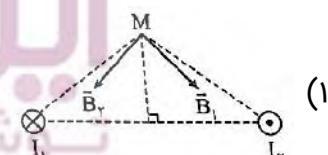


ایران تونل

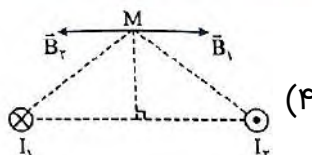
گروه ای برای موفقیت



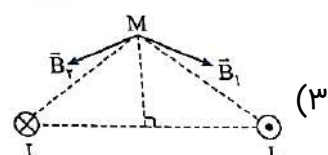
(۲)



(۱)

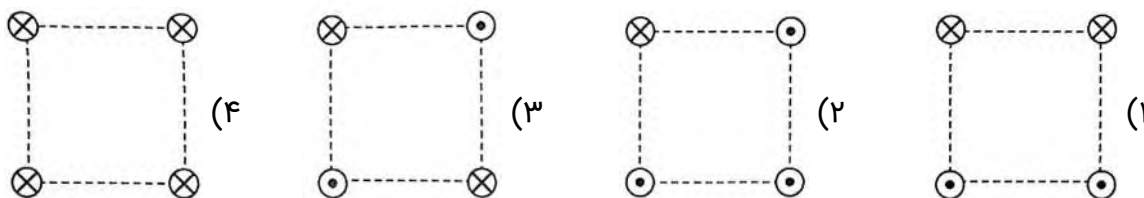


(۴)



(۳)

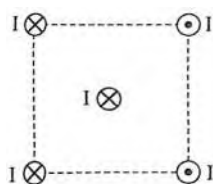
۱۳- شکل‌های روبه‌رو، چهار آرایش را نشان می‌دهد که در آن سیم‌های موازی حامل جریان I در گوشه‌های مربع‌های مشابه قرار گرفته‌اند و سیم‌ها بلند و همگی عمود بر صفحه‌اند. در کدام شکل بزرگی میدان مغناطیسی برآیند در مرکز مربع بیشترین مقدار را دارد؟



۱۴- از دو سیم بلند و موازی d_1 و d_2 ، جریان‌های الکتریکی I_1 و I_2 می‌گذرد. اگر جریان I_1 دو برابر جریان I_2 باشد، نیرویی که سیم d_1 بر یک متر از سیم d_2 وارد می‌کند، چند برابر نیرویی است که سیم d_2 بر یک متر از سیم d_1 وارد می‌کند؟

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) $\sqrt{2}$ (۴) $\frac{1}{2}$

۱۵- چهار سیم راست و بلند، حامل جریان‌های مساوی و جهت‌های نشان داده شده، مطابق شکل در رأس‌های یک مربع قرار دارند. نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریانی که از مرکز مربع می‌گذرد، در کدام جهت است؟



- (۱) ← (۲) →
(۳) ↓ (۴) ↑

* ۱۶- با سیم روکش‌داری به طول 100 m ، پیچ‌های مسطح دایره‌ای شکل به شعاع R ساخته‌ایم، R چند سانتی‌متر باشد تا اگر جریان $I = 10\text{ A}$ از پیچه عبور دهیم، میدان مغناطیسی در مرکز آن $2/5 \times 10^{-3}\text{ T}$ باشد؟

$$(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}})$$

- (۱) ۲۰ (۲) $20\sqrt{2}$ (۳) ۴۰ (۴) $40\sqrt{2}$

* ۱۷- دو حلقه‌ی هم‌مرکز به شعاع‌های 10 cm و 5 cm که در هر یک از جریان‌های 5 A جاری است، عمود بر هم قرار دارند. بزرگی میدان مغناطیسی حاصل در مرکز حلقه‌ها چند تسلا است؟

$$(\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}})$$

- (۱) 3×10^{-6} (۲) $3\sqrt{3} \times 10^{-6}$ (۳) $3\sqrt{5} \times 10^{-6}$ (۴) 9×10^{-6}

با لبخند و انرژی مثبت آغاز نمایید تا نتیجه بهتری بگیریم و جذبتون بشه! آفرینش با حرکت آغاز شد، پس هی نگید حرکت به چه دردی می‌خوره، تمام زندگیتون با حرکت عجین شده، البته در این فصل حرکت‌های ساده‌ای رو با هم بررسی می‌کنیم. مهم‌ترین کمیات فیزیکی در حرکت (سینماتیک) عبارت‌اند از:

۱) مکان ($\vec{x}$) با واحد m ، کمیت برداری بوده و مبدأ مکان را به متحرک وصل می‌کند و کمیات زیر نتایج آن است:

تغییر مکان ($\Delta \vec{x}$) که به آن جابه‌جایی ($\vec{d}$) نیز گفته می‌شود و فاصله ابتدا تا انتهای حرکت می‌باشد. مسافت پیموده‌شده (ℓ) که در صورتی که جسم تغییر جهت ندهد با بزرگی جابه‌جایی برابر است (البته در حرکت بر روی خط راست) و در صورت تغییر جهت، باید بزرگی جابه‌جایی‌های قبل و بعد از تغییر جهت را با هم جمع نماییم.

۲) سرعت ($\vec{V}$) با واحد $\frac{m}{s}$ ، کمیت برداری بوده و نتیجه آن، تندی (S) می‌باشد که یک کمیت نرده‌ای است. تعریف سرعت براساس جابه‌جایی ($\vec{d}$) است در حالی که تعریف تندی براساس مسافت پیموده‌شده می‌باشد.

$$\begin{aligned} \text{مسافت} \rightarrow \bar{S} = \frac{\ell}{\Delta t} \quad (\text{نرده‌ای و مثبت}) \quad & \text{بردار جابه‌جایی} \rightarrow \bar{V} = \frac{\vec{d}}{\Delta t} \quad (\text{بردار سرعت متوسط (برداری)}) \\ (S_{av}) \quad & (\bar{V}_{av}) \end{aligned}$$

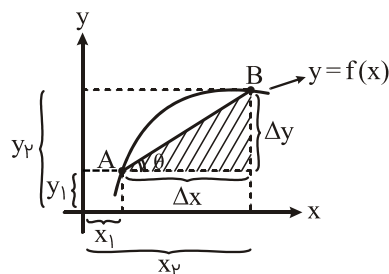
۳) شتاب ($\vec{a}$) با واحد $\frac{m}{s^2}$ که کمیت برداری است.

$$\bar{a} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} \quad \text{بردار شتاب متوسط}$$

تذکر: حاصل ضرب یک عدد (مانند $\frac{1}{\Delta t}$) در یک بردار (مانند $\Delta \vec{V}$) یک بردار می‌باشد ($\vec{a}$) که این بردارها هم‌راستا (موازی) خواهند بود. بسته به علامت آن عدد، یا هم‌سواند و یا ناهم‌سو.

خارج کتاب ولی بسیار مفید: اگر از روابط بالا حد گرفته و Δt را به سمت صفر میل دهیم، تبدیل به مشتق شده و به جای متوسط در بازه زمانی Δt ، می‌توان مفاهیم لحظه‌ای را در لحظه t تعیین نمود. به همین دلیل توصیه می‌کنم که یک ساعت از وقتتون رو از فضای مجازی و چک کردن اینستاگرام (که من بهش می‌گم هیپنوستاگرام، چون هیپنوتیزمتون می‌کنه) کم کنید و به کم مشتق و انتگرال یاد بگیرید که سوالات رو سریع‌تر و راحت‌تر و مفهومی‌تر حل کنید مضاف بر این‌که سال دیگه تو دانشگاه به هر حال باید یاد بگیرید، مگر این‌که نخواهید دانشگاه برید!

یادداشت ریاضی و ترکیبی پرر با فیزیک:

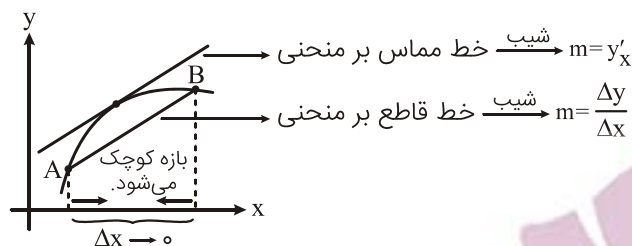


تابع دلخواه $y = f(x)$ در دستگاه دکارتی رسم شده است. برای تعیین شیب پاره خط قاطع AB ، می‌توان از تانژانت در مثلث قائم‌الزاویه استفاده کرد:

$$m_{AB} = \tan \theta = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

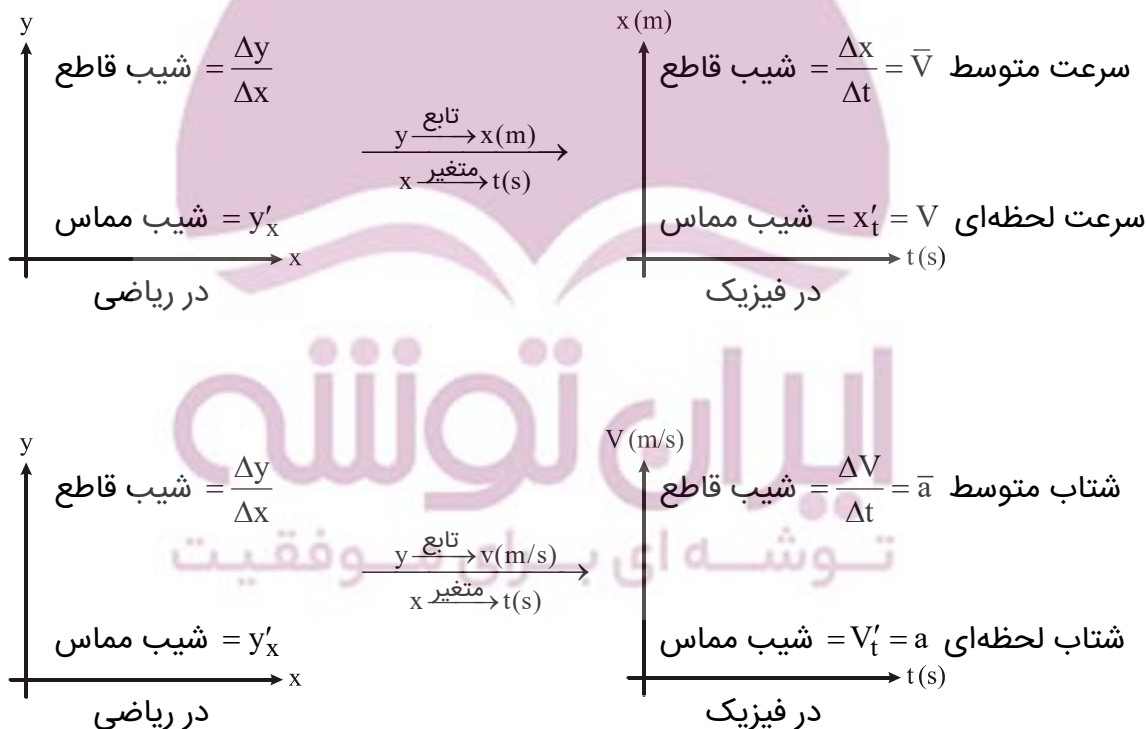
حال اگر از $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ حد گرفته و Δx را به صفر میل دهیم، پاره خط قاطع AB آروم آروم به خط مماس بر منحنی تابع تبدیل می‌شود و از این به بعد به این عملیات، مشتق یا دیفرانسیل می‌گوییم و آن را با $\frac{dy}{dx}$ یا y'_x یا به اختصار y' نمایش می‌دهیم؛ که مهم‌ترین کاربرد آن تعیین شیب خط مماس بر منحنی می‌باشد.

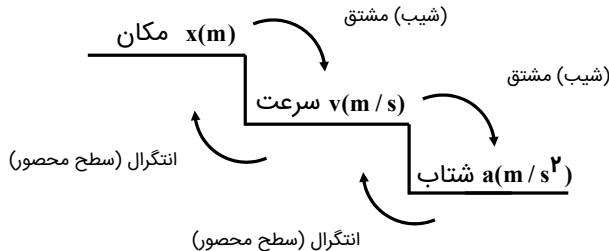
$$\text{مشتق تابع } y \text{ نسبت به } x = \frac{dy}{dx} = y'_x = y' = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x}$$



برای تعیین مشتق یک تابع، به جای حد گرفتن، روابطی ساخته شده که همه دنیا از اون‌ها استفاده می‌کنند که به دردخورهایش در فیزیک رو جلوتر براتون می‌گم.

در فیزیک به جای تابع y و متغیر x کمیات فیزیکی قرار می‌گیرند که البته در مبحث حرکت معمولاً به جای متغیر x ، زمان (t) قرار گرفته و به جای تابع y ، کمیات مکان (x) ، سرعت (V) و شتاب (a) قرار می‌گیرند.





مشتق اول ← شیب خط مماس بر منحنی (به اختصار شیب)

مشتق دوم ← تقعر یا گودی منحنی

انتگرال ← سطح محصور (سطح زیر) نمودار (فقط در مورد سطح زیر یک علامت Δ به معنی تغییرات اضافه کنید که دلیل ریاضی دارد).

بنابراین: شیب نمودار $x-t$ برابر است با

شیب نمودار $v-t$ برابر است با

گودی نمودار $x-t$ برابر است با

سطح زیر نمودار $a-t$ برابر است با

سطح زیر نمودار $v-t$ برابر است با

روابط به درد بخور مشتق در کنکور فیزیک:

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

انتگرال

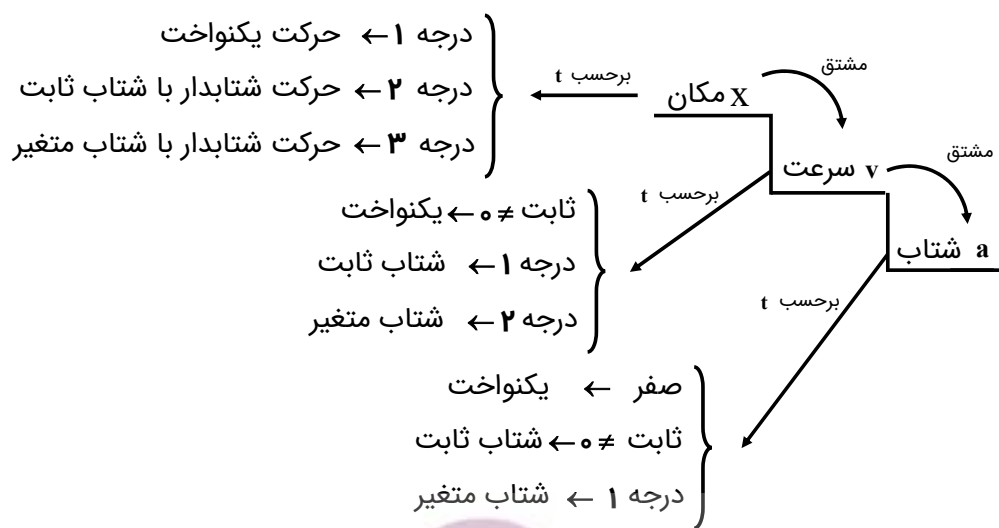
$$y = \sin(ax + b) \xrightarrow{\text{مشتق}} y' = a \cos(ax + b)$$

$$y = \cos(ax + b) \xrightarrow{\text{مشتق}} y' = -a \sin(ax + b)$$

$$y = 5x^3 + 4x^2 - 6x + 3 \xrightarrow{\text{مشتق}} y' = ?$$

$$y = \sin\left(2\pi x + \frac{\pi}{2}\right) \xrightarrow{\text{مشتق}} y' = ?$$

تمرین: مشتق بگیرید:



به عنوان مثال: در حرکت شتابدار با شتاب ثابت که همیشه در کنکور مورد سؤال قرار می‌گیرد، مکان از درجه ۲ بوده و سرعت از درجه ۱ و شتاب ثابت می‌باشد.

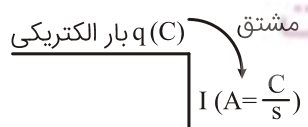
مفاهیم: با درک درست مفهوم مشتق، خیلی از مفاهیم فیزیکی را به درستی درک خواهید کرد بدین ترتیب که:

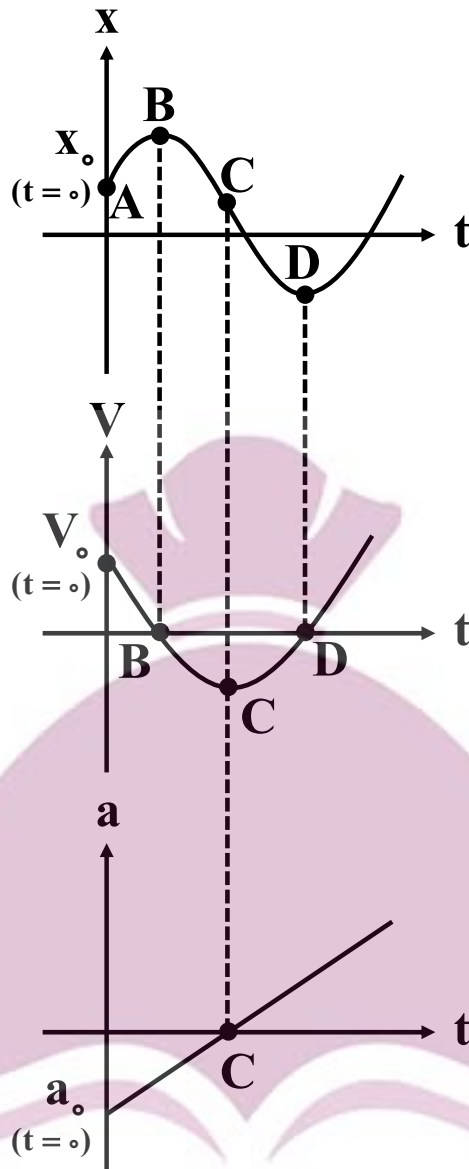
پس از مشتق‌گیری از یک کمیت نسبت به زمان (مثلاً v)، کمیت جدیدی به دست می‌آید (a) که این کمیت جدید از نظر مفهومی، تغییرات کمیت قبلی را در واحد زمان نشان می‌دهد.



پس وقتی شتاب متحرکی $a = 2 \frac{m}{s^2}$ است یعنی، سرعت متحرک با گذشت هر یک ثانیه، ۲ واحد تغییر می‌کند، یا افزایش می‌یابد (تندشونده) و یا کاهش (کندشونده).

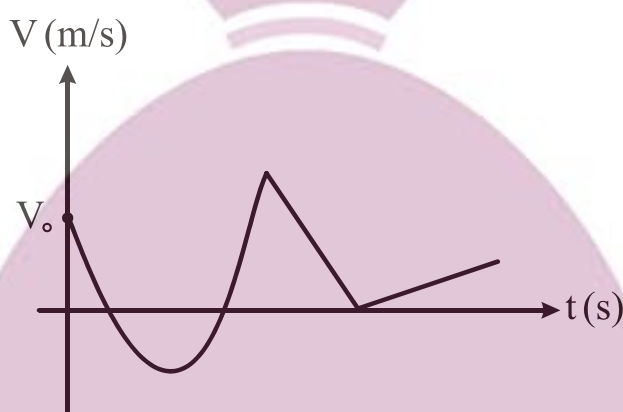
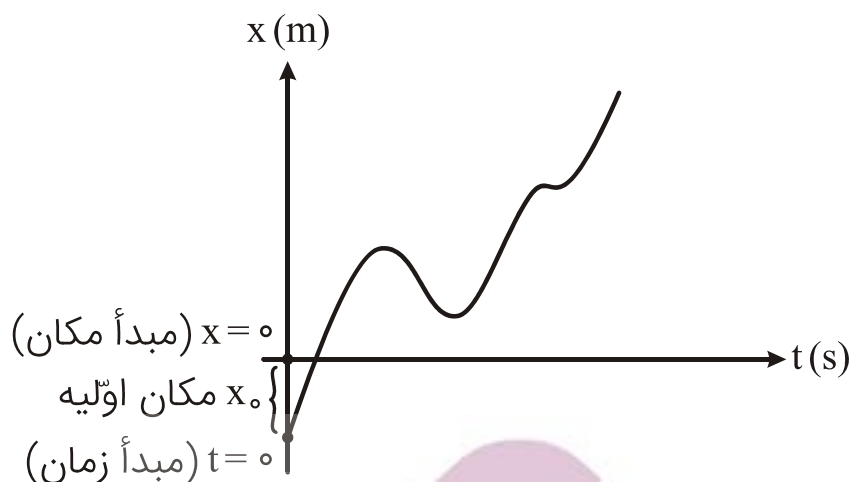
تمرین: مشتق بار الکتریکی برابر شدت جریان الکتریکی است، مفهوم جریان الکتریکی





ایران توننه
توشه ای برای رونقیت

$\begin{cases} a \cdot v > 0 \\ v \uparrow \text{ تندشونده} \\ \vec{v} \text{ و } \vec{a} \text{ همسواند} \end{cases}$	$\begin{cases} a \cdot v < 0 \\ v \downarrow \text{ کندشونده} \\ \vec{v} \text{ و } \vec{a} \text{ ناهمسواند} \end{cases}$
--	--



روش حل سؤالات حرکت شناسی:

روش اول (نیوتون): در این روش از مشتق و انتگرال و کاربردهای آنها (شیب، گودی و سطح زیر نمودار) استفاده می‌کنیم.

روش دوم (تشابه به سبک میرحسینی): در این روش از تشابه مثلث‌های متشابه و مقایسه آنها استفاده می‌کنیم که برای این منظور شما باید دو مثلث قائم‌الزاویه داخل هم (توهم) یا متقابل (سر به سر) را در نظر گرفته و از نسبت تشابه آنها مجهولات را بدست آورید. قاعده، ارتفاع و مساحت این مثلث‌ها بسیار مهم است و سایر اجزای مثلث‌ها کاربرد چندانی ندارند.

روش سوم (گاليله): در این روش از فرمول‌ها و روابط حرکت شتابدار با شتاب ثابت استفاده می‌کنیم. این روش قدیمی‌ترین روش حل سؤالات حرکت در کنکور می‌باشد و برخلاف اشتباه بسیاری از بچه‌ها، این روش مفهومی نبوده و بیشتر تشریحی و فرمولی است. بنابراین تا جایی که ممکن است از این روش استفاده نکنید مگر اینکه چاره‌ای نداشته باشید.

روابط روش گالیه به صورت زیر می باشد:

حرکت یکنواخت:

$$x = vt + x_0 \Rightarrow \Delta x = vt$$

$v = \text{ثابت}$

$$a = 0$$

حرکت شتابدار با شتاب ثابت:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t & \text{مستقل از سرعت} \\ V = at + V_0 & \text{مستقل از جابه جایی} \\ V^2 - V_0^2 = 2a\Delta x & \text{مستقل از زمان} \\ \Delta x = \left(\frac{V + V_0}{2}\right)t & \text{مستقل از شتاب} \\ \Delta x = -\frac{1}{2}at^2 + vt & \text{مستقل از سرعت اولیه} \end{array} \right.$$

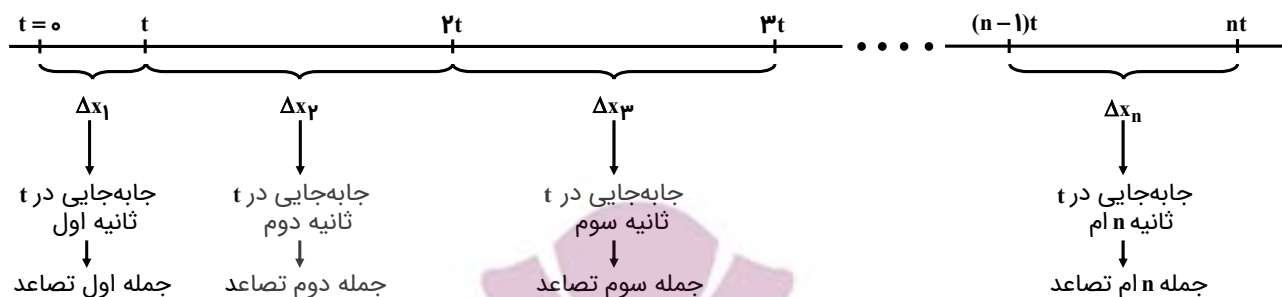
روابط فوق را بین هر دو نقطه دلخواه که شتاب ثابت بوده و حداقل ۳ معلوم وجود داشته باشد می توان استفاده نمود. فقط هنگام استفاده از این روش، به جای اینکه ببینید چی داریم، باید ببینید چی رو نداریم و نمی خواهیم! و مستقل از اون کمیت رو استفاده نمایید. مثلاً اگر از سرعت اولیه هیچ صحبتی نشده باید از رابطه آخر (مستقل از V_0) استفاده کنید.

پس از انتخاب رابطه مورد نظرتون در یک بازه دلخواه با شتاب ثابت، سرعت در ابتدای بازه رو به عنوان V_0 ، سرعت در انتهای بازه رو به عنوان V و طول زمانی بازه رو به عنوان t در نظر بگیرید.

ایران تولد
توشه ای برای موفقیت

همچنین در حرکت با شتاب ثابت a ، اگر مسیر حرکت متحرک رو به قسمت‌های زمانی مساوی t ، تقسیم‌بندی نمایید، آنگاه جابه‌جایی‌های طی شده در این بازه‌های زمانی مساوی t ، جملات یک تصاعد حسابی با قدرنسبت at^2 خواهند بود.

می‌دانید که برای تعیین جملات یک تصاعد حسابی، فقط جمله اول تصاعد و قدرنسبت آن کافی بوده و در صورت لزوم از جمله n ام تصاعد حسابی و همچنین واسطه حسابی نیز استفاده نمایید.



$$\Delta x_2 = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_3}{2} \text{ واسطه حسابی}$$

جمله اول تصاعد (جابه‌جایی در t ثانیه اول) را با استفاده از روابط گالیله (مثلاً مستقل از سرعت) بدست آورده و سپس به کمک جمله n ام تصاعد حسابی، جابه‌جایی در t ثانیه n ام را بدست آورید:

$$a_n = a_1 + (n-1)d \quad \text{ریاضی: } \begin{array}{l} \text{قدرنسبت} \\ \text{جمله اول} \\ \text{جمله } n\text{ام} \end{array}$$

$$\Delta x_n = \Delta x_1 + (n-1)at^2 \quad \text{فیزیک: } \begin{array}{l} \text{جابه‌جایی در } t \text{ ثانیه } n\text{ام} \\ \text{قدرنسبت} \\ \frac{1}{2}at^2 + V_0t \end{array}$$

چند نکته:

(۱) برای تعیین سرعت دو متحرک مستقل نسبت به هم دیگر از تفاضل برداری استفاده می‌کنیم (مانند دو اتومبیل یا دو قطار) و این بدین معنی است که یکی از دو متحرک را ساکن فرض کرده و سرعت آن را به متحرک دیگر واگذار نماییم. همچنین برای تعیین جابه‌جایی نسبی و شتاب نسبی نیز از تفاضل برداری استفاده می‌کنیم. هنگام استفاده از حرکت نسبی علامت‌ها را در نظر نمی‌گیریم (چرا؟) شرط استفاده از حرکت نسبی این است که دو متحرک هم‌زمان شروع به حرکت کرده باشند. اگر دو متحرک هم‌زمان شروع به حرکت نکنند، می‌توان آن‌ها را هم‌زمان کرده و سپس از حرکت نسبی استفاده کرد.

(۲) اگر متحرکی هم‌زمان دارای چندین سرعت باشد، برای تعیین سرعت نهایی آن نسبت به ناظر ساکن باید بین سرعت‌ها برآیند بگیریم. در این حالت متحرک داخل و یا بر روی متحرکی دیگر حرکت می‌کند؛ مانند مسافر و قطار، قایق و آب رودخانه، ورزشکار و تردمیل و ...

(۱) حرکت یکنواخت (ثابت V) ← رابطه $\Delta x = vt$

(۲) دو متحرک یکنواخت ←

- مستقل مانند ← دو اتومبیل یا قطار و ... → روش حل → تفاضل برداری ← { ناهمسو ← جمع
همسو ← کم
- وابسته مانند ← مسافر و قطار، آب رودخانه و → روش حل → جمع برداری ← { ناهمسو ← کم
همسو ← جمع (برآیند)

(۳) حرکت شتاب ثابت ($a = \text{ثابت}$) ←

- یک متحرک ← { معادله ← نیوتون
نمودار ← نیوتون- تشابه- گالیله (به ترتیب اولویت)
صورت فارسی ← گالیله و یا اینکه نمودار آنرا رسم کنید.
- دو متحرک ← { مسابقه بدهند (هر دو از یک نقطه، همزمان) ← نمودار $v-t$ و
میرحسینی
مسابقه ندهند ← گالیله

(۴) حرکت شتاب متغیر (ثابت $a \neq$) ← یک متحرک ← { معادله ← نیوتون
نمودار ← نیوتون

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

قوانین نیوتون:

قانون اول:

تعریف اول (استاتیک): هرگاه برآیند نیروهای وارد بر جسمی (ΣF یا F_{net}) برابر صفر باشد، آنگاه جسم یا ساکن است و یا حرکت یکنواخت دارد.

$$\boxed{\Sigma F = 0} \Rightarrow a = 0 \Rightarrow \begin{cases} \text{سکون} \\ \text{حرکت یکنواخت} \end{cases}$$

تعریف دوم (اینرسی یا لختی): اجسام مایلند به حالت قبلی خود باقی بمانند، اگر ساکن‌اند، ساکن باقی بمانند و اگر در حال حرکت یکنواخت هستند، به این حرکت ادامه دهند.

از تعریف اول برای سؤالات حل کردنی (محاسباتی) و از تعریف دوم برای سؤالات بدون روش حل (مفهومی) استفاده نمایید.

قانون دوم:

اگر برآیند نیروهای وارد بر جسمی برابر صفر نباشند، آنگاه این برآیند نیروها به جسم، شتاب a می‌دهند که این شتاب با برآیند نیروها متناسب است.

$$\boxed{\Sigma F = ma}$$

قانون سوم نیوتون:

برای هر کنشی (عمل)، واکنشی (عکس‌العمل) است مساوی با آن ولی در خلاف جهت آن. این قانون زمانی مطرح است که دو جسم در مجاورت همدیگر در حال مبادله نیرو باشند. نکته بسیار مهم در قانون سوم این است که نیروهای عمل و عکس‌العمل به دو جسم مختلف وارد می‌شوند و نمی‌توان بین آنها برآیند گرفت (چرا؟)

(چون برآیند نیروها برای یک جسم مطرح می‌شود و نمی‌توان بین نیروهای وارد بر چند جسم مختلف برآیند گرفت)

قانون گرانش نیوتون: (مختص رشته ریاضی و توصیه شده به رشته تجربی)

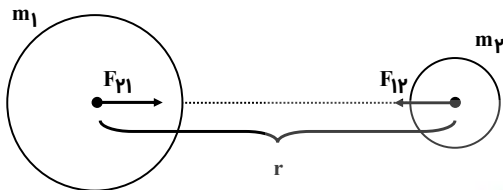
هنگامی که دو جسم در مجاورت همدیگر قرار می‌گیرند، به هم نیرو وارد می‌کنند. رابطه این نیرو که بسیار شبیه قانون کولن است (در واقع قانون کولن، شبیه قانون گرانش است) به صورت زیر می‌باشد:

ثابت نیوتون (بسیار کوچک)

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

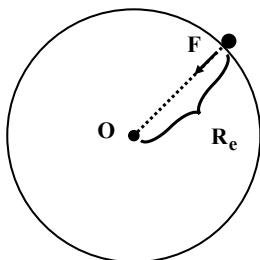
(ثابت کولن)

$$F = \frac{Kq_1q_2}{r^2}$$



نیروی F_{12} توسط m_1 به m_2 وارد می‌شود پس این نیرو برای m_2 است (نیرو به هر جسمی وارد شود مربوط به آن است و عامل وارد کننده نیرو مهم نیست)، عکس العمل آن F_{21} بوده که توسط m_2 به m_1 وارد می‌شود و برای m_1 است. این دونیرو بنابه قانون سوم نیوتون با هم برابر بوده و البته بین آنها نمی‌توان برآیند گرفت (چرا؟)

به قانون گرانش نیوتون و قانون کولن، قوانین عکس مجذور فاصله نیز می‌گویند (چرا؟) (چون در مخرج هر دو قانون مجذور فاصله یعنی r^2 وجود دارد) که با توجه به خیلی کوچک بودن G ، بنابراین قانون گرانش نیوتون فقط برای جرم‌های بزرگ مطرح می‌گردد. حال در شکل بالا، به جای m_1 ، کره زمین و به جای m_2 یک جسم را بر روی سطح زمین در نظر بگیرید. خواهیم داشت:



با توجه به قانون گرانش، نیرویی که کره زمین به جسم وارد می‌کند (و عکس العمل آن) به صورت روبرو می‌باشد. از این به بعد به جای F ، W قرار داده و به آن نیروی وزن می‌گوییم.

$$F = \frac{G(M_e)m}{R_e^2}$$

$$\boxed{F} = \frac{Gm_e}{R_e^2} m$$

$$\Rightarrow \begin{cases} W = mg \\ g = \frac{GM_e}{R_e^2} \end{cases}$$

W

البته این روابط را برای تمامی اجرام کائنات می‌توان استفاده کرد.

تذکر مهم: توجه داشته باشید که منظور از نیروی سطح، برآیند نیروهای عمودی و افقی سطح می‌باشد که با توجه به عمود بودن f و N خواهیم داشت:

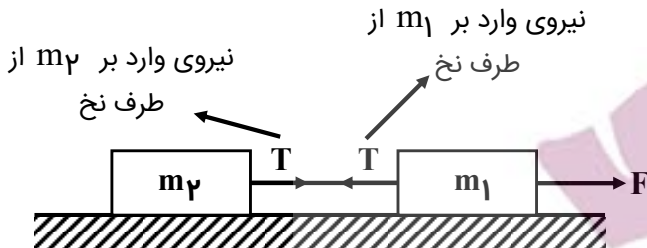
نیروی سطح

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

نیروی عمودی
سطح
(وزن ظاهری)

نیروی افقی
سطح
(اصطکاک)

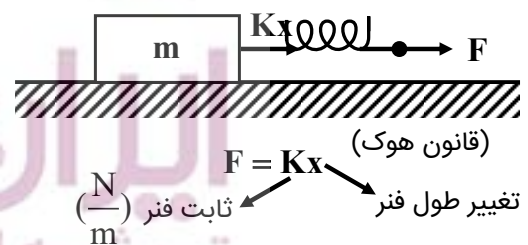
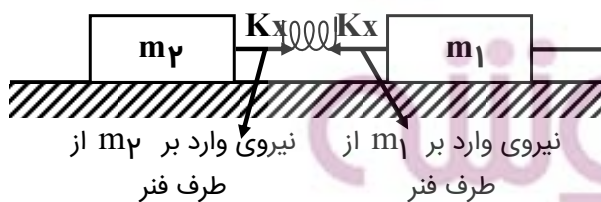
۴) نیروی کشش نخ (T): این نیرو توسط نخ به جسم وارد می‌شود و در دو سر نخ به طرف هم رسم می‌شود.



در واقع وظیفه نخ، انتقال نیرو از یک سر به سر دیگر آن می‌باشد. در سطح شما همواره از جرم نخ صرف‌نظر می‌کنیم و نیروی کشش نخ در تمام طول نخ ثابت فرض می‌شود. اگر فقط در یک سر نخ جسم وجود داشته باشد، آنگاه نیروی وارد بر نخ با نیروی کشش نخ برابر خواهد بود.



۵) نیروی کشش فنر (Kx): این نیرو بسیار شبیه کشش نخ می‌باشد. یعنی از فنر نیز به مانند نخ جهت انتقال نیرو از یک سر به سر دیگر آن استفاده می‌شود با این تفاوت که در هنگام انتقال و عبور نیرو از فنر، طول آن تغییر می‌کند. این نیرو نیز در دو سر فنر و به طرف هم رسم می‌شود.



روش تحلیل تمامی سوالات دینامیک:

قدم اول: رسم نیروها شامل ۵ نیرو (Kx, T, f, N, mg) که به آن دیاگرام آزاد می‌گویند.

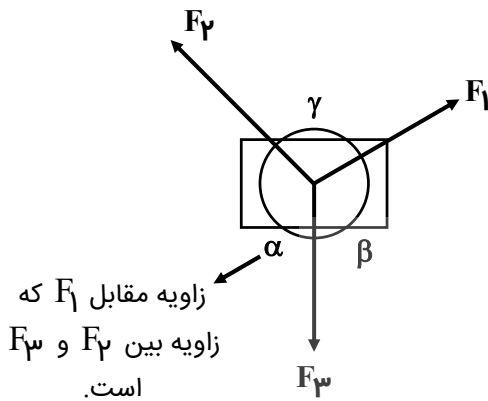
قدم دوم: تجزیه نیروها در راستای حرکت (راستای لغزش جسم) و عمود بر راستای حرکت. (مطالعه آزاد)

قدم سوم: برآیند نیروها را در راستای عمود بر لغزش (حرکت) برابر صفر قرار می‌دهیم (چون در این راستا حرکت نداریم) و به کمک آن N و در نتیجه اصطکاک را بدست می‌آوریم.

قدم چهارم: برآیند نیروها در راستای لغزش را برابر ma قرار داده و شتاب را بدست می‌آوریم.

$$\sum F = ma$$

روش حل به مانند دینامیک است ولی ساده تر، کافی است در قدم چهارم $a = 0$ قرار دهیم. البته اگر تعداد نیروهای وارد بر جسم فقط و فقط ۳ نیرو باشند، بهتر است از قانون سینوس ها در ریاضی (رابطه لامی) استفاده نمایید. (هر نیرو تقسیم بر سینوس زاویه مقابل آن)



تعداد ۳ نیرو $\rightarrow \frac{F_1}{\sin \alpha} = \frac{F_2}{\sin \beta} = \frac{F_3}{\sin \gamma}$ «رابطه لامی»

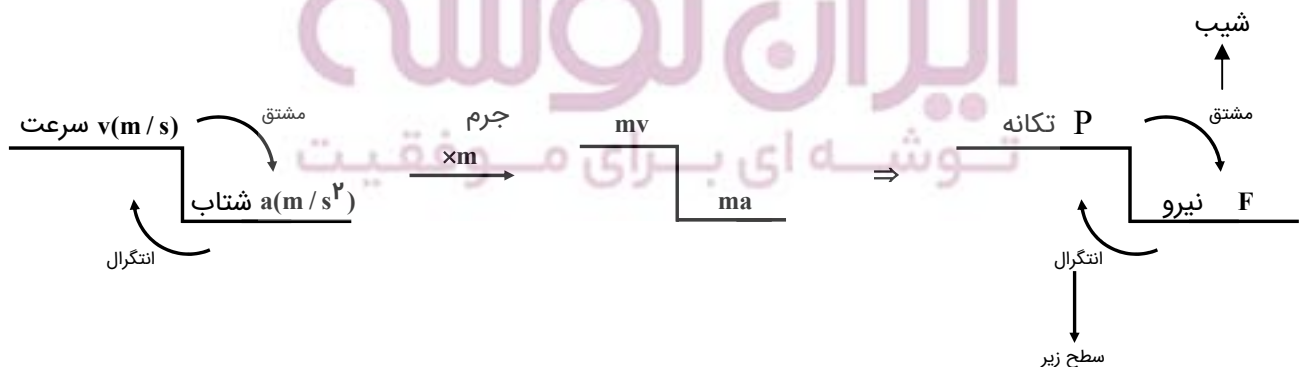
تکانه (اندازه حرکت):

$\vec{P} = m\vec{V}$

تکانه بردار
عدد بردار

$(\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}})$ یا (N.S)

$\Delta \vec{P} = m \Delta \vec{V}$ تغییرات تکانه



شیب نمودار $P - t$ برابر است با

سطح زیر نمودار $F - t$ برابر است با

۲ یا چند نیروی همراستا ← مساوی و ناهم‌سو

استاتیک (تعادل): $\sum F = 0$ ← ۳ نیروی ناهمراستا ← رابطه لابی

بیش از ۳ نیرو ← تجزیه بردارها

دینامیک ← رسم نیروها ← تجزیه ← $\begin{cases} \sum F_y = 0 \\ \sum F_x = ma \end{cases}$ ← عمود بر راستای حرکت
راستای حرکت

تکانه: (مطالعه آزاد)

۱- تکانه ← روابط تکانه (ترجیحاً به صورت برداری)

۲- انرژی جنبشی ← $\begin{cases} P = mV \\ K = \frac{1}{2} mV^2 \end{cases}$

۳- برخورد ← $m\Delta V = F\Delta t$

تذکر: آسانسور (دینامیک در راستای قائم) نیازی به فرمول یا مطلب خاصی نداشته و با مثال براتون توضیح می‌دهم.

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

همونطور که تفریق یک نوع جمع و همچنین تقسیم یک نوع ضربه، کسینوس هم یک نوع سینوسه و به راحتی میشه اونها رو به هم تبدیل کرد:

جمع $5-2 \Rightarrow 5+(-2)$ تفریق

ضرب $5 \div 2 \Rightarrow 5 \times (\frac{1}{2})$ تقسیم

سینوس $\cos \alpha \Rightarrow \sin(\alpha + \frac{\pi}{2})$ کسینوس

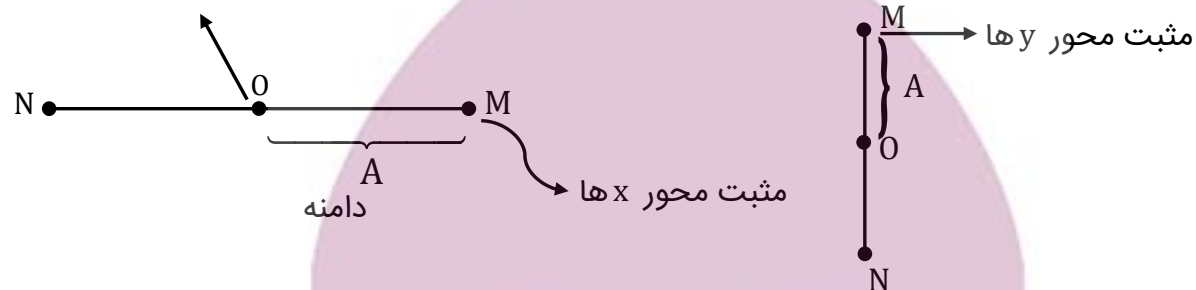
بنابراین، ابتدا به کمان مقابل $\cos$ ، $\frac{\pi}{2}$ اضافه کنید تا تبدیل به $\sin$ بشه. البته برای تبدیل $\cos$ به $\sin$ روشهای دیگه‌ای هم وجود داره که در فیزیک این روش بهترین.

$$\cos \xrightarrow{+\frac{\pi}{2}} \sin$$

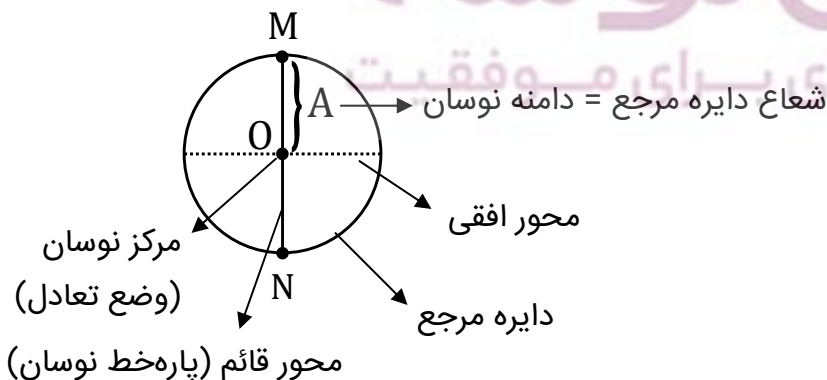
$$\cos \alpha \quad \sin(\alpha + \frac{\pi}{2})$$

کار دیگه‌ای که باید بکنید اینه که، حرکت نوسانی را به جای اینکه روی محور x ها در نظر بگیرید، اون رو روی محور y ها در نظر بگیرید:

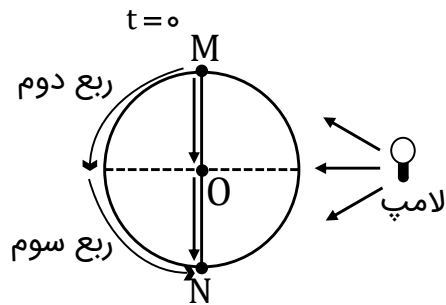
مرکز نوسان (وضع تعادل)



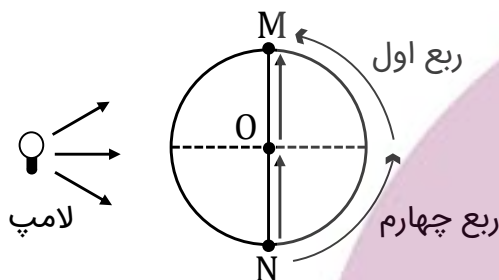
و در آخر، دایره‌ای در نظر بگیرید که پاره خط MN ، قطر قائم اون باشه و به جای اینکه حرکت نوسانگر رو پاره خط MN بررسی کنید، سایه یا تصویر نوسانگر رو بر روی دایره که به اون دایره مرجع می‌گویند بررسی نمایید. با انجام این موارد، علاوه بر ساده‌تر شدن نوسان براتون، سرعت عمل بالایی خواهید داشت و در ضمن تمام مطالب فیزیک و ریاضی براتون همسان میشه، در غیر اینصورت ممکنه فیزیک و ریاضی رو با هم قاطی کنید. ممکنه کمی اولش براتون سخت باشه ولی بهم اعتماد کنید تا نتیجه بهتری بگیریم.



حال در نظر بگیرید که نوسانگر بر روی پاره‌خط قائم MN، در حال رفت و برگشت (نوسان) می‌باشد، لامپی را روشن فرض کنید که نور آن به نوسانگر می‌تابد، سایه نوسانگر را بر روی دایره دنبال نمایید.



مبدأ زمان $t=0$ (که لحظه آغاز بررسی حرکت متحرک است و نه شروع حرکت) را در نقطه M در نظر بگیرید. هنگامی که نوسانگر از M به O حرکت می‌کند، تصویر آن بر روی دایره، ربع دوم را طی می‌کند و هنگامی که از O به N می‌رود، تصویرش ربع سوم را می‌پیماید. حال محل لامپ فرضی را عوض کنید:

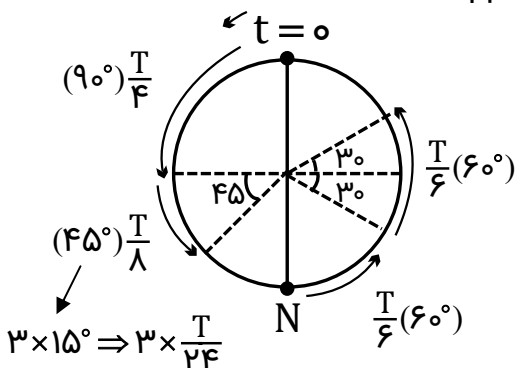


هنگامی که نوسانگر از N به O حرکت می‌کند، تصویرش ربع چهارم و هنگامی که از O به M حرکت می‌کند، تصویر آن ربع اول را می‌پیماید. همانطور که می‌بینید جهت حرکت سایه بر روی دایره، پادساعتگرد (جهت دایره مثلثاتی) می‌باشد.

از آنجایی که یک متحرک و سایه‌اش همواره با هم حرکت می‌کنند، از این به بعد به جای نوسانگر، می‌توان سایه آن را بر روی دایره دنبال نمود.

هنگامی که نوسانگر یک رفت و برگشت کامل انجام می‌دهد، سایه‌اش بر روی دایره، یک دور کامل می‌زند که به زمان آن، دوره یا پریود $T(s)$ می‌گویند. بنابراین پیموده شدن 360° بر روی دایره یک دوره طول می‌کشد که می‌توان با آن تناسب بسته و زمان طی شدن زوایای دیگر را بدست آورد.

کوچکترین زاویه‌ای که می‌تواند مورد سؤال قرار گیرد 15° است که $\frac{T}{24}$ طول می‌کشد. اسم این روش رو گذاشتم:



$$15^\circ \rightarrow \frac{T}{24}$$

$$360^\circ \rightarrow T$$

روش
ز - ز
↓ ↓
زمان زاویه

یعنی برای تعیین زمان از زاویه استفاده کنید و برعکس.

معادله مکان نوسانگر:

$$x = A \cos(\omega t) \xrightarrow[\cos \rightarrow \sin]{x \rightarrow y} y = A \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

مکان (فاصله تا مرکز نوسان 0)

دامنه (نصف طول پاره خط نوسان و شعاع دایره مرجع)

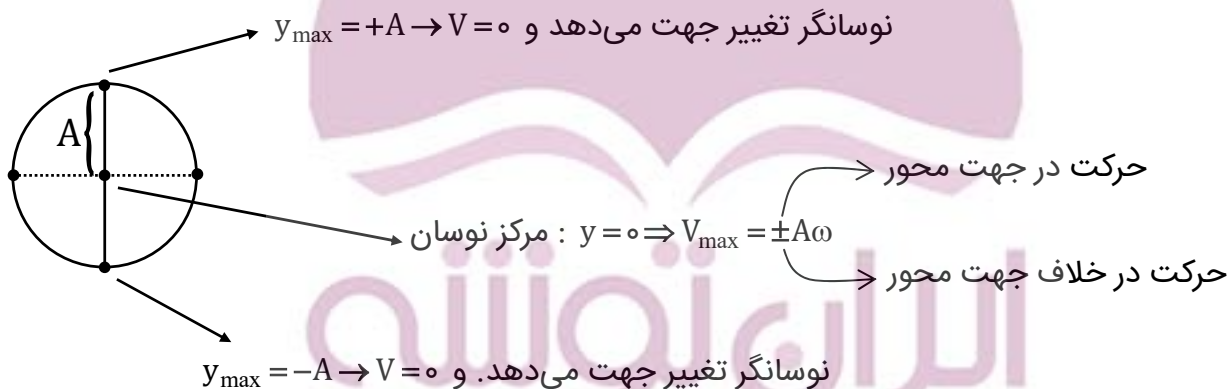
بسامد زاویه‌ای ($\frac{\text{rad}}{\text{s}}$) (زاویه پیموده شده توسط سایه بر روی دایره در یک ثانیه)

نشان‌دهنده محل مبدأ زمان $t = 0$ بر روی دایره

$$y = A \underbrace{\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)}_{\pm 1} \rightarrow y_{\max} = \pm A$$

$$V = A\omega \underbrace{\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)}_{\pm 1} \rightarrow V_{\max} = \pm A\omega$$

به جای حفظ کردن این روابط، از روی شکل معلومه که $y_{\max}$ برابر $\pm A$ می‌شد.



در اثر مشتق‌گیری هم که مشتق کمان یعنی ω به صورت ضرب بیرون می‌آید:

$$V_{\max} = \pm A\omega$$

$$a_{\max} = \pm A\omega^2$$

جالبه که معادله سرعت در کتاب نیست، اما بیشینه آن هست!!!

نکته مهم: جریان متناوب (در فیزیک یازدهم) دقیقاً به مانند نوسان بوده و هر آنچه آموختید را در جریان متناوب می‌توانید استفاده نمایید.

ابتدا پاره‌خط افقی نوسان را قائم نموده و دایره مرجع را برای نوسانگر رسم کرده و سایه نوسانگر را دنبال نمایید. سپس با اضافه کردن $\frac{\pi}{p}$ ، معادله مکان را به فرم $\sin$ تبدیل نمایید. حال یکی از انواع سؤالات زیر را خواهید دید:

نوع اول ← ← ← ^{حل} مستقل از زمان ← ← ← با مثلثات و ریاضی و دایره مرجع

نوع دوم ← ← ← ^{حل} زماندار ← ← ← بادایره مرجع و قانون ز - ز (تناسب)

نوع سوم ← ← ← ^{حل} انرژی ← ← ← روم به دیوار با فرمول حل کنید! ($E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$ انرژی مکانیکی)

نوع چهارم ← ← ← ^{حل} فنر ← ← ← $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$, $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

نوع پنجم ← ← ← ^{حل} آونگ ساده ← ← ← $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \approx 2\sqrt{\ell}$

نوع ششم ← ← ← ^{حل} نمودار ← ← ← ترکیب موارد بالا و مفاهیم سینماتیک



انواع امواج

امواج مکانیکی

(نیاز به محیط مادی دارند و در خلأ منتشر نمی شوند.)
(ذرات محیط نوسان می کنند.)

عرضی ← مانند تار مرتعش
(نوسانات عمود بر انتشار)
طولی ← مانند صوت و فنر
(نوسانات هم راستا با انتشار)

$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{F}{\rho \pi}}$$

سرعت انتشار

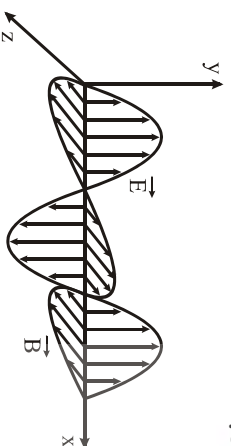
$$\mu = \frac{m}{\ell}$$

در اثر برهم نهی دو موج پیشرونده به وجود می آیند، در محیط منتشر نشده و مناسب جهت تولید موسیقی می باشند.

* $\frac{A}{f}$ ثابت
ثابت
(مختص رشته ریاضی)

امواج الکترومغناطیسی

(نیاز به محیط مادی ندارند و در خلأ منتشر می شوند.)
(میدان ها نوسان می کنند.)



$$C = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

سرعت نور در محیطی ؛
به ضریب شکست n

$$V = \frac{C}{n}$$

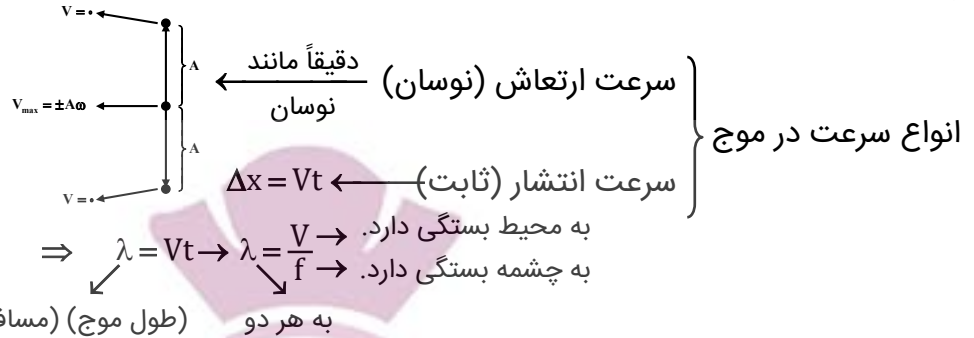
رادیویی	TV	میکروویو	فروسرخ (گرمانی)	نور مرئی	فرابنفش (UV)	X	γ
AM-FM			(IR)				

نور مرئی
بنفش
بناس زرق قرمز

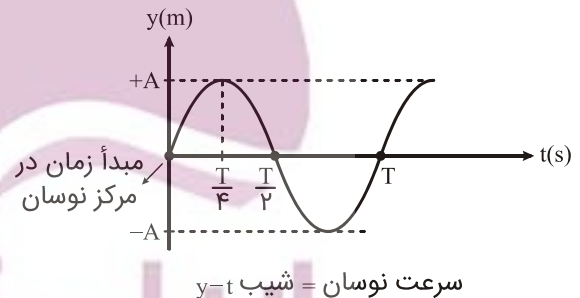
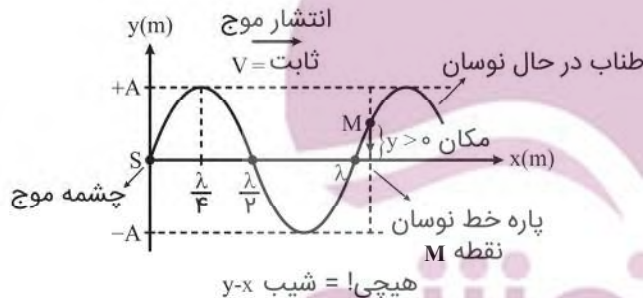
تذکر: در امواج الکترومغناطیسی برای تعیین جهت $\vec{E}$ و $\vec{B}$ و محور انتشار، می‌توان از قانون دست راست استفاده کرد: اگر بسته شدن چهار انگشت دست راست را از طرف $\vec{E}$ به $\vec{B}$ در نظر بگیرید، آن‌گاه انگشت شست، جهت محور انتشار موج را نشان می‌دهد.

مفهوم و شکل موج

هنگامی که ذرات یک محیط به ترتیب و به نوبت به نوسان (ارتعاش) درمی‌آیند، موج پدید می‌آید. پیشروی نوبت نوسانات در محیط را انتشار می‌گویند، که با سرعت ثابت انجام می‌شود.



شکل زیر، نقش یک موج عرضی را در یک طناب یا طناب نشان می‌دهد. این نمودار $(y-x)$ یا $(u-x)$ یک نمودار مکان - مکان است و آن را با نمودار $(y-t)$ (مکان - زمان) در نوسان اشتباه نگیرید! نمودار $y-x$ کل طناب را در یک لحظه نشان می‌دهد (مانند عکسی که از یک طناب گرفته شده است)، توجه داشته باشید که هر نقطه‌ای دلخواه از طناب به مانند یک نوسانگر رفتار می‌کند. اما در نمودار $y-t$ ، یک نوسانگر را در لحظات مختلف نمایش می‌دهیم (مانند فیلمی که از یک نقطه‌ای نوسانی گرفته شده است).



شدت صوت:

توان صوتی (آهنگ انتقال انرژی) انرژی صوت

$$I = \frac{P}{A} = \frac{\bar{p} \cdot \bar{v}}{A} = \frac{\bar{E}}{t \cdot (4\pi r^2)} \rightarrow I = \frac{\bar{E}}{t \cdot (4\pi r^2)}$$

شدت صوت $(\frac{W}{m^2})$ مساحت سطحی که صوت با آن برخورد می‌کند.

اگر امواج صوتی کروی باشند.

شعاع کره (فاصله تا چشمه صوت)

$$E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \longrightarrow E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$$

$\downarrow$ $\downarrow$
 جرم نوسانگر مجموع اجرام ذرات محیط
 $\downarrow$

بنابراین، شدت صوت به عوامل زیر بستگی دارد:

$$E = \frac{1}{r} m \omega^2 A^2 \xrightarrow{\omega = 2\pi f} E \propto f^2 A^2$$
دامنه

$$I = \frac{p}{A} \xrightarrow{\infty} E \xrightarrow{\infty} f^2 A^2 \Rightarrow I \propto \frac{f^2 A^2}{r^2}$$
پسامد
دامنه

فاصله تا چشمه صوت

تراز شدت صوت:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

تراز شدت صوت I

(بر حسب dB)

گاهی اوقات تراز شدت دو صوت را نسبت به هم‌دیگر (و نه نسبت به صوت مبنا) بررسی می‌کنیم:

$$\Delta\beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

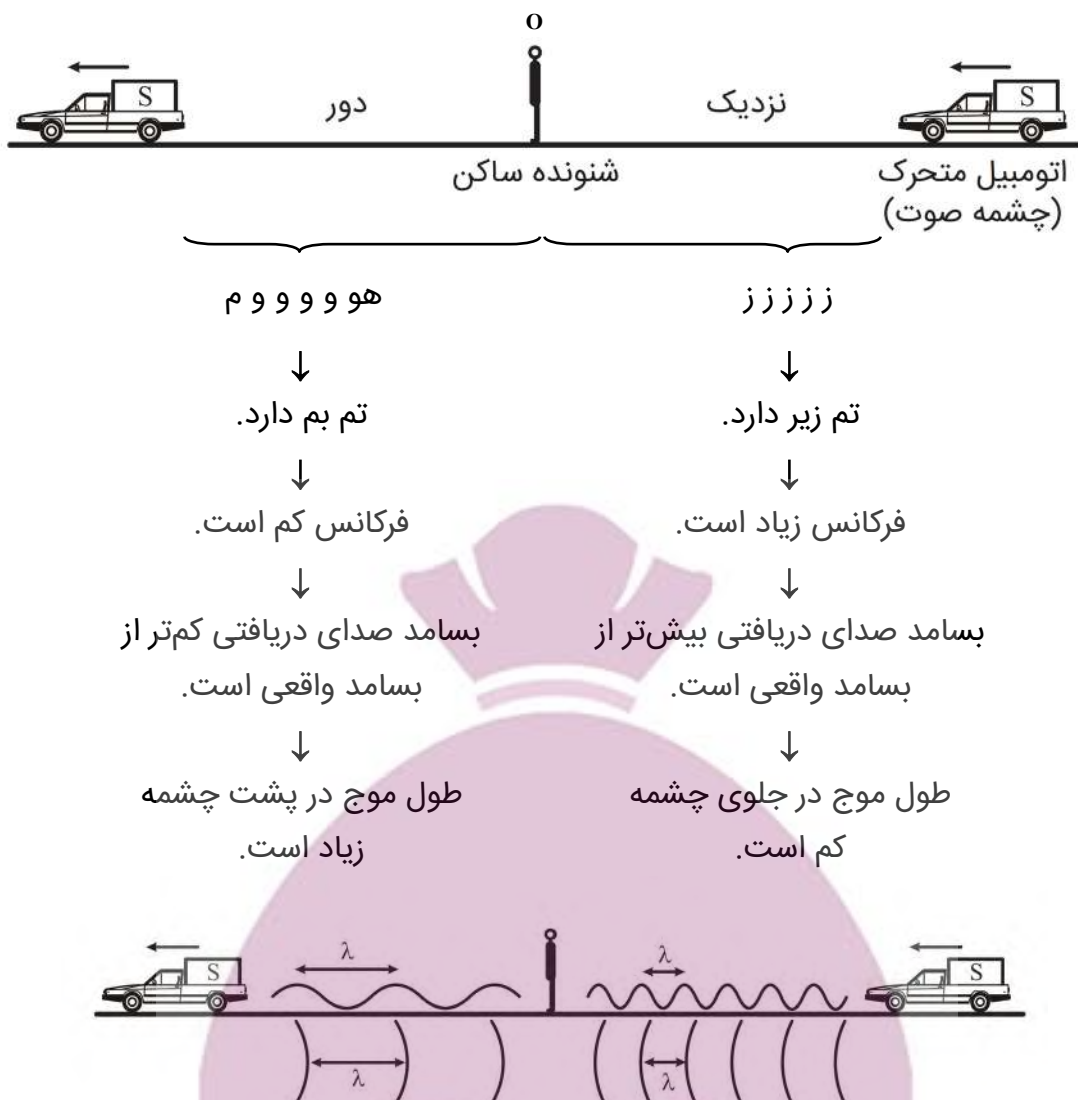
تراز شدت صوت I_2 نسبت به I_1

که در این رابطه برای تعیین $\frac{I_p}{I_1}$ از $I \propto \frac{f^2 A^2}{r^2}$ استفاده می‌کنیم.

اثر دویلر:

تصور کنید که در کنار جاده‌ای ایستاده‌اید و اتومبیلی ابتدا به شما نزدیک شده و سپس دور می‌شود. چه صدایی می‌شنوید؟ قیژ؟ نه! این صدارو می‌شنوید: ز ز ز ز - هو و و و و م.

با تمرکز دقیق بر روی این صدا به سادگی اثر دوپلر را می‌توانید درک کنید.



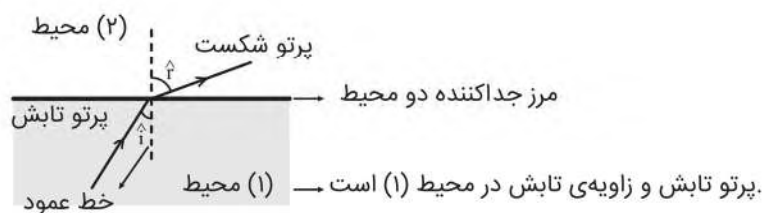
شکست امواج:

هر گاه متحرکی، دچار تغییر ناگهانی سرعت شود از مسیر خود منحرف می‌گردد. به عنوان مثال اتومبیلی که ناگهان ترمز می‌کند و یا اتومبیلی که ناگهان افزایش سرعت می‌دهد. این انحراف در مورد امواج نیز صادق است. هنگامی که یک موج (صوت یا نور یا...) دچار تغییر ناگهانی سرعت شوند، از مسیر خود منحرف می‌شوند که به این پدیده، شکست موج می‌گویند. در ادامه شکست را در مورد نور بیشتر مورد بررسی قرار می‌دهیم.

توشه ای برای موفقیت

قانون عمومی شکست (قانون اسنل):

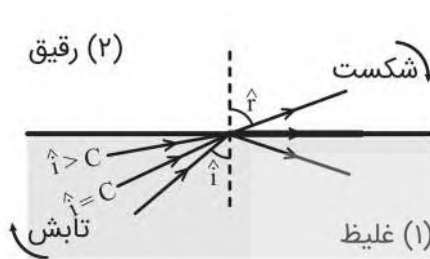
هنگامی که یک موج مانند نور از محیطی شفاف وارد محیط شفاف دیگری می‌شود، ضریب شکست تغییر کرده و در نتیجه سرعت تغییر می‌کند و در اثر آن موج از مسیر خود منحرف می‌گردد.



$$\left\{ \begin{array}{l} \text{نور از محیط غلیظ به محیط رقیق رفته و از خط عمود دور می‌شود.} \rightarrow n_2 < n_1 \text{ و } \hat{i} < \hat{r} \text{ و } \hat{r} < 1 \\ \text{برعکس} \rightarrow n_2 > n_1 \text{ و } \hat{i} > \hat{r} \text{ و } \hat{r} > 1 \end{array} \right. \quad \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

رقیق غلیظ

بیش‌تر ولی باید بدانید:



با افزایش زاویه تابش (i)، زاویه شکست (r) نیز افزایش خواهد یافت. در حالتی که $r = 90^\circ$ می‌شود، زاویه تابش i را با C نمایش داده و به آن زاویه حد می‌گویند.

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} \xrightarrow{\hat{r}=90^\circ} \sin C = \frac{n_2}{n_1} < 1$$

در این حالت پرتو شکست، مماس بر مرز دو محیط می‌شود. حال اگر زاویه تابش i را باز هم افزایش دهیم، زاویه شکست نیز افزایش یافته (بزرگ‌تر از 90° می‌شود) و پرتو شکست در داخل محیط غلیظ باقی می‌ماند. به این حالت ($i > C$) که پرتو نور نمی‌تواند از محیط غلیظ به محیط رقیق برود، «بازتابش کلی» گفته می‌شود.

توجیه پدیده سراب، شنیدن صداهای دوردست در شب، فیبرهای نوری و... همگی به دلیل این پدیده (بازتابش کلی) می‌باشند.

بنابراین، هر گاه نور از محیط غلیظ در حال گذار به محیط رقیق می‌باشد، باید زاویه تابش و زاویه حد را مقایسه کرده و پرتو شکست را تعیین نمود.

$$\rightarrow \text{گذار از غلیظ به رقیق} \begin{cases} i < C \rightarrow \text{وارد رقیق شده و از خط عمود دور می‌شود.} \\ i = C \rightarrow \text{مماس بر مرز دو محیط می‌شود.} \\ i > C \rightarrow \text{با همان زاویه در غلیظ بازتابیده می‌شود. (بازتابش کلی)} \end{cases}$$

عمق ظاهری و واقعی، تیغه متوازی‌السطوح، منشور و... به عنوان مثال‌های شکست می‌باشند.

ایران تونل

توشه ای برای موفقیت

تعداد دانش آموزان یک کلاس یک کمیت کوآنتومی است. کمترین دانش آموزی که می‌تواند در یک کلاس حضور داشته باشد یک نفر است که کمتر از آن امکان ندارد اما بیشتر از آن می‌تواند باشد ولی نه هر عددی، فقط مضارب صحیح آن، مثلاً در یک کلاس ۷۲/۵ دانش آموز نمی‌توانند حضور داشته باشند. کمیات کوآنتومی یک مقدار حداقل دارند که کمتر از آن امکان ندارد و بیشتر از آن فقط به صورت مضارب صحیح آن امکان پذیر است. در فیزیک فقط دو کمیت کوآنتومی وجود دارد: بار الکتریکی (q) و انرژی تابش‌های الکترومغناطیسی (E)

۱) کوآنتوم بار:

$$q = ne \rightarrow \text{کمترین بار الکتریکی} = \text{الکترون} = 1/6 \times 10^{-19} \text{C}$$

↓
n ∈ □ تعداد الکترون‌ها

کمترین بار الکتریکی یک جسم می‌تواند یک الکترون باشد که کمتر از آن امکان ندارد و بیشتر از آن فقط به صورت مضارب صحیح یک الکترون می‌تواند وجود داشته باشد.

۲) انرژی تابش‌های الکترومغناطیسی:

وقتی که یک جسم به اندازه کافی گرم می‌شود، از سطح خارجی خود تابش الکترومغناطیسی انجام می‌دهد (مانند خورشید و لامپ) انرژی این تابش‌ها یک کمیت کوآنتومی است که به کمترین مقدار آن، فوتون می‌گویند که کمتر از آن امکان ندارد و بیشتر از آن فقط به صورت مضارب صحیح یک فوتون می‌تواند وجود داشته باشد.

$$E = n[hf] \rightarrow \text{کمترین مقدار انرژی تابشی} = \text{فوتون (کوآنتوم انرژی)} = hf$$

↓
(n ∈ □) تعداد فوتون‌ها

واحد انرژی

SI	→	J	→ ثابت پلانک	$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{Js}$
SI غیر	→	ev	→ ثابت پلانک	$h = 4 \times 10^{-15} \text{ev.s}$

توصیه اکید می‌کنم که در کوآنتوم از ژول و کولن استفاده نکنید! و به جای آن‌ها از eV و e استفاده نمایید. (چرا؟)

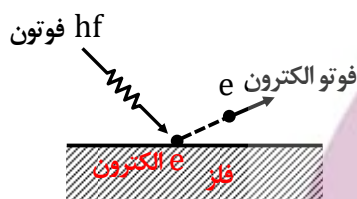
پاسخ: واحدهای ژول و کولن بزرگ هستند و برای مقادیر بزرگ مناسب می‌باشند در حالی‌که در کوآنتوم مقادیر عددی کوچک می‌باشند.

$$\begin{array}{c} x e \\ \leftarrow \text{ev} \\ \div e \end{array}$$

تمرین: ثابت پلانک را بر حسب $eV.s$ بدست آورید.

پدیده فوتوالکتریک:

هنگامی‌که یک نور تک‌رنگ با بسامد کافی f به سطح یک فلز می‌تابانیم، الکترون‌ها از سطح فلز جدا می‌شوند. به این پدیده فوتوالکتریک و به الکترون‌های جدا شده از سطح فلز فوتوالکتریک می‌گویند. در این حالت، به هر الکترون فقط و فقط یک فوتون داده می‌شود (hf)، اگر انرژی hf بتواند بر حداقل کار لازم برای جدا کردن الکترون از سطح فلز که به آن تابع کار فلز (w_0) می‌گویند، غلبه نماید، الکترون از سطح فلز جدا خواهد شد.



* از این قسمت تا سر نظریه تابش مختص رشته ریاضی می‌باشد:

If $hf > w_0 \rightarrow$ فوتوالکتریک اتفاق می‌افتد $\rightarrow f > f_0, \lambda < \lambda_0$

If $hf < w_0 \rightarrow$ فوتوالکتریک اتفاق نمی‌افتد $\rightarrow f < f_0, \lambda > \lambda_0$

If $hf = w_0 \rightarrow$ آستانه اتفاق فوتوالکتریک $\rightarrow hf_0 = W_0$

بسامد آستانه

در بین بیشمار الکترون موجود در سطح فلز، سریعترین آن‌ها را که دارای بیشترین سرعت و در نتیجه بیشترین انرژی جنبشی است، در نظر می‌گیریم. اگر این الکترون نتواند از سطح فلز جدا شود، سایر الکترون‌ها هم نمی‌توانند از سطح فلز جدا شوند.

بنابراین برای بررسی پدیده فوتوالکتریک، ابتدا بسامد آستانه را با مساوی قرار دادن انرژی فوتون آستانه (hf_0) با تابع کار فلز (W_0) بدست آورده و سپس اگر بسامد نور فرودی (f) از بسامد آستانه (f_0) بیشتر باشد، فوتوالکتریک اتفاق افتاده و انرژی فوتون hf پس از غلبه بر W_0 ، الکترون را از سطح فلز جدا می‌نماید. باقیمانده انرژی ($hf - W_0$) تبدیل به انرژی جنبشی برای الکترون می‌شود که چون سرعت آن

بیشینه بوده پس با $k_{\max}$ نمایش داده می‌شود. (اصلاً حفظی نیست، اگر متوجه نشدید یک بار دیگه بخونید تا درک درست از اتفاقات و مراحل زیر پیدا کنید.)

۱) $hf_0 = W_0 \rightarrow$ بسامد آستانه f_0 بدست می‌آید.

۲) $hf > W_0 \rightarrow$ فوتو الکتریک اتفاق می‌افتد. $f > f_0$

$\swarrow$ تابع کار فلز $\swarrow$ انرژی فوتون $\swarrow$ بسامد آستانه
 $\searrow$ بسامد تابیده شده به سطح فلز

بسامد تابیده شده به سطح فلز

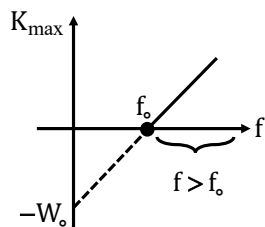
۳) $K_{\max} = hf - W_0$ (واحد ها همگی بر حسب eV)

مازاد انرژی فوتون تبدیل به انرژی جنبشی برای الکترون می‌شود.

۴) نمودار $K_{\max}$ بر حسب f یک خط $\rightarrow$ ثابت $W_0 =$ یک فلز معین

$K_{\max} = hf - W_0$: فیزیک
 $y = mx + h$: ریاضی

$\rightarrow$ به جای محور y ها f و به جای محور x ها $K_{\max}$

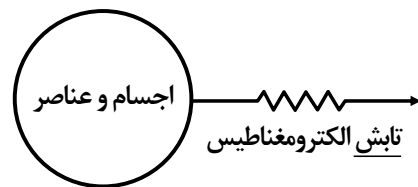
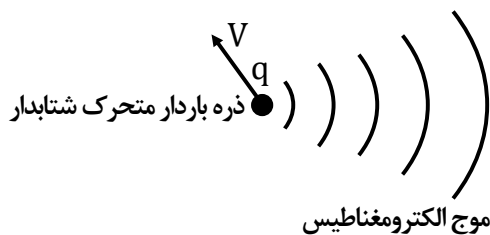


ثابت پلانک $= h =$ شیب خط
 $= -W_0$ عرض از مبدأ

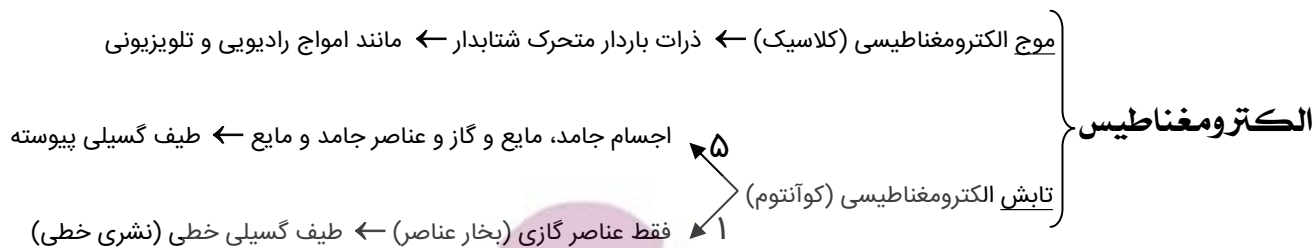
سؤال: چرا قسمتی از خط رسم شده در نمودار $K_{\max}$ بر حسب f قابل قبول نیست؟ (پاسخ: چون $f < f_0$ بوده و فوتوالکتریک اتفاق نیفتاده و $K_{\max}$ نخواهیم داشت!)

نظریه تابش:

تمامی اجسام و عناصر در هر حالتی (جامد، مایع و گاز) و در هر دمایی، از سطح خارجی خودشان تابش‌های الکترومغناطیسی (به صورت انرژی و فوتون) انجام می‌دهند.



توجه داشته باشید که تابش الکترومغناطیسی مربوط به نظریه کوآنتوم بوده و از سطح تمامی اجسام و عناصر در هر دمایی انجام می‌گیرد. نوع تابش اجسام و عناصر در دمای اتاق ($300K$) فروسرخ می‌باشد و با افزایش دمای آنها، بسامد تابش‌های آنها افزایش یافته و در دمای $6000K$ به تابش گاما می‌رسند. در حالی که امواج الکترومغناطیس مربوط به نظریه کلاسیک بوده و توسط ذرات باردار متحرک شتابدار بوجود می‌آیند. پس تابش و موج متفاوتند!

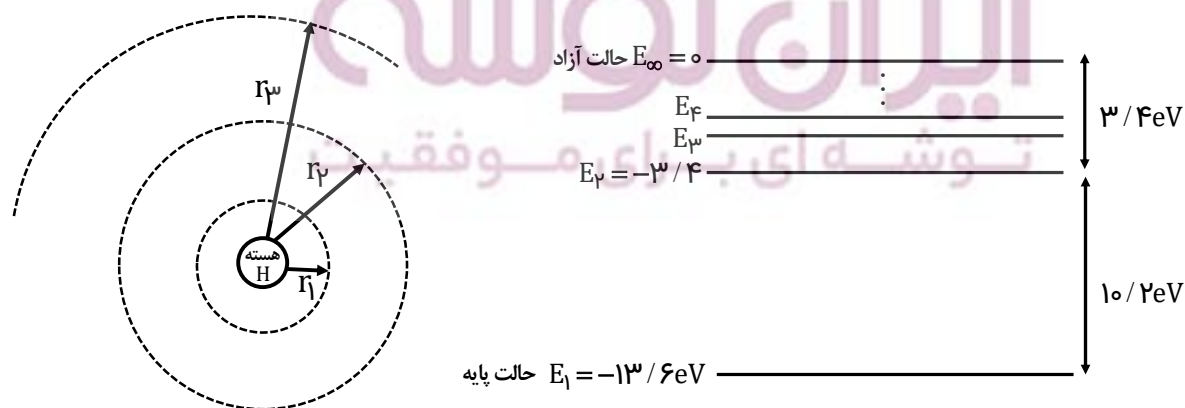


قانون ۵+۱ :

جسم جامد، جسم مایع، جسم گازی، عنصر جامد و عنصر مایع (جمعاً ۵ مورد) در صورت گرم شدن به اندازه کافی (حدود $3000K$) از سطح خارجی خودشان تمامی بسامدهای نور مرئی را گسیل می‌کنند که به آن طیف گسیلی پیوسته می‌گویند، اما بخار عناصر (عنصر گازی) (فقط یک مورد) در صورت گرم شدن به اندازه کافی، فقط برخی بسامدهای نور مرئی را تابش می‌نمایند که به آن طیف گسیلی خطی یا نشری خطی می‌گویند. این طیف برای بخار عناصر مختلف، منحصر به فرد بوده و برای شناسایی و بررسی بخار عناصر در شیمی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

الگوی اتمی بور:

از این نظریه برای تعیین طول موج‌های تابیده شده توسط گاز هیدروژن استفاده می‌گردد. به عبارت بهتر، از این نظریه برای محاسبه خطوط مربوط به طیف گسیلی خطی گاز هیدروژن گرم شده استفاده می‌کنیم. توجه داشته باشید که خطوط تابش شده فقط مربوط به نور مرئی نبوده و در نواحی غیر نور مرئی مانند فروسرخ و فرابنفش نیز وجود دارند. نظریه بور با تغییراتی برای سایر گازها (علاوه بر هیدروژن) نیز قابل استفاده است که از حوصله کتاب درسی خارج می‌باشد.



نمایش مکانی الکترون (مدارها)

$$r_n = n^2 r_1$$

شعاع مدار اول (شعاع بور) (r_1 یا a_0) شعاع مدار n ام

نمایش انرژی الکترون (ترازها)

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2}$$

انرژی تراز n ام ثابت ریدبرگ $E_R = 13.6 \text{ eV}$

به عنوان مثال برای حالت $n=3$ ، الکترون بر روی مدار مانای سوم قرار داشته و انرژی تراز آن E_3 خواهد بود.

هرچه از هسته دورتر می‌شویم، شعاع مدارهای مانا افزایش یافته و همچنین انرژی ترازها نیز افزایش می‌یابد (صفر از منفی بزرگتر است). هنگامی که الکترون بر روی حالت پایه قرار دارد، انرژی تراز $E_1 = -13.6 \text{ eV}$ است و این بدین معنی است که اگر فوتونی به انرژی 13.6 eV به الکترون بدهیم، الکترون برانگیخته شده و به تراز $E_\infty = 0$ گذار می‌نماید و در این حالت الکترون از اتم خارج شده و یون H^+ ایجاد می‌شود. بنابراین بیشترین انرژی یونش الکترون در اتم هیدروژن 13.6 eV خواهد بود. اگر الکترون در حالت $n=2$ قرار داشته باشد، انرژی یونش آن 3.4 eV می‌شود.

حال اگر الکترون از ترازهای بالاتر به ترازهای پایین‌تر گذار نمایند، یک فوتون تابش می‌نماید که انرژی این فوتون برابر اختلاف انرژی ترازهای مبدأ و مقصد خواهد بود و نوع این فوتون ممکن است فروسرخ یا نور یا فرابنفش باشد.



$$E_U - E_L = hf \quad (\text{روش اول})$$

که در رابطه فوق برای محاسبه E_U و E_L از رابطه $E_n = -\frac{E_R}{n^2}$ و برای محاسبه طول موج نیز از رابطه $\lambda = \frac{c}{f}$ (سرعت نور است) استفاده می‌کنیم.

با جایگذاری E_L ، E_U و f ، معادله ریدبرگ به صورت زیر بدست می‌آید:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right) \quad (\text{روش دوم})$$

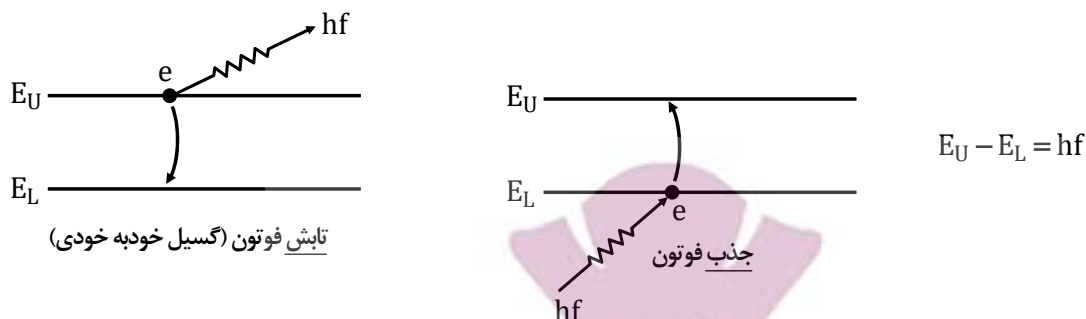
$\downarrow$ طول موج تابیده شده $\downarrow$ ثابت ریدبرگ $R = \frac{E_R}{hc} \approx 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$

تذکره ۱: برای محاسبه طول موج و بسامد تابیده شده توسط بخار اتم هیدروژن، از هر دو رابطه فوق می‌توانید استفاده کنید، روش اول مفهومی‌تر و روش دوم سریعتر است.

تذکره ۲: دو عدد ثابت ریدبرگ داریم، یکی $E_R = 13.6 \text{ eV}$ که در روش اول استفاده می‌شود و دیگری $R = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ که در روش دوم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

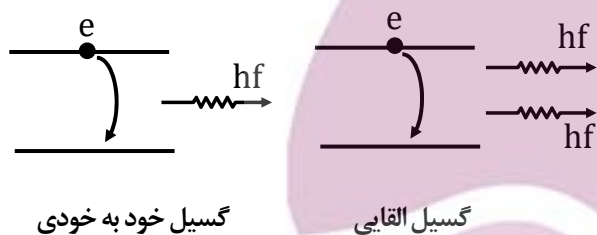
تذکره ۳: اگر شماره مقصد الکترون یکی از ترازهای اول تا پنجم باشد، به ترتیب به آن‌ها لیمان، بالمر، پاشن، براکت و پفوند گفته می‌شود، نوع فوتون تابیده شده در رشته لیمان، فرابنفش و در رشته بالمر یا فرابنفش و یا نور مرئی و در رشته‌های دیگر فروسرخ می‌باشد.

نکته: الکترون، همان فوتونی را که تابش می‌نماید، می‌تواند جذب کرده و برانگیخته شود و برعکس.



لیزر:

اگر فوتون تابیده شده در یک گسیل خودبه‌خودی، به یک اتم برانگیخته دیگر برخورد نماید، باعث گسیل القایی در آن می‌شود.



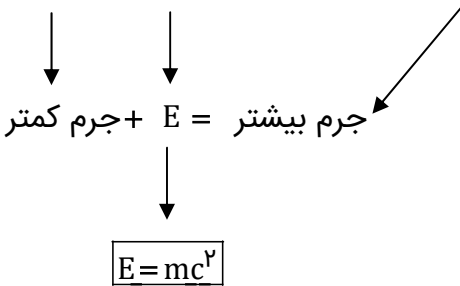
فوتون خروجی از گسیل خودبه‌خودی، سبب گسیل القایی می‌شود، یکی از ۲ فوتون خروجی در گسیل القایی همان فوتون ورودی به آن بوده و دیگری در اثر گذار الکترون به تراز پایین‌تر، تابیده شده است. با تکرار گسیل القایی، بعد از مدت کوتاهی، تعداد زیادی فوتون که همگی هم‌جهت، هم‌فاز (همگام)، هم‌انرژی و هم‌بسامد هستند تولید می‌شود که به آن باریکه لیزری می‌گویند.

توشه ای برای موفقیت

انرژی بستگی هسته:

انرژی لازم برای جدا کردن نوکلئون‌های هسته (پروتون و نوترون) از همدیگر را انرژی بستگی هسته می‌گویند.

نوکلئون‌های جدا شده هسته $\rightarrow$ انرژی بستگی هسته + هسته

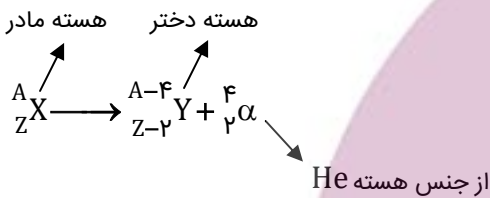


همچنین برعکس، انرژی لازم برای در کنار هم قرار دادن نوکلئون‌ها و تشکیل هسته نیز برابر انرژی بستگی هسته است.

از رابطه $E = mc^2$ برای تبدیل جرم (ماده) به انرژی و برعکس می‌توانید استفاده نمایید.

انواع واپاشی:

واپاشی α :



واپاشی β^- :

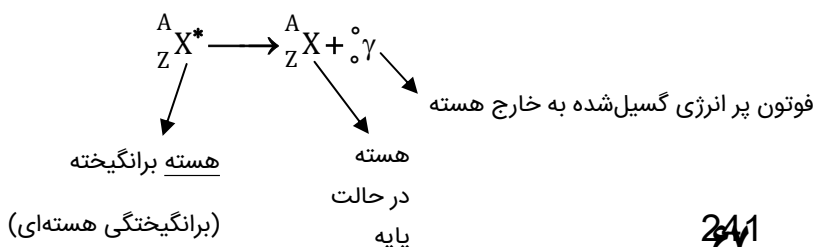


واپاشی β^+ :



الکترون و پوزیترون دارای جرم و بار برابرند و فقط بار آن‌ها ناهمنام می‌باشد.

واپاشی γ :



نیمه عمر:

مدت زمانی که طول می‌کشد تا نیمی از یک ماده پرتوزا، واپاشیده شده و به مواد دیگر تبدیل شود را نیمه عمر می‌گویند و برای حل سؤالات آنها دو روش وجود دارد:

روش اول: $N_0 \xrightarrow{T} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{T} \frac{N_0}{4} \xrightarrow{T} \frac{N_0}{8} \rightarrow \dots$

تعداد هسته‌های اولیه $\rightarrow$ نیمه عمر

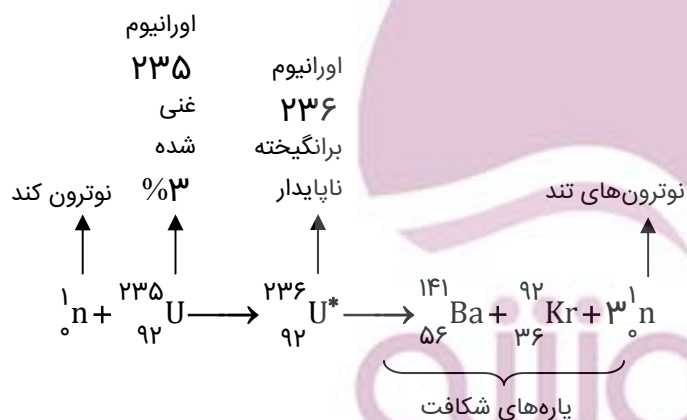
روش دوم: $N = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}}$

تعداد هسته‌های اولیه $\rightarrow$ N_0
 زمان $\rightarrow$ t
 نیمه عمر $\rightarrow$ T
 تعداد هسته‌های باقیمانده $\rightarrow$ N

البته به جای تعداد هسته‌ها (N)، می‌توان جرم (m) نیز در نظر گرفت.

شکافت هسته‌ای:

(مختص رشته ریاضی)

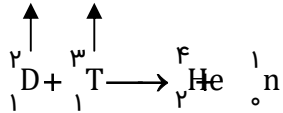


در شکافت هسته‌ای، جرم پاره‌های شکافت از جرم اورانیوم ۲۳۶ کمتر بوده و این اختلاف جرم به انرژی تبدیل شده است (باتوجه به $E=mc^2$) که بیشتر بصورت انرژی جنبشی می‌باشد.

تکرار شکافت هسته‌ای، واکنش زنجیره‌ای نام دارد که برای این منظور، نوترون‌های تند حاصل از شکافت هسته‌ای را به وسیله کندساز (آب معمولی و آب سنگین)، کند کرده تا شکافت هسته‌ای مجدداً تکرار شود.

در گذاخت هسته‌ای، که در خورشید و سایر ستارگان انجام می‌شود، دو هسته سبک با یکدیگر ترکیب شده و هسته سنگین‌تری را بوجود می‌آورند. جرم محصولات گذاخت (همجوشی) از مجموع جرم هسته‌های اولیه کمتر است که این اختلاف جرم به انرژی تبدیل شده است.

ترینیوم دوتریم



برای انجام گذاخت D و T، باید آن‌ها را به هم نزدیک نماییم تا نیروی کوتاه‌برد هسته بتواند آن‌ها را در کنار هم قرار دهد. برای نزدیک کردن آن‌ها باید بر نیروی دافعه هسته‌های آن‌ها غلبه کنیم که برای این منظور باید دمای آن‌ها بسیار بالا باشد تا با انرژی جنبشی بسیار زیادی به هم برخورد نموده و در کنارهم قرار گیرند.

$$y = mx + h \xrightarrow[\text{خط گذرنده از مبدأ}]{h=0} y = mx \quad \text{یا} \quad \frac{y}{x} = m$$

$$V = IR \xrightarrow[\text{ثابت}]{\text{مدار سری}} V \propto R$$

$$V = at + V_0 \xrightarrow{V_0=0} V \propto t$$

$$\frac{PV}{T} = \text{ثابت} \xrightarrow{P=\text{ثابت}} V \propto T$$

$$P = \rho gh \xrightarrow{\rho g=\text{ثابت}} P \propto h$$

$$F = ma \xrightarrow{m=\text{ثابت}} F \propto a$$

$$\Delta x = Vt \xrightarrow{V=\text{ثابت}} \Delta x \propto t$$

$$Q = mc\Delta\theta \xrightarrow{mc=\text{ثابت}} Q \propto \Delta\theta$$

$$q = CV \xrightarrow{V=\text{ثابت}} q \propto C$$

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \xrightarrow{V=\text{ثابت}} U \propto C$$

$$P = RI^2 \xrightarrow{I=\text{ثابت}} P \propto R$$

$$E = \frac{Kq}{r} \xrightarrow[r=\text{ثابت}]{K=\text{ثابت}} E \propto q$$

$$B \propto \frac{I}{r} \xrightarrow{B=\text{ثابت}} I \propto r$$



در ریاضیات:

$$y = \frac{ax+b}{cx+d} \xrightarrow[\substack{a=0 \\ d=0}]{\substack{b=m \\ c=1}} y = \frac{b}{cx} \xrightarrow{\substack{b=m \\ c=1}} y = \frac{m}{x} \quad \text{یا} \quad xy = m$$

در فیزیک:

$$V = IR \xrightarrow[\substack{\text{مدار موازی} \\ V = \text{ثابت}}]{\substack{I = \text{ثابت}}} IR = \text{ثابت}$$

$$\frac{PV}{T} = \text{ثابت} \xrightarrow{T = \text{ثابت}} PV = \text{ثابت}$$

$$q = CV \xrightarrow{q = \text{ثابت}} CV = \text{ثابت}$$

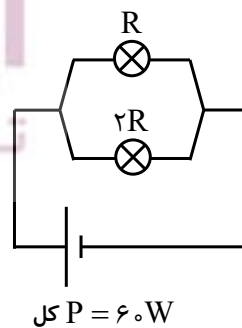
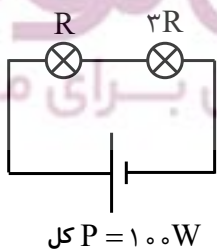
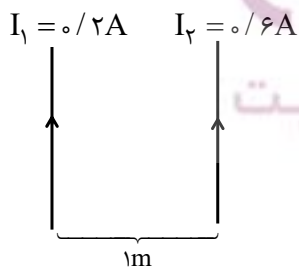
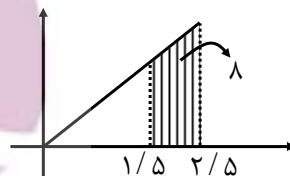
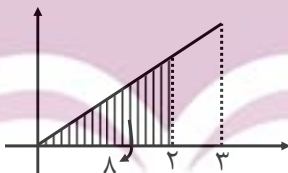
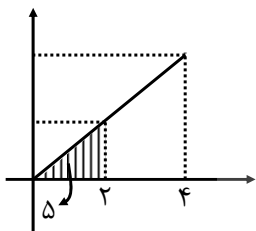
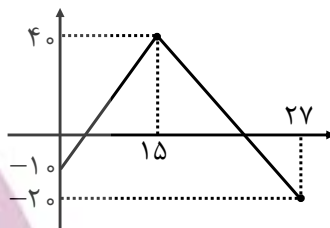
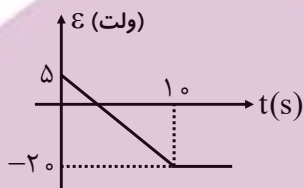
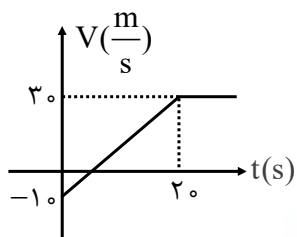
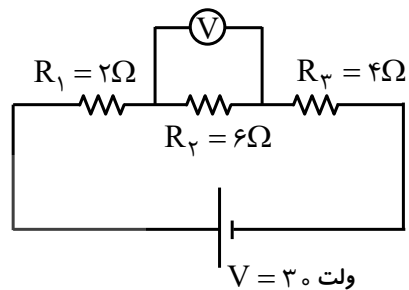
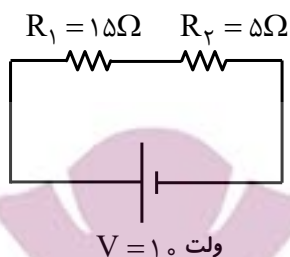
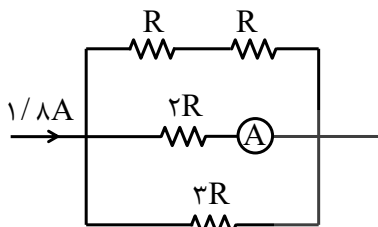
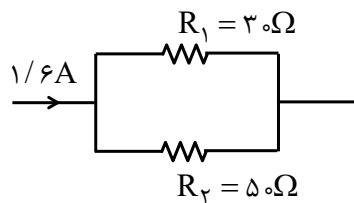
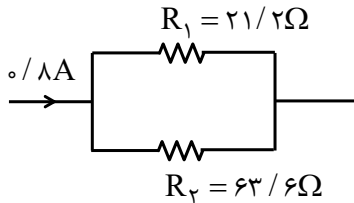
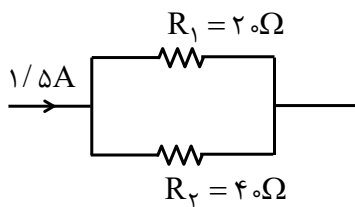
$$U = \frac{q^2}{2C} \xrightarrow{q = \text{ثابت}} U \propto \frac{1}{C}$$

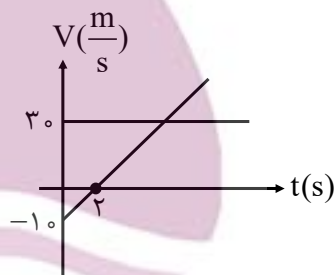
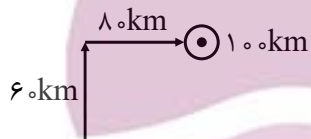
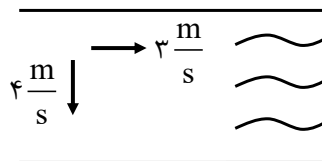
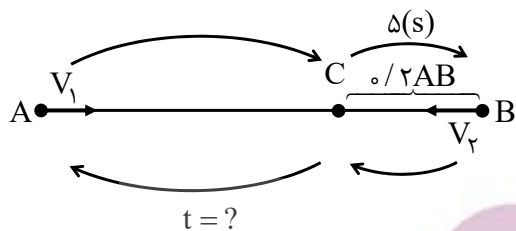
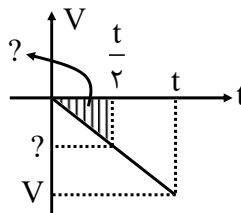
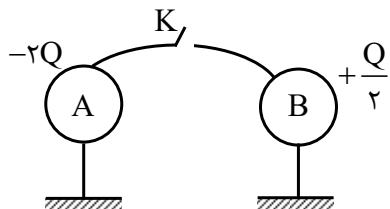
$$P = \frac{V^2}{R} \xrightarrow{V = \text{ثابت}} P \propto \frac{1}{R}$$

$$E = \frac{Kq}{r} \xrightarrow{Kq = \text{ثابت}} E \propto \frac{1}{r}$$

$$B \propto \frac{I}{r} \xrightarrow{I = \text{ثابت}} B \propto \frac{1}{r}$$

ایران تونله
توشه ای برای موفقیت





ایران تونل
توسعه ای برای موفقیت

