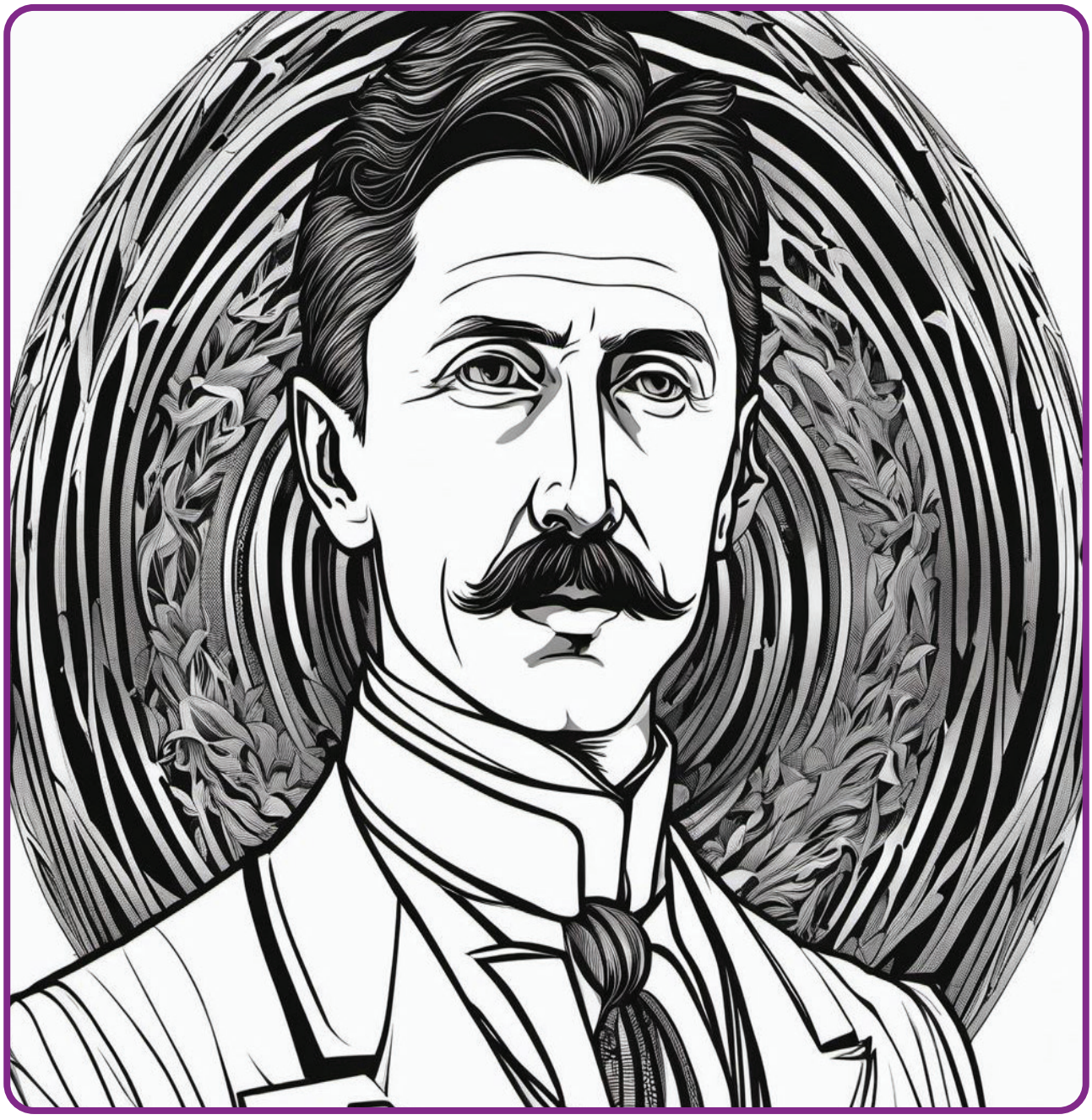
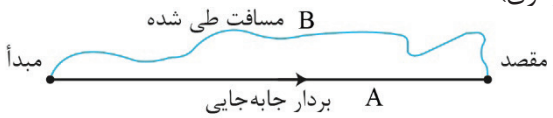
فیزیک



فصل اول: حرکت‌شناسی

مسافت طی شده: به طول مسیر واقعی یک جسم که درحین حرکت طی کرده است گفته می‌شود. بنابراین مسافت طی شده وابسته به مسیر می‌باشد. (مسیر B) (نرده‌ای)

جابه‌جایی: اگر با یک پاره‌خط جهت‌دار بدون توجه به مسیر نقطه ابتدای حرکت را به انتها وصل کنیم پاره‌خطی تحت عنوان بردار جابجایی به دست میاید. (خط A) (برداری)



نکته مسافت طی شده (L) ≥ اندازه جابجایی (d)

تندی متوسط: زمان طی مسافت (t) / مسافت طی شده (L) = S

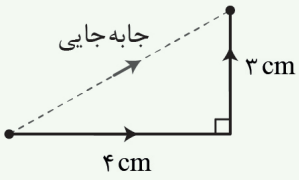
$$S = \frac{\Delta L}{t}$$

سرعت متوسط دارای جهت می‌باشد پس برداری است!

$$V = \frac{\Delta X}{t}$$

مثال: کفش دوزکی مسیر زیر را در مدت (s) ۰/۵ طی کرده است. سرعت و تندی متوسط آن را در این حرکت محاسبه کنید.

پاسخ:

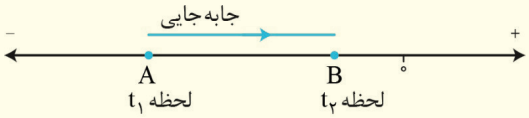


$$\left.\begin{array}{l} t = ۰/۵\,(s) \\ \text{جابجایی } d \Rightarrow d = \sqrt{۳^۲ + ۴^۲} = ۵\,cm \end{array}\right\} V = \frac{۵}{۰/۵} = ۱۰\,\frac{cm}{s}$$

$$\left.\begin{array}{l} t = ۰/۵\,(s) \\ \text{مسافت طی شده} = ۴ + ۳ = ۷\,cm \end{array}\right\} S = \frac{۷}{۰/۵} = ۱۴\,\frac{cm}{s}$$

حواست باشه: زمانی که بین دو نقطه، مستقیم حرکت کنید اون موقع جابجایی و مسافت طی شده با هم برابر است. پس S_{av} و $\vec{V}_{av}$ با هم برابراند.

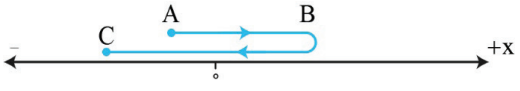
نکته این نکته رو دریاب: خیلی‌ها بردار مکان را با بردار جابجایی اشتباه می‌گیرند. دقت کنید که بردار مکان برداری است که مبدأ مکان را به مکان فعلی وصل می‌کند.

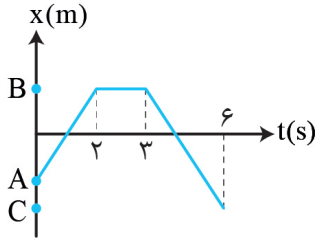


حرکت در خط راست: به نوعی حرکت گفته می‌شود که در آن، متحرک در مسیری مستقیم و بدون تغییر جهت حرکت می‌کند! لازم به ذکر است که در این نوع حرکت مسافت طی شده با جابجایی برابر می‌باشد.

نمودار مکان-زمان: نموداری که مکان متحرک را در لحظه و بازه زمانی نشان می‌دهد!

در مثال پایین نمونه تبدیل مکان متحرک را به نمودار مکان زمان مشاهده می‌کنیم.





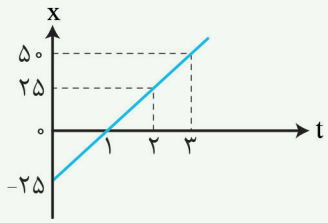
تصور کنید مورچه‌ای با سرعت V به مدت ۲ ثانیه در سمت مثبت محور Xها حرکت کرده و پس از یک ثانیه استراحت با همان سرعت به مدت سه ثانیه برخلاف جهت اول خود حرکت کرده باشد!

پس حرکت از نقطه A شروع شده و در B شاهد توقف متحرک هستیم تا هنگامی‌که با شروع دوباره حرکت به سمت مکان C می‌رود.

محاسبه سرعت به کمک نمودار مکان-زمان:

بیایید در نمودار مقابل شیب نمودار را در بازه‌های زمانی یک ثانیه‌ای محاسبه کنیم!

مثال: در نمودار مقابل شیب نمودار را در بازه‌های زمانی یک ثانیه حساب کنید. (مثال کتاب)



$x_۲ - x_۱ = ۰ - (-۲۵) = +۲۵m$

شیب $\frac{۲۵}{۱} = ۲۵$ ⇒ جابجایی در جهت مثبت محور ⇒ بازه ۰ تا ۱ ثانیه

و در بازه ۱ تا ۲ ثانیه ⇒ $x_۲ - x_۱ = ۲۵ - ۰ = ۲۵\,m$

و در بازه ۲ تا ۳ ثانیه ⇒ $x_۲ - x_۱ = ۵۰ - ۲۵ = ۲۵\,m$ ⇒ شیب $\frac{۲۵}{۱} = ۲۵$

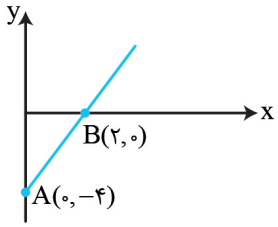
نکته: شیب نمودار همان حاصل جابجایی تقسیم بر زمان است. پس می‌توان گفت که شیب نمودار $x-t$ همان $\vec{V}$ می‌باشد.

حواست باشه: در نمودار می‌بینید که شیب ثابت مانده. این یعنی حرکت با سرعت ثابت بوده و مقدار شیب، همان مقدار سرعت است!

معادله مکان- زمان با سرعت ثابت

همانطور که می‌دانید ریاضی و فیزیک از هم جدا نیستند!

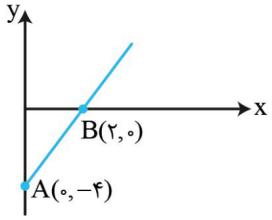
برای مثال بیایید معادله خط نمودار زیر را بنویسید.



شیب $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{۰-(-۴)}{۲=۰} = ۲ \Rightarrow y = ۲x - ۴$

عرض از مبدأ = -۴

خب تا اینجا که ریاضی بود حالا برویم سراغ فیزیک و نمودار را دوباره رسم کنیم. این بار محور y میشه x یعنی مکان و محور x میشه t یعنی زمان!

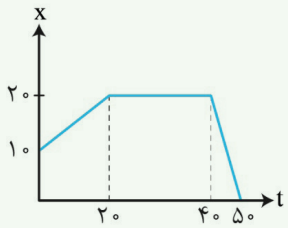


حال همانطور که برای نمودار اولی معادله نوشتیم برای این نمودار نیز می‌نویسیم: $x = ۲t - ۴$

فرمول معادله مکان-زمان: $x = vt + x_۰$

مثال: در نمودار مقابل معادله حرکت متحرک را در بازه‌های زمانی ۰s-۲۰s و ۲۰s -۴۰s و ۴۰s تا ۵۰s بنویسید. (۱۴۰۲ تجربی)

پاسخ:



حرکت در جهت مثبت محور $V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{۲۰-۱۰}{۴۰-۲۰} = ۰/۵\frac{m}{s} \rightarrow x = ۰/۵t + ۱۰$

در بازه ۰ تا ۲۰ ثانیه $x = vt - x_۰$

(توقف) $V = \frac{۲۰-۲۰}{۴۰-۲۰} = ۰\frac{m}{s} \rightarrow x = ۰ \times t + ۲۰ \rightarrow x = ۲۰(m)$

در بازه ۲۰ تا ۴۰ ثانیه

حرکت در جهت منفی محور $V = \frac{۰-۲۰}{۵۰-۴۰} = -۲\frac{m}{s} \rightarrow x = -۲t + ۲۰$

نکته: اندازه سرعت در بازه زمانی ۴۰ تا ۵۰ ثانیه از بازه زمانی ۰ تا ۲۰ ثانیه بیشتر است. یعنی درسته در جهت منفی حرکت می‌کند، اما بزرگی سرعت و مقدار حرکت آن بیشتر است.

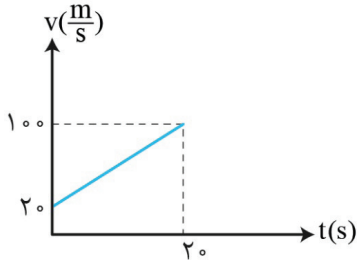
حرکت شتابدار

هنگامی‌که متحرک سرعتش تغییر کند می‌گوییم که حرکت شتابدار است. مثلاً اگر خودرویی سرعتش از ۲۰ متر بر ثانیه به ۱۰۰ متر بر ثانیه برسد، یعنی حرکتش دارای شتاب است!

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

فرمول بالا را می‌توانیم به کمک نمودار $V - t$ بررسی کنیم!

منظور از عدد $4\frac{m}{s^2}$ این است که خودرو در هر ثانیه $4\frac{m}{s}$ تغییر سرعت داشته است!



$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{100 - 20}{20} = 4\frac{m}{s^2}$$

مفهوم شتاب: در واقع نسبت تغییرات سرعت به زمان $\Rightarrow \frac{\Delta V}{\Delta t}$ = شیب نمودار

مثال: $V = 4t + 20$ سرعت در لحظه t داریم:

$$a = \frac{V_2 - V_1}{t} \rightarrow V_2 - V_1 = at \Rightarrow V = at + V_0$$

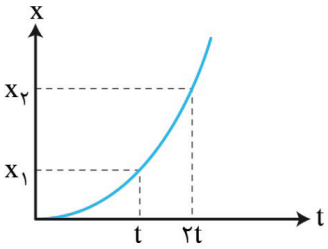
نکته نمودار $x - t$ حرکت شتابدار

همانطور که گفته شد شیب نمودار $x - t$ معادل با سرعت متحرک است. حال اگر حرکت متحرک شتابدار باشد چی؟

هنگامی‌که سرعت متحرک $20\frac{m}{s}$ باشد یعنی در ۱ ثانیه ۲۰ متر جابجا می‌شود و اگر سرعت ۲۵ شود در همان یک ثانیه این بار ۲۵ متر جابجا می‌شود. بنابراین شیب نمودار $x - t$ متغیر خواهد بود. اگر با سرعت صفر و با شتاب ثابت شروع به حرکت کند در بازه‌های زمانی یکسان سرعت‌های متفاوت و درنتیجه جابجایی متفاوت خواهیم داشت!

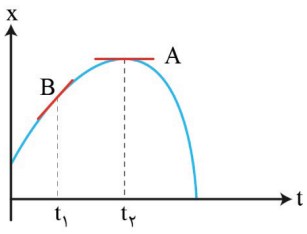
فرمول مکان-زمان حرکت با شتاب ثابت: مکان x در لحظه t:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + V_0 t_1 + x_0$$



نکته با کشیدن خطی مماس بر نمودار مکان-زمان در لحظه t و محاسبه شیب خط رسم شده سرعت لحظه‌ای متحرک در لحظه t را می‌توان به دست اورد.

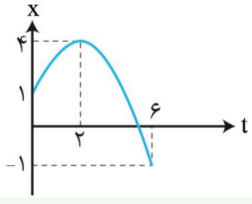
تغییرات نمودار مقابل را دریاب:



خودرویی در حال حرکت بوده که ترمز می‌گیرد، سرعتش از لحظه $t = 0s$ شروع به کم شدن می‌کند و در لحظه t_2 متوقف شده و شروع به حرکت در خلاف جهت اولیه می‌کند!

شیب خط B سرعت متحرک در لحظه t_1 و شیب خط A سرعت متحرک در لحظه t_2 است که همانطور که می‌بینید، خودرو در این لحظه متوقف شده است!

مثال: نمودار حرکت مورچه‌ای به شکل مقابل است. (دی ۱۴۰۰)



الف) بیشترین فاصله از مبدأ این مورچه چقدر است؟

پاسخ: 4m

ب) در کدام بازه سرعت مورچه هم‌جهت محور x است؟

پاسخ: سرعت هم‌جهت محور یعنی شیب مثبت، پس منظور، بازه‌ی زمانی ۰ تا ۲ ثانیه است.

ج) در چه لحظه‌ای جهت حرکت تغییر می‌کند؟

پاسخ: در لحظه تغییر جهت، سرعت صفر شده و علامت شیب تغییر می‌کند یعنی: $t = 2s$

د) سرعت متوسط را در بازه زمانی ۰ تا ۶ ثانیه حساب کنید.

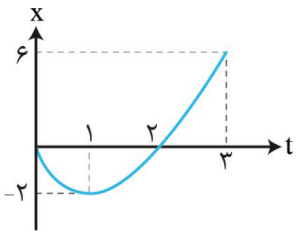
پاسخ:

$$V=\frac{\Delta X}{\Delta t} \qquad \vec{V}_{av}=\frac{-۱-۱}{۶-۰}=-\frac{۱}{۳}\frac{m}{s}$$

هـ) مسافت پیموده شده در این مدت چند متر است؟

پاسخ: در عرض ۲ ثانیه از مکان $+۱m$ به مکان $+۴m$ رفته است. سپس در زمان ۴ ثانیه از مکان $+۴m$ به $-۱m$ رفته که برابر با ۵ متر است. در کل ۸ متر طی شده است!

مثال: با توجه به نمودار مقابل پاسخ دهید. (تمرین کتاب)



الف) سرعت متوسط را از صفر تا ۳ ثانیه حساب کنید.

پاسخ:

$$V_{ar}=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{۶-۰}{۳}=۲\frac{m}{s}$$

ب) معادله مکان- زمان متحرک را بنویسید.

پاسخ:

$$\Rightarrow x=\frac{۱}{۲}at^{۲}+v_{۰}t+x_{۰}\xrightarrow[x=۶]{t=۳\ \ x=۰}۶=\frac{۱}{۲}a(۳)^{۲}+(۰\times)+۰$$

$$t=۱\rightarrow V=۰\rightarrow V=at+V_{۰}\rightarrow -V_{۰}=a$$

$$\Rightarrow a=+۴\frac{m}{s^{۲}}\Rightarrow V_{۰}=-۴\frac{m}{s}\rightarrow x=۲t^{۲}-۴t$$

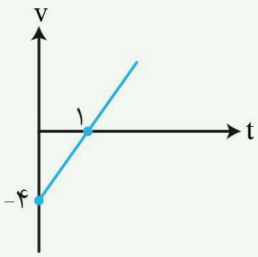
ج) سرعت متحرک در لحظه $t=۳s$ چقدر است؟

پاسخ:

$$V=at+V_{۰}\Rightarrow V=۴t-۴\xrightarrow{t=۳}V=۴\times ۳-۴=۸\frac{m}{s}$$

د) نمودار سرعت- زمان آن را رسم کنید.

پاسخ: **راه نجات:** وقتشه خودمونو از شر درجه ۲ خلاص کنیم. دیدیم که نمودار $V-t$ حرکت با شتاب ثابت یک تابع خطی هستش برای همین می‌تونیم سرعت متوسط حرکت را به کمک فرمول مقابل به دست بیاریم: $V_{av}=\frac{V_{۰}+V}{۲}$



نفهمیدم: ببین دوست خوبم فرض کن یک خودرویی با سرعت $V_{۱}$ سرعتش رو زیاد می‌کنه تا برسه به سرعت $V_{۲}$ جابجایی خودرو تواین مدت زمان برابری میکنه با حالتی که این خودرو با سرعت ثابت $\left(V_{av}=\frac{V_{۲}+V_{۱}}{۲}\right)$ حرکت می‌کنه و می‌تونی برای یک حرکت شتابدار با شتاب ثابت بنویسی:

$$\Delta x=\left(\frac{V_{۲}+V_{۱}}{۲}\right)\Delta t$$

مثال: هواپیمایی از حال سکون با شتاب $۲/۲\frac{m}{s^{۲}}$ شروع به حرکت می‌کند تا به سرعت پرواز $۹۵\frac{m}{s}$ برسد. جابجایی هواپیما روی باند چند متر است؟ (مثال کتاب)

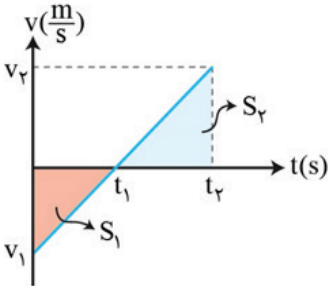
پاسخ:

زمان رسیدن به سرعت پرواز

$$V=at+V_{۰}\rightarrow V=۲/۲t\rightarrow t=\frac{۹۵}{۲/۲}=۴۳/۲(s)$$

جابه‌جایی در باند پرواز $\Delta x=\left(\frac{۰+۹۵}{۲}\right)\times ۴۳/۲=۲/۰۵\times ۱۰^{۳}(m)$

محاسبه جابجایی به کمک نمودار V-t:



مساحت محصور بین نمودار و محور t به شما جابجایی را می‌دهد. (با رعایت علامت)

$+S_2$ = جابجایی از t_1 تا t_2

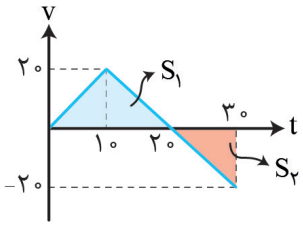
$-S_2$ = جابه‌جایی از ۰ تا t_1

مسافت طی شده = مجموع مثبت مساحت‌ها $|-S_1|+|S_2|$

$-S_1+S_2$ = جابجایی از ۰ تا t_2

در قسمت زیر محور t سرعت حرکت منفی بوده و حرکت در سمت منفی محور x است. بالای محور t سرعت مثبت و جابه‌جایی به سمت مثبت محور x است.

مثال: نمودار سرعت زمان متحرکی که از مکان اولیه $x_0=-20m$ حرکت می‌کند به شکل مقابل است. (مرداد ۱۴۰۲)



الف) مکان متحرک را در لحظه $t=10s$ و $t=20s$ حساب کنید

پاسخ:

$$x_2-x_1=\left(\frac{V_2+V_1}{2}\right)\Delta t \Rightarrow x_1=80(m) \quad , \quad x_2=180(m)$$

ب) مسافت طی شده و جابجایی در ۳۰ ثانیه اول حرکت چند متر است؟

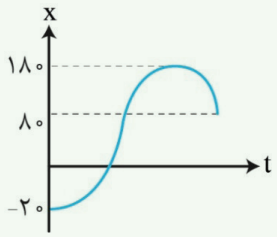
پاسخ:

$S_1=\frac{20\times 20}{2}=200m$ جابجایی $=200-100=100m$

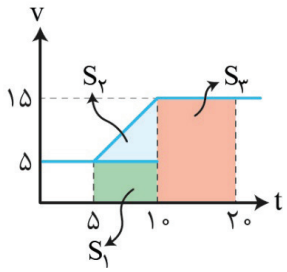
$S_2=\frac{-20\times 10}{2}=-100m$ مسافت طی شده $=200+100=300m$

ج) نمودار $x-t$ آن را رسم کنید.

پاسخ:



مثال: با توجه به نمودار مقابل: (تمرین کتاب)



الف) شتاب خودرو را در هر یک از لحظه‌های $t=3$ و $t=8$ و $t=15$ حساب کنید.

پاسخ:

$t=3 \Rightarrow a=0 \Rightarrow$ شیب صفر

$t=8 \Rightarrow a=\frac{15-5}{10-5}=2\frac{m}{s^2}$

شیب صفر $\Rightarrow a=0\frac{m}{s}$ در لحظه ۱۵

ب) شتاب متوسط را در بازه ۰ تا ۲۰ حساب کنید.

پاسخ: منظورش اینه یک خط از لحظه ۰ نمودار به لحظه ۲۰ وصل کن و شیب را حساب کن!

$a_{0v}=\frac{15-5}{20-0}=\frac{1}{2}\frac{m}{s^2}$

ج) جابه‌جایی خودرو در مدت $t=5$ تا $t=20$ را حساب کنید.

پاسخ: منظورش مساحت زیر نمودار است: $S_1+S_2+S_3 \Rightarrow 25+25+150=200m$

معادله سرعت- جابجایی: کتاب درسی این فرمول را به کمک معادله سرعت به دست آورده؛ اما دو روش برای به دست اوردن این معادله وجود دارد.

در فرمول $\Delta x = \left(\frac{V_2 + V_1}{2}\right)$ بجای t بذارید $t = \left(\frac{V_2 - V_1}{a}\right) \Rightarrow V_2^2 - V_1^2 = 2a\,\Delta x$

در این فرمول V_2 سرعت نهایی و ΔX جابجایی را نشان می‌دهد.

یا اینکه:

$$W = k_2 - k_1 = F_T d \qquad K = \frac{1}{2}mV^2 \qquad F_t = ma$$

مثال: **خودرویی با سرعت $40\frac{km}{h}$ در حال حرکت است. ناگهان گوزنی در فاصله ۲۲ متری خودرو ظاهر می‌شود. راننده ترمز می‌کند و با شتاب $3/8\frac{m}{s^2}$ سرعت خود را کاهش می‌دهد تا متوقف شود. (مثال کتاب)**

پاسخ:

$$V_1 = \frac{40}{3/6} = 11/1\frac{m}{s}$$

الف) خودرو در چه فاصله‌ای از گوزن متوقف می‌شود؟

پاسخ: در لحظه توقف $v=0$ است و جابجایی خودرو را تا لحظهٔ توقف محاسبه می‌کنیم.

$$V_2^2 - V_1^2 = 2a\Delta x \rightarrow 0^2 - (11/1)^2 = 2(-3/8)\Delta x \Rightarrow \Delta x = 16/2\,m$$

فاصله از گوزن $= 22 - 16/2 = 5/8\,m$

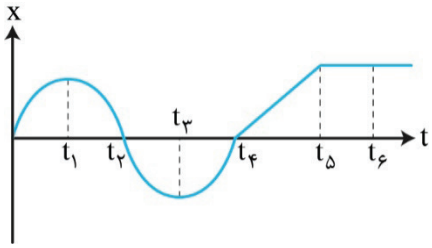
سرعت کاهش می‌یابد؛ یعنی علامت شتاب خلاف علامت سرعت اولیه است: $a = -3/8\frac{m}{s}$

ب) چه مدت طول می‌کشد تا خودرو متوقف شود؟

پاسخ:

$$V = at + V_0 \rightarrow 0 = (-3/8 \times t) + 11/1 \rightarrow t = 2/92s$$

مثال: **با توجه به نمودار حرکت متحرک روبرو به سؤالات زیر پاسخ دهید.** (تألفی)



الف) شتاب در کدام بازه زمانی مثبت است؟

پاسخ: در بازه‌ای که نمودار $x-t$ به شکل $\cup$ است. یعنی t_2 تا t_4

ب) شتاب در کدام بازه زمانی منفی است؟

پاسخ: در زمانی که نمودار $x-t$ به شکل $\cap$ است. یعنی ۰ تا t_2

ج) در کدام بازه زمانی شتاب صفر است؟

پاسخ: در بازه t_4 تا t_5 شیب ثابت است. سرعت ثابت و شتاب صفر بوده و همچنین در بازه t_5 تا t_6 شیب تغییر نکرده است.

د) در کدام لحظات متحرک تغییر جهت داده است؟

پاسخ: در لحظه t_1 و t_3 جهت حرکت تغییر کرده است.

هـ) در کدام بازه‌ها حرکت کند شونده بوده است؟

پاسخ: در بازه ۰ تا t_1

$a.v < 0 \Rightarrow a < 0$ چون تقعر پایین است. $V > 0$ چون شیب مثبت است.

در بازه t_2 تا t_3

$a>0 \Rightarrow a.v<0$ چون تقعر بالا است. $V<0$ چون شیب منفی است.

خ) در کدام بازه حرکت تند شونده است؟

پاسخ: در بازه t_1 تا t_2

$a<0 \Rightarrow a.v>0$ چون تقعر پایین است. $V<0$ چون شیب منفی است.

در بازه t_3 تا t_4

$a>0 \Rightarrow a.v>0$ چون تقعر بالا است. $V>0$ چون شیب مثبت است.

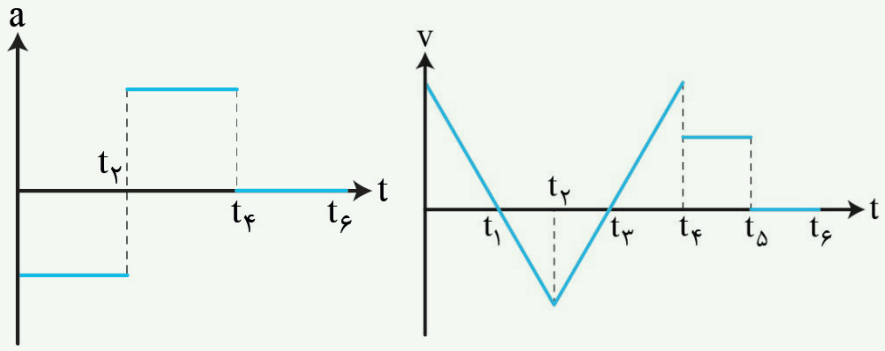
ز) در کدام بازه متحرک سرعت ثابت دارد و در کدام بازه متوقف است؟

پاسخ: t_4 تا t_5 سرعت ثابت

در t_5 تا t_6 متوقف (سرعت صفر است)

ر) نمودار $V-t$ و $a-t$ آن را رسم کنید.

پاسخ:



نکته مساحت محصور بین نمودار $a-t$ و محور t با ΔV برابر است!

نکته در نمودار $V-t$ با نزدیک شدن نمودار به محور t، حرکت کند شونده و با دور شدن از آن، حرکت تند شونده است.

سؤالات زیر را دریاب 😊

مثال: **جسمی با سرعت ثابت حرکت می‌کند اگر در لحظه $t_1=5s$ در مکان $x_1=6m$ باشد و در $t_2=20s$ در مکان $x_2=36m$ باشد معادله مکان- زمان جسم را بنویسید.** (تمرین کتاب)

پاسخ: داریم $x=Vt+x_0$ چون سرعت ثابت است.

حالا باید مکان اولیه را حساب کنیم:

$$\bar{V}=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{36-6}{20-5}=+2\frac{m}{s}\rightarrow x=2t+x_0 \rightarrow$$

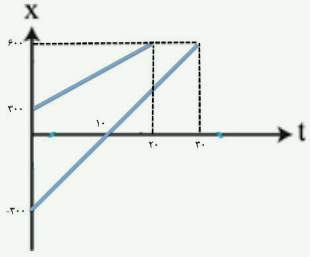
کافیست اطلاعات t_1 یا t_2 را در معادله جاگذاری کنیم: $\Leftarrow \begin{cases} t_1=5s \\ x=6 \end{cases}$

$$6=5\times 2+X_0 \Rightarrow X_0=-4 \Rightarrow X=2t-4$$

مثال: **نمودار $x-t$ دو متحرک A و B شکل مقابل است. دو متحرک در چه مکان و زمانی به هم می‌رسند؟**

پاسخ: اول باید معادله حرکت هر دو متحرک را بنویسیم:

چون شیب ثابت است پس داریم: $x=Vt+x_0$



$$A\begin{cases} V_A=\frac{600-(-300)}{30}=30\frac{m}{s} \Rightarrow x=30t-300 \\ x_0=-300 \end{cases}$$

$$B\begin{cases} V_B=\frac{600-300}{20}=15\frac{m}{s} \Rightarrow x=15t+300 \\ x_0=+300 \end{cases}$$

$30t-300=15t+300 \Rightarrow t=40s$

دو خودرو در زمانی به هم می‌رسند که در لحظه t هر دو در مکان مشترک باشند: $x_A=x_B \Leftarrow 30t-300=15t+300$

در مکان $x_A=30\times 40-300=900m$ یا $x_B=15\times 40+300=900m$

مثال: خودرویی پشت چراغ قرمز ایستاده. با سبز شدن چراغ با شتاب $۲\frac{m}{s^۲}$ شروع به حرکت می‌کند. در همین لحظه کامیون با سرعت $۳۶\frac{km}{h}$ از کنار خودرو عبور می‌کند: (تمرین کتاب)

الف) در چه لحظه و مکانی خودرو به کامیون می‌رسد؟

پاسخ:

$$x = \frac{۱}{۲}at^۲ + V_۰t + x_۰$$

معادله حرکت خودرو $\Rightarrow x = t^۲$

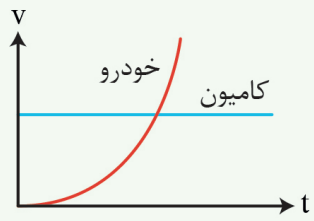
معادله حرکت کامیون $\Rightarrow x = Vt + x_۰ \Rightarrow V = ۳۶ \div ۳/۶ = ۱۰\frac{m}{s} \rightarrow x = ۱۰t$

$t^۲ = ۱۰t \Rightarrow t = ۱۰s$

$x = ۱۰ \times ۱۰ = ۱۰۰m$

ب) نمودار $V - t$ آن‌ها را رسم کنید.

پاسخ: در لحظه و در مکان $x = x \Rightarrow t^۳ = ۱۰t \rightarrow t = ۱۰$



ج) در چه لحظه سرعت‌ها برابر می‌شوند؟

پاسخ:

$V = at + V_۰$

$\left.\begin{matrix} V = ۲t \\ V = ۱۰ \end{matrix}\right\} \Rightarrow ۲t = ۱۰ \rightarrow t = ۵s$

مثال: معادله سرعت- زمان خودرویی $V = -۱۰t + ۲۰$ است:

الف) در لحظه $t = ۳s$ جهت بردار سرعت و شتاب متحرک را تعیین کنید.

پاسخ: شتاب ثابت $-۱۰\frac{m}{s^۲}$ و منفی است

سرعت: $V = -۱۰ \times ۳ + ۲۰$

منفی $V = -۳۰ + ۲۰ = -۱۰\frac{m}{s}$

ب) در چه لحظه‌ای متحرک تغییر جهت داده است؟

پاسخ: زمانی که $V = ۰$ می‌شود. $۰ = -۱۰t + ۲۰ \rightarrow t = ۲(s)$

ج) در لحظه $t = ۵s, t = ۱s$ نوع حرکت را مشخص کنید.

پاسخ:

در لحظه $t = ۵$ $\begin{cases} a = -۱۰\frac{m}{s^۲} \\ V = -۳۰\frac{m}{s} \end{cases}$ $av > ۰$

در لحظه‌ی $t = ۱$ $\begin{cases} a = -۱۰\frac{m}{s^۲} \\ V = +۱۰\frac{m}{s} \end{cases}$ $av < ۰$

د) با فرض اینکه مکان اولیه $x = +۵$ باشد معادله حرکت این متحرک را بنویسید.

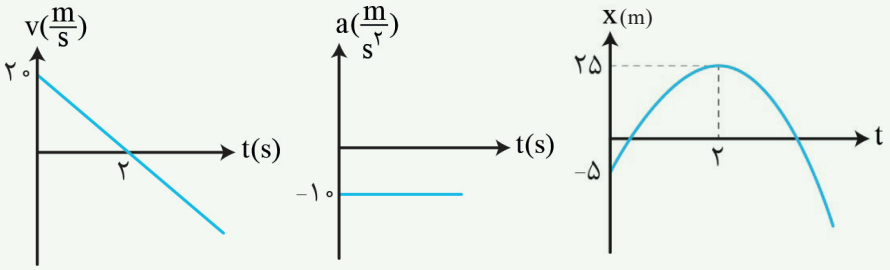
پاسخ:

$\left.\begin{matrix} a = -۱۰ \\ V_۰ = +۲۰ \\ x_۰ = ۵ \end{matrix}\right\} \Leftarrow x = \frac{۱}{۲}(-۱۰)t^۲ + ۲۰t + ۵$

$x = -۵t^۲ + ۲۰t + ۵$

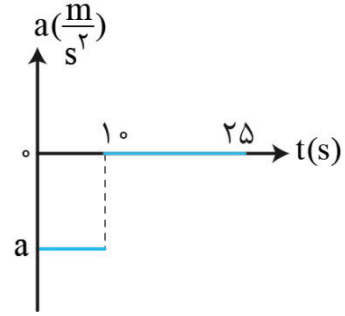
هـ) نمودارهای $V-t$ و $x-t, a-t$ آن را رسم کنید.

پاسخ:



مثال: با توجه به نمودار $a-t$ اگر سرعت اولیه خودرویی $40\frac{m}{s}$ و سرعت آن در لحظه $t=10s$ برابر $20\frac{m}{s}$ باشد:

(خرداد ۱۴۰۲ ریاضی)



الف) شتاب حرکت را در ۱۰ ثانیه اول حساب کنید.

پاسخ:

$$a=\frac{V-V_0}{t}\Rightarrow a=\frac{20-40}{10}=-2\frac{m}{s^2}$$

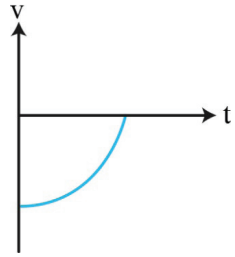
ب) جابه‌جایی در بازه ۱۰ تا ۲۵ ثانیه را حساب کنید.

پاسخ: در این بازه شتاب صفر و سرعت ثابت است.

$$\Delta x=Vt \quad \Rightarrow \Delta x=20\times 15=300(m)$$

مثال: جسمی خلاف جهت x در حال حرکت است اگر شتاب آن در حال افزایش و سرعت در حال کاهش باشد، نمودار $V-t$ رسم کنید.

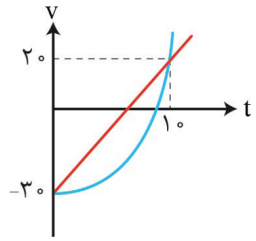
(خرداد ۱۴۰۲ ریاضی)



پاسخ: شتاب در حال افزایش یعنی شیب نمودار $V-t$ رفته‌رفته زیاد شده و وقتی سرعت در حال کاهش باشد یعنی نمودار $V-t$ به محور t نزدیک می‌شود.

مثال: در نمودار مقابل شتاب متوسط در بازه زمانی صفر تا ۱۰ ثانیه را حساب کنید.

(تألیفی)



پاسخ: منظورش اینه از لحظه ۰ به ۱۰ وصل کن شیب را به دست بیار:

$$a=\frac{20-(-30)}{10-0}=5\frac{m}{s^2}$$

مثال: از داخل پرانتز کلمه مناسب را انتخاب کنید.

(خرداد ۱۴۰۲ ریاضی و تجربی)

الف) جهت بردار شتاب متوسط همواره در جهت (تغییر سرعت- سرعت) است.

پاسخ: تغییر سرعت

ب) درحرکت کند شونده، بردار سرعت و شتاب متحرک، در خلاف جهت هم هستند. (درست- نادرست)

پاسخ: بله چون کند شونده است، پس: $a.V<0$

ج) تندی متوسط جسم برابر نسبت جابجایی به زمان است. (درست- نادرست)

پاسخ: تغییر اون سرعت متوسطه.

د) بردار سرعت در هر نقطه از مسیر، بر مسیر حرکت (عمود- مماس) است.

پاسخ: مماس

هـ) شتاب متوسط کمیتی برداری و هم‌جهت با (تغییر سرعت- جابجایی) است.

پاسخ: تغییر سرعت

ز) درحرکت یکنواخت سرعت لحظه‌ای با سرعت متوسط برابر (است- نیست).

پاسخ: است چون در حرکت یکنواخت شتاب صفر است.

ر) درحرکت دایره‌ای یکنواخت حرکت شتابدار (است- نیست).

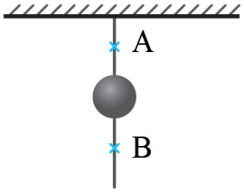
پاسخ: است چون بردار V دائم در حال تغییر جهت است.

فصل دوم: دینامیک

قوانین حرکت نیوتون:

قانون اول: یک جسم حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می‌کند مگر اینکه نیروی خاصی به آن وارد شود.

لختی چیست؟! اجسام میل دارند حرکت و وضعیت خودشان را حفظ کنند. به این تمایل طبیعی لختی میگویند.



مثال: در شکل مقابل اگر طناب آرام کشیده شود طناب از A پاره شده و اگر سریع کشیده شود از B! چرا؟

پاسخ: چون در حالت دوم گلوله می‌خواهد سر جایش بماند!

قانون دوم نیوتن: هرگاه بر جسم نیروی خالص (غیرصفر) وارد شود جسم در جهت نیرو شتاب می‌گیرد.

$$\vec{F} = m.\vec{a}$$

مثال: وزن قایقی با سرنشین ۴۰۰ kg است. اگر موتور قایق ۱۳۰۰ w نیرو وارد کند، و مقاومت آب چقدر باشد تا نیروی خالص شتاب ۲ $\frac{m}{s^2}$ به قایق بدهد؟ چقدر طول می‌کشد سرعت قایق از صفر به ۱۵ $\frac{m}{s}$ برسد؟ در این مدت چقدر جابجا می‌شود؟ (مثال کتاب)

پاسخ:

الف) $F_{net} = m.a \rightarrow F_{net} = ۴۰۰ \times ۲ = ۸۰۰ N \rightarrow F - F = F_{net} \rightarrow F = ۱۳۰۰ - ۸۰۰ = ۵۰۰ N$

ب) $V = at + V_۰ \rightarrow V = ۲ \times t \rightarrow ۱۵ = ۲ \times t \rightarrow t = ۷/۵ s$

ج) $V_۲^۲ - V_۱^۲ = ۲a\Delta x \rightarrow ۱۵^۲ - ۰^۲ = ۲(۲)\Delta x \rightarrow \Delta x = ۵۶/۳ m$

مثال: به توپی به جرم ۴۲۰ gr که در هوا به صورت افقی حرکت می‌کند نیروی مقاومت هوا F = ۱N وارد می‌شود. بزرگی و جهت شتاب توپ در این نقطه چقدر است؟ $(g = ۹/۸ \frac{m}{s^2})$ (مثال کتاب)

پاسخ:

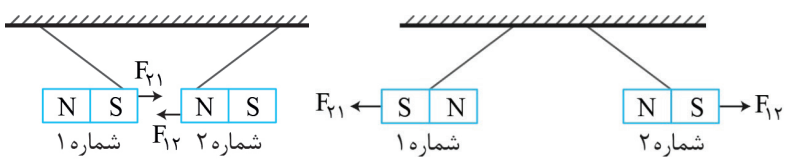
$$F_{net} = (-۱N)\vec{i} + (-۴/۱)\vec{j}$$

$$\vec{a} = \frac{-۱ - ۴/۱\vec{j}}{۴۲۰ \times ۱۰^{-۳}} = (-۲/۴ \frac{m}{s^2})\vec{i} + (-۹/۸ \frac{m}{s^2})\vec{j} \qquad a = \sqrt{a_n^۲ + a_g^۲} = ۱۰ \frac{m}{s^2}$$

قانون سوم نیوتن: هر کنشی، واکنشی دارد! از سال قبل به یاد دارید که دو آهنربا همدیگر را دفع یا جذب می‌کردند. این مثال نشان دهنده قانون سوم نیوتن است!

پس هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی هم‌اندازه و هم‌راستا اما در خلاف جهت وارد می‌کند.

$$\vec{F}_{۱۲} = -\vec{F}_{۲۱} \Rightarrow |F_{۱۲}| = |F_{۲۱}|$$



نکته این قانون بین دو جسم ممکن است اثرات متفاوت ایجاد کند. مثلاً میخ و چکش ← کنش چکش باعث فرو رفتن میخ و واکنش میخ باعث توقف چکش می‌شود.

مثال: **دو شخص A و B که روی کنش چرخدار بدون اصطکاک هستند روبروی هم قرار گرفته‌اند اگر شخص A که ۷۵kg جرم دارد با نیروی ۱۰۰ N شخص B را که ۵۰kgr جرم دارد هل بدهد شتاب هر یک چقدر است؟** (مثال کتاب)

پاسخ: اندازه نیروها برابر است اما خلاف جهت هم‌اند!(قانون جرم نیوتون) $\overrightarrow{F_{AB}} = -\overrightarrow{F_{BA}}$

هنگامی‌که شخص A، ۱۰۰ نیوتون نیرو وارد می‌کند، شخص B هم ۱۰۰ نیوتون نیرو وارد می‌کند اما خلاف جهت نیروی شخص A . پس:

$$\vec{F}_{net} = ma \begin{cases} B: \vec{F}_{net} = +100\,N\vec{i} \\ A: \vec{F}_{net} = -100\,N\vec{i} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} a_B = \frac{+100\vec{i}}{50} = +2\frac{m}{s^2}\vec{i} \\ a_A = \frac{-100\vec{i}}{75} = -1/3\frac{m}{s^2}\vec{i} \end{cases}$$

نیروهای خاص را دریاب

✓ **نیروی وزن** $(\vec{W})$: زمین جاذبه دارد و اجسام را به سمت خودش می‌کشد اما با چه نیرویی؟ شتاب گرانش زمین را با g نشان می‌دهند.

وقتی جسمی جرم m برحسب کیلوگرم داشته باشیم نیروی گرانش زمین روی جسم برابر است با: $\vec{W} = m.\vec{g}$

نکته همیشه نیروی گرانش زمین را ۹/۸ یا همان تقریباً ۱۰ در نظر بگیریم؟

هر چه از سطح زمین دور شویم نیروی وزن متفاوت خواهد بود چون اندازه g متفاوت است. پس نیروی وزن علاوه بر جرم به گرانش هم‌بستگی دارد. بیشتر در این بابت در آخر فصل توضیح میدیم! سؤال بعدی: جسمی که ساکن ایستاده چی؟

به همه اجسام اطراف زمین چه ساکن و چه متحرک نیرو وارد می‌شود مثل آهنربایی که همه فلزات اطراف خودش را جذب می‌کند حال چه فاصله جسم و زمین صفر باشد چه خیر!

سؤال: **ماهواره‌ای به جرم ۵۰ kgr روی سطح زمین چه وزنی دارد؟ اگر این ماهواره در ارتفاع h از سطح زمین باشد به گونه‌ای که در آنجا شتاب گرانش $\frac{g}{4}$ باشد، آنگاه وزن ماهواره چند نیوتون است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$** (تألیفی)

پاسخ: $w = m.\frac{g}{4}$ و $w = mgh$ h ارتفاع از سطح زمین است.

می‌بینی که جرم ثابت اما وزن وابسته به شتاب گرانش است!

$$w = 50\times10 = 500\,N \quad w = 50\times\frac{10}{4} = 125\,N$$

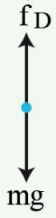
✓ **نیروی مقاومت شاره** $(f_\circ)$: شاره یعنی گاز یا مایع و نیروی مقاومت این‌ها یعنی همان نیرویی که مثلاً به قایق از طرف آب یا به خودرو از طرف باد وارد می‌شود.

حواست باشه: به نیروی مقاومت شاره که توسط هوا وارد می‌شود نیروی مقاومت هوا هم گفته می‌شود!

نکته هر چه سرعت بیشتر باشد نیروی مقاومت شاره هم بیشتر خواهد شد. مثل وقتی‌که دست از شیشه ماشین بیرون است و ماشین دائم سرعت می‌گیرد.

مثال: **چتربازی به جرم ۶۰kgr پرش آزاد می‌کند و چترباز می‌شود. نیروی مقاومت هوا ۱۱۴۰ N است. شتاب چترباز در این لحظه چقدر است؟** (مثال کتاب)

پاسخ:



$$F_{net} = 1140 - (60\times10) = +540\,(N)\,j \rightarrow \vec{F}_{net} = m.a$$

$$\rightarrow a = \frac{540}{60} = +9\frac{m}{s^2}\vec{j}$$

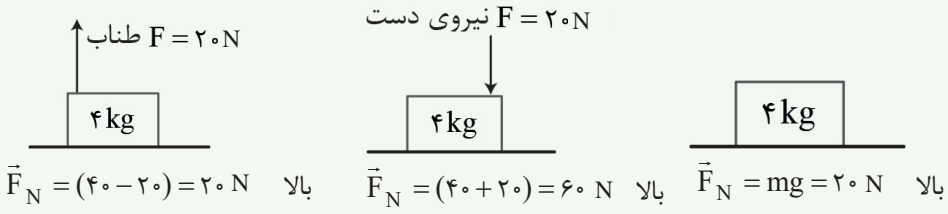
به متحرک شتاب $9\frac{m}{s^2}$ رو به بالا وارد شده و سرعت چتر باز رفته رفته کم می‌شود. با کم شدن سرعت طبق نکات بالانیروی شاره هم کم شده تا در سرعت مشخصی که تندی حدی نام دارد. نیروی $F_\circ$ با mg برابر و چتر باز با سرعت ثابت پایین میاید. چرا؟ چون نیروی خالص وارد بهش صفر است...

نیروی عمودی تکیه گاه: شما الان نشسته و در حال درس خواندن هستید. خب شما که روی زمین هستید و تحت تأثیر نیروی گرانشی! پس چرا ساکن مانده‌اید و سقوط نمی‌کنید؟

✓ زیرا سطحی که روی آن نشسته‌ای در اثر تغییر شکل قرارگیری مولکول‌ها به تو نیرویی هم‌اندازه با نیروی وزنت اما در خلاف جهت وارد می‌کند. به این نیرو که با $\vec{F}_N$ نشان داده می‌شود نیروی عمودی تکیه گاه یا سطح گفته می‌شود.

مثال: همه اجسام زیر ساکن هستند. نیروی عمودی تکیه گاه هر کدام را حساب کنید. (مثال کتاب)

پاسخ: دقت کنید که اندازه برآیند نیروهایی که به سطح وارد می‌شود برابر با اندازه نیروی عمودی سطح هست، فقط جهتشان برعکس هم است.



نیروی عمودی سطح در آسانسور: تصور کنید می‌خواهید با آسانسور به طبقه بالابروید، آسانسور با شتاب $۲\frac{m}{s^۲}$ رو به بالا می‌رود، شما کف آسانسور ایستاده‌اید و رو به بالا با شتاب $۲\frac{m}{s^۲}$ حرکت می‌کنید. سؤال: اگر جرم شما ۵۰ kgr باشد برآیند نیروهای وارد بر شما کدام سمت و چند نیوتن است؟

چون a رو به بالا است پس F_{net} رو به بالا و برابر: $F_{net} = m.a = ۲\times ۵۰ = ۱۰۰(N)$

مثال: حال به شما نیروی گرانش mg که برابر $۵۰\times ۱۰ = ۵۰۰N$ به سمت پایین وارد می‌شود! پس چرا برایند نیروهای وارد بر شما که طبق قانون دوم نیوتن به دست آوردید ۱۰۰N و رو به بالا است؟

پاسخ: احسنت! نیروی عمودی سطح رو به بالا به تو نیرو وارد کرده و داریم: $F_N - mg = F_{net}$

$$F_N = mg + F_{net} \Rightarrow F_N = mg + ma \Rightarrow F_N = m(g+a) \rightarrow F_N = ۵۰(۱۰+۲) = ۶۰۰N$$

آقا اگر با شتاب $۲\frac{m}{s^۲}$ رو به پایین در حال حرکت باشیم چی؟

پاسخ: داریم: $mg - F_N = F_{net}$

$$۵۰۰ - F_N = m.a \Rightarrow F_N = ۵۰۰ - (۵\times ۲) = ۴۰۰N$$

وقتی شتاب رو به پایین است یعنی برآیند نیروها رو به پایین بوده و نیروهای وارد بر جسم هم که در شکل مشخص هستند!

حواست باشه: هنگامی‌که احساس سنگینی کردی: $F_N = m(g+a)$

✓ هنگامی‌که حس سبکی کردی: (انگار زیر پات خالی شده) $F_N = m(g-a)$

✓ $m(g+a)$ شتاب a کند شونده به سمت پایین / $m(g+a)$ شتاب a تند شونده به سمت بالا

✓ $m(g-a)$ شتاب a تند شونده به سمت پایین / $m(g+a)$ شتاب a کند شونده به سمت بالا

مثال: شخص به جرم ۶۰ kgr داخل آسانسور روی ترازو ایستاده $(g=۱۰)$ آنگاه: (خرداد ۱۴۰۲ تجربی)

الف) وقتی آسانسور رو به پایین با شتاب $۳\frac{m}{s^۲}$ حرکت کند ترازو چند نیوتون را نشان می‌دهد؟

پاسخ: عدد ترازو همان F_N سطح است! $F_{net} = ma = ۲\times ۵۰ = ۱۰۰w$

ب) اگر آسانسور با سرعت ثابت حرکت کند چه اتفاقی میافتد؟

پاسخ: وقتی سرعت ثابت یعنی $a = ۰$، داریم: $F_N = mg \Leftarrow F_N = ۶۰\times ۱۰ = ۶۰۰N$

ج) اگر کابل آسانسور پاره شود چه عددی نشان داده می‌شود؟ توضیح دهید.

پاسخ: صفر، زیرا در سقوط آزاد $a = g$ می‌شود و $F = m(g-a) = ۰N$

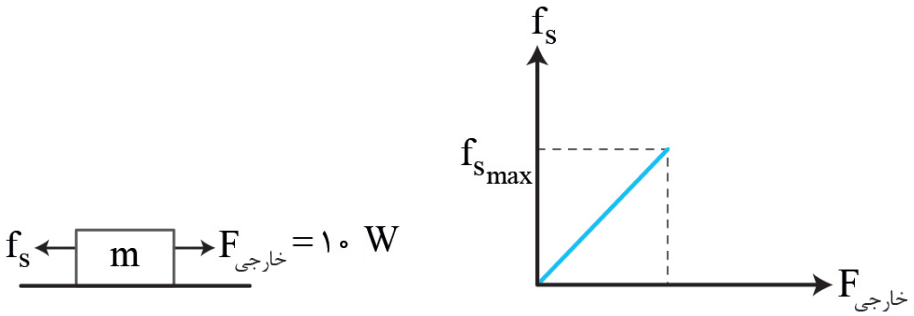
نیروی اصطکاک: وقتی جسمی ساکن است یا حتی متحرک، همواره یک نیروی مخالف حرکت وجود دارد. به این نیروی مرموز نیروی اصطکاک گفته می‌شود. اگر جسم ساکن باشد از نوع اصطکاک ایستایی (f_s) و اگر جسم در حال حرکت باشد اصطکاک جنبشی (f_k) نام دارد!

اصطکاک ایستایی (f_s) : همانطور که گفتیم اصطکاکی است که با حرکت مخالفت می‌کند. نیروی اصطکاک خلاف جهت حرکت است و مانع از حرکت می‌شود.

سؤال: نیروی اصطکاک ایستایی چه اندازه‌ای دارد؟

پاسخ: بستگی دارد! این نیرو هوشمند است. یعنی تو هرچقدر نیرو وارد می‌کنی اصطکاک نیز همان اندازه وارد می‌کند و هرچه نیروی تو بیشتر شود اصطکاک نیز بیشتر می‌شود اما این نیروی اصطکاک تا حدی بالا می‌رود که ماکزیمم نیروی اصطکاک ایستایی نام دارد. ($F_{s\,max}$)

در این شکل‌ها جسم ساکن است:



نکته لحظه‌ای که F خارجی با F_{smax} برابر است، آستانه حرکت نام دارد. $|\vec{F}| = |f_{smax}|$

محاسبه اصطکاک ایستایی ماکزیمم: $f_{S_{max}} = \mu_s . F_N$

مثال: جسمی به جرم ۹۰kgr را شخصی با ۲۰۰ N هل می‌دهد، جسم ساکن می‌ماند. اگر ۳۰۰ N نیرو وارد کند جسم در آستانه حرکت قرار می‌گیرد: (تمرین کتاب)

الف) نیروی اصطکاک در هر دو حالت چند نیوتن است؟

پاسخ: جسم در هر دو حالت ساکن است. $|f_{s_{max}}| = |F| = ۳۰۰N$ حالت دوم / $|f_s| = |F| = ۲۰۰N$ حالت اول

ب) ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح چقدر است؟

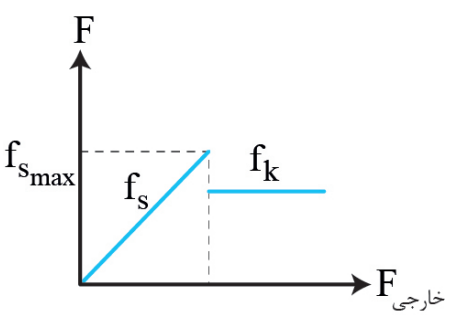
پاسخ: $|f_{s_{max}}| = |F| = ۳۰۰N \rightarrow \mu_s F_N = ۳۰۰ \Rightarrow \mu_s = ۱$

اصطکاک جنبشی: وقتی‌که جسم حرکت کرد دیگر f_s نداریم و f_k که مقدار ثابتی دارد جایگزین می‌شود. منظور از حرکت سر خوردن است. $F_k = \mu_k . F_N$

مثال: در مثال قبل اگر پس از حرکت جسم نیروی مرد به ۲۰۰ N برسد شتاب حرکت چند $\frac{m}{s^2}$ است؟

پاسخ: $F_{net} = ۲۰۰ - ۱۸۰ = ۲۰N \rightarrow a = \frac{۲۰}{۹۰} = \frac{۲}{۹}\frac{m}{s^2}$

نمودار نهایی اصطکاک:



سؤال: اگر f_k از F خارجی بیشتر شد چه اتفاقی خواهد افتاد؟ جسم حرکت می‌کند تا متوقف شود!

مثال: خودرویی با سرعت V در حال حرکت است. مانعی وجود دارد. زمان واکنش تا ترمز گرفتن $0/6s$ طول می‌کشد. در این مدت $18m$ طی مسیر می‌کند: (تمرین کتاب)

الف) سرعت خودرو چند m/s بوده؟

پاسخ:

$$V=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{18}{0/6}=30\frac{m}{s}$$

ب) اگر لحظه ترمز تا توقف $5s$ طول بکشد خط ترمز و شتاب چقدره؟

پاسخ:

$$V_2=0\rightarrow a=\frac{\Delta V}{\Delta t}=\frac{-30}{5}=-6\frac{m}{s^2}$$

$$V_2^2-V_1^2=2a\Delta\rightarrow 0-900=2(-6)\Delta x\rightarrow \Delta x=75m$$

ج) نیروی اصطکاک بین چرخ و لنت چند N بوده است؟ و نیروی خالص وارد شده به خودرو چند نیوتون است؟ (جرم خودرو $1500kgr$)

پاسخ: نیازی به گفتن نیست که mg با F_N برابر شده است.

$$|F_{nex}|=|F_k|=m.a\Rightarrow t_k=1500\times 6=9000N$$

نیروی کشسانی فنر: وقتی فنری را فشرده کنیم یا بکشیم خلاف جهت نیروی وارد شده به دست ما نیرو وارد می‌کند. هر چه تغییر طول فنر بیشتر باشد نیرو نیز بیشتر است؛ اما آیا نیروی فنر ساعت با فنر خودرو و یکسان است؟ خیر! مفهومی داریم به نام ضریب سختی فنر که ویژه هر فنر است.

$$F=k.x$$

مثال: وزنه‌ای به جرم $2kgr$ از فنر به طول $12cm$ آویزان می‌کنیم اگر $k=20\frac{N}{cm}$ باشد و فنر را از سقف آسانسور آویزان کنیم: (تمرین کتاب)

الف) طول فنر وقتی آسانسور ساکن است چند cm است؟

پاسخ:

$$x=\frac{20}{20}=1cm\leftarrow F=kx=2\times 10=20(N)\Leftarrow F=mg \qquad L_2=L+1=12+1=13cm$$

ب) طول فنر وقتی با شتاب $2m/s$ تند شونده رو به بالا می‌رود چند cm است؟

پاسخ:

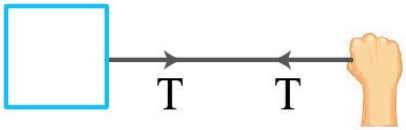
$$L'=1/2+12=13/2cm\Rightarrow x=\frac{24}{20}=1/2cm\Leftarrow F=2\times 12=24(N)\Leftarrow F=m(g+2)$$

ج) طول فنر وقتی با شتاب $2m/s$ کند شونده رو به بالا می‌رود چند cm است؟

پاسخ:

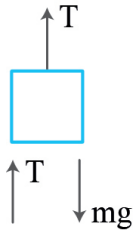
$$L'=12+0/8=12/8cm \qquad x=\frac{16}{20}=0/8cm\leftarrow F=2\times=16N\Leftarrow F=x(g-2)$$

نیروی کشش طناب: در شکل زیر شما به کمک طناب جسم را می‌کشید. طبق قانون سوم وقتی شما طناب را با F می‌کشید طناب هم شما را با T که اندازه‌اش برابر اندازه F است می‌کشد.



طناب جعبه را با T می‌کشد و این کشیدن به شکل به حرکت در آمدن جعبه خودش را نشان می‌دهد و جعبه هم طناب را با T به سمت خود می‌کشد. به این نیروی T که بین شما و جسم تحت کشش قرار گرفته نیروی کشش طناب میگویند.

مثال: در شکل روبرو جسم به جرم $40kgr$ با شتاب $2\frac{m}{s^2}$ رو به پایین می‌آید. اگر نیروی مقاومت هوا (N) 100 باشد نیروی کشش طناب چند نیوتن است؟ (خرداد ۱۴۰۲ ریاضی)



پاسخ:

$$\left.\begin{matrix}\uparrow T\quad mg\downarrow\end{matrix}\right\}\rightarrow F_{net}=m.a\rightarrow mg-f_s-T=F_{net}$$

$$(۴۰\times۱۰)-۱۰۰-T=۴۰\times۲\rightarrow ۳۰۰-۸۰=T$$
$$۲۲۰N=T$$

✓ **تکانه و قانون دوم نیوتن:** کمیتی برداری است و به کمک قانون دوم اینطوری به دست میاید:

$$F_{net}=m.a\xrightarrow{a=\frac{\Delta V}{\Delta t}}F_{net}=m\times\frac{\Delta V}{\Delta t}\Rightarrow F_{net}=\frac{mV_۲-mV_۱}{\Delta t}\xrightarrow[-P=m\times\vec{V}]{}\vec{P}=m\times\vec{V},\vec{F}_{net}=\frac{\overrightarrow{\Delta P}}{\Delta t}$$

مثال: گلوله‌ای روی سطح افق به جرم ۱۰ gr با سرعت $۵\frac{m}{s}$ حرکت می‌کند. (مثال کتاب/ تألیفی)

الف) تکانه گلوله چقدر است؟

پاسخ:

$$\vec{P}=m\times\vec{V}\Rightarrow\vec{P}=۱۰\times۱۰^{-۳}\times۵=۵\times۱۰^{-۲}\frac{kgr}{s}$$

ب) انرژی جنبشی گلوله چقدر است؟

پاسخ:

$$\vec{P}=m\vec{V}\xrightarrow[\text{برسون}]{\text{توان ۲}}P=m^۲V^۲\xrightarrow[\text{تقسیم m}]{\text{در ۰/۵ ضرب و به}}\frac{۱}{۲}mV^۲=\frac{P^۲}{۲m}\rightarrow\frac{(۵\times۱۰^{-۲})^۲}{۲\times۱۰\times۱۰^{-۳}}=۰/۱۲۵j$$

ج) اگر گلوله به مانع برخورد کند و با همان سرعت $۵\frac{m}{s}$ برگردد تغییرات تکانه چقدر است؟

پاسخ: $\vec{V}$ کمیت برداری است:

$$\vec{V}_۱=۵\frac{m}{s}\vec{i}\quad\vec{V}_۲=-۵\frac{m}{s}\vec{i}$$
$$\overrightarrow{\Delta P}=m.\overrightarrow{\Delta V}\rightarrow\Delta P=۱۰\times۱۰^{-۳}\times(-۵-۵)=-۱۰^{-۱}(kgr.\frac{m}{s})\vec{i}=۰/۱\vec{i}$$

نکته فرض کنید نیروهایی ثابت به جسم وارد می‌شوند. پس داریم:

$\vec{F}_{ar}=\frac{\overrightarrow{\Delta P}}{\Delta t}\leftarrow$ این میانگین نیرو هستش که به جسم وارد شده و فرض گرفتیم کل فرایند این نیرو وارد شده و ثابت بوده.

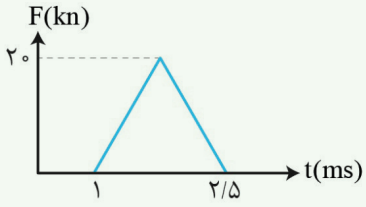
مثال: توپی به جرم ۲۸۰gr شوت میشود به تیر میخورد اگر سرعت شوت $۲۲\frac{m}{s}$ باشد و سرعت برگشت $۱۵\frac{m}{s}$ و کل زمانی که توپ با تیر در تماس بود ۰/۰۶s، آنوقت اندازه متوسط نیروی وارد به توپ چند نیوتن بوده است؟ (تمرین کتاب)

پاسخ:

$$\left.\begin{array}{l}\vec{P}_۱=۲۲\times۲۸۰\times۱۰^{-۳}\ i\\ \vec{P}_۲=-۱۵\times۲۸۰\times۱۰^{-۳}\ i\end{array}\right\}\overrightarrow{\Delta P}=-۱۰/۳۶\ kgr\frac{m}{s}\vec{i}\Rightarrow|F|=\frac{|\Delta P|}{\Delta t}=\frac{۱۰/۳۶}{\Delta t}=\frac{۱۰/۳۶}{۰/۰۶}=۱۷۲/۶N$$

مثال: نمودار زیر نیروی وارد بر جسم برحسب زمان است تغییر تکانه جسم و نیروی خالص متوسط آن را حساب کنید. (تمرین کتاب)

پاسخ:



$$S=\Delta P=\frac{۲۰\times۱۰^{+۳}\times(۲/۵-۱)\times۱۰^{-۳}}{۲}=۱۵kgr.\frac{m}{s}$$
$$F=\frac{\Delta P}{\Delta t}=\frac{۱۵}{۱/۵\times۱۰^{-۳}}=۱۰۰۰۰N$$

نکته مساحت بین نمودار و محور t، ΔP است.

نیروی گرانش: نیرویی که اجسام هم اندازه و خلاف جهت هم به یکدیگر وارد می‌کنند مثل ماه و زمین؛ علت چرخش ماه به دور زمین نیروی گرانش است!

نکته نیروی گرانش شبیه نیروی بین دو آهنربا است. هر قدر آهنربا بزرگ‌تر باشد و فاصله بین آن‌ها کمتر باشد، نیرو قوی‌تر است!

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

مثال: دو جسم در فاصله $2m$ یکدیگر را با نیروی گرانشی کوچک $10^{-8}N$ جذب می‌کند اگر جرم جسم اول $50\ kgr$ باشد جرم جسم دیگر چند کیلوگرم است؟ (تمرین کتاب)

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2} \rightarrow m_2 = \frac{F - r^2}{Gm_1} \Rightarrow m_2 = \frac{10^{-8} \times (20)^2}{6/67 \times 10^{-11} \times 50} \simeq 1/2 \times 10^3\ kgr$$

مثال: در چه فاصله‌ای از سطح زمین، وزن یک جسم نصف می‌شود؟ (تمرین کتاب)

اگر نیروی وارد بر یک جسم F باشد اونوقت $F = F_{net}$ و اگر جسم روی سطح زمین باشد داریم: M همون جرم زمین و m جرم جسم Re شعاع زمین:

$$F_{ent} = ma = GM\frac{m}{R_e^2} \Rightarrow a = G\frac{M}{R_e^2}$$

اگر مقدار رو حساب کنید به عدد $9/8\frac{m}{s^2}$ می‌رسید یعنی در واقع $g = G\frac{M}{R_e^2}$ می‌شود.

هرچه فاصله بیشتر g کمتر می‌شود

$$g' = \frac{g}{2} = \frac{GM}{(R_c + h)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{G\frac{M}{R_e^2}}{2} = \frac{GM}{(R_e + h^2} \Rightarrow \frac{1}{2A_e^2} = \frac{1}{(R_e + h)^2} \longrightarrow \sqrt{2}R_e = R_e + h \rightarrow h = (\sqrt{2} - 1)R_e$$

$$\rightarrow h \simeq 0/4R_e$$

مثال: در چه فاصله‌ای از سطح زمین، ماهواره‌ای که بین زمین و ماه قرار دارد برآیند نیروی صفر خواهد داشت؟ (تمرین کتاب)

با توجه به اطلاعات سؤال از شعاع زمین صرف‌نظر می‌کنیم و داریم $\frac{GM_0 M}{x^2} = G\frac{M}{y^2}$ از طرفی $x + y = 3/84 \times 10^5 k$ پس:

$$\frac{GM_0 x}{(3/84 \times 10^5 \times 10^3 - y)^2} = \frac{GM \times m}{(y)^2} \Rightarrow \frac{7/36 \times 10^{22}}{(3/84 \times 10^8 - y)^2} = \frac{5/98 \times 10^{24}}{y^2} \Rightarrow y \simeq 3/46 \times 10^8 (m)$$

سؤال: آزمایشی طراحی کنید که در آن بتوان μ_1, μ_2 را حساب کرد؟

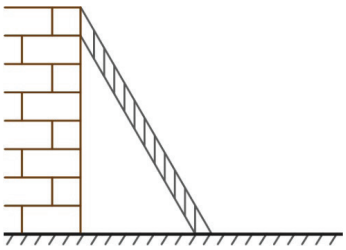
جسم به جرم m روی سطح افق گذاشته و با نیروسنج می‌کشیم. زمانی که جسم در آستانه حرکت بود عدد نیروسنج همان $F_{s\,max}$ و $F_N = mg$ است! حالا اگر جسم با سرعت ثابت کشیده شود عدد نیروسنج این بار همان fk خواهد شد!

$$F_T = \mu_x . F_N$$

سؤال: آزمایشی طراحی کنید که بتوان k فنر را حساب کرد.

یک فنر از سقف آویزان کرده و بعدازاینکه به تعادل رسید طولش را اندازه می‌گیریم. حالا جرم m کیلویی آویزان کرده و تغییر طول فنر را اندازه می‌گیریم. حالا داریم:

$$mg = F$$
$$F = K.\Delta x$$



مثال: در شکل روبرو نردبانی به جرم ۲۰kgr بتن به دیوار تکیه داده است. ضریب اصطکاک ایستایی بین زمین و نردبان ۰/۴۶ است و جسم در آستانه حرکت می‌باشد: (تمرین کتاب)

الف) سطح زمین به نردبان چه نیرویی وارد می‌کند؟

۳ تا نیرو وارد می‌کند. اولی نیروی عمودی سطح که هم اندازه **mg** است

$$F_N = |mg| = ۲۰ \times ۹/۸ = ۱۹۶(N)$$

نیروی بعدی F_{smux} است جون جسم در آستانه حرکت است و F_{smux} هم‌سطح زمین وارد می‌کند

و برایند این ۲ نیرو:

$$F_{smux} = \mu_S . F_N = ۰/۴۶ \times ۱۹۶ = ۹۰/۲(N)$$

$$F_{net}\sqrt{t_s^۲ + F_N^۲} \Rightarrow F = ۲۱۶(N)$$

ب) چه نیرویی از دیوار به نردبان وارد می‌شود؟

جسم آستانه حرکت و نیروی دیوار برابر میشه برابر $۹۰/۲(N)$ به سمت راست.

مثال: جسمی به جرم **۲kgr** با نیروی **F** کشیده می‌شود و جسم در آستانه حرکت است. اگر نیروی **F′** به صورت لحظه‌ای وارد شود و جسم که حرکت کرد نیروی **F′** حذف شود آن‌وقت پس از طی چند متر سرعت جسم به **۱۸m/s** می‌رسد؟ و اگر نیروی **F** در این سرعت حذف شود جسم پس از طی چند متر از لحظه حذف نیروی **F** متوقف می‌شود؟ **($\mu_k = ۹۵, \mu_s = ۱$)** (تألیفی)

جسم در آستانه حرکت و داریم $|Fs\,max| = |F|$:

$$F_N = mg = ۲ \times ۱۰ = ۲۰(N) \Rightarrow Fsmax = F_N \mu_s = ۲۰ \times ۱ = ۲۰ = |F|$$

جسم که حرکت کند فقط F و Fk داریم:

$$a = \frac{F_{net}}{x}, f_t = F_x \times \mu_۴ = ۲۰ \times ۰/۵ = ۱۰(N), F = ۲۰(N)$$

$$F_{net} = ۲۰ - ۱۰ = ۱۰(N) \rightarrow a = \frac{۱۰}{۲} = ۵\frac{m}{s} \quad V = at \Rightarrow ۱۸ = ۵ \times t \rightarrow t = ۳/۶(s)$$

تا لحظه توقف با سرعت $۱۸\frac{m}{s}$ داریم: فقط بیرون F_k اثر دارد پس: $F_{net} = F_k$ $\quad a = \frac{fx}{x}$ کند شونده

$$a = \frac{۱۰}{۲} = -۵\frac{m}{s} \Rightarrow V_۲^۲ - V_۱^۲ = ۲۰\Delta x \rightarrow ۰ - (۱۸)^۲ = ۲(-۵)\Delta x \rightarrow \Delta x = ۳۲/۴(m)$$

مثال: انتخاب کنید. (خرداد ۱۴۰۲ ریاضی)

الف) با افزایش ارتفاع از سطح زمین وزن جسم (تغییر می‌کند- ثابت می‌ماند).

چون g تغییر می‌کند.

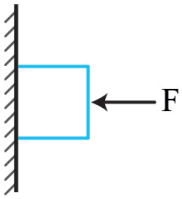
ب) مسافتی که خودرو از لحظه دیدن مانع تا لحظه گرفتن ترمز طی می‌کند می‌گویند. (خط قرمز- مسافت واکنش)

پ) نیروی اصطکاک جنبشی به (ضریب اصطکاک جنبش- مساحت سطح تماس دو جسم) بستگی ندارد.

ت) نیروی ثابت خالص وارد بر جسم برابر با تغییر (سرعت- تکانه) جسم تقسیم بر زمان تغییر آن است.

مثال: در شکل مقابل جرم کتاب **۲/۵kgr** است و ساکن می‌باشد، اصطکاک چقدر و کدام سو است؟ (تمرین کتاب)

اگر نیروی F زیاد شود چطور؟



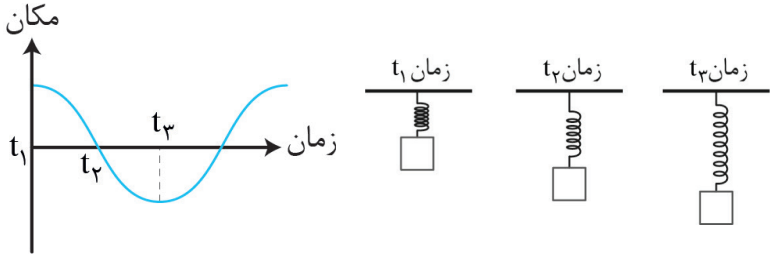
Fs رو به بالا است و برابر با نیرویی که می‌خواهد کتاب را حرکت بدهد یعنی نیروی گرانش! $F_s = mg = ۲/۵ \times ۱۰ = ۲۵(N)$

F زیاد شود، $f_{s\,max}$ زیاد می‌شود ولی چون همچنان فقط نیروی mg می‌خواهد کتاب را حرکت دهد. بازهم fs برابر اندازه mg می‌شود.

فصل ۳: نوسان و موج

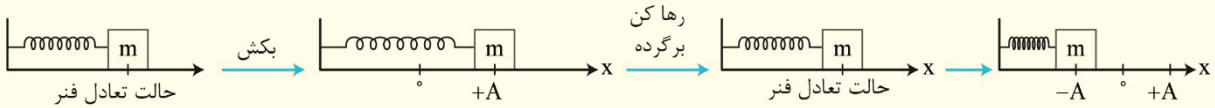
نوسان دوره‌ای: اگر یک فنر را از جایی آویزان کنید و یک وزنه به آن ببندید و وزنه را پایین کشیده و رها کنید، حرکتی منظم و دائماً در حال تکرار دیده می‌شود به اسم نوسان‌های دوره‌ای!

نکته دوره به واحد زمانی که هر دوره رفت‌وبرگشت فنر طول می‌کشد گفته می‌شود و بسامد تعداد نوسانات در مدت یک ثانیه است.



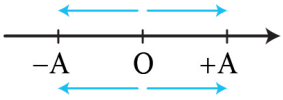
✓ **حرکت هماهنگ ساده نوسانی:** وزنه m بین دو نقطه $+A$ و $-A$ روی محور X رفت‌وبرگشت انجام می‌دهد.

نکته چند نکته خفن در مورد نقطه‌های $+A$ و $-A$ و مبدأ صفر که با O هم نشان می‌دهند:



O	جسم اینجا بیشترین سرعت را دارد چون فنر در حال تعادل است و هیچ نیرویی به جسم وارد نمی‌کند. $F = k\Delta x \xrightarrow{\Delta x=0} F = 0$
$-A$	جسم به سمت مثبت‌ها برمی‌گردد و کمترین طول و بیشترین فشردگی را در فنر مشاهده می‌کنیم. سرعت بازم صفر و بیشترین نیرو دیده می‌شود. چرا؟ چون $F = k\Delta x$
$+A$	جسم به عقب برمی‌گردد و جهت حرکت به سمت منفی است! سرعتش صفر می‌شود و فنر هم بیشترین کشیدگی و نیرو را دارد. چرا؟ چون $F = k\Delta x$

یاداوری: انرژی پتانسیل فقط گرانش نیست. فنر کشیده و یا فشرده شده هم انرژی پتانسیل دارد پس نقاط $+A$ و $-A$ بیشترین انرژی پتانسیل را دارند و نقطه O هم که حالت تعادل است که اصلاً انرژی پتانسیل ندارد!



✓ **رابطه بین x و t در حرکت نوسانی:** $x = A\cos\omega t$

✓ نوسان مقابل یک نوسان کامل (رفت و برگشتی) است چون رفت‌وبرگشت دارد. (فاصله OA با O-A برابر است که دامنه نامیده می‌شود و با A نشان داده می‌شود!)

✓ در هر نوسان کامل چند بار مسافت به اندازه A طی می‌شود؟ ۴!

✓ در یک نوسان کامل جابجایی چقدر است؟ صفر چون مبدأ و مقصد یکی است!

نکته طی کردن هر کدام از A ها به اندازه $\frac{T}{4}$ طول میکشه.

مثال: **نوسانگری ۵ نوسان کامل انجام داده اگر مسافت طی شده آن طی نوسان ۶۰cm باشد طول دامنه این نوسانگر چند cm است؟** (تألیفی)

$$\frac{60}{5} = 12\,cm \qquad \xrightarrow[\text{۴A طی میکنه}]{\text{هر نوسان کامل}} = \frac{12}{4} = 3\,cm$$

✓ **بسامد زاویه‌ای چیست؟** فرض کنید با ماشین دور فلکه با تندی ثابت می‌چرخید هر دوری که می‌زنید یک حرکت متناوب و تکراری است.

✓ در این مثال سرعت زاویه‌ای شما سرعت چرخش شما به دور یک دایره است.

✓ هر دایره 2π رادیان است پس:

$$\omega=\frac{\Delta Q}{\Delta t} \qquad \omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi f\ (\frac{rad}{s})$$

مثال: مدت گردش متحرکی دور یک دایره (s)۴ است چه مدت طول میکشد این متحرک $\frac{3\pi}{4}$ رادیان بچرخد؟ (تألیفی)

$$\omega=\frac{2\pi}{4}=\frac{\pi}{2}\left(\frac{rad}{s}\right) \quad , \quad \begin{matrix}\Delta\Theta=\frac{3\pi}{4}\\ \omega=\frac{\pi}{2}\end{matrix} \Rightarrow \omega=\frac{\Delta\Theta}{\Delta t}\rightarrow \Delta t=\frac{\Delta\Theta}{\omega}=\frac{\frac{3\pi}{4}}{\frac{\pi}{2}}=\frac{3}{2}=1/5(s)$$

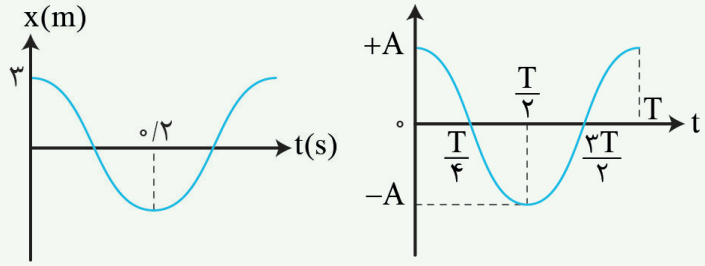
مثال: با توجه به نمودار مقابل: (دی ۱۴۰۰)

الف) دوره حرکت این متحرک چقدر است؟(نمودار سمت راست می‌تواند یک الگو باشد.)

ب) معادله حرکت را بنویسید.

$$\frac{T}{2}=0/2\rightarrow T=0/4(s) \qquad A=0/03(m)$$

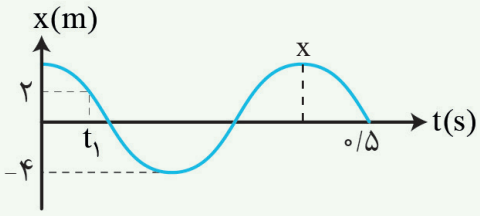
$$\Rightarrow x=0/03\cos\omega.t \xrightarrow[\omega=\frac{2\pi}{0/4}=5\pi]{\omega=\frac{2\pi}{T}} x=0/03\cos 5\pi.t$$



مثال: نمودار مکان- زمان نوسانگری به شکل روبرو است؟ (تمرین کتاب)

الف) معادله حرکت آن را بنویسید: [تا نقطه x روی محور t یک نوسان کامل است از نقطه x تا ۰/۵ هم به اندازه A جابجایی داریم پس درمجموع داریم: $4A+A=5A$]

هر A به اندازه $\frac{T}{4}$ زمان می‌خواهد پس:



$$5\pi.t=\frac{+\pi}{2}\rightarrow t=\frac{1}{15}(s)$$

همه فنرها مثل هم نیستند و ضریب سختی خودشان را دارند و همین باعث تفاوت در دوره تناوب نوسان‌های مشابه می‌شود:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \xrightarrow{T=\frac{2\pi}{\omega}} \omega=\sqrt{\frac{k}{m}}$$

مثال: خودرویی با سرنشین ۱۶۰۰ kgr است و ۴ فنر دارد. با سختی $2\times10^4\ \frac{N}{m}$ دوره تناوب و بسامد زاویه‌ای این فنرها را وقتی در چاله می‌افتند حساب کنید. (توزیع وزن روی چرخ‌ها یکسان است) (تمرین کتاب)

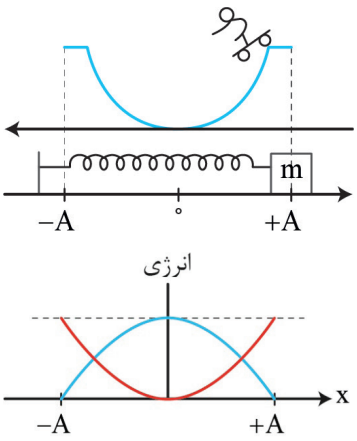
$$\text{وزن روی هر چرخ}=\frac{1600}{4}=400kgr \qquad , k=2\times10^4 \qquad T=2\pi\times\sqrt{\frac{400}{2\times10^4}}=2\pi\times\sqrt{2\times10^{-2}}(s)$$

$$\omega=\sqrt{\frac{2\times10^4}{400}}=\sqrt{\frac{1}{2}\times10^2}=\sqrt{50}\left(\frac{rad}{s}\right)$$

انرژی در حرکت هماهنگ ساده: شکل مقابل یک اسکیت سوار را در مسیر U شکل نشان می‌دهد و زیر آن یک فنر در حال نوسان است. انرژی جنبشی کجاها حداکثر و کجا صفر می‌شود؟

از طرفی $E = k + U$ این یعنی K به U و U به K تبدیل می‌شود اما همچنان E ثابت است.

در هر نقطه $E = K + U$ است و E ثابت می‌باشد.



حواست باشه: انرژی فنر در نقاط A و A- بیشترین مقدار خود است پس:

$E = U_{max} \Leftarrow E = K + U$ و برای فنر داریم:

$$U_{max} = \frac{1}{2}KA^2 = E$$

✓ در نقطه O انرژی جنبش حداکثر میزان خود است، پس:

$$E = K_{max} \Leftarrow E = K + U$$

پس خواهیم داشت:

$$A\sqrt{\frac{k}{m}} = V_{max} \Leftarrow \sqrt{\frac{K.A^2}{m}} = V_{max} \longleftarrow \frac{K.A^2}{m} = V_{max}^2 \Leftarrow \frac{1}{2}KA^2 = \frac{1}{2}mV_{max}^2$$

✓ حداکثر سرعت نوسانگر که در نقطه O خواهد بود: $V_{max} = A.\omega$

✓ در ادامه خواهیم داشت:

$$\Rightarrow E = \frac{1}{2}KA^2 = \frac{1}{2}mV_{max}^2 = \frac{1}{2}xA^2.\omega^2 \xrightarrow{\omega=2\pi f} E = 2\pi^2 mA^2 f^2 = K_{max}$$

مثال: تندی نوسانگر هماهنگ ساده‌ای که با دامنه ۱۰cm و دوره ۰/۵(s) نوسان می‌کند هنگام عبور از نقطه تعادل چند m/s است؟ (مثال کتاب)

اثبات فرمول $V_{max} = A.\omega$:

$$2\pi^2 MA^2 f^2 = \frac{1}{2}m.V_{max}^2 \rightarrow V_{max} = 2\pi AF = A.\omega \rightarrow V_{max} = 0/1 \times 4\pi = 0/4\pi$$

یادآوری: $F = kx \Leftarrow$ تنها نیروی تأثیرگذار در سامانه وزنه و فنر می‌باشد:

$$F_{net} = F \Rightarrow kx = m.a \rightarrow a = \frac{k}{m}x \Rightarrow a = \omega^2.x$$

مثال: معادله حرکت هماهنگ ساده نوسانگری $x = 0/02\cos 20\pi.t$ می‌باشد: (خرداد ۱۴۰۲ تجربی)

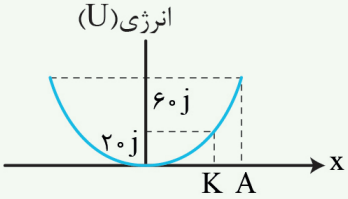
الف) اندازه شتاب نوسانگر را در مکان $x = 0/01(m)$ محاسبه کنید.

$$a = \omega^2.x \begin{cases} \omega = 20\pi \\ x = 0/01 \end{cases} \Rightarrow a = (20\pi)^2 \times 0/01 = 4\pi^2 \frac{m}{s^2}$$

ب) در چه لحظه‌ای برای اولین بار تندی بیشینه می‌شود؟

برای اولین بار یعنی از O می‌گذرد. اگر به نوسانگر $t = 0$ بدهیم می‌بینیم که مکان شروع حرکت A+است. پس برای رسیدن به O به $\frac{T}{4}$ زمان نیاز دارد.

مثال: نمودار مقابل انرژی برحسب مکان سامانه جرم- فنری است که جرم متصل به فنر ۲۰۰ gr می‌باشد. تندی وزنه را به دست بیاورید. (خرداد ۱۴۰۲ تجربی)



$$U_{max} = E = 60j \Rightarrow \quad U = 20j \Rightarrow E = U + K \Rightarrow K = E - U$$

$$\Rightarrow K = 60 - 20 = 40j \xrightarrow{t=\frac{1}{2}mr^2} \frac{1}{2}(0/2)V^2 = 40 \Rightarrow V = 20\frac{m}{s}$$

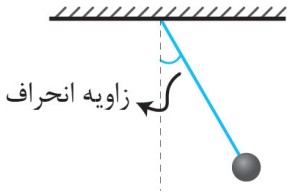
ب) تندی نوسانگر چقدر باشد تا انرژی کشسان با جنبشی برابر شود؟ (مشابه تمرین کتاب)

$$\text{if} \quad k = U \Rightarrow k + U = E \Rightarrow E = 2k$$

$$\Rightarrow 60 = 2 \times \frac{1}{2}(0/2)V^2 \Rightarrow 300 = V^2 \rightarrow V = 10\sqrt{3}\frac{m}{s} \simeq 17\frac{m}{s}$$

✓ **آیا نوسان مختص وزنه-فنر است؟** خیر. آونگ نیز می‌تواند نوسان داشته باشد.

✓ هرچه بند آونگ بلندتر باشد زمان رفت‌وبرگشت و درنتیجه دوره تناوب بیشتر می‌شود.



فرمول میگه:

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

L طول طناب

g شتاب گرانشی در محل

مثال: دوره تناوب آونگ ساده‌ای (s)۱/۲ است. طول آونگ را حساب کنید. ($\pi = 3$, $y = 10$) (خرداد ۱۴۰۲ ریاضی)

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow \frac{1}{2} = 2\times 3\sqrt{\frac{L}{10}} \Rightarrow L = 0/4\ (m)$$

مثال: ساعت آونگ داری در تهران تنظیم شده، ساعت را به استوا می‌بریم، ساعت جلو می‌رود یا عقب؟ در یک شبانه‌روز چقدر تغییر خواهیم داشت؟ در تابستان ساعت چه تغییری می‌کند؟ (تمرین کتاب)

$g_{\text{تهران}} = 9/7\frac{m}{s}$ $\quad g_{\text{استوا}} = 9/8\frac{m}{s}$

زمان تناوب در استوا بیشتر می‌شود. پس چون رفت‌وبرگشت بیشتر طول می‌کشد عقربه‌ها دیربه‌دیر تکان می‌خورند و ساعت عقب می‌افتد.

$$\frac{T_{\text{استوا}}}{T_{\text{تهران}}} = \sqrt{\frac{g}{g}} = \sqrt{\frac{9/8}{9/78}} = 1/001 \Rightarrow \Delta t = T - T = 1/001 - 1 = 0/001(s)$$ در هر نوسان

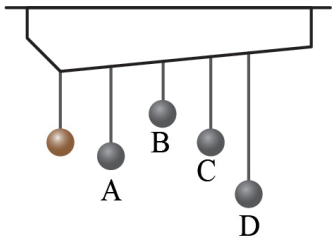
میزان عقب افتادن $0/001\times(24\times60\times60) = 86/4(s)$ در ۲۴ ساعت

افزایش دما یعنی افزایش طول آهنگ در اثر انبساط:

باز هم آونگ ساعت را عقب می‌اندازد!

$$\frac{T_2}{T_1}\sqrt{\frac{L_2}{L_1}} > 1$$

عجب سؤالی بود 😁



تشدید: تشدید زمانی اتفاق می‌افتد که T ها برای دو نوسانگر برابر باشد و در آونگ میشه طول برابر! چون g برابر است.

✓ طبق مطلب بالا فقط آونگ C که طول برابری با آونگ اصلی دارد دچار تشدید می‌شود.

✓ یک مثال بارز از پدیده تشدید در رژه سربازها دیده می‌شود! سربازها وقتی به یک پل برسند دیگر رژه نمی‌روند زیرا حرکت منظم پاها باعث لرزش پل و تشدید این لرزه می‌شود. درنتیجه پل فرومی‌ریزد. 😐

موج و انواع آن

مکانیکی: برای انتشار نیاز به محیط مادی دارد مانند موج روی سطح آب.

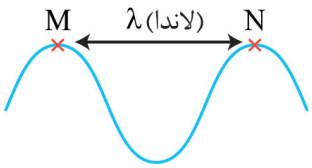
الکترومغناطیسی: برای انتشار نیاز به محیط مادی نیاز ندارد مثل امواج رادیویی، نور و...

موج عرضی: موجی که راستای نوسان ذرات عمودی و جهت انتشار موج افقی است.

موج طولی: موجی که جهت حرکت موج‌ها با ذرات نوسان کننده همسو است.

نکته این موج است که حرکت می‌کند و ذرات طناب یا فنر فقط سر جای خود نوسان می‌کنند. مثل موج مکزیکی!

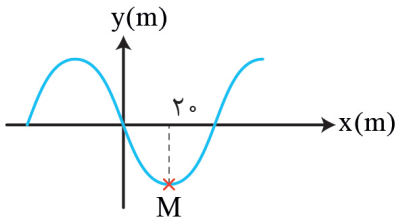
مشخصه‌های موج:



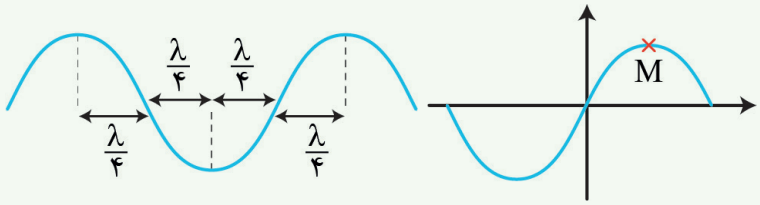
موج عرضی: نقطه M سر جایش بالا و پایین می‌رود پس حرکت نوسانی در حال انجام است!

به هر کدام از این قله‌ها جبهه موج می‌گویند و فاصله بین دو قله را طول‌موج (λ) می‌گویند.

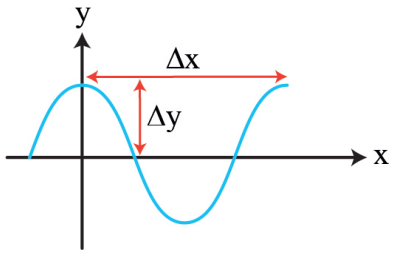
سوال: شکل مقابل نمودار موج عرضی را در لحظه $t=0$ نشان می‌دهد. اگر انتشار موج m/s ۴ باشد نمودار را در لحظه $t=\frac{1}{10}(s)$ رسم کنید. (خرداد ۱۴۰۲ ریاضی)



فاصله دو قله می‌شود λ پس:



مثال: در نمودار جابجایی مکان موج عرضی شکل مقابل $\Delta y = 15cm, \Delta x = 40cm$ است اگر بسامد نوسان $8Hz$ باشد، طول‌موج، دامنه تندی و دوره تناوب موج چقدر است؟ (تمرین کتاب)



$$\lambda = \Delta H = 40cm \quad A = \Delta y = 15cm \quad \lambda = \frac{V}{F} \Rightarrow V = 3/2\frac{m}{s} \quad T = \frac{1}{f} = \frac{1}{8}(s)$$

مثال: فنری به جرم $5kgr$ و طول $2m$ با نیروی $9N$ می‌کشیم تندی انتشار موج عرضی چند m/s است؟ (خرداد ۱۴۰۱ ریاضی)

$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}, \mu\frac{m}{L} = \frac{0/5}{2} = \frac{1}{4}\frac{g}{m} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{9}{\frac{1}{4}}} = \sqrt{36} = 6\frac{m}{s}$$

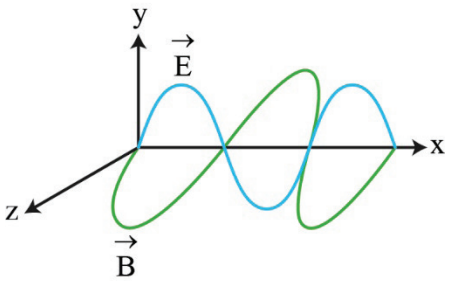
نکته موج حاصل انرژی است.

امواج الکترومغناطیسی: امواج الکترومغناطیسی لزوماً ناشی از تغییرات هم‌زمان میدان الکتریکی و مغناطیسی هستند و عمود به هم می‌باشند.

قاعده دست راست: محور y موج الکتریکی (چهار انگشت)

محور z موج مغناطیسی (از کف دست خارج)

محور x جهت انتشار موج (انگشت شست)



مثال: گستره طول‌موج نورمرئی در خلأ $400nm$ تا $700\ nm$ است. گستره بسامد مربوط به این نور را حساب کنید. (مثال کتاب)

سرعت امواج الکترومغناطیسی در خلأ مثل نور:

$$C = 3\times10^{8}\frac{m}{s}$$

$$\text{بنفش } f = \frac{C}{\lambda} = \frac{3\times10^{8}}{400\times10^{-9}} = 7/5\times10^{14}\ Hz$$

$$\text{قرمز } f: \frac{C}{\lambda} = \frac{3\times10^{8}}{400\times10^{-9}} = 4/3\times10^{14}\ Hz$$

نکته ۱ برای امواج مکانیکی، تندی انتشار امواج طولی مثل صوت در محیط جامد بیشتر از تندی انتشار امواج عرضی در همان محیط است.

۲ امواج صوتی در واقع تپ‌هایی هستند که در آن به‌طور متوالی مولکول‌ها متراکم یا منبسط می‌شوند.

۳ زمین‌لرزه شامل دو موج است. امواج عرضی امواج S و طولی امواج P نام دارند و موج طولی سریع‌تر است.

۴ $\Delta x = \frac{V_s.V_p}{V_p - V_s}$

مثال: تندی موج P برابر $۸\frac{km}{s}$ و موج S برابر $۴/۵\frac{km}{s}$ است اگر در دو زمین‌لرزه‌ای موج P حدود ۳ min زودتر برسد، کانون زمین‌لرزه در چه فاصله‌ای از سطح زمین است؟ (مثال کتاب)

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{V_s} - \frac{\Delta x}{V_p} \rightarrow \Delta x = \frac{V, V_p}{V_p - V_s}\Delta t \Rightarrow \frac{۴/۵ \times ۸}{۸ - ۴/۵}(۳ \times ۶۰) = ۱/۹ \times ۱۰^{۳}\ km$$

صوت: صوت در تمام جهات به‌صورت کره منتشر می‌شود.

✓ پس با فاصله گرفتن از چشمه صوت، کره بزرگ‌تر میشه و شدت صوت کمتر

شدت صوت $I = \frac{P_{or}}{A}$

✓ برای سادگی و راحتی از تراز شدت صوت استفاده می‌کنیم:

دسی بل $B = (۱۰db)Log\frac{I}{I_۰}$

نکته $I_۰ = ۱۰^{-۱۲}\frac{w}{m^۲}$ است و به این دلیل به عنوان مرجع انتخاب کردیم چون به پایین‌ترین حد شنوایی انسان نزدیک‌تر است و بقیه را هم بر مبنای همین با این فرمول می‌سنجیم.

مثال: تراز شدت صوتی ۸۰ dB است. شدت این صوت چقدر است؟ (مثال کتاب)

$$B = ۱۰Log\frac{I}{I_۰} = ۸۰ \rightarrow Log\frac{I}{I_۰} = ۸ \Rightarrow \frac{I}{I_۰} = ۱۰^{۸} \times ۱۰^{-۱۲} = ۱۰^{-۴}\frac{V}{m^۲}$$

مثال: در فاصله ۱۰ متری در مدت ۲(s) چه انرژی به گوش یک فرد می‌رسد؟ شرمنده سختش کردم فحش نده (تألیفی)

$$P = I.A \Rightarrow P = ۱۰^{-۴} \times ۴ \times \pi \times ۱۰^{۲} = ۱۲ \times ۱۰^{-۲}(w) \Rightarrow E = P.t = ۱۲ \times ۱۰^{-۲} \times ۲ = ۲۴ \times ۱۰^{-۲}\ j$$

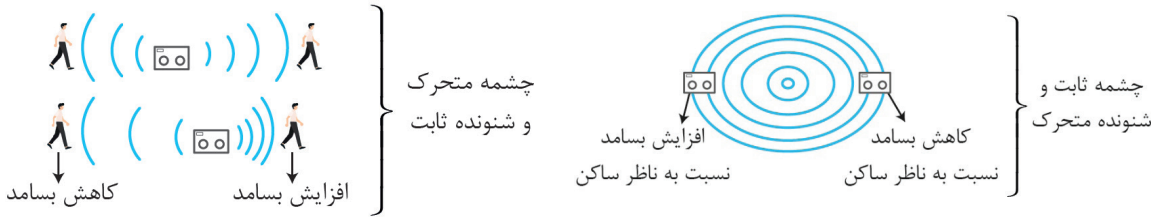
مثال: با زیاد کردن صدای تلویزیون شدت صوت ۲ برابر می‌شود، تراز شدت صوتی که می‌شنویم چقدر تغییر می‌کند؟ (خرداد ۱۴۰۲ تجربی)

$Log۲ = ۰/۳$

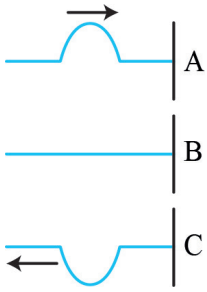
$$\Delta B = ۱۰Log\frac{I_۲}{I_۱} \Rightarrow AB = ۱۰ \times Log^{۲} \quad \Rightarrow \Delta B = ۳db$$

نکته ارتفاع صوت، بسامدی است که گوش انسان درک می‌کند و بلندی صوت، شدتی است که گوش انسان حس می‌کند.
گوش انسان قادر به شنیدن ۲۰ Hz تا ۲۰۰۰۰ Hz می‌باشد.

اثر دوپلر: وقتی چشمه صوت یا شنونده متحرک باشد بسامد دریافتی تغییر می‌کند. کاربرد خفن: دوربین پلیس



نکته در امواج الکترومغناطیسی مثل نور، طبق اثر دوپلر شاهد کاهش طول‌موج خواهیم شد مثلاً طول‌موج نوری که ۷۰۰nm است. وقتی به سمتش می‌رویم مثلاً ۵۰۰nm می‌بینیم مثل‌اینکه نور قرمز رو به رنگ آبی ببینیم.



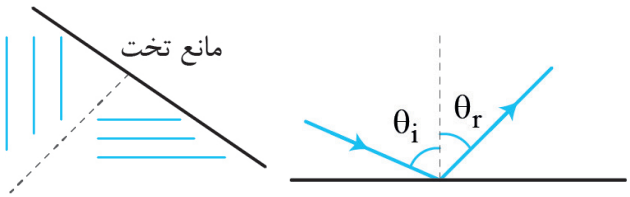
بازتاب موج: دیدن خودت در آینه، فریاد زدن در کوه و شنیدن صدای خود بعد از مدتی کوتاه مثال‌هایی از بازتاب موج می‌باشند.

بازتاب موج عرضی: به بازتاب موج مشابه شکل مقابل گفته می‌شود.

بازتاب موج تخت: بازتاب موجی که در سطح و دوبعدی است.

قانون بازتاب عمومی

✓ برای هر وضعیت مانع، و همهٔ انواع دیگر موج، مانند امواج دایره ای یا کروی، همواره زاویه تابش با زاویهٔ بازتابش برابر است. $\theta_i = \theta_r$



مکان‌یابی پژواکی، کاربرد بازتاب موج: خفاش با شنیدن بازتاب صوت می‌بینند. دستگاه سونوگرافی و ناو کشتی نیز همین‌طور هستند! تندی شارش خون را هم به کمک اثر دوپلر تعیین می‌کنند.

مثال: وال از مکان‌یابی پژواکی استفاده می‌کند اگر بسامد امواج وال ۱۰۰ KHz باشد و تندی صوت در آب $۱/۵\times۱۰^{۳}\ \frac{m}{s}$ باشد: (مثال کتاب)

الف) طول‌موج صوت چقدر است؟

$$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{۱/۵۲\times۱۰^{۳}}{۱۰۰\times۱۰^{۳}} = ۱/۵۲\times۱۰^{-۲} = ۱/۵۳\,cm$$

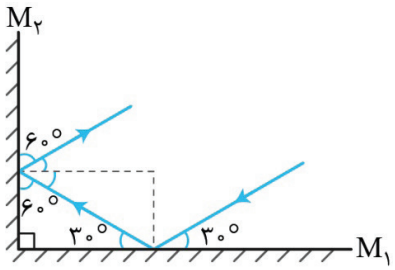
ب) زمان رفت برگشت صوت از مانع ۱۰۰ متری چقدر است؟

رفته و برگشته! پس تایم کلی برابر است با:

$$۲\times۱۰۰ = ۲۰۰\,m$$

$$t = \frac{۲۰۰}{۱۵۲\times۱۰} = ۰.۱۳۲(s)$$

مثال: در شکل مقابل پرتو بازتاب از آینه‌های m_1 و m_2 را حساب کنید؟ (تمرین کتاب)



با زاویه ۳۰ برخورد کرده است پس با ۳۰ برگشته و با m_2 برخورد می‌کند. زاویه برخورد به m_2 میشه ۶۰ که زاویه تابش که تعریفش زاویه بین پرتو خط عمود است: می‌شود ۳۰ درجه. پس بازتابش هم ۳۰ درجه است!

دو نوع بازتاب داریم:

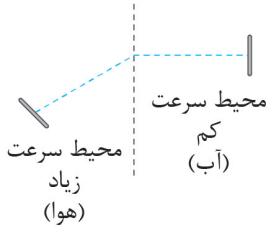
بازتاب آینه‌ای (منظم): از سطح مساحت صیقلی مثل آینه بازتابش رخ دهد.

بازتاب پخشنده: از سطح ناهموار که موج را در تمام جهات‌پخش می‌کند.

شکست موج

شکست موج به دلیل اختلاف سرعت موج در محیط‌های مجزا از هم رخ می‌دهد.

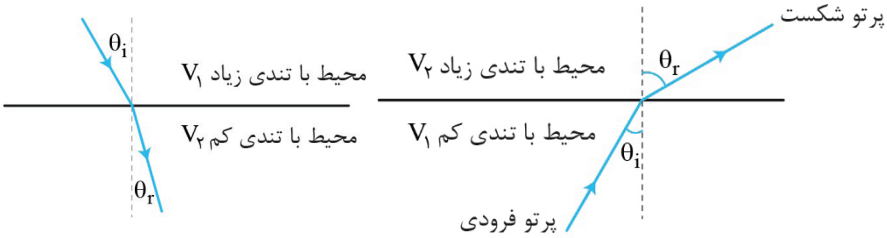
مقایسه سرعت نور در محیط‌های مختلف:



$$V_{آب} < V_{هوا} < V_c$$

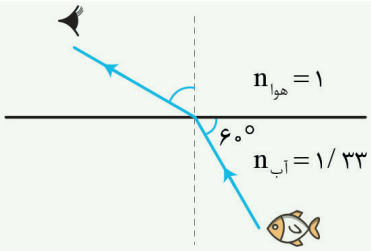
قانون شکست عمومی

θi زاویه پرتو فرودی و θr زاویه پرتو شکست است.



نکته در آب عمیق λ و V موج بیشتر از آب کم‌عمق است.

مثال: پرتو نوری مطابق شکل است. زاویه شکست آن را حساب کنید. (تمرین کتاب)



دیدیم که V در شکست نقش داشت. بیاید سرعت نور در محیط‌های شفاف رو نسبت به سرعت نور در خلأ ببینیم:

$n=\frac{C}{V}$ به این میگن ضریب شکست. مثلاً در هوا $n=1$

حالا این رابطه را در قانون شکست عمومی بذاریم، داریم:

قانون شکست اسنل $\rightarrow n_1 Sin = n_2 Sin_2$

$1/33 \times Sin\,30 = 1 \times Sin\,\theta \Leftarrow$ میدونی که زاویه تابش بین پرتو و خط عمود است نه مرز در محیط $90-60=30$

$0/66 = Sin\,\theta \Rightarrow \theta = 41/7^\circ$

مثال: طول‌موج نور قرمزی $633nm$ است ولی چشم آن را $474nm$ می‌بیند. (تمرین کتاب)

الف) بسامد این موج چقدر است؟

$$f=\frac{V}{\lambda}=\frac{C}{\lambda}=\frac{3\times10^{8}}{633\times10^{-9}}=4/74\times10^{14}\,Hz$$

ب) ضریب شکست چشم‌ها چقدر است؟

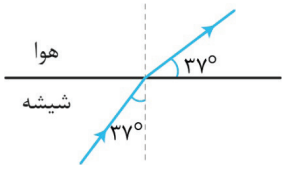
$$n=\frac{C}{V}=\frac{\lambda_0 f}{\lambda f}=\frac{\lambda_0}{\lambda}=\frac{633\times10^{-9}}{474\times10^{-9}}=1/34$$

ج) نور داخل چشم‌ها چقدر تندی دارد؟

$$V=\frac{C}{n}=\frac{3\times10^{8}}{1/34}=2/25\times10^{8}\left(\frac{m}{s}\right)$$

مثال: با توجه به شکل پاسخ دهید: $(\sin 53=0/8\ ,\ \sin 37=0/6)$ $(n=1)$ (خرداد ۱۴۰۲)

الف) ضریب شکست شیشه چقدر است؟

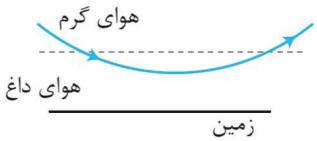


$$\frac{\sin 53}{\sin 37}=\frac{n_2}{n_1}\Rightarrow\frac{0/8}{0/6}=\frac{n_2}{n_1}\rightarrow n_1=\frac{4}{3}$$

ب) بسامد نور در شیشه $4\times10^{14}\,(Hz)$ است. بسامد آن در هوا چقدر است؟

$4\times10^{14}\,(Hz)$ بسامد همواره ثابت است چون فقط به چشمه وابسته است.

سراب: در روزهای گرم وقتی زمین داغ است هوای نزدیک سطح زمین داغ و چگالی آن کاهش یافته است. همین امر موجب کاهش ضریب شکست نور شده و باعث می‌شود از دور آب ببینیم درحالی که واقعیت ندارد!

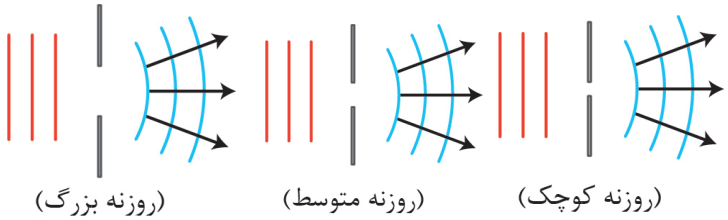


پاشندگی نور: وقتی نور سفید که شامل همه طیف‌های مرئی نور است به منشور برخورد می‌کند، نور پخش شده و رنگین کمانی می‌شود؛ اما چرا؟ ضریب شکست هر محیطی به جز خلأ به طول‌موج نور وابسته است.

میزان شکست در منشور: بنفش > آبی > سبز> زرد> نارنجی> قرمز

پراش: هرگاه موج در مسیر خود به مانعی برخورد کند دچار تغییر شکل می‌شود و پس از عبور از مانع با شکل جدید ادامه می‌دهد.

نکته اگر موج از روزنه‌ای که در ابعاد طول‌موج است عبور کند، پراش نمایان‌تر است؛ و هر چه روزنه ریزتر شود پراش شدیدتر است!

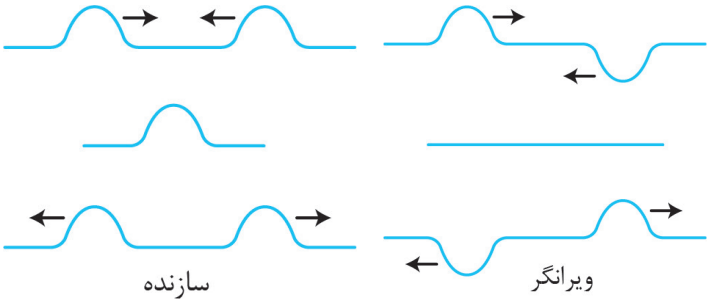


تداخل امواج: به ترکیب موج‌ها با هم گفته می‌شود! طبق اصل برهم نهی:

۱ امواج تداخل می‌کنند و بدون تغییر شکل و با همان سرعت ادامه می‌دهند.

۲ جابجایی هر ذره از محیط در محل تداخل امواج برآیند جابجایی‌ها است که هر موج به‌تنهایی می‌تواند ایجاد کند.

تداخل سازنده و ویرانگرا: اگر جابجایی‌های حاصل از دو موج از نقطه تداخل هم‌جهت باشند برآیند آن‌ها برابر مجموع جابجایی‌های حاصل از دو موج است. (تداخل سازنده). حالا اگه جابجایی حاصل از دو موج در نقطه‌ی تداخل،خلاف جهت هم باشند، برایند آن‌ها برابر تفاضل جابجایی حاصل از دو موج است. (تداخل ویرانگر)

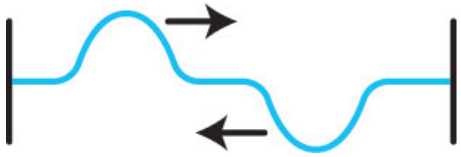


تداخل امواج سطحی آب: اگر دو موج آب به هم برخورد کنند برخی نقاط ویرانگر و در برخی نقاط سازنده میشن.

تداخل امواج صوتی: در تالارها دیدی بلندگوها روبرو هم هستند. اگر صدا را آرام زیاد کنید در یک حد خاصی volume کم و در حدی دیگر زیاد است.

تداخل امواج نوری: آزمایش یانگ ⟵ نور از شکاف اول رد می‌شود بعد به دو روزنه می‌رسد و رد می‌شود. روی صفحه خطوط روشن و تیره دیده می‌شود. روشن‌ها سازنده‌ها و تاریک‌ها وایرانگرها هستند.

موج ایستاده و تشدید در ریسمان کشیده: اگر یک کش را از وسط کشیده و رها کنیم شکل زیر به وجود می‌آید.



هنگامی که موجی به انتها می‌رود و برمی‌گردد، درجاهایی که هم‌فاز هستن سازنده (گره) و درجاهایی که ناهم‌فاز هستند ویرانگر (شکم) اند. به نقش موج نهایی موج ایستاده میگویند.

L طول تار (همون کش) (طول‌موج‌های تشدیدی) $n = ۱, ۲, \ldots$ $\lambda_n = \frac{۲L}{n}$

$f_n = \frac{V}{\lambda_n} = \frac{nV}{2L}$ $n = 1, 2, ...$ n تعداد شکم (بسامدهای تشدیدی تار)

می‌خواهم فرمول رو توضیح بدم.

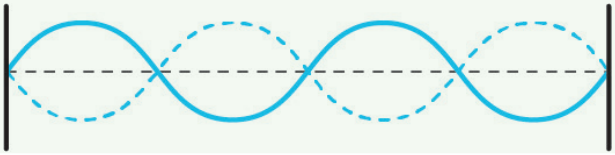
ببین یه وقت هست یدونه شکم داری یه وقت دو تا یا چند تا! خب هرکدوم از اینا یه نوسان خاص خودشونو دارن. حالا بسامدی که باهاش یدونه شکم بوجود بیاد بسامد اصلیه! به n که تعداد شکم هستش هم عدد هماهنگ میگن!

مثال: در تار پیانو موج ایستاده ایجاد شده است اگر طول تار $1/2\ m$ باشه و تندی انتشار موج عرضی $24\ m/s$ باشد: (خرداد ۱۴۰۱ ریاضی)

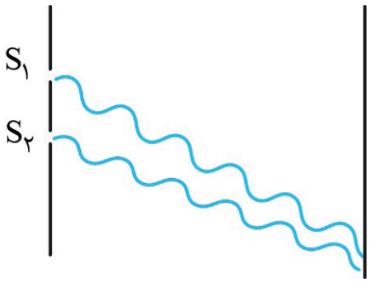
الف) بسامد هماهنگ چهارم چند هرتز است؟

$$f = \frac{nv}{2l} \rightarrow f = \frac{4 \times 240}{2 \times 1/2} = 400\ Hz$$

ب) شکلش را رسم کنید.



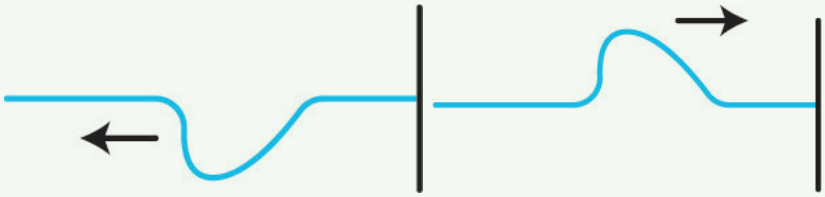
مثال: در آزمایش یانگ مقابل محل تداخل دو موج چه نواری تشکیل می‌شود چرا؟ (خرداد ۱۴۰۲ ریاضی)



روشن، زیرا دو موج همدیگر را تقویت می‌کنند.

ب) کدام شکل بازگشت را صحیح نشان می‌دهد؟

شکل سمت چپ



مثال: شکل مقابل جابجایی تار را درلحظه $t=0$ نشان می‌دهد که در بسامد f نوسان می‌کند. (خرداد ۱۴۰۲ ریاضی)

الف) فاصله بین تکیه‌گاه‌ها $300\ cm$ است. اگر تندی انتشار موج عرضی $24\ m/s$ باشد، بسامد تار چقدر می‌شود؟

$$f = \frac{nv}{tl} \rightarrow f = \frac{1 \times 240}{2 \times 0/3} = 400\ HZ$$

ب) جابجایی تار در $t = \frac{3}{4}f$ را رسم کنید.

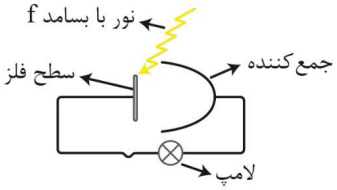
$$t = \frac{3}{4f} = \frac{3T}{4}$$

نکته مایکروفر بر اساس تداخل امواج الکترومغناطیسی کار می‌کند.

مثال: چرا وقتی بطری که آب پر می‌شود با کم شدن آب صدای گلوپ تغییر می‌کند؟ صدا بم می‌شود یا زیر؟ (تمرین کتاب)

با کم شدن آب فضای هوای خالی زیاد می‌شود و هر چه فضا زیادتر بشود اندازه بسامد تشدیدی کمتر می‌شود. (صدای بم)

اثر فوتو الکترون:



به شکل مقابل توجه کنید: اگر چنین مداری درست کنید و نور با بسامدهای متفاوت بتابانید، مثلاً قرمز و بنفش، می‌بینید که در نور قرمز لامپ خاموش اما در نور بنفش لامپ روشن می‌شود. حتی وقتی شدت تابش نور قرمز را زیاد کنید باز هم لامپ خاموش است. این پدیده با فیزیک کلاسیک توجیه نمی‌شود پس نظریه انیشتین وارد عمل شد: وقتی نور تابیده می‌شود الکترون‌های سطحی از فلز جدا می‌شوند.

چون e برای کنده شدن به حداقل انرژی نیاز دارد و نور نیز موج است و دارای انرژی. قانون انیشتین، نور را بسته‌های انرژی در نظر گرفته و هر فوتون انرژی خاص خودش را دارد. مثلاً قرمز، فوتون‌هایش هر کدام ۲j اما بنفش ۴j انرژی دارند. وقتی شدت بالا می‌رود یعنی تعداد فوتون زیاد می‌شود باز e کنده نمیشه چون هر e فقط یک فوتون را قبول می‌کند و همزمان چند فوتون را قبول نمی‌کند. برای همین شاید شما ۲۰ تا فوتون ۲j داشته باشید اما نتوانید e بکنید اما هرکدام یک فوتون ۴j داشته باشد و بتواند.

ثابت $h = ۶/۶۷\times۱۰^{-۳۴}\ j/s$

F بسامد نور فرودی:

✓ انرژی n فوتون $E = n.ht$

✓ انرژی هر فوتون $E = h.f$

$$h = (۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴})(\frac{۱۰v}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}) = ۴/۱۴\times۱۰^{-۱۵}\ ev.s$$

مثال: چشمه نور با توان ۱۰w و طول‌موج نور $\lambda = ۵۵۰(nm)$ داریم: (مثال کتاب)

الف) انرژی هر فوتون چند (ev) است

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \qquad f = \frac{c}{\lambda}$$

$$E = \frac{۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴}\times۳\times۱۰^{۸}}{۵۵۰\times۱۰^{-۹}}\times\left(\frac{۱ev}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}j}\right) = ۲/۲۵ev$$

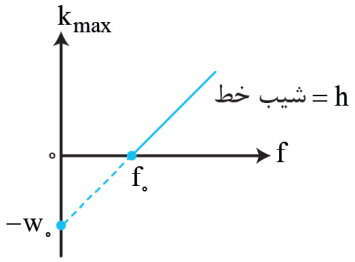
ب) چه تعداد فوتون در هر ثانیه گسیل شده؟

$$E = p.t \rightarrow E = ۱۰۰\times۱ = ۱۰۰\ j \Rightarrow E = n\times E \Rightarrow n = \frac{۱۰۰\ j}{۲/۲۵\times۱/۶۰\times۱۰^{۱۹}} = ۲/۷۷\times۱۰^{۲۰}$$

۱۰۰ برحسب j هست پس E هر فوتون هم باید برحسب j بذاریم یا میتونیم E کل رو برحسب ev بنویسیم و E هر فوتون هم برحسب ev جاگذاری کنیم:

$$E = ۱۰۰j(\frac{۱ev}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}j}) = ۶/۲۵\times۱۰^{۲۰}(ev) \rightarrow n = \frac{۶/۲۵\times۱۰^{۲۰}}{۲/۲۵ev} = ۲/۷۷\times۱۰^{۲۰}$$

قانون پایستگی انرژی در اثر فوتوالکتریک



به‌طورکلی انرژی لازم برای خارج کردن e را تابع کار (w) می‌نامند.

بیشترین انرژی جنبشی یک e که تحت تأثیر فوتون قرار گرفته می‌تواند داشته باشد K_{max} نام دارد.

✓ **معادله فوتوالکتریکی:** $k_{max} = hf - w_\circ$

✓ بچه‌ها پایین‌ترین بسامد که بشه باهاش $w_\circ$ را تأمین کند، بسامد آستانه میگویند. $f = \frac{w_\circ}{h}$

مثال: در یک آزمایش تابع کار فلز ۴ev است. $(hc = ۱۲۴۰ ev.nm)$ (خرداد ۱۴۰۱ ریاضی)

الف) طول‌موج آستانه چند نانومتر است؟

$$\lambda_{\circ} = \frac{hc}{w_{\circ}} \rightarrow \lambda_{\circ} = \frac{۱۲۴۰}{۴} = ۳۱۰(nm)$$

ب) اگر طول‌موج نور فرودی ۲۰۰nm باشد، K برای فوتو الکترون‌ها چند ev است؟

$$k_{max} = \frac{hc}{\lambda} - w_{\circ} \rightarrow k_{max} = \frac{۱۲۴۰}{۲۰۰} - ۴ = ۲/۲(ev)$$

طیف خطی

پیوسته: مانند رنگین‌کمان که مرز مشخصی بین رنگ‌ها نیست! مانند رشته داغ یک لامپ.

گسسته (خطی): اگر گاز هیدروژن در فشار کم داغ شود طیفی نوری از خود منتشر می‌کند که پس از عبور از منشور می‌توان دید که از ۴ خط گسسته تشکیل‌شده است! عدم توجیه طیف خطی گسسته یکی از نقاط ضعف فیزیک کلاسیک است. 😊

شعاع مدارهای الکترون هیدروژن:

✓ شعاع اولین لایه مدار: $۵/۲۹ \times ۱۰^{-۱۱} m$

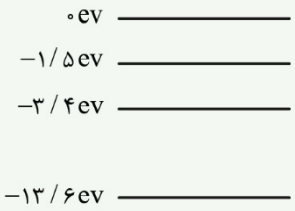
✓ شعاع n امین مدار هیدروژن: $r_n = a_{\circ} \times n^۲$

حالت پایه: e در مدار n=۱ که ۱۳/۶ ev است!

حالت‌های برانگیخته: به ترازهای بالاتر گفته می‌شود. (برانگیخته بودنش هم به خاطر انرژی‌ای است که گرفته است.)

انرژی یونش e: کمترین انرژی لازم برای خارج کردن e حالت پایه و تبدیل H به H^+ است!

مثال: اگر e در اتم هیدروژن از دومین حالت برانگیخته به حالت پایه برود طول‌موج فوتون گسیلی چقدر است؟ $(he = ۱۲۴۰ ev.nm)$ (خرداد ۱۴۰۲ تمرین)



$$E_۲ - E_۱ = \frac{hc}{\lambda} \longrightarrow -۱/۵ - (-۱۳/۶ev) = \frac{۱۲۴۰}{\lambda} \Rightarrow \lambda = ۱۰۲/۴v$$

حواست باشه: اگر نور سفید را از گاز هیدروژن رقیق رد کرده و سپس از منشور عبور دهیم، به نوری رنگین کمانی با چند خط تیره در آن دست پیدا خواهیم کرد. خطوط تیره همان طول‌موج هایی هستند که گاز هیدروژن برانگیخته از خود گسیل می‌کند!

ضعف‌های مدل اتمی بور:

۱ فقط برای اتم‌های هیدروژن گونه جواب بود چون تأثیر نیروی بین e ها را در نظر گرفت (H و $L_۱^{۲+}$).

۲ نتوانست توضیح دهد که چرا رنگ‌های گسیل شده متفاوت هستند.

سه ویژگی گسیل القایی:

۱ یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می‌شود.

۲ فوتون گسیل شده با فوتونی که خودت فرستادی هم مسیر هستند.

۳ فوتون گسیل با فوتون ورودی هم فاز هستند.

ساختار هسته:

✓ به مجموع پرتون و نوترون همگی نوکلئون میگویند.

✓ به اتم‌هایی که عدد اتمی یکسان اما عدد جرمی متفاوت دارن ایزوتوپ میگویند پس تفاوت آن‌ها در تعداد نوترون‌هایشان است.

سؤال: پروتون‌ها که همدیگر را دفع می‌کنند چطور کنار هم پایدارند؟

نیروی هسته‌ای کوتاه برد و نیروی الکترواستاتیکی بلند برد است! در حالت عادی نیروی هسته‌ای بر نیروی الکترواستاتیکی غالب است. اگر تعداد پروتون بالا رود بایستی به همان نسبت تعداد نوترون زیاد شود تا تعادل بین نیروی هسته‌ای و الکترواستاتیکی به هم نریزد! پس هر چه هسته بزرگ‌تر شود نسبت Z به N پایین‌تر می‌رود.

نکته ${}^{۲۰۹}_{۸۳}Bi$ هسته پایداری است که بیشترین پرتون را دارد بعدازآن هسته‌ها ناپایدار می‌شوند. مثل توریم.

ساختار هسته:

۱ شعاع هسته‌اتم $۱۰^{-۵}$ برابر شعاع کل اتم است!

۲ ${}^{A}_{Z}X_{N}$

۳ $A=Z+N$

حواست باشه: در معادله بالا A عدد جرمی، Z عدد اتمی و N تعداد نوترون است!

انرژی بستگی هسته: انرژی لازم برای جدا کردن نوکلئون‌های یک هسته انرژی بستگی هسته نام دارد. انرژی دریافتی نوکلئون‌ها هم کوانتیده هستند!

✓ فرمول $E=mc^{۲}$ را زیاد دیده‌اید.

✓ فرمول جداسازی اجزای هسته به‌صورت پایین است:

نوکلئون‌ها ← انرژی + هسته مجموع جرم نوکلئون‌ها > جرم هسته

نکته با واپاشی هسته ذراتی مانند فوتون و ذرات مثل (β بتا)، (γ گاما)، (α آلفا) آزاد می‌شوند.

مقایسه قدرت نفوذ در سرب $\alpha<\beta<\gamma$

$B^{+}\left\{{}^{A}_{Z}x\rightarrow{}^{A}_{Z-۱}Y+i^{e^{+}}\right.$ بار مثبت بدوم جرم (پوزیترون)

${}^{۷۱}_{۵۳}x\rightarrow{}^{۷۲}_{۵۲}Y+B^{+}$

$B^{-}\left\{{}^{A}_{z}x\rightarrow{}^{A}_{Z+۱}Y+{}^{۰}_{-۱}e^{-}\right.$ اولین پرتوزایی

${}^{۱۴۴}_{a_{۰}}x\rightarrow{}^{۱۴۳}_{۹۱}Y+e$ (الکترون)

$\alpha\left\{{}^{A}_{Z}x\rightarrow{}^{A-۴}_{Z-۲}Y+{}^{۴}_{۲}He\right.$ بار مثبت، سنگین (هسته هلیم)

${}^{۱۴۶}_{۹۲}x\xrightarrow{\alpha}{}^{۱۴۴}_{۹۰}Y+\alpha$

مثال: کامل کنید (دی ۱۴۰۱ تجربی)

${}^{۲۲۶}_{۸۸}Ra\rightarrow{}^{۲۲۲}_{۸۶}Rn+zx$

${}^{۲۲}_{۱۱}Na\rightarrow{}^{۲۲}_{۱۰}Ne+{}^{۰}_{+۱}\beta$

${}^{۱۴}_{۶}C\rightarrow{}^{۱۴}_{۷}N+{}^{۰}_{-۱}\beta$

هسته بعد از واپاشی α,β در حالت برانگیخته قرار می‌گیرد و با گسیل پرتویی خیلی پرانرژی به نام گاما به حالت پایه می‌رود.

حواست باشه: گاما ذره نیست بلکه انرژی است!

${}^{A}_{Z}x^{*}\rightarrow{}^{A}_{Z}x+\gamma$

نیمه‌عمر: ایزوتوپ‌های پرتوزا و سنگین واپاشی دارند و مقدارشان نصف می‌شود. به حدفاصل زمانی که جرم ماده نصف می‌شود نیمه‌عمر میگویند!

$N=N_{۰}(\frac{۱}{۲})^{n}$ $n=\frac{t}{T}$

مثال: نیمه‌عمر ماده‌ای یک ساعت است اگر مقدار اولیه آن **۲mg** باشد مقدار آن پس از ۴ ساعت چقدر خواهد بود؟

$$n=\frac{۴}{۱}=۴\Rightarrow N=۲۰\times(\frac{۱}{۲})^{۴}=\frac{۲۰}{۱۶}=\frac{۵}{۴}=۱.۲۵gr$$

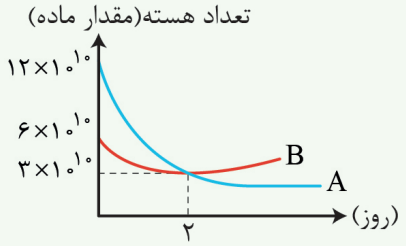
مثال: اگر نیمه‌عمر ماده‌ای ۳ روز باشه بعد چند روز $\frac{۳}{۴}$ مقدار آن واپاشیده شده؟ (خرداد ۱۴۰۲ تجربی)

$$\frac{N_{۰}}{۴}=\frac{N_{۰}}{۲^{n}}\qquad ۲^{n}=۲^{۲}\qquad n=۲$$

$$n=\frac{t}{T}\Rightarrow ۲=\frac{t}{۳}\Rightarrow t=۶$$

ببین $\frac{۳}{۴}$ از بین رفت چقدرش مونده بود؟ $۱-\frac{۳}{۴}=\frac{۱}{۴}$

مثال: در نمودار زیر نیمه‌عمر ماده **A** چند برابر نیمه‌عمر ماده **B** است؟ (دی ۱۴۰۱ تجربی)



$$N=\frac{N_{۰}}{۲^{n}},\ ۳\times۱۰^{۱۰}=\frac{۶\times۱۰^{۱۰}}{۲^{n}}\rightarrow$$

$$\frac{t}{T_B}=n_B=۱$$

$$۳\times۱۰^{۱۰}=\frac{۱۲\times۱۰^{۱۰}}{۲^{n}}\Rightarrow\frac{t}{T_A}=n_A=۲$$

$$\frac{T_A}{T_B}=\frac{۱}{۲}$$