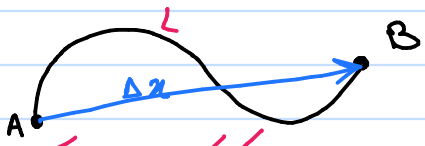
فصل ۲: حرکت بر روی خط راست

امید پارسافرد
Phys-Parsa

بردار مکان: برداری که مبدا مکان را به مکان جسم در هر لحظه وصل می کند.

مسافت (L): طول ردپای متحرک ← نرده ای

بردار جابه جایی ($\Delta\vec{x}$ یا $\vec{d}$): پاره خط جهت داری که مبدأ را به مقصد وصل می کند. ← برداری



تمام قسمتی که ردپای متحرک است مسافت می باشد.

$$|L| \geq |\Delta x|$$
$$|s_{av}| \geq |v_{av}|$$

تندی متوسط (s_{av}): نرده ای

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت}}{\text{زمان}} \Rightarrow s_{av}^{(\frac{m}{s})} = \frac{L^{(m)}}{\Delta t^{(s)}}$$

سرعت متوسط (v_{av}): برداری

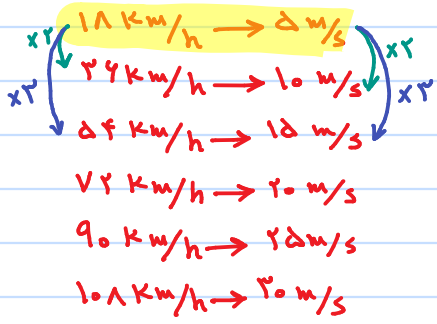
$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{جابه جایی}}{\text{زمان}} \Rightarrow \vec{v}_{av}^{(\frac{m}{s})} = \frac{\Delta\vec{x}^{(m)}}{\Delta t^{(s)}}$$

☑ درصورتی که متحرک روی خط راست حرکت کند و تغییر جهت ندهد، اندازه مسافت با جابه جایی و اندازه تندی متوسط با سرعت متوسط برابر است.

شتاب متوسط (a_{av}): برداری

$$\text{شتاب} = \frac{\text{تغییرات سرعت}}{\text{زمان}} \Rightarrow a_{av}^{(\frac{m}{s^2})} = \frac{\Delta v^{(m/s)}}{\Delta t^{(s)}}$$

برای تبدیل واحد $\frac{km}{h} \to \frac{m}{s}$ بهتر است برخی ها حفظ باشند.



نمودار مکان - زمان (x-t): در حالت معمول (متقارف) سهمی (درجه دو) است.

☑ شیب خط واصل دو نقطه در نمودار x-t نشان دهنده سرعت متوسط است.

☑ شیب در هر لحظه در نمودار x-t نشان دهنده تندی و سرعت لحظه ای است. (در یک لحظه تندی و سرعت لحظه ای یکی می باشند.)

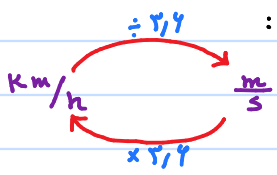
☑ **شتاب در نمودار x-t:**

نمودار سرعت - زمان (v-t): در حالت معمول (متقارف) خطی (درجه یک) است.

☑ شیب خط واصل دو نقطه در نمودار v-t نشان دهنده شتاب متوسط است.

☑ شیب در هر لحظه در نمودار v-t نشان دهنده شتاب لحظه ای است.

رابطه کلی:

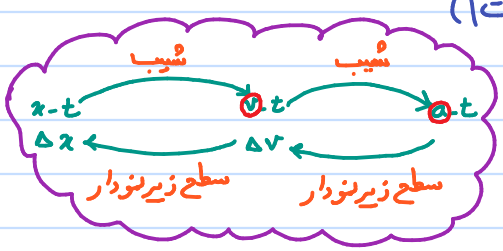


شیب:

☑ سطح محصور نمودار v-t نشان دهنده جابه جایی است. ($s = \Delta x$ ⇒ جابه جایی = مساحت)

☑ قدرالمطلق سطح محصور نمودار v-t نشان دهنده مسافت است. ($|s| = L$ ⇒ مسافت = |مساحت|)

$$\text{شیب} = \frac{\text{تغییرات عمودی}}{\text{تغییرات افقی}}$$



نمودار شتاب - زمان (a-t): در حالت معمول (متقارف) پلکانی است.

☑ سطح محصور نمودار a-t نشان دهنده تغییرات سرعت است. ($s = \Delta v$ ⇒ تغییرات سرعت = مساحت)

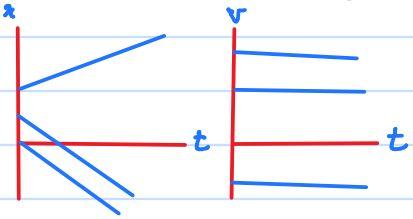
☑ در سؤالات نمودار t - a اگر هیچ سرعتی نداده باشد سؤال حل نمی‌شود.

حرکت با سرعت ثابت: (فقط رابطه روبرو را دارد.) معادله مکان-زمان در سرعت ثابت $x = vt + x_0 \rightarrow \Delta x = vt$

نمودارهای حرکت با سرعت ثابت از حالت مقارف خارج و به شکل های روبرو است:

ثتاب فقط می‌تواند صفر باشد (تنها حالت)

مثال هایی از نمودارهای سرعت ثابت:



روابط ثتاب ثابت:

معادله سرعت-زمان در ثتاب ثابت $v = at + v_0$

مستقل از جابجایی (Δx) — معادله مکان-زمان در ثتاب ثابت $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0$ یا $\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t$

مستقل از سرعت ثانویه (v_2) $\Delta x = -\frac{1}{2}at^2 + v_2 t$

مستقل از سرعت اولیه (v_1) $\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{v_1 + v_2}{2}$ یا $\Delta x = \frac{v_1 + v_2}{2}\Delta t$

مستقل از ثتاب (a) $v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x$

مستقل از زمان (Δt)

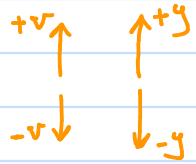
سرعت متوسط در ثتاب ثابت $v_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2}$

روابط سقوط آزاد:

$v = -gt$ ← v از Δx

$\Delta y = -\frac{1}{2}gt^2 \rightarrow y = -\frac{1}{2}gt^2 + y_0$ ← y از v_2

$v^2 = -2g\Delta y$ ← v از Δt



	v	y
$t=1$	۱۰	۵
$t=2$	۲۰	۱۵
$t=3$	۳۰	۲۵
$t=4$	۴۰	۳۵
$t=5$	۵۰	۴۵
⋮	⋮	⋮

بدست آوردن زمان و مکان به هم رسیدن یا برخورد دو متحرک:

معادله مکان-زمان دو متحرک را بدست می‌آوریم (با توجه به اینکه نوع حرکت سرعت ثابت یا ثتاب ثابت است.) معادله‌ها را با هم برابر قرار می‌دهیم. زمان به هم رسیدن متحرک‌ها بدست می‌آید و با قراردادن زمان در هر معادله مکان به هم رسیدن بدست می‌آید.

Phys-Parsa

☑ مبدا مکان: $x = 0$ ☑ تغییر جهت: $v = 0$ ☑ مبدا حرکت: $t = 0$

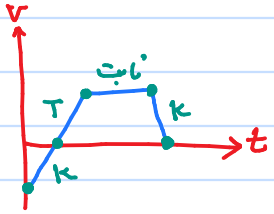
نوع حرکت:

a و v هم‌علامت ← تند شونده (T)

a و v مخالف‌علامت ← کند شونده (K)

$a = 0$ ← یکنواخت

$K \rightarrow 0 \rightarrow T$ همیشه درست است



در نمودار t-v:

دور شدن از میز ← T

نزدیک شدن به میز ← K

بدون تغییر جهت به میز ← یکنواخت

خلاصه دینامیک

اسیب پارسا فرد

نیرو ($\vec{F}$ / N): اثر متقابل دو جسم بر هم:
1. تغییر سرعت ← تغییر تندی / تغییر جهت
2. تغییر شکل

قوانین نیوتن:

قانون اول (قانون اول، اینرسی، لختی): یک جسم، حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می کند مگر آنکه نیروی خالص غیر صفری به آن وارد می شود.

$F_{net} = 0$ ← ساکن / سرعت ثابت روی خط راست

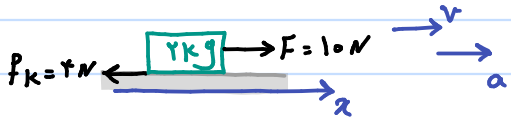
قانون دوم: $\vec{a} = \frac{\vec{F}_{net}}{m} \rightarrow \vec{F}_{net} = m\vec{a} \rightarrow F_{net} = ma$

$m\vec{a}$ یک نیرو نیست بلکه برآیند نیروهای وارد بر جسم است. $\vec{F}_{net}, \vec{a}$ متناسب و هم جهت هستند

برای استفاده از قانون دوم نیوتن بهتر است به ترتیب گام های زیر عمل کنیم:

۱- شکل بکشید، جسم مورد نظر (منفصل) را مشخص کنیم.
۲- نیروهای وارد بر منفصل را مشخص می کنیم
۳- در حرکت افقی محور x را در جهت حرکت احتمالی جسم و در راستای عمودی محور y را در جهت حرکت احتمالی جسم مشخص می کنیم.
۴- چون هم جهت حرکت است بنابراین حتماً مثبت است اگر جسم حرکت نکند صفر است.
۵- اگر حرکت تندشونده باشد $a > 0$ است. اگر حرکت کندشونده باشد $a < 0$ است.
۶- $F_{net} = ma$ را می نویسیم و هر برداری در جهت محور با شد ⊕ و اگر برداری خلاف جهت محور با شد ⊖ است (اگر برداری در راستای محورها نبود باید آن را تجزیه کنیم)

مثال) در شکل روبرو شتاب را بدست آورید:

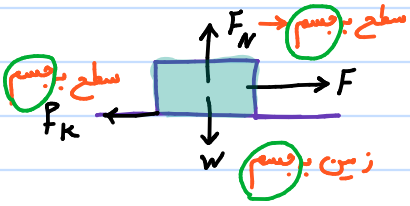


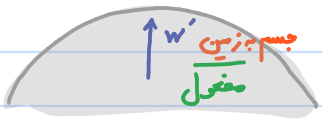
تندشونده است. $a > 0$ $F_{net} = ma \rightarrow 10 - 4 = 2a \rightarrow a = +3 m/s^2$

قانون سوم (کنش و واکنش): هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد می کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی هم اندازه و هم راستا ولی در خلاف جهت وارد می کند.

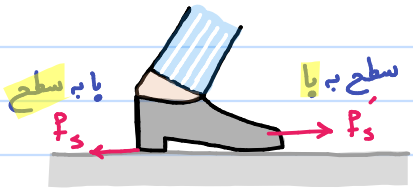
☑ نیروی عمل و عکس العمل به دو جسم وارد می شوند و همدیگر را خنثی نمی کنند. از یک جنس هستند ولی اثرات متفاوتی دارند.

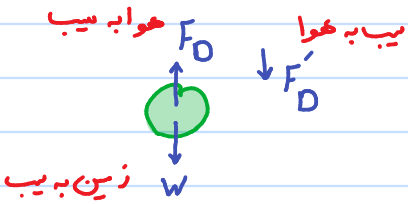
چند مثال از قانون سوم:

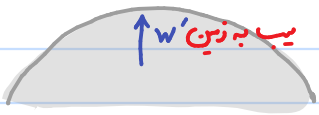


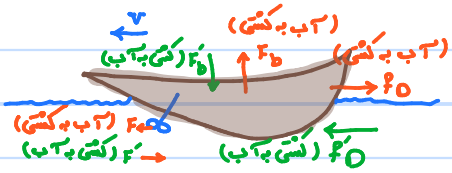


کلمه دوم (در اینجا زمین) منفصل است.





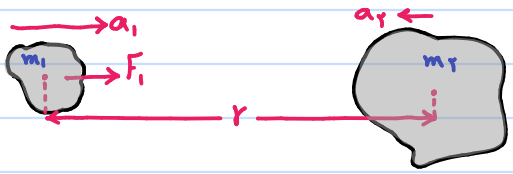




انواع نیروها:

ماهواره: به دوره بیاره (معمولا زمین) می چرخه و به آن تنها نیروی وزن وارد می شود که نیروی مرکزگرا است.

① وزن (گرانش): $W=mg$ به سمت مرکز زمین



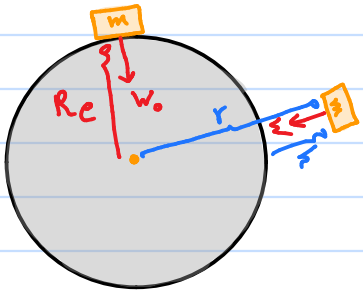
$\frac{F_1}{F_2}=1$, $\frac{\vec{F_1}}{\vec{F_2}}=-1$ $\Rightarrow \frac{a_2}{a_1}=\frac{m_1}{m_2}$

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

- مکعب فاصله ماهواره از مرکز زمین با دوره گردش ماهواره ها متناسب است. $(r^3 \propto T^2)$

- تندی ماهواره:

$v^2=G\frac{M_e}{r}$ $\quad (v^2 \propto r)$



جرم زمین

$W_0=G\frac{M_e m}{R_e^2}$, $W=G\frac{M_e m}{r^2}$

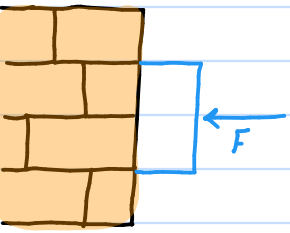
شعاع زمین

$r=R_e+h$

$g_0=G\frac{M_e}{R_e^2}$, $g=G\frac{M_e}{r^2}$

$\frac{g_2}{g_1}=\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2=\left(\frac{h_1+R_e}{h_2+R_e}\right)^2$

ادامه نیروی عمودی سطح:



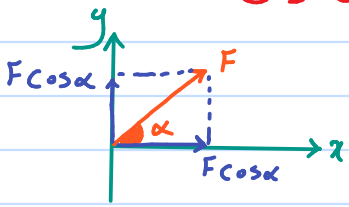
$F_N=F$

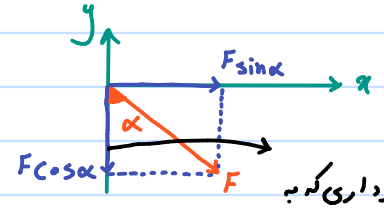
② نیروی مقاومت شاره ($\vec{F_D}$): وقتی جسمی در یک شاره حرکت کند، از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت وارد می شود. اگر جسم در هوا حرکت کند به این نیرو، نیروی مقاومت هوا می گویند.

- نیروی مقاومت به ۱- بزرگی جسم ۲- تندی آن بستگی دارد. $(v\uparrow \rightarrow F_D\uparrow)$

تندی حدی: تندی چترباز به تدریج کاهش می یابد تا اینکه نیروی مقاومت هوا و وزن هم اندازه شده و نیروهای وارد بر چترباز متوازن شوند. پس از این چترباز با تندی ثابتی موسوم به تندی حدی، پایین می آید.

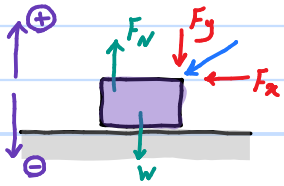
کمی ریاضی:





برداری که به زاویه چسبیده cos است.

③ نیروی عمودی سطح ($\vec{F_N}$):



حرکت نکند! جسم در راستای عمود

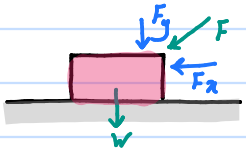
$F_{net_y}=0$

$F_N-W-F_y=0 \rightarrow F_N=W+F_y$

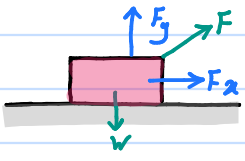
روش اول: آپا نسور

$F_{net}=ma$

روش دوم: با توجه به مفهوم فشردگی (نیرویی که فشردگی را افزایش دهد ⊕ ، نیرویی که فشردگی را کاهش دهد ⊖)



$F_N=W+F_y$



$F_N=W-mg$

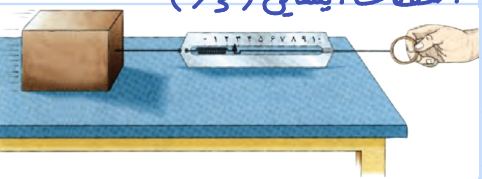
④ نیروی اصطکاک

- ایستایی (جسم نسبت به سطح ساکن است) ↔ لغزشی (جسم نسبت به سطح می لغزد)

ایستایی: $f_s = ?$ (مقدار ندارد) ، $f_{s\max} = \mu_s F_N$

لغزشی: $f_k = \mu_k F_N$

هدف آزمایش: اندازه‌گیری ضریب اصطکاک ایستایی (μ_s)



برای اینکه متوجه شویم جسم حرکت می‌کند یا خیر باید اصطکاک ایستایی بیشینه را حساب کنیم:

اگر: $F_{محرک} < f_{s\max}$ ← جسم ساکن می‌ماند و $f_s = F_{محرک}$

$F_{محرک} > f_{s\max}$ ← جسم حرکت می‌کند و اصطکاک آن را باید از رابطه $f_k = \mu_k F_N$ بدست آورد.

نیروی محرک ($F_{محرک}$): برآیند نیروهای وارد بر جسم (به جز اصطکاک)

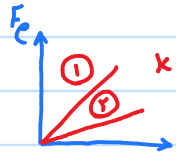
⑤ نیروی کشسانی فنر:

تغییرات طول (x) — در محاسبات نادیده گرفته می‌شود

$F_e = -kx$ ← نیروی وارد بر یک طرف فنر

ثابت فنر (N/m) — به اندازه، شکل و جنس فنر بستگی دارد.

- همیشه به سمت مرکز (نقطه تعادل) است.
- هرچه ثابت فنر بیشتر باشد فنر سخت‌تر و شیب نمودار $F-x$ بیشتر است.

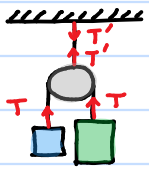


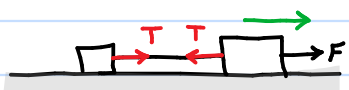
با طراحی یک آزمایش ثابت فنر را بدست آورید؟ فنری به طول l_0 را از یک نقطه آویزان می‌کنیم و به سر آزاد آن جسمی به جرم m وصل می‌کنیم. پس از رسیدن فنر به حالت تعادل Δx را حساب می‌کنیم و بنا به قانون دوم نیوتن:

$$k\Delta x - mg = 0 \longrightarrow k = \frac{mg}{\Delta x}$$

⑥ نیروی کشش نخ ($\vec{T}$):

جهت نیروی نخ در راستای نخ به سمت بیرون است.





مکعب چوبی را روی میز افقی قرار می‌دهیم و نیروسنج را به مکعب چوبی وصل می‌کنیم و سر دیگر نیروسنج را به طور افقی می‌کشیم. تا جایی که جسم در آستانه لغزیدن قرار گیرد. عددی که نیروسنج در این حالت نشان می‌دهد $f_{s\max}$ است. پس از اندازه‌گیری جرم مکعب بنا به قانون دوم نیوتن:

$F_N = mg$ ، $f_{s\max} = \mu_s F_N \rightarrow$

$$\rightarrow \mu_s = \frac{f_{s\max}}{mg}$$

در این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت $F_{s\max}$ متناسب با F_N است.

برای بدست آوردن μ_k نیز دقیقا همین طور عمل می‌کنیم با این تفاوت که جسم باید روی سطح بلغزد.

آسانسور:

در آسانسور از نیروهای $\vec{T}$ / F_e / F_N سؤال داده می‌شود. (جسم روی ترازو باشد — جسم از سقف آویزان باشد — فنر از سقف آویزان باشد)

- اگر آسانسور ساکن یا با سرعت ثابت حرکت کند: $W = T / F_e / F_N$
- $F_N > W$ ← ترازو عدد بزرگتری نسبت به وزن نشان می‌دهد.
- $F_N < W$ ← ترازو عددکوچکتری نسبت به وزن نشان می‌دهد.

برای حل سؤالات آسانسور: بالا (v^+) / پایین (v^-) و تند شونده / شروع به حرکت (a^+) / کند شونده / متوقف (a^-)

رابطه کنکور: $F_N / T / F_e = m(g \pm a)$ (برای v ثابت یا a صفر)

تکانه: کمیتی برداری است.

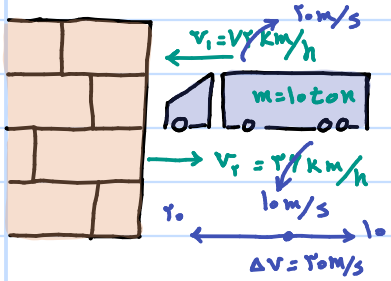
$\vec{p} = m\vec{v}$ ① از طرفین Δ می‌گیریم $\rightarrow \Delta\vec{p} = m\Delta\vec{v}$ (kg m/s)

$\vec{F}_{net} = m\vec{a} = m\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta m\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} \rightarrow \vec{F}_{net} = \vec{F}_{av} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} \rightarrow \Delta\vec{p} = \vec{F}_{av}\cdot\Delta t$ ②

از ① و ② می‌توان نتیجه گرفت: $\Delta\vec{p} = \begin{cases} m\Delta\vec{v} \\ \vec{F}_{av}\Delta t \end{cases}$

تذکر مهم: در تمامی رابطه هایی که $\Delta\vec{x}$ وجود دارد اندازه آن برداری محاسبه می‌شود.

مثال: در تصادف روبه رو الف) Δp ب) $F_{av}=?$ $(\Delta t = 0.1s)$

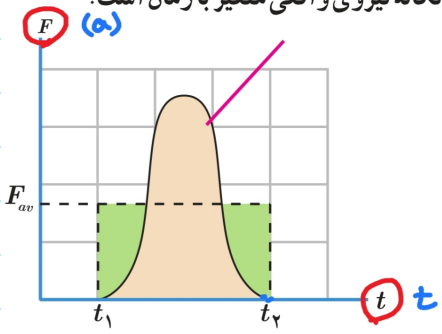


الف) $\Delta\vec{p} = m\Delta\vec{v} = 10^4 \times 30 = 3\times10^5\ kg\,m/s$

ب) $\vec{F}_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{3\times10^5}{10^{-1}} = 3\times10^6\ N$

نمودار تکانه:

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



☑ مساحت زیر نمودار با ساعت مستطیل برابر است.

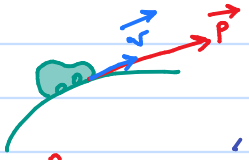
مطلع زیر نمودار

☑ در نمودار F-t : $S = \Delta p$

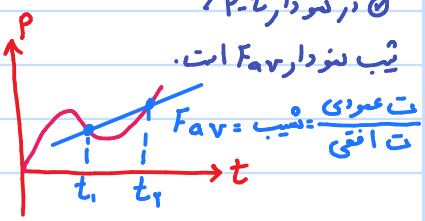
☑ $\vec{a}$ و $\vec{F}_{av}$ شبیه به هم رفتار می‌کنند.

☑ $\vec{v}$ و $\vec{p}$ نیز شبیه به هم رفتار می‌کنند.

☑ بردار تکانه همانند بردار سرعت بر مسیر حرکت مماس است.



☑ در نمودار p-t، شیب نمودار F_{av} است.



حرکت دایره‌ای یکنواخت (ویژه ریاضی):

در این نوع حرکت، تندی ذره ثابت است ولی متحرک تغییر جهت می‌دهد بنابراین حرکتی شتابدار است.

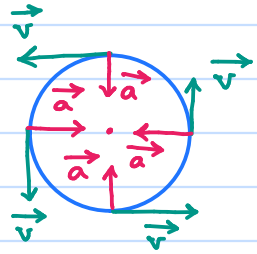
دوره (T): زمان یک دور کامل (s) — فرکانس / بسامد (f): تعداد دور در یک ثانیه

واحد: $\frac{1}{s} = s^{-1} = Hz$

☑ 2 rpm یعنی تعداد دور در یک دقیقه

$T = \frac{1}{f}$ $\quad v = \frac{2\pi r}{T}$

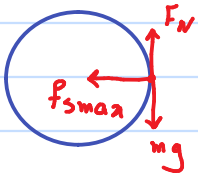
$a_c = \frac{v^2}{r}$ $\quad F = ma \rightarrow F_{\text{مرکزگرا}} = \frac{mv^2}{r}$



نیروی مرکزگرا هم جهت با شتاب است ($F \propto a$)

$v = \frac{2\pi r}{T}$ ؟ $\Rightarrow a_c = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$

$a_c = \frac{v^2}{r}$



$\begin{cases} f_{s\max} = \mu_s F_N = \mu_s mg \\ F = \frac{mv^2}{r} \end{cases} \Rightarrow f_{s\max} = F_{\text{مرکزگرا}}$

$\mu_s mg = \frac{mv^2}{r} \rightarrow v_m = \sqrt{\mu_s rg}$

حداکثر تندی خودرو برای دور زدن پیچ:

☑ الکترون‌ها در مدل بور تحت نیروی الکتریکی به طرف هسته در مدارهای ° می‌چرخند.

Phys-Parsa

در سامانه نوسان و موج

فاصله از مرکز تعادل

$x = A\cos\omega t$

دامنه (A): بیشترین فاصله از مرکز تعادل

بسامد زاویه‌ای (ω): $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$

$T = \frac{t}{n}$ $\quad f = \frac{n}{t}$ $\quad T = \frac{1}{f}$

روابط های مورد نیاز برای تحلیل:

$F = -kx \rightarrow F \propto -x$

$F = ma \rightarrow F \propto a$

۱- بردارهای F و a همیشه هم جهت و هم علامت هستند.

۲- x همواره خلاف جهت بردارهای F و a است.

$K = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow K \propto v^2$

بنابراین K همیشه مثبت است.

ثابت فنر — انرژی تامبل

$U = \frac{1}{2}kx^2 \rightarrow U \propto x^2$

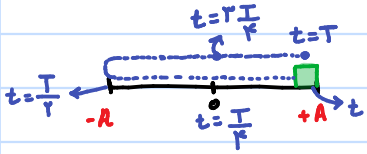
بنابراین U همیشه مثبت است.

✓ U و K همیشه مثبت هستند ولی افزایشی یا کاهشی دارند و آهنگی افزایشی یا به دیگری کاهش می یابد.

طبق پایستگی انرژی مجموع آن ها باید ثابت شود (در نبود نیروی اتلافی) $E = U + K$

✓ بصورت قراردادی مکان اولیه نوسانگر را از $+A$ شروع می کنیم.

$t = 0 \rightarrow x = +A$



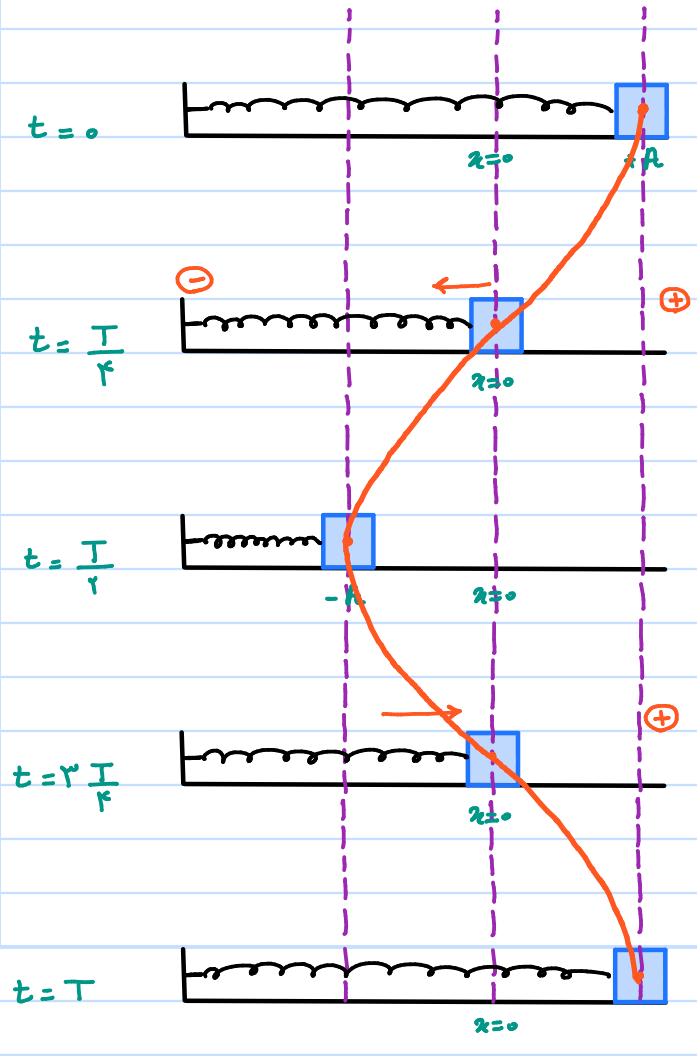
دوره (T): زمان یک نوسان کامل به عبارتی زمان رفت و برگشت (s)

بسامد (f): تعداد نوسان در یک ثانیه $(Hz \equiv \frac{1}{s} \equiv s^{-1})$

۴

حرکت هماهنگ ساده (SHM): یک حرکت رفت و برگشت روی خط راست است (البته نوسان ها سینوسی است)

تحلیل حرکت سامانه جرم - فنر:



$t = 0$: $x^+ = +A$, $v = 0$, $a = -a_{max}$, $F = -F_{max}$, $K = 0$, $U_m = E$

$t = \frac{T}{4}$: $x = 0$, $v = -v_m$, $a = 0$, $F = 0$, $K = K_m = E$, $U = 0$

$t = \frac{T}{2}$: $x^- = -A$, $v = 0$, $a = +a_{max}$, $F = +F_{max}$, $K = 0$, $U_m = E$

$t = \frac{3T}{4}$: $x = 0$, $v = +v_m$, $a = 0$, $F = 0$, $K = K_m = E$, $U = 0$

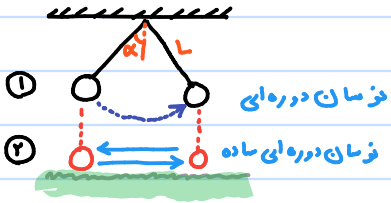
$t = T$: $x^+ = +A$, $v = 0$, $a = -a_{max}$, $F = -F_{max}$, $K = 0$, $U_m = E$

۱- نیرو و شتاب در حرکت هماهنگ ساده همیشه برگشتی هستند.

۲- در هماهنگ ساده اگر جسم به سمت مبدأ حرکت کند حرکت تند شونده است و اگر از مبدأ دور شود حرکت کند شونده است.

Phys-Parsa
امید پارسا نژد

سامانه جرم - فنر:



اگر زاویه انحراف این آونگ کمتر از ۶ درجه باشد تقریباً سامانه شکل دوم نوسان می‌کند که می‌توان آن را حرکت همانند ساده فرض کرد.

T مستقل از دامنه (A) است $\quad T \propto \frac{1}{\sqrt{K}} \quad T \propto \sqrt{m}$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$ دوره نوسان (جرم، ثابت فنر K (N/m))

$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$ بسامد زاویه‌ای $\quad f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{m}}$ بسامد $\quad K = m\omega^2$

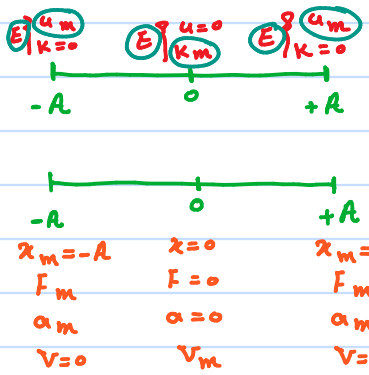
✓ T و f ، ω از ویژگی‌های ذاتی سامانه جرم - فنر هستند.

آونگ ساده: شامل ۱- وزنه‌ای کوچک ۲- نخ بدون جرم ۳- نخ کشش‌ناپذیر است.

اگر زاویه انحراف آونگ ساده از وضع تعادل کوچک ($\alpha < 6^\circ$) باشد، آونگ تقریباً حرکت همانند ساده خواهد داشت.

$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ (طول آونگ L، شتاب گرانش g) دوره آونگ $\quad T \propto \sqrt{L} \quad T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$

✓ با افزایش دوره، نوسان کندتر می‌شود.

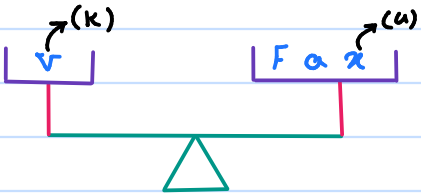


① اگر آونگ را به استوا ببریم g کاهش می‌یابد یعنی دوره آونگ افزایش می‌یابد. (اگر ساعت با شد عقب می‌افتد)

② با افزایش دما طول افزایش می‌یابد پس دوره آونگ نیز افزایش می‌یابد. (اگر ساعت با شد عقب می‌افتد)

بسامد زاویه‌ای آونگ $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$ $\quad$ فرکانس $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$

ترازوی $F \propto x$:

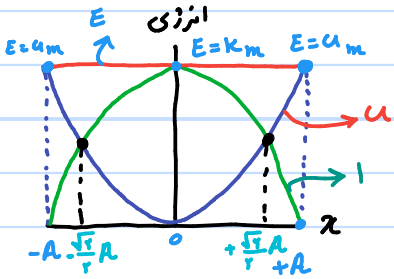


در این ترازو در کفه عکس هم هستند مثلاً در دامنه ($x_m=A$) F و a بیشترین و $v=0$ است.

انرژی مکانیکی (E):

$E = u + K$ $\quad$ ✓ $E = u_m = \frac{1}{2}KA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2$ $\quad E = K_m = \frac{1}{2}mv_m^2$

$E = 2\pi^2 m A^2 f^2$ $\quad E \propto A^2$ $\quad E \propto f^2$ $\quad v_m = A\omega$ $\quad a_m = A\omega^2$



تشدید: اگر بسامد نوسان‌های وادار شده با بسامد طبیعی برابر شود ($f_\alpha = f_0$) دامنه نوسان بزرگ و بزرگ‌تر می‌شود. ($A \uparrow$)

بسامد طبیعی، بسامد وادارنده

دسته‌بندی عمومی موج‌ها

موج مکانیکی: جهت انتشار نیاز به محیط مادی (جامد، مایع، گاز) دارد. (در خلا منتشر نمی‌شود)

موج الکترومغناطیسی: جهت انتشار نیاز به محیط مادی ندارد. (در خلا نیز منتشر می‌شود)

موج طولی: ارتعاش با انتشار هم‌راستا است. مانند صوت (ارتعاش ∥ انتشار)

موج عرضی: راستای ارتعاش بر راستای انتشار عمود است. مانند امواج الکترومغناطیسی (ارتعاش ⊥ انتشار)

جبهه موج: به هرکدام از برآمدگی‌ها یا فرورفتگی‌ها ایجاد شده روی سطح آب می‌گویند.

قله (ستیغ) = برآمدگی

دره (یا ستیغ) = فرورفتگی

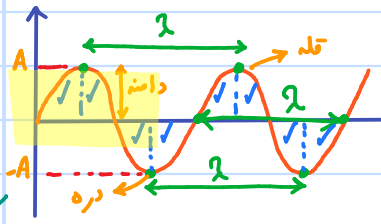
موج طولی: جامدات، مایعات، گازها

موج عرضی: جامدات، سطح مایعات

در یک محیط: $v_{\text{عرضی}} < v_{\text{طولی}}$

تندی انتشار موج: $v = \lambda f$ (وابسته به محیط، وابسته به چشمه، وابسته به محیط و هم وابسته به چشمه)

به موج‌های طولی و عرضی موج‌های پیش‌رونده گفته می‌شود: زیرا این موج‌ها از نقطه‌ای به نقطه دیگر حرکت کرده و انرژی را با خود منتقل می‌کنند.



طول موج (λ): فاصله بین دو برآمدگی یا دو فرورفتگی مجاور.

رابطه‌ی بالا برای هر موجی به کار می‌رود

اگر موج الکترومغناطیسی بود: $c = \lambda f$ (تندی نور، مانند نور)

☑ تندی انتشار موج به محیط انتشار بستگی دارد. مثلاً تندی نور در خلاء و آب متفاوت است.

☑ بسامد فقط به چشمه موج بستگی دارد. مثلاً بسامد نور در آب و خلاء با هم برابر است ولی اگر رنگ نور تغییر کند بسامد آن نیز تغییر می‌کند.

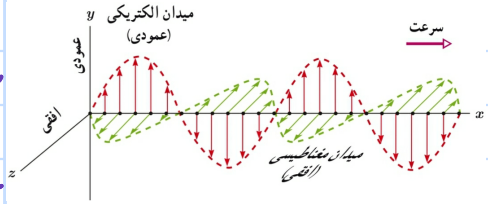
☑ با افزایش عمق آب، طول موج و تندی آن نیز افزایش می‌یابد.

تندی انتشار موج عرضی در تار یا فنر: $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ ($\mu = \frac{m}{L}$) $\rightarrow v = \sqrt{\frac{FL}{m}}$ ($m = \rho V$, $V = AL$) $\rightarrow v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$

(F: نیرو، چگالی خطی جرم μ، طول فنر یا تار، جرم فنر یا تار m، چگالی ρ، مساحت)

☑ برای امواج مکانیکی: $P \propto f^2$ ، $P \propto A^2$

امواج الکترومغناطیسی: $B \rightarrow \Delta E$ (پیش‌بینی ماکسول) $\quad \Delta B \rightarrow E$ (نتیجه‌ی فاراده)



مشخصه‌های امواج الکترومغناطیسی:

۱- $\vec{E}$ همواره بر $\vec{B}$ عمود است. ($\vec{E} \perp \vec{B}$)

۲- $\vec{E}$ و $\vec{B}$ همواره بر جهت حرکت ($\vec{v}$) عمودند به همین دلیل این امواج، عرضی است.

۳- میدان‌ها با بسامد یکسان و همگام با یکدیگر تغییر می‌کنند.

۴- تندی این امواج در خلاء: $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = 3 \times 10^8 \ m/s$

ε_0 (ضریب گذردهی الکتریکی خلاء) واحد $\frac{C^2}{N.m^2}$ (عکس k در قانون کولن)

μ_0 (تراوایی مغناطیسی خلاء) واحد $\frac{T.m}{A}$ ($B = \frac{\mu_0 NI}{\ell}$ فرمول برای یافتن واحد)

Phys-Parsa

جهت انتشار امواج الکترومغناطیسی را می توان با دست چپ تعیین کرد:

کف دست: $\vec{B}$ ۴ انگشت: $\vec{v}$ انگشت شصت: $\vec{E}$ (در جهت محور z ← بیرون سو)

$\lambda \uparrow E \downarrow f \uparrow$ ← بسامد ← رادیویی ← میکروموج ← فروسرخ ← بنفش ← آبی ← سبز ← زرد ← نارنجی ← قرمز ← مرئی

$\lambda \downarrow f \uparrow E \uparrow$ → γ ← x ← فرابنفش

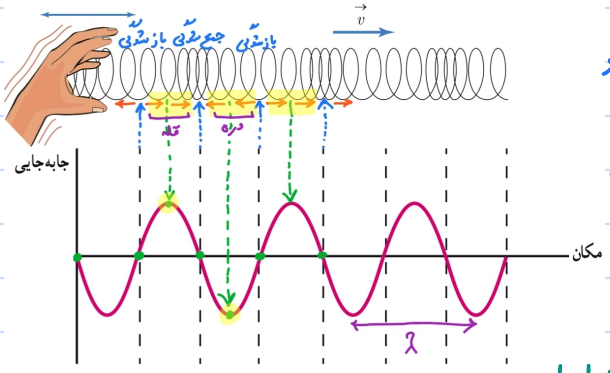
موج طولی در فنر:

$x=0 \longrightarrow u=0$

✓ در مکان هایی که بیشترین جمع شدگی یا بیشترین بازشدگی حلقه ها رخ دهد جابه جایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل صفر است.

$x=|A| \longrightarrow u_m$

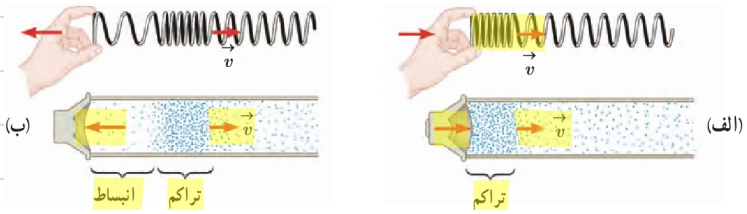
✓ در وسط فاصله بین یک جمع شدگی بیشینه و یک بازشدگی بیشینه مجاور هم، اندازه جابه جایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل بیشینه است.



در امواج طولی: طول موج برابر با فاصله بین دو تراکم (برای نزدیک جمع شدگی) یا دو انبساط (برای نزدیک بازشدگی) متوالی است.

☑ دامنه موج طولی برابر با بیشینه جابه جایی از مکان تعادل است.

صوت: یک موج طولی است و در همه اجا د منتشر می شود. (سه بعدی است)



شکل ۳ـ۲۴ الف) با حرکت رو به بیرون دیافراگم، یک تراکم ایجاد می‌شود. ب) با حرکت رو به داخل دیافراگم، یک انبساط ایجاد می‌شود. این تراکم و انبساط شبیه به جمع‌شدگی و بازشدگی در

چگونگی ایجاد صدا توسط دیاپازون: عرشه فلزی هوا مجاور خود را متراکم می کند و اگر شاخه ها به هم نزدیک شوند هوای مجاور خود را منبسط می کند. این تراکم ها و انبساط ها یک موج صوتی ایجاد می کند.

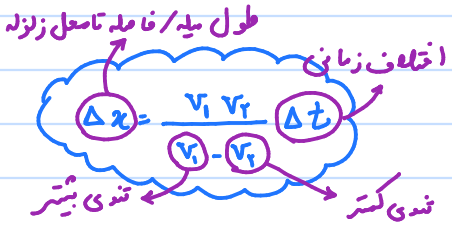
ساز و کار صدای وزوز حشرات هنگام پرواز: حشرات هنگام پرواز بال ها شان را در عرض ثانیه صدها بار تکان می دهند. بال حشرات مانند صفحه سرتاسی است و هر صفحه با ارتعاش به هوا کمی زیاد، صوتی ایجاد می کند.

تندی انتشار صوت: جنس محیط ← $v_{گاز} < v_{مایع} < v_{جامد}$ (در محیط های متراکم تندی صوت افزایش می یابد)

دمای محیط ← (رابطه مستقیم)

بازه طول موج مرئی:

$\longleftarrow$ ۷۰۰nm $\longrightarrow$ ۴۰۰nm



شدت صوت: $I = \frac{E}{A \cdot t} = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$ ($P = \frac{E}{t}$)

I: شدت (توان بر مساحت) (W/m^2) — E: انرژی (J) — t: زمان (s) — P: توان (W) — A: مساحت (m^2) — r: فاصله (m) — $4\pi r^2$: مساحت کره

(امواج صوتی کروی هستند.)

$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 \times \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2 \times \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$ (دامنه، با مو، فاصله)

تراز شدت صوت (dB)

$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$ ($I_0 = 10^{-12} W/m^2$ شدت صوت مرجع)

$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$

$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$

$\log 1 = 0$ $\log a = b \rightarrow 10^b = a$

Phys-Parsa

ادراک شنوایی

۱- ارتفاع صوت (مربوط به بسامد) ← زیر و بم بودن صدا مثال صدای هنرمند

۲- بلندی صوت (مربوط به شدت) ← بالا بردن صدا

تن صداهایی که گوش انسان می‌شنود:

زیر ← بم ← زیر و بم صوت

$20\,Hz < f < 20\,kHz$

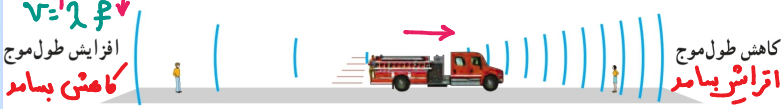
$10^{-12}\,W/m^2 < I < 1\,W/m^2$

آستانه شنوایی — آستانه دردناکی

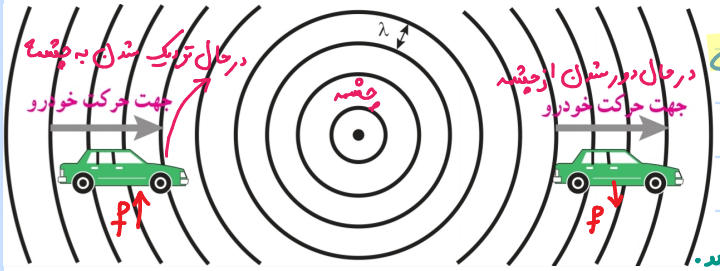
اثر دوپلر: برای امواج صوتی و الکترومغناطیسی (مانند میکروموج‌ها، امواج رادیویی و نوری) برقرار است.

① اگر چشمه و ناظر ساکن باشند بسامد و طول موج جلو و عقب چشمه یکسان است.

② $v = \lambda f$ ↑ ↑



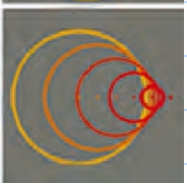
③ اگر چشمه ساکن باشد طول موج جلو و عقب آن برابر است.



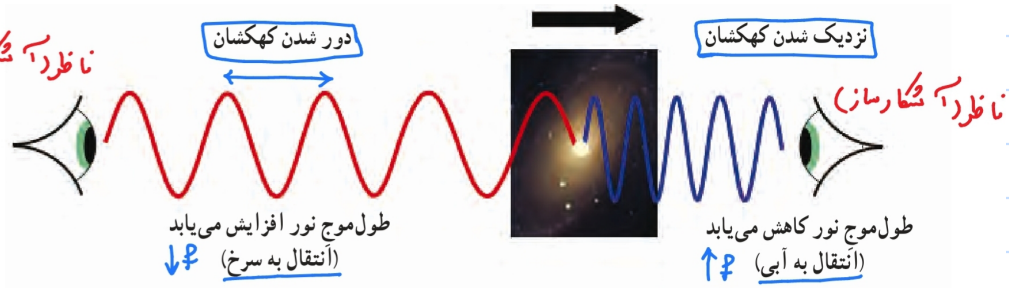
در حالت کلی اگر حالتی رخ دهد که صدا از تراز یا به بسامد نیز از تراز می‌یابد.

برای تعیین بسامد نحوه حرکت چشمه و ناظر مهم است. ولی برای تعیین طول موج فقط نحوه حرکت چشمه مهم است.

مقایسه با تندی صوت:

چشمه ساکن	
$v_{صوت} > v_1$	
$v_{صوت} = v_2$	
$v_{صوت} > v_3$	

اثر دوپلر امواج الکترومغناطیسی:



پذیرا ← مکان‌یابی

پذیرا + اثر دوپلر ← مکان‌یابی + تندی‌یابی

Phys-Parsa

تعاریف طول موج

۱- فاصله دو نقطه همفاز متوالی

۲- فاصله دو قله / دره متوالی

۳- میزان پیشروی موج در یک T

۴- فاصله دو جسم‌ی موج متوالی

نکات پایانی: برای مشخص کردن جابه‌جایی هر ذره به قله یا دره قبل آن نگاه می‌کنیم.

$v_{ذره}$: متغیر است و بین مقادیر $+A$ تا $-A$ تراز می‌گیرد.

$v_{موج}$: در یک محیط ثابت است. در میان این رابطه $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ به دست می‌آید و در حالت کلی از $v = \lambda f$ به دست می‌آید.

نقشه برهم‌کنش‌های موج

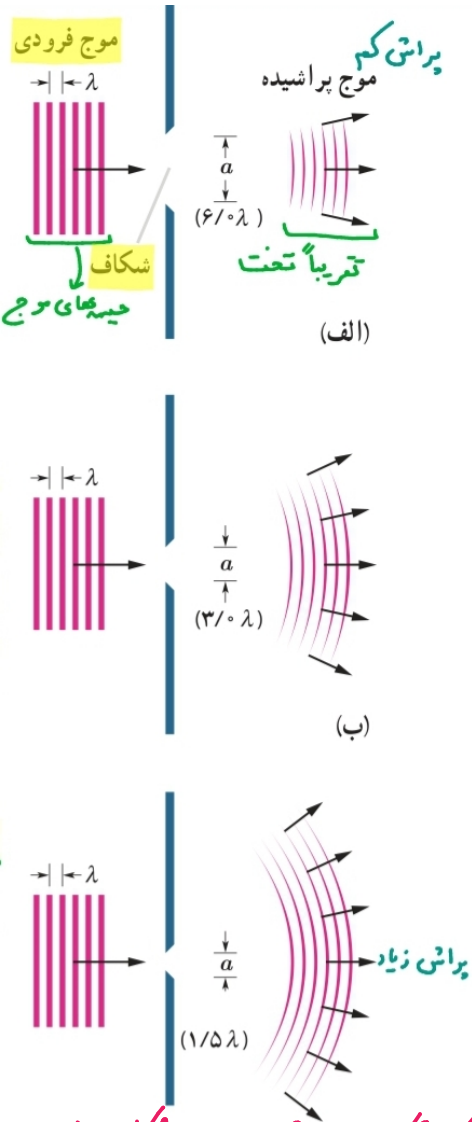
۱- بازتاب
- امواج مکانیکی ← پژواک نمونه‌ای از بازتاب امواج مکانیکی
- امواج الکترومغناطیسی ← مانند بازتاب نور

۲- شکست موج: شامل بخش‌های ۱- قانون بازتاب عمومی ۲- سراب ۳- پاشندگی نور

۳- پراش موج: به پدیده‌ای که موج در عبور از شکاف با پنایی از مرتبه طول موج (λ) به اطراف گسترده می‌شود. (برای انواع موج رخ می‌دهد)

۴- تداخل امواج

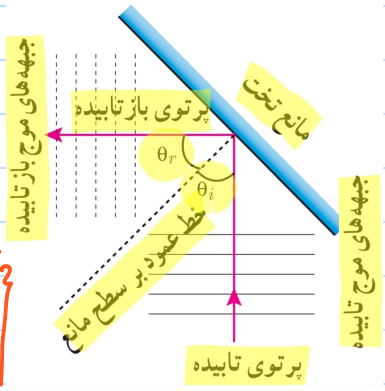
پراش موج: در صورت وجود مانع یا شکاف آشکار می‌شود.



✓ شکل بالا پراش برای سه شکاف با پنای متفاوت ولی طول موج یکسان را نشان می‌دهد.
هرچه پنای شکاف ↓ ← پراش مشخص‌تر

نقش پراش: مشاهده پراش، نوری تکفام روی پرده

قانون بازتاب عمومی: همواره زاویه تابش (θ_i) و زاویه بازتابش (θ_r) با هم برابرند.



پرتو: پیکان مستقیم عمود بر جبهه‌های موج که جهت انتشار موج را نشان می‌دهد.

پژواک: برای تمیز پژواک با پدیده تاخیر زمانی بیشتر از $\frac{1}{15}$ ثانیه باشد. ($v = 340\ m/s$)

پژواک یابی ← پژواک
- مثال: ۱- دستگاه سونار کشتی‌ها ۲- سونوگرافی ۳- برای غواصی ۴- برای دلفین

تعیین تندی ← داپلر
- مثال: تعیین تندی خودروها

پژواکی یابی + اثر داپلر ← اندازه‌گیری تندی شارش خون در رگ‌ها

بازتاب امواج الکترومغناطیسی: از قانون بازتاب عمومی پیروی می‌کند. مثال: ۱- آنتن‌های شبکه‌ای ۲- اجاق‌های خورشیدی

✓ پرتوی تابش، پرتوی بازتابش و خط عمود بر سطح بازتابنده، در هر بازتابش با یکدیگر صفحه‌ای باشند.

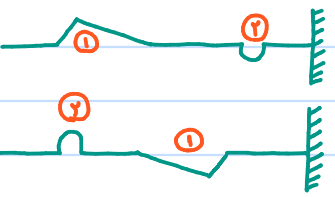
بازتاب آینه‌ای (منظم): در مواردی که سطح بازتابنده نور همچون یک آینه، بسیار هموار باشد.

بازتاب پخشنده (نامنظم): در مواردی که نور به سطحی برخورد کند که صیقلی و هموار نباشد.

✓ منظور از سطح ناهموار در مقایسه با طول موج نور، ناهموار است.

برای نور مرئی:
- سطح ناهموار محسوب می‌شود ← سطح با زبری بالاتر از ۱/۴ میکرومتر
- سطح هموار محسوب می‌شود ← سطح با زبری پایین‌تر از ۱/۴ میکرومتر

بازتاب از انتهای ثابت:



شکست موج: عبور موج از یک محیط شفاف به طور مایل وارد محیط شفاف دیگری شود مسیرش به طور ناگهانی تغییر می کند.

- در یک طناب: v نازک $>$ v ضخیم ($v=\sqrt{\frac{F}{\rho A}}$) $\xleftarrow{v=\lambda f}$ λ نازک $>$ λ ضخیم
- در سطح آب: v کم‌عمق $>$ v عمیق $\xleftarrow{v=\lambda f}$ λ کم‌عمق $>$ λ عمیق
- بسامد (f) فقط به چشمه موج بستگی دارد و با تغییر محیط ثابت می ماند.

ضریب شکست:

$$n=\frac{c}{v}$$

(n: ضریب شکست، c: تندی نور، v: تعادل غلظت)

- علت شکست موج تغییر تندی موج در مرز دو محیط است.

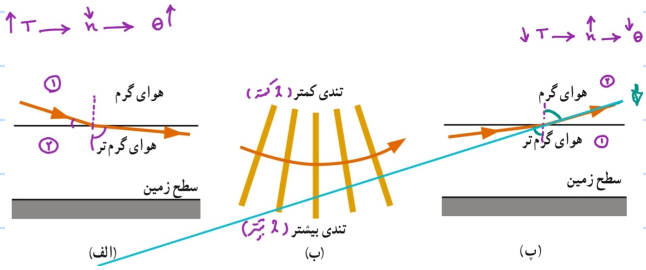
قانون شکست عمومی: $\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}=\frac{v_2}{v_1}=\frac{\lambda_2}{\lambda_1}$ (برای انواع موج صحیح است.)

قانون شکست اسنل (فقط نور): $n_1\sin\theta_1=n_2\sin\theta_2$ $\xrightarrow{\text{برای نور}}$ $\frac{v_2}{v_1}=\frac{\lambda_2}{\lambda_1}=\frac{n_1}{n_2}$

سراب: هم می توان آن را دید و هم از آن عکس گرفت. $T\uparrow \to v\uparrow \to \rho\downarrow \to n\downarrow \to \theta\uparrow$

الف) از هوای گرم ← گرم تر

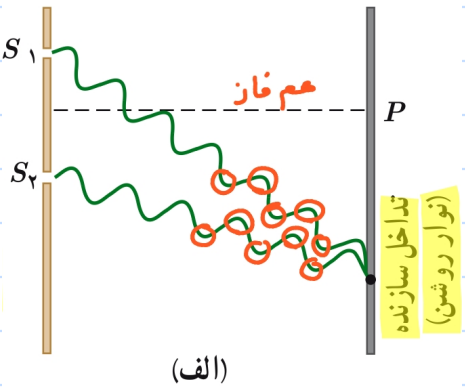
ب) از هوای گرم تر ← گرم



تداخل امواج:

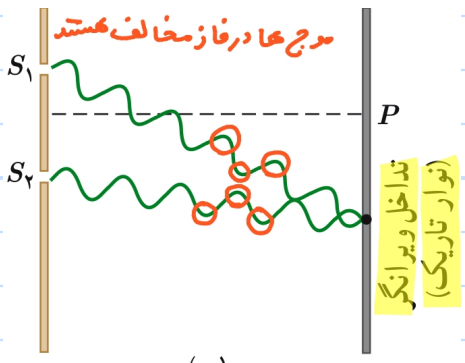
تداخل سازنده: تپ بزرگتری ایجاد شود.

تداخل ویرانگر: تپ ها از یکدیگر را حذف کنند.



(الف)

الف) دو موج همدیگر را تقویت می کنند و در نتیجه تداخل آن ها سازنده است.

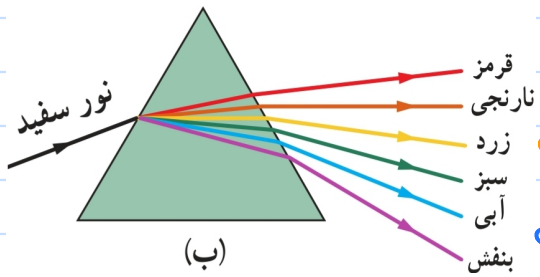


(ب)

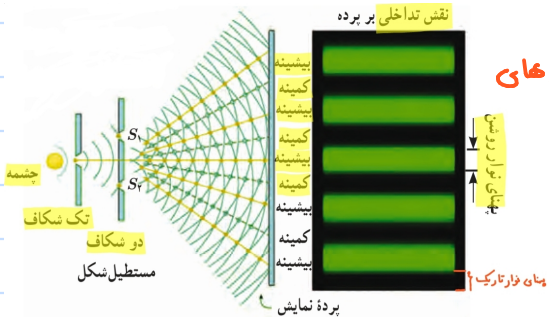
ب) دو موج همدیگر را تضعیف می کنند و در نتیجه تداخل آن ها ویرانگر است.

پاشندگی نور: هنگامی که باریکه نوری شامل پرتوهایی با طول موج های مختلف باشند هنگام عبور از مرز دو محیط در زاویه های مختلفی شکسته می شوند. ($\lambda\downarrow \leftarrow n\uparrow$) (باریکه آبی بیشتر از باریکه قرمز خم می شود)

- برای اثر پاشش جدایی رنگ ها در پرسپولیس
- پاشندگی نور، عمولا از یک منشور با ساختار ذرات آهن استفاده می شود.



- نوارهای روشن و تاریک روی پرده که ناشی از تداخل های سازنده و ویرانگر، نقش تداخلی خوانده می شود.



- طول موج $\propto$ پهنای نوارها ← یعنی با افزایش λ نور پهنای نوارها نیز افزایش می یابد.

ویژگی های موج ایستاده (ساکن):

۱. از ترکیب دو موج تابیده و بازتابیده از یک مانع بوجود می آید

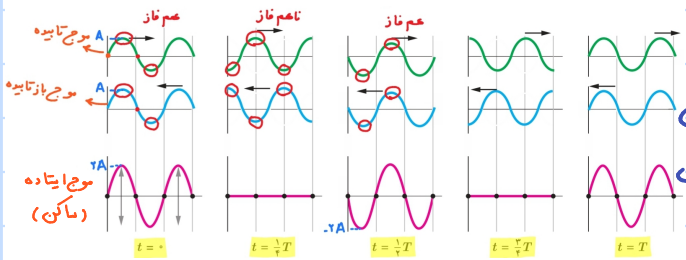
۲. به چپ و راست حرکت نمی کنند (انتشار ندارند)

۳. دامنه ذرات از ۰ تا ۲A تغییر می کند.

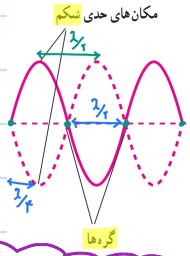
۴. انرژی را منتقل نمی کنند.

۵. شکم ← تداخل سازنده ← دو موج هم فاز

۶. گره ← تداخل ویرانگر ← دو موج ناهم فاز



موج ایستاده (ساکن) و تشدید در ریسمان کشیده:



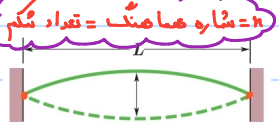
فاصله یک شکم تا گره → $\lambda/4$

فاصله دو گره متوالی → $\lambda/2$

فاصله دو شکم متوالی → $\lambda/2$

n = شماره هماهنگ = تعداد شکم

تعداد گره = n+1



هماهنگ اول $L=\frac{\lambda_1}{2}$ ← هماهنگ اصلی (مد اصلی) ← n=1

$L = n\frac{\lambda_n}{2} \rightarrow \lambda_n = \frac{2L}{n}$

λ_n: طول موج تشدیدی تار

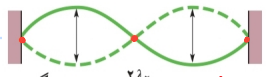
n: عدد هماهنگ

$v = \lambda f \rightarrow f = \frac{v}{\lambda} \rightarrow f = \frac{nv}{2L}$

f: بسامدهای تشدیدی تار

v: تندی انتشار موج

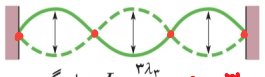
$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{FL}{m}}$



هماهنگ دوم $L=\frac{2\lambda_2}{2}$ ← n=2

$f_n = n f_1$

✓ تفاضل دو بسامد متوالی ← بسامد اصلی



هماهنگ سوم $L=\frac{3\lambda_3}{2}$ ← n=3

مثال) چرا با سفت کردن سیم گیتار، بسامدی که هنگام نواختن می شنویم زیاد می شود؟

یعنی اثر این نیروی کشش (F)

$$f = \frac{nv}{2L},\ v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Longrightarrow f \uparrow = \frac{n}{2L}\sqrt{F\uparrow}$$

✓ وقتی به سیم گیتار زخمه می زنیم موجب نرم شدن و کاهش نیروی کشش تار می شود بنا براین بسامد

می تواند کاهش یابد پس نوازندگان قبل از اجرای اصلی آن قدر می نوازند تا سیم ها نرم شوند.

اسید پارسافرد

Phys_Parsa