به نام خدا

فیزیک دوازدهم رشته تجربی

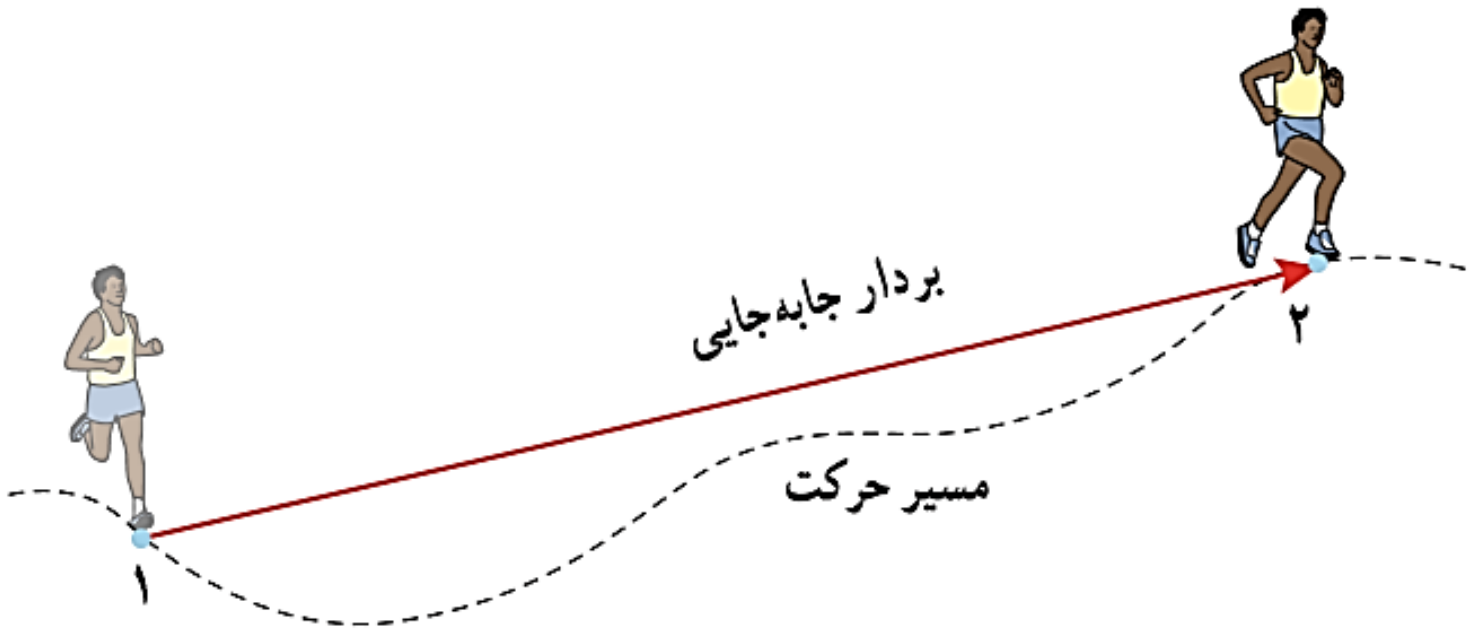
فصل اول: حرکت شناسی

محمد حسین پاک طینت

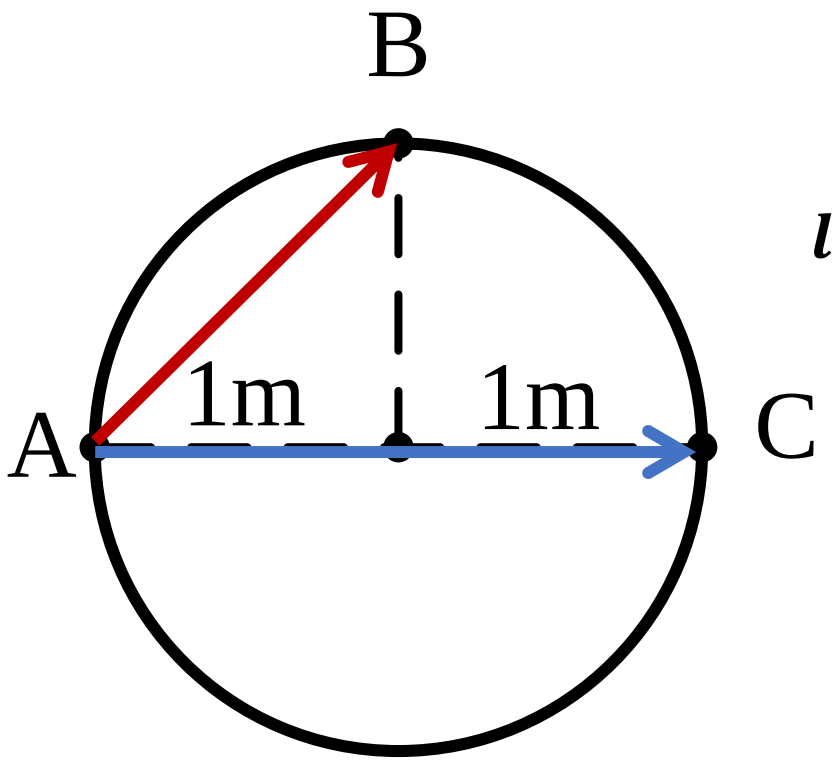
تابستان ۹۹

مسافت: طول مسیری که متحرک از مکان ۱ تا مکان ۲ طی می کند.

بردار جابه جایی: پاره خط جهت داری که مکان آغازین حرکت را به مکان پایانی حرکت وصل می کند.



مسافت – جابه جایی



مسافت از A تا B :

$$l = AB \text{ طول کمان} = \frac{\text{محیط دایره}}{4} = \frac{2\pi r}{4} = \frac{2 \times 3 \times 1}{4} = 1.5m$$

اندازه جابه جایی از A تا B :

$$\mathbf{d = AB} \text{ خط طول پاره} = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2}\,\mathbf{m}$$

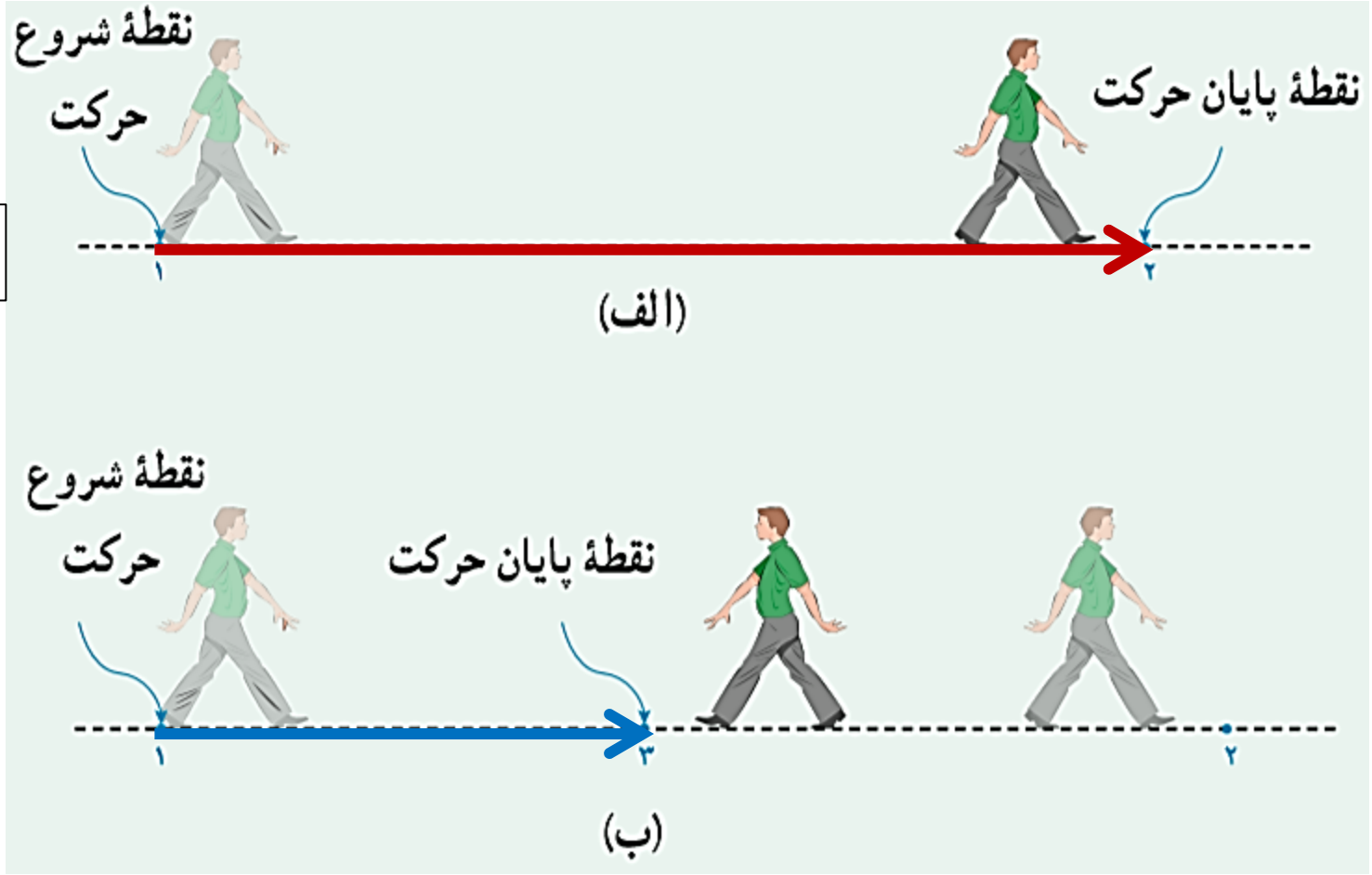
مسافت از A تا C :

$$\boldsymbol{l = ABC} \text{ طول کمان} = \frac{\text{محیط دایره}}{2} = \frac{2\pi r}{2} = \frac{2 \times 3 \times 1}{2} = 3m$$

اندازه جابه جایی از A تا C :

$$d = AC \text{ خط طول پاره} = 2m$$

مسافت – جابه جایی



مسافت از ۱ تا ۲ = جابه جایی از ۱ تا ۲

مسافت از ۱ تا ۳ ≠ جابه جایی از ۱ تا ۳

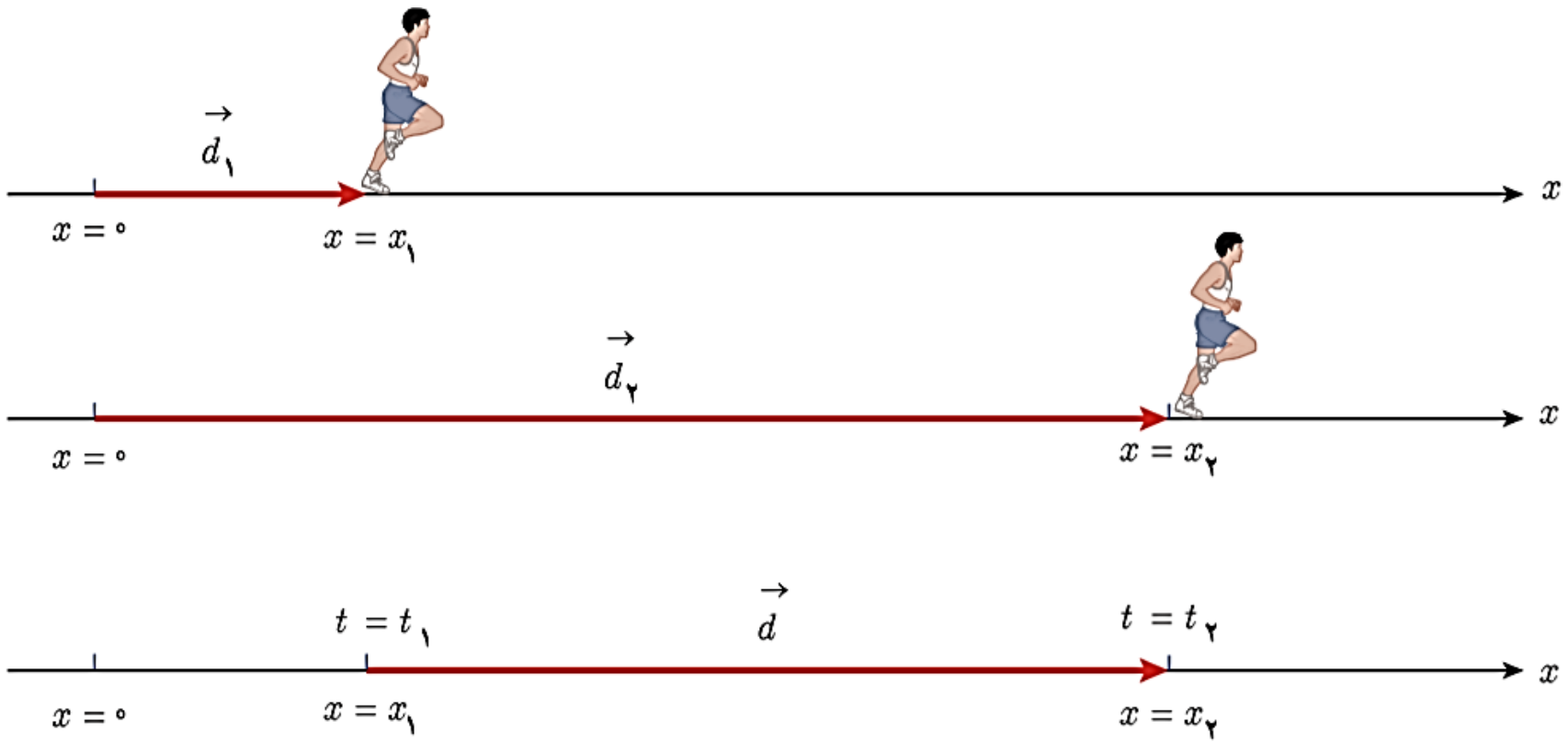
اگر جسم تغییر جهت ندهد، مسافت طی شده با جابه جایی برابر است.

حرکت بر خط راست

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

$\vec{d}_1 = x_1\,\vec{i}$

$\vec{d}_2 = x_2\,\vec{i}$



$$\vec{d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1 = x_2\,\vec{i} - x_1\,\vec{i} = (\Delta x)\,\vec{i}$$

$\vec{d} = \Delta x =$ جابجایی

سرعت متوسط: نسبت جابجایی به زمان

سرعت متوسط $V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ $(\frac{m}{s})$

Δx: جابجایی

Δt: مدت زمان

تندی متوسط: نسبت مسافت به زمان

تندی متوسط $S_{av} = \frac{l}{\Delta t}$ $(\frac{m}{s})$

l: مسافت

Δt: مدت زمان

اگر جسم تغییر جهت ندهد، تندی متوسط با سرعت متوسط برابر است.

نکته:

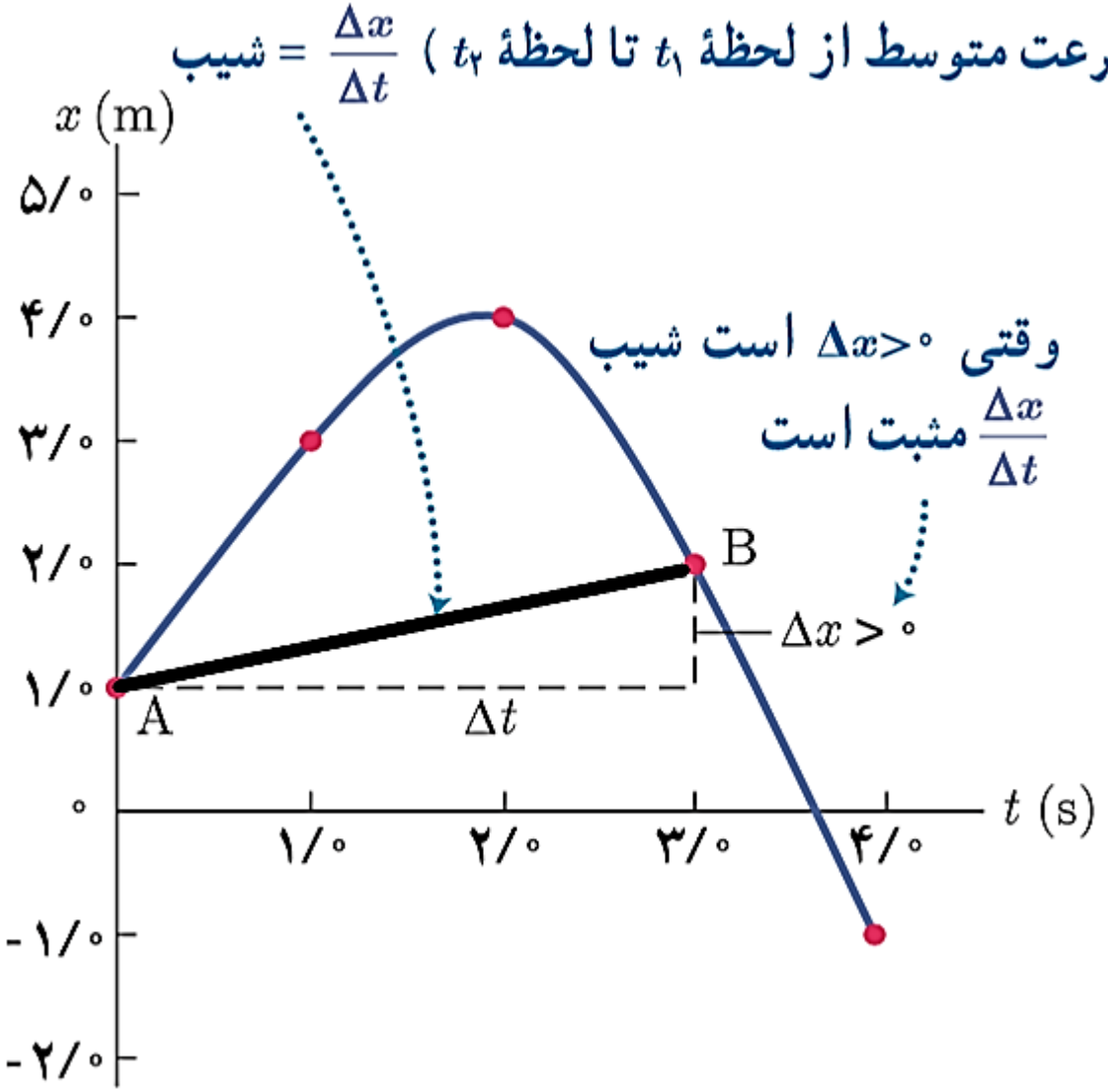
- ✓ اگر حرکت در جهت مثبت محور x باشد، Δx مثبت و در نتیجه سرعت مثبت خواهد بود.
- ✓ اگر حرکت در خلاف جهت محور x باشد، Δx منفی و در نتیجه سرعت منفی خواهد بود.

نتیجه:

جهت سرعت = جهت حرکت

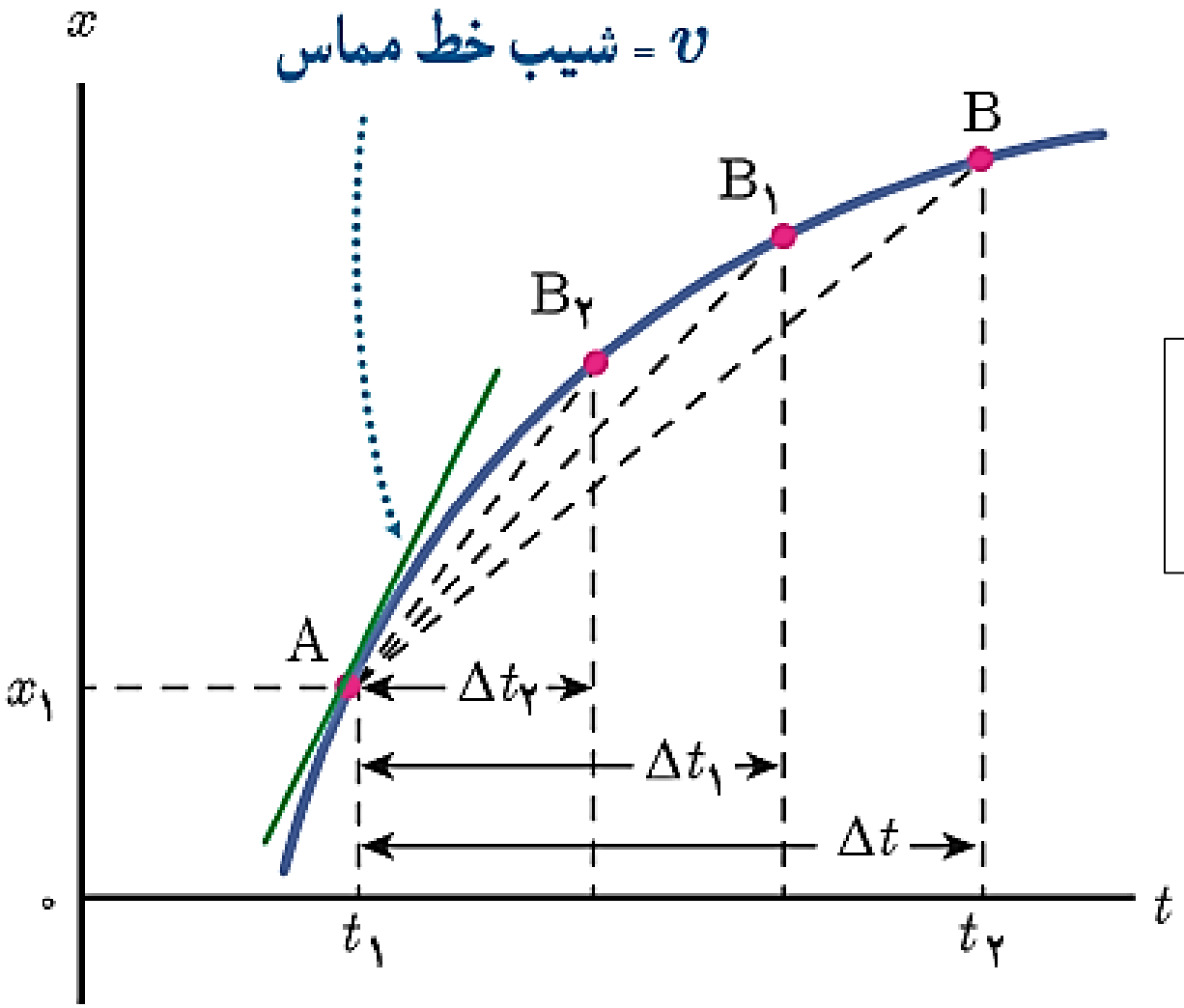
تعیین سرعت متوسط بوسیله نمودار:

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



شتاب متوسط

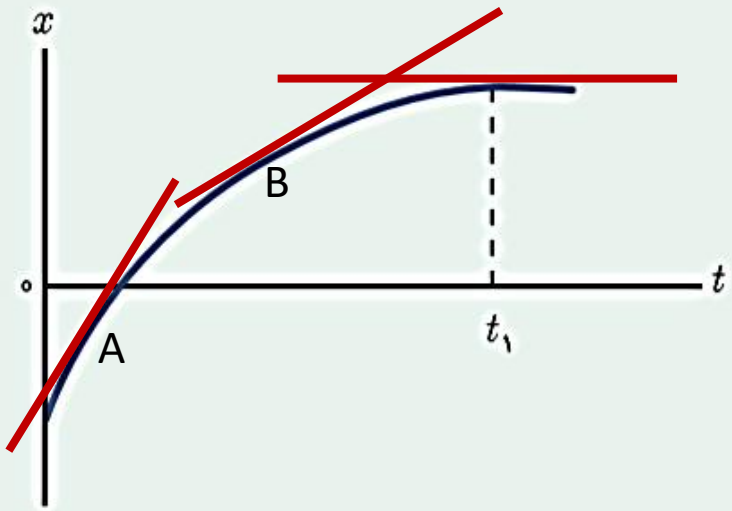
سرعت لحظه ای: سرعت متحرک در هر لحظه از زمان



❖ شیب خط مماس بر نمودار مکان-زمان در هر لحظه، سرعت در آن لحظه است.

شتاب لحظه ای

پرسش ۱ــ۵



شکل روبه‌رو نمودار مکان ــ زمان متحرکی را نشان می‌دهد که در امتداد محور x در حرکت است.

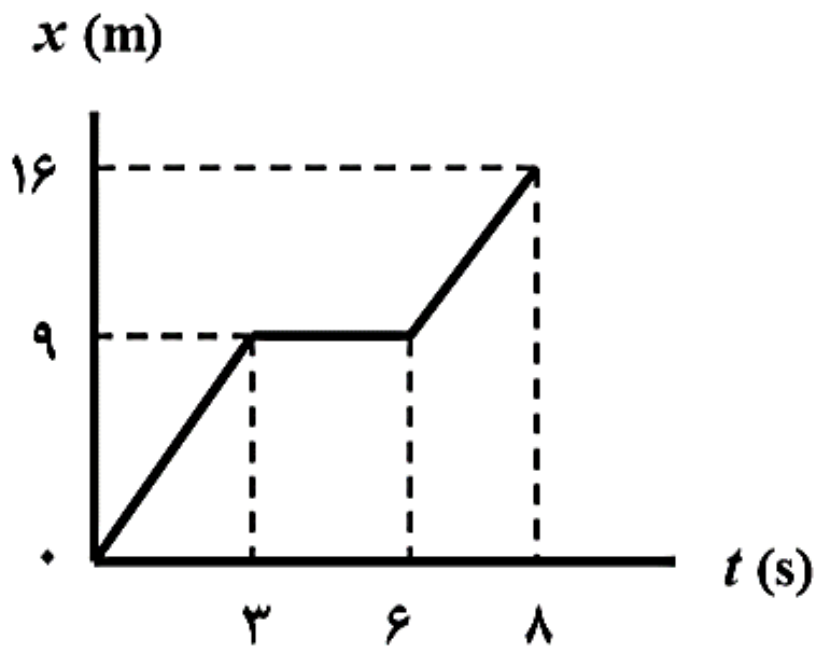
الف) از لحظهٔ صفر تا لحظهٔ t_1 سرعت متحرک رو به افزایش است یا کاهش؟

ب) اگر در لحظهٔ t_1 خط مماس بر منحنی موازی محور زمان باشد، سرعت متحرک در این لحظه چقدر است؟

الف) کاهش. چون شیب نمودار کاهش می یابد.

ب) سرعت صفر است. چون شیب نمودار صفر است.

مثال(شهریور۹۹):



شکل روبه‌رو نمودار مکان - زمان حرکت یک متحرک که در راستای محور x حرکت می‌کند را نشان می‌دهد.

الف) در کدام لحظه متحرک بیشترین فاصله از مبدأ مختصات را دارد؟ **ثانیه ی ۸**

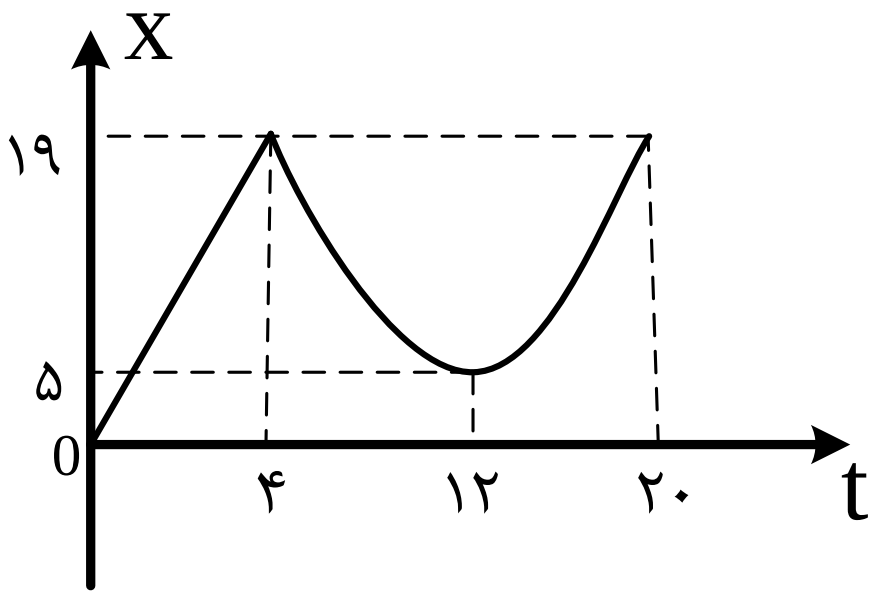
ب) سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی $6s$ تا $8s$ چند متر بر ثانیه است؟

پ) مسافت طی شده در بازهٔ زمانی صفر تا $8s$ چند متر است؟ **۱۶ متر**

ب

$$V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \longrightarrow V_{av} = \frac{16-9}{8-6} = \frac{7}{2} = 3.5\ \frac{m}{s}$$

مثال(دیماه۹۷):



شکل روبه رو نمودار مکان – زمان دوچرخه سواری را نشان می دهد که روی مسیری مستقیم در حال حرکت است.

الف – بیشترین فاصله ی دوچرخه سوار از مبدأ چند متر است؟ **۱۹ متر**

ب – در کدام بازه ی زمانی دوچرخه سوار در خلاف جهت محور x حرکت می کند؟ **از ۴ تا ۱۲ ثانیه**

پ – مسافت طی شده توسط دوچرخه سوار در بازه ی زمانی $t_0 = 0$ تا $t_3 = 20s$ چند متر است؟ $19 + 14 + 14 = 47$

ت – اندازه ی سرعت متوسط دوچرخه سوار در بازه ی زمانی $t_1 = 4s$ تا $t_3 = 20s$ را بدست آورید.

$$V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \longrightarrow V_{av} = \frac{19 - 19}{16} = \frac{0}{16} = 0$$

شتاب متوسط: نسبت تغییر سرعت به زمان

شتاب متوسط $a_{av} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ $(\frac{m}{s^2})$

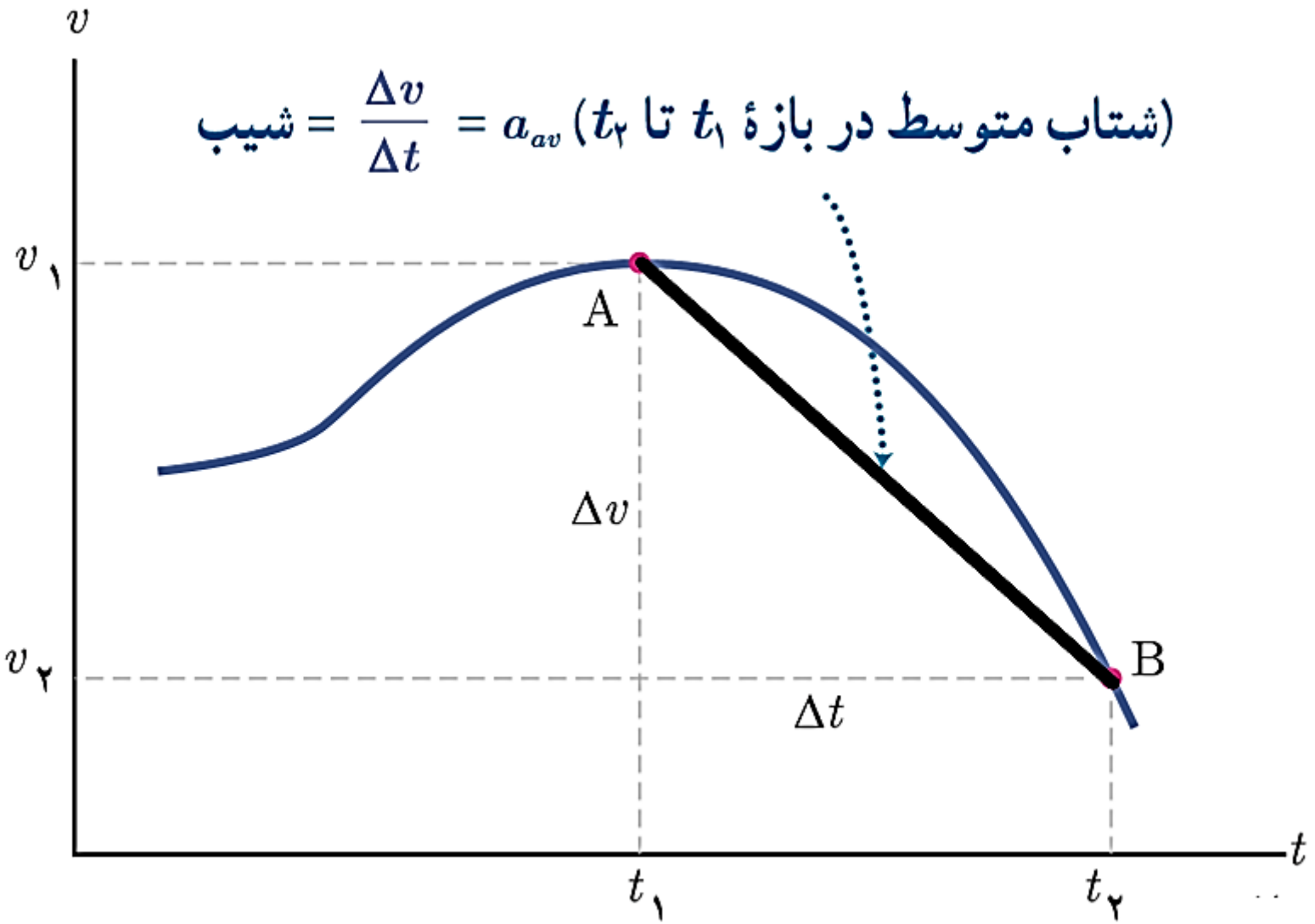
ΔV: تغییر سرعت

Δt: مدت زمان

✓ بردار شتاب، هم جهت با بردار تغییر سرعت (ΔV) است.

تعیین شتاب متوسط به کمک نمودار:

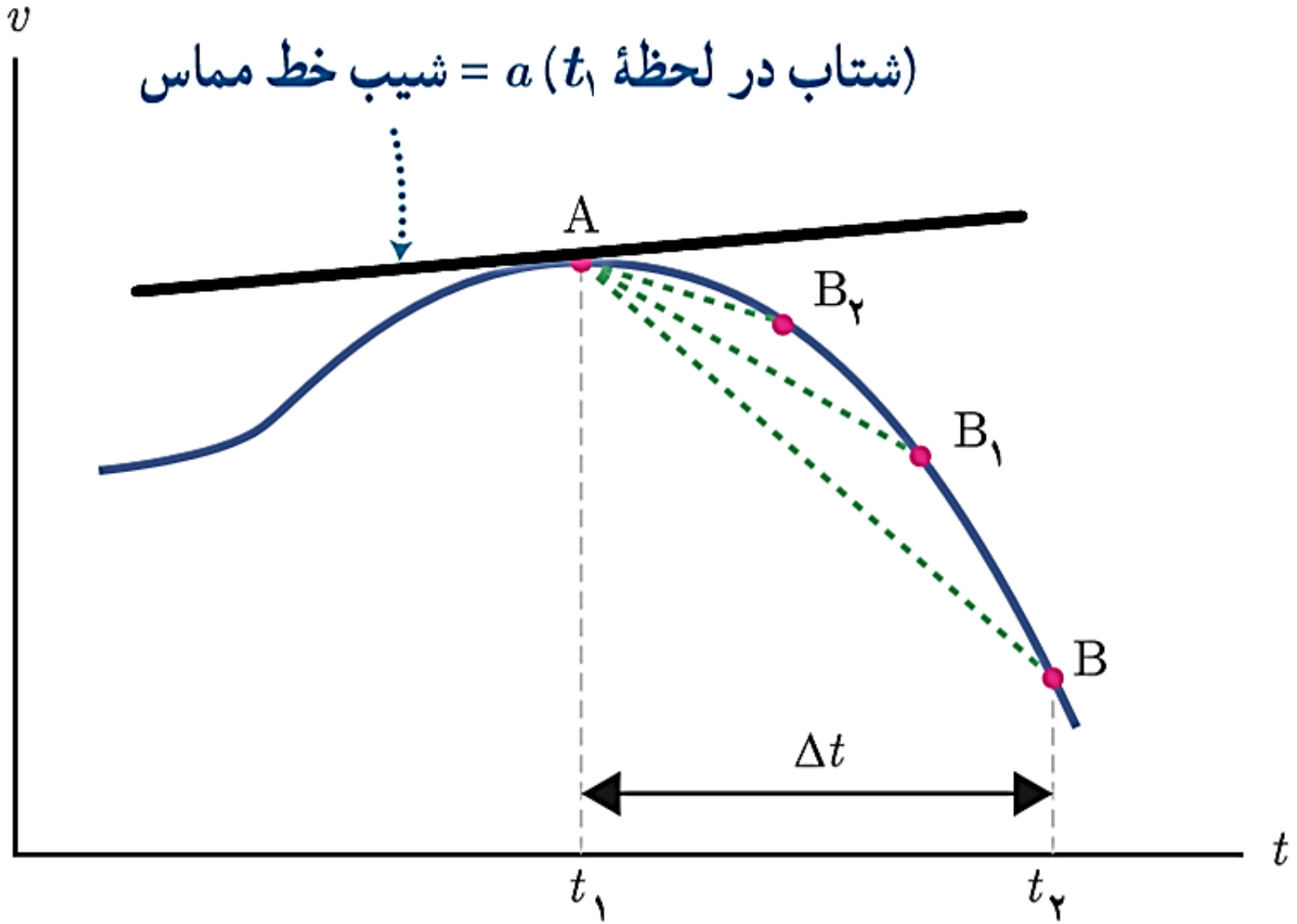
شیب خطی که دونقطه را روی نمودار سرعت-زمان به هم وصل می کند، شتاب متوسط بین آن دو نقطه است.



سرعت متوسط

شتاب لحظه ای :

شیب خط مماس بر نمودار سرعت-زمان در هر لحظه.



سرعت لحظه ای

حرکت تند شونده: وقتی اندازه سرعت افزایش می یابد.

✓سرعت و شتاب هم علامت هستند.

حرکت کند شونده: وقتی اندازه سرعت کاهش می یابد.

✓ سرعت و شتاب علامت مخالف دارند.

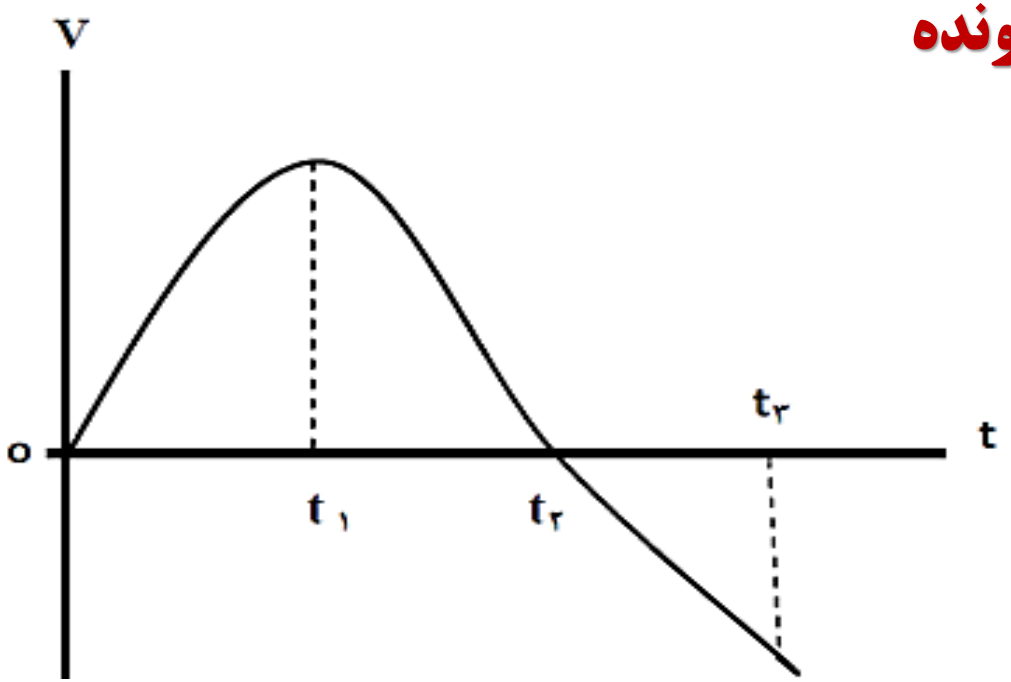
مثال(خرداد۹۸):

نمودار سرعت – زمان متحرکی که در حال حرکت در امتداد محور x است، در شکل زیر نشان داده شده است.

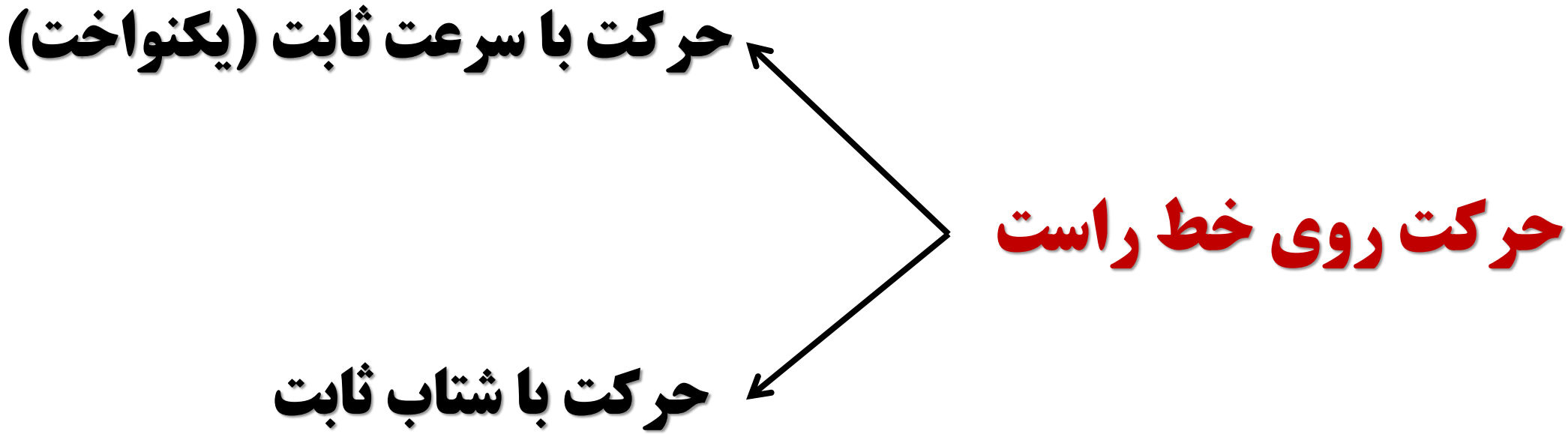
الف – در کدام بازه ی زمانی بردار شتاب در جهت محور x است؟ **از صفر تا t_1**

ب – در بازه ی زمانی t_2 تا t_3 حرکت تندشونده است یا کند شونده؟ **تند شونده**

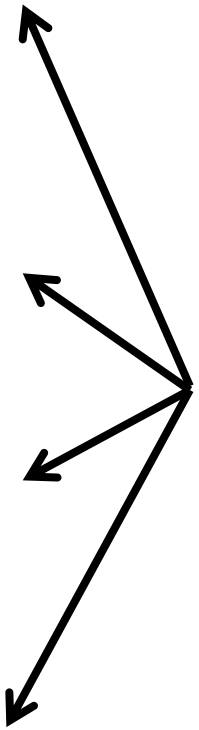
پ – در چه لحظه ای جهت حرکت متحرک تغییر کرده است؟ **t_2**



تغییر جهت ⟶ V=0

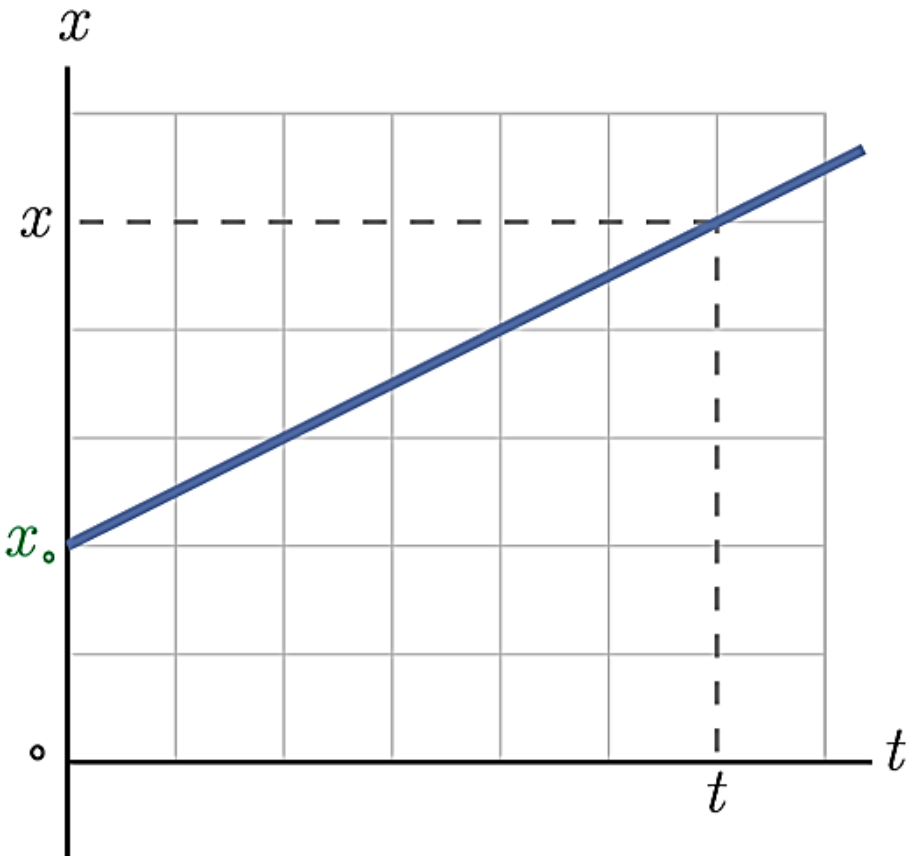

حرکت روی خط راست
حرکت با سرعت ثابت (یکنواخت)
حرکت با شتاب ثابت

ویژگی های
حرکت با سرعت ثابت (یکنواخت)



- اندازه و جهت سرعت ثابت است.
- سرعت لحظه ای و سرعت متوسط با هم برابرند.
- معادله ی حرکت(مکان-زمان) درجه یک است.
- نمودار مکان-زمان یک خط راست است.

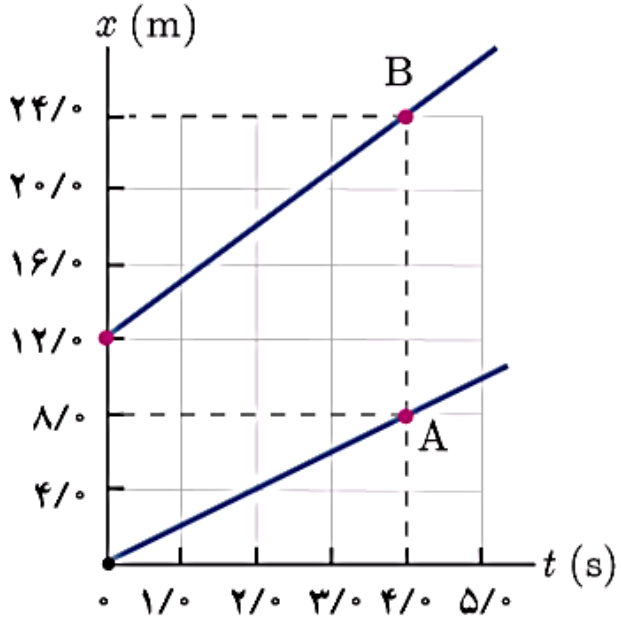
حرکت با سرعت ثابت (یکنواخت)



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

معادله حرکت (مکان-زمان): $x = Vt + x_0$

تمرین ۱ـ۶



شکل مقابل نمودار مکان ــ زمان دو متحرک A و B را نشان می‌دهد که در راستای محور x حرکت می‌کنند.

سرعت هر متحرک را پیدا کنید و معادلهٔ مکان ــ زمان آنها را بنویسید.

$$V_A = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{8}{4} = 2\frac{m}{s} \qquad V_B = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{12}{4} = 3\frac{m}{s}$$

معادله کلی حرکت یکنواخت $x = Vt + x_0$

$$x_A = 2t + 0$$

$$x_B = 3t + 12$$

مثال(خرداد۹۹):

معادلهٔ مکان- زمان متحرکی روی خط راست در SI به صورت $x = -4t + 6$ است.

الف) این متحرک در چه لحظه‌ای از مبدأ مکان عبور کرده است؟

ب) آیا جهت حرکت این متحرک تغییر کرده است؟

پ) نمودار مکان- زمان این متحرک را برای ۳ ثانیهٔ ابتدای حرکت رسم کنید.

الف

مبدأ مکان ⟵ $x = 0$ ⟵ $0 = -4 \times t + 6$ ⟵ $t = 1.5s$

ب

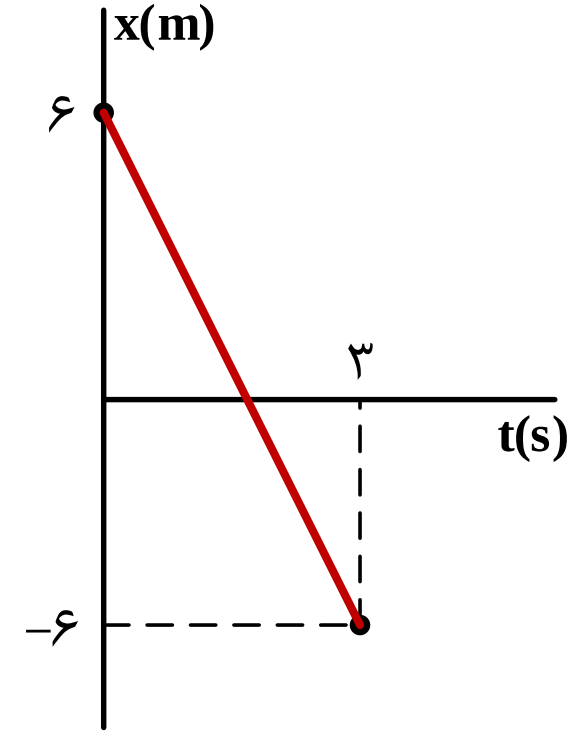
جهت حرکت = جهت سرعت = علامت سرعت

سرعت ثابت= حرکت یکنواخت

⟵ جهت حرکت ثابت

پ

t	۰	۳
x	۶	-۶

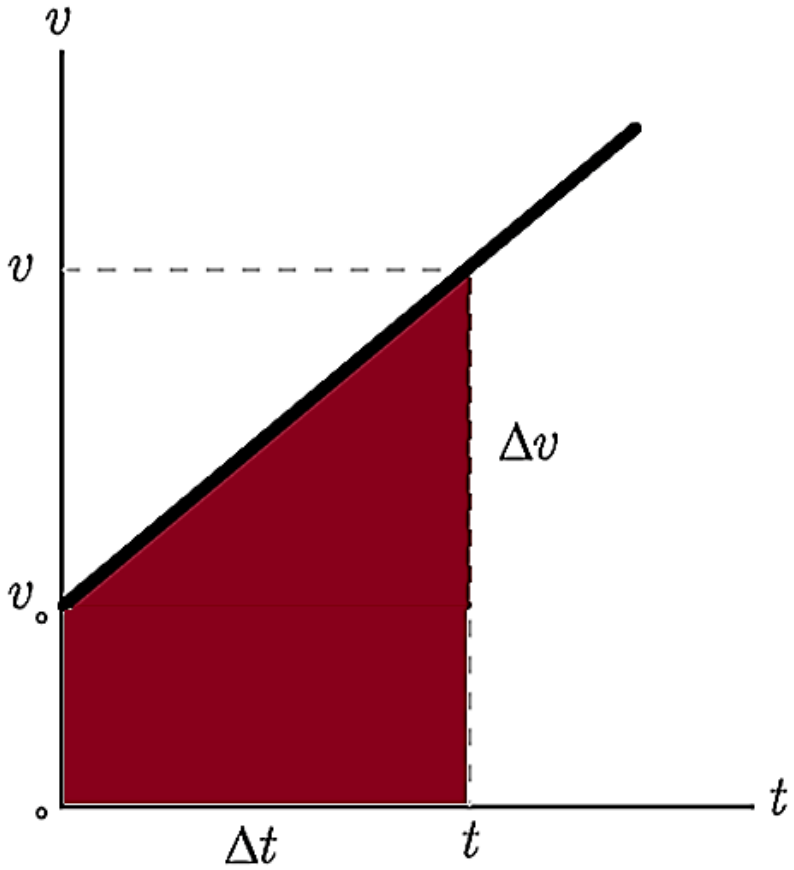


ویژگی های حرکت با شتاب ثابت

- اندازه و جهت شتاب ثابت است.
- شتاب لحظه ای و شتاب متوسط با هم برابرند.
- معادله ی حرکت(مکان-زمان) درجه دو است.
- نمودار مکان-زمان به شکل سهمی است.
- معادله ی سرعت درجه یک است.
- نمودار سرعت-زمان به شکل خط راست است.

حرکت با شتاب ثابت

معادله سرعت: $a = a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{v - v_0}{t} \longrightarrow v = at + v_0$



سطح زیر نمودار سرعت–زمان برابر با جابجایی است.

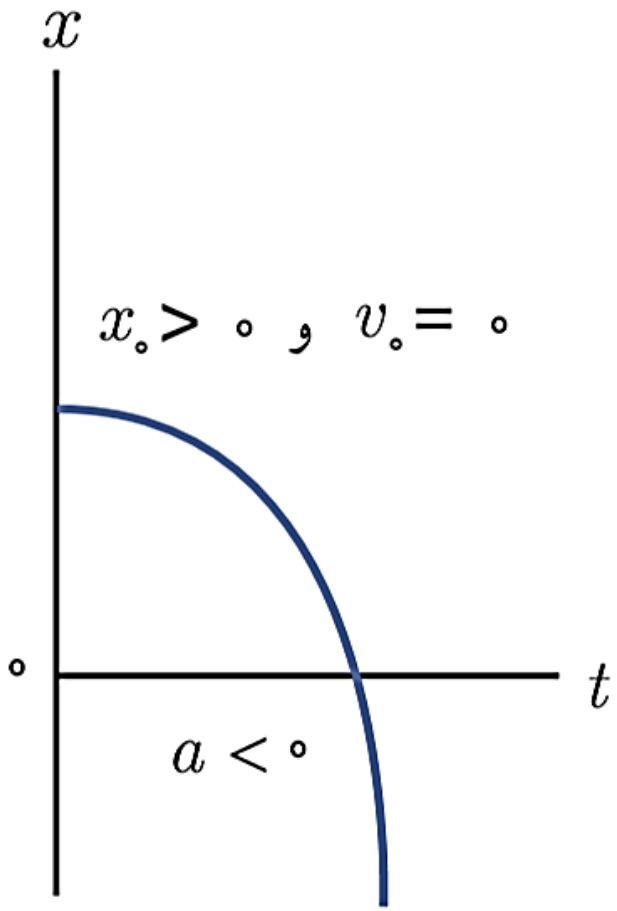
شیب نمودار سرعت–زمان برابر شتاب است.

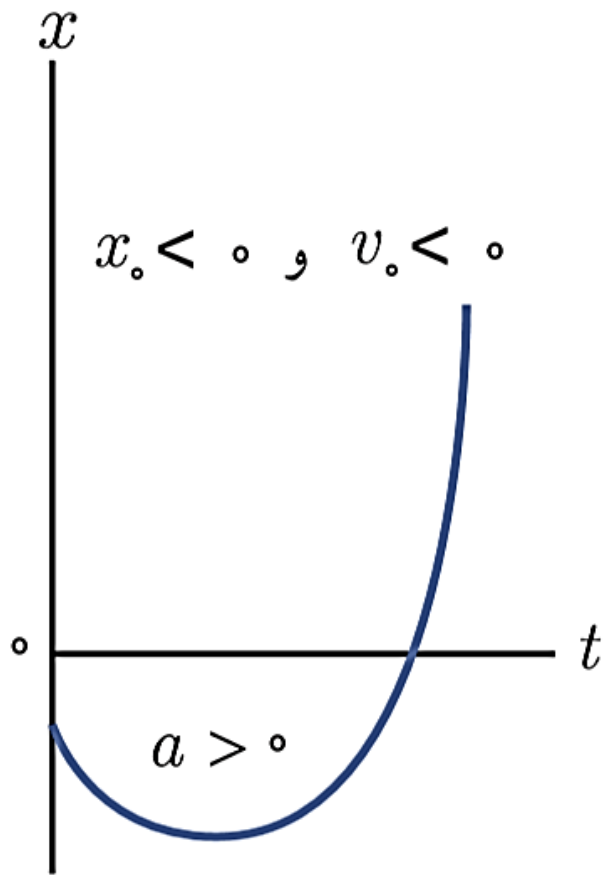
معادله سرعت متوسط: $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{v + v_0}{2}$

حرکت با شتاب ثابت

معادله حرکت (مکان–زمان):

$$x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t + x_0$$





در نمودار مکان–زمان

تقعر روبه بالا: شتاب مثبت

تقعر رو به پایین : شتاب منفی

فرمول های مهم حرکت با شتاب ثابت

فرمول مستقل از x	$a = a_{av} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ یا $V = at + V_0$
فرمول مستقل از V	$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + V_0 t$
فرمول مستقل از a	$\Delta x = \frac{V + V_0}{2} t$
فرمول مستقل از t	$V^2 - V_0^2 = 2a\Delta x$
فرمول سرعت متوسط	$V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{V + V_0}{2}$

مثال(خرداد۹۸):

در جمله های زیر ، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کرده و در پاسخ برگ بنویسید :

الف) درحرکت (با شتاب ثابت - یکنواخت) بر خط راست ، سرعت متوسط و سرعت لحظه ای با هم برابرند .

ب) سطح محصـــور بین نمودار سرعت - زمان و محور زمان برابـــر تغییـــر (مکان - سرعت) است .

پ) در حرکت کندشونده روی خط راست ، بردارهای سرعت و شتاب (هم جهت - در خلاف جهت هم) هستند .

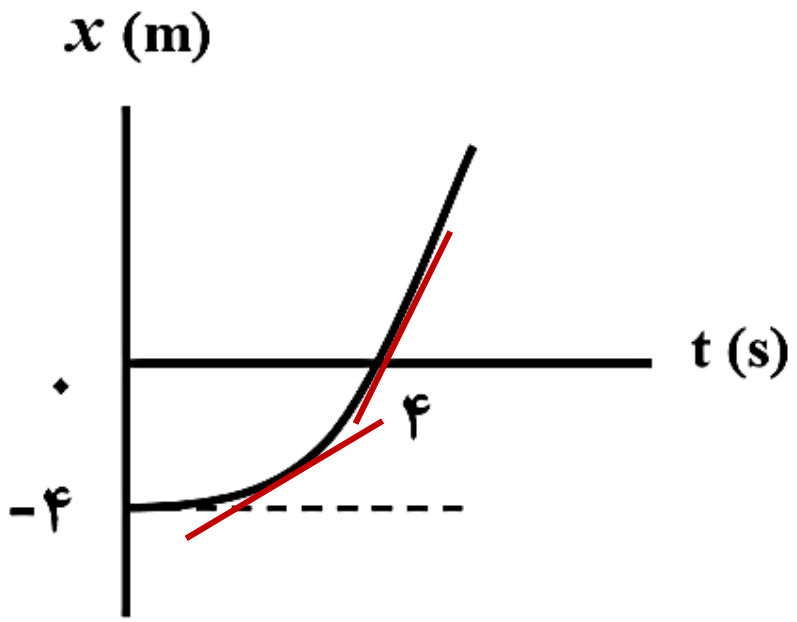
ت) عقـــربهٔ تنـــدی سنج خـــودروها ، تنـــدی (متـــوسط - لحظـــه ای) را نشان می دهنـــد .

مثال(خرداد۹۹):

شکل روبه‌رو نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می‌دهد که از حالت سکون با شتاب ثابت در امتداد محور x شروع به حرکت می‌کند.

الف) حرکت این متحرک در بازهٔ زمانی صفر تا ۴s ، تندشونده است یا کندشونده؟ چرا؟

ب) معادلهٔ مکان - زمان این متحرک را بدست آورید.



الف تند شونده است. چون شیب نمودارکه برابر با سرعت است، رو به افزایش است.

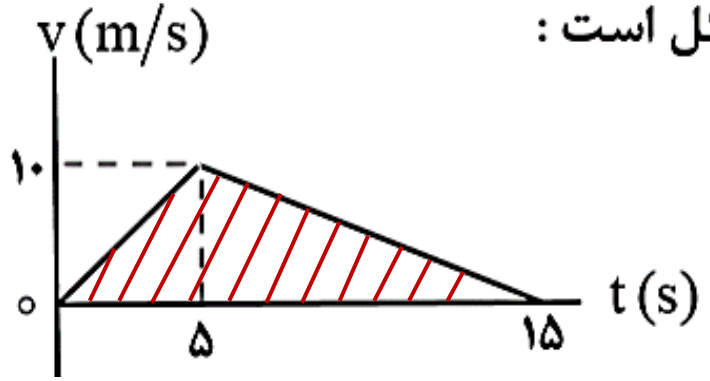
ب

$$x = \frac{۱}{۲}at^۲ + v_۰t + x_۰ \qquad ۰ = \left(\frac{۱}{۲}a \times ۱۶\right) - ۴ \qquad a = \frac{۱}{۲}\,m/s^۲ \qquad x = \frac{۱}{۴}t^۲ - ۴$$

$$\left.\begin{array}{l} v_0 = 0 \\ t = 4 \\ x = 0 \end{array}\right\} \longrightarrow$$

مثال(خرداد۹۹):

نمودار سرعت – زمان متحرکی که در امتداد محور x حرکت می کند ، مطابق شکل است :



الف) جابه‌جایی متحرک درکل زمان حرکت چند متر است ؟

ب) شتاب متوسط متحرک در بازهٔ ۵s تا ۱۵s چقدر است ؟

الف

$$\text{سطح زیر نمودار} = s = \Delta x = \frac{15 \times 10}{2} = 75m$$

ب

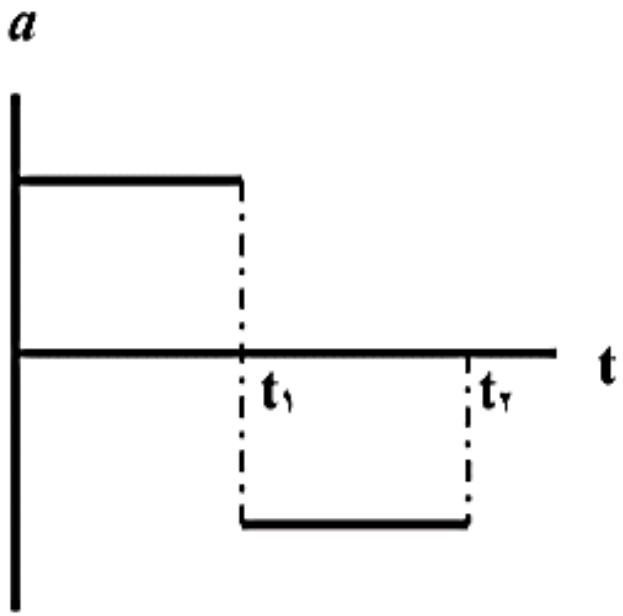
از ۵ تا ۱۵ ثانیه شتاب ثابت است $\longrightarrow$ $a_{av} = a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{0 - 10}{15 - 5} = -1\frac{m}{s^2}$

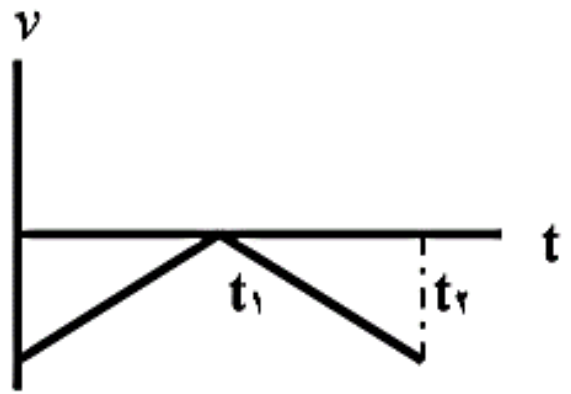
مثال(خرداد۹۹):

نمودار شتاب - زمان متحرکی مطابق شکل روبه‌رو است.

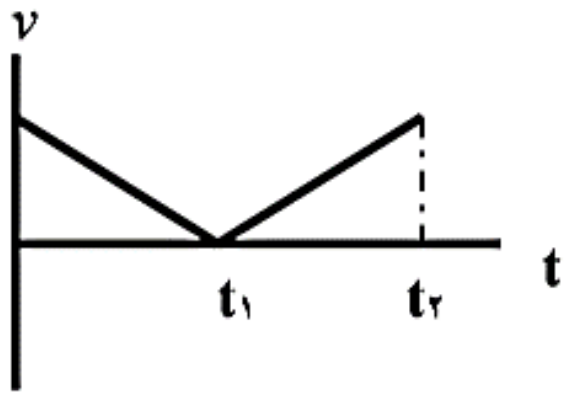
کدام‌یک از نمودارهای سرعت - زمان زیر می‌تواند

متناظر با این نمودار شتاب - زمان باشد؟ توضیح دهید.





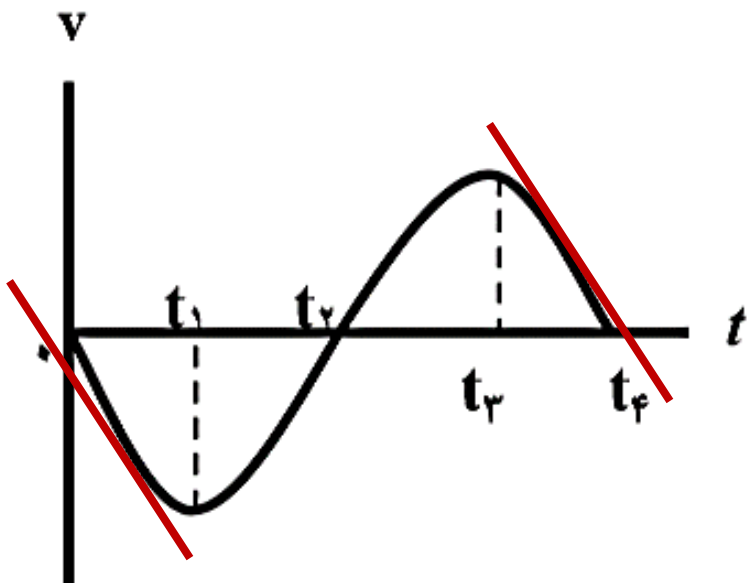
(ب)



(الف)

شیب نمودار سرعت – زمان = شتاب

مثال(شهریور۹۹):



نمودار سرعت – زمان متحرکی که در امتداد محور x حرکت می‌کند همانند شکل روبه‌رو است.

الف) در کدام بازه‌های زمانی بردار شتاب در خلاف جهت محور x است؟

ب) حرکت متحرک در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 کندشونده است یا تندشونده؟ چرا؟

الف شیب نمودار سرعت – زمان = شتاب ⟵ از صفر تا t_1 و از t_3 تا t_4

ب کند شونده. چون اندازه سرعت رو به کاهش است و به صفر می رسد.

مثال(شهریور۹۹):

متحرکی در راستای محور x با شتاب ثابت در حرکت است. در مکان $x_1 = +10m$ سرعت متحرک $+4\,m/s$ و در $x_2 = +20m$ سرعت متحرک $+6\,m/s$ است.

الف) شتاب حرکت متحرک چقدر است؟

ب) پس از چند ثانیه سرعت متحرک از $+4\,m/s$ به سرعت $+6\,m/s$ می‌رسد؟

الف

$$\begin{cases} x_1 = 10m \ , v_1 = 4\dfrac{m}{s} \\ x_2 = 20m \ , v_2 = 6\dfrac{m}{s} \\ a = ? \end{cases}$$

فرمول ها

$$V^2 - V_0^2 = 2a\Delta x$$

$$6^2 - 4^2 = 2a \times 10$$

$$a = 1\dfrac{m}{s^2}$$

ب

$$\Delta x = \frac{V + V_0}{2}t \longrightarrow 10 = \frac{6+4}{2}t \longrightarrow t = 2s$$

به نام خدا

فیزیک دوازدهم

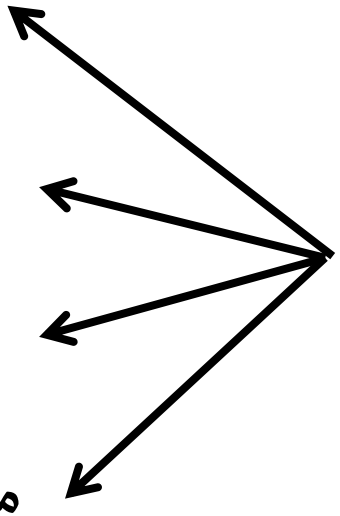
رشته ریاضی فیزیک و علوم تجربی

فصل دوم: دینامیک

محمد حسین پاک طینت

مهرماه ۹۹

علت انواع حرکت ⟵ نیرو



حاصل برهم کنش یا اثر متقابل دو جسم بر یکدیگر

کمیتی برداری است. علاوه بر اندازه، دارای جهت است.

نیرو را به کمک نیروسنج اندازه می گیرند. علامت آن $\vec{F}$ و یکای آن نیوتون است.

می تواند باعث تغییر سرعت یا تغییر شکل جسم شود.

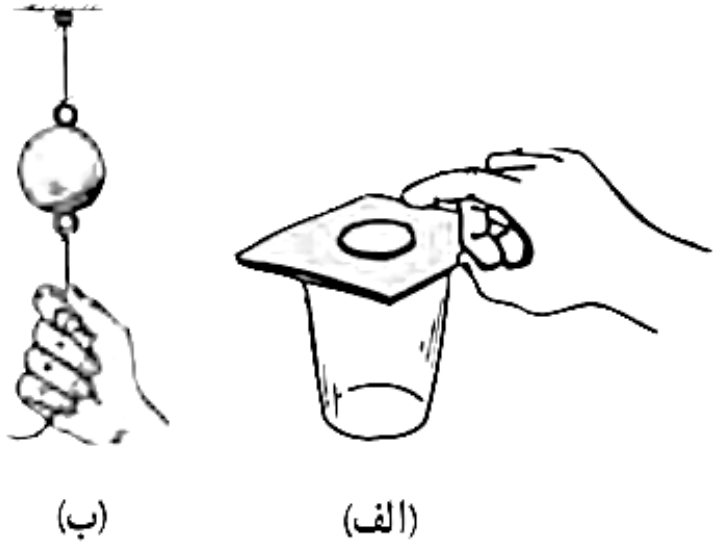
قانون اول نیوتون: یک جسم حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می کند مگر اینکه نیروی خالصی به آن وارد شود.

به عبارت دیگر: وقتی نیروهای وارد بر جسمی متوازن باشند، اگر جسم ساکن باشد، ساکن می ماند و اگر در حال حرکت باشد، سرعت جسم تغییر نمی کندو ثابت می ماند.

لَختی: تمایل اجسام برای حفظ وضعیت حرکت خود، وقتی نیروی خالص وارد بر آنها صفر است.

مثال ازقانون اول نیوتون:

پرسش ۲ـ۳


(ب) (الف)

الف) چرا حرکت سریع مقوا در شکل الف، سبب افتادن سکه در لیوان می‌شود؟

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

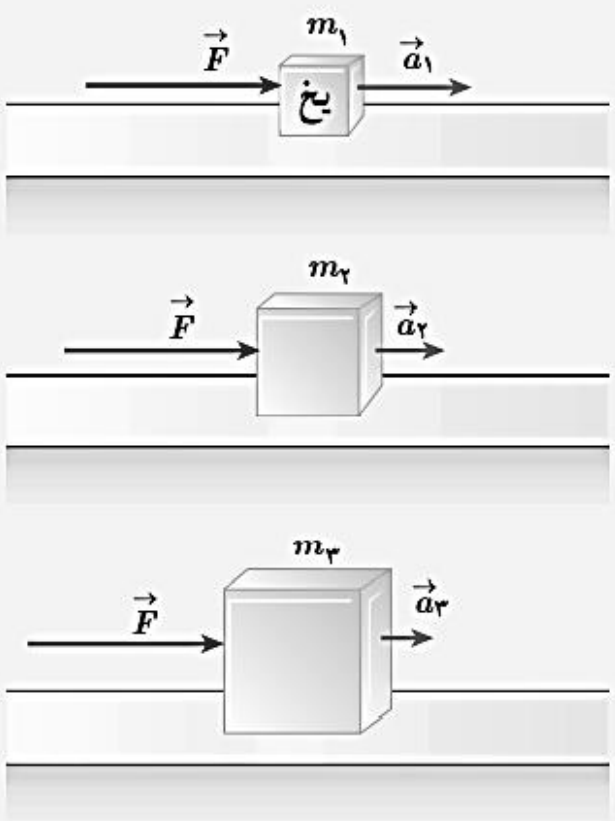
الف – چون به سکه تقریبا نیرویی وارد نمی شود، حالت سکون خود را حفظ می کند.

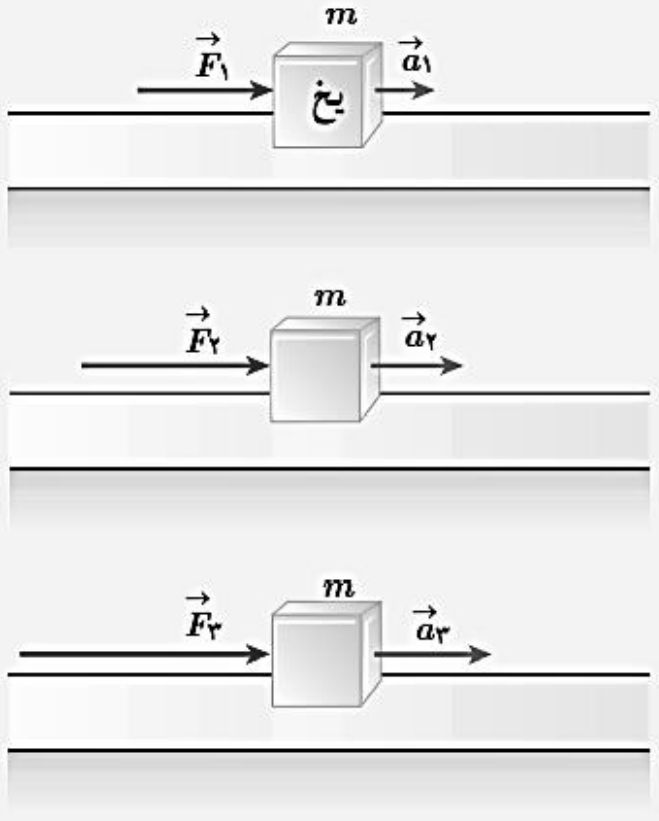
ب – وقتی بطور ناگهانی می کشیم، گوی بخاطر لختی زیاد، حالت سکون خود را حفظ می کند و باعث می شود نیروی دست به نخ بالایی منتقل نشود.

قانون دوم نیوتون

پرسش ۲ـ۴

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





$$a \propto \frac{1}{m}$$

$$a \propto \vec{F}$$

قانون دوم نیوتون: هرگاه بر جسم نیروی خالصی وارد شود، جسم شتاب پیدا می کند که این شتاب:

- ✓ با نیروی خالص(برایند) نسبت مستقیم دارد
- ✓ هم جهت با نیرو است
- ✓ با جرم رابطه ی عکس دارد.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \longrightarrow \vec{F} = m\vec{a}$$

نیروی برایند

مثال (کنکور ۹۸):

اگر نیروهای وارد بر یک جسم در حال حرکت، متوازن باشند(برایندشان صفر باشد):

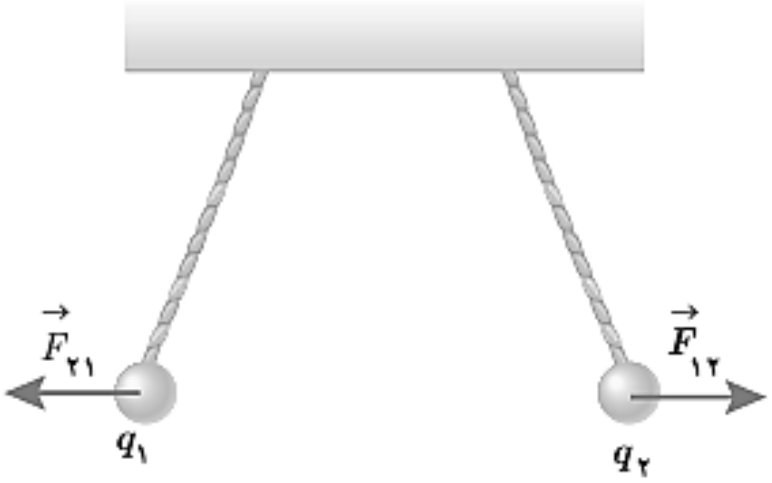
۱)سرعت جسم ثابت می ماند.

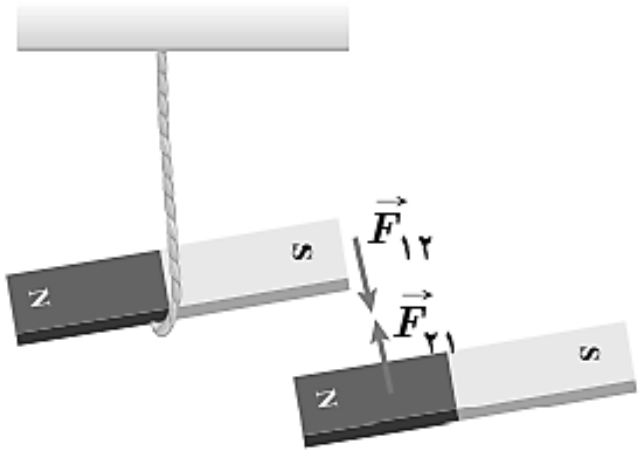
۲)حرکت جسم با شتاب ثابت تند شونده خواهد بود.

۳)مسیر حرکت جسم ممکن است دایره ای یا سهمی باشد.

٤)سرعت جسم درمسیر مستقیم کاهش می یابد تا متوقف شود.

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





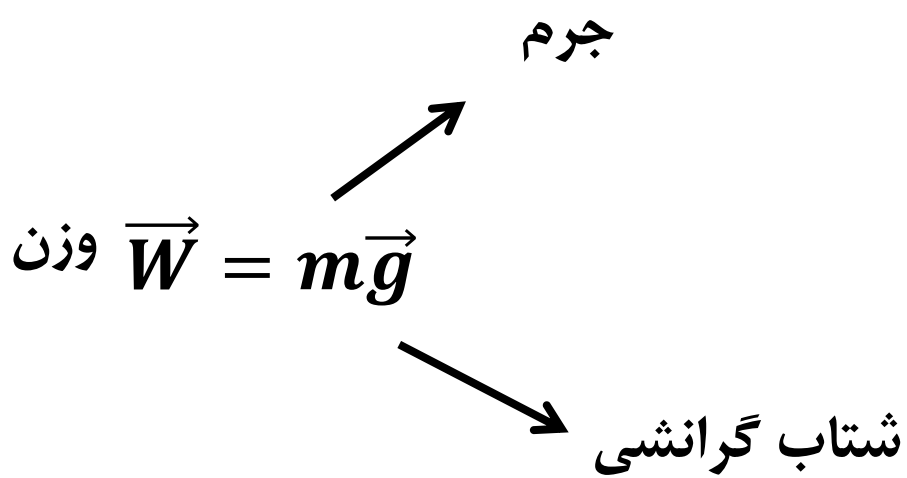
نکته:

نیروهای عمل و عکس العمل:

- هم اندازه هستند. هم راستا هستند. در خلاف جهت هم هستند.
- هم نوع هستند. به دو جسم وارد می شوند(یکدیگر را خنثی نمی کنند)

معرفی برخی نیروهای خاص

نیروی وزن: نیروی گرانشی که از طرف زمین به جسم وارد می شود. جهت آن همواره به سمت مرکز زمین است.



✓ واکنش نیروی وزن، از طرف جسم به زمین وارد می شود.

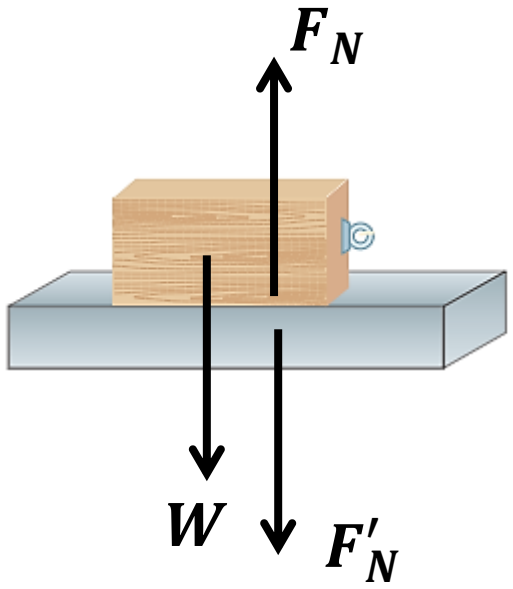
معرفی برخی نیروهای خاص

نیروی مقاومت شاره: وقتی جسمی در یک شاره حرکت می کند، از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم، به آن وارد می شود که نیروی مقاومت شاره می گویند.

- ✓ نیروی مقاومت شاره به بزرگی جسم و تندی آن بستگی دارد. هرچه تندی بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد بود.
- ✓ وقتی جسمی در هوا سقوط می کند، هرچه تندی جسم بیشتر شود، نیروی مقاومت هوا نیز بیشتر می شود تا اینکه این دو نیرو هم اندازه می شوند.پس از این، جسم با تندی ثابتی به نام تندی حدی، به طرف پایین حرکت می کند.
- ✓ تندی حدی برای یک چترباز، حدود ۵ و برای قطره باران حدود ۷ متر بر ثانیه است.

معرفی برخی نیروهای خاص

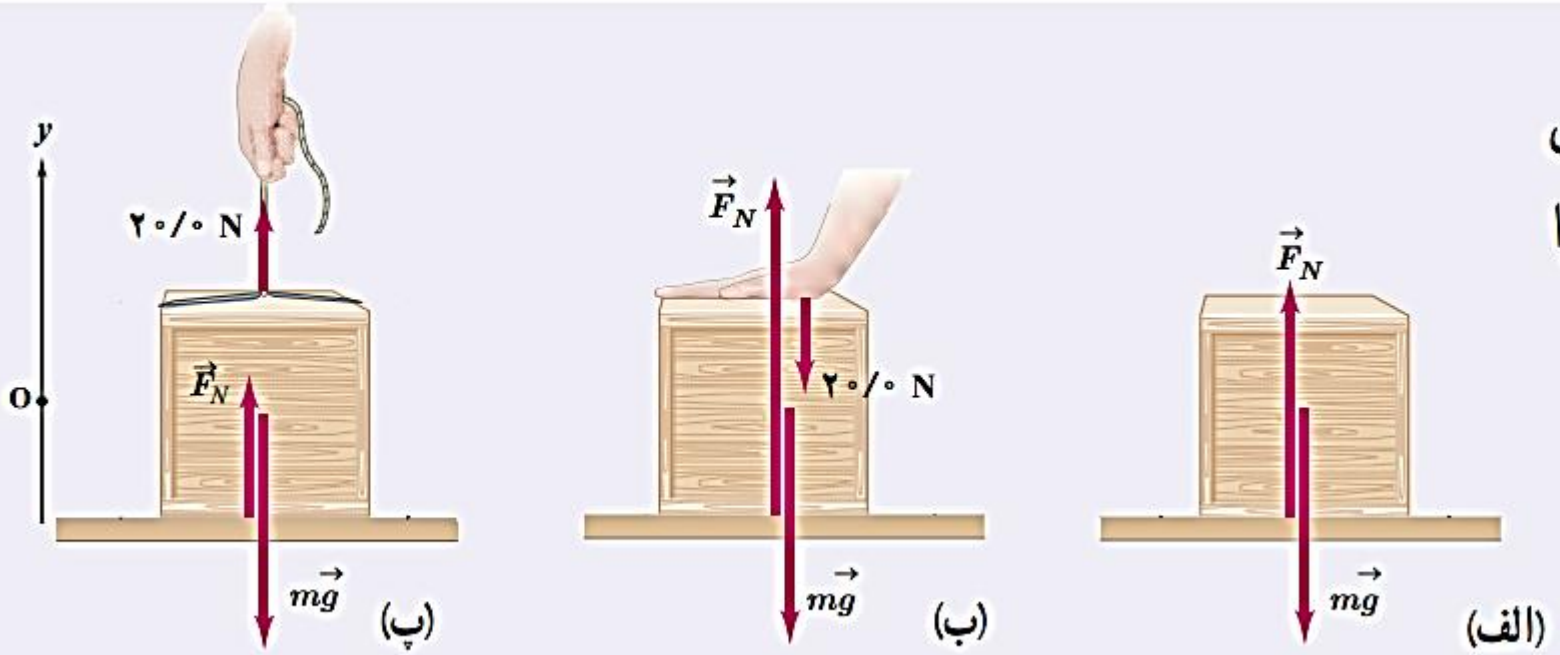
نیروی عمودی سطح: نیرویی که از طرف سطح به جسم وارد می شود و همواره عمود بر سطح تماس است.



✓ واکنش نیروی عمودی سطح، از طرف جسم به سطح وارد می شود.

تمرین ۲ـ۳

همانند شکل، جعبه‌ای به جرم ۴/۰kg روی میزی افقی قرار دارد. نیروی عمودی سطح را در حالت‌های نشان داده شده به‌دست آورید.



(الف)

$$F_N - mg = 0$$

$$F_N = 4 \times 10 = 40N$$

(ب)

$$F_N - mg - 20 = 0$$

$$F_N = mg + 20$$

$$F_N = 60N$$

(پ)

$$F_N - mg + 20 = 0$$

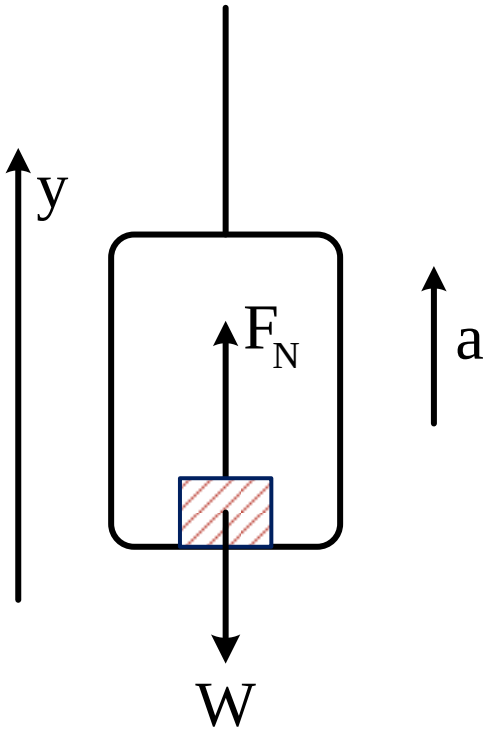
$$F_N = mg - 20$$

$$F_N = 20N$$

مثال (خرداد ۹۸):

دانش آموزی به جرم $60kg$ روی یک ترازوی فنری در آسانسور ساکن، ایستاده است. آسانسور با شتاب $1/2\frac{m}{s^2}$ به طرف بالا شروع به حرکت می کند. در این حالت ترازو چند نیوتن را نشان می دهد؟

$(g = 9.8\frac{m}{s^2})$



$$\text{عدد ترازو} = F_N$$

$$F_N - mg = ma$$

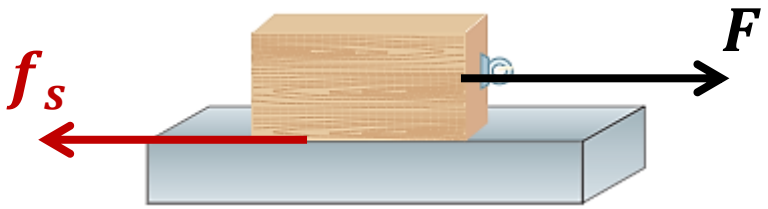
$$F_N = mg + ma$$

$$F_N = 60 \times 9.8 + 60 \times 1.2$$

$$F_N = 588 + 72 = 660N$$

معرفی برخی نیروهای خاص

نیروی اصطکاک: نیرویی که از طرف سطح به جسم وارد می شود و همواره موازی با سطح تماس و در خلاف جهت حرکت جسم است.



اصطکاک ایستایی ⟵ $F = f_s$ ⟵ تا زمانی که جسم ساکن است

اصطکاک ایستایی بیشینه ⟵ $F = f_{smax}$ ⟵ وقتی در آستانه حرکت قرار می گیرد

اصطکاک جنبشی ⟵ $F = f_k$ ⟵ وقتی شروع به حرکت می کند

چند نکته در مورد اصطکاک

- ✓ نیروی اصطکاک بین دو جسم به جنس سطح دو جسم و زبری و نرمی آنها بستگی دارد.

- ✓ اصطکاک عمدتا به عنوان نیروی اتلافی شناخته می شود، با وجود این برای انجام خیلی از کارها اصطکاک لازم است. مانند قدم زدن، دویدن، ترمز کردن، نگه داشتن قلم در دست و . . .

- ✓ بیشینه ی نیروی اصطکاک ایستایی، با اندازه ی نیروی عمودی سطح متناسب است. $f_{smax} \propto F_N$

چند نکته در مورد اصطکاک

✓ μ_s ضریب اصطکاک ایستایی به جنس سطح تماس دو جسم و نیز میزان صافی و زبری آنها دارد.

$$f_{smax} = \mu_s F_N$$

✓ نیروی اصطکاک جنبشی، با اندازه ی نیروی عمودی سطح متناسب است.

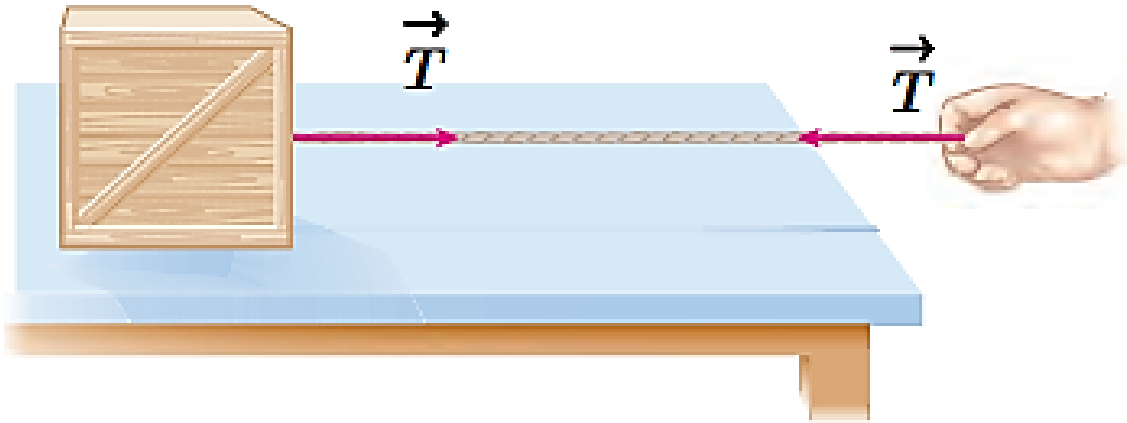
$$f_k \propto F_N$$

✓ μ_k ضریب اصطکاک جنبشی، به جنس سطح تماس دو جسم و نیز میزان صافی و زبری آنها دارد.

$$f_k = \mu_k F_N$$

معرفی برخی نیروهای خاص

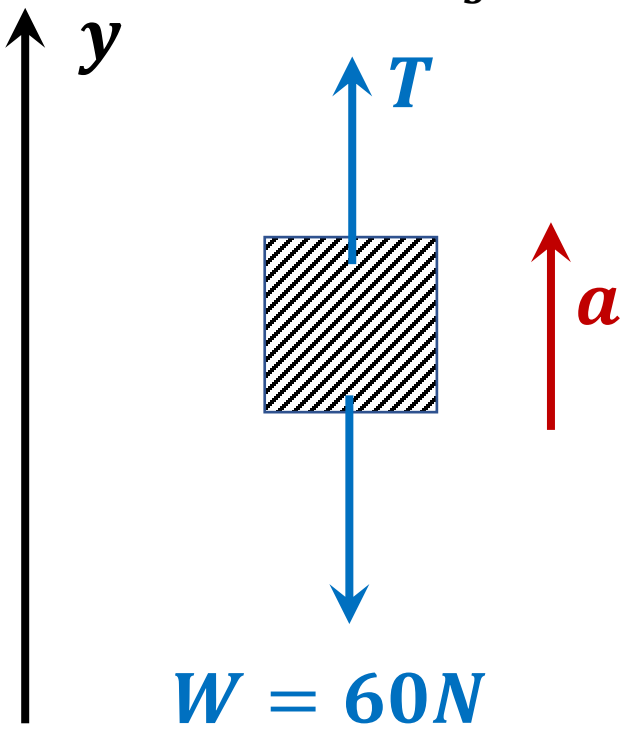
نیروی کشش طناب: وقتی طناب متصل به جسمی را می کشیم، طناب جسم را با نیرویی می کشد که جهت آن از جسم به سمت بیرون و در راستای طناب است. به این نیرو، کشش طناب گفته می شود.



- ✓ در این درس، از جرم و همچنین از کش آمدن طناب صرف نظر می شود. بنابراین طناب به عنوان رابط بین دو جسم عمل می کند و هر دو جسم را با بزرگی نیروی یکسان می کشد.

مثال (خرداد ۹۸):

جسمی به وزن ۶۰ نیوتن را با طناب سبکی به طرف بالا می کشیم. اگر شتاب ثابت رو به بالای جسم $2\frac{m}{s^2}$ باشد، نیروهای وارد بر جسم را رسم کرده و نیروی کشش طناب را بدست آورید. ($g = 10\frac{m}{s^2}$)



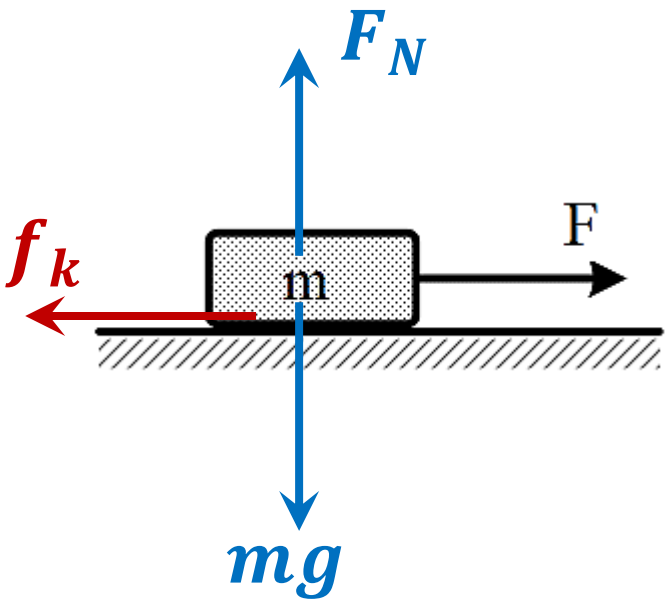
$$T - W = ma$$

$$T - 60 = 6 \times 2$$

$$T = 72N$$

مثال(دیماه ۹۷):

جسمی به جرم $2kg$ با تندی ثابت روی سطح افقی با نیروی ۱۰ نیوتن کشیده می شود. ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح را حساب کنید.($g = 10\frac{m}{s^2}$)



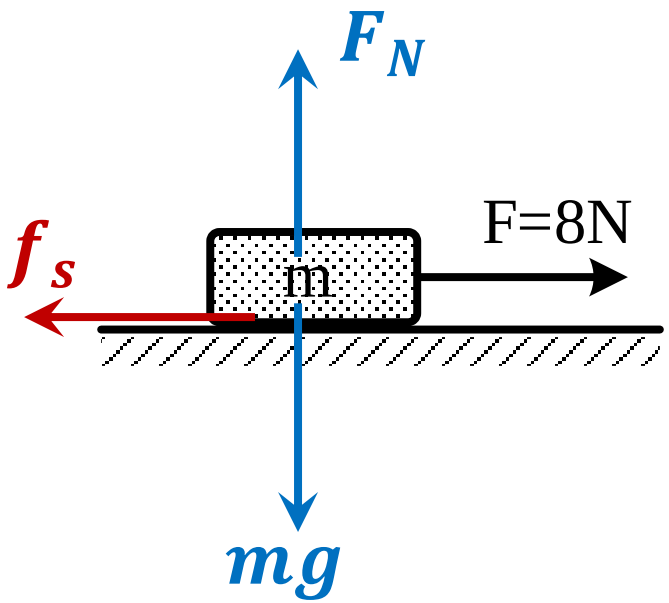
راستای y $\longrightarrow$ $F_N = mg = 40N$

سرعت ثابت $\longrightarrow$ راستای x $\longrightarrow$ $F = f_k = 10N$

$f_k = \mu_k F_N \longrightarrow 10 = \mu_k \times 40 \longrightarrow \mu_k = \frac{1}{4}$

مثال

در شکل مقابل جسمی به جرم 4kg روی سطح افقی قرار دارد. اگر نیروی F=8N به آن وارد شود و ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح ۰/۲۵ باشد، نیروی اصطکاک وارد بر جسم چند نیوتن است؟



شرط این که جسم حرکت کند ⟵ $F > f_{smax}$

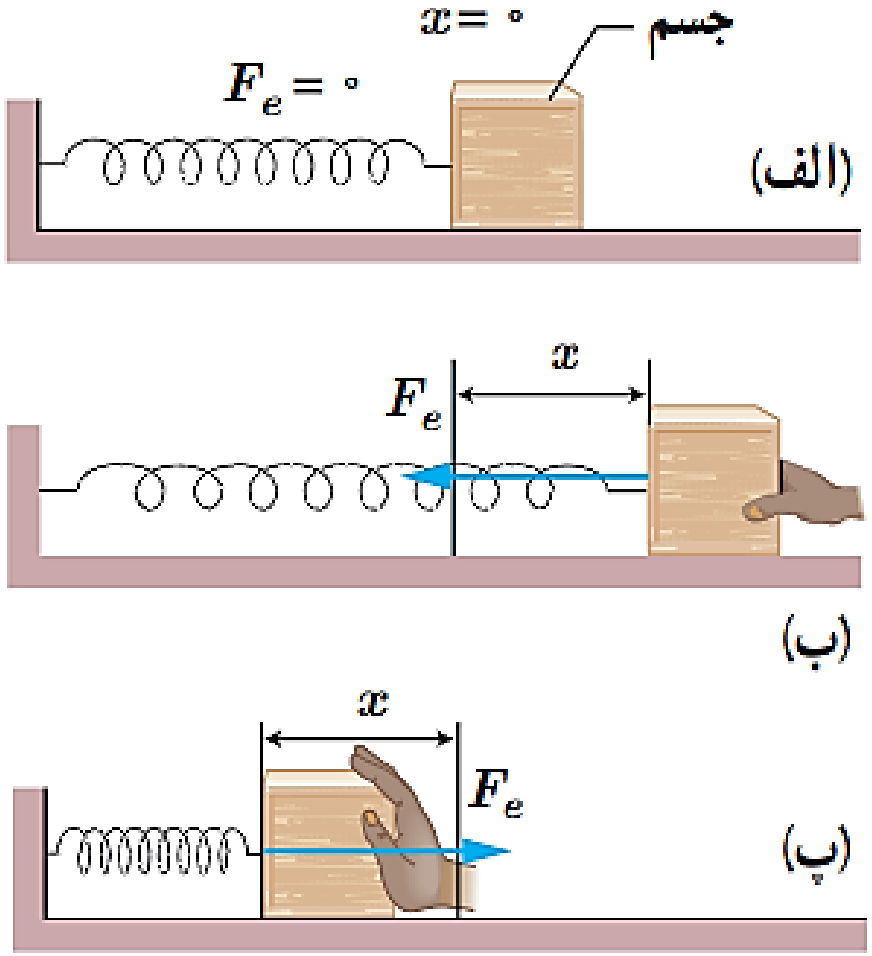
راستای y $\quad F_N = mg = 40N$

$f_{smax} = \mu_s F_N = 0.25 \times 40 = 10N$ ⟵ جسم حرکت نمی کند

جسم ساکن ⟵ راستای x $\quad F = f_s = 8N$

معرفی برخی نیروهای خاص

نیروی کشسانی فنر: اگر فنر را بکشیم یا فشرده کنیم، فنر نیرویی به طرف نقطه ی تعادل به جسم وارد می کند که نیروی کشسانی نام دارد.



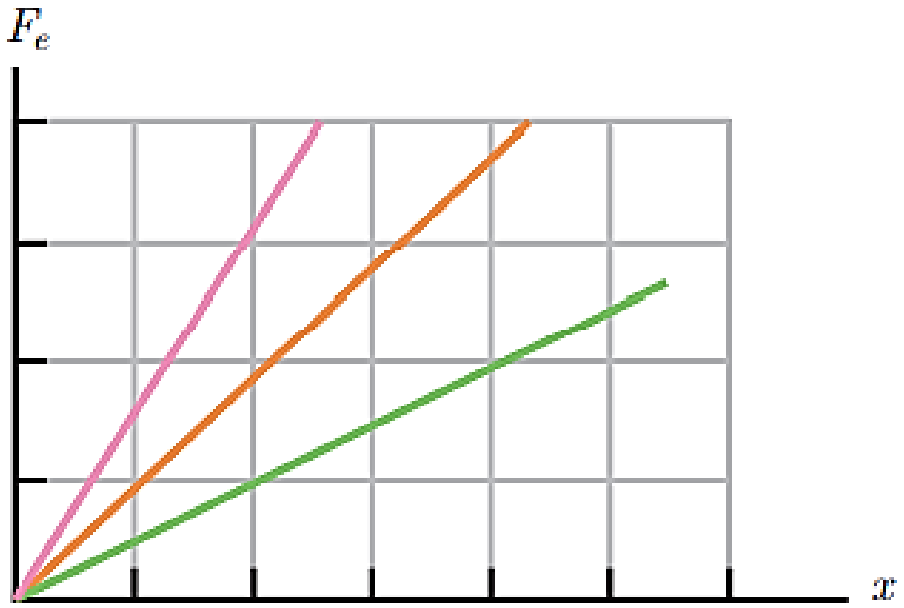
قانون هوک

✓ برای بیشتر فنرها، نیروی کشسانی فنر با اندازه ی تغییر طول فنر، متناسب است.

$F_e = kx$ نیروی فنر

k ثابت فنر $(\frac{N}{m})$

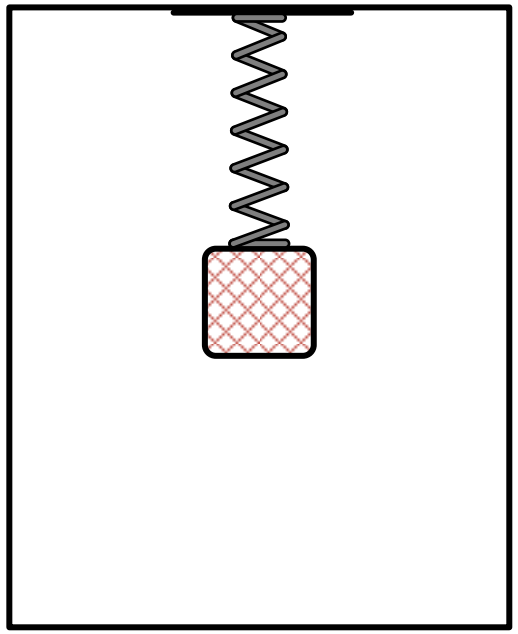
x تغییر طول فنر (m)



✓ شیب نمودار با ثابت فنر متناسب است.

مثال(دیماه ۹۷):

فنری به طول $20cm$ و ثابت $40\frac{N}{cm}$ را از سقف یک آسانسور آویزان کرده و جسمی به جرم $2kg$ را به انتهای فنر وصل می کنیم. اگر آسانسور با شتاب ثابت $2\frac{m}{s^2}$ به طرف بالا شروع به حرکت کند، طول فنر چند سانتی متر می شود؟ ($g = 10\frac{m}{s^2}$)



مثال (کنکور ۸۶):

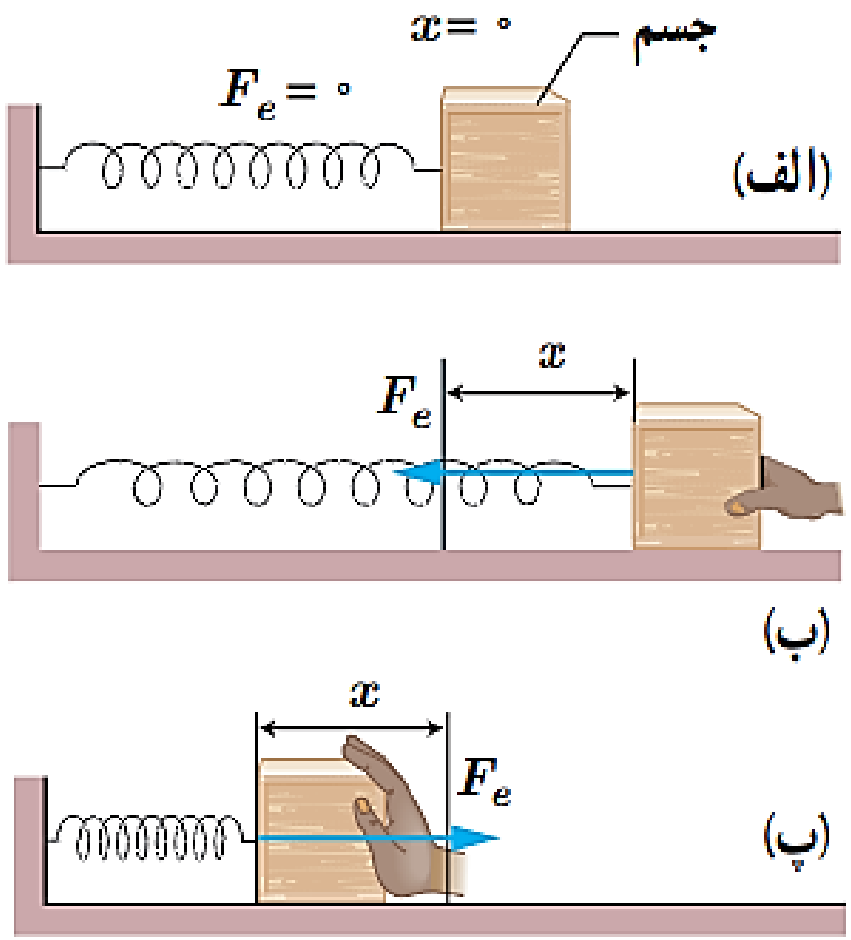
دو نیروی $\vec{F_1} = 2\vec{i} - 5\vec{j}$ و $\vec{F}_2$ به جسم ۱/۵ کیلوگرمی اثر می کنند و معادله ی شتاب حاصل در SI به صورت $\vec{a} = 2\vec{i} - 4\vec{j}$ می شود.

نیروی $\vec{F}_2$ کدام است؟ (۸۶تجربی)

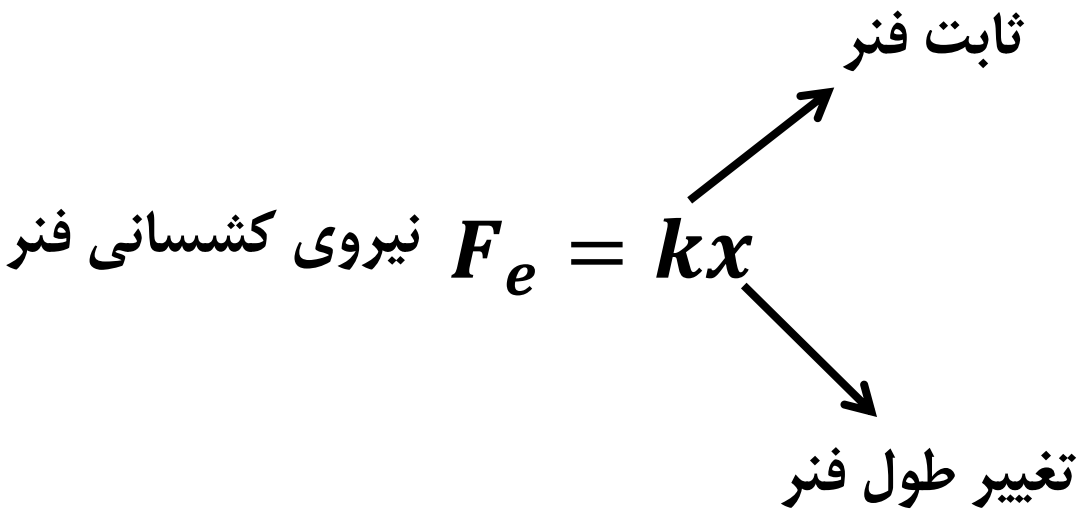
۱) $\vec{i} + \vec{j}$ ۲) $\vec{i} - \vec{j}$ ۳) $5\vec{i} - \vec{j}$ ٤) $5\vec{i} + \vec{j}$

معرفی برخی نیروهای خاص

نیروی کشسانی فنر: اگر فنر را بکشیم یا فشرده کنیم، فنر نیرویی به طرف نقطه ی تعادل به جسم وارد می کند.



قانون هوک: برای بیشتر فنرها، نیروی کشسانی فنر با اندازه ی تغییر طول آن رابطه ی مستقیم دارد.

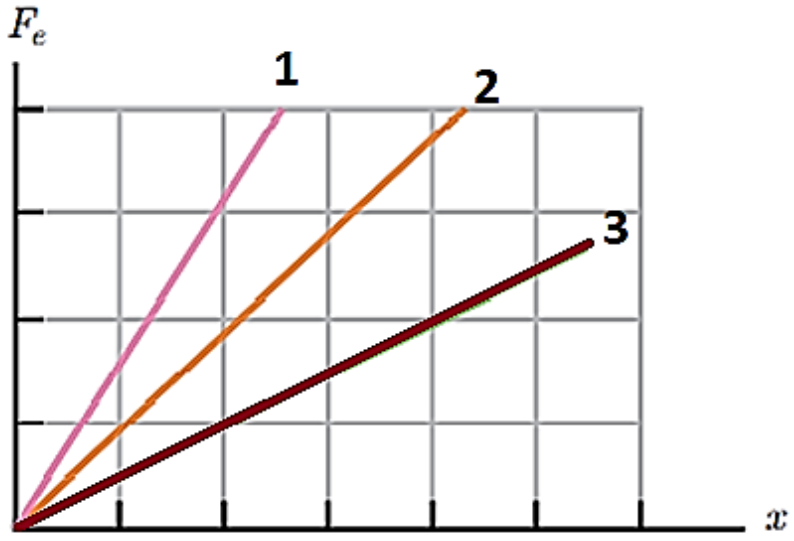


ثابت فنر از مشخصات فنر است و به اندازه، شکل و ساختار ماده ای که فنر از آن ساخته شده بستگی دارد.

$$x = l_2 - l_1$$

نکته:

- ✓ هرچه فنر سفت تر باشد، مقدار k بیشتر خواهد بود. حدود $100\ \frac{N}{m}$ برای فنر انعطاف پذیر و حدود $10000\ \frac{N}{m}$ برای یک فنر سفت



- ✓ شیب نمودار نیرو بر حسب تغییر طول، با ثابت فنر متناسب است.

مثال(دیماه ۹۷):

فنری به طول $20cm$ و ثابت $40\frac{N}{cm}$ را از سقف یک آسانسور آویزان کرده و جسمی به جرم $2kg$ را به انتهای فنر وصل می کنیم. اگر آسانسور با شتاب ثابت $2\frac{m}{s^2}$ به طرف بالا شروع به حرکت کند، طول فنر چند سانتی متر می شود؟ ($g = 10\frac{m}{s^2}$)

$$l_1 = 20\ cm$$

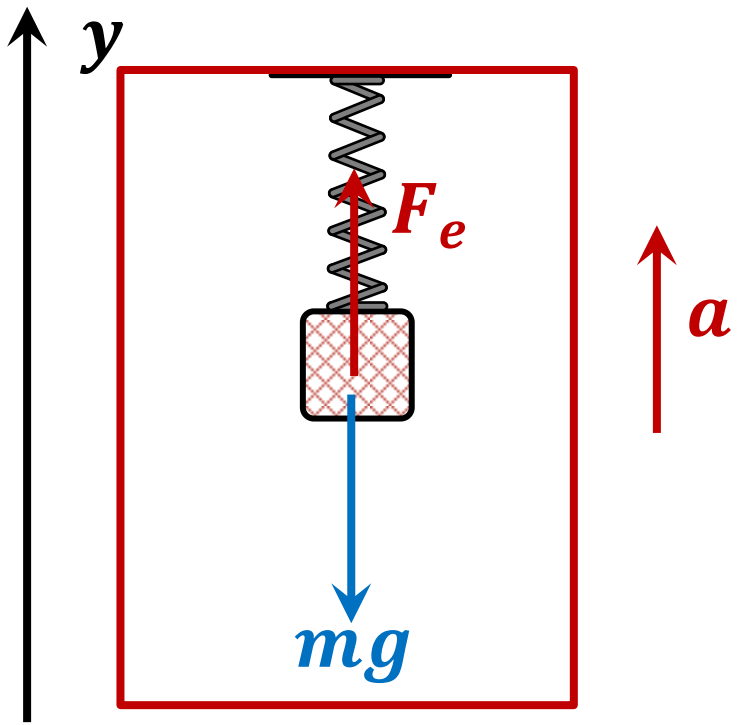
$$k = 40\frac{N}{cm} = 4000\frac{N}{m}$$

$$a = 2\frac{m}{s^2}$$

$$l_2 = ?$$

$l_1 = 20\ cm$ $k = 4000\frac{N}{m}$ $l_2 = ?$

پاسخ:



$$F_e - mg = ma$$

$$F_e = mg + ma = 20 + 2 \times 2$$

$$F_e = 24\ N$$

$$F_e = kx \longrightarrow x = \frac{F_e}{k} = \frac{24}{4000} = 0.006m$$

$$x = 0.6cm \longrightarrow l_2 = 20 + 0.6 = 20.6cm$$

مثال(کنکور ۹۸):

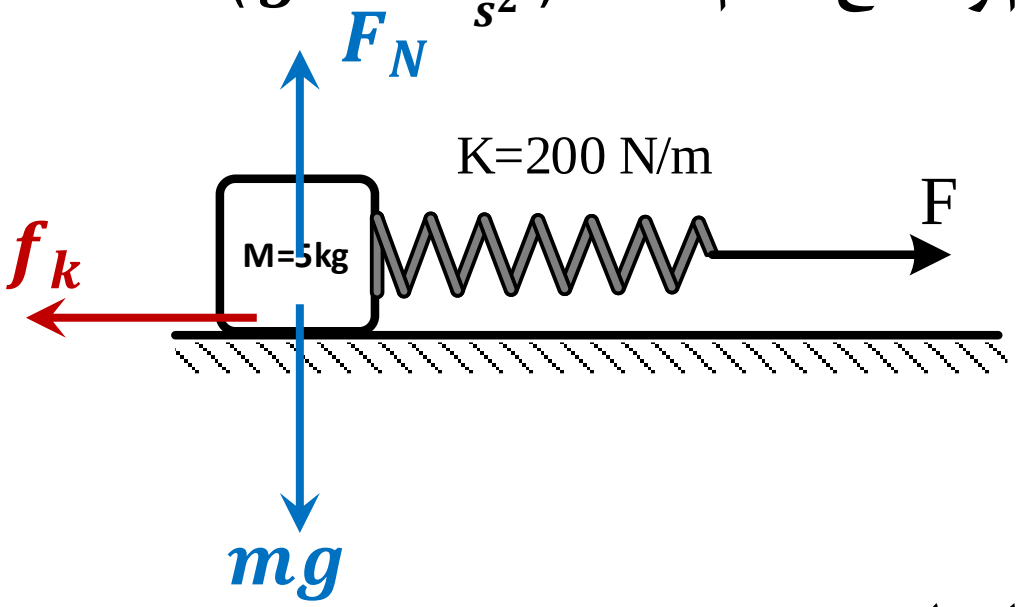
جسمی روی یک سطح افقی تحت تأثیر نیروی افقی F با سرعت ثابت کشیده می شود. اگر افزایش طول فنر در ضمن حرکت ۵ سانتیمتر باشد، ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح کدام است؟ ($g = 10\frac{m}{s^2}$)

۱) ۰/۲

۲) ۰/۲۵

۳) ۰/۳

۴) ۰/۴



$$F = kx = 200 \times 0.05 = 10N$$

$$F_N = mg = 50N \quad \text{راستای y}$$

$$F - f_k = 0 \longrightarrow f_k = F = 10N \quad \text{راستای x}$$

$$f_k = \mu_k F_N \longrightarrow \mu_k = \frac{10}{50} = 0.2$$

تکانه: حاصل ضرب جرم جسم در سرعت آن، تکانه نامیده می شود.

تکانه $\vec{p} = m\vec{v}$ $\left(\frac{kg.m}{s}\right)$

جرم جسم

سرعت جسم

- ✓ تکانه یک کمیت برداری است.
- ✓ جهت تکانه، همان جهت سرعت (جهت حرکت) است.

قانون دوم نیوتون بر حسب تکانه: نیروی خالص وارد بر جسم برابر با تغییر تکانه ی جسم تقسیم بر زمان تغییر آن است.

$$\vec{F}_{net} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} \longrightarrow \Delta\vec{p} = \vec{F}_{net}\Delta t$$

نکته:

رابطه ی بین تکانه و انرژی جنبشی به صورت زیر است:

$$k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{mv \times v}{2} = \frac{mv \times mv}{2m} \longrightarrow \boxed{k = \frac{p^2}{2m}}$$

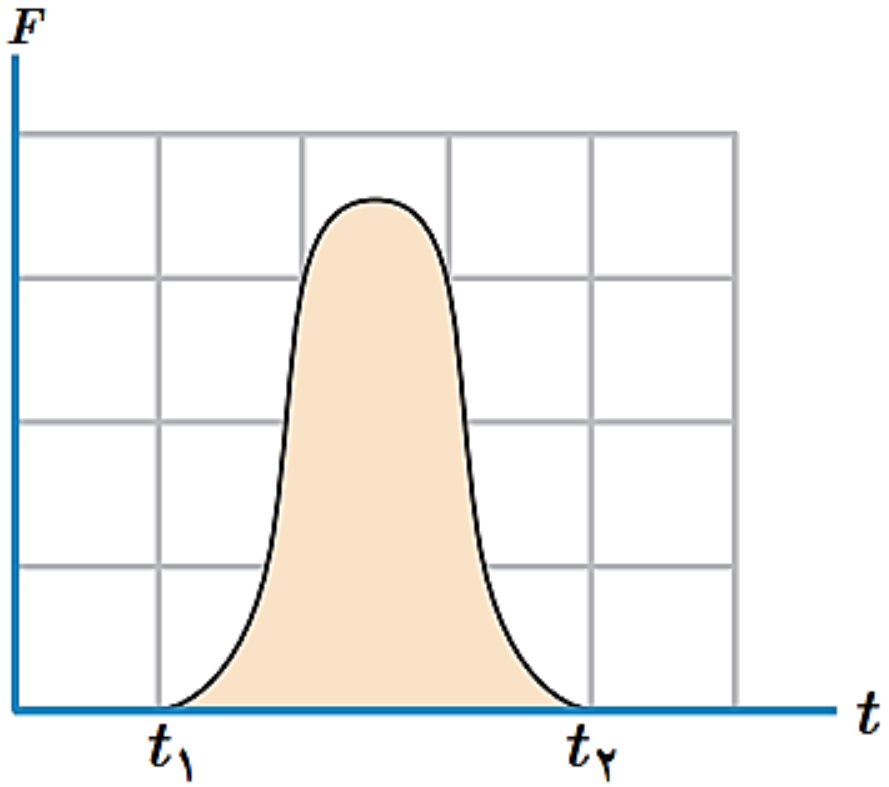
نکته:

اگر نیرو ثابت نباشد، بجای نیروی خالص، نیروی خالص متوسط به کار می بریم:

$$\vec{F}_{av} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

نکته:

سطح زیر نمودار نیرو – زمان ، برابر با تغییر تکانه ی جسم (Δp) است.



مثال(کنکور ۹۶):

بزرگی اندازه حرکت (تکانه) جسمی به جرم ۲کیلوگرم برابر $6\ \frac{kgm}{s}$ است. انرژی جنبشی جسم چند ژول است؟

۱) ۳ ۲) ۶ ۳) ۹ ۴) ۱۲

$$m = 2kg$$

$$p = 6\ \frac{kg.m}{s}$$

$$k = \frac{p^2}{2m} = \frac{6^2}{2 \times 2} = 9\ J$$

مثال(کنکور ۹۸):

اگر تکانه ی گلوله ای در SI از ۲۰ به ۲۲ برسد، انرژی جنبشی گلوله چند درصد افزایش می یابد؟

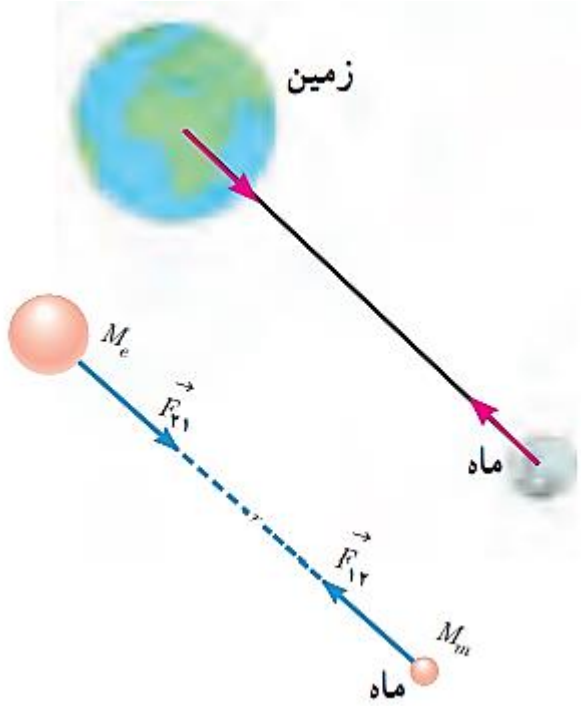
۱) ۱۰ ۲) ۱۲ ۳) ۲۱ ۴) ۴۲

$$k = \frac{p^2}{2m} \longrightarrow \frac{k_2}{k_1} = (\frac{p_2}{p_1})^2 \times \frac{m_2}{m_1} \longrightarrow \frac{k_2}{k_1} = (\frac{22}{20})^2 \times 1$$

$$\frac{k_2}{k_1} = 1.21 \longrightarrow$$ ۲۱ درصد افزایش یافته

نیروی گرانشی

قانون گرانش عمومی: نیروی گرانشی میان دو ذره، با حاصل ضرب جرم آنها نسبت مستقیم و با مجذور فاصله ی آنها نسبت وارون دارد.

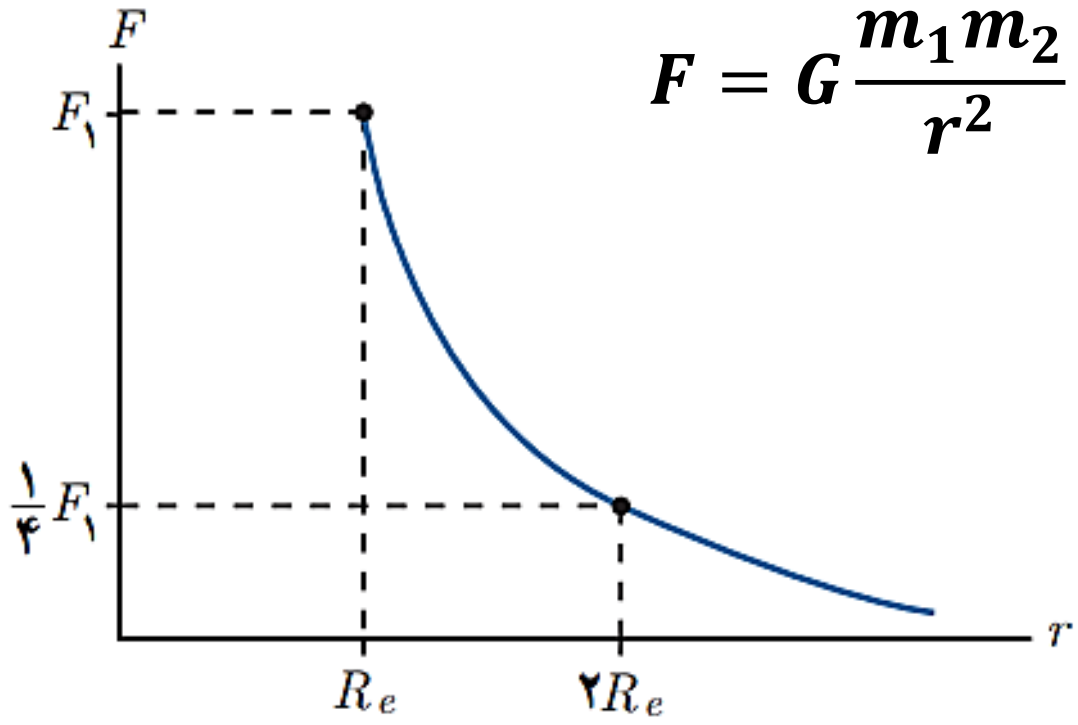


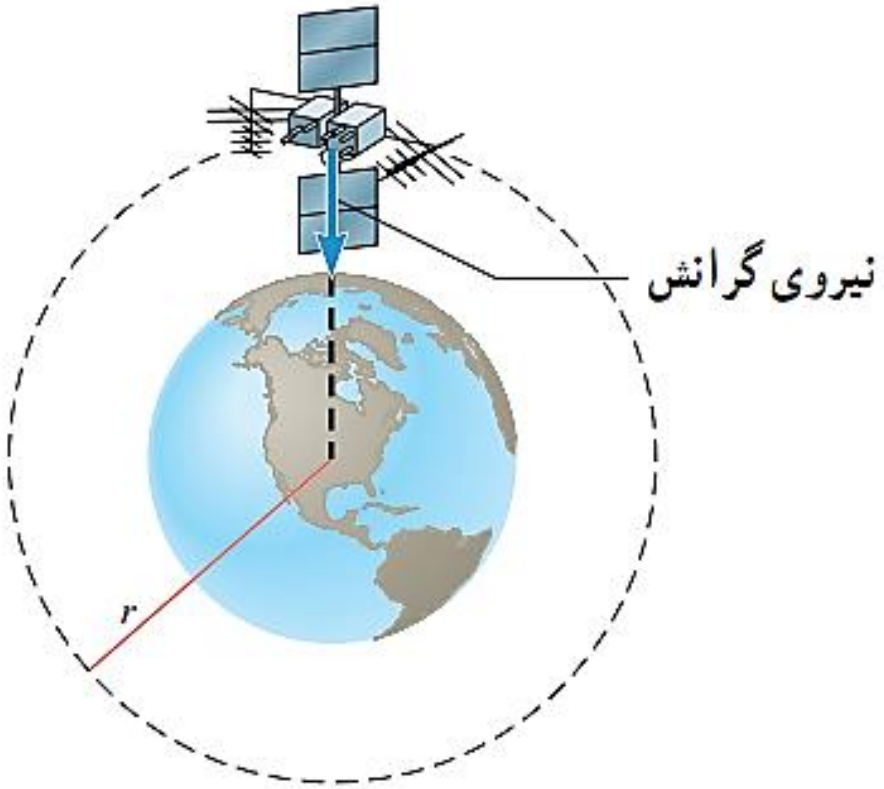
نیروی گرانشی بین دو ذره $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$

ثابت گرانش عمومی $G = 6.67 \times 10^{-11}\ \frac{Nm^2}{kg^2}$

نمودار نیروی گرانشی وارد بر ماهواره بر حسب فاصله ی آن از مرکز زمین

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





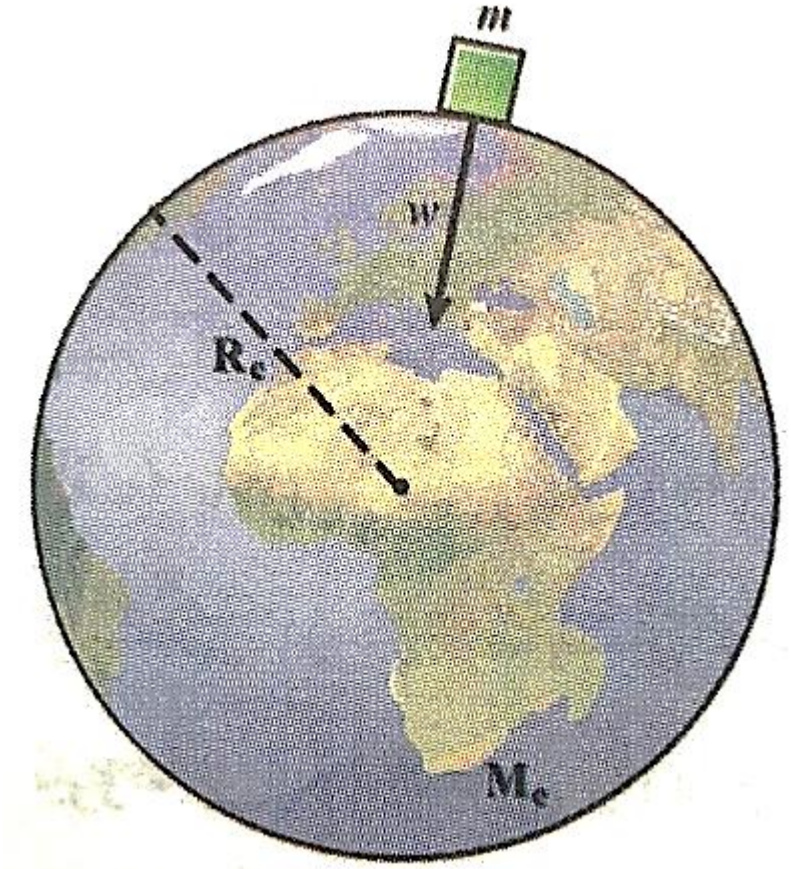
وزن و نیروی گرانشی

وزن روی سطح زمین $W = mg = G\frac{M_e m}{{R_e}^2}$

شتاب گرانشی روی سطح زمین $g = G\frac{M_e}{{R_e}^2}$

وزن در یک ارتفاع دلخواه $W' = mg' = G\frac{M_e m}{r^2}$

شتاب گرانشی در یک ارتفاع دلخواه $g' = G\frac{M_e}{r^2}$



$\frac{g'}{g} = \left(\frac{R_e}{r}\right)^2$ نسبت شتاب گرانش زمین در فاصله ی دلخواه به شتاب گرانش روی سطح زمین

مثال(خرداد ۹۸):

دو کره ی توپر همگن به جرم های $120kg$ و $40kg$ را در نظر بگیرید که فاصله ی مرکز آنها از یکدیگر ٤متر است. نیروی گرانشی که این دو کره به یکدیگر وارد می کنند، چند نیوتن است؟ ($G = 6/6 \times 10^{-11}\,\frac{Nm^2}{kg^2}$)

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2} = 6.6 \times 10^{-11}\,\frac{120 \times 40}{4^2} = 1980 \times 10^{-11}\ N$$

مثال(دیماه ۹۷):

جرم و شعاع سیاره ای به ترتیب ۵ و ۲ برابر جرم و شعاع زمین است. شتاب گرانشی در این سیاره چند برابر شتاب گرانشی در سطح زمین است؟

$$\frac{m}{M_e} = 5 \qquad \frac{r}{R_e} = 2 \qquad g = G\frac{m}{r^2}$$

مقایسه ی شتاب گرانش روی سطح دو سیاره

$$\frac{g_s}{g_e} = \left(\frac{R_e}{r_s}\right)^2 \times \frac{m_s}{M_e} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times 5 = \frac{5}{4}$$

مثال(کنکور ۹۸):

ماهواره ای به جرم ۵۰۰ کیلوگرم در ارتفاع ۱۶۰۰ کیلومتری سطح زمین به دور آن می چرخد. نیروی گرانش وارد بر ماهواره چند نیوتن است؟ ($R_e = 6400km$, $g = 10\frac{m}{s^2}$)

۱) ۵۰۰۰ ۲) ۳۲۰۰ ۳) ۸۰۰ ۴) ۶۴۰

وزن (نیروی گرانش) در یک ارتفاع دلخواه $W' = mg' = 500 \times 6.4 = 3200\ N$

$$\frac{g'}{g} = \left(\frac{R_e}{r}\right)^2 \longrightarrow \frac{g'}{10} = \left(\frac{6400}{8000}\right)^2 \longrightarrow \frac{g'}{10} = \left(\frac{8}{10}\right)^2 \longrightarrow g' = 6.4\frac{m}{s^2}$$

به نام خدا

فیزیک دوازدهم رشته تجربی

فصل سوم: نوسان

محمد حسین پاک طینت

آبان ماه ۹۹

نوسان

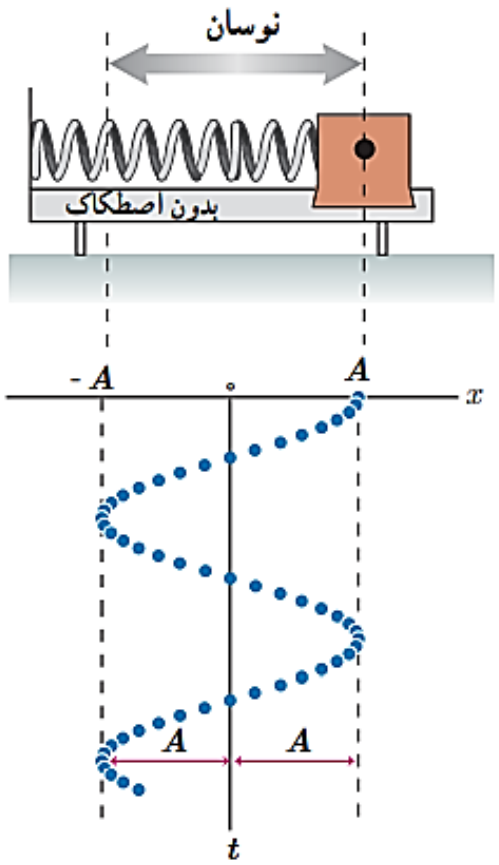
نوسان دوره ای: نوسان هایی که هر چرخه ی آن در دورهای دیگر تکرار شود.

دوره ی تناوب(T): مدت زمان یک چرخه ی کامل ⟵ واحد آن ثانیه است

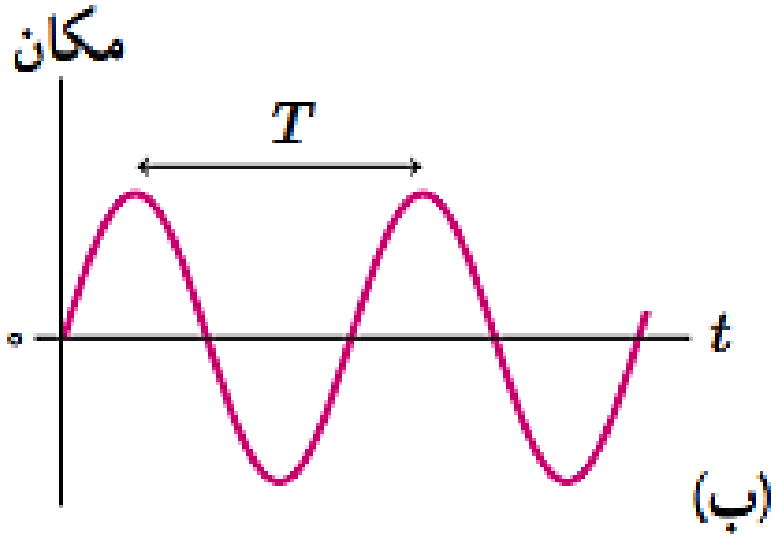
بسامد یا فرکانس(f): تعداد نوسان های انجام شده در یک ثانیه ⟵ واحد آن هرتز (Hz) است

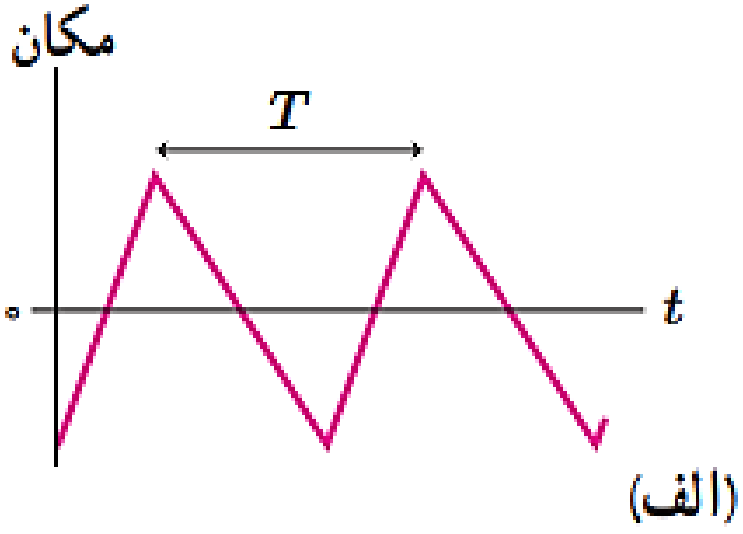
$$f = \frac{1}{T}$$

حرکت هماهنگ ساده: حرکتی که نمودار مکان – زمان آن سینوسی باشد.

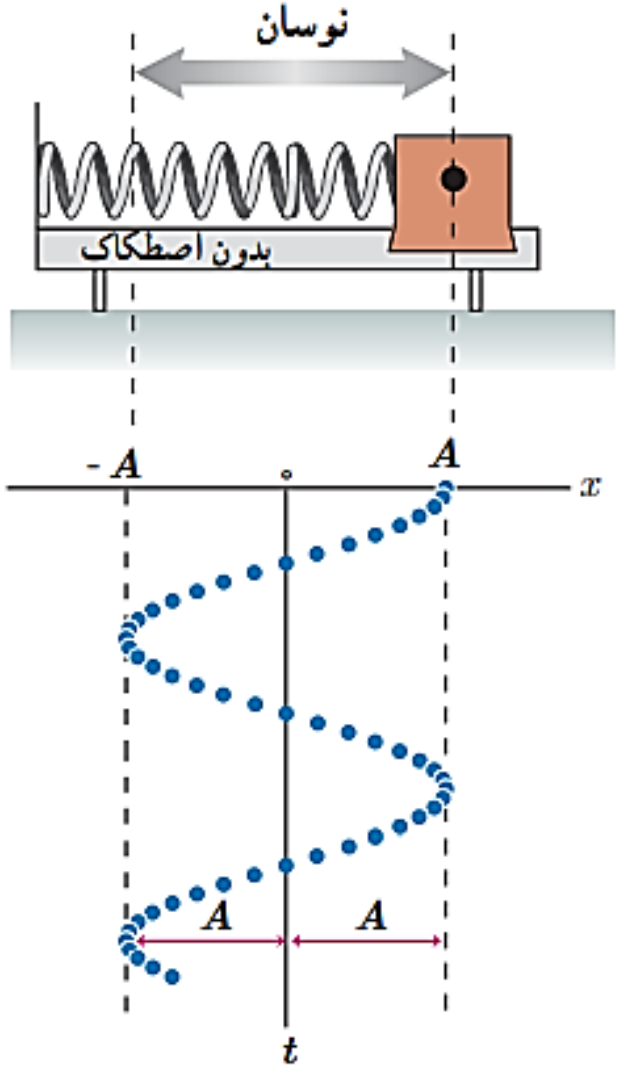


شکل ۳ـ۴ سامانهٔ جسم و فنر، نمونهٔ مشهوری از یک حرکت هماهنگ ساده است.





حرکت هماهنگ ساده



دامنه ی حرکت(A): بیشترین فاصله ی جسم از نقطه ی تعادل

معادله ی مکان – زمان در حرکت هماهنگ ساده:

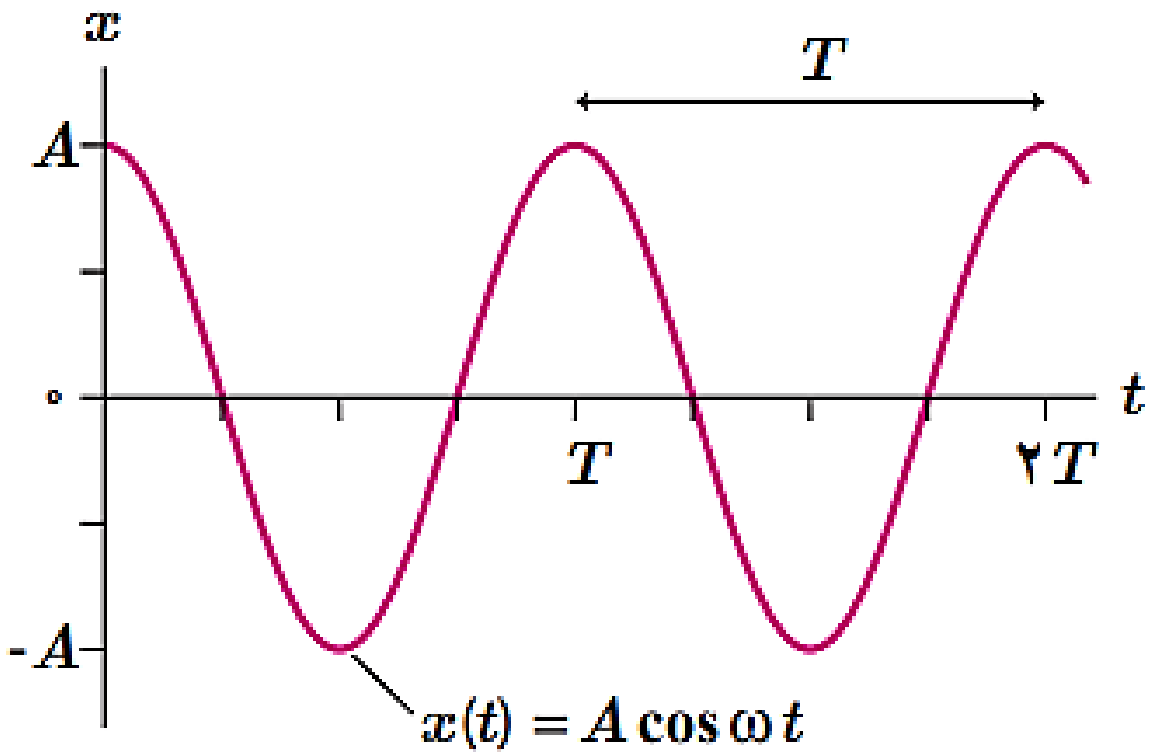
$$x = A\cos\omega t$$

- x: مکان نوسانگر (بُعد نوسان)
- A: دامنه
- ω: بسامد زاویه ای $\left(\frac{rad}{s}\right)$

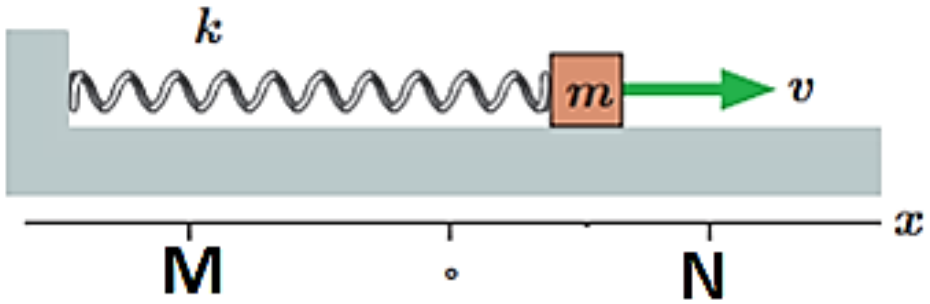
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

نمودار حرکت هماهنگ ساده

$$x = A\cos\omega t$$



حرکت هماهنگ ساده



$x = x_{max} = -A$	$x = 0$	$x = x_{max} = +A$
$F = F_{max}$	$F = 0$	$F = F_{max}$
$a = a_{max}$	$a = 0$	$a = a_{max}$
$U = U_{max}$	$U = 0$	$U = U_{max}$
$v = 0$	$v = v_{max}$	$v = 0$
$k = 0$	$k = k_{max}$	$k = 0$

✓ M و N را نقاط بازگشت می نامند

مثال(شهریور۹۹):

معادله ی مکان – زمان نوسانگر هماهنگ ساده ای با دامنه ی $0.06m$ و بسامد $2.5Hz$ را بنویسید.

معادله ی کلی $x = A\cos\omega t$

$A = 0.06m$

$f = 2.5Hz$

$\omega = 2\pi f$

$\longrightarrow \omega = 2\pi \times 2.5 = 5\pi \longrightarrow \boxed{x = 0.06\cos 5\pi t}$

مثال(شهریور۹۹):

معادله ی حرکت هماهنگ ساده ی یک نوسانگر در SI به صورت $x = 0.02cos\pi t$ است.

الف – دوره ی حرکت چند ثانیه است؟

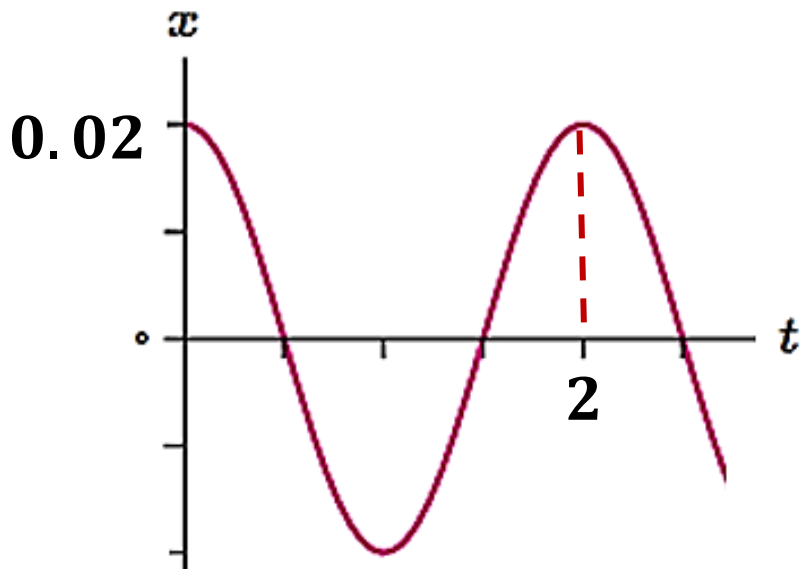
ب – نمودار مکان – زمان این حرکت را در یک دوره رسم نمایید.

معادله ی کلی $x = Acos\omega t$

$x = 0.02cos\pi t$

$\longrightarrow$ $\begin{cases} A = 0.02m \\ \omega = \pi \frac{rad}{s} \end{cases}$

$\omega = \frac{2\pi}{T} \longrightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\pi} = 2s$



بسامد زاویه ای سامانه ی جرم – فنر:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

ثابت فنر

جرم وزنه

دوره ی تناوب سامانه ی جرم – فنر:

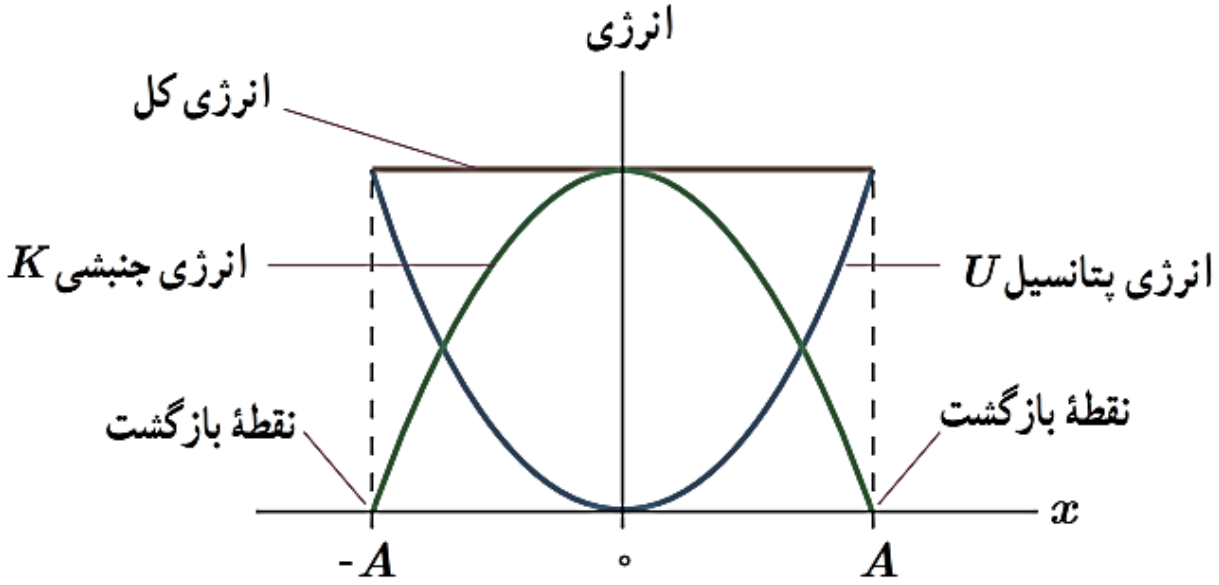
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

انرژی در حرکت هماهنگ ساده

انرژی مکانیکی $E = K + U$

K انرژی جنبشی

U انرژی پتانسیل



انرژی مکانیکی نوسانگر وزنه – فنر $E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 = 2\pi^2mA^2f^2$

k ثابت فنر

✓ انرژی مکانیکی نوسانگر با مجذور دامنه (A^2) و مجذور بسامد(f^2) متناسب است.

چند رابطه ی مهم

اندازه سرعت بیشینه $v_{max} = A\omega$

(هنگام عبور از وضع تعادل)

اندازه شتاب بیشینه $a_{max} = A\omega^2$

(در نقطه بازگشت)

انرژی مکانیکی نوسانگر $E = \frac{1}{2} m v_{max}^2$

مثال(خرداد ۹۹ رشته ریاضی):

معادله ی حرکت هماهنگ ساده ی یک نوسانگر به جرم ۱۰۰ گرم در SI به صورت $x = 0.02\ cos50\pi t$ است.

الف – بیشینه ی تندی نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟

ب – انرژی مکانیکی نوسانگر چند ژول است؟

الف

معادله ی کلی $x = Acos\omega t$

$x = 0.02cos50\pi t$

$\longrightarrow \begin{cases} A = 0.02m \\ \omega = 50\pi \frac{rad}{s} \end{cases}$

$$v_{max} = A\omega = 0.02 \times 50\pi = 1\frac{m}{s}$$

ب

$$E = \frac{1}{2}mv_{max}^2 = \frac{1}{2} \times 0.1 \times 1^2 = 0.05\ J$$

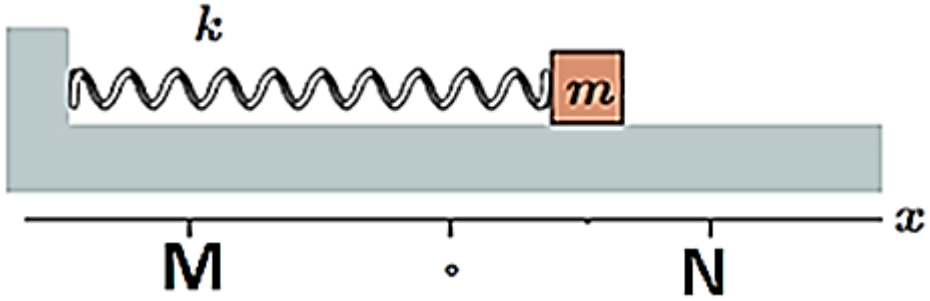
مثال(خرداد ۹۹ رشته تجربی):

معادله ی حرکت یک نوسانگر هماهنگ ساده در SI به صورت $x = 0.02cos(10\pi t)$ است.

الف – در چه لحظه ای پس از لحظه ی صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به صفر می رسد؟

ب – اندازه ی بیشترین شتاب حرکت این نوسانگر چقدر است؟

$(\pi^2 = 10)$



اولین بار: نقطه M ⟵ نوسانگر در نقاط بازگشت است ⟵ تندی صفر می شود

معادله ی حرکت یک نوسانگر هماهنگ ساده در SI به صورت $x = 0.02cos(10\pi t)$ است.

الف – در چه لحظه ای پس از لحظه ی صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به صفر می رسد؟

ب – اندازه ی بیشترین شتاب حرکت این نوسانگر چقدر است؟

($\pi^2 = 10$)

الف

$$x = 0.02cos(10\pi t) \longrightarrow -0.02 = 0.02cos10\pi t \longrightarrow$$

$$cos10\pi t = -1 = cos\pi \longrightarrow 10\pi t = \pi \longrightarrow t = \frac{1}{10}s$$

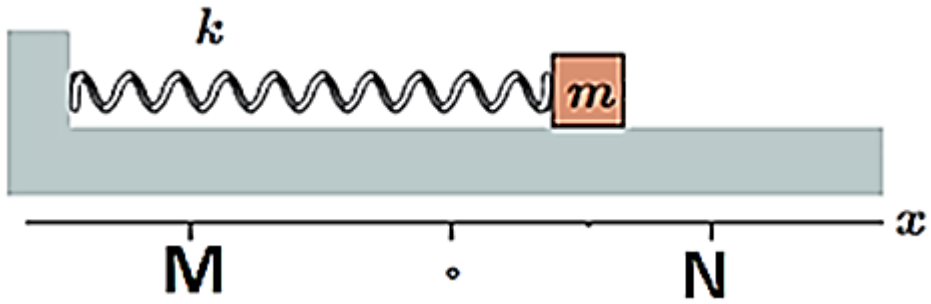
ب

$$a_{max} = A\omega^2 = 0.02 \times (10\pi)^2 = 20\frac{m}{s^2}$$

مثال(کنکور۹۸تجربی):

نوسانگر ساده‌ای روی پاره خطی به طول ۴ سانتی‌متر نوسان می‌کند و در هر ثانیه یک بار طول این پاره خط را طی می‌کند. بیشینه‌ی سرعت این نوسانگر چند سانتی متر بر ثانیه است؟

۱) $0/02\pi$ ۲) $0/04\pi$ **۳) 2π** ۴) 4π



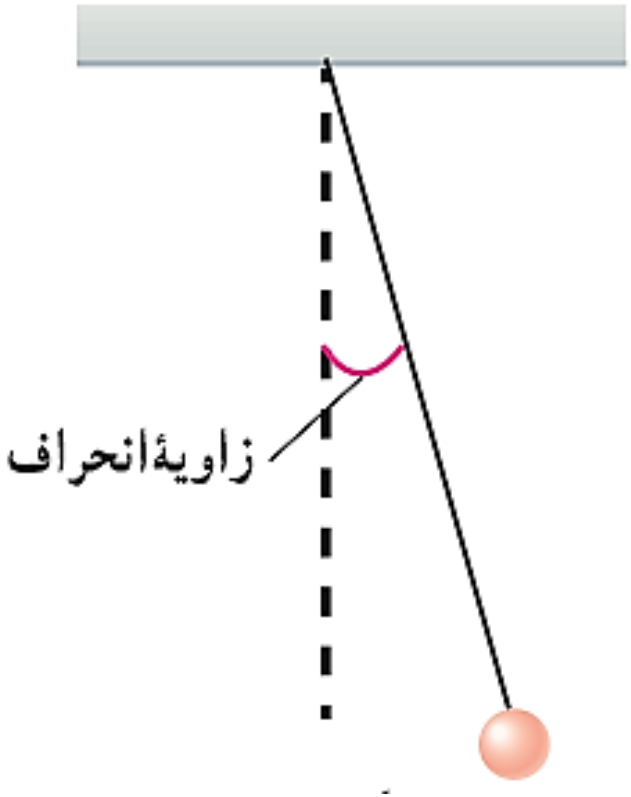
$$A = 0.02m$$

$$T = 2s \longrightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2} = \pi$$

$$v_{max} = A\omega = 0.02 \times \pi = 0.02\pi \frac{m}{s} = 2\pi \frac{cm}{s}$$

آونگ ساده

آونگ ساده: شامل وزنه ی کوچکی به جرم m (وزنه ی آونگ) است که از نخی بدون جرم و کش نیامدنی به طول L آویزان است.



در صورتی آونگ ساده یک نوسانگر هماهنگ ساده خواهد بود که انحراف از وضع تعادل آن کوچک باشد.

آونگ ساده

چند نکته مهم:

- ✓ دوره ی تناوب آونگ ساده فقط به شتاب گرانشی (g) و طول آونگ (L) بستگی دارد.
- ✓ دوره ی تناوب آونگ ساده به جرم و دامنه ی آن بستگی ندارد.

دوره تناوب آونگ ساده

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \longrightarrow \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \times \sqrt{\frac{g_2}{g_1}}$$

مثال(کنکور۹۱ریاضی):

آونگ ساده‌ای به طول یک متر، در محلی که شتاب گرانش زمین در SI برابر $g = \pi^2$ است، نوساناتی کم دامنه انجام می‌دهد.گلوله‌ی این آونگ در هر دقیقه چند نوسان کامل انجام می دهد؟

۱) ۳۰ ۲) ۴۰ ۳) ۶۰ ۴) ۱۲۰

$$L = 1m$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{1}{\pi^2}} = 2s$$

در دو ثانیه یک نوسان انجام می دهد ⟵ در ۶۰ ثانیه(یک دقیقه) ۳۰ نوسان انجام می دهد

مثال(کنکور۹۸ریاضی):

آونگ ساده‌ای به طول $80cm$ با دامنه‌ی کم در حال نوسان است. طول آونگ را چگونه تغییر دهیم تا دوره‌ی نوسان آن نصف شود؟

۱) ۶۰ سانتی متر کاهش دهیم.

۲) ۶۰ سانتی متر افزایش دهیم.

۳) ۲۰ سانتی متر کاهش دهیم.

۴) ۲۰ سانتی متر افزایش دهیم.

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \times \sqrt{\frac{g_2}{g_1}} \longrightarrow \frac{1}{2} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \times 1 \longrightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{1}{4} \longrightarrow$$

$$L_2 = \frac{80}{4} = 20cm \longrightarrow$$ باید ۶۰ سانتی متر کاهش یابد

پدیده تشدید

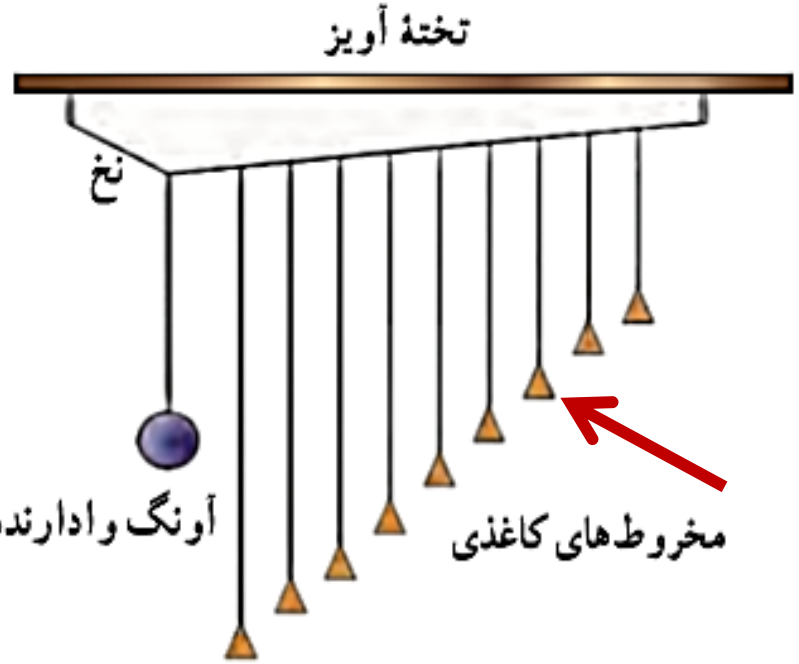
بسامد طبیعی: بسامد نوسانگری که بدون اعمال نیروی خارجی نوسان می کند.

نوسان واداشته: اگر نیروی خارجی اعمال شود، نوسانگر می تواند با بسامدی غیر از بسامد طبیعی نیز نوسان کند که به این نوسان، نوسان واداشته می گوییم.

تشدید: اگر بسامد نیروی خارجی با بسامد طبیعی نوسانگر برابر شود، دامنه ی نوسان ها بزرگ و بزرگتر می شود که می گوییم برای نوسانگر تشدید رخ داده است.

- ✓ اگر نوسانگر را با بسامدی بیشتر یا کمتر از بسامد طبیعی اش به نوسان در آوریم، دامنه ی نوسان کوچکتر از حالتی خواهد شد که با بسامد طبیعی اش نوسان می کند.

فعالیت ۳ـ۳



آونگ‌های بارتون[۲] : یک آونگ با وزنهٔ سنگین و تعدادی آونگ سبک با طول‌های متفاوت را مطابق شکل سوار کنید. آونگ‌ها روی نخی سوار شده‌اند که هر دو انتهای آن توسط گیره‌هایی به تختهٔ آویز متصل شده است. به آونگ سنگین اصطلاحاً *آونگ وادارنده*[۳] گفته می‌شود، زیرا به نوسان درآوردن این آونگ در صفحهٔ عمود بر صفحهٔ شکل، موجب تاب خوردن نخ آویز و در نتیجه به نوسان واداشتن سایر آونگ‌ها می‌شود. آونگ وادارنده را به نوسان درآورید و آنچه را مشاهده می‌کنید توضیح دهید.

توضیح:

انرژی به تمام آونگ ها منتقل می شود و به نوسان در می آیند ولی پس از زمان کوتاهی می ایستند.

ولی آونگی که طولش با طول وادارنده یکسان است، زمان بیشتری را نوسان می کند.

چون زمان تناوبش با وادارنده یکسان است و انرژی بیشتری به آن منتقل می شود.

به نام خدا

فیزیک دوازدهم

فصل سوم: موج و انواع آن

محمد حسین پاک طینت

آذرماه ۹۹

موج

محیط کشسان: محیطی است که وقتی تغییری در آن رخ می دهد، دوباره به حالت اول بر می گردد.

موج: ارتعاش های پی در پی که در محیط کشسان بوجود می آیند و از محل شروع دور و دورتر می شوند.

انواع موج

موج مکانیکی: موج هایی که برای انتشار خود به محیط مادی نیاز دارند.

مانند موج روی سطح آب یا موج صوتی

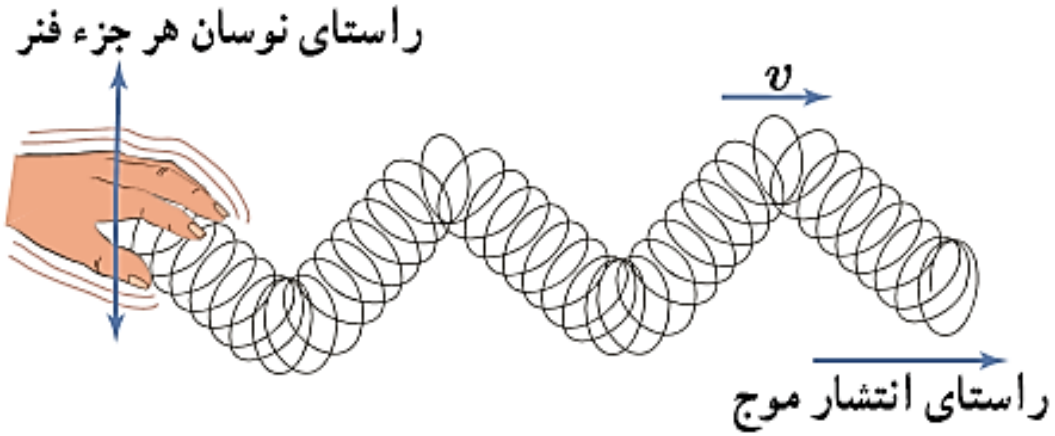
موج های الکترومغناطیسی: موج هایی که برای انتشار خود به محیط مادی نیاز ندارند.

مانند امواج رادیویی و نور مرئی

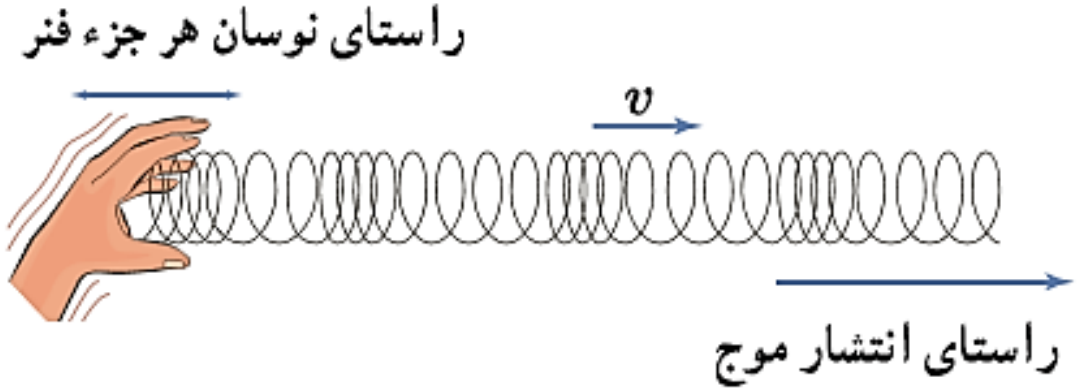
✓ اگرچه منشأ این امواج(مکانیکی و الکترومغناطیسی) متفاوت است، ولی همگی آنها مشخصه های یکسانی دارند و رفتار آنها از قاعده هایی کلی پیروی می کند که در هر پدیده ی موجی برقرار است.

انواع موج

تپ: آشفتگی(تغییری) که در محیط بوجود می آید.



موج عرضی: موجی که در آن، جابجایی هر جزء محیط، بر راستای انتشار موج عمود باشد.



موج طولی: موجی که در آن جابجایی هر جزء محیط، با راستای انتشار موج، هم راستا باشد.

مشخصه های موج

موج های پیش رونده: موج هایی که از نقطه ای به نقطه ی دیگر حرکت کرده و انرژی را با خود منتقل می کنند.

نکته: این موج است که از یک نقطه به نقطه ی دیگر حرکت می کند نه ماده ای که موج در آن حرکت می کند.

چشمه موج: جسمی نوسانی که موج را ایجاد می کند.

- ✓ اگر چشمه به طور هماهنگ ساده نوسان کند، اجزای محیط، حول نقطه ی تعادل خود با همان بسامد چشمه نوسان می کنند.

مشخصه های موج

جبهه موج: نقاطی از موج که با هم بالا و پایین می روند.

(نوسان مشابهی دارند)

طول موج(λ): فاصله ی بین دو قله(یا دره ی) مجاور را طول موج می نامیم.

✓ طول موج مسافتی است که موج در مدت یک دوره ی تناوب چشمه ی موج (T) طی می کند.

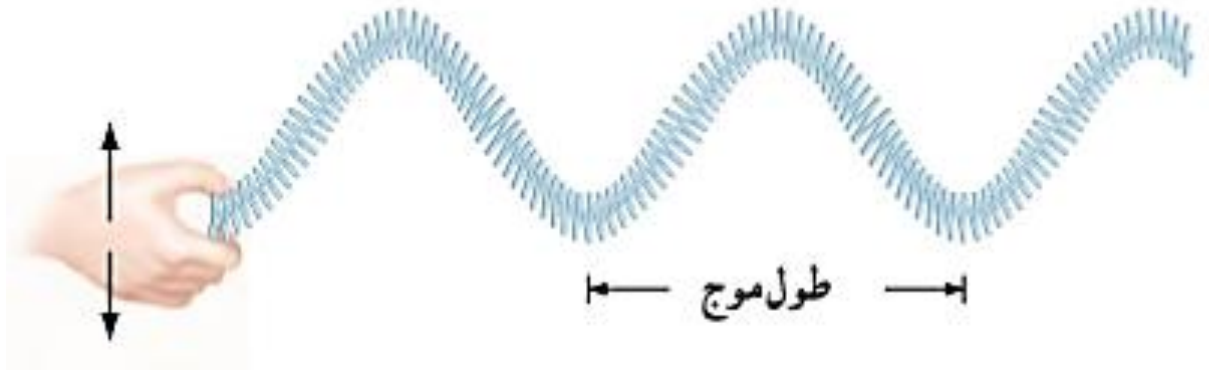
مشخصه های موج

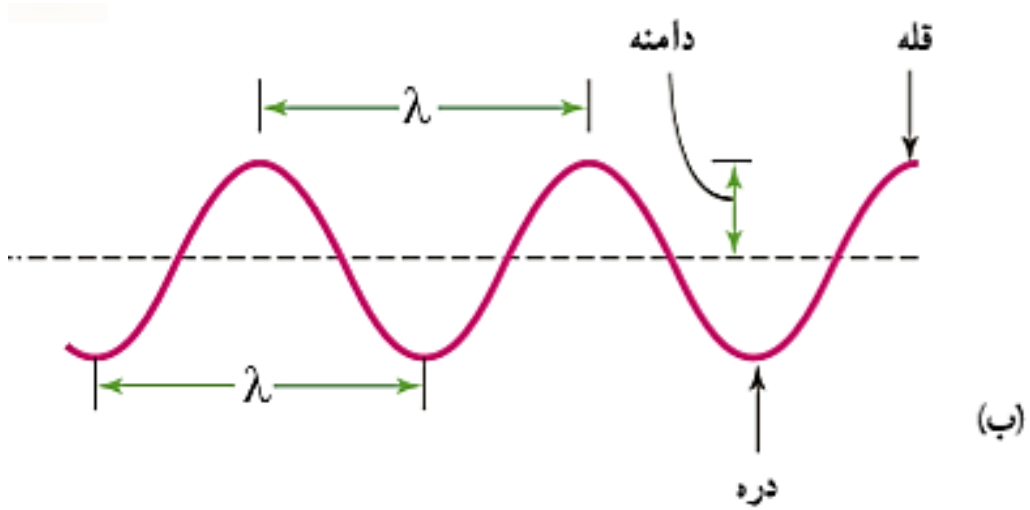
دامنه موج(A): بیشترین فاصله ی یک ذره از مکان تعادل.

دوره تناوب(T): مدت زمانی که هر ذره ی محیط یک نوسان کامل انجام می دهد.

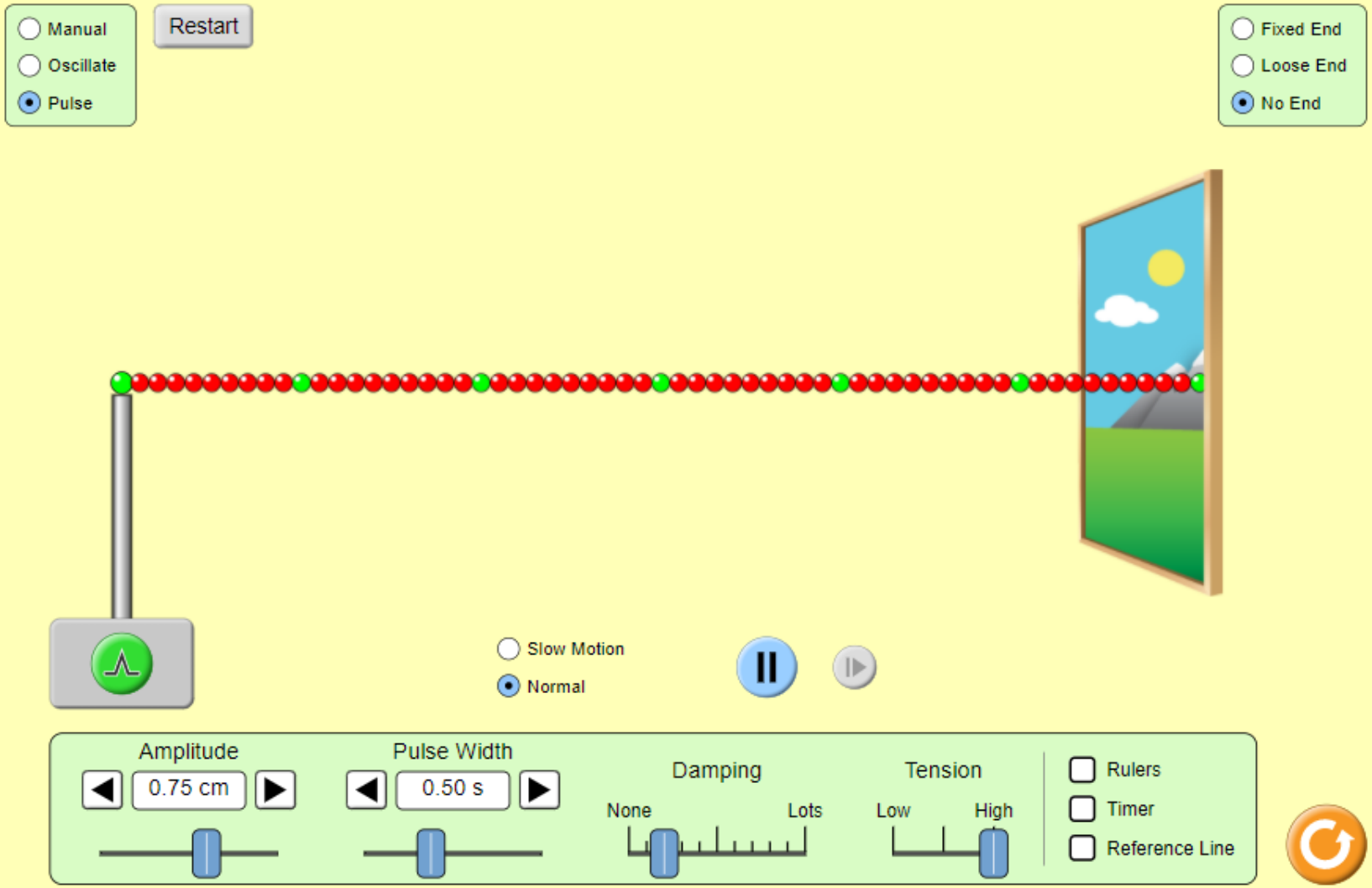
بسامد(f): تعداد نوسان های انجام شده توسط هر ذره ی محیط در یک ثانیه.

✓ بسامد و دوره ی تناوب از مشخصه های چشمه موج هستند.





آزمایشگاه مجازی PHET



Wave on a String

PHET

مشخصه های موج

محاسبه تندی انتشار موج(V): با توجه به تعریف طول موج و دوره ی تناوب، می توان گفت موج در مدت زمان T مسافت λ را طی می کند. پس می توان نوشت:

تندی انتشار $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$

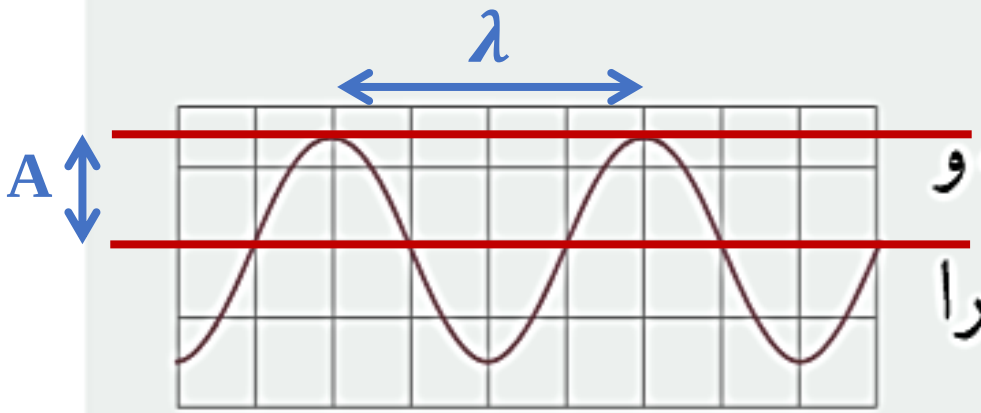
λ: طول موج

f: بسامد

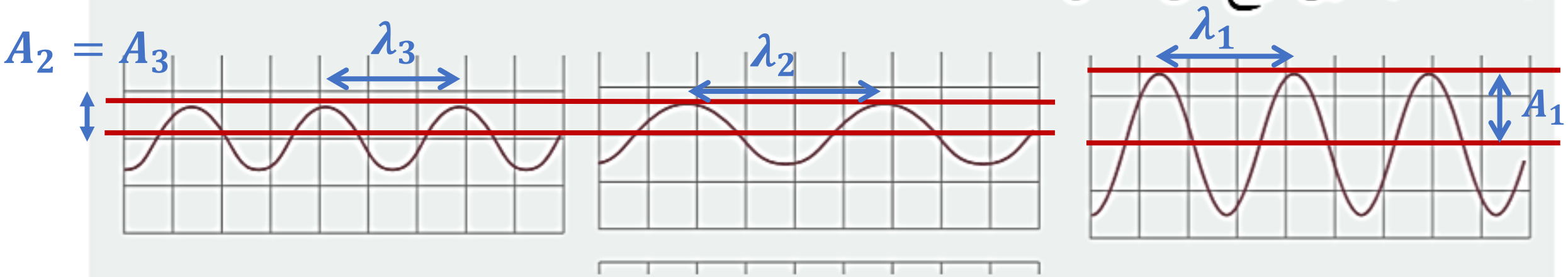
T: زمان تناوب

✓ تندی انتشار موج، به جنس و ویژگی های محیط انتشار بستگی دارد.

پرسش ۳ـ۴



شکل روبه‌رو موجی عرضی را نشان می‌دهد. دامنه و طول‌موج هر کدام از شکل موج‌های الف)، ب) و پ) را با دامنه و طول‌موج این شکل مقایسه کنید.



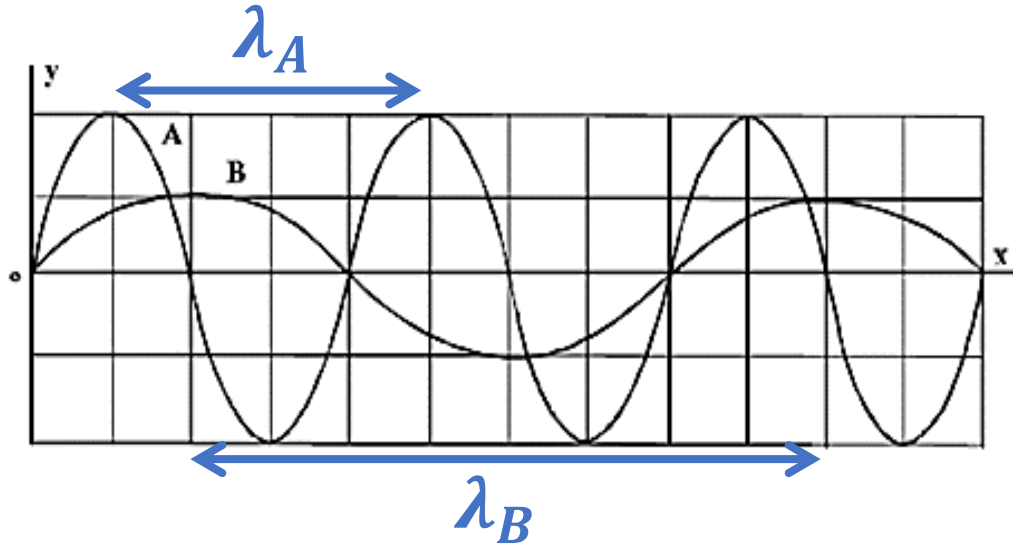
(پ) (ب) (الف)

$A_3 < A$ $A_2 < A$ $A_1 = A$

$\lambda_3 < \lambda$ $\lambda_2 = \lambda$ $\lambda_1 < \lambda$

مثال(کنکور۹۸ریاضی):

در شکل زیر، دو موج مکانیکی A و B در یک محیط منتشر می‌شوند. اگر T دوره‌ی موج و V سرعت انتشار موج باشد، $\frac{T_A}{T_B}$ و $\frac{V_A}{V_B}$ به ترتیب کدامند؟



۱) ۲ و ۱

۲) ۲ و $\frac{1}{2}$

۳) $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{2}$

۴) $\frac{1}{2}$ و ۱

محیط ها یکسان است $\longrightarrow$ $v_A = v_B$

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

$$\longrightarrow \frac{\lambda_A}{T_A} = \frac{\lambda_B}{T_B} \longrightarrow \frac{T_A}{T_B} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$$

نکته: تندی انتشار موج، به جنس و ویژگیهای محیط انتشار بستگی دارد.

محاسبه تندی انتشار موج عرضی در تار یا فنر

تندی انتشار $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ ← نیروی کشش تار

چگالی خطی جرم $\mu = \frac{m}{L}$ ← جرم تار / طول تار

✓ تندری انتشار موج عرضی در یک فنر، تار یا ریسمان کشیده، به نیروی کشش و چگالی خطی جرم بستگی دارد.

مثال(خرداد ۹۹ تجربی):

در یک تار به طول $1.2m$ وجرم $30g$ تندی انتشار موج عرضی ، $10\frac{m}{s}$ است. نیروی کشش این تار چند نیوتون است؟

$$L = 1.2m$$

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{0.03}{1.2} = 2.5 \times 10^{-2}\frac{kg}{m}$$

$$m = 30g = 0.03kg$$

$$v = 10\frac{m}{s}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \longrightarrow 10 = \sqrt{\frac{F}{2.5 \times 10^{-2}}}$$

$$\longrightarrow \quad 100 = \frac{F}{2.5 \times 10^{-2}} \quad \longrightarrow \quad F = 2.5N$$

مثال:

توضیح دهید اگر طول یک طناب را به $\frac{1}{3}$ مقدار اولیه‌ی آن کاهش داده و نیروی کشش آن را ثابت نگه داریم، سرعت انتشار موج در آن چه تغییری می‌کند؟

$$\frac{L_2}{L_1}=\frac{1}{3} \longrightarrow \frac{m_2}{m_1}=\frac{1}{3} \qquad \mu=\frac{m}{L} \longrightarrow \frac{\mu_2}{\mu_1}=\frac{m_2}{m_1}\times\frac{L_1}{L_2}=\frac{1}{3}\times\frac{3}{1}=1$$

$$v=\sqrt{\frac{F}{\mu}} \qquad \left.\begin{array}{l}\mu_2=\mu_1\\ F_2=F_1\end{array}\right\} \longrightarrow \boxed{v_2=v_1}$$

مثال(کنکور۹۸ریاضی):

چگالی خطی جرم (جرم واحد طول) در یک سیم که در ساز موسیقی به کار رفته، $4 \times 10^{-3} \frac{kg}{m}$ است و این سیم بین دو نقطه با نیروی $250N$ کشیده شده است. اگر بسامد صوت حاصل از ساز $312.5\ Hz$ باشد، طول موج ایجاد شده در آن چند متر است؟

۱) ۰/۵ ۲) ۰/۷۵ ۳) ۰/۸۰ ۴) ۱/۲۵

$$\mu = 4 \times 10^{-3} \frac{kg}{m}$$

$$F = 250N$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{250}{4 \times 10^{-3}}} = 250 \frac{m}{s}$$

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f \longrightarrow 250 = \lambda \times 312.5 \longrightarrow \lambda = 0.8m$$

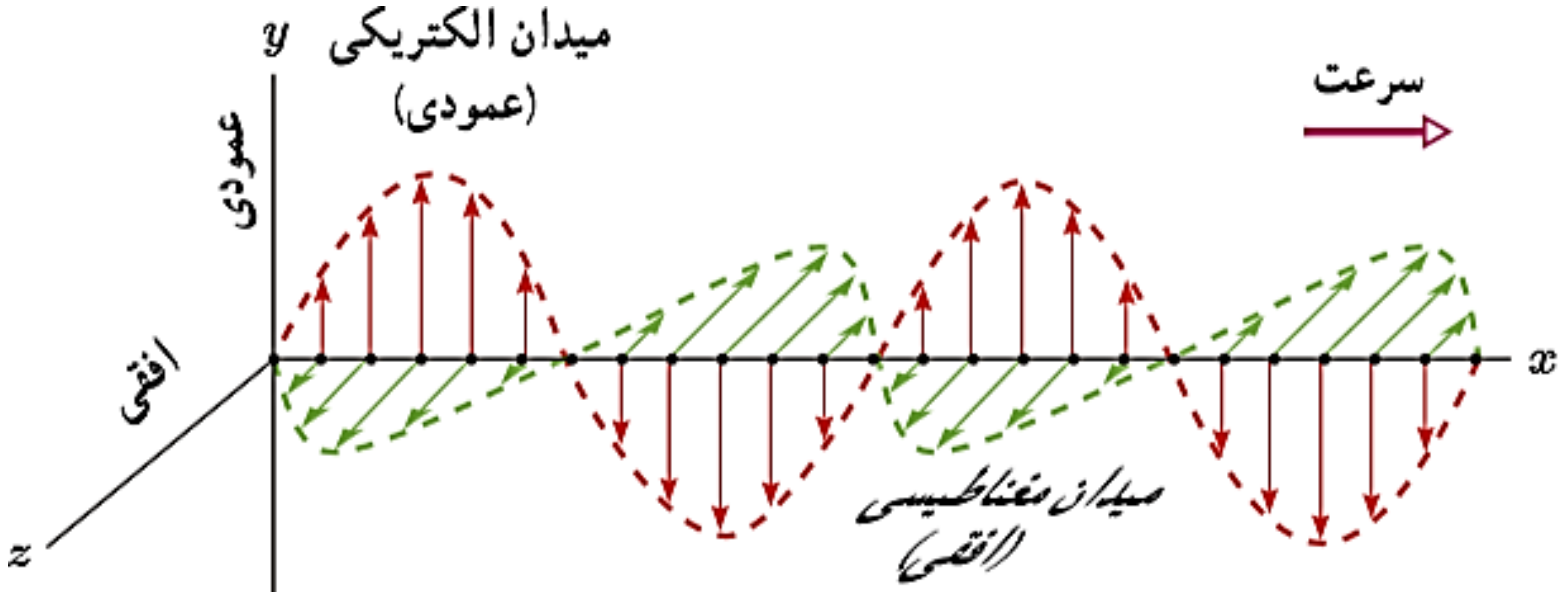
امواج الکترومغناطیسی

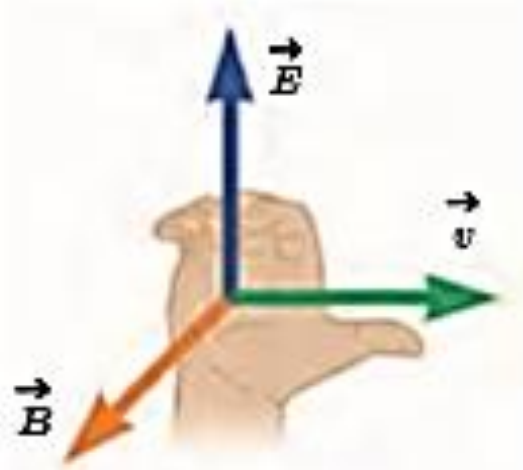
- ✓ امواج الکترومغناطیسی از رابطه ی میدان های الکتریکی و مغناطیسی بوجود می آیند. هر تغییری در میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی متغیری ایجاد می کند و نیز هر میدان مغناطیسی متغیر، میدان الکتریکی متغیر بوجود می آورد.

- ✓ رابطه ی متقابل میدان های الکتریکی و مغناطیی، باعث انتقال نوسان های میدان ها، از یک نقطه به نقاط دیگر یا همان انتشار موج می شود.

مشخصه های امواج الکترومغناطیسی

- ✓ میدان الکتریکی (E) همواره بر میدان مغناطیسی (B) عمود است.
- ✓ میدان های الکتریکی و مغناطیسی همواره بر جهت حرکت موج عمودند. (امواج الکترومغناطیسی عرضی هستند)
- ✓ میدان های الکتریکی و مغناطیسی، با بسامد یکسان و همگام با هم تغییر می کنند.





شکل ۳ــ۲۱ قاعدهٔ دست راست برای یافتن جهت انتشار موج الکترومغناطیسی

امواج الکترومغناطیسی

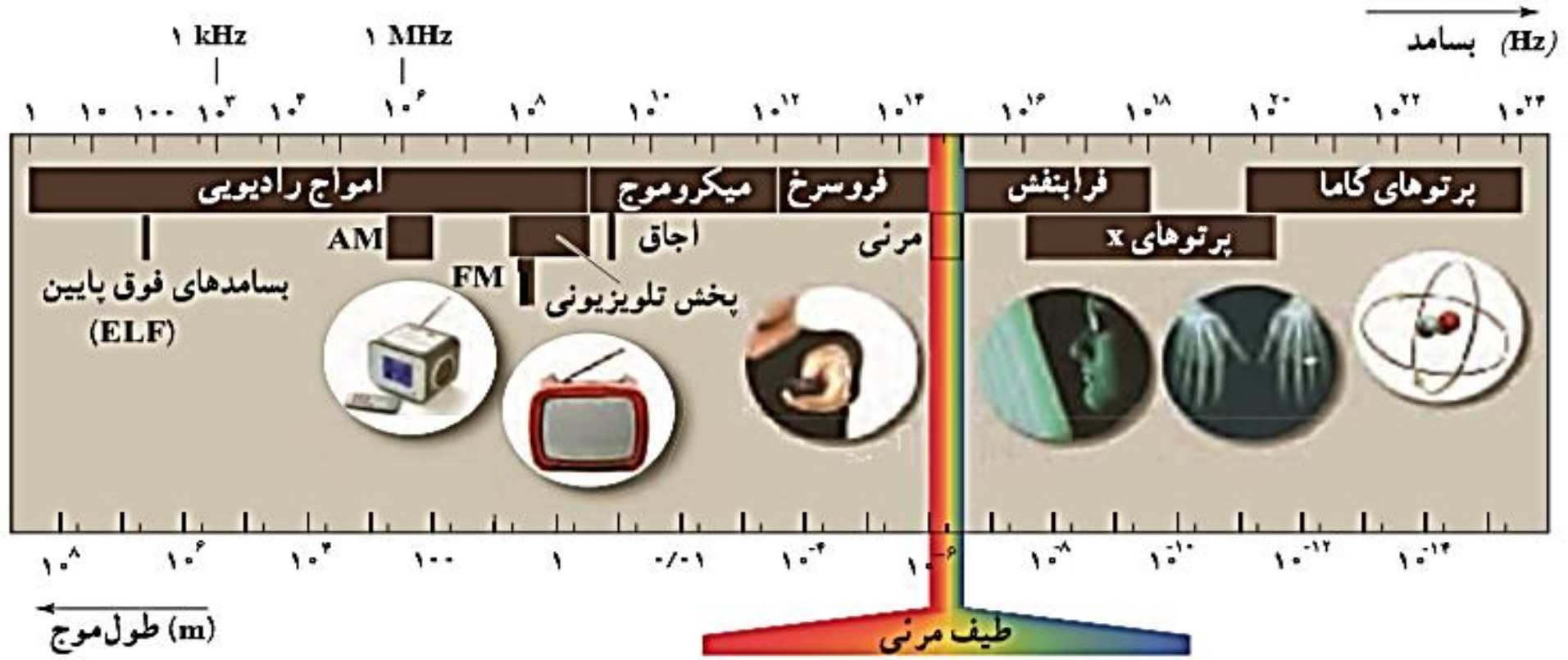
✓ ماکسول نشان داد که تندی امواج الکترومغناطیسی در خلأ از رابطه ی زیر بدست می آید:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} \qquad \left.\begin{array}{l} \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ T.m/A \\ \varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ \dfrac{c^2}{N.m} \end{array}\right\} \longrightarrow \quad c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

✓ هرتز، آزمایش های مهمی را در تأیید نظریه ی ماکسول انجام داد. او نشان داد که امواج رادیویی نیز با همان تندی نور مرئی حرکت می کنند و این نشان دهنده ی سرشت یکسان امواج رادیویی و نور مرئی بود.

✓ در امواج الکترومغناطیسی، انرژی بجای این که به صورت انرژی جنبشی و پتانسیل ذرات منتقل شود، بصورت انرژی میدان های الکتریکی و مغناطیسی منتقل می شود.

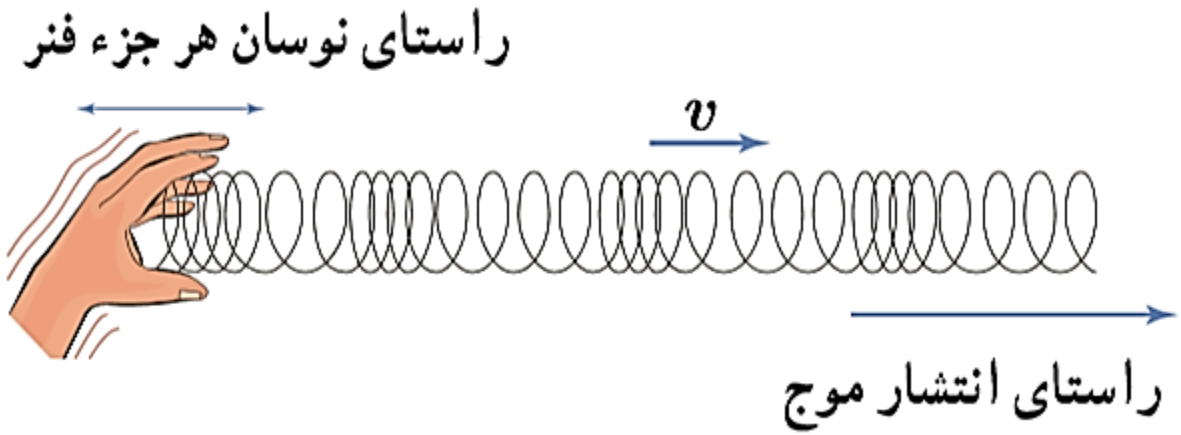
طیف امواج الکترومغناطیسی:



مشخصه های موج طولی

طول موج: فاصله ی بین دو تراکم (جمع شدگی) یا دو انبساط (باز شدگی) متوالی است.

دامنه: بیشینه ی جابجایی از وضع تعادل است.



✓ برای امواج مکانیکی، تندی انتشار امواج طولی در یک محیط جامد، بیشتر از تندی انتشار امواج عرضی در همان محیط است.

مثال(شهریور۹۸تجربی)

اگر طول موج یک موج صوتی در هوا برابر $0.5m$ باشد، (تندی صوت در هوا تقریبا $335\frac{m}{s}$ فرض شود)

الف – بسامد این صوت چند هرتز است؟

ب – طول موج این موج صوتی در آب $2.2m$ است. تندی انتشار صوت در آب چند متر بر ثانیه است؟

$\lambda = 0.5m$

$v = 335\frac{m}{s}$

$$v = \lambda f \longrightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{335}{0.5} = 670\ Hz$$

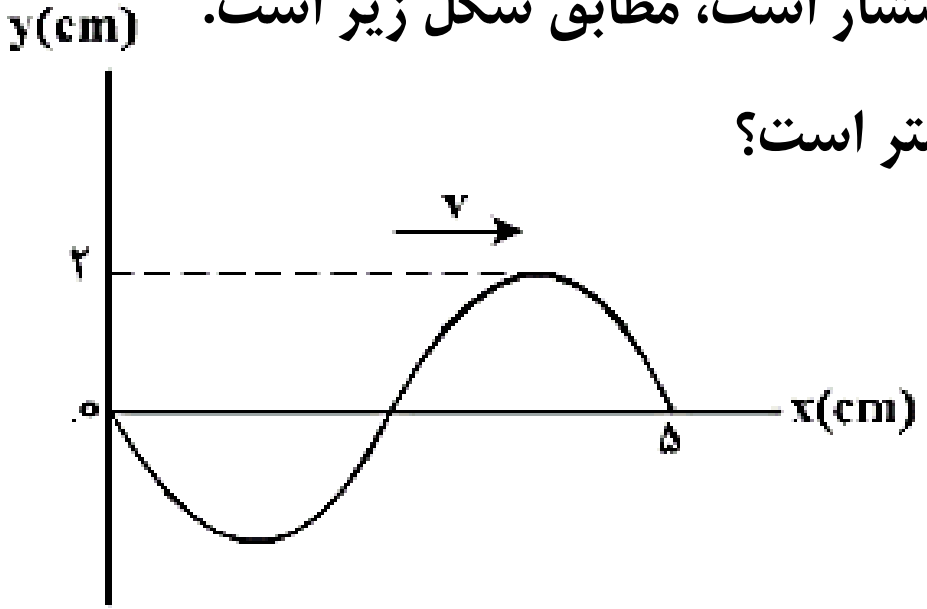
وقتی محیط عوض می شود، بسامد ثابت می ماند

$$f_1 = f_2 \longrightarrow \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} \longrightarrow \boxed{\frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}} \longrightarrow \frac{v_2}{335} = \frac{2.2}{0.5}$$

$$\longrightarrow v_2 = \frac{2.2 \times 335}{0.5} = 1474\frac{m}{s}$$

مثال(کنکور۹۸تجربی)

نقش یک موج عرضی که در یک طناب با سرعت $20\frac{cm}{s}$ در حال انتشار است، مطابق شکل زیر است.



مسافتی که یک ذره از طناب در مدت $\frac{1}{8}s$ طی می‌کند، چند سانتی‌متر است؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۸

$$v = \frac{\lambda}{T} \longrightarrow T = \frac{\lambda}{v} = \frac{5}{20} = \frac{1}{4}s$$

$$v = 20\frac{m}{s}$$

$$\lambda = 5cm$$

$$A = 2cm$$

$$t = \frac{1}{8}s = \frac{T}{2} \longrightarrow \text{ذره به اندازه ی دو برابر دامنه مسافت طی می کند} \longrightarrow \text{مسافت} = 4cm$$

به نام خدا

فیزیک دوازدهم

رشته های علوم تجربی و ریاضی فیزیک

فصل سوم: صوت

محمد حسین پاک طینت

بهمن ماه ۹۹

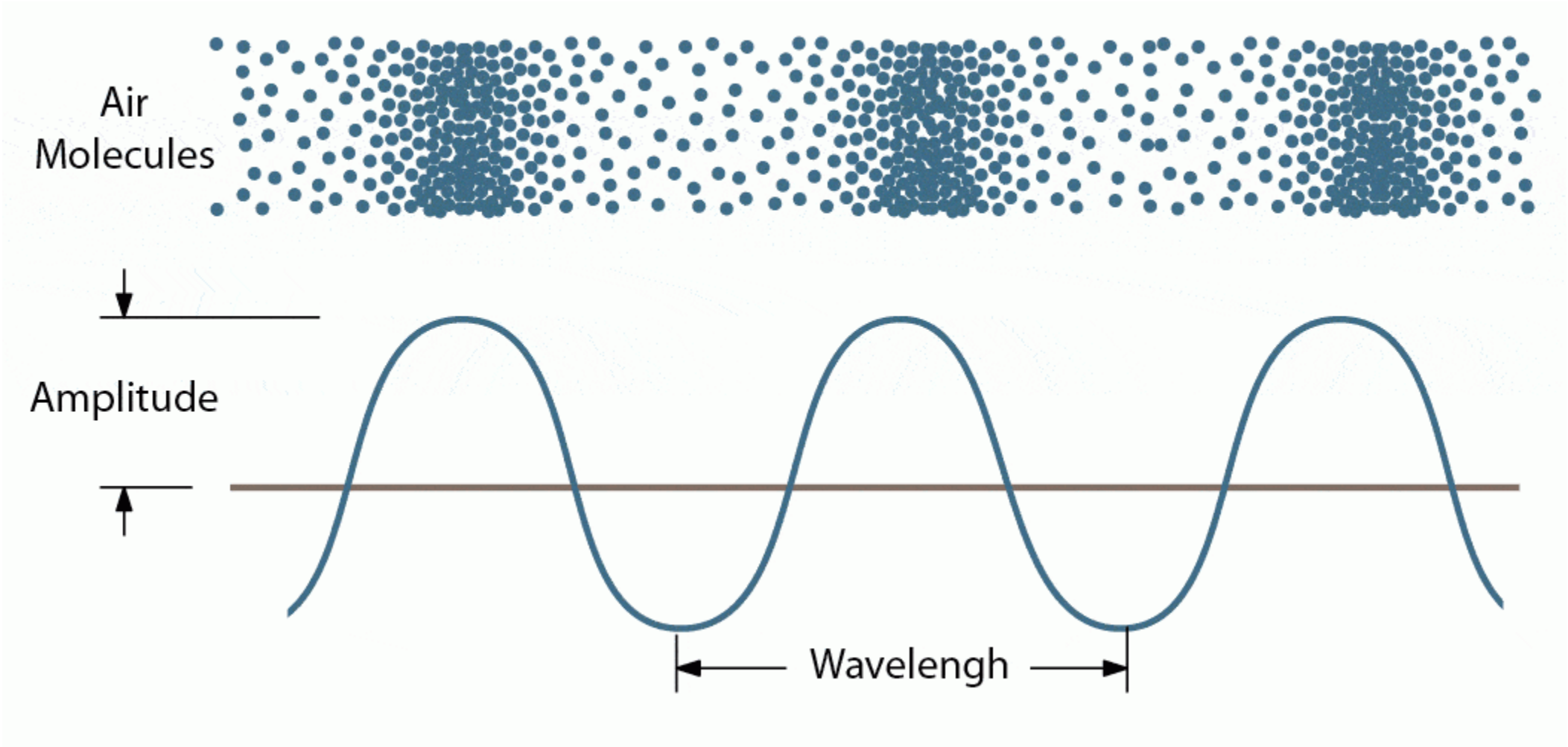
موج صوتی

صوت:

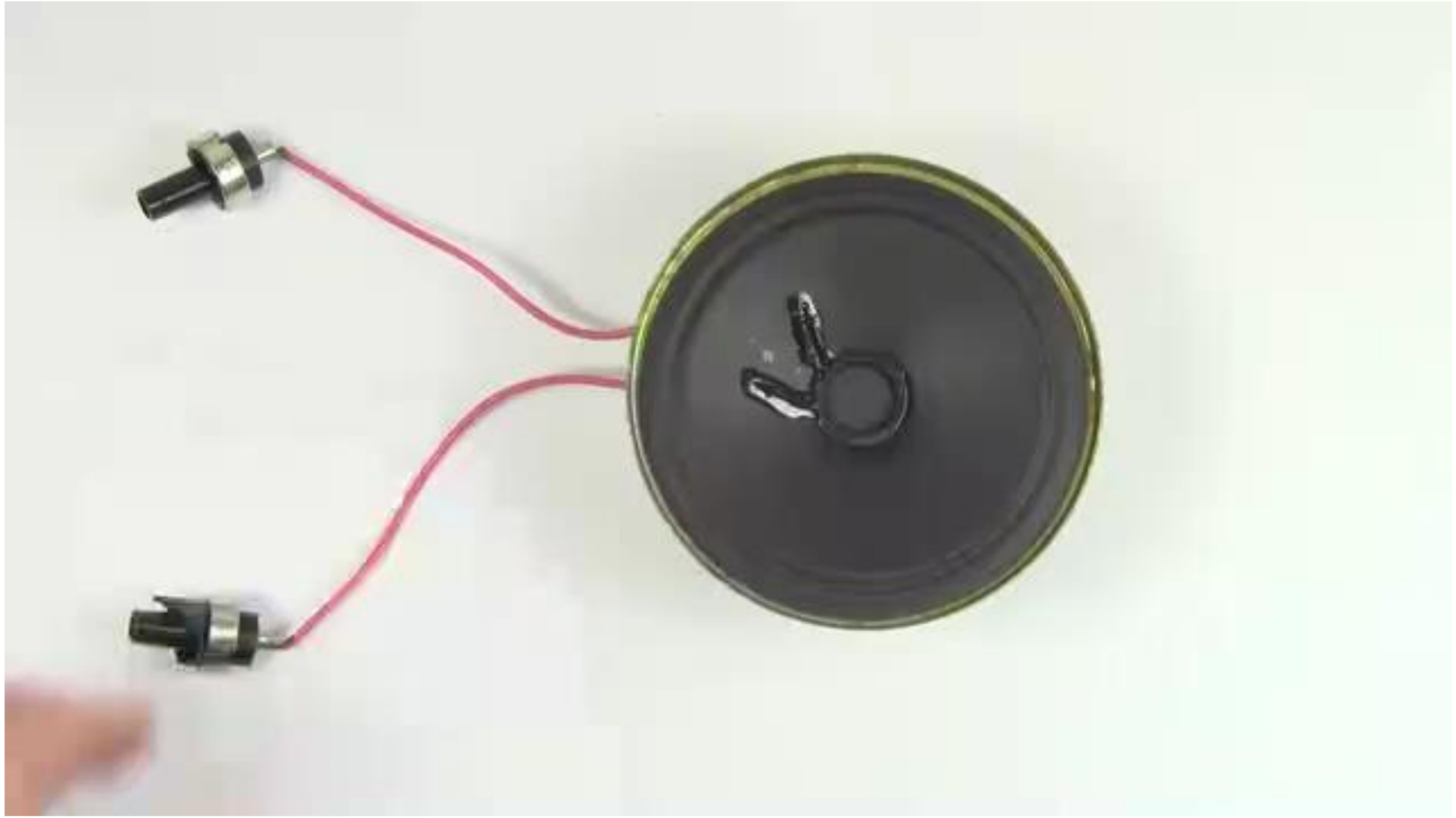
- سه بعدی است ← در تمام جهت ها منتشر می شود
- مکانیکی است ← به محیط مادی نیاز دارد
- موج طولی است ← راستای نوسان با راستای انتشار موج یکی است
- از مجموعه ای از تراکم ها و انبساط ها تشکیل شده است

چشمه ی صوت: جسمی مرتعش که صوت را تولید می کند. مانند سیم گیتار، حنجره انسان، بلندگو

نحوه تولید موج صوتی



نحوه تولید موج صوتی



موج صوتی

✓ سرعت انتشار صوت در هر محیط (مانند هر موج دیگری) به ویژگیهای محیط بستگی دارد.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \longrightarrow \text{سرعت انتشار}$$

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

λ: طول موج

f: بسامد

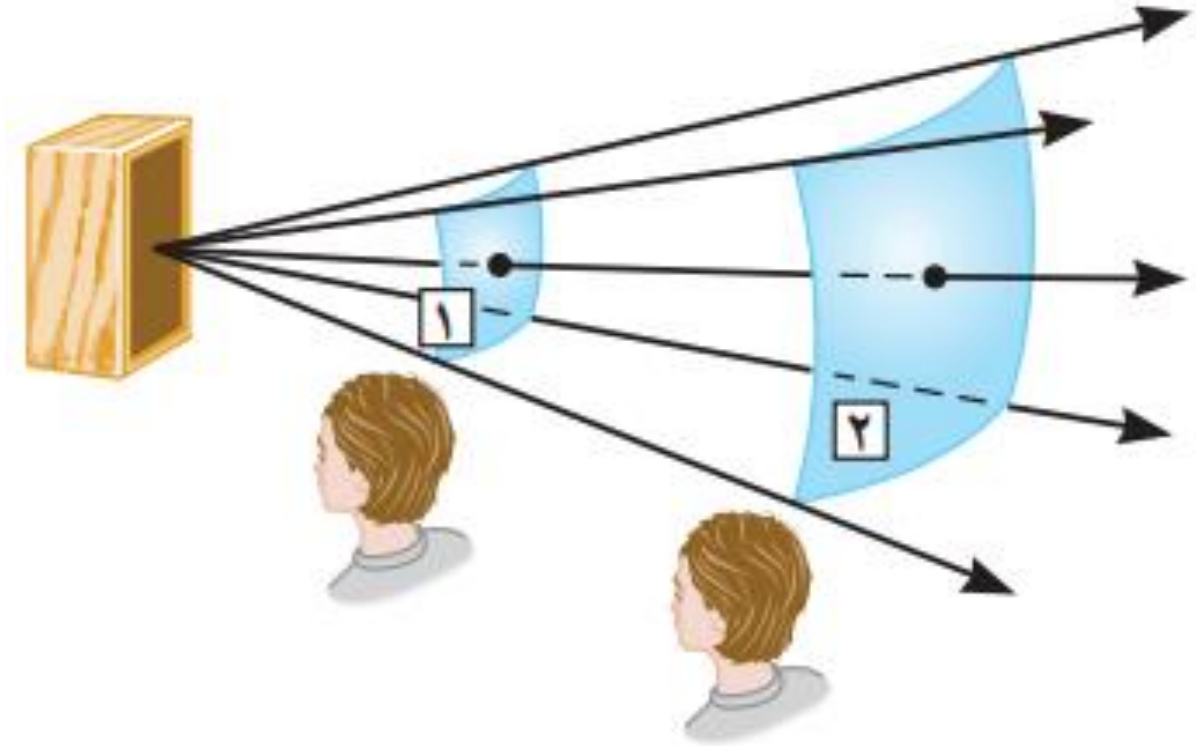
T: زمان تناوب

✓ سرعت صوت، عموما در جامدات بیشتر از مایعات و در مایعات بیشتر از گازها است.

✓ سرعت صوت علاوه بر جنس محیط، به دمای محیط نیز بستگی دارد.

شدت صوت

❖ چشمه ی صوت، با به حرکت در آوردن لایه ای از محیط که در تماس با چشمه است، انرژی را از ناحیه ای به ناحیه ی دیگر منتقل می کند و به محیط انرژی می دهد.



شدت صوت: انرژی که در مدت ۱ثانیه بوسیله ی موج به مساحت ۱متر مربع (عمود بر راستای انتشار) می رسد.

یا

آهنگ متوسط انرژی است که به واحد سطح عمود بر راستای انتشار می رسد.

شدت صوت $I = \frac{E}{At} \longrightarrow I = \frac{\overline{P}}{A}$ $\left(\frac{w}{m^2}\right)$

$\overline{P}$: توان متوسط انتقال انرژی

A: مساحتی که صدا به آن برخورد می کند

✓ شدت صوت را با یک آشکارساز اندازه می گیرند.

مثال(کنکور ۹۵ رشته ی علوم تجربی):

صفحه‌ی حساسی به مساحت $3\ cm^2$ بر راستای انتشار صوت عمود است و در مدت ۵ ثانیه، $1/5 \times 10^{-11} j$ انرژی صوتی به صفحه می رسد. شدت صوت در سطح این صفحه چند میکروواط بر متر مربع است؟

۱) $2/5 \times 10^{-8}$ ۲) 10^{-8} ۳) 0.01 ۴) 0.25

$$I = \frac{E}{At} = \frac{1.5 \times 10^{-11}}{3 \times 10^{-4} \times 5} = 10^{-8}\,\frac{w}{m^2} = 10^{-2}\,\frac{\mu w}{m^2}$$

مثال:

توان یک منبع صوتی $30w$ است. شدت صوت حاصل از این منبع در فاصله‌ی ۵ متری منبع صوت چقدر است؟($\pi = 3$)

$P = 30w$

$r = 5m$

$I = ?$

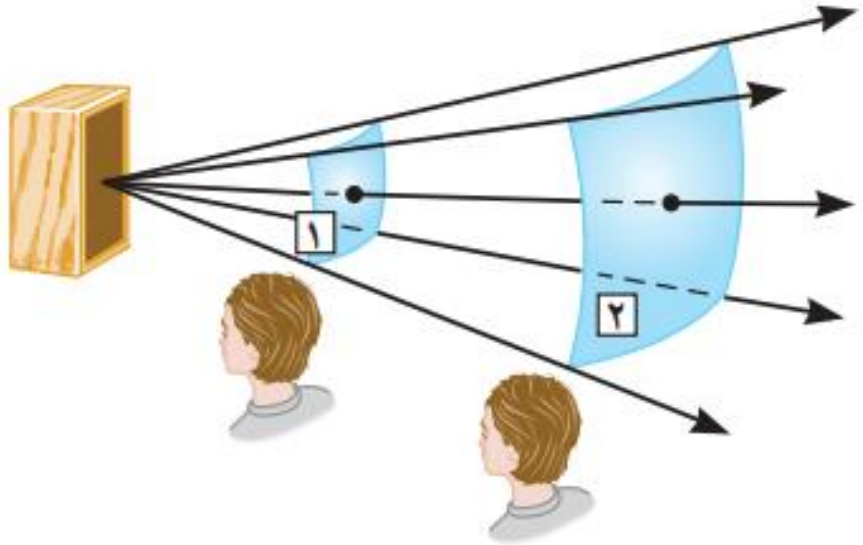
$$I = \frac{\overline{P}}{4\pi r^2} = \frac{30}{4 \times 3 \times 25} = \frac{1}{1000} \ \frac{w}{m^2}$$

رابطه های شدت صوت

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

مساحت کره $A = 4\pi r^2$

$$\longrightarrow \quad I = \frac{\bar{P}}{4\pi r^2}$$



$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{P_2}{P_1} \times \frac{A_1}{A_2}$$

وقتی چشمه صوت تغییر نمی کند
خواهد بود $P_1 = P_2$

$$\longrightarrow \quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{A_1}{A_2} \quad \longrightarrow \quad \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

مثال:

شدت صوت یک سخنران در یک سالن در فاصله‌ی ۴متری از او برابر $10^{-6}\ \frac{w}{m^2}$ است. شدت صوت سخنران در فاصله‌ی ۲۰متری ، چقدر است؟(از جذب انرژی صوتی در هوا چشم‌پوشی می‌شود)

$r_1 = 4m$

$I_1 = 10^{-6}\ \frac{w}{m^2}$

$r_2 = 20m$

$I_2 = ?$

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \longrightarrow \frac{I_2}{10^{-6}} = \left(\frac{4}{20}\right)^2 \longrightarrow$$

$$\frac{I_2}{10^{-6}} = \frac{1}{25} \longrightarrow I_2 = \frac{1}{25} \times 10^{-6} = 4 \times 10^{-8}\ \frac{w}{m^2}$$

تراز شدت صوت

✓ نسبت شدت های صوت در گستره ی شنوایی انسان، در حدود 10^{12} است. از $I_0 = 10^{-12}\frac{w}{m^2}$ که شدت صوت مرجع(آستانه ی شنوایی) نامیده می شود تا $I = 1\frac{w}{m^2}$ که آستانه ی دردناکی (صوت با شدت بیشتر از این مقدار، باعث درد گرفتن گوش می شود)نامیده می شود.

✓ به دلیل وسیع بودن گستره ی شدت هایی که می توانیم بشنویم، راحت تر آن است که از لگاریتم استفاده کنیم:

$$\beta = 10log\frac{I}{I_0}$$ تراز شدت صوت (تراز صوتی)

✓ یکای تراز شدت صوت، دسی بل (dB) است.

✓ تراز شدت صوت مربوط به آستانه ی شنوایی($I_0 = 10^{-12}\frac{w}{m^2}$)، صفر است. $\beta_0 = 0$

مثال:

تراز شدت صوت برای شدت صوت $I = 10^{-5}\ \frac{w}{m^2}$ چند دسی‌بل است؟ $I_o = 10^{-12}\ \frac{w}{m^2}$

$$\beta = 10log\frac{I}{I_0} = 10log\frac{10^{-5}}{10^{-12}} = 10log10^{7} = 10 \times 7 = 70\ dB$$

$$log10^{n} = n$$

مثال(کنکور ۹۲ رشته ی ریاضی فیزیک):

شدت صوتی $3/2 \times 10^{-3} \frac{w}{m^2}$ است. تراز شدت این صوت چند دسی بل است؟

$(log\ 2 = 0/3 , I_o = 10^{-12} \frac{w}{m^2})$

۱) ۱۵ ۲) ۲۵ ۳) ۸۵ ۴) ۹۵

$$\beta = 10log\frac{I}{I_0} = 10log\frac{3.2 \times 10^{-3}}{10^{-12}} = 10log(32 \times 10^8)$$

$$= 10log2^5 + 10log10^8 = 50log2 + 80log10 = 15 + 80 = 95\ dB$$

$$log(ab) = loga + logb$$

مثال:

تراز شدت صوت در صحبت کردن از فاصله‌ی یک متری، $40dB$ است. شدت صوت را برای آن حساب کنید.

$$I_0 = 10^{-12}\,\frac{w}{m^2}$$

$$\beta = 10log\frac{I}{I_0} \longrightarrow 40 = 10log\frac{I}{I_0} \longrightarrow 4 = log\frac{I}{I_0}$$

$$\longrightarrow log10^4 = log\frac{I}{I_0} \longrightarrow \frac{I}{I_0} = 10^4 \longrightarrow I = 10^{-12} \times 10^4$$

$$I = 10^{-8}\,\frac{w}{m^2}$$

مثال(کنکور ۹۰ رشته ی ریاضی فیزیک):

تراز شدت صوتی ۲۶ دسی‌بل است. شدت این صوت چند وات بر متر مربع است؟

$(log\,2 = 0/3\ ,I_o = 10^{-12}\,\frac{w}{m^2})$

۱) 4×10^{-10} ۲) 2×10^{-4} ۳) 4×10^{-4} ۴) 42×10^{-10}

$$\beta = 10log\frac{I}{I_0} \longrightarrow 26 = 10log\frac{I}{I_0} \longrightarrow 2.6 = log\frac{I}{I_0}$$

$$\longrightarrow 2.6 = 2 + 2 \times 0.3 = log10^2 + 2 \times log2 = log10^2 + log2^2 = log400$$

$$\longrightarrow log400 = log\frac{I}{I_0} \longrightarrow \frac{I}{I_0} = 400 \longrightarrow I = 400 \times 10^{-12}\,\frac{w}{m^2}$$

رابطه ی مقایسه ای برای تراز شدت صوت

$$\beta = 10log\frac{I}{I_0} \longrightarrow \Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 10log\frac{I_2}{I_1}$$

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

تمرین ۳ـ۷

با زیاد کردن صدای تلویزیونی، شدت صوتی که به گوش ما می‌رسد ۱۰۰ برابر می‌شود. تراز شدت صوتی که می‌شنویم چند دسی‌بل افزایش یافته است؟

$$\frac{I_2}{I_1} = 100 \qquad \Delta\beta = 10log\frac{I_2}{I_1} = 10log100 = 10 \times 2 = 20dB$$

$$\Delta\beta = ?$$

مثال(کنکور ۹۹ رشته ی علوم تجربی)

اگر با زیاد کردن دامنه ی یک صوت، شدت صوتی که به گوش می رسد، ۱۰۰۰ برابر شود، تراز شدت صوتی که می شنویم، چگونه تغییر می کند؟

۱) ۳۰ برابر می شود

۲) ۳ برابر می شود.

۳) ۳۰ دسی بل افزایش می یابد.

۴) ۳ دسی بل افزایش می یابد.

$$\frac{I_2}{I_1} = 1000 \qquad \Delta\beta = 10log\frac{I_2}{I_1} = 10log1000 = 10 \times 3 = 30dB$$

مثال:

در فاصله‌ی $20\ m$ از یک چشمه‌ی صوت، تراز شدت صوت $40\ dB$ است. در چه فاصله‌ای از این چشمه می توان صوت را به زحمت شنید؟

(از جذب صوت به‌وسیله‌ی هوا چشم‌پوشی کنید.)

$r_1 = 20m$

$\beta_1 = 40\ dB$

آستانه شنوایی $\beta_2 = 0$

$r_2 =?$

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

$$40 - 0 = 10log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$4 = log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = log10^4$$

$$\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = 10^4$$

$$\frac{r_2}{r_1} = 10^2$$

$$r_2 = 20 \times 100$$

$$r_2 = 2000\ m$$

$$log10^4 = 4$$

مثال(کنکور۹۹ رشته ریاضی فیزیک):

دو شخص به فاصله های d_1 و d_2 از یک چشمه ی صوت قرار دارند. شخصی که در فاصله ی d_1 قرار دارد، صدا را ۱۸ دسی بل بلند تر می شنود. $\frac{d_2}{d_1}$ کدام است؟ ($log2 = 0/3$ و از جذب انرژی صوت توسط محیط صرف نظر شود.)

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۹ ۴) ۱۶

$$\beta_1 - \beta_2 = 18\ dB \qquad \beta_1 - \beta_2 = 10log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \longrightarrow 18 = 10log\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \longrightarrow$$

$$1.8 = log\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \longrightarrow 6 \times 0.3 = 6 \times log2 = log2^6 \longrightarrow log64 = log\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$

$$\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 = 64 \longrightarrow \frac{d_2}{d_1} = 8$$

ادراک شنوایی

تُن موسیقی: صوت حاصل از چشمه هایی که حرکت هماهنگ ساده انجام می دهند(مانند دیاپازون)

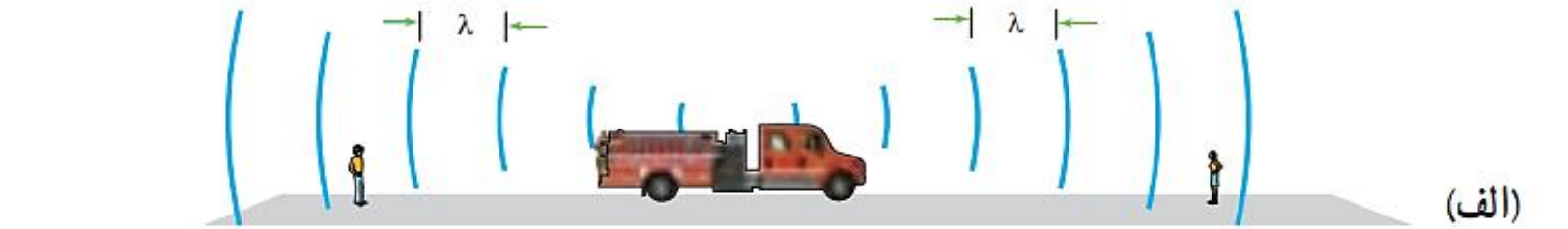
- ✓ با شنیدن هر تُن، دو ویژگی صوت را می توان تشخیص داد: ارتفاع و بلندی صوت
- ✓ ارتفاع و بلندی صوت هردو به ادراک شنوایی ما مربوط می شوند.
- ✓ ارتفاع، بسامدی است که گوش انسان درک می کند.
- ✓ بلندی، شدتی است که گوش انسان از صوت درک می کند.

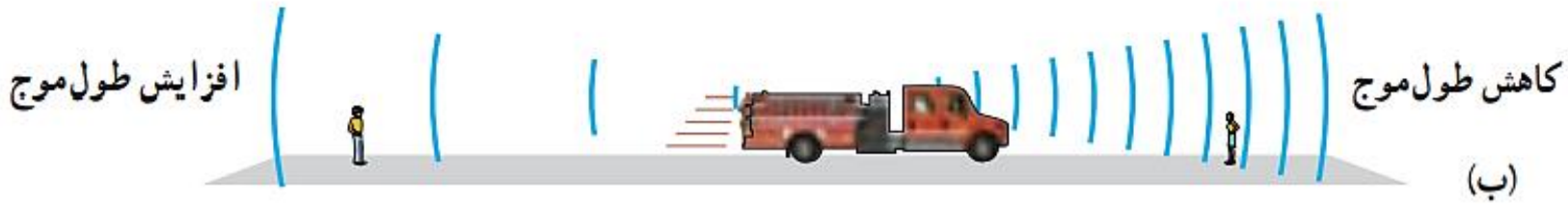
ادراک شنوایی

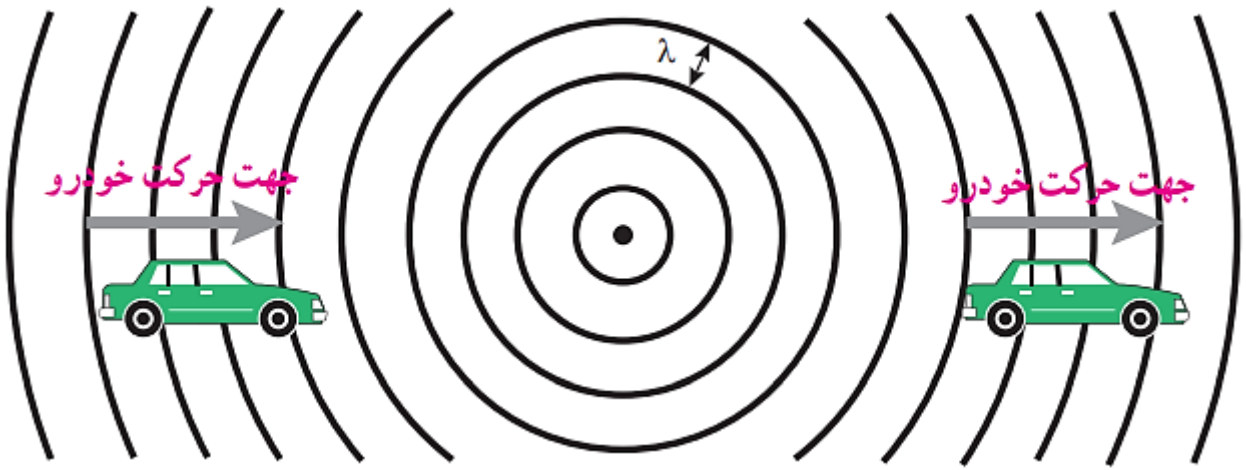
- ✓ بلندی با شدت متفاوت است. شدت را می توان با آشکارساز اندازه گرفت اما بلندی چیزی است که ما حس می کنیم.
- ✓ حساسیت دستگاه شنوایی انسان به بسامد های مختلف، متفاوت است. بیشترین حساسیت گوش انسان به بسامد های بین ۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰ هرتز است.
- ✓ گوش انسان قادر به شنیدن تُن های (بسامد های) صدای ۲۰ هرتز تا ۲۰۰۰۰ هرتز است.

اثر دوپلر

✓ به تغییر بسامد موجی که به ناظر می رسد در اثر حرکت چشمه ی موج یا ناظر اثر دوپلر می گویند







اثر دوپلر

- ✓ وقتی ناظر و چشمه به هم نزدیک می شوند، بسامد موجی که به ناظر می رسد، بیشتر از بسامد تولید شده است.
- ✓ وقتی ناظر و چشمه از هم دور می شوند، بسامد موجی که به ناظر می رسد، کمتر از بسامد تولید شده است.
- ✓ اثر دوپلر نه تنها برای امواج صوتی بلکه برای امواج الکترومغناطیسی نیز برقرار است.

به نام خدا

فیزیک دوازدهم

رشته های علوم تجربی و ریاضی فیزیک

بازتاب موج

محمد حسین پاک طینت

بهمن ماه ۹۹

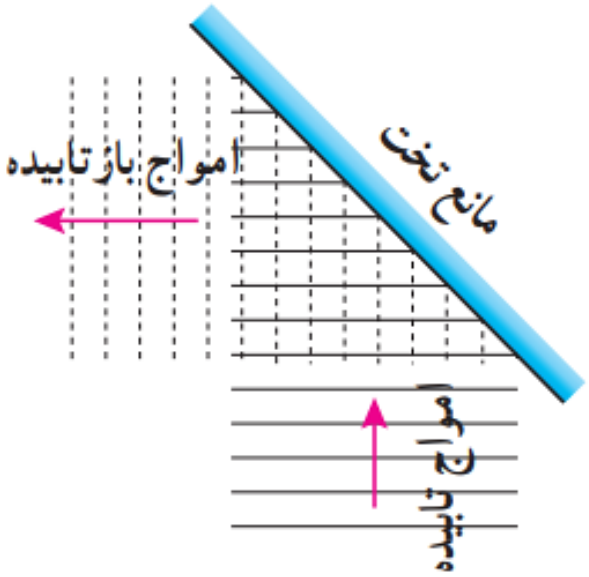
بازتاب امواج مکانیکی

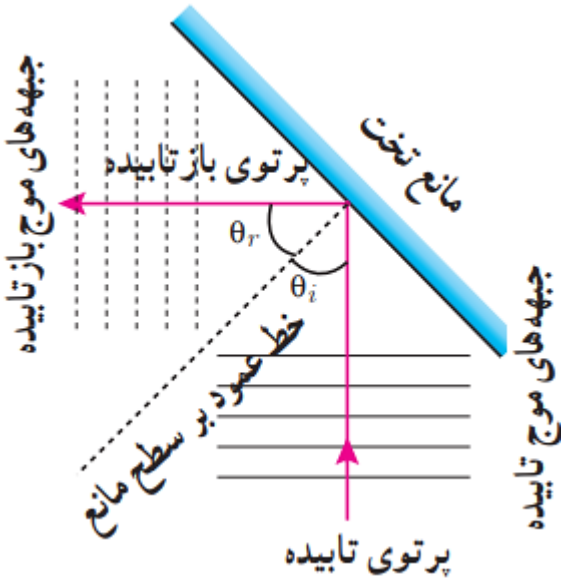
بازتاب یک بعدی: بازتاب از انتهای ثابت طناب

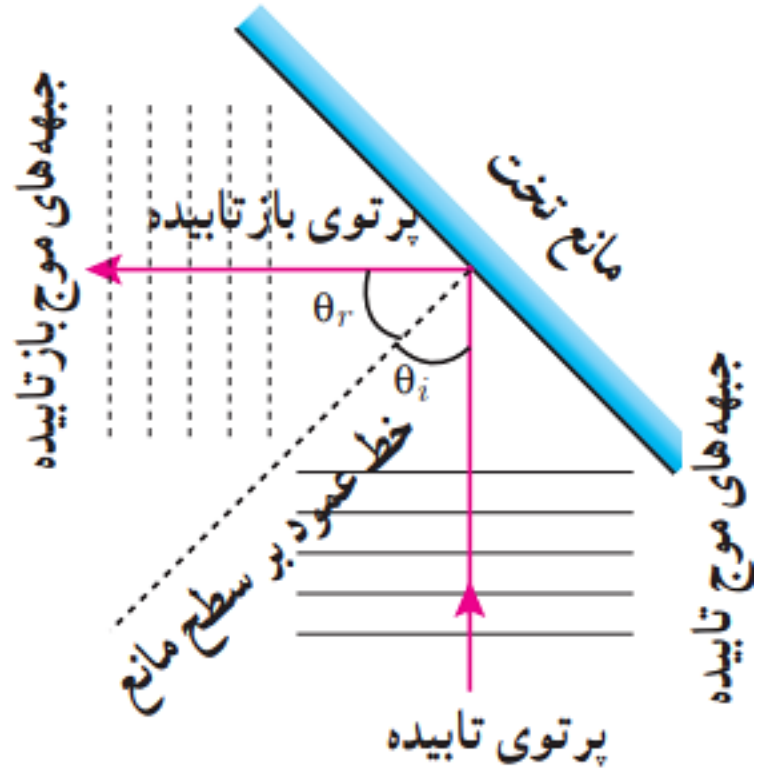
✓ تپ بازتابیده در جهت مخالف تپ تابیده شده حرکت می کند.

بازتاب دو بعدی: بازتاب امواج روی سطح آب

نمودار پرتوی: یک پرتو، پیکان مستقیمی عمود بر جبهه های موج است که جهت انتشار را نشان می دهد.





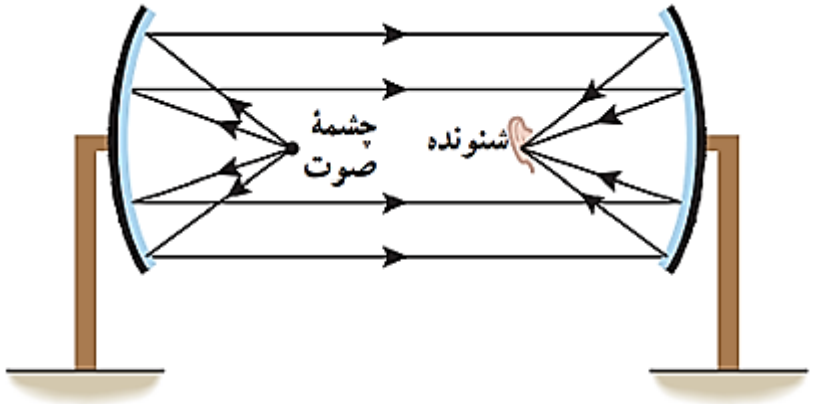


زاویه تابش(θ_i) : زاویه بین خط عمود و پرتو تابش(فرودی)

زاویه بازتابش(θ_r): زاویه ی بین خط عمود و پرتو بازتاب

قانون بازتاب عمومی: $\theta_i = \theta_r$

بازتاب سه بعدی: بازتاب امواج صوتی از یک سطح سخت مانند دیوار



✓ بازتاب صوت نیز از قانون بازتاب عمومی پیروی می کند.

✓ امواج صوتی نیز مانند سایر امواج، از سطوح خمیده نیز بازتاب می شوند.

پژواک: بازتاب صوت که با یک تاخیر زمانی، به گوش شنونده ای برسد که صوت اولیه را مستقیما می شنود.

✓ اگر تاخیر زمانی کمتر از $0.1\ s$ باشد، گوش انسان نمی تواند پژواک را از صوت مستقیم اولیه تشخیص دهد.

مکان یابی پژواکی: روشی است که بر اساس امواج صوتی بازتابیده از یک جسم، مکان آن را تعیین کند.

✓ خفاش، از مکان یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر، برای تعیین مکان اجسام متحرک و تندی آنها استفاده می کند.

✓ برای تعیین تندی شارش خون(گویچه های قرمز) در رگ ها نیز از مکان یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر استفاده می شود.

✓ در دستگاههای سونار در کشتی ها و نیز در سونوگرافی نیز از مکان یابی پژواکی استفاده می شود.

تمرین ۳ـ۸

کمترین فاصلهٔ بین شما و یک دیوار بلند چقدر باشد تا پژواک صدای خود را از صدای اصلی تمیز دهید؟ تندی صوت در هوا را ۳۴۰ m/s در نظر بگیرید.

حد اقل تاخیر زمانی بین دو صوت $\Delta t = 0.1\ s$

$v = 340 \frac{m}{s}$

$\Delta x = ?$

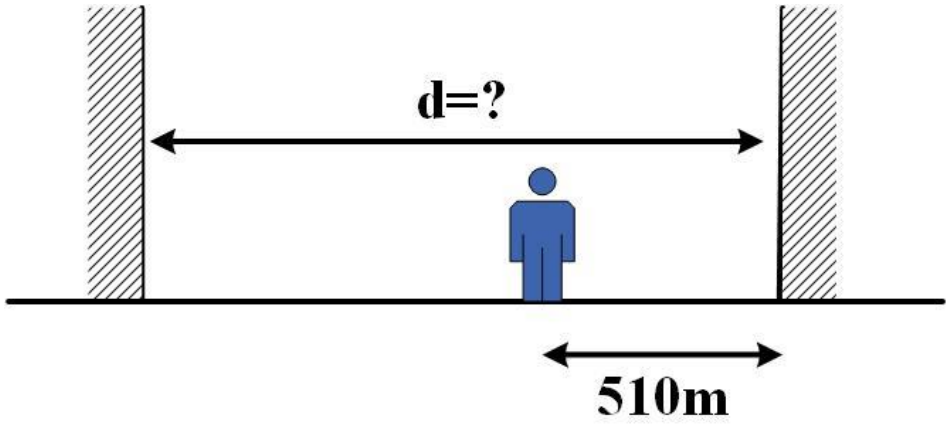
$$\Delta x = v\Delta t = 340 \times 0.1 = 34\ m$$

✓ مسافت رفت و برگشت صوت، ۳٤ متر است. پس فاصله تا دیوار برابر با ۱۷ متر خواهد بود.

مثال(کنکور ۹۸ تجربی):

شخصی بین دو صخره ی قائم و موازی ایستاده است و فاصله اش از صخره ی نزدیک تر ۵۱۰ متر است. اگر این شخص فریاد بزند، اولین پژواک صدای خود را ۳ ثانیه‌ی بعد می شنود و پژواک دوم را یک ثانیه پس از آن می شنود. فاصله‌ی بین دو صخره چند متر است؟

۱) ۱۳۶۰ ۲) ۱۱۹۰ ۳) ۱۰۲۰ ۴) ۸۵۰



زمان رفت(یا برگشت)از صخره نزدیک $t_1 = 1.5\ s$

$$v = \frac{\Delta x_1}{\Delta t} = \frac{510}{1.5} = 340\,\frac{m}{s}$$

زمان رفت(یا برگشت)از صخره دورتر $t_2 = 2s$

$$\Delta x_2 = v t_2 = 340 \times 2 = 680\ m$$

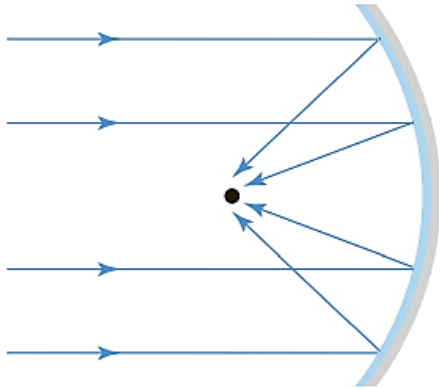
$$d = 680 + 510 = 1190\ m$$

بازتاب امواج الکترومغناطیسی

✓ بازتاب امواج الکترومغناطیسی نیز از قانون بازتاب عمومی پیروی می کند.

✓ امواج تابیده شده به یک سطح کاو، پس از بازتابش در یک نقطه کانونی می شوند.(بازتاب در سه بعد)

✓ برای دریافت امواج رادیویی و یا اجاق های خورشیدی نیز از یک سطح کاو برای کانونی کردن امواج الکترومغناطیسی استفاده می شود.



✓ در رادارهای دوپلری از امواج الکترومغناطیسی برای مکان یابی پژواکی استفاده می شود.

بازتاب امواج الکترومغناطیسی

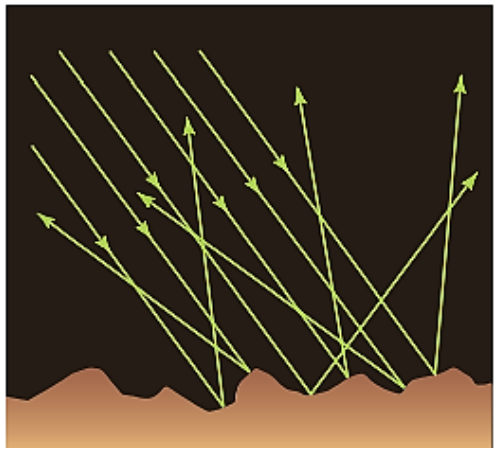
✓ نور مرئی نیز از قانون بازتاب عمومی پیروی می کند.

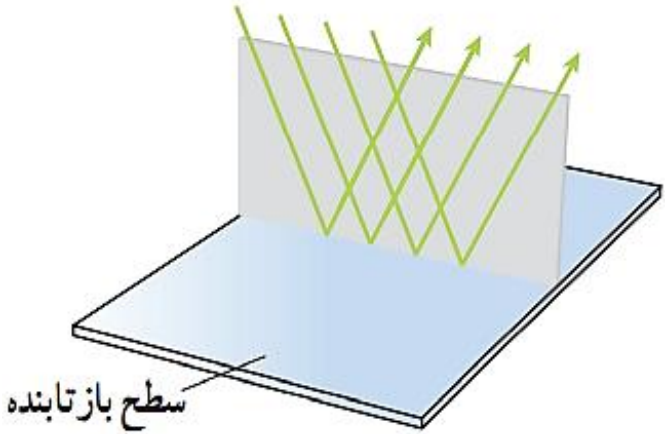
✓ در بازتاب نور مرئی، مانند سایر امواج، پرتوی تابش، پرتوی بازتاب و خط عمود بر سطح در یک صفحه اند.

بازتاب منظم(آینه ای): سطح بازتاب کننده ی نور بسیار هموار باشد.

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

✓ دلیل این که می توانیم اجسام دیگر را در هر جهتی ببینیم، بازتاب نامنظم است.





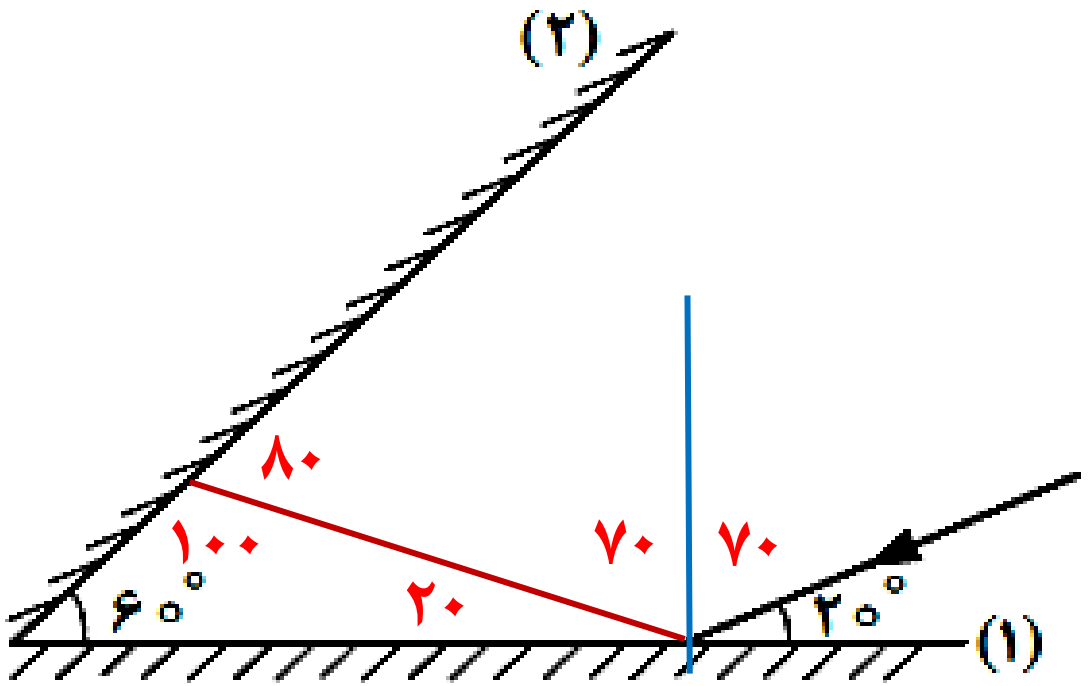
بازتاب امواج الکترومغناطیسی

- منظور از سطح ناهموار، آن است که در مقایسه با طول موج نور، ناهموار است.

- طول موج نور مرئی، حدود 0.5 میکرون است. سطح کاغذ که ناهمواری های بزرگتر از یک میکرون دارد، سطح ناهموار محسوب می شود. اما ناهمواری های سطح آینه، خیلی کمتر از یک میکرون است. پس آینه برای نور مرئی سطح هموار محسوب می شود.

مثال(کنکور ۹۳ تجربی):

مطابق شکل زیر، پرتو نوری با سطح آینه تخت ۱ زاویه ی ۲۰ درجه می سازد. این پرتو در اولین برخورد به آینه ی ۲، با سطح آن آینه زاویه ی چند درجه می سازد؟



۱) ۱۰

۲) ۲۰

۳) ۷۰

۴) ۸۰

مثال(کنکور ۹۸ ریاضی)

مطابق شکل زیر، پرتو نوری به آینه ی ۱ می تابد و پس از بازتاب، به آینه ی ۲ برخورد می کند.

اگر امتداد پرتو تابش آینه ی ۱ با امتداد پرتو بازتاب آینه ی ۲ زاویه ی ۱۰۰ درجه بسازد،

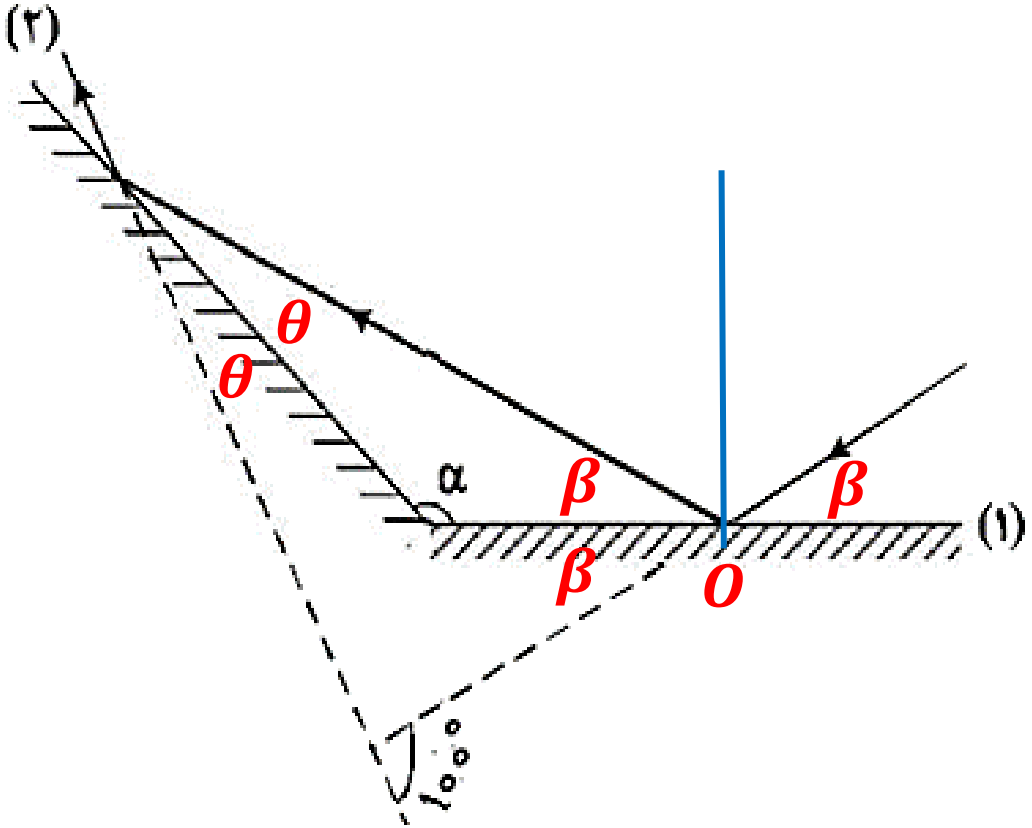
αچند درجه است؟

۱) ۱۰۰

۲) ۱۲۰

۳) ۱۳۰

۴) ۱۴۰



$$2\theta + 2\beta = 100$$

$$\theta + \beta = 50$$

$$\alpha + \beta + \theta = 180$$

$$\alpha = 130$$

به نام خدا

فیزیک دوازدهم

رشته های علوم تجربی و ریاضی فیزیک

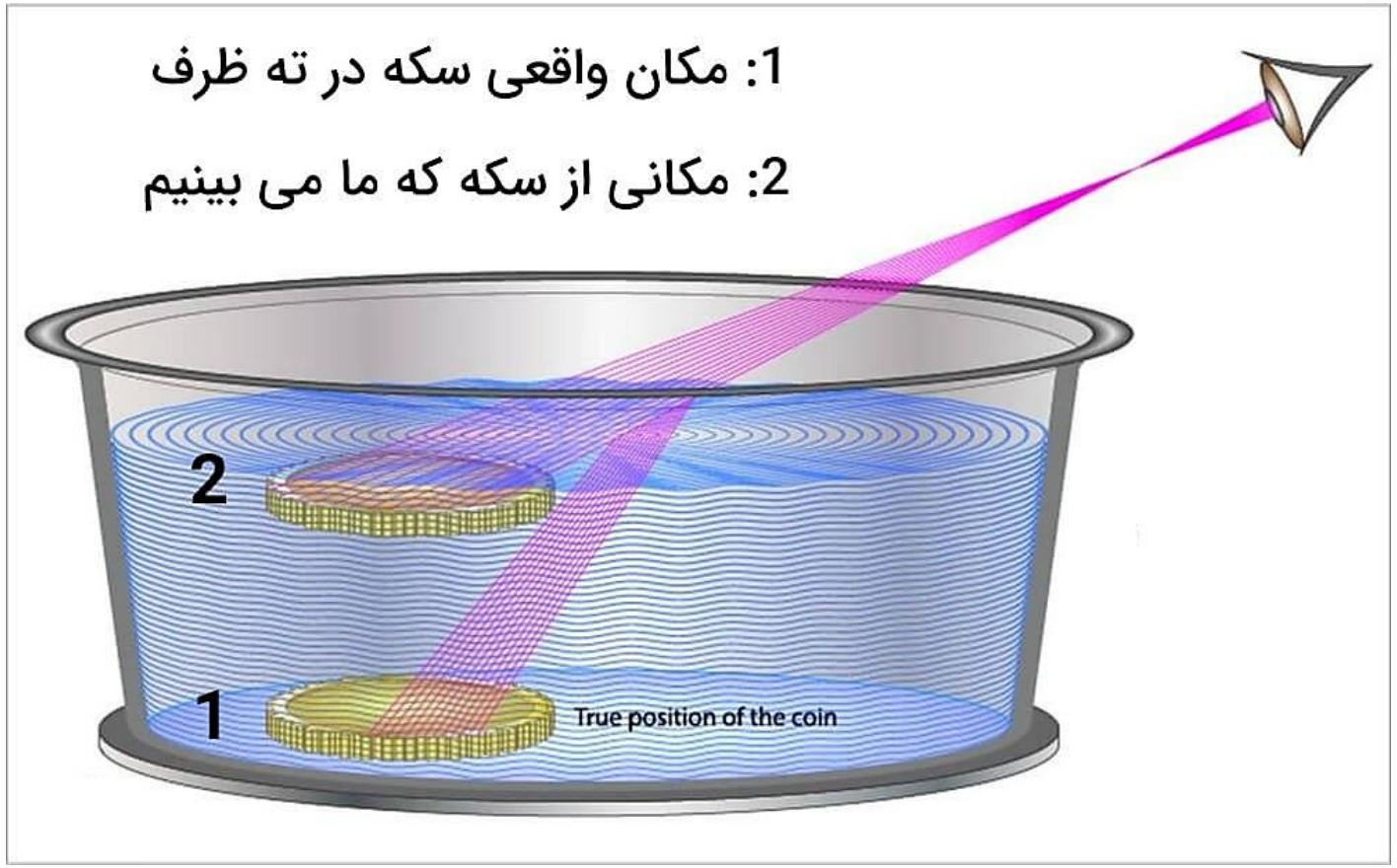
شکست موج

محمد حسین پاک طینت

بهمن ماه ۹۹

شکست موج

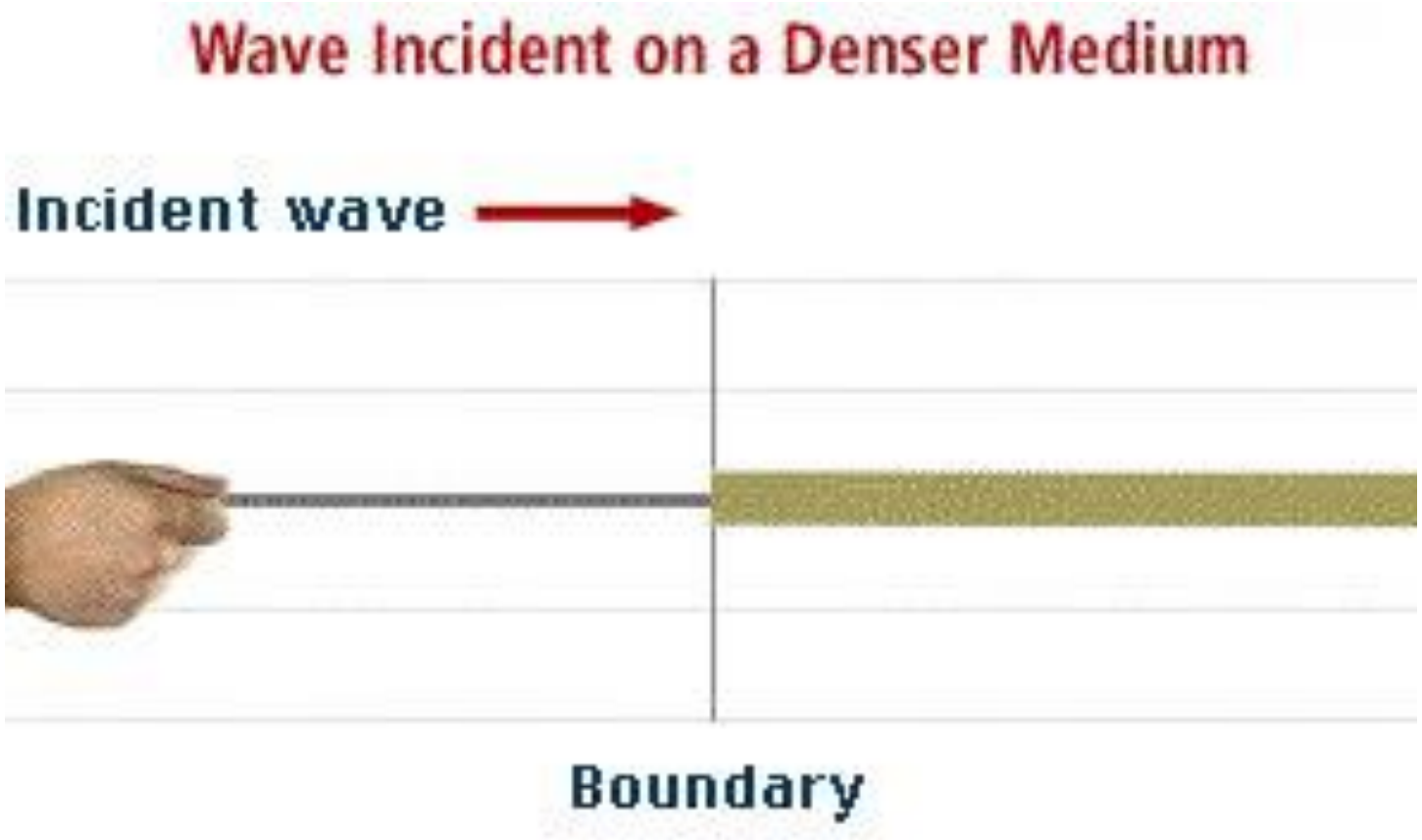
❖ نوعی از برهم کنش امواج با محیط است که بر اثر آن، جهت پیشروی موج در ورود به محیط جدید تغییر می کند.



شکست موج

✓شکست برای امواج صوتی نیز رخ می دهد.

✓وقتی موج به مرز جدایی دو محیط می رسد، بخشی از آن بازتابیده می شود و بخشی دیگر عبور می کند.



شکست موج

✓ بسامد موج بازتابیده و موج عبوری با بسامد موج فرودی یکی است که توسط چشمه موج تعیین می شود.

✓ وقتی موج وارد محیط دوم می شود، سرعت انتشار موج تغییر می کند و در نتیجه طول موج نیز تغییر خواهد کرد:

$$\lambda = \frac{v}{f} \xrightarrow{\text{بسامد ثابت می ماند}} \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

مثال(خرداد۹۸ تجربی)

طول موج نور قرمز لیزر در هوا حدود $630nm$ و در محیط شیشه حدود $420nm$ است. تندنی این نور در شیشه را محاسبه کنید. (تندی نور در هوا را $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ فرض کنید)

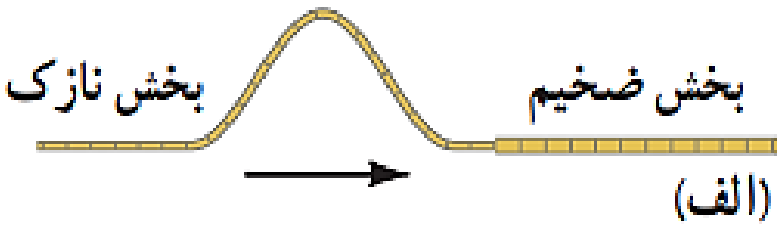
$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1} \longrightarrow \frac{420}{630} = \frac{v_2}{3 \times 10^8}$$

$$\longrightarrow \quad v_2 = \frac{420 \times 3 \times 10^8}{630} = 2 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

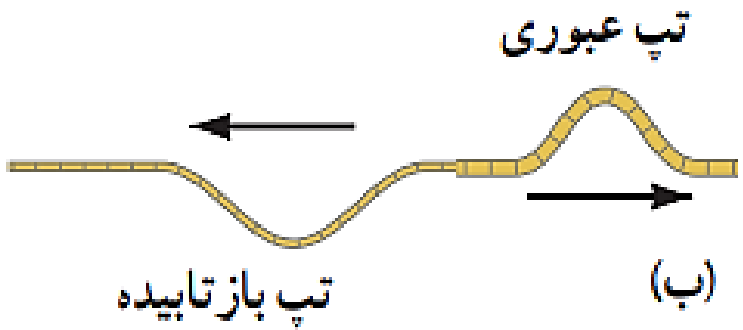
پرسش ۳ـ۸

اگر موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد، تندی، و طول‌موجِ موجِ عبوری در مقایسه با موج فرودی چه تغییری می‌کند؟

بسامد ⟵ ثابت می ماند (بسامد موج از ویژگیهای چشمه موج است.)



تندی ⟵ افزایش می یابد $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$



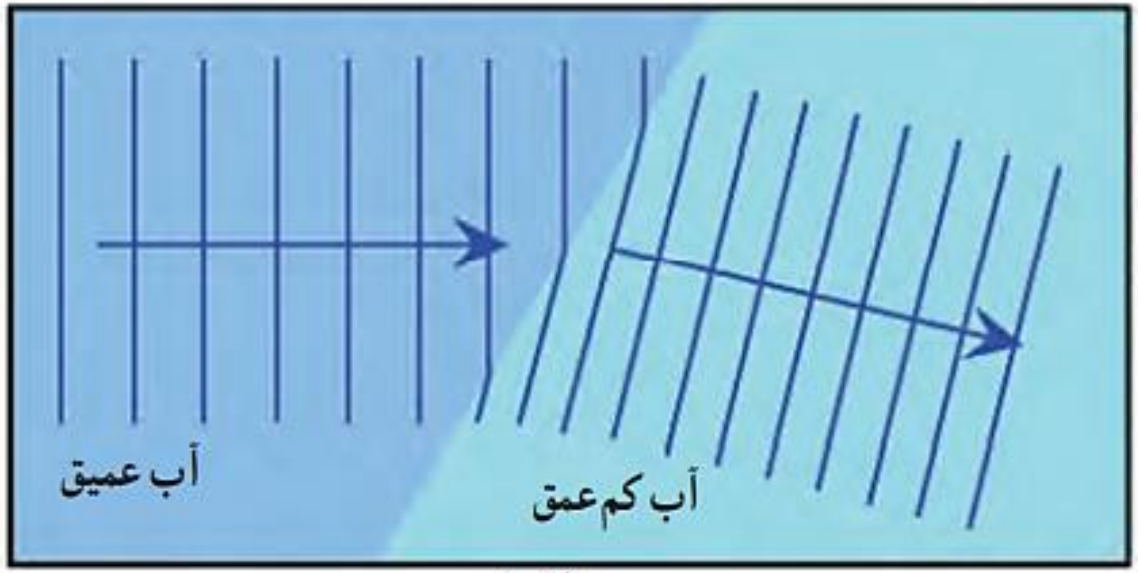
طول موج ⟵ افزایش می یابد $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1}$

شکست امواج روی سطح آب

✓ تندی امواج روی سطح آب به عمق آب بستگی دارد. هرچه عمق کمتر شود، تندی موج نیز کاهش می یابد.

✓ هنگام نزدیک شدن امواج به ساحل شیبدار، چون عمق آب کم می شود، پس تندی موج نیز کاهش می یابد و موج شکسته می شود(جهت انتشار جبهه های موج تغییر می کند).

(ب)

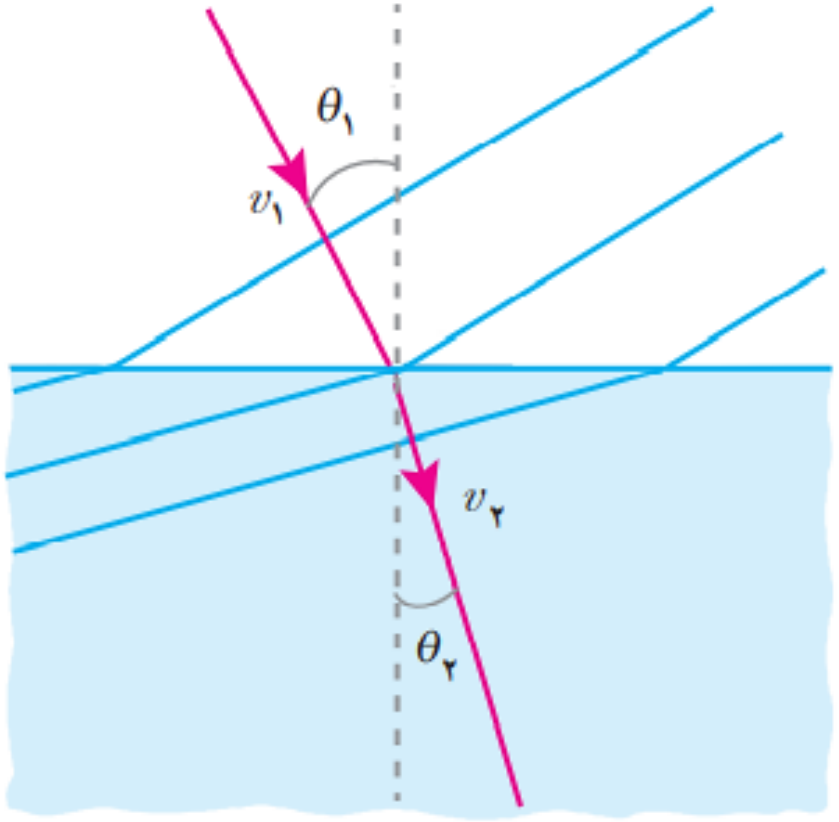


(الف)

قانون شکست عمومی

$$\frac{sin\theta_2}{sin\theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

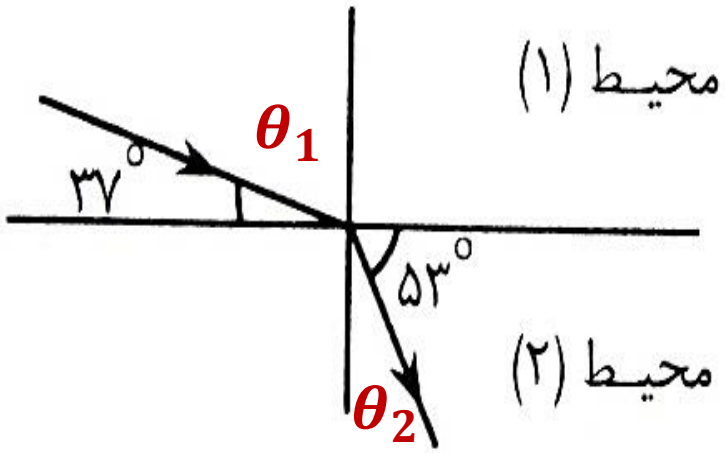
$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1} \longrightarrow \frac{sin\theta_2}{sin\theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$



✓بین θ_1 و θ_2 ، زاویه ی بزرگتر در محیط رقیق تر (با سرعت انتشار بیشتر) قرار دارد.

مثال:

در شکل زیر ، شعاع نورانی SI از محیط ۱ وارد محیط ۲ شده است. زاویه‌ی شکست چند درجه است و سرعت نور در کدام محیط بیشتر است؟



$$\theta_1 = 53$$

$$\theta_2 = 37$$

✓ $\theta_2 < \theta_1$ پس محیط ۱ رقیق تر است و سرعت نور در آن بیشتر است.

مثال(شهریور۹۸ریاضی):

پرتو نوری از درون شیشه با زاویه ی تابش ۳۰ درجه وارد محیط شفاف دیگری می شود. اگر زاویه ی شکست این پرتو در محیط دوم برابر با ۴۵ درجه و تندی نور در شیشه $2 \times 10^8 \frac{m}{s}$ باشد، تندی نور در محیط دوم چقدر است؟ $(\sin ۳۰^\circ = \frac{۱}{۲} \ , \ \sin ۴۵^\circ = \frac{\sqrt{۲}}{۲})$

$\theta_1 = 30$

$\theta_2 = 45$

$v_1 = 2 \times 10^8 \frac{m}{s}$

$$\frac{sin\theta_2}{sin\theta_1} = \frac{v_2}{v_1} \longrightarrow \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{1}{2}} = \frac{v_2}{2 \times 10^8}$$

$$v_2 = 2\sqrt{2} \times 10^8 \frac{m}{s}$$

مثال(کنکور۹۹ریاضی):

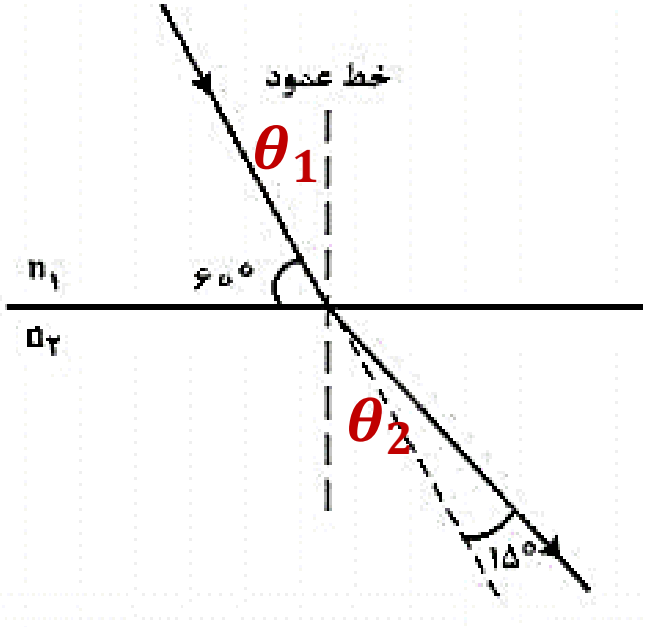
مطابق شکل زیر، پرتو نوری از محیط ۱ وارد محیط ۲ می شود. طول موج نور در محیط ۲ چند برابر طول موج نور در محیط ۱ است؟

۱) $\sqrt{2}$

۲) $\frac{\sqrt{2}}{2}$

۳) ۲

۴) $\frac{1}{2}$



$$\frac{sin\theta_2}{sin\theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

$$\theta_1 = 30$$

$$\theta_2 = 45$$

$$\frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{1}{2}} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \longrightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{2}$$

ضریب شکست یک محیط شفاف: نسبت تندی نور در خلأ به تندی نور در محیط شفاف

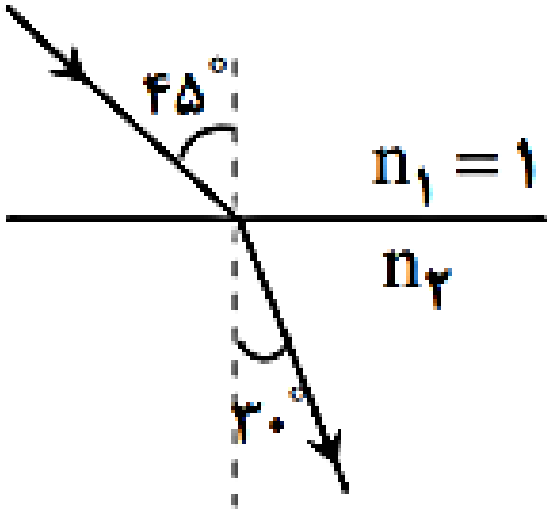
$$n = \frac{c}{v} \quad \text{و} \quad c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s} \longrightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

$$\frac{sin\theta_2}{sin\theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{n_1}{n_2} \longrightarrow$$

$$n_1 sin\theta_1 = n_2 sin\theta_2$$

قانون شکست اسنل

مثال(شهریور۹۹ ریاضی):



مطابق شکل، پرتو نوری از هوا وارد محیط شفافی می شود.

الف – ضریب شکست محیط شفاف چقدراست؟

ب – تندی نور را در محیط شفاف حساب کنید.

$(c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s})$

الف

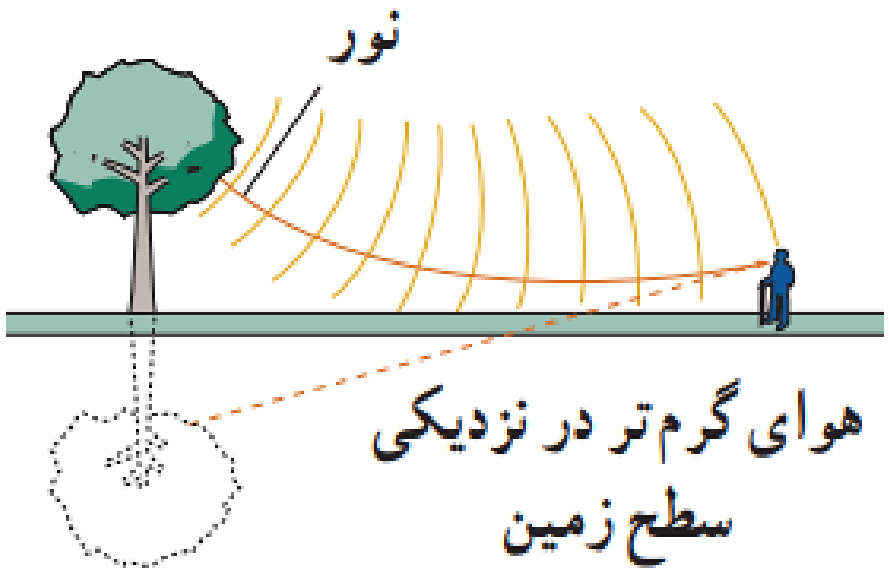
$$\frac{sin\theta_2}{sin\theta_1} = \frac{n_1}{n_2} \longrightarrow \frac{\frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{1}{n_2} \longrightarrow n_2 = \sqrt{2}$$

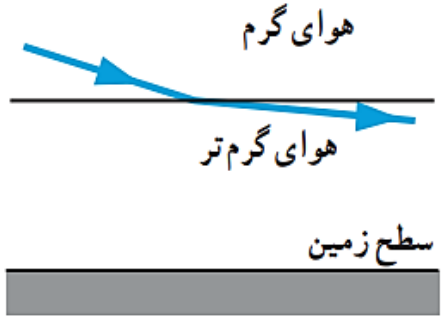
ب

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1} \longrightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{v_2}{3 \times 10^8} \longrightarrow v_2 = \frac{3}{\sqrt{2}} \times 10^8 \frac{m}{s}$$

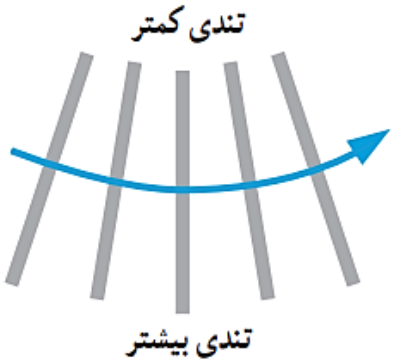
سراب

- هرچه دمای هوا بیشتر باشد، چگالی آن کمتر می شود و ضریب شکست آن نیز کاهش می یابد.
- جبهه های موجی که به سمت پایین می آیند را در نظر بگیرید. هر چه بیشتر پایین می آیند، ضریب شکست هوا کمتر می شود و پرتو ها به سمت افق خم بر می شوند. در نزدیکی سطح زمین، تقریبا افقی می شوند و در نهایت به سمت بالا خم بر می دارند.اگر بخشی از این نور به چشم ما برسد، به نظر می آید که این پرتو ها از سطح زمین آمده اند.

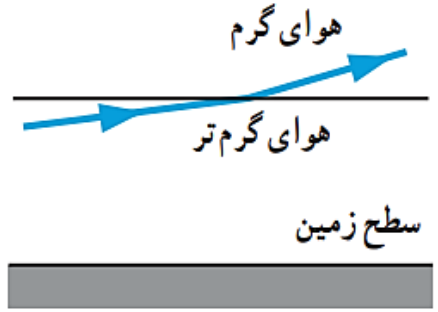




(الف)



(ب)

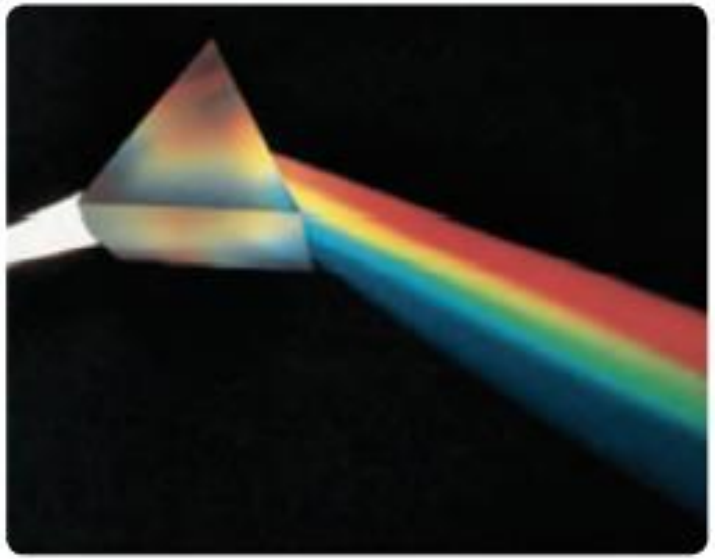


(پ)

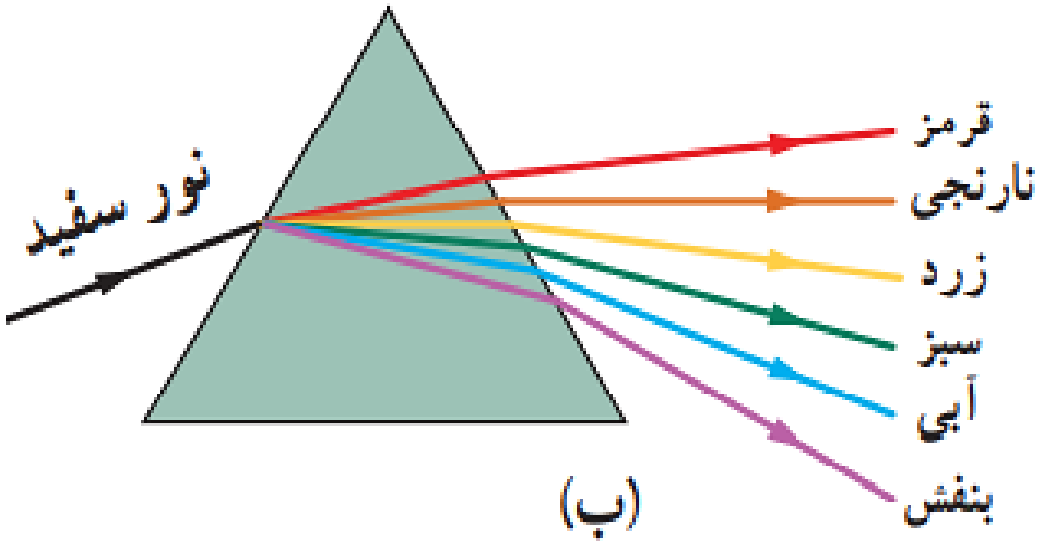
پاشندگی نور: تجزیه نور به رنگهای مختلف بوسیله ی منشور

✓علت پدیده ی پاشندگی این است که ضریب شکست هر محیط(بجز خلأ) به طول موج نور فرودی بستگی دارد.

✓ضریب شکست یک محیط معین، برای طول موجهای کوتاه تر، بیشتر است. مثلا ضریب شکست برای باریکه ی نور آبی، بیشتر از نور قرمز است.



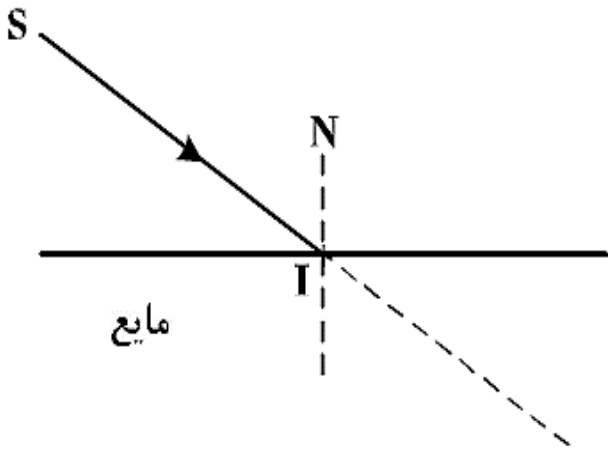
(الف)



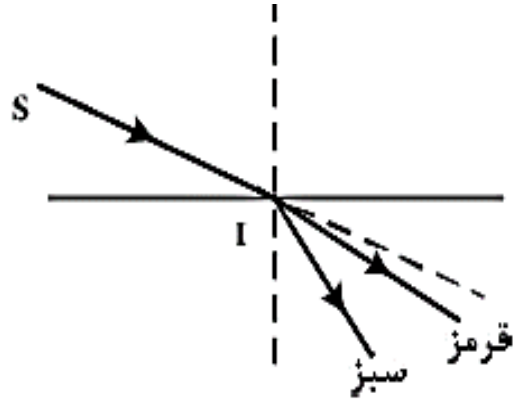
(ب)

مثال(کنکور ۹۸ ریاضی):

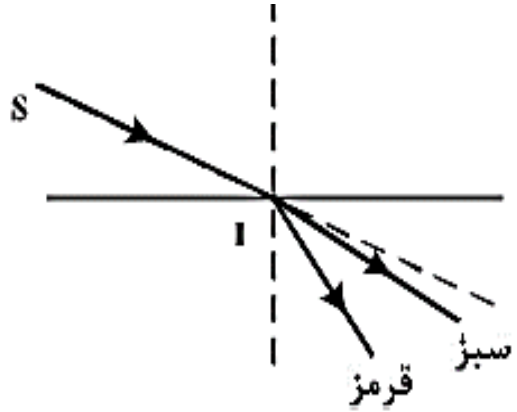
در شکل زیر، پرتو فرودی SI شامل نورهای تکفام قرمز و سبز است که از هوا وارد یک مایع شفاف می شود. کدام یک از شکل های زیر مسیر شکست نور را درست نشان می دهد؟



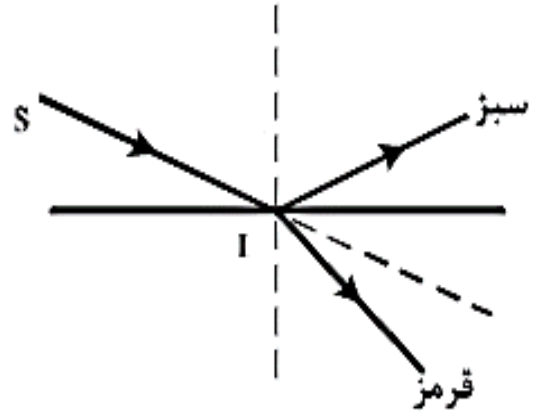
(۱)



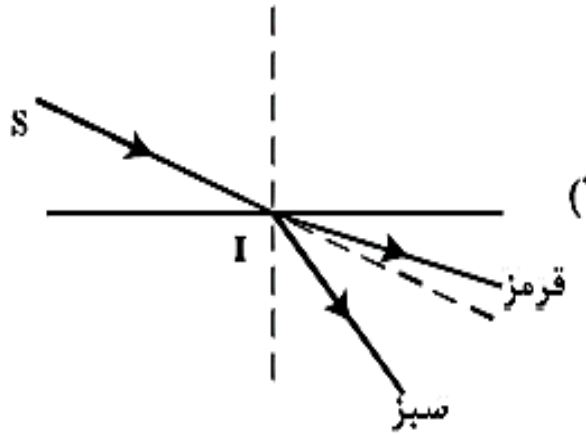
(۲)



(۳)



(۴)



به نام خدا

فیزیک دوازدهم

رشته ی علوم تجربی

فیزیک اتمی – فوتوالکتریک

محمد حسین پاک طینت

اسفند ماه ۹۹

فیزیک کلاسیک: مجموعه علم فیزیک تا سال ۱۹۰۰ میلادی

✓ شامل مکانیک نیوتونی، ترمودینامیک، نظریه ی الکترومغناطیس ماکسول و . . .

فیزیک مدرن(جدید): مجموعه قوانینی که بعد از سال ۱۹۰۰ میلادی کشف شدند.

❖ پدیده هایی که با فیزیک کلاسیک قابل توجیه نیستند: ۱ – اثر فوتو الکتریک ۲ – طیف اتمی

نظریه ی نسبیت خاص: مطالعه ی پدیده ها در تندی های بسیار زیاد نزدیک به سرعت نور

نظریه ی نسبیت عام: مطالعه ی هندسه ی فضا – زمان و گرانش

نظریه ی کوانتم: مطالعه ی پدیده ها در مقیاس های بسیار کوچک مانند اتم و ذرات آن

اثر فوتوالکتریک

اثر فوتوالکتریک: جدا کردن الکترون ها از سطح فلز بوسیله ی نور با بسامد مناسب

فوتوالکترون: الکترون های جدا شده از سطح فلز بوسیله ی نور

دیدگاه کلاسیکی اثر فوتو الکتریک

✓ نور، یک موج الکترومغناطیس است پس میدان الکتریکی آن می تواند بر الکترون نیرو وارد کند.($F = Eq$)

✓ پس الکترونها به نوسان واداشته می شوند. اگر دامنه ی نوسان به اندازه کافی بزرگ شد، انرژی جنبشی لازم برای جدا شدن از سطح فلز را می کنند.

بقیه انرژی به جنبشی تبدیل می شود + مقداری صرف جدا شدن الکترون می شود = انرژی نور فرودی

طبق نظریه ماکسول ↓

با مربع دامنه و مربع بسامد متناسب است

نارسایی های دیدگاه کلاسیک در اثر فوتوالکتریک

- ✓ طبق نظریه ی ماکسول، شدت نور با مربع دامنه ی میدان الکتریکی موج متناسب است. پس اگر شدت نور فرودی را افزایش دهیم، الکترون باید با انرژی جنبشی بیشتری از فلز خارج شوند که این با تجربه سازگار نیست. یعنی افزایش شدت نور تأثیری بر انرژی جنبشی فوتوالکترونها ندارد.

- ✓ بنابر دیدگاه کلاسیک، پدیده ی فوتو الکتریک باید درهر بسامدی رخ دهد در حالی که این نتیجه با تجربه سازگار نیست. اگر بسامد نور مناسب نباشد، فوتوالکتریک رخ نمی دهد حتی اگر شدت نور را زیاد کنیم.

توجیه اثر فوتوالکتریک بوسیله ی انیشتین

❖انیشتین نور را بصورت مجموعه ای از بسته های انرژی(فوتون) در نظر گرفت که انرژی آن از رابطه ی زیر بدست می آید:

$E = nhf$ انرژی مجموعه فوتون ها

n: تعداد فوتون ها(عدد کوانتمی)

$E = hf$ انرژی هر فوتون

f: بسامد نور فرودی

h: ثابت پلانک

$h = 6.63 \times 10^{-34}\ J.s$

نظریه ی انیشتین برای اثر فوتو الکتریک

❖ وقتی نور بر سطح فلز می تابد، هر فوتون فقط با یکی از الکترونهای فلز، برهم کنش می کند. اگر فوتون انرژی کافی داشته باشد، الکترون بطور آنی از آن گسیل می شود.

بقیه انرژی به جنبشی تبدیل می شود	+	مقداری صرف جدا شدن الکترون می شود	=	انرژی فوتون

✓ افزایش شدت نور، (با ثابت ماندن بسامد) سبب افزایش تعداد فوتون ها و در نتیجه افزایش تعداد فوتوالکترون ها می شود ولی انرژی جنبشی فوتوالکترونها ثابت می ماند.

بسامد آستانه(f_0) : کمترین بسامدی که نور فرودی می تواند داشته باشد تا اثر فوتو الکتریک رخ دهد.

✓ بسامد آستانه به جنس فلز بستگی دارد.

✓ اگر بسامد نور فرودی کمتر از بسامد آستانه باشد، فوتوالکتریک رخ نمی دهد.

طول موج آستانه $\lambda_0 = \frac{c}{f_0}$

✓ اگر طول موج نور فرودی از طول موج آستانه بیشتر شود، پدیده ی فوتو الکتریک رخ نمی دهد.

یکای جدید برای انرژی

$$\Delta U = q\Delta V$$

- یک ژول، تغییر انرژی یک کولن بار است وقتی بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل یک ولت حرکت می کند.

$$1\,J = 1c \times 1v$$

- یک الکترون ولت، تغییر انرژی یک الکترون است وقتی بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل یک ولت حرکت می کند.

$$1\,ev = 1e \times 1v$$

$$h = 6.63 \times 10^{-34}\,J.s = 4.14 \times 10^{-15}\,ev.s$$

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

تمرین ۴ــ۱

نوری با طول موج ۲۴۰nm به سطحی از جنس فلز تنگستن می‌تابد و سبب گسیل فوتوالکترون‌ها از آن می‌شود.

الف) بسامد نور فرودی را پیدا کنید.

ب) اگر توان چشمهٔ نور فرودی ۵۰W باشد، در هر دقیقه چه تعداد فوتون از این چشمه گسیل می‌شود؟

پ) اگر توان و در نتیجه شدت چشمهٔ نور فرودی به نصف کاهش پیدا کند، شمار فوتون‌های گسیل شده از چشمه در هر دقیقه چه تغییری می‌کند؟

الف

$$\lambda = 240\,nm \longrightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^{8}}{240 \times 10^{-9}} = 1.25 \times 10^{15}\,Hz$$

ب

$$E = P.t = 50 \times 60 = 3000\,J \longrightarrow E = nhf \longrightarrow n = \frac{E}{hf}$$

$$n = \frac{3000}{6.63 \times 10^{-34} \times 1.25 \times 10^{15}} \approx 362 \times 10^{19}$$

پ

نصف می شود

مثال(کنکور ۹۶ تجربی):

بسامد یک فرستنده ی رادیویی FM ، ۷۵ مگاهرتز و توان تشعشع آنتن آن 4.8×10^4 وات است. در هر ثانیه چند فوتون از این آنتن گسیل می گردد؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} C \quad , \quad h = 4 \times 10^{-15}\ ev.s$)

۱) 10^{30} ۲) 7.5×10^{20} ۳) 16×10^{20} ۴) 16×10^{10}

$f = 75 \times 10^6\ Hz$

$P = 4.8 \times 10^4 w$

$$E = P.t = 4.8 \times 10^4 \times 1 = 4.8 \times 10^4\ J = \frac{4.8 \times 10^4}{1.6 \times 10^{-19}}$$

$$\longrightarrow \quad E = 3 \times 10^{23}\ ev$$

$$E = nhf \longrightarrow n = \frac{E}{hf} = \frac{3 \times 10^{23}}{4 \times 10^{-15} \times 75 \times 10^6} = 10^{30}$$

مثال(خرداد ۹۸ تجربی):

اگر شدت تابشی متوسط خورشید در سطح زمین به ازای هر مترمربع حدود $330\ \frac{w}{m^2}$ باشد، در هر دقیقه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می رسد؟ طول موج متوسط فوتون ها را $570nm$ فرض کنید.

$$I = 330\ \frac{w}{m^2}$$

$$c = 3 \times 10^8\ \frac{m}{s} \quad , \quad h = 6.63 \times 10^{-34}\ J.s$$

$$I = \frac{E}{At} \longrightarrow 330 = \frac{E}{1 \times 60} \longrightarrow E = 19800\ J$$

$$E = nhf = nh\frac{c}{\lambda}$$

$$\longrightarrow \quad 19800 = n \times 6.63 \times 10^{-34}\ \frac{3 \times 10^8}{570 \times 10^{-9}} \quad \longrightarrow \quad n = 5.7 \times 10^{22}$$

به نام خدا

فیزیک دوازدهم

رشته های علوم تجربی – ریاضی فیزیک

فیزیک اتمی – طیف اتمی

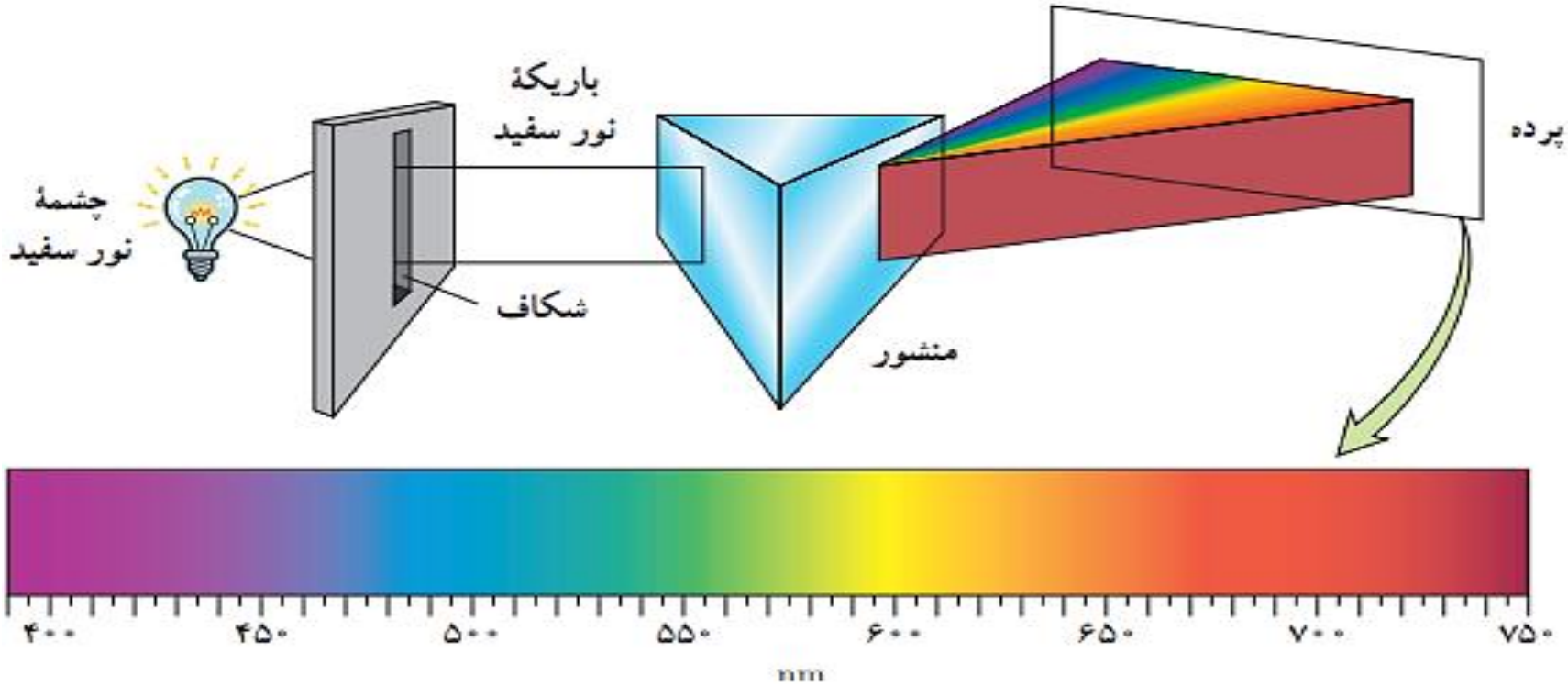
محمد حسین پاک طینت

اسفند ماه ۹۹

طیف اتمی

تابش گرمایی: همه ی اجسام در هر دمایی مقداری از انرژی خود را بصورت امواج الکترومغناطیسی گسیل(منتشر) می کنند که به آن تابش گرمایی گفته می شود.

✓ برای یک جسم جامد، تابش گرمایی گستره ی پیوسته ای از طول موج ها را تشکیل می دهند. مانند رشته ی داغ یک لامپ روشن.



طیف اتمی

طیف پیوسته: گستره ی پیوسته ای از طول موج ها

- ✓ برهم کنش قوی بین اتم های سازنده ی جامدات باعث می شود طیف پیوسته تشکیل شود.
- ✓ گازهای رقیق و کم فشار، به دلیل اینکه اتم های آنها، منفرد هستند و از برهم کنش قوی آزادند، طیف گسسته را گسیل می کنند.

طیف خطی: طیف گسسته را که شامل طول موج های معینی است، طیف خطی می گویند.

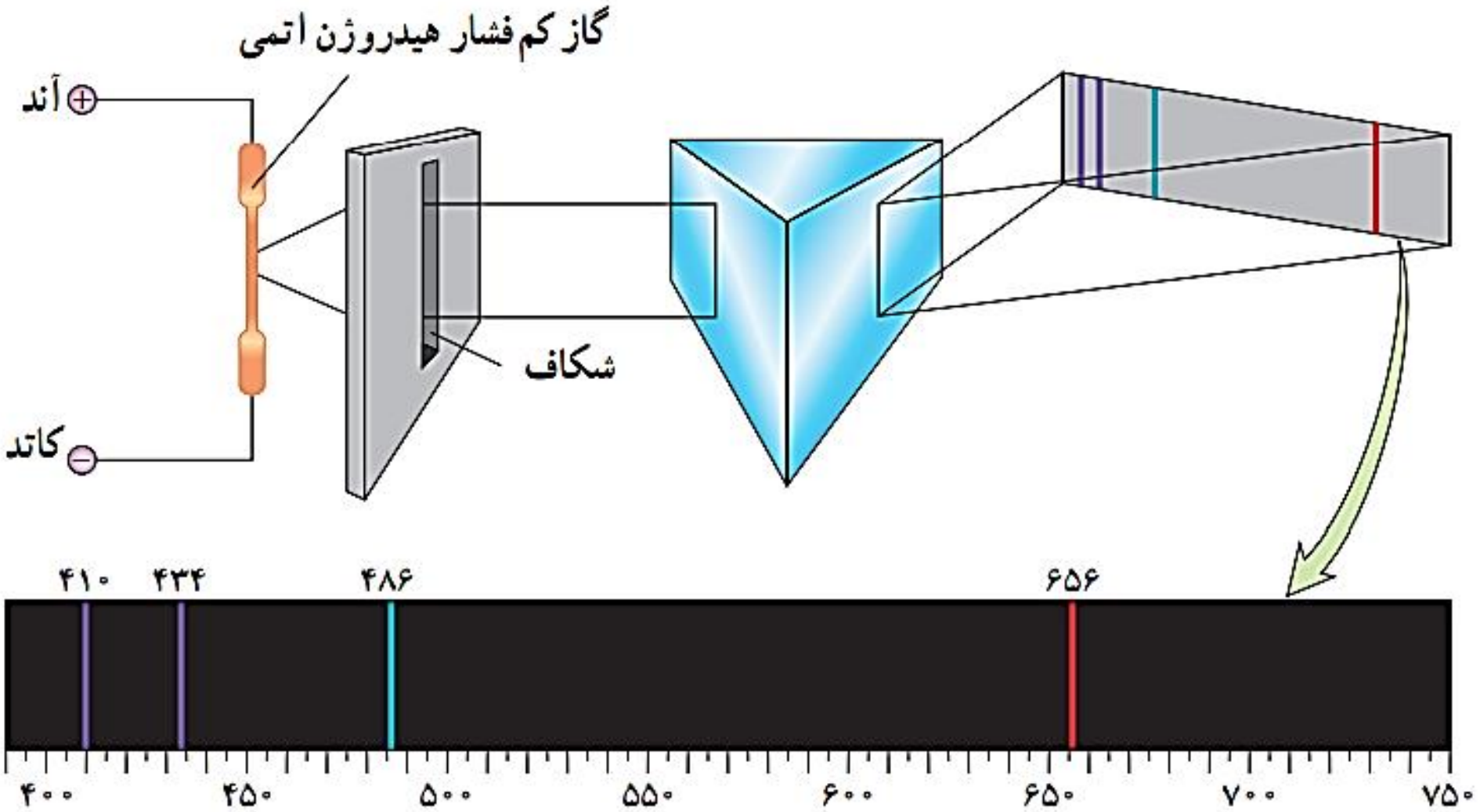
- ✓ طول موج های ایجاد شده در طیف خطی، برای اتم های هر گاز، منحصر به فرد هستند و اطلاعات مهمی را درباره ی نوع و ساختار اتم های آن گاز به دست می دهند.

طیف اتمی

✓ مثالی از گازهای کم فشار و رقیق، گاز موجود در لامپ های نئون و لامپ های جیوه است که طول موج های خاصی را در ناحیه ی مرئی گسیل می کنندکه رنگ های مشخصی دارند.

✓ برای تشکیل طیف گسیلی خطی اتم های هر گاز، از یک لامپ باریک و بلند شیشه ای که حاوی مقداری گاز رقیق و کم فشار است استفاده می شود. دو الکترود آند و کاتد در دو طرف لامپ قرار دارد که به ولتاژ بالا وصل اند. این ولتاژ بالا سبب تخلیه ی الکتریکی در گاز می شود و اتم های گاز درون لامپ شروع به گسیل نور می کنند.

✓ طیف خطی هیدروژن نیز، در ناحیه ی مرئی شامل یک رشته ی منظم از خط ها است که در شکل زیر می بینیم:



طول موج خط های طیف هیدروژن در ناحیه ی مرئی:

$$\lambda_1 = 656\ nm$$

$$\lambda_2 = 486\ nm$$

$$\lambda_3 = 434\ nm$$

$$\lambda_4 = 410\ nm$$

رابطه ی بالمر $\lambda_n = 364.56 \frac{n^2}{n^2 - 2^2}$

$$n = 3, 4, 5, 6$$

معادله ی ریدبرگ $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ $n > n'$

ثابت ریدبرگ $R = 0.0109\ (nm)^{-1}$

جدول ۴ـ۱ رشتهٔ خط‌های طیف گسیلی هیدروژن اتمی

نام طیف	تاریخ کشف	مقدار n'	رابطهٔ ریدبرگ مربوط به رشته	مقدارهای n	ناحیهٔ طیف
لیمان	۱۹۰۶ـ۱۹۱۴	۱	$\frac{۱}{\lambda}=R\left(\frac{۱}{۱^۲}-\frac{۱}{n^۲}\right)$	۲,۳,۴,...	فرابنفش
بالمر	۱۸۸۵	۲	$\frac{۱}{\lambda}=R\left(\frac{۱}{۲^۲}-\frac{۱}{n^۲}\right)$	۳,۴,۵,...	فرابنفش و مرئی
پاشن	۱۹۰۸	۳	$\frac{۱}{\lambda}=R\left(\frac{۱}{۳^۲}-\frac{۱}{n^۲}\right)$	۴,۵,۶,...	فروسرخ
براکت	۱۹۲۲	۴	$\frac{۱}{\lambda}=R\left(\frac{۱}{۴^۲}-\frac{۱}{n^۲}\right)$	۵,۶,۷,...	فروسرخ
پفوند	۱۹۲۴	۵	$\frac{۱}{\lambda}=R\left(\frac{۱}{۵^۲}-\frac{۱}{n^۲}\right)$	۶,۷,۸,...	فروسرخ

مثال(خرداد ۹۸ تجربی):

طول موج سومین خط طیفی اتم هیدروژن در رشته ی بالمر ($n' = 2$) چند نانومتر است؟

$$R_H = 0.01\ nm^{-1}$$

$$n' = 2$$

$$n = 3, 4, \boxed{5}, 6, \ldots$$

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 0.01\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{5^2}\right) \longrightarrow \frac{1}{\lambda} = 0.01\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{25}\right) \longrightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100}\left(\frac{21}{100}\right)$$

$$\longrightarrow \quad \lambda = \frac{10000}{21} = 476.2\ nm$$

مثال(کنکور ۹۸ تجربی):

در طیف گسیلی هیدروژن، کوتاه ترین طول موج گسیلی چند نانومتر است و این گسیل مربوط به کدام رشته است؟
$R_H = 0.01\, nm^{-1}$

۱) ۱۰۰ و بالمر　　۲) ۱۰۰ و لیمان　　۳) $\frac{400}{3}$ و بالمر　　۴) $\frac{400}{3}$ و لیمان

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

✓ هرچه مقدار n بیشتر باشد، طول موج تابش شده کمتر می شود.

✓ هرچه مقدار n' بیشتر باشد، طول موج تابش شده بیشتر است.

$$\begin{cases} n' = 1 \longrightarrow \text{رشته لیمان} \\ n = \infty \end{cases}$$

$$\longrightarrow \frac{1}{\lambda} = 0.01\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty^2}\right) \longrightarrow \frac{1}{\lambda} = 0.01 = \frac{1}{100} \longrightarrow \lambda = 100\, nm$$

مثال(کنکور ۹۹ تجربی):

در اتم هیدروژن، الکترون درمدار n قرار دارد. اگر این الکترون به مدار $n' = 3$ برود، فوتونی به طول موج $1200nm$ گسیل می کند. n کدام است؟ $(R_H = 0.01\ nm^{-1})$

۱) ۴ ۲) ۵ ۳) ۶ ۴) ۷

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \longrightarrow \frac{1}{1200} = \frac{1}{100}\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right) \longrightarrow \frac{1}{12} = \frac{1}{9} - \frac{1}{n^2}$$

$$\longrightarrow \frac{1}{12} - \frac{1}{9} = -\frac{1}{n^2} \longrightarrow -\frac{1}{36} = -\frac{1}{n^2} \longrightarrow n^2 = 36 \longrightarrow n = 6$$

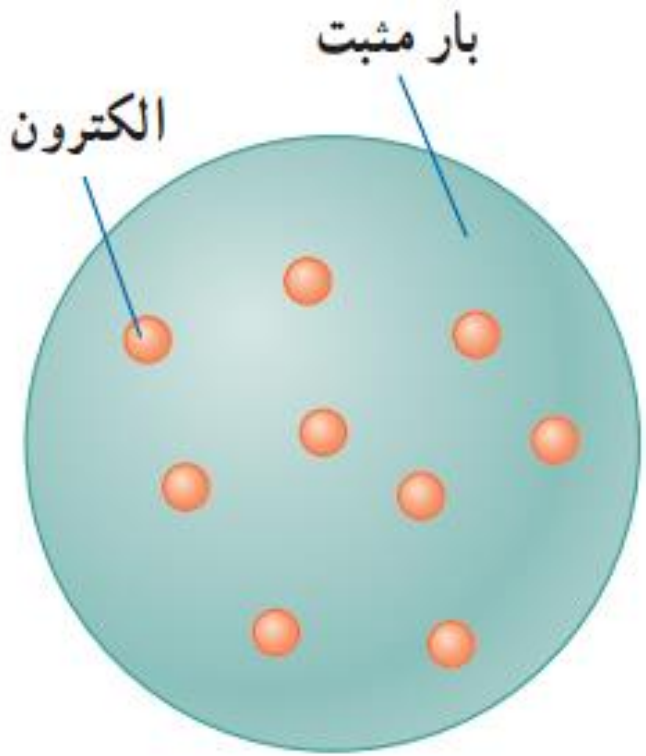
نارسایی فیزیک کلاسیک در توجیه طیف اتمی:

❖ فیزیک کلاسیک پیش بینی می کند که طیف گسیلی از اتم های عناصر باید پیوسته باشد. یعنی هر طول موجی باید تابش شود ولی در عمل مشاهده می کنیم که تنها طول موج های خاصی تابش می شوند.

✓ مدل های اتمی رایج آن زمان، در خصوص اینکه چرا طول موج های معینی تابش می شوند، پاسخی نداشتند.

✓ بور توانست با اصلاح مدل اتمی رادرفورد، توضیح مناسبی برای طول موج های گسسته ی تابش شده توسط گاز هیدروژن اتمی ارائه دهد.

مدل اتمی تامسون(مدل کیک کشمشی)



- ✓ تامسون موفق به کشف الکترون و اندازه گیری نسبت بار به جرم $\frac{e}{m}$ برای آن شد.

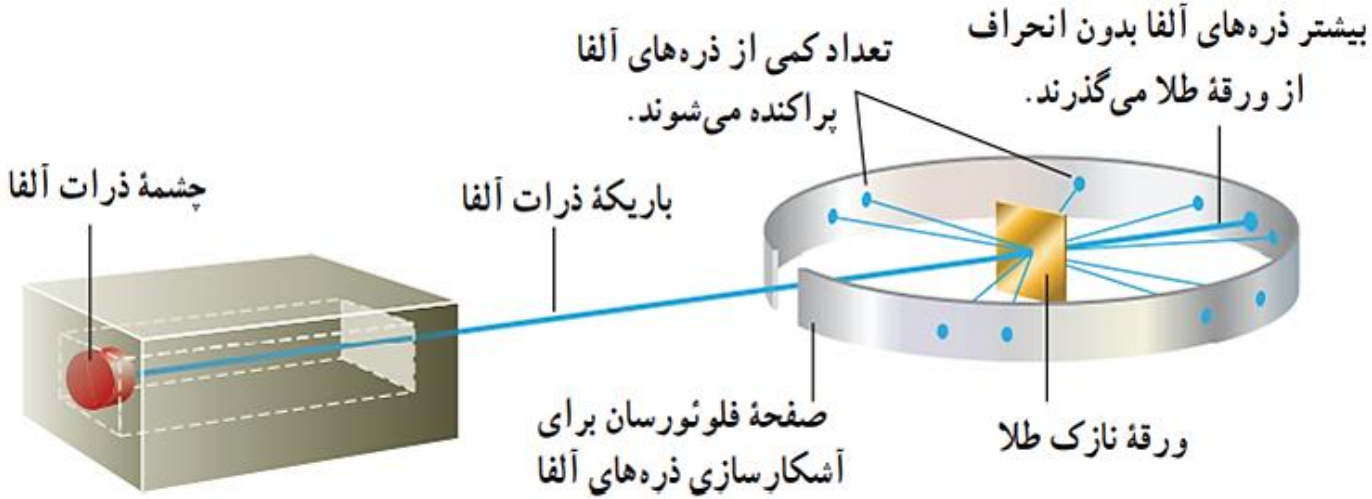
- ✓ بنا بر مدل تامسون، اتم همچون کره ای است که بار مثبت بطور همگن در سرتاسر آن گسترده شده است و الکترون ها که سهم ناچیزی در جرم اتم دارند، در جاهای مختلف آن پراکنده اند.

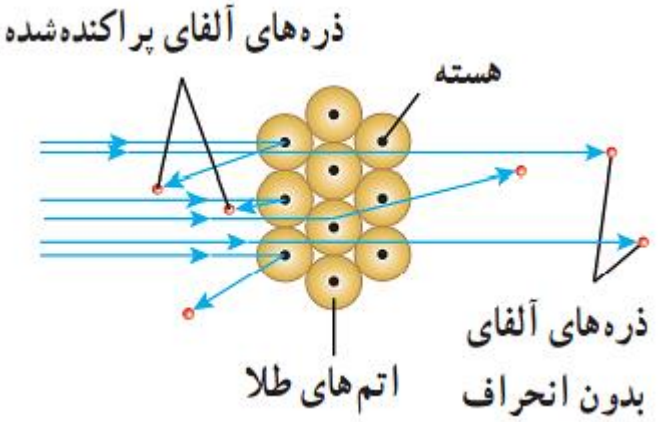
ناسازگاری مدل تامسون با طیف اتمی:

❖ طبق مدل اتمی تامسون(فیزیک کلاسیک)، وقتی الکترون ها با بسامد های معینی حول وضع تعادلشان نوسان می کنند، این نوسان باعث تابش امواج الکترومغناطیسی از اتم می شود. بسامد هایی که مدل تامسون برای تابش گسیل شده پیش بینی می کرد، با تجربه سازگار نبود.

✓ نتایج آزمایش های رادفورد، بوسیله ی مدل تامسون قابل توضیح و توجیه نبودند. پس مدل تامسون کنار گذاشته شد.

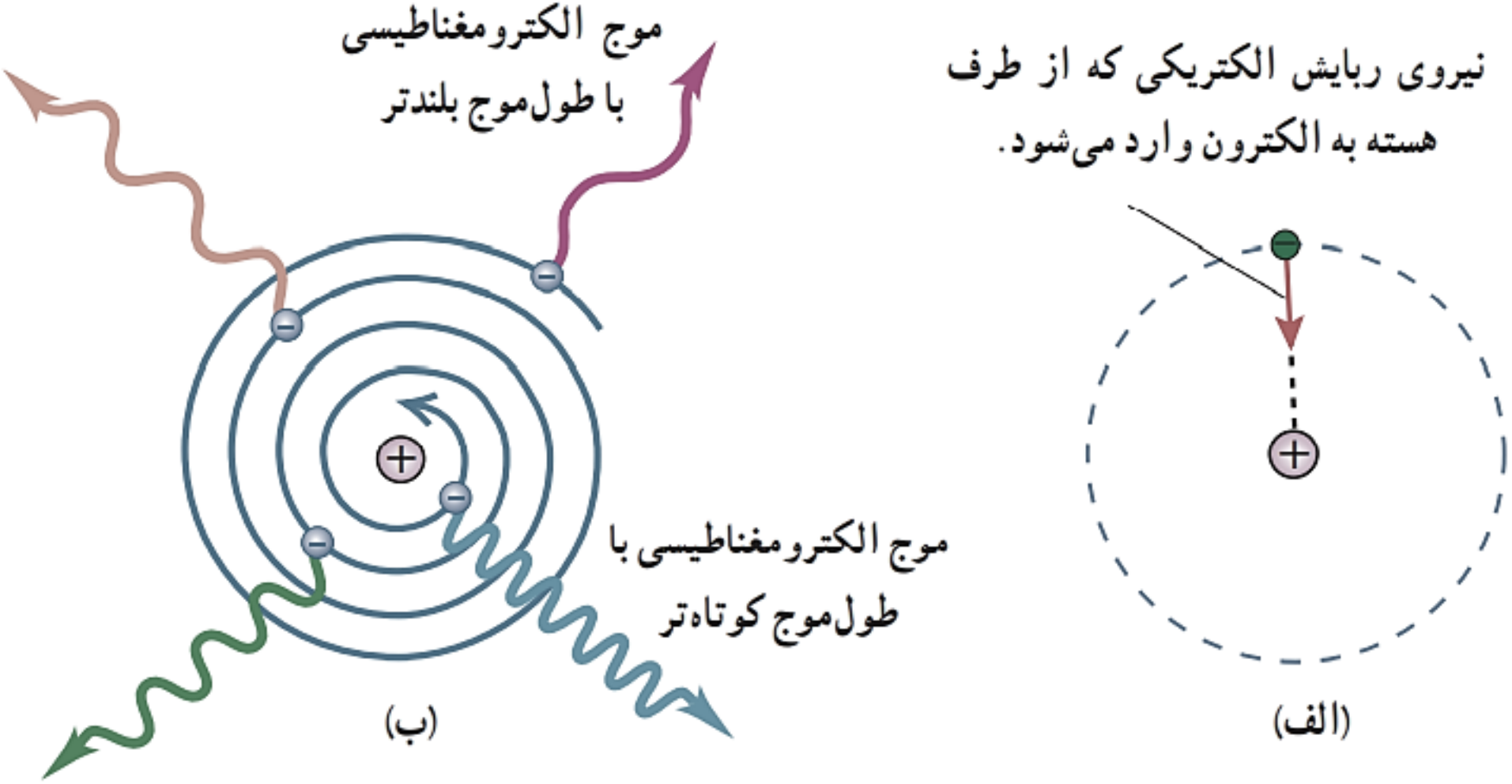
مدل اتمی رادرفورد:





- ✓ رادرفورد، باریکه ای از پرتو آلفا که از جنس هسته ی هلیوم است را بر سطح ورقه ای نازک از جنس طلا تاباند.
- ✓ بیشتر ذره های آلفا بدون انحراف یا با انحراف اندکی از ورقه ی طلا می گذرند. برخی از ذرات آلفا در زاویه های بزرگ منحرف می شوند و حتی تعدادی از آنها نیز به عقب بر می گردند.
- ✓ رادرفورد نتیجه گرفت باید هسته ای چگال و دارای بار مثبت در مرکز هر اتم باشد که با تعدادی الکترون در فاصله هایی به نسبت دور، احاطه شده است.

نا سازگاری مدل اتمی رادفورد با تجربه



مدل اتمی رادفورد با تجربه سازگار نیست چون:

۱ – نمی تواند پایداری اتم را توجیه کند.

۲ – قادر به توجیه طیف گسسته ی اتمی نیست.

- ✓ اگر الکترون نسبت به هسته ساکن فرض شود، در اثر نیروی ربایشی الکتریکی بین هسته و الکترون، روی هسته سقوط می کند و اتم پایدار نمی ماند.
- ✓ اگر الکترون به دور هسته در گردش باشد، حرکت شتابدار است و طبق نظریه ی کلاسیکی تابش می کند. با تابش، انرژی الکترون کاهش می یابد و شعاع حرکت آن کمتر شده و بسامد حرکت بیشتر می شود تا در نهایت روی هسته می افتد.
- ✓ بسامد موج تابش شده با بسامد چرخش برابر است. پس طیف امواج گسیل شده نیز باید پیوسته باشد.

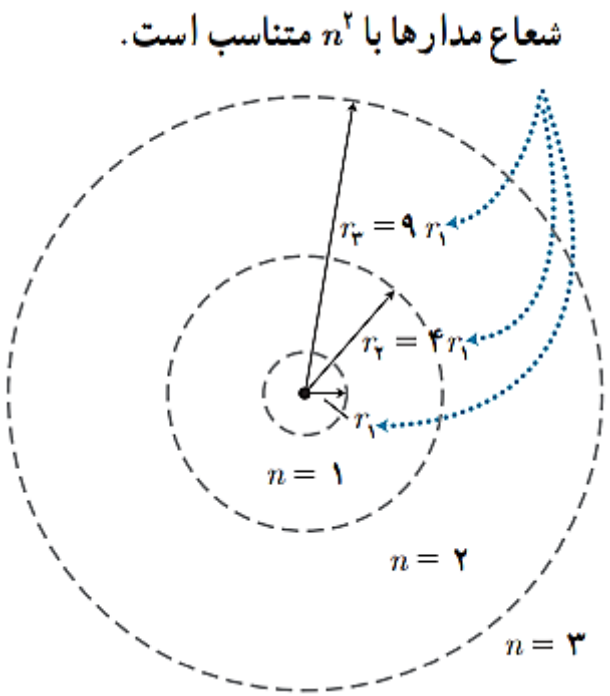
مدل اتمی بور

✓ مدل اتمی بور علاوه بر آنکه مسئله ی ناپایداری اتم را در مدل رادرفورد حل می کرد، معادله ی ریدبرگ برای طیف خطی اتم هیدروژن را نیز نتیجه می داد.

پیشنهاد بور برای رفع مشکل مدل رادرفورد:

❖ در مقیاس اتمی، قوانین مکانیک کلاسیک و الکترومغناطیس باید توسط قوانین دیگری جایگزین یا تکمیل شود.

مدل اتمی بور



اصول و مفروضات مدل بور:

۱ – مدار ها و انرژی الکترون ها در هر اتم کوانتیده هستند.

✓ به عبارت دیگر، الکترون روی مدارهای ثابتی قرار دارد که شعاع و انرژی آن مقادیر گسسته ای هستند.

شعاع مدار های الکترون $r_n = a_0 n^2$

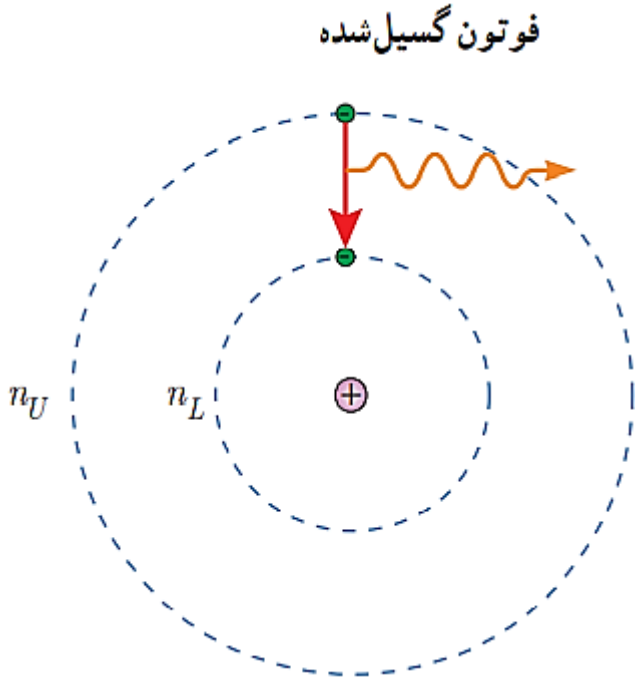
$a_0 = r_1 = 5.29 \times 10^{-11} m$

عدد کوانتمی — کوچکترین شعاع(شعاع بور)

یک ریدبرگ $= E_R = 13.6\ ev$

ترازهای انرژی الکترون $E_n = \dfrac{-E_R}{n^2}\ ev$

مدل اتمی بور



اصول و مفروضات مدل بور:

۲ – وقتی الکترون در مدار مجاز است، تابش نمی کند.

✓ در این حالت گفته می شود الکترون در مدار مانا یا حالت مانا قرار دارد.

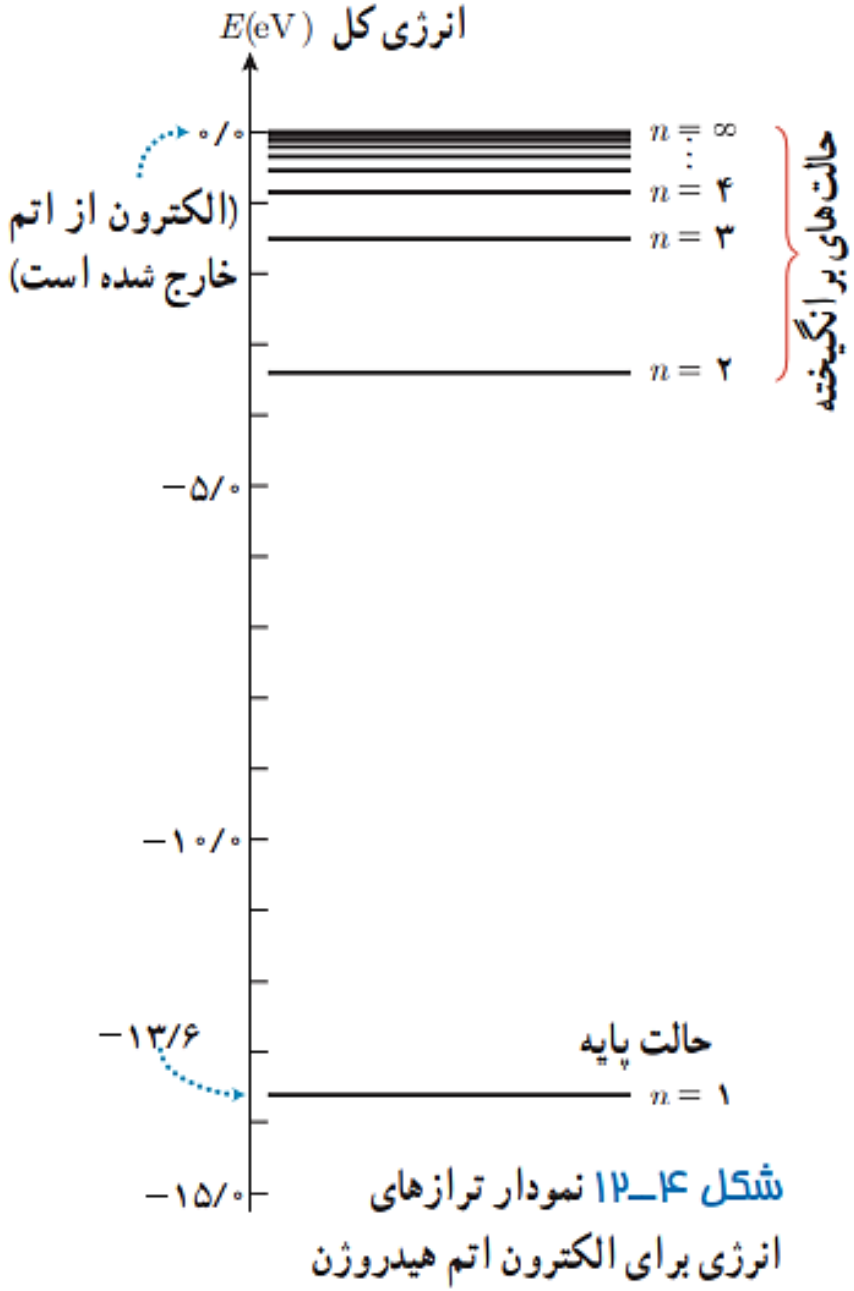
۳ – وقتی الکترون از یک حالت مانا با انرژی بیشتر به یک حالت مانا با انرژی کمتر برود، یک فوتون تابش می شود.

✓ انرژی فوتون تابش شده برابر با اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و نهایی است.

معادله ی گسیل فوتون از اتم $\Delta E = E_U - E_L = hf$

نمودار ترازهای انرژی الکترون برای اتم هیدروژن

- ✓ پایین ترین تراز انرژی، حالت پایه نامیده می شود.
- ✓ تراز های بالاتر از حالت پایه، حالت برانگیخته نامیده می شود.
- ✓ با افزایش n انرژیهای حالت برانگیخته به هم نزدیکتر می شوند.



شکل ۴ـ۱۲ نمودار ترازهای انرژی برای الکترون اتم هیدروژن

انرژی یونش الکترون:

کمترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه

- ✓ در این حالت الکترون از اتم خارج و یون مثبت تولید می شود.

مثال(دیماه ۹۷ تجربی):

الکترونی در اتم هیدروژن از حالت برانگیخته ی $n = 3$ به حالت پایه $n = 1$ جهش می یابد. انرژی فوتون تابش شده چند الکترون ولت است؟ $E_R = 13.6\ ev$

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

$$E_1 = \frac{-13.6}{1^2} = -13.6\ ev$$

$$E_3 = \frac{-13.6}{3^2} = -1.51\ ev$$

انرژی فوتون $\Delta E = hf = -1.51 - (-13.6)$

$$\Delta E = 12.09\ ev$$

مثال(کنکور ۹۷ ریاضی):

یک اتم هیدروژن در حالت پایه قرار دارد. بیشترین طول موج نوری که بتواند این اتم هیدروژن را یونیزه کند، چند نانومتر است؟ ($R_H = 0.01\ nm^{-1}$)

۱) ۶۰۰ ۲) ۵۰۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۱۰۰

حالت پایه $n' = 1$

یونیزه می شود $n = \infty$

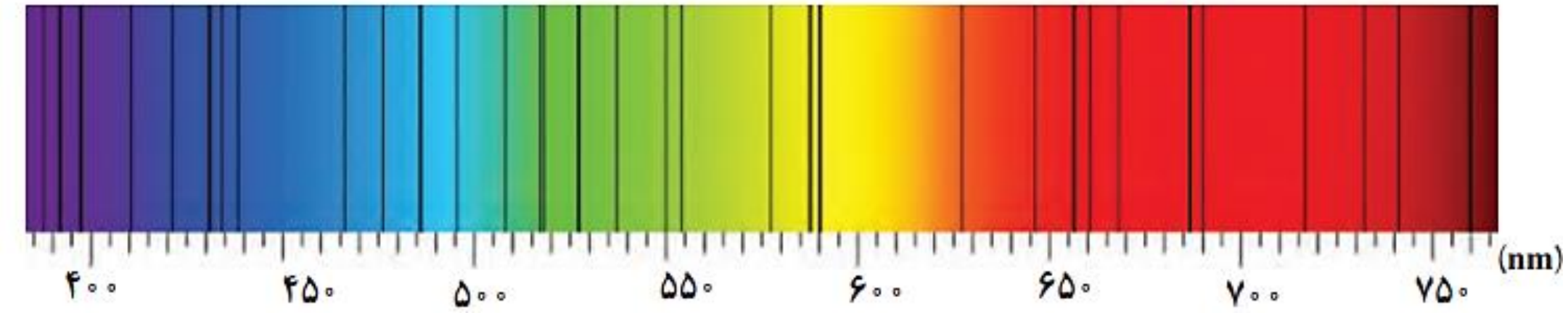
$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 0.01\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty^2}\right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 0.01 \longrightarrow \lambda = 100\ nm$$

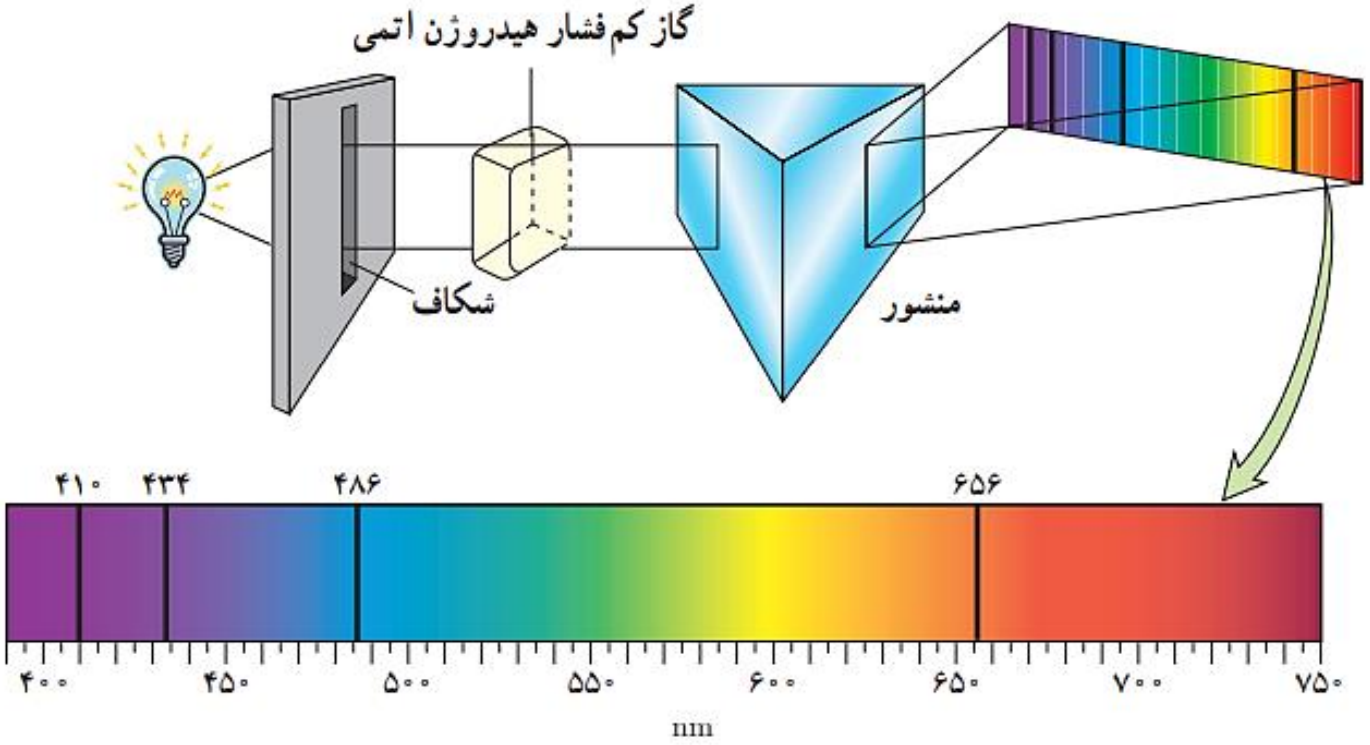
طیف جذبی

✓ تجربه نشان می دهد در تابشی که از خورشید گسیل می شود و به زمین می رسد، بعضی طول موج ها وجود ندارند. (خطوط فرانهوفر)



✓ خطوط تاریک در نور خورشید، ناشی از جذب طول موج های مربوط به این خط ها توسط گازهای جو خورشید و یا گازهای جو زمین است.

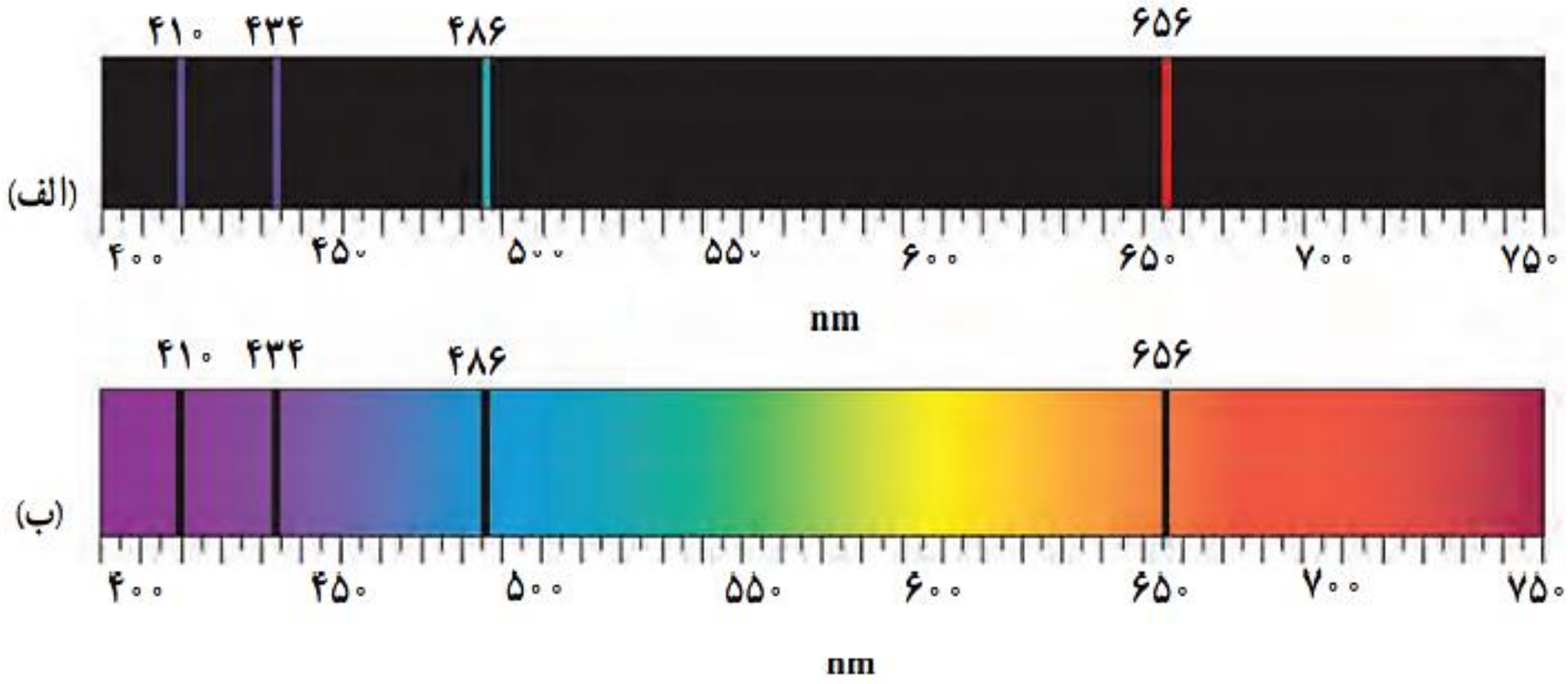
طیف جذبی هیدروژن اتمی



✓ باریکه ی نور سفید قبل از عبور از منشور از گاز کم فشار هیدروژن می گذرد.طیف این نور،پیوسته با خط هایی تاریک درون آن مشاهده می شود که نشان دهنده ی جذب بعضی از طول موج های نور سفید است.

✓ این آزمایش را برای هر عنصر دیگری نیز می توان انجام داد.

طیف گسیلی و طیف جذبی هیدروژن اتمی در کنار هم



مطالعه و مقایسه ی طیف های گسیلی و جذبی عنصرهای مختلف نشان می دهد که :

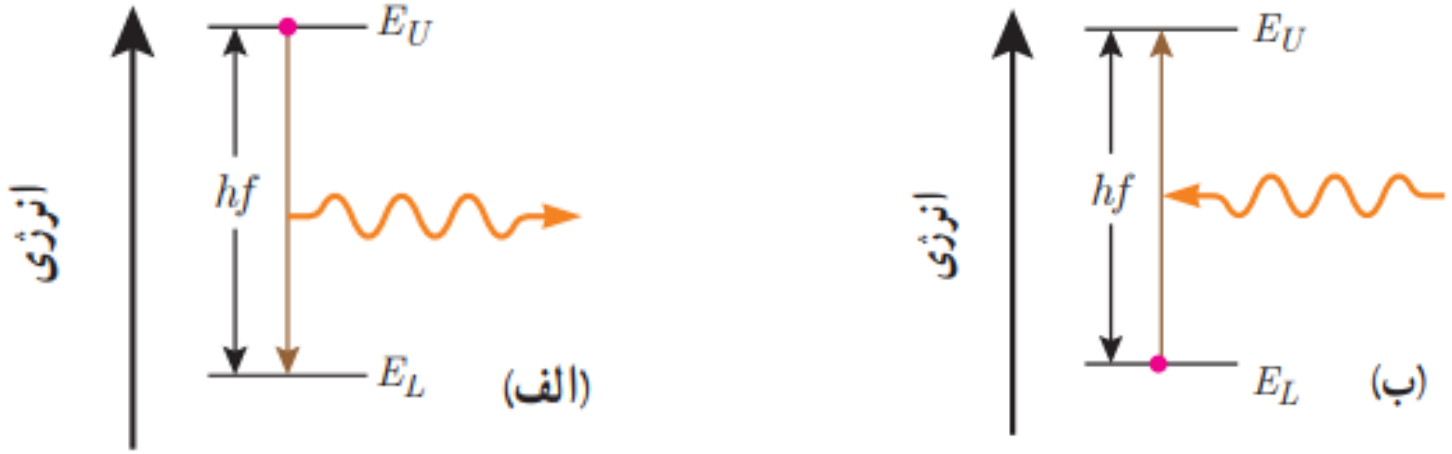
۱ – طیف گسیلی و طیف جذبی هیچ دو عنصری مانند هم نیست.

(بعبارت دیگر این طیف ها از مشخصه های منحصر به فرد آن عنصر هستند)

۲ – اتم ها دقیقا همان طول موج هایی را از نور سفید جذب می کنند که آنها را پس از برانگیخته شدن، تابش می کنند.

✓ بر اساس مدل بور، اگر الکترون های برانگیخته شده از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین تر جهش کنند، فوتون هایی را گسیل می کنند.

✓ الکترون ها می توانند از ترازهای پایین تر به تراز های انرژی بالاتر بروند. برای این کار، فوتونی را که دقیقا انرژی لازم برای گذار را دارد، جذب می کنند.



✓ خط های تاریک در طیف جذبی، طول موجهایی را مشخص می کنند که با فرایند جذب فوتون، برداشته شده اند.

موفقیت های مدل بور:

- ✓ در توضیح پایداری اتم ، طیف گسیلی و جذبی گاز هیدروژن اتمی و محاسبه ی انرژی یونش اتم هیدروژن موفق بوده است. علاوه بر اینکه مدل بور را برای اتم های هیدروژن گونه که تنها یک الکترون دارند نیز می توان به کار برد.

نارسایی های مدل بور:

۱ – این مدل برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می گردد به کار نمی رود.

۲ – این مدل نمی تواند متفاوت بودن شدت خط های طیف گسیلی را توضیح دهد.

(مثلا اینکه چرا شدت خط قرمز و شدت خط آبی مثل هم نیستند؟)

به نام خدا

فیزیک دوازدهم

رشته های علوم تجربی – ریاضی فیزیک

فیزیک اتمی – لیزر

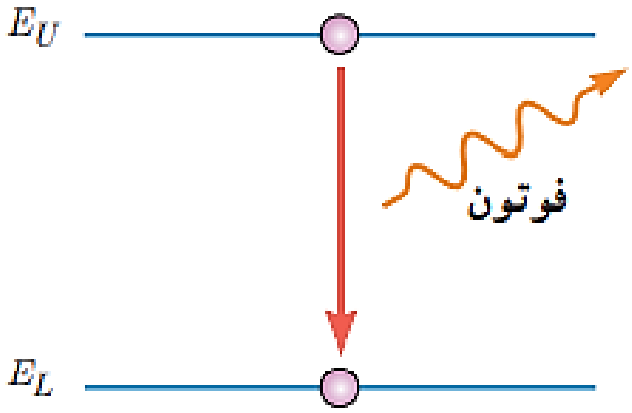
محمد حسین پاک طینت

اسفند ماه ۹۹

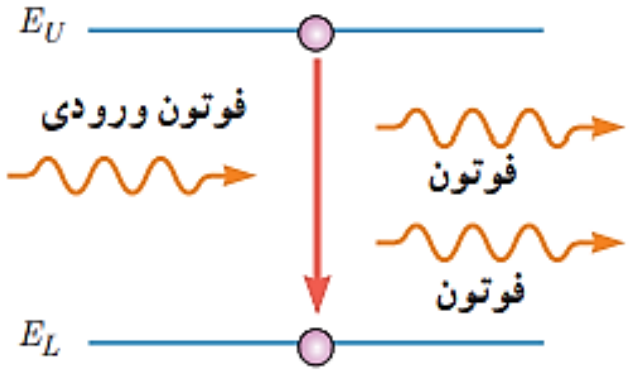
لیزر

✓ طبق مدل اتمی بور، اگر الکترون از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین تر جهش کند، یک فوتون گسیل می کند.

✓ فرایند گسیل فوتون می تواند خودبه خود یا القایی باشد.



✓ در گسیل خود به خود، فوتون در جهت کاتوره ای گسیل می شود.



✓ در گسیل القایی، یک فوتون ورودی، الکترون برانگیخته را تحریک (القا) می کند تا به تراز پایین تر برود. برای گسیل القایی، انرژی فوتون ورودی دقیقا با اختلاف انرژی های دو تراز (ΔE)برابر است.

ویژگی های گسیل القایی

یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می شود.

✓ به این ترتیب تعداد فوتون ها افزایش می یابد.

فوتون گسیل شده، در همان جهت فوتون ورودی حرکت می کند.

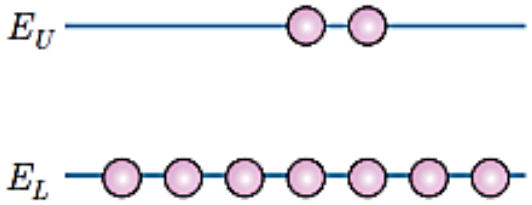
فوتون گسیل شده با فوتون ورودی همگام یا هم فاز است.

باریکه ی لیزر: فوتون هایی هم بسامد، هم جهت و هم فاز هستند.

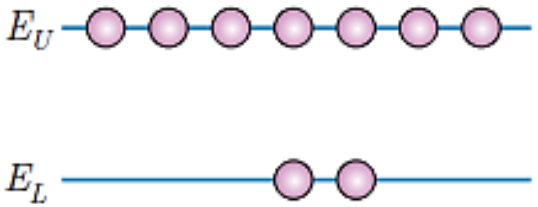
❖ در گسیل القایی یک چشمه ی انرژی خارجی مناسب وجود دارد که الکترون ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته می کند.

✓ این چشمه ی انرژی می تواند درخشش شدید نور یا تخلیه ی ولتاژ بالا باشد.

❖ به طور معمول(در دمای معمولی) بیشتر الکترون ها در تراز انرژی پایین تر قرار دارند که تراز پایدار نامیده می شود.



❖ اگر انرژی کافی به اتم داده شود، الکترون ها برانگیخته می شوند و بیشتر الکترون ها در تراز انرژی بالاتر قرار می گیرند که به آن وارونی جمعیت می گویند.



تراز شبه پایدار: تراز هایی که تعداد الکترون ها در آن ها نسبت به تراز پایین تر(تراز پایدار) بیشتر باشد.

- ✓ ماندگاری الکترون در حالت برانگیخته ی معمولی در تراز بالاتر، حدود $10^{-8}\ s$ است.
- ✓ در حالت وارونی جمعیت، ماندگاری الکترون در تراز شبه پایدار، حدود $10^{-3}s$ است.

❖ طولانی تر ماندن الکترون در ترازهای شبه پایدار، نسبت به حالت برانگیخته ی معمولی، فرصت بیشتری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه تقویت نور لیزر فراهم می کند.

مثال(کنکور ۸۸ ریاضی):

کدام یک از موارد زیر، گسیل القایی را نشان می‌دهد؟ (* نشانه‌ی اتم برانگیخته است.)

۱) فوتون + اتم → فوتون **2** + اتم*

۲) فوتون + اتم → اتم*

۳) اتم* → فوتون + اتم

۴) **2** فوتون + اتم → فوتون + اتم*

مثال(کنکور ۹۶ تجربی):

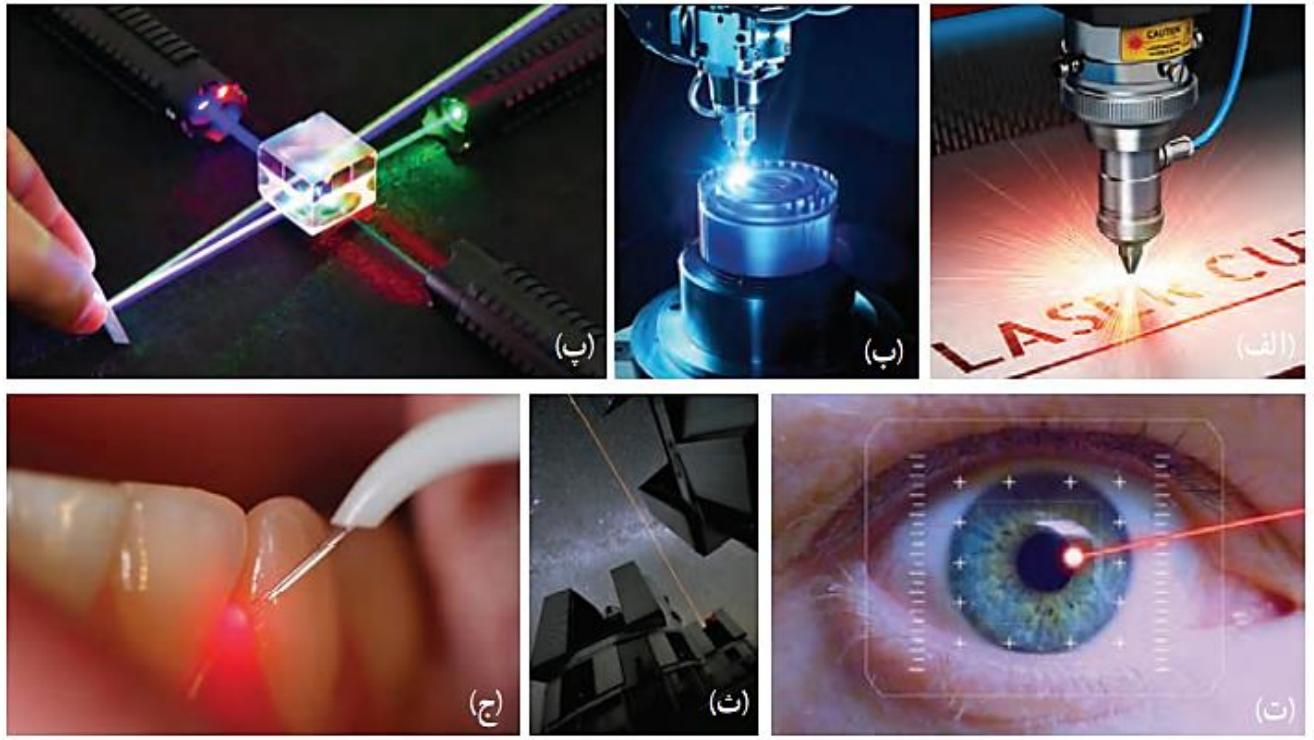
کدام یک از موارد زیر، از کاربردهای لیزر است؟

۱) عکاسی در مه و تاریکی

۲) استفاده در اجاق های مایکروویو

۳) برش فلزات

۴) ضدعفونی کردن تجهیزات پزشکی

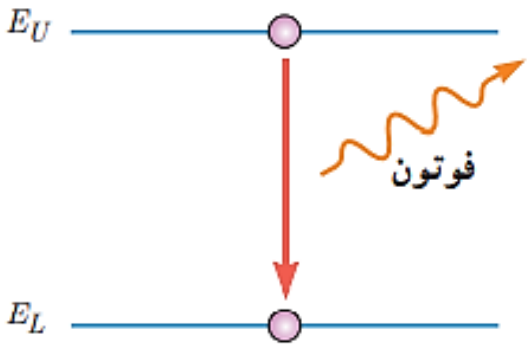


شکل ۴ــ۱۷ برخی از کاربردهای لیزر : الف) در برشکاری، ب) در جوشکاری، پ) در آزمایش‌های فیزیک و پژوهش‌های علمی، ت) در چشم پزشکی، ث) در نجوم، ج) در دندانپزشکی

مثال(دیماه ۹۸ تجربی):

الف – نام هر یک از فرایند های a و b را بنویسید.

ب – کدام یک از این فرایند ها برای ایجاد باریکه ی لیزری بکار می رود؟

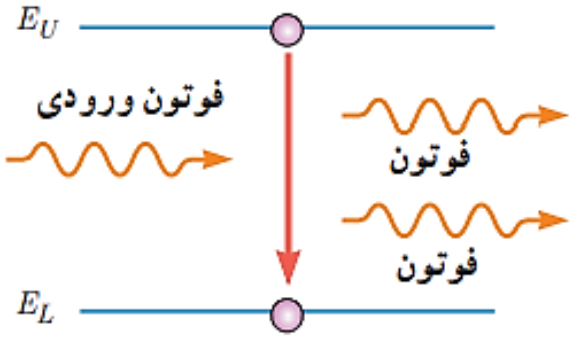


(a)

الف:

(a) ⟵ گسیل خود به خود

(b) ⟵ گسیل القایی



(b)

ب: گسیل القایی

به نام خدا

فیزیک دوازدهم

رشته های علوم تجربی – ریاضی فیزیک

فیزیک هسته ای

محمد حسین پاک طینت

اسفند ماه ۹۹

ساختار هسته

- شعاع هسته تقریبا $\frac{1}{100000}$ شعاع اتم است.
- هسته از نوترون و پروتون تشکیل شده است که بطور کلی نوکلئون نامیده می شوند.
- نوترون بار الکتریکی ندارد و جرمش اندکی از جرم پروتون بیشتر است.
- تعداد پروتون ها را با Z نشان می دهیم که در عنصرهای مختلف، متفاوت است.
- تعداد نوترون ها (عدد نوترونی) را با N نمایش می دهیم.

نمایش عنصر X $\quad {}^{A}_{Z}X_{N}$

عدد جرمی $\quad A = Z + N$

❖ ویژگی های هسته به تعداد نوکلئون های آن بستگی دارد.

✓ خواص شیمیایی هر اتم به تعداد پروتون های هسته(Z) بستگی دارد.

ایزوتوپ(هم مکان): هسته هایی که دارای تعداد پروتون یکسان ولی تعداد نوترون متفاوت هستند.

پایداری هسته

✓ ابعاد هسته در مقایسه با ابعاد اتم بسیار کوچک است. چگالی هسته حدود $10^{14}\ \frac{g}{cm^3}$ است.

✓ نیروی دافعه ی خیلی قوی بین پروتون های درون هسته وجود دارد چرا که خیلی به هم نزدیک هستند.

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

✓ با توجه به اینکه بسیاری از هسته هایی که در طبیعت وجود دارند، پایدار هستند، نوعی نیروی جاذبه باید اجزای هسته را کنار هم نگه دارد.

✓ نیروی گرانشی بین نوکلئون ها بسیار ضعیف است و نمی تواند با دافعه ی الکتریکی مقابله کند

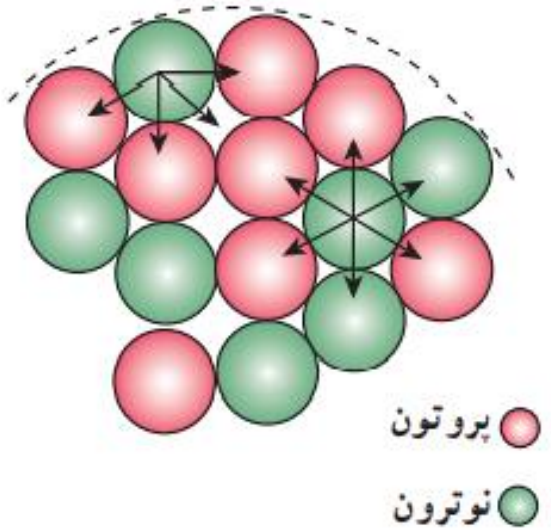
نیروی هسته ای: نیروی جاذبه ی بین نوکلئون ها که آن ها را کنار هم نگه می دارد و با نیروی دافعه ی الکتریکی پروتون ها مقابله می کند.

✓ نیروی هسته ای کوتاه برد است و در فاصله ای کوچکتر از ابعاد هسته اثر می کند.

✓ نیروی هسته ای مستقل از بار الکتریکی است. یعنی نیروی ربایشی هسته ای یکسانی بین دو پروتون، دو نوترون یا یک پروتون و یک نوترون وجود دارد.

✓ از نظر فیزیک هسته ای تفاوتی بین پروتون و نوترون وجود ندارد و به همین دلیل هردو آنها را با نام نوکلئون می شناسیم.

✓ به دلیل بلند برد بودن نیروی الکترواستاتیکی، یک پروتون تمام پروتونهای دیگر را دفع می کند در حالی که یک نوکلئون، فقط نزدیک ترین نوکلئون مجاور خود را با نیروی هسته ای جذب می کند.

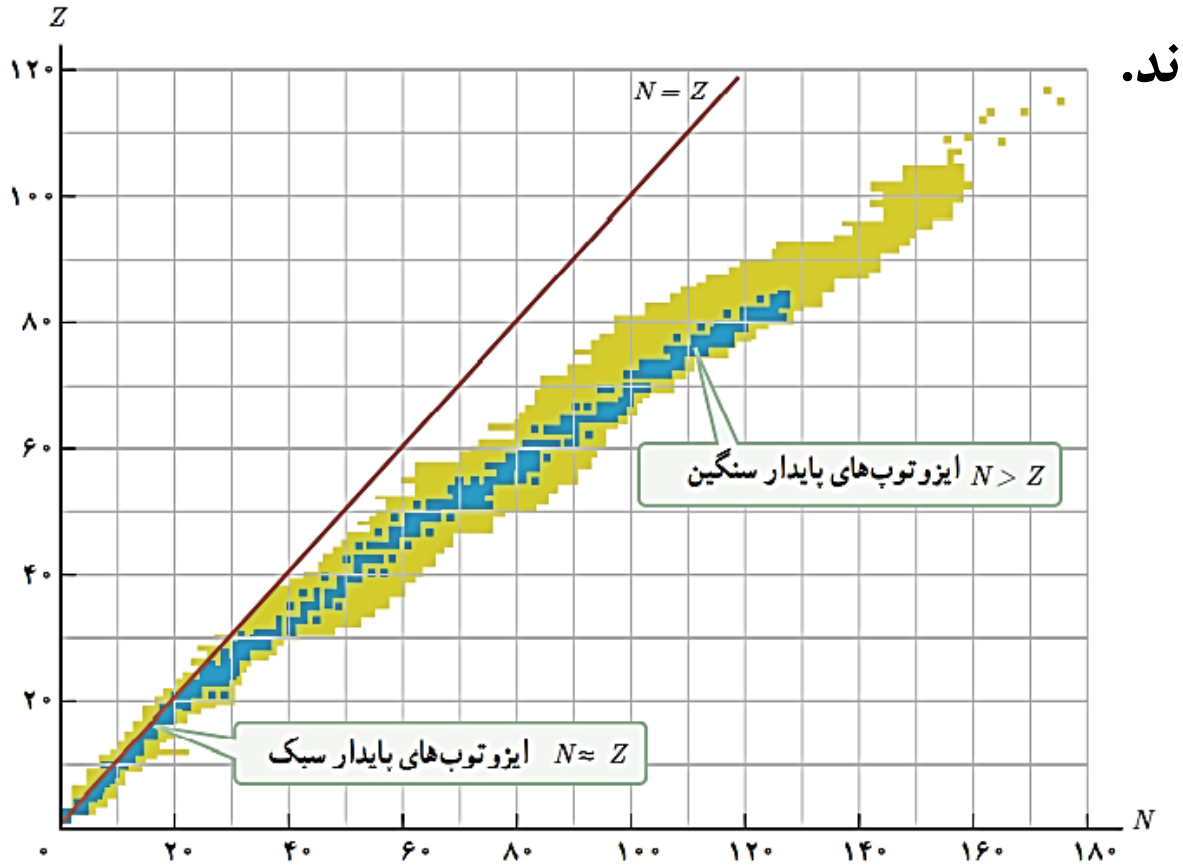


✓ وقتی تعداد پروتون های هسته افزایش می یابد، برای اینکه هسته پایدار بماند، باید تعداد نوترون های درون هسته نیز افزایش یابد. چون نوترون جاذبه را افزایش می دهد و دافعه ی الکتریکی هم ندارد.

✓ هسته هایی که تعداد پروتون آنها کمتر یا برابر ۸۳ است($Z \leq 83$) پایدار هستند.

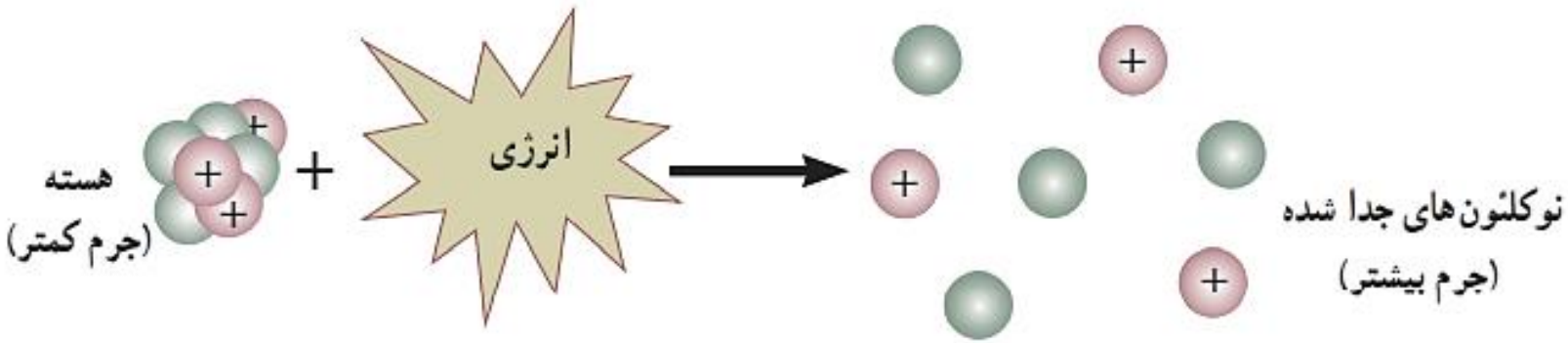
آخرین عنصر پایدار، بیسموت است.

✓ توریم و اورانیم تنها عنصر هایی هستند که واپاشی آنها بسیار کند است و تا کنون مقدار کمی از آنها بر اثر واپاشی به عنصرهای سبک تر تبدیل شده اند.



شکل ۴ـ۲۲ نمودار تغییرات Z برحسب N برای هسته‌های پایدار و پرتوزا. هر نقطهٔ آبی رنگ نشان‌دهندهٔ یک هستهٔ پایدار است. نقاط زردرنگ هسته‌های پرتوزای شناخته شده را نشان می‌دهند.

انرژی بستگی هسته ای: انرژی لازم برای جدا کردن نوکلئون های یک هسته



کاستی جرم هسته: اختلاف جرم بین جرم هسته و جرم نوکلئونهای تشکیل دهنده ی آن

✓ اندازه گیری های دقیق نشان می دهد که جرم هسته، ازمجموع جرم پروتون ها و نوترون های تشکیل دهنده ی آن کمتر است.

✓ اگر کاستی جرم را در رابطه ی انیشتین $E = mc^2$ قرار دهیم، انرژی بستگی هسته ای بدست می آید.

- انرژی نوکلئونهای هسته، مانند انرژی الکترون های اتم، کوانتیده هستند. یعنی نمی توانند هر انرژی دلخواهی داشته باشند.(به عبارت دیگر، درون هسته نیز ترازهای انرژی وجود دارد)

- نوکلئونها می توانند با جذب انرژی از تراز پایه به تراز برانگیخته بروند و در نتیجه هسته برانگیخته شود.

- هسته ی برانگیخته با گسیل فوتون به تراز پایه برمی گردد. انرژی فوتون گسیل شده، برابر با اختلاف انرژی بین دو تراز خواهد بود.

- اختلاف بین ترازهای انرژی نوکلئونها در هسته از مرتبه ی kev تا مرتبه ی Mev است. در حالی که اختلاف بین ترازهای انرژی الکترون ها در اتم از مرتبه ی ev است.

- هسته ها در واکنش های شیمیایی برانگیخته نمی شوند.

پرتوزایی طبیعی

❖ وقتی یک هسته ی ناپایدار (پرتوزا) به طور طبیعی(خودبه خود) واپاشی می کند، نوع معینی از ذرات یا فوتون های پرانرزی آزاد می شوند که پرتوزایی طبیعی نامیده می شود.

✓ در پرتوزایی طبیعی، سه نوع پرتو ایجاد می شود: پرتو آلفا، پرتو بتا و پرتو گاما

✓ پرتوهای آلفا(α) کمترین نفوذ را دارند و با ورقه ی نازک سربی (ضخامت ۰۱/ میلیمتر) متوقف می شوند.

✓ پرتوهای بتا (β) مسافت بیشتری را در سرب نفوذ می کنند(حدود ۱/ میلی متر)

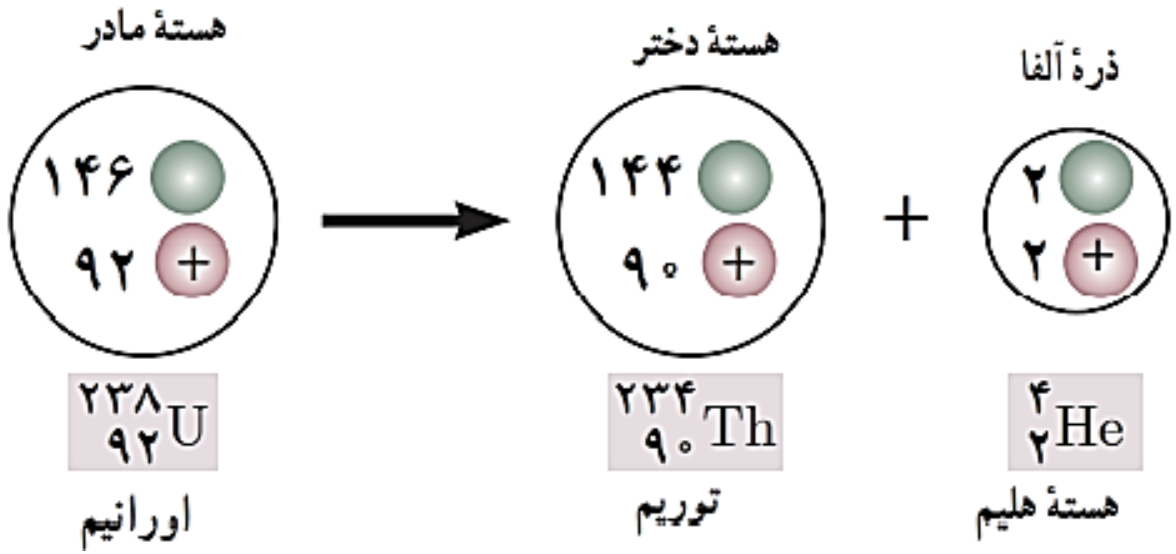
✓ پرتوهای گاما(γ) بیشترین نفوذ را دارند و می توانند از ورقه ای سربی با ضخامت حدود ۱۰۰ میلیمتر نیز بگذرند.

✓ تعداد نوکلئونها در طی فرایند واپاشی هسته ای پایسته است. یعنی تعداد نوکلئونها پیش از فرایند و تعداد آنها پس از فرایند مساوی است.

واپاشی α

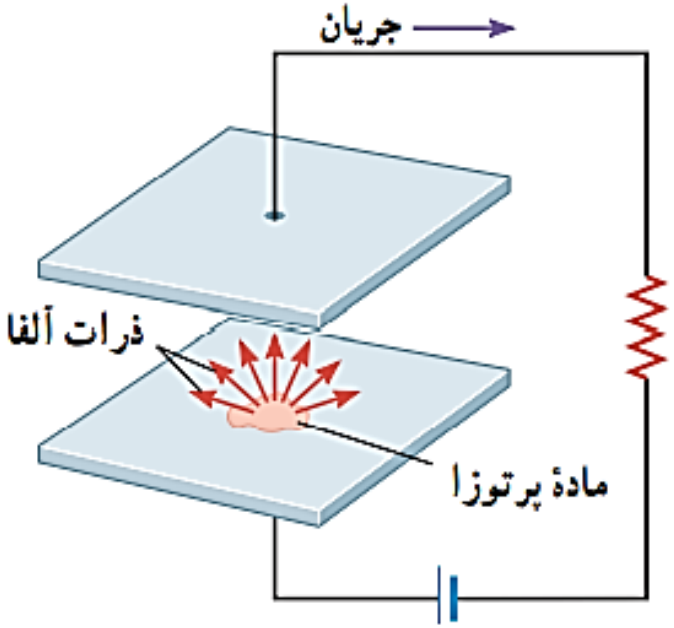
✓ پرتوهای α ، ذرات باردار مثبت از جنس هسته ی هلیم (${}^{4}_{2}He$) هستند. واپاشی آلفا با رابطه ی زیر بیان می شود:

$$ {}^{A}_{z}X \longrightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{A-4}_{z-2}Y $$



واپاشی α

- ذره های آلفا، سنگین هستند و بار مثبت دارند.
- ذرات آلفا، کوتاه برد هستند و پس از طی مسافتی کوتاهی در هوا (چند سانتیمتر) و یا عبور از لایه ای نازک از مواد جذب می شوند.
- اگر این ذرات از راه تنفس یا دستگاه گوارش وارد بدن شوند، باعث آسیب شدید به بافت های بدن می شوند.
- یکی از کاربرد های گسترده ی واپاشی آلفا، در آشکارسازهای دود است.

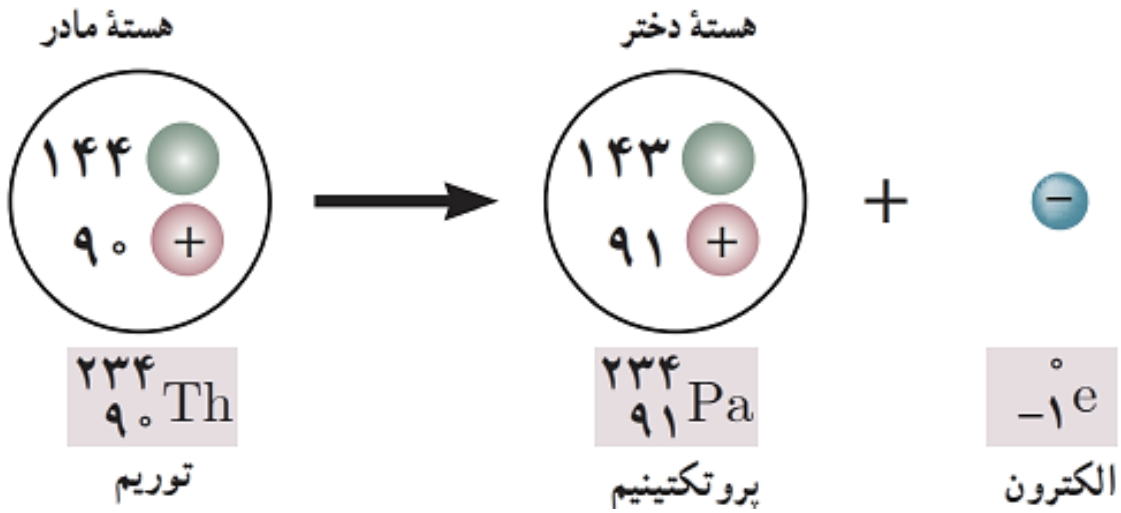


واپاشی بتا (β)

✓ این واپاشی متداول ترین نوع واپاشی در هسته ها است.

✓ این ذرات الکترون هستند و با β^- نشان می دهیم.

✓ در هسته ی مادر، الکترون وجود ندارد. این الکترون وقتی به وجود می آید که یک نوترون در هسته، به پروتون و الکترون تبدیل می شود.



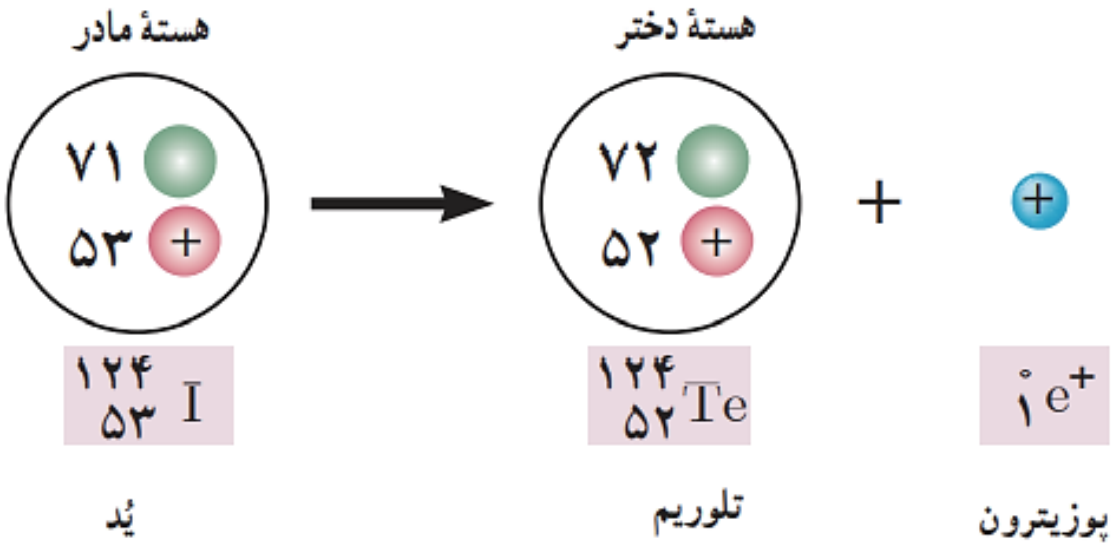
$$ {}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{0}_{-1}\beta^{-} + {}^{A}_{z+1}Y $$

واپاشی بتا (β)

✓ در نوعی دیگر از واپاشی بتا، ذره ی گسیل شده توسط هسته، جرمی اندازه ی الکترون دارد ولی بار آن $+e$ است. به این الکترون مثبت پوزیترون (β^+ یا e^+) می گویند.

✓ آنچه در این واپاشی رخ می دهد این است که یکی از پروتون ها ی هسته به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می شود و پوزیترون از هسته خارج می شود.

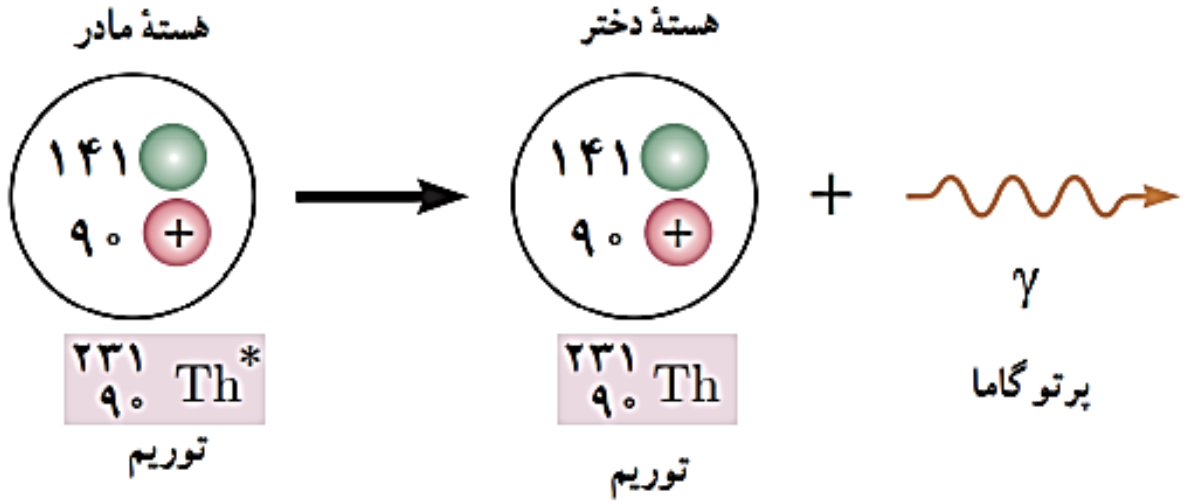
$$ {}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{0}_{1}\beta^{+} + {}^{A}_{Z-1}Y $$



واپاشی گاما (γ)

- ✓ پرتوهای گاما، فوتون های پر انرژی هستند.
- ✓ اغلب هسته ها پس از واپاشی آلفا یا بتا، در حالت برانگیخته قرار می گیرند و با گسیل پرتو گاما به حالت پایه می رسند.
- ✓ در واپاشی گاما، A و Z تغییر نمی کنند و هسته ی برانگیخته با گسیل پرتو گاما به حالت پایه می رسد.

$$ {}^{A}_{Z}X^{*} \longrightarrow \gamma + {}^{A}_{Z}X $$



مثال(کنکور ۹۸ ریاضی):

در واکنش $^{237}_{92}X \rightarrow Y + 3\alpha + \beta^-$ ، تعداد نوکلئون‌های Y چقدر است؟

۱) ۲۲۴ ۲) ۲۲۵ ۳) ۲۲۶ ۴) ۲۲۸

$$^{237}_{92}X \rightarrow {}^{A}_{z}Y + 3\,{}^{4}_{2}\alpha + {}^{0}_{-1}\beta^-$$

$$237 = A + 3 \times 4 + 0 \longrightarrow A = 225$$

$$92 = z + 6 - 1 \longrightarrow z = 87$$

مثال(کنکور ۹۸ تجربی):

در واکنش هسته ای ..... + ... + $_{Z}^{A}X \rightarrow {}^{A-8}_{Z}Y$ ، به‌جای نقطه‌چین‌ها چند آلفا و چند بتای منفی باید قرار داد؟

۱) یک آلفا و ۳ بتا

۲) ۲الفا و ۴ بتا

۳) ۲ آلفا و ۴ بتا

۴) ۲ آلفا و ۳ بتا

$$_{Z}^{A}X \rightarrow {}^{A-8}_{Z}Y + m\,{}^{4}_{2}\alpha + n\,{}^{0}_{-1}\beta^{-}$$

$$A = A - 8 + m \times 4 + 0 \longrightarrow m = 2$$

$$z = z + 2 \times 2 - n \longrightarrow n = 4$$

نیمه عمر($T_{\frac{1}{2}}$): مدت زمانی است که طول می کشد تا تعداد هسته های مادر موجود در یک نمونه به نصف برسند.

مثال ۴ـ۵

در حادثهٔ انفجار نیروگاه هسته‌ای چرنوبیل، یُد ۱۳۱ ($^{131}_{53}I$)، یکی از ایزوتوپ‌هایی بود که وارد محیط‌زیست شد. این ایزوتوپ، فرّار است و همراه با جریان‌های جوّی، تا کشورهای دوردست از محل نیروگاه حرکت کرد و با نشستن روی برگ گیاهان، سبب آلودگی گوشت و شیر دام‌هایی شد که این گیاهان را می‌خوردند. نیمه‌عمر این ایزوتوپ پرتوزا تقریباً ۸ روز است. پس از گذشت ۴۰ روز از حادثهٔ چرنوبیل، چه کسری از هسته‌های مادر اولیه در محیط‌زیست باقی‌مانده بود؟

پاسخ : نیمه‌عمر ایزوتوپ یُد۱۳۱ برابر ۸ روز است و ۴۰ روز را معادل ۵ نیمه‌عمر $^{131}_{53}I$ در نظر می‌گیریم. اگر N_0 تعداد هسته‌های مادر اولیه باشد، پس از گذشت ۴۰ روز جدول زیر را می‌توان تنظیم کرد.

تعداد نیمه‌عمرهای سپری‌شده	۰	۱	۲	۳	۴	۵
هسته‌های مادر باقی‌مانده	N_0	$\frac{1}{2}\times N_0=\frac{N_0}{2}$	$\frac{1}{2}\times\frac{N_0}{2}=\frac{N_0}{4}$	$\frac{1}{2}\times\frac{N_0}{4}=\frac{N_0}{8}$	$\frac{1}{2}\times\frac{N_0}{8}=\frac{N_0}{16}$	$\frac{1}{2}\times\frac{N_0}{16}=\frac{N_0}{32}$

بنابراین، پس از گذشت ۴۰ روز از حادثهٔ چرنوبیل، تنها $\frac{1}{32}$ از هسته‌های مادر اولیه در محیط‌زیست باقی ماندند.

نیمه عمر

زمان کل

تعداد نیمه عمر $n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}$

کسر باقیمانده $= \frac{1}{2^n}$

تعداد ذرات اولیه

تعداد ذرات باقیمانده $N = \frac{N_0}{2^n}$

جرم اولیه

جرم باقیمانده $m = \frac{m_0}{2^n}$

مثال(کنکور ۹۸ ریاضی خارج از کشور):

از یک ماده‌ی رادیواکتیو که نیمه عمر آن ۸ روز است، پس از گذشت چند روز، ۷۵ درصد هسته‌های این ماده واپاشیده می‌شود؟

۱) ۸ ۲) ۱۶ ۳) ۲۴ ۴) ۳۲

$T_{\frac{1}{2}} = 8$ روز

$t = ?$

کسر باقیمانده $= \frac{1}{2^n} = \frac{25}{100} = \frac{1}{4}$

$\longrightarrow n = 2$

کسر واپاشیده شده $= \frac{75}{100}$

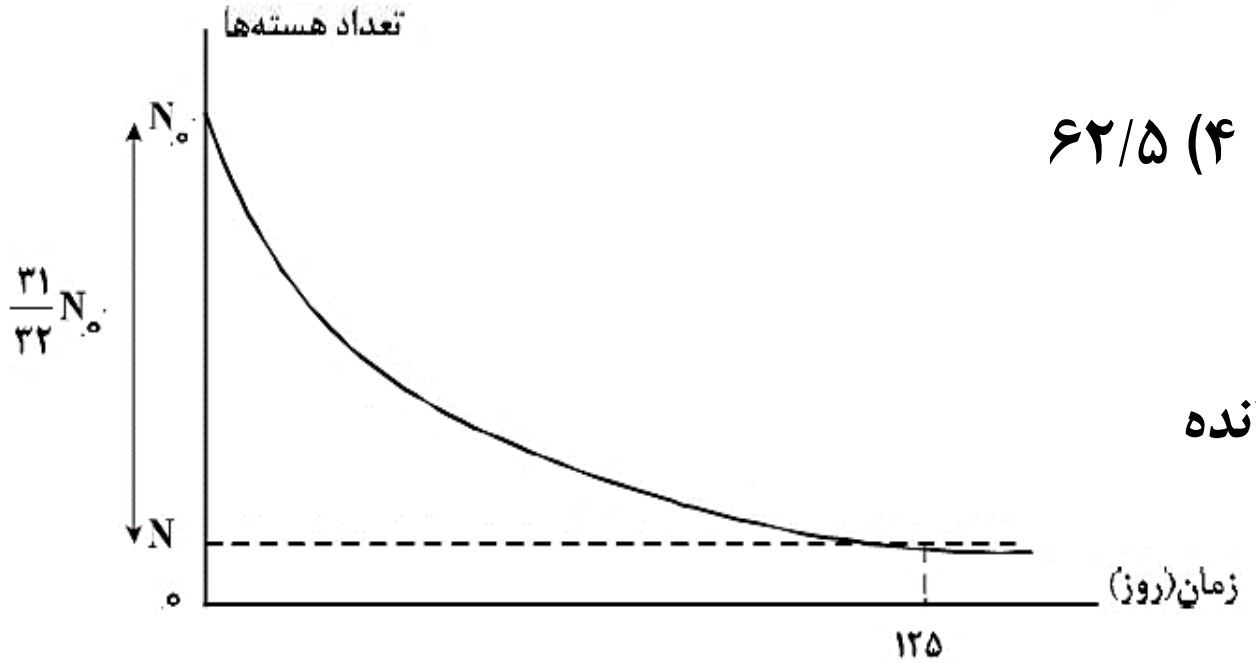
کسر باقیمانده $= \frac{25}{100}$

$n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \longrightarrow t = 2 \times 8 = 16$

مثال(کنکور ۹۸ ریاضی):

نمودار واپاشی هسته‌های یک ماده‌ی پرتوزا برحسب زمان به صورت شکل زیر است. نیمه عمر این ماده چند روز است؟

۱) ۵ ۲) ۲۵ ۳) ۵۰ ۴) ۶۲/۵



$$\text{کسر باقیمانده} = \frac{1}{2^n} = \frac{1}{32} = \frac{1}{2^5}$$

$$\longrightarrow n = 5$$

$$\text{کسر واپاشیده شده} = \frac{31}{32}$$

$$\text{کسر باقیمانده} = \frac{1}{32}$$

$$n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \longrightarrow T_{\frac{1}{2}} = \frac{125}{5} = 25$$

مثال(کنکور ۹۳ تجربی):

تعداد هسته‌های اولیه‌ی یک ماده‌ی رادیواکتیو $N_o = 1600$ است. اگر نیمه عمر این ماده ۶ ساعت باشد، بعد از چند ساعت ۲۰۰ هسته‌ی آن فعال باقی می‌ماند؟

۱) ۱۲ ۲) ۱۸ ۳) ۳۶ ۴) ۴۸

$N = 200$ $\qquad N = \frac{N_0}{2^n} \longrightarrow 2^n = \frac{1600}{200} = 8$

$T_{\frac{1}{2}} = 6$ ساعت $\longrightarrow n = 3$

$$n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \longrightarrow t = 3 \times 6 = 18$$

موفقیت شما آرزوی ماست

محمد حسین پاک طینت
دبیر فیزیک ناحیه ۳ شیراز