

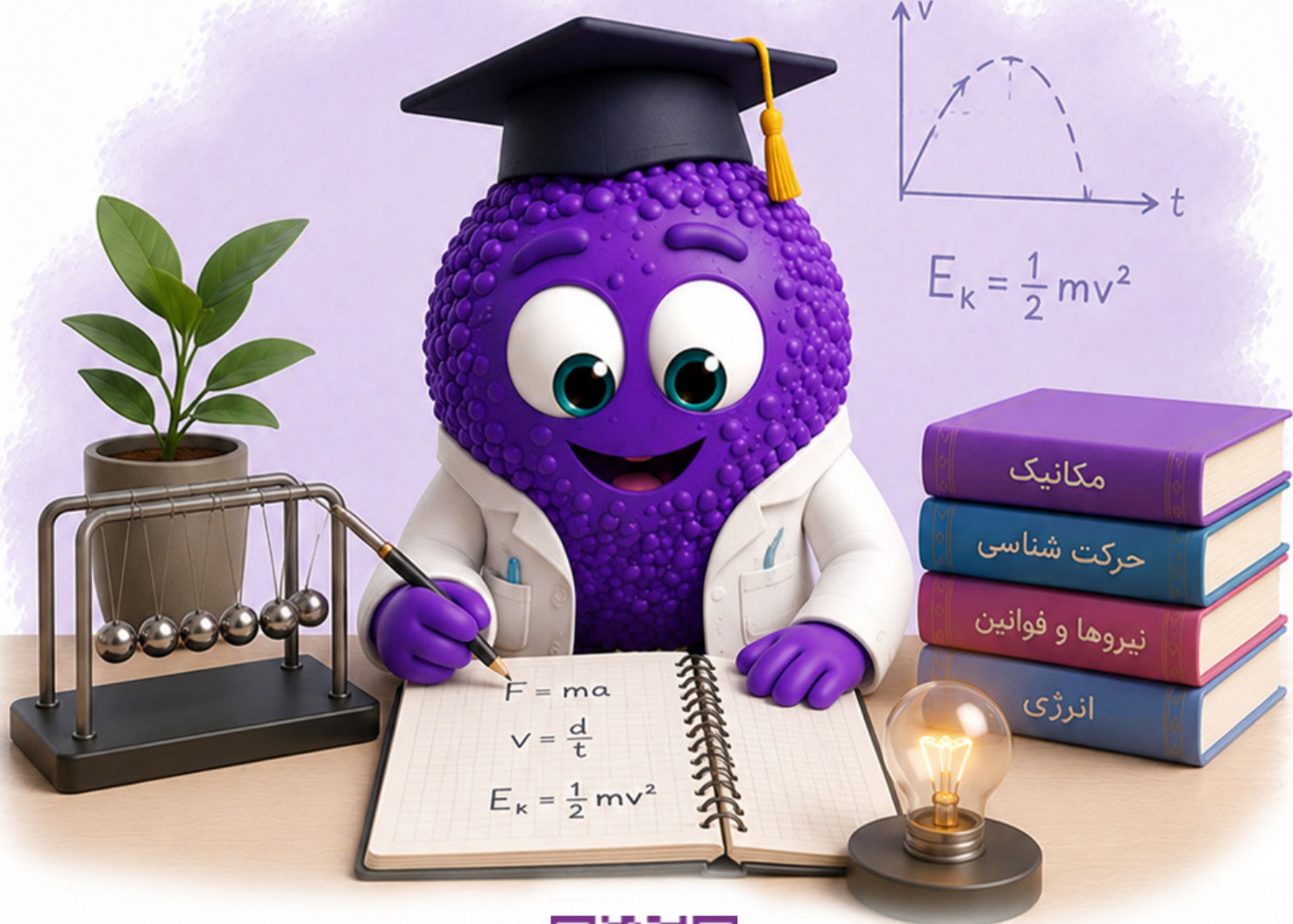


گروه آموزشی مشاوره‌ای نوتروفیل



# درس فیزیک دوازدهم

نوتروپیست







# نوטר وفیل خونه رتبه برترها

## قبولی های کنکور ۱۴۰۴



### تک رتبه نوטר وفیل

رتبه ۸  
ایمان نیک نام جهرمی

### دو رتبه های نوטר وفیل

رتبه ۱۴  
امیر محمد کیانی

رتبه ۵۵  
مهسا سیاوشی

### سه رتبه و چهار رتبه های نوטר وفیل

رتبه ۱۴۷  
محدثه حیدری

رتبه ۲۵۹  
ابوالفضل ناصریان

رتبه ۵۱۴  
محمد پارسا عبدالله آبادی

رتبه ۵۴۶  
حسین تقضلی نژاد

رتبه ۶۷۲  
محمد ماهان عنبرستانی

رتبه ۷۸۶  
نیما غفاری

رتبه ۱۰۵۲  
پویان فریور افشار

رتبه ۱۲۳۴  
مطهره توحیدی

رتبه ۱۴۲۴  
سید امیر حسین حسینی

رتبه ۱۵۳۴  
فاطمه عبیری

رتبه ۱۷۵۴  
هلیا حاجیلویی

رتبه ۲۶۲۵  
زهره مجمعی

رتبه ۲۸۸۱  
پارسا جمال امیدی

رتبه ۳۸۱۰  
هدیه رحیمی

رتبه ۱۶  
آریا قهرمانی

رتبه ۶۱  
بهار هلالی

رتبه ۱۶۰  
اشکان کوثری

رتبه ۳۰۸  
سید علی اکرمی

رتبه ۵۲۳  
فاطمه شاهسونند

رتبه ۵۷۰  
زهره ولی نژاد

رتبه ۶۹۱  
بهار ضرغامی

رتبه ۸۰۴  
آرمین رضایی

رتبه ۱۰۵۸  
الینا جلالی فر

رتبه ۱۲۸۴  
بهار امیری

رتبه ۱۴۸۳  
سینا خاوری خراسانی

رتبه ۱۶۳۹  
ابوالفضل نیرومند

رتبه ۱۹۶۶  
مهسا رضایی مقدم

رتبه ۲۷۵۱  
فهمیه سیدآبادی

رتبه ۳۱۳۳  
صبا شایع ثانی

رتبه ۲۰  
سینا راضی

رتبه ۷۵  
محمد صالح عارفی

رتبه ۱۶۹  
هانیه خواجه

رتبه ۳۴۱  
حمیدرضا بشیری

رتبه ۵۳۷  
ریحانه حیدری

رتبه ۶۰۶  
سجاد محمودی زاده

رتبه ۷۱۴  
محمد یزدیان

رتبه ۸۹۳  
فاطمه مشاوری نجف آبادی

رتبه ۱۱۲۲  
علی طاهر زاده

رتبه ۱۲۸۴  
فاطمه معین زاده

رتبه ۱۴۹۳  
محمد مهدی خرم زاده

رتبه ۱۶۷۸  
سجاد ینکی

رتبه ۲۰۱۵  
علی شیرزاد

رتبه ۲۷۸۱  
سعید شبانی

رتبه ۳۲۴۴  
هلیا سجادی

رتبه ۳۲  
امیر محمد رضائی

رتبه ۸۰  
محمد مهدی شریفی

رتبه ۲۲۲  
امیر محمد شکوهی

رتبه ۴۳۲  
سید محمدصادق حسینی

رتبه ۵۳۹  
نجمه کبیا

رتبه ۶۶۱  
فاطمه اصغری

رتبه ۷۸۱  
احسان قنبری

رتبه ۹۰۹  
کیمیا فدائی

رتبه ۱۱۲۷  
زهره بابائی

رتبه ۱۳۵۰  
علی زینلی

رتبه ۱۵۰۳  
فاطمه رحیم زاده

رتبه ۱۶۹۶  
ندا ملک شاهی

رتبه ۲۵۵۹  
سارا حمزه

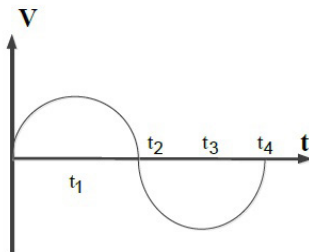
رتبه ۲۷۹۴  
مریم بادلی

رتبه ۳۳۴۳  
سینا ارزمانی

## سوالات فیزیک

### فصل اول

(دی ۱۴۰۱)



**سوال ۱** باتوجه به نمودار درستی یا نادرستی عبارت‌ها را مشخص کنید.

الف) در بازه زمانی  $t_1$  تا  $t_2$  بردار شتاب در جهت محور  $x$  است.

ب) در بازه زمانی  $t_1$  تا  $t_2$  حرکت کندشونده است.

ج) در لحظه  $t_2$  شتاب صفر است.

**پاسخ:** الف) نادرست

ب) درست

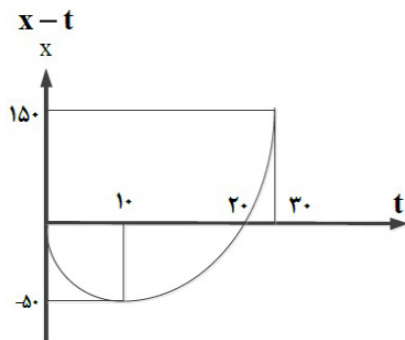
ج) نادرست

**سوال ۲** چتربازی در ارتفاع ۶۰۰ متر به تندی حدی  $5 \text{ m/s}$  می‌رسد. چند ثانیه طول می‌کشد تا به سطح زمین برسد؟

(دی ۱۴۰۱)

**پاسخ:**  $\Delta y = V \cdot \Delta t \rightarrow 600 = 5 \times \Delta t \rightarrow \Delta t = 120 \text{ (s)}$

(دی ۱۴۰۱)



**سوال ۳** متحرکی که نمودار  $x-t$  آن به شکل مقابل است با شتاب ثابت حرکت می‌کند.

الف) معادله مکان - زمان آن را بنویسید.

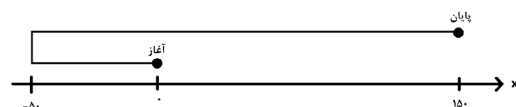
ب) مسیر حرکت متحرک در امتداد محور  $x$  را رسم کنید.

**پاسخ:** الف)

$$\Delta x = \left( \frac{V + V_i}{2} \right) \Delta t \rightarrow -50 = \frac{0 + V_i}{2} \times 10 \rightarrow V_i = -10 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{V - V_i}{t} \rightarrow a = \frac{0 - (-10)}{10} = 1 \text{ m/s}^2$$

$$x = \frac{1}{2} a t^2 + V_i t + x_i \rightarrow x = \frac{1}{2} t^2 - 10t$$



ب)



**سوال ۴** متحرکی با شتاب ثابت  $-2 \text{ m/s}^2$  و تندی  $10 \text{ m/s}$  در خلاف جهت محور  $x$  شروع به حرکت می‌کند.

(شهریور ۱۴۰۲)

الف) معادله سرعت- زمان متحرک را بنویسید.

ب) نمودار سرعت- زمان متحرک را در  $5(s)$  اول حرکت رسم کنید.

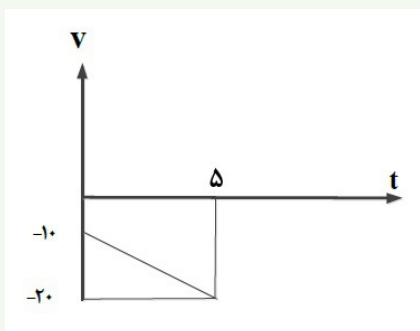
**پاسخ:**

الف)

$$V = at + V_0 \rightarrow V = -2t - 10$$

$$V = -2 \times 5 - 10 = -20 \text{ m/s}$$

ب)



**سوال ۵** اتومبیلی با سرعت  $108 \text{ km/h}$  در جاده‌ای مستقیم در حال حرکت است. راننده مانعی ساکن در فاصله  $120$

متری از خود می‌بیند و ترمز می‌گیرد. سرعت اتومبیل با چه شتابی کاهش یابد تا در فاصله  $20$  متری از مانع متوقف شود؟

(شهریور ۱۴۰۲)

**پاسخ:**

$$\Delta x = 120 - 20 = 100 (m)$$

$$V^2 - V_0^2 = 2a\Delta x \rightarrow 0 - 30^2 = 2a \times 100 \rightarrow a = -\frac{900}{200} = -4.5 \text{ m/s}^2$$

حواستون باشه حتماً علامت منفی شتاب رو بزارید!

(شهریور ۱۴۰۲)

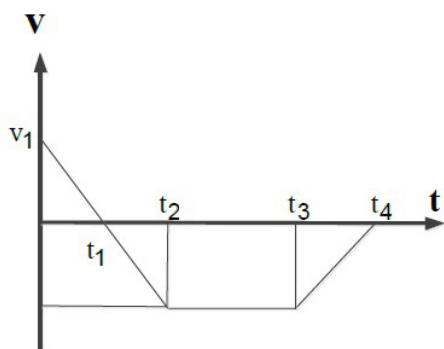
**سوال ۶** با توجه به نمودار سرعت- زمان مقابل پاسخ دهید.

الف) در چه لحظه یا لحظه‌هایی جهت حرکت متحرک تغییر می‌کند؟

ب) در کدام بازه زمانی، حرکت کندشونده و در خلاف جهت محور  $x$  است؟

ج) نوع حرکت در بازه زمانی  $t_1$  تا  $t_2$  چیست؟

د) جابجایی در کل مدت زمان حرکت، در جهت محور  $x$  است یا در خلاف جهت آن؟



**پاسخ:** الف)  $t_1$

ب)  $t_1$  تا  $t_2$

ج) سرعت ثابت

د) در خلاف جهت محور  $x$

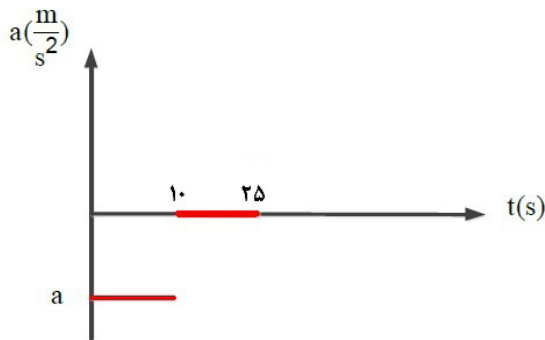


**سوال ۷** نمودار شتاب- زمان متحرکی که سرعت اولیه آن  $40 \text{ m/s}$  و سرعت آن در  $t = 10 \text{ (s)}$  برابر  $20 \text{ m/s}$  باشد مشاهده می‌کنید. (خرداد ۱۴۰۲)

الف) شتاب حرکت این ماشین را در ۱۰ ثانیه اول حرکت محاسبه کنید.

ب) جابجایی ماشین در بازه زمانی  $10 \text{ (s)}$  تا  $25 \text{ (s)}$  را

بدست آورید.



**پاسخ:** الف)

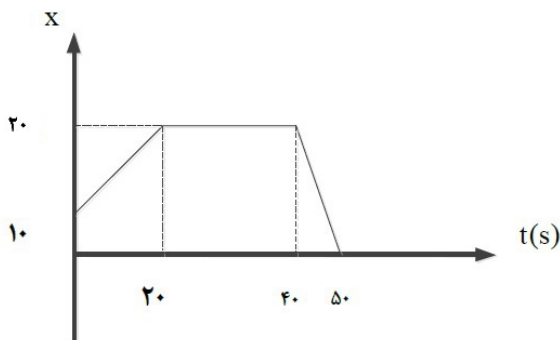
$$a = \frac{V - V_0}{t} \rightarrow a = \frac{20 - 40}{10} = -2 \text{ m/s}^2$$

ب)

$$\Delta x = V_0 t \rightarrow \Delta x = 20 \times 15 = 300 \text{ (m)}$$

(خرداد ۱۴۰۲)

**سوال ۸** با توجه به نمودار مقابل معادله حرکت را در بازه  $0 - 20$  و  $20$  تا  $40$  و  $40$  تا  $50$  بنویسید.



**پاسخ:**

$$x = Vt + x_0$$

$$0 - 20: V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{20 - 10}{20 - 0} = 0.5 \text{ m/s} \rightarrow x = 0.5t + 10 \quad \text{در جهت محور } x$$

$$20 - 40: V = \frac{20 - 20}{40 - 20} = 0 \text{ m/s} \rightarrow x = 0 \times t + 20 \rightarrow x = 20 \text{ (m)} \quad \text{توقف}$$

$$40 - 50: V = \frac{0 - 20}{50 - 40} = -2 \text{ m/s} \rightarrow x = -2t + 20 \quad \text{در خلاف جهت محور } x$$

(خرداد ۱۴۰۲)

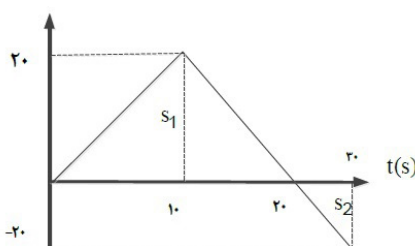
**سوال ۹** نمودار سرعت- زمان متحرکی که از مکان اولیه  $20 \text{ m}$  حرکت می‌کند به شکل مقابل است.

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

ب) مسافت طی شده و جابجایی در ۳۰ ثانیه اول حرکت

چند متر است؟

ج) نمودار  $x - t$  آن را رسم کنید.



پاسخ: الف)

$$x_r - x_l = \left( \frac{V_r + V_l}{2} \right) \Delta t$$

$$\xrightarrow{t=10} x_r = \left( \frac{0+20}{2} \right) \times 10 - 20 = 8 \cdot (\text{m}), \quad \xrightarrow{t=20} x_r = s - 20 = 200 - 20 = 180 \cdot (\text{m})$$

ب)

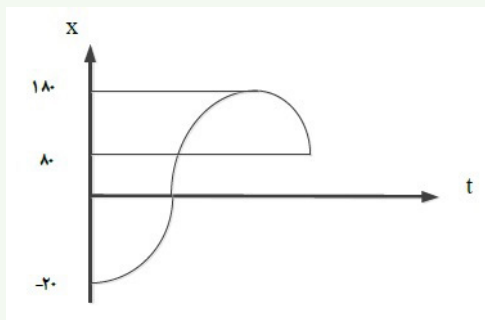
$$S_l = \frac{20 \times 20}{2} = 200 \cdot (\text{m})$$

جابه‌جایی:  $200 - 100 = 100$  متر

$$S_r = \frac{-20 \times 10}{2} = -100 \cdot (\text{m})$$

مسافت:  $200 + 100 = 300$  متر

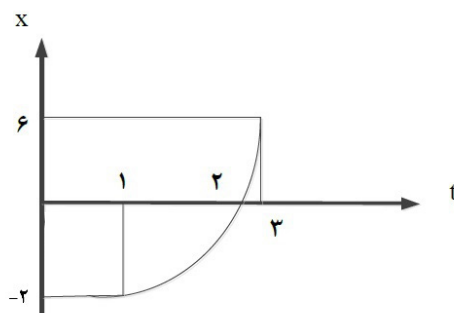
ج)



توجه کنید که همیشه نیاز نیست فرمول نمودار داشته باشید.

برای کشیدنش گاهی وقتا داشتن چندتا نقطه کافیه.

(تمرین کتاب)



سوال ۱۰) باتوجه به نمودار پاسخ دهید.

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

ب) معادله مکان- زمان متحرک را بنویسید.

ج) سرعت متحرک در لحظه  $t = 3$  چقدر است؟

پاسخ: الف)

$$V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6-0}{3} = 2 \text{ m/s}$$

$$t=1 \rightarrow V=0 \rightarrow V=at+V_0 \rightarrow -V_0=a$$

ب)

$$\Rightarrow x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t + x_0 \xrightarrow[t=3, x=6]{t=1, x=0} 6 = \frac{1}{2}a(3)^2 + (-a \times 3) + 0$$

$$\Rightarrow a = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, V_0 = -4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow x = 2t^2 - 4t$$

ج)

$$V = at + V_0 \rightarrow V = 4t - 4 \xrightarrow{t=3} V = 4 \times 3 - 4 = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



**سوال ۱۱** خودرویی با شتاب  $\frac{4}{3} \frac{m}{s^2}$  از حال سکون سرعت خود را به  $60 \frac{m}{s}$  می‌رساند جابجایی خودرو در این مدت

(تالیفی)

چند متر است؟

**پاسخ:**

$$V = at + V_0 \rightarrow 60 = 4 \times t + 0 \rightarrow t = 15(s)$$

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

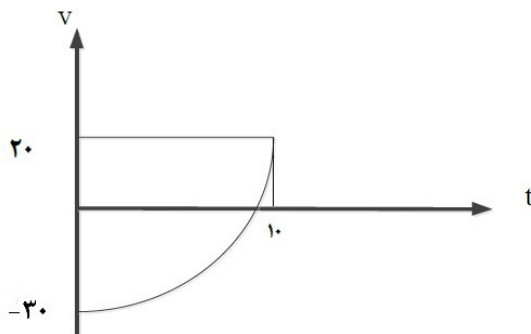
$$\text{یا } (60)^2 - 0^2 = 2 \times 4 \times \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{V_1 + V_0}{2} \Delta t \rightarrow \Delta x = \frac{60 + 0}{2} \times 15 = 450(m)$$

$$\Delta x = 450$$

(تالیفی)

**سوال ۱۲** در نمودار مقابل شتاب متوسط در بازه زمانی صفر تا ۱۰ ثانیه را حساب کنید.



**پاسخ:**

$$a_{av} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{20 - (-30)}{10 - 0} = 5 \frac{m}{s^2}$$

(نهایی)

**سوال ۱۳** کلمات مناسب را انتخاب کنید.

- الف) جهت بردار شتاب متوسط همواره در جهت بردار (تغییر سرعت - سرعت) است.  
 ب) شتاب متوسط کمیتی برداری و هم جهت با (تغییر سرعت - جابجایی) است.  
 ج) بردار سرعت در هر نقطه از مسیر، بر مسیر حرکت (عمود-مماس) است.  
 د) در حرکت دایره یکنواخت حرکت شتاب‌دار (است - نیست).

**پاسخ:** الف) تغییر سرعت

ب) تغییر سرعت

ج) مماس

د) است

**سوال ۱۴** خودرویی با شتاب  $2 \frac{m}{s^2}$  شروع به حرکت می‌کند. اگر در همین لحظه کامیونی ۴۰ متر عقب‌تر با سرعت

(تالیفی)

$14 \frac{m}{s}$  در حرکت باشد در چه لحظاتی از یکدیگر سبقت می‌گیرند؟

**پاسخ:** فرض خودرو در مکان مبدا و کامیون ۴۰ متر عقب‌تر

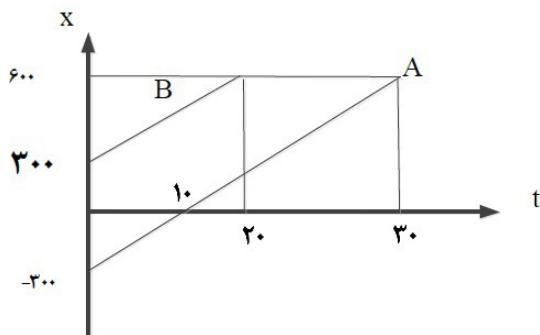
$$x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t + x_0 \rightarrow x = t^2$$

$$x = Vt + x_0 \rightarrow x = 14t - 40$$

$$t^2 = 14t - 40 \rightarrow t^2 - 14t + 40 = 0 \rightarrow (t-10)(t-4) = 0 \rightarrow t = 4(s) \rightarrow t = 10(s)$$

در لحظات:

سوال ۱۵ با توجه به نمودار دو متحرک A و B:



الف) معادله حرکت هر کدام را بنویسید.

ب) در چه زمان و مکانی به هم می‌رسند؟

پاسخ: الف)

$$x = v_t + x_0$$

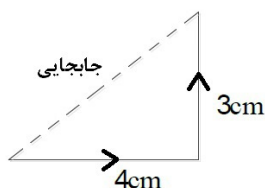
$$V_B = \frac{600 - 300}{20} = 15 \frac{m}{s}, x_B = 15t + 300 \quad V_A = \frac{600 - (-300)}{30} = 30 \frac{m}{s}, x_A = 30t - 300$$

ب)

$$x_B = x_A \rightarrow 15t + 300 = 30t - 300 \rightarrow 600 = 15t \rightarrow t = 40(s)$$

$$\xrightarrow{t=40(s)} x = 15(40) + 300 = 900(m)$$

سوال ۱۶ کفشدوزکی مسیر زیر را در مدت  $\Delta t$  طی می‌کند، سرعت و تندی متوسط آن را محاسبه کنید. (تالیفی)



پاسخ:

$$t = 0 / \Delta t(s)$$

$$= 4 + 3 = 7cm \text{ مسافت}$$

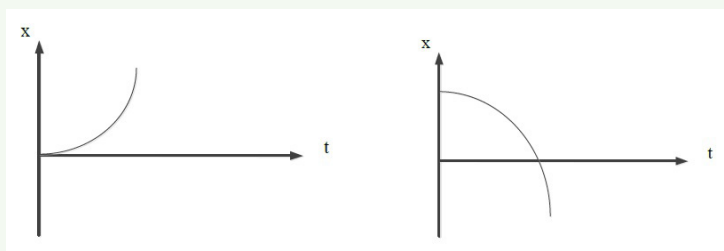
$$s = \frac{v}{0 / \Delta t} = 14 \frac{cm}{s} \left\{ \begin{array}{l} t = 0 / \Delta t(s) \\ d \Rightarrow d = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5cm \end{array} \right. \rightarrow V = \frac{5}{0 / \Delta t} = 10 \frac{cm}{s}$$

سوال ۱۷ نمودار  $x - t$  متحرکی را که از حالت سکون حرکت می‌کند و به تدریج بر تندی آن افزوده می‌شود را رسم کنید.

(تالیفی)

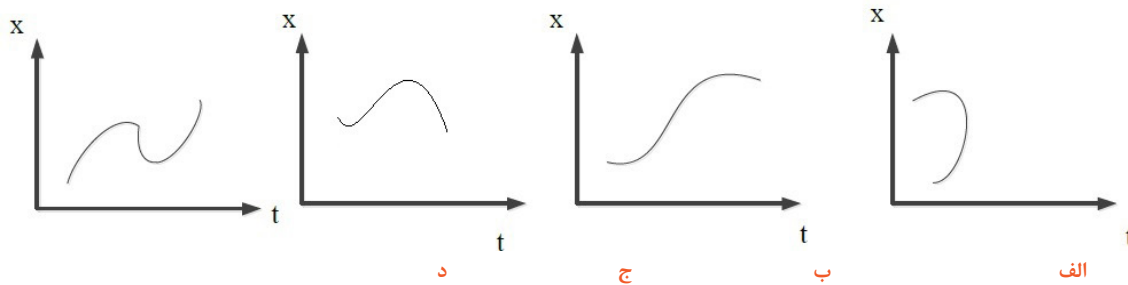
پاسخ:

چون از حال سکون است شیب خط مماس نقطه آغاز تقریباً صفر می‌شود و رفته رفته اندازه شیب باید زیاد شود. یکی از دو حالت روبه‌رو:



(مشابه کتاب)

**سوال ۱۸** توضیح دهید کدام نمودار نمی‌تواند نشان‌دهنده نمودار  $x-t$  متحرک باشد؟



**پاسخ:** نمودار الف - زیرا متحرک در یک زمان نمی‌تواند در دو مکان متفاوت باشد و یک جسم در یک زمان نمی‌تواند در دو مکان باشد.

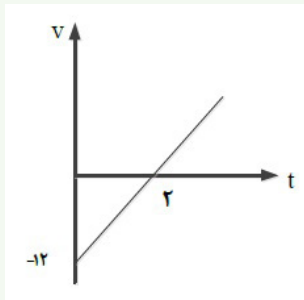
(تالیفی)

**سوال ۱۹** معادله حرکت متحرکی بصورت  $x = 3t^2 - 12t + 4$  می‌باشد.

الف) در چه لحظه‌ای جهت حرکت عوض می‌شود؟

ب) چه مدت حرکت کندشونده است؟

**پاسخ:** الف)



$$x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t + x_0 \rightarrow a = 6 \frac{m}{s^2}, V_0 = -12 \frac{m}{s}$$

$$V = 6t - 12 \rightarrow 0 = 6t - 12 \rightarrow t = 2(s)$$

ب) به کمک رسم نمودار  $V-t$ :

مدت زمانی که نمودار به محور  $t$  نزدیک می‌شود کندشونده: به مدت  $2(s)$

**سوال ۲۰** متحرکی در راستای محور  $x$  با شتاب ثابت در حرکت است. در مکان  $x_1 = 10(m)$  سرعت  $4 \frac{m}{s}$  و در

(شهریور ۹۹)

مکان  $x_2 = +20(m)$  سرعت متحرک  $6 \frac{m}{s}$  است.

الف) شتاب حرکت متحرک چقدر است؟

ب) پس از چند ثانیه سرعت متحرک از  $4 \frac{m}{s}$  به  $6 \frac{m}{s}$  می‌رسد؟

**پاسخ:** الف)

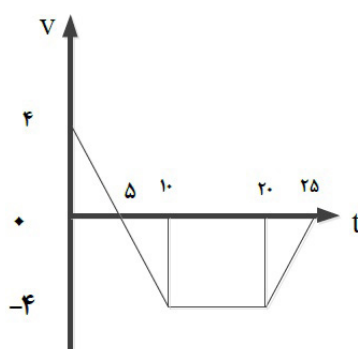
$$V_2 - V_1 = a\Delta x \rightarrow 6 - 4 = a(20 - 10)$$

$$20 = 10a \rightarrow a = 2 \frac{m}{s^2}$$

$$V = at + V_0 \rightarrow 6 = 2t + 4 \rightarrow t = 1(s)$$

ب)

(خرداد ۱۴۰۱)



**سوال ۲۱** باتوجه به نمودار پاسخ دهید.

الف) متحرک در بازه ۱۰ تا ۲۰ در جهت  $x$  حرکت کرده یا خلاف؟

ب) در چه لحظه‌ای جهت حرکت تغییر کرده است؟

ج) در کدام بازه زمانی حرکت جسم کندشونده بوده؟

د) جابه‌جایی متحرک در بازه صفر تا ۱۰ ثانیه را پیدا کنید.





**پاسخ:** الف) خلاف. چون سرعت منفی است.

ب) در لحظه‌ی ۵ علامت سرعت تغییر کرده.

ج) ۰ تا ۵ و ۲۰ تا ۲۵ چون نمودار به سمت محور  $t$  رفته

د) مساحت محصور را حساب می‌کنیم:

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= \frac{4 \times 5}{2} = 10 \\ S_2 &= \frac{-4 \times 5}{2} = -10 \end{aligned} \right\} 10 - 10 = 0$$

## ویژه رشته ریاضی

**سوال ۲۲** به کمک دستگاهی که اندازه شتاب گرانش را محاسبه می‌کند اندازه گرانش  $\frac{9}{8} \frac{m}{s^2}$  به دست می‌آید. اگر ارتفاع گلوله‌ای که رها شود  $19/6$  سانتی‌متر باشد، مدت زمان سقوط گلوله را حساب کنید. (شهریور ۱۴۰۲)

**پاسخ:**

$$\Delta y = -\frac{1}{2}gt^2 \rightarrow -0.196 = -\frac{1}{2}\left(\frac{9}{8}\right)t^2$$

$$\Rightarrow t^2 = 0.4 \rightarrow t = 0.2(s)$$

**سوال ۲۳** گلوله‌ای از بام ساختمان رها می‌شود. اگر در ثانیه آخر  $35(m)$  حرکت کند ارتفاع ساختمان چند متر است؟ (خرداد ۱۴۰۲)

**پاسخ:** فرض کن کل حرکت  $t$  باشد. ثانیه آخر از  $t-1$  تا  $t$  می‌شود.

$$\Delta y = -\frac{1}{2}gt^2, \Delta y' = -\frac{1}{2}g(t-1)^2$$

$$\Delta y - \Delta y' = -35(m) = -\frac{1}{2}gt^2 - \left[-\frac{1}{2}g(t-1)^2\right] \Rightarrow -35 = -10t + 5 \rightarrow t = 4(s)$$

$$\Delta y = -\frac{1}{2}(10)4^2 = -80(m) \text{ ارتفاع کل ساختمان}$$

**سوال ۲۴** گلوله  $A$  را در خلا از ارتفاع  $h$  رها می‌کنیم. سه ثانیه بعد گلوله  $B$  را از ارتفاع  $\frac{h}{4}$  رها می‌کنیم. نسبت سرعت  $A$  به  $B$  در لحظه زمین خوردن چقدر است؟ (کتاب)

**پاسخ:**

$$V^2 = 2g\Delta y \rightarrow \frac{V_A}{V_B} = \sqrt{\frac{2gh}{2g\frac{h}{4}}} = \sqrt{4} = 2$$

**سوال ۲۵** سنگی از ارتفاع  $122/5(m)$  سقوط می‌کند. (کتاب)

الف) زمان سقوط سنگ چند ثانیه است؟

ب) سرعت متوسط سنگ را حین سقوط حساب کنید.

ج) جابه‌جایی سنگ در بین لحظات ۳ و ۴ ثانیه را حساب کنید.

پاسخ: الف)

$$\Delta y = -\frac{1}{2}gt^2 \rightarrow -122/5 = -\frac{1}{2}(9/8)t^2 \rightarrow t = 5(s)$$

ب)

$$V = \frac{\Delta y}{\Delta t} = -\frac{122/5}{5} = -24/5 \frac{m}{s}$$

ج)

$$\left. \begin{aligned} t = 3, y = -\frac{1}{2}(9/8) \times 3^2 = -44(m) \\ t = 4, y = -\frac{1}{2}(9/8) \times 4^2 = -78(m) \end{aligned} \right\} \Delta y = -34(m)$$

## فصل دوم

سوال ۲۶

قایق با سرنشین ۴۰۰kgr است. اگر نیروی موتور قایق (N) ۱۳۰۰ باشد، مقاومت هوا و آب چقدر باشد که شتاب خالص قایق  $2 \frac{m}{s^2}$  شود؟ چقدر طول می‌کشد سرعت قایق از صفر به  $15 \frac{m}{s}$  برسد؟ در این مدت چقدر جابجا می‌شود؟

(کتاب)

پاسخ:

$$F_{net} = m.a \rightarrow F = 400 \times 2 = 800(N) \rightarrow F_{motor} - F_{resistance} = F_{net} \rightarrow F_{resistance} = 1300 - 800 = 500(N)$$

$$V = at + V_0 \rightarrow V = 2 \times t \rightarrow 15 = 2 \times t \rightarrow t = 7.5(s)$$

$$V_f^2 - V_i^2 = 2a\Delta x \rightarrow 15^2 - 0^2 = 2(2)\Delta x \rightarrow \Delta x = 56.25(m)$$

سوال ۲۷

(خرداد ۱۴۰۲)

شخصی به جرم ۶۰kgr داخل آسانسور روی ترازو ایستاده. آنگاه: (g = ۱۰)

الف) وقتی آسانسور روبه پایین با شتاب  $3 \frac{m}{s^2}$  حرکت کند ترازو چند نیوتون نمایش می‌دهد؟

ب) اگر آسانسور با سرعت ثابت حرکت کند چطور؟

ج) اگر کابل آسانسور پاره شود چه عددی نشان می‌دهد؟ چرا؟

پاسخ: الف)

$$F_N = m(g - a)$$

$$F_N = 60 \times (10 - 3) = 420(N)$$

ب)

$$F_N = 60 \times 10 = 600(N) \leftarrow F = M.a, a = 0$$

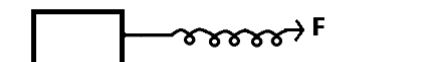
ج) صفر زیرا a = g آنگاه:  $F = m(g - g) = 0$

سوال ۲۸

مطابق شکل جسم به جرم ۲kgr به کمک فنری با ثابت  $100 \frac{N}{m}$  روی یک سطح افقی، با شتاب ثابت

$0.5 \frac{m}{s^2}$  به سمت چپ حرکت می‌کند. اگر طول فنر ۶cm افزایش یابد نوع و اندازه نیروی اصطکاک بین جسم و سطح

(شهریور ۱۴۰۲)



را حساب کنید.



**پاسخ:** چون حرکت می‌کند اصطکاک جنبشی است.

$$F_{\text{net}} = F - F_k = m.a \rightarrow kx - f_k = m.a \rightarrow 100 \times 0.06 - F_k = 2 \times 0.5 \rightarrow F_k = 5(N)$$

(شهریور ۱۴۰۲)

**سوال ۲۹** درستی یا نادرستی را مشخص کنید.

- الف) واکنش نیروی وزن، نیرویی است در خلاف جهت آن که از طرف جسم به زمین وارد می‌شود.  
 ب) با پاره شدن کابل آسانسور در خلاء، شتاب حرکت آسانسور صفر می‌شود.  
 ج) اگر به اندازه شعاع زمین دور شویم از سطح زمین گرانش ۴ برابر می‌شود.  
 د) با افزایش تندی یک جسم در شاره، نیروی مقاومت شاره بیشتر می‌شود.

**پاسخ:** الف) درست

ب) نادرست

ج) نادرست

د) درست

$$F=0, F=mx,$$

(خرداد ۱۴۰۲)

**سوال ۳۰** آزمایشی طراحی کنید که بتوان ثابت یک فنر را حساب کرد.

**پاسخ:** فنر را از سقف آویزان کنید. طول آن را اندازه بزنید. وزنه‌ای معلوم را از آن آویزان کنید. تغییر طول را حساب کنید.

$$F = k \cdot \Delta x \leftarrow F = \frac{\text{وزن}}{\text{تغییر طول}}$$

**سوال ۳۱** وزنه‌ای به جرم ۲ کیلوگرم از فنری به طول ۱۲cm آویزان می‌کنیم. اگر فنر از سقف آسانسور آویزان باشد:

$$(k = 20 \frac{N}{cm})$$

(کتاب)

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

ب) وقتی با شتاب  $2 \frac{m}{s^2}$  تند رو به بالا می‌رود چطور؟

**پاسخ:** الف)

$$F = mg \rightarrow F = mg = kx \rightarrow 2 \times 10 = 20 \times \Delta x \rightarrow \Delta x = 1cm$$

$$L = L_0 + \Delta x = 12 + 1 = 13cm$$

ب)

$$F = m(g + a) \rightarrow F = kx = m(g + a) \rightarrow 20 \times \Delta x = 2(10 + 2) \rightarrow \Delta x = 1/2$$

$$L = L_0 + \Delta x = 12 + 1/2 = 12.5cm$$

**سوال ۳۲** چتربازی به جرم  $60kg$  پس از سقوط آزاد چتر خود را باز می‌کند. نیروی مقاومت هوا  $1140(N)$  می‌شود،

شتاب چتر باز چگونه می‌شود؟ اگر به تندی حدی برسد چگونه می‌شود؟ (کتاب)

$$F_{\text{net}} = \vec{f}_D - mg = 1140 - (60 \times 10) = +540 \text{ (N)} \text{ رو به بالا}$$

پاسخ:

$$F_{\text{net}} = m.a \rightarrow a = \frac{540}{60} = +9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{ رو به بالا}$$

در تندی حدی چتر باز با سرعت ثابت پایین می‌آید و نیروی مقاومت هوا با گرانش برابر می‌شود.

**سوال ۳۳** مطابق شکل جسم با سرعت  $V_0 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  روی سطح پرتاب می‌شود، پس از  $40 \text{ (m)}$  متوقف می‌شود. ضریب

(دی ۱۴۰۱)

اصطکاک جنبشی سطح با جسم چقدر است؟  $g = 10 \left( \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$



پاسخ:

$$V^2 - V_0^2 = 2a\Delta x \rightarrow 0 - 20^2 = 2a \times 40 \rightarrow a = -5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a = -\frac{F_k}{m} \rightarrow a = -\frac{\mu_k F_N}{m} \rightarrow a = -\frac{\mu_k mg}{m} = -\mu_k \cdot g \rightarrow a = -5 = -10 \mu_k \rightarrow \mu_k = 0.5$$

**سوال ۳۴** فنر سبکی از سقف آویزان است. اگر فنر را بکشیم تا طول آن  $12 \text{ cm}$  شود، نیروی کشسانی فنر  $2 \text{ (N)}$

است و اگر فنر را فشرده کنیم تا طول  $7 \text{ cm}$  شود نیروی کشسانی فنر  $3 \text{ (N)}$  می‌شود. طول فنر در حالت عادی چند

(دی ۱۴۰۱)

cm است؟

پاسخ:

$$F_e = kx \rightarrow 2 = k(12 - L_0), 3 = k(L_0 - 7)$$

$$\frac{2}{3} = \frac{12 - L_0}{L_0 - 7} \Rightarrow L_0 = 10 \text{ cm}$$

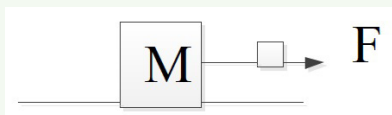
$$F_D = mg$$

(کتاب)

**سوال ۳۵** آزمایشی طراحی کنید تا بتوانیم ضریب اصطکاک ایستایی را حساب کنیم.

**پاسخ:** مطابق شکل به جسم نیروسنج متصل کنید و آرام بکشید در لحظه‌ای که جسم در آستانه حرکت بود داریم:

$$\mu_s = \frac{\text{عدد نیروسنج}}{mg} \text{ و داریم: } \mu_s \times mg = F_{s \max}$$



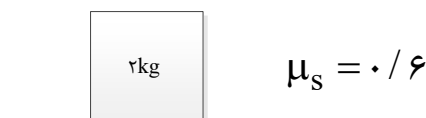
(تالیفی)

**سوال ۳۶** در شکل زیر

الف) جسم را با نیروی  $5 \text{ (N)}$  می‌کشیم. جسم ساکن است، اصطکاک آن چقدر است؟

ب) حداکثر اصطکاک ایستایی جسم چند نیوتن می‌تواند باشد؟

ج) اگر جسم ساکن باشد چطور؟







پاسخ: الف)

$$|F_s| = F$$

$$f_s = 5(N)$$

ب)

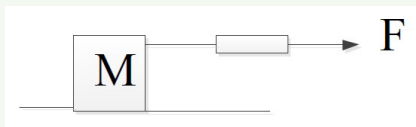
$$F_{smax} = \mu_s \times F_N \Rightarrow F_{smax} = 0.6 \times (2 \times 10) = 12(N)$$

ج) بنابه قانون اول نیوتن در جسم در حال سکون برآیند نیروها صفر می‌شود و چون نیروی محرک با اصطکاک برابر است بنابراین می‌شود:  $F_s = 0$

(کتاب)

سوال ۳۷ آزمایشی طراحی کنید تا ضریب اصطکاک جنبشی را حساب کنیم.

پاسخ: به جسم نیروسنج وصل کرده (مطابق شکل) و با سرعت ثابت می‌کشیم: سرعت ثابت یعنی برآیند نیروها صفر است.

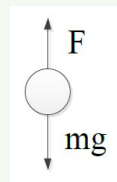


$$|F_k| = F \rightarrow \mu_k = \frac{\text{عدد نیروسنج}}{mg}$$

سوال ۳۸ سیبی را در نظر بگیرید که به شاخه درختی آویزان است. نیروهای وارد بر سیب را رسم کنید و تعیین کنید

(شهریور ۱۴۰۲)

واکنش هر یک از این نیروها به چه اجسامی وارد می‌شود؟



پاسخ: واکنش نیروی وزن از طرف سیب به زمین

واکنش نیروی شاخه از طرف سیب به شاخه

(شهریور ۱۴۰۲)

سوال ۳۹ توپی به جرم  $75 \text{ kg}$  با سرعت ثابت  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  بطور افقی حرکت می‌کند.

الف) تکانه توپ را حساب کنید.

ب) اگر تکانه توپ دوبرابر شود، انرژی جنبشی آن چند برابر می‌شود؟ چرا؟

پاسخ: الف)

$$P = m.V \rightarrow P = 0.75 \times 10 = 7.5 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

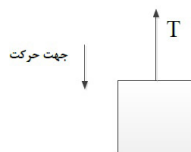
ب)

$$k = \frac{P^2}{V.m} = \frac{k_2}{k_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2 = 4$$

**سوال ۴۰** جعبه‌ای به جرم  $40 \text{ kg}$  مطابق شکل با شتاب  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  رو به پایین حرکت می‌کند. اگر نیروی مقاومت هوا در

(خرداد ۱۴۰۲)

برابر حرکت جسم  $100 \text{ (N)}$  باشد نیروی کشش طناب را حساب کنید.



$$mg - T - f_r = m.a \rightarrow 400 - T - 100 = 40 \times 2 \rightarrow T = 220 \text{ (N)}$$

پاسخ:

**سوال ۴۱** به یک فنر قائم با ثابت  $k$  یکبار وزنه  $1$  نیوتونی و یکبار وزنه  $8$  نیوتونی آویزان می‌کنیم، اگر مقدار افزایش

طول فنر در حالت دوم  $3/5 \text{ cm}$  بیشتر از حالت اول باشد، ثابت فنر چند نیوتن بر سانتی‌متر است؟ ( $g = 10$ ) (خرداد ۱۴۰۲)

پاسخ:

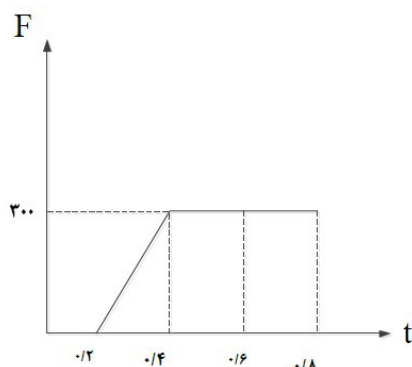
$$kx = mg \rightarrow kx = 8, k(x + 3/5) = 8$$

$$8 - 1 = 3/5 k \rightarrow k = 2 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

**سوال ۴۲** شکل روبرو نمودار نیروی خالص وارد بر یک جسم بر حسب زمان را نشان می‌دهد نیروی متوسط وارد بر

(شهریور ۱۴۰۲)

جسم در بازه زمانی  $0/2$  تا  $0/8 \text{ (s)}$  چند نیوتون است؟



پاسخ:

$$\Delta P = s \rightarrow \Delta P = \left( \frac{0/6 + 0/4}{2} \right) \times 300 = 150 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F_{\text{ar}} = \frac{\Delta P}{\Delta t} \rightarrow F_{\text{ar}} = \frac{150}{0/8 - 0/2} = 250 \text{ (N)}$$

**سوال ۴۳** توپی با سرعت  $6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  به دیوار برخورد می‌کند و با سرعت  $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  برمی‌گردد. اگر جرم توپ  $2 \text{ kg}$  باشد و

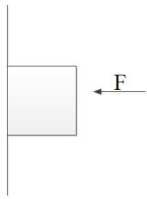
(تالیفی)

مدت زمان تماس آن با دیوار  $0/4 \text{ (s)}$  باشد، متوسط نیروی وارد از طرف دیوار به جسم چند نیوتون است؟

پاسخ:

$$\rho = mv \Rightarrow \vec{\rho}_1 = 6 \times 2 = 12 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}, \vec{\rho}_N = -4 \times 2 = -8 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Delta \rho = 12 - (-8) = 20 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow F = \frac{\Delta \rho}{\Delta t} = \frac{20}{0/4} = 50 \text{ (N)}$$



**سوال ۴۴** مانند شکل جسم با نیروی عمودی  $F$  به دیوار قائم فشرده و ثابت نگه داشتیم. توضیح دهید تاثیر افزایش نیروی  $F$  بر هر یک از کمیت‌های زیر چگونه است:

(الف) اندازه نیروی اصطکاک ایستایی دیوار:

(ب) اندازه نیروی عمودی سطح:

(خرداد ۱۴۰۱)

**پاسخ:** الف) چون نیروی محرک همان  $mg$  است ثابت نیروی اصطکاک ثابت می‌ماند، البته اصطکاک ایستایی ماکزیمم افزایش می‌یابد

ب) افزایش می‌یابد.

**سوال ۴۵** ماهواره‌ای روی مدار تقریباً دایره‌ای در ارتفاع  $h = ۱۶۰۰ \text{ km}$  از سطح زمین به دور زمین می‌چرخد. شتاب گرانش وارد بر ماهواره در این فاصله چند برابر شتاب گرانشی وارد به آن در سطح زمین است؟ ( $R_e = ۶۴۰۰ \text{ km}$ )

(خرداد ۱۴۰۱)

**پاسخ:**

$$\frac{g'}{g} = \frac{\frac{GMm}{(R_e + h)^2}}{\frac{GMm}{R_e^2}} \Rightarrow \frac{g'}{g} = \frac{R_e^2}{(R_e + h)^2} = \frac{(۶۴۰۰ \times ۱۰^۳)^2}{(۶۴۰۰ + ۱۶۰۰)^2 \times (۱۰^۳)^2} = \frac{(۶۴۰۰)^2}{(۸۰۰۰)^2} = ۰/۶۴$$

**سوال ۴۶** چوب مکعب شکل به جرم  $۵ \text{ kg}$  را به نخ بسته و با نیروی ثابت و افقی  $۱۵ \text{ (N)}$  روی سطح افقی می‌کشیم و از حال سکون به حرکت در می‌آوریم. بعد از  $۲$  ثانیه نخ پاره می‌شود. اگر  $\mu_k = ۰/۲$  باشد کل مسافت طی شده توسط جعبه از ابتدای حرکت تا توقف چند متر است؟

(کنکور ۱۴۰۰)



**پاسخ:**

$$f_k = \mu_k \cdot F_N = ۵ \times ۱۰ \times ۰/۲ = ۱۰ \text{ (N)}$$

$$F_{\text{net}} = ۱۵ - ۱۰ = ۵ \text{ (N)} = ma \rightarrow a = \frac{۵}{۵} = ۱ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, \Delta x = \frac{۱}{۲} at^2 + V_0 t$$

$$\Delta x_1 = \frac{۱}{۲} (۱) (۲)^2 = ۲ \text{ (m)}, \Rightarrow F_{\text{net}} = f_k = ۱۰ \text{ (N)} = m \cdot a$$

$$\Rightarrow a = \frac{۱۰}{۵} = ۲ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \Rightarrow V^2 - V_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow$$

$$V = at + V_0 \rightarrow V = ۱ \times ۲ = ۲ \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow ۰ - ۲^2 = ۲(-۲)\Delta x \rightarrow \Delta x_2 = ۱ \text{ (m)}$$

**ویژه رشته ریاضی**

**سوال ۴۷** پره یک بالگرد با دوره  $۰/۳ \text{ (s)}$  بطور یکنواخت می‌چرخد اگر شعاع پره  $۲ \text{ (m)}$  باشد، تندی چرخش نوک پره را حساب کنید. ( $\pi = ۳$ )

(شهریور ۱۴۰۲)

$$V = \frac{2\pi r}{T} \rightarrow V = \frac{2 \times 3 \times 2}{0.3} \rightarrow V = 400 \text{ متر بر ثانیه}$$

پاسخ:

**سوال ۴۸** حداقل ضریب اصطکاک ایستایی بین چرخ‌های خودرو و سطح جاده چقدر باشد تا خودرو نتواند با تندی ۵۴ کیلومتر بر ساعت پیچ افقی مسطحی را که شعاع آن ۵۰ متر است دور بزند؟ (کتاب)

پاسخ:

$$V = 54 \div 3.6 = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$f_s = \mu_s N = \mu_s mg$$

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

$$\rightarrow \mu_s mg = \frac{mV^2}{r} \rightarrow \mu_s = \frac{V^2}{rg} = \frac{(15)^2}{9.8 \times 50} = 0.46 \text{ باشد:}$$

**سوال ۴۹** مهره‌ای به جرم ۳۰g به انتهای نخ به طول ۴۰cm بسته و سردیگر ثابت است که می‌تواند حول نقطه ثابت بچرخد. بیشینه کشش قابل تحمل نخ (N) ۱۲۰ است. بیشترین سرعتی که مهره می‌تواند داشته باشد چند  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  است؟ (تالیفی)

پاسخ:

$$F = \frac{mV^2}{r} \rightarrow 120 = \frac{30 \times 10^{-3} \times V^2}{0.4} \rightarrow V^2 = 200 \rightarrow V = 10\sqrt{2} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**سوال ۵۰** ثابت کنید در حرکت دایره‌ای شتاب مرکزگرا از رابطه  $a_c = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$  بدست می‌آید؟ (کتاب)

پاسخ:

$$V = \frac{2\pi r}{T}$$

$$a = \frac{V^2}{r}$$

$$\rightarrow a = \frac{1}{r} \left( \frac{2\pi r}{T} \right)^2 = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

### فصل سوم تجربی / فصل ۳ و ۴ ریاضی

**سوال ۵۱** معادله حرکت نوساگری به صورت  $x = 0.02 \cos(10\pi t)$  است (نهایی ۹۹)

الف- در چه لحظه ای پس از لحظه صفر برای نخستین بار تندی نوسانگر به صفر می‌رسد؟

ب- اندازه بیشترین شتاب حرکت این نوسانگر چقدر است؟  $\pi^2 = 10$





پاسخ: الف- در مکان  $x = -A$

$$-0.2 = 0.2 \cos 10\pi t \rightarrow 10\pi t = \pi \rightarrow t = \frac{1}{10}$$

ب-

$$a_{\max} = |\omega^2 \times A| \rightarrow a_{\max} = |100 \times 10 \times 0.2| = 20 \frac{m}{s^2}$$

**سوال ۵۲** معادله نوسانگری که دامنه ی آن  $0.6(m)$  و بسامد آن  $2/5(Hz)$  است را بنویسید. با این فرض که در  $t = 0s$  نوسانگر در بیشینه فاصله از نقطه تعادل  $x = +A$  باشد.

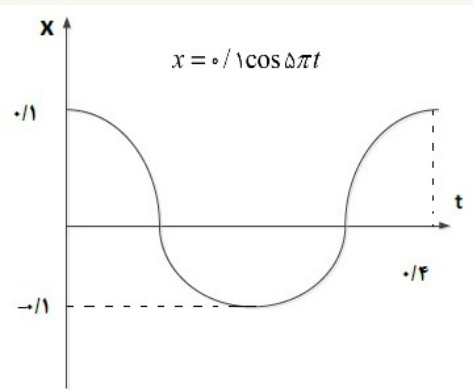
(نهایی ۹۹)

پاسخ:

$$x = A \cos \omega t \rightarrow x = 0.6 \cos (2\pi \times 2/5)t = 0.6 \cos 5\pi t$$

**سوال ۵۳** دامنه نوسان یک حرکت هماهنگ ساده  $0.1(m)$  و دوره تناوب آن  $0.4(s)$  است. با فرض اینکه در مبدا زمان در انتهای مثبت نوسان قرار دارد نمودار مکان و زمان را رسم کنید

پاسخ:



**سوال ۵۴** معادله حرکت نوسانگری  $x = \frac{2}{\pi} \cos 25\pi t$  است

دوره تناوب این نوسانگر چند ثانیه است ؟

(نهایی ۱۴۰۰)

پاسخ:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi}{25\pi} \rightarrow T = 0.08(s)$$

(نهایی ۹۹)

**سوال ۵۵** کلمه مناسب را انتخاب نمایید.

الف- در حرکت هماهنگ ساده دامنه نوسان بیشینه فاصله نوسانگر از (نقطه بازگشتی - نقطه تعادل) است.

ب- تندی انتشار صوت در هوا به (دامنه امواج صوتی - دمای هوا) بستگی دارد.

پ- طول موج (امواج رادیویی - نور مرئی) از طول موج فروسرخ بیشتر است.

ت- میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی یک موج الکترومغناطیسی همواره (عمود بر - موازی با) جهت حرکت موج هستند

ث- در دماهای معمولی بیشتر تابش گسیل شده از سطح اجسام در ناحیه (فرابنفش - فروسرخ) است

ج- وقتی چشمه صوت به ناظر ساکن نزدیک می‌شود فاصله‌ی جبهه‌های موج در عقب چشمه (بیشتر - کمتر) است.

**پاسخ:** الف- نقطه تعادل

ب- دمای هوا

پ- امواج رادیویی

ت- عمود بر

ث- فرابنفش و فروسرخ

ج- بیشتر

(نهایی ۱۴۰۱)

**سوال ۵۶** معادله نوسانگری  $x = ۰/۲ \cos ۲۰\pi t$  است.

الف- در لحظه ی  $t = \frac{1}{6}$  (s) اندازه شتاب نوسانگر چند  $\frac{m}{s^2}$  است؟

ب- اگر جرم نوسانگر ۲۰ گرم باشد انرژی مکانیکی آن چند ژول است؟  $(\cos \frac{\pi}{2} = \frac{1}{2}, \pi^2 = ۱۰)$

**پاسخ:** الف-

$$x = ۰/۲ \cos ۲۰\pi \times \frac{1}{6} = ۰/۱ (m)$$

$$|a| = \omega^2 x \rightarrow |a| = ۴۰۰\pi^2 \times ۰/۱ = ۴۰۰ \cdot \frac{m}{s^2}$$

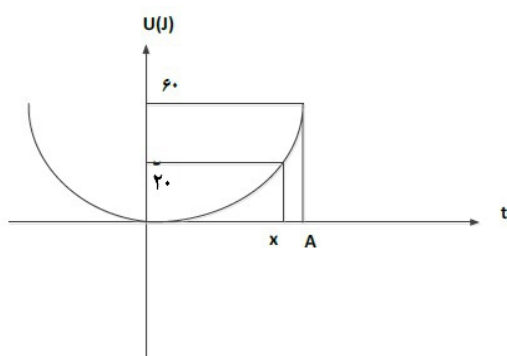
ب-

$$E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \rightarrow E = \frac{1}{2} \times ۰/۰۲ \times ۴۰۰\pi^2 \times ۰/۰۴ = ۱/۶ J$$

(نهایی ۱۴۰۲)

**سوال ۵۷** نمودار انرژی سامانه جرم فنری به شکل مقابل است.

اگر جرم وزنه  $۲۰۰g$  باشد تندی آن در مکان  $x$  چند  $\frac{m}{s}$  است؟



**پاسخ:**

$$E = k + U \rightarrow ۶۰ = ۲۰ + k \rightarrow k = ۴۰ J$$

$$k = \frac{1}{2} m V^2 \rightarrow ۴۰ = \frac{1}{2} \times ۰/۲ V^2 \rightarrow V = ۲ \cdot \frac{m}{s}$$

**سوال ۵۸** در سامانه جرم و فنر به معادله  $x = ۰/۰۵ \cos ۲۰\pi t$  تندی نوسانگر چقدر باشد تا انرژی جنبشی نوسانگر

(کتاب)

برابر انرژی پتانسیل باشد؟

پاسخ:

$$E = K + U \rightarrow E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 = \frac{1}{2} (m V^2)$$

$$\rightarrow V = \frac{\sqrt{2}}{2} \omega A \xrightarrow{A=0.5} V = \frac{\sqrt{2}}{2} (2 \cdot \pi) \times 0.5 \rightarrow V = 0.5 \pi \sqrt{2} \frac{m}{s}$$

**سوال ۵۹** در مکانی که شتاب گرانش  $\frac{9}{75} \frac{m}{s^2}$  است دوره تناوب آونگی ۲ ثانیه است. (نهایی ۹۹)

الف- طول آونگ چند متر است؟ ( $\pi^2 = 10$ )

ب- آیا جرم آونگ تاثیری در بسامد دارد؟

پاسخ: الف-

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow 2 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{9/75}} \rightarrow L = 0.975(m)$$

ب- خیر

**سوال ۶۰** با استفاده از یک آونگ ساده و زمان سنج چگونه می‌شود شتاب گرانش را اندازه گرفت؟ (نهایی ۱۴۰۲)

**پاسخ:** طول آونگ را اندازه می‌گیریم. آونگ را از نقطه آویزان و به نوسان در می‌آوریم و مدت چند نوسان کامل را اندازه می‌زنیم. از تقسیم زمان بر تعداد نوسان دوره تناوب بدست می‌آید و سپس به کمک معادله  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$  مقدار  $g$  به دست می‌آید

**سوال ۶۱** طنابی به جرم  $4 \text{ kg}$  و طول  $4(m)$  با نیروی  $10(N)$  کشیده می‌شود. تندی انتشار موج عرضی در این

طناب چقدر است؟ (نهایی ۱۴۰۲)

پاسخ:

$$V = \sqrt{\frac{FL}{m}} \rightarrow V = \sqrt{\frac{10 \times 4}{4}} = \sqrt{10} = 1 \frac{m}{s}$$

**سوال ۶۲** در یک سامانه جرم فنر، فنر را  $1(m)$  می‌کشیم و رها می‌کنیم. اگر پس از  $T = 0.25(s)$  برای اولین بار

از نقطه‌ی تعادل عبور کند معادله آن را بنویسید. (نهایی ۱۴۰۲)

پاسخ:

$$\frac{T}{4} = 0.25 \rightarrow T = 1(s)$$

$$x = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \rightarrow x = 0.1 \cos 2\pi t$$

**سوال ۶۳** چشمه موجی با بسامد  $20(Hz)$  در محیطی که تندی انتشار موج  $200 \frac{cm}{s}$  است نوسان‌های عرضی ایجاد

می‌کند. فاصله یک قله و دره متوالی چند سانتی متر  $cm$  است؟ (نهایی ۱۴۰۲)

پاسخ:

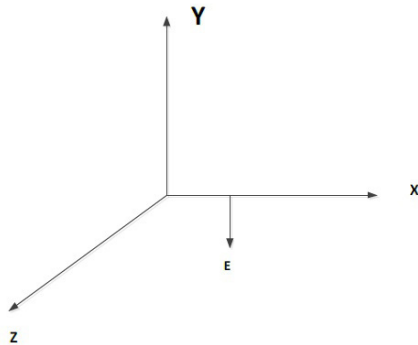
$$V = \lambda t \rightarrow 200 = \lambda \times 20 \rightarrow \lambda = 10 \text{ cm}$$

$$\text{فاصله قله و دره متوالی} = \frac{\lambda}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ cm}$$

**سوال ۶۴** مطابق شکل روبرو در نقطه‌ای از فضا در یک لحظه خاص، جهت میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی

خلاف جهت محور  $Y$  است. اگر در این لحظه موج در محور  $+Z$  منتشر شود

جهت میدان مغناطیسی را تعیین کنید.

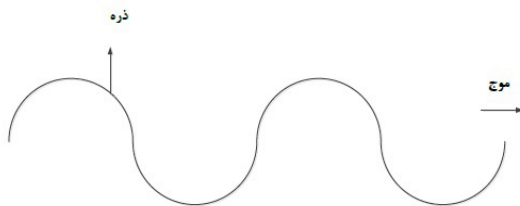


**پاسخ:** با توجه به قانون دست راست چهارانگشت در جهت  $E$ ، انگشت شست در جهت حرکت موج  $T$  و آنگاه موج

مغناطیسی از کف دست خارج می‌شود. یعنی  $+X$

**سوال ۶۵** شکل زیر موج عرضی در یک ریسمان را نشان می‌دهد که با موج  $V$  به سمت راست حرکت می‌کند. در حالی

که تندی ذره نشان داده شده ذره  $V$  است. آیا این دو تندی با هم برابرند؟ توضیح دهید.



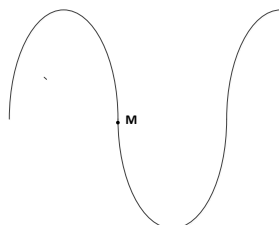
**پاسخ:** تغییر تندی انتشار موج به شرایط فیزیکی محیط بستگی دارد و با تغییر محیط تغییر می‌کند. تندی انتشار در یک

محیط مقدار ثابت است. تندی ذره که فقط به شرایط چشمه موج بستگی دارد

**سوال ۶۶** شکل مقابل یک موج عرضی در یک ریسمان را نشان می‌دهد. الف. نقش موج را در زمان  $\frac{T}{4}$  بعد رسم کنید

(نهایی ۹۸)

ب. نشان دهید جزء  $M$  در چه جهتی حرکت کرده؟

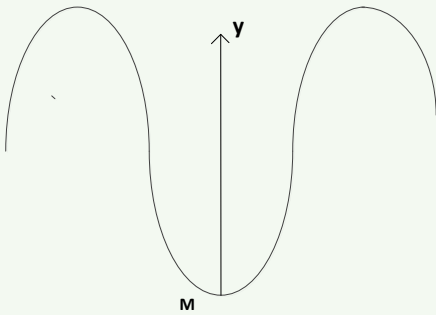






پاسخ: الف:

ب. پایین

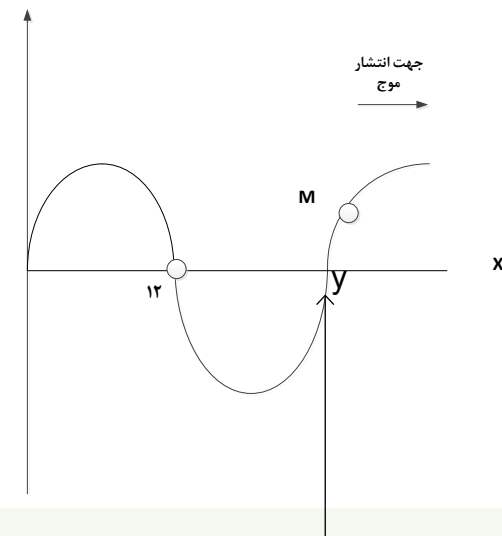


سوال ۶۷ شکل روبرو یک موج سینوسی را در یک لحظه نشان می‌دهد.

الف) اگر تندی موج  $\frac{1}{2} \frac{m}{s}$  باشد بسامد آن چند هرتز است؟

ب) نقطه M در این لحظه بالا می‌رود یا پایین؟

(نهایی ۹۸)



پاسخ: الف)

$$\frac{\lambda}{2} = 12 \rightarrow \lambda = 24 \text{ cm}$$

$$f = \frac{V}{\lambda} \rightarrow f = \frac{1/2}{. / 24} = 5 \text{ Hz}$$

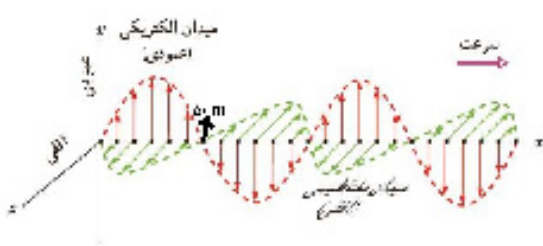
ب) پایین

سوال ۶۸ شکل مقابل، یک موج الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد.

الف) این نوع موج طولی است یا عرضی؟

ب) طول موج و بسامد موج را بدست آورید. ( $C = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ )

(نهایی ۹۹)



پاسخ: الف) عرضی

ب)

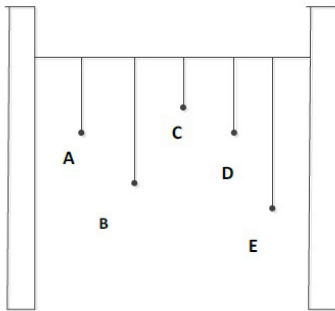
$$\lambda = 100 \text{ (m)} \rightarrow f = \frac{c}{\lambda}$$

$$\Rightarrow f = \frac{3 \times 10^8}{100} = 3 \times 10^6 \text{ Hz}$$

(نهایی ۱۴۰۰)

**سوال ۶۹** در شکل مقابل چند آونگ را از سیمی آویخته‌ایم.

آونگ A را به نوسان در می‌آوریم. کدام آونگ با دامنه بزرگتری به نوسان در می‌آید؟ چرا



**پاسخ:** آونگ D چون طول آونگ D با طول آونگ A برابر است و طبق  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$  نوسان آونگ D و A برابر بوده و موجب تشدید می‌شود.

**سوال ۷۰** شخصی میان دو صخره قائم قرار دارد فاصله شخص از صخره نزدیکتر ۳۴۰ متر است. شخص فریاد می‌زند و اولین پژواک صدای خود را پس از ۲ ثانیه و صدای پژواک دوم را یک ثانیه بعد از پژواک اول می‌شنود. فاصله بین دو صخره چند متر است؟

(نهایی ۹۹)

**پاسخ:**

$$V = \frac{x}{t} = 340 \rightarrow V = \frac{2x'}{2t'} \rightarrow \frac{340}{1} = \frac{2x'}{3} \rightarrow x' = 510 \text{ (m)}$$

$$\rightarrow L = 510 + 340 = 850 \text{ (m)}$$

**سوال ۷۱** با زیاد کردن صدای تلویزیون شدت صوتی که به گوش می‌رسد ۲ برابر می‌شود. تراز شدت صوت که می‌شنویم چقدر و چگونه تغییر می‌کند؟

(نهایی ۱۴۰۲)

**پاسخ:**

$$\Delta\beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \rightarrow \Delta\beta = 10 \log 2$$

$$\rightarrow \Delta\beta = 10 \times 0.3 = 3 \text{ db}$$

**سوال ۷۲** شدت صوت حاصل از یک منبع در فاصله  $r_1 = 80 \text{ (m)}$  برابر  $2 \times 10^{-4} \frac{W}{m^2}$  است. با فرض چشم‌پوشی از جذب

انرژی صوتی در محیط و بازتاب موج، شدت این صوت در فاصله  $r_2 = 320 \text{ (m)}$  به چه مقدار می‌رسد؟ (نهایی ۱۴۰۰)

**پاسخ:**

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \rightarrow \frac{I_1}{2 \times 10^{-4}} = \left(\frac{80}{320}\right)^2 \rightarrow \frac{I_1}{2 \times 10^{-4}} = \frac{1}{16} \rightarrow I_1 = \frac{1}{8} \times 10^{-4} \frac{W}{m^2}$$



**سوال ۷۳** شخص گوش خود را روی میله‌ای قرار داده و با چکش به آن ضربه می‌زند. اگر با اختلاف زمانی  $0.12$  /  $s$  بشنود طول میله چقدر است؟ تندی صوت در میله ۱۵ برابر هوا است و تندی هوا  $340$  ( $\frac{m}{s}$ ) است. (تمرین کتاب)

**پاسخ:** تندی هوا  $V_a$  / تندی میله  $V_b$

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{V_a} - \frac{\Delta x}{V_b} = \frac{(V_b - V_a)\Delta x}{V_a V_b} \rightarrow \Delta x = \left( \frac{V_a \times V_b}{V_b - V_a} \right) \Delta t$$

$$\Rightarrow \Delta x = \frac{(15 V_a) V_a}{15 V_a - V_a} = \frac{15 \times 340}{14} \times 0.12 = 43.7 \text{ (m)}$$

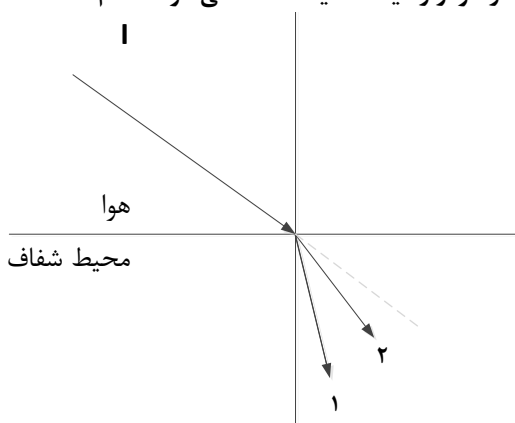
**سوال ۷۴** ضریب شکست یک نوع شیشه  $\frac{3}{2}$  است. تندی انتشار نور در این محیط چند  $\frac{m}{s}$  است؟ ( $c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ )

(نهایی ۱۴۰۰)

**پاسخ:**

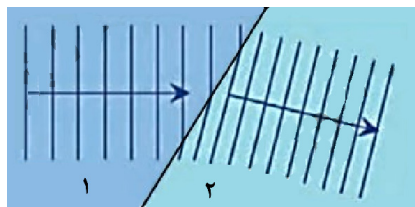
$$n = \frac{c}{v} \rightarrow \frac{3}{2} = \frac{3 \times 10^8}{v} \rightarrow v = 2 \times 10^8 \left( \frac{m}{s} \right)$$

**سوال ۷۵** در شکل زیر پرتوی فرودی I شامل نورهای قرمز و آبی است که از هوا وارد یک محیط شفاف می‌شود. کدام یک از پرتوهای ۱ یا ۲ مسیر قرمز را نشان می‌دهد؟ توضیح دهید



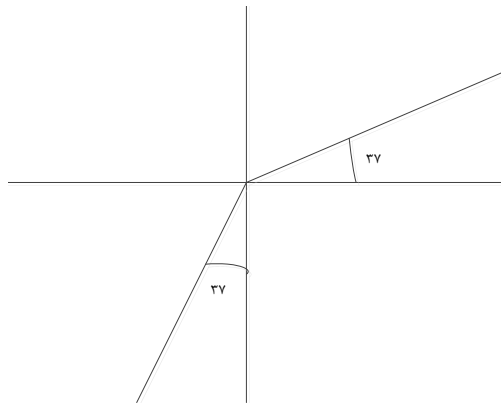
**پاسخ:** پرتو ۲ - چون طول موج نور قرمز بیشتر از آبی است، بنابراین ضریب شکست پرتو قرمز کمتر است و کمتر منحرف می‌شود.

**سوال ۷۶** شکل زیر طرحی از شکست امواج سطحی در مرز آب عمیق و آب کم عمق را نشان می‌دهد طول موج، تندی انتشار و عمق آب دو محیط را با هم مقایسه کنید. (نهایی ۱۴۰۲)



**پاسخ:** طول موج و تندی انتشار در محیط ۱ بیشتر از محیط ۲ و محیط ۱ عمیق تر از محیط ۲ است.

**سوال ۷۷** در شکل مقابل پرتو نور از شیشه وارد هوا می‌شود. اگر ضریب شکست هوا  $n = 1$  باشد. (نهایی ۱۴۰۲)



الف) ضریب شکست شیشه چقدر است؟

ب) اگر بسامد نور در شیشه  $4 \times 10^{14} \text{ Hz}$  باشد بسامد آن در هوا چقدر است؟

$$\sin 37 = 0.6$$

$$\sin 53 = 0.8$$

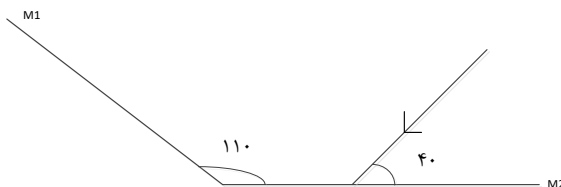
**پاسخ:** الف)

$$\frac{\sin 53}{\sin 37} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \frac{0.8}{0.6} = \frac{n_2}{1}$$

$$\Rightarrow n_2 = \frac{4}{3}$$

ب) بسامد ثابت است  $4 \times 10^{14} \text{ Hz}$

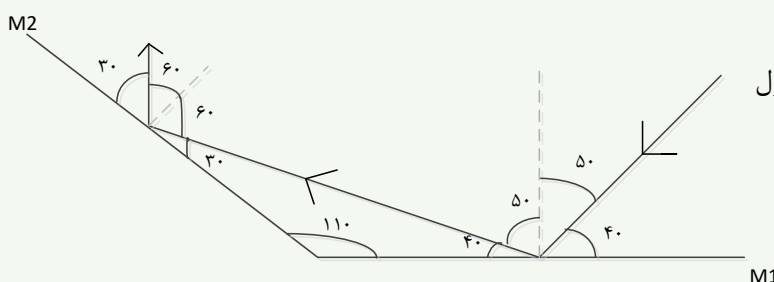
**سوال ۷۸** در شکل مقابل پرتوهای بازتاب از آینه تخت  $M_1$  و  $M_2$  را رسم کنید و زاویه بازتاب  $M_2$  را تعیین کنید. (نهایی ۹۹)



**پاسخ:**

توجه کنید که زاویه با خط عمود باید در فرمول

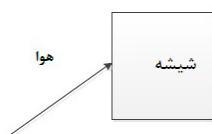
قرار گیرد.



**سوال ۷۹** در شکل مقابل موج فرود شکسته می‌شود و وارد شیشه می‌شود.

تغییرات طول موج، بسامد و تندی انتشار موج شکست را با موج فرودی مشخص کنید.

(نهایی ۹۹)



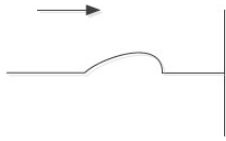
**پاسخ:** طول موج کاهش - بسامد ثابت - تندی انتشار کاهش



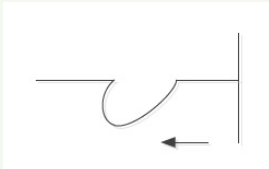
**سوال ۸۰** امواج الکترومغناطیسی تخت تابیده به یک سطح کاو پس از بازتابش در یک نقطه کانون می‌شوند. این سازوکار در چه وسایلی استفاده می‌شود؟

(نهایی ۱۴۰۱)

(ب) در شکل مقابل انتهای طناب بلند بر تکیه‌گاهی ثابت شده است بازتاب آن را رسم کنید.



**پاسخ:** الف) آنتن‌های بشقابی - اجاق‌های خورشیدی



(ب) شکل مقابل:

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

### ویژه رشته ریاضی

**سوال ۸۱** در آزمایش یانگ، پهنای هر نوار روشن یا تاریک چه تغییر می‌کند، اگر:

الف) به جای نور تک‌فام آبی از نور تک‌فام قرمز استفاده کنیم؟

ب) آزمایش را به جای هوا در آب انجام دهیم؟

(نهایی ۹۹)

**پاسخ:** الف) بیشتر می‌شود  
ب) کمتر می‌شود.

**سوال ۸۲** در آزمایش یانگ توضیح دهید در محل تداخل دو موج چه نواری تشکیل می‌شود؟

**پاسخ:** نوار روشن، زیرا دو موج همدیگر را تقویت می‌کنند و تداخل آنها سازنده است.

(نهایی ۱۴۰۲)

**سوال ۸۳** آشکارسازی برای یک کهکشان پدیده انتقال به سرخ را ثبت کرده:

الف) کهکشان در حال نزدیک شدن است به آشکارساز یا دور شدن؟

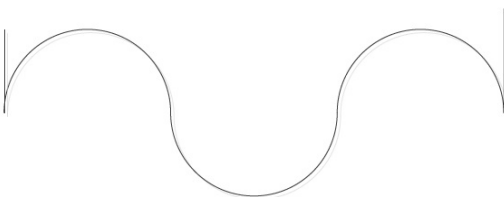
ب) بسامد نور دریافتی آشکارساز کاهش یافته است یا افزایش؟

(نهایی ۱۴۰۲)

**پاسخ:** الف) دور شدن  
ب) کاهش

**سوال ۸۴** شکل زیر موج ایستاده‌ای را نشان می‌دهد که در یک تار دو سر بسته به طول ۶۰cm تشکیل شده است.

(نهایی ۹۹)



اگر تندی انتشار موج در تار  $240 \frac{m}{s}$  باشد:

الف) بسامد موج حاصل چند هرتز است؟

ب) طول موج حاصل را به دست آورید.

ج) اختلاف بسامد هماهنگ‌های سوم و چهارم چند هرتز است؟



پاسخ: الف)

$$f = \frac{nv}{\lambda l} \Rightarrow f = \frac{3 \times 240}{2 \times 0.6} = 600 \text{ (Hz)}$$

ب)

$$l = n \frac{\lambda}{2} \rightarrow \lambda = \frac{2 \times 60}{3} = 40 \text{ cm}$$

ج)

$$f_{\text{net}} - f_n = f_l \rightarrow f = \frac{1 \times 240}{2 \times 0.6} = 200 \text{ (Hz)}$$

**سوال ۸۵** تار ی بین دو تکیه‌گاه محکم شده. در هماهنگ اول خود با بسامد  $f$  به نوسان در می‌آید.

(نهایی ۱۴۰۲)



شکل مقابل جابجایی تار در  $t = 0$  را نشان می‌دهد.

الف) فاصله بین تکیه‌گاه‌ها  $35 \text{ cm}$  است. اگر تندی انتشار موج

عرضی در تار  $240 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  باشد، بسامد تار چقدر است؟

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

پاسخ: الف)

$$f = \frac{nV}{2L} \rightarrow f = \frac{1 \times 240}{2 \times 0.3} = 400 \text{ Hz}$$

ب)



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

### سوال جمع‌بندی حفظی هر دو رشته

**سوال ۸۶** به سوالات زیر پاسخ دهید.

الف) باتوجه به جدول مقابل بسامدی که ناظر در وضعیت‌های  $b$  و  $c$  می‌شنود با وضعیت  $a$  مقایسه کنید.

| وضعیت | چشمه | ناظر |
|-------|------|------|
| a     |      |      |
| b     |      |      |
| c     |      |      |

ب) جاهای خالی را پر کنید.

(A) خفاش از طریق مکان‌یابی ..... مکان اجسام متحرک مقابل خود را تعیین می‌کند.

(B) اگر سطح بازتابنده نور مانند آینه، بسیار ..... باشد بازتاب را منظم می‌گویند.

(C) بازتاب موج در اجسامی مانند ..... را بازتاب در یک بعد می‌گویند.

(D) علت پدیده سراب ..... می‌باشد.

پاسخ: الف)

$$f_a > f_c$$

$$f_a < f_b$$

(ب)

(A) پژواکی

(B) هموار (صیقلی)

(C) طناب

(D) شکست نور

## فصل چهارم تجربی / فصل ۵ و ۶ ریاضی

سوال ۸۷ جاهای خالی را پر کنید. (نهایی ۹۹)

الف) تشکیل طیف گسیلی ..... توسط جسم جامد، ناشی از برهم کنش قوی بین اتم‌های سازنده آن است.

ب) در گسیل ..... فوتون در جهتی کاتوره‌ای گسیل می‌شود.

ج) به دلیل ..... بودن نیروی رانشی الکتروستاتیکی یک پروتون تمام پرتون‌های دیگر درون هسته را دفع می‌کند

د) پرتوهای ..... بیشترین نفوذ را دارند و می‌توانند از ورقه‌ای سربی به ضخامت ..... بگذرند.

پاسخ: الف) پیوسته

ب) خود به خود

ج) بلند برد

د) گاما - حدود ۱۰۰ میلی‌متر

سوال ۸۸ یک چشمه نور فوتون‌هایی با طول موج ۳۹۸nm گسیل می‌کند. انرژی هر فوتون چند ژول است؟

(نهایی ۹۹)

$$(h.c = ۱۹/۹ \times ۱۰^{-۲۶} j.m)$$

پاسخ:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow E = \frac{۱۹/۹ \times ۱۰^{-۲۶}}{۳۹۸ \times ۱۰^{-۹}} = ۵ \times ۱۰^{-۱۹} j$$

سوال ۸۹ الف) طیف گسیلی یک جسم در چه مواردی پیوسته و در چه مواردی گسسته است؟

ب) منشأ فیزیکی این تفاوت را توضیح دهید.

پاسخ: الف) طیف گسیلی جامد پیوسته- طیف گسیلی گاز کم فشار و رقیق گسسته است.

ب) طیف پیوسته ناشی از برهم کنش قوی بین اتم‌های سازنده جسم جامد است. در حالی که اتم‌های منفرد گازها از این برهم کنش‌های قوی بین اتم‌ها آزاداند

**سوال ۹۰** الف) در شکل مقابل (فوتوالکتریک) فاصله صفحات برق نما تغییر نمی‌کند علت را توضیح دهید.

(نهایی ۱۴۰۲)



ب) دو ویژگی گسیل القایی را بنویسید.

**پاسخ:** الف) چون بسامد نور تابیده شده کمتر از بسامد آستانه است.

ب) ۱- یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می‌شود.

۲- فوتون گسیلی در همان جهت فوتون ورودی است.

**سوال ۹۱** اگر الکترون در اتم هیدروژن از دومین حالت برانگیخته به حالت پایه برسد، طول موج فوتون گسیلی چقدر

است؟

(نهایی ۱۴۰۲)

0ev \_\_\_\_\_

-1/51ev \_\_\_\_\_

-3/4ev \_\_\_\_\_

-13/6ev \_\_\_\_\_

**پاسخ:**

$$E_r - E_1 = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow -1/5 - (-13/6) = \frac{1240}{\lambda}$$

$$\rightarrow \lambda = 102/47 \text{ nm}$$

**سوال ۹۲** با استفاده از رابطه بور برای انرژی الکترون در اتم هیدروژن، اختلاف انرژی (۲ → ۴) را حساب کنید.

(نهایی ۹۹)

$$(E_R = 13/6 \text{ eV})$$

**پاسخ:**

$$\Delta E = E_R \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \rightarrow \Delta E = 13/6 \times \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{16} \right) \rightarrow \Delta E = 2/55 \text{ eV}$$

**سوال ۹۳** بلندترین و کوتاه‌ترین طول موج‌های رشته بالمر (n' = ۲) هیدروژن اتمی را به دست آورید.

(نهایی ۱۴۰۲)

$$R = 0.01 \text{ (nm)}^{-1}$$

**پاسخ:**

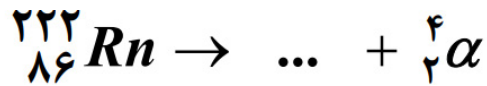
$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) \rightarrow \lambda = 400 \text{ (nm)}$$

$$\lambda = \frac{1}{100} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) \rightarrow \lambda = \frac{3600}{5} = 720 \text{ (nm)}$$



سوال ۹۴ معادله‌ی واپاشی زیر را کامل کنید.



پاسخ:



سوال ۹۵ پس از گذشت ۱۰۰ روز تعداد هسته‌های پرتوزای یک نمونه به  $\frac{1}{16}$  تعداد موجود در آغاز کاهش یافته است.

(نهایی ۱۴۰۱)

نیمه عمر این ماده چند روز است؟

پاسخ:

$$N = \frac{N_0}{2^n} \rightarrow N = \frac{N_0}{2^4} = \frac{N_0}{16} \Rightarrow$$

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow n = 4 \Rightarrow T = \frac{100}{4} = 25 \text{ روز}$$

سوال ۹۶ به سوال‌های زیر را پاسخ دهید.

(الف) با تابش نور فرابنفش به کلاهی یک برق‌نما انحراف ورقه‌ها از هم کمتر می‌شود. نوع بار برق‌نما چیست؟

(ب) اگر پرتو نوری از هوا وارد آب شود، انرژی فوتون آن تغییر می‌کند؟

(ج) یک نارسایی مدل اتمی بور را بنویسید.

پاسخ: الف) منفی

ب) خیر

ج) ۱- نمی‌تواند متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی را توضیح دهد.

۲- فقط برای اتم‌های هیدروژن گونه صادق است.

## ویژه رشته ریاضی

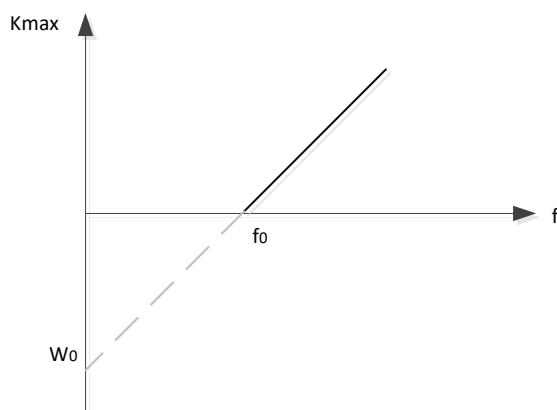
سوال ۹۷ نمودار  $k_{\max}$  بر حسب بسامد نور فرودی مطابق شکل است. الف) مقادیر  $f_0$  و  $w_0$  نشان‌دهنده چه

(نهایی ۱۴۰۱)

کمیت‌هایی هستند؟

ب) اگر تابع کار  $4\text{eV}$  باشد و طول موج نور فرودی  $200\text{nm}$  باشد،  $k_{\max}$  برای فوتوالکتردها چند  $\text{eV}$  است؟

$$h_c = 1240 (\text{eV} \cdot \text{nm})$$



**پاسخ:** الف) بسامد آستانه - تابع کار

ب)

$$k_{\max} = \frac{h_c}{\lambda} - w. \rightarrow k_{\max} = \frac{1240}{200} - 4 = 2 \text{ eV}$$

(نهایی ۱۴۰۲)

**سوال ۹۸** دو ماده کندساز نوترون در راکتور هسته‌ای را نام ببرید.

**پاسخ:** آب معمولی - آب سنگین - گرافیت

(نهایی ۹۹)

**سوال ۹۹** قسمت‌های اصلی یک راکتور هسته‌ای نام ببرید.

**پاسخ:** سوخت هسته‌ای - ماده کندساز - میله‌های کنترل - شاره برای خنک کردن

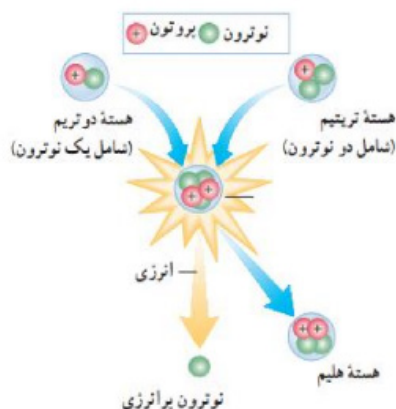
(نهایی ۱۴۰۲)

**سوال ۱۰۰** الف) شکل مقابل مربوط به کدام واکنش هسته‌ای است؟

ب) جرم محصولات فرایند نسبت به مجموع جرم هسته‌های اولیه چه تغییری کرده است؟

ج) چرا در این واکنش مقدار زیادی انرژی آزاد می‌شود؟

د) این واکنش در کجا به طور طبیعی رخ می‌دهد؟



**پاسخ:** الف) گرافیت هسته‌ای

ب) کمتر شده است.

ج) به علت ضرب در C به توان ۲

د) در ستارگان و خورشید

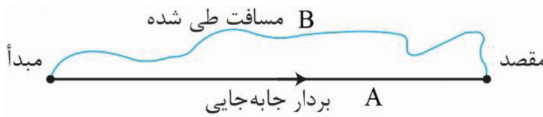




## فصل اول: حرکت شناسی

**مسافت طی شده:** به طول مسیر واقعی جسم که در حین حرکت طی کرده است گفته میشود. بنابراین مسافت طی شده وابسته به مسیر می‌باشد. (مسیر B) (نرده ای)

**جا به جایی:** اگر با یک پاره خط جهت دار بدون توجه به مسیر نقطه ابتدا را به انتها وصل کنیم پاره‌خطی تحت عنوان بردار جابجایی به دست می‌آید. (خط A) (بردار)



**نکته:** مسافت طی شده  $(L) \leq$  اندازه جابجایی (d)

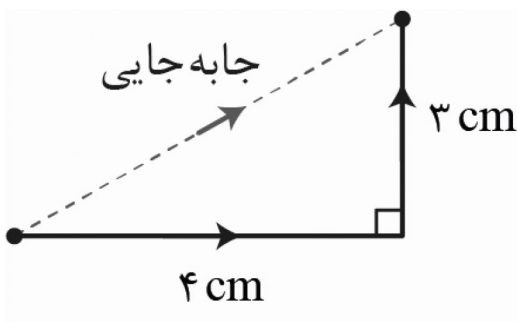
**تندی متوسط:** زمان طی مسافت (t) / مسافت طی شده  $S = (L)$

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

$$V = \frac{\Delta X}{t} \quad V = \frac{\text{جابجایی (d)}}{\text{زمان (t)}}$$

سرعت متوسط دارای جهت می‌باشد پس برداری است!

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



$$\begin{aligned} t &= 0.5(s) \\ d &\Rightarrow d = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5\text{cm} \end{aligned} \quad \left\{ \begin{aligned} V &= \frac{5}{0.5} = 10 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \end{aligned} \right.$$

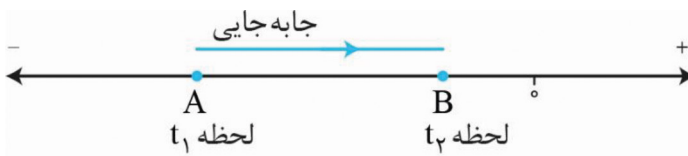
$$\begin{aligned} t &= 0.5(s) \\ \text{مسافت طی شده} &= 4 + 3 = 7\text{cm} \end{aligned} \quad \left\{ \begin{aligned} S &= \frac{7}{0.5} = 14 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \end{aligned} \right.$$

• خواست باشه

✓ زمانی که بین دو نقطه، مستقیم حرکت کنید اون موقع جابجایی و مسافت طی شده با هم برابر است پس و با هم برابراند.

• این نکته رو دریاب

✓ خیلی‌ها بردار مکان را با بردار جابجایی اشتباه می‌گیرند دقت کنید که بردار مکان برداری است که مبدأ مکان را به مکان فعلی وصل می‌کند.

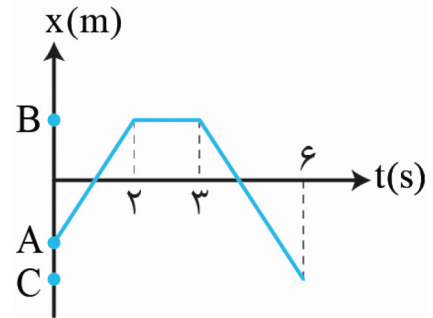
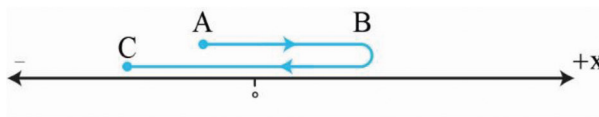


**حرکت در خط راست:** به نوعی حرکت گفته میشود که متحرک در مسیری مستقیم و بدون تغییر جهت حرکت میکند! لازم به

ذکر است که در این نوع حرکت مسافت طی شده با جابجایی برابر میباشد.

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

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

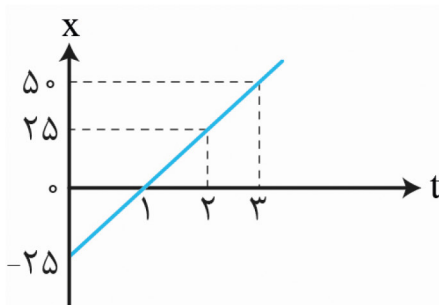


تصور کنید مورچه ای با سرعت  $V$  به مدت ۲ ثانیه در سمت مثبت محور  $X$  ها حرکت کرده و پس از یک ثانیه استراحت با همان سرعت به مدت سه ثانیه برخلاف جهت اول خود حرکت کرده باشد! پس حرکت از نقطه  $A$  شروع شده و در  $B$  شاهد توقف متحرک هستیم تا هنگامی که با شروع دوباره حرکت به سمت مکان  $C$  میرود.

### محاسبه سرعت به کمک نمودار مکان-زمان:

بیا باید در نمودار مقابل شیب نمودار را در بازه های زمانی یک ثانیه محاسبه کنیم!

**مثال:** در نمودار مقابل شیب نمودار را در بازه های زمانی یک ثانیه حساب کنید. (مثال کتاب) از مکان  $-۲۵$  رفتیم به مبدأ



$$x_2 - x_1 = 0 - (-25) = +25^m \text{ از مکان } -25 \text{ رفتیم به مبدأ}$$

$$\frac{25}{1} = 25 \Rightarrow \text{شیب} \Rightarrow \text{جابجایی در جهت مثبت محور} \Rightarrow \text{بازه 0 تا 1 ثانیه}$$

$$x_2 - x_1 = 25 - 0 = 25^m \Rightarrow \text{و در بازه 1 تا 2 ثانیه}$$

$$\frac{25}{1} = 25 \Rightarrow \text{شیب} \Rightarrow \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \text{شیب نمودار}$$

$$x_2 - x_1 = 50 - 25 = 25^m \Rightarrow \text{و در بازه 2 تا 3 ثانیه}$$

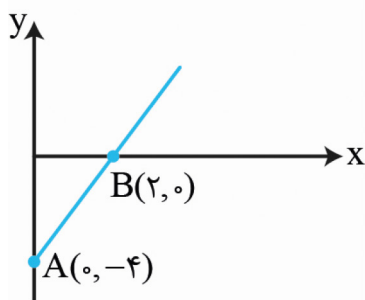
**نکته:** شیب نمودار همان حاصل جابجایی تقسیم بر زمان است پس میتوان گفت که شیب نمودار  $x-t$  همان  $\bar{V}$  می باشد.

- حواست باشه

در نمودار می بینید که شیب ثابت مانده این یعنی حرکت با سرعت ثابت بوده و مقدار شیب، همان مقدار سرعت است!

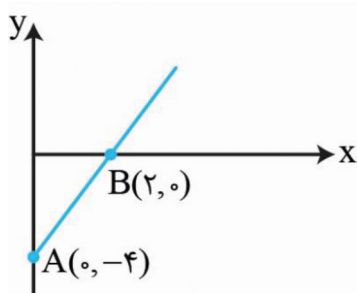
### معادله مکان- زمان با سرعت ثابت:

همانطور که می‌دانید ریاضی و فیزیک از هم جدا نیستند! برای مثال بیاید معادله خط نمودار زیر را بنویسید.



$$\text{شیب} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{0 - (-4)}{2 - 0} = 2 \Rightarrow y = 2x - 4$$

-4 = عرض از مبدا



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

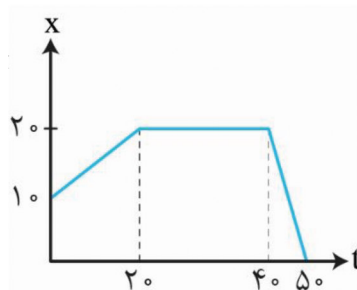
حال همانطور که برای نمودار اولی معادله نوشتیم برای این نمودار نیز می‌نویسیم:

$$\text{شیب نمودار} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{4}{2} = 2 \text{ m.s}$$

$$x = 2t - 4$$

• فرمول معادله مکان-زمان:  $x = vt + x_0$

**مثال:** در نمودار مقابل معادله حرکت متحرک را در بازه‌های زمانی 0s-20s و 20s-40s و 40s تا 50s بنویسید. (تجربی ۱۴۰۲)



$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{20 - 10}{40 - 20} = 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow x = 0.5t + 10$$

حرکت در جهت مثبت محور

$$x = v_t + x_0$$

در بازه 0 تا 20 ثانیه

$$V = \frac{20 - 20}{40 - 20} = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow x = 0 \times t + 20 \rightarrow x = 20 (\text{m})$$

(توقف)

در بازه 20 تا 40 ثانیه

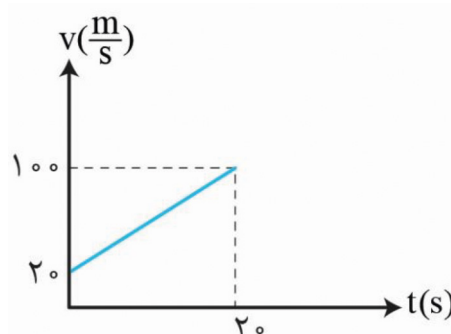
$$V = \frac{0 - 20}{50 - 40} = -2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow x = -2t + 20$$

حرکت در جهت منفی محور

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

### حرکت شتابدار

هنگامی که متحرک سرعتش تغییر کند می‌گوییم که حرکت شتابدار است. مثلاً خودروی سرعتش از ۲۰ متر بر ثانیه به ۱۰۰ متر بر ثانیه می‌رسد یعنی حرکت خودرو دارای شتاب است!



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

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

منظور از عدد  $\frac{4}{s^2}$  یعنی  $\frac{m}{s^2}$   $a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{100 - 20}{20} = 4 \frac{m}{s^2}$  خودرو در هر ثانیه  $4 \frac{m}{s}$  تغییر سرعت داشته است!

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

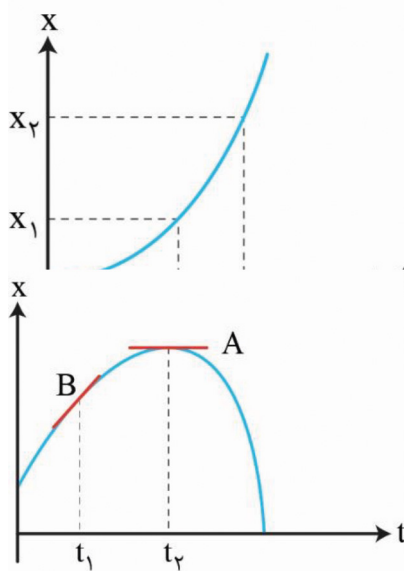
مثال:  $V = 4t + 20$  سرعت در لحظه  $t$

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

**نکته:** نمودار  $x - t$  حرکت شتابدار همانطور که گفته شد شیب نمودار  $x - t$  معادل با سرعت متحرک است. حال اگر حرکت

متحرک شتابدار باشد چی؟

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



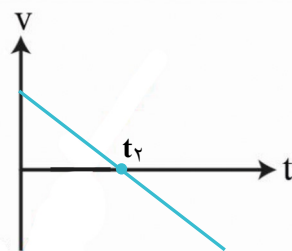
• فرمول مکان-زمان حرکت با شتاب ثابت:  $x = \frac{1}{2}at^2 + V_1t_1 + x_1$  مکان در لحظه  $t$

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

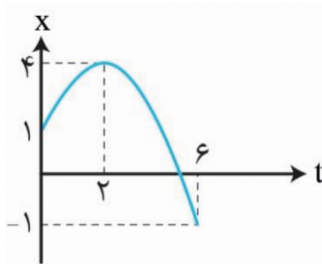
**تغییرات نمودار مقابل را دریاب**

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

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







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

الف) بیشترین فاصله از مبدأ این مورچه چقدر است؟

۴ (m)

ب) در کدام بازه سرعت مورچه هم جهت محور x است؟

سرعت هم جهت محور یعنی شیب مثبت، پس منظور بازه ی زمانی ۰ تا ۲ ثانیه است.

ج) در چه لحظه‌ای جهت حرکت تغییر می‌کند؟

در لحظه تغییر جهت سرعت صفر شده و علامت شیب تغییر می‌کند یعنی  $t = 2(s)$

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

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

$$\vec{V}_{av} = \frac{-1-1}{6-0} = -\frac{1}{3} \frac{m}{s}$$

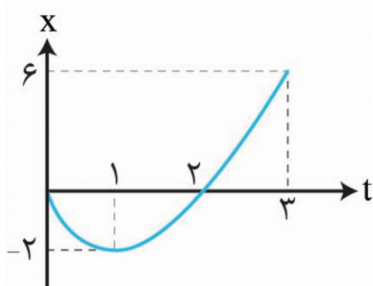
ه) مسافت پیموده شده در این مدت چند متر است؟

در عرض ۲ ثانیه از مکان ۱ متر به مکان ۴ متر رفته است. سپس در زمان ۴ ثانیه از مکان ۴ به ۱- رفته که برابر با ۵ متر

است. در کل ۸ متر طی شده است!

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

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



$$V_{ar} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6-0}{3} = 2 \left( \frac{m}{s} \right)$$

$$t=1 \rightarrow V=0 \rightarrow V=at+v_0 \rightarrow -V_0=a$$

ب) معادله مکان- زمان متحرک را بنویسید.

$$\Rightarrow x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0, \frac{t=3 \quad x=6}{x=6} \rightarrow 6 = \frac{1}{2}a(3)^2 + (0 \times 3) + 0$$

$$\Rightarrow a = +\frac{4}{3} \frac{m}{s^2} \Rightarrow V_0 = -\frac{4}{3} \frac{m}{s} \rightarrow x = 2t^2 - \frac{4}{3}t$$

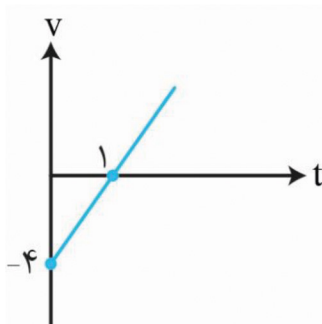
ج) سرعت متحرک در لحظه  $t=3$  چقدر است؟

$$V = at + V_0 \Rightarrow V = \frac{4}{3}t - \frac{4}{3} \xrightarrow{t=3} V = \frac{4}{3} \times 3 - \frac{4}{3} = \frac{8}{3} \frac{m}{s}$$

د) نمودار سرعت- زمان آن را رسم کنید.

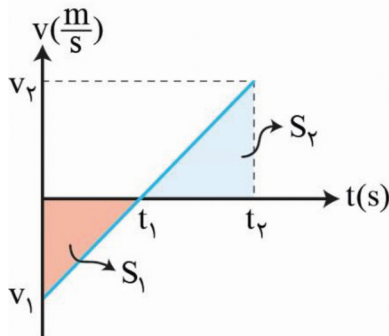
راه نجات: وقتی خودمونو از شر درجه ۲ خلاص کنیم دیدیم که نمودار  $V-t$  حرکت با شتاب ثابت یک تابع خطی هستش برای

همین میتونیم سرعت متوسط حرکت را به کمک فرمول مقابل بدست بیاریم:  $V_{av} = \frac{V_0 + V}{2}$



**نفهمیدم:** بین دوست خوبم فرض کن یک خودرویی با سرعت  $V_1$  سرعتش رو زیاد می‌کنه تا برسه به سرعت  $V_2$  جابجایی خودرو تو این مدت زمان برابری می‌کنه با حالتی که این خودرو با سرعت ثابت  $\left(V_{av} = \frac{V_2 + V_1}{2}\right)$  حرکت می‌کنه و می‌تونی برای یک حرکت شتابدار با شتاب ثابت بنویسی:  $\Delta x = \left(\frac{V_2 + V_1}{2}\right) \Delta t$

**مثال:** هواپیمایی از حال سکون با شتاب  $\frac{2}{2} \frac{m}{s^2}$  شروع به حرکت می‌کند تا به سرعت پرواز  $95 \frac{m}{s}$  برسد. جابجایی هواپیما روی باند چند متر است؟ (مثال کتاب)



$$= at + V_i \rightarrow V = 2/2 t \rightarrow t = \frac{95}{2/2} = 47.5 \text{ (s)}$$

$$\Delta x = \left(\frac{0 + 95}{2}\right) \times 47.5 = 2260.6 \text{ (m)}$$

• محاسبه جابجایی به کمک نمودار  $V-t$ :

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

$$+S_2 = \text{جابجایی از } t_1 \text{ تا } t_2$$

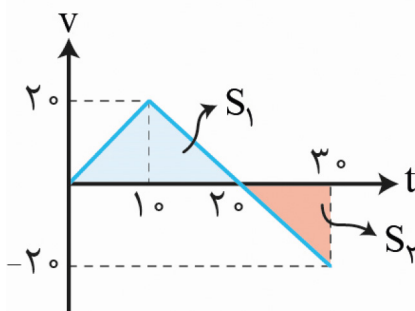
$$-S_1 = \text{جابجایی از } 0 \text{ تا } t_1$$

$$\text{مجموع مثبت مساحت‌ها} = |S_1| + |S_2| = \text{مسافت طی شده}$$

$$-S_1 + S_2 = \text{جابجایی از } 0 \text{ تا } t_2$$

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

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



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

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

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

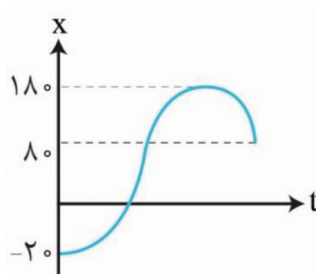
$$S_1 = \frac{20 \times 20}{2} = 200 \text{ (m)}$$

$$\text{جابجایی} = 200 - 100 = 100 \text{ (m)}$$

$$S_2 = \frac{-20 \times 10}{2} = -100 \text{ (x)}$$

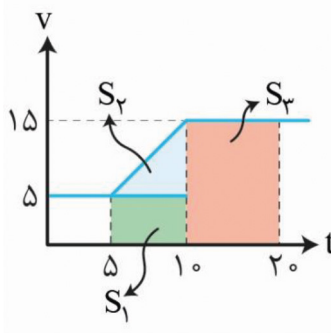
$$\text{مسافت طی شده} = 200 + 100 = 300 \text{ (m)}$$

ج) نمودار  $x-t$  آن را رسم کنید.



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

الف) شتاب خودرو را در هر یک از لحظه‌های  $t = 3$  و  $t = 8$  و  $t = 15$  حساب کنید. شیب صفر  $\Rightarrow a = 0$



$$t = 3 \quad a = \frac{15 - 5}{10 - 5} = 2 \frac{m}{s^2} \quad \text{در لحظه } t = 15 \quad a = 0 \frac{m}{s} \Rightarrow \text{شیب صفر}$$

ب) شتاب متوسط را در بازه 0 تا 20 حساب کنید.

منظورش اینه یک خط از لحظه 0 نمودار به لحظه 20 وصل کن و شیب را حساب کن!

$$a_{\text{v}} = \frac{15 - 0}{20 - 0} = \frac{3}{4} \frac{m}{s^2}$$

ج) جا به جایی خودرو در مدت  $t = 5$  تا  $t = 20$  را حساب کنید.

منظورش مساحت زیر نمودار است

$$25 + 25 + 150 = 200 (m) \Leftarrow S_1 + S_2 + S_3$$

**معادله سرعت- جابجایی:** کتاب درسی این فرمول را به کمک معادله سرعت بدست آورده اما دو روش برای بدست آوردن این

معادله وجود دارد.

$$V_2^2 - V_1^2 = 2a \Delta x \Leftrightarrow t = \frac{V_2 - V_1}{a} \text{ بجا ی } \Delta x = \left( \frac{V_2 + V_1}{2} \Delta t \right) \text{ در فرمول}$$

در این فرمول  $V_2$  سرعت نهایی و  $\Delta x$  جابجایی را نشان میدهد.

یا اینکه

$$W = k_2 - k_1 = F_T d$$

$$K = \frac{1}{2} m V^2$$

$$F_t = ma$$

مثال: خودرویی با سرعت  $40 \frac{km}{h}$  در حال حرکت است ناگهان گوزنی در فاصله 22 متری خودرو ظاهر می شود راننده ترمز می کند

و با شتاب  $3/8 \frac{m}{s^2}$  سرعت خود را کاهش می دهد تا متوقف شود. (مثال کتاب)

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

الف) خودرو در چه فاصله‌ای از گوزن متوقف  $V_2 = 0 \frac{m}{s}$  می شود؟ توقف جابجایی تا لحظه توقف

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

$$\Rightarrow \Delta x = 16/2 (m)$$

$$\text{فاصله از گوزن} = 22 - 16/2 = 5/8 (m)$$

سرعت کاهش یعنی علامت شتاب خلاف علامت سرعت اولیه  $a = -3/8 \frac{m}{s^2}$

ب) چه مدت طول می کشد تا خودرو متوقف شود؟

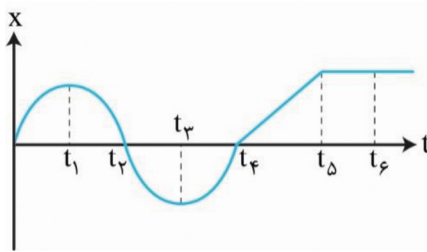
$$V = at + V_1 \rightarrow 0 = (-3/8 \times t) + 11/1 \rightarrow t = 2/92 (s)$$

مثال: با توجه به نمودار حرکت متحرک روبرو به سوالات زیر پاسخ دهید. (تالی)

الف) شتاب در کدام بازه زمانی مثبت است؟



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



ب) شتاب در کدام بازه زمانی منفی است؟

در زمانی که نمودار  $x-t$  به شکل  $\cap$  است یعنی  $t_2$  تا  $t_4$

ج) در کدام بازه زمانی شتاب صفر است؟

در بازه  $t_4$  تا  $t_5$  شیب ثابت بین سرعت ثابت و شتاب صفر همچنین در بازه  $t_5$  تا  $t_6$  تا شیب تغییر نکرده است.

د) در کدام لحظات متحرک تغییر جهت داده است؟

در لحظه  $t_1$  و  $t_3$  جهت حرکت تغییر کرده است.

ه) در کدام بازه‌ها حرکت کند شونده بوده است؟

کند شونده  $a \cdot V < 0$  در بازه  $0$  تا  $t_1$

$V > 0$  چون شیب مثبت است.

$a < 0$  چون تقعر پایین است.

در بازه  $t_2$  تا  $t_3$

$V < 0$  چون شیب منفی است.

$a > 0$  چون تقعر بالا است.

خ) در کدام بازه حرکت تند شونده است؟

در بازه  $t_1$  تا  $t_2$

$V < 0$  چون شیب منفی است.

$a < 0$  چون تقعر پایین است.

در بازه  $t_3$  تا  $t_4$

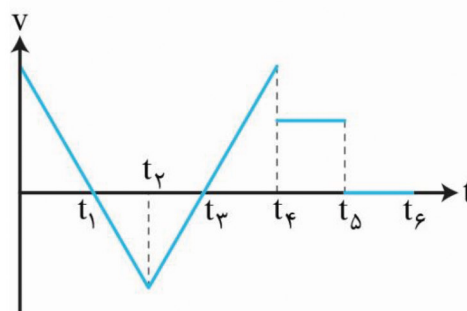
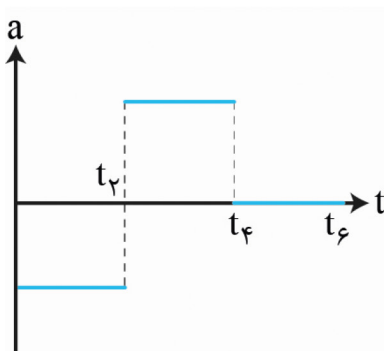
$V > 0$  چون شیب مثبت است.

$a > 0$  چون تقعر بالا است.

ز) در کدام بازه متحرک سرعت ثابت دارد و در کدام بازه متوقف است؟  $t_4$  تا  $t_5$  تا سرعت ثابت

در  $t_5$  تا  $t_6$  تا متوقف (سرعت هم ثابت صفر است)

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



**نکته:** مساحت محصور بین نمودار  $a-t$  و محور  $t$  با  $\Delta V$  برابر است!

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

### سوالات زیر را دریاب

**مثال:** جسمی با سرعت ثابت حرکت می کند اگر در لحظه  $t_1 = 5(s)$  در مکان  $x_1 = 6(x)$  باشد و در  $t_2 = 20(s)$  در مکان

$$x_2 = 36(x) \text{ باشد معادله مکان-زمان جسم را بنویسید. (تمرین کتاب)}$$

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

$$\bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{36-6}{20-5} = +2 \frac{m}{s} \rightarrow x = 2t + x_0 \rightarrow \text{حالا باید مکان اولیه را حساب کنیم}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} t_1 = 5(s) \\ x = 6 \end{cases}$$

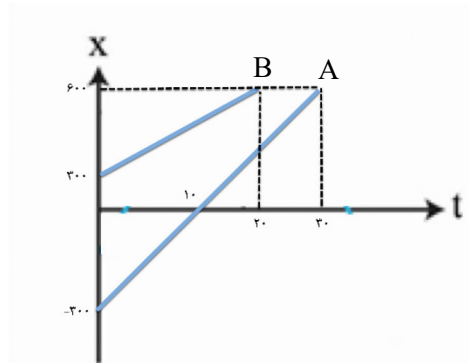
کافیست اطلاعات  $t_1$  یا  $t_2$  را در معادله جاگذاری کنیم:

$$6 = 5 \times 2 + x_0 \Rightarrow x_0 = -4 \Rightarrow x = 2t - 4$$

**مثال:** نمودار  $x-t$  دو متحرک **A** و **B** شکل مقابل است. دو متحرک در چه مکان و زمانی به هم می رسند؟ اول باید معادله حرکت

هر دو متحرک را بنویسیم:

چون شیب ثابت است پس داریم:  $x = Vt + x_0$



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

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

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

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

و در مکان  $x_A = 30 \times 40 - 300 = 900(m)$  یا  $x_B = 15 \times 40 + 300 = 900(m)$   $15t = 600 \Rightarrow t = 40$

**مثال:** خودرویی پشت چراغ قرمز ایستاده با سبز شدن چراغ با شتاب  $\frac{1}{2} \frac{m}{s^2}$  شروع به حرکت می کند در همین لحظه کامیون با

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

سرعت  $36 \frac{km}{h}$  از کنار خودرو عبور می کند: (کتاب تمرین)

(الف) در چه لحظه و مکانی خودرو به کامیون می رسد؟

$$x = t^2 \Rightarrow \text{معادله حرکت خودرو}$$

$$x = Vt + x_0 \Rightarrow \text{معادله حرکت کامیون}$$

$$\Rightarrow V = 36 \div 3.6 = 10 \frac{m}{s} \rightarrow x = 10t$$

$$t^2 = 10t \Rightarrow t = 10s$$

$$x = 10 \times 10 = 100m$$

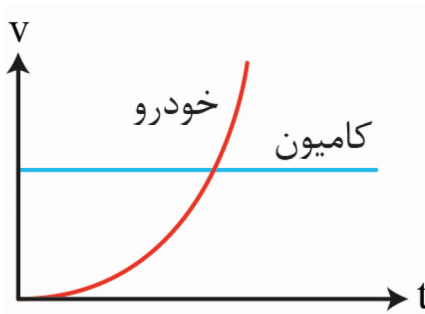




ب) نمودار  $V-t$  آنها را رسم کنید.

در لحظه و در مکان  $x = x \Rightarrow t^3 = 10 \cdot t \rightarrow t = 10$

ج) در چه لحظه سرعت‌ها برابر می‌شوند؟



$$V = at + V_0$$

$$\begin{cases} V = 2t \\ V = 10 \end{cases} \Rightarrow 2t = 10 \rightarrow t = 5(s)$$

مثال: معادله سرعت-زمان خودرویی  $V = -10 \cdot t + 20$  است:

الف) در لحظه  $t = 3(s)$  جهت بردار سرعت و شتاب متحرک را تعیین کنید.

شتاب ثابت  $-10 \frac{m}{s^2}$  و منفی است

سرعت:  $V = -10 \times 3 + 20$

منفی  $V = -30 + 20 = -10 \frac{m}{s}$

ب) در چه لحظه‌ای متحرک تغییر جهت داده است؟

زمانی که  $V = 0$  می‌شود.  $0 = -10 \cdot t + 20 \rightarrow t = 2(s)$

ج) در لحظه  $t = 1(s)$ ,  $t = 5(s)$  نوع حرکت را مشخص کنید. در لحظه

$$\begin{cases} a = -10 \frac{m}{s^2} \\ V = -30 \frac{m}{s} \end{cases} \quad aV > 0$$

در لحظه  $t = 5$

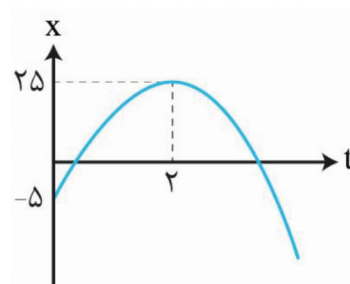
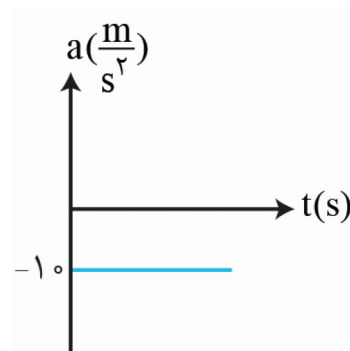
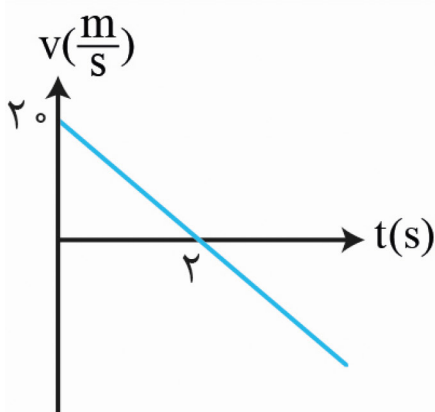
$$\begin{cases} a = -10 \frac{m}{s^2} \\ V = +10 \frac{m}{s} \end{cases} \quad aV < 0$$

در لحظه  $t = 1$

د) با فرض اینکه مکان اولیه  $x = +5$  باشد معادله حرکت این متحرک را بنویسید.

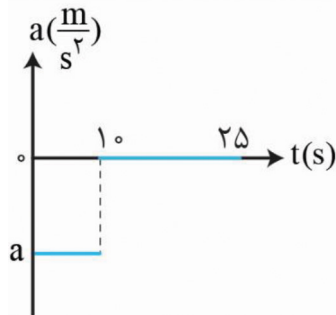
$$\begin{aligned} x &= \frac{1}{2}(-10)t^2 + 20t + 5 \\ x &= -5t^2 + 20t + 5 \end{aligned} \Leftrightarrow \begin{cases} a = -10 \\ V_0 = +20 \\ x_0 = 5 \end{cases}$$

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



**مثال:** با توجه به نمودار  $a-t$  خودرویی  $\frac{m}{s^2}$  اگر سرعت اولیه خودرویی و سرعت آن در لحظه  $t=10$  (s) برابر  $20 \frac{m}{s}$  باشد؟ (نمودار ریاضی)  $1402$

الف) شتاب حرکت را در  $10$  ثانیه اول حساب کنید.



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

ب) جابه جایی در بازه  $10$  تا  $25$  ثانیه را حساب کنید.

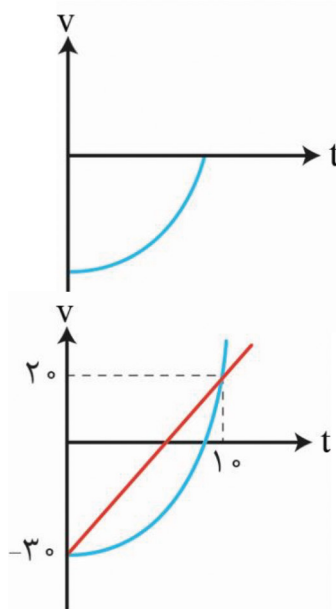
$$\Delta x = Vt$$

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

در این بازه شتاب صفر و سرعت ثابت

**مثال:** جسمی خلاف جهت  $x$  در حال حرکت است اگر شتاب آن در حال افزایش سرعت در حال کاهش باشد نمودار  $V-t$  رسم کنید. (خرداد  $1402$  ریاضی)

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



**مثال:** در نمودار مقابل شتاب متوسط در بازه زمانی صفر تا  $10$  ثانیه را حساب کنید. (تالیفی)

منظورش اینه از لحظه  $0$  به  $10$  وصل کن شیب را بدست بیار:

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

**مثال:** از داخل پرانتز کلمه مناسب را انتخاب کنید. (خرداد  $1402$  ریاضی و تجربی)

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

تغییر سرعت

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

بله چون کند شونده،  $a - V < 0$  منفی میشه حاصل

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

خیر، تغییر اون سرعت متوسط



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

مماس

ه) شتاب متوسط کمیتی برداری و هم جهت با (تغییر سرعت- جابجایی) است؟

تغییر سرعت

ز) در حرکت یکنواخت سرعت لحظه‌ای با سرعت متوسط برابر (است- نیست)

است چون حرکت سرعت ثابت

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

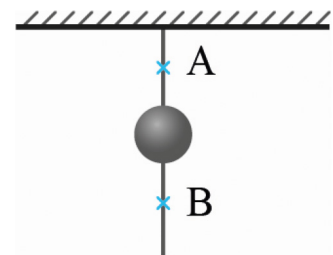
است چون بردار  $V$  دائم در حال تغییر جهت است.

## فصل دوم: دینامیک

### قوانین حرکت نیوتن:

**قانون اول:** یک جسم حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می‌کند مگر اینکه نیروی خالص به آن وارد شود. لختی چیست؟! اجسام میل دارند حرکت و وضعیت خودشان را حفظ کنند به این تمایل طبیعی لختی می‌گویند.

**بعنوان مثال:** در شکل مقابل اگر طناب آروم کشیده شود طناب از A پاره شده و اگر سریع کشیده شود از B! چرا؟ چون در حالت دوم گلوله می‌خواهد سر جایش بماند!



**قانون دوم نیوتن:** هرگاه بر جسم نیروی خالص (غیرصفر) وارد شد جسم در جهت نیرو شتاب می‌گیرد.  $\vec{F} = m\vec{a}$

**مثال:** قایق با سرنشین  $400 \text{ kg}$  است اگر موتور قایق  $1300 \text{ (N)}$  نیرو وارد کند و مقاومت آب چقدر باشد تا نیروی خالص شتاب  $\frac{2}{3} \frac{m}{s^2}$  به قایق بدهد؟ چقدر طول می‌کشد سرعت قایق از صفر به  $15 \frac{m}{s}$  برسد؟ در این مدت چقدر جابجا میشود؟ (مثال کتاب)

$$\text{الف) } F_{\text{net}} = ma \rightarrow F_{\text{net}} = 400 \times \frac{2}{3} = 266.67 \text{ (N)} \rightarrow F_{\text{موتور}} - F_{\text{مقاومت}} = F_{\text{net}} \rightarrow F = 1300 - 266.67 = 1033.33 \text{ (N)}$$

$$\text{ب) } V = at + V_0 \rightarrow V = \frac{2}{3}t \rightarrow 15 = \frac{2}{3}t \rightarrow t = 22.5 \text{ (s)}$$

$$\text{ج) } V_2^2 - V_1^2 = 2a\Delta x \rightarrow 15^2 - 0^2 = 2\left(\frac{2}{3}\right)\Delta x \rightarrow \Delta x = 168.75 \text{ (m)}$$

**مثال:** یه توپی به جرم  $420 \text{ gr}$  که در هوا به صورت افقی حرکت می‌کند نیروی مقاومت هوا  $F = 1 \text{ (N)}$  وارد می‌شود بزرگی و جهت شتاب توپ در این نقطه چقدر است؟ (مثال کتاب)  $g = 9.8 \frac{m}{s^2}$

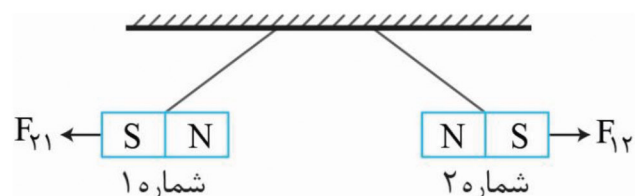
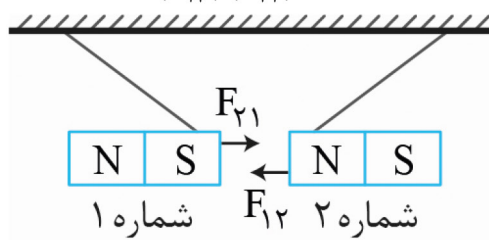
$$F_{\text{net}} = (-1\text{N})\vec{i} + (-4.2\text{N})\vec{j}$$

$$\vec{a} = \frac{-1\vec{i} - 4.2\vec{j}}{0.42} = (-2.38\vec{i} - 10\vec{j}) \frac{m}{s^2} \quad a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 10.5 \frac{m}{s^2}$$

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

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

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow |F_{12}| = |F_{21}|$$



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

**مثال:** دو شخص A و B که روی کنش چرخدار بدون اصطکاک هستند روبروی هم قرار گرفته‌اند اگر شخص A که ۷۵kg جرم دارد با نیروی (N) ۱۰۰ شخص B را که ۵۰kg جرم دارد هل بدهد شتاب هر یک چقدر است؟ (مثال کتاب)  
اندازه نیروها برابر است اما خلاف جهت هم اند! (قانون جرم نیوتون)

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

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

$$\vec{F}_{net} = ma \quad \begin{cases} B \left\{ \vec{F}_{net} = 100(N)\vec{i} \right. \\ A \left\{ \vec{F}_{net} = -100(N)\vec{i} \right. \end{cases} \rightarrow$$

$$a_B = \frac{100\vec{i}}{50} = +2\frac{m}{s^2}\vec{i}$$

$$a_A = \frac{-100\vec{i}}{75} = -1\frac{1}{3}\frac{m}{s^2}\vec{i}$$

نیروهای خاص را دریاب •

**نیروی وزن:** زمین جاذبه دارد و اجسام را به سمت خودش می‌کشد اما با چه نیرویی؟ شتاب گرانش زمین را با g نشان میدهند  
وقتی جسمی جرم m بر حسب کیلوگرم داشته باشد نیروی گرانش زمین روی جسم برابر است با:

$$\vec{W} = m\vec{g}$$

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

هر چه از سطح زمین دور شویم نیروی وزن متفاوت خواهد بود چون اندازه g متفاوت است. پس نیروی وزن علاوه بر جرم به گرانش هم بستگی دارد. بیشتر در این بابت در آخر فصل توضیح میدیم!

**سوال بعدی:** جسمی که ساکن ایستاده چی؟

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

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

$$w = m \cdot \frac{g}{4} \quad \text{ارتفاع } w = m \cdot g \quad \text{سطح زمین}$$

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

$$w = 50 \times 10 = 500(N) \quad w = 50 \times \frac{10}{4} = 125(N)$$

**نیروی مقاومت شاره ( $f_0$ ):** شاره یعنی گاز یا مایع و نیروی مقاومت این‌ها یعنی همان نیرویی که مثلاً به قایق از طرف آب یا به خودرو از طرف باد وارد میشود.

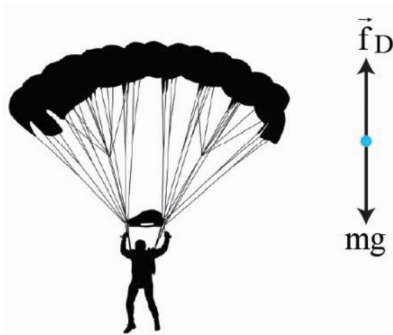
• حواست باشه

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

**یک نکته با حال:** هر چه سرعت بیشتر باشد نیروی مقاومت شاره هم بیشتر خواهد شد مثل وقتی که دست از شیشه ماشین بیرون است و ماشین دائم سرعت میگیرد.



**مثال:** چتر بازی به جرم  $60 \text{ kg}$  پرش آزاد می کند و چتر باز میشود. نیروی مقاومت هوا  $1140 \text{ N}$  است. شتاب چتر باز در این لحظه چقدر است؟ (مثال کتاب)



$$F_{\text{net}} = 1140 - (60 \times 10) = +540 \text{ (N)} \rightarrow \vec{F}_{\text{net}} = m \cdot a$$

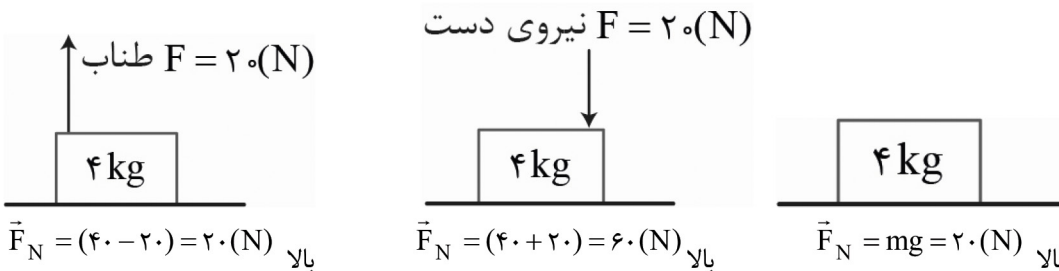
$$\rightarrow a = \frac{540}{60} = +9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \vec{j}$$

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

**نیروی عمودی تکیه گاه:** شما الان نشسته و در حال درس خواندن هستید. خب شما که رو زمین هستید و تحت تاثیر نیروی گرانشی! پس چرا ساکن مانده اید و سقوط نمی کنید؟

زیرا سطحی که روی آن نشسته ای در اثر تغییر شکل قرار گیری مولکول ها به تو نیرویی هم اندازه با نیروی وزن اما در خلاف جهت وارد میکند. به این نیرو که با  $\vec{F}_N$  نشان داده میشود نیروی عمودی تکیه گاه یا سطح گفته میشود.

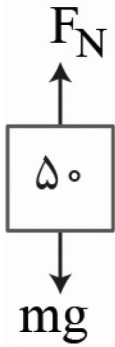
**مثال:** همه اجسام زیر ساکن هستند نیروی عمودی تکیه گاه هر کدام را حساب کنید. (مثال کتاب)  
دقت کنید که اندازه برآیند نیروهایی که به سطح وارد میشود برابر با اندازه نیروی عمودی سطح هست، فقط جهتشان برعکس هم هستند.



**نیروی عمودی سطح در آسانسور:** تصور کنید میخواهید با آسانسور به طبقه بالا بروید، آسانسور با شتاب  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  رو به بالا میرود، شما کف آسانسور ایستاده اید و رو به بالا با شتاب  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  حرکت می کنید. سوال: اگر جرم شما  $50 \text{ kg}$  باشد برآیند نیروهای وارد بر شما کدام سمت و چند نیوتن است؟

چون  $a$  رو به بالا است پس  $F_{\text{net}}$  رو به بالا و برابر:  $F_{\text{net}} = m \cdot a = 2 \times 50 = 100 \text{ (N)}$   
حال به شما نیروی گرانش  $mg$  که برابر به سمت پایین وارد میشود! پس چرا برآیند نیروهای وارد بر شما که طبق قانون دوم نیوتن به دست آوردید  $100 \text{ N}$  و رو به بالا است؟

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



$$F_N = mg + F_{\text{net}} \Rightarrow F_N = mg + ma \Rightarrow F_N = (m)g + a \rightarrow F_N = 50 \cdot (10 + 2) = 600 \text{ (N)}$$

آقا اگر با شتاب  $\frac{m}{s^2}$  رو به پایین در حال حرکت باشیم چی؟  
داریم:  $mg - F_N = F_{\text{net}}$

$$500 - F_N = ma \Rightarrow F_N = 500 - (50 \times 2) = 400 \text{ (N)}$$

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

• حواست باشه

هنگامی که احساس سنگینی کردی:  $F_N = m(g + a)$

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

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

$m(g - a)$  شتاب  $a$  تند به پایین / شتاب  $a$  کند به بالا

مثال: شخص به جرم  $60 \text{ kg}$  داخل آسانسور روی ترازو ( $g = 10$ ) ایستاده آنگاه: (خرداد ۱۴۰۲ تجربی)

الف) وقتی آسانسور رو به پایین با شتاب  $\frac{m}{s^2}$  حرکت کند ترازو چند نیوتون را نشان میدهد؟  
عدد ترازو همان  $F_N$  سطح است!

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

$$F_N = 60 \times 10 = 600 \text{ (N)} \Leftarrow F_N = mg \quad \text{وقتی سرعت ثابت بین } a = 0 \text{ داریم}$$

وقتی سرعت ثابت بین داریم

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

صفر، زیرا در سقوط آزاد  $a = g$  می‌شود و  $F = m(g - a) = 0 \text{ N}$

**نیروی اصطکاک:** وقتی جسمی ساکن است یا حتی متحرک، همواره یک نیروی مخالف حرکت وجود دارد. به این نیروی مرموز

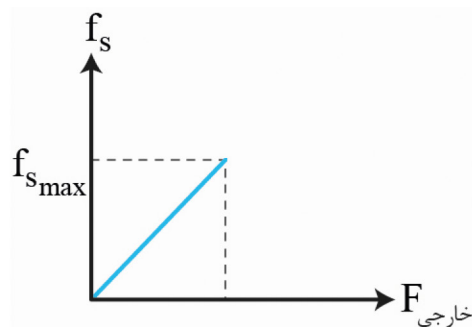
نیروی اصطکاک گفته میشود. اگر جسم ساکن باشد از نوع اصطکاک ایستایی  $f_s$  یا اگر جسم در حال حرکت باشد اصطکاک جنبشی  $f_k$  نام دارد!

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

**سوال:** نیروی اصطکاک ایستایی چه اندازه ای دارد؟

بستگی دارد! این نیرو هوشمند است. یعنی تو هر چقدر نیرو وارد می کنی اصطکاک نیز همان اندازه وارد می کند و هرچه نیروی تو بیشتر شود اصطکاک نیز بیشتر میشود اما این نیروی اصطکاک تا حدی بالا میرود که ماکزیمم نیروی اصطکاک ایستایی نام دارد. ( $F_{s\max}$ )

در این شکل ها جسم ساکن هستند:



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

• محاسبه اصطکاک ایستایی ماکزیمم:

$$f_{s\max} = \mu_s \cdot F_N$$

**مثال:** جسم به جرم  $90 \text{ kg}$  را شخصی با  $200 \text{ (N)}$  هل می دهد جسم ساکن می ماند اگر با  $300 \text{ (N)}$  وارد کند جسم در آستانه

حرکت قرار می گیرد: (تمرین کتاب)

$$|f_s| = |F| = 200 \text{ (N)} / \text{حالت اول}$$

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

جسم هر دو حالت ساکن است. حالت دوم  $|f_{s\max}| = |F| = 300 \text{ (N)}$  حالت اول

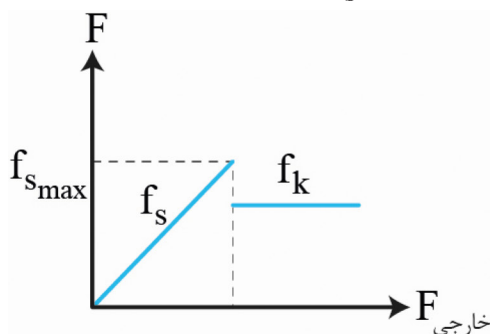
ب) ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح چقدر است؟

$$|f_{s\max}| = |F| = 300 \text{ (N)} \rightarrow \mu_s F_N = 300 \Rightarrow \mu_s = 1$$

**اصطکاک جنبشی:** وقتی که جسم حرکت کرد دیگر  $f_s$  نداریم و  $f_k$  که مقدار ثابتی دارد جایگزین میشود، منظور از حرکت سر خوردن است.

$$F_k = \mu_k \cdot F_N$$

**مثال:** در مثال قبل اگر پس از حرکت جسم نیروی مرد به  $200 \text{ (N)}$  برسد شتاب حرکت چند  $\frac{m}{s^2}$  است؟



$$F_{\text{net}} = (90 \times 10) \times \frac{1}{10} = 900 \text{ (N)}$$

$$\frac{20}{90} = \frac{2}{9} \frac{m}{s^2}$$

نمودار نهایی اصطکاک



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

**مثال:** خودرویی با سرعت  $V$  در حال حرکت است مانعی وجود دارد. زمان واکنش تا ترمز گرفتن (s)  $0.6$  طول میکشد. در این مدت (m)  $18$  طی مسیر می‌کند: (تمرین کتاب)

الف) سرعت خودرو چند  $m/s$  بوده؟

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{18}{0.6} = 30 \frac{m}{s}$$

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

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

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

ج) نیروی اصطکاک بین چرخ و لنت چند  $N$  بوده است؟ و نیروی خالص به خودرو چند نیوتون است؟ (جرم خودرو  $1500 \text{ kg}$ )  
نیازی به گفتن نیست که  $mg$  با  $F_N$  شده است.

$$|F_{\text{net}}| = |F_k| = ma \Rightarrow t_k = 1500 \times 6 = 9000(N)$$

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

$$F = k \cdot x$$

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

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

$$x = \frac{20}{20} = 1 \text{ cm} \leftarrow F = kx = 2 \times 10 = 20(N) \leftarrow F = mg$$

$$L_2 = L + 1 = 1.3 \text{ cm}$$

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

$$8 \times 2 = 16(N) \leftarrow F = m(g-2)$$

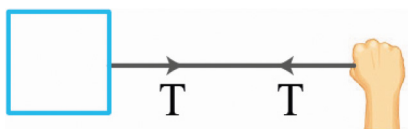
$$L' = 1/2 + 12 = \frac{13}{2} \text{ cm} = x = \frac{24}{20} = 1.2 \text{ cm} \leftarrow F = 2 \times 12 = 24(N) \leftarrow F = m(g+2)$$

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

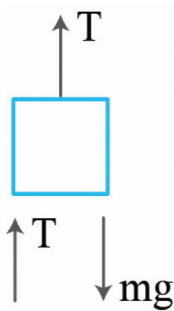
$$L' = 12 + 0.8 = 12.8 \text{ cm} \quad x = \frac{16}{20} = 0.8 \text{ cm} \leftarrow F =$$

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

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



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



$$\left. \begin{array}{l} \uparrow T \quad mg \downarrow \quad \uparrow \\ F_D = F_{\text{net}} \end{array} \right\} \rightarrow F_{\text{net}} = m \cdot a \rightarrow mg - f - T = F_{\text{net}}$$

مقاومت هوا  
خلاف جهت  
حرکت

$$(40 \times 10) - 100 - T = 40 \times 2 \rightarrow 300 - 80 = T$$

$$220 \text{ (N)} = T$$

تکانه و قانون دوم نیوتن: کمیتی برداری است و به کمک قانون دوم اینطوری بدست میاید:

$$F_{\text{net}} = m \cdot a \xrightarrow{a = \frac{\Delta V}{\Delta t}} F_{\text{net}} = m \times \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad \text{kg} \cdot \text{m/s} = m \times \vec{V}, \vec{F}_{\text{net}} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow F_{\text{net}} = \frac{mV_f - mV_i}{\Delta t} \quad -P = m \times \vec{V}$$

مثال: گلوله‌ای روی سطح افق به جرم  $10 \text{ gr}$  با سرعت  $5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  حرکت می‌کند. (تایلی) کتاب / تالیفی

الف) تکانه گلوله چقدر است؟

$$\vec{P} = m \times \vec{V} \Rightarrow \vec{P} = 10 \times 10^{-3} \times 5 = 5 \times 10^{-2} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$$

ب) انرژی جنبشی گلوله چقدر است؟

$$\vec{P} = m \vec{V} \xrightarrow{\text{توان برسون}} \vec{P} = m^2 V^2 \xrightarrow{\text{در } 1/2 \text{ ضرب و به } m \text{ تقسیم}} \frac{1}{2} m V^2 = \frac{P^2}{2m} \rightarrow \frac{(5 \times 10^{-2})^2}{2 \times 10 \times 10^{-3}} = 0.125 \text{ J}$$

ج) اگر گلوله به مانع برخورد کند و با همان سرعت  $5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  برگردد تغییرات تکانه چقدر است؟

$$\vec{V}_1 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \vec{i} \quad \vec{V}_2 = -5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \vec{i}$$

$$\vec{P} = m \Delta \vec{V} \rightarrow \Delta P = 10 \times 10^{-3} \times (-5 - 5) = -10^{-1} \left( \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \vec{i}$$

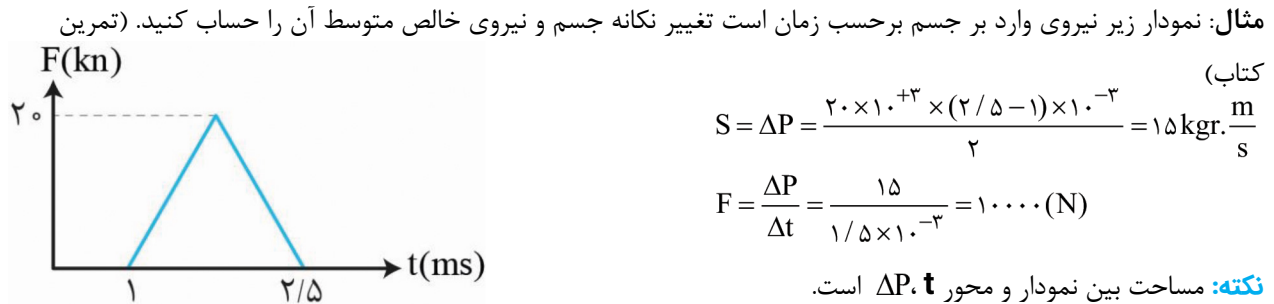
نکته: فرض کنید نیروهای ثابت به جسم وارد میشوند. پس داریم:

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

مثال: توپ به جرم  $280 \text{ gr}$  شوت میشه به تیر میخوره اگر سرعت شوت  $22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  باشه و سرعت برگشت  $15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  و کل زمانی که توپ با تیر در تماس بود  $0.06 \text{ (s)}$  اونوقت اندازه متوسط نیروی وارد به توپ چند نیوتن بود؟ (تمرین کتاب)

$$\left. \begin{array}{l} \vec{P}_1 = 22 \times 280 \times 10^{-3} \vec{i} \\ \vec{P}_2 = -15 \times 280 \times 10^{-3} \vec{i} \end{array} \right\} \vec{\Delta P} = -10.36 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \vec{i} \Rightarrow |F| = \frac{|\Delta P|}{\Delta t} = \frac{10.36}{0.06} = 172.6 \text{ (N)}$$





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

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

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

مثال: جسم در فاصله ۲ (m) یکدیگر را با نیروی گرانشی کوچک  $10^{-8} \text{ (N)}$  جذب می‌کند اگر جرم جسم اول  $50 \text{ kgr}$  باشد جرم جسم دیگر چند کیلوگرم است؟ (تمرین کتاب)

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \rightarrow m_2 = \frac{F \cdot r^2}{G m_1} \Rightarrow m_2 = \frac{10^{-8} \times (2)^2}{6.67 \times 10^{-11} \times 50} = 1/2 \times 10^3 \text{ kgr}$$

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

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

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

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

$$g' = \frac{g}{2} = \frac{GM}{(R_e + h)^2} \text{ هرچه فاصله بیشتر } g \text{ کمتر میشود}$$

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

$$\rightarrow h \approx 0.414 R_e$$

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

با توجه به اطلاعات سوال از شعاع زمین صرف نظر می‌کنیم و داریم  $\frac{GM \cdot M}{x^2} = G \frac{M}{y^2}$  از طرفی  $x + y = 3.84 \times 10^8 \text{ k}$  پس:

$$\frac{GM \cdot x}{(3.84 \times 10^8 \times 10^3 - y)^2} = \frac{GM \cdot m}{(y)^2} \Rightarrow \frac{7/36 \times 10^{22}}{(3.84 \times 10^8 - y)^2} = \frac{5/98 \times 10^{24}}{y^2} \Rightarrow y \approx 3.46 \times 10^8 \text{ (m)}$$

سوال: آزمایشی طراحی کنید که در آن بتوان  $\mu_1, \mu_2$  را حساب کرد؟

جسم به جرم  $m$  روی سطح افق گذاشته و با نیروسنج میکشیم. زمانی که جسم در آستانه حرکت بود عدد نیروسنج همان

$$F_N = mg \text{ و } F_{\text{smax}}$$

حالا اگر جسم با سرعت ثابت کشیده شود عدد نیروسنج این بار همان  $f_k$  خواهد شد!

$$f_t = \mu_x \cdot F_N$$

**سوال:** آزمایشی طراحی کنید که بتوان  $k$  فنر را حساب کرد.

یک فنر از سقف آویزان کرده و بعد از اینکه به تعادل رسید طولش را اندازه میگیریم. حالا جرم  $m$  کیلویی آویزان کرده و تغییر

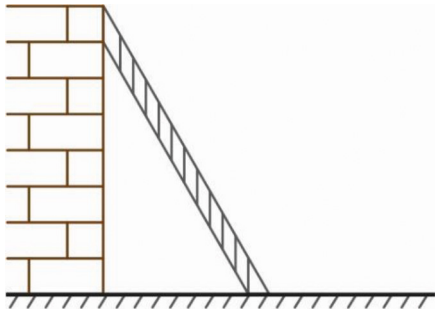
طول فنر را اندازه میگیریم. حالا داریم:

$$mg = F$$

$$F = K \cdot \Delta x$$

**مثال:** شکل روبرو  $20 \text{ kg}$  بتن به دیوار تکیه داده است ضریب اصطکاک ایستایی بین زمین و نردبان  $0.46$  است و جسم در آستانه حرکت میباشد: (تمرین کتاب)

الف) سطح زمین به نردبان چه نیرویی وارد می‌کند؟ ۳ تا نیرو وارد می‌کند اولی نیروی عمودی سطح که هم اندازه  $mg$  است.



$$F_N = |mg| = 20 \times 9.8 = 196 \text{ (N)}$$

نیروی بعدی  $F_{smux}$  است چون جسم در آستانه حرکت است و  $F_{smux}$  هم سطح زمین وارد می‌کند

و برابند این ۲ نیرو:

$$F_{smux} = \mu_s \cdot F_N = 0.46 \times 196 = 90.2 \text{ (N)}$$

$$F_{net} = \sqrt{F_s^2 + F_N^2} \Rightarrow F = 216 \text{ (N)}$$

ب) چه نیرویی از دیوار به نردبان وارد می‌شود؟

جسم آستانه حرکت و نیروی دیوار برابر همیشه برابر به سمت راست.

**مثال:** جسمی به چرم  $2 \text{ kg}$  با نیروی  $F$  کشیده می‌شود و جسم در آستانه است اگر نیروی  $F'$  به صورت لحظه‌ای وارد شود و جسم

که حرکت کرد نیروی  $F'$  حذف شود آن وقت پس از طی چند متر سرعت جسم به  $18 \text{ m/s}$  می‌رسد؟ و اگر نیروی  $F$  در این سرعت

حذف شود جسم پس از طی چند متر از لحظه حذف نیروی  $F$  متوقف می‌شود؟ (تالیفی)  $\mu_k = 0.95, \mu_s = 1$

جسم در آستانه حرکت و داریم

$$F_N = mg = 2 \times 10 = 20 \text{ (N)} \Rightarrow F_{smax} = F_N \mu_s = 20 \times 1 = 20 = |F| \quad : |F_{smax}| = |F|$$

$$a = \frac{F_{net}}{m}, f_t = F_x \times \mu_f = 20 \times 0.5 = 10 \text{ (N)}, F = 20 \text{ (N)} \quad \text{جسم که حرکت کند فقط } F \text{ و } F_k \text{ داریم:}$$

$$F_{net} = 20 - 10 = 10 \text{ (N)} \rightarrow a = \frac{10}{2} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad V = at \Rightarrow 18 = 5 \times t \rightarrow t = 3.6 \text{ (s)}$$

تا لحظه توقف با سرعت  $18 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  داریم: فقط بیرون  $F_k$  اثر دارد پس:  $F_{net} = F_k$   $a = \frac{f_k}{m}$  کند شونده

$$a = \frac{10}{2} = -5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \Rightarrow V_f^2 - V_i^2 = 2 \cdot \Delta x \rightarrow 0 - (18)^2 = 2(-5)\Delta x \rightarrow \Delta x = 32.4 \text{ (m)}$$

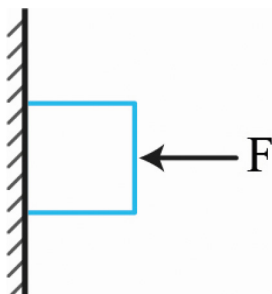
**مثال:** انتخاب کنید. (خرداد ۱۴۰۲ ریاضی)

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

چون  $g$  تغییر می‌کند.

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

پ) نیروی اصطکاک جنبشی به (ضریب اصطکاک جنبش - مساحت سطح تماس دو جسم) بستگی ندارد.  
ت) نیروی ثابت خالص وارد بر جسم برابر با تغییر (سرعت - تکانه) جسم تقسیم بر زمان تغییر آن است.



مثال: در شکل مقابل جرم کتاب  $2/5 \text{ kg}$  است و ساکن می‌باشد، اصطکاک چقدر و کدام سو است؟ (تم

اگر نیروی  $F$  زیاد شود چطور؟

$F_s$  رو به بالا است و برابر با نیرویی که می‌خواهد کتاب را حرکت بدهد یعنی نیروی گرانش!

$$F_s = mg = 2/5 \times 10 = 25 \text{ (N)}$$

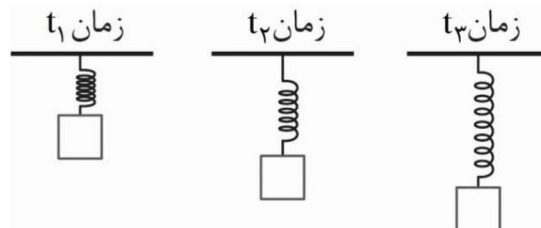
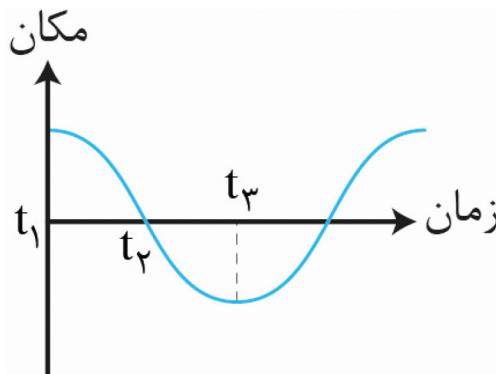
$F$  زیاد شود، زیاد میشود ولی چون همچنان فقط نیروی  $mg$  می‌خواهد کتاب را حرکت دهد.

باز هم  $f_s$  برابر اندازه  $mg$  میشود.

### فصل ۳: نوسان و موج

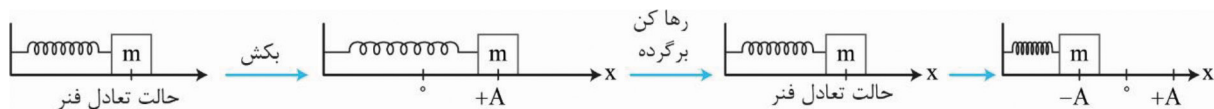
**نوسان دوره‌ای:** اگر یک فنر را از جایی آویزان کنید و یک وزنه به آن ببندید و وزنه را پایین کشیده و رها کنید، حرکتی منظم و دائماً در حال تکرار دیده میشود به اسم نوسان های دوره ای!

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



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

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



$O$  { جسم اینجا بیشترین سرعت را دارد چون فنر در حال تعادل است و هیچ نیرویی به جسم وارد نمیکند.  

$$F = k\Delta x \xrightarrow{\Delta x=0} F = 0$$

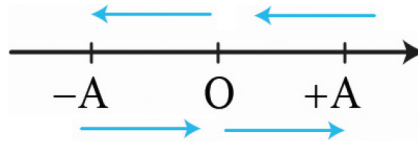
$-A$  { جسم به سمت مثبت‌ها برمیگردد و کمترین طول را در فنر مشاهده میکنیم و بیشترین فشردگی وجود دارد. سرعت بازم صفر و بیشترین نیرو دیده میشود. چرا؟ چون  $F = k\Delta x$

$+A$  { جسم به عقب برمیگردد و جهت حرکت به سمت منفی است! سرعتش صفر میشود و فنر هم بیشترین کشیدگی و نیرو را دارد. چرا؟  

$$F = k\Delta x$$

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

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



نوسان بالا یک نوسان کامل (رفت و برگشتی) است چون رفت و برگشت دارد. فاصله  $OA$  با  $O(-A)$  برابر است که دامنه نامیده میشود و با  $A$  نشون داده میشود!

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

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

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

**مثال:** نوسانگری ۵ نوسان کامل انجام داده اگر مسافت طی شده آن طی نوسان  $60 \text{ cm}$  باشد طول دامنه این نوسانگر چند  $\text{cm}$  است؟ (تالیفی)

$$\frac{60}{5} = 12 \text{ cm} \quad \xrightarrow[\text{طی میکنه}]{\text{هر نوسان کامل}} \rightarrow \frac{12}{4} = 3 \text{ cm}$$

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

در این مثال سرعت زاویه ای شما سرعت چرخش شما به دور یک دایره است.

$$\omega = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

• هر دایره  $2\pi$  رادیان است پس:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad \omega \left( \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

**مثال:** مدت گردش متحرکی دور یک دایره  $(S)$  ۴ است چه مدت طول میکشه این متحرک رادیان بچرخد؟ (تالیفی)

$$\omega = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2} \left( \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right), \quad \Delta\Theta = \frac{2\pi}{4} \Rightarrow \omega = \frac{\Delta\Theta}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta\Theta}{\omega} = \frac{\frac{2\pi}{4}}{\frac{\pi}{2}} = \frac{3}{2} = 1.5 (s)$$

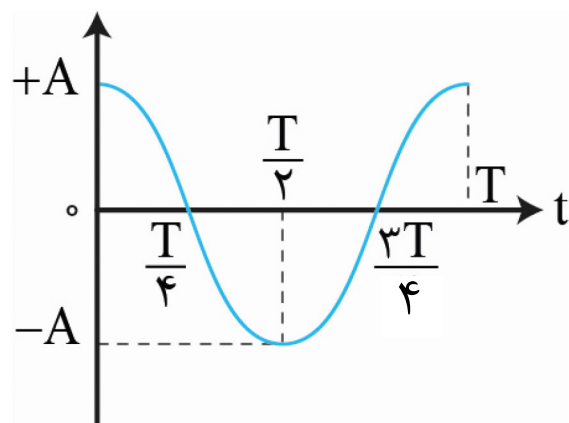
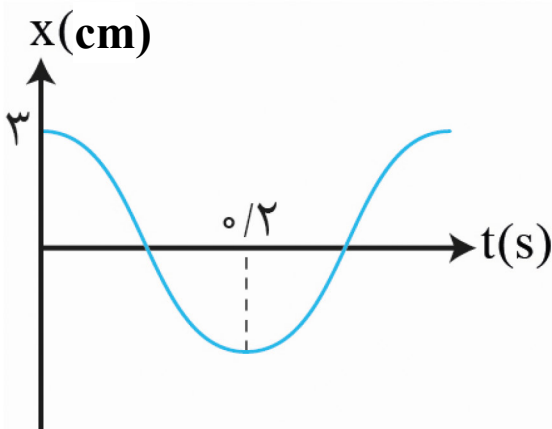
**مثال:** با توجه به نمودار مقابل: (دی ۱۴۰۰)

الف) دوره حرکت این متحرک  $\frac{3\pi}{4}$  چقدر است؟ (نمودار سمت راست میتواند یک الگو باشد).

ب) معادله حرکت را بنویسید.

$$\frac{T}{2} = 0.2 \rightarrow T = 0.4 (s) \Rightarrow x = 0.3 \cos \omega t \quad \xrightarrow[\omega = \frac{2\pi}{0.4} = \Delta\pi]{\omega = \frac{2\pi}{T}} x = 0.3 \cos \Delta\pi t$$

$$A = 0.3 (x)$$

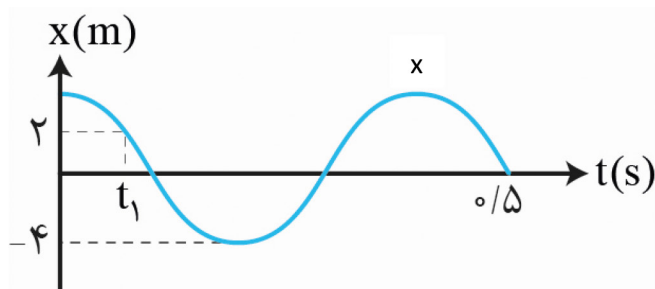




مثال: نمودار مکان- زمان نوسانگری به شکل روبرو است؟ (تمرین کتاب)

الف) معادله حرکت آن را بنویسید: نا نقطه  $x$  روی محور  $t$  یک نوسان کامل است از نقطه  $x$  تا  $0.5$  هم به اندازه  $A$  جابجایی داریم

پس در مجموع داریم:  $4A + A = 5A$   
هر  $A$  به اندازه  $\frac{T}{4}$  زمان می‌خواهد پس:



$$\frac{\Delta T}{4} = 0.5 \rightarrow T = 0.4$$

$$A = 0.4 \text{ m}$$

$$w = \frac{2\pi}{0.4} = 5\pi \quad x = 0.4 \cos 5\pi t$$

$$5\pi t = \frac{+\pi}{2} \rightarrow t = \frac{1}{10} \text{ (s)}$$

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

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

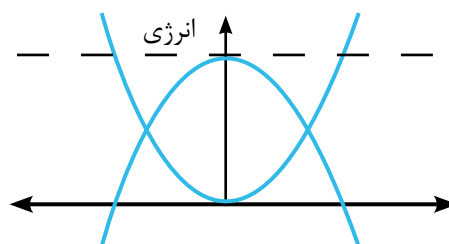
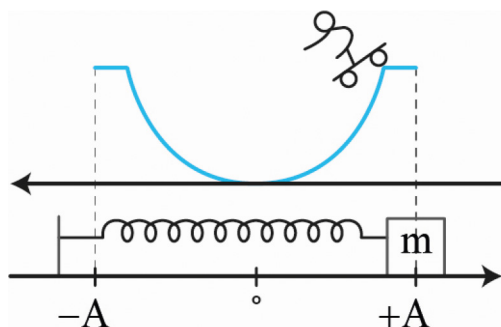
مثال: خودروی با سرنشین  $1600 \text{ kg}$  است و ۴ فنر دارد. با سختی  $2 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}}$  دوره تناوب و بسامد زاویه‌ای این فنرها وقتی در

چاله می‌افتد حساب کنید. (توزیع وزن روی چرخ‌ها یکسان است) (تمرین کتاب)

$$T = 2\pi \times \sqrt{\frac{400}{2 \times 10^4}} = 2\pi \times \sqrt{2 \times 10^{-2}} \text{ (s)} \quad k = 2 \times 10^4, \quad \frac{1600}{4} = 400 \text{ kg}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2 \times 10^4}{400}} = \sqrt{\frac{1}{2} \times 10^2} = \sqrt{50} \left( \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

انرژی در حرکت هماهنگ ساده: شکل مقابل یک اسکیت سوار در مسیر  $U$  شکل نشان می‌دهد و زیر آن یک فنر در حال نوسان است.



انرژی جنبشی کجاها حداکثر و کجا صفر می‌شود؟ از طرفی  $E = k + U$  این یعنی  $K$  به  $U$  و  $U$  به  $K$  تبدیل می‌شود اما همچنان  $E$  ثابت است.

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

• خواست باشه

انرژی فنر در نقاط  $A$  و  $-A$  بیشترین مقدار خود است پس:  $E = U_{\max} \Leftarrow E = K + U$  و برای فنر داریم:

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

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

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

• پس خواهیم داشت:  $A\sqrt{\frac{k}{m}} = V_{\max} \Leftarrow \sqrt{\frac{K.A^2}{m}} = V_{\max} \Leftarrow \frac{K.A^2}{m} = V_{\max}^2 \Leftarrow \frac{1}{2}KA^2 = \frac{1}{2}mV_{\max}^2$

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

• در ادامه خواهیم داشت:

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

**مثال:** تندی نوسانگر هماهنگ ساده‌ای که با دامنه  $10\text{ cm}$  و دوره  $0.5\text{ (s)}$  نوسان می‌کند هنگام عبور از نقطه تعادل چند  $\text{m/s}$  است؟ (مثال کتاب)

$$2\pi^2MA^2f^2 = \frac{1}{2}m.V_{\max}^2 \rightarrow V_{\max} = 2\pi Af = A.\omega$$

اثبات فرمول:  $V_{\max} = A.\omega$

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

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

**مثال:** معادله حرکت هماهنگ ساده نوسانگری  $x = 0.02\cos 20\pi.t$  می‌باشد: (خرداد ۱۴۰۲ تجربی)

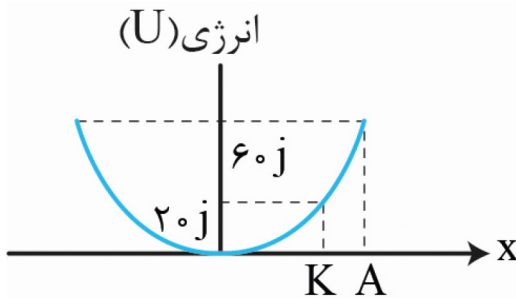
الف) اندازه شتاب نوسانگر را در مکان محاسبه کنید.

$$a = \omega^2.x \begin{cases} \omega = 20\pi \\ x = 0.01 \end{cases} \Rightarrow a = (20\pi)^2 \times 0.01 = 4\pi^2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

ب) در چه لحظه ای برای اولین بار تندی بیشینه می‌شود؟

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

**مثال:** نمودار مقابل انرژی برحسب مکان سامانه جرم- فنری است که جرم متصل به فنر  $200\text{ gr}$  می‌باشد تندی وزنه رادیکال x بدست بیاورید. (خرداد ۱۴۰۲ تجربی)



$$U_{\max} = E = 60\text{ J} \Rightarrow Y = 20\text{ J} \Rightarrow E = U + K \Rightarrow K = E - U$$

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

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

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

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

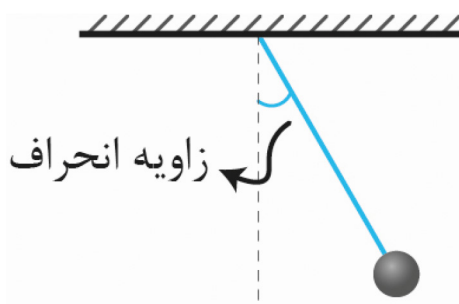
آیا نوسان مختص وزنه-فنر است؟ خیر. آونگ نیز میتواند نوسان داشته باشد.

هرچه بند آونگ بلند تر باشد زمان رفت و برگشت و در نتیجه دوره تناوب بیشتر میشود.

□ فرمول میگه:

L طول طناب

g شتاب گرانشی در محل



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

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

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow \frac{1}{2} = 2 \times 3 \sqrt{\frac{L}{10}} \Rightarrow L = 0.4 \text{ (m)}$$

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

تهران  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

استوا  $g = 9.7 \text{ m/s}^2$

زمان تناوب در استوا بیشتر میشود. پس چون رفت و برگشت بیشتر طول میکشد عقربه‌ها دیر به دیر تکان می‌خورند و ساعت عقب

$$T_{\text{استوا}} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = \sqrt{\frac{9.8}{9.7}} = 1.001$$

$T_{\text{تهران}}$

$$\Rightarrow \Delta t = T - T = 1.001 - 1 = 0.001 \text{ (s)}$$

میزان عقب افتادن  $0.001 \times (24 \times 60 \times 60) = 86.4 \text{ (s)}$  در ۲۴ ساعت

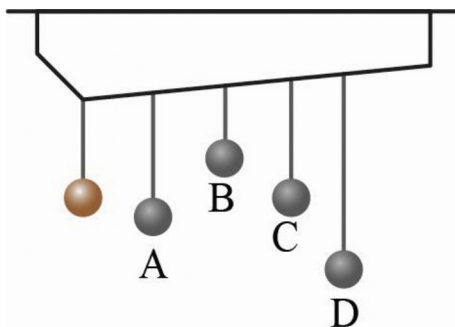
افزایش دما یعنی افزایش طول آهنگ در اثر انبساط:

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

باز هم آونگ ساعت را عقب می‌اندازد!

عجب سوالی بود

**تشدید:** زمانی اتفاق می افتد که  $T$ ها برای دو نوسانگر برابر باشد و در آونگ میشه طول برابر! چون  $g$  برابر ست. طبق مطلب بالا فقط آونگ C که طول برابری با آونگ اصلی دارد دچار تشدید میشود.



یک مثال بارز از پدیده تشدید در رژه سرباز ها دیده میشود! سرباز ها وقتی به یک پل برسند دیگر رژه نمی‌روند زیرا حرکت منظم پاها باعث لرزش پل و تشدید این لرزه میشوند. در نتیجه پل فرو میریزد.

موج و انواع آن:

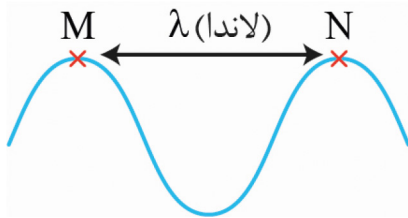
مکانیکی: برای انتشار نیاز به محیط مادی دارد مانند موج روی سطح آب

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

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

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

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



$$V = \frac{X}{T} = \lambda f \Rightarrow \text{تندی انتشار موج}$$

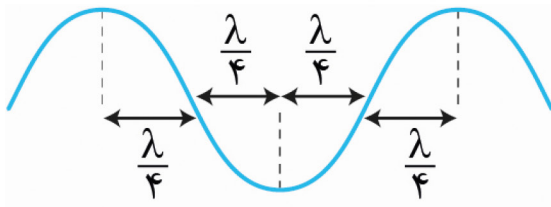
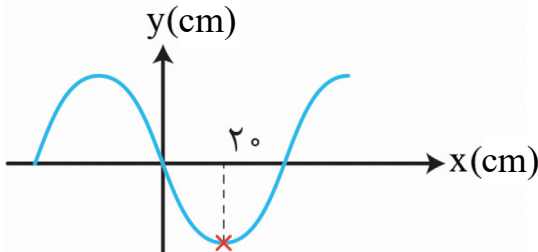
### مشخصه های موج:

- موج عرضی

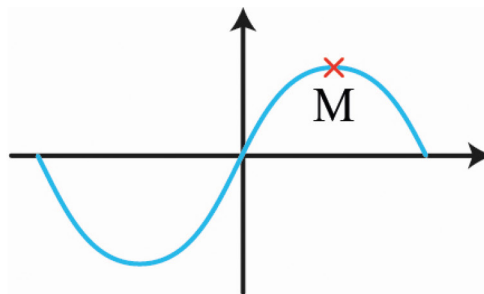
نقطه M سر جایش بالا پایین میرود پس حرکت نوسانی در حال انجام است!

به هر کدام از این قله ها جبهه موج می گویند و فاصله بین دو قله را طول موج می گویند.

شکل مقابل نمودار موج عرضی را در لحظه  $t=0$  نشان میدهد اگر تندی انتشار موج  $4 \text{ m/s}$  باشد نمودار را در لحظه  $t = \frac{1}{10} \text{ s}$  رسم کنید. (نهایی ۱۴۰۲ ریاضی)



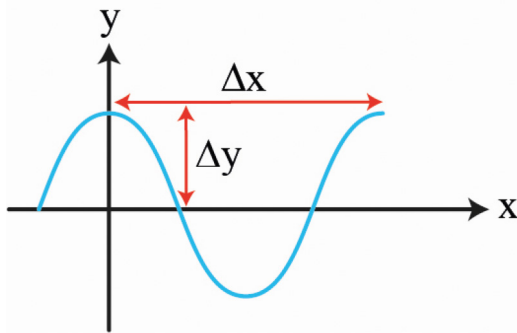
$$\lambda = VT \Rightarrow T = \frac{\lambda}{V} = \frac{2}{4} \text{ s} \quad t = \frac{1}{10} = \frac{T}{2}$$



فاصله دو قله میشود  $\lambda$  پس:

مثال: در نمودار جابجایی مکان موج عرض شکل زیر  $\Delta y = 15 \text{ cm}, \Delta x = 40 \text{ cm}$  است اگر بسامد نوسان  $8 \text{ Hz}$  باشد طول موج،

دامنه تندی و دوره تناوب موج چقدر است؟ (تمرین کتاب)



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

$$A = \Delta y = 15 \text{ cm}$$

یه سوال اون طناب که توش موج ایجاد کردی اگر ضخیم باشه موج چجوریا

میشه؟ اگر دو طرف طناب رو شل بگیری چی؟

این نشون میده که ضخامت طناب و نیروی دو سر طناب که محکم کردی اثر

تو گیتار هرچی تار گیتار محکم تر باشه با یه اشاره با سرعت بالا به لرزش

درمیا و هرچی ضخیم تر سرعت لرزش کمتر پس:

سرعت m/s

$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \begin{array}{l} \longrightarrow \text{نیروی کشش تار یا فنر} \\ \longrightarrow \text{چگالی خط} \end{array}$$

$$\mu = \frac{m}{L} \quad \begin{array}{l} \longrightarrow \text{جرم (تار)} \\ \longrightarrow \text{طول (تار)} \end{array} \text{ kgr}$$

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

$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F}{\frac{m}{L}}} = \sqrt{\frac{9}{\frac{5}{2}}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 2}{5}} = \sqrt{\frac{18}{5}} = \sqrt{3.6} = 1.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

نکته: موج حاصل انرژی است.

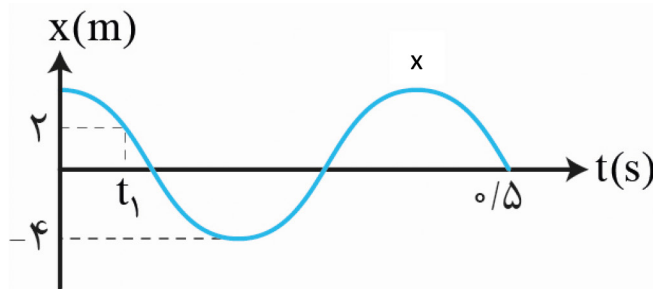
امواج الکترومغناطیسی: امواج الکترومغناطیسی لزوماً ناشی از تغییرات هم زمان میدان الکتریکی و مغناطیسی است تازه عمود به هم هستند.

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

الف) معادله حرکت آن را بنویسید: نا نقطه  $x$  روی محور  $t$  یک نوسان کامل است از نقطه  $x$  تا  $0.5$  هم به اندازه  $A$  جابجایی داریم

پس در مجموع داریم:  $4A + A = 5A$

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



$$\frac{\Delta T}{4} = 0.5 \rightarrow T = 0.4$$

$$A = 0.4 \text{ m}$$

$$w = \frac{2\pi}{0.4} = 5\pi \quad x = 0.4 \cdot \cos 5\pi t$$

$$5\pi \cdot t = \frac{+\pi}{2} \rightarrow t = \frac{1}{10} \text{ (s)}$$

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

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

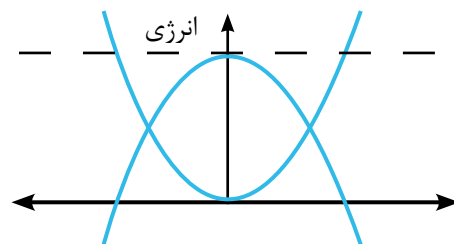
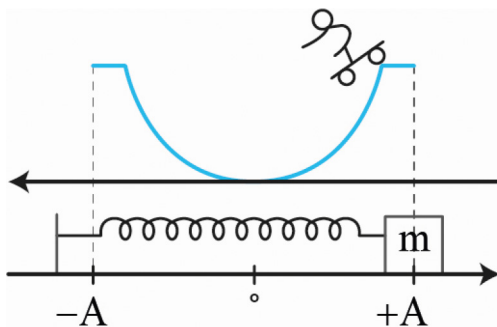
مثال: خودروی با سرنشین  $1600 \text{ kg}$  است و  $4$  فنر دارد. با سختی  $2 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}}$  دوره تناوب و بسامد زاویه‌ای این فنرها وقتی در

چاله می‌افتد حساب کنید. (توزیع وزن روی چرخ‌ها یکسان است) (تمرین کتاب)

$$T = 2\pi \times \sqrt{\frac{400}{2 \times 10^4}} = 2\pi \times \sqrt{2 \times 10^{-2}} \text{ (s)} \quad k = 2 \times 10^4, \quad \frac{1600}{4} = 400 \text{ kg}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2 \times 10^4}{400}} = \sqrt{\frac{1}{2} \times 10^2} = \sqrt{50} \left( \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

انرژی در حرکت هماهنگ ساده: شکل مقابل یک اسکیت سوار در مسیر  $U$  شکل نشان می‌دهد و زیر آن یک فنر در حال نوسان است.



انرژی جنبشی کجاها حداکثر و کجا صفر می‌شود؟ از طرفی  $E = k + U$  این یعنی  $K$  به  $U$  و  $U$  به  $K$  تبدیل می‌شود اما همچنان  $E$  ثابت است.

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

• خواست باشه

انرژی فنر در نقاط  $A$  و  $-A$  بیشترین مقدار خود است پس:  $E = U_{\max} \Leftarrow E = K + U$  و برای فنر داریم:

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

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

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



• پس خواهیم داشت:  $A\sqrt{\frac{k}{m}} = V_{\max} \Leftarrow \sqrt{\frac{K.A^2}{m}} = V_{\max} \Leftarrow \frac{K.A^2}{m} = V_{\max}^2 \Leftarrow \frac{1}{2}KA^2 = \frac{1}{2}mV_{\max}^2$

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

• در ادامه خواهیم داشت:

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

**مثال:** تندی نوسانگر هماهنگ ساده‌ای که با دامنه  $10\text{ cm}$  و دوره  $0.5\text{ (s)}$  نوسان می‌کند هنگام عبور از نقطه تعادل چند  $\text{m/s}$  است؟ (مثال کتاب)

$$2\pi^2MA^2f^2 = \frac{1}{2}m.V_{\max}^2 \rightarrow V_{\max} = 2\pi Af = A.\omega$$

اثبات فرمول:  $V_{\max} = A.\omega$

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

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

**مثال:** معادله حرکت هماهنگ ساده نوسانگری  $x = 0.02\cos 20\pi.t$  می‌باشد: (خرداد ۱۴۰۲ تجربی)

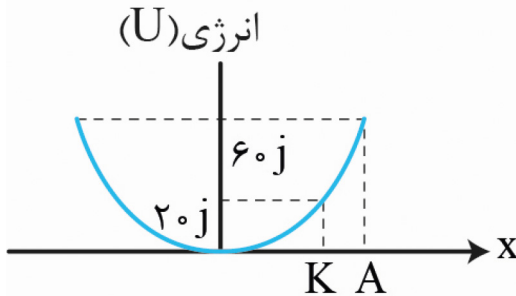
الف) اندازه شتاب نوسانگر را در مکان محاسبه کنید.

$$a = \omega^2.x \begin{cases} \omega = 20\pi \\ x = 0.01 \end{cases} \Rightarrow a = (20\pi)^2 \times 0.01 = 4\pi^2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

ب) در چه لحظه ای برای اولین بار تندی بیشینه می‌شود؟

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

**مثال:** نمودار مقابل انرژی بر حسب مکان سامانه جرم- فنری است که جرم متصل به فنر  $200\text{ gr}$  می‌باشد تندی وزنه رادیکال x بدست بیاورید. (خرداد ۱۴۰۲ تجربی)



$$U_{\max} = E = 60\text{ J} \Rightarrow Y = 20\text{ J} \Rightarrow E = U + K \Rightarrow K = E - U$$

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

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

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

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

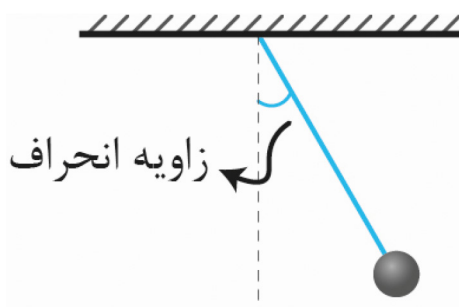
آیا نوسان مختص وزنه-فنر است؟ خیر. آونگ نیز میتواند نوسان داشته باشد.

هرچه بند آونگ بلند تر باشد زمان رفت و برگشت و در نتیجه دوره تناوب بیشتر میشود.

□ فرمول میگه:

L طول طناب

g شتاب گرانشی در محل



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

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

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow \frac{1}{2} = 2 \times 3 \sqrt{\frac{L}{10}} \Rightarrow L = 0.4 \text{ (m)}$$

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

تهران  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

استوا  $g = 9.7 \text{ m/s}^2$

زمان تناوب در استوا بیشتر میشود. پس چون رفت و برگشت بیشتر طول میکشد عقربه‌ها دیر به دیر تکان می‌خورند و ساعت عقب

$$T_{\text{استوا}} = \sqrt{\frac{g}{g}} = \sqrt{\frac{9.8}{9.7}} = 1.001$$

$T_{\text{تهران}}$

$$\Rightarrow \Delta t = T - T = 1.001 - 1 = 0.001 \text{ (s)}$$

$$\text{میزان عقب افتادن } (s) = 0.001 \times (24 \times 60 \times 60) = 86.4$$

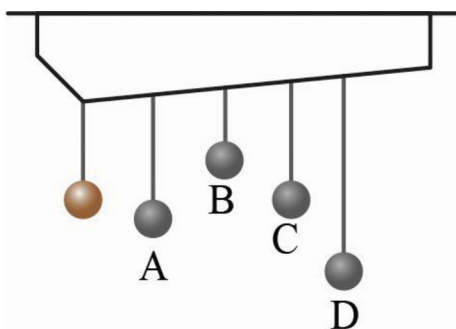
افزایش دما یعنی افزایش طول آهنگ در اثر انبساط:

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

باز هم آونگ ساعت را عقب می‌اندازد!

عجب سوالی بود

**تشدید:** زمانی اتفاق می‌افتد که  $T$ ها برای دو نوسانگر برابر باشد و در آونگ همیشه طول برابر! چون  $g$  برابر است. طبق مطلب بالا فقط آونگ C که طول برابری با آونگ اصلی دارد دچار تشدید میشود.



یک مثال بارز از پدیده تشدید در رژه سربازها دیده میشود! سربازها وقتی به یک پل برسند دیگر رژه نمی‌روند زیرا حرکت منظم پاهای باعث لرزش پل و تشدید این لرزه میشوند. در نتیجه پل فرو میریزد.

موج و انواع آن:

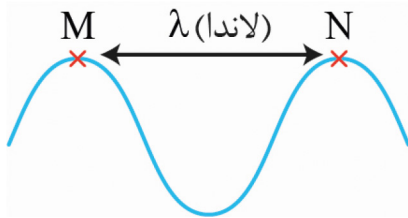
مکانیکی: برای انتشار نیاز به محیط مادی دارد مانند موج روی سطح آب

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

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

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

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



$$V = \frac{X}{T} = \lambda f \Rightarrow \text{تندی انتشار موج}$$

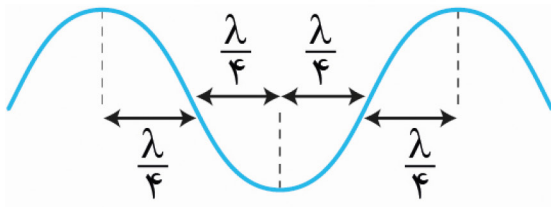
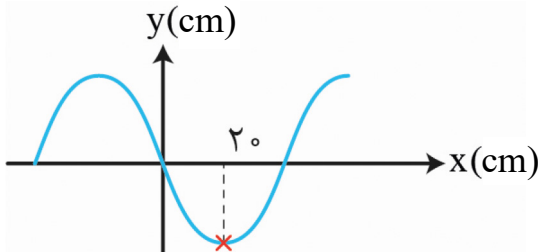
### مشخصه های موج:

- موج عرضی

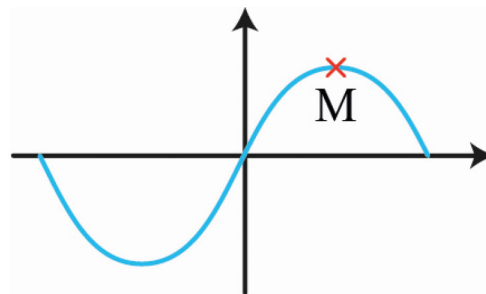
نقطه M سر جایش بالا پایین میرود پس حرکت نوسانی در حال انجام است!

به هر کدام از این قله ها جبهه موج می گویند و فاصله بین دو قله را طول موج می گویند.

شکل مقابل نمودار موج عرضی را در لحظه  $t=0$  نشان میدهد اگر تندی انتشار موج  $4 \text{ m/s}$  باشد نمودار را در لحظه  $t = \frac{1}{4}$  (s) رسم کنید. (نهایی ۱۴۰۲ ریاضی)



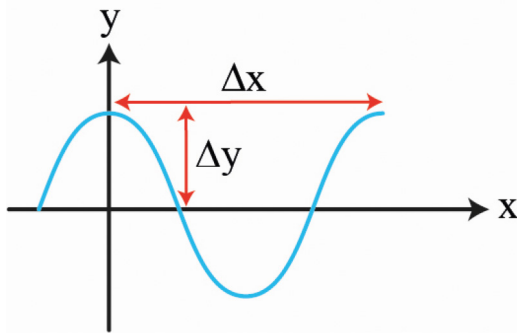
$$\lambda = VT \Rightarrow T = \frac{\lambda}{V} = \frac{2}{4} \text{ s} \quad t = \frac{1}{4} = \frac{T}{2}$$



فاصله دو قله میشود  $\lambda$  پس:

مثال: در نمودار جابجایی مکان موج عرض شکل زیر  $\Delta y = 15 \text{ cm}$ ,  $\Delta x = 40 \text{ cm}$  است اگر بسامد نوسان  $8 \text{ Hz}$  باشد طول موج،

دامنه تندی و دوره تناوب موج چقدر است؟ (تمرین کتاب)



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

$$A = \Delta y = 15 \text{ cm}$$

یه سوال اون طناب که توش موج ایجاد کردی اگر ضخیم باشه موج چجوریا

میشه؟ اگر دو طرف طناب رو شل بگیری چی؟

این نشون میده که ضخامت طناب و نیروی دو سر طناب که محکم کردی اثر

تو گیتار هرچی تار گیتار محکم تر باشه با یه اشاره با سرعت بالا به لرزش

درمیا و هرچی ضخیم تر سرعت لرزش کمتر پس:

سرعت m/s

$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \begin{array}{l} \longrightarrow \text{نیروی کشش تار یا فنر} \\ \longrightarrow \text{چگالی خط} \end{array}$$

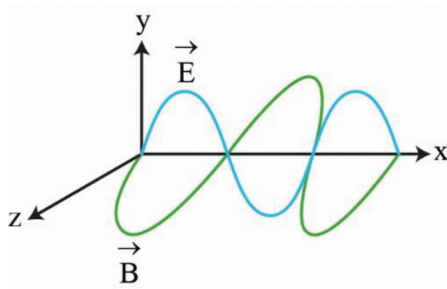
$$\mu = \frac{m}{L} \quad \begin{array}{l} \longrightarrow \text{جرم (تار)} \\ \longrightarrow \text{طول (تار)} \end{array} \text{ kgr}$$

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

$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F}{\frac{m}{L}}} = \sqrt{\frac{9}{\frac{5}{2}}} = \sqrt{\frac{36}{5}} = \frac{6}{\sqrt{5}} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

نکته: موج حاصل انرژی است.

امواج الکترومغناطیسی: امواج الکترومغناطیسی لزوماً ناشی از تغییرات هم زمان میدان الکتریکی و مغناطیسی است تازه عمود به هم هستند.



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

محور  $z$  موج مغناطیسی (از کف دست خارج)

محور  $x$  جهت انتشار موج (انگشت شست)

**جالب:** اگه یه گوشی بزاری تو یه ظرف شیشه ای با تلمبه هوای داخل ظرف رو خالی کنی میتونی با تلفن دیگه با گوشی تماس بگیری اما صدای گوشی داخل طرف نیاد.

**مثال:** گستره طول موج نور مرئی در خلا  $400 \text{ nm}$  تا  $700 \text{ nm}$  است. گستره بسامد مربوط به این نور را حساب کنید. (مثال کتاب)

سرعت امواج الکترومغناطیسی در خلا مثل نور:  $C = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

بنفش  $f = \frac{C}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{400 \times 10^{-9}} = 7.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$

قرمز  $f : \frac{C}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{700 \times 10^{-9}} = 4.3 \times 10^{14} \text{ Hz}$

چند نکته:

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

✓ امواج صوتی در واقع تپ‌هایی هستند که در آن به طور متوالی مولکول‌ها متراکم یا منبسط میشوند.

✓ زمین لرزه شامل دو موج است. عرضی امواج  $S$  و طولی امواج  $P$  نام دارند و موج طولی سریعتر است.

$$\Delta x = \frac{V_s \cdot V_p}{V_p - V_s} \quad \checkmark$$

**مثال:** تندی موج  $P$  برابر  $8 \frac{\text{km}}{\text{s}}$  و موج  $S$  برابر  $4.5 \frac{\text{km}}{\text{s}}$  است اگر دو زمین لرزه‌ای موج  $P$  حدود  $3 \text{ min}$  زودتر برسد کانون زمین لرزه در چه فاصله‌ای از سطح زمین است؟ (مثال کتاب)

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{V_s} - \frac{\Delta x}{V_p} \rightarrow \Delta x = \frac{V_s V_p}{V_p - V_s} \Delta t \Rightarrow \frac{4.5 \times 8}{8 - 4.5} (3 \times 60) = 1.9 \times 10^3 \text{ km}$$

**صوت:** صوت در تمام جهات بصورت کره منتشر میشود.

پس با فاصله گرفتن از چشمه صوت کره بزرگتر میشه و شدت صوت کمتر آهنگ متوسط انرژی که بخواد مسطح میرسه  $I = \frac{P_{\text{or}}}{A}$  شدت صوت

$$B = (10 \text{ dB}) \log \frac{I}{I_0}$$

دسی بل

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

**نکته:**  $I_0 = 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$  است و به این دلیل مرجه انتخاب کردیم چون به پایین‌ترین حد شنوایی انسان نزدیکتر است و بقیه را هم بر مبنای همین با این فرمول می‌سنجیم.

**مثال:** تراز شدت صوتی  $80 \text{ dB}$  است. شدت این صوت چقدر است؟ (مثال کتاب)

$$B = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} = 80 \rightarrow \log \frac{I}{I_0} = 8 \Rightarrow \frac{I}{I_0} = 10^8 \times 10^{-12} = 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

• در فاصله ۱۰ متری در مدت (S) ۲ چه انرژی به گوش یک فرد می‌رسد؟ (تالیفی) شرمنده سختش کردم فحش نده (مساحت

کره)

$$P = IA \Rightarrow P = 10^{-4} \times 4 \times \pi \times 10^2 = 12 \times 10^{-2} (W) \Rightarrow E = P.t = 12 \times 10^{-2} \times 2 = 24 \times 10^{-2} J$$

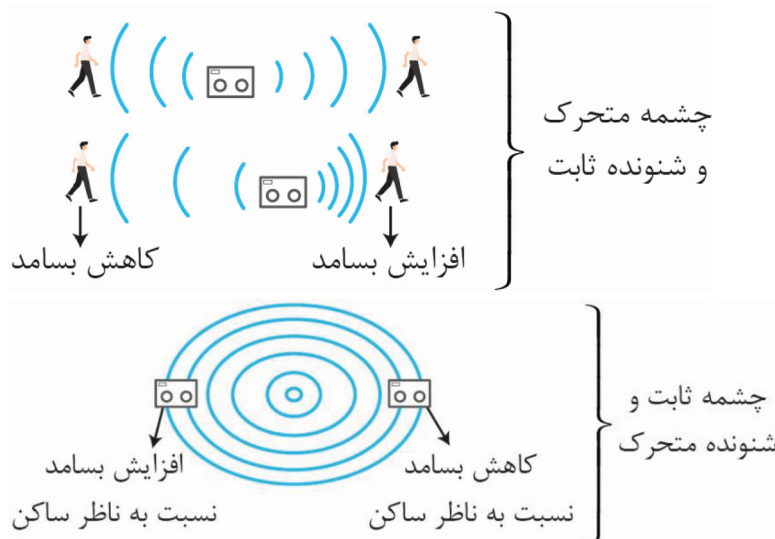
مثال: با زیاد کردن صدای تلویزیون شدت صوت ۲ برابر میشود، تراز شدت صوتی که می‌شنویم چقدر تغییر میکند؟ (خرداد

$$\log 2 = 0.3 \quad (1402 \text{ تجربی})$$

$$\Delta B = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \Delta B = 10 \times \log 2 \Rightarrow \Delta B = 3 \text{ db}$$

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

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

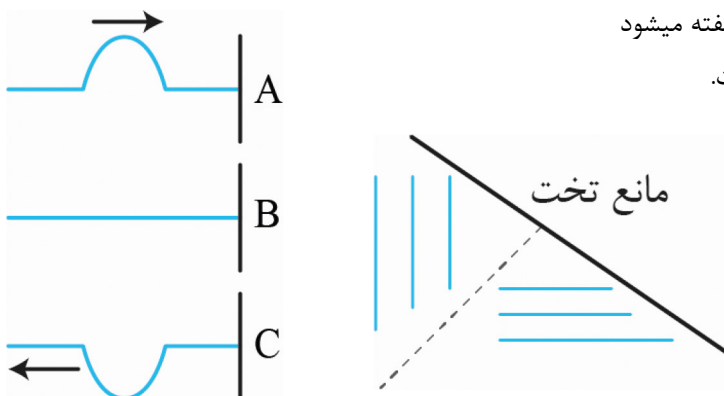


**نکته:** در امواج الکترومغناطیسی مثل نور اثر دوپلر شاهد کاهش طول موج خواهیم شد مثلاً طول موج نوری که ۷۰۰ nm است.  
وقتی به سمتش می‌رویم مثلاً ۵۰۰ nm می‌بینیم مثل اینکه نور قرمز رو به رنگ آبی ببینیم.

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

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

**بازتاب موج تخت:** موجی که در سطح و دو بعدی است.

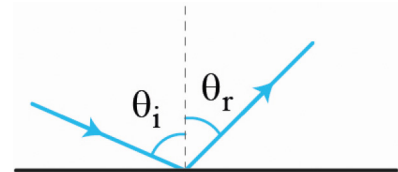


**قانون بازتاب عمومی:**

نمودار پرتویی

جهبه‌های موج تخت بازتاب پیدا کرده است.





مکان‌یابی پژواکی کاربرد بازتاب موج: خفاش با شنیدن بازتاب صوت می‌بیند. دستگاه سونوگرافی و ناو کشتی نیز همین طور هستند!

تندی شارش خون را هم به کمک اثر دوپلر تعیین میکنند.

مثال: وال از مکان‌یابی پژواکی استفاده میکند اگر بسامد امواج وال  $100 \text{ kHz}$  باشد و تندی صوت در آب  $1/52 \times 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  باشد: (مثال کتاب)

$$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{1/52 \times 10^3}{100 \times 10^3} = 1/52 \times 10^{-2} = 1/52 \text{ cm}$$

الف) طول موج صوت چقدر است؟

ب) زمان رفت برگشت صوت از مانع  $100$  متری چقدر است؟

رفته برگشت پس تایم کلی برابر است با:  $2 \times 100 = 200 \text{ m}$

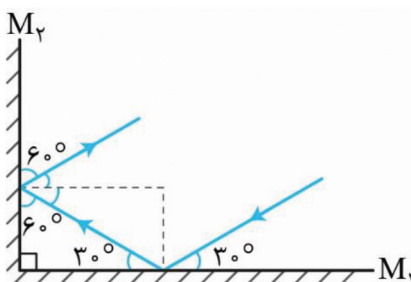
۲

$$t = \frac{200}{152 \times 10} = 0.132(s)$$

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

با زاویه  $30^\circ$  برخورد کرده است پس با  $30^\circ$  برگشته و با  $m_2$  برخورد میکند. زاویه برخورد به  $m_2$  میشه  $60^\circ$  که زاویه تابش که

تعریفش زاویه بین پرتو خط عمود است: میشود  $30^\circ$  درجه پس بازتابش هم  $30^\circ$  درجه اس



### دو نوع بازتاب داریم:

بازتاب آینه‌ای (منظم): از سطح مساحت صیقلی مثل آینه

بازتاب پخشنده: از سطح ناهموار که موج را در تمام جهت بخش میکند

### شکست موج:

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

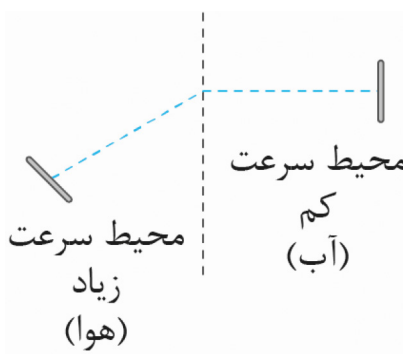
مقایسه سرعت نور در محیط‌های مختلف

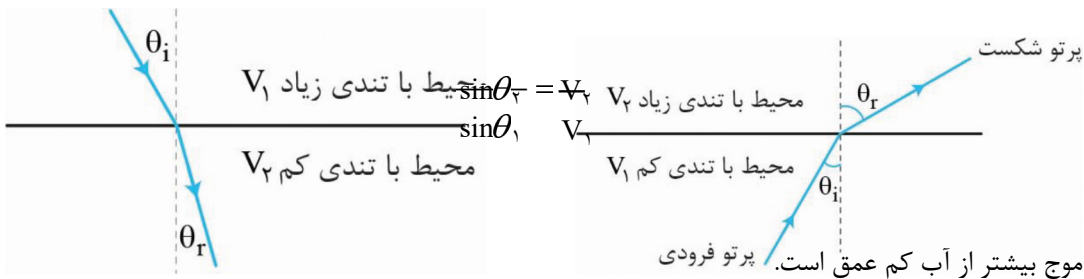
مقایسه سرعت تور در محیط‌های مختلف  $V < V_t < V$

$$V_{\text{هو}} < V_{\text{مایع}} < V_{\text{جامد}}$$

### قانون شکست عمومی

$\theta_i$  زاویه پرتو فرودی و  $\theta_r$  زاویه پرتو شکست است.





**نکته:** در آب  $\lambda, V$  موج بیشتر از آب کم عمق است. پرتو فرودی

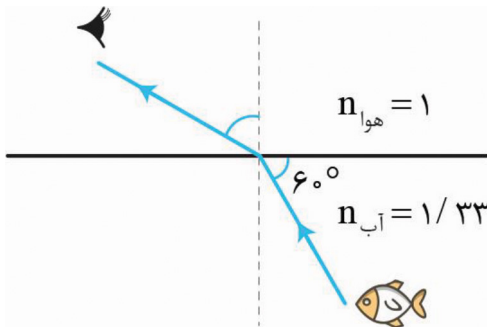
**مثال:** پرتو نوری مطابق شکل است زاویه شکست آن را حساب کنید. (تمرین کتاب) (آموزشی)

دیدیم که  $V$  در شکست نقش داشت باید سرعت نور در محیط‌های شفاف رو نسبت به سرعت نور در خلا ببینیم:

• به این  $n = \frac{C}{V}$  می‌گن ضریب شکست که برای هر محیطی جایی خود مشه مثلاً هوا  $n=1$

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

• قانون شکست اسنل  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \rightarrow$



$1 \times \sin 60 = \frac{1}{33} \times \sin \theta \Rightarrow \sin \theta = 33 \times \sin 60 = 33 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 28.18$

$\Rightarrow \theta = 90^\circ$

**مثال:** طول موج قرمزی  $633 \text{ nm}$  است ولی چشم آنرا  $474 \text{ nm}$  می‌بینید (تمرین کتاب)

الف) بسامد این موج چقدر است؟

$f = \frac{V}{\lambda} = \frac{C}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{633 \times 10^{-9}} = 4.74 \times 10^{14} \text{ Hz}$

ب) ضریب شکست چشم‌ها چقدر است؟

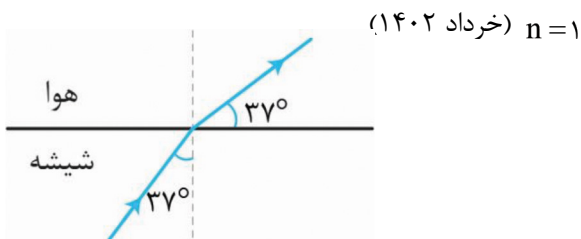
$n = \frac{C}{V} = \frac{\lambda_1 f}{\lambda_2 f} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{633 \times 10^{-9}}{474 \times 10^{-9}} = 1.34$

ج) نور داخل چشم‌ها چقدر تندی دارد؟

$V = \frac{C}{n} = \frac{3 \times 10^8}{1.34} = 2.24 \times 10^8 \text{ (m/s)}$

**مثال:** با توجه به شکل پاسخ دهید:

الف) ضریب شکست شیشه چقدر است؟

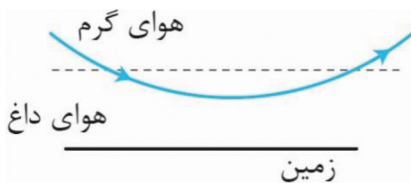


$\frac{\sin 37}{\sin \theta} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{\sin 37}{\sin \theta} = \frac{1.42}{1} \Rightarrow \sin \theta = \frac{\sin 37}{1.42} = \frac{0.6}{1.42} \approx 0.423$

ب) بسامد نور در شیشه  $4 \times 10^{14} \text{ (Hz)}$  است بسامد در هوا چقدر است؟  $4 \times 10^{14} \text{ (Hz)}$  بسامد همواره ثابت است چون فقط به

چشمه وابسته است.

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

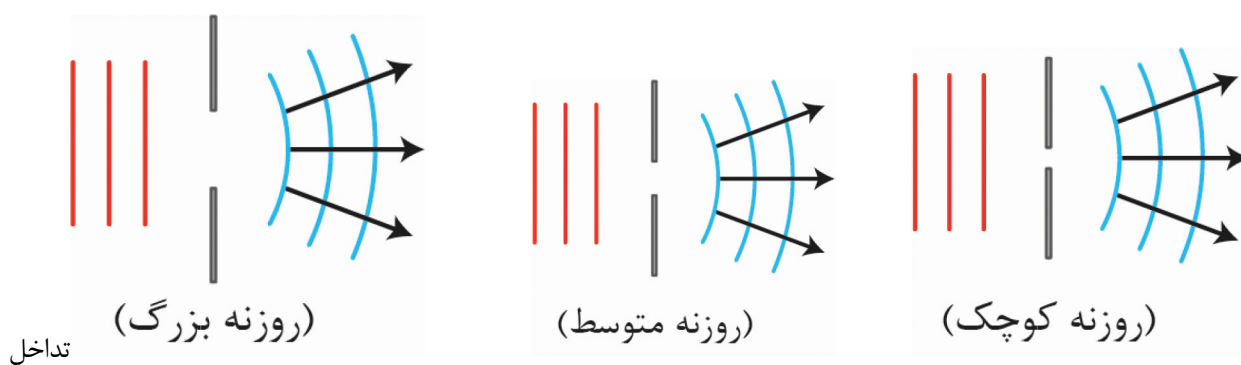


**پاشندگی نور:** وقتی نور سفید که شامل همه طیف‌های مرئی نور است به منشور برخورد میکند نور پخش شده و رنگین کمائی میشود. اما چرا؟ ضریب شکست هر محیطی به جز خلا به طول موج نور وابسته است.

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

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

**نکته:** اگر موج از روزنه ای که در ابعاد طول موج است عبور کند پراش نمایان تر است. و هر چه روزنه ریزتر شود پراش شدیدتر است!

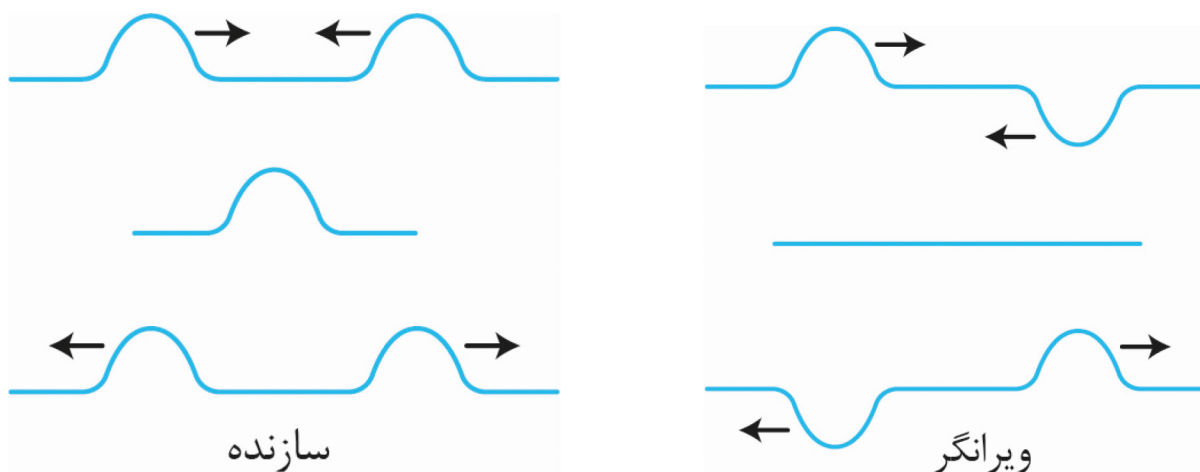


**امواج:** به ترکیب موج‌ها با هم گفته میشود! طبق اصل برهم تھی:

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

۲- جابجایی هر ذره از محیط در محل تداخل امواج بر آیند جابجایی‌ها است که هر موج به تنهایی می‌تواند ایجاد کند

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



**تداخل امواج سطحی آب:** اگر دو موج آب بهم برخورد کنند برخی نقاط ویرانگر و در برخی نقاط سازنده میشن

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

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



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



هنگامی که موجی به انتها میرود و برمیگردد، در جاهایی که هم فاز هستن سازنده (گره) و در جاهایی که نا هم فاز هستند ویرانگر (شکم) اند. به نقش موج نهایی موج ایستاده میگویند.



$$L = n \lambda_n \quad n = 1, 2, \dots \quad \text{(طول موجهای تشدید)} \quad \lambda_n = \frac{2L}{n}$$

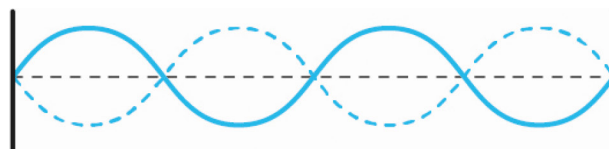
$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{nv}{2L} \quad n = 1, 2, \dots \quad \text{(تعداد شکم (بسامدهای تشدید) تار)}$$

• می‌خواهم فرمول رو توضیح بدم

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

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

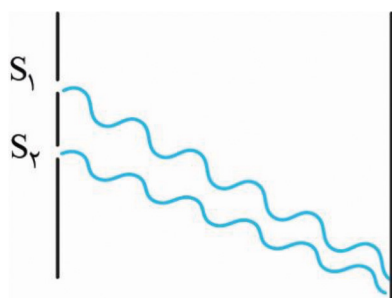
الف) بسامد هماهنگ چهارم چند هرتز است؟



$$f = \frac{nv}{2L} \rightarrow f = \frac{4 \times 24}{2 \times \frac{1}{2}} = 40 \text{ Hz}$$

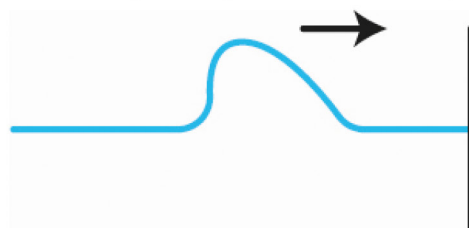
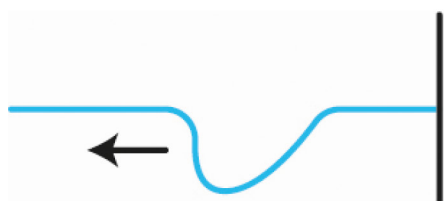
ب) شکلش را رسم کنید.

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



روشن، زیرا دو موج همدیگر را تقویت می‌کنند.

ب) کدام شکل بازگشت را صحیح نشان می‌دهد؟ شکل سمت چپ



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



الف) فاصله بین تکیه گاه‌ها  $30\text{ cm}$  است اگر تندی انتشار موج عرض  $24\text{ m/s}$  باشد، بسامد تار چقدر می‌شود؟

$$f = \frac{nv}{tL} \rightarrow f = \frac{1 \times 240}{2 \times 0.3} = 400\text{ Hz}$$

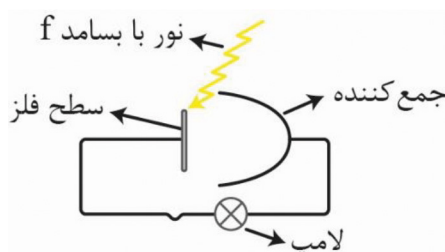
ب) جابجایی تار در  $t = \frac{3}{4}f$  را رسم کنید.



**نکته:** مایکروفر براساس تداخل امواج الکترومغناطیسی کار می‌کند.

مثال: چرا وقتی بطری آب پر میکن با کم شدن آب صدای گلوپ تغییر میکند؟ صدا بم میشود یا زیر؟ (تمرین کتاب)  
با کم شدن آب فضای هوای خالی زیاد میشود و هر چه فضا زیادتر بشود اندازه بسامد تشدیدی کمتر میشود (صدای بم)

اثر فوتو الکترون: به شکل مقابل توجه کنید:



اگر چنین مداری درست کنید و نور با بسامدهای متفاوت بتابانید، مثلاً قرمز و بنفش، می‌بینید که در نور قرمز لامپ خاموش اما در نور بنفش لامپ روشن میشود. حتی وقتی شدت تابش نور قرمز را زیاد کنید باز هم لامپ خاموش است. این پدیده با فیزیک کلاسیک توجیه نمیشود پس نظریه انیشتین وارد عمل شد: وقتی نور تابیده میشود الکترون‌های سطحی از فلز جدا میشوند چون  $e$  برای کنده شدن به حداقل انرژی نیاز دارد و نور نیز موج است و دارای انرژی. طبق قانون انیشتین، نور را بسته های انرژی



در نظر گرفته و هر فوتون انرژی خاص خودش را دارد. مثلاً قرمز، فوتون‌هایش هر کدام  $2 \text{ J}$  اما بنفش  $4 \text{ J}$  انرژی دارند. وقتی شدت بالا میرود یعنی تعداد فوتون زیاد میشود باز  $e$  کنده نمیشه چون هر  $e$  فقط یک فوتون را قبول می‌کند و همزمان چند فوتون را قبول نمیکند. برای همین شاید شما  $20$  تا فوتون  $2 \text{ J}$  داشته باشید اما نتوانید  $e$  بکنید اما هر کدام یک فوتون  $4 \text{ J}$  داشته باشد و بتواند.

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

F بسامد نور فرودی

$$E = n.hf \quad \text{انرژی } n \text{ فوتون}$$

$$E = h.f \quad \text{انرژی هر فوتون}$$

$$h = (6.63 \times 10^{-34}) \left( \frac{10^7}{1/6 \times 10^{-19}} \right) = 4.14 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$$

مثال: چشمه نور با توان  $100 \text{ (W)}$  و طول موج نور  $\lambda = 550 \text{ (nm)}$  داریم: (مثال کتاب)

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

$$E = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{550 \times 10^{-9}} \times \left( \frac{1 \text{ eV}}{1/6 \times 10^{-19} \text{ J}} \right) = 2.25 \text{ eV}$$

الف) انرژی هر فوتون چند (eV) است

ب) چه تعداد فوتون در هر ثانیه گسیل شده؟

$$E = p.t \rightarrow E = 100 \times 1 = 100 \text{ J} \Rightarrow E = n \times E \Rightarrow n = \frac{100 \text{ J}}{2.25 \times 1/6 \times 10^{-19}} = 2.77 \times 10^{20}$$

$100$  بر حسب  $\text{J}$  هست پس  $E$  هر فوتون هم باید بر حسب  $\text{J}$  بذاریم یا میتونیم  $E$  کل رو بر حسب  $\text{eV}$  بنویسیم و  $E$  هر فوتون هم

بر حسب  $\text{eV}$  جاگذاری کنیم:

$$E = 100 \text{ J} \left( \frac{1 \text{ eV}}{1/6 \times 10^{-19} \text{ J}} \right) = 6.25 \times 10^{20} \text{ (eV)} \rightarrow n = \frac{6.25 \times 10^{20}}{2.25 \text{ eV}} = 2.77 \times 10^{20}$$

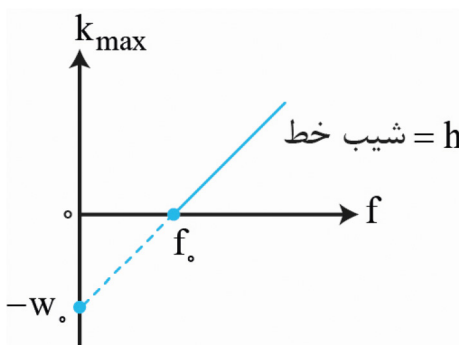
### قانون پایستگی انرژی در اثر فوتو الکتریک:

به طور کلی انرژی لازم برای خارج کردن  $e$  را تابع کار  $(w)$  مینامند.

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

$$K_{\max} = hf - w \quad \text{معادله فوتو الکتریکی}$$

بچه‌ها پایین‌ترین بسامد که بشه باهاش  $w$  را تامین کند، بسامد آستانه میگویند.  $f = \frac{w}{h}$



$$\begin{array}{c} \div 1/6 \times 10^{-19} \\ \text{J} \rightarrow \text{eV} \\ \leftarrow 1/6 \times 10^{-19} \end{array}$$

مثال: در یک آزمایش تابع کار فلز  $4 \text{ eV}$  است؟ ( $hc = 1240 \text{ eV.nm}$ ) (خرداد ۱۴۰۱ ریاضی)

الف) طول موج آستانه چند نانومتر است؟

$$\lambda_0 = \frac{hc}{w_0} \rightarrow \lambda_0 = \frac{1240}{4} = 310 \text{ (nm)}$$

ب) اگر طول موج نور فرودی  $200 \text{ nm}$  باشد،  $K$  برای فوتو الکترون ها چند  $\text{eV}$  است؟

$$K_{\max} = \frac{hc}{\lambda} - w_0 \rightarrow K_{\max} = \frac{1240}{200} - 4 = 2/2 \text{ (eV)} \Rightarrow K = \frac{1}{2} \times v^2$$

### طیف خطی:

پیوسته: مانند رنگین کمان که مرز مشخصی بین رنگها نیست! یا حتی رشته داغ یک لامپ.

گسسته (خطی): اگر گاز هیدروژن د فشار کم داغ شود طیفی نوری از خود منتشر میکند که پس از عبور از منشور میتوان دید که

- از ۴ خط گسسته تشکیل شده است! عدم توجیه طیف خطی گسسته یکی از نقاط ضعف فیزیک کلاسیک است

### شعاع مدارهای الکترون هیدروژن:

شعاع لایه اولین مدار  $(m) = 5/29 \times 10^{-11}$

شعاع  $n$  امین مدار هیدروژن:  $r_n = a_0 \times n^2$

حالت پایه:  $e$  در مدار  $n=1$  که  $13/6 \text{ eV}$  است!

حالت های برانگیخته: به ترازهای بالاتر گفته میشود. (برانگیخته بودنش هم بخاطر انرژی ای است که گرفته که گرفته)

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

|                    |       |
|--------------------|-------|
| $0 \text{ eV}$     | _____ |
| $-1/5 \text{ eV}$  | _____ |
| $-3/4 \text{ eV}$  | _____ |
| $-13/6 \text{ eV}$ | _____ |

مثال: اگر  $e$  در اتم هیدروژن از دومین حالت برانگیخته به حالت پایه برود

طول موج فوتون گسیلی چقدر است؟ ( $hc = 1240 \text{ eV.nm}$ ) (خرداد ۱۴۰۲ تمرین)

$$E_2 - E_1 = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow -1/5 - (-13/6 \text{ eV}) = \frac{1240}{\lambda} \Rightarrow \lambda = 102/4 \text{ nm}$$

### حواست باشه

اگر نور سفید را از گاز هیدروژن رقیق رد کرده و سپس از منشور عبور دهیم، به نوری رنگین کمتری با جند خط تیره در آن دست

پیدا خواهیم کرد. خطوط تیره همان طول موج هایی هستند که گاز هیدروژن برانگیخته از خود گسیل میکند!

### ضعف های مدل اتمی بور:

فقط برای اتم های هیدروژن گونه جواب بود چون تاثیر نیروی بین  $e$  ها را در نظر گرفت ( $H$  و  $L^+$ ).

نتوانست توضیح دهد که چرا رنگ های گسیل شده متفاوت هستند.

سه ویژگی گسیل القایی:

یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می شود.

فوتون گسیل شده با فوتونی که خودت فستادی هم مسیر هستند.

فوتون گسیل با فوتون ورودی هم فاز هستند.

### ساختار هسته

به مجموع پروتون و نوترون همگی نوکلئون میگویند.

به اتم هایی که عدد اتمی یکسان اما عدد جرمی متفاوت دارن ایزوتوپ میگویند پس تفاوت آنها در تعداد نوترون هایشان است.



سوال: پرتون‌ها که همدیگر را دفع می‌کنند چطور کنار هم پایدارند؟  
نیروی هسته ای کوتاه برد و نیروی الکترواستاتیکی بلند برد است! در حالت عادی نیروی هسته ای بر نیروی الکترواستاتیکی غالب است. اگر تعداد پروتون بالا رود بایستی به همان نسبت تعداد نوترون زیاد شود تا تعادل بین نیروی هسته ای و الکترواستاتیکی به هم نریزد! پس هر چه هسته بزرگتر شود نسبت  $Z$  به  $N$  پایین تر میرود.

**نکته:**  ${}_{83}^{209}\text{Bi}$  هسته پایداری است که بیشترین پرتون را دارد بعد از آن دیگه ناپایدار میشوند. مثل: توریم.

**ساختار هسته:**

شعاع هسته  $10^{-5}$  برابر شعاع کل اتم است!

$${}_Z^AX_N$$

$$A=Z+N$$

• **حواست باشه**

در معادله بالا  $A$  عدد جرمی،  $Z$  عدد اتمی و  $N$  تعداد نوترون است!

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

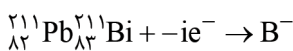
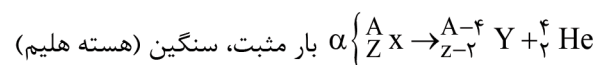
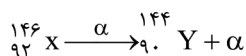
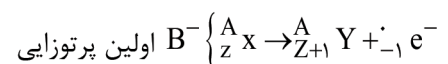
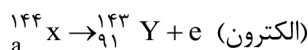
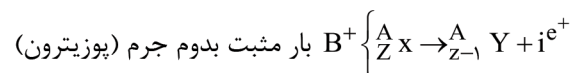
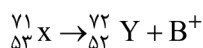
• فرمول  $E=mc^2$  را زیاد دیده اید.

فرمول جداسازی اجزای هسته بصورت پایین است:

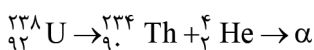
نوکلئون‌ها انرژی + هسته مجموع جرم نوکلئون‌ها  $>$  جرم هسته

نکته: با واپاشی هسته ذراتی مانند فوتون و ذرات مثل ( $\beta$  بتا)، ( $\gamma$  گاما)، ( $\alpha$  آلفا) آزاد میشوند.

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



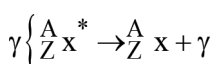
مثال: کامل کنید (دی ۱۴۰۱ تجربی)



هسته بعد از واپاشی  $\alpha, \beta$  در حالت برانگیخته قرار میگیرد و با گسیل پرتویی خیلی پرانرژی به نام گاما به حالت پایه میرود.

• **حواست باشه**

گاما ذره نیست بلکه انرژی است!



**نیمه عمر:** ایزوتوپ‌ها واپاشی دارند و مقدارشان نصف میشود. به حد فاصل زمانی که جرم ماده نصف میشود نیمه عمر میگویند!

$$N = N_0 \left( \frac{1}{2} \right)^n$$

$$n = \frac{t}{T}$$

مثال: نیمه عمر ماده‌ای یک ساعت است اگر مقدار اولیه آن  $2 \text{ mg}$  باشد مقدار آن پس از ۴ ساعت چقدر خواهد بود؟

$$n = \frac{4}{1} = 4 \Rightarrow N = 20 \times \left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{20}{16} = \frac{5}{4} = 1.25 \text{ gr}$$

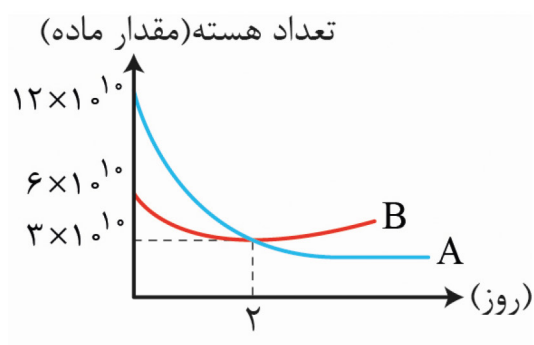
مثال: اگر نیمه عمر ماده‌ای ۳ روز باشد بعد چند روز  $\frac{3}{4}$  مقدار آن واپاشیده شده؟ (خرداد ۱۴۰۲ تجربی)

$$\frac{N_0}{4} = \frac{N_0}{2^n} \quad 2^n = 4 \quad n = 2$$

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow 2 = \frac{t}{3} \Rightarrow t = 6$$

بین  $\frac{3}{4}$  از بین رفت چقدرش موندن بود؟  $1 - \frac{3}{4} = \frac{1}{4}$

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



$$N = \frac{N_0}{2^n}, 3 \times 10^{10} = \frac{6 \times 10^{10}}{2^n} \Rightarrow$$

$$\frac{t}{T_B} = n_B = 1$$

$$3 \times 10^{10} = \frac{12 \times 10^{10}}{2^n} \Rightarrow \frac{t}{T_A} = n_A = 2$$

$$\frac{T_A}{T_B} = \frac{1}{2}$$