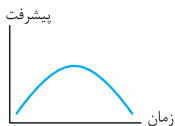


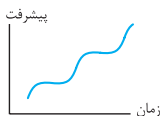
مقدمه ناشر



علاوه بر همه نمودارهایی که تو در درس فیزیک می‌خونید یک نمودار خیلی مهمی تو زندگی آدم‌ها و سازمان‌ها وجود داره که میزان پیشرفت اون‌ها رو در طی زمان نشون می‌ده که این جوریه.

زندگی هر انسانی یک سری فراز و نشیب‌هایی داره و به جایی هم آدم به اوج خودش می‌رسه بعد از اون نقطه اوج، معمولاً آدم‌ها پسرفت می‌کنند و دیگه مثل قدیما نیستن!!!

اما بعضی از آدم‌ها هستن که وقتی می‌بینن دارن پسرفت می‌کنند یه تکیونی به خودشون می‌دن و سعی می‌کنند خودشون رو اصلاح کنند و روند رشد قبلی رو پیش بگیرند. این افراد نمودار زندگی شون این شکلی می‌شه:




از ویژگی‌های بارز این آدم‌ها نصیحت‌پذیری و اصلاح‌پذیری! این دسته آدم‌ها وقتی دچار پسرفت می‌شن اول اشتباهاتشون رو قبول می‌کنن و بعدش تلاش می‌کنن تا جبرانشون کنن. (این فرق اصلی این آدم‌ها با بقیه است!) ما هم چون می‌خواهیم همیشه پیشرفت کنیم، نصیحت‌پذیر و اصلاح‌پذیر هستیم! به خاطر همین از تون می‌خواهیم که هر انتقاد یا پیشنهادی در رابطه با این کتاب جیبی یا بقیه جیبی‌ها داشتین لطفاً و حتماً از طریق سایت خیلی‌سبز بهمون اعلام کنین!


از مهندس میلاد حزنیان عزیز که زحمت تألیف و این کتاب رو کشیدن خیلی خیلی ممنونیم.

مقدمه مؤلف

تقدیم به بهترین‌های زندگی‌ام:

پدر، مادر و همسر عزیزم 

سلام به همه شما فوشنگلا و فوش تیپا  امیدوارم که حالتون عالی باشه.

کتابی که الان در دستان شماست به کتاب یادویی  !! آفه په پوری می شه این همه مفهوم،

فرمول، مثال و تست تو بیب با بشه، اووون هم از نوع دوازدهم؟؟؟!!

یکی از دغدغه‌های متداول شما دانش‌آموزان عزیز همیشه این بوده که کتابی باشد تا بتوانید به کمک آن خیلی سریع مباحث فیزیک دوازدهم را در زمان منطقی و معقول مرور کنید و یا حتی بخوانید و یاد بگیرید. به همین خاطر به این فکر افتادیم که یک کتاب کامل اما کم‌حجم و کوچک برای شما عزیزان بنویسیم. در این کتاب تلاش کردم که چکیده‌ای کامل از محتوای فیزیک دوازدهم را به گونه‌ای نگارش کنم تا برای تمام دانش‌آموزان سال دوازدهم و کنکوری با هر سطحی، قابل استفاده باشد. هم‌چنین با توجه به سهم تقریباً ۵۰ درصدی فیزیک کنکور از این پایه، در نوشتن این کتاب به تیپ تست‌های کنکور نگاه ویژه‌ای داشتم. ساختار کلی این کتاب در هر مبحث شامل ۳ بخش می‌شود که به شرح زیر است:

درس‌نامه: شامل مفاهیم و بررسی شکل‌های مهم کتاب درسی، معرفی فرمول‌ها و ارائه نکات و تکنیک‌های کاربردی حل مسائل.

مثال: مثال‌های تشریحی که برگرفته از مسائل کتاب درسی، سؤال‌های آزمون‌های نهایی و چکیده‌ای از سؤال‌های کنکوری هستند.

تست: اکثریت تست‌ها مربوط به کنکورهای سال‌های اخیر می‌باشند و در برخی از قسمت‌ها هم تست‌های تألیفی قرار داده شده است.

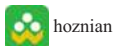
تمام تلاش‌مو کردم تا کتابی مفید برای شما فوبان آماده شود و فیاالتون از بابت فیزیک ۳ یا همون فیزیک دوازدهم راحت باشه. امیدوارم که در این مسیر موفق بوده باشم. لطفاً ما رو از دعای فیرتان پی نصیب

یا علی



در این جا بر خود لازم می‌دانم از همه عزیزانی که در آماده‌سازی این کتاب سهم داشتند، تشکر کنم:

- از برادران دکتر نصری به خاطر وجود !
- از جناب مهندس سبزمیدانی بزرگوار و دوست عزیزم مهندس پیام ابراهیم‌نژاد بامرام بابت تمامی نظرات سازنده‌شان و کمک‌هایی که در مسیر نوشتن کتاب به بنده داشته‌اند.
- از خانم‌ها راضیه یوسفی و مریم گلی حسنلو و آقای نوید رمضانلو که با دقت فراوان کتاب را به لحاظ علمی ویرایش نموده‌اند.
- از مهندس امیر مجاوری (بدون شک بهترین مشاور، تمهیلی در کوهشان راه شیری) بابت نقدها و نظرات کارشناسانه‌ای که داشته‌اند.
- تشکر ویژه از تیم فوق حرفه‌ای واحد تولید خیلی‌سبز که زحمات زیادی را جهت آماده‌سازی و جذاب‌تر شدن کتاب کشیده‌اند.
- از همه بزرگوارانی که بسیار به بنده لطف داشتند و زحمت کشیدند، اما متأسفانه ناخواسته توسط این حقیر دیده نشد، بسیار سپاس گزارم.
- در پایان، اگر راجع به کتاب پیشنهاد، نقد، سؤال، تعریف و تمجید  و یا هر حرف دیگری داشتید، می‌توانیم از طریق راه‌های ارتباطی زیر با هم در ارتباط باشیم:



در پناه خداوند، موفق و سلامت باشید.

میلاذ حزنیان

فهرست مطالب

فصل اول

۷

حرکت بر خط راست

فصل دوم

۸۲

دینامیک و حرکت دایره‌ای

فصل سوم

۱۵۴

نوسان و موج

فصل چهارم

۲۳۸

برهم‌کنش‌های موج

فصل پنجم

۲۹۱

آشنایی با فیزیک اتمی

فصل ششم

۳۳۱

آشنایی با فیزیک هسته‌ای



حرکت بر
خط راست

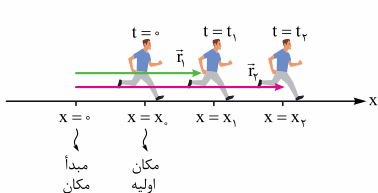
فصل اول

مفاهیم اولیه

مبدأ مکان (مبدأ) به مکان $x = 0$ روی محور x ، مبدأ مکان یا مبدأ گفته می‌شود.

مکان اولیه (x_0) به مکان جسم متحرک در لحظه $t = 0$ (لحظه شروع بررسی حرکت)، مکان اولیه گفته می‌شود.

بردار مکان (\vec{r}) برداری است که مبدأ مکان را به مکان جسم در هر لحظه وصل می‌کند.



شکل روبه‌رو دونه‌ای را نشان می‌دهد که از مکان x_0 شروع به دویدن می‌کند و در لحظات t_1 و t_2 به ترتیب از مکان‌های x_1 و x_2 عبور می‌کند.

\vec{r}_2 و \vec{r}_1 به ترتیب بردارهای مکان دونده در لحظات t_2 و t_1 است.

بردار جابه‌جایی (\vec{d}) برداری است که مکان اولیه جسم را به مکان نهایی آن در یک بازه زمانی مشخص وصل می‌کند و به صورت زیر محاسبه

$$\vec{d} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = x_2 \vec{i} - x_1 \vec{i} = (x_2 - x_1) \vec{i} = \Delta x \vec{i} \quad \text{می‌شود:}$$

در شکل زیر، بردار جابه‌جایی دونده را مشاهده می‌کنید.





توجه در بررسی حرکت اجسام بر خط راست، می‌توانیم جابه‌جایی متحرک را به صورت $d = \Delta x$ محاسبه کنیم. به جدول زیر توجه کنید.

متحرک در جهت محور X جابه‌جا شده است.	$\Delta x > 0$	جابه‌جایی متحرک در یک بُعد اولیه X - پایانی $d = \Delta x = x$
متحرک خلاف جهت محور X جابه‌جا شده است.	$\Delta x < 0$	

مسافت (l) به طول مسیری که متحرک طی می‌کند، مسافت گفته می‌شود.
توجه تفاوت بین جابه‌جایی و مسافت:

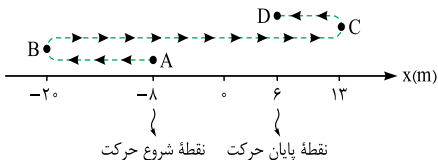
مسافت (l)	جابه‌جایی (\vec{d})
کمیتی نرده‌ای است.	کمیتی برداری است.
به مسیر حرکت بستگی دارد.	فقط به مکان ابتدایی و مکان نهایی بستگی دارد و مستقل از مسیر حرکت است.



مسافت طی شده همواره از اندازه جابه‌جایی متحرک بزرگ‌تر است $(|\vec{d}| > l)$ ، مگر آن‌که متحرک بدون تغییر، جهت روی خط راست حرکت کند که در این صورت مسافت و اندازه جابه‌جایی با یکدیگر برابر هستند $(|\vec{d}| = l)$.

مثال متحرکی بر روی محور x از نقطه $x = -8 \text{ m}$ شروع به حرکت می‌کند. متحرک دو مرتبه و به ترتیب در نقاط $x = -20 \text{ m}$ و $x = +13$ جهت حرکت خود را تغییر می‌دهد تا در نهایت به نقطه $x = 6 \text{ m}$ برسد. مسافت پیموده‌شده توسط متحرک و اندازه جابه‌جایی آن را بر حسب متر مشخص کنید.

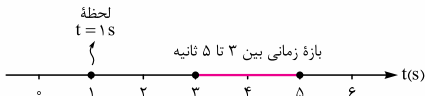
پاسخ ابتدا با توجه به توضیحات سؤال مسیر حرکت متحرک را روی محور x نشان می‌دهیم (شکل زیر):



$$\ell = |AB| + |BC| + |CD| = 12 + 33 + 7 = 52 \text{ m}$$

$$\Delta x = x_{\text{پایانی}} - x_{\text{اولیه}} = 6 - (-8) = 14 \text{ m}$$

لحظه و بازه زمانی هر حرکتی در لحظه‌ای شروع می‌شود و در لحظه‌ای به پایان می‌رسد. به مدت‌زمان بین این دو لحظه **بازه زمانی** گفته می‌شود. مطابق شکل زیر، کمیت زمان را می‌توان به کمک رسم محور زمان نشان داد. یک لحظه را بر روی محور زمان با یک نقطه و بازه زمانی را با یک پاره‌خط نشان می‌دهیم.





معمولاً در سؤالات، بازه زمانی به دو صورت مطرح می‌شوند که در جدول زیر می‌بینید.

بازه زمانی	توضیح	مثال
ثانیه n ام	از لحظه $n-1$ ثانیه تا لحظه n ثانیه	ثانیه هفتم یعنی از لحظه 6 s تا لحظه 7 s
T ثانیه n ام	از لحظه $(n-1)T$ ثانیه تا لحظه nT ثانیه	ثانیه پنجم یعنی از لحظه 12 s تا لحظه 15 s

تندی متوسط (S_{av}) کمیتی نرده‌ای است که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} \rightarrow \begin{array}{l} \text{مسافت (m)} \\ \text{مدت زمان حرکت (s)} \end{array} \leftarrow \text{تندی متوسط (m/s)}$$

سرعت متوسط (\vec{V}_{av}) کمیتی برداری است که به صورت زیر محاسبه

$$\vec{V}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t} \rightarrow \begin{array}{l} \text{بردار جابه‌جایی (m)} \\ \text{مدت زمان حرکت (s)} \end{array} \leftarrow \text{سرعت متوسط (m/s)}$$

می‌شود:

$$\text{برای حرکت در یک بعد} \rightarrow v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$



تندی متوسط متحرک در یک بازه زمانی همواره از اندازه سرعت متوسط آن بزرگ‌تر است ($S_{av} > |\vec{V}_{av}|$)، مگر آن‌که متحرک بدون تغییر جهت، روی خط راست حرکت کند که در این صورت تندی متوسط و اندازه سرعت متوسط با هم برابر هستند ($S_{av} = |\vec{V}_{av}|$).

تستی

یکای تندی و سرعت در SI متر بر ثانیه (m/s) است، البته کیلومتر بر ساعت (km/h) یکای متداول دیگری برای سرعت و تندی است که به صورت زیر می‌توان آن را به یکای متر بر ثانیه (m/s) تبدیل کرد:

$$\text{km/h} \xrightarrow{\div 3/6} \text{m/s}$$

تست

متحرکی روی محور x حرکت می‌کند و در مبدأ زمان از مکان $x_0 = -40 \text{ m}$ می‌گذرد و در لحظه $t_1 = 6 \text{ s}$ به مکان $x_1 = 100 \text{ m}$ می‌رسد و در نهایت در لحظه $t_2 = 10 \text{ s}$ از مکان $x_2 = 20 \text{ m}$ می‌گذرد. سرعت متوسط این متحرک در SI در این ۱۰ ثانیه کدام است؟

(تجربی ۹۸)

۲ (۴) ۶ (۳) ۱۴ (۲) ۲۲ (۱)

پاسخ ۱ گزینه «۳» برای محاسبه سرعت متوسط در بازه زمانی (۰, ۱۰ s) کافی است به اطلاعات سؤال در ابتدا و انتهای این بازه

$$v_{\text{av}(0,10)} = \frac{x_2 - x_0}{t_2 - t_0} = \frac{20 - (-40)}{10 - 0} = 6 \text{ m/s}$$

زمانی دقت کنیم:

مسئله معادله مکان - زمان جسمی در SI به صورت $x = 2t^2 + 4t - 8$

است. سرعت متوسط متحرک در فاصله زمانی $t_1 = 1 \text{ s}$ تا $t_2 = 3 \text{ s}$ چند متر بر ثانیه است؟

پاسخ ۱ ابتدا به کمک معادله مکان - زمان، موقعیت مکانی متحرک را در لحظات مورد نظر مشخص می‌کنیم:

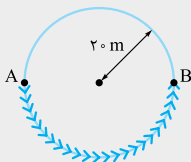
$$t_1 = 1 \text{ s} \Rightarrow x_1 = 2(1)^2 + 4(1) - 8 = -2 \text{ m}$$

$$t_2 = 3 \text{ s} \Rightarrow x_2 = 2(3)^2 + 4(3) - 8 = 22 \text{ m}$$

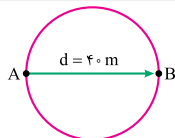


حال سرعت متوسط متحرک در طی این جابه‌جایی را محاسبه می‌کنیم:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{22 - (-2)}{3 - 1} = \frac{24}{2} = 12 \text{ m/s}$$



مطابق شکل روبه‌رو، دوچرخه‌سواری
نیمی از محیط یک میدان دایره‌ای شکل را طی
می‌کند و از نقطه A به نقطه B می‌رسد. اگر
بزرگی سرعت متوسط دوچرخه‌سوار 4 m/s
باشد، تندی متوسط آن چند متر بر ثانیه
است؟ ($\pi = 3$)



پاسخ | مطابق شکل روبه‌رو، جابه‌جایی
دوچرخه‌سوار برابر با 40 m است:
 $d = 40 \text{ m}$

حال با داشتن اندازه سرعت متوسط و جابه‌جایی دوچرخه‌سوار،
مدت‌زمان حرکت را به دست می‌آوریم:

$$v_{av} = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow 4 = \frac{40}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 10 \text{ s}$$

برای محاسبه تندی متوسط باید مسافت طی شده (ℓ) که برابر با
نصف محیط دایره است را در فرمول زیر قرار دهیم:

$$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2} \times (\text{محیط دایره})}{\Delta t} = \frac{\pi R}{\Delta t} = \frac{3 \times 20}{10} = 6 \text{ m/s}$$

همان‌طور که می‌بینید تندی متوسط دوچرخه‌سوار از اندازه سرعت متوسط
دوچرخه‌سوار بزرگ‌تر است، چون دوچرخه‌سوار در مسیر مستقیم حرکت نکرده است.

تندی لحظه‌ای (S) تندی متحرک در هر لحظه از زمان را تندی لحظه‌ای

می‌نامند؛ تندی لحظه‌ای یک کمیت نرده‌ای همواره مثبت است.

سرعت لحظه‌ای (V) به تندی متحرک در هر لحظه با در نظر گرفتن جهت

حرکت آن، سرعت لحظه‌ای گفته می‌شود؛ از این رو سرعت لحظه‌ای یک

کمیت برداری است. برای مثال وقتی می‌گوییم سرعت متحرک در لحظه‌ای $6 \text{ m/s } \vec{i}$ -

است، یعنی متحرک در آن لحظه با تندی 6 m/s خلاف جهت محور x در حرکت است.

توجه در هر لحظه، تندی لحظه‌ای متحرک برابر با اندازه سرعت لحظه‌ای

متحرک است.

نتیجه برای متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، داریم:

اگر $v > 0$ متحرک در حال حرکت در جهت محور x است.

اگر $v < 0$ متحرک در حال حرکت در خلاف جهت محور x است.

توجه هرگاه گفته شود «سرعت» و «تندی»، منظور سرعت لحظه‌ای

و تندی لحظه‌ای است.

شتاب متوسط (a_{av}) هرگاه سرعت جسمی تغییر کند (اندازه سرعت تغییر کند

یا جهت بردار سرعت تغییر کند)، حرکت آن شتابدار است و شتاب متوسط آن به

صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\vec{a}_{av} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \rightarrow \begin{matrix} \text{تغییر سرعت (m/s)} \\ \text{مدت‌زمان تغییر سرعت (s)} \end{matrix} \leftarrow \text{شتاب متوسط (m/s}^2\text{)}$$

$$\xrightarrow{\text{برای حرکت در یک بعد}} a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

توجه شتاب متوسط کمیتی برداری و هم‌جهت با بردار تغییر سرعت ($\Delta \vec{v}$) است.

اگر سرعت متحرکی ثابت باشد، آن‌گاه در هر بازه زمانی دلخواه شتاب

متوسط آن صفر است.



تست

متحرکی در مسیر مستقیم حرکت می کند و معادله سرعت - زمان آن در SI به صورت $v = 2t^2 - 4t - 2$ است. شتاب متوسط آن در ۲ ثانیه دوم چند متر بر ثانیه است؟
(تجربی خارج ۹۸)

۸ (۴) ۶ (۳) ۴ (۲) ۲ (۱)

➤ پاسخ | گزینه «۴» ابتدا سرعت متحرک را در ابتدا و انتهای بازه مورد نظر (۲ ثانیه دوم یعنی $t_1 = 2s$ تا $t_2 = 4s$) مشخص می کنیم:

$$t_1 = 2s \Rightarrow v_1 = 2(2)^2 - 4(2) - 2 = -2 \text{ m/s}$$

$$t_2 = 4s \Rightarrow v_2 = 2(4)^2 - 4(4) - 2 = 14 \text{ m/s}$$

شتاب متوسط متحرک در ۲ ثانیه دوم برابر است با:

$$\bar{a}_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{14 - (-2)}{4 - 2} = \frac{16}{2} = 8 \text{ m/s}^2$$

تست

متحرکی روی محور x در حال حرکت است. بردار شتاب متوسط آن در بازه زمانی $t_1 = 5s$ تا $t_2 = 10s$ در SI برابر $-4\vec{i}$ و در بازه زمانی $t_2 = 10s$ تا $t_3 = 12s$ برابر با $2\vec{i}$ است. بردار شتاب متوسط آن در بازه زمانی $t_1 = 5s$ تا $t_3 = 12s$ در SI کدام است؟
(تجربی ۱۴۰۰)

$8\vec{i}$ (۴) $4\vec{i}$ (۳) $-\frac{16}{5}\vec{i}$ (۲) $-\frac{2}{5}\vec{i}$ (۱)

➤ پاسخ | گزینه «۲» ابتدا به کمک رابطه $\bar{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ ، تغییرات سرعت متحرک را در هر دو بازه زمانی به دست می آوریم:

$$\bar{a}_{av(\Delta t, \Delta t)} = \frac{\Delta \vec{v}_{(\Delta t, \Delta t)}}{t_2 - t_1} \Rightarrow -4\vec{i} = \frac{\Delta \vec{v}_{(\Delta t, \Delta t)}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta \vec{v}_{(\Delta t, \Delta t)} = -20\vec{i}$$

$$\vec{a}_{av(10,12)} = \frac{\Delta \vec{v}_{(10,12)}}{12 - 10} \Rightarrow 2\vec{i} = \frac{\Delta \vec{v}_{(10,12)}}{2} \Rightarrow \Delta \vec{v}_{(10,12)} = 4\vec{i}$$

تغییر سرعت متحرک در بازهٔ (۵s, ۱۲s) برابر است با:

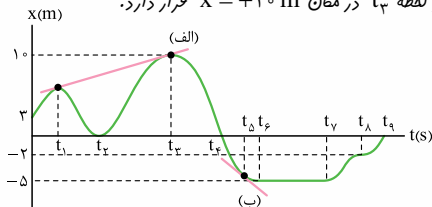
$$\Delta \vec{v}_{(5,12)} = \Delta \vec{v}_{(5,10)} + \Delta \vec{v}_{(10,12)} = -20\vec{i} + 4\vec{i} = -(16 \text{ m/s})\vec{i}$$

حال شتاب متوسط متحرک را در بازهٔ (۵s, ۱۲s) به دست می‌آوریم:

$$\vec{a}_{av(5,12)} = \frac{-16\vec{i}}{12 - 5} = -\left(\frac{16}{7} \text{ m/s}^2\right)\vec{i}$$

نمودار مکان-زمان نموداری است که مکان متحرک را در هر لحظه

نشان می‌دهد. برای مثال در نمودار زیر، مکان اولیهٔ متحرک $x_0 = +3 \text{ m}$ است و متحرک در لحظهٔ t_3 در مکان $x = +10 \text{ m}$ قرار دارد.



از نمودار مکان - زمان، اطلاعات دیگری را هم می‌توان به دست آورد:

- سرعت متوسط متحرک بین دو لحظهٔ دلخواه برابر با شیب خطی است که نمودار مکان - زمان را در آن دو لحظه قطع می‌کند، برای مثال شیب خط (الف) برابر با سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی t_1 تا t_3 است.

شیب خط گذرنده از نمودار	$= \frac{\Delta x}{\Delta t}$
مکان - زمان در دو لحظه	$= v_{av} =$ سرعت متوسط



• **سرعت متحرک در هر لحظه برابر با شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان در آن لحظه است.** مثلاً شیب خط (ب) برابر با سرعت متحرک در لحظه t_5 است.

شیب خط مماس بر نمودار
مکان - زمان در لحظه مورد نظر
 $= v =$ سرعت لحظه‌ای

[توجه] -- به کمک جدول زیر می‌تونیم علامت سرعت متحرک را در هر لحظه مشخص کنیم:

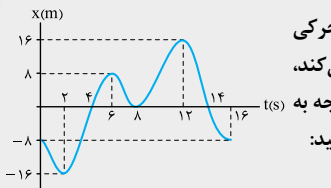
$v > 0$	اگر نمودار مکان - زمان صعودی باشد. (شیب مثبت)
$v < 0$	اگر نمودار مکان - زمان نزولی باشد. (شیب منفی)

برای مثال سرعت متحرک در بازه‌های زمانی $(0, t_1)$ ، (t_2, t_3) ، (t_7, t_8) و (t_8, t_9) مثبت و در بازه‌های زمانی (t_1, t_2) و (t_3, t_6) منفی است.

[توجه] -- اگر نمودار مکان - زمان متحرک در یک بازه زمانی به صورت یک خط افقی باشد، متحرک در آن بازه زمانی ساکن است (در نمودار صافه قبل، از لحظه t_6 تا t_7).

• در نقاط قله و دره نمودار مکان - زمان، متحرک تغییر جهت می‌دهد، برای مثال در لحظات t_1 ، t_2 و t_3 .

• در لحظاتی که نمودار مکان - زمان محور زمان را قطع می‌کند، متحرک از مبدأ مکان عبور کرده و در نتیجه بردار مکان متحرک تغییر جهت می‌دهد (برای نمونه در لحظه t_4).



نمودار مکان - زمان متحرکی

که در مسیر مستقیم حرکت می کند، مطابق شکل روبه رو است. با توجه به نمودار به سؤالات زیر پاسخ دهید:

الف) جابه جایی متحرک از لحظه شروع حرکت تا لحظه ای که برای چهارمین مرتبه تغییر جهت می دهد، چند متر است؟

ب) مسافت طی شده در بازه زمانی بین دو لحظه ای که بردار مکان متحرک تغییر جهت می دهد، چند متر است؟

پ) بزرگی سرعت متوسط متحرک در ۶ ثانیه دوم حرکت را به دست آورید.

ت) تندی متوسط متحرک در لحظاتی که بردار مکان آن در جهت محور x، ولی سرعت آن خلاف محور x است را به دست آورید.

پاسخ | الف متحرک در لحظات ۲، ۶، ۸ و ۱۲ ثانیه تغییر جهت می دهد؛ پس بازه مورد نظر (۰، ۱۲ s) است. حال بزرگی جابه جایی را در این بازه زمانی به دست می آوریم:

$$\Delta x_{(0,12)} = x_{12} - x_0 = 16 - (-8) = 24 \text{ m}$$

ب بردار مکان متحرک در لحظات ۴ و ۱۴ ثانیه تغییر جهت می دهد. مسافت طی شده بین این دو لحظه برابر است با:

$$l = 8 + 8 + 16 + 16 = 48 \text{ m}$$

پ ۶ ثانیه دوم یعنی بازه زمانی (۶ s, ۱۲ s)؛ پس داریم:

$$v_{av(6,12)} = \frac{\Delta x_{(6,12)}}{\Delta t} = \frac{16 - 8}{12 - 6} = \frac{8}{6} = \frac{4}{3} \text{ m/s}$$

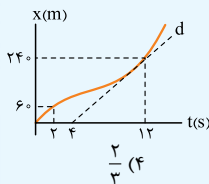


ت در دو بازه زمانی $(6\text{ s}, 8\text{ s})$ و $(12\text{ s}, 14\text{ s})$ بردار مکان متحرک در جهت محور x و بردار سرعت آن خلاف محور x است. مسافتی که متحرک در مجموع این دو بازه، طی می کند برابر با 24 متر $(8 + 16)$ است؛ پس تندی متوسط به صورت زیر محاسبه می شود:

$$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{24}{2+2} = 6\text{ m/s}$$

تست

نمودار مکان-زمان متحرکی مطابق شکل زیر است. اگر تندی در لحظه $t = 12\text{ s}$



برابر با تندی متوسط در بازه $(2\text{ s}, 14\text{ s})$ باشد،

سرعت متوسط 2 ثانیه اول چند برابر سرعت

متوسط 2 ثانیه هفتم است؟ (خط d مماس بر

نمودار در لحظه $t = 12\text{ s}$ است.) (تجربی خارج 1400)

$$\frac{2}{3} (4)$$

$$\frac{3}{5} (3)$$

$$\frac{1}{2} (2)$$

$$\frac{1}{3} (1)$$

پاسخ ۱ گزینه «۱» تندی متحرک در لحظه $t = 12\text{ s}$ برابر با شیب

خط مماس بر نمودار در این لحظه است (یعنی شیب خط d)؛ بنابراین

داریم:

$$S_{(t=12\text{ s})} = d \text{ شیب خط} = \frac{24}{12-4} = 30\text{ m/s}$$

طبق صورت سؤال داریم:

$$S_{(t=12\text{ s})} = s_{av(2,14)} \Rightarrow 30 = \frac{\ell_{(2,14)}}{12} \Rightarrow \ell_{(2,14)} = 360\text{ m}$$

مطابق شکل صورت سؤال، جهت حرکت متحرک در بازه زمانی

$(2\text{ s}, 14\text{ s})$ تغییر نکرده است؛ پس مسافت طی شده و جابه جایی

متحرک در این بازه با هم برابر است؛ بنابراین داریم:

$$l_{(2,14)} = \Delta x_{(2,14)} = x_{14} - x_2 = 360 \text{ m} \Rightarrow x_{14} - 60 = 360$$

$$\Rightarrow x_{14} = 420 \text{ m}$$

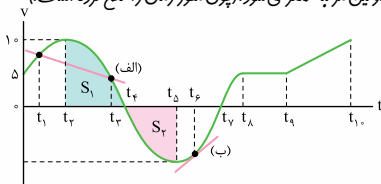
حال خواسته سؤال را به دست می‌آوریم:

$$\frac{v_{av(0,2)}}{v_{av(12,14)}} = \frac{x_2 - x_0}{2 - 0} = \frac{x_{14} - x_{12}}{x_{14} - x_{12}} = \frac{60 - 0}{420 - 240} = \frac{60}{180} = \frac{1}{3}$$

نمودار سرعت - زمان نموداری است که سرعت متحرک را در هر لحظه نشان

می‌دهد. به طور مثال در نمودار زیر، سرعت اولیه متحرک 5 m/s است و در لحظه t_f

سرعت آن برای اولین مرتبه صفر می‌شود. (پهن محور زمان را قطع کرده است.)



از نمودار سرعت - زمان اطلاعات زیر را هم می‌توان به دست آورد:

• جهت حرکت متحرک را می‌توان به کمک علامت سرعت تشخیص داد.

در لحظاتی که علامت سرعت متحرک مثبت است، متحرک در جهت

محور x حرکت می‌کند (برای مثال در بازه صفر تا t_f) و در لحظاتی که

علامت سرعت منفی است، متحرک خلاف جهت محور x حرکت می‌کند

(برای مثال در بازه t_f تا t_b).

توجه - در لحظاتی که نمودار سرعت - زمان محور زمان را قطع می‌کند،

علامت سرعت متحرک تغییر می‌کند و در نتیجه متحرک تغییر جهت می‌دهد

(در لحظات t_f و t_b).



• **شتاب متوسط متحرک** بین دو لحظه دلخواه برابر با شیب خطی است که نمودار سرعت - زمان را در آن دو لحظه قطع می‌کند؛ برای مثال شیب **خط (الف)** برابر با شتاب متوسط متحرک در بازه زمانی t_1 تا t_3 است.

$$\text{شیب خط گذرنده از نمودار} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = a_{av} = \text{شتاب متوسط}$$

سرعت - زمان در دو لحظه

• **شتاب لحظه‌ای متحرک** در هر لحظه برابر با شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان در آن لحظه است. در نمودار **صفحه قبل**، **شیب خط (ب)** برابر با شتاب متحرک در لحظه t_6 است.

$$\text{شیب خط مماس بر نمودار} = a = \text{شتاب لحظه‌ای}$$

سرعت - زمان در لحظه مورد نظر

🔗 **توجه** -- به کمک جدول زیر می‌توانیم علامت شتاب متحرک را در هر لحظه تشخیص دهیم؛

$a > 0$	اگر نمودار سرعت - زمان صعودی باشد (شیب مثبت).
$a < 0$	اگر نمودار سرعت - زمان نزولی باشد (شیب منفی).

به طور مثال در نمودار **صفحه قبل**، شتاب متحرک در بازه زمانی (t_1, t_3) مثبت و در بازه زمانی (t_3, t_5) منفی است.

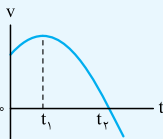
🔍 در بازه‌های زمانی که نمودار سرعت - زمان به صورت یک خط راست باشد، شیب نمودار ثابت و در نتیجه شتاب متحرک، ثابت است (برای مثال در بازه t_1 تا t_3).

🔍 اگر نمودار سرعت - زمان متحرک در یک بازه زمانی به صورت یک خط افقی باشد، سرعت متحرک در آن بازه زمانی ثابت است (در نمودار **صفحه قبل**، از لحظه t_3 تا t_4).

🔍 در نقاط قله و دره نمودار سرعت - زمان، شتاب متحرک صفر می‌شود. در این لحظات شتاب متحرک تغییر علامت می‌دهد (برای مثال در لحظات t_3 و t_5).

- مساحت سطح محصور بین نمودار سرعت - زمان و محور زمان برابر با جابه‌جایی متحرک است. اگر نمودار بالای محور زمان باشد، جابه‌جایی مثبت و اگر پایین محور زمان باشد، جابه‌جایی منفی است. برای مثال جابه‌جایی متحرک در بازه زمانی t_1 تا t_2 برابر با $S_1 + S_2$ و در بازه زمانی t_1 تا t_2 برابر با $S_1 - S_2$ است؛ پس جابه‌جایی متحرک در بازه t_1 تا t_2 برابر با $S_1 - S_2$ می‌شود.
- مجموع مساحت سطح‌های محصور بین نمودار و محور زمان (بدون در نظر گرفتن علامت منفی) برابر با مسافت طی شده توسط متحرک است. برای مثال مسافت طی شده توسط متحرک در بازه t_1 تا t_2 برابر با $S_1 + S_2$ می‌شود.

تست



نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو است. کدام گزینه صحیح است؟

(تجربی خارج ۱۴۰۰ - با کمی تغییر)

- ۱) جهت سرعت و شتاب در لحظه t_1 تغییر کرده است.
- ۲) در بازه زمانی t_1 تا t_2 حرکت در جهت محور x است.
- ۳) در بازه زمانی صفر تا t_1 تندی متحرک در حال کاهش است.
- ۴) بردار شتاب در بازه زمانی صفر تا t_2 خلاف جهت محور x است.

پاسخ | گزینه «۲» بررسی گزینه‌ها - گزینه (۱): با توجه به شکل

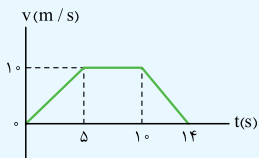
سؤال، علامت سرعت متحرک در بازه $(0, t_1)$ همواره مثبت است؛ پس جهت سرعت متحرک در لحظه t_1 تغییر نمی‌کند.

گزینه (۳): با توجه به شکل سؤال، سرعت متحرک در بازه زمانی $(0, t_1)$ در حال افزایش است؛ پس تندی متحرک نیز در این بازه افزایش می‌یابد.



گزینه (۴): شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان صورت سؤال در بازه زمانی $(0, t_1)$ مثبت است؛ پس در این بازه زمانی شتاب حرکت متحرک مثبت است و نمی‌توانیم علامت شتاب متحرک در بازه $(0, t_2)$ را کلاً منفی در نظر بگیریم.

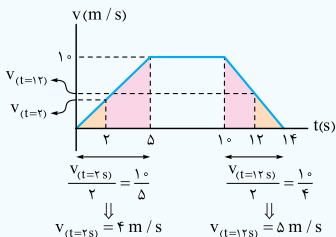
تست



نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل مقابل است. شتاب متوسط این متحرک در بازه زمانی $t = 2s$ تا $t = 12s$ چند متر بر مربع ثانیه است؟ (تجربی ۹۲)

(۱) ۰/۱ (۲) ۰/۵ (۳) ۰/۷ (۴) صفر

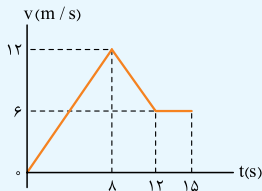
پاسخ: گزینه «۱» ابتدا باید به کمک تشابه مثلثاتی، سرعت متحرک را در لحظات $t = 2s$ و $t = 12s$ به دست آورد.



حال شتاب متوسط را در بازه زمانی مورد نظر به دست می‌آوریم:

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{12} - v_2}{12 - 2} = \frac{5 - 4}{10} = 0/1 \text{ m/s}^2$$

تست



نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می کند، مطابق شکل روبه رو است. اگر در لحظه $t_1 = 2$ s مکان متحرک در SI به صورت $\bar{x}_1 = -6$ باشد، مکان متحرک در لحظه $t_2 = 15$ s در SI کدام است؟

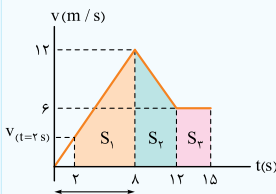
(ریاضی خارج ۹۹)

۱۱۸ I (۴)

۱۰۵ I (۳)

۹۶ I (۲)

۹۳ I (۱)



گزینه «۱» ابتدا به کمک تشابه مثلثاتی سرعت متحرک را در لحظه $t = 2$ s به دست می آوریم:

$$\frac{v_{(t=2s)}}{2} = \frac{12}{8}$$

$$\Rightarrow v_{(t=2s)} = 3 \text{ m/s}$$

در گام بعدی، سطح زیر نمودار در بازه $(2s, 15s)$ را به دست می آوریم تا جابه جایی متحرک در این بازه زمانی مشخص شود:

$$\Delta x = S_1 + S_2 + S_3 = \left(\frac{3+12}{2} \times 6\right) + \left(\frac{12+6}{2} \times 4\right) + (3 \times 6)$$

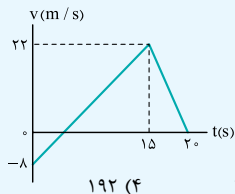
$$= 45 + 36 + 18 = 99 \text{ m}$$

بنابراین داریم: $\Delta x = x_{(t=15)} - x_{(t=2)} = x_{(t=15)} - (-6) = 99$

$$\Rightarrow x_{(t=15)} = 93 \text{ m}$$



تست



نمودار سرعت - زمان متحرکی که بر مسیری مستقیم حرکت می کند به صورت روبه رو است. مسافت پیموده شده توسط این متحرک در بازه زمانی صفر تا ۲۰ s چند متر است؟

(ریاضی ۹۸)

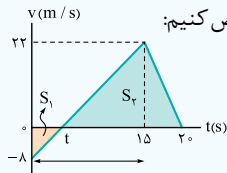
۱۹۲ (۴)

۱۸۰ (۳)

۱۷۶ (۲)

۱۶۰ (۱)

گزینه «۴» در شکل زیر، ابتدا باید لحظه ای که نمودار سرعت-زمان



محور زمان را قطع می کند (لحظه t) مشخص کنیم:

$$\text{تشابه مثلثاتی: } \frac{\lambda}{t} = \frac{22}{15-t}$$

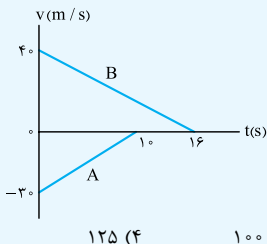
$$\Rightarrow 120 - 8t = 22t$$

$$\Rightarrow t = 4 \text{ s}$$

حال با محاسبه مساحت سطح زیر نمودار در بازه زمانی مورد نظر، مسافت طی شده را به دست می آوریم:

$$\ell = S_1 + S_2 = \left(\frac{1}{2} \times 4 \times 8\right) + \left(\frac{1}{2} \times 16 \times 22\right) = 192 \text{ m}$$

تست



نمودار سرعت - زمان دو قطار A و B که روی ریل مستقیم به طرف هم حرکت می کنند، مطابق شکل مقابل است. در لحظه $t = 0$ فاصله قطارها از هم ۵۰۰ متر است. لحظه ای که قطار A می ایستد، قطار B در چه فاصله ای از آن قرار دارد؟

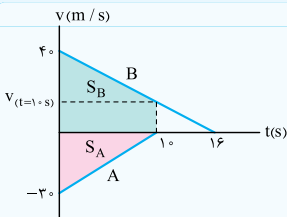
(تجربی خارج ۹۷)

۱۲۵ (۴)

۱۰۰ (۳)

۷۵ (۲)

۲۵ (۱)



پایان گزینه «۲» ابتدا

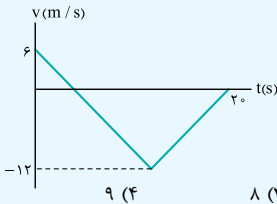
مسافت طی شده توسط هر یک از قطارها را به دست می‌آوریم. به کمک تشابه مثلثاتی برای نمودار قطار B، سرعت این قطار را در لحظه $t = 10\text{ s}$ محاسبه می‌کنیم.

$$\frac{40}{16} = \frac{v(t=10\text{ s})}{16-10} \Rightarrow v(t=10\text{ s}) = 15\text{ m/s}$$

$$\left. \begin{aligned} \ell_A = S_A &= \frac{1}{2} \times 10 \times 30 = 150\text{ m} \\ \ell_B = S_B &= \frac{40+15}{2} \times 10 = 275\text{ m} \end{aligned} \right\} \ell_A + \ell_B = 425\text{ m}$$

بنابراین دو قطار A و B در مجموع 425 m مسافت را طی کرده‌اند. بنابراین فاصله بین دو قطار در لحظه توقف قطار A به 75 متر می‌رسد.

تست



شکل روبه‌رو نمودار سرعت - زمان متحرکی است که روی محور X حرکت می‌کند. تندی متوسط متحرک در مدتی که در خلاف جهت محور X حرکت می‌کند، چند متر بر ثانیه است؟ (ریاضی ۱۴۰۰)

(۱) صفر

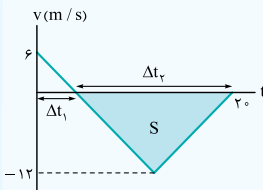
(۲) ۶

(۳) ۸

(۴) ۹

پایان گزینه «۲» هرگاه علامت سرعت متحرک منفی باشد، یعنی

متحرک در خلاف جهت محور X در حرکت است. با توجه به نمودار زیر متوجه می‌شویم



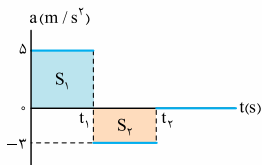
متحرک در مدت زمان Δt_p خلاف جهت محور x حرکت می کند. برای محاسبه تندی متوسط متحرک، ابتدا باید مسافتی که متحرک در بازه زمانی مورد نظر طی می کند را به دست آوریم:

$$\ell = S = \frac{1}{2} \times \Delta t_p \times 12 = 6 \times \Delta t_p$$

حال تندی متوسط متحرک را در بازه زمانی مورد نظر به صورت زیر

$$S_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{6 \times \Delta t_p}{\Delta t_p} = 6 \text{ m/s}$$

محاسبه می کنیم:



نمودار شتاب-زمان نموداری است

که شتاب متحرک را در هر لحظه نشان می دهد. به طور مثال در نمودار روبه رو، شتاب حرکت متحرک در بازه های زمانی صفر تا t_1 و t_1 تا t_2 به ترتیب برابر

با 5 m/s^2 و -3 m/s^2 است و از این لفظ به بعد شتاب حرکت آن صفر می شود.

مساحت سطح محصور بین نمودار شتاب-زمان و محور زمان در یک بازه زمانی برابر با تغییر سرعت متحرک در آن بازه زمانی است. اگر نمودار بالای محور زمان باشد، تغییر سرعت متحرک مثبت و اگر نمودار پایین محور زمان باشد، تغییر سرعت متحرک منفی است. برای مثال سرعت متحرک در بازه زمانی صفر تا t_1 به اندازه $+S_1$ و در بازه زمانی t_1 تا t_2 به اندازه $-S_2$ تغییر کرده است؛ بنابراین تغییر سرعت متحرک از لحظه صفر تا t_2 برابر با $S_1 - S_2$ است.