

با نام و یاد خدا

کتاب



کلاس دوازدهم ریاضی

تهیه شده توسط وبسایت [بتافایل](#)



فصل اول: شناخت حرکت

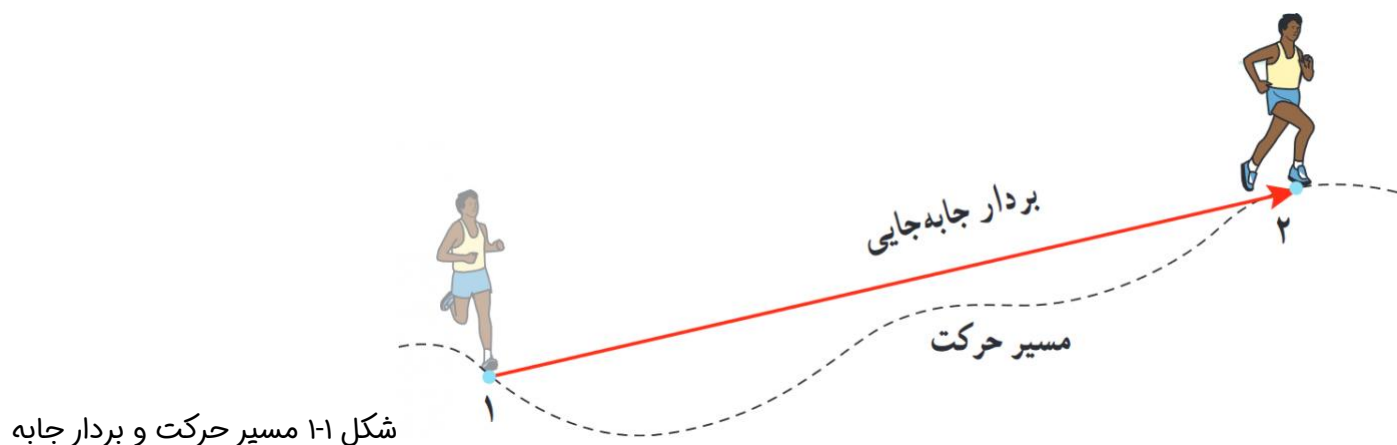
بررسی حرکت اجسام، همواره مورد توجه بشر بوده است. در فیزیک نیز، شناخت و توصیف حرکت اجسام، یکی از مباحث مهمی است که در هر کتاب درسی به آن پرداخته می‌شود و زمینه‌ساز درک بهتر مباحث دیگر فیزیک است. آشنایی با حرکت اجسام، که به آن حرکت‌شناسی یا سینماتیک نیز گفته می‌شود، در بیشتر شاخه‌های مهندسی اهمیت زیادی دارد. برای مثال، مدت زمان رسیدن تندی خودرو از صفر به 100km/h یکی از معیارهای مقایسه خودروهای امروزی در صنعت خودروسازی است.

همچنین مهندسانی که به طراحی و ساخت باند پرواز فرودگاه‌ها می‌پردازند توجه دارند که هواپیماهای مختلف برای آنکه به تندی لازم برای برخاستن برسند، چه مسافتی را باید روی باند پرواز طی کنند. زمین‌شناسان نیز برای تعیین محل‌هایی که امکان وقوع زمین لرزه در آنها بیشتر است باید حرکت صفحه‌های زمین را بررسی کنند و از مفاهیم مرتبط با بحث حرکت شناسی استفاده کنند. افزون بر اینها پژوهشگران پزشکی برای یافتن رگ مسدود باید به نحوه حرکت خون در رگ‌ها توجه کنند. در این فصل ابتدا نگاهی دقیق‌تر خواهیم انداخت به آنچه در علوم نهم در خصوص حرکت آموختید. پس از آن، به ساده‌ترین نوع حرکت، یعنی حرکت جسم بر خط راست با سرعت ثابت، خواهیم پرداخت. پس از آن حرکت با شتاب ثابت بر خط راست را بررسی می‌کنیم.

۱-۱ شناخت حرکت

در علوم سال نهم با مفاهیم اولیه حرکت آشنا شدید. در این بخش ضمن مرور این مفاهیم و کمیت‌های مرتبط با آنها، زمینه لازم را برای شناخت و توصیف دقیق‌تر حرکت فراهم می‌کنیم.

مسافت و جابه جایی: شکل ۱-۱ مسیر حرکت دنده‌ای را از مکان ۱ تا مکان ۲ نشان می‌دهد. طول این مسیر، مسافت پیموده شده یا به اختصار **مسافت** نامیده می‌شود. همچنین پاره خط جهت داری که مکان آغازین حرکت را به مکان پایانی حرکت وصل می‌کند **بردار جابه جایی** نامیده می‌شود.



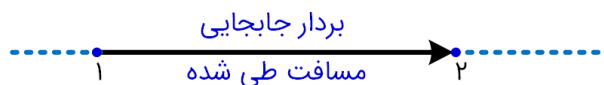
جایی دهنده

پرسش ۱-۱ (صفحه ۲ کتاب درسی)

۱- شکل الف شخصی را در حال پیاده روی در راستای خط راست و بدون تغییر جهت، از مکان ۱ به مکان ۲ نشان می‌دهد. مسیر حرکت و بردار جابه جایی شخص را روی شکل مشخص و اندازه بردار جابه جایی را با مسافت مقایسه کنید.



برداری جابه‌جایی پاره‌خط جهت‌داری است که نقطه شروع حرکت را به نقطه پایان حرکت وصل می‌کند. از آنجایی که جهت حرکت عوض نشده است. بنابراین اندازه بردار جابه‌جایی و طول مسیر (مسافت) برابرند.



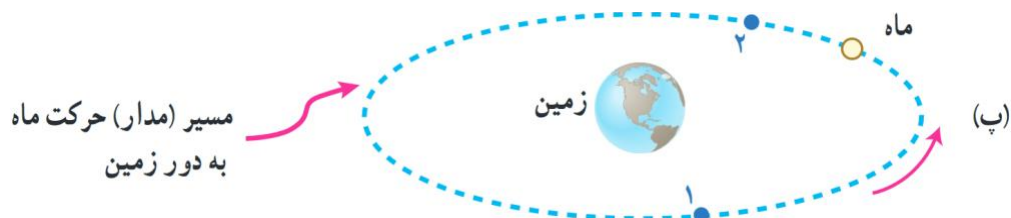
۲- شخص پس از رسیدن به مکان ۲، برمی‌گردد و روی همان مسیر به مکان ۳ می‌رود (شکل ب). مسیر حرکت و بردار جابه جایی شخص را روی شکل مشخص و اندازه بردار جابه جایی را با مسافت پیموده شده مقایسه کنید.



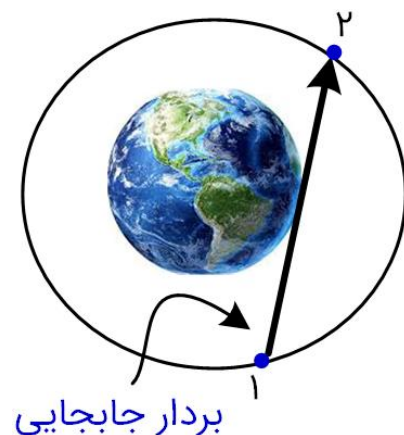
چون نقطه شروع حرکت نقطه ۱ و نقطه پایان حرکت نقطه ۳ است، پس بردار جابه‌جایی مطابق شکل می‌شود. ولی مسیر حرکت از نقطه ۱ تا ۲ و سپس بازگشت تا نقطه ۳ است یعنی مسافت طی شده از اندازه جابه‌جایی بزرگ‌تر است.



۳- شکل پ مسیر حرکت ماه به دور زمین را نشان می‌دهد. وقتی ماه در جهت نشان داده شده در شکل، از مکان ۱ به مکان ۲ می‌رود مسیر حرکت و بردار جابه‌جایی آن را روی شکل مشخص و اندازه بردار جابه‌جایی آن را با مسافت پیموده شده مقایسه کنید.

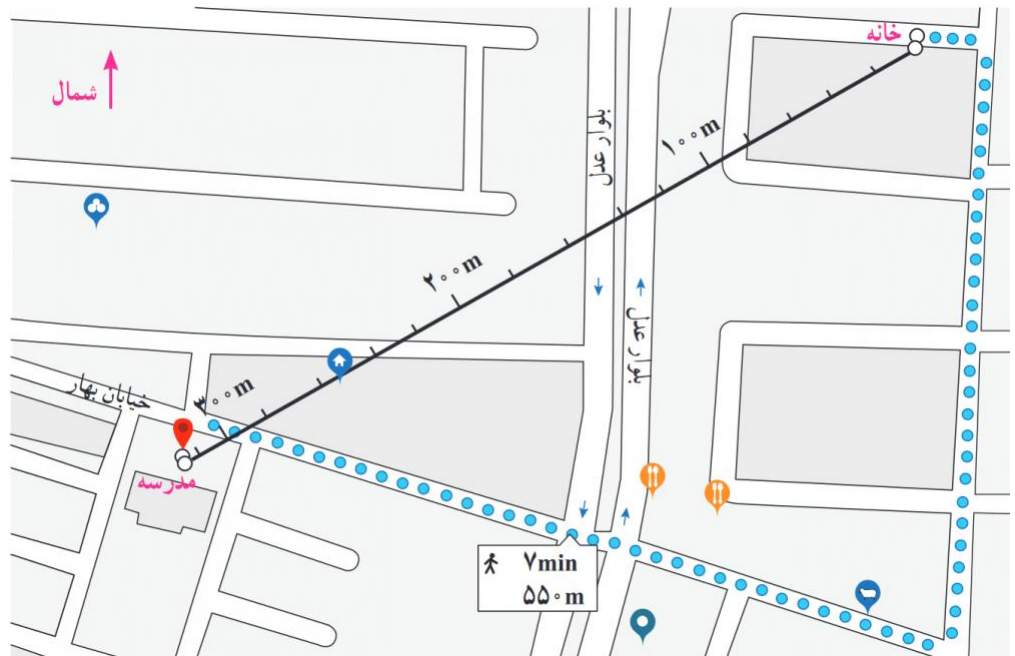


بردار جابه‌جایی، برداری است که از نقطه (۱) به نقطه (۲) وصل شود. ولی برای مسافت طی شده کمان ۱ تا ۲ است، در اینجا نیز مسافت طی شده از بردار جابه‌جایی بزرگ‌تر است.



فعالیت ۱-۱ (صفحه ۳ کتاب درسی)

همانند شکل روبه رو و به کمک یک نرم افزار نقشه یاب (مانند google map)، مکان خانه و مدرسه تان را مشخص کنید. سپس مسافت و اندازه بردار جابه جایی خانه تا مدرسه را تعیین کنید. طول مسیر حرکت یا مسافت با توجه به شکل $550m$ و اندازه بردار جابه جایی $318m$ است.



تندی متوسط و سرعت متوسط: اگر متحرکی مانند دوندۀ شکل ۱-۱ در مدت زمان Δt از مکان ۱ به مکان ۲ برود و مسافت و بردار جابه جایی بین این دو مکان را به ترتیب با l و $d \rightarrow$ نشان دهیم، همان طور که

در علوم سال نهم دیدید، تندی متوسط و سرعت متوسط دونده به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$v_{av} = \frac{l}{\Delta t} \quad \text{(تندی متوسط)} \quad (1-1)$$

$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t} \quad \text{(تندی سرعت)} \quad (1-2)$$

همان طور که دیده می‌شود تندی متوسط، کمیتی نرده‌ای و سرعت متوسط، کمیتی برداری است و یکای آنها، متر بر ثانیه (m/s) است که می‌توان آنها را برحسب یکاهای دلخواه دیگری مانند کیلومتر بر ساعت (km/h) نیز بیان کرد.

مثال ۱-۱

تندی متوسط و سرعت متوسط دانش آموز فعالیت ۱-۱ را پیدا کنید.

پاسخ: با توجه به داده‌های روی نقشه، اگر دانش آموز در مدت

زمان $\Delta t = 7/00 \text{ min} = 420 \text{ s}$ مسافت $l = 550 \text{ m}$ را از خانه تا مدرسه

پیموده باشد، با توجه به رابطه ۱-۱ تندی متوسط وی

برابر $S_{av} = 550 \text{ m} / 420 \text{ s} = 1/31 \text{ m/s}$ می شود و مفهوم فیزیکی

آن این است که دانش آموز به طور متوسط در هر ثانیه $1/31 \text{ m}$ از طول مسیر را پیموده است.

همچنین با توجه به نقشه، اندازه بردار جابه جایی دانش آموز 325 m متر و جهت آن به طرف جنوب غربی

است. در نتیجه با توجه به رابطه ۲-۱ اندازه سرعت متوسط وی

برابر $v_{av} = 325 \text{ m} / 420 \text{ s} = 0/774 \text{ m/s}$ و جهت آن به طرف

جنوب غربی است.

پرسش ۲-۱ (صفحه ۴ کتاب درسی)

در چه صورت اندازه سرعت متوسط یک متحرک با تندی متوسط آن برابر است؟ برای پاسخ خود می توانید به شکل های پرسش ۱-۱ نیز توجه کنید.

در صورتی که حرکت روی خط راست و در یک جهت باشد اندازه بردار جابه جایی و مسافت برابر است. در نتیجه اندازه سرعت متوسط با تندی متوسط متحرک برابر می شود.

اکنون سرعت متوسط را برای حالتی بررسی می کنیم که جسم بر خط راست حرکت می کند. به این منظور محوری مانند محور XX را انتخاب و فرض می کنیم که جسم در راستای آن حرکت می کند. توجه کنید که در انتخاب محور (در اینجا محور XX) مکان دلخواهی به عنوان مبدأ $(X=0)$ روی محور در نظر گرفته می شود.

برداري که مبدأ محور را به مکان جسم در هر لحظه وصل می کند بردار مکان جسم در آن لحظه نامیده می شود. شکل ۲-۱ الف و ب، بردار مکان شخصی را که در جهت محور XX می دود در دو لحظه متفاوت t_1 و t_2 نشان

می دهد. بردار مکان دونده را در این دو لحظه، می توان به صورت زیر نوشت:

$$\rightarrow d_1 = x_1 \rightarrow i \quad \text{و} \quad \rightarrow d_2 = x_2 \rightarrow i$$

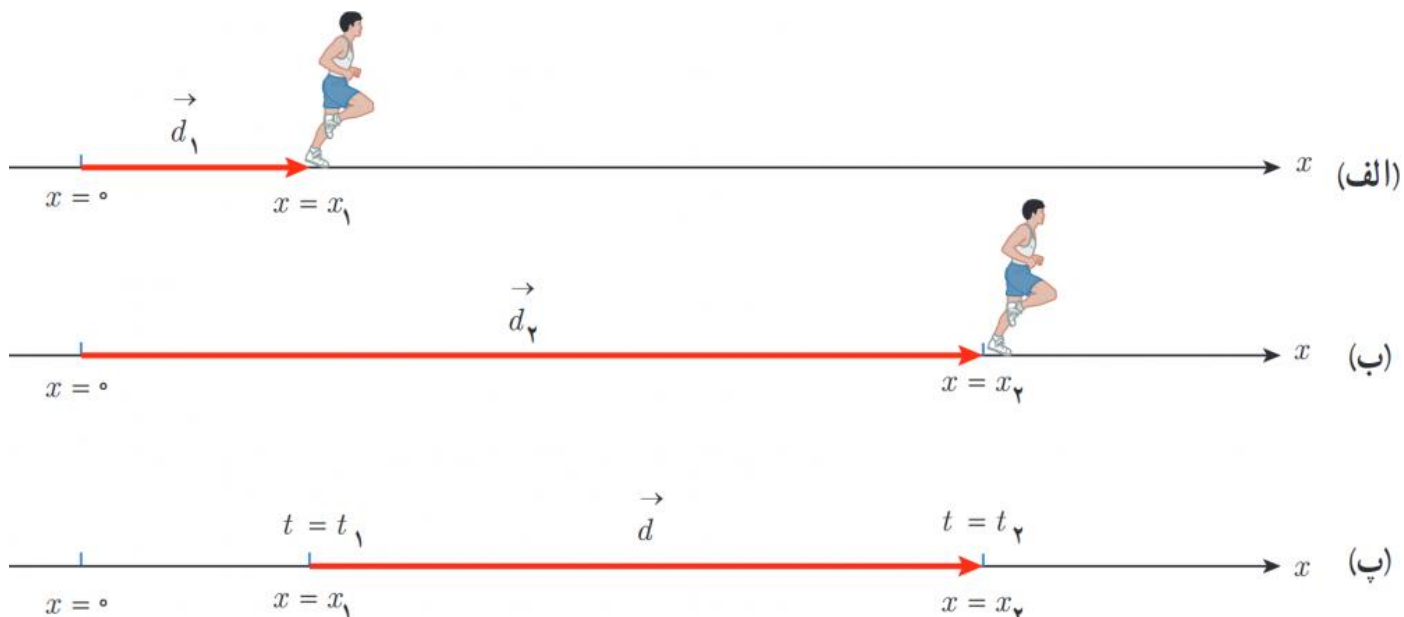
در این صورت و با توجه به شکل ۲-۱ پ، بردار جابه جایی دونده برابر است با:

$$\rightarrow d = \rightarrow d_2 - \rightarrow d_1 = x_2 \rightarrow i - x_1 \rightarrow i = (\Delta x) \rightarrow i$$

به این ترتیب رابطه ۲-۱ مربوط به سرعت متوسط دونده را می توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$\rightarrow v_{av} = \Delta x / \Delta t \rightarrow \vec{v} = \Delta \vec{x} / \Delta t$$

(محور XX)

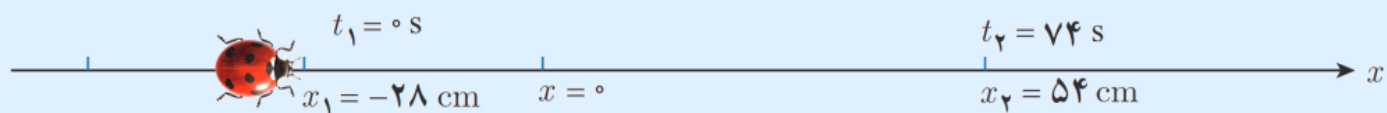


شکل ۲-۱ (الف) و (ب) بردار مکان دونده در دو لحظه متفاوت و (پ) بردار جابه جایی آن

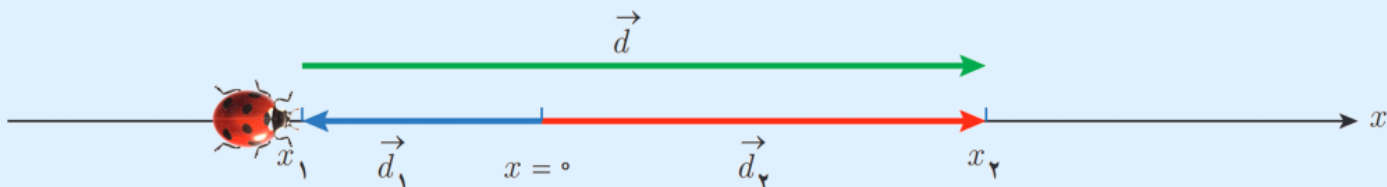
مثال ۲-۱

کفش دوزکی که در جهت محور XX در حرکت است، در لحظه‌های $t_1 = 0 \text{ s}$ و $t_2 = 74 \text{ s}$ به ترتیب از مکان‌های $x_1 = -28 \text{ cm}$ و $x_2 = 54 \text{ cm}$ می‌گذرد. (الف) بردارهای مکان در لحظه‌های t_1 و t_2 و بردار جابه جایی کفش دوزک در این بازه زمانی را رسم کنید.

(ب) سرعت متوسط کفش دوزک را در این بازه زمانی پیدا کنید.



(پاسخ: الف)



(ب) چون کفش دوزک در راستای خط راست حرکت می‌کند، سرعت متوسط آن برابر است با:

$$V_{av} = \Delta x \Delta t \rightarrow i = x_2 - x_1 t_2 - t_1 \rightarrow i = \Delta x \Delta t \rightarrow i = (1/1 \text{ cm/s}) \rightarrow i v_{av} = \Delta x \Delta t i \rightarrow = x_2 - x_1 t_2 - t_1 i \rightarrow = \Delta x \Delta t i \rightarrow = (1/1 \text{ cm/s}) i \rightarrow$$

تمرین ۱-۱ (صفحه ۵ کتاب درسی)

جدول زیر را کامل کنید. فرض کنید هر چهار متحرک در مدت زمان $4/0 \text{ s}$ فاصله بین مکان آغازین و مکان پایانی را طی می کنند.

جهت حرکت	$V_{av} = \Delta x \Delta t$ سرعت متوسط $\Delta t = \Delta t =$ بردار جابه جایی	مکان پایانی	مکان آغازین	
XX جهت مثبت محور	$\rightarrow V = 8/4 \rightarrow i = (2/1 \text{ m/s}) \rightarrow i v \rightarrow = 8/4 i \rightarrow \Delta x = (2/1 \text{ m/s}) i \rightarrow$	$(6/4 \text{ m}) \rightarrow i (6/4 \text{ m}) i \rightarrow$	$(-2/0 \text{ m}) \rightarrow i (-2/0 \text{ m}) i \rightarrow$	AA متحرک
XX جهت منفی محور	$(1/60 \text{ m/s}) \rightarrow i (1/60 \text{ m/s}) i \rightarrow$	$(-2/50 \text{ m}) \rightarrow i (-2/50 \text{ m}) i \rightarrow$	$(3/1 \text{ m}) \rightarrow i (3/1 \text{ m}) i \rightarrow$	BB متحرک

جهت حرکت	$V_{av} = \Delta x / \Delta t$ سرعت متوسط	$\Delta t = \Delta t =$ بردار جابه جایی	مکان پایانی	مکان آغازین	
XX جهت مثبت محور	$(1/15 \text{ m/s}) \rightarrow i$ $(1/15 \text{ m/s}) i \rightarrow$	$(6/6 \text{ m}) \rightarrow$ $i(6/6 \text{ m}) i \rightarrow$	$(8/6 \text{ m}) \rightarrow$ $i(8/6 \text{ m}) i \rightarrow$	$(2/0 \text{ m}) \rightarrow$ $i(2/0 \text{ m}) i \rightarrow$	CC متحرک رک
XX جهت منفی محور	$(2/4 \text{ m/s}) \rightarrow i$ $(2/4 \text{ m/s}) i \rightarrow$	$(-9/6 \text{ m}) \rightarrow i$ $(-9/6 \text{ m}) i \rightarrow$	$(-11 \text{ m}) \rightarrow i$ $(-11 \text{ m}) i \rightarrow$	$(-1/4 \text{ m}) \rightarrow i$ $(-1/4 \text{ m}) i \rightarrow$	DD متحرک رک

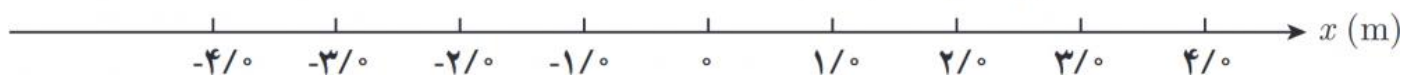
از آنجا که در ادامه این فصل، تنها حرکت اجسام بر خط راست بررسی می‌شود، جابه جایی متحرک را به جای بردار $\vec{d} \rightarrow$ به صورت Δx و سرعت متوسط را به جای بردار $\vec{v} \rightarrow$ به صورت v به صورت رابطه زیر در حل مسئله‌ها به کار می‌بریم. در این صورت علامت جبری Δx و v جهت جابه جایی را نشان می‌دهند. اگر متحرک در جهت محور XX حرکت کند جابه جایی و سرعت متوسط آن مثبت و اگر متحرک در خلاف جهت محور XX حرکت کند، جابه جایی و سرعت متوسط آن منفی خواهد بود (شکل ۳-۱).

(۱-۴) (رابطه سرعت متوسط برای حرکت در راستای)

$$V_{av} = \Delta x / \Delta t \quad v_{av} = \Delta x / \Delta t \quad V_{av} = \Delta x / \Delta t \quad v_{av} = \Delta x / \Delta t \quad \text{(محور XX)}$$

جهت حرکت منفی ←

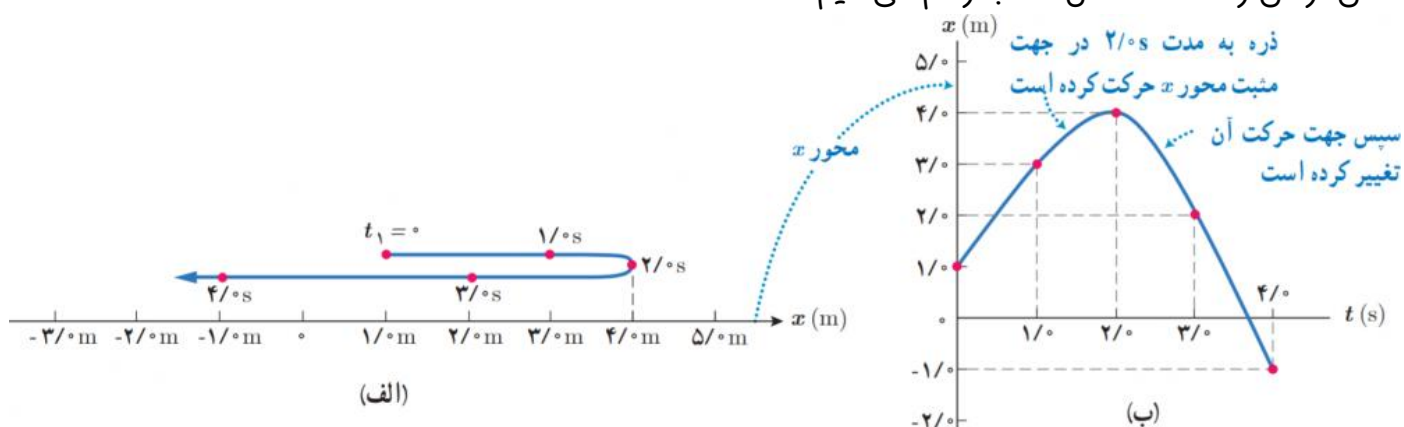
→ جهت حرکت مثبت



شکل ۳-۱ مکانی که روی یک محور تعیین می‌شود برحسب یکای طول (در اینجا متر) نشانه گذاری می‌شود و در دو جهت تا بی نهایت ادامه دارد. نام محور، در اینجا XX، در قسمت مثبت نوشته می‌شود.

برای توصیف حرکت یک جسم می‌توان از نمودار مکان زمان، که مکان جسم را در هر لحظه نشان می‌دهد، استفاده کرد. برای رسم این نمودار، زمان را روی محور افقی و مکان را روی محور قائم در نظر می‌گیریم. برای مثال، به حرکت ذره‌ای که در شکل ۴-۱ الف نشان داده شده است، توجه کنید. این ذره در لحظه $t_1 = 0 \text{ s}$ در مکان $x_1 = 1/0 \text{ m}$ ، در لحظه $t_2 = 1/0 \text{ s}$ در مکان $x_2 = 3/0 \text{ m}$ قرار دارد و به همین ترتیب در لحظه‌های دیگر در مکان‌های دیگر. اگر

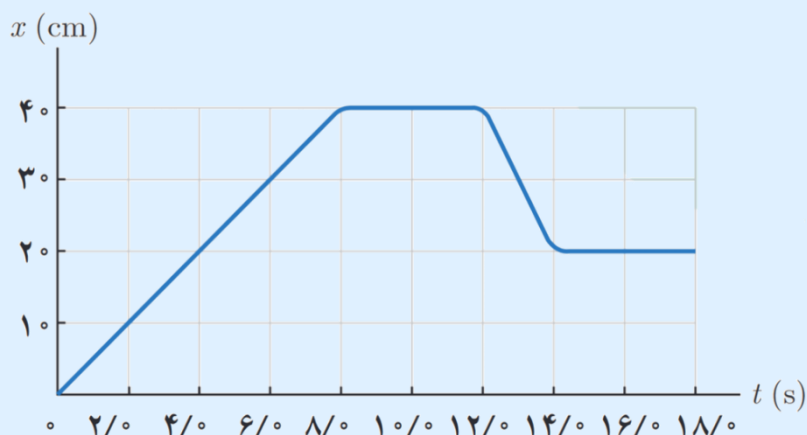
بخواهیم نمودار مکان - زمان حرکت این ذره را رسم کنیم، ابتدا هر یک از محورهای مکان و زمان را با مقیاسی مناسب مدرج می‌کنیم. سپس نقاطی از نمودار را که مربوط به هر یک از زمان‌ها و مکان‌های داده شده است، در صفحه $x-t$ مشخص می‌کنیم و با وصل کردن این نقاط به هم، به وسیله یک منحنی (خم) هموار، نمودار مکان زمان را همانند شکل ۴-۱ ب رسم می‌کنیم.



شکل ۴-۱ الف) مسیر حرکت ذره در امتداد محور XX . ب) نمودار مکان - زمان متحرک

مثال ۳-۱

شکل روبه رو نمودار مکان - زمان مورچه‌ای را نشان می‌دهد که در راستای محور XX در حرکت است.



الف) در کدام بازه زمانی مورچه در جهت محور XX حرکت می‌کند؟

ب) در کدام بازه زمانی مورچه در خلاف جهت محور XX حرکت می‌کند؟

پ) در کدام بازه‌های زمانی مورچه ایستاده است؟

ت) در کدام لحظه‌هایی فاصله مورچه از مبدأ 30cm است؟

ث) در کدام بازه زمانی فاصله مورچه از مبدأ محور بیشترین مقدار است؟

ج) جابه جایی و سرعت متوسط مورچه را در بازه زمانی 4 s تا 8 s پیدا کنید.

پاسخ: الف) در بازه زمانی $t=0\text{ s}$ تا $t=8\text{ s}$ زیرا در این بازه، XX همواره در حال افزایش است.

ب) در بازه زمانی $t=12\text{ s}$ تا $t=14\text{ s}$ ، زیرا در بازه، XX همواره در حال کاهش است.
پ) در بازه‌های

زمانی $t=8\text{ s}$ تا $t=12\text{ s}$ و $t=14\text{ s}$ تا $t=18\text{ s}$

ت) در لحظه‌های $t=6\text{ s}$ و $t=13\text{ s}$

ث) در بازه زمانی $t=8\text{ s}$ تا $t=12\text{ s}$

ج)

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 40\text{cm} - 20\text{cm} = 20\text{cm}$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{20\text{cm}}{8\text{s} - 4\text{s}} = 5\text{cm/s}$$

علامت مثبت نشان می‌دهد که مورچه در جهت مثبت محور XX جابه جا شده است.

تعیین سرعت متوسط به کمک نمودار مکان - زمان: دوباره به نمودار شکل ۴-۱ که پاره خط بین دو نقطه دلخواه

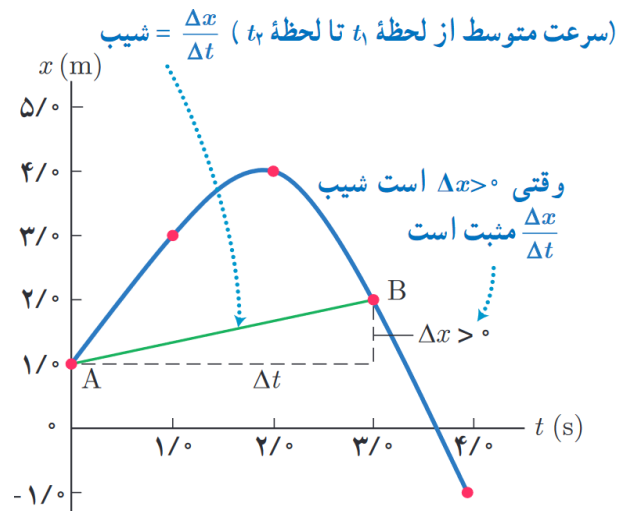
آن مطابق شکل ۵-۱ رسم شده است توجه کنید. همان طور که از درس ریاضی می‌دانید نسبت $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ برابر

شیب پاره خطی است که دو نقطه AA و BB را به هم وصل می‌کند. از سوی دیگر با توجه به رابطه ۴-۱

می‌دانیم که این نسبت برابر سرعت متوسط متحرک در بازه زمانی t_1 تا t_2 است. به این ترتیب می‌توان

نتیجه گرفت که سرعت متوسط متحرک بین دو لحظه از زمان برابر شیب پاره خطی است که نقاط نظیر آن دو

لحظه در نمودار مکان - زمان را به یکدیگر وصل می‌کند.



۲/۰- شکل ۵-۱ سرعت متوسط بین دو

لحظه $t_1=0$ تا $t_2=3$ و $t_1=0$ تا $t_2=3$

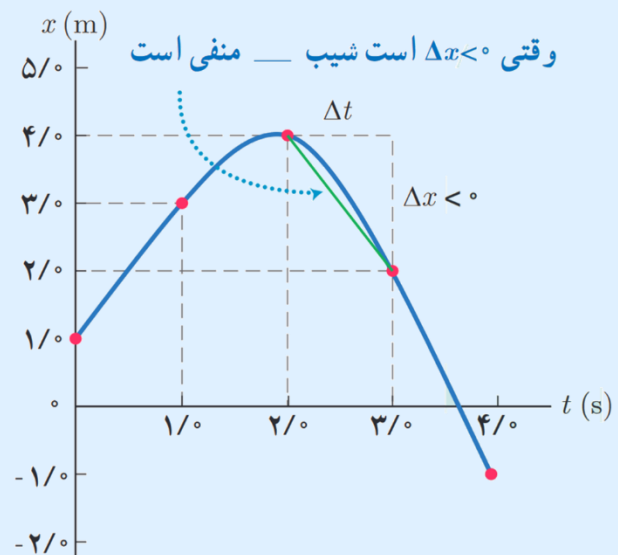
مثال ۴-۱

با توجه به نمودار مکان - زمان شکل ۴-۱، سرعت متوسط ذره را در بازه زمانی $t_1=2/0$ تا $t_2=3/0$ به دست آورید.

پاسخ: از رابطه ۴-۱ داریم:

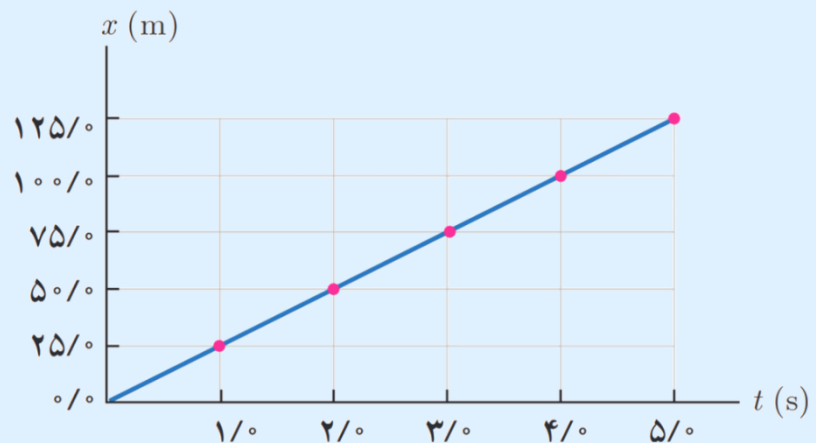
$$V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2/0 \text{ m} - 4/0 \text{ m}}{3/0 \text{ s} - 2/0 \text{ s}} = -2/0 \text{ m/s}$$

علامت منفی V_{av} نشان می‌دهد که شیب خط واصل بین این دو نقطه از نمودار مکان - زمان، منفی است. توجه کنید که بدون محاسبه V_{av} نیز، با توجه به فهم هندسی‌ای که از منفی بودن شیب خط واصل دو نقطه نمودار داریم، می‌توانستیم به منفی بودن V_{av} پی ببریم.



مثال ۵-۱

نمودار مکان - زمان موتورسواری که بر خط راست حرکت می‌کند مطابق شکل روبه رو است. سرعت متوسط موتورسوار را در هر یک از بازه‌های زمانی 0 s تا 1 s ، 1 s تا 2 s ، 2 s تا 3 s ، 3 s تا 4 s ، 4 s تا 5 s محاسبه کنید.



نتایج به دست آمده را با هم مقایسه و تفسیر کنید.

پاسخ: با توجه به داده‌های روی نمودار و بنا به رابطه ۴-۱، سرعت متوسط موتورسوار، برای هر یک از بازه‌های زمانی خواسته شده، برابر است با:

بازه

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{25\text{ m} - 0\text{ m}}{1\text{ s} - 0\text{ s}} = 25\text{ m/s}$$

زمانی 0 s تا 1 s

$$= \frac{25\text{ m} - 0\text{ m}}{1\text{ s} - 0\text{ s}} = 25\text{ m/s}$$

بازه

$$V_{av} = \Delta x / \Delta t = 100 \text{ m} - 50 \text{ m} / 4 \text{ s} - 2 \text{ s} = 25 \text{ m/s} \quad \text{زمانی } 2 \text{ s} \text{ تا } 4 \text{ s}$$

$$V_{av} = \Delta x / \Delta t = 100 \text{ m} - 50 \text{ m} / 4 \text{ s} - 2 \text{ s} = 25 \text{ m/s}$$

بازه

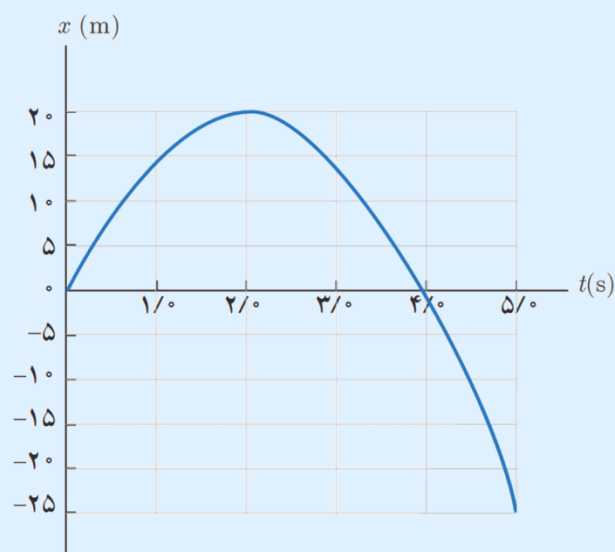
$$V_{av} = \Delta x / \Delta t = 125 \text{ m} - 25 \text{ m} / 5 \text{ s} - 1 \text{ s} = 20 \text{ m/s} \quad \text{زمانی } 1 \text{ s} \text{ تا } 5 \text{ s}$$

$$V_{av} = \Delta x / \Delta t = 125 \text{ m} - 25 \text{ m} / 5 \text{ s} - 1 \text{ s} = 20 \text{ m/s}$$

اگر در هر بازه زمانی دلخواه دیگری نیز سرعت متوسط موتورسوار را حساب کنید، خواهید دید که همین مقدار برای آن به دست می‌آید. از آنجا که شیب نمودار مکان زمان برای هر بازه زمانی دلخواه برابر سرعت متوسط متحرک است، با توجه به ثابت بودن شیب نمودار مکان - زمان موتورسوار در طول حرکت، چنین انتظاری می‌رفت.

مثال ۶-۱

شکل روبه رو، نمودار مکان - زمان خودرویی را نشان می‌دهد که روی خط راست حرکت می‌کند.



الف) با استفاده از داده‌های روی شکل، سرعت متوسط خودرو را در هر یک از بازه‌های زمانی 0 s تا 2 s ، 2 s تا 4 s ، 4 s تا 5 s ، 0 s تا 4 s ، 2 s تا 5 s ، 0 s تا 5 s حساب کنید.

ب) در کدام یک از این بازه‌های زمانی، سرعت متوسط در جهت محور XX و در کدام یک در خلاف جهت محور XX است؟

پاسخ: الف) با توجه به داده‌های روی نمودار و بنا به رابطه ۳-۱، سرعت متوسط خودرو برای هر یک از بازه‌های زمانی خواسته شده، برابر است با:

بازه

$$V_{av} = \Delta x / \Delta t = 20m - 0m / 2s - 0s = 10m/s \quad \text{زمانی } 0s \text{ تا } 2s$$

$$V_{av} = \Delta x / \Delta t = 20m - 0m / 2s - 0s = 10m/s$$

بازه

$$V_{av} = \Delta x / \Delta t = 0m - 0m / 4s - 0s = 0m/s \quad \text{زمانی } 0s \text{ تا } 4s$$

$$V_{av} = \Delta x / \Delta t = 0m - 0m / 4s - 0s = 0m/s$$

بازه

$$V_{av} = \Delta x / \Delta t = 0m - 20m / 4s - 2s = -10m/s \quad \text{زمانی } 2s \text{ تا } 4s$$

$$V_{av} = \Delta x / \Delta t = 0m - 20m / 4s - 2s = -10m/s$$

بازه

$$V_{av} = \Delta x / \Delta t = -20m - 20m / 5s - 2s = -10m/s \quad \text{زمانی } 2s \text{ تا } 5s$$

$$V_{av} = \Delta x / \Delta t = -20m - 20m / 5s - 2s = -10m/s$$

بازه

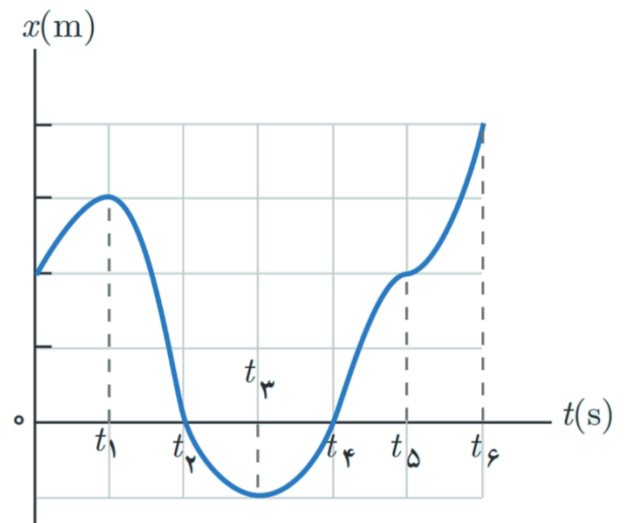
$$V_{av} = \Delta x / \Delta t = -20m - 0m / 5s - 4s = -20m/s \quad \text{زمانی } 4s \text{ تا } 5s$$

$$V_{av} = \Delta x / \Delta t = -20m - 0m / 5s - 4s = -20m/s$$

ب) در بازه‌های زمانی‌ای که سرعت متوسط خودرو مثبت است، سرعت متوسط خودرو در جهت محور XX و در بازه‌های زمانی‌ای که سرعت متوسط منفی است، سرعت متوسط خودرو در خلاف جهت محور XX است

پرسش ۳-۱ (صفحه ۸ کتاب درسی)

با توجه به نمودار مکان - زمان شکل روبه رو به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:



الف) متحرک چند بار از مبدأ مکان عبور می‌کند؟

دو بار در لحظه‌های t_2 و t_4 ، زیرا در این لحظه‌ها نمودار مکان - زمان محور زمان را قطع کرده و $x=0$ شده است.

ب) در کدام بازه‌های زمانی متحرک در حال دور شدن از مبدأ است؟

در بازه‌های $(0 \text{ تا } t_2)$ ، $(t_1 \text{ تا } t_3)$ و $(t_4 \text{ تا } t_6)$ متحرک در حال دور شدن از مبدأ است

پ) در کدام بازه‌های زمانی متحرک در حال نزدیک شدن به مبدأ است؟

در بازه‌های $(t_1 \text{ تا } t_2)$ و $(t_3 \text{ تا } t_4)$ متحرک در حال نزدیک شدن از مبدأ است

ت) جهت حرکت چند بار تغییر کرده است؟ در چه لحظه‌هایی؟

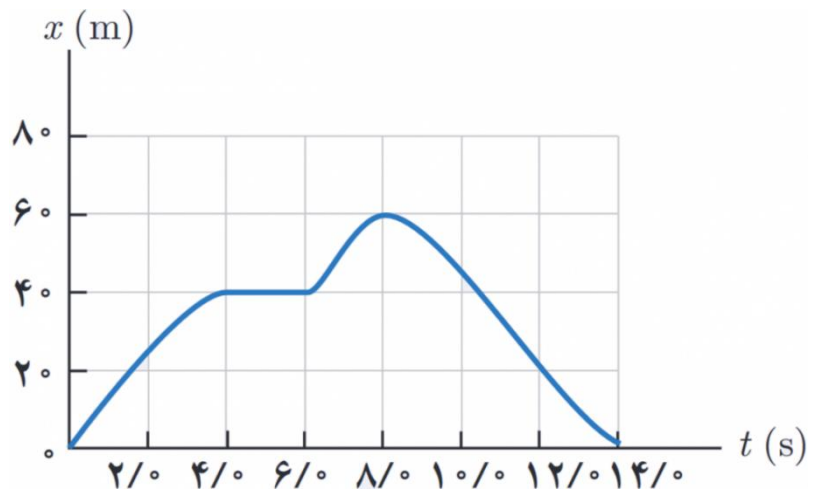
در نقاط ماکزیمم یا مینیمم در نمودار مکان - زمان سرعت متحرک صفر شده است و اگر شیب نمودار عوض شود،

جهت حرکت عوض شده است. بنابراین دو بار و در لحظه‌های t_1 و t_3

ث) جابه جایی کل در جهت محور XX است یا خلاف آن؟ در جهت محور XX

تمرین ۲-۱ (صفحه ۹ کتاب درسی)

شکل روبه رو نمودار مکان - زمان دوچرخه سواری را نشان می‌دهد که روی مسیری مستقیم در حال حرکت است.



الف) در کدام لحظه دوچرخه سوار بیشترین فاصله از مبدأ را دارد؟
در لحظه $t = 8s$ و فاصله دوچرخه سوار از مبدأ $6m$ است.

ب) در کدام بازه‌های زمانی دوچرخه سوار در جهت محور XX حرکت می‌کند؟
در بازه $(0 \text{ تا } 8s)$ و $(6s \text{ تا } 8s)$

پ) در کدام بازه زمانی دوچرخه سوار در خلاف جهت محور XX حرکت می‌کند؟
در بازه $(8s \text{ تا } 14s)$

ت) در کدام بازه زمانی، دوچرخه سوار ساکن است؟ در بازه $(6s \text{ تا } 8s)$

ث) تندی متوسط و سرعت متوسط دوچرخه سوار را در هر یک از بازه‌های زمانی $0s \text{ تا } 2s$ ، $2s \text{ تا } 4s$ ، $4s \text{ تا } 6s$ ، $6s \text{ تا } 8s$ ، $8s \text{ تا } 10s$ ، $10s \text{ تا } 12s$ ، $12s \text{ تا } 14s$ حساب کنید.

سرعت متوسط	تندی متوسط	بازه زمانی
$v_{av} = 2 \text{ m/s}$	$s_{av} = 2 \text{ m/s}$	$0s \text{ تا } 2s$
$v_{av} = 2 \text{ m/s}$	$s_{av} = 2 \text{ m/s}$	$2s \text{ تا } 4s$
$v_{av} = 0 \text{ m/s}$	$s_{av} = 0 \text{ m/s}$	$4s \text{ تا } 6s$
$v_{av} = 0.5 \text{ m/s}$	$s_{av} = 0.5 \text{ m/s}$	$6s \text{ تا } 8s$
$v_{av} = -0.5 \text{ m/s}$	$s_{av} = -0.5 \text{ m/s}$	$8s \text{ تا } 14s$

$V_{av} = \frac{40 - 20}{3} = \frac{20}{3} \text{ m/s}$ $\frac{20}{3} = \frac{20}{3} \text{ m/s}$	$S_{av} = \frac{40 - 20}{3} = \frac{20}{3} \text{ m/s}$ $\frac{20}{3} = \frac{20}{3} \text{ m/s}$	20 s تا 40 s 20 s
$V_{av} = \frac{0 - 10}{1} = -10 \text{ m/s}$ $\frac{0 - 10}{1} = -10 \text{ m/s}$	$S_{av} = \frac{10 - 0}{1} = 10 \text{ m/s}$ $\frac{10 - 0}{1} = 10 \text{ m/s}$	10 s تا 20 s 10 s
$V_{av} = \frac{0 - 10}{1} = -10 \text{ m/s}$ $\frac{0 - 10}{1} = -10 \text{ m/s}$	$S_{av} = \frac{10 - 0}{1} = 10 \text{ m/s}$ $\frac{10 - 0}{1} = 10 \text{ m/s}$	10 s تا 20 s 10 s

تندی لحظه‌ای و سرعت لحظه‌ای: تندی متحرک در هر لحظه از زمان را **تندی لحظه‌ای** می‌نامند. اگر هنگام گزارش تندی لحظه‌ای، به جهت حرکت متحرک نیز اشاره شود، در واقع **سرعت لحظه‌ای** ($V \rightarrow$) ($\rightarrow V$) آن را، که کمیتی برداری است بیان کرده‌ایم. برای مثال وقتی درون خودرویی به طرف شمال در حال حرکت باشید و در نقطه‌ای از مسیر، عقربه تندی سنج خودروی شما روی 100 km/h باشد (شکل ۱-۶)، تندی لحظه‌ای خودرو برابر 100 km/h و سرعت لحظه‌ای آن 100 km/h به طرف شمال است. برای سادگی، بیشتر وقت‌ها سرعت لحظه‌ای و تندی لحظه‌ای را به ترتیب به صورت سرعت و تندی بیان می‌کنند. از آنجا که در ادامه این فصل تنها حرکت اجسام بر خط راست بررسی می‌شود، سرعت لحظه‌ای متحرک را در حل مسئله‌ها به جای بردار $V \rightarrow$ به صورت V به کار می‌بریم. هر گاه متحرک در جهت مثبت محور XX حرکت کند V مثبت است و هر گاه در جهت منفی محور حرکت کند V منفی است.



شکل ۱-۶ عقربه تندی سنج، تندی لحظه‌ای خودرو را نشان می‌دهد و هیچ گونه اطلاعاتی در خصوص جهت حرکت خودرو به ما گزارش نمی‌کند.

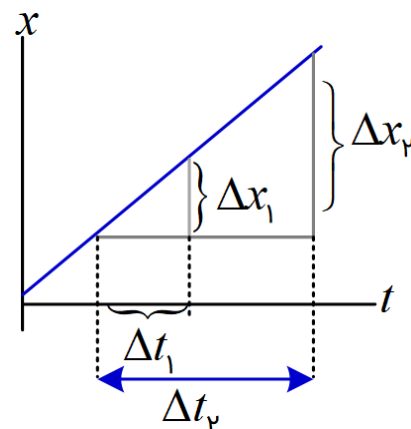
توجه: واژه لحظه در فیزیک با کاربرد محاوره‌ای آن در زندگی روزمره متفاوت است. همه ما ممکن است عبارت «لطفاً کمی صبر کن. تنها یک لحظه طول می‌کشد» در موارد زیادی به کار ببریم که منظور یک بازه زمانی کوتاه، مثلاً چند ثانیه یا چند دقیقه است. ولی در فیزیک یک لحظه به هیچ وجه طول نمی‌کشد؛ لحظه به یک تک مقدار از زمان اشاره دارد.

پرسش ۴-۱ (صفحه ۹ کتاب درسی)

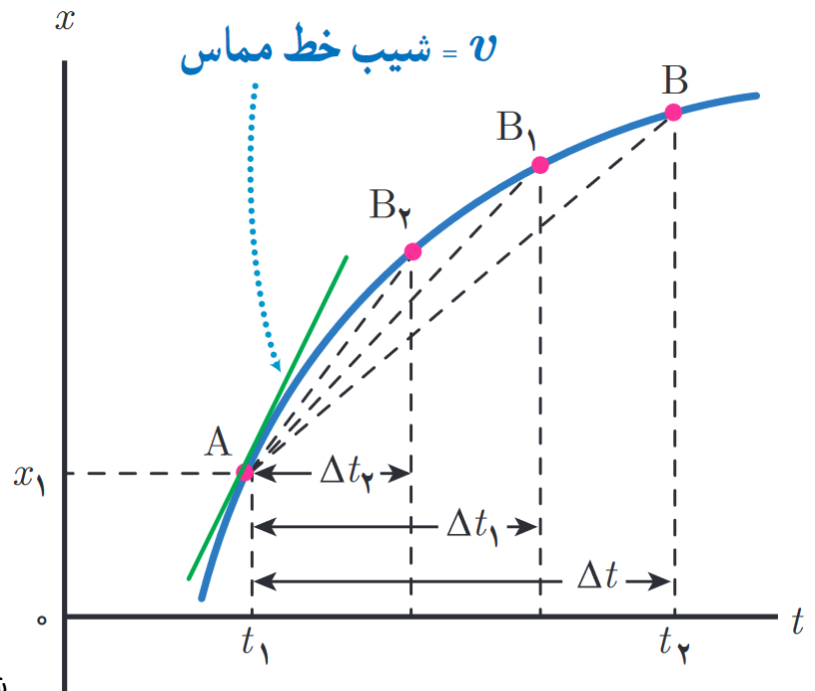
از روی نمودار مکان - زمان توضیح دهید در چه صورت سرعت لحظه‌ای متحرک همواره با سرعت متوسط آن برابر است.

در صورتی که نمودار مکان - زمان به صورت یک خط مایل باشد.

زیرا طبق شکل مقابل و اینکه $\Delta x_1 \Delta t_1 = \Delta x_2 \Delta t_2 \Rightarrow \bar{v}_{av1} = \bar{v}_{av2}$ ، $\Delta x_1 \Delta t_1 = \Delta x_2 \Delta t_2 \Rightarrow \bar{v}_{av1} = \bar{v}_{av2}$ هرچه Δt کوچک و کوچک‌تر شود این شیب ثابت می‌ماند.



تعیین سرعت لحظه‌ای به کمک نمودار مکان - زمان: پیش از این دیدیم که سرعت متوسط متحرک بین هر دو لحظه دلخواه، برابر شیب خطی است که نمودار مکان - زمان را در آن دو لحظه قطع می‌کند. همان طور که در شکل ۷-۱ دیده می‌شود اگر Δt به تدریج کوچک و کوچک‌تر شود، نقطه BB به نقطه AA نزدیک و نزدیک‌تر می‌شود؛ به طوری که اگر $\Delta t \rightarrow 0$ به سمت صفر میل کند $(\Delta t \rightarrow 0)$ نقطه AA بسیار نزدیک می‌شود و سرانجام خط واصل بین این دو نقطه به خط مماس بر نمودار در نقطه AA میل می‌کند. در این حالت، شیب خط مماس برابر سرعت متحرک در لحظه t است. به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که: **سرعت در هر لحظه دلخواه t ، برابر شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان در آن لحظه است.**



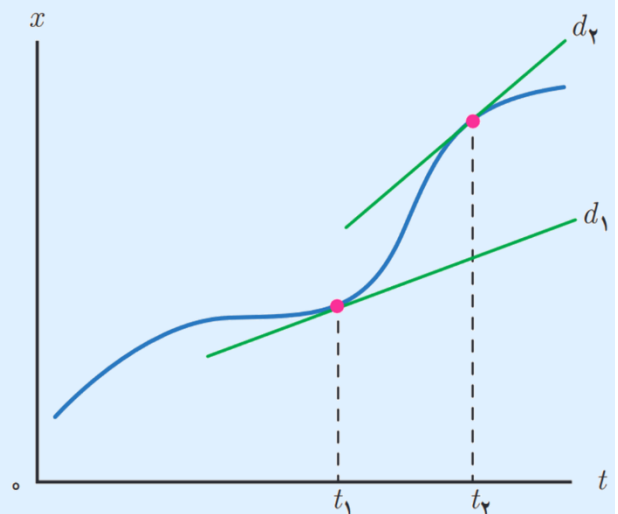
شکل ۷-۱ با کوچک شدن تدریجی Δt ،

نقطه BB به نقطه AA نزدیک می‌شود. در این صورت خط واصل بین این دو نقطه، در حالتی که بازه زمانی Δt خیلی خیلی کوچک شود، به خط مماس بر منحنی در نقطه AA میل می‌کند. به این ترتیب شیب این خط، برابر با سرعت متحرک در لحظه t_1 است.

مثال ۷-۱

شکل روبه رو نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می‌دهد که در امتداد محور XX در حرکت است. d_1 و d_2 خط‌های مماس بر منحنی را در دو لحظه متفاوت نشان می‌دهند. در کدام لحظه سرعت

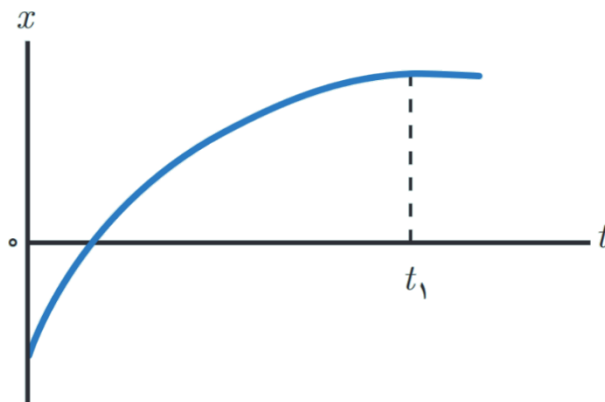
متحرک بیشتر است؟



پاسخ: با توجه به شکل، شیب خط d_2d_2 بیشتر از شیب خط d_1d_1 است. بنابراین سرعت متحرک در لحظه t_2t_2 بیشتر از سرعت آن در لحظه t_1t_1 است $(v_2 > v_1)$. توجه کنید که شیب هر دو خط مثبت است و بنابراین سرعت نیز در هر دو لحظه مثبت، یعنی در جهت محور XX است.

پرسش ۵-۱ (صفحه ۱۰ کتاب درسی)

شکل روبه رو نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می‌دهد که در امتداد محور XX در حرکت است.



الف) از لحظه صفر تا لحظه t_1t_1 سرعت متحرک رو به افزایش است یا کاهش؟

شیب نمودار سرعت - زمان برابر سرعت لحظه‌ای بوده و مطابق شکل این شیب در حال کاهش است. پس سرعت متحرک در حال کاهش است.

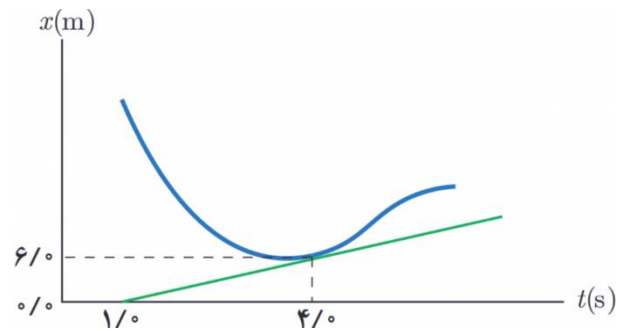
ب) اگر در لحظه t_1t_1 خط مماس بر منحنی موازی محور زمان باشد، سرعت متحرک در این لحظه چقدر است؟ صفر است.

تمرین ۳-۱ (صفحه ۱۰ کتاب درسی)

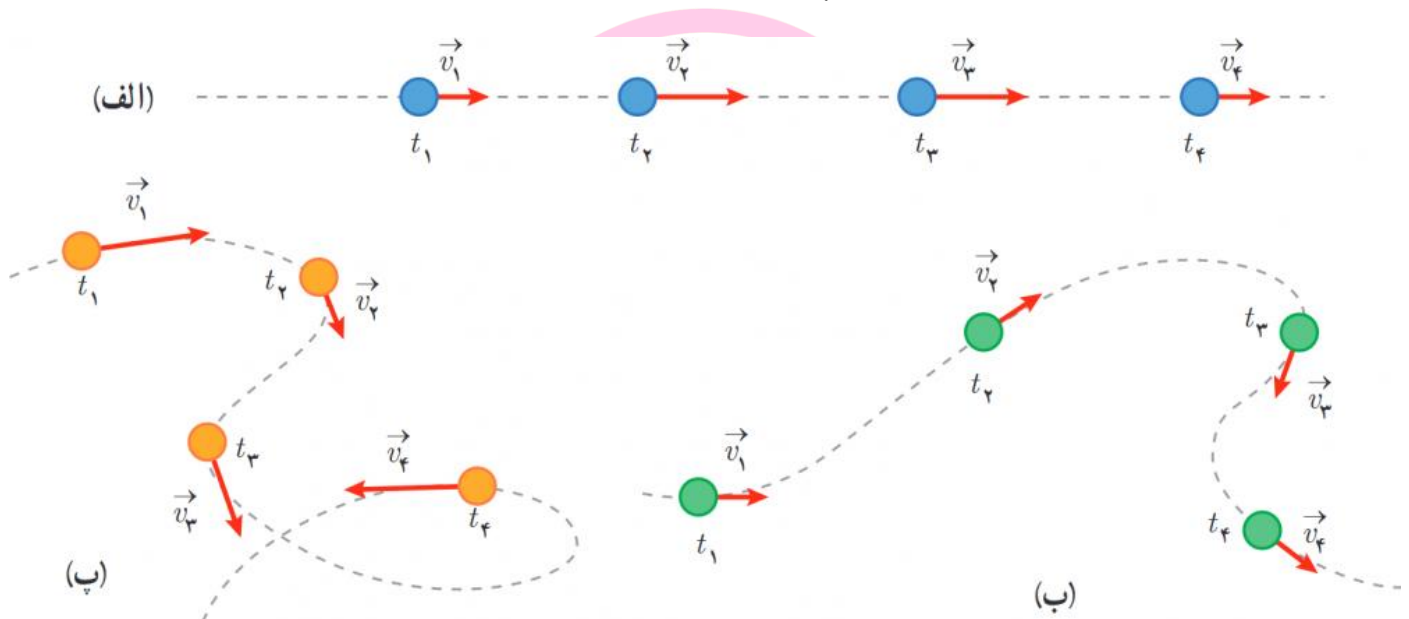
شکل روبه رو نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می‌دهد. خط مماس بر منحنی در لحظه $t = 4/s, t = 4/s$ ، رسم شده است. سرعت متحرک را در این لحظه پیدا کنید.

نقشه راه: سرعت در لحظه $4s4s$ برابر شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان در این لحظه است. بنابراین

$$4s4s \text{ سرعت در لحظه } V(t=4s) = 7 - 0.4 - 1 = 2m/s \quad V(t=4s) = 7 - 0.4 - 1 = 2m/s$$



شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای: در علوم سال نهم دیدید که هرگاه سرعت جسمی تغییر کند حرکت آن شتاب دار است. با توجه به اینکه بردار سرعت در هر نقطه از مسیر، بر مسیر حرکت مماس است ۱ تغییر سرعت جسم در نقاط مختلف مسیر حرکت می‌تواند به دلیل تغییر در اندازه بردار سرعت (تندی) جسم باشد (شکل ۸-۱ الف)، یا می‌تواند به دلیل تغییر در جهت بردار سرعت آن باشد (شکل ۸-۱ ب)، یا همچنین می‌تواند به دلیل تغییر در اندازه و جهت بردار سرعت متحرک باشد (شکل ۸-۱ پ).



شکل ۸-۱ وقتی سرعت جسمی (الف) به دلیل تغییر اندازه آن، (ب) به دلیل تغییر جهت آن و (پ) به دلیل تغییر اندازه و جهت آن تغییر کند، حرکت جسم شتاب دار است.

شتاب متوسط متحرک در هر بازه زمانی دلخواه t_1 تا t_2 به صورت رابطه ۵-۱ تعریف می‌شود که در آن $\vec{v}_1$ سرعت متحرک در لحظه t_1 و $\vec{v}_2$ سرعت متحرک در لحظه t_2 است. همان طور که دیده می‌شود شتاب متوسط $(\vec{a} \rightarrow \vec{a}v)(\rightarrow \vec{a}av)$ ، کمیتی برداری و هم جهت با بردار تغییر سرعت $(\Delta \rightarrow v)(\rightarrow \Delta v)$ است. یکای شتاب متوسط، متر بر مربع ثانیه $(m/s^2)(m/s^2)$ است.

(شتاب)

(۱-۵)

$$\vec{a}_{av} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \Delta \vec{v} / \Delta t \rightarrow \vec{a} \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 \rightarrow t_2 - t_1$$

(متوسط)

$$|\vec{a}| = \Delta v / \Delta t$$

مثال ۸-۱

خودرویی از حال سکون در امتداد محور XX شروع به حرکت می‌کند. پس از ۱۲s، سرعت خودرو به ۲۴m/s در جهت محور XX می‌رسد. شتاب متوسط خودرو را در این بازه زمانی به دست آورید.



پاسخ: از رابطه ۵-۱، داریم:

$$\vec{a}_{av} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{(24 \text{ m/s})\vec{i} - 0 \text{ m/s}}{12 \text{ s} - 0 \text{ s}} = (2 \text{ m/s}^2)\vec{i} \rightarrow \vec{a} \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 \rightarrow t_2 - t_1 = (24 \text{ m/s})\vec{i} - 0 \text{ m/s} = (2 \text{ m/s}^2)\vec{i} \rightarrow$$

همان طور که دیده می‌شود، اندازه شتاب متوسط خودرو ۲/۰m/s^۲ و شتاب در جهت محور XX است.

اگر متحرک در یک راستا حرکت کند رابطه ۵-۱ را می‌توان به صورت زیر به کار برد ولی با توجه به ماهیت برداری ۷۱۷۱ و ۷۲۷۲ باید به علامت‌های جبری آنها که نشان دهنده جهت آنهاست توجه کنیم.

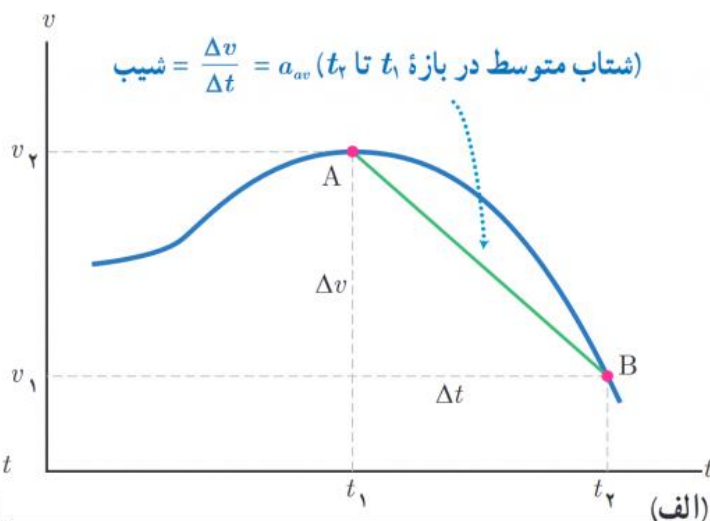
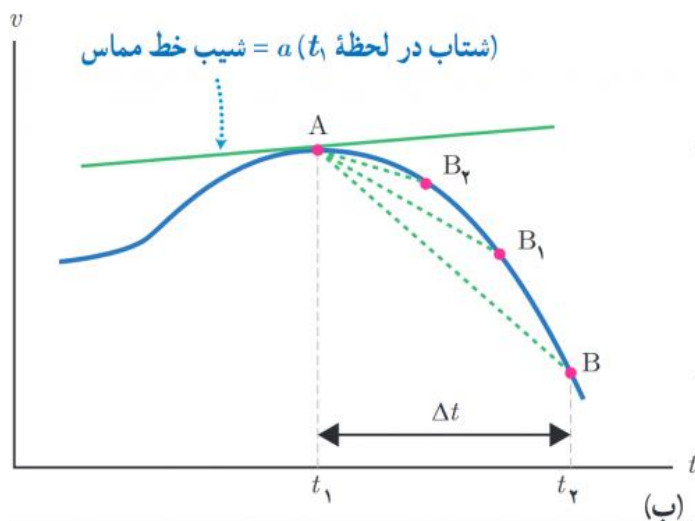
(شتاب متوسط در حرکت بر خط)

(۱-۶)

$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \Delta v / \Delta t \rightarrow a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \Delta v / \Delta t$$

(راست)

تعیین شتاب متوسط و لحظه‌ای به کمک نمودار سرعت - زمان: در شکل ۹-۱ الف، نمودار سرعت زمان متحرکی نشان داده شده است که روی خط راست حرکت می‌کند. با توجه به تعریف شتاب متوسط، معلوم می‌شود، که شتاب متوسط بین دو لحظه برابر شیب خطی است که نمودار سرعت زمان را در آن دو لحظه قطع می‌کند. همان طور که در شکل ۹-۱ ب دیده می‌شود، اگر Δt به سمت صفر میل کند $(\Delta t \rightarrow 0)$ خط واصل بین نقطه‌های AA و BB، به خط مماس بر نمودار در نقطه AA میل می‌کند. در این حالت، شیب خط مماس برابر شتاب متحرک در لحظه t است. به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که: **شتاب در هر لحظه دلخواه t ، برابر شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان در آن لحظه است.** در کتاب‌های فیزیک برای سادگی، شتاب لحظه‌ای را شتاب می‌نامند و آن را با نماد $\vec{a}$ نشان می‌دهند.

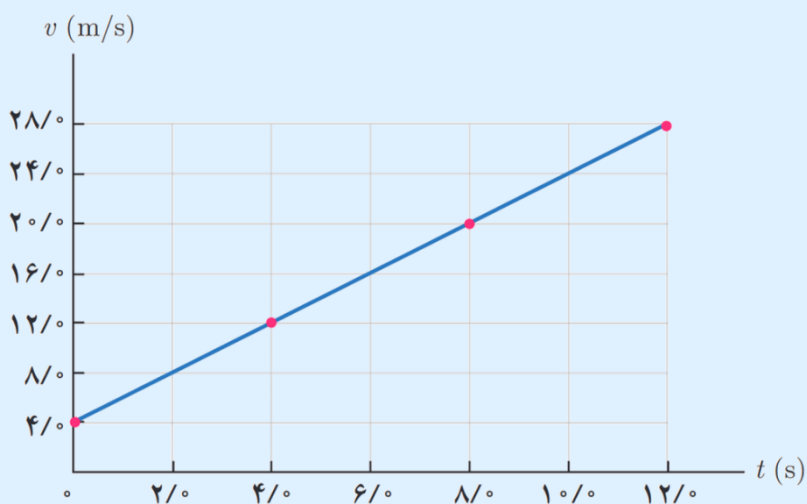


شکل ۹-۱ (الف) شتاب متوسط بین دو لحظه t_1 و t_2

(ب) شتاب متحرک در لحظه t_1

مثال ۹-۱

نمودار سرعت - زمان موتورسواری که در امتداد محور XX حرکت می‌کند در بازه زمانی $0/0S$ تا $12/0S$ ، مطابق شکل روبه رو است.



شتاب متوسط موتورسوار و جهت آن را در هر یک از بازه‌های

زمانی $0/0S$ تا $2/0S$ ، $2/0S$ تا $4/0S$ ، $4/0S$ تا $8/0S$ ، $8/0S$ تا $10/0S$ تا $12/0S$ بیابید.

پاسخ: با توجه به داده‌های روی نمودار و بنا به رابطه ۶-۱ شتاب متوسط موتورسوار، برای هر یک از بازه‌های

زمانی خواسته شده، برابر است با:

بازۀ

$$V_{av} = v_2 - v_1 \quad t_2 - t_1 = 1/0 \text{ m/s} - 4/0 \text{ m/s} \quad 2/0 \text{ s} \text{ تا } 0/0 \text{ s} \quad 2/0 \text{ m/s}$$

$$= v_2 - v_1 \quad t_2 - t_1 = 1/0 \text{ m/s} - 4/0 \text{ m/s} \quad 2/0 \text{ s} - 0/0 \text{ s} = 2/0 \text{ m/s}$$

بازۀ

$$V_{av} = v_2 - v_1 \quad t_2 - t_1 = 20/0 \text{ m/s} - 12/0 \text{ m/s} \quad 8/0 \text{ s} - 4/0 \text{ s} = 2/0 \text{ m/s}$$

$$a_v = v_2 - v_1 \quad t_2 - t_1 = 20/0 \text{ m/s} - 12/0 \text{ m/s} \quad 8/0 \text{ s} - 4/0 \text{ s} = 2/0 \text{ m/s}$$

بازۀ

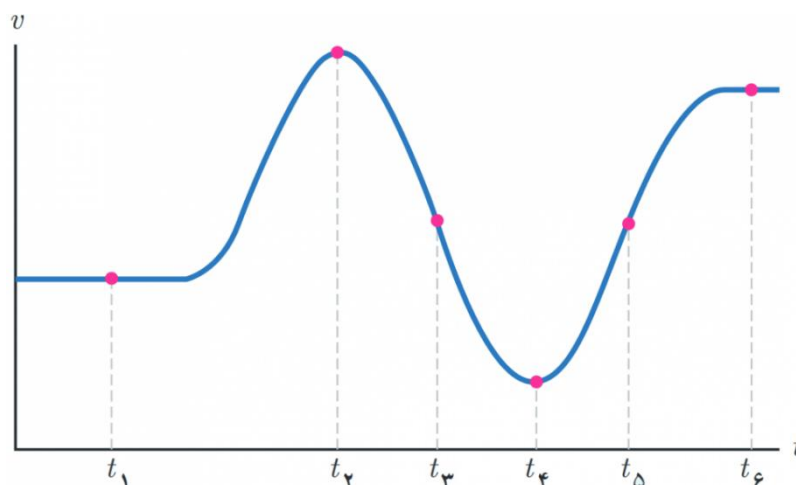
$$V_{av} = v_2 - v_1 \quad t_2 - t_1 = 28/0 \text{ m/s} - 24/0 \text{ m/s} \quad 12/0 \text{ s} - 10/0 \text{ s} = 2/0 \text{ m/s}$$

$$s_v a_v = v_2 - v_1 \quad t_2 - t_1 = 28/0 \text{ m/s} - 24/0 \text{ m/s} \quad 12/0 \text{ s} - 10/0 \text{ s} = 2/0 \text{ m/s}$$

با توجه به علامت مثبت V_{av} در هر سه بازۀ زمانی، شتاب متوسط در جهت مثبت محور XX است. اگر در هر بازۀ زمانی دلخواه دیگری نیز شتاب متوسط موتورسوار را حساب کنید با توجه به ثابت بودن شیب نمودار سرعت - زمان، اندازه و جهت یکسانی برای شتاب به دست می‌آید.

پرسش ۱-۶ (صفحه ۱۲ کتاب درسی)

شکل روبه رو نمودار سرعت - زمان دوچرخه سواری را نشان می‌دهد که در امتداد محور XX در حرکت است. جهت شتاب دوچرخه سوار را در هر یک از لحظه‌های t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 و ... تعیین کنید. در لحظه‌های t_1, t_2, t_3, t_4 و t_5 شتاب دوچرخه سوار صفر است و در لحظه t_3 شتاب منفی و در لحظه t_5 شتاب مثبت است.



تمرین ۴-۱ (صفحه ۱۲ کتاب درسی)

نمودار سرعت - زمان خودرویی که در راستای محور XX حرکت می‌کند در بازه

زمانی $0/0S$ تا $20/0S$ مطابق شکل روبه رو است.

الف) شتاب متوسط خودرو در این بازه زمانی چقدر است؟

جهت شتاب مثبت است.

شتاب متوسط در $a_{av} = v_2 - v_1 / t_2 - t_1 = 60 - 0 / 20 - 0 = 3 m/s^2$

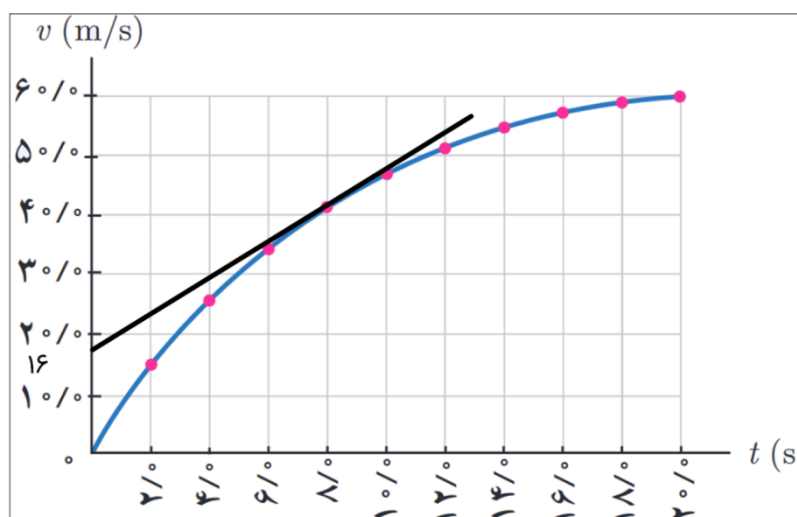
بازه $0S$ تا $20S$

ب) شتاب خودرو را در لحظه $t = 8/0s$ به دست آورید.

شتاب در لحظه $t = 8s$ برابر شیب نمودار سرعت - زمان در این لحظه است.

بنابراین با توجه به شکل داریم:

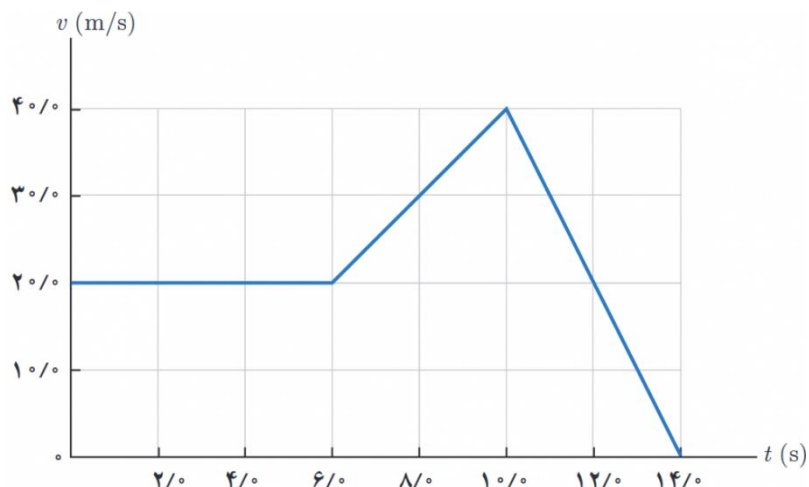
شتاب در لحظه $8s$: $a(t=8s) = 60 - 16 / 8 - 0 = 3 m/s^2$



تمرین ۵-۱ (صفحه ۱۳ کتاب درسی)

نمودار سرعت - زمان خودرویی که در راستای محور XX حرکت می‌کند در بازه زمانی صفر $0S$ تا $14/0S$ مطابق

شکل روبه رو است.



الف) شتاب متوسط خودرو در این بازه زمانی چقدر است؟

شتاب: $a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{0 - 20}{14 - 0} = -\frac{1}{7} \text{ m/s}^2$

متوسط در بازه زمانی 0s تا 14s

ب) شتاب خودرو را در هر یک از لحظه‌های $t = 2 \text{ s}$, $t = 8 \text{ s}$ و $t = 11 \text{ s}$ به دست آورید.

در لحظه $t = 2 \text{ s}$ شتاب خودرو صفر است، زیرا شیب نمودار سرعت - زمان صفر است و در بازه زمانی 0s تا 6s شیب نمودار $(v-t)$ ثابت است، بنابراین در این بازه شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای برابراند. در نتیجه شتاب در لحظه $t = 8 \text{ s}$ را می‌توانیم با رابطه شتاب متوسط به دست بیاوریم.

شتاب در: $a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{0 - 20}{10 - 6} = -5 \text{ m/s}^2$

لحظه $t = 8 \text{ s}$

در بازه زمانی 0s تا 14s شیب نمودار $(v-t)$ ثابت است، بنابراین شتاب لحظه‌ای با شتاب متوسط برابر است و داریم:

شتاب در: $a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{0 - 40}{14 - 0} = -\frac{10}{7} \text{ m/s}^2$

لحظه $t = 11 \text{ s}$

فصل اول: حرکت با سرعت ثابت

ساده‌ترین نوع حرکت، حرکت با سرعت ثابت است. در این نوع حرکت، اندازه و جهت سرعت متحرک در طول مسیر ثابت است (شکل ۱۰-۱). پیش از این و در مثال ۵-۱، با نمونه‌ای از حرکت با سرعت ثابت آشنا شدیم. در این مثال شیب نمودار مکان - زمان متحرک در طول حرکت ثابت و در نتیجه سرعت متوسط متحرک در هر بازه زمانی دلخواه، برابر سرعت لحظه‌ای آن است. در این صورت می‌توان نوشت:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \Rightarrow \Delta x = v \Delta t$$



حرکت با سرعت ثابت، هم جهت سرعت و هم اندازه آن (تندی) ثابت است.

اگر مطابق شکل ۱۱-۱ متحرک در لحظه $t_1 = 0$ در مکان $x_1 = x_0$ و در لحظه $t_2 = t$ در مکان $x_2 = x$ باشد، رابطه اخیر را می‌توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

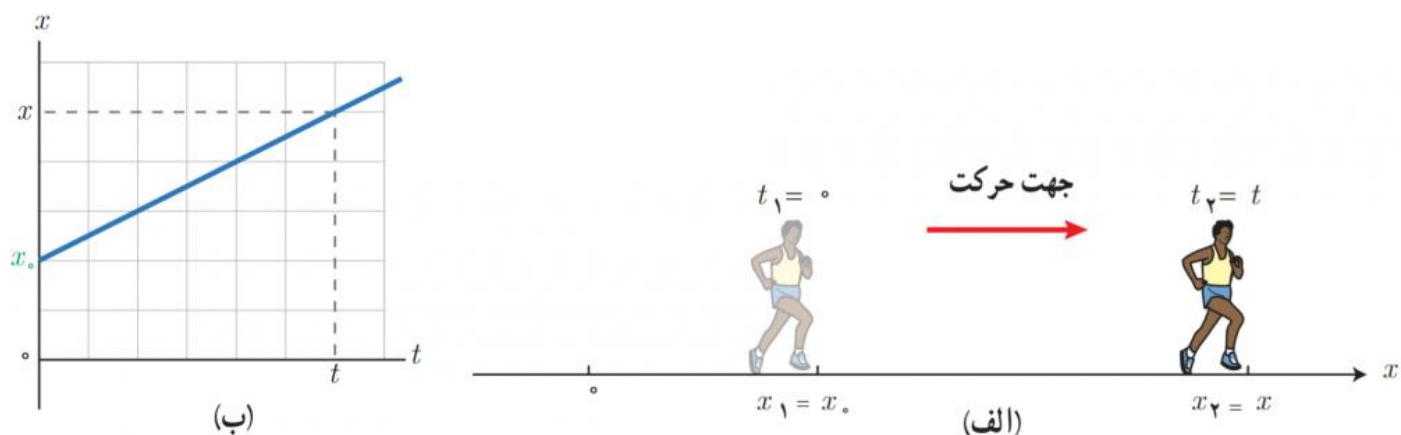
$$x - x_0 = v(t - 0) \Rightarrow x - x_0 = vt$$

یا:

$$(7-1) \quad \text{(معادله مکان - زمان در حرکت با سرعت}$$

$$\text{ثابت}) \quad x = vt + x_0$$

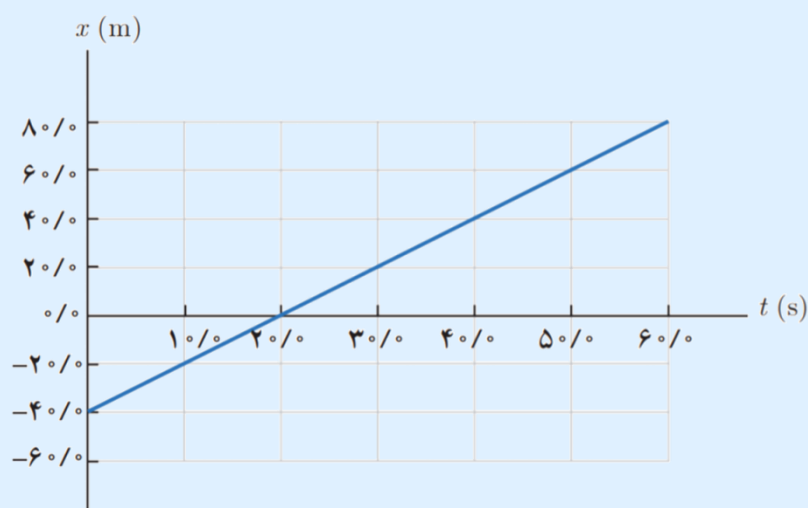
در معادله ۷-۱ معمولاً x_0 را که مکان متحرک در لحظه $t = 0$ است مکان اولیه متحرک می‌نامند. توجه کنید که مکان‌های x_0 و x می‌توانند مثبت، منفی یا صفر باشند. سرعت متحرک هم به دلیل ماهیت برداری آن، در صورتی که حرکت در جهت محور xx باشد مثبت و در غیر این صورت منفی است.



شکل ۱۱-۱ الف) مکان یک دوندۀ در دو لحظه متفاوت. ب) نمودار مکان - زمان دوندۀ ای که در جهت محور xx با سرعت ثابت می‌دود.

مثال ۱-۱۰

شکل روبه رو بخشی از نمودار مکان - زمان شخصی را نشان می‌دهد که با سرعت ثابت حرکت می‌کند.



الف) شخص در مبدأ زمان $(t=0/s)$ در چه مکانی قرار دارد؟

ب) سرعت حرکت این شخص را به دست آورید و نمودار سرعت - زمان آن را رسم کنید.

پ) در چه لحظه یا لحظه‌هایی شخص در فاصله $20/0/20/0$ متری از مبدأ محور قرار دارد؟

ت) اگر شخص به مدت $5/00min$ به همین صورت حرکت کند، جابه جایی وی را در این مدت به

دست آورید.

پاسخ: الف) با توجه به نمودار مکان - زمان، در $t=0/s$ شخص در مکان

اولیه $x_0 = -40/0m$ قرار دارد.