

* حرکت یک اندرنبی

در فیزیک: همراه همزمان جسم تغییر کند ← آن جسم حرکت کرده است.



فصل



حرکت بر خط راست



حفظ با ذرات یک عدد تکلیلی می شوند ← وزن - فشار و ...

در چه صورت بردار شتاب دو خودرو که بر خط راست و در جهت مخالف یکدیگر حرکت می کنند می تواند یکسان باشد؟ زمانی که با شتاب یکسان حرکت کنند و درگیری کند شوند حرکت کنند.

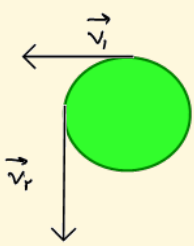
در فیزیک هر چیزی قابل اندازه گیری یک بیه کتبت است.

۱- اسکالر عددی - سرزدهای
۲- برداری

۱- اندازه (عددی)
۲- جهت (راستا)
۳- شو

بخش ها

- ۱-۱ شناخت حرکت
- ۲-۱ حرکت با سرعت ثابت
- ۳-۱ حرکت با شتاب ثابت



* سرعت یک لکت برداری است:

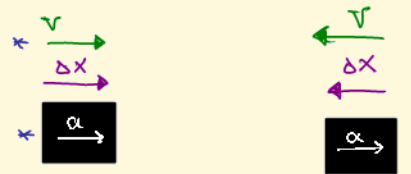
$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_r - \vec{v}_l$$

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \text{شتاب حرکت}$$

* عامل ایجادکننده شتاب، نیرو است.

$$f = m \vec{a}$$

* زمانی که بردار سرعت و شتاب یک متحرک هم سوی شوند ← حرکت تند شوند
* زمانی که سرعت و شتاب مختلف السو شوند ← حرکت کند شوند



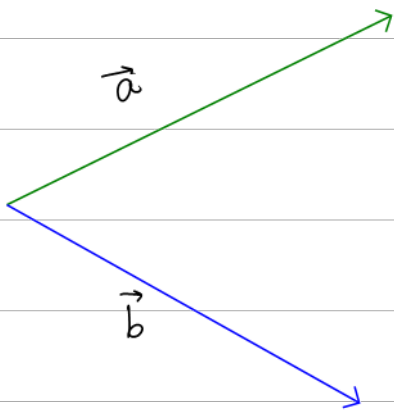
$\vec{b} - \vec{a} \leftarrow$

تفاضل: به نوبی هما برآیند است

$\vec{a} - \vec{b} = \vec{R}' \neq \vec{b} - \vec{a}$

برآیند: جمع برداری یا چند بردار است. جمع بردار خاصیت جابجایی دارد:

$\vec{a} + \vec{b} = \vec{R} = \vec{b} + \vec{a}$



بردار هم سنک:

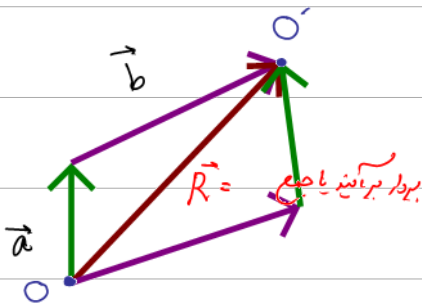
در بردار مساری رهم سنک ی کوئینغ

در چه صورت میتوان نتیجی دقت که ی بردار هم سنک هستند:

۱- بردارها هم واحد یا هم کلا باشند ← در اصل مربوط به یک کمیت باشند ← مقایسه ی بردار ستاب و سرعت با هم امکانی عیب است.

۲- ی بردار مورد مقایسه باید با هم هم اندازه باشند ← اندازه ی عددی (طول یا رهم خط بردار) یکیا باشند.

۳- هم راستا و هم سو باشند ← هر دو روی یک محور باشند و در یک جهت رسم شده باشند.

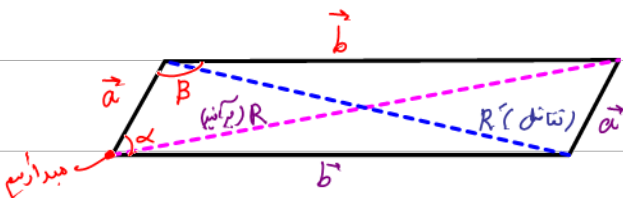


* برای برآیندگیری ی چند بردار به شکل زیر عمل می کنیم:

۱- ابتدای بردار سگاره را مشخص می کنیم و آن را O می نامیم.

۲- انتهای آخرین بردار را مشخص می کنیم و آن را O' می نامیم.

۳- از تقاطعی O به O' برداری رسم می کنیم به طوری که جهت آن از O به سمت O' باشد.



راهبنا: متوازی الاضلاع، ی قطر دار که برابر نیستند

خط آبی ← قطر کوچک، خط سبز ← قطر بزرگ

در زاویه ی مجاور در متوازی الاضلاع، مثلث هم هستند $\alpha + \beta = \pi$

* اندازه قطر بزرگ متوازی الاضلاع هما برآیند است

$\cos(\pi - \alpha) = -\cos(\alpha)$

$\vec{R} = \sqrt{(\vec{a})^2 + (\vec{b})^2 + 2\vec{a}\vec{b}\cos(\alpha)}$

زاویه ی ی بردار هم مبدأ است

$\vec{R} = \sqrt{(\vec{a})^2 + (\vec{b})^2 - 2\vec{a}\vec{b}\cos(\beta)}$

$\vec{R} = \vec{a} = \vec{b}$ (فرین)

ابطال رابطه ی $\vec{R} = 2\vec{a}\cos(\frac{\alpha}{2})$ ← فقط حالتی که ی بردار هم اندازه باشند

$\vec{R} = \sqrt{\vec{a}^2 + \vec{a}^2 + 2\vec{a}\vec{a}\cos(\alpha)} = |\vec{a}| \sqrt{2(1 + \cos\alpha)}$

$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$

$\cos 2\alpha = 1 - 2\sin^2 \alpha$

$\cos 2\alpha = 2\cos^2 \alpha - 1$

$\vec{R} = |\vec{a}| \sqrt{2(1 - 2\cos^2 \frac{\alpha}{2} - 1)} = \sqrt{2} |\vec{a}| \cos \frac{\alpha}{2}$

$\vec{R}' = \sqrt{(\vec{a})^2 + (\vec{b})^2 - 2\vec{a}\vec{b}\cos\alpha}$

$\vec{R} = 2|\vec{a}|\sin \frac{\alpha}{2}$

* رابطه ی محاسبی اندازه تفاضل ی بردار ← حالتی که ی بردار مساری باشند

× در سینماتیک که ساده‌ای از مکانیک است
به علل حرکت توجهی نمی‌شود:

به عبارتی سینماتیک علم بررسی حرکت بدون برآیند
به علت حرکت است.

معادلات تندی - سرعت:

۱- اندازه
× سرعت: یک کمیت برداری است ۲- راست
۳- سو

× تندی: یک کمیت اسکالر است.

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 100 km/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 زمین‌لرزه در آنها بیشتر است باید حرکت صفحه‌های زمین را بررسی کنند و از مفاهیم مرتبط با بحث حرکت‌شناسی 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 جابه‌جایی: شکل ۱-۱ مسیر حرکت دونه‌ای را از مکان ۱ تا مکان ۲ نشان می‌دهد. طول این مسیر، مسافت پیموده شده یا باختصار **مسافت** نامیده می‌شود. همچنین پاره‌خط جهت‌داری که مکان آغازین حرکت را به مکان پایانی حرکت وصل می‌کند **بردار جابه‌جایی** نامیده می‌شود.

مسافت طی شده ← مسیر واقعی است

جابه‌جایی ← هلا دعایی - اولیه برای مهم است.

نکته:

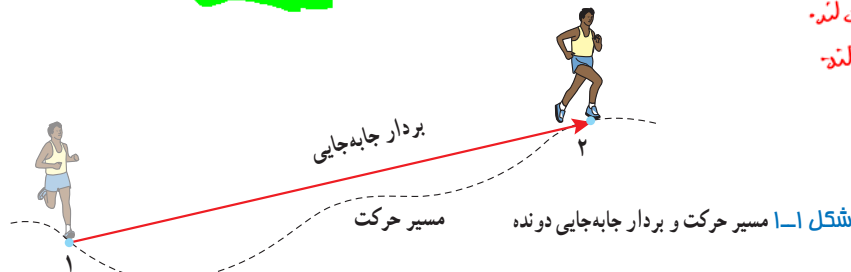
مسافت طی شده همواره بزرگتر یا مساوی جابه‌جایی است

$$\Delta d \geq \Delta x$$

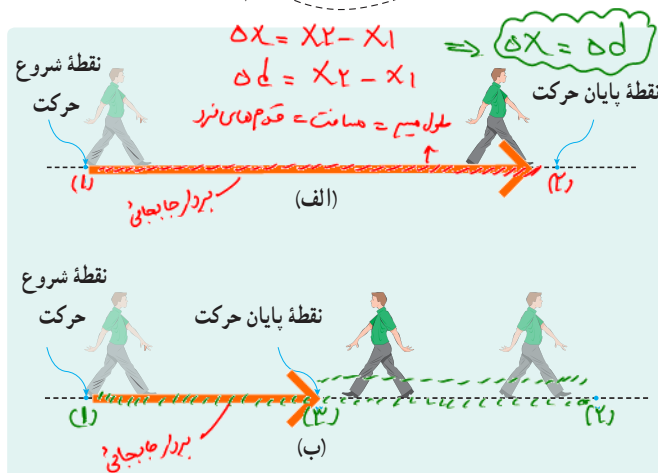
جمع‌زمانی مساوی می‌شوند؟

۱- زمانی که متحرک روی خط راست حرکت کند.

۲- متحرک بدون تغییر جهت حرکت کند.



پرسش ۱-۱



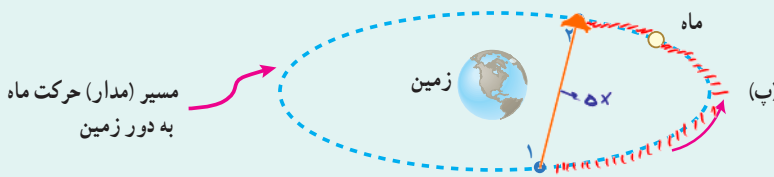
۱- شکل الف شخصی را در حال پیاده‌روی در راستای خط راست و بدون تغییر جهت، از مکان ۱ به مکان ۲ نشان می‌دهد. مسیر حرکت و بردار جابه‌جایی شخص را روی شکل مشخص و اندازه بردار جابه‌جایی را با مسافت مقایسه کنید.

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

در مرور دوم، مسافت طی شده بزرگتر یا مساوی جابه‌جایی متحرک است.

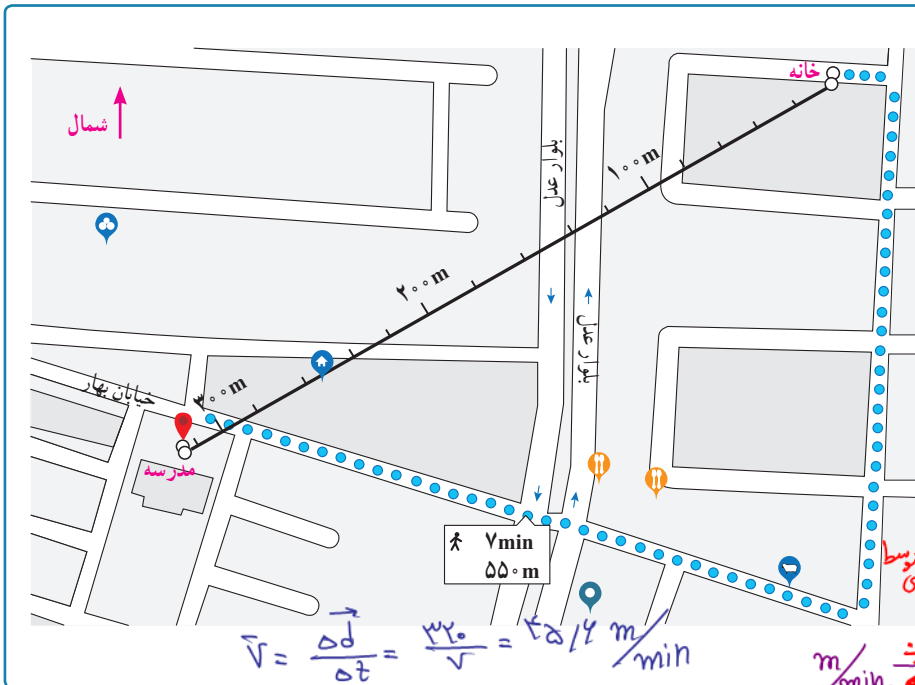
فصل ۱: حرکت بر خط راست

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.



نکته: مسیر حرکت ماه به دور زمین، بی‌نیست.
 نکته: مسافت 55×55
 ۱- در خط راست
 ۲- در تغییر جهت

فعالیت ۱-۱



همانند شکل روبه‌رو و به کمک یک نرم افزار نقشه‌یاب، مکان خانه و مدرسه‌تان را مشخص کنید. سپس مسافت و اندازه بردار جابه‌جایی خانه تا مدرسه را تعیین کنید.
 ✳ بردار جابه‌جایی به ملا آغازین را به ملا پایانی وصل می‌کنند

$\Delta x \approx 300 \text{ m}$
 $55 \times 55 = 550 \text{ m}$
 $\bar{v} = \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{550}{4} = 137.5 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
 $\frac{\text{m}}{\text{min}} \xrightarrow{\div 60} \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 $\frac{\text{m}}{\text{s}} \xrightarrow{\times 60} \frac{\text{m}}{\text{min}}$

✳ تندی متوسط حدودی $1.0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ است:

یعنی این خودرو در مدت زمان t با سرعت $1.0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ مسافت d طی می‌کند.

نکته بردار: حامل ضرب یک عدد در بردار همواره بردار است. حامل ضرب یک کمیت اسکالر در برداری ← همواره بردار.

شعب بردار $\vec{f} = m \vec{a}$
 جسم (اسکالر) f (بردار)

سوی بردار حاصل به علامت اسکالر بستگی دارد.
 در بردار هم‌سوی شوند $\rightarrow 1.0$ اسکالر
 در بردار خلاف‌سوی شوند $\rightarrow -1.0$ اسکالر

تندی متوسط و سرعت متوسط: اگر متحرکی مانند دونه شکل ۱-۱ در مدت زمان Δt از مکان ۱ به مکان ۲ برود و مسافت و بردار جابه‌جایی بین این دو مکان را به ترتیب با l و \vec{d} نشان دهیم، همان‌طور که در علوم سال نهم دیدید، تندی متوسط و سرعت متوسط دونه به صورت زیر تعریف می‌شوند:

(۱-۱) $s_{av} = \frac{l}{\Delta t}$ اسکالر = اسکالر (تندی متوسط) ← اسکالر
 (۲-۱) $\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$ بردار = بردار (سرعت متوسط) ← بردار

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

۱- شاخص پایین av در نمادهای تندی متوسط و سرعت متوسط از واژه انگلیسی average به معنای متوسط گرفته شده است.
 ۲- آموزش مسائلی که دانش‌آموزان را در محاسبه \vec{d} و \vec{v}_{av} ، درگیر عملیات برداری دو یا سه بعدی، در صفحه xyz یا فضای xyz می‌کند خارج از برنامه درسی این کتاب است و ارزشیابی از آن نباید انجام شود.

۳
 بار الکتریکی $f = Eq$
 می‌تواند الکتریکی

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 $1/31 \text{ m/s}$ می‌شود 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 جابه‌جایی دانش آموز 325 m متر و جهت آن به طرف جنوب غربی است. در نتیجه با توجه به رابطه ۱-۲ 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.

پوشش ۲-۱

در چه صورت اندازه سرعت متوسط یک متحرک با تندی متوسط آن برابر است؟ برای پاسخ خود می‌توانید به شکل‌های پوشش ۱-۱ نیز توجه کنید. **در سری که متحرک ماه و ماه مساوی داشته باشد در مدت زمانی که متحرک روی خطوط بدر تغییر جهت حرکت کند.**

اکنون سرعت متوسط را برای حالتی بررسی می‌کنیم که جسم بر خط راست حرکت می‌کند. به این منظور محوری مانند محور x را انتخاب و فرض می‌کنیم که جسم در راستای آن حرکت می‌کند. توجه کنید که در انتخاب محور (در اینجا محور x) مکان دلخواهی به عنوان مبدأ ($x=0$) روی محور در نظر گرفته می‌شود. برداری که مبدأ محور را به مکان جسم در هر لحظه وصل می‌کند بردار مکان جسم در آن لحظه نامیده می‌شود.

شکل ۲-۱ الف و ب، بردار مکان شخصی را که در جهت محور x می‌دود در دو لحظه متفاوت t_1 و t_2 نشان می‌دهد. بردار مکان دونده را در این دو لحظه، می‌توان به صورت زیر نوشت:

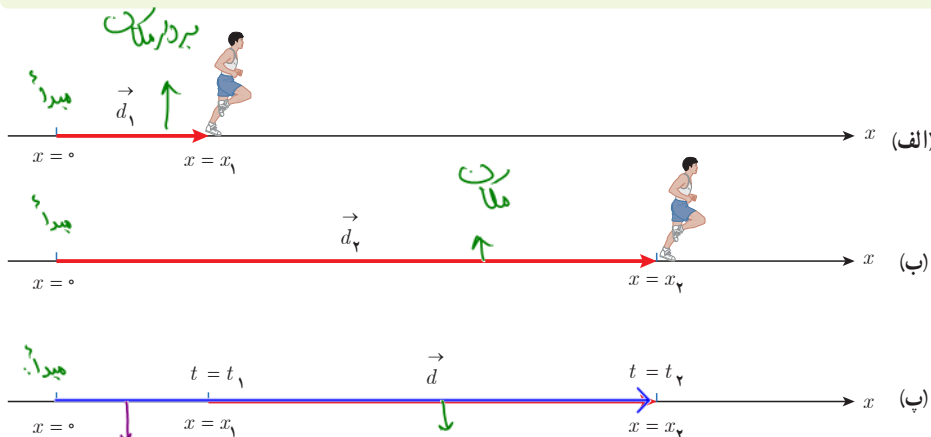
$$\vec{d}_1 = x_1 \vec{i} \quad \text{و} \quad \vec{d}_2 = x_2 \vec{i} \quad \text{جمله اولی جمع روی محور } x \text{ ها در مبدأ } x_2 \text{ است.}$$

در این صورت و با توجه به شکل ۲-۱ ب، بردار جابه‌جایی دونده برابر است با

$$\vec{d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1 = x_2 \vec{i} - x_1 \vec{i} = (\Delta x) \vec{i} \quad \text{روی محور } x$$

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

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \vec{i} \quad \text{(سرعت متوسط در راستای محور } x \text{)} \quad (2-1)$$



بردار جابه‌جایی: ملا آغازین را ملا معانی وصل می‌کند

بردار مکان: مبدأ محور را ملا در لحظه وصل می‌کند

۱. متضاد است راست مبدأ: بردار مکان (+)
۲. متحرک روی مبدأ: بردار مکان (-)
۳. اگر متحرک سمت چپ مبدأ: بردار مکان (-)

برداریک: $\vec{i} \leftarrow x$ و $\vec{j} \leftarrow y$

فصل ۱: حرکت بر خط راست

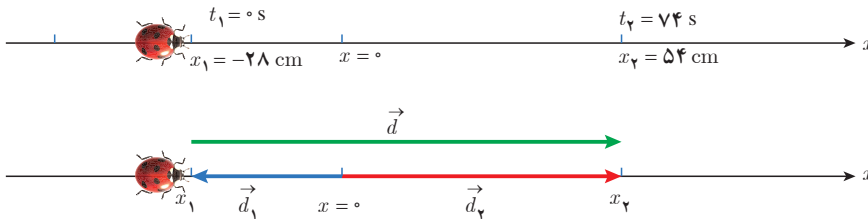
زمانی است که حرکت را شروع به بررسی می‌کنیم → مبدأ زمان ← مبدأ زمان (البته $t=0$ نیست بلکه هر زمانی می‌تواند باشد).

مثال ۱-۲

کفش دوزکی که در جهت محور x در حرکت است، در لحظه‌های $t_1=0$ s و $t_2=74$ s به ترتیب از مکان‌های $x_1=-28$ cm و $x_2=54$ cm می‌گذرد.

الف) بردارهای مکان در لحظه‌های t_1 و t_2 و بردار جابه‌جایی کفش دوزک در این بازه زمانی را رسم کنید.

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



$$\vec{v} = \frac{x_2 - x_1}{\Delta t}$$

پاسخ: الف)

$$\vec{v} = \frac{54 - (-28)}{74 - 0} = \frac{82}{74} \text{ cm/s}$$

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

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \vec{i} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \vec{i} = \frac{54 \text{ cm} - (-28 \text{ cm})}{74 \text{ s} - 0 \text{ s}} \vec{i} = (1.1 \text{ cm/s}) \vec{i}$$

$$\text{cm/s} \xrightarrow{\times 100} \text{m/s}$$

در راستای محور x این حرکت انجام شده است و طول بردار سرعت متوسط برابر بردار (1) می‌باشد.

تمرین ۱-۱

جدول زیر را کامل کنید. فرض کنید هر چهار متحرک در مدت زمان $4/0$ s فاصله بین مکان آغازین و مکان پایانی را طی می‌کنند.

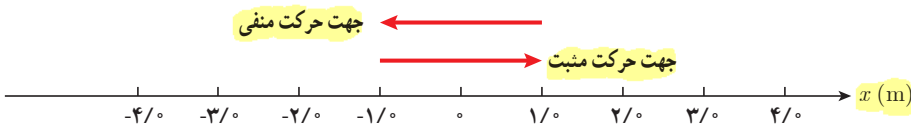
جهت حرکت	سرعت متوسط	بردار جابه‌جایی	مکان پایانی	مکان آغازین	
پسروی (+) محور x ها	$\vec{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ $\vec{v} = \frac{1.1}{4} \text{ m/s}$	$x_2 - x_1 = 0$ $24 - (-2) = 26 \text{ m}$	$(6/4 \text{ m}) \vec{i}$	$(-2/0 \text{ m}) \vec{i}$	متحرک A
پسروی (-) محور x ها	$-\frac{5.1}{4} \text{ m/s}$	$(-5/6 \text{ m}) \vec{i}$	$(-2/5 \text{ m}) \vec{i}$	$-5/2 + 2.5$	متحرک B
→	$\frac{4.4}{4} \text{ m/s}$	4.4	$(8/6 \text{ m}) \vec{i}$	$(2/0 \text{ m}) \vec{i}$	متحرک C
→	$(2/4 \text{ m/s}) \vec{i}$	$(2/4) \times 4$	(\oplus)	$(-1/4 \text{ m}) \vec{i}$	متحرک D

$$2.4 \times 4 = 9.6 = 8 - (-1.4)$$

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

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (\text{رابطه سرعت متوسط برای حرکت در راستای محور } x) \quad (1-4)$$

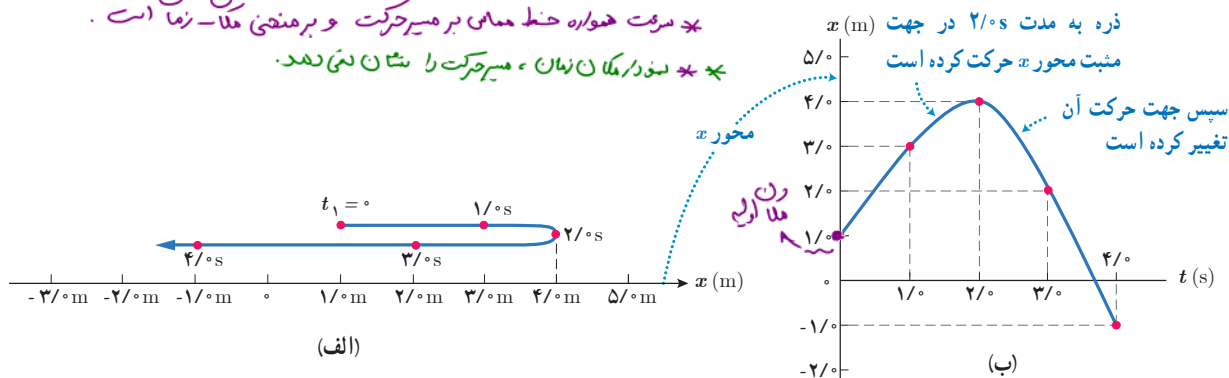
شکل ۱-۳ مکانی که روی یک محور تعیین می‌شود برحسب یکای طول (در اینجا متر) نشانه گذاری می‌شود و در دو جهت تا بی‌نهایت ادامه دارد. نام محور، در اینجا x ، در قسمت مثبت نوشته می‌شود.



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 ۱-۴ الف نشان داده شده است، توجه کنید. این ذره در لحظه $t_1 = 0\text{s}$ در مکان $x_1 = 1\text{m}$ ، در لحظه $t_2 = 1\text{s}$ در مکان $x_2 = 3\text{m}$ قرار دارد و به همین ترتیب در لحظه‌های دیگر در مکان‌های دیگر. اگر بخواهیم نمودار مکان - زمان حرکت این ذره را رسم کنیم، ابتدا به 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 ۱-۴ ب رسم می‌کنیم.

نکته: در $t=0$ هر مکانی داریم به این مکان می‌توسیم.

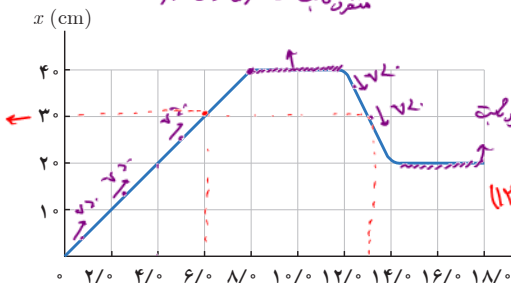
سرت همواره خط مماس بر مسیر حرکت و بر منحنی مکان - زمان است.
 نمودار مکان زمان، مسیر حرکت را نشان نمی‌دهد.



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

مثال ۱-۳

شکل روبه‌رو نمودار مکان - زمان مورچه‌ای را نشان می‌دهد که در راستای محور x در حرکت است.



الف) در کدام بازه زمانی مورچه در جهت محور x حرکت می‌کند؟ (۵-۸)
 ب) در کدام بازه زمانی مورچه در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند؟ (۱۲-۱۴)
 پ) در کدام بازه‌های زمانی مورچه ایستاده است؟ (۱۴-۱۸) - (۸-۱۲)
 ت) در کدام لحظه‌هایی فاصله مورچه از مبدأ ۳cm است؟ در $t=4\text{s}$ و $t=13\text{s}$

ث) در کدام بازه زمانی فاصله مورچه از مبدأ محور بیشترین مقدار است؟ در (۸-۱۲) متحرک در max مایل از مبدأ جاده است.
 ج) جابه‌جایی و سرعت متوسط مورچه را در بازه زمانی ۴/۰s تا ۸/۰s پیدا کنید.

$$\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{4 - 2}{8 - 4} = 0.5 \text{ m/s}$$

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

ب) در بازه زمانی $t = 12\text{s}$ تا $t = 14\text{s}$ ، زیرا در این بازه، x 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 $t = 12\text{s}$

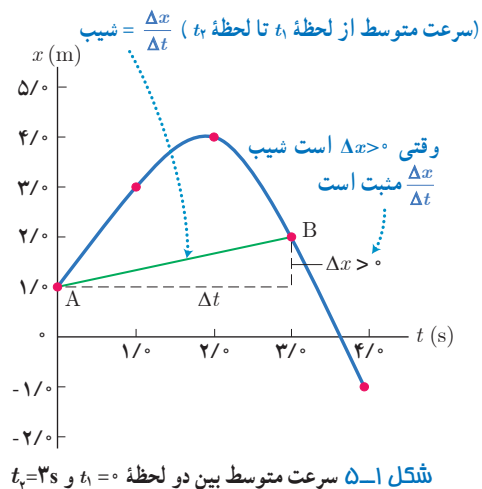
$$\Delta x = x_2 - x_1 = 4\text{cm} - 2\text{cm} = 2\text{cm}$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2\text{cm}}{8\text{s} - 4\text{s}} = 0.5\text{cm/s}$$

علامت مثبت نشان می‌دهد که مورچه در جهت مثبت محور x جابه‌جا شده است.

$$\vec{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

* در هر حرکتی سرعت متوسط همواره :



تعیین سرعت متوسط به کمک نمودار مکان-زمان: دوباره به نمودار شکل ۱-۴ که پاره خط بین دو نقطه دلخواه آن مطابق شکل ۱-۵ رسم شده است توجه کنید. همان طور که از درس ریاضی می دانید نسبت $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ برابر شیب پاره خطی است که دو نقطه A و B را به هم وصل می کند. از سوی دیگر با توجه به رابطه ۱-۴ می دانیم که این نسبت برابر سرعت متوسط متحرک در بازه زمانی t_1 تا t_2 است. به این ترتیب می توان 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 می کند.**

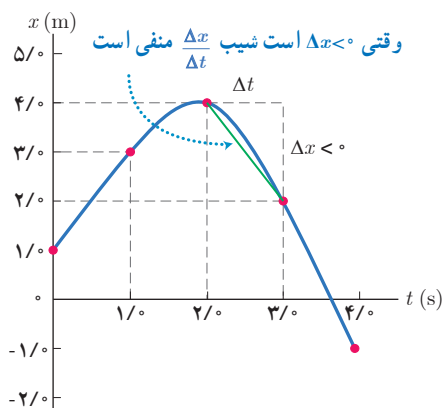
مثال ۴-۱

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

پاسخ: از رابطه ۱-۴ داریم:

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

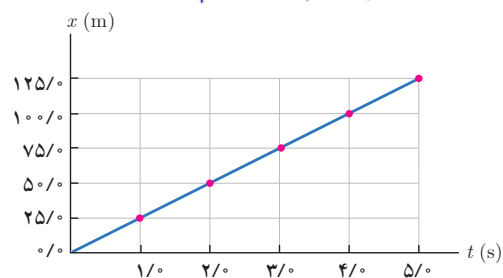
علامت منفی v_{av} نشان می دهد که شیب خط واصل بین این دو نقطه از نمودار مکان-زمان، منفی است. توجه کنید که بدون محاسبه v_{av} نیز، با توجه به فهم هندسی ای که از منفی بودن شیب خط واصل دو نقطه نمودار داریم، می توانستیم به منفی بودن v_{av} پی ببریم.



مثال ۵-۱

نمودار مکان-زمان موتورسواری که بر خط راست حرکت می کند مطابق شکل روبه رو است. سرعت متوسط موتورسوار را در هر یک از بازه های زمانی $0/s$ تا $1/0s$ ، $1/0s$ تا $2/0s$ ، $2/0s$ تا $3/0s$ ، $3/0s$ تا $4/0s$ ، $4/0s$ تا $5/0s$ محاسبه کنید. نتایج به دست آمده را با هم مقایسه و تفسیر کنید.

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



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

بازه زمانی $0/s$ تا $1/0s$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{100/0 \text{ m} - 50/0 \text{ m}}{4/0 \text{ s} - 2/0 \text{ s}} = 25 \text{ m/s}$$

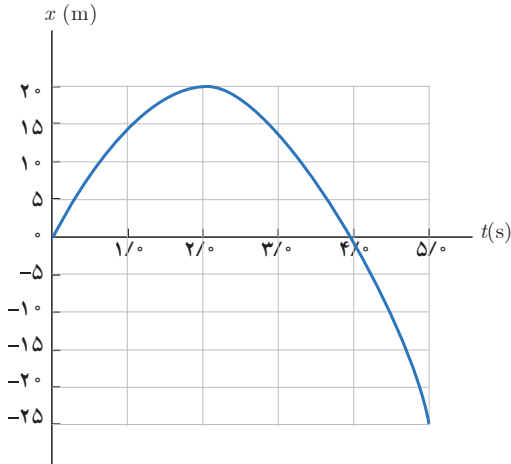
بازه زمانی $2/0s$ تا $4/0s$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{125/0 \text{ m} - 25/0 \text{ m}}{5/0 \text{ s} - 1/0 \text{ s}} = 25 \text{ m/s}$$

بازه زمانی $1/0s$ تا $5/0s$

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 ۱-۶



شکل روبه‌رو، 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 $5/s$ تا $0/s$ حساب کنید.

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

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

خواسته شده، برابر است با:

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

بازه زمانی $0/s$ تا $2/s$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0 \text{ m} - 20 \text{ m}}{4/s - 0/s} = -10 \text{ m/s}$$

بازه زمانی $0/s$ تا $4/s$

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

بازه زمانی $2/s$ تا $4/s$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-25 \text{ m} - 20 \text{ m}}{5/s - 2/s} = -15 \text{ m/s}$$

بازه زمانی $2/s$ تا $5/s$

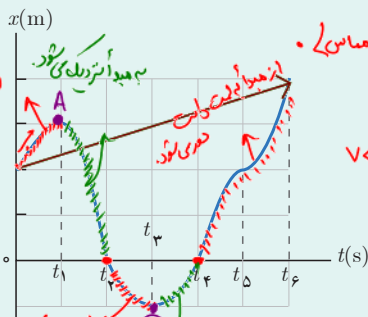
$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-25 \text{ m} - 0 \text{ m}}{5/s - 4/s} = -25 \text{ m/s}$$

بازه زمانی $4/s$ تا $5/s$

ب) در بازه‌های زمانی ای که سرعت متوسط خودرو مثبت است، سرعت متوسط خودرو در جهت محور x و در بازه‌های

زمانی ای که سرعت متوسط منفی است، سرعت متوسط خودرو در خلاف جهت محور x است.

پوشی ۱-۳



با توجه به نمودار مکان-زمان شکل روبه‌رو به پرسش‌های زیر پاسخ دهید: **می‌توانم مسأله**

الف) متحرک چند بار از مبدأ مکان عبور می‌کند؟ **۲ بار**

ب) در کدام بازه‌های زمانی متحرک در حال دور شدن از مبدأ است؟ **یعنی $0/s$ تا $2/s$ و $4/s$ تا $5/s$**

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

ت) جهت حرکت چند بار تغییر کرده است؟ در چه لحظه‌هایی؟ **۲ بار A و B**

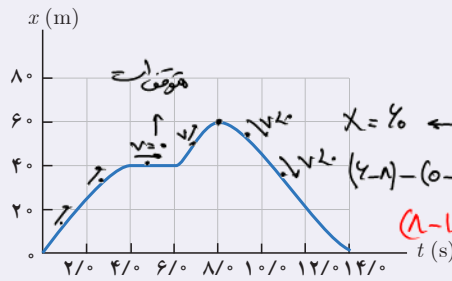
ث) جابه‌جایی کل در جهت محور x است یا خلاف آن؟ در جهت **محرک** است

۸ نکته - جهت حرکت **همیشه** **موتورسوار** است.

مکان مکانی و اولیه ستی دار
forum.konkur.in

سوی حرکت یعنی سوی سرعت

تمرین ۱-۲



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

الف) در کدام لحظه دو چرخه سوار بیشترین فاصله از مبدأ را دارد؟ $t=8 \leftarrow x=60$

ب) در کدام بازه های زمانی دو چرخه سوار در جهت محور x حرکت می کند؟ $(0-2) - (2-4) - (4-6) - (6-8) - (8-10) - (10-12) - (12-14)$

پ) در کدام بازه زمانی دو چرخه سوار در خلاف جهت محور x حرکت می کند؟ $(8-10) - (10-12) - (12-14)$

ت) در کدام بازه زمانی، دو چرخه سوار ساکن است؟ **بین زمان ۲ تا ۴ ثانیه**

ث) تندی متوسط و سرعت متوسط دو چرخه سوار را در هر یک از بازه های

زمانی $0/s$ تا $2/s$ ، $2/s$ تا $4/s$ ، $4/s$ تا $6/s$ ، $6/s$ تا $8/s$ ، $8/s$ تا $10/s$ ، $10/s$ تا $12/s$ ، $12/s$ تا $14/s$ حساب کنید.

جابجایی مثبت به معنی

$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{60 \text{ m}}{6 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}$



شکل ۱-۲ عقربه تندی سنج، تندی لحظه ای خودرو را نشان می دهد و هیچ گونه اطلاعی در خصوص جهت حرکت خودرو به ما گزارش نمی کند.

تندی لحظه ای و سرعت لحظه ای: تندی متحرک در هر لحظه از زمان را تندی لحظه ای

می نامند. اگر هنگام گزارش تندی لحظه ای، به جهت حرکت متحرک نیز اشاره شود، در

واقع سرعت لحظه ای (\vec{v}) آن را، که کمیتی برداری است بیان کرده ایم. برای مثال وقتی

درون خودرویی به طرف شمال در حال حرکت باشید و در نقطه ای از مسیر، عقربه تندی سنج

خودروی شما روی 100 km/h باشد (شکل ۱-۲)، تندی لحظه ای خودرو برابر 100 km/h

و سرعت لحظه ای آن 100 km/h به طرف شمال است. برای سادگی، بیشتر وقت ها سرعت

لحظه ای و تندی لحظه ای را به ترتیب به صورت سرعت و تندی بیان می کنند. از آنجا که در

ادامه این فصل تنها حرکت اجسام بر خط راست بررسی می شود، سرعت لحظه ای متحرک را

در حل مسئله ها به جای بردار \vec{v} به صورت v به کار می بریم. هر گاه متحرک در جهت مثبت

محور x حرکت کند v مثبت است و هر گاه در جهت منفی محور حرکت کند v منفی است.

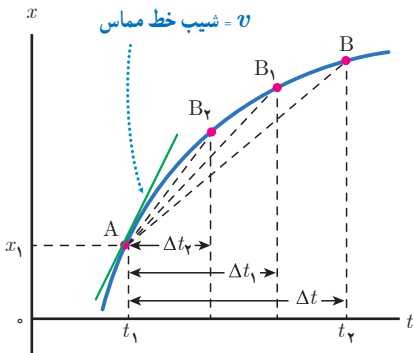
توجه: واژه لحظه در فیزیک با کاربرد محاوره ای آن در زندگی روزمره متفاوت است. همه ما ممکن است عبارت «لطفاً کمی صبر کن» تنها یک لحظه طول می کشد» را در موارد زیادی به کار ببریم که منظور یک بازه زمانی کوتاه، مثلاً چند ثانیه یا چند دقیقه است. ولی در فیزیک یک لحظه به هیچ وجه طول نمی کشد؛ لحظه به یک تک مقدار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

پوشش ۱-۴

از روی نمودار مکان - زمان توضیح دهید در چه صورت سرعت لحظه ای متحرک

همواره با سرعت متوسط آن برابر است.

در سویی که متحرک روی خط راست بدون تغییر جهت با سرعت ثابت حرکت کند.



شکل ۱-۳ با کوچک شدن تدریجی Δt ، نقطه B به نقطه A نزدیک می شود. در این صورت خط واصل بین این دو نقطه، در حالی که بازه زمانی Δt خیلی خیلی کوچک شود، به خط مماس بر منحنی در نقطه A میل می کند. به این ترتیب شیب این خط، برابر با سرعت متحرک در لحظه t_1 است.

تعیین سرعت لحظه ای 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 می کند. همان طور که در شکل ۱-۳ دیده می شود اگر Δt به تدریج کوچک و

کوچک تر شود، نقطه B به نقطه A نزدیک و نزدیک تر می شود؛ به طوری که اگر Δt به سمت

صفر میل کند ($\Delta t \rightarrow 0$) نقطه B به نقطه A بسیار نزدیک می شود و سرانجام خط واصل بین

این دو نقطه به خط مماس بر نمودار در نقطه A میل می کند. در این حالت، شیب خط مماس

برابر سرعت متحرک در لحظه t_1 است. به این ترتیب می توان نتیجه گرفت که: **سرعت در هر**

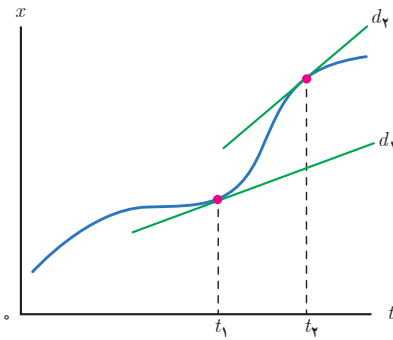
لحظه دلخواه t ، برابر شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان در آن لحظه است.

شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان ← سرعت متوسط ← شیب تابع مرتبه ۱

شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان ← سرعت لحظه ای ← شیب در نقطه. ← معادله سرعت ← معادله مکان - زمان می باشد.

$m d_2 > m d_1 \implies v_2 > v_1$

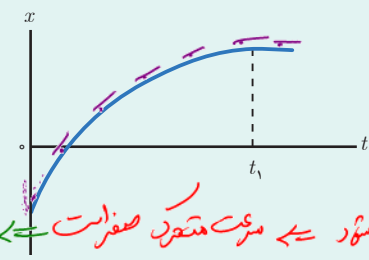
مثال ۱-۲



شکل روبه‌رو نمودار مکان-زمان متحرکی را نشان می‌دهد که در امتداد محور x 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؟ **سرعت بزرگتر است در لحظه t_2 زیرا $m d_2 > m d_1$**

پاسخ: با توجه به شکل، شیب خط d_2 بیشتر از شیب خط d_1 است. بنابراین سرعت متحرک در لحظه t_2 بیشتر از سرعت آن در لحظه t_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 x است.

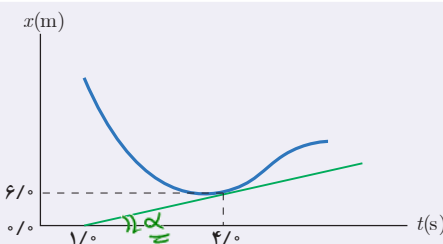
پوشی ۱-۵



شکل روبه‌رو نمودار مکان-زمان متحرکی را نشان می‌دهد که در امتداد محور x حرکت است. **سرعت از t_1 در حال کاهش است اما سرعت آن مثبت است.**

الف) از لحظه صفر تا لحظه t_1 سرعت متحرک رو به افزایش است یا کاهش؟
 ب) اگر در لحظه t_1 خط مماس بر منحنی موازی محور زمان باشد، سرعت متحرک در این لحظه چقدر است؟ **در زمان t_1 خط مماس بر منحنی موازی محور زمان است، موازی محور زمان یا محور x است. \implies سرعت متحرک صفر است \implies متحرک متوقف است**

تمرین ۱-۳



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

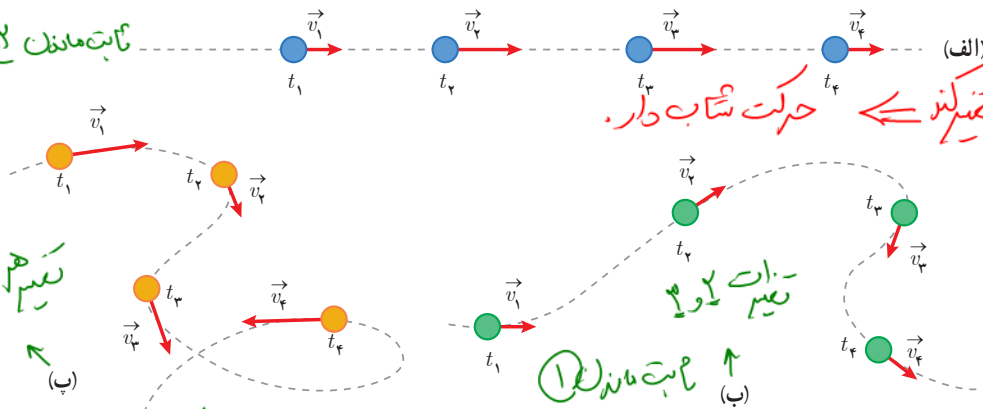
$v = m = \frac{\text{تغییر عمودی}}{\text{تغییر افقی}} = \tan(\alpha)$

$v = m = \frac{2-0}{4-1} = 2 \text{ m/s}$

شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای: در علوم سال نهم دیدید که هرگاه سرعت جسمی تغییر کند حرکت آن شتاب‌دار است. با توجه به اینکه بردار سرعت در هر نقطه از مسیر، بر مسیر حرکت مماس است 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).

- ۱- هر گسست برداری \implies یا کمتر یا بیشتر
- ۱- اندازه سرعت یک
- ۲- راستا \implies کمیت برداری است
- ۳- سو

زمانی که حداقل یک از این ۳ یا کمتر تغییر کند \implies حرکت شتاب‌دار.



شکل ۸-۱ الف و ب و پ: **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 شتاب‌دار است.

۱- توجه کنید که مماس بودن بردار سرعت بر مسیر حرکت متفاوت با برابری سرعت با شیب خط مماس بر نمودار مکان-زمان است که پیش از این دیدیم.

۱- نمودار مکان-زمان \implies شکل مسیر حرکت را مشخص نمی‌کند.

بردارهای مهم تقابل $\vec{R}' = \begin{cases} \alpha = \omega \rightarrow v_L = v_T \\ \alpha = 0 \rightarrow |v_i - v_f| \end{cases}$

فصل ۱: حرکت بر خط راست

شتاب متوسط متحرک در هر بازه زمانی دلخواه t_1 تا t_2 به صورت رابطه ۵-۱ تعریف می شود که در آن v_1 سرعت متحرک در لحظه t_1 و v_2 سرعت متحرک در لحظه t_2 است. همان طور که دیده می شود شتاب متوسط (\vec{a}_{av}) ، کمیتی برداری و هم جهت با بردار تغییر سرعت $(\Delta \vec{v})$ است. یکای SI شتاب متوسط، متر بر مربع ثانیه (m/s^2) است.

$$R' = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos \alpha}$$

$$R' = 2v_1 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$
 زمان اندازه گیری سرعت ثابت است.

تقابل برداری

$$\vec{a}_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (\text{شتاب متوسط}) \quad (5-1)$$

مثال ۱-۸ $v_0 = 0$

خودرویی از حال سکون در امتداد محور x شروع به حرکت می کند. پس از $12s$ ، سرعت خودرو به $24m/s$ در جهت محور x می رسد. شتاب متوسط خودرو را در این بازه زمانی به دست آورید.

$v_1 = 0 \rightarrow \vec{v}_1 = 0 = 0m/s$
 $v_2 = 24 \rightarrow \vec{v}_2 = 24m/s$
 $\vec{a}_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{24}{12} = 2m/s^2$

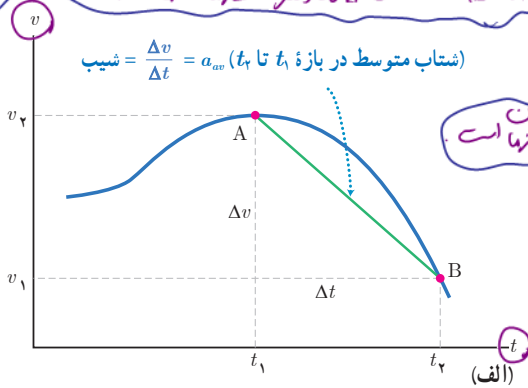
پاسخ: از رابطه ۵-۱، داریم:

$$\vec{a}_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{(24 m/s) \hat{i} - (0 m/s) \hat{i}}{12 s - 0 s} = (2 m/s^2) \hat{i}$$

همان طور که دیده می شود، اندازه شتاب متوسط خودرو $2 m/s^2$ و شتاب در جهت محور x است.

خط مماس بر نمودار سرعت-زمان \rightarrow شتاب لحظه ای است

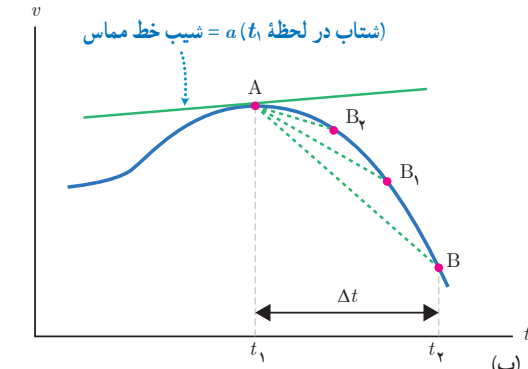
اگر متحرک در یک راستا حرکت کند رابطه ۵-۱ را می توان به صورت زیر به کار برد ولی با توجه به ماهیت برداری v_1 و v_2 باید به علامت های جبری آنها که نشان دهنده جهت آنهاست توجه کنیم.



نکته: شتاب متوسط، شیب خط مماس بر نمودار سرعت-زمان است

$$(6-1) \quad \vec{a}_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (\text{شتاب متوسط در حرکت بر خط راست})$$

تعیین شتاب متوسط و لحظه ای به کمک نمودار سرعت-زمان: در شکل ۹-۱ الف، نمودار سرعت-زمان متحرکی نشان داده شده است که روی خط راست حرکت می کند. با توجه به تعریف شتاب متوسط، معلوم می شود، که شتاب متوسط بین دو لحظه برابر شیب خطی است که نمودار سرعت-زمان را در آن دو لحظه قطع می کند. همان طور که در شکل ۹-۱ ب دیده می شود، اگر Δt به سمت صفر میل کند $(\Delta t \rightarrow 0)$ خط واصل بین نقطه های A و B ، به خط مماس بر نمودار در نقطه A میل می کند. در این حالت، شیب خط مماس برابر شتاب متحرک در لحظه t_1 است. به این ترتیب می توان نتیجه گرفت که: شتاب در هر لحظه دلخواه t ، برابر شیب خط مماس بر نمودار سرعت-زمان در آن لحظه است. در کتاب های فیزیک برای سادگی، شتاب لحظه ای را شتاب می نامند و آن را با نماد a نشان می دهند.



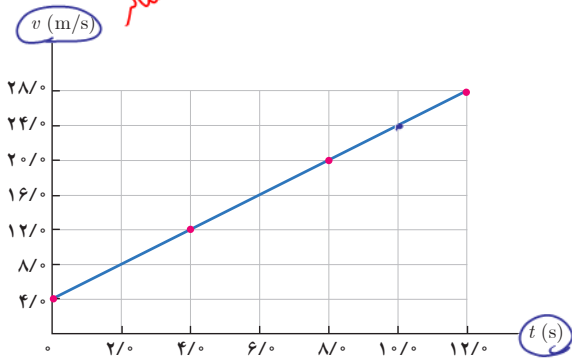
شکل ۹-۱ الف) شتاب متوسط بین دو لحظه t_1 و t_2
 ب) شتاب متحرک در لحظه t_1

۱- آموزش مسائلی که دانش آموزان را در محاسبه $\vec{a}_{av} = \Delta \vec{v} / \Delta t$ ، درگیر عملیات برداری دو یا سه بعدی، در صفحه xy یا فضای xyz می کند خارج از برنامه درسی این کتاب است و ارزشیابی از آن نباید انجام شود.

بردار $\vec{a} = \frac{28 - 24}{12 - 0} = \frac{4}{12} = +\frac{1}{3} \text{ m/s}^2$ (بردار)

زمان $12 - 0$ (اسلار)

مثال ۱-۹



نمودار سرعت - زمان موتورسواری که در امتداد محور x حرکت می کند در بازه زمانی $0/s$ تا $12/s$ ، مطابق شکل روبه رو است. شتاب متوسط موتورسوار و جهت آن را در هر یک از بازه های زمانی $0/s$ تا $2/s$ ، $2/s$ تا $4/s$ ، $4/s$ تا $8/s$ ، $8/s$ تا $10/s$ تا $12/s$ بیاید. پاسخ: با توجه به داده های روی نمودار و بنا به رابطه ۱-۶، شتاب متوسط موتورسوار، برای هر یک از بازه های زمانی خواسته شده، برابر است با:

$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{8/s - 4/s}{2/s - 0/s} = 2/s^2$

بازه زمانی $0/s$ تا $2/s$

$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{20/s - 12/s}{8/s - 4/s} = 2/s^2$

بازه زمانی $4/s$ تا $8/s$

$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{28/s - 24/s}{12/s - 10/s} = 2/s^2$

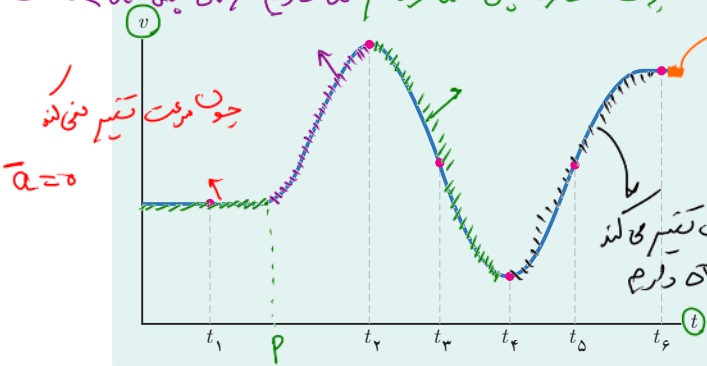
بازه زمانی $10/s$ تا $12/s$

با توجه به علامت مثبت a_{av} در هر سه بازه زمانی، شتاب متوسط در جهت مثبت محور x است. اگر در هر بازه 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 می آید.

پوش ۱-۶

در این بازه، سرعت تغییر می کند / سرعت تغییر نمی کند پس $a > 0$ / پس $a < 0$ است

چون سرعت تغییر نمی کند شتاب $a = 0$ / چون $a < 0$ شتاب داریم

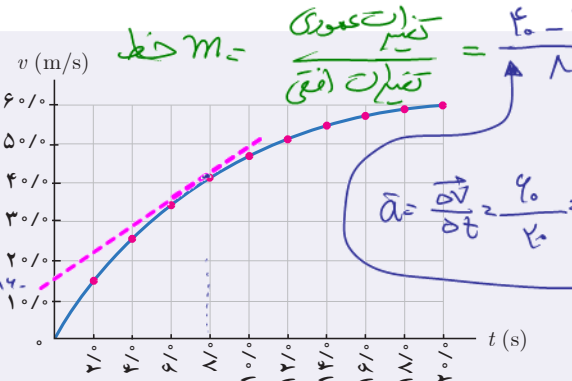


شکل روبه رو نمودار سرعت - زمان دوچرخه سواری را نشان می دهد که در امتداد محور x در حرکت است. جهت شتاب دوچرخه سواری را در هر یک از لحظه های t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 و t_6 تعیین کنید.

در این بازه های زمانی سرعت تغییر می کند / پس $a > 0$ / پس $a < 0$ داریم

متغیر در تمام سرعت $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$

تمرین ۱-۴



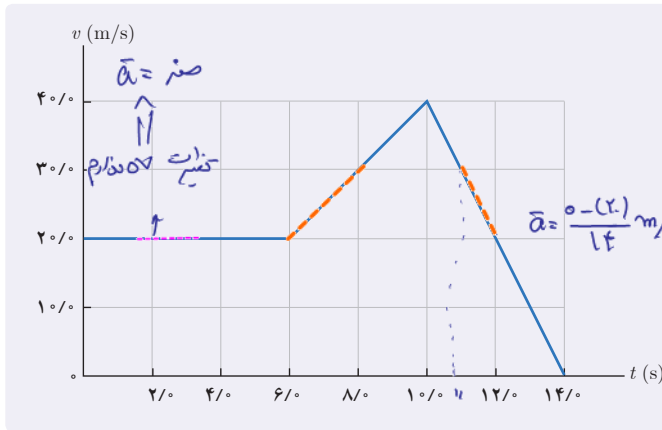
نمودار سرعت - زمان خودرویی که در راستای محور x حرکت می کند در بازه زمانی $0/s$ تا $20/s$ مطابق شکل روبه رو است. الف) شتاب متوسط خودرو در این بازه زمانی چقدر است؟ ب) شتاب خودرو را در لحظه $t = 8/s$ به دست آورید.

جمع بندی: \vec{v} - شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان / \vec{a} - شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان

مشق $x = f(t)$ / مشق $v = f(t)$ / مشق $a = \text{ثابت}$

در راستی: شیب خط مماس یا \vec{v} یعنی مشق در نقطه:

تمرین ۱-۵



نمودار سرعت - زمان خودرویی که در راستای محور حرکت می کند در بازه زمانی صفر تا $14/s$ مطابق شکل روبه رو است.

الف) شتاب متوسط خودرو در این بازه زمانی چقدر است؟ $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
 ب) شتاب خودرو را در هر یک از لحظه های $t = 2/s$ و $t = 11/s$ و $t = 8/s$ به دست آورید.

Handwritten calculations:
 $\bar{a} = \frac{0 - (20)}{14} m/s^2$
 $t = 8 \rightarrow \frac{30 - 20}{8 - 4} = 2.5 m/s^2$
 $t = 11 \rightarrow \frac{20 - 30}{12 - 11} = -10 m/s^2$

۲-۱ حرکت با سرعت ثابت

ساده ترین نوع حرکت، حرکت با سرعت ثابت است. در این نوع حرکت، اندازه و جهت سرعت متحرک در طول مسیر ثابت است (شکل ۱-۱۰). پیش از این و در مثال ۱-۵، با نمونه ای 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 لحظه ای آن است. در این صورت می توان نوشت:

$$v = v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta x = v \Delta t$$



شکل ۱-۱۰ در حرکت با سرعت ثابت، هم جهت سرعت و هم اندازه آن (تندی) ثابت است.

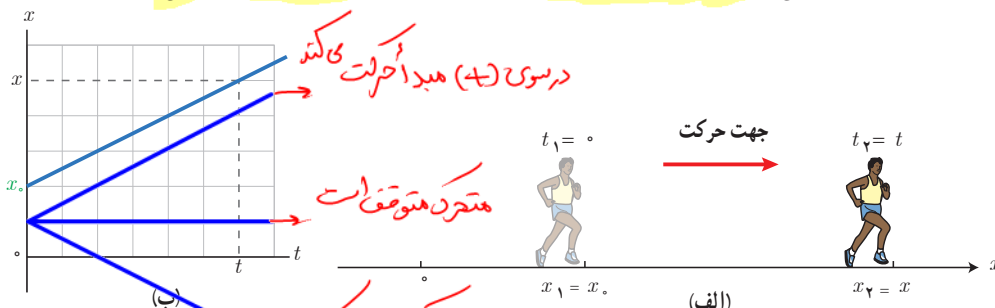
اگر مطابق شکل ۱-۱۱ متحرک در لحظه $t_1 = 0$ در مکان $x_1 = x_0$ و در لحظه $t_2 = t$ در مکان $x_2 = x$ باشد، رابطه اخیر را می توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = v \Rightarrow \Delta x = v \Delta t$$

یا:

$$x = vt + x_0 \quad (7-1) \quad \text{(معادله مکان - زمان در حرکت با سرعت ثابت)}$$

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



* چون حرکت یک نسبت برداری است در حرکت سرعت ثابت الزاماً هر ۳ پارامتر برداری ثابت و دایره تغییر است.

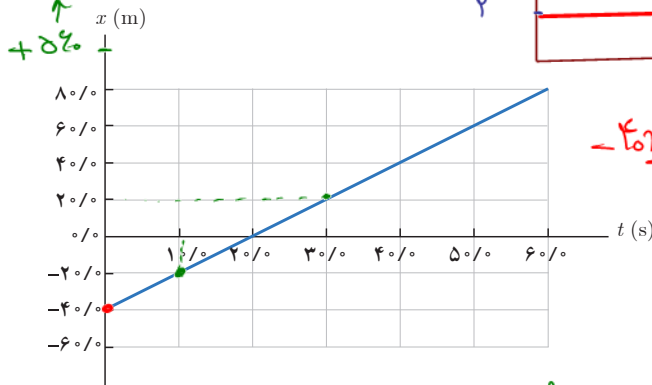
* در حرکت سرعت ثابت در بازه های زمانی یکسان متحرک جابجایی یکسانی طی می کند.

* در حرکت سرعت ثابت اندازه های سرعت لحظه ای و سرعت متوسط با هم برابر است در این حرکت هماعت ملی شده همواره با جابجایی برابر است.

شکل ۱-۱۱ الف) مکان یک دونه در دو لحظه متفاوت. ب) نمودار مکان-زمان دونه ای که در جهت محور x با سرعت ثابت می دود.

مثال ۱۰-۱

مکان بعد از ۵ دقیقه



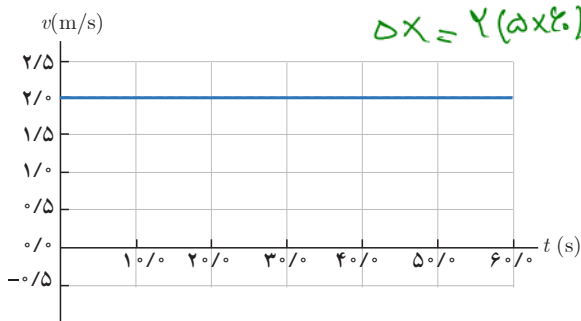
شکل روبه‌رو بخشی از نمودار مکان - زمان شخصی را نشان می‌دهد که با سرعت ثابت حرکت می‌کند.

الف) شخص در مبدأ زمان ($t=0/s$) در چه مکانی قرار دارد؟ $-40m$
 ب) سرعت حرکت این شخص را به دست آورید و نمودار سرعت - زمان آن را رسم کنید. $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{+40}{20} = 2m/s$
 پ) در چه لحظه یا لحظه‌هایی شخص در فاصله ۲۰ متری از مبدأ محور قرار دارد؟ در لحظات $t=20$ و $t=60$

$\Delta x = v t$

$\Delta x = 2(5 \times 60) = 600m$

ت) اگر شخص به مدت 50 min به همین صورت حرکت کند، جابه‌جایی وی را در این مدت به دست آورید.



پاسخ: الف) با توجه به نمودار مکان - زمان، در $t=0/s$ شخص در مکان اولیه $x_0 = -40m$ قرار دارد.

ب) با توجه به داده‌های روی نمودار و قرار دادن داده‌های یک لحظه دلخواه (برای مثال $t=30/s$ و $x=20m$) در رابطه ۱-۷، داریم:

$x = vt + x_0 \Rightarrow 20m = v(30s) + (-40m)$

در نتیجه $v = +2m/s$ به دست می‌آید. علامت مثبت نشان

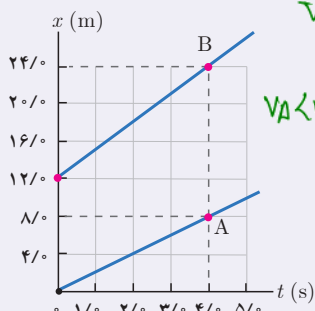
می‌دهد که شخص در جهت محور x حرکت می‌کند. نمودار سرعت - زمان مطابق شکل بالا است.

پ) در لحظه‌های $t=10/s$ و $t=30/s$. توجه کنید که فاصله از مبدأ مکان، $|x|$ است و نه خود x .

ت) با قرار دادن در رابطه $\Delta x = v \Delta t$ داریم:

$\Delta x = v \Delta t \Rightarrow \Delta x = (2m/s)(300s) = 600m$

تمرین ۱-۶



$v_B = \frac{24-12}{4} = 3m/s$

$v_A = \frac{12-8}{4} = 1m/s$

شکل مقابل نمودار مکان - زمان دو متحرک A و B را نشان می‌دهد که در راستای محور x حرکت می‌کنند. چون $v_A < v_B$ → چون یک متحرک در زمان t از B کم‌تر است. سرعت هر متحرک را پیدا کنید و معادله مکان - زمان آنها را بنویسید.

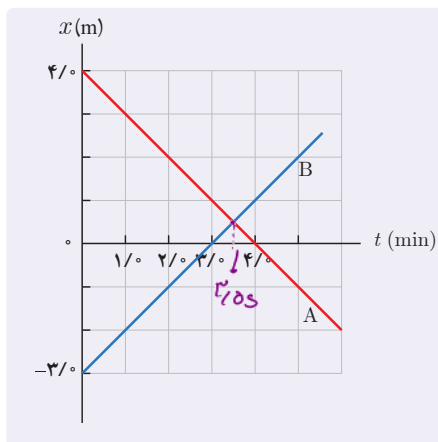
$x = vt + x_0$
 A → $x = 1t + 8$
 B → $x = 3t + 12$

تمرین ۱-۷

شکل الف، مکان دو کفش دوزک A و B را که در راستای محور x حرکت می‌کنند در لحظه $t=0/s$ نشان می‌دهد. نمودار مکان - زمان این کفش دوزک‌ها در شکل ب رسم شده است.

الف) از روی نمودار به‌طور تقریبی تعیین کنید کفش دوزک‌ها در چه لحظه و در چه مکانی به یکدیگر می‌رسند.
 ب) با استفاده از معادله مکان - زمان، زمان و مکان هم‌رسی کفش دوزک‌ها را پیدا کنید.

فصل ۱: حرکت بر خط راست



$$x_A = x_B \rightarrow -\frac{4}{4}t + 4 = \frac{3}{4}t + (-3) \Rightarrow 2t = 7$$

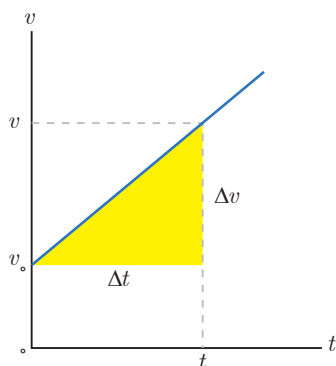
(زمان رسیدن دو متغیر جمع) $t = 1.5$

$$\left. \begin{aligned} x_A &= -1t + 4 \rightarrow -1(1.5) + 4 = 2.5 \text{ m} \\ x_B &= \frac{3}{4}t + (-3) \rightarrow \frac{3}{4}(1.5) - 3 = 2.5 \text{ m} \end{aligned} \right\} \rightarrow \text{ملاقات هم‌بندی}$$



مقاسم $\frac{3}{4}$ متغیر به طور یکنواخت

۳-۱ حرکت با شتاب ثابت



شکل ۱۲-۱ نمودار سرعت - زمان متحرکی را نشان می‌دهد که در امتداد خط راست حرکت می‌کند. همان‌طور که دیده می‌شود سرعت متحرک با زمان به صورت خطی تغییر می‌کند و شیب نمودار سرعت - زمان ثابت است. پیش از این و در مثال ۸-۱ دیدیم در این شرایط، شتاب متوسط $(a_{av} = \Delta v / \Delta t)$ در بازه‌های زمانی مختلف یکسان است. در چنین حرکتی شتاب متوسط در هر بازه زمانی برابر شتاب لحظه‌ای متحرک است، یعنی $a_{av} = a$.

هر گاه شتاب متحرکی در لحظه‌های مختلف یکسان باشد، حرکت جسم را حرکت با شتاب ثابت می‌نامیم (شکل ۱۳-۱). حرکت با شتاب ثابت نوع خاصی از حرکت است و در زندگی روزمره، با

حرکت اجسامی که شتاب آنها ثابت یا تقریباً ثابت است زیاد سروکار داریم. جسمی که روی سطح هموار یک سراشیبی در حال لغزیدن است، یا جسمی که در حال سقوط است و اثر مقاومت هوا بر آن ناچیز باشد دارای حرکت با شتاب ثابت است. همچنین خودرویی که پس از سبز شدن چراغ، شروع به حرکت می‌کند یا هواپیمایی که روی باند پرواز حرکت می‌کند تا به شرایط لازم برای برخاستن برسد مثال‌هایی از حرکت با شتاب تقریباً ثابت است. به دلیل اهمیت و رایج بودن حرکت‌های با شتاب ثابت، در ادامه با معادلات این نوع حرکت آشنا می‌شویم.

معادله سرعت - زمان در حرکت با شتاب ثابت: اگر مانند نمودار شکل ۱۲-۱ در $t = 0$ سرعت اولیه متحرک v_0 و در لحظه t ، سرعت متحرک برابر v باشد در این صورت معادله ۶-۱ را برای حرکت با شتاب ثابت $(a = a_{av})$ در امتداد خط راست می‌توانیم به صورت زیر بازنویسی کنیم:

$$v = at + v_0 \quad (8-1) \quad \text{معادله سرعت - زمان در حرکت با شتاب ثابت}$$

همان‌طور که دیده می‌شود تغییرات v نسبت به t در معادله ۸-۱ به صورت یک تابع خطی است. به همین دلیل سرعت متوسط متحرک در بازه زمانی صفر تا t برابر است با میانگین سرعت متحرک در این دو لحظه، یعنی:

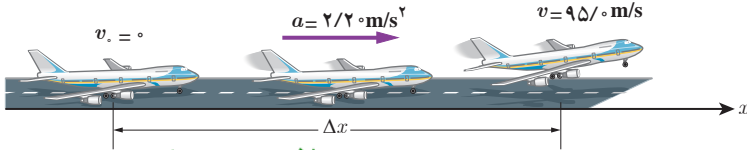
$$v_{av} = \frac{v_0 + v}{2} \quad (9-1) \quad \text{معادله سرعت متوسط در حرکت با شتاب ثابت}$$

$$\Delta x = \frac{v_0 + v}{2} t$$

$$x = vt + x_0$$

نکته ← سرعت متوسط در حرکت شتاب ثابت = میانگین سرعت ابتدایی و انتهای است.

مثال ۱-۱۱



شکل روبه‌رو هواپیمایی را نشان می‌دهد که از حال سکون و با شتاب ثابت روی باند پرواز و در امتداد محور x شروع به حرکت می‌کند.

(الف) چه مدت طول می‌کشد تا هواپیما به شرایط برخاستن برسد؟

(ب) سرعت متوسط هواپیما در این بازه زمانی چقدر است؟

(پ) جابه‌جایی هواپیما در این مدت چقدر است؟

الف

$$v = at + v_0$$

$$95 = \frac{2}{2} t \rightarrow t = \frac{95}{1} s$$

$$\bar{v} = \frac{0 + 95}{2} = 47.5 \text{ m/s}$$

$$\Delta x = \frac{95 + 0}{2} \times \frac{95}{1} = 4506.25 \text{ m}$$

پاسخ: (الف) با توجه به ثابت بودن شتاب حرکت هواپیما روی باند پرواز، داده‌های روی شکل را می‌توان در معادله ۱-۸

جای‌گذاری کرد. به این ترتیب داریم:

$$v = at + v_0 \Rightarrow 95 \text{ m/s} = (2/2 \text{ m/s}^2)t + 0 \text{ m/s} \Rightarrow t = 43/2 s$$

در اولین فرصتی که سوار هواپیما شدید، نتیجه به دست آمده را واریسی کنید!

(ب)

$$v_{av} = \frac{v_0 + v}{2} = \frac{0 \text{ m/s} + 95 \text{ m/s}}{2} = 47.5 \text{ m/s}$$

(پ) از رابطه ۱-۴ داریم:

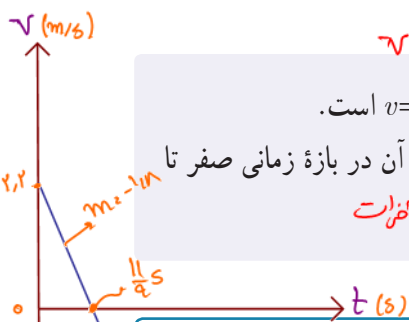
$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta x = v_{av} \Delta t = (47.5 \text{ m/s})(43/2 s) = 205 \times 10^3 \text{ m}$$

تمرین ۱-۸

معادله سرعت - زمان متحرکی که در امتداد محور x حرکت می‌کند در SI به صورت $v = -1/8t + 2/2$ است.

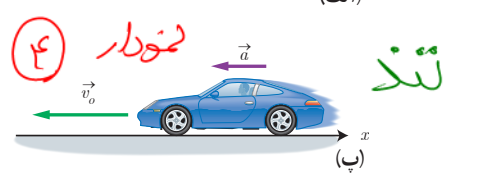
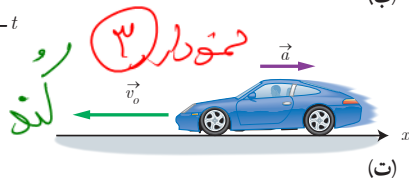
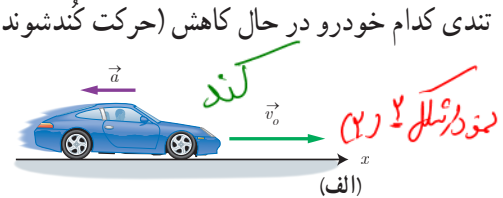
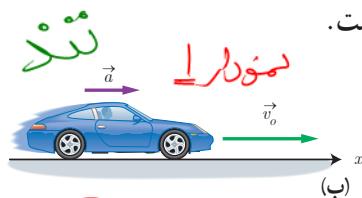
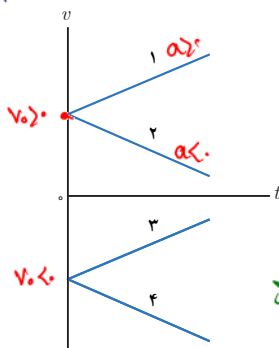
(الف) سرعت متحرک در لحظه $t = 4/0 s$ چقدر است؟ (ب) سرعت متوسط متحرک و جابه‌جایی آن در بازه زمانی صفر تا

$t = 4/0 s$ چقدر است؟ (پ) نمودار سرعت - زمان این متحرک را رسم کنید.



فعالیت ۲-۱

در تمامی حالت‌های شکل زیر، خودروها در امتداد محور x و با شتاب ثابت در حرکت‌اند. حرکت هر یک از خودروها، توسط کدام یک از نمودارهای $v-t$ توصیف می‌شود؟ همچنین توضیح دهید تندی کدام خودرو در حال افزایش (حرکت تندشونده) و تندی کدام خودرو در حال کاهش (حرکت کندشونده) است.



۱۶ نکته } \vec{a}, \vec{v} هم‌سو هستند
 \vec{a}, \vec{v} هم‌سو ← تند شونده
 \vec{a}, \vec{v} غیر هم‌سو ← کند شونده
 forum.konkur.in

فصل ۱: حرکت بر خط راست

معادله مکان - زمان در حرکت با شتاب ثابت: اگر جسمی که با شتاب ثابت و در امتداد محور x حرکت می کند در $t=0$ در مکان x_0 و دارای سرعت v_0 باشد، در این صورت از رابطه های ۱-۴ و ۱-۹ داریم:

سه می:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \frac{v+v_0}{2} = \frac{x-x_0}{t-0} \Rightarrow x = \left(\frac{v+v_0}{2}\right)t + x_0$$

با قرار دادن رابطه ۱-۸ در معادله بالا داریم:

$$x = \left(\frac{at+v_0+v_0}{2}\right)t + x_0$$

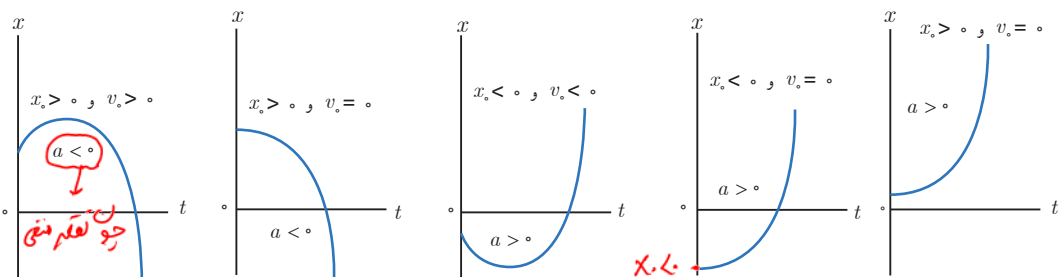
با ساده سازی این رابطه خواهیم داشت:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \quad (1-10) \text{ (معادله مکان - زمان در حرکت با شتاب ثابت)}$$

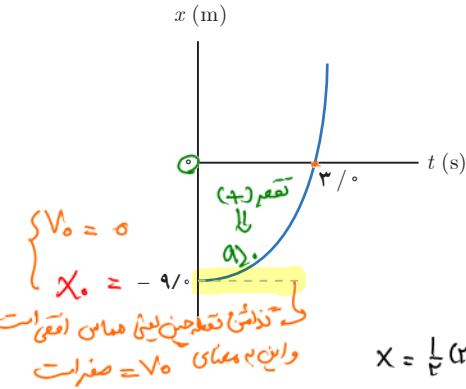
همان طور که دیده می شود در این نوع حرکت، مکان متحرک تابعی درجه دوم از زمان است. با رسم تابع های درجه دوم در ریاضی ۱ پایه دهم آشنا شدید. شکل ۱-۱۴ نمودار $x-t$ را برای چند حالت مختلف نشان می دهد.

سوال حرکت متحرک زیر را توصیف کنید: معادله حرکت $x = -t^2 + 8t + 3$ متر است
 توضیح: فریب عدت دوم $-$ معادل $\frac{1}{2}$ شتاب است
 این شتاب متحرک $-$ متر بر مجذور ثانیه است
 فریب دوم $+$ سرعت اول است $v_0 = 8$ متر بر ثانیه
 عدد ثابت مکان اول را نشان می دهد $x_0 = 3$ متر
 چون علامت a و v_0 خلافی می باشد \rightarrow کند شونده
 چون علامت a و v_0 یکسان است \rightarrow تند شونده
 علامت تابع یا تغییر نمودار $-$ زمان
 نشان دهنده ی سری شتاب است

شکل ۱-۱۴ نمودار مکان-زمان در حرکت با شتاب ثابت برای چند حالت متفاوت

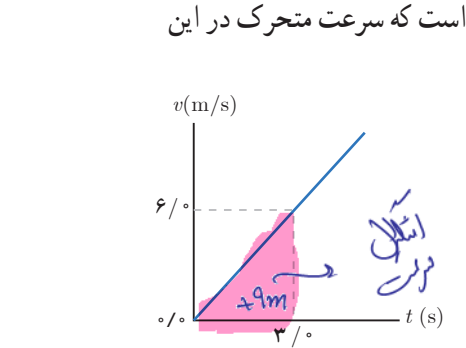


$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \rightarrow 0 = \frac{1}{2}a(3)^2 + (-9) + (-9) \rightarrow a = 2 = \frac{2}{1} \Rightarrow + \frac{2}{1}$ مثال ۱-۱۲



شکل روبه رو نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می دهد که با شتاب ثابت در امتداد محور x حرکت می کند. الف) شتاب متحرک را پیدا کنید. ب) معادله سرعت - زمان متحرک را بنویسید و نمودار آن را رسم کنید. پ) جابه جایی متحرک را در بازه زمانی صفر تا $3/0$ پیدا کنید. ت) با توجه به اینکه مساحت سطح بین نمودار سرعت - زمان و محور زمان در هر بازه زمانی برابر جابه جایی در آن بازه است، جابه جایی متحرک را در بازه زمانی صفر تا $3/0$ حساب کنید و نتیجه را با قسمت پ مقایسه کنید. ث) سرعت متوسط متحرک را در بازه زمانی صفر تا $3/0$ پیدا کنید.

مساحت \rightarrow $\frac{1}{2} \times 3 \times 9 = 13.5$
 $\frac{9}{3} = 3 \text{ m/s}$
 $\Delta v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$
 Δx
 به سطح محصور
 یا همان مقدار Δx



پاسخ: الف) شیب خط چین مماس بر منحنی در $t = 3/0$ برابر صفر است و نشان دهنده این است که سرعت متحرک در این لحظه صفر است ($v_0 = 0/0 \text{ m/s}$). با توجه به داده های روی نمودار و معادله ۱-۱۰ داریم:
 $x_0 = -9/0 \text{ m}$, $t = 3/0 \text{ s} \rightarrow x = 0/0 \text{ m}$, $v_0 = 0/0 \text{ m/s}$
 $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \Rightarrow 0 = \frac{1}{2}a(3/0 \text{ s})^2 + 0 + (-9/0 \text{ m}) \Rightarrow a = 2/0 \text{ m/s}^2$
 ب) از معادله ۱-۸ داریم:
 $v = at + v_0 \Rightarrow v = (2/0 \text{ m/s}^2)t + 0 \Rightarrow v = (2/0 \text{ m/s}^2)t$

پ) با توجه به نمودار مکان-زمان، جابه‌جایی متحرک در بازه زمانی $(0/s, 3/s)$ برابر $9/m$ است. $\Delta x = 9 - 0 = 9/m$ است.
 ت) سطح بین منحنی سرعت و محور زمان در نمودار سرعت-زمان، برابر $9/m$ است. $(\frac{1}{2} \times 6/m/s)(3/s) = 9/m$ است که با نتیجه قسمت پ سازگار است.

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{9/m}{3/s} = 3/m/s$$

توجه کنید که می‌توانستیم سرعت متوسط در این بازه زمانی را از رابطه $v_{av} = \frac{(v_0 + v)}{2}$ نیز حساب کنیم که به همین نتیجه می‌رسد.

$$x = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t + x_0$$

SI = 5m/s

تمرین ۹-۱

خودرویی با سرعت $140 km/h$ در امتداد مسیری مستقیم از چهارراهی می‌گذرد تندی آن با شتاب $1/m/s^2$ افزایش

می‌یابد. سرعت خودرو پس از $300 m$ جابه‌جایی چقدر است؟ $t = 2.5$

$$300 = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t \rightarrow t^2 + 10t - 200 = 0$$

$$(t + 30)(t - 20) = 0$$

$$v = 140 + 1 \times 2.5 = 142.5 m/s$$

معادله سرعت - جابه‌جایی در حرکت با شتاب ثابت: اگر هنگام بررسی حرکت جسمی، زمان t معلوم نباشد، می‌توان از معادله سرعت - جابه‌جایی برای پیدا کردن یکی از کمیت‌های جابه‌جایی Δx ، سرعت اولیه v_0 ، سرعت v ، یا شتاب a متحرک استفاده کرد. برای به دست آوردن این معادله از رابطه‌های ۹-۱ و ۴-۱ شروع می‌کنیم. به این ترتیب مشابه آنچه هنگام به دست آوردن معادله مکان-زمان دیدیم می‌توان نوشت:

$$x = \left(\frac{v + v_0}{2}\right)t + x_0$$

با به دست آوردن t از معادله ۸-۱ و قرار دادن آن در رابطه بالا داریم:

$$x = \left(\frac{v + v_0}{2}\right)\left(\frac{v - v_0}{a}\right) + x_0$$

در این صورت داریم:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x \quad (11-1) \quad \text{(معادله سرعت - جابه‌جایی در حرکت با شتاب ثابت)}$$

اگرچه این رابطه را برای بازه زمانی صفر تا t به دست آوردیم، برای هر بازه زمانی دلخواه t_1 تا t_2 نیز می‌توانیم از رابطه زیر استفاده کنیم که در آن x_1 و v_1 متناظر با لحظه t_1 و همچنین x_2 و v_2 متناظر با لحظه t_2 هستند.

$$v_2^2 = v_1^2 + 2a(x_2 - x_1)$$

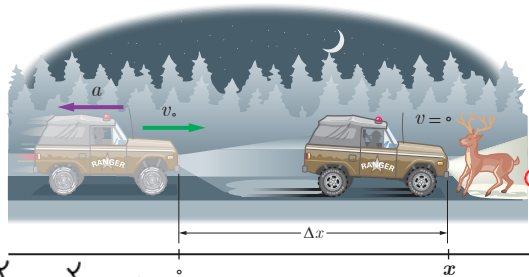
حل سوال تمرین ۹-۱ با این فرمول:

$$v^2 - v_0^2 = 2as \times$$

$$v^2 = 25 + 2(1)(300) =$$

$$v^2 = 625 \Rightarrow v = 25 m/s$$

مثال ۱۳-۱



محیطبان یک پارک حفاظت شده هنگام گشت شبانه، با تندی $40 km/h$ در جاده‌ای مستقیم در حرکت است که ناگهان گوزن بدون حرکتی را در جلوی خود می‌بیند و ترمز می‌گیرد (شکل روبه‌رو). حرکت خودرو با شتابی به اندازه $3/80 m/s^2$ کند می‌شود تا سرانجام متوقف شود. اگر لحظه‌ای که محیطبان ترمز می‌گیرد، گوزن در فاصله $22/m$ متری از خودرو باشد،

$$v^2 - v_0^2 = 2as \times$$

$$0 - 11^2 = 2(-3/80)(\Delta x) \rightarrow \Delta x = 159m \approx 160m$$

الف) خودرو در چه فاصله‌ای از گوزن متوقف می‌شود؟
 ب) چه مدت طول می‌کشد تا خودرو متوقف شود؟

توقف یعنی $v = 0$

$$v = at + v_0$$

$$0 = -3/80 t + 11 \rightarrow -11 = -3/80 t$$

$$t = \frac{11 \times 80}{3} \approx 293.3 s$$

$t = \frac{11 \times 80}{3} \approx 293.3 s$

فصل ۱: حرکت بر خط راست

پاسخ: الف) حرکت خودرو را در جهت محور x فرض می‌کنیم. همچنین برای سادگی، مبدأ زمان و مکان را جایی می‌گیریم که محیط‌بان ترمز گرفته و در نتیجه $x_0 = 0 \text{ m}$ و $v_0 = 40 \text{ km/h} = 11.1 \text{ m/s}$ است. از طرفی، چون سرعت خودرو در جهت محور x به تدریج در حال کاهش است، شتاب آن بر خلاف جهت محور x و در نتیجه منفی خواهد شد. به این ترتیب از معادله ۱-۱ داریم:

$$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0) \Rightarrow 0 - (11.1 \text{ m/s})^2 = 2(-3/8 \text{ m/s}^2)(x - 0)$$

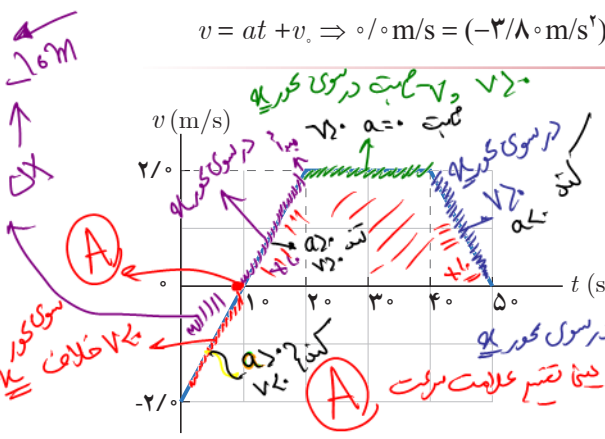
در نتیجه $x = 16/2 \text{ m}$ و خودرو در فاصله $5/8 \text{ m}$ از گوزن متوقف می‌شود و خوشبختانه برخوردی بین خودرو و گوزن صورت نمی‌گیرد.

ب) از رابطه ۱-۸ داریم:

$$v = at + v_0 \Rightarrow 0 \text{ m/s} = (-3/8 \text{ m/s}^2)t + 11.1 \text{ m/s} \Rightarrow t = 2/92 \text{ s}$$

ملاک لوتی
یادآوری
هم سو
تندی
هم سو
تندی

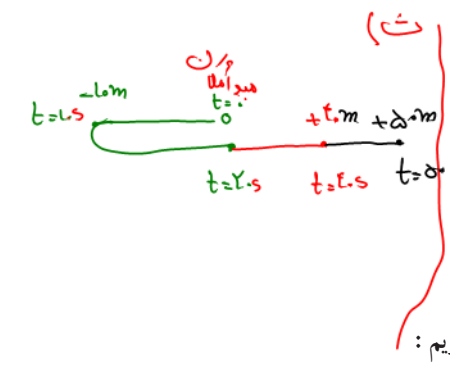
مثال ۱-۱۴



متحرکی که در راستای محور x حرکت می‌کند در لحظه $t = 0$ از مکان $x_0 = 0$ می‌گذرد. نمودار سرعت-زمان این متحرک مطابق شکل روبه‌رو است. الف) متحرک در کدام بازه زمانی، در جهت محور x و در کدام بازه زمانی در خلاف جهت محور x حرکت کرده است؟ ب) در چه لحظه‌ها یا لحظه‌هایی جهت حرکت متحرک تغییر کرده است؟ پ) با توجه به نمودار سرعت-زمان توضیح دهید در کدام بازه‌های زمانی حرکت جسم تندشونده و یا کندشونده است.

ت) مکان متحرک را در هر یک از لحظه‌های $t_1 = 1 \text{ s}$, $t_2 = 2 \text{ s}$, $t_3 = 4 \text{ s}$, $t_4 = 5 \text{ s}$ پیدا کنید و روی محور x نشان دهید. ث) مسیر حرکت متحرک را رسم کنید و با توجه به آن، جابه‌جایی و مسافت طی شده را در کل زمان حرکت پیدا کنید. ج) مساحت سطح زیر نمودار $v-t$ را حساب کنید و مقدار آن را با جابه‌جایی متحرک در قسمت قبل مقایسه کنید. مساحت بخشی از سطح را که زیر محور است منفی بگیرید.

پاسخ: الف) با توجه به نمودار، در بازه زمانی صفر تا $t_1 = 1 \text{ s}$ ، سرعت متحرک منفی است و بنابراین در جهت منفی محور x حرکت کرده است. همچنین در بازه زمانی $t_1 = 1 \text{ s}$ تا $t_4 = 5 \text{ s}$ ، سرعت متحرک مثبت است و بنابراین در جهت مثبت محور x حرکت کرده است.



ب) تنها در لحظه $t_1 = 1 \text{ s}$ علامت سرعت و در نتیجه جهت حرکت متحرک تغییر کرده است. پ) در بازه زمانی صفر تا $t_1 = 1 \text{ s}$ ، تندی در حال کاهش و در نتیجه حرکت کندشونده است. در بازه زمانی $t_1 = 1 \text{ s}$ تا $t_2 = 2 \text{ s}$ ، تندی در حال افزایش و در نتیجه حرکت تندشونده است. در بازه زمانی $t_2 = 2 \text{ s}$ تا $t_4 = 4 \text{ s}$ ، حرکت با سرعت ثابت است. در بازه زمانی $t_4 = 4 \text{ s}$ تا $t_5 = 5 \text{ s}$ ، تندی در حال کاهش و در نتیجه حرکت کندشونده است. ت) در بازه زمانی صفر تا $t_2 = 2 \text{ s}$ حرکت با شتاب ثابت است. به این ترتیب از معادله ۱-۸ داریم:

$$v = at + v_0 \Rightarrow (2/0 \text{ m/s}) = a(2 \text{ s}) + (-2/0 \text{ m/s}) \Rightarrow a = 0/2 \text{ m/s}^2$$

در این صورت با توجه به معادله ۱-۱، در لحظه $t_1 = 1 \text{ s}$ داریم:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \Rightarrow x_1 = \frac{1}{2}(0/2 \text{ m/s}^2)(1 \text{ s})^2 + (-2/0 \text{ m/s})(1 \text{ s}) + 0 \Rightarrow x_1 = -1 \text{ m}$$

در لحظه $t_1 = 2 \text{ s}$ داریم:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \Rightarrow x_1 = \frac{1}{2}(0/2 \text{ m/s}^2)(2 \text{ s})^2 + (-2/0 \text{ m/s})(2 \text{ s}) + 0 \Rightarrow x_1 = 0$$

در بازه زمانی 2 s تا 4 s ، حرکت با سرعت ثابت روی خط راست است. به این ترتیب با توجه به معادله $1-7$ ، جابه‌جایی در

این بازه زمانی برابر است با:

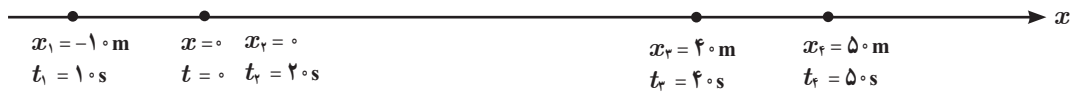
$$\Delta x = v\Delta t \Rightarrow \Delta x = (2/0 \text{ m/s})(4 \text{ s} - 2 \text{ s}) = 4 \text{ m}$$

در نتیجه متحرک در لحظه $t_2 = 4 \text{ s}$ در مکان $x_2 = x_1 + \Delta x = 0 + 4 \text{ m} = 4 \text{ m}$ قرار دارد.

در بازه زمانی 4 s تا 5 s ، حرکت با شتاب ثابت است. به این ترتیب داریم:

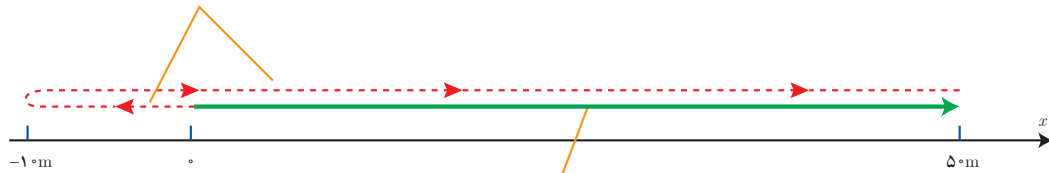
$$\Delta x = \left(\frac{v_1 + v_2}{2}\right)\Delta t = \left(\frac{2/0 \text{ m/s} + 0}{2}\right)(1 \text{ s}) \Rightarrow \Delta x = 1 \text{ m}$$

در نتیجه متحرک در لحظه $t_3 = 5 \text{ s}$ در مکان $x_3 = x_2 + \Delta x = 4 \text{ m} + 1 \text{ m} = 5 \text{ m}$ قرار دارد.

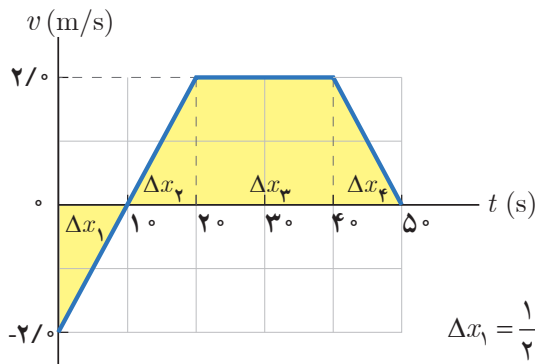


(ث) در شکل زیر جابه‌جایی و مسافت طی شده توسط متحرک در کل زمان حرکت نشان داده شده است.

مسافت کل پیموده شده برابر $l = 1 \text{ m} + 1 \text{ m} + 4 \text{ m} = 6 \text{ m}$ است.



برداری جابه‌جایی کل که برابر $\vec{d} = (+5 \text{ m})\hat{i}$ است.



(ج) مساحت سطح زیر نمودار سرعت - زمان که با رنگ زرد در شکل مشخص شده است، برابر جابه‌جایی متحرک است. به این ترتیب برای هر یک از بازه‌های زمانی داریم:

$$\Delta x_1 = \frac{1}{2}(-2/0 \text{ m/s})(1 \text{ s}) = -1 \text{ m} \quad \Delta x_2 = \frac{1}{2}(2/0 \text{ m/s})(1 \text{ s}) = 1 \text{ m}$$

$$\Delta x_3 = (2/0 \text{ m/s})(2 \text{ s}) = 4 \text{ m} \quad \Delta x_4 = \frac{1}{2}(2/0 \text{ m/s})(1 \text{ s}) = 1 \text{ m}$$

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \Delta x_4 = -1 \text{ m} + 1 \text{ m} + 4 \text{ m} + 1 \text{ m} = 5 \text{ m}$$

همان‌طور که از نتیجه بالا دیده می‌شود، مساحت سطح بین نمودار سرعت - زمان و محور زمان در کل زمان حرکت، با جابه‌جایی متحرک برابر است.

فصل ۱: حرکت بر خط راست

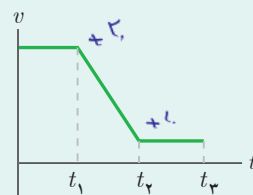
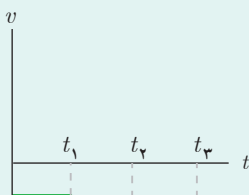
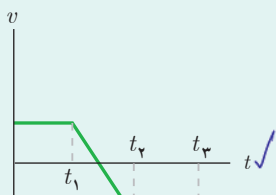
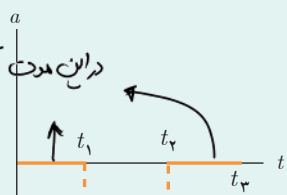
حکمت - زمانی که تغییر سرعت (Δv) متنوع است الزامی نداریم حرکت کل حرکت متنوع باشد.

پوشش ۱-۷

نمودار شتاب - زمان متحرکی که در امتداد محور x حرکت می کند مطابق شکل زیر است. توضیح دهید چگونه هر یک از نمودارهای سرعت - زمان شکل های الف، ب و پ می تواند متناظر با این نمودار شتاب - زمان باشد.

است حرکت ثابت

در این مدت تغییر سرعت ثابت است



(ب)

(ب)

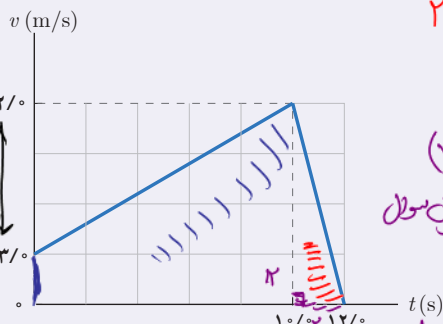
(الف)

ارتفاع

مساحت ذغرتت \Rightarrow مساحت ذغرتت $= \frac{(12+3) \cdot 10}{2} = 75m \uparrow + \frac{1}{2} \times 2 \times 12 = 12m$

تمرین ۱-۱۰

سبب متنوع شتاب یعنی تغییر سرعت متنوع است



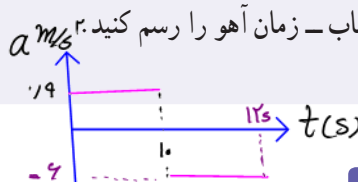
آهویی در مسیری مستقیم در امتداد محور x می دود. نمودار سرعت - زمان

آهو در بازه زمانی صفر تا $12/s$ مطابق شکل است. در این بازه زمانی

$(75+12)$

الف) مسافت کل پیموده شده توسط آهو را به دست آورید.

ب) جابه جایی آهو را پیدا کنید. همان مسافت طی شده می شود \leftarrow مرتب سوال

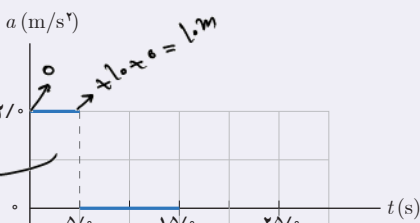


دلتا

مساحت ذغرتت $= \frac{1}{2} ab \sin(\alpha)$

زاویه بین a و t

تمرین ۱-۱۱



شکل مقابل نمودار شتاب - زمان یک ماشین بازی را نشان می دهد

که در امتداد محور x حرکت می کند. با فرض $v_0 = 0$ و $x_0 = 0$ در بازه زمانی

صفر تا $25/s$

الف) نمودارهای سرعت - زمان و مکان - زمان این ماشین را رسم کنید.

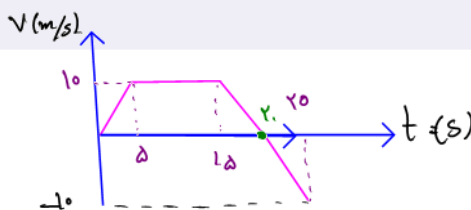
ب) با توجه به نمودار سرعت - زمان، مشخص کنید در کدام یک از

بازه های زمانی، حرکت ماشین تندشونده، کندشونده یا با سرعت ثابت است.

پ) شتاب متوسط ماشین را پیدا کنید.

ت) جابه جایی ماشین را پیدا کنید.

$\Delta v = 5V$

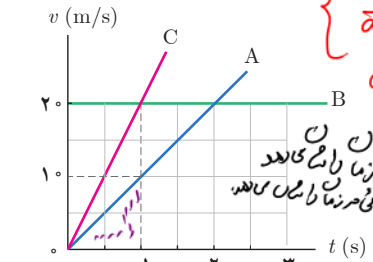


$\vec{a}_B = \text{صفر}$
 $m_C > m_A \gg m_B$

$\vec{a}_C > \vec{a}_A$

$a_{C,A} > a_B$

$\Delta x_A = 50$



$\vec{a}_A = \frac{v_0}{t_0} = \frac{20}{20} = 1 \text{ m/s}^2$
 $\vec{a}_B = \frac{0}{t_0} = 0$
 $\vec{a}_C = \frac{20}{10} = 2 \text{ m/s}^2$

۱-۱ شناخت حرکت

۱. با توجه به داده‌های نقشه شکل زیر،

(الف) تندی متوسط و اندازه سرعت متوسط خودرو را پیدا کنید.

(ب) مفهوم فیزیکی این دو کمیت چه تفاوتی با یکدیگر دارد؟ تندی ← میان‌مسیر طی‌شده در زمان را می‌دهد. سرعت متوسط ← میان‌جابجایی در زمان را می‌دهد.

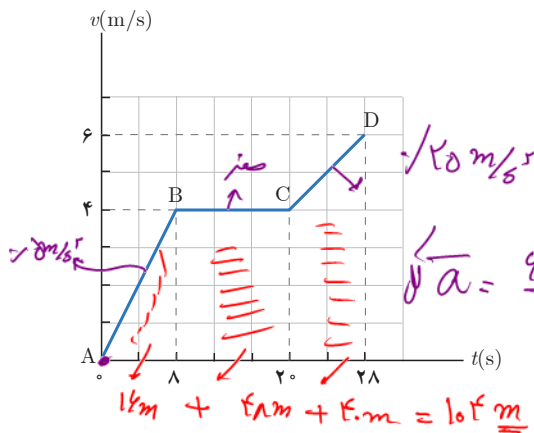
(پ) در چه صورت تندی متوسط و اندازه سرعت متوسط می‌توانست تقریباً با یکدیگر برابر باشد؟ در مسیری که هندسین تغییر جهت روی خطرات حرکت کار کند.

$\Delta x_B = 200 \text{ m}$
 $\Delta x_C = 100 \text{ m}$

(پ) در بازه زمانی ۰s تا ۱۰s جابه‌جایی این سه متحرک را پیدا کنید.

۴. شکل زیر نمودار سرعت - زمان متحرکی را که در امتداد

محور x حرکت می‌کند در مدت ۲۸ ثانیه نشان می‌دهد.



(الف) شتاب در هر یک از مرحله‌های AB، BC و CD چقدر است؟

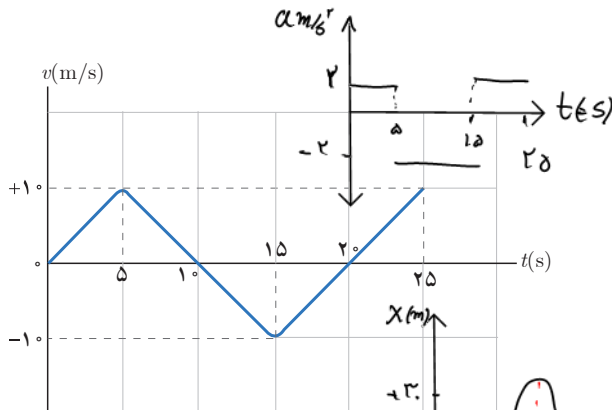
(ب) شتاب متوسط در بازه زمانی صفر تا ۲۸ ثانیه چقدر است؟

(پ) جابه‌جایی متحرک را در این بازه زمانی پیدا کنید.

۵. نمودار سرعت - زمان متحرکی مطابق شکل زیر است.

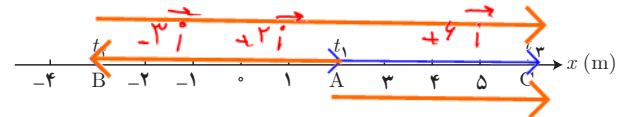
(الف) نمودار شتاب - زمان این متحرک را رسم کنید.

(ب) اگر $x_0 = -10 \text{ m}$ باشد نمودار مکان - زمان متحرک را رسم کنید.



۶. متحرکی مطابق شکل در لحظه t_1 در نقطه A، در لحظه t_2 در

نقطه B و در لحظه t_3 در نقطه C قرار دارد.



(الف) بردارهای مکان متحرک را در هر یک از این لحظه‌ها روی

محور x رسم کنید و برحسب بردار بکشید بنویسید.

(ب) بردار جابه‌جایی متحرک را در هر یک از بازه‌های زمانی t_1

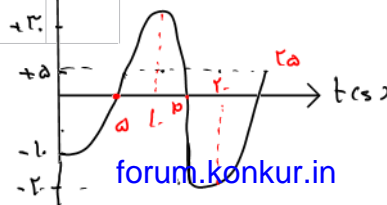
تا t_2 ، t_2 تا t_3 و t_1 تا t_3 به دست آورید.

۷. در شکل زیر نمودار سرعت - زمان سه متحرک نشان داده

شده است.

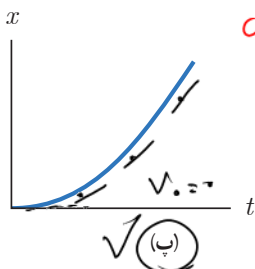
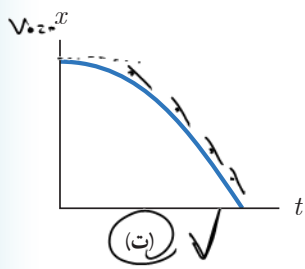
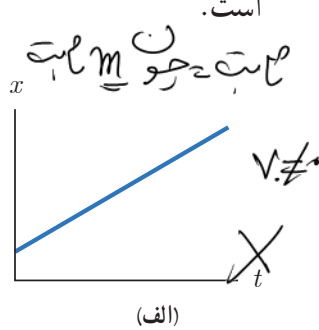
(الف) شتاب سه متحرک را به طور کیفی با یکدیگر مقایسه کنید.

(ب) شتاب هر متحرک را به دست آورید.

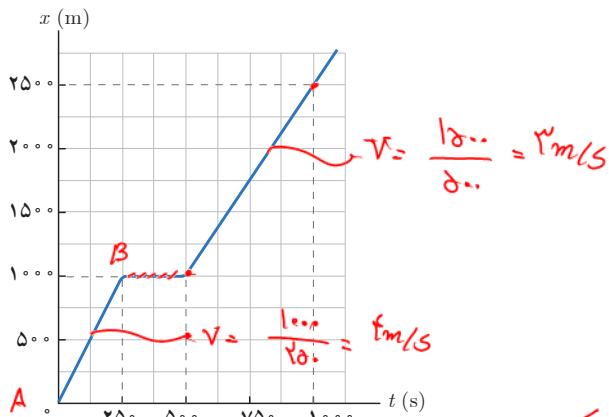


فصل ۱: حرکت بر خط راست

۱. توضیح دهید از نمودارهای مکان - زمان شکل زیر کدام موارد حرکت متحرکی را توصیف می کند که از حال سکون شروع به حرکت کرده و به تدریج بر تندی آن افزوده شده است.



۴. شکل زیر نمودار مکان - زمان حرکت یک دوندۀ دوی نیمه استقامت را در امتداد یک خط راست نشان می دهد.



نکته: حرکت یک جسم را بر نمودار مکان - زمان (A-B) می بینیم.

الف) در کدام بازۀ زمانی دونده سریع تر دویده است؟ بین ۲۵ تا ۵۰۰

ب) در کدام بازۀ زمانی، دونده ایستاده است؟ بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰

پ) سرعت دونده را در بازۀ زمانی ۰ تا ۲۵۰ حساب کنید. ۴

ت) سرعت دونده را در بازۀ زمانی ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ حساب کنید. ۳

ث) سرعت متوسط دونده را در بازۀ زمانی ۰ تا ۱۰۰۰ حساب کنید.

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2500}{1000} = 2.5 \text{ m/s}$$

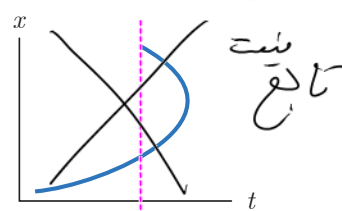
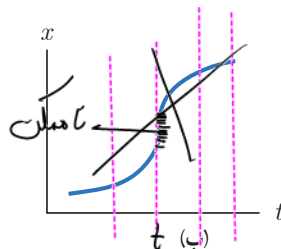
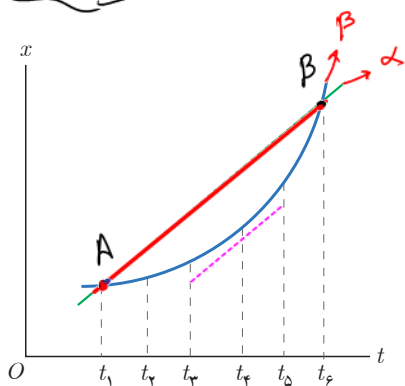
۷. توضیح دهید کدام یک از نمودارهای مکان - زمان شکل زیر می تواند نشان دهنده نمودار $x-t$ یک متحرک باشد.

$x = f(t)$
ملا تا بجای از زمان است

۹. شکل زیر نمودار مکان - زمان دو خودرو را نشان می دهد که در جهت محور x در حرکت اند.

سرعت متوسط یک خط تابع پهنوزنات

مکان - زمان
تندی ملاقتند

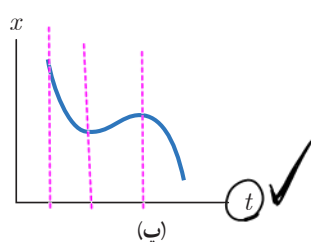
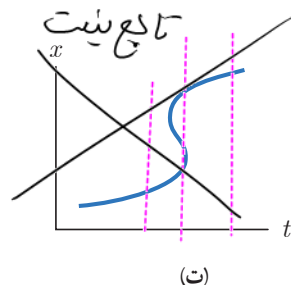


الف) در لحظه هایی دو خودرو از کنار یکدیگر می گذرند؟ A و B
ب) در چه لحظه ای تندی دو خودرو تقریباً یکسان است؟ در لحظه t_4
پ) سرعت متوسط دو خودرو را در بازۀ زمانی t_1 تا t_6 با هم مقایسه کنید.

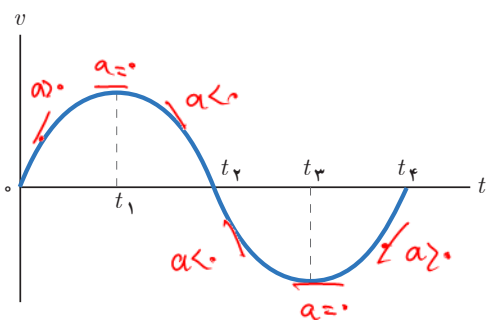
الف) در چه لحظه هایی دو خودرو از کنار یکدیگر می گذرند؟ A و B
ب) در چه لحظه ای تندی دو خودرو تقریباً یکسان است؟ در لحظه t_4
پ) سرعت متوسط دو خودرو را در بازۀ زمانی t_1 تا t_6 با هم مقایسه کنید.

$$\bar{v}_B \equiv \bar{v}_A$$

$$\frac{\Delta x_B}{\Delta t} = \frac{\Delta x_A}{\Delta t}$$



← سبب خط مماس بر نمودار $v-t$ است



۱-۲ حرکت با سرعت ثابت

۱۴. جسمی با سرعت ثابت بر مسیری مستقیم در حرکت است.

اگر جسم در لحظه $t_1 = 5/0s$ در مکان $x_1 = 6/0m$ و در لحظه

$t_2 = 2/0s$ در مکان $x_2 = 36/0m$ باشد،

$x = vt + x_0$

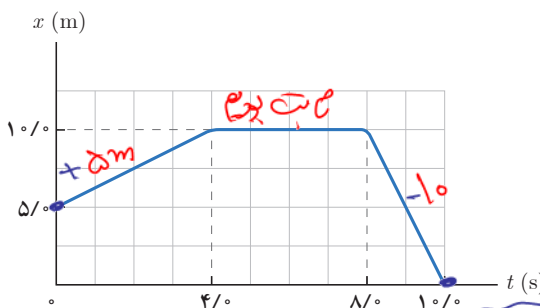


الف) معادله مکان - زمان جسم را بنویسید.

ب) نمودار مکان - زمان جسم را رسم کنید.

۱۵. شکل زیر نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می دهد که

در امتداد محور x حرکت می کند.



۵ متر

جمع قدر مطلق تک تک جابجایی ها = سرعت

جمع قدر مطلق تک تک جابجایی ها = سرعت

الف) جابه جایی و مسافت پیموده شده توسط متحرک در کل

زمان حرکت چقدر است؟

ب) سرعت متوسط متحرک را در هر یک از بازه های زمانی

$0/0s$ تا $4/0s$ ، $4/0s$ تا $8/0s$ ، $8/0s$ تا $10/0s$ و همچنین در کل

زمان حرکت به دست آورید.

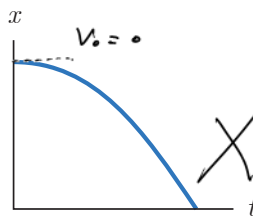
پ) معادله حرکت متحرک را در هر یک از بازه های زمانی

$0/0s$ تا $4/0s$ ، $4/0s$ تا $8/0s$ ، $8/0s$ تا $10/0s$ بنویسید.

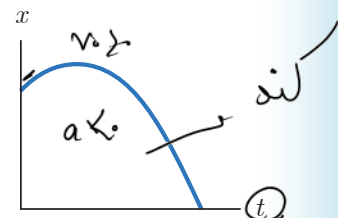
ت) نمودار سرعت - زمان متحرک را رسم کنید.

۱. توضیح دهید کدام یک از نمودارهای مکان - زمان نشان داده شده، حرکت متحرکی را توصیف می کند که سرعت اولیه آن در جهت محور x و شتاب آن بر خلاف جهت محور x است.

کند

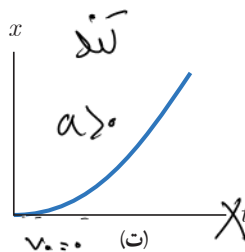


(ب)

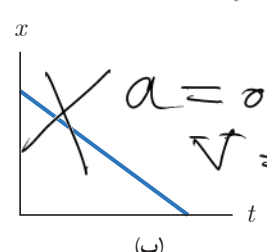


(الف)

خلاف سبب



(ت)



(ب)

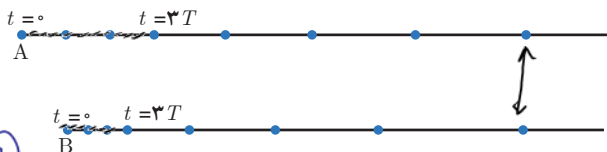
ثابت

۱۱. هر یک از شکل های زیر مکان یک خودرو را در لحظه های

$t=0$ ، $t=T$ ، $t=2T$ ، ... و $t=7T$ نشان می دهد. هر دو

خودرو در لحظه $t=3T$ شتاب می گیرند. توضیح دهید،

زبا هادون



حین در هر دو زمانی برابر است، جابجایی بیشتری دارد

الف) سرعت اولیه کدام خودرو بیشتر است. A ←

ب) سرعت نهایی کدام خودرو بیشتر است. B ←

پ) کدام خودرو شتاب بیشتری دارد. B ←

۱۲. معادله حرکت جسمی در SI به صورت $x = t^3 - 3t^2 + 4$ است.

الف) مکان متحرک را در $t = 2s$ و $t = 0s$ به دست آورید.

ب) سرعت متوسط جسم را در بازه زمانی صفر تا ۲ ثانیه پیدا کنید.

$x_2 - x_0$
 $\frac{\Delta x}{\Delta t} = 2$

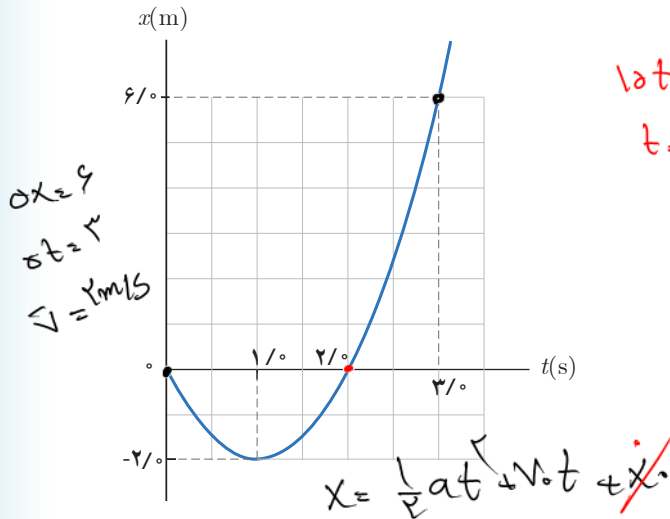
۱۳. نمودار سرعت - زمان متحرکی در شکل زیر نشان داده شده

است. تعیین کنید در کدام بازه های زمانی بردار شتاب در جهت

محور x و در کدام بازه های زمانی در خلاف جهت محور x است.

فصل ۱: حرکت بر خط راست

۱۹. شکل زیر نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می دهد که در امتداد محور x با شتاب ثابت در حرکت است.



الف) سرعت متوسط متحرک در بازه زمانی صفر تا $3/0$ ثانیه، چند متر بر ثانیه است؟

Handwritten calculations: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6}{3} = 2 \text{ m/s}$

ب) معادله مکان - زمان متحرک را بنویسید.
 پ) سرعت متحرک را در لحظه $t = 3/0$ پیدا کنید.
 ت) نمودار سرعت - زمان متحرک را رسم کنید.

۲۰. متحرکی در امتداد محور x و با شتاب ثابت در حرکت است. در مکان $x = +1 \text{ m}$ سرعت متحرک 4 m/s و در مکان

$x = +19 \text{ m}$ سرعت متحرک 18 km/h است. الف) شتاب حرکت آن چقدر است؟

ب) پس از چه مدتی سرعت متحرک از 4 m/s به سرعت 18 km/h می رسد؟

۲۱. خودرویی پشت چراغ قرمز ایستاده است. با سبز شدن چراغ، خودرو با شتاب 2 m/s^2 شروع به حرکت می کند. در همین لحظه، کامیونی با سرعت ثابت 36 km/h از آن سبقت می گیرد.

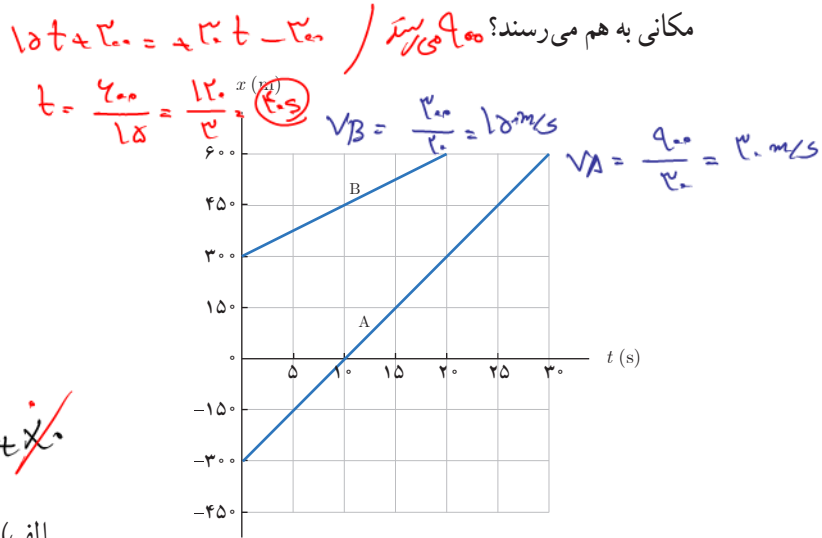
الف) در چه لحظه و در چه مکانی خودرو به کامیون می رسد؟
 ب) نمودار مکان - زمان را برای خودرو و کامیون در یک دستگاه مختصات رسم کنید.

پ) نمودار سرعت - زمان را برای خودرو و کامیون در یک دستگاه مختصات رسم کنید.

۱۷. شکل زیر نمودار مکان - زمان دو خودرو را نشان می دهد که روی خط راست حرکت می کنند.
 الف) معادله حرکت هر یک از آنها را بنویسید.

Handwritten equations: $x_B = 15t + 30$
 $x_A = 3t - 30$

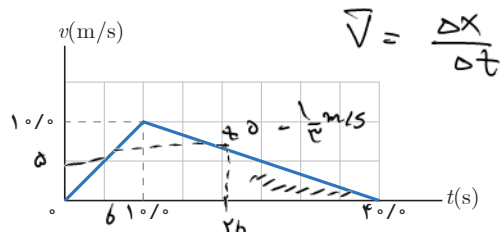
ب) اگر خودروها با همین سرعت حرکت کنند، در چه زمان و مکانی به هم می رسند؟



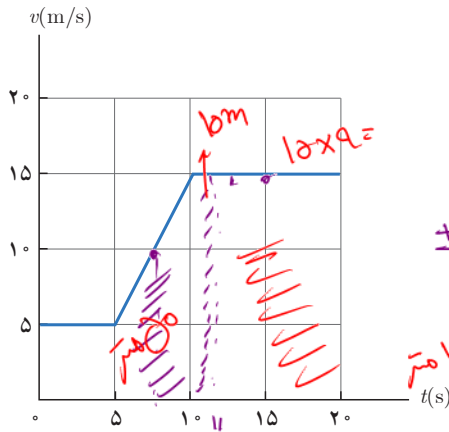
۱۸. دانستن محل قرارگیری یک ماهواره در مأموریت های فضایی و اطمینان از اینکه ماهواره در مدار پیش بینی شده قرار گرفته، یکی از مأموریت های کارشناسان فضایی است. بدین منظور تپ های الکترومغناطیسی را که با سرعت نور در فضا حرکت می کنند، به طرف ماهواره مورد نظر می فرستند و بازتاب آن توسط ایستگاه زمینی دریافت می شود. اگر زمان رفت و برگشت یک تپ 0.24 ثانیه باشد، فاصله ماهواره از ایستگاه زمینی، تقریباً چقدر است؟

Handwritten calculation: $\Delta x = vt$
 $\Delta x = 3 \times 10^8 \times \frac{0.24}{2} = 3.6 \times 10^7 \text{ m}$

۱۸. نمودار $v-t$ متحرکی که در امتداد محور x حرکت می کند مطابق شکل زیر است. سرعت متوسط متحرک در بازه زمانی $0/0$ تا $5/0$ چند برابر سرعت متوسط آن در بازه زمانی $25/0$ تا $40/0$ است؟



Handwritten calculation: $\frac{v_a}{v_b} = \frac{10 \text{ s}}{5 \text{ s}} \times \frac{11.15}{37.15} = \frac{1}{3}$



۴۴. شکل نشان داده شده نمودار سرعت - زمان خودرویی را

نشان می‌دهد که روی مسیری مستقیم حرکت می‌کند.

الف) شتاب خودرو را در هر یک از لحظه‌های $t=3s$ ، $t=8s$

و $t=11s$ و $t=15s$ به دست آورید.

ب) شتاب متوسط در بازه زمانی $t_1=0s$ تا $t_2=20s$ را به دست آورید.

پ) در هر یک از بازه‌های زمانی $t_1=5s$ تا $t_2=11s$ و $t_1=11s$ تا $t_2=20s$

خودرو چقدر جابه‌جا شده است؟

ت) سرعت متوسط خودرو در بازه‌های $t_1=5s$ تا $t_2=11s$ و

$t_1=11s$ تا $t_2=20s$ را به دست آورید.

$$\bar{v} = \frac{45}{11-5} = \frac{45}{6} \text{ m/s}$$

$$\bar{v} = \frac{135}{20-11} = \frac{135}{9} \text{ m/s}$$

پایان جلسه تحلیل کتاب درسی ۱۲
 عزیزان ۱۴۰۴

$$\frac{1400}{10} \quad \frac{29}{10}$$

۱۴۳ نفر مانده است.