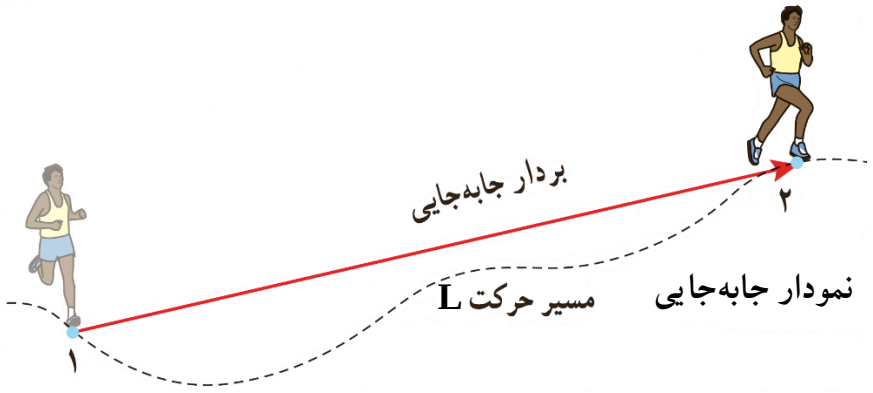
مؤلف و مدرس: مهرداد

حرکت شناسی

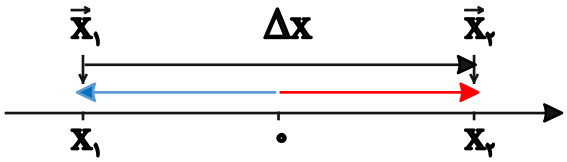
مسافت: کمیتی عددی است و همواره مثبت است. در واقع طول مسیری است که متحرک طی می‌کند.

جابجایی: کمیتی برداری است، که مکان اولیه را به مکان ثانویه وصل می‌کند. به مسیر حرکت بستگی ندارد و معمولاً از مسافت طی شده کمتر است. زمانی که متحرک روی خط راست حرکت کند و تغییر جهت ندهد. جابجایی و مسافت یکسان است.



حرکت روی محور X ها

بردار مکان: برداری است که ابتدای آن مبدأ مختصات و انتهای آن مکان جسم است.



بردار جابه‌جایی: مکان اولیه را به مکان ثانویه وصل می‌کند. اگر جسم به صورت افقی حرکت کند، حرکت جسم یک بعدی است. مکان آن را با x و جابه‌جایی جسم را با Δx نمایش می‌دهیم:

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

x_1: مکان اولیه ← Δx: جابه‌جایی

x_2: مکان ثانویه

در صورتی که جهت حرکت جسم تغییر نکند، جابه‌جایی و مسافت طی شده با هم برابر است.

$$\Delta x = L$$

ولی در صورتی که جهت حرکت تغییر کند، مسافت طی شده برابر جمع جبری جابه‌جایی‌هایی است که در راستای محور و خلاف محور انجام می‌شود.

$$L = |\Delta x_1| + |\Delta x_2| + \cdots$$

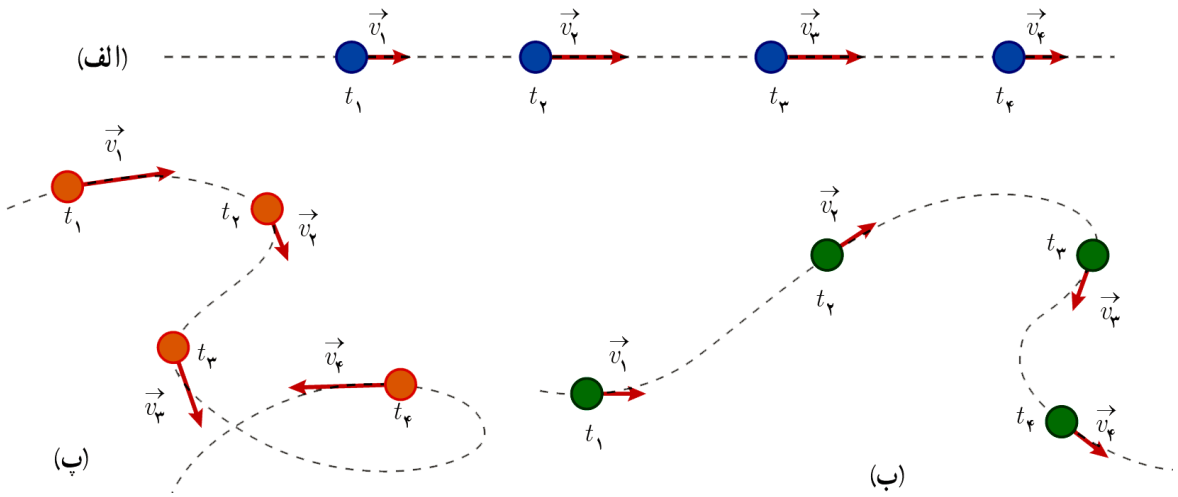
سرعت متوسط: نسبت جابه‌جایی به زمان، سرعت متوسط نام دارد.

$$V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \qquad V_{av} = \frac{d}{\Delta t}$$

تندی متوسط: نسبت مسافت طی شده به زمان طی مسافت، تندی متوسط نام دارد.

$$S_{av} = \frac{L}{\Delta t}$$

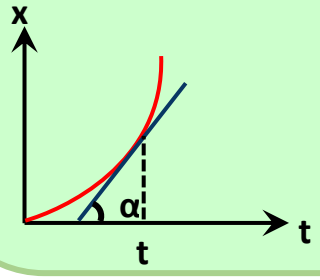
سرعت لحظه‌ای همواره بر مسیر حرکت مماس است. تندی لحظه‌ای و سرعت لحظه‌ای برابر است.



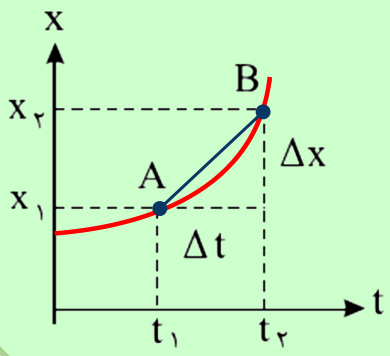
علامت سرعت جهت حرکت را بیان می‌کند. اگر $V > 0$، یعنی متحرک در جهت مثبت محور (موافق محور) حرکت می‌کند و اگر $V < 0$، یعنی متحرک در جهت خلاف محور حرکت می‌کند.

شیب خط مماس بر نمودار مکان – زمان در هر لحظه برابر سرعت لحظه‌ای یا تندی لحظه‌ای در آن لحظه است.

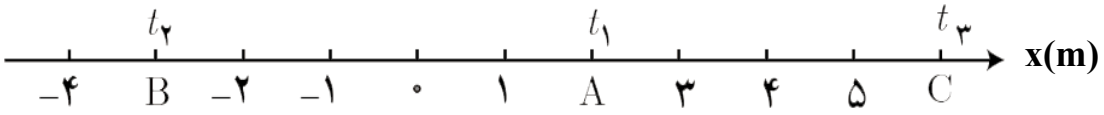
$$V = \tan\alpha$$



شیب خط واصل در نمودار x-t برابر سرعت متوسط بین آن دو لحظه است.



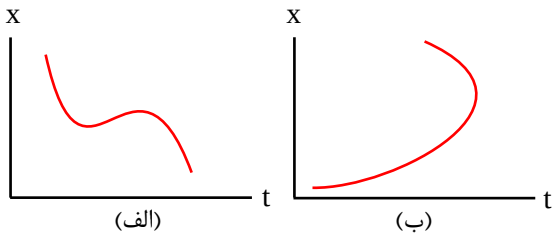
مثال: متحرکی مطابق شکل در لحظه‌ی t_1 در نقطه‌ی A، در لحظه‌ی t_2 در نقطه‌ی B و در لحظه‌ی t_3 در نقطه‌ی C قرار دارد.



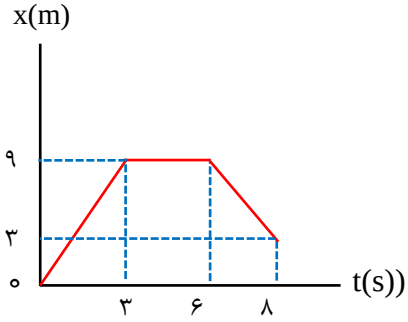
الف) بردارهای مکان متحرک را در هریک از این لحظه‌های روی محور x رسم کنید و برحسب بردار یکه بنویسید.

ب) بردار جابجایی متحرک را در هریک از بازه‌های زمانی t_1 تا t_2 و t_1 تا t_3 به دست آورید.

مثال: با توجه به شکل مقابل، نمودار (الف – ب) می‌تواند نشان‌دهندهٔ نمودار مکان – زمان یک متحرک باشد.



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



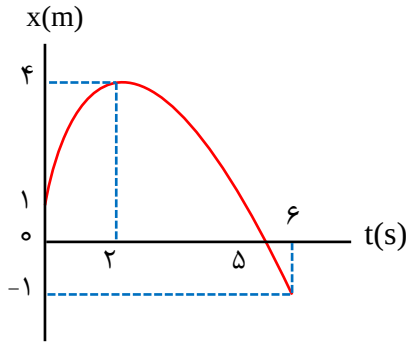
الف) مسیر حرکت

ب) سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی ۶s تا ۸s چند متر بر ثانیه است؟

پ) مسافت طی شده در بازهٔ زمانی صفر تا ۸s چند متر است؟

مثال: نمودار مکان – زمان حرکت مورچه‌ای بر روی محور x، همانند شکل روبه‌رو است.

با توجه به این نمودار به سوالات زیر پاسخ دهید.



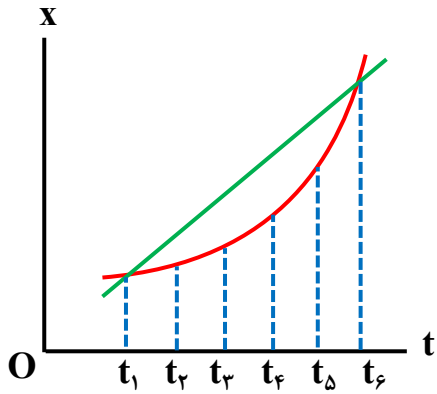
الف) در چه لحظه‌ای مورچه بیشترین فاصله از مبدا مختصات را دارد؟

ب) در کدام بازهٔ زمانی سرعت مورچه هم جهت با محور x است؟

پ) در چه لحظه‌ای جهت حرکت متحرک تغییر کرده است؟

ت) در چه لحظه‌ای بردار مکان تغییر جهت داده است؟

مثال: شکل روبه‌رو نمودار مکان – زمان دو خودرو را نشان می‌دهد که در جهت محور x در حرکت‌اند.



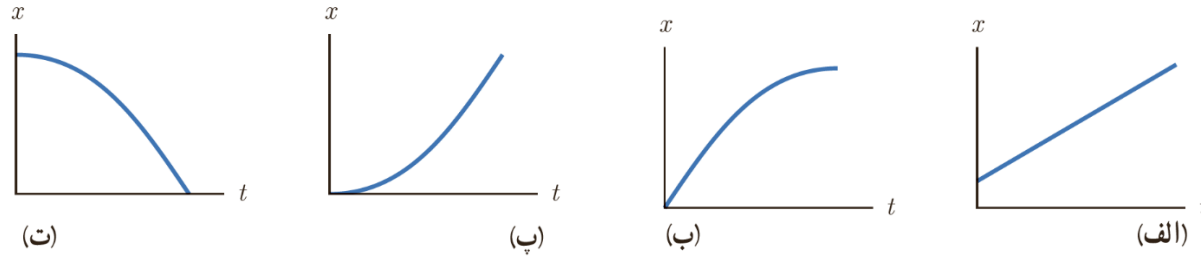
الف) در چه لحظه‌هایی دو خودرو از یکدیگر می‌گذرند؟

ب) در چه لحظه‌ی تندی دو خودرو تقریباً یکسان است؟

پ) سرعت متوسط دو خودرو را در بازهٔ زمانی t_1 تا t_6 با هم مقایسه کنید.

مؤلف و طراح: مهرداد

مثال: توضیح دهید از نمودارهای مکان – زمان شکل زیر کدام موارد حرکت متحرکی را توصیف می‌کند که از حال سکون شروع به حرکت کرده و به تدریج بر تندی آن افزوده شده است.



مؤلف و مدرس: مهرداد

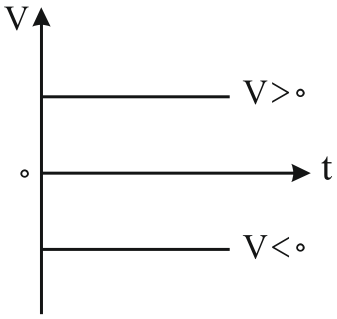
حرکت یکنواخت روی خط راست

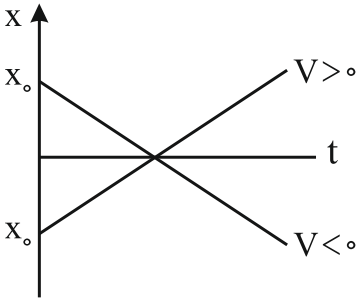
در این حرکت که روی خط راست انجام می‌گیرد همواره سرعت لحظه‌ای و سرعت متوسط با هم برابر است یا به عبارتی، در تمام لحظه‌ها سرعت ثابت است.

معادلهٔ حرکت یکنواخت: $x = vt + x_0$

برای بدست آوردن جابه‌جایی متحرک در بازهٔ زمانی می‌توان نوشت: $V = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

نمودار مکان – زمان و سرعت – زمان:





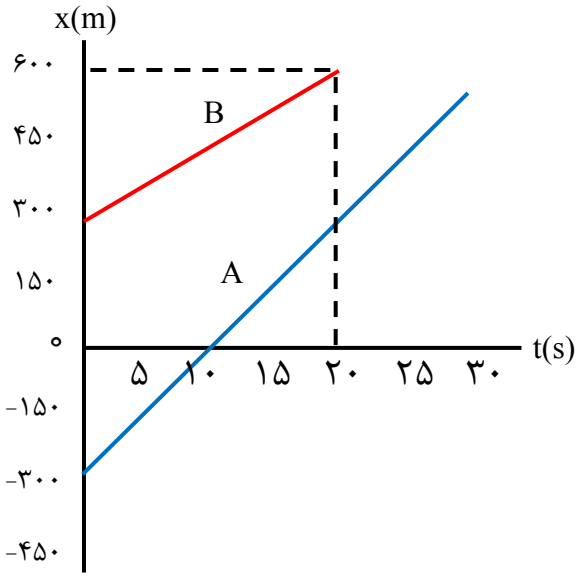
مثال: متحرکی در امتداد محور x با سرعت ثابت در حرکت است. اگر این حرکت در $t_1 = ۸s$ **در مکان** $x_1 = -۲۰m$ **و در** $t_2 = ۱۶s$ **در مکان** $x_2 = ۶۰m$ **باشد، معادله‌ی مکان – زمان متحرک را در SI بنویسید.**

مثال: معادلهٔ مکان – زمان دو متحرک در SI به‌صورت $x_A = 2t - 4$ و $x_B = -3t + 6$ می‌باشد.

الف) در چه لحظه‌ای دو متحرک به هم می‌رسند؟

ب) در چه مکانی دو متحرک به هم می رسند؟

مثال: شکل زیر نمودار مکان – زمان دو خودرو را نشان می‌دهد که روی خط راست حرکت می‌کنند.



الف) معادلهٔ حرکت هر یک از آنها را بنویسید.

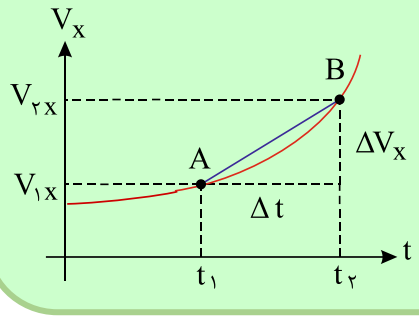
ب) اگر خودروها با همین سرعت حرکت کنند، در چه زمان و مکانی به هم می‌رسند؟

شتاب متوسط: تغییرات سرعت نسبت به زمان را شتاب متوسط می‌نامیم.

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

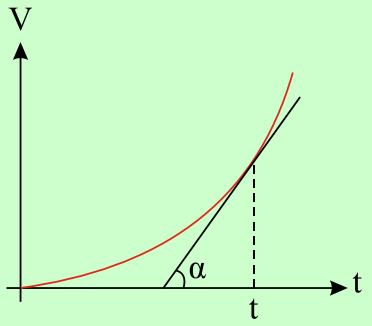
بردار سرعت متوسط همواره با جابجایی متحرک هم جهت است.

در نمودار vt شیب خط واصل برابر شتاب متوسط بین دو لحظه است.



شیب خط مماس بر نمودار سرعت – زمان در هر لحظه معرف شتاب لحظه‌ای متحرک می‌باشد.

$$a = \tan\alpha$$



اگر اندازهٔ سرعت در حرکتی در حال افزایش باشد آن حرکت شتاب‌دار تندشونده است در این حرکت باید سرعت و شتاب با یکدیگر همسو باشند. (a و v هم علامت)

$$av > 0$$

اگر اندازهٔ سرعت در حرکتی در حال کاهش باشد آن حرکت شتاب‌دار کندشونده است در این حرکت باید سرعت و شتاب با یکدیگر سوی مخالف هم باشند. (a و v خلاف علامت)

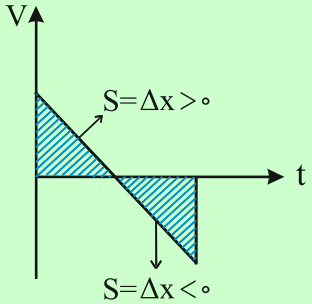
$$av < 0$$

اگر در نمودار x – t خط راست باشد، شتاب صفر است:

تقعر رو به بالا ∪ ← $a > 0$

تقعر رو به پایین ∩ ← $a < 0$

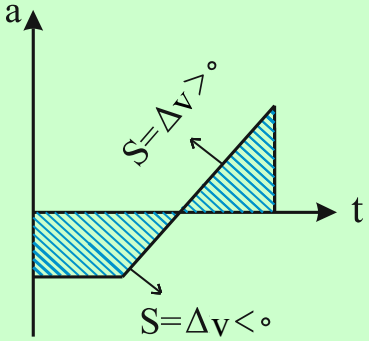
در نمودار v – t سطح زیر نمودار (محصور با محور t) بیانگر جابجایی است.



سطح بالای محور t ← $\Delta x > 0$

سطح زیر محور t ← $\Delta x < 0$

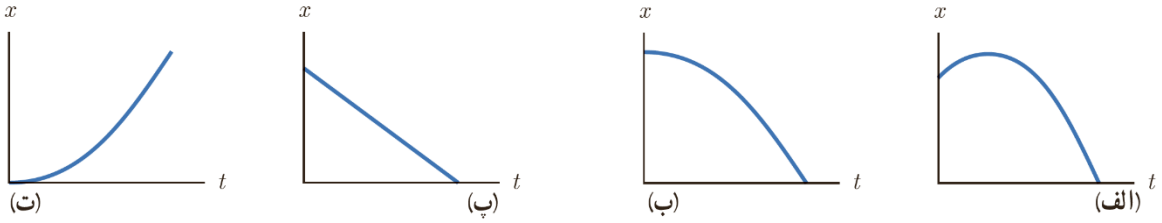
در نمودار a – t سطح زیر نمودار (محصور با محور t) بیانگر تغییرات سرعت است.



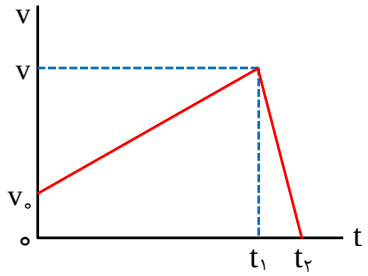
سطح بالای محور t ← $\Delta v > 0$

سطح زیر محور t ← $\Delta v < 0$

مثال: توضیح دهید کدام‌یک از نمودارهای مکان – زمان نشان داده شده، حرکت متحرکی را توصیف می‌کند که سرعت اولیه‌ی آن در جهت محور x و شتاب آن برخلاف جهت محور x است.



مثال: با توجه به نمودار سرعت – زمان داده شده که مربوط به متحرکی است که بر محور x حرکت می‌کند، در جمله‌های زیر عبارت درست را از درون پرانتز انتخاب کنید و به پاسخ‌برگ منتقل کنید.



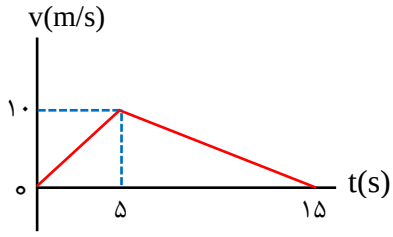
الف) در بازهٔ زمانی صفر تا t_1 حرکت متحرک (تندشونده – کندشونده) است.

ب) در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 متحرک در (خلاف جهت – جهت) محور x حرکت می‌کند.

پ) در بازهٔ زمانی صفر تا t_2 اندازهٔ سرعت متوسط متحرک با تندی متوسط متحرک برابر (است – نیست).

ت) اندازهٔ شتاب حرکت در بازهٔ زمانی صفر تا t_1 (بیشتر – کمتر) از شتاب حرکت در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 است.

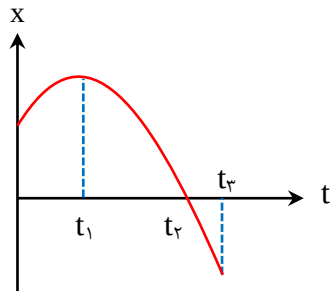
مثال: نمودار سرعت – زمان متحرکی که در امتداد محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل است:



الف) جابه‌جایی متحرک در کل زمان حرکت چند متر است؟

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

مثال: شکل زیر نمودار مکان – زمان جسمی را که روی محور x با شتاب ثابت حرکت می‌کند نشان می‌دهد.



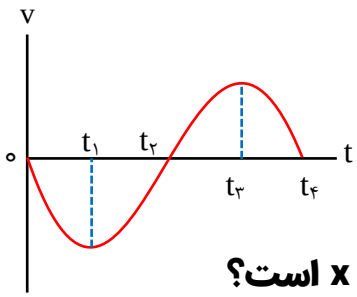
الف) جهت حرکت متحرک چند بار تغییر کرده است؟

ب) در بازهٔ زمانی o تا t_1، حرکت تندشونده است یا کندشونده؟

پ) در کدام بازهٔ زمانی، متحرک به مبدأ محور نزدیک می‌شود؟

ت) شتاب متحرک در جهت محور x است یا خلاف جهت محور x؟

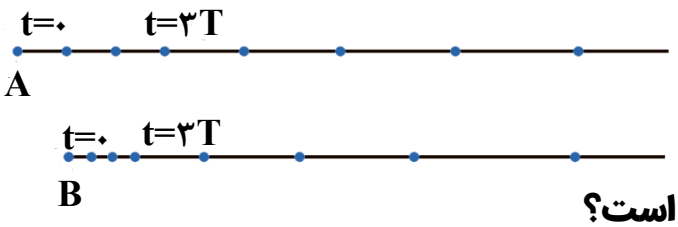
مثال: نمودار سرعت - زمان متحرکی که در امتداد محور x حرکت می‌کند همانند شکل روبه‌رو است.



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

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

مثال: هریک از شکل‌های زیر مکان یک خودرو را در لحظه‌های $t = 0$، $t = T$، $t = 2T$ ، ... و $t = 7T$ نشان می‌دهد. هر دو خودرو در لحظهٔ $t = 3T$ شتاب می‌گیرند. توضیح دهید:

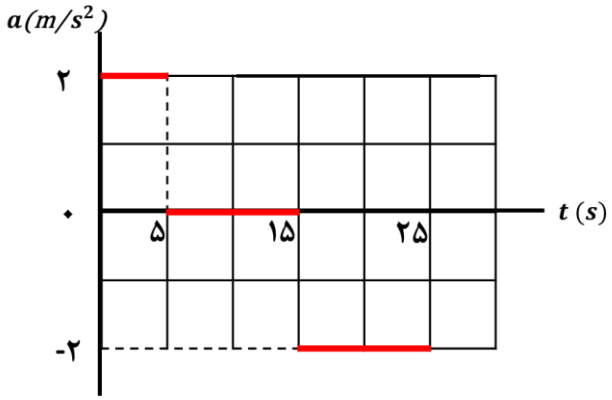


الف) سرعت اولیهٔ کدام خودرو بیش‌تر است؟

ب) سرعت نهایی کدام خودرو بیشتر است؟

پ) کدام خودرو شتاب بیش‌تری دارد؟

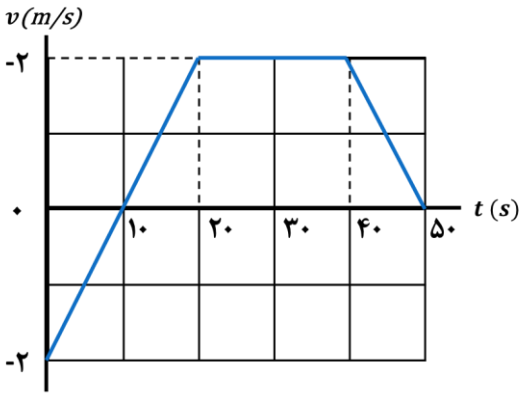
مثال: شکل مقابل نمودار شتاب زمان یک ماشین اسباب بازی را نشان می دهد که در امتداد محور x حرکت می کند. با فرض $x_0 = 0$ و $v_0 = 0$ ، در بازه زمانی صفر تا ۱۲s نمودار های سرعت_ زمان و مکان _ زمان این ماشین را رسم کنید.



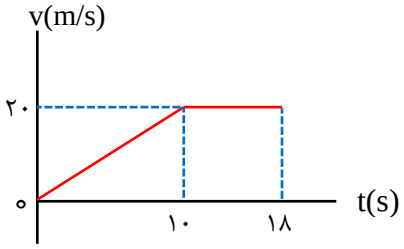
مؤلف و طراح: مهرداد

مثال: متحرکی که در راستای محور حرکت می کند در لحظه t=۰ از مکان x_0=۰ می گذرد. نمودار سرعت زمان این متحرک مطابق شکل روبه رو است. نمودار سرعت زمان این متحرک مطابق شکل روبه رو است.

الف)مکان متحرک را در هریک از لحظه های t_1 =۱۰s، t_2 =۲۰s ،t_3=۴۰s و t_4=۵۰s، پیدا کنید و روی محور x نشان دهید.



مثال: آهویی در مسیری مستقیم در امتداد محور x می‌دود. نمودار سرعت – زمان آهو مطابق شکل است. در این حرکت:

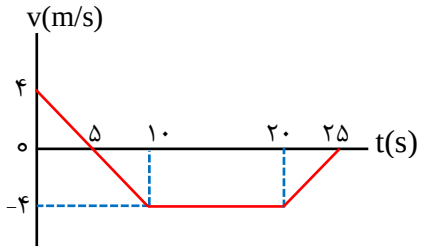


الف) جابه‌جایی کل آهو را حساب کنید.

ب) نمودار شتاب – زمان حرکت او را رسم نمایید.

مؤلف و مدرس: مهرداد

مثال: نمودار سرعت - زمان متحرکی در امتداد محور x مطابق شکل است:



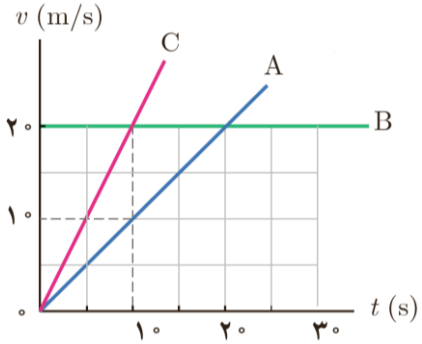
الف) متحرک در بازهٔ زمانی ۰s تا ۱۰s در جهت محور حرکت کرده یا در خلاف آن؟

ب) درچه لحظه‌ای جهت‌حرکت متحرک تغییرکرده است؟

پ) در کدام بازه‌های زمانی حرکت جسم کندشونده است؟

ت) جابجایی متحرک را در بازه زمانی صفر تا ۱۰ ثانیه پیدا کنید.

مثال: 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.

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

حرکت شتابدار ثابت روی خط راست

اگر در حرکتی شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای باهم برابر شوند آن حرکت شتابدار ثابت است. در حرکتی که شتاب آن ثابت است سرعت به‌طور منظم تغییر می‌کند یعنی در زمان‌های مساوی تغییرات سرعت به یک اندازه است.

روابط اصلی در حرکت شتابدار ثابت:

معادلهٔ حرکت:

$$x = \frac{۱}{۲}at^۲ + v_۰t + x_۰$$

$$\Delta x = \frac{۱}{۲}at^۲ + v_۰t$$

$$v = at + v_۰$$

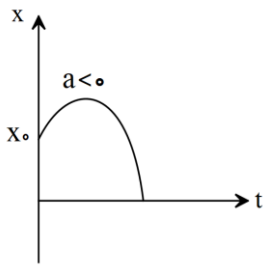
معادلهٔ مستقل از زمان:

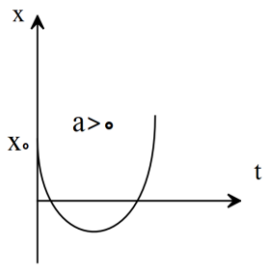
$$v^۲ - v_۰^۲ = ۲a\Delta x$$

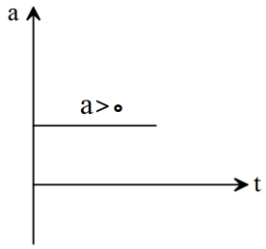
معادلهٔ مستقل از شتاب:

$$\Delta x = \frac{v + v_۰}{۲}t$$

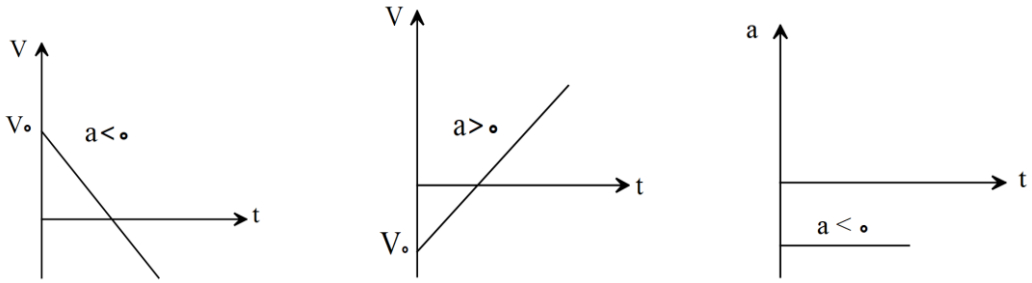
نمودارهای حرکت شتابدار با شتاب ثابت:







مؤلف و مدرس: مهرداد



در حرکت شتاب‌دار با شتاب ثابت سرعت متوسط را می‌توان از رابطه‌های زیر بدست آورد:

$$\overline{v}_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

مثال: معادلهٔ حرکت جسمی در دستگاه SI به صورت $x = 2t^2 + 6t - 18$ است.

الف) شتاب متحرک و سرعت اولیه چقدر است؟

ب) سرعت متوسط متحرک در بازهٔ $t_1 = 0s$ تا $t_2 = 2s$ چقدر است؟

پ) در چه لحظه ای سرعت متحرک به $16\ m/s$ می رسد؟

مثال: معادلهٔ سرعت – زمان متحرکی که در راستای محور x حرکت می‌کند در SI به صورت $v = -2t + 2$ است. اگر متحرک در لحظهٔ $t_0 = 0s$ در مکان $x_0 = 1m$ باشد؛

الف) معادلهٔ مکان – زمان این متحرک را بنویسید.

ب) نمودار مکان – زمان آن را رسم کنید.

مثال: معادله سرعت – زمان متحركي كه در امتداد محورx حرکت میکند، در SI به صورت $v=-3t-6$ است .

الف) در لحظه $t3$ s = جهت بردارهاي سرعت و شتاب متحرك را تعيين كنيد.

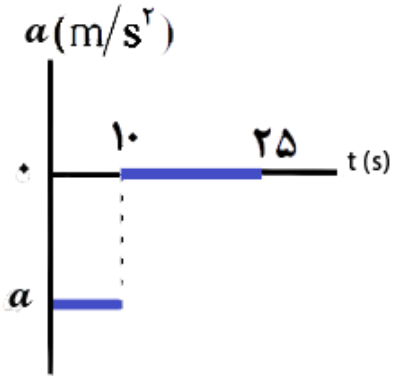
ب) در چه لحظه اي اين متحرك تغيير جهت ميدهد؟

مثال: سرعت متحرکی در لحظهٔ $t = 0s$ به صورت $\vec{v}_0 = (10m/s)\vec{i}$ و شتاب ثابت آن $\vec{a} = (-1m/s^2)\vec{i}$ است. در بازهٔ زمانی صفر تا ۲۰s، تندی حرکت آن چگونه تغییر می‌کند؟

مؤلف و مدرس: مهرداد

مثال: شکل مقابل نمودار شتاب - زمان یک ماشین را نشان میدهد که در امتداد محور x حرکت می کند. اگـر سرعت اولیه ماشین $۴۰m/s$ و سرعت آن در $t = ۱۰s$ برابر $۲۰m/s$ باشد:

الف) شتاب حرکت این ماشین را در ۱۰ ثانیه اول حرکت محاسبه کنید. ب) جا به جایی ماشین در بازهٔ زمانی $۱۰s$ تا $۲۵s$ را بدست آورید

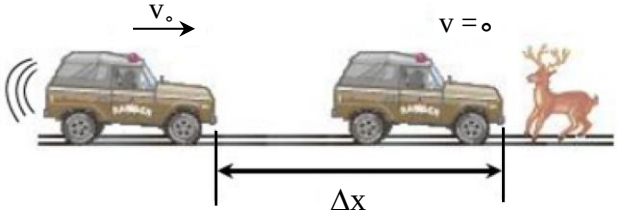


مثال: متحرکی در راستای محور x با شتاب ثابت در حرکت است. در مکان $x_۱ = +۱۰m$ سرعت متحرک $+۴\frac{m}{s}$ و در $x_۲ = +۲۰m$ سرعت متحرک $+۶\frac{m}{s}$ است.

الف) شتاب حرکت متحرک چقدر است؟

ب) پس از چند ثانیه سرعت متحرک از $+۴\frac{m}{s}$ به سرعت $+۶\frac{m}{s}$ می‌رسد؟

مثال: مطابق شکل، محیطبان با سرعت $۲۰m/s$ در حال حرکت است که ناگهان گوزنی را در فاصلهٔ ۴۵ متری خود می‌بیند و ترمز می‌گیرد. خودرو پس از ۴ ثانیه می‌ایستد.



الف) شتاب کندشوندهٔ خودرو را حساب کنید.

ب) جابه‌جایی خودرو تا توقف چقدر است؟

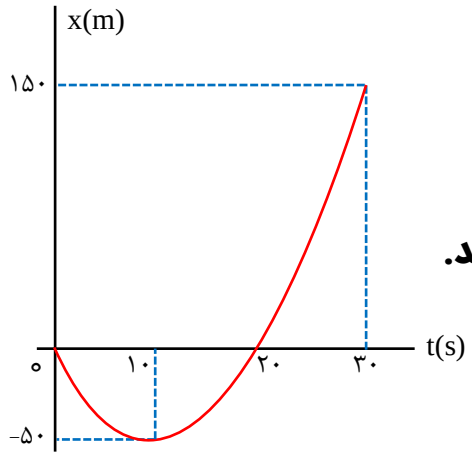
پ) آیا خودرو به گوزن برخورد می‌کند؟ چرا؟

مثال: خودرویی با سرعت $۲۰ m/s$ در حال حرکت است. وقتی به فاصله ۳۷/۵ متری مانعی میرسد، راننده به محض دیدن مانع ترمز می‌گیرد و سرعت خودرو با شتاب ثابت کاهش می‌یابد و با سرعت $۱۰ m/s$ به مانع برخورد می‌کند. (زمان واکنش راننده ناچیز فرض شود.)

الف) شتاب خودرو پس از ترمز گرفتن چقدر بوده است؟

ب) اندازهٔ سرعت متوسط خودرو از لحظهٔ ترمز گرفتن تا لحظهٔ برخورد به مانع چقدر است؟

مثال: نمودار مکان – زمان متحرکی که در امتداد محور x با شتاب ثابت در حرکت می‌باشد، به صورت سهمی شکل زیر است.



الف) معادلهٔ مکان – زمان این متحرک را بنویسید.

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

سقوط آزاد

این حرکت نمونهٔ بسیار خوبی از حرکت شتابدار ثابت می‌باشد که در آن جسم تحت تأثیر نیروی وزن در خلأ حرکت می‌کند، در نتیجه شتاب آن برای همهٔ اجسام یکسان بوده و به جرم، شکل و جنس جسم بستگی ندارد.

تمام روابطی که در حرکت شتابدار ثابت استفاده شد در این حرکت نیز استفاده می‌شود فقط به جای x از y و به جای a از g استفاده می‌کنیم.

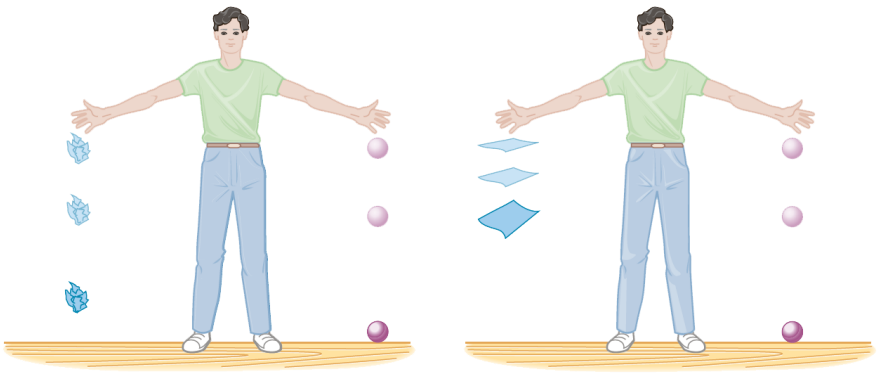
در این حرکت جهت مثبت محور y را به عنوان جهت مثبت در نظر می‌گیریم و هر برداری که در خلاف این جهت باشد منفی خواهد شد.

بردار شتاب g همواره به سمت پایین می‌باشد پس همواره منفی است.

$$\Delta y = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 t$$

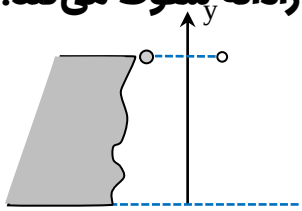
$$v = -gt + v_0$$

$$v^2 - v_0^2 = -2g\Delta y$$



(الف) (ب)

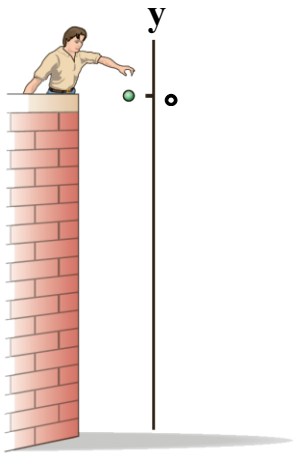
مثال: گلوله‌ای از یک صخره به ارتفاع ۱۸۰ متر نسبت به زمین، آزادانه سقوط می‌کند.



الف) زمان سقوط آزاد گلوله را بدست آورید. $(g = ۱۰ m/s^۲)$

ب) سرعت برخورد گلوله به سطح زمین را پیدا کنید.

مثال: گلوله‌ای از بالای یک ساختمان رها می‌شود.



الف) پس از ۳ ثانیه چقدر جابه‌جا می‌شود؟ $(g = ۱۰ m/s^۲)$

ب) سرعت متوسط گلوله را در این مدت حساب کنید.

مثال : گلوله اي از بام ساختمانی در شرایط خلأ آزادانه سقوط می کند. اگر گلوله در ثانیه آخر حرکت خود ۳۵m را طی کند ، ارتفاع ساختمان را حساب کنید. $g = ۱۰ m/s^2$

مثال: سنگی از لبهٔ بام ساختمانی بدون سرعت اولیه و در شرایط خلأ رها می‌شود و پس از ۸ ثانیه به زمین برخورد می‌کند. سنگ در ۲ ثانیهٔ آخر حرکت چند متر جابه‌جا می‌شود؟

$(g = ۱۰ m/s^۲)$

مثال: گلوله A را در شرایط خلأ از ارتفاع h بدون سرعت اولیه رها می کنیم. سه ثانیه بعد گلوله B را از ارتفاع h/۴ و بدون سرعت اولیه رها می کنیم .

الف) نسبت سرعت گلوله A به سرعت گلوله B در لحظه رسیدن به زمین چقدر است؟

ب) اگر دو گلوله همزمان به زمین برسند ، مدت زمان سقوط هر گلوله و ارتفاع h را پیدا کنید.

سرعت متوسط در سقوط آزاد

$$\bar{v}_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$