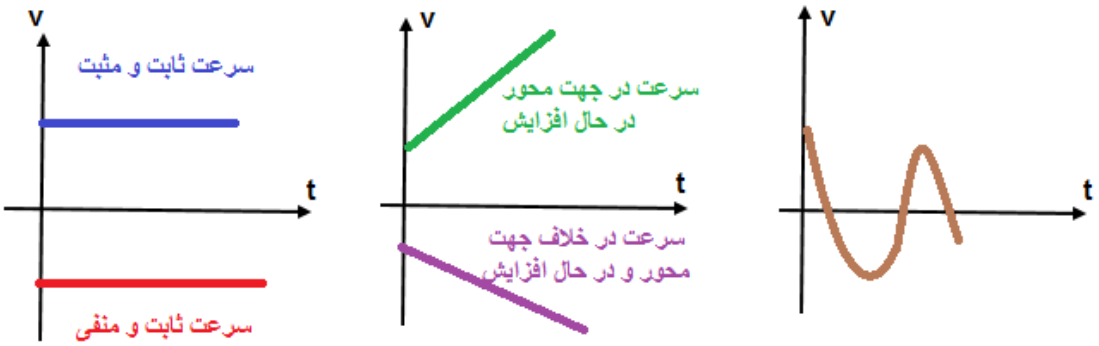
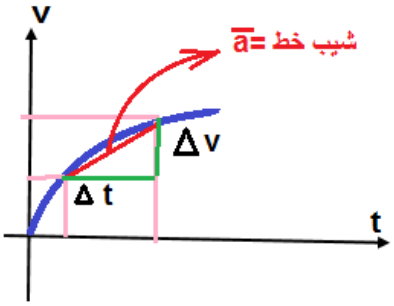
به کمک این نمودار سرعت متحرک در هر لحظه را نشان می دهیم . در نمودار سرعت – زمان ، محور عمودی محور سرعت و محور افقی محور زمان خواهد بود .

مانند نمودار مکان–زمان ؛ نمودار سرعت زمان هم میتواند خط راست و یا منحنی باشد :

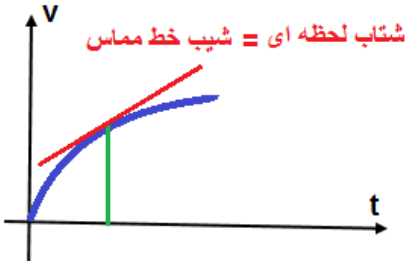


شتاب از روی نمودار سرعت-زمان

شیب پاره خطی که محل نظیر نمودار سرعت – زمان را در یک بازه زمانی به هم متصل می کند برابر شتاب متوسط است .



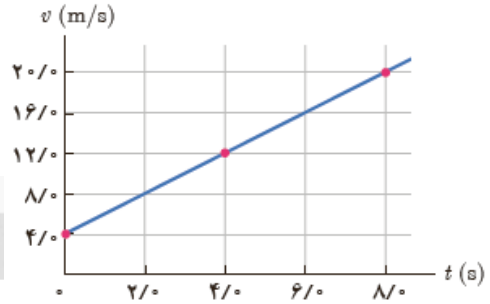
شتاب لحظه ای : اگر بازه ی زمانی را به سمت صفر میل دهیم که بتوان به آن یک لحظه گفت ، خطی که در آن لحظه بر نمودار مماس می شود ، شیب ش برابر اندازه ی شتاب در آن لحظه خواهد بود .



شتاب در هر لحظه دلخواه t ، برابر شیب خط مماس بر نمودار سرعت زمان در آن لحظه است

برای سادگی، *شتاب لحظه ای* را *شتاب* می نامیم و آن را با نماد a نشان می دهیم.

مثال



۱-نمودار سرعت زمان موتورسواری که در امتداد محور X حرکت می کند، مطابق شکل روبه رو است.

الف) شتاب متوسط موتورسوار و جهت آن را در هر یک از بازه های (۰ تا ۲) و (۱تا ۶) ثانیه بیابید.

ب)در این بازه ها علامت سرعت و جهت حرکت چگونه است؟

$t = ۰ \rightarrow v = ٤\ {}^{m}/_{s}$,

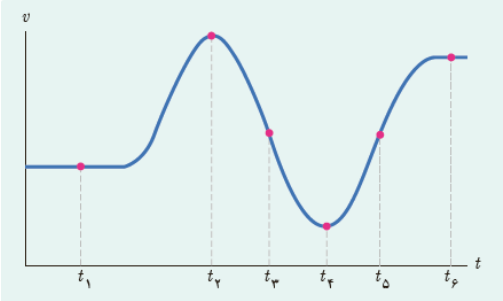
$t = ۲\ s \rightarrow \ v = ۸ {}^{m}/_{s} \implies a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{۸-٤}{۲-۰} = ۲\ {}^{m}/_{s^{۲}}$

$t = ۱ s \rightarrow v = ٦\ {}^{m}/_{s}$, $t = ٦\ s \rightarrow \ v = ۱٦ {}^{m}/_{s} \implies a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{۱٦ - ٦}{٦ - ۱} = ۲\ {}^{m}/_{s^{۲}}$

با توجه به مثبت بودن علامت شتاب ، جهت شتاب در جهت مثبت محور X ها است.

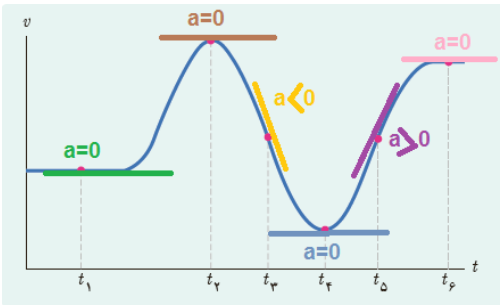
ب) در کل زمان صفر تا ۸ ثانیه علامت سرعت + و حرکت در جهت مثبت محور X است .

پرسش کتاب صفحه ۱۲



شکل روبه رو نمودار سرعت زمان دوچرخه سواری را نشان می دهد که در امتداد محور X در حرکت است. جهت شتاب دوچرخه سوار را در هر یک از لحظه های مشخص شده تعیین کنید .

ج: شیب نمودار برابر شتاب است .



در لحظه های $t_۱$ و $t_۲$ و $t_٤$ و $t_٦$ خط مماس موازی محور افقی بوده و شیبش برابر صفر است .

در لحظه ی $t_۳$ خط مماس نزولی و شیب منفی و در لحظه ی $t_٥$ خط مماس صعودی و شیب مثبت است

نمودار سرعت- زمان... ادامه

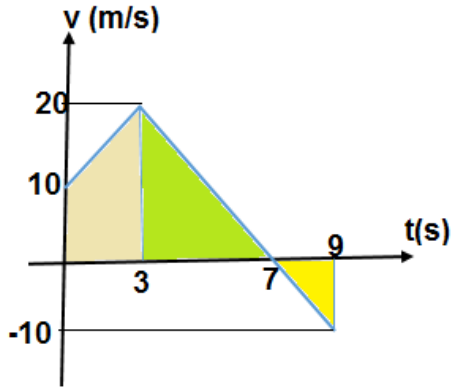
با توجه به نمودار سرعت – زمان می توان به اطلاعات زیر دست یافت:

۱. سرعت در هر لحظه را نشان میدهد . (بالای محور زمان سرعت مثبت و زیر محور زمان منفی است)

۲. جهت حرکت متحرک را مشخص میکند (هرگاه سرعت مثبت باشد جهت حرکت در جهت مثبت محورX و برعکس)

۳. شتاب متوسط در هر بازه را میتوان با آن تعیین کرد (شیب وتری که محل نظیر ابتدا و انتهای بازه را به هم متصل می کند)

٤. علامت شتاب در هر لحظه (اگر شیب خط مماس مثبت باشد شتاب هم مثبت و برعکس)



سرعت در لحظه ی t=۳ s برابر ۲۰+ متر بر ثانیه است....

در بازه ی (۰ تا ۷) ثانیه سرعت مثبت و حرکت در جهت مثبت محور مکان است

شتاب متوسط در بازه (۳ تا ۹) ثانیه برابر ۵- متر برمجذور ثانیه است.

در بازه ی (۰ تا ۳) ثانیه شیب نمودار سرعت – زمان مثبت است پس شتاب نیز مثبت و در بازه (۳ تا ۹) شیب منفی و شتاب هم منفی)

۵. مقایسه ی اندازه شتاب در لحظه های مختلف (خط مماسی که شیب بیشتری دارد، شتاب در آن لحظه بیشتر است)

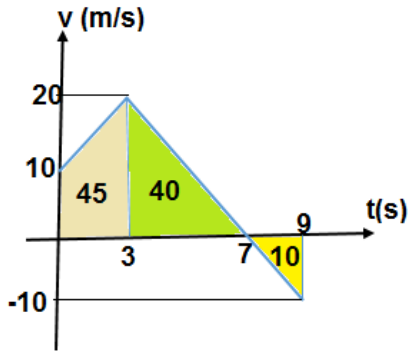
٦. جابجایی متحرک در هر بازه (مساحت بین نمودار با محور زمان در هر بازه-اگر نمودار بالای محور زمان باشد جابجایی مثبت و اگر زیر محور زمان باشد جابجایی منفی است)

۷. مساحت پیموده شده در هر بازه (مساحت بین نمودار با محور زمان در هر بازه و جمع همه ی قسمتها با علامت مثبت)

۸. نوع حرکت متحرک

۹. لحظه ی توقف متحرک (لحظه ای که نمودار به محور زمان میرسد) (t=۷ s)

۱۰. لحظه ی تغییر جهت متحرک (لحظه ای که نمودار محور زمان را قطع می کند و قبل و بعد آن لحظه علامت سرعت تغییر کرده است) {قبل از (t=۷ s) علامت سرعت مثبت و بعد از آن منفی است پس (t=۷ s) لحظه ی تغییر جهت است}



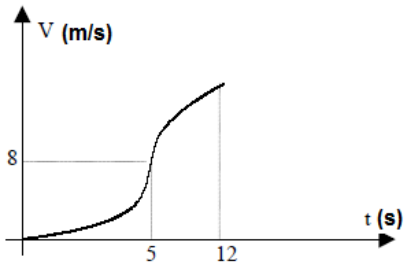
چون نمودار در هر بازه خط راست با شیب ثابت است اندازه شتاب لحظه ای از (۰ تا ۳) با هم برابر یا از (۳ تا ۹) ثانیه ثابت است

جابجایی در کل بازه (۰ تا ۹) برابر (+۴۵+۴۰-۱۰=۷۵ m)

مسافت طی شده در کل بازه (۰ تا ۹) برابر (+۴۵+۴۰+۱۰=۹۵ m)

مثال

۱-نمودار سرعت-زمان متحرکی مطابق شکل روبرو است. با توجه به آن توضیح دهید:



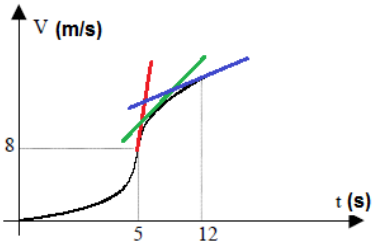
الف) شتاب بین دو لحظه ی صفر تا ۵ ثانیه چقدر است ؟

ب) شتاب بین ۵ تا ۱۲ ثانیه چگونه تغییر می کند ؟

ج: $t = ۰ \rightarrow v = ۰$ و $t = ۵\,s \rightarrow v =$ $۸\ {}^{m}/_{s}$

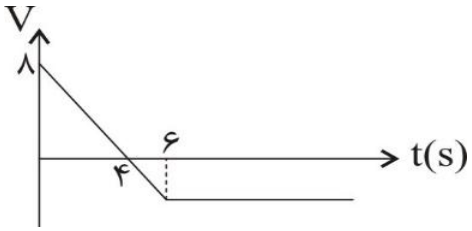
$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{۸-۰}{۵-۰} =$ $۱.۶\ {}^{m}/_{s^{۲}}$

ب) شیب خط مماس است



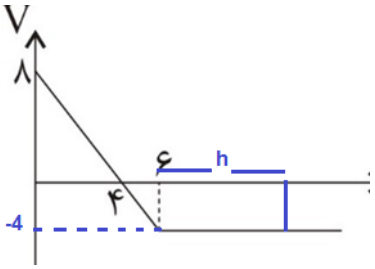
کاهش میابد پس شتاب مثبت و در حال کاهش

مثال ۲ : در نمودار زیر متحرک از مبدأ شروع به حرکت کرده است.



الف) پس از شش ثانیه چند متر جا بجا شده است ؟

ب) پس از چند ثانیه دوباره به مبدأ باز می گردد؟



ابتدا باید سرعت در لحظه ی ۶S را تعیین کنیم ... چون نمودار خط راست و شیب ثابت است میتوان گفت در ۴ ثانیه اول ۸ واحد کاهش داشته پس در دو ثانیه بعد ۴ واحد کاهش خواهیم داشت . و سرعت در ثانیه ۶ ، برابر ۴- است.

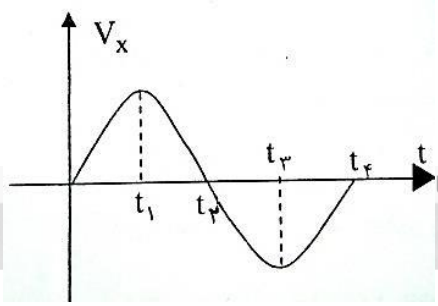
$$\Delta x = \left(\frac{٤ \times ٨}{٢}\right) + \left(-\frac{٢ \times ٤}{٢}\right) = ١٦ - ٤ = ١٢\ m$$

$$\Delta x = ٠ \rightarrow \left(\frac{٤ \times ٨}{٢}\right) + \left(-\frac{٢ \times ٤}{٢}\right) + (-٤ \times h) = ٠ \rightarrow h = ٣\ ,$$

$$t = ٣ + ٦ = ٩\ s$$

تمرین

۱- نمودار سرعت – زمان متحرکی، مطابق شکل است.

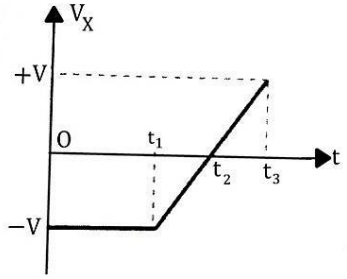


الف – در کدام بازه ی زمانی بردار سرعت متحرک در جهت محور x است؟

ب – در چه لحظه هایی شتاب متحرک صفر است؟

پ – در بازه ی زمانی t_2 تا t_3 شتاب متوسط مثبت است یا منفی؟ توضیح دهید.

۲- در شکل، نمودار سرعت-زمان جسمی را مشاهده میکنید که روی محور x حرکت میکند.



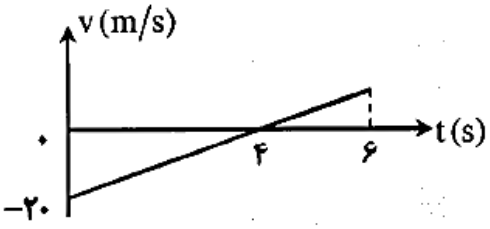
الف – در کدام بازهی زمانی حرکت جسم کندشونده است؟

ب – در چه لحظهای جسم تغییر جهت میدهد؟

پ – سرعت متوسط در کل زمان حرکت مثبت است یا منفی؟ توضیح دهید.

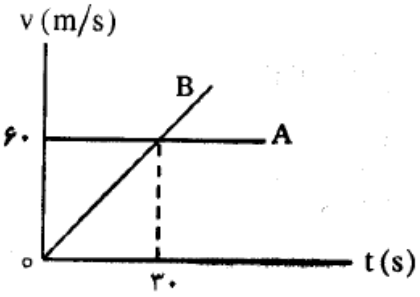
ت – شتاب متوسط در کل زمان حرکت مثبت است یا منفی ؟ توضیح دهید.

۳- نمودار سرعت – زمان متحرکی مانند شکل است.



متحرک پس از ۶ ثانیه چقدر جابه جا شده است؟

۴- نمودار سرعت – زمان دو متحرک A و Bمطابق شکل است.



الف – شتاب هر متحرک را بدست آورید.

ب – جابه جایی هر دو متحرک را در بازه زمانی ۰ تا ۳۰ ثانیه حساب کنید

حرکت با سرعت ثابت

- ساده ترین نوع حرکت، حرکت با سرعت ثابت است
- اگر اندازه و جهت سرعت متحرک در طول مسیر ثابت است به آن حرکت یکنواخت روی خط راست می گوییم و در این حرکت شتاب برابر صفر است
- در تمام حرکت های با سرعت ثابت ، شتاب حرکت صفر نیست چون ممکن است جهت تغییر کند

- اگر شیب نمودار مکان – زمان متحرک در طول حرکت ثابت باشد، آن نمودار مربوط به حرکت یکنواخت است چون : سرعت متوسط متحرک در هر بازه زمانی دلخواه یکسان و برابر سرعت لحظه ای آن است
- در حرکت یکنواخت روی خط راست داریم : $v = v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow \Delta x = v\Delta t$

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

- نکته : معادله $v = v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow \Delta x = v\Delta t$ در حالت کلی به صورت $\Delta x = \bar{v}\Delta t$ نوشته می شود

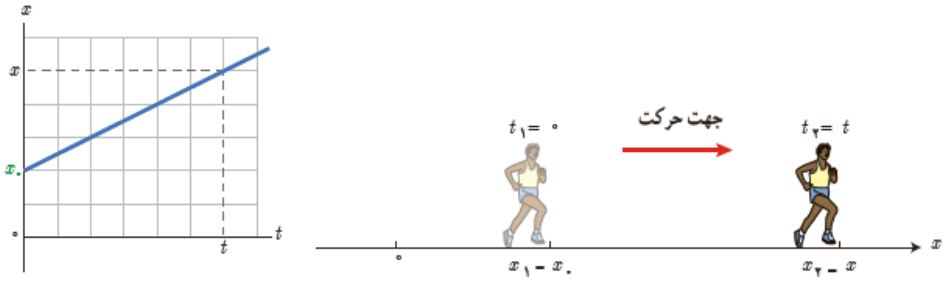
.

در حرکت یکنواخت اگر متحرک در لحظه $t_1 = 0$ در مکان $x_1 = x_0$ و در لحظه $t_2 = t$ در مکان $x_2 = x$ باشد داریم :

- $x_2 - x_1 = v\,(t_2 - t_1) \rightarrow x - x_0 = v(t - 0) \rightarrow x = vt + x_0$

به این معادله ، معادله مکان –زمان در حرکت با سرعت ثابت می گوییم چون مکان متحرک را در هر لحظه می توان با آن مشخص کرد

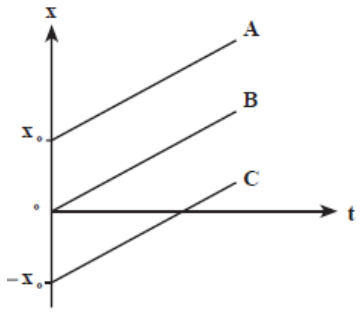
معمولاً x_0 را که مکان متحرک در لحظهٔ $t = 0$ است مکان اولیهٔ متحرک می‌نامند.
توجه کنید که مکان‌های x_0 و x می‌توانند مثبت، منفی یا صفر باشند. سرعت متحرک هم به‌دلیل ماهیت برداری آن، در صورتی که حرکت در جهت محور x باشد مثبت و در غیر این صورت منفی است.



با کمی دقت متوجه می شوید که معادله نسبت به زمان از درجه اول است ، پس نمودار مکان زمان این حرکت خط راست با شیب v و عرض از مبدأ x_0 است.

مثال

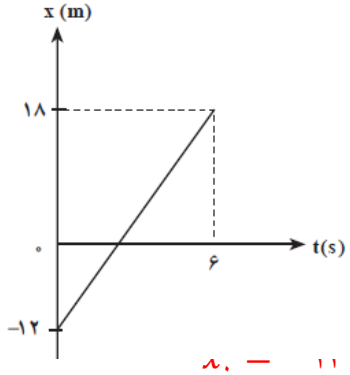
۱–شکل زیر نمودار مکان – زمان سه متحرک را نشان می دهد که حرکت آن ها یکنواخت و بر خط راست است. معادله ی حرکت هر متحرک را بنویسید.



ج: شیب هر سه نمودار مثبت است، پس سرعت یا جهت حرکت در سه متحرک به طرف مثبت محور X ها است .

$x_A = +vt + x_0 \quad \rightarrow x_B = +vt + 0 \quad \rightarrow x_C = +vt - x_0$

۲ – نمودار مکان زمان متحرکی را در ۶ ثانیه ی اول حرکت نشان می دهد.



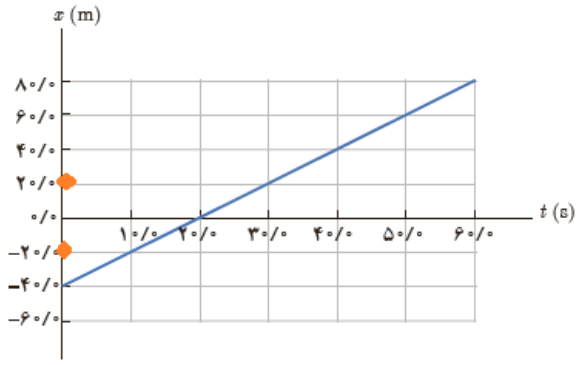
الف) نوع حرکت متحرک را تعیین کنید. نمودار خط راست ....حرکت یکنواخت

ب) معادله ی حرکت متحرک را بنویسید. شیب خط = $v = \frac{18-(-12)}{6} = 5$

$x_0 - \quad _{11} \rightarrow x = 5t - 12$

مثال کتاب

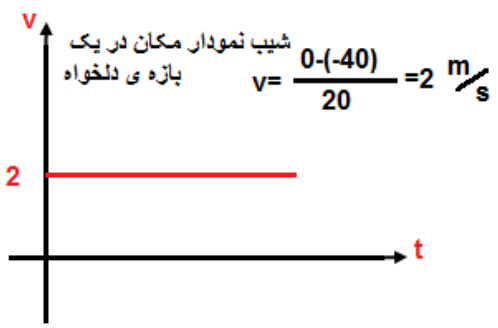
شکل روبه رو بخشی از نمودار مکان زمان شخصی را نشان می دهد که با سرعت ثابت حرکت می کند.



الف) شخص در مبدأ زمان در چه مکانی قرار دارد ؟ ۴۰- متر

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

پ) در چه لحظه یا لحظه هایی شخص در فاصله ۲۰ متری از مبدأ محور قرار دارد؟ در لحظه های ۱۰ و ۳۰ ثانیه



ت) اگر شخص به مدت ۵ min به همین صورت حرکت کند ، جابه جایی وی را در این مدت به دست آورید.

: $600m$

۲- معادله ی حرکت متحرکی در si به صورت $x=۱۲t-۲۴$ می باشد .

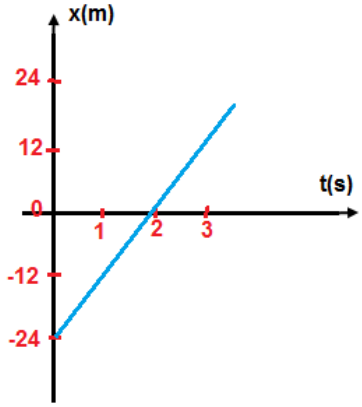
الف) تغییر مکان متحرک در ۲ ثانیه ی اول حرکت چقدر است؟

الف $\Delta t = (۲-۰) = ۲\,s \rightarrow \Delta x = v\Delta t = ۱۲ \times ۲ = ۲۴\,m$

ب) در چه لحظه ای متحرک به مبداء مکان می رسد؟

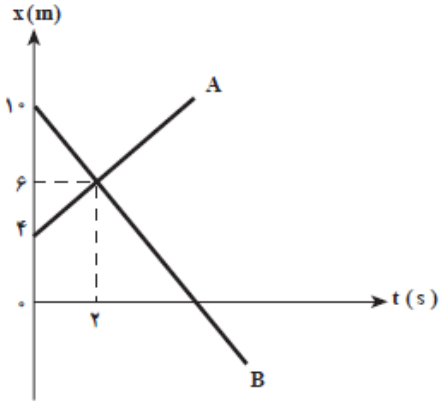
$x = ۰ \rightarrow ۰ = ۱۲t - ۲۴ \rightarrow ۱۲t = ۲۴ \rightarrow t = ۲\,s$

پ) نمودار مکان زمان متحرک را رسم کنید.



t	x
0	-24
2	0
3	12

۳-نمودار مکان -زمان دو متحرک مطابق شکل روبرو است.



الف) معادله مکان -زمان (معادله حرکت)این دو متحرک را به دست آورید.

ب) نمودار سرعت- زمان این دو متحرک را رسم کنید.

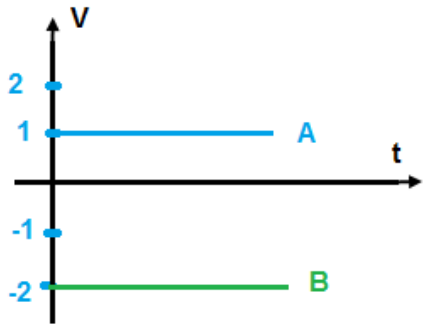
پ) دو متحرک در چه لحظه و فاصله ای از مبدأ به هم میرسند!!!

ج: $A: \quad t = ۰ \rightarrow x = ۴m \quad v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{۶-۴}{۲-۰} = ۱\ {}^{m}/_{s}$

$x_A = ۱ \times t + ۴ \qquad t = ۲s \rightarrow x = ۶m$

$B: \quad t = ۰ \rightarrow x = ۱۰m \quad v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{۶-۱۰}{۲-۰} = -۲\ {}^{m}/_{s}$

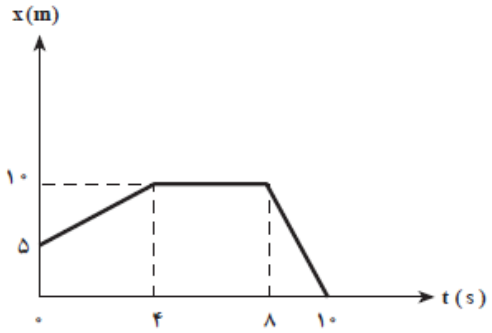
$x_B = -۲ \times t + ۱۰ \qquad t = ۲s \rightarrow x = ۶m$



پ) در لحظه ای که نمودار های مکان یکدیگر را قطع می کنند ، لحظه ای است که به هم رسیده اند $\rightarrow t = ۲s$

$x = ۶m$

۴–شکل روبرو نمودار مکان–زمان متحرکی را نشان می دهد که در امتداد خط راست حرکت می کند.



الف) جابه جایی متحرک در کل زمان حرکت چقدر است؟

ب) سرعت متوسط متحرک را در هر بازه ی زمانی و هم چنین در کل زمان حرکت به دست آورید.

پ) معادله ی حرکت متحرک را در هر بازه ی زمانی بنویسید.

ج:برای محاسبه جابجایی به نوع نمودار توجه میکنیم ، چون مکان– زمان است

جابجایی برابر تفاضل مکان ثانویه و مکان اولیه است $\Delta x = ۰ - ۵ = -۵m$

$\overline{v_{۰\text{تا}۴}} = \frac{x_۴ - x_۰}{t_۴ - t_۰} = \frac{۱۰-۵}{۴} = ۱.۲۵ \ m/s$ $\quad$ $\overline{v_{۴\text{تا}۸}} = \frac{x_۸ - x_۴}{t_۸ - t_۴} = \frac{۱۰-۱۰}{۴} = ۰$

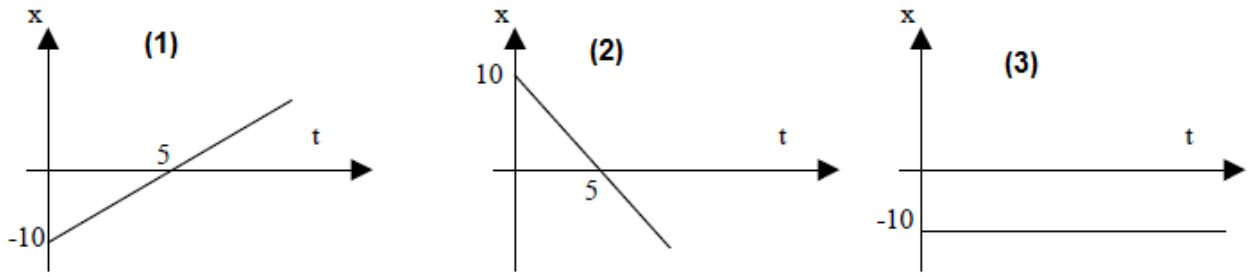
$\overline{v_{۸\text{تا}۱۰}} = \frac{x_{۱۰} - x_۸}{t_{۱۰} - t_۸} = \frac{۰-۱۰}{۱۰-۸} = -۵ \ m/s$

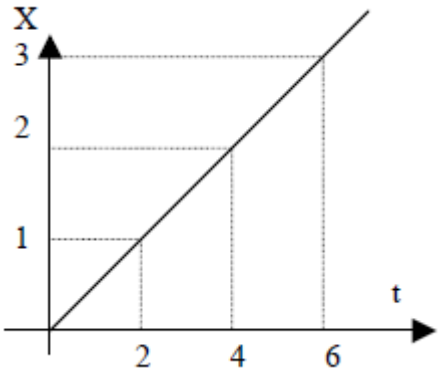
معادله های حرکت

$$\begin{cases} ۰ \le t \le ۴ \rightarrow x = ۱.۲۵t + ۵ \\ ۴ < t < ۸ \rightarrow x = ۱۰ \\ ۸ < t < ۱۰ \rightarrow x = -۵t + ۱۰ \end{cases}$$

تمرین

۱–معادله کلی حرکت نمودارهای زیر را به طور مشخص نوشته و سپس نمودار سرعت – زمان آن ها را رسم کنید.





۲- نمودار مکان-زمان جسمی که بر روی خط راست حرکت می کند مطابق شکل است. الف) چگونگی حرکت را بیان کنید.

ب) فاصله آن تا مبدا در لحظه t=۰ چقدر است ؟

ج) معادله حرکت را بنویسید

د) جابجایی متحرک بین دو لحظه ۱ تا ۴ ثانیه چقدر است ؟

۳- متحرکی با سرعت ثابت روی محور x حرکت می کند و در لحظه t=۳s در فاصله ی ۶- متری از مبدأ ، و در لحظه t=۵s در فاصله ۲۰۰+ متری از مبدأ قرار دارد

الف) سرعت این متحرک و فاصله آن تا مبدا در لحظه t=۰ چقدر است؟

ب) معادله این حرکت را نوشته و نمودار مکان – زمان آن را رسم کنید.

۴- اتومبیلی در هر ثانیه ۱۰ متر را در جاده مستقیم طی می کند. الف) نوع حرکت را بیابید. ب) مسافت طی شده پس از ۲۰ ثانیه را بدست آورید.

۵- یک گربه توسط یک سگ تعقیب می شود سگ در هر ثانیه ۱۰ متر و گربه در هر ثانیه ۶ متر می دود. ابتدا آنها ۱۰۰ متر با هم فاصله دارند. پس از چند ثانیه سگ به گربه خواهد رسید؟

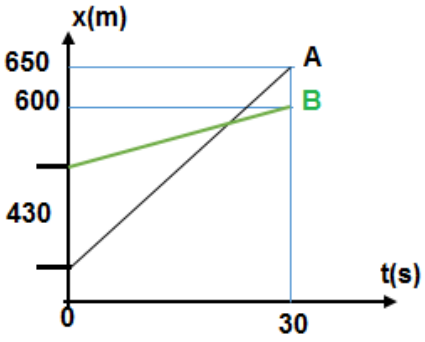
➡ تمرین های صفحه ۱۴ کتاب حل شود.....

۶- دو اتومبیل با سرعت های ۲۰ و ۲۵ متر بر ثانیه از یک چهارراه در یک جهت عبور کرده و به طرف چهارراه دیگری در فاصله ۱۰۰۰ متری می روند. اتومبیل سریعتر چند ثانیه زودتر از دیگری به مقصد می رسد؟

۷- دو اتومبیل با سرعتهای ۲۰ و ۴۰ متر بر ثانیه ، از فاصله ۱۸۰۰ متری با هم به طرف یکدیگر حرکت می کنند. این دو اتومبیل بعد از چه مدت به هم می رسند و در این لحظه هر یک از آن ها چه مسافتی را طی کرده است؟

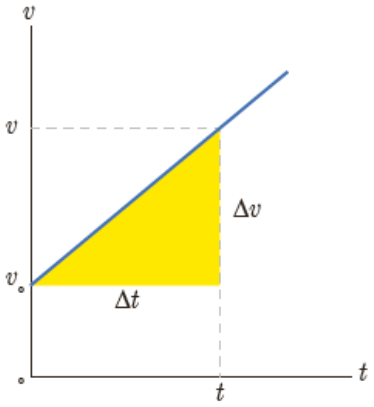
۸- خرگوش و لاک پشتی با هم مسابقه می دهند. خرگوش مسافت ۳۰ متر را با سرعت ثابت در مدت ۵ ثانیه می پیماید و لاک پشت همین مسیر را با سرعت ثابت در مدت ۱۲۰ ثانیه می پیماید. اگر طول مسیر مسابقه ۹۶ متر باشد، خرگوش در این مسابقه چند ثانیه زودتر از لاک پشت به خط پایان می رسد؟

۹- نمودار مکان – زمان دو متحرک A و B به صورت شکل زیر است.



سرعت متحرک A چند متر بر ثانیه بیشتر از سرعت متحرک B است ؟

حرکت با شتاب ثابت



نمودار سرعت–زمان متحرکی که در امتداد خط راست حرکت می کند

مطابق شکل روبرو است . همان طور که دیده می شود سرعت متحرک با زمان به صورت خطی تغییر می کند و شیب نمودار سرعت –زمان ثابت است .

از طرفی می دانیم شیب نمودار سرعت – زمان برابر شتاب متحرک است....

- نتیجه: اگر شیب نمودار سرعت زمان در یک بازه ثابت باشد ، حرکت متحرک در آن بازه با شتاب ثابت انجام میشود و شتاب در هر بازه ی دلخواه با شتاب در هر لحظه برابر خواهد بود . $a_{av} = a_{\text{لحظه}}$