باسمه تعالی

فصل ۱

سینماتیک (حرکت‌شناسی)

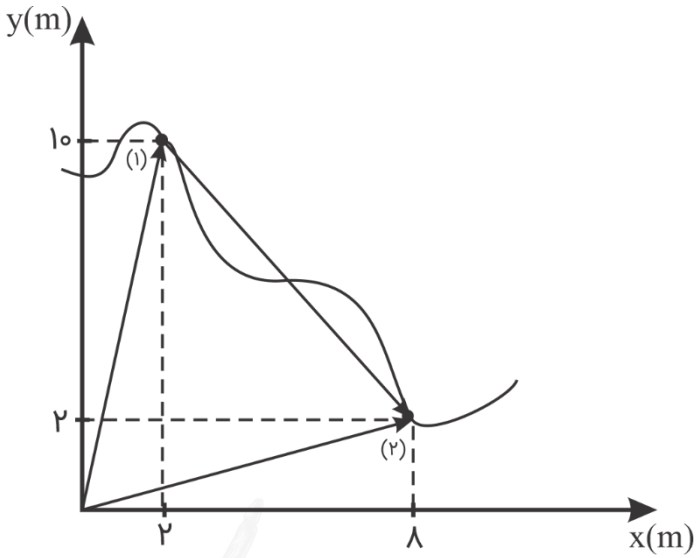
حرکت بر خط راست

علمی است که به بررسی حرکت ذره (جابجایی، سرعت و .....) بدون بررسی عوامل موثر بر حرکت می‌پردازد.

حرکت: تغییر مکان (موضع) ذره را می‌گویند.

مکان: مختصات هر ذره را مکان آن ذره می‌گویند.

مکان در هر لحظه به مسیر و مبدأ بستگی دارد.



مکان (۱) $= (۲,۱۰)$ یا $\vec{r_۱} = ۲i + ۱۰j$

مکان (۲) $= (۸,۲)$ یا $\vec{r_۲} = ۸i + ۲j$

با توجه به تعریف تفاضل دو بردار می‌بینیم که Δr، تفاضل دو بردار $\vec{r_۲}, \vec{r_۱}$ است. یعنی:

$$\Delta r = \vec{r_۲} - \vec{r_۱} = (۸i + ۲j) - (۲i + ۱۰j) = ۶i - ۸j$$

جابجایی:

❖ تغییر مکان بین دو نقطه را جابجایی ذره گویند و برابراست با تفاضل دو بردار مکان.

❖ برای به دست آوردن بردار مکان ذره از مبدا به آن وصل می‌کنیم و برای به دست آوردن بردار جابجایی در یک حرکت، اول حرکت را به آخر حرکت وصل می‌کنیم.

نکته: اندازه بردار جابجایی به مسیر حرکت و محورهای مختصات بستگی ندارد. (اما بردار جابجایی در یک حرکت به محورهای مختصات بستگی دارد!!!)

سرعت متوسط $(\vec{v}$ یا $\overrightarrow{V_{av}})$

به نسبت جابجایی به زمان جابجایی، سرعت متوسط گویند.

$$(\frac{m}{s})\vec{\vec{V}} = \frac{\text{جابجایی}\ (m)}{\text{زمان}\ (s)} = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$$

-تندی متوسط (s_{av})

به نسبت طول مسافت طی شده به زمان، تندی متوسط گویند.

$$(\frac{m}{s})S_{av} = \frac{\text{مسافت}\ (m)}{\text{زمان}\ (s)} = \frac{\ell}{t}$$

نکته: رابطه بین جابجایی و مسافت طی شده....

نکات:

۱) واحد دیگر سرعت یا تندی $\frac{km}{h}$ است و برای تبدیل آن به $\frac{m}{s}$ بصورت مقابل عمل می‌کنیم:

$$\frac{km}{h} \times \frac{۵}{۱۸} = \frac{m}{s}$$

۲) $\bar{v}$ کمیتی است برداری، که جهت آن با جابجایی، هم‌جهت است.

۳) $\bar{v}$ سرعتی است فرضی که فرض می‌شود متحرک کل جابجایی را با آن پیموده است.

اوه، اوه، اوه

کل جابجایی...

تمرین: شخصی در مدت ۲s به اندازه ۶۰m بطرف شمال و در ۳s، ۸۰m به طرف غرب می‌رود. سرعت متوسط و تندی متوسط این متحرک چند $\frac{m}{s}$ است؟

تمرین: شخصی در مدت ۳s، ۷۰m به طرف شمال و در ۲s دیگر ۳۰m به طرف شرق و در ۵s دیگر ۳۰m به طرف جنوب می‌رود. در این حرکت سرعت متوسط و تندی متوسط چند $\frac{m}{s}$ است؟

تمرین: شخصی در مدت ۴s در روی سطح زمین ابتدا ۶۰m به طرف غرب و سپس ۸۰m به طرف جنوب می‌رود و آنگاه پرواز کرده و در راستای قائم ۱۰۰m بالا می‌رود. سرعت متوسط و تندی متوسط در این حرکت چند $\frac{m}{s}$ است؟

تمرین: شناگری طول یک استخر ۴۵ متری را در مدت ۱۰s شنا می‌کند. اگر این شناگر ۴ مرتبه طول کامل استخر را شنا کند و در بار پنجم تا نیمه استخر برود، سرعت متوسط و تندی متوسط در این حرکت در SI چند است؟

(حرکت وی را منظم فرض کنید)

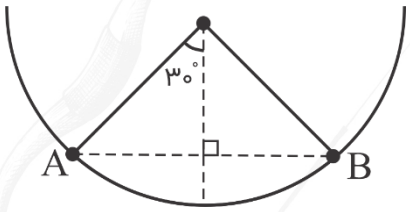
تمرین: اتومبیلی قادر است در مدت ۱۲s به طور منظم میدانی به شعاع ۵m را یک دور بزند. سرعت متوسط و تندی متوسط این متحرک را در بازه‌های زمانی زیر به دست آوردید: $(\pi = ۳)$

	سرعت متوسط $(\bar{V})$	تندی متوسط $(\bar{S})$
ربع دایره		
نیم دایره		
$\frac{۳}{۴}$ دایره		
تمام دایره		
کمان ۶۰°		

نکته: به حرکتی که در بازه‌های زمانی مختلف تندی آن یکسان است،....

تمرین: یک ذره‌ای در مدت ۱s از نقطه $A(۴,-۷)$ به نقطه $B(۱,-۳)$ می‌رود و در ۱s دیگر به نقطه $C(-۲,۱)$ می‌رود. اندازه سرعت متوسط در کل جابجایی چقدر است؟

تست: گلوله‌ای مطابق شکل درون نیم‌کره‌ای به شعاع R قرار دارد. گلوله از نقطه A رها شده و تا نقطه B بالا می‌رود. در این حرکت مسافت طی شده توسط گلوله چند برابر اندازهٔ جابجایی آن است؟



۱) $\frac{\pi}{۶}$

۲) $\frac{\pi}{۳}$

۳) ۲

۴) ۱

فصل اول: سینماتیک (حرکت‌شناسی)

حرکت روی خط راست:

هرگاه متحرک بر مسیری مستقیم حرکت کند، آن حرکت را حرکت روی خط راست گوئیم.

نکته: جالب در حرکت روی خط راست

متحرکی از A به B رفته است و سرعت متوسط آن $\overline{V}$ می‌باشد. در مورد سرعت در نقاط مختلف مسیر چه می‌توان گفت؟

سوال: آیا نکته‌ی مطرح شده در تمامی انواع حرکت صحیح است؟

تمرین: متحرکی روی خط راست در مدت $2s$ ابتدا $50m$ می‌رود و آنگاه با سرعت $10\frac{m}{s}$ به میزان $3s$ دیگر پیش می‌رود و سپس به اندازه‌ی $10m$ با سرعت $2\frac{m}{s}$ باز می‌گردد. سرعت متوسط در کل جابجایی چند متر بر ثانیه است؟

تمرین: متحرکی روی خط راست ابتدا $۲s$ را با سرعت $\bar{v}$ می‌پیماید و سپس در $۳s$ بعدی با سرعت متوسط $۶\bar{v}$ ادامه‌ی حرکت می‌دهد. اگر سرعت متوسط در کل جابجایی $۱۰\frac{m}{s}$ باشد، $\bar{v}$ چند متر بر ثانیه است؟

تست: متحرکی نیمی از مسیر حرکت بر خط راست خود را با سرعت متوسط $۲۰\frac{m}{s}$ و نیمی دیگر را با سرعت متوسط $۳۰\frac{m}{s}$ می‌پیماید. سرعت متوسط این متحرک در کل جابجایی چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۱۰ ۲) ۵۰ ۳) ۲۴ ۴) ۲۵

نکته: سرعت متوسط به هیچ عنوان **میانگین سرعت متوسط‌ها** نمی‌باشد (مگر در حالت خاص)

اگر نمونه فوق را در حالت کل حل کنیم، یعنی فرض کنیم متحرک نیمی از مسیرش را با سرعت متوسط $\overline{v_۱}$ و نیمه‌ی دیگر را با سرعت متوسط $\overline{v_۲}$ بپیماید، سرعت متوسط آن در کل مسیر بصورت زیر بدست می‌آید:

$$\vec{\bar{V}} = \frac{۲\vec{\bar{V}}_۱\vec{\bar{V}}_۲}{\vec{\bar{V}}_۱ + \vec{\bar{V}}_۲}$$

تمرین: متحرکی $\frac{۲}{۳}$ از مسیر حرکت خود را با سرعت متوسط $۲۰\frac{m}{s}$ و $\frac{۱}{۳}$ دیگر را با سرعت متوسط $۵۰\frac{m}{s}$ می‌پیماید، سرعت متوسط در کل جابجایی چند است؟

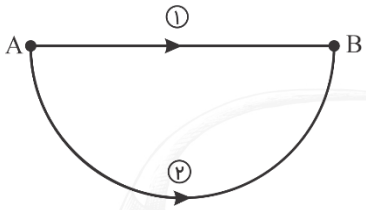
تمرین: متحرکی $\frac{۱}{۴}$ از مسیر حرکتش را با سرعت متوسط $۱۰\frac{m}{s}$ و بقیه را با سرعت متوسط $۲۰\frac{m}{s}$ می‌پیماید، سرعت متوسط در کل جابجایی چند $\frac{m}{s}$ است؟

نکته:

اگر متحرک نیمی از زمان حرکت خود روی خط راست را با سرعت متوسط $\overrightarrow{V_۱}$ و نیمی از زمان دیگر را با سرعت متوسط $\overrightarrow{V_۲}$ طی کند، سرعت متوسط آن از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

تمرین: متحرکی نیمی از مسیر حرکت خود را با سرعت متوسط $۳۰\frac{m}{s}$ و در ادامه نیمی از زمان باقیمانده را با سرعت متوسط $۱۸\frac{m}{s}$ و بقیه را با سرعت متوسط $۲۲\frac{m}{s}$ می‌پیماید. سرعت متوسط این متحرک در کل جابجایی چند $\frac{m}{s}$ است؟

تست: دو متحرک مطابق شکل مقابل با تندی‌های برابر از A به B می‌روند، راجب سرعت متوسط این دو کدام گزینه صحیح است؟



۱) $\overline{V_۱} > \overline{V_۲}$

۲) $\overline{V_۲} > \overline{V_۱}$

۳) $\overline{V_۱} = \overline{V_۲}$

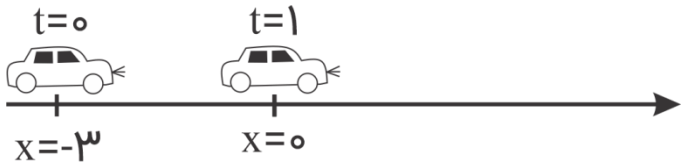
۴) هر سه ممکن است

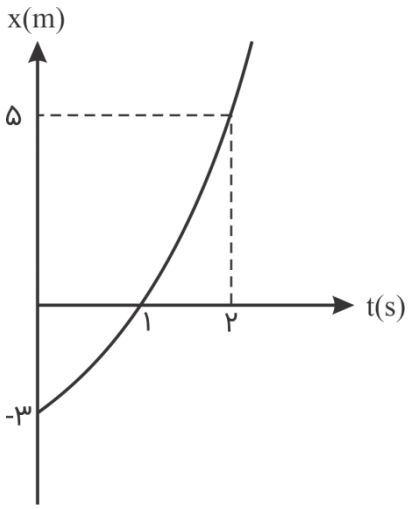
فصل اول: سینماتیک (حرکت‌شناسی)

نمودار «مکان- زمان»

نموداری است که توسط آن می‌توان مکان متحرک را در هر لحظه روی خط راست بدست آورد. معادله‌ی منحنی نمودار «مکان-زمان» را معادله «مکان-زمان» می‌نامند.

بطور مثال، در شکل مقابل، متحرک در زمان‌های مختلف در مکان‌های مختلف قرار دارد.



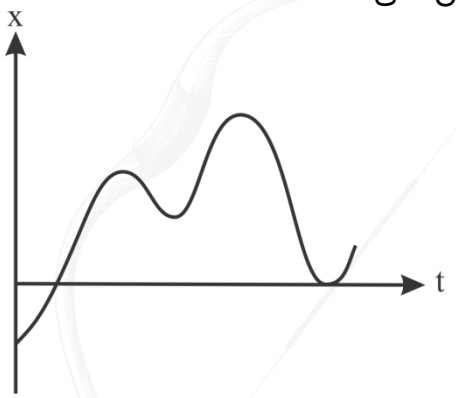


t	x
۰	-۳
۱	۰
۲	۵

$x = f(t)$

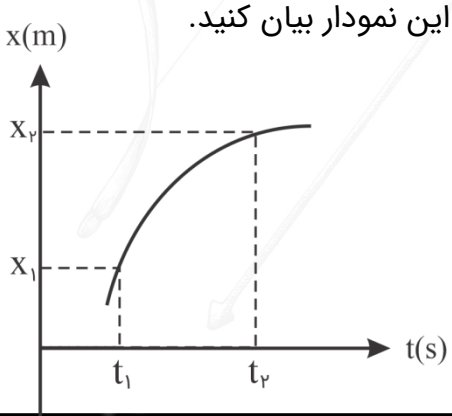
$x = t^{۲} + ۲t - ۳$

❖ منحنی نمودار مکان- زمان بیانگر چگونگی حرکت می‌باشد و شکل زیر را نشان نمی‌دهد.

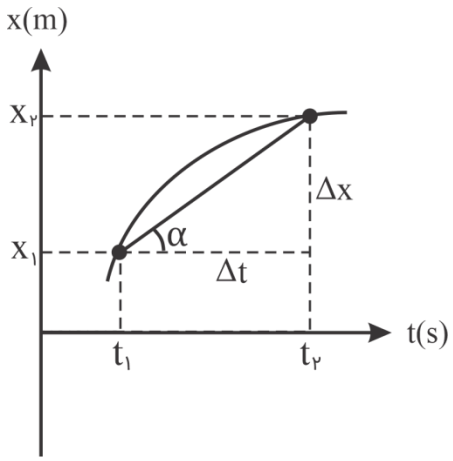


❖ محاسبه سرعت متوسط از نمودار مکان- زمان

❖ فرض کنید متحرکی دارای مکان- زمانی بصورت مقابل است. استنباط خود را از این نمودار بیان کنید.



❖ با توجه به رابطه‌ی سرعت متوسط و این که مکان متحرک در لحظات t_1, t_2 مشخص می‌باشد، سرعت متوسط در این بازه زمانی برابر است با:



$$\overline{V} = \frac{\text{جابجایی}}{\text{زمان}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \tan\alpha$$

❖ در نمودار (مکان- زمان)، شیب خطی که دو نقطه روی نمودار را به هم وصل می‌کند، بیانگر سرعت متوسط بین آن دو لحظه می‌باشد.

نکته:

- هر گردی، گردو نیست

تفاوت زمان‌ها

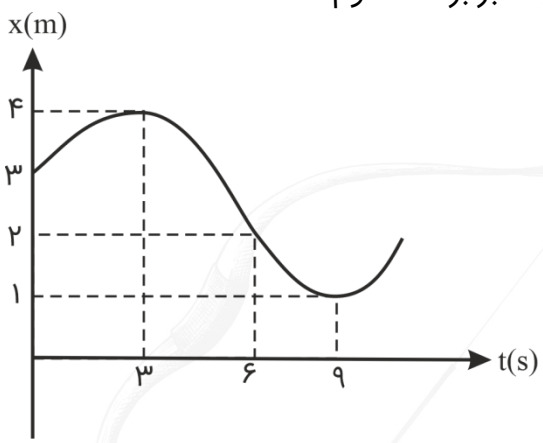
الف) $t = ۳s$

ب) ۳ ثانیه اول

ج) ثانیه سوم

د) $(۱s, ۳s)$

تست: در نمودار (مکان- زمان) مقابل، سرعت متوسط در $۳s$ اول چند برابر $۳s$ سوم است؟



۱) -۱

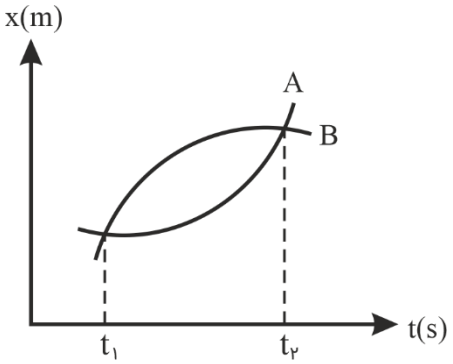
۲) ۴

۳) ۲

۴) $-\frac{۱}{۲}$

تمرین: در نمودار فوق تندی متوسط در $۹s$ چندمتر بر ثانیه است؟

تست: کدام گزینه، در بازه زمانی t_1, t_2 در مورد سرعت متوسط دو متحرک A و B درست است؟



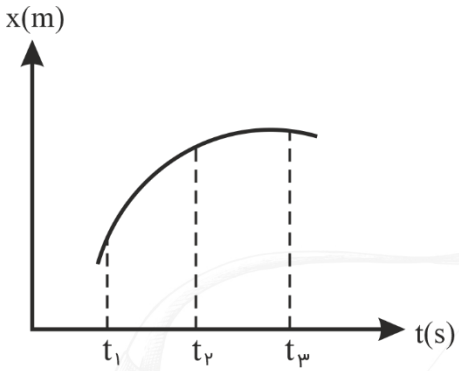
۱) $\overline{V_A} > \overline{V_B}$

۲) $\overline{V_A} < \overline{V_B}$

۳) $\overline{V_A} = \overline{V_B}$

۴) هر سه ممکن است

تست: سرعت متوسط بین کدام دو لحظه بیشتر می‌باشد؟



۱) t_2, t_1

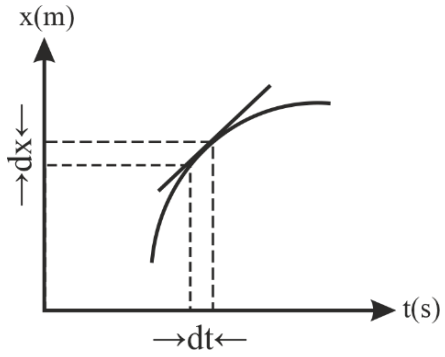
۲) t_3, t_1

۳) t_3, t_2

۴) در تمام لحظات یکسان است.

سرعت لحظه‌ای :

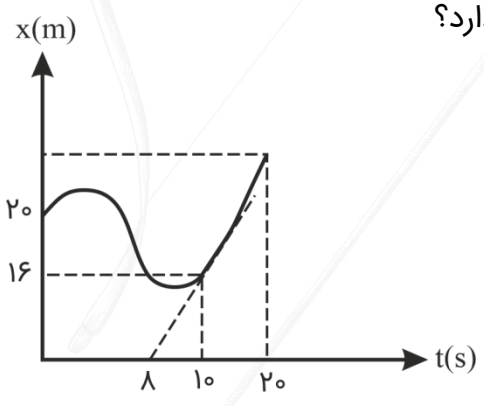
سرعت متوسط متحرک در بازه‌ی زمانی بسیار کوچک، سرعت لحظه‌ای نام دارد.



شیب خط مماس بر نمودار $=\vec{V}_{\text{لحظه}}=\frac{dx}{dt}=\overline{V}_{dt\to 0}$

❖ شیب خط مماس بر نمودار «مکان- زمان» در یک لحظه، سرعت لحظه‌ای در آن لحظه نام دارد. (مشتق نمودار «مکان- زمان» در هر لحظه، همان سرعت لحظه‌ای است.)

تمرین: نمودار مکان- زمان متحرکی به صورت مقابل است. اگر سرعت متوسط در ۲۰ ثانیه اول، برابر با سرعت لحظه‌ای در لحظه $t=10s$ باشد، متحرک در $t=20s$ در چه مکانی قرار دارد؟

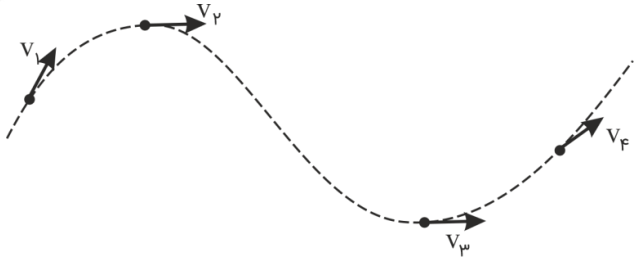


مشتق‌گیری:

$$x = at^n + bt + c + y^n$$

تمرین: معادله مکان- زمان متحرکی به صورت $x = 2t + \sin 5\pi t$ می‌باشد. سرعت متوسط این متحرک در ثانیه سوم از حرکت، چند برابر سرعت لحظه‌ای متحرک در $t = 3s$ می‌باشد؟

❖ سرعت لحظه‌ای کمیتی است که جهت آن در هر لحظه مماس بر مسیر حرکت متحرک می‌باشد.



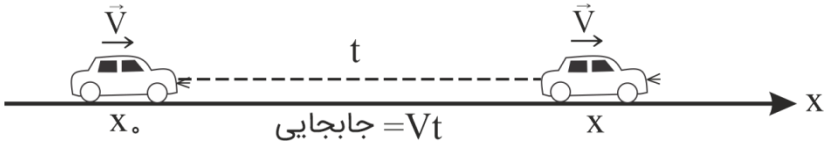
حرکت یکنواخت بر روی خط راست:

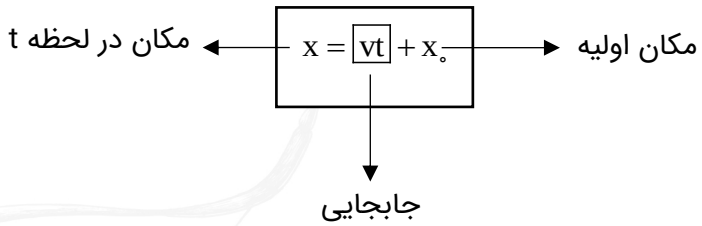
تعاریف:

۱- حرکتی که در آن سرعت متوسط در هر بازه‌ی زمانی، با سرعت لحظه‌ای در تمام لحظات برابر باشد.

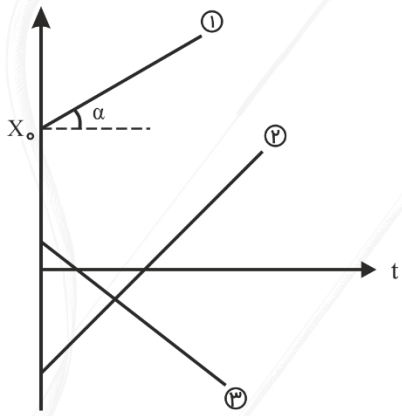
۲- در بازه‌های زمانی یکسان، جابجایی‌های یکسان داشته باشد.

۳- حرکتی است که، بردار سرعت در آن ثابت است (یعنی اندازه و جهت سرعت ثابت است)





با توجه به معادله مکان بر حسب زمان در حرکت یکنواخت، نمودار $x-t$ به صورت زیر رسم می‌گردد:



$$\tan\alpha = \vec{V} = \text{ثابت}$$

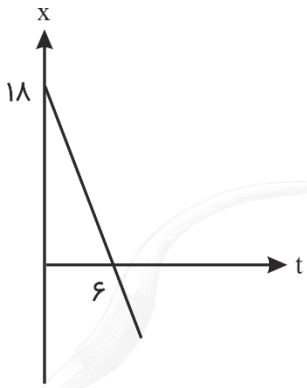
❖ شیب مثبت و نمودار $x-t$ به معنای مثبت بودن سرعت است و در این حالت جابجایی مثبت است.

❖ شیب منفی در نمودار $x-t$ به معنای منفی بودن سرعت است و در این حالت جابجایی منفی است.

تمرین: معادله‌ی حرکت متحرکی $x=-2t+5$ است. در ۳ ثانیه‌ی اول حرکت، این متحرک چند متر جابجا می‌شود؟

تمرین: متحرکی که حرکت یکنواخت انجام می‌دهد، در لحظه $t=۳$ در مکان $+۱(m)$ و در لحظه $t=۵$ در مکان $-۳(m)$ است. متحرک در لحظه $t=۰$ در چه مکانی قرار دارد؟

تمرین: با توجه نمودار $x-t$ مقابل بیابید:



اولاً: سرعت در این حرکت چند $\frac{m}{s}$ است؟

دوماً: متحرک در لحظه $t=۱۰s$ در چه مکانی قرار دارد؟

تست: قطاری به طول ℓ با سرعت ثابت $15\frac{m}{s}$ در مدت $40s$ به طور کامل از روی پلی به طول 3ℓ عبور می‌کند. طول قطار و طول پل کدام است؟

۱) $450m, 150m$
۲) $300m, 100m$
۳) $150m, 50m$
۴) $600m, 200m$

مسائل مربوط به دو متحرک:

تست: دو اتومبیل با سرعت‌های ثابت $۲۰\frac{m}{s}$ و $۲۴\frac{m}{s}$ از یک نقطه به طرف مقصد معین حرکت می‌کنند. اگر اتومبیل سریعتر ۶۰s زودتر برسد، فاصله این دو نقطه از هم بر حسب متر کدام است؟

۱) ۱۵۰۰ ۲) ۲۷۰۰ ۳) ۲۴۰۰ ۴) ۷۲۰۰

تست: دو اتومبیل با سرعت‌های ثابت $۳۰\frac{m}{s}$ و $۲۵\frac{m}{s}$ از یک نقطه به طرف مقصد معین حرکت می‌کنند. اگر اتومبیل سریعتر ۴۰s زودتر برسد، بیشترین فاصله دو متحرک کدام است؟

۱) ۴۰۰۰ ۲) ۲۵۰۰

۳) ۶۰۰۰ ۴) ۱۰۰۰

حرکت نسبی: حرکت دو متحرک نسبت به یکدیگر را حرکت نسبی گویند. در حرکت نسبی کلیه پارامترهای حرکت نسبی، در نظر گرفته می‌شوند.

«تفاضل دو بردار، نسبت به یکدیگر را نسبت دو بردار گویند»

$$A \xrightarrow{v} \quad \xleftarrow{v'} B \quad \Rightarrow \quad |V|_{\text{نسبی}} = V + V'$$

$$A \xrightarrow{v} \quad B \xrightarrow{v} \quad \Rightarrow \quad |V|_{\text{نسبی}} = V - V'$$

تمرین: علی و حسن با سرعت‌های ثابت $۳\frac{m}{s}$ و $۵\frac{m}{s}$ از ۵۶m یکدیگر همزمان با سرعت ثابت به طرف هم حرکت می‌کنند. پس از چند ثانیه این دو به هم می‌رسند؟

راه اول:

راه دوم:

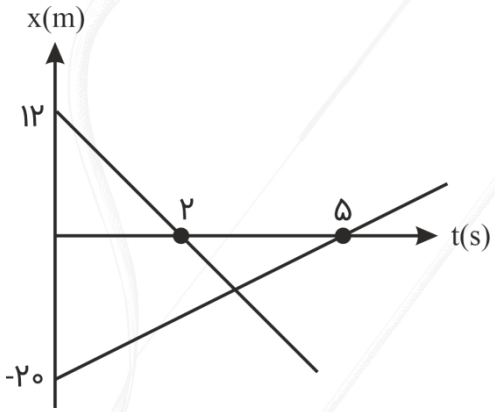
تمرین: در مساله قبل اگر حسن ۲s دیرتر از علی به حرکت درآید، پس از چند ثانیه‌ی دیگر به علی می‌رسد؟

تمرین: دو قطار به طول‌های ۵۰۰m و ۶۰۰m و با سرعت‌های ثابت $۲۰\frac{m}{s}$ و $۳۰\frac{m}{s}$ بر دو ریل موازی حرکت می‌کنند از لحظه‌ی بهم رسیدن تا عبور کامل از یکدیگر چند ثانیه طول می‌کشد اگر:

الف) در یک جهت حرکت کنند:

ب) در خلاف جهت هم حرکت کنند:

تمرین: نمودار مکان- زمان دو متحرک به صورت مقابل است. این دو متحرک پس از چند ثانیه از شروع حرکت به هم می‌رسند؟



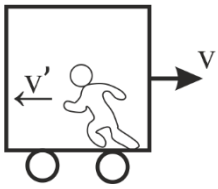
تمرین: رزمنده‌ای گلوله‌ای را با سرعت $۱۷۰\frac{m}{s}$ به طرف هدف شلیک می‌کند و $۶s$ پس از شلیک، صدای انفجار را می‌شنود. اگر سرعت صوت $۳۴۰\frac{m}{s}$ باشد، فاصله شخص از هدف چند متر است؟

تمرین: شخصی بین دو رشته‌کوه موازی گلوله‌ای را شلیک می‌کند و دو پژواک صوت با اختلاف $۵s$ به وی می‌رسد. اگر سرعت صوت $۳۴۰\frac{m}{s}$ باشد، اختلاف فاصله‌ی شخص از دو رشته‌کوه چند متر است؟

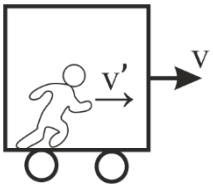
فصل اول: سینماتیک (حرکت‌شناسی)

حرکت یک متحرک در متحرک دیگر:

هرگاه متحرکی در متحرک دیگر حرکت کند سرعت واقعی آن با توجه به جهت حرکت یکی از دو حالت زیر می‌شود:



سرعت شخص نسبت به ناظر ساکن $= v - v'$



سرعت شخص نسبت به ناظر ساکن $= v' + v$

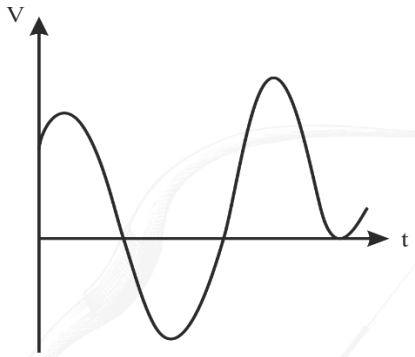
تمرین: قایقی اگر در جهت آب پارو بزند، فاصله بین دو نقطه را در t ثانیه و اگر در خلاف جهت جریان آب پارو بزند، فاصله بین همان دو نقطه را در $5t$ ثانیه طی می‌کند. سرعت قایق چند برابر سرعت آب است؟

تمرین: رودخانه‌ای به عرض $120m$ دارای جریان آب با سرعت $3\frac{m}{s}$ می‌باشد، قایقی می‌خواهد با سرعت ثابت $5\frac{m}{s}$ به نقطه مقابل در طرف دیگر برسد. حداقل زمان ممکن چقدر است؟

تمرین: رودخانه‌ای به عرض ۱۲۰m دارای جریان آب با سرعت $۳\frac{m}{s}$ می‌باشد، قایقی می‌خواهد با سرعت ثابت $۵\frac{m}{s}$ به طرف دیگر رودخانه برود. حداقل زمان ممکن چقدر است؟

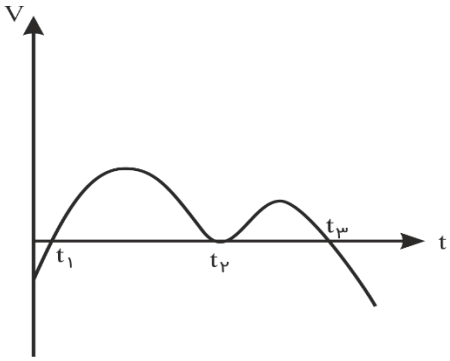
نمودار «سرعت- زمان»

نموداری است که سرعت را بر حسب زمان نشان می‌دهد. بدیهی است که هر جا سرعت مثبت است، متحرک در حال رفتن به طرف مثبت محور x ها (جابجایی مثبت) و هر جا سرعت منفی است متحرک در حال رفتن به طرف منفی محور x ها (جابجایی منفی) است.



❖ هر جا متحرک تغییر جهت می‌دهد الزاماً سرعت صفر می‌گردد ولی....

بطور مثال در نمودار مقابل در جهت حرکت تغییر نکرده ولی در تغییر کرده است.



- معادله‌ی سرعت- زمان

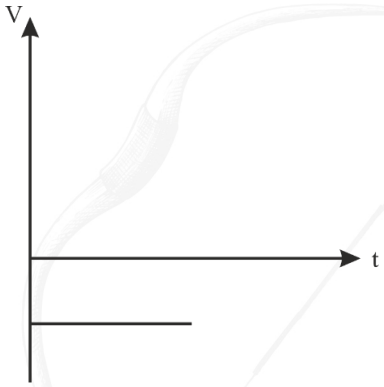
معادله‌ای است که از روی آن، نمودار «سرعت- زمان» رسم می‌شود، معادله‌ی «سرعت- زمان» نام دارد.

تمرین: معادله‌ی سرعت متحرک بر حسب زمان $V = ۲t^۲ - ۱۲t + ۱۸$ می‌باشد. در چه لحظه‌ای جهت حرکت این متحرک عوض می‌شود؟

نمودار سرعت- زمان در حرکت یکنواخت:

با توجه به این که در حرکت یکنواخت روی خط راست، اندازه و جهت سرعت تغییر نمی‌کند، نمودار «سرعت- زمان»

در این حرکت به صورت مقابل می‌باشد.



این نمودار نشان می‌دهد در تمامی لحظات سرعت دارای مقدار ثابت و در جهتی ثابت می‌باشد.

نکته بسیار مهم (نفس نکش)!

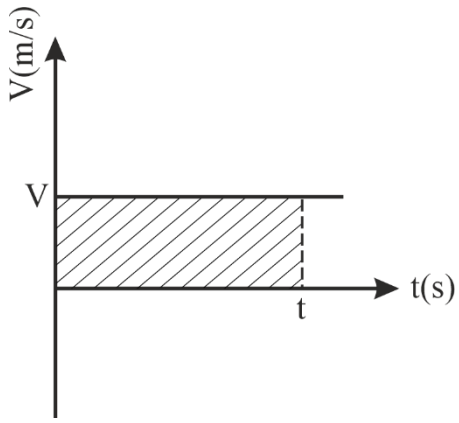
باتوجه به اینکه، سرعت کمیتی است که پیوسته تغییر می‌کند، نمودار $v-t$ باید پیوسته باشد.

اوه، اوه، اوه

و نمودار $x-t$ ....

محاسبه جابجایی

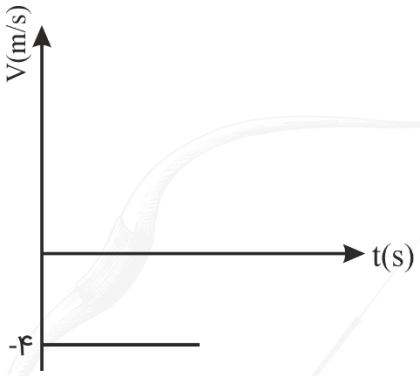
در نمودار $v-t$ مقابل که مربوط به حرکت یکنواخت روی خط راست است، مساحت زیر نمودار در t ثانیه به صورت زیر محاسبه می‌گردد:



جابجایی= vt = مساحت زیر نمودار در t ثانیه

❖ مساحت زیر نمودار سرعت- زمان بیانگر جابجایی است (نه مکان)

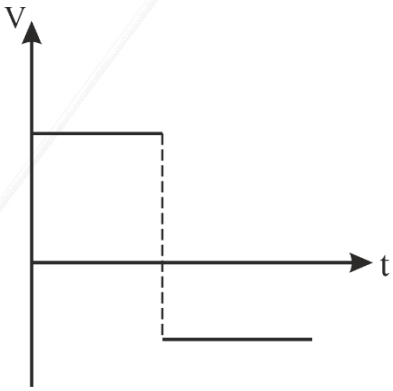
تست: در نمودار $v-t$ مقابل، پس از گذشت ۵s متحرک در چه مکانی قرار دارد؟

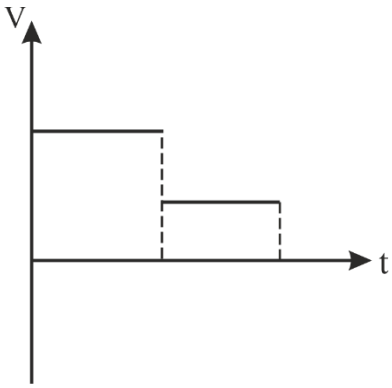


۱) $-20m$ ۲) $20m$

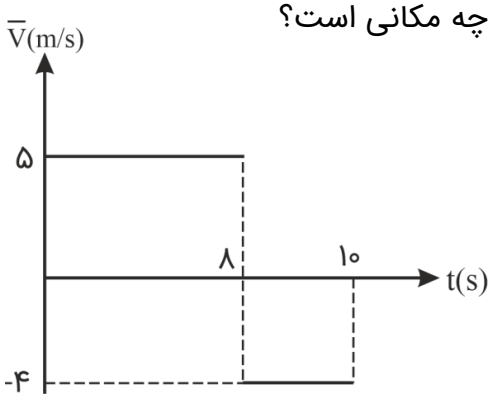
۳) $-4m$ ۴) هر سه ممکن است

سوال: آیا نمودار های $v-t$ مقابل را می‌توان به متحرکی نسبت داد یا خیر؟

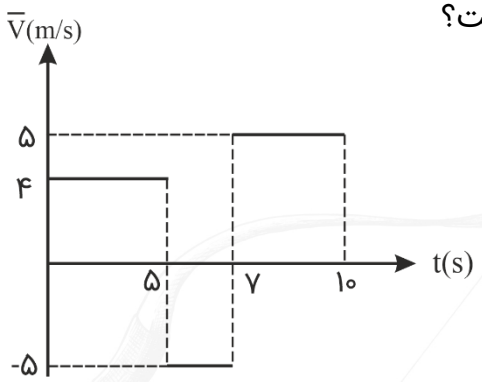




تمرین: در شکل مقابل نمودار سرعت متوسط بر حسب زمان، برای متحرکی در ۱۰s رسم شده است. اگر متحرک در لحظه‌ای $t=0$ در مکان $x=-2m$ باشد، در لحظه‌ی $t=10s$ در چه مکانی است؟

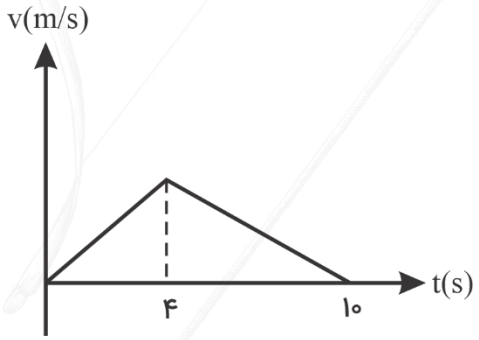


تست: در شکل مقابل سرعت متوسط متحرک در ۱۰s چند $\frac{m}{s}$ است؟



۱) ۲/۵
۲) ۴/۵
۳) ۳/۵
۴) ۱/۵

تست: نمودار سرعت متوسط بر حسب زمان برای متحرکی به صورت مقابل است مسافت پیموده شده در ۴ ثانیه‌ی اول، چند برابر مسافت طی شده بین لحظات $t=2$ تا $t=6$ است؟

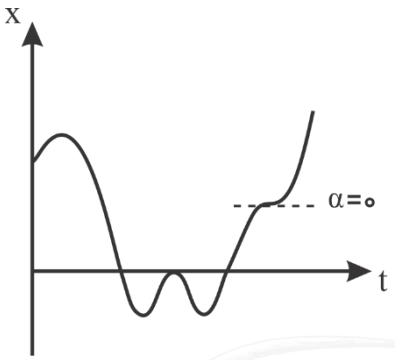


۱) $\frac{6}{19}$
۲) $\frac{12}{19}$
۳) $\frac{38}{8}$
۴) $\frac{38}{4}$

تست: معادله مکان- زمان متحرکی در SI به صورت $x = t^2 - 6t + 5$ است. در چه لحظه‌ای از لحظه‌های زیر بر حسب ثانیه، متحرک در حال نزدیک شدن به مبدأ مکان است؟

۱) ۲٫۵ ۲) ۱٫۵ ۳) ۴٫۵ ۴) ۵٫۵

تست: نمودار مکان- زمان متحرکی به صورت مقابل است. به ترتیب چند بار جهت بردار مکان تغییر و تغییر جهت رخ داده است؟



۱) ۴,۳ ۲) ۴,۲
۳) ۵,۳ ۴) ۵,۲

تست: معادله مکان- زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند. در SI به صورت $x = t^2 - 6t + 8$ است. این متحرک در ۱۰ ثانیه اول حرکت خود در مجموع چند ثانیه به مبدأ مکان نزدیک شده است؟

۱) ۳ ۲) ۷ ۳) ۴ ۴) ۶

حرکت شتابدار:

حرکتی که در آن، بردار سرعت تغییر کند را شتابدار گویند (یا اندازه سرعت، یا جهت سرعت و یا هر دو)

به مثال‌های زیر توجه کنید:

جهت سرعت ثابت است ولی اندازه سرعت متغیر است.

جهت سرعت متغیر ولی اندازهٔ سرعت ثابت است.

هم اندازه و هم جهت متغیر است.

* برای به‌دست آوردن ΔV ...

شتاب متوسط:

به تغییرات بردار سرعت در واحد زمان، شتاب متوسط گویند.

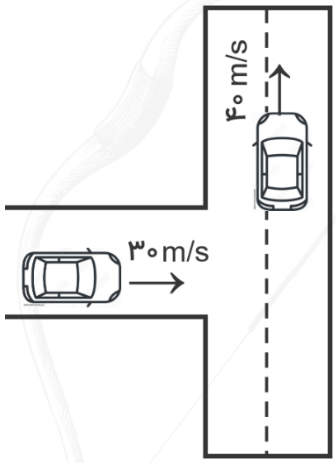
شتاب متوسط: $\vec{a}_{(m/s^2)} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} = \frac{\vec{V}_2 - \vec{V}_1}{\Delta t}$

* شتاب کمیتی است برداری که جهت آن با جهت تغییرات سرعت یکسان است.

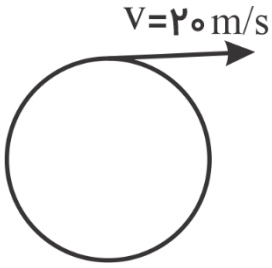
* شتاب هیچ ربطی به بردار سرعت ندارد.

نکات بردار:

تمرین: اتومبیلی مطابق شکل مقابل در مدت ۵۰s، به میزان 90° جهت حرکت خود را تغییر می‌دهد. اندازه و جهت بردار شتاب متوسط را بیابید.



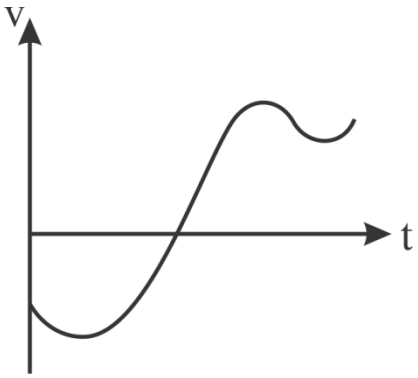
تمرین: اتومبیلی مطابق شکل، با سرعت ثابت $۲۰m/s$ در مدت $۱۲S$ میدانی به شعاع r را دور می‌زند. شتاب متوسط این متحرک را در بازه‌های زیر بیابید.



	$\bar{a}(m/s^2)$
الف) طی ربع دایره	
ب) طی نیم‌دایره	
ج) طی سه چهارم دایره	
د) طی تمام دایره	
ه) طی کمان ۶۰°	

معادله و نمودار «سرعت- زمان» بر خط راست:

معادله و نموداری می‌باشد که سرعت را در هر لحظه نشان می‌دهد.



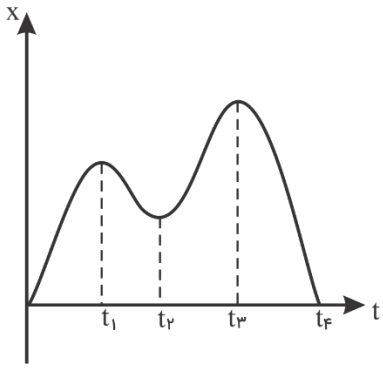
فرض کنید، متحرکی به‌صورت نمودار $V-t$ فوق حرکت می‌کند، حرکت آن را روی خط راست تحلیل کنید.

بنابراین:

۱) سرعت مثبت به معنای این است که متحرک به طرف مثبت محور x در حال حرکت است

۲) سرعت منفی به معنای این است که متحرک به طرف منفی محور x در حال حرکت است

تست: در کدام لحظه فاصله متحرک از نقطهٔ شروع حرکت به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسد؟



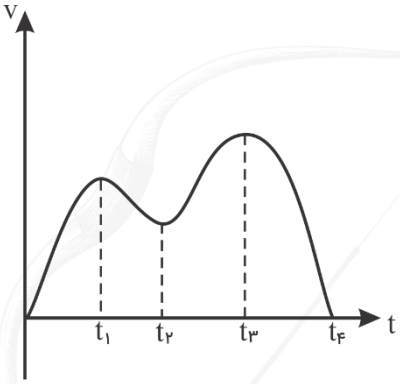
۱) t_1

۲) t_2

۳) t_3

۴) t_4

تست: در کدام لحظه فاصله متحرک از نقطهٔ شرووع حرکت به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسد؟



۱) t_1

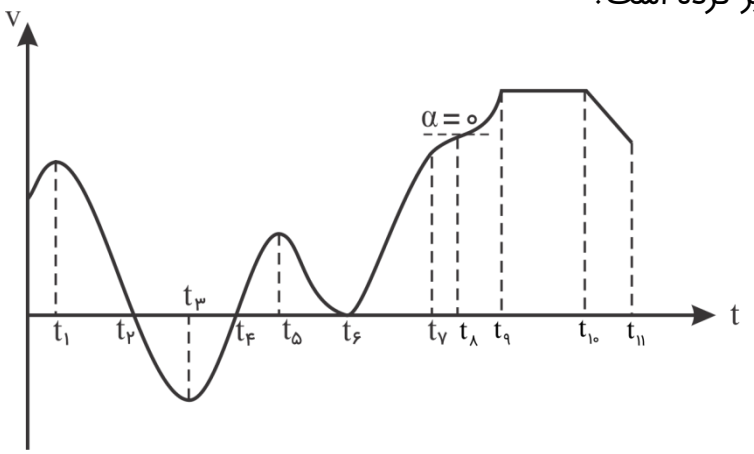
۲) t_2

۳) t_3

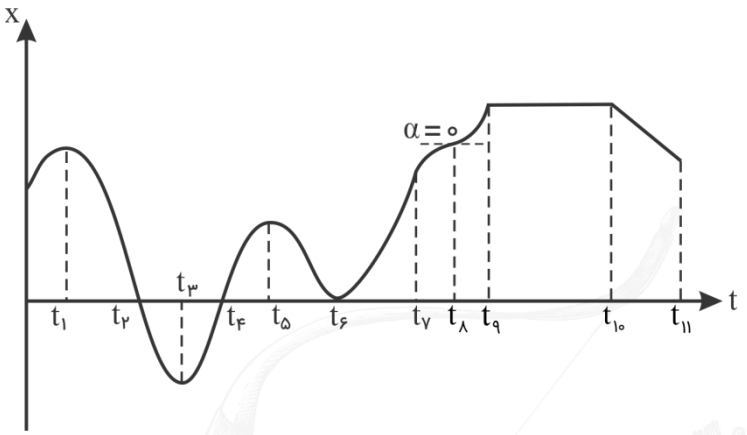
۴) t_4

فصل اول: سینماتیک (حرکت‌شناسی)

تمرین: در کدام لحظات جهت حرکت متحرک تغییر کرده است؟



تمرین: در کدام لحظات جهت حرکت متحرک تغییر کرده است؟



نکتهٔ بسیار مهم: متحرک در جایی تغییر جهت می‌دهد که:

تست: معادله مکان- زمان متحرکی $x = t^{۲} - ۱۲t + ۳۶$ است. این متحرک در چه زمانی تغییر جهت می‌دهد؟

۱) ۹

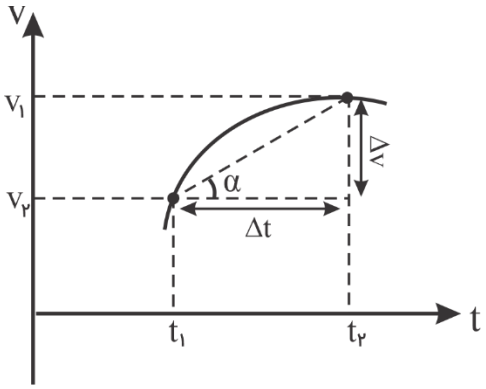
۲) ۳

۳) ۶

۴) در هیچ لحظه‌ای تغییر جهت نمی‌دهد

تمرین: معادلهٔ سرعت زمان متحرکی که در مبدأ زمان در مکان ۴+ می‌باشد، به‌صورت $V = ۱۲t^{۲} - ۵$ می‌باشد. این متحرک در لحظهٔ $t = ۱$ در چه مکانی قرار دارد؟

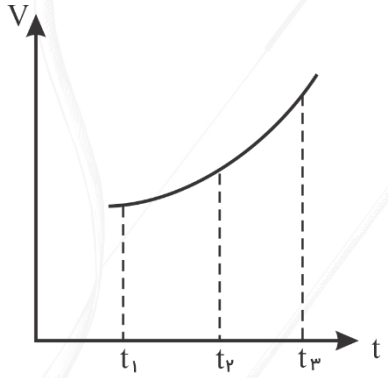
با توجه به تعریف شتاب متوسط می‌توان در نمودار «سرعت- زمان»، شتاب متوسط بین لحظات $t_۱$ و $t_۲$ را به‌صورت زیر تعریف نمود:



$$\bar{a} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \tan\alpha$$

* شیب خطی که دو نقطه در نمودار $V-t$ را به هم وصل می‌کند، شتاب متوسط بین آن دو لحظه است.

تست: شتاب متوسط بین کدام دو لحظه بیش‌تر است؟



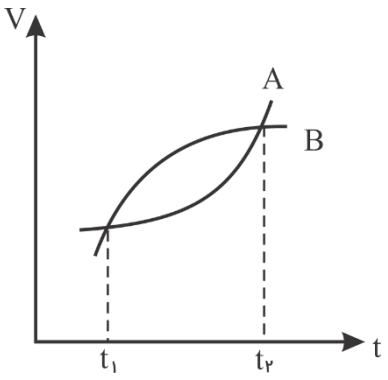
۱) $t_۱ - t_۲$

۲) $t_۱ - t_۳$

۳) $t_۲ - t_۳$

۴) هر سه یکسان است

تست: در مورد شتاب متوسط بین t_1 و t_2 کدام گزینه صحیح است؟



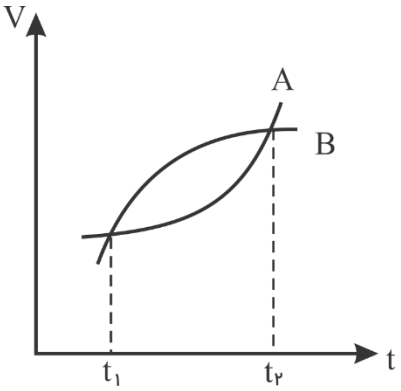
۱) $\bar{\alpha}_A > \bar{\alpha}_B$

۲) $\bar{\alpha}_A < \bar{\alpha}_B$

۳) $\bar{\alpha}_A = \bar{\alpha}_B$

۴) هر سه ممکن است.

تست: در مورد سرعت متوسط بین لحظات t_1 و t_2 کدام گزینه صحیح است؟



۱) $\bar{V}_A > \bar{V}_B$

۲) $\bar{V}_A < \bar{V}_B$

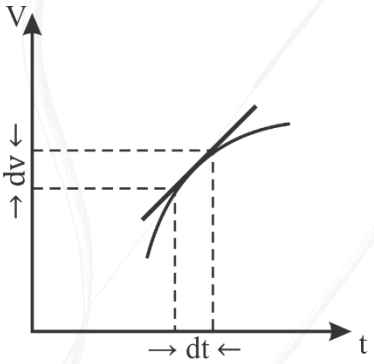
۳) $\bar{V}_A = \bar{V}_B$

۴) هر سه ممکن است

شتاب لحظه‌ای:

شتاب متوسط متحرک، در زمان بسیار کوچک را شتاب لحظه‌ای گویند.

با توجه به نمودار مقابل می‌توان گفت:



شیب‌خط $= \dfrac{dV}{dt} = V'(t) =$ لحظه‌ای a

مماس بر نمودار

تست: شتاب لحظه‌ای در یک لحظه از حرکت متحرک ،مثبت است سرعت در این لحظه چگونه است؟

۱) مثبت

۲) منفی

۳) صفر

۴) هر سه ممکن است

تست: شتاب متوسط در یک بازهٔ زمانی مثبت است. سرعت در پایان این بازه چگونه است؟

۱) مثبت

۲) منفی

۳) صفر

۴) هر سه ممکن است

فصل اول: سینماتیک (حرکت‌شناسی)

حرکت با شتاب ثابت

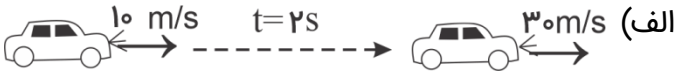
فرض کنید که متحرکی روی خط راست به‌صورت زیر حرکت می‌کند و در مدت ۵s تغییر سرعت می‌دهد.

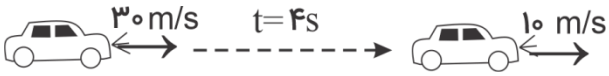
شتاب متوسط این حرکت به‌صورت مقابل به‌دست می‌آید:

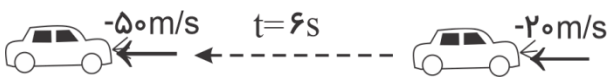
$$\bar{a} = \frac{+۳۰ - (+۲۰)}{۵} = \frac{۱۰}{۵} = ۲m/s^۲$$

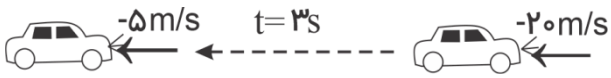
سوال: در نمونهٔ بالا $۲m/s^۲$ به چه معنی می‌باشد؟

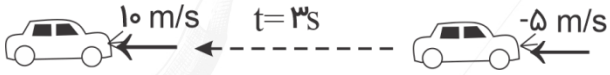
تمرین: در شکل‌های زیر اگر شتاب حرکت ثابت فرض شود، سرعت را در لحظات مختلف به‌دست آورید.

الف) 

ب) 

ج) 

د) 

ه) 

بنابراین:

شتاب منفی یعنی، سرعت متحرک در حال «منفی‌تر» شدن است.

شتاب مثبت یعنی، سرعت متحرک در حال «مثبت‌تر» شدن است.

- حرکت تند شونده و کند شونده

تعاریف حرکت شتابدار ثابت:

۱) حرکتی که در آن بردار شتاب در تمام لحظات ثابت باشد.

۲) حرکتی که شتاب لحظه‌ای در تمام لحظات با شتاب متوسط در هر بازهٔ زمانی یکسان باشد.

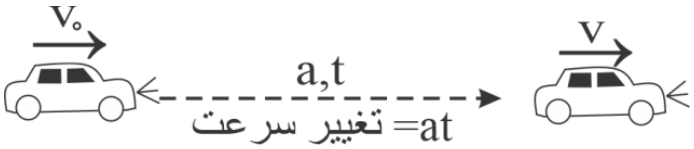
۳) حرکتی که در آن متحرک در بازه‌های زمانی مساوی، تغییر سرعت‌های مساوی داشته باشد.

تمرین: متحرکی با سرعت $20m/s$، شتاب $-4m/s^2$ به خود می‌گیرد. لحظهٔ $t=8s$ سرعت این متحرک چند m/s و در چه جهتی است؟

تمرین: در تمرین بالا چند ثانیه پس از شروع حرکت شتابدار متحرک در یک لحظه متوقف می‌شود؟

فصل اول: سینماتیک (حرکت‌شناسی)

به‌دست آوردن رابطهٔ سرعت برحسب زمان

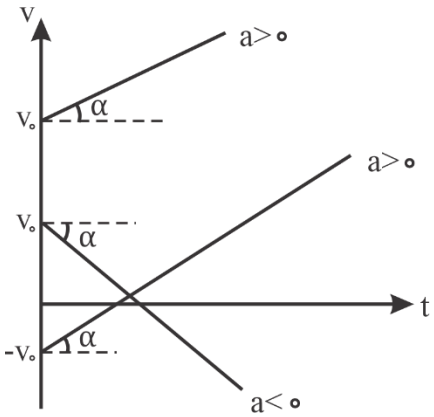


$\Delta V = at \Rightarrow V : at + V_0$ سرعت اولیه

↓ ↓

شتاب سرعت لحظه t

با استفاده از معادله فوق، نموار سرعت- زمان در حرکت شتابدار ثابت به‌صورت زیر رسم می‌شود:



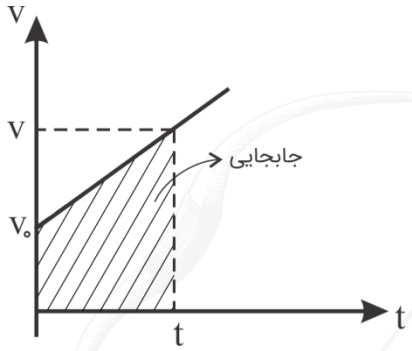
$\tan\alpha = a =$ ثابت

تمرین: متحرکی با سرعت $20m/s$ بر مسیری مستقیم در حرکت است. اگر در مدت $6s$ سرعت خود را به $4m/s$ در خلاف جهت قبلی برساند، بیابید اولاً: شتاب این متحرک چند است. ثانیاً این متحرک پس از چند ثانیه به حال توقف در آمده است؟

تمرین: متحرکی که با سرعت $12m/s$ در حرکت است. ناگهان شتاب $3m/s^2$ در خلاف جهت حرکت خود می‌گیرد، پس از $10s$ سرعت آن چند متر بر ثانیه و در چه جهتی است؟

اثبات رابطهٔ بسیار جالب:

با توجه به این‌که نمودار «سرعت- زمان» در حرکت شتاب ثابت خطی بوده و این‌که می‌دانیم مساحت زیر نمودار، بیانگر جابجایی است می‌توان گفت:



مساحت زیر نمودار = جابجایی

$$\text{جابجایی} = \frac{V + V_0}{2} \times \text{زمان}$$

و باتوجه به این‌که در تمامی انواع حرکت می‌توان نوشت:

$$\text{جابجایی} = \overline{V} \times \text{زمان}$$

در نتیجه در حرکت با شتاب ثابت:

$$\overline{V} = \frac{V_0 + V}{2}$$

تمرین: متحرکی از حال سکون با شتاب ثابت $4m/s^2$ به راه می‌افتد. این متحرک در $5s$ اول حرکت خود چندمتر می‌پیماید؟

تمرین: متحرکی با سرعت اولیه $5m/s$ در حرکت است ناگهان شتاب $3m/s^2$ به خود می‌گیرد در 4^s اول ز این حرکت شتابدار متحرک چند متر را می‌پیماید؟

تمرین: متحرکی سرعت اولیه $6m/s$ و شتاب $4m/s^2$ حرکت می‌کند بیابی:

۱) سرعت در لحظه $t=5^s$

۲) سرعت متوسط در ۴ ثانیهٔ اول

۳) جابجایی در ۲ ثانیه اول

۴) جابجایی در ثانیه سوم

۵) جابجایی در دو ثاینه سوم

۶) جابجایی در سه ثانیه دوم

۷) جابجایی در سه ثانیه چهارم به ثانیه اول

تمرین: متحرکی با سرعت $+12m/s$ در حرکت است و شتاب $-4m/s$ به خود می‌گیرد. در 5^s اول این حرکت شتابدار جابجایی و مسافت طی شده توسط این متحرک چند متر است؟

تست: متحرکی با سرعت $20m/s$ در جهت منفی محور x ها در حرکت است. ناگهان به حرکت خود شتاب $+4m/s^2$ می‌دد. مسافت طی شده در 7^s اول این حرکت شتابدار چند متر است؟

۱) ۲۵ ۲) ۴۹ ۳) ۵۸ ۴) ۷۴

تست: متحرکی با سرعت $40\,m/s$ در حرکت است. با دیدن مانعی با شتاب $5\,m/s^2$ ترمز کرده تا متوقف شود. از لحظهٔ ترمز تا توقف کامل چند متر را پیموده است؟

۱) ۳۲۰ ۲) ۱۶۰ ۳) ۸۰ ۴) ۴۰۰

تست: متحرکی با سرعت $132/5\,\frac{m}{s}$ در حال حرکت است. ناگهان با دیدن مانعی با شتاب $7\,m/s^2$ ترمز می‌کند تا متوقف گردد. این متحرک در ثانیهٔ آخر حرکتش چند متر می‌پیماید؟

۱) ۳/۴۵

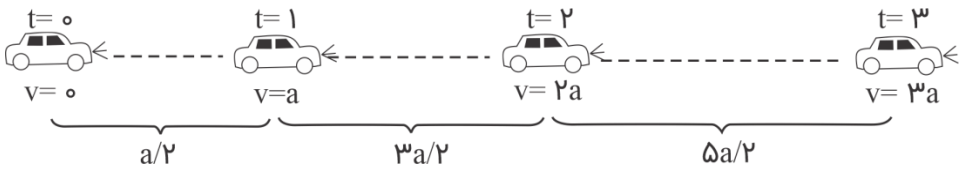
۲) ۳/۵

۳) ۲/۷۵

۴) داده‌ها کافی نیست

نکته بسیار جالب:

هرگاه متحرک از حال سکون شروع به حرکت با شتاب ثابت a نماید، می‌توان شکل حرکت در ثانیه‌های متوالی را به‌صورت زیر ترسیم نمود:



یعنی جابجایی در ثانیهٔ اول $\frac{a}{۲}$ و جابجایی در ثانیه دوم $\frac{۳a}{۲}$ و...

تمرین: متحرکی از حال سکون شروع به حرکت با شتاب ثابت می‌کند. این متحرک در دو ثانیهٔ سوم حرکت ۴۰ متر می‌پیماید، شتاب این متحرک چند است؟

تمرین: متحرکی از حال سکون با شتاب ثابت شروع به حرکت می‌کند و در ثانیه چهارم، ۱۲ متر بیش‌تر از دو ثانیهٔ اول می‌پیماید. شتاب این حرکت چند $\frac{m}{s^۲}$ است؟

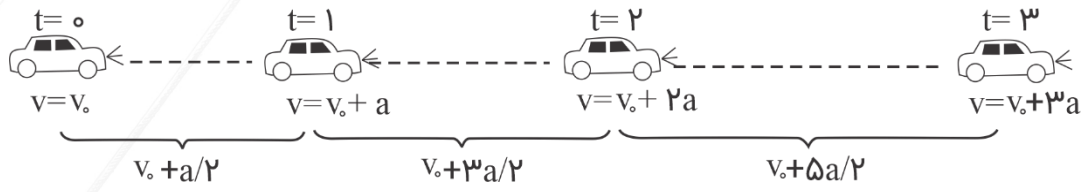
تمرین: متحرکی با سرعت V_0 در حال حرکت است و با دیدن مانعی ترمز می‌کند و در مدت زمان ۶s با شتاب ثابت متوقف می‌شود. اگر در ۳s اول از حرکت شتابدار x_1 متر و در ادامه تا توقف کامل x_2 متر را بپیماید. نسبت $\frac{x_1}{x_2}$ را بیابید.

تست: متحرکی از حال سکون شروع به حرکت با شتاب ثابت کرده و در لحظهٔ $t = 1s$ در مکان $+2m$ و در لحظهٔ $t = 3s$ در مکان $+12m$ است. مکان اولیه این متحرک کدام است؟

۱) ۰ ۲) ۰/۵ ۳) ۰/۷۵ ۴) -۱/۵

نکتهٔ بسیار جالب‌تر:

هرگاه متحرکی با سرعت اولیه V_0 و شتاب ثابت α در حال حرکت باشد می‌توان مسافت‌های پیموده شده در ثانیه‌های متوالی را به‌صورت زیر ترسیم نمود:



تمرین: متحرکی در ثانیهٔ چهارم از حرکت شتابدار ثابت، ۵ برابر ثانیهٔ اول حرکت می‌پیماید. اگر شتاب حرکت $۲m/s^۲$ باشد، سرعت اولیه این متحرک چند است؟

نکتهٔ خیلی مهم (بوموسی)

مسافت‌های پیموده شده در حرکت با شتاب ثابت در t ثانیه‌های متوالی تشکیل یک تصاعد حسابی را می‌دهد که قدر نسبت آن $\mathbf{at^۲}$ می‌باشد. یعنی:

تمرین: متحرکی در ثانیهٔ پنجم از حرکت با شتاب ثابت، مسافت ۲۰m و در ثانیهٔ هفتم مسافت ۲۶m را می‌پیماید:

الف) شتاب حرکت چند $\frac{m}{s^۲}$ است؟

ب) سرعت اولیه چند $\frac{m}{s}$ است؟

ج) در ثانیهٔ اول چند متر جابه‌جا شده است؟

تمرین: متحرکی روی خط راست با شتاب ثابت در ۵s اول ۳۳m و در ۵s بعدی 38^{m} جابه‌جا می‌شود.

شتاب این متحرک و سرعت اولیه چه‌قدر است؟

تمرین: متحرکی با سرعت اولیه $V_{\circ}$ در حال حرکت است، در لحظهٔ $t=1s$ در مختصات ۱۰ و در لحظهٔ $t=3s$ در مختصات ۱۸ و در لحظهٔ $t=5^{s}$ در مختصات ۴۸ است. شتاب این متحرک چند است؟

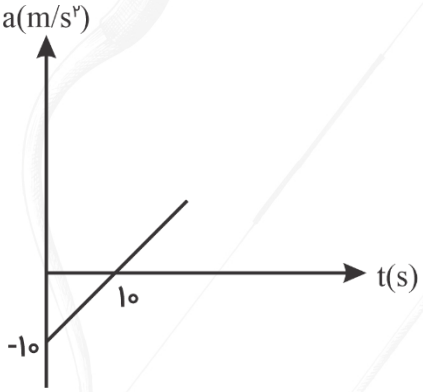
محاسبه جابجایی و مسافت طی شده از روی معادله سرعت و یا شتاب

تمرین: معادلهٔ شتاب متحرکی $a=6t+4$ است. سرعت متوسط این متحرک در ۲s اول چند $\frac{m}{s}$ است؟

$(V_0=4m/s)$

تمرین: در تمرین قبل متحرک در چه زمانی تغییر جهت می‌دهد؟

تمرین: نمودار شتاب- زمان متحرکی به صورت مقابل است که با سرعت اولیه $10m/s$ حرکت کرده این متحرک در ثانیه دوم چه سرعت متوسطی دارد؟



- معادلات حرکت شتابدار ثابت:

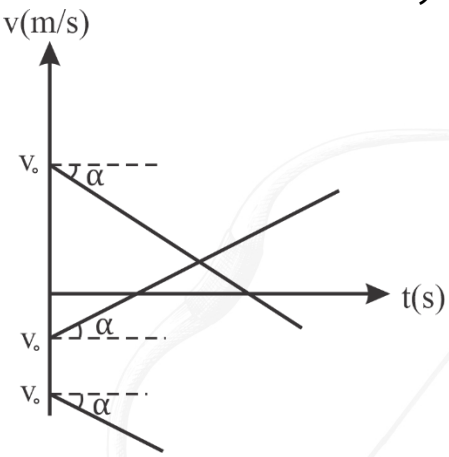
$$V = at + V_0 \qquad \Delta x = \frac{V + V_0}{2} t$$

$$\Delta x = \frac{1}{2} at^2 + V_0 t \qquad V^2 - V_0^2 = 2a\ \Delta x$$

نکتهٔ مهم:

❖ الف) معادله و نمودار سرعت- زمان

با توجه به معادله $V = at + V_0$ می‌توان گفت که نمودار «سرعت- زمان» به‌صورت خط راست است:

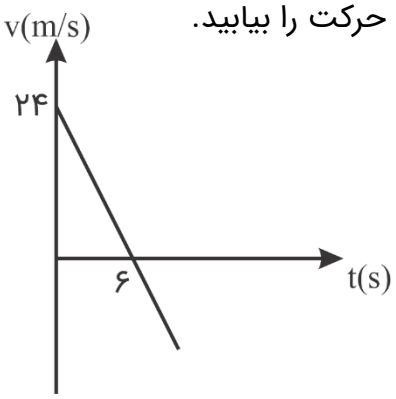


$$\tan \alpha = a$$

در این نمودار شیب، شتاب است و عرض از مبدأ بیانگر سرعت اولیه است.

* نمودار سرعت- زمان بسیار پر استفاده و مفید است زیرا: شیب آن شتاب، مساحت زیر آن جابجایی و در هر لحظه، بیانگر سرعت لحظه‌ای است.

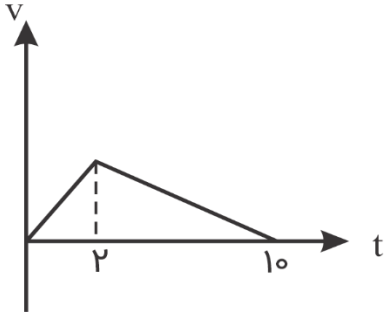
تمرین: در نمودار $V-t$ مقابل جابجایی و مسافت پیموده شده در 10^{s} اول این حرکت را بیابید.



تمرین: متحرکی با سرعت اولیه $+10m/s$ و شتاب $-5m/s^{2}$ در حرکت است. مسافت پیموده شده در $6s$ توسط این متحرک چند متر است؟

فصل اول: سینماتیک (حرکت‌شناسی)

تست: درنمودار $V-t$ مقابل اندازهٔ شتاب در قسمت تند شونده چند برابر قسمت کنده شونده است؟



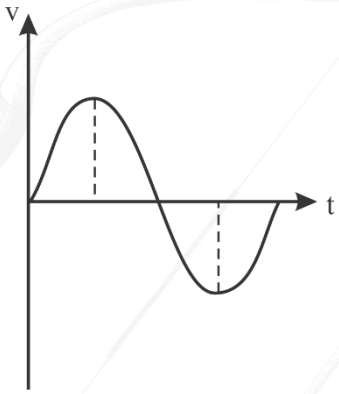
۱) ۵

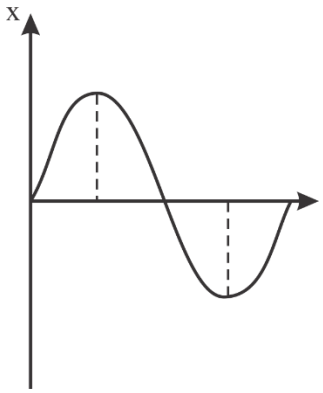
۲) ۰/۲

۳) ۴

۴) ۰/۲۵

تمرین: در نمودارهای زیر قسمت‌های تند شونده و کند شونده را مشخص کنید.

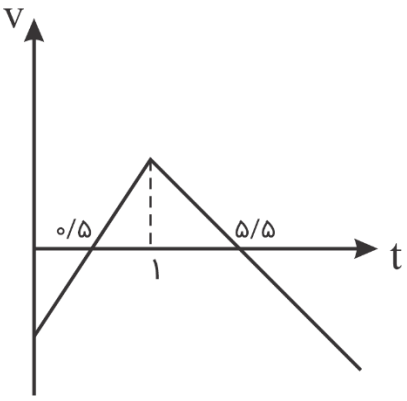




تمرین: متحرکی از حال سکون با شتاب ثابت $۵m/s^۲$ شروع به حرکت کرده و $۴s$ ادامه می‌دهد. سپس این متحرک $۱۰s$ سرعت خود را ثابت نگاه می‌دارد و پس از آن حرکت خود کند کرده تا پس از ۶^s دیگر متوقف شود. سرعت متوسط در کل جابجایی این متحرک چند m/s است؟

تمرین: قطاری از حال سکون در ایستگاه شروع به حرکت با شتاب ثابت کرده و پس از رسیدن به سرعت $۲۴m/s$ ترمز کرده و با شتابی معادل ۴ برابر قبل متوقف می‌شود. اگر فاصله دو ایستگاه $۱۲km$ باشد شتاب مرحلّ تند شونده چند $m/s^۲$ است؟

تست: در نمودار $V-t$ مقابل، سرعت متوسط در 10^s چند است؟



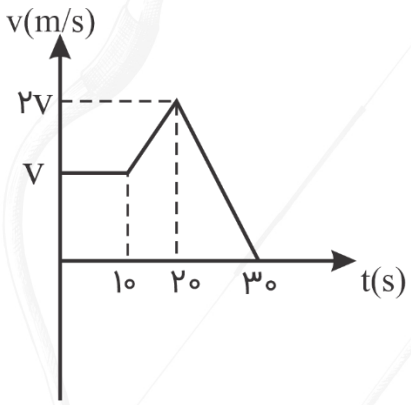
۱) ۴/۵

۲) ۰/۴۵

۳) -۲/۵

۴) صفر

تست: اگر سرعت متوسط برای متحرکی که نمودار $V-t$ آن به صورت مقابل است، درمدت 30^s برابر $35m/s$ باشد، بیش‌ترین سرعت در طی حرکت چند m/s است؟



۱) ۳۰

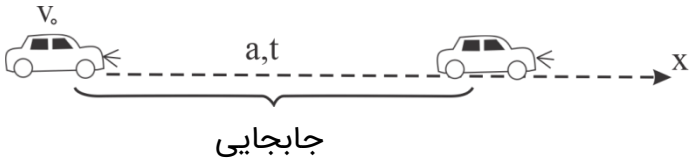
۲) ۱۵

۳) ۶۰

۴) ۲۰

❖ ب) معادله و نمودار مکان- زمان

نمودار و معادله‌ای که مکان متحرک را در هر لحظه بر حسب زمان نشان می‌دهد. اگر متحرک به سرعت اولیه V_0 شروع به حرکت با شتاب ثابت α کند پس از t ثانیه جابجایی آن به‌صورت زیر به‌دست می‌آید.



جابجایی (معادله مستقل از شتاب) $= \frac{V + V_0}{2} t$

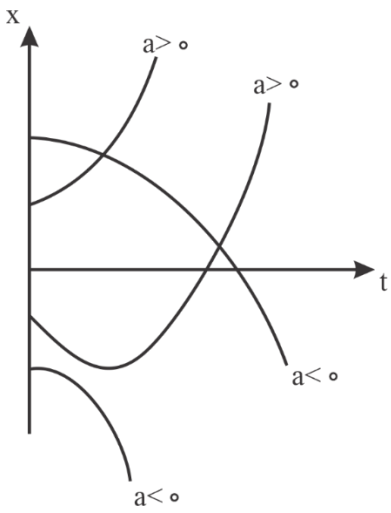
و $\Rightarrow$ جابجایی $\frac{V_0 + (at + V_0)}{2} t$

(معادله مستقل از جابجایی) $V = at + V_0$

$\Rightarrow$ جابجایی $(\Delta x) = \frac{1}{2} at^2 + V_0 t$ معادله مستقل از سرعت نهایی

$$x = \frac{1}{2} at^2 + V_0 t + x_0$$

x: مکان در لحظه t — x_0: مکان اولیه

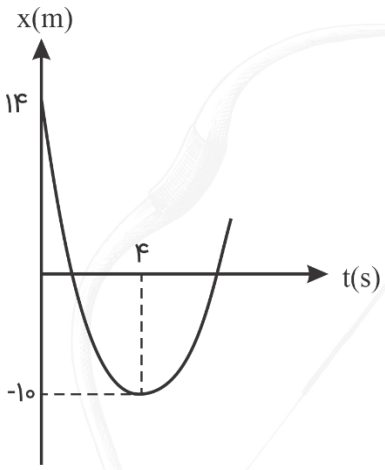


می‌دانیم شکل معادلهٔ بالا به‌صورت سهمی است:

$$\frac{dx}{dt} = at + V_{\circ} = v$$
$$\frac{dV}{dt} = a$$

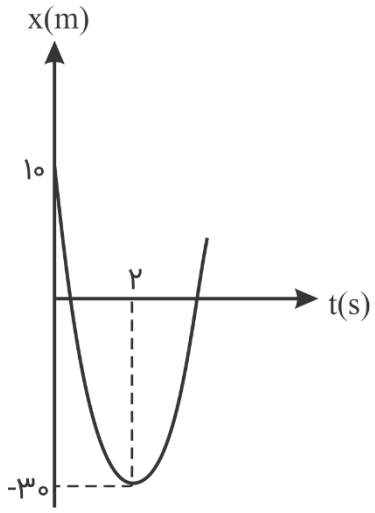
یعنی: جهت گودی (تقعر)، همان علامت شتاب است.

تمرین: نمودار مقابل بخشی از سهمی است. سرعت اولیه و شتاب چند است؟



فصل اول: سینماتیک (حرکت‌شناسی)

تست: شتاب در نمودار شتاب ثابت مقابل کدام است؟



۱) ۴۰

۲) -۴۰

۳) ۲۰

۴) -۲۰

تمرین: معادلهٔ مکان- زمان متحرکی به صورت متقابل است. مسافت طی شده در ۵s اول چند متر است؟

$$x = -2t^2 + 8t + 6$$

تمرین: معادلهٔ حرکت متحرکی در SI به‌صورت $x = 2t^2 + 5t + 7$ است. این متحرک در ثانیهٔ سوم چند متر را می‌پیماید.

تمرین: متحرکی از حال سکون شروع به حرکت شتابدار ثابت کرده در ۲۵^{m} اول حرکت را در $t_۱$ ثانیه و ۱۱ متر بعدی را در $t_۲$ می‌پیماید. نسبت $\frac{t_۱}{t_۲}$ چند است؟

نکته: اگر نسبت جابجایی‌ها یا نسبت زمان‌ها بین دو بازه از حرکت خواسته شده باشد، همواره روابط سینماتیک از جایی می‌نویسیم که...

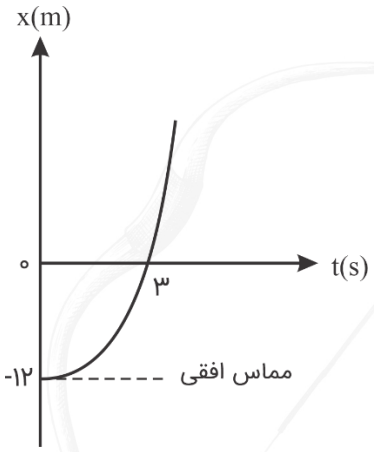
ج) معادلهٔ مستقل از زمان

اگر متحرکی با سرعت اولیهٔ $V_۰$ و شتاب a حرکت کند و پس از d متر سرعت آن به V می‌رسد:

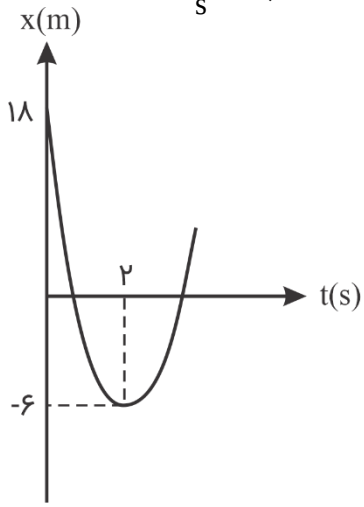
$$\left.\begin{array}{l} d=\frac{V_۰+V}{۲}t \\ V=at+V_۰ \Rightarrow t=\frac{V-V_۰}{a} \end{array}\right\} \Rightarrow V^{۲}-V_۰^{۲}=۲a\ \Delta x$$

تمرین: متحرکی از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و پس از طی مسافت d به سرعت V_1 می‌رسد و پس از طی ۳d دیگر به سرعت V_2 می‌رسد. $\frac{V_1}{V_2}$ چند است؟

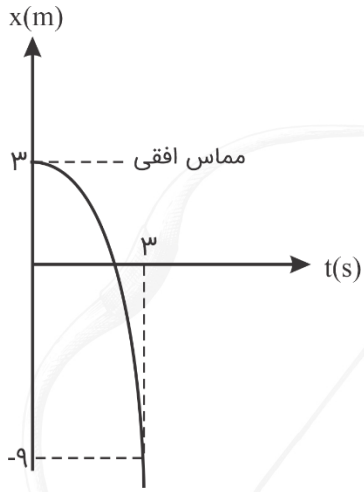
تمرین: در شکل مقابل سرعت متحرک به هنگام عبور از مبدأ چند $\frac{m}{s}$ است؟ (شکل مقابل قسمتی از یک سهمی است)



تمرین: در نمودار $x-t$ مقابل که یک سهمی است، سرعت در لحظه‌ی عبور از مبدأ چند $\frac{m}{s}$ است؟

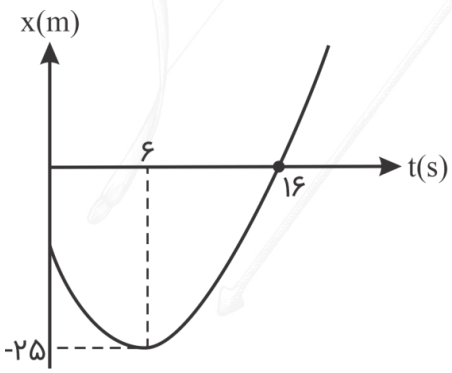


تست: در نمودار $x-t$ مقابل که مرتبط به متحرکی که با شتاب ثابت در حرکت است می‌باشد. اندازه سرعت به هنگام عبور از مبدأ چند $\frac{m}{s}$ است؟



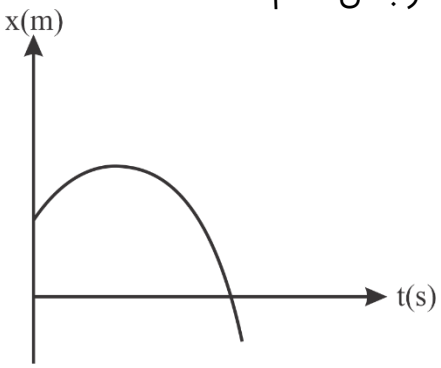
۱) ۴
۲) ۸
۳) $\frac{۲}{۳}$
۴) $\frac{۴}{۹}$

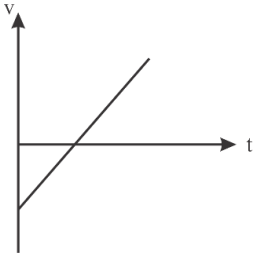
تمرین: سرعت متوسط در $8s$ اول چند متر است؟

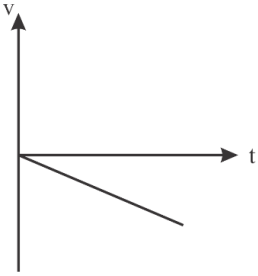


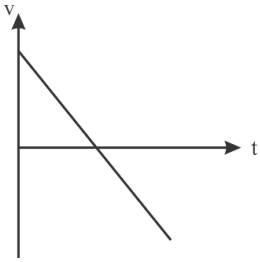
فصل اول: سینماتیک (حرکت‌شناسی)

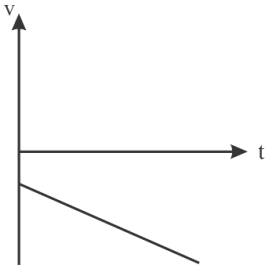
تست: نمودار $x-t$ متحرکی به صورت مقابل است. نمودار $v-t$ متناظر با آن کدام است؟



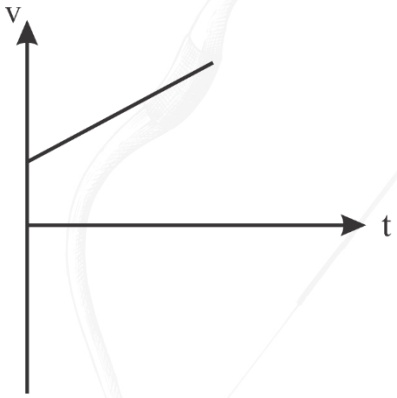
۱) 

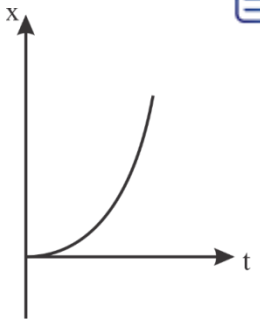
۲) 

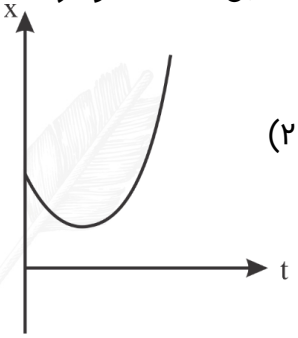
۳) 

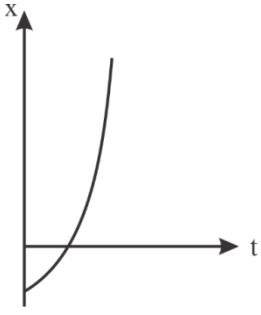
۴) 

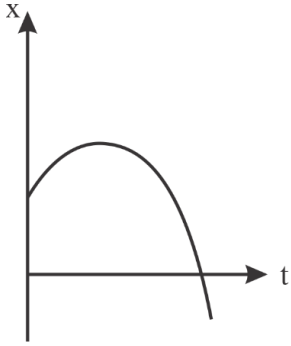
تست: نمودار $v-t$ متحرکی به صورت مقابل است. نمودار $x-t$ متناظر با آن کدام است



۱) 

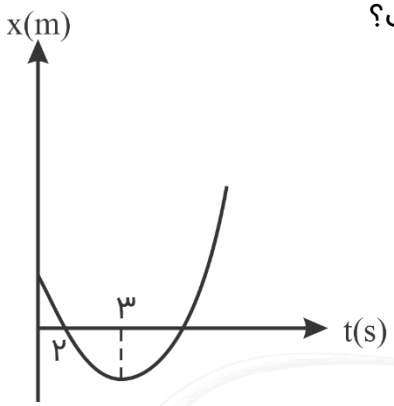
۲) 

۳) 

۴) 

تمرین: متحرکی از حال سکون شروع به حرکت با شتاب ثابت کرده و معادله‌ی سرعت آن برحسب جابجایی از حال سکون $V=\sqrt{۲x}$ است. شتاب این متحرک چند $\frac{m}{s^۲}$ است؟

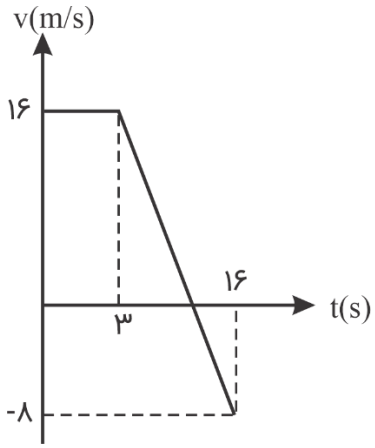
تمرین: نمودار $x-t$ متحرکی که با شتاب ثابت حرکت می‌کند بصورت مقابل است. شتاب در این حرکت چند متر بر مجذور ثانیه است و سرعت در لحظه‌ی $t=۸s$ چند متر بر ثانیه است؟



تمرین: متحرکی از حال سکون روی خط راست با شتاب $۴\frac{m}{s^۲}$ حرکت می‌کند. اگر سرعت متوسط در $۲s$ آخرین حرکت $۴۰\frac{m}{s}$ باشد، کل جابجایی این متحرک چند متر است؟

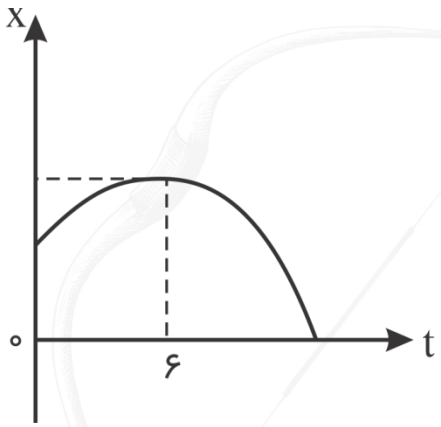
تست: شکل زیر نمودار سرعت- زمان متحرکی را نشان می‌دهد که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند.

بزرگی سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی که حرکت متحرک کندشونده است، چند برابر بزرگی سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی است که حرکت متحرک تندشونده است؟



۱) ۲
۲) $\frac{۱}{۲}$
۳) ۱
۴) ۴

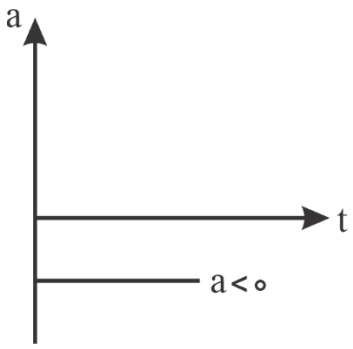
تست: نمودار مکان- زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند. مطابق شکل زیر به صورت سهمی است. اگر مسافت طی شده توسط متحرک در بازه زمانی $t=۳s$ تا $t=۹s$ برابر ۱۲m باشد، جابجایی متحرک در این بازه زمانی چند متر است؟



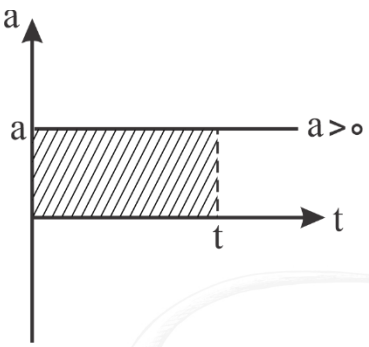
۱) صفر
۲) ۳
۳) ۶
۴) ۱۲

معادله و نمودار «شتاب- زمان»:

معادله و نموداری که شتاب را در هر لحظه بر حسب زمان نشان می‌دهد. در حرکت شتابدار ثابت نمودار $a-t$ به صورت مقابل است.

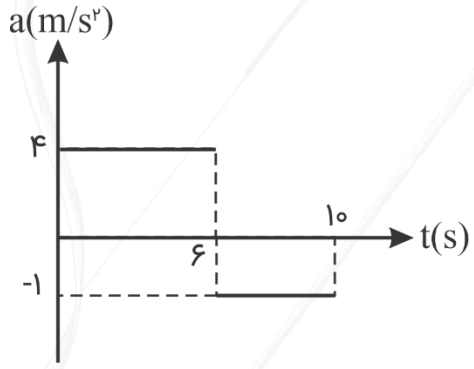


❖ مساحت زیر نمودار a بر حسب t ، بیانگر تغییرات سرعت است (نه سرعت)

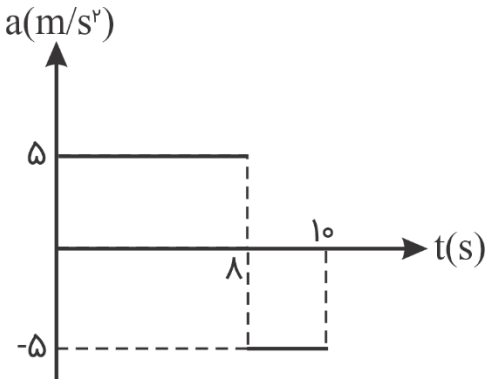


$$\Delta v = at$$

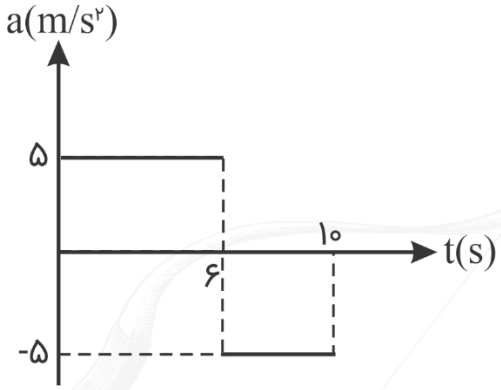
تمرین: سرعت اولیه‌ی متحرکی که مطابق نمودار شتاب- زمان مقابل در حرکت است، $۳۰\frac{m}{s}$ می‌باشد. سرعت متحرک پس از $۱۰s$ چند $\frac{m}{s}$ است؟



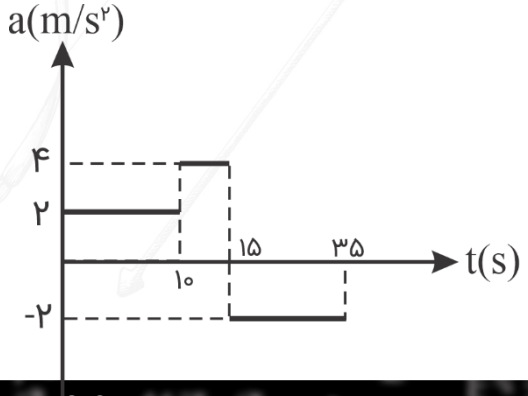
تمرین: متحرکی از حال سکون به صورت مقابل حرکت می‌کند. جابجایی این متحرک در مدت ۱۰s چند متر است؟



تمرین: سرعت متوسط متحرکی که نمودار شتاب زمان آن به صورت مقابل است برابر $۲۷\frac{m}{s}$ است. سرعت اولیه این متحرک چند $\frac{m}{s}$ است.



تست: نمودار شتاب- زمان متحرکی که روی محور x در لحظه $t=۰$ از مبدأ می‌گذرد مطابق شکل است. اگر سرعت اولیه متحرک برابر $-۱۰\frac{m}{s}$ باشد. بیشترین فاصله متحرک از مبدأ در بازه زمانی $t=۰$ تا $t=۳۵s$ چند متر است؟

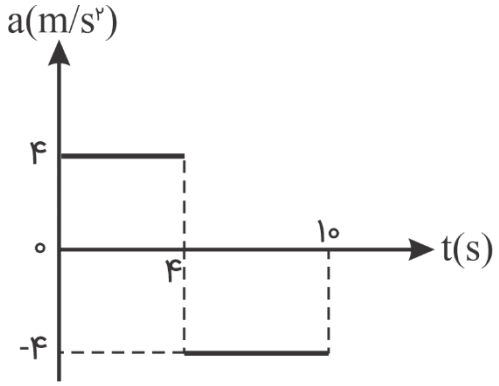


۱) ۲۱۰
۲) ۲۲۵
۳) ۳۲۵
۴) ۳۵۰

تست: نمودار شتاب- زمان متحرک که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند به صورت شکل زیر است اگر جابجایی متحرک در این ۱۰ ثانیه اول حرکت برابر ۱۵۶ متر باشد، سرعت اولیه متحرک چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۲۰ ۲) ۱۵

۳) ۱۰ ۴) ۵



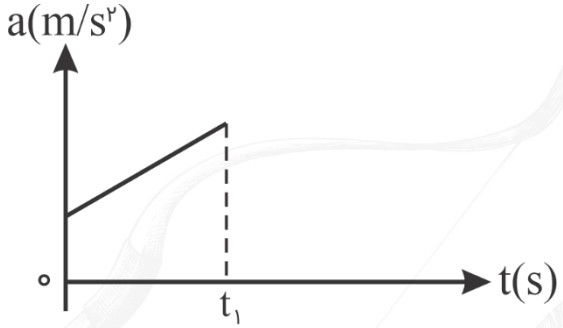
تست: نمودار شتاب- زمان حرکت متحرکی که روی مسیر مستقیم حرکت کند، مطابق شکل زیر است. در بازهٔ زمانی ۰ تا t_1 حرکت متحرک به صورت کدام گزینه نمی‌تواند باشد؟

۱) پیوسته تندشونده

۲) پیوسته کندشونده

۳) ابتدا کندشونده سپس تندشونده

۴) ابتدا تندشونده سپس کندشونده



تست: متحرکی با سرعت ثابت $۳۰\frac{m}{s}$ روی مسیری مستقیم در حال حرکت است که ناگهان مانعی را در فاصلهٔ ۱۰۰ متری مقابل خود می‌بیند. اگر زمان تأخیر واکنش او ۰.۵s باشد و با شتاب $۵\frac{m}{s^2}$ ترمز بگیرد، چه اتفاقی می‌افتد؟

۱) در فاصله ۵ متری مانع متوقف می‌شود.

۲) در فاصله ۱۰ متری مانع متوقف می‌شود.

۳) درست در محل مانع متوقف می‌شود.

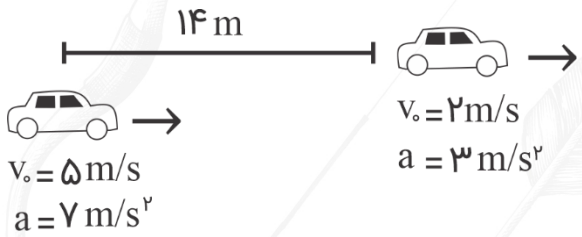
۴) به مانع برخورد می‌کند.

مسائل شامل دو متحرک

تمرین: دو متحرک A و B با سرعت اولیه‌های $۲\frac{m}{s}$ و $۳\frac{m}{s}$ و شتاب‌های $۰.۵\frac{m}{s^۲}$ و $۱.۵\frac{m}{s^۲}$ از فاصله ۲۴m به طرف هم، همزمان به راه می‌افتند، پس از چند ثانیه به هم می‌رسند؟

تمرین: در مسئله‌ی بالا اگر متحرک B، ۱s دیرتر به راه بیفتد، چند ثانیه دیگر به A می‌رسد؟

تمرین: در شکل مقابل دو متحرک، همزمان در یک جهت شروع به حرکت می‌کنند. پس از چند ثانیه دیگر به هم می‌رسند؟



تمرین: متحرک A با سرعت اولیه $۲\frac{m}{s}$ و شتاب $۴\frac{m}{s^۲}$ در حرکت است. از ۲۱m پشت سرآن و در همان جهت، متحرک B با سرعت اولیه $۵\frac{m}{s}$ و شتاب $۴\frac{m}{s^۲}$ به دنبال وی در راه است. پس از چند ثانیه دیگر متحرک B به A می‌رسد؟

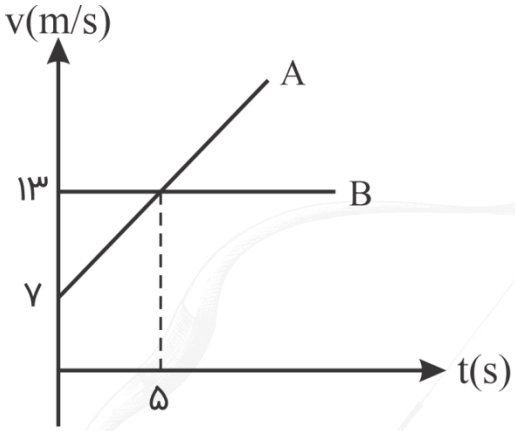
تمرین: متحرک A با سرعت ثابت $۴\frac{m}{s}$ و از نقطه‌ی O می‌گذرد. ۱.۵s پس از آن، متحرک B از نقطه‌ی O با سرعت اولیه $۵\frac{m}{s}$ و شتاب $۲\frac{m}{s^۲}$ به دنبال متحرک A می‌رود. چند ثانیه پس از عبور متحرک B از O، این متحرک به A می‌رسد؟

تمرین: شخصی با سرعت ثابت $۱۲\frac{m}{s}$ از ۱۰m اتوبوس ساکنی که می‌خواهد با شتاب $۴\frac{m}{s^۲}$ شروع به حرکت کند، به طرف اتوبوس می‌دود. به فاصله زمانی چند ثانیه این شخص، دوبار از کنار اتوبوس عبور می‌کند؟

نکته:

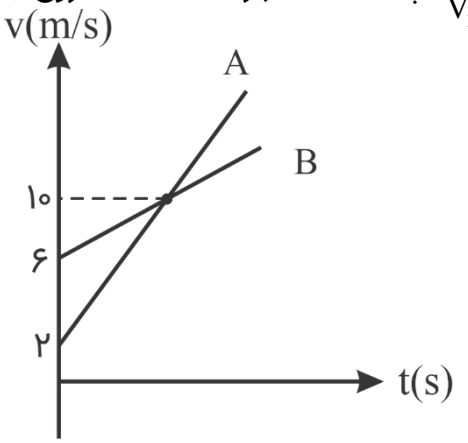
تمرین: اتومبیلی در سر چهار راهی ایستاده است. در لحظه‌ی سبز شدن چراغ و هنگامی که اتومبیل می‌خواهد با شتاب $۲\frac{m}{s^۲}$ حرکت کند، کامیونی با سرعت ثابت $۱۰\frac{m}{s}$ از وی سبقت می‌گیرد. پس از چند ثانیه این دو به هم می‌رسند؟

تمرین: نمودار $v-t$ برای دو متحرک به صورت مقابل است. اگر این دو متحرک هم زمان از یک نقطه شروع به حرکت کرده باشند، پس از چند ثانیه‌ی دیگر به هم می‌رسند؟

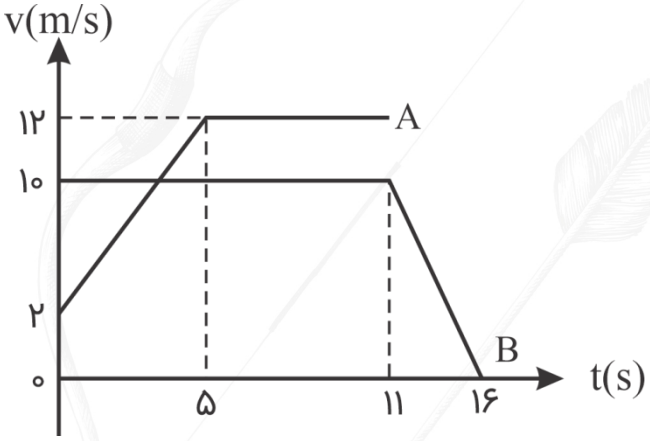


نکته:

تمرین: در شکل مقابل در لحظه‌ای که دو متحرک به هم می‌رسند $\frac{V_A}{V_B}$ چند است؟ (از یک نقطه شروع به حرکت کرده‌اند)

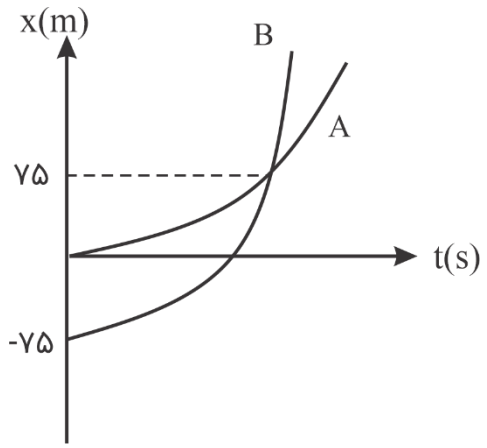


تمرین: نمودار سرعت- زمان دو متحرک A و B که روی محور x حرکت می‌کنند. مطابق شکل زیر است. اگر در لحظه $t=0$ دو متحرک در یک مکان قرار داشته باشند، چند ثانیه پس از شروع حرکت، دو متحرک دوباره به‌هم می‌رسند؟



۱) ۷/۵
۲) ۸
۳) ۱۲
۴) ۱۲/۵

تست: نمودار مکان- زمان دو متحرک A و B که هم زمان از حال سکون به حرکت درآمده‌اند به صورت دو سهمی نشان داده شده است. اگر شتاب متحرک A برابر $۱.۵\frac{m}{s^۲}$ باشد، نسبت سرعت متحرک B به سرعت متحرک A در لحظه‌ای که از A سبقت می‌گیرد، کدام است؟



۱) $\frac{۱}{۲}$
۲) ۲
۳) ۳
۴) $\frac{۱۰}{۳}$

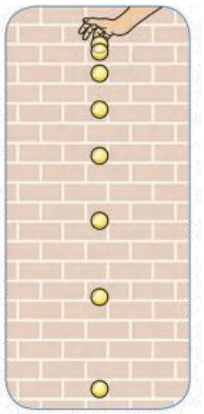
فصل اول: سینماتیک (حرکت‌شناسی)

حرکت در راستای قائم (سقوط آزاد)

❖ مخصوص رشته ریاضی- فیزیک

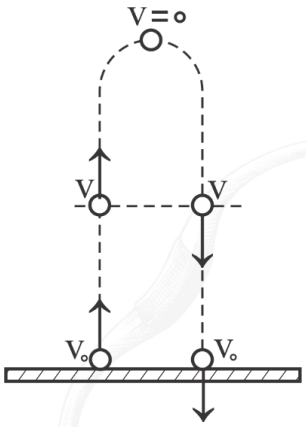
- حرکتی است که روی خط راست با شتاب ثابت g که جهت آن رو به پائین است.

$$g = 9.8 \frac{m}{s^2} \simeq 10 \frac{m}{s^2}$$

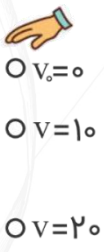


شکل ۱ـ۱۶ تصویری از یک توپ در حال سقوط آزاد، که در بازه‌های زمانی مساوی و متوالی رسم شده است.

- حرکتی است متقارن یعنی :



سوال: در حرکت در راستای قائم، شتاب $10 \frac{m}{s^2}$ روبه پایین است. این عدد یعنی چه؟



نکته: روابط و فرمول‌هایی که در حرکت با شتاب ثابت بیان شد، اینجا نیز صادق است.

تست: در شرایط خلا گلوله‌ای را از بالای یک ساختمان رها می‌کنیم. گلوله $3s$ بعد به سطح زمین می‌رسد. ارتفاع ساختمان چند متر بوده است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$

۱) ۲۵ ۲) ۳۵ ۳) ۴۵ ۴) ۶۰

بیان مهم‌ترین نکته سقوط آزاد:

تست: اگر گلولهٔ کوچکی در شرایط خلا بدون سرعت اولیه سقوط کند و $g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}$ باشد، تندی متوسط گلوله در ۳ ثانیه اول سقوط چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۱۰ ۲) ۱۵ ۳) ۲۰ ۴) ۳۰

تست: گلوله‌ای در شرایط خلاء در راستای قائم سقوط می‌کند و با تندی $۴۰ \frac{m}{s}$ به سطح زمین برخورد می‌کند. یک ثانیه قبل از برخورد گلوله در ارتفاع چند متری از سطح زمین بوده است؟ $(g = ۱۰ \frac{m}{s^۲})$

۱) ۴۰ ۲) ۳۵ ۳) ۳۰ ۴) ۲۵

تست: سنگی از لبه یک بلندی آزادنه رها می‌شود. اگر زمان رسیدن سنگ به زمین t باشد، زمان رسیدن آن به نیمه مسیر چند t است؟

۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $\frac{۱}{۲}$ ۳) $\sqrt{۲}$ ۴) $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$

تست: گلوله‌ای از ارتفاع h رها می‌شود. این گلوله با سرعت v از ارتفاع ۹ متری سطح زمین عبور می‌کند و با سرعت $\frac{۳}{۲}v$ به سطح زمین می‌رسد. h چند متر است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$

۱) ۱۶/۲ ۲) ۱۸ ۳) ۳۲/۴ ۴) ۳۶

- مسائل دو گلوله:

اوه، اوه، اوه.....

تست: گلولهٔ A از ارتفاع ۷۰ متری سطح زمین رها می‌شود. ۱.۵s بعد گلولهٔ B از همان نقطه رها می‌شود. ۲s پس از رها شدن گلولهٔ B، فاصلهٔ دو گلوله از هم چند متر است؟

۱) ۱۱٫۲۵ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۴۱٫۲۵

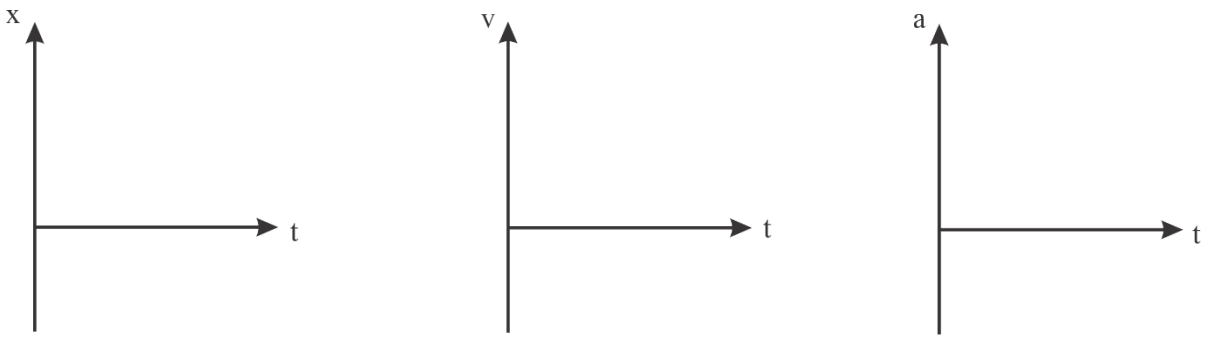
تست: دو گلوله در شرایط خلا به فاصله زمانی ۲.۵s از یک نقطه بالای زمین رها می‌شود. چند ثانیه پس از رها شدن گلولهٔ اول، فاصله دو گلوله به ۶۸.۷۵m می‌رسد؟

۱) ۲٫۵ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۴٫۵

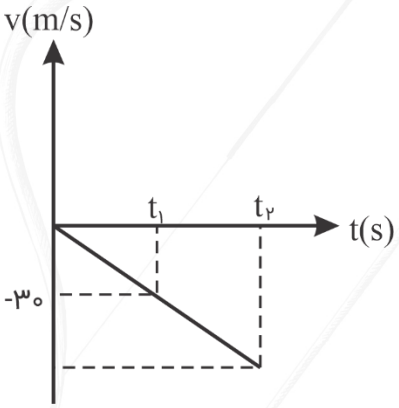
تست: دو گلوله به فاصله زمانی ۱s از نقطه‌ای به ارتفاع h در شرایط خلا رها می‌شوند. اگر بیشترین فاصله بین آن‌ها در طول حرکت به ۴۵m برسد، ارتفاع h چند متر است؟

۱) ۸۰ ۲) ۱۱۰ ۳) ۱۲۵ ۴) ۱۴۵

نمودارها در سقوط آزاد



تست: نمودار سرعت- زمان گلوله‌ای که در شرایط خلا از ارتفاع h رها می‌شود و پس از $t_۲$ ثانیه به زمین می‌خورد. مطابق شکل روبه‌رو است. اگر $t_۱ + t_۲ = ۷s$ باشد. اندازه سرعت متوسط گلوله از لحظهٔ رها شدن تا لحظهٔ برخورد به زمین، چند $\frac{m}{s}$ است؟



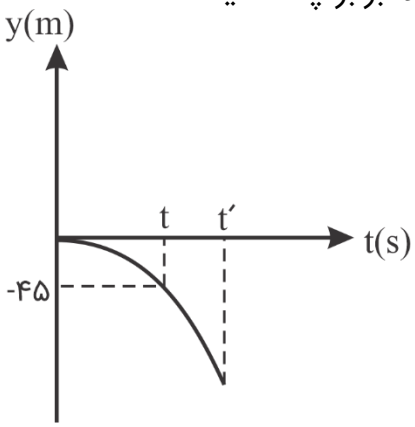
۱) ۲۰

۲) ۳۰

۳) ۳۵

۴) ۴۵

تست: نمودار مکان- زمان گلوله‌ای که در شرایط خلا از یک بلندی به ارتفاع h رها می‌شود به شکل مقابل است. اگر بزرگی سرعت متوسط گلوله در بازه‌ی زمانی t تا t'، $45\frac{m}{s}$ باشد، t' برابر چند ثانیه است؟



۱) ۴

۲) ۵

۳) ۶

۴) ۷

- حل با پایستگی انرژی

تست: گلوله‌ای از ارتفاع ۱۲۰ متری با سرعت اولیه $10\frac{m}{s}$ در راستای قائم روبه پایین پرتاب می‌شود، بزرگی سرعت متوسط گلوله از لحظهٔ پرتاب تا لحظهٔ رسیدن به زمین چند $\frac{m}{s}$ است؟

۱) ۲۰ ۲) ۲۵ ۳) ۳۰ ۴) ۳۵

تست: در شرایط خلا گلوله‌ای را با سرعت اولیه $۴۰\frac{m}{s}$ در راستای قائم رو به بالا پرتاب می‌کنیم. سرعت گلوله در نیمه راه خود تا رسیدن به نقطهٔ اوج چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۲۰ ۲) ۲۵ ۳) $۱۰\sqrt{۲}$ ۴) $۲۰\sqrt{۲}$