فصل ۱ حرکت شناسی

بخش ۱: شناخت حرکت و نمودارها

حرکت: اگر مکان جسم با گذشت زمان تغییر کند می‌گوییم جسم در حرکت بوده است.

سکون: اگر مکان جسم با گذشت زمان تغییر نکند می‌گوییم جسم ساکن بوده است.

بردار جابه‌جایی: برداری که نقطهٔ شروع حرکت را به نقطهٔ پایانی حرکت وصل می‌کند و جهت آن نیز از نقطهٔ شروع به سمت نقطهٔ پایان است.

مسافت طی شده: طول کل مسیر پیموده شده توسط متحرک را مسافت طی شده توسط متحرک می‌گوییم.

نکته:

۱ – بردار جابه‌جایی به مبدأ مختصات بستگی ندارد و تغییر نمی‌کند بلکه به ابتدا و انتهای حرکت جسم بستگی دارد.

۲ – مسافت کمیتی نرده‌ای و جابه‌جایی کمیتی برداری است.

۳– مسافت همیشه بزرگ‌تر یا مساوی اندازهٔ جابه‌جایی می‌باشد.

تندی متوسط: نسبت مسافت طی شده (l) متحرک به مدت زمان طی مسافت (Δt) را تندی متوسط می‌نامیم.

$$S_{av}(\text{تندی متوسط}) = \frac{l}{\Delta t} \quad (^{m}/_{s})$$

سرعت متوسط: نسبت جابه‌جایی (d) یا تغییر مکان یک جسم به مدت زمان جابه‌جایی یا تغییر مکان آن جسم را سرعت متوسط می‌نامند.

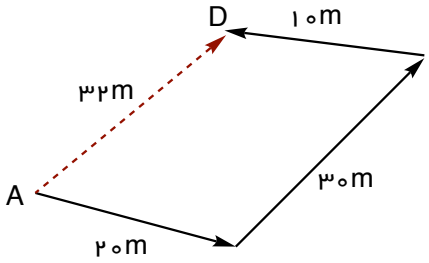
$$\vec{V}_{av}(\text{سرعت متوسط}) = \frac{\vec{d}}{\Delta t} \quad (^{m}/_{s})$$

نکته:

تندی متوسط کمیتی نرده‌ای و سرعت متوسط، کمیتی برداری است.

مثال

متحرکی مطابق شکل از نقطهٔ A شروع به حرکت کرده، ابتدا به نقطهٔ B و سپس به نقطهٔ C و در نهایت پس از گذشت ۱۰ ثانیه از شروع حرکت به نقطهٔ D می‌رسد. تندی متوسط و سرعت متوسط این متحرک چقدر است؟



پاسخ :

$$l = ۲۰ + ۳۰ + ۱۰ = ۶۰cm$$

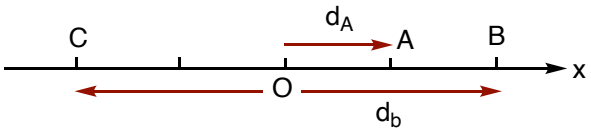
$$S_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{۶۰}{۱۰} = ۶\ m/s$$

$$V_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t} = \frac{۳۲}{۱۰} = ۳/۲\ m/s$$

نکته:

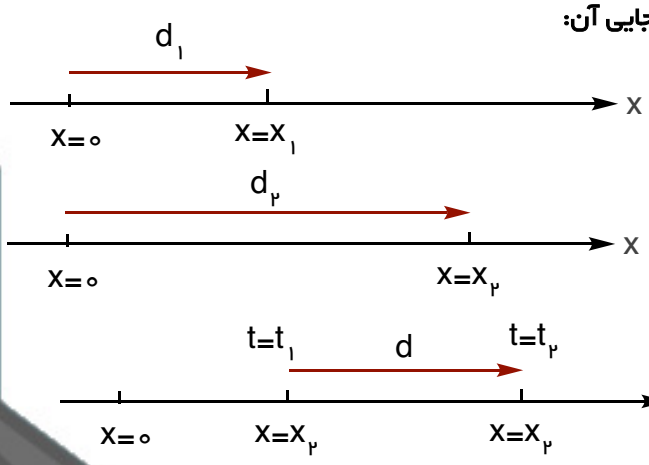
اگر حرکت بر روی خط راست باشد، اندازهٔ سرعت متوسط یک متحرک با تندی متوسط آن برابر است.

بردار مکان: برداری که مبدأ مختصات را به مکان جسم وصل می‌کند و جهت آن نیز از مبدأ به سمت مکان جسم می‌باشد.



سرعت متوسط در حرکت بر روی خط راست در راستای محور x:

شکل‌های الف و ب بردار مکان متحرک در دو لحظهٔ متفاوت و بردار جابه‌جایی آن:



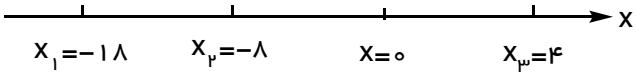
$$\left.\begin{aligned}\vec{d}_1 &= x_1\vec{i}\\ \vec{d}_2 &= x_2\vec{i}\end{aligned}\right\} \Rightarrow \vec{d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1 = x_2\vec{i} - x_1\vec{i} = \Delta x\vec{i}$$

سرعت متوسط در راستای محور x:

$$\vec{V}_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\vec{i}$$

مثال

با توجه به شکل زیر متحرکی در لحظهٔ $t_1 = ۰ , t_2 = ۲s$ و $t_3 = ۵s$ به ترتیب از مکان‌های $x_1 = -۱۸m$ ، $x_2 = -۸m$ و $x_3 = ۴m$ می‌گذرد.



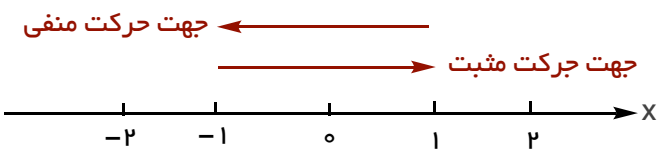
الف) بردارهای مکان در لحظهٔ t_1 ، t_2 و t_3 را رسم کنید.

ب) بردارهای جابه‌جایی متحرک را در بازهٔ زمانی بین t_1 تا t_2 و t_2 تا t_3 رسم کنید.

ج) سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 و همچنین t_2 تا t_3 چقدر است؟

از آنجا که در ادامهٔ این فصل تنها حرکت اجسام روی خط راست بررسی می‌شود، جابه‌جایی متحرک را به جای بردار $\vec{d}$ به صورت Δx و سرعت متوسط را به جای بردار $\vec{V}_{av}$ به صورت رابطهٔ زیر در حل مسئله‌ها به کار می‌بریم.

$$V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \begin{cases} if: \Delta x > ۰ \rightarrow V_{av} > ۰ \\ if: \Delta x < ۰ \rightarrow V_{av} < ۰ \end{cases}$$



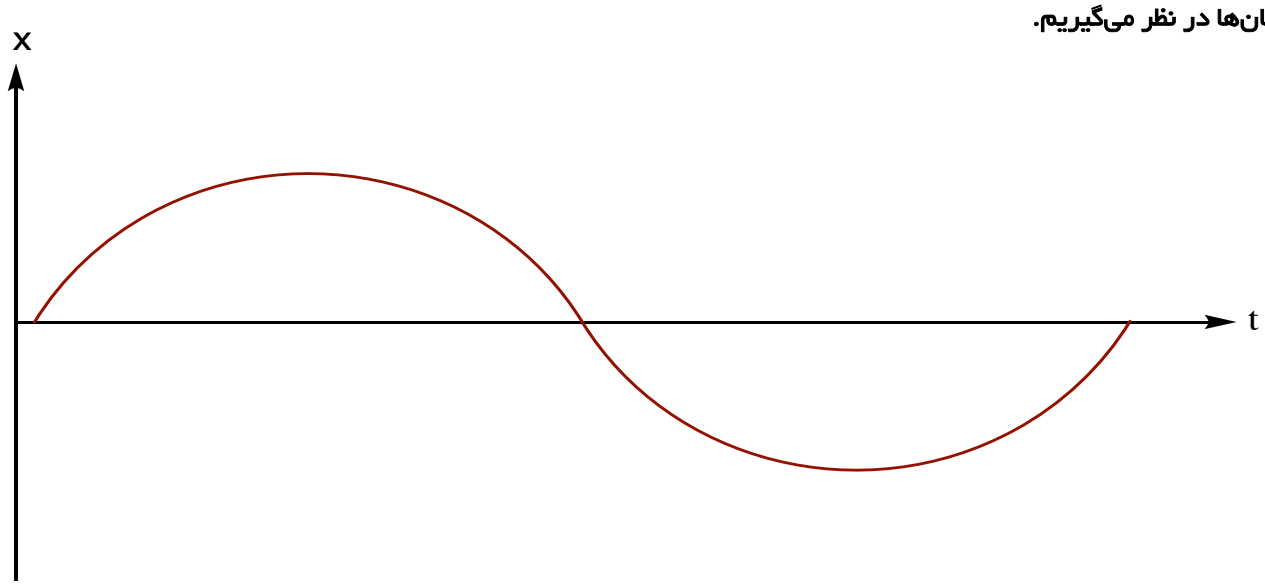
علامت جبری Δx و V_{av} جهت حرکت را نشان می‌دهد.

اگر متحرک در جهت مثبت محور x حرکت کند، جابه‌جایی و سرعت متوسط آن مثبت است.

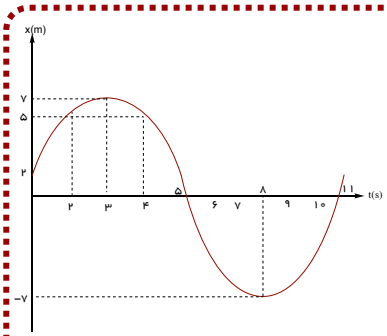
اگر متحرک در جهت منفی محور x حرکت کند، جابه‌جایی و سرعت متوسط آن منفی خواهد بود.

نمودار مکان-زمان: (خیلی مهم)

نموداری است که مکان متحرک را در هر لحظه مشخص می‌کند و در نمودار مکان–زمان، محور افقی را محور زمان‌ها و محور عمودی را محور مکان‌ها در نظر می‌گیریم.



مثال



با توجه به نمودار مکان–زمان شکل زیر:

الف) در چه بازه‌های زمانی متحرک در جهت محور x حرکت می‌کند؟

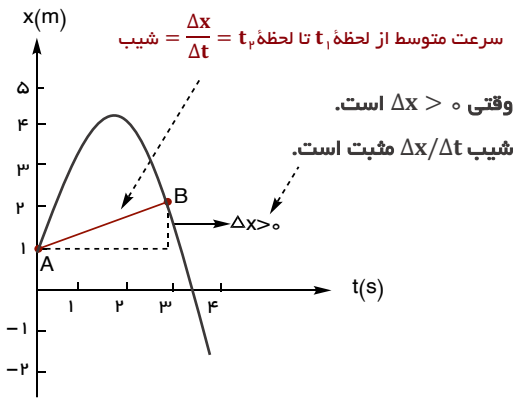
ب) در چه بازه زمانی متحرک در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند؟

ج) در چه لحظه‌هایی متحرک در فاصلهٔ $+5m$ مبدأ قرار دارد؟

د) در چه لحظه‌هایی جهت متحرک عوض می‌شود؟

ه) جابه‌جایی و سرعت متوسط متحرک را در بازهٔ زمانی ۴ تا ۸ ثانیه پیدا کنید.

تعیین سرعت متوسط به کمک نمودار مکان-زمان:



سرعت متوسط از لحظهٔ t_1 تا لحظهٔ t_2 = شیب $= \frac{\Delta x}{\Delta t}$

وقتی $\Delta x > 0$ است.

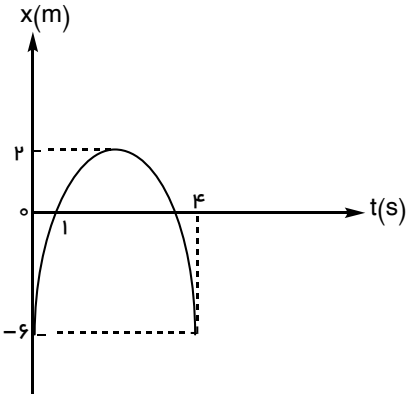
شیب $\Delta x/\Delta t$ مثبت است.

$$\text{شیب خط } AB = \tan\alpha = V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

سرعت متوسط متحرک بین دو لحظه از زمان، برابر شیب پاره‌خطی است که آن دو لحظه را در نمودار مکان–زمان به یکدیگر وصل می‌کند.

مثال

نمودار مکان–زمان متحرکی مطابق شکل زیر است و سرعت متوسط این متحرک در فاصلهٔ زمانی $t = ۱s$ تا $t = ۲s$ چند متر بر ثانیه است؟



۱) ۲

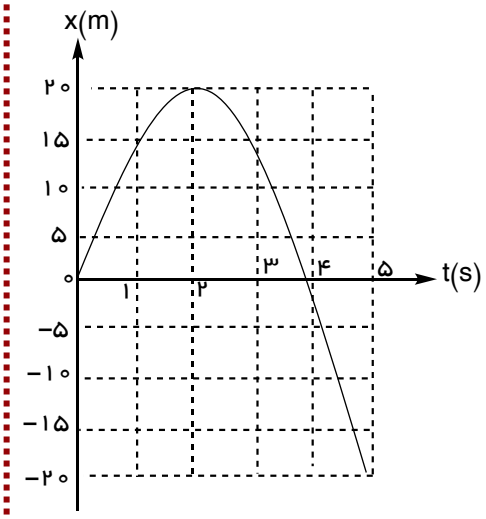
۲) −۲

۳) ۶

۴*) −۶

مثال

شکل زیر نمودار مکان–زمان خودرویی را نشان می‌دهد که در راستای خط راست حرکت می‌کند



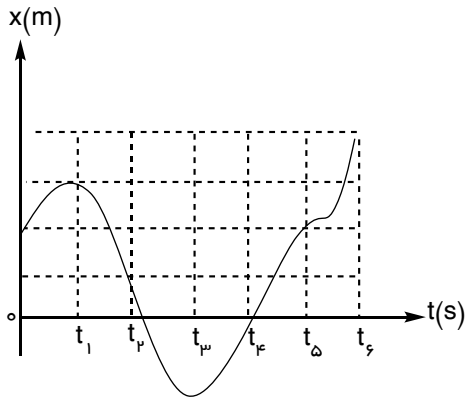
الف) سرعت متوسط خودرو را در هر یک از بازه‌های زمانی ۰ تا ۲s ، ۰ تا ۴s ، ۲s تا ۴s ، ۲s تا ۵s ، ۴s تا ۵s حساب کنید.

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

ج) در کدام یک از این بازه‌های زمانی، اندازهٔ سرعت متوسط بیشتر یا کمتر است؟

مثال

با توجه به نمودار مکان–زمان شکل زیر:



الف) متحرک چندبار از مبدأ مکان عبور می‌کند؟

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

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

ت) جهت حرکت چند بار تغییر کرده است؟

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

تندی لحظه‌ای و سرعت لحظه‌ای:

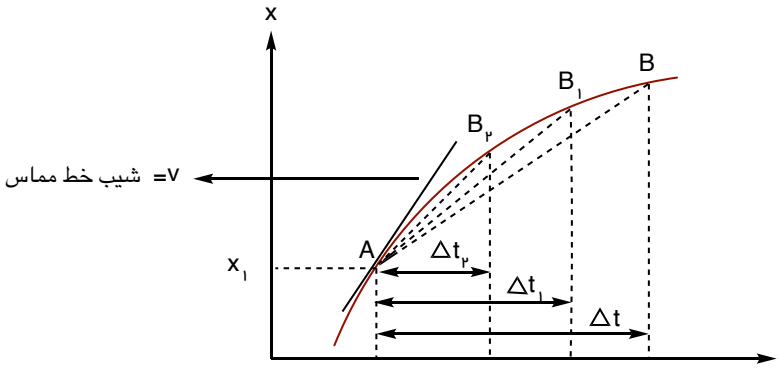
تندی لحظه‌ای: تندی متحرک در هر لحظه از زمان را، تندی لحظه‌ای می‌نامند.

سرعت لحظه‌ای: اگر هنگام گزارش تندی لحظه‌ای، به جهت حرکت متحرک نیز اشاره شود، در واقع سرعت لحظه‌ای $(\vec{V})$ آن را که کمیتی برداری است بیان کرده‌ایم.

- برای سادگی بیشتر وقت‌ها، سرعت لحظه‌ای و تندی لحظه‌ای را به ترتیب به صورت سرعت و تندی بیان می‌کنند.
- در حرکت اجسام بر روی خط راست سرعت لحظه‌ای متحرک را به جای بردار $\vec{V}$ به صورت V به کار می‌بریم.
- اگر متحرک در جهت مثبت محور x حرکت کند V مثبت است و اگر در جهت منفی محور حرکت کند V منفی است.

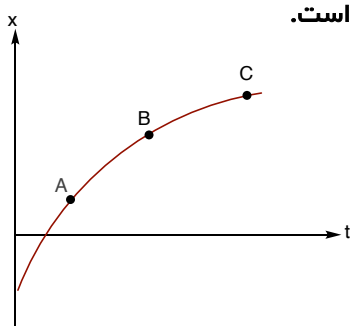
تعیین سرعت لحظه‌ای به کمک نمودار مکان-زمان:

سرعت در هر لحظهٔ دلخواه t ، برابر شیب خط مماس بر نمودار مکان–زمان در این لحظه است.



مثال

شکل روبه‌رو نمودار مکان–زمان متحرکی را نشان می‌دهد که در امتداد محور x در حرکت است.

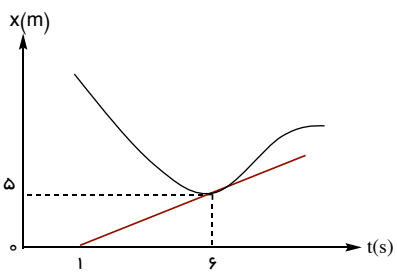


الف) سرعت در نقطهٔ A بیشتر است یا در نقطهٔ B ؟ چرا؟

ب) اگر در نقطهٔ C مماس بر منحنی موازی محور زمان باشد سرعت متحرک در این لحظه چقدر است؟

مثال

شکل روبه‌رو نمودار مکان–زمان متحرکی را نشان می‌دهد.. مماس بر منحنی در لحظهٔ $t=۶s$ رسم شده است. سرعت متحرک را در این لحظه پیدا کنید.



شتاب متوسط:

نسبت تغییرات سرعت یک جسم به مدت زمان تغییر سرعت آن جسم را شتاب متوسط می‌نامند و آن را با $\vec{a}_{av}$ نشان می‌دهند و واحد آن m/s^2 می‌باشد.

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

نکته:

اگر متحرک در یک راستا حرکت کند رابطهٔ بالا را می‌توان به صورت زیر به کار برد ولی با توجه به ماهیت برداری v_1 و v_2 باید به علامت‌های جبری آن‌ها که نشان‌دهندهٔ جهت آنهاست توجه کنیم.

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

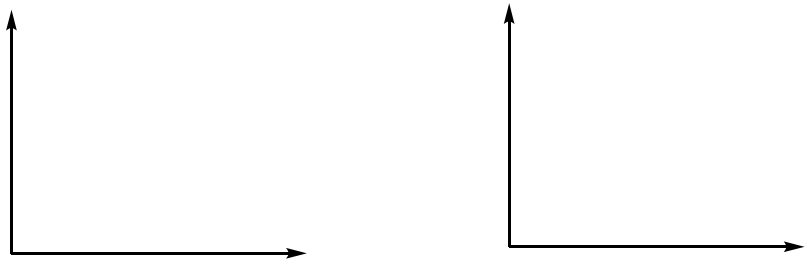
مثال

سرعت متحرکی در مدت ۱۰s از $20\ m/s$ به $45\ m/s$ می‌رسد. شتاب متوسط این متحرک چقدر است؟

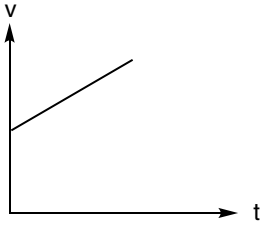
$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{45 - 20}{10} = \frac{25}{10} = 2/5\ m/s^2$$

تعیین شتاب متوسط و لحظه‌ای به کمک نمودار سرعت-زمان:

- شتاب متوسط بین دو لحظه برابر شیب خطی است که نمودار سرعت–زمان را در دو لحظه قطع می‌کند.
- شتاب لحظه‌ای در هر لحظهٔ دلخواه t، برابر شیب خط مماس بر نمودار سرعت–زمان در آن لحظه است.

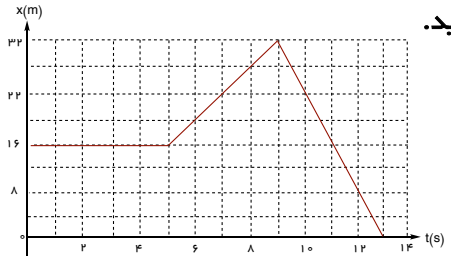


- اگر در هر بازهٔ زمانی دلخواه شیب نمودار سرعت–زمان ثابت باشد، اندازه و جهت یکسانی برای شتاب متوسط به دست می‌آید و شتاب متوسط با شتاب لحظه‌ای برابر خواهد بود.



مثال

نمودار سرعت–زمان خودرویی که در راستای محور x حرکت می‌کند در بازهٔ زمانی ۰ تا ۱۴s مطابق شکل روبه‌روست.

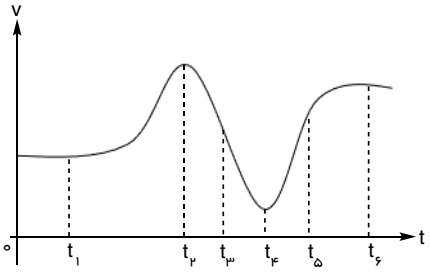


الف) شتاب خودرو را در هر یک از لحظه‌های t=۲s و t=۸s و t=۱۱s به دست آورید.

ب) شتاب متوسط خودرو در این بازهٔ زمانی چقدر است؟

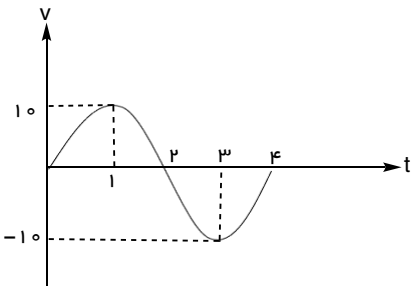
مثال

شکل زیر نمودار سرعت–زمان دوچرخه‌سواری را نشان می‌دهد که در امتداد محور x در حرکت است. در کدام لحظه یا لحظه‌های نشان داده شده روی نمودار شتاب دوچرخه‌سوار مثبت، منفی یا صفر است؟



مثال

نمودار سرعت–زمان متحرکی که بر روی خط راست حرکت می‌کند، مطابق شکل است. شتاب متوسط و سرعت متوسط در بازهٔ زمانی ۱ تا ۳ ثانیه به ترتیب از راست به چپ برابر است با:

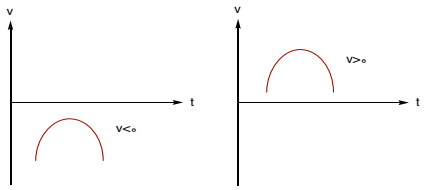


نکات نمودار سرعت و زمان

۱ در حرکت شتاب‌دار با شتاب ثابت، خطی راست با شیب ثابت است.

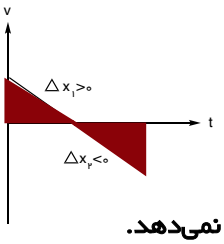
۲ در حرکت شتاب‌دار با شتاب متغیر، به صورت یک منحنی است.

۳ اگر نمودار سرعت–زمان بالای محور زمان باشد $v > 0$ (د یعنی متحرک در جهت محور حرکت می‌کند) و اگر نمودار پایین محور زمان باشد $v < 0$ (یعنی متحرک در خلاف جهت محور حرکت می‌کند).



۴ در نقاط بیشینه و یا کمینهٔ نمودار شیب خط مماس برابر صفر است یعنی $(a = 0 \text{ و } F = 0)$ و می‌تواند تغییر جهت دهند.

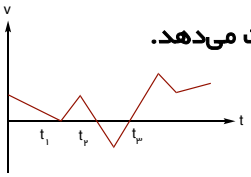
۵ سطح محصور بین نمودار و محور زمان برابر جابه‌جایی متحرک است.



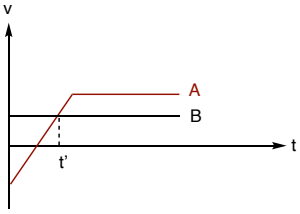
$$\Delta x_{\text{کل}} = \Delta x_1 + \Delta x_2$$
$$\text{مسافت طی شده} = d = |\Delta x_1| + |\Delta x_2|$$

۶ در لحظاتی که نمودار بر محور زمان مماس می‌شود، متحرک متوقف می‌شود ولی تغییر جهت نمی‌دهد.

۷ در لحظاتی که نمودار، محور زمان را قطع می‌کند، (از محور زمان عبور می‌کند) متحرک متوقف می‌شود و تغییر جهت می‌دهد. در لحظهٔ t_1 متحرک متوقف می‌شود. در لحظات t_2 و t_3 متحرک متوقف می‌شود و تغییر جهت می‌دهد.



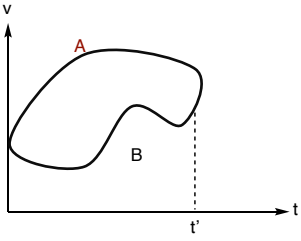
۸ اگر نمودار سرعت دو متحرک A و B را در یک دستگاه رسم کنیم، محل برخورد احتمالی این نمودارها لحظاتی را نشان می‌دهد که سرعت آن‌ها با هم برابر شده است، اما الزاماً به معنای این نیست که دو متحرک در آن لحظه یا لحظه‌ها در یک مکان قرار دارند.



به عنوان مثال در شکل مقابل در لحظه‌ی $t=t'$ سرعت دو متحرک با یکدیگر برابر شده است:

$V_A=V_B$ ولی الزاما مکان‌ها برابر نیست.

۹ به کمک نمودار سرعت–زمان می‌توان شتاب متوسط و سرعت متوسط دو متحرک را با یکدیگر مقایسه نمود. به عنوان مثال برای دو متحرک A و B در شکل مقابل:

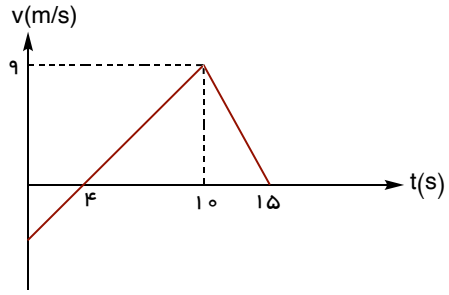


شتاب متوسط دو متحرک از لحظهٔ ۰ تا t با یکدیگر برابر است زیرا سرعت اولیه و سرعت نهایی دو متحرک در این بازهٔ زمانی برابر است، اما سرعت متوسط متحرک A بیشتر از B است زیرا مساحت زیر نمودار A بیشتر از مساحت زیر نمودار B است بنابراین $\Delta x_A > \Delta x_B$ است.

۱۰ نمودار سرعت–زمان مربوط به حرکت یکنواخت (حرکت با سرعت ثابت بر روی خط راست) به صورت خط راستی موازی محور زمان‌ها است و نمودار سرعت–زمان حرکت با شتاب ثابت خط راست غیرموازی با محور زمان‌ها می‌باشد.

مثال

نمودار سرعت–زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. شتاب متوسط متحرک در بازهٔ زمانی t=۰ تا t=۱۵s چند متر بر مجذور ثانیه است؟ (س ت ۹۳)



۱) ۰/۴

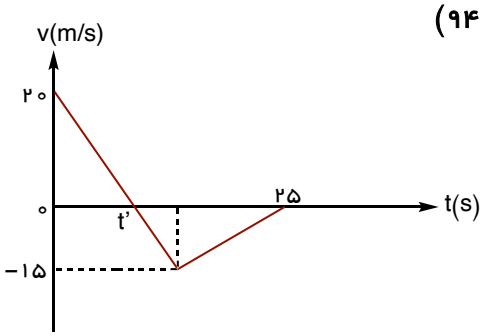
۲) ۰/۶

۳) ۰/۸

۴) ۱

مثال

نمودار سرعت–زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. بزرگی سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی که حرکت متحرک خلاف جهت محور x است، چند متر بر ثانیه است؟ (س ر ۹۴)



فصل ۱ حرکت شناسی

بخش ۱: شناخت حرکت و نمودارها

حرکت: اگر مکان جسم با گذشت زمان تغییر کند می‌گوییم جسم در حرکت بوده است.

سکون: اگر مکان جسم با گذشت زمان تغییر نکند می‌گوییم جسم ساکن بوده است.

بردار جابه‌جایی: برداری که نقطهٔ شروع حرکت را به نقطهٔ پایانی حرکت وصل می‌کند و جهت آن نیز از نقطهٔ شروع به سمت نقطهٔ پایان است.

مسافت طی شده: طول کل مسیر پیموده شده توسط متحرک را مسافت طی شده توسط متحرک می‌گوییم.

نکته:

۱ – بردار جابه‌جایی به مبدأ مختصات بستگی ندارد و تغییر نمی‌کند بلکه به ابتدا و انتهای حرکت جسم بستگی دارد.

۲ – مسافت کمیتی نرده‌ای و جابه‌جایی کمیتی برداری است.

۳– مسافت همیشه بزرگ‌تر یا مساوی اندازهٔ جابه‌جایی می‌باشد.

تندی متوسط: نسبت مسافت طی شده (l) متحرک به مدت زمان طی مسافت (Δt) را تندی متوسط می‌نامیم.

$$S_{av}(\text{تندی متوسط}) = \frac{l}{\Delta t} \quad (^{m}/_{s})$$

سرعت متوسط: نسبت جابه‌جایی (d) یا تغییر مکان یک جسم به مدت زمان جابه‌جایی یا تغییر مکان آن جسم را سرعت متوسط می‌نامند.

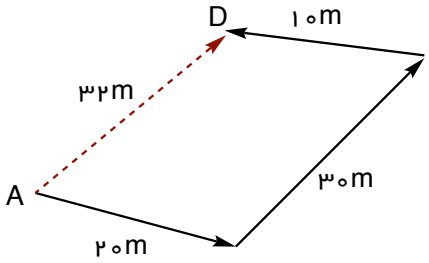
$$\vec{V}_{av}(\text{سرعت متوسط}) = \frac{\vec{d}}{\Delta t} \quad (^{m}/_{s})$$

نکته:

تندی متوسط کمیتی نرده‌ای و سرعت متوسط، کمیتی برداری است.

مثال

متحرکی مطابق شکل از نقطهٔ A شروع به حرکت کرده، ابتدا به نقطهٔ B و سپس به نقطهٔ C و در نهایت پس از گذشت ۱۰ ثانیه از شروع حرکت به نقطهٔ D می‌رسد. تندی متوسط و سرعت متوسط این متحرک چقدر است؟



پاسخ :

$$l = ۲۰ + ۳۰ + ۱۰ = ۶۰cm$$

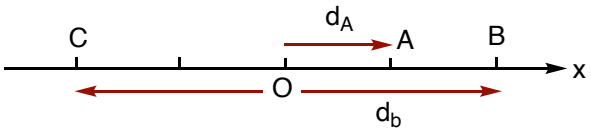
$$S_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{۶۰}{۱۰} = ۶\ m/s$$

$$V_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t} = \frac{۳۲}{۱۰} = ۳/۲\ m/s$$

نکته:

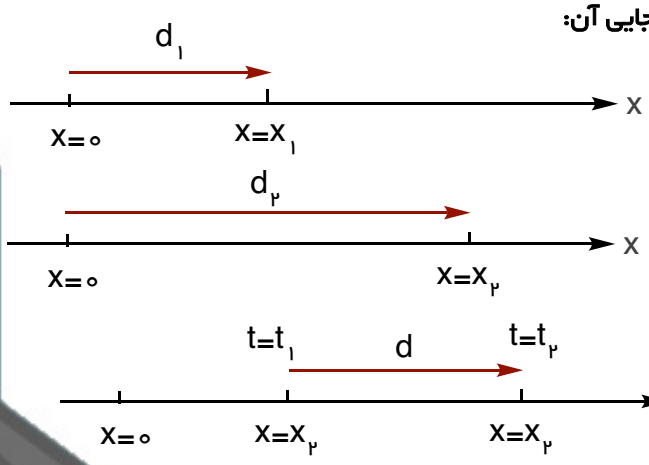
اگر حرکت بر روی خط راست باشد، اندازهٔ سرعت متوسط یک متحرک با تندی متوسط آن برابر است.

بردار مکان: برداری که مبدأ مختصات را به مکان جسم وصل می‌کند و جهت آن نیز از مبدأ به سمت مکان جسم می‌باشد.



سرعت متوسط در حرکت بر روی خط راست در راستای محور x:

شکل‌های الف و ب بردار مکان متحرک در دو لحظهٔ متفاوت و بردار جابه‌جایی آن:



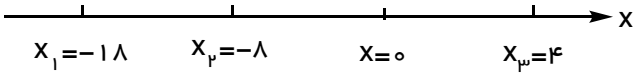
$$\left.\begin{aligned}\vec{d}_1 &= x_1\vec{i}\\ \vec{d}_2 &= x_2\vec{i}\end{aligned}\right\} \Rightarrow \vec{d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1 = x_2\vec{i} - x_1\vec{i} = \Delta x\vec{i}$$

سرعت متوسط در راستای محور x:

$$\vec{V}_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\vec{i}$$

مثال

با توجه به شکل زیر متحرکی در لحظهٔ $t_1 = ۰ , t_2 = ۲s$ و $t_3 = ۵s$ به ترتیب از مکان‌های $x_1 = -۱۸m$ ، $x_2 = -۸m$ و $x_3 = ۴m$ می‌گذرد.



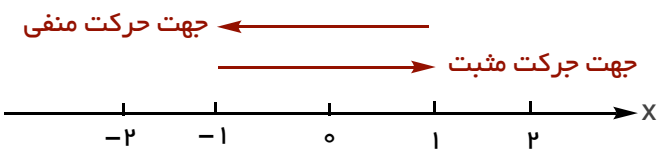
الف) بردارهای مکان در لحظهٔ t_1 ، t_2 و t_3 را رسم کنید.

ب) بردارهای جابه‌جایی متحرک را در بازهٔ زمانی بین t_1 تا t_2 و t_2 تا t_3 رسم کنید.

ج) سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 و همچنین t_2 تا t_3 چقدر است؟

از آنجا که در ادامهٔ این فصل تنها حرکت اجسام روی خط راست بررسی می‌شود، جابه‌جایی متحرک را به جای بردار $\vec{d}$ به صورت Δx و سرعت متوسط را به جای بردار $\vec{V}_{av}$ به صورت رابطهٔ زیر در حل مسئله‌ها به کار می‌بریم.

$$V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \begin{cases} if: \Delta x > ۰ \rightarrow V_{av} > ۰ \\ if: \Delta x < ۰ \rightarrow V_{av} < ۰ \end{cases}$$



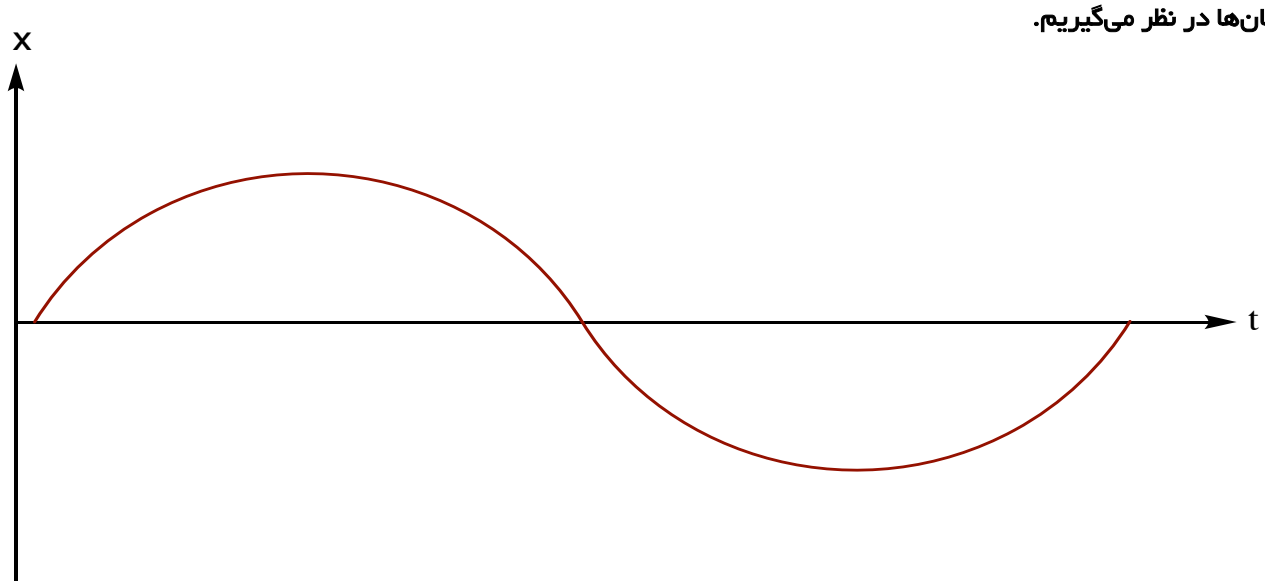
علامت جبری Δx و V_{av} جهت حرکت را نشان می‌دهد.

اگر متحرک در جهت مثبت محور x حرکت کند، جابه‌جایی و سرعت متوسط آن مثبت است.

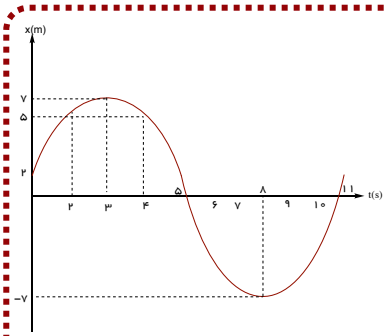
اگر متحرک در جهت منفی محور x حرکت کند، جابه‌جایی و سرعت متوسط آن منفی خواهد بود.

نمودار مکان-زمان: (خیلی مهم)

نموداری است که مکان متحرک را در هر لحظه مشخص می‌کند و در نمودار مکان–زمان، محور افقی را محور زمان‌ها و محور عمودی را محور مکان‌ها در نظر می‌گیریم.



مثال



با توجه به نمودار مکان–زمان شکل زیر:

الف) در چه بازه‌های زمانی متحرک در جهت محور x حرکت می‌کند؟

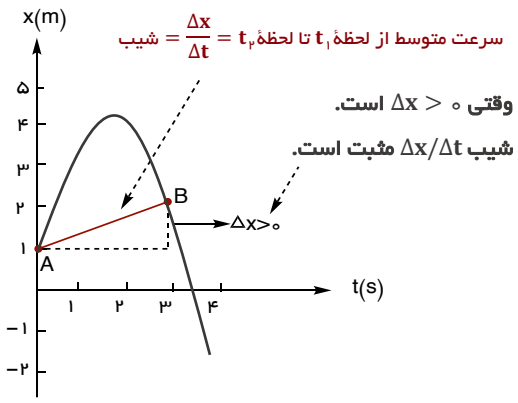
ب) در چه بازه زمانی متحرک در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند؟

ج) در چه لحظه‌هایی متحرک در فاصلهٔ $+5m$ مبدأ قرار دارد؟

د) در چه لحظه‌هایی جهت متحرک عوض می‌شود؟

ه) جابه‌جایی و سرعت متوسط متحرک را در بازهٔ زمانی ۴ تا ۸ ثانیه پیدا کنید.

تعیین سرعت متوسط به کمک نمودار مکان-زمان:



سرعت متوسط از لحظهٔ t_1 تا لحظهٔ t_2 = شیب $= \frac{\Delta x}{\Delta t}$

وقتی $\Delta x > 0$ است.

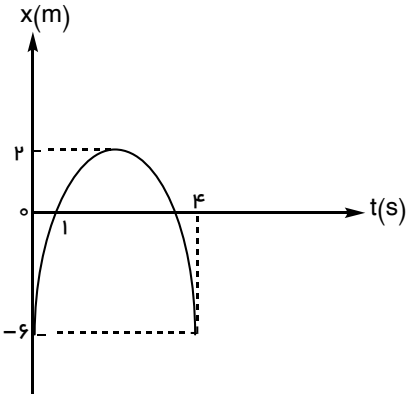
شیب $\Delta x/\Delta t$ مثبت است.

$$\text{شیب خط } AB = \tan\alpha = V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

سرعت متوسط متحرک بین دو لحظه از زمان، برابر شیب پاره‌خطی است که آن دو لحظه را در نمودار مکان–زمان به یکدیگر وصل می‌کند.

مثال

نمودار مکان–زمان متحرکی مطابق شکل زیر است و سرعت متوسط این متحرک در فاصلهٔ زمانی $t = ۱s$ تا $t = ۲s$ چند متر بر ثانیه است؟



۱) ۲

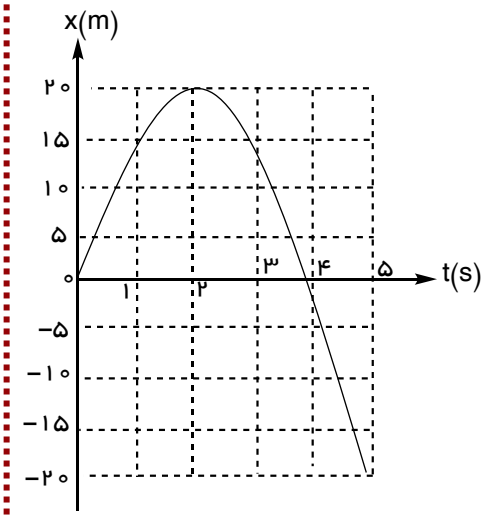
۲) −۲

۳) ۶

۴*) −۶

مثال

شکل زیر نمودار مکان–زمان خودرویی را نشان می‌دهد که در راستای خط راست حرکت می‌کند



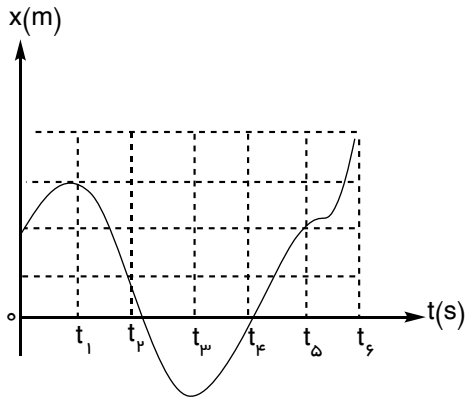
الف) سرعت متوسط خودرو را در هر یک از بازه‌های زمانی ۰ تا ۲s ، ۰ تا ۴s ، ۲s تا ۴s ، ۲s تا ۵s ، ۴s تا ۵s حساب کنید.

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

ج) در کدام یک از این بازه‌های زمانی، اندازهٔ سرعت متوسط بیشتر یا کمتر است؟

مثال

با توجه به نمودار مکان–زمان شکل زیر:



الف) متحرک چندبار از مبدأ مکان عبور می‌کند؟

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

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

ت) جهت حرکت چند بار تغییر کرده است؟

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

تندی لحظه‌ای و سرعت لحظه‌ای:

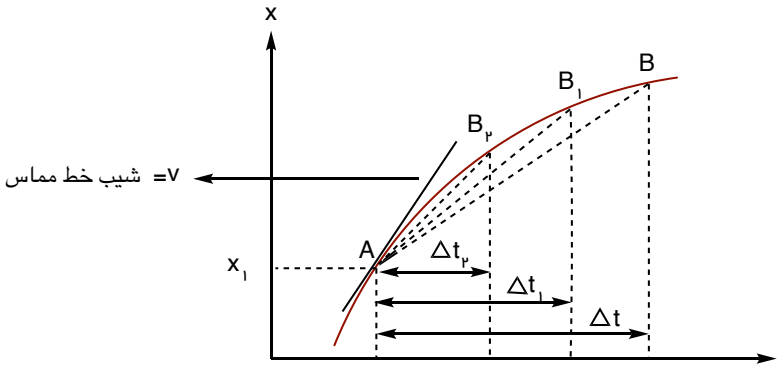
تندی لحظه‌ای: تندی متحرک در هر لحظه از زمان را، تندی لحظه‌ای می‌نامند.

سرعت لحظه‌ای: اگر هنگام گزارش تندی لحظه‌ای، به جهت حرکت متحرک نیز اشاره شود، در واقع سرعت لحظه‌ای $(\vec{V})$ آن را که کمیتی برداری است بیان کرده‌ایم.

- برای سادگی بیشتر وقت‌ها، سرعت لحظه‌ای و تندی لحظه‌ای را به ترتیب به صورت سرعت و تندی بیان می‌کنند.
- در حرکت اجسام بر روی خط راست سرعت لحظه‌ای متحرک را به جای بردار $\vec{V}$ به صورت V به کار می‌بریم.
- اگر متحرک در جهت مثبت محور x حرکت کند V مثبت است و اگر در جهت منفی محور حرکت کند V منفی است.

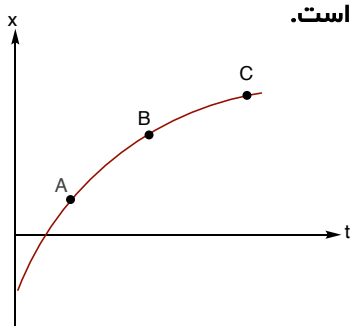
تعیین سرعت لحظه‌ای به کمک نمودار مکان-زمان:

سرعت در هر لحظهٔ دلخواه t ، برابر شیب خط مماس بر نمودار مکان–زمان در این لحظه است.



مثال

شکل روبه‌رو نمودار مکان–زمان متحرکی را نشان می‌دهد که در امتداد محور x در حرکت است.

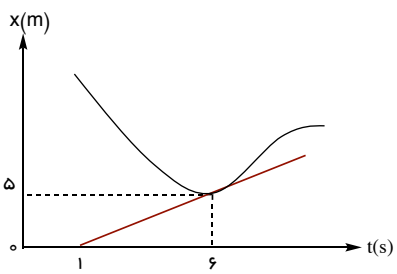


الف) سرعت در نقطهٔ A بیشتر است یا در نقطهٔ B ؟ چرا؟

ب) اگر در نقطهٔ C مماس بر منحنی موازی محور زمان باشد سرعت متحرک در این لحظه چقدر است؟

مثال

شکل روبه‌رو نمودار مکان–زمان متحرکی را نشان می‌دهد.. مماس بر منحنی در لحظهٔ $t=۶s$ رسم شده است. سرعت متحرک را در این لحظه پیدا کنید.



شتاب متوسط:

نسبت تغییرات سرعت یک جسم به مدت زمان تغییر سرعت آن جسم را شتاب متوسط می‌نامند و آن را با $\vec{a}_{av}$ نشان می‌دهند و واحد آن m/s^2 می‌باشد.

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

نکته:

اگر متحرک در یک راستا حرکت کند رابطهٔ بالا را می‌توان به صورت زیر به کار برد ولی با توجه به ماهیت برداری v_1 و v_2 باید به علامت‌های جبری آن‌ها که نشان‌دهندهٔ جهت آنهاست توجه کنیم.

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

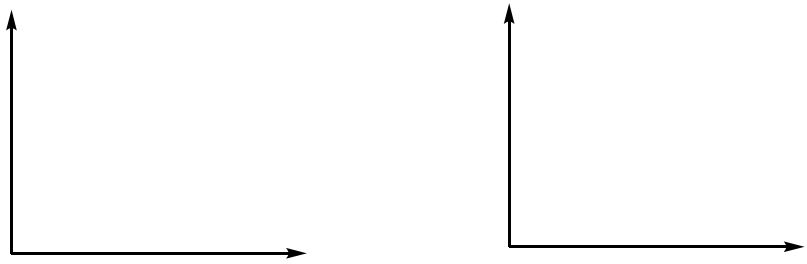
مثال

سرعت متحرکی در مدت ۱۰s از $20\ m/s$ به $45\ m/s$ می‌رسد. شتاب متوسط این متحرک چقدر است؟

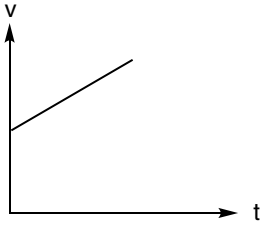
$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{45 - 20}{10} = \frac{25}{10} = 2/5\ m/s^2$$

تعیین شتاب متوسط و لحظه‌ای به کمک نمودار سرعت-زمان:

- شتاب متوسط بین دو لحظه برابر شیب خطی است که نمودار سرعت–زمان را در دو لحظه قطع می‌کند.
- شتاب لحظه‌ای در هر لحظهٔ دلخواه t، برابر شیب خط مماس بر نمودار سرعت–زمان در آن لحظه است.

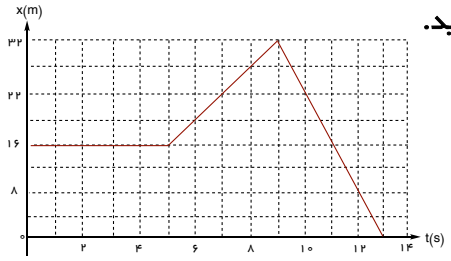


- اگر در هر بازهٔ زمانی دلخواه شیب نمودار سرعت–زمان ثابت باشد، اندازه و جهت یکسانی برای شتاب متوسط به دست می‌آید و شتاب متوسط با شتاب لحظه‌ای برابر خواهد بود.



مثال

نمودار سرعت–زمان خودرویی که در راستای محور x حرکت می‌کند در بازهٔ زمانی ۰ تا ۱۴s مطابق شکل روبه‌روست.

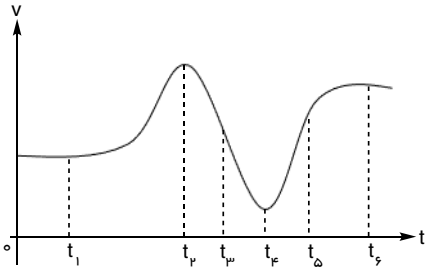


الف) شتاب خودرو را در هر یک از لحظه‌های t=۲s و t=۸s و t=۱۱s به دست آورید.

ب) شتاب متوسط خودرو در این بازهٔ زمانی چقدر است؟

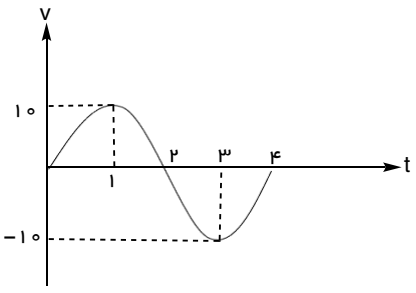
مثال

شکل زیر نمودار سرعت–زمان دوچرخه‌سواری را نشان می‌دهد که در امتداد محور x در حرکت است. در کدام لحظه یا لحظه‌های نشان داده شده روی نمودار شتاب دوچرخه‌سوار مثبت، منفی یا صفر است؟



مثال

نمودار سرعت–زمان متحرکی که بر روی خط راست حرکت می‌کند، مطابق شکل است. شتاب متوسط و سرعت متوسط در بازهٔ زمانی ۱ تا ۳ ثانیه به ترتیب از راست به چپ برابر است با:

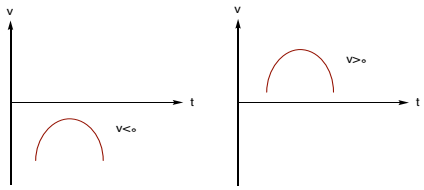


نکات نمودار سرعت و زمان

۱ در حرکت شتاب‌دار با شتاب ثابت، خطی راست با شیب ثابت است.

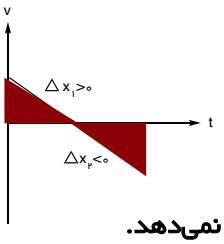
۲ در حرکت شتاب‌دار با شتاب متغیر، به صورت یک منحنی است.

۳ اگر نمودار سرعت–زمان بالای محور زمان باشد $v > 0$ (د یعنی متحرک در جهت محور حرکت می‌کند) و اگر نمودار پایین محور زمان باشد $v < 0$ (یعنی متحرک در خلاف جهت محور حرکت می‌کند).



۴ در نقاط بیشینه و یا کمینهٔ نمودار شیب خط مماس برابر صفر است یعنی $(a = 0 \text{ و } F = 0)$ و می‌تواند تغییر جهت دهند.

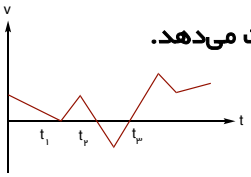
۵ سطح محصور بین نمودار و محور زمان برابر جابه‌جایی متحرک است.



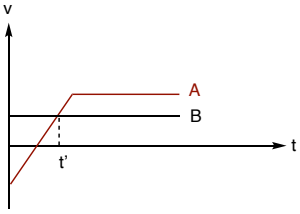
$$\Delta x_{\text{کل}} = \Delta x_1 + \Delta x_2$$
$$\text{مسافت طی شده} = d = |\Delta x_1| + |\Delta x_2|$$

۶ در لحظاتی که نمودار بر محور زمان مماس می‌شود، متحرک متوقف می‌شود ولی تغییر جهت نمی‌دهد.

۷ در لحظاتی که نمودار، محور زمان را قطع می‌کند، (از محور زمان عبور می‌کند) متحرک متوقف می‌شود و تغییر جهت می‌دهد. در لحظهٔ t_1 متحرک متوقف می‌شود. در لحظات t_2 و t_3 متحرک متوقف می‌شود و تغییر جهت می‌دهد.



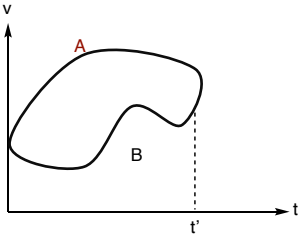
۸ اگر نمودار سرعت دو متحرک A و B را در یک دستگاه رسم کنیم، محل برخورد احتمالی این نمودارها لحظاتی را نشان می‌دهد که سرعت آن‌ها با هم برابر شده است، اما الزاماً به معنای این نیست که دو متحرک در آن لحظه یا لحظه‌ها در یک مکان قرار دارند.



به عنوان مثال در شکل مقابل در لحظه‌ی $t=t'$ سرعت دو متحرک با یکدیگر برابر شده است:

$V_A=V_B$ ولی الزاما مکان‌ها برابر نیست.

۹ به کمک نمودار سرعت–زمان می‌توان شتاب متوسط و سرعت متوسط دو متحرک را با یکدیگر مقایسه نمود. به عنوان مثال برای دو متحرک A و B در شکل مقابل:

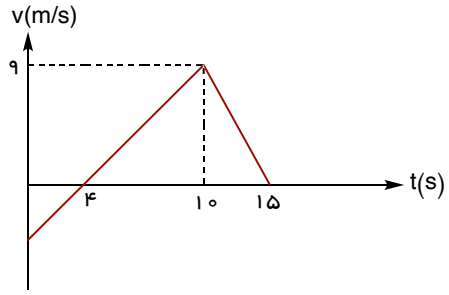


شتاب متوسط دو متحرک از لحظهٔ ۰ تا t با یکدیگر برابر است زیرا سرعت اولیه و سرعت نهایی دو متحرک در این بازهٔ زمانی برابر است، اما سرعت متوسط متحرک A بیشتر از B است زیرا مساحت زیر نمودار A بیشتر از مساحت زیر نمودار B است بنابراین $\Delta x_A > \Delta x_B$ است.

۱۰ نمودار سرعت–زمان مربوط به حرکت یکنواخت (حرکت با سرعت ثابت بر روی خط راست) به صورت خط راستی موازی محور زمان‌ها است و نمودار سرعت–زمان حرکت با شتاب ثابت خط راست غیرموازی با محور زمان‌ها می‌باشد.

مثال

نمودار سرعت–زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. شتاب متوسط متحرک در بازهٔ زمانی t=۰ تا t=۱۵s چند متر بر مجذور ثانیه است؟ (س ت ۹۳)



۱) ۰/۴

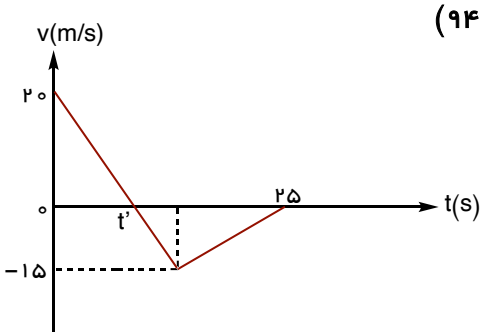
۲) ۰/۶

۳) ۰/۸

۴) ۱

مثال

نمودار سرعت–زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. بزرگی سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی که حرکت متحرک خلاف جهت محور x است، چند متر بر ثانیه است؟ (س ر ۹۴)



فصل ۳ نوسان و موج

بخش ۱: حرکت هماهنگ ساده

مفاهیم اولیه:

چرخه (سیکل نوسان): تکرار منظم یک حرکت چرخه یا سیکل نوسان گفته می‌شود.

انواع نوسان‌ها: نوسان‌ها به دو دسته‌ی زیر تقسیم می‌شوند:

۱_نوسان دوره‌ای

۲_نوسان غیر دوره‌ای

نوسان دوره‌ای: نوسان‌هایی که را که هرچرخه‌ی آن در دورهای دیگر تکرار می‌شود نوسان دوره‌ای می‌نامند.(مانند ضرباهنگ (ریتم) قلب انسان)

نوسان روی خط راست: یک رفت و برگشت نوسانگر، نوسان نامیده می‌شود.

دوره تناوب: مدت زمان یک نوسان (چرخه)، دوره تناوب حرکت نامیده می‌شود، که به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

t: زمان کل نوسان ها (s)

N: تعداد کل نوسان ها

T: دوره تناوب (s)

$$T=\frac{t}{N}$$

بسامد(فرکانس): تعداد نوسان‌های انجام شده (تعداد چرخه) درهر ثانیه بسامد نامیده می‌شود که به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

t: زمان کل نوسان‌ها (s)

N: تعداد کل نوسان‌ها

f: بسامد یا فرکانس (Hz) یا (چرخه بر ثانیه)

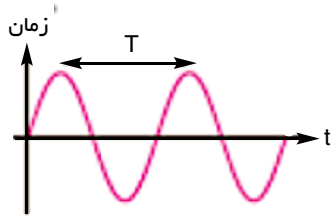
$$f=\frac{N}{t}$$

نکته:

دوره تناوب و بسامد رابطه‌ای به صورت زیر دارند:

$$f=\frac{1}{T} \quad یا \quad T=\frac{1}{f}$$

حرکت هماهنگ ساده (SHM) : به نوسان‌های سینوسی، حرکت هماهنگ ساده گفته می‌شود.



نکته:

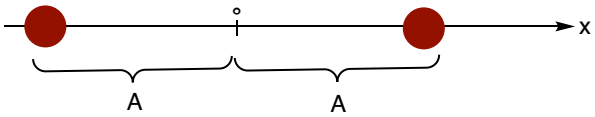
حرکت هماهنگ ساده، مبنایی برای درک هرنوع نوسان دوره‌ای دیگر است زیرا درسطوح بالاتر نشان داده می‌شود که هر نوسان دوره‌ای را می‌توان مجموعی از نوسان های سینوسی درنظر گرفت.

بسامد زاویه‌ای (ω): یکی از مشخصه‌های مهم حرکت هماهنگ ساده که یکای آن برحسب رادیان برثانیه است و از رابطه مقابل به دست می‌آید:

$$\omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi f$$

نقطه تعادل(مرکز نوسان): وسط پاره‌خط نوسانی مرکز نوسان گفته می‌شود.

دامنه نوسان (A): بیشترین فاصله‌ی نوسانگر از نقطه‌ی تعادل دامنه نامیده می‌شود:



نقاط بازگشت حرکت: وقتی نوسانگر در مکان $x=\pm A$ است، سرعت آن برابر صفر است. به این نقطه‌ها نقاط بازگشت حرکت می‌گوییم.

ویژگی‌های کلی حرکت نوسانی:

$x=-A$	$x=0$	$x=+A$
$V=0$	V_{max}	$V=0$
a_{max}	$a=0$	a_{max}
F_{max}	$F=0$	F_{max}
$k=0$	K_{max}	$k=0$
U_{max}	$U=0$	U_{max}

نکته:

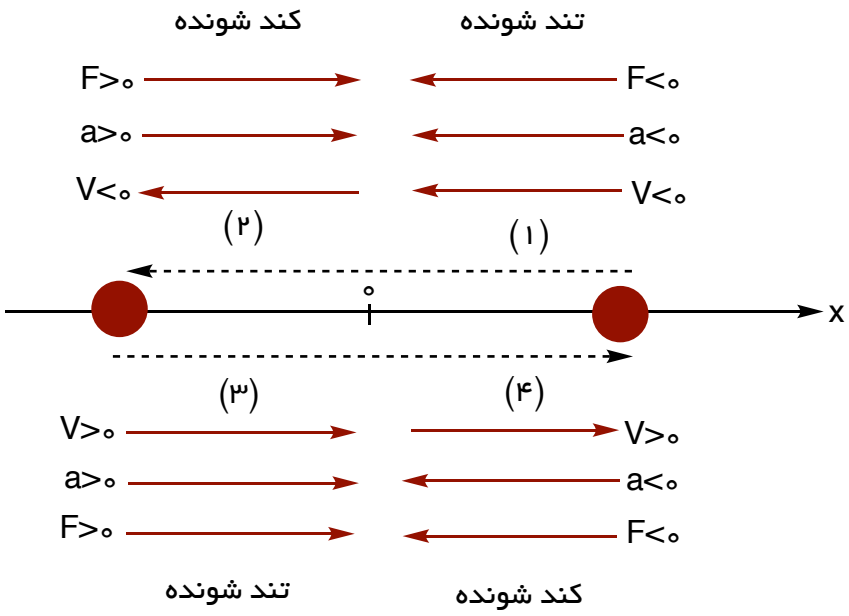
انرژی مکانیکی (E) درکل حرکت نوسانی ثابت است.

علامت و جهت سرعت،شتاب و نیرو در حرکت نوسانی:

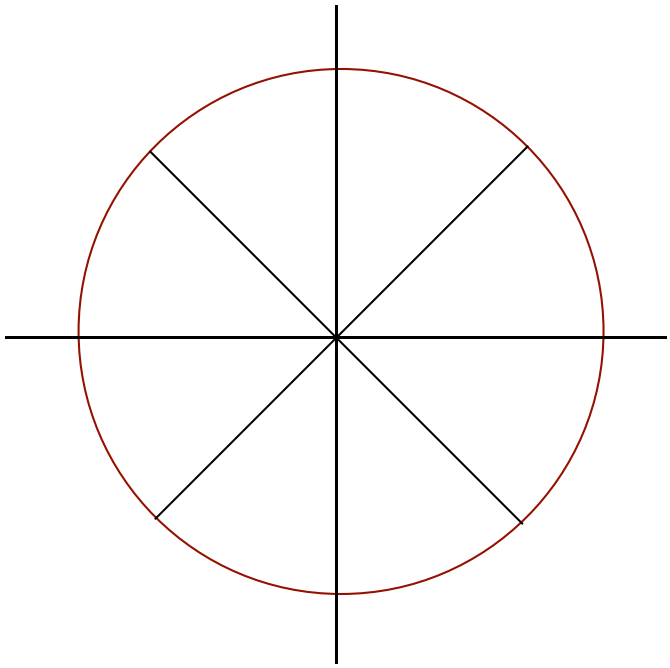
۱_سرعت (V) همواره در جهت حرکت است.

۲_شتاب (a) و نیرو (F) همواره به سمت مرکز نوسان است.

علامت هریک از بردارهای فوق که درجهت محورxها باشد، مثبت و هر کدام که در خلاف جهت محور x باشد منفی است:



دایره و نکات مهم در مورد نوسان:



رابطه مکان در حرکت هماهنگ ساده:

رابطه مکان برحسب زمان نوسانگر را میتوانیم به شکل زیر بنویسیم.

$$x=A\cos\omega t$$

نمودار مکان_زمان در حرکت هماهنگ ساده:

برای رسم نمودار مکان_زمان باید برای زمان‌های مختلف،مکان جسم را مشخص کنیم:

$$x=A\cos\omega t \rightarrow x=A\cos\frac{2\pi}{T}t$$

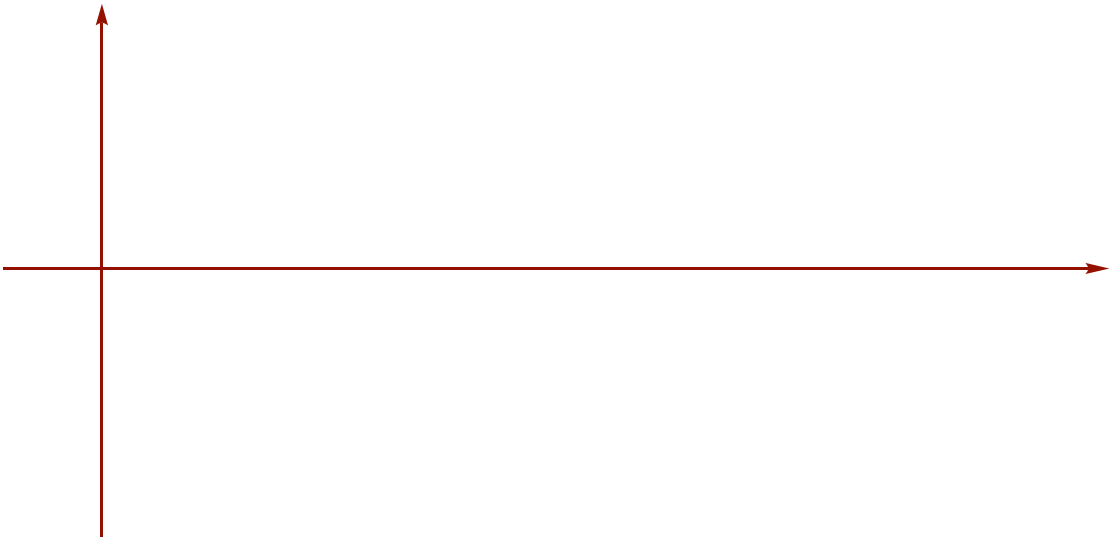
$$t=0\Rightarrow x=A\cos\omega\times 0=A\underbrace{\cos 0}_{1}=+A$$

$$t=\frac{T}{4}\Rightarrow x=A\cos\frac{2\pi}{T}\times\frac{T}{4}=A\underbrace{\cos\frac{\pi}{2}}_{0}=0$$

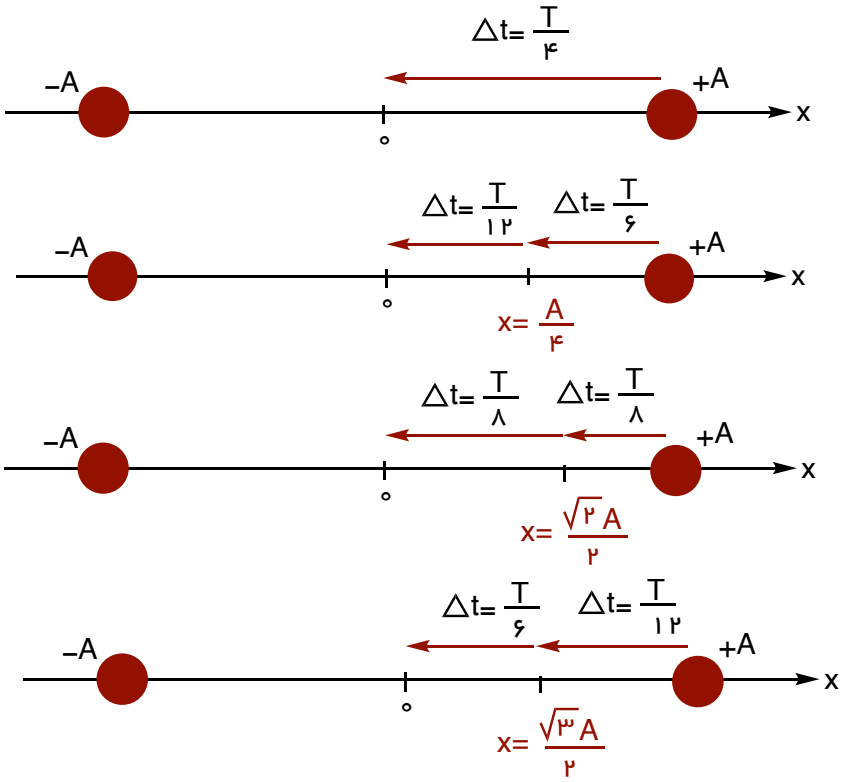
$$t=\frac{T}{2}\Rightarrow x=A\cos\frac{2\pi}{T}\times\frac{T}{2}=A\underbrace{\cos\pi}_{-1}=-A$$

$$t=T\Rightarrow x=A\cos\frac{2\pi}{T}\times T=A\underbrace{\cos 2\pi}_{+1}=+A$$

$$t=\frac{3T}{4}\Rightarrow x=A\cos\frac{2\pi}{T}\times\frac{3T}{4}=A\underbrace{\cos\frac{3\pi}{2}}_{0}=0$$



رابطه‌ی بین جابه‌جایی وزمان لازم برای آن: از آنجا که برای حرکت نوسانی در کنکور حالت‌های خاصی از جابه‌جایی مطرح است موارد زیر را باید به خاطر بسپارید:



نکته:

جهت جابه‌جایی در روابط فوق تغییری ایجاد نمی‌کند.

نکته:

بیشترین جابه‌جایی در یک بازه‌ی زمانی معین هنگامی رخ می‌دهد که نیمی از آن در یک سمت نقطه تعادل و نیمی دیگر از آن در سمت دیگر نقطه تعادل انجام شود.

مثال

دو نوسانگر A وB را باهم وبادامنه‌ی کم به نوسان در می‌آوریم. دوره‌ی نوسان B برابر ۱/۵ ثانیه است و پس از ۳۶ ثانیه، ۶ نوسان بیشتر از A انجام می‌دهد، دوره‌ی نوسان A چند ثانیه است؟

۱) ۲ ۲) ۱/۸ ۳) ۱/۴ ۴) ۱/۶

مثال

نوسانگری با دوره‌ی ۳/۲ از نقطه‌ی بازگشت به سمت مبدا شروع به حرکت می‌کند. بین دو لحظه‌ی t=۰ و t=۲/۴ ثانیه، چند ثانیه حرکت کند شونده است؟

۱) ۱/۶ ۲) ۰/۸ ۳) ۱/۲ ۴) صفر

مثال

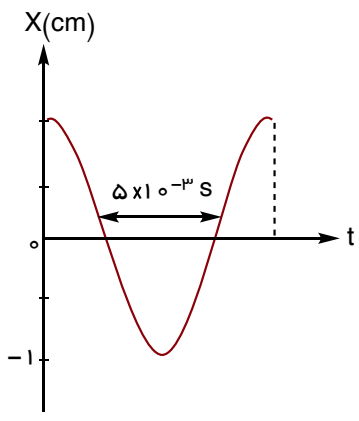
یک هماهنگ ساده طول پاره‌خط ۴۰ سانتی متری رادر هر دقیقه ۱۸۰۰ بار طی کرده و از نقطه‌ی بازگشت به سمت وضع تعادل حرکت خود را آغاز کرده است معادله مکان_زمان آن در SI کدام گزینه است؟

۱) $x=0/4\cos 30\pi t$ ۲) $x=0/2\cos 30\pi t$

۳) $x=0/4\cos 60\pi t$ ۴) $x=0/2\cos 60\pi t$

مثال

با توجه به نمودار مقابل معادله‌ی حرکت ارتعاشی هماهنگ ساده در SI کدام است؟



۱) $x=0/01\cos 400\pi t$ ۲) $x=-0/01\cos 400\pi t$

۳) $x=0/02\cos 200\pi t$ ۴) $x=0/01\cos 200\pi t$

فصل ۴ فیزیک اتمی و هسته‌ای

اثر فوتوالکتریک:

وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطحی فلزی بتابد الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند. این پدیده‌ی را اثر فوتوالکتریک و الکترون‌های جداشده از سطح فلز را فوتو الکترون می‌نامند:

الکترون‌ها، انرژی نور فرودی را جذب می‌کنند و از سطح خارج می شوند.

نکته:

برهم کنش نور فرودی فرابنفش با کلاهک برق نما سبب می‌شود تا ورقه‌های آن به سرعت به هم نزدیک شوند:

نکته:

برهم کنش نور مرئی گسیل شده از یک لامپ رشته‌ای تغییری در انحراف ورقه‌های برق نما به وجود نمی‌آورد:

انرژی امواج الکترومغناطیس:

انرژی امواج الکترومغناطیس مضرب صحیحی از انرژی یک فوتون (hf) است:

$$E=nhf \quad \text{یا} \quad E=nh\frac{c}{\lambda}$$

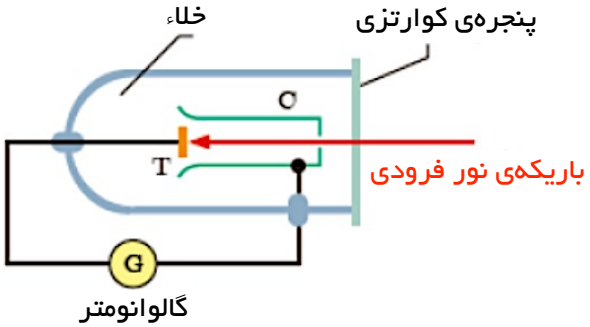
n: تعداد فوتون‌ها

h: ثابت پلانک $(۶/۶\times۱۰^{-۳۴}j.s)$

c: سرعت امواج الکترومغناطیس $(۳\times۱۰^{۸}m/s)$

E: انرژی امواج الکترومغناطیس (j)

بررسی اثر پدیده‌ی فوتوالکتریک: برای بررسی اثر فوتوالکتریک دستگاهی به صورت زیر طراحی می‌شود:



دراین دستگاه صفحه‌ی فلزی هدف T و جمع کننده‌ی فلزی C درون یک محفظه‌ی شیشه‌ای خلا قرار دارند که از بیرون به یک گالوانومتر (آمپرسنج حساس) متصل شده‌اند. نور تکفام (تک بسامد) که بسامد آن به قدر کافی بالا است بر صفحه‌ی T فرود می‌آید و فوتو الکترون‌ها را آزاد می‌کند. این فوتو الکترون‌ها به جمع کننده‌ی C می‌رسند و درنتیجه گالوانومتر که در مدار قرار دارد جریانی را آشکار می‌کند. در این آزمایش به نکات زیر باید توجه کنید:

۱_باافزایش شدت این نور، گالوانومتر عدد بزرگتری را نشان می‌دهد.

۲_اگر بسامد نور فرودی از مقدار معینی کم‌تر باشد، هر چقدر هم که شدت نور فرودی افزایش یابد پدیده‌ی فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد و گالوانومتر عبور جریانی را نشان نمی‌دهد.

تناقض‌های فیزیک کلاسیک با نتایج تجربی در پدیده‌ی فوتوالکتریک:

۱ بر اساس دیدگاه فیزیک کلاسیک هنگام برهم کنش موج الکترومغناطیسی (نور فرودی) با سطح فلز، میدان الکتریکی این موج، نیروی $F=-eE$ به الکترون‌های فلز وارد می‌کند و آنها رابه نوسان در می‌آورد. به این ترتیب، وقتی دامنه‌ی نوسان برخی از الکترون‌ها به قدر کافی بزرگ شود انرژی جنبشی لازم را برای جدا شدن از سطح فلز پیدا می‌کنند. بنابراین پدیده‌ی فوتوالکتریک باید در هر بسامدی رخ دهد در حالی که این نتیجه با تجربه سازگار نیست.

۲ براساس نظریه ماکسول شدت نور با مربع دامنه‌ی میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است (IaE^2)، به این ترتیب انتظار می‌رود به ازای یک بسامد معین، اگر شدت نور فرودی برسطح فلز را افزایش دهیم باید الکترون‌ها با سرعت و انرژی جنبشی بیشتری از فلز خارج شوند،اما چنین نتیجه‌ای درتجربه مشاهده نمی‌گردد.

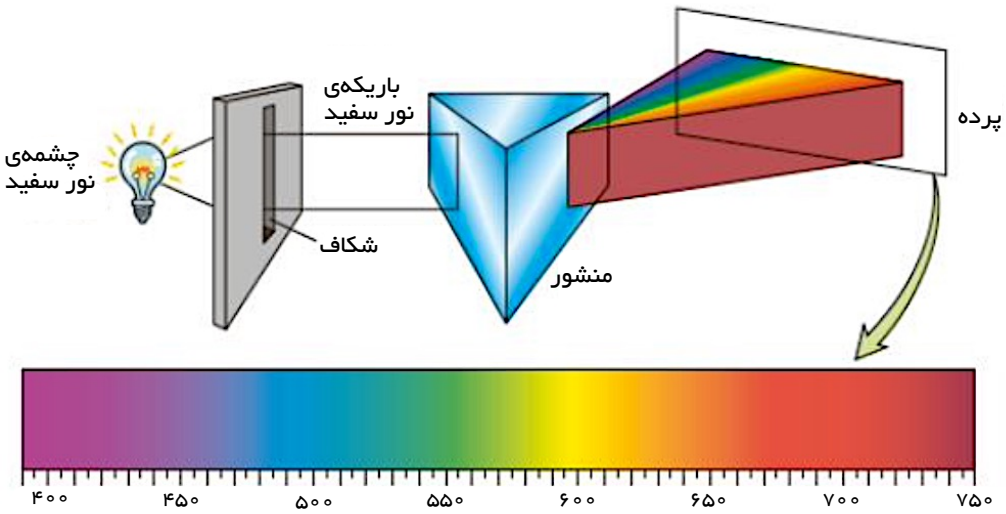
انواع طیف
- ۱ _ طیف پیوسته (مانند طیف تابش گرمایی)
- ۲ _ طیف گسسته
  - ۱_مانند طیف گسیلی
  - ۲_مانند طیف جذبی

۱_ طیف پیوسته: طیفی که درآن بین طول موج‌های متوالی فاصله‌ای نباشد طیف پیوسته نامیده می‌شود.

۲_طیف گسسته: طیفی که درآن تمام طول موج‌های متوالی وجود نداشته باشد (بین آنها فاصله وجود داشته باشد)طیف گسسته نامیده می‌شود.

تابش گرمایی:

اجسام در هر دمایی موج الکترومغناطیس گسیل(نشر) می‌کنند که به آن تابش گرمایی گفته می‌شود.



نکته:

۱ – تابش گرمایی طیف گسیلی پیوسته محسوب می‌شود.

۲_ طول موج تابش گرمایی بستگی به دمای جسم دارد. بطور مثال اجسام در دماهای بالا از سطح خود نورمرئی گسیل می‌کنند (مانند آهن گداخته) و در دماهای معمولی اجسام در ناحیه‌ی فروسرخ تابش می‌کنند(مانند بدن انسان)

۳_ تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم کنش قوی بین اتم‌های سازنده‌ی آن است.

طیف گسیلی خطی(طیف خطی):

گازهای کم فشار و رقیق که اتم‌های منفرد آنها از برهم کنش‌های قوی موجود درجسم جامد آزادند به جای طیف پیوسته،طیفی گسسته راگسیل می‌کنند که شامل طول موج‌های معینی است و به آن طیف خطی گفته می‌شود. (این طیف زمینه‌ی تاریک و خطوط رنگی دارد)

نکته:

۱ _ طیف خطی برای اتم‌های هرگاز منحصر به فرد هستندو سرنخ‌های مهمی را درباره‌ی نوع و ساختار اتم‌های آن گاز می‌دهند.

۲_طول موج‌های مرئی خاصی که اتم‌های نئون و جیوه گسیل می‌کنند به تابلوهای نئونی و لامپ‌های جیوه‌ای رنگ‌های مشخصی می‌دهند.

نحوه‌ی تولید طیف خطی هیدروژن:

برای ایجاد این طیف ازیک لامپ باریک و بلند شیشه‌ای که حاوی مقداری گاز رقیق و کم فشار است استفاده می‌شود. دو الکترود به نام‌های آند و کاتد در دوطرف این لامپ قرار دارد که به ترتیب به پایانه‌های مثبت و منفی که منبع تغذیه با ولتاژ بالا وصل‌اند. این ولتاژ بالا، سبب تخلیه‌ی الکتریکی در گاز می‌شود و اتم‌های درون گاز درون لامپ شروع به گسیل نور می‌کنند. طیف خطی ایجاد شده و همچنین رنگ نور گسیل شده، به نوع گاز درون لامپ بستگی دارد. تصویر زیر مربوط به تولید طیف خطی اتم هیدروژن است: