

شناخت حرکت

تحرک

صفحه‌های ۶ تا ۲ کتاب درسی

مسافت، جابه‌جایی، تندی و سرعت متوسط

**مسافت (l):** طول مسیری را که یک متحرک طی می‌کند، مسافت طی شده توسط متحرک می‌نامیم. **جابه‌جایی (d):** برداری است که مکان آغازین حرکت یک متحرک را به مکان پایانی آن وصل می‌کند.

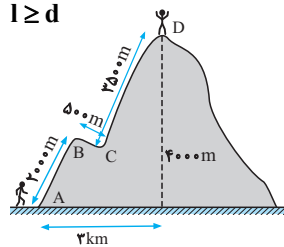
**نکته ۱)** مسافت کمیتی نرده‌ای و جابه‌جایی کمیتی برداری است.

۲) جابه‌جایی به مسیر حرکت بستگی ندارد و منحصراً به نقطه آغاز و پایان حرکت یک متحرک وابسته است.

۳) مسافت طی شده بر خلاف جابه‌جایی به مسیر حرکت وابسته است و برابر مجموع طول جزء به جزء مسیر طی شده توسط متحرک است.

۴) مسافت طی شده توسط یک متحرک در تمام موارد از بزرگی جابه‌جایی بزرگ‌تر است، مگر یک استثناء که در آن اول این‌که متحرک روی خط راست در حرکت باشد، دوم این‌که تغییر جهت ندهد (همواره در یک‌سو حرکت کند) در این صورت مسافت طی شده با بزرگی جابه‌جایی مساوی است به عبارت دیگر داریم:

$$l \geq d$$



**مثال:** کوهنوردی مطابق شکل از نقطه A به راه افتاده و پس از طی مسیر ABCD به قله کوه در ارتفاع ۴۰۰۰ متری می‌رسد.

۱) مسافت طی شده توسط کوهنورد چه قدر است؟

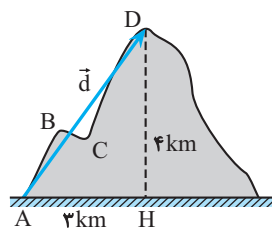
ب) بردار جابه‌جایی کوهنورد را رسم کنید و بزرگی آن را حساب کنید.

**حل:** ۱) مسافت طی شده برابر مجموع طول مسیرهای شکست‌های است که کوهنورد طی کرده است:

$$l = 2000 + 500 + 3500 = 6000 \text{ m}$$

ب) جابه‌جایی برداری است که از A به B وصل می‌شود که در شکل مشاهده می‌کنید، بردار کمی جابه‌جایی از رابطه فیثاغورث به صورت زیر به دست می‌آید:

$$d = AD = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ km}$$

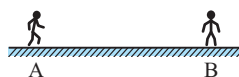


**مثال:** شخصی روی خط راست در حال پیاده‌روی است و نقطه آغاز و پایان حرکتش A و B است.

۱) آیا به طور قطع می‌توان گفت که مسافت طی شده با بزرگی جابه‌جایی او برابر است؟ چرا؟

ب) در صورتی که مسافت طی شده با بزرگی جابه‌جایی مساوی نباشد، کدام بزرگ‌تر است؟

پ) در چه صورت مسافت طی شد توسط شخص با بزرگی جابه‌جایی او برابر خواهد بود؟



**حل:** ۱) خیر، زیرا هر چند نقطه آغاز و پایان حرکت مشخص است، اما نحوه حرکت نامعلوم است. اگر شخص در طی پیاده‌روی قسمتی از مسیرش را برگردد و دوباره به راهش ادامه دهد، در این صورت مسافت طی شده با بزرگی جابه‌جایی برابر نخواهد بود.   
 ۲) اگر مسافت طی شده با بزرگی جابه‌جایی مساوی نباشد الزاماً مسافت طی شده بزرگ‌تر از اندازه جابه‌جایی خواهد بود.   
 ۳) اگر شخص در طی حرکت از A به طرف B حرکت کند و تغییر جهت ندهد.

یادداشت ریاضی درباره بردار

۱. بردار: پاره خطی جهت‌دار است که دارای ۳ ویژگی اصلی زیر است.

۱) امتداد یا راستا (ب) بزرگی یا اندازه یا مقدار (پ) سو

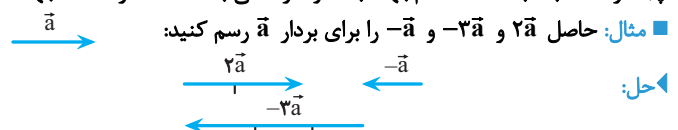
**نکته** بررسی هر کمیت برداری مانند سرعت، شتاب، نیرو و ... بدون در نظر گرفتن این ۳ ویژگی، ناقص خواهد بود.

۲. ضرب عدد در بردار: اگر m یک عدد حقیقی و a بردار باشد، آن‌گاه ma خود یک بردار با ۳ ویژگی زیر است.

۱) امتداد بردار ma همان امتداد بردار a است (ضرب عدد در بردار، راستای آن را تغییر نمی‌دهد)

ب) بزرگی ma، |m| برابر بزرگی a است.

پ) اگر m مثبت باشد ma هم‌جهت با a و اگر منفی باشد ma در خلاف جهت a خواهد بود.



**تندی متوسط:** نسبت مسافت طی شده به زمان طی این مسافت را تندی متوسط می‌گوییم که از رابطهٔ روبه‌رو به‌دست می‌آید:

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t}$$

که در آن  $l$  (مسافت طی شده) برحسب  $m$  و  $\Delta t$  (زمان طی مسافت) برحسب  $s$  و  $s_{av}$  (تندی متوسط) برحسب  $m/s$  است. **سرعت متوسط:** نسبت جابه‌جایی به مدت زمانی را که جابه‌جایی به طول انجامیده، سرعت متوسط می‌گوییم و از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

که در آن  $d$  (جابه‌جایی) برحسب  $m$  و  $\Delta t$  (زمان جابه‌جایی) برحسب  $s$  و  $v_{av}$  (سرعت متوسط) برحسب  $m/s$  است.

$$\bar{v}_{av} = \frac{\bar{d}}{\Delta t}$$

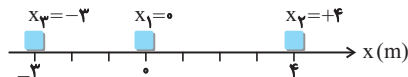
**تندی:** سرعت متوسط حاصل ضرب یک عدد مثبت در بردار جابه‌جایی است. بنابراین سرعت متوسط هم‌جهت با جابه‌جایی است و فقط اندازهٔ آن ضریبی از جابه‌جایی است.

$$\bar{v}_{av} = \frac{\bar{d}}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta t} \times \bar{d}$$

بردار  
عدد مثبت

**معرفی محور مکان در حرکت بر خط راست:** برای تحلیل حرکت از حیث ریاضی و بررسی کمیت‌های مربوط به حرکت نیاز به تعریف محور مکان با راستا، جهت و یکای مناسب هستیم.

**معرفی محور مکان در حرکت بر خط راست:** اگر متحرکی (مثلاً یک خودرو) بر روی خط راست در حرکت باشد، مسیر حرکتش را روی محور  $x$ ‌های اعداد حقیقی در نظر می‌گیریم که کمیت‌های مرتبط با آن به صورت زیر تعریف می‌شود:



۱. مبدأ مکان (نقطهٔ O): همان مبدأ محور (نقطهٔ صفر) است.

۲. مکان متحرک در هر لحظه ( $x$ ): به عدد متناظر مکانی که متحرک در هر لحظه در آن نقطه قرار دارد، مکان متحرک می‌گوییم و معمولاً با  $x_1, x_2, \dots$  نشان می‌دهیم.

**تندی:** مکان متحرک می‌تواند صفر باشد ( $x = 0$ ) که می‌گوییم متحرک در مبدأ مکان (نقطهٔ O) قرار دارد و می‌تواند مثبت یا منفی باشد.

۳. جهت حرکت: چون امتداد حرکت ثابت است متحرک الزاماً یا در سوی مثبت یا در سوی منفی محور  $x$ ‌ها در حرکت است. مادامی که حرکت در سوی مثبت محور  $x$ ‌ها (در شکل بالا به سمت راست) باشد می‌گوییم متحرک در سوی مثبت محور در حرکت است و الزاماً جابه‌جایی و سرعت متوسط آن در هر بازهٔ زمانی دلخواه مثبت خواهد بود و برعکس مادامی که در سوی منفی محور  $x$ ‌ها (در شکل بالا به سمت چپ) در حرکت باشد، جابه‌جایی و سرعت متوسط آن منفی خواهد بود.

۴. یکای مناسب: بسته به ابعاد ذکر شده در مسئله، یکای محور می‌تواند هر یک از یکاهای طول باشد. اما به یاد داشته باشیم یکای طول در SI متر است. **تعیین سرعت متوسط به کمک محور مکان در خط راست:** ۱. اگر در مسئله‌ای به‌طور صریح بیان شود که متحرک در لحظه‌های  $t_1$  و  $t_2$  در مکان‌های  $x_1$  و  $x_2$  قرار دارد، آن‌گاه برای تعیین سرعت متوسط، کافی است مستقیماً از رابطهٔ زیر استفاده کنیم:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

۲. اگر متحرکی روی محور مکان از موقعیت  $x_1$  با جابه‌جایی‌های متوالی و احتمالاً با رفت و برگشت‌های در مسیر به مکان نهایی  $x_2$  برسد و  $t_1$  و  $t_2$  به‌طور صریح بیان نشده باشد در این صورت از رابطهٔ  $\Delta x = x_2 - x_1$ ، جابه‌جایی را حساب می‌کنیم. اما زمان ( $\Delta t$ ) را با جمع کردن زمان‌های صرف شده در جابه‌جایی‌های متوالی به‌دست می‌آوریم و در نهایت از رابطهٔ  $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ، بزرگی سرعت متوسط را می‌یابیم.

**معادلهٔ مکان-زمان (معادلهٔ حرکت) در حرکت بر خط راست:** مکان متحرک ( $x$ ) در هر لحظه ( $t$ ) را می‌توان با تابع ریاضی  $x = f(t)$  بیان کرد، که به آن معادلهٔ مکان-زمان یا معادلهٔ حرکت می‌گوییم، با در دست داشتن معادلهٔ حرکت می‌توان کمیت‌های زیر را به‌دست آورد.

۱. مکان اولیه ( $x_0$ ): با قراردادن  $t = 0$  در معادلهٔ حرکت  $x_0 = f(0)$  به‌دست می‌آید.

۲. با قرار دادن یک لحظهٔ معین مثلاً  $t_1$  در معادلهٔ حرکت، می‌توان مکان متحرک در این لحظه ( $x_1$ ) را حساب کرد.

۳. با جای‌گذاری دو لحظهٔ  $t_1$  و  $t_2$ ، مکان‌های متناظر آن‌ها یعنی  $x_1$  و  $x_2$  و در نتیجه جابه‌جایی  $\Delta x = x_2 - x_1$  در بازهٔ زمانی  $t_1$  و  $t_2$  و همچنین بزرگی سرعت متوسط را از رابطهٔ  $v_{av} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$  می‌توان به‌دست آورد.

**تندی:** صرفاً با معلوم بودن  $t_1$  و  $t_2$  و  $x_1$  و  $x_2$  نمی‌توان مسافت و تندی متوسط را یافت، مگر آن‌که مقدار جابه‌جایی در تغییر جهت‌های احتمالی در این بازهٔ زمانی معلوم و محاسبهٔ مسافت مقذور باشد.

فیزیک ۳ صفحه‌های ۲ تا ۶ کتاب درسی

سؤال ۲۰

مسافت و جابه‌جایی، تندی و سرعت متوسط

مفهوم مسافت و جابه‌جایی

(فیزیک ۳- صفحه ۲، مکمل و مشابه با پرسش ۱-۱)

۱- ۱ کدام یک از گزینه‌های زیر، صحیح است؟

(۱) طی یک جابه‌جایی، مسافت طی شده همواره بیش‌تر از اندازه جابه‌جایی است.

(۲) مسافت طی شده و جابه‌جایی کمیت‌هایی نرده‌ای هستند.

(۳) طی یک جابه‌جایی، همواره مسافت طی شده و اندازه جابه‌جایی با هم برابر هستند.

(۴) طی یک جابه‌جایی، همواره مسافت طی شده، بزرگ‌تر و یا مساوی با اندازه جابه‌جایی است.

۲- ۲ شخصی هنگام پیاده‌روی روی محور x ها ابتدا از مکان +۵m به مکان +۱۲m می‌رود و سپس به مکان -۴m رفته و می‌ایستد. در این صورت

جابه‌جایی ( $\Delta x$ ) و مسافت طی شده (L) توسط شخص بر حسب متر کدام است؟

(۱)  $\Delta x = -4m, L = 16m$  (۲)  $\Delta x = -9m, L = 23m$  (۳)  $\Delta x = -9m, L = 16m$  (۴)  $\Delta x = -4m, L = 23m$

۳- ۳ متحرکی مطابق شکل روی محور x از نقطه O (مبدأ محور) به A رفته و سپس به B برگشته است. در این مدت جابه‌جایی متحرک در SI

..... و بردار مکان متحرک .....

(۱)  $8\vec{i}$ ، یک بار تغییر جهت داده است. (۲)  $-7\vec{i}$ ، یک بار تغییر جهت داده است.

(۳)  $8\vec{i}$ ، تغییر جهت نداده است. (۴)  $-7\vec{i}$ ، تغییر جهت نداده است.

۴- ۴ متحرکی مطابق شکل روی محور x از نقطه A به راه افتاده، ابتدا به B می‌رود و سپس به A برگشته و در نهایت به نقطه C می‌رسد. در طی

این مدت بردار مکان چند بار تغییر جهت داده و متحرک چند متر پیموده است؟ (O مبدأ مکان است.) (فیزیک ۳- صفحه ۲۵، مکمل و مرتبط با تمرین ۲)

(۱) سه بار، ۱۷ متر (۲) سه بار، ۲۴ متر

(۳) چهار بار، ۱۷ متر (۴) چهار بار، ۲۴ متر

۵- ۵ مسیر حرکت نوعی مورچه از نقطه A تا نقطه B به صورت زیر داده شده است، اگر این مورچه ۷ مسیر یک

سانتی‌متری را در جهت‌های نمایش داده شده طی کند، مسافت طی شده و بزرگی جابه‌جایی‌اش از A تا B

به ترتیب چند سانتی‌متر است؟ (فیزیک ۳- صفحه ۲، مرتبط با متن درس)

(۱) ۵ و ۷ (۲) ۷ و ۵

(۳) ۳ و ۵ (۴) ۷ و ۷

۶- ۶ در طی ۴ ماه گردش زمین به دور خورشید، مسافت طی شده توسط زمین چند برابر جابه‌جایی آن است؟ (مدار گردش زمین به دور خورشید را

دایره کامل و یک سال را ۱۲ ماه بگیرد)

(۱)  $\frac{\sqrt{2}}{4}\pi$  (۲)  $\frac{2\sqrt{2}}{\pi}$  (۳)  $\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}$  (۴)  $\frac{2\sqrt{3}}{9}\pi$

۷- ۷ پرنده‌ای که روی لبه ساختمان بلندی به ارتفاع ۵۰ متر نشسته بود، ابتدا پرواز کرده و به پای ساختمان می‌رسد، سپس ۴۰ متر به سمت مشرق

حرکت می‌کند و در نهایت ۳۰ متر به سمت شمال می‌رود. جابه‌جایی کل این پرنده چند متر است؟

(سراسری خارج از کشور ریاضی-۹۷) (فیزیک ۳- صفحه ۳، مکمل و مرتبط با فعالیت ۱-۱)

(۱) ۱۲۰ (۲)  $50\sqrt{2}$  (۳) ۵۰ (۴)  $40\sqrt{2}$

۸- ۸ در یک محور مکان (مطابق شکل) متحرکی در مدت ۳۰ ثانیه از نقطه O، به نقطه A و

سپس در مدت ۲۰ ثانیه از نقطه A به نقطه B رسیده است. تندی متوسط او در کل مسیر

چند متر بر ثانیه است؟ (فیزیک ۳- صفحه ۵، مکمل و مرتبط با مثال ۱-۲)

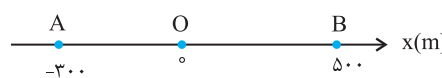
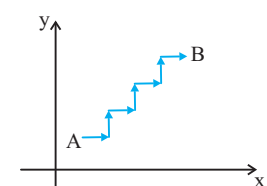
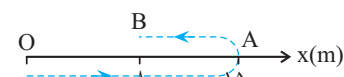
(۱) ۲۲ (۲) ۱۶ (۳) ۱۰ (۴) ۶

۹- ۹ شناگری در استخری به طول ۶۰ متر شنا می‌کند. اگر او ۷ بار طول استخر را (به موازات طول استخر) در مدت زمان ۱۵ دقیقه طی کند، سرعت

متوسط او در این مدت چند متر بر ثانیه خواهد بود؟

(فیزیک ۳- صفحه ۳، مرتبط با رابطه ۱-۲)

(۱) صفر (۲) ۴ (۳)  $\frac{7}{15}$  (۴)  $\frac{1}{15}$



۱۰- متحرکی از مکان  $+8m$  متری در مدت  $2$  ثانیه به مکان  $+16m$  متری رفته و پس از گذشت  $2$  ثانیه دیگر به مکان  $+26m$  رسیده است. اگر این متحرک در  $4$  ثانیه بعدی به مبدأ برگردد، تندی متوسط متحرک در کل مسیر چند متر بر ثانیه است؟ (فیزیک ۳- صفحه ۵، مکمل و مرتبط با مثال ۱-۲)

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳)  $2/75$  (۴)  $5/5$

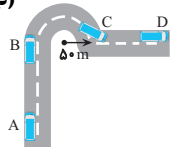
۱۱- متحرکی در مدت  $15$  ثانیه مسیر مستقیمی را به اندازه  $120$  متر طی می کند و سپس به اندازه  $50$  متر در مدت  $20$  ثانیه در همان مسیر برمی گردد. بزرگی سرعت متوسط متحرک در کل این حرکت چند متر بر ثانیه است؟ (آزمون کانون- ۳ شهریور ۹۵) (فیزیک ۳- صفحه ۵، مکمل و مرتبط با مثال ۱-۲)

- (۱) ۲ (۲) ۴ (۳)  $34/7$  (۴)  $7/34$

۱۲- طول عقربه دقیقه شمار ساعتی  $30cm$  است. اندازه سرعت متوسط نوک این عقربه در بازه زمانی  $15'$  تا  $2:30'$  چند  $cm/s$  می باشد؟ (آزمون کانون- ۵ آبان ۹۶) (فیزیک ۳- صفحه ۴، مکمل و مرتبط با مثال ۱-۱)

- (۱)  $1/30$  (۲)  $2\sqrt{2}$  (۳)  $\sqrt{3}/30$  (۴)  $\sqrt{2}/30$

۱۳- اتوبوسی از ایستگاه A شروع به حرکت می کند و پس از  $50$  ثانیه به ایستگاه B در فاصله  $800$  متری می رسد و سپس مسیر نیم دایره ای میدانی به شعاع  $50$  متر را در مدت  $20$  ثانیه دور زده و  $30$  ثانیه بعد از آن به ایستگاه D در فاصله  $500$  متری میدان می رسد. تندی متوسط و سرعت متوسط اتوبوس از A تا D به ترتیب از راست به چپ چند متر بر ثانیه است؟ ( $\pi \approx 3$ ) (فیزیک ۳- صفحه ۴، مکمل و مرتبط با مثال ۱-۱)



- (۱)  $16$  و  $8\sqrt{2}$  (۲)  $10$  و  $14/5$

- (۳)  $16$  و  $16$  (۴)  $14/5$  و  $14/5$

۱۴- مکان متحرکی روی محور x ها در لحظه  $t = 2s$  برابر  $8m$  و در لحظه  $t = 10s$  برابر  $-16m$  می باشد. سرعت متوسط متحرک در این مدت چند متر بر ثانیه است؟ (سراسری تجربی- ۷۲) (فیزیک ۳- صفحه ۵، مکمل و مرتبط با مثال ۱-۲)

- (۱)  $-3$  (۲)  $-2$  (۳) ۱ (۴) ۲

۱۵- متحرکی که بر روی خط راست حرکت می کند در لحظه های  $t_1 = 2s$  و  $t_2 = 10s$  به ترتیب در نقاط  $x_1 = 1m$  و  $x_2 = -5m$  قرار دارد. تندی متوسط آن بین دو لحظه  $t_1$  و  $t_2$  بر حسب متر بر ثانیه الزاماً کدام است؟ (فیزیک ۳- صفحه ۵، مکمل و مرتبط با مثال ۱-۲)

- (۱)  $S_{av} = 0/5 m/s$  (۲)  $S_{av} = 0/75 m/s$  (۳)  $S_{av} \geq 0/75 m/s$  (۴)  $S_{am} \leq 0/75 m/s$

تعیین جابه جایی، تندی و سرعت متوسط به کمک معادله مکان - زمان

۱۶- اگر معادله حرکت متحرکی در SI به صورت  $x = 2t^3 + 6t - 2$  باشد، متحرک در مدت دو ثانیه بعد از شروع حرکت چند متر جابه جا شده است؟ (سراسری تجربی- ۷۰) (فیزیک ۳- صفحه ۲۷، مکمل و مشابه تمرین ۱۲)

- (۱) ۳۰ (۲) ۲۸ (۳) ۲۶ (۴) ۲۴

۱۷- معادله مکان یک متحرک به صورت  $x = 4t^2 - 6t + 3$  در SI می باشد. سرعت متوسط متحرک در فاصله  $t = 1s$  و  $t = 4s$  چند متر بر ثانیه است؟ (سراسری ریاضی- ۶۹) (فیزیک ۳- صفحه ۲۷، مکمل و مشابه تمرین ۱۲)

- (۱) ۱۴ (۲) ۱۵ (۳) ۱۶ (۴) ۱۸

۱۸- معادله مکان - زمان متحرکی در SI به صورت  $x = 3t^2 - 6t$  است. سرعت متوسط آن در  $2$  ثانیه اول حرکت چند متر بر ثانیه است؟ (سراسری ریاضی- ۷۷ و ۷۱) (فیزیک ۳- صفحه ۲۷، مکمل و مشابه تمرین ۱۲)

- (۱)  $-3$  (۲) صفر (۳)  $1/5$  (۴) ۳

۱۹- معادله حرکت متحرکی در SI به صورت  $x = t^2 + t - 1$  است. سرعت متوسط آن در دو ثانیه دوم حرکت چند متر بر ثانیه است؟ (فیزیک ۳- صفحه ۲۷، مکمل و مشابه تمرین ۱۲)

- (۱)  $2/5$  (۲) ۵ (۳) ۲ (۴) ۷

۲۰- معادله حرکت یک متحرک در SI به صورت  $x = -t^2 + 3t$  است. سرعت متوسط این متحرک در دو ثانیه سوم چند برابر سرعت متوسط آن در  $2$  ثانیه اول است؟ (آزمون کانون- ۲۳ مهر ۹۵) (فیزیک ۳- صفحه ۲۷، مکمل و مشابه تمرین ۱۲)

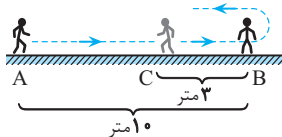
- (۱)  $-8$  (۲) ۸ (۳)  $-7$  (۴) ۷

### تعیین سرعت متوسط به کمک نمودار مکان - زمان

صفحه‌های ۶ تا ۹ کتاب درسی

نمودار مکان- زمان، نموداری است که مکان یک جسم را در هر لحظه نشان می‌دهد. این نمودار در دستگاه مختصات شامل دو محور عمود بر هم که در یک صفحه واقعند، رسم می‌شود. محور قائم را محور مکان (محور  $x$ ) و محور افقی را محور زمان ( $t$ ) در نظر می‌گیریم. در این صورت هر نقطه از نمودار معرف مکان جسم ( $x$ ) در یک لحظه خاص ( $t$ ) است.

■ مثال: شخصی که در حال پیاده‌روی است، مطابق شکل در مسیر خط راست، از نقطه  $A$  تا  $B$  را که  $۱۰$  متر است در مدت  $۸$  ثانیه می‌پیماید، سپس روی همان خط و در مدت  $۴$  ثانیه، به اندازه  $۳$  متر برمی‌گردد و در نقطه  $C$  می‌ایستد.

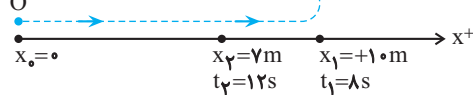


(آ) حرکت شخص را روی محور  $x$  ها نمایش دهید.

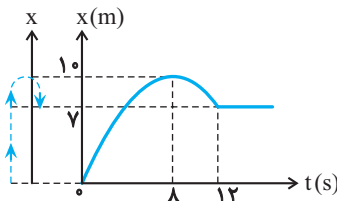
(ب) نمودار تقریبی مکان - زمان شخص را رسم کنید.

◀ پاسخ: (آ) برای تحلیل ریاضی حرکت شخص، محور  $x$  را که دارای جهت و مبدأ و یکاست رسم می‌کنیم. در اینجا مکان آغازین شخص را مبدأ مکان (نقطه  $O$ ) در نظر می‌گیریم. بنابراین شخص در لحظه  $t = 0$  در نقطه  $O$  قرار دارد. پس از  $۸$  ثانیه، یعنی در لحظه  $t_1 = ۸s$  از مکان

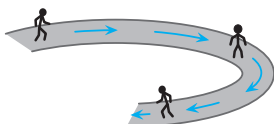
$x_1 = +۱۰m$  عبور می‌کند و چهار ثانیه بعد، در لحظه  $t_2 = ۱۲s$  به مکان  $x_2 = +7m$  می‌رسد.



(ب) در شکل زیر، نمودار  $x-t$  به‌طور تقریبی رسم شده است. هرچند حرکت روی محور  $x$  انجام می‌گیرد، اما نمودار  $x-t$ ، یک منحنی در صفحه است.

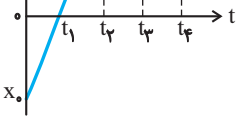


نذرت همان‌طور که دقت کرده‌اید، شخص در لحظه  $t = ۸s$  برای این‌که برگردد، ناچار به توقف است. این توقف برای تغییر جهت در حرکت بر روی خط راست الزامی است، اما در یک مسیر منحنی این الزام وجود ندارد. مثلاً یک دونه به دور یک مسیر بیضی شکل می‌تواند پیوسته در حرکت باشد.



### بررسی کمی و کیفی حرکت روی نمودار مکان - زمان

برای درک بهتر چگونگی حرکت یک متحرک، نمودار مکان زمان زیر را بررسی می‌کنیم. از روی نمودار موارد مهم زیر قابل استخراج است:



۱- مکان اولیه ( $x_0$ ): محل برخورد منحنی با محور  $x$  ها (عرض از مبدأ منحنی) مکان متحرک در لحظه  $t = 0$  است.

۲- جهت حرکت، علامت جابه‌جایی و سرعت: به‌طور کلی علامت جابه‌جایی، سرعت، شتاب، نیرو و ... (که همگی

کمیت‌های برداری هستند)، صرفاً بر اساس جهت محور مکان (محور  $x$ ) تعیین می‌شوند. در هر بازه زمانی که متحرک در سوی مثبت

محور  $x$  در حرکت باشد، جابه‌جایی و سرعت مثبت (و از لحاظ ریاضی تابع صعودی است) (از  $t_1$  تا  $t_2$ ) و اگر حرکت در سوی منفی محور  $x$  باشد، جابه‌جایی و سرعت منفی و تابع نزولی است (از  $t_2$  تا  $t_3$ ) (بحث جهت شتاب و نیرو را در بخش‌های بعدی بررسی خواهیم کرد).

۳- لحظه توقف و تغییر جهت: اگر متحرکی که روی خط راست در یک جهت در حرکت است، بخواهد روی همان خط برگردد (تغییر جهت دهد) ناچار است حداقل یک لحظه متوقف شود (سرعتش صفر شود) و سپس برگردد. در این نمودار این لحظه  $t_2$  است (از حیث ریاضی این اتفاق در نقاط ماکزیمم یا مینیمم منحنی (نقاط اکسترمم) رخ می‌دهد).

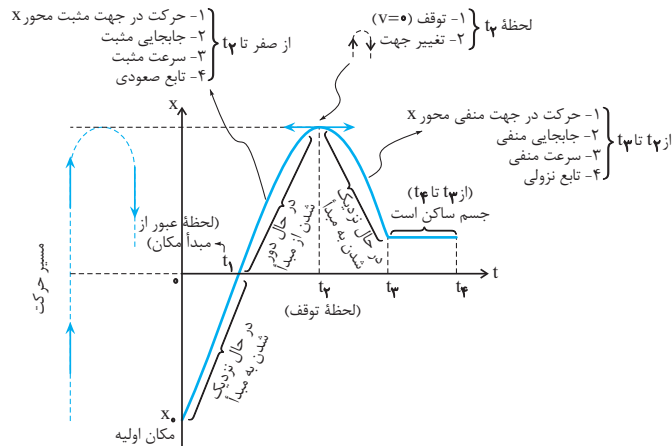
۴- ساکن بودن متحرک: اگر در یک بازه زمانی، نمودار  $x-t$  افقی باشد (از حیث ریاضی تابع ثابت) در این صورت مکان متحرک در تمام لحظات این بازه ثابت و جسم ساکن است ( $t_3$  تا  $t_4$ )

۵- دور یا نزدیک شدن نسبت به مبدأ مکان: در تمام لحظاتی که با گذشت زمان، فاصله متحرک از مبدأ مکان ( $O$ ) کم شود جسم به مبدأ نزدیک می‌شود (از  $t_1$  تا  $t_2$ ) و ( $t_2$  تا  $t_3$ ) و اگر این فاصله زیاد شود (از  $t_1$  تا  $t_2$ )، جسم از مبدأ در حال دور شدن است. دقت کنید، دور یا نزدیک شدن به مبدأ با جهت حرکت متحرک یکی نیست.

۶- تعیین جابه‌جایی و مسافت طی شده: برای تعیین جابه‌جایی در یک بازه زمانی معین کافی است مکان متحرک ( $x_1$  و  $x_2$ ) را به ازای لحظات آغاز و پایان آن بازه خاص ( $t_1$  و  $t_2$ ) یافته، از  $\Delta x = x_2 - x_1$  استفاده کنیم. اما مسافت طی شده برابر مجموع قدرمطلق جابه‌جایی متحرک در بازه‌های زمانی کوچک‌تر است که متحرک در هریک از این بازه‌ها، تغییر جهت نداده است. (برخلاف جابه‌جایی، در تعیین مسافت، رفت و برگشت‌ها یا ساکن ماندن متحرک اهمیت دارد)

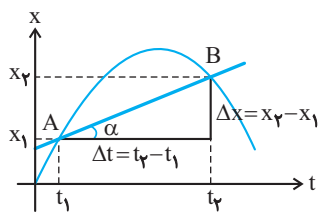
۷- تعیین سرعت متوسط در یک بازه زمانی: کافی است از رابطه  $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  استفاده کنیم.

تمام جزئیات حرکت در نمودار زیر مشخص شده است:



\* دقت کنید، در واقع متحرک روی محور  $x$  (بر یک خط راست) یک رفت و برگشت و سپس سکون را گذرانده است.

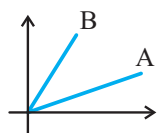
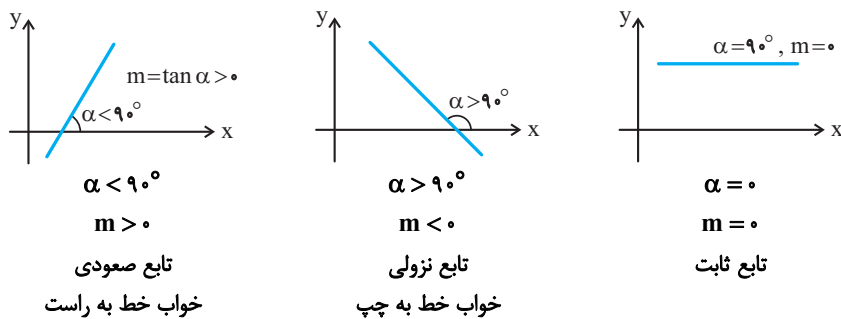
**تعیین سرعت متوسط به کمک نمودار مکان - زمان**



نمودار مکان-زمان متحرکی را به صورت زیر در نظر می‌گیریم. می‌خواهیم سرعت متوسط این متحرک را در بازه زمانی  $t_1$  تا  $t_2$  به دست آوریم. طبق تعریف سرعت متوسط از رابطه  $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$  به دست می‌آید. اگر به شکل دقت کنیم درخواهیم یافت که  $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  برابر شیب خطی است که دو نقطه متناظر  $t_1$  و  $t_2$  از نمودار مکان - زمان را به هم متصل می‌کند.

یعنی:  $AB \text{ شیب} = v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

یادآوری ریاضی شیب خط: شیب خط برابر تانژانت زاویه‌ای است که خط با جهت مثبت محور  $x$  می‌سازد. بنابراین اگر  $\alpha < 90^\circ$ ، شیب خط مثبت و اگر  $\alpha > 90^\circ$  شیب خط منفی و اگر  $\alpha = 0$  باشد شیب خط صفر است

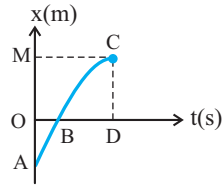


هرچه خط به راستای قائم نزدیک‌تر باشد قدرمطلق شیب خط بیشتر است و در حالت قائم شیب  $\infty$  است ( $\tan 90^\circ = \infty$ ) بنابراین در مقایسه شیب خطها اولاً با نگاه بر اساس خواب خط به راست یا چپ می‌توانیم به مثبت یا منفی یا صفر بودن شیب خط پی ببریم. ثانیاً در مقایسه بین شیبها با یک نگاه قدرمطلق آنها را مقایسه کنیم. مثلاً در شکل مقابل خط B به قائم نزدیک‌تر و شیب آن بیشتر از خط A است.

فیزیک ۳ صفحه‌های ۶ تا ۹ کتاب درسی

تعیین سرعت متوسط به کمک نمودار مکان - زمان  
سؤال ۲۰

(فیزیک ۳ - صفحه ۶، مرتبط با شکل ۱-۴)



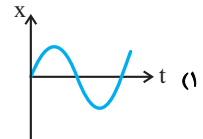
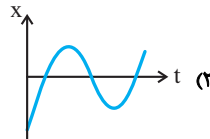
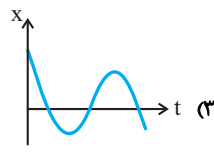
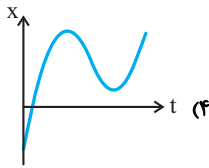
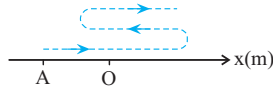
۱- ۲۱- در نمودار مکان- زمان زیر مسیر متحرک ..... است.

- ۱) منحنی ABC است.
- ۲) پاره خط OD است.
- ۳) پاره خط AM است.
- ۴) پاره خط OM است.

۲- ۲۲- متحرکی روی محور x ها با مبدأ مکان O، در حال حرکت است و در مبدأ زمان در نقطه A قرار دارد و در این لحظه به طرف راست در حرکت

است. اگر مسیر حرکت این متحرک به صورت زیر باشد، کدام گزینه می‌تواند، نمودار تقریبی مکان- زمان آن از ابتدا تا پایان مسیر باشد؟

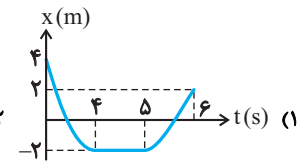
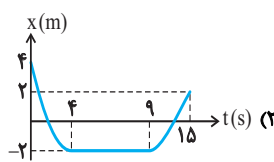
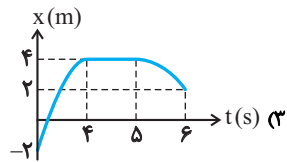
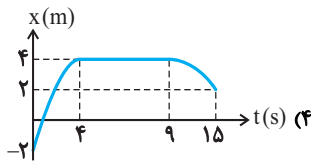
(فیزیک ۳ - صفحه ۶، مرتبط با شکل ۱-۴)



۳- ۲۳- متحرکی از نقطه A در جهت منفی محور x شروع به حرکت می‌کند و پس از ۴ ثانیه به B می‌رسد، مدت ۵ ثانیه در این نقطه ساکن می‌ماند و

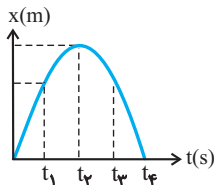
۶ ثانیه بعد از آن به نقطه C می‌رسد. نمودار مکان- زمان این متحرک در طی این حرکت کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند باشد؟

(فیزیک ۳ - صفحه ۶، مرتبط با شکل ۱-۴)



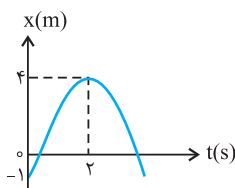
۴- ۲۴- در کدام یک از لحظه‌های نشان داده شده در نمودار، متحرک بیشترین فاصله را از مبدأ مکان دارد؟

(سراسری تجربی-۷۶) (فیزیک ۳ - صفحه ۶، مکمل و مرتبط با مثال ۱-۳)



- ۱)  $t_1$
- ۲)  $t_2$

- ۳)  $t_3$
- ۴)  $t_4$



۵- ۲۵- نمودار مکان - زمان متحرکی مطابق شکل است. این متحرک در لحظه  $t = 2s$  به ترتیب در چند

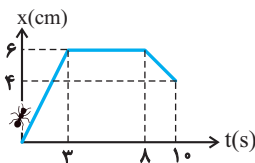
متری مبدأ مکان و مبدأ حرکت قرار دارد؟ (فیزیک ۳ - صفحه ۶، مکمل و مرتبط با مثال ۱-۳)

- ۱) ۴ و ۴
- ۲) ۵ و ۵

- ۳) ۴ و ۵
- ۴) ۵ و ۴

۶- ۲۶- شکل زیر نمودار مکان- زمان مورچه‌ای را نشان می‌دهد. در این صورت کدام گزینه درست است؟

(فیزیک ۳ - صفحه ۶، مکمل و مرتبط با مثال ۱-۳)



۱) مورچه مسیر دارای انحنا را طی کرده است.

۲) مورچه در تمام مدت در جهت محور x ها حرکت کرده است.

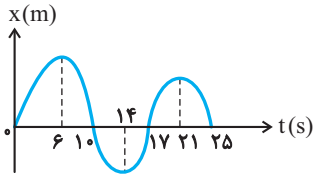
۳) مورچه ۵ ثانیه ساکن مانده است.

۴) مورچه ۳ ثانیه در خلاف جهت محور x ها حرکت کرده است.

۷- ۲۷- نمودار مکان- زمان متحرکی که روی محور  $x$  ها حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. اگر مدت زمانی را

که متحرک در حال دور شدن از مبدأ مکان است، یدر مجموع با  $\Delta t_1$  و مدت زمانی را که متحرک در حال نزدیک شدن به مبدأ مکان است، در مجموع با  $\Delta t_2$  نشان دهیم، در بازه زمانی صفر تا ۲۵ s،

حاصل  $\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}$  کدام است؟

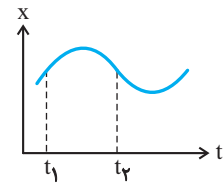


(فیزیک ۳- صفحه ۸، مکمل و مرتبط با پرسش ۱-۳)

- (۱)  $\frac{14}{11}$  (۲)  $\frac{11}{14}$  (۳) ۱ (۴)  $\frac{9}{8}$

۸- ۲۸- شکل مقابل نمودار مکان- زمان حرکت ذره‌ای را که بر مسیر مستقیم حرکت می‌کند، نشان می‌دهد،

بین دو لحظه  $t_1$  و  $t_2$  جهت حرکت چند بار عوض شده است؟

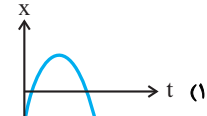
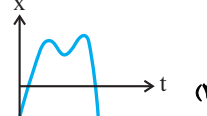
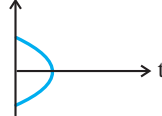
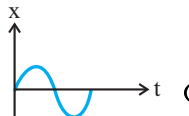


(سراسری تجربی- ۷۵) (فیزیک ۳- صفحه ۸، مکمل و مرتبط با پرسش ۱-۳)

- (۱) صفر (۲) یک (۳) دو (۴) سه

۹- ۲۹- کدام یک از شکل‌های زیر نمی‌تواند، معرف نمودار مکان- زمان متحرکی باشد که روی یک خط راست حرکت می‌کند؟

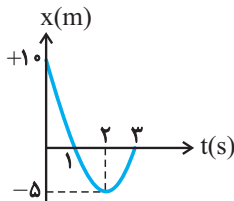
(فیزیک ۳- صفحه ۸، مکمل و مرتبط با پرسش ۱-۳)



- (۱) (۲) (۳) (۴)

۱۰- ۳۰- در نمودار مکان- زمان زیر، کل جابه‌جایی متحرک در جهت محور  $x$  ها چند برابر جابه‌جایی آن در

خلاف جهت محور  $x$  هاست؟

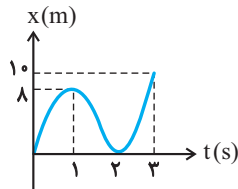


(فیزیک ۳- صفحه ۹، مکمل و مرتبط با تمرین ۱-۲)

- (۱) ۳ (۲) -۳ (۳)  $\frac{1}{3}$  (۴)  $-\frac{1}{3}$

۱۱- ۳۱- نمودار مکان- زمان متحرکی که روی محور  $x$  ها حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. در سه ثانیه

اول مسافت طی شده و بزرگی جابه‌جایی به ترتیب از راست به چپ بر حسب متر کدامند؟

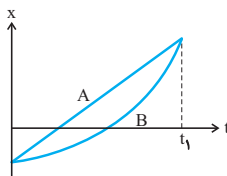


(آزمون کانون- ۵ آبان ۹۶) (فیزیک ۳- صفحه ۶، مکمل و مرتبط با مثال ۱-۳)

- (۱) ۲۶ و ۱۰ (۲) ۲۶ و ۲۶ (۳) ۱۰ و ۱۰ (۴) ۲۶ و ۱۸

۱۲- ۳۲- نمودار مکان- زمان دو متحرک A و B که روی خط راست حرکت می‌کنند، مطابق شکل زیر است.

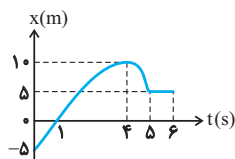
کدام گزینه در مورد جابه‌جایی ( $\Delta x$ ) و مسافت طی شده L توسط دو متحرک، در بازه زمانی  $t = 0$  تا  $t = t_1$  صحیح است؟



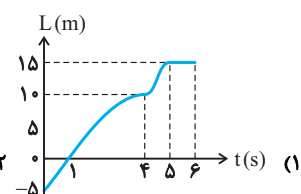
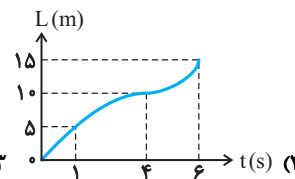
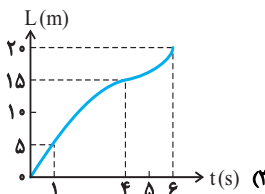
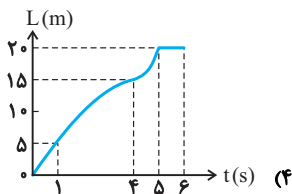
(آزمون کانون- ۲۱ مهر ۹۶) (فیزیک ۳- صفحه ۷، مرتبط متن درس)

- (۱)  $L_A = L_B$  و  $\Delta x_A = \Delta x_B$  (۲)  $L_A > L_B$  و  $\Delta x_A > \Delta x_B$  (۳)  $L_A < L_B$  و  $\Delta x_A > \Delta x_B$  (۴)  $L_A < L_B$  و  $\Delta x_A = \Delta x_B$

۱۳- ۳۳- نمودار مکان- زمان متحرکی به صورت زیر است. در این صورت، کدام گزینه می‌تواند نمودار مسافت- زمان این متحرک در طی این مدت باشد؟



(فیزیک ۳- صفحه ۶، مرتبط با شکل ۱-۴)



- (۱) (۲) (۳) (۴)

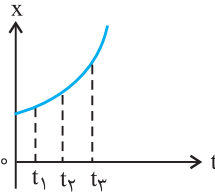


۱۴- ۳۴- معادله مکان- زمان متحرکی در SI به صورت  $x = -t^2 + 4t$  است. تندی متوسط این متحرک از  $t = 1s$  تا  $t = 4s$  چند متر بر ثانیه است؟  
(فیزیک ۳- صفحه ۲۷، مکمل و مرتبط با تمرین ۱۲)

- (۱) ۱ (۲) ۱ (۳)  $\frac{4}{3}$  (۴)  $\frac{5}{3}$

۱۵- ۳۵- نمودار مکان- زمان متحرکی سهمی و مطابق شکل است. سرعت متوسط متحرک در کدام بازه زمانی بیش‌تر است؟

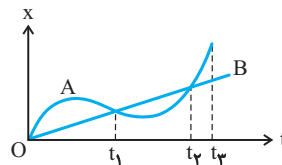
(سراسری ریاضی - ۸۵) (فیزیک ۳- صفحه ۷، مرتبط با شکل ۵-۱)



- (۱) صفر تا  $t_1$   
(۲)  $t_1$  تا  $t_3$   
(۳)  $t_2$  تا  $t_3$

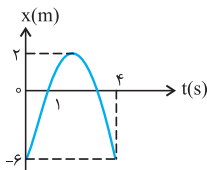
(۴) بستگی به اندازه فاصله‌های زمانی دارد.

۱۶- ۳۶- نمودار مکان- زمان دو متحرک A و B به صورت زیر است، در کدام بازه یا بازه‌های زمانی سرعت متوسط متحرک A بیشتر از B است؟  
(فیزیک ۳- صفحه ۷، مرتبط با شکل ۵-۱)



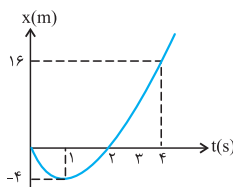
- (۱) صفر تا  $t_1$   
(۲)  $t_1$  تا  $t_2$   
(۳)  $t_2$  تا  $t_3$

(۴) در دو بازه زمانی  $(0 \text{ تا } t_1)$  و  $(t_2 \text{ تا } t_3)$



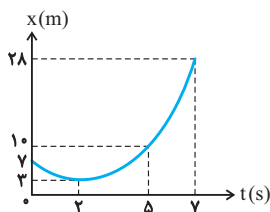
۱۷- ۳۷- نمودار مکان- زمان متحرکی که با شتاب ثابت در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل است. سرعت متوسط در فاصله زمانی  $t = 1s$  تا  $t = 4s$  چند متر بر ثانیه است؟  
(سراسری تجربی - ۸۷) (فیزیک ۳- صفحه ۷، مکمل و مرتبط با مثال ۴-۱)

- (۱) ۲ (۲) -۲ (۳) ۶ (۴) -۶



۱۸- ۳۸- شکل مقابل نمودار مکان- زمان متحرکی در یک مسیر مستقیم است. سرعت متوسط متحرک در این ۴ ثانیه چند متر بر ثانیه است؟  
(سراسری ریاضی - ۸۲) (فیزیک ۳- صفحه ۷، مکمل و مرتبط با مثال ۴-۱)

- (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) ۵

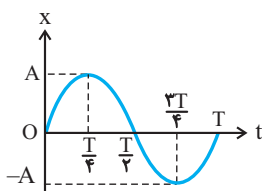


۱۹- ۳۹- شکل مقابل، نمودار مکان- زمان متحرکی را نشان می‌دهد که بر خط راست در حرکت است. بزرگی سرعت متوسط این متحرک بین لحظات  $t_1 = 5s$  و  $t_2 = 7s$  چند برابر تندی متوسط آن در ۵ ثانیه اول حرکت است؟  
(فیزیک ۳- صفحه ۷، مکمل و مرتبط با مثال ۴-۱)

- (۱)  $\frac{9}{2}$  (۲) ۱۵ (۳)  $\frac{14}{11}$  (۴)  $\frac{45}{11}$

(فیزیک ۳- صفحه ۷، مرتبط با شکل ۵-۱)

۲۰- ۴۰- در نمودار مکان- زمان زیر، در کدام بازه‌های زمانی، سرعت متوسط متحرک یکسان است؟



- (۱) در بازه زمانی (صفر تا  $\frac{T}{4}$ ) و  $(\frac{T}{4} \text{ تا } \frac{T}{2})$   
(۲) در بازه زمانی (صفر تا  $\frac{3T}{4}$ ) و  $(\frac{3T}{4} \text{ تا } T)$   
(۳) در بازه زمانی (صفر تا  $\frac{T}{4}$ ) و  $(\frac{3T}{4} \text{ تا } T)$   
(۴) در بازه زمانی (صفر تا  $\frac{T}{2}$ ) و  $(\frac{3T}{4} \text{ تا } T)$



## تندی و سرعت لحظه‌ای و تعیین سرعت لحظه‌ای به کمک نمودار مکان-زمان

۱. تندی لحظه‌ای: تندی متحرک در هر لحظه را تندی لحظه‌ای آن متحرک می‌نامیم. کیلومترسنج یک خودروی در حال حرکت، تندی لحظه‌ای خودرو را نشان می‌دهد.

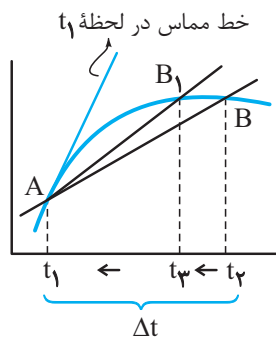
**تذکره** تندی لحظه‌ای کمیتی نرده‌ای است و فقط تندی سرعت متحرک را در هر لحظه نشان می‌دهد و هیچ‌گونه اطلاعاتی در مورد راستا و جهت حرکت نمی‌دهد.

۲. سرعت لحظه‌ای: سرعت لحظه‌ای بردار سرعت متحرک در هر لحظه است. بنابراین سرعت لحظه‌ای دارای بزرگی، راستا و جهت است.

**تذکره** تندی لحظه‌ای با بزرگی سرعت در هر لحظه مساوی است، اما دقت کنید بزرگی سرعت متوسط لزوماً با تندی متوسط برابر نیست.

## تعیین سرعت لحظه‌ای به کمک نمودار مکان - زمان

همان‌طور که می‌دانیم شیب خطی که دو نقطه از نمودار را در لحظات  $t_1$  و  $t_2$  به هم متصل می‌کند، برابر سرعت متوسط در بازه زمانی  $(\Delta t = t_2 - t_1)$  است. در نمودار زیر شیب خط قاطع  $AB$  برابر سرعت متوسط در بازه  $\Delta t$  است.



حال اگر  $t_1$  را ثابت و  $\Delta t$  را کوچک کنیم ( $t_2$  را به  $t_1$  نزدیک‌تر کنیم، نقطه  $B$  به نقطه  $A$  نزدیک‌تر خواهد شد.

حال اگر کوچک‌تر کردن  $\Delta t$  را به تدریج آن‌قدر ادامه دهیم که در حالت حدی  $\Delta t$  به سمت صفر میل کند ( $\Delta t \rightarrow 0$ )، در این‌صورت نقطه  $B$  تا حد انطباق به نقطه  $A$  نزدیک شده و خط قاطع  $AB$  به خط مماس در نقطه  $A$  تبدیل می‌گردد. در فیزیک شیب این خط مماس را سرعت در لحظه  $t_1$  می‌گوییم و تعریف مهم زیر قابل بیان خواهد بود:

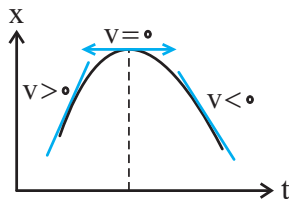
سرعت در هر لحظه دلخواه  $t$ ، برابر شیب خط مماس بر نمودار مکان-زمان در این لحظه است.

## نتایج:

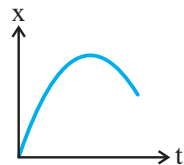
۱. سرعت صفر: اگر خط مماس بر نمودار مکان-زمان افقی باشد شیب آن و در نتیجه سرعت لحظه‌ای متحرک صفر خواهد بود.

۲. سرعت مثبت و منفی: در هر لحظه‌ای اگر شیب خط مماس بر نمودار مثبت باشد، سرعت مثبت و اگر منفی باشد، سرعت در آن لحظه منفی خواهد بود.

۳. مقایسه بزرگی سرعت: اگر قدرمطلق شیب خط مماس بر نمودار  $x-t$  در لحظه معینی بیشتر از قدرمطلق شیب خط مماس در لحظه دیگر باشد، آنگاه بزرگی سرعت آن بیشتر خواهد بود.

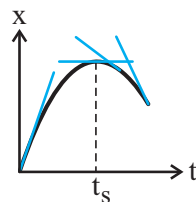


■ مثال: تغییرات سرعت را در نمودار مقابل بررسی کنید.



◀ پاسخ: در  $t = 0$ : در مبدأ زمان، شیب خط مماس مثبت است، بنابراین سرعت اولیه ( $v_0$ ) مثبت است.

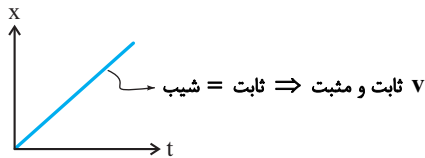
از صفر تا  $t_s$ : در نمودار زیر با گذشت زمان (از چپ به راست) قدرمطلق شیب خط مماس در حال کم شدن است. بنابراین می‌توان گفت، بزرگی سرعت در حال کاهش است و در اصطلاح گفته می‌شود که حرکت کندشونده است.



در لحظه  $t_s$ : در این لحظه (ماکزیمم نمودار) خط مماس افقی و سرعت صفر است و در ادامه، متحرک تغییر جهت خواهد داد.

از  $t_s$  به بعد: از  $t_s$  به بعد شیب خط مماس منفی است. بنابراین در این بازه سرعت در هر لحظه منفی است اما قدرمطلق شیب مماس در حال افزایش است که می‌گوییم، حرکت متحرک از  $t_s$  به بعد تندشونده است.

**تذکر** اگر یک منحنی به صورت خط راست باشد، مماس بر خود خط منطبق خواهد بود. در نتیجه شیب خط در هر لحظه ثابت و می‌گوییم سرعت ثابت است.



**سؤال ۱۰** تندی و سرعت لحظه‌ای و تعیین سرعت لحظه‌ای به کمک نمودار مکان-زمان

فیزیک ۳ صفحه‌های ۹ و ۱۰ کتاب درسی

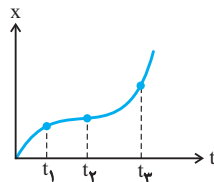
(فیزیک ۳ - صفحه ۹، مرتبط با متن درس)

۱ - ۴۱- کدام گزینه نادرست است؟

- (۱) سرعت کمیتی برداری و تندی کمیتی نرده‌ای است.
- (۲) در یک بازه زمانی معین، همواره بزرگی سرعت متوسط یک متحرک برابر با تندی متوسط آن است.
- (۳) همواره بزرگی سرعت لحظه‌ای برابر با تندی لحظه‌ای یک متحرک است.
- (۴) کیلومترشمار خودرو، تندی لحظه‌ای آن را نشان می‌دهد.

۲ - ۴۲- با توجه به نمودار مکان- زمان یک متحرک مطابق شکل زیر چه رابطه‌ای بین سرعت متحرک در لحظات  $t_1$ ،  $t_2$  و  $t_3$  برقرار است؟

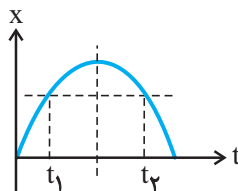
(فیزیک ۳ - صفحه ۱۰، مکمل و مشابه مثال ۱-۷)



- (۱)  $v_1 < v_2 < v_3$
- (۲)  $v_2 < v_1 < v_3$
- (۳)  $v_3 < v_2 < v_1$
- (۴)  $v_3 < v_1 < v_2$

۳ - ۴۳- مطابق شکل نمودار مکان- زمان متحرکی به صورت یک سهمی است. در مورد دو لحظه متقارن  $t_1$  و  $t_2$ ، کدام کمیت یا ویژگی حرکت در هر دو لحظه یکسان است؟

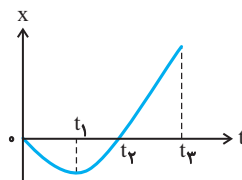
(فیزیک ۳ - صفحه ۱۰، مکمل و مشابه مثال ۱-۷)



- (۱) فقط تندی متحرک
- (۲) فقط سرعت متحرک
- (۳) هم سرعت و هم تندی
- (۴) جهت حرکت متحرک

۴ - ۴۴- نمودار مکان- زمان متحرکی که در مسیری مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. کدام یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟ (نمودار از  $t_1$  تا  $t_3$  به صورت خط راست می‌باشد).

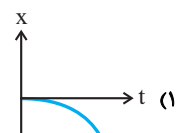
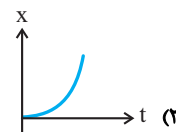
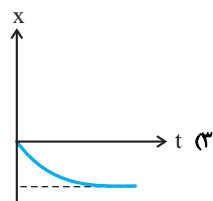
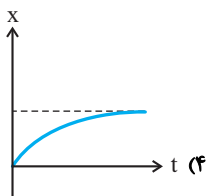
(فیزیک ۳ - صفحه ۱۰، مکمل و مرتبط با پرسش ۱-۵)



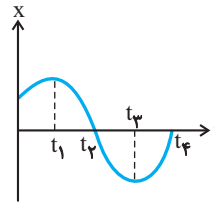
- (۱) سرعت در  $t_1$  صفر است.
- (۲) جهت حرکت متحرک در  $t_2$  عوض می‌شود.
- (۳) در بازه زمانی  $t_1$  تا  $t_3$ ، سرعت در هر لحظه با سرعت متوسط متحرک برابر است.
- (۴) در تمام لحظات بازه زمانی  $t_1$  تا  $t_2$ ، تندی متحرک در حال افزایش است.

۵ - ۴۵- خودرویی که در جهت منفی محور x در حرکت است، هنگام عبور از مبدأ مکان ترمز می‌کند و پس از مدتی متوقف می‌شود. کدام نمودار می‌تواند لحظه ترمز تا توقف خودرو را به درستی نشان دهد؟

(فیزیک ۳ - صفحه ۱۰، مکمل و مرتبط با پرسش ۱-۵)

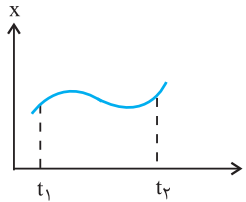


۶-۴۶ با توجه به نمودار مکان- زمان یک متحرک مطابق شکل، در کدام بازه زمانی، سرعت متحرک منفی و بزرگی آن رو به کاهش است؟  
(فیزیک ۳- صفحه ۱۰، مکمل و مرتبط با پرسش ۱-۵)



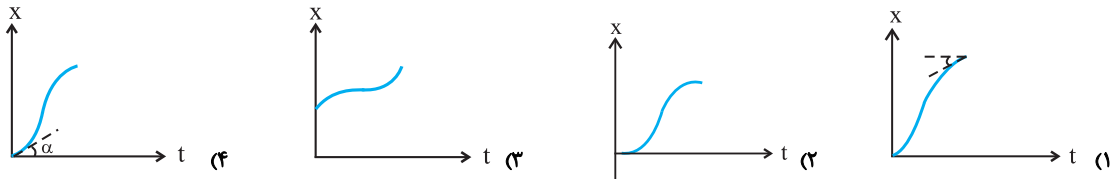
- (۱)  $t_1$  تا ۰
- (۲)  $t_1$  تا  $t_2$
- (۳)  $t_2$  تا  $t_3$
- (۴)  $t_3$  تا  $t_4$

۷-۴۷ نمودار مکان- زمان متحرکی مطابق شکل زیر است. در فاصله زمانی  $t_1$  تا  $t_2$ ، سرعت جسم چند بار تغییر جهت داده است؟  
(سراسری تجربی-۶۹) (فیزیک ۳- صفحه ۹، مکمل و مرتبط با تمرین ۱-۲)

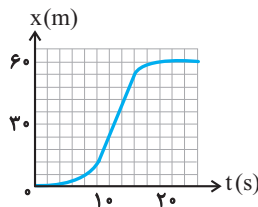


- (۱) صفر
- (۲) ۱
- (۳) ۲
- (۴) ۳

۸-۴۸ اتومبیلی از حال سکون شروع به حرکت کرده و پس از طی مسافتی می ایستد. کدام نمودار می تواند معرف نمودار مکان- زمان حرکت اتومبیل باشد؟  
(سراسری ریاضی-۶۹) (فیزیک ۳- صفحه ۲۶، مکمل و مرتبط با تمرین ۸)

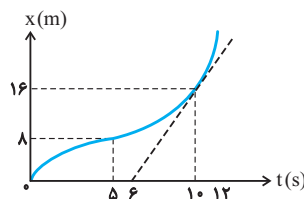


۹-۴۹ شکل زیر، نمودار مکان- زمان متحرکی است که در مسیر مستقیم حرکت کرده است. بیشینه سرعت آن چند متر بر ثانیه است؟  
(سراسری خارج از کشور تجربی - ۹۵) (فیزیک ۳- صفحه ۱۰، مکمل و مرتبط با مثال ۱-۷)



- (۱) ۳
- (۲) ۵
- (۳) ۷
- (۴) ۹

۱۰-۵۰ نمودار مکان- زمان متحرکی بر مسیر مستقیم به شکل زیر است. اگر سرعت متحرک در لحظه  $t = 10s$  برابر سرعت متوسط آن بین دو لحظه  $t_1 = 5s$  و  $t_2 = 12s$  باشد، متحرک در لحظه  $t = 12s$  در چند متری مبدأ می باشد؟  
(فیزیک ۳- صفحه ۱۰، مکمل و مرتبط با تمرین ۱-۳)



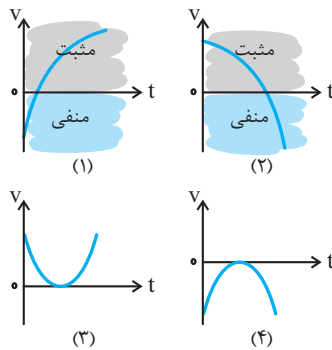
- (۱) ۲۸
- (۲) ۲۴
- (۳) ۳۶
- (۴) ۲۰



صفحه‌های ۱۰ تا ۱۳ کتاب درسی

### شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای و تعیین آن‌ها به کمک نمودار سرعت - زمان

**نمودار سرعت - زمان:** نموداری در دستگاه مختصات است که محور قائم آن سرعت ( $v$ ) و محور افقی آن (زمان) را نشان می‌دهد. به کمک این نمودار می‌توان سرعت متحرک را در هر لحظه و تغییرات آن را مشاهده و تعیین کرد.



**بررسی علامت سرعت و تعیین جهت حرکت در نمودار سرعت - زمان:** با توجه به این که در فیزیک، زمان نمی‌تواند منفی باشد، دستگاه مختصات به دو ناحیه مثبت (بالای محور زمان) و ناحیه منفی (پایین محور زمان) تقسیم می‌شود.

بخشی از نمودار که در ناحیه مثبت قرار دارد، سرعت متحرک مثبت است (عرض این نقاط مثبت است) و متحرک در جهت محور  $x$  در حرکت است و آن بخش از نمودار که پایین محور زمان (ناحیه منفی) قرار دارد، سرعت منفی و سوی حرکت متحرک نیز در خلاف جهت محور  $x$  خواهد بود. این امر به شیب نمودار بستگی ندارد.

بدیهی است در لحظه برخورد منحنی با محور زمان (محور افقی)، سرعت متحرک صفر است.

**بررسی تغییر جهت متحرک به کمک نمودار سرعت - زمان:** در حرکت بر خط راست، شرط این که متحرک تغییر جهت دهد آن است که اولاً سرعتش صفر شود. ثانیاً سرعت، تغییر علامت دهد. از لحاظ هندسی، نمودار سرعت - زمان، محور افقی را قطع و از آن عبور می‌کند. (منحنی در طرفین نقطه تلاقی به گونه‌ای تداوم داشته باشد که از ناحیه مثبت وارد ناحیه منفی شود و یا برعکس) به‌عنوان مثال در شکل‌های بالا: در شکل (۱) متحرک ابتدا در سوی منفی محور مکان در حرکت بوده، در یک لحظه سرعتش صفر شده، سپس در سوی مثبت محور مکان تغییر جهت داده و در شکل (۲) برعکس شکل (۱) در شکل‌های ۳ و ۴، سرعت صفر شده اما سوی حرکت تغییر نکرده مانند حالتی که خودرویی ترمز می‌کند، می‌ایستد و دوباره در همان سو به حرکتش ادامه می‌دهد.

**بررسی تندشوندگی یا کندشوندگی حرکت به کمک نمودار سرعت - زمان:** تعریف تند یا کندشوندگی حرکت: به‌طور کلی، اگر در یک بازه زمانی معینی، تندی (بزرگی سرعت) متحرک با گذشت زمان افزایش یابد، حرکت در آن بازه تندشونده و اگر کاهش یابد، کندشونده خواهد بود. (دقت کنید علامت سرعت اهمیتی ندارد و صرفاً قدرمطلق آن مهم است)

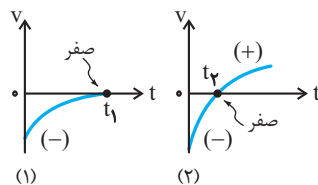
اگر نمودار سرعت - زمان در دست باشد، با توجه به تعریف ذکر شده، اگر نمودار از محور زمان ( $v = 0$ ) دور شود، حرکت تندشونده است (در این حالت تندی متحرک روی نمودار در حال افزایش است) و اگر به محور زمان ( $v = 0$ ) نزدیک شود حرکت کندشونده خواهد بود.

■ **مثال:** نمودارهای سرعت - زمان دو متحرک (۱) و (۲) مطابق شکل است.

(آ) علامت سرعت، جهت حرکت و لحظه توقف این دو متحرک را در کل بازه زمانی رسم شده تعیین کنید.

(ب) کدام متحرک تغییر جهت نمی‌دهد و کدام می‌دهد و چرا؟

(پ) نوع حرکت از لحاظ تند یا کندشوندگی را در هر نمودار تعیین کنید.



◀ پاسخ:

(آ) نمودار (۱): در بازه زمانی ( $0 \leq t < t_1$ ) سرعت منفی است، و در تمام این مدت، متحرک در جهت منفی محور  $x$  در حرکت است و سرعت متحرک در لحظه  $t_1$  صفر می‌شود.

نمودار (۲): سرعت از لحظه صفر تا  $t_1$  منفی است و متحرک در سوی منفی محور مکان در حرکت است. در لحظه  $t_1$ ، سرعت متحرک صفر می‌شود و از  $t_1$  به بعد سرعت مثبت و متحرک در جهت مثبت محور  $x$  در حرکت است.

(ب) متحرک (۱) تغییر جهت نمی‌دهد، در واقع متحرک در سوی منفی محور  $x$  در حرکت است و پس از مدتی در لحظه  $t_1$  می‌ایستد و دیگر به حرکتش ادامه نمی‌دهد (نمودار در  $t_1$  تمام می‌شود)

متحرک (۲) تا لحظه  $t_1$  در سوی منفی محور مکان در حرکت است، در  $t_1$  متوقف می‌شود و بعد از آن برمی‌گردد و در جهت مثبت محور  $x$  به حرکتش ادامه می‌دهد. در واقع در  $t_1$  تغییر جهت داده است.

پ) متحرک (۱) در بازه زمانی رسم شده (صفر تا  $t_1$ ) تندی متحرک با گذشت زمان در حال کاهش است و به صفر می‌رسد (منحنی به‌طور پیوسته به محور زمان نزدیک می‌شود) در نتیجه حرکتش پیوسته کندشونده است.

در نمودار (۲)، متحرک از لحظه صفر تا  $t_2$ ، منحنی به محور زمان نزدیک می‌شود (تندی‌اش در حال کاهش است) و حرکت کندشونده است و از  $t_2$  به بعد منحنی از محور زمان دور می‌شود، بنابراین حرکت تندشونده است.

**مفهوم حرکت شتابدار:** اگر سرعت متحرکی با گذشت زمان تغییر کند، به آن حرکت شتابدار می‌گوییم.

**نکته** سرعت کمیتی برداری است، بنابراین اگر حداقل یکی از سه ویژگی سرعت: (۱) راستا یا امتداد (۲) بزرگی (۳) جهت، تغییر کند، حرکت شتابدار است.

**نکته** سرعت متحرک در هر لحظه مماس بر مسیر حرکت است، بنابراین حرکت بر روی یک مسیر منحنی (غیر خط راست)، الزاماً حرکت شتابدار است، حتی اگر تندی آن ثابت باشد.

**شتاب متوسط:** اگر سرعت متحرکی در لحظات  $t_1$  و  $t_2$  به ترتیب  $\vec{v}_1$  و  $\vec{v}_2$  باشد، شتاب متوسط به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

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

به عبارت دیگر، شتاب، آهنگ تغییر سرعت یک متحرک است. شتاب کمیتی است برداری و هم‌جهت با  $\Delta \vec{v}$  و یکای آن در SI متر بر مجذور ثانیه ( $m/s^2$ ) است.

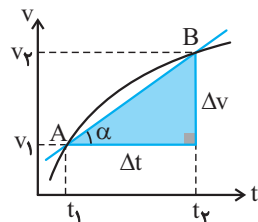
**نکته** (۱) در حرکت بر خط راست، علامت + یا - سرعت و شتاب، جهت بردارها را نشان می‌دهد. بنابراین رابطه را به‌صورت زیر به‌کار می‌بریم (علامت را برمی‌داریم):

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

(۲) برای محاسبه شتاب متوسط با معلوم بودن  $t_1$ ،  $t_2$ ،  $v_1$  و  $v_2$ ، این پارامترها را مستقیماً در رابطه بالا جایگزین می‌کنیم، اما اگر معادله سرعت - زمان

$v = f(t)$ ، در دست باشد، کافی است  $t_1$  و  $t_2$  را در تابع فوق قرار داده و پس از یافتن  $v_1$  و  $v_2$  با استفاده از رابطه  $a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ ، شتاب

متوسط را به‌دست می‌آوریم.



**تعیین شتاب متوسط و لحظه‌ای به کمک نمودار سرعت زمان**

**شتاب متوسط:** در نمودار سرعت زمان مقابل سرعت متحرک در لحظه  $t_1$  برابر  $v_1$  و در لحظه  $t_2$  برابر  $v_2$  است. اگر به شکل دقت کنیم، در مثلث قائم‌الزاویه رنگی شده داریم:

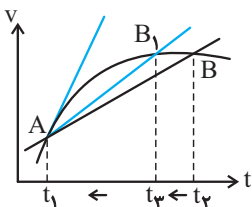
$$\text{شیب خط } AB = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

در نتیجه می‌توان گفت:

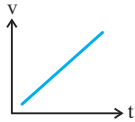
شتاب متوسط بین دو لحظه برابر شیب خطی است که نمودار سرعت زمان را در آن دو لحظه قطع می‌کند.

**شتاب لحظه‌ای:** حال اگر  $\Delta t$  به سمت صفر میل کند ( $\Delta t \rightarrow 0$ ) خط واصل بین نقطه‌های A و B به خط مماس بر نمودار در نقطه A میل می‌کند که معرف شتاب لحظه‌ای است و به‌صورت زیر بیان می‌شود.

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



- نکته‌ها**
- شیب خط قاطع نمودار سرعت - زمان، شتاب متوسط و شیب خط مماس در یک لحظه برابر شتاب لحظه‌ای است.
  - بسته به این که شیب خط مثبت، صفر یا منفی باشد، شتاب نیز می‌تواند مثبت، صفر یا منفی باشد.
  - مثبت بودن شتاب نشان‌دهنده آن است که بردار شتاب در جهت مثبت محور  $x$  است. اما لزوماً بدان معنی نیست که متحرک در سوی مثبت محور  $x$  در حرکت است. در واقع بردار شتاب همواره هم‌جهت با بردار تغییر سرعت است و اطلاعی از جهت حرکت (بردار جابه‌جایی) نمی‌دهد.
  - اگر نمودار سرعت - زمان به صورت خط راست باشد، آن‌گاه شتاب متوسط در هر بازه زمانی دلخواه ثابت و برابر شیب خط است. در این صورت شتاب متوسط و لحظه‌ای با هم مساوی و ثابت و برابر شیب خط است و به آن حرکت با شتاب ثابت بر خط راست می‌گوییم.

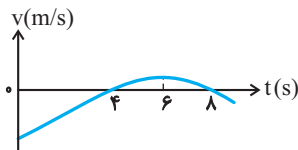


فیزیک ۳ صفحه‌های ۱۰ تا ۱۳ کتاب درسی

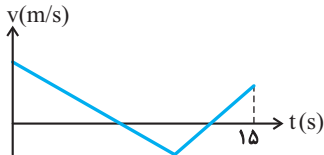
۲۰  
سؤال

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

- ۱ - ۵۱ اتومبیلی در مسیری مستقیم حرکت می‌کند و نمودار سرعت - زمان آن مطابق شکل زیر است. کدام یک از گزینه‌های زیر الزاماً درست است؟  
(فیزیک ۳ - صفحه ۱۲، مکمل و مرتبط با پرسش ۱-۶)



- ۲ - ۵۲ شکل زیر نمودار سرعت - زمان متحرکی را که روی مسیری مستقیم و در راستای محور  $x$  در حال حرکت است، نشان می‌دهد. اگر مدت زمانی را که متحرک در جهت محور  $x$  حرکت می‌کند با  $\Delta t_1$  و مدت زمانی را که متحرک در خلاف جهت محور  $x$  حرکت می‌کند با  $\Delta t_2$  نشان دهیم و  $\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \frac{3}{2}$  باشد، در این صورت مدت زمان بین دو لحظه توقف متحرک برابر با چند ثانیه است؟ (فیزیک ۳ - صفحه ۱۲، مکمل و مرتبط با پرسش ۱-۶)



- ۳ - ۵۳ در چند مورد از حالت‌های زیر حرکت یک خودرو شتاب‌دار است؟  
(فیزیک ۳ - صفحه ۱۰، مرتبط با متن درس)
- آ) خودرویی با تندی ثابت در حال دور زدن پیچ یک جاده است.  
ب) خودرویی با تندی ثابت در جهت منفی محور  $x$  در حرکت است.  
پ) خودرویی در جهت منفی محور  $x$  در حال ترمز کردن است.  
ت) خودرویی دور یک میدان از حال سکون شروع به حرکت و دور زدن می‌کند.
- ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)
- ۴ - ۵۴ ظرفی حاوی مایعی رنگین که با آهنگ ثابتی چکه می‌کند را مطابق شکل زیر، روی یک ماشین بازی کوک شده می‌گذاریم و آن را به حرکت در می‌آوریم. با توجه به شکل، نوع حرکت ماشین بازی الزاماً کدام است؟  
(فیزیک ۳ - صفحه ۲۶، مکمل و مشابه تمرین ۱۱)



- ۵ - ۵۵ سرعت متحرکی که بر روی خط راست حرکت می‌کند، در لحظه  $t_1 = 10s$  برابر با  $30 m/s$  - و در لحظه  $t_2 = 15s$  برابر با  $10 m/s$  است. شتاب متوسط متحرک، بین دو لحظه  $t_1$  و  $t_2$  چند متر بر مجذور ثانیه است؟  
(فیزیک ۳ - صفحه ۱۱، مرتبط با رابطه ۱-۵)
- ۱ (۱) -۴ (۲) ۴ (۳) -۸ (۴) ۸
- ۶ - ۵۶ شتاب متوسط متحرکی که در مدت  $5/5$  ثانیه از سرعت  $1 cm/s$  به سرعت  $99 cm/s$  می‌رسد، در SI برابر است با:  
(سراسری ریاضی-۷۴) (فیزیک ۳ - صفحه ۱۱، مکمل و مشابه مثال ۱-۸)
- ۱ (۱) ۱/۹۶ (۲) ۲ (۳) ۲۰۰ (۴) ۱۹۶

۷-۵۷ - معادله سرعت - زمان متحرکی بر مسیر مستقیم در SI به صورت  $v = t^2 + 4$  است. شتاب متوسط آن بین دو لحظه  $t_1 = 4s$  و  $t_2 = 6s$  چند  $m/s^2$  است؟ (فیزیک ۳ - صفحه ۱۱، مکمل و مشابه مثال ۱-۸)

- (۱) ۲ (۲) ۱۰ (۳) ۶ (۴) ۸

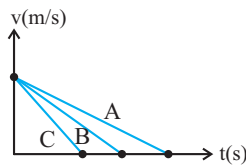
۸-۵۸ - معادله سرعت متحرکی که در مسیری مستقیم حرکت می‌کند در SI به صورت  $v = t^2 + 2t + 1$  است. شتاب متوسط این متحرک در ثانیه سوم حرکت چند واحد SI است؟ (آزمون کانون - ۲۳ مهر ۹۵) (فیزیک ۳ - صفحه ۱۱، مکمل و مشابه مثال ۱-۸)

- (۱) ۸ (۲) ۷ (۳) ۵ (۴) ۴/۶

۹-۵۹ - یک توپ تنیس از ارتفاع ۳۲۰ سانتی‌متری زمین رها می‌شود و پس از برخورد به زمین تا ارتفاع ۱۲۵ سانتی‌متری زمین برمی‌گردد. اگر زمان تماس توپ با زمین  $13ms$  باشد، بزرگی شتاب متوسط آن در ضمن تماس چند متر بر مجذور ثانیه و جهت آن به کدام سو است؟ (از مقاومت هوا صرف‌نظر شود،  $g = 10m/s^2$ ) (سراسری ریاضی - ۹۷) (فیزیک ۳ - صفحه ۱۱، مکمل و مشابه مثال ۱-۸)

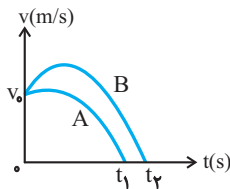
- (۱) ۱۰۰، بالا (۲) ۱۰۰، پایین (۳) ۱۰۰۰، بالا (۴) ۱۰۰۰، پایین

۱۰-۶۰ - نمودار سرعت - زمان سه متحرک که بر مسیری مستقیم حرکت می‌کنند در شکل زیر آمده است. در کدام گزینه مقایسه بزرگی شتاب سه متحرک به درستی انجام شده است؟ (آزمون کانون - ۶ آذر ۹۴) (فیزیک ۳ - صفحه ۲۵، مکمل و مشابه تمرین ۳)



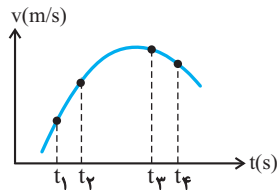
- (۱)  $|a_A| = |a_B| = |a_C|$   
 (۲)  $|a_A| > |a_B| > |a_C|$   
 (۳)  $|a_A| < |a_B| < |a_C|$   
 (۴)  $|a_B| < |a_A| < |a_C|$

۱۱-۶۱ - نمودار سرعت - زمان دو متحرک A و B مطابق شکل زیر است. اگر بزرگی شتاب متوسط آن‌ها از لحظه شروع حرکت تا لحظه توقف، برابر  $|a_A|$  و  $|a_B|$  باشد، کدام رابطه زیر الزاماً درست است؟ (آزمون کانون - ۴ دی ۹۴) (فیزیک ۳ - صفحه ۲۵، مکمل و مشابه تمرین ۳)



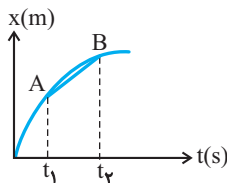
- (۱)  $|a_B| \geq |a_A|$   
 (۲)  $|a_B| > |a_A|$   
 (۳)  $|a_B| < |a_A|$   
 (۴)  $|a_B| = |a_A|$

۱۲-۶۲ - نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند، مطابق سهمی شکل زیر است. بزرگی شتاب متوسط در کدام بازه زمانی بیش‌تر از بقیه گزینه‌ها است؟ (آزمون کانون - ۲۱ مهر ۹۶) (فیزیک ۳ - صفحه ۲۵، مکمل و مشابه تمرین ۳)



- (۱)  $t_1$  تا  $t_2$   
 (۲)  $t_2$  تا  $t_3$   
 (۳)  $t_3$  تا  $t_4$   
 (۴)  $t_4$  تا  $t_5$

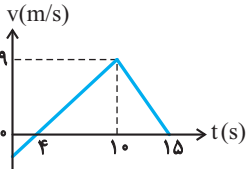
۱۳-۶۳ - در شکل روبه‌رو شیب خط AB برابر است با: (سراسری تجربی - ۷۲) (فیزیک ۳ - صفحه‌های ۷ و ۱۱، مرتبط با متن درس)



- (۱) سرعت لحظه‌ای در لحظه  $t_1$   
 (۲) شتاب لحظه‌ای در لحظه  $t_2$   
 (۳) سرعت متوسط در فاصله زمانی  $t_1$  تا  $t_2$   
 (۴) شتاب متوسط در فاصله زمانی  $t_1$  تا  $t_2$

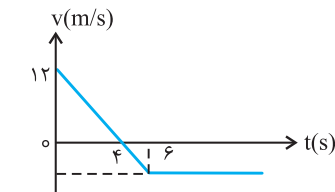


- ۱۴- ۶۴- نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور X حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. شتاب متوسط متحرک در بازه زمانی  $t = 0$  تا  $t = 15$  s چند متر بر مجذور ثانیه است؟



- (۱) ۰/۴  
(۲) ۰/۶  
(۳) ۰/۸  
(۴) ۱

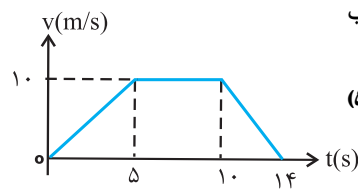
(سراسری خارج از کشور تجربی - ۹۳) (فیزیک ۳ - صفحه ۱۲، مکمل و مرتبط با تمرین ۱-۴)



- ۱۵- ۶۵- نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور X حرکت می‌کند، مطابق شکل است. بزرگی شتاب متوسط متحرک در بازه زمانی  $3 \leq t \leq 6$  s چند متر بر مجذور ثانیه است؟

(سراسری تجربی - ۸۹) (فیزیک ۳ - صفحه ۲۵، مکمل و مرتبط با تمرین ۴)

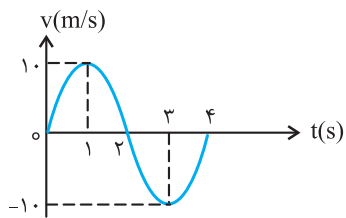
- (۱) ۱  
(۲) ۳  
(۳) ۴  
(۴) ۵



- ۱۶- ۶۶- متحرکی در مسیر مستقیم حرکت می‌کند و نمودار سرعت - زمان آن مطابق شکل زیر است. شتاب متوسط این متحرک در بازه زمانی  $t = 2$  s تا  $t = 12$  s، چند متر بر مربع ثانیه است؟

(سراسری تجربی - ۹۲) (فیزیک ۳ - صفحه ۱۳، مکمل و مشابه تمرین ۱-۵)

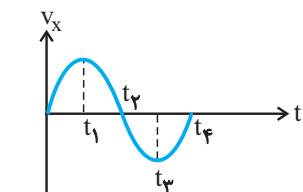
- (۱)  $\frac{1}{10}$   
(۲)  $\frac{5}{10}$   
(۳)  $\frac{7}{10}$   
(۴) صفر



- ۱۷- ۶۷- نمودار سرعت - زمان متحرکی که بر روی خط راست حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. شتاب متوسط و سرعت متوسط در بازه زمانی ۱ تا ۳ ثانیه به ترتیب از راست به چپ برابر است با:

(سراسری ریاضی - ۸۴) (فیزیک ۳ - صفحه ۱۳، مکمل و مشابه تمرین ۱-۵)

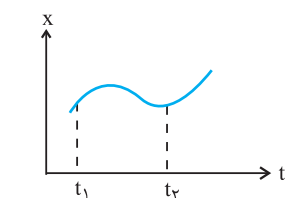
- (۱) صفر و صفر  
(۲)  $10 \text{ m/s}^2$  و صفر  
(۳) صفر و  $-10 \text{ m/s}^2$   
(۴)  $10 \text{ m/s}^2$  و  $-10 \text{ m/s}^2$



- ۱۸- ۶۸- نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور X حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. در چه فاصله زمانی، بردار شتاب متحرک در جهت مثبت محور X است؟

(سراسری ریاضی - ۸۶) (فیزیک ۳ - صفحه ۱۲، مکمل و مرتبط با پرسش ۱-۶)

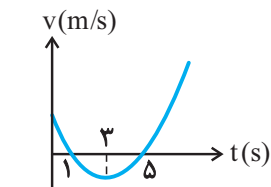
- (۱) صفر تا  $t_1$   
(۲) صفر تا  $t_2$   
(۳)  $t_2$  تا  $t_4$   
(۴)  $t_2$  تا  $t_3$



- ۱۹- ۶۹- نمودار مکان - زمان متحرکی مطابق شکل زیر است. در فاصله زمانی  $t_1$  تا  $t_2$  چند بار جهت شتاب متحرک تغییر کرده است؟

(سراسری ریاضی - ۶۹ با تغییر جزئی) (فیزیک ۳ - صفحه ۱۲، مکمل و مرتبط با پرسش ۱-۶)

- (۱) صفر  
(۲) ۱  
(۳) ۲  
(۴) ۳



- ۲۰- ۷۰- در شکل زیر، نمودار سرعت - زمان متحرکی که بر روی محور X حرکت می‌کند، رسم شده است. کدام گزینه در مورد این حرکت نادرست است؟

(فیزیک ۳ - صفحه ۱۲، مکمل و مرتبط با پرسش ۱-۶)

- (۱) شتاب متحرک متغیر است.  
(۲) در لحظه  $t = 3$  s، جهت حرکت تغییر کرده است.  
(۳) در لحظه  $t = 3$  s، شتاب صفر است.  
(۴) شتاب متوسط از  $t = 3$  s تا  $t = 5$  s مثبت است.

## حرکت با سرعت ثابت

صفحه‌های ۱۳ تا ۱۵ کتاب درسی

مفهوم حرکت با سرعت ثابت: اگر بزرگی و جهت سرعت یک متحرک در طول مسیر ثابت باشد، حرکت آن با سرعت ثابت است.

**تذکره** سرعت کمیتی برداری است، بنابراین وقتی می‌گوییم سرعت ثابت است سه ویژگی برداری آن یعنی راستا، بزرگی و جهت آن ثابت باشد بنابراین:

در حرکت با سرعت ثابت، الزاماً حرکت روی خط راست، بدون تغییر جهت و با تندی (بزرگی سرعت) ثابت انجام می‌گیرد.

## ویژگی‌های حرکت با سرعت ثابت

- (۱) در هر بازه زمانی دلخواه، سرعت متوسط و سرعت لحظه‌ای با هم برابرند.
- (۲) در بازه‌های زمانی مساوی، متحرک مسافت‌های مساوی را طی می‌کند.
- (۳) در بازه‌های زمانی یکسان، بزرگی جابه‌جایی با مسافت طی شده برابر است.

## معادله حرکت با سرعت ثابت

در این نوع حرکت چون سرعت لحظه‌ای با سرعت متوسط در هر لحظه دلخواه برابر است بنابراین داریم:

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

در این رابطه اگر متحرک در  $t_1 = 0$  در مکان  $x_0$  باشد، آنگاه رابطه بالا را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\Delta x = v \Delta t \Rightarrow (x - x_0) = v(t - 0) \Rightarrow x = vt + x_0 \quad (1)$$

به این تابع معادله حرکت با سرعت ثابت می‌گوییم که در SI،  $x_0$  (مکان اولیه) و  $x$  بر حسب  $m$  و سرعت ( $v$ ) بر حسب  $m/s$  و زمان ( $t$ ) بر حسب ثانیه می‌باشد.

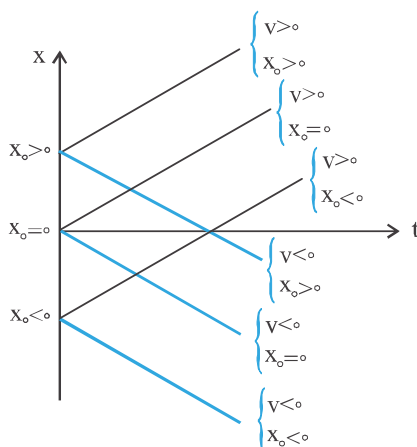
## چند تذکره در مورد معادله حرکت به طور کلی

۱. مبدأ زمان یا لحظه  $t = 0$ ، لحظه آغاز بررسی حرکت است، بنابراین در مبدأ زمان، متحرک لزوماً در مبدأ مکان ( $O$ ) قرار ندارد، می‌تواند مثبت، منفی یا صفر باشد.

۲.  $x$  مکان متحرک در هر لحظه است و نباید با جابه‌جایی ( $\Delta x$ ) که در یک بازه زمانی تعریف می‌شود، اشتباه گرفت، جابه‌جایی از لحظه صفر تا لحظه  $t$  به صورت زیر است:

$$x = vt + x_0 \Rightarrow x - x_0 = vt \Rightarrow \Delta x = vt$$

۳. همان‌طور که قبلاً ذکر شد، علامت سرعت، جهت حرکت را نشان می‌دهد، اگر متحرک در سوی مثبت محور مکان در حرکت باشد مثبت و اگر در خلاف جهت آن باشد، منفی است.



**نمودار مکان-زمان در حرکت با سرعت ثابت:** این نمودار به صورت یک خط راست با شیب ثابت است و با استفاده از آن می‌توان مکان متحرک در هر لحظه، سرعت متحرک، معادله حرکت و ... را تعیین کرد. شیب این خط برابر سرعت متحرک است. اگر  $v > 0$  باشد حرکت در جهت مثبت محور  $x$  و اگر  $v < 0$  باشد در جهت منفی محور است.

**نمودار سرعت - زمان در حرکت با سرعت ثابت:** می‌دانیم که در این نوع حرکت، سرعت متحرک ثابت بوده و با گذشت زمان تغییر نمی‌کند، لذا نمودار سرعت - زمان یک خط راست موازی محور زمان است. (تابع ثابت)

**نمودار شتاب-زمان:** در این نوع حرکت  $a = 0$  بوده لذا نمودار شتاب-زمان به صورت مقابل است: (بر محور زمان منطبق است)

