



### مسافت:

طول مسیری که متحرک طی می‌کند تا از مکان آغازین حرکت به مکان پایانی حرکت برسد، مسافت پیموده شده یا به اختصار مسافت نامیده می‌شود.

### جابه‌جایی:

پارمخت جهت‌داری که مکان آغازین حرکت را به مکان پایانی حرکت متحرک وصل می‌کند، بردار جابه‌جایی می‌گویند.

**نکته ۱:** مسافت، کمیتی نرده‌ای و جابه‌جایی کمیتی برداری می‌باشد و یکای هر دو آن‌ها در SI متر است.

**نکته ۲:** در صورتی که متحرک در راستای خط راست و بدون تغییر جهت حرکت کند، اندازه جابه‌جایی و مسافت برابر خواهد شد.



۱) پرنده‌ای که روی لبهٔ 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؟

پاسخ

۱) مسیر حرکت پرنده به صورت زیر است:



جابه‌جایی پرنده برابر است با طول پارمخظ AB. به عبارت دیگر در صورتی که بر روی مسیر حرکت مطابق شکل مکعب مستطیلی به اضلاع ۵۰، ۳۰ و ۴۰ بنا کنیم جابه‌جایی برابر است با طول قطر مکعب مستطیل بنابراین:

$$AB = \sqrt{50^2 + 40^2 + 30^2} = 50\sqrt{2}\text{m}$$



**تندی متوسط:** مسافت طی شده در واحد زمان را تندی متوسط می‌گویند.

در رابطه تندی متوسط،  $l$  مسافت و  $\Delta t$  مدت زمان حرکت

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} \quad \text{است.}$$

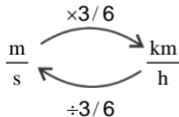
**سرعت متوسط:** جابه‌جایی یک متحرک در واحد زمان را

سرعت متوسط می‌گویند. در رابطه سرعت متوسط  $d$

$$v_{av} = \frac{d}{\Delta t} \quad \text{بردار جابه‌جایی و } \Delta t \text{ مدت زمان حرکت است.}$$

**نکته ۱:** تندی متوسط، کمیتی نرده‌ای و سرعت متوسط کمیتی برداری است و یکای SI آن‌ها متر بر ثانیه می‌باشد.

**نکته ۲:**



**نکته ۳:** در صورتی که متحرک در راستای خط راست و بدون تغییر جهت حرکت کند، اندازه سرعت متوسط و تندی متوسط متحرک با هم برابر خواهد شد.



۱) مطابق شکل زیر نقطه A روی محیط یک حلقه به شعاع 20cm قرار دارد. اگر در مدت 10s، حلقه نیم دور

بگذرد، اندازه سرعت متوسط نقطه A چند  $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$  است؟

( $\pi = 3$ )



پاسخ

۱) پس از نیم دور غلتیدن نقطه A داریم: جابه‌جایی نقطه A برابر است با:

$$d = \sqrt{L^2 + (2r)^2} = \sqrt{(\pi r)^2 + (2r)^2} = 20\sqrt{13}\text{cm}$$

بنابراین بزرگی سرعت متوسط نقطه A به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{20\sqrt{13}}{10} = 2\sqrt{13} \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$



سرعت متوسط در  
راستای محور x

کارت ۳  
فصل ۱

**بردار مکان:**

به برداری که **مبدأ حرکت** را به **مکان جسم** در هر لحظه وصل می‌کند، بردار مکان می‌گویند.

بردار مکان متحرکی که در راستای محور x ها حرکت می‌کند در دو لحظه متفاوت به صورت زیر است:

$$\vec{d}_1 = x_1 \vec{i} \quad \vec{d}_2 = x_2 \vec{i}$$

بنابراین بردار جابه‌جایی متحرک برابر است با:

$$\vec{d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1 = \Delta x \vec{i}$$

پس سرعت متوسط متحرک در راستای محور x به صورت زیر نوشته می‌شود:

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

**نکته:** در صورتی که متحرک در **جهت مثبت محور x** حرکت کند جابه‌جایی و سرعت متوسط **مثبت** و در صورتی که متحرک در **جهت منفی محور x** حرکت کند جابه‌جایی و سرعت متوسط **منفی** خواهد بود.



۱) متحرکی با سرعت متوسط  $8\text{ m/s}$  به مدت  $15\text{ s}$  در مسیر مستقیم حرکت می‌کند. سپس تغییر جهت داده و با سرعت متوسط  $3\text{ m/s}$  مقداری از همان مسیر را بر می‌گردد. اگر سرعت متوسط متحرک در این مدت  $3/6\text{ m/s}$  باشد، متحرک چند ثانیه پس از لحظه‌ای که تغییر جهت می‌دهد حرکت کرده است؟

پاسخ

۱) فرض کنید متحرک با سرعت متوسط  $8\text{ m/s}$  از A به B حرکت می‌کند و سپس با سرعت متوسط  $3\text{ m/s}$  از B به C می‌رسد.

$$8 = \frac{AB}{15} \Rightarrow AB = 120\text{m}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 3 = \frac{BC}{t} \Rightarrow BC = 3t \end{array} \right.$$



$$\left\{ \begin{array}{l} 3/6 = \frac{AC}{t+15} \Rightarrow AC = 3/6t + 54 \end{array} \right.$$

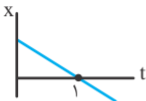
$$AB = AC + BC \Rightarrow 120 = 3/6t + 3t + 54 \Rightarrow t = 10\text{s}$$



## نمودار مکان - زمان

کارت ۴  
فصل ۱

به کمک نمودار مکان - زمان می‌توان پی برد که متحرک در هر لحظه چه موقعیت مکانی دارد.



نکاتی درباره نمودار مکان - زمان:

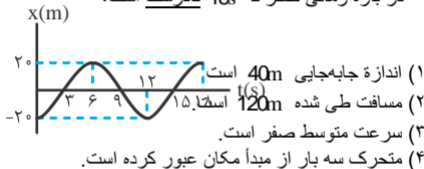
(۱) لحظاتی که نمودار، محور زمان (محور  $t$ ) را قطع می‌کند، (نقطه) متحرک در آن لحظه از مبدأ مکان عبور کرده است.

(۲) برای محاسبه سرعت متوسط متحرک در بازه  $t_1$  و  $t_2$ ، کافی است نقاط متناظر با زمان‌های  $t_1$  و  $t_2$  را روی نمودار مکان - زمان مشخص کنیم. شیب خط واصل بین دو نقطه مشخص شده، برابر با سرعت متوسط در بازه موردنظر است.

(۳) در بازه‌های زمانی که نمودار مکان - زمان موازی محور  $t$  است، متحرک متوقف شده است.



(۱) در شکل زیر، نمودار مکان - زمان متحرکی که بر روی محور  $x$  حرکت می‌کند، رسم شده است. با توجه به نمودار، کدامیک از گزینه‌های زیر در مورد این متحرک در بازه زمانی صفر تا  $18\text{s}$  نا درست است؟



پاسخ

(۱) گزینه «۳»:

بزرگی سرعت متوسط متحرک در این بازه برابر است با:

$$v = \frac{20 - (-20)}{18} = \frac{40}{18} = \frac{20}{9} \text{ m/s}$$





تندی لحظه‌ای و  
سرعت لحظه‌ای

کارت ۵  
فصل ۱

تندی لحظه‌ای، تندی متحرک در هر لحظه یا در هر نقطه از مسیر است. به منظور بیان سرعت لحظه‌ای علاوه بر تندی لحظه‌ای جهت حرکت نیز بیان می‌شود.

**تعیین سرعت لحظه‌ای به کمک نمودار مکان - زمان:**

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

**نکته ۱:** اگر در لحظه‌ای مانند  $t$ ، خط مماس بر منحنی مکان - زمان، موازی محور زمان باشد، سرعت متحرک در آن لحظه صفر خواهد بود.

**نکته ۲:** در صورتی که شیب خط مماس بر منحنی در لحظه

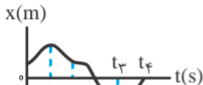
$t_1$  بیش‌تر از شیب خط مماس بر منحنی در لحظه  $t_2$

باشد، اندازه سرعت در لحظه  $t_1$  بزرگ‌تر از اندازه

سرعت در لحظه  $t_2$  است.



۱) نمودار مکان - زمان یک متحرک مطابق شکل زیر است. در هر بازه زمانی نام‌گذاری شده جهت حرکت متحرک را مشخص کنید.



پاسخ

۱) با توجه به این که شیب خط مماس بر نمودار در هر نقطه سرعت در آن لحظه را نشان می‌دهد، با استفاده از علامت شیب خط مماس، جهت حرکت متحرک را مشخص می‌کنیم. در بازه  $(0, t_1)$  و  $(t_3, t_4)$  متحرک در جهت محور  $x$  و در بازه  $(t_1, t_3)$  متحرک در خلاف جهت محور  $x$  حرکت می‌کند. همچنین در زمان‌های  $t_1$ ،  $t_2$  و  $t_3$  سرعت متحرک صفر می‌باشد و متحرک دو بار در زمان‌های  $t_1$  و  $t_3$  تغییر جهت داده است.



### شتاب متوسط:

شتاب متوسط به صورت زیر تعریف می‌شود:

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

در رابطه فوق  $v_1$  بردار سرعت متحرک در لحظه  $t_1$  و  $v_2$  بردار سرعت متحرک در لحظه  $t_2$  می‌باشد.

**نکته ۱:** شتاب متوسط کمیتی برداری می‌باشد و یکای SI آن متر بر مربع ثانیه است.

**نکته ۲:** بردار سرعت در هر نقطه از مسیر، بر مسیر حرکت مماس و در جهت حرکت است.

**شتاب لحظه‌ای:** شتاب متحرک در هر لحظه را شتاب لحظه‌ای می‌گویند و آن را با نماد  $a$  نمایش می‌دهند.

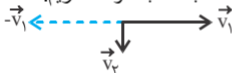


۱) موتورسواری در حال دور زدن دور یک میدان است. در صورتی که سرعت موتورسوار در لحظات  $t_1 = 1\text{s}$  و  $t_2 = 3\text{s}$  به ترتیب  $18\text{m/s}$  در سوی شرق و  $6\text{m/s}$  در سوی جنوب باشد، اندازه بردار شتاب متوسط موتورسوار چند متر بر مربع ثانیه است؟

۱)  $10\sqrt{2}$  (۲) ۶ (۳)  $3\sqrt{10}$  (۴) ۳۰

پاسخ

۱) گزینه «۳»؛ به منظور محاسبه شتاب متوسط داریم:



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

برای محاسبه  $|\vec{v}_2 - \vec{v}_1|$  کافیست براینده بردارهای  $\vec{v}_2$  و  $-\vec{v}_1$  را به دست آوریم. پس:

$$|a| = \frac{\sqrt{6^2 + 18^2}}{3 - 1} = \frac{6\sqrt{10}}{2} = 3\sqrt{10} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$