

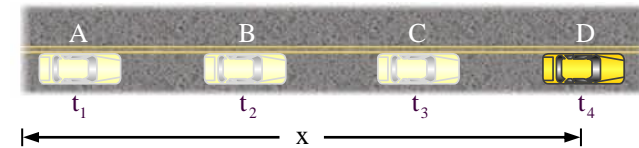
## راهنمای آموزشی فزیک صنف یازدهم (دور سوم)

## اهداف آموزشی:

- 1\_ دانش آموزان با مفاهیم اساسی موضوعات (حرکت یک بعدی، حرکت به امتداد خط مستقیم، موقعیت، تغییر مکان، سرعت، سرعت متوسط و لحظوی، گراف سرعت - زمان) آشنایی کامل دریافت کند.
- 2\_ دانش آموزان با موارد استفاده از موقعیت و سرعت آگاهی کامل کسب نمایند.
- 3\_ دانش آموزان باید با اهمیت موضوعات هذا آشنا شده و بتوانند در زندگی روزمره شان تطبیق نمایند.

## بخش اول: مفهوم حرکت یک بعدی

آیا تا بحال حرکت روی مسیر مستقیم را دیده‌اید؟ حرکت به امتداد خط مستقیم روی یکی از محاورات  $x$  یا  $y$  و یا  $z$  را حرکت یک بعدی می‌گویند؛ که در آن مسیر حرکت، مسیر مستقیم است؛ که به نام حرکت مستقیم الخط نیز یاد می‌کنند؛ مانند حرکت یک موتور به روی مسیر مستقیم سرک فیرشده و یا مسیر حرکت پرتاب جسم به طرف زمین نیز از جمله حرکات مستقیم الخط می‌باشند؛



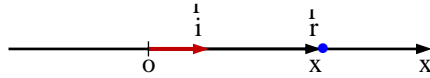
- ☆ این جسم متحرک در لحظه‌های زمانی  $t_1$ ،  $t_2$ ،  $t_3$  و  $t_4$  به ترتیب در موقعیت‌های A، B، C و D روی مسیر مستقیم نشان می‌دهد.
- ☆ در حرکت به امتداد خط مستقیم اگر مبدأ را روی مسیر اختیار کنیم؛ وکتورهای موقعیت و وکتورهای تغییر مکان هم جهت هستند و این سبب می‌شود که محاسبه بر روی این وکتورها به سادگی انجام پذیرد.

## وکتور موقعیت و تغییر موقعیت

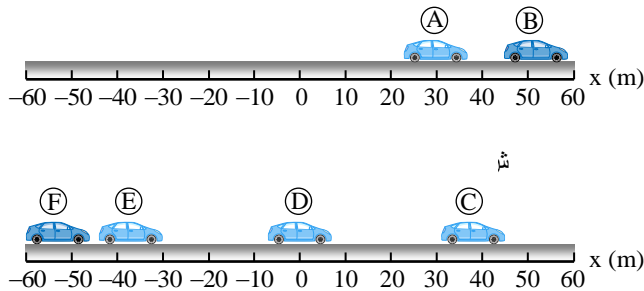
قبلاً گفتیم که در حرکات یک بعدی وکتور موقعیت و تغییر موقعیت هم جهت می‌باشند؛ در شکل زیر جسمی بر روی محور  $x$  نمایش داده شده است. مکان جسم با وکتور  $\vec{r}$  را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\vec{r} = x\hat{i} \quad \vee \quad |\vec{r}| = x$$

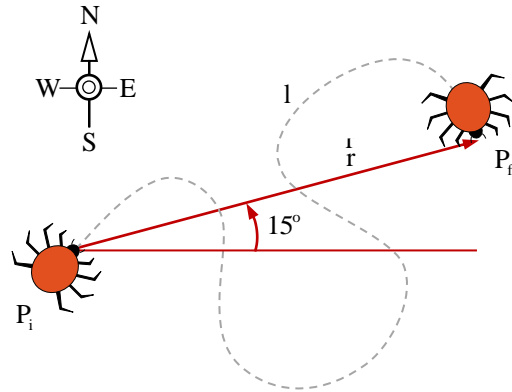
در این رابطه  $\vec{r}$  وکتور موقعیت،  $|\vec{r}|$  مقدار وکتور موقعیت و  $\hat{i}$  وکتوری واحد که در جهت محور  $x$  است.



برای همیشه موقعیت جسم را از مبدأ، وکتور موقعیت نشان می‌دهد؛ و اگر در مسیر مستقیم جسم متحرک در نقطه A از مبدأ  $\vec{r}_1$  و در نقطه B از مبدأ  $\vec{r}_2$  نشان داده شود؛ مانند شکل زیر که موتور به سمت راست حرکت می‌کند؛ و در شکل زیر موتور به سمت چپ از سمت نقطه C تا نقطه F تغییر موقعیت داده است؛ پس می‌توانیم بگوییم که تغییر موقعیت موتور در هر نقطه به اندازه  $\Delta\vec{r}$  می‌باشد؛ این وکتور را به نام وکتور تغییر موقعیت (displacement) یاد می‌نمایند؛ که در حرکات مستقیم الخط مقدار  $\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$  با  $\Delta x = x_2 - x_1$  مساوی است و جهت آن همیشه مستقیم، هم جهت به مسیری جسم متحرک می‌باشد.



اگر بخواهیم که گراف حرکت موتور را روی محور  $x$  رسم نماییم؛ در قدم اول محاورات  $(x-t)$  را عموداً بالای هم در واحدهای SI رسم نموده که محور حرکت به صورت عمودی و محور زمان افقی باشند، شکل (8.4)؛ که حرکت موتور از فاصله 30 متری از مبدأ در زمان  $t=0$  قرار داشته شروع می‌گردد؛ در صورتی که گراف در هر 20 متری، زمان 10 ثانیه سپری گردد؛ و گراف آن را چنین رسم می‌کنیم.



☆ **تیزی متوسط (average speed)** معیاری است که نشان می‌دهد یک جسم با چه تندی در فضا حرکت می‌کند که ضمناً یک کمیت اسکالری است. فرض کنید جسمی در مدت زمان  $t$  مسافت  $l$  را می‌پیماید تیزی متوسط چنین تعریف می‌گردد.

$$\text{تیزی متوسط} = \frac{\text{مسافت کل طی شده}}{\text{زمان صرف شده}}, \quad \bar{S} = \frac{l}{t}$$

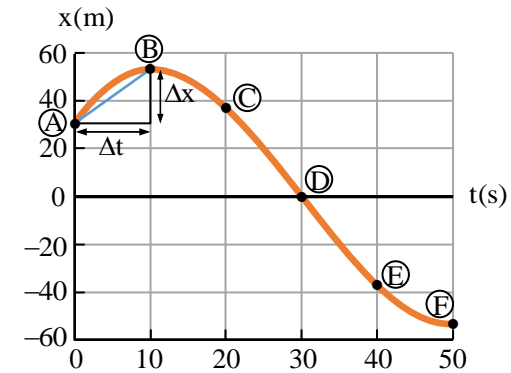
☆ و یا اگر جسم متحرک فاصله  $l_1$  را در زمان  $t_1$ ، فاصله  $l_2$  را در زمان  $t_2$ ، و همین قسم فاصله  $l_n$  در زمان  $t_n$  طی نموده باشد؛ تیزی متوسط را می‌توان توسط رابطه ذیل محاسبه کرده می‌توانیم.

$$\bar{S} = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

☆ باید گفت که تیزی متوسط می‌تواند در فضای یک بعدی، دو بعدی و یا سه بعدی مطالعه گردد؛ واحد روزمره تیزی **mile/hr** است، اما در کارهای علمی بهتر است از واحد کیلومتر بر ساعت یا **(km/hr)** بهتر یا مناسب‌تر از متر بر ثانیه **(m/s)** استفاده می‌کنیم.

**مثال (1):** شاگردی با یک موتور در 30 دقیقه، 10 کیلومتر رانندگی می‌کند تیزی متوسط او از جنس **m/s** چقدر است.

**حل:** معادله مربوط به  $\bar{S} = l/t$  است. در این جا  $l$  برحسب کیلومتر و  $t$  بر حسب دقیقه است، بنابراین اولین کار تبدیل 10 کیلومتر به متر و 30 دقیقه به ثانیه است.  
 $1000 \text{ m/km} = 10.0 \times 10^3 \text{ m}$  (10 km) و هر دقیقه 60 ثانیه می‌گردد؛ که  
 $1800 \text{ s} = (60 \text{ s/min}) (30 \text{ min})$  می‌باشد؛ حال باید  $\bar{S}$  را محاسبه و پاسخ عددی را تا سه رقم با معنا ارائه دهیم



مبحث گراف را بعداً نیز مطالعه خواهیم کرد.

### مفهوم تیزی و سرعت

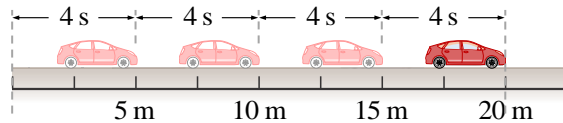
- ☆ تعریف تیزی: مسافت طی شده در فی واحد زمان بنام تیزی یاد می‌شود.
- ☆ تعریف سرعت: فاصله طی شده در فی واحد زمان بنام سرعت یاد می‌شود.

کمیت‌های اسکالری با اعداد معمولی مشخص می‌شوند و جمع و تفریق آن‌ها نیز از راه‌های معمولی انجام می‌شود. دو کلوچه در یک جعبه با هفت کلوچه جمعاً نه کلوچه می‌شود. اما در این مبحث در مورد تیزی چیزی بحث نکردیم؛ حال می‌توانیم بگوییم که تیزی نیز از جمله کمیت اسکالری می‌باشد؛ اگر شما سوار وسیله نقلیه‌ی شوید و مسافتی را طی کنید که ما آن را به حرف  $l$  نشان می‌دهیم. فرض کنید پس از آن کیلومتر شمار 100 مایل (معادل 161 کیلومتر) را نشان می‌دهد: یعنی این مقدار از مسیر را بدون توجه به تپه‌ها یا پیچ‌ها طی کرده‌اند. به همین ترتیب، حشره در شکل زیر مسافت  $l$  را در امتداد مسیری مارپیچ طی کرده است:  $l$  طول مسیر نیز نامیده می‌شود و یک کمیت اسکالری است (در ضمن برای فاصله معمولاً از  $d$  استفاده نمی‌کنند زیرا این حرف به طور گسترده برای نمایش مشتق استفاده می‌شود).

## گراف موقعیت - زمان

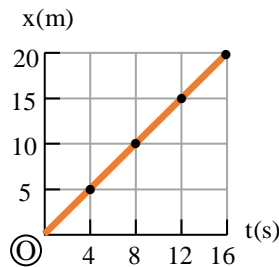
برای این که بتوانیم گراف موقعیت - زمان ( $x-t$ ) را درک کنیم؛ باید معادله حرکت را بدانیم که چطور می تواند نقش اساسی در این گراف داشته باشد؛ رابطه ریاضی بین فاصله طی شده و زمان سپری شده یک جسم متحرک را معادله حرکت همان جسم گویند که به شکل  $x = f(t)$  یا  $y = g(t)$  یا  $z = h(t)$  نوشته می شوند و این بدان معنی است که فاصله طی شده تابع زمان است؛ که  $x$  یا  $y$  یا  $z$  را به نام تابع  $t$  (زمان) را متحول یاد می کنیم؛ اما ما در این مبحث معادله  $x = f(t)$  را مطالعه می کنیم. و باید گفت که برای ترسیم این گراف باید متحول ( $t$ ) را روی محور افقی و ( $x$ ) را روی محور قائم مشخص می کنیم.

**مثال (4):** موتوری را در نظر بگیرید که به ترتیب در انتروال های زمانی  $t_1 = 4\text{ s}$ ،  $t_2 = 8\text{ s}$ ،  $t_3 = 12\text{ s}$  و  $t_4 = 16\text{ s}$  مطابق شکل (8.6) در موقعیت های  $x_1 = 5\text{ m}$ ،  $x_2 = 10\text{ m}$ ،  $x_3 = 15\text{ m}$  و  $x_4 = 20\text{ m}$  قرار دارد. گراف موقعیت - زمان را رسم نموده و اگر سرعت موتور در تمام اوقات ثابت باشد، معادله حرکت موتور را نیز بنویسید.



ش

**حل:** در قدم اول باید محورات (زمان به شکل افقی و موقعیت به شکل عمودی) رسم گردند؛ و تفاضل فاصله 5 m و از زمان 4 s انتخاب می کنیم. مانند شکل (8.7). بعد نقاط تقاطع شده را با هم وصل می دهیم



ش

در گراف دیده می شود که موتور فواصل مساوی را در اوقات مساوی طی نموده و گراف آن به شکل خط مستقیم نشان داده شده است؛ معادله حرکت آن را از رابطه ریاضی طور زیر دریافت می کنیم

$$x = f(t) = \left( \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \right) t = \left( \frac{10 - 5}{8 - 4} \right) t = \frac{5}{4} t = 1.25t$$

$$\bar{S} = \frac{1}{t} = \frac{10.0 \times 10^3 \text{ m}}{1800 \text{ s}} = 5.56 \text{ m/s}$$

**مثال (2):** یک روبات در حالی که با تیزی ثابت  $4.25 \text{ m/s}$  در یک کارگاه ماشین سازی می لغزد؛ مسافت  $17.0 \text{ m}$  را طی می کند. این سفر چه مدت طول کشیده است.

**حل:** چون تیزی ثابت است معادله مربوط  $S = 1/t$  است. که نظر به قاعده ریاضی داریم که

$$t = \frac{1}{S} = \frac{17.0 \text{ m}}{4.25 \text{ m/s}} = 4.00 \text{ s}$$

**مثال (3):** یک بایسکل سوار که بر روی خط مستقیم حرکت می کند، 100 متر اول را در مدت  $20 \text{ s}$ ، 200 متر بعدی را در مدت  $30 \text{ s}$  و 100 متر آخر را در مدت  $20 \text{ s}$  طی می کند. تیزی متوسط این بایسکل سوار در کل مدت حرکت را از جنس  $\text{km/h}$  محاسبه کنید.

**حل:** نظر به فورمول تیزی متوسط داریم که:

$$\bar{S} = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{t_1 + t_2 + t_3} = \frac{(100 + 200 + 100) \text{ m}}{(20 + 30 + 20) \text{ s}} = \frac{40 \text{ m}}{7 \text{ s}} = 5.71 \text{ m/s}$$

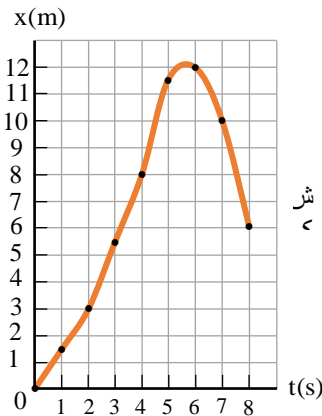
☆ **کمیت های وکتوری:** یک مفهوم فیزیکی است که به طور ذاتی جهت دار است و با در دست داشتن بزرگی (یعنی اندازه) و جهت می تواند محاسبه شود. بسیاری از مفاهیم فیزیکی نظیر تغییر موقعیت، سرعت، قوه و اندازه حرکت وکتوری اند. به طوری کلی یک وکتور (که بیان گر مقدار مشخصی از یک کمیت وکتوری است) به صورت خطی جهت دار نشان داده می شود که جهت و بزرگی این وکتور را مشخص می کند.

☆ **سرعت (Velocity):** کمیت وکتوری است که بر گیرنده تغییرات فاصله نظر به زمان در جهت حرکت است، در حرکات یک بعدی اگر جسمی در باره زمانی  $\Delta t$  وکتور تغییر موقعیت  $\Delta x$  را طی کند، آن گاه:

$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{وکتور تغییر موقعیت}}{\text{زمان سپری شده}}, \quad \bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

**نکته مهم:** واحد سرعت برابر است با فاصله تقسیم بر زمان ← مانند  $\text{m/s}$  یا  $\text{km/hr}$ . در حرکت یک بعدی وکتور سرعت با وکتور تغییر مکان هم جهت اند؛ که در دروس بعدی سرعت متوسط را دوباره مورد مطالعه قرار خواهیم کرد.

حل: پس رسم محورات زمان و موقعیت جوره‌های مرتب داده شده را نشانی نموده و سپس این نقطه‌ها را به هم وصل می‌دهیم؛ که در نتیجه گراف  $(x-t)$  رسم می‌گردد مانند شکل (8.9)



اگر جسم هیچ حرکتی را انجام ندهد و ایستاده باشد؛ در آن صورت گراف  $(x-t)$  به شکل مستقیم موازی با محور زمان یا عمود با محور حرکت در همان فاصله که از مبدأ قرار دارد نشان داده می‌شود.

### سرعت متوسط (V)

تغییرات سرعت در فی واحد زمان بنام سرعت متوسط یاد میشود.

در شکل زیر نشان می‌دهد که وکتور در جهت محور  $x$  قرار دارد؛ مؤلفه  $x$  تغییر موقعیت همان تغییر  $x$ ،  $(277 \text{ m} - 19 \text{ m}) = 258 \text{ m}$ ، است که در طی انترال زمانی  $(4.0 \text{ s} - 1.0 \text{ s}) = 3.0 \text{ s}$  اتفاق افتاده است. سرعت متوسط موتور را در طی این مقطع زمانی به صورت یک کمیت وکتوری تعریف می‌کنیم که مؤلفه  $x$  آن، تغییر  $x$  تقسیم بر مقطع زمانی است:  $(258 \text{ m}) / (3.0 \text{ s}) = 86 \text{ m/s}$ .

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

موتور فقط در امتداد محور  $x$  حرکت می‌کند بنابراین مؤلفه‌های  $y$  و  $z$  تغییرات موقعیت برابر با صفرند. همین‌طور مقطع زمانی  $t_1$  تا  $t_2$  برابر  $\Delta t$  است، تغییر کمیت  $t: \Delta t = t_2 - t_1$  (لحظه نهایی تفریق لحظه اولیه).

چون می‌دانستیم که  $v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$  سرعت ثابت موتور را نشان می‌دهد که به نام میل معادله حرکت یاد می‌گردد؛ پس  $x = f(t) = vt = 1.25t$  می‌باشد.

**مثال (5):** اگر معادله حرکت جسم متحرک  $x = -t^2 + 4t - 3$  در SI داده شده باشد؛ گراف  $(x-t)$  را رسم نمایید.

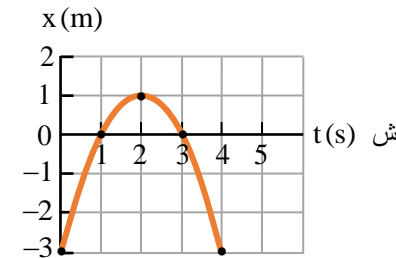
حل: مانند گراف توابع ریاضیکی نقاط تقاطع با محور زمان را دریاف می‌کنیم که باید  $x = 0$  گردد

$$-t^2 + 4t - 3 = 0 \Rightarrow (-t+1)(t-3) = 0 \Rightarrow t_1 = 1, t_2 = 3$$

حالا تقاطع با محور  $x$  باید  $t = 0$  گردد

$$x = f(0) = -0^2 + 4 \cdot 0 - 3 = -3$$

گرافی که رسم می‌گردد شکل پارابولا را خواهد داشت و دهن پارابولا به سمت پایین باز است چون ضریب  $t^2$  کوچک‌تر از صفر می‌باشد؛ حال محورات را رسم می‌کنیم شکل (8.8).

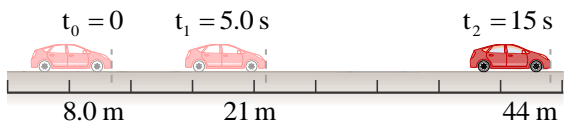


موقعیت اولی جسم متحرک روی مسیر مستقیم از مبدأ به فاصله  $3 \text{ m}$  است که پس از گذشت  $1$  ثانیه در مبدأ می‌رسد و تا فاصله  $1 \text{ m}$  از مبدأ فاصله می‌گیرد و دوباره از همان مسیر به سمت مبدأ عقب بر می‌گردد؛ و در ثانیه سوم به مبدأ می‌رسد و پس از گذشت  $4$  ثانیه از مبدأ دوباره  $3 \text{ m}$  فاصله می‌گیرد.

**مثال (6):** در نمودار (بالا) فاصله جسم متحرک را تا مبدأ در لحظه‌های داده شده نشان می‌دهد؛ گراف  $(x-t)$  این متحرک را رسم نمایید.

t(s)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
x(m)	0	1.5	3	5.5	8	11.5	12	10	6

**مثال (8):** در شکل (8.12) موقعیت موتری را که در حال حرکت روی محور  $x$  است در زمان‌های متفاوت نشان داده شده است.



(الف) اندازه تغییر موقعیت را در مقطع‌های زمانی  $t_1 - t_0$  و  $t_2 - t_1$  را به دست آورید.

(ب) سرعت متوسط این موتر را در هر یک از این مقطع‌های زمانی محاسبه کنید.

**حل:** (الف) تغییر موقعیت در انتروال زمانی  $\Delta t = t_1 - t_0 = 5.0 \text{ s}$  برابر است با  $\Delta x = x_1 - x_0 = 21 \text{ m} - 8.0 \text{ m} = 13 \text{ m}$  و تغییر موقعیت در انتروال زمانی  $\Delta t = t_2 - t_1 = 10 \text{ s}$  مساوی با  $x_2 - x_1 = 44 \text{ m} - 21 \text{ m} = 23 \text{ m}$ .

(ب) با تقسیم هر یک از فاصله‌های طی شده در انتروال زمانی مربوطه آن سرعت متوسط به دست می‌آید یعنی:

$$\bar{v}_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{13 \text{ m}}{5.0 \text{ s}} = 2.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{در انتروال زمانی } t_1 - t_0$$

$$\bar{v}_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{21 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 2.1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{در انتروال زمانی } t_2 - t_1$$

**مثال (9):** در داخل موتر خود در یک سرک مسقیم رانندگی می‌کنید. سرعت موترتان  $43 \text{ mi/h}$  است و با این سرعت  $5.2 \text{ mi}$  را طی می‌کنید. اینجا تیل موترتان تمام می‌شود و شما ناچار می‌شوید  $1.2 \text{ mi}$  دیگر تا نزدیک‌ترین تانک تیل پیاده می‌روید و زمان این پیاده روی  $27 \text{ min}$  است. (الف) سرعت متوسط شما، از زمانی که موتر به راه افتاد تا زمانی که به تانک تیل رسیدید، چقدر است؟ (ب) گراف موقعیت - زمان ( $x-t$ ) این مسیر را نشان دهید.

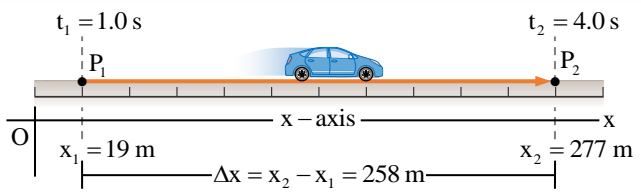
**حل:** (الف) برای این که سرعت متوسط را به دست بیاورید باید  $\Delta x$  یعنی کل مسافتی را که طی نموده‌اید (تغییر موقعیت شما)، و  $\Delta t$  یعنی زمان سپری شده را بدانید. این دو کمیت عبارت‌اند از

$$\Delta x = 5.2 \text{ mi} + 1.2 \text{ mi} = 6.4 \text{ mi}$$

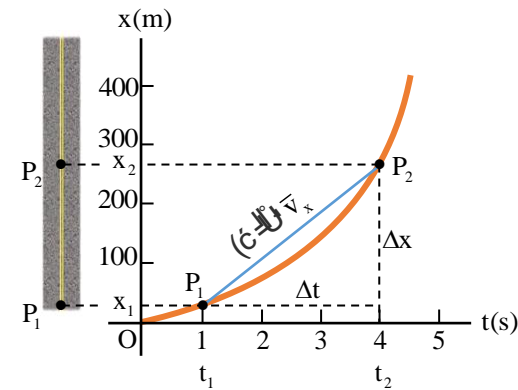
و

$$\Delta t = \frac{5.2 \text{ mi}}{43 \text{ mi/h}} + 27 \text{ min} = 34 \text{ min} = 0.57 \text{ h}$$

بنابراین، نظر با فورمول سرعت متوسط داریم که



و یا در شکل زیر گراف مکان موتر بر حسب زمان، یعنی گراف ( $x-t$ )، را نشان می‌دهد. منحنی مسیر موتر را در فضا نشان نمی‌دهد. بلکه مسیر موتر یک خط راست است؛ این گراف یک روش تصویری برای نشان دادن تغییر مکان موتر با زمان است. نقاط  $P_1$  و  $P_2$  روی گراف متناظر با نقاط  $P_1$  و  $P_2$



در  $P_2$  مؤلفه  $x$  سرعت متوسط (که از نماد  $\bar{v}_x$  یا  $v_{av-x}$  نشان داده می‌شود) موتر با شیب خط  $P_1P_2$  (یعنی نسبت ضلع عمودی مثلث  $\Delta x$  به ضلع افقی آن  $\Delta t$ ) برابر است.

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



اگر  $x_2 > x_1$  یا  $\Delta x > 0$  باشد سرعت متوسط متحرک مثبت است؛ و اگر  $x_2 < x_1$  یا  $\Delta x < 0$  باشد مقدار  $\bar{v}_x$  منفی است.

**مثال (7):** در دیتای داده شده  $x_1 = 3.5 \text{ m}$ ،  $x_2 = 9.8 \text{ m}$ ،  $\Delta t = 2.0 \text{ s}$  مقدار سرعت متوسط جسم متحرک را دریابید.

**حل:** نظر به فورمول سرعت متوسط داریم که:

$$\bar{v}_x = \frac{x_2 - x_1}{\Delta t} = \frac{9.8 \text{ m} - 3.5 \text{ m}}{2.0 \text{ s}} = \frac{6.3 \text{ m}}{2.0 \text{ s}} = 3.6 \text{ m/s}$$

(پ) 
$$\bar{v}_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{5.00 \text{ m} - 10.0 \text{ m}}{4.00 \text{ s} - 2.00 \text{ s}} = -2.50 \text{ m/s}$$

(ت) 
$$\bar{v}_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-5.00 \text{ m} - 5.00 \text{ m}}{7.00 \text{ s} - 4.00 \text{ s}} = -3.33 \text{ m/s}$$

(ث) 
$$\bar{v}_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{0 - 0}{8.00 \text{ s} - 0} = 0$$

**مثال (8.11):** معادله حرکت جسمی در سیستم SI با رابطه  $x = 2t^2 + 1$  داده شده است؛ سرعت متوسط آن را در انتروال‌های زمانی (الف) 0 تا 2.00 ثانیه، (ب) 1.00 تا 2.00 ثانیه، (پ) 1.00 تا 1.01 ثانیه دریابید.

**حل:** در قدم نخست به صورت جداگانه موقعیت جسم را در زمان‌های داده شده در تایع دریافت می‌کنیم  $x = f(t) = 2t^2 + 1$

$f(0) = 2 \cdot 0^2 + 1 = 1.00$

$f(1.00) = 2 \cdot (1.00)^2 + 1 = 3.00$

$f(1.01) = 2 \cdot (1.01)^2 + 1 = 3.0402$

$f(2.00) = 2 \cdot (2.00)^2 + 1 = 9.00$

اکنون با داشتن فورمول سرعت متوسط داریم که

(الف) 
$$\bar{v}_x = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{9.00 \text{ m} - 1.00 \text{ m}}{2.00 \text{ s} - 0} = 4.00 \text{ m/s}$$

(ب) 
$$\bar{v}_x = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{9.00 \text{ m} - 3.00 \text{ m}}{2.00 \text{ s} - 1.00 \text{ s}} = 6.00 \text{ m/s}$$

(پ) 
$$\bar{v}_x = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{3.0402 \text{ m} - 3.00 \text{ m}}{1.01 \text{ s} - 1.00 \text{ s}} = 4.02 \text{ m/s}$$

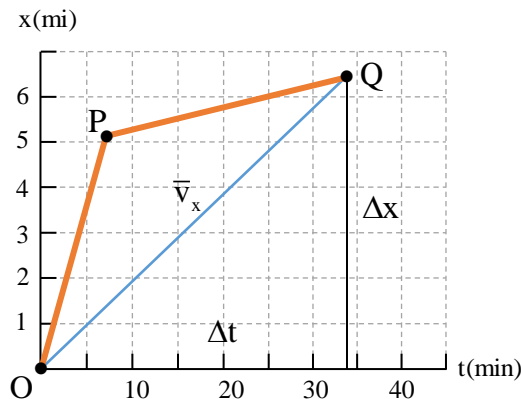
**سرعت لحظه‌ای**

گاهی اوقات سرعت متوسط تمام چیزی که لازم است در مورد حرکت یک ذره بدانند، قادر نیست. برای مثال یک مسابقه بر روی خط راست واقعاً رقابتی است که می‌خواهید ببینید سرعت متوسط،  $\bar{v}_x$ ، چه کسی از همه بیش‌تر است. جایزه به شرکت‌کننده‌ی می‌رسد که بتواند جابه‌جایی  $\Delta x$  از خط شروع تا پایان را در کوتاه‌ترین مقطع زمانی  $\Delta t$  طی کند (شکل زیر

☆ منظور از لحظه چیست؟ توجه کنید که واژه لحظه در فزیک تعریفی تا حدی متفاوت با تعریف آن در زبان محاوره‌ی و روزمره دارد. ممکن است از عبارت "یک لحظه طول کشید" برای اشاره به

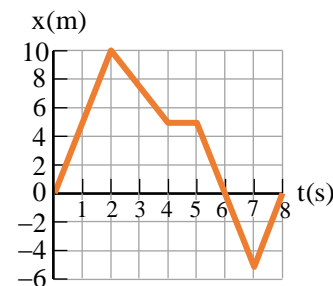
$$\bar{v}_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6.4 \text{ min}}{0.57 \text{ h}} = 11.2 \text{ mi/h}$$

(ب) و با داشتن داده‌های رابطه فوقانی گراف آن را چنین رسم می‌توانیم



در شکل بالا خط‌های که با دریابوری (OP) و پیاده‌روی (PQ) مشخص شده‌اند، حرکت با سرعت‌های ثابت و متفاوت نشان می‌دهد و سرعت متوسط، شیب خط OP است.

**مثال (10):** در شکل (8.14) یک گراف موقعیت - زمان که حرکت جسم را روی محور x نشان داده شده است. سرعت متوسط را در انتروال‌های (الف) 0 تا 2.00 ثانیه، (ب) 0 تا 4.00 ثانیه، (پ) 2.00 تا 4.00 ثانیه، (ت) 4.00 تا 7.00 ثانیه، و (ث) 0 تا 8.00 ثانیه دریابید.



**حل:** نسبت تغییر موقعیت و زمان سپری‌شده سرعت متوسط تعریف می‌گردد؛ اگر تغییر موقعیت صفر باشد، پس سرعت متوسط نیز صفر است؛ سرعت متوسط هر یک از انتروال‌ها قرار زیر است

(الف) 
$$\bar{v}_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{10.0 \text{ m} - 0}{2.00 \text{ s} - 0} = 5.00 \text{ m/s}$$

(ب) 
$$\bar{v}_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{5.00 \text{ m} - 0}{4.00 \text{ s} - 0} = 1.25 \text{ m/s}$$

**حل:** شیب  $d_1$  بیش‌تر از شیب  $d_2$  است و بنابراین  $v_1 > v_2$  است (سرعت در لحظه  $t_1$  بیش‌تر از سرعت در لحظه  $t_2$  است).

**مثال (13):** معادله حرکت یک جسم متحرک در SI به شکل  $x = 3t^2 + 2t + 1$  داده شده است؛ سرعت جسم متحرک را در لحظه  $t = 2.0$  s دریابید.

**حل:** برای به دست آوردن سرعت جسم در لحظه داده شده باید معادله سرعت را داشته باشیم؛ و در آن صورت پس از قیمت گذاری در آن معادله سرعت جسم به دست می‌آید.

$$g(t) = v_x = \frac{dx}{dt} = 6t + 2 \Rightarrow g(2.0) = 6 \cdot (2.0) + 2 = 14$$

پس سرعت جسم متحرک در زمان داده شده  $14 \text{ m/s}$  می‌باشد.

**مثال (14):** اگر معادله حرکت یک جسم در مسیر مستقیم روی محور  $y$  به صورت

$$y = \frac{1}{3}t^3 - 4t + 5$$

در سیستم c.g.s داده شده باشد؛ (الف) جسم متحرک پس از گذشت  $3.0$  ثانیه از مبدأ کدام فاصله را دارد، (ب) سرعت آنرا در ثانیه  $5.0$  - ام دریابید.

**حل:** می‌دانیم که مسیر مستقیم‌الخط جسم روی محور  $y$  داده شده است؛ پس برای دریافت جزء (الف) به عوض  $t$  (زمان) مقدار  $3.0$  ثانیه را قیمت گذاری می‌کنیم

$$y = \frac{1}{3}t^3 - 4t + 5 \Rightarrow y = \frac{1}{3}(3.0)^3 - 4(3.0) + 5 = 2.0 \text{ cm}$$

(ب) مشتق اول حرکت نظر به زمان معادله سرعت به دست می‌آید؛ پس از دریافت معادله سرعت، مقدار زمان داده شده را وضع می‌کنیم

$$y = \frac{1}{3}t^3 - 4t + 5 \Rightarrow y' = v_y = t^2 - 4$$

$$\Rightarrow v_y = (5.0)^2 - 4 = 21 \text{ cm/s}$$

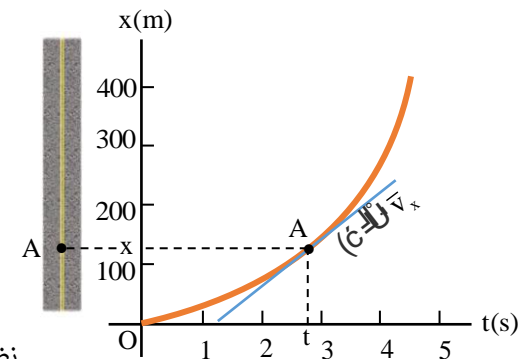
### بخش اول: سوالات تمرینی

#### سوالات مفهومی:

1. حرکت یک بعدی چیست؟ یک مثال از آن ذکر نمایید.
2. تفاوت بین موقعیت و تغییر مکان چیست؟ با مثال توضیح دهید.
3. اگر یک نفر  $100$  متر به سمت شمال حرکت کند و دوباره به نقطه آغاز برگردد، موقعیت نهایی و تغییر مکان او چند متر است؟ چرا؟

چیزی که به مدت یک مقطع زمانی بسیار کوتاه طول کشیده است استفاده کنید. اما در فزیک لحظه ابدأ استمرار و مدت ندارد بلکه به یک مقدار زمانی معین اطلاق می‌شود.

برای به دست آوردن سرعت لحظه‌ای موتور در شکل زیر در نقطه  $P_1$ ، نقطه دوم  $P_2$  را به نقطه اول  $P_1$  نزدیک‌تر و نزدیک‌تر کرده و سرعت متوسط  $\bar{v}_x = \Delta x / \Delta t$  را در طی تغییر موقعیت و زمان هر چه کوتاه‌تر محاسبه می‌کنیم.  $\Delta x / \Delta t$  هر دو بسیار کوچک می‌شوند اما نسبت آن‌ها لزوماً کوچک نمی‌شوند. به زبان ریاضی، لیمت  $\Delta x / \Delta t$  وقتی  $\Delta t$  به صفر تقرب می‌کند سرعت لحظه‌ای مشتق  $x$  نسبت به  $t$  نامیده شده و به صورت  $dx/dt$  نوشته می‌شود. و یا لیمت سرعت متوسط وقتی که مقطع زمانی به صفر تقرب می‌کند؛ و یا در گراف داده شده مسیر حرکت موتور را نشان می‌دهد که سرعت لحظه‌ای از دید ریاضی با کوچک شدن تدریجی  $\Delta t$ ، سرعت متوسط به چه صورتی در می‌آید. به این منظور گراف موقعیت - زمان را در نظر بگیرید. از این گراف در می‌یابیم اگر مقطع زمانی  $\Delta t$  کوچک و کوچک‌تر شود، نقطه  $P_1$  به نقطه  $P_2$  نزدیک و نزدیک‌تر می‌شود و سرانجام خط  $P_1P_2$  در نقطه  $A$  بر گراف مماس می‌گردد. شیب خط مماس را در این حالت، سرعت لحظه‌ای جسم در لحظه  $t$  می‌نامیم.



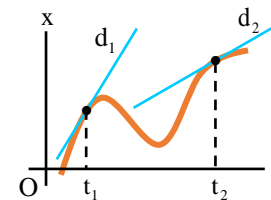
نظر به تعریف بالای سرعت

لحظه‌ای را چنین می‌نویسیم:

$$v_x = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

مقطع زمانی  $\Delta t$  همیشه مثبت است بنابراین علامت الجبری  $\Delta x$  با علامت الجبری  $v_x$  یکی است.

**مثال (12):** در شکل (8.16) مماس  $d_1$ ، در لحظه  $t_1$  و مماس  $d_2$  در لحظه  $t_2$  نشان داده شده اند. در کدام لحظه سرعت بیش‌تر است؟



## سوالات محاسبه‌ای:

- یک موتور در مدت ۲ ساعت، ۱۲۰ کیلومتر مسافت را طی می‌کند. سرعت متوسط آن چند است؟
- اگر یک شاگرد در ۴ ثانیه، ۸ متر حرکت کند، سرعت متوسط او را محاسبه کنید.
- اگر سرعت لحظه‌ای یک موتور ۶۰ کیلومتر در ساعت باشد، معنی آن چیست؟

## تحلیل گراف:

- اگر در یک گراف سرعت-زمان، خط مستقیم و افقی باشد، چه چیزی را نشان می‌دهد؟
- اگر گراف سرعت-زمان به سمت بالا صعود کند، چه مفهومی دارد؟
- یک گراف ساده‌ی سرعت-زمان رسم کنید که حرکت یکنواخت را نشان دهد.

## کاربردهای زندگی روزمره:

- در کدام موارد روزمره از مفاهیم موقعیت و سرعت استفاده می‌کنید؟ دو مثال ذکر کنید.
- چرا دانستن سرعت لحظه‌ای در هنگام رانندگی مهم است؟
- هنگام رفتن از خانه تا مکتب، چگونه می‌توانید سرعت متوسط خود را حساب کنید؟

## بخش دوم: فعالیت‌های صنفی

## ◆ فعالیت ۱: مسابقه حرکت در خط مستقیم

- شاگردان در فضای باز یا راهرو صنف، فاصله ۱۰ متر را در خط مستقیم می‌دوند.
- یک شاگرد زمان را با ساعت اندازه می‌گیرد.
- هر شاگرد سرعت متوسط خود را محاسبه می‌کند و نتیجه با دیگران مقایسه می‌شود.

## ◆ فعالیت ۲: رسم گراف موقعیت و سرعت

- جدول داده شده:

موقعیت (متر)	زمان (ثانیه)
۰	۰
۴	۲
۸	۴
۱۲	۶

- شاگردان گراف موقعیت-زمان و سپس سرعت-زمان را رسم می‌کنند.
- بررسی می‌شود که آیا حرکت یکنواخت بوده یا نه.

## ◆ فعالیت ۳: کار گروهی - کاربرد مفاهیم در زندگی

- شاگردان به گروه تقسیم می‌شوند.
- هر گروه فهرستی از موارد کاربرد موقعیت، سرعت و تغییر مکان را در زندگی روزمره تهیه می‌کند.
- نتایج روی تخته یا کاغذ نوشتاری ارائه می‌شود.

## ◆ فعالیت ۴: نمایش عملی (نقش‌آفرینی)

- یک شاگرد نقش موتور، یکی نقش زمان‌گیر و دیگری نقش ثبت‌کننده موقعیت را بازی می‌کند.
- حرکت نمایشی در صنف یا حویلی مکتب اجرا می‌شود.
- شاگردان دیگر سرعت متوسط و موقعیت را حساب و تحلیل می‌کنند