علـــوی

فیزیک ۳ (رشـته ریاضی و فیزیک)

مازیار چراغی– حسن عباسی فشمی

مجموعه کتاب‌های همراه علـــوی

سخن ناشر

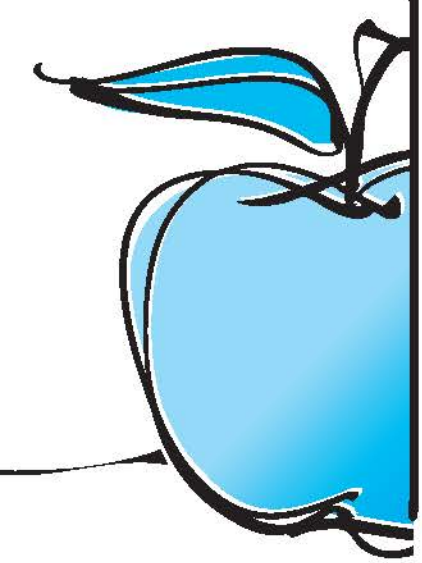
سرآغاز هر نامه نام خداست که بی نام او نامه یکسر خطاست

سپاس خدای را سزاست که اندیشهٔ انسانی را از طریق الهام با علم الهی پیوند زد و غبار تفکر بشری را با ظهور وحی ناب شست‌وشو داد و راهی رسا و نمایان در مقابل انسان گشود.

مؤسسهٔ علوی طی سالیان متمادی، با ارائه خدمات فرهنگی و آموزشی، مفتخر است که توانسته تا حد توان در راه اعتلای کیفی فرهنگ و آموزش گام بردارد و با توجه به این رسالت خطیر و جامعیت بخشیدن به برنامه‌های آموزشی خویش اقدام به تهیه مجموعهٔ حاضر نماید.

کتاب پیش رو برای دانش‌آموزان پایهٔ دوازدهم منطبق با آخرین نسخهٔ کتاب درسی تألیف شده است، همچنین این کتاب برای آمادگی و تسلط کامل بر دروس پایه دهم و یازدهم می‌تواند بسیار آموزنده و مفید باشد.

مؤلف کتاب در مقدمه به شیوایی رئوس مطالب را شرح داده است، پس سخن را کوتاه و شما را به مطالعه کتاب دعوت می‌نماییم. امیدواریم آموزش این کتاب، به رشد و شکوفایی علم و دانش و پرورش شایستگی‌ها در نسل جوان یاری رساند. در خاتمه از همهٔ دست‌اندرکاران محترم که در مسیر پر فراز و نشیب تدوین و نشر کتاب زحمات فراوانی کشیده‌اند سپاسگزاری می‌نماییم و از تمامی شما عزیزان خواهشمندیم جهت بهبود و ارتقای سطح کیفیت کتاب پیشنهادات و انتقادات خود را از طریق سایت alavi.ir و شماره های تماس ذکر شده در صفحه شناسنامه با ما در میان بگذارید.



مقدمه مؤلف

«تنها منبع دانش تجربه است.» آلبرت انشتین

فیزیک اگر زیباترین علم جهان نباشد، یکی از زیباترین‌هاست. فیزیک علم شناخت طبیعت است و مطالب آن دارای جذابیت خاصی هستند و درصورتی‌که خوب بیان شوند بر جذابیت آن‌ها افزوده می‌شود، ولی اگر بد بیان شوند بسیار کسل‌کننده و ملال‌آور خواهند بود.

کتابی که پیش رو دارید در همین راستا شامل درسنامه‌ای جامع و کاربردی است که در آن تلاش شده مفاهیم، با زبانی ساده و روان به خواننده ارائه شود تا بدون احساس خستگی و کسالت از خواندن آن‌ها لذت ببرد.

برای موفقیت در کنکور علاوه بر تسلّط بر مفاهیم و فرمول‌های فیزیکی باید توانایی بالایی در حل مسئله داشته باشید که این امر جز با حل تست‌های مختلف و ایده‌دار به دست نخواهد آمد. با حل تست‌هایی از این نوع نه تنها درک شما از مفاهیم فیزیکی عمیق‌تر می‌شود؛ بلکه با مهارتی که در پاسخگویی سؤالات پیدا می‌کنید انگیزه‌ی شما برای مطالعه افزایش پیدا خواهد کرد.

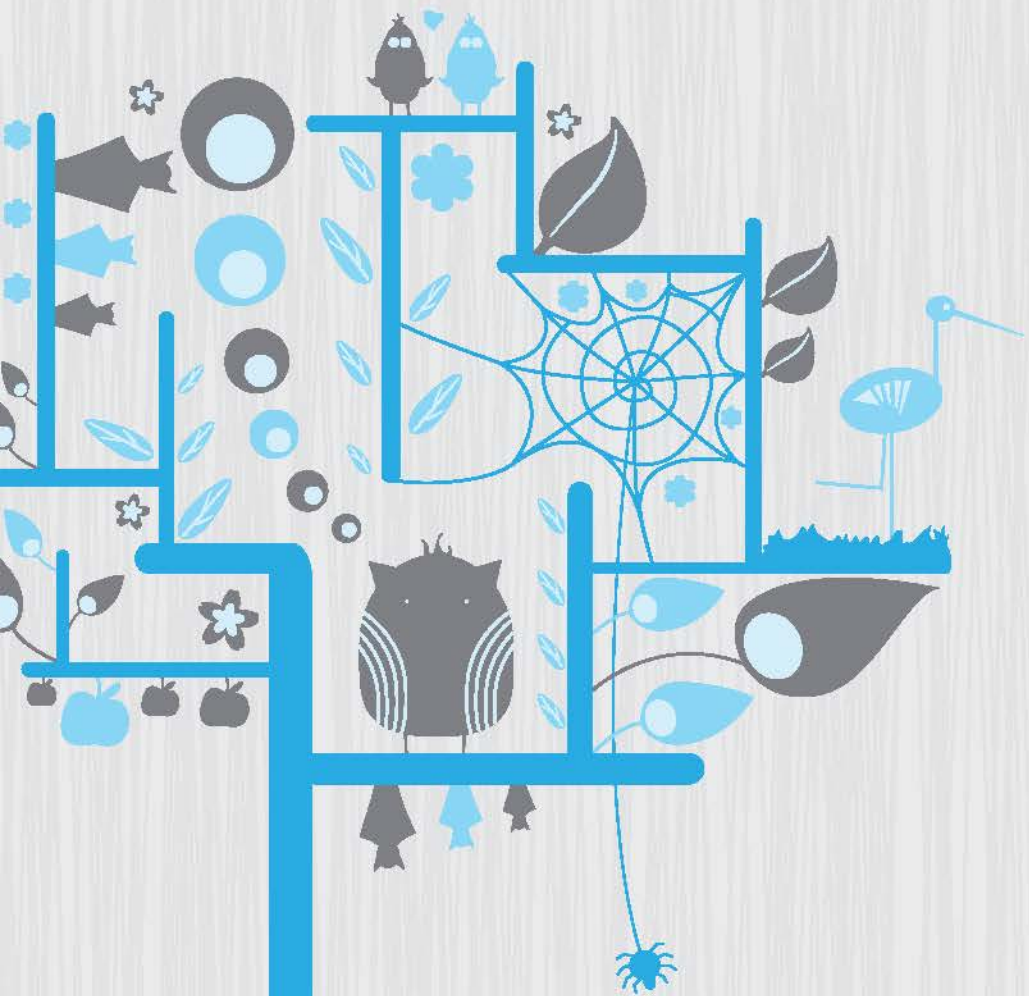
کتاب فیزیک همراه علوی شامل مجموعه‌ای از تست‌های تألیفی و تست‌های کنکور سراسری است که تمام بخش‌های کتاب دوازدهم را با توجه به آخرین تغییرات کتاب به خوبی پوشش داده است. تست‌های آموزشی جهت فراگیری روش‌های حل مسئله و تست‌های تثبیتی برای افزایش مهارت گنجانده شده است.

در پایان هر فصل، مجموعه سؤالات جمع‌بندی آورده شده که ترکیبی از سؤالات درسنامه‌های هر فصل می‌باشد. به داوطلبان پیشنهاد می‌کنیم که پاسخ تشریحی تمام سؤالات را مطالعه کنند تا دیدشان نسبت به روش‌های حل تست عمق و غنای بیشتری پیدا کند.

در پایان از استاد سیروس نصیری به‌دلیل اعتمادی که به تیم تألیف داشته‌اند؛ از سرکار خانم فاطمه اسدی به خاطر پیگیری مجدّانه و دلسوزانه‌شان کمال تشکر و سپاس را داریم.

تقدیم به:

- همهٔ آن‌ها که تا امروز در مسیر آموزش تلاش کرده‌اند.
- و شما که قرار است در آیندهٔ نزدیک، نقش علمی مهمی ایفا کنید.



فهرست

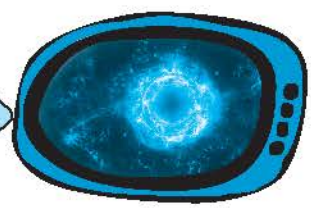
فصل اول: حرکت بر خط راست ۷

فصل دوم: دینامیک و حرکت دایره‌ای ۷۵

فصل سوم: نوسان و موج ۱۳۸

فصل چهارم: برهم کنش‌های موج ۱۹۰

فصل پنجم: آشنایی با فیزیک اتمی ۲۴۱


فصل ششم: آشنایی با فیزیک هسته ۲۸۴

آزمون‌های جامع ۳۲۰

حرکت بر خط راست

روابط سرعت و تندی متوسط:

$\overrightarrow{V_{av}} = \frac{\overrightarrow{\Delta x}}{\Delta t}$ سرعت متوسط [$\tan\theta = \frac{\overrightarrow{\Delta x}}{\Delta t} = \overrightarrow{V_{av}}$ (شیب خط واصل در نمودار مکان- زمان) برابر سرعت متوسط است]

$S_{av} = \frac{L}{\Delta t}$ تندی متوسط

محاسبه جابه‌جایی و مسافت از روی نمودار سرعت زمان

روابط شتاب متوسط:

جابه‌جایی کل $\Rightarrow \overrightarrow{\Delta x} = \underset{\text{بالای محور}}{|S_1|} - \underset{\text{پایین محور}}{|S_2|}$

مسافت کل $\Rightarrow L = |S_1| + |S_2|$

$\vec{a}_{av} = \frac{\vec{V}_2 - \vec{V}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\overrightarrow{\Delta V}}{\Delta t}$ شتاب متوسط [$\tan\theta = \frac{\overrightarrow{\Delta V}}{\Delta t} = a_{av}$ (شیب خط واصل در نمودار سرعت- زمان) برابر شتاب متوسط است]

روابط حرکت یکنواخت:

معادله حرکت در حرکت یکنواخت $X = vt + X_0$ یا $\Delta x = vt$

روابط سرعت متوسط:

$$\begin{cases} V_{av} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots} & \frac{1}{V_{av}} = \frac{\alpha}{V_1} + \frac{\beta}{V_2} + \dots \quad \alpha, \beta \text{ جزئی از مکان کل} \\ V_{av} = \frac{V_1\Delta t_1 + V_2\Delta t_2 + \dots}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots} & V_{av} = \alpha V_1 + \beta V_2 + \cdots \quad \alpha, \beta \text{ جزئی از زمان کل} \\ V_{av} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots}{\frac{\Delta x_1}{V_1} + \frac{\Delta x_2}{V_2} + \dots} & V_{av} = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n}{n} \quad n \text{ بازه زمانی مشابه} \end{cases}$$

معادله‌های حرکت با شتاب ثابت:

$$\begin{cases} V = at + V_0 & \text{معادله سرعت زمان} \\ X = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 & \text{معادله مکان زمان} \\ V^2 - V_0^2 = 2a\Delta x & \text{مستقل از زمان} \\ \Delta x = (\frac{V + V_0}{2}) \times t & \text{مستقل از شتاب} \\ V_{av} = \frac{V + V_0}{2} & \\ \Delta x = (n - 0/5)a + V_0 & \text{جابه‌جایی در ثانیه } n \text{ ام} \\ \Delta x = (n - 0/5)at^2 + v_0t & \text{جابه‌جایی در } t \text{ ثانیه } n \text{ ام} \end{cases}$$

روابط سقوط آزاد:

$$\begin{cases} v = -gt \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 & \text{معادلات حرکت سقوط آزاد اجسام} \\ v^2 = -2gy \end{cases}$$

درس ۱ شناخت حرکت

در علوم سال نهم با مفاهیم اولیه حرکت نظیر تندی، سرعت و... آشنا شدید. در این درس ضمن مرور آموخته‌های قبلی زمینه را برای درک بهتر و دقیق‌تر مفاهیم حرکت فراهم می‌کنیم.

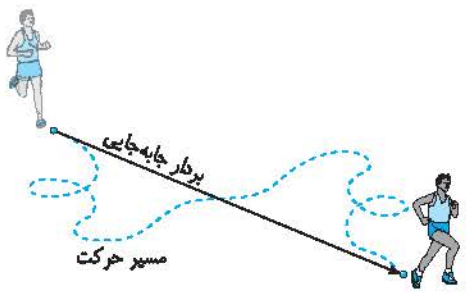
تعریف جابه‌جایی

پاره‌خطی است جهت‌دار که ابتدای مسیر را به انتها متصل می‌کند. جابه‌جایی کمیتی است برداری و معمولاً آن را با حرف d نشان می‌دهند و یکای آن «SI. متر» می‌باشد.

تعریف مسافت

مسافت طول مسیر پیموده شده یا طول ردپای جسم است. مسافت کمیتی است عددی و معمولاً آن را با حرف L نشان می‌دهند و یکای آن در SI مانند جابه‌جایی، متر می‌باشد.

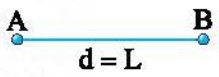
توجه: در شکل زیر، بردار جابه‌جایی یک دونده و تفاوت طول مسیر پیموده شده (مسافت) و جابه‌جایی را مشاهده می‌کنید.



شما هم پیدا کنید:

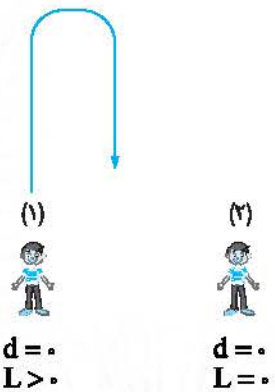
۱) تنها در صورتی اندازهٔ جابه‌جایی با مسافت پیموده شده برابر است که هر دو شرط زیر همزمان برقرار باشند، در غیر این صورت مسافت از اندازهٔ جابه‌جایی بزرگ‌تر است.

۱) متحرک در مسیر مستقیم حرکت کند.



۲) متحرک تغییر جهت ندهد.

۲) در یک رفت و برگشت جابه‌جایی متحرک صفر است، ولی مسافت صفر نیست. مسافت تنها زمانی صفر است که جسم متوقف شده باشد.

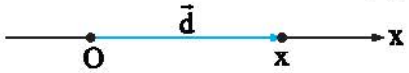


جابه‌جایی بر روی خط راست

اگر متحرک روی خط راست حرکت نماید، محوری مانند x را انتخاب کرده و فرض می‌کنیم که جسم روی آن محور حرکت می‌کند.

تعریف مبدأ مکان: مکان دلخواهی روی محور x که به‌عنوان مبدأ حرکت $(x=0)$ در نظر گرفته می‌شود.

تعریف بردار مکان: برداری که مبدأ حرکت را به مکان جسم در هر لحظه متصل می‌کند، بردار مکان نامیده می‌شود.

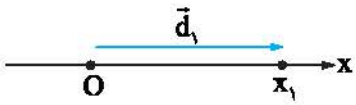


شما هم بدانید:

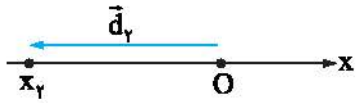
۱) بردار مکان را به کمک بردار یکهٔ محور $x(i)$ به‌صورت زیر می‌توانیم بنویسیم: $\vec{d}=x\vec{i}$

۲) اگر متحرک سمت راست مبدأ حرکت $(x=0)$ باشد، مکان آن مثبت و اگر سمت چپ مبدأ حرکت باشد، مکان آن منفی است.

بردار مکان x: $\vec{d}_1=+x_1\vec{i}$



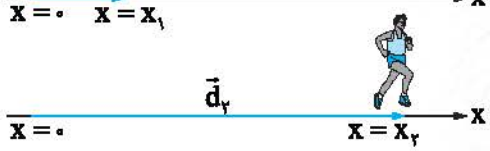
بردار مکان: $\vec{d}_2=-x_2\vec{i}$



محاسبهٔ جابه‌جایی در مسیر مستقیم

برای محاسبهٔ جابه‌جایی در مسیر مستقیم کافی است تفاضل بردار مکان انتها و ابتدا را به‌دست آوریم:

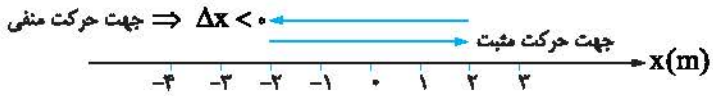
$\vec{d}_1=x_1\vec{i}$



$\vec{d}_2=x_2\vec{i} \Rightarrow \vec{d}=\vec{d}_2-\vec{d}_1=x\vec{i}-x_1\vec{i}=(x_2-x_1)\vec{i}=\Delta x\vec{i}$

شما هم بدانید:

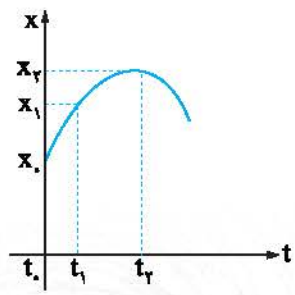
اگر متحرک در جهت مثبت محور x حرکت کند، علامت جابه‌جایی مثبت و اگر در خلاف جهت محور حرکت نماید، جابه‌جایی منفی خواهد بود.



از آنجایی که در این فصل از کتاب تنها جابه‌جایی‌ها در مسیر مستقیم را مورد بررسی قرار می‌دهیم، بنابراین برای نشان دادن جابه‌جایی به جای d از Δx استفاده می‌کنیم. همچنین بردار یکه $\vec{i}$ تنها نشان‌دهندهٔ این است که متحرک در مسیر مستقیم (روی محور x) حرکت می‌کند، می‌توانیم از نوشتن $\vec{i}$ صرف‌نظر کنیم.

تعریف نمودار مکان- زمان

نموداری که مکان متحرک را در زمان‌های مختلف نشـان می‌دهد. در این نمودار محور قائم، مکان (x) و محور افقی، محور زمان (t) می‌باشد.



شما هم بدانید:

۱) نمودار مکان- زمان شکل مسیر حرکت را نشان نمی‌دهد و تنها مکان متحرک را در لحظات مختلف نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال در شکل بالا متحرک در لحظهٔ t_1 در مکان x_1 و در لحظهٔ t_2 در مکان x_2 قرار دارد و در مسیر مستقیم (روی محور x) حرکت کرده و از مکان x_1 به x_2 رفته است.

۲) مکان متحرک در لحظهٔ $t = 0$ مکان اولیه نامیده می‌شود و آن را با x_0 نشان می‌دهند.

تکنیک‌های پیدا کردن جابه‌جایی و مسافت روی نمودار مکان- زمان

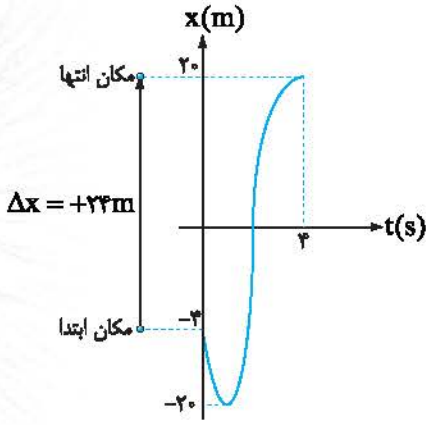
الف) جابه‌جایی: مکان ابتدا و انتها را روی محور مکان (x) مشخص می‌کنیم. جابه‌جایی برابر طول پاره‌خط جهت‌داری است که مکان ابتدا را به انتها وصل می‌کند.

شما هم بدانید:

اگر جابه‌جایی به سمت x های منفی بود، علامت جابه‌جایی منفی و اگر به سمت x های مثبت بود، علامت آن مثبت خواهد بود.

به‌عنوان مثال در نمودار مکان زمان روبه‌رو، جابه‌جایی متحرک در مدت زمان ۴ ثانیه برابر است با:

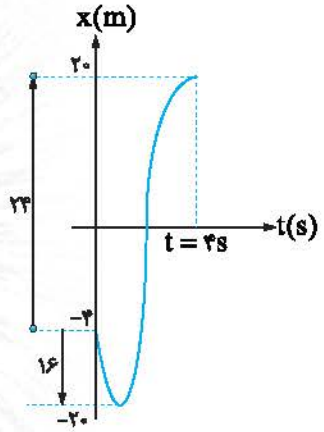
$$[0 \to 4]: \Delta x = +24m$$



ب) مسافت: روی محور مکان از مکان ابتدا به همراه متحرک شروع به حرکت می‌کنیم. هرجا به قله رسیدیم، می‌ایستیم و جهت حرکت را عوض می‌کنیم و دوباره شروع به حرکت می‌کنیم و تا مکان انتها این کار را ادامه می‌دهیم. طول پاره‌خط‌های حاصل را با هم جمع می‌کنیم تا مسافت پیموده شده به‌دست آید.

به‌عنوان مثال در نمودار مکان- زمان زیر، مسافت پیموده شده توسط متحرک در مدت زمان ۴ ثانیه برابر است با:

$$L = 16 + 16 + 24 = 56m$$



سرعت متوسط و تندی متوسط

تعریف سرعت متوسط

❖ **تعریف اول:**

جابه‌جایی تقسیم بر مدت زمان جابه‌جایی سرعت متوسط نامیده می‌شود. سرعت متوسط کمیتی برداری است و معمولاً آن را با $\overrightarrow{V_{av}}$ نشان می‌دهند.

$$\overrightarrow{V_{av}} = \frac{\overrightarrow{\Delta x}}{\Delta t}$$

توجه یکای جابه‌جایی (Δx) و مدت زمان (Δt) در SI به‌ترتیب متر (m) و ثانیه (s) است، بنابراین یکای سرعت متوسط در SI متر بر ثانیه $(\frac{m}{s})$ خواهد بود.

شما هم بدانید:

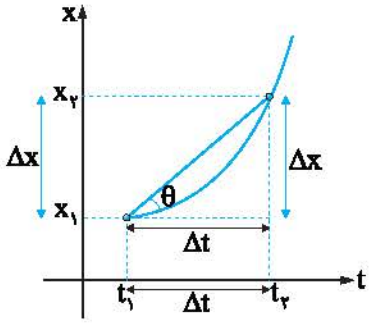
علامت سرعت متوسط نشان‌دهنده جهت حرکت جسم است، به‌طوری‌که اگر جابه‌جایی جسم در جهت مثبت باشد، علامت سرعت متوسط مثبت $(V_{av} > 0)$ و اگر جابه‌جایی جسم در جهت منفی باشد، علامت سرعت متوسط منفی $(V_{av} < 0)$ خواهد بود.

$\frac{\Delta x > 0}{\Delta t > 0} \rightarrow V_{av} > 0$ اگر جسم در جهت مثبت حرکت کند.

$\frac{\Delta x < 0}{\Delta t > 0} \rightarrow V_{av} < 0$ اگر جسم در جهت منفی حرکت کند.

❖ **تعریف دوم:**

شیب خط واصل بین دو نقطه در نمودار مکان- زمان برابر سرعت متوسط است.

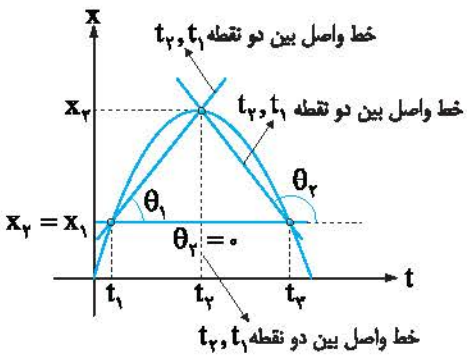


یادآوری: شیب خط در ریاضیات همواره tan زاویه‌ای است که آن خط با محور افقی یا با خط افق می‌سازد.

$$\tan\theta = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} \Rightarrow \tan\theta = \frac{\Delta x}{\Delta t} = V_{av}$$

شما هم بدانید:

اگر شیب خط واصل بین دو نقطه در نمودار مکان- زمان مثبت باشد، سرعت متوسط مثبت $(V_{av} > 0)$، اگر شیب خط واصل منفی باشد، سرعت متوسط منفی $(V_{av} < 0)$ و اگر شیب خط واصل صفر باشد، سرعت متوسط صفر $(V_{av} = 0)$ است.



$\theta_1 < 90 \Rightarrow \tan\theta_1 > 0 \xrightarrow{[t_1 - t_2]\, V_{av} = \tan\theta_1} V_{av} > 0$

$\theta_2 > 90 \Rightarrow \tan\theta_2 < 0 \xrightarrow{[t_2 - t_3]\, V_{av} = \tan\theta_2} V_{av} < 0$

$\theta_3 = 90 \Rightarrow \tan\theta_3 > 0 \xrightarrow{[t_1 - t_3]\, V_{av} = \tan\theta_3} V_{av} = 0$

تعریف تندی متوسط: مسافت طی شده تقسیم بر مدت زمان، تندی متوسط نامیده می‌شود. تندی کمیتی عددی است و آن را با S_{av} نشان می‌دهند.

$$S_{av} = \frac{L}{\Delta t}$$

توجه: یکای مسافت (L) و مدت زمان (Δt) در SI به‌ترتیب متر (m) و ثانیه (s) است، بنابراین یکای تندی متوسط در SI متر بر ثانیه $(\frac{m}{s})$ خواهد بود.

شما هم بدانید:

۱) یکای دیگر تندی و سرعت $\frac{km}{h}$ است که برای تبدیل آن به $\frac{m}{s}$ از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$(\frac{km}{h}) \underset{\times ۳/۶}{\overset{\div ۳/۶}{\rightleftarrows}} (\frac{m}{s})$$

$۱۸\frac{km}{h} \div ۳/۶ \longrightarrow ۵\frac{m}{s}$

$۳۶\frac{km}{h} \div ۳/۶ \longrightarrow ۱۰\frac{m}{s}$

$۵۴\frac{km}{h} \div ۳/۶ \longrightarrow ۱۵\frac{m}{s}$

$۷۲\frac{km}{h} \div ۳/۶ \longrightarrow ۲۰\frac{m}{s}$

۲) برای محاسبهٔ سرعت و تندی متوسط از روی نمودار مکان- زمان کافی است جابه‌جایی و مسافت را با تکنیک‌های ارائه شده به‌دست آورده و آن‌ها را بر مدت زمان تقسیم نماییم.

تندی لحظه‌ای و سرعت لحظه‌ای

تعریف تندی لحظه‌ای: تندی متحرک در هر لحظه از زمان یا در هر نقطه از مسیر را تندی لحظه‌ای می‌نامند.

تعریف سرعت لحظه‌ای: اگر در هنگام گزارش تندی لحظه‌ای به جهت حرکت متحرک نیز اشاره شود، سرعت لحظه‌ای متحرک بیان شده است.

شما هم بدانید:

عقربهٔ تندی‌سنج خودرو، تندی لحظه‌ای خودرو را نشان می‌دهد و هیچ‌گونه اطلاعی در خصوص جهت حرکت خودرو به ما گزارش نمی‌کند و برای اعلام سرعت لحظه‌ای باید جهت حرکت خودرو را بدانیم.

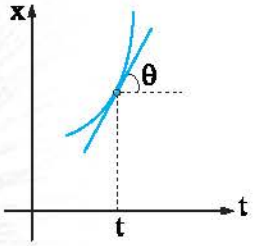
به‌عنوان مثال، اگر درون خودرویی به طرف شمال در حرکت باشید و در نقطه‌ای از مسیر عقربهٔ تندی‌سنج خودروی شما روی $100\frac{km}{h}$ باشد، در این صورت تندی لحظه‌ای خودرو برابر $100\frac{km}{h}$ و با توجه به دانستن جهت حرکت، سرعت لحظه‌ای آن $100\frac{km}{h}$ به طرف شمال است.

تکنیک تعیین سرعت لحظه‌ای به کمک نمودار مکان- زمان

سرعت در هر لحظهٔ دلخواه t، برابر شیب خط مماس بر نمودار در آن لحظه است.

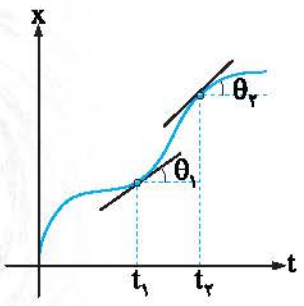
شما هم بدانید:

۱) برای محاسبهٔ سرعت لحظه‌ای از روی نمودار مکان- زمان طراح سؤال باید خط مماس را رسم کرده یا زاویه θ را به ما داده باشد، در غیر این صورت سرعت لحظه‌ای از روی نمودار مکان- زمان قابل محاسبه نیست (زیرا خط مماس برخلاف خط واصل بین دو نقطه به‌طور دقیق بدون ابزار مناسب قابل رسم نیست).



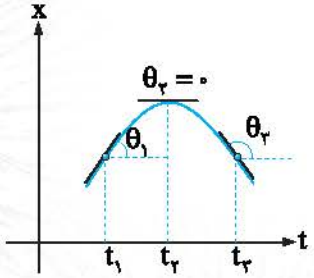
$V = \tan\theta$ لحظه‌ای

۲) از تکنیک فوق برای مقایسهٔ سرعت لحظه‌ای در دو زمان (لحظه) متفاوت می‌توان استفاده نمود:



$$\theta_2 > \theta_1 \Rightarrow \tan\theta_2 > \tan\theta_1 \Rightarrow V(t_2) > V(t_1)$$

۳) اگر شیب خط مماس بر منحنی مکان- زمان مثبت باشد، سرعت لحظه‌ای مثبت $(V > 0)$ اگر شیب خط مماس بر منحنی مکان- زمان منفی باشد، سرعت لحظه‌ای منفی $(V < 0)$ و اگر شیب خط مماس صفر باشد، سرعت لحظه‌ای صفر $(V = 0)$ است.

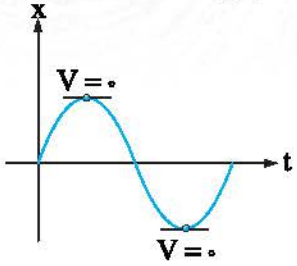


$$\theta_1 < 90^\circ \Rightarrow \tan\theta_1 > 0 \xrightarrow{V(t_1)=\tan\theta_1} V(t_1) > 0$$

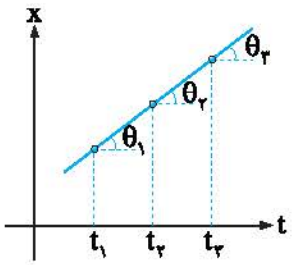
$$\theta_2 = 0 \Rightarrow \tan\theta_2 = 0 \xrightarrow{V(t_2)=\tan\theta_2} V(t_2) = 0$$

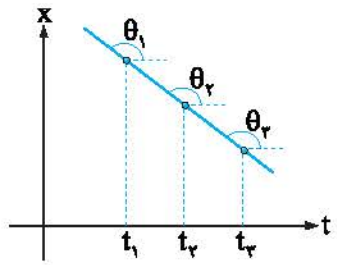
$$\theta_3 > 90^\circ \Rightarrow \tan\theta_3 < 0 \xrightarrow{V(t_3)=\tan\theta_3} V(t_3) < 0$$

۴ در قله‌های نمودار مکان- زمان شیب خط واصل بر منحنی مکان- زمان صفر است، بنابراین سرعت لحظه‌ای در قله‌ها صفر می‌باشد.



۵ اگر نمودار مکان- زمان حرکت جسمی خطی با شیب ثابت باشد، سرعت آن در تمام لحظات برابر بوده و به آن حرکت یکنواخت در مسیر مستقیم می‌گویند.



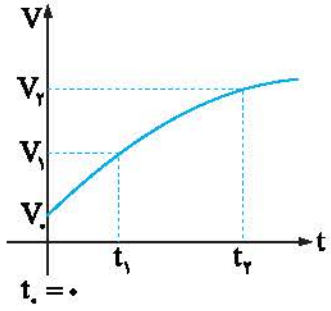


$\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = ... \Rightarrow V(t_1) = V(t_2) = V(t_3) = ... > 0$ $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = ... \Rightarrow V(t_1) = V(t_2) = V(t_3) = ... < 0$

توجه واژهٔ لحظه در فیزیک با تعریف محاوره‌ای آن در زندگی روزمره متفاوت است. همهٔ ما ممکن است عبارت «لطفاً کمی صبر کن، یه لحظه طول می‌کشد» را در موارد زیادی به کار ببریم که منظور یک بازهٔ زمانی بسیار کوتاه مثلاً چند ثانیه یا چند دقیقه است، ولی در فیزیک یک لحظه به هیچ وجه طول نمی‌کشد و به یک لحظه از زمان اشاره دارد.

تعریف نمودار سرعت- زمان

نموداری که سرعت متحرک را در زمان‌های مختلف (لحظات مختلف) نشان می‌دهد. در این نمودار محور قائم، محور سرعت (V) و محور افقی محور زمان (t) می‌باشد.



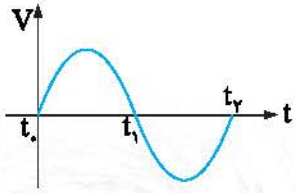
شما هم بدانید:

۱ اعدادی که نمودار سرعت زمان نشان می‌دهد، سرعت لحظه‌ای هستند.

۲ سرعت جسم در لحظهٔ $t = 0$ سرعت اولیه نامیده می‌شود و آن را با V_0 نشان می‌دهند.

۳ اگر نمودار سرعت زمان بالای محور t باشد، علامت سرعت مثبت و جهت حرکت متحرک نیز مثبت است و درصورتی‌که نمودار پایین محور t باشد، علامت سرعت منفی و جهت حرکت جسم نیز منفی خواهد بود.

به‌عنوان مثال در نمودار سرعت زمان بالا در بازهٔ زمانی t_0 تا t_1 سرعت‌ها مثبت هستند، بنابراین متحرک در این بازهٔ زمانی در جهت مثبت در حال حرکت است و در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 سرعت‌ها منفی هستند و در نتیجه جسم در این بازهٔ زمانی در خلاف جهت مثبت حرکت می‌کند.



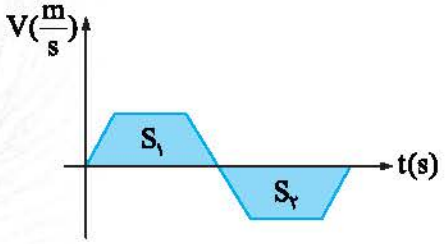
۴ اگر منحنی سرعت زمان به محور t برسد و از آن عبور نماید؛ یعنی متحرک متوقف شده و تغییر جهت داده است، زیرا علامت سرعت آن تغییر کرده است، ولی اگر به محور t برسد و از آن عبور نکند؛ یعنی صرفاً جسم متوقف شده و تغییر جهت نداده است.

به‌عنوان مثال در شکل قبل در لحظهٔ t_1 متحرک متوقف گردیده و تغییر جهت داده است به‌طوری‌که قبل از لحظهٔ t_1 در جهت مثبت و بعد از آن در جهت منفی در حال حرکت بوده، ولی در لحظهٔ t_2 متحرک متوقف گردیده و تغییر جهت نداده، زیرا علامت سرعت متحرک تغییر نکرده است.

۵ از روی نمودار $V-t$ نمی‌توان مکان اولیه جسم (x_0) را تعیین کرد.

تکنیک محاسبهٔ مسافت و جابه‌جایی به کمک نمودار سرعت - زمان

مساحت محصور بین نمودار سرعت- زمان و محور افقی (t) در هر بازهٔ زمانی برابر جابه‌جایی در همان بازهٔ زمانی است.



$$\text{جابه‌جایی کل}: \Delta x = \overbrace{|S_1|}^{\text{بالای محور}} - \overbrace{|S_2|}^{\text{پایین محور}}$$

$$\text{مسافت کل}: L = |S_1| + |S_2|$$

شما هم بدانید: برای محاسبهٔ سرعت متوسط و تندی متوسط از روی نمودار سرعت زمان کافی است جابه‌جایی و مسافت به‌دست آمده را بر مدت زمان همان بازه تقسیم نماییم.

شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای

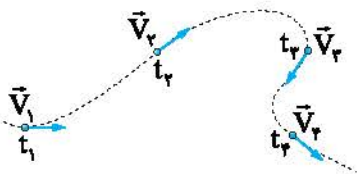
آهنگ تغییرات سرعت، شتاب نامیده می‌شود، به‌طوری‌که هرگاه سرعت جسمی تغییر نماید، حرکت آن شتابدار است.

شما هم بدانید: سرعت کمیتی برداری است؛ یعنی علاوه بر اندازه دارای جهت می‌باشد، بنابراین شتاب می‌تواند به علت تغییر اندازهٔ سرعت (تندی)، تغییر جهت سرعت یا هر دو ایجاد شود.

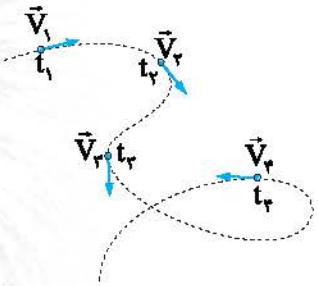
$$S_{\text{کل}} = \frac{|S_1| + |S_2|}{t}$$

الف)

ب)



پ)



تعریف شتاب متوسط

تعریف اول: تغییرات سرعت تقسیم بر مدت زمان تغییر، شتاب متوسط نامیده می‌شود.

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

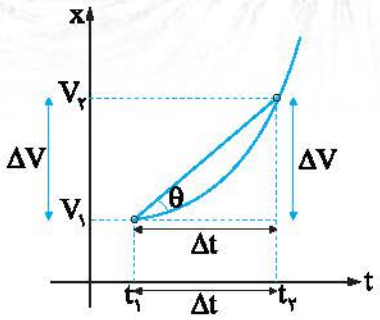
شما هم بدانید:

در حرکت بر روی خط راست، چون جسم در یک راستا حرکت می‌کند، می‌توانیم رابطه بالا را به‌صورت زیر بنویسیم و سرعت‌ها را همراه با علامت (که نشان‌دهندهٔ جهت حرکت است) در رابطه جای‌گذاری نماییم.

$$a_{av} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

توجه در رابطهٔ شتاب متوسط یکای تغییر سرعت (ΔV) و مدت زمان (Δt) در SI به‌ترتیب متر بر ثانیه $(\frac{m}{s})$ و ثانیه (s) است، بنابراین یکای شتاب متوسط در SI متر بر مجذور ثانیه $(\frac{m}{s^2})$ خواهد بود.

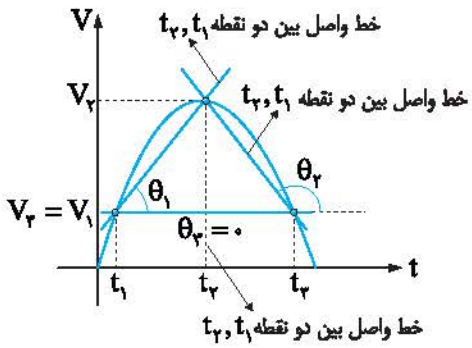
تعریف دوم: شیب خط واصل بین دو نقطه در نمودار سرعت- زمان برابر شتاب متوسط است.



$$\tan\theta = \frac{\Delta V}{\Delta t} = a_{av}$$

شما هم بدانید:

اگر شیب خط واصل بین دو نقطه در نمودار سرعت زمان مثبت باشد، شتاب متوسط مثبت $(a_{av} > 0)$، اگر شیب خط واصل منفی باشد، شتاب متوسط منفی $(a_{av} < 0)$ و اگر شیب خط واصل صفر باشد، شتاب متوسط صفر $(a_{av} = 0)$ است.



$$\theta_1 < 90^\circ \Rightarrow \tan\theta_1 > 0 \xrightarrow{[t_1 - t_2]\,a_{av} = \tan\theta_1} a_{av} > 0$$

$$\theta_2 > 90^\circ \Rightarrow \tan\theta_2 < 0 \xrightarrow{[t_2 - t_3]\,a_{av} = \tan\theta_2} a_{av} < 0$$

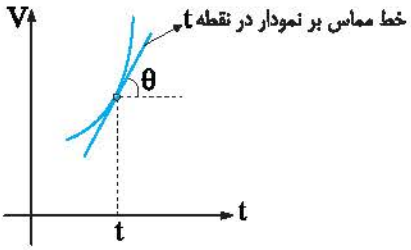
$$\theta_3 = 0^\circ \Rightarrow \tan\theta_3 = 0 \xrightarrow{[t_1 - t_3]\,a_{av} = \tan\theta_3} a_{av} = 0$$

شتاب لحظه‌ای

شتاب متحرک در هر لحظه از زمان یا در هر نقطه از مسیر را شتاب لحظه‌ای می‌نامند.

تکنیک تعیین شتاب لحظه‌ای به کمک نمودار سرعت- زمان

شتاب در هر لحظهٔ دلخواه t، برابر شیب خط مماس بر نمودار در آن لحظه است.



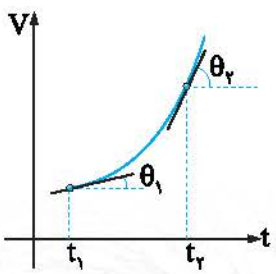
$V = \tan\theta$ لحظه‌ای

شما هم بدانید:

$a = \tan\theta$ لحظه‌ای

۱ برای محاسبهٔ شتاب لحظه‌ای از روی نمودار سرعت- زمان طراح سؤال باید خط مماس را رسم کرده یا زاویهٔ θ را به ما داده باشد، در غیر این صورت شتاب لحظه‌ای از روی نمودار سرعت- زمان قابل محاسبه نیست.

۲ از تکنیک فوق برای مقایسهٔ شتاب لحظه‌ای در دو لحظهٔ متفاوت می‌توان استفاده نمود:



$$\theta_2 > \theta_1 \Rightarrow \tan\theta_2 > \tan\theta_1 \Rightarrow a(t_2) > a(t_1)$$