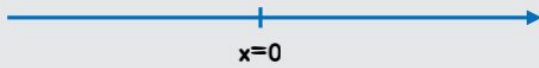


تعریف حرکت: اگر فاصله جسمی نسبت به یک نقطه به نام مبدأ با زمان تغییر نماید می‌گوییم، جسم در حالت حرکت می‌باشد.

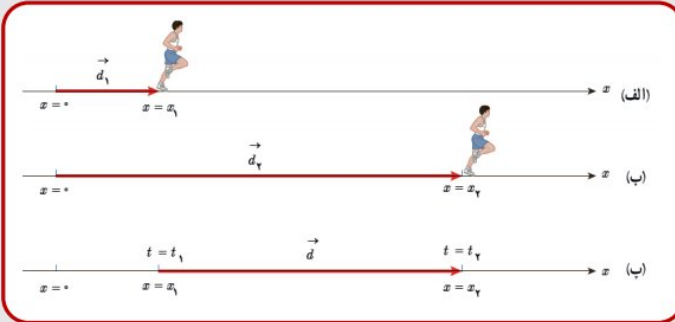


مبدأ مکان: به نقطه ی $x=0$ گفته می‌شود.

نکته: در مبدأ حرکت (مکان اولیه) $t=0$ است.

* اگر اندازه مکان جسم x باشد یعنی متحرک تا مبدأ به اندازه x فاصله دارد.

بردار مکان ← برداری است که مبدأ مکان را به مکان جسم وصل می‌کند.



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

بردار جابجایی برابر است با:

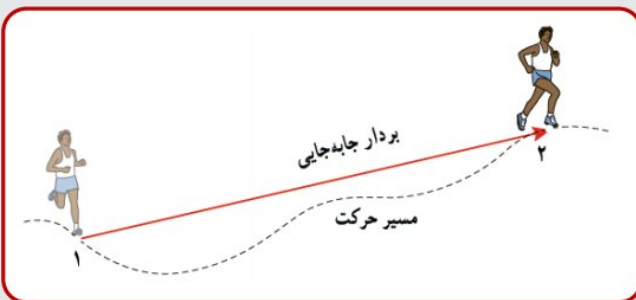
$$\vec{\Delta x} = d_2 - d_1 = x_2 \vec{i} - x_1 \vec{i} = \Delta x \vec{i}$$

بردار مکان را به مکان اولیه جسم را به مکان ثانویه ی آن وصل می‌کند.

← بردار جابه جایی ($\vec{\Delta x}$)

طول مسیری که متحرک طی می‌نماید مسافت طی شده نامیده می‌شود و با l نمایش می‌دهند.

← مسافت طی شده



$$|\vec{\Delta x}| \leq l$$

شرط اینکه جابجایی و مسافت طی شده هم اندازه باشند این است که متحرک روی خط راست و بدون تغییر جهت حرکت کند.



متحرک روی محیط دایره از نقطه (۱) به (۲) رفته است.

متحرک از نقطه (۱) به (۲) و سپس به (۳) رفته است.

سرعت متوسط ← نسبت جابجایی به زمان جابجایی را سرعت متوسط می نامند.

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

کمیت برداری

تندی متوسط ← نسبت مسافت به زمان جابجایی را تندی متوسط می نامند.

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

کمیت نرده ای

$$\text{km / h} \xrightleftharpoons[\times 3/6]{\div 3/6} \text{m / s}$$

تبدیل واحد معم! ←

$\frac{\text{m}}{\text{s}}$	$\frac{\text{km}}{\text{h}}$
۵	۱۸
۱۰	۳۶
۱۵	۵۴
۲۰	۷۲
۲۵	۹۰
۳۰	۱۰۸

اگر متحرک در جهت محور x حرکت کند، جابجایی و سرعت مثبت است ($v > 0$) و اگر متحرک در خلاف جهت محور x حرکت کند جابجایی و سرعت منفی است ($v < 0$). به عبارتی علامت سرعت، جهت حرکت را نشان می دهد.

سرعت لحظه‌ای ← اگر هنگام گزارش تندی لحظه‌ای، به جهت حرکت متحرک نیز اشاره شود، در واقع سرعت لحظه‌ای آنرا که کمیتی برداری است، بیان کرده ایم. به این کمیت سرعت لحظه‌ای می‌گوییم.

✓ سرعت در هر نقطه از مسیر، بر مسیر حرکت مماس است.

* اگر متحرک در جهت محور x حرکت کند، بردار سرعت هم در جهت محور x است و سرعت مثبت است ($v > 0$).

* اگر متحرک در خلاف جهت محور x حرکت کند، بردار سرعت هم در خلاف جهت محور x است و سرعت منفی است ($v < 0$).

✓ بردار سرعت همواره با بردار جابجایی هم جهت (هم علامت) است.

✓ مفهوم سرعت: اگر اندازه سرعت جسم v باشد یعنی متحرک در هر ثانیه به اندازه v جابجا می‌شود.



✓ سرعت متحرک در هر مسیر حتماً مقداری بین کمترین سرعت تا بیشترین سرعت است. پس حتماً حداقل یک بار سرعت متحرک در آن مسیر برابر سرعت متوسط شده است.

حرکت دور شونده: متحرک در حال دور شدن از مبدأ است.

در حرکت دور شونده مکان (x) و v هم علامت هستند.



$$x, v > 0$$

حرکت نزدیک شونده: متحرک در حال نزدیک شدن به مبدأ است.

در حرکت نزدیک شونده مکان (x) و v مختلف‌العلامه هستند.

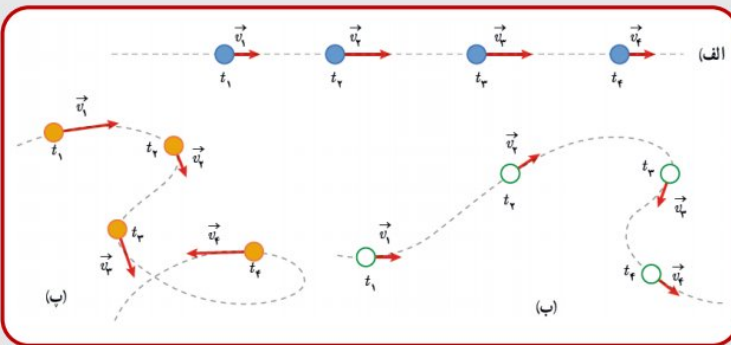


$$x, v < 0$$

شتاب ← هرگاه سرعت جسمی تغییر کند حرکت آن شتابدار است.

تغییر سرعت جسم در نقاط مختلف مسیر حرکت می‌تواند به دلیل:

- 1- تغییر در اندازه بردار سرعت جسم باشد.
- 2- تغییر در جهت بردار سرعت آن باشد.
- 3- تغییر همزمان اندازه و جهت سرعت.



تکریم شتاب لحظه ای: شتاب جسم را در هر لحظه از مسیر حرکت شتاب لحظه ای می نامند.
شتاب متوسط: نسبت تغییرات سرعت به زمان را شتاب متوسط می نامند.

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



- * شتاب متوسط کمیتی برداری است و با تغییر سرعت (نه خود سرعت!) هم جهت است.
- * مفهوم شتاب: اگر اندازه شتاب جسم a باشد یعنی سرعت متحرک در هر ثانیه به اندازه a تغییر میکند.

نکته

طبق قانون دوم نیوتن بردار شتاب در جهت بردار نیرو است. $\vec{F}_{net} = m\vec{a}$

- * اگر نیروی وارد بر جسم در جهت محور x باشد، بردار شتاب هم در جهت محور x است و شتاب مثبت است ($a > 0$)
- * اگر نیروی وارد بر جسم در خلاف جهت محور x باشد، بردار شتاب هم خلاف جهت محور x است و شتاب منفی است. ($a < 0$)

جهت ها: ➤

- جهت جابجایی: اگر متحرک در جهت محور x ها برود جابجایی مثبت و اگر در خلاف جهت محور x ها برود جابجایی منفی است.
- جهت سرعت: بردار سرعت همواره با بردار جابجایی هم جهت (هم علامت) است.
- جهت شتاب: بردار شتاب با بردار تغییر سرعت (نه خود سرعت!) هم جهت (هم علامت) است.

نکته

t ثانیه n ام یعنی: $[(n-1)t, nt]$

ثانیه اول:	ثانیه دوم:	ثانیه بیستم:	ثانیه چهلیم:
اولین ثانیه:	دومین ثانیه:	بیستمین ثانیه:	چهلیمین ثانیه:
۲ ثانیه اول:	۲ ثانیه دوم:	۲ ثانیه سوم:	۲ ثانیه بیستم:
۳ ثانیه اول:	۳ ثانیه دوم:	۳ ثانیه سوم:	۳ ثانیه هجتم:
۴ ثانیه دوم:	۵ ثانیه دوم:	۵ ثانیه چهارم:	۶ ثانیه چهارم:

نکته

$x=0$ ← متحرک روی مبدأ است

$v=0$ ← متحرک متوقف شده است

$a=0$ ← متحرک با سرعت ثابت حرکت میکند

← جسم در حالت تعادل است

← متحرک روی خط راست حرکت می کند

متحرک از مبدأ مکان عبور می کند ↔ علامت x تغییر می کند

بردار مکان تغییر جهت می دهد ↔ علامت x تغییر می کند

* کلاً هر وقت می گن جهت بردار فلان چیز تغییر می کنه یعنی علامت اون چیز عوض می شه!!!!!!



نکته

جهت حرکت متحرک تغییر می کند ↔ v (سرعت) صفر می شود و علامت آن تغییر می کند

جهت بردار سرعت تغییر می کند ↔ v (سرعت) صفر می شود و علامت آن تغییر می کند

* دقت کنید که در تغییر جهت حرکت یا تغییر جهت بردار سرعت فقط صفر شدن v کافی نیست،

باید علامت v عوض شود!!!



اگر علامت a تغییر کند:

* اگر a مثبت شود F هم مثبت می شود

* اگر a منفی شود F هم منفی می شود

نکته:

* برخی مفاهیم در حرکت شناسی وجود دارد که در مسائل بسیار پر کاربرد است و باید آن‌ها را بلد باشیم:

۱- فاصله‌ی متحرک تا مبدأ 1000m است؛ یعنی $|x| = 1000\text{m}$ یا $x = -1000\text{m}$ یا $x = +1000\text{m}$

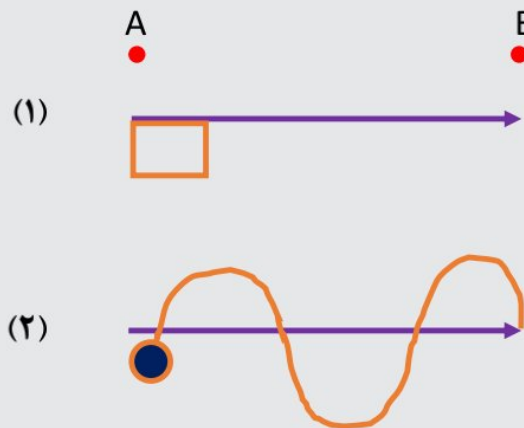
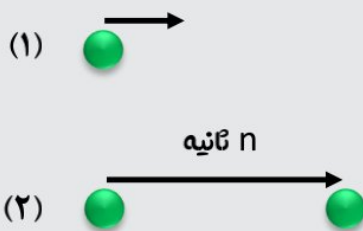
۲- متحرک ۱ از متحرک ۲، 1000m جلوتر است؛ یعنی $x_1 - x_2 = 1000$

۳- متحرک ۱ و ۲ از یکدیگر 100m فاصله دارند؛ یعنی $x_1 - x_2 = 100$ یا $|x_1 - x_2| = 100$ یا $x_2 - x_1 = 100$

۴- متحرک ۱ از متحرک ۲ سبقت می‌گیرد.
 $x_1 = x_2$ متحرک ۱ و ۲ تصادف می‌کنند.
 متحرک ۱ و ۲ به یکدیگر می‌رسند.

۵- متحرک ۱، n ثانیه پس از حرکت متحرک ۲ شروع به حرکت می‌کند؛ یعنی $t_2 = t_1 + n$

۶- متحرک ۱ و ۲ از نقطه A شروع به حرکت می‌کند و هر دو به نقطه B می‌رسند؛ یعنی $\Delta x_1 = \Delta x_2$



سؤال ۱ جسمی از مبدا محور شروع به حرکت می‌کند و دو جابه‌جایی متوالی ۲۷ و ۱۳ متر را در جهت مثبت محور انجام می‌دهد

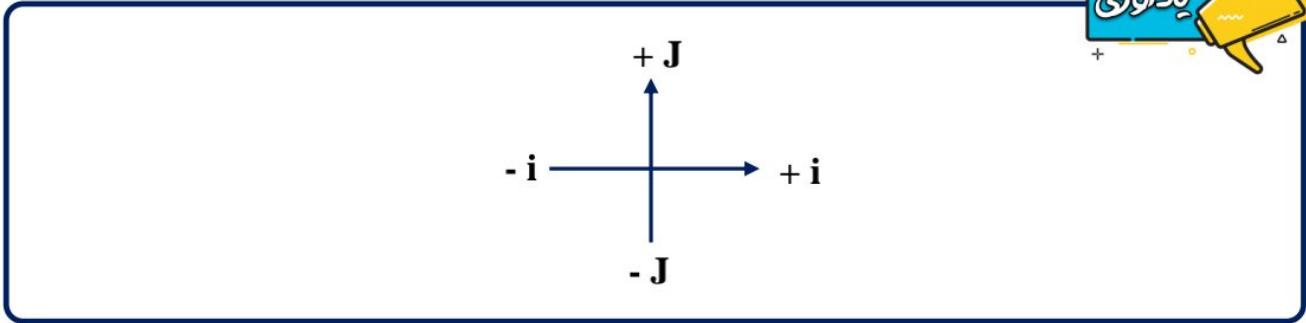
سپس در جهت منفی محور حرکت خود را ادامه می‌دهد و در نهایت ۶۰ متر مسافت را طی می‌کند. بردار جابه‌جایی جسم در SI کدام است؟

$\vec{d} = +20\vec{i}$ (۴)

$\vec{d} = +40\vec{i}$ (۳)

$\vec{d} = -40\vec{i}$ (۲)

$\vec{d} = -20\vec{i}$ (۱)



سؤال ۲ نقطه ای روی محیط چرخ خودرویی در تماس با سطح افقی قرار دارد. اگر شعاع چرخ خودرو ۲۵ سانتی‌متر باشد، در

مدت ۵ ثانیه این نقطه نیم دور می‌چرخد. سرعت متوسط حرکت این نقطه چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ ($\pi^2 \approx 10$)

$5\sqrt{7}$ (۴)

$7\sqrt{5}$ (۳)

$5\sqrt{14}$ (۲)

$14\sqrt{5}$ (۱)

سؤال ۳ قایقی مسیری مستقیم به طول ۳۰۰ متر را در مدت ۵۰s در مسیر حرکت آب طی می‌کند. سپس ۲۰۰ متر از این مسیر

را در مدت ۵۰s در خلاف جهت جریان آب باز می‌گردد. تندی متوسط این قایق چند برابر اندازه سرعت متوسط آن است؟

قلم‌چی |

۵ (۴)

$\frac{1}{5}$ (۳)

$\frac{3}{2}$ (۲)

۱ (۱)

سؤال ۴ متحرکی برای طی مسیر مستقیمی بین دو نقطه، دوبار تغییر جهت حرکت می‌دهد. بار اول هنگامی که وسط فاصله

بین دو نقطه قرار دارد و بار دوم وقتی که به ربع فاصله‌ی بین دو نقطه نسبت به نقطه‌ی شروع رسیده است. مسافت طی شده

قلم‌چی |

توسط این متحرک چند برابر اندازه‌ی جابه‌جایی آن است؟

۳ (۴)

$\frac{3}{2}$ (۳)

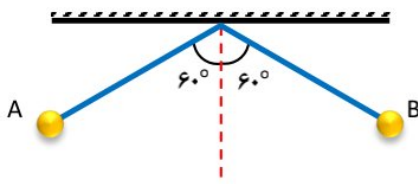
۲ (۲)

$\frac{2}{3}$ (۱)

سؤال ۶ مطابق شکل زیر آونگی از نقطه A رها می شود و پس از مدت ۲ ثانیه برای اولین به نقطه B در طرف مقابل می رسد. اگر

اندازه سرعت متوسط گلوله آونگ $1/5 \text{ m/s}$ باشد، تندی متوسط گلوله چند متر بر ثانیه است؟

قلمچی



- ۱ $\sqrt{3}\pi$
- ۲ $\frac{\sqrt{3}}{2}\pi$
- ۳ $\frac{\pi}{2}$
- ۴ π

سؤال ۷ یک پهباد کوچک از حال سکون شروع به حرکت می کند و پس از مدت ۴ ثانیه حرکت در راستای قائم، اندازه سرعت

متوسط آن 5 m/s می شود. اگر پرتوهای نور خورشید با زاویه 53° نسبت به سطح افقی زمین به آن بتابد، طی این مدت اندازه

سرعت متوسط سایه پهباد روی سطح افقی زمین چند متر بر ثانیه بوده است؟ $(\tan 53^\circ = \frac{4}{3})$

قلمچی

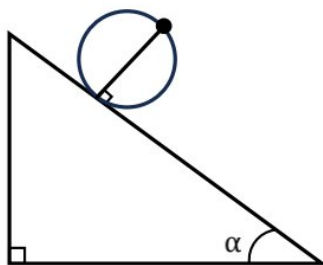
- ۱ $\frac{20}{3}$
- ۲ ۲
- ۳ $\frac{3}{75}$
- ۴ $\frac{80}{3}$

سؤال ۸ مطابق شکل زیر، تکه سنگی به نقطه مشخص شده از چرخي به شعاع ۲ چسبیده است. این چرخ در مدت 0.5 ثانیه به

اندازه نیم دور از بالای سطح شیبدار به سمت پایین می چرخد. اگر در این حرکت، اندازه سرعت متوسط سنگ $4\sqrt{13} \text{ m/s}$

قلمچی

باشد، شعاع ۲ چند متر است؟ $(\pi = 3)$

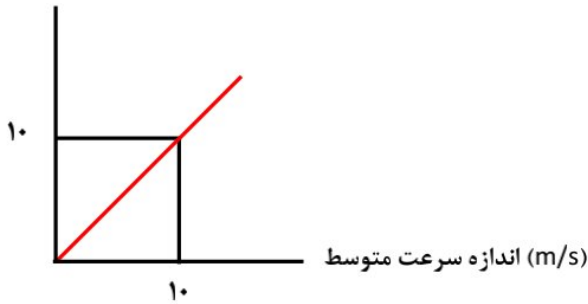


- ۱ ۲
- ۲ $\frac{2}{5}$
- ۳ ۴
- ۴ ۳

سؤال ۸ نمودار تندی متوسط برحسب اندازه سرعت متوسط متحرک به صورت شکل زیر است. کدام یک از عبارات زیر در

قلمچی

تندی متوسط (m/s)

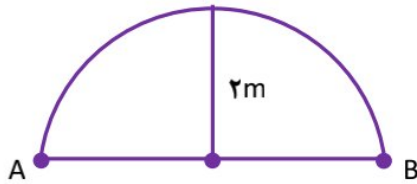


مورد این متحرک الزاماً صحیح است؟

- ۱ حرکت متحرک یکنواخت است.
- ۲ شتاب حرکت ثابت است.
- ۳ متحرک تغییر جهت داده است.
- ۴ جهت بردار سرعت آن ثابت است.

سؤال ۹ موتور سیکلتی مطابق شکل روبه‌رو در یک مسیر نیم دایره‌ای از نقطه A به نقطه B می‌رود. جابه‌جایی و مسافت طی

شده به ترتیب از راست به چپ چند متر است؟ ($\pi \approx 3$)



- ۱ ۶ - ۶
- ۲ ۶ - ۴
- ۳ ۴ - ۴
- ۴ ۴ - ۶

سؤال ۱۰ در یک حرکت دایره‌ای جسم در مدت T ثانیه یک بار محیط دایره را طی می‌کند در مدت $\frac{T}{4}$ ، تندی متوسط چند برابر

اندازه سرعت متوسط متحرک است؟

- ۱ $\frac{\pi}{2}$
- ۲ $\frac{2}{\pi}$
- ۳ $\frac{\pi\sqrt{2}}{2}$
- ۴ $\pi\sqrt{2}$

سؤال ۱۱ از پایین سطح شیب‌داری جسمی با سرعت ۴m/s به طرف بالای سطح حرکت داده می‌شود. جسم ۰/۵ ثانیه بعد تغییر

جهت می‌دهد و ۱ ثانیه پس از تغییر جهت با سرعت ۲m/s به پایین سطح شیب‌دار می‌رسد. اندازه شتاب متوسط حرکت جسم

در کل حرکت رفت و برگشت آن چند متر بر مربع ثانیه است؟

- ۱ $\frac{4}{3}$
- ۲ $\frac{8}{3}$
- ۳ ۴
- ۴ ۸

انواع حرکت با شتاب ثابت

حرکت تندشونده: اندازه سرعت (تندی) زیاد می شود.

$$av > 0 \quad a \text{ و } v \text{ هم علامت هستند}$$

حرکت کندشونده: اندازه سرعت (تندی) کم می شود.

$$av < 0 \quad a \text{ و } v \text{ مختلف علامت هستند}$$

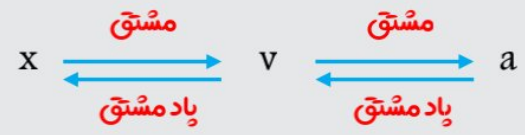
تشخیص سریع نوع حرکت:
 * اگر به سرعت صفر نزدیک شویم (چه از طرف مثبت و چه از طرف منفی) ← حرکت کند شونده
 * اگر از سرعت صفر دور شویم (چه از طرف مثبت و چه از طرف منفی) ← حرکت تند شونده

حرکت با سرعت ثابت: در حرکت با سرعت ثابت اندازه و جهت بردار سرعت ثابت است بنابراین تغییر سرعت و در نتیجه شتاب حرکت صفر است.

حرکت یکنواخت: اگر در یک حرکت اندازه (بزرگی) سرعت همواره ثابت باشد با آن حرکت، یکنواخت می گویند. در حرکت یکنواخت اندازه ی سرعت ثابت است و شتاب حرکت الزاماً صفر نیست (اگر جهت عوض شود دیگر تغییر سرعت صفر نیست).



* وقتی اتومبیل ترمز میکند نوع حرکت آن کندشونده است. اتومبیلی گاز میدهد نوع حرکت آن تندشونده است.
 * جسم از حال سکون شروع به حرکت میکند نوع حرکت آن تندشونده است.
 * اگر دو جسم در یک جهت در حال حرکت باشند، اگر سرعت جسم جلوتر بیشتر باشد فاصله ی آنها به تدریج افزایش می یابد و اگر سرعت جسم عقب تر بیشتر باشد فاصله ی آنها به تدریج کاهش می یابد.
 * اگر از معادله مکان-زمان نسبت به زمان مشتق بگیریم معادله سرعت به دست می آید و اگر از معادله سرعت بر حسب زمان نسبت به زمان مشتق بگیریم معادله شتاب به دست می آید.



یادآوری

$$t^2 \quad t^3$$

$$3t^2 \quad 5t^3$$

$$10t^4$$

$$t \quad 5t$$

$$8t^2 + 10t + 1$$

$$-9t^3 - 4t^3 + 8t + 300000$$

$$\frac{3}{2}t^3 - \frac{4}{5}t^2 + 40$$

مشتق گرفتن چجوریه؟! 

$$t^n \rightarrow nt^{n-1}$$

* هنگام مشتق گرفتن، ضریب ثابت همان ضریب می ماند.

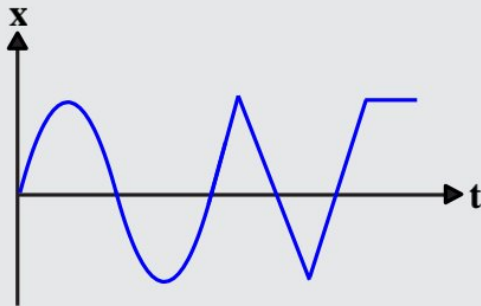
* مشتق عدد ثابت = صفر

➤ نمودار مکان - زمان

* سر بالایی $V > 0$ ← سر پایینی $V < 0$ (چون شیب خط مماس بر نمودار مکان زمان = سرعت)

* در گودی و تپه $V = 0$ ، در قله و دره $V = 0$ **بی تعریف** $V = 0$.

* اگر به گودی یا تپه نزدیک شویم، حرکت کند شویم و اگر دور شویم، حرکت تند شویم است.



* اگر نمودار: منحنی باشد ← خط مورب باشد ←

* اگر نمودار: خط افقی باشد ← سهمی باشد ←

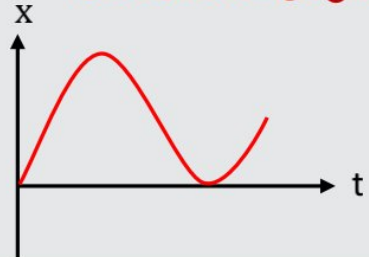
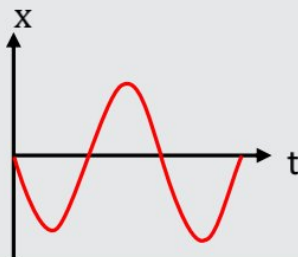
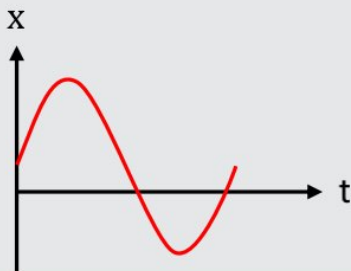
* خوشحال باشد (تغیر به سمت بالا) $a > 0$ ←

* ناراحت باشد (تغیر به سمت پایین) $a < 0$ ←

* شیب خطی که دو نقطه از نمودار را به هم وصل کند، برابر سرعت متوسط است.

* بالای محور t مکان مثبت است و پایین محور t مکان منفی است.

مثال برای نمودار مکان - زمان

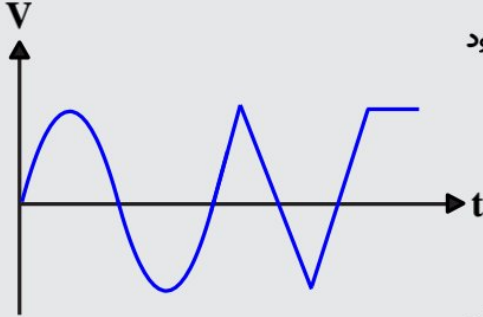


➤ نمودار سرعت - زمان

* سربالایی ← $a > 0$ سر پایینی ← $a < 0$ (چون شیب خط مماس بر نمودار سرعت زمان = شتاب)

* درگودی و تپه $a = 0$ ، درقله و دره a بی تعریف

* اگر نمودار به محور t نزدیک شود، حرکت کندشونده است، از محور t دور شود حرکت تندشونده است.



* اگر نمودار: منحنی باشد ← خط مورب باشد ←

خط افقی باشد ← بالا محور t
زیر محور t

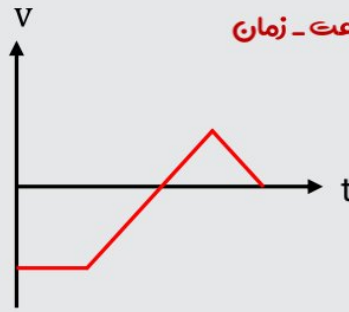
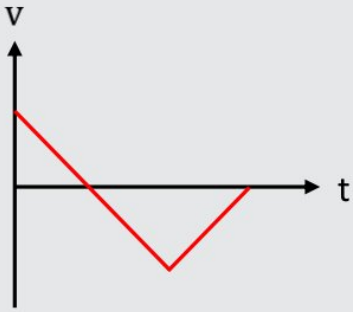
* سطح زیر نمودار با رعایت علامت \pm برابر جابجایی (Δx) و قدر مطلق آن برابر مسافت است.

* شیب خطی که دو نقطه از نمودار را به هم وصل کند، برابر شتاب متوسط است.

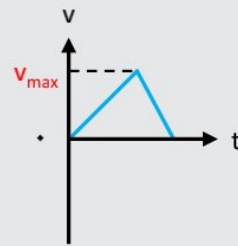
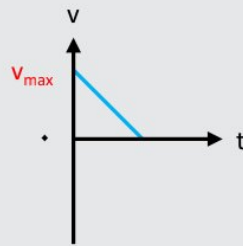
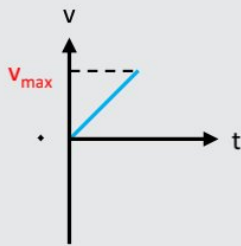
* بالای محور t سرعت مثبت است و پایین محور t سرعت منفی است.

* اگر نمودار با محور t برخورد کند و از آن عبور کند، جهت حرکت عوض می شود.

➤ مثال برای نمودار سرعت - زمان



➤ نمودار مثلثی



$$V_{av} = \frac{V_{max}}{2}$$

