



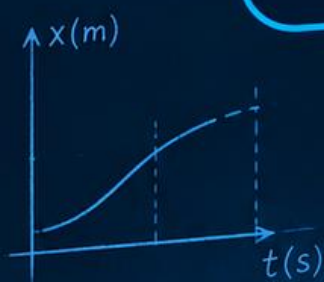
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

فیزیکتومی



حرکت شناسی

فصل اول فیزیک پایه دوازدهم



$$x = x_0 + vt$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$



استاد شایان عابدی



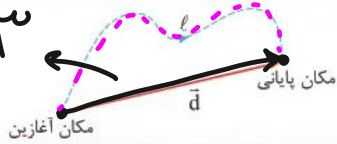
شناخت حرکت

- مسافت و جابه جایی -

مسافت (ℓ)	جابه جایی (d)
طول مسیر طی شده	پاره خط جهت داری که مکان آغازین را به مکان پایانی وصل می کند.
از جنس طول، یکا در SI: متر (m)	از جنس طول، یکا در SI: متر (m)
به مسیر حرکت بستگی دارد.	به مسیر حرکت بستگی ندارد.
نرده ای، جهت ندارد.	بردار، جهت دارد.

اندازه جهت را

معمولاً بردار



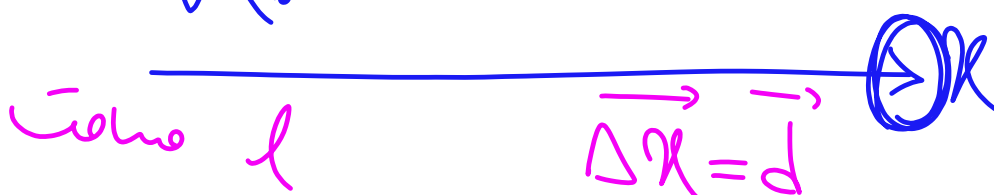
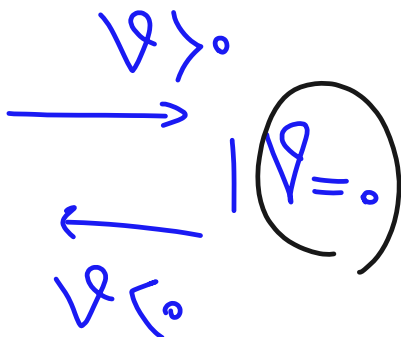
✓ $\ell > |d|$
 $\ell = |d|$
 - حرکت روی خط راست همواره $\ell \geq d$ تغییر جهت
 شرط برابری مسافت با اندازه جابه جایی: $\ell = d$
 اولاً حرکت روی خط راست باشد

ثانیاً جهت حرکت عوض نشود

- تندى متوسط و سرعت متوسط -

سرعت متوسط	تندی متوسط
جابه جایی در واحد زمان	مسافت طی شده در واحد زمان
$v_{av} = \frac{d}{\Delta t}$ $\frac{m}{s}$	$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t}$
یکای SI: متر بر ثانیه (m/s)	یکای SI: متر بر ثانیه (m/s)
بردار، جهت دارد.	نرده ای، جهت ندارد.
به مسیر حرکت بستگی ندارد. ✓	به مسیر حرکت بستگی دارد.

آهنگ تغییرات بر روی زمان Δt
 $v > 0$
 $v = 0$
 $v < 0$
 Δx





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

چند نکته:

$$s_{av} \geq |\vec{v}_{av}|$$

همواره: $s_{av} \geq |\vec{v}_{av}|$

شرط برابری تندی متوسط با اندازه سرعت متوسط (همان شرطهای برابری مسافت و اندازه جابه‌جایی):

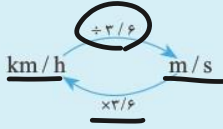
اولاً: حرکت روی خط راست باشد.

ثانیاً: جهت حرکت تغییر نکند.

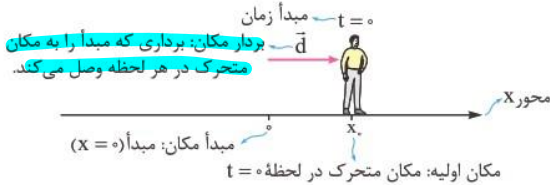
ثالثاً: یکای متداول دیگر سرعت است.

کیلومتر بر ساعت (km/h) و یکای متداول دیگر سرعت است.

$$18 \text{ (km/h)} = 5 \text{ m/s} \quad \text{و} \quad 36 \text{ (km/h)} = 10 \text{ m/s} \quad \text{و} \quad 54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s} \quad \text{و} \quad 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$$



$$v_{10} \rightarrow v_0 = 0$$

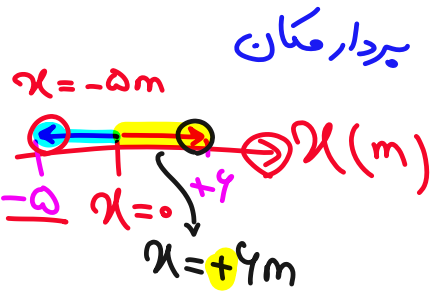


- حرکت روی محور x -

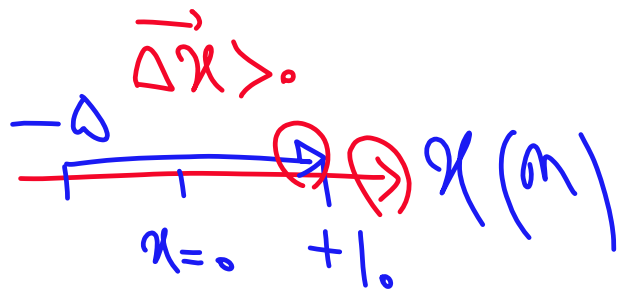
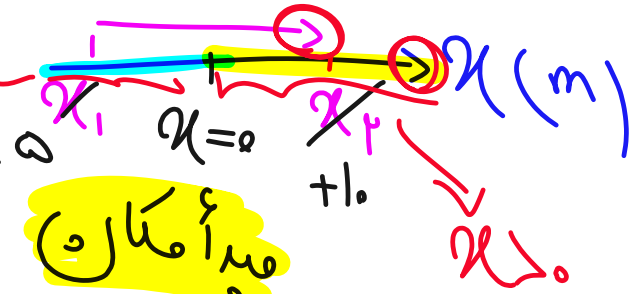
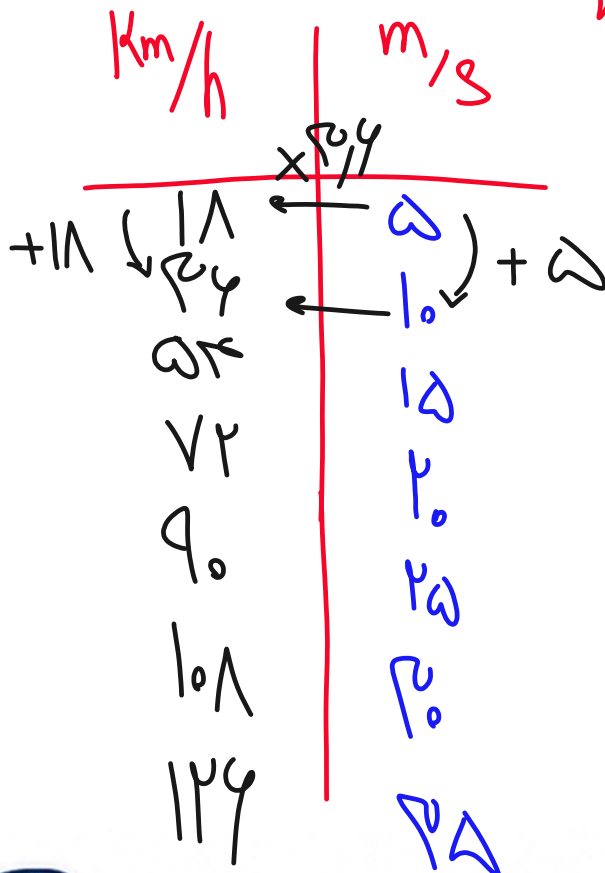
معادله مکان - زمان.

تابعی که ورودی آن زمان (t) و خروجی آن مکان (x) است: $x = f(t)$

موقعیت متحرک	علامت x	جهت بردار مکان
جسم در xهای مثبت قرار دارد.	$x > 0$	به سمت راست در جهت محور x (در جهت مثبت محور x)
جسم در xهای منفی قرار دارد.	$x < 0$	به سمت چپ در خلاف جهت محور x (در جهت منفی محور x)

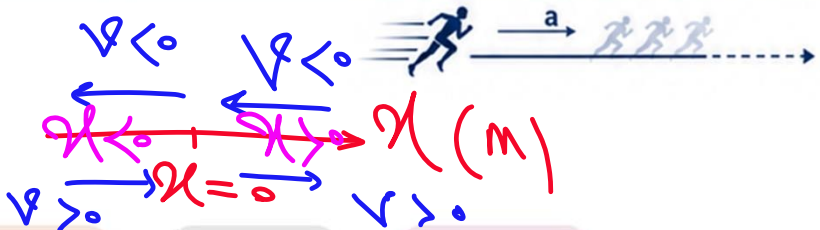


$$\Delta x = x_2 - x_1 = 10 - (-5) = 15$$



در جهت محور x ها
جابه‌جایی است!





تغییر جهت بردار مکان $\leftrightarrow$ عبور متحرک از مبدأ $\leftrightarrow$ x برابر صفر شده و علامت آن عوض شود.

تغییر جهت بردار مکان

بردار مکان در جهت محور x بردار مکان در خلاف جهت محور x

$x = -10m$ $x = +10m$

تذکره اگر x برابر صفر شده ولی علامت آن عوض نشود، جسم به مبدأ می‌رسد، اما از آن عبور نمی‌کند (برمی‌گردد).

چند اصطلاح زمانی مهم

اصطلاح	معنی (تمام مقادیر برحسب ثانیه هستند.)	مثال
$t = k$	یعنی لحظه‌ای که زمان سنج مقدار k را نشان می‌دهد.	لحظه $t = 2s$ یعنی لحظه‌ای که زمان سنج $2s$ را نشان می‌دهد.
ثانیه n ام	یعنی بازه زمانی $t_1 = n-1$ تا $t_2 = n$	ثانیه چهارم یعنی بازه زمانی $t_1 = 3s$ تا $t_2 = 4s$
ثانیه اول m	یعنی بازه زمانی $t_1 = 0$ تا $t_2 = m$	۸ ثانیه اول یعنی بازه زمانی $t_1 = 0$ تا $t_2 = 8s$
ثانیه m ام	یعنی بازه زمانی $t_1 = m(n-1)$ تا $t_2 = mn$	۳ ثانیه چهارم یعنی بازه زمانی $t_1 = 9s$ تا $t_2 = 12s$
شروع ثانیه n ام	یعنی لحظه $t = n-1$	شروع ثانیه ششم یعنی لحظه $t = 5s$
پایان ثانیه n ام	یعنی لحظه $t = n$	پایان ثانیه ششم یعنی لحظه $t = 6s$

دو عددی بیستم : دو عدد را یکوب دهیم

دو ثانیه بیستم : $2 \times 10 = 20$

به اندازه طول بازه از اول عدد کم کن

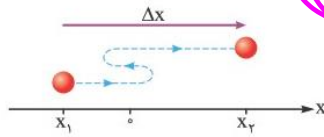
دو ثانیه بیستم = $(24 - 21) = 3$ ثانیه چهارم
 یک ثانیه چهارم = $(13 - 12) = 1$ ثانیه اول



استاد شایان عابدی



جابه جایی در حرکت روی محور x



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

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

نکته	شکل	علامت Δx	جهت بردار جابه جایی
مسیر حرکت هر چیزی می تواند باشد.	جسم به سمت راست جابه جا شده. 	$\Delta x > 0$	به سمت راست در جهت محور x در جهت مثبت محور x
	جسم به سمت چپ جابه جا شده. 	$\Delta x < 0$	به سمت چپ در خلاف جهت محور x در جهت منفی محور x

سرعت متوسط در حرکت روی محور x

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \leftarrow \text{سرعت متوسط: متر بر ثانیه (m/s)}$$

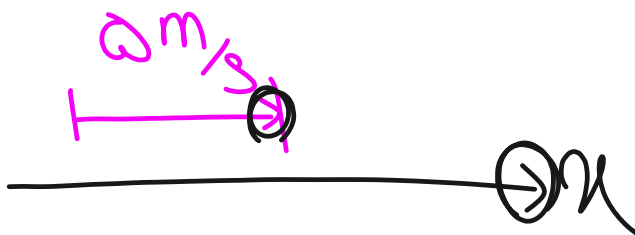
نکته

علامت (جهت) سرعت متوسط و جابه جایی همیشه یکسان است.

- سرعت لحظه ای، تندی لحظه ای -

سرعت لحظه ای ($\vec{v}$) یا سرعت	تندی لحظه ای (s) یا تندی
بردار، جهت دارد. جهت: مماس بر مسیر حرکت	نرده ای، جهت ندارد.
همواره: <u>تندی لحظه ای = اندازه سرعت لحظه ای</u> , $ \vec{v} = s$	

سرعت متحرک در لحظه $t = 5 \text{ m/s}$



استاد شایان عابدی



$v > 0$
 $x(m)$
 $v < 0$

معادله سرعت - زمان، تابعی که ورودی آن زمان (t)، خروجی آن سرعت (v) است:
در حرکت روی محور x :

علامت سرعت	جهت حرکت	شکل
مثبت	در جهت محور x به سمت راست	
منفی	در خلاف جهت محور x به سمت چپ	

شرط تغییر جهت حرکت

سرعت برابر صفر شده و علامت آن عوض شود.

تذکر اگر سرعت صفر شده، ولی علامت آن عوض نشود، یعنی متحرک متوقف شده، اما جهت حرکتش عوض نشده (یعنی در همان جهت ادامه داده است).

- شتاب ($\bar{a}$) -سرعت ثابت $a = 0$

شتاب یعنی آهنگ تغییر سرعت

سرعت متغیر (می تواند اندازه سرعت یا جهت سرعت یا هر دو متغیر باشد). $a \neq 0$ **تذکر**

هر حرکتی که روی مسیر مستقیم نباشد، حتماً شتابدار است (چون جهت حرکت آن پیوسته عوض می شود).

شتاب متوسط ($\bar{a}_{av}$)

$\bar{a}_{av} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t}$ در حرکت روی محور x → $a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$

تذکر به علامت v_f و v_i دقت کن!

نکته

علامت (جهت) شتاب متوسط و تغییر سرعت همیشه یکسان است.

$$\vec{a}_{av} \propto \Delta \vec{v}$$

$$\vec{v}_{av} \propto \Delta \vec{x}$$

هر کدام تغییرات نسبت قبلی پروا در زمان $x(m)$
 را نشان می دهند!

$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{m}{s} = \frac{m}{s}$
 $\vec{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{m/s}{s} = \frac{m}{s^2}$



حرکت شناسی

استاد شایان عابدی

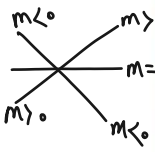


حرکت تندشونده و کندشونده

نوع حرکت	مفهوم	علامت سرعت و شتاب
تندشونده	تندی (اندازه سرعت): در حال افزایش	هم علامت (هم جهت)
کندشونده	تندی (اندازه سرعت): در حال کاهش	با علامت مختلف (در جهت مخالف هم)

نمودار مکان - زمان

سرعت لحظه‌ای	سرعت متوسط
شیب خط مماس در یک نقطه	شیب خط واصل دو نقطه
شیب خط چین مماس سرعت در لحظه T $V_T = T$	شیب خط AB سرعت متوسط در بازه t_1 تا t_2 $V_{av}(t_1, t_2) = t_2$



تعریف شیب = تغییرات نام / تغییرات زمان

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_B - x_A}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = v_{av}$$

$y = mx + b$

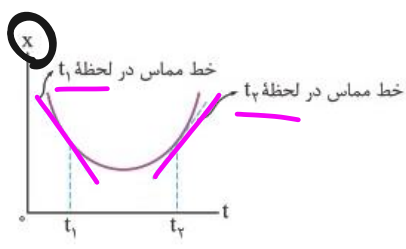
تابع درجه ۱

نکته

اگر نمودار مکان - زمان خطی باشد ← شیب: ثابت ← سرعت: ثابت ← سرعت متوسط در هر بازه با سرعت لحظه‌ای در هر لحظه برابر است.

محاسبه شتاب متوسط در نمودار مکان - زمان

ابتدا به کمک شیب خط مماس، سرعت لحظه‌ای در لحظه‌های t_1 و t_2 را به دست می‌آوریم و بعد به سراغ رابطه زیر می‌رویم:



شیب خط مماس در لحظه t_1 : v_1
شیب خط مماس در لحظه t_2 : v_2

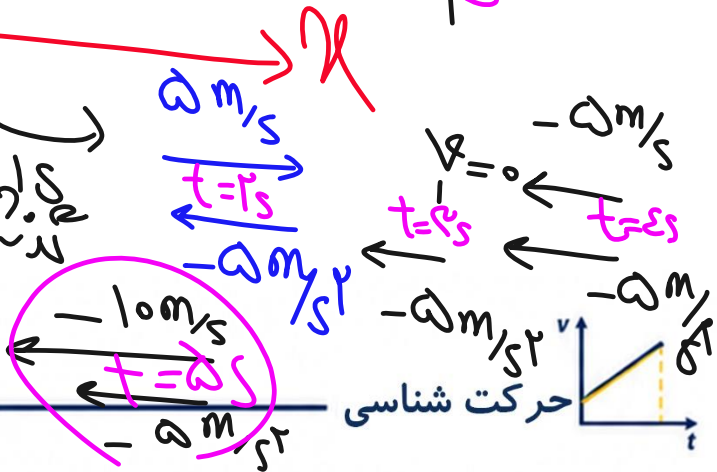
$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

شتاب ثابت

کند $a \cdot v < 0$
تند $a \cdot v > 0$

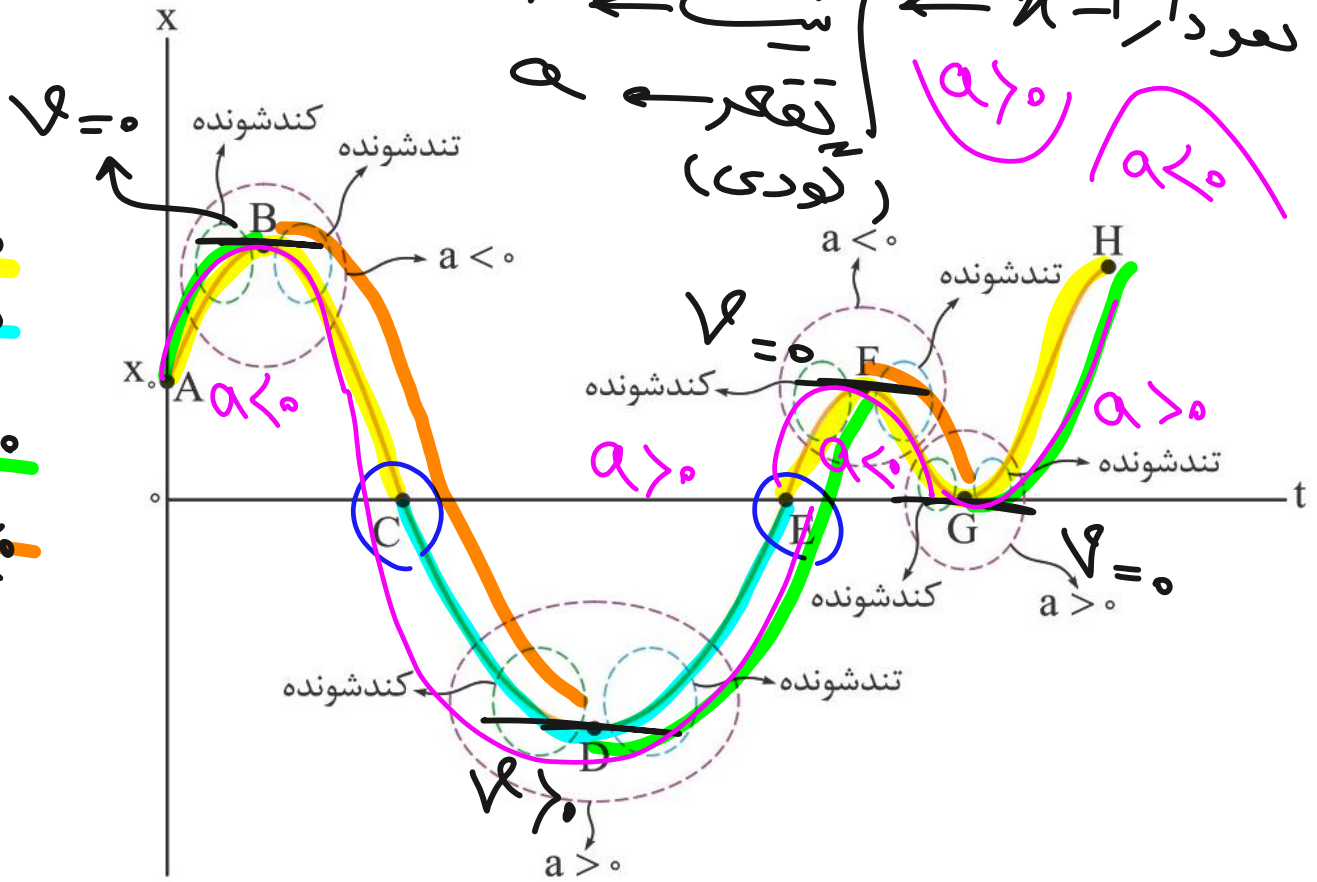
$t = 1s$ → $v > 0$
← $-5 m/s^2 = -5 m/s^2$
← $a < 0$

کندشونده = کاهش اندازه سرعت
تندشونده = افزایش اندازه سرعت



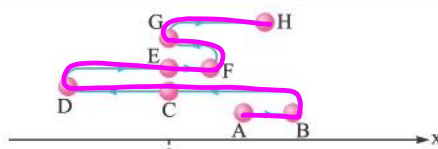
حرکت شناسی

استاد شایان عابدی

خروجی ← a (برد تاج)نمودار $x-t$ ←شیب ← v تغیر (تندی) ← a
 $a > 0$
 $a < 0$
 $v > 0$ $v < 0$ $v > 0$ $v < 0$

نمونه در نمودار بالا	نشانه در نمودار مکان - زمان	سوژه
H تا G, G تا E, C تا A	بالای محور t	$x > 0$, بردار مکان در جهت محور x
E تا C	پایین محور t	$x < 0$, بردار مکان در خلاف جهت محور x
G, E, C	منطبق بر محور t	$x = 0$, متحرک روی مبدأ است.
E و C (در نقطه G به مبدأ رسیده، ولی از آن عبور نکرده).	x برابر صفر شده و علامت آن تغییر کند.	عبور از مبدأ
H تا G, F تا D, B تا A	شیب نمودار مثبت باشد. نمودار صعودی باشد.	حرکت در جهت محور x ($v > 0$)
G تا F, D تا B	شیب نمودار منفی باشد. نمودار نزولی باشد.	حرکت در خلاف جهت محور x ($v < 0$)
G, F, D, B	قله‌ها و دره‌ها، نقاط اکسترمم	تغییر جهت حرکت
روی نمودار مشخص شده!	تغیر نمودار رو به بالا، این جوری: و و ...	شتاب در جهت محور x ($a > 0$)
روی نمودار مشخص شده!	تغیر نمودار رو به پایین، این جوری: و و ...	شتاب در خلاف جهت محور x ($a < 0$)
روی نمودار مشخص شده!	بلافاصله بعد از قله و دره	حرکت تندشونده
روی نمودار مشخص شده!	بلافاصله قبل از قله و دره	حرکت کندشونده

مسیر حرکت متحرک،



Shayanphysics

v

حرکت شناسی





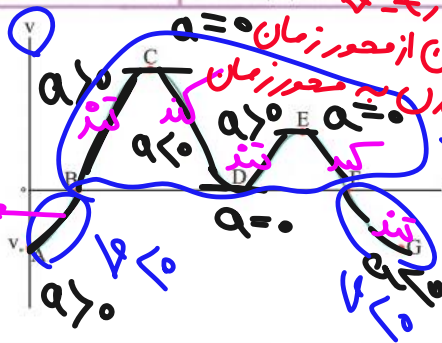
- نمودار سرعت - زمان -

شتاب لحظه‌ای	شتاب متوسط
شیب خط مماس بر یک نقطه	شیب خط واصل دو نقطه
شیب خط مماس بر نمودار در لحظه T $a_T = T$	شیب خط AB = شتاب متوسط در بازه t_1 تا t_2 $a_{av}(t_1, t_2) = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

$$\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a > 0$$

$$a < 0$$

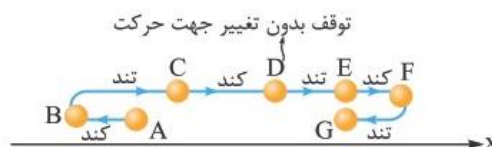


در نمودار $v-t$ شیب = شتاب

در نمودار $v-t$ شیب = شتاب

سؤره	نشانه در نمودار سرعت - زمان	نمونه در نمودار صفحه قبل
حرکت در جهت محور X	بالای محور t	F تا D, D تا B
حرکت در خلاف جهت محور X ($v < 0$)	پایین محور t	G تا F, B تا A
سکون! ($v = 0$)	منطبق بر محور X	F, D, B
تغییر جهت حرکت	قطع محور t	F و B (در نقطه D متحرک متوقف شده، اما جهت حرکت آن عوض نشده!)
شتاب در جهت محور X ($a > 0$)	شیب نمودار مثبت باشد. نمودار صعودی باشد.	E تا D, C تا A
شتاب در خلاف جهت محور X ($a < 0$)	شیب نمودار منفی باشد. نمودار نزولی باشد.	G تا E, D تا C
تغییر جهت شتاب متحرک	قله‌ها و دره‌ها، نقاط اکسترمم	E, D, C
حرکت تندشونده	دور شدن از محور t	G تا F, E تا D, C تا B
حرکت کندشونده	نزدیک شدن به محور t	F تا E, D تا C, B تا A

مسیر حرکت متحرک:

نمودار $v-t$ (به تنهایی) مکان متحرک را مشخص نمی‌کند!

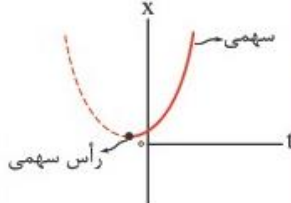
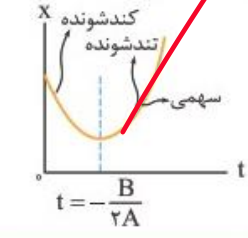


استاد شایان عابدی



درست است یا نه؟

معادله مکان - زمان درجه دو ($x = At^2 + Bt + C$)

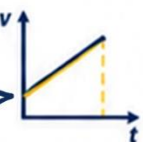
حالت اول	حالت دوم
A و B هم علامت	A و B با علامت متفاوت
جهت حرکت عوض نمی شود.	جهت حرکت در لحظه $t = \frac{-B}{2A}$ عوض می شود.
حرکت پیوسته تندشونده	حرکت قبل از لحظه $t = \frac{-B}{2A}$ کندشونده و پس از آن تندشونده
نمونه ای از نمودار مکان - زمان 	نمونه ای از نمودار مکان - زمان 

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$$

$$v = at + v_0$$

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$$

$$v = at + v_0$$



حرکت شناسی

استاد شایان عابدی

$$\frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\frac{\Delta x_2}{\Delta t_2}}{\frac{\Delta x_1}{\Delta t_1}} \Rightarrow \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} \times \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = 1$$

بخش ۲: حرکت با سرعت ثابت

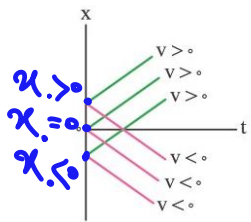
ویژگی‌ها: ۱) **تندی: ثابت** ۲) **جهت حرکت: هرگز تغییر نمی‌کند** ← اندازه جابه‌جایی = مسافت ← اندازه سرعت متوسط = **تندی متوسط** ۳) **سرعت متوسط در هر بازه با سرعت لحظه‌ای در هر لحظه برابر است** ۴) $v_{av} : v$ ← اندازه جابه‌جایی (و مسافت) با زمان متناسب است. ۵) **شتاب = صفر**

معادله مکان - زمان:

$$x = vt + x_0$$

سرعت ← زمان ← مکان

$$\Delta x = v \Delta t$$



$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

$$v t = x - x_0 \rightarrow x = v t + x_0$$

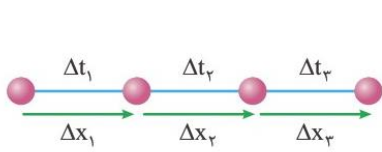
$$y = m x + b$$

مبدأ حرکت

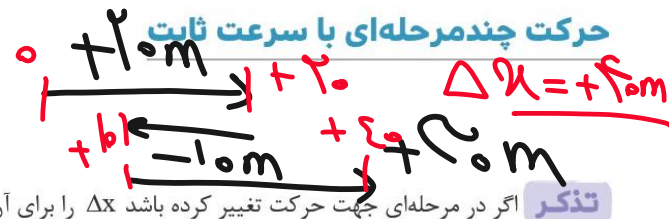
نمودار مکان - زمان

خطی به شیب v و عرض از مبدأ x_0

جابه‌جایی با سرعت ثابت:



$$v_{av} = \frac{\Delta x_{\text{کل}}}{\Delta t_{\text{کل}}} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3}$$

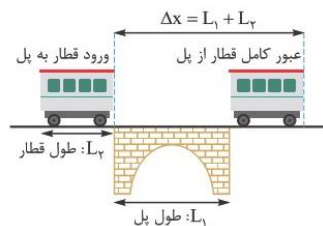
تذکر: اگر در مرحله‌ای جهت حرکت تغییر کرده باشد Δx را برای آن مرحله، منفی در نظر می‌گیریم.

نکته

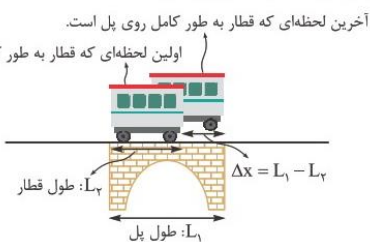
برای محاسبه تندی متوسط باید مسافت کل را حساب کرد و بعد به سراغ $s_{av} = \frac{\ell_{\text{کل}}}{\Delta t_{\text{کل}}}$ رفت.

عبور قطار از پل (یا تونل)

الف) عبور کامل قطار از پل:



ب) قرار گرفتن کامل قطار روی پل:



آخرین لحظه‌ای که قطار به طور کامل روی پل است.

اولین لحظه‌ای که قطار به طور کامل روی پل است.

طول پل: L_b طول پل: L_b طول قطار: L_p طول پل: L_b 



دو متحرک سرعت ثابت:
سرعت نسبی:

①

$$v_1 > 0$$

$$v_2 < 0$$

$$v_{\text{نسبی}} = v_1 + v_2$$

$$v_1 > 0$$

۵۰

$$v_2 > 0$$

$$v_{\text{نسبی}} = v_1 - v_2$$

$$v_1 < 0$$

$$v_2 < 0$$

زمانی که سرعت‌ها هم جهت بودند $v_{\text{نسبی}} = v_1 - v_2$

خلاف جهت هم بودند $v_{\text{نسبی}} = v_1 + v_2$

یکی را ثابت می‌کنیم دیگری با سرعت نسبی حرکت می‌کند





$$\frac{\Delta R}{v} = \Delta t = \frac{400}{10} = 40s$$

$$\frac{500 - 100}{10} = 40s$$

$$v_{\text{نی}} = 20 \frac{m}{s}$$

$$\Delta R = 500m$$

$$\Delta t = 20s = \frac{500}{20}$$

