زودیاب

فیزیک تجربی دوازدهم

مؤلفان:
محمد آهنگر
سجاد صادقی‌زاده
آرمین کمالی
سعید احمدی

گاج

۳۰
صفحه جمع‌بندی
کامل فرمول‌ها

۳۰
صفحه جمع‌بندی
کامل مفاهیم کتاب درسی

۲۰۰
پرسش مفهومی
چند قسمتی پرتکرار

۲۰۰
پرسش امتحانی
چند قسمتی پرتکرار

۲۴
آزمون سطح‌بندی‌شدهٔ
مبحثی و جامع

فرمول بیست

9 786220 308928

تهران، میدان انقلاب
نبش بازارچه کتاب
www.gajmarket.com

به نام خدا

فیزیک ۵بُعدی

تو این کتاب که با یه سبک کاملاً جدید تألیف شده، برای آموزش دقیق مطالب به شما دانش‌آموزای عزیز، تو هر فصل از پنج تا قسمت استفاده کردیم و اسمش رو گذاشتیم آموزش پنج بُعدی. خب اگه موافقید، بریم و ببینیم این ۵ تا قسمت زودپز ما، چه جوری قراره تو کمترین زمان ممکن، فیزیک شما رو برای امتحان متحول بکنه ...

۱ فرمول‌ها

تو بُعد اول هر فصل، براتون یه مرور کامل و حرفه‌ای روی فرمولای مهم فصل داریم. جالبه بدونین نکات خیلی زیادی توی این فرمولا هست که مستقیماً به شکل جای خالی و درستی یا نادرستی تو امتحان نهایی میاد و برای پاسخ بهشون، کافیه حواستون حسابی به کلمه‌ها و عبارت‌هایی که توی متن کار رنگی شدن باشه.

۲ مفاهیم

تو بُعد دوم هر فصل، سراغ عبارت‌ها و مفاهیم مهم کتاب درسی که سؤالات بسیار زیادی ازشون تو امتحان نهایی مطرح میشه رفتیم و یه جورایی قصد داریم خیلی حرفه‌ای خیال شما رو از بابت متن کتاب درسی راحت کنیم، راستی بازم خیلی خیلی حواستون به عبارت‌های رنگی داخل متن باشه. از طرفی یه سری نکات خوب و تکنیکی در مورد تحلیل نمودارها هم اگه لازم بوده، توی این بُعد گفته شده.

۳ پرسش‌های مفهومی

تو بُعد سوم هر فصل، کلی سؤال مفهومی از امتحان نهایی و تمرینای کتاب درسی رو که یه جورایی از ترکیب بُعدهای (۱) و (۲) فصل طرح شدن، براتون بررسی می‌کنیم تا تسلطتون رو مطالب خیلی خیلی زیاد بشه، راستی حواستون به تعداد تکرارهای هر پرسش هم باشه که کنارش نوشته شده، طبیعیه که هر چی سؤال بیشتر تکرار شده باشه، مهم‌تره و شانس تکرار مجددش بیشتره، راستی این تعداد تکرارها از بررسی ۲۰۰ مرحله آزمون از امتحانات نهایی و امتحانات مدارس منتخب کشور به دست اومده.

۴ مسائل عددی

تو بُعد چهارم هر فصل، سعی می‌کنیم یه مرور خیلی خوب و قوی روی مثال‌های عددی و حل‌کردنی اون فصل تو امتحان نهایی و همچنین کتاب درسی داشته باشیم تا خیالتون از این سبک سؤالات که قسمت عمدهٔ امتحان رو شامل میشه، کاملاً راحت بشه، البته بازم حواستون به تعداد تکرار هر تمرین باشه، این تعداد تکرار یه جورایی اهمیت تیپ سؤال مطرح شده رو هم برای امتحان میرسونه.

۵ آزمون‌های سطح‌بندی شده

تو بُعد پنجم فصل هم با آوردن ۴ مرحله آزمون تشریحی احتمالی که پاسخ‌شون بارم‌بندی هم شده، فصل رو بستیم. این آزمون‌های مبحثی، سطح‌بندی شده هستن و دو تای آخرش که میشه سطح ۳ و ۴، واقعاً سؤالای تشریحی جونداری هستن و اگه توی زمان ۱۲۰ دقیقه نتونستید حل کنید، ایرادی نداره، توی ۱۸۰ دقیقه حل کنید. این آزمونا، مال کساییه که خود بیست رو میخوان.

و امّا یه جمع‌بندی توپ

تو آخر کتاب هم یه بانک سؤال خوب امتحان نهایی جامع که تو دو سال اخیر برگزار شده رو دارید، این آزمونا بهترین منبع برای جمع‌بندی نزدیک امتحان اصلی محسوب میشن، راستی ۲ تا امتحان ویژهٔ ترم اول هم براتون طرح کردیم.

«با آرزوی کسب نمرهٔ ۲۰ در آزمون بزرگ‌تر زندگی»

فهرست مطالب

فصل ۱ حرکت بر خط راست

۶ بخش ۱ فرمول‌ها
۱۴ بخش ۲ مفاهیم
۲۰ بخش ۳ پرسش‌های مفهومی
۳۴ بخش ۴ مسائل عددی
۵۷ بخش ۵ آزمون‌های سطح‌بندی

فصل ۲ دینامیک

۸۰ بخش ۱ فرمول‌ها
۸۸ بخش ۲ مفاهیم
۹۱ بخش ۳ پرسش‌های مفهومی
۱۰۵ بخش ۴ مسائل عددی
۱۲۷ بخش ۵ آزمون‌های سطح‌بندی

فصل ۳ نوسان و امواج

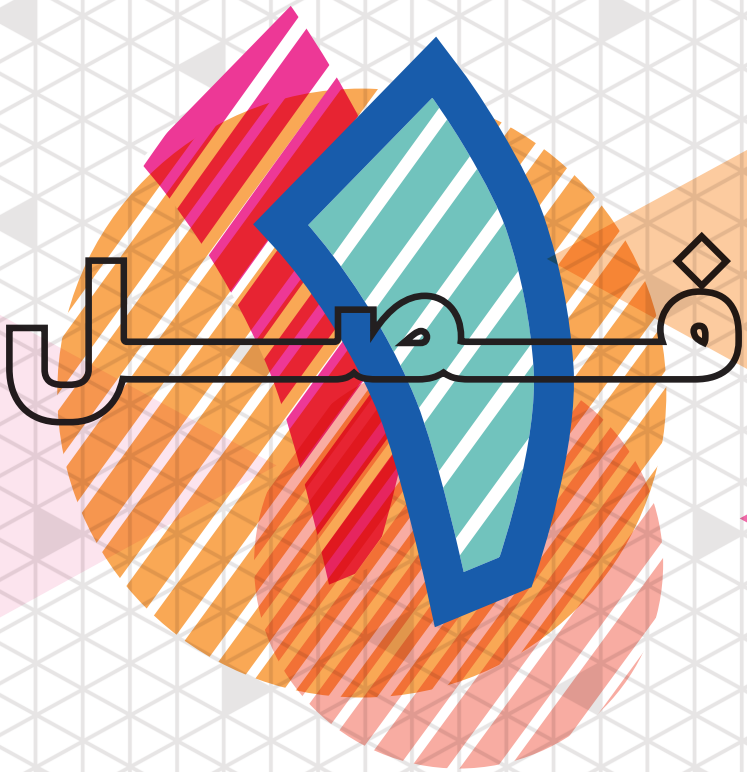
۱۵۲ بخش ۱ فرمول‌ها
۱۶۰ بخش ۲ مفاهیم
۱۷۱ بخش ۳ پرسش‌های مفهومی
۱۹۱ بخش ۴ مسائل عددی
۲۱۱ بخش ۵ آزمون‌های سطح‌بندی

فصل ۴ آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای

۲۳۸ بخش ۱ فرمول‌ها
۲۴۵ بخش ۲ مفاهیم
۲۵۴ بخش ۳ پرسش‌های مفهومی
۲۷۰ بخش ۴ مسائل عددی
۲۸۳ بخش ۵ آزمون‌های سطح‌بندی

امتحان نهایی

۳۰۴ آزمون ۱ نیم‌سال اول
۳۰۶ آزمون ۲ نیم‌سال اول
۳۰۹ آزمون ۳ دی ریاضی ۱۴۰۲ (متناسب‌سازی شده برای تجربی)
۳۱۱ آزمون ۴ دی تجربی ۱۴۰۲
۳۱۴ آزمون ۵ خرداد ریاضی ۱۴۰۳ (متناسب‌سازی شده برای تجربی)
۳۱۷ آزمون ۶ خرداد تجربی ۱۴۰۳
۳۱۹ آزمون ۷ شهریور تجربی ۱۴۰۳
۳۲۱ آزمون ۸ دی تجربی ۱۴۰۳



حرکت بر خط راست

۱ فرمول‌ها

۲ مفاهیم

۳ پرسش‌های مفهومی

۴ مسائل عددی

۵ آزمون‌های سطح‌بندی شده

سخن معلم | عناوین اصلی | نکته | تذکر | مثال حل‌شده | تعداد تکرارها | سطح آزمون

۱ فرمول‌ها

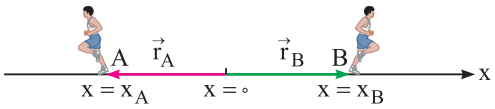
مرور حرفه‌ای فرمول‌های مورد استفاده در این فصل

تو بخش اول فصل، می‌خوایم براتون یه مرور کامل و حرفه‌ای روی فرمولای مهم این فصل داشته باشیم. جالبه بدونین نکات خیلی زیادی توی این فرمولا هست که مستقیماً به شکل جای خالی تو امتحان نهایی میاد، خواهشاً حواستون حسابی به کلمه‌ها و عبارت‌هایی که رنگی شدن باشه ... .

روابط کلی حرکت

۱ بردار مکان

در شکل زیر، دونده‌ای بر روی محور x در حال حرکت است. **بردار مکان** در هر نقطه از مسیر حرکت برای این دونده، برداری است که از **مبدأ مختصات** به مکان دونده متصل می‌شود. به‌طور مثال در شکل زیر، بردار مکان در نقاط A و B از مسیر نشان داده شده است:



$$\vec{r} = x\,\vec{i}$$

پارامترهای جدید

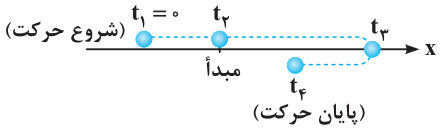
$\vec{r}$: بردار مکان (m)

x: موقعیت متحرک بر روی محور x (m)

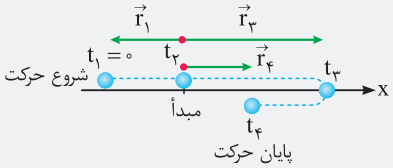
۱ اگر متحرک در سمت **راست** مبدأ باشد (B)، بردار مکان در **جهت محور x** قرار دارد و اگر متحرک در سمت **چپ** مبدأ باشد (A)، بردار مکان در **خلاف جهت محور x** قرار می‌گیرد.

۲ در مبدأ مختصات، $x = 0$ بوده و $\vec{r}$ صفر است.

در مورد بردار مکان متحرکی که مسیر زیر را در بازهٔ زمانی $t_1 = 0$ تا t_4 طی می‌کند، اظهارنظر کنید.



سه‌تا صحبت جدی زیر رو با توجه به شکل رسم شده، باید حتماً با گوشت و پوستت درک کنی...



پاسخ

۱ در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 متحرک در سمت چپ مبدأ قرار دارد، پس بردار مکان آن در خلاف جهت محور x قرار می‌گیرد.

۲ در کل بازهٔ زمانی t_2 تا t_4 متحرک در سمت راست مبدأ قرار دارد، پس بردار مکان آن در این بازه در جهت محور x قرار می‌گیرد.

۳ در لحظهٔ t_2، **متحرک یک لحظه در مبدأ قرار دارد و سپس از مبدأ عبور می‌کند**، پس بردار مکان متحرک در لحظهٔ t_2 صفر شده و در این لحظه **بردار مکان** متحرک **تغییر جهت** می‌دهد.

۲ بردار جابه‌جایی

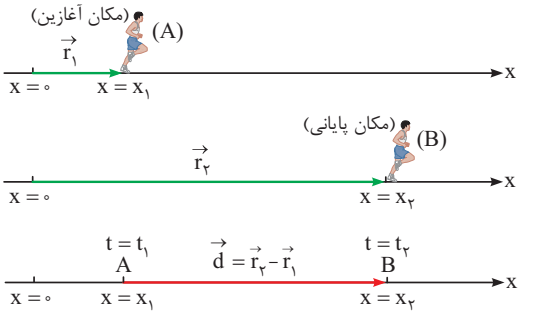
پاره‌خط جهت‌داری که مکان آغازین حرکت را به مکان پایانی حرکت وصل می‌کند، **بردار جابه‌جایی** نامیده می‌شود. بردار جابه‌جایی $\vec{d}$ عملاً معادل با تفاضل بردار $\vec{r}_1$ از $\vec{r}_2$ است.

$$\vec{d} = \vec{r}_B - \vec{r}_A = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

پارامترهای جدید

$\vec{r}_1$ ، $\vec{r}_2$: بردارهای مکان در نقاط A و B از مسیر (m)

$\vec{d}$: بردار جابه‌جایی (m)

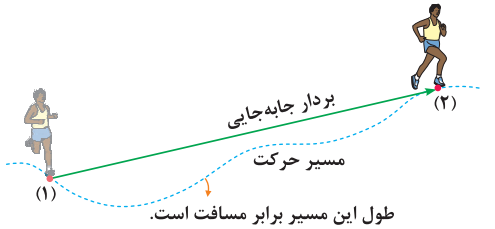


۱ جابه‌جایی **کمیتی برداری** و یکای آن در SI برابر **متر** است.

۲ هنگامی‌که متحرک روی محور x حرکت یک‌بعدی انجام می‌دهد، می‌توان جابه‌جایی را به جای $\vec{d}$ با Δx نمایش داد. در این‌صورت علامت جبری Δx، جهت جابه‌جایی را نشان می‌دهد. اگر متحرک در **جهت محور x** حرکت کند، جابه‌جایی آن **مثبت** و اگر متحرک در **خلاف جهت محور x** حرکت کند، جابه‌جایی آن **منفی** خواهد بود.

۳ مسافت طی‌شده

طول واقعی مسیر طی‌شده توسط متحرک، مسافت پیموده‌شده یا به اختصار **مسافت** نامیده می‌شود. شکل نشان داده شده تفاوت جابه‌جایی و مسافت طی‌شده توسط دونده را نشان می‌دهد:



طول این مسیر برابر مسافت است.

طول واقعی مسیر حرکت $= l$

اگر حرکت ماه به دور زمین را در یک مسیر دایره‌ای فرضی با شعاع R در نظر بگیرید، هنگامی‌که ماه یک دور کامل می‌چرخد، جابه‌جایی و مسافت آن چقدر است؟

پاسخ جابه‌جایی ماه صفر است، زیرا ماه به محل اولیهٔ خود بازگشته است اما مسافت طی شدهٔ آن برابر محیط دایرهٔ طی شده یعنی $2\pi R$ است.

۱ **مسافت** برخلاف جابه‌جایی، کمیتی نرده‌ای و نامنفی است و **جهت ندارد.**

۲ **مسافت طی‌شده** توسط یک متحرک، **همواره بزرگ‌تر یا مساوی اندازهٔ جابه‌جایی متحرک** است.

۳ هنگامی‌که متحرک در **مسیر مستقیم** و **بدون تغییر جهت** حرکت کند، اندازهٔ جابه‌جایی آن **برابر** مسافت طی‌شده است.

۴ سرعت متوسط

اگر متحرک در مدت زمان Δt، جابه‌جایی $\vec{d}$ را انجام دهد، سرعت متوسط آن در این جابه‌جایی برابر است با:

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

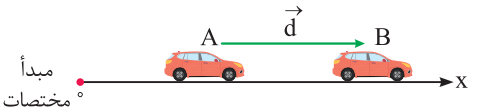
پارامترهای جدید

$\vec{v}_{av}$: بردار سرعت متوسط $(\frac{m}{s})$

$\vec{d}$: بردار جابه‌جایی (m)

Δt : طول بازهٔ زمانی (s)

۱ فرض کنید متحرک نشان‌داده‌شده در شکل، در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 از نقطهٔ A تا نقطهٔ B منتقل شده است. **بردار جابه‌جایی** $(\vec{d})$ در هر بازهٔ زمانی برای این متحرک، برداری است که محل متحرک در شروع بازهٔ زمانی را مستقیماً به محل متحرک در انتهای آن بازهٔ زمانی متصل می‌کند و بردار سرعت متوسط با بردار جابه‌جایی $(\vec{d})$ **هم‌جهت** است.



۲ سرعت متوسط **کمیتی برداری** است و یکای آن در SI، **متر بر ثانیه** است.

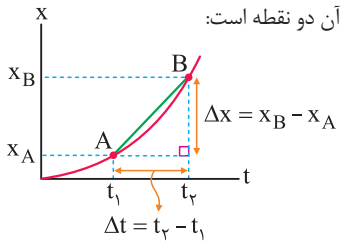
۳ اگر متحرک بر روی محور x حرکت کند، جابه‌جایی آن برابر $\vec{d} = (\Delta x)\vec{i}$ است، بنابراین برای محاسبهٔ سرعت متوسط در این حالت، می‌توان از رابطهٔ زیر استفاده کرد:

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

در این صورت علامت جبری v_{av}، جهت سرعت را نشان می‌دهد. اگر سرعت متوسط متحرک در جهت محور x باشد، v_{av} مثبت و اگر سرعت متوسط متحرک در خلاف جهت محور x باشد، v_{av} منفی خواهد بود. در این حالت:

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

۴ شیب خط راستی که دو نقطه از نمودار مکان - زمان یک متحرک را به یکدیگر وصل می‌کند، برابر سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی متناظر با آن دو نقطه است:



$$\text{شیب AB} = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = v_{av}$$

۵ تندی متوسط

به نسبت مسافت طی‌شده (l) به زمان طی کردن آن مسافت (Δt) **تندی متوسط** می‌گویند. تندی متوسط را با نماد s_{av} نشان می‌دهند و برای محاسبهٔ s_{av} داریم:

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

پارامترهای جدید

s_{av}: تندی متوسط $(\frac{m}{s})$

l: مسافت (m)

Δt: طول بازهٔ زمانی (s)

۱ تندی متوسط **کمیتی نرده‌ای** است و یکای آن در SI، **متر بر ثانیه** است.

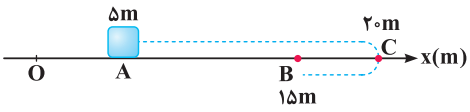
۲ برای تبدیل km/h به m/s، کافی است عدد موردنظر را بر ۳/۶ تقسیم کنیم:

$$1\,km/h = 1\frac{(1000\,m)}{(3600\,s)} \Rightarrow \boxed{1\,km/h = \frac{1}{3/6}\,m/s}$$

و برای تبدیل m/s به km/h، عدد موردنظر را در ۳/۶ ضرب می‌کنیم:

$$\boxed{1\,m/s = 3/6\,km/h}$$

در شکل زیر، در طی ۲۰ ثانیه متحرک بر روی محور x از نقطهٔ A تا نقطهٔ B حرکت کرده است. سرعت متوسط و تندی متوسط آن چقدر است؟



پاسخ

محاسبهٔ v_{av}:

محل شروع حرکت: $x_1 = 5m$

محل پایان حرکت: $x_2 = 15m$

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\vec{i} = \frac{(x_2 - x_1)}{\Delta t}\vec{i} = \frac{(15-5)\,m}{20\,s}\vec{i}$$

$$\Rightarrow \vec{v}_{av} = (0/5\,\frac{m}{s})\vec{i}$$

محاسبهٔ s_{av}:

طول واقعی مسیر حرکت = مسافت = l

$$\Rightarrow l = |AC| + |BC| \Rightarrow l = 15 + 5 = 20\,m$$

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{20}{20} = 1\,\frac{m}{s}$$

۶ سرعت لحظه‌ای

سرعت لحظه‌ای **کمیّتی برداری** است که بردار سرعت را در هر لحظه نشان می‌دهد و در بیان آن حتماً باید جهت نیز ذکر شود.

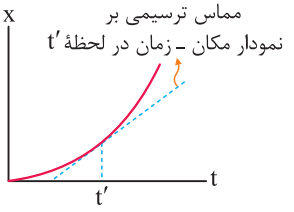
اگر خودرویی در حال حرکت به سمت شمال باشد و در نقطه‌ای از مسیر حرکت عقربهٔ تندی‌سنج خودرو روی $100\,\frac{km}{h}$ باشد، سرعت لحظه‌ای آن برابر ..... در جهت ..... است.

پاسخ

$100\,\frac{km}{h}$ - شمال

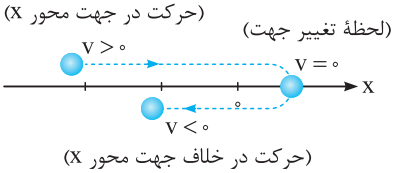
۱ در حرکت روی محور x، هرگاه سرعت لحظه‌ای متحرک **مثبت** باشد، متحرک در **جهت محور x** حرکت می‌کند و هرگاه **منفی** باشد، متحرک در **خلاف جهت محور x** حرکت می‌کند.

۲ در حرکت بر روی خط راست، **سرعت** در هر لحظهٔ دلخواه t'، برابر **شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان** در آن لحظه است:

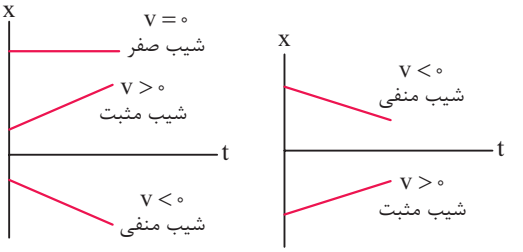


شیب خط مماس بر نمودار در آن لحظه = v لحظه‌ای

۳ در حرکت بر روی خط راست، در لحظه‌ای که **سرعت** متحرک **صفر** شده و **علامت** سرعت **عوض** می‌شود، اصطلاحاً متحرک **تغییر جهت** می‌دهد.



یه یادآوری داریم برای کل فیزیک دوازدهم، حتماً از ریاضی میدونی اگه با زیاد شدن t، x هم زیاد بشه و خط بالا بره شیب مثبته، اگرم با زیاد شدن t، x کم بشه و خط پایین بیاد شیب منفیه و در نهایت اگر t زیاد بشه و x ثابت بمونه، شیب صفره ...



۷ تندی لحظه‌ای

تندی متحرک در هر لحظه از زمان را تندی لحظه‌ای می‌نامند.

عقربه تندی‌سنج، **تندی لحظه‌ای خودرو** را نشان می‌دهد و هیچ اطلاعی از جهت حرکت خودرو به ما نمی‌دهد.

۸ شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای

شتاب متوسط متحرک در هر بازهٔ زمانی دلخواه (t_1, t_2)، به‌صورت رابطهٔ زیر تعریف می‌شود که در آن $\vec{v}_1$، سرعت متحرک در لحظهٔ t_1 و $\vec{v}_2$، سرعت متحرک در لحظهٔ t_2 است.

$$\vec{a}_{av} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$: شتاب متوسط

پارامترهای جدید

$\vec{a}_{av}$: بردار شتاب متوسط $(\frac{m}{s^2})$

$\Delta\vec{v}$: بردار تغییرات سرعت $(\frac{m}{s})$

Δt : طول بازهٔ زمانی (s)

پژوی ۲۰۶، حدوداً در زمان ۱۴ ثانیه از سرعت صفر به $۱۰۰\frac{km}{h}$ می‌رسد و BMW سری ۶، حدوداً در طی ۵ ثانیه از سرعت صفر به $۱۰۰\frac{km}{h}$ می‌رسد. این موضوع به چه معناست؟

پاسخ

این موضوع یعنی سرعت BMW، سریع‌تر از پژوی ۲۰۶ تغییر می‌کند و شتاب متوسط صفر تا صد آن خیلی بیش‌تر است. (گفتیم همین اول کار یه حسی نسبت به مفهوم شتاب بگیری، شتاب یعنی آهنگ تغییر سرعت.)

۱ شتاب متوسط ($\vec{a}_{av}$)، **کمیتی برداری** و **هم‌جهت** با بردار **تغییر سرعت** ($\Delta\vec{v}$) است.

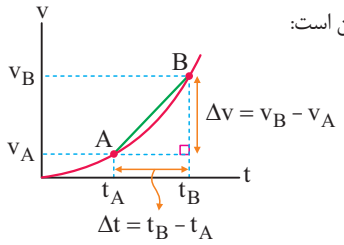
۲ یکای شتاب متوسط در SI، **متر بر مربع ثانیه** است.

۳ اگر متحرک در یک راستا حرکت کند، رابطهٔ شتاب متوسط را می‌توان بدون علامت بردار به‌کار برد؛ ولی با توجه به ماهیت برداری v_1 و v_2 باید به علامت‌های جبری آن‌ها که نشان‌دهندهٔ جهت آن‌ها می‌باشد، توجه کنیم.

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

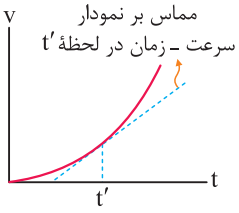
در این رابطه، **مثبت شدن** شتاب متوسط به معنی آن است که بردار شتاب متوسط در **جهت محور x** است و **منفی شدن** آن، نشان‌دهندهٔ این است که بردار شتاب متوسط در **خلاف جهت محور x** است.

۴ شیب خط راستی که دو نقطه از نمودار سرعت - زمان یک متحرک را به یکدیگر وصل می‌کند، برابر شتاب متوسط متحرک در بازهٔ زمانی متناظر آن است:

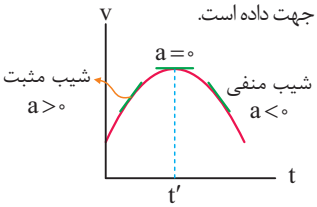


$$\text{شیب AB} = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = a_{av}$$

۵ شیب مماس ترسیمی بر نمودار سرعت - زمان در لحظهٔ t'، معادل شتاب در لحظهٔ t' است.



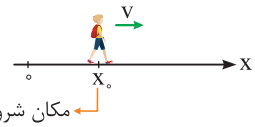
۶ با توجه به مماس‌های رسم شده، در نمودار زیر قبل از لحظهٔ t'، شتاب مثبت بوده و پس از آن شتاب منفی می‌باشد و در لحظهٔ t' بردار شتاب صفر شده و تغییر جهت داده است.



روابط حرکت با سرعت ثابت

۹ معادلهٔ مکان - زمان حرکت با سرعت ثابت

در این نوع حرکت، **اندازه** و **جهت سرعت متحرک** در طول مسیر **ثابت** است و معادلهٔ مکان - زمان آن برابر است با:



$$x = vt + x_0$$

پارامترهای جدید

x: مکان متحرک در هر لحظه (m)

v: سرعت متحرک ($\frac{m}{s}$)

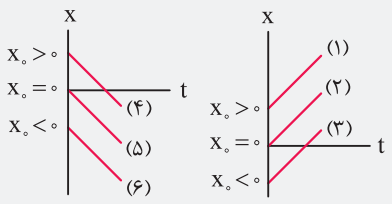
x_0: مکان اولیهٔ متحرک (m)

۱ با توجه به ثابت بودن **اندازه** و **جهت** بردار **سرعت** در این حرکت، **شتاب لحظه‌ای** و **شتاب متوسط** متحرک در هر بازهٔ زمانی دلخواه برابر **صفر** است.

برای حالت‌های مختلف v و x_0 در حرکت با سرعت ثابت بر روی محور x، نمودارهای مکان - زمان و سرعت - زمان را ترسیم کنید.

پاسخ

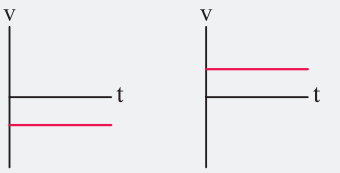
با توجه به معادلهٔ $x = vt + x_0$ در حرکت با سرعت ثابت، نمودار به‌صورت یک **خط راست** با **شیبی** برابر **سرعت متحرک (v)** است. در این حرکت با توجه به علامت سرعت (v) و مکان اولیهٔ متحرک (x_0)، نمودار می‌تواند یکی از شکل‌های رسم شدهٔ زیر را داشته باشد:



الف) سرعت (شیب) مثبت ب) سرعت (شیب) منفی

پاسخ

از طرفی چون سرعت متحرک ثابت است، نمودار سرعت - زمان به شکل‌های زیر می‌تواند باشد:



الف) سرعت مثبت　　ب) سرعت منفی

روابط حرکت با شتاب ثابت

۱۰ درک مفهوم شتاب در حرکت با شتاب ثابت

در جدول داده شده، مقادیر سرعت یک اتومبیل در لحظات مختلف حرکت در یک مسیر مستقیم نشان داده شده است. با کمی دقت می‌توان دریافت که در هر ثانیه مقدار سرعت اتومبیل ۲ واحد زیاد شده است، یعنی آهنگ تغییر سرعت $(\frac{\Delta v}{\Delta t})$ که همان تعریف شتاب متوسط است، در تمامی بازه‌های زمانی با طول یک ثانیه، یکسان و مقداری ثابت است.

زمان	۰	۱s	۲s	۳s	۴s	۵s
سرعت	$v_۰ = ۰$	۲m/s	۴m/s	۶m/s	۸m/s	۱۰m/s

در این حرکت، شتاب ثابت و برابر $۲\frac{m}{s^۲}$ است. دقت شود که در یک حرکت **شتاب ثابت**، **سرعت** ثابت **نیست**، بلکه **تغییرات سرعت** در واحد زمان، **ثابت است**.

$$|\vec{a}_{av}| = \frac{|\vec{v}_۲ - \vec{v}_۱|}{t_۲ - t_۱} = \frac{۲-۰}{۱-۰} = \frac{۴-۲}{۲-۱} = \frac{۶-۴}{۳-۲} = \frac{۸-۶}{۴-۳}$$

$$\Rightarrow a = ۲m/s^۲$$

وقتی گفته می‌شه شتاب متحرکی برابر مقدار ثابت $۲m/s^۲$ هستش، یعنی سرعت متحرک تو هر ثانیه ۲ واحد عوض می‌شه...

در عمل با حرکت اجسامی که شتاب آن‌ها ثابت یا تقریباً ثابت است زیاد سروکار داریم. **جسمی که روی سطحِ هموار یک سراشیبی در حال لغزیدن** است، یا **جسمی که در حال سقوط** است و اثر **مقاومت هوا** بر آن **ناچیز** باشد، دارای حرکت با شتاب ثابت‌اند. هم‌چنین **خودرویی** که پس از سبز شدن چراغ، **شروع به حرکت می‌کند** یا **هواپیمایی** که روی باند پرواز حرکت می‌کند تا به **شرایط لازم برای برخاستن برسد**، مثال‌هایی از حرکت با شتاب تقریباً ثابت‌اند.

۱۱ معادلهٔ مکان - زمان با شتاب ثابت

فرض کنید متحرکی روی محور x و از **مکان اولیهٔ** $x_۰$ با **سرعت اولیهٔ** $v_۰$ و **شتاب ثابت** a شروع به حرکت می‌کند.

معادلهٔ مکان - زمان حرکت این متحرک از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$x = \frac{۱}{۲}at^۲ + v_۰t + x_۰$$

پارامترهای جدید

- a : شتاب $(\frac{m}{s^۲})$
- $v_۰$: سرعت اولیهٔ متحرک $(\frac{m}{s})$
- $x_۰$: مکان اولیهٔ متحرک (m)
- x : مکان متحرک در هر لحظه (m)

۱ جابه‌جایی متحرک در t ثانیهٔ اول حرکت از رابطهٔ $\Delta x = \frac{۱}{۲}at^۲ + v_۰t$ به‌دست می‌آید.

نمودار مکان - زمان حرکت با شتاب ثابت در حالت کلی به چه صورت است؟

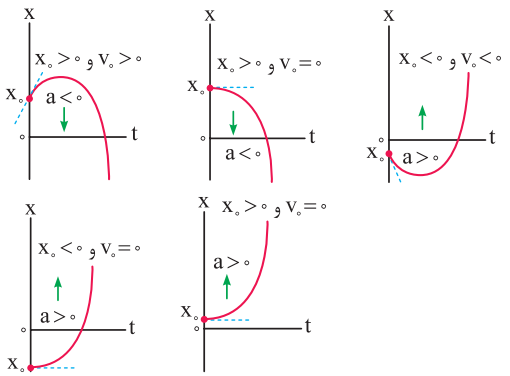
پاسخ

نمودار **مکان - زمان** حرکت با شتاب ثابت به شکل یک **سهمی** است و در ادامه به نکات آن می‌پردازیم.

۲ اگر $a > ۰$ باشد، تقعر سهمی رو به بالا و اگر $a < ۰$ باشد، تقعر سهمی رو به پایین است.

۳ اگر نمودار از بالای محور t شروع شود، $x_۰ > ۰$ بوده و اگر از پایین محور t شروع شود، $x_۰$ منفی است.

۴ اگر شیب مماس ترسیمی در $t=0$ مثبت باشد، $v_0>0$ بوده و اگر منفی باشد، $v_0<0$ است:



۱۲ معادلهٔ سرعت - زمان حرکت با شتاب ثابت

معادله سرعت - زمان متحرکی که بر روی محور x با شتاب ثابت a و سرعت اولیهٔ v_0 شروع به حرکت می‌کند، برابر است با:

$$v = at + v_0$$

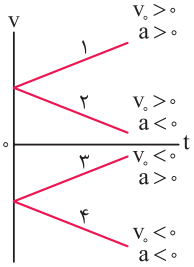
پارامترهای جدید

a : شتاب $(\frac{m}{s^2})$

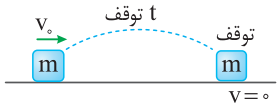
v_0 : سرعت اولیهٔ متحرک $(\frac{m}{s})$

v : سرعت متحرک در هر لحظه $(\frac{m}{s})$

۱ طبق رابطهٔ $v = at + v_0$، نمودار سرعت - زمان در حرکت با شتاب ثابت به‌صورت خطی با شیب a و عرض از مبدأ v_0 است. در شکل مقابل، این نمودار را برای حالت‌های مختلف v_0 و a ترسیم کرده‌ایم:

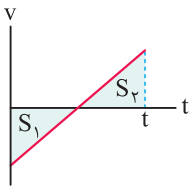


۲ هنگامی‌که متحرکی در مسیر مستقیم با تندی v_0 در حال حرکت است و ناگهان با شتاب a ترمز می‌گیرد، با صفر قرار دادن سرعت، می‌توانیم زمان ترمز تا لحظهٔ توقف را محاسبه کنیم:



$$v = at + v_0 \xrightarrow{v=0} t = \frac{-v_0}{a} \Rightarrow t_{توقف} = \frac{v_0}{|a|}$$

۳ در بسیاری از موارد، در یک حرکت با شتاب ثابت، مسافت طی‌شده و یا جابه‌جایی متحرک در یک بازهٔ زمانی مشخص پرسیده می‌شود. در این‌گونه از مسائل، بهترین روش ترسیم نمودار سرعت - زمان و کمک گرفتن از مساحت محصور بین نمودار و محور افقی است. مثلاً در نمودار زیر برای محاسبهٔ مسافت و جابه‌جایی تا لحظهٔ t داریم:



مسافت طی‌شده تا لحظهٔ t : $l = |S_1| + |S_2|$

جابه‌جایی تا لحظهٔ t : $\Delta x = -|S_1| + |S_2|$

حواست باشه که از روی مسافت و جابه‌جایی، خیلی راحت می‌شه تندی متوسط و سرعت متوسط رو حساب کرد، این سبک سؤالا زیاد میاد که تو قسمت چهارم فصل حسابی روش کار کردیم ...

۱۳ سرعت متوسط در حرکت با شتاب ثابت

سرعت متوسط متحرکی که در مسیر مستقیم با شتاب ثابت حرکت می‌کند، در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 برابر است با **میانگین** سرعت متحرک در این دو لحظه، یعنی:

$$v_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

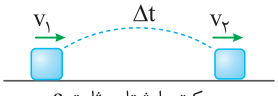
پارامترهای جدید

v_1 : سرعت متحرک در لحظهٔ t_1 $(\frac{m}{s})$

v_2 : سرعت متحرک در لحظهٔ t_2 $(\frac{m}{s})$

v_{av} : سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 $(\frac{m}{s})$

۱ به‌طور کلی در حرکت با شتاب ثابت، سرعت متوسط در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 برابر میانگین سرعت‌های ابتدا و انتهای آن بازه است که برابر با سرعت متحرک در لحظهٔ $\frac{t_1+t_2}{2}$ می‌باشد.



$$v_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

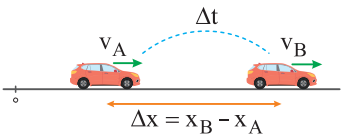
۲ در حرکت با شتاب ثابت، معادلهٔ بسیار پرکاربرد مستقل از شتاب به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

$$v_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2} \Rightarrow \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta x = \frac{v_1 + v_2}{2}\Delta t}$$

۱۴ معادلهٔ سرعت - جابه‌جایی (مستقل از زمان)

در حرکت متحرک با شتاب ثابت بر روی خط راست، اگر سرعت متحرک در ابتدا و انتهای یک جابه‌جایی به‌ترتیب v_A و v_B باشد، معادلهٔ سرعت - جابه‌جایی عبارت است از:

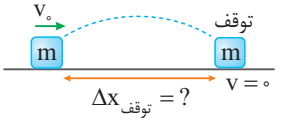


$$\boxed{v_B^2 - v_A^2 = 2a(x_B - x_A) = 2a\,\Delta x}$$

پارامترهای جدید

- a : شتاب $(\frac{m}{s^2})$
- Δx : جابه‌جایی متحرک (m)
- v_A : سرعت ابتدایی متحرک $(\frac{m}{s})$
- v_B : سرعت نهایی متحرک $(\frac{m}{s})$

۱ هنگامی‌که متحرک در حرکت بر خط راست با شتاب ثابت a ترمز می‌گیرد، با صفر قرار دادن سرعت نهایی $(v_B = 0)$، مسافت ترمز آن به‌دست می‌آید:



$$v_B^2 - v_A^2 = 2a\Delta x \xrightarrow[v_A = v_0]{v_B = 0} -v_0^2 = 2a\Delta x_{\text{توقف}}$$

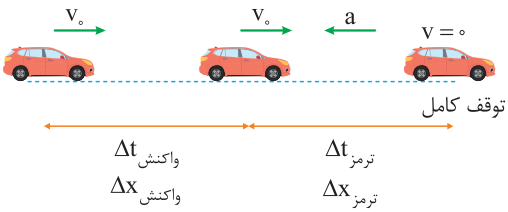
$$\Rightarrow \Delta x_{\text{توقف}} = \frac{-v_0^2}{2a} \Rightarrow \boxed{\Delta x_{\text{توقف}} = \frac{v_0^2}{|2a|}}$$

۲ در برخی از مسائل، مدتی طول می‌کشد تا رانندهٔ خودرو بتواند عکس‌العمل نشان دهد و ترمز کند که به این زمان، زمان واکنش راننده می‌گویند. اگر زمان واکنش راننده را هم در نظر بگیریم، حرکت خودرو دارای دو مرحله خواهد بود:

۱ در مدت زمان واکنش، راننده هنوز ترمز نکرده است و خودرو با **سرعت ثابت (سرعت قبل از ترمز)** حرکت می‌کند.

۲ پس از زمان واکنش، راننده ترمز می‌کند و خودرو با **شتاب ثابت** متوقف می‌شود.

با توجه به توضیحات داده‌شده، شکل رسم‌شده، چگونگی حرکت خودرو را در هنگام ترمز کردن در واقعیت نشان می‌دهد:



$$\Delta x_{\text{توقف}} = \Delta x_{\text{واکنش}} + \Delta x_{\text{ترمز}} = v_0 \Delta t_{\text{واکنش}} + \frac{v_0^2}{|2a|}$$

$$\Delta t_{\text{توقف}} = \overbrace{\Delta t_{\text{واکنش}}}^{\text{زمان واکنش راننده}} + \Delta t_{\text{ترمز}} = \Delta t_{\text{واکنش}} + \frac{v_0}{|a|}$$

حواست باشه که اگه خواستی از این دو تا فرمول تو امتحان نهایی استفاده کنی، حتماً حتماً اول باید اثباتشون بکنی، چون طراح براشون بارم در نظر میگیره ...

یادداشت:

۲ مفاهیم

مرور حرفه‌ای مفاهیم مورد استفاده در این فصل

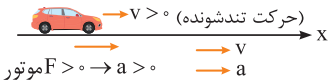
تا این‌جای کار یه گشت خیلی خوب و مفهومی توی فرمولای این فصل داشتیم. حالا تو بخش دوم فصل می‌خوایم بریم سراغ عبارت‌های مهم کتاب درسی و یه سری تکنیک کاربردی تو معادله‌ها و نمودارها، که سؤالات بسیار زیادی ازشون تو امتحان نهایی مطرح میشه و یه جورایی قصد داریم خیلی حرفه‌ای خیال شما رو از بابت این موضوعات راحت کنیم. راستی خیلی خیلی حواستون به عبارت‌های رنگی داخل متن باشه ...

۱ حرکت کندشونده یا تندشونده چگونه شناسایی می‌شود؟

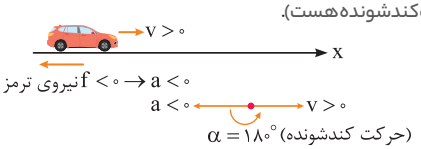
حرکت تندشونده، حرکتی است که **تندی متحرک (اندازهٔ سرعت)** در آن **افزایش** می‌یابد. هم‌چنین اگر **تندی متحرک (اندازهٔ سرعت)** در حال **کاهش** باشد، حرکت متحرک **کندشونده** است.

۱ اگر در حرکتی بردارهای **سرعت** و **شتاب** با یکدیگر **هم‌جهت** باشند، **تندی متحرک** ($|v|$) دائماً در حال **افزایش** بوده و حرکت متحرک **تندشونده** می‌باشد. همچنین اگر بردارهای سرعت و شتاب **در خلاف جهت یکدیگر** باشند، تندی متحرک $|v|$ دائماً در حال **کاهش** بوده و حرکت متحرک **کندشونده** است.

۲ مطابق شکل اتومبیلی را در نظر بگیرید که در آن راننده پدال گاز را فشار داده است. در این حرکت، نیروی موتور تندی ماشین را افزایش می‌دهد، بنابراین علامت‌های v و a یکسان و حرکت **تندشونده** است (هر وقت اتومبیل از حال سکون گاز میده، تندتر میره و حرکت تندشونده هست).

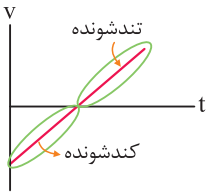


۳ در شکل رسم‌شده، اتومبیلی را می‌بینید که رانندهٔ آن پدال ترمز را فشار داده است. در این حالت، نیروی ترمز تندی حرکت را کاهش می‌دهد، بنابراین اگرچه بردار سرعت در جهت محور x می‌باشد اما شتاب آن در خلاف جهت محور x بوده و این حرکت **کندشونده** است (هر وقت اتومبیل ترمز بکنه و در نهایت حرکتش کند بشه تا متوقف بشه، حرکت کندشونده هست).



۴ اگر **شتاب** و **سرعت** در یک بازهٔ زمانی **هم‌جهت** (**هم‌علامت**) باشند، حرکت **تندشونده** است و اگر در **خلاف جهت** هم (**مختلف‌العلامت**) باشند، حرکت **کندشونده** است.

۵ به عنوان یک دستورالعمل کلی در نمودار **سرعت - زمان**، هرگاه نمودار از محور افقی **دور** شود، تندی افزایش می‌یابد و حرکت **تندشونده** است و هرگاه نمودار به محور افقی **نزدیک** شود، تندی کاهش می‌یابد و حرکت **کندشونده** است.



۲ ویژگی‌های معادلهٔ مکان - زمان در حالت کلی چیست؟

فرض کنید معادلهٔ مکان - زمان متحرکی به‌صورت $x = ۲t^۲ - ۱۲t + ۱۶$ باشد. در ادامه می‌خواهیم ببینیم از این معادله چه نتایجی به‌دست می‌آید:

الف **مکان در هر لحظه:** با جای‌گذاری زمان‌های مختلف در معادلهٔ مکان - زمان، می‌توان مکان متحرک را در هر لحظه به‌دست آورد:

$$\begin{cases} t = ۰ \Rightarrow x_۰ = ۰ - ۰ + ۱۶ = ۱۶m \\ t = ۳s \Rightarrow x_۳ = ۲ \times ۳^۲ - ۱۲ \times ۳ + ۱۶ = -۲m \end{cases}$$

ب **جابه‌جایی در یک بازهٔ زمانی:** با محاسبهٔ تفاضل مکان ابتدایی بازه از مکان انتهایی، می‌توان جابه‌جایی را محاسبه کرد:

بازهٔ زمانی صفر تا ۳s : $\Delta x = x_۳ - x_۰ = -۲ - ۱۶ = -۱۸m$

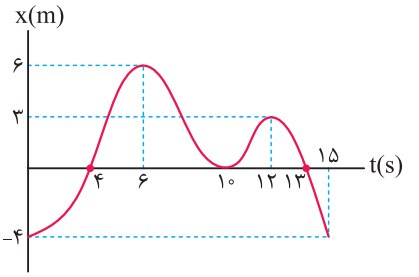
پ **سرعت متوسط:** با تقسیم جابه‌جایی به مدت زمان انجام آن، سرعت متوسط متحرک به‌دست می‌آید:

بازهٔ صفر تا ۳s : $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-۱۸}{۳} = -۶ \frac{m}{s}$

اگر معادلهٔ مکان - زمان فرم ساده‌ای داشته باشد که بتوانیم آن را رسم کنیم، با کمک نمودار مکان - زمان رسم‌شده می‌توان مواردی مثل جابه‌جایی، مسافت طی‌شده، سرعت و تندی متوسط، سرعت لحظه‌ای، جهت حرکت، لحظات تغییر جهت، تندشونده یا کندشونده بودن حرکت و جهت شتاب را نیز بررسی کرد. در قسمت مربوط به بررسی نمودار مکان - زمان در ادامهٔ کار، این موارد را بررسی کرده‌ایم.

۳ از نمودار مکان - زمان چه اطلاعاتی به‌دست می‌آید؟

فرض کنید نمودار مکان - زمان یک متحرک به شکل زیر داده شده است. می‌خواهیم ببینیم از این نمودار، چه مواردی قابل فهم است؟



الف **مکان متحرک و بردار مکان آن در لحظات مختلف:** با توجه به نمودار رسم شده، می‌توان فهمید که در هر لحظه، متحرک در چه مکانی قرار دارد. به عنوان مثال در لحظات زیر داریم:

$$t_0 = 0 \Rightarrow x_0 = -4\,m \Rightarrow \vec{r}_0 = -4\vec{i}$$

$$t_1 = 4s \Rightarrow x_1 = 0 \Rightarrow \vec{r}_1 = 0$$

$$t_2 = 6s \Rightarrow x_2 = 6m \Rightarrow \vec{r}_2 = 6\vec{i}$$

توی لحظات $t=4s$ و $t=13s$ که نمودار محور افقی رو قطع کرده و علامت x عوض شده، بردار مکان متحرک تغییر جهت داده...

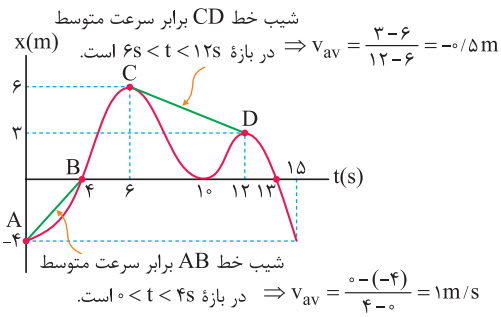
ب **جابه‌جایی متحرک:** با داشتن مکان ابتدا و انتهای یک بازهٔ زمانی، جابه‌جایی از رابطهٔ $\Delta x = x_2 - x_1$ به‌راحتی قابل محاسبه است. به عنوان مثال در دو بازهٔ زمانی زیر داریم:

بازهٔ صفر تا ۴s : $\Delta x = 0 - (-4) = 4\,m$

بازهٔ صفر تا ۱۵s : $\Delta x = -4 - (-4) = 0$

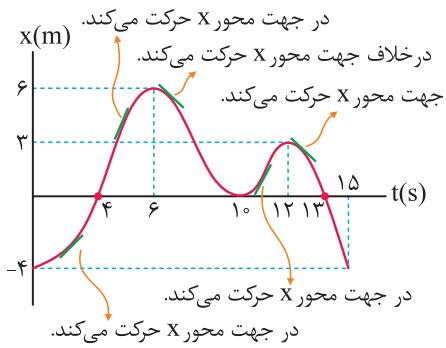
پ **سرعت متوسط:** به‌طور کلی در نمودار مکان - زمان، اگر ابتدای یک بازهٔ زمانی را به انتهای آن وصل کنیم، شیب این خط برابر سرعت متوسط است.

به عنوان مثال در دو بازهٔ زمانی نشان داده شده در شکل زیر داریم:



ت **سرعت لحظه‌ای:** اگر در هر لحظه، خط مماس بر نمودار مکان - زمان را رسم کنیم، شیب این خط برابر سرعت در آن لحظه است.

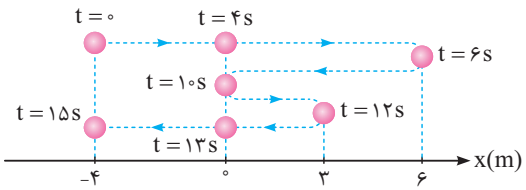
ث **تعیین جهت حرکت:** هرگاه سرعت مثبت باشد (شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان مثبت باشد)، متحرک در جهت محور x حرکت می‌کند و هرگاه سرعت منفی باشد (شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان منفی باشد)، متحرک در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند. جهت حرکت برای لحظات مختلف در نمودار شکل زیر نشان داده شده است:



ج **تعیین لحظات تغییر جهت (دور زدن):** هرگاه شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان صفر شود (سرعت صفر شود) و علامت شیب خط مماس بر نمودار در دو طرف آن مخالف یکدیگر باشد، جهت حرکت تغییر کرده است. مثلاً در نمودار رسم‌شده، در لحظات $t = 6s$، $t = 10s$ و $t = 12s$، مماس بر نمودار مکان - زمان افقی بوده و جهت حرکت متحرک تغییر کرده است.

تغییر جهت حرکت رو با تغییر جهت بردار مکان اشتباه نگیرید...

ج مسافت طی‌شده: کافی است مسیر حرکت متحرک را با توجه به شکل زیر که از روی نمودار مکان - زمان ترسیم‌شده، دنبال کنیم تا بفهمیم طول واقعی مسیر طی‌شده چند متر است. مثلاً در نمودار رسم‌شده، متحرک در بازهٔ زمانی صفر تا ۶s، ابتدا ۱۰m در جهت محور x حرکت کرده (از x=-۴m به x=+۶m رفته است)، سپس در لحظهٔ t = ۶s دور زده و تا t = ۱۰s، ۶m در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند (از x=+۶m به x=۰ رفته است)، سپس دوباره در t = ۱۰s دور می‌زند و تا t = ۱۲s، به اندازهٔ ۳m در جهت محور x حرکت می‌کند (از x=۰ به x=+۳m رفته است) و پس از دور زدن در لحظهٔ t = ۱۲s، ۷m در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند تا در نهایت در لحظهٔ t = ۱۵s، به مکان x = -۴m برسد.



(شکل کلی مسیر حرکت)

$$l = ۱۰ + ۶ + ۳ + ۷ = ۲۶m$$

ح تندی متوسط: با محاسبه کردن مسافت طی‌شده با توجه به قسمت قبل، محاسبهٔ تندی متوسط با استفاده از رابطهٔ $s_{av} = \frac{l}{\Delta t}$ کار بسیار ساده‌ای است. به عنوان مثال تندی متوسط متحرک در مدت زمان ۱۵s برابر است با:

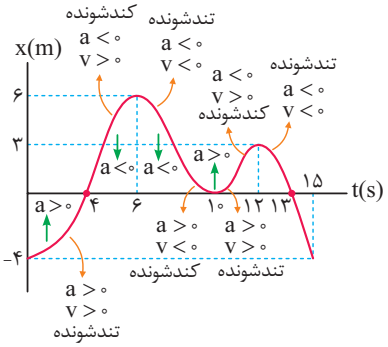
$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} \xrightarrow[\Delta t = ۱۵s]{l = ۲۶m} s_{av} = \frac{۲۶}{۱۵}\frac{m}{s}$$

خ تعیین علامت شتاب: اگر تقعر نمودار مکان - زمان رو به بالا (∪) باشد، شتاب حرکت مثبت است و اگر تقعر نمودار مکان - زمان رو به پایین (∩) باشد، شتاب حرکت منفی است. به عنوان مثال از t = ۰ تا t = ۴s، تقعر به سمت بالا بوده، بنابراین در این بازهٔ زمانی a > ۰ است.

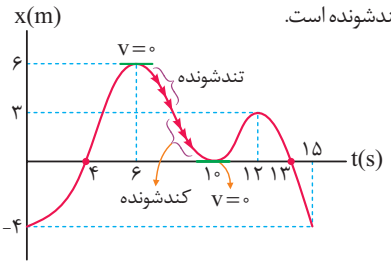
د تعیین نوع حرکت: با مقایسه علامت کمیت‌های سرعت و شتاب در هر لحظه، می‌توانیم نوع حرکت را مشخص کنیم (در نمودار مکان - زمان، علامت سرعت در هر لحظه را با کمک شیب مماس بر نمودار در آن لحظه و علامت شتاب را به کمک جهت تقعر نمودار به دست می‌آوریم، دقت شود در محل‌هایی که تقعر یا گودی عوض می‌شود، عملاً شتاب حرکت صفر شده است).

حرکت تندشونده است. ⇒ اگر a و v هم‌علامت باشند.

حرکت کندشونده است. ⇒ اگر a و v مختلف‌العلامت باشند.



به عنوان یک راه‌حل مفهومی و ساده‌تر و بدون تحلیل علامت‌های a و v، هرگاه به محل با v = ۰ نزدیک می‌شویم مشابه حالتی است که اتومبیل در حال ترمز کردن است و حرکت کندشونده می‌باشد و هرگاه در حال دور شدن از محل v = ۰ بودیم، مشابه حالتی است که اتومبیل گاز می‌دهد و حرکت تندشونده است. با توجه به این موضوع در بازهٔ زمانی ۶s تا ۱۰s ابتدا از محل v = ۰ دور می‌شویم و حرکت تندشونده است و سپس به محل v = ۰ نزدیک می‌شویم و حرکت کندشونده است.



۴ ویژگی‌های معادلهٔ سرعت - زمان در حالت کلی چیست؟

فرض کنید معادلهٔ سرعت - زمان متحرکی به‌صورت $v = t^۲ - ۴$ باشد. می‌خواهیم ببینیم از این معادله چه نتایجی به‌دست می‌آید:

الف سرعت در هر لحظه: با جای‌گذاری زمان‌های مختلف، می‌توان سرعت و تندی حرکت (همون قدر مطلق سرعت) را در آن زمان‌ها محاسبه کرد، مثلاً در لحظات صفر و ۵ ثانیه داریم:

$$t_۱ = ۰ \Rightarrow v_۱ = ۰ - ۴ = -۴\frac{m}{s} \xrightarrow{\text{تندی متحرک}} ۴\frac{m}{s}$$

$$t_۲ = ۵s \Rightarrow v_۲ = ۵^۲ - ۴ = ۲۱\frac{m}{s} \xrightarrow{\text{تندی متحرک}} ۲۱\frac{m}{s}$$

ب شتاب متوسط: با محاسبهٔ سرعت ابتدا و انتهای یک بازهٔ زمانی، می‌توان شتاب متوسط متحرک در آن بازهٔ زمانی را با کمک رابطهٔ $a_{av}=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ محاسبه کرد. مثلاً در ۵ ثانیهٔ اول حرکت داریم:

بازهٔ زمانی صفر تا ۵s : $a_{av}=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{۲۱-(-۴)}{۵-۰}=۵\frac{m}{s^۲}$

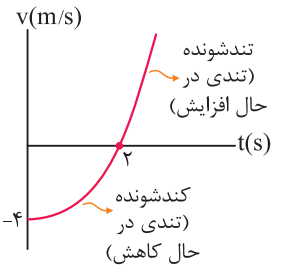
پ تعیین جهت حرکت و لحظات تغییر جهت: برای این منظور کافی است معادلهٔ سرعت - زمان را تعیین علامت کنیم:

t		۰		۲		∞
$v=t^۲-۴$		−	۰	+		

به عنوان مثال برای متحرک موردنظر، در **۲ ثانیهٔ ابتدایی**، سرعت **منفی** است و متحرک در **خلاف جهت محور x** حرکت می‌کند. در لحظهٔ $t=۲s$ سرعت صفر شده و متحرک **تغییر جهت** می‌دهد و از این لحظه به بعد **سرعت مثبت** است و متحرک در **جهت محور x** حرکت می‌کند.

ت تعیین نوع حرکت: حرکت تندشونده یعنی تندی حرکت در حال افزایشه (عین گاز دادن ماشین) و حرکت کندشونده یعنی تندی حرکت در حال کاهشه (عین ترمز کردن ماشین)...

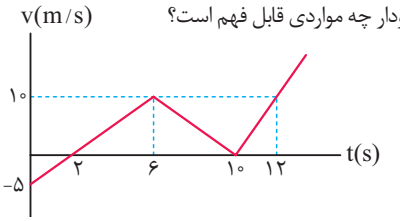
کافی است ببینیم تندی حرکت یا همان اندازهٔ v در حال کاهش است یا افزایش؛ تا کندشونده یا تندشونده بودن حرکت را تعیین کنیم. برای این کار ساده‌ترین راه رسم نمودار سرعت - زمان از روی معادلهٔ داده‌شده است.



در حالت خاص، اگر معادلهٔ سرعت - زمان درجه یک باشد، یعنی مربوط به حرکت با شتاب ثابت باشد، می‌توان با رسم آن و محاسبهٔ مساحت زیر نمودار، جابه‌جایی و مسافت طی‌شده را نیز به‌دست آورد و سپس با کمک جابه‌جایی و مسافت، می‌توان سرعت متوسط و تندی متوسط را نیز محاسبه کرد.

۵ از نمودار سرعت - زمان چه اطلاعاتی به‌دست می‌آید؟

فرض کنید نمودار سرعت - زمان به شکل زیر داده شده است. می‌خواهیم ببینیم از این نمودار چه مواردی قابل فهم است؟



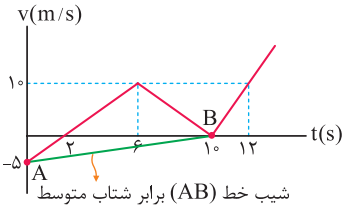
الف سرعت در هر لحظه: سرعت در لحظات مختلف، از مقادیر روی محور قائم نمودار مشخص است، به عنوان مثال در لحظات مختلف داریم:

$t=۰\Rightarrow v=-۵\frac{m}{s}$

$t=۲s\Rightarrow v=۰$

$t=۶s\Rightarrow v=۱۰\frac{m}{s}$

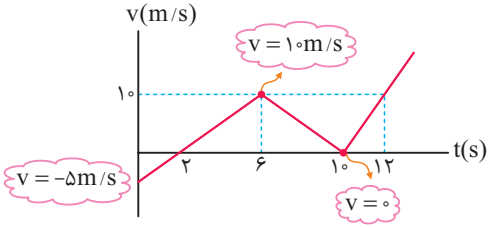
ب شتاب متوسط: اگر دو نقطه از نمودار **سرعت - زمان** را با خط راست به هم وصل کنیم، شیب خط واصل، برابر **شتاب متوسط در بازهٔ زمانی متناظر با آن نقاط** است. به عنوان مثال در ۱۰ ثانیهٔ اول حرکت داریم:



شیب خط (AB) برابر شتاب متوسط در بازهٔ زمانی $۰<t<۱۰s$ است. $\Rightarrow a_{av}=\frac{۰-(-۵)}{۱۰}=۰/۵\,m/s^۲$

پ شتاب لحظه‌ای: شیب **خط مماس** بر نمودار **سرعت - زمان** در هر لحظه برابر **شتاب در آن لحظه** است.

به عنوان مثال در این حرکت، از صفر تا ۶s شیب نمودار سرعت - زمان ثابت بوده و شتاب متحرک در هر لحظه برابر شتاب متوسط در طول این بازهٔ زمانی است، پس:



شتاب از صفر تا ۶s : $a=a_{av}=\frac{v_۲-v_۱}{t_۲-t_۱}=\frac{۱۰-(-۵)}{۶-۰}$

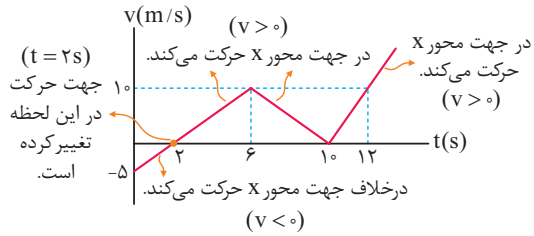
$\Rightarrow a=۲/۵\frac{m}{s^۲}$

همچنین از ۶s تا ۱۰s نیز شتاب ثابت و منفی بوده و برابر است با:

شتاب از ۶s تا ۱۰s : $a=a_{av}=\frac{v_۲-v_۱}{t_۲-t_۱}=\frac{۰-(۱۰)}{۱۰-۶}$

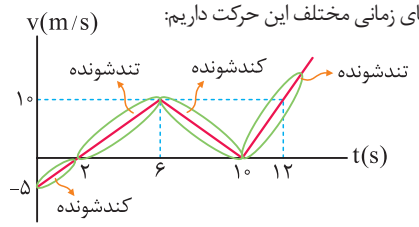
$\Rightarrow a=-\frac{۱۰}{۴}=-۲/۵\frac{m}{s^۲}$

ت تعیین جهت حرکت و لحظات تغییر جهت: هرگاه **سرعت مثبت** باشد (نمودار سرعت - زمان، بالای محور افقی باشد)، متحرک در **جهت محور x** حرکت می‌کند و هرگاه **سرعت منفی** باشد (نمودار سرعت - زمان، زیر محور افقی باشد)، متحرک در **خلاف جهت محور x** حرکت می‌کند. هم‌چنین هنگامی‌که نمودار، محور افقی را قطع می‌کند و از آن می‌گذرد (علامت سرعت عوض می‌شود)، جهت حرکت تغییر کرده است.

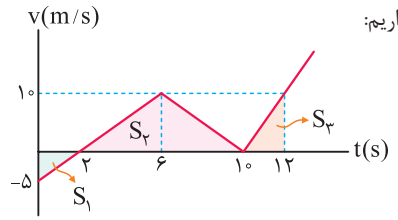


در لحظهٔ $t = ۱۰s$، سرعت صفر میشه ولی متأسفانه علامت اون تغییر نمیکنه، پس دقت کن که متحرک در این لحظه تغییر جهت نداده...

ث تعیین نوع حرکت: هرگاه نمودار سرعت - زمان به محور افقی **نزدیک** شود، تندی ($|v|$) کاهش یافته و حرکت **کندشونده** است و هرگاه از آن **دور** شود، تندی ($|v|$) افزایش یافته و حرکت **تندشونده** است و در بازه‌های زمانی مختلف این حرکت داریم:



ج جابه‌جایی و مسافت طی شده: ثابت می‌شود که **مساحت زیر نمودار سرعت - زمان با در نظر گرفتن علامت**، برابر **جابه‌جایی** و **بدون در نظر گرفتن علامت**، برابر **مسافت طی‌شده** است. این موضوع یعنی برای محاسبهٔ مسافت طی‌شده مساحت‌ها را با علامت مثبت در نظر گرفته و برای محاسبهٔ جابه‌جایی، مساحت قسمت‌هایی که زیر محور افقی هستند را منفی در نظر می‌گیریم. مثلاً در مدت زمان ۱۲ ثانیهٔ نشان داده شده داریم:



$$\Delta x = -|S_۱| + |S_۲| + |S_۳| = -۵ + ۴۰ + ۱۰ = ۴۵\,m$$

$$l = |S_۱| + |S_۲| + |S_۳| = ۵ + ۴۰ + ۱۰ = ۵۵\,m$$

ج سرعت متوسط: با تقسیم جابه‌جایی بر زمان، به‌راحتی می‌توان سرعت متوسط را محاسبه کرد. به عنوان مثال در نمودار سرعت - زمان نشان داده شده، سرعت متوسط در طول ۱۲ ثانیهٔ اول حرکت برابر است با:

در ۱۲ ثانیهٔ اول : $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{۴۵}{۱۲} = \frac{۱۵}{۴} = ۳/۷۵\,\frac{m}{s}$

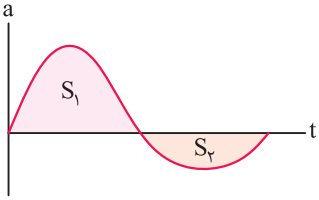
ج تندی متوسط: با تقسیم مسافت طی‌شده بر مدت زمان حرکت، تندی متوسط قابل محاسبه است.

در ۱۲ ثانیهٔ اول : $s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{۵۵}{۱۲}\,\frac{m}{s}$

۶ از نمودار شتاب - زمان چه اطلاعاتی به‌دست می‌آید؟

الف تغییرات سرعت: ثابت می‌شود که **مساحت** زیر نمودار **شتاب - زمان** برابر **تغییرات سرعت** است. دقت کنید در اینجا هم هرگاه نمودار زیر محور افقی باشد، مساحت محصور را منفی در نظر می‌گیریم.

ب شتاب متوسط: کافی است تغییرات سرعت را مطابق (الف) به‌دست آوریم و بر مدت زمان انجام این تغییرات تقسیم کنیم تا طبق رابطهٔ $a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$، به راحتی شتاب متوسط محاسبه شود.

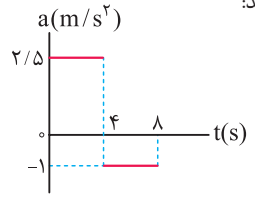


$$\Delta v = |S_۱| - |S_۲|$$

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a_{av} = \frac{|S_۱| - |S_۲|}{\Delta t}$$

۷ از نمودار شتاب - زمان حرکت‌های چندمرحله‌ای چه اطلاعاتی استخراج می‌شود؟

فرض کنید نمودار شتاب - زمان حرکت متحرکی که در دو مرحله و با دو شتاب مختلف از مبدأ مختصات و از حال سکون شروع به حرکت کرده است، مطابق شکل زیر می‌باشد:



از این نمودار که از موضوعات بسیار پرتکرار در امتحانات نهایی می‌باشد، می‌توان به موارد زیر رسید:

الف **محاسبهٔ سرعت در لحظات مختلف:** با استفاده از معادلهٔ سرعت - زمان، سرعت متحرک در لحظهٔ $t = ۴s$ را به‌دست می‌آوریم. متحرک از حال سکون شروع به حرکت می‌کند؛ پس $v_۰ = ۰$ است و داریم:

$$v = at + \cancel{v_۰} \Rightarrow v = (۲/۵)t$$

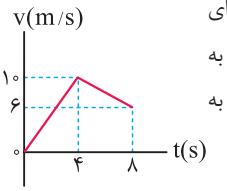
$$\Rightarrow v_{(t=۴s)} = (۲/۵) \times (۴) = ۱۰m/s$$

از طرفی برای محاسبهٔ سرعت در $t = ۸s$، می‌توان فرض کرد متحرک با سرعت $v = ۱۰m/s$ (سرعت در لحظهٔ $t = ۴s$) شروع به حرکت کرده و به اندازهٔ چهار ثانیه (یعنی $t' = ۸ - ۴ = ۴s$) با شتاب $a = -۱m/s^۲$ حرکت کرده است. با این ایده سرعت متحرک در $t = ۸s$ برابر است با:

$$v' = a\underbrace{t'} + v_۰ = -۱ \times ۴ + ۱۰ = ۶m/s$$

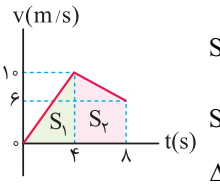
طول بازه از ۴s تا ۸s

ب **ترسیم نمودار سرعت ـ زمان:** برای رسم نمودار سرعت - زمان، با توجه به محاسبات سرعت‌ها در قسمت (الف)، به سادگی شکل مقابل ترسیم می‌شود:



پ **تعیین نوع حرکت:** از نمودار سرعت - زمان ترسیم شده و با توجه به دور شدن و نزدیک شدن نمودار به محور افقی، مشخص است که حرکت متحرک ابتدا تندشونده (از صفر تا ۴s) و سپس کندشونده (از ۴s تا ۸s) است.

ت **محاسبهٔ مقادیر جابه‌جایی و مسافت طی‌شده:** پس از ترسیم نمودار سرعت - زمان، به سادگی از روی مساحت بین نمودار سرعت - زمان و محور افقی، می‌توان مقادیر جابه‌جایی و مسافت طی‌شده را به‌دست آورد.



$$S_۱ = \frac{۴ \times ۱۰}{۲} = ۲۰m$$

$$S_۲ = \frac{(۱۰+۶) \times ۴}{۲} = ۳۲m$$

$$\Delta x = S_۱ + S_۲ = ۲۰m + ۳۲m = ۵۲m$$

دقت شود که چون متحرک تغییر جهت نداده است، مسافت طی‌شده نیز همین مقدار است.

ث **محاسبهٔ مقادیر سرعت متوسط و تندی متوسط:** با محاسبهٔ جابه‌جایی و مسافت طی‌شده، به سادگی سرعت متوسط و تندی متوسط متحرک محاسبه می‌شود:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{۵۲}{۸} = ۶/۵\frac{m}{s}$$

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{۵۲}{۸} = ۶/۵\frac{m}{s}$$

ج **محاسبهٔ مکان متحرک در لحظات مختلف:** با کمک مساحت زیر نمودار سرعت - زمان و با توجه به این‌که $x_۰ = ۰$ است (حرکت از مبدأ آغاز شده است)، به سادگی می‌توان مکان متحرک را در لحظات مختلف حرکت تعیین کرد:

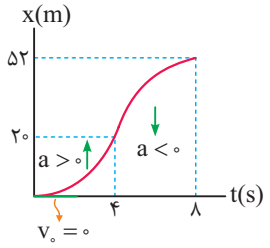
حرکت از صفر تا ۴s: $\Delta x = S_۱ = ۲۰m \Rightarrow x_{۴s} - x_۰ = ۲۰m$

$$\Rightarrow x_{۴s} - ۰ = ۲۰m \Rightarrow x_{۴s} = ۲۰m$$

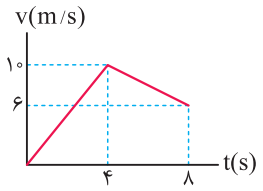
حرکت از ۴s تا ۸s: $\Delta x = S_۲ \Rightarrow x_{۸s} - x_{۴s} = ۳۲m$

$$\Rightarrow x_{۸s} - ۲۰ = ۳۲ \Rightarrow x_{۸s} = ۵۲m$$

با این اطلاعات نمودار مکان - زمان نیز به راحتی ترسیم می‌شود:



چ **تعیین سرعت متوسط در حالت خاص:** اگر بخواهیم سرعت متوسط را برای بازه‌ای به‌دست آوریم که در آن بازه شتاب ثابت است، به راحتی می‌توان از میانگین سرعت‌ها استفاده کرد، به عنوان مثال داریم:



سرعت متوسط از صفر تا ۴s: $v_{av} = \frac{۱۰+۰}{۲} = ۵\frac{m}{s}$

سرعت متوسط از ۴s تا ۸s: $v_{av} = \frac{۱۰+۶}{۲} = ۸\frac{m}{s}$

دقت کنید که سرعت متوسط از صفر تا ۸s برابر $\frac{۰+۶}{۲}$ نمیشه، چون شتاب تو کل این بازه ثابت نیست.