



پرفروش‌ترین
کتاب‌های
امتحان
نهایی

فرمول
بیست

۳ فیزیک تجربی

پایه دوازدهم

مؤلفان

محمد آهنگر

سعید احمدی

آرمین کمالی

سجاد صادقی‌زاده

فرمول بیست

به نام ایزد هستی بخش

سلام به همه دانش‌آموزای باهوش ایران‌زمین، بازم مثل همیشه قراره که توی این کتاب، بریم و با یه مسیر جذاب که با کلی فکر و دقت طراحی شده، هم از فیزیک لذت ببریم و هم یه بیست خوشگل بگیریم. اما این مسیر جذاب چه بخش‌هایی داره ...

۲ بخش‌ها و ایستگاه‌ها (بانک سؤال)

در پایان هر بخش یه بانک سؤال فوق‌العاده وجود داره که سؤالاتی امتحان نهایی، کتاب درسی، امتحانات شبه‌نهایی، کتاب راهنمای معلم و ... رو کامل بررسی کرده و هر تیپ تمرینی که دلت بخواد توش هست، راستی ۴ تا موضوع:

- **اول:** تو قسمت **مرور کلی** در تمرین‌های هر بخش، هر مدل سؤال **جای خالی**، **انتخاب کنید** و **درستی یا نادرستی** که فکرش رو بکنید، یه جوری آوردیم که هم جوابش لو نره و هم فکرتون رو کار بندازه.
- **دوم:** انتهای هر بخش هم یه سری تمرین‌های **بیست پلاس** داریم که حتماً تو امتحان‌های سخت سروکله‌شون پیدا میشه!
- **سوم:** کل سؤالا مهم هستن، ولی اگه وقت کمه، اول سؤالاتی ستاره‌دار رو حل کن. فقط کافیه یه نگاه بندازی تا پیداشون بکنی.
- **چهارم:** در ورودیه اول فصل، ۴۰ تا تمرین (حدوداً ۱۰ درصد تمرین‌ها) رو برای مرور تو هفته آخر قبل از امتحان، براتون مشخص کردیم، این تمرین‌ها برای زدن گل دقایق آخر بازی.

۱ بخش‌ها و ایستگاه‌ها (درسنامه)

تو این کتاب با یه نگاه دقیق، هر فصل رو به چند بخش و هر بخش رو به چندین ایستگاه تقسیم‌بندی کردیم و سعی کردیم با مناسب‌ترین حجم ممکن، یه درسنامه کامل برای امتحان نهایی داشته باشیم. حواست باشه که تمرین‌های حل شده تو درسنامه، یه گنج آموزشیه که با کم‌ترین انرژی و زمان، بیشترین محتوای آموزشی ممکن رو به شما منتقل می‌کنه.

- در ورودیه هر فصل، میانگین نمرات هر بخش رو توی ۶ تا آزمون نهایی اخیر می‌بینی و خیلی هوشمندانه می‌فهمی که هر بخش، چه قدر مورد توجه طراحان امتحان نهایی بوده.

۴ آزمون‌های فصلی و جامع (کتابچه هدیه)

- می‌خوای خودت خیلی مَشتی بسنجی؟
- کتابچه **هدیه همراه این کتاب**، شامل آزمون‌های فصل به فصل و سطح‌بندی‌شده فوق‌العاده‌ای هستش که میتونی خودت رو یه محک واقعی بزنی و پیشرفتت رو اندازه‌گیری کنی ...
 - آخر کتاب هم ۴ دوره از امتحان نهایی‌های اخیر رو براتون قرار دادیم تا دیگه کار تکمیل تکمیل باشه.

۳ فیلم آموزشی

اما این داستان جذاب بازم ادامه داره ... در کنار درسنامه‌ها، بیش از ۴۰ ساعت فیلم آموزشی حرفه‌ای فیزیک دوازدهم، در وبسایت www.gajlive.ir در اختیار قرار میگیره که حاصل سال‌ها تجربه تدریس مؤلفین این کتاب، همراه با شخصیت دوست داشتنی **آلبرت** هستش و با دیدنش خودت یه اوستای فیزیک میشی، راستی کیوآرکد این فیلم‌ها رو هم تو دو صفحه بعد میتونی ببینی.

پشتیبانی کتاب

باز هم تموم نشده

اما آخر کاری، آلبرت میگه من قراره توی این کتاب سؤال پپرسم، توضیح بدم، گاهی هم از خاطراتم بگم تا عین یه رفیق، کمکت کنم مطلب رو بهتر بفهمی و به قول معروف با آلبرت بیست فقط به بیست فکر کنی، فقط کافیه قوی شروع کنی ...



پشتیبانی خیلی خوبی برای این کتاب تو سایت albert20.ir و تلگرام و اینستاگرام با آدرس، [albert20ir](https://t.me/albert20ir) فعاله تا توی مسیرت تنها نباشی. اونجا میتونی تحلیل‌های ویدیویی، نکات آموزشی طلایی و کلی چیزای باحال رو ببینی، حتماً حتماً پیگیری کن ...

فهرست مطالب

فصل ۱ حرکت بر خط راست

۵۷	۴۴	۳۸	۱۰
بخش ۴ حرکت چندمرحله‌ای و بررسی ...	بخش ۳ حرکت با شتاب ثابت	بخش ۲ حرکت با سرعت ثابت	بخش ۱ شناخت کلی مفاهیم حرکت

فصل ۲ دینامیک

۱۲۳	۱۱۵	۱۰۴	۸۲	۷۰
بخش ۵ نیروی گرانشی	بخش ۴ تکانه و قانون دوم نیوتون	بخش ۳ حل مسئله‌های دینامیک با ...	بخش ۲ معرفی برخی از نیروهای خاص	بخش ۱ آشنایی با قوانین نیوتون

فصل ۳ نوسان و امواج

۱۸۶	۱۷۴	۱۵۴	۱۳۲
بخش ۴ بازتاب و شکست موج	بخش ۳ امواج صوتی	بخش ۲ موج	بخش ۱ آشنایی با نوسان و حرکت هماهنگ ساده

فصل ۴ آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای

۲۵۸	۲۴۳	۲۲۹	۲۱۹	۲۱۰
بخش ۵ نیمه عمر	بخش ۴ ساختار هسته و پرتوزایی	بخش ۳ الگوهای اتمی و لیزر	بخش ۲ طیف‌شناسی و رابطه ریدبرگ	بخش ۱ انرژی امواج الکترومغناطیسی ...

امتحان نهایی

۳۸۶	۳۸۴	۳۸۲	۳۸۰
آزمون ۴ شهریور ۱۴۰۴	آزمون ۳ خرداد ۱۴۰۴	آزمون ۲ شهریور ۱۴۰۳	آزمون ۱ خرداد ۱۴۰۳

پاسخنامه تشریحی

۲۶۳
پاسخنامه تشریحی



مدرسه
اینترنتی
گاج

گاج لایو

	 بررسی تمرین‌های تیپ ۱		 مروری بر نکات تیپ ۱		 معرفی تیپ‌های فصل ۱
	 مروری بر نکات تیپ ۳		 بررسی تمرین‌های تیپ ۲		 مروری بر نکات تیپ ۲
	 بررسی تمرین‌های تیپ ۴		 مروری بر نکات تیپ ۴		 بررسی تمرین‌های تیپ ۳
			 بررسی تمرین‌های تیپ ۵		 مروری بر نکات تیپ ۵
	 بررسی تمرین‌های تیپ ۱		 مروری بر نکات تیپ ۱		 معرفی تیپ‌های فصل ۲
	 مروری بر نکات تیپ ۳		 بررسی تمرین‌های تیپ ۲		 مروری بر نکات تیپ ۲
	 بررسی تمرین‌های تیپ ۴		 مروری بر نکات تیپ ۴		 بررسی تمرین‌های تیپ ۳
	 بررسی تمرین‌های تیپ ۶		 مروری بر نکات تیپ ۶		 بررسی تمرین‌های تیپ ۵
					 مروری بر نکات تیپ ۵

فصل

فصل



۳
بررسی
تمرین‌های
تیپ ۱



۲
مروری
بر نکات
تیپ ۱



۱
معرفی
تیپ‌های
فصل ۳



۶
مروری
بر نکات
تیپ ۳



۵
بررسی
تمرین‌های
تیپ ۲



۴
مروری
بر نکات
تیپ ۲



۹
بررسی
تمرین‌های
تیپ ۴



۸
مروری
بر نکات
تیپ ۴



۷
بررسی
تمرین‌های
تیپ ۳



۱۱
بررسی
تمرین‌های
تیپ ۵



۱۰
مروری
بر نکات
تیپ ۵



۳
بررسی
تمرین‌های
تیپ ۱



۲
مروری
بر نکات
تیپ ۱



۱
معرفی
تیپ‌های
فصل ۴



۶
مروری
بر نکات
تیپ ۳



۵
بررسی
تمرین‌های
تیپ ۲



۴
مروری
بر نکات
تیپ ۲



۹
بررسی
تمرین‌های
تیپ ۴



۸
مروری
بر نکات
تیپ ۴



۷
بررسی
تمرین‌های
تیپ ۳



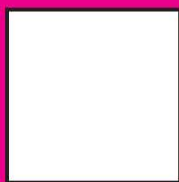
۱۱
بررسی
تمرین‌های
تیپ ۵



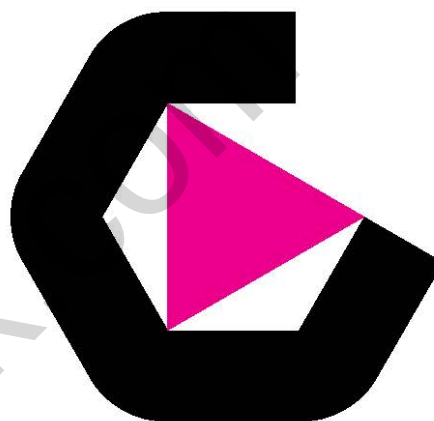
۱۰
مروری
بر نکات
تیپ ۵

فیزیک تجربی ۳

دوره کامل آموزش تصویری
در ۴۰ ساعت تیپ‌بندی شده



برای مشاهده ویدیوها در سایت gajlive.ir
برچسب را خراش داده و از کد زیر استفاده کنید



پشتیبانی
۰۲۱-۶۴۲۰

www.gajlive.ir

فصل

حرکت بر خط راست

بخش ۴ ۱ نمره	بخش ۳ ۱/۲۵ نمره	بخش ۲ ۰/۷۵ نمره	بخش ۱ ۱/۲۵ نمره
حرکت چند مرحله‌ای و بررسی حرکت دو متحرک	حرکت با شتاب ثابت	حرکت با سرعت ثابت	شناخت کلی مفاهیم حرکت

۶ ۱۵ ۳۱ ۳۹ ۴۸ ۷۰ ۷۴ ۸۳ ۸۵ ۸۸ ۹۲ ۹۷ ۱۰۹ ۱۱۵ ۱۲۰
۱۲۴ ۱۳۱ ۱۳۳ ۱۴۰ ۱۴۷ ۱۵۴ ۱۶۵ ۱۷۸ ۱۸۵ ۱۸۹ ۲۰۲ ۲۰۶ ۲۱۲
۲۱۴ ۲۱۹ ۲۲۳ ۲۳۸ ۲۴۱ ۲۴۴ ۲۴۷ ۲۵۴ ۲۵۸ ۲۶۲

۴۰ سؤال طلایی
ویژه مرور سریع

- ۱ شناخت کلی مفاهیم حرکت
- ۲ حرکت با سرعت ثابت
- ۳ حرکت با شتاب ثابت
- ۴ حرکت چند مرحله‌ای و بررسی حرکت دو متحرک

حرکت بر خط راست

فصل

بخش ۱ شناخت کلی مفاهیم حرکت

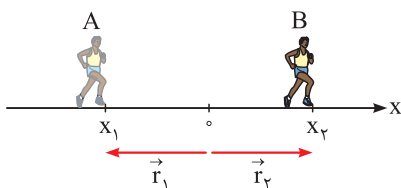
سلام به همه دانش آموزای عزیز، بالاخره کارمون شروع شد و می‌خوایم اولین بخش این فصل رو به همراه آلبرت عزیز تقدیمتون کنیم، همین اول کار حواستون باشه که فیلمای آموزشی مکمل کتاب رو از سایت Gajlive.ir می‌تونید ببینید و یه پشتیبانی خیلی قوی از کتاب هم تو اینستاگرام و کانال تلگرام با نام [Albert2019](https://www.instagram.com/Albert2019) انجام میشه (آلبرت بیست) که حتماً عضو بشید... آلبرت میگه سه تا مشخصه اصلی هر متحرکی، مکان، سرعت و شتاب اونه که می‌خوایم با تعاریفش آشنا بشیم و همیشه حداقل یه سؤال مستقیم تو امتحان نهایی داره...

ایستگاه ۱

مفاهیم بردار مکان، جابه‌جایی، مسافت طی شده و معادله مکان - زمان

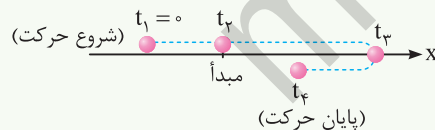
آلبرت میگه از همون اول کار، فیزیک‌دان‌ها به لوکیشن یه جسم خیلی علاقه داشتن و متناسب باهاش، پارامتر بردار مکان رو تعریف کردن، بریم ببینیم این پارامتر چیه...

بردار مکان را تعریف کنید.



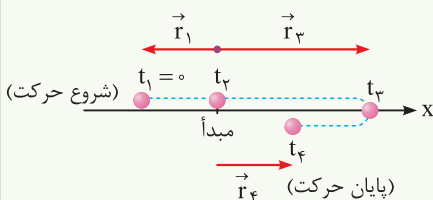
در شکل مقابل، دونده‌ای بر روی محور x در حال حرکت است. بردار مکان در هر نقطه از مسیر حرکت برای این متحرک، برداری است که از مبدأ مختصات به آن نقطه از مسیر متصل می‌شود. به‌طور مثال در شکل مقابل، بردار مکان دونده در نقاط A و B از مسیر نشان داده شده است. اگر متحرک در سمت راست مبدأ باشد (B)، بردار مکان در جهت محور x است و اگر متحرک در سمت چپ مبدأ باشد (A)، بردار مکان در خلاف جهت محور x خواهد بود.

نکات مهم و کاربردی بردار مکان



آلبرت میگه شکل مقابل، یه عالمه نکته مهم و کاربردی در مورد بردار مکان داره، حتماً اول خودتون یه کم بهش فکر کنید و بعد نکاتش رو بخونید.

- ۱ در لحظه t_1 متحرک در سمت چپ مبدأ مختصات قرار دارد و بردار مکان متحرک ($\vec{r}_1$) در خلاف جهت محور x است.
- ۲ در بازه زمانی t_1 تا t_2 متحرک در سمت چپ مبدأ مختصات قرار دارد و بردار مکان آن در خلاف جهت محور x است.
- ۳ در لحظه t_2 ، متحرک از مبدأ عبور کرده و بردار مکان متحرک تغییر جهت می‌دهد (بردار مکان متحرک در لحظه t_2 صفر است).
- ۴ در کل بازه زمانی t_2 تا t_4 متحرک در سمت راست مبدأ مختصات قرار دارد و بردار مکان آن در جهت محور x است ($\vec{r}_3$ و $\vec{r}_4$ در جهت محور x هستند).
- ۵ اگر مطابق شکل زیر متحرک در لحظه t به مبدأ مکان رسیده ولی از آن عبور نکند، علامت x عوض نشده و بردار مکان آن تغییر جهت نمی‌دهد. (تو این حالت، متحرک به مبدأ رسیده ولی ازش عبور نکرده).

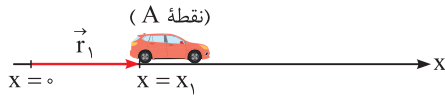


بردار جابه‌جایی چیست؟

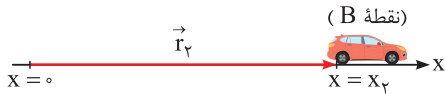


آلبرت می‌گه خیلی وقتا میری یه دور کامل تو هوای بهاری دور پارک می‌چرخ‌ی و دوباره برمی‌گردی سر جای اولت!!! باور کن با این کار، مسافت طی‌شده خوبی داری و به نظر خودت خیلی راه رفتی ... اما بدون تو این حرکت، آخر کار برگشتی سر جای اولت و جابه‌جاییت برابر صفره، با این مقدمه بریم سراغ مفاهیم جابه‌جایی و مسافت طی‌شده ...

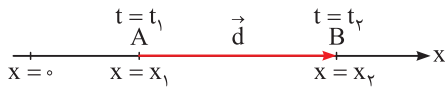
پاره‌خط جهت‌داری که مکان آغازین حرکت را به مکان پایانی حرکت وصل می‌کند، **بردار جابه‌جایی** نامیده می‌شود. در شکل زیر، متحرک در لحظه t_1 در مکان x_1 قرار دارد و بردار مکان آن $\vec{r}_1$ است.



از طرفی متحرک در لحظه t_2 در مکان x_2 قرار دارد و بردار مکان آن $\vec{r}_2$ است.



جابه‌جایی متحرک ($\vec{d}$) در این بازه زمانی برداری است که ابتدای حرکت (مکان x_1) را به انتهای حرکت (مکان x_2) وصل می‌کند.



نکات مهم و کاربردی جابه‌جایی

۱ همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بردار جابه‌جایی ($\vec{d}$) متحرک از نقطه A تا نقطه B، معادل با **تفاضل** بردار مکان ابتدای حرکت ($\vec{r}_A$) از بردار مکان انتهای حرکت ($\vec{r}_B$) است.

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

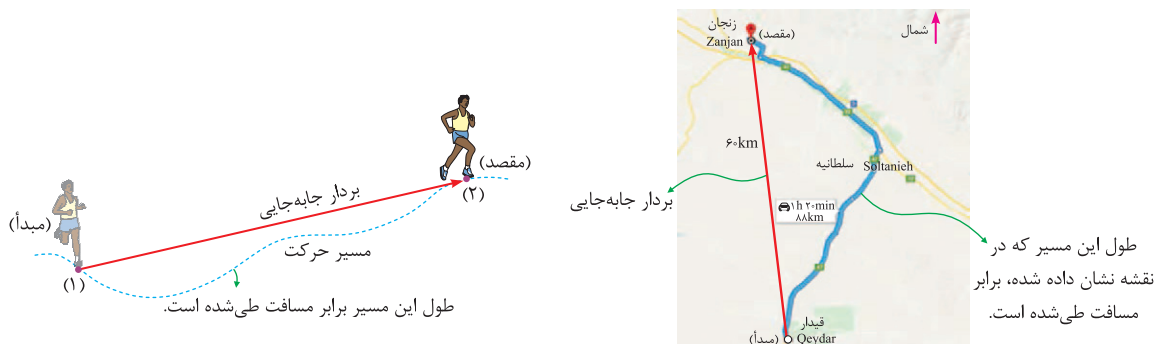
۲ جابه‌جایی کمیته **بردار**ی و یکای آن در SI برابر متر است.

۳ هنگامی که متحرک روی محور x حرکت یک‌بعدی انجام می‌دهد، می‌توان جابه‌جایی را به جای بردار $\vec{d}$ با Δx نمایش داد. در این صورت علامت جبری Δx ، جهت جابه‌جایی متحرک را نشان می‌دهد. اگر متحرک در جهت محور x جابه‌جا شود، جابه‌جایی آن مثبت و اگر متحرک در خلاف جهت محور x جابه‌جا شود، جابه‌جایی آن منفی خواهد بود.

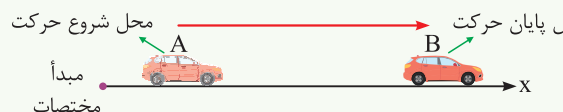
در حرکت یک‌بعدی روی محور x : $\Delta x = x_2 - x_1$ = جابه‌جایی

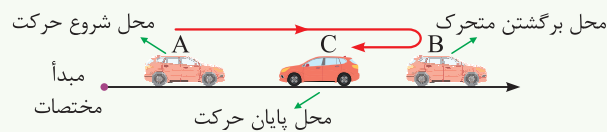
مسافت چیست و چه تفاوتی با جابه‌جایی دارد؟

به شکل‌های زیر که در آن‌ها متحرک در مسیر نشان داده شده حرکت کرده و از مبدأ به مقصد رسیده است، توجه کنید. در این شکل‌ها **طول واقعی مسیر طی‌شده**، مسافت پیموده‌شده یا به اختصار **مسافت** نامیده می‌شود، در حالی که بردار جابه‌جایی برداری است که ابتدای حرکت را به انتهای آن وصل می‌کند (یعنی **نزدیک‌ترین فاصله از مبدأ تا مقصد**) و ربطی به مسیر حرکت واقعی ندارد. اطلاعات شکل‌های زیر تفاوت جابه‌جایی و مسافت طی‌شده توسط متحرک را بهتر نشان می‌دهد:

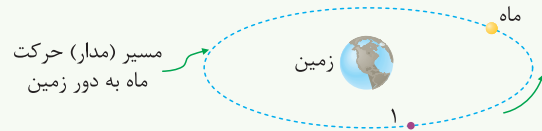


نکات مهم و کاربردی مسافت طی شده

- ۱ مسافت برخلاف جابه‌جایی، کمیتی نرده‌ای است و جهت ندارد.
- ۲ مسافت طی شده توسط یک متحرک، همواره بزرگ‌تر یا مساوی اندازه جابه‌جایی متحرک است.
- ۳ مطابق شکل زیر هنگامی که متحرک در مسیر مستقیم و بدون تغییر جهت حرکت کند (منظور بدون برگشته)، اندازه جابه‌جایی آن برابر مسافت طی شده توسط آن است (همان ۲ تا شرطش رو تویه کن که خیلی تو امتحان نهایی مهمه).

- ۴ فرض کنید مطابق شکل، خودرویی از نقطه A به نقطه B رفته و سپس از نقطه B به نقطه C بازگردد. طول مسیر طی شده توسط اتومبیل، معادل مسافت پیموده شده یا به اختصار مسافت است و برابر $AB + BC$ می‌باشد. در این شکل اندازه جابه‌جایی برابر AC است.



- ۵ اگر حرکت ماه به دور زمین را یک مسیر دایره‌ای شکل در نظر بگیرید، هنگامی که ماه از نقطه (۱) شروع به حرکت کرده و یک دور کامل می‌زند، جابه‌جایی آن صفر است ولی مسافت طی شده توسط آن برابر محیط دایره طی شده می‌باشد (در حرکت تو مسیر منحنی، مثاله که اندازه جابه‌جایی بتونه با مسافت طی شده حتی برابر هم بشه).



معادله مکان - زمان چیست؟

معادله مکان - زمان یک متحرک، معادله‌ای است که مکان متحرک را در هر لحظه مشخص می‌کند (یه پیژی تو مایه‌های لوکیشن متحرک در هر لحظه). فرض کنید متحرکی بر روی محور x در حال حرکت است و معادله مکان - زمان آن در SI به صورت $x = 2t^2 - 12t + 16$ است. در ادامه می‌خواهیم بدانیم از این معادله، چه اطلاعاتی به دست می‌آید.

نکات مهم و کاربردی معادله مکان - زمان

- ۱ مکان متحرک در هر لحظه: با جای گذاری زمان‌های مختلف در معادله مکان - زمان، می‌توان مکان متحرک و بردار مکان را در هر لحظه به دست آورد. مثلاً:

$$t = 0 \Rightarrow x_0 = 0 - 0 + 16 = 16m \Rightarrow \vec{r}_0 = 16\vec{i}$$

$$t = 3s \Rightarrow x_3 = 2 \times 3^2 - 12 \times 3 + 16 = -2m \Rightarrow \vec{r}_3 = -2\vec{i}$$
- ۲ جابه‌جایی: با محاسبه اختلاف مکان متحرک در دو لحظه، می‌توان جابه‌جایی متحرک بین این دو لحظه را محاسبه کرد، به عنوان مثال جابه‌جایی متحرک از لحظه صفر تا ۳s برابر است با:

$$\Delta x = x_3 - x_0 = -2 - 16 = -18m$$

آلبرت میگو به جز مکان متحرک و جابه‌جایی اون، کلی اطلاعات به درد بخور دیگه هم از معادله مکان - زمان به دست میاد که اونا رو هم تو ادامه فصل بهتون میگم.

- ۳ مکان اولیه یک متحرک، یعنی مکان آن در لحظه $t = 0$. بنابراین برای پیدا کردن مکان اولیه یک متحرک، کافی است در معادله مکان - زمان آن، پارامتر t را برابر صفر قرار دهیم.
- ۴ متحرکی بر روی محور x در حال حرکت است، این متحرک هنگامی در مبدأ مکان قرار می‌گیرد که $x = 0$ شود. به عبارتی برای پیدا کردن لحظات قرار گرفتن متحرک در مبدأ، کافی است در معادله آن $x = 0$ قرار داده شود. مثلاً:

$$x = 2t^2 - 12t + 16 = 2(t^2 - 6t + 8) = 2(t - 2)(t - 4) = 0 \Rightarrow \begin{cases} t = 2s \\ t = 4s \end{cases}$$

دقت کنید اگر x در این لحظات تغییر علامت بدهد (یعنی متحرک از مبدأ عبور کنه)، می‌گوییم بردار مکان در این لحظات تغییر جهت داده است.



حالا بریم با بررسی دو تا تمرین خیلی خوب، کل موضوع رو جمع بندی کنیم...



درستی یا نادرستی هریک از گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

- الف) اگر متحرک بر خط راست حرکت کند و در حین حرکت به عقب بازنگردد، اندازه جابه جایی آن با مسافت طی شده توسط آن برابر است.
ب) اگر در یک بازه زمانی، بردار جابه جایی متحرک در جهت محور x باشد، بردار مکان آن نیز در این بازه زمانی، لزوماً در جهت محور x است.

الف) درست است.

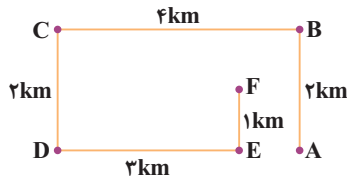
ب) نادرست است. به شکل زیر دقت کنید که متحرک در جهت محور x از نقطه A تا نقطه B جابه جا شده، ولی بردار مکان آن در نقاط A و B ، همواره در خلاف جهت محور x است (در هر دو نقطه $x < 0$ است).



موتورسواری بر روی مسیر نشان داده شده حرکت کرده و از نقطه A به نقطه F می‌رود.

الف) این موتورسوار چه مسافتی را طی کرده است؟

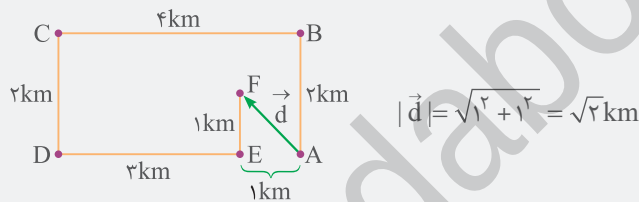
ب) بردار جابه جایی موتورسوار را رسم کنید و اندازه آن را بر حسب کیلومتر به دست آورید.



الف) با توجه به تعریف مسافت طی شده، مجموع طول مسیرهای طی شده از A تا F (طول واقعی مسیر حرکت) برابر مسافت طی شده است:

$$l = AB + BC + CD + DE + EF = 2 + 4 + 2 + 3 + 1 = 12 \text{ km}$$

ب) برای رسم بردار جابه جایی، مسیر حرکت نداشته و تنها محل شروع حرکت (A) و محل پایان حرکت (F) را به هم وصل می‌کنیم:



ایستگاه ۲

آشنایی با مفهوم سرعت متوسط و تندی متوسط



آلبرت میگو وقتی برات مهمه که چقدر سریع به یه مقصدی رسیدی، پای مفاهیم سرعت متوسط و تندی متوسط میاد وسط! بریم بررسیش کنیم...

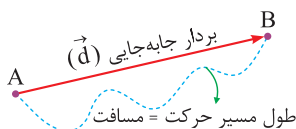
سرعت متوسط و تندی متوسط چیست؟

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

اگر متحرک بر روی یک مسیر دلخواه مطابق شکل از A تا B در طی زمان Δt

جابه جا شود، برای محاسبه **سرعت متوسط** یا $\vec{v}_{av}$ ، کافی است جابه جایی $\vec{d}$ را

بر زمان انجام آن جابه جایی (Δt)، تقسیم کنیم:



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

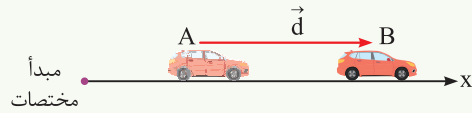
از طرفی به نسبت مسافت طی شده (l) به زمان طی کردن آن مسافت (Δt)

تندی متوسط می‌گویند. تندی متوسط را با نماد s_{av} نشان می‌دهند. برای

محاسبه s_{av} داریم:

نکات مهم و کاربردی سرعت متوسط و تندی متوسط

- ۱ تندی متوسط کمیتی نرده‌ای و سرعت متوسط کمیتی برداری است و یکای هر دو در SI، متر بر ثانیه است.
- ۲ به لحاظ مفهومی، تندی متوسط در طول حرکت عملاً احساس متحرک از میزان سرعت آن است، در حالی که سرعت متوسط میزان سرعتی است که نشانه نزدیک شدن متحرک به مقصد است.
- ۳ اگر متحرک بر روی محور x حرکت کند، جابه‌جایی آن برابر $\vec{d} = (\Delta x) \vec{i}$ است، بنابراین برای محاسبه سرعت متوسط می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:



$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \vec{i} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \vec{i}$$

این رابطه را می‌توان بدون علامت بردار نیز به کار برد ($v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$). در این حالت علامت جبری v_{av} نشان دهنده جهت آن می‌باشد. مثبت شدن v_{av} به معنای آن است که بردار سرعت متوسط در جهت محور x است و منفی شدن آن نشان دهنده آن است که بردار سرعت متوسط در خلاف جهت محور x است.

۴ فرض کنید مطابق شکل، اتومبیلی (در زمان t_{AB}) از نقطه A به نقطه B رفته و در ادامه در زمان t_{BC} از نقطه B به نقطه C بازگردد. در این حرکت طول مسیری طی شده توسط اتومبیل، برابر $AB + BC$ و جابه‌جایی آن برابر AC می‌باشد. از طرفی طول کل بازه زمانی حرکت از A تا C، برابر $t_{AB} + t_{BC}$ بوده و سرعت متوسط و تندی متوسط اتومبیل به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$s_{av} = \frac{1}{\Delta t} = \frac{AB + BC}{t_{AB} + t_{BC}}, \quad |\vec{v}_{av}| = \frac{|\vec{d}|}{\Delta t} = \frac{AC}{t_{AB} + t_{BC}}$$

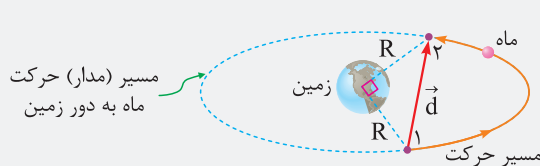
دقت شود که Δt ، طول بازه‌ای است که متحرک در آن حرکت کرده و در صورتی که زمان انجام هر قسمت از حرکت را به طور جداگانه داشته باشیم، از مجموع زمان‌ها استفاده می‌کنیم.

- ۵ به عنوان یک موضوع بسیار مهم برای تبدیل km/h به m/s ، کافی است عدد مورد نظر را بر $\frac{3}{6}$ تقسیم کنیم و برای تبدیل m/s به km/h ، عدد مورد نظر را در $\frac{3}{6}$ ضرب می‌کنیم:

$$1 \text{ km/h} = \frac{(1000 \text{ m})}{(3600 \text{ s})} \Rightarrow \begin{cases} 1 \text{ km/h} = \frac{1}{3.6} \text{ m/s} \\ 1 \text{ m/s} = 3.6 \text{ km/h} \end{cases}$$

- ۶ حرکت ماه به دور زمین را در یک مسیر دایره‌ای شکل فرض کنید. ماه در جهت نشان داده شده در شکل، از مکان (۱) به مکان (۲) می‌رود.
- الف) مسیر حرکت و بردار جابه‌جایی آن را روی شکل مشخص و اندازه بردار جابه‌جایی آن را با مسافت پیموده شده مقایسه کنید.
- ب) اندازه سرعت متوسط چند برابر تندی متوسط است؟
- پ) اگر ماه در ادامه مجدداً از مکان (۲) به مکان (۱) بازگردد، جابه‌جایی و مسافت طی شده نسبت به حالت قبل چگونه تغییر می‌کند؟
- ت) سرعت متوسط و تندی متوسط ماه در جابه‌جایی‌های انجام شده، چه مفهومی دارند؟

الف) مسیر حرکت و بردار جابه‌جایی (بردار متصل شده از مبدأ به مقصد) در شکل زیر مشخص شده است:



همان طور که در این شکل مشخص است با توجه به مسیر حرکت، اندازه جابه‌جایی، کوچک‌تر از مسافت طی شده است.

(با کمک فیثاغورس) $|\vec{d}| = \sqrt{R^2 + R^2} = \sqrt{2}R = R\sqrt{2}$ اندازه جابه‌جایی

مسافت طی شده $l = \frac{1}{4} \times \text{محیط دایره} = \frac{1}{4} \times 2\pi R = \frac{\pi}{2} R$

ب) نسبت اندازه سرعت متوسط به تندی متوسط ماه برابر است با:

$$\frac{|\vec{v}_{av}|}{s_{av}} = \frac{|\frac{\vec{d}}{\Delta t}|}{\frac{1}{\Delta t}} = \frac{|\vec{d}|}{1} = \frac{R\sqrt{2}}{\frac{\pi}{2}R} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}$$

پ) جابه جایی به مسیر حرکت ربطی ندارد و فقط به ابتدا و انتهای حرکت وابسته است، بنابراین اگر ماه در ادامه مجدداً از نقطه (۲) به (۱) برود، اندازه جابه جایی تغییری نمی کند و فقط جهت بردار آن برعکس (قرینه) می شود.

از طرفی مسافت طی شده به مسیر حرکت وابسته است و اگر ماه در ادامه مسیر داده شده از مکان (۲) به مکان (۱) باز گردد، طول مسیر و مسافت طی شده افزایش می یابد.

ت) مفهوم فیزیکی تندی متوسط، اشاره بر این دارد که متحرک (ماه) به طور میانگین در هر ثانیه چه مسافتی از مسیر را پیموده است. در حالی که مفهوم فیزیکی سرعت متوسط، اشاره بر این نکته دارد که متحرک به طور میانگین در هر ثانیه چقدر به مقصد خود نزدیک تر شده است (یعنی در هر ثانیه چقدر در جهت بردار جابه جایی حرکت کرده است).

❶ فرض کنید هر دو متحرک A و B بدون تغییر جهت در مدت زمان ۴s فاصله بین مکان آغازین و مکان پایانی را طی می کنند. جدول زیر را کامل کنید.

(کتاب درسی)

مکان آغازین	مکان پایانی	بردار جابه جایی	بردار سرعت متوسط	تندی متوسط
متحرک A	$(-2/0\text{m}) \vec{i}$	(۱)	(۲)	(۳)
متحرک B	$(-1/4\text{m}) \vec{i}$	(۴)	(۵)	(۶)

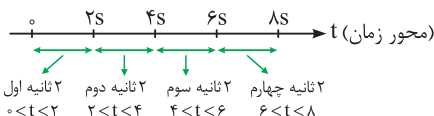
برای متحرک های A و B که بر روی محور x (مسیر مستقیم) در حال حرکت هستند، می توان نوشت:

$$\begin{aligned} \text{مورد (۱)} \rightarrow \vec{d} = \Delta x \vec{i} = (x_f - x_i) \vec{i} = (6/4\text{m} - (-2\text{m})) \vec{i} = (8/4\text{m}) \vec{i} \\ \text{متحرک A: } \begin{cases} \vec{v}_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \vec{i} = \frac{8/4\text{m}}{4\text{s}} \vec{i} = (2/1\text{m/s}) \vec{i} \rightarrow \text{مورد (۲)} \\ \text{مورد (۳)} \rightarrow s_{av} = |\vec{v}_{av}| = 2/1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow \text{تغییر جهت نداریم.} \end{cases} \\ \text{مورد (۵)} \rightarrow \vec{v}_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \vec{i} \Rightarrow (2/4\text{m/s}) \vec{i} = \frac{\Delta x}{4\text{s}} \vec{i} \Rightarrow \Delta x = 9/6\text{m} \Rightarrow \vec{d} = (9/6\text{m}) \vec{i} \\ \text{متحرک B: } \begin{cases} \text{مورد (۴)} \rightarrow \Delta x = x_f - x_i \Rightarrow 9/6 = x_f - (-1/4) \Rightarrow x_f = 8/2\text{m} \Rightarrow \text{مکان پایانی} = (8/2\text{m}) \vec{i} \\ \text{مورد (۶)} \rightarrow s_{av} = |\vec{v}_{av}| = 2/4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow \text{تغییر جهت نداریم.} \end{cases} \end{aligned}$$



آلبرت میگوید: نکته زیر رو با دقت بخون که تو کل این کتاب حسابی به دردت میخوره ...

❶ دو ثانیه اول حرکت یک بازه زمانی است که طول آن برابر دو ثانیه و از $t = 0$ شروع می شود، یعنی $0 < t < 2\text{s}$ و به همین صورت دو ثانیه های بعدی نیز نوشته می شود.



(هالا اگر تونستی فوراً بگی سه ثانیه چهارم یعنی $3\text{s} < t < 6\text{s}$ ، مشخص میشه راستان رو فهمیدی.)

۴) معادله مکان - زمان حرکت متحرکی بر روی محور x ، در SI از رابطه $x = t^2 - 4t$ به دست می آید. سرعت متوسط متحرک در ۲ ثانیه سوم حرکت چند متر بر ثانیه و در کدام جهت است؟

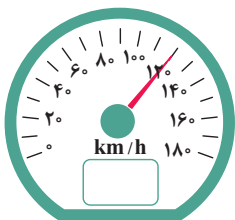
گام اول: محاسبه جابه جایی در ۲ ثانیه سوم حرکت ($4s < t < 6s$):
 $x = t^2 - 4t \Rightarrow \begin{cases} t_1 = 4s \Rightarrow x_1 = 4^2 - 4 \times 4 = 0 \\ t_2 = 6s \Rightarrow x_2 = 6^2 - 4 \times 6 = 12m \end{cases}$
 (متحرک در جهت محور x جابه جا شده است). $\Delta x = x_2 - x_1 = 12 - 0 = 12m$: جابه جایی در دو ثانیه سوم $\Rightarrow$
گام دوم: در ادامه سرعت متوسط متحرک در ۲ ثانیه سوم حرکت برابر است با:
 سرعت متوسط در جهت محور x است. $\Rightarrow \vec{v}_{av} = (6 \text{ m/s}) \hat{i} \Rightarrow v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{12}{2} = 6 \text{ m/s}$

ایستگاه ۳

تندی لحظه ای و سرعت لحظه ای

بعد از تندی متوسط و سرعت متوسط، نوبت تندی لحظه ای و سرعت لحظه ای هست که به شما معرفی می کنیم...

تندی لحظه ای و سرعت لحظه ای را تعریف کنید.



تندی لحظه ای: تندی متحرک در هر لحظه از زمان را **تندی لحظه ای** می نامند.

عقربه تندی سنج خودرو، تندی لحظه ای خودرو را نشان می دهد و هیچ گونه اطلاعی در خصوص جهت حرکت خودرو به ما گزارش نمی کند. استفاده از واژه سرعت سنج برای این وسیله نادرست است (زیرا سرعت کمیتی جهت دار است)، هر چند در زندگی روزمره معمولاً به اشتباه از این واژه استفاده می کنیم.

در تصویر مقابل، اتومبیل با تندی $120 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ حرکت می کند ولی جهت حرکت آن مشخص نیست. $\Rightarrow$

سرعت لحظه ای: اگر هنگام گزارش تندی لحظه ای، جهت حرکت متحرک را هم بگوییم، در واقع **سرعت لحظه ای** آن را بیان کرده ایم. سرعت لحظه ای کمیتی برداری است که بردار سرعت متحرک را در هر لحظه از زمان نشان می دهد.

اگر در نقطه ای از مسیر عقربه تندی سنج خودرو 100 km/h را نشان دهد و خودرو در حال حرکت به سمت شمال باشد، سرعت لحظه ای خودرو در این نقطه برابر 100 km/h به طرف شمال است (در بیان سرعت لحظه ای باید حتماً جهت آن نیز گفته شود).

آلبرت میگو تندی لحظه ای، به جورایی همون اندازه بردار سرعت تو هر لحظه هست، ولی خواست باشه که تندی متوسط متحرک با اندازه سرعت متوسط اون خیلی خیلی فرق میکنه...

نکات مهم و کاربردی تندی لحظه ای و سرعت لحظه ای

۱) **برداری سرعت** در هر نقطه از مسیر، بر مسیر حرکت مماس است. به طور مثال به شکل مقابل توجه کنید که در آن متحرک بر روی یک مسیر منحنی حرکت می کند. این شکل نشان می دهد که در حرکت بر روی **مسیر منحنی**، جهت بردار سرعت دائماً تغییر می کند.

۲) با توجه به اینکه سرعت کمیتی برداری است و جهت دارد، اگر مسیر حرکت منحنی باشد، جهت حرکت دائماً تغییر کرده و بردار سرعت نیز تغییر می کند، حتی اگر اندازه سرعت متحرک (یعنی تندی) عوض نشده باشد (تو ماشین با کمک کروز کنترل، میشه تندی رو ثابت نگه داشت ولی سرعت رو نه).

۳) در حرکت روی محور x ، هرگاه سرعت لحظه ای مثبت باشد، متحرک در جهت محور x حرکت می کند و هرگاه منفی باشد، متحرک در خلاف جهت محور x حرکت می کند (این موضوع ربطی به مکان جسم نداره).

۴) هرگاه متحرک بر روی محور x حرکت کند، هنگامی متحرک تغییر جهت می دهد (جهت حرکت عوض می شود) که سرعت متحرک صفر شده ($v = 0$) و علامت سرعت قبل و بعد از آن لحظه تغییر کند.

۵) هرگاه متحرک بر روی محور x حرکت کند، هنگامی متحرک تغییر جهت می دهد (جهت حرکت عوض می شود) که سرعت متحرک صفر شده ($v = 0$) و علامت سرعت قبل و بعد از آن لحظه تغییر کند.

معادله سرعت - زمان چیست و چه اطلاعاتی از آن به دست می آید؟

به طور کلی، معادله ای که سرعت متحرک را در هر لحظه مشخص می کند، معادله **سرعت - زمان** نامیده می شود. فرض کنید معادله سرعت - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می کند، در SI به صورت $v = t^2 - 4$ باشد. می خواهیم ببینیم از این معادله چه نتایجی به دست می آید:

۱ **سرعت و تندی در هر لحظه:** با جای گذاری زمان های مختلف، می توان سرعت و تندی حرکت (همون **قرمطلق سرعت**) را در آن لحظات محاسبه کرد:

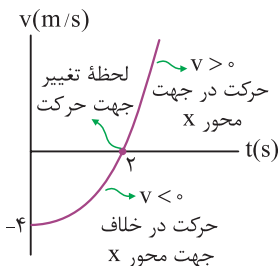
$$t = 0 \Rightarrow v = 0 - 4 = -4 \text{ m/s} \xrightarrow{\text{تندی اولیه}} 4 \text{ m/s}$$

$$t = 5 \text{ s} \Rightarrow v = 5^2 - 4 = 21 \text{ m/s} \xrightarrow[t = 5 \text{ s}]{\text{تندی در لحظه}} 21 \text{ m/s}$$

۲ **تعیین جهت حرکت و لحظات تغییر جهت:** کافی است معادله سرعت - زمان را در زمان های مثبت تعیین علامت کنیم:

$$v = t^2 - 4 = 0 \Rightarrow t = \pm 2 \text{ s}$$

۳ در این مثال در ۲ ثانیه ابتدایی، سرعت منفی است و متحرک در خلاف جهت محور x حرکت می کند. در **لحظه $t = 2 \text{ s}$** سرعت صفر شده، علامت سرعت عوض می شود و متحرک **تغییر جهت** می دهد. از این لحظه به بعد سرعت مثبت است و متحرک در جهت محور x حرکت می کند. با رسم نمودار سرعت - زمان نیز که به شکل یک سهمی است، به راحتی می توان به این موضوع پی برد.



۴ با توجه به نمودار رسم شده، به عنوان مثال در ۵ ثانیه اول حرکت، متحرک ابتدا در خلاف جهت محور x حرکت کرده (۲ ثانیه اول) و سپس از ۲s تا ۵s در جهت محور x حرکت می کند.

ایستگاه ۴

تحلیل نمودار مکان - زمان و محاسبه پارامترهای مختلف از روی آن

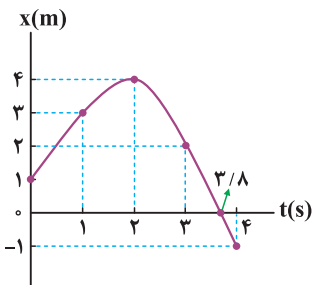


آلبرت میگه معمولاً برای توصیف حرکت یک جسم، از نمودار مکان - زمان که توی اون عملاً مکان جسم تو هر لحظه روی محور قائم نشون داده میشه، کمک می گیریم، بریم و حسابی نکات این نمودار رو بررسی کنیم ...

از نمودار مکان - زمان چه اطلاعاتی به دست می آید؟

برای رسم نمودار مکان - زمان یک متحرک، زمان را روی محور افقی و مکان را روی محور عمودی (قائم) در نظر می گیریم، سپس هریک از این محورها را با مقیاسی مناسب مدرج کرده و نقاط داده شده از نمودار را که هریک مربوط به یک زمان و مکان معین است، در صفحه $x - t$ مشخص می کنیم. با وصل کردن این نقاط به هم، به وسیله یک منحنی نمودار مکان - زمان رسم می شود. در ادامه با یک نمودار ساده، ۸ مورد بسیار مهم را در نمودار مکان - زمان یاد می گیریم.

۱ **مکان متحرک و بردار مکان در لحظات مختلف:** فرض کنید نمودار مکان - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می کند، به شکل نشان داده شده است. با توجه به این نمودار، به عنوان ساده ترین موضوع می توان فهمید که در هر لحظه، متحرک در چه مکانی قرار دارد. مثلاً:



$$t = 0 \Rightarrow x = 1 \text{ m} \Rightarrow \vec{r} = (1 \text{ m}) \vec{i}, \quad t = 2 \text{ s} \Rightarrow x = -3 \text{ m} \Rightarrow \vec{r} = (-3 \text{ m}) \vec{i}$$

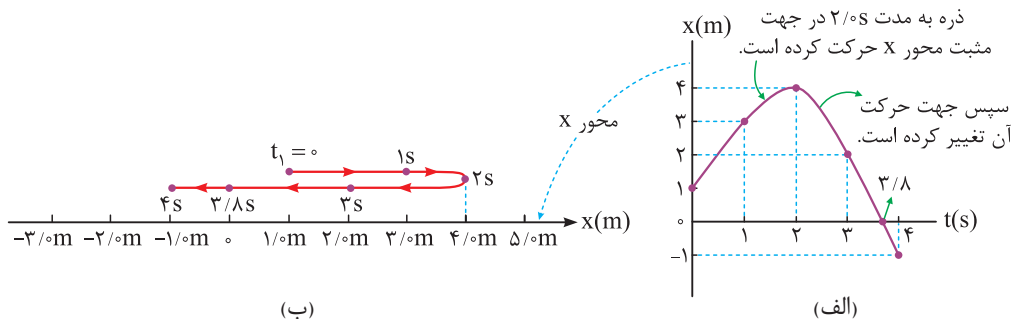
$$t = 3/8 \text{ s} \Rightarrow x = 0 \Rightarrow \vec{r} = 0, \quad t = 4 \text{ s} \Rightarrow x = -15 \text{ m} \Rightarrow \vec{r} = (-15 \text{ m}) \vec{i}$$

۲ **جابه جایی متحرک:** با یافتن مکان متحرک در ابتدا و انتهای یک بازه زمانی از روی نمودار $x - t$ ، جابه جایی آن از رابطه $\Delta x = x_2 - x_1$ ، به راحتی قابل محاسبه است. به عنوان مثال در نمودار داده شده برای دو ثانیه اول و دو ثانیه دوم حرکت داریم:

$$\Delta x = 4 - 1 = 3 \text{ m} \quad \text{بازه صفر تا ۲s}$$

$$\Delta x = -1 - 4 = -5 \text{ m} \quad \text{بازه ۲s تا ۴s}$$

۳ **مسیر حرکت:** با در نظر گرفتن مکان متحرک در لحظات مختلف از روی محور قائم نمودار، به سادگی مسیر حرکت آن بر روی محور x به صورت خطوط قرمز در شکل زیر رسم می شود (فواست باشد که نمودار مکان - زمان با مسیر حرکت فرق میکند):



همان طور که مشاهده می کنید، متحرک ابتدا در جهت محور x از $x = +1m$ به $x = +4m$ رفته و سپس در $t = 2s$ از این محل در خلاف جهت محور x برگشته و پس از عبور از مبدأ، در $t = 4s$ به مکان $x = -1m$ رسیده است. دقت کنید بردار مکان متحرک، با عبور از مبدأ، در $t = 3/8s$ تغییر جهت می دهد. ۴ مسافت طی شده: کافی است از روی نمودار و یا از روی شکل مسیر حرکت، متحرک را دنبال کنیم تا بفهمیم طول واقعی مسیری شده چند متر است. مثلاً در نمودار رسم شده، متحرک ابتدا $3m$ در جهت محور x حرکت کرده (از $1m$ تا $4m$)، سپس در لحظه $t = 2s$ دور زده و در ادامه $5m$ در خلاف جهت محور x حرکت می کند (از $4m$ تا $-1m$)، پس مسافت طی شده در مدت 4 ثانیه برابر است با:

$$l = 3 + 5 = 8m$$

یافتن سرعت متوسط و تندى متوسط از روی نمودار مکان - زمان، چگونه انجام می شود؟

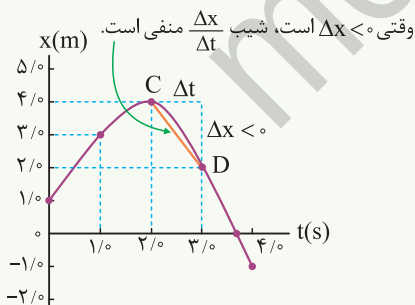
۵ **سرعت متوسط:** در حالت کلی، با توجه به حرکت روی محور x ، با یافتن جابه جایی متحرک در یک بازه زمانی، به راحتی با کمک رابطه $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ می توان سرعت متوسط متحرک را در آن بازه زمانی به دست آورد. به عنوان مثال در بازه زمانی $t_1 = 0$ تا $t_2 = 3s$ در نمودار مورد بررسی در این قسمت، سرعت متوسط متحرک برابر است با:

$$t_1 = 0 \Rightarrow x_1 = 1m, t_2 = 3s \Rightarrow x_2 = 2m \Rightarrow v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2-1}{3-0} = +\frac{1}{3} m/s$$

علامت مثبت نشان می دهد سرعت متوسط در این بازه زمانی در جهت محور x یعنی به صورت $\vec{v}_{av} = (\frac{1}{3} m/s) \hat{i}$ بوده است.

روش دیگر برای محاسبه سرعت متوسط: اگر نقطه ابتدای بازه زمانی را به نقطه انتهای آن در نمودار مکان - زمان وصل کنیم، شیب این خط $(\frac{\Delta x}{\Delta t})$ برابر

سرعت متوسط در آن بازه زمانی است.



به عنوان مثال، از لحظه $t = 2s$ تا لحظه $t = 3s$ ، مطابق شکل شیب خط واصل (یعنی CD) منفی بوده (پهن فط رو به پایین هستش) و سرعت متوسط منفی است.

$$\Rightarrow v_{av} = \text{شیب خط } CD = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2-4}{3-2} = -2 m/s$$

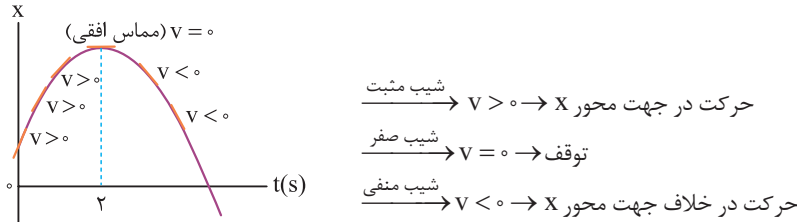
دقت شود که علامت منفی نشان می دهد که سرعت متوسط در بازه زمانی $t = 2s$ تا $t = 3s$ ، در خلاف جهت محور x بوده و به صورت $\vec{v}_{av} = (-2 m/s) \hat{i}$ بوده است.

۶ **تندی متوسط:** با محاسبه کردن مسافت طی شده با توجه به مورد ۴، محاسبه تندى متوسط با استفاده از رابطه $s_{av} = \frac{l}{\Delta t}$ کار بسیار ساده ای است. به عنوان مثال تندى متوسط از لحظه $t_1 = 0$ تا لحظه $t_2 = 4s$ برابر است با:

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{l=8m}{\Delta t=4s} \Rightarrow s_{av} = \frac{8}{4} = 2 m/s$$

یافتن سرعت لحظه‌ای از روی نمودار مکان - زمان چگونه انجام می‌شود؟

۷ **سرعت لحظه‌ای:** به طور کلی اگر در هر لحظه، خط مماس بر نمودار مکان - زمان را رسم کنیم، شیب این خط برابر سرعت در آن لحظه است. در نمودار مورد بررسی در این قسمت، با توجه به شیب مماس‌های ترسیمی در شکل، سرعت متحرک در ابتدا مثبت بوده، در قله نمودار صفر شده و سپس مقداری منفی دارد. بنابراین متحرک ابتدا در جهت محور x حرکت می‌کند ($v > 0$)، سپس توقف کرده ($v = 0$) و سپس در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند ($v < 0$).



۸ **تعیین لحظات تغییر جهت حرکت (دورزدن):** هرگاه علامت شیب نمودار مکان - زمان (یا همون علامت سرعت) تغییر کند، جهت حرکت متحرک تغییر کرده است. مثلاً در نمودار رسم شده، در لحظه $t = 2s$ ، جهت حرکت متحرک تغییر کرده است.



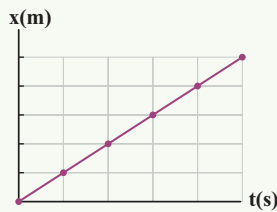
تغییر جهت حرکت رو با تغییر جهت بردار مکان اشتباه نگیرید. تو نمودار داده شده، تو $t = 3/8s$ نمودار محور افقی رو قطع کرده و علامت x عوض شده و بردار مکان متحرک تغییر جهت داده ولی توی لحظه $t = 2s$ ، جهت حرکت عوض شده...

نکات مهم و کاربردی نمودار مکان - زمان

در ادامه جمع‌بندی مفیدی را در مورد ۷ موضوع بسیار مهم در سوالات امتحانی ارائه خواهیم کرد:

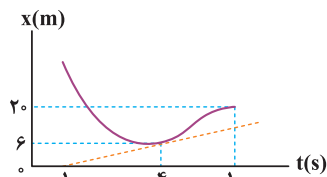
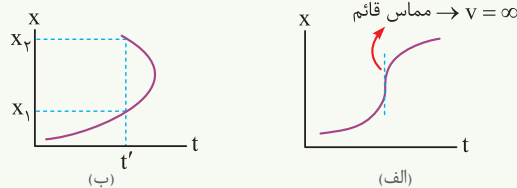
مورد	جمع‌بندی	توضیح بیشتر
۱ سرعت متوسط متحرک		شیب خط واصل بین نقاط A و B برابر سرعت متوسط از t_1 تا t_2 است. (<u>فقط</u> رو به بالا شیب مثبت، رو به پایین شیب منفی و <u>فقط</u> افقی شیب صفر داره.)
۲ سرعت لحظه‌ای		شیب خط (۱) برابر سرعت در لحظه t_1 و شیب خط (۲) برابر سرعت در لحظه t_2 است.
۳ لحظات تغییر جهت متحرک		در قله‌ها و دره‌های نمودار $x-t$ ، سرعت صفر شده و متحرک تغییر جهت می‌دهد.
۴ لحظات تغییر جهت بردار مکان		در مکان‌هایی که نمودار $x-t$ محور افقی را قطع کرده و از آن عبور می‌کند، بردار مکان تغییر جهت می‌دهد.

۵ در نمودار مکان - زمان ($x-t$)، هرگاه نمودار از محور افقی دور شود متحرک از مبدأ دور می‌شود و هرگاه نمودار به محور افقی نزدیک شود، متحرک به مبدأ نزدیک می‌شود. (هواست به اطلاعات روی شکل آیتیم ۴ باشه.)



همان طور که مشاهده کردید، شیب نمودار مکان - زمان برای هر بازه زمانی دلخواه برابر سرعت متوسط متحرک در آن بازه زمانی است. در نمودار مقابل شیب نمودار مکان - زمان ثابت می باشد، (پس **به خط صاف بدون شکستگی هستش**) پس در این حرکت سرعت متوسط و سرعت لحظه ای همواره با یکدیگر برابر هستند، چنین حرکتی را حرکت با **سرعت ثابت** می نامند.

در شکل های زیر، نمودار مکان - زمان (الف) به گونه ای است که در یک لحظه، خط مماس بر نمودار به صورت **قائم** می باشد، این یعنی در یک لحظه، شیب نمودار و در نتیجه **سرعت متحرک بی نهایت** می شود، این موضوع در واقعیت برای یک جسم **امکان پذیر نیست** و این نمودار نمی تواند نمودار مکان - زمان یک حرکت باشد. از طرفی در نمودار (ب) متحرک در **لحظه ای مانند t'** در چند مکان قرار دارد که این موضوع نیز **ممکن نیست**.



شکل روبه رو، نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می دهد که در امتداد محور x در حرکت است. خط مماس بر منحنی در لحظه $t = 4s$ ، رسم شده است. الف) سرعت متحرک را در این لحظه پیدا کنید. ب) در این لحظه، متحرک در چه جهتی حرکت می کند؟ پ) سرعت متوسط متحرک از $4s$ تا $10s$ را به دست آورید.

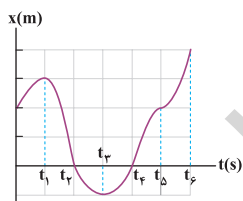
الف) شیب خط مماس در لحظه $t = 4s$ برابر سرعت متحرک در این لحظه بوده و با توجه به مماس ترسیمی برابر است با:

$$v = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{6 - 0}{4 - 1} = 2 \text{ m/s}$$

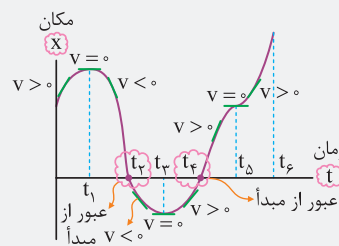
ب) چون شیب خط چین نارنجی و در نتیجه سرعت متحرک مثبت است، در این لحظه متحرک در جهت محور x حرکت می کند.

پ) سرعت متوسط از $4s$ تا $10s$ برابر است با:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{20 - 6}{10 - 4} = \frac{14}{6} = \frac{7}{3} \text{ m/s}$$



با توجه به نمودار مکان - زمان شکل مقابل، به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید: (کتاب درسی و ریاضی دی ۹۹) الف) بردار مکان چند بار تغییر جهت داده است؟ ب) در کدام بازه های زمانی، متحرک در حال دور شدن از مبدأ است؟ پ) در کدام بازه های زمانی، متحرک در حال نزدیک شدن به مبدأ است؟ ت) جهت حرکت چند بار تغییر کرده است؟ در چه لحظه هایی؟ ث) جابه جایی کل در جهت محور x است یا خلاف آن؟



با توجه به نمودار مکان - زمان داده شده، داریم:

الف) دو بار و در لحظه های t_2 و t_4

ب) در بازه های زمانی صفر تا t_1 ، t_1 تا t_3 و t_4 تا t_6 ، نمودار از محور افقی دور می شود و متحرک در حال دور شدن از مبدأ است.

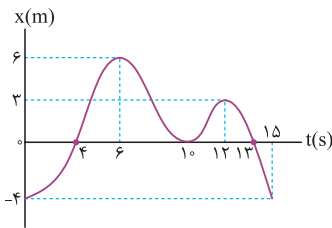
پ) در بازه های زمانی t_1 تا t_2 و t_3 تا t_4

ت) دو بار و در لحظه های t_2 و t_4

ث) در جهت محور x (توجه کنید که Δx مربوط به بازه زمانی بین لحظه $t = 0$ تا لحظه $t = t_6$ ، مثبت است).

در کل بازه زمانی t_1 تا t_6 ، متحرک دائماً از مبدأ دور می شود و تغییر جهت نمی دهد.

در لحظه t_5 ، یک لحظه سرعت متحرک صفر می شود، اما چون قبل و بعد از این لحظه مجدداً سرعت مثبت است، پس تغییر جهتی نداریم. (ساده بلییم، تغییر جهت، فقط تو دره ها و قله های نمودار مکان - زمان رخ میده.)



(شبه نهایی)

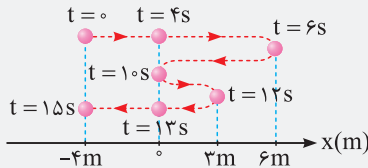
۱۴ نمودار مکان - زمان حرکت متحرکی مطابق شکل مقابل است:

الف) مسیر حرکت متحرک را ترسیم کنید.

ب) تندی متوسط متحرک در طول حرکت را به دست آورید.

پ) طولانی ترین بازه زمانی که در آن تندی متوسط و سرعت متوسط هم اندازه اند را مشخص کنید.

الف) با توجه به نقاط مختلف نمودار، مکان متحرک در لحظات مختلف به دست آمده و از روی آن، مسیر حرکت متحرک به صورت زیر است:



ب) کافی است با توجه به قسمت قبل، مسیر حرکت متحرک را دنبال کنیم تا بفهمیم طول واقعی مسیری طی شده چند متر است. متحرک ابتدا ۱۰m در جهت محور X حرکت کرده (از -۴m تا +۶m)، سپس در لحظه $t = 6s$ دور زده و ۶m در خلاف جهت محور X حرکت می کند. (از +۶m تا صفر) سپس دوباره در لحظه $t = 10s$ دور می زند و ۳m در جهت محور X حرکت می کند (از صفر تا +۳m) و پس از دور زدن در لحظه $t = 12s$ ، ۷m در خلاف جهت محور X حرکت می کند (از +۳m تا -۴m) تا در نهایت در لحظه $t = 15s$ به مکان $x = -4m$ برسد.

$$l = 10 + 6 + 3 + 7 = 26m \Rightarrow s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{26m}{15s} \Rightarrow s_{av} = \frac{26}{15} m/s$$

پ) برای آن که تندی متوسط و سرعت متوسط متحرک هم اندازه باشند، متحرک باید بدون تغییر جهت بر روی خط راست حرکت کرده باشد. با توجه به مسیر حرکت متحرک و لحظات تغییر جهت آن، طولانی ترین بازه زمانی که در آن متحرک بدون تغییر جهت حرکت کرده است، بازه $0 < t < 6s$ است و همین بازه زمانی مدنظر سؤال است (در لحظات ۶s، ۱۰s و ۱۲s، متحرک تغییر جهت می دهد).

ایستگاه ۵

شتاب متوسط و شتاب لحظه ای

یه روز آلبرت که یه ۲۰۶ خریده بود، به نیوتون که یه BMW خریده بود، گفت شنیدی که پژوی ۲۰۶ حدوداً تو ۱۴ ثانیه از سرعت صفر به $100 \frac{km}{h}$ می رسه ولی BMW تو حدوداً تو ۳/۵ ثانیه، از سرعت صفر به $100 \frac{km}{h}$ می رسه! این جا بود که نیوتون گفت آلبرت جان اینا هر دو تا بالاخره به سرعت $100 \frac{km}{h}$ میرسن، فقط BMW سرعتش سریع تر از پژوی ۲۰۶ تو تغییر میکنه و خودمونیش رو بخوای، شتاب منفی تا صدش خیلی بیشتره. با این درد و دل آلبرت و نیوتون، احتمالاً یه حسی نسبت به مفهوم شتاب گرفتی، آفرین، شتاب یعنی آهنگ تغییر سرعت...



شتاب متوسط را تعریف کنید.

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

شتاب متوسط متحرک در هر بازه زمانی دلخواه مانند t_1 تا t_2 ، برابر نسبت

تغییرات سرعت به تغییرات زمان در آن بازه زمانی می باشد و از رابطه مقابل

به دست می آید:

حواست باشه تا سرعت عوض نشه، شتاب به وجود نمیاد...



$\vec{a}_{av}$: بردار شتاب متوسط (m/s^2)
 $\vec{v}_1$: سرعت متحرک در لحظه t_1
 $\vec{v}_2$: سرعت متحرک در لحظه t_2
 $\Delta \vec{v}$: بردار تغییرات سرعت (m/s)
 Δt : طول بازه زمانی (s)

پارامترهای جدید

نکات مهم و کاربردی شتاب متوسط

- ۱ شتاب متوسط ($\vec{a}_{av}$)، کمیتی برداری و هم جهت با بردار تغییر سرعت ($\Delta \vec{v}$) است.
- ۲ یکای شتاب متوسط در SI، متر بر مربع ثانیه است.
- ۳ اگر متحرک بر روی محور x حرکت کند، رابطه شتاب متوسط را می توان به صورت زیر و بدون علامت بردار به کار برد؛ ولی با توجه به ماهیت برداری v_1 و v_2 باید به علامت های جبری آن ها که نشان دهنده جهت آن ها می باشد، توجه کنیم:

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

در این رابطه، مثبت شدن شتاب متوسط به معنی آن است که بردار شتاب متوسط در جهت محور x می باشد و منفی شدن آن، نشان دهنده این است که بردار شتاب متوسط متحرک در خلاف جهت محور x است.

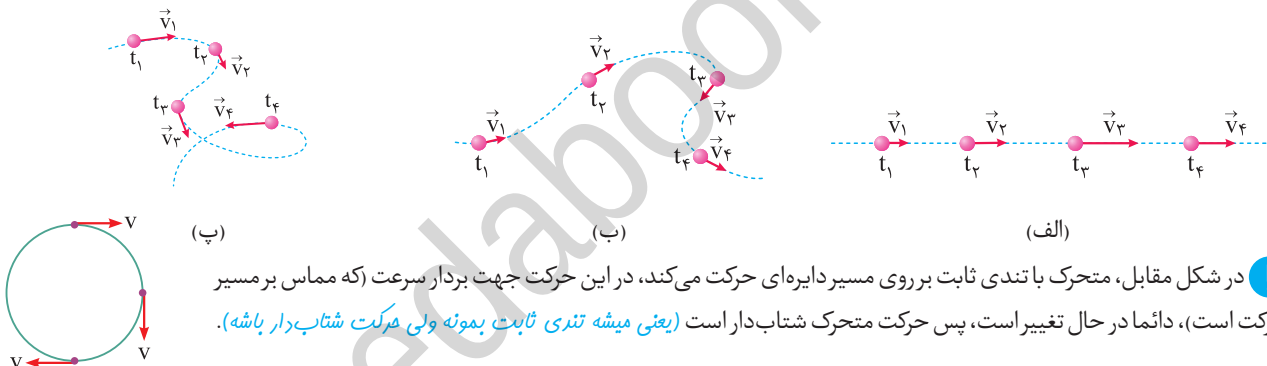
شتاب لحظه ای را تعریف کنید.

شتاب متحرک در هر لحظه را شتاب لحظه ای می گویند.

جهت شتاب یک متحرک، عملاً به جهت نیروی خالص وارد بر آن ارتباط دارد ($\vec{F}_{net} = m\vec{a}$) که این موضوع را در فصل دوم کتاب بررسی خواهیم کرد.

چه زمانی حرکت یک جسم شتاب دار می شود؟

هرگاه سرعت جسمی تغییر کند، حرکت آن شتاب دار است. با توجه به این که بردار سرعت در هر نقطه از مسیر بر مسیر حرکت مماس است، تغییر سرعت جسم در نقاط مختلف مسیر حرکت می تواند به دلیل تغییر در اندازه بردار سرعت (تندی) جسم باشد (شکل الف)، یا می تواند به دلیل تغییر در جهت بردار سرعت آن باشد (شکل ب)، یا هم چنین می تواند به دلیل تغییر در اندازه و جهت بردار سرعت متحرک باشد (شکل پ).



در شکل مقابل، متحرک با تندی ثابت بر روی مسیر دایره ای حرکت می کند، در این حرکت جهت بردار سرعت (که مماس بر مسیر حرکت است)، دائماً در حال تغییر است، پس حرکت متحرک شتاب دار است (یعنی همیشه تندی ثابت نمونه ولی حرکت شتاب دار باشد).

به موارد زیر پاسخ دهید:

- الف) خودرویی از حال سکون در امتداد محور x شروع به حرکت می کند. پس از ۱۲s، سرعت خودرو به $86/4 \text{ km/h}$ در جهت محور x می رسد. شتاب متوسط خودرو را در این بازه زمانی به دست آورید.
- ب) متحرکی در مسیر مستقیم حرکت می کند و معادله سرعت - زمان آن در SI به صورت $v = 2t^2 - 4t - 2$ است. شتاب متوسط آن در ۲ ثانیه دوم حرکت، چند متر بر مجذور ثانیه است؟

الف) (سرعت خودرو در $t_1 = 12 \text{ s}$ برابر $v_1 = 86/4 \text{ km/h} = 24 \text{ m/s}$ و در جهت محور x شده است، بنابراین شتاب متوسط آن برابر است با:

$$\vec{a}_{av} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{(24 \text{ m/s})\vec{i} - (0 \text{ m/s})\vec{i}}{12 \text{ s} - 0 \text{ s}} = (2 \text{ m/s}^2)\vec{i}$$

بنابراین اندازه شتاب متوسط خودرو 2 m/s^2 و شتاب در جهت محور x است.

ب) با توجه به رابطه $a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ، در ۲ ثانیه دوم ($2 \text{ s} < t < 4 \text{ s}$) می توان نوشت:

$$\left\{ \begin{array}{l} t_1 = 2 \text{ s} \Rightarrow v_1 = 2 \times 2^2 - 4 \times 2 - 2 = -2 \text{ m/s} \\ t_2 = 4 \text{ s} \Rightarrow v_2 = 2 \times 4^2 - 4 \times 4 - 2 = 14 \text{ m/s} \end{array} \right. \Rightarrow a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{14 - (-2)}{4 - 2} = 8 \text{ m/s}^2 \Rightarrow \text{در جهت محور x}$$

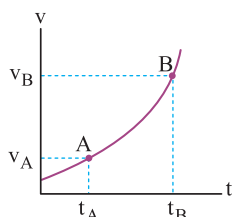
ایستگاه ۶

تحلیل نمودار سرعت - زمان

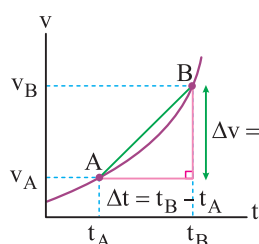
از روی نمودار سرعت - زمان، چگونه شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای متحرک محاسبه می‌شود؟

شتاب متوسط: فرض کنید نمودار سرعت - زمان حرکت یک متحرک که روی خط راست حرکت می‌کند داده شده و شتاب متوسط بین دو لحظه t_A و t_B از آن خواسته شده است. در این‌گونه مسائل برای محاسبه شتاب متوسط، از دو روش زیر می‌توان استفاده کرد:

روش اول (نمودارخوانی): ابتدا بر روی نمودار، نقاط A و B را مشخص می‌کنیم. سپس سرعت متحرک در نقاط A و B را به دست آورده و به صورت زیر عمل می‌کنیم:



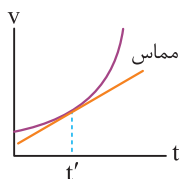
$$\text{شتاب متوسط بین A و B: } a_{av, A, B} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_B - v_A}{t_B - t_A}$$



روش دوم (شیب بین دو نقطه از نمودار): در این حالت، ابتدا نقاط A و B را روی نمودار سرعت - زمان مشخص کرده و خط مستقیمی بین آن دو نقطه رسم می‌کنیم. شیب این خط، برابر **شتاب متوسط متحرک** بین دو لحظه t_A و t_B از حرکت است.

$$\text{شیب خط AB} = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{v_B - v_A}{t_B - t_A} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = a_{av}$$

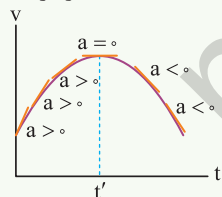
! در سؤالات امتحان نهایی، در مسائلی که شتاب متوسط را در بازه‌های زمانی مختلف به طور کیفی مقایسه می‌کند، روش دوم روش بسیار مناسبی است. **شتاب لحظه‌ای:** شیب مماس بر نمودار سرعت - زمان در هر لحظه، برابر **شتاب لحظه‌ای** متحرک در آن لحظه می‌باشد.



نکات مهم و کاربردی نمودار سرعت - زمان

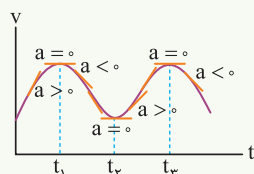
۱ هرگاه سرعت متحرک **مثبت** باشد (نمودار سرعت - زمان، بالای محور افقی باشد)، متحرک در **جهت محور X** حرکت می‌کند و هرگاه سرعت متحرک **منفی** باشد (نمودار سرعت - زمان، زیر محور افقی باشد)، متحرک در **خلاف جهت محور X** حرکت می‌کند. هم‌چنین هنگامی که نمودار، محور افقی را قطع می‌کند و از آن می‌گذرد (علامت سرعت عوض می‌شود)، **جهت حرکت تغییر کرده** است.

۲ با توجه به مماس‌های رسم شده در نمودار روبه‌رو، از صفر تا t' ، شیب مماس ترسیمی مثبت بوده و شتاب متحرک در ابتدا مثبت است و در قله نمودار مماس افقی و شتاب صفر شده و سپس منفی شده است.

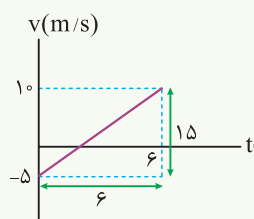


۳ در نمودار مورد بررسی، قله نمودار سرعت - زمان، لحظه تغییر جهت بردار شتاب است، زیرا شتاب در قله صفر بوده، قبل از آن مثبت و بعد از آن منفی است.

۴ به‌طور کلی در نقاط ماکزیمم و مینیمم نسبی نمودار سرعت - زمان (قله‌ها و دره‌ها)، شتاب متحرک صفر شده و بردار شتاب تغییر جهت می‌دهد. به‌عنوان مثال در نمودار مقابل، در لحظات t_1 ، t_2 و t_3 شتاب تغییر جهت می‌دهد.

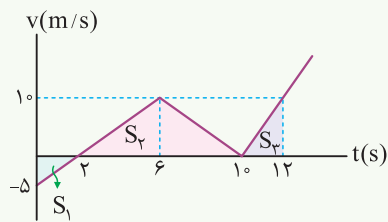


۵ شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان در هر لحظه برابر شتاب در آن لحظه است و هرگاه نمودار خطی بوده و شیب ثابت باشد، یعنی شتاب حرکت ثابت است. به عنوان مثال در ۶ ثانیه اول حرکت از نمودار سرعت - زمان مقابل، شیب نمودار ثابت و مثبت است و این یعنی در طول این بازه زمانی، شتاب حرکت ثابت و مثبت است.



$$\text{شیب خط} = a = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{10 - (-5)}{6 - 0} = \frac{15}{6} = 2.5 \text{ m/s}^2$$

۶ محاسبه جابه جایی و مسافت طی شده از روی نمودار سرعت - زمان: در حالت کلی از روی نمودار سرعت - زمان می توان ثابت کرد که مساحت بین نمودار سرعت - زمان و محور افقی با در نظر گرفتن علامت، برابر جابه جایی و بدون در نظر گرفتن علامت، برابر مسافت طی شده است.

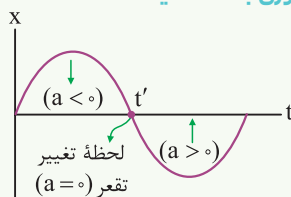


دقت شود که در محاسبه جابه جایی، اگر نمودار زیر محور افقی باشد، مساحت را منفی در نظر می گیریم، در حالی که برای محاسبه مسافت طی شده، همه مساحت ها را مثبت لحاظ می کنیم. با توجه به این موضوع، در ۱۲ ثانیه ابتدای حرکت در نمودار مقابل، مسافت و جابه جایی برابر است با (مواست باشد):
وقتی بابیهایی و مسافت رو پیدا کنی، خیلی راحت میشه s_{av} و v_{av} رو هم پیدا کرد:

$$\Delta x = -|S_1| + |S_2| + |S_3| = -5 + 40 + 10 = 45 \text{ m}$$

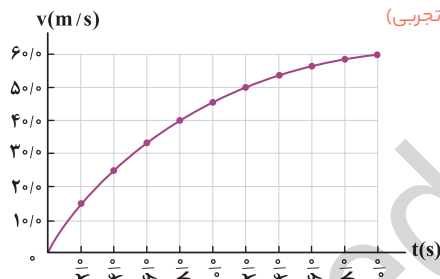
$$l = |S_1| + |S_2| + |S_3| = 5 + 40 + 10 = 55 \text{ m}$$

آلبرت میگویند حالا که داغ هستید بزارید بگم از روی نمودار مکان - زمان هم علامت شتاب لحظه ای چه جوری به دست میاد ...



۷ اگر بخواهیم علامت شتاب را از روی نمودار $x - t$ به دست آوریم، کافیست به جهت تقعر نمودار توجه کنیم. اگر جهت تقعر به سمت بالا باشد (شتاب مثبت) و اگر جهت تقعر به سمت پایین باشد (شتاب منفی) است. از طرفی در محل تغییر تقعر (t')، بردار شتاب تغییر جهت می دهد.

۹ نمودار سرعت - زمان خودرویی که در راستای محور x حرکت می کند، در بازه زمانی ۰ تا ۲۰/۰s مطابق شکل زیر است:

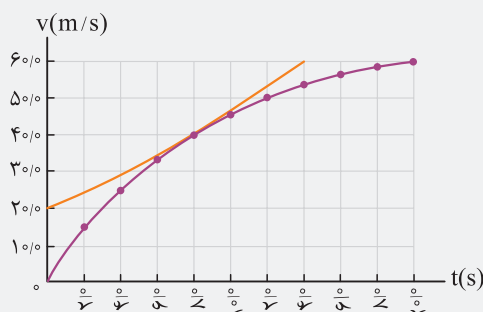


(الف) شتاب متوسط خودرو در ۴ ثانیه سوم حرکت چند متر بر مربع ثانیه است؟
(ب) شتاب خودرو را در لحظه $t = 8/0 \text{ s}$ به شکل تقریبی به دست آورید. (کتاب درسی و شهریور ۹۹ تجربی)

(الف) با توجه به نمودار سرعت - زمان، ۴ ثانیه سوم حرکت از $t_1 = 8 \text{ s}$ تا $t_2 = 12 \text{ s}$ می باشد و سرعت در $t_1 = 8 \text{ s}$ برابر 40 m/s و در $t_2 = 12 \text{ s}$ برابر 50 m/s است، پس شتاب متوسط حرکت در این بازه زمانی برابر است با:

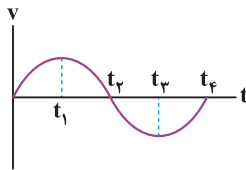
$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{50 - 40}{12 - 8} = 2.5 \text{ m/s}^2$$

(ب) با رسم یک خط مماس تقریبی به شکل زیر بر منحنی در لحظه $t = 8 \text{ s}$ ، می توان شتاب خودرو را در این لحظه به صورت تقریبی محاسبه کرد.

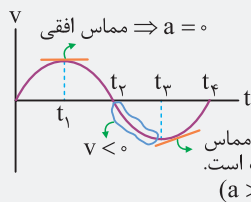


$$a = \text{شیب مماس} = \frac{60 - 20}{14} = \frac{20}{7} \text{ m/s}^2 \Rightarrow a \approx 2.9 \text{ m/s}^2$$

با توجه به نمودار داده شده، خانه های جدول زیر را با کلمات مثبت، منفی، صفر یا نام یکی از لحظات پر کنید.



(.....)	سرعت در بازه زمانی t_2 تا t_3
الف	
(.....)	شتاب در بازه زمانی t_3 تا t_4
ب	
(.....)	شتاب در لحظه t_1
پ	
(.....)	این متحرک در چه لحظه ای تغییر جهت می دهد؟
ت	



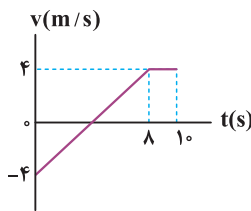
نمودار سرعت - زمان در سؤال داده شده و با توجه به نکات مربوط به آن داریم:

الف) منفی، زیرا نمودار زیر محور افقی قرار دارد.

ب) مثبت، زیرا شیب مماس بر نمودار در این بازه مثبت است.

پ) صفر، زیرا مماس بر نمودار در این لحظه افقی است.

ت) t_2 ، نمودار سرعت - زمان است و در لحظه t_2 سرعت تغییر جهت می دهد (در لحظه t_2 ، سرعت صفر شده و تغییر علامت می دهد).



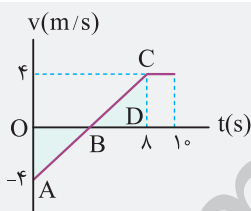
نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می کند، به صورت شکل مقابل است:

الف) متحرک در چه لحظه ای تغییر جهت می دهد و چند ثانیه در خلاف جهت محور x حرکت می کند؟

ب) شتاب متوسط متحرک در بازه زمانی $t_1 = 4s$ تا $t_2 = 10s$ چند متر بر مربع ثانیه است؟

پ) جابه جایی و مسافت طی شده توسط متحرک را در ۱۰ ثانیه اول حرکت به دست آورید.

ت) اندازه سرعت متوسط و تندی متوسط متحرک را در ۱۰ ثانیه اول حرکت به دست آورید.



الف) در نمودار سرعت - زمان داده شده، برای محاسبه لحظه ای که علامت سرعت متحرک عوض می شود (در لحظه B)، با کمک تشابه مثلث های BAO و BCD داریم:

می شود (در لحظه B)، با کمک تشابه مثلث های BAO و BCD داریم:

$$\text{BCD و BAO مثلث دو مثلث} \Rightarrow \frac{OA}{CD} = \frac{OB}{BD} \Rightarrow \frac{4}{4} = \frac{OB}{BD} \Rightarrow OB = BD$$

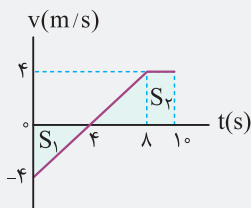
$$OB + BD = 8s \Rightarrow OB = BD = 4s$$

بنابراین سرعت متحرک از لحظه صفر تا ۴s منفی بوده و در این بازه زمانی، متحرک در خلاف جهت محور x حرکت کرده است و در لحظه $t = 4s$ ، جهت حرکت متحرک تغییر کرده است.

ب) متحرک در $t_1 = 4s$ تغییر جهت داده و در این لحظه سرعت آن صفر است، همچنین سرعت آن در $t_2 = 10s$ برابر 4 m/s است، پس شتاب متوسط متحرک در این بازه زمانی برابر است با:

$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{4 - 0}{10 - 4} = \frac{2}{3} \text{ m/s}^2$$

پ) برای محاسبه جابه جایی و مسافت طی شده، مساحت قسمت های S_1 و S_2 را به دست می آوریم:



$$S_1 = \frac{4 \times 4}{2} = 8 \text{ m}, \quad S_2 = \frac{(2 + 4) \times 4}{2} = 16 \text{ m}$$

$$\Delta x = -|S_1| + |S_2| = -8 + 16 = 8 \text{ m} \quad (\text{در جهت محور } x)$$

$$\text{مسافت طی شده: } l = |S_1| + |S_2| = 8 + 16 = 24 \text{ m}$$

ت) با توجه به مقادیر جابه جایی و مسافت طی شده، مقادیر سرعت متوسط و تندی متوسط در ۱۰ ثانیه اول حرکت برابر است با:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{8}{10} = 0.8 \text{ m/s}, \quad s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{24}{10} = 2.4 \text{ m/s}$$

ایستگاه ۷

بررسی حرکت های تندشونده و کندشونده



آلبرت میگوید جمله دلی بهت میگم قبل از این که کار رو جدی شروع کنیم. هر وقت سوار ماشین میشی و گاز میدی و تندتر حرکت میکنی، تابلوه داری تندشونده میری جلو و هر وقت ترمز می‌کنی و داری متوقف میشی، داری کندشونده حرکت میکنی، حالا بریم سراغ درس این مطلب که میتونه به سؤال تو امتحان نهایی داشته باشه...

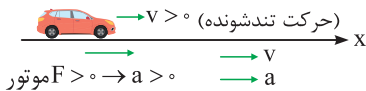
حرکت کندشونده و تندشونده چه مفهومی دارد؟

به لحاظ مفهومی، در حرکت تندشونده، تندی متحرک (اندازه سرعت) در حال افزایش و در حرکت کندشونده، تندی متحرک در حال کاهش است.

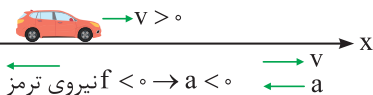
حرکت کندشونده یا تندشونده چگونه شناسایی می‌شود؟

اگر در حرکت بر روی خط راست، بردارهای سرعت و شتاب با یکدیگر هم جهت باشند، تندی متحرک ($|v|$) دائماً در حال افزایش بوده و حرکت متحرک تندشونده می‌باشد.

در حرکت اتومبیلی که راننده پدال گاز را فشار می‌دهد، تندی افزایش یافته و حرکت تندشونده است. این موضوع در حرکت بر روی خط راست با توجه به علامت‌های a و v نیز قابل توجه است و در حرکت تندشونده، حاصل ضرب $av > 0$ است (ممکنه a و v هر دو مثبت باشند یا هر دو منفی).

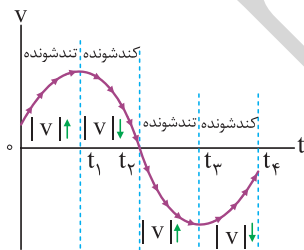


در حرکت بر روی خط راست، اگر بردارهای سرعت و شتاب در خلاف جهت یکدیگر باشند، تندی متحرک ($|v|$) دائماً در حال کاهش بوده و حرکت کندشونده است. به عنوان مثال، در شکل زیر، اتومبیلی را می‌بینید که راننده آن پدال ترمز را فشار داده است. در این حالت، نیروی ترمز تندی حرکت را کاهش می‌دهد و حرکت کندشونده است. در این حالت اگرچه بردار سرعت در جهت محور x می‌باشد، اما شتاب آن در خلاف جهت محور x بوده و حاصل ضرب $av < 0$ است.



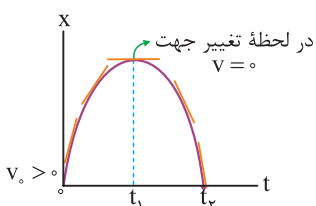
از نمودار سرعت - زمان، تندشونده و کندشونده بودن حرکت را چگونه می‌توان تعیین کرد؟

ساده‌ترین روش تعیین نوع حرکت متحرک، از روی نمودار سرعت - زمان است. همان‌طور که می‌دانید هرگاه اندازه سرعت متحرکی کاهش یابد، حرکت آن کندشونده و هرگاه اندازه سرعت متحرکی افزایش یابد، حرکت آن تندشونده است. به عبارت دیگر، هرگاه نمودار سرعت - زمان به محور افقی نزدیک شود، حرکت کندشونده است و هرگاه از آن دور شود، حرکت تندشونده است. به عنوان مثال در نمودار زیر داریم:



تندشونده	نمودار سرعت - زمان از محور افقی دور می‌شود.	t_0 تا t_1
کندشونده	نمودار سرعت - زمان به محور افقی نزدیک می‌شود.	t_1 تا t_2
تندشونده	نمودار سرعت - زمان از محور افقی دور می‌شود.	t_2 تا t_3
کندشونده	نمودار سرعت - زمان به محور افقی نزدیک می‌شود.	t_3 تا t_4

از نمودار مکان - زمان، تندشونده و کندشونده بودن حرکت را چگونه می‌توان تعیین کرد؟



تعیین نوع حرکت از روی نمودار مکان - زمان کمی سخت‌تر بوده و باید از شیب مماس استفاده کنیم. برای این منظور ابتدا در نقاط max و min منحنی داده شده مماس‌هایی را به منحنی رسم می‌کنیم، در این نقاط شیب خط مماس ترسیمی بر منحنی که همان سرعت متحرک است، برابر صفر می‌باشد (لحظه t_1). در ادامه با سه روش نوع حرکت را مشخص می‌کنیم:

روش اول (توجه به شیب خط مماس): همان گونه که در نمودار رسم شده می بینید، اندازه شیب مماس های رسم شده بدون توجه به علامت $(|v|)$ از لحظه t_1 تا t_2 کاهش می یابد و حرکت در این بازه زمانی کندشونده است. در ادامه از لحظه t_1 تا t_2 ، اندازه شیب مماس های رسم شده $(|v|)$ در حال افزایش و حرکت در این بازه زمانی تندشونده است.

روش دوم (مفهومی آلبرت): اگر در لحظه ای مانند (t_1) متحرک متوقف شده باشد، بدیهی است که حرکت در لحظه ای قبل کندشونده (مشابه حالت ترمز کردن) و در لحظه ای بعد تندشونده است (مشابه حالت گاز دادن).

روش سوم (علامت های a و v): از لحظه صفر تا t_1 ، شیب مماس بر نمودار مکان - زمان یعنی v مثبت ($v > 0$) و تقعر به سمت پایین است ($a < 0$) و در مجموع $av < 0$ و حرکت کندشونده است. به همین روش از t_1 تا t_2 ، v منفی (باتوجه به شیب مماس) و a نیز منفی بوده (با توجه به تقعر نمودار) و حرکت تندشونده است. (هالا فورث با هر کدام از روش ها راحتی جواب سؤال را برده، پیشنهاد ما روش اوله).

۱۹) در مورد حرکت یک متحرک بر روی مسیر مستقیم، جاهای خالی را با انتخاب کلمه مناسب پُر کنید.

- الف) هرگاه اندازه سرعت متحرکی افزایش یابد، حرکت متحرک (تندشونده - کندشونده) است.
 ب) هرگاه سرعت و شتاب متحرکی منفی باشند، حرکت متحرک (تندشونده - کندشونده) است.
 پ) هرگاه سرعت متحرکی مثبت و شتاب آن منفی باشد، حرکت متحرک (تندشونده - کندشونده) است.
 ت) در نمودار سرعت - زمان، هرگاه به محور افقی نزدیک شویم، حرکت متحرک (تندشونده - کندشونده) است.
 ث) در نمودار مکان - زمان، هرگاه به قله و دره نمودار نزدیک شویم، حرکت متحرک (تندشونده - کندشونده) است.
 ج) اگر حرکت متحرک روی مسیر مستقیم کندشونده و به سمت غرب باشد، بردار شتاب متحرک به سمت (شرق - غرب) است.

الف) تندشونده

ب) تندشونده - a و v هر دو منفی هستند (هم جهت) و حاصل ضرب av مثبت است.

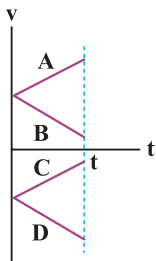
پ) کندشونده - a و v در خلاف جهت هستند و حاصل ضرب av منفی است.

ت) کندشونده

ث) کندشونده - با نزدیک شدن به قله و دره، عملاً به نقطه $v = 0$ نزدیک می شویم و مشابه با حالت ترمز کردن، حرکت کندشونده است.

ج) شرق - حرکت کندشونده بوده و سرعت و شتاب باید در خلاف جهت یک دیگر باشند.

۲۰) در شکل مقابل، نمودار سرعت - زمان چهار متحرک A، B، C و D که بر روی محور x حرکت می کنند، رسم شده است.



(کتاب درسی)

به موارد زیر پاسخ دهید:

الف) کدام نمودار، مربوط به متحرکی است که بردار شتاب آن در خلاف جهت محور x است و در t ثانیه اول حرکتش، به صورت کندشونده حرکت می کند؟

ب) کدام نمودار مربوط به متحرکی است که در جهت محور x ، به صورت تندشونده حرکت می کند؟

پ) کدام نمودار مربوط به متحرکی است که بردار سرعت آن در خلاف جهت محور x است و در t ثانیه اول حرکتش، به صورت کندشونده حرکت می کند؟

نمودارها سرعت - زمان می باشند و شیب آن ها نشان دهنده شتاب است. با توجه به این موضوع داریم:

الف) بردار شتاب در خلاف جهت محور x است و این یعنی $a < 0$ بوده و شیب نمودار سرعت - زمان باید منفی باشد، پس نمودارهای A و C نمی توانند پاسخ سؤال باشند.

هم چنین طبق صورت سؤال، حرکت متحرک کندشونده است و این یعنی اندازه سرعت باید کاهش یابد، یعنی نمودار سرعت - زمان باید به محور افقی نزدیک شود. در نتیجه متحرک B مدنظر سؤال است.

ب) چون متحرک در جهت محور x حرکت می کند، بنابراین علامت سرعت متحرک باید مثبت باشد. (نمودار بالای محور افقی باشد). هم چنین چون حرکت متحرک تندشونده است، باید اندازه سرعت افزایش یابد. (نمودار از محور افقی دور شود). در نتیجه متحرک A مدنظر سؤال است.

پ) چون بردار سرعت متحرک در خلاف جهت محور x است، بنابراین علامت سرعت متحرک باید منفی باشد (نمودار زیر محور افقی باشد)، هم چنین چون حرکت متحرک کندشونده است، باید اندازه سرعت کاهش یابد. (نمودار به محور افقی نزدیک شود). در نتیجه متحرک C مدنظر سؤال است.



● مرور کلی بر بخش اول



هریک از موارد زیر را تعریف کنید.

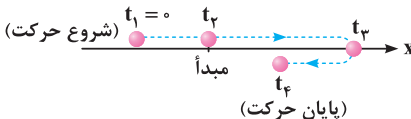
۱	مسافت	خرداد ۱۴۰۰ تجربی خارج کشور
۲	جابه جایی	خرداد ۹۸ تجربی خارج کشور و شهریور ۹۹ تجربی
۳	بردار مکان	دی ۱۴۰۰ تجربی خارج کشور
۴	تندی لحظه ای	شبه نهایی
۵	حرکت تندشونده	شبه نهایی

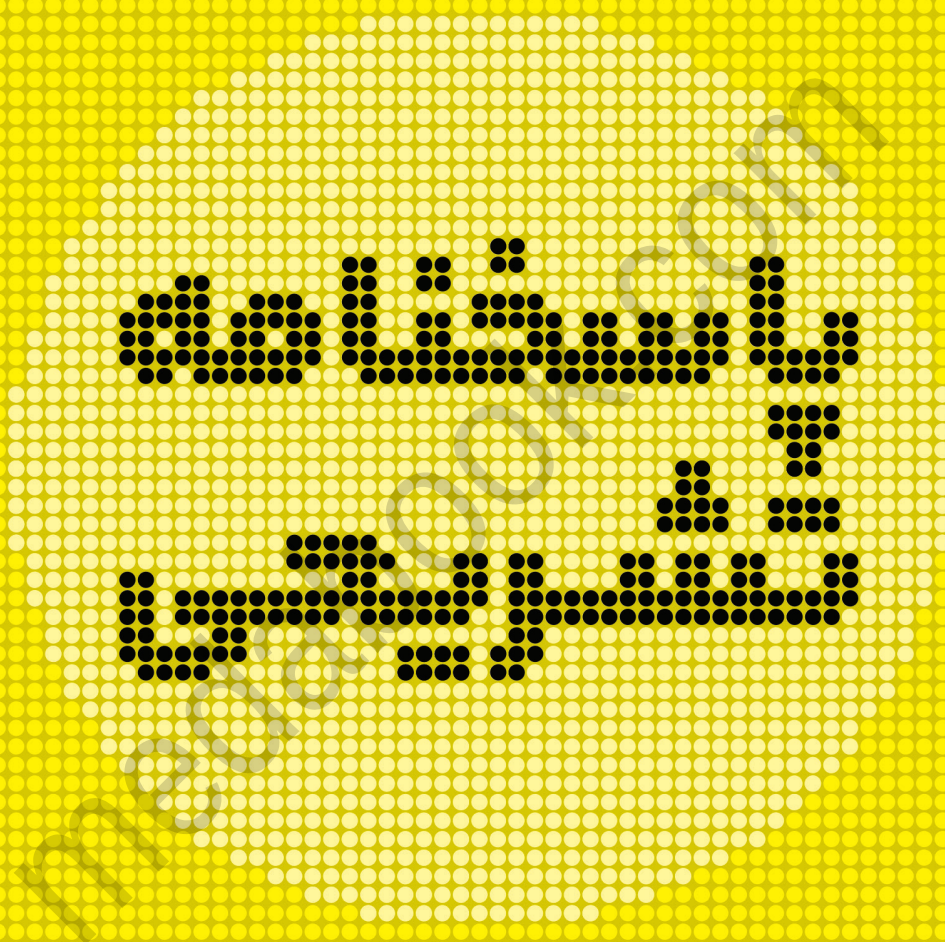


جاهای خالی را در جمله های زیر با کلمه های مناسب پر کنید.

۶	بردار که مبدأ محور را به مکان جسم در هر لحظه وصل می کند، بردار جسم در آن لحظه نامیده می شود.	دی ۹۷ تجربی، شهریور ۹۸ تجربی و خرداد ۹۹ تجربی خارج کشور و خرداد ۱۴۰۳ تجربی
۷	پاره خط جهت داری که مکان آغازین حرکت را به مکان پایانی آن وصل می کند، بردار نام دارد.	مرداد ۹۸ ریاضی و دی ۱۴۰۰ تجربی
۸	به طول مسیری طی شده توسط یک متحرک، گویند و کمیتی است.	خرداد ۱۴۰۱ ریاضی
۹	در حرکت بر روی و بدون تغییر جهت، مسافت طی شده با مقدار جابه جایی برابر است.	شهریور ۹۸ ریاضی و خرداد ۹۹ ریاضی
۱۰	بردار سرعت متوسط با بردار هم سو است.	شهریور ۹۷ ریاضی
۱۱	شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان در هر لحظه، برابر است.	مرداد ۹۸ ریاضی
۱۲	شیب خطی که دو نقطه از نمودار مکان - زمان را به هم وصل می کند، برابر است.	خرداد ۹۸ ریاضی خارج کشور
۱۳	اگر نمودار مکان - زمان به صورت باشد، سرعت متوسط در هر بازه زمانی دلخواه برابر سرعت لحظه ای است.	کتاب درسی
۱۴	نسبت تغییرات سرعت متحرک به مدت زمان تغییرات را می گویند.	شهریور ۹۸ ریاضی
۱۵	شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان در هر لحظه دلخواه t ، برابر در آن لحظه است.	دی ۹۷ ریاضی، شهریور ۹۸ تجربی، خرداد ۹۹ ریاضی، خرداد ۹۹ تجربی خارج کشور و دی ۱۴۰۰ تجربی
۱۶	مساحت سطح بین نمودار سرعت - زمان و محور زمان در هر بازه زمانی، برابر با اندازه در آن بازه است.	خرداد ۱۴۰۱ تجربی
۱۷	هرگاه اندازه سرعت (تندی) متحرکی کاهش یابد، حرکت از نوع و هرگاه اندازه سرعت (تندی) متحرکی افزایش یابد، حرکت از نوع است.	شهریور ۹۸ ریاضی
۱۸	حرکت متحرکی بر روی مسیر مستقیم، رو به شرق و کندشونده است. جهت بردار شتاب این متحرک رو به است.	
۱۹	در لحظه ای که متحرک از مبدأ مکان عبور می کند، جهت بردار مکان تغییر می کند.	شهریور ۱۴۰۱ تجربی
۲۰	طول مسیر پیموده شده توسط یک متحرک، جابه جایی نامیده می شود.	دی ۱۴۰۰ ریاضی خارج کشور
۲۱	بردار جابه جایی، برداری است که در هر لحظه از مبدأ محور به محل جسم وصل می شود.	شهریور ۱۴۰۰ ریاضی خارج کشور
۲۲	در حرکت بر روی خط راست و بدون تغییر جهت، مسافت طی شده با اندازه جابه جایی برابر است.	شهریور ۱۴۰۰ ریاضی خارج کشور
۲۳	سرعت متوسط، کمیتی برداری است که همواره هم جهت با بردار جابه جایی می باشد.	دی ۹۷ ریاضی، خرداد ۹۹ ریاضی، خرداد ۱۴۰۰ ریاضی خارج کشور و شهریور ۱۴۰۰ ریاضی
۲۴	تندی لحظه ای برابر تندی متحرک در هر لحظه بوده و یک کمیت برداری است.	خرداد ۱۴۰۱ ریاضی خارج کشور
۲۵	تندی متوسط در حرکت بر روی خط راست، برابر با نسبت جابه جایی جسم به زمان است.	خرداد ۱۴۰۲ ریاضی
۲۶	در حرکت بر روی خط راست و بدون تغییر جهت، اندازه سرعت متوسط و تندی متوسط با هم برابر است.	شبه نهایی
۲۷	در حرکت بر روی محور x ، در بازه های زمانی ای که سرعت متوسط مثبت است، سرعت متوسط در خلاف جهت محور x است.	شهریور ۱۴۰۰ ریاضی
۲۸	عقربه تندی سنج خودروها، تندی لحظه ای خودرو را نشان می دهد.	
۲۹	سرعت متوسط متحرک بین دو لحظه از زمان، برابر شیب پاره خطی است که نقاط نظیر آن دو لحظه را در نمودار مکان - زمان به یکدیگر وصل می کند.	دی ۹۷ ریاضی
۳۰	اگر متحرک در جهت محور x حرکت کند، جابه جایی و سرعت متوسط آن منفی خواهد بود.	دی ۹۸ تجربی
۳۱	سطح محصور بین نمودار سرعت - زمان با محور زمان برابر اندازه تغییر مکان (جابه جایی) متحرک است.	دی ۹۷ ریاضی و دی ۱۴۰۰ ریاضی خارج کشور
۳۲	شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان در هر لحظه، برابر شتاب متوسط متحرک است.	شهریور ۱۴۰۰ ریاضی خارج کشور و شهریور ۱۴۰۰ ریاضی
۳۳	شیب خطی که نمودار سرعت - زمان را در دو لحظه به هم وصل می کند، برابر شتاب لحظه ای است.	خرداد ۱۴۰۱ ریاضی خارج کشور
۳۴	بردار شتاب متوسط همواره هم جهت با بردار سرعت است.	
۳۵	سرعت متوسط، یک کمیت برداری است که همواره هم جهت با بردار تغییرات سرعت می باشد.	دی ۹۸ ریاضی و دی ۱۴۰۰ ریاضی خارج کشور

شتاب در یک حرکت، فقط به دلیل تغییر در اندازه بردار سرعت ایجاد می شود.	۳۶	☆
اگر جهت حرکت متحرک تغییر کند، حرکت متحرک شتاب دار است.	۳۷	☆
همیشه سرعت و شتاب با یکدیگر هم علامت هستند.	۳۸	
خودرویی بر مسیر مستقیم به طرف شرق در حرکت است. ممکن است گاهی جهت شتاب آن به طرف غرب باشد.	۳۹	☆
در هر یک از گزاره های زیر، واژه مناسب را انتخاب کنید.		
در حرکت روی محور X وقتی متحرک به مکان آغازین حرکتش باز می گردد (مسافت طی شده - سرعت متوسط) متحرک صفر است.	۴۰	
هنگام عبور متحرک از مبدأ محور X، بردار (مکان - جابه جایی) متحرک تغییر جهت می دهد.	۴۱	
در طول حرکت بین دو نقطه A و B، کمترین فاصله بین دو نقطه A و B معادل (جابه جایی - مسافت طی شده) توسط متحرک است.	۴۲	☆
در نیم دور حرکت ماه به دور زمین، مسافت طی شده (بزرگ تراز - برابر با) اندازه جابه جایی است.	۴۳	☆
تندی متوسط یک کمیت (بردار - نرده ای) است و یکای آن متر بر ثانیه است.	۴۴	☆
مسافت طی شده توسط متحرک در یکای زمان را (سرعت - تندی) متوسط می گویند.	۴۵	
بردار سرعت در هر نقطه از مسیر، بر مسیر حرکت (عمود - مماس) است.	۴۶	☆
بردار سرعت متوسط متحرک در حرکت روی محور X، (خلاف جهت - هم جهت) با بردار جابه جایی است.	۴۷	☆
در حرکت بر خط راست (با تغییر - بدون تغییر) جهت، اندازه بردار جابه جایی برابر مسافت پیموده شده است.	۴۸	☆
در حرکت متحرک بدون تغییر جهت، اندازه سرعت متوسط در هر بازه زمانی برابر (سرعت لحظه ای - تندی متوسط) در آن بازه زمانی است.	۴۹	
اگر در حرکت بر خط راست بین دو لحظه t_1 و t_2 جهت سرعت یک بار تغییر کند، در این صورت در همان بازه زمانی، اندازه سرعت متوسط از تندی متوسط (کمتر، بیشتر) است.	۵۰	
معادله ای که مکان جسم را در هر لحظه مشخص می کند، معادله (مکان - سرعت) زمان نامیده می شود.	۵۱	
شیب خطی که نمودار سرعت - زمان را در دو لحظه قطع می کند، برابر (شتاب - سرعت) متوسط است.	۵۲	☆
شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان در هر لحظه را (سرعت - شتاب) در آن لحظه می گویند.	۵۳	
در حرکت جسم روی مسیر خمیده، جهت بردار سرعت آن همواره بر (بردار شتاب - مسیر حرکت) مماس است.	۵۴	☆
شتاب متوسط، همواره هم جهت با بردار (سرعت - تغییر سرعت) است.	۵۵	
در حرکت بر خط راست، بردار سرعت متوسط با بردار تغییر (مکان - سرعت) هم جهت است.	۵۶	☆
یکای شتاب متوسط در SI (متر بر مربع ثانیه - متر در مربع ثانیه) است.	۵۷	☆
شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان در هر لحظه را (سرعت - شتاب) در آن لحظه می گویند.	۵۸	
شیب خطی که نمودار سرعت - زمان را در دو لحظه قطع می کند، برابر (شتاب - سرعت) متوسط بین آن دو لحظه است.	۵۹	
در پرتاب جسم در راستای قائم به طرف بالا، لحظه تغییر جهت، (سرعت - شتاب) صفر می شود.	۶۰	
اگر بزرگی سرعت تغییر نکند، حرکت بر مسیر منحنی، حرکتی (سرعت ثابت - شتاب دار) است.	۶۱	☆
سطح محصور بین نمودار شتاب - زمان و محور زمان برابر تغییر (مکان - سرعت) است.	۶۲	
در حرکت تندشونده روی خط راست، بردارهای سرعت و شتاب (هم جهت - در خلاف جهت) هستند.	۶۳	
در حرکت کندشونده روی خط راست، بردارهای سرعت و شتاب (هم جهت - در خلاف جهت) هستند.	۶۴	☆
در حرکت تندشونده روی خط راست، علامت شتاب حرکت (می تواند - نمی تواند) منفی باشد.	۶۵	☆
خودرویی که رو به شمال در حرکت است، ترمز می کند. شتاب خودرو، رو به (شمال - جنوب) است.	۶۶	
حرکت متحرکی بر مسیر مستقیم، رو به غرب و تندشونده است. جهت بردار شتاب این متحرک رو به (شرق - غرب) است.	۶۷	
اگر سرعت متحرک در جهت محور X، به تدریج (افزایش - کاهش) یابد، شتاب آن در خلاف جهت محور X است.	۶۸	☆
● بررسی بیشتر مفاهیم مکان، جابه جایی و مسافت		
تصویر مقابل، مسیر حرکت متحرکی که بر روی محور X در حال حرکت است را از لحظه $t_1 = 0$ تا لحظه t_2 نشان می دهد:	۶۹	☆
الف) در کدام لحظه، بردار مکان متحرک تغییر جهت می دهد و در کدام لحظه، جهت حرکت متحرک تغییر کرده است؟		
ب) بردار جابه جایی در کل حرکت در کدام جهت است؟ در کدام بازه زمانی جابه جایی در خلاف جهت محور X است؟		
در چه صورت در یک بازه زمانی دلخواه، اندازه جابه جایی متحرک برابر مسافت پیموده شده آن است؟	۷۰	







پاسخ تشریحی تمرین‌های فصل اول

۱ به طول مسیر طی شده توسط یک متحرک، مسافت گویند.

۲ پاره خط جهت‌داری که مکان آغازین حرکت را به مکان پایانی حرکت وصل می‌کند، بردار جابه‌جایی نامیده می‌شود.

۳ برداری که مبدأ محور را به مکان جسم در هر لحظه وصل می‌کند، بردار مکان جسم در آن لحظه نامیده می‌شود.

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

۵ حرکتی که در طی آن تندی متحرک در حال افزایش باشد را حرکت **تندشونده** گویند.

۶ مکان

۷ جابه‌جایی

۸ مسافت - نرده‌ای

۹ خط راست

۱۰ جابه‌جایی

۱۱ سرعت لحظه‌ای (سرعت در آن لحظه)

۱۲ سرعت متوسط

۱۳ خط راست

۱۴ شتاب متوسط

۱۵ شتاب

$x \xrightarrow{\text{شیب مماس}} v \xrightarrow{\text{شیب مماس}} a$

۱۶ جابه‌جایی

۱۷ کندشونده - تندشونده

۱۸ غرب

۱۹ درست

۲۰ نادرست - به طول مسیر پیموده شده، مسافت می‌گویند.

۲۱ نادرست - بردار مکان، برداری است که در هر لحظه از مبدأ محور به محل جسم وصل می‌شود.

۲۲ درست

۲۳ درست

۲۴ نادرست - تندی لحظه‌ای یک کمیت نرده‌ای است.

۲۵ نادرست - سرعت متوسط در حرکت بر روی خط راست، برابر با نسبت جابه‌جایی جسم به زمان انجام آن جابه‌جایی است.

۲۶ درست (۲ تا شرط **فوبه یادت باشه**)

۲۷ نادرست (سرعت متوسط در جهت محور x است. $\Rightarrow v_{av} > 0$)

۲۸ درست

۲۹ درست

۳۰ نادرست - اگر متحرک در جهت محور x حرکت کند، جابه‌جایی و سرعت متوسط آن مثبت خواهد بود.

۳۱ درست

۳۲ نادرست - شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان در هر لحظه، برابر **شتاب لحظه‌ای** متحرک است.

۳۳ نادرست - شیب خطی که نمودار سرعت - زمان را در دو لحظه به هم وصل می‌کند، برابر **شتاب متوسط** است.

۳۴ نادرست - بردار شتاب متوسط همواره هم جهت با بردار تغییرات سرعت است.

۳۵ نادرست - v_{av} با جابه‌جایی هم جهت است.

۳۶ نادرست - هرگاه سرعت جسمی تغییر کند، حرکت آن شتاب‌دار است. با توجه به این‌که بردار سرعت در هر نقطه از مسیر، بر مسیر حرکت مماس است، تغییر سرعت جسم در نقاط مختلف مسیر حرکت می‌تواند به دلیل تغییر در اندازه بردار سرعت (تندی) جسم باشد، یا می‌تواند به دلیل تغییر در جهت بردار سرعت آن باشد، یا هم‌چنین می‌تواند به دلیل تغییر در اندازه و جهت بردار سرعت متحرک باشد.

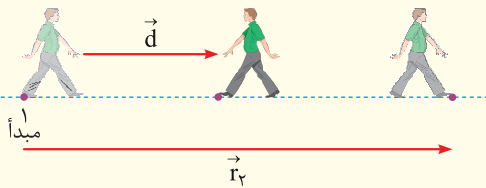
۳۷ درست

۳۸ نادرست - سرعت و شتاب می‌توانند نسبت به یکدیگر هر جهتی داشته باشند.

۳۹ درست - به طور کلی جهت حرکت (سرعت) و جهت شتاب از یکدیگر مستقل هستند.

۴۰ سرعت متوسط؛ وقتی متحرک به مکان آغازین خود باز می‌گردد، جابه‌جایی و در نتیجه سرعت متوسط آن صفر می‌شود.

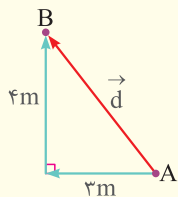
از طرفی بردار جابه‌جایی از نقطه (۱) به (۲) وصل شده و اندازه آن کمتر از اندازه بردار مکان در نقطه (۲) است که از مبدأ به نقطه (۲) وصل می‌شود.



۷۲ گزینه (۲) - هنگامی که متحرک بر روی محور x حرکت می‌کند، اگر متحرک از مبدأ مکان عبور کند، جهت بردار مکان متحرک تغییر می‌کند.

۷۳ مسافت طی شده توسط متحرک برابر طول مسیر پیموده شده است. $l = 3 + 4 = 7m$

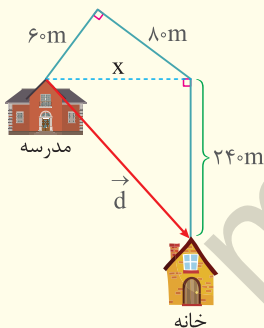
جابه‌جایی برابر برداری است که ابتدای حرکت را به انتهای حرکت متصل می‌کند.



$$|\vec{d}| = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5m$$

همان‌طور که انتظار داشتیم، مسافت طی شده توسط متحرک بیش‌تر از اندازه جابه‌جایی آن است، چون متحرک تغییر جهت داده است.

۷۴ الف) مسافت طی شده توسط دانش‌آموز را محاسبه می‌کنیم: $l = 60 + 80 + 240 = 380m$



ب) کمترین فاصله بین مبدأ و مقصد، عملاً همان تعریف دیگر جابه‌جایی متحرک است و با توجه به شکل، اندازه بردار جابه‌جایی دانش‌آموز را محاسبه می‌کنیم:

$$x^2 = 60^2 + 80^2 \Rightarrow x = 100m$$

$$d^2 = x^2 + 240^2$$

$$\Rightarrow d = \sqrt{100^2 + 240^2} = 260m$$

۷۵ الف) بردار مکان متحرک هنگامی تغییر جهت می‌دهد که متحرک از مبدأ مکان ($x = 0$) عبور کند. بنابراین می‌توان نوشت:

$$x = -t^2 + 10t - 16 = 0 \Rightarrow t^2 - 10t + 16 = 0 \Rightarrow (t-2)(t-8) = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} t = 2s \\ t = 8s \end{cases}$$

ب) برای محاسبه جابه‌جایی متحرک در ۳ ثانیه دوم حرکت ($3s < t < 6s$) می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} t_1 = 3s \Rightarrow x_1 = -9 + 30 - 16 = 5m \\ t_2 = 6s \Rightarrow x_2 = -36 + 60 - 16 = 8m \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta x = x_2 - x_1 = 8 - 5 = 3m$$

۴۱ مکان - هنگامی که متحرک از مبدأ عبور می‌کند، علامت x عوض شده و بردار مکان تغییر جهت می‌دهد.

۴۳	بزرگ‌تر از	۴۲	جابه‌جایی
۴۵	تندی	۴۴	زنده‌ای
۴۷	هم‌جهت	۴۶	مماس
۴۹	تندی متوسط	۴۸	بدون تغییر
۵۱	مکان	۵۰	کمتر
۵۳	سرعت	۵۲	شتاب
۵۵	تغییر سرعت	۵۴	مسیر حرکت
۵۷	متر بر مربع ثانیه	۵۶	مکان
۵۹	شتاب	۵۸	شتاب
۶۱	شتاب‌دار	۶۰	سرعت
۶۳	هم‌جهت	۶۲	سرعت
		۶۴	در خلاف جهت هم

۶۵ می‌تواند - اگر سرعت و شتاب هم‌علامت باشند، حرکت تندشونده است.

۶۶ جنوب - در حرکت کندشونده، سرعت و شتاب در خلاف جهت هم هستند.

۶۷ غرب - چون سرعت رو به غرب و حرکت تندشونده است، بنابراین شتاب نیز رو به غرب است.

۶۸ کاهش - چون سرعت در جهت محور x و شتاب در خلاف جهت محور x است، بنابراین حرکت کندشونده بوده و در نتیجه اندازه سرعت کاهش می‌یابد.

۶۹ الف) در بازه زمانی t_1 تا t_2 ، متحرک در سمت چپ مبدأ مختصات قرار دارد و بردار مکان آن در خلاف جهت محور x است. در بازه زمانی t_2 تا t_3 ، متحرک در سمت راست مبدأ مختصات قرار دارد و بردار مکان آن در جهت محور x می‌باشد.

در لحظه t_2 ، متحرک از مبدأ عبور کرده و بردار مکان متحرک تغییر جهت می‌دهد. از طرفی در لحظه t_3 ، متحرک دور می‌زند و جهت حرکت آن تغییر می‌کند. ب) در طول کل حرکت (از t_1 تا t_4) جابه‌جایی در جهت محور x است و در بازه زمانی t_3 تا t_4 ، جابه‌جایی در خلاف جهت محور x است.

۷۰ هنگامی که متحرک بر روی خط راست حرکت کرده و تغییر جهت نداشته باشد، اندازه جابه‌جایی متحرک برابر مسافت طی شده توسط آن است.

۷۱ در این سؤال چون متحرک تغییر جهت داده است، مسافت طی شده توسط متحرک بیشتر از اندازه جابه‌جایی متحرک است.