فهرست

	درسنامه و سؤالات	پاسخ	FILM
فصل اول: حرکت بر خط راست	۶ تا ۳۸	۱۵۶	122 min
فصل دوم: دینامیک	۳۹ تا ۶۵	۱۶۸	101 min
فصل سوم: نوسان و موج	۶۶ تا ۱۲۳	۱۷۷	193 min
فصل چهارم: آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای	۱۲۴ تا ۱۵۴	۱۹۳	127 min

امتحان نهایی

آزمون ۱: شهریور ماه ۱۳۹۹	۲۰۴
آزمون ۲: دی ماه ۱۳۹۹	۲۰۶
آزمون ۳: خرداد ماه ۱۴۰۰	۲۰۸
آزمون ۴: شهریور ماه ۱۴۰۰	۲۱۰
آزمون ۵: دی ماه ۱۴۰۰	۲۱۲
آزمون ۶: خرداد ماه ۱۴۰۱	۲۱۴
آزمون ۷: شهریور ماه ۱۴۰۱	۲۱۶
پاسخ‌نامهٔ تشریحی آزمون ۱ تا ۷	۲۱۹

بارم‌بندی درس فیزیک ۳

شماره فصل		نوبت اول	نوبت دوم
اول		۸	۴
دوم		۸/۵	۴/۲۵
سوم	تا صفحه ۶۲ (ابتدای مشخصه‌های موج) و تمرین‌های مربوط به آخر فصل	۳/۵	۶/۷۵
	از صفحه ۶۲ (ابتدای مشخصه‌های موج) تا آخر فصل	-	
چهارم		-	۵

بخش ۱

درسنامه

و سؤالات تشریحی

فصل اول

۱ حرکت بر خط راست

فصل اول فیزیک ۳، در امتحان نوبت اول ۸ نمره و در نوبت پایانی (آزمون‌های نهایی خرداد، شهریور و دی) ۴ نمره دارد. در این فصل مباحثی چون، شناخت حرکت، حرکت با سرعت ثابت، حرکت با شتاب ثابت مطرح شده است.

فیلم شب امتحان

برای استفاده از فیلم‌های آموزشی شب امتحان هر بسته QR-codeهای مقابل را اسکن کنید.

بسته‌های ۱و۲ | بسته ۳ | بسته ۴

بسته اول

شناخت حرکت - مسافت و جابه‌جایی - تندی متوسط و سرعت متوسط

صفحه ۲ تا ۵ کتاب درسی

این فصل مخصوص شما دانش‌آموزان پرتحرک و خوش‌فکریه که صفر تا ۱۰۰ شما با صفر تا ۱۰۰ خودروهای خفن مانند بوگاتی و ... رقابت می‌کنه.

بله، خوب درس زدید. این فصل مربوط به حرکت‌شناسی می‌شود که به آن سینماتیک نیز می‌گویند. حرکت‌شناسی در بیش‌تر شاخه‌های مهندسی اهمیت زیادی دارد. برای مثال، مدت زمان رسیدن تندی خودرو از صفر تا ۱۰۰ km / h یکی از معیارهای مقایسهٔ خودروهای امروزی در صنعت خودروسازی است. افزون بر این پژوهشگران پزشکی برای یافتن رگ مسدود باید به نحوهٔ حرکت خون در رگ‌ها توجه کنند و مثال‌های بسیاری که می‌توان از حرکت‌شناسی مطرح کرد که در ادامه به آن‌ها می‌پردازیم.

الف شناخت حرکت

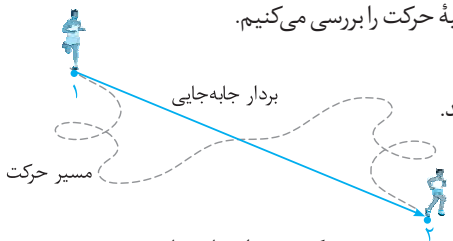
همهٔ ما در اطراف خود حرکت اجسام مختلف را مشاهده می‌کنیم. بعضی از آن‌ها روی خط راست و بعضی دیگر روی خط خمیده حرکت می‌کنند. حرکت یک اتومبیل در جاده‌ای مستقیم نمونه‌ای از حرکت روی خط راست و حرکت سرنشین‌های روی صندلی چرخ و فلکِ در حال حرکت، نمونه‌ای از حرکت روی مسیر دایره‌ای است، هم‌چنین حرکت یک دوچرخه‌سوار در پیچ یک جاده، نمونه‌ای از حرکت روی خط خمیده است. مطالعه و بررسی حرکت اجسام با توجه به مسیر حرکت آن‌ها می‌تواند بسیار پیچیده و یا نسبتاً ساده باشد. مثلاً بررسی حرکت افتادن یک برگ از درخت در شرایطی که مقاومت هوا بر آن وارد می‌شود، پیچیده اما بررسی حرکت گلوله‌ای که از ارتفاعی نزدیک سطح زمین سقوط می‌کند با فرض نادیده گرفتن مقاومت هوا، نسبتاً ساده است.

در این فصل به مطالعه و بررسی حرکت اجسام در راستای خط راست پرداخته می‌شود. ابتدا مفاهیم اولیهٔ حرکت را بررسی می‌کنیم.

بردار مکان: برداری است که مبدأ محور را به مکان جسم در هر لحظه وصل می‌کند.

بردار جابه‌جایی: پاره‌خط جهت‌داری است که مکان آغازین حرکت را به مکان پایانی حرکت وصل می‌کند.

مسافت پیموده‌شده: طول مسیری که جسم آن را می‌پیماید، مسافت پیموده‌شده می‌نامند.



مسیر حرکت و بردار جابه‌جایی دونده

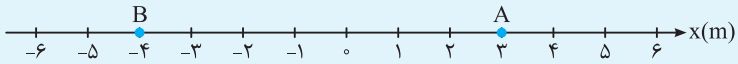
به نکات زیر خیلی توجه کنین!

۱ *اگه متحرک در مسیر مستقیم حرکت کنه و تغییر جهت نده (برنگرده) جابه‌جایی با مسافت طی‌شده برابره ولی اگه متحرک تغییر جهت بده (برگرده) حتماً مسافت طی شده از جابه‌جایی بیشتره.*

۲ *اگه متحرک در مسیر خمیده حرکت کنه حتماً مسافت طی‌شده از جابه‌جایی بیشتره.*

برای درک بیشتر به مثال‌های زیر دقت کنین.

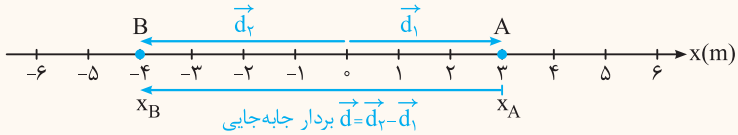
سؤال **در شکل زیر شخصی روی محور x از نقطهٔ A حرکت کرده و به نقطهٔ B می‌رسد.**



۱ بردارهای مکان آن را در نقاط A و B رسم کرده و آن‌ها را بر حسب بردارهای یکّه بنویسید.

۲ بردار جابه‌جایی متحرک را رسم کرده و آن را بر حسب بردارهای یکّه بنویسید.

پاسخ ۱ بردار مکان، برداری است که مبدأ محور را به مکان جسم در هر لحظه وصل می‌کند. بنابراین داریم:



$\vec{d}_1$ و $\vec{d}_2$ به ترتیب بردارهای مکان جسم در نقاط A و B می‌باشند.

$$\vec{d}_1 = x_A\vec{i} \Rightarrow \vec{d}_1 = 3\vec{i}\ m$$

$$\vec{d}_2 = x_B\vec{i} \Rightarrow \vec{d}_2 = -4\vec{i}\ m$$

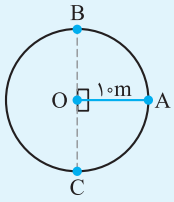
۲ بردار جابه‌جایی برابر است با:

$$\vec{d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1 = -4\vec{i} - 3\vec{i} = -7\vec{i}\ m$$

علامت منفی نشان می‌دهد که جسم خلاف جهت محور x حرکت می‌کند.

سؤال بعدی رو برای حرکت متحرکی مطرح می‌کنیم که روی میز دایره حرکت می‌کنه یعنی می‌خوایم شما رو با این نوع سؤالات هم آشنا کنیم.

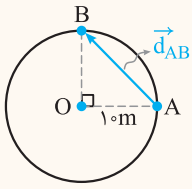
سؤال **مطابق شکل مقابل جسمی روی محیط دایره‌ای به شعاع ۱۰m از نقطهٔ A در جهت پادساعتگرد شروع به حرکت می‌کند. ($\pi \simeq 3$)**



۱ جابه‌جایی و مسافت پیموده‌شدهٔ این جسم در دور اول حرکت، در مسیر AB و AC چند متر است؟

۲ اگر این جسم پس از پیمودن ۲ دور کامل محیط دایره، به نقطهٔ B برسد، جابه‌جایی و مسافت پیموده‌شدهٔ آن چند متر می‌شود؟

پاسخ ۱ اگر بردار جابه‌جایی بین A و B را با $\vec{d}_{AB}$ نشان دهیم داریم:

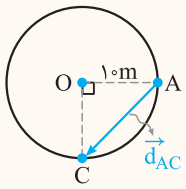


$$d_{AB} = \sqrt{10^2+10^2} = 10\sqrt{2}\ m$$

اگر مسافت طی‌شده بین A تا B را با l_{AB} نشان دهیم، خواهیم داشت:

$$l_{AB} = \frac{\text{محیط دایره}}{4} = \frac{2\pi r}{4} = \frac{3\times 10}{2} = 15\ m$$

هم‌چنین برای محاسبهٔ جابه‌جایی و مسافت پیموده‌شده برای مسیر AC داریم:



$$d_{AC} = \sqrt{10^2+10^2} = 10\sqrt{2}\ m$$

$$l_{AC} = \frac{3}{4}(2\pi r) = \frac{3}{4}(2\times 3\times 10) = 45\ m$$

۲ این جسم از نقطهٔ A شروع به حرکت کرده و پس از پیمودن ۲ دور کامل محیط دایره، به نقطهٔ B می‌رسد. بنابراین جابه‌جایی آن برابر $10\sqrt{2}\ m$ می‌باشد اما مسافت پیموده‌شده برابر است با:

$$l'_{AB} = 2(2\pi r) + \frac{1}{4}(2\pi r) \Rightarrow l_{AB} = 2(2\times 3\times 10) + 15 = 135\ m$$

یکی از مباحث مهم، مفهوم تندی متوسط و سرعت متوسط که در اکثر سؤالات ردپای اونا دیده میشه و به خاطر سپردنش از ضروریاته.

تندی متوسط: مسافت پیموده‌شده نسبت به مدت زمان طی این مسافت را تندی متوسط می‌نامند. تندی متوسط کمیتی نرده‌ای است و آن را با s_{av} نشان می‌دهند. رابطهٔ آن به‌صورت مقابل است:

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

s_{av} : تندی متوسط برحسب m/s ، l : مسافت پیموده‌شده برحسب m ، Δt : مدت زمان برحسب s

سرعت متوسط: نسبت جابه‌جایی متحرک به مدت زمان جابه‌جایی را سرعت متوسط می‌نامند. کمیتی برداری است و آن را با $\vec{v}_{av}$ نشان می‌دهند. رابطهٔ آن به‌صورت روبه‌رو است:

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

$\vec{v}_{av}$: سرعت متوسط برحسب m/s ، $\vec{d}$: جابه‌جایی برحسب m ، Δt : مدت زمان برحسب s

نکته بردار سرعت متوسط همواره در جهت بردار جابه‌جایی است، بنابراین با توجه به انتخاب جهت مثبت محور علامت سرعت متوسط مانند جابه‌جایی می‌تواند مثبت یا منفی شود.

درسته که سؤالاتی دربارهٔ مسیر حرکت دایره‌ای و ... مطرح کردیم، امّا بیشتر سؤالات این فصل مربوط به حرکت روی خط راسته که بهش می‌پردازیم.

ب حرکت روی خط راست

بررسی حرکت روی خط راست از بررسی حرکت دوبعدی و سه‌بُعدی ساده‌تر است. زیرا محاسبات برداری مانند برایند و تفاضل کمیت‌های برداری در یک جهت، ساده‌تر از محاسبات کمیت‌های برداری در حالت‌های دوبعدی و سه‌بُعدی است.

نکته ۱ هنگامی مسافت پیموده‌شده و اندازهٔ جابه‌جایی یک جسم با هم برابر است که جسم روی خط راست حرکت کند و جهت حرکت خود را تغییر ندهد.

۲ اگر جسم روی محور x حرکت کند، رابطهٔ سرعت متوسط به‌صورت زیر نوشته می‌شود، که در آن Δx جابه‌جایی جسم است.

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

در یک بازهٔ زمانی معین، اگر $x_2 > x_1$ باشد، $v_{av} > 0$ یعنی متحرک در جهت مثبت محور x حرکت می‌کند و اگر $x_2 < x_1$ باشد، $v_{av} < 0$ یعنی متحرک خلاف جهت محور x حرکت می‌کند و اگر $x_2 = x_1$ باشد، $v_{av} = 0$ است.

سؤال **مفهوم فیزیکی تندی متوسط و سرعت متوسط چه تفاوتی با یکدیگر دارد؟**

پاسخ تندی متوسط کمیتی نرده‌ای است و جهت حرکت را در یک بازهٔ زمانی نشان نمی‌دهد. هم‌چنین تندی متوسط مسافت پیموده‌شدهٔ متحرک را به طور متوسط در یک بازهٔ زمانی نشان می‌دهد. ولی سرعت متوسط کمیتی برداری است و جهت حرکت را در یک بازهٔ زمانی نشان می‌دهد. هم‌چنین سرعت متوسط بیانگر این است که متحرک در یک بازهٔ زمانی به طور متوسط چقدر به مقصد نزدیک می‌شود.

سؤال **تندی متوسط اتومبیلی ۱۰m/s و سرعت متوسط آن برابر ۸m/s است. مفهوم فیزیکی این دو کمیت را بیان کنید.**

پاسخ تندی متوسط اتومبیل برابر ۱۰m/s است. یعنی اتومبیل به طور متوسط در هر ثانیه ۱۰ متر را می‌پیماید. سرعت متوسط اتومبیل برابر ۸m/s است، یعنی اتومبیل به طور متوسط در هر ثانیه ۸ متر به مقصد نزدیک می‌شود.

نکته در حرکت یک بعدی، جهتِ حرکت با توجه به جهت سرعت تعیین می‌شود. یعنی اگر $v > 0$ باشد، جسم در جهت محور x حرکت می‌کند و اگر $v < 0$ باشد، جسم خلاف جهت محور x حرکت می‌کند.

سؤال **جدول زیر را کامل کنید. فرض کنید هر چهار متحرک در مدت زمان ۴/۰s فاصلهٔ بین مکان آغازین و مکان پایانی را طی می‌کنند.**

برگرفته از کتاب درسی

	مکان آغازین	مکان پایانی	بردار جابه‌جایی	سرعت متوسط	جهت حرکت
متحرک A	$(-2/0\,m)\vec{i}$	$(6/4\,m)\vec{i}$			
متحرک B		$(-2/5\,m)\vec{i}$	$(-5/6\,m)\vec{i}$		
متحرک C	$(2/0\,m)\vec{i}$	$(8/6\,m)\vec{i}$			
متحرک D	$(-1/4\,m)\vec{i}$			$(2/4\,m/s)\vec{i}$	

پاسخ با استفاده از رابطهٔ $\vec{v}_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\vec{i}$ و $\Delta x\vec{i} = (x_2 - x_1)\vec{i}$ تمام مجهولات مسئله حل می‌شود. مثلاً برای متحرک A داریم:

$$\Delta x\vec{i} = (x_2 - x_1)\vec{i} \Rightarrow \Delta x\vec{i} = [(6/4\,m) - (-2\,m)]\vec{i} = (8/4\,m)\vec{i}$$

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\vec{i} = \frac{(8/2\,m)}{4\,s}\vec{i} = (2/1\,m/s)\vec{i}$$

جهت حرکت متحرک A، در جهت مثبت محور x است.

برای متحرک‌های دیگر نیز از همین روش استفاده می‌کنیم. پاسخ نهایی در جدول زیر آمده است:

	مکان آغازین	مکان پایانی	بردار جابه‌جایی	سرعت متوسط	جهت حرکت
متحرک A	$(-۲/۰\text{m})\vec{i}$	$(۶/۴\text{m})\vec{i}$	$(۸/۴\text{m})\vec{i}$	$(۲/۱\text{m/s})\vec{i}$	$+x$
متحرک B	$(۳/۱\text{m})\vec{i}$	$(-۲/۵\text{m})\vec{i}$	$(-۵/۶\text{m})\vec{i}$	$(-۱/۴\text{m/s})\vec{i}$	$-x$
متحرک C	$(۲/۰\text{m})\vec{i}$	$(۸/۶\text{m})\vec{i}$	$(۶/۶\text{m})\vec{i}$	$(۱/۶۵\text{m/s})\vec{i}$	$+x$
متحرک D	$(-۱/۴\text{m})\vec{i}$	$(۸/۲\text{m})\vec{i}$	$(۹/۶\text{m})\vec{i}$	$(۲/۴\text{m/s})\vec{i}$	$+x$

سؤال **در چه صورت تندی متوسط با اندازهٔ سرعت متوسط یک متحرک برابر است؟** **برگرفته از کتاب درسی**

پاسخ هنگامی تندی متوسط یک متحرک با اندازهٔ سرعت متوسط آن برابر است که حرکت متحرک روی خط راست و بدون تغییر جهت انجام شود. در این صورت مسافت پیموده‌شده و جابه‌جایی برابر می‌شود. در نتیجه تندی متوسط و اندازهٔ سرعت متوسط با هم برابر است.

نکته یکی دیگر از یکاهای معمول و غیر SI سرعت km/h است که در مسائل کاربرد زیادی دارد. برای تبدیل km/h به m/s به‌صورت زیر عمل می‌کنیم.

$$\frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{۱۰۰۰\text{m}}{۱\text{km}} \times \frac{۱\text{h}}{۳۶۰۰\text{s}} = \frac{۱۰۰۰}{۳۶۰۰} = \frac{۱۰}{۳۶}\text{m/s}$$

در حالت کلی برای تبدیل km/h به m/s عدد را بر ۳/۶ تقسیم می‌کنیم، مثلاً برای تبدیل $۷۲\,km/h$ به m/s داریم: $۷۲\text{km/h} \div ۳/۶ = ۲۰\text{m/s}$

سؤال **متحرکی روی محور x حرکت می‌کند. این متحرک در لحظهٔ $t_۱ = ۲\text{s}$ در -۴ متری مبدأ مکان است و در لحظهٔ $t_۲ = ۱۲\text{s}$ در مکان $x_۲$ می‌باشد. اگر سرعت متوسط متحرک $۷۲\,km/h$ باشد، $x_۲$ را به‌دست آورید.**

پاسخ ابتدا $۷۲\,km/h$ را تبدیل به m/s می‌کنیم.

$$۷۲\,\text{km/h} \div ۳/۶ = ۲۰\,\text{m/s}$$

سپس با استفاده از رابطهٔ سرعت متوسط، $x_۲$ را به‌دست می‌آوریم.

$$v_{av} = \frac{x_۲ - x_۱}{t_۲ - t_۱} \Rightarrow ۲۰ = \frac{x_۲ - (-۴)}{۱۲ - ۲} \Rightarrow x_۲ + ۴ = ۲۰۰ \Rightarrow x_۲ = ۱۹۶\,\text{m}$$

سؤال **شناگری روی خط راست مسیری به اندازهٔ $۹۰\,m$ را در مدت $۱۲\,s$ در یک جهت می‌پیماید. سپس در مدت $۸\,s$، مسافت $۵۰\,m$ را در همان مسیر برمی‌گردد.**

۱ تندی متوسط شناگر چند متر بر ثانیه می‌باشد؟

۲ اندازهٔ سرعت متوسط شناگر چند متر بر ثانیه می‌باشد؟

پاسخ **۱** با استفاده از رابطهٔ $s_{av} = \frac{l}{\Delta t}$ تندی متوسط را محاسبه می‌کنیم.

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} \xrightarrow[\Delta t = \Delta t_۱ + \Delta t_۲ = ۲۰\text{s}]{l = ۹۰ + ۵۰ = ۱۴۰\text{m}} s_{av} = \frac{۱۴۰}{۲۰} = ۷\,\text{m/s}$$

۲ با استفاده از رابطهٔ $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ سرعت متوسط به‌دست می‌آید.

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \xrightarrow[\Delta t = ۲۰\text{s}]{\Delta x = ۴۰\text{m}} v_{av} = \frac{۴۰}{۲۰} = ۲\,\text{m/s}$$

بسته ۱ پرسش‌های تشریحی

شناخت حرکت - مسافت و جابه‌جایی - تندی متوسط و سرعت متوسط

انواع سؤالای مفهومی که میتونه از این قسمت توی امتحانا مطرح بشه رو در ابتدا براتون آوردیم. اول اونارو جواب بدین تا خوب یاد بگیرین بعداً بریم سراغ سؤالات محاسباتی.

درستی یا نادرستی هریک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید و دلیل نادرستی عبارات نادرست را بنویسید.

۱. در حرکت روی خط راست همواره مسافت پیموده‌شده با جابه‌جایی برابر است.

۲. پاره‌خط جهت‌داری که مکان اولیهٔ متحرک را به مکان پایانی آن وصل می‌کند، بردار جابه‌جایی می‌باشد.

۳. جهت سرعت متوسط همواره هم‌جهت با بردار جابه‌جایی است.

۴. تندی کمیتی برداری است.

● **جاهای خالی را با عبارت مناسب کامل کنید.**

۵ . برداری که مبدأ محور را به مکان جسم در هر لحظه وصل می‌کند ..... نامیده می‌شود.

۶ . طول مسیری که جسم آن را می‌پیماید ..... می‌نامند.

۷ . سرعت متوسط همواره در جهت ..... است.

۸ . نسبت مسافت پیموده‌شده به مدت زمان طی این مسافت را ..... می‌نامند.

● **در هریک از جمله‌های زیر، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.** (تجربی شهریور۹۵، با اندکی تغییر)

۹ . جابه‌جایی کمیتی (برداری - نرده‌ای) و مسافت پیموده‌شده، کمیتی (برداری - نرده‌ای) است.

۱۰ . در حرکت یک‌بعدی، بدون تغییر جهت، مسافت طی‌شده (برابر با - بزرگ‌تر از) جابه‌جایی است.

۱۱ . جهت بردار سرعت متحرک همواره بر مسیر حرکت آن (عمود - مماس) است.

۱۲ . در حرکت یک‌بعدی، جهت حرکت با توجه به (مسافت طی‌شده - جهت سرعت) تعیین می‌شود.

● **عبارات زیر را تعریف کنید.**

۱۳ . بردار مکان ۱۴ . جابه‌جایی ۱۵ . تندی متوسط ۱۶ . سرعت متوسط

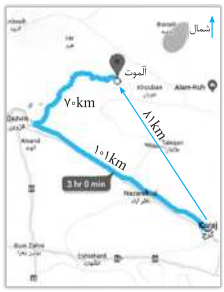
حالا که از پسِ سؤالات مفهومی براومدین بریم سراغ مسئله‌ها. همون‌طور که مشاهده می‌کنین چه در امتحانای داخلی و چه امتحانای نهایی، هم سؤالای مفهومی اومده و هم محاسباتی!

۱۷ . **شخصی ۶۰۰ m از غرب به شرق، سپس ۸۰۰ m از جنوب به شمال حرکت می‌کند.**

آ) مسافت پیموده‌شده و جابه‌جایی شخص چند متر است؟

ب) اگر مدت زمان کل حرکت برابر ۳۰ دقیقه باشد، تندی متوسط و سرعت متوسط آن چند متر بر ثانیه می‌باشد؟

۱۸ . **با توجه به داده‌های نقشهٔ شکل مقابل، خودرویی از مسیر نشان داده‌شده از شهر کرج به شهر آلموت می‌رسد.**

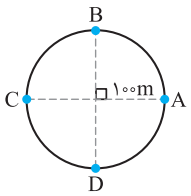


آ) تندی متوسط و اندازهٔ سرعت متوسط خودرو چند کیلومتر بر ساعت است؟

ب) مفهوم فیزیکی این دو کمیت چه تفاوتی با یکدیگر دارد؟

پ) در چه صورت تندی متوسط و اندازهٔ سرعت متوسط می‌توانست تقریباً با یکدیگر برابر باشد؟

۱۹ . **موتورسواری با تندی ثابت ۷۲ km/h مسیر دایره‌ای شکل روبه‌رو به شعاع ۱۰۰ m را می‌پیماید. ($\pi \simeq 3$)**



آ) اگر موتورسوار در دور اول از نقطهٔ A به نقطهٔ B برود، مسافت پیموده‌شده و جابه‌جایی آن چند متر است؟

ب) اگر موتورسوار در دور اول از A به C برسد، مدت زمان لازم برای طی این مسیر چند ثانیه است؟

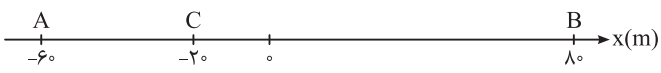
پ) اگر موتورسوار از نقطهٔ A حرکت کند و پس از یک دور کامل به نقطهٔ A برگردد، مسافت طی‌شده و جابه‌جایی آن را به‌دست آورید.

۲۰ . **متحرکی روی خط راست، فاصلهٔ بین مکان آغازین $\vec{i}(+5m)$ و مکان پایانی $\vec{i}(-5m)$ را طی می‌کند.** (تجربی دی ۹۹)

آ) بردار جابه‌جایی این متحرک را به‌دست آورید.

ب) در چه صورت اندازهٔ سرعت متوسط متحرک با تندی متوسط حرکت متحرک برابر است؟

۲۱ . **مطابق شکل زیر متحرکی از نقطهٔ A حرکت کرده، به نقطهٔ B می‌رسد، سپس برمی‌گردد و در نقطهٔ C متوقف می‌شود.**



آ) بردار مکان جسم را در نقاط A ، B و C رسم کنید.

ب) بردار جابه‌جایی جسم را رسم کنید.

پ) جابه‌جایی و مسافت پیموده‌شدهٔ متحرک از A تا C چند متر است؟

ت) اگر مدت زمان کل حرکت برابر یک دقیقه باشد، تندی متوسط و سرعت متوسط آن در کل حرکت چند متر بر ثانیه است؟

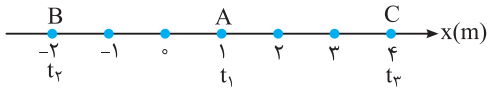
۲۲ . **متحرکی در مدت زمان ۸s از مکان $\vec{d}_1 = (-4m)\vec{i}$ به مکان $\vec{d}_2 = (4m)\vec{i}$ می‌رسد.** (تجربی خرداد ۱۴۰۰)

آ) جهت حرکت این متحرک را تعیین کنید.

ب) بزرگی سرعت متوسط متحرک در مدت زمان ۸s چند متر بر ثانیه است؟

پ) مسافت طی شدهٔ متحرک چند متر است؟

۲۳ . متحرکی مطابق شکل در لحظهٔ t_1 در نقطهٔ A ، در لحظهٔ t_2 در نقطهٔ B و در لحظهٔ t_3 در نقطهٔ C قرار دارد. (تجربی دی ۹۷ خارج از کشور)



آ) جهت و اندازهٔ بردار مکان متحرک را در لحظهٔ t_2 بنویسید.

ب) بردار جابه‌جایی متحرک در بازهٔ زمانی t_1 تا t_3 را به‌دست آورید.

پ) مسافت طی شده توسط متحرک در بازهٔ زمانی t_1 تا t_3 چند متر است؟

۲۴ . جدول زیر را کامل کنید. فرض کنید هر سه متحرک در مدت زمان ۱۰s فاصلهٔ بین مکان آغازین و مکان پایانی را طی می‌کنند.

متحرک	مکان آغازین (m)	مکان پایانی (m)	جابه‌جایی (m)	سرعت متوسط (m/s)	جهت حرکت
A	$-۴\vec{i}$	$۷/۶\vec{i}$			
B	$-۲/۴\vec{i}$	$-۱۰/۴\vec{i}$			
C	$۲\vec{i}$	$۴۲\vec{i}$			

اگه مطمئن هستین که درسنامه بسته اول رو خوب بلدین، سه تا سؤال آخر رو حل کنین.

۲۵ . شناگری که در مسیری مستقیم شنا می‌کند، مسیری به اندازهٔ ۸۰m را در مدت ۱۴s در یک جهت شنا می‌کند. سپس در مدت ۶s مسافت ۵۰m را در همان مسیر برمی‌گردد. تندی متوسط و اندازهٔ سرعت متوسط شناگر در کل مدت زمان حرکت چند متر بر ثانیه است؟

بسته دوم

نمودار مکان - زمان، شتاب متوسط، شتاب لحظه‌ای، نمودار سرعت - زمان

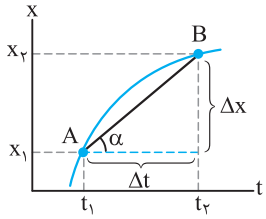
صفحه ۶ تا ۱۲ کتاب درسی

دوستان عزیز و دوست‌داشتنی؛ ابتدا فورمونو به شما معرفی کنیم. اسم ما نموداره، اولش در کتاب‌های ریاضی با هم آشنا شدیم. هر سال در کتاب‌های فیزیک به شما سر می‌زنیم. در این فصل چند جلسه‌ای مهمون شما هستیم. بله، در این بخش و بخش‌های دیگر این فصل ما سه تا داداش به نام‌های نمودار «مکان - زمان»، نمودار «سرعت - زمان» و نمودار «شتاب - زمان» به دیدن شما میاییم و فیلی هم با فورمون سوغاتی (مثال) آوردیم. حتماً این دورهمی به هممون کلی خوش می‌گذره.

یه توصیهٔ معلم - شاگردی هم بکنیم که بعضی از دوستان در زمینهٔ رسم نمودارهای درجهٔ یک (نمودار خط) و درجهٔ ۲ (نمودار سهمی) کمی ضعیف تشریف دارن لطفاً فورشونو تقویت کنن.

الف نمودار مکان - زمان و تعیین سرعت متوسط

برای توصیف حرکت یک جسم می‌توان از نمودار مکان - زمان که مکان جسم را در هر لحظه نشان می‌دهد، استفاده کرد. در بررسی این نمودار، مکان، جابه‌جایی و مسافت طی‌شدهٔ جسم به طور مستقیم از روی محور عمودی (محور x) مشخص می‌شود.



در نمودار مکان - زمان، سرعت متوسط متحرک بین هر دو لحظهٔ دلخواه، برابر شیب خطی است که نمودار را در آن دو لحظه قطع می‌کند. در نمودار شکل مقابل شیب پاره‌خط AB در بازهٔ زمانی Δt نشان‌دهندهٔ سرعت متوسط متحرک در این بازه است. اگر $\Delta x > ۰$ باشد، شیب پاره‌خط AB نیز مثبت است و $v_{av} > ۰$ می‌باشد. یعنی سرعت متوسط در جهت محور x است و اگر در نمودار مکان - زمان، $\Delta x < ۰$ باشد، شیب پاره‌خط نیز منفی است و $v_{av} < ۰$ می‌باشد، یعنی سرعت متوسط خلاف جهت محور x است و اگر شیب صفر باشد، سرعت متوسط صفر است.

$$\text{شیب پاره‌خط AB} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = v_{av}$$

تندی لحظه‌ای و سرعت لحظه‌ای

تندی لحظه‌ای: تندی متحرک در هر لحظه از زمان را، تندی لحظه‌ای می‌نامند. تندی لحظه‌ای کمیتی نرده‌ای است.

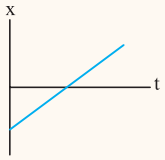
سرعت لحظه‌ای: اگر هنگام گزارش تندی لحظه‌ای، به جهت حرکت متحرک اشاره شود، در واقع سرعت لحظه‌ای آن را که کمیتی برداری است، بیان کرده‌ایم. سرعت لحظه‌ای را با $\vec{v}$ نشان می‌دهیم. در حرکت روی خط راست به جای $\vec{v}$ از v استفاده می‌کنیم.

محل عقربهٔ تندی‌سنج اتومبیل‌های در حال حرکت، تندی لحظه‌ای را نشان می‌دهد و هیچ‌گونه اطلاعی در خصوص جهت حرکت به ما گزارش نمی‌دهد.

نکته هرگاه متحرک در جهت مثبت محور x حرکت کند، سرعت (v) مثبت و اگر در جهت منفی محور حرکت کند، سرعت (v) منفی است.

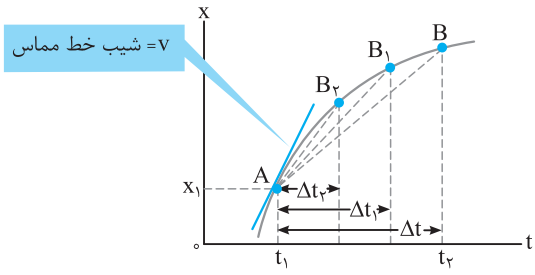
سؤال **از روی نمودار مکان - زمان توضیح دهید در چه صورت سرعت لحظه‌ای متحرک همواره با سرعت متوسط آن برابر است؟** برگرفته از کتاب درسی

پاسخ اگر نمودار مکان - زمان یک خط راست باشد، سرعت لحظه‌ای متحرک با سرعت متوسط آن برابر است، زیرا در این صورت شیب پاره‌خط در هر بازهٔ زمانی دلخواه ثابت می‌ماند. (در ادامه خواهید دید که به این نوع حرکت، حرکت با سرعت ثابت می‌گویند.) مانند نمودار شکل مقابل:



ب نمودار مکان - زمان و تعیین سرعت لحظه‌ای

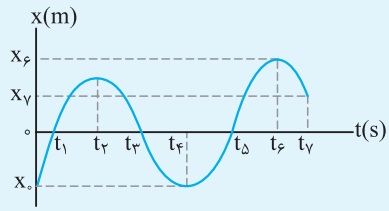
در نمودار مکان - زمان با کوچک شدن تدریجی Δt، نقطهٔ B به نقطهٔ A نزدیک می‌شود. در این صورت خط واصل بین این دو نقطه، در حالتی که بازهٔ زمانی Δt بسیار کوچک شود، یعنی Δt به سمت صفر میل کند $(\Delta t \to 0)$، تبدیل به خط مماس بر منحنی می‌شود. بنابراین شیب خط مماس بر منحنی در هر لحظه برابر با سرعت لحظه‌ای متحرک در آن لحظه است.



نکته ۱ در نمودار مکان - زمان، به تعداد نقاطی که نمودار محور t را قطع می‌کند، متحرک از مبدأ عبور کرده و بردار مکان تغییر جهت می‌دهد.
۲ در نمودار مکان - زمان، به تعداد نقاط ماکزیمم و مینیمم نمودار، سرعت متحرک صفر شده و متحرک تغییر جهت می‌دهد.

حالا همون طوری که قول دادم سوغاتی‌ها (مثال‌ها) را یکی یکی رو می‌کنیم.

سؤال **با توجه به نمودار مکان - زمان شکل روبه‌رو به سؤالات زیر پاسخ دهید.** برگرفته از کتاب درسی



۱ متحرک چند بار از مبدأ مکان عبور می‌کند؟
۲ در کدام بازه‌های زمانی متحرک در حال دور شدن از مبدأ است؟
۳ در کدام بازه‌های زمانی متحرک به مبدأ نزدیک می‌شود؟
۴ سوی حرکت چند بار تغییر کرده است؟ در چه لحظه‌هایی؟
۵ جابه‌جایی کل در جهت محور x است یا خلاف جهت آن؟
۶ در بازهٔ زمانی t_1 تا t_3 جابه‌جایی متحرک چقدر است؟

پاسخ ۱ در نمودار مکان - زمان به تعداد دفعاتی که نمودار محور t را قطع می‌کند (برش می‌دهد) متحرک از مبدأ عبور می‌کند، در این نمودار متحرک سه بار یعنی در لحظه‌های t_1، t_3 و t_5 از مبدأ عبور می‌کند. جالب است بدانید در این لحظه‌ها، بردار مکان جسم نیز تغییر جهت می‌دهد.

۲ **روش اول** در یک بازهٔ زمانی معین اگر بردار مکان تغییر جهت ندهد و اگر $|x_1| > |x_2|$ باشد، متحرک از مبدأ دور می‌شود و اگر $|x_1| < |x_2|$ باشد، متحرک به مبدأ نزدیک می‌شود. بنابراین در بازه‌های زمانی t_1 تا t_2، t_3 تا t_4 و t_5 تا t_6 متحرک در حال دور شدن از مبدأ است.

روش دوم برای پاسخ به این گونه سؤالات فرض کنید روی نمودار راه می‌رویم، اگر از محور t دور شویم متحرک در حال دور شدن از مبدأ و اگر به محور t نزدیک شویم، متحرک در حال نزدیک شدن به مبدأ است. بنابراین در بازه‌های زمانی t_1 تا t_2، t_3 تا t_4 و t_5 تا t_6 متحرک در حال دور شدن از مبدأ است.

۳ با توجه به قسمت قبل، در بازه‌های زمانی صفر تا t_1، t_2 تا t_3، t_4 تا t_5 و t_6 تا t_7 متحرک در حال نزدیک شدن به مبدأ است.

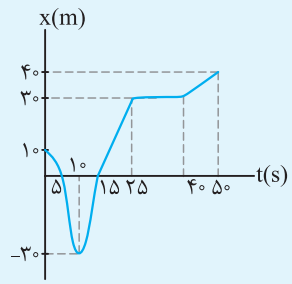
۴ به تعداد نقاط ماکزیمم و مینیمم نمودار، سوی حرکت تغییر می‌کند. چون در این نقاط شیب خط مماس برابر صفر است. یعنی سرعت متحرک برابر صفر می‌شود. بنابراین در لحظه‌های t_2، t_4 و t_6 یعنی سه بار سوی حرکت تغییر کرده است.

۵ در جهت محور x زیرا: $\Delta x = x_7 - x_0 \xrightarrow{x_7 > x_0} \Delta x > 0$

بنابراین جابه‌جایی کل، در جهت محور x است.

۶ در لحظهٔ t_1، مکان متحرک صفر و در لحظهٔ t_3 نیز مکان متحرک صفر است، بنابراین در این بازهٔ زمانی جابه‌جایی متحرک برابر صفر می‌باشد.

سؤال **نمودار مکان - زمان متحرکی که روی یک خط راست حرکت می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو است.** برگرفته از کتاب درسی



۱ در چه لحظه‌ای متحرک بیش‌ترین فاصله از مبدأ را دارد؟
۲ در چه بازهٔ زمانی متحرک خلاف جهت محور x حرکت می‌کند؟
۳ در چه بازهٔ زمانی متحرک در جهت محور x حرکت می‌کند؟
۴ در چه بازهٔ زمانی متحرک ساکن است؟
۵ از لحظهٔ شروع حرکت تا ۵۰s متحرک چند بار تغییر جهت داده است؟
۶ سرعت متوسط متحرک را در بازه‌های زمانی ۵s تا ۲۵s و صفر تا ۵۰s به‌دست آورید.
۷ تندی متوسط از لحظهٔ شروع حرکت تا ۵۰s چند متر بر ثانیه است؟

پاسخ ۱ در لحظهٔ ۵۰s

۲ برای پاسخ دادن به این گونه سؤالات در یک بازهٔ زمانی معین اگر $x_1 < x_2$ باشد، متحرک در جهت محور x حرکت می‌کند و اگر $x_1 > x_2$ باشد، متحرک خلاف جهت محور x حرکت می‌کند. بنابراین در بازه‌های زمانی صفر تا ۱۰s متحرک در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند.

۳ با توجه به توضیحات قسمت قبل در بازهٔ زمانی ۱۰s تا ۲۵s و ۴۰s تا ۵۰s متحرک در جهت محور x حرکت می‌کند.

۴ در بازهٔ زمانی ۲۵s تا ۴۰s، چون شیب خط در این بازهٔ زمانی صفر است.

۵ یک بار، در لحظهٔ ۱۰s

۶ با استفاده از رابطهٔ سرعت متوسط داریم:

در بازهٔ زمانی ۵s تا ۲۵s سرعت متوسط برابر است با:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_{av} = \frac{۳۰ - ۰}{۲۵ - ۵} = ۱/۵\,m/s$$

در بازهٔ زمانی صفر تا ۵۰s سرعت متوسط برابر است با:

$$v_{av} = \frac{۴۰ - ۱۰}{۵۰ - ۰} \Rightarrow v_{av} = \frac{۳۰}{۵۰} = ۰/۶\,m/s$$

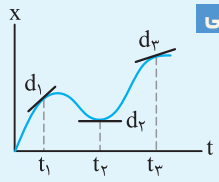
۷ ابتدا مسافت طی شده در بازهٔ زمانی صفر تا ۵s را به‌دست می‌آوریم:

$$l = ۴۰ + ۶۰ = ۱۱۰m$$

با استفاده از رابطهٔ تندی متوسط داریم:

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} \xrightarrow{l=۱۱۰m} s_{av} = \frac{۱۱۰}{۵۰} = ۲/۲\,m/s$$

سؤال **شکل روبه‌رو نمودار x – t متحرکی را نشان می‌دهد که در امتداد محور x در حرکت است.** **برگرفته از کتاب درسی**



خط‌های d_1، d_2 و d_3 مماس بر منحنی را در سه لحظهٔ متفاوت نشان می‌دهند.

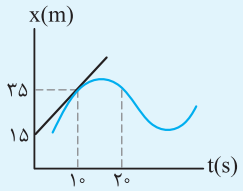
۱ در کدام لحظه سرعت متحرک بیش‌تر است؟ چرا؟

۲ کدام لحظه سرعت متحرک صفر است؟ چرا؟

پاسخ ۱ در لحظهٔ t_1 سرعت متحرک بیش‌تر است، زیرا شیب خط مماس در لحظهٔ t_1 از شیب خط مماس در لحظه‌های دیگر بیش‌تر است.

۲ در لحظهٔ t_2 سرعت متحرک صفر است، زیرا شیب خط مماس در لحظهٔ t_2 برابر صفر است. بنابراین سرعت در این لحظه صفر می‌باشد.

سؤال **شکل روبه‌رو نمودار x – t متحرکی را نشان می‌دهد که در امتداد محور x در حرکت است. خط مماس بر منحنی در لحظهٔ ۱۰s رسم شده است.**



۱ سرعت متحرک در لحظهٔ ۱۰s چند متر بر ثانیه است؟

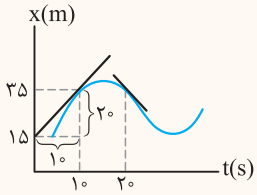
۲ در لحظهٔ ۲۰s متحرک در جهت محور x حرکت می‌کند یا خلاف جهت آن؟ چرا؟

پاسخ شیب خط مماس بر نمودار مکان – زمان در هر لحظه نشان‌دهندهٔ سرعت در آن لحظه است.

۱ در لحظهٔ ۱۰s شیب خط مماس را به‌دست می‌آوریم.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{۳۵ - ۱۵}{۱۰ - ۰} = ۲\,m/s$$

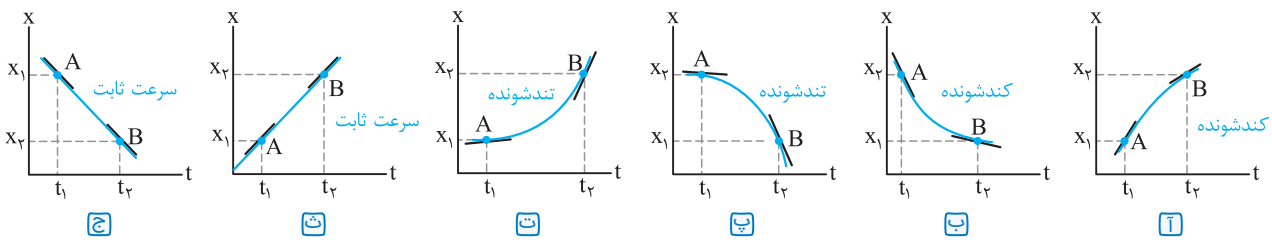
۲ شیب خط مماس در لحظهٔ ۲۰s منفی است. بنابراین سرعت در این لحظه منفی است و متحرک خلاف جهت محور x حرکت می‌کند.



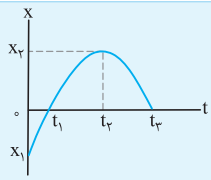
اینجا بهتون یاد می‌دیم چه‌جوری با نمودار مکان ـ زمان بتونید نوع حرکت جسم رو تعیین کنین.

تعیین نوع حرکت با استفاده از نمودار مکان – زمان

برای تعیین نوع حرکت در نمودار مکان – زمان، در هر بازهٔ زمانی در ابتدا و انتهای بازه بر منحنی خط مماس رسم می‌کنیم، مقدار شیب خط مماس دوم را نسبت به مقدار شیب خط مماس اول مقایسه می‌کنیم. اگر مقدار شیب خط مماس در حال افزایش باشد، حرکت تندشونده و اگر در حال کاهش باشد حرکت کندشونده و اگر شیب خط مماس ثابت باشد (نمودار خط راست باشد) حرکت با سرعت ثابت است. مانند نمودار شکل‌های زیر.



سؤال نمودار مکان - زمان دوچرخه‌سواری که در امتداد محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو است.



۱) در کدام بازهٔ زمانی اندازهٔ سرعت دوچرخه‌سوار رو به افزایش است؟

۲) در کدام بازهٔ زمانی اندازهٔ سرعت دوچرخه‌سوار رو به کاهش است؟

۳) در لحظهٔ $t_۲$ سرعت دوچرخه‌سوار چقدر است؟

پاسخ ۱) با توجه به توضیحات قبلی، در بازهٔ زمانی $t_۲$ تا $t_۳$ اندازهٔ سرعت دوچرخه‌سوار رو به افزایش است. زیرا اندازهٔ شیب خط مماس در حال افزایش است.

۲) در بازهٔ زمانی صفر تا $t_۲$ سرعت دوچرخه‌سوار در حال کاهش است، زیرا شیب خط مماس در حال کاهش می‌باشد.

۳) شیب خط مماس در هر لحظه نشان‌دهندهٔ سرعت در همان لحظه است. بنابراین سرعت در لحظهٔ $t_۲$ برابر صفر است.

شتاب متوسط و لحظه‌ای

هواستون رو خوب جمع کنین که شتاب متوسط رو با سرعت متوسط اشتباه نگیرین!

شتاب متوسط: نسبت تغییرات سرعت متحرک به مدت زمان تغییرات سرعت را شتاب متوسط می‌نامند. رابطهٔ آن به‌صورت زیر است.

$$\vec{a}_{av} = \frac{\vec{v}_۲ - \vec{v}_۱}{t_۲ - t_۱} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

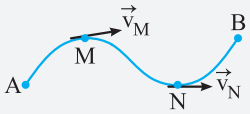
a_{av} : شتاب متوسط برحسب $m/s^۲$ ، Δv : تغییرات سرعت برحسب m/s ، Δt : مدت زمان برحسب s

نکته ۱) بردار شتاب متوسط همواره هم‌جهت با بردار $\Delta \vec{v}$ می‌باشد.

۲) اگر متحرک در یک راستا حرکت کند، رابطهٔ بالا به‌صورت زیر نوشته می‌شود. ولی با توجه به ماهیت برداری سرعت‌های $v_۱$ و $v_۲$ باید به علامت‌های جبری که نشان‌دهندهٔ جهت حرکت‌اند، توجه کنیم.

$$a_{av} = \frac{v_۲ - v_۱}{t_۲ - t_۱} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

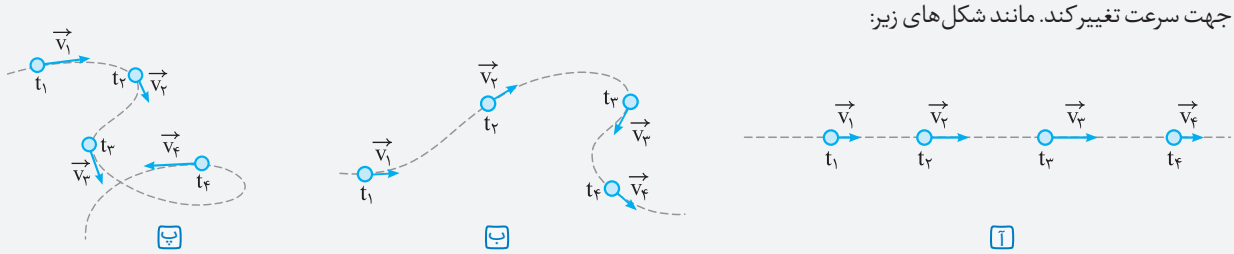
۳) اگر جسم در مسیر خمیده حرکت کند، جهت بردار سرعت آن همواره بر مسیر حرکت مماس است.



مسیر حرکت یک متحرک از A تا B

بردار سرعت جسمی که در شکل مقابل در مسیر AB از A تا B حرکت می‌کند، در نقاط M و N مشخص شده است.

۴) بردار سرعت در هر نقطه از مسیر، بر مسیر حرکت مماس است. هرگاه سرعت جسمی تغییر کند، حرکت آن شتابدار است. ممکن است فقط اندازهٔ بردار سرعت جسم تغییر کند یا فقط جهت سرعت تغییر کند و یا به طور هم‌زمان اندازه و جهت سرعت تغییر کند. مانند شکل‌های زیر:



بردار سرعت در هر نقطه از مسیر، بر مسیر حرکت مماس است. وقتی سرعت جسمی تغییر کند، (آ) به دلیل تغییر اندازهٔ آن، (ب) به دلیل تغییر جهت آن و (پ) به دلیل تغییر هم‌زمان اندازه و جهت آن، حرکت جسم شتابدار است.

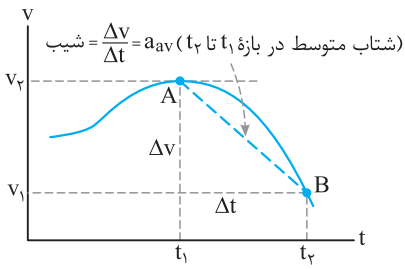
شتاب لحظه‌ای: شتاب متحرک در هر لحظه از زمان را شتاب لحظه‌ای می‌نامند. در کتاب‌های فیزیک شتاب لحظه‌ای را برای سادگی شتاب می‌نامند و آن را با $\vec{a}$ نشان می‌دهند.

نکته اگر شتاب متحرک در بازه‌های زمانی مختلف یکسان باشد، در این حالت شتاب متوسط با شتاب لحظه‌ای برابر بوده و به آن شتاب ثابت گفته می‌شود.

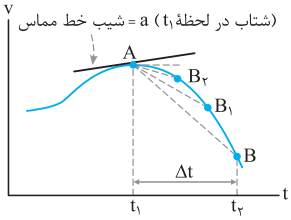
پ نمودار سرعت - زمان و تعیین شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای

بازم تأکید کنم، هواستون رو خوب جمع کنین که نمودارها رو با هم قاطی نکنین!

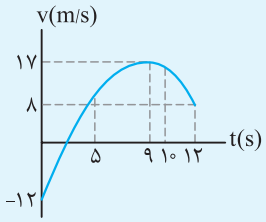
- در نمودار سرعت - زمان، شیب پاره‌خطی که نمودار را در یک بازهٔ زمانی معین قطع می‌کند، نشان‌دهندهٔ شتاب متوسط است.
- در نمودار سرعت - زمان شکل مقابل، شیب پاره‌خط AB برابر با شتاب متوسط است.



● اگر t_2 به t_1 بسیار بسیار نزدیک شود، به طوری‌که Δt به سمت صفر میل کند $(\Delta t \to 0)$ پاره‌خط AB در نقطهٔ A بر منحنی مماس می‌شود. شیب خط مماس بر نمودار در هر نقطه نشان‌دهندهٔ شتاب لحظه‌ای می‌باشد. در این نمودار نیز اگر شیب خط مماس مثبت باشد، شتاب لحظه‌ای مثبت و اگر منفی باشد، شتاب لحظه‌ای منفی و اگر صفر باشد، شتاب لحظه‌ای صفر است.



سؤال **نمودار سرعت - زمان دوچرخه‌سواری که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل مقابل است.**



۱ شتاب متوسط دوچرخه‌سوار در کل مدت زمان حرکت چند متر بر مربع ثانیه و در چه جهتی است؟

۲ در چه لحظه‌ای شتاب صفر است؟

۳ در بازهٔ زمانی ۹s تا ۱۲s شتاب متوسط را به‌دست آورید و بیان کنید در چه جهتی است؟

۴ در لحظه‌های ۵s و ۱۰s شتاب دوچرخه‌سوار در جهت محور x است یا خلاف جهت محور x ؟ چرا؟

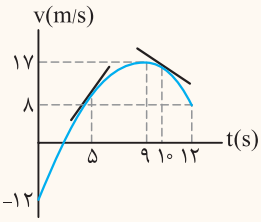
پاسخ **۱** با توجه به رابطهٔ شتاب متوسط داریم:

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a_{av} = \frac{۸ - (-۱۲)}{۱۲ - ۰} = \frac{۲۰}{۱۲} = \frac{۵}{۳} m/s^۲$$

شتاب متوسط در جهت محور x می‌باشد.

۲ در لحظهٔ ۹s شیب خط مماس برابر صفر می‌شود. بنابراین شتاب در این لحظه برابر صفر است.

۳ با استفاده از رابطهٔ شتاب متوسط داریم:



$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a_{av} = \frac{۸ - ۱۷}{۱۲ - ۹} = \frac{-۹}{۳} = -۳ m/s^۲$$

علامت منفی نشان می‌دهد که جهت شتاب خلاف جهت محور x است.

۴ شیب خط مماس بر نمودار در لحظهٔ ۵s مثبت و شیب خط مماس بر نمودار در لحظهٔ ۱۰s منفی است.

بنابراین در لحظهٔ ۵s شتاب در جهت محور x و در لحظهٔ ۱۰s خلاف جهت محور x است.

اینجا هم مثل نمودار مکان ـ زمان که قبلاً بهتون یاد دادم، میخوایم یاد بگیرین چه‌جوری با نمودار سرعت ـ زمان نوع حرکت رو مشخص کنین.

تعیین نوع حرکت با استفاده از نمودار سرعت - زمان

روش اول برای تعیین نوع حرکت در نمودار سرعت - زمان با توجه به علامت‌های سرعت و شتاب داریم:

۱ اگر a و v هم‌علامت باشند، $(v > ۰ , a > ۰)$ یا $(v < ۰ , a < ۰)$ نوع حرکت تندشونده است.

۲ اگر a و v مختلف‌العلامت باشند، $(v > ۰ , a < ۰)$ یا $(v < ۰ , a > ۰)$ نوع حرکت کندشونده است.

۳ اگر $a = ۰$ باشد v ثابت و حرکت با سرعت ثابت می‌باشد. (به حرکت با سرعت ثابت در ادامه بیش‌تر پرداخته می‌شود.)

روش دوم اگر نمودار به محور t نزدیک شود، نوع حرکت کندشونده و اگر نمودار از محور t دور شود، نوع حرکت تندشونده و اگر نمودار موازی محور t باشد، نوع حرکت با سرعت ثابت است.

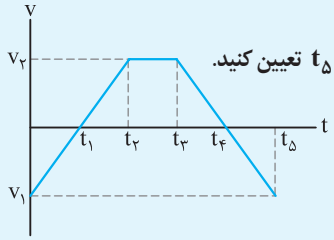
! نکته **۱** در نمودار سرعت - زمان، اگر نمودار بالای محور t باشد، علامت سرعت مثبت است و متحرک در جهت محور x حرکت می‌کند و اگر نمودار پایین محور t باشد، علامت سرعت منفی است و متحرک خلاف جهت محور x حرکت می‌کند.

۲ اگر نمودار سرعت - زمان به شکل منحنی (خمیده) باشد، شتاب متحرک متغیر است. چون شیب خط مماس آن در هر لحظه تغییر می‌کند و اگر نمودار به شکل یک خط راست باشد، شتاب متحرک ثابت است. چون شیب خط مماس بر آن در هر لحظه تغییر نمی‌کند.

۳ در نمودار سرعت - زمان، به تعداد نقاطی که نمودار محور t را قطع می‌کند، سرعت صفر شده و متحرک تغییر جهت می‌دهد.

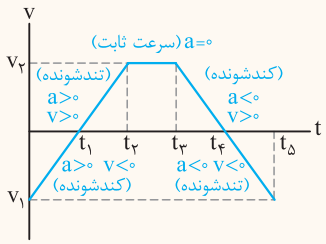
۴ در نمودار سرعت - زمان، به تعداد نقاط ماکزیمم و مینیمم شتاب حرکت صفر شده و شتاب تغییر جهت می‌دهد.

سؤال **نمودار سرعت - زمان جسمی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل مقابل است.**



علامت شتاب و سرعت و همینطور نوع حرکت را در بازه‌های زمانی صفر تا t_1، t_1 تا t_2، t_2 تا t_3، t_3 تا t_4 و t_4 تا t_5 تعیین کنید.

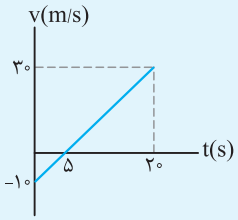
پاسخ با توجه به علامت‌های a و v نوع حرکت را در هر بازهٔ زمانی تعیین می‌کنیم.



اگر نمودار پایین محور t باشد، علامت v منفی و اگر بالای محور t باشد علامت v مثبت است. اگر شیب نمودار مثبت باشد (نمودار سربالایی باشد) علامت a مثبت و اگر شیب نمودار منفی باشد (نمودار سرپایینی باشد) علامت a منفی است و اگر نمودار افقی باشد، $a = ۰$ است.

توجه می‌توانستیم با نزدیک یا دورشدن نمودار به محور t هم نوع حرکت را تعیین کنیم. مثلاً در بازه‌های زمانی t_1 تا t_2 و یا t_4 تا t_5، نمودار از محور t دور می‌شود و نوع حرکت تند شونده است.

سؤال **نمودار سرعت - زمان موتورسواری که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو است.**



۱ در بازه‌های زمانی صفر تا ۵s و ۵s تا ۲۰s سرعت موتورسوار در حال افزایش است یا کاهش؟

۲ شتاب متوسط موتورسوار و جهت آن را در بازه‌های زمانی صفر تا ۵s و ۵s تا ۲۰s بیابید.

۳ در چه لحظه‌ای جهت حرکت موتورسوار عوض می‌شود؟

پاسخ ۱ از صفر تا ۵s اندازهٔ سرعت کاهش می‌یابد و حرکت کندشونده است. به عبارت دیگر در این بازهٔ زمانی $v < ۰$ و $a > ۰$ است، بنابراین حرکت کندشونده است و در بازهٔ زمانی ۵s تا ۲۰s، اندازهٔ سرعت رو به افزایش است و حرکت تندشونده می‌باشد. به عبارت دیگر در این بازهٔ زمانی $v > ۰$ و $a > ۰$ است. پس حرکت تندشونده است.

۲ با توجه به داده‌های روی نمودار، شتاب متوسط را در هر بازهٔ زمانی به‌دست می‌آوریم.

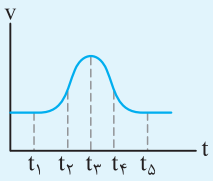
$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{۰-(-۱۰)}{۵-۰} = ۲\,m/s^2$$

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{۳۰-۰}{۲۰-۵} = ۲\,m/s^2$$

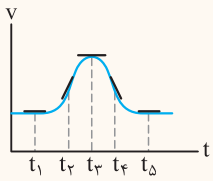
علامت مثبت شتاب نشان می‌دهد که شتاب در جهت محور x است و شیب نمودار سرعت - زمان ثابت است، بنابراین اندازه و جهت شتاب برای بازه‌های زمانی مختلف یکسان است.

۳ در لحظهٔ ۵s چون سرعت متحرک صفر می‌شود.

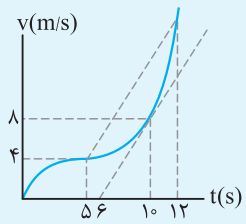
سؤال **شکل مقابل نمودار سرعت - زمان اتومبیلی را نشان می‌دهد که در امتداد محور x حرکت می‌کند. در کدام لحظه یا لحظه‌های نشان داده‌شده روی نمودار، شتاب اتومبیل مثبت، منفی یا صفر است؟**



پاسخ شیب خط مماس در هر لحظه را بر روی نمودار رسم می‌کنیم. در لحظه‌های t_1، t_2 و t_5 شتاب صفر است زیرا شیب خط مماس در آن لحظه صفر است. در لحظهٔ t_3 شتاب مثبت است، چون شیب خط مماس در آن لحظه مثبت است. در لحظهٔ t_4 شتاب منفی است، زیرا شیب خط مماس در این لحظه منفی است.



سؤال **نمودار سرعت - زمان متحرکی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل مقابل است. اگر شتاب متحرک در لحظهٔ ۱۰s برابر شتاب متوسط آن بین دو لحظهٔ $t_1 = ۵s$ و $t_2 = ۱۲s$ باشد، سرعت متحرک در لحظهٔ ۱۲s چند متر بر ثانیه است؟**



پاسخ ابتدا شتاب متحرک را در لحظهٔ ۱۰s که همان شیب خط مماس است به‌دست می‌آوریم.

$$a_{۱۰} = \frac{۸-۰}{۱۰-۶} = ۲\,m/s^2$$

سپس شتاب متوسط در بازهٔ زمانی ۵s تا ۱۲s را محاسبه کرده و برابر با $۲\,m/s^2$ قرار می‌دهیم.

$$a_{av} = \frac{v_{۱۲}-v_۵}{t_{۱۲}-t_۵} \Rightarrow \frac{v_{۱۲}-۴}{۱۲-۵} = ۲ \Rightarrow v_{۱۲}-۴ = ۱۴ \Rightarrow v_{۱۲} = ۱۸\,m/s$$

فصل ۱ حرکت بر خط راست

۱ | نادرست، اگر متحرک تغییر جهت دهد، جابه‌جایی با مسافت برابر نیست.

۲ | درست ۳ | درست

۴ | نادرست، تندی کمیتی نرده‌ای است.

۵ | بردار مکان ۶ | مسافت پیموده‌شده
۷ | بردار جابه‌جایی ۸ | تندی متوسط

۹ | برداری - نرده‌ای ۱۰ | برابر با
۱۱ | مماس ۱۲ | جهت سرعت

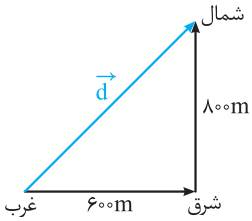
۱۳ | بردار مکان: برداری است که مبدأ محور را به مکان جسم در هر لحظه وصل می‌کند.

۱۴ | جابه‌جایی: پاره‌خط جهت‌داری است که مکان آغازین حرکت را به مکان پایانی وصل می‌کند.

۱۵ | تندی متوسط: مسافت پیموده‌شده نسبت به مدت زمان طی این مسافت را تندی متوسط می‌نامند.

۱۶ | سرعت متوسط: نسبت جابه‌جایی متحرک به مدت زمان جابه‌جایی را سرعت متوسط می‌نامند.

۱۷ | آ) مطابق شکل زیر، مسافت پیموده‌شده برابر است با:



$l = ۶۰۰ + ۸۰۰ = ۱۴۰۰\,m$

و جابه‌جایی شخص برابر است با:

$d = \sqrt{۶۰۰^۲ + ۸۰۰^۲} = ۱۰۰۰\,m$

ب) با استفاده از روابط تندی متوسط و سرعت متوسط داریم:

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} \Rightarrow s_{av} = \frac{۱۴۰۰}{۱۸۰۰} = \frac{۷}{۹}\,m/s$$

$$v_{av} = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow v_{av} = \frac{۱۰۰۰}{۱۸۰۰} = \frac{۵}{۹}\,m/s$$

۱۸ | آ) با استفاده از روابط تندی متوسط و سرعت متوسط، داریم:

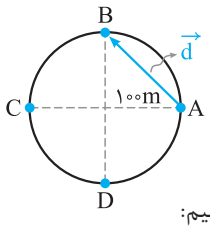
$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta t = ۳h} s_{av} = \frac{۱۰۱ + ۷۰}{۳} = ۵۷\,km/h$$

$$v_{av} = \frac{d}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta t = ۳h} \frac{۸۱}{۳} = ۲۷\,km/h$$

ب) تندی متوسط خودرو $۵۷\,km/h$ است یعنی خودرو در هر ساعت به طور متوسط مسافت ۵۷ کیلومتر را می‌پیماید. سرعت متوسط خودرو $۲۷\,km/h$ است، یعنی خودرو در هر ساعت به طور متوسط ۲۷ کیلومتر به مقصد نزدیک‌تر می‌شود.

پ) در صورتی که متحرک روی خط راست و بدون تغییر جهت حرکت کند، اندازهٔ جابه‌جایی و مسافت طی شدهٔ آن یکسان خواهد شد و در نتیجه اندازهٔ سرعت متوسط و تندی متوسط آن نیز برابر می‌شود.

۱۹ | آ) مسافت پیموده‌شده از A تا B برابر است با:



$$l = \frac{۲\pi r}{۴} = \frac{۲ \times ۳ \times ۱۰۰}{۴} = ۱۵۰\,m$$

و جابه‌جایی متحرک برابر است با:

$$d = \sqrt{۱۰۰^۲ + ۱۰۰^۲} = ۱۰۰\sqrt{۲}\,m$$

ب) ابتدا $۷۲\,km/h$ را به متر بر ثانیه تبدیل می‌کنیم:

$$۷۲\,km/h \div ۳/۶ = ۲۰\,m/s$$

سپس با استفاده از رابطهٔ تندی متوسط، مدت زمانی را که طول می‌کشد تا موتورسوار از A به C برسد، به‌دست می‌آوریم:

$$l_{AC} = \frac{۲\pi r}{۲} = ۳ \times ۱۰۰ = ۳۰۰\,m$$

$$\Rightarrow s_{av} = \frac{l}{\Delta t} \xrightarrow{l = ۳۰۰m} \Delta t = \frac{l}{s_{av}} = \frac{۳۰۰}{۲۰} = ۱۵\,s$$

پ) مسافت طی‌شده برابر است با: $l = ۲\pi r = ۲ \times ۳ \times ۱۰۰ = ۶۰۰\,m$

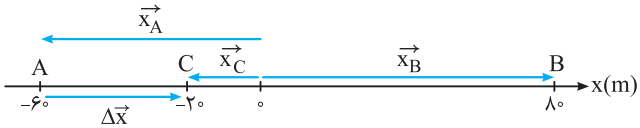
و جابه‌جایی برابر صفر است.

۲۰ | آ) $\vec{d} = \vec{d}_۲ - \vec{d}_۱ = (-۵m)\,\vec{i} - (۵m)\,\vec{i} \Rightarrow \vec{d} = (-۱۰m)\,\vec{i}$

ب) متحرک روی خط راست و در یک جهت حرکت کند.

۲۱ | آ) بردار مکان، برداری است که مبدأ محور را به مکان متحرک در هر نقطه وصل می‌کند که با $\vec{x}_A$ و $\vec{x}_B$ و $\vec{x}_C$ در شکل نمایش داده شده است.

ب) بردار جابه‌جایی، برداری است که نقطهٔ شروع حرکت (A) را به نقطهٔ پایانی حرکت (C) وصل می‌کند که با $\Delta\vec{x}$ نمایش داده شده است.



پ) مسافت پیموده‌شده برابر است با: $l = l_{AB} + l_{BC}$

$$\Rightarrow l = (۸۰ + ۶۰) + (۸۰ + ۲۰) \Rightarrow l = ۲۴۰\,m$$

و جابه‌جایی متحرک برابر است با:

$$\Delta x = x_C - x_A \Rightarrow \Delta x = -۲۰ - (-۶۰) = ۴۰\,m$$

ت) تندی متوسط متحرک برابر است با:

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} \Rightarrow s_{av} = \frac{۲۴۰}{۶۰} = ۴\,m/s$$

و سرعت متوسط آن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید.

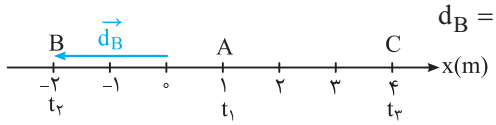
$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{۴۰}{۶۰} = \frac{۲}{۳}\,m/s$$

۲۲ | آ) در جهت مثبت محور x

ب) $$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_{av} = \frac{۴ - (-۴)}{۸} = ۱\,m/s$$

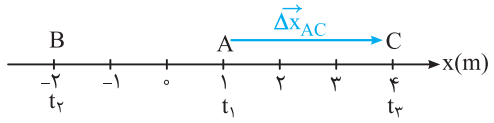
پ) اگر متحرک روی خط راست بدون تغییر جهت حرکت کند مسافت ۸m است در غیر این‌صورت نمی‌توان مسافت را تعیین کرد.

۲۳ | آ) $d_B = ۲m$



با توجه به شکل، اندازهٔ بردار مکان در لحظهٔ $t_۲$، $۲m$ و خلاف جهت محور x است.

ب) جابه‌جایی در جهت محور x است. $\Delta x_{AC} = ۴ - ۱ = ۳m$



پ) $l_{AB} = ۳m$

۲۴ |

متحرک	مکان آغازین (m)	مکان پایانی (m)	جابه‌جایی (m)	سرعت متوسط (m/s)	جهت حرکت
A	$-۴\vec{i}$	$۷/۶\vec{i}$	$۱۱/۶\vec{i}$	$۱/۱۶\vec{i}$	جهت محور x
B	$-۲/۴\vec{i}$	$-۱۰/۴\vec{i}$	$-۸\vec{i}$	$-۰/۸\vec{i}$	خلاف جهت محور x
C	$۲\vec{i}$	$۴۲\vec{i}$	$۴۰\vec{i}$	$۴\vec{i}$	جهت محور x

با استفاده از رابطه‌های جابه‌جایی $(\Delta x = x_۲ - x_۱)$ و سرعت متوسط $\left(v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\right)$ جدول را کامل می‌کنیم. هم‌چنین علامت Δx نشان‌دهندهٔ جهت حرکت است.

$$A: \begin{cases} \vec{\Delta x} = ۷/۶\vec{i} - (-۴\vec{i}) = (۱۱/۶m)\vec{i} \\ \vec{v}_{av} = \frac{۱۱/۶\vec{i}}{۱۰} = (۱/۱۶m/s)\vec{i} \end{cases}$$

$$B: \begin{cases} \vec{\Delta x} = -۱۰/۴\vec{i} - (-۲/۴\vec{i}) = (-۸m)\vec{i} \\ \vec{v}_{av} = \frac{-۸}{۱۰} = (-۰/۸m/s)\vec{i} \end{cases}$$

$$C: \begin{cases} \vec{\Delta x} = ۴۲\vec{i} - ۲\vec{i} = (۴۰m)\vec{i} \\ \vec{v}_{av} = \frac{۴۰\vec{i}}{۱۰} = (۴m/s)\vec{i} \end{cases}$$

۲۵ | مسافت پیموده‌شدهٔ شناگر برابر $۵۰ + ۸۰ = ۱۳۰m$ و مقدار جابه‌جایی آن برابر $۳۰m$ می‌باشد.

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta t = ۲۰s} s_{av} = \frac{۱۳۰}{۲۰} = ۶/۵\,m/s$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{۳۰}{۲۰} = ۱/۵\,m/s$$

۲۶ | مثبت
۲۷ | متغیر
۲۸ | صفر
۲۹ | صفر
۳۰ | خلاف جهت
۳۱ | مکان
۳۲ | خلاف جهت محور x
۳۳ | $t_۳$
۳۴ | $t_۲$
۳۵ | کندشونده
۳۶ | منفی

۳۷ | درست
۳۸ | نادرست، اگر شتاب و سرعت هم‌علامت باشند، نوع حرکت تندشونده و یا اندازهٔ سرعت در حال افزایش است.
۳۹ | درست
۴۰ | درست
۴۱ | نادرست، اگر جهت سرعت متحرک تغییر کند، حرکت جسم شتاب‌دار است.
۴۲ | درست
۴۳ | نادرست
۴۴ | درست
۴۵ | نادرست
۴۶ | سرعت متوسط
۴۷ | سرعت لحظه‌ای
۴۸ | مماس
۴۹ | شتاب لحظه‌ای
۵۰ | کندشونده
۵۱ | جابه‌جایی
۵۲ | تغییر سرعت
۵۳ | با سرعت ثابت
۵۴ | است
۵۵ | شتاب لحظه‌ای

۵۶ | آ) نرده‌ای ب) بردار جابه‌جایی پ) شتاب ت) بردار مکان ث) تندی متوسط

۵۷ | ۱- مسافت ۲- شتاب لحظه‌ای ۳- سرعت ۴- شتاب متوسط

۵۸ |

بازهٔ زمانی	صفر تا $t_۱$	$t_۱$ تا $t_۲$	$t_۲$ تا $t_۳$
نوع حرکت	کندشونده	تندشونده	کندشونده
علامت شتاب	منفی	منفی	مثبت

۵۹ | مسیر (آ) و (ت) دارای حرکت شتاب‌دار هستند، زیرا اگر اندازهٔ سرعت متحرک ثابت باشد و جهت آن تغییر کند، حرکت شتاب‌دار است.
در مسیر (ب) اندازهٔ سرعت تغییر می‌کند ولی جهت آن ثابت می‌ماند، بنابراین حرکت شتاب‌دار است.
در مسیر (پ) اندازه و جهت سرعت ثابت می‌ماند، بنابراین حرکت شتاب‌دار نیست.

۶۰ | تندی متوسط کمیتی نرده‌ای و سرعت متوسط کمیتی برداری است.
تندی متوسط یعنی نسبت مسافت به زمان و سرعت متوسط یعنی نسبت جابه‌جایی به زمان.

۶۱ | شتاب لحظه‌ای برابر است با شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان در هر لحظه