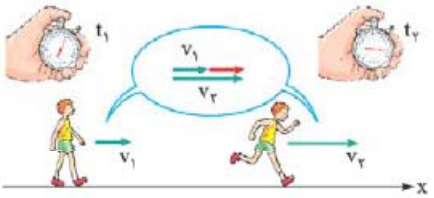
فصل اول
حرکت‌شناسی

ما چیزی را به مردم آموزش نمی‌دهیم!
همه‌چیز درون خودشان وجود دارد و ما،
فقط کمک‌شان می‌کنیم آن چیزها را
درون خودشان کشف کنند.

گالیلیو گالیله

درس چهارم: شتاب متوسط و لحظه‌ای

در این درس‌نامه، با آخرین کمیتی که در بررسی چگونگی حرکت‌ها به کار می‌رود، آشنا می‌شوید. برای شروع بحث، شخصی را در نظر بگیرید که همانند شکل زیر، ابتدا بر یک خط راست، قدم می‌زند و سپس، شروع به دویدن می‌کند. در این شکل بردارهای سرعت شخص را در دو لحظه، با رنگ سبز می‌بینید. این بردارها را با رعایت اندازه‌هایشان رسم کرده‌ایم.



در بالای همین شکل، دو بردار سرعت را طوری رسم کرده‌ایم که ابتدای آن‌ها، در یک جا باشد. بردار قرمزرنگی که از انتهای بردار v_1 به انتهای بردار v_2 رسم شده است، در حقیقت نشان می‌دهد که بردار سرعت، چه‌قدر تغییر کرده است. این بردار را تغییر سرعت می‌نامیم و با نماد Δv نشان می‌دهیم:

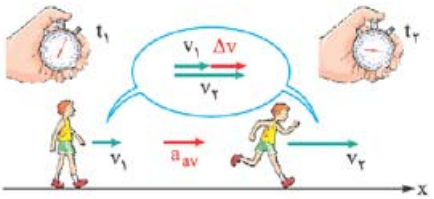
$$\Delta v = v_2 - v_1$$

اغلب، چیزی که اهمیت دارد، این است که یک تغییر سرعت، در چه‌مدت زمانی رخ داده است؛ از این‌رو، تغییر سرعت را بر مدت‌زمان تقسیم می‌کنیم و به آن، شتاب متوسط (با نماد a_{av}) می‌گوییم:

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

یکای شتاب متوسط در SI، با توجه به رابطهٔ بالا، به صورت متر بر ثانیه بر ثانیه $(\frac{m/s}{s})$ نتیجه می‌شود که آن را به صورت **متر بر مربع ثانیه** (m/s^2) خلاصه می‌کنیم. برای درک مفهوم این کمیت، از یک مثال عددی کمک می‌گیریم! فرض کنید به شما گفته شود که شتاب متوسط یک خودرو، $2\ m/s^2$ است، می‌توانید نتیجه بگیرید که تغییر سرعت این خودرو در هر یک ثانیه، به طور متوسط برابر $2\ m/s$ است.

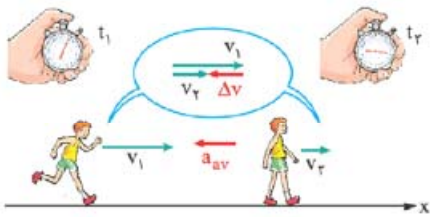
نکته‌ای که در این‌جا باید مورد توجه قرار گیرد، این است که شتاب متوسط، یک کمیت برداری است و جهت آن، هم‌جهت با تغییر سرعت (Δv) است. (به دو بردار قرمزرنگ در شکل روبه‌رو توجه کنید!) چنان‌که از نخستین درس‌نامه یاد گرفتیم، وقتی حرکت در راستای یک محور صورت می‌گیرد، جهت یک بردار را می‌توان با یک علامت مثبت یا منفی مشخص کرد؛ به این ترتیب، در این شکل، شتاب متوسط شخص، مثبت بوده است، چرا که بردارهای قرمزرنگ، هم‌جهت با محور x‌اند.



ببخشید! می‌تونیم بگیم شتاب متوسط، همیشه با فودِ سرعت (یعنی بردارهای سبزرنگ) هم‌جهته؟!

لزوماً خیر! درست است که در شکلی که داشتیم، این‌گونه به نظر می‌رسید؛ اما شما نباید به این راحتی، موضوعی را که در یک مورد می‌بینید، تعمیم (عمومیت) دهید! *(پس از پایان این درس‌نامه، یک پوکِ علمی ـ تفریحی در همین مورد، برا تون تعریف می‌کنم که بفهمید چه‌قدر باید توو عمومیت دادن، با احتیاط باشید!)*

بگذارید برای توضیح بیشتر، از شکل دیگری به صورت روبه‌رو، استفاده کنم. در این شکل، شخصی را می‌بینید که ابتدا در حال دویدن بوده و سپس، حرکت خود را کُند کرده و به قدم‌زدن می‌پردازد. بردارهای سبزرنگ، باز هم سرعت شخص را در دو لحظه نشان می‌دهند. **در بالای همین شکل، دو بردار سرعت را طوری کشیده‌ایم که ابتدایشان در یک‌جا باشد** و بردار تغییر سرعت را از انتهای v_1 به انتهای v_2 رسم کرده‌ایم. می‌بینید که Δv و همین‌طور شتاب متوسط، در خلاف جهت بردارهای سرعت‌اند.



توجه کنید که در این شکل، سرعت در هر دو لحظه (بردارهای سبز)، مثبت (یعنی هم‌جهت با محور x) است؛ اما تغییر سرعت و شتاب متوسط (بردارهای قرمز)، منفی (یعنی در خلاف جهت محور x) هستند.

البته ما از این به بعد، از رسم برداری استفاده نخواهیم کرد! **اگر سرعت‌ها را با در نظر گرفتنِ علامت مثبت یا منفی‌شان در رابطهٔ شتاب متوسط قرار دهیم، علامتی که برای شتاب متوسط به دست می‌آوریم، جهت آن را در مقایسه با جهت مثبتِ محور x، به ما نشان خواهد داد.**

بیخشید! ... ما اصلاً نمی‌تونیم درک درستی از جهت شتاب متوسط داشته باشیم! یعنی چی که شخص به سمت راست حرکت می‌کنه، ولی شتاب متوسطش به سمت چپه؟!

حق با شما است! واقعیت این است که شتاب متوسط، از نظر جهت، یک موجود ریاضی است و نمی‌توان یک درک شهودی و احساسی از جهت آن داشت. در محدودهٔ بحث ما، کافی است با استفاده از داده‌های یک مسئله، بتوانید جهت شتاب متوسط را به درستی تعیین کنید؛ اما نیازی نیست از این جهت، برداشتِ احساسیِ خاصی داشته باشید!

بیخشید! ... یه سوال دیگه! ... از دوتا شکلی که برامون کشیدید، می‌تونیم نتیجه بگیریم که هر وقت حرکتی، تندشونده باشه، شتاب متوسط (یعنی بردار قرمزه)، هم‌جهت با سرعت (یعنی بردار سبزا) و هر وقت کندشونده باشه، شتاب متوسط در خلاف جهت سرعته؟!

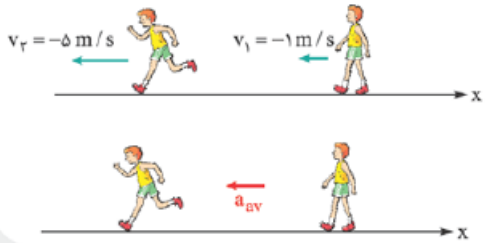
همین‌طور است! البته خواهیم دید که بهتر است این نتیجه‌گیری را در مورد مقایسهٔ جهت شتاب **لحظه‌ای** و جهت سرعت **لحظه‌ای** داشته باشیم. *(به‌زودی یهتون می‌گم شتاب لحظه‌ای چیه؛ اما قبلیش، باید یکی دو مثال حل کنیم!)*

منوتو ۱۱

من شکل روبه‌رو، شخصی را نشان می‌دهد که در مدت‌زمان ۵ s، تندی خود را از ۱ m / s به ۵ m / s می‌رساند. کدام گزینه، اندازهٔ شتاب متوسط او در این مدت‌زمان (برحسب متر بر مربع ثانیه) و جهت آن را، درست بیان می‌کند؟

۱) ۱/۲، هم‌جهت با محور x
۲) ۱/۲، در خلاف جهت محور x
۳) ۰/۸، در خلاف جهت محور x
۴) ۰/۸، هم‌جهت با محور x

پاسخ برای استفاده از رابطهٔ شتاب متوسط، **به سرعت** متحرک در دو لحظه نیاز داریم؛ نه به تندی آن! همان‌گونه که در شکل زیر می‌بینید، چون شخص در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند، سرعتش باید با علامت منفی در نظر گرفته شود:



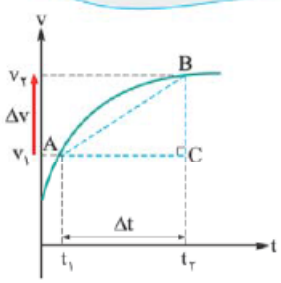
$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{-5-(-1)}{5} = -\frac{4}{5} = -0/8\ m/s^2$$

به این ترتیب، اندازهٔ (قدرمطلق) شتاب متوسط، $0/8\ m/s^2$ است و علامت منفی، نشان می‌دهد که همانند شکل روبه‌رو، جهت شتاب متوسط، در خلاف جهت محور x است. **گزینهٔ ۳**

تو شکل روبه‌رو، شخصی را نشان می‌دهد که در مدت‌زمان ۵ s، تندی خود را از ۶ m / s به ۱ m / s کاهش می‌دهد. کدام گزینه در مورد اندازهٔ شتاب متوسط او در این بازهٔ زمانی (برحسب متر بر مربع ثانیه) و جهت آن، درست است؟

۱) ۱، هم‌جهت با محور x
۲) ۱، در خلاف جهت محور x
۳) ۱/۴، در خلاف جهت محور x
۴) ۱/۴، هم‌جهت با محور x

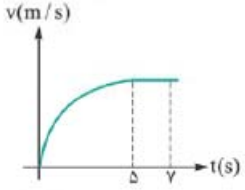
بد نیست یادی هم بکنیم از نمودار سرعت ـ زمان! در شکل روبه‌رو، یک نمودار سرعت ـ زمان را برای متحرکی که بر محور x حرکت می‌کند، می‌بینید. اگر از ما شتاب متوسط در یک بازهٔ زمانی، مثلاً t_1 تا t_2 را بخواهند، ابتدا نقطه‌های مربوط به این دو لحظه را روی نمودار (A و B)، تعیین می‌کنیم. اگر این دو نقطه را با خطی به هم وصل کنیم و سپس، یک مثلثِ قائم‌الزاویه بسازیم، چنان‌که می‌بینید، ضلع قائم آن (BC)، بیانگر تغییر سرعت (Δv) و ضلع افقی آن (AC)، بیانگر مدت‌زمان است؛ به این ترتیب، می‌توان نتیجه گرفت که:



شیب خط واصل هر دو نقطه از نمودار سرعت ـ زمان، برابر با شتاب متوسط متحرک در بازهٔ زمانیِ بین آن دو نقطه است.

منوتو ۱۲

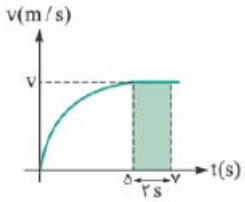
من **نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که بر محور x حرکت می‌کند به شکل زیر است. اگر جابه‌جایی این متحرک در بازهٔ زمانیِ ۵ s تا ۷ s، برابر ۱۸ m باشد، شتاب متوسط آن در ۵ ثانیهٔ اول حرکت، چند متر بر مربع ثانیه است؟**



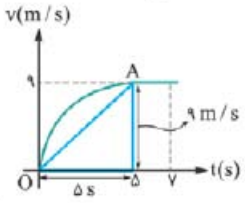
۱) ۱/۸ ۲) ۴/۵
۳) ۳/۶ ۴) ۰/۷۲

لزومی نداره فوری پایینو نگاه کنید! درسته که این مثال، مال منه؛ اما ممکنه خودتون هم بتونید حلش کنید! بد نیست یه تلاشی بکنید؛ بعدش پاسخ منو بخونید!

پاسخ گفته بودیم که سطح زیر نمودار سرعت ـ زمان در هر بازهٔ زمانی، جابه‌جایی در آن بازه را به ما می‌دهد؛ بنابراین با توجه به شکل روبه‌رو، می‌توان نوشت:



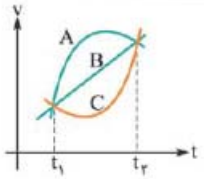
مساحت مستطیل : $v \times ۲ = ۱۸ \Rightarrow v = ۹\ m/s$



اکنون می‌توانیم شیب خط OA در شکل روبه‌رو را تعیین کنیم و یا از رابطهٔ شتاب متوسط $(a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t})$ استفاده کنیم:

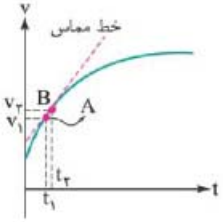
گزینهٔ ۱ $\text{شیب خط OA} = +\frac{\text{ضلع قائم}}{\text{ضلع افقی}} = \frac{۹}{۵} = ۱/۸\ m/s^۲$

تو **نمودار سرعت ـ زمان سه متحرک A، B و C که بر محور x حرکت می‌کنند، مطابق شکل است. کدام گزینه، در مقایسهٔ شتاب متوسط این سه متحرک در بازهٔ زمانی بین دو لحظهٔ $t_۱$ و $t_۲$ درست است؟**



۱) $a_{avA} = a_{avB} = a_{avC}$ ۲) $a_{avA} > a_{avB} > a_{avC}$
۳) $a_{avA} = a_{avB} < a_{avC}$ ۴) $a_{avA} < a_{avB} < a_{avC}$

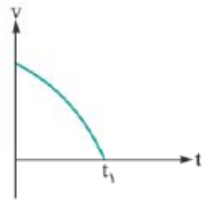
ببخشید! ... تو نمودار سرعت ـ زمان، شیب خط مماس هم به دردمون می‌خوره؟!



البته! اگر لحظهٔ $t_۲$، بسیار نزدیک به لحظهٔ $t_۱$ باشد، نقطهٔ B هم بسیار نزدیک به نقطهٔ A خواهد شد و چنان که در شکل روبه‌رو می‌بینید، خط واصل دو نقطه، به خط مماس تبدیل می‌شود. شیب این خط مماس، **شتاب لحظه‌ای** را به ما می‌دهد. منظور از شتاب لحظه‌ای، شتاب متحرک در هر لحظه از زمان است و معمولاً برای خلاصه‌گویی، عبارت لحظه‌ای را نمی‌گوییم.

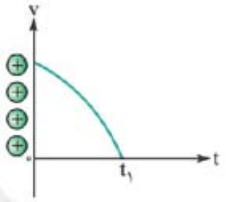
منوتو ۱۳

من **نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که در راستای محور x حرکت می‌کند، به شکل روبه‌رو است. در بازهٔ زمانی بین دو لحظهٔ صفر و $t_۱$، سرعت این متحرک، ..... ، شتاب آن، ..... و حرکت آن، ..... است. (به‌ترتیب از راست به چپ)**



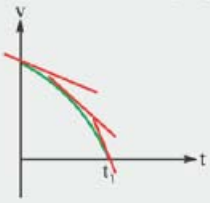
۱) منفی ـ منفی ـ کندشونده ۲) مثبت ـ منفی ـ کندشونده
۳) مثبت ـ منفی ـ تندشونده ۴) منفی ـ منفی ـ تندشونده

پاسخ برای قضاوت در مورد علامت سرعت، کافی است توجه کنید که نمودار، کلاً در ربع اول واقع شده است و همان‌گونه که در شکل روبه‌رو می‌بینید، سرعت متحرک، همواره مثبت بوده است.



اما سرعت که داره کاهش پیدا می‌کنه! نباید بگیم سرعت منفیه؟!

به هیچ‌وجه! درست است که سرعت متحرک از نظر اندازه، کاهش می‌یابد و چون نمودار، به محور زمان نزدیک می‌شود، حرکت متحرک، کندشونده است؛ اما این موضوع، ربطی به علامت سرعت ندارد. یادتان باشد که در فیزیک، **علامت مثبت یا منفیِ سرعت، صرفاً جهت آن را بیان می‌کند و ربطی به افزایش یا کاهش یافتن آن ندارد!**

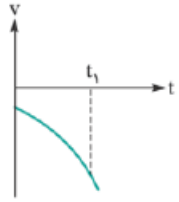


برای تعیین علامت شتاب، کافی است به شکل روبه‌رو توجه کنید! چنان که می‌بینید، اگر در هر نقطه از نمودار، مماسی بر آن رسم کنیم، شیب آن که بیانگر شتاب است، منفی است. *(یادتونه که وقتی یه خط، سرازیری بود، می‌گفتید شیبِ اون، منفیه!)* حالا دیگر تردیدی نداریم که گزینهٔ ۲ درست است!

بیفشید! چون خط‌های مماس دارن به راستای قائم نزدیک می‌شن، می‌تونیم بگیم اندازهٔ شتاب متحرک، در حال افزایشه؟

کاملاً درست است! البته، فعلاً استفادهٔ خاصی از این موضوع نمی‌کنیم؛ فقط یک بار دیگر، این را تذکر بدهم که منفی‌بودنِ شتاب هم، همانند سرعت، ربطی به افزایش یا کاهشِ اندازه‌اش ندارد و فقط جهت شتاب را نشان می‌دهد. گزینهٔ ۲

تو **نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که در راستای محور x حرکت می‌کند، به شکل روبه‌رو است. در بازهٔ زمانی بین دو لحظهٔ صفر و t_1، سرعت این متحرک، .....، شتاب آن، ..... و حرکت آن، ..... است. (به ترتیب از راست به چپ)**



۱) منفی ـ منفی ـ کندشونده
۲) مثبت ـ منفی ـ کندشونده
۳) مثبت ـ منفی ـ تندشونده
۴) منفی ـ منفی ـ تندشونده

از دو مثال قبل، می‌توان نتیجه‌گیری مهمی کرد که در ابتدای این درس‌نامه هم، به آن نزدیک شده بودیم!

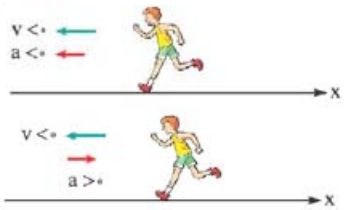
در حرکت‌های تندشونده، شتاب و سرعت متحرک، هم‌علامت (هم‌جهت) و در حرکت‌های کندشونده، شتاب و سرعت، دارای علامت‌های مخالف (در خلاف جهت یکدیگر) هستند.

از نظر ریاضی، وقتی دو چیز، هم‌علامت‌اند (یعنی هر دو مثبت یا هر دو منفی‌اند)، حتماً حاصل‌ضربشان مثبت است؛ هم‌چنین، اگر دو چیز، علامت‌های مخالف یکدیگر داشته باشند (یکی مثبت و دیگری منفی باشد)، حاصل‌ضربشان منفی است. با این توضیح، نکتهٔ بالا را می‌توان با یک بیان ریاضی به صورت زیر، خلاصه‌تر کرد.

در حرکت‌های تندشونده، $a.v > 0$ و در حرکت‌های کندشونده، $a.v < 0$ است.

(منظور از $a.v$، حاصل‌ضرب شتاب در سرعت است که البته، علامتش مورد توجه ما است.) نتیجه‌گیریِ اخیر، از این نظر قابل توجه است که به ما، امکان قضاوت در مورد چگونگی حرکت را از روی علامت‌های سرعت و شتاب در هر لحظه می‌دهد. برای این که از عظمتِ این نتیجه‌گیری آگاه شوید، به شکل زیر، توجه کنید! در این شکل، شخصی را می‌بینید که در خلاف جهت محور x می‌دود و به همین دلیل، سرعتش منفی است. آیا می‌توانید بگویید حرکت این شخص، تندشونده است یا کندشونده؟!

متأسفانه خیر! شما گفتین که منفی‌بودنِ سرعت، ربطی به افزایش یا کاهش یافتنِ اندازش نداره!



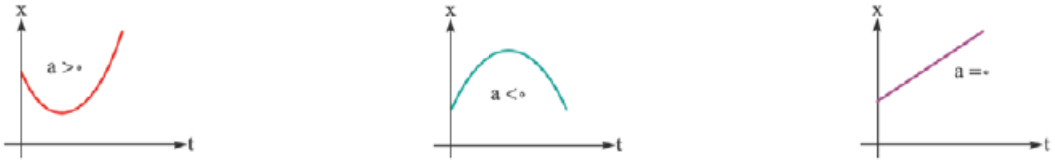
حق با شما است! اما فرض کنید به شما، جهت شتاب لحظه‌ای را هم، همانند شکل روبه‌رو، بدهند؛ در این صورت، می‌توانید بدون آن‌که از لحظه‌های بعدی خبری داشته باشید، پیش‌بینی کنید که حرکت این دونده، تندشونده است و او، **اندازهٔ** سرعت خود را افزایش خواهد داد!

به همین ترتیب، اگر همانند شکل روبه‌رو، جهت شتاب دونده را در خلاف جهت سرعتش بدهند، می‌توانیم پیش‌بینی کنیم که حرکت دونده، کندشونده است؛ یعنی او، **اندازهٔ** سرعت خود را کاهش خواهد داد.

ببخشید! از وقتی شما یادمون دادید که چه‌جوری از روی نمودار سرعت ـ زمان، می‌شه شتاب رو تعیین کرد، یه سؤالی برامون پیش اومد که الان می‌خوایم بپرسیم!... از روی نمودار مکان ـ زمان هم می‌شه شتاب رو فهمید؟!

در آیندهٔ نزدیک، در درس ششم، خواهیم دید که در حالت خاصی که شتاب یک متحرک، ثابت باشد، چگونه می‌توان از روی نمودار مکان ـ زمان، شتاب را تعیین کرد؛ اما در حالت کلی‌تر، راهکاری وجود دارد که بتوان از روی نمودار مکان ـ زمان، **علامت** شتاب را تشخیص داد. این راهکار را برایتان می‌گوییم؛ اما بحث در مورد جزئیات ریاضی آن، در محدودهٔ کار ما نمی‌گنجد و به آن نمی‌پردازیم. ثابت شده است که سوی تقعر نمودار مکان ـ زمان، بیانگر علامت شتاب است. *(تقعر، به زبون ساده، یعنی گودیِ نمودار!)* اگر سه شکل زیر را از چپ به راست، به دقت نگاه کنید، متوجه منظورم خواهید شد.

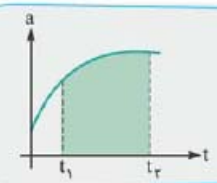
وقتی همانند شکل سمت چپ، تقعر نمودار به طرف بالا است، در ریاضی گفته می‌شود تقعر، مثبت است؛ در این حال، شتاب حرکت هم مثبت است. اگر تقعر نمودار همانند شکل وسطی رو به پایین باشد، از نظر ریاضی گفته می‌شود تقعر، منفی است. در این حال، شتاب حرکت هم منفی است. در صورتی که نمودار مکان ـ زمان، همانند شکل سمت راست خطی باشد، تقعرش صفر است و شتاب حرکت هم، صفر خواهد بود.



یه سؤال دیگه هم داریم! ... می‌خواستیم ببینیم، نمودار شتاب ـ زمان هم داریم؟!

البته که داریم! این آخرین نموداری است که باید بشناسید! نمودار شتاب ـ زمان، می‌تواند به ما شتاب لحظه‌ای متحرک را در هر لحظه از زمان، نشان دهد. کاربرد این نمودار، کم‌تر از نمودارهای مکان ـ زمان و سرعت ـ زمان است و مهم‌ترین چیزی که می‌توان از آن برداشت کرد، تغییر سرعت متحرک است:

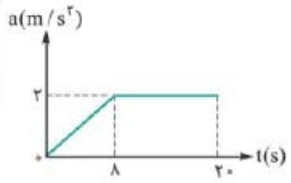
سطح زیر نمودار شتاب ـ زمان در هر بازهٔ زمانی، برابر تغییر سرعت (یعنی Δv) در آن بازه است.



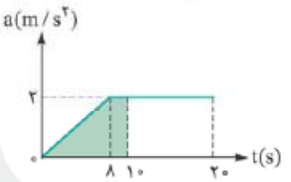
منمونه ۱۴

من **نمودار شتاب ـ زمان متحرکی که از حال سکون و در مسیری مستقیم شروع به حرکت کرده، مطابق شکل روبه‌رو است. شتاب متوسط متحرک در بازهٔ زمانی $t_1 = ۰$ تا $t_2 = ۱۰\,s$ چند متر بر مربع ثانیه است؟** *(آزمون کانون فرهنگی آموزش ۹۷)*

۱) ۱/۲ ۲) ۱/۶ ۳) ۱ ۴) ۲



پاسخ برای محاسبهٔ شتاب متوسط، به **تغییر سرعت** نیاز داریم و چنان‌که گفتیم، باید به سراغ سطح زیر نمودار در بازهٔ زمانیِ خواسته شده برویم:

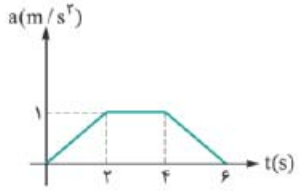


$$\frac{\overbrace{(۱۰+۲)}^{\text{مجموع دوقاعده}}\times \overbrace{۲}^{\text{ارتفاع}}}{۲} = \Delta v \Rightarrow \Delta v = ۱۲\ m/s$$

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{۱۲}{۱۰} = ۱/۲\ m/s^2$$

اکنون می‌توان شتاب متوسط را به راحتی، به دست آورد: **گزینهٔ ۱**

تو **نمودار شتاب ـ زمان متحرکی که بر روی محور x حرکت می‌کند، به شکل زیر است. اگر سرعت این متحرک در لحظهٔ ۶ s برابر ۵+ متر بر ثانیه باشد، سرعتش در لحظهٔ صفر چند متر بر ثانیه است؟**



۱) ۱

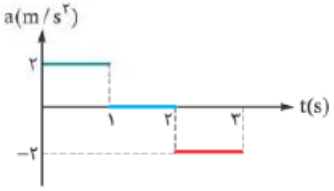
۲) ۲

۳) ۳

۴) صفر

به سؤال! نمودارهای شتاب ـ زمانی که به ما می‌دن، مثل نمودارهای سرعت ـ زمان و مکان ـ زمان، می‌تونن هر شکلی داشته باشن؟!

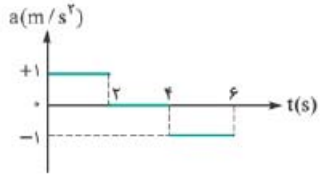
بله؛ همین طور است! البته در چارچوب کتاب درسی شما، بیشتر به حالت‌هایی پرداخته می‌شود که حرکت، از چند بازهٔ زمانی تشکیل شده که در هر کدام، شتاب متحرک، ثابت است؛ به عنوان نمونه، در شکل روبه‌رو، شتاب حرکت در بازهٔ زمانی صفر تا ۱ s ثابت و برابر $2\,m/s^2$، در بازهٔ زمانی ۱ s تا ۲ s ثابت و برابر صفر و بالأخره، در بازهٔ زمانیِ ۲ s تا ۳ s، ثابت و برابرِ $-2\,m/s^2$ بوده است.



مهم‌ترین کاری که باید در همین درس‌نامه یاد بگیرید، روش رسم نمودار سرعت ـ زمان، از روی چنین نمودارهای شتاب ـ زمانی است. این کار را با استفاده از این موضوع انجام می‌دهیم که **شیب نمودار سرعت ـ زمان، بیانگر شتاب متحرک است و وقتی شتاب در یک بازهٔ زمانی ثابت باشد، شیب نمودار سرعت ـ زمان هم ثابت است و در نتیجه، این نمودار، باید یک خط راست باشد.** *(یادتونه که اگر تو هر نقطه، به یه خط راست، مماس می‌کردیم، اون مماس به خطمون منطبق می‌شد و به همین دلیل، می‌گفتیم شیب، ثابته!)* **در منوتو ۱۵**، رسم نمودار سرعت ـ زمان از روی نمودار شتاب ـ زمان را به خوبی فرا می‌گیرید!

منوتو ۱۵

من **نمودار شتاب ـ زمان حرکت متحرکی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. اگر سرعت اولیهٔ متحرک $-1\,m/s$ باشد، در ۶ ثانیهٔ ابتدایی حرکت، چند ثانیه حرکت متحرک تندشونده بوده است؟** *(آزمون کانون فرهنگی آموزش ۹۶)*



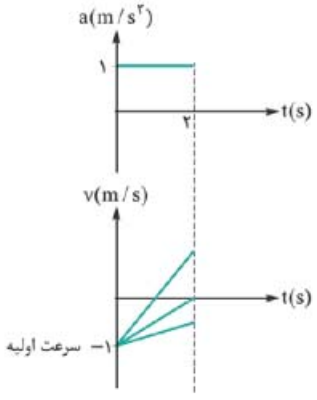
۱) صفر

۲) ۱

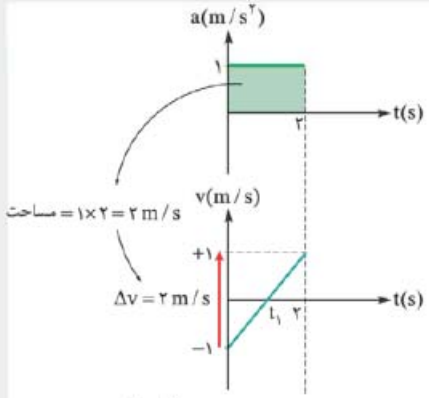
۳) ۲

۴) ۳

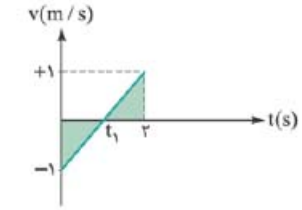
پاسخ ابتدا به ۲ ثانیهٔ اول، توجه کنید. در این مدت، شتاب حرکت، ثابت و مثبت است؛ در نتیجه، نمودار سرعت ـ زمان، باید یک خط راست با شیب مثبت *(یعنی به خطِ سربالایی)* باشد. این خط، باید از سرعت اولیه (یعنی $-1\,m/s$) آغاز شود. نکتهٔ مهم، این است که این خط باید در لحظهٔ ۲ s، به کجا برسد! سه حالتِ ممکن را در شکل روبه‌رو می‌بینید.



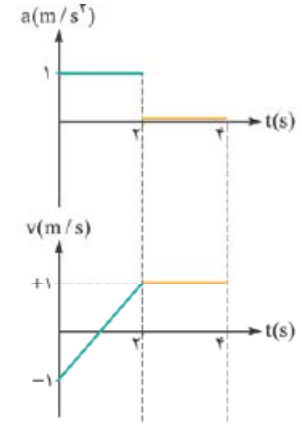
برای تشخیص نقطهٔ انتهاییِ نمودار سرعت ـ زمان، کافی است از سطح زیر نمودار شتاب ـ زمان، کمک بگیریم. سطح زیر نمودار شتاب ـ زمان، تغییر سرعت را نشان می‌دهد و در این‌جا که این سطح، برابر $۲\ m/s$ است، باید نمودار، از نقطهٔ شروع، به اندازهٔ $۲\ m/s$ بالا برود. (به قسمت قرمزرنگِ شکل روبه‌رو توجه کنید!) چون این خط، از $-۱\ m/s$ آغاز می‌شود، بدیهی است که پس از $۲\ m/s$ بالارفتن، به $+۱\ m/s$ خواهد رسید.



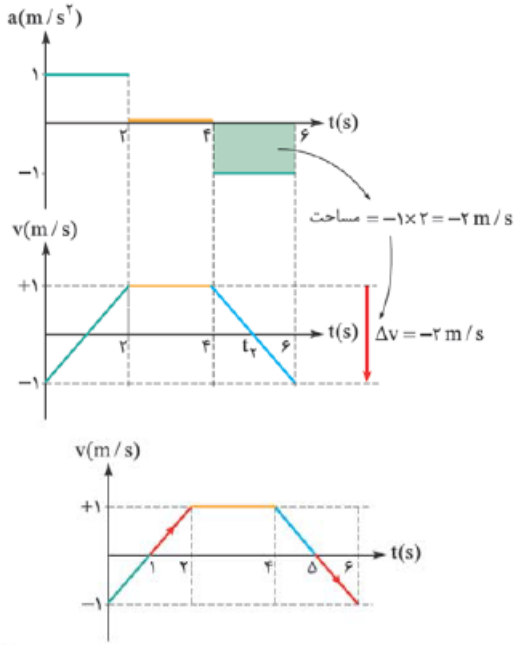
پیش از ادامهٔ کار، باید لحظهٔ $t_۱$ را هم تعیین کنیم. *(فکر کنم توو این کار کاملاً هرفه‌ای شده باشید!)* حتماً متوجه شده‌اید که دو مثلثِ مشخص‌شده در شکل روبه‌رو، با هم مساوی‌اند. *(یادتون باشه که اگه دو مثلثِ متشابه، یه ضلعشون برابر باشه، اون دو مثلث، مساوی هستن.)* به این ترتیب، لحظهٔ $t_۱$، باید درست در وسط لحظه‌های صفر و $۲\ s$ باشد: $t_۱ = ۱\ s$.



حالا به ۲ ثانیهٔ دوم (یعنی بازهٔ زمانی بین $۲\ s$ و $۴\ s$) توجه کنید! در این بازه، شتاب حرکت، صفر است؛ بنابراین، باید شیب نمودار سرعت ـ زمان نیز صفر باشد. سرعت متحرک در پایان بازهٔ زمانی قبلی، به $+۱\ m/s$ رسیده بود و باید خطی افقی از همان‌جا رسم کرد؛ درست مانند شکل روبه‌رو!



و بالأخره به بازهٔ زمانی $۴\ s$ تا $۶\ s$ می‌رسیم. در این بازه، شتاب، منفی است؛ بنابراین، باید نمودار سرعت ـ زمان را از پایان بازهٔ قبلی، با شیب منفی *(یعنی به صورتِ سرازیری)* رسم کنیم. باز هم برای این‌که بفهمیم این خط، باید تا کجا پایین برود، از سطح زیر نمودار شتاب ـ زمان استفاده می‌کنیم. منفی‌بودنِ سطح زیر نمودار در این بازه نشان می‌دهد که باید از نقطهٔ پایانی قسمت قبلی، به اندازهٔ $۲\ m/s$ پایین برویم؛ یعنی از $+۱\ m/s$ به $-۱\ m/s$ خواهیم رسید. لحظهٔ $t_۲$، به همان دلیلی که برای $t_۱$ گفتیم، درست وسط دو لحظهٔ $۴\ s$ و $۶\ s$ است: $t_۲ = ۵\ s$.



پس از رسم نمودار سرعت ـ زمان، آمادهٔ پاسخ‌گویی به تست هستیم! به یاد دارید که هر وقت نمودار سرعت ـ زمان، از محور افقی دور می‌شد، حرکت، تندشونده بود؛ به این ترتیب در قسمت‌هایی از نمودار که در شکل روبه‌رو با رنگ قرمز مشخص کرده‌ام، حرکت، تندشونده بوده است. این دو قسمت، بازهٔ زمانیِ بین $۱\ s$ و $۲\ s$ (به مدت $۱\ s$) و همین‌طور، بین $۵\ s$ و $۶\ s$ (به مدت $۱\ s$) است؛ یعنی کلاً به مدت $۲\ s$. **گزینهٔ ۳**

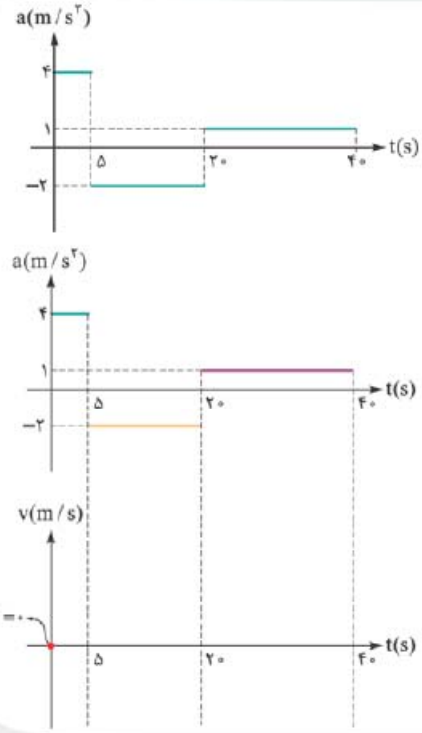
یعنی برای پاسخ‌دادن به این‌جور تست‌ها، حتماً باید نمودار سرعت ـ زمان بکشیم؟!

بهترین و سریع‌ترین راه ممکن، رسم نمودار سرعت ـ زمان است. البته روش‌های دیگری هم وجود دارد؛ اما اجرای آن‌ها، بسیار طولانی‌تر است. به زودی خواهید دید که **نمودار سرعت ـ زمان، یک ابزار توانمند برای حل تست‌های حرکت است** و باید تسلط بالایی بر رسم این نمودار پیدا کنید. خوشبختانه، کار چندان سختی هم نیست و با تکالیفی که در پایان این درس‌نامه، به شما محول خواهم کرد، مطمئنم که آن را به خوبی فرا می‌گیرید.

تو **شکل روبه‌رو، نمودار شتاب ـ زمان متحرکی را که از حال سکون شروع به حرکت می‌کند، نشان می‌دهد. متحرک در چه لحظه‌ای برحسب ثانیه برای دومین بار تغییر جهت حرکت می‌دهد؟** *(آزمون کانون فرهنگی آموزش ۹۶)*

۱) ۲۰ ۲) ۳۰

۳) ۲۵ ۴) ۱۵

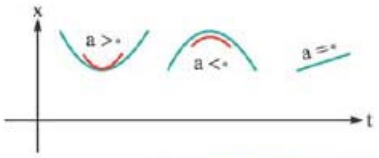


پس منتظر چی هستید؟! ... شروع کنید دیگه! ... من براتون زمینهٔ شکلو آماده کردم و شما فقط باید زحمت بکشید و نمودار سرعت ـ زمانو توو جای خودش بکشید! چون گفته «از حال سکون»، سرعت اولیه، صفره و باید نمودار سرعت ـ زمانو از مبدأ شروع کنید. یادتون نره برای رسم هر قسمت، از سطح زیر نمودار شتاب ـ زمان کمک بگیرید.

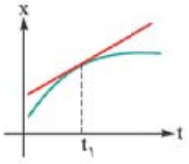
بسیار خوب! کم‌کم به پایان این درس‌نامه نزدیک می‌شویم! دو کار کوچک باقی‌مانده است. ابتدا می‌خواهم کاربردهای مهم همهٔ نمودارهایی را که خواندیم، یک بار برای جمع‌بندی، برایتان بیاورم. لطفاً آن‌ها را با دقت تمام مرور کنید:

نمودار مکان ـ زمان

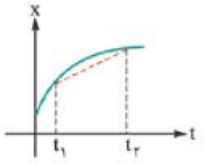
علامت شتاب = سوی تقعر نمودار



سرعت در هر لحظه = شیب خط مماس بر نمودار

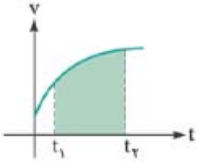


سرعت متوسط = شیب خط واصل دو نقطه

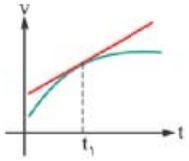


نمودار سرعت ـ زمان

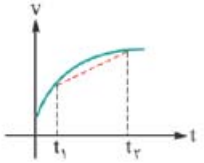
جابه‌جایی در هر بازهٔ زمانی = سطح زیر نمودار



شتاب در هر لحظه = شیب خط مماس

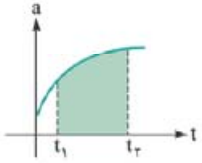


شتاب متوسط = شیب خط واصل دو نقطه



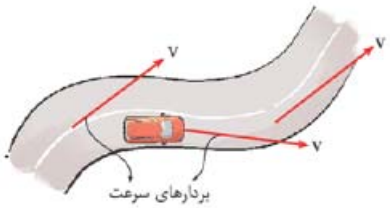
نمودار شتاب ـ زمان

تغییر سرعت در هر بازهٔ زمانی = سطح زیر نمودار



آخرین موضوعی که باید در این درس‌نامه، به آن اشاره کنم، مربوط به موقعی است که حرکت جسم، بر خط راست نباشد. گرچه تمرکز اصلیِ کتاب درسی، بر حرکت‌هایی است که در راستای یک خط راست صورت می‌گیرند، اما برای بحث‌هایی که در آیندهٔ نزدیک با آن‌ها مواجه می‌شویم، به اطلاعات مختصری در این مورد نیازمندیم.

دیده بودیم که بردار سرعت، برداری است که در هر لحظه، جهت حرکت متحرک را نشان می‌دهد. وقتی مسیر حرکت جسم، خط راست نیست، بردار سرعت در هر نقطه از مسیر، مماس بر مسیر است و سوی آن، سوی حرکت را در آن نقطه نشان می‌دهد. در شکل روبه‌رو، این بردار را برای خودرویی که در یک مسیر خمیده حرکت می‌کند، در چند نقطه از مسیر، می‌بینید.



به نظر شما، حرکت خودرویی که در این شکل می‌بینید، شتاب‌دار بوده است یا خیر؟!

از کجا بدونیم؟! ... معلوم نیست که سرعت این ماشین تغییر می‌کنه یا نه!

جالب است! سرعت این خودرو قطعاً تغییر می‌کند! توجه کنید که سرعت، یک کمیت برداری است و **یک کمیت برداری، زمانی ثابت است که هم اندازه و هم جهت آن، ثابت باشد.** در شکل زیر، خودرویی با سرعت ثابت را می‌بینید. توجه کنید که علاوه بر یکسان‌بودنِ اندازهٔ بردارهای سرعت، جهت همگی نیز یکسان است.

وقتی مسیر حرکت، خمیده است، حتی اگر اندازهٔ سرعت ثابت باشد، جهت آن، مدام تغییر می‌کند و به همین دلیل است که می‌توان با قاطعیت گفت:

اگر مسیر حرکت متحرکی، خمیده (منحنی) باشد، آن حرکت حتماً شتاب‌دار است.

اکنون از شما دعوت می‌کنم که بانک تست بروید و تست‌های ۶۱ تا ۹۰ را حل کنید! *البته قبل از اون، می‌تونین پوک علمی تخیلی زیر رو بخونید و بعد از رفع خستگی، به سراغ تست‌ها برید!*

گوسفند قهوه‌ای

می‌گویند یک آدم کنجکاو، عکسی از یک گوسفند قهوه‌ای انداخت و آن را نشان سه نفر داد: یک ستاره‌شناس، یک فیزیک‌دان و یک ریاضی‌دان. آن‌ها باید با دیدن عکس به این پرسش پاسخ می‌دادند:

اگر شما گوسفندان سیارهٔ زمین را ندیده بودید، با دیدن این عکس و با توجه به رشتهٔ تخصصی خود، در مورد رنگ آن‌ها چه نتیجه‌گیری‌ای می‌کردید؟!

ستاره‌شناسان، عادت به تعمیم (یعنی عمومیت دادنِ موضوعات) دارند و مثلاً اگر ببینند که مسیر حرکت سیاره‌های منظومهٔ خورشیدی به شکل بیضی است، ممکن است نتیجه بگیرند که مسیر حرکت سیاره‌ها در همهٔ منظومه‌های جهان، به شکل بیضی است. می‌گویند ستاره‌شناسی که عکس گوسفند قهوه‌ای را به او نشان دادند، در پاسخ به پرسش بالا، نگاهی به عکس انداخت و گفت: «نتیجه می‌گرفتم که همهٔ گوسفندان روی زمین، قهوه‌ای هستند.»

نوبت به فیزیک‌دان رسید! فیزیک‌دان‌ها در تعمیم‌دادن، با احتیاط‌تر از ستاره‌شناس‌ها هستند! می‌گویند فیزیک‌دان، نگاهی به عکس گوسفند کرد و در پاسخ به پرسش سبزرنگِ بالا گفت: «نتیجه می‌گرفتم که روی زمین، حداقل یک گوسفند قهوه‌ای وجود دارد.»

آخر از همه، نوبت ریاضی‌دان بود! ریاضی‌دان‌ها، بسیار با احتیاط‌اند و به این سادگی‌ها، چیزی را تعمیم نمی‌دهند! او نگاهی به عکس انداخت و گفت: «نتیجه می‌گرفتم که روی زمین، گوسفندی وجود دارد که یک طرفش قهوه‌ای است.»!!

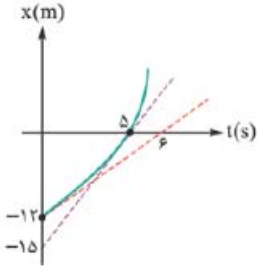
می‌بینید که ریاضی‌دان ما، چون طرف دیگر گوسفند را در عکس نمی‌دید، درمورد رنگ آن، اظهارنظری نکرد! از شما هم انتظار دارم که وقتی می‌خواهید چیزی را تعمیم دهید، به اندازهٔ ریاضی‌دان داستان ما، با احتیاط باشید!

شتاب متوسط و لحظه‌ای

۶۱- توپی روی یک سطح افقی، همانند شکل روبه‌رو، با سرعتی به اندازهٔ $20\,m/s$، به پای فوتبالیستی می‌رسد و او پس از مدت $0/1\,s$ که توپ با پایش تماس دارد، به توپ، سرعتی به اندازهٔ $30\,m/s$ در خلاف جهت اولیه می‌دهد. شتاب متوسط توپ در مدت تماس با پای شخص، چند متر بر مربع ثانیه بوده است؟

۱) $+100$ ۲) -100

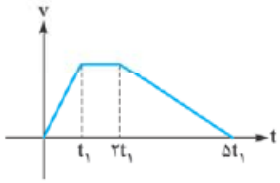
۳) $+500$ ۴) -500



۶۲- شکل روبه‌رو، نمودار مکان ـ زمان متحرکی را نشان می‌دهد که در راستای محور x حرکت می‌کند. خط‌های نقطه‌چین، مماس در دو نقطه از این نمودار را نشان می‌دهند. این متحرک، با سرعت ..... متر بر ثانیه از مبدأ مکان می‌گذرد و شتاب متوسط آن از لحظهٔ صفر تا عبور از مبدأ مکان، ..... متر بر مربع ثانیه است. (به ترتیب، از راست به چپ)

۱) $+0/2\,,+2$ ۲) $-0/2\,,+3$

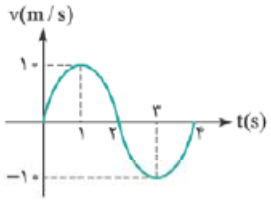
۳) $+0/2\,,+3$ ۴) $-0/2\,,-3$



۶۳- نمودار سرعت ـ زمان متحرکی در مسیر مستقیم، مطابق شکل است. اندازهٔ شتاب متوسط در کدام بازهٔ زمانی، بیشتر است؟

۱) صفر تا t_1 ۲) t_1 تا $5t_1$

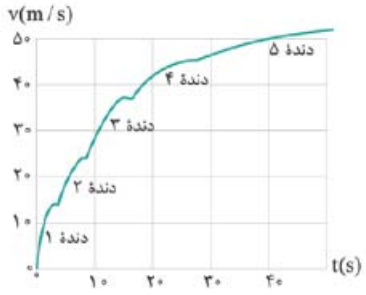
۳) صفر تا $3t_1$ ۴) $3t_1$ تا $5t_1$



۶۴- نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که بر روی خط راست حرکت می‌کند، یک نمودار سینوسی مطابق شکل است. شتاب متوسط و سرعت متوسط در بازهٔ زمانی ۱ تا ۳ ثانیه، به ترتیب از راست به چپ در SI، برابر است با: *(سراسری ریاضی ۸۳)*

۱) صفر، صفر ۲) -10، صفر

۳) صفر، -10 ۴) -10، 10



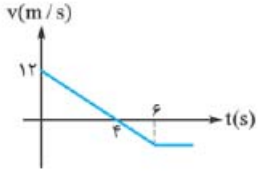
۶۵- نمودار تقریبی سرعت ـ زمان یک خودرو که از حال سکون به حرکت درآمده، ضمن تعویض دنده، از دندهٔ ۱ تا دندهٔ ۵، به صورت روبه‌رو است. (قسمت‌های کوچک افقی، مدت‌زمان‌های مربوط به تعویض دنده‌اند.) شتاب متوسط این خودرو در ۴۰ ثانیه نخست، چند متر بر مربع ثانیه است؟

۱) $0/8$

۲) $1/25$

۳) $2/5$

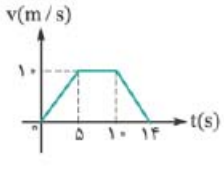
۴) ۱



۶۶- نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل است. بزرگی شتاب متوسط متحرک در بازهٔ زمانی $3\,s \le t \le 6\,s$، چند متر بر مربع ثانیه است؟ *(سراسری تجربی ۸۹)*

۱) ۱ ۲) ۳

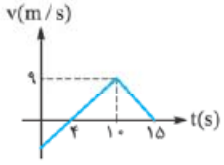
۳) ۴ ۴) ۵



۶۷- متحرکی در مسیر مستقیم حرکت می‌کند و نمودار سرعت ـ زمان آن، مطابق شکل روبه‌رو است. شتاب متوسط این متحرک در بازهٔ زمانی $t = 2\,s$ تا $t = 12\,s$، چند متر بر مجذور ثانیه است؟ *(سراسری تجربی ۹۲)*

۱) $\frac{1}{10}$ ۲) $\frac{5}{10}$

۳) $\frac{7}{10}$ ۴) صفر



۶۸- نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو است. شتاب متوسط متحرک در بازهٔ زمانی $t = 0$ تا $t = 15\,s$ چند متر بر مجذور ثانیه است؟ *(خارج تجربی ۹۳)*

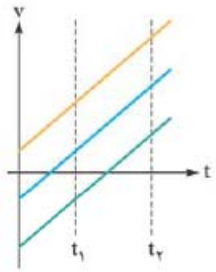
۱) $0/4$ ۲) $0/6$

۳) $0/8$ ۴) ۱

۶۹- در حرکت بر محور x، مکان، سرعت و شتاب متحرک را با x، v و a نشان می‌دهیم. اگر متحرک به طور کندشونده، هم‌جهت با محور x حرکت کند، کدام گزینه الزاماً درست است؟

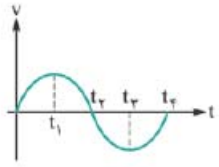
۱) x منفی و a مثبت است.
۲) x مثبت و a منفی است.
۳) x و v مثبت و a منفی است.
۴) v مثبت و a منفی است.

۷۰- نمودار سرعت ـ زمان سه متحرک که بر مسیری مستقیم حرکت می‌کنند، سه خط موازی به شکل روبه‌رو است. در بازهٔ زمانی بین دو لحظهٔ t_1 و t_2، ..... .



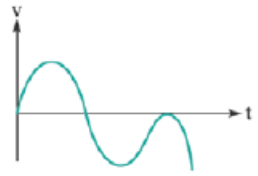
۱) فقط سرعت متوسط آن‌ها مساوی است.
۲) فقط شتاب آن‌ها مساوی است.
۳) سرعت متوسط و شتاب آن‌ها مساوی است.
۴) جابه‌جایی آن‌ها مساوی است.

۷۱- نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو است. در چه فاصلهٔ زمانی‌ای، بردار شتاب متحرک در جهت مثبت محور x است؟ *(سراسری ریاضی ۸۶)*



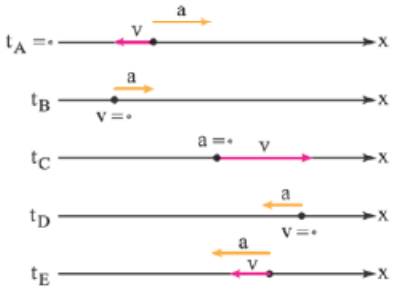
۱) صفر تا t_1
۲) صفر تا t_2
۳) t_2 تا t_4
۴) t_3 تا t_4

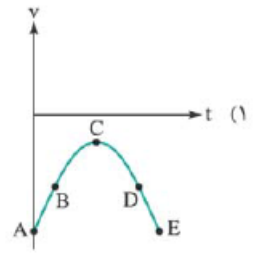
۷۲- نمودار سرعت ـ زمان حرکت متحرکی که روی محور xها حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. کدام‌یک از عبارت‌های زیر در رابطه با این متحرک نادرست است؟ *(آزمون کانون فرهنگی آموزش ۹۶)*

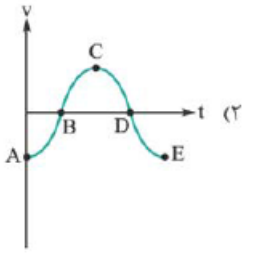


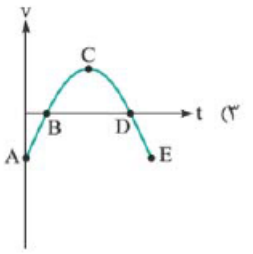
۱) متحرک پس از شروع حرکت دو بار متوقف شده است.
۲) متحرک دو بار جهت حرکت خود را تغییر می‌دهد.
۳) جهت شتاب متحرک سه بار تغییر می‌کند.
۴) شتاب حرکت متحرک، متغیر می‌باشد.

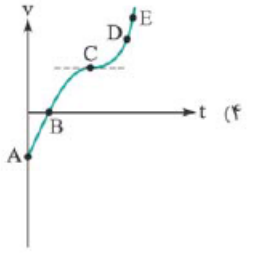
۷۳- شکل‌های روبه‌رو، ذره‌ای را نشان می‌دهند که در راستای محور x حرکت می‌کند. در این شکل‌ها، بردارهای سرعت و شتاب ذره، در پنج نقطهٔ A، B، C، D و E (با رعایت اندازه‌های نسبی آن‌ها)، نشان داده شده‌اند. کدام گزینه، می‌تواند نمودار سرعت ـ زمان این ذره باشد؟



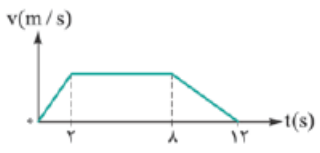
۱)


۲)


۳)


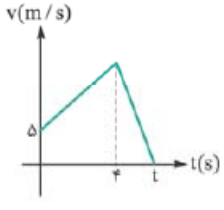
۴)


۷۴- نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که بر روی خط راست حرکت می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو است. بزرگی شتاب متحرک در مرحله‌ای که حرکت آن تندشونده است، چند برابر بزرگی شتاب متحرک در مرحله‌ای است که حرکت آن کندشونده می‌باشد؟ *(آزمون کانون فرهنگی آموزش ۹۷)*



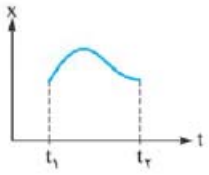
۱) ۲
۲) ۴
۳) $\frac{۱}{۲}$
۴) $\frac{۱}{۴}$

۷۵- نمودار سرعت ـ زمان متحرکی در شکل روبه‌رو رسم شده است. اگر شتاب حرکت در قسمت اول و دوم حرکت، به ترتیب ۲/۵ و ۷/۵− متر بر مربع ثانیه باشد، جابه‌جایی متحرک از لحظهٔ صفر تا t چند متر است؟ *(سراسری ریاضی ۷۶)*



۱) ۴۵
۲) ۵۰
۳) ۵۵
۴) ۶۰

۷۶- شکل روبه‌رو، نمودار مکان ـ زمان حرکت ذره‌ای را که بر مسیر مستقیم حرکت می‌کند، نشان می‌دهد. بین دو لحظهٔ t_1 و t_2، جهت شتاب چند بار عوض شده است؟



۱) صفر
۲) ۱
۳) ۲
۴) ۳

۷۷- کدام گزینه، امکان‌پذیر است؟ (در هر چهار گزینه، حرکت بر یک خط راست، صورت می‌گیرد.)

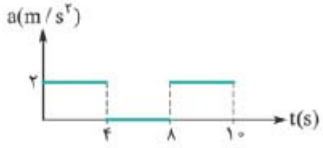
۱) آسانسوری از حال سکون، رو به بالا به حرکت درمی‌آید؛ اما شتابش در آغاز حرکت، رو به پایین است.

۲) سرعت متوسط در یک بازهٔ زمانی، صفر است؛ اما سرعت لحظه‌ای، هرگز صفر نبوده است.

۳) سرعت متوسط در یک بازهٔ زمانی، $10\ m/s$ است؛ اما سرعت لحظه‌ای، هرگز $10\ m/s$ نبوده است.

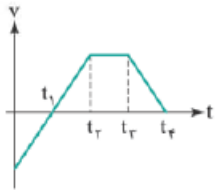
۴) در حالی که اندازهٔ شتاب حرکت، کاهش می‌یابد، تندی متحرک، افزایش می‌یابد.

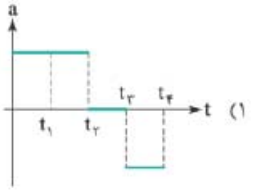
۷۸- شکل روبه‌رو، نمودار شتاب ـ زمان متحرکی را در مسیر مستقیم نشان می‌دهد. اندازهٔ شتاب متوسط در مدت ۱۰ ثانیه چند متر بر مجذور ثانیه است؟ (خارج تجربی ۸۳)

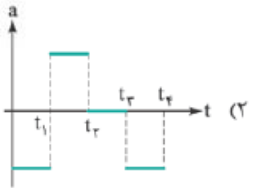


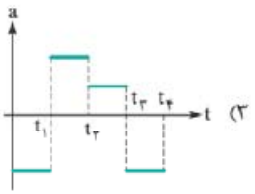
۱) ۰/۴
۲) ۰/۸
۳) ۱/۲
۴) ۱/۶

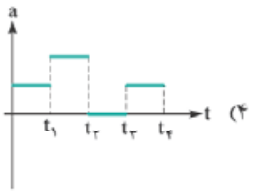
۷۹- با توجه به نمودار سرعت ـ زمان روبه‌رو، نمودار تقریبی شتاب ـ زمان متحرک کدام است؟ (سراسری ریاضی ۷۷)



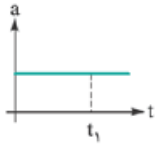
۱)


۲)


۳)


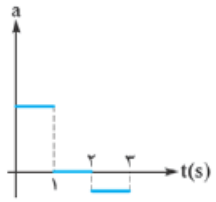
۴)


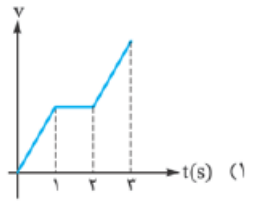
۸۰- نمودار شتاب ـ زمان متحرکی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، به صورت شکل روبه‌رو است. حرکت متحرک در بازهٔ زمانی صفر تا t_1 چگونه است؟ (خارج ریاضی ۸۶)

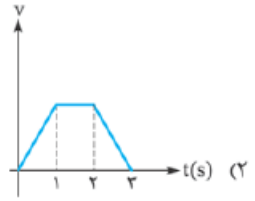


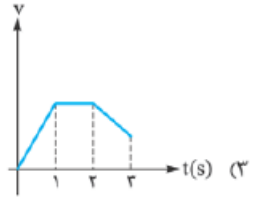
۱) تندشونده
۲) کندشونده
۳) کندشونده و سپس تندشونده
۴) بستگی به سرعت اولیه دارد.

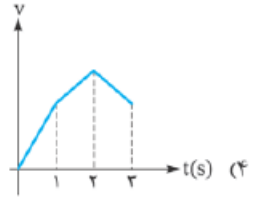
۸۱- نمودار شتاب ـ زمان متحرکی، به صورت روبه‌رو است. نمودار سرعت ـ زمان آن، به کدام صورت زیر است؟ (سراسری تجربی ۷۱)



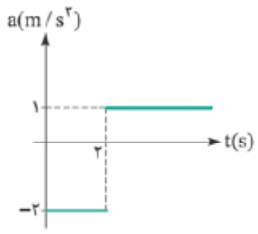
۱)


۲)


۳)


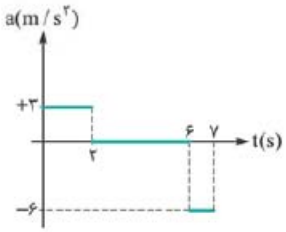
۴)


۸۲- متحرکی از حال سکون در مسیری مستقیم به حرکت درمی‌آید و نمودار شتاب ـ زمان آن مطابق شکل است. در کدام لحظه (برحسب ثانیه) جهت سرعت عوض می‌شود؟ (خارج تجربی ۸۹)



۱) ۲
۲) ۴
۳) ۶
۴) ۸

۸۳- آسانسوری از حال سکون، از طبقهٔ همکف، رو به بالا به راه می‌افتد و نمودار شتاب ـ زمان آن مطابق شکل روبه‌رو است. در لحظهٔ $7\ s$ آسانسور در چه ارتفاعی (برحسب متر) از طبقهٔ همکف قرار دارد؟



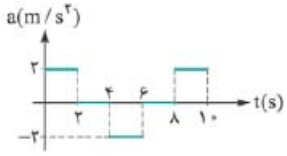
۱) صفر

۲) ۱۱

۳) ۲۲

۴) ۳۳

۸۴- نمودار شتاب ـ زمان متحرکی که از حال سکون بر محور x به حرکت درآمده، به شکل روبه‌رو است. در ۱۰ ثانیهٔ نشان داده‌شده، این متحرک چند ثانیه ساکن بوده است؟



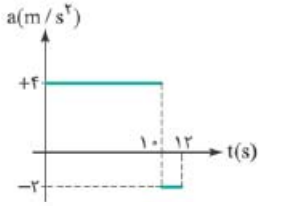
۱) ۲

۲) ۴

۳) ۶

۴) صفر

۸۵- نمودار شتاب ـ زمان متحرکی که سرعتش در مبدأ زمان $+5$ متر بر ثانیه است. به صورت شکل روبه‌رو می‌باشد. سرعت متوسط متحرک در این ۱۲ ثانیه، چند متر بر ثانیه است؟ *(سراسری ریاضی ۹۴)*



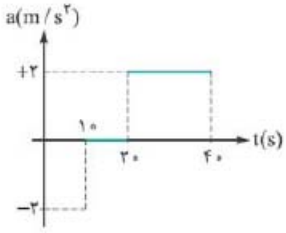
۱) ۱۳/۵

۲) ۱۴

۳) ۲۷

۴) ۲۸

۸۶- نمودار شتاب ـ زمان متحرکی که از حال سکون، روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو است. در بازهٔ زمانی $t_1 = 20\ s$ تا $t_2 = 35\ s$، کدام مورد درست است؟ *(سراسری تجربی ۹۴)*



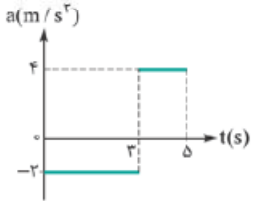
۱) حرکت تندشونده است.

۲) حرکت کندشونده است.

۳) جهت حرکت یک بار تغییر می‌کند.

۴) متحرک در جهت محور x حرکت می‌کند.

۸۷- شکل روبه‌رو نمودار شتاب ـ زمان متحرکی را که روی خط راست حرکت می‌کند، نشان می‌دهد. اگر سرعت اولیهٔ متحرک $2\ m/s$ و در جهت محور xها باشد، در کدام‌یک از بازه‌های زمانی زیر، بزرگی جابه‌جایی با مسافت طی‌شده توسط متحرک برابر است؟ *(آزمون کانون فرهنگی آموزش ۹۶)*



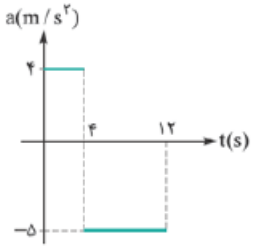
۱) ۱ s تا ۵ s

۲) ۲ s تا ۵ s

۳) ۱ s تا ۴ s

۴) ۳ s تا ۵ s

۸۸- نمودار شتاب ـ زمان متحرکی که در مبدأ زمان با سرعت ۴ متر بر ثانیه از مبدأ مکان می‌گذرد، مطابق شکل است. مسافت طی‌شده در بازهٔ زمانی صفر تا ۱۲ ثانیه چند متر است؟ *(خارج تجربی ۹۲)*



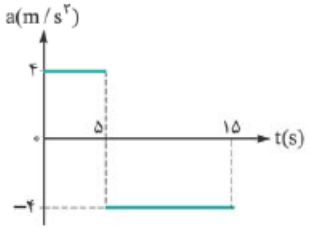
۱) ۴۸

۲) ۹۶

۳) ۱۲۸

۴) ۱۶۰

۸۹- نمودار شتاب ـ زمان متحرکی که در راستای محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو است. اگر در مبدأ زمان، متحرک با سرعتی به اندازهٔ $10\ m/s$ در خلاف جهت محور x در حرکت باشد، تندی متوسط متحرک در این $15\ s$، چند متر بر ثانیه است؟ *(آزمون کانون فرهنگی آموزش ۹۷)*



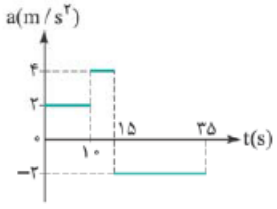
۱) ۴

۲) ۱۰

۳) ۲۴

۴) ۱۵

۹۰- نمودار شتاب ـ زمان متحرکی که روی محور x در لحظهٔ $t = 0$ از مبدأ می‌گذرد، مطابق شکل روبه‌رو است. اگر $v_0 = -10\ m/s$ باشد، بیشترین فاصلهٔ متحرک از مبدأ در بازهٔ زمانی $t = 0$ تا $t = 35\ s$ چند متر است؟ *(سراسری تجربی ۹۵)*



۱) ۲۱۰

۲) ۲۲۵

۳) ۳۲۵

۴) ۳۵۰

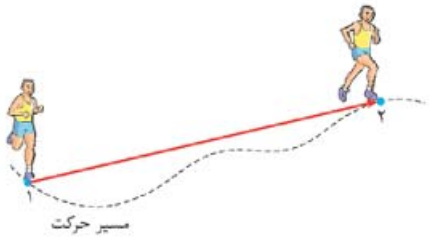
آشتی با کتاب درسی

«منبع اصلی طرح تست‌های کنکور سراسری، کتاب درسی است.» این جمله را مسئولین سازمان سنجش، بارها در سخنان خود، مورد تأکید قرار داده‌اند. متأسفانه بسیاری از داوطلبان کنکور، به جای تمرکز بر کتاب‌های درسی، بیشتر زمان خود را بر روی جزوه‌ها یا تست‌های منابع گوناگون می‌گذرانند و با کتاب درسی، قهرند! از طرف دیگر، در کنکورهای اخیر، بسیار دیده شده است که تمرین‌ها یا مثال‌های کتاب درسی، عیناً در کنکور سراسری، به صورت چهار گزینه‌ای، داده شده‌اند.

در این کتاب، در هر فصل، بخشی با عنوان آشتی با کتاب درسی وجود دارد که در آن، از سطربه‌سطر کتاب درسی، تست طرح شده است. در طرح این تست‌ها، از متن، مثال‌ها، تمرین‌ها، آزمایش‌ها و فعالیت‌های غیرتحقیقی کتاب، استفاده کرده‌ایم و با پاسخگویی به تست‌های این قسمت، خیالتان از کتاب درسی، از هر نظر آسوده خواهد شد!

بد نیست این تست‌ها را به صورت آزمون، با محدودکردن زمان، پاسخ دهید. برای هر تست، به طور متوسط، ۷۴ ثانیه زمان به خودتان بدهید و پس از پایان زمان آزمون، به سراغ پاسخ‌های تشریحی بروید. توجه داشته باشید که سطح دشواری آزمون‌های آشتی با کتاب درسی، درست در سطح کتاب درسی شما است و اگر تست‌های بانک تست را به خوبی درک کرده باشید، این آزمون‌ها، باید به نظرتان ساده بیایند!

۲۳۸- در شکل روبه‌رو، در حرکت دونده از نقطهٔ (۱) تا (۲)، ..... را ..... می‌نامیم.
(گزینه‌ها را به ترتیب، از راست به چپ بخوانید.)



۱) طول مسیر حرکت، جابه‌جایی
۲) اندازهٔ جابه‌جایی، مسافت پیموده‌شده
۳) طول مسیر حرکت، مسافت پیموده‌شده
۴) اندازهٔ جابه‌جایی، تندی متوسط

۲۳۹- شخصی همانند شکل زیر، بر مسیری مستقیم، از نقطهٔ (۱) به نقطهٔ (۲) می‌رود و سپس، در خلاف جهت اولیه بازمی‌گردد. اگر نقطهٔ (۳) درست وسط دو نقطهٔ (۱) و (۲) واقع باشد، در حرکت از نقطهٔ (۱) به (۲) و سپس به نقطهٔ (۳)، مسافت پیموده‌شده، چند برابر اندازهٔ جابه‌جایی است؟

۱) ۲
۲) ۳
۳) ۱/۵
۴) ۱

۲۴۰- همانند شکل روبه‌رو، دو نقطهٔ (۱) و (۲) را در مسیر حرکت ماه به دور زمین، در نظر گرفته‌ایم. با توجه به سوی گردش ماه در این شکل، کدام گزینه درست است؟

۱) اندازهٔ جابه‌جایی ماه در حرکت از نقطهٔ (۱) به (۲)، کوچک‌تر از اندازهٔ جابه‌جایی آن، در حرکت از نقطهٔ (۲) به (۱) است.

۲) بردار جابه‌جایی ماه در حرکت از نقطهٔ (۱) به (۲)، برابر با بردار جابه‌جایی آن، در حرکت از نقطهٔ (۲) به (۱) است.

۳) مسافت پیموده‌شده در حرکت از نقطهٔ (۱) به (۲)، کوچک‌تر از اندازهٔ جابه‌جایی ماه در حرکت از نقطهٔ (۲) به (۱) است.

۴) مسافت پیموده‌شده در حرکت از نقطهٔ (۱) به (۲)، کوچک‌تر از مسافت پیموده‌شده در حرکت از نقطهٔ (۲) به (۱) است.

۲۴۱- در یک بازهٔ زمانی معین، تندی متوسط یک جسم، همیشه ..... اندازهٔ سرعت متوسط آن است.

۱) برابر با ۲) کم‌تر از ۳) بیشتر از ۴) برابر یا بیشتر از

۲۴۲- در کدام گزینهٔ زیر، اندازهٔ سرعت متوسط در یک بازهٔ زمانی معین، الزاماً برابر با تندی متوسط در همان بازه است؟

۱) جسمی بر روی یک خط راست، حرکت می‌کند. ۲) جسمی جهت حرکت خود را تغییر نمی‌دهد.

۳) جسمی هرگز توقف نمی‌کند. ۴) هر سه گزینهٔ قبل.

۲۴۳- شخصی همانند شکل زیر، بر روی یک خط راست. از نقطهٔ (۱) به نقطهٔ (۲) می‌رود و پس از توقفی کوتاه در آن نقطه، دوباره به نقطهٔ (۱) بازمی گردد و مدام، همین حرکت را تکرار می‌کند. بازهٔ زمانی‌ای را در نظر می‌گیریم که شخص در ابتدای آن، در نقطهٔ (۱) و در پایان آن، در نقطهٔ (۲) است. اگر در این بازهٔ زمانی، جهت حرکت شخص ۲ مرتبه تغییر کرده باشد، تندی متوسط شخص در این بازه، چند برابر اندازهٔ سرعت متوسط آن است؟

۱) ۱

۲) ۲

۳) ۳

۴) ۱/۵

۲۴۴- یک روز عصر، برای این‌که در تهران، با خودرو از میدان انقلاب به میدان تجریش برویم، از نقشهٔ گوگل استفاده می‌کنیم. سه مسیر پیشنهادی گوگل، در شکل روبه‌رو نشان داده شده است. در کدام مسیر، تندی متوسط بیشتری خواهیم داشت؟

۱) مسیر (الف)

۲) مسیر (ب)

۳) مسیر (پ)

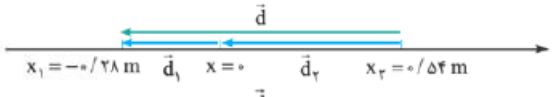
۴) تندی متوسط در هر سه مسیر پیشنهادی، یکسان است.

۲۴۵- دونده‌ای بدون آن‌که جهت حرکت خود را تغییر دهد، بر محور x می‌دود و مکان او در دو لحظهٔ t_1 و t_2، به ترتیب، برابر x_1 و x_2 است. جابه‌جایی او در بازهٔ زمانی بین دو لحظهٔ t_1 و t_2، برابر ..... و مسافتی که در همین مدت پیموده، برابر ..... است. (به ترتیب، از راست به چپ)

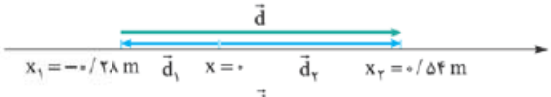
۱) $(x_2+x_1)\vec{i}$ ، $|x_2+x_1|$ ۲) $(x_2+x_1)\vec{i}$ ، $|x_2-x_1|$ ۳) $(x_2-x_1)\vec{i}$ ، $|x_2-x_1|$ ۴) $(x_1-x_2)\vec{i}$ ، $|x_2+x_1|$

۲۴۶- کفشدوزکی همانند شکل زیر، بر محور x حرکت می‌کند و مکان آن، در دو لحظهٔ $t_1=0$ و $t_2=82\,s$ به ترتیب، برابر $x_1=-0/28\,m$ و $x_2=0/54\,m$ است. در کدام گزینه، سرعت متوسط این کفشدوزک در بازهٔ زمانی بین این دو لحظه، درست نوشته شده و بردارهای مکان در آغاز و پایان این بازه $(\vec{d}_1, \vec{d}_2)$ و بردار جابه‌جایی آن در این بازهٔ زمانی $(\vec{d})$، درست رسم شده است؟

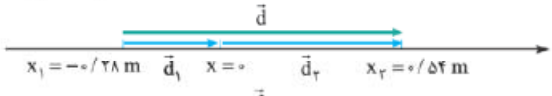
۱) x ، $-0/01\,m/s$



۲) x ، $+0/01\,m/s$



۳) x ، $+0/01\,m/s$



۴) x ، $-0/01\,m/s$

۲۴۷- جدول زیر، مربوط به دو متحرک، در یک بازهٔ زمانی ۴ ثانیه‌ای است. در کدام گزینه، این جدول به درستی کامل شده است؟

	مکان آغازین	مکان پایانی	جابه‌جایی	سرعت متوسط
متحرک A		$(-۲/۵\,m)\vec{i}$	$(-۵/۶\,m)\vec{i}$	
متحرک B	$(-۱/۴\,m)\vec{i}$			$(۲/۴\,m/s)\vec{i}$

۱)

	مکان آغازین	مکان پایانی	جابه‌جایی	سرعت متوسط
متحرک A	$(۸/۱\,m)\vec{i}$	$(-۲/۵\,m)\vec{i}$	$(-۵/۶\,m)\vec{i}$	$(-۲/۰۲۵\,m/s)\vec{i}$
متحرک B	$(-۱/۴\,m)\vec{i}$	$(۱۱\,m)\vec{i}$	$(۹/۶\,m)\vec{i}$	$(۲/۴\,m/s)\vec{i}$

۲)

	مکان آغازین	مکان پایانی	جابه‌جایی	سرعت متوسط
متحرک A	$(۸/۱\,m)\vec{i}$	$(-۲/۵\,m)\vec{i}$	$(-۵/۶\,m)\vec{i}$	$(-۲/۰۲۵\,m/s)\vec{i}$
متحرک B	$(-۱/۴\,m)\vec{i}$	$(۸/۲\,m)\vec{i}$	$(۹/۶\,m)\vec{i}$	$(۲/۴\,m/s)\vec{i}$

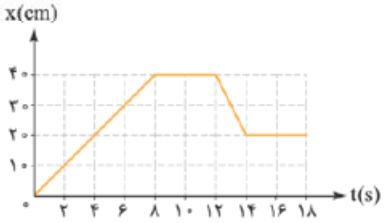
۳)

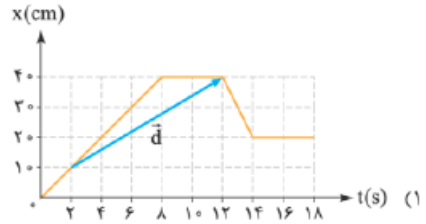
	مکان آغازین	مکان پایانی	جابه‌جایی	سرعت متوسط
متحرک A	$(۳/۱\,m)\vec{i}$	$(-۲/۵\,m)\vec{i}$	$(-۵/۶\,m)\vec{i}$	$(-۱/۴\,m/s)\vec{i}$
متحرک B	$(-۱/۴\,m)\vec{i}$	$(۸/۲\,m)\vec{i}$	$(۹/۶\,m)\vec{i}$	$(۲/۴\,m/s)\vec{i}$

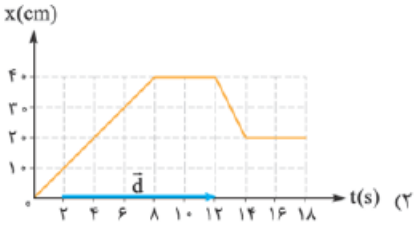
۴)

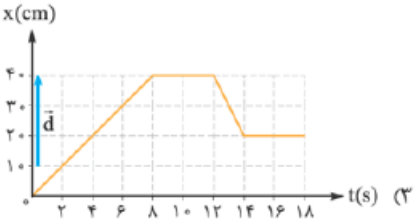
	مکان آغازین	مکان پایانی	جابه‌جایی	سرعت متوسط
متحرک A	$(۳/۱\,m)\vec{i}$	$(-۲/۵\,m)\vec{i}$	$(-۵/۶\,m)\vec{i}$	$(-۱/۴\,m/s)\vec{i}$
متحرک B	$(-۱/۴\,m)\vec{i}$	$(۱۱\,m)\vec{i}$	$(۹/۶\,m)\vec{i}$	$(۲/۴\,m/s)\vec{i}$

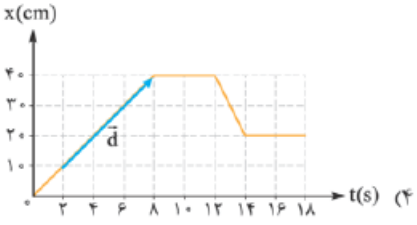
۲۴۸- نمودار مکان ــ زمان مورچه‌ای که در راستای محور x حرکت می‌کند، به شکل روبه‌رو است. در کدام گزینه، بردار جابه‌جایی $(\vec{d})$ مورچه در بازهٔ زمانی (۲ s،۱۲ s)، درست نشان داده شده است؟



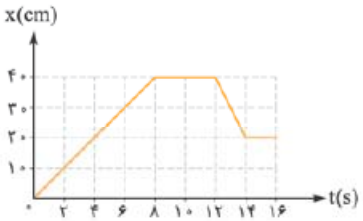
۱)


۲)


۳)


۴)


۲۴۹- نمودار مکان ــ زمان حرکت مورچه‌ای بر محور x، به شکل روبه‌رو است. در ..... درصد از بازهٔ زمانی بین صفر تا ۱۶ s، حرکت این مورچه در خلاف جهت محور و در ..... درصد از این بازهٔ زمانی، مورچه ساکن است. (به ترتیب، از راست به چپ)



۱) ۲۵ ،۱۲/۵
۲) ۳۷/۵ ،۲۵
۳) ۲۵ ،۲۵
۴) ۳۷/۵ ،۱۲/۵

پرسش‌های امتحانی

سال دوازدهم، بیش از دو سال گذشته، حساس و سرنوشت ساز است! شما باید علاوه بر کنکور سراسری، برای امتحان‌های نهایی نیز آماده شوید. خوشبختانه در درس فیزیک، برای موفقیت در دو آزمون، نیازی به پیمودن دو مسیر متفاوت نیست! چنان‌که تا این‌جا هم دیدید، تست‌های کنکور، به خصوص در دههٔ ۹۰، گاهی چنان تشریحی‌اند که هیچ‌یک از مسئله‌های امتحان نهایی، به پای آن‌ها نمی‌رسد! به همین دلیل است که کسی نمی‌تواند ادعا کند در فیزیک، خوب تست می‌زند؛ اما نمی‌تواند به خوبی از عهدهٔ سؤال‌های امتحانی برآید.

به هر روی، در همین کتاب، همهٔ آن‌چه برای موفقیت در کنکور و امتحان نهایی نیاز دارید، پیش‌بینی شده است و نباید نگران هیچ چیز باشید! آخرین بخش هر فصل، به نمونه سؤال‌های امتحانی اختصاص دارد. سعی شده است که همهٔ مدل‌های رایج در آزمون‌های تشریحی، ارائه شود تا شما به خوبی، آمادگی برخورد با هر نوع پرسش یا مسئله‌ای را داشته باشید. یادتان باشد که پیش از امتحان‌های تشریحی، علاوه بر مطالعهٔ این بخش، تست‌های مهم بانک تست و همهٔ تست‌های آزمون آشتی با کتاب درسی را هم مرور کنید.

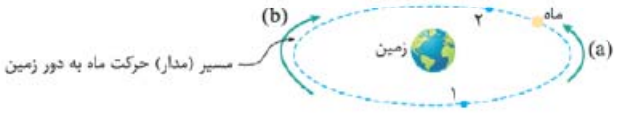
درست‌یا‌نادرست

لطفاً هر یک از عبارت‌های زیر را به دقت بخوانید و جلوی هر کدام، یکی از دو واژهٔ درست یا نادرست را بنویسید.

۱- به اندازهٔ جابه‌جایی یک جسم، مسافت پیموده‌شده گفته می‌شود.

۲- پاره‌خط جهت‌داری که مکان آغازین یک متحرک را به مکان پایانی آن وصل می‌کند، جابه‌جایی نام دارد.

۳- در شکل روبه‌رو، اگر ماه در سوی (a)، از مکان (۱) به مکان (۲) برود، جابه‌جایی‌اش در خلاف جهت حالتی است که در سوی (b)، از مکان (۱) به مکان (۲) برود.



۴- وقتی جسمی بر روی یک خط راست حرکت می‌کند، مسافت پیموده‌شده با اندازهٔ جابه‌جایی مساوی است.

۵- تندی متوسط در یک بازهٔ زمانی، برابر با اندازهٔ سرعت متوسط در آن بازه است.

۶- تندی متوسط، کمیتی نرده‌ای و سرعت متوسط، کمیتی برداری است.

۷- شیب خطی که دو نقطه از نمودار مکان ـ زمان را به یکدیگر وصل می‌کند، برابر با سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی بین آن دو نقطه است.

۸- در هر لحظه از حرکت، اندازهٔ سرعت لحظه‌ای، برابر تندی لحظه‌ای است.

۹- در حرکت بر خط راست، سرعت در هر لحظهٔ دلخواه، شیب خط مماس بر نمودار مکان ـ زمان در آن لحظه است.

۱۰- در شکل روبه‌رو، اندازهٔ سرعت گلوله در لحظهٔ t_1، الزاماً کم‌تر از اندازهٔ سرعت آن در لحظهٔ t_2 بوده است.

۱۱- وقتی جسمی در یک راستا حرکت می‌کند و شتاب متوسط آن را از رابطهٔ $a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ محاسبه می‌کنیم، علامت جبری v_1 و v_2 رادر نظر نمی‌گیریم.

۱۲- اگر در حرکت بر خط راست، شتاب متحرک ثابت باشد، سرعت متوسط در هر بازهٔ زمانی دلخواه، با سرعت لحظه‌ای مساوی است.

۱۳- اگر نمودار سرعت ـ زمان، برای متحرکی که بر محور x حرکت می‌کند، خط راست باشد، شتاب متوسط در هر بازهٔ زمانی دلخواه با شتاب لحظه‌ای مساوی است.

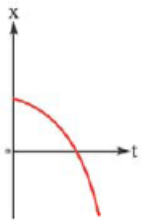
۱۴- در حرکت با سرعت ثابت بر خط راست، سرعت متوسط متحرک در هر بازهٔ زمانی دلخواه، با سرعت لحظه‌ای مساوی است.

۱۵- اگر سرعت متوسط متحرکی که در راستای محور x حرکت می‌کند، در یک بازهٔ زمانی مثبت باشد، جهت حرکت متحرک در تمام لحظات آن بازه، هم‌جهت با محور x بوده است.

۱۶- مکان متحرک در لحظهٔ $t = 0$ را مبدأ مکان می‌نامند.

۱۷- در حرکت با شتاب ثابت بر خط راست، نمودار سرعت ـ زمان، به شکل سهمی است.

۱۸- نمودار روبه‌رو که برای یک حرکت با شتاب ثابت بر محور x رسم شده است، مربوط به حالتی است که $x_0 > 0$ و $a < 0$ باشد.



۱۹- منظور از سقوط آزاد، فقط حالتی است که جسمی را از حال سکون، به طرف زمین رها کنیم و تأثیر مقاومت هوا بر آن ناچیز باشد.

۲۰- شتاب سقوط آزاد، برای اجسام سنگین، بیشتر از اجسام سبک است.

تمرین‌های دوقلو

قُل اول:

فعلاً کاری به جریان دوقلو نداشته باشید! لطفاً یک مداد بردارید و جاهای خالی در عبارت‌های زیر را پر کنید.

۲۱- وقتی متحرکی از یک مکان، به مکانی دیگر می‌رود، طول مسیر حرکت را ..... می‌نامیم.

۲۲- به پاره‌خط جهت‌داری که مکان متحرک در آغاز یک بازهٔ زمانی را به مکان آن در پایان آن بازه وصل می‌کند، ..... گفته می‌شود.

۲۳- در حرکت بر خط راست، اگر ..... تغییر نکند، مسافت پیموده‌شده با اندازهٔ جابه‌جایی مساوی است.

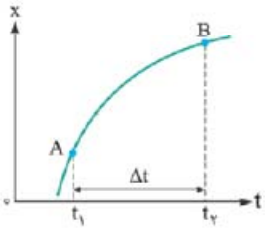
۲۴- اگر متحرکی در بازهٔ زمانی Δt، جابه‌جایی‌ای برابر d داشته باشد و مسافت l را طی کند، تندی متوسط آن در این بازهٔ زمانی، از رابطهٔ ..... و سرعت متوسط آن، از رابطهٔ ..... به دست می‌آید.

۲۵- در حرکت بر خط راست، اگر جهت حرکت تغییر نکند، اندازهٔ سرعت متوسط در یک بازهٔ زمانی، با ..... برابر است.

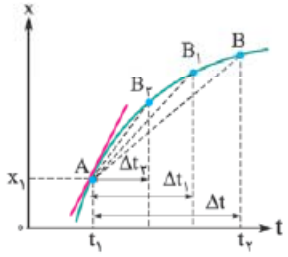
۲۶- برداری که مبدأ مکان را به مکان جسم در هر لحظه وصل می‌کند، ..... نام دارد.

۲۷- تندی متحرک در ..... را تندی لحظه‌ای می‌نامیم. اگر هنگام گزارش تندی لحظه‌ای، به جهت حرکت متحرک هم اشاره کنیم، در واقع ..... آن را بیان کرده‌ایم.

۲۸- در شکل روبه‌رو که نمودار مکان ـ زمان متحرکی است که در راستای محور x حرکت می‌کند، سرعت متوسط در بازهٔ زمانی بین دو لحظهٔ t_1 و t_2، برابر ..... خط AB است.

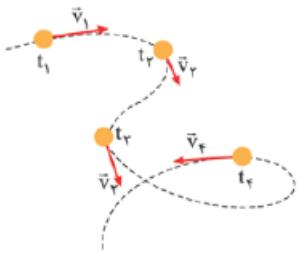


۲۹- شکل روبه‌رو، نمودار مکان ـ زمان متحرکی است که در راستای محور x حرکت می‌کند. این شکل نشان می‌دهد که اگر لحظهٔ t_2 به لحظهٔ t_1 بسیار نزدیک شود، خط واصل دو نقطهٔ نمودار، به ..... تبدیل می‌شود و ..... این خط، برابر سرعت لحظه‌ای در لحظهٔ t_1 است.



۳۰- هرگاه ..... جسمی تغییر کند، حرکت آن جسم، شتابدار است، این تغییر، می‌تواند از نظر ..... یا ..... و یا هر دوی این‌ها باشد.

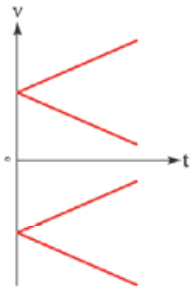
۳۱- در شکل روبه‌رو، بردار سرعت یک گلوله در چهار لحظه با رعایت مقیاس در اندازه‌هایشان، نشان داده شده‌اند. به دلیل تغییر ..... و ..... سرعت، حرکت این جسم، شتابدار است.



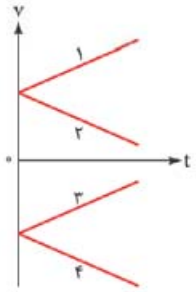
۳۲- شتاب لحظه‌ای، یعنی شتاب متحرک در .....، که برابر با ..... بر نمودار سرعت ـ زمان در آن لحظه است.

۳۳- در حرکت با سرعت ثابت بر خط راست، شیب نمودار مکان ـ زمان در تمام لحظات، ..... است؛ در نتیجه سرعت متوسط در هر بازهٔ زمانی دلخواه، برابر با ..... است.

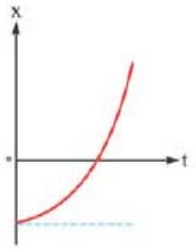
۳۴- نمودارهای روبه‌رو، مربوط به متحرکی هستند که ..... حرکتش، ثابت است.



۳۵- از نمودارهای روبه‌رو، دو موردی که با شماره‌های ..... و ..... مشخص‌شده‌اند، حرکتی کندشونده را نشان می‌دهند.



۳۶- نمودار مکان ـ زمان متحرکی که با شتاب ثابت، در راستای محور x حرکت می‌کند، به شکل روبه‌رو است. علامت شتاب این متحرک، ..... ، علامت مکان اولیه‌اش، ..... و سرعت اولیه‌اش، ..... است.



۳۷- به حرکت جسمی که تحت تأثیر ..... قرار دارد و تأثیر مقاومت هوا را بر آن، می‌توان نادیده گرفت، سقوط آزاد گفته می‌شود.

۳۸- حرکت سقوط آزاد، افزون بر رها کردن یک جسم، ..... را نیز شامل می‌شود.

قُل دوم:

بسیار خوب! حالا وقت آن رسیده که بفهمید منظور از تمرین‌های دوقلو، چیست! موضوع از این قرار است که در این قسمت، تعدادی پرسش برایتان گذاشته‌ایم که پاسخ هر کدام، عبارتی از قل اول است که کامل کردید. اگر به عنوان مثال، پاسخ پرسش ۱۲ در قل دوم را نمی‌دانستید، کافی است به قل اول مراجعه کنید و عبارت شمارهٔ ۱۲ را ببینید! (بد نیست قبل از پرداختن به پرسش‌های زیر، پاسخ‌های قُل اول را ببینید.)

۲۱- منظور از «مسافت پیموده‌شده» چیست؟

۲۲- منظور از جابه‌جایی در یک بازهٔ زمانی چیست؟

۲۳- در حرکت بر خط راست، در چه صورت مسافت پیموده‌شده با اندازهٔ جابه‌جایی مساوی است؟

۲۴- رابطه‌های مربوط به تندی متوسط و سرعت متوسط را بنویسید. هر یک از نمادهایی که در این رابطه‌ها به کار برده‌اید، بیانگر چه کمیتی هستند؟

۲۵- در چه صورت اندازهٔ سرعت متوسط متحرک، با تندی متوسط آن برابر است؟

۲۶- منظور از بردار مکان چیست؟

۲۷- تندی لحظه‌ای و سرعت لحظه‌ای را تعریف کنید.

۲۸- با رسم یک نمودار مکان ـ زمان دلخواه برای متحرکی که در راستای محور x حرکت می‌کند، توضیح دهید چگونه می‌توان از روی آن، سرعت متوسط متحرک را در یک بازهٔ زمانی، تعیین کرد.

۲۹- با استفاده از یک نمودار مکان ـ زمان برای متحرکی که در راستای محور x حرکت می‌کند، مفهوم سرعت لحظه‌ای را بیان کنید.

۳۰- در چه صورت حرکت یک جسم، شتاب‌دار است؟

۳۱- با رسم یک شکل، حرکتی را نشان دهید که در آن، شتاب، هم به دلیل تغییر اندازه و هم به دلیل تغییر جهت سرعت پدید می‌آید.

۳۲- منظور از شتاب لحظه‌ای چیست؟ چگونه می‌توان آن را از روی نمودار سرعت ـ زمان، تعیین کرد؟

۳۳- چرا در حرکت با سرعت ثابت بر خط راست، سرعت متوسط در هر بازهٔ زمانی دلخواه، با سرعت لحظه‌ای برابر است؟

۳۴- در حرکت با شتاب ثابت، نمودار سرعت ـ زمان، به چه شکلی است؟ چهار حالتی را رسم کنید که در آن‌ها، سرعت اولیه صفر نباشد.

۳۵- برای حرکت با شتاب ثابت، دو نمودار سرعت ـ زمان رسم کنید که هر دو، بیانگر حرکتی کندشونده باشند.

۳۶- نمودار مکان ـ زمان متحرکی را رسم کنید که از حال سکون، با شتابی ثابت و مثبت و مکان اولیه‌ای منفی به حرکت درمی‌آید.

۳۷- منظور از حرکت سقوط آزاد چیست؟

۳۸- به جز جسمی که از ارتفاعی رها می‌شود، چه حالت‌های دیگری را می‌توان سقوط آزاد نامید؟