کتاب آموزش

فیزیک دوازدهم یاقوت

(رشته علوم تجربی)

از مجموعه رشادت

محمد گلزاری - منیر سادات موسوی - البرز ضرغام بروجنی - ابراهیم دانشمند مهربانی

بسم الله الرحمن الرحيم

به‌نام خداوند جان و خرد

کزین برتر اندیشه برنگذرد

با سلام

خداوند را شاکریم که کتاب «**فیزیک دوازدهم یاقوت**» از مجموعهٔ کتاب‌های «**رشادت**» مبتکران را زمانی در اختیار همکاران گرامی و دانش‌آموزان عزیز قرار می‌دهیم که کتاب «**فیزیک دهم**» از این مجموعه پیش‌تر مورد تأیید سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزش و پرورش قرار گرفته و «**فیزیک یازدهم**» در دست بررسی آن سازمان است.

در این کتاب نیز مانند دیگر کتاب‌های فیزیک سری رشادت سر فصل به چندین گفتار تقسیم شده است و در هر گفتار شامل عناوین زیر است:

- درس‌نامهٔ کامل با مثال‌های متنوع تشریحی و چهارگزینه‌ای
- نمونه سؤال‌های تشریحی و پرتکرار از آزمون‌های نهایی سال‌های قبل
- مجموعه تست‌های مفهومی بر اساس اهداف کتاب درسی
- سؤال‌های چهارگزینه‌ای جامع از آزمون‌های سراسری و آزاد
- سؤال‌های نکته‌دار و چالشی از کتاب‌های مطرح جهان

لازم به ذکر است تست‌های مقدماتی با توجه به سطوح یادگیری در طبقه‌بندی بلوم تقسیم گردیده و از حیطه‌های یادسپاری آغاز و به سطوح فهم و کاربرد و تحلیل رسیده است. همچنین سؤالات نکته‌دار و پیچیده با علامت ★ مشخص شده‌اند.

امیدواریم کتاب پیش رو که چکیدهٔ چندین سال تدریس مؤلفین است مورد استفادهٔ دانش‌آموزان و دبیران گرامی قرار گیرد. در پایان لازم می‌دانیم از مؤلفین کتاب آقای محمد گلزاری، خانم منیرسادات موسوی، آقای البرز ضرغام بروجنی و آقای ابراهیم دانشمند مهربانی که این کتاب را زیر نظر دبیر مجموعه مهندس هادی عزیززاده تألیف کرده‌اند تشکر کنیم.

همچنین از خانم سپیده خداوردی (حروفچین و صفحه‌آرا)، خانم‌ها سمانه مسروری و بهاره خدامی (گرافیست‌ها) و زهرا گودرز و سپیده رشیدی (طراح جلد) بسیار سپاسگزاریم و برای همهٔ این عزیزان آرزوی موفقیت می‌کنیم.

انتشارات مبتکران

فهرست

فصل اول: حرکت بر خط راست

گفتار ۱: چارچوب مرجع، مکان، جابه‌جایی و مسافت/ آشنایی با انواع نمودارها و حرکت با سرعت ثابت ۹

گفتار ۲: حرکت با شتاب ثابت و شناخت نمودارهای آن ۳۳

تست‌های مقدماتی فصل ۱ ..... ۵۲

پاسخ‌نامه تست‌های مقدماتی ۶۱

پرسش‌های چهارگزینه‌ای جامع فصل ۱ ..... ۶۷

پاسخ‌نامه پرسش‌های چهارگزینه‌ای جامع ۷۴

فصل دوم: دینامیک

گفتار ۱: نیرو و قانون‌های نیوتون ۸۳

گفتار ۲: معرفی نیروهای خاص ۹۵

گفتار ۳: تکانه / نیروی گرانشی ۱۲۱

تست‌های مقدماتی فصل ۲ ..... ۱۲۹

پاسخ‌نامه تست‌های مقدماتی ۱۳۶

پرسش‌های چهارگزینه‌ای جامع فصل ۲ ..... ۱۴۳

پاسخ‌نامه پرسش‌های چهارگزینه‌ای جامع ۱۵۰

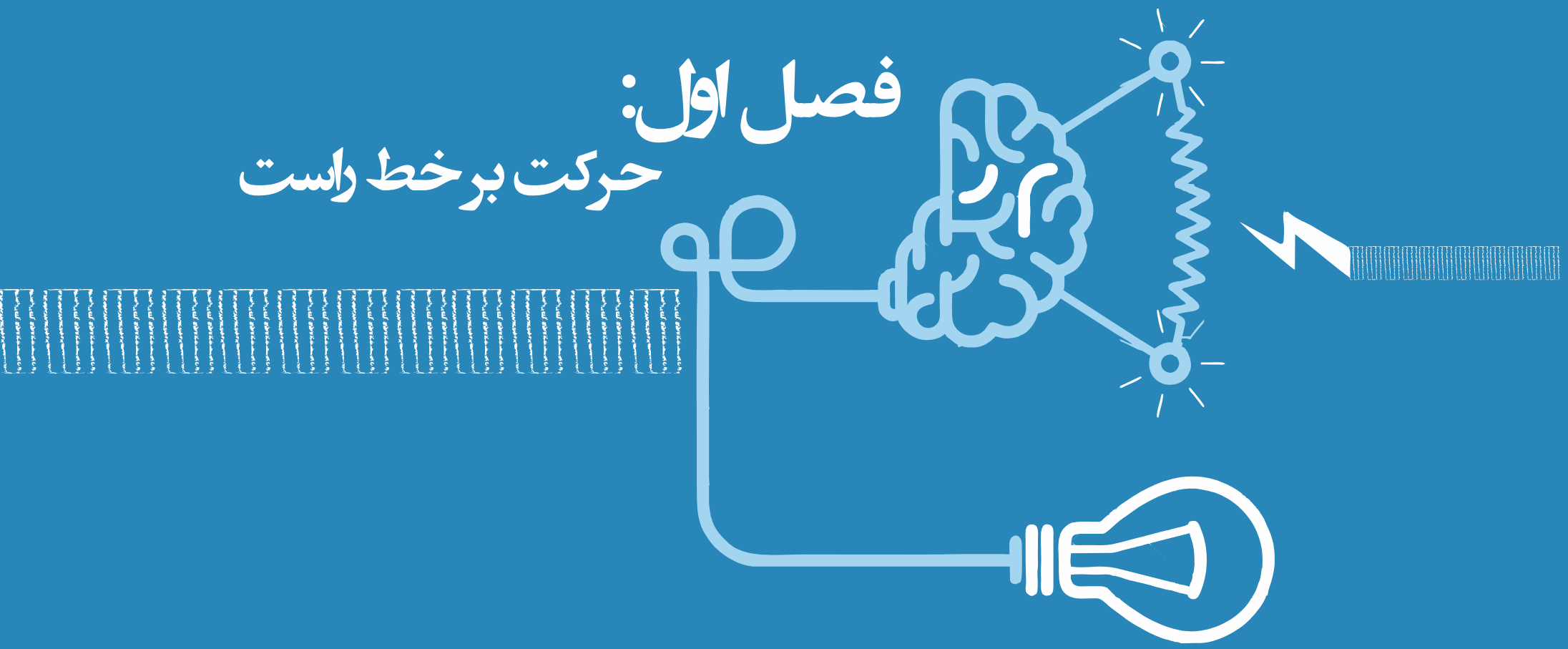
فصل سوم: نوسان و امواج

گفتار ۱: آشنایی با حرکت نوسانی ساده ۱۶۳
گفتار ۲: آشنایی با سامانهٔ وزنه ـ فنر و انرژی در حرکت نوسانی و آونگ ساده ۱۷۱
گفتار ۳: موج‌های عرضی و امواج الکترومغناطیسی ۱۸۱
گفتار ۴: موج‌های طولی و موج صوتی ۱۹۲
گفتار ۵: بازتاب و شکست موج ۱۹۹
تست‌های مقدماتی فصل ۳ ..... ۲۱۱
پاسخ‌نامه تست‌های مقدماتی ۲۲۶
پرسش‌های چهارگزینه‌ای جامع فصل ۳ ..... ۲۴۱
پاسخ‌نامه پرسش‌های چهارگزینه‌ای جامع ۲۵۵

فصل چهارم: آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای

گفتار ۱: اثر فوتوالکتریک / طیف خطی، طیف جذبی، مدل‌های اتمی و لیزر ۲۷۵
گفتار ۲: آشنایی با ساختار هسته ۲۹۱
گفتار ۳: پرتوزایی طبیعی و نیمه عمر ۲۹۶
تست‌های مقدماتی فصل ۴ ..... ۳۰۵
پاسخ‌نامه تست‌های مقدماتی ۳۱۷
پرسش‌های چهارگزینه‌ای جامع فصل ۴ ..... ۳۲۵
پاسخ‌نامه پرسش‌های چهارگزینه‌ای جامع ۳۳۱

فصل اول:
حرکت بر خط راست



مقدمه

درک مفهوم حرکت در طبیعت پایهٔ درک طبیعت است. لئوناردو داوینچی می‌گوید: درک حرکت، درک طبیعت است. اگر بتوانیم بفهمیم که یک جسم چگونه حرکت می‌کند، می‌توانیم مکان آن را تعیین کرده و حرکات آتی آن را پیش‌بینی کنیم. در علم فیزیک علاقه داریم حرکت هر چیزی را توصیف کنیم، از توپ فوتبال گرفته تا ستارگان دوردست و حتی سیاه چاله‌ها!

برای درک حرکت اجسام، از مطالعهٔ اجسام بسیار ساده شروع می‌کنیم. مثلاً بررسی حرکت یک توپ از بررسی حرکت یک هواپیما آسان‌تر است و هنگام مطالعهٔ حرکت توپ صرفاً بر حرکت یک جسم به عنوان یک کل متمرکز می‌شویم و نگران قطعات مختلف آن نیستیم. یک توپ می‌تواند بر روی زمین بغلتد و یک مکعب می‌تواند سر بخورد. کدام ساده‌تر است؟

در فیزیک پایهٔ دهم با مفهوم مدل‌سازی در فیزیک آشنا شدید. فیزیک‌دان‌ها تمایل دارند با یک نقطه سروکار داشته باشند. پس ابتدا بر حرکت یک جسم نقطه‌ای تمرکز می‌کنیم. جسم نقطه‌ای به جسمی گفته می‌شود که بتوانیم از ابعاد آن چشم پوشی کنیم. ولی در مسائل ممکن است از اجسام واقعی مانند اتومبیل و هواپیما نام ببریم. آیا این کار اشتباه است؟ اگر بتوانیم از جزئیات درونی جسم و چرخش آن چشم پوشی کنیم این فرض درست است.

آن‌چه در این فصل خواهیم آموخت:

گفتار اول: چارچوب مرجع چیست؟ مکان چگونه تعیین می‌شود؟ چه تفاوتی بین جابه‌جایی و مسافت وجود دارد؟ تندی و سرعت چه تفاوتی با هم دارند و چگونه محاسبه می‌شوند؟ حرکت دو جسم نسبت به هم چگونه است؟ شناخت حرکت با سرعت ثابت و نمودارهای آن.

گفتار دوم: شناخت شتاب، بررسی حرکت با شتاب ثابت و شناخت نمودارهای آن.

مجموع سؤالات تشریحی: ۸۱

مجموع سؤالات چهارگزینه‌ای: ۱۶۶

گفتار اول

چارچوب مرجع، مکان، جابه‌جایی و مسافت

وقتی می‌خواهیم به بررسی حرکت یک جسم بپردازیم، باید ابتدا **مکان** آن را بدانیم. پس بحث خود را با توصیف مکان آغاز می‌کنیم. اگر بخواهیم حرکت یک اتومبیل در بزرگراه یا حرکت توپ به سمت دروازه را بررسی کنیم، باید به سه مورد توجه کنیم:

۱. مکان و جابه جایی جسم که برای ما مشخص می‌کنند جسم در هر لحظه کجاست.

۲. تندی و سرعت که جابه جایی جسم در مدت زمان معینی را مشخص می‌کنند.

۳. شتاب جسم که تغییرات سرعت در مدت معین را برای ما مشخص می‌کند.

شما در این بخش می‌آموزید که چگونه با مرتبط کردن این موارد می‌توانید حرکت جسم را توصیف کنید.

نقطهٔ مرجع و چارچوب مرجع

در بحث حرکت مهم‌ترین مطلب این است که یک جسم کجا است. واژهٔ مکان این مطلب را مشخص می‌کند. برای مشخص کردن مکان جسم باید یک **مبدأ** داشته باشیم. به عنوان مثال اگر بگوییم فاصلهٔ شما تا تلویزیون ۲ متر است، یعنی تلویزیون را نقطهٔ مرجع فرض کرده‌ایم. باید توجه کنید که برای توصیف مکان یک جسم نیاز به یک **نقطهٔ مرجع** و یک **اندازه** و یک **جهت** دارید.

؟ میشه بیشتر توضیح دهید؟

اگر پشت تلفن به مادر یا پدرتان که با منزل آشنایی کامل دارند بگویید فاصلهٔ شما تا تلویزیون ۲ متر است متوجه نمی‌شود که شما کجای منزل هستید. بلکه باید به عنوان مثال بگویید ۲ متری تلویزیون و جلوی آن یا سمت راست آن.

نکته: چارچوب مرجع مجموعه‌ای از یک نقطهٔ مرجع و دو جهت است که یک دستگاه مختصات را تشکیل می‌دهند.

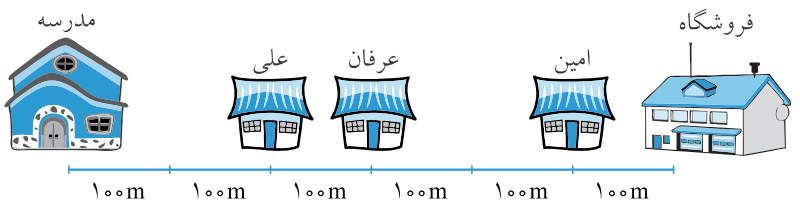
در شکل ۱-۱ وقتی فردی سوار بر قطار در حال حرکت از ایستگاه به سمت راست است، از نظر لوکوموتیوران حرکت نمی‌کند اما از نظر شما که در ایستگاه ایستاده‌اید هردوی آنها در حال حرکت از چپ به راست هستند. یک چارچوب مرجع باید دارای یک مبدأ (در مثال فوق محلی که شما در ایستگاه ایستاده اید) و حداقل یک جهت مثبت باشد. در مثال فوق می‌توانیم سمت راست را مثبت و چپ را منفی فرض کنیم. حال چارچوب مرجع می‌تواند از نظر شخص دیگری متفاوت باشد. مثلاً اگر ناظر دوم سمت دیگر ریل باشد، از نظر او قطار و سرنشینان آن به سمت چپ حرکت می‌کنند. لازم به ذکر است، در این فصل تنها حرکت بر روی خط راست را مطالعه می‌کنیم.

شکل ۱-۱

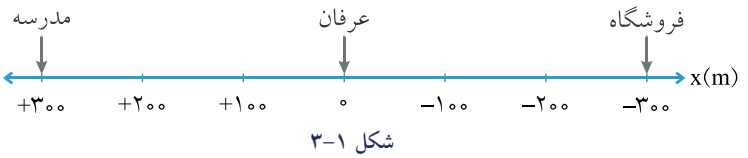
تعریف مکان: در فیزیک مکان جای جسم را در یک چارچوب مرجع نشان می‌دهد. مکان یک **کمیت برداری** است. مکان هر جسم به کمک برداری مشخص می‌شود که ابتدای آن مبدا مختصات و انتهای آن مکان جسم است.

با توجه به نقطهٔ مبدأ در چارچوب مرجع، مکان جسم می تواند مثبت یا منفی باشد. مکان جسم را با حرف x نشان می دهیم. یکای مکان همان یکای طول است یعنی متر.

شکل ۱-۲ مکان یک مدرسه و منزل چند دانش‌آموز و یک فروشگاه را نشان می‌دهد. اگر منزل علی را مبدأ در نظر بگیریم، مکان مدرسه در فاصلهٔ ۲۰۰ متری و اگر منزل عرفان را مبدأ در نظر بگیریم، مدرسه در فاصلهٔ ۳۰۰ متری واقع شده است. فاصلهٔ فروشگاه نیز از منزل عرفان ۳۰۰ متر است، با این تفاوت که مدرسه در سمت چپ و فروشگاه در سمت راست منزل عرفان قرار دارد. وقتی یک مبدأ مشخص می‌کنیم باید یک طرف مثبت و یک طرف آن را منفی در نظر بگیریم. اگر سمت مدرسه را مثبت در نظر بگیریم، سمت فروشگاه منفی می‌شود. (شکل ۱-۳)

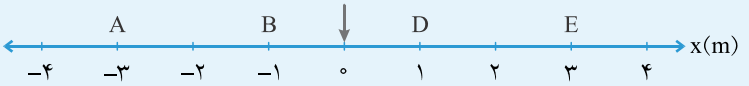


شکل ۱-۲



شکل ۱-۳

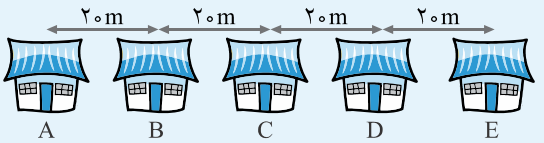
مثال۱ مکان اجسام **A** و **B** و **C** و **D** و **E** را تعیین کنید.



پاسخ

$x_A = -۳m\ ,\ x_B = -۱m\ ,\ x_D = ۱m\ ,\ x_E = ۳m$

مثال۲ ۵ خانه مطابق شکل در خیابان آزادی قرار دارند. اگر سمت راست را مثبت فرض کنیم، به سؤالات داده شده پاسخ دهید:

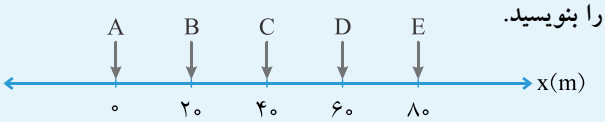


الف) یک چارچوب رسم کنید و خانهٔ **A** را در آن مبدأ فرض کنید و مکان هر خانه را تعیین کنید.

ب) فرض کنید شما در خانهٔ **C** زندگی می‌کنید. مکان خود را نسبت به خانهٔ **E** بنویسید.

پ) اگر خانهٔ **B** را مبدأ فرض کنیم، مکان هر خانه از جمله خانهٔ **B** را بنویسید.

پاسخ الف)



ب) وقتی می‌گوییم مکان نسبت به نقطهٔ E، یعنی نقطهٔ E مبدأ است. پس داریم: $x_C = -۴۰m$

پ) $x_A = -۲۰m\ ,\ x_B = ۰m\ ,\ x_C = ۲۰m\ ,\ x_D = ۴۰m\ ,\ x_E = ۶۰m$

جابه‌جایی و مسافت

تعریف هرگاه مکان جسمی تغییر کند می‌گوییم که جسم جابه‌جا شده است.

از فیزیک دهم می‌دانید که کمیت نرده ای دارای بزرگی و یکا است، در حالی که کمیت برداری دارای اندازه و جهت و یکا بوده و از آن مهم‌تر باید از قواعد جمع برداری نیز پیروی کند.

جابه‌جایی یک کمیت برداری است، پس دارای اندازه و جهت است.

برای محاسبهٔ اندازهٔ جابه جایی از رابطهٔ ۱-۱ استفاده می‌کنیم:

$$\Delta x = x - x_۰$$

جابه‌جایی — مکان اولیه — مکان ثانویه

(رابطه ۱-۱)

نکته **اگر مقدار ثانویه از اولیه کمتر باشد، علامت جابه‌جایی منفی می‌شود.**

نکته **اندازهٔ جابه‌جایی تنها به نقاط ابتدا و انتهای مسیر بستگی دارد و به شکل مسیر حرکت بستگی ندارد. به عنوان مثال در شکل ۱-۴، جابه‌جایی علی از مدرسه تا خانه به شکل مسیر حرکت بستگی نداشته و برابر است با اندازهٔ برداری که مدرسه را به خانه متصل کرده است.**

برای نشان دادن جابه‌جایی به کمک بردارهای یکه به روش مقابل عمل می‌کنیم:

$$\vec{d} = \Delta x\,\vec{i}$$

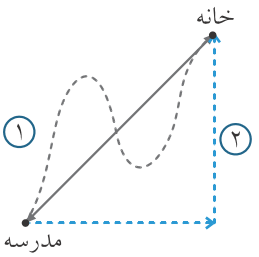
بردار جابه‌جایی — اندازهٔ جابه‌جایی

(رابطه ۱-۲)

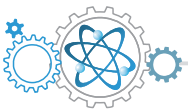
تعریف مسافت عبارت است از طول مسیری که متحرک می‌پیماید تا از نقطه ای به نقطهٔ دیگر برود.

در شکل ۱-۴ مسافت در دو مسیر ۱ و ۲ یکسان نیست.

مسافت را با حرف l نشان می‌دهیم و یک کمیت نرده‌ای است. پس مسافت دارای جهت نیست.



شکل ۱-۴



برای توضیح بیشتر دوباره به شکل ۱-۲ نگاه کنید. فرض کنید عرفان قبل از رفتن به مدرسه، به در خانهٔ امین رفته و به اتفاق هم به مدرسه می‌روند. در این مثال، اندازهٔ جابه‌جایی عرفان برابر است با طول پاره‌خطی که خانهٔ او را به مدرسه وصل می کند، یعنی ۳۰۰ متر. البته جابه‌جایی کمیتی برداری است، پس برای توصیف کامل نیاز به جهت داریم. با توجه به این که قبلاً سمت مدرسه را مثبت فرض کرده بودیم، جابه‌جایی عرفان عبارت است از: $\Delta x = ۳۰۰m$ در صورتی که مسافتی که او طی کرده است برابر است با طول مسیری که ابتدا تا منزل امین طی کرده و سپس طول مسیر خانهٔ امین تا مدرسه یعنی در مجموع ۷۰۰ متر. البته به شرطی که بر روی خط راست حرکت کرده باشد، که با شناختی که از عرفان دارم، بعید می‌دانم!

تعریف مسیر حرکت عبارت است از مکان هندسی انتهای بردار مکان جسم در هر لحظه و با بردار جابه‌جایی تفاوت دارد.

گاهی پس از به‌دست آوردن جابه‌جایی با اعداد منفی مواجه می‌شویم. علامت منفی بیانگر این مطلب است که جابه‌جایی متحرک مورد نظر خلاف جهت انتخابی ما به عنوان جهت مثبت بوده است. همان‌طور که گفتیم پیش از شروع به حل مسئله باید یک دستگاه مختصات با یک جهت مثبت در نظر بگیریم. یادتان باشد در حالی که متحرکی حرکت کرده است و مسافتی را طی کرده، جابه‌جایی برای آن می‌تواند برابر صفر باشد. جدول ۱-۱ خلاصه‌ای از مطالب ذکر شده می‌باشد.

جابه‌جایی	مسافت
برداری	نرده‌ای
مستقل از مسیر حرکت	وابسته به شکل مسیر حرکت
می‌تواند مثبت یا منفی باشد.	همواره مثبت

جدول ۱-۱

؟ چگونه جسم حرکت کرده ولی جابه‌جایی آن برابر صفر است؟

به سادگی! جسم رفته و برگشته است.

تندی، سرعت متوسط و سرعت لحظه‌ای

تعریف به جابه‌جایی متحرک در واحد زمان، سرعت متوسط گفته می‌شود.

سرعت متوسط را با $\vec{v}_{av}$ نشان می‌دهیم و یکای آن در SI ، m/s (متر بر ثانیه) است.

$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$$ (رابطه ۱-۳)

(سرعت متوسط ← $\vec{v}_{av}$، جابه‌جایی ← $\vec{d}$، بازهٔ زمانی ← Δt)

نکته **به دلیل بردار بودن جابه‌جایی و نرده‌ای بودن زمان، سرعت متوسط یک کمیت برداری است. سرعت متوسط می‌تواند مثبت یا منفی باشد. از ترکیب دو رابطهٔ ۱-۲ و ۱-۳ در حرکت بر روی خط راست و در راستای محور x، به رابطهٔ ۱-۴ می‌رسیم:**

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\vec{i}$$ (رابطه ۱-۴)

تعریف تندی متوسط عبارت است از مسافت طی شده توسط متحرک در یک بازهٔ زمانی معین.

تندی متوسط یک کمیت نرده‌ای و همیشه مثبت است. یکای تندی متوسط نیز متر بر ثانیه (m/s) است.

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t}$$ (رابطه ۱-۵)

(تندی متوسط ← s_{av}، مسافت ← l، بازهٔ زمانی ← Δt)

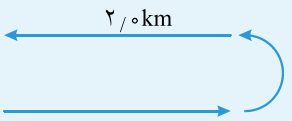
؟ میشه بیشتر در مورد تفاوت تندی و سرعت توضیح بدهید؟

معمولاً آنچه که به‌طور روزمره سرعت نامیده می‌شود، تندی است و برای درست بیان کردن باید جهت نیز گفته شود.

با دانستن سرعت متوسط نمی‌توانیم به جزییات حرکت پی ببریم. فقط مشخص می‌کند اگر متحرک تمام مسیر را با آن سرعت حرکت کند، آن هم بر روی خط راست، جابه‌جایی مورد نظر را در مدت زمان مزبور طی می‌کند. این امر در مورد تندی متوسط نیز صدق می‌کند. **بزرگی تندی لحظه‌ای و اندازهٔ سرعت لحظه‌ای با هم برابر هستند** با این تفاوت که تندی جهت ندارد ولی سرعت دارای جهت است.

نکته **در حرکت بر روی خط راست در صورتی که جهت حرکت تغییر نکند، مسافت و جابه‌جایی با هم برابر هستند، در نتیجه تندی متوسط و سرعت متوسط نیز با هم برابر هستند.**

مثال۳ محمد در مدت ۳۰ دقیقه به اندازهٔ ۲٫۰ کیلومتر از منزلش دور شده و سپس در همان مدت به منزلش بر می‌گردد.



الف) سرعت متوسط محمد چقدر است؟

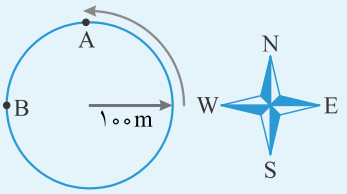
ب) تندی متوسط او چقدر است؟

پاسخ الف) جابه‌جایی در رفت و برگشت برابر صفر است. پس سرعت متوسط محمد برابر صفر است.

ب)

$$s_{av}=\frac{l}{\Delta t}=\frac{۲۰۰۰+۲۰۰۰}{۱۸۰۰+۱۸۰۰}=۱٫۱\,m/s$$

مثال۴ کوروش به دور میدانی به شعاع ۱۰۰ متر می دود. او در مدت ۱۲۰ ثانیه یک دور کامل به دور میدان می گردد. اگر او با تندی ثابت بدود، مطلوب است محاسبهٔ:



الف) سرعت او در نقطهٔ A

ب) سرعت او در نقطهٔ B

پ) اندازهٔ سرعت متوسط او بین دو نقطهٔ A و B

ت) سرعت متوسط او در یک دور کامل

پاسخ الف) اندازهٔ سرعت با تندی برابر است و تندی متوسط و تندی نیز به دلیل ثابت بودن تندی برابر هستند.

$$v_A=s_{av}=\frac{l}{\Delta t}=\frac{۲\pi r}{\Delta r}=\frac{۲\times ۳٫۱۴\times ۱۰۰}{۱۲۰}=۵٫۲۳\,m/s$$

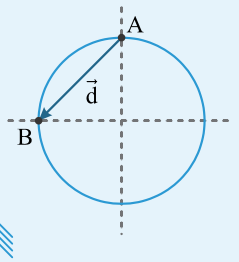
اگر سمت شرق و شمال را به ترتیب روی محورهای x و y مثبت فرض کنیم می‌توانیم بنویسیم:

$$\vec{v}_A=-۵٫۲۳\,\vec{i}$$

ب) جهت سرعت مماس بر مسیر حرکت است:

$$\vec{v}_B=-۵٫۲۳\,\vec{j}$$

پ) برای تعیین اندازهٔ سرعت متوسط باید اندازهٔ جابه‌جایی بین دو نقطهٔ A و B را داشته باشیم:



$$d=\sqrt{r^۲+r^۲}=\sqrt{۱۰۰^۲+۱۰۰^۲}=۱۰۰\sqrt{۲}\approx ۱۴۱\,m$$

$$v_{av}=\frac{d}{\Delta t}=\frac{۱۴۱}{۳۰}=۴٫۷۱\,m/s$$

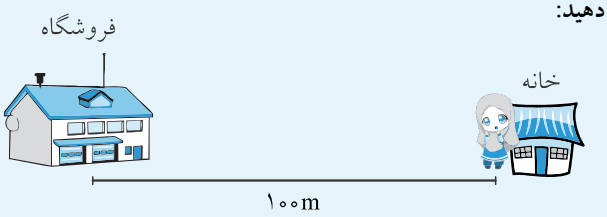
ت) وقتی متحرک به نقطهٔ اولیه برگردد، جابه‌جایی آن برابر صفر و درنتیجه اندازهٔ سرعت متوسط آن نیز برابر صفر خواهد شد.

جدول ۱-۲ تفاوت تندی و سرعت را نشان می‌دهد.

تندی	سرعت
وابسته به مسیر حرکت	مستقل از مسیر حرکت
همیشه مثبت است.	می‌تواند مثبت یا منفی باشد.
نرده‌ای	برداری
با دانستن آن نمی‌توان به جهت حرکت پی‌برد.	از علامت آن می‌توان به جهت پی‌برد.

جدول ۱-۲

مثال ۵ سعیده قصد دارد به مغازه رفته و یک بطری شیر بخرد. پس از طی ۱۰۰ متر به خاطر می‌آورد پول به همراه ندارد و به خانه برمی‌گردد. اگر رفت و برگشت او ۲/۰۰ دقیقه طول بکشد، به موارد زیر پاسخ دهید:



الف) مسافت طی شده توسط او چند متر است؟

ب) جابه‌جایی او چند متر است؟

پ) اندازهٔ سرعت متوسط او در رفت و برگشت چقدر است؟

ت) تندی متوسط او در رفت و برگشت چند متر بر ثانیه است؟

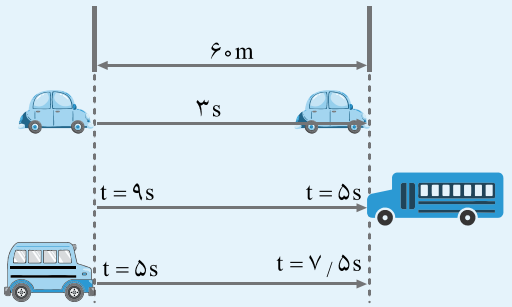
پاسخ الف) $100+100=200\,m$

ب) در رفت و برگشت جابه‌جایی برابر صفر است.

پ) صفر

ت) $s_{av}=\frac{l}{\Delta t}=\frac{200}{120}=1/67\,m/s$

مثال ۶ فرزاد از پنجرهٔ اتاقش به خیابان مستقیم روبه‌روی منزلشان نگاه می‌کند. کنار خیابان دو تابلو وجود دارد که او قبلاً فاصلهٔ بین آن دو را اندازه‌گیری کرده که برابر ۶۰ متر بوده است. با استفاده از زمان‌سنج گوشی خودش پی می‌برد اغلب اتومبیل‌ها مسافت بین این دو نقطه را در مدت ۳ ثانیه می‌پیمایند.



الف) تندی متوسط اتومبیل‌ها چند متر بر ثانیه و چند کیلومتر بر ساعت بوده است؟

ـ فرزاد زمان سنج خود را رها کرد تا به کار خود ادامه دهد. دید در لحظهٔ ۵ ثانیه یک اتوبوس از کنار تابلوی سمت راست عبور کرد و در همان لحظه یک ون از کنار تابلوی سمت چپ عبور کرد. در لحظهٔ ۷/۵ ثانیه ون از کنار تابلوی سمت راست عبور کرد و در لحظهٔ ۹ ثانیه اتوبوس از کنار تابلوی سمت چپ عبور کرد.

ب) تندی متوسط ون و اتوبوس را تعیین کنید.

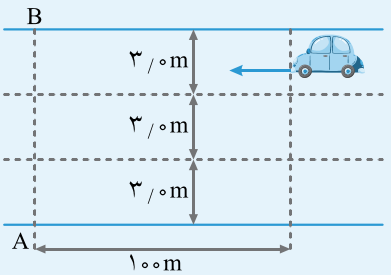
پ) سرعت متوسط ون و اتوبوس را تعیین کنید.

پاسخ الف) $20\frac{m}{s}\times 3/6\frac{\frac{km}{h}}{\frac{m}{s}}=72\,km/h$ $\quad s_{av}=\frac{l}{\Delta t}=\frac{60}{3}=20\,m/s$

ب) اتوبوس: $s_{av}=\frac{l}{\Delta t}=\frac{60}{4}=15\,m/s$ $\quad$ ون: $s_{av}=\frac{l}{\Delta t}=\frac{60}{2/5}=24\,m/s$

پ) اتوبوس: $\vec{v}_{av}=-15\vec{i}\,m/s$ $\quad$ ون: $\vec{v}_{av}=24\vec{i}\,m/s$

مثال ۷ شخصی می‌خواهد از عرض بزرگراه (از نقطهٔ A به B) عبور کند و متأسفانه به استفاده از پل عابر پیاده معتقد نیست! پس تصمیم می‌گیرد عرض بزرگراه را بدود (خدا شفا بده!). او می بیند اتومبیلی در فاصلهٔ ۱۰۰ متری است و به طرف او می‌آید. او مطمئن است که می‌تواند رد شود.



الف) تندی اتومبیل ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت است. آن را به متر بر ثانیه تبدیل کنید.

ب) چند ثانیه طول می‌کشد تا اتومبیل به شخص برسد؟

پ) اگر شخص با تندی ۱۰ کیلومتر بر ساعت بدود و بزرگراه ۳ خط که عرض هر یک ۳ متر است داشته باشد، چند ثانیه طول می‌کشد تا شخص عرض بزرگراه را طی کند؟

ت) اگر اتومبیل در خط آخر باشد، آیا شخص می‌تواند بی خطر از بزرگراه عبور کند یا خیر؟

پاسخ الف) $۱۲۰\frac{km}{h}\times\frac{۱\frac{m}{s}}{۳/۶\frac{km}{h}}=۳۳/۳m/s$

ب) $s=\frac{l}{\Delta t}\Rightarrow ۱۲۰=\frac{۰/۱۰۰}{\Delta t}\Rightarrow \Delta t=۰/۰۰۰۸۰۰h=۲/۸۸s$

پ) $s=\frac{l}{\Delta t}\Rightarrow ۱۰=\frac{۰/۰۰۹۰}{\Delta t}\Rightarrow \Delta t=۰/۰۰۰۹h=۳/۲۴s$

ت) شخص تصادف می‌کند $\Rightarrow ۳/۲۴>۲/۸۸$

مثال ۸ دونده‌ای مسافت ۱۰۰ متر را در مدت تقریبی ۱۰ ثانیه می‌دود. تندی متوسط او را به‌دست آورید.

پاسخ

$$s_{av}=\frac{l}{\Delta t}=\frac{۱۰۰}{۱۰}=۱۰m/s$$

تست مکان متحرکی روی محور x در لحظهٔ $t=۲s$ برابر $۸m$ و در لحظهٔ $t=۱۰s$ برابر $-۱۶m$ می‌باشد. اندازهٔ سرعت متوسط متحرک در این مدت چند متر بر ثانیه است؟ (سراسری تجربی)

۱) -۳ ۲) -۲ ۳) ۱ ۴) ۲

گزینه ۱

$$v_{av}=\frac{\Delta x}{\Delta t}\Rightarrow v_{av}=\frac{-۱۶-۸}{۱۰-۲}=-\frac{۲۴}{۸}=-۳m/s$$

تست متحرکی بر مسیر مستقیم در مدت ۰/۵ ساعت بدون تغییر جهت مسافت ۲۷ کیلومتر را طی می‌کند. اندازهٔ سرعت متوسط متحرک در این مدت چند متر بر ثانیه است؟ (آزاد تجربی)

۱) ۲۷ ۲) ۱۸ ۳) ۱۵ ۴) ۱۳/۵

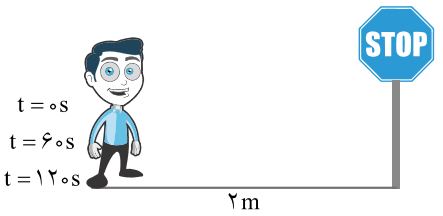
گزینه ۳

$$v_{av}=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{۲۷\times۱۰^{۳}}{۰/۵\times۳۶۰۰}=۱۵m/s$$

برای تشریح حرکت یک جسم به سه طریق می‌توانیم عمل کنیم: توضیح با کلمات، رسم شکل و رسم نمودار. برای درک بهتر یک مسئله را به سه شیوه شرح می دهیم:

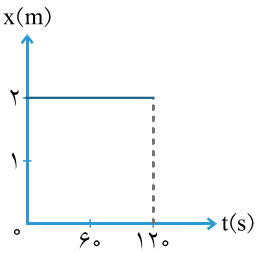
روش اول استفاده از کلمات: حسین به مدت ۲ دقیقه در فاصلهٔ ۲ متری از تابلوی راهنمایی و رانندگی ایستاده بود.

روش دوم استفاده از شکل: در شکل ۱-۵، فاصلهٔ حسین از تابلو ۲ متر است و زمان‌های نشان داده شده به ما می‌گویند در مدت ۱۲۰ ثانیه یعنی ۲ دقیقه، حسین حرکت نکرده است. البته مسلم است که این شکل مکان حسین را به طور دقیق در زمان‌هایی به غیر از صفر و ۶۰ و ۱۲۰ ثانیه نشان نمی‌دهد.

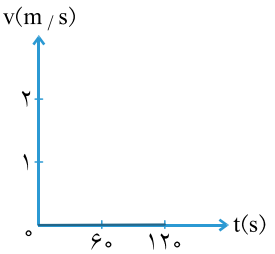


شکل ۱-۵

روش سوم استفاده از نمودار: نقطه ضعف روش دوم، هنگام استفاده از نمودار از بین می‌رود. در شکل ۱-۶ الف، نمودار مکان ـ زمان (یعنی نموداری که هر نقطه از آن مکان جسم را در لحظه‌ای خاص نشان می‌دهد) به ما می‌گوید که حسین در مدت ۱۲۰ ثانیه هیچ تغییر مکانی نداشته است و شکل ۱-۶ ب، نمودار سرعت ـ زمان (نموداری که سرعت متحرک را در هر لحظه نشان می‌دهد) به ما می‌گوید در تمام مدت ۱۲۰ ثانیه اندازهٔ سرعت حسین برابر صفر بوده است.



شکل ۱-۶ (الف)

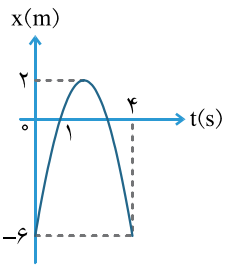


شکل ۱-۶ (ب)

؟ کدام روش بهتر است؟

این که از چه روشی استفاده کنیم بستگی به مسئله دارد. هر روشی محاسن خود را دارد. اما در حالت کلی نمودار می‌تواند اطلاعات بیشتری را به صورت فشرده در اختیار ما قرار دهد.

تست نمودار مکان ـ زمان متحرکی که با شتاب ثابت در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل است.



سرعت متوسط در فاصلهٔ زمانی $t=1s$ تا $t=4s$ چند متر بر ثانیه است؟ (سراسری تجربی - ۸۷)

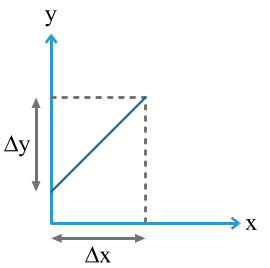
۱) ۲
۲) -۲
۳) ۶
۴) -۶

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

$x_1=0$, $x_4=-6$, $v_{av}=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{-6-0}{4-1}=-2m/s$

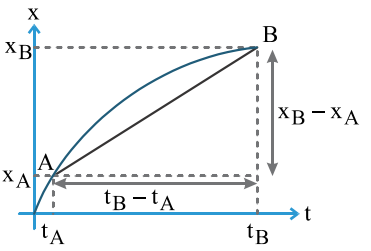
یادداشت ریاضی

شیب خط عبارت است از نسبت تغییرات تابع (کمیتی که روی محور عمودی قرار می‌گیرد) به تغییرات متغیر (کمیتی که روی محور افقی قرار می‌گیرد). به عنوان مثال در شکل ۱-۷، شیب از رابطهٔ $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ محاسبه می‌شود.



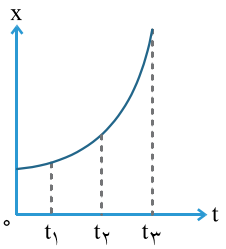
شکل ۱-۷

نکته **از آن جایی که سرعت آهنگ تغییر مکان است، پس شیب نمودار مکان ـ زمان سرعت متحرک را نشان می‌دهد. شیب خط واصل دو نقطه از نمودار مکان ـ زمان (شیب پاره‌خط AB در شکل ۱-۸) برابر است با اندازهٔ سرعت متوسط.**



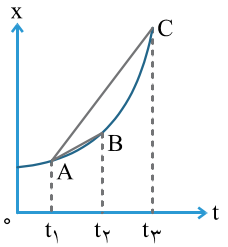
شکل ۱-۸

تست نمودار مکان ـ زمان متحرکی به صورت سهمی و مطابق شکل روبه‌رو است. سرعت متوسط متحرک در کدام بازهٔ زمانی بیشتر است؟ (سراسری ریاضی)



۱) ۰ تا t_1
۲) t_1 تا t_3
۳) t_2 تا t_3
۴) بستگی به اندازهٔ فاصلهٔ زمانی دارد.

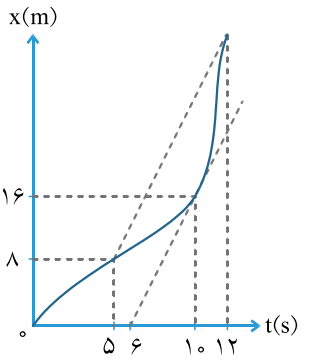
گزینه ۱ ۲ ۳ ۴



شیب خط واصل دو نقطه بین لحظه‌های t_2 تا t_3 بیشتر از شیب خط واصل دو نقطه بین لحظه‌های t_1 تا t_2 است. پس سرعت متوسط در بازهٔ زمانی t_2 تا t_3 بیشتر است.

شیب BC > شیب AB

تست نمودار مکان ـ زمان متحرکی بر مسیر مستقیم به شکل مقابل است. اگر سرعت متحرک در لحظهٔ $t=10s$ برابر سرعت متوسط آن بین دو لحظهٔ $t_1=5s$ و $t_2=12s$ باشد، متحرک در لحظهٔ $t=12s$ در چند متری مبدأ می‌باشد؟ (آزاد ریاضی)



۱) ۲۸
۲) ۲۴
۳) ۳۶
۴) ۲۰

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

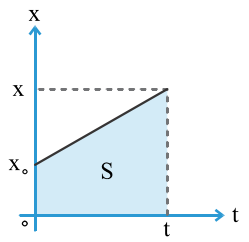
سرعت در لحظهٔ $t=10s$ شیب خط مماس در لحظهٔ $t=10s$ است:

$$v=\frac{16}{10-6}=\frac{16}{4}=4m/s$$

سرعت متوسط در بازهٔ زمانی $t_1=5s$ و $t_2=12s$ شیب خط واصل دو نقطه از نمودار است:

$$v_{av}=\frac{x-8}{12-5}\Rightarrow 4=\frac{x-8}{7}\Rightarrow x-8=28\Rightarrow x=36m$$

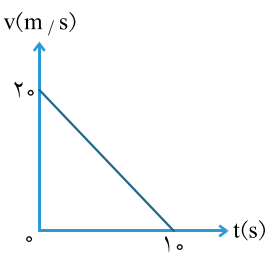
نکته مساحت سطح محصور بین نمودار سرعت ـ زمان و محور زمان اندازهٔ جابه‌جایی متحرک را نشان می‌دهد. (شکل ۱-۹)



شکل ۱-۹

$$S=|\Delta x|$$

تست نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که بر روی مسیر مستقیم در حال حرکت است، مطابق شکل روبه‌رو است. اندازهٔ سرعت متوسط متحرک در ۱۰ ثانیهٔ اول حرکت چند واحد است؟ (سراسری ریاضی خارج از کشور)



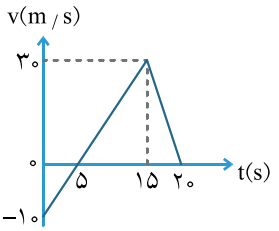
۱) ۲۰
۲) ۱۵
۳) ۱۰
۴) ۲

گزینه ۴

مساحت سطح محصور بین نمودار سرعت ـ زمان و محور زمان برابر است با اندازهٔ جابه‌جایی:

$$s = |\Delta x| = \frac{۲۰ \times ۱۰}{۲} = ۱۰۰\,m \quad , \quad v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{۱۰۰}{۱۰} = ۱۰\,m/s$$

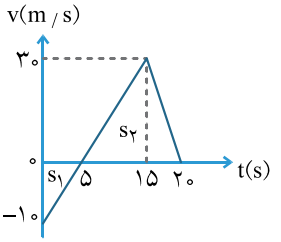
تست نمودار سرعت ـ زمان متحرکی در مسیر مستقیم، مطابق شکل مقابل است. اندازهٔ سرعت متوسط آن در مدت ۲۰ ثانیه، چند متر بر ثانیه است؟ *(سراسری ریاضی)*



۱) ۰/۵
۲) ۲/۵
۳) ۱۰
۴) ۱۵

گزینه ۴

جابه‌جایی متحرک سطح محصور بین نمودار سرعت ـ زمان با محور زمان است.



$$|\Delta x_۱| = s_۱ = \frac{۱۰ \times ۵}{۲} = ۲۵\,m \Rightarrow \Delta x_۱ = -۲۵\,m$$

$$s_۲ = \Delta x_۲ = \frac{۳۰ \times (۲۰ - ۵)}{۲} = ۲۲۵\,m$$

$$\Delta x_{کل} = \Delta x_۱ + \Delta x_۲ = ۲۲۵ - ۲۵ = ۲۰۰\,m$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{۲۰۰}{۲۰} = ۱۰\,m/s$$

حرکت با سرعت ثابت

تعریف به تندی یک متحرک در هر لحظه، تندی لحظه‌ای یا به اختصار تندی گفته می‌شود.

نکته **اگر تندی متحرک را همراه با جهت بیان کنیم، در واقع سرعت متحرک را بیان کرده‌ایم.**

تعریف حرکت با سرعت ثابت، به حرکتی گفته می‌شود که در آن اندازه و جهت حرکت متحرک با گذشت زمان تغییر نکند.

در حرکت با سرعت ثابت روی خط راست تندی متوسط و تندی لحظه‌ای با هم برابرند. به همین ترتیب اندازهٔ سرعت متوسط و تندی نیز با هم برابر هستند. پس می‌توانیم بنویسیم:

$$\begin{cases} v = v_{av} \\ v_{av} = \dfrac{x - x_۰}{t} \Rightarrow v = \dfrac{x - x_۰}{t} \Rightarrow \underbrace{x = v\,t + x_۰}_{\text{تندی} \to v,\ \text{زمان} \to t,\ \text{مکان اولیه} \to x_۰,\ \text{مکان ثانویه} \to x} \end{cases} \quad \text{(رابطهٔ ۱-۶)}$$

رابطهٔ ۱-۶ **معادلهٔ حرکت** با سرعت ثابت یا **معادلهٔ مکان ـ زمان** نامیده می‌شود.

جابه‌جایی در حرکت با سرعت ثابت را می‌توان از رابطهٔ ۱-۷ به‌دست آورد:

$$\Delta x = vt \quad \text{(رابطهٔ ۱-۷)}$$

مثال ۹ موتور سواری با تندی ثابت $۳۶\,km/h$ در مسیر مستقیم در حال حرکت است. اگر در لحظهٔ $t = ۰$، در فاصلهٔ ۱۰ متری پشت مبدأ بوده و به سمت مبدأ در حال حرکت باشد:

الف) معادلهٔ مکان ـ زمان موتور سوار را بنویسید.

ب) در چه لحظه‌ای متحرک به فاصلهٔ ۲۰ متری جلوی مبدأ می‌رسد؟

پاسخ الف) چون مسیر حرکت مستقیم است می‌توانیم آن را به دلخواه محور x فرض کنیم.

$$v = \frac{۳۶}{۳/۶} = ۱۰\,m/s \qquad x = vt + x_۰ \Rightarrow x = ۱۰t - ۱۰$$

ب)

$$x = ۱۰t - ۱۰ \xrightarrow{x = ۲۰m} ۲۰ = ۱۰t - ۱۰ \Rightarrow ۱۰t = ۳۰ \Rightarrow t = ۳\,s$$

تست متحرکی مسافتی را با تندی $v_0\,m/s$ در مدت ۸ ثانیه و همان مسافت را با تندی $(v_0+3)m/s$ در مدت ۵ ثانیه طی می‌کند. v_0 چند متر بر ثانیه است؟ (حرکت متحرک یکنواخت و بر روی خط راست است.) *(آزاد تجربی)*

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۵ ۴) ۸

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

$$\left.\begin{array}{l}\Delta x = v_1 t_1 \Rightarrow \Delta x = 8v_0 \\ \Delta x = v_2 t_2 \Rightarrow \Delta x = 5(v_0+3)\end{array}\right\} \Rightarrow 8v_0 = 5v_0 + 15 \Rightarrow 3v_0 = 15 \Rightarrow v_0 = 5\,m/s$$

تست دو هواپیما با تندی‌های ۶۰۰ و ۸۰۰ کیلومتر بر ساعت به طور هم‌زمان از یک فرودگاه به مقصد فرودگاه دیگری به فاصلهٔ ۱۲۰۰ کیلومتر پرواز می‌کنند. هواپیمای سریع‌تر چند دقیقه زودتر به مقصد می‌رسد؟ *(سراسری تجربی)*

۱) ۱۵ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۴۰

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

$$\Delta x = v_1 t_1 \Rightarrow 1200 = 600 t_1 \Rightarrow t_1 = 2\,h \quad , \quad \Delta x = v_2 t_2 \Rightarrow 1200 = 800 t_2 \Rightarrow t_2 = 1/5\,h$$
$$2\,h - 1/5\,h = 0/5\,h = 30\,min$$

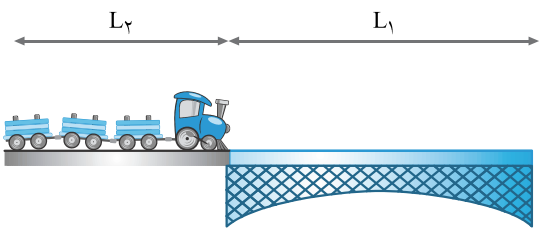
تست هواپیمایی فاصلهٔ دو شهر را با تندی $900\,km/h$ در مدت یک ساعت و اندازهٔ آن ۳۰ دقیقه طی می‌کند. هواپیمای دیگری فاصلهٔ همین دو شهر را با تندی $600\,km/h$ طی می‌کند. مدت زمان حرکت این هواپیما کدام است؟ *(آزاد تجربی)*

۱) ۲ ساعت و ۱۵ دقیقه ۲) ۲ ساعت و ۵ دقیقه ۳) یک ساعت و ۵۰ دقیقه ۴) یک ساعت و ۴۵ دقیقه

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

$$\left.\begin{array}{l}\Delta x_1 = v_1 t_1 \\ \Delta x_2 = v_2 t_2\end{array}\right\} \Rightarrow \frac{\Delta x_1}{\Delta x_2} = \frac{v_1}{v_2} \times \frac{t_1}{t_2} \Rightarrow 1 = \frac{900}{600} \times \frac{90}{t_2} \Rightarrow \frac{6}{9} = \frac{90}{t_2} \Rightarrow t_2 = \frac{9 \times 90}{6} = \frac{810}{6} = 135\,min = 2\frac{15}{60}\,h$$

تست قطاری از روی پلی به طول ۴۰۰ متر می‌گذرد. اگر سرعت قطار ثابت و ۳۰ متر بر ثانیه باشد و ۲۰ ثانیه طول بکشد تا قطار از روی پل عبور کند، طول قطار چند متر است؟ *(سراسری تجربی ـ ۶۷)*



۱) ۲۰۰ ۲) ۴۰۰ ۳) ۶۰۰ ۴) ۸۰۰

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

$$\Delta t = vt \Rightarrow L_1 + L_2 = vt$$
$$\Rightarrow 400 + L_2 = 30 \times 20 \Rightarrow 400 + L_2 = 600 \Rightarrow L_2 = 200\,m$$

تست دوچرخه‌سواری فاصلهٔ ۹۰ کیلومتری مستقیم بین دو شهر را در مدت ۴/۵ ساعت می‌پیماید. وی با تندی ثابت ۲۴ کیلومتر بر ساعت رکاب می‌زند، اما برای رفع خستگی توقف‌هایی هم دارد. مدت کل توقف او چند دقیقه است؟ *(سراسری ریاضی)*

۱) ۸۰ ۲) ۴۵ ۳) ۳۰ ۴) ۱۵

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

اگر تمام مسیر را بدون توقف با تندی $24\,km/h$ می‌پیمود در چه زمانی به مقصد می‌رسید؟

$$\Delta x = vt \Rightarrow 90 = 24t \Rightarrow t = 3/75\,h = 225\,min$$

$$\left.\begin{matrix} t = 225\,min \\ t_{کل} = 4/5 \times 60 = 270\,min \end{matrix}\right\} 270 - 225 = 45\,min$$

تست ذره‌ای با تندی ثابت روی محور x به حرکت در می‌آید و پس از ۲ ثانیه به نقطهٔ O (مبدأ و مکان) و ۲ ثانیه بعد به نقطهٔ $x = -6\,m$ می‌رسد. معادلهٔ حرکت آن در SI کدام است؟ (سراسری ریاضی)

۱) $x = -3t - 6$ ۲) $x = -3t + 6$ ۳) $x = 3t - 6$ ۴) $x = 3t + 6$

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

۱) $\begin{cases} t_1 = 2\,s \\ x_1 = 0 \end{cases}$ ۲) $\begin{cases} t_2 = 4\,s \\ x_2 = -6\,m \end{cases}$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-6-0}{4-2} = -3\,m/s \quad , \quad x = vt + x_0 \Rightarrow x = -3t + x_0$$

حالا یکی از نقاط را در معادلهٔ فوق جایگذاری کرده تا x_0 به‌دست آید:

۱) $\Rightarrow 0 = -3(2) - x_0 \Rightarrow x_0 = 6\,m \quad , \quad x = -3t + 6$

تست دو متحرک، یکی با تندی ثابت $10\,m/s$ و دیگری با تندی ثابت $12\,m/s$، از یک نقطه هم‌زمان به سوی مقصدی به فاصلهٔ ۲۴۰ متر به حرکت درمی‌آیند. حداکثر فاصلهٔ این دو متحرک در طول مسیر چند متر است؟ (سراسری تجربی)

۱) ۲۰ ۲) ۴۰ ۳) ۸۰ ۴) ۱۲۰

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

حداکثر فاصلهٔ دو متحرک مربوط به زمانی است که متحرک سریع‌تر به مقصد رسیده باشد:

$$\Delta x_1 = v_1 t_1 \Rightarrow 240 = 12t_1 \Rightarrow t_1 = 20\,s$$

متحرک سریع‌تر در مدت ۲۰ ثانیه به مقصد می‌رسد. در این مدت متحرک کندرو چند متر را پیموده است؟

$$\Delta x_2 = v_2 t_2 \Rightarrow \Delta x_2 = 10 \times 20 = 200\,m$$

$$240 - 200 = 40\,m$$

تست دو اتومبیل در یک جاده و در یک جهت در حرکت‌اند و مبدأ حرکت آنها نیز یکی است. تندی اتومبیل اول $50\,km/h$ و تندی اتومبیل دوم $60\,km/h$ است. ولی اتومبیل دوم یک ساعت دیرتر از اتومبیل اول به حرکت در آمده است. اتومبیل دوم پس از چند ساعت به اتومبیل اول می‌رسد؟ (سراسری ریاضی)

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۵

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

وقتی دو متحرک به هم می‌رسند مکان آنها یکسان می‌شود. از آنجا که مبدأ حرکت آنها نیز یکسان بوده، پس جابه‌جایی آنها یکسان خواهد شد:

$$\left.\begin{matrix} x_1 = v_1 t_1 + x_0 \\ x_2 = v_2 t_2 + x_0 \end{matrix}\right\} \Rightarrow x_1 = x_2 \Rightarrow v_1 t_1 + x_0 = v_2 t_2 + x_0 \Rightarrow v_1 t_1 = v_2 t_2 \Rightarrow 50(t_2 + 1) = 60 t_2 \Rightarrow 50 t_2 + 50 = 60 t_2 \Rightarrow 10 t_2 = 50 \Rightarrow t_2 = 5\,h$$

اتومبیل دوم پس از ۵ ساعت از شروع حرکت به اتومبیل اول می‌رسد.

تست دو متحرک هم‌زمان از نقاط A و B با تندی‌های ثابت به سمت یک‌دیگر حرکت می‌کنند و در نقطهٔ C به هم می‌رسند. ۴۰ ثانیه پس از این، متحرک اول به B می‌رسد. چند ثانیه طول می‌کشد تا متحرک دوم از C به A برسد؟ (آزاد ریاضی)

۱) معلومات کافی نیست. ۲) ۶۰ ۳) ۸۰ ۴) ۹۰

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

$$\frac{\Delta x_1}{\Delta x_2}=\frac{v_1}{v_2}\Rightarrow\frac{0/6AB}{0/4AB}=\frac{v_1}{v_2}\Rightarrow v_1=\frac{3}{2}v_2$$

$$\Delta x_1=v_1t_1\Rightarrow 0/4AB=v_1\times 40\Rightarrow v_1=\frac{4\times10^{-1}AB}{4\times10}=10^{-2}AB\Rightarrow v_2=\frac{2}{3}\times10^{-2}AB$$

$$\Delta x_2=v_2t_2\Rightarrow 0/6AB=\frac{2}{3}\times10^{-2}ABt_2\Rightarrow t_2=\frac{6\times10^{-1}AB}{\frac{2}{3}\times10^{-2}AB}\Rightarrow t_2=90s$$

اگر متحرکی، چند حرکت یکنواخت با سرعت‌های متفاوت را انجام داده باشد، سرعت متوسط آن را بسته به اطلاعات مسئله می‌توان از یکی از روابط ۱-۸ یا ۱-۹ یا ۱-۱۰ به‌دست آورد:

(رابطه ۱-۱۰) $v_{av}=\frac{\Delta x_{کل}}{\frac{\Delta x_1}{v_1}+\frac{\Delta x_2}{v_2}+\cdots}$

(رابطه ۱-۹) $v_{av}=\frac{v_1t_1+v_2t_2+\cdots}{\Delta t_{کل}}$

(رابطه ۱-۸) $v_{av}=\frac{\Delta x_1+\Delta x_2+\cdots}{\Delta t_1+\Delta t_2+\cdots}$

تست متحرکی مسیر مستقیمی را در t ثانیهٔ اول با تندی v و در ۳t ثانیهٔ بعد با تندی ۲v طی می‌کند. اندازهٔ تندی متوسط متحرک در این مسیر چند v است؟ (سراسری تجربی)

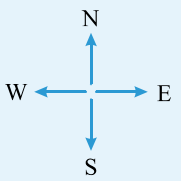
۱) ۱/۲۵ ۲) ۱/۳ ۳) ۱/۵ ۴) ۱/۷۵

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

$$v_{av}=\frac{\Delta x_1+\Delta x_2}{t_1+t_2}\Rightarrow v_{av}=\frac{vt+6vt}{t+3t}\quad,\quad v_{av}=\frac{7vt}{4t}=\frac{7}{4}v=1/75v$$

مثال ۱۰ شخصی ۵/۰ دقیقه با سرعت ۶/۰ متر بر ثانیه رو به شمال می‌دود و ۵/۰ دقیقهٔ دیگر با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه در همان جهت می‌دود. سرعت متوسط او چند متر بر ثانیه و در چه جهتی است؟

پاسخ جهت شمال را مثبت فرض می‌کنیم:



$$\overrightarrow{\Delta x_1}=\vec{v}_1t_1=6/0\vec{j}\times(5/0\times60)=(1800m)\vec{j}$$

$$\overrightarrow{\Delta x_2}=\vec{v}_2t_2=10\vec{j}\times(5/0\times60)=(3000m)\vec{j}$$

$$\vec{v}_{av}=\frac{1800\vec{j}+3000\vec{j}}{10\times60}=(8/0m/s)\vec{j}$$

نمودارهای حرکت با سرعت ثابت

نمودار مکان ـ زمان حرکت با سرعت ثابت، به دلیل **ثابت بودن** اندازهٔ سرعت، که همان شیب نمودار است، به صورت خط راست است.

نکته شیب نمودار ثابت است ولی صفر نیست.