



کتاب آموزش

# فیزیک دوازدهم

یاقوت  
(رشته ریاضی)

از مجموعه رشادت

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



---

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ


---



به نام خداوند جان و خرد

کزین برتر اندیشه برنگذرد

با سلام

مفخریم که کتاب «**فیزیک دوازدهم**» از مجموعه کتاب‌های «رشادت» را در اختیار دانش‌آموزان و دبیران گرامی قرار می‌دهیم. در این کتاب هر فصل کتاب درسی متناسب با طرح درس دبیران محترم به چندین گفتار تقسیم شده است، یعنی مطالبی که دبیر محترم در یک یا چند جلسه تدریس می‌کند تحت عنوان گفتار جدا شده‌اند. هر گفتار شامل درس‌نامه کامل، نمونه سؤالات تشریحی پرتکرار است. در انتهای هر فصل ابتدا تست‌های مقدماتی از مطالب کتاب درسی طرح شده است که دانش‌آموز را با خط به خط کتاب درسی آشنا می‌کند و سپس تست‌های جامع از کنکورهای آزاد و سراسری انتخاب شده است. سؤالات نکته‌دار و پیچیده را با علامت  مشخص کرده‌ایم. به قول بنجامین فرانکلین اگر مطلبی را به من بگویی فراموش می‌کنم، اگر آن را آموزش دهی به خاطر می‌آورم، اما اگر من را با آن درگیر کنی یاد می‌گیرم.

امیدواریم کتاب پیش رو که چکیده چندین سال تدریس مؤلفین است مورد استفاده 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 خانم‌ها سپیده خداوردی، فروزان گراوند و نگار امیری (حروفچین و صفحه‌آرا) و خانم‌ها سمانه مسروری و بهاره خدای (گرافیک‌ها)، زهرا گودرز و سپیده رشیدی (طراح جلد) بسیار سپاسگزاریم و برای همه این عزیزان آرزوی موفقیت می‌کنیم.

انتشارات مبتکران





## فصل اول: حرکت برخط 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 سقوط آزاد .....	۳۳
تست‌های مقدماتی فصل ۱ .....	۵۶
پاسخ‌نامه .....	۶۵
پرسش‌های چهارگزینه‌ای جامع فصل ۱ .....	۷۲
پاسخ‌نامه .....	۸۱

## فصل دوم: دینامیک و حرکت دایره‌ای



گفتار ۱: نیرو و قانون‌های نیوتون .....	۹۳
گفتار ۲: معرفی نیروهای خاص و تکانه .....	۱۰۵
گفتار ۳: حرکت دایره‌ای یکنواخت و نیروی گرانش .....	۱۳۷
تست‌های مقدماتی فصل ۲ .....	۱۴۹
پاسخ‌نامه .....	۱۵۷
پرسش‌های چهارگزینه‌ای جامع فصل ۲ .....	۱۶۵
پاسخ‌نامه .....	۱۷۷

## فصل سوم: نوسان و موج



گفتار ۱: آشنایی با حرکت نوسانی ساده .....	۱۹۹
گفتار ۲: آشنایی با سامانه وزنه - فنر و انرژی نوسانگر و آونگ ساده .....	۲۰۷
گفتار ۳: موج‌های عرضی و امواج الکترومغناطیسی .....	۲۱۷
گفتار ۴: موج‌های طولی و موج صوتی .....	۲۲۸
تست‌های مقدماتی فصل ۳ .....	۲۳۵
پاسخ‌نامه .....	۲۴۵
پرسش‌های چهارگزینه‌ای جامع فصل ۳ .....	۲۵۶
پاسخ‌نامه .....	۲۶۶



## فصل چهارم: برهم کنش های موج

۲۸۱	گفتار ۱: بر هم کنش موج با محیط (بازتاب - شکست و پراش)
۲۹۴	گفتار ۲: برهم کنش موج با موج (تداخل امواج و تشکیل موج ایستاده)
۳۰۳	تست های مقدماتی فصل ۴
۳۱۲	پاسخ نامه
۳۱۹	پرسش های چهارگزینه ای جامع فصل ۴
۳۲۶	پاسخ نامه

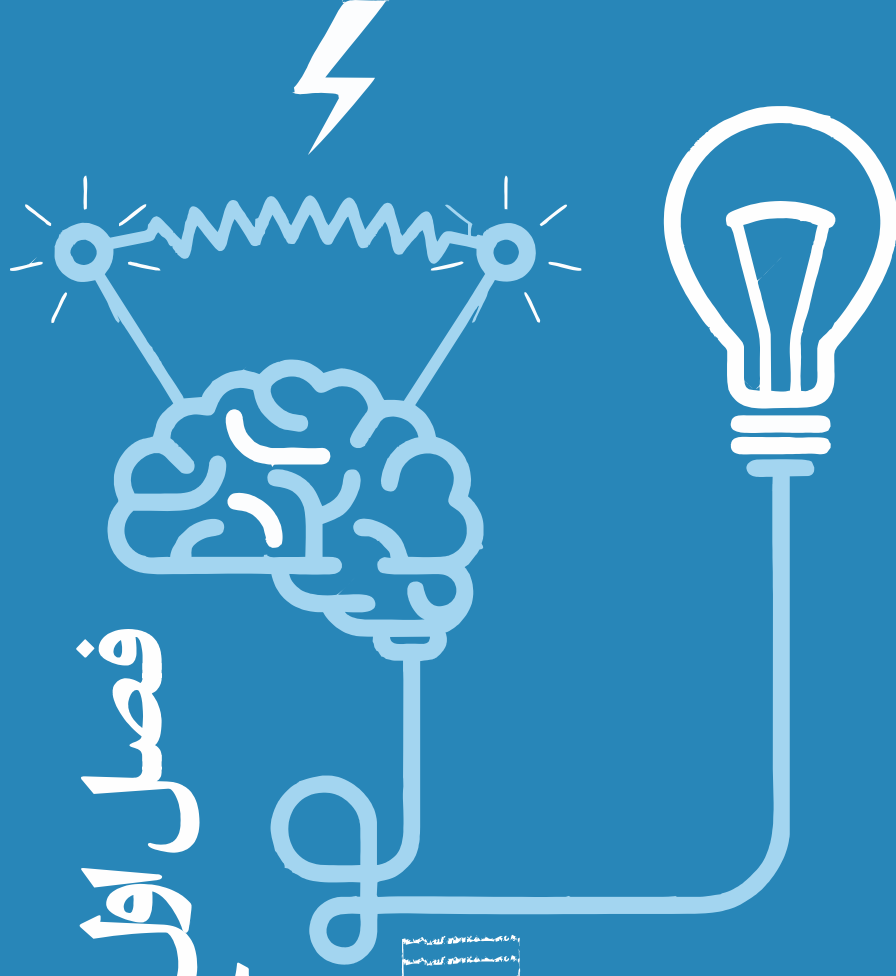
## فصل پنجم: آشنایی با فیزیک اتمی

۳۳۹	گفتار ۱: اثر فوتوالکتریک
۳۵۰	گفتار ۲: طیف خطی و مدل های اتمی و لیزر
۳۶۴	تست های مقدماتی فصل ۵
۳۷۲	پاسخ نامه
۳۷۸	پرسش های چهارگزینه ای جامع فصل ۵
۳۸۳	پاسخ نامه

## فصل ششم: آشنایی با فیزیک هسته ای

۳۹۵	گفتار ۱: ساختار هسته و انرژی بستگی هسته
۴۰۰	گفتار ۲: پرتوزایی، نیمه عمر، شکافت و گداخت هسته ای
۴۱۳	تست های مقدماتی فصل ۶
۴۲۰	پاسخ نامه
۴۲۵	پرسش های چهارگزینه ای جامع فصل ۶
۴۲۸	پاسخ نامه

# فصل اول: حرکت بر خط راست



## مقدمه



درک مفهوم حرکت در طبیعت پایه 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 مطالعه اجسام بسیار ساده شروع می‌کنیم. مثلاً بررسی حرکت یک توپ از بررسی حرکت یک هواپیما آسان‌تر است و هنگام مطالعه 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 پایه 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 چشم‌پوشی 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 چشم‌پوشی کنیم این فرض درست است.

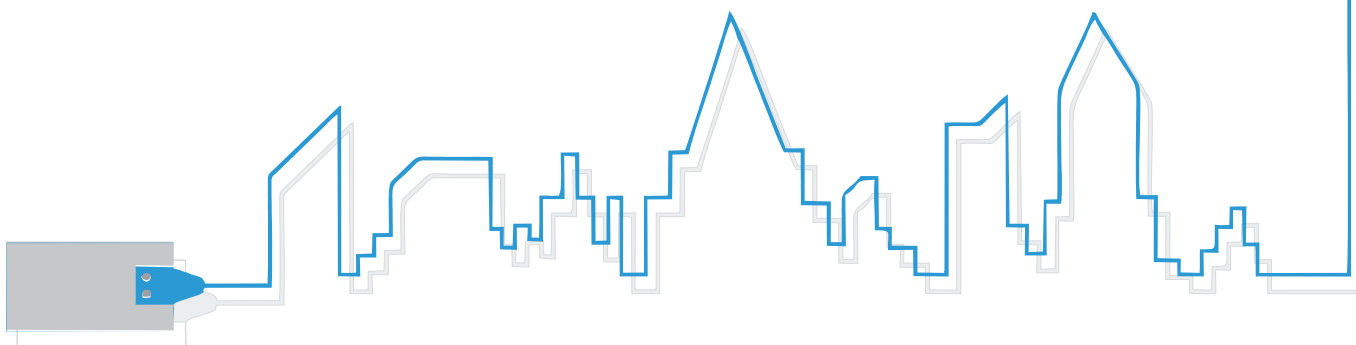
## آنچه در این فصل خواهیم آموخت:

**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.

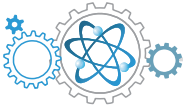
**گفتار دوم:** شناخت شتاب، بررسی حرکت با شتاب ثابت و شناخت نمودارهای آن.

◀ مجموع سؤالات تشریحی: ۸۹

◀ مجموع سؤالات چهارگزینه‌ای: ۱۹۶







## 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 جابه‌جایی جسم که برای ما مشخص می‌کند جسم در هر لحظه کجاست.
  - ۲ تندی و سرعت که جابه‌جایی 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.

### نقطه مرجع و چارچوب مرجع

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

**؟** همیشه بیشتر توضیح دهید؟

**📧** اگر پشت تلفن به مادر یا پدرتان که با منزل آشنایی کامل دارند بگویید فاصله 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 نقطه مرجع و دو جهت است که یک دستگاه مختصات را تشکیل می‌دهند.

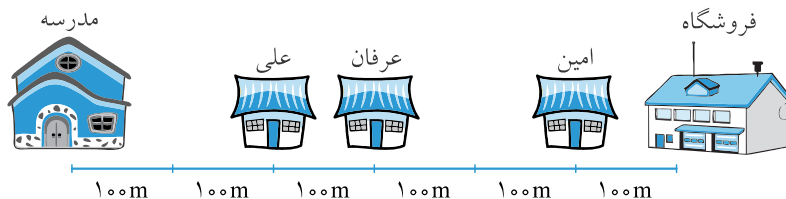
در شکل ۱-۱ وقتی فردی سوار بر قطار در حال حرکت از ایستگاه به سمت راست است، از نظر لوکوموتوران حرکت نمی‌کند اما از نظر شما که در ایستگاه ایستاده‌اید هردوی آنها در حال حرکت از چپ به راست هستند. یک چارچوب مرجع باید دارای یک مبدأ (در مثال فوق محلی که شما در ایستگاه ایستاده‌اید) و حداقل یک جهت مثبت باشد. در 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.



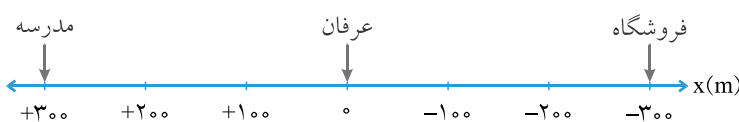
شکل ۱-۱

**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 نقطه مبدأ در چارچوب مرجع، مکان جسم می‌تواند مثبت یا منفی باشد. مکان جسم را با حرف  $x$  نشان می‌دهیم. یکای مکان همان یکای طول است یعنی متر.

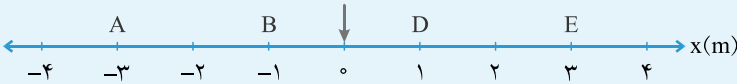


شکل ۲-۱



شکل ۳-۱

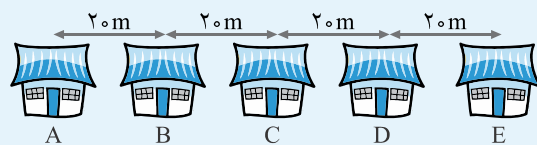
شکل ۲-۱ مکان یک مدرسه و منزل چند دانش‌آموز و یک فروشگاه را نشان می‌دهد. اگر منزل علی را مبدأ در نظر بگیریم، مکان مدرسه در فاصله ۲۰۰ متری و اگر منزل عرفان را مبدأ در نظر بگیریم، مدرسه در فاصله ۳۰۰ متری واقع شده است. فاصله فروشگاه نیز از منزل عرفان ۳۰۰ متر است، با این تفاوت که مدرسه در سمت چپ و فروشگاه 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 ۳-۱)



**مثال ۱** مکان اجسام A و B و C و D و E را تعیین کنید.

$x_A = -3\text{m}$ ,  $x_B = -1\text{m}$ ,  $x_D = 1\text{m}$ ,  $x_E = 3\text{m}$

پاسخ



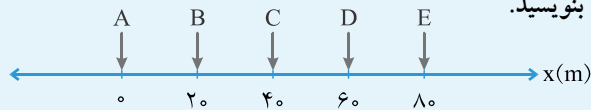
**مثال ۲** ۵ خانه مطابق شکل در خیابان آزادی قرار دارند. اگر سمت راست

را مثبت فرض کنیم، به سؤالات داده شده پاسخ دهید:

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

ب) فرض کنید شما در خانه C زندگی می کنید. مکان خود را نسبت به خانه E بنویسید.

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



پاسخ الف)

$x_C = -40\text{m}$

ب) وقتی می گوئیم مکان نسبت به نقطه E، یعنی نقطه E مبدأ است. پس داریم:

$x_A = -20\text{m}$ ,  $x_B = 0\text{m}$ ,  $x_C = 20\text{m}$ ,  $x_D = 40\text{m}$ ,  $x_E = 60\text{m}$

پ)

### جابجایی و مسافت

**تعریف** هرگاه مکان جسمی تغییر کند می گوئیم که جسم جابه جا شده است.

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

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

برای محاسبه اندازه جابه جایی از رابطه ۱-۱ استفاده می کنیم:

مکان اولیه جابه جایی

$\Delta x = x - x_0$

(رابطه ۱-۱)

مکان ثانویه

**نکته** اگر مقدار ثانویه از اولیه کمتر باشد، علامت جابه جایی منفی می شود.

**نکته** اندازه جابه جایی تنها به نقاط ابتدا و انتهای مسیر بستگی دارد و به شکل مسیر حرکت بستگی ندارد. به

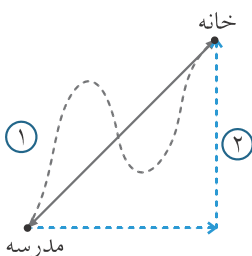
عنوان مثال در شکل ۱-۴، جابه جایی علی از مدرسه تا خانه به شکل مسیر حرکت بستگی نداشته و برابر

است با اندازه برداری که مدرسه را به خانه متصل کرده است.

برای نشان دادن جابه جایی به کمک بردارهای یکه به روش مقابل عمل می کنیم: (رابطه ۲-۱)

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

اندازه جابه جایی

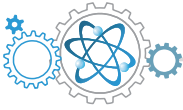


شکل ۱-۴

**تعریف** مسافت عبارت است از طول مسیری که متحرک می پیماید تا از نقطه ای به نقطه دیگر برود.

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

مسافت را با حرف l نشان می دهیم و یک کمیت نرده ای است. پس مسافت دارای جهت نیست.



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 می‌کند، یعنی ۳۰۰ متر. البته جابه‌جایی کمیتری 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:  $\Delta x = 300 \text{ m}$  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.

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

جدول ۱-۱

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.

**؟** 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،  $\text{m/s}$  (متر بر ثانیه) است.

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

جابه‌جایی  $\vec{d}$   
بازهٔ زمانی  $\Delta t$   
سرعت متوسط  $\vec{v}_{av}$

**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:

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

**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 ( $\text{m/s}$ ) است.

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

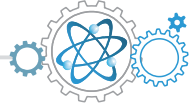
مسافت  $l$   
بازهٔ زمانی  $\Delta t$   
تندی متوسط  $s_{av}$

**؟** همیشه 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.



مثال ۳

محمد در مدت ۳۰ دقیقه به اندازه ۲/۰ کیلومتر از منزلش دور شده و سپس در همان مدت به منزلش بر می‌گردد.

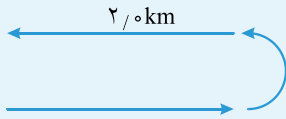
(الف) سرعت متوسط محمد چقدر است؟

(ب) تندی متوسط او چقدر است؟

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

(ب)

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{2000 + 2000}{1800 + 1800} = 1/1 \text{ m/s}$$



مثال ۴

کوروش به دور میدانی به شعاع ۱۰۰ متر می‌دود. او در مدت ۱۲۰ ثانیه یک دور کامل به دور میدان می‌گردد. اگر او با تندی ثابت

بدود، مطلوب است محاسبه:

(الف) سرعت او در نقطه A

(ب) سرعت او در نقطه B

(پ) اندازه سرعت متوسط او بین دو نقطه A و B

(ت) سرعت متوسط او در یک دور کامل

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

$$v_A = s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{2\pi r}{\Delta t} = \frac{2 \times 3.14 \times 100}{120} = 5.23 \text{ m/s}$$

$$\vec{v}_A = -5.23 \vec{i}$$

$$\vec{v}_B = -5.23 \vec{j}$$

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

(ب) جهت سرعت مماس بر مسیر حرکت است:

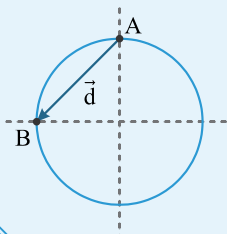
(پ) برای تعیین اندازه سرعت متوسط باید اندازه جابه‌جایی بین دو نقطه A و B را داشته باشیم:

$$d = \sqrt{r^2 + r^2} = \sqrt{100^2 + 100^2} = 100\sqrt{2} \approx 141 \text{ m}$$

$$v_{av} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{141}{30} = 4.7 \text{ m/s}$$

(ت) وقتی متحرک به نقطه اولیه برگردد، جابه‌جایی آن برابر صفر و در نتیجه اندازه سرعت متوسط

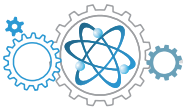
آن نیز برابر صفر خواهد شد.



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

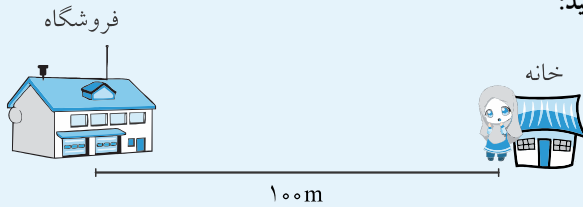
تندی	سرعت
وابسته به مسیر حرکت	مستقل از مسیر حرکت
همیشه مثبت است.	می‌تواند مثبت یا منفی باشد.
نرده‌ای	بردار
با دانستن آن نمی‌توان به جهت حرکت پی‌برد.	از علامت آن می‌توان به جهت پی‌برد.

جدول ۱-۲



## مثال ۵

سعیده قصد دارد به مغازه رفته و یک بطری شیر بخرد. پس از طی ۱۰۰ متر به خاطر می آورد پول به همراه ندارد و به خانه برمی گردد. 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) جابه جایی او چند متر است؟

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

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

پاسخ (الف)  $100 + 100 = 200 \text{ m}$

(ب) در رفت و برگشت جابه جایی برابر صفر است.

$$(ت) s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{200}{120} = 1.67 \text{ m/s}$$

(پ) صفر

## مثال ۶

فرزاد از پنجره اتاقش به خیابان مستقیم روبه روی منزلشان نگاه می کند. کنار

خیابان دو تابلو وجود دارد که او قبلاً فاصله بین آن دو را اندازه گیری کرده

که برابر ۶۰ متر بوده است. با استفاده از زمان سنج گوشی خودش پی می برد

اغلب اتومبیل ها مسافت بین این دو نقطه را در مدت ۳ ثانیه می پیمایند.

(الف) تندی متوسط اتومبیل ها چند متر بر ثانیه و چند کیلومتر بر ساعت بوده است؟

– فرزاد زمان سنج خود را رها کرد تا به کار خود ادامه دهد. دید در لحظه 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 لحظه ۷/۵ ثانیه ون از کنار تابلوی سمت راست عبور کرد و در لحظه 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.

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{60}{3} = 20 \text{ m/s}$$

$$20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 3.6 \frac{\text{h}}{\text{m}} = 72 \text{ km/h}$$

پاسخ (الف)

$$\text{ون: } s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{60}{2.5} = 24 \text{ m/s}$$

$$\text{اتوبوس: } s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{60}{4} = 15 \text{ m/s}$$

(ب)

$$\text{ون: } \vec{v}_{av} = 24 \vec{i} \text{ m/s}$$

$$\text{اتوبوس: } \vec{v}_{av} = -15 \vec{i} \text{ m/s}$$

(پ)

## مثال ۷

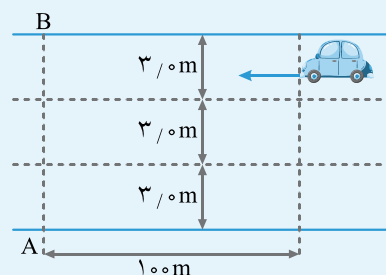
شخصی می خواهد از عرض بزرگراه (از نقطه A به B) عبور کند و متأسفانه به

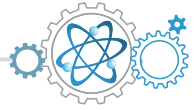
استفاده از پل عابر پیاده معتقد نیست! پس تصمیم می گیرد عرض بزرگراه را بدود

(خدا شفا بده!). او می بیند اتومبیلی در فاصله ۱۰۰ متری است و به طرف او

می آید. او مطمئن است که می تواند رد شود.

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





- ب) چند ثانیه طول می کشد 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 می کشد تا شخص عرض بزرگراه را طی کند؟  
 ت) اگر اتومبیل در خط آخر باشد، آیا شخص می تواند بی خطر از بزرگراه عبور کند یا خیر؟

$$s = \frac{l}{\Delta t} \Rightarrow 120 = \frac{0.100}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 0.000833 \text{ h} = 2.98 \text{ s} \quad \text{ب)}$$

$$120 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3.6 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 33.3 \text{ m/s} \quad \text{الف) پاسخ}$$

$$3.24 > 2.98 \Rightarrow \text{شخص تصادف می کند} \quad \text{ت)}$$

$$s = \frac{l}{\Delta t} \Rightarrow 10 = \frac{0.0090}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 0.0009 \text{ h} = 3.24 \text{ s} \quad \text{پ)}$$

**مثال ۸** دونه‌ای مسافت ۱۰۰ متر را در مدت تقریبی ۱۰ ثانیه می دود. تندی متوسط او را به دست آورید.

$$s_{\text{av}} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{100}{10} = 10 \text{ m/s}$$

پاسخ

**تست** مکان متحرکی روی محور x در لحظه  $t = 2 \text{ s}$  برابر  $8 \text{ m}$  و در لحظه  $t = 10 \text{ s}$  برابر  $-16 \text{ m}$  می باشد. اندازه سرعت متوسط متحرک در این مدت چند متر بر ثانیه است؟

(سراسری تهرین)

۲

۱

-۲

-۳

گزینه ۱  ۲  ۳  ۴

$$v_{\text{av}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_{\text{av}} = \frac{-16 - 8}{10 - 2} = -\frac{24}{8} = -3 \text{ m/s}$$

**تست** متحرکی بر مسیر مستقیم در مدت ۰/۵ ساعت بدون تغییر جهت مسافت ۲۷ کیلومتر را طی می کند. اندازه سرعت متوسط متحرک در این مدت چند متر بر ثانیه است؟

(آزاد تهرین)

۱۳/۵

۱۵

۱۸

۲۷

گزینه ۱  ۲  ۳  ۴

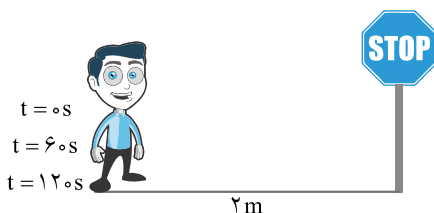
$$v_{\text{av}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{27 \times 10^3}{0.5 \times 3600} = 15 \text{ m/s}$$

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

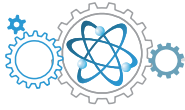
شیوه شرح می دهیم:

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

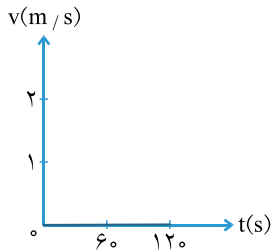
**روش دوم استفاده از شکل:** در شکل ۱-۵، فاصله حسین از تابلو ۲ متر است و زمان‌های نشان داده شده به ما می گویند در مدت ۱۲۰ ثانیه یعنی ۲ دقیقه، حسین حرکت نکرده است. البته مسلم است که این شکل مکان حسین را به طور دقیق در زمان‌هایی به غیر از صفر و ۶۰ و ۱۲۰ ثانیه نشان نمی دهد.



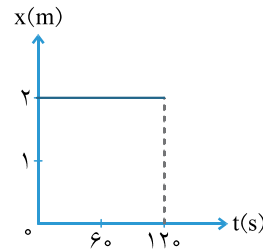
شکل ۱-۵



**روشن سوم استفاده از نمودار:** نقطه ضعف روش دوم، هنگام استفاده از نمودار از بین می‌رود. در شکل ۶-۱ الف، نمودار مکان - 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 ۶-۱ ب، نمودار سرعت - زمان (نموداری که سرعت متحرک را در هر لحظه نشان می‌دهد) به ما می‌گوید در تمام مدت ۱۲۰ ثانیه اندازه سرعت حسین برابر صفر بوده است.



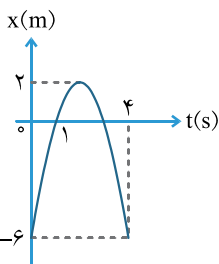
شکل ۶-۱ (ب)



شکل ۶-۱ (الف)

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 - زمان متحرکی که با شتاب ثابت در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل است.

(سراسری تهرانی - ۸۷)

سرعت متوسط در فاصله زمانی  $t=1s$  تا  $t=4s$  چند متر بر ثانیه است؟

۲

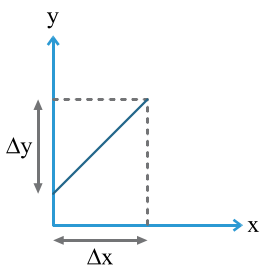
۱

۴

۳

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

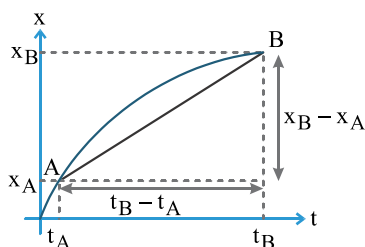
$$x_1 = 0, x_4 = -6, v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-6 - 0}{4 - 1} = -2 \text{ m/s}$$



شکل ۷-۱

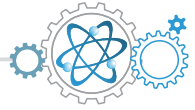
**یادداشت ریاضی**

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 ۷-۱، شیب از رابطه  $\frac{\Delta y}{\Delta x}$  محاسبه می‌شود.



شکل ۸-۱

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



**تست**

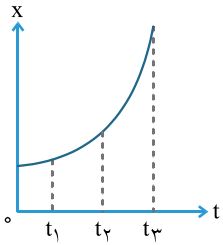
نمودار مکان - زمان متحرکی به صورت سهمی و مطابق شکل روبه‌رو است. سرعت متوسط متحرک در کدام بازه زمانی بیشتر است؟

۱.  $t_1$  تا  $t_2$

۲.  $t_2$  تا  $t_3$

۳.  $t_3$  تا  $t_4$

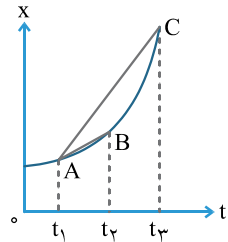
۴. بستگی به اندازه فاصله زمانی دارد.



**گزینه**

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 بازه زمانی  $t_2$  تا  $t_3$  بیشتر است.

شیب  $BC >$  شیب  $AB$



**تست**

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

۱. ۲۴

۲. ۲۸

۳. ۲۰

۴. ۳۶

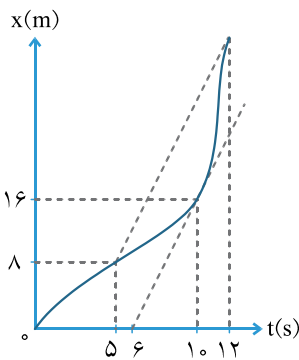
**گزینه**

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

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

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

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

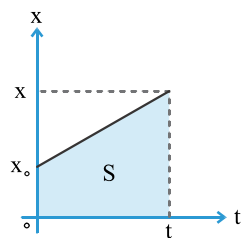


**نکته**

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

$$S = |\Delta x|$$

شکل ۹-۱



**تست**

نمودار سرعت - زمان متحرکی که بر روی مسیر مستقیم در حال حرکت است، مطابق شکل روبه‌رو است. اندازه سرعت متوسط متحرک در  $10$  ثانیه اول حرکت چند واحد است؟

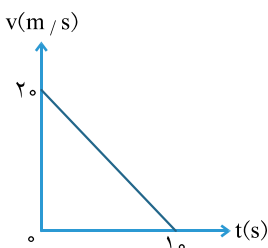
(سراسری ریاضی خارج از کشور)

۱. ۱۵

۲. ۲۰

۳. ۲

۴. ۱۰

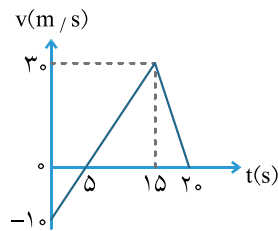




## گزینه ۴ ۳ ۲ ۱

مساحت سطح محصور بین نمودار سرعت - زمان و محور زمان برابر است با اندازه جابه‌جایی:

$$s = |\Delta x| = \frac{20 \times 10}{2} = 100 \text{ m} \quad , \quad v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{100}{10} = 10 \text{ m/s}$$



**تست** نمودار سرعت - زمان متحرکی در مسیر مستقیم، مطابق شکل مقابل است. اندازه سرعت متوسط آن

(سراسری ریاضی)

در مدت ۲۰ ثانیه، چند متر بر ثانیه است؟

۲/۵

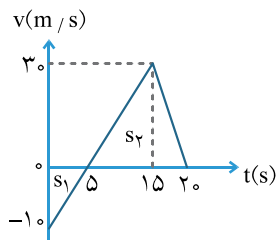
۰/۵

۱۵

۱۰

## گزینه ۴ ۳ ۲ ۱

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



$$|\Delta x_1| = s_1 = \frac{10 \times 5}{2} = 25 \text{ m} \Rightarrow \Delta x_1 = -25 \text{ m}$$

$$s_2 = \Delta x_2 = \frac{30 \times (20 - 15)}{2} = 225 \text{ m}$$

$$\Delta x_{\text{کل}} = \Delta x_1 + \Delta x_2 = 225 - 25 = 200 \text{ m}$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{200}{20} = 10 \text{ m/s}$$

## 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 اندازه سرعت متوسط و تندی نیز با هم برابر

هستند. پس می‌توانیم بنویسیم:

$$\begin{cases} v = v_{av} \\ v_{av} = \frac{x - x_0}{t} \Rightarrow v = \frac{x - x_0}{t} \Rightarrow x = v t + x_0 \end{cases} \quad \text{(رابطه ۱-۶)}$$

زمان تندی  $\uparrow$   $x = v t + x_0$  مکان اولیه  $\downarrow$  مکان ثانویه

رابطه ۱-۶ معادله حرکت با سرعت ثابت یا معادله مکان - زمان نامیده می‌شود.

جابه‌جایی در حرکت با سرعت ثابت را می‌توان از رابطه ۱-۶ به دست آورد:

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

## مثال ۹

موتور سواری با تندی ثابت  $36 \text{ km/h}$  در مسیر مستقیم در حال حرکت است. اگر در لحظه  $t = 0$ ، در فاصله  $10$  متری پشت مبدأ

بوده و به سمت مبدأ در حال حرکت باشد:

(الف) معادله مکان - زمان موتور سوار را بنویسید.

(ب) در چه لحظه‌ای متحرک به فاصله  $20$  متری جلوی مبدأ می‌رسد؟

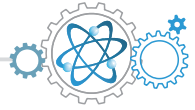
(الف) پاسخ چون مسیر حرکت مستقیم است می‌توانیم آن را به دلخواه محور  $x$  فرض کنیم.

$$v = \frac{36}{3.6} = 10 \text{ m/s}$$

$$x = vt + x_0 \Rightarrow x = 10t - 10$$

$$x = 10t - 10 \xrightarrow{x = 20 \text{ m}} 20 = 10t - 10 \Rightarrow 10t = 30 \Rightarrow t = 3 \text{ s}$$

(ب)



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

(آزاد تهرانی)

- ۱  ۳    ۲  ۴    ۳  ۵    ۴  ۸

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

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

**تست** دو هواپیما با تندی های ۶۰۰ و ۸۰۰ کیلومتر بر ساعت به طور هم زمان از یک فرودگاه به مقصد فرودگاه دیگری به فاصله ۱۲۰۰ کیلومتر پرواز می کنند. هواپیمای سریع تر چند دقیقه زودتر به مقصد می رسد؟

(سراسری تهرانی)

- ۱  ۱۵    ۲  ۲۰    ۳  ۳۰    ۴  ۴۰

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

$$\Delta x = v_1 t_1 \Rightarrow 1200 = 600 t_1 \Rightarrow t_1 = 2 \text{ h} \quad , \quad \Delta x = v_2 t_2 \Rightarrow 1200 = 800 t_2 \Rightarrow t_2 = 1.5 \text{ h}$$

$$2 \text{ h} - 1.5 \text{ h} = 0.5 \text{ h} = 30 \text{ min}$$

**تست** هواپیمایی فاصله دو شهر را با تندی  $900 \text{ km/h}$  در مدت یک ساعت و اندازه آن ۳۰ دقیقه طی می کند. هواپیمای دیگری فاصله همین دو شهر را با تندی  $600 \text{ km/h}$  طی می کند. مدت زمان حرکت این هواپیما کدام است؟

(آزاد تهرانی)

- 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

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

**تست** قطاری از روی پلی به طول ۴۰۰ متر می گذرد. 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 تهرانی - ۶۷)



- ۱  ۲۰۰    ۲  ۴۰۰    ۳  ۶۰۰    ۴  ۸۰۰

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

$$\Delta t = vt \Rightarrow L_1 + L_2 = vt$$

$$\Rightarrow 400 + L_2 = 30 \times 20 \Rightarrow 400 + L_2 = 600 \Rightarrow L_2 = 200 \text{ m}$$

**تست** دوچرخه سواری فاصله ۹۰ کیلومتری مستقیم بین دو شهر را در مدت  $4/5$  ساعت می پیماید. وی با تندی ثابت ۲۴ کیلومتر بر ساعت رکاب می زند، اما برای رفع خستگی توقف هایی هم دارد. مدت کل توقف او چند دقیقه است؟

(سراسری ریاضی)

- ۱  ۸۰    ۲  ۴۵    ۳  ۳۰    ۴  ۱۵

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

$\Delta x = vt \Rightarrow 90 = 24t \Rightarrow t = 3/75 h = 225 \text{ min}$  اگر تمام مسیر را بدون توقف با تندی  $24 \text{ km/h}$  می پیمود در چه زمانی به مقصد می رسید؟

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

**تست** ذره ای با تندی ثابت روی محور  $x$  به حرکت در می آید و پس از  $2$  ثانیه به نقطه  $O$  (مبدأ و مکان) و  $2$  ثانیه بعد به نقطه  $x = -6 \text{ m}$  می رسد. معادله حرکت آن در SI کدام است؟ (سراسری ریاضی)

$$x = 3t + 6 \quad \text{۴}$$

$$x = 3t - 6 \quad \text{۳}$$

$$x = -3t + 6 \quad \text{۲}$$

$$x = -3t - 6 \quad \text{۱}$$

$$\text{۱} \quad \begin{cases} t_1 = 2 \text{ s} \\ x_1 = 0 \end{cases}$$

$$\text{۲} \quad \begin{cases} t_2 = 4 \text{ s} \\ x_2 = -6 \text{ m} \end{cases}$$

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

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

حالا یکی از نقاط را در معادله فوق جایگذاری کرده تا  $x_0$  به دست آید:

**تست** دو متحرک، یکی با تندی ثابت  $10 \text{ m/s}$  و دیگری با تندی ثابت  $12 \text{ m/s}$ ، از یک نقطه هم زمان به سوی مقصدی به فاصله  $240$  متر به حرکت در می آیند. حداکثر فاصله این دو متحرک در طول مسیر چند متر است؟ (سراسری تپیری)

$$120 \quad \text{۴}$$

$$80 \quad \text{۳}$$

$$40 \quad \text{۲}$$

$$20 \quad \text{۱}$$

حداکثر فاصله دو متحرک مربوط به زمانی است که متحرک سریع تر به مقصد رسیده باشد:

$$\Delta x_1 = v_1 t_1 \Rightarrow 240 = 12 t_1 \Rightarrow t_1 = 20 \text{ s}$$

متحرک سریع تر در مدت  $20$  ثانیه به مقصد می رسد. در این مدت متحرک کندتر چند متر را پیموده است؟

$$\Delta x_2 = v_2 t_2 \Rightarrow \Delta x_2 = 10 \times 20 = 200 \text{ m}$$

$$240 - 200 = 40 \text{ m}$$

**تست** دو اتومبیل در یک جاده و در یک جهت در حرکت اند و مبدأ حرکت آنها نیز یکی است. تندی اتومبیل اول  $50 \text{ km/h}$  و تندی اتومبیل دوم  $60 \text{ km/h}$  است. ولی اتومبیل دوم یک ساعت دیرتر از اتومبیل اول به حرکت در آمده است. اتومبیل دوم پس از چند ساعت به اتومبیل اول می رسد؟ (سراسری ریاضی)

$$5 \quad \text{۴}$$

$$4 \quad \text{۳}$$

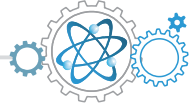
$$3 \quad \text{۲}$$

$$2 \quad \text{۱}$$

وقتی دو متحرک به هم می رسند مکان آنها یکسان می شود. از آنجا که مبدأ حرکت آنها نیز یکسان بوده، پس جابه جایی آنها یکسان خواهد شد:

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

اتومبیل دوم پس از  $5$  ساعت از شروع حرکت به اتومبیل اول می رسد.



**تست** دو متحرک هم‌زمان از نقاط A و B با تندی‌های ثابت به سمت یکدیگر حرکت

می‌کنند و در نقطه 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؟ (آزار ریاضی)

۹۰

۸۰

۶۰

معلومات کافی نیست.

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

$$\frac{\Delta x_1}{\Delta x_2} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{0.6AB}{0.4AB} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow v_1 = \frac{3}{2}v_2$$

$$\Delta x_1 = v_1 t_1 \Rightarrow 0.6AB = v_1 \times 40 \Rightarrow v_1 = \frac{4 \times 10^{-1} AB}{4 \times 10} = 10^{-2} AB \Rightarrow v_2 = \frac{2}{3} \times 10^{-2} AB$$

$$\Delta x_2 = v_2 t_2 \Rightarrow 0.6AB = \frac{2}{3} \times 10^{-2} AB t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{6 \times 10^{-1} AB}{\frac{2}{3} \times 10^{-2} AB} \Rightarrow t_2 = 90 \text{ s}$$

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 ۸-۱ یا ۹-۱ یا ۱۰-۱ به دست آورد:

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

$$v_{av} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2 + \dots}{\Delta t_{\text{کل}}} \quad (\text{رابطه ۹-۱})$$

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

**تست** متحرکی مسیر مستقیمی را در t ثانیه اول با تندی v و در ۳t ثانیه بعد با تندی ۲v طی می‌کند. اندازه تندی متوسط متحرک در این مسیر

(سراسری تجربی)

چند v است؟

۱/۷۵

۱/۵

۱/۳

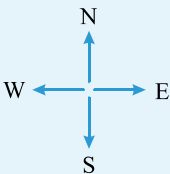
۱/۲۵

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

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

**مثال ۱۰** شخصی ۵/۰ دقیقه با سرعت ۶/۰ متر بر ثانیه رو به شمال می‌دود و ۵/۰ دقیقه دیگر با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه در همان جهت

می‌دود. سرعت متوسط او چند متر بر ثانیه و در چه جهتی است؟



$$\vec{\Delta x}_1 = \vec{v}_1 t_1 = 6/0 \vec{j} \times (5/0 \times 60) = (1800 \text{ m}) \vec{j}$$

$$\vec{\Delta x}_2 = \vec{v}_2 t_2 = 10 \vec{j} \times (5/0 \times 60) = (3000 \text{ m}) \vec{j}$$

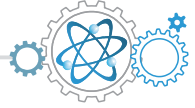
$$\vec{v}_{av} = \frac{1800 \vec{j} + 3000 \vec{j}}{10 \times 60} = (8/0 \text{ m/s}) \vec{j}$$

جهت شمال را مثبت فرض می‌کنیم: **پاسخ**

**نمودارهای حرکت با سرعت ثابت**

نمودار مکان - زمان حرکت با سرعت ثابت، به دلیل ثابت بودن اندازه سرعت، که همان شیب نمودار است، به صورت خط راست است.

**نکته** شیب نمودار ثابت است ولی صفر نیست.



مفاهیم اولیه

۱. ذره‌ای بر روی محور  $x$  از  $x_1$  شروع به حرکت کرده و به  $x_2$  می‌رود. اندازه جابه‌جایی در کدام گزینه بیشتر است؟

- (۱)  $x_1 = 4m, x_2 = 6m$     (۲)  $x_1 = -4m, x_2 = -8m$     (۳)  $x_1 = -4m, x_2 = 2m$     (۴)  $x_1 = -4m, x_2 = 4m$

۲. در سؤال ۱، در کدام گزینه جابه‌جایی خلاف جهت محور  $x$  است؟

- (۱) ۱    (۲) ۲    (۳) ۳    (۴) ۴

۳. در سؤال ۱ در کدام گزینه مسافت طی شده توسط ذره بیشتر است؟

- (۱) ۱    (۲) ۲    (۳) ۳    (۴) ۴

۴. کدام یک از کمیت‌های زیر نرده‌ای است؟

- (۱) تندی    (۲) سرعت    (۳) جابه‌جایی    (۴) شتاب

۵. هواپیمایی با سرعت  $200m/s$  رو به شمال در حال پرواز است. سپس جهت حرکت خود را تغییر داده و با سرعت  $200m/s$  رو به جنوب پرواز می‌کند. کدام گزینه تغییر سرعت آن را نشان می‌دهد؟

- (۱) صفر    (۲)  $200m/s$  رو به جنوب  
(۳)  $400m/s$  رو به جنوب    (۴)  $400m/s$  رو به شمال

حرکت با سرعت ثابت

۶. دو اتوموبیل در فاصله  $150$  کیلومتری از هم قرار دارند و به سمت یکدیگر در حال حرکت هستند. یکی با تندی  $60$  کیلومتر بر ساعت و دیگری با تندی  $40$  کیلومتر بر ساعت در حال حرکت است. پس از چند ساعت به هم می‌رسند؟

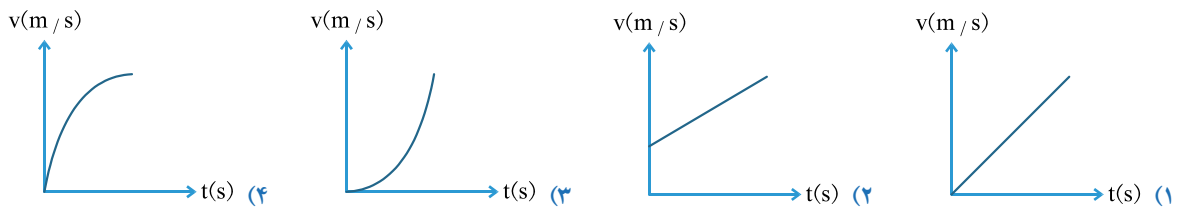
- (۱)  $2/5$     (۲)  $2/7$     (۳)  $1/5$     (۴)  $1/3$

۷. اتوموبیلی با تندی متوسط  $80$  کیلومتر بر ساعت، مسافت  $40$  کیلومتر را بر خط راست می‌پیماید و در همان جهت  $40$  کیلومتر دیگر را با تندی متوسط  $40$  کیلومتر بر ساعت می‌پیماید. تندی متوسط اتوموبیل در کل مسیر چند کیلومتر بر ساعت است؟

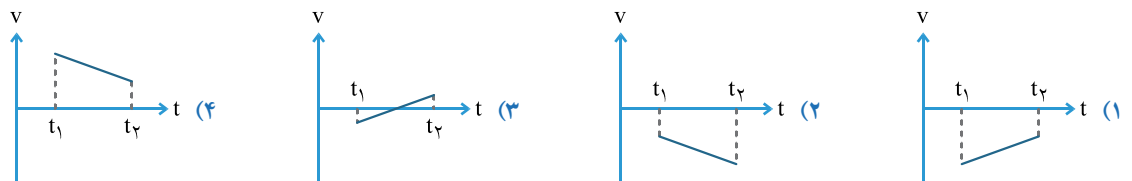
- (۱)  $26/6$     (۲)  $45$     (۳)  $60$     (۴)  $53/3$

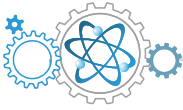
نمودارهای مکان - زمان و سرعت - زمان و شتاب - زمان

۸. متحرکی از حال سکون با شتاب ثابت شروع به حرکت می‌کند. کدام یک از شکل‌های زیر نمودار سرعت - زمان آن می‌باشد؟ (آزاد ریاضی ۸۹)



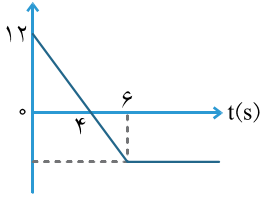
۹. کدام نمودار، مربوط به متحرکی است که در بازه زمانی نشان داده شده، حرکت آن پیوسته تند شونده است؟ (سراسری تهرپی - ۹۰)





۱۰. نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور  $x$  حرکت می‌کند، مطابق شکل است. اندازه شتاب متوسط

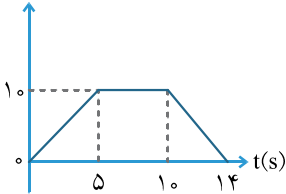
متحرک در بازه زمانی  $3s \leq t \leq 6s$  چند متر بر مربع ثانیه است؟  
(سراسری تیربی - ۸۹)



- ۱ (۱)
- ۳ (۲)
- ۴ (۳)
- ۵ (۴)

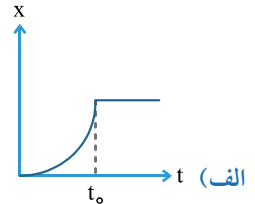
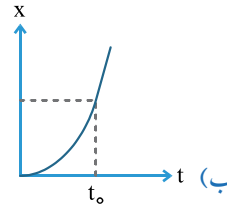
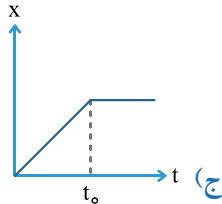
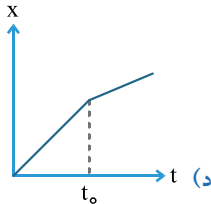
۱۱. متحرکی در مسیر مستقیم حرکت می‌کند و نمودار سرعت - زمان آن مطابق شکل زیر است. اندازه شتاب

متوسط این متحرک در بازه زمانی  $t=2s$  تا  $t=12s$ ، چند متر بر مربع ثانیه است؟  
(سراسری تیربی - ۹۲)



- $\frac{1}{10}$  (۱)
- $\frac{5}{10}$  (۲)
- صفر (۴)
- $\frac{7}{10}$  (۳)

۱۲. جسمی از حال سکون با شتاب ثابت شروع به حرکت کرده و با همین شتاب به مدت  $t_0$  حرکت کرده و سپس با تندی ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد. کدام نمودار در مورد این حرکت صحیح است؟



د (۴)

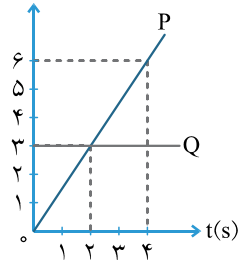
ج (۳)

ب (۲)

الف (۱)

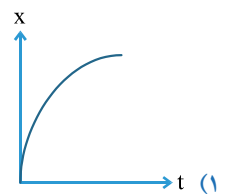
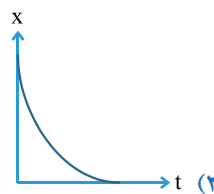
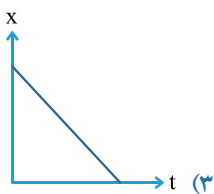
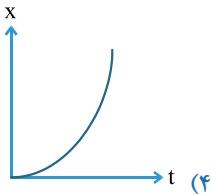
۱۳. نمودار سرعت - زمان دو اتوموبیل که از یک نقطه شروع به حرکت کرده‌اند، مطابق شکل است. فاصله دو

اتوموبیل در لحظه  $t=4s$  چند متر است؟



- ۱۲ (۱)
- ۶ (۲)
- ۲ (۳)
- صفر (۴)

۱۴. کدام نمودار مربوط به متحرکی است که تندی آن در حال افزایش است؟



د (۴)

ج (۳)

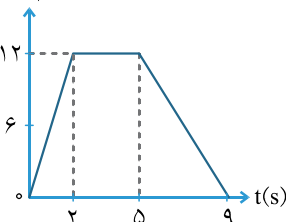
ب (۲)

الف (۱)

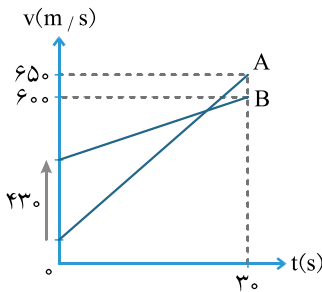
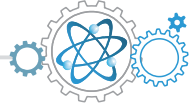
۱۵. شکل زیر نمودار سرعت - زمان یک اتوموبیل را که بر روی خط راست حرکت می‌کند، نشان می‌دهد. اتوموبیل بین دو لحظه  $t=0s$  و  $t=5s$

چند متر را می‌پیماید؟

۱۶. شکل زیر نمودار سرعت - زمان یک اتوموبیل را که بر روی خط راست حرکت می‌کند، نشان می‌دهد. اتوموبیل بین دو لحظه  $t=0s$  و  $t=9s$

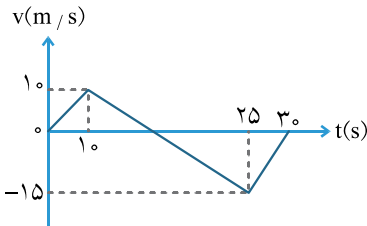


- ۱۲ (۱)
- ۳۰ (۲)
- ۳۶ (۳)
- ۴۸ (۴)



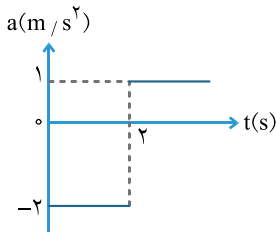
۱۶. نمودار مکان - زمان دو متحرک A و B به صورت شکل زیر است. تندی متحرک A چند متر بر ثانیه بیشتر از تندی متحرک B است؟  
(تجربی سراسری قاج از کشور - ۹۴)

- ۱۲ (۱)
- ۱۲٫۶ (۲)
- ۱۶ (۳)
- ۱۶٫۳ (۴)



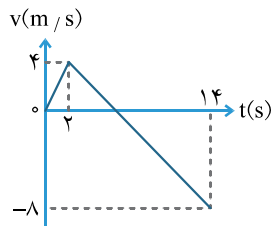
۱۷. متحرکی روی محور x حرکت می‌کند و نمودار سرعت - زمان آن مطابق شکل زیر است. متحرک در ۱۴ ثانیه اول، چند ثانیه در سوی مخالف محور x حرکت کرده است؟  
(سراسری ریاضی - ۸۹)

- ۴ (۱)
- ۶ (۲)
- ۸ (۳)
- ۱۲ (۴)



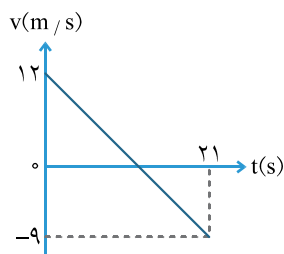
۱۸. متحرکی از حال سکون در مسیر مستقیم به حرکت درمی‌آید و نمودار شتاب - زمان آن مطابق شکل زیر است. در کدام لحظه (برحسب ثانیه) جهت سرعت عوض می‌شود؟  
(تجربی سراسری قاج از کشور - ۸۹)

- ۲ (۱)
- ۴ (۲)
- ۶ (۳)
- ۸ (۴)



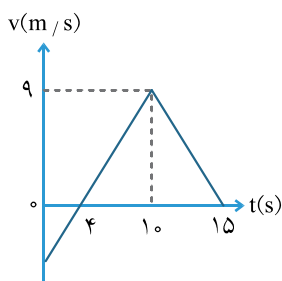
۱۹. نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو است. اندازه سرعت متوسط متحرک در مدتی که در سوی مخالف محور x جابه‌جا می‌شود، چند متر بر ثانیه است؟  
(تجربی سراسری قاج از کشور - ۸۹)

- ۲٫۵ (۱)
- ۷٫۵ (۲)
- ۱۰٫۵ (۳)
- ۱۲٫۵ (۴)



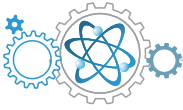
۲۰. نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند. مطابق شکل است. اندازه جابه‌جایی متحرک در فاصله زمانی  $t=6s$  و  $t=12s$  چند متر است؟ (سراسری تجربی - ۹۳)

- ۱۲ (۱)
- ۱۸ (۲)
- ۲۲٫۵ (۳)
- ۳۲٫۵ (۴)

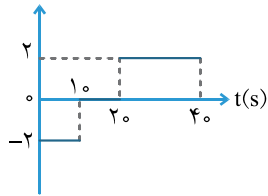


۲۱. نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند مطابق شکل زیر است. اندازه شتاب متوسط متحرک در بازه زمانی  $t=0$  تا  $t=15s$  چند متر بر مربع ثانیه است؟  
(سراسری قاج از کشور - ۹۳)

- ۰٫۴ (۱)
- ۰٫۶ (۲)
- ۰٫۸ (۳)
- ۱ (۴)



۲۲. نمودار شتاب - زمان متحرکی که از حال سکون روی محور  $x$  حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است.

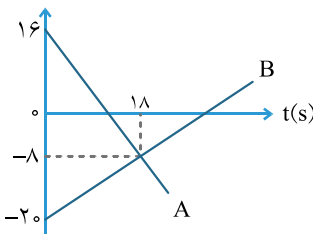


(سراسری تهرپی - ۹۴)

در بازه زمانی  $t_1 = 20s$  تا  $t_2 = 35s$ ، کدام مورد درست است؟

- (۱) حرکت تندشونده است.
- (۲) حرکت کند شونده است.
- (۳) جهت حرکت یک بار تغییر می‌کند.
- (۴) متحرک در جهت محور  $x$  حرکت می‌کند.

۲۳. نمودار سرعت - زمان دو متحرک  $A$  و  $B$  که روی محور  $x$  حرکت می‌کنند، مطابق شکل است. در مدتی که متحرک  $A$  در جهت محور  $x$  حرکت کرده است، اندازه جابه‌جایی متحرک  $B$ ، چند متر است؟



(۲) ۱۹۲

(۱) ۱۸۶

(۴) ۲۲۸

(۳) ۲۰۰

۲۴. در شکل زیر نمودار سرعت - زمان یک دوندۀ دوی ۱۰۰ متر را از آغاز مسابقه تا انتها مشاهده می‌کنید.

کدام رابطه زیر صحیح است؟



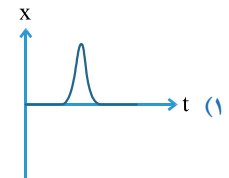
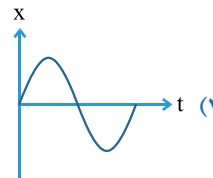
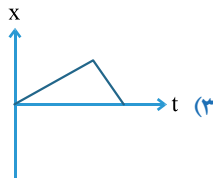
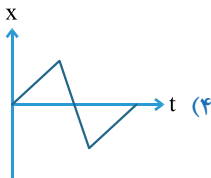
$$(۲) \quad 100 = 10 \times 11 + \frac{1}{2}(10 \cdot t)$$

$$(۱) \quad 100 = 10 \times 11 - \frac{1}{2}(10 \cdot t)$$

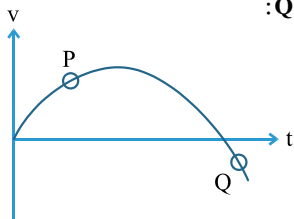
$$(۴) \quad 100 = 10 \cdot t - \frac{1}{2}(10 \cdot t^2)$$

$$(۳) \quad 100 = 10 \cdot t + \frac{1}{2}(10 \cdot t^2)$$

۲۵. متحرکی از حال سکون با شتاب ثابت شروع به حرکت می‌کند و پس از مدتی متوقف شده و به همان شکل اولیه به مکان اولیه برمی‌گردد. کدام نمودار، نمودار مکان - زمان این متحرک را به درستی نشان می‌دهد؟



۲۶. شکل زیر نمودار سرعت - زمان اتوموبیلی را که بر روی محور  $x$  حرکت می‌کند، نشان می‌دهد. در نقطه  $Q$ :



- (۱) اتوموبیل در جهت محور  $x$  در حال حرکت بوده و تندی آن در حال کاهش است.
- (۲) اتوموبیل خلاف جهت محور  $x$  در حال حرکت بوده و تندی آن در حال کاهش است.
- (۳) اتوموبیل در جهت محور  $x$  در حال حرکت بوده و تندی آن در حال افزایش است.
- (۴) اتوموبیل خلاف جهت محور  $x$  در حال حرکت بوده و تندی آن در حال افزایش است.

### حرکت با شتاب ثابت

۲۷. متحرکی در مسیر مستقیم و با شتاب ثابت فاصله ۸۰ متری از  $A$  تا  $B$  را در مدت ۸ ثانیه طی می‌کند و در لحظه رسیدن به نقطه  $B$  سرعتش به  $15m/s$  می‌رسد. شتاب متحرک چند متر بر مربع ثانیه است؟

(سراسری ریاضی - ۸۹)

(۴)  $\frac{5}{4}$

(۳)  $\frac{5}{4}$

(۲)  $\frac{3}{4}$

(۱)  $\frac{3}{4}$

۲۸. جسمی از مبدأ مکان با شتاب ثابت  $4m/s^2$  از حال سکون شروع به حرکت می‌کند. اندازه سرعت متوسط آن بین دو مکان ۲ متر و ۸ متر چند  $m/s$  است؟

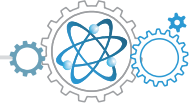
(۴) ۶

(۳) ۵

(۲) ۳

(۱) ۲





۲۹. اتوموبیلی که ابتدا در حال سکون است، با شتاب ثابت شروع به حرکت می کند و ۲۰ متر را بر مسیر مستقیم در مدت ۴ ثانیه می پیماید. شتاب آن در SI کدام است؟

- ۰/۴ (۱)      ۱/۳ (۲)      ۲/۵ (۳)      ۴/۹ (۴)

۳۰. یک اتوموبیل مسابقه می تواند با شتاب ثابت، تندی خود را پس از طی ۶۰ متر از ۱۰ m/s به ۵۰ m/s برساند. این افزایش تندی در چند ثانیه روی می دهد؟

- ۲/۰ (۱)      ۴/۰ (۲)      ۵/۰ (۳)      ۸/۰ (۴)

۳۱. اتوموبیلی در یک سراسیمی با شتاب ثابت  $۵/۰ \text{ m/s}^2$  از حال سکون رو به پایین شروع به حرکت می کند. پس از  $۵/۰$  ثانیه اتوموبیل به پایین تپه می رسد. تندی آن در پایین تپه در SI کدام است؟

- ۱/۰ (۱)      ۲۵ (۲)      ۵۰ (۳)      ۱۶۰ (۴)

۳۲. متحرکی با سرعت اولیه  $۲۵ \text{ m/s}$  رو به شمال در حرکت است. اگر شتاب آن  $۵/۰ \text{ m/s}^2$  رو به جنوب باشد،  $۶/۰$  ثانیه پس از لحظه صفر، سرعت آن کدام گزینه است؟

- (۱)  $۵/۰ \text{ m/s}$  - شمال      (۲)  $۵/۰ \text{ m/s}$  - جنوب      (۳)  $۵/۵ \text{ m/s}$  - شمال      (۴)  $۵/۵ \text{ m/s}$  - جنوب

۳۳. سرعت اولیه جسمی  $۱۲ \text{ m/s}$  به سمت غرب است. اگر به مدت  $۳/۰$  ثانیه شتابی برابر  $۴/۰ \text{ m/s}^2$  به سمت غرب داشته باشد، در این مدت چند متر جابه جا می شود؟

- ۱۲ (۱)      ۲۴ (۲)      ۳۶ (۳)      ۵۴ (۴)

۳۴. کدام گزینه نمی تواند صحیح باشد؟

- (۱) جسمی به سمت شرق حرکت کند در حالی که شتاب آن به سمت غرب باشد.  
 (۲) تندی جسمی برابر صفر باشد ولی شتاب آن برابر صفر نباشد.  
 (۳) شتاب جسمی ثابت و تندی آن متغیر باشد.  
 (۴) شتاب جسمی ثابت و تندی آن ثابت باشد.

۳۵. هواپیمایی با تندی ثابت  $۲۰ \text{ m/s}$  در حال پرواز است. سپس  $۹۰$  درجه در صفحه افقی دوران می کند. اگر چرخش هواپیما  $۲۰/۰$  ثانیه طول بکشد، اندازه شتاب متوسط هواپیما چند واحد SI است؟

- صفر (۱)       $۴۰ \text{ m/s}^2$  (۲)       $۲۰ \text{ m/s}^2$  (۳)       $۱۴ \text{ m/s}^2$  (۴)

۳۶. تندی اولیه اتوموبیلی  $۲/۰ \text{ m/s}$  و شتاب آن نیز  $۲/۰ \text{ m/s}^2$  در خلاف جهت سرعت است. این اتوموبیل در مدت  $۶/۰$  ثانیه چه مسافتی را می پیماید؟

- ۱۴ (۱)      ۲۶ (۲)      ۳۶ (۳)      ۴۸ (۴)

۳۷. متحرکی بدون تندی اولیه و با شتاب ثابت از نقطه A به حرکت در می آید و در ادامه مسیر به نقطه B و سپس C می رسد و فاصله  $۱۲۰$  متری BC را در مدت  $۱۰$  ثانیه طی می کند. اگر تندی متحرک در نقطه C،  $۲۰ \frac{\text{m}}{\text{s}}$  باشد، فاصله بین A و B چند متر است؟ (سراسری ریاضی قاج از کشور - ۸۹)

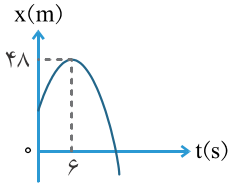
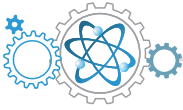
- ۲/۵ (۱)      ۵ (۲)      ۱۰ (۳)      ۲۲/۵ (۴)

۳۸. متحرکی روی محور x با شتاب ثابت در حرکت است و در مبدأ زمان با سرعت  $v = +۳ \text{ m/s}$  از مکان  $x = +۴ \text{ m}$  می گذرد. اگر متحرک در لحظه  $t = ۴ \text{ s}$  در جهت مثبت محور x در بیش ترین فاصله خود از مبدأ باشد، در لحظه  $t = ۸ \text{ s}$  در چند متری مبدأ خواهد بود؟ (سراسری ریاضی قاج از کشور - ۹۰)

- ۴ (۱)      ۶ (۲)      ۸ (۳)      ۱۲ (۴)

۳۹. دو متحرک A و B از یک نقطه بدون تندی اولیه در یک مسیر مستقیم شروع به حرکت می کنند. اگر شتاب متحرک A، ۴ برابر شتاب متحرک B باشد، در یک جابه جایی مساوی، اندازه سرعت متوسط متحرک A چند برابر اندازه سرعت متوسط متحرک B است؟ (سراسری ریاضی قاج از کشور - ۹۳)

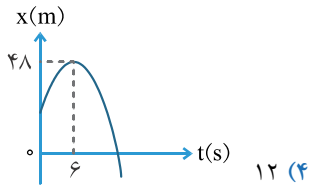
- $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$  (۱)      ۲ (۲)       $\sqrt{۲}$  (۳)      ۴ (۴)



۴۰. نمودار مکان - زمان متحرکی که روی محور  $x$  حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر به صورت سهمی است. چند ثانیه پس از لحظه  $t=0$  تندی متحرک برابر تندی اولیه می‌شود؟

(سراسری ریاضی فارغ از کشور - ۹۳)

- (۱) ۶  
(۲) ۷  
(۳) ۸  
(۴) ۹



۴۱. نمودار مکان - زمان متحرکی که روی محور  $x$  حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر به صورت سهمی است. اگر مسافت طی شده توسط متحرک در بازه زمانی  $t=3s$  تا  $t=9s$  برابر ۱۲ متر باشد، اندازه جابه‌جایی متحرک در این بازه زمانی چند متر است؟

(سراسری ریاضی - ۹۳)

- (۱) صفر  
(۲) ۳  
(۳) ۶  
(۴) ۱۲

۴۲. دو متحرک روی خط راست با شتاب‌های ثابت  $a$  و  $a + 1/5 \frac{m}{s^2}$  از یک نقطه شروع به حرکت می‌کنند و بعد از مدت  $t$ ، تندی آنها به ترتیب  $10 \text{ m/s}$  و  $22 \text{ m/s}$  می‌شود.  $t$  چند ثانیه است؟

(سراسری ریاضی - ۹۶)

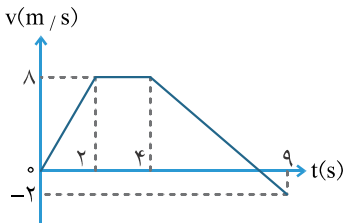
- (۱) ۱۰  
(۲) ۸  
(۳) ۶  
(۴) ۴

۴۳. تویی را بر روی یک سطح شیب‌دار رو به بالا پرتاب می‌کنیم. در انتهای ثانیه سوم تندی آن ۲۰ سانتی‌متر بر ثانیه و در انتهای ثانیه هشتم تندی آن صفر است. شتاب متوسط آن در بازه زمانی ۳ تا ۸ ثانیه چند  $\text{cm/s}^2$  است؟

- (۱) ۲/۵  
(۲) ۴/۵  
(۳) ۵/۵  
(۴) ۶/۵

۴۴. اتوموبیلی پشت چراغ قرمز ایستاده است. به محض سبز شدن چراغ، کامیونی با تندی  $15 \text{ m/s}$  از کنار اتوموبیل می‌گذرد و در همین لحظه اتوموبیل با اندازه شتاب ثابت  $3 \text{ m/s}^2$  شروع به حرکت می‌کند. پس از چند ثانیه اتوموبیل از کامیون سبقت می‌گیرد؟

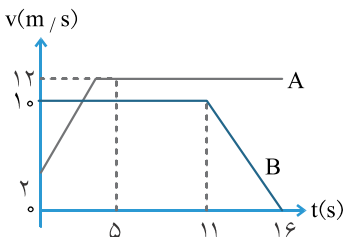
- (۱) ۱۰  
(۲) ۱۵  
(۳) ۲۰  
(۴) ۲۵



۴۵. نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور  $x$  از مکان  $x_0 = -36 \text{ m}$  شروع به حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. پس از چند ثانیه متحرک برای اولین بار از مبدأ مکان می‌گذرد؟

(سراسری ریاضی فارغ از کشور - ۸۹)

- (۱) ۲  
(۲) ۶  
(۳) ۸  
(۴) ۱۰



۴۶. نمودار سرعت - زمان دو متحرک A و B، که روی محور  $x$  حرکت می‌کنند، مطابق شکل زیر است. اگر در لحظه  $t=0$ ، هر دو در مکان  $x=0$  قرار داشته باشند، چند ثانیه پس از آن، دو متحرک به هم می‌رسند؟

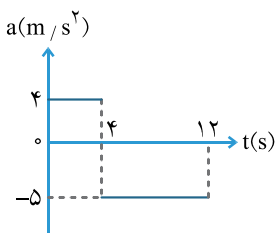
(سراسری ریاضی - ۹۰)

- (۱) ۷/۵  
(۲) ۸  
(۳) ۱۲  
(۴) ۱۲/۵

۴۷. متحرکی با شتاب ثابت و تندی اولیه  $v_0$  در ۲ ثانیه اول حرکت خود، ۱۳ متر و در ۲ ثانیه سوم حرکت خود، ۲۵ متر را طی می‌کند. شتاب حرکت در SI کدام است؟

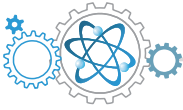
(سراسری تئوری - ۹۱)

- (۱) ۱/۵  
(۲) ۲/۵  
(۳) ۳  
(۴) ۵



۴۸. نمودار شتاب - زمان متحرکی که در مبدأ زمان با تندی  $4 \text{ m/s}$  از مبدأ مکان می‌گذرد مطابق شکل است. مسافت طی شده در بازه زمانی صفر تا ۱۲ ثانیه چند متر است؟

- (۱) ۴۸  
(۲) ۹۶  
(۳) ۱۲۸  
(۴) ۱۶۰



۱. گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

$$\begin{aligned} \Delta x &= x_2 - x_1 \Rightarrow 1) |\Delta x| = 6 - 4 = 2 \text{ m} \\ &\Rightarrow 2) |\Delta x| = |-8 - (-4)| = 4 \text{ m} \\ &\Rightarrow 3) |\Delta x| = |2 - (-4)| = 6 \text{ m} \\ &\Rightarrow 4) |\Delta x| = |4 - (-4)| = 8 \text{ m} \end{aligned}$$

۲. گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

$$1) \vec{\Delta x} = 6\vec{i} - 4\vec{i} = 2\vec{i} \quad 2) \vec{\Delta x} = -8\vec{i} - (-4\vec{i}) = -4\vec{i} \quad 3) \vec{\Delta x} = 2\vec{i} - (-4\vec{i}) = 6\vec{i} \quad 4) \vec{\Delta x} = 4\vec{i} - (-4\vec{i}) = 8\vec{i}$$

۳. گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

در حرکت روی خط راست، اندازه جابه‌جایی و مسافت به شرط عدم تغییر جهت با هم برابر هستند.

۴. گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

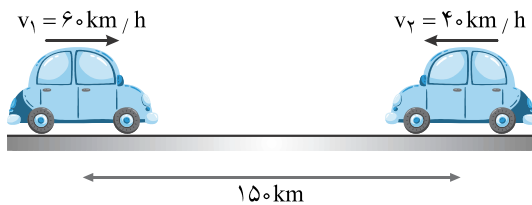
سرعت، جابه‌جایی و شتاب هر سه کمیت‌های برداری هستند. پس تنها گزینه ۱ یعنی مسافت نرده‌ای است.

۵. گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 = (-200\vec{i}) - (200\vec{i}) = -400\vec{i}$$

جهت شمال را مثبت فرض می‌کنیم:

۶. گزینه ۱ ۲ ۳ ۴



$$v_{rel} = v_1 + v_2 = 100 \text{ km/h}$$

$$\Delta x = vt \Rightarrow 150 = 100t \Rightarrow t = 1.5 \text{ h}$$

۷. گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

$$v_{av} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{\frac{\Delta x}{v_1} + \frac{\Delta x}{v_2}} = \frac{80}{\frac{40}{80} + \frac{40}{40}} = \frac{80}{\frac{3}{2}} = \frac{160}{3} \Rightarrow 53.3 \text{ km/h}$$

۸. گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

در حرکت با شتاب ثابت، شیب نمودار سرعت - زمان ثابت است. پس گزینه‌های ۳ و ۴ نادرست هستند. از طرفی به دلیل اینکه متحرک از حال سکون شروع به حرکت کرده است گزینه ۲ نادرست است.

۹. گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

در حرکت تند شونده، تندی در حال افزایش است. در گزینه‌های ۱ و ۴ تندی در حال کاهش است. در گزینه ۳ ابتدا تندی در حال کاهش و سپس در حال افزایش است. تنها در گزینه ۲ تندی پیوسته در حال افزایش است.

۱۰. گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

با توجه به اینکه در بازه زمانی  $3s \leq t \leq 6s$  نمودار سرعت - زمان به صورت خط راست است، پس شتاب ثابت است و شتاب متوسط در بازه زمانی

$$a_{av} = \left| \frac{\Delta v}{\Delta t} \right| = \frac{12}{4} = 3 \text{ m/s}^2$$

$0 \leq t \leq 4s$  و شتاب متوسط در بازه زمانی  $3s \leq t \leq 6s$  با هم برابر هستند.

۱۱. گزینه ۱ ۲ ۳ ۴

$$a_{av} = a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10}{5} = 2 \text{ m/s}^2$$

در بازه زمانی  $0 \leq t \leq 5s$  شتاب ثابت است.



$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow 2 = \frac{v_2 - 0}{2} \Rightarrow v_2 = 4 \text{ m/s}$$

حالا می‌توانیم سرعت را در لحظه  $t=2\text{s}$  به دست آوریم:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - 10}{14 - 10} = -2.5 \text{ m/s}^2$$

در بازه زمانی 10 تا 14 ثانیه نیز به همین صورت است:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow -2.5 = \frac{v_{12} - v_{10}}{12 - 10} \Rightarrow -2.5 = \frac{v_{12} - 10}{2} \Rightarrow v_{12} = 5 \text{ m/s} \quad , \quad a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{12} - v_2}{12 - 2} = \frac{5 - 4}{10} = \frac{1}{10} \text{ m/s}^2$$

۱۲. گزینه ۱

ابتدا حرکت با شتاب ثابت بوده، پس ابتدای نمودار باید به صورت منحنی باشد. در نتیجه گزینه‌های ۳ و ۴ نادرست هستند. در گزینه ۱ متحرک در لحظه  $t$  متوقف شده است، پس این گزینه نیز نادرست است. تنها گزینه ۲ صحیح است.

۱۳. گزینه ۱

$$p: \Delta x = \frac{6 \times 4}{2} = 12 \text{ m} \quad , \quad Q: \Delta x = 4 \times 3 = 12 \text{ m}$$

جابه‌جایی برابر است با سطح زیر نمودار سرعت - زمان.

چون از یک نقطه شروع به حرکت کرده‌اند و جابه‌جایی آنها نیز با هم برابر است، پس گزینه ۴ صحیح است.

۱۴. گزینه ۱

ندی شیب نمودار مکان - زمان است. پس باید شیب در حال افزایش باشد.

۱۵. گزینه ۱

$$\Delta x = \frac{(5+3) \times 12}{2} = 48 \text{ m}$$

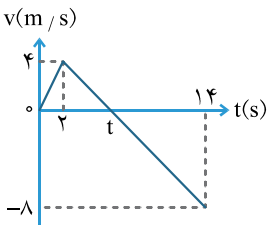
سطح زیر نمودار سرعت - زمان بین دو لحظه  $t=0$  تا  $t=5\text{s}$  که شکل آن دوزنقه است را به دست می‌آوریم:

۱۶. گزینه ۱

$$v_A = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(650 - x_{0B}) + 430}{30} = \frac{1080 - x_{0B}}{30} = 36 - \frac{x_{0B}}{30} \quad , \quad v_B = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{600 - x_{0B}}{30} = 20 - \frac{x_{0B}}{30} \quad , \quad v_A - v_B = 36 - 20 = 16 \text{ m/s}$$

۱۷. گزینه ۱

وقتی سرعت منفی باشد بدین معنی است که متحرک خلاف جهت محور  $x$  در حال حرکت است. پس از لحظه  $t$  تا  $14\text{s}$  متحرک خلاف جهت محور  $x$  حرکت کرده است. باید  $t$  را به دست آوریم.



ابتدا شتاب متحرک را از لحظه 2s تا 14s حساب می‌کنیم.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-8 - 4}{14 - 2} = \frac{-12}{12} = -1 \text{ m/s}^2$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow -1 = \frac{0 - 4}{t - 2} \Rightarrow 2 - t_1 = -4 \Rightarrow t = 6 \text{ s} \quad , \quad 14 - 6 = 8 \text{ s}$$

۱۸. گزینه ۱

جهت سرعت، زمانی تغییر می‌کند که اندازه آن برابر صفر شود. سطح زیر نمودار شتاب - زمان برابر است با تغییرات سرعت. در انتهای  $t=2\text{s}$  سرعت برابر است با:

$$v_2 - v_0 = -s \Rightarrow v_2 - v_0 = -2 \times 2 = -4 \text{ m/s} \Rightarrow v_2 = -4 \text{ m/s}$$

$$\Delta v = 1 \times (t - 2) \Rightarrow 4 = t - 2 \Rightarrow t = 6 \text{ s}$$

حال باید به دنبال زمانی بگردیم که تغییرات سرعت برابر  $4\text{m/s}$  شود:

۱۹. گزینه ۱

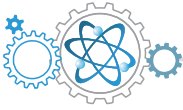
زمانی که علامت سرعت منفی است متحرک خلاف جهت محور  $x$  حرکت می‌کند. یعنی در بازه زمانی  $t$  الی 30 ثانیه. ابتدا باید  $t$  را محاسبه کنیم. شتاب در بازه زمانی 10 الی 25 ثانیه ثابت است.

$$a = \frac{-15 - 10}{25 - 10} = \frac{-25}{15} = -\frac{5}{3} \text{ m/s}^2$$

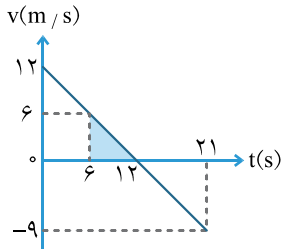
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow -\frac{5}{3} = \frac{0 - 10}{t - 10} \Rightarrow t - 10 = 6 \Rightarrow t = 16 \text{ s}$$

جابه‌جایی در بازه زمانی 16 تا 30 ثانیه محصور بین نمودار سرعت - زمان و محور زمان است.

$$|\Delta x| = \frac{15 \times (30 - 16)}{2} = 105 \text{ m} \quad , \quad |v_{av}| = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{105}{30 - 16} = 7.5 \text{ m/s}$$



گزینه ۱۱ ۲۱ ۲۲ ۲۳ ۲۴



$$a_{av} = a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-9-12}{21} = -1 \text{ m/s}^2$$

شتاب حرکت ثابت است:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow -1 = \frac{v_6 - v_0}{6-0} \Rightarrow -6 = v_6 - 12 \Rightarrow v_6 = 6 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow -1 = \frac{v_{12} - v_0}{12-0} \Rightarrow -12 = v_{12} - 12 \Rightarrow v_{12} = 0$$

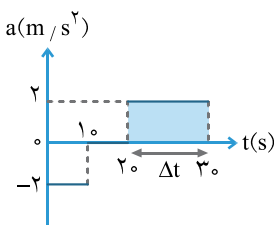
$$s = \Delta x = \frac{6(12-6)}{2} = 18 \text{ m}$$

گزینه ۱۱ ۲۱ ۲۲ ۲۳ ۲۴

$$a_{av} = a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{9-0}{10-4} = \frac{9}{6} = 1.5 \text{ m/s}^2$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow 1.5 = \frac{v_4 - v_0}{4-0} \Rightarrow 1.5 = \frac{0 - v_0}{4} \Rightarrow v_0 = -6 \text{ m/s}, \quad a_{av} \text{ کل} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - (-6)}{15-0} = \frac{6}{15} = 0.4 \text{ m/s}^2$$

گزینه ۱۱ ۲۱ ۲۲ ۲۳ ۲۴



ابتدا تغییرات سرعت در بازه زمانی صفر تا ۱۰ ثانیه را از طریق مساحت سطح محصور بین نمودار شتاب - زمان و محور زمان حساب می‌کنیم:

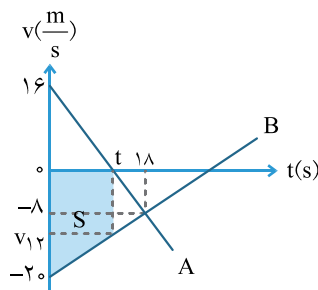
$$\Delta v = -2 \times 10 = -20 \text{ m/s}$$

در بازه زمانی ۱۰ تا ۲۰ ثانیه سرعت تغییری نمی‌کند. در لحظه تغییر جهت اندازه سرعت برابر صفر می‌شود.

$$\Delta v = +20 = 2 \times \Delta t \Rightarrow \Delta t = 10 \text{ s}$$

پس در لحظه  $t = 30 \text{ s}$  اندازه سرعت برابر صفر می‌شود. در نتیجه گزینه ۳ صحیح است.

گزینه ۱۱ ۲۱ ۲۲ ۲۳ ۲۴



متحرک A در مدت t در جهت محور x حرکت کرده است:

$$a_{av} = a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-8-16}{18-0} = \frac{-24}{18} = -\frac{4}{3} \text{ m/s}^2, \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow -\frac{4}{3} = \frac{0-16}{t-0} \Rightarrow t = \frac{16 \times 3}{4} = 12 \text{ s}$$

$$a_{av} = a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-8 - (-20)}{18-0} = \frac{12}{18} = \frac{2}{3} \text{ m/s}^2$$

برای متحرک B می‌توان نوشت:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \frac{2}{3} = \frac{v_{12} - (-20)}{12-0} \Rightarrow 24 = 3v_{12} + 60 \Rightarrow v_{12} = -12 \text{ m/s}$$

$$s = |\Delta x| = \frac{(12+20)(12)}{2} = 192 \text{ m}$$

گزینه ۱۱ ۲۱ ۲۲ ۲۳ ۲۴

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_1 &= \frac{10 \times t}{2} = 5t \\ \Delta x_2 &= 10(11-t) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta x_1 + \Delta x_2 = 5t + 110 - 10t \Rightarrow \Delta x_1 + \Delta x_2 = 110 - 5t$$

کل مسافت برابر ۱۰۰ متر بوده است:

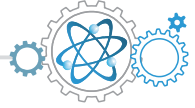
$$\Delta x_1 + \Delta x_2 = 100 \text{ m} \Rightarrow 110 - 5t = 100 \Rightarrow 100 = 110 - 5t$$

گزینه ۱۱ ۲۱ ۲۲ ۲۳ ۲۴

نمودار مکان - زمان حرکت با شتاب ثابت به صورت منحنی است. پس گزینه‌های ۳ و ۴ نادرست هستند. گزینه ۲ نیز نادرست است زیرا نمودار سینوسی است ولی نمودار حرکت با شتاب ثابت سهمی است.

گزینه ۱۱ ۲۱ ۲۲ ۲۳ ۲۴

در نقطه Q علامت سرعت منفی است، پس متحرک خلاف جهت محور x حرکت می‌کند و شیب نیز در حال افزایش است، پس تنیدی در حال افزایش است.



گزینه ۱ ۲ ۳ ۴ ۲۷

$$\Delta x = 80 \text{ m}, t = 8 \text{ s}, v_f = 15 \text{ m/s}, a = ?$$

$$\Delta x = \frac{v_1 + v_f}{2} t \Rightarrow 80 = \frac{v_1 + 15}{2} \times 8 \Rightarrow \frac{v_1 + 15}{2} = 10 \Rightarrow v_1 = 5 \text{ m/s}, a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{15 - 5}{8} = \frac{5}{4} \text{ m/s}^2$$

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴ ۲۸

$$v_f^2 - v_o^2 = 2a\Delta x \Rightarrow v_f^2 - 0 = 2 \times 4 \times 2 = 16 \Rightarrow v_f = 4 \text{ m/s}, v_f^2 - v_o^2 = 2a\Delta x \Rightarrow v_f^2 - 0 = 2 \times 4 \times 8 = 64 \Rightarrow v_f = 8 \text{ m/s}$$

$$v_{av} = \frac{v_1 + v_f}{2} = \frac{4 + 8}{2} = 6 \text{ m/s}$$

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴ ۲۹

$$\Delta x = \frac{1}{2} at^2 + v_o t \Rightarrow 20 = \frac{1}{2} a \times 16 + 0 \Rightarrow a = \frac{2 \times 20}{16} = 2.5 \text{ m/s}^2$$

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴ ۳۰

$$\Delta x = \frac{v_1 + v_f}{2} \Delta t \Rightarrow 60 = \frac{10 + 50}{2} \times \Delta t \Rightarrow \Delta t = 2.7 \text{ s}$$

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴ ۳۱

$$v = at + v_o \Rightarrow v = 5/0 \times 5/0 + 0 = 25 \text{ m/s}$$

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴ ۳۲

$$v = at + v_o \Rightarrow v = -5/0 \times 6/0 + 25 = -5/0 \text{ m/s}$$

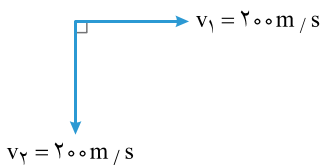
گزینه ۱ ۲ ۳ ۴ ۳۳

$$\Delta x = \frac{1}{2} at^2 + v_o t = \frac{1}{2} (4/0)(9/0) + (12)(3/0) = 18 + 36 = 54 \text{ m}$$

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴ ۳۴

هرگاه حرکت جسمی شتابدار باشد، سرعت آن متغیر است. سرعت دارای اندازه و جهت است. پس یا اندازه، یا جهت یا هر دو متغیر است. در حرکت با شتاب ثابت تندی متغیر است.

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴ ۳۵



$$|\Delta v| = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{200^2 + 200^2} = 200\sqrt{2} \text{ m/s}$$

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{200\sqrt{2}}{20/0} = 10\sqrt{2} \approx 14 \text{ m/s}$$

گزینه ۱ ۲ ۳ ۴ ۳۶

$$v = at + v_o \Rightarrow 0 = (-2/0)t + 2/0 \Rightarrow t = 1/0 \text{ s}$$

ابتدا باید لحظه تغییر جهت را به دست آوریم. در این لحظه تندی برابر صفر است: جابه‌جایی در مدت ۱/۰ ثانیه را به دست می‌آوریم:

$$\Delta x_1 = \frac{1}{2} at^2 + v_o t = \frac{1}{2} (-2/0)(1/0) + (2/0)(1/0) = -1/0 + 2/0 = 1/0 \text{ m}$$

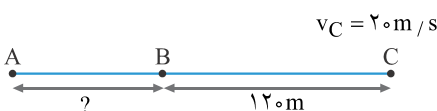
$$\Delta x_2 = \frac{1}{2} at^2 + v_o t = \frac{1}{2} (-2/0)(5/0)^2 + 0 = -25 \text{ m}$$

سپس جابه‌جایی بین دو لحظه ۱/۰ s تا ۶/۰ ثانیه را محاسبه می‌کنیم:

$$|\Delta x_1| + |\Delta x_2| = 1/0 + 25 = 26 \text{ m}$$

مسافت کل:

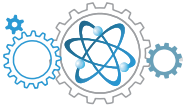
گزینه ۱ ۲ ۳ ۴ ۳۷



$$\Delta x = \frac{v_B - v_C}{2} \Delta t \Rightarrow 120 = \frac{v_B - 20}{2} \times 10 \Rightarrow v_B - 20 = 24 \Rightarrow v_B = 44 \text{ m/s}$$

$$v_C^2 - v_B^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 400 - 16 = 2a \times 120 \Rightarrow a = 1/6 \text{ m/s}^2$$

$$v_B^2 - v_A^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 16 - 0 = 2 \times 1/6 \times \Delta x \Rightarrow \Delta x = 48 \text{ m}$$



گزینه ۱ | ۳۳۲ | ۳۸

با توجه به این که در لحظه  $t = 4s$  در بیشترین فاصله خود از مبدأ قرار دارد، نتیجه می‌گیریم که حرکت متحرک کند شونده بوده است و پس از ۴ ثانیه از شروع حرکت متوقف شده و تغییر جهت داده است. در نتیجه چهار ثانیه بعد یعنی در لحظه  $t = 8s$  دوباره به نقطه شروع حرکت یعنی  $x = +4m$  می‌رسد.

گزینه ۱ | ۳۳۲ | ۳۹

$$\frac{\Delta x_A}{\Delta x_B} = \frac{a_A}{a_B} \times \left(\frac{t_A}{t_B}\right)^2 \Rightarrow 1 = 4 \left(\frac{t_A}{t_B}\right)^2 \Rightarrow \frac{t_A}{t_B} = \frac{1}{2}, \quad \frac{v_{avA}}{v_{avB}} = \frac{\Delta x_A}{\Delta x_B} \times \frac{t_B}{t_A} \Rightarrow \frac{v_{avA}}{v_{avB}} = 1 \times 2 = 2$$

گزینه ۱ | ۳۳۲ | ۴۰

با توجه به این که ۴ ثانیه پس از لحظه  $t = 0$  سرعت متحرک برابر صفر شده است و حرکت شتاب‌دار با شتاب ثابت نیز بازگشت‌پذیر است، پس ۴ ثانیه بعد یعنی در لحظه  $t = 8s$  دوباره تندی متحرک با تندی آن در لحظه  $t = 0$  برابر خواهد شد.

گزینه ۱ | ۳۳۲ | ۴۱

حرکت شتاب‌دار با شتاب ثابت بازگشت‌پذیر است. در لحظه  $t = 6s$  سرعت برابر صفر است. پس در بازه‌های زمانی مساوی، کمتر یا بیشتر از این لحظه جابه‌جایی‌ها برابر ولی در جهت مخالف هم هستند. یعنی از  $t = 3s$  تا  $t = 6s$  جابه‌جایی  $+6m$  و در بازه زمانی  $t = 6s$  تا  $t = 9s$  جابه‌جایی  $-6m$  و در نتیجه در بازه زمانی  $t = 3s$  تا  $t = 9s$  جابه‌جایی برابر صفر است.

گزینه ۱ | ۳۳۲ | ۴۲

$$\left. \begin{aligned} v &= at + v_0 \Rightarrow 10 = at \\ v' &= a't + v_0 \Rightarrow 22 = (a+1/5)t \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{22}{10} = \frac{a+1/5}{a} \Rightarrow 2/2a = a+1/5 \Rightarrow 1/2a = 1/5 \Rightarrow a = 1/25 \text{ m/s}^2, \quad 10 = at \Rightarrow 10 = 1/25t \Rightarrow t = 8s$$

گزینه ۱ | ۳۳۲ | ۴۳

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - 20}{8 - 3} = -4 \text{ cm/s}^2$$

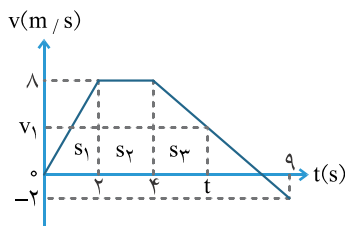
گزینه ۱ | ۳۳۲ | ۴۴

در لحظه سبقت گرفتن مکان دو متحرک یکسان است.

$$x_1 = vt + x_0 = 15t + x_0, \quad x_2 = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 = 1/5t^2 + 0 + x_0, \quad 15t + x_0 = 1/5t^2 + x_0 \Rightarrow 15 = 1/5t \Rightarrow t = 10s$$

گزینه ۱ | ۳۳۲ | ۴۵

با توجه به این که مکان اولیه متحرک  $x_0 = -36m$  است، پس هرگاه جابه‌جایی  $+36m$  شود متحرک برای اولین بار از مبدأ می‌گذرد. می‌دانیم جابه‌جایی مساحت سطح محصور بین نمودار سرعت - زمان و محور زمان است.



$$s_1 = \Delta x_1 = \frac{8 \times 2}{2} = 8m, \quad s_2 = \Delta x_2 = 8(4-2) = 16m$$

$$s_1 + s_2 = 24m, \quad s_3 = 36 - 24 = 12m$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-2-8}{9-4} = -2 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t \Rightarrow 12 = \frac{1}{2}(-2)t^2 + 8t \Rightarrow -t^2 + 8t - 12 = 0 \Rightarrow t^2 - 8t + 12 = 0$$

$$\Delta = b^2 - 4ac = 64 - 48 = 16, \quad t = \frac{8 \pm 4}{2} \begin{cases} 6s & \times \\ 2s & \checkmark \end{cases}, \quad t_{\text{کل}} = 4 + 2 = 6s$$

گزینه ۱ | ۳۳۲ | ۴۶

ابتدا جابه‌جایی دو متحرک در مدت ۵ ثانیه را به دست می‌آوریم:

$$\Delta x_A = s = \frac{(2+12) \times 5}{2} = 35m, \quad \Delta x_B = s' = 5 \times 10 = 50m$$

پس در لحظه  $t = 5s$  فاصله آنها از هم  $50 - 35 = 15m$  است. از این لحظه به بعد حرکت متحرک A یکنواخت است و اختلاف تندی آنها  $2m/s$

است و برای به هم رسیدن باید  $\frac{15}{2} = 7.5s$  بگذرد که قبل از آن متحرک B وارد فاز دوم حرکت خود می‌شود. پس فاصله آنها در لحظه  $t = 11s$

$$x_B - x_A = 15 - 2 \times 6 = 3m$$

به دست می‌آوریم.