فصل اول

حرکت

این فصل شامل:

۲ بخش

۱ پیش‌تر خوانده‌اید

٦ گام دوم: یادگیری عمیق‌تر

۲ مطالب بیشتر

۲ مطالب مرتبط

٤ پیمانهٔ ۱۰ سؤالی

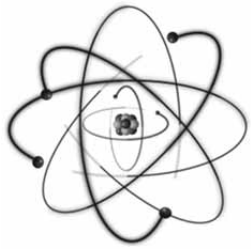
بخش اول: مسافت و جابه‌جایی – تندی متوسط – سرعت متوسط

گام دوم : یادگیری عمیق‌تر

مسافت و جابه‌جایی

حرکت: اگر جایگاه جسم در زمان‌های گوناگون تغییر کند، می‌توان گفت جسم حرکت کرده است.

- برای آن‌که بتوان حرکت یک جسم را بررسی کرد، باید جایی را (که معمولاً ساکن فرض می‌شود) به عنوان مبنای مقایسه در نظر گرفت.
- مثلاً در حرکت‌هایی که برای الکترون‌ها در نظر می‌گیرند، هسته‌ی اتم را ساکن فرض می‌کنند و حرکت هر الکترون را با آن می‌سنجند یا در بررسی رفتار هواپیماها و خودروها، سطح زمین را به عنوان یک مبنای ثابت در نظر می‌گیرند و حرکت هواپیماها و خودروها را در مقایسه با آن بیان می‌کنند.



مسافت: کل راه‌هایی که یک جسمِ در حال حرکت برای رسیدن از جای آغاز حرکت تا جای پایان حرکت می‌پیماید را مسافت می‌گویند.

- در اندازه‌گیری مسافت، اگر راهی که پیموده شده دارای پیچ و خم باشد، طول همه‌ی مسیرهای دارای پیچ و خم جزء مسافت پیموده شده به‌شمار می‌آیند.
- یکای اندازه‌گیری مسافت در سیستم اندازه‌گیری مورد توافق دانشمندان در درس فیزیک (سیستم SI) متر است که با نماد m نشان داده می‌شود.

پیش‌تر خوانده‌اید

در کتاب علوم سال هفتم نیز اشاره شده بود که دانشمندان در نشست‌های گوناگون بین‌المللی توافق کردند تا کمیت‌ها (چیزهای قابل اندازه‌گیری) را در دو دسته‌ی اصلی و فرعی طبقه‌بندی کنند.

کمیت‌های اصلی، کمیت‌هایی خالص بودند که در اندازه‌گیری‌شان، هیچ کمیت دیگری نمی‌تواند به کار بیابد.

طول، جرم و زمان از کمیت‌های اصلی هستند.

کمیت‌های فرعی، کمیت‌هایی هستند که در اندازه‌گیری‌شان، می‌توان از کمیت‌های دیگر نیز کمک گرفت. مثلاً در اندازه‌گیری مساحت یک مستطیل، باید دوبار از کمیت طول (یک بار درازای مستطیل و بار دیگر پهنای آن) کمک گرفت.

یا در اندازه‌گیری چگالی یک ماده، هم اندازه‌گیری جرم آن ماده مهم است، هم حجم در ساختن مفهوم چگالی نقش دارد.

سرعت، شتاب، مساحت، حجم و چگالی از کمیت‌های فرعی هستند.

مطالب بیشتر

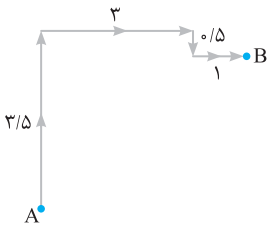
دانشمندان در نشست‌های بین‌المللی توافق کردند که در کارهای عملی، پیمانه و یکای اندازه‌گیری اصلی و استاندارد طول، «متر» باشد، یکای اندازه‌گیری اصلی و استاندارد جرم، «کیلوگرم» باشد و واحد اندزه‌گیری استاندارد اصلی زمان، «ثانیه» باشد. به این سیستم استاندارد، سیستم SI نیز می‌گویند.

بنابراین کیلومتر، سانتی‌متر، گرم، تن و ساعت یا دقیقه، همگی از یکاهای غیر SI و فرعی هستند.

بردار جابه‌جایی: به پاره‌خط جهت‌داری که جای آغاز حرکت را به شکل مستقیم به جای پایان حرکت وصل می‌کند، بردار جابه‌جایی می‌گویند.

- جهت فلشِ بردار جابه‌جایی رو به نقطه‌ی پایان حرکت است.
- هر پاره‌خط جهت‌دار، بردار است.
- در اندازه‌گیری جابه‌جایی، پیچ و خم‌های پیموده شده در مسیر مهم نیست.
- اگر مسیر حرکت جسم صاف باشد و جسم متحرک تنها رو به نقطه‌ی پایان برود (تغییر جهت ندهد)، اندازه‌ی بردار جابه‌جایی با اندازه‌ی مسافت پیموده شده توسط جسم برابر خواهد بود. به جز این حالت، اندازه‌ی بردار جابه‌جایی کمتر از مسافت خواهد شد.
- یکای اندازه‌گیری جابه‌جایی (اندازه‌ی بردار جابه‌جایی) در درس فیزیک «متر» است که با نماد m نشان داده می‌شود.

مثال



جسمی از نقطهٔ A به نقطهٔ B می‌رود.

الف) مسافت پیموده شده توسط جسم چند متر است؟

ب) اندازه‌ی جابه‌جایی (اندازه‌ی بردار جابه‌جایی) جسم چند متر است؟

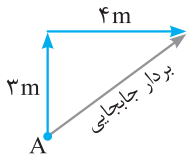
پاسخ:

الف) کل راه‌هایی که جسم پیموده است را با هم جمع می‌کنیم: $\text{مسافت} = 3/5 + 3 + 0/5 + 1 \Rightarrow \text{مسافت} = 8\ \text{m}$

ب) کل راه‌هایی که جسم رو به بالا رفته برابر است با: $3/5 - 0/5 = 3\ \text{m}$

و کل راه‌هایی که جسم رو به راست رفته برابر است با: $3 + 1 = 4\ \text{m}$

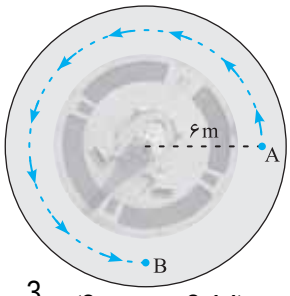
اکنون با کشیدن شکل می‌توان بردار جابه‌جایی ، و با استفاده از رابطه‌ی فیثاغورس می‌توان اندازه‌ی جابه‌جایی را یافت.



$$(\text{اندازه بردار جابجایی})^2 = 3^2 + 4^2 \Rightarrow (\text{اندازه بردار جابجایی})^2 = 25 \Rightarrow \text{اندازه بردار جابجایی} = 5\ \text{m}$$

مثال

هنگامی که یک دوچرخه‌سوار $\frac{3}{4}$ دور پیرامون میدان روبرو می‌چرخد تا از نقطهٔ A به نقطهٔ B برسد،



الف) مسافت پیموده شده توسط او را بیابید.

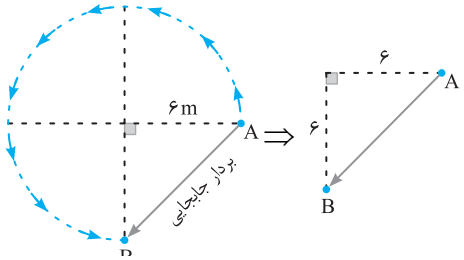
ب) اندازهٔ بردار جابه‌جایی این دوچرخه‌سوار چند متر است؟

پاسخ:

الف) مسافت پیموده شده برابر است با $\frac{3}{4}$ محیط دایره، یعنی:

$$\text{مسافت} = \frac{3}{4} \times (2 \times \text{شعاع} \times 3/14) \Rightarrow \text{مسافت} = \frac{3}{4} \times 2 \times 6 \times 3/14 \Rightarrow \text{مسافت} = 28/26\ \text{m}$$

ب) با کشیدن شکل و دانستن این نکته که دو قطر عمود بر هم در دایره، آن را به چهار بخش مساوی تقسیم می‌کنند، می‌توان به پاسخ رسید.



$$\Rightarrow (\text{اندازه بردار جابه‌جایی})^2 = 6^2 + 6^2 \Rightarrow (\text{اندازه بردار جابه‌جایی})^2 = 6^2 \times 2$$

$$\Rightarrow \text{اندازه بردار جابه‌جایی} = \sqrt{6^2 \times 2} = \sqrt{6^2} \times \sqrt{2} = 6 \times \sqrt{2} \Rightarrow \text{اندازه بردار جابه‌جایی} = 6\sqrt{2}\ \text{m}$$

گام دوم: یادگیری عمیق‌تر

تندی متوسط

- هرچه یک جسم، مسافت بیش‌تری را در زمان معین بپیماید، می‌توان گفت تُند حرکت کرده و اگر در یک زمان معین، راهی بسیار کوتاه و اندک را بپیماید، می‌گویند حرکتی کُند داشته است.

تندی متوسط: میزان مسافت پیموده شده توسط متحرک در یک زمان معین نشان‌دهنده‌ی تندی متوسط آن متحرک است.

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت پیموده شده}}{\text{مدت زمان پیمودن مسافت}}$$

- در اندازه‌گیری تندی متوسط، شکل مسیر مهم نیست.
- در اندازه‌گیری تندی متوسط، تند یا کند بودن حرکت در بخش‌هایی از میانه‌ی حرکت مهم نیست.
- تندی متوسط، کل حرکت را بررسی می‌کند.

- یکای اصلی اندازه‌گیری تندی متوسط در فیزیک، متر بر ثانیه است که با نماد $\frac{m}{s}$ نمایش داده می‌شود.

مثال

یک خودرو مسافت 6 کیلومتر را در 10 دقیقه پیموده است.

الف) تندی متوسط این خودرو چند کیلومتر بر دقیقه است؟

ب) تندی متوسط این خودرو چند متر بر ثانیه است؟

پاسخ:

الف) بدون توجه به مسیر حرکت و بدون توجه به اینکه تندی متحرک در هر ثانیه از حرکت چگونه بوده است (تند یا کند حرکت می‌کرده یا شاید حتی در لحظه‌هایی ایستاده بوده)، رابطه‌ی تندی متوسط را می‌نویسیم:

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت پیموده شده}}{\text{مدت زمان پیمودن مسافت}} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = \frac{6\,km}{10\,min} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = 0/6\,\frac{km}{min} = 0/6 \text{ کیلومتر بر دقیقه}$$

ب) هریک از عددهای گفته شده را براساس یکاهای استاندارد می‌نویسیم، یعنی:

$$6\,km = 6000\,m \quad , \quad 10\,min = 600\,s$$

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت پیموده شده}}{\text{مدت زمان پیمودن مسافت}} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = \frac{6000\,m}{600\,s} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = 10\,\frac{m}{s}$$

- تندی متوسط خودروها معمولاً با یکای «کیلومتر بر ساعت» اندازه‌گیری می‌شود.

- برای تبدیل یکاهای سرعت، می‌توان شکل‌های زیر را به خاطر سپرد:

عدد برحسب $\frac{km}{h}$ $\xrightarrow{\div 3/6}$ عدد برحسب $\frac{m}{s}$

عدد برحسب $\frac{km}{h}$ $\xleftarrow{\times 3/6}$ عدد برحسب $\frac{m}{s}$

مثال

تندی متوسط یک هواپیما تقریباً $14400\,\frac{km}{h}$ است. تندی متوسط آن چند $\frac{m}{s}$ است؟

پاسخ:

روش اول:

$$1440\,\frac{km}{h} = \frac{1440\,km}{1\,h} = 1440 \Rightarrow \text{تندی متوسط} = \frac{1440\times 1000\,m}{3600\,s} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = 400\,\frac{m}{s}$$

روش دوم:

$$1440\,\frac{km}{h} \xrightarrow{\div 3/6} 400\,\frac{m}{s}$$

گام دوم: یادگیری عمیق‌تر

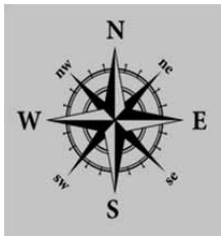
سرعت متوسط

سرعت متوسط: میزان جابه‌جایی انجام شده در زمان معین، معادل سرعت متوسط متحرک است.

$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{جابجایی}}{\text{مدت زمان جابجاشدن}}$$

- در اندازه‌گیری سرعت متوسط، شکل مسیر مهم نیست.
- در اندازه‌گیری سرعت متوسط، تند یا کند بودن حرکت در بخش‌هایی از مسیر مهم نیست.
- سرعت متوسط یک جسم نشان می‌دهد که متحرک با چه آهنگی در حال نزدیک شدن به پایان راه است.

- سرعت متوسط یک کمیت برداری دارد؛ یعنی اندازه‌اش نشان‌دهنده‌ی «تندیِ» متحرک و جهت آن نشان‌دهنده‌ی «سو»ی حرکت است.
- یکای اصلی اندازه‌گیری اندازه‌ی سرعت متوسط، «متر بر ثانیه» است که با نماد $\frac{m}{s}$ نمایش می‌دهند.



مثال

یک موتورسوار در مدت 4 ثانیه، نیم‌دور به دور یک میدان دایره شکل به شعاع ۲۰ متر می‌چرخد.

الف) تندی متوسط این موتورسوار چند متر بر ثانیه است؟

ب) سرعت متوسط آن چند متر بر ثانیه است؟

پ) سرعت متوسط آن چند کیلومتر بر ساعت است؟

پاسخ:

الف) موتورسوار مسیر منحنی شکل نیم‌دایره را می‌پیماید، پس:

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت پیموده شده}}{\text{مدت زمان پیمودن مسافت}} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = \frac{\text{نصف محیط دایره}}{\text{زمان پیمودن مسافت}} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = \frac{\frac{1}{2}(2\times \text{شعاع} \times 3/14)}{4}$$

$$\Rightarrow \text{تندی متوسط} = \frac{20\times 3/14}{4} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = \frac{62/8}{4} = 15/7\ \frac{m}{s}$$

ب) بردار جابجایی موتورسوار، همان قطر دایره است. پس:

$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{جابجایی}}{\text{زمان جابجاشدن}} \Rightarrow \text{سرعت متوسط} = \frac{2\times 20}{4} \Rightarrow \text{سرعت متوسط} = 10\frac{m}{s}$$

پ)

روش اول:
$$10\frac{m}{s} = \frac{10\,m}{1\,s} \Rightarrow \text{سرعت متوسط} = \frac{\frac{10}{1000}km}{\frac{1}{3600}h} \Rightarrow \text{سرعت متوسط} = \frac{36000}{1000} = 36\frac{km}{h}$$

روش دوم:
$$10\frac{m}{s} \xrightarrow{\times 3/6} 36\frac{km}{h}$$

پرسش‌ها ـ پیمانه‌ی یک

۱- جاهای خالی زیر را پر کنید.

الف) **به برداری که نقطهٔ شروع حرکت را به نقطهٔ پایانی وصل می‌کند، ..... گفته می‌شود.**

ب) **هر متر بر ثانیه برابر ..... کیلومتر بر ساعت است.**

پ) **به پاره‌خط جهت‌دار ..... گفته می‌شود.**

ت) **اگر طول را بر حسب کیلومتر و زمان را بر حسب ساعت بسنجیم یکای اندازه‌گیری سرعت متوسط و تندی متوسط ..... خواهد شد.**

۲- جمله‌های درست و نادرست را بیابید.

الف) در حرکت‌شناسی مسافت پیموده شده یک پاره‌خط جهت‌دار است.

ب) اگر حرکت یک جسم را با واژه «کند» توصیف کنیم، زمان پیمودن یک مسافت معین در این حرکت کوتاه است.

پ) در حرکت در یک مسیر منحنی اندازهٔ جابه‌جایی با مسافت پیموده شده برابر نیست.

۳- از میان واژه‌های درون پرانتز، واژه‌ی درست را برای کامل کردن نوشته، بیابید:

الف) برای به‌دست آوردن تندی متوسط باید (مسافت پیموده شده/ جابه‌جایی) را بر زمان صرف شده تقسیم کرد.

ب) هر کیلومتر بر ساعت معادل ($3/6$ ، $\frac{1}{3/6}$) متر بر ثانیه است.

پ) اگر اندازه جابه‌جایی یک متحرک که بر روی یک دایره حرکت می‌کند، برابر با قطر آن دایره باشد مسافت پیموده شده (نصف محیط دایره/ محیط دایره) است.

۴- به پرسش‌های زیر پاسخ کوتاه بدهید.

الف) برای آن که مسافت پیموده شده و اندازه جابه‌جایی یک دونده با هم برابر باشد این دونده چگونه باید حرکت کند؟

ب) سوسن تا انتهای حیاط مدرسه در مسیری صاف می دود و از همان مسیر به جای نخست باز می‌گردد. کدام یکی از کمیت‌های زیر در حرکت او صفر نیست؟

۱) جابه‌جایی ۲) مسافت ۳) سرعت متوسط ۴) تندی متوسط

پ) تندی متوسط و اندازه سرعت متوسط کرهٔ زمین را از ابتدای بهار تا ابتدای پاییز بر حسب کیلومتر بر ساعت محاسبه کنید. (مدار زمین به دور خورشید را دایره‌ای به شعاع ۱۵۰ میلیون کیلومتر در نظر بگیرید.)

ت) متحرکی 40 متر به سمت شمال و سپس 15 متر به سمت جنوب حرکت می‌کند. مسافت پیموده شده چند برابر اندازه جابه‌جایی آن است؟

۵- شکل روبه‌رو تقریباً چه چیزی را نشان می‌دهد؟

۱) تندی خودرو $3/6\frac{km}{s}$ است.

۲) تندی خودرو $10\frac{m}{s^2}$ است.

۳) تندی خودرو $36\frac{m}{s}$ است.

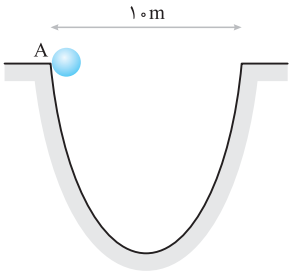
۴) تندی خودرو $10\frac{m}{s}$ است.

* به پرسش‌های زیر پاسخ بدهید.

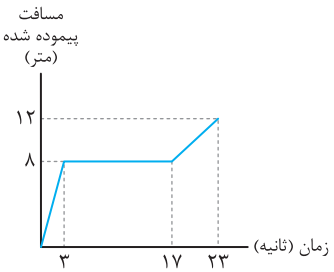
۶- جدول زیر را کامل کنید.

متحرک	مسافت پیموده شده (m)	زمان صرف شده (s)	تندی متوسط $(\frac{m}{s})$
مورچه		100s	0/06
انسان	100m	25s	
اسب	750m		$15\frac{m}{s}$
یوزپلنگ ایرانی	15m	0/5s	

۷- یک گودال متقارن و منحنی، شکل داریم که عمق آن 12 متر است. گلوله‌ای را از نقطه A رها می‌کنیم تا درون این گودال حرکت رفت و برگشتی انجام دهد. پس از ۵۲ ثانیه گلوله کاملاً متوقف می‌شود و همهٔ انرژی حرکتی آن به صورت گرما به محیط پیرامون خواهد رفت. سرعت متوسط گلوله در کل زمان حرکتش چند متر بر ثانیه است؟



۸. با توجه به نمودار روبه‌رو که برای حرکت یک دوچرخه کشیده شده، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:



الف) تندی متوسط حرکت دوچرخه را در هر یک از بازه‌های زمانی ۰ تا 3 ثانیه، 3 تا 17 ثانیه و 17 تا 23 ثانیه به دست آورید.

ب) تندی متوسط دوچرخه‌سوار در کل حرکتش چند متر بر ثانیه است؟

پ) تندی متوسط دوچرخه سوار در زمان بین 3s تا 23s چند متر بر ثانیه است؟

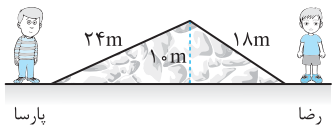
ت) با مقایسهٔ تندی‌های بخش نخست و پایانی حرکت، شکل نمودار حرکت را در این دو بخش با هم مقایسه کنید.

۹. خودرویی مسافت 36 کیلومتر را در مدت 30 دقیقه پیموده است.

الف) تندی متوسط این خودرو را بر حسب کیلومتر بر ساعت محاسبه کنید.

ب) تندی متوسط این خودرو را بر حسب متر بر ثانیه محاسبه کنید.

۱۰- رضا و پارسا همزمان از دو سطح شیب‌دار بالا می‌روند و پس از 20 ثانیه هر دو همزمان به بالای سطح شیب‌دار می‌رسند.



الف) مسافت پیموده شده رضا و پارسا را با هم مقایسه کنید.

ب) اندازه جابه‌جایی رضا و پارسا را با هم مقایسه کنید.

پ) تندی متوسط رضا و پارسا را با هم مقایسه کنید.

پرسش‌ها ـ پیمانه‌ی دو

۱- جاهای خالی زیر را پر کنید:

الف) پرنده‌ای که از خوزستان به سوی خراسان در حال پرواز است می‌تواند با پیمودن مسیرهایی در جهت‌های اصلی ..... و ..... به مقصد برسد.

ب) حاصل‌ضرب زمان حرکت یک جسم در تندی متوسط آن، برابر با ..... است.

پ) هر یک کیلومتر بر ساعت، برابر با ..... متر بر ثانیه است.

ت) اندازه‌ی جابه‌جایی یک متحرک در یک ثانیه، برابر با اندازه‌ی ..... آن متحرک است.

۲- جمله‌های درست یا نادرست را بیابید.

الف) به فاصلهٔ بین نقطهٔ شروع و پایان حرکت، بردار جابه‌جایی گفته می‌شود.

پ) اگر تندی متوسط یک جسم صفر باشد، حتماً سرعت متوسط آن جسم نیز صفر است.

ت) اگر سرعت متوسط یک جسم صفر باشد، حتماً تندی متوسط آن جسم نیز صفر است.

۳- از میان واژه‌های درون پرانتز، واژه‌ی درست را برای کامل کردن نوشته، بیابید:

الف) اگر فرض کنیم که جایگاه خورشید در فضای بیکران ثابت است، در مدت یک‌سال خورشیدی، (مسافت / جابه جایی) زمین صفر خواهد شد.

ب) زیاد بودن مسافت پیموده شده توسط یک جسم در زمان ثابت و معین، نشان می‌دهد که تندی متوسط جسم (زیاد / کم) است

پ) زیاد بودن زمان صرف شده توسط یک جسم برای پیمودن یک مسافت ثابت و معین، نشان می‌دهد که تندی متوسط آن متحرک (کم/زیاد) است.

۴- به پرسش‌های زیر پاسخ کوتاه بدهید.

الف) کدام یک از موارد زیر درباره‌ی جابه‌جایی و مسافت درست و کدام‌یک نادرست هستند؟

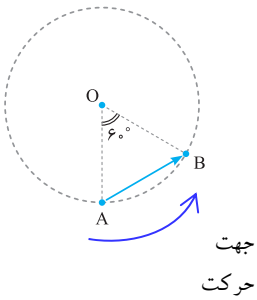
۱) هم سرعت و هم مسافت، دارای جهت هستند.

۲) یکای اندازه‌گیری هر دو شبیه به هم است.

۳) اندازهٔ آن‌ها همواره با هم برابر است.

ب) دوچرخه‌سواری ۶ متر رو به شمال می‌رود، سپس ۸ متر به سمت غرب می‌رود. اگر این جابه‌جایی در مدت ۵ ثانیه انجام شود، سرعت متوسط این دوچرخه‌سوار چند متر بر ثانیه است؟

پ) یک دوچرخه‌سوار تصمیم می‌گیرد که دور یک میدان دایره شکل به شعاع ۱۸ متر بچرخد او از نقطهٔ A مطابق جهت نشان داده شده شروع به حرکت می‌کند و پس از یک‌بار چرخش به دور میدان حرکت خود را تا نقطهٔ B ادامه می‌دهد. اگر کل این حرکت 200 ثانیه طول کشیده باشد:



۱) بردار جابه‌جایی آن را رسم کنید.

۲) اندازه بردار جابه‌جایی را به دست آورید.

۳) مسافت پیموده شده را به دست آورید.

۴) تندی متوسط او را به دست آورید.

۵) سرعت متوسط او را به دست آورید.

ت) یک سنگ کوچک را با سرعت $20\frac{m}{s}$ رو به بالا پرتاب می‌کنیم. سنگ تا ارتفاع ۲ متری از جای پرتاب بالا رفته و دوباره به جای نخست باز می‌گردد. اگر کل زمان این حرکت ۴ ثانیه باشد:

۱) تندی متوسط سنگ چند متر بر ثانیه است؟

۲) سرعت متوسط سنگ چند متر بر ثانیه است؟

۵- اتوبوسی با تندی $20\frac{m}{s}$ در جاده‌ای حرکت می‌کند. فردی که در اتوبوس است با تندی $10\frac{m}{s}$ نسبت به کف اتوبوس، رو به جلوی اتوبوس راه می‌رود و در همین حال ساندویچی را با تندی $1\frac{m}{s}$ نسبت به دهانش، فرو می‌فرستد و گاز می‌زند. تندی حرکت ساندویچ نسبت به درختی ساکن در کنار جاده، چند متر بر ثانیه است؟

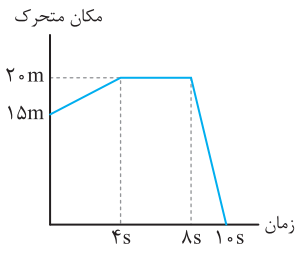
۱) ۳۱ ۲) ۲۹ ۳) ۱۱ ۴) ۹

به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

۶- افسانه و رویا در طول حیاط مدرسه می‌دوند. در این دویدن‌ها تندی متوسط حرکت افسانه ۶ قدم بر ثانیه و تندی حرکت رویا 5 قدم بر ثانیه است.

اگر طول حیاط مدرسه برابر با 200 قدم افسانه باشد و رویا بتواند با 150 قدم خود این طول را بپیماید، حرکت کدام یک تندتر است؟

۷- نمودار روبه‌رو مکان جسمی را که روی محور افقی حرکت می‌کند نسبت به مبدأ مختصات در زمان‌های مختلف نشان داده است.



الف) اندازهٔ سرعت متوسط جسم در ۴ ثانیه اول حرکت چند متر بر ثانیه است؟

ب) اندازه سرعت متوسط جسم در 10 ثانیه اول حرکت چند متر بر ثانیه است.

پ) در چه بازهٔ زمانی جسم متوقف شده است.

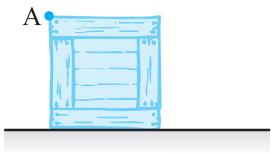
۸- خودرویی از نقطهٔ A که در 250 متری شرق مبدأ مکان (مثلا چراغ راهنمایی) با سرعت متوسط $50\frac{m}{s}$ به نقطهٔ B که در یک کیلومتری غرب مبدأ مکان است می‌رسد. رانندهٔ خودرو در این نقطه ترمز را فشار می‌دهد و خودرو پس از گذشت زمان 11 ثانیه در نقطهٔ C که 100 متر جلوتر است، کاملاً می‌ایستد.

الف) سرعت متوسط خودرو بین نقاط A و B چند کیلومتر بر ساعت است؟

ب) بردار جابه‌جایی $\overrightarrow{AB}$ در چه زمانی پیموده می‌شود؟

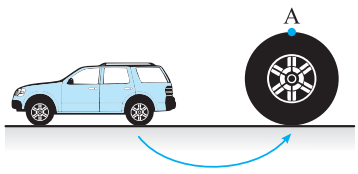
پ) سرعت متوسط خودرو در کل مسیر حرکت بین نقطه‌های A و C چند متر بر ثانیه است؟

۹- مورچه‌ای در نقطهٔ A به بالای مکعبی به ضلع 20cm قرار دارد. با دو بار غلتاندن مکعب به صورت ساعتگرد (در جهت حرکت عقربه‌های ساعت)، مورچه به زمین می‌رسد.



اگر هر بار غلتاندن مکعب روی زمین 2/5 ثانیه طول بکشد، سرعت متوسط حرکت مورچه از آغاز حرکت تا رسیدن آن به سطح زمین چند متر بر ثانیه است؟

۱۰- در مدتی که نقطهٔ A در بالاترین جای چرخ خودرو دوباره به بالاترین جای چرخ می‌رسد، سرعت متوسط خودرو برابر با $10\frac{m}{s}$ است. اگر شعاع چرخ این خودرو 20cm باشد، بگویید:



الف) اندازهٔ بردار جابه‌جایی نقطهٔ A در این مدت چه‌قدر است؟

ب) از آغاز حرکت چه زمانی طول می‌کشد تا نقطهٔ A برای نخستین بار، دوباره به بالاترین جای چرخ برسد؟

بخش دوم: تندی لحظه‌ای – سرعت لحظه‌ای – شتاب

گام دوم: یادگیری عمیق‌تر

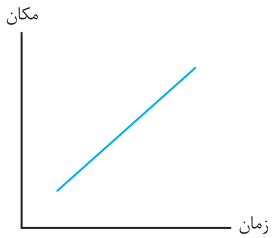
تندی لحظه‌ای

تندی لحظه‌ای: به تندی یک جسم متحرک در هر لحظه از حرکتش، تندی لحظه‌ای می‌گویند.

- زمان بررسی حرکت جسم برای بیان تندی لحظه‌ای، بسیار کوتاه است.
- اگر تندی لحظه‌ای یک جسم در همه‌ی لحظه‌های حرکت یکسان باشد، حرکت جسم «حرکتی یکنواخت» است.
- اگر تندی لحظه‌ای یک جسم در همه‌ی لحظه‌های حرکت یکسان باشد، تندی متوسط با تندی لحظه‌ای برای آن جسم متحرک برابر خواهد شد.

ـ عقربه‌ای مانند شکل که جلوی راننده‌ی خودروها قرار دارد، تندی‌سنج است.

- یکای اصلی اندازه‌گیری تندی لحظه‌ای همانند یکای اندازه‌گیری تندی متوسط (متر بر ثانیه ـ $\frac{m}{s}$) است.



گام دوم: یادگیری عمیق‌تر

سرعت لحظه‌ای

سرعت لحظه‌ای: به سرعت یک جسم متحرک در هر لحظه از حرکتش، سرعت لحظه‌ای می‌گویند.

- زمان بررسی حرکت جسم برای بیان سرعت لحظه‌ای، بسیار کوتاه است.

- اگر سرعت لحظه‌ای یک جسم در همه‌ی لحظه‌های حرکت یکسان باشد، حرکت جسم «حرکت یکنواخت روی خط راست» است.
- اگر سرعت لحظه‌ای یک جسم در همه‌ی لحظه‌های حرکت یکسان باشد، سرعت متوسط با سرعت لحظه‌ای برای آن جسم متحرک برابر خواهد شد.

- سرعت لحظه‌ای همانند سرعت متوسط، کمیتی برداری است.

- اندازه‌ی عددیِ سرعت لحظه‌ای با اندازه‌ی تندی لحظه‌ای جسم متحرک و جهت سرعت لحظه‌ای با جهت حرکت جسم متحرک را نشان می‌دهد.

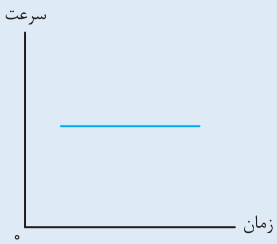
- یکای اصلی اندازه‌گیری سرعت لحظه‌ای همانند یکای اندازه‌گیری سرعت متوسط، «متر بر ثانیه» $(\frac{m}{s})$ است.

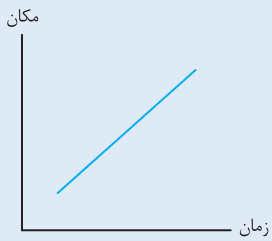
مطالب بیشتر

برای نمایش چگونگی حرکت‌هایی با سرعت ثابت (حرکت یکنواخت روی مسیر مستقیم) می‌توان از نمودار کمک گرفت.

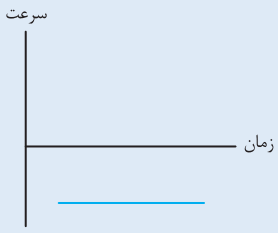
نمودارهای زیر برای حرکت‌های یکنواخت روی مسیر مستقیم کشیده شده است:

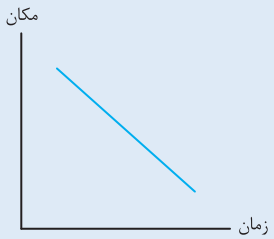
الف) سرعت جسم ثابت و جهت حرکت رو به سوی مثبت قراردادی:





ب) سرعت جسم ثابت و جهت حرکت رو به سوی منفی قراردادی:





گام دوم: یادگیری عمیق‌تر

شتاب متوسط

- هنگامی که سرعت حرکت یک متحرک در حال تغییر باشد، این متحرک دارای حرکت شتابدار است.

- اگر اندازه‌ی سرعت متحرک تغییر کند، حرکت آن جسم دارای شتاب خواهد بود.
- اگر جهت حرکت جسم متحرک تغییرکند، حرکت آن جسم دارای شتاب خواهد بود.

شتاب متوسط: به تغییر سرعت یک جسم در مدت زمان معین، شتاب متوسط می‌گویند.

$$\text{شتاب متوسط} = \frac{\text{تغییر سرعت}}{\text{مدت زمان تغییر سرعت}} = \frac{(\text{سرعت آغازین}) - (\text{سرعت پایانی})}{\text{زمان تغییر سرعت}}$$

- در اندازه‌گیری شتاب متوسط، سرعت لحظه‌ای در تک‌تک بخش‌های حرکت مهم نیست.
- شتاب متوسط نشان‌دهنده‌ی آهنگ و چگونگی تغییرات حرکت در کل راه است.

- یکای اصلی اندازه‌گیری شتاب متوسط، متر بر مجذور ثانیه (متر بر مربع ثانیه) است که با نماد $\frac{m}{s^2}$ نمایش می‌دهند.

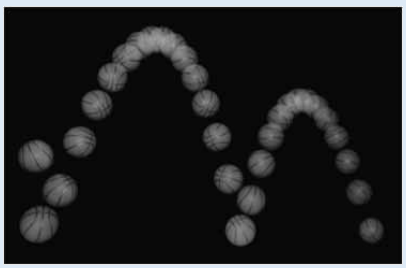
مطالب مرتبط

اگرچه شتاب، کمیتی برداری است، ولی شاید در برخی از حرکت‌ها جهت آن با جهت سرعت یکسان نباشد.

برای نمونه، هنگامی که جسمی را به بالا پرتاب می‌کنیم، جهت سرعت آن رو به بالا است. ولی حرکت جسم کُندشونده است؛ یعنی اندازه‌ی سرعت جسم پیوسته کاهش می‌یابد.

از این رفتار می‌فهمیم که جهت شتاب حرکت برای این جسم رو به پایین است.

همین جسم پس از رسیدن به نقطه‌ی اوج (بالاترین جای حرکتش) به پایین خواهد افتاد. در راه پایین آمدن، جهت سرعت رو به پایین است.



از سوی دیگر حرکت جسم هنگام پایین آمدن تندشونده است، یعنی اندازه‌ی سرعت پیوسته افزایش می‌یابد.

از این رفتار می‌فهمیم که جهت شتاب حرکت برای این جسم، هم‌جهت با سرعت و روبه پایین است.

در فصل آینده خواهید دید که جهت شتابِ یک جسم با تندی ثابت که یک حرکت دایره‌ای دارد، عمود بر جهت سرعتش است.

مثال

یک خودرو در مدت 2 دقیقه به آرامی ترمز کرده و سرعت خود را از $108\frac{km}{h}$ به $36\frac{km}{h}$ می‌رساند.

الف) در این مدت، شتاب متوسط آن چند متر بر ثانیه است؟

ب) جهت شتاب و جهت سرعت برای این خودرو چه رابطه‌ای با هم دارند؟

پ) اگر شتاب متوسط این خودرو تا پایان حرکتش بدون تغییر بماند، چند ثانیه طول می‌کشد تا خودرو با سرعت $36\frac{km}{h}$ کاملاً بایستد؟

پاسخ:

الف) $2min \xrightarrow{\times 60} 120s$ $\quad 36\frac{km}{h} \xrightarrow{\div 3/6} 10\frac{m}{s}$ $\quad 108\frac{km}{h} \xrightarrow{\div 3/6} 30\frac{m}{s}$

$$\text{شتاب متوسط} = \frac{\text{تغییر سرعت}}{\text{زمان تغییر}} \Rightarrow \text{شتاب متوسط} = \frac{10-30}{120} = \frac{-20}{120} \Rightarrow \text{شتاب متوسط} = -\frac{1}{6}\frac{m}{s^2}$$

ب) پیوسته از اندازه‌ی سرعت کاسته می‌شود و حرکت کندشونده است. پس جهت شتاب کاملاً در جهت مخالف جهت سرعت است.

پ) $$\text{شتاب متوسط} = \frac{\text{تغییرات سرعت}}{\text{زمان تغییرات}} \Rightarrow -\frac{1}{6} = \frac{0-10}{\text{زمان}} \Rightarrow \text{زمان} = \frac{-10}{-\frac{1}{6}} \Rightarrow \text{زمان} = 60s$$

مثال

جسمی را با سرعت $20\frac{m}{s}$ رو به بالا پرتاب می‌کنیم، دو ثانیه پس از پرتاب، جسم به اوج می‌رسد و یک ثانیه پس از آن سرعت لحظه‌ای‌اش $10\frac{m}{s}$ رو به پایین می‌شود. اگر جهت «رو به پایین» را مثبت فرض کنیم:

الف) جهت و علامت تغییرِ سرعتِ جسم را بنویسید.

ب) جهت و اندازه‌ی شتاب متوسط حرکت جسم را بیابید.

پاسخ:

الف) با توجه به قراردادِ «جهت»، می‌توان نوشت:

$$\text{سرعت رو به بالا} = -20\frac{m}{s}$$

$$\text{سرعت رو به پایین} = 10\frac{m}{s}$$

$$\text{تغییر سرعت} = (\text{سرعت پایانی}) - (\text{سرعت آغازین}) \Rightarrow \text{تغییر سرعت} = 10-(-20) \Rightarrow \text{تغییر سرعت} = 30\frac{m}{s}$$

جهت تغییر سرعت رو به پایین و علامت تغییر سرعت، مثبت است.

ب) $$\text{شتاب متوسط} = \frac{\text{تغییر سرعت}}{\text{زمان تغییر}} \Rightarrow \text{شتاب متوسط} = \frac{10-(-20)}{3} = \frac{30}{3} \Rightarrow \text{شتاب متوسط} = +10\frac{m}{s^2}$$

جهت شتاب متوسط رو به پایین و علامت آن، مثبت است.

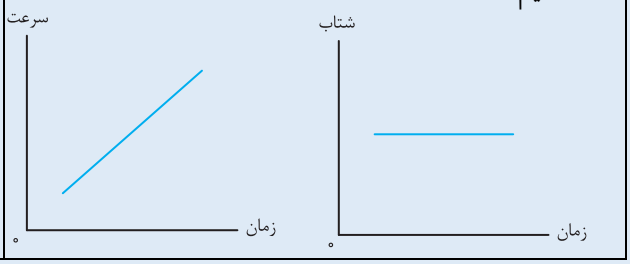
مطالب مرتبط

اگر زمان‌های کوتاهِ یک حرکت شتابدار را بررسی کنیم، به شتابی که به‌دست می‌آید، شتاب لحظه‌ای می‌گویند.

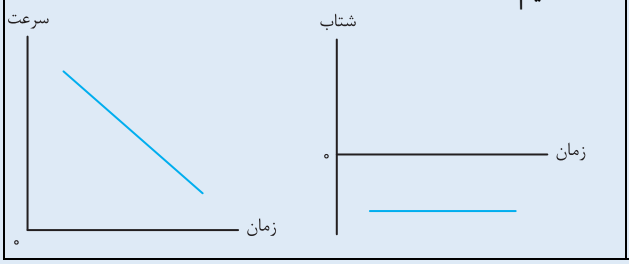
در حرکتی که همواره شتاب لحظه‌ای آن ثابت است، آهنگ و چگونگیِ تغییر سرعت همواره یکنواخت است. به چنین حرکتی، حرکت با شتاب مثبت می‌گویند.

نمودارهای زیر برای حرکت‌های شتابدار با شتاب ثابت کشیده شده است.

الف) حرکت تندشونده با شتاب ثابت ـ روی مسیر مستقیم:



ب) حرکت کندشونده با شتاب ثابت ـ روی مسیر مستقیم:



پرسش‌ها ـ پیمانه‌ی یک

۱- جاهای خالی زیر را پر کنید.

الف) **به تندی یک متحرک در هر لحظه ..... گفته می‌شود.**

ب) **هنگامی که سرعت یک متحرک در حال تغییر باشد، می‌گوییم حرکتش دارای ..... است.**

پ) **برای مشخص کردن سرعت یک متحرک باید هم تندی آن را بدانیم و هم ..... حرکت آن را مشخص کنیم.**

ت) **حرکت یکنواخت روی مسیر کاملاً دایره شکل، حرکتی ..... است.**

۲- جمله‌های درست یا نادرست را بیابید.

الف) **سرعت دو نوع اطلاع به ما می‌دهد هم تندی را مشخص می‌کند و هم جهت حرکت را مشخص می‌کند.**

ب) **اگر در یک بازه‌ی زمانی تغییر سرعت نداشته باشیم، حرکت یکنواخت روی خط راست انجام شده است.**

پ) **در حرکت یکنواخت روی خط راست همواره سرعت متوسط با شتاب متوسط برابر است.**

۳- از میان واژه‌های درون پرانتز، واژه‌ی درست را برای کامل کردن نوشته، بیابید.

الف) **تندی‌سنج یک خودو در حال حرکت میزان (تندی لحظه‌ای / تندی متوسط) خودرو را نشان می‌دهد.**

ب) **در حرکت یکنواخت روی خط راست، سرعت متوسط با (سرعت لحظه‌ای / شتاب متوسط) برابر است.**

پ) **برای دانستن سرعت لحظه‌ای باید (شتاب متوسط / تندی لحظه‌ای) و جهت حرکت را بدانیم.**

۴- به پرسش‌های زیر پاسخ کوتاه بدهید.

الف) **خودرویی از حال سکون شروع به حرکت کرده و در مدت $5\,s$ سرعتش به ۷۲ کیلومتر بر ساعت به سمت شمال رسیده است. اندازه شتاب متوسط خودرو در این جابه‌جایی چند متر بر ثانیه است؟**

ب) **شتاب متوسط یک خودرو که به سمت شرق حرکت می‌کند در $12\,s$ برابر $2\frac{m}{s^2}$ بوده است. اگر سرعت خودرو در پایان این بازه‌ی زمانی مدت $30\frac{m}{s}$ رو به شرق باشد. سرعت آن در ابتدای بازه‌ی زمانی چند متر بر ثانیه و به کدام جهت بوده است؟**

پ) **متحرکی حرکت یکنواخت روی خط راست دارد و در هر 2 ثانیه به اندازه‌ی 5 متر جابه‌جا می‌شود. این متحرک در چه مدتی به اندازه‌ی یک متر جابه‌جا می‌شود؟**

ت) **لوله‌های ارتباطی روغن زیر یک خودرو سوراخ شده و در زمان‌های کاملاً برابر، قطره‌های روغن از زیر خودرو بر سطح خیابان می‌چکد. اگر این خودرو از شرق به غرب خیابان زیر حرکت کرده باشد، جهت شتاب و نوع حرکت خودرو را معین کنید.**

۵- اگر مسیر حرکت ماه به دور زمین را کاملاً دایره‌ای فرض کنیم و باز فرض کنیم که هر سال قمری 12 ماه دارد و ماه در سال قمری (زمان چرخش آن به دور زمین) 29 روز طول می‌کشد، آن‌گاه می‌توانیم بگوییم:

۱) **اگر زمین را ثابت فرض کنیم، اندازه شتاب حرکت ماه ثابت است.**

۲) **اگر زمین را ثابت فرض کنیم، سرعت حرکت ماه ثابت است.**

۳) **در هر سال قمری، جابه‌جایی ماه در منظومهٔ خورشیدی صفر است.**

۴) **گزینه‌های 2 و 3 درست هستند.**

۶- رانندهٔ خودرو با دیدن یک مانع، تصمیم می‌گیرد تا به‌گونه‌ای ترمز کند که خودرو را با شتاب متوسطی به اندازه‌ی $4\frac{m}{s^2}$ در مدت ۶ ثانیه، کاملاً متوقف کند. اگر مسیر حرکت خودرو مستقیم باشد،

الف) **سرعت این خودرو پیش از این‌که راننده ترمز کند، چند متر بر ثانیه بوده است؟**

ب) **جهت شتاب این خودرو هنگام ترمز، به کدام سو است؟**

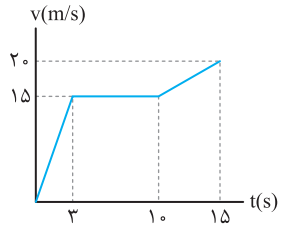
۷- سنگی را از بالای ساختمانی بسیار بلند رها می‌کنیم تا آزادانه سقوط کند. اگر از وجود هوا در مسیر این سنگ چشم‌پوشی شود و برای سادگی محاسبات، شتاب گرانش زمین را $10\frac{m}{s^2}$ در نظر بگیریم:

الف) **پس از یک ثانیه از آغاز حرکت، سرعت سنگ چند متر بر ثانیه می‌شود؟**

ب) **پس از پایان ثانیهٔ دوم حرکت، سرعت سنگ چند متر بر ثانیه می‌شود؟**

پ) **از ثانیه‌ی ۴ تا ثانیهٔ ۵ حرکت، چند متر بر ثانیه به سرعت سنگ افزوده خواهد شد؟**

۸- با توجه به نمودار روبه‌رو:



الف) شتاب حرکت جسم را در هر مرحله از حرکت حساب کنید.

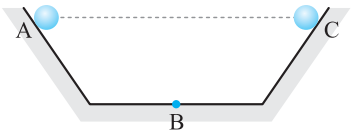
ب) اگر از $t=10$ به بعد، شتاب حرکت جسم ثابت باشد، سرعت جسم در زمان $t=25\,s$ چند متر بر ثانیه است؟

۹- یک هواپیمای جنگی می‌تواند سرعت خود را در مدت 2 ثانیه از $54\,\frac{km}{h}$ به $108\,\frac{km}{h}$ برساند.

الف) شتاب متوسط حرکت هواپیما در این اتفاق، چند متر بر مجذور ثانیه خواهد شد؟

ب) اگر شتاب متوسط هواپیما پیوسته ثابت بماند، پس از گذشت چند ثانیه‌ی دیگر سرعتش به $97/5\,\frac{m}{s}$ خواهد رسید؟

10- متحرکی از نقطهٔ A رها می‌شود و پس از عبور از نقطهٔ B با تندی ۶ متر بر ثانیه به نقطهٔ C می‌رسد و مجدداً برمی‌گردد.



الف) اگر مدت زمان حرکت از A به B برابر $4\,s$ باشد، شتاب متوسط از A تا B چه‌قدر است؟

ب) اگر مدت زمان حرکت از B به C برابر $4\,s$ باشد، شتاب متوسط از A تا C چه‌قدر است؟

پرسش‌ها ـ پیمانه‌ی دو

۱- جاهای خالی زیر را پر کنید.

الف) اگر در هر بازهٔ زمانی تندی لحظه‌ای ثابت باشد، اما تندی متوسط با اندازه سرعت متوسط برابر نباشد، حرکت یکنواخت روی مسیری ..... است.

ب) در حرکت یکنواخت روی خط راست ..... حرکت صفر است.

پ) اگر متحرکی روی مسیری غیرمستقیم با تندی ثابت حرکت کند، حرکت آن ..... است.

ت) اندازهٔ بردار سرعت لحظه‌ای برابر با ..... است.

۲- جمله‌های درست یا نادرست را بیابید.

الف) حاصل تقسیم تغییرات تندی بر مدت زمان این تغییر برابر شتاب متوسط است.

ب) اگر شتاب متوسط صفر باشد، سرعت لحظه‌ای همواره با سرعت متوسط برابر است.

پ) اگر تندی متوسط در یک بازه‌ی زمانی صفر باشد، آن‌گاه شتاب متوسط صفر است.

۳- از میان واژه‌های درون پرانتز، واژه‌ی درست را برای کامل کردن نوشته، بیابید.

الف) حاصل‌ضرب شتاب متوسط در مدت زمان معین برابر (تغییر سرعت / سرعت) در آن زمان معین است.

ب) اگر متحرکی از حال سکون شروع به حرکت کند و پس از طی مسافتی دوباره متوقف شود، (تندی متوسط / شتاب متوسط) آن صفر است.

پ) در یک حرکت یکنواخت حتماً تندی لحظه‌ای با (اندازه سرعت لحظه‌ای / اندازه سرعت متوسط) برابر است.

۴- به پرسش‌های زیر پاسخ کوتاه بدهید.

الف) **قایقی ابتدا با تندی $10\frac{m}{s}$ به سمت شرق حرکت می‌کرده است، پس از ۲۵ ثانیه، تندی آن به $15\frac{m}{s}$ به طرف غرب می‌رسد. اندازه شتاب متوسط قایق را محاسبه کنید.**

ب) **اندازهٔ شتاب متوسط ترمز یک موتورسیکلت 80 درصد شتاب جاذبه در سطح زمین است. این موتورسیکلت حداکثر با چه سرعتی حرکت کند تا بتواند ظرف مدت $2\,s$ توقف کند. (شتاب جاذبه را در سطح زمین $10\frac{m}{s^2}$ در نظر بگیرید.)**

پ) **تندی لحظه‌ای یک سنگ هنگام پرتاب شدن رو به بالا $30\frac{m}{s}$ است. اگر شتاب گرانش زمین را برای سادگی محاسبات تقریباً $10\frac{m}{s^2}$ فرض کنیم:**

۱) **چند ثانیه طول می‌کشد تا گلوله به نقطه‌ی اوج برسد؟**

۲) **چند ثانیه بعد از پرتاب، سنگ با همان تندی نخست به جای پرتاب شدنش باز می‌گردد؟**

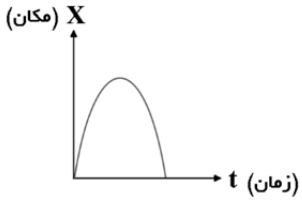
(راهنمایی: جهت روبه بالا را مثبت فرض کنید.)

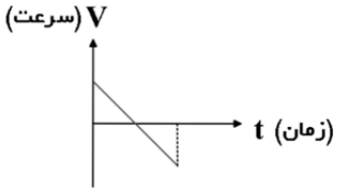
ت) **در هریک از شرایط زیر، نوع حرکت چگونه خواهد شد؟**

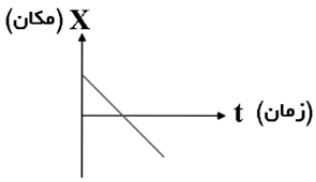
۱) **سرعت و شتاب هم‌جهت باشند.**

۲) **جهت سرعت کاملاً مخالف جهت شتاب باشد.**

۵- جسمی را به بالا پرتاب می‌کنیم و پس از چند ثانیه، دوباره به‌جای نخست خودش باز می‌گردد. اگر جهت مثبت را جهت رو به بالا در نظر بگیریم، کدام نمودار زیر دربارهٔ این جسم درست است؟

۱) 

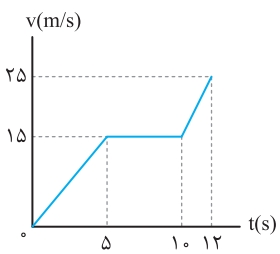
۲) 

۳) 

۴) گزینه‌های ۱ و ۲ درست هستند.

به پرسش‌های زیر پاسخ بدهید.

۶- اگر نمودار سرعت ـ زمان یک جسم به صورت روبه‌رو باشد، نمودار شتاب ـ زمان آن به چه شکلی خواهد شد؟ (محاسبه کنید و اندازه‌های شتاب‌ها را به‌دست آورید.)



۷- یک قطار به طول 50 متر که با سرعت $20\frac{m}{s}$ حرکتی یکنواخت بر روی جاده‌ای مستقیم دارد، به یک پل رسیده و می‌خواهد از روی این پل به طول 200 متر بگذرد. باکشیدن شکل نشان دهید:

الف) چه زمانی طول می‌کشد تا سر قطار به آخر پل برسد؟

ب) چه زمانی طول می‌کشد تا قطار کاملاً از روی پل بگذرد؟

۸- یک توپ پینگ‌پنگ به سوی دیوار پرتاب شده و با تندی $12/5\frac{m}{s}$ به سطح دیوار می‌رسد. اگر کل تماس توپ با دیوار $0/2\,s$ طول بکشد و توپ با تندی $9/5\frac{m}{s}$ از دیوار جدا شود، شتاب متوسط حرکت توپ در این برخورد (پیش از تماس با دیوار تا لحظه‌ی جدا شدن از دیوار) چند متر بر مجذور ثانیه است؟

۹- گلوله‌ای را از سطح زمین با سرعت $40\frac{m}{s}$ به بالا پرتاب می‌کنیم. این گلوله پس از 4 ثانیه به نقطه‌ی اوج (بالاترین جای حرکت) می‌رسد و از آن پس به سوی پایین باز می‌گردد. این گلوله در راه بازگشت، 45 متر نخست را در 3 ثانیه و 35 متر باقی‌مانده تا سطح زمین را در یک ثانیه‌ی دیگر بپیماید:

الف) شتاب متوسط حرکت گلوله را تا رسیدن به نقطه‌ی اوج حساب کنید.

ب) تندی متوسط گلوله را پس از گذشت 7 ثانیه از آغاز حرکت حساب کنید.

پ) اگر شتاب متوسط حرکت گلوله همواره با شتاب متوسط آن در زمان بالا رفتن برابر باشد، سرعت گلوله در $t=7$ را به‌دست آورید.

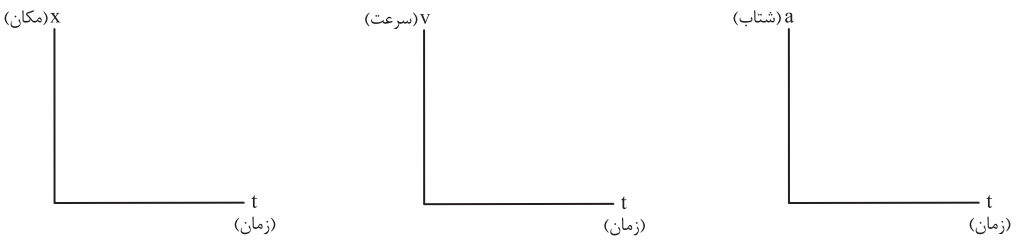
10- تندی لحظه‌ای یک هواپیما که حرکت یکنواخت روی مسیر مستقیم دارد، $80\frac{m}{s}$ است.

الف) این هواپیما از زمان $t=12\,s$ تا $t=14/5\,s$ چند متر جلوتر می‌رود؟

ب) برای این‌که این هواپیما $2\,km$ دیگر بپیماید، باید چند ثانیه پس از $t=14/5\,s$ به حرکت خود ادامه دهد؟

پ) در زمان $t=20\,s$ سرعت لحظه‌ای هواپیما چه‌قدر است؟

ت) نمودار مکان ـ زمان، سرعت ـ زمان و شتاب ـ زمان این هواپیما را به صورت تقریبی (بدون عدد) بکشید.



(راهنمایی: در نخستین لحظه، مکان هواپیما را روی مبداء «صفر» فرض کنید.)

پاسخنامه

تشریحی

پاسخنامه تشریحی فصل اول

پاسخ‌ها ـ پیمانه‌ی یک - بخش اوّل (حرکت)

۱

الف) بردار جابه‌جایی　　ب) $3/6$　　پ) بردار　　ت) $\frac{km}{h}$

۲

الف) نادرست　　ب) نادرست　　پ) درست

۳

الف) مسافت پیموده شده　　ب) $\frac{1}{3/6}$　　پ) نصف محیط دایره

۴

الف) باید روی خط راست بدون تغییر جهت حرکت کند.

ب) گزینه‌های ۲ و ۴.

پ) از ابتدای بهار تا ابتدای پاییز، زمین نیمی از مسیر دایره شکل خود را می‌پیماید، پس:

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت پیموده شده}}{\text{زمان پیمودن مسافت}} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = \frac{\text{نصف محیط دایره}}{\text{زمان نیم‌سال}} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = \frac{\frac{1}{2}\times(2\times150\times3/14)}{\frac{1}{2}\times(365\times24)}$$

$$\Rightarrow \text{تندی متوسط} = 0/1075342466 \text{ میلیون کیلومتر بر ساعت}$$

$$\Rightarrow \text{تندی متوسط} = 0/1075342466\times1000000 = 107534/2466 \text{ کیلومتر بر ساعت}$$

$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{قطر دایره}}{\text{زمان نیم‌سال}} \Rightarrow \text{سرعت متوسط} = \frac{\text{کل جابجایی}}{\text{زمان جابجا شدن}}$$

$$\text{سرعت متوسط} = \frac{2\times150}{365\times24} = 0/0342465753 \text{ میلیون کیلومتر بر ساعت}$$

$$\text{سرعت متوسط} = 34246/5753 \text{ کیلومتر بر ساعت}$$

ت) $\frac{\text{مسافت}}{\text{جابجایی}} = \frac{55}{25} = 2/2$

۵

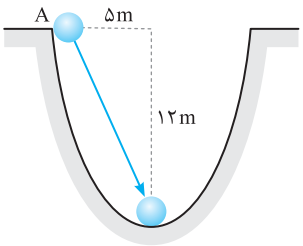
گزینه «۴»

عقربه‌هایی که در خودروها می‌بینید، همگی تندی‌سنج هستند. تصویر، تقریباً برابر با $36\frac{km}{h}$ است و همان‌طور که در سال هفتم خواندید، $36\frac{km}{h}$ یعنی $10\frac{m}{s}$.

۶

متحرک	مسافت پیموده شده (m)	زمان صرف شده (s)	تندی متوسط $(\frac{m}{s})$
مورچه	6 m	100s	0/06
انسان	100m	25s	$4\frac{m}{s}$
اسب	750m	50s	$15\ \frac{m}{s}$
یوزپلنگ ایرانی	15m	0/5s	$30\frac{m}{s}$

۷



حرکت گلوله از بالای گودال (نقطه‌ی A) شروع شده و در پایین‌ترین بخش آن پایان می‌یابد. بنابراین از روی شکل می‌توان بردار جابه‌جایی گلوله را به کمک رابطه‌ی فیثاغورس پیدا کرد.

$$(\text{بردارجابجایی})^2 = 5^2 + 12^2 \Rightarrow (\text{بردارجابجایی})^2 = 25 + 144 = 169 \Rightarrow \text{بردارجابجایی} = 13\ m$$

$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{کل جابجایی}}{\text{زمان جابجایی}} \Rightarrow \text{سرعت متوسط} = \frac{13}{52} \Rightarrow \text{سرعت متوسط} = \frac{1}{4}\ \frac{m}{s}$$

۸

الف) تندی متوسط در بازهٔ 0 تا 3 ثانیه:

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت پیموده شده}}{\text{کل زمان پیمودن مسافت}} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = \frac{8-0}{3-0}$$

$$\text{تندی متوسط} \Rightarrow \frac{8}{3}\ \frac{m}{s}$$

تندی متوسط در بازهٔ 3 تا 17 ثانیه:

$$\text{تندی متوسط} = \frac{8-8}{17-3} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = 0$$

تندی متوسط در بازهٔ 17 تا 23 ثانیه:

$$\text{تندی متوسط} = \frac{12-8}{23-17} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}\ \frac{m}{s}$$

ب) کل راهی که دوچرخه‌سوار پیموده:

$$120-0=12\ m$$

کل زمان دوچرخه‌سواری:

$$23-0=23\ s$$

بنابراین:

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{کل مسافت}}{\text{کل زمان}} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = \frac{23}{12}\ \frac{m}{s}$$

پ) کل راهی که دوچرخه‌سوار پیموده:

$$120-8=4\ m$$

کل زمان دوچرخه‌سواری:

$$23-3=20\ s$$

بنابراین:

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{کل مسافت}}{\text{کل زمان}} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = \frac{20}{4} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = 5\ \frac{m}{s}$$

ت) در بخش نخست حرکت که تندی حرکت بیش‌تر است، شیب نمودارِ مسافت ـ زمان نیز بیش‌تر است.

۹

الف)

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت پیموده شده}}{\text{زمان پیمودن مسافت}}$$

$$\text{تندی متوسط} = \frac{36\,\text{km}}{0/5\,\text{h}} = 72\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

ب)

روش اول:

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت پیموده شده}}{\text{زمان پیمودن مسافت}} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = \frac{36000\,\text{m}}{(30\times 60)\,\text{s}} = 20\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

روش دوم:

$$\text{تندی متوسط} = 72\frac{\text{km}}{\text{h}} \div 3/6 = 20\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۱۰

الف) رضا 18 متر و پارسا 24 متر مسافت می‌پیمایند.

ب) رضا ۱۸ متر و پارسا ۲۴ متر جابجا می‌شوند.

پ) تندی متوسط رضا $0/9\frac{\text{m}}{\text{s}}$ و تندی متوسط پارسا $1/2\frac{\text{m}}{\text{s}}$ است.

پاسخ‌ها ـ پیمانه‌ی دو - بخش اوّل (حرکت)

۱

الف) شمال ـ شرق **ب)** مسافت پیموده شده **پ)** $\frac{1}{3/6}$ **ت)** سرعت متوسط

۲

الف) نادرست **ب)** درست **پ)** نادرست

۳

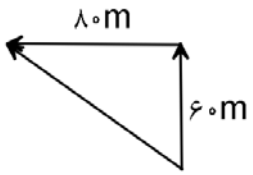
الف) جابه‌جایی **ب)** زیاد **پ)** کم

۴

الف)

۱) نادرست، ۲) درست، ۳) نادرست

ب) با رسم بردارهای جابه‌جایی و استفاده از رابطه فیثاغورس، می‌توان بردار جابه‌جایی را یافت:

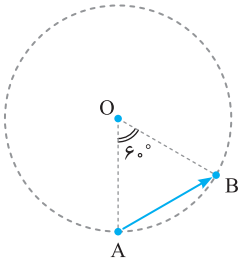


$$(\text{بردار جابجایی})^2 = 60^2 + 80^2 \Rightarrow \text{بردار جابجایی} = 100\,\text{m}$$

$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{اندازه بردار جابجایی}}{\text{زمان جابجاشدن}} \Rightarrow \text{سرعت متوسط} = \frac{100}{50} = 2\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

پ)

۱)



۲) با رسم بردار جابه‌جایی، می‌توان دید که سه نقطه‌ی O، A و B بر رأس‌های یک مثلث متساوی‌الاضلاع قرار دارند. پس اندازه‌ی بردار جابه‌جایی هم‌اندازه با شعاع میدان خواهد بود؛ یعنی 18 متر.

۳) هر دایره از دو نیم‌دایره

درست شده است، پس هنگامی که دوچرخه‌سوار یک دور کامل (360°) به اضافه‌ی 60° دیگر ($\frac{1}{6}$دور $= \frac{60}{360}$دور) به دور میدان می‌چرخد، پس:

$$\text{مسافت پیموده‌شده} = (1+\frac{1}{6}) \times \text{محیط میدان} \Rightarrow \text{مسافت پیموده‌شده} = \frac{7}{6} \times (2 \times 18 \times 3/14) = 131/88\ \text{m}$$

۴)
$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت پیموده‌شده}}{\text{زمان پیمودن مسافت}} = \frac{131/88}{200} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = 0/6594\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۵)
$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{اندازه‌ی جابجایی}}{\text{زمان جابجاشدن}} = \frac{18}{200} = 0/09\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ت)

۱) سنگ 20 متر بالا می‌رود و دوباره همین 20 متر را تا جای نخست می‌پیماید.

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت پیموده‌شده}}{\text{زمان پیمودن مسافت}} = \frac{20+20}{4} = 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۲) چون سنگ دوباره به جای نخست بازگشته است، پس اندازه‌ی بردار جابه‌جایی صفر است، یعنی:

$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{اندازه جابجایی}}{\text{زمان جابجایی}} = \frac{0}{4} = 0\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۵

گزینهٔ «۲»

اگر برای جهت حرکت اتوبوس، علامت + را در نظر بگیریم، می‌توانیم علامت + را برای سرعت اتوبوس و سرعت انسان فرض کنیم و علامت − را برای ساندویچ در نظر بگیریم. پس :

$$\text{سرعت نسبی ساندویچ نسبت به جاده} = +20+10-1 = 29\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۶

برای افسانه:

زمان	قدم
1	6
□	200

$$\Rightarrow \square = \frac{200}{6} = 33/3\,s$$

برای رویا:

زمان	قدم
1	5
□	150

$$\Rightarrow \square = \frac{150}{5} = 30\,s$$

هریک بتواند طول حیاط را که ثابت است، در زمان کمتری بپیماید، تند حرکت می‌کند؛ یعنی رویا.

۷

الف) $\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{جابجایی}}{\text{زمان}} = \frac{20-15}{4} = 1/25\,\frac{m}{s}$

ب) $\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{جابجایی}}{\text{زمان}} = \frac{0-15}{10} = -1/5\,\frac{m}{s}$

علامت منفی یعنی متحرک در خلاف جهت محور افقی حرکت کرده است و اندازه‌ی سرعت متوسط آن $1/5\frac{m}{s}$ بوده است.

پ) در بازه‌ی زمانی 4 تا 8 ثانیه جسم تغییر مکان نداده و متوقف شده است.

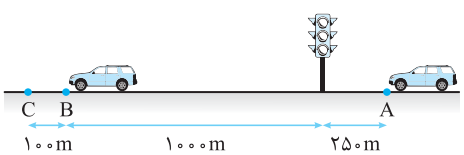
۸

الف) $50\frac{m}{s} \xrightarrow{\times 3/6} 180\frac{km}{h}$

ب) خودرو از A تا B، 1250 متر جابه‌جا می‌شود. اکنون با استفاده از رابطه‌ی سرعت متوسط، زمان این جابه‌جایی به‌دست می‌آید.

$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{جابجایی}}{\text{زمان}} \Rightarrow 50 = \frac{1250}{\text{زمان}} \Rightarrow \text{زمان} = \frac{1250}{50} = 25\,s$$

پ) برای رسیدن به پاسخ درست، باید شکل کشید.



کل زمان حرکت خودرو از نقطه‌ی A تا C برابر با 25 s (زمان حرکت از A تا B) به علاوه‌ی 11 ثانیه (زمان حرکت از B تا C) است. پس:

$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{کل جابجایی}}{\text{زمان جابجایی}} = \frac{(250+1000)+100}{25+11}$$

$$\text{سرعت متوسط} = \frac{1350}{36} = 37/5\,\frac{m}{s}$$