



راهنمای معلم – علوم نهم

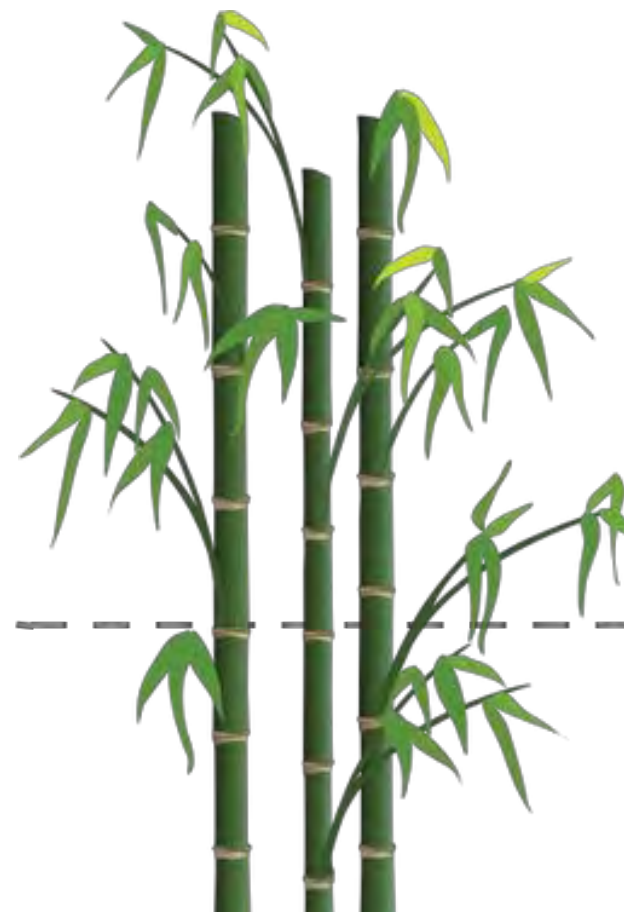
فصل ۴ : حرکت چیست؟

ویراست اول: شهریور ۱۳۹۴

روح الله خلیلی بروجنی

www.avang.org

khalily@gmail.com



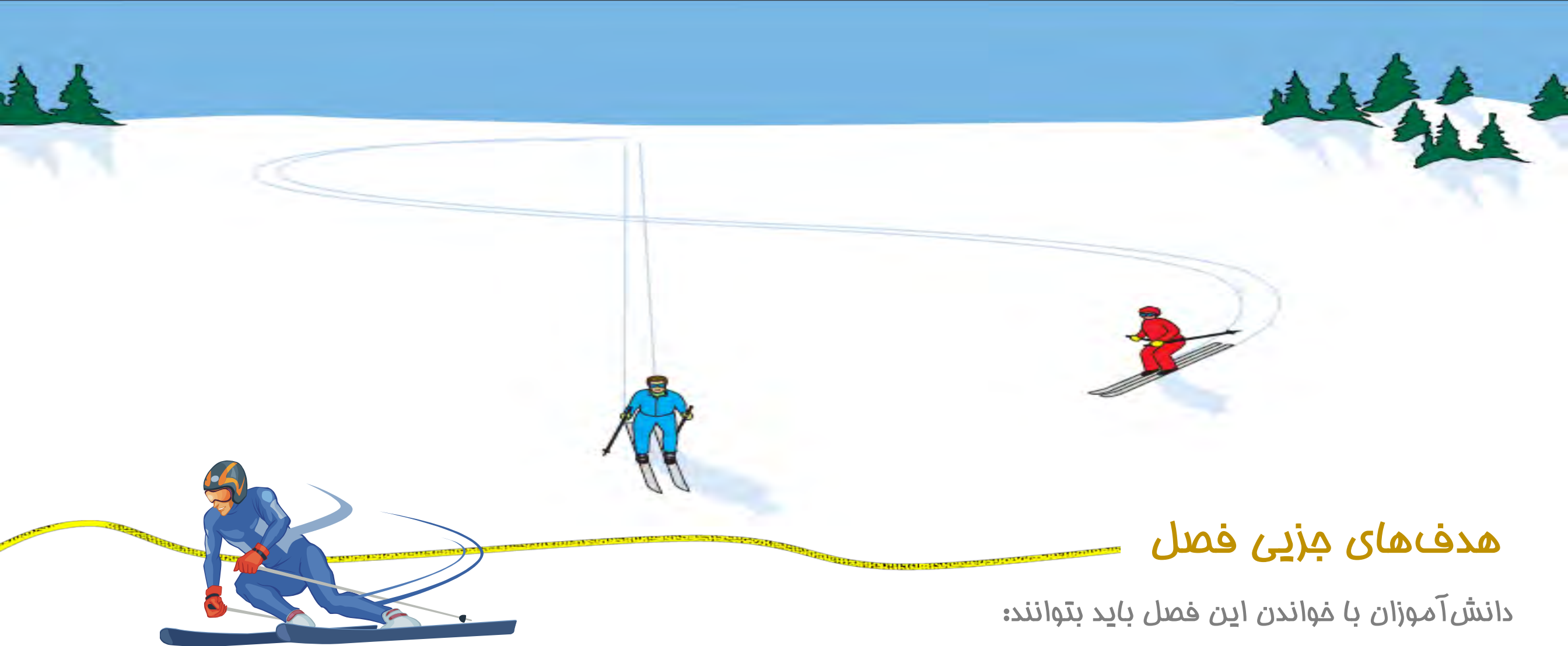
هدف کلی پیامد محور

شناخت مقدماتی حرکت و مفاهیم مرتبط با آن

فصل در یک نگاه

- مسافت و جابه جایی
- تندی متوسط
- تندی لحظه ای
- سرعت لحظه ای
- شتاب متوسط





هدف‌های جزئی فصل

دانش‌آموزان با خواندن این فصل باید بتوانند:

- ۱- عبارت «حرکت در همه جا و همه چیز وجود دارد» را با مثال‌های ساده‌ای تبیین کنند.
- ۲- با مفهوم مسافت و جابه‌جایی آشنا شوند و تفاوت آنها را به‌طور دقیق بیان کنند.
- ۳- با تعریف تندی متوسط آشنا شوند و بتوانند از آن در حل مثال‌های مرتبط استفاده کنند.
- ۴- با یکاهای تندی شامل متر بر ثانیه (m/s) و کیلومتر بر ساعت (km/h) آشنا شوند و نحوه تبدیل این دو یکا را به یکدیگر بدانند.
- ۵- با مفهوم تندی لحظه‌ای آشنا شوند و با مثال‌های ساده‌ای بتوانند آن را بیان کنند.
- ۶- با مفهوم سرعت لحظه‌ای آشنا شوند و تفاوت آن را با تندی لحظه‌ای بیان کنند.
- ۷- با تعریف شتاب متوسط آشنا شوند و بتوانند از آن در حل مثال‌های مرتبط استفاده کنند.



نقشه مفهومی فصل ۴

حرکت چیست؟





بودجه بندی پیشنهادی

- **جلسه اول:** تصویر شروع فصل + مقدمه + مسافت و جابه جایی (از صفحه ۳۳ تا صفحه ۳۵)
- **جلسه دوم:** نگاهی به جلسه قبل + تندی متوسط (صفحه های ۳۶ و ۳۷ تا ابتدای تندی لحظه ای)
- **جلسه سوم:** نگاهی به آنچه در دو جلسه قبل گذشت + تندی لحظه ای + سرعت لحظه ای (از صفحه ۳۷ تا صفحه ۳۹ ابتدای سرعت متوسط)
- **جلسه چهارم:** نگاهی به آنچه در جلسه های قبل گذشت + سرعت متوسط (از صفحه ۳۹ تا صفحه ۴۱ ابتدای شتاب متوسط)
- **جلسه پنجم:** نگاهی به آنچه تا کنون در فصل حرکت گذشت + شتاب متوسط





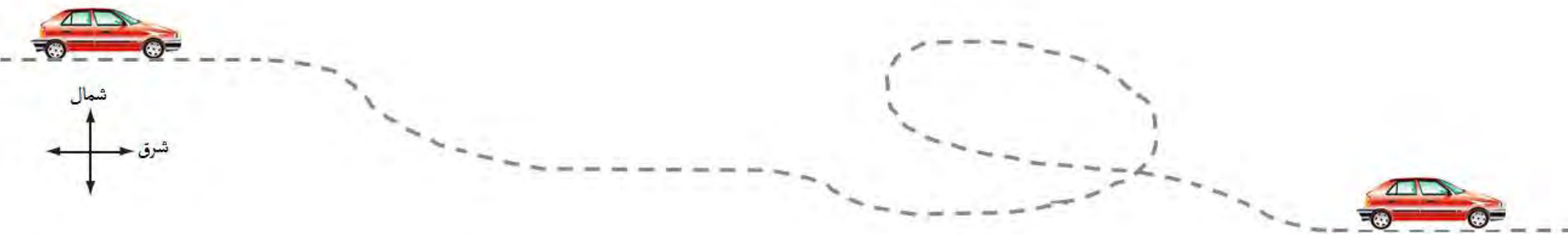
پیش در آمد

آنچه لازم است پیش از آموزش فصل «حرکت چیست؟»
به آن توجه داشته باشید.

هنگام بررسی حرکت، همواره با چند کمیت بنیادی شامل: مسافت distance، جابه جایی displacement، تندی speed، سرعت velocity، و شتاب acceleration سروکار داریم.

اگر جهان به گونه ای خلق شده بود که تمام موجودات و ذرات هستی مجبور بودند در امتداد یک خط راست و آن هم در یک جهت مشخص حرکت کنند به جای معرفی دو کمیت مسافت و جابه جایی، تنها لازم بود یکی را معرفی کنیم. همچنین به جای دو کمیت تندی و سرعت، تنها به معرفی یکی بسنده می کردیم. زیرا به سادگی می توانستیم توصیف کاملی از حرکت ارائه دهیم. حال آنکه می دانیم در دنیای واقعی، به ندرت پیش می آید که متحرکی مجبور باشد صرفاً روی خط راست و در یک جهت معین حرکت کند. کمیت هایی که در زندگی روزمره همواره با آن سروکار داریم مسافت پیموده شده متحرک و تندی آن است. تندی یک متحرک به صورت نسبت مسافت پیموده شده به زمان صرف شده برای آن تعریف می شود. در زندگی روزمره این کمیت را به اشتباه سرعت می نامیم.





هرچند همانطور که اشاره شد در زندگی روزمره معمولاً با مسافت و تندی سرو کار داریم ولی لازم است تا کمیت جابه جایی را نیز برای دانش آموزان معرفی کنیم. زیرا اگر جابه جایی معرفی نشود، نمی توان کمیت سرعت و به تبع آن شتاب یک متحرک را تعریف کرد! با ندانستن شتاب، درک درستی از مفهوم نیرو حاصل نمی شود و

در علوم مواردی پیش می آید که بین تعریف یک کمیت و کاربرد و نام گذاری آن در زندگی روزمره تعارض به وجود می آید. نمونه آشنای آن، عدم تمایز بین مفهوم جرم و وزن در زندگی روزمره است که بنا به عادت دیرین، همچنان وزن را به جای جرم به کار می بریم. البته این مشکل خاص کشور ما نیست و در کشورهای دیگر نیز در خصوص این کمیت و کمیت های دیگری همچون کار، نیرو، انرژی و توان وجود دارد.

یکی از وظایف ما در آموزش علوم آنست که اشتباه های رایج در زندگی روزمره و همچنین برداشت های مبتنی بر فهم متعارف یا عقل سلیم commonsense که در تعارض با مفاهیم

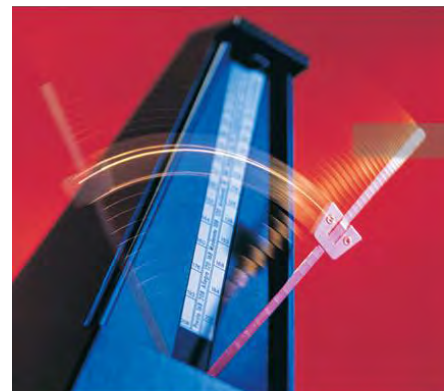
و تعریف های علمی است را شناسایی کنیم و در فرایند آموزش به اصلاح آنها بپردازیم.



حرکت چیس

فصل ۴

این فصل نیز، مانند فصل های دیگر با یک تصویر شروع می شود. معمولاً تلاش می شود تا تصویر شروع فصل بیشترین ارتباط را با عنوان و محتوای فصل داشته باشد. در اینجا می توانید از دانش آموزان بخواهید آنها نیز مثال هایی از انواع حرکت را که در زندگی روزمره با آنها مواجه می شوند بیان کنند. در شکل زیر تعدادی از این حرکت ها آمده است.



آیا می دانید بیشترین مسافت ثبت شده که تا کتون یک اسب توانسته است در یک ثانیه طی کند حدود ۲۴ متر بوده است؟ بررسی و شناخت حرکت اجسام از هزاران سال پیش مورد توجه بشر بوده است؛ به طوری که حرکت تند و حرکت کند یک جسم برای هر کس وازه ای آشناست. در این فصل خواهیم دید که با تعریف کمیت های : مسافت، جابه جایی، تند و سرعت و همچنین شتاب می توانیم به بررسی حرکت اجسام بپردازیم. با پیدا کردن هر یک از این کمیت ها برای یک جسم در حال حرکت، می توان شناخت بهتری از حرکت آن جسم به دست آورد.

پس از بررسی خود را بیازمایید صفحه ۳۶ که مربوط به محاسبه تندی متوسط دوندۀ رکورددار جهانی دوی ۱۰۰ متر است می توانید دوباره به این قسمت بازگردید و تندی متوسط این دونده را با اسب مقایسه کنید! از دانش آموزان بخواهید تا نتایج به دست آمده را به بحث بگذارند.

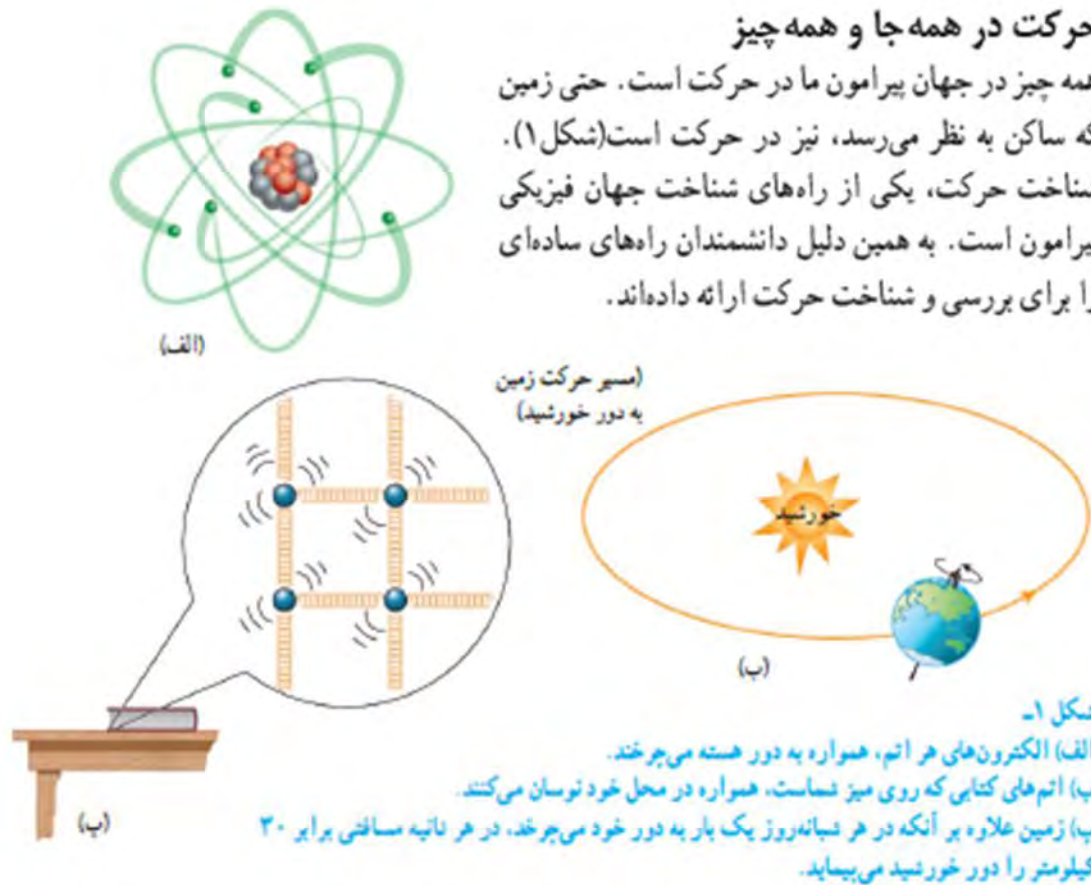
با توجه به شکل های ۱ و عنوانی که برای این قسمت انتخاب شده است انتظار این است که دانش آموزان به این شناخت برسند که همواره و بدون وقفه، حرکت در همه جا و همه چیز وجود دارد؛ از دنیای خرد و بسیار ریز گرفته تا دنیای کلان و بسیار بزرگ. افزون بر مثال های داده شده می توانید به این فهرست، مثال های دیگری را نیز اضافه کنید.

در این قسمت می توانید چند دقیقه ای به معرفی تاریخچه بررسی حرکت از یونان باستان تا زمان گالیله اختصاص دهید. همچنین به فعالیت های دانشمندان ایرانی اسلامی درباره حرکت نیز می توانید اشاره کنید. جلد های ۱ و ۲ طرح فیزیک هاروارد، منبع مناسبی برای مطالعه در این خصوص است.



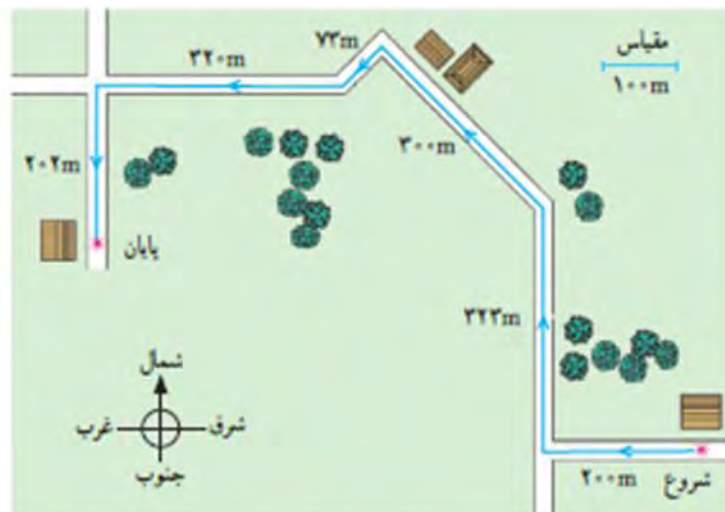
حرکت در همه جا و همه چیز

همه چیز در جهان پیرامون ما در حرکت است. حتی زمین که ساکن به نظر می رسد، نیز در حرکت است (شکل ۱). شناخت حرکت، یکی از راه های شناخت جهان فیزیکی پیرامون است. به همین دلیل دانشمندان راه های ساده ای را برای بررسی و شناخت حرکت ارائه داده اند.



مسافت و جابه جایی

برای رفتن از یک محل به محل دیگر، معمولاً از کوچه ها و خیابان های زیادی عبور می کنیم. شکل ۲ مسیر حرکت دانش آموزی را نشان می دهد که برای رفتن از خانه تا مدرسه می پیماید. به مجموع طول هایی که این دانش آموز برای رفتن از خانه (مبدأ) تا مدرسه (مقصد) می پیماید، **مسافت پیموده شده** می گوئیم.



شکل ۲ - کل مسیر طی شده بین شروع تا پایان حرکت را مسافت پیموده شده می نامند.

یکی از مفاهیمی که در حرکت شناسی باید پیش از هر کاری آن را بشناسیم، مسیری است که جسم روی آن حرکت می کند. این مسیر می تواند به شکل های مختلفی باشد (صفحه بعد را ببینید).

در دنیای واقعی وقتی از یک نقطه (مکان) به نقطه (مکانی) دیگر می رویم به ندرت ممکن است مسیر حرکت ما یک خط راست باشد.

طول مسیر، مسافت پیموده شده نامیده می شود. برای سادگی، معمولاً به جای **مسافت پیموده شده** به تنهایی از واژه **مسافت** استفاده می کنیم. در صفحه بعد تعدادی از انواع مسیرهای حرکت نشان داده شده است. به کمک مقیاس روی شکل، به سادگی می توان طول مسیر را به دست آورد. توجه کنید که مقیاس روی هر شکل، صرفاً برای همان شکل قابل استفاده هستند.

در برخی موارد
ممکن است نقطه
شروع و پایان
حرکت جسم، با هم
یکی باشند.

مسیر حرکت

مسیر حرکت
جسمی که از بالا
رها می شود.

مسیر حرکت
جسمی که پرتاب
می شود.

طول مسیر
از شروع تا پایان حرکت
برابر مسافت است.

ماه
زمین

مسیر (مدار) حرکت
ماه به دور زمین

در برخی موارد خاص، مسیر حرکت می تواند یک خط مستقیم یا راست باشد.

همانطور که در کتاب نیز آمده است دانش آموزان در ریاضی سال هشتم به طور نسبتاً کامل با مبحث بردارها آشنا شده اند. به همین دلیل بردار جابه جایی، به صورت برداری که الزاماً شروع و پایان حرکت را به هم وصل می کند معرفی شده است.

توجه مهم: در این قسمت اندازه بردار جابه جایی را باید الزاماً به کمک فقط کش اندازه گیری کرد و استفاده از روابط مربوط به بردارها و ذکر آنها در اینجا به هیچ وجه هدف برنامه درسی نیست.

به کمک مقیاس روی شکل به سادگی می توانید طول بردار جابه جایی را به کمک خط کش به دست آورید.

توجه: هرگاه در متن کتاب از واژه جابه جایی به تنهایی استفاده شده باشد منظور طول بردار جابه جایی است.



شکل ۳. پاره خط راستی که مبدأ حرکت را به مقصد حرکت وصل می کند
بردار جابه جایی حرکت نامیده می شود.

همانطور که می دانیم کوتاه ترین فاصله یا مسیر بین دو نقطه، پاره خط راستی است که آن دو نقطه را به یکدیگر وصل می کند. در ریاضی سال هشتم دیدید که اگر پاره خطی دارای جهت باشد به آن بردار گفته می شود. به برداری که نقطه شروع حرکت را به نقطه پایان حرکت وصل می کند، بردار جابه جایی گفته می شود (شکل ۳). اندازه بردار جابه جایی را به اختصار جابه جایی می نامیم.

فعالیت

مسافت و جابه جایی هر دو از جنس طول اند و برحسب متر (m) اندازه گیری می شوند، ولی می توانیم آنها را برحسب واحدهای بزرگتر یا کوچکتر طول نیز بیان کنیم. الف) مسافت طی شده در شکل ۳ چقدر است؟ مقدار به دست آمده را برحسب متر و کیلومتر (km) بیان کنید. ب) با توجه به مقیاس داده شده روی شکل، اندازه بردار جابه جایی دانش آموز را به کمک خط کش به دست آورید.

فکر کنید

یک جسم چگونه حرکت کند تا مسافت طی شده توسط آن با اندازه بردار جابه جایی اش یکسان باشد؟

خود را بیازمایید



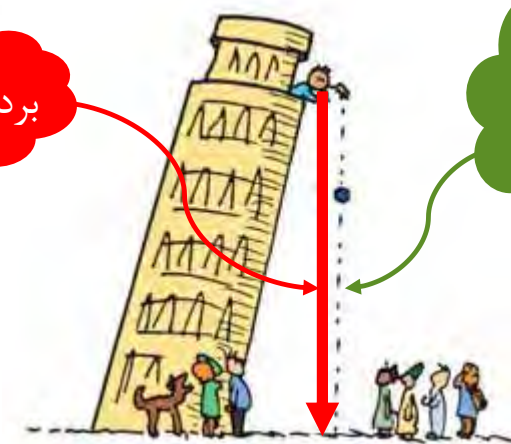
شکل رویه رو مسیر پیموده شده توسط یک دوندۀ را نشان می دهد. مسافت و بردار جابه جایی دوندۀ را روی شکل مشخص کنید.

برای به دست آوردن کل مسافت پیموده شده، کافی است تمام مسافت های طی شده را با یکدیگر جمع کنید که برابر ۱۴۱۸ متر می شود. از دانش آموزان بخواهید تا جابه جایی را به کمک خط کش و مقیاس روی شکل به دست آورند.

توجه: در صورتی که بردار جابه جایی را بخواهید بیان کنید علاوه بر طول، باید به جهت آن نیز اشاره کنید. با توجه به شکل، در اینجا جهت بردار جابه جایی به سمت شمال غرب است.

هرگاه جسم روی خط راست حرکت کند و هنگام حرکت تغییر جهت ندهد مسافت پیموده شده و اندازه بردار جابه جایی آن با هم برابرند. یا به سادگی میتوان گفت مسافت و جابه جایی با هم برابرند. مثال تصویری صفحه بعد را ببینید. توجه کنید که در زندگی واقعی به ندرت ممکن است جسمی با شرایط ذکر شده حرکت کند!

مثال های تصویری صفحه بعد را ببینید.



مسیر حرکت
جسمی که از بالا
رها می شود.

بردار جابه جایی

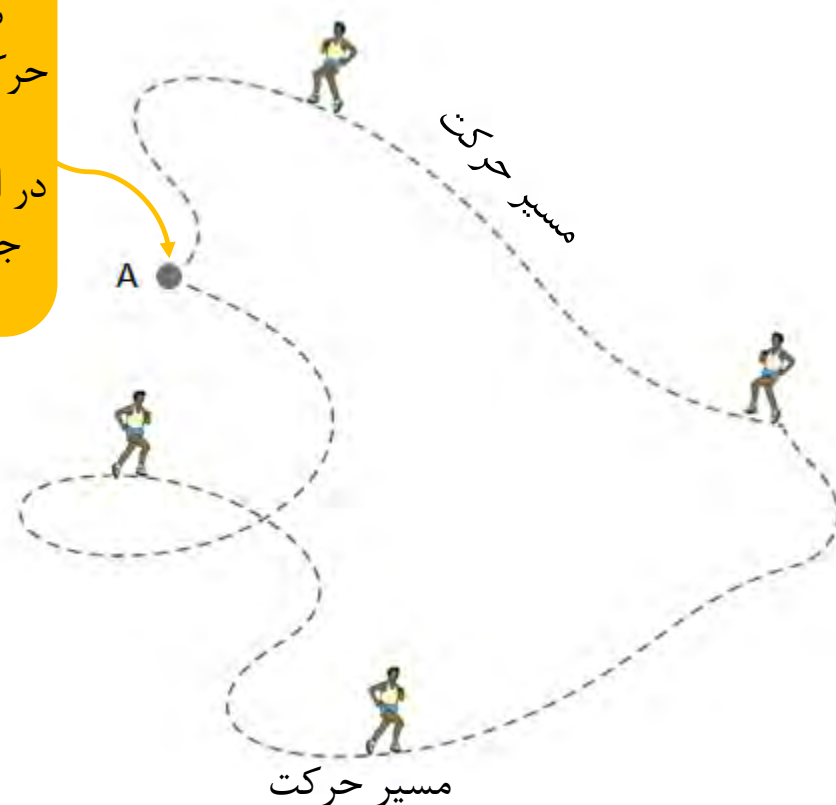
مسیر حرکت

بردار جابه جایی

مسیر حرکت

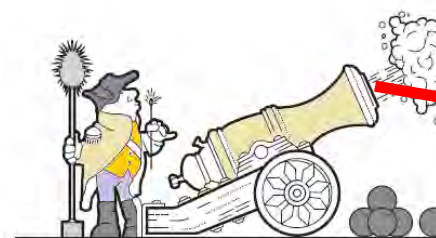
مسیر حرکت

در برخی موارد
ممکن است نقطه
شروع و پایان
حرکت جسم، با هم
یکی باشند.
در این صورت بردار
جابه جایی صفر
است.



مسیر حرکت
جسمی که پرتاب
می شود.

بردار جابه جایی



نقطه شروع حرکت



مسیر حرکت خط
راست است و جسم در
حین حرکت تغییر
جهت نداده است



نقطه پایان حرکت

بردار جابه جایی

اگر جسم روی خط راست حرکت کند و تغییر جهت ندهد
مسافت و جابه جایی آن با هم برابرند.

نقطه شروع حرکت



نقطه پایان حرکت



شخص تا اینجا آمده و
سپس جهت حرکت خود
را تغییر داده است.



بردار جابه جایی

جسم روی خط راست حرکت کرده ولی جهت حرکت خود را تغییر داده است.
بنابراین مسافت و جابه جایی با هم برابر نیستند.

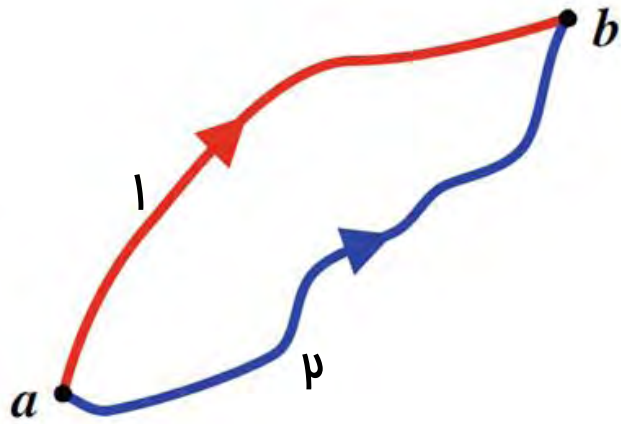
جمع این دو طول
برابر مسافت است.



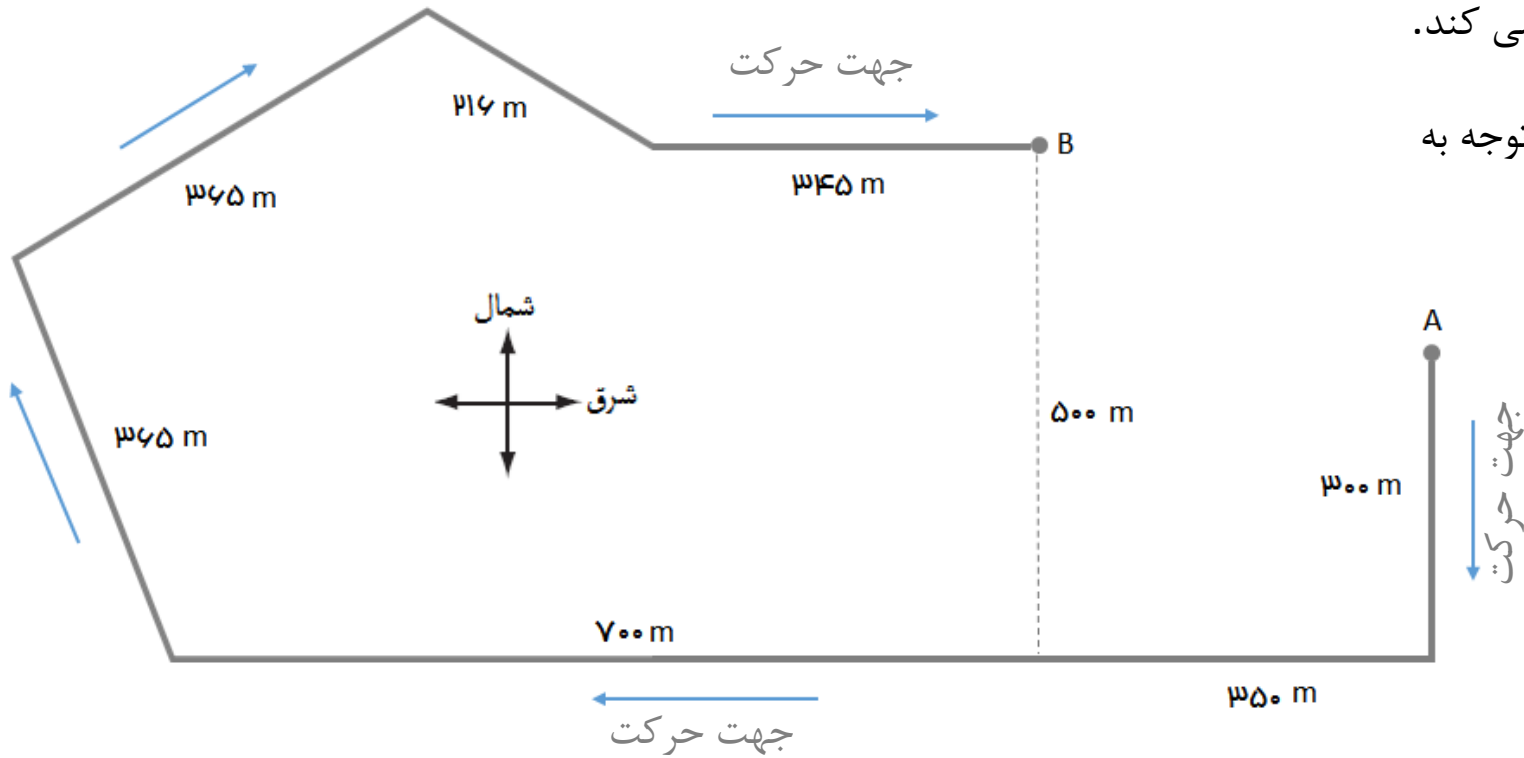
جهت حرکت

جهت حرکت

تمرین های پیشنهادی



جسمی برای رفتن از مکان a به مکان b یک بار از مسیر ۱ و بار دیگر از مسیر ۲ می رود. بردار جابه جایی جسم را برای هر دو مسیر، روی شکل نشان دهید و با یکدیگر مقایسه کنید. (درجه دشواری: ساده)



جسمی برای رفتن از مکان A به مکان B مسیری مطابق شکل طی می کند.
الف. مسافت طی شده توسط جسم چند متر است؟
ب. بردار جابه جایی جسم را روی شکل نشان دهید و اندازه آن را با توجه به قضیه فیثاغورس به دست آورید (درجه دشواری: متوسط).

انتظار این است که دانش آموزان در بخش قبل به خوبی با مفاهیم مسافت و جابه جایی آشنا شده و قادر باشند تمایز آنها را از یکدیگر با ذکر مثال و رسم شکل های مناسب توضیح دهند. به همین دلیل پیش از شروع این بخش، در این خصوص اطمینان حاصل کنید.

کمیتی که در زندگی روزمره همواره با آن سروکار داریم تندی متوسط است که به اشتباه در گفت گوهای روزمره آن را سرعت می نامیم! وقتی پیاده، با دوچرخه، با اتومبیل یا هر وسیله نقلیه دیگر از یک مکان به مکان دیگری می رویم، ممکن است در طول مسیر بارها و بارها جهت حرکت خود را تغییر داده باشیم، برخی مواقع کند، برخی مواقع تند و حتی برخی مواقع متوقف شده باشیم (مثلاً پشت چراغ راهنمایی منتظر مانده باشیم یا در بین راه، دوست خود را دیده باشیم و دقایقی ایستاده و گپ و گفتی با وی داشته باشیم). آنچه در پایان حرکت می توان گزارش داد این است که طول مسیری که طی کرده ایم چقدر است (یعنی مسافت) و همچنین مدت زمانی که از نقطه آغاز به نقطه پایانی رسیده ایم چه اندازه است. مطابق رابطه ۱، نسبت این دو، برابر تندی متوسط می شود.

تلاش کنیم این عادت خوب را در دانش آموزان تقویت کنیم که هنگام حل یک مسئله، یکای هر کمیت را به طور جداگانه در جلوی مقدار آن بنویسیم.

توجه مهم: مطابق تعریف تندی متوسط در رابطه ۱، همواره باید واژه متوسط پس از تندی آورده شود. بیان تندی متوسط به صورت تک واژه تندی، کاملاً اشتباه است. این موضوع، یک قرارداد جهانی است و نمی توانیم بنا به سلیقه خود عمل کنیم!

از دانش آموزان بخواهید تا نتیجه این فعالیت را برای جلسه بعدی به کلاس درس گزارش دهند. عدد ۶۰ ساتیمتر برای طول هر قدم، عددی تقریبی است که تقریباً با واقعیت سازگار است. ممکن است دانش آموزی این کار را دو یا چند بار انجام دهد و هر بار تندی متوسط خود را هنگام رفتن از خانه به مدرسه عدد متفاوتی به دست آورد. دلیل این موضوع با توجه به تعریف تندی متوسط، کاملاً روشن است. زیرا به عنوان مثال اگر دانش آموز به طور پیاده این مسیر را طی کرده باشد، ممکن است در هر بار اتفاقات مختلفی در بین مسیر برای او رخ داده باشد. مثلاً برخی مواقع تندتر و برخی مواقع کندتر قدم زده باشد یا حتی ممکن است در بین راه بنا به دلایل مختلفی برای دقایقی متوقف بوده باشد.

تندی متوسط

گالیله دانشمند سرشناس ایتالیایی نزدیک به ۵۰۰ سال پیش به بررسی و مطالعه جگونگی حرکت اجسام به کمک آزمایش پرداخت. مردم تا پیش از گالیله، حرکت اجسام را به صورت «کند» و «تند» توصیف می کردند. یکی از کارهای گالیله، معرفی **تندی متوسط** یک متحرک بود که به صورت زیر تعریف می شود.

$$(۱) \quad \text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت پیموده شده}}{\text{زمان صرف شده}}$$

اگر مسافت برحسب متر (m) و زمان برحسب ثانیه (s) اندازه گیری شوند، در این صورت یکای تندی متوسط متر بر ثانیه (m/s) خواهد شد.

مثال ۱



دوچرخه سواری مسافت ۸۴۰ متر را در مدت زمان ۶۰ ثانیه می پیماید. تندی متوسط دوچرخه سوار چند متر بر ثانیه است؟

حل: با توجه به رابطه (۱) داریم:

$$\text{تندی متوسط} = \frac{۸۴۰ \text{ m}}{۶۰ \text{ s}} = ۱۴ \text{ m/s}$$

این دوچرخه سوار در هر ثانیه به طور متوسط ۱۴ متر را پیموده است.

فعالیت

تندی متوسط خودتان را هنگام رفتن از خانه به مدرسه حساب کنید. اگر با پای پیاده این فاصله را طی می کنید تعداد قدم های خود را از خانه تا مدرسه بشمارید. طول هر قدم را حدود ۰/۶ متر بگیرید. اگر با خودرو این فاصله را می پیمایید مسافت طی شده را از روی کیلومتر شمار خودرو بخوانید. در هر دو حالت زمان طی مسافت را به کمک ساعت یا زمان سنج اندازه بگیرید.

خود را بیازمایید



۱- رکورد جهانی دوی ۱۰۰ متر مردان، ۹/۵۸ ثانیه و در اختیار اوسین بولت دوندۀ جامائیکایی است که در سال ۲۰۰۹ به نام خود ثبت کرده است. تندی متوسط این قهرمان جهانی را حساب کنید. مفهوم فیزیکی عدد به دست آمده را توضیح دهید.

۲- کیلومتر بر ساعت (km/h) یکی دیگر از یکاهای تندی است که معمولاً

پاسخ خود را بیازمایید

۱

با استفاده از رابطه ۱ داریم:

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت پیموده شده}}{\text{زمان صرف شده}} = \frac{100 \text{ m}}{9.58 \text{ s}} = 10.4 \text{ m/s}$$

عدد به دست آمده به این معناست که این دوندۀ در هر ثانیه به طور متوسط کمی بیش از ۱۰ متر از طول مسیر را پیموده است. ممکن است دانش آموزان علاقه مند باشند که رکورد دوی ۱۰۰ متر خود را به دست آورند. خوب است آنها را به انجام این کار تشویق کنید تا جلسه بعد هر دانش رکورد خود را به کلاس گزارش دهد.

۲

از آنجا که تبدیل یکای km/h به یکای m/s یا برعکس، در بسیاری از مثال ها و تمرین ها استفاده می شود، در اینجا فرصت مناسبی است که دانش آموزان با نحوه این تبدیل آشنا شوند.

۳

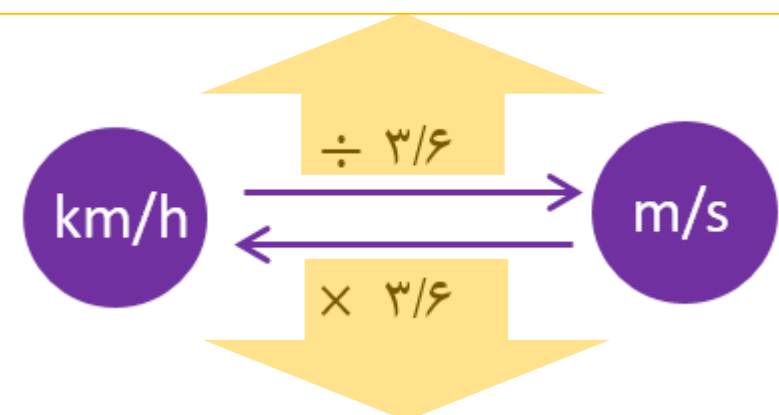
با توجه به این که جواب را بر حسب m/s خواسته است، مسافت و زمان را به ترتیب بر حسب m و s در رابطه ۱ جایگذاری می کنیم.

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت پیموده شده}}{\text{زمان صرف شده}} = \frac{3400 \text{ m}}{420 \text{ s}} = 8 \text{ m/s}$$

۴

هدف این تمرین مقایسه تندی متوسط چند متحرک با یکدیگر است که در زمان های متفاوتی، مسافت ۱۰۰۰ متر را طی می کنند. شما نیز می توانید جدول های مشابه دیگری را طراحی کنید یا اینکه از دانش آموزان بخواهید تا با جستجو در اینترنت و با توجه به علاقه خود جدول مشابهی را طراحی کنند و به کلاس ارائه دهند.

$$1 \text{ km/h} = \frac{1 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{10 \text{ m}}{36 \text{ s}} = \frac{1}{3.6} \text{ m/s}$$



$$1 \text{ m/s} = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ s}} = \frac{\frac{1}{1000} \text{ km}}{\frac{1}{3600} \text{ h}} = 3.6 \text{ km/h}$$

تمرین های پیشنهادی

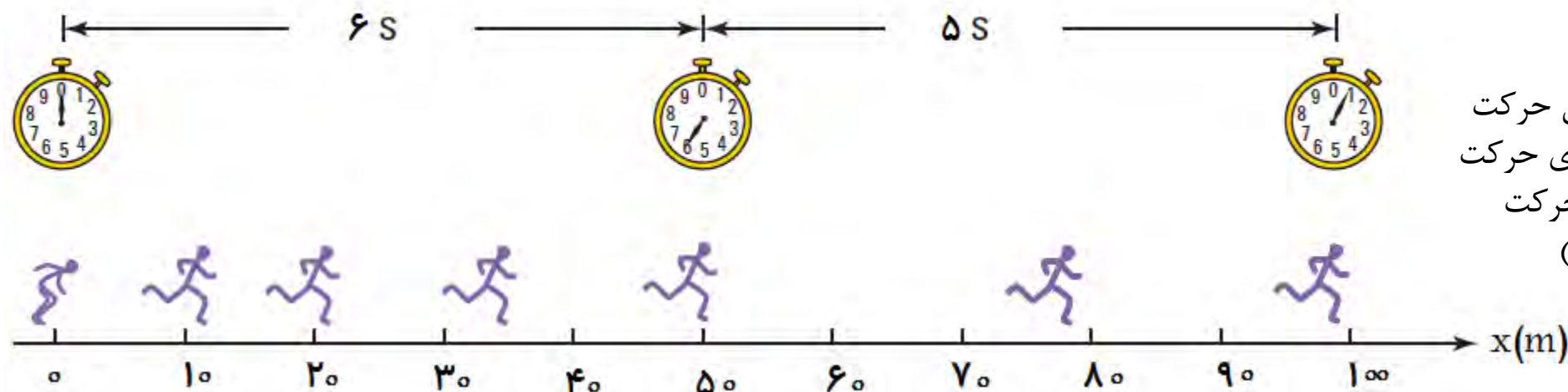
۱

اتومبیلی در مدت ۲۶ ثانیه مسیری مطابق شکل زیر را طی می کند. اگر طول مسیر ۷۶۴ متر باشد، تندی متوسط اتومبیل را به دست آورید. (درجه دشواری: ساده)



۲

با توجه به اطلاعات روی شکل،



الف) تندی متوسط دونده در ۶ ثانیه اول حرکت
ب) تندی متوسط دونده در ۵ ثانیه بعدی حرکت
پ) تندی متوسط دونده در کل مسیر حرکت
را به دست آورید. (درجه دشواری: ساده)

۳

دوچرخه سواری مسری مطابق شکل
روبه رو را در مدت ۱۵ دقیقه و با
تندی متوسط ۱۸ کیلومتر بر ساعت
طی می کند.

مسافت طی شده توسط دوچرخه سوار
در این مدت چند کیلومتر است؟
(درجه دشواری: متوسط)



پس از بررسی «خود را بیازمایید» علاوه بر تمرین های پیشنهادی می توانید تمرین های دیگری را برای دانش آموزان طراحی کنید و در اختیار آنها قرار دهید. برای مثال می توانید مشابه «خود را بیازمایید» ۱، تمرین های مشابهی برای دوندگان های آقا و خانم رکورددار ایرانی در دوی ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و و یا ورزش های دیگر مانند شنا طراحی کنید. اطلاعات مورد نیاز را به سادگی می توانید از طریق جستجو در اینترنت پیدا کنید.

تندی لحظه ای، یکی دیگر از مفاهیمی است که در حرکت شناسی اجسام متحرک بررسی می شود. همانطور که در کتاب درسی نیز اشاره شده است تندی متحرک در هر لحظه، برابر تندی لحظه ای آن است. برای مثال وقتی داخل اتومبیل در حال حرکت نشسته ایم و به عقربه تندی سنج آن نگاه می کنیم، عددی که عقربه تندی سنج روی آن قرار دارد تندی لحظه ای اتومبیل را در همان لحظه نشان می دهد.



برای تندی لحظه ای مشابه تندی متوسط رابطه ای وجود ندارد و صرفاً باید به طور کیفی دانش آموزان را با این مفهوم آشنا کنید.

توجه: معمولاً پس از معرفی تندی لحظه ای، برای سادگی در گفتار و نوشتار، آن را به صورت تک واژه تندی، بیان می کنند. این موضوع، یک قرارداد جهانی است!

برای وسایل نقلیه موتوری به کار می رود. با توجه به اینکه هر کیلومتر برابر ۱۰۰۰ m و هر ساعت برابر ۳۶۰۰ s است، نشان دهنده یکاهای km/h و m/s به صورت رویه رو به یکدیگر تبدیل می شوند.



۳- شکل رویه رو نقشه جزیره ابوموسی را واقع در خلیج فارس نشان می دهد. فاصله بین مسجد جامع و مسجد خلیج فارس در این جزیره حدود ۳/۴ کیلومتر است. اگر ۶ دقیقه طول بکشد تا شخصی با خودرو از مسجد جامع به مسجد خلیج فارس برود، تندی متوسط خودروی وی را بر حسب متر بر ثانیه به دست آورید. ۴- تندی متوسط هر یک از متحرک ها را با توجه به داده های جدول حساب کنید.

متحرک	مسافت طی شده	زمان صرف شده	تندی متوسط
دوچرخه	۱۰۰۰ m	۱۵۰ s	
مانتین مسابقه	۱۰۰۰ m	۱۰ s	
هواپیمای مسافری	۱۰۰۰ m	۴ s	
صوت	۱۰۰۰ m	۴ s	
شاتل فضایی	۱۰۰۰ m	۰/۱ s	

تندی لحظه ای

وقتی به اجسام متحرک اطراف خود نگاه می کنیم، برخی تندتر و برخی کندتر حرکت می کنند. خیلی وقت ها هم دیده ایم که متحرک تندی حرکت خود را کمتر یا زیاده تر می کند؛ مثلاً وقتی خودرویی پشت چراغ قرمز یک چهارراه توقف کرده است، تندی آن صفر است. با سبز شدن چراغ، به تدریج تندی خودرو افزایش می یابد تا از صفر به مقدار دلخواه برسد (شکل ۴). به تندی خودرو یا هر متحرک در هر لحظه، تندی لحظه ای گفته می شود. معمولاً برای سادگی در گفتار و نوشتار، «تندی لحظه ای» را به صورت «تندی» بیان می کنیم یا می نویسیم.

یک لحظه چقدر طول می کشد؟

واژه "لحظه" در فیزیک با تعریف محاوره ای آن در زندگی روزمره قدری متفاوت است. شما ممکن است عبارت «لطفاً یه کم صبر کن» تنها یه لحظه طول می کشه» را در موارد زیادی به کار ببرید که منظور یک بازه زمانی بسیار کوتاه، مثلاً چند ثانیه یا چند دقیقه، است. ولی در فیزیک یک لحظه به هیچ وجه طول نمی کشد؛ لحظه به یک تک مقدار از زمان اشاره دارد. برای مثال می گوئید تندی اتومبیل در ساعت ۸ و ۳۴ دقیقه و ۲۸ ثانیه برابر ۸۷ کیلومتر بر ساعت است.

فرض کنید داخل اتومبیل در حال حرکتی نشسته اید و به عقربه تندی سنج آن نگاه می کنید. اگر در حین حرکت اتومبیل، عقربه تندی سنج در محل ثابتی باشد و جابه جا نشود گفته می شود که اتومبیل به طور یکنواخت در حال حرکت است. اگر با توجه به شرایط ذکر شده، اتومبیل روی مسیری مستقیم حرکت کند در این صورت حرکت آن را یکنواخت روی خط راست می نامند.

در حرکت یکنواخت، تندی متوسط با تندی لحظه ای برابر است.

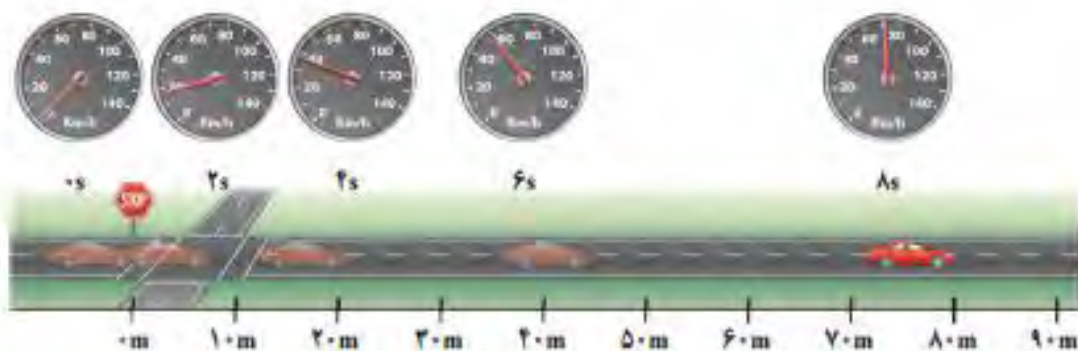
پاسخ خود را بیازمایید

به کمک تبدیل یکای km/h به یکای m/s که در بخش قبل گفته شد دانش آموزان به سادگی می توانند تندی های مجاز روی تابلو را بر حسب m/s بنویسند. قسمت ب را نیز به کمک رابطه ۱ می توانند حل کنند.

فرض کنید با دوستان تماشای مسابقات فوتبال و او می گوید که با ۸۷ کیلومتر بر ساعت به از تهران به طرف کرج در حال رانندگی است. در این صورت دوست شما سرعت لحظه ای اتومبیل را به شما خبر داده است. همانطور که در کتاب درسی نیز اشاره شده است اگر به تندی لحظه ای جهت حرکت را نیز اضافه کنیم سرعت لحظه ای را بیان کرده ایم. این موضوع را به صورت زیر می توان بیان کرد:

جهت حرکت در همان لحظه + تندی لحظه ای $\equiv$ سرعت لحظه ای

توجه: مشابه تندی لحظه ای، پس از معرفی سرعت لحظه ای، معمولاً آن را به صورت تک واژه سرعت، بیان می کنند. این یک قرارداد جهانی است!



شکل ۴: وقتی به تندی سنج یک خودرو در حال حرکت نگاه می کنیم، می توان گفت که تندی خودرو در آن لحظه چقدر است

شکل ۵ خودرویی را نشان می دهد که در امتداد مسیری مستقیم از نقطه A به نقطه B رفته است. اگر در طول مسیر A تا B تندی خودرو تغییری نکرده باشد، تندی متوسط و تندی لحظه ای خودرو باهم برابرند. در این صورت می گوئیم خودرو به طور یکنواخت روی مسیر مستقیم حرکت کرده است. این نوع حرکت را، حرکت یکنواخت روی خط راست می نامند.



خود را بیازمایید



الف) بیشترین تندی مجاز رانندگی برای خودروهای سواری در بزرگراه های ایران و هنگام روز برابر ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت است (شکل رویه رو). این تندی مجاز را بر حسب متر بر ثانیه بنویسید.

ب) اگر خودرویی با تندی متوسط 112 km/h مسافت ۴۶۰ کیلومتری تهران به اصفهان را از مسیر بزرگراه طی کند، مدت زمان حرکت آن را به دست آورید.

سرعت لحظه ای

در زندگی روزمره، معمولاً از واژه های تندی لحظه ای و سرعت لحظه ای به جای یکدیگر و با یک معنا استفاده می کنیم. در علوم این دو واژه با یکدیگر تفاوت دارند. اگر هم تندی و هم جهت حرکت جسمی را بدانیم، در واقع سرعت آن را می دانیم؛ مثلاً وقتی می گوئیم خودرویی با تندی 40 km/h در حرکت است، تندی آن را می دانیم. اما اگر بگوئیم خودرویی با تندی 40 km/h به طرف شمال در

۱- برای اختصار، تندی لحظه ای و سرعت لحظه ای به ترتیب به صورت تندی و سرعت بیان شده اند.

مثال و شکل روبه رو به خوبی تمایز بین سرعت و تندی و اهمیت دانستن سرعت را بیان می کند. در موارد بسیاری لازم است افزون بر تندی متحرک، جهت حرکت متحرک را نیز در همان لحظه بدانیم. به همین دلیل نیاز است که از سرعت خبر داشته باشیم. همان طور که در کتاب درسی نیز دیده می شود سرعت لحظه ای صرفاً به طور کیفی معرفی شده است و رابطه ای برای آن ذکر نشده است. لازم است دبیران محترم علوم تجربی نیز مطابق همین برنامه به آموزش قسمت های مختلف مبحث حرکت بپردازند. دانش آموزان در دوره دوم متوسطه در سطحی بالاتر و کامل تر با مبحث حرکت شناسی آشنا خواهند شد.



شکل روبه رو تندی سنج speedometer یک اتومبیل را نشان می دهد که با توجه به محل عقربه آن، تندی لحظه ای اتومبیل مشخص می شود. تندی سنج هیچ گونه اطلاعاتی در خصوص جهت حرکت اتومبیل به

ما گزارش نمی کند. استفاده از واژه سرعت سنج برای این وسیله نادرست است هر چند در زندگی روزمره معمولاً به اشتباه از این واژه استفاده می کنیم!

مطابق برنامه کتاب درسی، ابتدا آزمایش کنید را انجام دهید. انجام این آزمایش ساده ضمن آنکه هیجان خوبی در بین دانش آموزان ایجاد می کند تا حدودی می تواند شناختی کمی از مقدار سرعت متوسط فراهم کند. هر چه این امکان باشد که فاصله بین دو نقطه ای که نخ را می بندید بزرگ تر انتخاب کنید نتیجه آزمایش بهتر است. زمان حرکت بادکنک را چند نفر از دانش آموزان اندازه بگیرند و از مقادیری که گزارش می کنند میانگین بگیرید. افزون بر این آزمایش، آزمایش های دیگری نیز می توان طراحی کرد که برای پیدا کردن سرعت متوسط مفید باشند. مثلاً می توانید از یک ریل پرده به طول حدود دو متر یا بیشتر و یک گلوله استفاده کنید. اندازه گلوله را به نحوی انتخاب کنید که بتواند به راحتی روی ریل حرکت کند. یک طرف ریل را روی یک یا دو کتاب قرار دهید تا ریل اندکی شیب پیدا کند. گلوله را از طرف شیبدار آن رها کنید و زمان حرکت آن را روی ریل اندازه بگیرید. آنگاه مراحل ۶ و ۷ را برای این آزمایش نیز انجام دهید.

حرکت است، سرعت آن را مشخص کرده ایم. همان طور که دیده می شود سرعت، دو نوع اطلاع به ما می دهد. شکل ۶ اهمیت تفاوت بین تندی و سرعت را نشان می دهد. این دو قایق به علت به گرفتنی هوا، قادر



شکل ۶

به بدن یکدیگر نیستند؛ اما می توانند از طریق موج های رادیویی با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. قایق ران ها برای آنکه به یکدیگر برخورد نکنند، علاوه بر دانستن تندی های یکدیگر باید جهت های حرکت یکدیگر را نیز بدانند. به عبارت دیگر، آنها باید سرعت یکدیگر را بدانند.

سرعت متوسط

آزمایش کنید

هدف: پیدا کردن سرعت متوسط

وسایل و مواد لازم: یک تکه نخ بلند (۴ متر یا بیشتر)، نی نوشابه، بادکنک، چسب نواری، زمان سنج، متر

- ۱- تکه ای از نی نوشابه به طول تقریبی ۱۰ سانتیمتر را ببرید و نخ را از آن عبور دهید.
- ۲- دو سر نخ را به دو طرف کلاس که فاصله بیشتری از هم دارند ببندید و طول آن را به کمک متر یا خط کش اندازه بگیرید.
- ۳- بادکنک را باد کنید و درب آن را محکم با دست خود بگیرید تا هوای درون آن خارج نشود و آن را مطابق شکل الف به نی بچسبانید.
- ۴- بادکنک را رها کنید تا به کمک نی متصل به آن، از یک طرف به طرف دیگر تکه نخ حرکت کند (شکل ب).

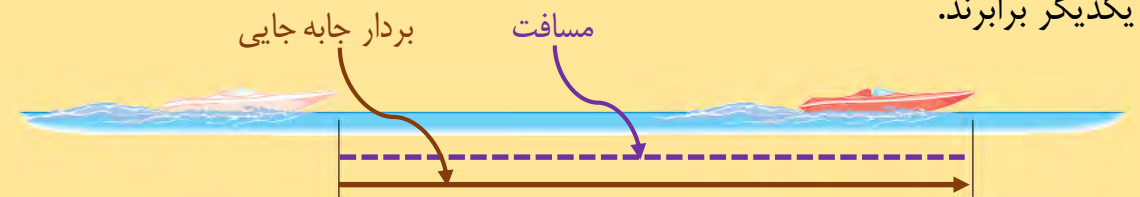
در هر اندازه گیری همواره خطا وجود دارد. به همین دلیل با چندین بار تکرار آزمایش می توانیم تا حدودی خطای اندازه گیری را کاهش دهیم.

توجه مهم: مطابق تعریف سرعت متوسط در رابطه ۲، همواره باید واژه متوسط پس از سرعت آورده شود. بیان سرعت متوسط به صورت تک واژه سرعت، کاملاً اشتباه است. این موضوع، یک قرارداد جهانی است.

همواره دانش آموزان باید توجه داشته باشند که در محاسبه سرعت متوسط باید جابه جایی متحرک را در رابطه ۲ قرار دهیم نه مسافت را. در شکل روبه رو، مسیر یک دوندۀ و بردار جابه جایی آن نشان داده شده است. همانطور که دیده می شود طول مسیر (مسافت) از طول بردار جابه جایی کوچکتر است. بنابراین اگر به جای جابه جایی، از مسافت استفاده کنیم در این صورت تندی متوسط را حساب کرده ایم نه سرعت متوسط را.

از آنجا که جابه جایی قایق به طرف شرق است، سرعت متوسط آن هم به طرف شرق است. وقتی سرعت متوسط متحرکی را به دست می آوریم باید جهت آن را در جلوی مقدارش بنویسیم.

همانطور که پیش از این گفتیم هرگاه متحرک روی مسیری مستقیم حرکت کند و جهت حرکت آن تغییری نکند مسافت و جابه جایی با یکدیگر برابر خواهند شد. در این مثال خاص هم این شرط برقرار است. بنابراین مسافت و اندازه بردار جابه جایی قایق با یکدیگر برابرند.



به این ترتیب در این حالت خاص، تندی متوسط و مقدار سرعت متوسط قایق با یکدیگر برابر می شوند.

- به آن، از یک طرف به طرف دیگر تکه نخ حرکت کند (شکل ب).
- ۵- به کمک زمان سنج مدت زمانی را که بادکنک در حرکت است، اندازه بگیرید.
 - ۶- نسبت جابه جایی بادکنک را به مدت زمان صرف شده حساب کنید.
 - ۷- اندازه گیری و محاسبه ها را چند بار تکرار کنید تا دقت آنها بیشتر شود.

سرعت متوسط را به صورت زیر تعریف می کنیم:

$$(۲) \quad \text{سرعت متوسط} = \frac{\text{جابه جایی}}{\text{مدت زمان صرف شده}}$$

اگر جابه جایی بر حسب متر و زمان بر حسب ثانیه باشد، سرعت متوسط بر حسب متر بر ثانیه بیان می شود.

مثال ۲

شکل زیر قایق تندروی را نشان می دهد که در امتداد مسیری مستقیم از غرب به شرق در حرکت است و پس از ۸ ثانیه حدود ۱۱۳ متر جابه جا می شود. سرعت متوسط قایق بر حسب متر بر ثانیه و همچنین کیلومتر بر ساعت چقدر است؟

پاسخ: با توجه به تعریف سرعت متوسط (رابطه ۲) داریم:

$$(\text{به طرف شرق}) \quad \text{سرعت متوسط} = \frac{\text{جابه جایی}}{\text{زمان صرف شده}} = \frac{113 \text{ m}}{8 \text{ s}} \approx 14 \text{ m/s}$$

همان طور که پیش از این دیدیم، برای تبدیل یکای متر بر ثانیه به یکای کیلومتر بر ساعت، کافی است مقدار مورد نظر را در عدد ۳/۶ ضرب کنیم. به این ترتیب داریم:

$$(\text{به طرف شرق}) \quad \text{سرعت متوسط} = (14 \times 3/6) \text{ km/h} = 50/4 \text{ km/h}$$

توجه کنید که در این مثال، چون قایق در امتداد خط راست حرکت می کند و جهت حرکت خود را نیز تغییری نداده است، مسافت طی شده و جابه جایی آن با هم برابرند.

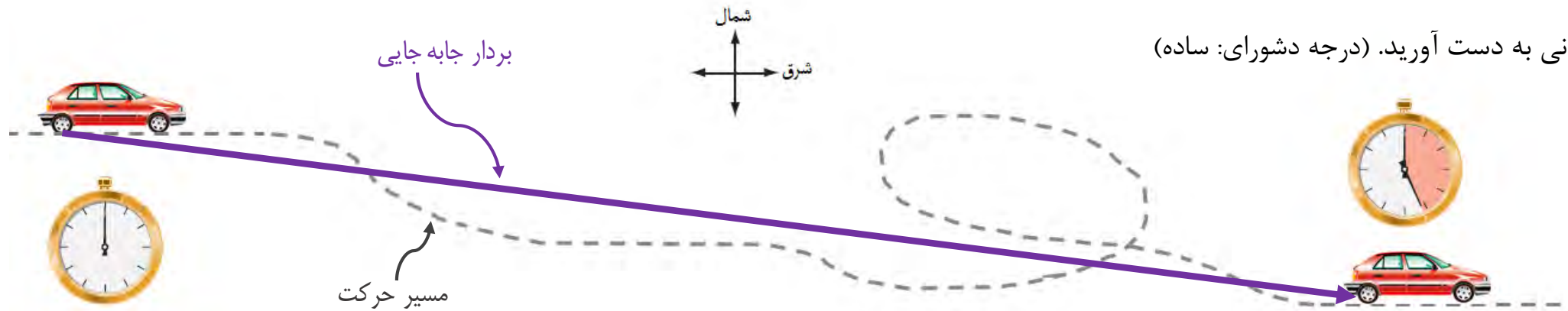
فکر کنید

تندی متوسط قایق در مثال ۲ چقدر است؟ توضیح دهید چرا مقدار آن با مقدار به دست آمده برای سرعت متوسط یکسان است.

تمرین های پیشنهادی

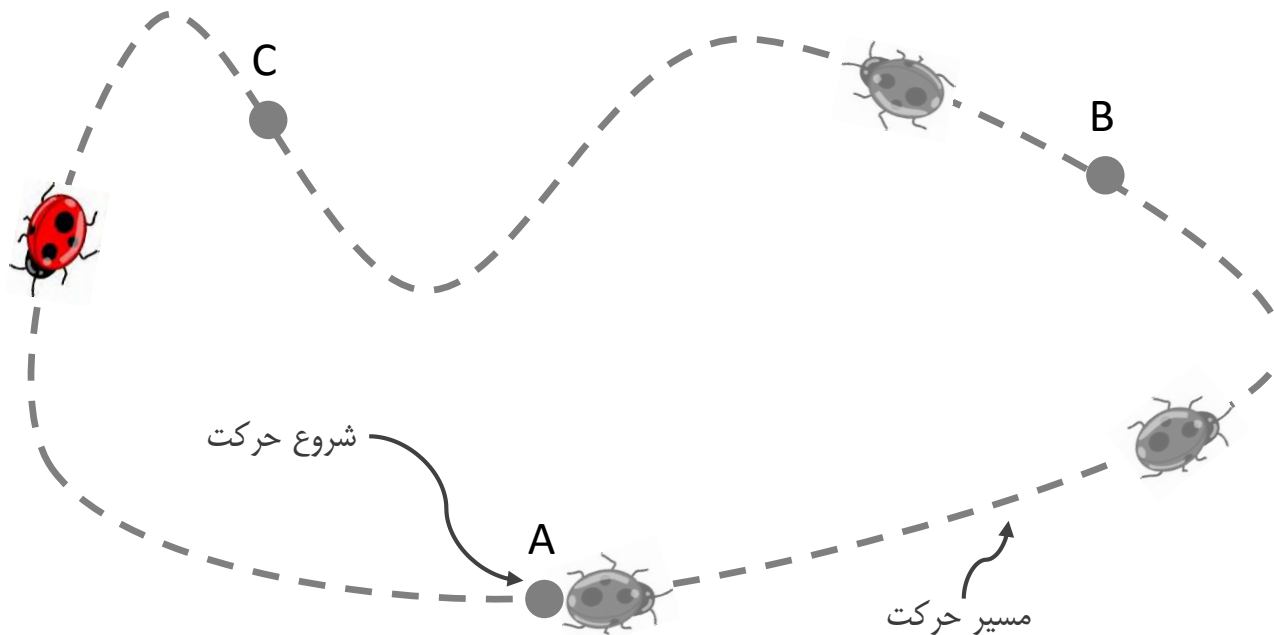
۱

اتومبیلی مسیری مطابق شکل زیر را در مدت ۲۶ دقیقه طی می کند. اگر طول مسیر (مسافت) برابر ۴۶ کیلومتر و بردار جابه جایی آن برابر ۲۴ کیلومتر به طرف جنوب شرق باشد،
 الف) تندی متوسط
 ب) سرعت متوسط
 اتومبیل را در این بازه زمانی به دست آورید. (درجه دشواری: ساده)



۲

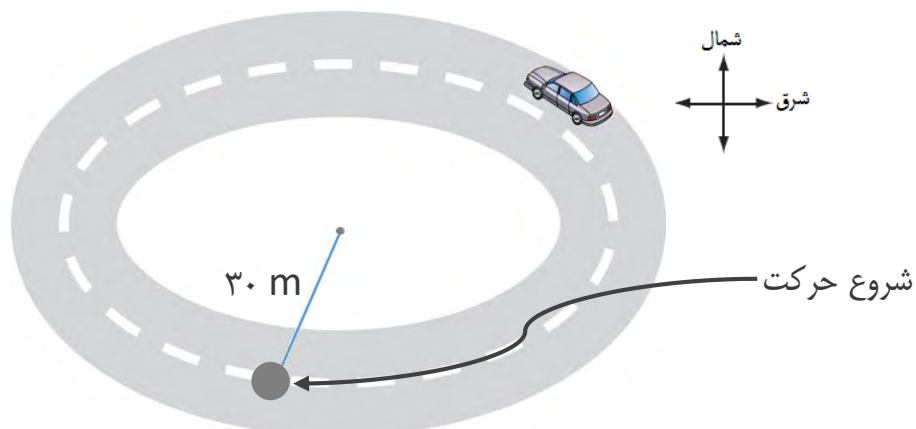
کفشدوزکی از نقطه A شروع به حرکت می کند و مسیری مطابق شکل روبه رو را با تندی متوسط ۴ سانتیمتر بر ثانیه می پیماید.



الف) بردار مکان کفشدوزک را در هر یک از نقاط B و C رسم کنید.
 ب) اگر کفشدوزک یک دور کامل را (از نقطه A تا نقطه A) در مدت ۸ دقیقه طی کند، مسافت پیموده شده توسط کفشدوزک را حساب کنید.
 پ) سرعت متوسط کفشدوزک پس از یک دور کامل پیدا کنید. (درجه دشواری: متوسط)

۳

حدود ۱۵ ثانیه طول می کشد تا اتومبیلی نصف مسیر دور میدانی به شعاع ۳۰ متر را طی کند (شکل روبه رو).
 الف) مسافت پیموده و تندی متوسط اتومبیل را در این مدت به دست آورید.
 ب) جابه جایی و سرعت متوسط خود را در این مدت به دست آورید. (درجه دشواری: متوسط)



پاسخ خود را بیازمایید

تندی متوسط را به کمک رابطه ۱ به دست می آوریم.

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت پیموده شده}}{\text{زمان صرف شده}} = \frac{119000 \text{ m}}{70 \times 60 \text{ s}} = 28.7 \text{ m/s}$$

که برابر است با ۱۰۲ km/h

همچنین با توجه به رابطه ۲، سرعت متوسط برابر است با

$$\text{سرعت متوسط (به طرف شمال شرقی)} = \frac{\text{جابه جایی}}{\text{زمان صرف شده}} = \frac{84000 \text{ m}}{70 \times 60 \text{ s}} = 20 \text{ m/s}$$

که برابر است با ۷۲ km/h به طرف شمال شرقی.

خود را بیازمایید



طول جاده شهر کوهستانی یروجن از شهر تاریخی اصفهان حدود ۱۱۹ کیلومتر و فاصله مستقیم آنها ۸۴ کیلومتر است (شکل روبه رو). اگر خودرویی فاصله بین دو شهر را در مدت ۷۰ دقیقه طی کند، تندی متوسط و سرعت متوسط اتومبیل برحسب متر بر ثانیه و همچنین کیلومتر بر ساعت چقدر است؟ (لازم است توجه شود که به دلایل مختلفی از قبیل موانع طبیعی و هزینه احداث جاده، معمولاً جاده بین دو شهر به صورت مسیر مستقیم نیست).

شتاب متوسط

وقتی پیاده یا با دوچرخه و یا هر وسیله نقلیه دیگر، از خانه به مدرسه می رویم، در طول مسیر بارها و بارها سرعت خود را تغییر می دهیم. گاهی تند، گاهی کند و گاهی آرام حرکت می کنیم. در برخی مواقع نیز ممکن است برای چند لحظه بدون هیچ حرکتی بایستیم. هنگامی که سرعت یک متحرک در حال تغییر باشد، می گوئیم حرکتش دارای شتاب است. شتاب نیز مانند تندی و سرعت، یکی دیگر از ویژگی های حرکت است. شتاب متوسط متحرک به صورت زیر تعریف می شود.

$$(۳) \quad \text{شتاب متوسط} = \frac{\text{تغییرات سرعت}}{\text{زمان تغییرات سرعت}}$$

یکای شتاب از تقسیم یکای سرعت (m/s) بر یکای زمان (s) به دست می آید که متر بر مربع ثانیه (m/s²) است.

مثال ۲

راننده ای در یک مسیر مستقیم، سرعت خودرویی را در مدت ۵ ثانیه از ۱۸ km/h به ۷۲ km/h رسانده است (شکل زیر). شتاب متوسط خودرو را برحسب متر بر مربع ثانیه (m/s²) حساب کنید.



منظور از تغییرات سرعت در رابطه ۳، تغییرات سرعت لحظه ای است که برای سادگی و ینا به قرار داد واژه لحظه ای را نمی نویسیم. در زمان شروع و پایان حرکت است که می خواهیم شتاب متوسط را حساب کنیم.

(سرعت لحظه ای در شروع — سرعت لحظه ای در پایان)

$$\text{شتاب متوسط} = \frac{\text{تغییرات سرعت}}{\text{زمان تغییرات سرعت}}$$

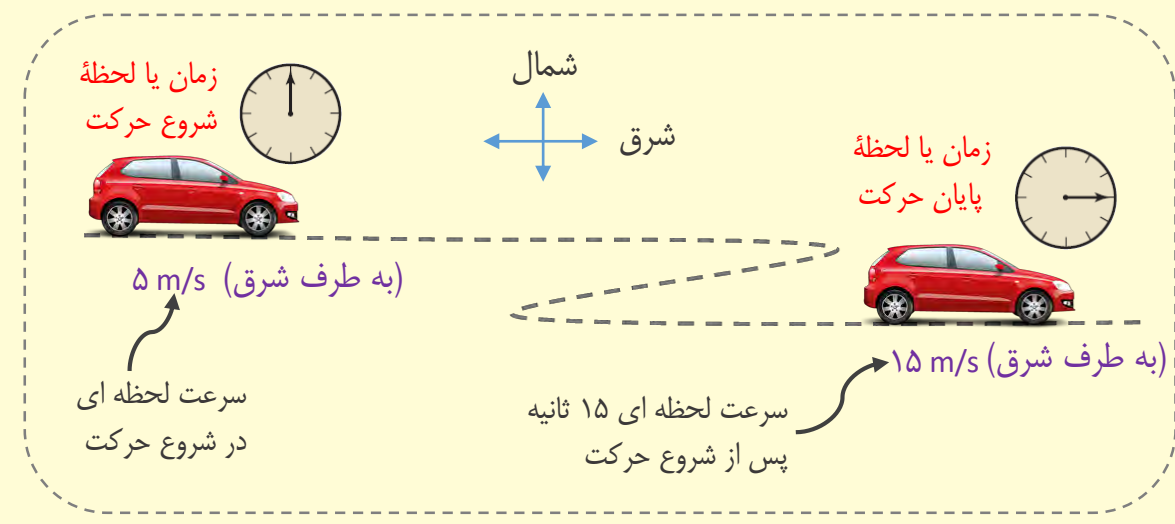
(زمان یا لحظه شروع — زمان یا لحظه پایان)

مثال پیشنهادی

برای شناخت بیشتر شتاب متوسط به مثال زیر توجه کنید. در شکل زیر سرعت لحظه ای اتومبیلی در دو مکان متفاوت نشان داده شده است. هرچند این اتومبیل مسیری غیرمستقیم را طی کرده است ولی در زمان بین شروع و پایان حرکت جهت سرعت لحظه ای آن به طرف شرق است. بنابراین به سادگی می توانیم به کمک رابطه ۳ شتاب متوسط آن را بین زمان شروع و پایان حرکت حساب کنیم.

$$\text{شتاب متوسط} = \frac{\text{تغییرات سرعت}}{\text{زمان تغییرات سرعت}} = \frac{2}{3} \text{ m/s}^2 \quad (\text{به طرف شرق})$$

$(15 \text{ m/s} - 5 \text{ m/s})$ → تغییرات سرعت
 $(15 \text{ s} - 0)$ → زمان تغییرات سرعت



پاسخ خود را بیازمایید

ابتدا سرعت لحظه ای موتور سوار را ۶ ثانیه پس از شروع حرکت برحسب m/s می نویسیم.

$$54 \text{ km/h} = \frac{54}{3.6} \text{ m/s} = 15 \text{ m/s}$$

آنگاه با استفاده از رابطه ۳ داریم:

$$\text{شتاب متوسط} = \frac{\text{تغییرات سرعت}}{\text{زمان تغییرات سرعت}} = \frac{15 \text{ m/s} - 0}{6 \text{ s}} = 2.5 \text{ m/s}^2 \quad (\text{به طرف شمال شرق})$$

پاسخ: ابتدا تغییر سرعت خودرو را به دست می آوریم.

$$(\text{به طرف شرق}) \quad 54 \text{ km/h} - 18 \text{ km/h} = 36 \text{ km/h} = \text{تغییر سرعت}$$

همان طور که پیش از این دیدیم، برای تبدیل یکای km/h به یکای m/s کافی است عدد مورد نظر را بر ۳/۶ تقسیم کنیم. به این ترتیب داریم:

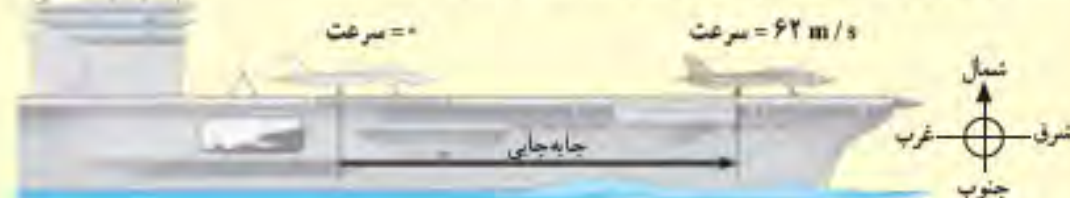
$$(\text{به طرف شرق}) \quad 36 \text{ km/h} = \frac{36}{3.6} \text{ m/s} = 10 \text{ m/s} = \text{تغییر سرعت}$$

با توجه به تعریف شتاب متوسط داریم:

$$(\text{به طرف شرق}) \quad \text{شتاب متوسط} = \frac{\text{تغییرات سرعت}}{\text{زمان تغییرات سرعت}} = \frac{10 \text{ m/s}}{5 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}^2$$

مثال ۲

شکل زیر هواپیمایی را روی عرشه یک ناو هواپیمابر نشان می دهد که با شتاب 31 m/s^2 در جهت شرق به حرکت در می آید تا پس از مدت کوتاهی به سرعت برخاستن برسد. مدت زمانی را که طول می کشد تا سرعت هواپیما از صفر به 62 m/s به طرف شرق (حدود ۲۲۳ کیلومتر بر ساعت به طرف شرق) برسد، حساب کنید.



پاسخ: تغییر سرعت هواپیما روی عرشه ناو برابر است با:

$$(\text{به طرف شرق}) \quad 62 \text{ m/s} - 0 = 62 \text{ m/s} = \text{تغییر سرعت}$$

با توجه به تعریف شتاب داریم:

$$31 \text{ m/s}^2 = \frac{62 \text{ m/s}}{\text{زمان صرف شده}}$$

در نتیجه زمان لازم برای آنکه هواپیما به سرعت برخاستن برسد، برابر ۲ s خواهد شد.

خود را بیازمایید



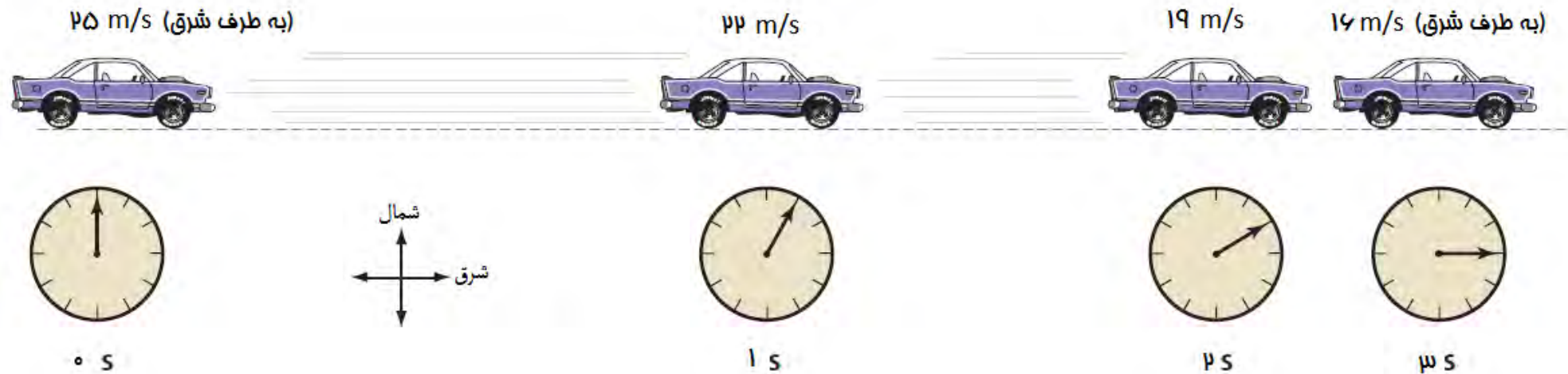
موتورسواری در مسیر مستقیم از حال سکون شروع به حرکت می کند و پس از ۶ ثانیه سرعت آن به ۵۴ کیلومتر بر ساعت به طرف شمال شرق می رسد.

شتاب متوسط موتور سوار را پیدا کنید.

تمرین های پیشنهادی

۱

در شکل زیر، سرعت اتومبیلی که روبه شرق در حرکت است در چند لحظه متفاوت داده شده است. شتاب متوسط اتومبیل را در هر یک از بازه های زمانی زیر حساب کنید. (درجه دشواری: ساده)



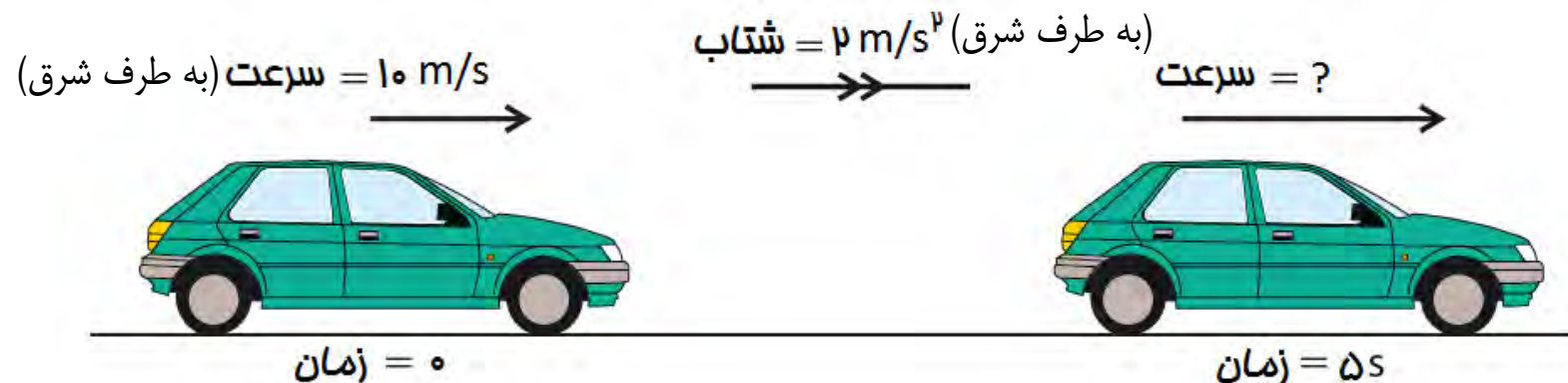
- الف) بین صفر تا ۱s
- ب) بین ۱s تا ۲s
- پ) بین ۲s تا ۳s
- ت) بین صفر تا ۳s

۲



شکل روبه رو، دنده ای را نشان می دهد که سرعت او در شروع دویدن و ۲۰ دقیقه پس از آن داده شده است. شتاب متوسط دنده را حساب کنید. (درجه دشواری: ساده)

۳



با توجه به اطلاعات روی شکل روبه رو، سرعت اتومبیل را ۵ ثانیه پس از شروع حرکت به دست آورید. (درجه دشواری: متوسط)

لطفاً پیشنهادهای اصلاحی خود را با ما در میان بگذارید

www.avang.org

khalily@gmail.com

استفاده از ایده ها، مثال ها، تمرین ها و شکل ها فقط برای استفاده در کلاس درس

توسط دبیران علوم تجربی مجاز است. ح

منابعی برای دانش افزایی و ارتقاء شیوه های آموزش و ارزشیابی

مجموعه دو جلدی: پیش بینی، مشاهده و توضیح برای اطلاعات بیشتر به آدرس زیر مراجعه کنید:

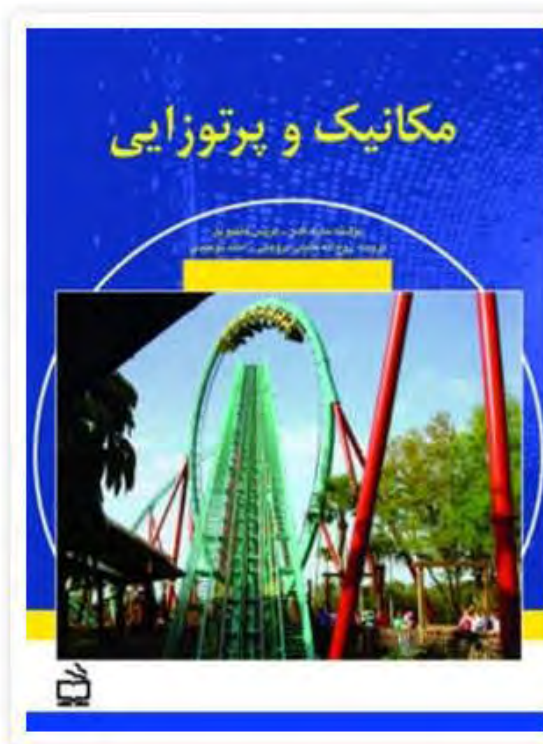
<http://avang.org/poe.html>



مجموعه ۴ جلدی فیزیک

برای اطلاعات بیشتر به آدرس زیر مراجعه کنید:

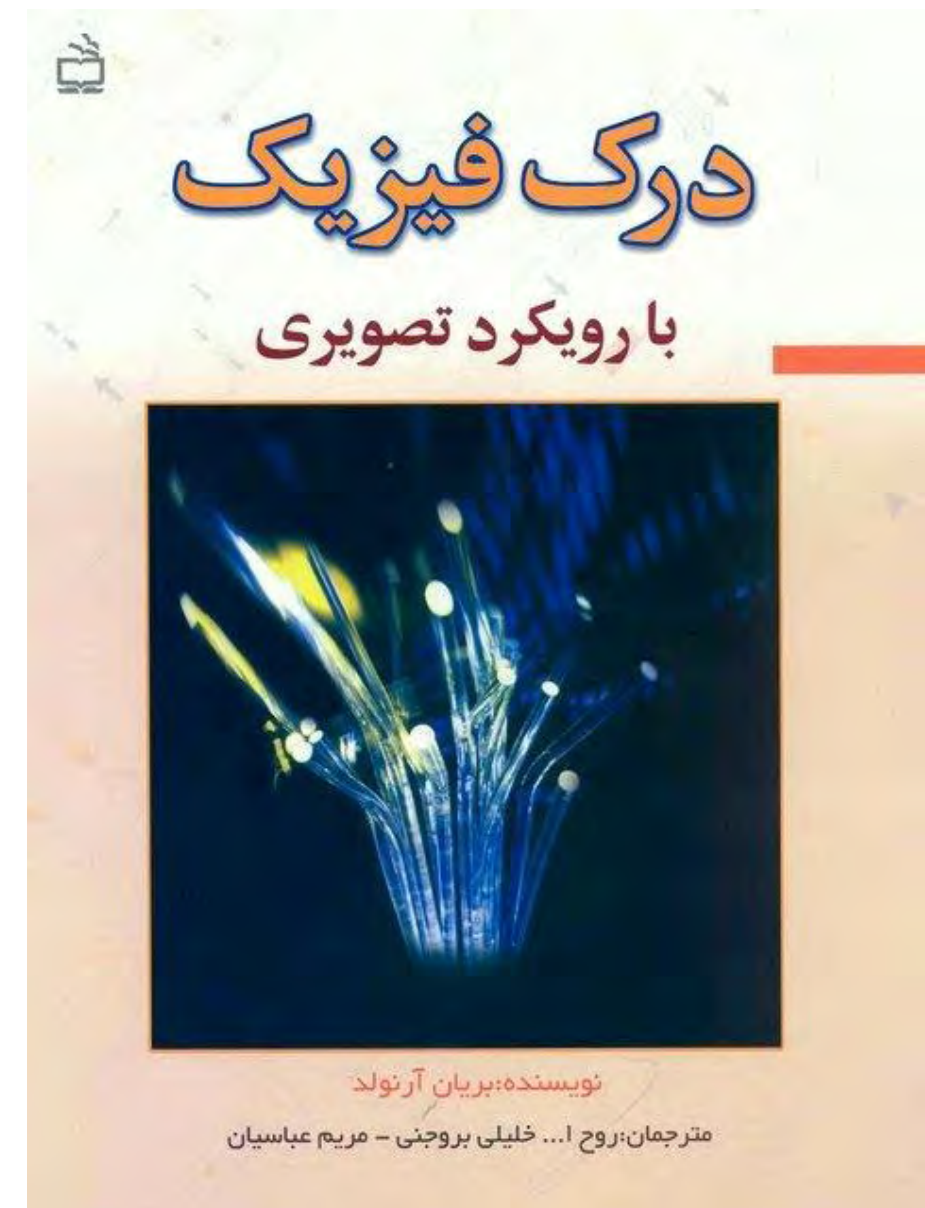
<https://sites.google.com/site/rkhalili/ukphysics2>



کتاب : درک فیزیک با رویکرد تصویری

برای اطلاعات بیشتر به آدرس زیر مراجعه کنید:

<https://sites.google.com/site/rkhalili/darkephysic>





بسته آموزشی فیزیک ۱ و آزمایشگاه مطابق
با برترین استانداردهای امروزی آموزش فیزیک
و با کیفیتی بسیار ممتاز مرجعی مناسب برای
دانش افزایی دبیران علوم تجربی

پشتیبان مباحث بخش های فیزیک

علوم هفتم و هشتم

به آدرس زیر بروید و مجموعه فایل های پی دی اف در زمینه
الکتریسیته، مغناطیس، حرکت، نیرو، کار و انرژی و فشار
را برای دانش افزایی خود دانلود کنید.

<http://www.avang.org/phy2.html>

<http://avang.org/phy.html>

کتاب های کار استاندارد ویژه دانش آموزان دوره اول متوسطه

○ کتاب های کار انتشارات مدرسه

○ کتاب های کار و تمرین انتشارات گل واژه

