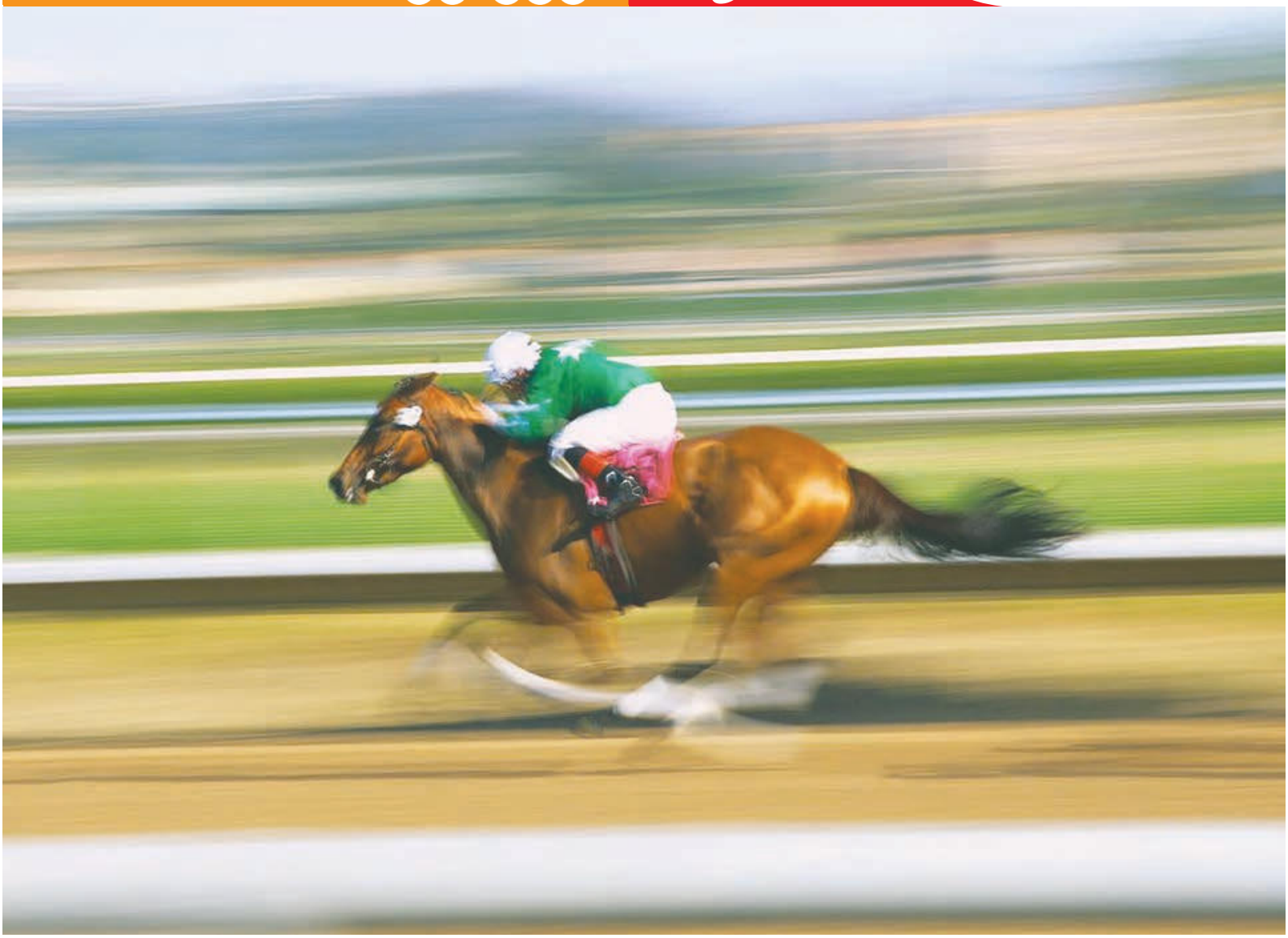
# حرکت چیست

## فصل ۴

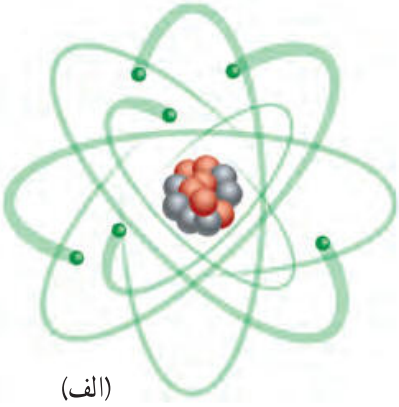


آیا می‌دانید بیشترین مسافت ثبت‌شده که تا کنون یک اسب توانسته است در یک ثانیه طی کند حدود ۲۴ متر بوده است؟ بررسی و شناخت حرکت اجسام از هزاران سال پیش مورد توجه بشر بوده است؛ به‌طوری که تند و کند بودن حرکت یک جسم برای هر کس واژه‌ای آشناست.

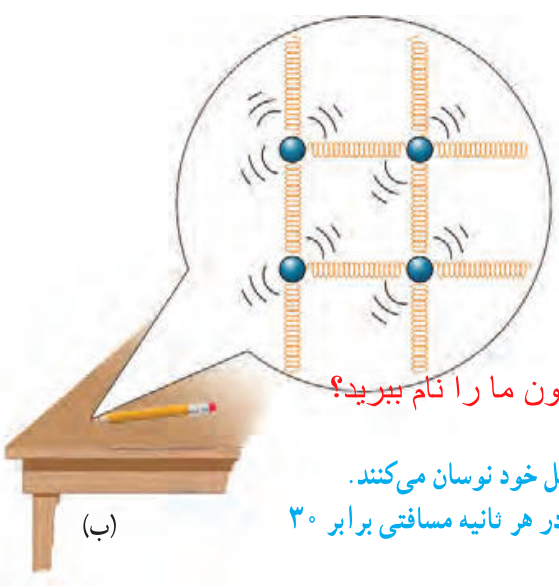
در این فصل خواهیم دید که با تعریف کمیت‌های فیزیکی مانند : مسافت، جابه‌جایی، تندی و سرعت و شتاب می‌توانیم به بررسی حرکت اجسام بپردازیم. با پیدا کردن هریک از این کمیت‌های فیزیکی برای یک جسم درحال حرکت، می‌توان شناخت بهتری از حرکت آن جسم به‌دست آورد.

## حرکت در همه‌جا و همه‌چیز

همه چیز در جهان پیرامون ما در حرکت است. حتی زمین که ساکن به نظر می‌رسد، نیز در حرکت است(شکل ۱). شناخت حرکت، یکی از راه‌های شناخت جهان فیزیکی پیرامون است. به همین دلیل دانشمندان راه‌های ساده‌ای را برای بررسی و شناخت حرکت ارائه داده‌اند.



(الف)



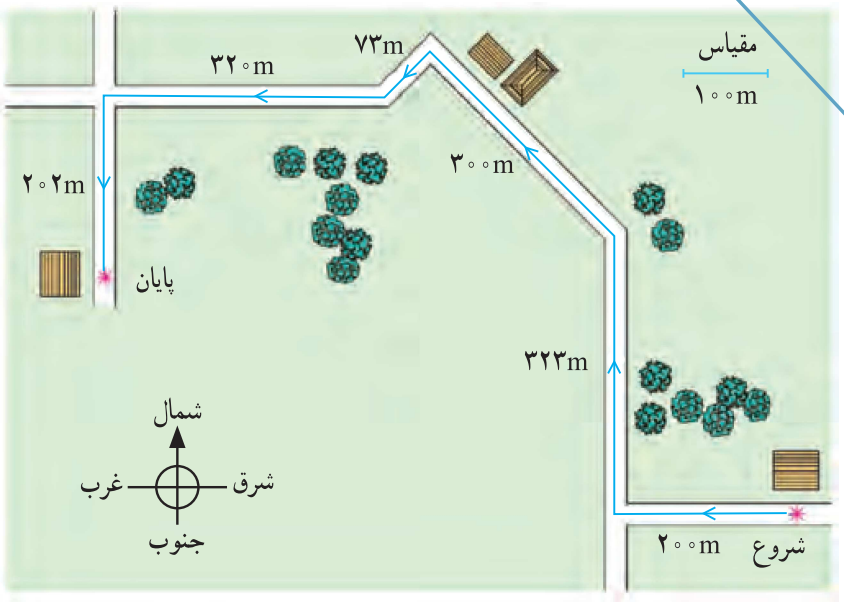

(ب) (پ)

شکل ۱ــ نمونه ای از حرکات اجسام جهان پیرامون ما را نام ببرید؟
الف) الکترون‌های هر اتم، همواره به دور هسته می‌چرخند.
ب) اتم‌های موجود در نوک مدادی که روی میز شماست، همواره در محل خود نوسان می‌کنند.
پ) زمین علاوه بر آنکه در هر شبانه‌روز یک بار به دور خود می‌چرخد، در هر ثانیه مسافتی برابر ۳۰ کیلومتر را دور خورشید می‌پیماید.

## مسافت و جابه‌جایی

مسافت را با ذکر مثال تعریف کنید؟

برای رفتن از یک محل به محل دیگر، معمولاً از کوچه‌ها و خیابان‌های زیادی عبور می‌کنیم. شکل ۲ مسیر حرکت دانش‌آموزی را نشان می‌دهد که برای رفتن از خانه تا مدرسه می‌پیماید. به مجموع طول‌هایی که این دانش‌آموز برای رفتن از خانه (مبدأ) تا مدرسه (مقصد) می‌پیماید، مسافت پیموده شده یا به‌اختصار مسافت می‌گوییم[۱].

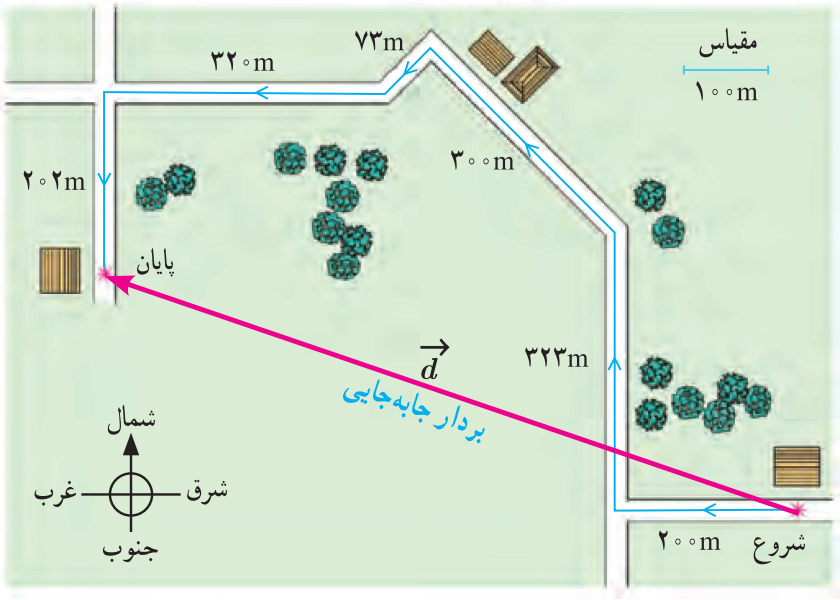



شکل ۲ ــ کل مسیر طی‌شده بین شروع تا پایان حرکت را مسافت پیموده شده می‌نامند.

۱ــ مسافت را می‌توان با نماد $l$ نشان داد.

جابجایی را با مثال تعریف کنید؟

همان‌طور که می‌دانیم کوتاه‌ترین فاصله یا مسیر بین دو نقطه، پاره‌خط راستی است که آن دو نقطه را به یکدیگر وصل می‌کند. در ریاضی سال هشتم دیدید که اگر پاره‌خطی دارای جهت باشد به آن **بردار** گفته می‌شود. (به برداری که نقطهٔ شروع حرکت را به نقطهٔ پایان حرکت وصل می‌کند، **بردار جابه‌جایی** گفته می‌شود) (شکل۳) که آن را با $\vec{d}$ نشان می‌دهیم. اندازهٔ بردار جابه‌جایی را به اختصار **جابه‌جایی** می‌نامیم و آن را با $d$ نشان می‌دهیم.




شکل ۳ــ پاره‌خط جهت‌داری که مبدأ حرکت را به مقصد وصل می‌کند بردار جابه‌جایی نامیده می‌شود.

## فعالیت

الف: 200+323+300+73+320+202=1418 متر یا 1/418 کیلومتر

مسافت و جابه‌جایی هر دو از جنس طول‌اند و برحسب متر (m) اندازه گیری می‌شوند، ولی می‌توانیم آنها را برحسب واحدهای بزرگ‌تر یا کوچک‌تر طول نیز بیان کنیم. الف) مسافت طی‌شده در شکل ۳ را برحسب متر و کیلومتر (km) بیان کنید. ب) با توجه به مقیاس داده شده روی شکل، جابه‌جایی دانش‌آموز را به کمک خط‌کش به دست آورید.

مقیاس نقشه
سانتی متر 7/7 × 100 = 770 متر

## فکر کنید

یک جسم باید چگونه حرکت کند تا مسافت طی شده توسط آن با اندازهٔ بردارجابه‌جایی‌اش یکسان باشد؟

روی یک خط راست و بدون تغییر جهت

## خود را بیازمایید

شکل روبه‌رو مسیر پیموده شده توسط یک دونده را نشان می‌دهد. مسافت و بردار جابه‌جایی دونده را روی شکل مشخص کنید.

## تندی متوسط

چیست و یکی از یکای آنرا بنویسید؟

گالیله دانشمند سرشناس ایتالیایی نزدیک به ۵۰۰ سال پیش به کمک آزمایش به بررسی و مطالعهٔ چگونگی حرکت اجسام پرداخت. مردم تا پیش از گالیله، حرکت اجسام را به صورت «کند» و «تند» توصیف می‌کردند. یکی از کارهای گالیله، معرفی تندی متوسط[1] یک متحرک بود که به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

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

( اگر مسافت برحسب متر (m) و زمان برحسب ثانیه (s) اندازه‌گیری شوند، در این صورت یکای تندی متوسط متر بر ثانیه (m/s) خواهد شد[2]. )

### مثال ۱

دوچرخه سواری مسافت ۸۴۰ متر را در مدت زمان ۶۰ ثانیه می‌پیماید. تندی متوسط دوچرخه‌سوار چند متر بر ثانیه است؟

حل : با توجه به رابطهٔ (۱) داریم :

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

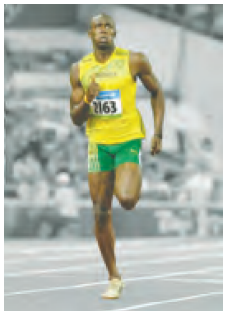
این دوچرخه سوار در هر ثانیه به‌طور متوسط ۱۴ متر از مسیر را پیموده است.

### فعالیت

تندی متوسط خودتان را هنگام رفتن از خانه به مدرسه حساب کنید. اگر با پای پیاده این فاصله را طی می‌کنید تعداد قدم‌های خود را از خانه تا مدرسه بشمارید. طول هر قدم را حدود ۰/۴ متر بگیرید. اگر با خودرو این فاصله را می‌پیمایید مسافت طی شده را از روی کیلومتر شمار خودرو بخوانید. در هر دو حالت زمان طی مسافت را به کمک ساعت یا زمان‌سنج اندازه بگیرید.

مربوط به دانش آموز

### خود را بیازمایید



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

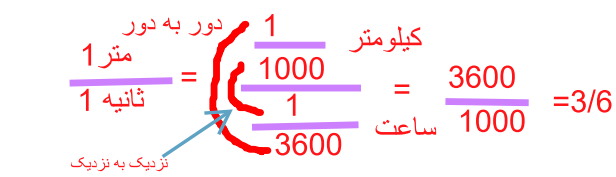
تندی متوسط = مسافت / زمان = 100 / 9/58 = 10/4 متر / ثانیه

یعنی در هر ثانیه حدود 10/5 متر می دود

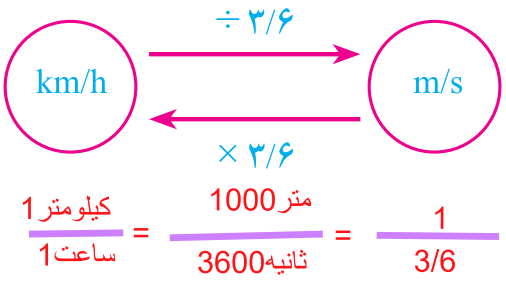
---

۱ــ Average speed

۲ــ تندی متوسط را می‌توان با نماد $s_{av}$ نشان داد. زیرنویس av از واژهٔ average به معنای متوسط گرفته شده است.




۲ ــ کیلومتر بر ساعت (km/h) یکی دیگر از یکاهای تندی است که معمولاً برای وسایل نقلیه موتوری به کار می‌رود. با توجه به اینکه هر کیلومتر برابر ۱۰۰۰ m و هر ساعت برابر ۳۶۰۰ s است، نشان دهید یکاهای km/h و m/s به صورت روبه رو به یکدیگر تبدیل می‌شوند.




۳ــ شکل روبه‌رو نقشهٔ جزیره ابوموسی را واقع در خلیج فارس نشان می‌دهد. فاصلهٔ 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 برحسب متر بر ثانیه به‌دست آورید.

۴ــ تندی متوسط هر یک از متحرک‌ها را با توجه به داده‌های جدول زیر حساب کنید.

| متحرک | مسافت طی‌شده | زمان صرف‌شده | تندی متوسط (m/s) | تندی متوسط (km/h) |
|---|---|---|---|---|
| دونده | ۱۰۰۰ m | ۱۵۰ s | 6/6 | 6/6 × 3/6=23/76 |
| خودروی مسابقه | ۱۰۰۰ m | ۱۰ s | 100 | 100× 3/6=360 |
| هواپیمای مسافربری | ۱۰۰۰ m | ۴ s | 250 | 250×3/6=900 |
| صوت | ۱۰۰۰ m | ۳ s | 333/3 | 333/3 × 3/6=1199/88 |
| شاتل فضایی | ۱۰۰۰ m | ۰/۱ s | 10000 | 10000 × 3/6=36000 |

## سرعت متوسط

### آزمایش کنید

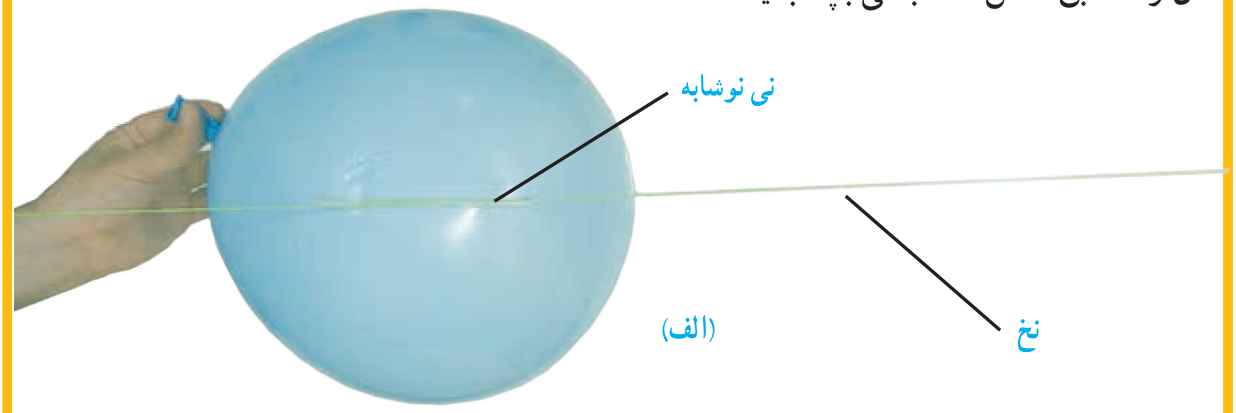
هدف : پیدا کردن سرعت متوسط

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

۱ــ تکه‌ای از نی نوشابه به طول تقریبی ۱۰ سانتیمتر را ببرید و نخ را از آن عبور دهید.

۲ــ دو سر نخ را به دو طرف کلاس که فاصله بیشتری از هم دارند ببندید و طول آن را به کمک متر یا خط‌کش اندازه بگیرید.

۳ــ 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.



(الف)

۴ــ بادکنک را رها کنید تا به کمک نی متصل به آن، از یک طرف به طرف دیگر تکه نخ حرکت کند(شکل ب).

(ب)

۵ــ به کمک زمان سنج، مدت زمانی را که بادکنک در حرکت است، اندازه بگیرید.

۶ــ نسبت جابه‌جایی بادکنک را به مدت زمان صرف شده حساب کنید.

۷ــ اندازه‌گیری و محاسبه‌ها را چند بار تکرار کنید تا دقت آنها بیشتر شود.

سرعت متوسط[1] به صورت زیر تعریف می‌شود :

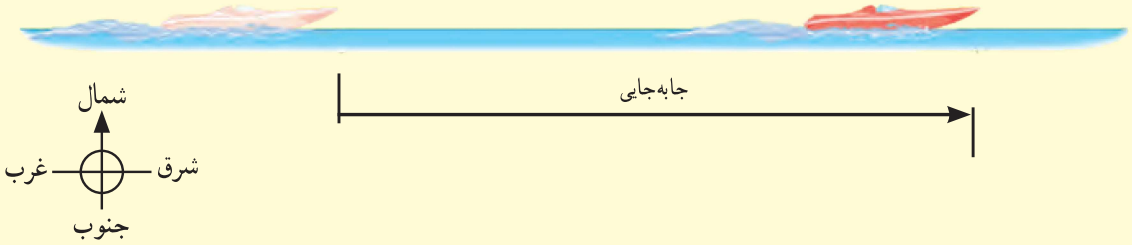
سرعت متوسط را تعرف کرده و یکای آنرا نام ببرید؟

$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{بردار جابه‌جایی}}{\text{مدت زمان صرف شده}} \qquad (۲)$$

اگر جابه‌جایی برحسب متر و زمان برحسب ثانیه باشد، سرعت متوسط برحسب متر بر ثانیه بیان می‌شود[2].

**مثال ۲**

شکل زیر قایق تندرویی را نشان می‌دهد که در امتداد مسیری مستقیم از غرب به شرق در حرکت است و پس از ۸ ثانیه حدود ۱۱۳ متر جابه‌جا می‌شود. سرعت متوسط قایق برحسب متر بر ثانیه و همچنین کیلومتر بر ساعت چقدر است؟




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

$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{بردار جابه‌جایی}}{\text{مدت زمان صرف شده}} = \frac{۱۱۳\text{m(به طرف شرق)}}{۸\text{s}} \approx ۱۴\ \text{m/s(به‌طرف شرق)}$$

همان‌طور 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 :

$$\text{سرعت متوسط} = (۱۴ \times ۳/۶)\ \text{km/h} = ۵۰/۴\ \text{km/h (به‌طرف شرق)}$$

توجه کنید که در این مثال، چون قایق در امتداد خط راست حرکت می‌کند و جهت حرکت خود را نیز تغییری نداده است، مسافت طی‌شده و جابه‌جایی آن با هم برابرند.

**فکر کنید**

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

تندی متوسط = $\frac{\text{مسافت}}{\text{زمان}} = \frac{113}{8}$ = 14متر/ثانیه

چون قایق روی یک خط مستقیم حرکت می کرد

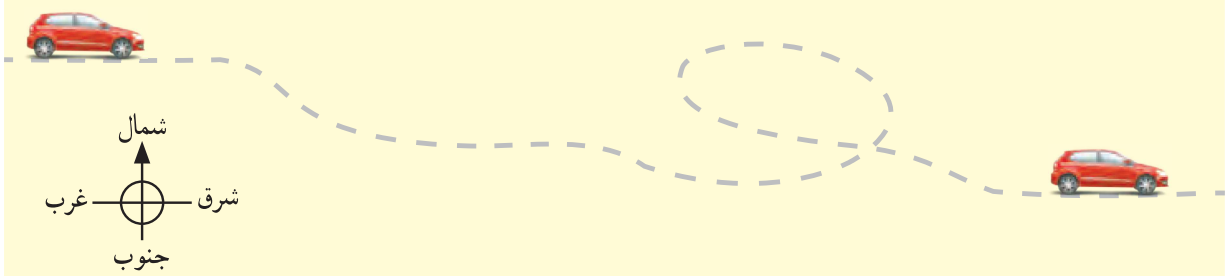
---

۱ــ Average velocity

۲ــ سرعت متوسط را می‌توان با نماد $v_{av}$ نشان داد.

**مثال ۳**

خودرویی مسیری مطابق شکل زیر را در مدت ۳۰ دقیقه طی می‌کند. اگر طول مسیر (مسافت) برابر ۴۶ کیلومتر و بردار جابه‌جایی آن برابر ۲۴ کیلومتر به طرف جنوب شرقی باشد، (الف) تندی متوسط و (ب) سرعت متوسط خودرو را در این مدت به‌دست آورید و مفهوم فیزیکی هرکدام از مقادیر فیزیکی به‌دست‌آمده را توضیح دهید.




**حل :** الف) مدت زمان حرکت ۳۰ دقیقه یا $\frac{۱}{۲}$ ساعت است. بنابراین با توجه به تعریف تندی متوسط (رابطهٔ ۱) داریم

$$\text{تندی متوسط} = \frac{۴۶\text{km}}{\frac{۱}{۲}\text{h}} = ۹۲\text{km/h}$$

مفهوم این مقدار فیزیکی (تندی متوسط) آن است که خودرو در هر ساعت ۹۲ کیلومتر از مسیر را طی کرده است.

ب) با توجه به تعریف سرعت متوسط (رابطهٔ ۲) داریم :

$$\text{سرعت متوسط} = \frac{۲۴\text{km} \quad (\text{به طرف جنوب شرقی})}{\frac{۱}{۲}\text{h}} = ۴۸\text{km/h} \quad (\text{به طرف جنوب شرقی})$$

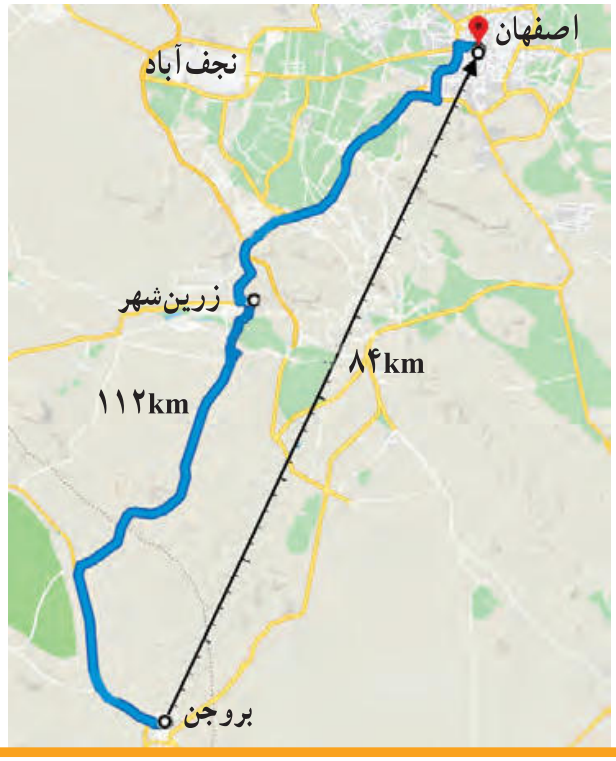
مفهوم این مقدار فیزیکی (سرعت متوسط) آن است که به‌طور متوسط خودرو در هر ساعت ۴۸ کیلومتر به مقصد خود نزدیک‌تر شده است.

## خود را بیازمایید

طول جادهٔ بین شهر کوهستانی بروجن از شهر تاریخی اصفهان حدود ۱۱۲ کیلومتر و فاصلهٔ مستقیم آنها ۸۴ کیلومتر است (شکل صفحهٔ بعد). اگر خودرویی فاصلهٔ 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 به‌صورت مسیر مستقیم نیست).

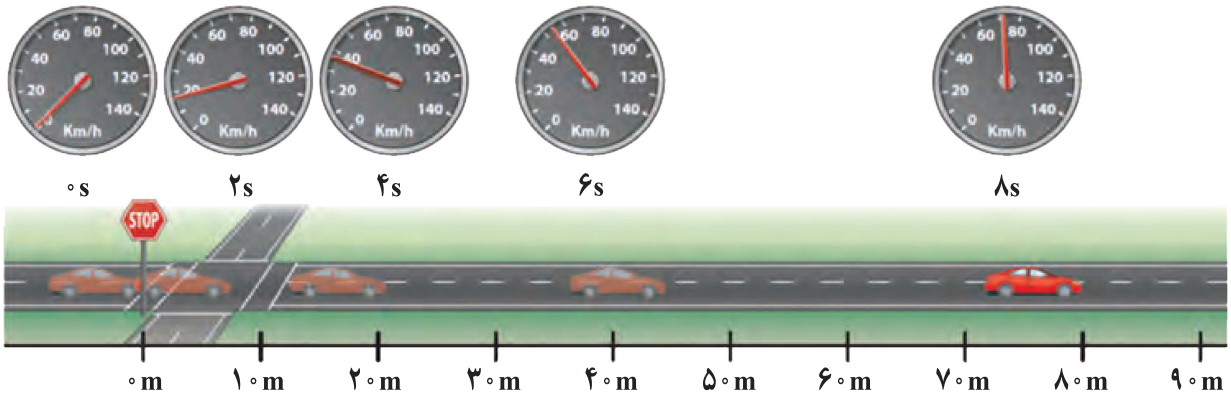
دقیقه ۷۰ × ثانیه ۶۰ = ۴۲۰۰ ثانیه

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت}}{\text{زمان}} = \frac{۱۱۲ \times ۱۰۰۰}{۴۲۰۰}$$




**تندی لحظه‌ای** را با مثال تعریف کنید؟

وقتی به اجسام متحرک اطراف خود نگاه می‌کنیم، برخی تندتر و برخی کندتر حرکت می‌کنند. خیلی وقت‌ها هم دیده‌ایم که متحرک تندی حرکت خود را کمتر یا زیادتر می‌کند؛ مثلاً وقتی خودرویی پشت چراغ قرمز یک چهارراه توقف کرده است، تندی آن صفر است. با سبز شدن چراغ، به تدریج تندی خودرو افزایش می‌یابد تا از صفر به مقدار دلخواه برسد (شکل ۴). به تندی خودرو یا هر متحرک در هر لحظه، تندی لحظه‌ای[۱] گفته می‌شود. معمولاً برای سادگی در گفتار و نوشتار، «تندی لحظه‌ای» را به‌صورت «تندی» بیان می‌کنیم یا می‌نویسیم. بنابراین وقتی می‌گوییم تندی متحرکی ۱۸ m/s است منظور تندی لحظه‌ای است.




شکل ۴ــ وقتی به تندی‌سنج یک خودرو در حال حرکت نگاه می‌کنیم، می‌توان گفت که تندی خودرو در آن لحظه چقدر است.

شکل ۵ خودرویی را نشان می‌دهد که در امتداد مسیری مستقیم از نقطهٔ A به نقطهٔ B رفته است. اگر در طول مسیر A تا B تندی خودرو تغییری نکرده باشد، تندی متوسط و تندی لحظه‌ای خودرو باهم برابرند. در این صورت می‌گوییم خودرو به طور یکنواخت روی مسیر مستقیم حرکت کرده است. این نوع حرکت را، حرکت یکنواخت روی خط راست می‌نامند. لازم است توجه کنید که اگر متحرکی

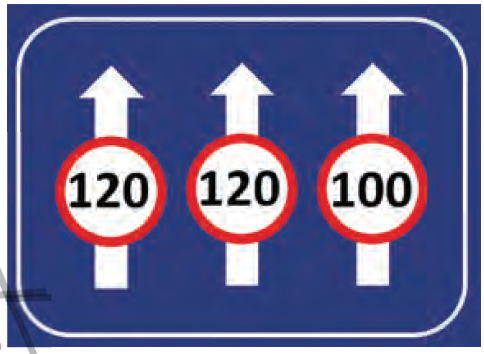
را تعریف کنید؟

۱ــ Instantaneous speed

روی مسیری غیرمستقیم (مثلاً دور میدان یک شهر) با تندی ثابت حرکت کند، حرکت آن یکنواخت است.

شکل ۵

## خود را بیازمایید




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

$\frac{120}{3/6} =$

ب) اگر خودرویی با تندی متوسط ۱۱۲km/h مسافت ۴۶۰ کیلومتری تهران به اصفهان را از مسیر آزادراه طی کند، مدت زمان حرکت آن را به دست آورید.

مسافت
زمان
تندی متوسط

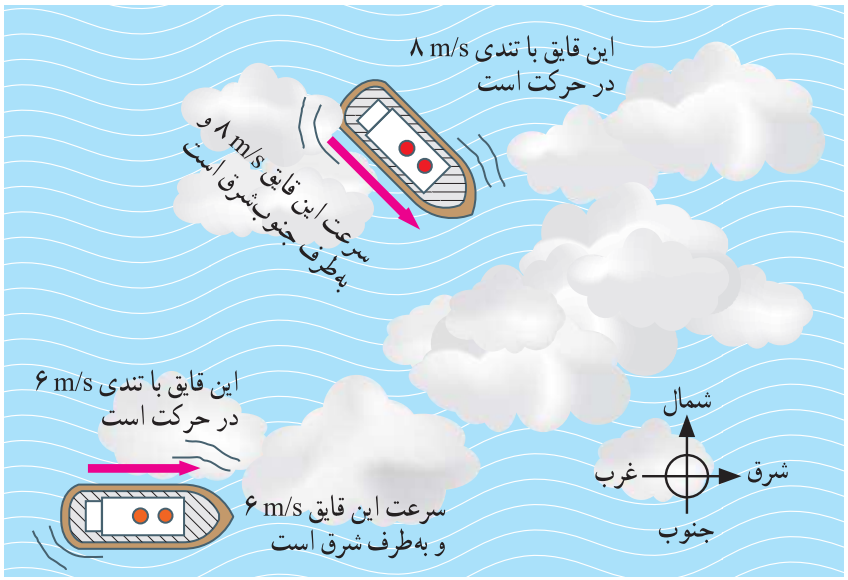
## سرعت لحظه‌ای

سرعت و تندی را با یکدیگر مقایسه کنید؟

در زندگی روزمره، معمولاً از واژه‌های تندی لحظه‌ای و سرعت لحظه‌ای به جای یکدیگر و با یک معنا استفاده می‌کنیم. در علوم این دو واژه با یکدیگر تفاوت دارند. اگر هم تندی و هم جهت حرکت جسمی‌را بدانیم، در واقع **سرعت لحظه‌ای** یا به اختصار **سرعت** آن را می‌دانیم؛ مثلاً وقتی می‌گوییم خودرویی با تندی ۴۰ km/h در حرکت است، تندی آن را می‌دانیم[۱]. اما اگر بگوییم خودرویی با تندی ۴۰ km/h به طرف شمال در حرکت است، سرعت آن را مشخص کرده‌ایم. همان‌طور که دیده می‌شود سرعت، دو نوع اطلاع به ما می‌دهد.

شکل ۶ اهمیت تفاوت بین تندی و سرعت را نشان می‌دهد. این دو قایق به علت مه‌گرفتگی هوا، قادر به دیدن یکدیگر نیستند؛ اما می‌توانند از طریق موج‌های رادیویی با یکدیگر ارتباط برقرار کنند.

قایقران‌ها برای آنکه به یکدیگر برخورد نکنند، افزون بر دانستن تندی‌های یکدیگر باید جهت‌های حرکت یکدیگر را نیز بدانند. به عبارت دیگر، آنها باید سرعت یکدیگر را بدانند.




شکل ۶

۱- برای اختصار، تندی لحظه‌ای و سرعت لحظه‌ای به ترتیب به‌صورت تندی و سرعت بیان شده‌اند.

## شتاب متوسط چیست؟

وقتی پیاده یا با دوچرخه و یا هر وسیلهٔ نقلیهٔ دیگر، از خانه به مدرسه می‌رویم، در طول مسیر بارها و بارها سرعت خود را تغییر می‌دهیم. گاهی تند، گاهی کند و گاهی آرام حرکت می‌کنیم. در برخی مواقع نیز ممکن است برای چند لحظه بدون هیچ حرکتی بایستیم. هنگامی که سرعت یک متحرک در حال تغییر باشد، می‌گوییم حرکتش دارای شتاب است. شتاب متوسط[1] متحرک به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\text{شتاب متوسط} = \frac{\text{تغییر سرعت}}{\text{مدت زمان تغییر سرعت}} \qquad (۳)$$

یکای شتاب از تقسیم یکای سرعت (m/s) بر یکای زمان (s) به دست می‌آید که متر بر مربع ثانیه ($m/s^2$) است[2].

**مثال ۴**

راننده‌ای در یک مسیر مستقیم و رو به شرق، 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 ($m/s^2$) حساب کنید.

**پاسخ :** نخست با توجه به اینکه جهت حرکت خودرو تغییری نکرده است، تغییر سرعت خودرو را به‌دست می‌آوریم.

$$\text{تغییر سرعت} = ۷۲\ \text{km/h} - ۱۸\ \text{km/h} = ۵۴\ \text{km/h}\ \text{(به‌طرف شرق)}$$

همان‌طور 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 :

$$\text{تغییر سرعت} = \frac{۵۴}{۳/۶}\ \text{m/s (به طرف شرق)} = ۱۵\ \text{m/s (به‌طرف شرق)}$$

با توجه به تعریف شتاب متوسط داریم :

$$\text{شتاب متوسط} = \frac{\text{تغییر سرعت}}{\text{مدت زمان تغییر سرعت}} = \frac{۱۵\ \text{m/s}}{۵\ \text{s}}\ \text{(به طرف شرق)} = ۳\ \text{m/s}^2\ \text{(به‌طرف شرق)}$$

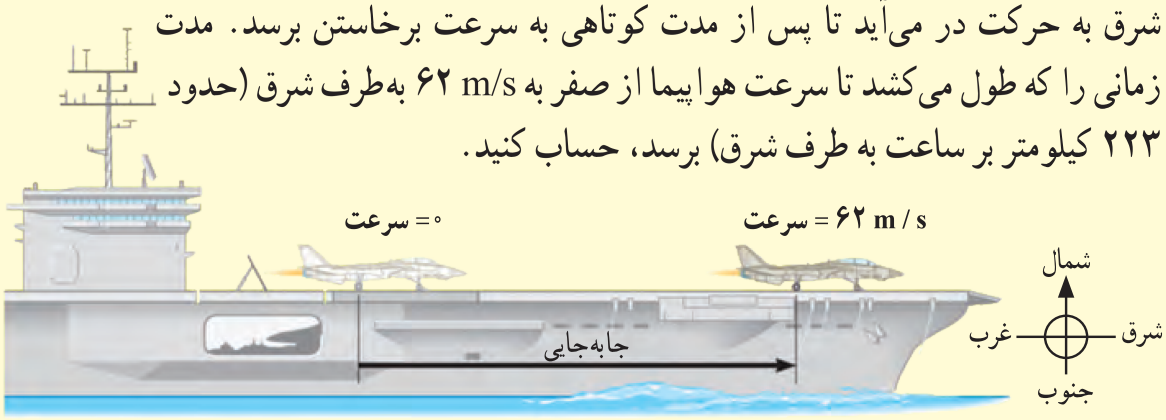
---

۱ــ Average accelcration

۲ــ شتاب متوسط را با نماد $a_{av}$ می‌توان نشان داد.

### مثال ۵

شکل زیر هواپیمایی را روی عرشهٔ یک ناو هواپیمابر نشان می‌دهد که با شتاب $۳۱\ m/s^۲$ در جهت شرق به حرکت در می‌آید تا پس از مدت کوتاهی به سرعت برخاستن برسد. مدت زمانی را که طول می‌کشد تا سرعت هواپیما از صفر به $۶۲\ m/s$ به‌طرف شرق (حدود ۲۲۳ کیلومتر بر ساعت به طرف شرق) برسد، حساب کنید.




**پاسخ :** تغییر سرعت هواپیما روی عرشهٔ ناو برابر است با :

$$\text{تغییر سرعت} = ۶۲\ m/s - ۰ = ۶۲\ m/s \quad \text{(به‌طرف شرق)}$$

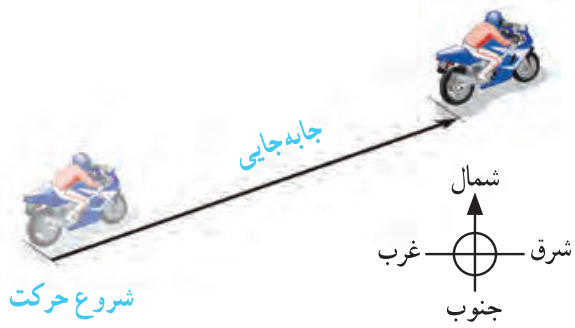
با توجه به تعریف شتاب داریم :

$$۳۱\ m/s^۲ = \frac{۶۲\ m/s}{\text{مدت زمان صرف شده}}$$

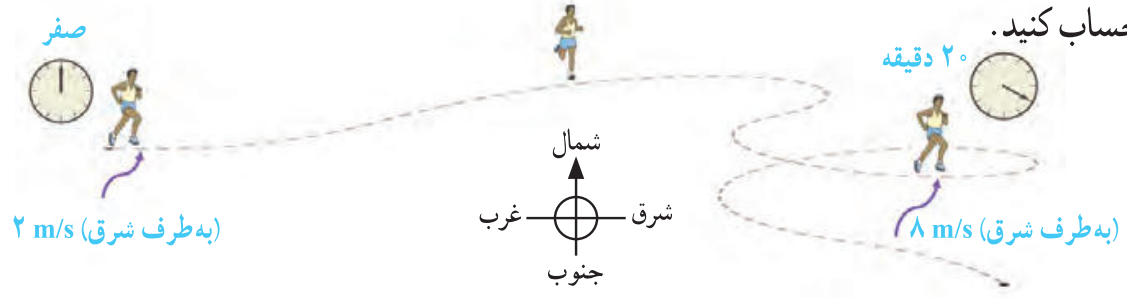
در نتیجه زمان لازم برای آنکه هواپیما به سرعت برخاستن برسد، برابر ۲s خواهد شد.

## خود را بیازمایید

۱ــ موتورسواری در مسیر مستقیم از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و پس از ۶ ثانیه سرعت آن به ۵۴ کیلومتر بر ساعت به طرف شمال شرق می‌رسد.
شتاب متوسط موتور سوار را پیدا کنید.




۲ــ شکل زیر، دونده‌ای را نشان می‌دهد که سرعت آن در شروع حرکت و ۲۰ دقیقه پس از آن داده شده است. با توجه به اینکه جهت سرعت دونده در این دو لحظه به طرف شرق است شتاب متوسط دونده را حساب کنید.

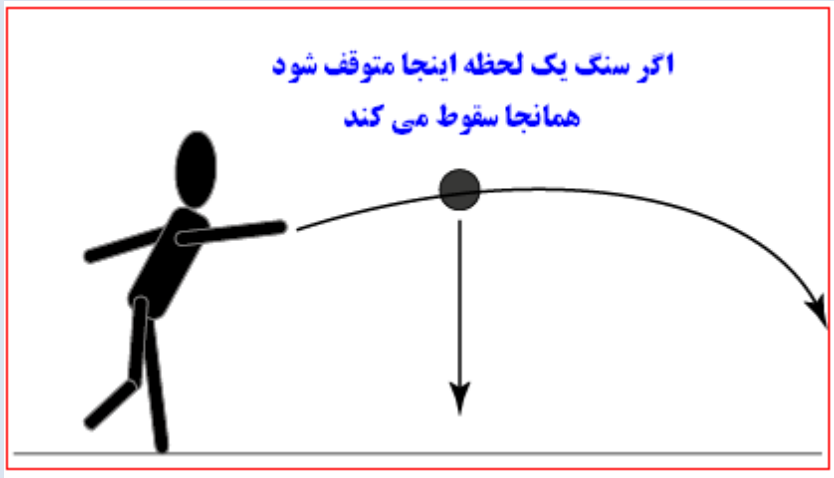


# فصل چهارم

# حرکت چیست

قبل از پرداختن به مطالب این فصل بیایید یک لحظه تخیل کنیم که اگر حرکت نباشد چه اتفاقی می افتد؟ برای این که جواب این سوال را پیدا کنیم یک مثال می زنیم.

مثال: فرض کنید یک عدد بطری را با سنگ نشانه گیری می کنید. یک عدد سنگ برمی دارید و به سمت بطری پرتاب می کنید. سنگ فاصله شما تا بطری را روی هوا طی می کند تا به بطری برسد. حالا تصور کنید اگر سنگ در بین راه یک لحظه متوقف شود چه اتفاقی می افتد؟ بله سنگ اگر متوقف شود روی زمین سقوط می کند. یعنی عاملی که باعث می شود سنگ سقوط نکند حرکت سنگ است. چون تنها راهی که سنگ می تواند بر نیروی جاذبه زمین غلبه کند این است که حرکت کند.




زمین با سرعتی حدود ۳۰ کیلومتر بر ثانیه به دور خورشید می چرخد اگر زمین یک لحظه متوقف شود چه اتفاقی می افتد؟ بله درست است زمین روی خورشید سقوط می کند یعنی ما و کره زمین با سرعت به سمت خورشید جذب

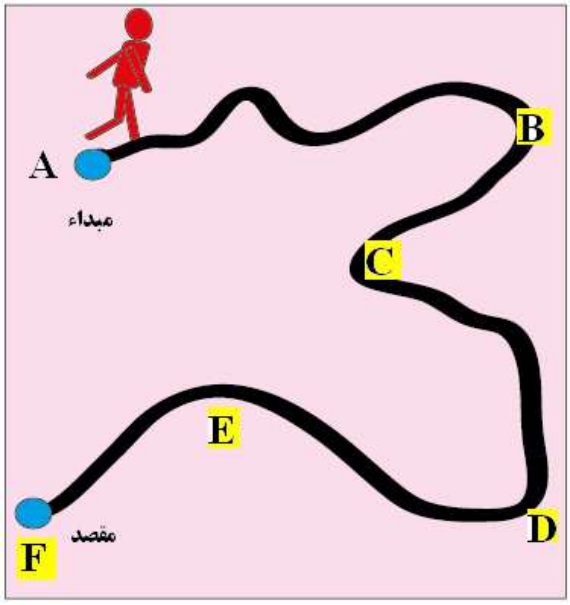
می شویم چون همانطور که در مثال بالا زمین سنگ را به سمت خود می کشد خورشید هم زمین را به سمت خود می کشد. در مثال بالا اگر سنگ یک لحظه متوقف شود به سمت زمین کشیده می شود اگر زمین هم یک لحظه متوقف شود به سمت خورشید کشیده می شود. الکترونهای اتمها هم با سرعت به دور هسته اتم می چرخند اگر الکترونها یک لحظه متوقف شوند تمام الکترونهای اتمها روی هسته اتم سقوط می کنند. به طور کلی اگر در جهان هستی حرکت یک لحظه متوقف شود همه چیز نابود می شود. ما ، زمین، کهکشانها، اتمها ، مواد و همه چیز نابود می شود. این است اهمیت حرکت در زندگی ما.

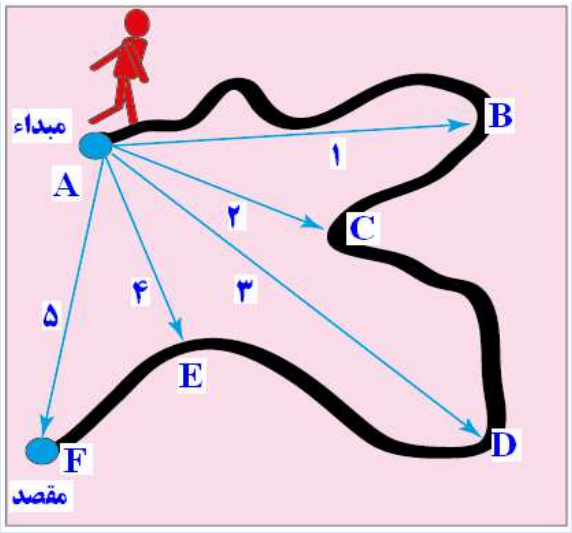
خوب حالا به سراغ مطالب کتاب برویم

توجه: دانش آموزان عزیز شما در این فصل با مفاهیمی همچون مسافت ، جابه جایی، تندی، سرعت و شتاب اشنا خواهید شد. ولی نکته مهم این است که شما باید ابتدا مفهوم مسافت و جابه جایی را خوب درک کنید چون درک بقیه مفاهیم وابسته به این دو کمیت است. به همین دلیل در این جزوه سعی می کنیم این دو کمیت را با زبان ساده تر و با توضیحات بیشتری ارائه دهیم.

## مسافت و جا به جایی

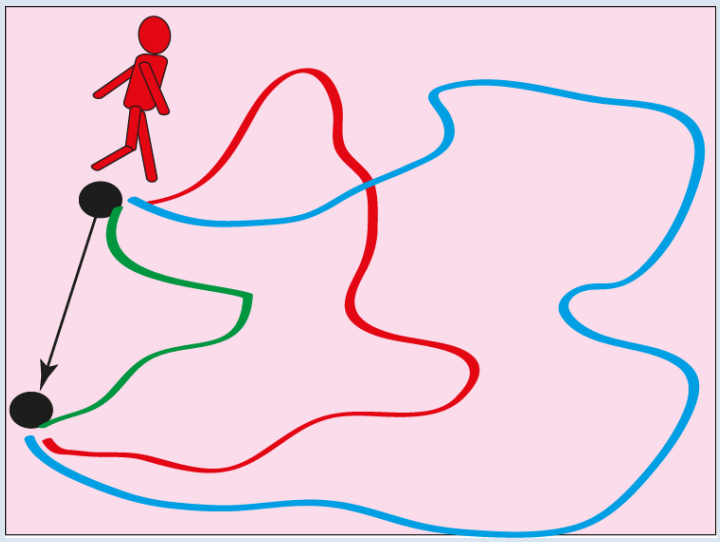
**مسافت چیست؟** به تصویر مقابل دقت کنید. در این تصویر شخصی را می بینید که از مبداء یعنی نقطه A حرکت می کند و بعد از عبور از نقاط B- C- D- E به مقصد خود یعنی نقطه F می رسد. به تمام طول مسیری که از مبدا تا مقصد پیموده می شود یعنی کل مسیر جاده (خط سیاه رنگ) مسافت طی شده می گوییم. یعنی در تصویر مقابل اگر کل مسیر از مبداء تا مقصد ۲۰۰ متر باشد مسافت پیموده شده توسط این شخص ۲۰۰ متر خواهد بود.






**جابه جایی چیست؟** به فاصله مستقیم میان مبداء و مقصد جابه جایی می گوییم. به تصویر مقابل دقت کنید. شخص از نقطه A حرکت کرده و بعد از عبور از نقاط مختلف به نقطه F یعنی مقصد می رسد. بردار شماره ۵ را روی تصویر ببینید( بردار AF). این بردار فاصله مستقیم میان مبداء و مقصد است. اگر طول این بردار مثلا ۵۰ متر باشد جابه جایی این شخص کلا ۵۰ متر خواهد بود. پس یادتان باشد جابه جایی یک خط مستقیم است میان مبداء و مقصد.

**نکته مهم:** دانش آموزان عزیز دقت کنید در محاسبه جابه جایی فقط فاصله مستقیم میان مبداء و مقصد برای ما مهم است و این که متحرک چه مسیری را طی کرده تا به مقصد رسیده اصلا اهمیتی ندارد. به تصویر زیر دقت کنید

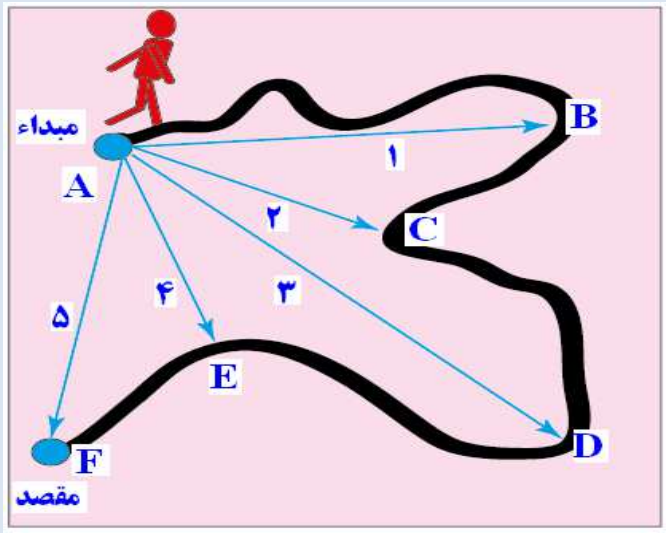


در تصویر بالا شخص می تواند فاصله بین مبداء و مقصد را از مسیر سبز یا مسیر قرمز یا مسیر آبی طی کرده باشد ولی برای ما اصلا اهمیتی ندارد که او از چه مسیری حرکت کرده یعنی در تصویر بالا شخص از هر مسیری که رفته باشد جابه جایی او مقدار ثابتی است و مقدار جابه جایی فقط طول بردار سیاه رنگ است.

**نکته مهم:** جابه جایی یک بردار است پس جهت دارد(در ریاضی سال گذشته خواندیدی که بردارها دارای جهت هستند) یعنی زمانی که ما جابه جایی یک متحرک را ذکر می کنیم حتما باید جهت جابه جایی را هم ذکر کنیم مثلا بگوییم جابه جایی ۱۰ متر در جهت شمال به جنوب یا مثلا جابه جایی ۵ متر در جهت جنوب شرق به شمال غرب و ....

**نکته بسیار مهم** در تمام مدتی که متحرک در یک مسیر در حال حرکت است مسافت طی شده دائما افزایش می یابد ولی جا به جایی الزاما افزایش نمی یابد بلکه ممکن است بعد از مدتی جا به جایی به جای افزایش کاهش یابد.

برای این که این نکته را خوب درک کنید یک بار دیگر به تصویر زیر دقت کنید.

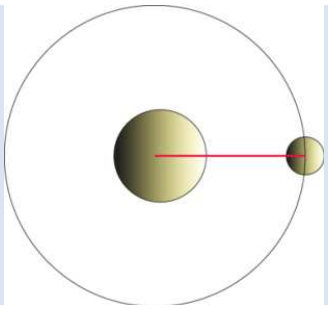



در تصویر بالا وقتی شخص از نقطه A به نقطه B می رود جابه جایی او برابر بردار AB خواهد بود ( بردار شماره ۱) حال شخص به حرکت خود ادامه می دهد و از نقطه B به نقطه C می رود. زمانی که شخص به نقطه C می رسد جابه جایی او برابر بردار شمار ۲ خواهد بود ( بردار AC ) و همانطور که در تصویر می بینید بردار شماره ۲ از بردار شماره ۱ کوچکتر است. پس ببینید شخص وقتی از نقطه B به نقطه C می رود مسافت طی شده بیشتر می شود ولی جابه جایی او نه تنها افزایش نمی یابد بلکه جا به جایی کمتر هم می شود.

**نکته:** در تمام مدتی که متحرک از مبداء دور می شود جا به جایی افزایش می یابد ولی زمانی که متحرک به مبداء نزدیک می شود جا به جایی کاهش می یابد

برای درک بهتر مسافت و جا به جایی بیایید با هم چند تمرین حل کنیم .

## تمرین

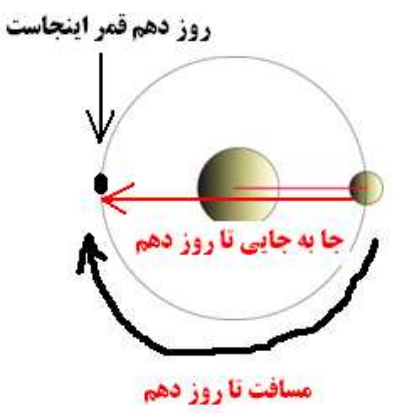


شکل مقابل قمری را نشان می دهد که دور یک سیاره در حال چرخیدن است. فرض کنید این قمر در هر ۲۰ روز یک دور کامل به دور سیاره می چرخد. با توجه به این اطلاعات به سوالات زیر پاسخ دهید. (قطر مدار قمر را ۱۰۰۰ کیلومتر و محیط مدار را ۳۱۴۰ کیلومتر در نظر بگیرید)

الف- مسافت طی شده و مقدار جابه جایی قمر را در طول ۲۰ روز محاسبه کنید.( نقطه ای که قمر قرار دارد را مبداء حرکت در نظر بگیرید)

قمر در طول ۲۰ روز یک دور کامل دور سیاره می چرخد پس مسافت طی شده محیط مدار است یعنی ۳۱۴۰ کیلومتر و جا به جایی صفر است چون قمر بعد از ۲۰ روز به نقطه اول بر می گردد.

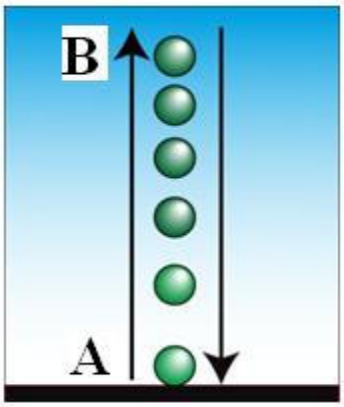
ب- مسافت طی شده و مقدار جابه جایی را در طول ۱۰ روز محاسبه کنید.




در مدت ۱۰ روز قمر فقط نصف مدار را طی می کند پس در روز دهم قمر در نقطه مقابل روی مدار قرار دارد (تصویر مقابل) یعنی مسافت طی شده نصف محیط مدار است که می شود ۱۵۷۰ کیلومتر و جا به جایی برابر قطر مدار است یعنی ۱۰۰۰ کیلومتر چون در روز دهم قمر دقیقا در نقطه مقابل مدار قرار دارد

ج- بیشترین مقدار جابه جایی این قمر نسبت به نقطه مبداء در چه روزی است؟

در روز دهم چون بعد از روز دهم قمر کم کم به نقطه اول خود نزدیک می شود و جا به جایی دوباره کاهش می یابد.




مطابق شکل رو به رو گلوله ای را از نقطه A به سمت بالا پرتاب می کنیم. گلوله تا نقطه B بالا رفته و سپس به نقطه A بر می گردد. با ذکر دلیل توضیح دهید کدام نمودار زیر جابه جایی گلوله نسبت به زمان را درست نشان می دهد؟

جواب: تا زمانی که گلوله بالا می رود مقدار جابه جایی زیاد می شود چون گلوله از مبداء حرکت دور می شود ولی وقتی گلوله پایین می آید جابه جایی کاهش می یابد چون گلوله به مبداء حرکت نزدیک می شود پس نمودار شماره ۳ درست است

**نکته مهم:** عاملی که باعث می شود مقدار مسافت طی شده و مقدار جا به جایی با هم یکسان نباشند تغییر مسیر حرکت متحرک است یعنی اگر متحرک در طول مسیر تغییر جهت ندهد مسافت طی شده و جا به جایی برابر خواهند بود. مثلا زمانی که یک سیب از درخت سقوط می کند چون روی یک خط راست حرکت می کند مقدار جابه جایی و مسافت پیموده شده با هم برابرند.

چگونه از مقیاس نقشه ها کمک بگیریم؟ برای استفاده از مقیاس نقشه باید فاصله بین دو نقطه مد نظر را با خط کش اندازه بگیریم و ببینیم آن فاصله چند برابر طول مقیاس نقشه است سپس آن را در عدد مقیاس ضرب کنیم.

نکته: مقیاس هر نقشه مخصوص همان نقشه است.

**نکته:** اگر بخواهیم از روی کیلومتر شمار خودرو مسافت طی شده را محاسبه کنیم باید به صورت زیر عمل کنیم.

مسافت طی شده همان عددی است که زیر عقربه کیلومتر شمار نوشته شده است. برای اینکه در طول یک سفر مسافت پیموده شده را بفهمیم باید عدد روی کیلومتر شمار را در شروع حرکت یادداشت کرده و در انتهای حرکت هم این عدد را دوباره بخوانیم. تفاضل این دو عدد مسافت طی شده در طول حرکت است.( تصویر مقابل)

## تندی متوسط

همانطور که در کتاب درسی دیدید نسبت مسافت طی شده به زمان حرکت را تندی متوسط می گوییم که مطابق رابطه زیر محاسبه می شود.

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

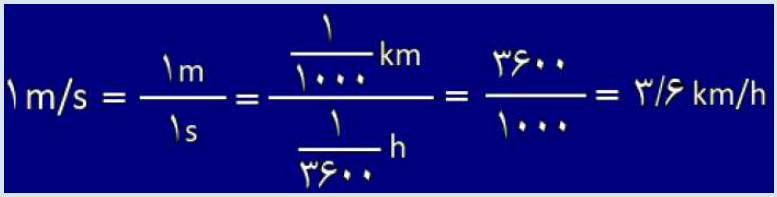
**نکته:** یکای تندی متر بر ثانیه و کیلومتر بر ساعت است.

**نکته:** اگر بخواهیم متر بر ثانیه و کیلومتر بر ساعت را به هم تبدیل کنیم به روش زیر عمل می کنیم.

الف- برای تبدیل کیلومتر بر ساعت به متر بر ثانیه فقط کافی است عدد کیلومتر بر ساعت را بر ۳/۶ تقسیم کنیم چون:

$$1\,km/h = \frac{1\,km}{1\,h} = \frac{1000\,m}{3600\,s} = \frac{1}{3/6}\,m/s$$

ب- برای تبدیل متر بر ثانیه به کیلومتر بر ساعت کافی است عدد متر بر ثانیه را در ۳/۶ ضرب کنیم چون:




**نکته:** وقتی می گوییم تندی متوسط یک متحرک مثلا ۱۰ متر بر ثانیه است یعنی متحرک به طور متوسط در طول مسیر حرکت در هر ثانیه ۱۰ متر را طی کرده است.

## تندی لحظه ای

به تندی متحرک در هر لحظه از مسیر حرکت تندی لحظه ای می گوییم. به عنوان مثال همان عددی که عقربه کیلومتر شمار خودر در هر لحظه هنگام حرکت نشان می دهد تندی لحظه ای است. ( دقت کنید عددی که عقربه کیلومتر شمار نشان می دهد تندی لحظه ای و عدد زیر کیلومتر شمار مسافت طی شده است که در بالا ذکر کردیم. این دو را با هم اشتباه نگیرید)

**حرکت یکنواخت روی خط راست** به حرکتی گفته می شود که تندی متحرک عدد ثابتی باشد و در مسیر مستقیم حرکت کند مثلا وقتی خودرو در یک اتوبان مستقیم و خلوت حرکت می کند مشاهده می کنیم که عقربه کیلومتر شمار روی یک عدد ثابت قرار دارد و کم یا زیاد نمی شود. به این نوع حرکت حرکت یکنواخت روی خط راست می گوییم.

**نکته مهم:** در حرکت یکنواخت تندی متوسط و تندی لحظه ای با هم برابرند.

**حرکت یکنواخت:** اگر متحرکی روی یک مسیر غیر مستقیم با تندی ثابت حرکت کند حرکت آن یکنواخت خواهد بود مثلا زمانی که خودرو دور یک میدان با تندی ثابت می چرخد یا حرکت زمین به دور خورشید و ....

**نکته:** تندی لحظه ای را با فرمول حساب نمی کنیم چون وقتی از لحظه صحبت می کنیم یعنی زمان قابل اندازه گیری نیست.

# سرعت متوسط

نسبت جا به جایی به زمان حرکت را سرعت متوسط می گویند.

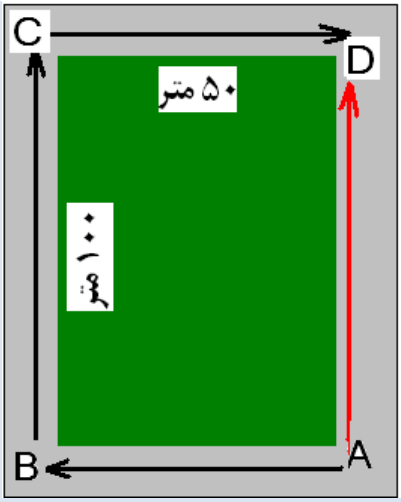
$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{جابه‌جایی}}{\text{مدت زمان صرف شده}}$$

دانش آموزان عزیز دقت کنید جابه جایی یک بردار است و بردار هم دارای جهت است پس حتما در سرعت متوسط باید جهت حرکت (مثلا به سمت جنوب شرق) ذکر شود.

بیایید برای این که سرعت متوسط و تندی متوسط را بهتر درک کنید با هم یک تمرین حل کنیم

تمرین: مطابق شکل رو به رو دونده ای دور یک زمین چمن از نقطه A حرکت کرده و بعد از عبور از نقاط B و C به نقطه D رسیده است. اگر دونده این مسیر را در مدت ۲ دقیقه پیموده باشد:

الف- تندی متوسط این دونده را حساب کنید.




جواب: قبلا گفتیم تندی متوسط نسبت مسافت طی شده به زمان حرکت است. در این شکل مسافت طی شده برابر است با ۲۰۰ متر( ۵۰ متر مسیر A تا B و ۱۰۰ متر مسیر B تا C و ۵۰ متر مسیر C تا D ) و زمان حرکت برابر است با ۱۲۰ ثانیه پس:

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت طی شده}}{\text{زمان حرکت}} = \frac{۲۰۰\text{m}}{۱۲۰\text{s}} = ۱/۶۶\text{m/s}$$

ب- سرعت متوسط این دونده را حساب کنید.

سرعت متوسط نسبت جابه جایی به زمان حرکت است. در این شکل جابه جایی برابر است با ۱۰۰ متر( فاصله مستقیم میان مبداء تا مقصد یعنی بردار قرمز رنگ) و زمان حرکت برابر است با همان ۱۲۰ ثانیه پس:

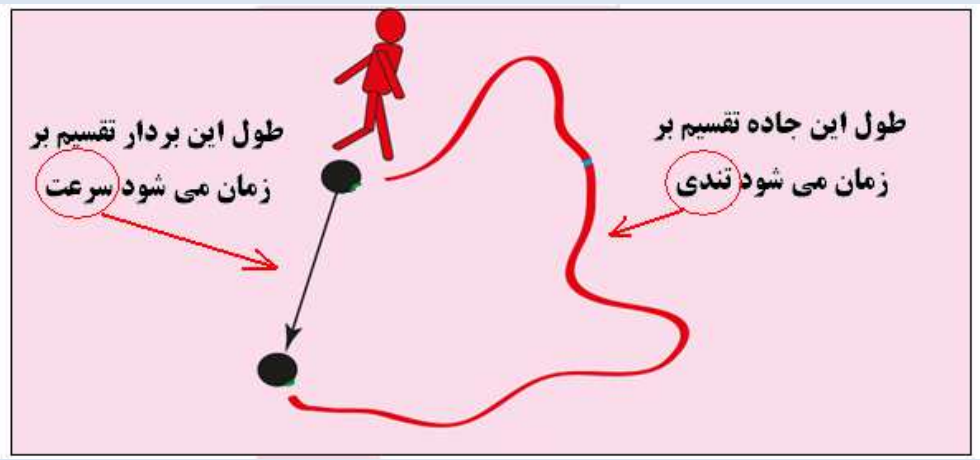
$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{جابه جایی}}{\text{زمان حرکت}} = \frac{۱۰۰\,m}{۱۲۰\,s} = ۰/۸۳\ m/s \quad \text{به طرف شمال}$$

**نکته:** اگر متحرک روی مسیر مستقیم حرکت کند تندی متوسط و سرعت متوسط با هم برابرند در بقیه مواقع تندی متوسط همیشه وقت از سرعت متوسط بیشتر است چون همیشه وقت مسافت از جابه جایی بیشتر است ( به جز حرکت در مسیر مستقیم)

**نکته بسیار مهم:** وقتی می گوییم سرعت متوسط یک خودرو ۵۰ کیلومتر بر ساعت است یعنی خودرو به طور متوسط در هر ساعت ۵۰ کیلومتر از مبداء دور شده یا ۵۰ کیلومتر به مقصد نزدیک شده است.

ولی وقتی می گوییم تندی متوسط یک خودرو ۵۰ کیلومتر بر ساعت است یعنی این که خودرو به طور متوسط در هر ساعت ۵۰ کیلومتر را طی کرده است.

دانش آموزان عزیز برای این که محاسبه سرعت و تندی بهتر در ذهنتان بماند و این دو را با هم اشتباه نکنید تصویر زیر را به خاطر بسپارید



## سرعت لحظه ای

سرعت لحظه ای در اصل همان تندی لحظه ای است به شرط آن که جهت حرکت مشخص باشد. مثلا وقتی می گوییم خودرویی با تندی ۸۰ کیلومتر به سمت شرق حرکت می کند یعنی سرعت خودرو را بیان کرده ایم.

**نکته:** سرعت در اصل دو نوع اطلاعات به ما می دهد یکی مقدار تندی متحرک و دیگری جهت حرکت متحرک.

اهمیت سرعت به خاطر این است که در بسیاری از حرکتها علاوه بر تندی جهت حرکت هم مهم است. برای پی بردن به اهمیت سرعت لحظه ای مطلب زیر را بخوانید.

فرض کنید یک فرد توسط چند آدم ربا ربوده شده است. خانواده این فرد به پلیس مراجعه کرده و از پلیس می خواهند که کمکشان کند. آنها به پلیس می گویند که فرزندشان چند لحظه قبل پیامک زده و نوشته است که همین الان خودرویی که من داخل آن هستم از تهران خارج شد و عقربه کیلومتر شمار خودرو هم عدد ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت را نشان می دهد. به نظر شما با این اطلاعات آیا پلیس به راحتی می تواند خودروی آدم رباها را پیدا کند؟ مسلما خیر. چون پلیس فقط می داند که خودرو با ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت چند دقیقه قبل از تهران خارج شده حالا به کدام سمت رفته معلوم نیست. آیا به سمت کرج رفته است؟ یا به سمت سمنان یا به سمت شمال یا جنوب؟

آنچه فرد گزارش کرده در اصل تندی لحظه ای خودرو است.

ولی اگر همین شخص پیامک می زد که الان خودرو با ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت به سمت شمال از تهران خارج شد پلیس خیلی راحتر می توانست به او کمک کند.

این که خودرو با ۱۰۰ کیلومتر به سمت شمال حرکت می کند در اصل همان سرعت لحظه ای خودرو است.

پس همانطور که می بینید سرعت لحظه ای نسبت به تندی لحظه ای اطلاعات کاملتری به ما می دهد.

**نکته:** عددی که کیلومتر شمار اتومبیل نشان می دهد همان تندی لحظه ای است چون کیلومتر شمار هیچ اطلاعاتی از جهت حرکت به ما نمی دهد.

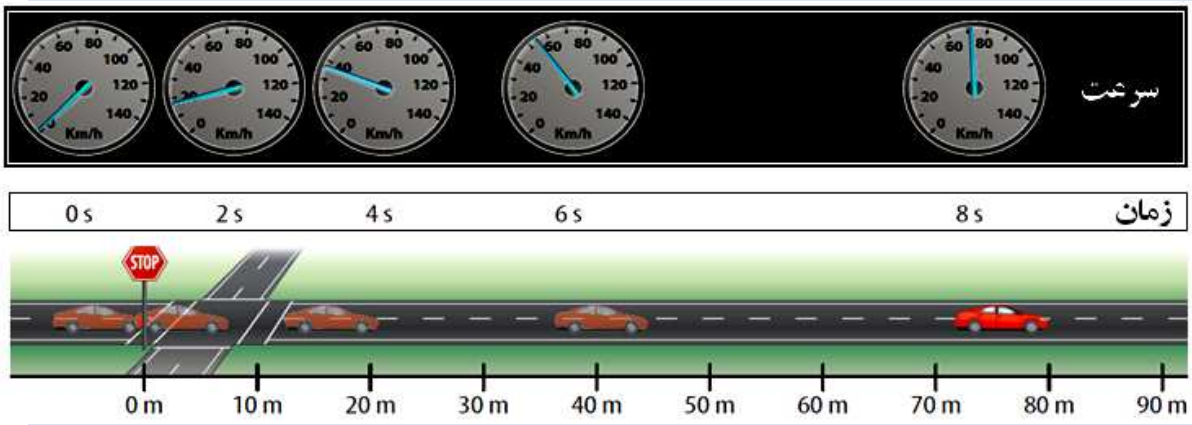
## شتاب متوسط

حرکت شتابدار چه نوع حرکتی است؟ به حرکتی که سرعت متحرک در حال تغییر باشد حرکت شتابدار می گوییم.
مثلا زمانی که خودرو از پشت چراغ قرمز شروع به حرکت می کند یا مثلا زمانی که خودرو ترمز می کند.

برای محاسبه شتاب متوسط باید تغییرات سرعت را بر زمان تقسیم کنیم.

قبل از این که به شتاب بپردازیم لازم است ابتدا نحوه محاسبه تغییرات سرعت را یاد بگیرید. برای محاسبه تغییرات سرعت کافی است سرعت اولیه متحرک را از سرعت نهایی کم کنیم. به تمرین زیر دقت کنید.

تمرین: الف- روی تصویر زیر تغییرات سرعت خودرو از شروع حرکت تا ثانیه ۴ را محاسبه کنید.




جواب: اگر بخواهیم تغییرات سرعت را از شروع حرکت تا ثانیه ۴ اندازه بگیریم سرعت در شروع حرکت می شود سرعت اولیه و سرعت در ثانیه چهارم می شود سرعت نهایی یعنی:

سرعت نهایی = ۴۰ Km/s  سرعت اولیه = ۰ Km/s

تغییرات سرعت = سرعت نهایی – سرعت اولیه  ۴۰ Km/s – ۰ Km/s = ۴۰ Km/s

ب- روی تصویر بالا تغییرات سرعت خودرو بین زمان های ۴ تا ۸ ثانیه را محاسبه کنید.

اگر بخواهیم تغییرات سرعت را در فاصله ۴ تا ۸ ثانیه اندازه بگیریم سرعت در ثانیه چهارم می شود سرعت اولیه و سرعت در ثانیه هشتم می شود سرعت نهایی یعنی:

سرعت نهایی = ۷۰ Km/s  سرعت اولیه = ۴۰ Km/s

تغییرات سرعت = سرعت نهایی – سرعت اولیه  ۷۰ Km/s – ۴۰ Km/s = ۳۰ Km/s

شتاب را با کمک فرمول زیر محاسبه می کنیم

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

**نکته:** یکای شتاب متر بر مربع ثانیه است و به صورت $m/s^2$ نشان داده می شود

**نکته مهم:** وقتی می گوییم شتاب یک خودرو ۲ متر بر مربع ثانیه است یعنی در هر ثانیه ۲ متر بر ثانیه به سرعت قبلی خودرو افزوده می شود. مثلا اگر سرعت این خودرو در ثانیه سوم ۶ متر بر ثانیه باشد در ثانیه چهارم سرعت خودرو ۸ متر بر ثانیه خواهد بود یعنی ۲ متر بر ثانیه به سرعت قبلی اضافه می شود و در ثانیه پنجم سرعت خودرو دوباره ۲ متر بر ثانیه به سرعت قبلی اضافه می شود پس سرعت خودرو در ثانیه پنجم ۱۰ متر بر ثانیه خواهد بود و .....

با ارزوی موفقیت برای شما آینده سازان این مرز و بوم

محمد احتشام

دبیر علوم تجربی ناحیه ۵ مشهد

مولف کتابهای کار علوم تجربی اندیشه پویا

**توجه:**

دانش آموزان مدارسی که از کتابهای کار علوم تجربی اندیشه پویا استفاده می کنند در هر قسمت از این کتاب اشکالی دارند و همچنین بقیه دانش آموزان عزیز در هر قسمت از کتاب درسی اشکال دارند اشکال خود را از طریق وبلاگ یا ایمیل زیر با ما در میان بگذارند در اولین فرصت ممکن اشکال شما به صورت کامل برایتان توضیح داده خواهد شد.

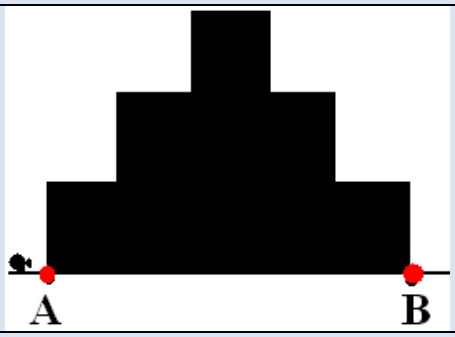
**آدرس وبلاگ:** http://oloomeandishepooya.blogfa.com/

**ایمیل:** ehtesham1352@yahoo.com

برای وارد شدن به وبلاگ روی ادرس وبلاگ کلیک کنید

## چند نمونه سوال از فصل چهارم

**دانش آموزان عزیز برای درک مطالب این فصل همان مثالها و تمرینهای کتاب درسی را با دقت مطالعه کنید کافی است**

| | |
|---|---|
| ۱ | **عبارت های درست و نادرست را مشخص کنید.**<br>**الف–** وقتی هواپیما در ارتفاع مشخصی پرواز می کند مقدار مسافت و جابه جایی برابر هستند.<br>درست نادرست<br>**ب–** حرکت یکنواخت به حرکتی گفته می شود که تندی متوسط و سرعت متوسط برابر باشند.<br>درست نادرست<br>**پ–** در حرکت یکنواخت مقدار شتاب برابر صفر است. درست نادرست |
| ۲ | در کدامیک از گزینه های زیر جابجایی و مسافت طی شده حتما با هم برابر است؟<br>الف– سقوط یک سیب از شاخه تا روی زمین<br>ب– حرکت هواپیما از فرودگاه مبدا تا فرودگاه مقصد<br>ج– حرکت یک تیر از هنگام خروج از کمان تا برخورد به هدف<br>د– حرکت یک کشتی در داخل اقیانوس |
| ۳ | وقتی به عقربه کیلومتر شمار اتومبیل نگاه می کنیم کدام گزینه را مشاهده می کنیم.<br>الف– سرعت متوسط ب– سرعت لحظه ای ج– تندی متوسط د– تندی لحظه ای |
| ۴ | احتمالا شنیده اید که می گویند صفر تا صد این اتومبیل ۴ ثانیه است. این جمله یعنی:<br>الف– جابجایی اتومبیل در عرض ۴ ثانیه ۱۰۰ متر است.<br>ب– مسافت طی شده در عرض ۴ ثانیه ۱۰۰ متر است<br>ج– بعد از ۴ ثانیه سرعتش به ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت می رسد<br>د– بعد از ۴ ثانیه سرعتش به صد متر بر ثانیه می رسد |
| ۵ | در تصویر مقابل یک مورچه از نقطه A از روی پله ها تا نقطه B را طی می کند. مقدار مسافت طی شده و جابجایی مورچه چقدر است؟ ارتفاع و عرض هر پله ۱۰ سانتی متر است.<br>  <br> |
| ۶ | اتومبیلی از حالت سکون با شتاب ۲ متر بر مربع ثانیه شروع به حرکت می کند. حساب کنید چند ثانیه طول می کشد تا سرعت اتومبیل به ۷۲ کیلومتر بر ساعت برسد؟ |