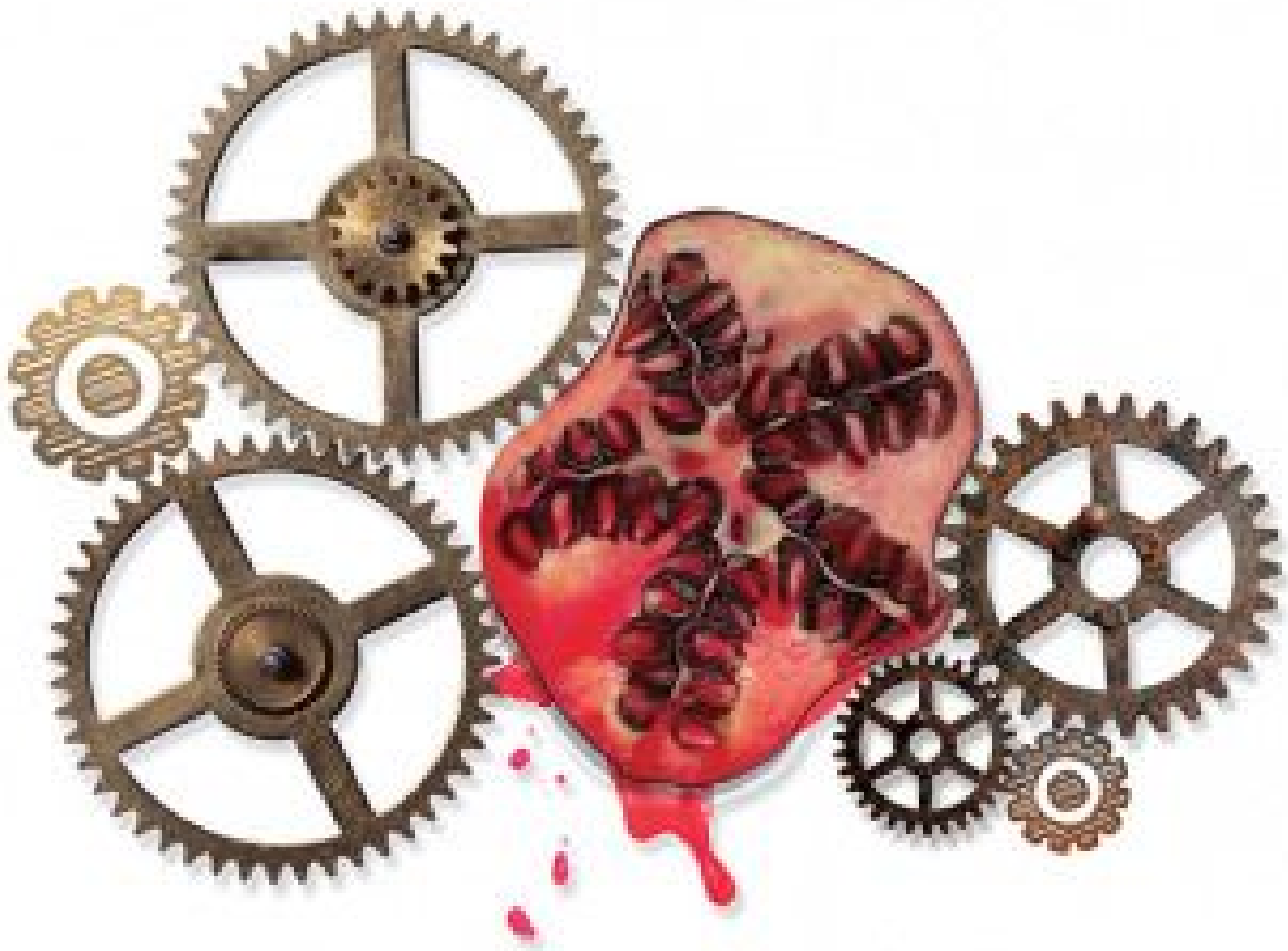




مجموعه کتاب‌های  
علامه حلی

# فیزیک نهم

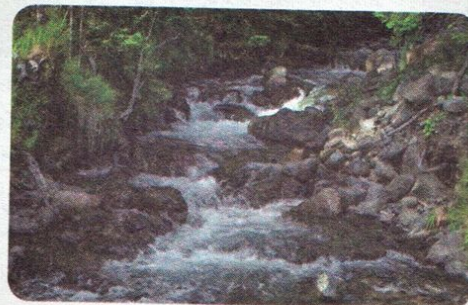


• پوزیا دیلا گمبوزی • شهید محمد هاشمی نسب • شهید یحیی طباطبائی • شهید قهرمانی • شهید حسین شایقی



## طبیعت در حرکت

جهان پیرامون ما، یک جهان پر از حرکت است. پرواز پرندگان، حرکت خودروها و قطارها و هواپیماها، افتادن برگ درختان، حرکت آب رودخانه‌ها و ... مثال‌هایی از حرکت در جهان پیرامون ما هستند. وقتی شما در حال خواندن خطوط این نوشته هستید، چشمانتان حرکت می‌کنند تا شما بتوانید نوشته را دنبال کنید. وقتی با کسی گفت‌وگو می‌کنید یا صدای محیط اطراف خود را می‌شنوید، در واقع جبهه‌های صدا (صوت) در هوا حرکت می‌کنند تا به گوش شما برسند. ممکن است بعضی وسایل و ابزارهای دور و برمان ساکن به نظر برسند، ولی در واقع تمام ذرات تشکیل‌دهنده آن‌ها دائم در لرزش و نوسان هستند.



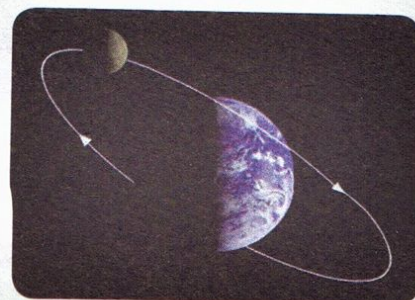
آب رودخانه‌ها از ارتفاعات به سمت دریا جاری می‌شود



حرکت، وجه مشترک تمام وسایل نقلیه است



دویدن شخص و چرخش توربین‌های بادی در این عکس، مثال‌هایی از حرکت هستند



معادلات فیزیکی نشان می‌دهند که ماه برای اینکه به سمت زمین سقوط نکند، باید با سرعت مشخصی به دور زمین در حرکت باشد

## از دریچه چشم پیرمرد ساکن!

شاید در مترو یا قطارهای بین‌شهری یا در خودروهای کنار هم، این موضوع را تجربه کرده باشی که وقتی قطاری روی ریل کناری (یا خودروی کناری) به آرامی شروع به حرکت می‌کند، فکر می‌کنیم قطار (یا خودروی) خودمان شروع به حرکت کرده است! به نظر تو دلیل بروز چنین تصور اشتباهی چیست؟



فسفر بسوزان

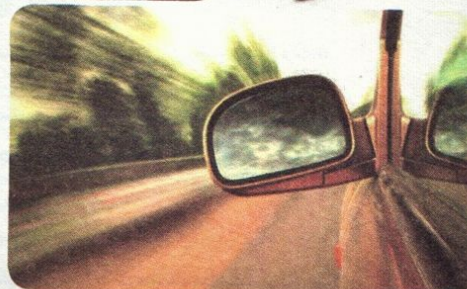
آیا واقعاً پرنده‌هایی که پرواز می‌کنند و یا خودروهایی که در خیابان با سرعت حرکت می‌کنند، موجودات متحرکی هستند؟ آیا درختان که ریشه در خاک دارند، ساختمان‌ها و کوه‌ها و تیرهای برق ساکن‌اند؟ ممکن است شما روی سطح زمین بایستید و ساکن به نظر برسید، ولی امروز می‌دانیم اگر کسی از بیرون کره زمین به شما نگاه کند، نه تنها شما را ساکن نمی‌بیند، بلکه شما را همراه با کره زمین با سرعتی حدود سی کیلومتر بر ثانیه به دور خورشید در حرکت می‌بیند. پس بالاخره شما ساکن هستید یا نه؟

ورزشکاری را در نظر بگیرید که در گوشه باشگاه، روی تردمیل می‌دود! او به شدت خسته می‌شود، اما فاصله‌ای را طی نمی‌کند! درست برعکس کسی که بدون هیچ تلاشی روی پله برقی ایستاده و از طبقه همکف به طبقه اول می‌رود! نظرتان درباره حرکت کردن این دو نفر چیست؟



کدام یک حرکت می‌کند و کدام یک ساکن است؟ پاسخ پرسش‌های بالا این است که هیچ ساکن مطلقاً در دنیا وجود ندارد. همان‌طور که گفتیم زمین در مدار خود به دور خورشید در گردش است. خورشید و کل منظومه شمسی درون کهکشان راه شیری حرکت می‌کنند و کهکشان راه شیری هم مانند بقیه کهکشان‌ها در حرکت است. (با این موضوع در فصل نجوم بیشتر آشنا می‌شویم)

وقتی می‌گوییم جسمی حرکت می‌کند، اغلب منظورمان این است که موقعیت آن نسبت به سطح زمین و اجسام ساکن روی آن تغییر می‌کند. خودروها در خیابان از درختان کنار خیابان دور یا به آن‌ها نزدیک می‌شوند. پرنده‌های در پرواز، فاصله‌شان با ساختمان‌ها تغییر می‌کند؛ بنابراین اغلب اوقات داریم حرکت اجسام را نسبت به سطح زمین می‌سنجیم. مثلاً وقتی می‌گوییم پس از به صدا درآمدن زنگ تفریح در حرکت به سمت در خروجی هستیم، حرکت خودمان را نسبت به در خروجی کلاس می‌سنجیم.



از دید راننده خودرو، جاده و درختان کنار جاده موجودات متحرک هستند.





ساکن، جسمی است  
که پیرمرد ساکن او را  
ساکن ببیند!



پیرمرد ساکن، لفظی است که  
به مرجع سنجش حرکت نسبت  
می‌دهیم. دنبال شخص خاصی  
نگردید، اغلب خودتان هستید!



ببینش

اگر حرکت اجسام را نسبت به جسم دیگری بسنجیم، نتایج متفاوتی می‌گیریم. مثلاً اگر حرکت اجسام را نسبت به خودرویی که در خیابان در حرکت است بسنجیم، آن‌گاه درختان کنار خیابان، سطح خیابان، خانه‌ها، تیرهای برق و ... همگی متحرک خواهند بود و راننده و مسافران خودرو ساکن هستند.

بنابراین برای اینکه تعیین کنیم چه اجسامی حرکت می‌کنند، ابتدا باید مرجع سنجش حرکت را تعیین کنیم. مرجع سنجش حرکت می‌تواند هر چیزی باشد، هر چند اغلب آن را سطح زمین در نظر می‌گیریم. از این به بعد به مرجع سنجش حرکت **پیرمرد ساکن** می‌گوییم! واژه پیرمرد ساکن به ما یادآوری می‌کند که هر جسمی به‌عنوان پیرمرد ساکن انتخاب شود، خودش و همه اجسامی که موقعیتشان (مکانشان) نسبت به پیرمرد ساکن، ثابت است ساکن‌اند و اجسامی که مکانشان نسبت به پیرمرد ساکن متغیر است، متحرک‌اند. در واقع برای اینکه بدانیم چه جسمی ساکن و چه جسمی متحرک است، باید از دریچه چشم پیرمرد ساکن به دنیا نگاه کنیم!

ممکن است یک جسم از دید یک پیرمرد ساکن، متحرک؛ و از دید پیرمرد ساکن دیگری، ساکن باشد. ممکن است یک جسم، از دید یک پیرمرد ساکن در حرکت به سمت چپ و از دید یک پیرمرد ساکن دیگر، در حرکت به سمت راست باشد. خلاصه همه‌چیز به پیرمرد ساکن بستگی دارد!



کنکاش کن



تحقیق کن که سرعت‌شمار اتومبیل‌ها سرعت خودرو را نسبت به کدام پیرمرد ساکن می‌سنجند؟ مرجع اندازه‌گیری سرعت خودرو چیست؟



پاسنگو باش



قطاری روی خط آهن با سرعت زیادی به طرف جلو حرکت می‌کند. مسافران در قطار نشسته‌اند و کودکی از جلوی قطار به آرامی به طرف انتهای قطار می‌رود. اتومبیلی روی جاده کنار راه آهن از قطار سبقت می‌گیرد. در هر ستون از جدول زیر، یکی از اجسام یا افراد مسئله را به‌عنوان پیرمرد ساکن انتخاب کرده‌ایم و حرکت بقیه را به نسبت به آن سنجیده‌ایم. با توجه به این توضیحات و شکل زیر، جدول زیر را کامل کنید:

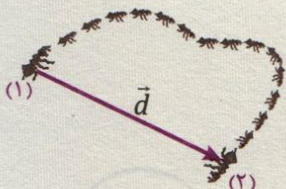
| لوکوموتیوران     | پیرمرد ساکن |             |         |
|------------------|-------------|-------------|---------|
| مسافران قطار     | ساکن        |             |         |
| کودک در قطار     | متحرک ←     | پیرمرد ساکن | متحرک ← |
| راننده اتومبیل   |             | پیرمرد ساکن |         |
| مسافران اتومبیل  |             | متحرک →     |         |
| درختان کنار جاده |             | پیرمرد ساکن |         |

## جابه‌جایی و مسافت طی‌شده جابه‌جایی

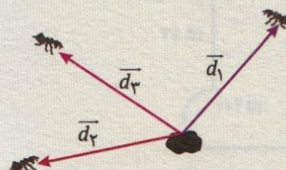
مورچه‌ای که در کف کلاس حرکت می‌کند را دنبال می‌کنیم. این مورچه در یک لحظه در مکان (۱) است و مدتی بعد، به مکان (۲) می‌رسد. جابه‌جایی مورچه در این مدت، به‌صورت یک بردار نمایش داده می‌شود که از مکان اول مورچه به مکان آخر آن وصل شده است.

بردار جابه‌جایی مورچه، که آن را با  $\vec{d}$  نشان می‌دهیم، به مسیری که مورچه طی کرده است بستگی ندارد. ما واقعاً نمی‌دانیم (یا به عبارت درست‌تر، لازم نیست بدانیم!) در بین این لحظات مورچه در چه مکان‌هایی بوده است. تنها چیزی که اهمیت دارد، نقاط اول و آخر است. طول بردار جابه‌جایی را اختصاراً **جابه‌جایی** می‌نامیم و آن را با  $d$  (بدون فلش) نشان می‌دهیم.

همان‌طور که در شکل روبه‌رو پیدا است، ممکن است چند مورچه که از لانه بیرون آمده‌اند، جابه‌جایی‌های برابر داشته باشند؛ اما بردار جابه‌جایی‌شان متفاوت باشد. زیرا وقتی از بردار جابه‌جایی صحبت می‌کنیم، جهت حرکت نیز اهمیت دارد.



بردار جابه‌جایی مورچه





**مثال:** مورچه‌ای در کف کلاس مسیر زیر را طی کرده است:

جابه‌جایی مورچه چند سانتی‌متر است؟

**پاسخ:**

طبق رابطه فیثاغورس، جابه‌جایی مورچه برابر است با:

$$d = \sqrt{12^2 + 5^2} = \sqrt{144 + 25} = \sqrt{169} = 13 \text{ cm}$$

### مسافت طی شده

به طول مسیری که جسم متحرک طی می‌کند، مسافت طی شده می‌گوییم. مسافت طی شده برخلاف جابه‌جایی، فقط به مکان اول و آخر جسم بستگی ندارد و به شکل مسیر هم وابسته است. فرض کنید توپی را به طرف بالا پرتاب می‌کنیم تا دوباره به دست ما برسد. در حرکت رفت و برگشتی این توپ، جابه‌جایی صفر است اما مسافت طی شده دو برابر حداکثر ارتفاعی است که توپ بالا رفته است. اگر جسم ساکن باشد و ساکن بماند، مسافت طی شده توسط آن صفر است؛ ولی مسافت طی شده نمی‌تواند منفی باشد. همچنین مسافت طی شده به جهت حرکت بستگی ندارد.

سروش ادعا می‌کند که اگر جسم روی یک خط در حرکت باشد، مسافت طی شده با جابه‌جایی آن برابر است. آیا تو با او موافقی؟ در این باره توضیح بده.



**مثال:** مادر زهرا روزی برای صحبت با معلم او، مسیر خانه تا مدرسه به طول ۸۰۰ متر را طی می‌کند و پس از تمام شدن جلسه، از همان مسیر به خانه برمی‌گردد. جابه‌جایی و مسافت طی شده توسط مادر زهرا در این روز چقدر است؟

**پاسخ:**

مادر زهرا ابتدا در خانه بوده و در پایان نیز به خانه می‌رسد، پس جابه‌جایی او صفر است؛ اما او برای رفتن به مدرسه و بازگشتن به خانه، دو بار مسیر خانه تا مدرسه را طی کرده است، پس مسافت طی شده توسط او ۱۶۰۰ متر است.



**مثال:** توپی را از ارتفاع ۱ متری رها می‌کنیم. این توپ بعد از هر برخورد نصف دفعه قبل بالا می‌آید.

الف) مسافت طی شده توسط توپ از لحظه رهاکردن تا برخورد سوم به زمین چقدر است؟

ب) بردار جابه‌جایی توپ در این محدوده زمانی چیست؟

**پاسخ:**

الف) توپ بعد از هر بار برخورد، نصف دفعه قبل بالا می‌آید. از لحظه رهاکردن تا برخورد سوم با

زمین، توپ سه حرکت رفت (به طرف زمین) و دو حرکت برگشت انجام می‌دهد، پس:

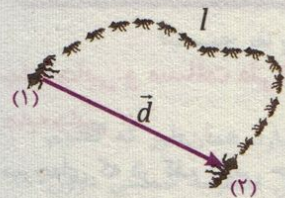
$$2/5 \text{ m} = 0/25 + 0/25 + 0/5 + 0/5 + 1 = \text{مسافت طی شده}$$

ب) در ابتدا توپ در ارتفاع ۱ متری سطح زمین است و در لحظه برخورد سوم با زمین، روی زمین است. پس بردار جابه‌جایی توپ در کل، ۱ متر است به طرف پایین.

### سرعت متوسط و تندی متوسط

#### سرعت متوسط

مورچه کف کلاس را که در بخش قبل در مورد آن صحبت کردیم به یاد آورید.



فرض کنید مورچه فاصله بین نقاط (۱) و (۲) را در مدت زمانی مشخص طی کرده است. مدت زمان را با  $\Delta t$  نشان می‌دهیم، زیرا  $t$  ابتدای واژه  $time$  به معنای زمان است و  $\Delta$  نمادی است که برای نشان دادن تغییر یک کمیت به کار می‌رود؛ پس  $\Delta t$  یعنی تغییر زمان از نقطه (۱) تا نقطه (۲) که همان مدت زمان سپری شده از (۱) تا (۲) است.

اکنون اگر بردار جابه‌جایی مورچه را بر مدت زمان صرف شده تقسیم کنیم، بردار سرعت متوسط مورچه به دست می‌آید. بردار سرعت متوسط، هم مقدار و هم جهت دارد. مقدار آن از رابطه زیر به دست می‌آید؛ و جهت آن همان جهت بردار جابه‌جایی است:

$$\text{سرعت متوسط } (v_{av}) = \frac{\text{جابه‌جایی } (d)}{\text{مدت زمان صرف شده } (\Delta t)}$$



سرعت متوسط به ما می گوید که متحرک در هر ثانیه به طور متوسط چقدر جابه جا شده است. باید دقت داشت که جابه جایی متحرک در هر ثانیه دقیقاً به اندازه سرعت متوسط نیست؛ زیرا ممکن است در ثانیه های متوالی جهت حرکت و مقدار سرعت متحرک تفاوت کند و این باعث می شود که مقدار جابه جایی ثانیه های متوالی حرکت با هم متفاوت شود.

همان طور که در رابطه بالا معلوم است، اگر جابه جایی جسم صفر باشد، سرعت متوسط آن هم صفر است. البته این به معنای ساکن بودن جسم در تمام لحظات نیست؛ بلکه تنها بیان می کند که مکان اول و آخر جسم یکسان است. یکای سرعت متوسط، از تقسیم یکای طول بر یکای زمان به دست می آید؛ مانند متر بر ثانیه، کیلومتر بر ساعت، ... می توانیم یکاهای مختلف سرعت متوسط را به هم تبدیل کنیم، مثلاً اگر خودرویی در مدت ۱ ساعت به اندازه  $90 \text{ km}$  جابه جا شود، سرعت متوسط آن  $90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  است که معادل  $25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  است. روش این تبدیل یکا را در زیر می بینید:

$$90 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 90 \cdot \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{90000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{900 \text{ m}}{36 \text{ s}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



هواپیمایی با سرعت متوسط  $288 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  مسیری را طی کرده است. سرعت متوسط این هواپیما در این مسیر چند متر بر ثانیه بوده است؟

**مثال:** آسانسوری از طبقه همکف در مدت  $20 \text{ s}$  به طبقه پنجم می رود.  $22 \text{ s}$  در طبقه پنجم می ایستد و سپس در مدت  $8 \text{ s}$  به طبقه سوم می رود. اگر فاصله طبقات از هم  $3 \text{ متر}$  باشد، سرعت متوسط آسانسور در کل این مدت چقدر و در چه جهتی است؟

**پاسخ:**

آسانسور در کل مدت  $50$  ثانیه، از طبقه همکف به طبقه سوم رسیده است، یعنی جابه جایی آن  $9 = 3 \times 3$  متر و به سمت بالا بوده است. پس:

$$v_{as} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{9 \text{ m}}{50 \text{ s}} = 0.18 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ (به سمت بالا)}$$

### تندی متوسط

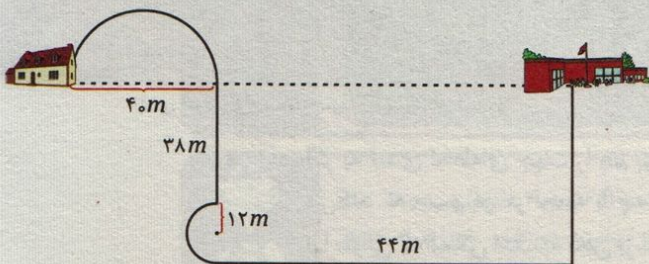
اگر مسافت طی شده توسط یک متحرک را به مدت زمان صرف شده تقسیم کنیم، تندی متوسط متحرک به دست می آید. یعنی:

$$\text{تندی متوسط } (S_{av}) = \frac{\text{مسافت طی شده } (l)}{\text{مدت زمان صرف شده } (\Delta t)}$$

تندی متوسط همواره یک عدد مثبت است و جهت ندارد (چرا؟). مقدار تندی متوسط بیان می کند که یک مسافت معلوم را به طور کلی چقدر تند طی کرده ایم. اگر قدری دقیق تر بخواهیم بگوییم، تندی متوسط به ما می گوید که متحرک به طور متوسط در هر ثانیه چه مسافتی را پیموده است. دقت کنید که مسافتی که متحرک در هر ثانیه پیموده است دقیقاً به اندازه تندی متوسط نیست و یکای تندی متوسط (مانند یکای سرعت متوسط) متر بر ثانیه، کیلومتر بر ساعت، ... است.

**مثال:** مهسا مسیر خانه تا مدرسه را مطابق شکل زیر در مدت  $10$  دقیقه طی کرده است. تندی متوسط و سرعت متوسط مهسا در این  $10$  دقیقه چقدر بوده است؟ (فرض کنید  $\pi = 3$ )

**پاسخ:**



$$\text{طول کل مسیر} = (20 \times 3) + 38 + (12 \times 3) + 44 + (38 + 24) = 240 \text{ m}$$

$$\text{تندی متوسط} = \frac{240 \text{ m}}{10 \text{ min}} = \frac{240 \text{ m}}{10 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}} = \frac{240 \text{ m}}{600 \text{ s}} = 0.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{جابه جایی}}{\text{مدت زمان}} = \frac{(20 + 20 + 44) \text{ m}}{10 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}} = \frac{84 \text{ m}}{600 \text{ s}} = 0.14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$