نخستین درس در ستاره شناسی - بخش نخست

درس هشتم: گرانش به زبان ساده

دکتر حسین شناور

- این مجموعه درس برای آشنایی مقدماتی دانش آموزان و علاقمندان فارسی زبان با مباحث نجوم، اختر فیزیک و کیهان شناسی طراحی شده است. هدف اصلی این مجموعه درس، افزایش دانش علاقمندان به ستاره شناسی است؛ هرچند، به برخی مهارت های مربوطه نیز پرداخته خواهد شد.
- خواهشمندم هرگونه اشتباه نوشتاری، مفهومی و یا محاسباتی را به آدرس ایمیل من ارسال کنید تا در ویرایش های بعدی تصحیحات لازم اعمال شوند:

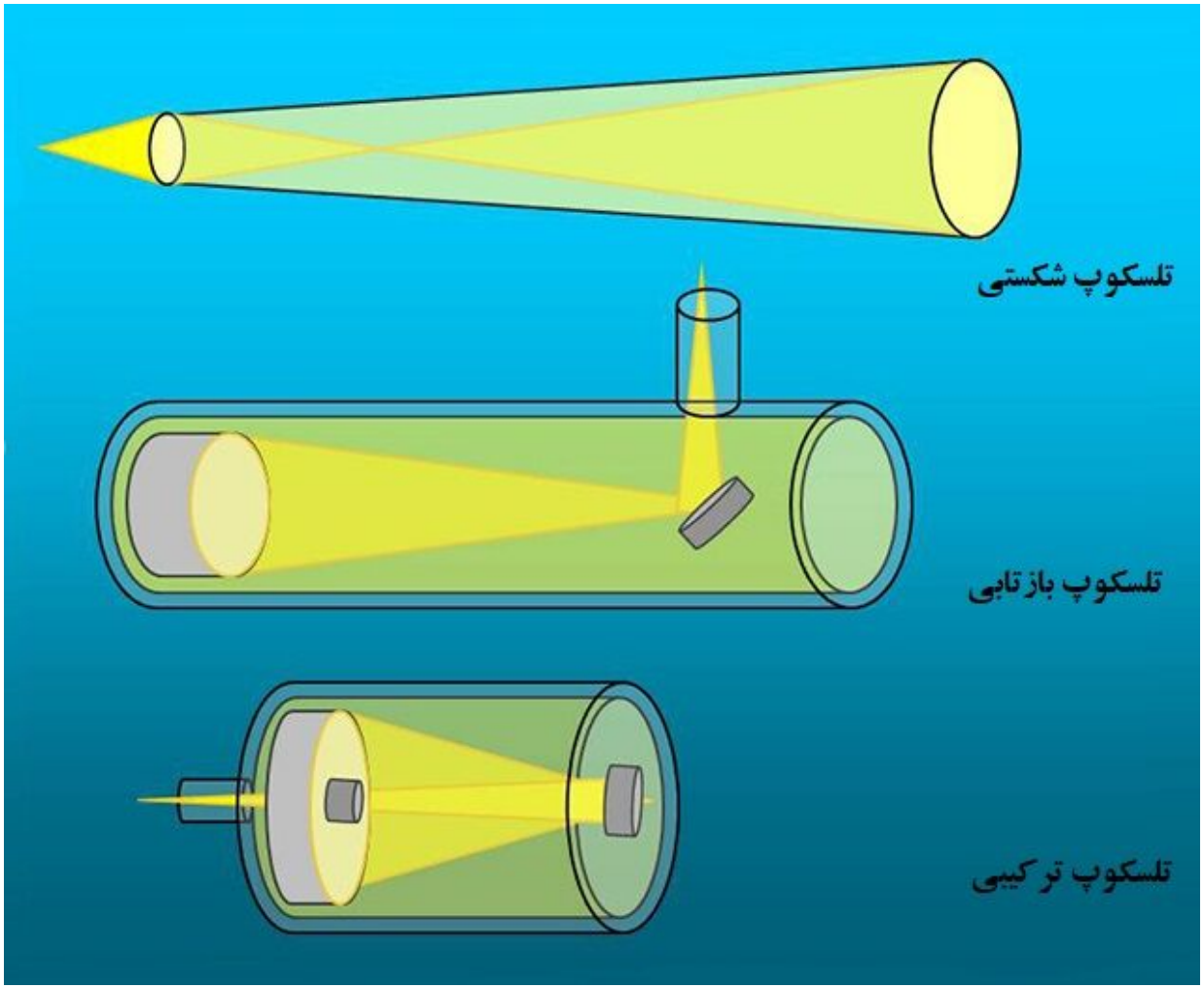
h.shenavar@gmail.com

- از همکاران محترم در گلبهار و گلمکان، برای همفکری ها و حمایت هایشان از فعالیت های پژوهش سرای دانش آموزی گلمکان، کمال سپاسگزاری را دارم.
- برای ضبط این مجموعه درس از نرم افزار $Zoom$ استفاده شده است.

۱ درس هشتم: گرانش به زبان ساده
- نیروی گرانش
- مسیر حرکت اجسام

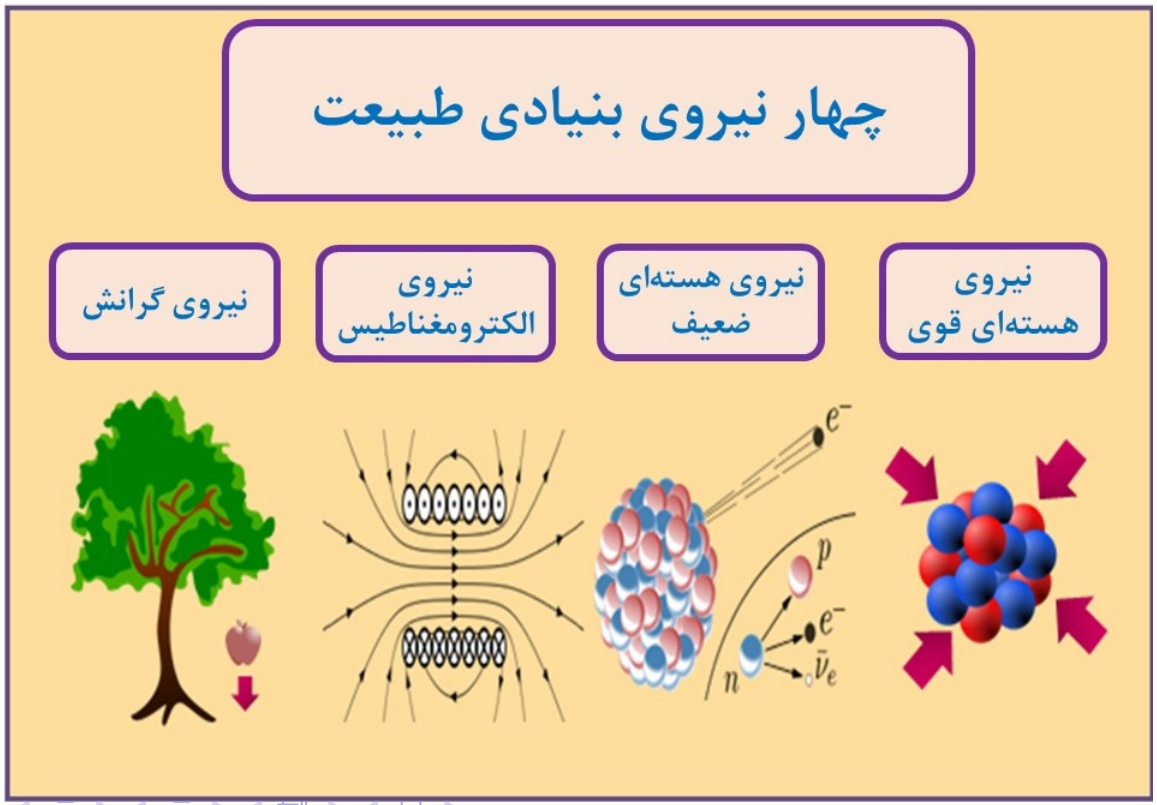
آنچه گذشت: تلسکوپ ها

- در ساخت تلسکوپ ها همیشه افزایش بزرگنمایی و تفکیک پذیری برای ما مهم است.



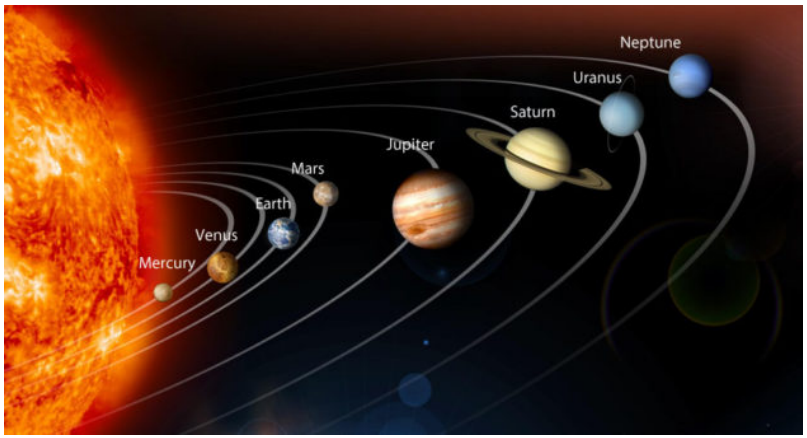
اجسام به هم نیرو وارد می کنند.

- اجسام به همدیگر نیرو وارد می کنند. این نیروها می توانند به شکل های مختلفی باشند؛ هرچند، فیزیکدانان فهمیده اند که همه نیروهای موجود در طبیعت جزئی از یکی از چهار نیروی زیر هستند.
- به جز برهمکنش گرانشی، تمام برهمکنش های روزمره اجسام جزوی از نیروی الکترومغناطیسی است.
- ما در این درس برهمکنش گرانشی اجسام را بررسی خواهیم کرد.



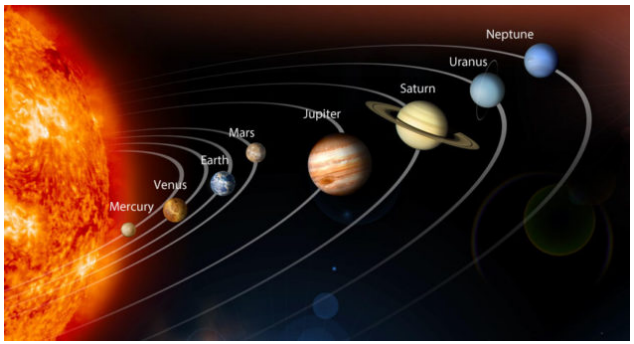
چی هست این گرانش؟!

- همه اجسام جرم دارند. همه جرم ها همدیگر را جذب می کنند؛ یعنی اگر آنها را رها کنیم، کم کم به هم نزدیک می شوند.
- فیزیکدانان توانسته اند مقدار این نزدیک شدن را اندازه گیری کرده و آن را توسط نیرویی، به نام نیروی گرانش، به صورت کمی ارائه کنند.
- نیروی گرانش، جاذبه هم نامیده می شود. جاذبه بین همه اجسام عالم (روی زمین و خارج آن) وجود دارد.



کره زمین همه اجسام نزدیک به زمین را جذب خود می کند.

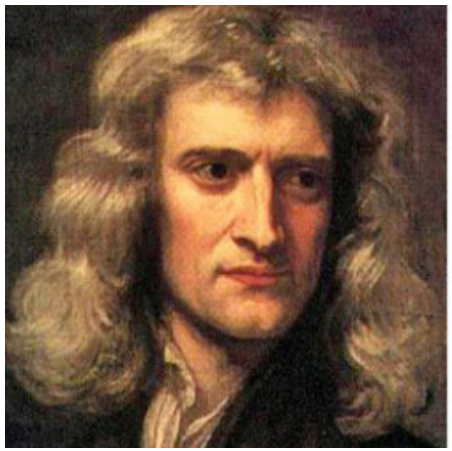
گرانش چگونه عمل می کند؟



- جسمی را به سمت بالا پرتاب می کنیم. چه چیزی مشاهده می کنیم؟
- جسم در ابتدا با سرعت به سمت بالا حرکت می کند. ولی در طی مسیر، سرعت آن کم و کمتر می شود. در بالاترین نقطه، سرعت جسم به صفر می رسد زیرا جسم در بالاترین نقطه به صورت لحظه ای ساکن می شود. آنگاه جسم به سمت پایین حرکت می کند و سرعتش لحظه به لحظه بیشتر می شود تا به زمین برخورد کند.
- تغییر سرعت جسم در حرکت پرتابی در اثر نیروی گرانش است. نیروی گرانش در نزدیکی سطح زمین همیشه به سمت پایین (مرکز کره زمین) است.
- اگر به جسمی هیچ نیرویی وارد نشود، جسم ساکن می ماند و یا با سرعت ثابتی به حرکت خود ادامه می دهد. به عبارت دیگر، تغییر سرعت جسم به معنی وجود نیرو است.
- همان نیروی جاذبه ای که بر روی زمین بر اجسام عمل می کند، در فضا بین سیارات و ستارگان نیز عمل می کند. فهم این نکته یکی از بزرگترین اکتشافات نیوتن است.

گرانش چگونه عمل می کند؟

- تا پانصد سال پیش، گرانش فقط یک واقعیت زندگی محسوب می شد. مردم در آن روزگار اعتقاد داشتند که همه اجسام به سمت پایین سقوط می کنند. چرا؟! کسی نمی دانست! آیا همه اجسام مثل هم سقوط می کنند؟! باز هم کسی نمی دانست. و نکته مهم تر اینکه هیچ اندازه گیری برای فهم دقیق تر گرانش انجام نشده بود.
- در اواسط قرن هفدهم میلادی، دانشمندانی مانند هوک و نیوتن گرانش را مورد بررسی دقیق تری قرار دادند. این دو متوجه شدند که:
- تاثیر نیروی گرانش یک جسم تا بینهایت ادامه دارد؛ هرچند، این نیرو با افزایش فاصله سریعا کاهش می یابد.
- هر چقدر جرم اجسام بیشتر باشد، نیروی گرانش آنها بزرگتر خواهد بود.



جرم چیست؟

- برای اندازه گیری نیروی گرانش بین دو جسم، باید بتوانیم جرم آن دو جسم را تعیین کنیم.
- تعریف مفهوم جرم از لحاظ فیزیکی کمی مشکل است؛ هرچند، اگر بخواهیم تعریف ساده ای از جرم ارائه کنیم می توان "جرم را میزان ماده موجود در هر جسم " نامید.
- بنابراین، جسمی که جرم بیشتری دارد، ماده بیشتری را در خود جای داده است.
- اندازه جسم تاثیری در میزان جرم آن جسم ندارد. دو جسم می توانند مقدار جرم یکسانی داشته باشند، ولی اندازه آن دو بسیار متفاوت باشد.
- اگر دو جسم مقدار جرم یکسانی داشته باشند، ولی اندازه اولی کوچکتر از دومی باشد، می گوییم "چگالی" اولی بیشتر از دومی است. مثلا چگالی آهن بیشتر از پنبه است زیرا یک کیلوگرم آهن فضای بسیار کوچکتری را نسبت به یک کیلوگرم پنبه اشغال می کند.

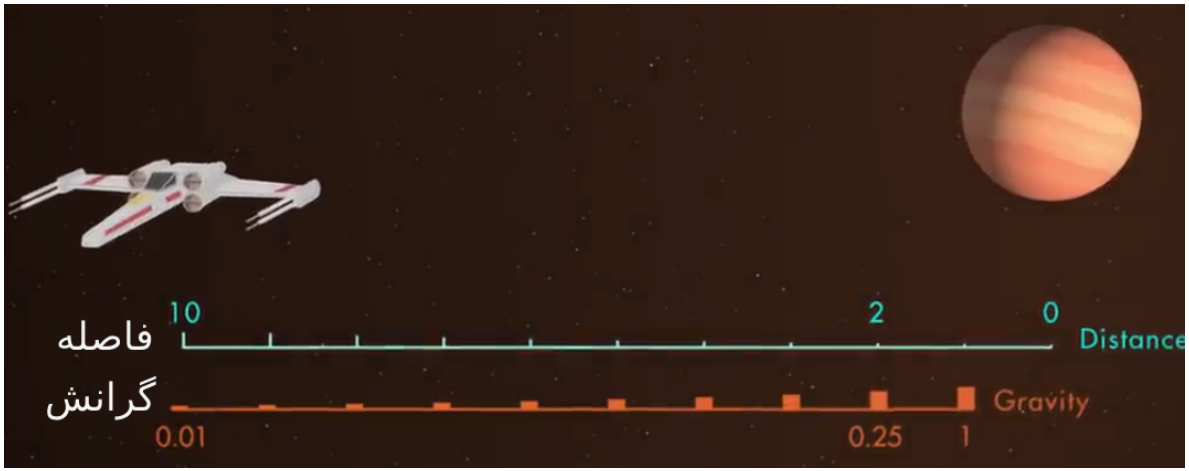
جرم در مقابل حرکت مقاومت می کند.

- هر چقدر جرم جسمی بیشتر باشد، آن جسم در مقابل تغییر در وضعیت حرکت خود مقاومت بیشتری نشان می دهد.
- تجربه روزمره: به حرکت درآوردن یک ماشین اسباب بازی بسیار راحت تر از یک ماشین واقعی است زیرا جرم اولی از دومی بسیار کمتر است.

اندازه نیروی گرانش

- اندازه گیری های دقیق آزمایشگاهی و شواهد محکم نجومی به ما می گویند که اندازه نیروی گرانش بین دو جسم به سه عامل بستگی دارد:
  1. به جرم جسم اول.
  2. به جرم جسم دوم (یعنی حاصلضرب دو جسم)
  3. عکس مجذور فاصله (و یا عکس توان دوم فاصله).
- بنابراین به لحاظ ریاضیاتی می توان نوشت (علامت $\propto$ یعنی متناسب است با):

$$\text{نیروی گرانش} \propto \frac{\text{جرم جسم دوم} \times \text{جرم جسم اول}}{\text{فاصله} \times \text{فاصله}}$$

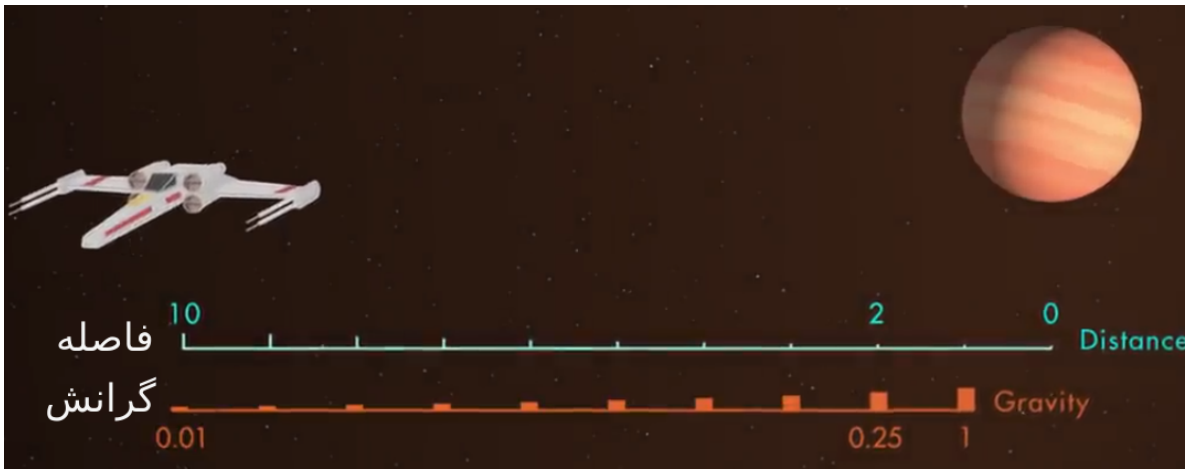


اندازه نیروی گرانش

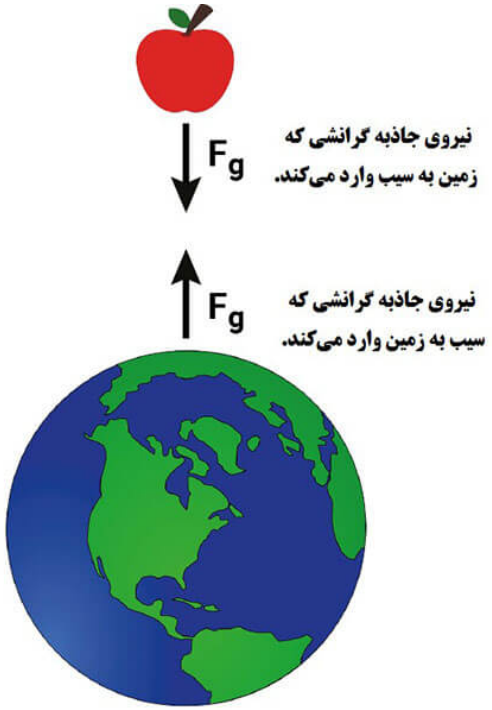
- نیروی گرانش:

$$\text{نیروی گرانش} \propto \frac{\text{جرم جسم دوم} \times \text{جرم جسم اول}}{\text{فاصله} \times \text{فاصله}}$$

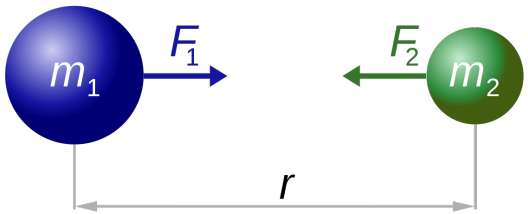
- مثلا اگر جرم سفینه دو برابر شود، نیروی گرانش بین سفینه و سیاره دو برابر خواهد شد. اگر جسم سیاره نیز دو برابر شود، باز هم نیروی گرانش بین این دو جسم دو برابر خواهد شد.
- همچنین، اگر فاصله بین سفینه و سیاره ده برابر شود، نیروی گرانش بین سفینه و سیاره $\frac{۱}{۱۰۰}$ برابر خواهد شد.



ویژگی های دیگر نیروی گرانش

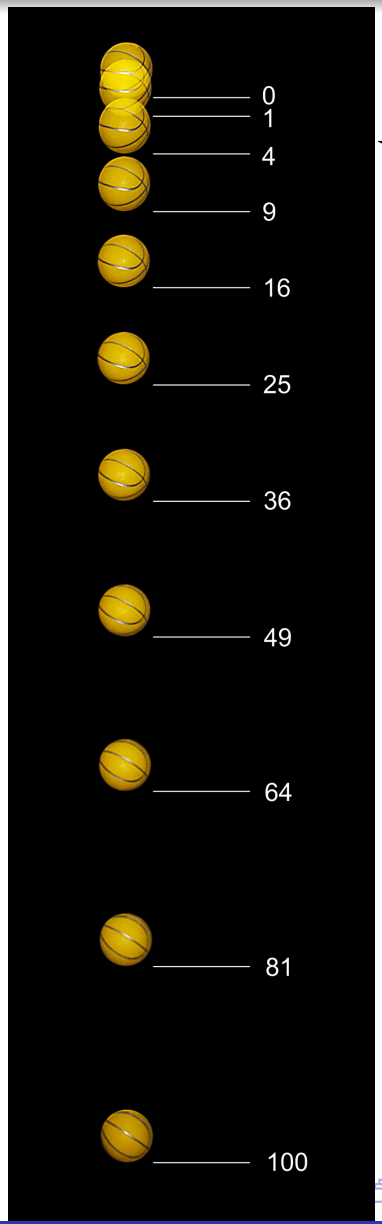


- نیروی گرانش همیشه جاذبه است. از طرفی نیروی الکتریکی می تواند جاذبه و یا دافعه باشد.
- نیروی گرانش وارد شده از جسم اول به جسم دوم دقیقا برابر، ولی در جهت مخالف، نیروی گرانش وارد شده از جسم دوم به جسم اول است.
- چون دو نیرو با هم برابر هستند، اگر یکی از دو جسم بسیار بزرگتر از جسم دیگر باشد، جسم بزرگ عملا ثابت باقی می ماند و جسم کوچک به سمت آن حرکت می کند.
- مثلا سیب و زمین به همدیگر نیرویی برابر وارد می کنند. ولی از آنجا که سیب بسیار سبک تر از زمین است، سیب حرکت می کند ولی زمین تقریبا ثابت باقی می ماند.
- شکل دقیق ریاضیاتی قانون گرانش نیوتن را در زیر می بینید (حرف G نشان دهنده ثابت نیوتن است.). قانون گرانش نیوتن و سه قانون حرکت نیوتن تا حد خوبی همه پدیده های گرانشی در منظومه شمسی، و فراتر از آن، را توصیف می کنند.

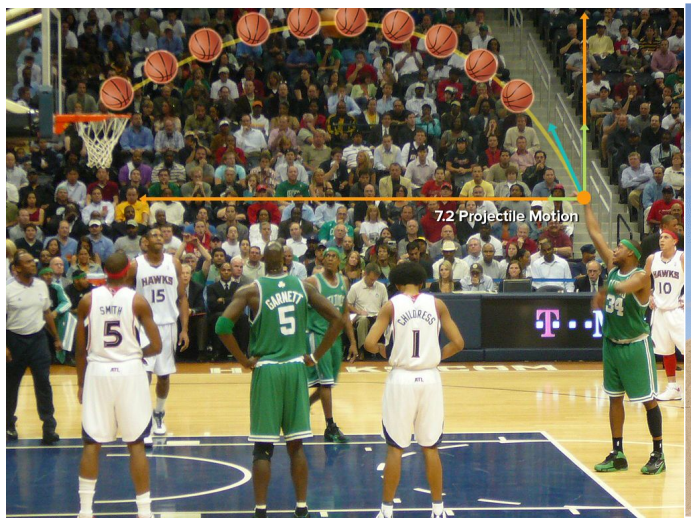


$$F_1 = F_2 = G\frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

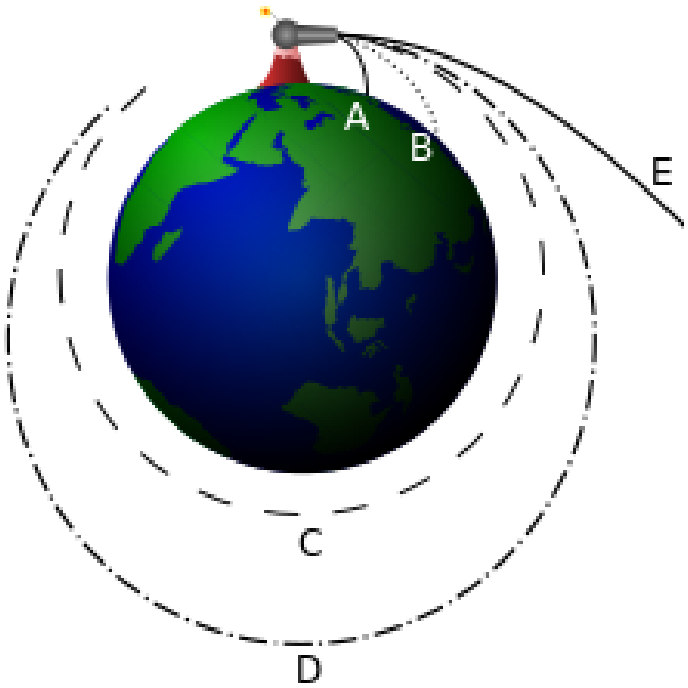
مسیر حرکت اجسام تحت تاثیر نیروی گرانش



- اجسام تحت تاثیر نیروی گرانش می توانند به شکل های مختلف حرکت کنند. نوع خاص حرکت یک جسم بستگی به انرژی و زاویه پرتاب آن جسم دارد. مسیر حرکت یک جسم تحت تاثیر گرانش را مدار آن جسم می نامند.
- مثلا اگر سنگی را رها کنیم، مسیر حرکت سنگ یک خط مستقیم خواهد بود.
- ولی اگر جسم را پرتاب کنیم، مسیر حرکت جسم یک منحنی (به نام سهمی) خواهد بود.

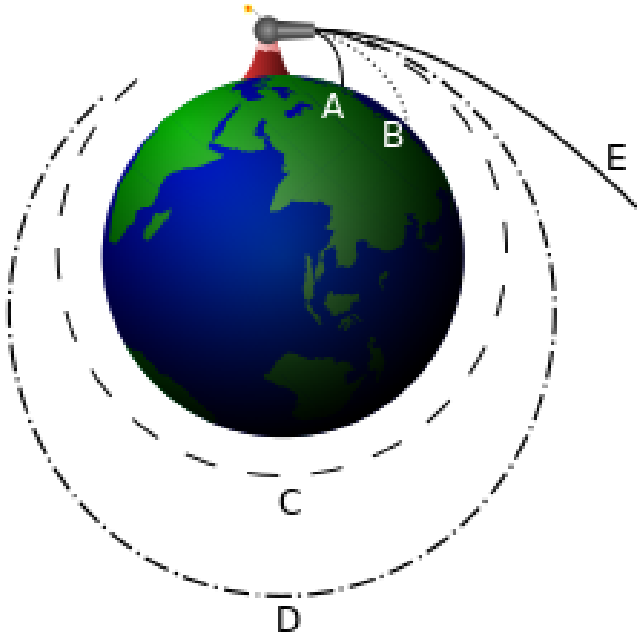


اگر سرعت پرتاب را افزایش دهیم؟



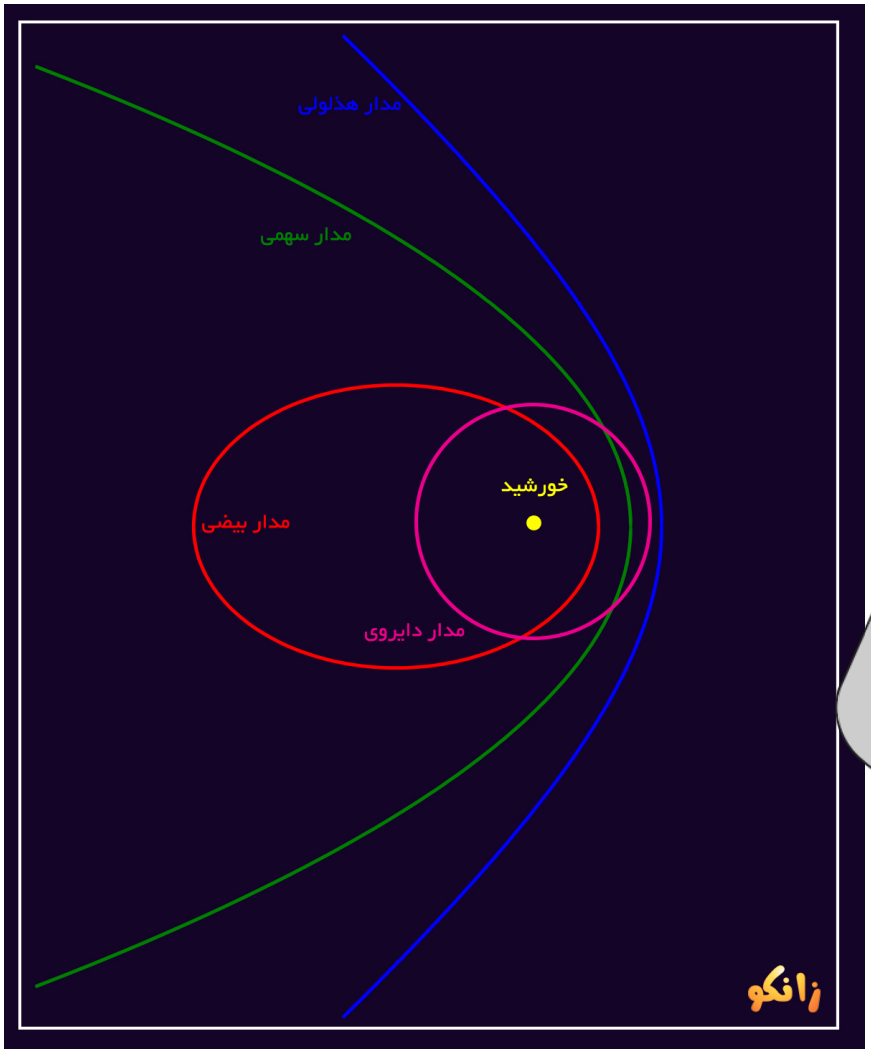
- نیوتن اولین بار به این سوال پاسخ داد که اگر سرعت پرتاب را افزایش دهیم چه اتفاقی می افتد.
- اگر جسم را به صورت افقی پرتاب کرده و سرعت پرتاب را افزایش دهیم، جسم در فاصله بیشتری به زمین برخورد می کند. اگر باز هم سرعت پرتاب را افزایش دهیم، به حدی می رسیم که پس از آن جسم دیگر به زمین برنمی گردد بلکه حول یک دایره حرکت می کند. این مقدار سرعت را سرعت حرکت دایروی می نامند. شکل را ببینید. سرعت حرکت دایروی برای سیاره زمین در حدود ۷/۹ کیلومتر بر ثانیه است!
- اگر سرعت را باز هم افزایش دهیم، جسم بر روی یک دایره کشیده (بیضی) حرکت خواهد کرد. این مسیری است که ماه به دور زمین دارد و یا سیارات به دور خورشید دارند.

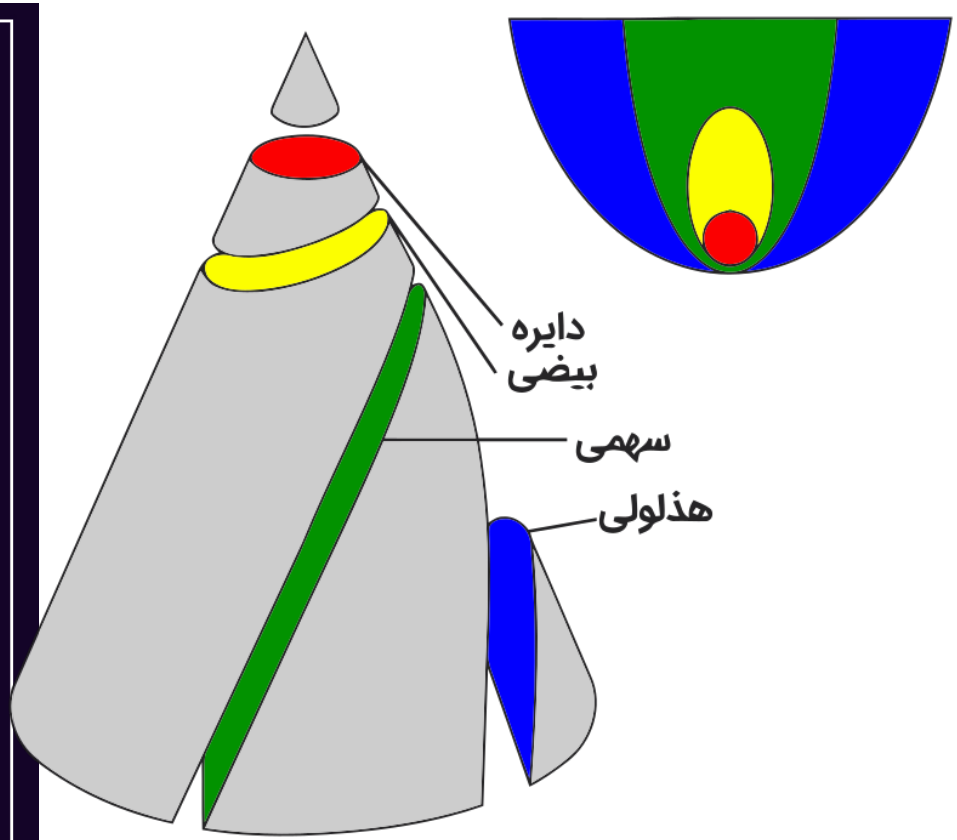
اگر سرعت پرتاب را افزایش دهیم؟



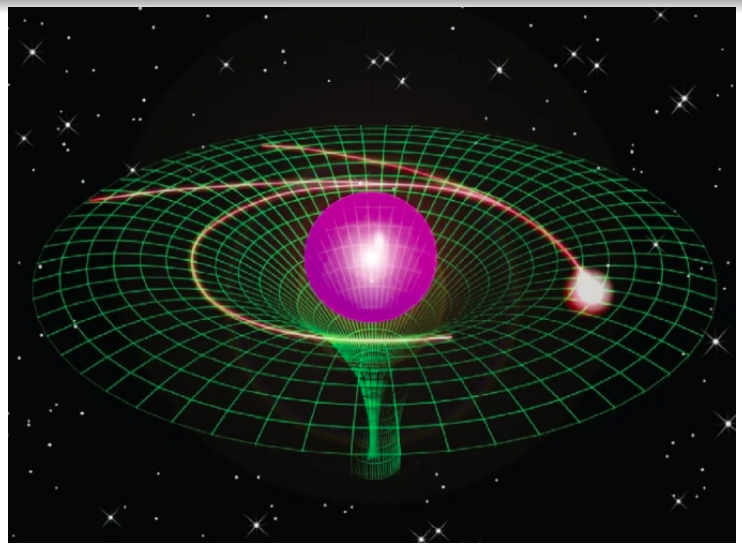
- اگر سرعت را باز هم افزایش دهیم، جسم برای همیشه زمین را ترک کرده و به فضای بسیار دور می رود. سرعت لازم برای رسیدن به این حد را سرعت فرار (گریز) می نامند. سرعت گریز برای سیاره زمین در حدود ۱۱٫۲ کیلومتر بر ثانیه است. برای مشتری سرعت گریز در حدود ۶۰ کیلومتر بر ثانیه و برای خورشید در حدود ۶۱۷ کیلومتر بر ثانیه است.
- نگاهی دیگر به سرعت گریز: اگر جسمی را در فاصله بسیار دور از زمین رها کنیم، این جسم تحت تاثیر جاذبه زمین قرار گرفته و اندک اندک به سمت زمین حرکت می کند. تحت تاثیر جاذبه زمین، سرعت جسم نیز بیشتر و بیشتر شده و وقتی به زمین می رسد سرعت آن برابر با سرعت گریز زمین (۱۱٫۲ کیلومتر بر ثانیه) است.
- اگر سرعت را باز هم افزایش دهیم، جسم حتی در بینهایت نیز سرعت خواهد داشت. مسیر حرکت چنین جسمی یک "هذلولی" است.

مقاطع مخروطی و مسیر حرکت اجرام در منظومه شمسی

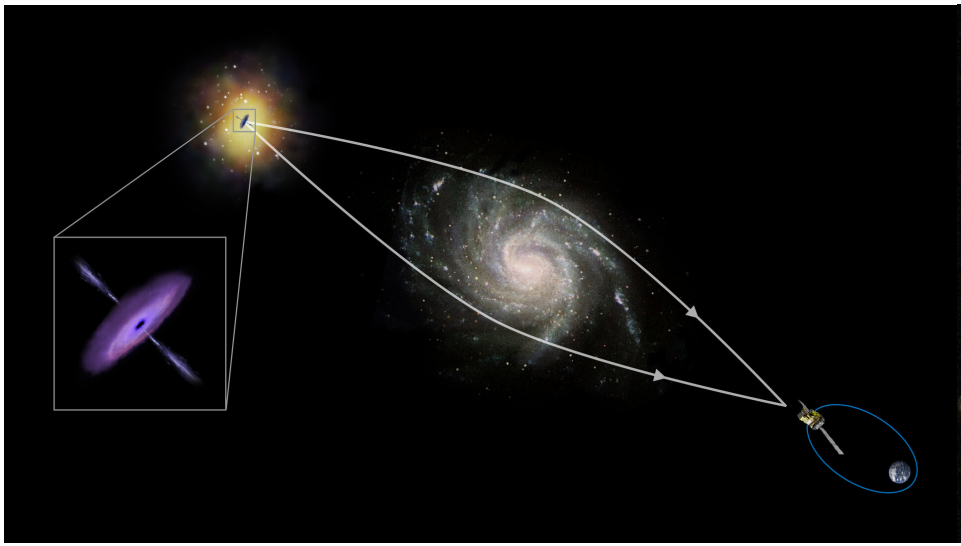


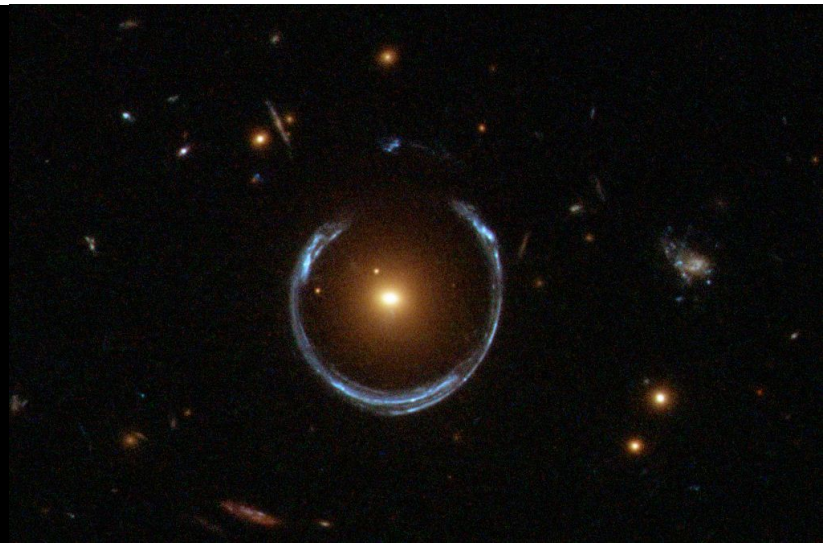


گرانش حتی مسیر حرکت نور را نیز تغییر می دهد!



- نور جرم ندارد ولی گرانش می تواند حتی بر مسیر حرکت نور هم تاثیر بگذارد. دلیل این پدیده این است که بنا به نظریه نسبیت اینشتین، هر جرمی فضای اطراف خود را خمیده می کند. بنابراین، نور تحت تاثیر خمیدگی فضا قرار گرفته و تغییر مسیر می دهد.
- این پدیده را بعدا با نام "عدسی های گرانشی" بیشتر بررسی خواهیم کرد.





بی وزنی!

- درباره مفهوم بی وزنی تحقیق کنید.

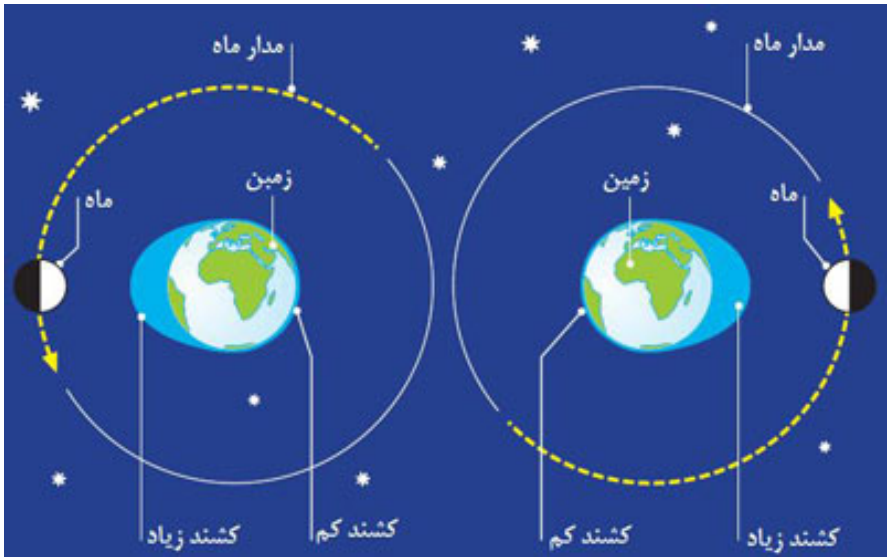
نکات مهم این درس

انتظار این است که در انتهای این درس شما بتوانید مفاهیم اصلی گرانش را بیان کنید. همچنین، انتظار می رود که بتوانید پرسش های زیر را پاسخ گویید:

۱. چهار نیروی بنیادی طبیعت را نام ببرید.
۲. نیروی گرانش چیست؟
۳. نیروی گرانش جاذبه است و یا دافعه؟
۴. جسمی را به سمت بالا پرتاب می کنیم. حرکت جسم را توصیف کنید. چه چیزی باعث تغییر سرعت جسم در این حرکت می شود؟
۵. چه کسانی اولین بار جاذبه را اندازه گیری کردند؟ تحقیق کنید که از چه روش هایی برای اندازه گیری جاذبه استفاده شده است.
۶. جرم چیست؟ نیروی گرانش بین دو جسم چطور به جرم آن دو جسم ربط دارد؟
۷. نیروی گرانش بین دو جسم چطور به فاصله آن دو جسم ربط دارد؟
۸. با ذکر یک مثال توضیح دهید که چگونه اجسام با جرم بیشتر مقاومت بیشتری در برابر تغییر حرکت از خود نشان می دهند.
۹. نیروی گرانش وارده از طرف سیب به زمین برابر نیروی وارده از طرف زمین به سیب است. در این صورت، توضیح دهید که چرا سیب به سمت زمین حرکت می کند ولی زمین به سمت سیب حرکت نمی کند.
۱۰. توضیح دهید که مسیر حرکت اجسام تحت تاثیر نیروی گرانش می تواند به چه شکل هایی باشد.
۱۱. منظور از مقطع مخروطی چیست؟
۱۲. آیا نور نیز تحت تاثیر گرانش قرار می گیرد؟

اگر درباره هرکدام از مفاهیم یاد شده بالا مشکلی احساس می کنید، می توانید درس را یک بار دیگر مرور کنید.

مبحث بعدی: جزر و مد



- برهمکنش گرانشی زمین با خورشید، زمین را در مدار خورشید نگه می دارد. به همین ترتیب، برهمکنش گرانشی زمین با ماه، ماه را در مدار زمین نگه می دارد. ولی گرانش اثرات دیگری نیز دارد.
- در جلسه بعد می آموزیم که نیروی گرانش ماه و خورشید چطور باعث بالا آمدن سطح آب دریاها (جزر و مد) می شود.

منابع درس

1. PBS Crash Course Astronomy by Phil Plait, available on YouTube and PBS website

۱. نجوم به زبان ساده، مایر دگانی، ویراست سوم، ترجمه محمدرضا خواجه پور، انتشارات گیتاشناسی، ۱۳۹۳
۲. اساس ستاره شناسی، مایکل سیدز، جلدهای ۱ و ۲، ترجمه اشرفی و صالحی، ویراسته خواجوی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۱۳۹۰

با سپاس از توجه شما،
لطفا ما را در شبکه های
اجتماعی دنبال کنید.