



دین دین ره لیک علمی بین المللی پایا

پیش آزمون مقدماتی

پایه یک نهم لیگ علوم پایه

از دیر باز دست کم از زمان یونانیان، همواره دو مسئله مورد توجه بود:



تمایل اجسام به سقوط به طرف زمین هنگام رها شدن.

حرکات سیارات، از جمله خورشید و ماه که در آن زمان سیاره محسوب می شدند.

International Scientific League of PAYA2017

بزرگترین رقابت علمی گروهی کشور و پنجمین دوره مسابقات دانش آموزی جهان اسلام در ایران

از پایه ششم ابتدایی تا دهم رشته های علوم پایه، علوم ریاضی، علوم تجربی، علوم انسانی، علوم کامپیوتر - برنامه نویسی و پژوهشی

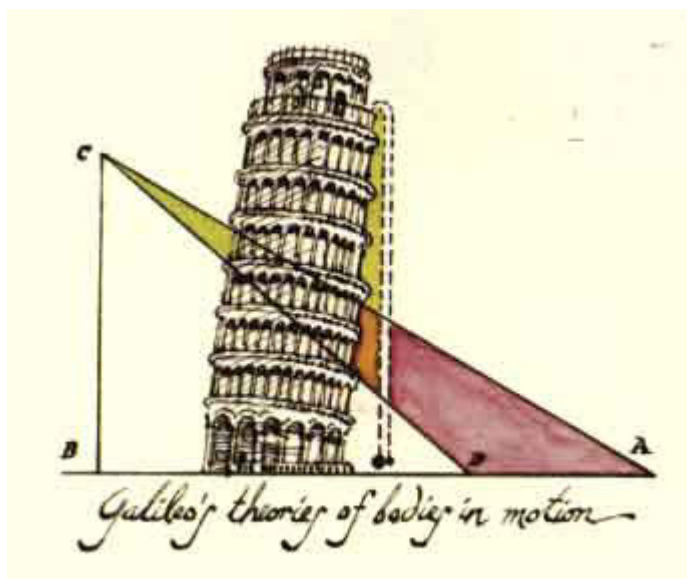
تلفن: ۰۰۹۲۲۸۴-۶۶۱۲۸۰۳۵-۶۶۱۲۸۰۳۱-۶۶۱۲۸۰۳۱

www.Payaleague.ir

[Telegram.me/payaleague](https://t.me/payaleague)

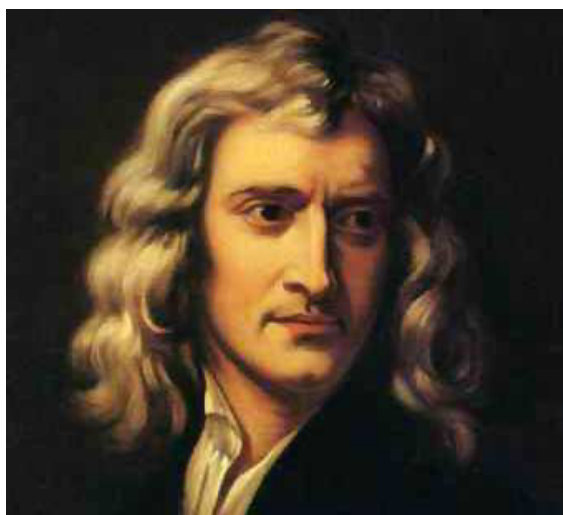


وزارت آموزش عالی، علم و فناوری
مرکز تحقیقات و پژوهش های آموزشی
موسسه خدمات علمی آموزشی
وزارت معارف و اوقاف و صنایع مستظرفه
مرکز دانش پژوهان فردا



تئوری گالیله در باره سقوط اجسام به طرف زمین هنگام رها شدن

در گذشته این دو موضوع را جدا از هم می‌دانستند. یکی از دستاوردهای بزرگ جناب آقای اسحاق نیوتن این بود که نتیجه گرفت: این دو موضوع در واقع امر واحدی هستند و از قوانین یکسانی پیروی می‌کنند. در سال ۱۶۶۵، پس از تعطیلی مدرسه بخاطر شیوع طاعون، نیوتن که در آن زمان ۲۳ سال داشت، از کمبریج به لینکلن شایر رفت. او در حدود پنجاه سال بعد نوشت:



اسحاق نیوتن

... در همان سال (۱۶۶۵) این فکر به نظرم آمد که نیروی لازم برای نگه داشتن ماه در مدارش و نیروی گرانش در سطح زمین با تقریب خوبی باهم مشابهند. و ویلیام استوکی، یکی از دوستان جوان اسحاق نیوتن می‌نویسد، وقتی با اسحاق نیوتن زیر درختان سیب یک باغ مشغول صرف چای بوده است اسحاق نیوتن به او گفته که ایده گرانش در یک چنین جایی به ذهنش خطور کرده است. استوکس می‌نویسد: «او در حالی که نشسته و در فکر فرو رفته بود، سقوط یک سیب

توجهش را جلب می‌کند و به مفهوم گرانش پی می‌برد. پس از آن به تدریج خاصیت گرانش را در مورد حرکت زمین و اجسام سماوی بکار می‌برد و ... «البته باید گفت: اینکه سیب مذکور به سر اسحاق نیوتن خورده است یا خیر معلوم نیست!



اسحاق نیوتن تا سال ۱۶۷۸، یعنی تقریباً تا ۲۲ سال پس از درک مفهوم اساسی گرانش نتایج محاسبات خود را بطور کامل منتشر نکرد. در این سال دستاوردهایش را در کتاب مشهور اصول که از آثار بزرگ اوست منتشر کرد. از دلایلی که باعث می‌شد او نتایج خود را انتشار ندهد، می‌توان به دو دلیل اشاره کرد: یکی شعاع زمین، که برای انجام محاسبات لازم بود و اسحاق نیوتن آن را نمی‌دانست و دیگری، اسحاق نیوتن بطور کلی از انتشار نتایج کار خود ابا داشت. زیرا مردی کمرو و درونگرا بود و از بحث و جدل نفرت داشت.



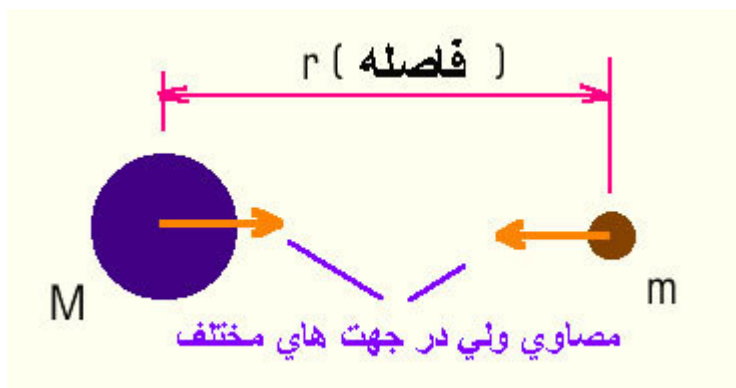
کتاب مشهور اصول، اسحاق نیوتن

راسل در مورد او می‌گوید: «اگر او با مخالفت‌هایی که گالیله با آنها مواجه بود روبرو می‌شد، شاید هرگز حتی یک سطر هم منتشر نمی‌کرد. در واقع، ادموند هالی (که ستاره دنباله دار هالی به نام اوست) باعث شد اسحاق نیوتن کتاب اصول را منتشر کند. اسحاق نیوتن در کتاب اصول از حد مسائل سیب - زمین فراتر می‌رود و قانون گرانش خود را به تمام اجسام تعمیم می‌دهد.

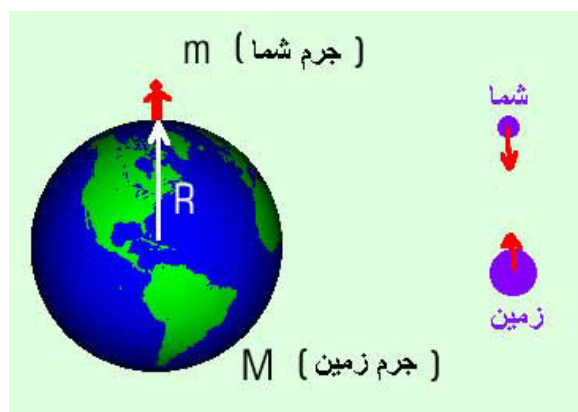
گرانش

گرانش را می‌توان در سه قلمرو مطالعه کرد:

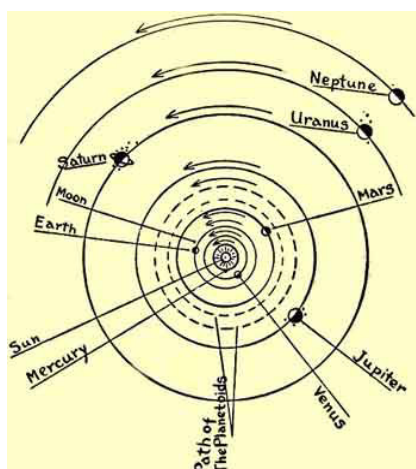
جاذبه بین دو جسم مانند دو سنگ و یا هر دو شیئی دیگر. اگر چه نیروی بین اجسام به روشهای دقیق قابل اندازه گیری است، ولی بسیار ضعیفتر از آن است که ما با حواس معمولی خود آنرا درک کنیم.



جاذبه زمین بر ما و اجسام اطراف ما که یک عامل تعیین کننده در زندگی ماست و فقط با اقدامات فوق العاده می‌توانیم از آن رهایی پیدا کنیم. مانند پرتاب سفینه‌های فضایی که باید از قید جاذبه زمین رها شوند.



در مقیاس کیهانی یعنی در قلمرو منظومه شمسی و برهمکنش سیاره‌ها و ستاره‌ها، گرانش نیروی غالب است.

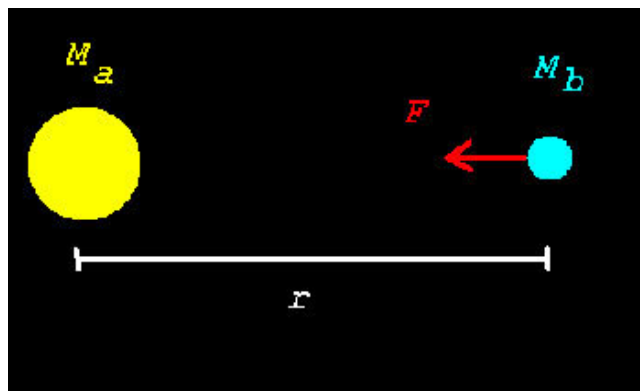


اسحاق نیوتن توانست حرکت سیارات در منظومه شمسی و حرکت در حال سقوط در نزدیکی سطح زمین را با یک مفهوم بیان کند. به این ترتیب مکانیک زمینی و مکانیک سماوی را که قبلاً از هم جدا بودند در یک نظریه واحد باهم بیان کند.

قانون گرانش جهانی

نیرویی که دو ذره به جرمهای m_1 و m_2 و به فاصله r از هم به یکدیگر وارد می‌کنند، نیروی جاذبه‌ای است که در امتداد خط واصل دو ذره اثر می‌کند و بزرگی آن برابر است با:

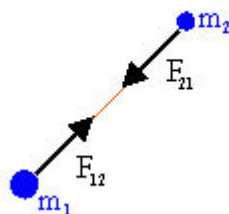
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$



$$F = G \frac{M_a M_b}{r^2}$$

G یک ثابت جهانی است و مقدار آن برای تمام زوج ذرات یکسان است. این قانون گرانش جهانی اسحاق نیوتن است. برای اینکه این قانون را خوب درک کنیم بعضی خصوصیات آن را یادآور می‌شویم:

نیروهای گرانش میان دو ذره، زوج نیروهای کنش - واکنش (عمل و عکس العمل) هستند. ذره اول نیرویی به ذره دوم وارد می‌کند که جهت آن به طرف ذره اول (جاذبه) و در امتداد خطی است که دو ذره را به هم وصل می‌کند. به همین ترتیب ذره دوم نیز نیرویی به ذره اول وارد می‌کند که جهت آن به طرف ذره دوم (جاذبه) و در امتداد خط واصل دو ذره است. بزرگی این نیروها مساوی ولی جهت آنها خلاف یکدیگر است.



ثابت جهانی G را نباید با g که شتاب ناشی از جاذبه گرانشی زمین روی یک جسم است اشتباه کرد. ثابت G دارای بعد $2MT^2/L$ و یک کمیت نرده‌ای است (عددثابتی است)، در حالی که g با بعد L/T^2 یک کمیت برداری است، که نه جهانی است و نه ثابت (در نقاط مختلف زمین بسته به فاصله تا مرکز زمین تغییر می‌کند).

$$11-G = 6.67 \times 10^{-11}$$

نیروی گرانش بزرگی که زمین به تمام اجسام نزدیک به سطحش وارد می‌کند، ناشی از جرم فوق العاده زیاد آن است. در واقع جرم زمین را می‌توان با استفاده از قانون گرانش جهانی اسحاق نیوتن و مقدار محاسبه شده G در آزمایش کاوندیش تعیین کرد. به همین دلیل کاوندیش را نخستین کسی می‌دانند که زمین را وزن کرده است! جرم زمین را M_e و جرم جسمی واقع بر سطح آنرا m می‌گیریم. داریم:

$$F = mg \quad \& \quad \frac{G M_e m}{R_e^2} = F$$

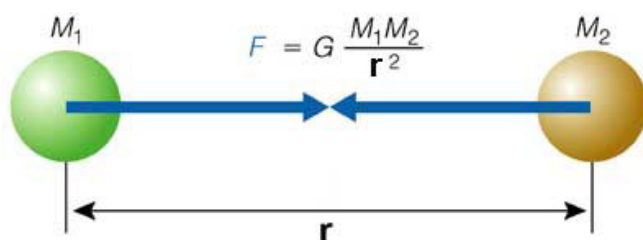
$$G \frac{M_e}{R_e^2} g = Me \quad \leftarrow \quad \frac{R_e}{mg} = G M_e$$

که R_e شعاع زمین یا همان فاصله دو جسم از یکدیگر است. زیرا جرم زمین را در مرکز آن فرض می‌کنیم.

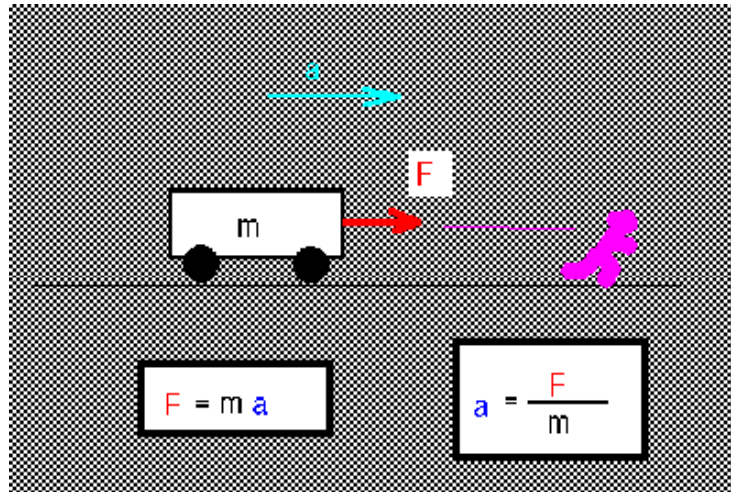
گرانش و لختی

نیروی گرانش وارد بر هر جسم، همانطور که در معادله زیر مشخص است با جرم متناسب است :

$$\frac{F}{m} = Gm$$



به دلیل وجود این تناسب میان نیروی گرانش و جرم است که ما معمولاً نظریه گرانش را شاخه‌ای از مکانیک می‌دانیم، در حالی که نظریه مربوط به دیگر نیروها (الکترومغناطیسی، هسته‌ای و ...) را جداگانه بررسی می‌کنیم. یک نتیجه مهم این تناسب آن است که ما می‌توانیم جرم را با اندازه‌گیری نیروی گرانشی وارد بر آن (وزن آن) تعیین کنیم. برای اینکار از یک نیرو سنج استفاده می‌کنیم، یا نیروی گرانشی وارد بر یک جرم را با نیروی گرانشی وارد بر جرم استاندارد (مثلاً وزنه یک کیلو گرمی)، به کمک ترازو مقایسه می‌کنیم. به عبارت دیگر برای تعیین جرم جسمی، آنرا وزن می‌کنیم. اگر بخواهیم جسم ساکنی را روی یک سطح افقی بدون اصطکاک به جلو برانیم، متوجه می‌شویم که برای حرکت دادن آن نیرو لازم است، زیرا جسم لخت است و می‌خواهد در حال سکون باقی بماند. یا اگر در حال حرکت است، می‌کوشد این حالت را حفظ کند، در این حالت گرانش وجود ندارد. در فضا (دور از زمین) نیز همین نیرو برای شتاب دادن به یک جسم لازم است. این جرم است که ایجاب می‌کند که برای تغییر دادن حرکت جسم، نیرو بکار رود. همین جرم است که در دینامیک در رابطه $F = ma$ ظاهر می‌شود.



اما وضع دیگری نیز وجود دارد که در آن هم جرم جسم ظاهر می‌شود.

به عنوان مثال برای نگه داشتن جسمی در ارتفاعی بالا تر از سطح زمین ، نیرو لازم است. اگر ما جسم را نگه نداریم با حرکت شتابدار به زمین سقوط می‌کند. نیروی لازم برای نگه داشتن جسم در هوا از نظر بزرگی با نیروی جاذبه گرانشی میان جسم و زمین برابر است. در اینجا لختی هیچ نقشی ندارد، بلکه خاصیت جذب شدن اجسام توسط اجسام دیگری چون زمین مهم است.

تغییرات شتاب گرانشی (g) همانطور که گفتیم ثابت نیست و از نقطه‌ای به نقطه دیگر زمین ، بسته به فاصله آن نقطه از مرکز زمین تغییر می‌کند(در نقاط نزدیک سطح زمین می‌توان آنرا ثابت فرض کرد که شما هم در حل مسائل همین کار را انجام می‌دهید و آن را ۹.۸ یا ۱۰ متر بر مجذور ثانیه فرض می‌کنید).

اما موضوع دیگری بجز فاصله تا مرکز زمین ، نیز وجود دارد که بر g تأثیر می‌گذارد و آن دوران زمین است. اگر جسمی در استوا به یک نیرو سنج آویخته شده باشد، نیروهای وارد بر جسم عبارتند از: کشش رو به بالای نیروسنج ، w ، که همان وزن ظاهری جسم است و کشش رو به پایین جاذبه گرانشی زمین که با رابطه: $\frac{2r}{F} = GmMe$ بیان می‌شود. این جسم در حال تعادل نیست زیرا ضمن دوران با زمین تحت تأثیر شتاب جانب مرکز aR قرار دارد. بنا براین باید نیروی جانب مرکز برآیندی به طرف مرکز زمین به جسم وارد شود. در نتیجه F ، نیروی جاذبه گرانشی (وزن واقعی جسم) باید از WW ، نیروی کشش رو به بالای نیروسنج (وزن ظاهری جسم) بیشتر باشد. بنابراین: (در استوا)

$$F - w = maR \quad \text{آنگاه} \quad mg = maR - \frac{2GMm}{Re}$$

بنابراین:

$$F = ma \quad (\text{نیروی برآیند})$$

پس:

$$aR - \frac{2Re}{g} = GMe$$

از آنجایی که:

$$\frac{2T}{Re} \frac{2\pi}{\pi} = \frac{2(\pi/T)}{Re} = \frac{2Re\omega}{Re} = aR$$

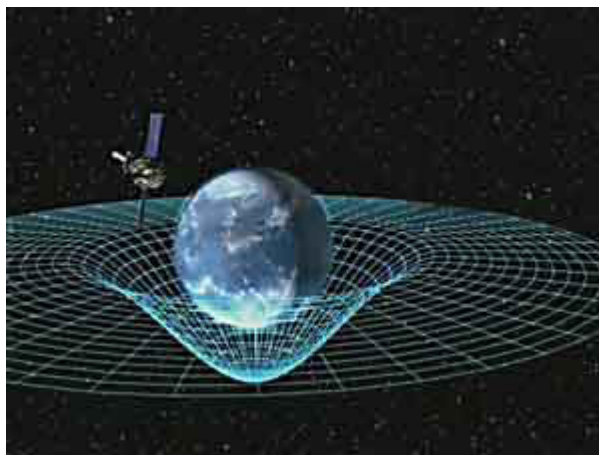
ω سرعت زاویه‌ای دوران زمین، T دوره تناوب و R_e شعاع زمین و در قطبها از آنجایی که شعاع دوران صفر است بنابراین:

$a_R = 0$ است، پس داریم:

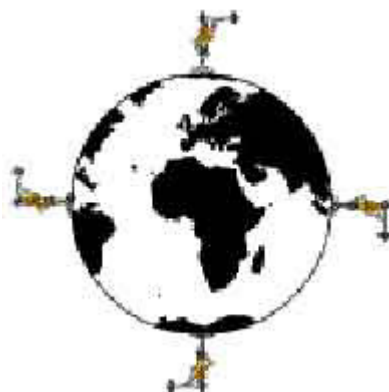
$$2R_e/g = GMe$$

که همان نتیجه قبلی است.

میدان گرانش



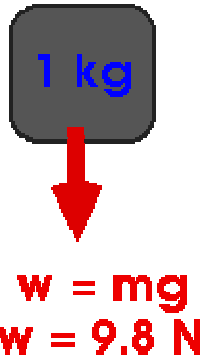
یک حقیقت اساسی درباره گرانش این است که دو جرم بر یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. اگر بخواهیم می‌توانیم این موضوع را بصورت تأثیر کنش مستقیم میان دو ذره در نظر بگیریم. این دیدگاه را کنش از راه دور می‌نامند. یعنی ذرات از راه دور و بدون اینکه باهم تماس داشته باشند روی هم اثر می‌گذارند. دیدگاه دیگر استفاده از مفهوم میدان است، که بنا به آن یک ذره جرم دار فضای اطرافش را طوری تغییر می‌دهد که در آن میدان گرانشی ایجاد می‌کند. این میدان بر هر ذره جرم داری که در آن قرار گیرد یک نیروی جاذبه گرانشی وارد می‌کند. بنابراین در تصور ما از نیروهای میان ذرات جرم دار، میدان نقش واسطه ایفا می‌کند.



در مثال جرم زمین، اگر جسمی را در مجاورت زمین قرار دهیم، نیرویی بر آن وارد می‌شود، این نیرو در هر نقطه از فضای اطراف زمین دارای جهت و بزرگی مشخصی است. جهت این نیرو که در راستای شعاع زمین است، به طرف مرکز زمین و بزرگی آن برابر mg بنابراین در هر نقطه در نزدیکی زمین می‌توان یک بردار g وابسته کرد. بردار g شتابی است که جسم

رها شده در هر نقطه بدست می‌آورد و آنرا شدت میدان گرانش در آن نقطه می‌نامند. چون $g = F/m$ شدت میدان گرانش در هر نقطه را می‌توان بصورت نیروی گرانشی وارد بر یکای جرم در آن نقطه تعریف کنیم.

وزن و جرم



وزن جسمی روی زمین 10^0 اسحاق نیوتن است. اگر این جسم را به فضا برده و بخواهیم به آن شتاب یک متر بر مجذور ثانیه بدهیم، چند اسحاق نیوتن نیرو باید وارد کنیم؟

۱. یک؟

۲. ده؟

۳. صفر؟

۴. در فضا نمی‌توان به جسمی شتاب داد!

وزن هر جسم عبارت است از نیروی جاذبه‌ای که زمین به آن وارد می‌کند. وزن چون از نوع نیروست، کمیتی است برداری. جهت این بردار همان جهت نیروی گرانشی، یعنی به طرف مرکز زمین است. بزرگی وزن بر حسب یکای نیرو یعنی اسحاق نیوتن بیان می‌شود. وقتی جسمی به جرم m آزادانه در خلا سقوط می‌کند، شتاب آن برابر شتاب گرانش g و نیروی وارد بر آن W برابر وزن خودش است. اگر از قانون دوم نیوتن ($F = ma$)، برای جسمی که آزادانه سقوط می‌کند استفاده کنیم خواهیم داشت: $mg = W$ که g بردارهایی هستند که جهتشان متوجه مرکز زمین است. برای اینکه از سقوط جسمی جلوگیری کنیم باید نیرویی که بزرگی آن برابر بزرگی W و جهت آن به طرف بالاست به آن وارد کنیم، به گونه‌ای که برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر شود. وقتی جسمی از فنری آویزان است و به حال تعادل قرار دارد، کشش فنر این نیرو را تأمین می‌کند.

گفتیم وزن هر جسم، یعنی نیرویی که زمین به طرف پایین بر جسم وارد می‌کند، یک کمیت برداری است، جرم جسم یک کمیت نرده ای است. رابطه میان وزن و جرم بصورت $w = mg$ است. چون g از یک نقطه زمین به نقطه دیگر آن تغییر می‌کند، w یعنی وزن جسمی به جرم m در مکانهای مختلف متفاوت است. بنابراین یک کیلو گرم جرم در محلی که g برابر 9.8 متر بر مجذور ثانیه است، 9.8 اسحاق نیوتن ($w = 1 \times 9.8 = 9.8$) و در محلی که g برابر 9.78 متر بر مجذور ثانیه است، 9.788 اسحاق نیوتن وزن دارد. در نتیجه بر خلاف جرم که خاصیت ذاتی جسم است (و همیشه ثابت)، وزن یک جسم به محل آن نسبت به مرکز زمین بستگی دارد. در نقاط مختلف روی زمین ترازوهای فنری (نیرو سنجها)، مقادیر

متفاوت و ترازوهای شاهین دار ، مقادیر یکسانی را نشان می دهند (زیرا نیرو سنج وزن را نشان می دهد، ولی ترازوی شاهین دار جرم را).

در نواحی از فضا که نیروی گرانش (نیرویی که از طرف زمین بر اجسام وارد می شود) وجود ندارد، وزن یک جسم صفر است. در حالی که اثرهای لختی و در نتیجه جرم جسم نسبت به مقدار آن در روی زمین بدون تغییر می ماند. در یک سفینه فضایی بلند کردن یک قطعه سربی بزرگ کار ساده ای است ($W = 0$)، ولی اگر فضا نورد به این قطعه لگدبزند همچنان به پایش ضربه وارد می شود (زیرا m مخالف صفر است). برای شتاب دادن به یک جسم در فضا، همان اندازه نیرو لازم است که برای شتاب دادن آن در امتداد یک سطح افقی بدون اصطکاک در روی زمین ، زیرا جرم جسم همه جا یکسان است. اما برای نگه داشتن یک جسم در سطح زمین ، نیروی بسیار بیشتری از نیروی لازم برای نگه داشتن آن در فضا مورد نیاز است، زیرا در فضا وزن صفر است ولی در روی زمین چنین نیست.