

نیروهایی که با آن سر و کار داریم.

برای بدست آوردن وضعیت حرکت یک جسم اولین گام شناختن نیروهایی است که به آن جسم وارد می‌شود. اگر در همان گام اول دچار اشتباه شویم، مثل این است که مسئله دیگری را حل کرده باشیم و از مسئله اول دور می‌افتیم. در این بخش با نیروهای مهمی که در مسائل دینامیک معمولاً وارد می‌شوند آشنا می‌شویم و در مورد هر کدام سعی می‌کنیم ماهیت، اندازه و منشأ آنها را شرح دهیم.

نیروی وزن:

واضح است که نیروی وزن جزء نیروهای گرانشی از دسته‌بندی اصلی نیروها قرار می‌گیرد که در فصل مربوط به آن توضیح داده شد.

وزن هر جسم در روی زمین نیروی گرانشی است که زمین بر آن جسم وارد می‌کند. جهت این نیرو در جهت نیروی گرانشی یعنی به طرف مرکز زمین است. برای بدست آوردن مقدار نیروی وزن یک جسم، باید رابطه مربوط به نیروی گرانشی بین دو جسم را بدانیم، که در اینجا یک جسم، زمین با جرم $M = 5/98 \times 10^{24} \text{ kg}$ و دیگری جسمی با جرم مفروض m است.

بر طبق قانون گرانش عمومی نیوتن، دو جسم به جرمهای m, M که در فاصله r از یکدیگر قرار گرفته‌اند به هم نیروی جاذبه گرانشی با رابطه زیر وارد می‌کنند

$$F = \frac{G Mm}{r^2}$$

که $G = 6/67 \times 10^{-11} \frac{m^3}{s^2 kg}$ ثابت گرانش جهانی است. اگر زمین را یک کره متقارن به شعاع R در

نظر بگیریم، نیروی گرانشی که زمین به جسمی به جرم m که روی سطح آن قرار دارد وارد می‌کند برابر

$$F = \frac{G Mm}{R^2} \quad \text{است با:}$$

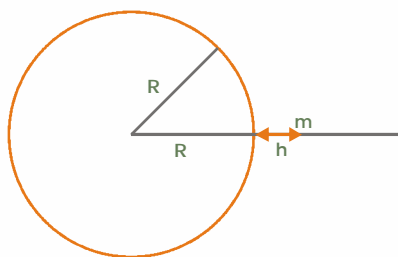
که این نیرو همان نیروی وزن جسم است که آن را با $W = mg$ می‌شناسیم، از مقایسه این دو

عبارت با هم در می‌یابیم که

$$g = \frac{GM}{R^2} = \frac{(6/67 \times 10^{-11}) \times (5/98 \times 10^{24})}{(6400 \times 10^3)^2} \approx 9/8 \frac{m}{s^2}$$

حال فرض کنید همین جسم به اندازه ارتفاع h از سطح زمین بالاتر رفته باشد، در این صورت

نیروی وزن خواهد بود:



$$W = mg' = \frac{GMm}{(R+h)^2}$$

از رابطه فوق ملاحظه می‌شود که مقدار g به ارتفاع جسم از سطح زمین بستگی دارد و هر چه

جسم از سطح زمین بالاتر برود مقدار شتاب جاذبه گرانش و نیروی وزن کمتر خواهد شد بطوریکه در

فواصل بسیار دور از سطح زمین عملاً حالت بی‌وزنی وجود دارد، اما نزدیک به سطح زمین چطور؟

همانطور که در رابطه بالا دیده می‌شود در مخرج کسر عبارت $(R+h)^2$ قرار دارد که مقدار R شعاع

زمین عدد بسیار بزرگی است، از این رو در ارتفاعهای کم از سطح زمین مقدار h در برابر R قابل

چشمپوشی است و به همین دلیل شتاب گرانش زمین را در این گونه مسائل مقدار ثابت $g = 9/8 \frac{m}{s^2}$

در نظر می‌گیریم.

حالا برای جسمی که داخل زمین است اوضاع چگونه است؟ یعنی این جسم چه وزنی را احساس

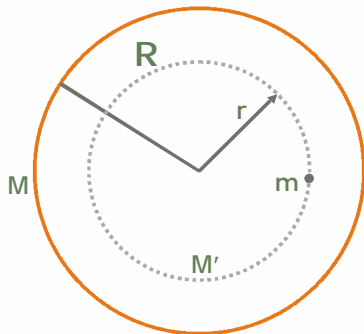
می‌کند؟ اگر جسمی داخل زمین و به شعاع r ($r < R$) از مرکز زمین باشد، نیروی گرانشی که به آن وارد

می‌شود حاصل از کره‌ای به شعاع r از زمین است که گویی در مرکز زمین قرار گرفته است: اگر M جرم

زمین باشد و چگالی زمین را یکنواخت در نظر بگیریم، جرم این کره جدید M' خواهد بود:

$$M' = \frac{r^3}{R^3} M$$

پس نیرویی که به جسم وارد می‌کند می‌شود



$$F_G = \frac{G M' m}{r^2} = \frac{G \left(\frac{r^3}{R^3} M \right) m}{r^2} = \frac{G r M m}{R^3}$$

یعنی هر چه جسم به مرکز زمین نزدیکتر می‌شود، نیروی وزن کمتری احساس می‌کند بطوریکه در مرکز

زمین حالت بی‌وزنی دارد.