

به نام خداوند جان و خرد

جزوه فصل ۲ فیزیک ۳ (دینامیک)

نیرو ($\vec{F}$): کمیتی برداری است که حاصل بر هم کنش یا اثر متقابل دو جسم بر یکدیگر است.

قوانین حرکت نیوتن

قانون اول نیوتن: یک جسم تا زمانی که بر روی خط راست با سرعت ثابت یا سکون به حرکت خود ادامه می‌دهد که نیروی خالص غیر صفر (نیروهای خارجی) بر آن وارد شود. در این حالت می‌گوییم برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر است.

لختی: هر جسم میل دارد وضعیت حرکت خود را در غیاب نیروهای خارجی حفظ کند، بنابراین در مقابل تغییر وضعیت حرکت، از خود مقاومت نشان می‌دهد که به این مقاومت جسم، **لختی** می‌گوییم.

قانون دوم نیوتن: هرگاه بر جسم نیروی خالص وارد شود، جسم تحت تأثیر آن نیرو شتاب می‌گیرد که این شتاب با نیروی خالص وارد بر جسم نسبت مستقیم دارد و در همان جهت نیروی خالص وارد بر جسم است و با جرم جسم نسبت وارون دارد.

$$\vec{F}_{\text{net}} \Rightarrow \vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a}$$

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{\text{net}}}{m}$$

قانون سوم نیوتن: هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی هم‌اندازه، هم راستا اما در خلاف جهت آن وارد می‌کند. نیروهای **کنش و واکنش** اثر متقابل دو جسم بر یکدیگر هستند، بنابراین نمی‌توانند یکدیگر را خنثی کنند. این دو نیرو الزاماً از یک نوع هستند.

معرفی برخی از نیروهای خاص (وزن، مقاومت شاره، نیروی اصطکاک و نیروی سطح)

وزن: وزن هر جسم، نیروی گرانشی می باشد که از طرف زمین بر جسم وارد می شود. وزن از رابطه $W = mg$ به دست می آید. جرم یک جسم در مکان های مختلف ثابت است، اما وزن جسم با تغییر g ، تغییر می کند.

نیروی مقاومت شاره: وقتی جسمی در یک شاره (مایع یا گاز) قرار دارد و نسبت به آن حرکت می کند، از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم، به آن وارد می شود که به آن نیروی مقاومت شاره می گویند و آن را با $\vec{F}_D$ نشان می دهند.

(۱) هرچه تندی جسم بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره بیشتر است.

(۲) هرچه ابعاد جسم، یا مساحت جلوی جسم بزرگ تر باشد، نیروی مقاومت شاره بیشتر است.

(۳) اگر جسم حجمی را از ارتفاع نسبتاً زیاد رها کنیم، با افزایش تدریجی تندی، مقاومت هوا نیز به تدریج زیاد می شود (از شتاب سقوط می کاهد) تا جایی که نیروی مقاومت هوا با نیروی وزن جسم هم اندازه شود. از این لحظه به بعد، برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر شده و جسم با تندی ثابتی معروف به تندی حدی به حرکت رو به پایین ادامه خواهد داد.

نیروی عمودی سطح: به نیرویی که عمود بر سطح تماس از طرف سطح به جسم وارد می شود و جهت آن به سمت خارج سطح تماس است، نیروی عمودی سطح یا تکیه گاه می گویند. نیروی عمودی سطح ناشی از تغییر شکل سطح تماس دو جسم است و این تغییر شکل مربوط به نیروهای بین مولکولی است.

نیروی اصطکاک: وقتی تلاش می کنیم جسمی را روی سطحی به حرکت درآوریم، چه جسم حرکت کند و چه ساکن بماند، با مقاومتی روبه رو می شویم که به آن نیروی اصطکاک می گویند و به دو صورت اصطکاک ایستایی (برای جسم ساکن) و اصطکاک جنبشی (برای جسم متحرک) می باشد.

به جسم ساکن نیروی اصطکاک ایستایی (f_s) و به جسم در آستانه حرکت نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه با اندازه $f_{s,max} = \mu_s F_N$ و به جسم متحرک نیروی اصطکاک جنبشی با اندازه $f_k = \mu_k F_N$ موازی با سطح و در خلاف جهت لغزش جسم، وارد می شود. μ_s ضریب اصطکاک ایستایی و μ_k ضریب اصطکاک جنبشی و (F_N) نیروی عمودی سطح است.

یک سطح بر جسمی که با آن در تماس است، می‌تواند دو نیروی عمودی سطح (F_N) و نیروی موازی سطح (اصطکاک $\vec{f}$) در صورت وجود) وارد کند. برآیند این دو نیرو که همواره بر هم عمودند نیروی سطح را تشکیل می‌دهند، که برابر است با:

$$\vec{R} = \vec{F}_N + \vec{f}, R = \sqrt{F_N^2 + f^2}$$

برای تعیین وضعیت حرکت یک جسم ساکن با وارد شدن نیروی $\vec{F}$ به آن، مطابق شکل زیر داریم:

۱- اگر $F < f_{s,max}$ باشد، جسم ساکن است، در نتیجه $f_s = F$ می‌باشد.

۲- اگر $F = f_{s,max}$ باشد، جسم در آستانه‌ی حرکت است.

۳- اگر $F > f_{s,max}$ باشد، جسم شروع به حرکت می‌کند.

معرفی برخی از نیروهای خاص (کشسانی فنر و کشش طناب)

نیروی کشسانی فنر: برای بیشتر فنرها با تقریب قابل قبولی، نیروی کشسانی فنر با اندازه‌ی تغییر طول آن (x) رابطه مستقیم دارد. ضریب k ثابت فنر نام دارد و به اندازه، شکل و ساختار ماده‌ای که فنر از آن ساخته شده است، بستگی دارد.

$$F_e = kx$$

هر چه ثابت فنر بیشتر باشد، شیب نمودار بیشتر و فنر سخت‌تر است.

نیروی کشش طناب: وقتی طنابی متصل به جسمی را می‌کشیم، طناب جسم را با نیرویی می‌کشد که جهت آن از جسم به سمت بیرون و در راستای طناب است. به این نیرو، نیروی کشش طناب می‌گویند و آن را با $\vec{T}$ نشان می‌دهند.

تکانه و قانون دوم نیوتن

تکانه: حاصل ضرب جرم یک جسم در سرعت آن را تکانه می‌گویند. تکانه کمیتی برداری و هم‌جهت با بردار سرعت است.

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

قانون دوم نیوتن با استفاده از تغییرات تکانه: تغییر تکانه یک جسم در واحد زمان برابر نیروی خالصی است که بر جسم وارد می‌شود.

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t} \Rightarrow \vec{F}_{net} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

رابطه بین تکانه (p) و انرژی جنبشی (K) یک جسم به صورت مقابل است:

$$K = \frac{p^2}{2m}$$

مساحت سطح بین نمودار نیرو - زمان و محور زمان در یک بازه‌ی زمانی، برابر «تغییر تکانه» در آن بازه است.

$$S = F\Delta t = \Delta p = p_f - p_i = m(v_f - v_i)$$

نیروی گرانشی

نیروی گرانشی میان دو ذره با حاصل ضرب جرم دو ذره نسبت مستقیم و با مربع فاصله‌ی آن‌ها از یکدیگر نسبت وارون دارد:

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

وزن اجسام روی سطح زمین: وزن یک جسم روی سطح زمین برابر با نیروی گرانشی است که زمین بر جسم وارد می‌کند و از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$W = G \frac{M_e m}{R_e^2}$$

شتاب گرانشی در سطح زمین از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$W = mg \Rightarrow G \frac{M_e m}{R_e^2} = mg. \Rightarrow g = \frac{GM_e}{R_e^2}$$

یک عالمه شگرد مهم و کنکوری!

شگرد ۱: اگر اثر کنش و واکنش بین دو جسم سبب ایجاد شتاب شود، شتاب هر یک از دو جسم با جرم آن‌ها نسبت عکس خواهد داشت.

شگرد ۲: بر اساس قانون اول نیوتن، اگر بر جسم نیروی خالصی وارد نشود، جسم ساکن می‌ماند و یا با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد.

شگرد ۳: در نمودار سرعت-زمان یک متحرک، شیب خط مماس بر نمودار در هر لحظه برابر شتاب متحرک در همان لحظه است.

شگرد ۴: نیروهای کنش و واکنش، هم اندازه، هم راستا ولی در خلاف جهت یکدیگرند. همواره به دو جسم وارد می‌شوند و هم نوع هستند.

شگرد ۵: وقتی جسم ساکن و یا در آستانه حرکت باشد، نیروی خالص وارد بر آن صفر است.

شگرد ۶: افزایش تدریجی تندی جسم در شاره، باعث افزایش تدریجی مقاومت شاره می‌شود.

شگرد ۷: در حرکت با سرعت ثابت برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر است.

شگرد ۸: در حرکت در راستای قائم، وزن جسم و در حرکت روی سطح افقی، نیروی اصطکاک جنبشی موثر است.

شگرد ۹: وقتی فنر کشیده یا متراکم می‌شود، در حالت تعادل نیروی وارد بر فنر برابر نیروی کشسانی آن است.

شگرد ۱۰: مساحت سطح بین نمودار نیرو-زمان و محور زمان برابر تغییر تکانه است.

شگرد ۱۱: شتاب گرانشی در ارتفاع h از سطح زمین برابر است با:

$$g_h = \frac{GM_e}{(h + R_e)^2}$$

