

# بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

آزمایشگاه فیزیک مکانیک

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد خفر

تابستان ۱۳۹۴

## عنوان آزمایش: ماشین آتوود

هدف آزمایش: تحقیق اصول دینامیک در حرکت یک بعدی و تعیین شتاب ماشین آتوود

وسایل آزمایش: دستگاه ماشین آتوود، وزنه‌های مختلف، زمان سنج

تئوری آزمایش:

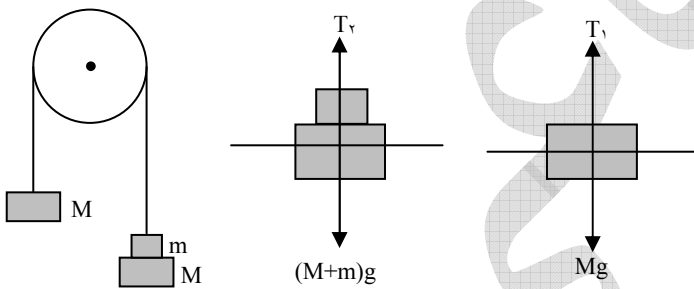
قانون اول نیوتون (قانون لختی یا اصل ماند): جسمی که تحت تاثیر نیروی خارجی نباشد، حالت سکون یا حرکت راست خط یکنواخت خود را حفظ می‌کند.

قانون دوم نیوتون (اصل اساسی دینامیک): هرگاه بر نقطه‌ای مادی به جرم  $m$  نیروی خالص  $\vec{F}$  وارد شود، این نقطه شتابی می‌گیرد که از رابطه‌ی  $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$  به دست می‌آید.

قانون سوم نیوتون (اصل اساسی کنش و واکنش یا عمل و عکس العمل): هرگاه جسم  $A$  به جسم  $B$  نیرویی  $F$  وارد کند در این صورت جسم  $B$  نیز بر جسم  $A$  نیرویی به همان اندازه ( $F$ ) و در جهت مخالف نیروی وارد می‌کند.

ماشین آتوود در یک تعریف ایده‌آل دستگاهی است که از دو جرم نامساوی  $M + m$  و  $M$  که توسط نخ سبک به هم متصل شده و از روی قرقره‌ای بی‌وزن و بدون اصطکاک (که به آسانی حول محورش می‌تواند بچرخد) می‌گذرد، تشکیل شده است.

در شکل زیر ماشین آتوود و نمودار جسم آزاد برای جرم‌های  $M + m$  و  $M$  نخ در دو طرف آن نشان داده شده است. ( $T$  کشش نخ است)



چنانچه دستگاه از حال سکون رها شود، وزنه‌ها با شتاب ثابت در امتداد قائم شروع به حرکت خواهند کرد. با توجه به نمودار جسم آزاد و به کارگیری قانون دوم نیوتون داریم (جهت مثبت به سمت بالا است)

$$M \rightarrow \sum \vec{F} = M\vec{a} \rightarrow \vec{T}_1 - M\vec{g} = M\vec{a}$$

$$M + m \rightarrow \sum \vec{F} = (M + m)\vec{a} \rightarrow \vec{T}_1 - (M + m)\vec{g} = -(M + m)\vec{a}$$

چون قرقره شتاب می‌گیرد (قرقره را به صورت یک دیسک فرض می‌کنیم) برای گشتاوری که به دیسک وارد می‌شود

داریم:

$$\vec{\tau}_r - \vec{\tau}_l = \vec{T}_r R - \vec{T}_l R = \alpha I$$

$I$  گشتاور لختی دیسک و  $M$  جرم دیسک است.

$$I = \frac{MR^2}{2}$$

$\vec{a}$  شتاب مماسی،  $\vec{\alpha}$  شتاب زاویه‌ای و  $R$  شعاع دیسک است.

از ترکیب دو رابطه خواهیم داشت:

$$\vec{a} = \frac{mg}{\frac{M}{2} + 2M + m}$$

بدیهی است که چنانچه وزنه‌ها در طرفین دستگاه یکسان باشد ( $m = 0$ )،  $\vec{a} = 0$  بوده و دستگاه ساکن و یا دارای حرکت یکنواخت خواهد بود. (اصل ماند)

### عنوان آزمایش: اصطکاک

هدف آزمایش: آشنایی با اصطکاک، تعیین ضریب اصطکاک ایستایی

وسایل آزمایش: سطح شیب‌دار، مکعب

تئوری آزمایش:

وقتی روی زمین راه می‌رویم، همواره پاهایمان روی زمین ثابت و بقیه بدن به طرف جلو حرکت می‌کند. اگر کف پای ثابت با زمین اصطکاک نداشته باشد، همان‌طور که هنگام راه رفتن روی زمین یخ بسته اتفاق می‌افتد، راه رفتن میسر نیست.

اصطکاک نیرویی است که به سبب چگونگی سطح تماس دو جسم و اندازه نیرویی که دو جسم را به هم می‌فشارد ایجاد می‌شود و با کشیده شدن آن دو روی یکدیگر مخالفت می‌کند.

ضریب اصطکاک ایستایی ( $\mu_s$ ) / ضریب اصطکاک جنبشی ( $\mu_k$ )

فرض کنید جسمی روی سطح افقی قرار دارد. آن با نیروی افقی متغیری می‌کشیم. ابتدا که نیرو زیاد می‌شود جسم حرکت نمی‌کند. در این حالت نیروی مذکور با نیروی اصطکاک ایستایی که مخالف حرکت است برابر است. بعد از مدتی این نیرو جسم را در آستانه‌ی حرکت قرار می‌دهد. یعنی ضربه‌ای کافی است تا جسم شروع به حرکت کند.

در آستانه‌ی حرکت جسم نیروی اصطکاک بیشینه است و به آن نیروی اصطکاک بیشینه جسم می‌گویند. در این حالت ضریب اصطکاک ایستایی برابر است با:

ضریب اصطکاک ایستایی = نیروی اصطکاک بیشینه تقسیم بر وزن جسم

اگر در آستانه حرکت جسم ضربه‌ای به آن بزنیم جسم از حال سکون شروع به افزایش سرعت می‌کند. ولی چون نیرو با هدف ایجاد حرکت یکنواخت تغییر می‌کند، نیروی محرک رو به کاهش می‌گذارد که در این حالت نیروی ثابت وارد شده به جسم با نیروی اصطکاک جنبشی برابر می‌شود. به عبارتی انتظار داریم ضریب اصطکاک جنبشی کمتر از ضریب اصطکاک ایستایی شود.

ضریب اصطکاک جنبشی = نیروی اصطکاک جنبشی تقسیم بر وزن جسم

**ویژگی‌های ضریب اصطکاک ایستایی  $\mu_s$  و ضریب اصطکاک جنبشی  $\mu_k$ :**

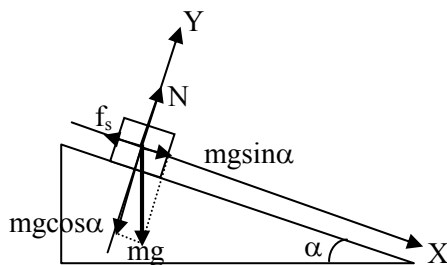
- ۱- همواره ضریب اصطکاک ایستایی  $\mu_s$  و ضریب اصطکاک جنبشی  $\mu_k$  کمتر است.
- ۲- هر دو ضریب اصطکاک به جنس دو سطح، رطوبت و به طور کلی به شرایط محیط بستگی دارند.

**دو اثر عمده اصطکاک:**

- ۱- مقداری از انرژی را به گرما تبدیل می‌کند و باید این گرما از سطح‌هایی که روی هم می‌لغزند خارج شود.
- ۲- قطعه‌هایی که روی هم می‌لغزند ساییده و فرسوده می‌شوند.

**نحوه‌ی آزمایش:**

مکعبی به جرم  $m$  را روی سطح شیب‌دار قرار می‌دهیم. زاویه‌ی سطح شیب‌دار را تغییر می‌دهیم تا جسم در آستانه‌ی حرکت قرار گیرد. اگر نیروهای وارد بر جسم را در راستاهای مختلف بنویسیم خواهیم داشت:



$$F_x = mgsin\alpha - f_s$$

جسم در راستای محور  $Y$  حرکتی ندارد. پس می‌توانیم بنویسیم:

$$F_y = 0 \Rightarrow N - mg\cos\alpha = 0 \Rightarrow N = mg\cos\alpha$$

جسم در راستای محور  $X$  نیز حرکتی ندارد. پس می‌توانیم بنویسیم:

$$F_x = 0 \rightarrow mgsin\alpha - f_s = 0 \Rightarrow f_s = mgsin\alpha$$

$$f_s = \mu_s N = mgsin\alpha$$

$$\mu_s mg\cos\alpha = mgsin\alpha$$

$$\mu_s = \tan\alpha$$

## عنوان آزمایش: قانون هوک

هدف آزمایش: به دست آوردن بزرگی ثابت فنر

وسایل آزمایش: پایه، دو فنر نرم و فنر سخت، وزنه

تئوری آزمایش:

بر طبق قانون هوک  $F = -k\Delta X$  هرگاه فنری در اثر اعمال نیرویی به اندازه‌ی جابه‌جایی  $\Delta X$  کشیده یا متراکم شود، نیروی بازگرداننده‌ای در خلاف جهت حرکت آن وارد می‌شود که تمایل دارد فنر را به حالت تعادل اولیه خود بازگرداند. این نیروی بازگرداننده به ضریب سختی فنر ( $k$ ) بستگی دارد. هر چقدر فنر سخت‌تر باشد ( $k$  بیشتر) این نیرو به مراتب بیشتر خواهد بود.

شرح آزمایش:

در ابتدا یک طرف فنر را به عنوان مبدا به یک پایه آویزان می‌کنیم و طول فنر را به عنوان طول اولیه در نظر می‌گیریم ( $X_1$ ). جرم‌های مختلف ( $M$ ) را به فنر آویزان می‌کنیم و بعد از اینکه فنر به حالت تعادل ثانویه ( $X_2$ ) رسید، طول ثانویه فنر را یادداشت می‌کنیم. در اثر این تغییر جابه‌جایی می‌توان ضریب سختی فنرهای مختلف را به دست آورد.

$$F = k\Delta X = Mg$$

$$k = \frac{Mg}{\Delta X} = \frac{Mg}{X_2 - X_1}$$