آزمایش شماره ٤ : فنر طولی

هدف آزمایش : اندازه گیری ثابت فنر و جرم موثر فنر ، بررسی حرکت نوسانی فنر ، اندازه گیری شتاب ثقل زمین به فنر بررسی فنر ها در حالت سری و موازی .

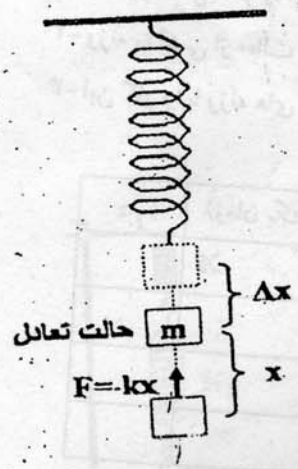
وسایل مورد نیاز : چند نمونه فنر مختلف – وزنه – ترازو – پایه مدرج – کرنومتر .

تئوری آزمایش : وقتی شکل جسم قابل ارتجاعی در اثر نیروی خارجی تغییر کند ، نیرو متناسب با تغییر ابعاد جسم است . تغییری که در جسم ایجاد می شود ممکن است افزایش طول ، کاهش طول ، خمش ، پیچش و... باشد.

یک قانون تجربی که توسط روبرت هوک کشف شد و به همین دلیل نام نیز معروف است بیان می کند مقدار نیرویی که بتواند باعث تغییر شکلی به اندازه Δx در جسم شود ، $F = k\Delta x$ است . در این رابطه ،k مقدار ثابتی است که به خصوصیات فیزیکی جسم بستگی دارد . نیرویی که جسم به عامل تغییر شکل وارد می کند (طبق قانون سوم نیوتن) برابر $F = -k\Delta x$ است. علامت منفی نشان می دهد نیرویی که جسم به عامل تغییر شکل وارد می کند در خلاف جهت تغییر شکل (جابجایی)است . فنرها و اجسام الاستیک ، به شرط آنکه تغییر شکلشان خیلی بزرگ نباشد ، از این قانون پیروی می کنند . اگر جسم جامدی بیش از یک مقدار معین ، که **حد الاستیک** نامیده می ود ، تغییر شکل یابد ، پس از حذف نیرو ، جسم به شکل اولیه اش باز نخواهد گشت . تجربه نشان می دهد قانون هوک تا حد الاستیک برای بسیاری از مواد معمولی صادق است . آن قسمت از قلمرو نیروهای وارد برجسم که در آن قانون هوک معتبر است **ناحیه تناسب** نام دارد .

آزمایش ۱- اندازه گیری ضریب ثابت فنر و جرم موثر فنر

اگر جسمی به جرم m مطابق شکل مقابل از فنر بدون جرمی به ثابت K آویزان شود ، فنر به اندازه Δx افزایش طول یافته و سیستم به حالت تعادل می رسد . در این وضعیت $mg = k\Delta x$ خواهد بود. چنانچه جرم m از وضعیت تعادل به اندازه x جابجا شود ، نیروی $F = -kx$ ازطرف فنر به جرم m وارد می شود .اگر در این حالت وزنه را رها کنیم مجموعه فنر و وزنه حول وضعیت تعادل خود شروع به نوسان می کنند معادله نوسان را می توان به صورت زیر به دست آورد :



چون فنر بدون جرم است ، کل جرم سیستم متعلق به وزنه خواهد بود و داریم :

$$F = -kx \Rightarrow ma = -kx \Rightarrow m\frac{d^2t}{dt^2} = -kx \Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0$$

اگر $\frac{k}{m}$ را با ω^2 نشان دهیم خواهیم داشت :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$$

با حل این معادله دیفرانسیل ، به جواب $x = x_0 \cos \omega t$ می رسیم که معادله یک حرکت نوسانی با زمان تناوب $T = \frac{2\pi}{\omega}$ است . اگر به جای ω مساویش را قرار دهیم خواهیم داشت :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

اگر جرم فنر (m_s) را نیز منظور کنیم ، به رابطه دقیقتر زیر می رسیم :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m+\lambda m_s}{k}} \quad \clubsuit$$

در این رابطه ، λ ، ضریب ثابتی است که به نسبت $\frac{m}{m_s}$ وابسته است :

- اگر $m \geq m_s$ باشد ، $\lambda = \frac{1}{3}$ است و در غیر این صورت $\lambda > \frac{1}{3}$ خواهد بود .
- اگر m=0 باشد ، فنر بر روی خود نوسان می کند و $\lambda = 0/405$ خواهد بود .

به مقدار λm_s جرم موثر فنر گفته می شود و بیان می کند چه مقدار از جرم فنر را جزء جرم وزنه در نظر بگیریم تا بتوانیم از فرمول فنر بدون جرم استفاده کنیم .

رابطه ♣ را می توانیم به صورت زیر بنویسیم :

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{k}m + \frac{4\pi^2\lambda m_s}{k}$$

اگر نمودار T^2 بر حسب m رسم شود خط راستی با شیب $\frac{4\pi^2}{k}$ و عرض از مبدأ $\frac{4\pi^2\lambda m_s}{k}$ خواهد بود .

مراحل آزمایش :

۱- مطابق شکل ، فنر را از گیره آویزان کنید . در این حالت سیستم در وضعیت تعادل قرار خواهد گرفت .

۲- وزنه را کمی از حالت تعادل به پائین کشیده و رها کنید و زمان ۲۰ نوسان کامل را توسط کرنومتر خوانده ، یادداشت کنید .

۳- این کار را با وزنه های مختلف انجام داده و نتایج را در جدول زیر یادداشت کنید .

M(gr)	t(زمان ۲۰ نوسان کامل)	T(زمان یک نوسان کامل)	T^2
۱۵۰			
۲۰۰			
۲۵۰			
۳۰۰			

۴- منحنی T^2 بر حسب m را رسم کنید .

۵- با اندازه گیری شیب بهترین خط ترسیم شده ، مقدار k را بدست آورید . ($\frac{4\pi^2}{k}$ =شیب خط)

۶- با اندازه گیری عرض از مبدأ ، λ را بدست آورید . ($\frac{4\pi^2\lambda m_s}{k}$ =عرض از مبدأ)

آزمایش ۲- اندازه گیری شتاب ثقل زمین

فنر آزمایش قبل که K مربوط به آنرا اندازه گرفتید ، مطابق شکل مقابل از گیره آویزان کنید و جرم m را به آن متصل کنید تا سیستم به حالت تعادل برسد . نیروهای وارد شده به جرم m در شکل مقابل نشان داده شده اند . در حالت تعادل داریم :

$$kx = mg \Rightarrow x = \frac{g}{k}m$$

نمودار x بر حسب m ، خط راستی با شیب $\frac{g}{k}$ است .

مراحل انجام آزمایش :

۱- فنر آزمایش ۱ را از گیره آویزان کنید و نقطه ایست فنر یعنی محل آخرین حلقه آنرا به کمک خط کش و شوارک مشخص کنید .

۲- به ازا وزنه های مختلف ، افزایش طول (x) را خوانده و نتایج را در جدول زیر یادداشت کنید .

m(gr)	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰
x(cm)						

۳- منحنی x بر حسب m را رسم کنید .(بهترین خط راست را رسم کنید).

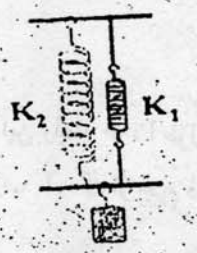
۴- با اندازه گیری شیب خط ، مقدار g را به دست آورید .($\frac{g}{k}$ = شیب خط).

آزمایش ۳- بررسی فنرها در حالت سری و موازی

به روش آزمایش ۱ مقدار k را برای دو فنر مختلف به دست آورید . سپس دو فنر را مطابق شکل مقابل به طور سری به هم ببندید و مقدار k در این حالت را به دست آورده و درستی رابطه زیر را تحقیق کنید .

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

حالا فنرها را به صورت موازی بسته و درستی رابطه زیر را تحقیق کنید



$$k = k_1 + k_2$$