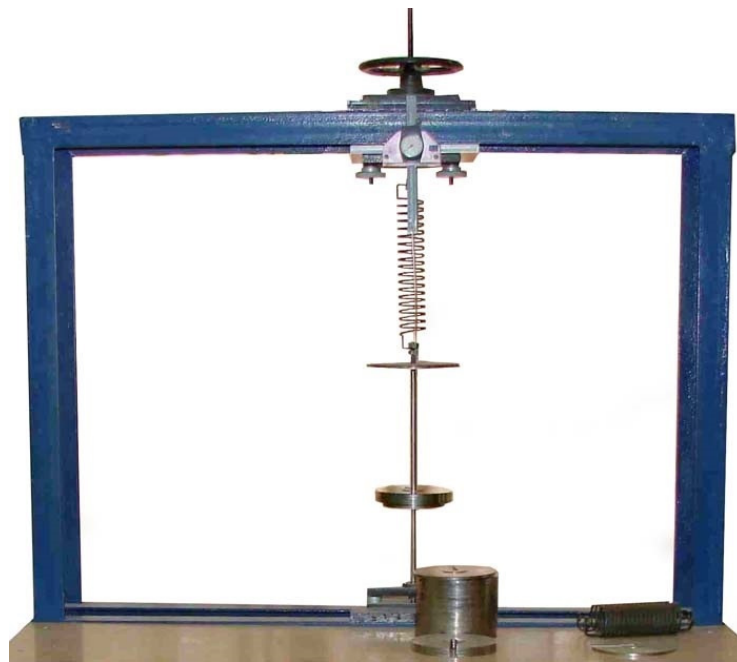




آزمایش شماره ۴

تعیین ضریب سختی فنر و جرم موثر آن





اهداف

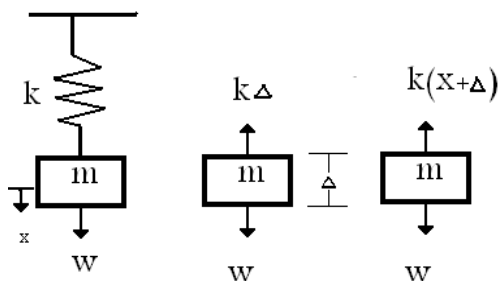
- بررسی ارتعاشات آزاد جرم و فنر
- بدست آوردن ضریب سختی فنر و محاسبه پریود نوسانات و جرم موثر آن

تئوری آزمایش و روش انجام آن

در یک سیستم نامیرای جرم و فنر که دارای یک درجه آزادی است (شکل (۱-۴))، با توجه به قانون دوم نیوتن معادله حرکت به صورت رابطه (۱-۴) بیان می شود.

$$m\ddot{x} + kx = 0 \quad (۱-۴)$$

نیز فرکانس طبیعی ارتعاشات نامیرای سیستم است. $\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$



شکل (۱-۴): نمودار جسم آزاد سیستم جرم-فنر

از طرفی اگر جرم فنر در نظر گرفته شود، بر اساس تئوری انرژی، جرم معادل (m_e) برابر با یک سوم جرم فنر می باشد (اثبات برعهده دانشجویان است). در نتیجه، جرم کل معادل سیستم، عبارت است از:

$$M_{eq} = M + \frac{m_s}{3} \quad (۲-۴)$$

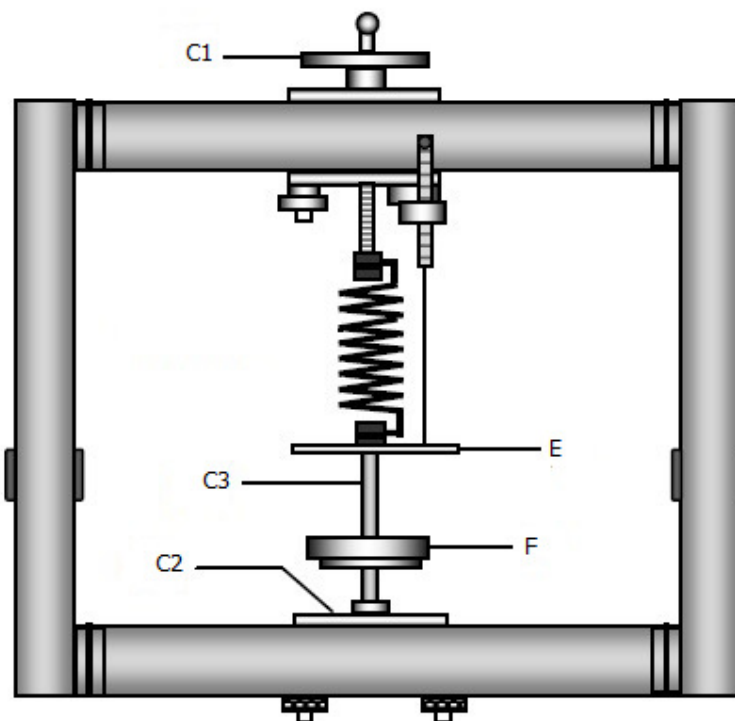
M جرم وزنه و m_s جرم فنر می باشد. در نتیجه فرکانس طبیعی سیستم مطابق رابطه (۳-۴) خواهد بود.

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{M_{eq}}} \quad (۳-۴)$$

این آزمایش با استفاده از دستگاهی که نمای شماتیک آن در شکل (۲-۴) نشان داده شده است، انجام می گیرد. دستگاه از یک کولیس عقربه‌ای و یک فنر ماریچ تشکیل شده است که از بالا به پیچ تنظیم C_1 و از پایین به



صفحه C_2 که به قاب پیچ شده است، متصل می‌باشد. حرکت میله C_3 بعلاوه راهنمای بوش برنجی فقط دارای یک درجه آزادی است. بر روی میله C_3 دو صفحه مدور تعبیه شده‌اند که از صفحه F برای افزودن وزنه به دستگاه و از صفحه E برای اندازه‌گیری دقیق طول فنر استفاده می‌شود.



شکل (۴-۲): نمای شماتیک دستگاه دربردارنده سیستم جرم و فنر

این آزمایش از دو بخش تشکیل شده است. در بخش اول آزمایش، با سه نوع فنر مختلف بارگذاری و باربرداری صورت گرفته و جابجایی متوسط آنها محاسبه می‌گردد. با توجه به جابجایی متوسط و میزان بار، با استفاده از برازش یک خط، می‌توان سختی هر فنر را بدست آورد.

در بخش دوم، هدف دستیابی به جرم مؤثر فنر و محاسبه شتاب ثقل می‌باشد. در این آزمایش هر یک از فنرها تحت آزمایش قرار گرفته و در این مرحله بر اساس بارگذاری برای هر فنر مطابق جدول (۲-۴)، سیستم را با یک جابجایی اولیه رها نموده، پس از مرتعش ساختن آن، زمان را برای ۱۰ نوسان ثبت کنید. با تقسیم زمان بر تعداد نوسانات پریود یک نوسان محاسبه می‌شود. با استفاده از معادله رگرسیون و مانند قسمت اول شتاب ثقل و جرم مؤثر فنر بدست می‌آید.

پس از آماده‌سازی قاب دستگاه مطابق شکل (۴-۲)، مراحل زیر را برای سه فنر مختلف انجام داده و برای هر یک جدول (۴-۱) را تکمیل نمایید. در بخش اول آزمایش، مقدار جابجایی فنر را توسط کوئیس در مراحل بارگذاری و باربرداری بر روی صفحه E طبق مقادیر بار ذکر شده در جدول (۴-۱) اندازه‌گیری نموده و نتایج را ثبت نمایید. لازم به ذکر است، وزن رابط C_3 و دو صفحه E و F $1/47$ کیلوگرم می‌باشد. جهت بارگذاری، ابتدا وزنه‌های $0/4$ کیلوگرم را بصورت پیوسته به سیستم اضافه نموده و جرم کل سیستم را به $5/47$ کیلوگرم برسانید.



آنگاه در مرحله باربرداری یکی یکی آنها را جدا نمایید. تغییر مکان فنر را بر حسب وزن افزوده شده رسم نموده $(\Delta F = k\Delta x)$ و با برازش یک خط، ضریب سختی فنر را که شیب خط می‌باشد، بدست آورید.

جدول ۴-۱: نتایج بارگذاری و باربرداری سیستم جرم و فنر

M(kg)	مقدار جابجایی فنر(mm)		جابجایی متوسط
	بارگذاری	باربرداری	X(mm)
1.47			
1.87			
2.27			
2.67			
3.07			
3.47			
3.87			
4.27			
4.67			
5.07			
5.47			

در بخش دوم آزمایش، زمان ۱۰ نوسان را با کرنومتر اندازه‌گیری کرده و در جدول (۴-۲) ثبت نمایید. در حالت شروع بدون وزنه، زمان ۱۰ نوسان را اندازه‌گیری کرده و در مقابل ۱/۴۷ kg یادداشت نمایید. لازم به ذکر است که ستون دوم جدول را با استفاده از اطلاعات جدول قبل، کامل کرده و با استفاده از رسم منحنی τ^2 بر حسب X با استفاده از روابط زیر علاوه بر تعیین مقدار g از طریق شیب خط، بدلیل وجود جرم اضافی در سیستم منحنی فوق دارای یک عرض از مبدا خواهد بود که با اندازه‌گیری آن می‌توان جرم موثر را بدست آورد.

$$\tau = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}, \quad \frac{M}{k} = \frac{x}{g} \Rightarrow \tau^2 = 4\pi^2 \left(\frac{x}{g} \right) \quad (4-4)$$



جدول ۴-۲: ثبت پریود نوسانات سیستم جرم و فنر به ازای جرم‌های مختلف

M(kg)	X(m)	زمان ۱۰ نوسان (sec)	τ	τ^2
1.47				
3.47				
4.27				
4.67				
5.07				
5.47				

خواسته‌ها

- با توجه به مقادیر بدست آمده در بخش اول، تغییر مکان فنر را بر حسب وزن افزوده شده رسم نموده ($\Delta F = k\Delta x$) و با برازش یک خط، ضریب سختی فنر را که شیب خط می‌باشد، بدست آورید.
- با توجه به مقادیر بدست آمده در بخش دوم آزمایش، منحنی تغییر مکان فنرها را بر حسب مربع زمان تناوب رسم نموده و از طریق محاسبه شیب خط، مقدار g را محاسبه کنید. همچنین، جرم مؤثر هر یک از فنرها را نیز بدست آورید.