

فهرست	-----	صفحه
آزمایش 1	(دستگاههای اندازه گیری و طرز کار آنها) -----	2
آزمایش 2	(سقوط آزاد) -----	5
آزمایش 3	(میز نیرو) -----	8
آزمایش 4	(اصطکاک) -----	12
آزمایش 5	(قانون هوک) -----	15
آزمایش 6	(آونگ ساده) -----	20
آزمایش 7	(ماشین آتوود) -----	23

آزمایش 1 : دستگاههای اندازه گیری و طرز کار آنها

هدف آزمایش

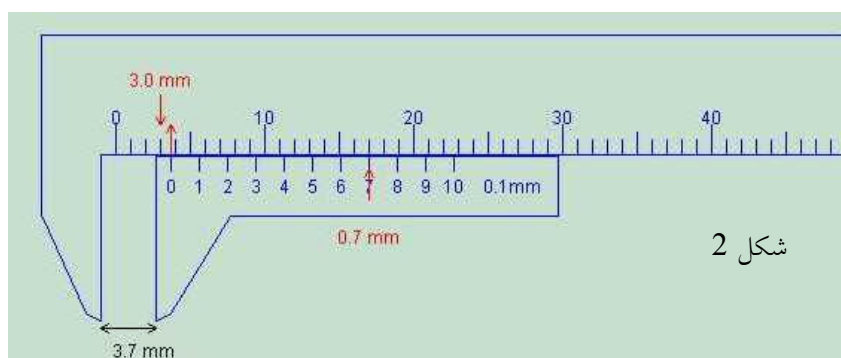
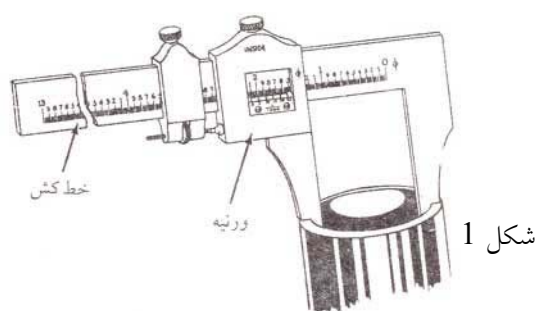
آشنایی با دستگاههای اندازه گیری و طرز کار آنها.

وسایل مورد نیاز

کولیس، ریزسنج، گوی سنج (اسفرومتر)، اجسام مختلف برای اندازه گیری.

❖ کولیس

قطر داخلی و خارجی یک لوله را نمی توان با دقت و به آسانی با یک خط کش مدرج اندازه گرفت. برای اندازه گیری دقیق تر آنها از کولیس استفاده می شود. کولیس از ترکیب یک خط کش مدرج و یک ورنیه متحرک درست شده است. خط کش ورنیه دارای دو شاخک است. شاخکهای کوچک برای اندازه گیری قطر داخلی و شاخکهای بزرگ برای اندازه گیری قطر خارجی اجسام بکار می رود (شکل 1). خط کش بر حسب میلیمتر مدرج شده ی ورنیه دارای درجه بندی کوچکی است که اغلب شامل 10 قسمت بوده و معادل 9 میلیمتر است یعنی 9 میلیمتر در روی خط کش کوچکتر است. با این نوع کولیس به آسانی می توانیم تا $\frac{1}{10}$ میلیمتر را اندازه بگیریم. در انواع دیگری از کولیس ها 19 میلیمتر در روی ورنیه به 20 قسمت و یا 24.5 میلیمتر ورنیه به 25 قسمت تقسیم شده که دقت این کولیس ها به ترتیب $\frac{1}{20}$ و $\frac{1}{50}$ می باشد (شکل 2).

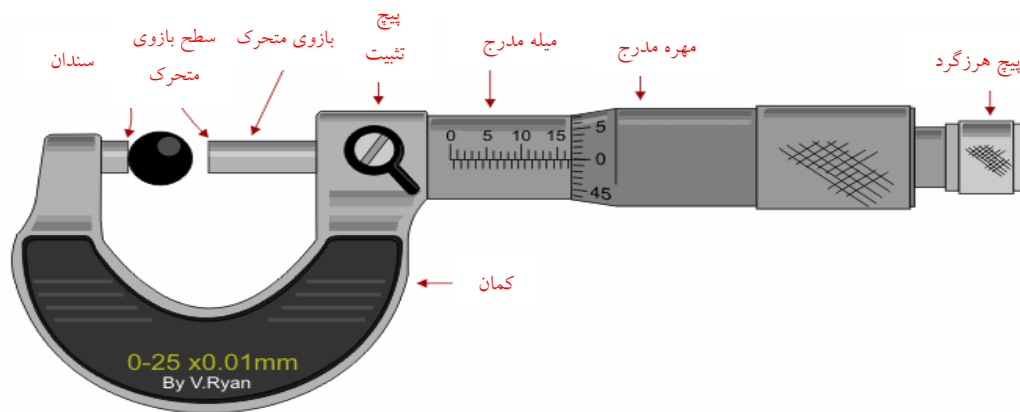


❖ ریزسنج

برای اندازه گیری ضخامتهای کم، از وسیله ای بنام ریزسنج (میکرومتر) استفاده می شود. این وسیله از ترکیب یک خط کش و یک مهره مدرج ساخته شده است (شکل 3). در این دستگاه ساده، مهره استوانه ای است توخالی که سطح خارجی آن مدرج می باشد. این استوانه به کمانی متصل است که در انتهای دیگر آن زائده ای

وجود دارد که به آن سندان می گویند. پیچ در داخل کلاهی قرار دارد و در داخل مهره حرکت می کند، کلاهی پیچ نیز بر روی سطح خارجی مهره جابجا می شود. در صورتی که پای پیچ 0.5 میلیمتر باشد، دور کلاهی پیچ به پنجاه قسمت و اگر پای پیچ یک میلیمتر باشد، دور کلاهی پیچ به صد قسمت تقسیم می شود؛ به ان قسمت از پیچ که از داخل مهره خارج شده و در داخل کمان جابجا می شود زبانه گویند. اگر پیچ یک دور بپیچد در نوع اول زبانه ریزسنگ نیم میلیمتر جابجا می شود. پس وقتی پیچ به اندازه یک درجه بپیچد دهانه ریزسنگ به اندازه یک صدم میلیمتر باز یا بسته می شود. بنابراین با استفاده از ریزسنگ دقت اندازه گیری تا یک صدم میلیمتر بالا می رود.

برای اندازه گیری، جسم مورد نظر را بین زبانه و سندان قرار می دهند و پیچ کلاهک را آنقدر می چرخانند تا زبانه و سندان با جسم تماس پیدا کند. در هنگام چرخاندن باید دست خود را بر پیچ هرزگرد واقع در انتهای ریزسنج قرار دهید تا هنگام تماس زبانه با جسم، پیچ هرزگرد صدا کند. با شنیدن صدا، عمل پیچاندن را متوقف کنید، در غیر اینصورت از حساسیت این وسیله کم می شود. مقادیر روی مهره و کلاهک را بخوانید. عددی از مهره مدرج خوانده می شود که در امتداد خط افقی مهره قرار بگیرد.



(شکل 3)

حال با انواع کولیس و ریزسنج که در اختیار شماست، مقادیر خواسته شده در جدول زیر را بدست آورید و در آن یادداشت نمایید.

[illegible]

❖ اسفرومتر



وسیله ایست که برای اندازه گیری مقدار تحدب یا تقعر یک سطح از آن استفاده می کنند. پایه های اسفرومتر بر روی رئوس یک مثلث مساوی الاضلاع قرار دارند. یک اسفرومتر دارای یک خط کش و یک صفحه مدرج که به صد قسمت تقسیم شده است، می باشد (شکل 4). طرز خواندن اسفرومتر همانند ریزسنج است. برای تعیین شعاع انحنای عدسی های محدب و مقعر ابتدا اسفرومتر را بر روی شیشه معمولی تخت قرار دهید و مشاهده کنید (شکل 4)

که صفر صفحه مدرج بر صفر خط کش منطبق است یا خیر؟ در صورت عدم انطباق، مبدا اندازه گیری را مشخص کرده سپس اسفرومتر را داخل عدسی مقعری که در اختیار دارید قرار دهید و h ، ارتفاع عرقچین کروی را بدست آورید. همچنین فاصله پیچ متحرک را از هریک از سه پایه ثابت اندازه گیری نموده و مقدار میانگین آنها را a (شاخص اسفرومتر) در نظر بگیرید. با قرار دادن مقادیر a و h در رابطه زیر شعاع انحنای این عدسی را بدست آورید.

$$R = \frac{a^2 + h^2}{2h}$$

همین عمل را برای عدسی دیگری نیز انجام داده و R بدت آمده را با حالت اول مقایسه نمایید.

سوالات

- 1) اگر گام پیچ ریزسنج یک میلیمتر و کلاهک به 50 قسمت تقسیم شده باشد، دقت آن چقدر است؟
- 2) به نظر شما اگر صفر مطلق پایین ترین (کمترین) دمای ممکن است، آیا داغ ترین دمای ممکن هم وجود دارد؟

آزمایش 2 : سقوط آزاد

هدف آزمایش

بررسی حرکت سقوط آزاد و تعیین شتاب گرانش زمین .

وسایل مورد نیاز

دستگاه سقوط آزاد، زمانسنج الکترونیکی، منبع تغذیه، سیمهای رابط، گلوله.

تئوری آزمایش

متداولترین مثال برای حرکت با شتاب (تقریباً) ثابت، سقوط یک جسم به طرف زمین است. بر اساس قانون گرانش عمومی نیوتن دو جسم که مطابق شکل زیر در مجاورت یکدیگر قرار دارند به یکدیگر نیرویی وارد می کنند که

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \text{مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید:}$$

m_1 و m_2 جرم دو جسم و r فاصله گرانیگاه آنها بوده و G ثابت جهانی گرانش نام دارد و در سیستم SI مقدار آن $6.67 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{Kg^2}$ می باشد.

اگر جسمی آزادانه (بدون سرعت اولیه) از ارتفاع h از سطح زمین سقوط کند معادله حرکت آن به صورت زیر است: $h = \frac{gt^2}{2}$. با در دست داشتن h و t (زمان سقوط جسم) مقدار شتاب گرانش را میتوان بصورت زیر

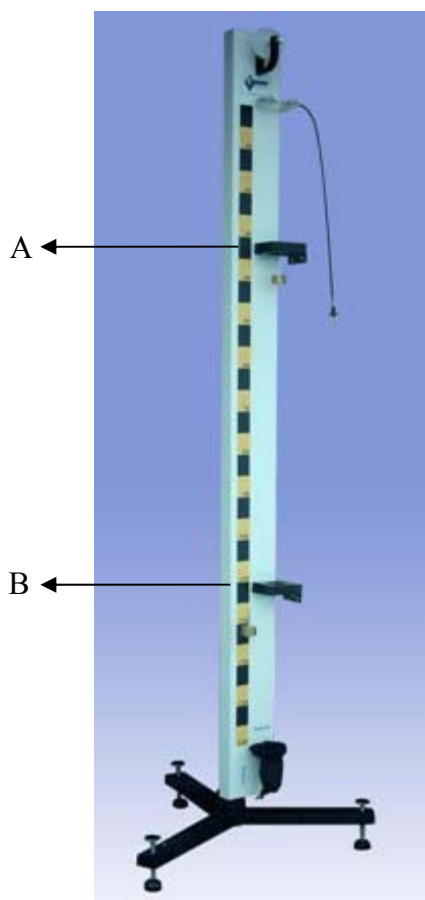
$$g = \frac{2h}{t^2} \quad \text{محاسبه نمود:}$$

شرح آزمایش

(1) دستگاه را مطابق شکل زیر آماده نمایید.

(2) جریان برق را برقرار نموده و گلوله را در نقطه A در مقابل هسته سیم پیچ قرار دهید. فاصله بین نقاط A و B را به دقت اندازه گیری نمایید. با قطع جریان برق گلوله رها شده و درست در این زمان زمانسنج الکترونیکی بکار می افتد. هنگامیکه گلوله از نقطه B عبور می کند این زمانسنج بطور خودکار متوقف شده و در نتیجه زمان سقوط (t) را نشان می دهد. برای تغییر ارتفاع میتوانید مکان نقطه B را تغییر داده و زمان مربوطه را ثبت نمایید.

(3) در هر ارتفاع چندین بار آزمایش نموده و میانگین زمانهای حاصل را بدست آورید و جدول زیر را پر کنید.



ترتیب آزمایش	$h(m)$	$t(s)$	t^2	$g = \frac{2h}{t^2}$	مقدار اختلاف با مقدار واقعی ($g=9.8 \text{ ms}^{-2}$)
1					
2					
3					

(4) نمودار تغییرات h بر حسب t^2 را رسم نموده و از روی شیب این نمودار مقدار g را بدست آورید.

سوالات

- 1) چرا شتاب گرانش g در نقاط مختلف زمین فرق میکند؟
- 2) مقدار g در نتیجه عرض جغرافیایی چگونه تغییر می کند؟
- 3) **به نظر شما** اگر در آسانسوری باشم و آن آسانسور شروع به سقوط بسوی انتهای کانال آسانسور کند، آیا میتوانم در آخرین لحظه به بالا بپریم و اثر سقوط کردن آنرا خنثی نمایم؟



آزمایش 3 : میز نیرو

هدف آزمایش

تعیین برآیند نیروها و بررسی تعادل نیروها در حالت‌های مختلف.

وسایل مورد نیاز

دستگاه میز نیرو (میز دایره ای مدرج)، قرقره، نخ، وزنه با جرم‌های مختلف، حلقه نیرو.

تئوری آزمایش

تعدادی از کمیت‌های فیزیکی فقط با یک عدد (مقدار) کاملاً مشخص می‌گردند در حالی که تعداد دیگری از کمیت‌ها برای معرفی شدن علاوه بر مقدار باید جهتشان نیز مشخص گردد. کمیت‌های دست اول را کمیت‌های اسکالر یا عددی و دسته دوم را کمیت‌های برداری گوئیم. از جمله کمیت‌های عددی می‌توان جرم، زمان، کار و انرژی را نام برد و کمیت‌های برداری از قبیل سرعت، شتاب و نیرو می‌باشند.

مقدار کمیت‌های اسکالر با اعداد جبری مشخص می‌گردند و جمع، تفریق، ضرب و تقسیم آنها تابع قوانین اعمال جبری بوده در حالیکه این اعمال برای کمیت‌های برداری به صورت دیگری تعریف شده و به نحو دیگری انجام می‌گردند.



تعریف بردار

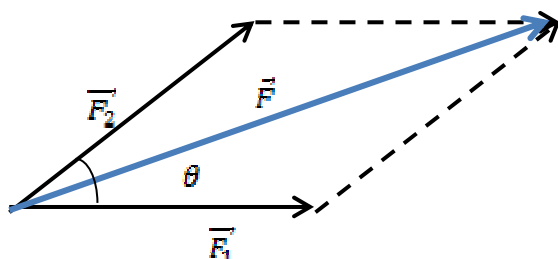
بردار یک پاره خط جهت دار است که طول آن متناسب با مقدار آن می‌باشد و به شکل یک پیکان نمایش داده می‌شود.

جمع بردارها (برآیند بردارها)

برای جمع کردن بردارها روش‌های مختلفی مانند روش متوازی الاضلاع، روش تجزیه و... وجود دارد که در این آزمایش از روش متوازی الاضلاع در محاسبه برآیند چند نیرو استفاده می‌شود.

روش متوازی الاضلاع

موقعی که چند نیرو به جسمی وارد شوند برآیند آنها برابر جمع برداری نیروهاست. برآیند چند نیرو، نیرویی است که به تنهایی اثر آن چند نیرو را داشته باشد. اگر جسم در حال تعادل باشد برآیند نیروهای وارد بر آن برابر صفر است.



مطابق شکل بالا برآیند دو نیروی متقاطع برابر قطر متوازی الاضلاعی است که آن دو نیرو، دو ضلعش باشند و مقدار برآیند از رابطه زیر بدست می آید:

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \theta} \quad (1)$$

در رابطه بالا F_1 و F_2 مقادیر هر یک از نیروها و θ زاویه بین آنهاست.

چون در این آزمایش نیروهای F_1 و F_2 را وزنه های مورد استفاده تامین می کنند، بنابراین رابطه بالا را میتوان بصورت زیر بازنویسی نمود:

$$m = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + 2m_1m_2 \cos \theta} \quad (2)$$

که در این فرمول m_1 و m_2 جرمهای وزنه های بکاربرده شده در آزمایش است. m جرم تئوری نام دارد.

شرح آزمایش

میز نیرو مطابق شکل 1- الف صفحه ای دایره ای شکل است که دور آن از صفر تا 360 درجه مدرج شده است. این صفحه روی پایه قائمی قرار گرفته است که بوسیله سه پیچ میتوان طول پایه ها را تغییر داده و سطح را تراز کرد. در مرکز این صفحه سوزنی بطور عمود بر آن وجود دارد و حلقه ای را که سه نخ به آن وصل شده، طوری قرار میدهند که سوزن در وسط آن واقع شود. در اطراف صفحه ای دایره ای سه قرقره قرار گرفته است که میتوان آنها را جابجا کرد. نخها از روی قرقره گذشته و وزنه هایی به آن آویزان است، در نتیجه حلقه توسط نیروی متقاطع کشیده می شود (شکل 1- ب). بر این اساس دو وزنه ذلخواه که نیروهای F_1 و F_2 هستند به دو تا از نخها آویزان

کنید. زاویه بین دو نیرو θ است. حلقه در جهتی بین این دو نیرو کشیده می شود و به سوزن می چسبد. نخ سوم و قرقره مربوط به

آنها جابجا کنید تا موقعی که نخ را با دقت می کشید بتوانید وضعیت تعادل را برقرار کنید. جای قرقره سوم را ثابت



شکل 1- الف



شکل 1- ب

کرده و وزنه ای که به نخ سوم آویزان است را آنقدر تغییر دهید تا تعادل برقرار شود. مقادیر m_1 و m_2 و m_3 و θ را یادداشت نموده و اندازه m را از فرمول بدست آورید. با تغییر m_1 و m_2 و θ آزمایش را چند بار تکرار نموده و جدول زیر را پر کنید.

ترتیب آزمایش	$m_1(\text{gr})$	$m_2(\text{gr})$	θ	$m_3(\text{gr})$	$m(\text{gr})$	$\Delta m = m_3 - m$
1						
2						
3						

سوالات

- 1) دلایل خطاهای بوجود آمده در این آزمایش را بیان نمایید.
- 2) زوج نیرویی به جسمی وارد می شود. آیا تعادل برقرار است؟ چرا؟
- 3) **به نظر شما** چرا حبابهای کف صابون گرد هستند؟

آزمایش 4 : اصطکاک

هدف آزمایش

تعیین ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی بین سطوح.

وسایل مورد نیاز

مکعب چوبی، نخ، کفه، قرقره ثابت، وزنه، خط کش، سطح شیبدار، ترازو.

تئوری آزمایش

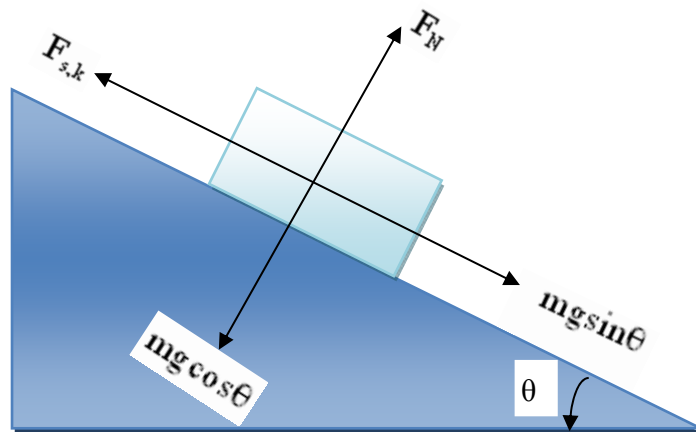
نیروی اصطکاک نیرویی است که در سطح تماس دو جسم بوجود می آید و در امتداد سطوح تماس آنها وارد می شود و باعث کندی حرکت آنها می شود.

اصطکاک عبارتست از برهم کنش بین سطوح تماس ناهموار دو جسم جامد، حتی اگر هم خیلی کوچک باشد. وقتی سطوح نسبت به یکدیگر ساکن باشند از اصطکاک ایستایی و وقتی سطوح نسبت بهم در حرکت باشند از اصطکاک جنبشی صحبت می کنیم. نیروی اصطکاک بستگی به جنس و وضعیت سطوح تماس از لحاظ همواری و یا ناهمواری داشته و وسعت سطح دخالتی در مقدار ای نیرو ندارد. همچنین نیروی اصطکاک با نیروی عمودی وارد بر سطح متناسب است. نسبت نیروی اصطکاک به نیروی عمودی سطح را ضریب گویند و چون از دو نوع اصطکاک صحبت می شود ضریب اصطکاک نیز دو نوع است:

$$\mu_s = \frac{F_s}{F_N} \quad \text{ضریب اصطکاک ایستایی}$$

$$\mu_k = \frac{F_k}{F_N} \quad \text{ضریب اصطکاک جنبشی}$$

بر روی سطح شیبدار نیروی وزن به دو مولفه تجزیه می گردد: $mg \cos \theta$ که عمود بر سطح تماس و $mg \sin \theta$ که در امتداد سطح تماس دو جسم است و باعث حرکت یکنواخت جسم می شود بنابراین با نیروی اصطکاک برابر است.



$$\begin{cases} mg \sin \theta = \mu_s F_N \\ mg \cos \theta = F_N \end{cases} \Rightarrow \mu_s = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \tan \theta$$



(شکل 1)

شرح آزمایش

1) مکعب چوبی را در آستانه حرکت قرار دهید (شکل 1) و زاویه مربوطه را یادداشت نموده و با استفاده از فرمول بالا ضریب اصطکاک ایستایی را برای این جسم بدست آورید. سپس این آزمایش را برای سایر اجسام و سطوح انجام دهید.



(شکل 2)

2) مکعب چوبی را وزن نموده و روی سطح مورد نظر قرار دهید سپس نخ به قلاب آن وصل نمایید. نخ را از شیار قرقره گذرانده و سپس به کفه ای متصل کنید. حال در داخل کفه آنقدر وزنه بگذارید تا جسم با کوچکترین ضربه ای که به سطح زیر آن وارد می شود شروع به حرکت یکنواخت (با شتاب صفر) نماید (شکل 2).

در این صورت اگر وزن مکعب Mg و وزن کفه و وزنه های داخل آن mg باشد، ضریب اصطکاک جنبشی (μ_k) بین دو سطح برابر است با:

$$\mu_k = \frac{m - M \sin \theta}{M \cos \theta}$$

که در آن θ زاویه سطح شیبدار است. برای مقادیر مختلف m و M و سطوح مختلف جدول زیر را کامل کنید.

نوع سطح	mg	Mg	μ_s	μ_k

(3) نمودار M بر حسب m را رسم کرده و از روی شیب منحنی آن μ_k را بدست آورید.

سوالات

- (1) کاربردهای نیروی اصطکاک در عمل را توضیح دهید.
- (2) چرا نمی توان اصطکاک را بکلی از بین برد؟
- (3) **به نظر شما** چرا لاستیک چرخ اتومبیل های مسابقه تا این حد صاف اند؟ یعنی این نوع لاستیکها به اصطکاک نیاز ندارند؟

آزمایش 5 : قانون هوک

هدف آزمایش

- 1- تعیین ضریب سختی فنر با استفاده از تغییر طول فنر.
- 2- تعیین ضریب سختی فنر با استفاده از ارتعاشات فنر.
- 3- محاسبه ضریب سختی فنرهای سری و موازی.

وسایل مورد نیاز

2 عدد فنر مختلف، پایه زمینی کوچک، بدنه مدرج شاخص دار، کرومومتر، موازی ساز فنر، وزنه های مختلف (با جرمهای مختلف).

تئوری آزمایش

الف- تعیین ضریب سختی فنرها.

هرگاه به جسم الاستیکی مانند یک فنر نیرویی وارد کنیم، تحت اثر این نیرو جسم تغییر طول می دهد. نسبت این تغییر طول متناسب است با نیرو و بصورت یک تابع خطی است، یعنی $F = kx$ که در آن k ضریب سختی فنر است. این رابطه به قانون هوک موسوم است، جسم را در این حالت الاستیک گویند، اگر نیرو را در این حالت حذف کنیم فنر به حالت اولیه در می آید.

مادامی که نیرو از حد معینی تجاوز نکند این قانون صادق است، این حد را حد ارتجاع یا الاستیک گویند. اگر نیرو از این حد تجاوز کند دیگر تغییرات نیرو با ازدیاد طول خطی نبوده بلکه بصورت یک منحنی می باشد. در این حالت، اگر نیرو حذف شود دیگر فنر به حالت اولیه برنمی گردد، بلکه تغییر طول می دهد. در این حالت جسم را پلاستیک گویند. اگر نیرو از این حد هم بالاتر رود، حالت خمیری به وجود می آید که جسم مثل خمیر کشیده شده و سپس پاره می شود.

برای محاسبه ضریب سختی یک فنر دو روش را می توان بکار برد:

(1) استفاده از تغییر طول فنر.

(2) استفاده از ارتعاشات فنر.

اکنون به توضیح این دو روش می پردازیم:

(1) هرگاه به فنری وزنه ای متصل شده و سپس فنر و وزنه پس از تغییر طول فنر در حالت تعادل قرار بگیرد، در این حالت برای نیروی فنر که وزن جسم است داریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} F = kx \\ \Rightarrow k = \frac{mg}{x} \\ F = W = mg \end{array} \right. \quad (a)$$

که در رابطه (a) x افزایش طول فنر است. با توجه به معلوم بودن وزن جسم (mg) و مقدار k بدست می آید.

(2) اگر به یک فنر وزنه ای متصل کنیم و آن را از حالتی که فنر در حال تعادل است کمی پایین کشیده و رها کنیم،

جسم شروع به نوسان می کند. برای نیروی وارد بر وزنه بر حسب افزایش یا کاهش طول فنر داریم: $F = -kx$

از طرفی از قانون دوم نیوتن داریم: $F = ma = m \frac{dv}{dt} = m \frac{d^2x}{dt^2}$ پس:

$$F = -kx = m \frac{d^2x}{dt^2} \Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0 \quad (b)$$

این یک معادله دیفرانسیل مرتبه دوم است و هر جسمی که مکان آن در یک چنین معادله ای صدق کند دارای

حرکت نوسانی خواهد بود. جواب معادله (b) بصورت $x = A \sin(\sqrt{\frac{k}{m}}t)$ می باشد. از مقایسه این جواب با

جواب معادله حرکت هماهنگ ساده یعنی $x = A \sin \omega t$ داریم: $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$. بنابراین:

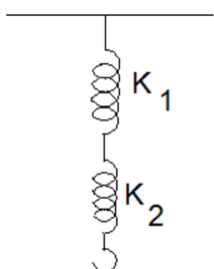
$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow k = 4\pi^2 \frac{m}{T^2} \quad (c)$$

که در رابطه (c)، T زمان تناوب حرکت نوسانی است. از این رابطه ضریب سختی فنر را می توان بدست آورد.

ب- بهم بستن فنرها محاسبه ضریب سختی فنرهای سری و موازی.

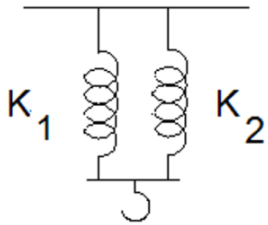
ب-1) اگر دو فنر را که ضرایب سختی آنها k_1 و k_2 هستند، مطابق شکل روبرو به طور سری بهم

وصل کنید، ضریب سختی مجموعه آنها از روابط زیر بدست می آیند:



$$\frac{1}{K} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \quad (d)$$

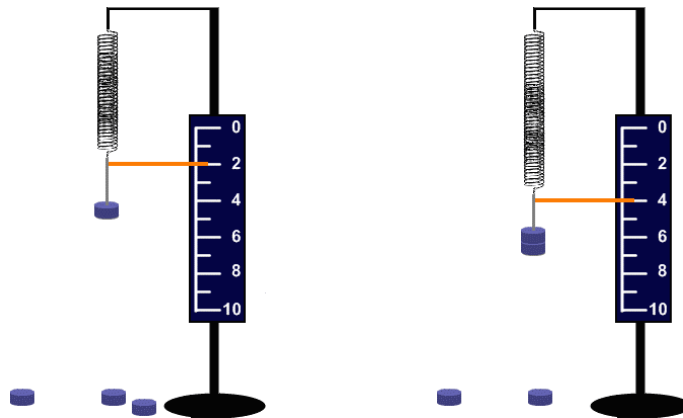
ب-2) اگر دو فنر را که ضرایب سختی آنها k_1 و k_2 هستند، مطابق شکل زیر به طور موازی بهم وصل کنید، ضریب سختی مجموعه آنها از روابط زیر بدست می آیند:



$$K = k_1 + k_2 \quad (e)$$

شرح آزمایش

الف- 1) برای دو نوع فنری که در اختیار شما قرار دارد، مطابق شکل زیر وزنه های مختلف را به این فنرها آویزان نموده و با تعیین دقیق افزایش طول فنر x (با استفاده از خط کش شاخص دار) جدول (1) زیر را کامل کنید.



ترتیب آزمایش	$m(\text{Kg})$	$x(\text{m})$	$k = \frac{mg}{x} (\text{Nm}^{-1})$
1			
2			
3			

جدول (1)

سپس مقدار میانگین K ها را محاسبه نمایید. دقت کنید که این جدول برای هر دو فنر کامل شود.

الف- (2) در این قسمت هدف آزمایش تعیین سختی فنر با استفاده از نوسان فنر است. برای این کار ابتدا یک وزنه مناسب به فنر متصل کرده و وزنه را به آرامی تا حالت تعادل پایین بیاورید، سپس وزنه را از این حالت کمی پایین کشیده و رها کنید، با اندازه گیری زمان یک دور رفت و برگشت وزنه آویخته شده به فنر زمان یک نوسان کامل را بدست آورده و جدول (2) را برای هر دو فنر کامل کنید.

ترتیب آزمایش	m(kg)	T(s)	T^2	$k = 4\pi^2 \frac{m}{T^2}$
1				
2				
3				

جدول (2)

مقدار ضریب سختی بدست آمده از این قسمت را با قسمت قبلی مقایسه نمایید.

ب- (1) دو فنری را که در قسمتهای قبلی k ی آنها را محاسبه نموده اید، انتخاب کرده و آنها را بطور سری بهم ببندید، سپس با متصل نمودن وزنه های مناسب، جدول (3) زیر را پر کنید.

ترتیب آزمایش	m(Kg)	x(m)	$k = \frac{mg}{x}$	$\frac{1}{K} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$
1				
2				
3				

جدول (3)

ب- (2) دو فنری را که در قسمتهای قبلی k ی آنها را محاسبه نموده اید، انتخاب کرده و آنها را بطور موازی بهم ببندید، سپس با متصل نمودن وزنه های مناسب، جدول (4) را پر کنید.

ترتیب آزمایش	$m(\text{Kg})$	$x(\text{m})$	$k = \frac{mg}{x}$	$K = k_1 + k_2$
1				
2				
3				

جدول (4)

سوالات

- 1) ضریب ثابت فنر به چه عواملی بستگی دارد؟
- 2) روابط (d) و (e) را اثبات نمایید.
- 3) به نظر شما وزن‌تان در اعماق زمین کمتر است یا در سطح زمین؟

آزمایش 6 : آونگ ساده

هدف آزمایش

اندازه گیری شتاب جاذبه زمین.

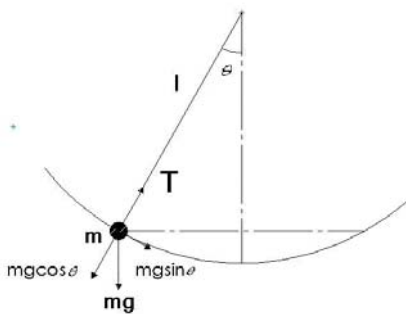
وسایل مورد نیاز

نخ، گلوله، سه پایه زمینی قابل تنظیم، میله آونگ، متر نواری یا فلزی، کرومومتر.

تئوری آزمایش

آونگ ساده عبارت است از یک جرم نقطه ای که از نخ سبک آویزان است. اگر آونگ را از موضع تعادلش به یک طرف ببریم و سپس رها کنیم، آونگ تحت تاثیر نیروی وزن در یک صفحه قائم نوسان خواهد کرد. این حرکت تناوبی و نوسانی است. یک نوسان کامل وقتی است که گلوله از یک وضعیت و در یک جهت دوباره عبور کند.

شکل مقابل آونگی به طول L و جرم m را نشان می دهد که با خط قائم زاویه θ می سازد. نیروهای وارد بر m عبارتند از: نیروی وزن mg و کشش نخ T .



نیروی وزن mg را به یک مولفه شعاعی به بزرگی $mg \cos \theta$ و یک مولفه مماسی به بزرگی $mg \sin \theta$ تجزیه می کنیم. مولفه شعاعی، نیروی لازم برای بوجود آوردن شتاب مرکزگرا را تامین میکند تا ذره بتواند بر روی کمانی از دایره حرکت کند. مولفه مماسی، یک نیروی بازگرداننده است که بر m اثر می کند و در جهت برگرداندن آن به محل تعادل است. بنابراین نیروی بازگرداننده برابر است با: $F = -mg \sin \theta$.

چنانچه θ کوچک باشد $\sin \theta \approx \theta$ با تقریب بسیار خوبی با θ مساوی است. $\sin \theta \approx \theta$. جابجایی گلوله آونگ در طول کمان برابر است با: $x = L\theta$ و برای زوایای کوچک، حرکتش تقریباً یک حرکت مستقیم الخط است، بنابراین:

$$F = -mg\theta = -m \frac{x}{L} = -\left(\frac{mg}{L}\right)x$$

با در نظر گرفتن $\frac{mg}{L} = k$ ، دوره تناوب آونگ ساده، هنگامی که دامنه آن کوچک باشد برابر است با:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\frac{mg}{L}}} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (1)$$

از رابطه (1) چنین بر می آید که دوره تناوب آونگ ساده به جرم جسم آویخته (گلوله آونگ) بستگی ندارد. اگر

بخواهیم از رابطه (1) مقدار g را بدست آوریم به این رابطه خواهیم رسید:

$$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2} \quad (2)$$

لازم به ذکر است که اگر دامنه نوسان کوچک نباشد (مقدار θ کوچک نباشد)، دوره تناوب عبارت است از:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \theta + \dots\right)$$

شرح آزمایش

ابتدا گلوله آونگ را به نخ متصل وانتهای دیگر نخ را به گیره بسته و دستگاهی مطابق شکل زیر ایجاد نمایید.



سپس فاصله بین نقطه آویز تا مرکز گلوله را با متر اندازه بگیرید. گلوله را به اندازه زاویه کوچکتر از 10 درجه از محل خود منحرف نموده و رها نمایید. همزمان با این عمل کروномتر را روشن نموده و زمان یک دور کامل آونگ را اندازه گیری نمایید.

مقادیر L و T بدست آمده را در جدول زیر یادداشت نموده و مقدار g را از رابطه (2) بدست آورید. با تغییر طول آونگ مرحله قبلی را تکرار نموده و جدول زیر را کامل نمایید.

ترتیب آزمایش	L(m)	T(s)	$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}$
1			
2			
3			

سوالات

- 1) آیا زمان نوسان یک آونگ در ارتفاعهای مختلف از سطح تغییر می کند، یا خیر؟ چرا؟
- 2) اگر آونگی را از سطح زمین به کره ی ماه ببریم، دوره ی تناوب آن چه تغییری می کند؟
- 3) **به نظر شما** چرا همیشه یک طرف ماه به سوی زمین است؟

آزمایش 7 : ماشین آتوود

هدف آزمایش

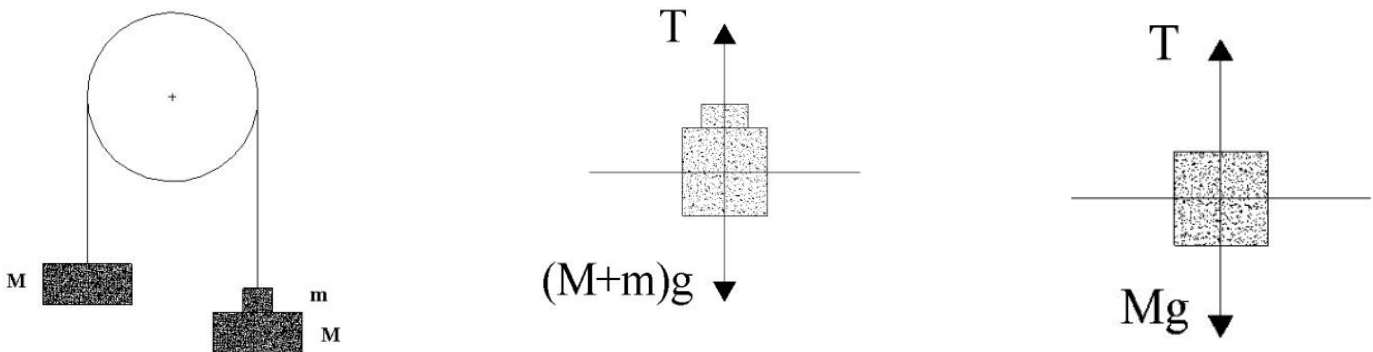
بررسی قوانین اول و دوم نیوتن

وسایل مورد نیاز

دستگاه ماشین آتوود (شامل رها کننده وزنه، گیرنده وزنه، بدنه مدرج و قرقره)، سه پایه زمینی قابل تنظیم، وزنه با جرمهای مختلف، نخ، کرومومتر، حسگر.

تئوری آزمایش

ماشین آتوود در یک تعریف ایده آل دستگاهی است که از دو جرم نامساوی M و $M+m$ که توسط نخ سبکی بهم متصل شده و از روی قرقره ای بی وزن و بدون اصطکاک (که به آسانی حول محور خودش می تواند بچرخد) میگذرد، تشکیل شده است. در شکل (1) زیر ماشین آتوود و نمودار جسم آزاد برای جرمهای M و $M+m$ در طرف آن نشان شده است. (T کشش نخ است).



شکل (1)

چنانچه دستگاه از حال سکون رها شود، وزنه ها با شتاب ثابت در امتداد قائم شروع به حرکت خواهند نمود. با توجه به نمودار جسم آزاد و بکارگیری قانون دوم نیوتن داریم: (جهت بالا را مثبت اختیار می کنیم)

$$M \text{ برای } \rightarrow \sum F = Ma \Rightarrow T_1 - Mg = Ma \quad (1)$$

$$M+m \text{ برای } \rightarrow \sum F = (M+m)a \Rightarrow T_2 - (M+m)g = -(M+m)a \quad (2)$$

چون دیسک (قرقره) شتاب می گیرد، برای گشتاوری که به دیسک اعمال می شود داریم:

$$\tau_2 - \tau_1 = -T_1 R + T_2 R = R(T_2 - T_1) = I\alpha \quad (3)$$

I لختی دورانی قرقره بوده و مقدار آن برابر است با: $I = \frac{M'R^2}{2}$. M' جرم قرقره می باشد. همچنین می دانیم که مقدار شتاب a در حرکت دورانی از رابطه (4) $a = R\alpha$ نیز بدست می آید. از ترکیب روابط (1)، (2)، (3) و (4) خواهیم داشت:

$$a = \frac{T_1}{M} - g = g - \frac{T_2}{M+m} = R\alpha = \frac{R^2}{M' \frac{R^2}{2}} (T_2 - T_1) \Rightarrow$$

$$a = \frac{2}{M'} (T_2 - T_1) = \frac{mg - Ma - (M+m)a}{\frac{M'}{2}} \Rightarrow$$

$$a \frac{M'}{2} + Ma + (M+m)a = mg \Rightarrow$$

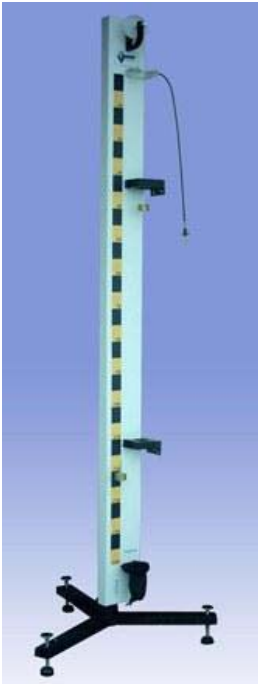
$$a = \frac{mg}{\frac{M'}{2} + 2M + m} \quad (5)$$

بدیهی است که چنانچه وزنه ها در طرفین دستگاه یکسان باشد ($m=0$)، $a=0$ بوده و دستگاه ساکن و یا دارای حرکت یکنواخت خواهد بود (قانون اول نیوتن).

شرح آزمایش

الف- بررسی حرکت مستقیم الخط با شتاب ثابت

به دو طرف دستگاه وزنه های یکسان M را آویزان کرده و سپس تعدادی سربار 2 گرمی را به وزنه سمت راست اضافه می کنیم. کفه وزنه را در فک آتوود (جایی که حسگر شروع در آنجا قرار دارد) قرار داده و حسگر خاتمه را در فاصله معین از آن یعنی x تنظیم می کنیم. با فشردن ضامن، وزنه هادر جهت وزنه بزرگتر (سمت راست) شروع به حرکت نموده و پس از پیمودن فاصله x به حسگر خاتمه می رسند. به محض شروع حرکت، تایمر دیجیتال شروع به کار می کند و پس از رسیدن وزنه ها به حسگر خاتمه، متوقف می شود. بدینوسیله زمان پیمایش مسافت



x وزنه ثبت می گردد. در این حال شتاب دستگاه را هم از رابطه (5) و هم از رابطه $a' = \frac{2x}{t^2}$ بدست آورید. این آزمایش را سه بار برای مسافتهای مختلف تکرار نموده و جدول (1) زیر را کامل نمایید.

ترتیب آزمایش	M(Kg)	m(Kg)	x(m)	t(s)	$a = \frac{mg}{\frac{M'}{2} + 2M + m}$	$a' = \frac{2x}{t^2}$	$\Delta a = a - a'$
1							
2							
3							

جدول (1)

ب- تحقیق قانون اول نیوتن (اصل ماند)

دستگاه را با دو وزنه مساوی M و سربار 5 گرمی m بکار اندازید. پس از حذف سربار توسط حسگر شروع، چون برابند نیروهای وارد بر دستگاه صفر است حرکت وزنه ها یکنواخت خواهد شد. با فشردن ضامن، دستگاه را به کار اندازید. وزنه ها با سرعت مشخصی به حسگر شروع می رسند و پس از حذف سربار توسط حسگر از این پس حرکت وزنه ها باید بصورت یکنواخت انجام پذیرد.

- حسگر خاتمه را در فاصله مشخصی از حسگر شروع قرار دهید. در این حالت کروномتر، زمان حرکت وزنه بین حسگر شروع و خاتمه را اندازه گیری می کند. با انجام آزمایش برای فواصل مختلف:
- ب-1) جدول (2) را کامل کنید.
- ب-2) نمودار تغییرات x را بر حسب t رسم نموده و درستی اصل ماند را تحقیق کنید.

ترتیب آزمایش	$x(m)$	$t(s)$	$v = \frac{x}{t}$
1			
2			
3			

جدول (2)

سوالات

- 1) علت تفاوت در مقدار شتاب به دست آمده از طریق آزمایش (a') و محاسبه نظری (a) در چیست؟
- 2) به نظر شما اگر اتومبیل خود را سریع تر از سرعت صوت برانید، آیا می توانید صدای رادیو را بشنوید؟