دستور کار آزمایشگاه فیزیک پایه ۱

آزمایش ۱: آشنایی با وسایل اندازه گیری

مبانی نظری آزمایش

فیزیک علم اندازه گیری کمیات فیزیکی از قبیل طول، جرم، جرم حجمی و غیره می باشد. برای اندازه گیری هر کمیت وسیله مناسب آن را باید به کار برد و نتایج دقیق تر و بهتر زمانی حاصل می شود که علاوه بر استفاده از وسایل مناسب، از حداکثر دقت لازم بهره برد. به منظور اطمینان از صحت آزمایش بایستی اندازه گیری را چند مرتبه تکرار نمود و متوسط نتایج را به دست آورد.

برای اندازه گیری طول های بزرگتر از یک متر از متر نواری، برای اندازه گیری طول های چند سانتی متر تا یک متر از خط کش و برای اندازه گیری طول های کوچک تر از کولیس یا ریز سنج استفاده می شود.

در زیر روش اندازه گیری به کمک چند وسیله شرح داده می شود.

کولیس

کولیس به دلیل داشتن تنوع و سهولت در اندازه گیری یکی از مهمترین ابزارهای اندازه گیری می باشد که دقت اندازه گیری آن از خط کش معمولی بیشتر است. از کولیس به منظور اندازه گیری ضخامت یا قطر خارجی، قطر داخلی، عمق و ارتفاع یک جسم استفاده می شود. البته میزان دقت کولیس به چگونگی درجه بندی ورنیه آن بستگی دارد.

قسمت های مختلف یک کولیس عبارت اند از:

۱) خط کش

بدنه اصلی کولیس را تشکیل می دهد و بر حسب سانتی متر و میلی متر درجه بندی شده است. معمولاً ارقام روی خط کش بر حسب میلی متر خوانده می شود.

۲) ورنیه

قسمت متحرک درجه بندی شده که روی خط کش ثابت، قرار گرفته ورنیه نامیده می شوددقت کولیس به فاصله درجه بندیهای روی ورنیه مربوط می شود. این دقت بر روی دستگاه ثبت شده است.

۳) شاخک های پایینی یا بزرگتر

به منظور اندازه گیری طول، قطر یا ضخامت خارجی، این دو فک یا شاخک بر سطح خارجی جسم مورد نظر مماس می شوند.

۴) شاخک های بالایی یا کوچکتر

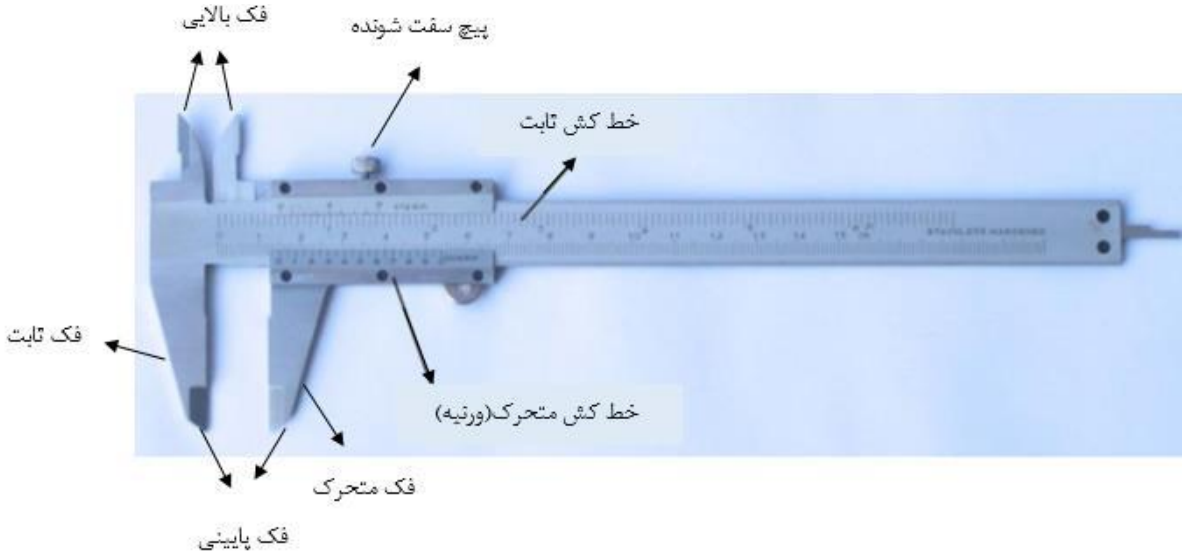
به منظور اندازه گیری قطر یا ضخامت داخلی، این دو فک یا شاخک بر سطح داخلی جسم مورد نظر مماس می شوند.

۵) تیغه عمق سنج

در پشت خط کش تیغه ای قرار گرفته است، نوک تیغه در عمق جسم مورد نظر قرار داده می شود و لبه کولیس بر لبه جسم منطبق می شود تا عمق مورد نظر، اندازه گیری شود.

۶) پیچ تثبیت دستگاه

کولیس ها معمولاً دارای پیچ یا شاسی ای می باشند که دهانه کولیس را ثابت نگه می دارد . این شاسی برای مواردی که امکان تکان خوردن ورنیه و ایجاد خطا در اندازه گیری وجود دارد، استفاده می شود . به عبارت دیگر این پیچ ها برای ثابت کردن فک های متحرک بعد از اینکه قطر نهایی جسم را تنظیم نمودید به کار می رود تا در حین خواندن درجات، فک های متحرک حرکت نکنند و در خواندن طول، اشتباهی رخ ندهد.



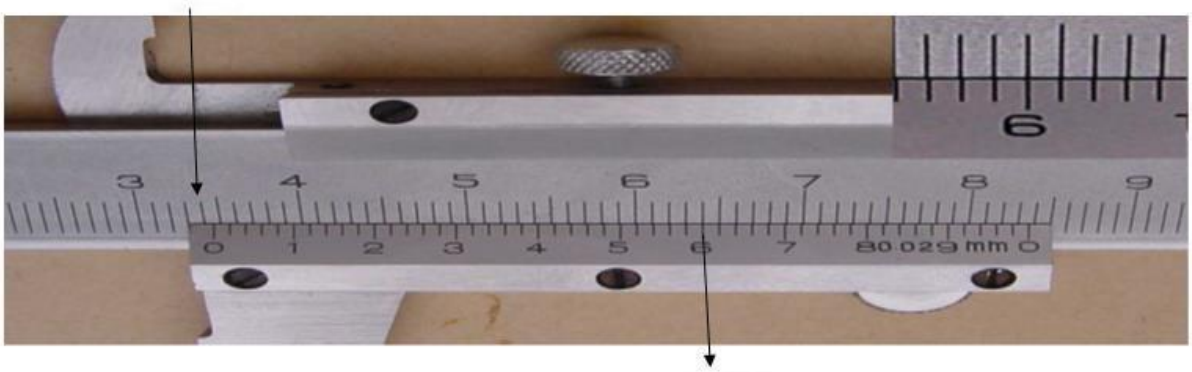
اندازه گیری و خواندن عدد با کولیس

برای اندازه گیری با کولیس، دو لبه کولیس را بر سطح جسم مورد نظر مماس کرده (در این زمان فک های ثابت و متحرک به اندازه قطعه از هم باز می شود) و پیچ تثبیت را محکم می کنیم. در هر حالت عددی که کولیس نشان می دهد در دو مرحله خوانده می شود:

مرحله اول : نخست باید ببینیم صفر ورنیه بین کدام یک از دو خط خط کش قرار دارد، عدد کوچک تر را می خوانیم.

مرحله دوم : نوبت به خواندن عدد ورنیه است. یک خط و بهترین خط از ورنیه که دقیقاً با یکی از خطوط خط کش مماس می شود را در نظر می گیریم از صفر ورنیه تا آن خط فواصل را می شماریم و در دقت کولیس ضرب می کنیم و با عدد قبلی جمع می کنیم.

به عنوان مثال:



با توجه به شکل، صفر ورنیه از شاخص ۳۴ ام خط کش اصلی که معادل ۳۴ میلی متر است گذشته، و شاخصی از ورنیه که بر شاخص خط کش اصلی منطبق است عدد ۶ ورنیه است که با توجه به تقسیمات ورنیه که بین ۵ تا ۱ به پنج قسمت تقسیم شده است عدد ۶ معادل ۳۵ است، این عدد را در دقت کولیس ضرب کرده و به این ترتیب داریم $34 + (30 \times 0.02) = 34.6$

جدول شماره ۱ را کامل کنید.

قطر داخلی: x ، قطر خارجی: d ، ارتفاع: h ، عمق: R

جدول شماره ۱

	$x\ (mm)$			$\bar{x} \pm \Delta x$ (mm)	$d\ (mm)$			$\bar{d} \pm \Delta d$ (mm)	$h\ (mm)$			$\bar{h} \pm \Delta h$ (mm)	$R\ (mm)$			$\bar{R} \pm \Delta R$ (mm)
استوانه فلزی توخالی																

ریز سنج (میکرومتر)

ریزسنج وسیله ای است که برای اندازه گیری اجسامی با قطر یا ضخامت بسیار کم به کار می رود. ریزسنج از کولیس دقیق تر است.گام ریزسنج عبارت است از مقدار جابجایی استوانه متحرک در طول استوانه ثابت به ازای هر دور چرخش و به نحوه طراحی و دقت دستگاه بستگی دارد .گام ریزسنج می تواند ۱ میلی متر یا نیم میلی متر باشد. دقت این وسیله ۰/۰۱ میلی متر است.

قسمت های مختلف ریزسنج عبارتند از:

۱)محور ثابت (خط کش میلی متری)

دارای یک خط است که در بالای آن فواصل بصورت یک میلی متری می باشد و در پایین خط، فواصل به صورت نیم میلی متری است.

۲)محور متحرک

که دارای ۵۰ عدد است و خطوطی روی آن حک شده هر خط نماینده یک صدم میلی متر است.

۳)فک های ثابت و متحرک اندازه گیری

۴)ضامن یا پیچ قفل کننده

ثابت کننده محور متحرک نسبت به محور ثابت است.

۵) پیچ انتهایی یا پیچ هرزگرد

روش اندازه گیری با ریز سنج

جسم را بین دهانه های فک ثابت و متحرک قرار داده و پیشروی اولیه محور متحرک به وسیله قسمت عاج دار روی محور متحرک، انجام می شود. زمانی که جسم به حد کافی به سطح مورد نظر نزدیک گردید بقیه پیشروی محور متحرک به وسیله پیچ هرزگرد صورت می گیرد، با شنیدن صدای پیچ هرزگرد می توان مطمئن شد که هر دو محور ثابت و متحرک به سطح جسم رسیده اند و مماس بر آن هستند در این هنگام ضامن تثبیت را محکم می کنیم تا دیگر محور جا به جا نشود.

خواندن عدد در دو مرحله انجام می شود. وقتی محور متحرک نسبت به محور ثابت یک دور کامل می چرخد محور متحرک مسافتی برابر با ۰/۵ میلی متر روی محور ثابت طی کرده است. محور متحرک نسبت به محور ثابت باید دو دور بزند تا یک میلی متر روی محور ثابت جا به جا شود.

۱) در مرحله اول، آخرین عدد میلی متری از روی محور ثابت می خوانیم و ثبت می کنیم. سپس باید دید که بعد از این عدد خط بعدی که نماینده ۰/۵ میلی متر است از پایین مشاهده می شود یا نه، اگر بود که با این عدد جمع می شود.

۲) در امتداد خطی که روی محور ثابت قرار دارد عددی را که روی محور متحرک است بر حسب صدم میلی متر خوانده می شود و با عدد قبل جمع می کنیم و حاصل را بر حسب میلی متر بیان می کنیم.

جدول شماره ۲ را کامل کنید.

جدول شماره ۲

	$x_1\ (mm)$	$x_2\ (mm)$	$x_3\ (mm)$	$\bar{x} \pm \Delta x\ (mm)$
ضخامت یک برگ کاغذ				
ضخامت چند برگ کاغذ				
ضخامت ورقه فلزی				

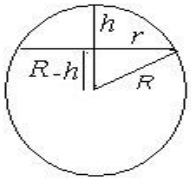
تقعرسنج یا گوی سنج

گوی سنج وسیله ای است که برای اندازه گیری شعاع انحنای سطوح مقعر و محدب به کار می رود. این وسیله دارای سه پایه ثابت و یک پایه متحرک در وسط است. یک خط کش که بر روی پایه دستگاه ثابت شده است و صفر آن در وسط خط کش است، دو تقسیم بندی به اندازه ۱۰ میلی متر در بالا و پایین این مبدأ قرار دارد. محوری دیسک مانند که عمود بر خط کش است و دارای ۱۰۰ قسمت مساوی است، هر قسمت نماینده یک صدم میلی متر است. دقت گوی سنج ۰/۰۱ میلی متر است.

در عمل ابتدا سه پایه ثابت را برروی سطح صاف قرارداده و با پیچ تنظیم دستگاه، محور متحرک را نیز بر سطح صاف مماس نموده و عدد را از روی خط کش و محور بر حسب میلیمتر قرائت و یادداشت می کنیم سپس سه پایه ثابت را روی سطح مورد نظر محدب یا مقعر قرار داده، محور متحرک را بر سطح مورد نظر مماس کرده و عدد بعدی را قرائت می کنیم تفاضل این دو عدد به دست آمده را با h نمایش می دهیم.

اندازه گیری شعاع انحنا:

برای اندازه گیری شعاع انحنا R یک سطح خمیده ، گوی سنج روی سطح قرار می گیرد به طوری که هم زمان پایه های ثابت و نوک متحرک بر روی سطح تماس پیدا کنند در این حالت گوی سنج فاصله پایین ترین نقطه سطح کروی را از صفحه سه پایه ثابت نشان می دهد . می توان نشان داد که شعاع سطح مورد نظر (شعاع کره ای که سطح مورد نظر بخشی از آن است) عبارت است از:



$$(R-h)^2 + r^2 = R^2$$
$$\rightarrow \quad R = \frac{r^2 + h^2}{2h}$$

توجه کنید که در رابطه بالا یک راه برای به دست آوردن r این است که فاصله هر یک از سه پایه ثابت و پایه متحرک وسطی را با کولیس اندازه گرفته با یکدیگر جمع زده بر عدد ۳ تقسیم می کنیم.

$$r = \frac{r_1 + r_2 + r_3}{3}$$

جدول شماره ۳ را کامل کنید.

جدول شماره ۳

	$r\ (mm)$			$\bar{r} \pm \Delta r$ (mm)	$h\ (mm)$			$\bar{h} \pm \Delta h$ (mm)	$R\ (mm)$
سطح محدب									
سطح مقعر									

ترازو

از ترازو برای اندازه گیری جرم استفاده می شود. دو نوع ترازویی که در آزمایشگاه به کار می بریم ترازوی یک کفه ای سه اهرمی و ترازوی یک کفه ای چهار اهرمی می باشد.

ترازوی یک کفه ای سه اهرمی

این ترازو دارای سه اهرم یا بازو می باشد که وزنه هایی در سمت چپ بازوها قرار گرفته که می توان آنها را روی بازوها لغزاند. برای اندازه گیری، ابتدا جسم مورد نظر را بر روی کفه قرار می دهیم سپس از وزنه بزرگتر شروع به حرکت کرده یا وزنه را روی بازوی مربوط به آن حرکت می دهیم. گامهای حرکت به صورت یکی یکی می باشد و وزنه باید دقیقاً در داخل شیارهای روی بازوها قرار گیرد (قرار گرفتن بر روی شیار نادرست است) تا زمانی که خط نشانگر از عدد صفر پایین تر قرار گیرد حرکت را ادامه می دهیم از این به بعد یک

گام یک گام وزنه را به عقب بر می گردانیم تا خط نشانگر بالای صفر قرار گیرد سپس با وزنه دیگر کار را به همین صورت ادامه می دهیم تا در نهایت به آخرین وزنه یا کوچکترین وزنه برسیم در این حالت حرکت به صورت پیوسته انجام می شود. عدد مربوط به جایی از بازو که هر وزنه قرار گرفته است را در نظر می گیریم و به این ترتیب همه اعداد را با هم جمع می کنیم و به دقت ترازو عدد را بیان می کنیم. دقت ترازوی سه اهرمی با توجه به تقسیم بندی کوچکترین وزنه ۰/۱ گرم می باشد.

جرم یک استوانه فلزی، یک استوانه چوبی و یک ورق آلومینیومی را به کمک ترازو بخوانید و جدول شماره ۴ را کامل کنید.

جدول شماره ۴

	$m\ (gr)$			$\bar{m} \pm \Delta m\ (mm)$
استوانه فلزی				
استوانه چوبی				
ورق فلزی				

ترازوی یک کفه ای چهار اهرمی

این ترازو دارای چهار اهرم یا بازو می باشد که وزنه هایی در سمت چپ بازوها قرار گرفته که می توان آنها را روی بازوها لغزاند. روش اندازه گیری جرم به وسیله این ترازو دقیقاً مانند ترازوی سه اهرمی می باشد. دقت این ترازو با توجه به تقسیم بندی کوچکترین وزنه ۰/۰۱ گرم است.

جرم یک استوانه فلزی، یک استوانه چوبی و یک ورق آلومینیومی را به کمک ترازو بخوانید و جدول شماره ۵ را کامل کنید.

جدول شماره ۵

	$m\ (gr)$			$\overline{m} \pm \Delta m\ (mm)$
استوانه فلزی				
استوانه چوبی				
ورق فلزی				

آزمایش شماره ۲ : قانون ارشمیدس و تعیین جرم حجمی

هدف: تعیین جرم حجمی اجسام به دو روش، ۱) با استوانه مدرج ۲) با استفاده از قانون ارشمیدس
وسایل آزمایش: استوانه مدرج، ترازوی یک کفه سه اهرمی و چهار اهرمی، لیوان یا بشر، استوانه کوچک فلزی و چوبی، مقداری نخ

محاسبه جرم حجمی به کمک استوانه مدرج

روش انجام آزمایش

ابتدا جرم استوانه های فلزی و چوبی را به کمک ترازو اندازه گیری کنید. مقداری آب درون استوانه مدرج بریزید و حجم را بخوانید. سپس استوانه فلزی را درون استوانه مدرج حاوی آب قرار دهید دوباره حجم را بخوانید، اختلاف حجم آب به تنهایی با آب و استوانه فلزی، حجم استوانه فلزی را می دهد با داشتن جرم واقعی و حجم، می توان چگالی را به دست آورد.

$$\rho_{\text{جسم}} = \frac{m_{\text{جسم}}}{v_{\text{جسم}}}$$

این آزمایش را برای استوانه چوبی تکرار کنید، با توجه به اینکه استوانه چوبی در داخل آب فرو نمی رود برای انجام آزمایش، استوانه چوبی را همراه با استوانه فلزی در آب فرو برده و میزان حجم را بخوانید. با دانستن حجم استوانه فلزی که از قبل به دست آمد می توان حجم استوانه چوبی را به دست آورد و چگالی آن را محاسبه کرد.

جدول شماره ۱ را کامل کنید.

محاسبه جرم حجمی با استفاده از قانون ارشمیدس

مبانی نظری آزمایش

قانون ارشمیدس

هرگاه تمام یا قسمتی از یک جسم در سیالی غوطه ور شود به وسیله سیال نیرویی برابر با وزن سیال جا به جا شده به جسم وارد می شود و در نتیجه جسم سبک تر می گردد. در حالت کلی سه وضعیت برای چنین جسمی به وجود می آید:

الف) اگر وزن جسم با نیروی ارشمیدس برابر باشد جسم در سیال غوطه ور می ماند.

ب) اگر وزن جسم کم تر از نیروی ارشمیدس باشد، جسم بر روی سیال شناور می ماند.

ج) اگر وزن جسم بیش تر از نیروی ارشمیدس باشد جسم به ته ظرفی که سیال در آن قرار دارد برخورد می‌کند.

وزن واقعی: وزن جسم در خلأ را که معمولاً با وزن آن در هوا برابر است وزن واقعی (W) می نامند.

وزن ظاهری: وزن جسم در سیال را وزن ظاهری (W') می نامند.

وزن سیال هم حجم جسم که معادل با مقدار سبک شدن وزن جسم است را نیروی ارشمیدس (F) می نامند که به صورت زیر تعریف می شود:

$$F = \rho' V g \quad (۱)$$

که در آن ρ جرم حجمی سیال و V حجم سیال جا به جا شده(حجم جسم) است.
اگر جسمی را در سیالی با جرم حجمی ρ' غوطه ور کنیم بنابراین خواهیم داشت:

$$F = W - W' \quad (۲)$$

که در آن F نیروی خالصی است که از طرف سیال به جسم وارد می شود و بنابر قانون ارشمیدس، با وزن سیال جا به جا شده برابر است.
با توجه به رابطه های (۱) و (۲) داریم:

$$\rho' V g = W - W' = (m - m')g \quad (۳)$$

از آن جا که طبق قانون ارشمیدس حجم سیال جا به جا شده با حجم جسم غوطه ور در سیال برابر است می توان نوشت:

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (۴)$$

که در آن ρ جرم حجمی جسم غوطه ور در سیال است.
از روابط (۳) و (۴) داریم:

$$\rho = \frac{m\rho'}{m - m'} \quad (۵)$$

و با استفاده از این رابطه با توجه به مشخص بودن جرم حجمی سیالی که جسم در آن غوطه ور است می توان جرم حجمی جسم را به دست آورد.

روش انجام آزمایش

الف) اندازه گیری چگالی آب

ابتدا جرم مشخصی آب را با ترازو تعیین کنید این مقدار آب را درون استوانه مدرج بریزید و حجم را بخوانید به این ترتیب چگالی آب را به دست آورید.

جدول شماره ۲ را کامل کنید.

ب) اندازه گیری چگالی استوانه فلزی و چوبی

جرم واقعی استوانه فلزی و چوبی را هر کدام جداگانه قبلاً با ترازو اندازه گرفته شده یادداشت نمایید. سپس مقداری آب درون لیوانی ریخته و استوانه فلزی یا چوبی را با نخی به ترازو طوری ببندید که در لیوان آب غوطه ور شود در این حالت نیز جرم جسم را بخوانید این جرم ظاهری جسم می باشد در حالتی که در سیال غوطه ور است. با استفاده از رابطه (۵) چگالی جسم را بدست آورید.

جدول شماره ۳ را کامل کنید.

در پایان چگالی به دست آمده به دو روش را با هم مقایسه کنید.

جدول شماره ۱

	$m\ (gr)$			$\bar{m} \pm \Delta m\ (gr)$	$\bar{v} \pm \Delta v\ (mm^3)$	$\bar{\rho} \pm \Delta\rho\ (^{gr}/_{mm^3})$
استوانه فلزی						
استوانه چوبی						

جدول شماره ۲

$M \pm \Delta M\ (gr)$	$V \pm \Delta V\ (ml)$	$\acute{\rho} \pm \Delta\acute{\rho}\ (^{gr}/_{ml})$

جدول شماره ۳

	$m\ (gr)$			$\bar{m} \pm \Delta m\ (gr)$	$m'\ (gr)$			$\overline{m'} \pm \Delta m'\ (gr)$	$\bar{\rho} \pm \Delta\rho\ (gr/ml$
استوانه فلزی									
استوانه چوبی									

- توجه کنید که $\acute{\rho}$ جرم حجمی آب می باشد.

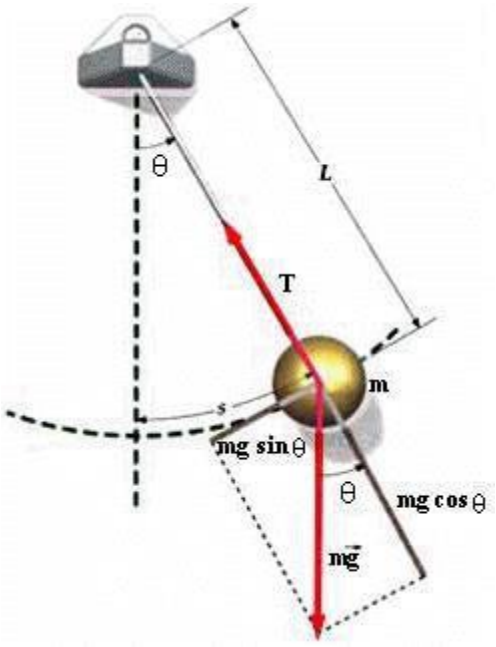
آزمایش شماره ۳: آونگ ساده

هدف: تحقیق قوانین حرکت آونگ و محاسبه شتاب جاذبه زمین

وسایل آزمایش: گیره و پایه، مقداری نخ، خط کش، کرنومتر، کولیس، گلوله فلزی

مبانی نظری آزمایش

آونگ ساده مدل ایده آلی است که در آن یک نقطه مادی به نخ بدون جرم ناکشسانی آویزان است و در میدان گرانشی یکنواختی قرار دارد.



وزنه ای به جرم m را مطابق شکل به انتهای نخی که از جرم آن صرف نظر می کنیم متصل نموده و از نقطه ثابتی آویزان می کنیم. اکنون ار وزنه را از امتداد قائم، که وضعیت تعادل است به یک طرف کشیده و سپس رها کنیم در اطراف وضع تعادل خود، حرکت رفت و برگشتی خواهد داشت.

معادله حاکم بر گلوله با توجه به قوانین حرکت بصورت زیر است:

$$\sum F = ma \qquad \rightarrow \qquad \begin{cases} T = mgcos\theta = m\dfrac{v^2}{l} \\ F = -mgsin\theta = ma \end{cases}$$

نیروی F نیروی بازگرداننده آونگ و T نیروی کشش نخ است.

اگر θ زاویه ای کوچک باشد $(\theta \approx 6^{\circ})$ می توان نوشت:

$$sin\theta \approx \theta \qquad \rightarrow \qquad F = -mg\theta$$

اگر طول موثر نخ l باشد جا به جایی در طول کمان برابر است با $x = l\theta$ پس می توان نوشت:

$$\left.\begin{aligned} F &= -mg\frac{x}{l} \\ F &= m\frac{d^2x}{dt^2} \end{aligned}\right\} \quad \rightarrow \quad \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{g}{l}x = 0$$

این معادله یک معادله دیفرانسیل مرتبه دوم با ضرایب ثابت است اگر جواب این معادله دیفرانسیل را بصورت $x = Acos((\omega t + \emptyset))$ در نظر بگیریم می توان نشان داد که $\omega^2 = \frac{g}{l}$:

زمان تناوب حرکت نوسانی عبارت است از مدت زمانی که طول می کشد تا جسم یک حرکت نوسانی کامل انجام دهد و داریم:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \rightarrow \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

توجه کنید که در محاسبات بالا اگر θ کوچک نباشد دیگر نمی توانیم از تقریب $sin\theta \approx \theta$ استفاده کنیم.

روش انجام آزمایش

دستگاه گیره و پایه را تنظیم کرده، قطر گلوله فلزی را با کمک کولیس بخوانید. طول مناسبی از نخ را انتخاب کرده بطویکه یک سر این نخ به دستگاه گیره و پایه محکم شود و سر دیگر به گلوله بسته شود. سپس انحراف کمی به آونگ داده و آنرا بدون سرعت اولیه از حالت تعادل خارج کنید با کرنومتر زمان نوسان کامل آونگ را اندازه بگیرید و مطابق جدول زیر اطلاعات خواسته شده را تکمیل نمایید.

توجه: زمان تناوب حرکت آونگی از رابطه $T = \frac{t}{n}$ محاسبه می شود که در آن t زمان n نوسان کامل است.

منحنی تغییرات l را بر حسب T^2 روی کاغذ میلیمتری رسم کنید و شیب خط را بدست آورید.

در پایان خطای مطلق در اندازه گیری شتاب جاذبه را محاسبه کنید.

	$\bar{l} \pm \Delta l \ (cm)$	$t \ (s)$			$\bar{t} \pm \Delta t \ (s)$	$\bar{T} \pm \Delta T \ (s)$	$\bar{T}^2 \pm \Delta T \ (s^2)$
۱							
۲							
۳							
۴							
۵							
۶							

آزمایش شماره ۴: قانون هوک در حالت ایستا و پویا

هدف: تعیین ثابت فنر در حالت ایستا و پویا با استفاده از قانون هوک – محاسبه شتاب جاذبه به کمک قانون هوک در حالت پویا

وسایل آزمایش: پایه و گیره – یک جفت فنر – خط کش – وزنه های مختلف

مبانی نظری آزمایش

الف) تعیین ثابت فنر به کمک قانون هوک در حالت ایستا

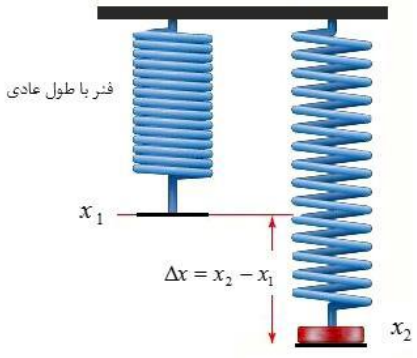
هرگاه به جسم الاستیکی مانند یک فنر نیرویی وارد کنیم ، تحت اثر این نیرو جسم تغییر طول می دهد . باشد که در آن k ثابت فنر است.

اگر به فنری با ثابت k وزنه ای به جرم m بیاویزیم نیروی وارد بر فنر نیروی وزن جسم است. در این حالت تعادل جدید، تغییر طول به کمک قانون هوک به صورت زیر است:

برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر است پس داریم

$$\sum F = 0 \quad \rightarrow \quad -kx + mg = 0 \quad \rightarrow \quad m = \frac{k}{g}x$$

در اینجا $x = x_2 - x_1$.



اگر منحنی تغییرات m بر حسب x را رسم کنیم خطی به دست می آید که شیب آن $\frac{k}{g}$ است.

روش انجام آزمایش

دستگاه گیره و پایه را تنظیم نمایید. فنری را از آن آویزان کنید با خط کش طول فنر را بخوانید سپس کفه ای به فنر متصل نموده و دوباره طول را بخوانید این تغییر طول را یادداشت نمایید. به ازاء وزنه های مختلف آزمایش را تکرار کنید و جدول شماره ۱ را کامل نمایید.

جدول شماره ۱

	$\bar{m} \pm \Delta m\ (gr)$	$X_1\ (cm)$	$X_2\ (cm)$	$X_3\ (cm)$	$\bar{X} \pm \Delta X\ (cm)$
۱					
۲					
۳					
۴					
۵					
۶					

برای درستی آزمایش بالا، ثابت فنر را به کمک قانون هوک در حالت پویا نیز به دست می آوریم.

ب) محاسبه تعیین ثابت فنر به کمک قانون هوک در حالت پویا-تعیین شتاب جاذبه
اگر به یک فنر وزنه ای متصل کرده و آن را از وضعیتی که فنر در حالت تعادل است کمی پایین کشیده و رها کنیم مجموعه سیستم جرم و فنر حول نقطه تعادل اولیه حرکت نوسانی پیدا می کنند، بنا بر قانون هوک و قانون دوم نیوتن داریم:

$$\begin{cases} F = -kx \\ F = ma \end{cases} \quad \rightarrow \quad m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx \quad \rightarrow \quad \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0$$

که در آن جرم وزنه آویخته به فنر است.
هر جسمی که مکان آن در چنین معادله ای صدق کند دارای حرکت نوسانی خواهد بود، اگر پاسخ معادله دیفرانسیل فوق را به صورت $x = Acos(\omega t + \emptyset)$ در نظر بگیریم می توان نشان داد که $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ از آن جا که زمان تناوب حرکت نوسانی، T ، عبارت است از مدت زمانی که طول می کشد تا جسم یک نوسان کامل را انجام دهد داریم:

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

معادله بالا، زمان تناوب حرکت نوسانی فنری با ثابت k را که جسمی به جرم m به آن متصل شده است و نوسان می کند به دست می دهد.
توجه داشته باشید که در تمام محاسبات بالا از جرم فنر صرفنظر شده است.
روش انجام آزمایش
ابتدا فنری از دستگاه گیره و پایه آویزان کرده سپس کفه ای را به آن متصل کنید و مجموعه کفه و فنر را با هم از وضعیت اولیه خارج کرده در امتداد قائم، پایین بکشید و رها کنید زمان لازم برای n نوسان را اندازه گیری کنید. آزمایش را با اضافه کرن وزنه های مختلف به کفه تکرار کنید و جدول شماره ۲ را کامل کنید.

جدول شماره ۲

	$\bar{m} \pm \Delta m \ (gr)$	$t\ (s)$			$\bar{t} \pm \Delta t\ (s)$	$\bar{T} \pm \Delta T\ \ (s)$	$\overline{T^2} \pm \Delta T^2\ (s)$
۱							
۲							
۳							
۴							
۵							
۶							

مقادیری که برای ثابت فنر در هر دو آزمایش الف و ب به دست آوردید با هم مقایسه کنید این دو مقدار باید تقریباً با هم برابر باشند.

روش محاسبه شتاب جاذبه

اگر منحنی تغییرات m بر حسب T^2 را رسم کنیم، خطی بدست می آید که شیب آن $\frac{k}{4\pi^2}$ خواهد بود.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad \rightarrow \quad T^2 = 4\pi^2\frac{m}{k} \quad \rightarrow \quad m = \frac{k}{4\pi^2}T^2$$

از این رو با توجه به معادله بالا، شیب خط به صورت زیر است:

$$\acute{s} = \frac{k}{4\pi^2} \quad \rightarrow \quad k = 4\pi^2\acute{S}$$

و خطای مطلق در اندازه گیری آن بصورت زیر خواهد بود:

$$Lnk = Ln4\pi^2 + Ln\acute{S} \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta\acute{S}}{\acute{S}}$$

با استفاده از شیب خط بر حسب در قانون ایستای هوک، شتاب جاذبه را می توان بصورت زیر محاسبه کرد:

$$g = \frac{k}{S}$$

از این رو خطای نسبی در اندازه گیری شتاب جاذبه از رابطه زیر بدسه می آید:

$$Lng = Lnk - LnS \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta k}{k} + \frac{\Delta S}{S}$$

آزمایش شماره ۵: به هم بستن فنرها به صورت سری و موازی در حالت پویا

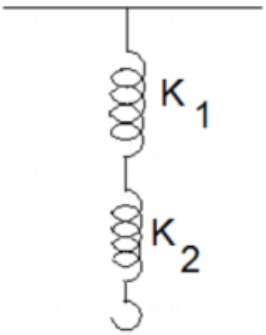
هدف: تعیین ثابت فنر معادل (فنرهای سری و موازی)

وسایل آزمایش: گیره و پایه، یک جفت فنر، وزنه های مختلف، کرنومتر

الف) تعیین ثابت معادل فنرهای سری

مبانی نظری آزمایش

در این حالت دو فنر به شکل سری به هم بسته می شوند، نیرو در یک راستا و به یک اندازه به فنرها وارد می شود.



با استفاده از قانون هوک داریم:

$$\begin{cases} x_T = x_1 + x_2 \\ F_T = F_1 = F_2 \end{cases} \quad , \quad F = -kx \quad \rightarrow \quad \frac{1}{k_T} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

روش انجام آزمایش

ابتدا دو فنر را به صورت سری به هم می بندیم و از نقطه ای آویزان می کنیم. کفه ای با جرم مشخص را به مجموعه فنرها متصل می کنیم. مجموع سیستم جرم و فنرها را با هم از وضعیت تعادل خارج کرده و رها می کنیم تا شروع به نوسان کند. مدت زمان انجام تعداد ۱۰ تا ۱۵ نوسان را به وسیله کرنومتر اندازه می گیریم، با استفاده از این مدت زمان و تعداد نوسان می توان زمان تناوب یک نوسان کامل برای سیستم را به دست آورد.

$$T = \frac{t}{n}$$

با استفاده از مقادیر به دست آمده می توان ثابت فنر معادل را از رابطه زیر محاسبه کرد.

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

آزمایش را به ازای وزنه های مختلف تکرار کرده و جدول شماره ۱ را کامل کنید.

برای درستی آزمایش مقدار ثابت فنر که از انجام آزمایش به دست می آید می توان با مقدار تئوری آن که از رابطه زیر به دست می آید با هم مقایسه کرد این مقادیر باید با هم برابر باشند.

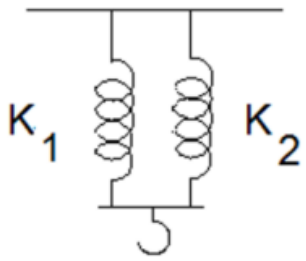
جدول شماره ۱

	$\bar{m} \pm \Delta m \ (gr)$	$t\ (s)$			$\bar{t} \pm \Delta t\ (s)$	$\bar{T} \pm \Delta T\ \ (s)$	$\overline{T^2} \pm \Delta T^2\ (s)$
۱							
۲							
۳							
۴							
۵							
۶							

ب) تعیین ثابت معادل فنرهای موازی

مبانی نظری آزمایش

در این حالت فنرها به صورت موازی به هم بسته می شوند، نیروی وارد بر فنرها به یک اندازه نمی باشد و بستگی به ثابت فنر هر کدام از فنرها دارد.



$$k = k_1 + k_2$$

با استفاده از قانون هوک داریم:

$$\begin{cases} x_T = x_1 = x_2 \\ F_T = F_1 + F_2 \end{cases} \quad , \quad F = -kx \quad \rightarrow \quad k_T = k_1 + k_2$$

روش انجام آزمایش

ابتدا دو فنر را به صورت موازی به هم می بندیم و از نقطه ای آویزان می کنیم. کفه ای با جرم مشخص را به مجموعه فنرها متصل می کنیم. مجموع سیستم جرم و فنرها را با هم از وضعیت تعادل خارج کرده و رها می کنیم تا شروع به نوسان کند. مدت زمان انجام تعداد ۱۰ تا ۱۵ نوسان را به وسیله کرنومتر اندازه می گیریم، با استفاده از این مدت زمان و تعداد نوسان می توان زمان تناوب یک نوسان کامل برای سیستم را به دست آورد.

$$T = \frac{t}{n}$$

با استفاده از مقادیر به دست آمده می توان ثابت فنر معادل را از رابطه زیر محاسبه کرد.

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

آزمایش را به ازای وزنه های مختلف تکرار کرده و جدول شماره ۲ را کامل کنید.

برای درستی آزمایش مقدار ثابت فنر که از انجام آزمایش به دست می آید می توان با مقدار تئوری آن که از رابطه زیر به دست می آید با هم مقایسه کرد این مقادیر باید با هم برابر باشند.

جدول شماره ۲

	$\bar{m} \pm \Delta m \ (gr)$	$t\ (s)$			$\bar{t} \pm \Delta t\ (s)$	$\bar{T} \pm \Delta T\ \ (s)$	$\overline{T^2} \pm \Delta T^2\ (s)$
۱							
۲							
۳							
۴							
۵							
۶							

آزمایش شماره ۶: تحقیق قانون دوم نیوتن(ماشین آتوود در حالت عمودی ، سیستم جرم و ارابه،حرکت روی سطح شیب دار)

هدف: محاسبه شتاب حرکت در سیستم های مختلف

وسایل آزمایش: قرقره، گیره و پایه، ارابه، وزنه های مختلف، دو عدد کفه، نخ، نقاله، کرنومتر، متر

مبانی نظری آزمایش

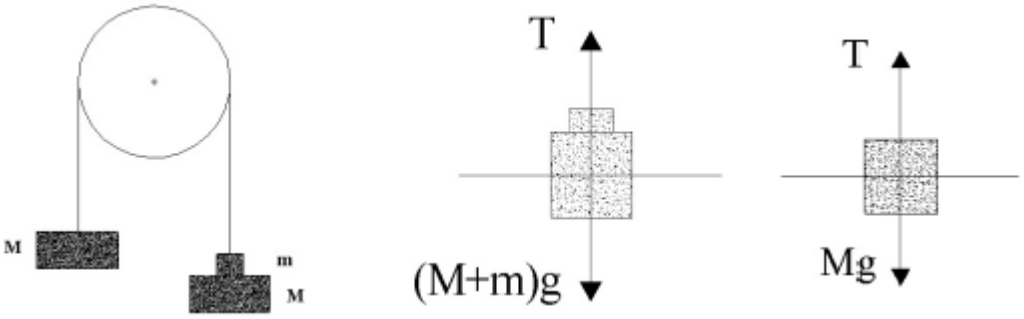
قانون دوم نیوتن را اغلب معادله حرکت می نامند. بنابراین قانون اگر به جسمی نیرو وارد شود، این جسم در جهت نیرو شتابی می گیرد که اندازه آن متناسب با عکس جرم جسم است:

$$a = \frac{F}{m}$$

بنابراین برای اندازه گیری شتاب یک سیستم، باید نیروهای وارد بر سیستم و نیز جرم های موجود در آن سیستم معلوم باشند. در این آزمایش، شتاب حرکت را برای ماشین آتوود، سیستم جرم و ارابه و سطح شیب دار بررسی می کنیم.

الف) ماشین آتوود

ماشین آتوود دستگاه مکانیکی بسیار مفیدی است که در آن دو کفه با جرمهای یکسان M که توسط نخی سبک و غیر قابل ارتجاع که از روی قرقره ای بی وزن و بدون اصطکاک می گذرد بهم متصل شده اند و دستگاه در حال تعادل است اگر سرباری به جرم m را روی یکی از کفه ها قرار دهیم، دستگاه در اثر نیروی وزن این سربار، با شتابی که متناسب با جرم سربار است شروع به حرکت می کند. اگر فرض کنیم که قرقره آزادانه حول محور خود می چرخد پس در مقابل حرکت نخ مقاومتی ایجاد نمی کند. در این شرایط، نخ نیرو را از یک طرف قرقره به طرف دیگر آن منتقل می کند در نتیجه دو نیروی کشش T در دو طرف نخ با هم برابرند.



با توجه به یکسان بودن شتاب رو به بالا در یک طرف نخ با شتاب رو پایین در طرف دیگر معادلات حاکم بر این سیستم عبارتند از:

$$\begin{cases} (m+M)g - T = (m+M)a \\ T - Mg = Ma \end{cases} \quad \rightarrow \quad a = \frac{mg}{2M+m}$$

ب) سیستم جرم و ارابه

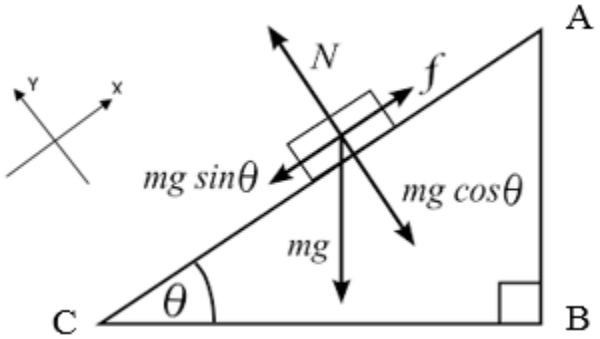
این سیستم شباهت زیادی به ماشین آتوود دارد. در اینجا نیز نخ و قرقره نقش انتقال نیرو را بر عهده دارند و عامل ایجاد شتاب، باز هم نیروی وزن است. در این سیستم در یک طرف نخی که از روی قرقره رد شده است ارابه و در طرف دیگر کفه وجود دارد با اضافه کردن یک سربار نیرو از یک طرف به طرف دیگر نخ منتقل شده و کفه که در حالت قائم است شتابی رو پایین می گیرد. با فرض بدون جرم بودن نخ و قرقره و چشم پوشی از اصطکاک، می توان معادلات حرکت را به شکل زیر نوشت و شتاب سیستم را محاسبه کرد:

$$\begin{cases} mg - T = ma \\ T = (M_0 + M')a = Ma \end{cases} \quad \rightarrow \quad a = \frac{mg}{M+m}$$

ج) سطح شیب دار

اگر جسمی را که بر روی سطح شیب داری قرار دارد از حالت سکون وادار به حرکت کنیم جسم در امتداد سطح شیبدار با حرکتی شتابدار به طرف پایین می لغزد در غیاب نیروی اصطکاک f معادله حرکت جسم به صورت زیر می باشد:

$$mgsin\theta = ma \quad \rightarrow \quad a = gsin\theta$$



الف) محاسبه شتاب ماشین آتوود

روش انجام آزمایش

دستگاه ماشین آتوود را تنظیم نموده و به میز محکم کنید. نخی را با طول مناسب از روی قرقره عبور داده و دو کفه با جرم یکسان به دو طرف نخ ببندید در این حالت دستگاه در وضعیت تعادل است. وزنه ای را با جرم نسبتاً کوچک انتخاب کرده و بر روی یکی از کفه ها قرار دهید. کفه ها در جهت های مختلف شروع به حرکت می کنند، همزمان با شروع حرکت کرنومتر را روشن کنید و زمان را یادداشت نمایید. به وسیله پیچ موجود در پایه، قرقره و کفه ها را جا به جا کرده و اختلاف طول بین دو کفه را به دلخواه تغییر دهید و آزمایش اضافه کردن سربار را تکرار کنید. برای سه طول مختلف آزمایش تکرار شود. جدول شماره ۱ را کامل کنید. در پایان مقدار شتابی که از طریق عملی به دست می آید با مقدار شتابی که از طریق فرمول تئوری به دست می آید را با هم مقایسه کرده و نتیجه را یادداشت کنید.

$$x = \frac{1}{2}at^2 \quad \rightarrow \quad a = \frac{2x}{t^2}$$ شتاب عملی

جدول شماره۱

	$\bar{x} \pm \Delta x\ (cm)$	$t\ (s)$			$\bar{t} \pm \Delta t\ (s)$
۱					
۲					
۳					

ب) سیستم جرم و ارابه

جرم ارابه را با ترازو اندازه بگیرید. نخی را از روی قرقره عبور داده به یک سر این نخ ارابه و به سر دیگر آن کفه ای متصل کنید. ارابه را بر روی طول مشخصی قرار داده و یک سربار به کفه اضافه کنید دستگاه از حالت تعادل خارج شده و نیرویی در سیستم باعث حرکت می شود همزمان کرنومتر را روشن کرده و زمان رسیدن کفه و سربار به سطح زمین را یادداشت نمایید. به ازاء جرمهای مختلف، آزمایش را تکرار کنید. جدول شماره ۲ را کامل کنید. در پایان مقدار شتابی که از طریق عملی به دست می آید با مقدار شتابی که از طریق فرمول تئوری به دست می آید را با هم مقایسه کرده و نتیجه را یادداشت کنید.

$$x = \frac{1}{2}at^2 \quad \rightarrow \quad a = \frac{2x}{t^2}$$ شتاب عملی

جدول شماره۲

	$\bar{m} \pm \Delta m\ \ (gr)$	$t\ (s)$			$\bar{t} \pm \Delta t\ (s)$
۱					
۲					
۳					
۴					
۵					

ج) سطح شیب دار

سطح شیب داری را با یک زاویه مشخص بسازید. ارابه ای را در ابتدای مسیر شیب دار قرار داده و از حالت سکون به سمت پایین حرکت دهید همزمان کرنومتر را روشن کنید و زمان را یادداشت نمایید. به ازاء زوایای مختلف آزمایش را تکرار کنید. جدول شماره ۳ را کامل کنید.

$$x = \frac{1}{2}at^2 \quad \rightarrow \quad a = \frac{2x}{t^2}$$ شتاب عملی

از طریق این مقدار شتاب به دست آمده و زاویه به کمک رابطه زیر می توان شتاب گرانش زمین را محاسبه کرد و نمودار مربوط به آن را رسم نمود.

$$a = gsin\theta$$

جدول شماره ۳

	$\bar{\theta} \pm \Delta\theta$	$t\ (s)$			$\bar{t} \pm \Delta t\ (s)$
۱					
۲					
۳					
۴					
۵					

آزمایش شماره ۷: حرکت پرتابه

هدف:بررسی حرکت پرتابی در امتداد افق

وسایل آزمایش:دستگاه پرتابه – گلوله – کاغذ – کاربن – متر – زمان سنج

مبانی نظری آزمایش

حرکت پرتابی

حرکت پرتابی یکی از انواع حرکت با شتاب ثابت است که در دو بعد انجام می شود .به علت اینکه تنها نیروی وارد شده به پرتابه نیروی گرانش می باشد پس حرکت در راستای افقی حرکت با سرعت ثابت و در راستای قائم با شتاب ثابت می باشد و مسیر حرکت به شکل یک سهمی است، پرتاب یک توپ مثالی است از این نوع حرکت .

گلوله ای با سرعت اولیه v_0 تحت زاویه θ_0 با سطح افق از نقطه $(x,y)=(0,0)$ به عنوان مبدأ مختصات پرتاب می شود با چشم پوشی از مقاومت هوا، تصاویر حرکت به صورت زیر می باشد:

$$v_{x_0} = v_0 cos\theta \quad , \quad v_{y_0} = v_0 sin\theta$$

بنابراین در حرکت پرتابی مولفه افقی حرکت بدون شتاب بوده در حالی که مولفه قائم حرکت مانند یک جسم در حال سقوط آزاد بر حسب زمان تغییر می کند به عبارتی، شتاب مولفه افقی ندارد اما دارای مولفه ای در امتداد قائم، در خلاف جهت مثبت انتخابی محور است:

$$a_x = 0 \quad , \quad a_y = -g$$

بنابراین معادلات حرکت پرتابه به صورت زیر می باشند:

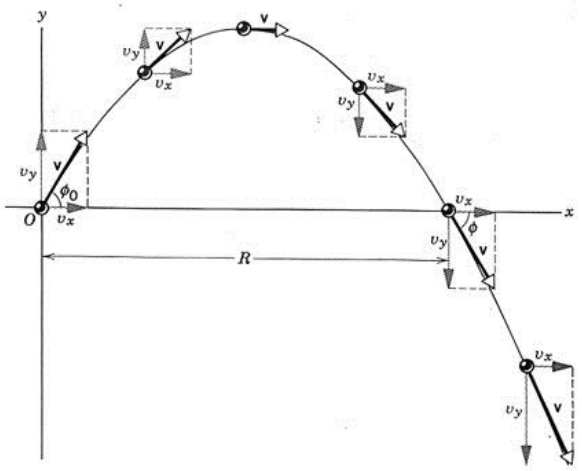
$$x = v_0 cos\theta_0 t \quad , \quad y = v_0 sin\theta_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

در بالا فرض شده است که $x_0 = 0 \, , y_0 = 0$.

اگر t را در دو معادله بالا حذف کنیم، معادله مسیر حرکت به دست می آید:

$$y = x tan\theta_0 - \frac{g x^2}{2 v_0^2 cos^2 \theta_0}$$

بنابراین طبق این معادله همانطور که قبلاً هم گفته شد مسیر حرکت سهمی شکل است.



پرتابه پس از مدتی در نقطه ای به افق مبدأ پرتاب می رسد فاصله بین این نقطه و نقطه اولیه پرتاب را برد افقی پرتابه می نامند. در معادله مسیر به ازاء $y = 0$ خواهیم داشت:

$$R = \frac{v_0^2 sin2\theta_0}{2g}$$

روش انجام آزمایش

ابتدا دستگاه پرتابه را بر روی میزی که تا زمین ارتفاع مشخصی دارد قرار دهید دستگاه فتوگیت را روشن کنید. در فاصه ای از میز کار و روبروی آن بر سطح زمین کاغذ و کاربن قرار دهید. تفنگی دستگاه را بر روی زاویه خاصی تنظیم و گلوله فلزی را در آن قرار دهید با رها کردن ضامن تفنگی، گلوله پرتاب شده و در نقطه ای روی سطح زمین در منطقه ای که از قبل کاغذ قرار داده اید برخورد می کند فاصله این نقطه را از نقطه پرتاب بصورت افقی با متر مشخص کنید. آزمایش را به تعداد دفعاتی با این زاویه و با زوایای دیگر تکرار کرده و جدول شماره ۱ را کامل کنید.

جدول شماره ۱

θ $\pm \Delta\theta$	R_1 $\pm \Delta R_1\ (m)$	R_2 $\pm \Delta R_2\ (m)$	R_3 $\pm \Delta R_3\ (m)$	R_4 $\pm \Delta R_4\ (m)$	R_5 $\pm \Delta R_5\ (m)$	R_6 $\pm \Delta R_6\ (m)$	R_7 $\pm \Delta R_7\ (m)$	$\bar{R}$ $\pm \Delta R\ (m)$

آزمایش شماره ۸: سقوط آزاد

هدف:بررسی حرکت سقوط آزاد

وسایل آزمایش: دستگاه سقوط آزاد- زمان سنج - گلوله

مبانی نظری آزمایش

سقوط آزاد

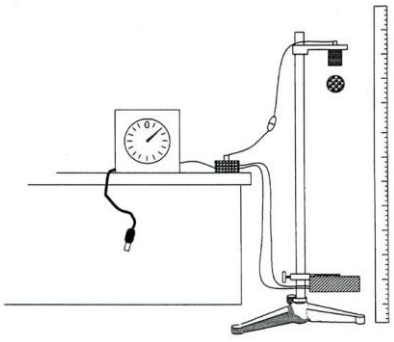
متداول ترین مثال برای حرکت با شتاب(تقریباً)ثابت، سقوط یک جسم به طرف زمین است. اجسام با جرمهای مختلف با شتاب یکسانی سقوط می کنند یعنی سقوط آزاد اجسام به جرم آنها بستگی ندارد. اگر مسافت طی شده خیلی زیاد نباشد شتاب در حین سقوط ثابت می ماند. این حرکت ایده آل را که در آن از مقاومت هوا و تغییرات جزیی صرفنظر می شود سقوط آزاد می نامند این شتاب ناشی از گرانش زمین است و آن را با g نشان می دهند و بزرگی آن حدود $9/8\ {}^{m}/_{s^2}$ و جهت آن به سمت پایین و به طرف مرکز زمین است.

با قرار دادن جهت مثبت محور y به سمت بالا و قرار دادن مبدأ مختصات در نقطه شروع حرکت می توان مختصات مکانی جسم را در هر لحظه بدست آورد:

$$y = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 t$$

در این حالت اگر جسم مورد نظر از حالت سکون $v_0 = 0$ رها شود معادله به صورت زیر ساده می شود:

$$y = -\frac{1}{2}gt^2$$



روش انجام آزمایش

دستگاه سقوط آزاد همراه با فتوگیت را روشن کنید، سنسور را روی پایه متصل کرده و گلوله ای را در ارتفاع مشخصی در مقابل نقاط حسگر سنسور یعنی محل هایی که چراغ قرمز رنگ دارد قرار داده با گیره آن را محکم بگیرید سپس رها کنید مسافت طی شده را از روی خط کش دستگاه بخوانید، همچنین زمان طی شده تا سطح مشخص را از روی فتوگیت یادداشت کنید. این آزمایش را برای تعدادی مسافت دیگر تکرار کنید. جدول شماره ۲ را کامل کنید.

جدول شماره ۲

	$h\,(m)$	$t\,(s)$	$t^2\,(s^2)$	$\bar{g} \pm \Delta g\,(\frac{m}{s^2})$
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				
۶				
۷				

می توان مقدار شتاب گرانش به دست آمده در این آزمایش را با مقدار واقعی آن مقایسه کرد.

آزمایش شماره ۹: پایستگی تکانه خطی

هدف:تحقیق اصل بقای اندازه حرکت خطی در برخورد کشسان

وسایل آزمایش: ارابه – نگهدارنده – گلوله – زمان سنج – دستگاه پرتابه - کرنومتر

مبانی نظری آزمایش

پایستگی اندازه حرکت خطی

اندازه حرکت خطی یک ذره عبارت است از حاصل ضرب جرم آن ذره در سرعت آن:

$$p = mv$$

با توجه به قانون دوم نیوتن می توان نوشت:

$$F_{ext} = ma = m\frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}(mv) = \frac{dp}{dt}$$

به این ترتیب، نیروی خالصی عمل کننده بر روی یک ذره، برابر است با تغییرات زمانی اندازه حرکت خطی ذره. وقتی نیروی خالص خارجی وارد بر سیستم ذرات صفر باشد تغییرات زمانی اندازه حرکت صفر بوده و اندازه حرکت سیستم، ثابت باقی می ماند و این قانون را اصل بقای اندازه حرکت خطی می گویند.

اگر دو جسم که از بیرون به آنها نیرویی وارد نمی شود به یکدیگر برخورد کنند مجموع اندازه حرکت دو جسم قبل و بعد از برخورد با هم برابر است:

$$\frac{dp}{dt} = 0 \quad \rightarrow \quad p = \text{ثابت} \quad \rightarrow \quad p_i = p_f$$

جسمی را به جرم m_1 و سرعت اولیه v_1 و جسم دیگر را با جرم m_2 و سرعت اولیه v_2 که در یک راستا حرکت می کنند در نظر می گیریم:

اندازه حرکت دو جسم قبل از برخورد:

$$p_i = m_1v_1 + m_2v_2$$

اندازه حرکت دو جسم بعد از برخورد:

$$p_f = m_1v_1' + m_2v_2'$$

که v_1' و v_2' سرعتهای دو جسم بعد از برخورد است و نیرویی از خارج به سیستم وارد نمی شود پس می توان نوشت:

$$p_i = p_f \quad \rightarrow \quad m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$$

روش انجام آزمایش

ریلی را بر روی میز قرار دهید، دستگاه پرتابه را به ابتدای یک سر ریل روی میز به صورت محکم متصل کنید. ارابه ای را به عنوان یک جسم برای برخورد در نظر بگیرید، جرم آن را با ترازو تعیین کرده و آن را

روی ریل قرار دهید، ارابه در حالت اولیه ساکن است. گلوله ای را به عنوان جسم دوم از دهانه تفنگی پرتابه بطرف ارابه و در راستای مسیر آن پرتاب کنید. توجه کنید از نقطه ای که گلوله با ارابه برخورد می کند کرنومتر را روشن کرده و مقدار مسافتی را که دو جسم باهم و با سرعتی یکنواخت حرکت می کنند تعیین کرده، با استفاده از متر متصل روی ریل مقدار مسافت طی شده را یادداشت کنید. آزمایش را برای سه پرتاب تکرار کرده و جدول شماره ۱ را کامل کنید.

توجه کنید که سرعت اولیه گلوله را با استفاده از جعبه زمان متصل به دستگاه پرتابه می توان تعیین کرد. زمانی که گلوله از سنسورهای تفنگی رها می شود توسط جعبه زمان ثبت می گردد با استفاده از این زمان و مسافت بین دو چشمی سنسور، سرعت اولیه تعیین می شود.

جدول شماره ۱

	$t\ (s)$	$\bar{t} \pm \Delta t\ (s)$	$\bar{x} \pm \Delta x\ (cm)$	$v_f\ (\frac{cm}{s})$
۱				
۲				
۳				

آزمایش شماره ۱۰: پایستگی انرژی

هدف:تحقیق اصل بقای انرژی

وسایل آزمایش: ارابه – وزنه های مختلف – نخ و قرقره – نقاله – ریل و خط کش

مبانی نظری آزمایش

پایستگی انرژی

پایستگی یک کمیت در فیزیک به شرایطی گفته می شود که تغییرات آن کمیت نسبت به زمان صفر باشد. اگر هیچ نیرویی از خارج به یک سیستم ایزوله وارد نشود انرژی کل آن سیستم ثابت باقی می ماند و این یعنی پایستگی انرژی. پیامد این قانون این است که انرژی از بین نمی رود، به وجود نمی آید تنها از شکلی به شکل دیگر تغییر می کند.

اگر جسمی در ارتفاعی بالاتر از سطح زمین در حال سکون قرار گیرد، انرژی کل برای این جسم عبارت است از انرژی پتانسیل ذخیره شده در جسم. فرض کنید این جسم از همان ارتفاع به طرف پایین شروع به حرکت کند وقتی به سطح زمین می رسد دارای انرژی جنبشی می باشد یعنی انرژی پتانسل جسم بعد از طی این مسافت تغییر شکل داده است. اما انرژی کل سیستم تغییری نمی کند پس می توان نوشت:

در حالت اولیه $U_i = mgh\,, K_i = 0$

در حالت نهایی $U_f = 0\,, K_f = \frac{1}{2}mv^2$

طبق قانون پایستگی انرژی:

$$E_i = E_f \quad \rightarrow \quad U_i + K_i = U_f + K_f \quad \rightarrow \quad mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

برای نمونه فرض کنید جرمی به فنر متصل شده و در حالت فشرده شده نگه داشته شده است. بدیهی است که قبل از رها کردن جرم، سیستم تنها دارای انرژی پتانسیل است. پس از رها کردن جرم، انرژی پتانسیل ذخیره شده در فنر به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود. در نتیجه با برابر قرار دادن انرژی جنبشی و پتانسیل، سرعت جرم در نتیجه کشیده شدن فنر به دست خواهد آمد.

در این حالت، انرژی کل سیستم شامل انرژی پتانسیل و کششی فنر است که

در حالت اولیه $U_i = mgh$ و $U_i' = 0$

در حالت نهایی $U_f = 0$ و $U_f' = \frac{1}{2}kx^2$

طبق قانون پایستگی انرژی:

$$E_i = E_f \quad \rightarrow \quad U_i + U_i' = U_f + U_f' \quad \rightarrow \quad mgh = \frac{1}{2}kx^2$$

روش انجام آزمایش

ابتدا جرم ارابه را با ترازو اندازه بگیرید، ارابه را درحالتی که فنر آن فشرده شده است بر روی سطحی شیب دار با زاویه مشخص قرار داده، زاویه سطح را با نقاله اندازه یگیرید. با ضربه ای روی ضامن ارابه، فنر از حالت فشردگی خارج شده و ارابه را به طرف بالا روی سطح هل می دهد مقدار مسافتی را که ارابه روی سطح حرکت می کند یادداشت کرده با استفاده از مقدار زاویه می توان ارتفاع قرار گرفتن ارابه از سطح زمین را در هر حالت به دست آورد. آزمایش را برای زاویه های مختلف انجام دهید و جدول شماره ۱ را کامل کنید.

$$h = dsin\theta$$

توجه کنید که d مسافت جا به جا شدن ارابه روی ریل است. به این ترتیب می توان مقدار mgh را محاسبه کرد.

جدول شماره ۱

	$\theta \pm \Delta\theta \quad (rad)$	$d\ (cm)$	$h\ (cm)$
۱			
۲			
۳			
۴			

سپس ریلی خط کشی شده روی میز قرار دهید ارابه را بر روی آن گذارده و طول اولیه فنر در حالت بدون فشردگی را از روی خط کش بخوانید این مقدار همان x می باشد. نخی را از روی قرقره ای عبور داده یک سر این نخ را به فنر ارابه و سر دیگر را به کفه متصل کنید. وزنه ای را با جرم مشخص بر روی کفه قرار داده و میزان فشردگی فنر را از روی خط کش بخوانید، آزمایش را برای ۵ جرم مختلف تکرار کنید و هر بار مقدار فشردگی را بخوانید با داشتن تمام اعداد به دست آمده و رابطه $k\acute{x} = mg$ مقدار ثابت فنر را به دست آورید. با به دست آوردن مقدار k و داشتن x می توان مقدار $\frac{1}{2}kx^2$ را محاسبه کرد. جدول شماره ۲ را کامل کنید.

جدول شماره ۲

	$m \pm \Delta m\ (gr)$	$\acute{x} \pm \Delta \acute{x}\ (cm)$
۱		
۲		
۳		
۴		
۵		

- دو مقدار به دست آمده در آزمایش بالا برای mgh و $\frac{1}{2}kx^2$ باید با هم برابر باشند.