

دستور کار آزمایش ضریب هدایت حرارتی

هدف آزمایش: محاسبه ضریب هدایت حرارتی مس، آلومینیوم، برنج

وسایل آزمایش: میله ضریب هدایت حرارتی ، ترمومتر دیجیتال با ۵ سنسور ، سه پایه رومیزی بزرگ ، ستون قطر ۱۲ و طول ۷۴۵ میلی متر ، بست ۱۲ به ۱۰ عدد ۲ ، گیره بالنی ۲ عدد ، کرنومتر ، کالریمتر معمولی) - ترازو



شکل (۱)

تئوری آزمایش

وقتی دو قسمت از یک ماده در دماهای مختلفی قرار داشته باشند و دمای عناصر کوچک حجم متعلق به ماده بین این دو قسمت اندازه گیری شود، آزمایش نشان می دهد که توزیع دما در آنها پیوسته است. انتقال انرژی بین عنصرهای حجم

دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

مجاور که به جهت اختلاف دما بین آنها صورت می گیرد، رسانش گرما نامیده می شود. قانون رسانش گرما از نتایج آزمایش های انجام شده بر روی جریان خطی گرما در یک بره، عمود بر وجوه آن بدست آمده است. قطعه ای از یک ماده به شکل بره ای به ضخامت Δx و مساحت A درآورده می شود. یک وجه آن در دمای T و وجه دیگر در دمای $T + \Delta T$ نگهداشته می شود. گرمای Q که در مدت زمان t عمود بر وجوه جریان می یابد،

اندازه گرفته می شود. آزمایش با Δx و A های متفاوت تکرار می شود. نتایج این آزمایش ها نشان می دهند که به ازای مقدار معینی از ΔT ، Q متناسب با زمان و مساحت است. همچنین به ازای مقدار مفروضی از زمان و مساحت، Q متناسب با $\frac{\Delta T}{\Delta x}$ است به شرطی که ΔT و Δx هر دو کوچک باشند. این نتایج را می توان به شکل زیر نوشت:

$$\frac{Q}{t} \propto A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

اگر این نتیجه را به یک بره بینهایت کوچک به ضخامت dT ، که در دو طرف آن اختلاف دمای dT موجود است تعمیم دهیم و ضریب تناسب را با K نشان دهیم قانون رسانش گرما به شکل زیر در می آید.

$$H = \frac{Q}{t} = -KA \frac{dT}{dx} \quad (۱)$$

که در آن H یا $\frac{Q}{t}$ آهنگ انتقال گرما و $\frac{dT}{dx}$ را شیب دما می نامند. علامت منفی به دلیل این است که H مثبت بوده در حالی که $\frac{dT}{dx}$ منفی می باشد. در رابطه فوق ضریب تناسب K به ضریب رسانش گرمایی موسوم است.

اگر دو سر یک میله فلزی را در دو دمای متفاوت (مثلا دمای آب جوش و دمای آب یخ) قرار دهیم بعد از یک مدت زمان معین، انتقال گرما در داخل میله به حالت تعادل رسیده و شیب دما در میله مقدار ثابتی می شود، در این حالت داریم:

$$H = -KA \frac{T_2 - T_1}{L}$$

که در آن $T_2 - T_1$ اختلاف دمای بین دو نقطه دلخواه روی میله و L فاصله بین دو نقطه است.

دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

روش آزمایش

دستگاه را مطابق شکل (۱) آماده کنید انتهای میله فلزی را به ظرف کالریمتر بالایی وارد کنید وابتدای میله را در کالریمتر حاوی آب و یخ قرار دهید به طوری که ۵ سانتی متر از میله در داخل آب قرار گیرد. با استفاده از یک هیتر، آب را در کالریمتر بالایی به جوش برسانید و آن را در این دما نگه دارید. آب را در کالریمتر پایینی به کمک یخ در $0^{\circ}C$ نگه دارید. در این حالت قسمت بالایی میله در دمای آب جوش قرار دارد و قسمت پایینی آن در دمای آب یخ قرار دارد. توجه داشته باشید که در طی جوشش آب در بشر و گرم شدن میله ظرف پایینی میله دارای

یخ باشد. حال چند عدد دماسنج دیجیتال را در نقاط مختلف با فواصل معین قرار دهید و صبر کنید که این دماسنج ها تقریباً اعداد ثابتی را نشان دهند. در این حالت سیستم به حالت تعادل رسیده و آهنگ انتقال گرما در داخل میله مقدار ثابتی است. با اعداد اندازه گیری شده برای دما در نقاط مختلف شیب دما را برای زوج نقاط مختلف حساب کرده و مقدار متوسط آن را بدست آورید.

اکنون اگر آهنگ انتقال گرما در میله را اندازه گیری کنید می توانید میله K را محاسبه نمایید. برای اندازه گیری H در حالتی که سیستم به حالت پایان رسیده ابتدا باید یخ های مانده در ظرف کالریمتر را بردارید و سریع مقداری یخ با جرم معین (که جرم آن را با ترازو اندازه گیری کرده اید) داخل کالریمتر که دارای آب صفر درجه است بریزید همزمان با ریختن یخ های با جرم معلوم کرنومتر را روشن کنید و زمان ذوب شدن یخ های با جرم معین را در داخل کالریمتر اندازه بگیرید. در این حالت یخ ها گرمای منتقل شده توسط میله را گرفته و در دمای ثابت (دمای آب و یخ) ذوب می شوند، این مقدار گرما برابر است با $Q = mL_f$ که در آن m جرم یخ و L_f گرمای نهان ذوب یخ می باشد. اگر این مقدار گرما را (Q) به زمان اندازه گیری شده تقسیم کنید آهنگ انتقال گرما در میله بدست می آید.

$$H = \frac{Q}{t}$$

آزمایش را با یخ هایی با جرم های مختلف انجام دهید و آهنگ انتقال گرما را در هر بار محاسبه کرده و مقدار متوسط آهنگ انتقال گرما را بدست آورید. با اندازه گیری سطح مقطع میله و داشتن شیب دمایی می توانید با استفاده از رابطه (۱)، K میله را محاسبه کنید.

دستور کار آزمایش عدد ژول به روش الکتریکی

هدف آزمایش: اندازه گیری ضریب تبدیل انرژی به حرارت

وسایل آزمایش: بدنه کالریمتر، درپوش کالریمتر ژول الکتریکی، مولتی متر دیجیتال دو عدد، رئوستا ۲۰۰ اهمی
۱ عدد، منبع تغذیه AC/DC2A، دماسنج جیوه ای دقیق، کرنومتر، پک کامل پرتهای ترازو

تئوری آزمایش

هرگاه به دو سر یک مقاومت، ولتاژ V اعمال شود از این مقاومت جریان i عبور می کند انرژی الکتریکی ایجاد شده در زمان t بصورت گرما ظاهر می شود.

$$W = Ri^2t$$

ضریب تبدیل این انرژی به حرارت، عدد J معادل مکانیکی گرما، نامیده می شود.

اگر فرض کنیم اتلاف گرمایی بسیار ناچیز باشد می توان تصور کرد که تمام این گرما در داخل کالریمتر صرف افزایش دمای آب و اجزای داخل کالریمتر شده است در صورتیکه جرم آب برابر M و ارزش آبی کالریمتر A باشد خواهیم داشت:

$$Q = (M + A)c(T_2 - T_1) \quad (1)$$

بنابراین برای J داریم:

$$J = \frac{W}{Q} = \frac{Ri^2t}{(M + A)c(T_2 - T_1)} \quad (2)$$

که در این رابطه انرژی الکتریکی را بایستی بر حسب کالری در رابطه قرار دهیم.

$$1J = 0.238 cal$$

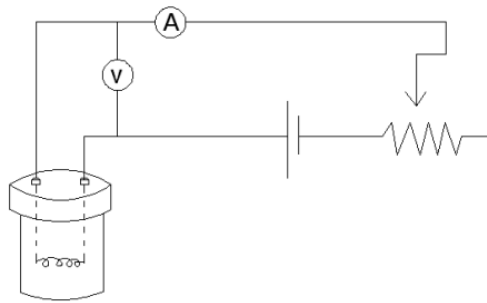
دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

روش آزمایش

ابتدا کالریمتر را کاملاً خشک کرده سپس جرم آن (m_1) را به کمک ترازو اندازه بگیرید. سپس مقداری آب داخل کالریمتر بریزید تا مقاومت الکتریکی کاملاً در داخل آب قرار گیرد. حال مجدداً کالریمتر را وزن کرده جرم آن (m_2) را بدست آورید. بدین ترتیب جرم آب داخل کالریمتر برابر خواهد بود با:

$$M = m_2 - m_1$$

اکنون مدارى مطابق شکل (۱) ببندید. دماسنج را در محلی که در وسط کالریمتر برای آن تعبیه شده است قرار دهید مایع را با همزن مدتی هم بزنید و کمی صبر کنید تا دماسنج دمای ثابتی را نشان دهد. (T_1) آنگاه کرنومتر را همزمان با وصل مدار بوسیله کلید به کار اندازید (در مدت عبور جریان آب داخل کالریمتر را به هم بزنید).



شکل (۱)

پس از اینکه دما حدود ۵ درجه سانتیگراد افزایش یافت کرنومتر و کلید را همزمان قطع کنید، با همزن آن را مدتی بهم بزنید تا دماسنج به دمای تعادل (T_2) برسد. نتایج خود را در جدولی مانند جدول زیر ثبت کنید و توسط رابطه (۲) عدد J را محاسبه نمایید.

دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

برای اندازه گیری مقاومت (R) عدد خوانده شده از ولتمتر (V) را بر عدد خوانده شده از آمپر متر (I) تقسیم نمایید.

$R(\Omega)$		$I(A)$		$t(s)$		$W(j)$
$m_1(gr)$	$m_2(gr)$	$M(gr)$	$A(gr)$	$T_1(^{\circ}C)$	$T_2(^{\circ}C)$	$Q(cal)$

دستور کار آزمایش ماشین اتوود

قانون اول نیوتن (قانون لختی یا اصل ماند): جسمی که تحت تأثیر نیروی خارجی واقع نباشد، حالت سکون یا حرکت راست خط یکنواخت خود را حفظ می کند.

قانون دوم نیوتن (اصل اساسی دینامیک): هرگاه بر نقطه ای مادی به جرم m نیروی خالص F وارد شود، این نقطه شتابی می گیرد که از رابطه $a = F/m$ به دست می آید.

هدف آزمایش: تحقیق اصول دینامیک در حرکت یک بعدی به کمک ماشین اتوود

وسایل آزمایش: (بدنه ی دستگاه شامل: رها کننده و گلوله گیر و بدنه ی مدرج و قرقره, ۲ عدد کفه وزنه و نخ مربوطه, پایه وزنه شامل وزنه های 5,10,20,50 gr از هر کدام دو عدد, سرباره کوچک, سرباره بزرگ, ۲ عدد سنسور مادون قرمز, تایمر دیجیتال یک زمانه با دقت ۰/۰۰۱ ثانیه, دکلانشور, تکیه گاه, سه پایه زمینی بزرگ قابل تنظیم)

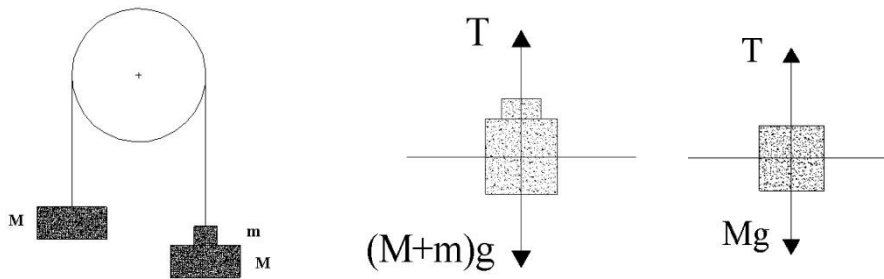


دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

تئوری آزمایش

ماشین آتوود در یک تعریف ایده آل دستگاهی است که از دو جرم نامساوی M و $M+m$ که توسط نخ سبک بهم متصل شده و از روی قرقره ای بی وزن و بدون اصطکاک (که به آسانی حول محورش می تواند بچرخد) می گذرد، تشکیل شده است.

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



شکل (۱)

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

$$M \text{ برای } \rightarrow \sum F = Ma \rightarrow T_1 - Mg = Ma \quad (۱)$$

$$M+m \text{ برای } \rightarrow \sum F = (M+m)a \rightarrow T_2 - (M+m)g = -(M+m)a \quad (۲)$$

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

دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

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

(قرقره را به صورت یک دیسک فرض کردیم)

$$I = \frac{M'R^2}{2} \quad \text{گشتاور لختی دیسک و } M' \text{ جرم دیسک است.}$$

$$a = \alpha R \quad \alpha \text{ شتاب زاویه ای و } R \text{ شعاع دیسک است.}$$

از ترکیب دو رابطه (۱) و (۲) داریم:

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

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

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

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

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

دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

(۱) بررسی حرکت مستقیم الخط با شتاب ثابت

به دو طرف دستگاه وزنه های یکسان (M) را آویزان کرده و سپس تعدادی سربار ۲ گرمی را به وزنه های سمت راست اضافه می کنیم، کفه وزنه را طبق دستورالعمل در فک آتوود قرار داده حسگرخاتمه را در فاصله معین از آن (x) قرار می دهیم. با فشردن ضامن، وزنه ها در جهت وزنه بزرگتر (سمت راست) شروع به حرکت می کنند 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 حرکت (t) یعنی زمان پیمایش مسافت X توسط وزنه ثبت می گردد.

فاصله x	زمان میانگین	شتاب $= \frac{2x}{t^2}$	Δt	Δa	$a - \Delta a < a < a + \Delta a$
$x_1 =$					
$x_2 =$					
$x_3 =$					

جدول (۱)

این آزمایش را سه بار برای مسافت های ثابت و مختلف $\left\{ \begin{matrix} X_3, X_2, X_1 \\ X'_3, X'_2, X'_1 \\ X''_3, X''_2, X''_1 \end{matrix} \right\}$ تکرار کرده و با استفاده از رابطه $X = \frac{1}{2}at^2$

مقدار شتاب را برای هر مرحله به دست آورده و میانگین آن را حساب کنید. ایده آل ترین شکل تکرار آزمایش این است که برای یک مسافت ثابت بیش از ۳ بار یک آزمایش تکرار شود و سپس بعد از حذف اعداد احتمالی که اختلاف زیادی با سایر اعداد دارند، میانگین بقیه به عنوان حاصل این مرحله انتخاب شود، سپس برای مسافت بعدی به همین ترتیب عمل شود و تعداد مسافت های مورد آزمایش نیز بهتر است بیش از ۳ باشد مقدار شتاب حاصل از این آزمایش را با مقدار بدست

$$a = \frac{mg}{\frac{M'}{2} + 2M + m} \quad \text{آمده از رابطه:}$$

مقایسه کنید.

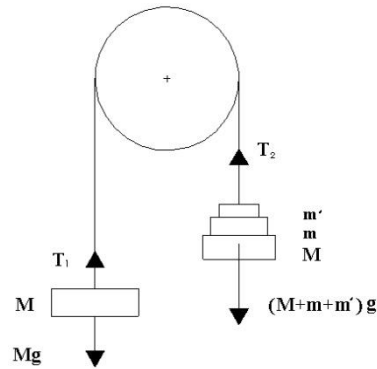
علت تفاوت در مقدار شتاب به دست آمده از طریق آزمایش و محاسبه نظری در چیست؟ توضیح دهید.

دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

جدول (۱) را کامل نموده و نمودار تغییرات x برحسب t^2 را رسم کنید. با استفاده از این نمودار مقدار شتاب را نیز محاسبه کنید و خطای آن را به روش دیفرانسیل لگاریتمی محاسبه نموده و در جدول درج نمایید.

(۲) تکرار آزمایش (۱) با در نظر گرفتن نیروی اصطکاک (f)

برای ایجاد نیرویی در مقابل اصطکاک بالشتک های قرقه پس از اضافه کردن سربار کوچک m' (حدود ۱ یا ۲ گرم) روی وزنه سمت راست آزمایش (۱) را تکرار کنید.



شکل (۲)

در این حالت :

$$(۱) \quad T_1 - Mg = Ma$$

$$(۲) \quad T_2 - (M + m + m')g = -(M + m + m')a$$

دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

$$f = m'g, T_2 = T_1 + f \quad \text{از طرفی}$$

پس از جایگزینی و حل روابط (۱) و (۲) برای a داریم:

$$a = \frac{mg}{2M + m + m'} \quad (۳)$$

این آزمایش را همانند آزمایش (۱) انجام داده و جدول (۲) را کامل کنید.

فاصله x	زمان میانگین	t^2	A	Δa	$\frac{\Delta a}{a}$	$a - \Delta a < a < a + \Delta a$
x_1						
x_2						
x_3						

جدول (۲)

الف) باتوجه به مقادیر بدست آمده در جدول آیا حرکت وزنه ها متشابه التغییر است؟ توضیح دهید.

ب) با رسم نمودار تغییرات x بر حسب t^2 شتاب را محاسبه کنید.

ج) با استفاده از مقدار شتاب بدست آمده از قسمت (ب) و رابطه (۳) مقدار شتاب گرانش را حساب کنید و میزان خطا در اندازه گیری g را محاسبه کنید.

دستور کار آزمایش آونگ ساده

هدف آزمایش

(۱) اندازه گیری دوره نوسان به عنوان تابعی از طول آونگ برای انحرافات کوچک

(۲) اندازه گیری شتاب جاذبه زمین

(۳) اندازه گیری دوره نوسان بصورت تابعی از انحرافات

وسایل آزمایش: زمان شمار دیجیتال (count timer recorder) - پاندول های کروی ساده در ۲ سایز, بدنه ی آونگ باننشیمنگاه سخت, سه پایه ی زمینی بزرگ قابل تنظیم, متر, خط کش و گیره مربوطه

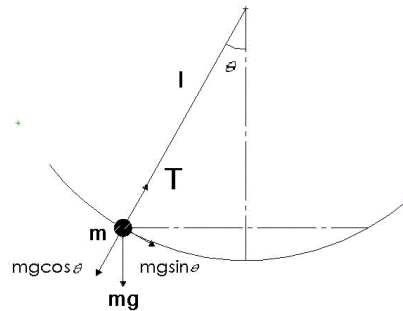


دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

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 دو باره 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 گرانشی mg و کشش نخ T .



نیروی mg را به یک مولفه شعاعی به بزرگی $mg \cos \theta$ و یک مولفه مماسی به بزرگی $mg \sin \theta$ تجزیه می کنیم. مولفه های شعاعی نیروها، نیروی لازم برای بوجود آوردن شتاب مرکزگرا را تامین می کند 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 بازگرداندن آن به موضع تعادل است.

بنابراین نیروی بازگرداننده برابر است با:

$$F = -mg \sin \theta$$

چنانچه θ کوچک باشد $\sin \theta$ با تقریب بسیار خوبی با θ مساوی است.

دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

$$\sin \theta \cong \theta$$

جابجایی در طول کمان برابر است با $x = l\theta$ و برای زوایای کوچک تقریباً یک حرکت مستقیم الخط است، بنابراین:

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

پس برای جابجایی های کوچک نیروی بازگرداننده متناسب است با جابجایی و در جهت مخالف آن می باشد.

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

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

دوره تناوب به جرم جسم آویخته بستگی ندارد.

اگر دامنه نوسان کوچک نباشد، دوره تناوب عبارت است از:

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

روش آزمایش

ابتدا توپ فولادی را به نخ وصل کنید و انتهای دیگر نخ را به گیره متصل نمایید. چون نخ اتصال کمی کشیده می شود، طول آونگ باید قبل و بعد از آزمایش اندازه گیری شود و در هر مورد میانگین طول ها محاسبه شود. شعاع توپ باید در اندازه گیری طول آونگ به حساب آید.

۱- برای اندازه گیری دوره نوسان به عنوان تابعی از طول آونگ، زمان یک نیم دوره تناوب را توسط تایمر اندازه گیری کنید. برای سه طول مختلف آونگ این آزمایش را تکرار نمایید.

۲- نموداری برحسب طول آونگ و دوره نوسانات رسم کنید.

دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

۳- برای اندازه گیری دوره نوسان به صورت تابعی از انحراف، آونگ را منحرف کنید. با زوایای مختلف آزمایش را انجام دهید و نیم دوره های تناوب را یادداشت کنید.

۴- نموداری بر حسب زاویه انحراف $(\sin^2 \frac{\theta}{2})$ و دوره تناوب رسم کنید. وابستگی T به θ از معادله (۲) تعیین شود.

۵- آونگ را با طول های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتیمتری در آورده (در زوایای کوچک) و زمان ۵۰ نوسان کامل را اندازه گیری نمایید. مقادیر بدست آمده را در جدول زیر یادداشت کنید و مقدار g را با استفاده از رابطه (۱) بدست آورید. منحنی T^2 بر حسب l را رسم نموده و از روی نمودار مقدار g را به دست آورید.

$l(cm)$	زمان نوسان ها $t(s)$	زمان یک نوسان $T(s)$	$g(\frac{cm}{s^2})$
۲۰			
۴۰			
۶۰			

دستور کار آونگ مرکب

هدف آزمایش: تعیین شتاب جاذبه زمین

وسایل آزمایش: زمان شمار دیجیتال (count time recorder) - پاندول های آونگ کاتر با وزنه های متحرک و نشیمنگاه از جنس تیغه سخت ,بدنه ی آونگ باننشیمنگاه سخت ,سه پایه ی زمینی بزرگ قابل تنظیم ,متر ,خط کش و گیره مربوطه



دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

تئوری آزمایش

جسم صلب M که می تواند حول محور O نوسان نماید آونگ فیزیکی یا آونگ مرکب نامیده می شود و زمان تناوب آن از رابطه $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{Mga}}$ بدست می آید که در این رابطه T زمان نوسان کامل کم دامنه آونگ حول محور و I ممان اینرسی آونگ حول همین محور، M جرم آونگ، g شتاب گرانش و a فاصله مرکز جرم آونگ تا محور O نوسان می باشد، که اگر این رابطه را با رابطه $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ مقایسه کنیم $l = \frac{I}{Ma}$ بدست می آید، یعنی طول آونگ ساده همزمان با آونگ مرکب مساوی $\frac{I}{Ma}$ است یعنی می توان تمام جرم آونگ را در فاصله $\frac{I}{Ma}$ از محور نوسان آونگ فرض نمود و به این نقطه (O) مرکز نوسان گویند.

قضیه هویگنس: اگر دو نقطه O و O' در دو طرف مرکز جرم جسم به طور غیر متقارن قرار بگیرند که زمان نوسان کامل حول این دو محور مساوی باشد، OO' مساوی طول آونگ ساده همزمان با آونگ مرکب است. مطابق تعریفی که در بالا نمودیم. نقاط O و O' مرکز نوسان اند. برای اثبات این قضیه نخست باید بدانیم:

$I_0 = I_G + Ma^2$ یعنی ممان اینرسی نسبت به محور O مساوی با ممان اینرسی جسم نسبت به محوری که موازی O بوده و از مرکز جرم می گذرد بعلاوه حاصلضرب جرم جسم در مجذور فاصله مرکز جرم جسم تا این محور و اگر فرض نماییم $I_G = Mk^2$ به شعاع ژیراسیون می گویند.

بنابراین رابطه زمان نوسان کامل با ممان اینرسی و جرم و غیره به صورت زیر در می آید.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M(k^2 + a^2)}{Mga}}$$

حال طبق فرض قضیه $T_1 = T_2$ بوده در نتیجه داریم:

$$2\pi \sqrt{\frac{M(k^2 + a_1^2)}{Mga_1}} = 2\pi \sqrt{\frac{M(k^2 + a_2^2)}{Mga_2}}$$

و از آنجا: $\frac{k^2 + a_1^2}{a_1} = \frac{k^2 + a_2^2}{a_2}$ این رابطه در صورتی صدق می کند که $k^2 = a_1 a_2$ باشد، قبلاً داشتیم $l = \frac{I}{Ma}$

دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

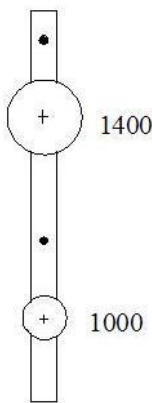
بنابراین:

$$L = \frac{M(a_1 a_2 + a_1^2)}{M a_1} = a_1 + a_2$$

در نتیجه اگر دو محور نوسان در دو طرف مرکز جرم پیدا کنیم که زمان نوسان کامل برای آنها مساوی باشد فاصله این دو محور مساوی طول آونگ ساده همزمان با آونگ مرکب است در این رابطه باید a_1 غیر از a_2 باشد یعنی $a_1 \neq a_2$ ، و دونقطه نسبت به مرکز جرم قرینه نباشد. a_1 فاصله محور O تا مرکز جرم و a_2 فاصله مرکز جرم تا محور O' و مجموع این فاصله یعنی OO' فاصله دو محور از هم است.

روش آزمایش

دستگاه تشکیل شده از میله ای که در دو طرف آن دو تیغه برای نوسان تعبیه شده و روی این میله دو وزنه به شکل استوانه نصب گردیده که محل قرار گرفتن آن در روی میله بوسیله پیچی قابل تغییر است. بوسیله تغییر محل دووزنه مرکز جرم دستگاه را آنقدر تغییر می دهند که زمان نوسان نسبت به دو محور مساوی شود.

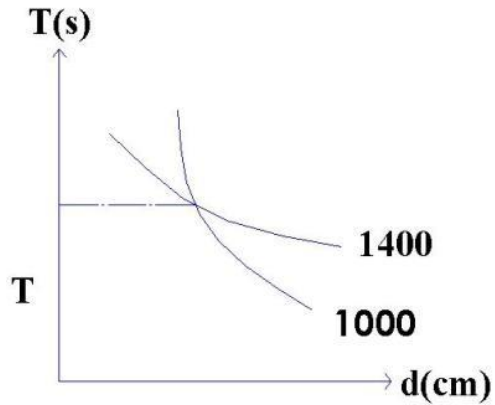


وزنه ای که خارج از دو محور قرار دارد ۱۰۰۰ گرم ووزنه ای که داخل دو تیغه است ۱۴۰۰ گرم دارد.

وزنه ای را که خارج از دو محور است در محلی روی میله ثابت نموده (از وسط کمی بالاتر) و محل وزنه داخل را ۵ سانتی متر ۵ سانتی متر تغییر دهید و زمان نوسان کامل حول دو محور را پیدا کرده و منحنی تغییرات زمان را نسبت به این فواصل روی کاغذ میلی متری رسم نمایید این دو منحنی یکدیگر را در نقطه ای قطع می کنند و این همان زمان مشترک است و طول آونگ ساده همزمان با آونگ مرکب فاصله دو تیغه است که یک متر یا ۱۰۰ سانتی متر می باشد. برای توضیح بیشتر وزنه هزار گرمی را در فاصله کمی بالاتر از وسط قطعه بالایی و نزدیک به انتهای میله نصب نمایید ووزنه هزار و

دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

چهارصد گرمی را در فاصله یک دو سانتی متر از تیغه دومی ثابت نموده و فاصله آنرا پنج سانتی متر، پنج سانتی متر تغییر دهید و نتایج را در جدول نوشته واز روی جدول منحنی را رسم نمایید و برای اینکه نتایج دقیق باشد هر بار ۲۰ نوسان کامل را بشمارید و ازروی آن زمان یک نوسان کامل را بدست آورید روی محورزمان هرسانتی متررا معادل یکصدم ثانیه وروی محور d هر دو سانتی متر را معادل ۵ سانتی متر میله انتخاب نمایید.



d (cm)	$t_{1000}(s)$	$T_{1000}(s)$	$t_{400}(s)$	$T_{400}(s)$
0				
5				
10				
15				
20				
25				
30				

دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

35				
----	--	--	--	--

پس از بدست آوردن از روی نمودار و همچنین معلوم بودن $L = 1m$ ، اکنون با استفاده از رابطه زیر می توان شتاب گرانش زمین را محاسبه نمود

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow T^2 = 4\pi^2 \frac{L}{g} \rightarrow g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$$

با توجه به مقدار g حاصل از آزمایش خطای ماکزیمم نسبی ($\frac{\Delta g}{g}$ و Δg) را محاسبه نمایید.

دستور کار آزمایش قانون هوک

هدف آزمایش: ۱- تعیین ضریب سختی فنر با استفاده از تغییر طول فنر

۲- تعیین ضریب سختی با استفاده از ارتعاشات فنر

۳- محاسبه ضریب سختی فنرهای سری و موازی

وسایل آزمایش: سه نوع فنر از هر کدام ۲ عدد، پایه زمینی کوچک، بدنه مدرج شاخص دار، کرنومتر، موازی ساز فنر، سری ساز فنر، کفه وزنه قلاب دار ۱ عدد، پایه وزنه، وزنه های 10gr ۱ عدد- 20gr ۱ عدد- 50gr ۴ عدد- 100gr ۱ عدد- 200gr ۱ عدد- 500gr ۱ عدد



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، $(F = kx)$ 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 صورت 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 نیست بلکه به صورت یک منحنی می باشد، در این حالت اگر نیرو حذف شود دیگر فنر به حالت اولیه بر نمی گردد.

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

(۱) استفاده از تغییر طول فنر به ازای نیروهای متفاوت

(۲) استفاده از ارتعاشات فنراکنون به توضیح این دو روش می پردازیم.

(۱) به یک فنر وزنه ای متصل می کنیم و آن را به آرامی پایین می آوریم تا به حال تعادل قرار بگیرد. در این حالت برای نیروی وارد بر فنر که وزن جسم است داریم:

$$F = -kx$$

که در آن x افزایش طول فنر است، پس برای ضریب سختی فنر داریم:

$$k = \frac{mg}{x} = \frac{W}{x} \quad (۱)$$

با توجه به معلوم بودن وزن جسم (mg) و x مقدار k بدست می آید.

دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

(۲) 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 برحسب افزایش یا فشردگی طول فنر داریم.

$$F = -kx$$

از طرفی از دینامیک حرکت داریم $F = Ma = M \frac{dv}{dt} = M \frac{d^2x}{dt^2}$ پس

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

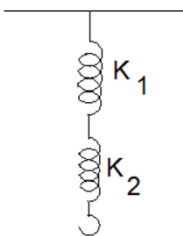
این یک معادله دیفرانسیل مرتبه دوم است، و هر جسمی که مکان آن در یک چنین معادله ای صدق کند دارای حرکت نوسانی خواهد بود، پاسخ معادله دیفرانسیل $x = A \sin(\sqrt{\frac{k}{m}}t)$ فوق از مقایسه پاسخ فوق با معادله حرکت هماهنگ ساده داریم: $x = A \sin \omega t$ که سرعت زاویه ای حرکت نوسانی آن جذر ضریب x در معادله است، در اینجا یعنی

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \text{بنابراین:}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}} \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (۲)$$

که در آنها T زمان تناوب حرکت نوسانی است. با توجه به رابطه فوق اگر زمان تناوب حرکت نوسانی جسم متصل به فنر و جرم جسم متصل به فنر را داشته باشیم، ضریب سختی فنر به دست می آید.

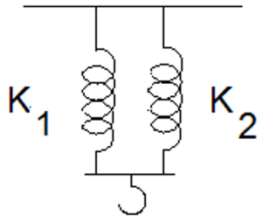
ب) به هم بستن فنرها



اگر دو فنر را که ضرایب سختی آنها k_1, k_2 هستند مطابق شکل روبرو به طور سری به هم وصل کنید ضریب سختی مجموعه آنها از رابطه زیر بدست می آید. (آن را اثبات کنید)

دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \quad (۳)$$



اگر همان دو فنر را مطابق شکل روبرو موازی به هم متصل کنید ضریب سختی مجموعه عبارتست از:

$$k = k_1 + k_2 \quad (۴)$$

روش آزمایش

الف- برای سه نوع فنری که در اختیار شما قرار داده شده، با استفاده از رابطه (۱) و متصل کردن وزنه های مناسب (از ۱۰ تا ۱۰۰ گرم برای فنر کوچک، از ۶۰ تا ۳۰۰ گرم برای فنر متوسط و از ۲۰۰ تا ۷۰۰ گرم برای فنر بزرگ) و تعیین دقیق افزایش طول فنر x (با استفاده از خط کش شاخص دار) جدولی مشابه زیر را پر کنید.

$W = mg$				
x				
k				

سپس مقدار میانگین k ها را محاسبه کنید.

ب- در این قسمت هدف تعیین سختی فنرها 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، به طور همزمان یک نوسان کامل بدست می آید) و جدول زیر را برای همه فنرها پر کنید.

m				
-----	--	--	--	--

دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

T				
T^2				

بارسم منحنی T^2 برحسب m (جرم وزنه ها) و تعیین شیب خط که با توجه به رابطه (۲)، $\frac{4\pi^2}{k}$ است می توان ضریب سختی فنر را محاسبه کرد. این عدد (ضریب سختی) را با مقدار بدست آمده در قسمت (الف) مقایسه کنید.

ج- دو فنر مشابه از فنرهای موجود که مقدار k ی آنها را محاسبه کرده اید انتخاب کرده و آنها را به طور سری به هم متصل کنید، سپس با استفاده از رابطه (۱) و با متصل کردن وزنه های مناسب جدول زیر را پر کنید.

$W = mg$				
x				
k				

سپس مقدار میانگین k های آزمایش را محاسبه نمایید. این مقدار عددی را با مقدار عددی k که از رابطه (۳) بدست می آید مقایسه کنید.

د- دو فنر مشابه که سختی آنها قبلاً بدست آمده را انتخاب کنید و آنها را به طور موازی به هم متصل کنید. سپس با استفاده از رابطه (۱) و متصل کردن وزنه های مناسب جدول زیر را پر کنید.

$W = mg$				
x				
k				

سپس مقدار میانگین k را محاسبه نمایید و مقدار عددی آن را نیز با مقدار عددی که از رابطه (۴) بدست می آید مقایسه کنید.

دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی (۱)

پرسش:

۱- زمان تناوب فنری که بطور قائم نوسان می کند با کمیت های زیر چگونه تغییر می کند؟

الف) جرم متصل به فنر

ب) دامنه نوسان فنر

ج) ثابت فنر (k)

د) شتاب گرانش

۲- ضریب ثابت فنر به چه عواملی بستگی دارد؟