دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه
دانشکده پیراپزشکی
گروه رادیولوژی و پزشکی هسته ای

دستور کار آزمایشگاه فیزیک عمومی

گردآوری و تنظیم: بهنام توحیدنیا

مهر 1390

دستورالعمل نحوه کار در آزمایشگاه فیزیک:

کار در آزمایشگاه های فیزیک نیازمند رعایت یک سلسله مقررات خاصی می باشد تا بهترین نتیجه به منظور انجام تجربه ای عملی حاصل شود:

1– حضور به موقع در ساعت مقرر در محیط آزمایشگاه مربوطه.

2- پیش مطالعه آزمایش ها به منظور تسلط کامل به انجام آزمایش مورد نظر.

3- رعایت نظم و ترتیب در انجام کار گروهی و مسئولیت پذیری در اجرای آزمایشات.

4- دقت در حفظ و نگهداری وسایل و دستگاه های آزمایشگاهی

5- عدم تحرک بی جا در آزمایشگاه وعدم دخالت در اجرای آزمایش دیگر گروه ها.

6- داشتن نظم و ترتیب در اجرای آزمایش و رعایت سکوت و آرامش محیط آزمایشگاه.

7- یادداشت نتایج به دست آمده از آزمایش به منظور تکمیل گزارش کار آزمایش مربوطه.

8- دقت در کاهش عوامل خارجی که بر روی نحوه اجرای آزمایش وایجاد خطا اثر می گذارد.

9- حفظ خونسردی در صورت بروز سانحه ای غیر قابل پیش بینی در محیط آزمایشگاه.

10- توجه به توصیه های ایمنی که توسط اساتید محترم مطرح می شود.

11- احتیاط نمودن در هنگام کار با مواد شیمیایی،سمی و خطرناک نظیر برق،جیوه و....

12- تمیز و مرتب نگاه داشتن محیط آزمایشگاه و میز کار مربوطه و دستگاه های آزمایشگاهی.

13- تحویل گزارش کار جلسه قبل در بدو ورود به مربی آزمایشگاه.

14- مطرح نمودن سوالاتی که در حین آزمایش پیش می آید از اساتید محترم.

چگونگی تهیه گزارش کار آزمایشگاه:

دانشجویان محترم پس از خاتمه هر آزمایش و خلاصه برداری از نتایج آن تا جلسه بعد فرصت خواهند داشت که کلیه نتایج آزمایش اعم از محاسبات عددی،جدول ها،نمودارها،محاسبه خطا، و نتیجه گیری از آزمایش را به صورت مکتوب و با درج اطلاعات فردی و گروهی نظیر نام،رشته تحصیلی،شماره دانشجویی و... را در بدو ورود به آزمایشگاه به استاد مربوطه تحویل دهند.

باید توجه داشت که درصدی از نمره نهایی آزمایشگاه شما مربوط به همین گزارش کارها می باشد لذا رعایت تمیزی و مرتب نوشتن نتایج و تحویل به موقع گزارش کارها در نمره نهایی بی تاثیر نخواهد بود.هر گونه کپی برداری از نوشته دیگران از ارزش کار و اعتماد به نفس شما خواهد کاست.

هدف نهایی از نوشتن گزارش کار این است که در تصدی مشاغل آینده فرد قادر باشد با ارائه گزارش عملکرد مورد نظر در سازمان و ادارات متنوع ضمن احاطه خود به مسئولیتی که در اختیار دارد مسئولان مربوطه را نیز در جریان کار خود قرار دهد تا بتوان در تصمیم گیری های صحیح از آن ها استفاده نمود.

مفاهیم و تعاریف آزمایشگاهی:

خطای مطلق

چنان چه بخواهیم آزمایش را انجام دهیم دو حالت وجود دارد:

الف)مقدار دقیق و واقعی کمیتی را که می خواهیم اندازه گیری کنیم داریم.

ب) مقدار دقیق و واقعی کمیتی را که می خواهیم اندازه گیری کنیم نداریم.

در حالت (الف) اگر مقدار واقعی را با X نمایش دهیم و مقدار بدست آمده از آزمایش را با X' نمایش دهیم دراین صورت خطای مطلق آزمایش بنا به تعریف خواهد بود: $X- X'=\pm\Delta X$

در حالت (ب) چون که مقدار واقعی را نداریم چاره ای جز تکرار آزمایش نیست با بدست آوردن چند مقدار برای آزمایش مورد نظر از روش میانگین گیری مقدار متوسط آن کمیت را به دست می آوریم. این مقدار میانگین را به صورت مقدار واقعی کمیت مورد نظر در نظر می گیریم و به روش قسمت قبل عمل می کنیم.

خطای نسبی:

بنا به تعریف قدر مطلق خطای مطلق بر مقدار واقعی را خطای نسبی می گویند.

$$\text{خطای نسبی} = \left| \pm \Delta X / X \right|$$

درصد خطا:

بنا به تعریف خطای نسبی ضربدر 100 را که آن را به صورت درصد نشان می دهند درصد خطا و یا درصد خطای نسبی می نامند.

$$\text{درصد خطای نسبی} = \left| \pm \Delta X / X \right| * 100 = \ldots\%$$

این درصد دقت شخص آزمایش کننده را نشان می دهد که 8 تا 10 درصد مورد قبول است و چنان چه درصد خطا بیش از این مقدار باشد بایستی آزمایش را مجددا تکرار کرد.

حساسیت:

حساسیت به آزمایشگر بر می گردد و بنا به تعریف عبارتست از عکس خطای نسبی کل.

این بدان معنی است که هر قدر خطای نسبی کل بیشتر باشد آزمایش با حساسیت کمتری انجام شده است.

$$\text{حساسیت} = 1 / \text{خطای نسبی کل}$$

دقت:

دقت به ابزار اندازه گیری بر می گردد و بنا به تعریف عبارتست از حداقل مقداری که می توان به کمک یک دستگاه اندازه گیری کرد.

تعداد فواصل مساوی بین آن دو عدد / تفاضل دو عدد متوالی=دقت ابزار اندازه گیری

دستگاه های اندازه گیری:

پیش از شروع به اجرای هر آزمایش ابتدا باید تصمیم گرفت که مقادیر عددی محاسبه در چه دستگاهی اندازه گیری و اجرا شوند.به دستگاه اندازه گیری ((سیستم اندازه گیری)) نیز می گویند. سه نوع سیستم در دنیا مرسوم است:

1) SI یا M.K.S (متر،کیلوگرم،ثانیه) که بسیار تلاش می شود کلیه کشورهای جهان از آن پیروی کنند.

2)C.g.S (سانتیمتر،گرم،ثانیه) که زیر مجموعه ای است از سیستم SI.

3)f.Lb.S (فوت(0.33 متر)،پوند(0.458 کیلوگرم)،ثانیه) که در حال کنار گذاشتن در جهان است.

کمیت ها:

در فیزیک کمیت ها به دو گروه تقسیم می شوند:

1)اصلی : کمیت هایی که خود به طور مستقل بیان می شوند و مبنای تعریف سایر کمیت ها هستند. نظیر طول،جرم،زمان

2)فرعی : کمیت هایی که وابسته،به کمیت های اصلی هستند و از ترکیب کمیت های اصلی به دست می آیند نظیر نیرو،سرعت،شتاب و...

نماد گذاری:

یکی از تفاوت های ریاضی آزمایشگاهی با ریاضی معمولی آن است که در نوشتن مقادیر عددی در آزمایشگاه حتما باید نماد (دیمانسیون- بعد)عدد مربوط در مقابل آن ثبت شود اگر جواب به دست آمده مربوط به یک ضریب یا عدد ثابت است باید حتما در مقابل آن کلمه ضریب ثابت قید شود. در جدول زیر نماد های متعارف مربوط به برخی از کمیت های فیزیکی آمده است.

بعضی از کمیتهای فیزیکی و واحدهای آنها

کمیت	نماد	ابعاد	واحد SI	واحد cgs	رابطه تبدیل دو دستگاه
طول	L, l	L	m (متر)	cm (سانتی‌متر)	$1\ m = 10^2\ cm$
جرم	M, m	M	kg	g	$1\ kg = 10^3\ g$
زمان	T, t	T	S	S	—
مسافت	A	L^2	m^2	cm^2	$1\ m^2 = 10^4\ cm^2$
حجم	V	L^3	m^3	cm^3	$1\ m^3 = 10^6\ cm^3$
سرعت	V, v	LT^{-1}	m/s	cm/s	$1\ m/s = 10^2\ cm/s$
شتاب	a	LT^{-2}	m/s^2	cm/s^2	$1\ m/s^2 = 10^2\ cm/s^2$
زاویه چرخش	q	—	rad (رادیان)	rad	—
سرعت زاویه‌ای	ω	T^{-1}	rad/s	rad/s	—
شتاب زاویه‌ای	a	T^{-2}	rad/s^2	rad/s^2	—
بسامد زاویه‌ای	f	T^{-1}	Hz	Hz	—
نیرو	F	MLT^{-2}	N	dyne	$1\ N = 10^5\ dyne$
اندازه حرکت خطی	P	MLT^{-1}	kgm/s	gcm/s	$1\ kgm/s = 10^5\ gcm/s$
ضربه نیرو	I	MLT^{-1}	N.S	dyn.s	$1\ N.S = 10^5\ dyn.s$
جرم حجمی	ρ	ML^{-3}	kg/m^3	g/cm^3	$1\ kg/m^3 = 10^{-3}\ g/cm^3$
شدت میدان گرانش	g	LT^{-2}	N/kg^2	dyn/g^2	$1\ N/kg^2 = 10^2\ dyn/g^2$
ثابت نیروی فنر	K	MT^{-2}	N/m	dyn/cm	$1\ N/m = 10^7\ dyn/cm$
گشتاور نیرو	τ	ML^2T^{-2}	N/m	dyn/cm	$1\ N/m = 10^7\ dyn/cm$
گشتاور ماند	I	ML^2	kmg^2	gcm^2	$1\ kgm^2 = 10^7\ gcm^2$
اندازه‌حرکت‌زاویه‌ای	L	ML^2T^{-1}	kgm^2/s	$.gcm^2/s$	$1\ kgm^2 = 10^7\ gcm^2/s$
کار یا انرژی یا گرما	W, E	ML^2T^{-2}	J	erg	$1\ J = 10^7\ erg$
توان	P	ML^2T^{-3}	W وات	erg/s	$1\ W = 10^7\ erg/s$
فشار	P	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa	dyn/cm^2	$1\ Pa = 10\ dyn/cm^2$

آزمایش شماره 1:

اندازه گیری

مقدمه :

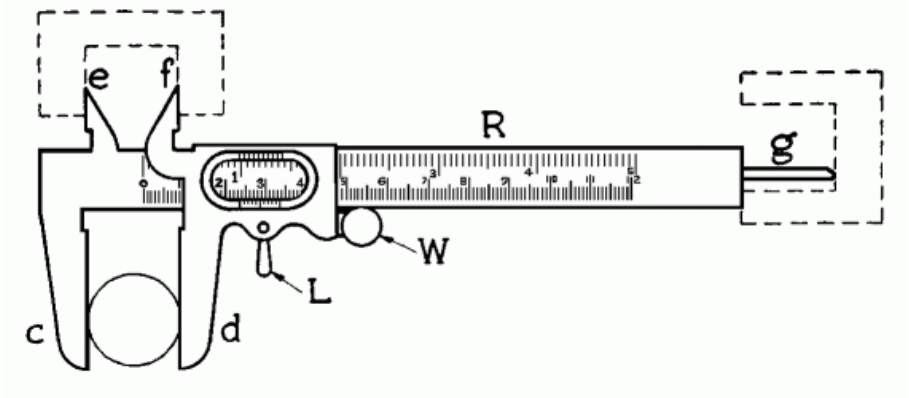
فیزیک را علم اندازه گیری نیز می نامند. وسایلی که در فیزیک برای اندازه گیری بکار می روند بسیار متنوع اند ، اما وسایلی که در آزمایشگاه مقدماتی بکار می روند نسبتا ساده و تعداد آنها محدود است. نوع وسیله ای که برای یک اندازه گیری خاص انتخاب می شود ، بستگی به اندازه آن کمیت و دقت لازم برای اندازه گیری آن دارد . در شروع کار آزمایشگاهی ، قبل از هر چیز باید با وسایل اندازه گیری به ویژه اندازه گیری طول که مبنای اغلب سنجشهاست آشنا شد. در ادامه به معرفی کولیس ، ریز سنج ، ترازو،گوی سنج می پردازیم .

کولیس :

تاریخچه کولیس :

در سال ۱۹۴۹ فردی به نام میتوتویو اولین پروانه ساخت کولیس را کسب کرد و تولید آن را در همان سال در کارخانه میزونوکوچی (Mizonokuchi) در شهر کاوازاکی ژاپن شروع کرد. در سال ۱۹۵۳ کارخانه آن به اوتسونومیا (utsonomiya) انتقال یافته و تولید انبوه آن شروع شد.در سال ۱۹۵۶ این فرد اولین کسی بود که موضوع استفاده از فولاد ضد زنگ را برای ساخت کولیس مطرح کرد. ۷ سال بعد در سال ۱۹۶۳ میتوتویو بیش از یک میلیون کولیس تولید کرد. در همان سال تولید کولیس ساعتی آغاز شد و به دنبال آن کولیس‌های دیجیتالی و سپس کولیسهای ضد زنگ که در مقابل آب و روغن مقاوم بودند تولید شد.
کولیس‌های کار سنگین که طول ۴۵۰ میلیمتر و بیشتر را اندازه‌گیری می‌کنند از سال ۱۹۶۱ ساخته شدند. امروزه کولیس‌هایی که طول ۲۰۰۰ میلیمتر را اندازه می‌گیرند نیز تولید می‌شود. بدنه این نوع از کولیس‌ها

از فیبرهای کربنی است تا سبک باشند و معضل بزرگ این کولیس‌ها که سنگینی آنها است را بدین‌گونه رفع کرده‌اند.



G تیغه نهایی	D شاخک خارجی
R خط کش	C شاخک خارجی
W زایده زیر ورنیه	E شاخک داخلی
L پیچ تثبیت	F شاخک داخلی

روش کار کولیس :

قطر داخلی و خارجی یک لوله را نمی‌توان با دقت و به آسانی با یک خط کش مدرج اندازه گرفت. برای اندازه گیری دقیق‌تر آنها از کولیس استفاده می‌شود. 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 داخل و شاخک‌های بزرگ برای اندازه گیری قطر خارجی اجسام بکار می‌رود. خط کش برحسب میلیمتر مدرج شده 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 می‌توانیم تا 1.10 میلیمتر را اندازه بگیریم. دقت اندازه گیری کولیس از تقسیم کردن یک درجه خط کش به تعداد تقسیمات ورنیه به دست می‌آید.برخی از انواع کولیسها برای اندازه گیری عمق یک تیغه باریک دارند که به ورنیه متصل است و با آن حرکت می‌کند. اگر صفر ورنیه بر صفر خط کش منطبق باشد انتهای تیغه بر انتهای خط کش منطبق

می‌گردد در صنعت برای اندازه گیری قطر گلوله و سیلندر و پیستون و طول وسایل مختلف از انواع کولیس‌ها با بزرگی‌های مختلف استفاده می‌شود.

اندازه گیری قطر یا طول :

جسمی را که منظور تعیین طول با قطر خارجی آن است در بین شاخک‌های ثابت و متحرک بزرگ قرار می‌دهند بطوری که هر دو شاخک با بدنه جسم تماس داشته باشند سپس به کمک ورنیه و خط کش اندازه طول یا قطر گلوله را تعیین می‌کنند. درجات را از روی خط کش (عددی که صفر ورنیه در مقابل آن قرار دارد و یا از آن گذشته است) و کسر درجات را از روی ورنیه می‌خوانند برای کسر درجات از درجات ورنیه را پیدا می‌کنند که درست در برابر یکی از درجات خط کش قرار گرفته است .

اندازه گیری قطر داخلی :

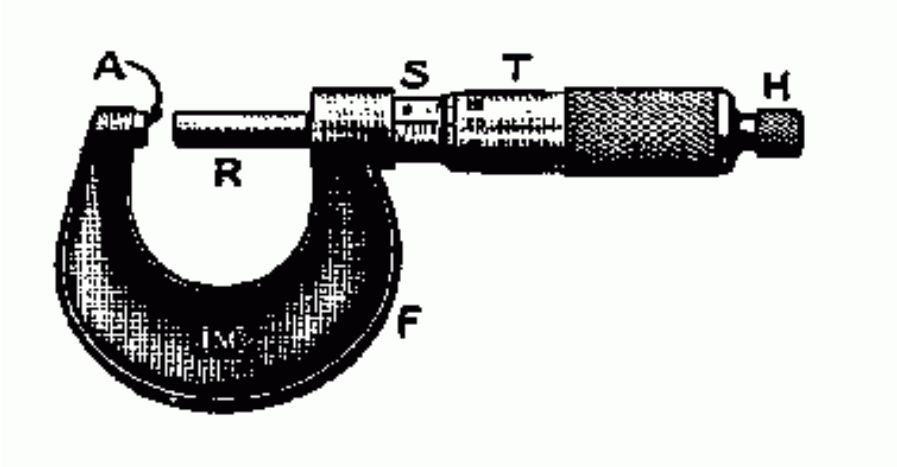
برای اندازه گیری قطر داخلی مثلا قطر یک لوله دو شاخک بالایی را در داخل لوله فرو می‌برند و ورنیه را برای خط کش آنقدر جابجا می‌کنند تا دو شاخک با جدار داخلی لوله تماس پیدا کنند. کولیس تا حدی در داخل لوله می‌چرخانند تا دو شاخک بر قطر لوله منطبق گردد. در این حالت قطر داخلی را با روش قبلی از روی خط کش و ورنیه می‌خوانند.

ریز سنج

ضخامت ورقه‌های نازک و سیم‌های نازک را با اسبابی به نام ریز سنج اندازه می‌گیرند این اسباب از ترکیب یک پیچ و یک مهره مدرج ساخته شده است. در این وسیله ، مهره استوانه‌ای است تو خالی که سطح خارجی آن مدرج شده است. این استوانه به کمانی متصل است در انتهای دیگر کمان زایده‌ای وجود دارد که به آن سندان می‌گویند. پیچ در داخل کلاهکی قرار دارد و در داخل مهره حرکت می‌کند، کلاهک پیچ بر روی سطح خارجی مهره جابجا می‌شود. در صورتی که پای پیچ 0.5 میلیمتر باشد دور کلاهک پیچ به پنجاه قسمت و اگر پای پیچ یک میلیمتر باشد دور کلاهک پیچ به صد قسمت تقسیم می‌شود به آن قسمت از پیچ

که از داخل مهره خارج شده و در داخل کمان جابه جا می‌گردد زبانه می‌گویند.اگر پیچ یک دور بپیچد در نوع اول زبانه ریزسنج نیم میلیمتر جابجا می‌شود بنابراین وقتی پیچ به‌اندازه یک درجه بپیچد دهانه ریزسنج به اندازه یک صدم میلیمتر باز یا بسته می‌شود. بنابراین با استفاده از ریزسنج دقت‌اندازه گیری تا میلیمتر بالا می‌رود .

اجزای ریز سنج :



H پیچ هرزگرد **F قسمت کمانی شکل**

T میکرومتر **R پایه متحرک**

S خط کش میلی متری **A سندان**

روش کار ریز سنج :

برای اندازه گیری جسم مورد نظر را از بین زبانه و سندان قرار می‌دهند و پیچ کلاهک آنقدر می‌چرخانند تا جسم با زبانه و سندان تماس پیدا کند. برای چرخاندن کلاهک پیچ ، پیچ هرز گرد را می‌پیچانند پس از تماس با زبانه با جسم ، پیچ هرز گرد صدا می‌کند. با شنیدن صدا عمل پیچاندن را متوقف می‌کنند. در غیر این صورت از حساسیت اسباب کاسته می‌شود درجات میلیمتر را روی مهره و درجات صدم میلیمتر را از روی کلاهک پیچ می‌خوانند . درجه‌ای از کلاهک پیچ خوانده می‌شود که در امتداد خط افقی مهره قرار دارد.

گوی سنج :

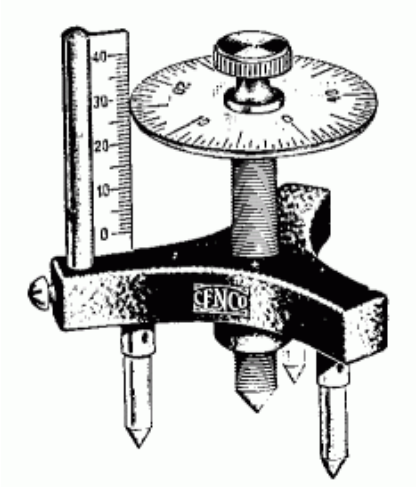
گوی سنج وسیله است برای اندازه گیری شعاع انحنای سطوح مقعر یا محدب . این وسیله دارای سه پایه ی ثابت ویک پایه ی متحرک در وسط است . قسمت اندازه گیرنده ی آن ، که بر اساس مقایسه ی بین دو دستگاه متریک است ، معمولا به دو صورت طراحی می شود : یا مطابق شکل 1 است ، یا مطابق شکل 2 . سیستم قرائت گوی سنج نشان داده شده در شکل 1 مانند ریزسنج است که در بخش قبلی شرح داده شد . شیوه ی خواندن گوی سنج مربوط به شکل 2 به صورت زیر است :

- خط کشی برحسب میلی متر ، که مبدا آن در وسط است و دو تقسیم بندی به اندازه ی 10 میلی متر در بالا و پایین این مبدا قرار دارد ، این خط کش روی پایه ی دستگاه سوار است .
- محوری دیسک مانند ، که عمود بر خط کش است و دارای 100 قسمت مساوی است که هر قسمت نماینده ی 0.01 میلی متر است .

توجه : اخیرا در آزمایشگاههای فیزیک ، از گوی سنجی با دقت .001 میلی متر استفاده می شود .

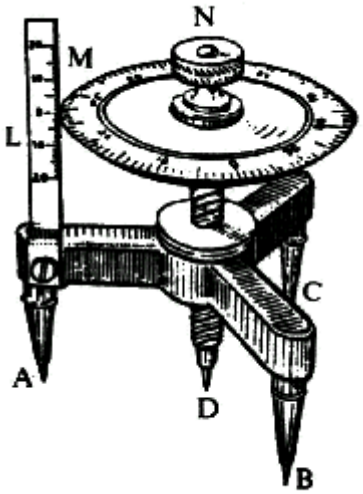
به منظور قرائت عدد مورد نظر ، ابتدا از صفر خط کش تا جایی که بر خط کش مماس شده است ، برحسب میلی متر ، قرائت کرده و عدد را یادداشت می کنیم . سپس عددی از دیسک را که مماس بر خط کش است ، بر حسب صدم میلی متر قرائت کرده ، و این عدد را با عدد قبلی جمع می کنیم .

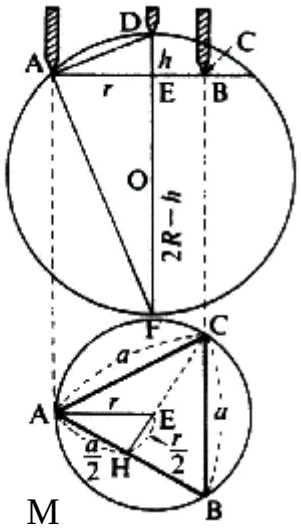
<u>اجزای گوی سنج و روش اندازه گیری با گوی سنج :</u>



در عمل ابتدا سه پایه ی ثابت را بر روی سطح صافی مانند شیشه قرار داده و با پیچ تنظیم دستگاه ، پایه ی متحرک را نیز بر سطح صاف مماس کرده و عددی را که گوی سنج نشان می دهد ، به طریقی که گفته شد قرائت کرده و یادداشت می کنیم . سپس سه پایه ی ثابت را روی سطح مورد نظر ، محدب یا مقعر ، قرار داده و پایه ی متحرک را بر سطح مورد نظر مماس کرده و مجددا عددی را که گوی سنج نشان

می دهد ، یادداشت می کنیم . تفاضل این دو عدد را با h نمایش می دهیم.





دیسک	M
پیچ تنظیم	N
پایه ی ثابت	A B C
پایه متحرک	D

اکنون شعاع دایره را که از سه پایه ی ثابت تشکیل شده است به دست می آوریم :

- در حالتی که هر چهار پایه در یک سطح قرار دارند ، فاصله ی هر یک از سه پایه ی ثابت تا پایه ی متحرک وسطی را اندازه گرفته ، با یکدیگر جمع زده ، و بر عدد 3 تقسیم می کنیم .

$$a = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3}$$

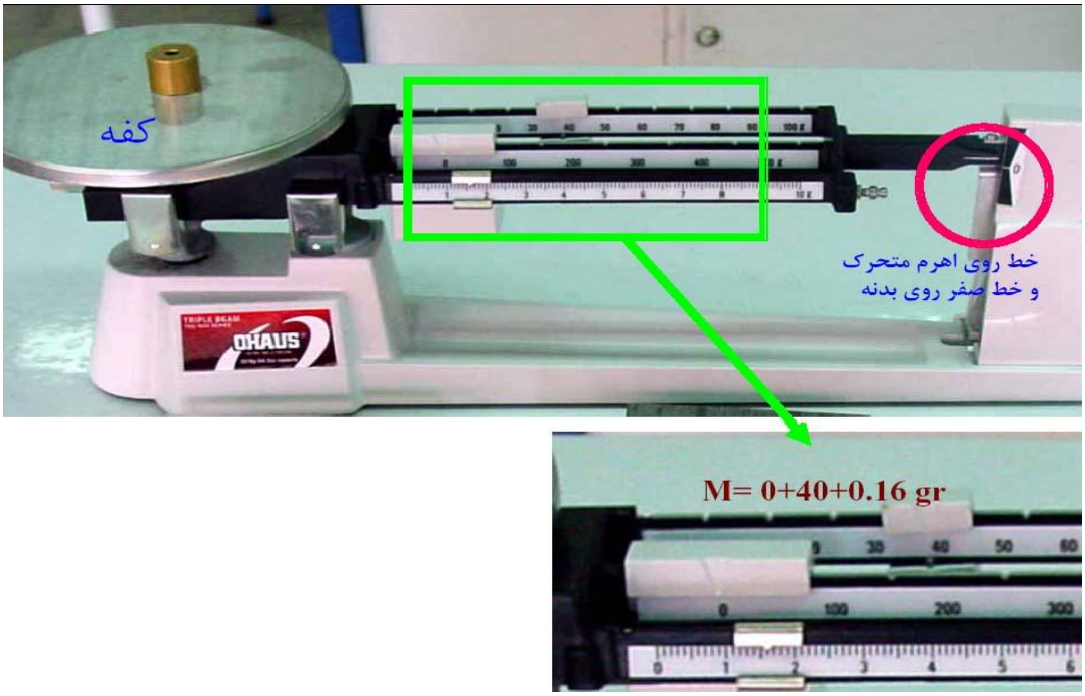
$$(R-h)^2 + a^2 = R^2 \rightarrow R = \frac{a^2 + h^2}{2h}$$

ترازو:

ترازو وسیله ای برای اندازه گیری وزن اجسام است و بر حسب استفاده انواع مختلف با دقت های مختلف دارد.

روش کار:

ابتدا بدون قرار دادن وزنه با استفاده از پیچ تنظیم ترازو را میزان کنید.در این حالت خط روی اهرم متحرک باید بر خط صفر روی بدنه منطبق شود.وزنه را روی کفه ترازو قرار داده و روی اهرم مهره های مختلف را در شیارهای مدرج طوری قرار دهید که دوباره خط روی اهرم متحرک بر خط صفر روی بدنه منطبق شود.مجموع اعداد روی شیارها جرم را نشان می دهد.



آزمایش شماره 2 :

بررسی قانون هوک

هدف آزمایش:

1- تعیین ضریب سختی فنر با استفاده از تغییر طول فنر

2- تعیین ضریب سختی با استفاده ازارتعاشات فنر

3- محاسبه ضریب سختی فنرهای سری و موازی

وسایل آزمایش:

سه نوع فنرازهرکدام 2 عدد , پایه زمینی کوچک , بدنه مدرج شاخص دار , کرنومتر , موازی ساز فنر , سری ساز فنر , کفه وزنه قلاب دار 1عدد , پایه وزنه , وزنه های 10gr یک عدد ، 20gr یک عدد ، 50gr چهار عدد ، 100gr یک عدد ، 200gr یک عدد ، 500gr یک 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 برنمی گردد.

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

1) استفاده از تغییر طول فنر به ازای نیروهای متفاوت

2) استفاده ازارتعاشات فنر

اکنون به توضیح این دو روش می پردازیم.

1) به یک فنر وزنه ای متصل می کنیم و آن را به آرامی پایین می آوریم تا به حال تعادل قرار بگیرد. دراین 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:

$$k = \frac{mg}{x} = \frac{W}{x}$$

توجه به معلوم بودن وزن جسم (mg) و x 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 بروزنه 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 فوق $x = A\sin(\sqrt{\frac{k}{m}})t$ است از مقایسه پاسخ فوق با معادله حرکت هماهنگ ساده داریم:

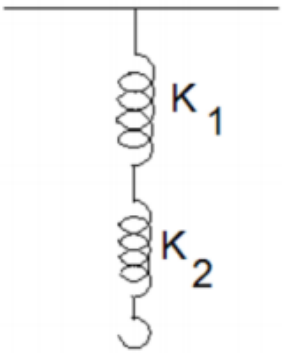
$x = A\sin\omega t$ که سرعت زاویه ای حرکت نوسانی آن جذر ضریب x در معادله است، در اینجا یعنی

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

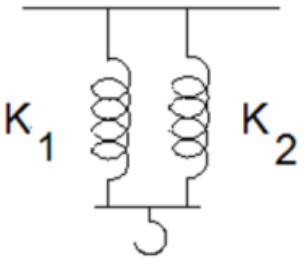
که در آنها T زمان تناوب حرکت نوسانی است. با توجه به رابطه فوق اگرزمان تناوب حرکت نوسانی جسم متصل به فنر و جرم جسم متصل به فنر را داشته باشیم، ضریب سختی فنر به دست می آید.

ب) به هم بستن فنرها

اگردو فنرراکه ضرایب سختی آنها k1 و k2 هستند مطابق شکل روبرو به طورسری به هم وصل کنید ضریب سختی مجموعه آنها از رابطه زیر بدست می آید. (آ ن را اثبات کنید)



$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k1} + \frac{1}{k2}$$



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

$$k = k_1 + k_2$$

روش آزمایش :

الف- برای سه نوع فنری که در اختیار شما قرار داده شده،با استفاده از رابطه (1) و متصل کردن وزنه های مناسب (از 10 تا 100 گرم برای فنر کوچک، از 60 تا 300 گرم برای فنر متوسط و از 200 تا 700 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				
T				
T^2				

بارسم منحنی T^2 برحسب m (جرم وزنه ها) و تعیین شیب خط که با توجه به رابطه (2) ، $\frac{4\pi^2}{k}$ 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 kی آنها را محاسبه کرده اید انتخاب کرده و آنها را به طور سری به هم متصل کنید، سپس با استفاده از رابطه (1) و با متصل کردن وزنه های مناسب جدول زیر را پر کنید.

W=mg				
X				
K				

سپس مقدارمیانگین k های آزمایش را محاسبه نمایید. این مقدار عددی را با مقدار عددی k که از رابطه (3) 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 (1) 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 (4) بدست می آید مقایسه کنید .

پرسش:

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

الف) جرم متصل به فنر

ب) دامنه نوسان فنر

ج) ثابت فنر (k)

د) شتاب گرانش

2- ضریب ثابت فنر به چه عواملی بستگی دارد؟

آزمایش شماره 3:

حرکت سقوط آزاد اجسام ، سطح شیب دار

هدف آزمایش :

تعیین شتاب گرانش با استفاده از سقوط آزاد اجسام

وسایل آزمایش :

دستگاه سقوط آزاد ، منبع تغذیه ، کرنومتر الکتریکی ، گلوله آهنی ، سیم های رابط

تئوری آزمایش :

دید کلی

هنگامی که جسمی از ارتفاعی رها شود، شتاب می‌گیرد و سرعتش از مقدار صفر افزایش می یابد. جالب توجه است که در خلا ، تمامی اجسام از قبیل سنگ ، پر ، قطرات باران و ذرات گرد و غبار بطور یکنواخت شتاب می‌گیرند و باهم به زمین می‌رسند .این قاعده صرفا به دلیل مقاومت هوا در مقابل سقوط اجسام ، که اثر آن بر «پر» مؤثرتر از اثر آن بر سنگ است، در زندگی روزمره که در محیط خلأ صورت نمی‌گیرد، صادق نیست .

شتاب حرکت سقوط آزاد :

شتاب سقوط آزاد اجسام در خلا به طبیعت جسم بستگی ندارد. بلکه فقط به محل جسم بستگی دارد. این شتاب ثابت است و مقدار آن با شتاب گرانشی که با علامت g نشان داده می‌شود، برابر است که آن هم تحت عنوان شتاب ثقلی مطرح است و مقدار آن بر روی زمین برابر $9.8\ m/s^2$می‌باشد .

سقوط آزاد چیست؟

برای اینکه سنگی آزادانه سقوط کند، لازم نیست که شما آنرا در امتداد قائم رها کنید. می توانید سنگ را به طرف بالا ، پایین یا به اطراف پرتاب کنید. به محض اینکه سنگ در هر جهتی اختیاری از دست شما رها شود، سقوط آزاد خواهد کرد. اگر سنگی را در امتداد قائم به طرف بالا با سرعت $25\ m/s$پرتاب کنید ، چون شتاب به سمت پایین و در خلاف جهت سرعت است، سنگ بایستی در نقطه اوج حرکتش متوقف شده و

برگردد. چون در حالت پایین آمدن شتاب در جهت حرکت است، سنگ سرعت می‌گیرد. اگر جسم در حال سکون ، خیلی سبک و یا سطح آن تخت باشد و یا اینکه از فاصله خیلی دور سقوط کرده باشد، مقاومت هوا قابل توجه می‌شود و شتاب جاذبه زمین در چنین حالتی متغیر می‌باشد .

آزمایش ساده :

فرض کنید شخصی در پشت بام خانه ایستاده و توپی را در راستای افق پرتاب می‌کند. توپ بدون هیچگونه سرعتی در راستای قائم ، از دست شخص رها می‌شود. اما ، نیروی گرانشی اجازه نمی‌دهد که این وضعیت ادامه یابد. توپ بعد از رها شدن از دست شخص با شتاب $9.8\ m/s^2$ به طرف پایین سرعت می‌گیرد و چون حرکت در امتداد قائم یک حرکت با شتاب یکنواخت است که از صفر شروع شده است، می‌توانیم از مجموعه معادلات استاندارد حرکت با شتاب ثابت استفاده کنیم .

معادلات حرکت سقوط آزاد

- معادله مکان حرکت سقوط آزاد جسم بر حسب زمان یک معادله سهمی شکل است که نقطه ماکزیمم (قله) سهمی در نقطه اوج جسم می‌باشد:

$$y = -gt^2/2 + V_0t$$

در این معادله Y مکان جسم ، tزمان ، g شتاب جاذبه زمین و V_0 سرعت اولیه جسم می‌باشد.

معادله سرعت حرکت سقوط آزاد بر حسب زمان یک معادله خطی است که تا نقطه اوج شیب خط منفی و حرکت کند شونده و از آن زمان به بعد حرکت شتابدار تند شونده با شیب مثبت می‌باشد:

$$V = -gt + V_0$$

در این معادله V سرعت حرکت جسم می‌باشد.

معادله شتاب حرکت سقوط آزاد جسم مستقل از زمان بوده و در نزدیکی سطح زمین مقداری ثابت است و مقدار آن با دقت بالایی با شتاب گرانشی بر روی سطح زمین برابر است $a = g = 9.8\ m/s^2$.

- معادله نیرو در این حرکت همانند شتاب مستقل از زمان بوده و با نیروی وزن جسم برابر است:

$$F = ma = mg = 9.8\ m/s^2$$

معادله مستقل از زمان حرکت سقوط آزاد :

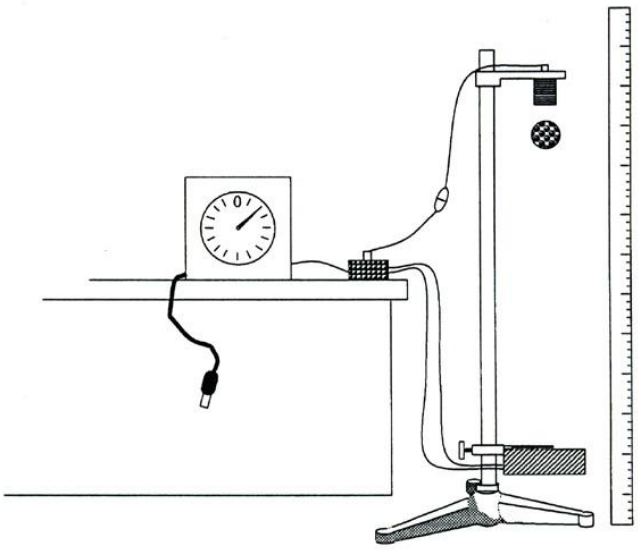
در این معادله سرعت اولیه و نهایی ، ارتفاع سقوط و شتاب جاذبه در غیاب زمان به هم مربوط می‌شوند:

$$V^2 - V_0^2 = -2gy$$

مسایل کاربردی سقوط آزاد :

از این نوع حرکت و معادلاتش در توجیه حرکت جسم افتان ، پرتاب موشک ، حرکت پرتابی ، حرکت گلوله توپ ، صعود و فرود هواپیما ، حرکت نوسانی سیستم جرم و فنر آویزان و غیره که هر کدام یا خودشان کاربردهای علمی پدیده‌اند و یا مکانیزم عملشان این حرکت را در خود دارد و جهت کنترل و داشتن سیستمی پایدار با بازده بالا از مفاهیم و معادلات این حرکت در آنها استفاده می‌شود.

روش انجام آزمایش :



کرنومتر را به برق وصل و دستگاه را روشن کنید . قرقره بالای آن ، خاصیت آهنربایی پیدا و گلوله آهنی را جذب می کند ارتفاع سقوط عبارت است از فاصله زیر گلوله تا روی صفحه قطع و وصل ، طول آنرا توسط خط کش مدرجی که روی پایه نصب شده است به دست آورید.

دکمه شروع کرنومتر را را فشار دهید ، جریان برق قطع و گلوله سقوط می کند درست در همان زمان کرنومتر شروع به کار می کند ، گلوله پس ازطی مسافت h به صفحه برخورد و کرنومتر را متوقف می کند ، زمان سقوط را کرنومتر نشان می دهد. آزمایش را چند مرتبه تکرار کنید . میانگین زمانها را به دست آورید و

مقدار g را محاسبه کنید ارتفاع را دو برابر و سه برابر بگیرید و به همین نحو آزمایش را تکرار کنید . نمودار تغییرات h بر حسب t^2 را رسم کنید . دو برابر شیب خط برابر g است . خطاهای مطلق و نسبی را برای هریک از ارتفاعهای سقوط پیدا و اعداد حاصل را در جدول زیر یادداشت کنید .

ردیف	h	t_1	t_2	t_3	t	$g=\frac{2h}{t^2}$	نمودار g	خطای مطلق	خطای نسبی

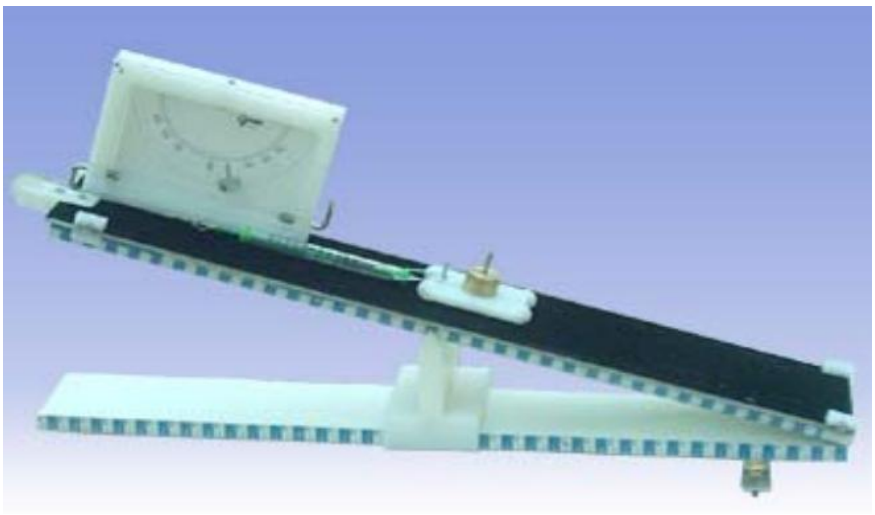
دستورکارآزمایش سطح شیبدار

هدف آزمایش:

اندازه گیری ضریب اصطکاک جنبشی برای سطوح مختلف در حالت افقی و شیبدار

وسایل مورد نیاز:

بدنه ی سطح شیبدار شامل: پایه های قابل تنظیم سطح ثابت و سطح شیبدار قابل تنظیم قرقره , پایه وزنه , کفه وزنه آلومینیومی بزرگ و قلاب با نخ , نیروسنج راهنمای تنظیم زاویه سطح شیبدار , لغزنده ی سمباده ای , لغزنده ی ساده , لغزنده ی سند بلاستی , ارابه , شیب سنج سطح شیبدار , سطح اصطکاکی قابل نصب شامل 2 نوع سطح, تکیه گاه متحرک



تئوری آزمایش :

بنابرقوانین نیوتن، دوام حرکت یکنواخت ومستقیم الخط مستلزم اعمال نیرو نیست ولی مشاهدات روزمره خلاف این مطالب را نشان می دهد. به عبارتی وقتی جسمی روی جسم دیگری تکیه داشته باشد و نسبت به آن حرکت کند یا بخواهد حرکت کند، نیروی مقاومی درسطح تماس دوجسم ودرخلاف جهت حرکت یا میل به حرکت پدید می آید. به این نیرو، نیروی اصطکاک گویند.

تعریف اصطکاک :

سطح جسم جامد حتی اگر بخوبی صیقل شده باشد، کاملاً صاف نبوده و دارای برجستگی ها و فرورفتگی ها و ترک ها و... سایر بی نظمی های میکروسکپی می باشد.

این سطوح اغلب از اکسیدها، لایه های چسبنده ای از گازها و مایعات و مواد خارجی پوشیده شده اند.

وقتی سطوح دو جسم تماس حاصل می کنند، درهم رفتن برآمدگی ها و فرورفتگی های میکروسکپی و همچنین چسبندگی نسبی سطوح موجب نوعی درگیری بین دو سطح می شوند که اصطکاک نام دارد این درگیری مانع حرکت نسبی اجسام می شود. طبیعی است بین دو سطح بدون اصطکاک چنین درگیری وجود ندارد. بنابراین می توان گفت: اصطکاک نوعی کیفیت تماس یا در گیر شدن دو سطح است.

تعریف نیروی اصطکاک :

درگیری بین دو سطح در اثر ازدیاد نیروی عمودی Pn که اجسام رابه یکدیگر می فشارد، زیاد می شود، نیروی عمودی ممکن ست نیروی وزن و یا مؤلفه قائم آن (اگر جسم روی سطح شیبدار باشد) و یا هر نیروی دیگرعمود برسطح تماس دو جسم باشد واضح است برای رفع درگیری بین دو جسم و در نتیجه حرکت نسبی یکنواخت یکی از دو جسم به نیروی کششی متناسب با Pn نیاز است. اعمال این نیرو به جسم باعث می شود تا جسم از حالت سکون شروع به حرکت نماید. طبیعی است پس از به حرکت در آمدن جسم، برای تداوم حرکت یکنواخت جسم، به نیروی کمتری نیاز داریم که نیروی اصطکاک جنبشی نام دارد.

تعریف ضریب اصطکاک :

همانطور که می دانیم نیروی اصطکاک متناسب با نیروی عمودی Pn است ($fs \propto Pn$) و در این حالت حدی ضریب تناسب را μs یا ضریب اصطکاک ایستایی می نامند.

$$f_s < \mu_s P_n \rightarrow \mu_s < \frac{f_s}{P_n}$$

درهنگام حرکت جسم، ضریب اصطکاک را ضریب اصطکاک جنبشی μ_k و نیروی اصطکاک را، نیروی اصطکاک دینامیکی یا جنبشی f_k می نامیم و داریم:

$$\mu_k = \frac{f_k}{P_n} \quad , \quad f_k = \mu_k P_n$$

به تجربه ثابت شده است که همواره $\mu_s > \mu_k$ است .

توضیح: نوعی دیگرازاصطکاک غلتشی وجود دارد که به هنگام غلتیدن اجسام بر روی هم ظاهر می گردد که فعلاً مورد بحث ما نیست.

روش آزمایش :

1) حالت افقی: در کناره میز بطوریکه قرقره سطح شیبدار از لبه میز خارج باشد دو سطح شیبدار را روی هم قرارداده و آنرا تراز می کنیم تا در هر دو راستای افق به حالت افقی درآید. ابتدا لغزنده ساده را برروی سطح افقی قرار داده و نخ متصل به آن را از روی قرقره عبور داده و به انتهای آزاد آن کفه را بیاویزید. ممکن است وزن کفه بیش ازنیروی لازم برای به حرکت یکنواخت درآوردن لغزنده ساده باشد، لذا برروی آن آنقدر وزنه بگذارید تا لغزنده ساده با مختصرضربه انگشت که به سطح افق می زنید شروع به حرکت یکنواخت نماید.دراین حالت اگرازاصطکاک قرقره و نخ صرفنظر کنیم، نیروی کشش همان نیروی اصطکاک است که برابربا وزن کفه می باشد، و نیروی عمودی Pn نیز، برابربا وزن لغزنده چوبی و وزنه های روی آن است.

1) برروی لغزنده ساده وزنه های مختلف قراردهید و داخل کفه آنقدر وزنه بگذارید تا مانند حالت قبل با مختصر ضربه انگشت حرکت یکنواخت برقرار شود. آزمایش را حداقل برای سه مقدار تکرار نموده جدول (1) را تکمیل نمایید.

شماره آزمایش	وزن کفه و وزنه ها f_k	وزن لغزنده و وزنه ها Pn	ضریب اصطکاک μ_k	$\frac{\Delta\mu_k}{\mu_k}$
1				
2				
3				

جدول (1)

2) آزمایش را برای لغزنده های متفاوت تکرار کنید و نتایج بدست آمده را در جدولی مانند جدول (1) درج نمایید. از انجام این دو آزمایش چه نتایج مهمی حاصل می شود؟

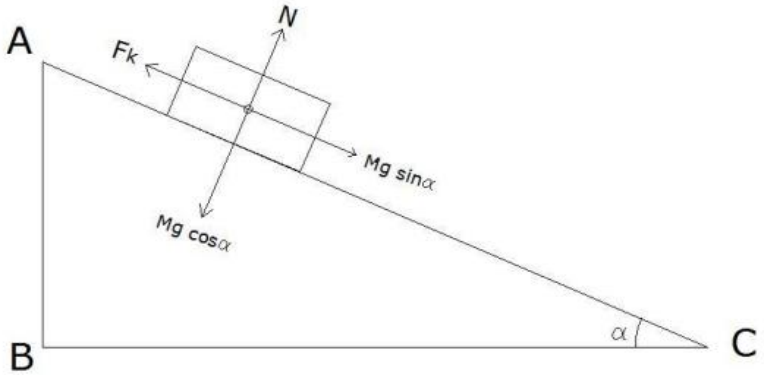
مقادیر f_k و P_n را روی محور عمودی و افقی برده و نمودار $P_n\mu_k = f_k$ را رسم نمایید، آیا این خط ازمبدأ مختصات می گذرد؟ با تعیین ضریب زاویه نمودار ضریب اصطکاک جنبشی بین دو سطح را از طریق ترسیم بدست آورید با استفاده از رابطه $\mu_k = \frac{f_k}{P_n}$ مقدار $\frac{\Delta\mu_k}{\mu_k}$ را با روش دیفرانسیل لگاریتمی محاسبه نموده آن را در جدول (1) درج نمایید.

2) حالت شیبدار: تکیه گاه را بین سطوح شیبدار در منتهاالیه دو سطح (در فاصله $70\ cm$) قرار داده وبا حرکت دادن آن به سمت مفصل، شیب را زیاد می کنیم. و همزمان با انگشت ضربات آهسته ای برروی سطح می زنیم تا لغزنده با سرعت یکنواخت و آهسته به سمت پایین سطح شیبدار شروع به حرکت نماید در اینجا به وسیله پیچ تکیه گاه آن راثابت می کنیم. می دانیم نیروی وزن به دو مؤلفه تجزیه می گردد، $mgCos\alpha$ که عمود بر سطح تماس و $mgSin\alpha$ که در امتداد سطح تماس دوجسم است، چون $mgSin\alpha$ باعث حرکت یکنواخت جسم شده است بنابراین برابر با f_k ، نیروی اصطکاک است.

آیا ضریب اصطکاک به α بستگی دارد؟ به وزن جسم چطور؟

$$\mu_k = \frac{f_k}{P_n} = \frac{mgSin\alpha}{mgCoc\alpha} = tg\alpha \qquad tg\alpha = \frac{AB}{BC}$$

μ_k دراین حالت را با μ_k درحالت افقی مقایسه کنید و نظرتان را بنویسید.اگردراین حالت روی لغزنده وزنه سنگینی قراردهیم آیا باز هم با سرعت یکنواحت پایین می آید؟ این حا لت را آزمایش کنید و مشاهداتتان را بنویسید. آزمایش را با لغزنده های متفاوت تکرار کنید و μ_k را برای هر مورد بدست آورید، آیا اصطکاک به جنس لغزنده بستگی دارد.



3) در این قسمت از آزمایش سطح شیبدار را در یک شیب دلخواه θ قرار دهید و به کمک نخ (که موازی با سطح شیبدار تنظیم می شود) کفه ای را از قرقره آویزان کنید و وزنه هایی روی آن قرار دهید تابطوریکنواخت شروع به بالا رفتن کند در این حالت برای ضریب اصطکاک بین لغزنده و سطح شیبدار داریم (چرا؟)

$$\mu_k = \frac{Mg - mgSin\,\theta}{mgCos\,\theta}$$

که در این رابطه M جرم کفه و وزنه های آویزان است. با استفاده از این رابطه ضریب اصطکاک جنبشی را به ازای وزنه های متفاوت و برای لغزنده های متفاوت اندازه گیری کنید. جدولی مانند جدول (1) ترتیب داده، مقادیر مختلف را در آن ذکر کنید.

برای تحقیق مقدار $mg\ sin\theta$ یک نیرو سنج مابین قرقره و سطح لغزنده قرارمی دهیم. می دانیم $mg\ sin\theta$ باعث حرکت لغزنده می شود با استفاده از نیرو سنج این مقدار را مشاهده کرده و با مقداری که از محاسبه $mg\ sin\theta$ بدست آمده مقایسه کنید.

4) در این مرحله مطابق قسمت قبل یک شیب دلخواه θ را انتخاب کنید و جرم لغزنده و کفه را طوری تنظیم کنید تا لغزنده با شتاب ثابت به طرف بالا حرکت کند. با استفاده از کرنومتر ودر نظر گرفتن طول معینی ازسطح شیبدار، شتاب حرکت لغزنده را اندازه گیری کنید. در این حالت برای ضریب اصطکاک جنبشی بین لغزنده و سطح شیبدار داریم (چرا؟)

$$\mu_k = \frac{Mg - mgSin\,\theta - (M+m)a}{mgCos\,\theta}$$

با استفاده از این رابطه ضریب اصطکاک را به ازای وزنه های متفاوت وبرای لغزنده های متفاوت اندازه گیری کنید و با مقادیر قسمت قبل مقایسه کنید.

آزمایش شماره 4:

آیینه و عدسی ها

هدف آزمایش :

بررسی رابطهٔ بین محل شیء و محل تشکیل تصویردر عدسی ها و آینه ها $\left(\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}\right)$ و تعیین فاصله کانونی آنها

لوازم مورد نیاز :

چراغ رویتر، صفحهٔ شکاف دار، عدسیهای کوژ و کاو، آینه های کوژ و کاو، و پردهٔ تصویر

تئوری آزمایش :

نور یک موج الکترومغناطیسی است. طول موج امواج الکترومغناطیسی که روی حس بینایی انسان اثر می گذارند بین ۴ تا 7 میکرومتر قرار دارند. موقعی که اندازهٔ مانع یا روزنه ای که در مسیر امواج قرار می گیرند خیلی بزرگتر از طول موج نور باشند امواج با دقت خیلی زیادی روی خط مستقیم منتشر می شوند.

در برخورد نور با سطوح صاف و صیقلی که زبری سطح نسبت به طول موج نور کوچک باشد پدیدهٔ بازتابش منظم رخ می دهد. قوانین بازتابش نور عبارتند از (شکل 1(الف)):

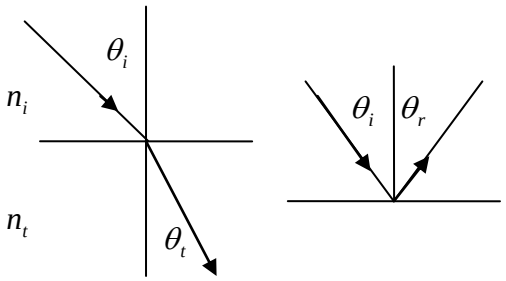
۱- پرتوهای تابیده و بازتابیده و خط عمود بر سطح بازتاب دهنده در نقطهٔ تابش در یک صفحه واقعند.

۲- زاویهٔ تابش و بازتابش برای همهٔ رنگها و هر نوع محیطی با یکدیگر برابرند.

در برخورد نور با یک دیوپتر (مرز بین دو محیط شفاف) قوانین شکست عبارتند از (شکل 2):

۱- پرتوهای تابیده و شکسته و خط عمود بر سطح شکاننده در نقطهٔ تابش در یک صفحه واقعند.

۲- رابطه بین زوایای تابش و شکست از قانون اسنل- دکارت به دست می آید



$$n_i \sin\theta_i = n_t \sin\theta_t$$

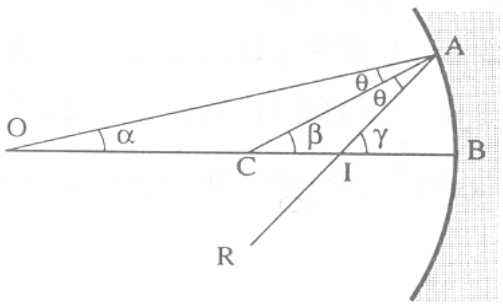
آینهٔ کروی :

آینهٔ کروی قسمتی از سطح یک کره است که صیقلی و بازتاب دهندهٔ نور می باشد. اگر سطح خارجی صیقلی باشد آن را آینهٔ کوژ (محدب) و اگر سطح داخلی نور را بازتاب دهد آینه را کاو (مقعر) گویند.

محور تقارن آینه، که از مرکز می گذرد، محور اصلی و بقیهٔ خطوطی که از مرکز می گذرند محور فرعی نامیده می شوند.

شکل 2 تشکیل تصویر در یک آینه مقعر را نشان می دهد. . با توجه به شکل 2 و قوانین بازتاب در شرایط پیرامحوری می توان نوشت:

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{2}{R}$$



هرگاه یک دسته پرتو نورانی موازی به آینه بتابد پرتوهای بازتابیده یا امتداد آنها در نقطه ای به نام کانون یکدیگر را قطع می کنند. مکان هندسی کانونها را سطح کانونی و محل تقاطع آن با محور اصلی را کانون اصلی می گویند. کانون اصلی بین رأس و مرکز آینه به فواصل مساوی واقع است. فاصلهٔ کانون تا آینه به فاصله کانونی موسوم است، بنابراین $R=2f$ و در نتیجه $\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$

رابطه (3) برای آینه محدب نیز صحیح است. قسمت جلوی آینه را ناحیهٔ حقیقی و پشت آن را ناحیهٔ مجازی گویند. جسم و تصویر و کانون هر کدام درناحیهٔحقیقی باشند در فرمول مثبت و اگر در ناحیهٔ مجازی باشند در فرمول منفی محسوب می شوند.

عدسی :

عدسی جسم شفافی است که محدود به دو سطح کروی یا تقریبا" کروی است. اگر وسط عدسی کلفت تر از کناره آن باشد، عدسی همگراست و آن را کوژ (محدب) می نامند و اگر وسط عدسی نازک تر از کناره آن باشد، عدسی واگراست و آن را کاو (مقعر) می نامند.

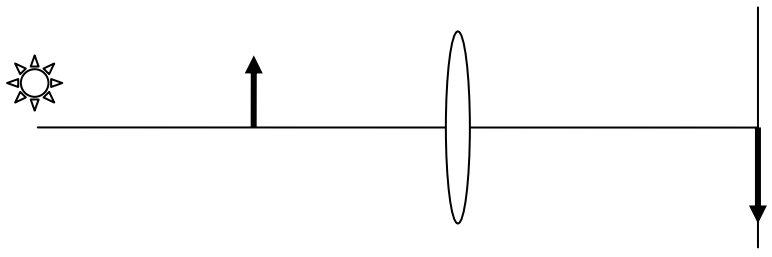
محور تقارن عدسی، که از مراکز انحنای دو سطح کروی می گذرد، محور اصلی عدسی نامیده می شود.

شکل 3 تشکیل تصویر در یک عدسی محدب را نشان می دهد. . با توجه به شکل 3 و قوانین شکست در شرایط پیرامحوری رابطه (3) در عدسی ها نیز برقرار است ولی در آن f برای عدسی محدب (مقعر)، p برای شیی حقیقی (مجازی)، و q برای تصویر حقیقی (مجازی)مثبت (منفی) هستند.

شرح آزمایش :

عدسی کوژ

1- عدسی کوژ از شیء حقیقی می تواند تصویر حقیقی بسازد. بنابراین برای تشکیل تصویر حقیقی کافیست شیء، چراغ رویتر، عدسی همگرا، و پرده را مطابق شکل 4 بچینید.



شکل 4

2- پرده را آنقدر جا به جا کنید تا تصویرجسم به طور واضح روی پرده دیده شود. فاصلهٔ جسم تا عدسی (p) و فاصلهٔ تصویر تا عدسی (q) را اندازه بگیرید و در جدول شمارهٔ ۱ یادداشت کنید.

3- فاصلهٔ جسم تا عدسی را تغییر دهید و بند 2 را تکرار کنید. (دقت کنید که در این مورد فاصله جسم از پرده نباید از $4f$ کوچکتر باشد)

4- نقاط $\left(\frac{1}{p},\frac{1}{q}\right)$ را روی کاغذ میلی متری بیاورید

5- نمودار $\frac{1}{p}$ بر حسب $\frac{1}{q}$ را با رسم بهترین خط راست با شیب "1-" از خلال نقاط تجربی رسم کنید.

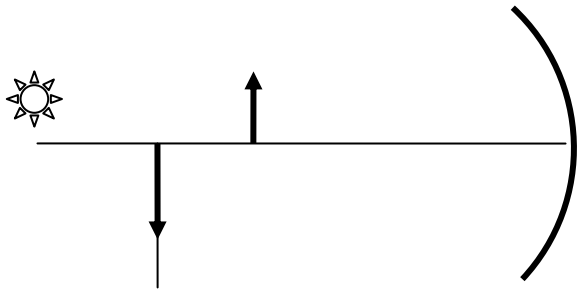
6- طول (عرض) محل برخورد خط حاصل را با محور طولها (عرضها) و از آن f را به دست آورید.

عدسی کاو :

عدسی کاو از شیء مجازی می تواند تصویر حقیقی ایجاد کند. بنابراین در این آزمایش برای تشکیل تصویر، یک شیء مجازی مورد نیاز است که می توان این شیء مجازی را توسط عدسی کوژ ایجاد نمود. به این ترتیب که ابتدا به کمک یک عدسی همگرا، تصویرجسم را روی پرده تشکیل دهید. سپس عدسی واگرا را بین پرده وعدسی همگرا قرار دهید، تصویر محو میشود، پرده را آنقدر عقب ببرید تا دوباره تصویر ظاهر شود. فاصلهٔ محل اول پرده تا عدسی واگرا (p) فاصلهٔ جسم مجازی تا عدسی است. مقادیر p و q را اندازه بگیرید و در جدول شمارهٔ ۲ یادداشت کنید. مراحل بعدی را مانند قسمت قبل دنبال کنید.

آینهٔ کاو :

آینه مقعر از شیء حقیقی می تواند تصویر حقیقی بسازد. بنابراین برای تشکیل تصویر حقیقی کافیست شیء، چراغ رویتر، آینه مقعر، و پرده را مطابق شکل 5 بچینید و مراحل این قسمت را مانند قسمت قبل دنبال کنید.



شکل 5

آینه ها و عدسیها:

جدول شماره 1

عدسی محدب

ترتیب آزمایش	p	q	$1/p$	$1/q$
1				
2				
3				
4				
5				

جدول شماره 2

عدسی مقعر

ترتیب آزمایش	p	q	$1/p$	$1/q$
1				
2				
3				
4				
5				

جدول شماره 3

آینه مقعر

ترتیب آزمایش	p	q	$1/p$	$1/q$
1				
2				
3				
4				
5				

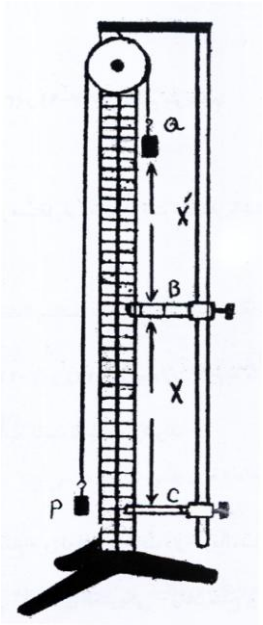
سوال: چرا در تشکیل تصویر با عدسی محدب اگر $p+q<4f$ ، تصویر روی پرده تشکیل نمی شود.

آزمایش شماره 5:

ماشین آتوود

هدف آزمایش :

تحقیق قوانین دینامیک و تعیین شتاب ماشین آتوود



وسایل آزمایش :

دستگاه ماشین آتوود ، سربارهای مختلف ، زمان سنج

تئوری آزمایش :

ماشین آتوود یک دستگاه مکانیکی بسیار مفید است که بسته به نوع آن از یک یا دو قرقره و چند وزنه با جرمهای مختلف تشکیل شده است که این وزنه‌ها به وسیله نخهای غیر قابل ارتجاع از قرقره آویزان شده‌اند.

دید کلی :

در تشریح کاربرد معادلات لاگرانژ ابتدا سیستمهای ساده مکانیکی مورد بحث قرار می‌گیرند. ماشین آتوود از جمله این سیستمهای ساده است. در حالت کلی ماشین آتوود بسته به تعداد قرقره‌ها در انواع مختلفی وجود دارد .

ماشین آتوود ساده :

ماشین آتوود ساده از دو وزنه به جرمهای m_1 و m_2 که به وسیله یک رشته غیر قابل ارتجاع به طول L که از روی قرقره عبور کرده است و به یکدیگر متصل هستند، تشکیل شده است. این سیستم فقط دارای یک درجه آزادی است، یعنی چون فقط یک قرقره وجود دارد، لذا اگر مبدا مختصات را در نقطه آویز قرقره فرض کنیم، در این صورت حرکت هر دو وزنه را می‌توان با یک پارامتر مشخص نمود. همچنین چون تنها نیروی وارده، نیروی گرانشی ناشی از وزن دو وزنه است، لذا به دلیل پایستار بودن نیروی گرانشی حرکت پایا خواهد بود و به راحتی می‌توان از قانون بقا انرژی استفاده کرد. به این ترتیب شتاب حرکت سیستم با فرض اینکه درجه آزادی را با متغیر x نشان دهیم به صورت زیر خواهد بود:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = g\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2 + \frac{I}{a^2}}$$

در عبارت فوق a شعاع قرقره است. به وضوح ملاحظه می‌شود که اگر m_1>m_2 باشد، m_1با شتاب ثابت سقوط خواهد کرد و اگر m_1

ماشین آتوود دوگانه :

ساختمان ماشین آتوود دوگانه مانند ماشین آتوود ساده است، با این تفاوت که در این سیستم یکی از وزنه‌های ماشین آتوود ساده را با یک قرقره دیگر که دو وزنه متصل به وسیله نخ ثانویه‌ای را تحمل می‌کند، جایگزین می‌کنیم. بنابراین این سیستم دارای دو درجه آزادی خواهد بود. باز در این حالت نیز چون تنها نیروی خارجی نیروی پایستار گرانش است، لذا حرکت سیستم پایا خوهد بود و قانون بقای انرژی برقرار است.

حال اگر دو درجه آزادی سیستم را با متغیرهای x و x\prime نمایش دهیم، در این صورت معادلات حرکت که نشان دهنده شتاب سیستم نسبت به x و x\prime هستند، به صورت دو معادله حاصل می‌شوند. می‌توان این دو معادله را به صورت یک دستگاه معادلات حل نموده و شتاب نسبت به x و x\primeرا به صورت جداگانه بکار برد .

کابرد ماشین آتوود :

یکی از بارزترین کاربردهای ماشین آتوود در قرقره‌هایی است که به منظور بالا بردن وسایل سنگین به طبقات بالاتر ساختمانها مورد استفاده قرار می‌گیرند. اگر شخصی که از این وسایل استفاده می‌کند، به اصول مکانیکی این وسایل آشنا باشد، می‌تواند به راحتی و با اعمال نیروی اندک وسایل خیلی سنگین را تا ارتفاع زیاد بالا ببرد.

روش انجام آزمایش

الف) تحقیق قانون اول دینامیک :

وزنه A را در مقابل صفر خط کش قرار دهید و روی آن وزنه 10 گرمی را بگذارید صفحه حذف سربار را در 20 سانتیمتری و صفحه نگهدارنده را در 30 سانتیمتری آن قرار دهید . مانع جلوی وزنه را بردارید تا وزنه ها به آرامی از حال سکون شروع به حرکت کنند . پس از حذف سربار فاصله 30 سانتی متر طی می شود . زمان آنرا با کرنومتر اندازه گیری کنید . سپس فاصله بین صفحه سوراخدار و صفحه نگهدارنده را به ترتیب 40 و 50 و 60 و 70 سانتیمتر انتخاب و آزمایش را تکرار کنید و برای هرکدام زمان لازم را به دست آورید و در جدول زیر یادداشت کنید .

x	30	40	50	60	70
t					

نمودار تغییرات مسافت بر حسب زمان را رسم و تحقیق کنید که پس از حذف نیروی موثر حرکت مستقیم الخط یکنواخت است .

ب)تحقیق قانون دوم دینامیک :

دستگاه را مانند آزمایش قبل آماده کنید و وزنه A با سربار 10 گرمی را در مقابل صفر خط کش بگذارید و صفحه نگهدارنده را به ترتیب در فواصل 30 و 40 و 50 و 60 و 70 قرار دهید و هربار زمان لازم برای طی این مسافتها را توسط زمان سنج به دست آورید و جدول زیر را تکمیل کنید .

x	30	40	50	60	70
t					

محور xها را برای زمان و محور yها را برای مسافت انتخاب و نمودار تغییرات مسافت بر حسب زمان را رسم کنید . در هر نقطه منحنی شیب خط مماس بر آن نشانگر سرعت لحظه ای دستگاه در آن وضعیت است و می توان نوشت .

$$V_t = tg\alpha = \frac{dx}{dt}$$

با دقت تمام چند نقطه از نمودار را در نظر بگیرید و خطهای مماس بر آنها را رسم کنید . شیب خط با سرعت را در زمانهای مختلف به دست آورید و نتایج حاصل را در جدول زیر یادداشت کنید .

x	
$tg\alpha = V_T$	

نمودار تغییرات سرعت بر حسب زمان را رسم و تحقیق کنید که منحنی به صورت شکل (1) خواهد بود . شکل این منحنی نوع حرکت را مشخص می کند . شیب خط بر نمودار در هر نقطه برابر شتاب لحظه ای متحرک در آن نقطه است ، یعنی

$$a = tg_\theta = \frac{dV}{dt}$$

اگر نمودار به صورت خط راست باشد ، شتاب ثابت و حرکت متشابه التغیر است .

سطح زیر منحنی بین دو لحظه $t+\frac{\Delta t}{t}$ و $t-\frac{\Delta t}{2}$ برابر مسافت طی شده در بازه زمانی Δt است .

$$\Delta t = (t+\frac{\Delta t}{2}) - (t-\frac{\Delta t}{2})$$

زمان t در مرکز این بازه زمانی است . بنابراین با استفاده از نتایج به دست آمده می توانید مسافت طی شده در هر لحظه را محاسبه کنید و سرعت متوسط را برای هر فاصله زمانی را بدست آورید .

$$\Delta x = (\frac{V_1 + V_2}{2})\Delta t = V\Delta t$$

چون در شتاب ثابت منحنی به صورت خط راست است بنابراین $\overline{V}$ سرعت لحظه ای متحرک در لحظه t بود .

به طوری که در شکل 2 دیده می شود در این حالت یک چهارضلعی خواهیم داشت که ارتفاع وسط آن به مقدار Δt بستگی نخواهد داشت و $\overline{V}$ سرعت لحظه ای متحرک در لحظه t_1 است . با توجه به آنچه گفته شد و با استفاده از روابط زیر که با آزمایش مقدارهای آنها به دست می آید اندازه های $\overline{V}$ و a محاسبه کنید .

ردیف	سرعت متوسط	میانگین v	شتاب متوسط	میانگین a
1	$V_1 = \frac{S_2 - S_0}{t_3 - t_0}$		$a = \frac{\overline{V}_2 - \overline{V}_0}{t_2 - t_0}$	
2	$V_1 = \frac{S_3 - S_1}{t_3 - t_1}$		$a = \frac{\overline{V}_2 - \overline{V}_1}{t_3 - t_1}$	
3	$V_1 = \frac{S_4 - S_2}{t_4 - t_2}$		$a = \frac{\overline{V}_4 - \overline{V}_2}{t_4 - t_2}$	

آزمایش شماره 6:

بررسی پدیده تشدید در لوله صوتی

هدف آزمایش:

محاسبه سرعت صوت و طول موج ایستاده طولی در یک لوله استوانه ای شیشه ای

وسایل آزمایش:

لوله صوتی - دیاپازون - سه پایه زمینی کوچک - مخزن آب – شیلنگ اتصال

تئوری آزمایش :

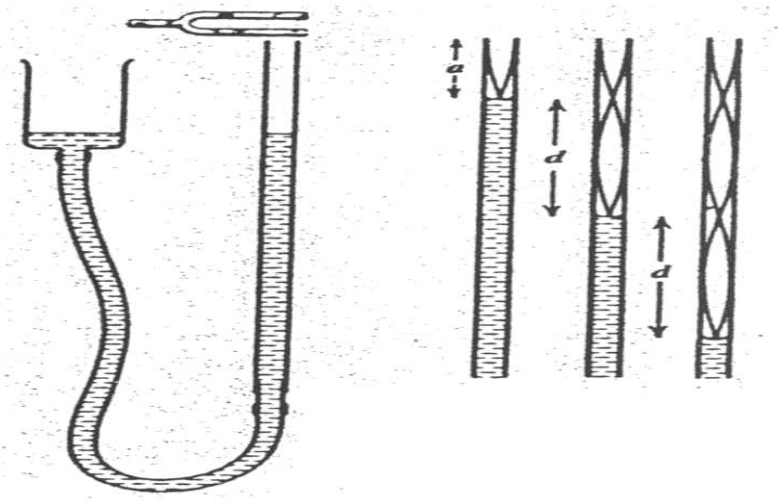
همانطورکه در آزمایش تارمرتعش مشاهده کردید دراثر تداخل دو موج تابشی و انعکاسی که در خلاف یکدیگر حرکت می کردند، نقاطی از امواج ساکن شده که به آنها گره می گویند. مشابه چنین پدیده ای را نیز می توان برای امواج صوتی که از رده امواج طولی (امتداد نوسان در راستای انتشار) هستند بوجود آورد.

اگر در یک طرف لوله بسته یک منبع صوتی قرار دهیم، با توجه به اینکه طرف بسته لوله صوتی به عنوان مانع سخت و طرف باز آن به عنوان مانع نرم عمل می کند، برای طول های مشخصی از لوله ممکن است که امواج ایستاده درداخل لوله به وجود آید، که $L = (2k-1)\frac{\lambda}{4}$ این حالت را حالت تشدید گویند.

درحالت تشدید در لوله های بسته در قسمت بسته گره و درقسمت باز شکم به وجود می آید.

با توجه به نکات فوق شرط تشدید در لوله های بسته است که در آن λ طول موج و k عدد صحیح است.

اگر هوای داخل لوله بسته را با یک دیاپازون به ارتعاش در آوریم صوت با شدت معینی در لوله ایجاد می شود.وقتی طول لوله را به وسیله ای تغییر می دهیم برای طول های معینی تشدید صورت می گیرد.وقتی طول لوله مضرب صحیحی از $\lambda/4$ شود هوای داخل لوله به حالت تشدید در می آید یعنی دامنه ارتعاش زیاد می شود و صدای بلندی شنیده می شود.



روش آزمایش :

ابتدا مخزن و لوله شیشه ای را به اندازه کافی از آب پر کنید. سپس دیاپازون را در فاصله 2 تا 3 سانتیمتری از لبه لوله شیشه ای بطوریکه وسط آن بر وسط دهانه لوله شیشه ای منطبق باشد قرار دهید و دیاپازون را مرتعش کنید. در حالیکه دیاپازون در قسمت بالای لوله در حال ارتعاش است، سطح آب را به آهستگی پایین آورید تا در صوت منتشر شده در لوله صوتی افزایش صدا بوجود آید، در این حالت در لوله صوتی یک حالت تشدید ایجاد شده، سطح آب را در این حالت کمی بالا و پایین ببرید تا بدقت محل ماکزیمم تشدید بدست آید. از روی درجات شیشه محل مسطح آب در حالت تشدید را یادداشت کنید.

به ازای فرکانس های صوتی داده شده در جدول و برای هارمونی های مختلف (k) از رابطه

$$L_{th} = (2k-1)\frac{V}{4f}$$

از لحاظ تئوری ، مقادیر طول لوله صوتی را که در آن امواج ایستاده تشکیل می شود را محاسبه کنید و در جدول بنویسید.

دقت کنید که v سرعت صوت در دمای آزمایشگاه است و از رابطه زیر به دست می آید

$$V = V_0\sqrt{1-\alpha T}$$

که در آن V_0 سرعت صوت در دمای صفر درجه سانتی گراد و برابر 330m/s است،α یک ضریب ثابت و برابر 1/273 است.

T دمای اتاق است بر حسب درجه سانتی گراد.

با داشتن مقادیر L_{th} , L_{exp} از رابطه زیر مقادیر λ_{exp} , λ_{th} را به دست آورید و در جدول بنویسید و درصد خطا را محاسبه کنید.

$$L = (2k-1)\frac{\lambda}{4}$$

نمودار تغییرات L_{exp} را بر حسب 1/f رسم کنید،طول تصحیح لوله صوتی همان عرض از مبدا این نمودار است.

f(Hz)	K	L_{th} [cm]	L_{exp} [cm]	λ_{th} [cm]	λ_{exp} [cm]	$\left\|\frac{\lambda_{th}-\lambda_{exp}}{\lambda_{th}}\right\| \times 100$
400	1					
	2					
500	1					
	2					
750	1					
	2					
	3					
1000	1					
	2					
	3					
	4					

آزمایش شماره 7 :

ژیروسکوپ

اجزاء تشکیل دهنده :

1- چرخ گشتاور

2- صندلی چرخان

3- وزنه های گاورنر

1- چرخ گشتاور

دستگاه های نصب شده برروی آن امکان چرخش بسیارروان رابه چرخ می دهد این چرخ دارای یک طناب برای دوران درچرخ است که روی دیواره چرخ برای طناب یک جایگاه درنظرگرفته شده است

2- صندلی چرخان

این صندلی دارای سه پایه قابل تنظیم می باشد نشیمنگاه این صندلی طوری طراحی شده است که نسبت به پایه آن حرکت چرخشی بسیارروانی داردواین باعث می شودکه کوچکترین نیروهاباعث دوران صندلی شده ومجموعه دارای حساسیت مناسبی باشد لازم به ذکراست که درطراحی این مجموعه تلاش شده تاقطعات بااین که حرکت دورانی دارند نیازبه تعمیرونگهداری نداشته باشند.

3- وزنه های گاورنر

این وزنه ها برای بررسی اثرتغییرشعاع دوران برسرعت دوران به کارمی رود, وزن این وزنه ها1کیلوگرم است.

دستورالعمل زمان شمار

کلید تعبیه شده در پشت دستگاه : Power

کلید Menu

کلید ▶ Run

کلید ■ Stop

کلید ▼ Down

کلید ▲ Up

ابتدا با استفاده ازکلید Power دستگاه را روشن می کنیم. دراین مرحله روی صفحه نمایش نام شرکت و ورژن دستگاه نمایش داده می شود.

برای خارج شدن ازاین صفحه باید کلید رافشاردهید , با این کار وارد صفحه وضعیت کانال وانتخاب Base می شوید. وضعیت کانال A با عدد 0 و 1 نمایش داده می شود که عدد 0 نمایشگراتصال به یک محرک مانند سنسور یا سوئیچ وعدد1 نمایشگر عدم اتصال آن می باشد. برای راه اندازی دستگاه باید ضعیت کانال عدد0 رانشان دهد.

دراین مرحله با فشردن دکمه های Δ و ∇ دقت اندازه گیری زمان قابل تنظیم تا0.001 ثانیه می باشد و با فشردن دکمه X می توان حالتهای Base راانتخاب نمود.

1. time Base : منظور time Base حالتی است که درآن زمان مبنا بوده وتعداد شمارش در زمان انتخاب شده ثبت می شود.

با انتخاب time Base و با فشردن دکمه وارد صفحه عملیاتی می شوید.دراین حالت شما می توانید بااستفاده از دکمه های Δ و ∇ زمان مورد نظر خود را که در گوشه چپ بالا قرار دارد تنظیم کنید و حالا با فشردن > دستگاه آماده پذیرش پیام از محرک می باشد که باعلامت << درگوشه سمت راست پایین نمایش داده می شود. با دریافت اولین پیام تایمر موجود در گوشه سمت راست بالا شروع به کار می کند و تعداد شمارش توسط کانتر گوشه چپ پایین ثبت می شود.

تایمر در این حالت بزرگترین زمانی را که از زمان انتخاب شده توسط شما , کوچکترباشد و تعداد نوسان به ازاء آن عدد صحیحی باشد را ثبت می کند. به عنوان مثال اگر شما زمان 10 ثانیه را انتخاب کنید و نوسانگر شما در هر سه ثانیه یک نوسان کامل انجام دهد نوسانگر در تایمر عدد9 را ثبت خواهد کرد و کانتر عدد6 را, زیرا نوسانگر در هر نیم پرید یک بار شمرده می شود.

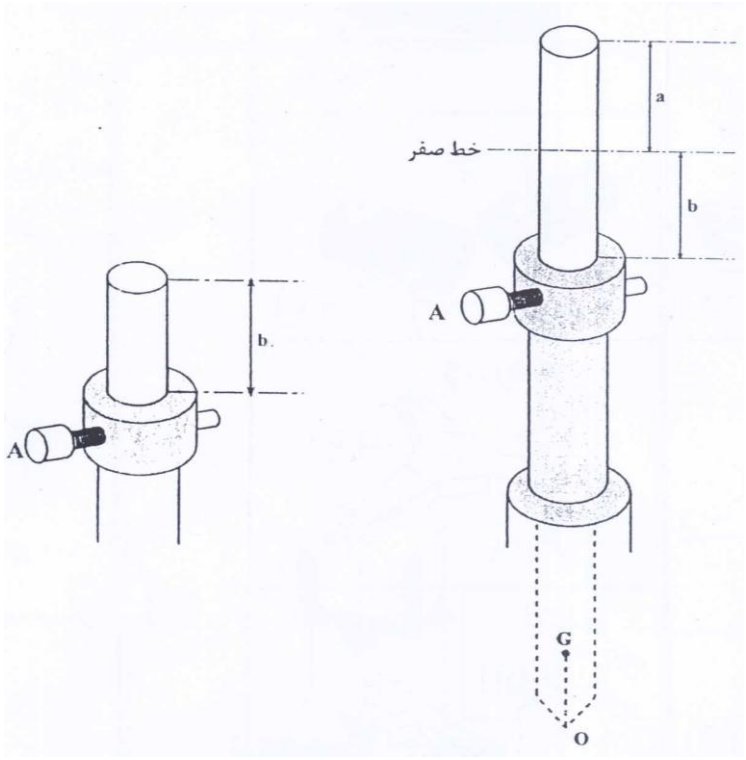
2. count Base :منظور count Base حالتی است که در آن تعداد شمارش مبنا بوده و زمان تعداد شمارش مورد نظر شما ثبت می گردد. با انتخاب حالت count Base و با فشردن دکمه وارد صفحه عملیاتی می شوید. دراین حالت شما می توانید با استفاده از دکمه های Δ و ∇ تعداد شمارش مورد نظر خود را که در گوشه چپ بالا نمایش داده می شود تنظیم کنید. حالا با فشردن > دکمه دستگاه آماده پذیرش پیام ازمحرک می باشد که باعلامت << درگوشه سمت راست پایین نمایش داده می شود با دریافت اولین پیام تایمر موجود در گوشه سمت چپ پایین شروع به ثبت زمان می کند وتعداد شمارش توسط کانتر موجود در گوشه راست بالا ثبت می شود دراین حالت با پایان آخرین شمارش, زمان با دقت انتخاب شده توسط شما ثبت خواهد شد.

روش انجام آزمایش:

تعیین b :

محور چرخ را داخل قسمت فنجانی قرار دهید و چرخ را بچرخانید.به جهت حرکت تقدیمی توجه کنید اگر جهت حرکت تقدیمی ωp با جهت حرکت چرخ ω یکیست مرکز گرانش در بالای نقطه اتکا قرار دارد.با استفاده از پیچ تنظیم چرخ را بالا و پایین ببرید اگر جهت چرخش ها بر خلاف هم بود مرکز گرانش در پایین نقطه اتکا واقع است.بالا و پایین آوردن چرخ را آنقدر ادامه دهید تا حرکت تقدیمی چرخ از بین برود .در این حالت بالای بلبرینگ خط صفر است.فاصله این خط را تا انتهای میله اندازه بگیرید a .چرخ را پایین تر از خط صفر روی میله محکم کنید و فاصله را اندازه بگیرید b .

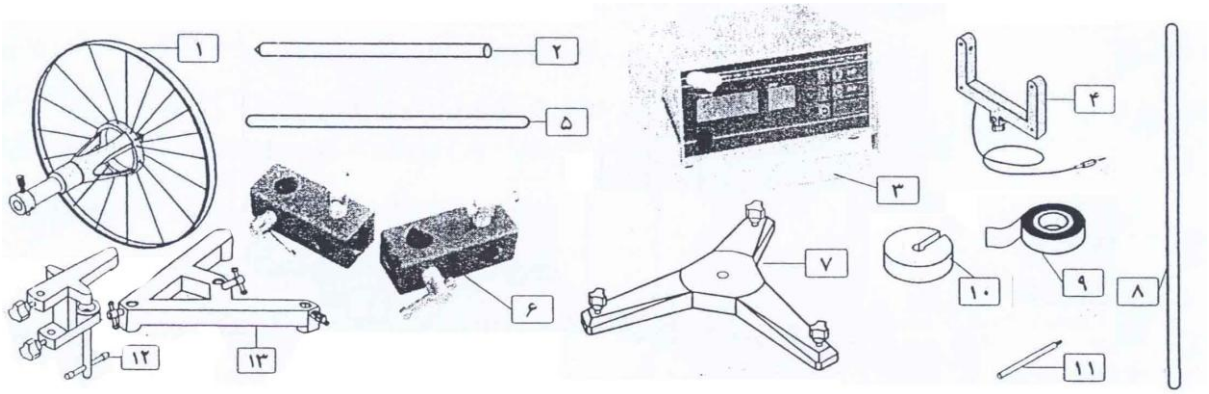
سپس چرخ را بالاتر از خط صفر قرار دهید و فاصله تا انتهای میله را اندازه بگیرید B . b را از رابطه b=a-B بدست آورید.



اندازه گیری گشتاور ماند چرخ I

وسایل مورد نیاز :

1)چرخ ژیرسکوپ 2)میله نوک تیز 3)زمان سنج شمارنده 4)حسگر نوری 5)میله 30 سانتیمتری 6)گیره 7)پایه ستاره ای 8)میله 70 سانتیمتری 9)نوار چسب 10)وزنه شیار دار 11)میله علامت دهنده حسگر نوری 12)گیره فک بلند 13)پایه A شکل



مطابق شکل دستگاه را آماده کنید.چرخ را به مقدار بسیار کم منحرف و رها کنید تا مانند یک آونگ نوسان کند.مدت 5 نوسان را محاسبه کنید t. دوره نوسان T=t/5 را محاسبه کنید و با استفاده از روابط زیر گشتاور چرخ را به دست آورده.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_{tot}}{mgR}}$$

$$I_{tot} = \frac{mgRT^2}{4\pi^2}$$

I_{tot} : گشتاور ماند ژیروسکوپ و وزنه های متصل به آن

m : جرم وزنه های متصل به ژیروسکوپ

R : فاصله وزنه از محور نوسان ژیروسکوپ

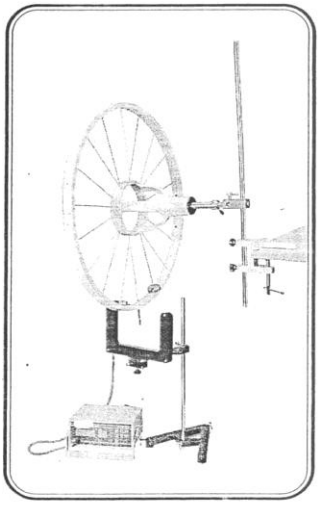
$$I_{tot} = I_G + I_m$$

I_m : گشتاور ماند وزنه های متصل به ژیروسکوپ

I_G : گشتاور ماند ژیروسکوپ

$$I_m = mR^2$$
$$I_G = I_{tot} - I_m$$
$$I_G = \frac{mgRT^2}{4\pi} - mR^2$$
$$I_G = mR\left(\frac{gT^2}{4\pi^2} - R\right)$$

آزمایش را چند بار تکرار کرده و جدول را کامل کنید.



ردیف	m(kg)	R(m)	T(s)	$T^2(s^2)$	I_G	توضیح

بررسی حرکت تقدیمی

دستگاه را مطابق شکل آماده می کنیم.مانند قبل دوره نوسان چرخ و محور چرخ که حرکت تقدیمی دارد را محاسبه می کنیم($n=10$،$np=2$) و با استفاده از فرمول های زیر مقادیر خواسته شده را به دست می آوریم.

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

$$T_p = \frac{t_p}{n_p}$$

T : دوره تناوب چرخ

Tp : دوره تناوب محور

سپس سرعت زاویه ای چرخ و محور آن را بدست آورید

$$\omega = 2\pi\frac{1}{T}$$

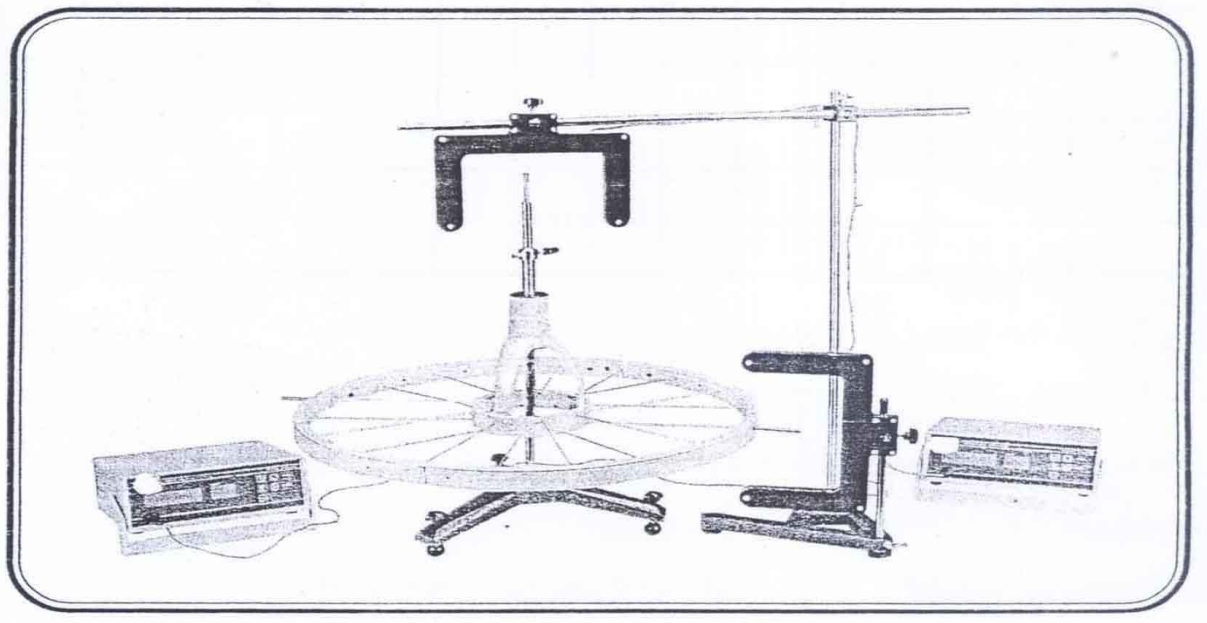
$$\omega_p = 2\pi\frac{1}{T_p}$$

$$\omega_p = \frac{mgb}{I\omega}$$

و با داشتن مقادیر ω و ωp می توان فرکانس ها را نیز محاسبه کرد.

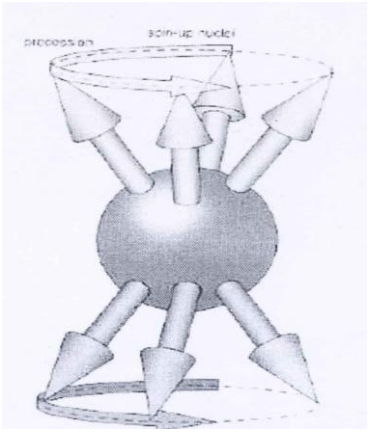
$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega_p = 2\pi f_p$$

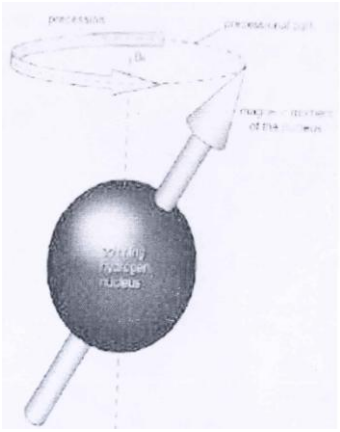


کاربرد این آزمایش(حرکت تقدیمی) اساس MRI است.

تاثیر B_0 بر NMV به حرکت تقدیمی PRECESSION با فرکانسی خاص به نام لارمور $\omega_0 = B_0 * \gamma$ منجر می شود که اساس کار MRI است. γضریب ژیرومغناطیس برای هر هسته مقداری خاص و ثابت است لذا بین فرکانس لارمور و B_0 ارتباط مستقیم و خطی وجود دارد.



پرسیشن جمعیت های اسپین بالا واسپین پایین



پرسیشن (حرکت تقدیمی)

آزمایش شماره 8 :

بویل ماریوت

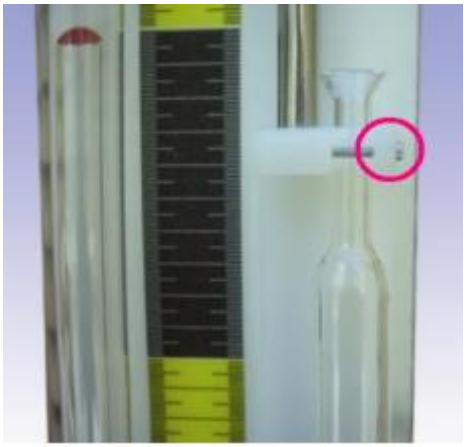
حساسیتهای دستگاه :

برای بدست آوردن نتیجه دقیق تر توسط این دستگاه بهتر است که دمای محیط آزمایشگاه در حدود25 درجه سانتیگراد ثابت باشد و دستگاه درمعرض جریان باد قرار نگیرد.

راه اندازی دستگاه :

شافت بدنه را در سوراخ سه پایه قرار داده و پیچ و واشر مربوطه را از زیر سفت کنید.

برای راحت تر بودن در هنگام کار با دستگاه بهتر است که سطح بدنه دستگاه ما بین دو پایه قرار گیرد.



برای پر کردن محفظه دستگاه توسط جیوه ابتدا پیچ های بالا و پایین محفظه متحرک دستگاه را باز کنید، سپس محفظه شیشه‌ای متحرک را خارج کرده و از سوراخ قیف شکل بالای شیشه متحرک، داخل محفظه و شیلنگ مربوطه را با جیوه پر کنید. برای پر شدن محفظه ثابت ، دستگاه را کج کنید تا هوای محفظه ثابت تا نیمه خالی شود و جیوه جای آن را بگیرد و این کار را آنقدر ادامه دهید تا سطح جیوه زمانی که شیشه متحرک مقابل شیشه ثابت است در هر دو طرف در وسط محفظه ها قرار گیرد و مجددا دستگاه را به حا لت اول ببندید.

اگر چنانچه لازم شد شیلنگ آب تعویض شود نباید آنرا به طور مستقیم از شیلنگ خور شیشه ای جدا کرد چون باعث شکستن شیشه می شود. ابتدا باید شیلنگ از محلی نزدیک به شیلنگ خور بریده و سپس با استفاده از یک تیغ تیز شیاری در امتداد طول شیلنگ که به شیلنگ خور متصل است ایجاد کنید و به

آرامی شیلنگ را از آن جدا کنید. همچنین هنگام وصل شیلنگ باید سرشیلنگ خور به خوبی چرب شود و شیلنگ توسط آب گرم ، نرم شود.

نحوه تراز کردن دستگاه : برای تراز کردن دستگاه از پیچ های سه پایه استفاده می شود و دستگاه از دو جهت، روبرو و پهلو از فاصله دو متری باید توسط چشم کنترل شود تا عمود بر سطح زمین قرار داشته باشد .لازم به ذکر است که همین قدر دقت برای تراز کردن ا ین دستگاه کافی است .

توضیح : برای بالا و پایین کردن کشوئی باید پیچ تثبیت کشویی را قدری بازکرده سپس درموقعیت مورد نظر دوباره بسته شود .

دستورکار:

هدف آزمایش :

تحقیق قانون بویل ماریوت در رابطه با گازها

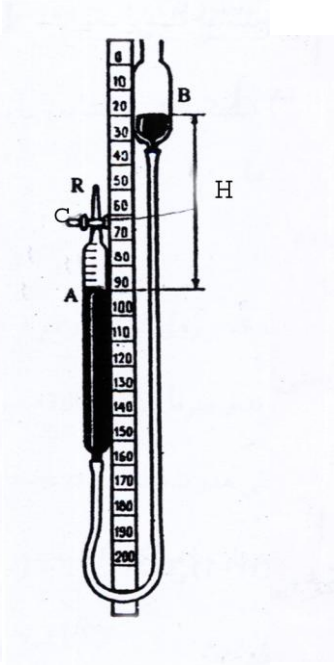
وسایل آزمایش: دستگاه بویل ماریوت - جیوه - دماسنج- لوله شیشه ای – شیلنگ لاستیکی رابط- متر فلزی یا پارچه ای

تئوری آزمایش :

براساس قانون بویل ماریوت به ازای جرم معینی از یک گاز در دمای ثابت، حجم به طور معکوس متناسب با فشارمی باشد (ثابت = PV=C). باتوجه به این معادله، بدیهی است که نمودار1/v برحسب P یک خط راست خواهد بود. اکنون اگر H فشارجو بر حسب سانتیمتر جیوه و h اختلاف سطح ترازجیوه درلوله های T1 و T2 برحسب سانتیمتر باشد دراین صورت فشار گاز (P) برحسب سانتیمتر جیوه برابر خواهد بود با:

$$P = H + h$$

بعدها ثابت شد که این نتیجه گیری بخشی از قانون عمومی گازهای کامل است. $PV=nRT$



روش اجرای آزمایش:

حالت اول: مطابق شکل دستگاه را در حالتی که ارتفاع جیوه در هر دو شاخه با هم برابر است قرار دهید.به وسیله دماسنج دمای محیط را اندازه گیری کرده و در جدول یاداشت نمایید.از روی فشارسنج نیز فشار جو را اندازه گیری کرده و در جدول ثبت کنید.

بر طبق قانون ارشمیدس در مورد فشار سیال در لوله های مرتبط،فشار گاز در شاخه بسته همان فشار جو در محیط خواهد بود.(P1)

برای اندازه گیری حجم اولیه (V1)چون گاز در شاخه بسته به سمت بی نظمی حداکثر میل می کند.بنابراین حجم محفظه که معمولا به شکل استوانه است برابر است با:

$V = \pi r^2 h$(مساحت قاعده×ارتفاع)

چنانچه شکل و قطر هر دو شاخه یکسان باشد می توان قطر داخلی شاخه سر باز را بوسیله کولیس اندازه گیری کرد(d) بدین ترتیب شعاع لوله سر بسته را به دست آورید(r=d/2) و با اندازه گیری ارتفاع ستون هوا در شاخه سربسته(h1=AC) حجم اولیه گاز V1 را به دست آورید.

در عمل هدف صرفا تحقیق صحت قانون بویل ماریوت است یعنی :

$P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = \cdots$

چون در کلیه تساوی ها مقدار πr^2 ثابت خواهد بود لذا می توان به جای آن رابطه زیر را تحقیق کرد:

$P_1h_1 = P_2h_2 = P_3h_3 = \cdots$

حالت دوم: شاخه متحرک سرباز را 5 سانتیمتر رو به بالا حرکت داده اختلاف ارتفاع سطح جیوه را در دو شاخه به دست آورید

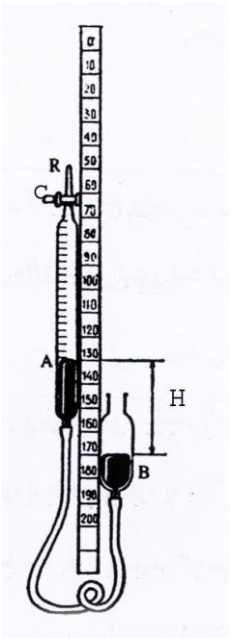
H=|B-A|

ارتفاع ستون جیوه بر حسب (CmHg) است.سانتیمتر جیوه معرف فشار جو است.بنابراین با توجه به این که در این حالت اختلاف ارتفاع سطح جیوه در دو شاخه (H) نماینده فشار بیشتر شاخه سربسته حاوی گاز خواهد بود،لذا با توجه به رابطه:

$$P_2 = P_1 + H$$

فشار P_2 را به دست آورده و $h_2=AC$ را که نماینده V_2 در این حالت خواهد بود را بدست آورید.

حالت سوم: مطابق شکل شاخه سرباز را نسبت به وضعیت حالت اول 5 سانتیمتر رو به پایین حرکت داده



اختلاف ارتفاع سطح جیوه در دو شاخه را به دست آورید.

$$H=|\ B-A\ |$$

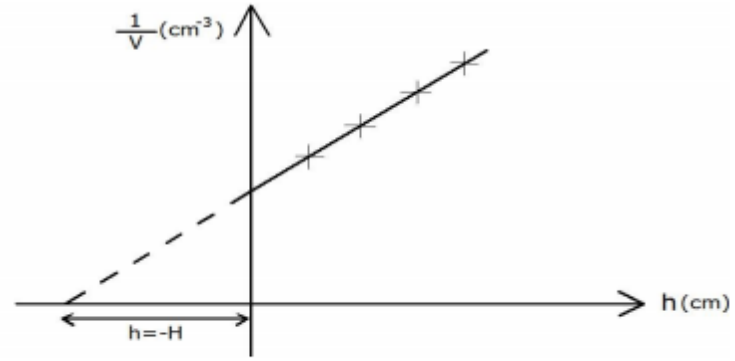
در این حالت اختلاف ارتفاع سطح جیوه در دو شاخه یعنی H نماینده فشار کمتر شاخه سر بسته حاوی گاز خواهد بود لذا با توجه به رابطه:

$$P_3 = P_1 - H$$

فشار P_3 را به دست آورده، $h_3=AC$ را که نماینده V_3 در این حالت خواهد بود را به دست آورید.

با استفاده از مقادیر به دست آمده رابطه $PV=cte$ راتحقیق کنید.

ازطریق برون یابی نمودار $1/v$ برحسب h ، فشار جو بدست می آید. (شکل 1)



شکل(۱)

آزمایش شماره 9:

قانون اهم $R = \frac{V}{I}$

هدف آزمایش:

بررسی و تحقیق قانون اهم $R = \frac{V}{I}$

ملاحظات نظری:

قانون اهم که به نام کاشف آن جرج اهم نام گذاری شده است، بیان می‌دارد که نسبت اختلاف پتانسیل (یا افت ولتاژ) بین دو سر یک هادی (و مقاومت) به جریان عبور کننده از آن به شرطی که دما ثابت بماند، مقدار ثابتی است:

$R=V/I$

که در آن V ولتاژ و I جریان است. این معادله منجر به یک ثابت نسبی R می‌شود که مقاومت الکتریکی آن وسیله نامیده می‌شود. این قانون تنها برای مقاومتهایی صادق است که مقاومت آن ها به ولتاژ اعمالی دو سرشان وابسته نباشد که به این مقاومت‌ها مقاومت‌های اهمی یا ایده آل یا وسیله‌های اهمی گفته می‌شود. خوشبختانه شرایطی که در آن قانون اهم صادق است، بسیار عمومی است.(قانون اهم هیچگاه برای ابزارهای دنیای واقعی کاملاً دقیق نیست چرا که هیچ ابزار واقعی وجود ندارد که یک ابزار اهمی باشد). معادله $R=V/I$ حتی برای ابزارهای غیر اهمی هم صادق است اما در آن صورت دیگر مقاومت R یک مقدار ثابت نیست و به مقدار V وابسته‌است. برای اینکه بررسی کنیم که آیا ابزاری اهمی است یا نه، می‌توان V را بر حسب I رسم کرد و نمودار بدست آمده را با خط مستقیمی که از مبدا می‌گذرد مقایسه کرد. معادله قانون اهم اغلب بصورت:

$$V = I.R$$

بیان می‌شود چرا که این معادله صورتی است که اکثر اوقات همراه مقاومت‌ها بکار برده می‌شود. فیزیکدانان اغلب فرم میکروسکوپیک قانون اهم را استفاده می‌کنند:

$$j = \sigma.E$$

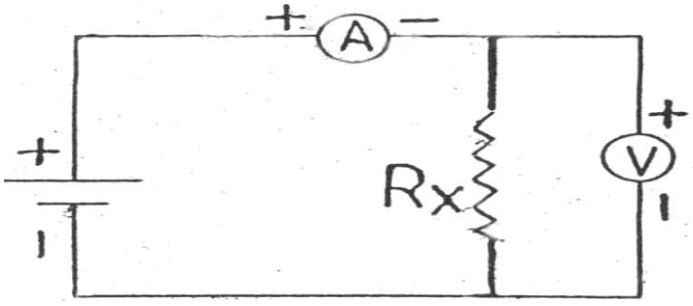
که در آن j چگالی جریان (جریان عبوری از واحد حجم)، σ هدایت و E میدان الکتریکی است. و در واقع فرمی است که اهم قانونش را بیان کرد. فرم عمومی که در طراحی مدارات بکار می‌رود، نسخه ماکروسکوپیک متوسط گیری شده فرم اصلی است. دانستن این مطلب مهم است که قانون اهم یک قانون گرفته شده از ریاضیات نیست ولی بخوبی توسط شواهد تجربی تایید می‌شود. گاهی اوقات هم قانون اهم به هم می‌خورد چرا که این قانون بسیار ساده سازی شده است. منشا اصلی به وجود آمدن مقاومت در مواد در برابر جریان الکتریکی را می‌توان عیب‌ها، ناخالصی‌های مواد و این واقعیت که الکترون‌ها خودشان اتم‌ها را به این طرف و آن طرف می‌زنند، دانست. وقتی که دمای فلز افزایش می‌یابد، عامل سوم نیز افزایش می‌یابد بنابراین، وقتی که یک جسم به علت عبور جریان الکتریکی از آن گرم می‌شود، مانند رشته داخل حباب لامپ، مقاومتش افزایش می‌یابد. مقاومت یک جسم از معادله زیر بدست می‌آید:

$$R = \frac{L}{A}.\rho = \frac{L}{A}.\rho 0.(\alpha(T - T0) + 1)$$

که در $\rho 0$ آن مقاومت ویژه ، Lطول جسم هادی، A مساحت سطح مقطع آن، T دمای جسم، T0 یک دمای مرجع (معمولاً دمای اتاق) و α ثابت ویژه ماده جسم هادی اند.

روش آزمایش:

مداری مطابق شکل تشکیل دهید. مقاومت مجهول R1 رادر مدار قرار دهید. ولتاژ دو سر آن را به 4 ولت برسانید. در این هنگام جریان را یادداشت کنید. ولتاژ دو سر مقاومت را نیم ولت نیم ولت تغییر دهید و هر بار جریان را یادداشت کنید تا ولتاژ دو سر آن به نیم ولت برسد. مقدار V/I را حساب کرده و نتایج را در جدول یادداشت کنید ، سپس نمودار تغییرات V بر حسب I را رسم کنید و از روی شیب نمودار قانون اهم را نتیجه بگیرید.



V(v)	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1	0.5
I(A)								
V/I								

به هم بستن مقاومتها:

1)به هم بستن مقاومتها به روش سری

در مداری که مقاومت ها به صورت متوالی به هم بسته شده اند،

جریانI عبوری در همه مقاومت ها یکسان است.

$I=I_1=I_2=I_3=\ldots=I_n$

بنا به قانون اهم افت پتانسیل در هر یک از مقاومت ها برابر است با:

$V_1=R_1I$
$V_2=R_1I$
.
.
.
$V_n=R_nI$

در نتیجه اختلاف پتانسیل کل برابر می شود با

$V_t=V_1+V_2+V_3+\ldots+V_n=(R_1+R_2+R_3+\ldots+R_n)I$

در عمل می توان به جای مجموعه مقاومت ها مقاومت R را مطابق رابطهV=RI قرار داد بنابر این داریم:

$R_t=R_1+R_2+R_3+\ldots+R_n$

معادله فوق مقاومت معادل چند مقاومت را که به صورت متوالی بسته شده اند نشان می دهد.

روش انجام آزمایش:

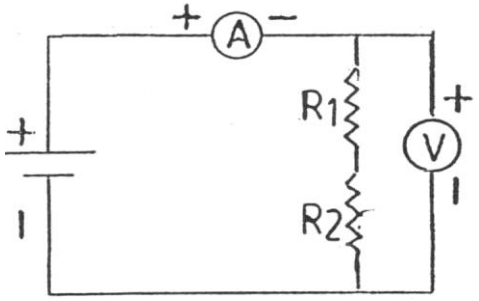
ابتدا مقاومت های R2وR1 را تک تک به روش قانون اهم به دست آورید.

سپس دو مقاومت را بصورت متوالی(مطابق شکل) به یکدیگر

ببندید و به مولد متصل کنید.اختلاف پتانسیل دو سر آنها را توسط ولت متر و جریان عبوری را توسط

آمپرمتر اندازه بگیرید و با استفاده از Rt=V/I مقاومت معادل را محاسبه کرده و درستی رابطه

$R_t=R_1+R_2+R_3+\ldots+R_n$ را تحقیق کنید.



2)به هم بستن مقاومتها بصورت موازی

در مداری که مقاومت ها به صورت موازی به هم بسته شده اند،

اختلاف پتانسیل (V) بین دو سر تمام مقاومتها یکسان است

$V=V_1=V_2=V_3=\ldots=V_n$

بنا به قانون اهم جریانی که از هر یک از مقاومت ها می گذرد برابر است با:

$I_1=V/R_1$
$I_2=V/R_2$
.
.
.
$I_n=V/R_n$

جریان کل I که از مجموعه تمام مقاومت ها می گذرد برابر است با:

$I_t=I_1+I_2+I_3+\ldots+I_n=(1/R_1+1/R_2+1/R_3+\ldots+1/R_n)V$

در عمل مجموعه مقاومت ها را می توان معادل یک مقاومت R در نظر گرفت که در رابطه $I=V/R$ صدق می کند.

در نتیجه:

$1/R_t=1/R_1+1/R_2)+1/R_3+...+1/R_n$

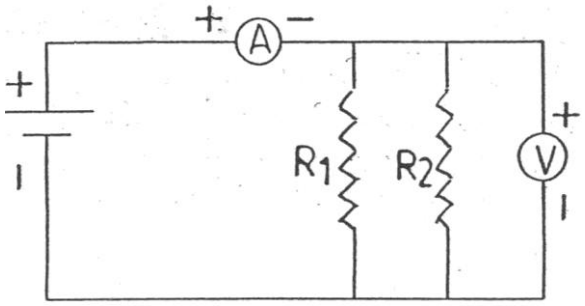
که از رابطه فوق رابطه مقاومت معادل چند مقاومت که به طور موازی بسته شده اند به دست می اید.

برای دو مقاومت داریم:

$R_t=R_1R_2 / R_1+R_2$

روش اجرای آزمایش:

مانند آزمایش قبل مقدار مقاومت های R_1وR_2 را جداگانه محاسبه کنید سپس مقاومت ها را مطابق شکل به صورت موازی در مدار قرار دهید.اختلاف پتانسیل دو سر آنها را توسط ولت متر و جریان عبوری را توسط آمپرمتر اندازه بگیرید و با استفاده از $R_t=V/I$ مقاومت معادل را محاسبه کرده و درستی رابطه $R_t=R_1R_2 / R_1+R_2$ را تحقیق کنید.



آزمایش شماره 10 :

انتقال حرارت به روش تشعشع

بررسی تشابه امواج نوری وامواج گرمایی :

امواج الکترومغناطیس با هر طول موجی که منتشر می شوند مقداری انرژی با خود دارند،بنابراین استفاده از مقدار انرژی امواج یک روش کلی برای آشکار سازی امواج می باشد. راحت ترین روش تبدیل انرژی امواج الکترومغناطیس به انرژی داخلی مواد است.

اگر انرژی داخلی ماده ای زیاد شود،دمای جسم بالا می رود. بالا رفتن دمای اجسام را می توان با دماسنج های حساس اندازه گرفت.

با اندازه گیری درجه گرم شدن دماسنج میتوانیم انرژی مربوط به هر بخش از طیف را حساب کنیم. به این ترتیب می توانیم درباره توزیع انرژی در طول طیف نظر بدهیم.

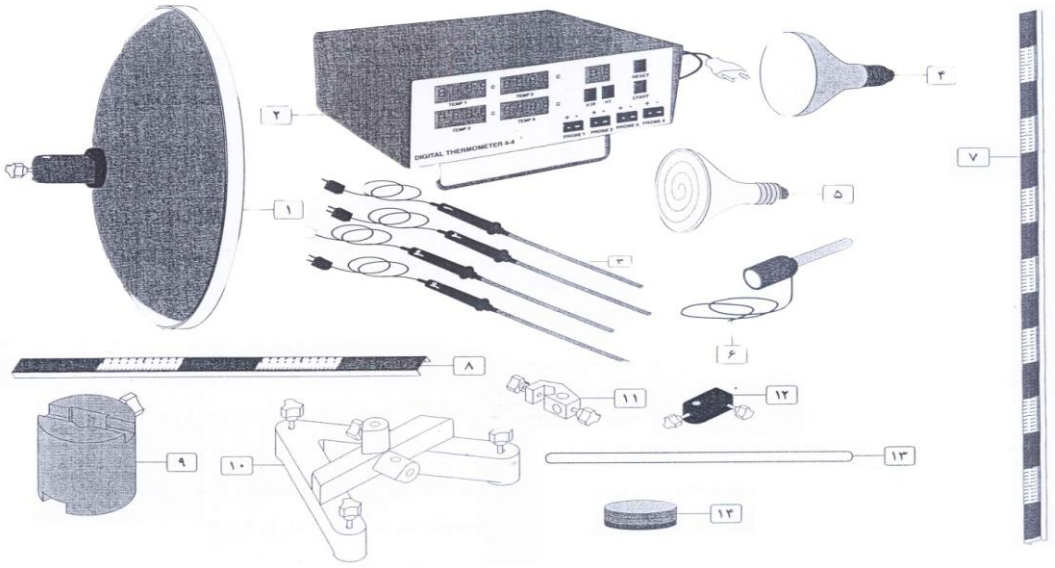
این نوع بررسی ، نتایج متفاوت با نتایج حاصل از بررسی با چشم را به ما می دهد.

برای کسی که نور را با چشم می سنجد ، نظر می دهد که قسمت زرد یا سبز طیف از قسمت قرمز آن به مراتب روشن تر است ، در حالیکه دماسنج دمای بیشتری را در ناحیه قرمز نشان می دهد.

علت این اختلاف یا خطا به ویژگی های چشم وابسته است، حساسیت چشم نسبت به رنگهای مختلف متفاوت است ،لذا چشم قادر نیست که درباره توزیع انرژی در طیف درست قضاوت کند ، در صورتی که دماسنج نظر صحیح را اعلام می کند.

شرح آزمایش:

سایل مورد نیاز: 1)آینه خمیده 2)دماسنج دیجیتال 3)پراب دماسنج 4)لامپ با پوشش جیوه 5)چشمه گرمایی فروسرخ 6)سرپیچ لامپ و سیم 7)خط کش 150 سانتیمتری 8)خط کش 50 سانتیمتری 9)پایه استوانه ای 10)پایه A شکل 11)گیره قائم 12)گیره آلومنیومی 13)میله 25 سانتیمتری 14)استوانه عایق گرما



روش کار:

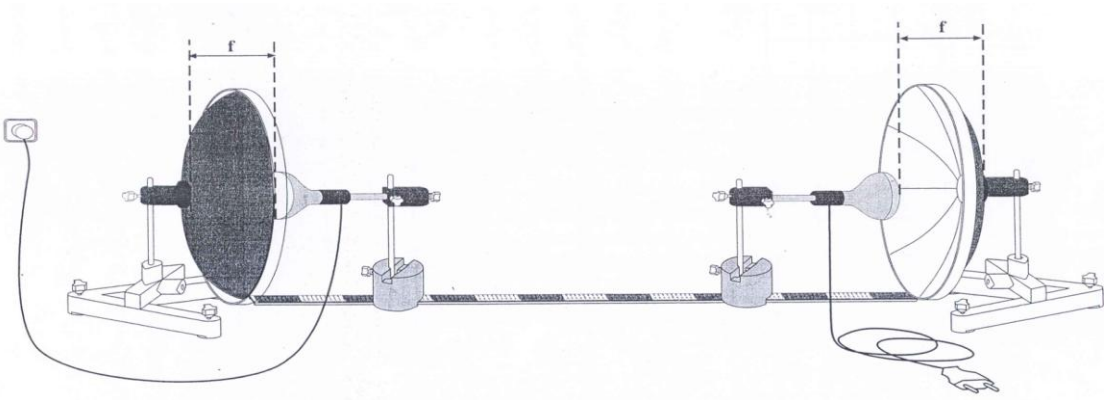
آزمایش 1: روشن دیده شدن لامپ خاموش

وسایل را مطابق شکل آماده کنید.

از لامپ نوری استفاده کنید سپس یکی از لامپ ها را روشن کنید.لامپ را به آینه کاملا نزدیک کنید ، توجه کنید که ارتفاع لامپ در امتداد مرکز آینه قرار گیرد.

لامپ روشن را در جلوی آینه آنقدر عقب و جلو ببرید تا تصویر لامپ تقریبا تمام سطح آینه را بپوشاند. در چنین حالتی گرمای شدیدی به صورت شما می رسد . در این حالت لامپ در کانون آینه قرار دارد.فاصله سطح لامپ تا میان آینه را اندازه بگیرید این فاصله f است.

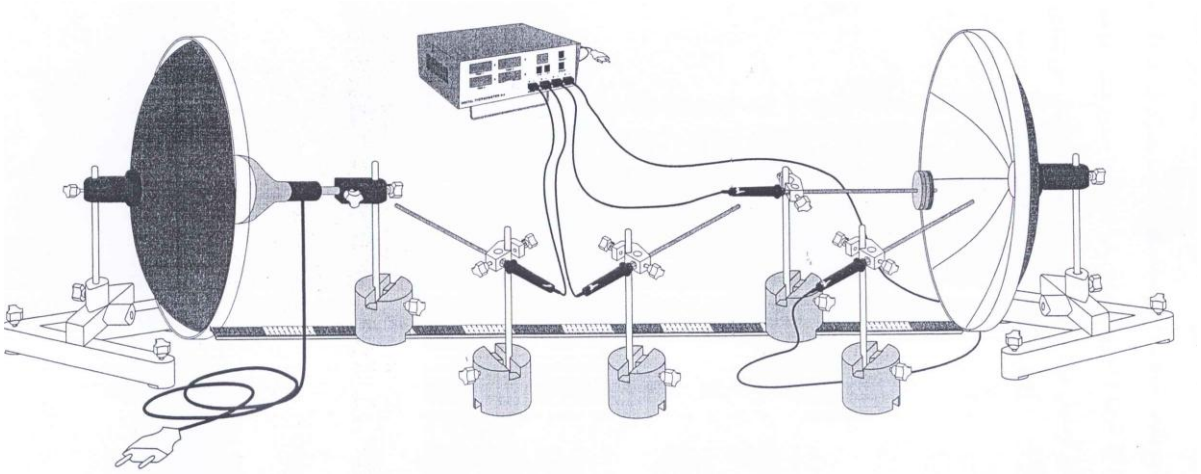
سپس لامپ خاموش را نسبت به آینه دیگر در فاصله کانونی قرار دهید.به لامپ خاموش نگاه کنید. لامپ خاموش کاملا روشن به نظر می رسد.علت رخ دادن این پدیده چیست؟



آزمایش 2: کانونی کردن گرمای نور

لامپ خاموش را کنار بگذارید،مطابق شکل ترمومتری را مانند لامپ خاموش در فاصله کانونی آینه قرار دهید سپس یک ترمومتر دیگر بین آینه و کانون در نزدیکی آینه قرار دهید و دو ترمومتر دیگر را در محل های دلخواه بگذارید.

هر دو یا سه دقیقه یکبار دماهایی را که دماسنج ها نشان می دهند را در جدول زیر ثبت می کنیم و با جابه جا کردن محل لامپ وترمومتر اول سعی کنید که پرتوهایی که از آینه باز می تابد کاملا موازی باشند و پرتوهایی که از آینه دوم باز می تابد روی حسگر ترمومتر متمرکز شوند. با توجه به این آزمایش درباره اساس کار کوره ها ، حمام و یخچال های خورشیدی بحث کنید.

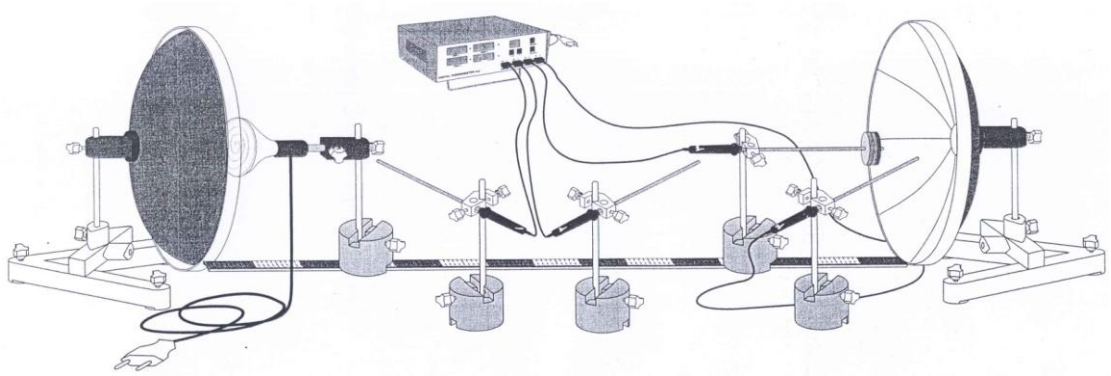


شماره آزمایش	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	توضیح
θ_1°													
θ_2°													
θ_3°													
θ_4°													

آزمایش 3: کانونی کردن امواج فرو سرخ (گرما)

مانند شکل به جای لامپ، چشمه گرمایی فرو سرخ را در فاصله کانونی آینه قرار دهید هر دو یا سه دقیقه یکبار دماهایی را که هر چهار ترمومتر نشان می دهند را در جدول زیر ثبت کنید.

با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش درباره تشابه نور و گرما و کانونی شدن امواج فروسرخ بحث کنید.



شماره آزمایش	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	توضیح
θ_1°													
θ_2°													
θ_3°													
θ_4°													

آزمایش شماره 11 :

شکست نور در مایعات

هرگاه نور از محیط شفافی وارد محیط شفاف دیگری با غلظت متفاوت شود، مسیر آن تغییر کرده و یا به عبارت دیگر شکست پیدا می کند، قواعد شکست نور عبارتند از:

1- پرتو تابش و شکست و خط عمود بر سطح جدایی دو محیط در یک صفحه قرار دارند.

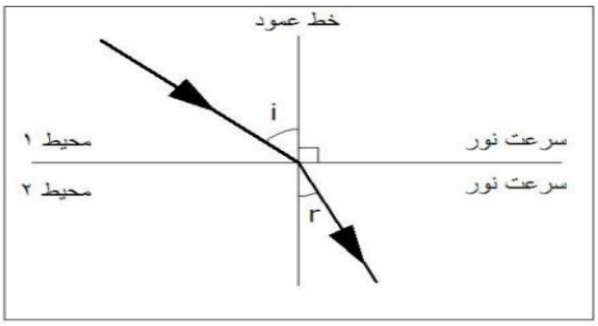
2- اگر i زاویه پرتو تابش با خط عمود و r زاویه پرتو شکست با خط عمود باشد رابطه زیر برقرار است:

$$n1Sini = n2Sinr \rightarrow \frac{Sini}{Sinr} = n21$$

که n_1 و n_2 ضرایب شکست مطلق محیط های اول و دوم هستند، n_{21} ضریب شکست محیط دوم نسبت به محیط اول است. حال اگر یک محیط را خلاء فرض کنیم خواهیم داشت:

$$n = \frac{C}{V}$$

که V_1 و V_2 سرعت های نور در محیط هایی به ضریب شکست های n_1 و n_2 است.



شکل(۲)

بنابراین ضریب شکست هر محیط، نسبت سرعت نور در خلاء به سرعت نور در محیط است. پس اگر نور از محیط رقیق وارد محیط غلیظ گردد، همواره شعاع شکست نسبت به امتداد شعاع تابش به خط عمود نزدیک می شود. ضریب شکست اجسام را معمولاً نسبت به خلاء و برای طول موج نور زرد سدیم 5890 Aمحاسبه می کنند. ضریب شکست بیشتر شیشه های معمولی که در دستگاه های نوری استفاده می شود، بین 1.46 تا 1.96 است.

بررسی شکست نور:

در داخل ظرف آبی که دراختیار دارید یک دیسک مدرج پلاستیکی به طور عمود قرار دهید بطوریکه یک قطر آن مماس بر سطح آب و یک قطر دیگر آن عمود بر سطح آب قرار گیرد. سپس با استفاده از پرتوافکن که یک تک شکاف درمقابل دریچه اش قرار دارد پرتوی را تحت زوایای متفاوت نسبت به امتداد قائم روی سطح آب طوری بتابانید که از مرکز دیسک در روی سطح آب عبور کند . این پرتو در اثر ورود به آب، شکسته شده و زاویه اش با امتداد قائم تغییر می کند، نحوه این تغییرات را بررسی کنید. با تغییر زاویه تابش i به اندازه 5 درجه در هر بار، زاویه شکست r را اندازه گرفته و در هر بار $n = \frac{Sini}{Sinr}$ را که ضریب شکست آب نسبت به هوا است را محاسبه و سپس مقدار متوسط n را حساب کنید.(جدول زیر را کامل کنید)

i								
r								
n								

آزمایش شماره 12 :

پلاریمتری

هدف : محاسبه چرخش نور پلاریزه توسط محلول ساکاروز

تئوری آزمایش :

با استفاده از دستگاه پلاریمتر می توان غلظت محلول های فعال نوری را اندازه گیری کرد.این محلول ها دارای خاصیت پلاریزاسیون چرخشی هستند یعنی ارتعاش پلاریزه خطی را،تغییر جهت می دهند.زاویه چرخش به جنس محلول،غلظت محلول،فاصله ای که نور در داخل محلول طی کرده بستگی دارد.

همانطوریکه از تعریف چرخش مخصوص بر می آید، میزان آن بستگی به ساختمان جسم (S) در درجه حرارت t و طول موج λ دارد. بنابراین می توان نوشت:

$$[\alpha]=f(s, \lambda, t)$$

بنابراین در تمام مطالعات پلاریمتری باید طول موج نور و درجه حرارت ذکر شود. معمولا چرخش مخصوص را در 20 c و برای نور زرد سدیم اندازه می گیرند و با α_D^{20} نمایش می دهند.

چرخش مخصوص برای یک جسم تحت شرایط معین ثابت است.بنابراین می توان از آن مانند ثابتهایی نظیر نقطه ذوب و جوش و ضریب شکست و... در شناسایی اجسام استفاده نمود.برای تجزیه کمی با دانستن چرخش مخصوص یک جسم خالص که در جداولی برای t = 20c داده شده است و اندازه گیری α بوسیله پلاریمتر مقدار غلظت را محاسبه نمود.از نظر تئوری طبق تعریف چرخش مخصوص،[α] نباید به تغییر غلظت محلولهایی از اجسام فعال نوری تغییر کند و لیکن تاثیر متقابل حل شونده و حلال بر یکدیگر اغلب باعث تغییر [α] در اثر تغییر غلظت می شود.

اثر تغییر غلظت در یک چرخش مخصوص زیاد نبوده ودر عمل از آن صرف نظر می کنیم. پس می توانیم معادله $[\alpha]=\frac{\alpha}{L.C}$ را بصورت α = [α] L C بنویسیم.یعنی دوران سطح پلاریزاسیون محلولی بطول L در طول موج و دمای معین متناسب با غلظت محلول است.با رسم دیاگرام تغییرات چرخش α بر حسب غلظت

C برای یک جسم فعال نوری که معلولا خطی مستقیم می باشد، می توان غلظت محلول مجهولی از این جسم را تعیین نمود.شیب دیاگرام چرخش مخصوص جسم را در دما و طول موج معین، تعیین می نمایند.

از رابطه $\alpha = [\acute{\alpha}]\acute{L}C$ نتیجه می شود که چنانچه چرخش مخصوص و طول لوله پلاریمتر ثابت باشد،چرخش متناسب با غلظت محلول است .

وسایل و مواد لازم :

دستگاه پلاریمتر، بالون ژوژه، بشر کوچک، پیپت، ساکاروز

روش انجام آزمایش:

ابتدا پلاریمتر را روشن کرده و مدت ده دقیقه صبر کنید تا دستگاه گرم شود. 500 میلی لیتر محلول 20 درصد ساکارز ساخته و به ترتیب 10، 20،30،40،50 میلی لیتر از آن را برداشته و درون بالن 100 میلی لیتری ریخته و به حجم برسانید سپس مقداری از هر محلول برداشته و بوسیله دستگاه و با استفاده از سل کوچک چرخش نور را اندازه بگیرید توجه داشته باشید که حتما لوله پلاریمتر را چند بار با آب مقطر شسته و سپس با آب مقطر پر کنید و صفر دستگاه را به دست آورید.در آزمایش با پلاریمتر باید لوله کاملا پر بوده وحباب هوا نداشته باشد زیرا در غیر اینصورت قسمتی ار صفحه رویت کدر می شود همچنین باید شیشه های دو طرف لوله پلاریمتر تمیز باشد.

در جدول زیر نتایج را ثبت کنید و با استفاده از فرمول چرخش نور ویژه را به دست آورید.

درصد وزنی	%20	%40	%60	%80	%100
α چرخش نور					

$$[\alpha] = \frac{\alpha}{L \times C}$$

α : چرخش نور

L : طول سل

C : غلظت محلول

در مرحله بعد مراحل آزمایش را با استفاده از سل بزرگ تکرار کنید و نتایج را در جدول ثبت کرده و چرخش نور ویژه را به دست آورید.در مورد نتیجه آزمایش بحث کنید.

درصد وزنی	%20	%40	%60	%80	%100
α چرخش نور					

برای غلظت های مساوی و با استفاده از طول های مختلف رابطه زیر را اثبات کنید:

$\alpha_1/\alpha_2 = L_1/L_2$

با آرزوی توفیق