دانشکده علوم پایه

گروه فیزیک

دستور کار

آزمایشگاه فیزیک پایه III (حرارت و نور)

تهیه و تنظیم: آزمایشگاه فیزیک پایه

فهرست

درآمدی بر نرم‌افزار مطلب ۴

۱. حرارت

آزمایش ۱: گرماسنجی (کالریمتری) ۱۱
آزمایش ۲: ضریب انبساط طولی اجسام ۱۶
آزمایش۳: تعیین ضریب انبساط حجمی مایعات..... ۱۹
آزمایش ۴: قانون بویل ـ ماریوت..... ۲۲
آزمایش ۵: اندازه گیری عدد ژول به روش الکتریکی..... ۲۴

۲. صوت

آزمایش ۶: رزونانس (تشدید)..... ۲۶
آزمایش۷: بررسی امواج ساکن درریسمان به کمک استروبوسکوپ ۳۱
آزمایش ۸: اندازه‌گیری ضریب اتمیسیته گازها..... ۳۵

۳. نور

آزمایش۹: اندازه‌گیری ضریب شکست اجسام و مایعات ۳۹
آزمایش ۱۰: بررسی آینه‌های مقعر و محدب ۴۲
آزمایش ۱۱: بررسی عدسی‌ها ۴۴
آزمایش۱۲: منشور ۴۹

در تهیه گزارش کار نکات زیر را مورد توجه قرار دهید:

موضوع آزمایش ـ نام ونام خانوادگی ـ تاریخ انجام آزمایش ـ تاریخ نوشتن گزارش کار

هدف از انجام آزمایش

وسایل مورد نیاز و دقت آنها

تئوری آزمایش با ذکر روابط و رسم نمودارها

روش انجام آزمایش

انجام محاسبات و محاسبه خطا

پاسخ دادن به سوالات آخر هر دستور کار

استنباط شخصی از آزمایش (این قسمت مهمترین کار دانشجو در آزمایشگاه می‌باشد)

مقدمه:

این دستور کار با توجه به امکانات آزمایشگاهی موجود جمع‌آوری و نوشته شده است و مطمئنا عـاری از اشتباه نخواهد بود. لذا از کلیه اساتید و دانشجویان محترم بعلت وجود بعضی از نقایص غذر خـواهی نموده و منتظر نظرات سازنده شما هستیم.

ویرایش: مهر ماه ۱۳۹۵

آزمایشگاه فیزیک

دانشگاه قم

درآمدی بر نرم‌افزار مطلب

الف) ویژگی‌های نرم‌افزار مطلب

نرم‌افزار مطلب شمار فراوانی تابع کتابخانه‌ای سودمند دارد، افزون بر آن هر کاربر می‌تواند با نوشتن تابع‌های نوین آن را گسترش دهد. پس هر کاربر می‌تواند نرم‌افزاری یگانه داشته باشد.

درون داده‌ها و برون داده‌های این نرم‌افزار همگی ماتریس هستند. درایه‌های هر ماتریس می‌تواند، عدد حقیقی، عدد انگاری، یا رشته باشد. ماتریس تک درایه‌ای را اسکالر و ماتریس‌های سطری و ستونی را بردار می‌نامند.

نرم‌افزار مطلب به حروف کوچک وبزرگ حساس است. تابع‌ها را باید با حروف کوچک فراخواند، مگر آنکه نام تابع با حروف بزرگ ذخیره شده باشد که در این صورت، تابع را هم با حروف کوچک و هم با حروف بزرگ می‌توان فراخواند.

در مطلب، متغیرها نباید بیش از ۳۱ نویسه داشته باشند نخستین نویسه هر متغیر باید یک حرف الفبا باشد. نویسه‌های بعدی می‌توانند حروف الفبا، اعداد یا "_" باشند. مانند نمونه:

A ydot mat2cad delta_time Best Child

اگر درون داده را در متغیری جایگزین نکنیم، در متغیری به نام ans ریخته می‌شود.

برای جایگزینی درون داده در یک متغیر، از "=" استفاده می‌شود. اگر در پایان دستور جایگزینی از نشان ";" استفاده شود، درون داده در متغیر ریخته می‌شود، اما برون داده آن نمایش داده نمی‌شود.

برای دیدن برون داده در واپسین حالت نوشتن نام متغیر و فشار دادن کلید اینتر کافی است.

دستور who متغیرهای موجود در محیط کار را لیست می‌کند. دستور whos دانش بیشتری در مورد متغیرهای محیط کار می‌دهد.

ب ـ یاری گرفتن از راهنما

چنانچه شرح هر کدام از دستورهای این آموزگان برای شما بس نبود، می‌توانید از راهنمای مطلب یاری بگیرید. اگر نام دستور را میدانید از دستورhelp یاری بگیرید.

مثال ـ ۱ـ فرض کنید بخواهیم به یاری راهنما دستور svd را فرا گیریم، در این صورت نوشتن دستور:

>>help svd

در پنجره فرمان و فشار دادن Enter کافی است.

برای خوانایی بیشتر، نام دستور در متن راهنما با حروف بزرگ آورده می‌شود، اما یادتان باشد که برای استفاده از حروف کوچک استفاده کنید.

اگر املای درست یک دستور را نمی‌دانید و یا از وجود دستوری درگمانید از دستور lookfore و پس از آن از دستور help استفاده کنید.

هنگامی که داده‌ها، ماتریس‌های بزرگی باشند، برای ذخیره و بار کردن چنین داده‌هایی دستورهای save و load در مطلب پیش‌بینی شده‌اند. با دستور save داده‌های جاری را می‌توان در یک mat فایل ذخیره کرد و با دستور load می‌توان آن‌ها را فراخواند به صورت زیر:

ذخیره کردن همه متغیرهای جاری در فایل matlab.mat	save
ذخیره کردن همه متغیرهای جاری در فایلdata.mat	save data
ذخیره کردن متغیرهای xوyوz در فایل data.mat	save data x y z
فراخوانی متغیرهای ذخیره شده در فایل data.mat	load data

ج) رسم نمودارهای دو بعدی

برای کشیدن نمودار تغییرات یک رابطه ریاضی نخست باید سیاهه‌ای از اندازه‌های آن رابطه در دست باشد. پس از آن بسته به نوع کشیده از چند دستور گوناگون استفاده می‌شود. شیوه‌های کشیدن با این

دستورها می‌تواند گوناگون باشد. برای کشیدن نمودار در مختصات دکارتی می‌توان از دستور plot استفاده کرد. اگر x و y دو بردار باشند، دستور plot (x,y) نمودار تغییرات y را نسبت x رسم می‌کند. x و y باید هم طول باشند.

مثال ـ ۲ـ برای کشیدن نمودار تغییرات تابع

$$y = \sin\frac{1}{x};\ -1 \le x \le 1$$

در بازه‌ی داده شده، با توجه به آنچه آموخته‌اید، اجرای دستورهای زیر کافی است:

$$>> x = -1{:}\ .01{:}\ 1; y = \sin(1./x); plot(x, y)$$

Warning : Dhvide by zero.

برای تقسیم بر صفریک پیغام هشدار دهنده می‌بینید.

اگر x یک بردار باشد و y بیش از یک ستون داشته باشد، دستور plot(x,y) نمودار تغییرات هر کدام از ستون‌های ماتریس y را نسبت به x می‌کشد.

مثال ۳ـ برای کشیدن نمودار تغییرات تابع‌های

$$y = \sin 20\pi t, y = \sin 2\pi t; 0 \le t \le 1$$

در بازه‌ی داده شده اجرای دستورهای زیر کافی است:

Plote(t,q)

توجه: اگر x و یا y ماتریس باشد، دستور plot(x,y) نمودارهایی مشابه حالت پیش گفته می‌کشد. البته باید از نظر ابعادی همخوان باشند.

در دستور plot می‌توان بیش از دو شناسه به کاربرد. برای نمونه اجرای دستورهای

$$>> t = 0{:}\ .01{:}\ 1; q = [\sin(20 * pi * t); \sin(2 * pi * t)]; plot(t, q(1{,}0), q(2.:))$$

همان نمودار قبلی ایجاد می کند.

در دستور plot رنگ و گونه‌ی کشیدن نمودار را هم می‌توان کنترل کرد. برای این کار باید رنگ و یا گونه‌ی کشیدن نمودار را پس از هر دو شناسه‌ای که لازم است نوشت. برای نمونه با دستور plot(x,y,s) می‌توان دانش موجود در رشته‌ی s را به کشیده‌ی دستور plot خوراند. s رشته‌ای از دانش

رنگ و یا گونه‌ی کشیدن نمودار است. برخی از رنگ‌ها و گونه‌ی کشیدن نمودار را در جدول (1) گـرد آورده‌ایم.

توجه:

برای کشیدن برخی ازنمودارها، نوشتن شکل شناسه‌ای معادلات کار را آسان‌تر می‌کند.

در کشیدن نمودار، در حقیقت یک سری نقطه را پی‌درپی با پاره‌خط‌های راست به هم می‌چسبانیم.

جدول (۱) برخی از رنگ‌ها و گونه‌های کشیدن نمودار

گونه‌ی خط	نشان	گونه‌ی نقطه	نشان	رنگ	نشان
توپر	-	نقطه	.	زرد	y
نقطه‌چین	:	گرده	o	ارغوانی	m
خط‌چین ـ نقطه‌چین	.	ایکس	x	فیروزه‌ای	c
خط‌چین		جمع	+	قرمز	r
		ستاره	*	سبز	g
		مربع	s	آبی	b
		لوزی	d	سفید	w
		سه گوش نوک به پایین	v	سیاه	k
		سه گوش نوک به بالا	۸		
		سه گوش نوک به چپ	>		
		سه گوش نوک به راست	<		
		ستاره پنج گوش	p		
		ستاره شش گوش	h		

دستور grid صفحه‌ی نمودار را با تورانه می پوشاند. با به کـار بـردن دوبـاره ایـن دسـتور، تورانـه پـاک می‌شود. دستورهای زیر برای برچسب‌گذاری به کار می‌روند.

Title,xlable,ylable,text,gtext

دستور title(s) رشته s را بر بالای نمودار می‌نویسد. دستور xlable(s) رشته s را در زیـر محـور افقـی نمودار می‌نویسد و دستور ylable(s) رشته s را در سمت چپ محور عمودی نمودار می‌نویسد. دسـتور text(x0,y0,s) رشته s را در نقطه‌ی (x0,y0) می‌نویسد. با به کار بـردن دسـتور gtext(s) مـی‌تـوانیم رشته s را با موش در جایی که می‌خواهیم بگذاریم. پس از به کار بردن این دستور یک نشـان "+" در پنجره نمودار نمایان می‌شود. این نشان را می‌توانید با موش در چایی که می‌خواهیـد رشـته s نوشـته شود گذاشته و کلیک کنید.

به یاری دستور legend می‌توانیم برای هر کدام از نمودارهای کشیده شده در یک پنجره نمودار، یـک راهنما بنویسیم. پس از افزودن راهنما می‌توانیم آن را با موش در جایی که می‌خواهیم، بگذاریم. بـرای کنترل محورها از دستور axis استفاده می‌شود. دستور axis(v) کمینـه و پیشـینه محورهـا را کنتـرل می‌کند. بردار v به شکل [Xmin,Xmax,Ymin,Ymax] است. دستور V=axis حدود محورهای جاری را در بردار v می‌ریزد. برخی از کاربردهای دیگر دستور axis این گونه است:

حدود محورها را با داده‌ها هماهنگ می‌کند.	axic tight
نمو عددهای هر دو محور را یکی میکند.	axic equal
کار هر دو دستور پیشین را با هم انجام می‌دهد	axic image
جعبه محورها را مربع می‌کند	axic square
همه دستورهای پیشین را به حالت پیش فرض برمی‌گرداند.	axic normal
تورانه، نشانه‌ها و برچسب‌های محور را پاک می‌کند.	axic off
دستور پیشین را به حالت پیش فرض برمی‌گرداند	axic on

به یاری دستور hold on می توان نمودارهای نوینی را به نموار جدید افزود. با به کار بردن دستور hold off افزودن نمودار به نمودار موجود پایان می‌یابد.

دستور clf نمودار را در پنجره نمودار جاری پاک می‌کند.

به یاری دستور figure می‌توان چند پنجره نمودار را باز کرد. دستور figure(n) پنجره نمودار nام را باز می‌کند. دستور figure به تنهایی یک پنجره نمودار نو باز می‌کند.

با دستور zoom می‌توان نمودار را کوچک یا بزرگ کرد. برای این کار پس از به کار بردن این دستور از کلیک چپ و راست موش استفاده کنید.

دستور [x,y]=ginput(n) براساس مکان کلیک موش بر پنجره نمودار مختصاتn نقطه را در بردارهای x,y می‌ریزد. اگر شمار نقاط مشخص نباشد، از دستور [x,y]=ginput استفاده می‌شود. در این حالت با فشار دادن Enter خواندن نقطه‌ها پایان می‌یابد.

با به کار بردن دستور close آخرین پنجره نمودار بسته می‌شود. دستور close all همه‌ی پنجره‌های نمودار را می‌بندد.

به یاری دستور subplot می‌توان چند زیر نمودار را در یک پنجره نمودار کشید. دستور subplot(m,n,p) پنجره نمودار را به m×n ناحیه تقسیم می‌کند و ناحیه p ام را برای کشیدن نمودار آماده می‌کند. شماره نمودارها به این صورت است که نخست اولین ناحیه سطر اول شماره ۱ می‌گیرد، سپس عدد بعدی به اولین ناحیه از سطر دوم تخصیص می‌یابد و به همین ترتیب. اگر ناحیه‌های نمودار را مانند یک ماتریس m×n گمان کنیم، بین p و ناحیه‌ای که در سطر i ام و ستون j ام قرار دارد، برابری زیر برقرار است:

$$P = (i-1)n + j$$

برای کشیدن نمودار در مختصات قطبی از تابع polar استفاده می‌شود. دستور polar(teta,ro) نمودار ro را نسبت به teta می‌کشد.

از تابع loglog برای کشیدن نمودار در مقیاس لگاریتمی استفاده می‌شود. دستور loglog(x,y) نمودار y را نسبت به x می‌کشد. به یاد آورید که برای ایجاد نقاط با فاصله لگاریتمی از دستور logspace استفاده می‌شود. برای کشیدن نمودارهای نیمه لگاریتمی از دستورهای semilogx و semilogy استفاده می‌شود.

نمودار تغییرات یک تابع را با دستور fplot نیز می‌توان کشید. فرق اساسی این تابع با plot این است که این تابع برای کشیدن در یک بازه، نقاط را مناسب برمی‌گزیند. پس هنگامی که تابع تغییرات تند دارد، نقاط زیادی را برمی‌گزیند.

مثال ۵ـ می‌خواهیم نمودار تغییرات تابع زیر را در بازه داده شده بکشیم.

$$f(x) = \cos x^3 \; ; 1 \le x \le 4$$

برای این کار دستورهای زیر را در پنجره فرمان به کار برید:

$$\gg x = 1{:}\,0.1{:}\,4; y = \cos(x.3); subplot(1,2,1), plot(x,y), title(plot)$$

$$>> subplot(1,2,2), fplot(\cos(x.3), [1,4]), title(fplot)$$

آزمایش ۱: گرماسنجی (کالریمتری)

هدف آزمایش:

۱. تعیین ارزش آبی گرماسنج

۲. اندازه‌گیری گرمای ویژه جامدات

۳. اندازه‌گیری گرمای نهان ذوب یخ

ملاحظات نظری:

اگر دو جسم A وB با دماهای متفاوت را به هم نزدیک سازند پس از اندک زمانی جسمی کـه گرمتـر است سرد و جسمی که سردتر است گرم می‌شود تا آنجا که هر دو به یک دمـای تعـادل برسـند. اگـر جسم Aگرم و دمای آن T باشد و جسم B، سرد و دمای آن t باشد، بعد از تعادل هر دو بـه درجـه t' میرسند، بدیهی است t' از T کوچکتر و از t بزرگتر است.

اگر گرمای لازم برای اینکه m گـرم جسـم از دمـای t_1بـه t_2 برسـد بـه انـدازه Q باشـد،اختلاف دمـا $\Delta t = t_2 - t_1$ است و نسبت $\frac{Q}{\Delta t}$را ظرفیت گرمایی گویند.

ظرفیت گرمایی واحد جرم هر جسم را، ظرفیت حرارتی مخصوص یا گرمای ویژه مـی‌نامنـد. بنـابراین $c = \frac{Q}{M\Delta t}$، یا به عبارت دیگر گرمای ویژه هر جسم، مقدار گرمایی است که یک گرم جسم می‌گیرد تا دمایش یک درجه تغییر کند. گرمای ویژه آب را واحد گرما قرار داده‌انـد و بـه آن کـالری مـی‌گوینـد. بنابراین کالری مقدار گرمایی است که یک گرم آب می‌گیرد تا دمای آن یک درجـه سلسـیوس تغییـر کند.(به طور دقیق‌تر دمای آب از ۱۴/۵ به ۱۵/۵ درجه سانتیگراد برسد). یـک کیلوکـالری برابـر هـزار کالری و 10^6 کالری برابر یک ترمی است. در اندازه‌گیری کمیت‌هـای گرمـایی بـه وسـیله گرماسـنج،

مقدار گرمایی که گرماسنج و متعلقاتش می‌گیرند تا دمای آن‌ها یک درجه بالاتر رود ظرفیت گرمایی یا ارزش آبی گرماسنج گویند. اگر جرم ظرف گرماسنج و هم زن و دماسنج و... به ترتیب m_1 و m_2 و m_3 و... باشد و گرمای ویژه آن‌ها c_1 و c_2 و c_3 و... باشد ارزش آبی گرماسنج دارای فرمول زیر است:

$$A = m_1c_1 + m_2c_2 + m_3c_3 + \cdots$$

گرمای نهان یک جسم مقدار گرمای لازم برای تغییر حالت یک گرم از جسم در درجه حرارت ثابت می‌باشد. این گرما را برای تغییر حالت از جامد به مایع، گرمای نهان ذوب (F) و برای تغییر حالت از مایع به بخار، گرمای نهان تبخیر (L) می‌نامند.

روش آزمایش:

۱. جرم گرماسنج را توسط ترازو بدست آورید و آنرا M_1 بنامید.

۲. مقداری آب حدود کمتر از $\frac{1}{3}$ حجم ظرف داخل کالریمتر ریخته و با توزین مجدد جرم آنرا بدست آورید و آنرا M_2 بنامید. بنابراین جرم آب داخل گرماسنج M خواهد بود

$$M = M_2 - M_1$$

۳. با دماسنج دمای اولیه گرماسنج و اشیاء داخل آن را اندازه‌گیری کنید و آنرا t_1 بنامید.

۴. گرماسنج را برداشته و روی میز آزمایشگاه قرار دهید سپس مقداری آب جوش در حدود $\frac{1}{3}$ حجم ظرف تهیه کرده و T_1 دمای آب جوش را اندازه بگیرید.

۵. آب جوش را داخل گرماسنج ریخته و بهم بزنید و سپس به وسیله دماسنج t_2 دمای تعادل را یاداشت کنید.

۶. گرماسنج را بار دیگر وزن کرده و M_3 جرم آنرا بدست آورید. بنابراین جرم آب جوش $m = M_3 - M_2$ خواهد بود. طبق اصل تعادل حرارتی می‌توان نوشت:

$$Mc(t_2 - t_1) + m_1c_1(t_2 - t_1) + m_2c_2(t_2 - t_1) + m_3c_3(t_2 - t_1) = mc(T_1 - T_2)$$

گرمایی که آب جوش داده است = گرمایی که دماسنج گرفته است + گرمایی که همزن گرفته است +گرمایی که ظرف گرماسنج گرفته +گرمایی که آب داخل گرماسنج گرفته

یا:

$$(Mc + m_1c_1 + m_2c_2 + m_3c_3)(t_2 - t_1) = mc(T_1 - t_2)$$
$$m_1c_1 + m_2c_2 + m_3c_3 = cte$$

ارزش آبی ظرف کالریمتر و دماسنج و همزن را مجموعا ارزش آبی گرماسنج یا کالریمتری گویند و با حرف A نمایش می‌دهند:

$$(Mc + A)(t_2 - t_1) = mc(T_1 - t_2)$$

با حل معادله بالا ارزش آبی گرماسنج را بدست آورید.

A:ارزش آبی گرماسنج	m :جرم آب جوش	t_2: دمای تعادل	t_1 : دمای اولیه گرماسنج	T :دمای آب جوش	M :جرم آب داخل گرماسنج

آزمایش ب:تعیین گرمای ویژه یک نمونه جامد

۱.مقداری آب حدود $\frac{1}{3}$ حجم ظرف، داخل کالریمتر ریخته و پس از توزین، جرم آب درون آن را از روشی که در قسمت قبل گفته شد بدست آورده نام آن را M بنامید و همزمان دمای آب داخل کالریمتر را اندازه گرفته و آنرا t_1 بنامید.

۲. جسم جامد مورد نظر را به دقت توزین کرده و آنرا m بنامید.

۳. جسم جامد مورد نظر رابه نخی بسته داخل ظرف آبی که در حال جوشیدن است قرار دهید. حدود ۱۰ دقیقه صبر کنید تا دمای جسم و آب یکی شود و نقطه جوش آب یا درجه حرارت جسم (T) را با دماسنج معلوم کنید.

۴. با دقت و خیلی سریع جسم را ا ز آب جوش در آورده و داخل کالریمتر قرار دهید و بوسیله همزن بهم بزنید تا وقتی که دماسنج درجه ثابتی را نشان دهد این درجه را که دمای تعادل است یادداشت نموده و آنرا t_2 بنامید.

در رابطه زیر:

$$(Mc + A)(t_2 - t_1) = mc'(T_1 - t_2)$$

مقادیر لازم را قرار دهید و c' ظرفیت گرمایی ویژه جسم جامد مورد نظر را محاسبه کنید.(A ارزش آبی گرماسنج می‌باشد)

M	m	T	t_1	t_2	C	A	c'

آزمایش پ: اندازه‌گیری گرمای نهان ذوب یخ

۱. کالریمتر را تا نیمه آب کنید و طبق روشی که در قبل گفته شد جرم آب درون آن را بدست آورید و دمای آنرا نیز t_1 بنامید.

۲. چند تکه یخ را برداشته و سریعا داخل کالریمتر ریخته و بهم بزنید تا تمام یخ ذوب شود. در این حالت دمای تعادل یعنی t_2 را یادداشت نمایید.

۳. کالریمتر را توزین کرده و جرم یخ را بدست آورید و آنرا m بنامید.

۴. با توجه به قسمت‌های قبل فرمول بدست آوردن گرمای نهان را بدست آورده و از آن طریق گرمای نهان ذوب یخ، F، را بدست آورید.

۵. خطای مطلق ΔF را محاسبه کنید.

M	t_1	m	t_2	A	C آب	C یخ	F

پرسش:

۱. به دو جرم مساوی از دو جسم جامد و مایع به اندازه مساوی گرما می‌دهیم با توجه به آزمایش‌های انجام شده دمای کدامیک بیشتر است؟

۲. در آزمایش‌های گرماسنجی همانطوری که دیدید دمای آب اولیه داخل کالریمتر را کمی بیشتر یا کمتر از دمای محیط می‌گیریم در چه صورت دما را بیشتر انتخاب می‌کنیم و چرا؟

۳. چرا در اکثر آزمایش‌های مربوط به تعادل گرمایی از آب استفاده می‌شود؟

آزمایش ۲: ضریب انبساط طولی اجسام

هدف آزمایش:

اندازه‌گیری ضریب انبساط خطی فلزات

ملاحظات نظری:

مشروط بر اینکه فشار خارجی وارد بر اجسام ثابت باشد با تغییر دما اجسام تغییر شکل می‌دهند (در چند مورد افزایش دما باعث کاهش حجم می شود مثل آب در دماهای پائین‌تر از ۴ درجه سانتی‌گراد) نظریه انرژی کنتیک مولکولی اجسام ماهیت انبساط دمایی اجسام را چنین توجیه می‌کند:
با افزایش دما انرژی جنبشی (سرعت) مولکول‌ها افزایش می‌یابد بنابراین با سرعت بیشتر به حرکت در آمده و در برخورد با مولکول‌های همجوار تبادل انرژی می‌کنند. با ادامه این فعل و انفعالات فاصله متوسط مولکولی بیشتر شده و در نتیجه سبب افزایش حجم یا سطح یا طول می‌گردد. این افزایش در صورتی که دامنه تغییرات درجه حرارت زیاد نباشد متناسب با درجه حرارت، جنس فلز و طول اولیه فلز مورد نظر است:

$$\Delta L = \lambda L_1 \Delta t \qquad (1)$$

λ را ضریب انبساط طولی می‌گویند و عبارت است از ازدیاد طول واحد طول به ازای یک درجه حرارت.

روش آزمایش:

۱. ابتدا طول میله برنجی را که در اختیار شما می‌باشد با متر به طور دقیق اندازه گرفته و آنرا L_1 بنامید.

۲. یک طرف میله برنجی وصل به ریزسنجی است که جابجایی پیچ را با دقت یک صدم میلیمتر اندازه می‌گیرد.

صفر میکرومتر را با دقت تنظیم نمائید. یعنی به گونه‌ای که صفر قرص ریزسنج مقابل صفر خط‌کش عمودی ریزسنج قرار گیرد.

۳. در این حالت دمای اولیه میله را از روی دماسنجی که در روی دستگاه قرار گرفته یادداشت کنید. (t_1) مسلماً L_1 طول میله برنجی در این حالت می‌باشد.

۴. ظرف تولید بخار را تا حدود $\frac{2}{3}$ حجمش پر از آب کرده و روی هیتر برقی قرار دهید و هیتر را روشن کنید.

۵. چند دقیقه صبر کنید تا بخار آب به وسیله لوله پلاستیکی به طور مداوم از دستگاه خارج شود. بخار آب از اطراف میله عبور می‌کند و از طرف دیگر لوله خارج می‌شود.

۶. به ازای هر ۱۰ درجه افزایش دمایی که از روی دماسنج می‌خوانید ازدیاد طول میله را از روی میکرومتر خوانده و در جدول ۱ یادداشت کنید.

۷. این عمل را تا وقتی انجام دهید که بخار آب به یک دمای تعادل رسیده و دما بالاتر نرود.

۸. منبع حرارتی را قطع کرده و مادام که دما پائینتر می‌آید به ازای هر ۱۰ درجه کاهش دما مجددا کاهش طول میله را در جدول ۲ یادداشت کنید. ΔL ها در دمای برابر درهنگام بالا رفتن و پایین آمدن درجه حرارت فرق می‌کند علت چیست؟

۹. با در دست داشتن Δt و L_1 وΔL برای دو دمای مختلف مورد نظر از روی فرمول ۱ ضریب انساط طولی این میله برنجی را بدست آورید.

۱۰. منحنی نمایش تغییرات افزایش طول میله را بر حسب درجه حرارت رسم نمایید. این منحنی باید به صورت خطی باشد چرا؟

جدول شماره ۱:

	Δt : تغییرات دما
	ΔL : تغییرات طول

جدول شماره ۲:

	Δt : تغییرات دما
	ΔL : تغییرات طول

پرسش:

۱. جدول شماره ۱و۲ را با هم مقایسه کنید. در دماهای یکسان مقدار ΔL ها با هم یکی نیست این مطلب را چگونه توجیه می‌کنید؟

۲. چند نمونه از کاربردهای انبساط طولی را ذکر کنید؟

۳. مقدار خطا را در تعیین ضریب انبساط طولی محاسبه کنید؟

۴. ثابت کنید که ضرایب انبساط حجمی به ترتیب ۲ و۳ برابر ضرایب انبساط خطی‌اند.

آزمایش۳: تعیین ضریب انبساط حجمی مایعات

هدف آزمایش:

تعیین ضریب انبساط حجمی مایعات

ملاحظات نظری:

اجسام بر اثر افزایش دما انبساط پیدا می‌کنند. ازدیاد حجم جسم با حجم اولیه و میـزان افـزایش دمـا متناسب است و ضریب تناسب به جنس مـایع بسـتگی دارد. $V_2 = V_1(1 + kt)$ ضـریب k را ضـریب انبساط حجمی گویند.

ضریب انبساط مایع را β و ضریب انبساط جامد را با γ نشان می‌دهیم. ضریب انبساط حجمی، ازدیـاد حجم جسم به ازای افزایش یک درجه حرارت می‌باشد.

اگر به ظرفی که درون آن مایعی وجود دارد گرما داده شود، هم ظرف و هم مایع منبسط می‌شـود در صورتی که حجم ظرف در صفر درجه V_0 باشد حجم آن در دمای t برابر است با:

$V = V_0(1+\gamma t)$ (1)

و چگالی های مایع در صفر درجه و در t برابر است با :

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad \text{و} \quad \rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{V_0(1+\beta t)}$$

از این دو رابطه نتیجه می‌شود که: $\rho = \frac{\rho_0}{1+\beta t}$ (2)

از طرفی در دمای t جرم مایع برابر است با: $M = \rho V$

با توجه به رابطه‌های ۱و۲ می‌توان نوشت:

$$M = \frac{\rho_0 V_0(1+\gamma t)}{1+\beta t} = \frac{M_0(1+\gamma t)}{1+\beta t}$$

چون طبق بسط نیوتن:

$$\frac{1}{1+\beta t} = (1 - \beta t + \beta^2 t^2 - \beta^3 t^3 + \cdots)$$

$$M = M_0(1+\gamma t)(1 - \beta t + \beta^2 t^2 + \cdots)$$

چون β کوچک است از جمله های β^3 وβ^2 و... صرف نظر می‌کنیم بنابراین:

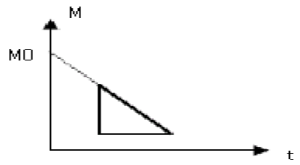
$$M = M_0(1+\gamma t)(1-\beta t) = M_0(1 - \beta t + \gamma t - \beta\gamma t^2)$$

چون γ نیز کوچک است از جمله آخر نیز صرف‌نظر می‌کنیم در نتیجه:

$$M = M_0 - M_0(\beta - \gamma)t$$

این رابطه نشان می‌دهد که تغییرات جرم نسبت به دما خطی است.

اگر با آزمایش مقادیر مختلف M را در دماهای مختلف تعیین کنیم و محـور x بـرای دمـا و محـور Y برای جرم انتخاب شوند، نمودار خط مستقیمی است که محل تقاطع آن با محـور Y نشـاندهنده $M_.$ جرم مایع در صفر درجه است.



شیب خط برابر است با:

$$\tan\theta = -M_0(\beta - \gamma)$$

با دانستن γ ضریب انبساط حجمی ظرف می‌توان β ضریب انبساط مایع را بدست آورد.

روش آزمایش:

۱.پیکنومتر را باترازوی دقیق و حساسی وزن کنید.

۲. پیکنومتررا پر از مایع مورد نظر نموده به طوری که لبریز شود، سپس قسمت بیرونـی پیکنـومتر را خشک کرده و با ترازو جرم آن را بدست آورید $M = m' - m$ (m')جرم مایع خواهد بود.

۳. پیکنومتر را در بشرمحتوی آب غوطه‌ور کنید، مدتی صبر کنید تا پیکنومتر با آب درون بشر به تعادل دمایی برسد و سپس دمای محیط اولیه مایع مرد نظر را با قرار دادن دماسنج در داخل بشر اندازه بگیرید.

۴. آب درون بشر را گرم کنید و با همزن به طوریکه با پیکنومتر برخوردی نداشته باشد آب را بهم بزنید تا گرما به طور یکنواخت به پیکنومتر برسد و دماسنج را درون بشر قرار دهید.

۵. هر بار موقعی که دمای آب در حدود ۲۰ درجه بالا رفت بشر را از چشمه حرارتی دور کنید و بگذارید تا پیکنومتر با آب به تعادل گرمایی برسد و باز با خشک کردن آن M را بدست آورید و هم زمان t را یادداشت کنید.

۶. آزمایش را به همین صورت تکرار کنید و هر بار در حدود ۲۰ درجه آن را گرم کنید تا به دمای جوش برسد. مواقعی که پیکنومتر و آب به حالت تعادل دمایی می‌رسند دماها را یادداشت کنید. نتایج حاصل را در جدول زیر بنویسید.

ترتیب آزمایش	m	m′	M	t

منحنی نمایش تغییرات جرم مایع بر حسب دما را رسم کنید و با پیدا کردن شیب خط و دانستن ضریب انبساط حجمی شیشه (276×10^{-4}) ضریب انبساط حجمی مایع را بدست آورید.

پرسش:

۱. مقدار خطا را در تعیین β از فرمول $M = M_0 - M_0(\beta - \gamma)t$ محاسبه کنید.

۲. ضریب انبساط حقیقی و ظاهری مایعات را تعریف کنید.

۳. چگونه می‌توان بدون توزین جرم مایع را در صفر درجه بدست آورد؟

آزمایش ۴: قانون بویل ــ ماریوت

هدف آزمایش:

بررسی قانون بویل ـ ماریوت

ملاحظات نظری:

بنابر قانون بویل ـ ماریوت برای مقداری گاز محبوس در یک ظرف موقعی که دمایش ثابت و از دمای مایع شدن دور باشد، حاصل فشار در حجم این گاز، تقریبا مقداری است ثابت. یعنی اگر فشار گاز بیشتر شود به همان نسبت از حجمش کاسته خواهد شد. موقعی که فشار گاز P و حجمش V باشد و بدون تغییر دما، فشار و حجم آن P' و V' شوند، خواهیم داشت:

$$\mathrm{PV} = \mathrm{A}$$
$$PV = P'V' = \cdots = A$$
$$P'V' = A$$

این مقدار ثابت A برای مقدار معینی گاز فقط تابع دمای آن گاز است. در صورتی که مقدار گاز تغییر یابد A نیز تغییر می‌کند. قانون بویل ـ ماریوت یک قانون تقریبی است و در فشارهای بسیار کم صادق است.

قانون بویل ـ ماریوت به صورت $PV = A + BP + CP^2$ تکمیل شده است که در فشارهایی تا حدود ۱۲ اتمسفر از ضریب B به بعد و در فشارهایی تا حدود ۲۰ اتمسفر از ضریب C به بعد صرف نظر می شود.

روش آزمایش:

دستگاه بویل ـ ماریوت دستگاهی است شامل دو لوله شیشه‌ای است که به طور قائم بر روی پایه سوار شده‌اند و به وسیله یک لوله لاستیکی به هم متصل شده‌اند. در یکی از لوله‌ها باز و در دیگری بسته

است. لوله دوم را می‌توان در امتداد پایه بالا و پایین برد. بدین ترتیب می‌توان حجم گـاز محبـوس در لوله اول را کم یا زیاد کرد و فشار را به اختیار کم یا زیاد نمود. میان دو لوله یک خط‌کش مدرج قـرار دارد که به کمک این خط‌کش می‌توان ارتفاع ستون جیوه را در هر یک از دو لوله به دقت تعیین نمود. در ابتدا شیر لوله اول را باز و ارتفاع جیوه در هر دو لوله را یکسان می‌کنیم. سپس شیر را می‌بنـدیم و ارتفاع هوای محبوس را از محل شیر تا سطح جیوه در لوله اول یادداشت می‌کنیم. این ارتفـاع را بـا a نمایش می‌دهیم. حجم هوای محبوس V= a.s است. چون قطر هر دو لوله یکسان اسـت مـی‌تـوان بـا کولیس قطر داخلی لوله دوم را بدست آورد و از روی آن مقدار s را محاسبه کرد یا اینکه حجم‌ها را با توجه به مقادیر a بر حسب sیادداشت کرد. با بالا و پایین بردن لولـه دوم موقعیـت نسـبی دو لولـه را تغییر می‌دهیم و هر بار h اختلاف سطح جیوه را در دو لوله بدست می‌آوریم. فشار هـوای محبـوس از رابطه $P = P_a \pm h$ بدست می‌آید.

واحد فشار سانتیمتر جیوه وP_a فشار هوا در محیط آزمایشگاه است.

اگر لوله دوم بالاتر باشد h مثبت و اگر پایین تر از لوله اول باشد h منفی است.

با توجه به ثابت بودن دمای آزمایشگاه و تساوی قطر دو لوله داریم:

$$\mathrm{P_1h_1 = P_2h_2 \rightarrow } P_a\mathrm{h_1} = (P_a \pm h)\mathrm{h_2}$$

در اینجا $\mathrm{h_1}$ و $\mathrm{h_2}$ به ترتیب ارتفاع هوا در لوله اول قبل و بعد از بالا و پایین کردن لوله دوم است.

آزمایش را دو یا سه بار تکرار کنید، P_aفشار هوا در محیط آزمایشگاه را بدست آورده و (با دانستن فشار هوا در شهر قم) خطای آزمایش را تعیین نمایید.

آزمایش ۵ : اندازه گیری عدد ژول به روش الکتریکی

هدف آزمایش:

اندازه گیری ضریب تبدیل انرژی به حرارت.

وسایل: کالریمتر، رئوستا ۲۰۰اهمی، دماسنج جیوه ای دقیق، منبع تغذیه AC – Dc واریابل ($V = 0 - 30\ v, I_{max} = 3$) مولتیمتر دستی دیجیتال (۲عدد)، کرنومتر.

تئوریآزمایش:

هرگاه به دو سر یک مقاومت ولتاژ V اعمال شود از این مقاومت جریان i عبور می‌کند. انرژی الکتریکی اتلاف شده در زمان بصورت گرما ظاهر میشود.

$$W = Ri^2t = vit$$

ضریب تبدیل این انرژی به حرارت عدد J معادل مکانیکی گرما نامیده میشود.

اگر فرض کنیم اتلاف گرمایی بسیار ناچیز باشد می‌توان تصورکرد که تمام این گرما در داخل کالریمترصرف افزایش دمای آب و اجزای داخل کالریمتر شده است. درصورتیکه جرم آب برابر M و ارزش آبی کالریمتر A باشد، خواهیم داشت:

$$Q = (Mc + A)(T_2 - T_1)(1)$$

بنابراین برای J داریم:

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

که در این رابطه انرژی الکتریکی را بایستی برحسب کالری در رابطه قرار دهیم:

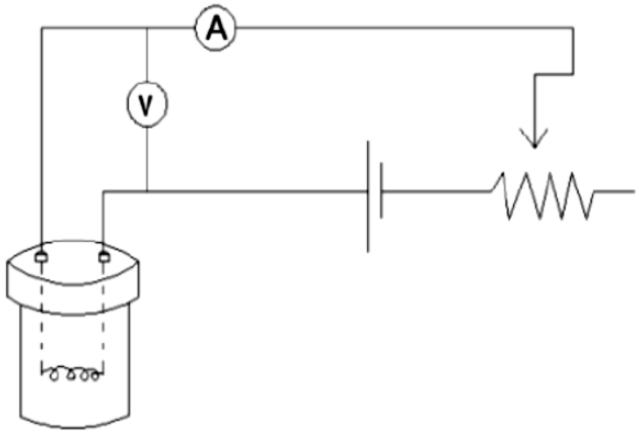
$$1J = 0/238\ cal$$

روش آزمایش:

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

$$M = m_2 - m_1$$

اکنون مداری مطابق شکل ببندید. دماسنج را درمحلی که در وسط کالریمتر برای آن تعبیه شده استقراردهید. مایع را با همزن مدتی هم بزنید وکمی صبرکنید تا دماسنج دمای ثابتی را نشان دهد (T_1). آنگاه کرنومتر را همزمان با وصل مدار بوسیله کلید به کار بیاندازید. (در مدت عبور جریان آب داخل کالریمتر را هم بزنید.)



شدت جریانی حدود ۱ تا ۲ آمپر (با نظر سرپرست آزمایشگاه) در مدار ایجاد کنید و با هم زدن مداوم آب داخل گرماسنج، تغییرات دمایی را با فاصله زمانی مشخص اندازه گیری کنید. این عمل را ۳۰ تا ۴۰ دقیقه ادامه دهید. مقدار شدت جریان و ولتاژ را در هر حالت اندازه گرفته و ثبت نمایید.

منحنی تغییرات زمان بر حسب دما را در کاغذ میلی متری رسم کنید و مقدار عدد ژول را محاسبه نمایید.

آزمایش ۶: رزونانس (تشدید)

هدف آزمایش:

۱. بررسی پدیده تشدید یا رزونانس در لوله‌های صوتی بسته

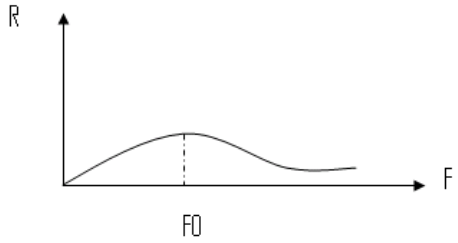
۲. اندازه‌گیری تصحیح دهانه لوله

۳. اندازه‌گیری سرعت امواج صوتی در هوای آزاد

۴. رسم نمودار تغییرات طول موج بر حسب فرکانس

ملاحظات نظری:

همانطور که می‌دانیم هر سیستم مکانیکی که بتواند به طور آزادانه نوسان کند دارای یک فرکانس طبیعی (F_0) است که بستگی به ابعاد آن دارد. به طور کلی هر گاه سیستمی بتواند نوسان کند، تحت اثر یک رشته ضربه‌های دوره‌ای با بسامدهای مساوی یا نزدیک به یکی از بسامدهای طبیعی خود قرار گیرد، با دامنه بزرگی نوسان خواهد کرد.



بنابراین شرط تشدید بر اثر بودن فرکانس‌ها می‌باشد.

تشدید در لوله صوتی بسته و تصحیح دهانه لوله صوتی بسته:

پدیده تشدید را در لوله‌های صوتی بسته می‌توان بررسی کرد.

با بالا و پایین بردن آب در لوله صوتی بسته می‌توان طول هوای درون لوله را به مقدار دلخواهی تنظیم نمود. اگر شاخه‌های یک دیاپازون مرتعش در بالای دهانه لوله قرار دهید صدای ضعیفی ممکن است

به گوش برسد. در این حالت اگر ستون هوای درون لوله همراه با ارتعاشات سطح آب در لوله طوری تنظیم شود که فرکانس طبیعی ستون هوا برابر با فرکانس دیاپازون گردد، در این صورت هوای درون لوله به رزونانس درمی‌آید و صدای دیاپازون با آهنگ بلندی به گوش می‌رسد. در این حالت امواج حاصل از شاخه‌های دیاپازون در طول لوله پیش رفته و آنگاه در ته لوله بازگشت می‌نماید و امواج بازگشته با امواج پیش رونده تداخل کرده، تولید امواج ساکن یا ایستایی می‌کنند. به این ترتیب در برخی از نقاط ذرات و مولکول‌های هوا با بیشترین دامنه نوسان می‌کنند در صورتی که در بعضی از نقاط ساکن هستند نقاطی که در دارای ماکزیمم دامنه هستند شکم و نقاطی که ساکن هستند گره امواج را پدید می‌آورند و لازم به ذکر است که این ارتعاشات طولی هستند.

با در نظرگرفتن این که همیشه در سر باز لوله یک شکم پدید می‌آید و قسمت انتهایی لوله نیز جای گره موج است و با دانستن این مطلب که فاصله دو گره و یا دو شکم پشت سر هم برابر نصف طول موجλ است طول L_K برای هماهنگ Kام برابر است با:

$$(2K-1)\frac{\lambda}{4} = L_K + e \qquad (1)$$

که در آن K=1,2,3,4 , … و e تصحیح دهانه می‌باشد. سرعت انتشار امواج صوتی بر حسب طول موج آنها از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$V = \lambda N \qquad (2)$$

با اندازه گیری λ و داشتن N که همان فرکانس دیاپازون است می‌توان سرعت انتشار امواج صوتی را بدست آورد.همانطوری که گفتیم در سر آزاد لوله شکم ارتعاش قرار می‌گیرد اما عملا شکم ارتعاش کمی خارج از لوله قرار می‌گیرد. این فاصله برابر $e = a.d$ می‌باشد که d قطر داخلی لوله و a ضریب ثابتی در حدود ۱/۳ است. به e تصحیح دهانه لوله می‌گویند.

روش آزمایش:

الف: برای بررسی کار جعبه همنوایی، یکی از دیاپازون‌ها را بردارید و آن را در دست گرفته و با کوبه لاستیکی آن را به ارتعاش در آورید، ملاحظه خواهید کرد که صدای ارتعاش ضعیفی از دیاپازون به

گوش می‌رسد. در حالی که دیاپازون در حال ارتعاش است آن را از روی جعبه تشدید در جای خود بگذارید. صدای دیاپازون تغییر می‌کند. علت را بیان کنید.

ب: دو دیاپازون هم فرکانس را برداشته و بر روی جعبه‌های خود قرار دهید و جعبه‌ها را از طرف بازشان به به فاصله 15cm از یکدیگر قرار دهید و با کوبه لاستیکی یکی از آن‌ها را به ارتعاش درآورید در این حال سریعا با دست شاخه‌های این دیاپازون مرتعش را بگیرید تا دیگر نوسان نکند. در این صورت ملاحظه خواهید کرد که دیاپازون هم فرکانس دوم با دامنه بسیار کم ارتعاش می‌کند بی آنکه به شاخه‌های آن ضربه‌ای وارد شده باشد. علت را بیان کنید.

پ:

۱. لوله شیشه‌ای را به وسیله پایه فلزی به طور قائم قرار دهید و لوله لاستیکی را از یک طرف به مخزن آب وصل کنید تا سطح آب در لوله تغییر کند. با پایین بردن سطح آب، ستونی از هوا در لوله بوجود می‌آید که هر چه سطح آب پایین‌تر برود طول ستون هوا بیشتر خواهد شد.

۲. دیاپازونی را مرتعش کنید و شاخه‌های آن را در سطح قائم در مقابل دهانه لوله قرار دهید. ارتفاع ستون هوا را تغییر دهید تا با دیاپازون به تشدید درآید. در این موقع صدا شددیدتر شنیده می‌شود. چون برای نخستین بار عمل رزونانس رخ داده است از این رو انتهای لوله شیشه‌ای (سطح آب) محل گره است و تنها یک شکم نیز در دهانه لوله قرار دارد طول لوله را در این هنگام L_1 را یادداشت کنید. به همین ترتیب با تکرار آزمایش و پایین آوردن سطح آب در لوله تا جایی که امکان دارد تشدید های دوم و سوم و ... را پیدا کنید. در محل تشدیدها به ازای K=1,2,3 و غیره خواهیم داشت:

$$\text{K=1} \Rightarrow \frac{\lambda}{4} = L_1 + \text{e} \qquad (3)$$

$$\text{K=2} \qquad \Rightarrow 3\frac{\lambda}{4} = L_2 + \text{e} \qquad (4)$$

$$\text{K=3} \qquad \Rightarrow 5\frac{\lambda}{4} = L_3 + \text{e} \qquad (5)$$

در هر تشدید مقدار L_K را یادداشت کنید و با حذف e در معادلات بالا مقدار متوسط λ را بدست آورید:

$$\lambda = \frac{L_3 + 2L_2 - 3L_1}{2} \qquad (6)$$

۳. سپس به وسیله معادله (۲) و دانستن N (فرکانس دیاپازون) سرعت انتشار صوت در هوای آزمایشگاه را بدست آورید.

۴. با سه دیاپازون با بسامدهای مختلف مراحل ۲و۳ را تکرار کنید و محاسبات لازم را مانند فوق انجام دهید و در جدول زیر یادداشت کنید.

انواع دیاپازون	N	e	t	V	L_1	L_2	L_3	λ

با استفاده از اندازه‌گیری‌های بالا مقدار V میانگین را برای سرعت صوت در هوا بدست آورید.

۵.منحنی نمایش تغییرات طول (اولیه) لوله نسبت به عکس بسامدها را رسم کنید:

$$L_1 = \frac{\lambda}{4} - \alpha = \frac{V}{4}.\frac{1}{N} - e$$

شیب خط سرعت انتشار صوت در هوا و عرض از مبدا تصحیح انتهای لوله صوتی است.

۵.با حذف λ در رابطه (۳) و (۴) تصحیح انتهای لوله را بدست آورید:

$$e = \frac{L_2 - 3L_1}{2}$$

۷.به طور کلی چنان چه شعاع لوله صوتی γ باشد می‌توان مقدار تصحیح را γ ۰/۵۸=e در نظر گرفت البته مقدار e به طول موج صوت نیز تا اندازه‌ای بستگی دارد. این مقدار را با مقدار بدست آمده از آزمایش مقایسه کنید.

۸. می‌دانید که سرعت صوت با افزایش دما زیاد می‌شود. شما می‌توانید سرعت صوت را بـا اسـتفاده از فرمول نظری زیر محاسبه کرده و با مقداری که از آزمایش بدست آمده مقایسه کنید و درصد اختلاف Vth را با V میانگین بدست آورید.

$$V_{th} = V_0\sqrt{1+\alpha t} \qquad (7)$$

در این فرمول V_0 سرعت صوت در دمای صفر درجه سانتیگراد و برابر ۳۳۱m/s است و t دمای محـیط آزمایشگاه و $\alpha = \frac{۱}{۲۷۳}\,{}^{1}\!/_{C}$ و V سرعت صوت در دمای t درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

پرسش:

۱. چگونه می‌توان بسامد نا معلوم یک دیاپازون را بدست آورد؟

۲. هنگامی که کوزه‌ای را پر از آب می‌کنیم ریزش آب درون آن ایجاد صداهای گوناگونی می‌کند. چرا؟

۳. کوچکترین بسامدی که می‌توان در لوله آزمایشگاهی تشدید به وجود آورد چقدر است؟

۴. یک گروه رژه نظامی در هنگام عبور از روی پل‌ها به صورت بسیار نامنظم و بدون رژه گذر می‌کنند علت را بیان کنید.

آزمایش۷: بررسی امواج ساکن در ریسمان به کمک استروبوسکوپ

هدف آزمایش:

بررسی ارتعاش‌های عرضی و تعیین بسامد وسعت ارتعاشات

ملاحظات نظری:

حرکت‌های ارتعاشی پس از برخورد به مانع بازتابیده می‌شوند و امواج رفت و برگشت در اثر تداخل، موجی به نام موج ساکن به وجود می‌آورند. بعضی از نقاط مسیر، کاملا ثابتند و گره نامیده می‌شوند و برخی نقاط که دارای ماکزیمم ارتعاشند، شکم نامیده می‌شوند.

همانطور که می‌دانیم اگر مانع سخت باشد انتهای مسیر ثابت می‌ماند و در حقیقت موج با تغییرات علامت باز تابیده می‌شود. بدین ترتیب در طرفین گره و در وسط آنها شکم تشکیل می‌گردد. فرکانس تاری که در اثر ارتعاشات عرضی نوسان می‌کند از رابطه زیر بدست می‌آید:

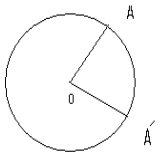
$$f = \frac{k}{2L}\sqrt{\frac{F}{P}} \Rightarrow f = \frac{1}{\lambda}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

در این رابطه f (سیکل بر ثانیه)فرکانس سیم، F (دین) نیروی کشش، L(cm) طول سیم و P جرم واحد طول تار (گرم بر سانتی متر)و در این رابطه $F = mg$.

استروبوسکوپ چیست؟

برای آشنایی با طرز کار استروبوسکوپ یا بستاب، قرصی را فرض می‌کنیم که با فرکانس N دور در ثانیه بچرخد و بوسیله یک چشمه نورانی متناوبا با فرکانس N' روشن و خاموش شود اگر $N > N'$ باشد و هنگام اولین روشنایی یک علامت معین روی قرص در A دیده شود شکل (۱) روشنایی بعدی در A' ملاحظه خواهد شد. در این صورت می‌توان گفت که قرص به اندازه یک به اضافه $\widehat{AOA'}$ را طی

کـرده در حـالی کـه بـه نظـر مـی‌رسـد در ایـن مـدت فقـط زاویـه $\widehat{AOA'}$را پیمـوده اسـت.



شکل(۱)

اگر تناوب یا فرکانس لامپ طوری تنظیم شود که علامت مشخصه با اثر نور لامپ همواره در نقطـه A دیده شود فرکانس دوران صفحه مساوی یا مضرب صحیحی از فرکانس منبع نور لامپ خواهد بـود. از استروبوسکوپ، برای تعیین ارتعاشات دیاپازون، رشته‌های مرتعش، تعداد دور اجسام دوار نظیر پروانـه، میل لنگ، بادبزن برقی، مشخص کردن حرکت امواج در سطح آب و غیره استفاده می‌شود.

شرح دستگاه استروبوسکوپ:

در استروبوسکوپ یک لامپ که متناوبا و با فرکانس‌های مختلف روشن و خاموش می‌شود مقابل سـیم مرتعش قرار دارد و وسیله اساسی مقایسه زمان‌های نوسان و یا تعیین فرکانس جسم مرتعش می‌باشد. کلید دارای دو حالت داخلی و خارجی می‌باشد که در مورد این آزمایش کلید همیشه باید در وضعیت داخلی باشد.

در این آزمایش باید استروبوسکوپ را در پشت سیم مرتعش قرار داده در حالی فرکـانس مرتبـا کـم و زیاد می‌کنیم از مقابل سیم به لامپ نوسان کننده نگاه می‌کنیم و همین که سیم مرتعش ثابت به نظر برسد فرکانس لامپ سیم مساوی یا مضرب صـحیحی از آن خواهـد بـود. بنـابراین بـرای یـک حالـت ارتعاش سیم ممکـن اسـت چنـد جـواب بدسـت آیـد و بـرای اجتنـاب کـار بایـد تغییـرات فرکـانس استروبوسکوپ را از حداکثر شروع کنیم.

روش آزمایش:

۱. دستگاه ارتعاشگر تیغه‌ای است آهنی که از یک طرف ثابت است و روی بوبینی قرار دارد. به دو سر سیم پیچ بوبین، جریان متناوبی در حدود ۶ ولت وصل کنید. سرآزاد تیغه در هر آلترنانس یک مرتبه جذب و دفع می‌شود و ارتعاشایی در نخ متصل به آن بوجود می‌آید.

۲. نخ را از روی قرقره ثابتی بگذرانید و به انتهای آن وزنه‌ای آویزان کنید وزنه باید به گونه‌ای باشد تا هشت شکم در وسط نخ ایجاد گردد و دامنه ارتعاش به حداکثر مقدار ممکن برسد، در این صورت طول نخ از قرقره تا تیغه مرتعش برابر $4\lambda_1$ می‌باشد. از اینجا با اندازه‌گیری طول نخ λ_1 را بدست آورید.

۳. در همین حال بستاب را روشن کرده و فرکانس لامپ را مرتبا تغییر دهید (از فرکانس حداکثر شروع کنید). در ابتدای تغییرات فرکانس، سیم در مقابل لامپ دو تا دیده می‌شود. ولی به ازای یک فرکانس معین، ثابت به نظر خواهد رسید. در این حالت فرکانس استروبوسکوپ را بخوانید. این فرکانس همانگونه که شرح داده شد فرکانس تار مرتعش می‌باشد.

۴. از مقادیری که در بالا بدست آورده‌اید و از رابطه $f = \frac{1}{\lambda}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$ مقدار μ را بدست آورید.

۵. حال نیروی کشش F را تغییر دهید تا در طول نخ ۱و۲و...و۷ شکم تشکیل گردد و سپس مقادیر λ_1 تا λ_7 را بدست آورید و به ازای آنها مقادیر μ را حساب کنید.

۶. در رابطه $f^2\lambda^2\mu = F$ با فرض اینکه μ و f^2 ثابت باشندنمودار تغییرات F نسبت به λ^2 را رسم کنید و شیب آن را بدست بیاورید.

۷. با بدست آوردن شیب و در داشتن μ فرکانس ارتعاشات را بدست آورید و با مقداری که از روی استروبوسکوپ خوانده‌اید مقایسه کنید.

۸. سرعت انتشار موج در تار را محاسبه کنید.

پرسش:

۱. چرا هنگام کار با استروبوسکوپ برای اندازه‌گیری فرکانس سیم مرتعش باید از بالاترین فرکانس آغاز کرد؟

۲. در این آزمایش آیا موجی که در نخ ایجاد می‌شود با موجی که در فنر ایجاد می‌گردد هم نوع‌اند؟ شرح دهید.

۳. آیا فرکانس ارتعاشات نخ با فرکانس نوسانات فنر برابر است؟ چرا؟

آزمایش۸ : اندازه گیری ضریب اتمیسیته گازها

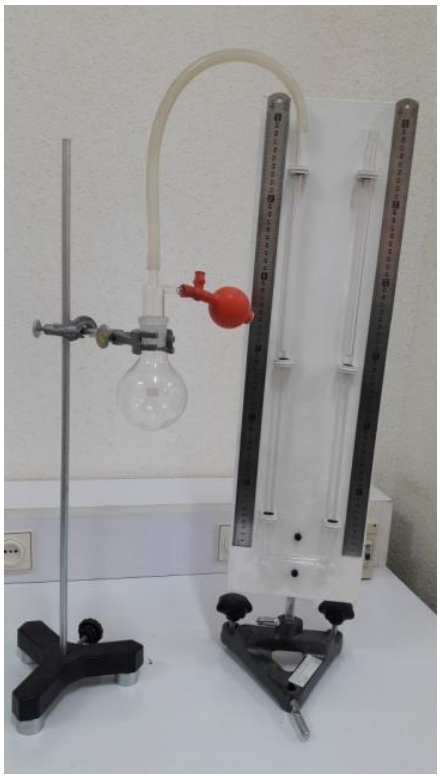
هدف: اندازه گیری ضریب اتمیسیته گازها (γ)

ملاحظات نظری: اتمیسیته خارج قسمت گرمای ویژه یک گاز در فشار ثابت بر گرمای ویژه آن در حجم ثابت ضریب اتمیسیته یک گاز نام دارد.

$$\gamma = \frac{C_P}{C_v}$$

مقدار عددی γ برای گازهای یک اتمی برابر ۱/۶۷ و برای گازهای دو اتمی ۱/۴۰ است ولی برای گازهای چند اتمی اندازه γ تابع قاعده خاص و ساده ای نیست.

تحول آدیاباتیک (بی دررو) : هر تحولی که در آن سیستم مورد مطالعه با محیط خارج تبادل گرمایی نداشته باشد تحول آدیاباتیک یا بی درو نام دارد.



شکل ۱

مجموعه ای مانند شکل را در نظر بگیرید. همانطور که در شکل می بینیم یک دهانه سه راهی به یک فشار سنج مایعی متصل است. در داخل لوله فشار سنج، مایعی با چگالی کم مثلا آب یا الکل قرار دارد. در داخل ظرف هوایی خشک با فشار معمولی وجود دارد. و در نتیجه سطح مایع در دو لوله یکی است. بوسیله یک لوله و یک تلمبه تراکم مقداری هوای متراکم به درون ظرف وارد می کنیم. در نتیجه مایع در یک شاخه فشارسنج که به ظرف متصل است پایین آمده و در لوله دیگری بالا می رود. اگر فشار هوا P_0 و اختلاف ارتفاع مایع در دو شاخه h_1 فرض شود فشار هوای داخل ظرف $P = P_0 + h_1$ خواهد بود. شیر را بطور ناگهانی باز می کنیم تا هوای متراکم داخل ظرف خارج شود و بلافاصله می بندیم چون این تحول خیلی سریع انجام می شود تبادل گرما بین هوای داخل و خارج ظرف ناچیز خواهد بود (تحول آدیاباتیک)، در نتیجه مایع در دو لوله همسطح می شود. ولی پس از مدتی هوای داخل ظرف که در اثر تحول آدیاباتیک سرد شده در اثر مبادله گرما با محیط خود گرم و به دمای محیط برسد در نتیجه دوباره اختلاف ارتفاعی در دو لوله فشار سنج بوجود می آید. این اختلاف ارتفاع را h_2 می نامند.

اگر حجم اولیه هوا V_1 و حجم ظرف V_2 باشد. فشار گاز در این دو مرحله را با P_1, P_2 نشان می دهیم در نتیجه :

$$P_1 V_1^{\gamma} = P V_2^{\gamma} \Rightarrow \frac{P_1}{P} = (\frac{V_2}{V_1})^{\gamma} \qquad (۱)$$

طبق قانون بویل ماریوت داریم:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1} \qquad (۲)$$

از مقایسه رابطه (۱) و (۲) داریم:

$$\frac{P_1}{P} = (\frac{P_1}{P_2})^{\gamma} \qquad (۳)$$

از طرفین رابطه $\ln$ می گیریم:

$$\ln P_1 - \ln P = \gamma(\ln P_1 - \ln P_2) \Rightarrow \gamma = \frac{\ln P_1 - \ln P}{\ln P_1 - \ln P_2}$$

وقتی اختلاف فشار کم باشد می توان نوشت:

$$P_1 = P + h_1, P_2 = P + h_2$$

اگر بجای P_1, P_2 مقادیرشان را در رابطه (۳) قرار دهیم خواهیم داشت:

$$\frac{P+h_1}{P} = (\frac{P+h_1}{P+h_2})^{\gamma} \Rightarrow 1+\frac{h_1}{P} = (\frac{1+\frac{h_1}{P}}{1+\frac{h_2}{P}})^{\gamma} \Rightarrow (1+\frac{h_1}{P})(1+\frac{h_2}{P})^{\gamma} = (1+\frac{h_1}{P})^{\gamma} \Rightarrow$$

$$(1+\frac{h_2}{P})^{\gamma} = (1+\frac{h_1}{P})^{\gamma}(1+\frac{h_1}{P})^{-1} \Rightarrow (1+\frac{h_2}{P})^{\gamma} = (1+\frac{h_1}{P})^{\gamma-1}$$

با بسط دادن طرفین رابطه داریم:

$$1+(\gamma-1)\frac{h_1}{P}+\ldots = 1+\gamma\frac{h_2}{P}+\ldots$$

از درجه های بالای و صرفنظر می کنیم. لذا:

$$1+(\gamma-1)\frac{h_1}{P} = 1+\gamma\frac{h_2}{P}$$

در نتیجه:

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \qquad (۴)$$

روش آزمایش:

- مجموعه ای مانند شکل ۱ سوار می کنیم.
- ابتدا شیر S را باز می کنیم.
- بوسیله تلمبه پلاستیکی هوا می دمیم و اختلاف ارتفاع در لوله U شکل را مشاهده می کنیم. (باید توجه کرد که ارتفاع الکل یا مایع داخل لوله U شکل کمتر از ۲۰ سانتیمتر نباشد.)

- بعد از دمیدن و بوجود آوردن اختلاف، شیر S را می بندیم و منتظر می شویم تا ارتفاع مایع درون لوله U شکل ثابت شود.
- ارتفاعی از مایع یا الکل که در لوله سمت چپ نسبت به وضعیت اولیه بالا رفته است را برابر h_1 می گیریم.
- سپس شیر S را باز می کنیم تا حدی که مایع در داخل لوله U شکل برابر شود و فورا (بعد از اینکه ارتفاع مایع در لوله برابر شد) شیر را می بندیم و ارتفاع بوجود آمده را پس از ثابت شدن آن می خوانیم و مقدار آن را برابر h_2 قرار می دهیم.
- این مراحل را ۱۰ مرتبه انجام می دهیم.
- طبق فرمول شماره (۴) مقدار ضریب اتمیسیته را در هر مرحله بدست می آوریم.
- نمودار h_1 را برحسب $h_1 - h_2$ رسم می کنیم.
- شیب نمودار برابر است با :

$$\tan\theta = \gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2}$$

ردیف	h_1	h_2	$h_1 - h_2$	γ عملی	γ تئوری	درصد خطا
۱						
۲						
۳						
۴						
۵						
۶						
۷						
۸						
۹						
۱۰						
میانگین						

آزمایش ۹ : اندازه‌گیری ضریب شکست اجسام و مایعات

هدف آزمایش:

اندازه‌گیری ضریب شکست تیغه با استفاده از میکروسکوپ

ملاحظات نظری:

یکی از نتایج شکست نور در عبور از یک محیط به محیط دیگر این است که عمق ظاهری این محیط‌ها با عمق واقعی آنها تفاوت دارد. همان طورکه در شکل ۱ نشان داده است. تصویر نقطه A واقع در درون مایع یا یک جسم شفاف در نقطه‌ای مانند A' که به سطح آن مایع جسم نزدیکتر است تشکیل می‌شود. بنابراین داریم:

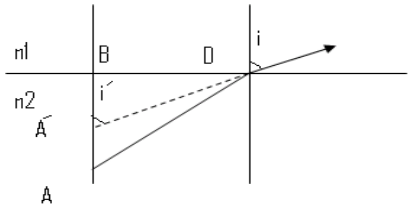
$$\tan i = \frac{BD}{A'B} \Rightarrow \frac{\sin i}{\cos i} = \frac{BD}{A'B}$$
$$\tan r = \frac{BD}{AB} \Rightarrow \frac{\sin r}{\cos r} = \frac{BD}{AB}$$
$$\Rightarrow \frac{\sin i}{\sin r} \times \frac{\cos r}{\cos i} = \frac{AB}{A'B}$$

از طرفی داریم:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{n_2}{n_1}.\frac{\cos r}{\cos i} = \frac{AB}{A'B}$$

اگر پرتو فرودی نزدیک به خط عمود باشد یعنی r و i بسیار کوچک باشند در این صورت cosi وcosr هر دو تقریبا مساوی یک بوده و در نتیجه خواهیم داشت:

$$\frac{AB}{A'B} = \frac{n_2}{n_1}$$
$$n_2 = n_1$$
$$\Rightarrow \frac{AB}{AB - AA'} = n \qquad (1)$$



روش آزمایش:

۱. روی یک صفحه کاغذ سفید علامت + بگذارید و آن را روی صفحه میکروسکوپ قرار داده و در جای خود ثابت نگه دارید. لوله میکروسکوپ را تغییر مکان دهید تا علامت به وضوح دیده شود. درجه ورنیه را در این حالت بخوانید (a).

۲. تیغه مورد نظر را روی صفحه کاغذ قرار دهید. تصویر + محو می‌شود. حال لوله میکروسکوپ را آن قدر جابجا کنید تا تصویر + مجددا به وضوح دیده می‌شود. درجه ورنیه را بخوانید (b) تفاوت در درجه خوانده شده برا بر است با: $AA' = d = a - b$

۳. بر روی سطح بالایی تیغه علامت o بگذارید و تیغه را روی کاغذ طوری قرار دهید تا علامت + و o در ابتدا خط قائم قرار گیرند. اکنون لوله میکروسکوپ را جابجا کنید تا علامت o به وضوح دیده شود. درجه ورنیه را در این حالت بخوانید. ضخامت تیغه برابر است با: AB=e=a-c

با در دست داشتن مقادیر d,e(AB, AA') می‌توان ضریب شکست تیغه را از فرمول ۱ به دست آورد. برای دستیابی به نتیجه دقیق تر آزمایش را سه مرتبه تکرار کرده و در جدول زیر یادداشت کنید.

شماره آزمایش	a	b	c
۱			
۲			
۳			

خطای مطلق و خطای نسبی n را محاسبه کنید.

پرسش:

ضخامت شیشه ته یک استکان ۱/۵cm است در استکان تا ارتفاع ۱۰ cm آب ریخته و آن را روی سکه می‌گذاریم اگر از بالای لیوان نگاه کنیم سکه چقدر نزدیکتر دیده می‌شود؟

آزمایش۱۰: بررسی آینه‌های مقعر و محدب

هدف آزمایش:

تعیین فاصله کانونی آینه‌های مقعر ومحدب

ملاحظات نظری:

آینه کروی قسمتی از کره است که سطح آن صیقلی و بازتاب دهنده نـور باشـد. اگـر سـطح خـارجی صیقلی باشد آن را آینه کوژ یا محدب و اگر سطح داخلی آن نور را بازتاب دهد آن را کاو یا مقعر مـی نامند. هر آینه دارای یک محور اصلی و بی‌نهایت محور فرعی می‌باشد. محور فرعـی خطـی اسـت کـه مرکز آینه را به سطح آینه وصل می‌کند و اگر از کانون خطی را رسم کنـیم تـا محـور فرعـی را قطـع نماید این خط را سطح کانونی گویند و به محل برخورد آن با محور فرعی کانون فرعی گویند.

شعاع آینه $\rightarrow f = \frac{R}{2} \leftarrow$ فاصله کانونی

در آینه‌های مقعر چون خود پرتوهای نورانی می‌توانند از کانون بگذرند، کانون را حقیقی می‌گویند ولی در آینه‌های محدب چون کانون در پشت آینه است و پرتوها نمی‌توانند از کانون عبور کننـد کـانون را مجازی می‌گویند.

به طورکلی قسمت جلوی آینه را ناحیه حقیقی و قسمت پشت آینه را ناحیه مجازی می‌گویند. جسـم وتصویر و کانون هر کدام در ناحیه حقیقی باشند در فرمول آینه‌ها مثبت و اگر در ناحیه مجازی باشند در فرمول منفی محسوب می‌شوند.

فرمول کلی آینه‌ها:

P فاصله جسم تا آینه، q فاصله تصویر از آینه و f فاصله کانونی آینه می‌باشد.

$$\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{p}} + \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{q}} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{f}}$$

روش آزمایش:

الف: بدست آوردن فاصله کانونی آینه مقعر

در مقابل چراغ رویتر شکاف یا طلق مدرجی قرار دهید. آینه کاو را آن قدر جابجا کنید تا تصویر آن روی صفحه جسم تشکیل شود. دقت کنید که طول تصویر برابر طول جسم باشد. چون $p = q$ است بنابراین جسم و تصویر در مرکز آینه قرار دارند. بنابراین توضیح f را بیابید. آزمایش را چند بار تکرار کنید و مقدار میانگین f را بدست آورید.

ب) بدست آوردن فاصله کانونی آینه محدب

۱. شکافی را که به شکل فلش است در مقابل چراغ رویتر بگذارید و عدسی محدبی را در مقابل آن قرار دهید به طوری که از جسم تصویر واضحی بدست آید. این تصویر را به منزله جسم مجازی فرض کنید.

۲. آینه کوژ را در نزدیکی آن و در فاصله بین عدسی محدب و صفحه تصویر قرار دهید و آن را به اندازه‌ای تغییر دهید تا تصویر حقیقی به وضوح تشکیل شود.

۳. p فاصله جسم مجازی تا آینه و q فاصله تصویر تا آینه را اندازه‌گیری کنید و f فاصله کانونی آینه کوژ را محاسبه کنید.

۴. آزمایش را چند بار تکرار کرده و هر دفعه آینه را جابجا کنید وp وq را اندازه‌گیری کنید و میانگین f را محاسبه کنید.

پرسش:

۱) دلیل استفاده از عدسی محدب را در بدست آوردن فاصله کانونی آینه محدب توضیح دهید.

۲) میدان آینه را تعریف کرده و میدان تخت را با میدان آینه کوژ و همچنین کاو مقایسه کنید.

۳) تصویر حقیقی و تصویر مجازی را در آینه مقعر با رسم شکل نشان دهید.

آزمایش ۱۱: بررسی عدسی‌ها

هدف آزمایش:

بررسی عدسی‌های محدب و مقعر و تعیین فاصله کانونی آن‌ها

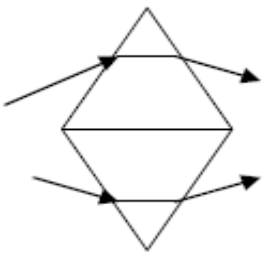
ملاحظات نظری:

عدسی‌ها محیط‌های شفافی هستند و محدود به دو دیوپترند که حداقل یکی از دیوپترها باید منحنی باشد.

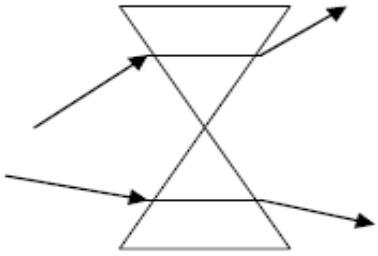
عدسی‌ها به طور کلی دو نوع هستند:

۱) عدسی‌های محدب: در حکم دو نوع منشور هستند که از طرف قاعده به یکدیگر چسبیده‌اند و چون می‌توانند نور را به طرف قاعده نزدیک کنند آنها را عدسی‌های همگرا می‌نامند.

۲) عدسی‌های مقعر: در حکم دو منشور هستند که از رأس به یکدیگر چسبیده‌اند و چون نورها را از یکدیگر دور می‌کنند آنها را عدسی‌های واگرا می‌نامند.



عدسی محدب



عدسی مقعر

شکل ۱

هر عدسی دارای یک محور اصلی است و خطی است که از وسط عدسی می‌گذرد و بر عدسی عمود است. در طرفین عدسی به فواصل مساوی دو کانون وجود دارد که عبارتند از کانون شی و کانون

تصویر و همواره در عدسی‌های محدب کانون شی در طرفی قرار دارد که از آن طرف نور به عدسی می‌تابد و همچنین در عدسی‌های مقعر کانون تصویر در طرفی قرار دارد که از آن طرف نور به عدسی بتابد.

فرمول کلی عدسی‌ها به صورت زیر است:

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$$

کانون دستگاههای نوری همگرا مثبت و کانون دستگاههای نوری واگرا منفی است.

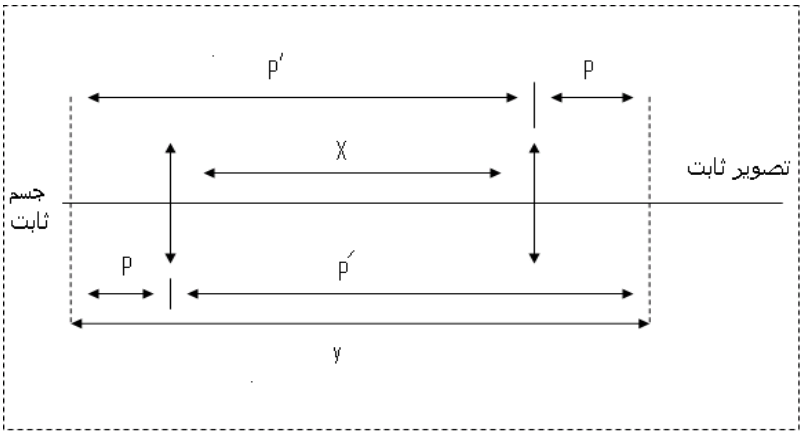
اگر جسم حقیقی باشد فاصله جسم تا عدسی (p) مثبت است. و اگر جسم مجازی باشد p منفی است.

اگر تصویر حقیقی باشد q مثبت و اگر تصویر مجازی باشد q منفی است.

روش آزمایش:

الف: پیدا کردن فاصله کانونی در عدسی‌ها به روش بسل (Bessel):

در این روش جسم و صفحه تصویر را در فاصله معین و ثابت y از هم قرار می‌دهند و با تغییر مکان عدسی در فاصله بین جسم و صفحه مات در دو مکان مختلف، تصویر جسم بر روی صفحه مات ظاهر می‌شود.



اگر یک عدسی از جسمی که به فاصله P از آن قرار گرفته است تصویری به فاصله P'بدهد بنا به خاصیت نقاط مزدوج چنانچه عدسی را جابجا کنیم تا فاصله آن از جسم P' شود، فاصله تصویر از آن P خواهد شد. در این صورت فاصله جسم و تصویر از هم در هر دو حال $P + P'$ است.

فرض می‌کنیم که عدسی از یک جسم تصویری داده و فاصله بین جسم و تصویرش y می‌باشد. برای ظاهر شدن اثر خاصیت نقاط مزدوج باید عدسی را به اندازه x جابجا کنیم. در این صورت داریم:

$$\frac{1}{P} + \frac{1}{P'} = \frac{1}{f} (1)$$

$$P + P' = y (2)$$

$$P' - P = x (3)$$

از جمع بین دو رابطه (۲) و (۳) داریم:

$$2P = y - x$$

از تفریق این روابط نتیجه می‌شود:

$$\frac{1}{P} = \frac{2}{\mathrm{y} - \mathrm{x}} \quad , \quad \frac{1}{P'} = \frac{2}{\mathrm{y} + \mathrm{x}}$$

در معادله (۱) جایگزین می‌کنیم:

$$\frac{2}{y - x} + \frac{2}{y + x} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{y^2 - x^2}{4y}$$

ب : بدست آوردن فاصله کانونی عدسی واگرا (مقعر)

۱. شی با پیکان را جلو چراغ رویتر قرار دهید و در مقابل آن یک پرده و بین پرده و چراغ، عدسی همگرایی بگذارید.

۲. پرده را آنقدر جابجا کنیم تا تصویر جسم به طور واضح روی پرده دیده شود.

۳. با اندازه‌گیری فاصله جسم تا عدسی و فاصله تصویر تا عدسی، فاصله کانونی عدسی همگرا از رابطه زیر بدست آورید.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

۴. سپس جسم را در فاصله معین دیگری قرار دهید و مجددا محل تصویر را بیابید و فاصله کـانونی را در این حالت نیز بدست آورید. و میانگین f را بیابید.

۵. بزرگنمایی را با اندازه‌گیری طول جسم و تصویر در دو حالت بالا محاسبه کنید.

۶. توان عدسی $C = \frac{1}{f}$ را بدست آورید.

پ: بدست آوردن فاصله کانونی عدسی همگرا (محدب) به روش بسل:

۱. برای طرح‌ریزی یک آزمایش با عدسی دانستن حدود فاصله کانونی آن ضروری است. برای این کـار تصویر واضحی از خورشید و یا از پنجره آزمایشگاه، روی یک صفحه کاغذ یا دیـوار پنجـره بـه وسـیله عدسی بدست آورید.

۲. فاصله بین عدسی و تصویر را با یک خط‌کش به طور تقریبی بدست آورید. در ایـن صـورت حـدوداً فاصله کانونی را مشخص کرده‌اید.

۳. عدسی را در جایگاه آن روی میزچه اپتیکی سوار کنید و یک صفحه سوراخ‌دار یا پیکان‌دار به عنوان جسم در مقابل چراغ رویتر قرار دهید.

۴. عدسی را طوری قرار دهید که فاصله آن از جسم کمی بیش از دو برابر فاصله کانونی (که حدودا آن را بدست آورده‌اید) باشد.

۵. تصویر واضح جسم را روی صفحه سفید (که آنرا نیز روی تخت دیدگانی سوار می‌کنیـد) بـه دسـت آورید.

۶. فاصله جسم و تصویر را اندازه بگیرید و آنرا y بنامید و این فاصله را ثابت نگه دارید.

۷. عدسی را جابجا کنید تا دوباره از جسم تصویر واضحی به دست آید. (بـدیهی اسـت کـه ابعـاد ایـن تصویر با تصویر اول تفاوت دارد) دقت لازم را برای تعیین اندازه جابجایی عدسی به عمل آورده و مقدار جابجایی عدسی (x) را با دقت یادداشت کنید.

۸. آزمایش را با انتخاب مقدار بزرگتر y تکرار کنید و x وy را اندازه بگیرید. این کار را چند بـار تکـرار کرده و نتایج را در جدول زیر ثبت کنید. مقدار متوسط فاصله کانونی (f) را با توجـه بـه میـزان خطـا برآورد کنید.

۹. توان عدسی $C = \frac{1}{f}$ (دیوپتری) را بدست آورید.

شماره آزمایش	y	x	$f = \frac{y^2 - x^2}{4y}$	Δf	f میانگین
					C میانگین

پرسش:

۱. در آزمایش ب آیا محدودیتی در فاصله جسم و تصویر y وجود دارد؟

۲. فاصله جسمی تا یک پرده ۱/۵ متر و فاصله کانونی یک محدب ۰/۵ متر می‌باشد. عدسی را در چـه فاصله‌ای از جسم قرار دهیم تا تصویر جسم را روی پرده بوضوح ببینیم؟

۳. منحنی تغییرات m (بزرگنمایی عرضی در عدسی‌ها) نسبت بـه P' (فاصـله تصـویر تـا عدسـی) بـه صورت خطی راست بدست می‌آید به کمک این منحنی از سه طریق می‌توان f را بدست آورد. این سه راه حل کدامند؟

آزمایش۱۲: منشور

هدف آزمایش:

۱ .تعیین زاویه رأس منشور

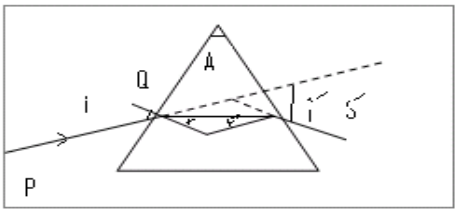
۲. تعیین می‌نیمم انحراف منشور

۳. بدست آوردن ضریب شکست منشور

ملاحظات نظری:

منشور محیطی است محدود به دو سطح تخت که با هم زاویه A می‌سازند. (شکل۱)

فرض کنید که این محیط دارای ضریب شکست n و در محیطی با ضریب شکست ۱، مثل هوا قرار گرفته است. یک پرتو تابشی مانند PQ در عبور از منشور دوباره شکسته می‌شود و هنگام خروج به اندازه زاویه δ از راستای تابش منحرف می‌شود.



همانطوری که از شکل مشخص است داریم:

$$\sin i = n \sin r \ (1)$$
$$\sin i' = n \sin r' \ (2)$$
$$r + r' = A (3)$$
$$\delta = i + i' - A \quad (4)$$

روابط (۳) و (۴) را به روش هندسی اثبات کنید.

از روابط ۱ و۲و۳ برای رسم پرتوها و از رابط ۴ برای محاسبه انحراف پرتوها استفاده می‌کنند.

یک مسیر ویژه وجود دارد که برای آن انحراف کمینه است. این مسیر از قرار دادن $\frac{d\delta}{di} = 0$ به دست می‌آید. از معادله (۴) نتیجه می‌شود:

$$\cos i di = n \cos r dr \frac{d\delta}{di} = 1 + \frac{di'}{di}$$

$$\cos i' di' = n \cos r' dr'$$

$$dr = -dr'$$

و به ازای $\frac{d\delta}{di} = 0$ خواهیم داشت:

$$\frac{di}{di} = \frac{-\cos r' \cos i}{\cos r \cos i'} \Rightarrow \frac{-\cos r' \cos i}{\cos r \cos i'} = \frac{di'}{di} = -1$$

$$\Rightarrow \cos r' \cos i = \cos r \cos i'$$

$$\frac{di'}{di} = -1 \qquad (5)$$

از طرف دیگر طبق روابط (۱) و (۲) داریم:

$$\sin i \sin r' = \sin i' \sin r \qquad (6)$$

با توجه به روابط (۵) و (۶) و همچنین با توجه به اینکه زاویه i وr و r' و i' از $\frac{\pi}{2}$ کوچکترند نتیجه می‌گیریم که:

$$i = i'$$

$$r = r'$$

در این صورت داریم (طبق معادله ۴):

$$\delta_{min} = i + i - A = 2i - A$$

$$\Rightarrow i = \frac{1}{2}(\delta_{min} + A) \qquad (7)$$

همچنین طبق معادله (۳) داریم:

$$r + r = A \Rightarrow 2r = A$$

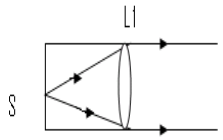
$$r = \frac{1}{2}A \qquad (8)$$

δ_{min} حداقل زاویه انحراف است. در این حالت مسیر پرتو نسبت به دو سطح منشـور متقـارن اسـت.با قرار دادن معادلات (۷) و (۸) در معادله (۱) به دست می‌آید:

$$n = \frac{\sin\frac{1}{2}(\delta_{min} + A)}{\sin(\frac{A}{2})} \qquad (9)$$

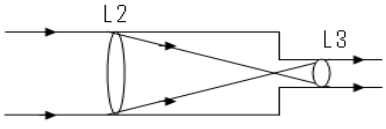
شرح دستگاه گونیومتر:

۱. کلیماتور: کلیماتور یا موازی‌ساز لوله‌ای است که در جلوی آن شکاف قابل تنظیمی قـرار گرفتـه (s) به طوری که این شکاف در سطح کانونی عدسی محدبی که در انتهای کلیماتور واقع اسـت قـرار دارد) (L_1). در نتیجه پرتوهایی که وارد شکاف می‌شوند به طور موازی از آن خارج می‌شوند. شکل (۲)



شکل ۲

۲. دوربین: دوربین از یک عدسی شیئی (L_2) و یک عدسی چشمی (L_3) تشکیل شده اسـت. دسـته پرتوهای موازی که از توری خارج شده‌اند به عدسی L_2 برخورد کرده و در سطح کـانونی F آن جمـع می‌شوند. سطح کانونی عدسی چشمی L_3( ) نیز در همان نقطه F است و در نتیجه تصویری که در F تشکیل شده است در بی‌نهایت مشاهده می‌شود. شکل (۳)



شکل ۳

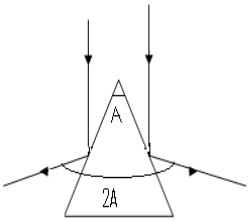
۳. صفحه مدرج: صفحه‌ای است که توری روی آن قرار می‌گیرد و به ۷۲۰ نیم درجه تقسیم شده است. با کمک ورنیه‌هایی که به کلیماتور و دوربین متصل است می‌توان زاویه‌هایی با دقت یک دقیقه را بدست آورد. در این ورنیه‌ها ۱۴/۵ درجه از درجه‌بندی اصلی را به ۳۰ قسمت، تقسیم کرده‌اند. اختلاف هر فاصله از درجه‌بندی اصلی، با هر اصلی تا نیم درجه مستقیما تعیین می‌شود. سپس از روی درجه‌بندی فاصله از درجه‌بندی ورنیه برابر یک دقیقه ($1'$) است. تطبیق صفر ورنیه روی درجه‌بندی اصلی تا نیم درجه مستقیما تعیین می‌شود. سپس از روی درجه‌بندی ورنیه، درجه‌ای را که مطابق با خط درجه‌بندی اصلی است، می‌توان تعیین کرد. در بعضی از گونیومترها، صفحه به ۳۶۰ درجه تقسیم شده است که به کمک ورنیه‌هایی که به کلیماتور و دوربین متصل است می‌توان زاویه‌هایی با دقت یک دهم ($\frac{1}{10}°$) درجه را بدست آورد.

روش آزمایش:

الف) اندازه‌گیری زاویه راس منشور:

نور لامپ معمولی را مقابل شکاف موازی‌ساز (کلیماتور) قرار دهید.

اگر قاعده منشور کوچک باشد و بتوان آن را روی میزچه به گونه‌ای قرار داد که به محور دوران میزچه نزدیک باشد، میتوان برای اندازه‌گیری زاویه راس منشور از این روش استفاده کرد. برای این منظور پرتوهای خارج شده از موازی‌ساز را مطابق شکل (۴) روی دو وجه منشور فرود آورید. سپس تصویر شکاف موازی‌ساز را پس از بازتاب از روی وجوهγ و β منشور در دوربین مشاهده کنید. در هر دو حالت دوربین را طوری قرار دهید که تصویر شکاف موازی‌ساز بر تار عمودی چشمی دوربین (تار رتیکول) منطبق شود. زاویه را در هر دو حالت از روی گونیومتر خوانده و یادداشت نمایید. تفاضل این دو زاویه برابر با 2A (دو برابر زاویه راس منشور) می‌باشد. چرا؟



شکل ۴

ب) اندازه‌گیری زاویه می‌نیمم انحراف و ضریب شکست منشور:

نور لامپ جیوه را مقابل شکاف موازی‌ساز قرار دهید و طیف آن را در دوربین پیدا کنید. فراموش نکنید که زاویه فرودی باید خیلی زیاد باشد. و همچنین انحراف پرتوها به سوی قاعده منشور باشد. شکاف موازی‌ساز را تا جای ممکن باریک کنید و یکی از خطوط طیف را در نظر بگیرید. با چرخاندن میزچه، منشور را بچرخانید. همزمان با چرخاندن منشور، خط طیف مورد نظر را توسط دوربین تعقیب کنید. به حالتی خواهید رسید که اگر به چرخش میزچه در همان جهت ادامه دهید خط طیفی می‌ایستد و سپس جهت حرکتش بر عکس می‌شود. در این وضعیت، کمینه انحراف روی می‌دهد. (هنگامی که وضعیت می‌نیمم انحراف را در دوربین جستجو می‌کنید ممکن است خط مورد نظر از میدان دید دوربین خارج شود. در این صورت دوربین را بچرخانید و این خط را دنبال کنید. در هر بار دوربین را طوری تنظیم کنید که خط طیفی بر تار رتیکول منطبق شود). در وضعیتی که انحراف روی می‌دهد زاویه را یادداشت نمائید. θ_1 . این کار را برای خطوط طیفی دیگر نیز تکرار کنید. θ_2 ،θ_3 و...). حال منشور را از روی میزچه بردارید و دوربین را مقابل موازی ساز قرار دهید. تصویر شکاف موازی‌ساز (به رنگ لامپ جیوه) را پیدا کرده و تار رتیکول را بر روی آن منطبق کنید. مجددا زاویه را یادداشت کنید.θ_0 . زاویه کمینه انحراف خطوط طیفی از روابط زیر بدست می‌آیند:

$$(\delta_1)_{min} = |\theta_0 - \theta_1|$$
$$(\delta_2)_{min} = |\theta_0 - \theta_2|$$

و الی آخر

با قرار دادن اندازه‌گیری‌های فوق در رابطه (۹) ضریب شکست منشور را برای کلیه خطوط طیف جیوه به دست آورید.

پرسش:

۱.چرا نور سفید در منشور تجزیه می‌شود؟

۲. چند نمونه از کاربردهای منشور را شرح و سیر نور را در هر یک رسم کنید.