

آزمایش اول : آشنایی با تعدادی از وسایل اندازه گیری دقیق

هدف آزمایش: اندازه گیری با کولیس، ریزسنج و انحناء سنج

کولیس

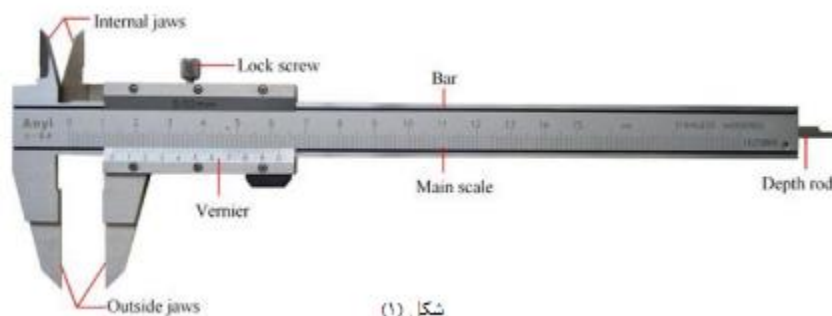
تئوری آزمایش

قطر داخلی و خارجی یک لوله را نمی توان با خط کش مدرج با دقت و به آسانی اندازه گرفت. برای اندازه گیری دقیق تر آن ها از کولیس استفاده می شود. کولیس از ترکیب یک خط کش مدرج و یک ورنیه متحرک درست شده است (شکل ۱). خط کش بر حسب میلی متر مدرج شده اما ورنیه دارای درجه بندی متفاوتی است، این تقسیم بندی به گونه ای است که اندازه تقسیمات روی ورنیه اندکی کمتر از مضرب صحیحی از یک میلی متر است. به عنوان نمونه کولیسی که تقسیمات آن هر کدام به اندازه $1/98$ میلی متر است دقتی برابر $0/02$ میلی متر دارد. و اگر اندازه تقسیمات روی ورنیه برابر $0/95$ میلی متر باشد دقتی برابر $0/05$ میلی متر خواهد داشت. دقت اندازه گیری کولیس را می توان از تقسیم کردن کوچک ترین درجه بندی خط کش بر تعداد تقسیمات ورنیه به دست آورد.

روش محاسبه دقت دستگاه:

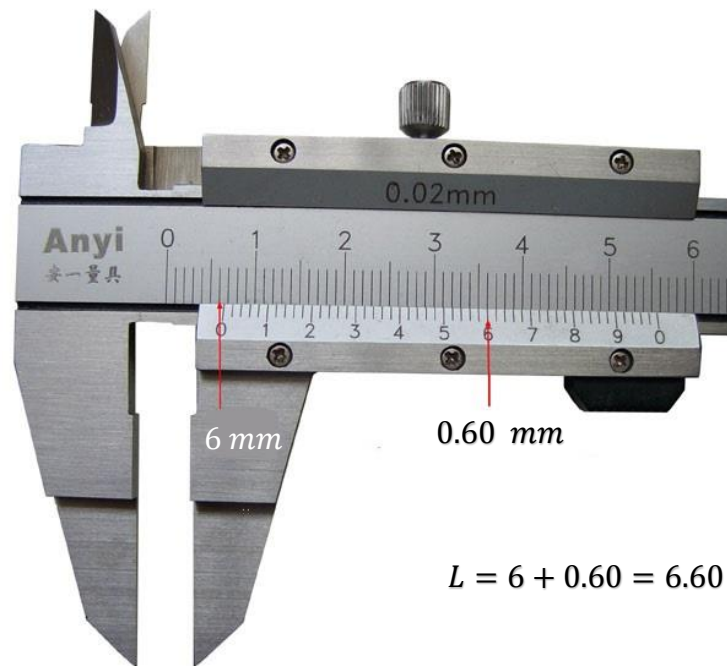
$$\text{کوچک ترین درجه خط کش} \\ \text{دقت دستگاه} = \frac{\text{تعداد تقسیمات ورنیه}}$$

برای تعیین طول یا قطر خارجی جسم، آن را در میان شاخک های بزرگ کولیس قرار می دهند به طوری که هر دو شاخک با بدنه جسم تماس داشته باشند. سپس به کمک ورنیه و خط کش اندازه طول یا قطر گلوله را تعیین می کنند. عدد 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 می خوانند.



شکل (۱)

برای خواندن کسر درجات، درجه‌ای از درجات ورنیه را پیدا می‌کنند که درست در برابر یکی از درجات خط‌کش قرار گرفته است. شکل ۲ خط‌کش مدرج یک ورنیه را نشان می‌دهد که عدد ۶/۶ میلی‌متر روی آن خوانده می‌شود.



در این جا صفر ورنیه از خط ۶ خط‌کش گذشته و عدد ۶ ورنیه بر یکی از خط‌های خط‌کش منطبق است. برای اندازه‌گیری قطر داخلی یک لوله دو شاخک بالایی را در داخل لوله فرو می‌برند و ورنیه را بر روی خط‌کش آن‌قدر جابجا می‌کنند تا دو شاخک با جدار داخلی لوله تماس پیدا کنند. کولیس را تا حدی در داخل لوله می‌چرخانند تا دو شاخک بر قطر لوله منطبق گردد. برای اندازه‌گیری عمق اجسام مثلاً عمق یک سوراخ استوانه‌ای، انتهای خط‌کش را بر لبه سوراخ می‌چسبانند و ورنیه را حرکت می‌دهند تا تیغه آن با کف سوراخ تماس پیدا کند. عمق استوانه را مانند اندازه قطر از روی خط‌کش و ورنیه می‌خوانند.

روش انجام آزمایش

دقت کولیس را که در اختیار دارید تعیین کنید. قطر داخلی و خارجی و همچنین عمق نمونه‌ی داده شده را با آن‌ها اندازه‌گیری کنید. اندازه‌گیری‌هایی فوق را با کولیس 0.1 میلی‌متر انجام دهید. چنانچه تنها خطوط مربوط به اعداد صفر تا ده ورنیه را در نظر بگیریم و فرض کنیم تقسیمات بین این اعداد وجود ندارند در اینصورت کولیس ما به کولیس با دقت 0.1 میلی‌متر تبدیل خواهد شد. از مقایسه اعداد حاصل چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ ابعاد نمونه‌هایی را که در اختیار دارید با انواع کولیس اندازه‌گیری نموده، اعداد حاصل را با هم مقایسه و نتیجه را بنویسید.

نتایج

دقت ابزار	قطر خارجی بلبرینگ	قطر داخلی بلبرینگ	قطر ساچمه کروی	وسیله اندازه گیری
				کولیس 0.05 یا 0.02
				کولیس 0.1

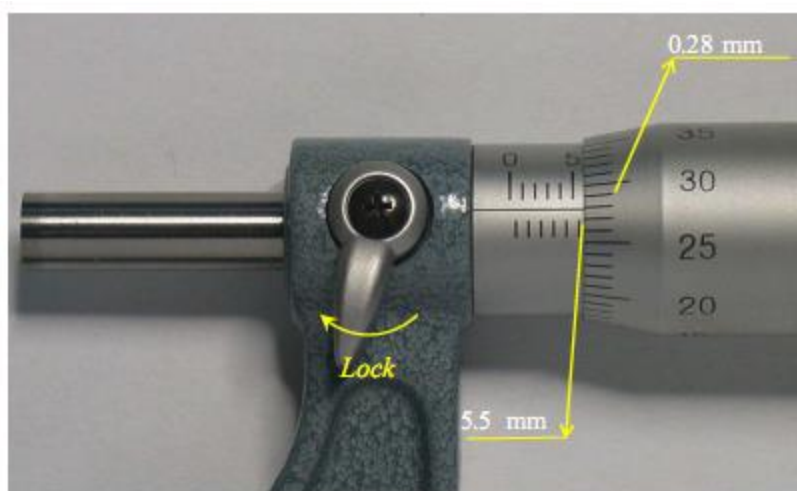
خواسته های آزمایش

خطای نسبی در اندازه گیری حجم ساچمه فولادی را به دست آورید.

ریزنسج یا میکرومتر

تئوری آزمایش

ضخامت ورقه های نازک و قطر سیم های نازک را با اسبابی به نام ریزنسج اندازه می گیرند. این اسباب از ترکیب یک پیچ و یک مهره مدرج مانند شکل ۳ ساخته شده است.



شکل (۳)

در این وسیله، مهره استوانه ای است توخالی که سطح خارجی آن مدرج شده است. این استوانه به کمانی متصل است. در انتهای دیگر کمان زائده ای وجود دارد که به آن سندان می گویند. پیچ در داخل کلاهکی قرار دارد و در داخل مهره حرکت می کند. کلاهک پیچ بر روی سطح خارجی مهره ها جابه جا می شود. در صورتی که پای پیچ ۰.۵ میلی متر باشد،

دور کلاهک به پنجاه قسمت و اگر پای پیچ ۱ میلی متر باشد، دور کلاهک پیچ به صد قسمت تقسیم می شود. به آن قسمت از پیچ که از داخل مهره خارج شده در حد فاصل سندان و لبه مقابل جابه جا می گردد، زبانه می گویند.

اگر پیچ یک دور بپیچد در نوع اول، زبانه ریز سنج نیم میلی متر و در نوع دوم یک میلی متر جابه جا می شود، بنابراین وقتی پیچ به اندازه یک درجه پیچانده شود، دهانه ریز سنج به اندازه یک صدم میلی متر باز یا بسته می شود. بنابراین با استفاده از ریز سنج دقت اندازه گیری تا یک صدم میلی متر بالا می رود. در نوع اول وقتی پیچ به اندازه یک درجه بپیچد دهانه ریز سنج به اندازه یک پنجاهم از نیم میلی متر یعنی به اندازه یک صدم میلی متر باز می شود.

توجه: فقط با پیچ هرز گرد پیچانید و با شنیدن اولین صدای تماس زبانه با سندان عمل پیچاندن را متوقف کنید.

در شکل (۳) ریز سنج فاصله موجود بین سندان و زبانه را برابر ۵,۷۸ میلی متر نشان می دهد. زیرا درجه ای که مهره می خواند ۵,۵ میلی متر و (درجات روی بدنه اصلی ۰,۵ میلی متر است) درجه ای که پیچ اندازه گیری می خواند ۰,۲۸ میلی متر است. پس در مجموع ۵,۷۸ میلی متر است. برای اندازه گیری، جسم مورد نظر را بین زبانه و سندان قرار می دهند. پیچ کلاهک را آن قدر می چرخانند تا جسم با زبانه و سندان تماس پیدا کند. برای چرخاندن کلاهک، پیچ هرز گرد را می پیچانند. پس از تماس زبانه با جسم، پیچ هرز گرد صدا می کند. با شنیدن اولین صدای تق، عمل پیچاندن را متوقف می کنند. در غیر این صورت از حساسیت اسباب کاسته می شود. درجات میلی متر (و نیم میلی متر) را روی مهره و درجات صدم میلی متر را از روی کلاهک پیچ می خوانند. درجه ای که از کلاهک پیچ خوانده می شود آن درجه ای است که در امتداد خط افقی مهره قرار دارد.

روش انجام آزمایش

با استفاده از ریز سنجی که در اختیار دارید قطر یک گلوله آهنی و ضخامت یک برگ کاغذ و قطر یک مو را اندازه گیری نمایید. قطر گلوله آهنی مذکور را با کولیس نیز اندازه گیری کنید. اعداد حاصل از اندازه گیری با هر دو وسیله فوق را با همدیگر مقایسه کرده و نتیجه را با توجه به ارقام معنی دار بنویسید.

نتایج

نتایج خود را در جدول یادداشت نمایید.

اختلاف اندازه گیری ها	جمع دقت دستگاهها	دقت ریز سنج	دقت کولیس	ریز سنج	کولیس	
						قطر ساچمه
						ضخامت بلبرینگ
خطای اندازه گیری =			ضخامت برگ کاغذ			
خطای اندازه گیری =			قطر یک مو			

جمع دقت ها و اختلاف دو اندازه گیری را برای هر مورد مقایسه کنید. اگر رابطه زیر برقرار باشد اندازه گیری ها درست انجام شده اند.

$$\text{جمع دقت ها} \leq \text{اختلاف اندازه گیری ها}$$

خواسته های آزمایش

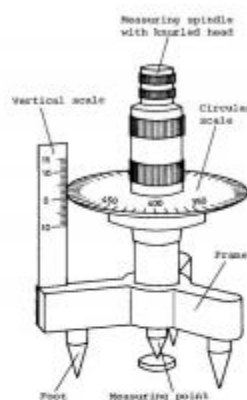
انحناء سنج یا اسفرومتر

تئوری آزمایش

گوی سنج شکل (۴) از بدنه ای دارای سه پایه نوک تیز فلزی ثابت مرکزی عمود متصل به آن تشکیل شده است. و این سه پایه یک مثلث متساوی الاضلاع را می سازد. در مرکز سه پایه یک پیچ میکرومتری با پای نوک دار فلزی قابل تنظیم (در جهت قائم) وجود دارد. پیچ میکرومتری از یک صفحه دایره ای مدرج تشکیل شده است. این پای نوک دار قابل تنظیم به طور دقیق تا حدود یک میکرومتر در جهت قائم جابه جا می گردد. هنگامی که پیچ میکرومتری ۰,۵ میلیمتر در جهت عمودی جابه جا گردد، صفحه ای که به ۵۰۰ بخش یکسان تقسیم شده است یک دور کامل خواهد چرخید. میلیمترها و نیم میلیمترها از روی خط کش عمودی و میکرومترها از روی صفحه دایره ای خوانده می شوند. هر خط روی مقیاس دایره ای برابر با تغییر ارتفاع ۰,۰۰۲ میلیمتر است، بنابراین از آنجا که هر خط هم ارز دو درجه می باشد می توان

نتیجه گرفت که هر درجه صفحه برابر ۰,۰۰۱ میلیمتر خواهد بود. مقداری که خوانده می شود منطبق با ارتفاع h یعنی حد فاصل نوک پای متحرک تا سطحی مستوی که توسط سه پای نوک دار به وجود می آید، می باشد. برای محاسبه شعاع انحنا R یک سطح خمیده، گوی سنج روی سطح قرار می گیرد. به طوری که هم زمان پاهای نوک دار و نوک متحرک با سطح تماس پیدا کنند. اگر فاصله بین هر دو پای ثابت را d بنامیم شعاع انحنا R با استفاده از معادله زیر و مقدار اندازه گیری شده h به دست می آید:

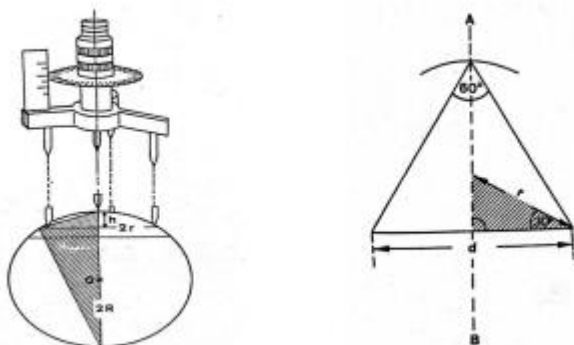
$$R = \frac{d^2}{6h} + \frac{h}{2}$$



شکل (۴)

در شکل ۴: ۱=مقیاس عمودی ۲=پیچ قابل تنظیم ۳=دیسک دایره ای با مقیاس ۴=سه پایه ۵=پای نوک دار ۶=پای نوک دار قابل تنظیم

این معادله با استفاده از تشابه دو مثلث قائم الزاویه که در شکل (۵) هاشورزده شده از دو رابطه بین شعاع r (شعاع دایره ای که به وسیله پاهای ثابت گوی سنج به وجود می آید) و d (فاصله بین دو پای ثابت) به دست می آید. هم چنان که در شکل (۶) داریم می توان نوشت:



$$r \cos 30 = \frac{d}{2} \quad \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

بنابراین:

$$r = \frac{d}{\sqrt{3}} \quad d = 50 \text{ mm}$$

از تشابه دو مثلث:

$$\frac{2R - h}{r} = \frac{r}{h} \rightarrow R = \frac{d^2}{6h} + \frac{h}{2}$$

روش انجام آزمایش

محاسبه شعاع انحنای یک سطح کروی

جسم مورد نظر (شیشه ساعت) را روی سطح صاف میز به طوری که سطح گوژ آن به سمت بالا باشد قرار دهید. پیچ میکرومتری گوی سنج را بچرخانید. به طوری که پای متحرک آن گوی سنج که روی سطح شیشه قرار می گیرد با سطح آن تماس نداشته باشد. حال پیچ میکرومتری را به سمت پایین بپیچانید. به طوری که پای متحرک آن هم اکنون روی سطح شیشه ساعت تماس حاصل نماید. مقدار h را بخوانید. این اندازه گیری را ده مرتبه تکرار کنید. آنگاه شعاع انحناء سطح یعنی R را محاسبه کنید.

توجه: رابطه ای که برای انحناء سنج های جدید داریم به شکل زیر است.

$$R = \frac{r^2}{2h} + \frac{h}{2} \quad r = 22.5 \text{ mm}$$

r : شعاع دایره ای که روی سطح می نشیند h : مقدار جابجایی زبانه متحرک نسبت به حالت صفر (حالتی که زبانه روی سطح تخت قرار دارد)

نتایج

h mm										
R mm										
$R_{ave} =$			$\delta R_{ave} = \sigma_{\bar{R}} =$							

خواسته های آزمایش

- خطای استاندارد را برای شعاع بدست آورید. $\sigma_{\bar{R}}$
- برای یکی از شعاع های بدست آمده خطای دیفرانسیلی را حساب کنید. dR
- خطای نسبی در اندازه گیری شعاع میانگین را محاسبه کنید.

ترازوی یک کفه سه اهرمی

تئوری آزمایش

تنظیم نقطه صفر ترازو

برای کار با ترازو ابتدا نقطه صفر دستگاه را بررسی می کنیم. برای این کار بدون اینکه جسمی را روی کفه ترازو بگذاریم وزنه های روی اهرم های ترازو را در انتها الیه سمت چپ اهرم ها قرار می دهیم. چنانچه شاخص انتهایی اهرم درست روبروی خط صفر قرار گیرد، نقطه صفر درست تنظیم شده است در غیر این صورت باید پیچ تنظیم زیر کفه ترازو را در جهت مناسب بچرخانیم تا شاخص انتهایی اهرم درست مقابل خط سفید قرار گیرد. اکنون ترازو برای انجام کار آماده است.

روش کار با ترازو

ابتدا جسم مورد نظر را بر روی کفه ترازو قرار می دهیم. سپس وزنه های روی اهرم های ترازو را طوری جابه جا می کنیم که شاخص ترازو روبروی خط صفر قرار گیرد. وزنه قرار گرفته روی اهرم وسط که از بقیه بزرگتر است گام های صد گرمی دارد. گام های اهرم پشتی هر کدام ۱۰ گرم هستند و توسط وزنه روی اهرم جلویی می توانیم تا دقت یک گرم را اندازه بگیریم. برای مثال اگر جسمی بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ گرم باشد ابتدا وزنه بزرگتر را بر روی شیار مربوط به ۳۰۰ گرم قرار می دهیم. اگر جرم جسم بین ۳۴۰ تا ۳۵۰ گرم باشد وزنه روی اهرم عقبی را روی شیار ۴۰ گرم قرار می دهیم. بعد با جابه جایی وزنه کوچک روی اهرم جلویی ترازو، میزان گرم و دهم گرم را نیز تعیین می کنیم تا شاخص اهرم ترازو روبروی خط صفر قرار گیرد. حتما دقت کنید تا وزن ها دقیقاً بر روی شیارها قرار گرفته باشند. در صورتی که جرم جسم بیشتر از ظرفیت ترازو باشد با آویزان کردن وزنه های مخصوص در زائده انتهایی اهرم ها می توانید ظرفیت ترازو را افزایش دهید. یک وزنه ۱۴۷/۵ گرمی زمانی که در انتهای اهرم آویزان می شود معادل ۵۰۰ گرم به اعداد خوانده شده از روی ترازو اضافه می کند یعنی اگر عددی که ترازو نشان می دهد ۴۷۱/۸ باشد و تنها یک وزنه ۱۴۷/۵ گرمی به انتهای اهرم

آویزان شده باشد، جرم جسم برابر خواهد بود با $971/8$ گرم و اگر دو وزنه آویخته شده باشد جرم جسم برابر خواهد بود با $1471/8$ گرم.



روش انجام آزمایش

جرم ساچمه را بوسیله ترازو اندازه بگیرید. برای این کار چون گلوله کروی است و ثابت کردن آن روی کفه ترازو شما را با مشکل مواجه خواهد کرد ابتداء بلبرینگ را روی کفه قرار داده جرم آن را اندازه بگیرید و سپس ساچمه را روی بلبرینگ قرار دهید و جرم مجموع دو جسم را حساب کنید. از این طریق می توانید جرم ساچمه را بدست آورید.

نتایج

m_B جرم بلبرینگ، M جرم ترکیب دو جسم و m_S جرم ساچمه فولادی است.

$$m_B = \quad M = \quad m_S = M - m_B =$$

خواسته های آزمایش

- با توجه به در دست داشتن اندازه شعاع ساچمه که با ریزسنج اندازه گیری کردید. چگالی ساچمه ρ را محاسبه کنید.
- خطای مطلق و نسبی اندازه گیری جرم حجمی ساچمه را بدست آورید.