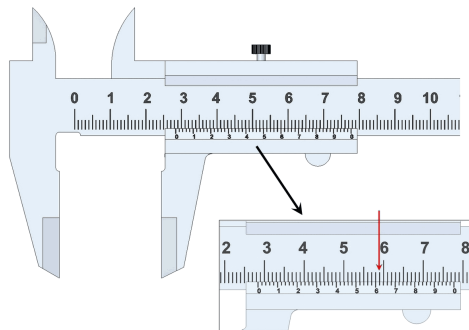


## آزمایش 2: آشنایی با وسایل اندازه گیری

**کولیس:** برای اندازه گیری قطر یک گلوله یا قطر داخلی و خارجی یک لوله و نیز عمق جسمی همانند یک استوانه تو خالی را که نمی توان با دقت و به آسانی با یک خط کش مدرج اندازه گرفت با «کولیس» اندازه می گیرند. این وسیله اندازه گیری از یک خط کش اصلی و یک خط کش فرعی متحرک به نام ورنیه درست شده است (شکل زیر). در روی ورنیه یک طول 9 میلیمتر (یا 49 میلیمتر) به 10 قسمت (یا 50 قسمت) مساوی تقسیم شده است بنابراین هر درجه ورنیه به اندازه  $\frac{1}{10}$  میلیمتر (یا  $\frac{1}{50}$  میلیمتر) از هر درجه روی خط کش اصلی کوچکتر است. این مقدار همان دقت کولیس می باشد (یعنی کمترین فاصله ممکن که می تواند اندازه گیری کند). پس اگر ورنیه را به اندازه ای جا به جا کنیم که اولین خط ورنیه بر اولین خط خط کش ثابت منطبق شود، گیره متحرک از گیره ثابت به اندازه  $\frac{1}{10}$  میلیمتر (یا  $\frac{1}{50}$  میلیمتر) فاصله گرفته است. یعنی دهانه کولیس به همین اندازه باز شده است. در حالت کلی اگر  $n$  امین خط خط کش ورنیه بر یکی از خطوط خط کش ثابت

منطبق شود عددی که از روی ورنیه می خوانیم بدین طریق بدست می آید: (دقت کولیس)  $\times n$   
حال اگر در یک اندازه گیری توسط کولیس، صفر ورنیه ما بین  $Z$  میلیمتر و  $(Z+1)$  میلیمتر خط کش ثابت واقع شود و  $n$  امین خط ورنیه بر یکی از خطوط خط کش ثابت منطبق گردد، عدد نهایی که از روی کولیس خوانده می شود از رابطه زیر به دست می آید: (دقت کولیس)  $\times n + Z$

لازم به ذکر است که در حالت کلی، دقت هر نوع کولیس را می توان از رابطه  $\epsilon = E - \frac{m}{n}$  به دست آورد. در این رابطه،  $m$  طول خط کش ورنیه (یعنی فاصله مابین صفر ورنیه از آخرین خط ورنیه) می باشد که به  $n$  قسمت مساوی تقسیم شده است و  $E$  نزدیکترین عدد صحیح به کسر  $\frac{m}{n}$  می باشد.



## شرح آزمایش

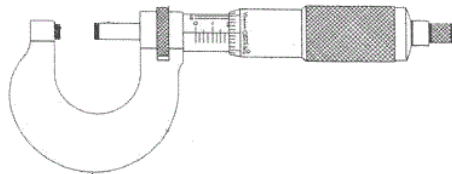
با استفاده از مطالب فوق، دقت کولیس هایی را که در اختیار دارید به دست آورید. و نتیجه را با عددی که به عنوان دقت کولیس بر روی آن نوشته شده مقایسه نمایید.

در موقع اندازه گیری با کولیس، پیچ ورنیه را شل نموده و انگشت شصت دست راست را به قسمت عاج ورنیه فشار دهید تا دو شاخک کولیس از هم جدا شود. جسم را مابین دو شاخک قرار دهید و به قسمت عاج ورنیه تا آنجایی که دو شاخک کولیس به جسم بچسبد و جسم به راحتی بین این دو شاخک بلغزد، فشار بیاورید. در همین حال پیچ ورنیه را محکم کنید. و عددی را که از روی کولیس می خوانید یادداشت کنید. با این کار، به عنوان مثال می توانید قطر خارجی یک جسم استوانه ای شکل یا ارتفاع آن، قطر یک گلوله کروی یا ضخامت یک شیشه تخت را تعیین کنید. با دو شاخک دیگر کولیس نیز می توانید قطر داخلی یک استوانه را اندازه بگیرید. با میله ای که پشت خط کش اصلی بوده و متصل به ورنیه می باشد می توانید عمق داخلی استوانه را اندازه بگیرید. بدین صورت که باید نوک این میله بر ته استوانه و انتهای خط کش اصلی بر لبه استوانه بچسبد. با استفاده از این اعداد می توانید حجم کل استوانه (یعنی موقعی که استوانه را توپر فرض کرده باشیم) را از رابطه  $V = \pi R^2 h$  (که  $R = \frac{d}{2}$  شعاع خارجی استوانه و  $h$  ارتفاع استوانه است) به دست آورید. خطای نسبی این محاسبه را مشخص کنید. همچنین حجم قسمت داخلی استوانه را از رابطه  $V = \pi R'^2 h'$  (که  $R' = \frac{d'}{2}$  شعاع داخلی استوانه و  $h'$  عمق داخلی استوانه است) می توانید به دست آورید. اگر این دو عدد را از هم کم کنید حجم پوسته استوانه ای شکل را به دست آورده اید. با کم کردن اندازه عمق استوانه از اندازه ارتفاع استوانه ضخامت ته استوانه را از رابطه  $b = h - h'$  به دست آورید. ضخامت قسمت جانبی استوانه را نیز از رابطه زیر به دست آورید:

(قطر داخلی استوانه) - (قطر خارجی استوانه) = ضخامت قسمت جانبی استوانه

**ریزنسج (میکرومتر):** وسیله ایست که برای اندازه گیری ضخامت و قطر خارجی اجسام کوچک به کار می رود (شکل زیر).

برای اندازه گیری با این وسیله، جسم را بین دو زبانه این وسیله قرار دهید و سپس پیچ روی بدنه را بپیچانید. عدد صحیح را از روی خط کش ثابت و عدد اعشاری را از روی درجه بندی متحرک بخوانید و سپس باهم جمع کنید.



اگر  $Z$  میلیمتر عددی باشد که از روی خط کش اصلی خوانده می شود و  $n$  نیز درجه ای از پیچ مدرج متحرک باشد که جلوی خط افقی خط کش ثابت قرار گرفته است، در این صورت مقدار فاصله اندازه گیری شده که از روی ریز سنج خوانده می شود از رابطه ی زیر بدست می آید:

$$Z + (n \times \text{دقت ریز سنج})$$

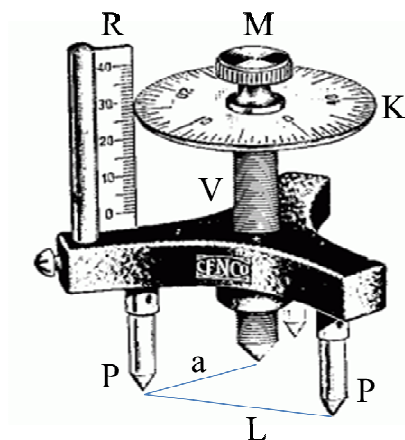
با استفاده از ریز سنجی که در اختیار دارید، ضخامت اجسام مورد دلخواه را تعیین کنید.

### اسفرومتر یا گوی سنج:

وسیله ای است که برای اندازه گیری شعاع تحدب یا تقعر یک جسم به کار می رود. اسفرومتر یا گوی سنج تشکیل شده است از یک خط کش اصلی  $R$  که بر حسب میلیمتر مدرج می باشد. این خط کش به طور عمود بر سه پایه  $P$  وصل است. در وسط سه پایه  $P$  مهره  $M$  با گام پیچ نیم یا یک میلیمتر (یعنی وقتی که مهره  $M$  یک دور کامل بچرخد، به اندازه نیم یا یک میلیمتر در راستای خط کش عمودی جا به جا می شود) قرار دارد که پیچ قائم  $V$  متصل به آن نیز می تواند در راستای خط کش  $R$  حرکت کند. بر پیچ  $V$  صفحه افقی دایره ای شکلی وصل شده است که شعاع این دایره تقریباً مساوی است با فاصله محور پیچ  $V$  از محور یکی از پایه های  $P$ . محیط این صفحه دایره ای شکل  $K$  به 100 قسمت مساوی تقسیم شده است.

اگر اسفرومتری در اختیار داشته باشیم که گام پیچ  $V$  آن نیم میلیمتر باشد یعنی با یک دور چرخیدن صفحه دایره ای شکل، مهره  $M$  به اندازه نیم میلیمتر در راستای خط کش قائم  $R$  جا به جا شود (یک دور چرخش صفحه ی دایره ای شکل معادل این است که 100 درجه موجود بر روی آن از جلوی خط کش  $R$  عبور کرده است). در این صورت با یک تناسب ساده می توان نتیجه گرفت که هر درجه از این صفحه دایره ای شکل که از جلوی خط کش  $R$  عبور کند، مهره  $M$  به اندازه  $\frac{1}{200}$  میلیمتر در راستای خط کش  $R$  جا به جا می شود. و از آنجا نتیجه می گیریم که چون کمترین فاصله ای را که

توسط این اسفرومتر می توان اندازه گیری کرد مساوی است با  $\frac{1}{200}$  میلیمتر، بنابراین دقت این اسفرومتر مساوی است با  $\frac{1}{200}$  میلیمتر می باشد.



نحوه اندازه گیری شعاع تحدب یا تقعر یک جسم کروی توسط اسفرومتر:

وقتی پیچ  $V$  در مهره  $M$  به جلو و عقب می رود صفحه دایره ای شکل در مقابل خط کش اصلی  $R$  بالا و پایین می رود. اگر پای پیچ  $V$  و پایه های  $P$  همگی در یک سطح کاملاً افقی قرار بگیرند ( برای این کار می توان اسفرومتر را روی شیشه تخت قرار داد)، صفر خط کش اصلی و صفر دایره در مقابل هم قرار دارند که مبداء دستگاه اسفرومتر است.

برای به دست آوردن شعاع تقعر  $R_1$  (شعاع داخلی) و شعاع تحدب  $R_2$  (شعاع خارجی) جسمی همانند شیشه ساعت می توان از اسفرومتر استفاده کرد. بعد از صفر کردن اسفرومتر، آن را روی سطح مقعر شیشه ساعت می گذاریم. چون اسفرومتر را قبلاً صفر نموده ایم فقط پایه های اسفرومتر با شیشه ساعت در تماسند. اما پای پیچ  $V$  از شیشه ساعت به اندازه  $h$  فاصله دارد با چرخاندن پیچ در جهت ساعتگرد، صفحه ی دایره ای شکل متصل به آن نیز به سمت درجاتی که پایین تر از صفحه خط کش قائم  $R$  قرار دارند حرکت می کند. چرخش پیچ  $V$  را تا جایی که این پیچ بر شیشه ساعت مماس شود ادامه می دهیم. در این صورت اگر  $Z$  میلیمتر، عددی باشد که از روی خط کش قائم خوانده می شود و  $n$  نیز درجه ای از صفحه دایره ای شکل  $K$  باشد که جلوی خط کش  $K$  قرار گرفته است در این حالت مقدار  $h$  از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$h = Z + (100-n) \times \text{دقت اسفرومتر}$$

تقعر شیشه ساعت از رابطه ی  $R = \frac{a^2 + h^2}{2h}$  به دست می آید. برای این کار باید  $a$  را نیز بدانیم که عبارت است از فاصله محور پای پیچ  $V$  از محور یکی از پایه های  $P$ . برای به دست آوردن  $a$  به این

ترتیب عمل می کنیم. دو تا از پایه های  $P$  را مابین دو شاخک یک کولیس قرار داده و فاصله  $S_1$  را اندازه می گیریم. اگر ضخامت  $S_2$  یکی از پایه های اسفرومتر را نیز با این کولیس اندازه گیری کنیم و  $S_2$  را از  $S_1$  کم کنیم، طول  $L$  یعنی فاصله مابین پایه های اسفرومتر را به دست آید. در این صورت می توانید  $a$  را از طریق رابطه  $a = \frac{L}{\sqrt{3}}$  به دست آورید. با معلوم بودن  $a$  و  $h$  شعاع تقعر شیشه

$$\text{ساعت از رابطه ی } R = \frac{a^2 + h^2}{2h} \text{ به دست می آید.}$$

برای به دست آوردن شعاع تحدب شیشه ساعت، دوباره اسفرومتر را روی صفر تنظیم کنید. سپس اسفرومتر را روی قسمت محدب شیشه ساعت بگذارید. این بار باید پیچ  $V$  را در پاد ساعتگرد تا جایی بچرخانید که پای پیچ  $V$  و پایه های  $P$  همگی بر شیشه ساعت مماس شوند. در این صورت صفحه  $k$  بالاتر از صفر خط کش  $R$  قرار گرفته است. اگر  $z$  میلیمتر عددی باشد که روی خط کش  $R$  خوانده می شود،  $n$  نیز درجه ای از صفحه ای  $k$  باشد که مقابل خط کش  $R$  قرار گرفته است، در این صورت  $h'$  از رابطه ی زیر بدست می آید:

$$h' = z + (n \times \text{دقت اسفرومتر})$$

$a$  نیز از مرحله قبل به دست آمده و مقدار ثابتی است و بستگی به شعاع تحدب یا تقعر شیشه ساعت ندارد. بنابراین شعاع تحدب ساعت از رابطه ی  $R' = \frac{a^2 + h'^2}{2h'}$  به دست می آید.  $R$  را از  $R'$  کم کنید و ضخامت شیشه ساعت را به دست آورید. مقدار خطای نسبی در تعیین ضخامت شیشه ساعت را نیز به دست آورید.