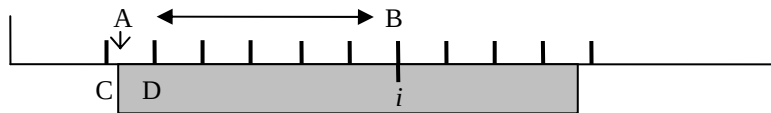


در این آزمایش با نحوه کار برخی وسایل اندازه گیری آشنا شدیم. همچنین میزان دقت وسایل را محاسبه کردیم و در نهایت بوسیله اسفرومتر توانستیم شعاع تقعر و تحدب شیشه ساعت را محاسبه کنیم.

شرح آزمایش ۱: در این آزمایش با کولیس سروکار داریم که از یک خط کش مدرج و یک ورنیه تشکیل شده است. یکی از انواع ورنیه نوعی است که طول آن ۹ میلی متر است و آنرا به ۱۰ قسمت مساوی تقسیم می کنیم. اگر صفر ورنیه بر صفر خط کش اصلی منطبق باشد، اولین درجه ورنیه، ۰.۱mm قبل از درجه ۱mm، دومین ۰.۲mm قبل از ۲mm و به همین ترتیب دهمین درجه بر میلی متر نهم خط کش منطبق است.

برای محاسبه طول یک جسم توسط کولیس، جسم را داخل آن قرار می دهیم. نقطه انتهایی جسم لزوماً در مقابل یکی از درجات خط کش اصلی قرار نمی گیرد، بنابراین درجه ای از خط کش را که صفر ورنیه از آن گذشته یادداشت می کنیم و برای تعیین کسر درجات باید ببینیم که کدام درجه ورنیه بر یکی از درجات خط کش اصلی منطبق است، اگر درجه i ام ورنیه بر یکی از درجات خط کش اصلی منطبق باشد، در نوعی از ورنیه که در بالا مثال زده شد، کسر درجات برابر $\frac{i}{10}$ خواهد بود. دلیل این امر در زیر آمده است:



درجه i ام کولیس بر خط کش منطبق است، فرض کنید AC برابر $\frac{x}{10}$ میلی متر باشد که $0 \leq x \leq 9$ باید ثابت شود که برای این منظور طول AB را بدو روش حساب می کنیم از روی کولیس و از روی خط کش: مقدار AB از روی کولیس می شود $0.9i$ چون هر واحد کولیس 0.9 واحد خط کش است. طول AB از روی خط کش می شود: $AB = AD + DB = \frac{10-x}{10} + n$ که n تعداد واحد های خط کش و عددی طبیعی است:

$$\frac{10-x}{10} + n = 0.9i, 0 \leq i < 10 \Rightarrow \left\lfloor \frac{9i}{10} \right\rfloor = n, \frac{9i}{10} - \left\lfloor \frac{9i}{10} \right\rfloor = \frac{10-x}{10}$$

$$\frac{9i}{10} = i - 1 + \frac{10-i}{10} \Rightarrow \frac{9i}{10} - \left\lfloor \frac{9i}{10} \right\rfloor = \frac{10-i}{10} = \frac{10-x}{10} \Rightarrow i = x$$

محاسبات آزمایش ۱: برای محاسبه دقت ورنیه به این صورت عمل می کنیم:

کولیس ۱:

$$\text{طول یک درجه از خط کش ورنیه} = \frac{39\text{mm}}{20} = 1.95\text{mm}$$

$$\text{دقت ورنیه} = 2 - 1.95 = 0.05\text{mm}$$

کولیس ۲:

$$\text{طول یک درجه از خط کش ورنیه} = \frac{7\frac{16}{100}\text{in}}{8} = \frac{7}{128}\text{in}$$

$$\text{دقت ورنیه} = \frac{1}{16} - \frac{7}{128} = \frac{1}{128}\text{in}$$

و از آنجایی که خطای اندازه گیری برابر نصف دقت وسیله خواهد بود، در کولیس ۱ $\Delta L = \frac{0.05}{2} mm$ و در کولیس ۲ $\Delta L = \frac{1}{256} mm$ است.

ارتفاع استوانه برابر $10.05 mm$ و $\frac{51}{128} in$ شد پس داریم:

$$x = \frac{10.05 mm}{\frac{51}{128} in} = 25.22 mm$$

یعنی هر اینچ برابر $25/22$ میلیمتر است.

آزمایش ۲: در این آزمایش با ریز سنج کار می کنیم و دقت آنرا بدست می آوریم:

تعداد تقسیمات روی استوانه M / گام پیچ = دقت ریز سنج

$$\text{دقت ریزسنج ۱} = \frac{1}{2} mm \times \frac{1}{50} = \frac{1}{100} mm$$

$$\text{دقت ریزسنج ۲} = \frac{1}{40} in \times \frac{1}{25} = \frac{1}{1000} in$$

برای محاسبه انحراف از مبدا ریزسنج، آنرا تا آخر سفت میکنیم (توسط پیچ هرز گرد) و سپس می بینیم که ریزسنج چقدر از مبدا فاصله دارد:

$$\text{انحراف از مبدا ریزسنج ۱} = -\frac{4}{100} mm$$

$$\text{انحراف از مبدا ریزسنج ۲} = +\frac{2}{1000} in$$

قطر ساچمه ای را توسط ریزسنج اندازه گیری می کنیم:

$$D = 12.5 mm + 15 \times \frac{1}{100} mm + \frac{4}{100} mm = 12.69 mm$$

$$D = \frac{5}{10} in - \frac{2}{1000} in = 0.498 in$$

$$x = \frac{12.69 mm}{0.498} = 25.48$$

پس هر اینچ برابر $25/48$ میلی متر است.

آزمایش ۳: در این آزمایش با گوی سنج (اسفرومتر) که برای تعیین شعاع انحنای کره ها بکار میرود سروکار داریم:

تعداد تقسیمات / گام پیچ = دقت گوی سنج

$$\text{دقت گوی سنج} = \frac{1}{2} mm \times \frac{1}{250} = \frac{1}{500} mm$$

انحراف از مبدا دستگاه صفر بود حال اندازه گیری می کنیم. H ارتفاعی است که گوی سنج برای بیرون شیشه ساعت نشان داد (محدب) و h برای داخل شیشه ساعت (مقعر):

$$h = 5 \times \frac{1}{2} - 18 \times \frac{1}{500} = 2.464 mm$$

$$H = 4 \times \frac{1}{2} + \frac{400}{1000} + 15 \times \frac{1}{500} = 2.430 mm$$

و با اندازه گیری L بیرونی و درونی توسط کولیس داریم:

$$\left. \begin{array}{l} L_O = 56.05 \text{ mm} \\ L_I = 44.15 \text{ mm} \end{array} \right\} \Rightarrow L = \frac{L_O + L_I}{2} = 50.10 \text{ mm}$$

$$a = \frac{L}{\sqrt{3}} = 28.92 \text{ mm}$$

با قرار دادن اعداد در فرمول $R = \frac{a^2 + h^2}{2h}$ ، R_1 و R_2 که به ترتیب شعاعهای مقعر (داخلی) و محدب (خارجی) شیشه

هستند، داریم:

$$R_1 = 170.949 \text{ mm}$$

$$R_2 = 173.306 \text{ mm}$$

خواسته‌ها:

خطای نتایج بدست آمده از گوی سنج و تصحیح ارقام آنها:

$$a = \frac{L}{\sqrt{3}} = \frac{L_O + L_I}{2\sqrt{3}} \Rightarrow \Delta a = \frac{|\Delta L_O| + |\Delta L_I|}{2\sqrt{3}} = \frac{\frac{0.05}{2} + \frac{0.05}{2}}{2\sqrt{3}} = 0.0144$$

$$R = \frac{a^2 + h^2}{2h} \Rightarrow \log(R) = \log(a^2 + h^2) - \log(2h) \Rightarrow \frac{dR}{R} = \frac{2a \cdot da + 2h \cdot dh}{a^2 + h^2} - \frac{dh}{h}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta R}{R} = \left| \frac{2a}{a^2 + h^2} \right| \Delta a + \left| \frac{2h}{a^2 + h^2} - \frac{1}{h} \right| \Delta h$$

$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = \left| \frac{2 \times 28.92}{842.438} \right| \times 0.0144 + \left| \frac{2 \times 2.464}{842.438} - \frac{1}{2.464} \right| \times \frac{1/500}{2} = 1.389 \times 10^{-3} \Rightarrow \Delta R_1 = 0.237$$

$$\frac{\Delta R_2}{R_2} = \left| \frac{2 \times 28.92}{842.27} \right| \times 0.0144 + \left| \frac{2 \times 2.430}{842.27} - \frac{1}{2.430} \right| \times \frac{1/500}{2} = 1.393 \times 10^{-3} \Rightarrow \Delta R_2 = 0.238$$

$$R_1 = 170.9 \pm 0.2, R_2 = 173.3 \pm 0.2$$

محاسبه خطا و تصحیح ارقام برای آزمایش های اول و دوم:

$$x = \frac{a}{b} \Rightarrow \log x = \log a - \log b \Rightarrow \frac{dx}{x} = \frac{da}{a} - \frac{db}{b} \Rightarrow \frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a}{a} + \left| -1 \right| \frac{\Delta b}{b}$$

آزمایش اول:

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{0.05/2}{10.05} + \frac{1/256}{51/128} = 0.012 \Rightarrow \Delta x = 0.31 \Rightarrow x = 25.2 \pm 0.3$$

آزمایش دوم:

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{0.01/2}{12.69} + \frac{1/2000}{0.498} = 1.398 \times 10^{-3} \Rightarrow \Delta x = 0.036 \Rightarrow x = 25.48 \pm 0.03$$