**التجربة الثانية**

# قياس الأطوال

## The Measurement of Lengths

**1 - الغاية من التجربة:**

التدرب على استخدام بعض أدوات القياس الدقيق للأطوال والأبعاد المختلفة الصغيرة، ومن ثم تعيين دقة هذه الأدوات في القياس.

**2 - الموجز النظري:**

إن المسطرة التقليدية العادية المستعملة في قياس الأطوال محدودة الدقة والاستخدام. وهذه المحدودية ناجمة عن أسباب متعددة، نذكر منها أن سماكة خط التدريج غالباً ما تكون من رتبة أعشار المليمتر، بحيث لا تستطيع العين تقديره؛ لأن أقل ما تستطيع العين المجردة تقديره هو: (0.1 mm)، فإذا أريد أن تكون دقة القياس أكبر من ذلك وجب الاستعانة بأدوات أخرى: كالقدم القنوية، والدوارة اللولبية، ومقياس الكرة، وغيرها، والتي تؤمن دقة قياس أقل من نصف ميليمتر من جهة، ويمكنها أن تقيس أبعاداً صغيرة من جهة أخرى، وتشترك مثل هذه الأدوات بخاصية تجزئة واحدة الطول الميليمترية أو جزء منها بطرائق غير مباشرة.

**3 - الأدوات والأجهزة المستخدمة:**

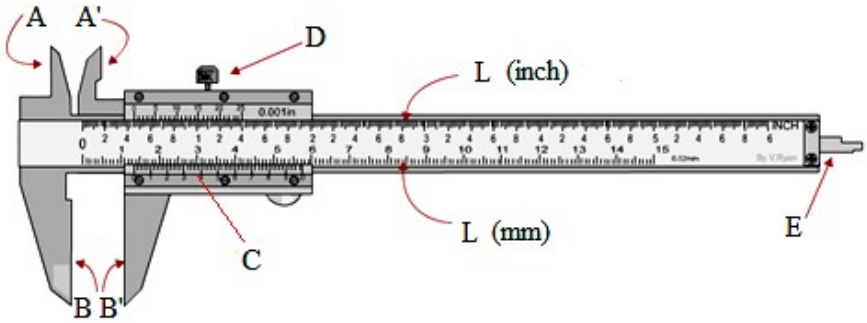
قدم قنوية – دوارة لولبية – مقياس الكرة - أسطوانة معدنية مصمتة - أسطوانة مجوفة – قالب أو مكعب خشبي- صفيحة زجاجية أو معدنية– أسلاك معدنية بأقطار مختلفة.

لنقم الآن بتعريف أدوات القياس هذه قبل استخدامها.

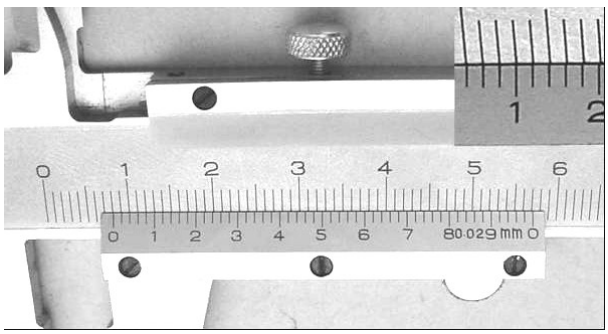
**A- <u>القدم القنوية (مقياس السماكة)</u>:**

هي أداة مجهزة بفرنية تستعمل لقياس السماكات والأقطار الداخلية والخارجية للأنابيب وأعماقها، وتتميّز عن المسطرة العادية بدقّتها الأعلى، نتيجة وجود الفرنية التي سنشرح مبدأها لاحقاً.

تتكون القدم القنوية (الشكل1) من مسطرة معدنية ثابتة (L) مدرّجة من إحدى حافتيها بالميليمترات والحافة الأخرى ربما تكون مدرّجة بالإنشات، تنزلق على امتدادها مسطرة متحركة (C) ، وينتهي أحد طرفيها بمسند مؤلف من فك ثابت (A) وحرف ثابت أيضاً (B)، يقابلهما فك (A') وحرف (B') آخران مثبتان على المنزلقة (C) . كما أن المنزلقة تتصل بقضيب ( E)، لقياس العمق، يبرز من خلال المسطرة الثابتة عند انزلاق المنزلقة (C). تحمل المنزلقة أحياناً زراً دواراً أو زناداً (D) يعيق تحرك المنزلقة إذا لم نضغط عليه، الشكل(2) يظهر بوضوح المسطرة الفرنية والمسطرة الأساسية.




الشكل (1): أجزاء القدم القنوية.



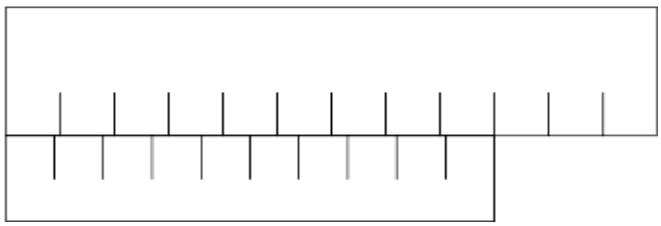
الشكل (2): المسطرة الفرنية والمسطرة الأساسية(الثابتة).

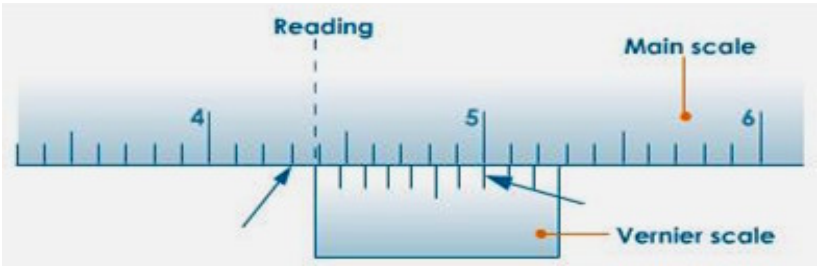
**المسطرة الفرنية:**

وهي من أشهر الأدوات المستخدمة لتجزئة واحدة الطول، وقد دعيت بهذا الاسم نسبة إلى مصممها بيير فرينيه. والفرنية (r) مسطرة تنزلق على طول المسطرة الأساسية الثابتة (R) كما في الشكل (1) وهما موضوعتان بعضهما فوق بعض، بحيث تكون تدريجاتهما في تماس مع بعضهما، وتكون تقسيماتها مختلفة في طولها عن تقسيمات المسطرة الأساسية، ونقصد بالتقسيمة (التدريجة) على المسطرة هي البعد بين خطي تدريج متتالين عليها. والشائع أن يكون عدد تقسيمات المسطرة الفرنية $n$ تقسيمة تساوي $(n\text{-}1)$ تقسيمة من المسطرة الأساسية.

في هذه الحالة، إذا كانت واحدة القياس على المسطرة الأساسية (الثابتة أو الكبيرة) هي $U$، وواحدة المسطرة الفرنية هي $U'$ ، فإن العلاقة الأساسية في هذا الأداة، هي:

$$n\,U' = (n-1)\,U \qquad (1)$$






**الشكل** (3): مبدأ عمل الفرنية.

وتكون الفرنية على نوعين: مستقيمة، ومستديرة. وتستعمل الأخيرة لقياس أجزاء الدرجة. وهي قوس دائرية مدرجة تنزلق على مسطرة أساسية دائرية.

وتختلف الفرنيات باختلاف عدد تقسيماتها، فهناك مثلاً فرنية تحوي عشر تدريجات (تقسيمات) طولها مساو (بمعنى يقابل) تسع تدريجات من المسطرة الأساسية وتدعى (الفرنية العشرية). وتوجد فرنية تحوي مسطرتها الصغيرة المتحركة عشرين تدريجة طولها مساو تسع عشرة تدريجة من المسطرة الأساسية تدعى(الفرنية العشرينية). وهناك الفرنية الخمسينية.

إن سلم الفرنية r المبين في الشكل (3) يحوي عشر تدريجات تقابل تسع تدريجات على المسطرة الأساسية R.

فإذا عددنا تدريجة المسطرة الأساسية تساوي الواحدة، فإننا نجد أن كل تدريجة من المسطرة الفرنية تنقص عن تدريجة المسطرة الأساسية بمقدار 0.1 من الواحدة. فإذا جعلنا صفر مسطرة الفرنية منطبقاً على إحدى تدريجات المسطرة الأساسية، واستعرضنا خطوط التدريج التالية على كلا المسطرتين، لوجدنا أن خط التدريج الأول على الفرنية يأتي متقدماً خط التدريج الأول على المسطرة الأساسية بمقدار 1/10 من الواحدة. ويأتي خط التدريج الثاني على المسطرة الفرنية متقدماً خط التدريج الثاني على المسطرة الأساسية بمقدار 2/10 من الواحدة .. وهكذا، حين يأتي خط التدريج العاشر على الفرنية متقدماً خط التدريج العاشر من المسطرة الأساسية بمقدار 10/10 من الواحدة؛ أي تدريجة كاملة من المسطرة الأساسية. وإذن فهو ينطبق على أحد خطوط تدريجها. والآن إذا زلقت المسطرة الفرنية إلى اليمين على المسطرة الأساسية بأقل من تدريجة واحدة أساسية، حتى ينطبق أحد خطوط تدريج الفرنية على أحد خطوط تدريج المسطرة الأساسية، فإن عدد أعشار الواحدة التي تحركتها المسطرة الفرنية هو رقم التدريجة نفسه من الفرنية التي انطبقت على تدريجة المسطرة الأساسية.

وكمثال على ذلك، إذا كانت التدريجة السادسة من المسطرة الفرنية هي التي انطبقت على إحدى تدريجات المسطرة الأساسية، فنكون قد حرّكنا الفرنية بمقدار 6/10 من الواحدة.

وفي الحالة العامة، عندما يقارن طول مجهول بمسطرة مدرجة يكون هذا الطول مؤلفاً من عدد صحيح من تدريجات المسطرة، مضافاً إليه جزء من الواحدة. فإذا كانت المسطرة مجهزة بمسطرة فرنية تنزلق عليها أمكن تقدير الجزء الكسري من الواحدة بواسطة الفرنية تقديراً أوثق مما هو ممكن بمجرد النظر. فيضاف هذا الجزء الكسري إلى قراءة المسطرة الأساسية. ولتقدير الجزء الكسري ينبغي لنا قبل الشروع باستخدام الفرنية أن نعين أصغر بعد يقيسه الجهاز. وتمثل بالفرق بين طول تدريجة المسطرة الأساسية وطول تدريجة المسطرة الفرنية، وكان في قياسنا السابق 0.1 من الواحدة، ونسميه البعد الأصغر(أصغر تدريجة).

وبوجه عام تستنتج قيمة البعد الأصغر $e$ من العلاقة:

$$e = U - U' = \frac{U}{n} \qquad (2)$$

وبما أن $U$ هي واحدة القياس على المسطرة الأساسية أي $U=1$ نجد أن:

$$e = \frac{1}{n} \qquad (3)$$

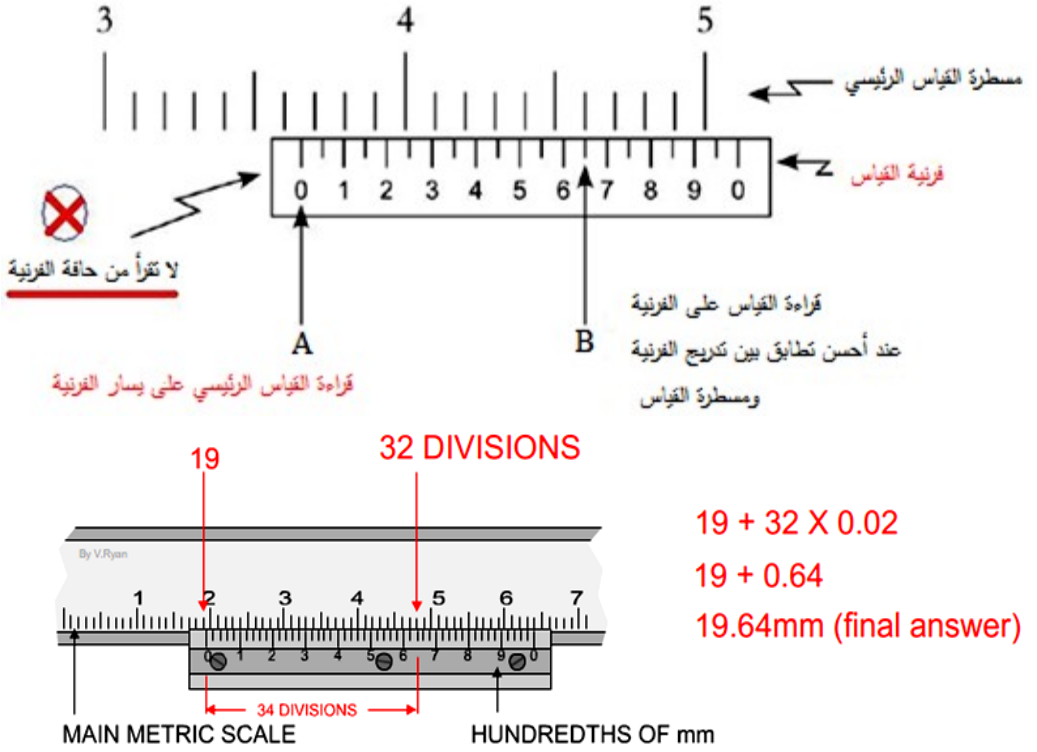
إن هذا البعد الأصغر(أصغر تدريجة) هو عينه الارتياب في هذه الأداة، إذا إن كل طول أصغر منه لا يمكن تقديره تقديراً موثوقاً بهذه الأداة.

**طريقة استخدام القدم القنوية:**

بفرض أنه لدينا جسم مجهول الطول X كما في الشكل (4)، يُجعل الجسم محصوراً بين فكي القدم القنوية؛ أي بين صفر المسطرة الأساسية(الثابتة) وصفر المسطرة الفرنية (المتحركة). ثم نقرأ على المسطرة الأساسية مباشرة عدد التدريجات الصحيحة التي تسبق صفر الفرنية ولتكن $a$ مثلاً. ثم نعمد إلى تقدير الجزء الكسري باستخدام المسطرة الفرنية، فننظر إلى تدريجاتها المتتالية، ونعّين التدريجة التي تنطبق تماماً على أحد تدريجات المسطرة الأساسية (الثابتة)، ونسميها تدريجة الانطباق، ولتكن قيمتها $b$ مثلاً بدءاً من صفر المسطرة الفرنية (المتحركة)، فيكون الجزء

الكسري هو $(b.e)$ من الواحدة، حيث $e$ تساوي 1/10 أو 1/20 حسب الفرنية المستخدمة؛ وبالتالي يكون طول الجسم مقدراً بتقسيمات المسطرة الأساسية( الثابتة):

$$X = (a + b\,e)$$




**الشكل** (4): استخدام الفرنية لقياس طول الجسم.

ملاحظة (1): وفي بعض الأحيان لا نجد تدريجة من المسطرة الفرنية منطبقة تماماً على إحدى تدريجات المسطرة الأساسية. في هذه الحالة نعتمد أول أفضل انطباق، وإذا اتفق أن كانت تدريجتان متتاليتان من الفرنية متساويتين في قرب الانطباق اعتمدنا أياً منهما.

تظهر في الأشكال 6 و7 و8 ترتيبات أخذ القياس في حالة قياس البعد الداخلي أو الخارجي أو العمق، أما طريقة أخذ القراءات، فهي نفسها في الحالات جميعها.

ملاحظة (2): يوجد حالياً أنواع أخرى من القدم القنوية، منها: ما يحتوي قرص مع مؤشر يدور مع مسجل لعدد الدورات، أما الجزء الكسري، فيقرأ مباشرة. ونوع آخر: رقمي يعطي القراءة مباشرة كاملة.

**1 - وظيفة الفكين:**

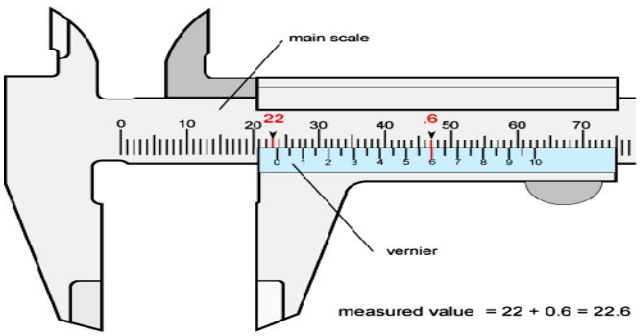
يستعمل الفكان لقياس السماكات، وذلك بأن يوضع بينهما الجسم المراد معرفة سماكته بينهما. ثم نحرك المنزلقة بحيث يتقارب الفكان حتى يلامسا طرفي الجسم مع استخدام زر الضغط لضبطها. عندئذٍ، تتعين هذه السماكة بالمسافة الفاصلة بين صفر المسطرة الثابتة وصفر الفرنية.

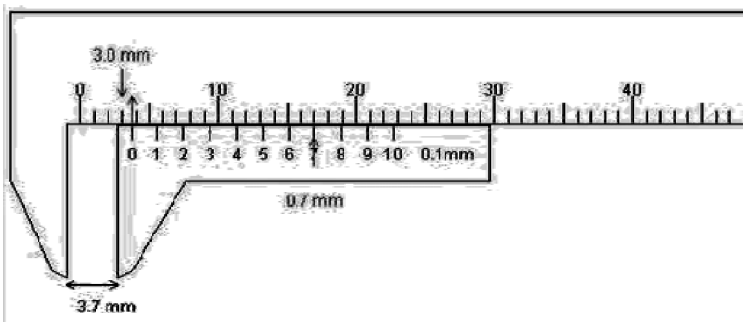
**2 - وظيفة الحرفيين(السيفين):**

يستعمل الحرفان لقياس الأقطار الداخلية للأنابيب والثقوب والأسطوانات المجوفة، وذلك بأن يوضع رأساهما ضمن الفتحة المراد قياس قطرها، ثم تحرك المنزلقة بحيث يتباعد الحرفان حتى يلامسا الجانب الداخلي للفتحة، ويتعين القطر بالمسافة الفاصلة بين صفر المسطرة الثابتة وصفر الفرنية.

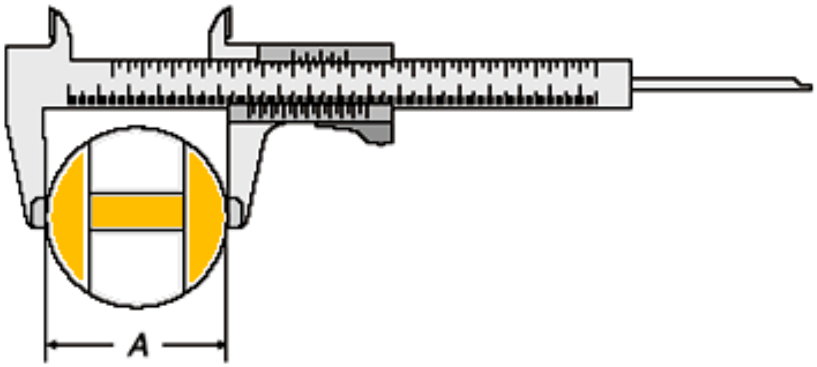
**3 - وظيفة القضيب:**

يستعمل القضيب لقياس عمق أنبوب أو أسطوانة مجوفة، وذلك بوضع نهاية المسطرة الثابتة على حافة الأنبوب ثم تحرك المنزلقة حتى يتباعد الفكان وتلامس نهاية القضيب قاع الأنبوب، فيساوي القطر المسافة الفاصلة بين المسطرة الثابتة وصفر الفرنية.

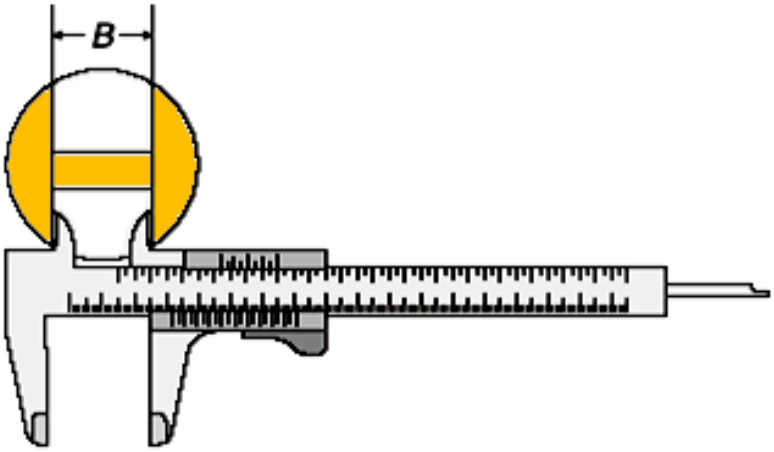




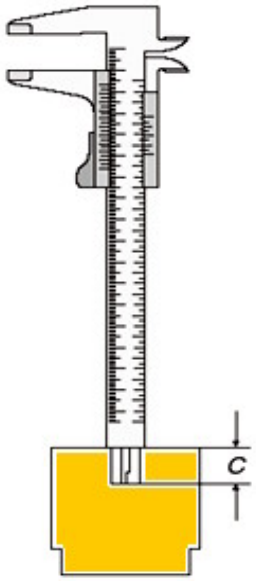

الشكل (5): تدل قراءة القدم القنوية في هذه الوضعية على القيمة 3.7 mm .




الشكل (6): قياس القطر الخارجي بالقدم القنوية.




الشكل (7): قياس القطر الداخلي بالقدم القنوية.



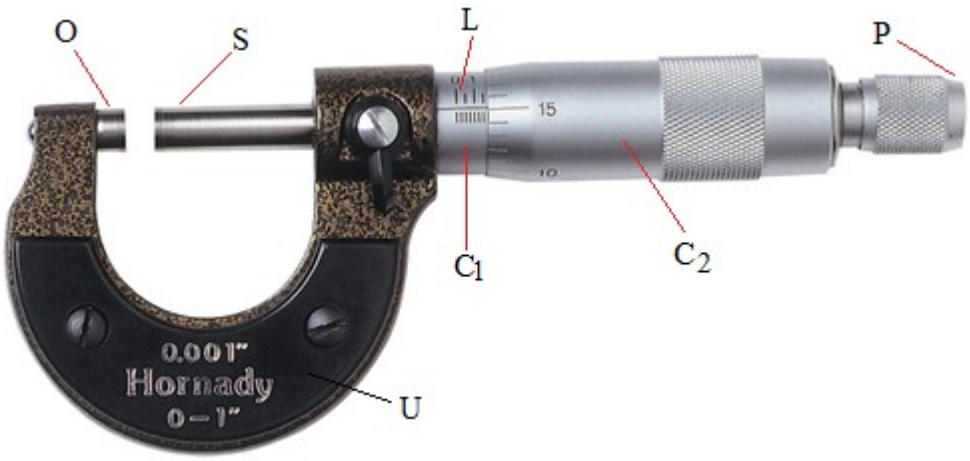

الشكل (8): قياس العمق بالقدم القنوية.

**B- <u>الدوارة اللولبية (اللولب المكرومتري)</u>:**

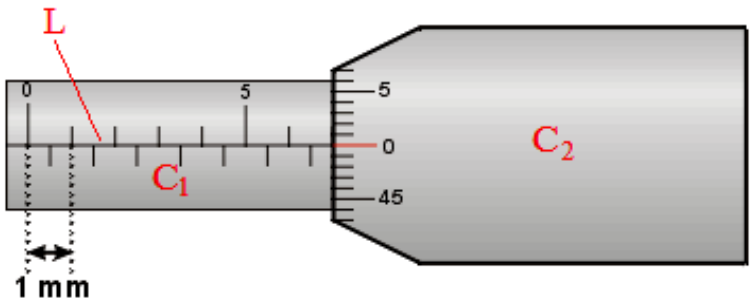
الدوارة اللولبية هي أداة تستخدم لقياس السماكات والأقطار الدقيقة، أي ذوات القيم الصغيرة نسبياً.

وهي تتألف - كما في الشكل (9) - من قطعة معدنية على شكل حرف U، في أحد طرفيها صامولة ثابتة (P) يدور فيها لولب مصمت (S) بسهولة. تكون خطوة اللولب مساويةً في الحالة العامة ميليمتراً واحداً؛ أي أنه ينتقل ميليمتر واحد على منحى محور دورانه عندما يدور دورةً كاملةً. ويوجد في الطرف الآخر مسند (O) ثابت يقابل رأس اللولب (S). وينتهي اللولب بأسطوانة (C2) تنزلق دورانياً على أسطوانة أخرى (C1) مثبتة بالصامولة. وتكون حافة الأسطوانة (C2) القريبة من الصامولة، ومقسمة في الحالة العامة إلى مئة تدريجة متساوية، كما يوجد على طول أحد مولدات الأسطوانة (C1) خط مستقيم (L) مدرج بالمليمترات نسميه المسطرة. هذا ويمكن أن تكون خطوة اللولب (S) نصف ميليمتر. عندئذ، تكون حافة الأسطوانة

(C2) مقسمة إلى خمسين تقسيمة، والمسطرة مدّرجة إلى أنصاف الميليمتر (كما هو واضح في الشكل 10).




الشكل (9): أجزاء الدوارة اللولبية.




الشكل (10): تدريج المسطرة وتدريج حافة الأسطوانة الدوارة.

إذا كانت الدوارة اللولبية دقيقة، فإنه عند تلامس الطرفين (S) و (O)، يقع صفر تدريج الأسطوانة على امتداد خط المسطرة (L)، وتقع حافة الأسطوانة على صفر المسطرة.

تعتمد الدوارة اللولبية على لولب (برغي) دقيق يتقدم مليمتراً واحداً عند إنجاز دورة كاملة؛ ما يسمى خطوة اللولب، (وقد تكون هذه الخطوة مختلفة عن الميليمتر)، ثم تقسّم دائرة عمودية على اتجاه حركة اللولب إلى مئة تدريجة، (وفي بعض الأنواع إلى خمسين تدريجة)، فيقابل كل تدريجة على الدائرة 0.01mm ، أي 10 ميكرومتر.

**طريقة إجراء القياس بالدوارة:**

ينبغي قبل استعمال الدوارة اللولبية في القياس معرفة ما تدل عليه التقسيمة (التدريجة) الواحدة من تقسيمات حافة الأسطوانة ($C_2$)، وهذا هو البعد الأصغر $e$ الذي يقيسه الجهاز، كما أنه الارتياب في الجهاز. فإذا كانت خطوة اللولب (S) تساوي $p$ ميلتمتراً، وكان عدد التدريجات حافة الاسطوانة هو $n$، فإن التقسيمة الواحدة $e$ مقدرة بالميليمتر تساوي:

$$e = (\frac{p}{n}) \qquad (4)$$

**<u>أمثلة:</u>**

إذا كانت خطوة اللولب $p = 1\,mm$ وعدد التقسيمات $n$=100 ، فإن:

$$e = \frac{1}{100} = 0.01\,mm$$

وإذا كانت $p = 0.5\,mm$ وكان $n$=50 ، فإن: $e = \frac{0.5}{50} = 0.01\,mm$ أيضاً، وهكذا.

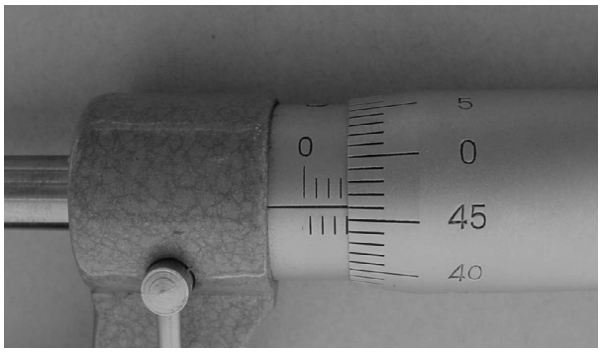
الشكل(11): طريقة القياس بالدوراة اللولبية.

لقياس سماكة جسم ما، نضع هذا الجسم بين طرفي اللولب (S) والمسند (O)، وندوّر الاسطوانة ($C_2$) من رأسها (P)، المتصل باللولب (S)، وعند تلامس اللولب (S) والجسم، بضغط كاف يجعل الرأس (P) يدور بمفرده من دون أن يفتل معه اللولب (S)؛ مما يجنبنا احتمال تشويه الجسم أو عطب الدوّارة، وهو ما يحدث

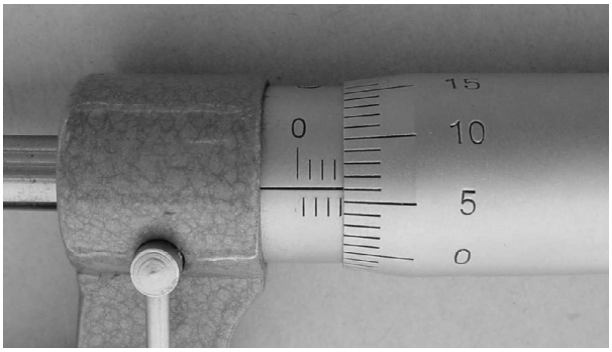
عند تدوير الأسطوانة (C2)، عوضاً عن تدوير الرأس P في القياس، وبعد حصر الجسم بين (S) و(O)، نقرأ التدريج المكشوف من المسطرة (S) (انظر الشكل 11). وليكن a وهو عدد صحيح من الميليمترات (يضاف إليه نصف المليمتر إن وجد). يضاف إلى القراءة a التدريجة الموجودة على حافة الأسطوانة ($C_2$) الواقعة على امتداد خط المسطرة (L)، والتي نرمز لها بالرمز $b$؛ وبالتالي تكون سماكة الجسم X معطاة بالعلاقة:

$$X = (a + b.e) \quad mm$$

الشكلان 12 و13 يظهران قراءتين للدوارة اللولبية، وذلك من أجل بعدين مختلفين. يلاحظ أن خطوة هذه الدوارة هي نصف مليمتر لكنها مقسمة إلى خمسين تقسيمة؛ مما يجعل التقسيمة الواحدة على الدائرة 1/100 أيضاً.




الشكل(12): الدوارة اللولبية في هذه الحالة تقرأ البعد (3.46 mm).




الشكل(13): الدوارة اللولبية في هذه الحالة تقرأ البعد (3.56 mm).

**4 - مراحل العمل والنتائج:**

**أ) القالب الخشبي:** قس أبعاده الثلاثة: الطول، العرض، الارتفاع بالمسطرة أولاً، ثم بالقدم القنوية. قدّر الأخطاء في كل مرة، وضع النتائج في جدول مناسب، ثم استنتج أي الأدوات أنسب للقياس اعتماداً على ذلك وعلى نوعية التغيرات التي تلاحظها عند تكرار القياس في مواضع مختلفة من الجسم. احسب حجم القالب الخشبي $V$، واحسب الارتياب $\Delta V$. اكتبه على الصورة : $V = \overline{V} \pm \overline{\Delta V}$. دوّن نتائجك في الجدول(1).

الجدول(1):

| | القـدم القنويـــــة | | | | المسطرة | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | تدريجات أساسية | تدريجات عشرية | المقدار $mm$ | الارتياب $mm$ | المقدار $mm$ | الارتياب $mm$ |
| الطول | | | | | | |
| العرض | | | | | | |
| الارتفاع | | | | | | |

**ب) الصفيحة المعدنية:** قس ثخن الصفيحة $P$ بأداتين مناسبتين في مواضع متعدّدة، أعد النقاش كما في حالة القالب الخشبي واكتب النتيجة النهائية بالشكل $P = \overline{P} \pm \overline{\Delta P}$. دوّن نتائجك في الجدول(2 و3).

الجدول(2):

| القياس | القـدم القنويـــة | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | تدريجات أساسية | تدريجات عشرية | ثخن الصفيحة $P\ mm$ | الانحراف $E$ $E = \lvert \overline{P} - P_i \rvert$ | الارتياب $mm$ |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| $\overline{P} =$ | | | | | |

الجدول(3):

| القياس | الدوارة اللولبية | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | تدريجات أساسية | تدريجات عشرية | ثخن الصفيحة $P\ mm$ | الانحراف $E$ $E=\left\|\overline{P}-P_i\right\|$ | الارتياب $mm$ |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| $\overline{P}=$ | | | | | |

**ت)السلك المعدني:**

1 - قس قطر السلك المعدني $B$ في مواضع متعدّدة باستخدام القدم القنوية، ثمّ بيّن فيما إذا وجد اختلاف في تلك المواضع. ناقش ذلك، واكتب النتيجة النهائية بالشكل $C=\overline{C}\pm\overline{\Delta}C$ . دوّن نتائجك في الجدول(4).

الجدول(4):

| القياس | القدم القنويـــة | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | تدريجات أساسية | تدريجات عشرية | قطر السلك $R\ mm$ | الانحراف $E$ $E=\left\|\overline{R}-R_i\right\|$ | الارتياب $mm$ |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| $\overline{R}=$ | | | | | |

2 - قس قطر السلك المعدني السابق في مواضع متعدّدة باستخدام الدوارة اللولبية ثمّ بيّن إن وجد الاختلاف فعليا. ناقش ذلك، واكتب النتيجة النهائية بالشكل $R=\overline{R}\pm\overline{\Delta R}$ . دوّن نتائجك في الجدول(5).

الجدول(5):

| القياس | الدوارة اللولبية | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | تدريجات أساسية | تدريجات عشرية | قطر السلك $R\ mm$ | الانحراف $E$ $E=\left\|\overline{R}-R_i\right\|$ | الارتياب $mm$ |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| $\overline{R}=$ | | | | | |

أعد التجربة السابقة باستخدام سلك ثان قطره مختلف عن الأول، ونظّم جدولاً مماثلاً بنتائجك من أجل القدم القنوية، والدوارة اللولبية.

ناقش نتائجك مبيّناً أي أدوات القياس التي استخدمتها أدق.

**ث) قياس القطر الخارجي $A$ لأسطوانة:**

قم بقياس القطر الخارجي للأسطوانة مرات عديدة مستخدماً القدم القنوية، ورتّب نتائجك بالجدول (6).

الجدول(6):

| القياس | الارتياب $mm$ | الانحراف $E$ $E=\left\|\overline{A}-A_i\right\|$ | $A$ $mm$ | تدريجات عشرية | تدريجات أساسية |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| $\overline{A}=$ | | | | | |

ناقش نتائجك، واكتب النتيجة النهائية بالشكل: $A=\overline{A}\pm\overline{\Delta}A$ .

**ج) قياس القطر الداخلي $B$ لأسطوانة:**

قم بقياس القطر الداخلي للأسطوانة مرات عديدة مستخدماً القدم القنوية، ورتّب نتائجك بالجدول (7).

الجدول(7):

| القياس | الارتياب $mm$ | الانحراف $E$ $E=\left\|\overline{B}-B_i\right\|$ | $B$ $mm$ | تدريجات عشرية | تدريجات أساسية |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| $\overline{B}=$ | | | | | |

ناقش نتائجك، واكتب النتيجة النهائية بالشكل: $B=\overline{B}\pm\overline{\Delta}B$ .

**ح) قياس عمق الأسطوانة $D$ لأسطوانة:**

قم بقياس عمق الأسطوانة مرات عديدة مستخدماً القدم القنوية، ورتِّب نتائجك بالجدول (8).

الجدول(8):

| القياس | الارتياب $mm$ | الانحراف $E$ $E=\left\|\overline{D}-D_i\right\|$ | $D$ $mm$ | تدريجات عشرية | تدريجات أساسية |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| $\overline{D}=$ | | | | | |

ناقش نتائجك، واكتب النتيجة النهائية بالشكل: $D=\overline{D}\pm\overline{\Delta}D$ .

**أسئلة:**

1- ما أنواع واستعمالات الميكرومتر؟

2- اقرأ القيمة المشار إليها بأداة القياس التالية:

1).....

2).....

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.