1 – الظاهرة الفيزيائية :

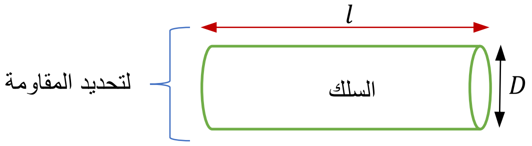
- تسخين وتبريد الماء
- تحويل الماء إلى بخار
- ارتفاع درجة حرارة ناقل أومي بفعل جول
- تبدّد الضوء الأبيض عند سقوطه على موشور

هذه الأمور كلها ظواهر فيزيائية . الظاهرة الفيزيائية هي تحوّل مؤقت يمكن إلغاؤه بواسطة التحوّل المعاكس .
عندما تبخير الماء أو نجمّده ، يبقى الماء ماءً ، حيث يمكن إرجاعه لحالته الابتدائية بالتمييع والانصهار .

2 – المقادير الفيزيائية :

نريد مثلا دراسة ظاهرة مرور تيار كهربائي في السلك المقاوم داخل مسعر حراري . القياسات التي يجب أن نقوم بها هي :

- طول السلك (l) بواسطة مسطرة
- قطر السلك (D) بواسطة بالمر
- شدّة التيار الكهربائي بواسطة أمبير متر
- مدّة مرور التيار بواسطة كرونومتر
- التغيّر في درجة حرارة السائل بواسطة محرار



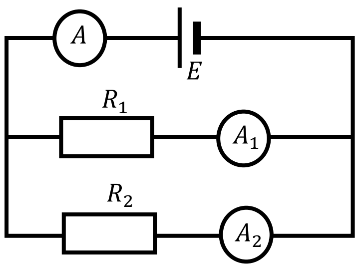
إن الطول ، القطر ، شدّة التيار الكهربائي ، المدّة الزمنية ، التغيّر في درجة الحرارة ، نسميها مقادير فيزيائية .

المقدار الفيزيائي $(La\ grandeur\ physique)$ **هو كل ما يأخذ في شروط معيّنة قيمة محدّدة ، حيث تتغير هذه القيمة إذا تغيرت هذه الشروط .**

نعبّر عن قيمة مقدار فيزيائي بعدد يمثّل نتيجة قياسه .

مثلا : إذا أخذنا وحدة قياس الطول هي المتر (m) ، ووجدنا أن طولا (AB) قدره 6 مرات أكبر من المتر ، نقول أن $AB = 6\ m$.

إذن قياس مقدار معناه مقارنته مع وحدة قياسه



نقول عن مقدار أنه قابل للقياس إذا استطعنا مقارنة أو جمع مقدارين من نفس النوع .

في التركيب المقابل انحرفت إبرة مقياس الأمبير A_1 للتدريجة 50 ، وإبرة مقياس الأمبير A_2 للتدريجة 10 بنفس المعيار ، وبالتالي نجزم أن $\frac{I_1}{I_2} = 5$ ، وأن إبرة المقياس A تنحرف للتدريجة 70 بنفس المعيار .

وبالتالي : **شدّة التيار مقدار فيزيائي** .

الألم ، الفرح ، الحزن ، ليست مقادير قابلة للقياس ، لأننا لا نستطيع أن نقول مثلا : الأسبوع الماضي كنت حزينا 7 مرّات أكبر من حزني هذا الأسبوع ، أو نقول مثلا : فرحت بمعدّل الفيزياء 7,5 مرة أكبر من فرحتي بمعدّل الفلسفة .

3 - القيمة الحقيقية والقيمة التقريبية لمقدار :

ليكن A مقدار فيزيائي ، مثلا طول منضدة المخبر . لو كلّف الأستاذ عدّة تلاميذ بقياس طول المنضدة بواسطة مساطر مختلفة ، سيجدون قيما متفاوتة ومتقاربة ، ولا يمكن معرفة القيمة الحقيقية لطول المنضدة . وسبب هذه الفروق عديدة ، ومنها أداة القياس والمجرّب (هنا : التلميذ) ، وبالتالي القيمة التي تُعطى لطول المنضدة هي قيمة تقريبية فقط ، وليست حقيقية . أما القيمة الحقيقية فهي غير معروفة ، وتبقى غير معروفة .
الفيزياء هي علوم دقيقة ، لكنها مستمدّة من الواقع .

4 – الخطأ المطلق في القياس :

الخطأ المطلق في القياس هو الفرق $\delta a = a - a_e$ ، حيث a_e هي القيمة الحقيقية ، و a هي القيمة التقريبية ، وبما أن القيمة الحقيقية غير معروفة إذن الخطأ المطلق هو كذلك غير معروف .

5 – الارتياب المطلق في القياس :

نحدّد نهاية للخطأ المطلق δa نسميها الارتياب المطلق ، ونرمز له بـ Δa ، حيث $|\delta a| \le \Delta a$ ، أي أن الخطأ المطلق لا يتعدّى الارتياب المطلق .

للمزيد : الارتياب من فعْل : ارتـاب ، أي شكّ .

الارتياب المطلق هو قيمة موجبة ، وتُعطى له وحدة المقدار المُقاس .

نشكّل بذلك مجالا $[a - \Delta a \ \ ; \ \ a + \Delta a]$ نسمّيه مجال الثقة ، حيث أن القيمة الحقيقية للمقدار والتي هي غير معروفة تكون داخل هذا المجال .

كيف نحدّد القيمة التقريبية ؟

نقوم بعدّة قياسات لمقدار واحد ، ونجد : $a_1 \ ; \ a_2 \ ; \ a_3 \ ; \ldots \ ; \ a_n$. فإن القيمة التقريبية هي متوسط هذه القيم : $a = \frac{a_1+a_2+a_3+\cdots a_n}{n}$

كيف نحدّد الارتياب المطلق ؟

هو الفرق بين القيمة التقريبية وأبعد قيمة عن القيمة التقريبية ، وهو قيمة موجبة كما ذكرنا سابقا . فمثلا حسبنا القيمة المتوسّطة لعدّة قياسات لشدة التيار فوجدنا القيمة $I = 215{,}0\ mA$ ، وأبعد قيمة عن هذه القيمة المتوسّطة هي $I_4 = 215{,}6\ mA$ ، فإن الارتياب المطلق هو:

$\Delta I = 215{,}6 - 215 = 0{,}6\ mA$.

معنى هذا أن القيمة الحقيقية لشدّة التيار موجودة في المجال $[215 - 0{,}6 \ ; \ 215 + 0{,}6]$ أي $[214{,}4\ mA \ ; \ 215{,}6\ mA]$

كيف نقدّر الارتياب المطلق ؟

التقدير معناه : استعمل عقلك ، وانظر لجهازك ، وقيّم حالتك النفسية ومدى جاهزيتك للقيام بقياس فيزيائي ، ثم اعطنــا رأيك في مجال الثقة .

مثلا : الفيزيائيون متفقون على أن الذي يستعمل مسطرة مدرّجة بالميليمتر ، لا يجب أن يكون ارتيابه في الطول المقاس أكبر من $1\ mm$.

والذي يستعمل في المعايرة سحّاحة مدرجة بـ $0{,}2\ mL$ ، لا يجب أن يتعدّى ارتيابه المطلق في حجم التكافؤ القيمة $\Delta V = 0{,}2\ mL$.

قالوا أكثر من هذا ... قالوا: إذا كان مجال الثقة يقارب 95% ، فإن الارتياب المطلق يكون $\Delta a = 2 \times \frac{\text{أصغر تدريجة}}{\sqrt{12}}$ (هذه مجرّد إضافة) .

أي الارتياب المطلق يكون حوالي نصف أصغر تدريجة في أداة القياس .

6 – الارتياب النسبي :

يعبّر عن مقارنة الارتياب المطلق مع القيمة التقريبية .

نسمي النسبة $\frac{\delta a}{a_e}$ الخطأ النسبي ، حيث القيمتان δa و a_e هما قيمتان غير معروفتين ، أما الارتياب النسبي ، فهو النسبة بين الارتياب المطلق والقيمة التقريبية ، أي $\frac{\Delta a}{a}$ ، وهو مجرّد من وحدة القيـاس .

7 – نتيجة القيــاس : إذا كان المقدار الفيزيائي هو A ، وقيمته التقريبية هي a ، والارتياب المطلق في قياسه هو Δa ، فإننا نكتب نتيجة القياس بأحد الأشكال التالية :

$$A = a \mp \Delta a$$

$$a - \Delta a \le A \le a + \Delta a$$

$$A \in [a - \Delta a \ ; \ a + \Delta a]$$

مثلا قياس التوتّر بين طرفي ناقل أومي $U = 35{,}6 \pm 0{,}1V$ ، أو $35{,}5V \le U \le 35{,}7V$ ، أو $U \in [35{,}5\ V \ ; \ 35{,}7V]$

8 – دقّة القيــاس : هي الارتياب النسبي على شكل نسبة مئوية ، فمثلا إذا كان الارتياب النسبي $\frac{\Delta a}{a} = 0{,}02$ ، تكون دقة القياس 2% .

9 – حساب الارتيابات :

نقول عن قياس أنه مباشر إذا استعملنا مباشرة أداة القياس لقياس المقدار الفيزيائي ، ويكون القياس غير مباشر لمقدار إذا اعتمدنا على علاقة رياضية تجمع بين هذا المقدار ومقادير أخرى يمكن قياسها مباشرة . مثلا نقوم بقياس الطول L والعرض l لقطعة أرض ونستنتج مساحتها S .

$S = L \times l$ ، فإذا كان الارتياب المطلق في الطول هو ΔL ، وفي العرض هو Δl ، فإن الارتياب المطلق في المساحة لا نقدّره ، بل نقوم بحسابه بقوانين نتطرّق لها في هذه الفقرة .

9 – 1 – حساب الارتياب المطلق في حالة مجموع جبري :

ليكن المقدار A : $A = ax + by - cz$ ، حيث $x\ , y\ , z$ مقادير قابلة للقياس مباشرة ومستقلّة عن بعضها ، و $a\ , b\ , c$ أعداد حقيقية ، فإن الارتياب المطلق في المقدار A هو :

$$\Delta A = a\Delta x + b\Delta y + c\Delta z$$

نضع الإشارة $(+)$ مكان الإشارة $(-)$ لكي يكون مجال الثقة أوسع ، مما يزيد في احتمال وجود القيمة الصحيحة داخله .

9 – 2 – حساب الارتياب المطلق في حالة نسبة :

ليكن المقدار A : $A = \frac{a\,x}{b\,y}$ ، حيث $x\ , y$ مقداران قابلان للقياس مباشرة ومستقلاّن عن بعضها ، فإن الارتياب المطلق في المقدار A هو ΔA ، حيث :

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y} \quad \text{، أي} \quad \Delta A = A\left(\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}\right)$$

9 – 3 – حساب الارتياب المطلق في حالة جداء :

ليكن المقدار A : $A = a\,x \times b\,x$ ، حيث $x\ , y$ مقداران قابلان للقياس مباشرة ومستقلاّن عن بعضها ، فإن الارتياب المطلق في المقدار A هو ΔA ، حيث : $\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}$ ، أي $\Delta A = A\left(\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}\right)$ (نفس علاقة النسبة)

ملاحظة 1 : نحسب الارتياب في حالة الأس مثل حسابه في حالة الضرب ، مثلا $A = ax^n$ ، يكون : $\frac{\Delta A}{A} = |n| \times \frac{\Delta x}{x}$ ، أي $\Delta A = A\left(|n| \times \frac{\Delta x}{x}\right)$

ملاحظة 2 : لمّا نقول أن مقدارا مقاس بتقريب 1 بالمائة ، معنى هذا أن دقة القياس هي 1% ، أي أن قيمة القياس تحتوي على رقمين بعد الفاصلة ولما يكون بتقريب 1 بالألف ، يكون فيه ثلاثة أرقام بعد الفاصلة .

للمزيد :

إن الخطأ المطلق δa هو قيمة صغيرة جدّا من المقدار a ، وهو يمثّل تفاضل a (ارجع لدرس التكامل والاشتقاق في الرياضيات) .

في حالة مجموع جبري : $A = ax + by - cz$ ، فإن التفاضل في A يكون مربوط بالتفاضلات في كل من $x\ , y\ , z$ ، ويُحسب بطريقة المشتقّات :

$\delta A = a\ \delta x + b\ \delta y - c\ \delta z$.

في حالة نسبة : $A = \frac{a\,x}{b\,y}$ ، يكون لدينا $\delta A = \frac{b\,y \times a\,\delta x - ax \times b\,\delta y}{b^2 y^2}$ (مشتق البسط × المقام – مشتق المقام × البسط ، الكل على مربع المقام)

وبقسمة الطرفين على A : $\frac{\delta A}{A} = \frac{b\,y \times a\,\delta x - ax \times b\,\delta y}{b^2 y^2} \times \frac{b\,y}{ax} = \frac{\delta x}{x} - \frac{\delta y}{y}$

ولما ننتقل للارتياب المطلق نقلب الإشارة $(+)$ مكان الإشارة $(-)$. ونفس الطريقة بالنسبة لحالة الجداء $A = a\,x \times b\,x$.

ملاحظة : يجب التفريق بين الارتياب النسبي والتغير النسبي ، حيث أن هذا الأخير يمثل النسبة بين الفرق بين قيمتين لمقدار و قيمته الأولى (أي قيمته قبل أن يتغيّر) ، والنتيجة تُضرب في مائة . مثلا عدد أنوية عيّنة مشعة $N_0 = 3 \times 10^{18}$ عند اللحظة $t = 0$ ، وفي اللحظة t يصبح $N_t = 2 \times 10^{17}$.

إنّ التغير النسبي في عدد الأنوية خلال هذه المدّة هو : $\frac{|\Delta N|}{N} \times 100 = \frac{|N_t - N_0|}{N_0} \times 100 = \frac{|0{,}2 - 3| \times 10^{18}}{3 \times 10^{18}} \times 100 = 93\%$.

10 – الأرقــام الدّالة : (Les chiffres significatifs)

عندما نعبّر عن قيمة مقدار فيزيائي بواسطة عدد ، فإن الأرقام الموجودة في هذا العدد ليست كلها ذات دلالة ، أي أن هناك مجموعة من الأرقام فقط هي التي تبيّن لنا مدى دقّة القياس في قيمة هذا المقدار .

كيف نحدّد الأرقام الدالة في قيمة مقدار؟

الأرقام الدالة في عدد هي عدد الأرقام في هذا العدد ، ما عدا الأصفار الواقعة على يسار أول عدد فيه مختلف عن الصفر.

$$\boxed{0}\,\boxed{,}\,\boxed{0}\,\underbrace{\boxed{5}\,\boxed{6}\,\boxed{0}\,\boxed{0}}_{\text{الأرقــام الدّالة}}$$

مثال : ليكن العدد 0,05600 . الصفران الموجودان على يسار الرقم 5 غير دالّين .

وبالتالي عدد الأرقام الدالة في هذا العدد هو : 4 ، وهي 5 ، 6 ، 0 ، 0 .

العدد : 602,015 يحتوي 6 أرقــام دالة ، كل الأرقــام .

العدد : 0,70 يحتوي على رقمين دالّين ، هما 7 و 0 (الأيمن) .

العدد : 0,0802 يحتوي على 3 أرقام دالّة ، هي 8 ، 0 ، 2 .

كلما كان عدد الأرقام بعد الفاصلة أكبر يكون المقدار أكثر دقة ، فمثلا العدد 7,200 أكثر دقّة من العدد 7,20 ، ولهذا فإن الأصفار التي لم نعتبرها أرقاما دالّة ليس لها أي دور في الدّقة ، وتختفي عندما نقوم بالتحويل من وحدة لوحدة أقل ، فمثلا ارتفاع السبورة $h = 0{,}70\ m$ ، فعندما نحوّل هذه القيمة إلى السنتمتر يختفي الصفر الموجود على اليسار ، أي $h = 70\ cm$.

للتوضيح :

عندما يقوم الديوان الوطني للامتحانات والمسابقات بترتيب الناجحين في البكالوريا 2020، فكلّما كان عدد الأرقام بعد الفاصلة في المعدل أكبر كلّما كان الترتيب أكثر دقّة .

مثلا : التلميذ مروان : 16,112

التلميذة معزوزة : 16,111

التلميذ قــادة : 16,114

لو أخذنا رقمين بعد الفاصلة في المعدّل ، فإن كل هؤلاء التلاميذ يتحصلون على نفس الرتبة ، لكن بأخذ 3 أرقام بعد الفاصلة ، فإن **قادة** يكون أولهم .

تحديد الأرقام الدّالة في عدد مكتوب بالشكل العلمي :

كل الأرقام الموجودة قبل أس العشرة هي أرقــام دالة ، دون أخذ بعين الاعتبار العشرة والأس .

مثلا : $4{,}6 \times 10^5$ ، عدد الأرقام الدالة إثنان ، هما 4 و 6 .

كيفية التعامل مع الأرقام الدالة في العمليات الحسابية :

1 – حالة عملية الضرب :

لتكن العملية : $a = b \times c$ ، فلكي نكتب قيمة a بشكل صحيح نتّبع ما يلي :

- نحدّد عدد الأرقام الدالة في b
- نحدّد عدد الأرقام الدالة في c
- نقوم بإجراء العملية الحسابية

يجب أن يكون عدد الأرقــام الدّالة في a مســاويا لعدد الأرقام الدالة الأصغر من بين b و c .

مثـــال - 1 : $b = 3{,}02$: 3 أرقام دالّة

$c = 15{,}107$: 5 أرقام دالّة

لدينا $a = 3{,}02 \times 15{,}107 = 45{,}62314$ (هذا ما أعطته الآلة الحاسبة) ، لكن يجب أن نحتفظ فقط بـ 3 أرقام دالة ، ونكتب $a = 45{,}6$

مثـــال – 2 : $b = 5{,}873$: 4 أرقام دالّة

$c = 2{,}7 \times 10^4$: رقمــان دالّان

لدينا $a = 5{,}873 \times 2{,}7 \times 10^4 = 158571$ (هذا ما أعطته الآلة الحاسبة) ، لكن يجب أن نحتفظ فقط برقمين دالين ، ونكتب $a = 1{,}6 \times 10^5$

مثـــال – 3 : احسب طاقة الربط لنواة الأكسيجين $^{17}_{8}O$ ، علما أن :

كتلة البروتون : $m_p = 1{,}00727\ u$

كتلة النوترون : $m_n = 1{,}00866\ u$

كتلة النواة $^{17}_{8}O$: $m_N = 16{,}99474\ u$ ، و $1u = 931{,}5\ MeV/c^2$

لدينا $\Delta m = (8{,}05816 + 9{,}07794) - 16{,}99474 = 0{,}14136\ u$ (سنرى حالة الجمع والطرح)

$E_l = \Delta m \times 931{,}5 = 0{,}14136 \times 931{,}5 = 131{,}67684\ MeV$ (هذا ما أعطته الآلة الحاسبة) ، لكن قيمة طاقة الربط يجب أن تشمل فقط 4 أرقام دالّة (مثل 931,5) ، وبالتالي $E_l = 131{,}7\ MeV$

2 – حالة عمليّة القسمة :

نتّبع نفس القاعدة المذكورة في حالة الضرب . فمثلا $b = 3000$ ، $c = 100$. ولدينا $a = \frac{b}{c}$.

$a = \frac{3000}{100} = 30$ ، لكن العدد c يحتوي على 3 أرقام دالة فقط ، وبالتالي يجب كتابة $a = 30{,}0$.

3 – حالة عمليتي الجمع والطرح :

لدينا العمليتان $a = b + c$ أو $a = b - c$.

يجب أن يكون عدد الأرقام بعد الفاصلة في النتيجة (a) مساويا لعدد الأرقام بعد الفاصلة الأصغر من بين b و c .

مثـال : $b = 249{,}8$: رقم واحد بعد الفاصلة

$c = 3{,}42$: رقمان بعد الفاصلة

لدينا $a = b + c = 249{,}8 + 3{,}42 = 253{,}22$ ، (هذا ما أعطته الآلة الحاسبة) ، لكن النتيجة يجب أن تحتوي على رقم واحد بعد الفاصلة ، لهذا يجب أن نكتب $a = 253{,}2$. ونفس الطريقة بالنسبة للطرح .

ملاحظة : يمكن في عمليتي الجمع والطرح أن نجد في النتيجة عدد الأرقام الدّالة مختلفا عن عدد الأرقام الدّالة في b أو في c ، أو في كليهمـا

مثـال : $b = 2{,}06$: 3 أرقام دالّة

$c = 0{,}08$: رقم دالّ واحد

$a = b + c = 2{,}06 + 0{,}08 = 2{,}14$: 3 أرقام دالّة

في عمليّتي الجمع والطرح نهتم في النتيجة بعدد الأرقام بعد الفاصلة ، وليس بعدد الأرقام الدالّة .

4 – الأرقام الدالة في الارتياب المطلق :

يُعطى الارتياب المطلق عادة برقم دالّ واحد . مثلا : $\Delta l = 0{,}03\ cm$ ، $\Delta I = 0{,}002\ A$

الكتابة : $pH = 9{,}3 \pm 0{,}18$ مكتوبة بشكل خاطئ ، والصحيح هو $pH = 9{,}3 \pm 0{,}2$

11 – تدوير الأعداد :

التدوير معناه الاحتفاظ بعدد أقل من الأرقام الدالة في العدد . مثلا العدد : 12,38 بأربعة أرقام دالة ندوّره إلى 12,4 بثلاثة أرقام دالّة .

طرُق التدوير :

ليكن العدد : $\mathbf{15,2}x$ ، حيث x هو أحد الأرقام الدالة في هذا العدد .

- إذا كان : $x = 1 , 2 , 3 , 4$: ندوّر العدد إلى **15,2**
- إذا كان : $x = 6 , 7 , 8 , 9$: ندوّر العدد إلى **15,3**

ليكن العدد : $\mathbf{15,}x\mathbf{5}$ ، حيث x هو أحد الأرقام الدالّة في العدد

- إذا كان x عددا زوجيا ، وبعد الرقم 5 توجد فقط الأصفـار ، ندوّر العدد إلى $\mathbf{15,}x$

مثال : 15,2500 : ندوّره إلى 15,2

- إذا كان x عددا زوجيا ، وبعد الرقم 5 توجد أرقام أخرى ، ندوّر العدد إلى $\mathbf{15,}(x+1)$

مثال : 15,2502 : ندوّره إلى 15,3

- إذا كان x عددا فرديّا ، في كلتا الحالتين ، ندوّر العدد إلى $\mathbf{15,}(x+1)$

مثـال : العدد 18,15 ندوّره إلى 18,2

الخلاصة : هذا الدرس ليس وحدة مستقلّة ، بل نحتاجه في كل الوحدات ، ولكوْن العلوم الفيزيائية هي علوم تجريبية ، فمن الضروري أن نقيّم نتائج تجاربنا بواسطة قياس الدقة في المقادير الفيزيائية المقاسة .

أنت .. تلميذ السنة الأولى أو الثانية أو طالب البكالوريا ... المطلوب منك في هذا الدرس :

- أن تعرف كيفية حساب الارتياب المطلق والنسبي ودقة القياس ، وكيفية كتابة نتيجة القياس .
- أن تعرف كيف تقدّر الارتيابات المطلقة عند استعمال أجهزة القياس لقياس المقادير الفيزيائية مباشرة .
- أن تتقن طرق تدوير الأعداد .
- أن تعرف كيفية تحديد الأرقام الدالّة في عدد ، وكيفية التعامل معها عند إجراء العمليات الحسابية .
- أن تعرف أن الوزارة هي التي اقترحت هذا الدرس ، وليس أستاذك ، فإذا أردت أن تشتم ، اشتم بعيدا عن أستاذك ، ومن الأفضل أن لا تشتم ..

-------------------- تمـارين مقترحة --------------------

التمرين 01

قمنا بقياس القطر الداخلي D_1 لأسطوانة والقطر الخارجي D_2 ، فوجدنا $D_1 = 19{,}5 \mp 0{,}1\ mm$ و $D_2 = 26{,}7 \mp 0{,}1\ mm$.

1 - احسب السمك e للأسطوانة واكتب نتيجة قياسه .

2 - احسب دقة القياس في السمك .

التمرين 02

في عملية معايرة محلول مائي لحمض الإثـانويك بواسطة محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_b = 0{,}020 \mp 0{,}001\ mlo/L$ ، أخذنا من المحلول الحمضي حجما $V_a = 20{,}0 \mp 0{,}2\ mL$ ووضعناه في بيشر ، وللحصول على التكافؤ أضفنا من السحاحة حجما من المحلول الأساسي قدره $V_{bE} = 40{,}0 \mp 0{,}2mL$.

1 – احسب التركيز المولي C_a لمحلول حمض الإثـانويك .
2 – احسب الإرتياب المطلق في هذا التركيز ، ثم اكتب نتيجة قياسه .

التمرين 03

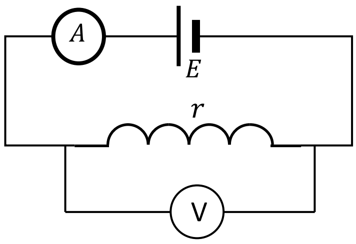
النواس البسيط عبارة عن خيط خفيف طوله l ويحمل في نهايته كرة صغيرة ، مهملة الأبعاد ، والنهاية الأخرى مثبتة ، حيث يمكن للجملة الاهتزاز في مستو شاقولي . نسمى مدة الذهاب مع الإياب دور النواس ونرمز له بـ T .

يُعطى دور النواس بالعلاقة $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. يسمى g التسارع الأرضي ، ويقاس بـ m/s^2

في تجربة قام بها التلاميذ في المخبر لتحديد التسارع الأرضي g ودقة القياس فيه ، قاموا بقياس طول الخيط ووجدوه $l = 1{,}000 \pm 0{,}005\ m$ وحسبوا الدور ووجدوه $T = 2{,}00 \pm 0{,}01\ s$.

احسب قيمة g ، ثم جدْ نتيجة قياسه . $\pi = 3{,}14$

التمرين 04



من أجل تحديد مقاومة وشيعة نقوم بربطها في الدارة الممثّلة في الشكل المقابل

شدة التيار $I = 0{,}50 \pm 0{,}02A$

التوتر بين طرفي الوشيعة $U = 5{,}0 \pm 0{,}1V$

جد نتيجة قياس مقاومة الوشيعة .

التمرين 05

قمنا بقياس ارتفاع وقطر أسطوانة معدنية مملوءة بواسطة قدم قنويّة ، فوجدنا $h = D = 4{,}000 \pm 0{,}005\ cm$ ، ووجدنا كتلتها $m = 392{,}05 \pm 0{,}05\ g$.

1 - احسب الكتلة الحجمية للمعدن الذي صُنعت منه هذه الأسطوانة .
2 - احسب دقة القياس في الكتلة الحجمية ، ثم اكتب نتيجة القياس .

يُعطى حجم الأسطوانة : $V = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times h$

حلول التمارين

التمرين 01

1 - سمك الأسطوانة هو : $e = \frac{D_2 - D_1}{2} = \frac{26{,}7-19{,}5}{2} = 3{,}6\ mm$

$$\Delta e = \frac{1}{2}(\Delta D_2 + \Delta D_1) = \frac{0{,}1+0{,}1}{2} = 0{,}1\ mm$$

نتيجة القياس : $e = 3{,}6 \pm 0{,}1\ mm$

2 – دقّة القياس هي : $\frac{\Delta e}{e} \times 100 = \frac{0{,}1}{3{,}6} \times 100 = 2{,}7\%$

التمرين 02

1 -

$$C_a = \frac{C_b\, V_{bE}}{V_a} = \frac{0{,}02 \times 40}{20} = 0{,}040\ mol/L$$

2 - $\frac{\Delta\, C_a}{C_a} = \frac{\Delta\, C_b}{C_b} + \frac{\Delta V_{bE}}{V_{bE}} + \frac{\Delta V_a}{V_a}$

$$\frac{\Delta\, C_a}{C_a} = \frac{0{,}001}{0{,}02} + \frac{0{,}2}{40} + \frac{0{,}2}{20}$$

$\frac{\Delta\, C_a}{C_a} = 0{,}065$ ، ومنه :

$$\Delta C_a = 0{,}065 \times 0{,}04 = 0{,}003\ mol/L$$

نتيجة القياس هي : $C_a = 0{,}040 \mp 0{,}003\ mol/L$

التمرين 03

لدينا $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ، ومنه $g = \frac{4\pi^2\, l}{T^2}$ (1)

$$g = \frac{4 \times (3{,}14)^2 \times 1}{4} = 9{,}86\ m/s^2$$

من العلاقة (1) نجد الارتياب النسبي في g :

$$\frac{\Delta\, g}{g} = \frac{\Delta\, l}{l} + 2\frac{\Delta T}{T} = \frac{0{,}005}{1} + 2 \times \frac{0{,}01}{2} = 0{,}015$$

$$\Delta g = 0{,}015 \times 9{,}86 = 0{,}1479$$

$$\Delta g = 0{,}1\ m/s^2$$

نتيجة القيـاس هي : $\Delta g = 9{,}9 \pm 0{,}1\ m/s^2$

التمرين 04

مقاومة الوشيعة $r = \frac{U}{I} = \frac{5}{0{,}5} = 1 \times 10^1\ \Omega$

$$\frac{\Delta\, r}{r} = \frac{\Delta\, U}{U} + \frac{\Delta I}{I} = \frac{0{,}1}{5} + \frac{0{,}02}{0{,}5} = 0{,}06$$

$$\Delta r = 0{,}06 \times r = 0{,}06 \times 10 = 0{,}6\ \Omega$$

نتيجة القياس هي : $r = 10{,}0 \pm 0{,}6\ \Omega$

التمرين 05

الكتلة الحجمية هي النسبة بين الكتلة والحجم $\rho = \frac{m}{V}$

لدينا $V = \pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 h = 3{,}14 \times 2^2 \times 4 = 50{,}24\ cm^3$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{392{,}05}{50{,}24} = 7{,}800\ g/cm^3$$

لدينا $\rho = \frac{m}{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 h} = \frac{4}{\pi} \times \frac{m}{D^2\, h}$

الارتياب النسبي في الكتلة الحجمية هو :

$$\frac{\Delta\, \rho}{\rho} = \frac{\Delta\, m}{m} + 2\frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta\, h}{h}$$

$$\frac{\Delta\, \rho}{\rho} = \frac{0{,}05}{392{,}05} + 2\frac{0{,}005}{4} + \frac{0{,}005}{4} = 0{,}0038$$

دقة القياس هي $0{,}4\ \%$.

بالنسبة للسنة الأولى والثانية ، تُعطى التطبيقات من واقع المقرّر