

الفصل الأول

الوحدات المستخدمة

فى القياس فى التجارب العملية

النظام المترى :

يستخدم النظام المترى وهو (سم - جم - ث). وتكون وحدة الطول هي السنتيمتر (cm)، ووحدة الكتلة هي الجرام (g)، ووحدة الزمن هي الثانية (sec) ويمكن اشتقاق الوحدات الأخرى من هذه الوحدات المرجعية.

ويعتبر المعيار المترى للطول هو المتر (m) وهو مقسم إلى مائة قسم متساوى يسمى السنتيمتر (cm). أو مقسمة إلى ألف جزء متساوى يسمى الميليمتر (mm) وينقسم الميليمتر بدوره إلى ألف جزء متساوى يسمى الميكرون (μ). وتستخدم الوحدة الأخيرة عادة في القياسات الميكروسكوبية. ويمكن التعرف على وحدة تستخدم في القياسات الذرية والإشعاعية وهي وحى الأنجستروم. وترتبط وحدات الطول مع بعضها في الجدول التالى:

الكيلومتر (Km)	=	1000 متر
1 متر (m)	=	100 سنتيمتر
1 سنتيمتر (cm)	=	10 ميليمتر
1 ميكرون (μ)	=	10^{-4} سنتيمتر
1 ميليميكرون (m μ)	=	10^{-7} سنتيمتر
1 أنجستروم (A°)	=	10^{-8} سنتيمتر

وحدة الحجم عادة ما تستخدم لقياس حجم السوائل. ويسمى الحجم الذى يشغل وحدة الكتل من الماء باللتر (l) ويعرف اللتر بأنه حجم الكيلوجرام من الماء عند 4°C والتي عندها يكون الماء فى أقصى كثافتها عند الضغط الجوى المعتاد وهي تساوى 1000 سنتيمتر مكعب من الماء. الكتلة هي قياس لكمية المادة، الوزن هو عبارة عن قوة الجاذبية الأرضية على الكتلة وهي تستخدم عادة لقياس الكتلة وذلك لأن قوة الجاذبية لوحدة الكتل لا تختلف كثيراً من نقطة إلى أخرى على سطح الأرض. وحدة سم - جم - ث للكتلة هي الجرام (g) والتي هي وحدة كتلة واحد ميليلتر من الماء عند 4°C والوحدة الكبرى للكتلة هي الكيلوجرام (kg) والتي تساوى 1000 جرام والوحدة الصغرى للكتلة هي الميليجرام (mg) والتي هي $\frac{1}{1000}$ من الجرام (0.001g) وتوجد وحدة أخرى أصغر هي

$$\frac{1}{1000000} \text{ (g)} \cdot 10^{-6} \text{ (g)}$$

الأسس :

القيمة 10^2 تسمى العشرة الأساس ، أما الرقم اثنين فهو الأس أو القوة.

$$10^0 = 1 ، 10^1 = 10 ، 10^2 = 100 ، 10^3 = 1000 ،$$

$$10^{-1} = 0.1 ، 10^{-2} = 0.01 ، 10^{-3} = 0.001$$

(1) فى عمليات الضرب تجمع الأسس التى أساسها واحد والأمثلة على ذلك هى :

$$10^3 \times 10^5 = 10^{3+5} = 10^8$$

$$10^9 - 10^4 = 10^{9-4} = 10^5$$

$$(2 \times 10^6) (3 \times 10^{-2}) = 6 \times 10^{6-2} = 6 \times 10^4$$

$$X^6 \cdot X^{11} = X^{17}$$

(2) فى عمليات القسمة لنفس الأساس تطرح الأسس من بعضها البعض والأمثلة

على ذلك هى :

$$\frac{10^5}{10^2} = 10^{5-2} = 10^3$$

$$\frac{X^6}{X^2} = X^{6-2} = X^4$$

$$\frac{8 \times 10^{-5}}{4 \times 10^{-2}} = \frac{8}{4} \times 10^{-5+2} = 2 \times 10^{-3}$$

(3) أى رقم يمكن التعبير عنه برقمين أحدهما يقع بين 1، 10، والآخر هو عبارة

عن أس صحيح للرقم 10.

$$8010 = 8.01 \times 10^3$$

أمثلة:

$$801 = 8.01 \times 10^2$$

$$0.801 = 8.01 \times 10^{-1}$$

$$80.1 = 8.01 \times 10^1$$

$$0.0801 = 8.01 \times 10^{-2}$$

(4) الرقم الذى أسه صفرأ يساوى واحد صحيح.

$$5 \times 10^0 = 5 ، 10^0 = 1 ، X^0 = 1 \quad \text{أمثلة :}$$

$$7 \times 10^0 = 7$$

(5) يمكن للمعامل أن ينتقل من البسط إلى المقام والعكس بتغيير إشارة الأس .

$$10^{-5} = \frac{1}{10^5} ، \frac{8}{10^{-3}} = 8 \times 10^3 \quad \text{مثال :}$$

(6) الكسر من الأس يتضح فى الأمثلة التالية :

$$10^{1/2} = \sqrt{10} \quad , \quad 10^{1/3} = \sqrt[3]{10} \quad , \quad 10^{1/n} = \sqrt[n]{10}$$

$$10^{3/2} = \sqrt{10^3} \quad , \quad 10^{2/3} = \sqrt[3]{10^2} \quad , \quad 10^{4/n} = \sqrt[n]{10^4}$$

(7) لاستخلاص الجذر التربيعي نقسم الأس على 2، ولإستخلاص الجذر التكعيبي نقسم الأس على 3 وهكذا. أما إذا كان الأس رقم مفرد يزداد أو ينقص بالواحد ويضبط المعامل كما يلي :

$$40 = 4 \times 10^1 = \sqrt{16 \times 10^2} = \sqrt{1600} \quad (a)$$

$$40 = 4 \times 10^1 = \sqrt{16 \times 10^2} = \sqrt{1.6 \times 10^3} \quad (b)$$

$$0.007 = 7 \times 10^{-3} = \sqrt{49 \times 10^{-6}} = \sqrt{4.9 \times 10^{-5}} \quad (c)$$

$$3000 = 3 \times 10^3 = \sqrt[3]{27 \times 10^9} \quad (d)$$

$$30 = 3 \times 10 = \sqrt[3]{27 \times 10^3} = \sqrt[3]{2.7 \times 10^4} \quad (e)$$

$$0.2 = 2 \times 10^{-1} = \sqrt[3]{8 \times 10^{-3}} = \sqrt[3]{80 \times 10^{-4}} \quad (f)$$

اللوغاريتمات ومقلوباتها:

لوغاريتم أى رقم هو عبارة عن القوى التى يرفع إليها الرقم 10 للحصول على ذلك الرقم. لكى نحصل على لوغاريتم عدد معين من الضروري أولاً تحديد الرقم البياني ثم استخراج باقى الرقم من جدول اللوغاريتمات. ويمكن تحديد الرقم البياني تبعاً للقواعد التالية :

(1) للعدد أكبر من الواحد الصحيح يكون الرقم البياني موجباً ونقل بمقدار واحد عن عدد الأرقام التى يتكون منها العدد وذلك قبل العلامة العشرية.

العدد	19652	9650	704	95.1	9.23
الرقم البياني	4	3	2	1	0

(2) للأعداد الأقل من الواحد الصحيح يكون الرقم البياني سالباً ويكون أكبر بواحد عن أرقام الأصفار التى تلى العلامة العشرية مثل :

العدد:	0.00925	0.0832	0.482
الرقم البياني:	$\bar{3}$	$\bar{2}$	$\bar{1}$

بعد تحديد الرقم البياني للعدد. نحصل على الجزء العشري من اللوغاريتم وذلك من جدول اللوغاريتمات المرفق. وذلك بأن نحصل على الرقمين الأولين فى العدد من العمود الأول فى الجدول. نسير أفقياً فى نفس المستوى إلى اليمين ونسجل الرقم الموجود أسفل الرقم الثالث فى العدد المدروس. نضيف إلى هذا الرقم الفرق المقابل للرقم الرابع فى العدد وعليه يكون لوغاريتم العدد 8034 الرقم البياني هو 3 ويكون الجزء العشري من اللوغاريتم من الجدول هو 0.9049 وعليه يكون لوغاريتم العدد $8034 = 3.9049$. نلاحظ أن الجزء العشري من اللوغاريتم هو نفسه وذلك لكل من لوغاريتم 8034 ، 80.34 ، 8.034 ، 0.8034 ألا وهو 0.9049 ولكن الرقم البياني لذات العدد يختلف من 3 إلى 2 إلى 1 إلى 0 وحتى -1 بالترتيب وقد وجد أيضاً أن:

$$\log 1000=3 ، \log 100=2 ، \log 10=1 ، \log 1=zero \text{ وهكذا.}$$

فى بعض الأحيان يمكن وضع لوغاريتم العدد فى صورة معادلة جبرية والمثال على ذلك هو $y = 6 \log X$ إذا كانت X أكبر من الواحد الصحيح فإن $\log X$ تكون قيمته موجبة ولا يوجد صعوبة فى الحصول على اللوغاريتم فى هذه الحالة. أما إذا كانت X أقل من الواحد الصحيح فإن قيمة $\log X$ تكون سالبة وتوجد هناك صعوبة فى معاملة الرقم البياني السالب والجزء العشري من اللوغاريتم الموجب القيمة. وأسهل طريقة لمعالجة هذا الأمر هو معاملة $\log X$ وكأنها رقم فردى وذلك بإشارة محددة إما موجبة أو سالبة.

والمثال التالى يساعد على فهم مثل هذه المسألة :

$$y = 6 \log 0.025$$

$$\therefore \log 0.025 = \bar{2}.3979 = -1.6021$$

الرقم 1.6021 - نحصل عليه بالجمع الجبرى كل من 2 - ، 0.3979 +

$$y = 6 X - 1.6021 = -9.6126 \quad \text{لذا :}$$

للحصول على مقلوب اللوغاريتم المقابل للوغاريتم نتبع نفس الطريقة للحصول على الجزء العشري من اللوغاريتم ونحصل على عدد الأرقام التى على يسار العلامة العشرية بإضافة واحد إلى الرقم البياني للوغاريتم ويكون عدد الأصفار على يمين العلامة العشرية أقل من الرقم البياني بواحد صحيح.

العمليات على اللوغاريتمات :

أولاً : عمليات الضرب : فى عمليات ضرب الأعداد تجمع اللوغاريتمات مع بعضها البعض ويكون المجموع هو لوغاريتم الناتج.

$$\text{مثال : } 627.2 \times 87210$$

$$\log 627.2 = 2.7974$$

$$\log 87210 = 4.9406$$

$$\log \text{ total} = 7.7380$$

$$\text{anti log} = 54700000 \text{ أو } 5.47 \times 10^7$$

ثانياً : عمليات القسمة : فى عمليات قسمة الأعداد فإن لوغاريتماتها تطرح من بعضها البعض وللحصول على لوغاريتم خارج القسمة التالية نجرى ما يلى :

$$627.2 \div 872$$

$$\log 627.2 = 2.7974$$

$$\log 872 = 2.9406$$

$$\log \text{ quotient} = 1.8568$$

$$\text{anti log} = 0.7191$$

ثالثاً : حساب لوغاريتمات: الـ pH ، الـ POH — الـ pH هو اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين أو لوغاريتم مقلوب تركيز أيونات الهيدروجين.

الحل:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = \log \frac{1}{[\text{H}^+]} = \log 1 - \log [\text{H}^+]$$

$$= 0 - \log [\text{H}^+]$$

$$= -\log [\text{H}^+] \quad \text{بالمثل :}$$

$$\text{POH} = -\log [\text{OH}^-] = \log \frac{1}{[\text{OH}^-]} = \log 1 - \log [\text{OH}^-]$$

$$= 0 - \log [\text{OH}^-]$$

مثال (1) : إحسب الرقم الهيدروجيني لمحلول حمض الخليك تركيزه 0.1M

وكان تركيز أيونات الهيدروجين فيه هو 0.00134 mole/litre

الحل:

$$\text{pH} = -\log 0.00134 = - (3.1271) = 2.8729$$

مثال (2): إحصب الرقم الهيدروكسيدي لمحلول هيدروكسيد الأمونيوم تركيزه 1 مولر نظم بإضافة محلول كلوريد الأمونيوم تركيزه 0.1M وكان تركيز أيونات الهيدروكسيد هي 1.8×10^{-4} mole/litre.

الحل:

$$\text{POH} = -\log 1.8 \times 10^{-4} = 3.7447$$

الدوال الأسية:

الدالة الأسية للأساس الموجب (a) يمكن كتابتها على الصورة التالية:

$$y = a^x$$

حيث x هي لوغاريتم y للأساس (a) ويكون اللوغاريتم الطبيعي هو لوغاريتم

الأساس (e). وعليه تكون الدالة الأسية الطبيعية كالتالي :

$$y = e^x$$

$$X = \log_e y = \ln y$$

القيمة العددية للمعامل (e) يمكن تقديرها بحدود التعبير اللانهائي

$$S_n = \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n$$

عندما $n \rightarrow \infty$ عندما تزداد n تميل S_n للإقتراب من قيمة محددة كما هو

مبين في الجدول التالي :

n	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5
S_n	2	2.594	2.705	2.717	2.7182	2.71827

من الواضح أن القيمة المحددة تبدأ بأربع أرقام هي 2.718. البرهان على

القيمة المحددة السابقة يكون بسيطاً كما يلي:

$$\left| \frac{1}{n} \right| < 1 \text{ وذلك نظرية ذات الحدين وذلك } < 1$$

$$S_n = \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n$$

$$= 1 + n \frac{1}{n} + \frac{n(n-1)}{2!} \cdot \frac{1}{n^2} + \dots + \frac{n(n-1)(n-2)\dots 1}{n!} \cdot \frac{1}{n^n}$$

إذا كانت قيمة n كبيرة جداً

$$S_n = 1 + 1 + \frac{1}{2!} + \frac{1}{3!} + \frac{1}{4!} + \dots$$

$$e = 2.71828$$

ويمكن على غرار هذا توضيح الدالة الأسية الطبيعية e^x وذلك على الصورة التالية:

$$e^x = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{x}{n} \right)^n$$

$$= 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^4}{4!} + \dots$$

بالتفاضل بالنسبة لـ x نحصل على :

$$\frac{de^x}{dx} = 0 + 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots$$

والتي تكون نفس الدالة وعليه إذا كان $y = e^x$

$$\therefore \frac{dy}{dx} = e^x$$

لتوضيح معنى الدالة e^x نعتبر الحالة ذات الإتصال المركب. يضاف المجموع

الرئيسي إليها على فترات منتظمة بحيث يزداد بطريقة منتظمة ومركبة. إذا كانت α ترمز إلى السرعة المطلوبة. وإذا أضيف المطلوب إلى المجموع الرئيسي في نهاية كل عام فإنه بعد x من السنوات تكون الكمية المتراكمة للرئيسي الأصلي للعدد واحد هو $(1 + \alpha)^x$ إذا أضيف الرئيسي إلى المطلوب في نهاية كل n جزء من العام بدلاً من نهاية كل عام فإنه بعد عدد من السنوات قدره x تكون الكمية المتراكمة هي :

$$\left(1 + \frac{\alpha}{n} \right)^{nx}$$

إذا كانت $x = 1$ سنة تكون الكمية المتراكمة بعد سنة واحدة هي:

$$\left(1 + \frac{\alpha}{n} \right)^n$$

الأرقام المعنوية :

تظهر دقة النتائج المعملية من الأرقام المعنوية المستخدمة في تسجيل قيم الخواص المدروسة ويجب توخي الدقة في عدم إستخدام عدد كبير من الأرقام أكثر

من اللازم. القيمة العددية لكل قياس مشاهد تكون تقريبية ولا تكون صحيحة بطريقة مطلقة. وتتحدد الدقة في القياس بالثقة في الجهاز المستخدم وهى أيضاً ليست مطلقة. وتتضمن الأرقام المعنوية للعدد كل الأرقام المحددة. فإذا سجل طول الخط على أنه 20.7cm فإن هذا يعنى أن طول الخط يقاس إلى أقرب عشر من السنتيمتر وأن القيمة الحقيقية للطول تكون محصورة بين 20.65 ، 20.75cm. أما إذا أعطى الطول على أنه 20.70 فإن هذا يعنى أن القياس يكون صحيحاً لأقرب $\frac{1}{100}$ من السنتيمتر. القيمة 20.7cm تمثل ثلاث أرقام معنوية (7 ، 0 ، 2) بينما القيمة 20.70 تمثل الأرقام المعنوية التالية (0 ، 7 ، 0 ، 2) وبالمثل يكون الوزن فإذا سجل وزناً مبيناً على أنه 2.3972g بالميزان الحساس فإن هذا يدل على أن الشئ الموزون قد تم وزنه إلى أقرب $\frac{1}{10}$ من الميليغرام وتمثل خمس أرقام معنوية وهى (2، 9، 7، 2، 3) الرقم صفر يتطلب إعتبارات خاصة لأنه يمكن أن يكون معنوياً أو غير معنوى. وتكون الأصفار على يسار العلامة العشرية ليست بالضرورة معنوية فعلى سبيل المثال حجم 25ml يمثل رقمين معنويين (5 ، 2) فإذا كتب الحجم 0.025 litre فإن العدد مازال يحتوى على رقمين معنويين وبذا يكون الصفر الذى ظهر على أنه أول رقم ليس له معنى حيث أنه يحدد العلامة العشرية. بينما الرقم 0.0250l ، 0.250l تمتلك ثلاث أرقام معنوية وهى 2، 5 ، الصفر الأخير القيمة. (1.025l) لها أربع أرقام معنوية وهى على الترتيب (1، 0، 2، 5). بينما القيمة (1.0250l) تمتلك خمس أرقام معنوية وهى على الترتيب (1، 0، 2، 5، 0). أيضاً القيمة 44.00 وهى الوزن الجزيئى لثنائى أكسيد الكربون تدل على أربع أرقام معنوية. يجب مراعاة عدم كتابة أرقام أقل أو أكثر من الأرقام المطلوبة. وفى الحسابات القائمة على عمليات الضرب الطويلة فإنه يمكن أن تكون هناك أرقاماً أكثر من معنوية.

ويمكن أن تدور القيمة النهائية تبعاً للخطأ المعملى. يدور العدد إلى العدد المرغوب فيه للأرقام المعنوية وذلك بإسقاط واحد أو أكثر من الأرقام إلى اليمين وذلك إذا كان الرقم المستبعد أقل من 5. أما الرقم الثانى والأخير فلا يتغير. أما إذا كان أكثر من 5، يضاف واحد إلى الرقم الأخير المتبقى. أما إذا كانت 5 بالضبط يضاف واحد إلى آخر رقم متبقى إذا كان مفرداً وإلا يحدث إستبعاد.

المثال على ذلك العدد 6.1259 يمكن تدويره كالتالى:

العدد 2.14 يصير 2.1

العدد 50.35 يكتب هكذا 50.4

والعدد 50.45 يكتب هكذا 50.4

أثر الخطأ التجريبي على النتائج النهائية:

في التجارب الفيزيوكيميائية تعتمد الدقة للنتيجة النهائية على دقة القياسات في الخطوات المنفردة وفي أسلوب آخر تتحدد الدقة بالخطأ في الخطوة الأقل دقة. ولحساب الخطأ في النتيجة النهائية فإنه من المناسب حساب الخطأ الأقصى الناتج إذا كانت الأخطاء في الخطوات المنفردة في أقصى قيمة لها. ومن الأفضل أن تضاف كلها معاً لكي تؤثر على النتيجة النهائية في نفس الإتجاه. وهذه في العادة تكون الظروف الغير ملائمة التي نحصل عندها على الخطأ الأقصى حيث أنه في بعض الأحيان يمكن ضم الأخطاء المتفرقة بطريقة ما بحيث يلاشى بعضها بعضاً. هناك بعض القواعد العامة لنمو الأخطاء وذلك لحساب الخطأ الأقصى في القيمة النهائية.

(1) عمليات الجمع والطرح :

الخطأ الأقصى في حالة الجمع أو الطرح يساوي مجموع القيم المطلقة للأخطاء

القصوى في الكميات المقاسة هكذا

$$a = b + c$$

$$da = db + dc$$

وللزيادات الكبيرة $\Delta a = \Delta b + \Delta c$ فعلى سبيل المثال لتقدير الكثافة إذا كان

وزن البكنوميتر فارغاً هو 25.124 ± 0.001 ، وزن البكنوميتر والسائل هو

35.124 ± 0.001 يكون الخطأ الأقصى في وزن السائل 10.001 ± 0.002 وفي

صورة أخرى يكون الخطأ الأقصى في وزن السائل هكذا $0.02 = \frac{0.002}{10.000} \times 100$

(2) عمليات الضرب والقسمة :

تكون نسبة الخطأ الأقصى في هذه الحالة هو مجموع النسبة المئوية للأخطاء

في الكمية المقاسة للنتائج وللكسر مثال :

$$a = bc$$

$$\therefore da = bdc + cdb$$

$$\frac{da}{a} = \frac{dc}{c} + \frac{db}{b} \quad \frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta c}{c} + \frac{\Delta b}{b}$$

وكنسبة مئوية للخطأ :

$$\frac{\Delta a}{a} \cdot 100 = \frac{\Delta c}{c} \cdot 100 + \frac{\Delta b}{b} \cdot 100$$

مثال : إذا كان طول المستطيل هو 10.0 ± 0.1 cm وعرضه 5.0 ± 0.1 cm. إحسب أقصى خطأ في قياس المساحة لهذا الشكل.

الحل:

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{0.1}{10.0} + \frac{0.1}{5.0}$$

$$\Delta A = 1.5 \text{ cm}^2$$

(3) اللوغاريتمات:

إذا كانت النتيجة النهائية معبراً عنها بلوغاريتم الكمية المقاسة. فإن الخطأ يساوى الخطأ الكسرى. أى أنه إذا كان:

$$y = \ln x \quad \therefore dy = \frac{dx}{x}$$

وتكون القيمة $\frac{dx}{x}$ هو الخطأ الكسرى.

