الفصل الأول

الوحدات المستخدمة
فى القياس فى التجارب العملية

النظام المترى :

يستخدم النظام المترى وهو (سم – جم – ث). وتكــون وحــدة الطــول هــى السنتميتر(cm)، وحدة الكتلة هى الجرام (g)، وحــدة الــزمن هــى الثانيــة (sec) ويمكن إشتقاق 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 المილليمتر (mm) وينقسم المილليمتر بدوره إلى ألف جزء متساوى يسمى الميركــون (μ). وتــستخدم الوحدة الأخيرة عادة فى القياسات الميكروسكوبية. ويمكــن التعــرف علــى وحــدة تستخدم فى القياسات الذرية والإشعاعية وهى وحدى الأنجستروم. وترتبط وحــدات الطول مع بعضها فى الجدول التالى:

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

وحدة الحجوم عادة ما تستخدم لقياس حجم السوائل. ويــسمى الحجــم الــذى يشغــل وحدة الكتل من الماء باللیتر (ℓ) ويعرف اللیتر بأنه حجم الكيلــوجرام مــن الماء عند 4°C والتى عندها يكون الماء فى أقصى كثافتها عنــد الــضغط الجــوى المعتاد وهى تساوى 1000 سنتيميتر مكعب من الماء. الكتلة هــى قيــاس لكميــة المادة، الوزن هو عبارة عن قوة الجاذبية الأرضية على الكتلة وهى تستخدم عــادة لقياس الكتلة وذلك لأن قوة الجاذبية لوحدة الكتل لا تختلف كثيراً مــن نقطــة إلــى أخرى على سطح الأرض. وحدة سم – جم – ث للكتلة هى الجرام (g) والتى هــى وحدة كتلة واحد ميلليلتر من الماء عند 4°C والوحدة الكبرى للكتلة هى الكيلوجرام (kg) والتى تساوى 1000 جرام والوحدة الصغرى للكتلة هــى الميلليجــرام (mg) والتى هى $\frac{1}{1000}$ من الجــرام (0.001g) وتوجــد وحــدة أخــرى أصــغر هــى الميكروجرام والتى تساوى $\frac{1}{1000000}$ (10^{-6}g).

الأســـس :

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

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

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

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

$$10^3 \text{ x } 10^5 = 10^{3+5} = 10^8$$
$$10^9 – 10^4 = 10^{9-4} = 10^5$$
$$(2 \text{ x } 10^6)\,(3 \text{ x } 10^{-2}) = 6 \text{ x } 10^{6-2} = 6 \text{ x } 10^4$$
$$X^6 . X^{11} = X^{17}$$

(2) فى عمليات القسمة لنفس الأساس تطرح الأسس من بعضها البعض والأمثلــة على ذلك هى :

$$\frac{X^6}{X^2} = X^{6-2} = X^4 \qquad \frac{10^5}{10^2} = 10^{5-2} = 10^3$$

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

(3) أى رقم يمكن التعبير عنه برقمين أحدهما يقع بين 1، 10، والآخر هو عبــارة عن أس صحيح للرقم 10.

أمثلة:

$0.801 = 8.01 \text{ x } 10^{-1}$

$0.0801 = 8.01 \text{ x } 10^{-2}$

$80\ 10 = 8.01 \text{ x } 10^3$

$80\ 1 = 8.01 \text{ x } 10^2$

$80.1 = 8.01 \text{ x } 10^1$

(4) الرقم الذى أسه صفراً يساوى واحد صحيح.

<u>أمثلة</u> : $X° = 1$ ، $10° = 1$ ، $5 \text{ X } 10° = 5$

$7 \text{ x } 10° = 7$

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

<u>مثال</u> : $\frac{8}{10^{-3}} = 8 \text{ x } 10^3$ ، $10^{-5} = \frac{1}{10^5}$

(6) الكسر من الأس يتضح فى الأمثلة التالية :

$10^{1/2} = \sqrt{10}$ ، $10^{1/3} = \sqrt[3]{10}$ ، $10^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{10}$

$10^{3/2} = \sqrt{10^3}$ ، $10^{2/3} = \sqrt[3]{10^2}$ ، $10^{\frac{4}{n}} = \sqrt[n]{10^4}$

(7) لاستخلاص الجذر التربيعى نقسم الأس على 2، ولاستخلاص الجــذر التكعيبــى نقسم الأس على 3 وهكذا. أما إذا كان الأس رقم مفرد يزاد أو ينقص بالواحــد ويضبط المعامل كما يلى :

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

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

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

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

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

$0.2 = 2 \times 10^{-1} = \sqrt[3]{8 \times 10^{-3}} = \sqrt[3]{80 \times 10^{-4}}$ **(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 الضرورى أولاً تحديــد الــرقم البيانى ثم استخراج باقى الرقم من جدول اللوغاريتمات.

ويمكن تحديد الرقم البيانى تبعاً للقواعد التالية :

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

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

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

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

بعد تحديد الرقم البيانى للعدد. نحصل على الجزء العشرى 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 البيانى هو 3 ويكون الجزء العشرى من اللوغاريتم من الجدول هو 0.9049 وعليه يكون لوغاريتم العدد 8034=3.9049. لوحظ أن الجزء العشرى من اللوغاريتم هو نفسه وذلك لكل من لوغاريتم 8034 ، 80.34 ، 8.034 ، 0.8034 ألا وهو 0.9049 ولكن الرقم البيانى لذات العدد يختلف من 3 إلى 2 إلى 1 إلى 0 وحتى 1− بالترتيب وقد وجد أيضاً أن:

$\log 1000=3$ ،$\log 100=2$ ، $\log 10=1$ ، $\log1=zero$ 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 البيانى السالب والجزء العشرى 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 +

لذا : $y = 6 X - 1.6021 \qquad = -9.6126$

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

العمليات على اللوغاريتمات :

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

مثال : **627.2 x 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.

الحـل:

$$pH = -\log [H^{+}] = \log \frac{1}{[H^{+}]} = \log 1 - \log [H^{+}]$$
$$= 0 - \log [H^{+}]$$
$$= -\log [H^{+}]$$

بالمثـل :

$$POH = -\log [OH^{-}] = \log \frac{1}{[OH^{-}]} = \log 1 - \log [OH^{-}]$$
$$= 0 - \log [OH^{-}]$$

مثال (1) : إحسب الرقم الهيدروجينى لمحلول حمض الخليك تركيزه 0.1M وكان تركيز أيونات الهيدروجين فيه هو 0.00134 mole/litre

الحـل:

$$pH = -\log 0.00134 = -(3.1271) = 2.8729$$

<u>مثال (2):</u> إحسب الرقم الهيدروكسيدى لمحلول هيدروكسيد الأمونيوم تركيزه 1 مولر نظم بإضافة محلول كلوريد الأمونيوم تركيزه 0.1M وكـــان تركيـــز أيونـــات الهيدروكسيد هى 1.8×10^{-4} mole/litre.

<u>الحـــــل :</u>

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

الدوال الأسيـة:

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

$$y = a^{X}$$

حيث x هى لوغاريتم y للأساس (a) ويكون اللوغاريتم الطبيعى هو لوغـــاريتم الأساس (e). وعليه تكون الدالة الأسية الطبيعية كالتالى :

$$y = e^{X}$$

$$X = \log e \; y = \ln y$$

القيمة العددية للمعامل (e) يمكن تقديرها بحدود التعبيــــــــر اللانهائى

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

عندما $n \to \infty$ عندما تزداد n تميل S_n للإقتراب من قيمة محـــددة كمـــا هـــو مبين فى الجدول التالى :

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 هـــى 2.718. البرهـــان علـــى القيمة المحددة السابقة يكون بسيطاً كما يلى:

فتبعاً لنظرية ذات الحدين وذلك $1 > \left| \frac{1}{n} \right|$

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

$$= 1 + n\,\frac{1}{n} + \frac{n\,(n-1)}{2!}\cdot\frac{1}{n^2} + \cdots + \frac{n\,(n-1)(n-2)\ldots1}{n!}\cdot\frac{1}{n^n}$$

إذا كانت قيمة n كبيرة جداً

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

$$e = 2.71828$$

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

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

$$= 1 + X + \frac{X^2}{2!} + \frac{X^3}{3!} + \frac{X^4}{4!} + \cdots\cdots$$

بالتفاضل بالنسبة لـــ X نحصل على :

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

والتى 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. يـــضاف المجمـــوع الرئيسى إليها على فترات منتظمة بحيث يزداد بطريقة منتظمة ومركبة. إذا كانت α ترمز إلى السرعة المطلوبة. وإذا أضيف المطلوب إلى المجموع الرئيسى في نـهايـــة كل عام فإنه بعد x من السنوات تكون الكمية المتراكمة للرئيسى الأصلى للعدد واحد هو $(1 + \alpha)^x$ إذا أضيف الرئيسى إلى المطلوب في نهاية كل $n^{\underline{th}}$ جزء من العـــام بدلاً من نـهاية كل عام فإنه بعد عدد من السنوات قدره x تكون الكميـــة المتراكمـــة هى :

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

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

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

الأرقام المعنوية :

تظهر دقة النتائج المعملية من الأرقام المعنوية المستخدمة فـــي تـــسجيل قـــيم الخواص المدروسة ويجب توخى الدقة في عدم إستخدام عدد كبير من الأرقام أكثـــر

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 الميلليجرام وتمثل خمس أرقام معنوية وهى(2،7،9،3، 2) 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 لثانى 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:

6.126 ،

العدد 2.14 يصير 2.1

العدد 50.35 يكتب هكذا 50.4

والعدد 50.45 يكتب هكذا 50.4

أثر الخطأ التجريبى على النتائج النهائية :

في التجارب الفيزيوكيميائية تعتمد الدقة للنتيجة النهائية على دقة القياسات في الخطوات المنفردة وفى 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 لكى تؤثر على النتيجة النهائية في نفس الإتجاه. وهذه في العادة تكون الظروف الغير ملائمة التى 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 يساوى 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 وفى 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 :

$$a = bc$$
$$\therefore \quad da = bdc + cdb$$

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

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 المشكل.

الحـــــل:

$$\frac{\Delta A}{50} = \frac{0.1}{10.0} + \frac{0.1}{5.0}$$

$$\Delta A = 1.5\ cm^2$$

(3) اللوغاريتمات:

إذا كانت النتيجة النهائية معبراً عنها بلوغاريتم الكمية المقاســة. فــإن الخطــأ يساوى الخطأ الكسرى. أى أنه إذا كان:

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

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

❖❖❖ ❖❖❖ ❖❖❖