الفصل الأول

الكيمياء : المادة و القياس

1 – 1 خواص المادة Propriety of matter

تنقسم خواص المادة إلى قسمين الخواص الفيزيائية و الخواص الكيميائية أما **الخواص الفيزيائية** فهي التي تميز المادة بغياب أي تغير في تركيبها , فمثلاً عندما نميّز عينة من الميتانول بواسطة رائحتها فإننا لا نغيّر تركيبها. أما **الخواص الكيميائية** فهي التي تميز المادة عندما يتغير تركيبها, فمثلاً تركيب ثاني أكسيد الكربون مختلف جداً عن تركيب الماء و الإيتانول.

تتعرض عينة المادة في حالة التغيرات الفيزيائية عموماً لتغيرات يمكن ملاحظتها على المستوى الجهري (macroscopic)، أما على المستوى المجهري (microscopic) فلا يلاحظ أي تغيرات. أما في حالة التغيرات الكيميائية و التي تدعى أيضاً بالتفاعلات الكيميائية فإن تركيب جزيئات العينة يتغير. في هذه الحالة يمكن ملاحظة التغيرات على المستوى الجهري مثل اللهب الناتج عن احتراق الإيتانول، كذلك عملية الطبخ و تحلل الأغذية هي أمثلة عن التغيرات الكيميائية من حياتنا اليومية.

2 – 1 تصنيف المادة Classification of matter

ندعو المادة النقية بأنها المادة التي لها تركيب محدد و ثابت و الذي لا يتغير من عينة لأخرى , و يمكن أن تتألف من عناصر أو مركبات. **العنصر** هو مادة نقية لا يمكن الحصول على شكل أبسط منها بواسطة التفاعلات الكيميائية. يتألف العنصر على المستوى المجهري من ذرات من نفس " النوع " و قد تم اكتشاف 112 عنصراً حتى الآن.

أما **المركب** فهو مادة نقية تتألف من اتحاد عنصرين أو أكثر وفق نسب ثابتة. فجزئ الماء مثلاً هو مركب تتألف الوحدات الأساسية منه من جزيئات ناتجة عن اتحاد ذرتي هيدروجين متحدتين مع ذرة أكسجين.

ينقسم أي مركب إلى مواد نقية أكثر بساطة و هي العناصر و ذلك بواسطة التفاعلات الكيميائية. عدد المركبات غير محدود عملياً و قد تم إحصاء حوالي 16 مليون مركب عام 1997.

يتألف **الرمز الكيميائي** من حرف أو حرفين مشتقين من اسم العنصر، و في أغلب الأحيان يشتق رمز العنصر من اسمه اللاتيني أو العربي أو الفرنسي انظر الجدول (1 – 1)، إذا تألف الرمز من حرف واحد

فيكتب كحرف كبير Capital أما إذا تألف من حرفين فالأول حرف كبير و الثاني صغير Small (هذه القاعدة مهمة جداً فعلى سبيل المثال فإن Co هو رمز عنصر الكوبالت في حين CO يمثل المركب السام أحادي أكسيد الكربون).

الاسم المستخدم	الاسم اللاتيني أو الفرنسي	الرمز
أنتيموان	Stibium	Sb
قصدير	Stannum	Sn
زئبق	Hydrargyrum	Hg
ذهب	Aurum	Au
بوتاسيوم	Kalium	K
صوديوم	Natrium	Na

الجدول (1 – 1) بعض العناصر و رموزها ذات الأصل اللاتيني أو الفرنسي

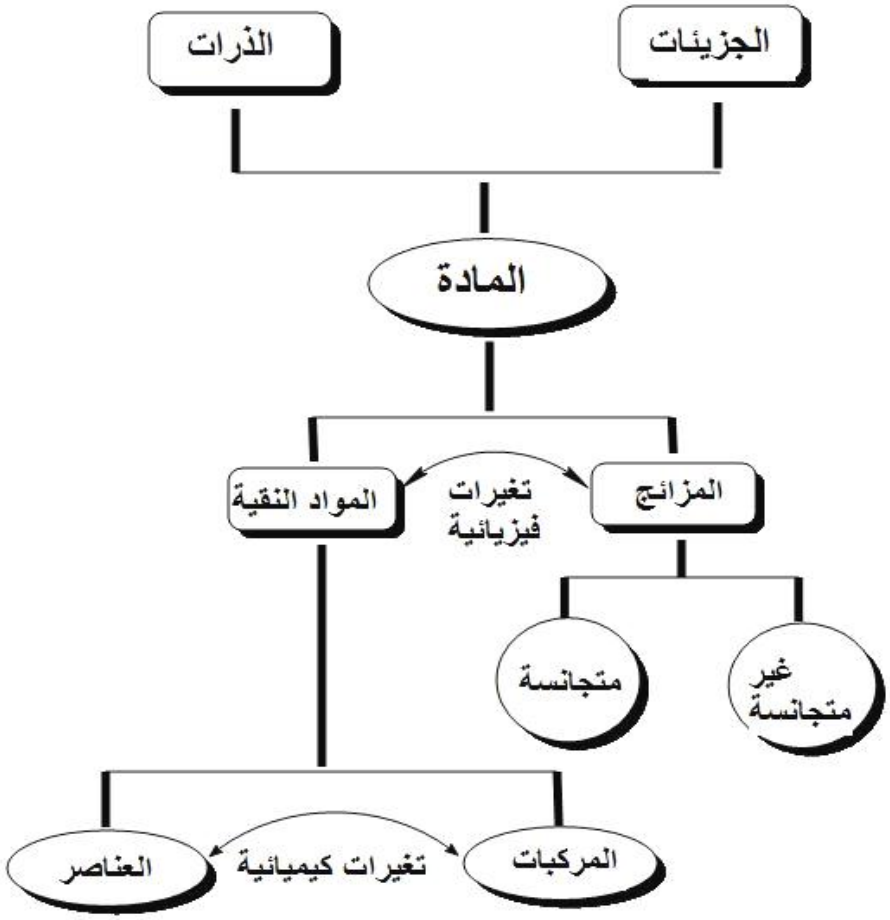
أما **الصيغة الكيميائية** فهي مجموعة رموز العناصر التي تشكل المركب، مثل صيغة الإيتانول و هي CH_3CH_2OH.

حسب المخطط في الشكل (1 – 1) تصنف المادة لمجموعتين رئيسيتين : المواد النقية و المزائج.

بالنسبة للمزيج فتركيبه غير ثابت و يمكن أن يتغير بشكل عشوائي، فضمن مزيج من ملح الطعام يمكن أن تتغير نسبة الماء و الملح من عينة لأخرى.

نعرّف **المزيج المتجانس** أو المحلول بأنه المزيج الذي يكون تركيبه و خواصه متماثلة في جميع نقاطه فمثلاً ضمن محلول ملح الطعام في الماء تكون الملوحة نفسها في جميع نقاط المحلول. أما عندما تتغير هذه الخواص ضمن المزيج فالمزيج عندئذ يكون **غير متجانس**، فعلى الرغم من أن الماء و الجليد لهما نفس التركيب إلا أن خواص الجليد تختلف عن خواص الماء السائل.

يمكن فصل مكونات المزائج سواء كانت متجانسة أم غير متجانسة بطرق فيزيائية دون اللجوء لتفاعل كيميائي فمثلاً يمكن فصل الملح من المحلول الملحي بتبخير الماء.



الشكل (1 – 1) مخطط تصنيف المادة

3 – 1 القياس العلمي Scientific measurement

في عام 1960 تم تبني النظام الدولي للوحدات International system of units و الذي يرمز له اختصاراً بـ SI من الترجمة الفرنسية Le systeme international d'unites و هو نسخة متطورة من النظام المتري الذي وضع في فرنسا عام 1791.

يعبّر عن جميع الكميات المقاسة في الجملة الدولية SI بسبع وحدات أساسية مبينة في الجدول (2 – 1):

رمز الوحدة	اسم الوحدة	المقدار الفيزيائي
m	متر	الطول
kg	كيلو جرام	الكتلة
s	ثانية	الزمن
K	كلفن	درجة الحرارة
mol	مول	كمية المادة
A	أمبير	شدة التيار الكهربائي
Cd	كانديلا (شمعة)	شدة الإضاءة

الجدول (2 – 1) وحدات الـ SI السبع الرئيسية

تشتق جميع الوحدات الأخرى من هذه الوحدات الأساسية بإجراء العمليات المناسبة.

1 – 3 – 1 الطول Length

الوحدة الأساسية لقياس الطول في الجملة الدولية SI هي المتر (m) و يعبر عن الوحدات الأكبر أو الأصغر ببادئات كما في الجدول (3 – 1) , فمثلاً لقياس مسافة أطول بكثير من المتر نستخدم الكيلو متر:

$$1\ km = 10^{3}\ m = 1000\ m$$

أما في المخبر و لأسباب عملية نستخدم أجزاء المتر مثل السنتيمتر (cm) و المليمتر (mm) :

$$1\ cm = 10^{-2}\ m = 0,01\ m$$
$$1\ mm = 10^{-3}\ m = 0,001\ m$$

أما في القياسات على المستوى المجهري فنستخدم الميكرومتر (μm) أو النانومتر(nm)........الخ:

$$1\ \mu m = 10^{-6}\ m \quad 1\ nm = 10^{-9}\ m \quad 1\ pm = 10^{-12}\ m$$

المعامل	البادئة	الرمز	المعامل	البادئة	الرمز
10^{18}	Exa	E	10^{-1}	deci	d
10^{15}	Peta	P	10^{-2}	centi	c
10^{12}	Tera	T	10^{-3}	milli	m
10^{9}	Giga	G	10^{-6}	micro	µ
10^{6}	Mega	M	10^{-9}	nano	n
10^{3}	Kilo	k	10^{-12}	pico	p
10^{2}	Hecto	h	10^{-15}	femto	f
10^{1}	Deka	da	10^{-18}	atto	a

الجدول (3 – 1) بادئات SI الستة عشر

بالنسبة للمساحة فإن وحدة SI المشتقة لها فهي المتر المربع (m^2) أما وحدات المساحة الأصغر فهي:

$$1\ cm^2 = (10^{-2})^2 = 10^{-4}\ m^2 \qquad 1mm^2 = (10^{-3})^2 = 10^{-6}\ m^2$$

الوحدة الأساسية للحجم في الجملة الدولية هي المتر المكعب (m^3) و لكن هذه الوحدة غير عملية لاستخدامها في المخبر، فمثلاً حجم كوب من الماء حوالي $0,00035\ m^3$, لذا غالباً ما نستخدم في المخبر السنتيمتر المكعب (cm^3) و الذي يساوي حجم قطعة الدومينو تقريباً , أو الديسيمتر مكعب (dm^3) و الذي يساوي واحد لتر:

$$1\ cm^3 = (10^{-2})^3 = 10^{-6}\ m^3$$
$$1\ dm^3 = (10^{-1})^3 = 10^{-3}\ m^3$$

على الرغم من أن اللتر هو وحدة الحجم في الجملة المترية القديمة و هو ليس من وحدات الـ SI إلا أن هذه الوحدة سهلة و عملية لذا ما زالت تستخدم حتى الآن , يرمز للتر بـ (L) و تساوي:

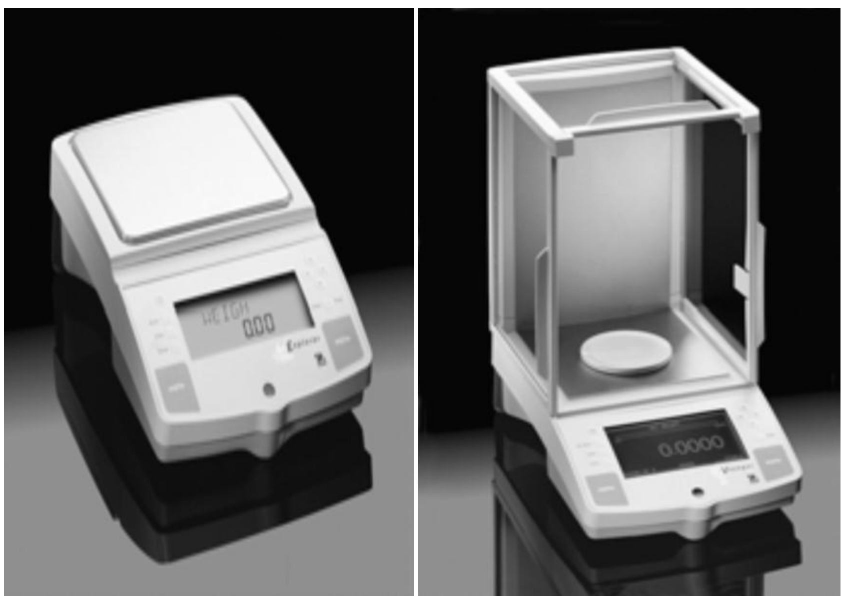
$$1L = 1000\ mL = 1dm^3 = 1000cm^3$$

2 – 3 – 1 الكتلة Masse

الكتلة هي كمية مادة جسم ما، و هي مختلفة عن الوزن فوزن الجسم هو مقدار قوة الجاذبية الأرضية المطبقة عليه لذا فإن أي جسمين لهما نفس الكتلة إذا قيسا في نفس المكان من الكرة الأرضية و لكنهما يختلفان بالوزن بشكل طفيف إذا قيسا بمكانين مختلفين على الرغم من تساوي كتلتيهما و ذلك لاختلاف قوى الجاذبية الأرضية من مكان لآخر. لذا نستخدم الكتلة و ليس الوزن كوحدة أساسية لكمية المادة.

تقاس الكتلة في الجملة الدولية بالكيلو غرام (kg) و الذي يساوي وزن حوالي 9,8 N على سطح الكرة الأرضية، و هذه الوحدة الأساسية الوحيدة التي لها بادئة. في المخبر عادةً ما نستخدم الغرام :

$$1\ kg = 10^3\ g = 1000\ g$$



الشكل (2 – 1) نوعين من الموازين المستخدمة في المخبر

و لقياس كميات صغيرة نستخدم عادةً الميللي غرام كقياس جرعة دوائية مثلاً:

$$1\ mg = 10^{-3}\ g$$

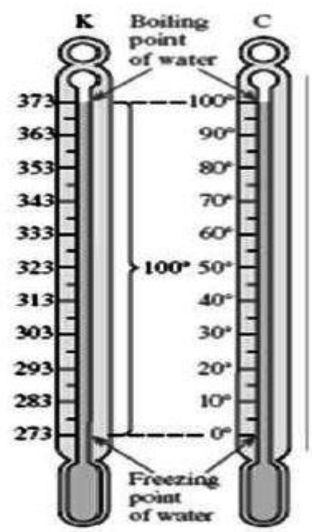
3 – 3 – 1 الزمن Time

الوحدة الأساسية لقياس الزمن في الجملة الدولية SI هي الثانية، أما لقياس برهات زمنية أقصر فنستخدم الميللي ثانية أو الميكرو ثانية أو النانو ثانية و حتى البيكو ثانية، أما عند قياس زمن طويل فنلجأ لوحدات لا تنتمي للجملة الدولية مثل الدقيقة (min) و الساعة (h) و اليوم (d) و السنة (y).

4 – 3 – 1 درجة الحرارة Temperature

تعد درجة الحرارة مفهوماً صعب التعريف و لكن يمكن عدها خاصيةً تشير للاتجاه الذي تتحرك فيه الحرارة. فالحرارة تتجه من المنطقة المرتفعة درجة الحرارة نحو المنطقة المنخفضة درجة الحرارة حتى بلوغ التوازن، أي عندما يكون للجسمين نفس درجة الحرارة.

الوحدة الأساسية لقياس درجة الحرارة في الجملة الدولية SI هي الكلفن Kelvin و يرمز لها بـ (K)، أما في المختبر فنستخدم وحدة أكثر شيوعاً و هي درجة الحرارة المئوية Celsius (المسمى عادةً بالمقياس المئوي centigrade) و يرمز لها (^oC). درجة تجمد الماء في هذه الوحدة هي الصفر المئوي ($0\ ^oC$) و درجة غليانه هي مائة درجة مئوية ($100\ ^oC$) و قد قسّم الفرق بين هاتين النقطتين إلى 100 جزء متساوي يوافق كل جزء درجة مئوية واحدة.



الشكل (3 – 1) العلاقة بين الدرجة المئوية والكلفن

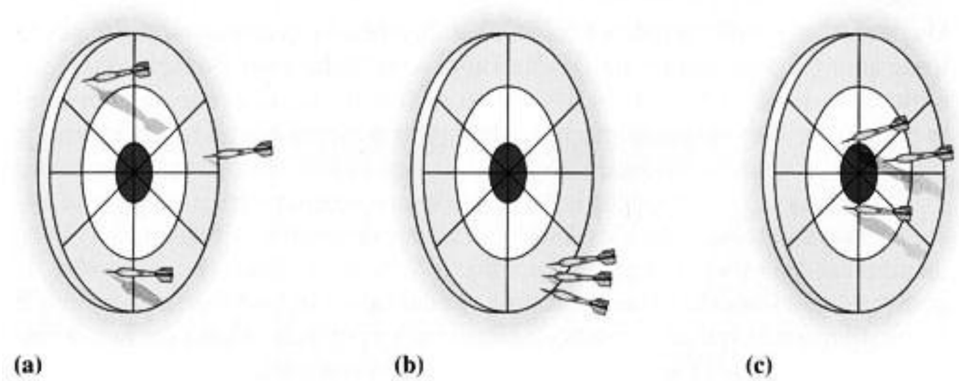
الفارق بين المقياسين هو موقع نقطة الصفر، انظر الشكل (3 – 1) , فعلى مقياس كلفن يتجمد الماء عند 273,15 K (لاحظ عدم استعمال رمز الدرجة^o في وحدة K) و بذلك تكون العلاقة بين الدرجة المئوية والكلفن هي :

$$K = {^oC} + 273,15 \quad \text{أو} \quad {^oC} = K - 273,15$$

4 – 1 دقة القياس Precision و صحة القياس Accuracy

تعطي عملية التعداد نتائج دقيقة، فمثلاً يمكننا تعداد 18 طالباً في صف و ذلك بدقة كاملة. بالمقابل فإن عملية القياس تحتوي على أخطاء، فأجهزة القياس نفسها هي منبع للأخطاء كما أن نقص خبرة المجرب و عدم استخدام أجهزة القياس بشكل صحيح يقودا دوماً لارتكاب الأخطاء.

عند القيام بمجموعة من القياسات فإن **دقة القياس Precision** تشير إلى أي درجة تتقارب هذه القياسات من بعضها بعضاً. فالدقة تكون جيدة (أو مرتفعة) عندما يكون كل قياس قريباً من القيمة الوسطى للمعطيات و تكون الدقة سيئة (أو منخفضة) عندما تكون القياسات بعيدة جداً عن المتوسط. أما **صحة القياس Accuracy** فتشير إلى أي درجة يكون متوسط القياسات قريباً من القيمة الحقيقية أو الأكثر احتمالاً.



الشكل (4 – 1) صحة ودقة القياس. a) دقة ضعيفة وصحة ضعيفة b) دقة عالية وصحة ضعيفة c) دقة ضعيفة وصحة قياس مرتفعة

إن صحة القياسات الدقيقة ستكون حتماً أكبر من صحة القياسات الغير دقيقة و لكن يجب الانتباه إلى أنه حتى القياسات عالية الدقة يمكن أن تكون غير صحيحة.

1 – 4 – 1 الأرقام المعنوية Significant figures

لنفترض بأننا طلبنا من مجموعة من الطلاب قياس أبعاد لوحة إعلانية على شكل مستطيل و ذلك باستخدام مسطرة مدرجة بالمليمتر. بعد أن قاس الطلاب الطول و العرض تم تدوين النتائج بالجدول الآتي:

الطالب	الطول (m)	العرض (m)
1	1,827	0,761
2	1,824	0,762
3	1,826	0,763
4	1,828	0,762
5	1,829	0,762
المتوسط	**1,827**	**0,763**

الجدول (4 – 1)

نلاحظ من الجدول بأن الأرقام الثلاثة الأولى (2 , 8 , 1) لقياس الطول هي متطابقة , أما الرقم الرابع فهو الوحيد غير الأكيد. تدعى الأرقام التي نعرفها بشكل أكيد (الثلاثة الأولى) و كذلك الرقم غير الأكيد **بالأرقام المعنوية.** تدل هذه الأرقام على دقة القياس: فكلما كان عدد الأرقام المعنوية كبيراً كانت دقة القياس مرتفعة. و على هذا فإن القياسات الموجودة في الجدول السابق تحوي عل أربعة أرقام معنوية، بمعنى آخر نحن متأكدون بأن طول اللوحة يقع بين 1,82 m و 1,83 m و أفضل تقريب هي المتوسط 1,827 m و الذي يحوي على رقم غير أكيد.

من السهولة بمكان معرفة أن القياس 1,827 m يحوي على أربعة أرقام معنوية فيكفي فقط أن نعدها. ففي جميع القياسات المكتوبة بشكل صحيح نجد أن جميع الأرقام غير المعدومة هي أرقام معنوية مهما كانت. أما الأصفار فلها وضع خاص لأن لها وظيفتين في الوقت نفسه : فهي أحياناً تشكل جزءاً من القيمة المقاسة و أحياناً أخرى تستخدم لتحديد موقع الفاصلة العشرية. فيما يلي نبين متى يمكن اعتبار الصفر عدداً معنوياً أم لا:

- الأصفار الواقعة بين عددين معنويين غير معدومين هي معنوية. مثال: للعدد 2107 أربعة أرقام معنوية و للعدد 40,007 خمسة.
- الصفر الموجود أمام الفاصلة العشرية و الذي يفيد في تسهيل القراءة فقط ليس رقماً معنوياً. فللعدد 0,753 ثلاثة أرقام معنوية.
- الأصفار التي تسبق أول رقم غير معدوم و التي تحدد موقع الفاصلة العشرية ليست معنوية. مثال: للعدد 0,0000245 ثلاثة أرقام معنوية.
- الأصفار التي ينتهي بها العدد تكون أرقام معنوية إذا كانت على يمين الفاصلة العشرية. للعدد 0,3000 أربعة أرقام معنوية و للعدد 0,034082 خمسة.
- الأصفار التي تنتهي بها الأعداد التي لا تحتوي على فاصلة تشكل حالة خاصة، فيمكن أن تكون معنوية أو غير معنوية. مثال العدد 400:

بكتابة العدد 400 بهذا الشكل لا نعلم درجة دقته إن كانت بالآحاد أو العشرات أو المئات و لإزالة أي التباس نستخدم التعريف الأسي لكتابة هذا العدد أي بكتابته على الشكل:

4×10^2 أو $4,0 \times 10^2$ أو $4,00 \times 10^2$ حسب أرقامه المعنوية , رقم معنوي واحد أو اثنان أو ثلاثة. أما الأعداد التي تساعد على كتابة العشرة على شكل أُس فهي ليست معنوية.

يعرف مفهوم الأرقام المعنوية لعمليات القياس فقط أي من أجل الكميات التي يحتمل أن تحتوي على أخطاء ومن ثمة فهي لا تنطبق أبداً على الكميات في الحالات الآتية:

a. الكميات الكاملة. مثال : عدد أضلاع المربع (4).

b. الكميات التي تشكل كسوراً , مثال : نصف قطر الدائرة و الذي يساوي (1/2) القطر.

c. الكميات الناتجة عن عملية التعداد. مثال عدد طلاب الصف (35) طالباً.

d. الكميات المعرّفة. مثال : الكيلو متر بالتعريف يساوي 1000 m.

الأرقام (4) و (1/2) و (35) و (1000) في الأمثلة السابقة ليست أرقاماً معنوية فكل عدد منها يوافق قيمة صحيحة.

2 – 4 – 1 الأرقام المعنوية في الحسابات : حالة الضرب و القسمة

تُستخدم الأعداد المقاسة عادةً لحساب كميات أخرى , لذا يجب التأكد من تسجيل العدد المناسب من الأرقام المعنوية في النتيجة و هذا الأمر مهم خاصة عند استخدام الآلة الحاسبة لإجراء الحسابات لأن النتائج عادةً تحتوي على ثمانية و حتى عشرة أرقام و بشكل عام معظم هذه الأرقام لا يعني شيئاً أي أن معظمها ليست أرقاماً معنوية. لنأخذ المثال الآتي :

تم قياس أبعاد مستطيل لحساب مساحته فوجد أن الطول يساوي 7,00 cm و العرض يساوي 6,2 cm ومن ثمّ فإن المساحة تساوي :

$$7{,}00\ \text{cm} \times 6{,}2\ \text{cm} = 43{,}4\ \text{cm}^2$$

السؤال الآن ما هي الأرقام المعنوية المقبولة في الإجابة؟

هناك قاعدة عامة تنص على أنه: **يجب ألا تحتوي نتيجة الضرب أو القسمة أبداً على أعداد معنوية أكثر مما يحتويه العامل الأقل دقة.**

إذن حسب هذه القاعدة فإن الإجابة لا يمكن أن تحتوي على أكثر من رقمين معنويين لأن هذا العدد هو عدد الأرقام المعنوية في العامل الأقل دقة (6,2 cm) لذا يجب أن نقرب الإجابة المحسوبة من $43{,}4\ \text{cm}^2$ إلى $43\ \text{cm}^2$.

مثال 1 – 1:

عند إجراء تجربة في المختبر وزع المدرس كمية من الكبريت وزنها 453,6 g بالتساوي على 21 طالباً. ما هي حصة كل طالب من الكبريت؟

الحل :

يجب ملاحظة أن عدد الطلاب الـ 21 هو نتيجة تعداد ومن ثمة هو قيمة صحيحة لا تنطبق عليها قواعد الأرقام المعنوية، لذا فإن النتيجة يجب أن تحتوي على أربعة أرقام معنوية و هو نفس أرقام العدد 453,6 g.

$$\frac{453,6\ g}{21} = 21,60\ g$$

ستعطي الآلة الحاسبة الرقم 21,6 لذا يجب إضافة صفر للإشارة إلى أن الإجابة تحوي على أربعة أرقام معنوية و هذا الصفر يشير إلى دقة النتيجة.

3 – 4 – 1 الأرقام المعنوية في الحسابات : حالة الجمع و الطرح

في حالة الجمع و الطرح نهتم بالأرقام الموجودة على يمين الفاصلة العشرية، فإذا كانت هذه الأرقام غير متساوية في الكميات التي نجمعها أو نطرحها فإننا نحدد أولاً العدد الذي يحوي على أقل عدد من هذه الأرقام و نتيجة الجمع أو الطرح يجب أن تحتوي على نفس هذا العدد من الأرقام. الفكرة هنا أنه لو كنا نجمع طولين تم قياس أحدهما بالسنتيمتر فإن مجموع الطولين يجب ألا يكون أكثر دقة من السنتيمتر حتى لو تم قياس الطول الآخر بشكل أكثر دقة. يمكن توضيح هذه الفكرة في المثال التالي و الذي يحتوي على مبدأ آخر و ينص:

في الحسابات التي تحوي على عدة مراحل يتم تقريب النتيجة النهائية فقط.

مثال 2 – 1

أجرِ الحسابات التالية مع تقريب النتيجة و الحفاظ على الأرقام المعنوية المناسبة.

49,146 m + 72,13 m – 9,1434 = ?

الحل:

هناك طريقتان لإجراء الحساب مع العلم أن النتيجة يجب أن تحتوي على رقمين عشريين في الحالتين و هما نفس رقمي العدد 72,13.

(a)

$$\begin{array}{r} 49{,}146\ \text{m} \\ +\ 72{,}13\ \text{m} \\ \hline 121{,}276 = 121{,}28\ \text{m} \\ -\ 9{,}1434\ \text{m} \\ \hline 112{,}1366\ \text{m} = 112{,}14\ \text{m} \end{array}$$

(b)

$$\begin{array}{r} 49{,}146\ \text{m} \\ +\ 72{,}13\ \text{m} \\ \hline 121{,}276\ \text{m} \\ -\ 9{,}1434\ \text{m} \\ \hline 112{,}1326\ \text{m} = 112{,}13\ \text{m} \end{array}$$

عادةً نستخدم الطريقة (b) و التي لا يتم فيها تقريب النتيجة الانتقالية 121,276 m. وعند استخدام الآلات الحاسبة لست بحاجة لتسجيل النتيجة الانتقالية.

5 – 1 طريقة حل المسائل : طريقة تحويل الوحدات

تم قبول وحدات الجملة الدولية ببطء في جميع أنحاء العالم تقريباً، إلا أن بعض البلدان ما زالت تحتفظ بوحداتها الخاصة. الجدول (5 – 1) يضم بعض الوحدات المترية و ما يقابلها من الوحدات الأميركية. في هذه الفقرة سنبين كيف يتم التحويل من وحدة لأخرى مع الانتباه إلى أنه يجب ألا نغير كمية المادة المقاسة.

من المعروف أنه عندما نضرب أي كمية بالواحد فإنها لا تتغير. إذن يمكننا استخدام معامل يساوي الواحد للتحويل من وحدة لأخرى , فمثلاً للتحويل من البوصة إلى السنتيمتر نستخدم تعريف البوصة للحسول على هذا المعامل:

$$1\ po = 2,54\ cm$$

بقسمة الطرفين على 1 po نحصل على كسرين متساويين و يساويان الواحد:

$$\frac{1\ po}{1\ po} = \frac{2,54\ cm}{1\ po} = 1 \qquad (\ I\ )$$

كما أنه بالقسمة على 2,54 cm سنحصل أيضاً على كسرين متساوين كل واحد منهما يساوي الواحد:

$$\frac{1\ po}{2,54\ cm} = \frac{2,54\ cm}{2,54\ cm} = 1 \qquad (II)$$

المقدار	الوحدات المترية	الوحدات الأميركية
الكتلة	1 kg =	2,205 lb
	453,6 g =	1 lb
	28,35 g =	1 once (oz)
الطول	1 m =	39,37 po
	1 km =	0,6214 mi
	2,54 cm =	1 po
الحجم	3,785 L =	1 gal US
	29,57 mL =	1 oncc liquid US

الجدول (5 – 1) بعض الوحدات المترية و ما يقابلها بالوحدات الأميركية

نعرّف معامل التحويل بأنه النسبة بين حدين و التي تساوي الواحد، عندما نضرب كمية معروفة بمعامل التحويل نحصل على الوحدة المختارة بدل الوحدة الابتدائية المستخدمة. يمكن التعبير عن استخدام معامل التحويل بالعلاقة:

الكمية المطلوبة ووحدتها = الكمية المعطاة ووحدتها × معامل التحويل

فمثلاً لو قسنا طول معين بالبوصة فكان 26 po يمكن تحويل هذا الطول للسنتيمتر باستخدام العلاقة (I) كما يلي:

$$?\,cm = 26\,po \times \frac{2{,}54\,cm}{1\,po} = 66\,cm \qquad \text{(I)}$$

في هذه الحالة لا يمكننا بطبيعة الحال استخدام العلاقة (II) لأنها ستؤدي لوحدة لا معنى لها:

$$26\,po \times \frac{1\,po}{2{,}54\,cm} = 10\,\frac{po^2}{cm} \qquad \text{(II)}$$

مثال 3 – 1

يتحرك جسم بسرعة قدرها $60{,}5\ cm.s^{-1}$. أحسب هذه السرعة بوحدة $km.h^{-1}$.

الحل:

يجب إيجاد معامل تحويل من cm إلى km و من الثانية إلى الساعة أي:

$$60{,}5\ cm.s^{-1} = ?\ km.h^{-1}$$

$$?\frac{km}{h} = \frac{60{,}5cm}{s} \times \frac{1m}{100cm} \times \frac{1km}{1000m} \times \frac{60s}{1min} \times \frac{60min}{1h} = \frac{2{,}18km}{h}$$

لاحظ أننا قربنا الجواب لثلاثة أرقام معنوية.

مثال 4 – 1

يقطع عداء مسافة 100,0 m بزمن قدره 11,00 s. ما هي سرعة هذا العداء بالكيلو متر بالساعة ؟

الحل:

$$?\frac{km}{h} = \frac{100{,}0m}{11{,}00s} \times \frac{1km}{1000m} \times \frac{60s}{1min} \times \frac{60min}{1h} = \frac{32{,}73km}{h}$$

بالطبع يمكن حل المثال بطريقة أخرى بحيث نحّول البسط و المقام بشكل منفصل ثم نقسمهم على بعض:

البسط: $$100{,}0\ m \times \frac{1km}{1000\ m} = 0{,}1000\ km$$

المقام: $$11{,}00\ s \times \frac{1min}{60s} \times \frac{1h}{60min} = 3{,}056 \times 10^{-3} h$$

بالقسمة نحصل على: $$\frac{0{,}1000\ km}{3{,}056 \times 10^{-3} h} = \frac{32{,}72km}{h}$$

الطريقتان صحيحتان و الفرق الطفيف في الجواب ناتج عن تقريب النتيجة الانتقالية بالطريقة الثانية ($3{,}0555556 \times 10^{-3}$). لو حفظنا هذه النتيجة في ذاكرة الآلة الحاسبة بدل تقريبها فستؤدي الطريقتان إلى نفس النتيجة.

6 – 1 الكتلة الحجمية : خاصة فيزيائية و معامل تحويل

تعرف الكتلة الحجمية (ρ) لمادة ما بأنها كتلة وحدة الحجم لهذه المادة و تعطى بالعلاقة:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

حيث m كتلة المادة و V حجمها. تقاس الكتلة الحجمية في الجملة الدولية SI بالكيلوغرام لكل متر مكعب (kgm^{-3}) و لكن غالباً ما نقيس هذا المقدار بـ (gcm^{-3}) أو (gmL^{-1}).

بما أن كتلة الجسم تبقى ثابتة عندما ترتفع درجة حرارته إلاّ أن حجمه يزداد (يتمدد) مما يؤدي لنقصان الكتلة الحجمية. لذا يجب تحديد درجة الحرارة التي قيست عندها الكتلة الحجمية.

لنأخذ المواد الثلاث التالية: غليكول الإيتيلين (المكون الرئيسي لأغلب موانع التجمد) و الماء و الإيثانول. هذه المواد الثلاث هي سوائل عديمة اللون و لكن يمكن تمييزها عن بعضها بعضاً بواسطة كتلتها الحجمية. فعند الدرجة 20^oC تكون الكتلة الحجمية لغليكول الإيتيلين $1{,}114\ gmL^{-1}$ و للماء $0{,}998\ gmL^{-1}$ و للإيتانول $0{,}789\ gmL^{-1}$. غالباً ما تعد الكتلة الحجمية للماء تساوي $1{,}00\ gmL^{-1}$ عند الدرجة العادية من الحرارة مما يسهل العديد من الحسابات.

عند خلط سائلين غير مزوجين فإن السائل ذا الكتلة الحجمية الأقل سيطفو على الآخر، وكذلك فإن المادة الصلبة التي لا تنحل في السائل ستطفو عليه إذا كانت كتلتها الحجمية أقل منه، أما في الحالة

المعاكسة فإن المادة الصلبة ستغرق في السائل. عندما تطفو المادة الصلبة على سطح السائل فإنها تزيح حجماً منه كتلته تساوي كتلة الجسم الصلب، أما عندما يغمر الجسم الصلب في السائل فإنه يزيح حجماً منه يساوي حجم الجسم الصلب.

مثال 5 – 1

ما هو حجم 10 kg من الميتانول باللترات علماً بأن كتلته الحجمية تساوي $\rho = 0{,}791\ gmL^{-1}$ ؟

الحل:

$$\rho = \frac{m}{V} \Longrightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

وبالتالي :

$$?\, L = 10kg \times \frac{1000g}{1\ kg} \times \frac{1mL}{0{,}791g} \times \frac{1\ L}{1000mL} = 12{,}642\ L$$

نقرّب الجواب لـ 12,6 L (ثلاث أرقام معنوية)

مثال 6 – 1

ما هو حجم الميتانول ($\rho = 0{,}791\ g.mL^{-1}$) الذي له نفس كتلة 10,00 L من الوقود ($\rho = 0{,}690\ g.mL^{-1}$).

الحل:

$$\rho = \frac{m}{V} \Longrightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

نحسب كتلة الـ 10 L من الوقود:

$$kg = 10{,}00\ L \times \frac{0{,}690\ g}{1\ mL} \times \frac{1000mL}{1L} \times \frac{1kg}{1000g} = 6{,}90\ kg$$

نحسب حجم هذه الكتلة :

$$L = 6{,}90\ kg \times \frac{1000g}{1kg} \times \frac{1mL}{0{,}791g} \times \frac{1\ L}{1000mL} = 8{,}72\ L$$

نلاحظ أيضاً في هذا التمرين أننا قرّبنا الجواب لثلاثة أرقام معنوية.

مثال 7 – 1

أحسب الكتلة الحجمية لمحلول ملحي إذا علمت أن كتلة 50,0 mL من هذا المحلول تساوي 57,0 mL.

الحل :

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{57{,}0\ g}{50{,}0\ mL} = 1{,}14\ gmL^{-1}$$

نلاحظ أن الجواب يحتوي على ثلاثة أرقام معنوية.

مثال 8 – 1

رتّب الأشياء التالية حسب تزايد طولها , بدون إجراء حسابات.

أ – سلسلة طولها 1,2 m ب – قطعة فولاذ طولها 7,2 dm ج – قلم رصاص.

الحل :

يبلغ طول قلم الرصاص 10 cm = 0,01 m تقريباً فهو الأقصر ومن ثمّ قطعة الفولاذ التي تقيس 7,2 dm = 0,72 m , وأخيراً السلسلة 1,2 m.