

## الجوانب العلمية : وحدات القياس

نُفرد لوحدة القياس units of measurements - التى تستخدم فى تسجيل القياسات - هذا الفصل ، ونوليها عناية خاصة ؛ نظراً لأهميتها البالغة فى البحث العلمى . كذلك تولى الدوائر والدوريات العلمية اهتماماً بالغاً بموضوع التوحيد القياسى بين شتى العلوم والتخصصات فى جميع المجالات العلمية ؛ حيث تفر وتوصى باستخدام مايعرف بالنظام الدولى للوحدات فى كل البحوث المنشورة .

فى البداية . . كانت لكل دولة أو منطقة جغرافية وحدات القياس الخاصة بها ، التى تعرف بوحدات القياس المحلية . وكانت تلك الوحدات تستخدم فى المجالات العلمية ، فضلاً على استخدامها فى أمور الحياة العادية . ومع البلبلة التى يحدثها تنوع وحدات القياس التى يستعملها مختلف الباحثين فى شتى أرجاء العالم ظهرت الحاجة الماسة إلى توحيد وحدات القياس ؛ حيث كان الاتجاه إلى إقرار النظام المترى metric system فى كافة القياسات العلمية نظراً لسهولته ومرورته .

انتشر استخدام النظام المترى للقياس فى معظم الدوريات العلمية منذ بداية السبعينيات . وعندما كانت وحدات القياس المحلية تختلف عن النظام المترى . . وكذلك عندما كانت وحدات القياس التى استخدمت فعلاً - فى البحوث المقدمة للنشر - غير مترية . . كانت وحدات القياس المحلية أو غير المترية تذكر بين قوسين بعد القيمة المترية المقابلة لكل قياس . ومازالت هذه الطريقة متبعة عند الإشارة إلى نتائج دراسات سابقة لم يستخدم فيها النظام المترى للقياس ؛ فمثلاً . . يكتب :

'plants were spaced 30 cm (12 inches) apart'.

'temperature was maintained at 20C (68F)'.

ومع الرغبة فى مزيد من التوحيد لوحداث القياس المستخدمة فى المجالات العلمية على المستوى الدولى . . كان الاتجاه فى السنوات الأخيرة نحو النظام الدولى للوحدات Système International d'Unités ، أو ما يعرف اختصاراً بالـ SI Units . وتستحث معظم الدوريات العلمية البارزة الباحثين - الذين يتقدمون لنشر بحوثهم فيها - على اتباع هذا النظام . ولكن - وإلى أن يصبح هذا النظام مطبقاً على نطاق واسع - يفضل عند استخدام وحدات القياس الدولية غير المعروفة جيداً من قِبَل الكثيرين أن يذكر مكافئها المترى بين قوسين بعد القيمة بنظام الوحدات الدولية .

### الجانب اللغوى لاستعمالات وحدات القياس

عند استخدام مختلف وحدات القياس يجب مراعاة مايلى بشأن الجانب اللغوى :

١ - تعامل جميع قيم الوحدات التى تزيد على الواحد الصحيح بصيغة المفرد عند الإشارة إلى قياساتها ؛ فمثلاً يُقال : '10 kg per plot was added' .

٢ - لاتكتب وحدات القياس - أو رموزها - التى تميز سلسلة من الأرقام - إلا مع آخر رقم ؛ فمثلاً يكتب 5, 10, and 15 cm ، أو 15-20C . . وهكذا بالنسبة لمختلف وحدات القياس ؛ مثل الموازين والمعدلات . أما النسب المئوية . . فإن الاتجاه يميل إلى تفضيل بيانها مع كل رقم ؛ فيكتب - مثلاً - '1%, 5%, and 10%' .

٣ - تأخذ رموز وحدات القياس - دائماً - صيغة المفرد ( أى دون إضافة حرف s إليها ) أياً كان العدد الذى يسبقها ؛ كما فى :

5.0 kg    1.0 kg    0.5 cm    0°C    - 1.0°C    - 3.0°C

٤ - تأخذ وحدات القياس صيغة المفرد كذلك ( أى دون إضافة حرف s إليها ) عندما تتراوح القيمة العددية للوحدة من ناقص واحد صحيح إلى واحد صحيح - فيما عدا قيمة الصفر - كما فى :

- 1.0 meter      - 0.5 meter      0.5 meter      1.0 meter

٥ - ولكن وحدات القياس تأخذ صيغة الجمع ( أى بإضافة حرف s الجمع إليها )  
عندما تكون القيمة العددية للوحدة صفراً ، أو أكثر من الواحد الصحيح ، أو أقل من  
ناقص واحد صحيح كما فى :

- 1.5 kilograms      0.0 kilograms      1.5 kilograms

2.0 kilograms

## وحدات القياس المحلية

اختلفت وحدات القياس المحلية - أو كادت - من جميع الدوريات والكتب العلمية ،  
وظهر جيل جديد من الباحثين يجهل مدلولات تلك الوحدات . وليس من أهدافنا فى  
هذا الكتاب إحياء تلك الوحدات ، ولكن هدفنا هو تعريف الباحثين الجدد بالقيم المترية  
لتلك الوحدات ؛ ليمكنهم إجراء التحويلات المناسبة عند قراءتهم لها فى البحوث أو  
الكتب المنشورة قبل السبعينيات من هذا القرن . ولن يمكن - بطبيعة الحال - ذكر  
جميع وحدات القياس المحلية المستعملة فى مختلف أنحاء العالم ، ولكن يمكن لمن  
يرغب فى مزيد من الاطلاع فى هذا الموضوع الرجوع إلى مطبوعات الأمم المتحدة  
( UN Publication ١٩٦٦ ) بهذا الخصوص .

وفيما يلى بيان ببعض وحدات القياس المحلية المصرية والأمريكية والبريطانية :

### الموازين

القنطار المصرى = ٤٤,٩٢٨ كيلو جرام = ٩٩,٠٤٩ رطلاً إنجليزياً = ٠,٨٨٤  
هندردويت .

الكيلو جرام = ١٠٠٠ جرام = ٢,٢٠٥ رطلاً إنجليزياً.

القنطار الفرنسى = ٢,٢٢٦ قنطاراً مصريةً = ١٠٠ كيلو جرام = ٢٢٠,٤٦٢ رطلاً  
إنجليزياً = ١,٩٦٨ هندردويت .

الطولوناتة ( الطن الفرنسى ) = ٢٢,٢٥٨ قنطاراً مصريةً = ١٠٠٠ كيلو جرام =  
١٩,٦٨٤ هندردويت = ٠,٩٨٤ طناً إنجليزياً .

- الأوقية الإنجليزية = ٣٨,٣٥٠ جراما = ١٦ دراما إنجليزية .  
 الرطل الإنجليزي = ٤٥٣,٥٩٣ جراما = ١٦ أوقية إنجليزية .  
 الكوارتر الإنجليزي = ١٢,٧٠١ كيلو جراما = ٢٨ رطلا إنجليزية .  
 الهندردويت الإنجليزي = ١,١٣١ قنطارا مصرياً = ٥٠,٨٠٢ كيلو جراما = ١١٢ رطلا إنجليزية = ٤ كوارتر .  
 الطن الإنجليزي = ٢٢,٦١٥ قنطارا مصرياً = ١٠١٦,٤٨ كيلو جراما = ٢٠ هندردويت = ٢٢٤٠ رطلاً إنجليزية .  
 الأفة المصرية = ١,٢٤٨ كجم = ٢,٧٥١ رطلاً أمريكياً .  
 الرطل الأمريكي = ١٦ أوقية أمريكية .  
 الهندردويت الأمريكي = ١٠٠ رطل أمريكي .  
 الطن الأمريكي = ٢٠ هندردويت أمريكياً = ٢٠٠٠ رطل أمريكي .  
 وللتحويل بين وحدات القياس الأمريكية تكون معاملات التحويل كما يلي :

للتحويل من	إلى	يضرب في
أوقية جافة	رطل	٠,٠٦٢٥
أوقية سائلة	بوصة مكعبة	١,٨٠٥
أوقية سائلة	جالون	٠,٠٠٧٨١٢٥
أوقية سائلة	باينت سائل	٠,٠٦٢٥
أوقية سائلة	كوارتر سائل	٠,٠٣١٢٥
رطل	أوقية	١٦
رطل	طن	٠,٠٠٠٥
رطل من الماء	قدم مكعبة	٠,٠١٦٠٢
رطل من الماء	بوصة مكعبة	٢٧,٦٨
رطل من الماء	جالون	٠,١١٩٨
طن	أوقية	٣٢٠٠٠
طن	هندردويت	٢٠
طن	رطل	٢٠٠٠

## الأطوال

- القصبه = ٣,٥٥٠ متراً = ٣,٨٨٢ ياردة .  
 المتر = ٢,٨٢ = قصبه = ١,٠٩٤ ياردة = ٢,٨١ قدماً .  
 الكيلومتر = ٢٨١,٦٩٠ قصبه = ١,٠٩٤ ياردة .  
 الياردة = ٩١٤ من المتر = ٣ أقدام = ٣٦ بوصة .  
 القدم = ١٢ بوصة .  
 الياردة = ٣ أقدام = ٣٦ بوصة .  
 الميل = ٥٢٨٠ قدماً .

وللتحويل بين وحدات القياس الأمريكية تكون معاملات التحويل كما يلي :

ي ضرب في	إلى	للتحويل من
١٢	بوصه	قدم
٠,٣٣٣٣٣	ياردة	قدم
٠,٠٨٣٣٣	قدم	بوصه
٠,٠٢٧٧٨	ياردة	بوصه
٥٢٨٠	قدم	ميل
٦٣٣٦٠	بوصه	ميل
١٧٦٠	ياردة	ميل
٣	قدم	ياردة
٣٦	بوصه	ياردة
٠,٠٠٠٥٦٨	ميل	ياردة

## المكاييل والأحجام

- القدح =  $\frac{1}{96}$  من الإردب = ٣,٠٦٣ لتراً = ٤٥٤, جالوناً إنجليزياً .  
 الكيلة = ١٨ قدحاً = ربعين = ٤ ملوات = ١٦,٥٠٠ لتراً = ٣,٦٣٠ جالوناً إنجليزياً .

الإردب = ٦ وبيات = ١٢ كيله = ٩٦ قدحا = ١٩٨ لترا = ٤٣,٥٥٥ جالونا = ٥,٤٤٤ بوشلات .

اللترا = ٤٨٥, من القدح = ٠.٦١, من الكيله = ٢٢٠, من الجالون الإنجليزى .  
الجالون الإنجليزى = ٢,٢٠٤ قدحا = ٤,٥٤٦ لترا =  $\frac{1}{8}$  بوشل = ١,٢٠٠٩ جالوناً أمريكياً .

البوشل = ٢,٢٠٤ كيله = ٣٦,٣٦٨ لترا = ٨ جالونات إنجليزية .

الكوارتر = ١,٤٦٩ إردباً = ٢,٩٠٩ مكتو لترا = ٨ بوشلات .

الباينت pint السائل = ١٦ أوقية سائلة .

الكوارتر quart السائل = ٢ باينت سائل = ٣٢ أوقية سائلة .

الجالون ( الأمريكى ) = ٨ باينت سائل = ٤ كوارتر سائل = ١٢٨ أوقية سائلة .

البوشل bushel الأمريكى (Winchester) = ٦٤ باينت جاف = ٣٢ كوارتر جافاً .

البوشل الامبراطورى أو الإنجليزى والكندى والأسترالى ... إلخ = ١,٠٣٢٠٥ بوشل أمريكياً .

وللتحويل بين وحدات القياس الأمريكية تكون معاملات التحويل كما يلى :

بضرب فى	إلى	للتحويل من
٢١٥٠,٤٢	بوصه مكعبه	بوشل
١,٢٤٤	قدم مكعبه	بوشل
٦٤	باينت pint	بوشل
٣٢	كوارتر quart	بوشل
١٧٢٨	بوصه مكعبه	قدم مكعبه
٠,٠٣٧٠٤	يارده مكعبه	قدم مكعبه
٧,١٨٠٥	جالون	قدم مكعبه

يضرَب في	إلى	للتحويل من
٥٩,٨٤	باينت سائل	قدم مكعبة
٢٩,٩٢	كوارت سائل	قدم مكعبة
٢٧	قدم مكعبة	ياردة مكعبة
٤٦٦٥٦	بوصة مكعبة	ياردة مكعبة
٢٠٢	جالون	ياردة مكعبة
١٦١٦	باينت سائل	ياردة مكعبة
٨٠٧,٩	كوارت سائل	يادرة مكعبة
٠,١٣٣٧	قدم مكعبة	جالون
٢٣١	بوصة مكعبة	جالون
١٢٨	أوقية سائلة	جالون
٨	باينت سائل	جالون
٤	كوارت سائل	جالون
٨,٣٤٥٣	رطل من الماء	جالون من الماء
٠,١٥٦٢٥	بوشل	باينت جاف
٣٣,٦٠٠٣	بوصة مكعبة	باينت جاف
٠,٥	كوارت جاف	باينت جاف
٢٨,٨٧٥	بوصة مكعبة	باينت سائل
٠,١٢٥	جالون	باينت سائل
١٦	أوقية سائلة	باينت سائل
٠,٥	كوارت سائل	باينت سائل
٠,٠٣١٢٥	بوشل	كوارت جاف
٦٧,٢٠	بوصة مكعبة	كوارت جاف
٢	باينت جاف	كوارت جاف
٥٧,٧٥	بوصة مكعبة	كوارت سائل
٠,٢٥	جالون	كوارت سائل
٣٢	أوقية سائلة	كوارت سائل
٢	باينت سائل	كوارت سائل

ونظراً لكثرة الإشارة فى الكتب والمجلات العلمية الأمريكية - قبل الثمانينيات - إلى المحصول بالبوشل ؛ لذا . . يتعين إلمام الباحثين بمقدار البوشل - من مختلف المحاصيل - ليتمكنهم تحويل مقدار المحصول من بوشل للأيكرا إلى طن للهكتار .

وفيما يلى . . قائمة بوزن البوشل لبعض المحاصيل الزراعية الهامة :

المحصول	وزن البوشل بالرطل	المحصول	وزن البوشل بالرطل
القمح	٦٠	فول الصويا	٦٠
البسلة الجافة	٦٠	الشيلم	٥٦
الذرة	٥٦	الذرة الرفيعة	٥٦
الدخن	٤٨ - ٥٠	الأرز	٤٥
الشوفان	٣٢	البطاطس	٦٠
البطاطا	٥٥	الطماطم	٥٣
البرقوق	٥٦	الخوخ	٤٨
التفاح	٤٨	فاصوليا الخضراء	٣٠
فاصوليا الليما (الخضراء)	٣٢	البنجر	٥٢
الجزر	٥٠	التفاح	٤٨
الباذنجان	٣٣	الهندباء	٢٥
البسلة الخضراء	٣٠	القطفل	٢٥
السيانخ	٢٥	الكوسة	٤٥

ومن وحدات قياس المحصول المحلية الأمريكية غير البوشل مايلى :

١ - القفص crate : يختلف وزنه باختلاف المحصول كما يلى :

الهليون ٣٠ رطلاً ، والبروكولى ٤٢ رطلاً ، و الجزر ٧٥ رطلاً ، والقنبيط ٣٧ رطلاً ، والكرفس ٦٠ رطلاً ، والذرة الحلوة ٥٠ رطلاً ، والكيل ١٨ رطلاً ، والخس ٧٠ رطلاً ، والقارون ٧٠ رطلاً .

٢ - الصندوق box :

يقدر به محصول الخرشوف ، وهو يزن ٤٠ رطلا .

٣ - الكيس sack :

يقدر به محصول الثوم ( ١٠٠ رطل ) ، والبصل ( ٥٠ رطلاً ) .

كذلك يختلف وزن الإردب المصرى باختلاف المحصول الزراعى ؛ فهو ١١٠ كجم فى اللوبيا الجافة ، و ١٦٠ كجم فى البسلة الجافة .

### السطوح أو المساحات

السهم =  $\frac{1}{576}$  من الفدان = ٧,٢٩٣١ متراً مربعاً = ٧٨,٥٢ قدماً مربعة = ٨,٧٢٣ ياردة مربعة .

القيراط =  $\frac{1}{24}$  من الفدان = ١٧٥,٠٣٥ متراً مربعاً = ٢٠٩,٣٤٠ ياردة مربعة = ٢٤ سهماً .

القصبه =  $\frac{3}{1000}$  من الفدان = ١٢,٦٠٣ متراً مربعاً = ١٥,٠٧٣ ياردة مربعة .

الفدان = ٢٤ قيراطا = ٨٣٣٥,٨٣٣٥ متر مربع = ١,٠٣٨ فداناً إنجليزياً .

التر المربع = ٠,٠٧٩ قصبه = ٠,١٣٧ من السهم = ١,١٩٦ ياردة مربعة .

الفدان الإنجليزى = ٠,٩٦٣ من الفدان المصرى = ٤٠٤٦,٨٤٨ متراً مربعاً = ٤٨٤٠ ياردة مربعة .

الأيكر = ٤٣٥٦٠ قدماً مربعاً .

وللتحويل بين وحدات القياس الأمريكية تكون معاملات التحويل كما يلى :

للتحويل من	إلى	يضرب فى
أيكر	قدم مربعة	٤٣٥٦٠
أيكر	ياردة مربعة	٤٨٤٠
قدم مربعة	بوصة مربعة	١٤٤
قدم مربعة	ياردة مربعة	٠,١١١١١
بوصة مربعة	قدم مربعة	٠,٠٠٦٩٤

ي ضرب فى	إلى	للتحويل من
٦٤٠	إيكر	ميل مربع
٢٧٨٧٨٤٠٠	قدم مربعة	ميل مربع
٣٠٩٧٦٠٠	ياردة مربعة	ميل مربع
٠,٠٠٠٠٢٠٦٦	إيكر	ياردة مربعة
٩	قدم مربعة	ياردة مربعة
١٢٩٦	بوصة مربعة	ياردة مربعة

## وحدات القياس المترية

### الوحدات ومشتقاتها

كان النظام المترى metric system لوحدة القياس هو النظام المفضل فى المجالات العلمية ، واستمر العمل به منذ بداية السبعينيات حتى عهد قريب حينما بدأ الاتجاه نحو النظام الدولى . ويتميز النظام المترى ببساطته ومرونته ، وهو نظام فرنسى .

وتبعاً لهذا النظام فإن وحدات القياس الرئيسية كما يلى :

١ - المتر meter للمسافة الطولية . ويعرف المتر بأنه طول قضيب المتر الأصى الدولى . كما يعرف أيضاً بأنه طول  $1650763,70$  موجة ضوئية من الخط البرتقالى - الأخضر للكربتون  $86 \text{ Krypton } 86$  .

٢ - الأره are (  $100 \text{ م}^2$  ) للمساحة .

٣ - اللتر liter (  $0,001 \text{ م}^3$  ) للحجم . ويعرف اللتر بأنه الحجم الذى يشغله كيلو جرام واحد من الماء النقى عند  $3,98$  °م ( وهى الدرجة التى يبلغ عندها الماء أقصى كثافة له ) ، و  $760$  مم ضغط جوى . ويعادل اللتر  $1000,27$  سم<sup>٣</sup> .

٤ - الجرام gram . ويعرف الجرام بأنه جزء من ألف جزء من وحدة الكيلو جرام الأصلية المصنوعة من البلايتن (platinum-ridium) والمحافظة فى Sevres . ويلاحظ

أن الجرام يُعادل كتلة ٢٧.٠٠٠.٠ سم<sup>٣</sup> من الماء النقي عند ٣,٩٨ م ، و ٧٦٠ مم ضغط جوى .

وتشتق جميع الوحدات المترية الأخرى من الواحدات الرئيسية بإضافة البادئات prefixes التالية إليها كما يلي :

رمزها	نطقها بالعربية	نطقها بالإنجليزية	البادئة	مضاعفات وأجزاء الوحدة
T	تيرا	ter'a	tera	1,000,000,000,000=10 <sup>12</sup>
G	جيجا	ji'ga	giga	1,000,000,000=10 <sup>9</sup>
M	ميغا	meg'a	mega	1,000,000=10 <sup>6</sup>
k	كيلو	kil'o	kilo	1,000=10 <sup>3</sup>
h	هكتو	hek'to	hecto	100=10 <sup>2</sup>
dk	ديكا	dek'a	deka	10=10
	[ الوحدة = ١ ]		(the unit=one)	
d	ديسى	des'i	deci	0.1=10 <sup>-1</sup>
c	ستى	sen'ti	centi	0.01=10 <sup>-2</sup>
m	مللى	mil'i	milli	0.001=10 <sup>-3</sup>
μ	ميكرو	mi'kro	micro	0.000 001=10 <sup>-6</sup>
n	نانو	nan'o	nano	0.000 000 001=10 <sup>-9</sup>
p	بيكو	pe'co	pico	0.000 000 000 001=10 <sup>-12</sup>
f	فمتو	fem'to	femto	0.000 000 000 000 001=10 <sup>-15</sup>
a	أتو	at'to	atto	0.000 000 000 000 000 001=10 <sup>-18</sup>

يلاحظ أن البادئات تيرا ، وجيجا ، وميغا هي - فقط - التى تكون رموزها بحروف كبيرة .

### المكافئ الأمريكى لوحدات القياس المترية

نفضل - فيما يلى - وحدات القياس المختلفة فى النظام المترى ومكافئاتها فى النظام الأمريكى المحلى :

أولاً : الموازين

القيمة المترية	القيمة	القيمة المكافئة في الوحدات الأمريكية
Metric ton (ton)	٣١٠ كجم	١,١ طناً
Myriagram	٤١٠ جم	٢٢,٠٤ رطلاً
Kilogram (kg)	٣١٠ جم	٢,٢٠ رطلاً
Hectogram	٢١٠ جم	٣,٥٢ أوقية
Dekagram	١٠ جم	٠,٣٥ أوقية
Gram (g)	١ جم	١٥,٤٣ جرين grains
Decigram	١-١٠ جم	١,٥٤ جرين
Centigram	٢-١٠ جم	٠,١٥ جرين
Milligram (mg)	٣-١٠ جم	١٥ × ١٠-٣ جرين
Microgram (μg)	٦-١٠ جم = ٣-١٠ مجم	١٥ × ١٠-٦ جرين
Millimicrogram (mμg)	٣-١٠ ميكروجرام	١٥ × ١٠-٩ جرين
Nanogram أو	٩-١٠ جم	

هذا مع العلم أن الكيلو جرام يعادل أيضا لتراً من الماء عند ٤م .

كذلك يطلق على الميكروجرام اسم جاما gamma التي تعطى الرمز ( γ )

ثانياً : الأطوال

الوحدة المترية	القيمة	القيمة المكافئة في الوحدات الأمريكية
Myriameter	٤١٠ م	٦,٢١٣ ميلاً
Kilometer (km)	٣١٠ م	٠,٦٢١ ميلاً
Hectometer	٢١٠ م	١٠٩,٣ ياردة
Dekameter	١٠ م	١٠,٩٣ ياردة

الوحدة المترية	القيمة	القيمة المكافئة في الوحدات لأمريكية
Meter (m)	م ١	٣,٢٨ قدماً
Decimeter	م ١-١	٣,٩٣٧ بوصة
Centimeter (cm)	م ٢-١	٠,٣٩٤ بوصة
Millimeter (mm)	م ٣-١	٣٩ × ١٠ <sup>-٣</sup> بوصة
Micron (μ)	م ٦-١ أو م ٣-١ مم	٣٩ × ١٠ <sup>-٦</sup> بوصة
Millimicron (mμ) or Nanometer	م ٩-١ ميكرون	٣٩ × ١٠ <sup>-٩</sup> بوصة
Micromicron (μμ) or Picometer	م ١٢-١ ميكرون	٣٩ × ١٠ <sup>-١٢</sup> بوصة
Angstrom	م ١٠ <sup>-١٠</sup> = ١٠ <sup>-١٠</sup> مللي ميكرون	٣٩ × ١٠ <sup>-١٢</sup> بوصة

### بعض القياسات المترية ( أطوال وأقطار ) التي تهتم الباحثين

١ - تتراوح أقطار الجزيئات في المحاليل الحقيقية true solutions بين ١,٠ و ١٠,٠ مللي ميكرون . لا تُرى هذه الجزيئات بالمجهر الضوئي ، وتمر من خلال ورق الترشيح العادي .

٢ - تتراوح أقطار الجزيئات في المحاليل الغروية colloidal solutions بين ١٠٠ و ١٠٠٠ مللي ميكرون . تُظهر هذه الجزيئات حركة براونية Brownian movement .

٣ - تتراوح أقطار جزيئات المعلقات والمستحلبات بين ميكرون واحد وملليمتر واحد ، وهي تتميز بما يلي :

أ - تُرى بالمجهر الضوئي .

ب - لا تمر من خلال ورق الترشيح العادي .

ج - لا تُظهر حركة براونية .

٤ - تكون حدود رؤية المجهر الضوئي ١٠ مللي ميكرون ، بينما تكون حدود رؤية ميكروسكوب الأشعة فوق البنفسجية ١٠٠ مللي ميكرون .

- ٥ - لاتمر الأجسام التي يزيد قطرها على مللي ميكرون واحد من الـ ultra filters ، بينما تتراوح ثقب فلتـر شمبيرلانـد Chamberland filter بين ٢٠٠ و ٤٠٠ مللي ميكرون ، وتتراوح ثقب ورق الترشيح بين ١٥٠٠ و ٢٢٠٠ مللي ميكرون .
- ٦ - تتراوح أقطار الخلايا البكتيرية بين ٥٠٠ و ١٢٠٠ مللي ميكرون .
- ٧ - تبدأ الحركة البراونية للأجسام عندما يبلغ قطر الجزيئات ٥٠٠٠ مللي ميكرون .

### ثالثا : الأحجام

الوحدة المترية	القيمة	القيمة المكافئة في النظام الأمريكي
Kiloliter	$١٠^٣$ لتر = $١٠^٣$ م	١,٣٠٨ ياردة مكعبة = ٢٦٤,١٨ جالونا
Hectoliter	$١٠^٢$ لتر = $١٠^١$ م	٢,٨٣٨ بوشل = ٢٦,٤٢ جالونا
Dekaliter	١٠ لترات = $١٠^٢$ م	١,١٣٥ بك peck = ٢,٦٤ جالونا
Liter (liter)	لتر واحد = $١٠^٣$ م	٦١,٠٢ بوصة مكعبة = ١,٠٥ كوارت quart
Deciliter	$١٠^{-١}$ لتر = $١٠^{-٤}$ م	٦,١ بوصة مكعبة = ١٠٠ كوارت
Centiliter	$١٠^{-٢}$ لتر = $١٠^{-٥}$ م	٠,٦١ بوصة مكعبة = ٠,٣٣ أونصة ounce سائلة
Milliliter (ml)	$١٠^{-٣}$ لتر = $١٠^{-٦}$ م = $١٠^{-٣}$ سم	$٦١ \times ١٠^{-٣}$ بوصة مكعبة = ٠,٢٧ درام dram سائلا
Microliter ( $\mu$ l)	$١٠^{-٦}$ لتر = $١٠^{-٩}$ م = $١٠^{-٦}$ سم	$٦١ \times ١٠^{-٦}$ بوصة مكعبة = ٠,٢٧ $\times ١٠^{-٣}$ درام سائلا

يعرف كذلك الميكروولتر باسم لامدا lambda التي تأخذ الرمز ( $\lambda$ ) .

### رابعا : السطوح والمساحات

الوحدة المترية	القيمة	القيمة المكافئة في النظام الأمريكي
Hectare (ha)	$١٠^٤$ م	٢,٤٧١ أكر
Are	$١٠^٢$ م	٠,٢٥ أكر = ١١٩,٦ ياردة مربعة
Centiare	$١٠$ م	١٥٠ بوصة مربعة

## المكافئ المترى لوحدات القياس الأمريكية الموازين

المكافئ المترى	الوحدة الأمريكية
جم ٤٥٣,٥٩٢٦	الرطل الـ avdp ( اختصار avoirdupois ) ( ١٦ أوقية )
جم ٣٧٣,٢٤	الرطل الـ troy ( ١٢ أوقية )
جم ٢٨,٣٥	الأوقية الـ avdp ( ١٦ درام drams )
جم ٣١,١٠٣	الأوقية الـ troy ( ٤٨٠ جرين grains )
جم ١,١٧٧١٨٥	الدرام الـ dram الـ avdp
جم ٠,٠٦٤٨	الجرين الـ grain الـ troy
طناً مترياً ١,٠١٦	الطن الطويل ( ٢٢٤٠ رطلاً )
طناً مترياً ٠,٩٠٧٢	الطن القصير ( ٢٠٠٠ رطل )
كجم ٦,٣٥٠٣٠	الحجر stone ( ١٤ رطلاً )
كجم ١٢,٧٠٠٥٩	الكوارتر ( ٢٨ رطلاً )
كجم ٥٠,٨٠٢٣٨	الهنردويت ( ١١٢ رطلاً ورمزه cwt )

ملحوظة : يستخدم ثقل أفواردوبوا فى بريطانيا والولايات المتحدة لوزن جميع السلع ماعدا الأدوية والمعادن الثمينة والأحجار الكريمة . وفى هذا النظام يعتبر الرطل مؤلفاً من ١٦ أوقية . أما الوزن الترويسى فهو يستخدم لوزن الجواهر والمعادن النفيسة .

## الأطوال

المكافئ المترى	الوحدة الأمريكية
سم ٢,٥٤	البوصة
سم ٣٠,٤٨	القدم
م ٠,٩١٤٤	الياردة
م ١,٨٢٩	الفathom ( ياردتان )
م ٥,٠٢٩	الرُود rod ( ٥,٥ ياردة )

المكافئ المترى	الوحدة الأمريكية
٢٠١,١٦ م	الفزلونج Furlong ( ٢٢٠ ياردة )
١,٦٠٩٣٤ كم	الميل العادى ( statute ١٧٦٠ ياردة )
١,٨٥٤ كم	الميل البحرى ( nautical ٢٠٢٦ ياردة )

### سعة ثقوب المناخل Mesh Size

تستخدم فى الدراسات العلمية مناخل تُحدّد سعة ثقوبها بما يعرف باسم mesh size ، وهو رقم يُحدّد عدد الثقوب فى كل بوصة طولية من المنخل . ويتعين فى الدراسات العلمية تحديد سعة الثقوب بالمليمتر لكل mesh size ، وهى كما يلى :

الـ mesh size ( عدد الثقوب فى كل بوصة طولية ) قطر الثقب الواحد (مم)

٤,٧٦	٤
٢,٣٨	٨
٢,٠٠	٩,٢
١,٤١	١٢,٠
١,٠٠	١٧,٢
٠,٨٤	٢٠,٠
٠,٥٤	٣٠,٠
٠,٤٠	٤٠,٠
٠,٢٥	٦٠,٠
٠,١٨	٨٠,٠
٠,١٥	١٠٠,٠
٠,١٠	١٤٠,٠
٠,٠٥	٣٠٠,٠

وتجدر الإشارة إلى أن حاصل ضرب عدد الثقوب لكل بوصة طولية فى قطر الثقب الواحد بالمليمتر يقل عن البوصة ( ٢,٥٤ سم ) ؛ لأن خيوط أو أسلاك المنخل تشغل جزءا من تلك البوصة .

## الأحجام

المكافئ المترى	الوحدة الأمريكية
١٦,٣٨٧ سم <sup>٣</sup>	البوصة المكعبة
٠,٠٢٨٣١٧ م <sup>٣</sup>	القدم المكعبة ( ١٧٢٨ بوصة مكعبة )
٠,٧٦٤٦ م <sup>٣</sup>	الياردة المكعبة ( ٢٧ قدماً مكعبة )
٠,٠٠٢٥ م <sup>٣</sup>	قدم البورد Board foot ( ١٤٤ بوصة مكعبة )
٣,٦٢٥ م <sup>٣</sup>	الكورد cord ( ١٢٨ قدماً مكعبة )
٠,٤٧٣ لتراً	الباينت السائل ( ١٦ أوقية سائلة )
٠,٩٤٦٣ لتراً	الكوارت السائل ( ٣٢ أوقية سائلة )
١,١٠١ لتراً	الكوارت الجاف ( ٢ باينت )
١,١٣٦ لتراً	الكوارت الإمبراطورى أو الإنجليزى ( ٤٠ أوقية )
٣,٧٨٥٣٣ لتراً	الجالون ( ٤ كوارت )
٤,٥٤٦ لتراً	الجالون الإمبراطورى أو الإنجليزى
٨,٨٠٩ لتراً	البك peck الجافة ( ٨ كوارت )
٩,٠٩٢ لتراً	البك الجافة الإمبراطورية أو الإنجليزى
٣٥,٢٤ لتراً	البوشل الجاف ( ٤ بك pecks )
٣٦,٣٧ لتراً	البوشل الإمبراطورى أو الإنجليزى
١١٨,٢٩٢ مل	الجلل gill ( ١/٤ باينت )

## السطوح أو المساحات

المكافئ المترى	الوحدة الأمريكية
٦,٤٥١٦ سم <sup>٢</sup>	البوصة المربعة
٠,٠٩٢٩ م <sup>٢</sup>	القدم المربعة
٠,٨٣٦ م <sup>٢</sup>	الياردة المربعة
٢٥,٢٩ م <sup>٢</sup>	الرُود rod المربع
٢,٥٩ م <sup>٢</sup> = ٦٤٠ أيكر	الميل المربع
٤٠٤٦,٩ م <sup>٢</sup> = ٤٠٤٧ هكتاراً	الايكر

## معاملات التحويل بين وحدات القياس المترية والأمريكية

نبين - فيما يلي - معاملات التحويل بين مختلف وحدات القياس المترية والأمريكية ، وكذلك بين بعض الوحدات المترية وبعضها الآخر ، وبين بعض الوحدات الأمريكية وبعضها الآخر .

### الموازن

ي ضرب في	إلى	للتحويل من
٣١٠	طن متري	كيلو جرام
$٣-١٠ \times ١,١$	طن قصير	كيلو جرام
٢,٢٠٥	رطل	كيلو جرام
٣٥,٢٨	أوقية	كيلو جرام
$٣-١٠ \times ٢,٢٠٥$	رطل	جرام
٠,٠٣٥٢٧	أوقية	جرام
١٥,٤٣	جرين grain	جرام
١,١٠٢	طن قصير	طن متري
$٣١٠ \times ٢,٢٠٥$	رطل	طن متري
١,١٢	طن قصير	طن طويل
٢٢٤٠	رطل	طن طويل
١٠١٦,٠٤٧	كيلوجرام	طن طويل
٩٠٧,١٨٤٨	كيلوجرام	طن قصير
٠,٩٠٧١٨٤٨	طن متري	طن قصير
٢٠	هندردويت	طن قصير
٢٠٠٠	رطل	طن قصير
٠,٤٥٤	كيلوجرام	رطل
٤٥٣,٥٩٢٤	جرام	رطل
١٦	أوقية	رطل
٧٠٠٠	جرين	رطل

ي ضرب في	إلى	للتحويل من
٢٨,٣٤٩٥	جرام	أوقية (avoirdupois)
٠,٠٦٢٥	رطل	أوقية
٤٣٧,٥	جرين	أوقية
٠,٠٦٥	جرام	جرين
٣-١٠ × ٢,٣	أوقية	جرين
٢,٢٠٥	هدردويت	كويتال quintal
٠,٤٥٤	كويتال	هندردويت

## الأطوال

ي ضرب في	إلى	للتحويل من
٠,٠٤	بوصة	ملليمتر
٠,٠٠٣	قدم	ملليمتر
٠,٣٩٤	بوصة	سنتيمتر
٠,٠٣	قدم	سنتيمتر
٠,٠١	ياردة	سنتيمتر
٣٩,٤	بوصة	متر
٣,٢٨١	قدم	متر
١,٠٩٤	ياردة	متر
٤-١٠ × ٦,٢	ميل	متر
٣١٠ × ٣,٣	قدم	كيلو متر
٣١٠ × ١,١	ياردة	كيلو متر
٠,٦٢١	ميل	كيلو متر

يضرب فى	إلى	للتحويل من
٢٥,٤	ملليمتر	بوصة
٢,٥٤٠	سنتيمتر	بوصة
٠,٠٣	متر	بوصة
٠,٠٨٣٣٣	قدم	بوصة
٠,٠٢٧٧٨	ياردة	بوصة
٣٠٤,٨	ملليمتر	قدم
٣٠,٥	سنتيمتر	قدم
٠,٣٠٥	متر	قدم
٤-١. × ٣,٠	كيلو متر	قدم
١٢	بوصة	قدم
٠,٣٣٣٣٣	ياردة	قدم
٤-١. × ١,٩	ميل	قدم
٩١,٤	سنتيمتر	ياردة
٠,٩١٤	متر	ياردة
٤-١. × ٩,١	كيلو متر	ياردة
٣٦	بوصة	ياردة
٣	قدم	ياردة
٤-١. × ٥,٧	ميل	ياردة
٣١. × ١,٦	متر	ميل
١,٦٠٩	كيلو متر	ميل
٥٢٨٠	قدم	ميل
١٧٦٠	ياردة	ميل
١٦,٥	قدم	rod رود

## الأحجام

يضمرب في	إلى	للتحويل من
٦١٠	ستيمتر مكعب	متر مكعب
٣١٠	لتر	متر مكعب
٣٥,٣١٤	قدم مكعبة	متر مكعب
١,٣٠٨	ياردة مكعبة	متر مكعب
٤١٠ × ٦,١	بوصة مكعبة	متر مكعب
٢٨,٤	بوشل	متر مكعب
٣١٠ × ١,١	كوارت ( سائل )	متر مكعب
٢٦٤,٢	جالون	متر مكعب
٣١٠ × ٢,١	باينت ( سائل )	متر مكعب
٦-١٠	متر مكعب	ستيمتر مكعب
٣-١٠	لتر	ستيمتر مكعب
٥-١٠ × ٣,٥٣	قدم مكعبة	ستيمتر مكعب
٦-١٠ × ١,٣	ياردة مكعبة	ستيمتر مكعب
٠,٠٦١٠٢	بوصة مكعبة	ستيمتر مكعب
٥-١٠ × ٢,٨	بوشل	ستيمتر مكعب
٣-١٠ × ١,٠٥٧	كوارت ( سائل )	ستيمتر مكعب
٠,٠٣٤	أوقية ( سائلة )	ستيمتر مكعب
٣-١٠ × ٤,٢	فنتجان	ستيمتر مكعب
٣-١٠ × ٢,١	باينت سائل	ستيمتر مكعب
٠,٢	ملعقة شاي	ستيمتر مكعب
٠,٠٣٥٣١	قدم مكعبة	لتر
٣-١٠ × ١,٣	ياردة مكعبة	لتر
٦١,٠٢	بوصة مكعبة	لتر
٠,٠٢٨٤	بوشل	لتر
١,٠٥٧	كوارت ( سائل )	لتر
٠,٢٦٤٢	جالون أمريكي	لتر
٠,٢٢٠١	جالون إنجليزي	لتر

بضرب فى	إلى	للتحويل من
٣٣,٨	أوقية ( سائلة )	لتر
٤,٢	فنجان	لتر
٢,١	باينت ( سائل )	لتر
٠,١١٠	بِك	لتر
٠,٠٢٨٣	متر مكعب	قدم مكعبة
٤١٠ × ٢,٨٣٢	ستيمتر مكعب	قدم مكعبة
٢٨,٣٢	لتر	قدم مكعبة
٠,٠٣٧٠٤	ياردة مكعبة	قدم مكعبة
١٧٢٨,٠	بوصة مكعبة	قدم مكعبة
٠,٨٠٤	بوشل	قدم مكعبة
٠,٢٣٧٤٣	برميل أمريكى	قدم مكعبة
٢٩,٩٢	كوارت ( سائل )	قدم مكعبة
٧,٤٨٠٠٥٢	جالون أمريكى	قدم مكعبة
٦,٢٣	جالون إنجليزى	قدم مكعبة
٩٥٧,٣	أوقية ( سائلة )	قدم مكعبة
٥٩,٨٤	باينت ( سائل )	قدم مكعبة
٣,٢١	بِك	قدم مكعبة
٠,٧٦٤٦	متر مكعب	ياردة مكعبة
٧٦٤,١	لتر	ياردة مكعبة
٢٧	قدم مكعبة	ياردة مكعبة
٤١٠ × ٤,٦٦٥٦	بوصة مكعبة	ياردة مكعبة
٢١,٧١	بوشل	ياردة مكعبة
٨٠٧,٩	كوارت ( سائل )	ياردة مكعبة
٢٠٢	جالون	ياردة مكعبة
٣١٠ × ١,٦١٦	باينت ( سائل )	ياردة مكعبة
٨٧,٤	بِك	ياردة مكعبة
١٦,٣٩	ستيمتر مكعب	بوصة مكعبة
٠,١٦٣٩	لتر	بوصة مكعبة

يضرِبُ في	إلى	للتحويل من
$4-10 \times 0,787$	قدم مكعبة	بوصة مكعبة
$0-10 \times 2,1$	ياردة مكعبة	بوصة مكعبة
$4-10 \times 4,7$	بوشل	بوصة مكعبة
$0,17$	كوارت ( سائل )	بوصة مكعبة
$3-10 \times 4,329$	جالون	بوصة مكعبة
$0,05$	أوقية	بوصة مكعبة
$0,069$	فنتجان	بوصة مكعبة
$0,034$	باينت ( سائل )	بوصة مكعبة
$3-10 \times 1,9$	بك	بوصة مكعبة
$3,3$	ملعقة شاي	بوصة مكعبة
$0,035$	متر مكعب	بوشل
$35,238$	لتر	بوشل
$1,2444$	قدم مكعبة	بوشل
$0,046$	ياردة مكعبة	بوشل
$2150,42$	بوصة كعبة	بوشل
$32,0$	كوارت ( سائل )	بوشل
$9,3$	جالون	بوشل
$310 \times 1,2$	أوقية ( سائلة )	بوشل
$148,9$	فنتجان	بوشل
$64,0$	باينت ( سائل )	بوشل
$4,0$	بك	بوشل
$4-10 \times 9,0$	متر مكعب	كوارت quart ( سائل )
$947,0$	سببتمتر مكعب	كوارت ( سائل )
$0,946$	لتر	كوارت ( سائل )
$0,033$	قدم مكعبة	كوارت ( سائل )
$57,7$	بوصة مكعبة	كوارت ( سائل )
$0,031$	بوشل	كوارت ( سائل )
$0,25^*$	جالون	كوارت ( سائل )

يضرَب في	إلى	للتحويل من
٣٢,٠	أوقية ( سائلة )	كوارت ( سائل )
٤,٠	فنجان	كوارت ( سائل )
٢,٠	باينت ( سائل أو جاف )	كوارت ( سائل أو جاف )
٠,١٠٧	بك	كوارت ( سائل )
٠,٠٣١٢٥	بوشل	كوارت ( جاف )
٦٧,٢٥	بوصة مكعبة	كوارت ( جاف )
$٣-١٠ \times ٣,٨$	متر مكعب	جالون أمريكي
٣,٧٨٥٤	لتر	جالون أمريكي
٠,١٣٣٧	قدم مكعبة	جالون أمريكي
$٣-١٠ \times ٤,٩$	ياردة مكعبة	جالون أمريكي
٢٣١	بوصة مكعبة	جالون أمريكي
٠,١٠٧	بوشل	جالون أمريكي
٠,٨٣٢٦٧	جالون إنجليزي	جالون أمريكي
٤,٠	كوارت ( سائل )	جالون أمريكي
١٢٨,٠	أوقية ( سائلة )	جالون أمريكي
١٦,٠	فنجان	جالون أمريكي
٨,٠	باينت ( سائل )	جالون أمريكي
٠,٤٨٢	بك	جالون أمريكي
٨,٣٤٥٣	رطل من الماء	جالون من الماء
٢٩,٥٧٣	ستيمتر مكعب	أوقية ounce ( سائلة )
٠,٠٢٩	لتر	أوقية ( سائلة )
$٣-١٠ \times ١,٠٤$	قدم مكعبة	أوقية ( سائلة )
١,٨٠٥	بوصة مكعبة	أوقية ( سائلة )
٠,٠٦٢٥	باينت ( سائل )	أوقية ( سائلة )
٠,٠٣١٢٥	كوارت ( سائل )	أوقية ( سائلة )
$٣-١٠ \times ٧,٨$	جالون	أوقية ( سائلة )
١,٢٥	فنجان	أوقية ( سائلة )
٦,٠	ملعة شاي	أوقية ( سائلة )

يضرب في	إلى	للتحويل من
٤٧٣,٠	مستتير مكعب	باينت ( سائل )
٠,٤٧٣	لتر	باينت ( سائل )
٠,٠١٧	قدم مكعبة	باينت ( سائل )
٢٨,٩	بوصة مكعبة	باينت ( سائل )
٠,٠١٣	بوشل	باينت ( سائل )
٠,٥	كوارت ( سائل )	باينت ( سائل )
٠,١٢٥	جالون	باينت ( سائل )
١٦,٠	أوقية ( سائلة )	باينت ( سائل )
٢,٠	فنجان	باينت ( سائل )
٠,٠٦٢٥	بك	باينت ( جاف )
٠,٥	كوارت ( جاف )	باينت ( جاف )
٩,١	لتر	بك peck
٠,٣١١	قدم مكعبة	بك
٥٣٧,٦	بوصة مكعبة	بك
٠,٢٥	بوشل	بك
٩,٣	كوارت ( سائل )	بك
٨,٠	كوارت ( جاف )	بك
٢,٣٤	جالون	بك
٢٩٤,١	أوقية	بك
٣٧,٠	فنجان	بك
١٨,٥	باينت ( سائل )	بك
١٦,٠	باينت ( جاف )	بك
٠,٢٥	بوشل	بك
٢٣٦,٥	مستتير مكعب	فنجان cup
٠,٢٣٧	لتر	فنجان
١٤,٥	بوصة مكعبة	فنجان
٠,٢٥	كوارت ( سائل )	فنجان
٨,٠	أوقية ( سائلة )	فنجان

ي ضرب في	إلى	للتحويل من
٠,٥	باينت ( سائل )	فنجان
٤٨,٠	ملعقة شاي	فنجان
٥	ستيمتر مكعب	ملعقة شاي
٠,١٧	أوقية ( سائلة )	ملعقة شاي
		كميات مياه الري
٣-١٠ × ٩,٧٣	أيكر - بوصة	متر مكعب
١٠٢,٨	متر مكعب	أيكر - بوصة
٣٦٣٠	قدم مكعبة	أيكر - بوصة
٢٧١٦٧	جالون	أيكر - بوصة

### السطوح أو المساحات

ي ضرب في	إلى	للتحويل من
٣-١٠ × ١,٦	بوصة مربعة	مليمتر مربع
٠,١٥٥	بوصة مربعة	ستيمتر مربع
٣-١٠ × ١,١	قدم مربعة	ستيمتر مربع
٣١٠ × ١,٦	بوصة مربعة	متر مربع
١٠,٧٦٥	قدم مربعة	متر مربع
١,٢	ياردة مربعة	متر مربع
٤-١٠ × ٢,٥	أيكر	متر مربع
٢-١٠	كيلو متر مربع	هكتار
٢,٤٧١	أيكر	هكتار
٣-١٠ × ٣,٩	ميل مربع	هكتار
٢١٠	هكتار	كيلو متر مربع

يضمرب في	إلى	للتحويل من
$710 \times 1,2$	ياردة مربعة	كيلو متر مربع
247,1	أيكرا	كيلو متر مربع
0,386	ميل مربع	كيلو متر مربع
745,16	ملليمتر مربع	بوصة مربعة
7,4516	سنتيمتر مربع	بوصة مربعة
$4-10 \times 7,5$	متر مربع	بوصة مربعة
$3-10 \times 7,94$	قدم مربعة	بوصة مربعة
929,034	سنتيمتر مربع	قدم مربعة
0,093	متر مربع	قدم مربعة
144	بوصة مربعة	قدم مربعة
0,11111	ياردة مربعة	قدم مربعة
0,83713	متر مربع	ياردة مربعة
$5-10 \times 8,4$	هكتار	ياردة مربعة
$7-10 \times 8,4$	كيلو متر مربع	ياردة مربعة
1296	بوصة مربعة	ياردة مربعة
9	قدم مربعة	ياردة مربعة
$4-10 \times 2,066$	أيكرا	ياردة مربعة
$7-10 \times 3,2$	ميل مربع	ياردة مربعة
$310 \times 4,0468$	متر مربع	أيكرا
0,40468	هكتار	أيكرا
$3-10 \times 4,05$	كيلو متر مربع	أيكرا
$410 \times 4,356$	قدم مربعة	أيكرا
$310 \times 4,84$	ياردة مربعة	أيكرا
$3-10 \times 1,0625$	ميل مربع	أيكرا
$710 \times 2,7$	متر مربع	ميل مربع
258,99	هكتار	ميل مربع
2,590	كيلو متر مربع	ميل مربع
740,0	أيكرا	ميل مربع

## بعض وحدات القياس الشائعة ومكافئاتها من الوحدات الأخرى

نقدم - فيما يلى - شرحاً لبعض وحدات القياس ( غير وحدات الموازين ، والاطوال والأحجام والمساحات ) - التى شاع استخدامها فى البحث العلمى ، وشاع التعبير بها فى الكتب والرسائل والدوريات العلمية لفترة طويلة - ومكافئاتها من وحدات القياس الأخرى من غير وحدات القياس الدولية .

### وحدات قياس الحرارة والطاقة

الكالورى calorie : الحرارة اللازمة لتغيير جرام واحد ( ستيتمتر مكعب واحد ) من الماء - عند أقصى كثافة له - بمقدار درجة مئوية واحدة .

الوحدة الحرارية البريطانية British thermal unit ( اختصاراً : Btu ) : الحرارة اللازمة لتغيير رطل واحد من الماء - عند أقصى كثافة له - بمقدار درجة فهرنهايتية واحدة .

أقصى كثافة للماء تكون عند حرارة ٣,٩٨ م ( أو حوالى ٣٩ ف ) .

$$1 \text{ Btu} = 252 \text{ calories.}$$

$$1 \text{ kilogram-calorie} = 1000 \text{ calories.}$$

$$1 \text{ Btu per minute} = 0.02356 \text{ horsepower.}$$

$$1 \text{ Btu per minute} = 0.01757 \text{ kilowatts.}$$

$$1 \text{ Btu per minute} = 17.57 \text{ watts.}$$

$$1 \text{ horsepower} = 42.44 \text{ Btu per minute.}$$

$$1 \text{ horsepower-hour} = 2547 \text{ Btu.}$$

$$1 \text{ kilowatt-hour} = 3415 \text{ Btu.}$$

$$1 \text{ kilowatt} = 56.92 \text{ Btu per minute.}$$

يتطلب تغيير رطل واحد من الماء عند ٣٢ ف إلى ثلج - عند نفس هذه الدرجة - التخلص من ١٤٤ وحدة حرارية بريطانية .

تتطلب إذابة رطل واحد من الثلج عند ٣٢ ف إلى ماء - عند نفس هذه الدرجة - اكتساب ١٤٤ وحدة حرارية بريطانية .

تتطلب إذابة طن واحد من الثلج عند ٣٢ ف إلى ماء - عند نفس هذه الدرجة - اكتساب ٢٨٨٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية .

### درجة الحرارة

للتحويل من درجة فهرنهايتية Fehrenheit إلى درجة مئوية celsius يطرح من الدرجة الفهرنهايتية ٣٢ ويضرب الناتج في  $\frac{5}{9}$  ، كما يلي :

$$^{\circ}\text{C} = (5/9) (^{\circ}\text{F}-32)$$

للتحويل من درجة مئوية إلى درجة فهرنهايتية تضرب الدرجة المئوية في  $\frac{9}{5}$  ، ويضاف إلى الناتج ٣٢ ؛ كما يلي :

$$^{\circ}\text{F} = (9/5) (^{\circ}\text{C}) + 32$$

### التركيز

$$1 \text{ ppm} = 1/1,000,000.$$

$$1 \text{ percent} = 0.01 \text{ or } 1/100.$$

$$1 \text{ ppm} \times 10,000 = 1 \text{ percent}.$$

$$\text{ppm} \times 0.00136 = \text{tons per acre-foot of water}.$$

$$\text{ppm} = \text{milligrams per liter}.$$

$$\text{ppm} = 17.12 \text{ X grains per gallon}.$$

$$\text{grains per gallon} = 0.0584 \times \text{ppm}$$

$$\text{ppm} = 0.64 \times \text{micromhos per centimeter (in range of 100-5000 micromhos per centimeter)}$$

$$\text{ppm} = 640 \times \text{millimhos per centimeter (in range of 0.1-5.0 millimhos per centimeter)}.$$

mho = reciprocal ohm.

millimho = 1000 micromhos.

millimho = approximately 10 milliequivalents per liter (meq/liter)

milliequivalents per liter = equivalents per million.

millimhos per centimeter =  $EC \times 10^3$  ( $EC \times 1000$ ) at 25° C (EC = electrical conductivity).

micromhos per centimeter =  $EC \times 10^6$  ( $EC \times 1,000,000$ ) at 25° C.

1000 micromhos per centimeter = approximately 700 ppm

1000 micromhos per centimeter = approximately 10 milliequivalents per liter.

1000 micromhos per centimeter = 1 ton of salt per acre-foot of water.

milliequivalents per liter =  $0.01 \times (EC \times 10^6)$  (in range of 100-5000 micromhos per centimeter).

milliequivalents per liter =  $10 \times (EC \times 10^3)$  (in range of 0.1-5.0 millimhos per centimeter).

## السرعة

ي ضرب في	إلى	للتحويل من
٢-١٠	م / ثانية	سم / ثانية
٠,٠٣٦	كم / ساعة	سم / ثانية
٠,٠٣٣	قدم / ثانية	سم / ثانية
١,٩٧	قدم / دقيقة	سم / ثانية
٠,٠٢٢	ميل / ساعة	سم / ثانية

يضرّب في	إلى	للتحويل من
٢١٠	سم / ثانية	م / ثانية
٣,٦	كم / ساعة	م / ثانية
٣,٢٨	قدم / ثانية	م / ثانية
١٩٦,٩	قدم / دقيقة	م / ثانية
٢,٢٤	ميل / ساعة	م / ثانية
٢٧,٧٨	سم / ثانية	كم / ساعة
٠,٢٨	م / ثانية	كم / ساعة
٠,٩١	قدم / ثانية	كم / ساعة
٥٤,٦	قدم / دقيقة	كم / ساعة
٠,٦٢	ميل / ساعة	كم / ساعة
٣٠,٤٨	سم / ثانية	قدم / ثانية
٠,٣٠	م / ثانية	قدم / ثانية
١,١	كم / ساعة	قدم / ثانية
٦٠,٠	قدم / دقيقة	قدم / ثانية
٠,٦٨	ميل / ساعة	قدم / ثانية
٠,٥١	سم / ثانية	قدم / دقيقة
$٣ \cdot ١٠ \times ٥,٠$	م / ثانية	قدم / ثانية
٠,١٧	كم / ساعة	قدم / ثانية
٠,١١	ميل / ساعة	قدم / ثانية
٤٤,٧	سم / ثانية	ميل / ساعة
٠,٤٥	م / ثانية	ميل / ساعة
١,٦	كم / ساعة	ميل / ساعة
١,٤٧	قدم / ثانية	ميل / ساعة
٨٨,٠	قدم / دقيقة	ميل / ساعة

## الوزن لوحدته الحجم

ي ضرب في	إلى	للتحويل من
٣-١٠	جم / سم <sup>٣</sup>	كجم / م <sup>٣</sup>
١	جم / لتر	كجم / م <sup>٣</sup>
٠,٠٦٢	رطل / قدم <sup>٣</sup>	كجم / م <sup>٣</sup>
٣١٠	كجم / م <sup>٣</sup>	جم / سم <sup>٣</sup>
٣١٠	جم / لتر	جم / سم <sup>٣</sup>
٠,٥٢٧	أوقية / بوصة مكعبة	جم / سم <sup>٣</sup>
١	كجم / م <sup>٣</sup>	جم / لتر
٣-١٠	جم / سم <sup>٣</sup>	جم / لتر
٠,٠٦٢	رطل / قدم <sup>٣</sup>	جم / لتر
١٦,٠٢	كجم / م <sup>٣</sup>	رطل / قدم <sup>٣</sup>
٠,٠١٦	جم / سم <sup>٣</sup>	رطل / قدم <sup>٣</sup>
١٦,٠٢	جم / لتر	رطل / قدم <sup>٣</sup>
٢٧	رطل / ياردة مكعبة	رطل / قدم <sup>٣</sup>
٠,٦	كجم / م <sup>٣</sup>	رطل / ياردة مكعبة
٠,٥٩٣	جم / لتر	رطل / ياردة مكعبة
١٢,٩٦	كجم / م <sup>٣</sup>	رطل / بوشل
٠,٠١٣	جم / سم <sup>٣</sup>	رطل / بوشل
١٢,٨٧	جم / لتر	رطل / بوشل
٠,٨٠٦	رطل / قدم <sup>٣</sup>	رطل / بوشل
٢١,٧٤	رطل / ياردة مكعبة	رطل / بوشل
١,٨٩٨	جم / سم <sup>٣</sup>	أوقية / بوصة مكعبة
٣١٠ × ١,٨	جم / لتر	أوقية / بوصة مكعبة
١٠٨	رطل / قدم مكعب	أوقية / بوصة مكعبة

## الضغط ( الكتلة / وحدة المساحة )

ي ضرب في	إلى	للتحويل من
$6-10 \times 10$	بار bar	داين / سم <sup>2</sup> dyne cm <sup>-2</sup>
$3-10 \times 1$	مللي بار	
$6-10 \times 1,01$	ضغط جوى	
$3-10 \times 0,75$	مم زئبق	
$3-10 \times 0,03$	بوصة زئبق	
$5-10 \times 1,05$	رطل / بوصة مربعة (psi)	
$6-10 \times 1,0$	كجم / سم <sup>2</sup>	
$3-10 \times 1,0$	سم ماء	
$610 \times 1,0$	داين / سم <sup>2</sup>	بار bar
$310 \times 1,0$	مللي بار	
0,987	ضغط جوى	
750,2	مم زئبق	
29,53	بوصة زئبق	
14,01	رطل / بوصة مربعة	
1,02	كجم / سم <sup>2</sup>	
1017	سم ماء	
$310 \times 1,0$	داين / سم <sup>2</sup>	مللي بار
$3-10 \times 1,0$	بار	
$3-10 \times 1,01$	ضغط جوى	
0,750	مم زئبق	
0,295	بوصة زئبق	
0,10	رطل / بوصة مربعة	
0,01	كجم / سم <sup>2</sup>	
1017	سم ماء	

يُضرب في	إلى	للتحويل من
٦١٠ × ٠,٩٩	داين / سم <sup>٢</sup>	ضغط جوى
١,٠١٣	بار	
١٠١٣,٣	مللى بار	
٧٦٠	مم زئبق	
٢٩,٩٢	بوصة زئبق	
١٤,٧	رطل / بوصة مربعة	
١,٠٠٣	كجم / سم <sup>٢</sup>	
١٠٣٠	سم ماء	
٣١٠ × ١,٣٣	داين / سم <sup>٢</sup>	مم زئبق
٣-١٠ × ١,٣٣	بار	
١,٣٣٣	مللى بار	
٣-١٠ × ١,٣١	ضغط جوى	
٠,٠٣٩	بوصة زئبق	
٠,٠١٩	رطل / بوصة مربعة	
٣-١٠ × ١,٤	كجم / سم <sup>٢</sup>	
١,٣٦	سم ماء	
٤١٠ × ٣,٣	داين / سم <sup>٢</sup>	بوصة زئبق
٠,٠٣٤	بار	
٣٣,٩	مللى بار	
٠,٠٣٣٤	ضغط جوى	
٢٥,٤	مم زئبق	
٠,٤٩	رطل / بوصة مربعة	
٠,٠٣٥	كجم / سم <sup>٢</sup>	
٣٤,٤٢	سم ماء	
٤١٠ × ٦,٧	داين / سم <sup>٢</sup>	رطل / بوصة مربعة (psi)
٠,٠٦٩	بار	

ي ضرب في	إلى	للتحويل من
٦٨,٩٥	مللى بار	رطل / بوصة مربعة (psi)
٠,٠٦٨	ضغط جوى	
٥١,٧	مم زئبق	
٢,٠٤	بوصة زئبق	
٠,٠٧	كجم / سم <sup>٢</sup>	
٧٠,٠٧	سم ماء	
٦١٠ × ٠,٩٨	داين / سم <sup>٢</sup>	كجم / سم <sup>٢</sup>
٠,٩٨١	بار	
٩٨٠,٧	مللى بار	
٠,٩٦٨	ضغط جوى	
٧٣٥,٦	مم زئبق	
٢٨,٩٦	بوصة زئبق	
١٤,٢٢	رطل / بوصة مربعة	
٩٩٩,١	سم ماء	سم ماء
١٠٣٠	داين / سم <sup>٢</sup>	
٤-١٠ × ٩,٨	بار	
٠,٩٨٣	مللى بار	
٤-١٠ × ٩,٧١	ضغط جوى	
٠,٧٣٨	مم زئبق	
٠,٠٢٩	بوصة زئبق	
٠,٠١٤	رطل / بوصة مربعة	
٣-١٠ × ١,٠	كجم / سم <sup>٢</sup>	

التدفق ( الحجم في وحدة الزمن )

يضرب في	إلى	للتحويل من
٠,١٣٤	قدم مكعبة / دقيقة	جالون / دقيقة
$٣-١٠ \times ٢,٢٣$	قدم مكعبة / ثانية	
٣,٧٩	لتر / دقيق	
$٥-١٠ \times ٦,٣١$	م <sup>٣</sup> / ثانية	
٧,٤٨	جالون / دقيقة	قدم <sup>٣</sup> / دقيقة
٠,٠١٧	قدم <sup>٣</sup> / ثانية	
٢٨,٣٢	لتر / دقيقة	
$٤-١٠ \times ٤,٧٢$	م <sup>٣</sup> / ثانية	
٤٤٨,٨	جالون / دقيقة	قدم <sup>٣</sup> / ثانية
٦٠,٠	قدم <sup>٣</sup> / دقيقة	
١٦٩٩,٢	لتر / دقيقة	
٠,٠٢٨	م <sup>٣</sup> / ثانية	
٠,٢٦٤	جالون / دقيقة	لتر / دقيقة
٠,٠٣٥	قدم <sup>٣</sup> / دقيقة	
$٤-١٠ \times ٥,٨٩$	قدم <sup>٣</sup> / ثانية	
$٥-١٠ \times ١,٦٧$	م <sup>٣</sup> / ثانية	
$٤١٠ \times ١,٥٩$	جالون / دقيقة	م <sup>٣</sup> / ثانية
٢١١٨,٩	قدم <sup>٣</sup> / دقيقة	
٣٥,٣١	قدم <sup>٣</sup> / ثانية	
$٤١٠ \times ٦,٠$	لتر / دقيقة	

## مياه الري ، وتدفق الماء ، والماء المفقود بالنتح أو بالتبخر

من وحدات القياس المفيدة في هذا الشأن مايلي :

### *Weight and Volume (U.S. Measurements)*

- 1 cubic foot = 0.0283 cubic meter.
- 1 cubic foot = 28.32 liters.
- 1 cubic foot = 7.48 U.S. gallons.
- 1 cubic foot = 6.23 British gallons.
- 1 cubic inch = 16.39 cubic centimeters.
- 1 cubic yard = 0.7645 cubic meter.
- 1 U.S. gallon = 3.7854 liters.
- 1 U.S. gallon = 0.833 British gallon.
- 1 British gallon = 1.201 U.S. gallons.
- 1 British gallon = 4.5436 liters.
- 1 acre-foot = 43,560 cubic feet.
- 1 acre-foot = 1,233.5 cubic meters.
- 1 acre-inch = 3,630 cubic feet.
- 1 acre-inch = 102.8 cubic meters.
- 1 acre-foot of soil = about 4,000,000 pounds.
- 1 acre-foot of water = 43,560 cubic feet.
- 1 acre-foot of water = 12 acre-inches.
- 1 acre-foot of water = about 2,722,500 pounds.
- 1 acre-foot of water = 325,851 gallons.
- 1 cubic foot of water = 7.4805 gallons.
- 1 cubic foot of water at 59°F = 62.37 pounds.
- 1 acre-inch of water = 27,154 gallons.
- 1 gallon of water at 59°F = 8.337 pounds.
- 1 gallon of water = 0.1337 cubic foot or 231 cubic inches.

وتستخدم الوحدات التالية لقياس تدفق المياه :  
*Flow (U.S. Measurements)*

- 1 cubic foot of water per second = 1 second-foot.  
 1 second-foot = 448.8 gallons per minute or about 1 acre-inch per hour.  
 1 second-foot = 3600 cubic feet per hour.  
 1 second-foot = about 7-1/2 gallons per second.  
 1 cubic foot of water per second for 12 hours = about 1 acre-foot; for  
 1 hour = about 1 acre-inch; for 24 hours = 1.98 acre-feet.  
 1 cubic foot per second = 38.4 miner's inches.<sup>1</sup>  
 1 cubic foot per second = 40 miner's inches.<sup>2</sup>  
 1 cubic foot per second = 50 miner's inches.<sup>3</sup>  
 40 miner's inches<sup>2</sup> for 1 hour = 1 acre-inch.  
 50 miner's inches<sup>3</sup> for 1 hour = 1 acre-inch.  
 38.4 miner's inches<sup>1</sup> for 1 hour = 1 acre-inch.  
 1 miner's inch<sup>2</sup> of water = 11.22 gallons per minute.  
 1 miner's inch<sup>3</sup> of water = 8.98 gallons per minute.  
 1 miner's inch<sup>1</sup> of water = 11.7 gallons per minute.  
 gallons per minute × 0.002228 = cubic feet per second.  
 1 gallon of water a minute = 1 acre-inch in 4-1/2 hours.  
 1000 gallons of water a minute = 1 acre-inch in 27 minutes.
- 1 cubic meter per second = 35.314 cubic feet per second.  
 1 cubic meter per hour = 0.278 liters per second.  
 1 cubic meter per hour = 4.403 U.S. gallons per minute.  
 1 cubic meter per hour = 3.668 British gallons per minute  
 1 liter per second = 0.0353 cubic feet per second.  
 1 liter per second = 15.852 U.S. gallons per minute.  
 1 liter per second = 13.206 British gallons per minute.  
 1 liter per second = 3.6 cubic meters per hour.  
 1 cubic foot per second = 0.0283 cubic meters per second.  
 1 cubic foot per second = 28.32 liters per second.  
 1 cubic foot per second = 448.8 U.S. gallons per minute.  
 1 cubic foot per second = 373.8 British gallons per minute.  
 1 cubic foot per second = 1 acre-inch per hour (approximately).  
 1 cubic foot per second = 2 acre-feet per day (approximately).  
 1 U.S. gallon per minute = 0.06309 liters per second.  
 1 British gallon per minute = 0.07573 liters per second.

miner's inch : هي كمية المياه التي تتدفق من خلال فتحة مربعة الشكل مساحتها بوصة مربعة واحدة ، توجد في حائط عمودي ، مع وجود ضغط من الماء يتراوح عادة من ٤ - ٧ بوصات من الماء فوق مستوى الفتحة .

يضرَب في	إلى	للتحويل من
٨,١٠٨	أيكر - قدم	هكتار - متر hectare-meter
٩٧,٢٩	أيكر - بوصة	
٠,٠٨١٠٨	أيكر - قدم	هكتار - سنتيمتر
٠,٩٧٣	أيكر - بوصة	
٠,٠٩٧٣	أيكر - بوصة	متر مكعب
٠,٩٨١	قدم مكعبة / ثانية	هكتار - سنتيمتر / ساعة
٤٤٠,٣	جالون / دقيقة	
٠,٠٩٨١	قدم مكعبة / ثانية	متر مكعب / ساعة
٤,٤٠٣	جالون / دقيقة	متر مكعب / ساعة
٠,١٢٣٣	هكتار - متر	أيكر - قدم
٠,١٠٢٨	هكتار - متر	أيكر - بوصة
١٢,٣٣	هكتار - سنتيمتر	أيكر - قدم
١,٠٢٨	هكتار - سنتيمتر	أيكر - بوصة
١٠,٢,٨	متر مكعب	أيكر - بوصة
١,٠١٩٤	هكتار - سنتيمتر / ساعة	قدم مكعب / ثانية
٠,٠٢٢٧	هكتار - سنتيمتر / ساعة	جالون / دقيقة
١٠١,٩٤	متر مكعب / ساعة	قدم مكعبة / ثانية
٠,٢٢٧	متر مكعب / ساعة	جالون / دقيقة

## المحصول والمعدلات

يضرَب في	إلى	للتحويل من
٠,٤٤٦	طن (الولايات المتحدة) / أيكر	طن متري / هكتار
٠,٨٩٢	رطل / أيكر	كجم / هكتار
٠,١٠٧	جالون / أيكر	لتر / هكتار
٨,٣٤٧	رطل / جالون	كجم / لتر
٢,٢٤٢	طن متري / هكتار	طن (الولايات المتحدة) / أيكر
١,١٢١	كجم / هكتار	رطل / أيكر
٩,٣٤٦	لتر / هكتار	جالون / أيكر
٠,١٢٠	كجم / لتر	رطل / جالون

## الإضاءة

تختلف حساسية النبات للضوء عن حساسية العين التى تزيد فى منطقتى الضوء الأصفر والأخضر . أما النباتات فإن استجابتها تكون أعلى ما يمكن لكل من الضوءين الأحمر والأزرق اللذين تتوفر فيهما الطاقة اللازمة لتنشيط عملية البناء الضوئى .

وتقدر معظم أجهزة قياس الضوء المستخدمة فى المجال الزراعى شدة الإضاءة كما تفعل عين الإنسان . وتُعدّ القدم شمعة foot-candle وحدة القياس الأساسية فى كثير من هذه الأجهزة . ويشير هذا المصطلح إلى مستوى الإضاءة عند نقطة معينة على سطح مضاء . ويعادل القدم - شمعة شدة الضوء المنتجة من مصدر للإضاءة قوتة candlepower من على مسافة قدم واحد .

أما الليمون lumen فهو كمية الطاقة الضوئية التى تصل إلى قدم مربعة مسطحة تبعد جميع نقاطه عن شمعة قياسية بمقدار قدم واحدة ؛ وبذا . . . تصبح شدة الإضاءة على سطح مستوٍ قدم - شمعة واحدة عندما يسقط ليمون lumen واحد من الضوء على قدم مربعة من السطح المضاء .

تعد القدم - شمعة مقياساً لشدة الإضاءة عند نقطة معينة ، بينما تعتبر الليمونات lumens كمية الضوء الساقطة على قدم مربعة من السطح .

ونظراً لأن الليمون lumen وحدة طاقة ضوئية . . . لذا يُقدّر مصدر الضوء - عادة - تبعاً لما يوفره من ليمونات . فمثلاً تقدر لمبة ضغط صوديومى عال high pressure sodium lamp ( ماركة sylvania ) ذات الألف واط بأنها تعطى ١٤٠٠٠٠ ليمونات .

ويعد اللكس lux هو المقابل المترى للقدم - شمعة ؛ حيث يعبر عن شدة الإضاءة التى يعطيها ليمون lumen واحد لكل متر مربع . وكل قدم - شمعة واحدة تعادل ١٠,٨ لكس .

ويحدث التشبع الضوئى light saturation - عادة - عند مستوى ١٠٠٠ قدم - شمعة بالنسبة لنباتات الظل ، وعند مستوى ٢٥٠٠ - ٣٠٠٠ قدم - شمعة بالنسبة لغيرها من النباتات المتأقلمة على الشمس .

يُضرب في	إلى	للتحويل من
٠,٠٠٠١	فوت ,	لكس lux
٠,١	مللي فوت	
٠,٠٩٢٩	قدم - شمعة	
١٠٠٠٠	لكس	فوت phot
١٠٠٠	مللي فوت	
٩٢٩	قدم - شمعة	
١٠	لكس	مللي فوت milliphot
٠,٠٠١	فوت	
٠,٩٢٩	قدم - شمعة	
١٠,٧٦٤	لكس	قدم - شمعة foot-candle
٠,٠٠١	فوت	
١,٠٧	مللي فوت	
١٠٠٠٠	لكس	لومن / سم <sup>2</sup> lumen cm <sup>-2</sup>
١	فوت	
١٠٠٠	مللي فوت	
٩٢٩	قدم - شمعة	

### الطاقة لوحدية المساحة

يُضرب في	إلى	للتحويل من
٠,٨٨١	Btu ft <sup>-2</sup>	جول / سم <sup>2</sup> Joule cm <sup>-2</sup>
٢,٧٨	watt-h m <sup>-2</sup>	
٠,٢٣٩	g-cal cm <sup>-2</sup>	
١,١٣٦	Joule cm <sup>-2</sup>	وحدة حرارية بريطانية / قدم <sup>2</sup> Btu Ft <sup>-2</sup>
٣,١٥	watt-h cm <sup>-2</sup>	
٠,٢٧١	g-cal cm <sup>-2</sup>	
٠,٣٥٩٧	Joule cm <sup>-2</sup>	واط - ساعة / م <sup>2</sup> watt-h m <sup>-2</sup>
٠,٣١٧	Btu ft <sup>-2</sup>	
٠,٠٨٦	g-cal cm <sup>-2</sup>	

يُضرب فى	إلى	للتحويل من
٤,١٩	Joule cm <sup>-2</sup>	جرام - كالورى / سم <sup>٢</sup> g-cal cm <sup>-2</sup>
٣,٦٩	Btu ft <sup>-2</sup>	
١١,٦٢٤	watt-h m <sup>-2</sup>	

### القوة لوحدة المساحة

لتحويل الوحدات فى العمود الأيسر . . اضرب فى المعامل المناسب تحت عنوان أحد الأعمدة الأخرى ( مثال : للتحويل من واط / سم<sup>٢</sup> watt cm<sup>-2</sup> إلى لانجلى / دقيقة Langley min<sup>-1</sup> . . يضرب فى ١٤,٣٢ ) .

	erg sec <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	Langley min <sup>-1</sup>	g-cal min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	BTU h <sup>-1</sup> ft <sup>-2</sup>	watt cm <sup>-2</sup>
1 erg sec <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	1	1.43 × 10 <sup>-6</sup>	1.43 × 10 <sup>-6</sup>	6.47 × 10 <sup>-9</sup>	10
1 Langley min <sup>-1</sup>	6.99 × 10 <sup>5</sup>	1	1	221.13	0.0698
1 g-cal min <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup>	6.99 × 10 <sup>5</sup>	1	1	221.13	0.0698
1 BTU h <sup>-1</sup> ft <sup>-2</sup>	1.54 × 10 <sup>8</sup>	4.52 × 10 <sup>-3</sup>	4.52 × 10 <sup>-3</sup>	1	3.16 × 10 <sup>-4</sup>
1 watt cm <sup>-2</sup>	0.1	14.32	14.32	3.16 × 10 <sup>3</sup>	1
1 watt m <sup>-2</sup>	1000	1.43 × 10 <sup>-3</sup>	1.43 × 10 <sup>-3</sup>	3.17 × 10 <sup>2</sup>	10 <sup>-4</sup>

### الوحدات الأساسية للطاقة والقوة

لتحويل الوحدات فى العمود الأيسر ( بالنسبة لوحدات الطاقة energy والقوة power كل على انفراد ) . . اضرب فى المعامل المناسب تحت عنوان أحد الأعمدة الأخرى ( مثال : للتحويل من إرج / ثانية erg sec<sup>-1</sup> إلى واط watt . . يُضرب فى ١٠-٧ ) .

Energy (work)						
	erg	Joule	g-cal.	kilo g-cal	BTU	kilowatt-h
1 erg	$10^{-7}$		$2.39 \times 10^{-8}$	$2.39 \times 10^{-11}$	$6.02 \times 10^{-6}$	$2.78 \times 10^{-14}$
1 Joule	1		0.239	$2.39 \times 10^{-4}$	$9.48 \times 10^{-4}$	$2.78 \times 10^{-7}$
1 g-cal	$4.19 \times 10^7$		1	0.001	$3.97 \times 10^{-3}$	$1.16 \times 10^{-6}$
1 kilo g-cal	$4.19 \times 10^{10}$	$4.19 \times 10^3$	1000	1	3.97	$1.16 \times 10^{-3}$
1 BTU	$1.66 \times 10^5$	$1.06 \times 10^3$	$2.52 \times 10^2$	0.252	1	0.293
1 watt-h	$3.59 \times 10^{10}$	$3.60 \times 10^3$	$8.60 \times 10^2$	0.860	3.41	1
1 kilowatt-h	$3.59 \times 10^{13}$	$3.60 \times 10^6$	$8.60 \times 10^5$	$8.60 \times 10^2$	$3.41 \times 10^3$	1000

  

Power						
	erg sec <sup>-1</sup>	Joule sec <sup>-1</sup>	g-cal min <sup>-1</sup>	BTU min <sup>-1</sup>	watt	kilowatt
1 erg sec <sup>-1</sup>	1		$1.43 \times 10^{-6}$	$5.69 \times 10^{-9}$	$10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-10}$
1 Joule sec <sup>-1</sup>	$10^7$	1	14.34	0.0569	1	$10^{-3}$
1 g-cal min <sup>-1</sup>	$6.98 \times 10^5$	$6.98 \times 10^{-2}$	1	$3.96 \times 10^{-3}$	$6.98 \times 10^{-2}$	$6.98 \times 10^{-5}$
1 BTU min <sup>-1</sup>	$1.76 \times 10^8$	17.57	252.52	1	17.57	$1.76 \times 10^{-2}$
1 watt	$10^7$	1	14.34	0.0569	1	0.001
1 microwatt	10	$10^{-7}$	$1.43 \times 10^{-5}$	$5.69 \times 10^{-8}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$
1 kilowatt	$10^{10}$	$10^3$	$1.43 \times 10^2$	56.9	$10^3$	1

1 watt cm<sup>-2</sup> = 14.34 cal cm<sup>-2</sup> min<sup>-1</sup>.  
 1 watt-h = 3600 Joules.  
 1 watt = 1 Joule sec<sup>-1</sup>.

ويفيد - فى مجال القوة والطاقة - التعرف على القيم التالية :

- 1 horsepower = 550 foot-pounds per second.
- 1 horsepower = 33,000 foot-pounds per minute.
- 1 horsepower = 0.7457 kilowatts.
- 1 horsepower = 745.7 watts.
- 1 horsepower-hour = 0.7457 kilowatt-hour.
- 1 kilowatt = 1.341 horsepower.
- 1 kilowatt-hour = 1.341 horsepower-hours.
- 1 acre-foot of water lifted 1 foot = 1.372 horsepower-hours of work.
- 1 acre-foot of water lifted 1 foot = 1.025 kilowatt-hours of work.

## النظام الدولى لوحدات القياس

أقر المؤتمر الدولى العام للموازين والمقاييس General Conference of Weights and Measures - الذى عقد فى عام ١٩٦٠ - اتباع نظام دولى موحد لوحدات القياس الذى يعرف فى الإنجليزية باسم Standard International System of Units ( يكتب اختصارا : SI system ) ، وفى الفرنسية باسم Systeme International D'Unites ( يكتب اختصارا : SI units ) .

بدأ استخدام النظام الدولى لوحدات القياس فى الدوريات العلمية منذ الستينيات ، ولكنه لم ينتشر على نطاق واسع إلا فى منتصف الثمانينيات تقريبا ، حينما أصبحت معظم الدوريات العلمية تشترط الالتزام به فى جميع القياسات .

إن النظام الدولى للوحدات لا يضيف إلى النظام المترى ، ولا يعقده ، ولا يغير فيه بأية طريقة ، كما أنه ليس نظاما جديدا للقياس كما يعتقد البعض . . إنه ببساطة ليس أكثر من اختيار وحدات قياس معينة من النظام المترى ؛ بحيث تُمثَل كل واحدة من القيم الفيزيائية الرئيسية بوحدَة قياس واحدة أساسية . وتستخدم هذه الوحدات الأساسية فى التوصل إلى جميع القيم الأخرى باستعمال معادلات بسيطة . وبذا . .

يتبين الهدف الرئيسي من النظام الدولي ؛ ألا وهو الحد من الالتباس الذي يترتب على استخدام وحدات قياس متنوعة ، على أمل القضاء على ذلك الالتباس نهائياً . وبالرغم من ذلك . . فإن النظام الدولي لا يعد كاملاً ، ولا يخلو من الأمور التي مازالت مثار جدل بين العلماء .

ترجع نشأة النظام الدولي لوحدات القياس إلى عام ١٩٤٨ حينما كوّن المؤتمر العام التاسع للموازين والمقاييس 9th Conférence Général des Poids et Mesures لجنة لتطوير قواعد مبسطة لاستعمال وحدات القياس المترية ، ولوضع أسس عامة لرموز الوحدات ، وإعداد قائمة بالوحدات ذات الأسماء الخاصة . وقد اعتمد النظام الذي اقترحتة اللجنة في المؤتمر العام العاشر في عام ١٩٥٤ . ثم أقرّت المسميات والاختصارات التي تشكل الآن معظم ما يعرف بالنظام الدولي للوحدات في المؤتمر العام الحادى عشر في عام ١٩٦٠ .

### وحدات القياس فى النظام الدولي

يعد النظام الدولي للوحدات بسيطاً للغاية ؛ حيث تعتمد وحدات قياس جميع القيم الفيزيائية على سبع وحدات أساسية مستقلة ووحدتين مكملتين ( جدول ٨ - ١ ) .  
ونادراً ما يعد الخروج عن تلك الوحدات الأساسية أمراً مقبولاً ، ولا يُقرّ ذلك إلا فى حالات خاصة . فمثلاً . . لاتكون الثانية - وهى وحدة قياس الزمن الأساسية - عملية دائماً ، ويكون من المقبول - بل من المتوقع - استخدام الوحدات الأخرى ( مضاعفات الثانية ) ؛ مثل الساعة ، واليوم ، والسنة . . . إلخ . كذلك تستخدم درجة الحرارة السلسس Celsius ( t ) كبديل لدرجة الحرارة الكلفن Kelvin (K) ، بالرغم من أن الأخيرة هى وحدة القياس الدولية ؛ ذلك لأن :

$$t = T - 273.15 \text{ K}$$

جدول ( ٨ - ١ ) : الوحدات الأساسية والوحدات المكتملة لقياس القيم الفيزيائية فى النظام الدولى للوحدات .

رمز الوحدة	وحدة القياس	القيمة الفيزيائية
<b>الوحدات الأساسية</b>		
m	meter المتر	length الطول
kg	kilogram <sup>(١)</sup> الكيلو جرام	mass الكتلة
s	second الثانية	time الوقت
A	ampere الأمبير	electrical current التيار الكهربائى
K	kelvin الكلفن	thermodynamic temperature الحرارة
mol	mol المول	amount of substance كمية المادة
cd	candela الشمعة	luminus intensity شدة الإضاءة
<b>الوحدات المكتملة</b>		
rad	radian الراديان	plane angle الزاوية المستوية
sr	steradian الاستيراديان	solid angle الزاوية المجسمة

(١) إن إلهجاء المتفق عليه فى النظام الدولى للوحدات لهذه الكلمة هو kilogramme ، وليس kilogram ، وكذلك gramme وليس gram .

وعليه . . فإن درجة الحرارة السلسس تساوى تماما درجة الحرارة الكلفن ، وتستخدم السلس فى البحوث والدوريات العلمية ؛ لأنها أكثر ملاءمة . ويلاحظ أن :

$$0C = 273.15 K ; T/K ( t / C + 273.15 )$$

ويتم التوصل إلى جميع الوحدات الأخرى - غير الوحدات الأساسية والمكتملة - باستخدام وحدتين أساسيتين أو أكثر معاً فى معادلة بسيطة . فمثلاً . . نجد أن السرعة هى المسافة ( أو الطول ) فى وحدة الزمن ، وتحدد بالمعادلة :

$$v = dl/dt$$

ويعبر عن السرعة بالمتر فى الثانية meters per second ( أو  $m \cdot s^{-1}$  ) .

كذلك يعرف التوصيل الحرارى k بأنه الحرارة التى تنتقل فى وحدة الوقت خلال

عينه من المادة بطول معين ومساحة مقطع معينة حينما يحافظ على فرق قدره وحدة حرارة واحدة بين الأسطح المتقابلة لتلك المادة ؛ وبذا . . فإن :

$$k = W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$$

أو أن :

$$k = J \cdot s^{-1} \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$$

ولعديد من الوحدات المشتقة من الوحدات الأساسية ( أى التى يتم التوصل إليها باستخدام وحدتين أساسيتين أو أكثر معاً بمعادلة بسيطة ) أسماء خاصة معتمدة فى النظام الدولى ؛ مثل وحدة سيمنز ( يعطى الرمز S ) للتوصيل ، ووحدة جول ( يعطى الرمز J ) للطاقة ( جدول ٨ - ٢ ) .

يتم التوصل إلى الوحدات ذات الأسماء الخاصة من الوحدات السبع الأساسية ، بالرغم من أن الاشتقاق ربما لا يكون واضحاً . فمثلاً . . نجد أن النيوتن newton هى القوة التى تُعطى وحدة الكتلة تسارعاً ، أو تُغير فى السرعة acceleration مقدارها وحدة مسافة لكل ثانية لكل ثانية ؛ وبذا فإن الاشتقاق  $kg \cdot m \cdot s^{-2}$  يبدو واضحاً . .

ولكن اشتقاق وحدات أخرى - مثل وحدة الطاقة ( الجول joule ) - ربما لا يبدو واضحاً . إن وحدة الطاقة هى مقدار الشغل المبذول عند ممارسة وحدة قوة خلال وحدة مسافة فى اتجاه القوة ؛ أى إن الجول يعادل نيوتن / متر  $N \cdot m$  ؛ وبذا تكون معادلة الاشتقاق هى  $(kg \cdot m \cdot s^{-2})m$  .

أما معدل الوقت لأداء الشغل معبراً عنه بالواط فهو الطاقة فى وحدة الوقت  $J \cdot s^{-1}$  أو  $N \cdot m \cdot s^{-1}$  ، وهو يعتمد على الوحدات الأساسية : الكيلو جرام ، والمتر ، والثانية .

جدول ( ٨ - ٢ ) : وحدات النظام الدولي المشتقة من الوحدات الأساسية بمعادلات بسيطة تعتمد على اثنتين أو أكثر من الوحدات البسيطة .

القيمة الفيزيائية	الوحدة	الرمز	القيمة المكافئة بالوحدات الدولية	التعريف بالنظام الدولي للوحدات
الجرعة الممتصة absorbed dose	جراى gray	Gy	$J \cdot kg^{-1}$	
السعة capacitance	فاراد farad	F	$CV^{-1}$	$kg^{-1}m^{-2}s^4A^2$
التوصيل conductance	سيمنز siemens	S	$\Omega^{-1}$	$kg^{-1}m^{-2}s^3A^2$
معدل التحلل أو التحطم - integration rate	بكوبريل bequerel	Bq	$1 \cdot s^{-1}$	
الشحنة الكهربائية electrical charge	كولومب coulomb	C	$JV^{-1}$	A s
الجهد الكهربائي electrical potential	فولت volt	V	$JC^{-1}$	$kg m^2s^{-3}A^{-1}$
الطاقة energy	جولّ joule	J	Nm	$m^2kgs^{-2}$
القوة force	نيوتن newton	N	$Jm^{-1}$	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$
الإضاءة: illumination	لكس lux	lx	$lm m^{-2}$	$m^{-2}cd sr$
المحاثة inductance	هنرى henry	H		$V \cdot s \cdot A^{-1}$
التدفق الضيائي luminous flux	ليومن lumen	lm		cd·sr
التدفق المغناطيسى magnetic flux	ويرر weber	Wb		V·s
كثافة التدفق المغناطيسى magnetic flux density	تسلا tesla	T		$Wb \cdot m^{-2}$
الضغط pressure	باسكال pascal	Pa	$Nm^{-2}$	$kg m^{-1}s^{-2}$
القوة (الكهربائية) power	واط watt	W	$Js^{-1}$	$kg m^2s^{-3}$
المقاومة resistance	أوهم ohm	$\Omega$	$VA^{-1}$	$kg m^2s^{-3}A^{-2}$
الحجم	لتر liter	l		$dm^3$
التردد frequency	هرتز hertz	Hz		$s^{-1}$

ويستعان فى النظام الدولي للوحدات بسلسلة من الكلمات البادئة التى توفر مجالاً من مقادير قيم الوحدات يتراوح من ١٨١٠ إلى ١٨٠٠ ( جدول ٨ - ٣ ) ، وتعطى الأفضلية لمضاعفات القيم بمعامل ألف . أما البادئات التى تعنى مضاعفات للقيم

بمعاملات ١٠٠ ، و ١٠ ، و ٠,١ ، و ٠,٠١ فإن استخداماتها محدودة في النظام الدولي ، ويقتصر - غالبا - على الحالات التي جرى العرف فيها على استخدام تلك القيم بالفعل .

جدول ( ٨ - ٣ ) : البادئات prefixes التي يُقبل استعمالها مع النظام الدولي للوحدات ( بالرغم من انها ليست جزءا منه ) .

الرمز	البادئة	معامل التضاعف
E	إكسا exa	١٨١٠
P	بيتا peta	١٥١٠
T	تيرا tera	١٢١٠
G	جيجا giga	٩١٠
M	ميغا mega	٦١٠
k	كيلو kilo	٣١٠
h	هكتو hecto	٢١٠
da	ديكا deka	١١٠
a	أتو atto	١٨-١٠
f	فمتو femto	١٥-١٠
p	بيكو pico	١٢-١٠
n	نانو nano	٩-١٠
u	ميكرو micro	٦-١٠
m	مللي milli	٣-١٠
c	سنتي centi	٢-١٠
d	ديسي deci	١-١٠

وقد استخدم عدد من الوحدات في مجالات معينة منذ أمد بعيد ؛ إلى درجة أنها اعتُمدتْ لاستخدامها مع الوحدات الدولية ، وهي تلك المبينة في جدول ( ٨ - ٤ ) . كذلك يسمح باستخدام الساعة والسنة كوحدات للزمن .

جدول ( ٨ - ٤ ) : الوحدات التي اعتمد استعمالها مع الوحدات الدولية ، ولكنها ليست جزءاً منه .

القيمة	الرمز	الوحدة
1852 m	n·m <sup>-1</sup>	الميل البحري nautical mile
1.852 km·hr <sup>-1</sup>	kn	المقدة knot
10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>	ha	الهكتار hectare
10 <sup>2</sup> Pa	mbar	المللى بار millibar
37 GBq	Ci	الكيورى curie
2.58 × 10 <sup>-4</sup> C/kg	R	الرونجن rontegen
10 <sup>3</sup> kg	t	الطن ton

فمثلاً . . اعتمد استعمال الكيورى curie فى المؤتمر العام الثانى عشر للموازين والمقاييس - فى عام ١٩٦٤ - كوحدة للنشاط الإشعاعى ، إلى أن يعود العاملون فى هذا المجال على الوحدة الجديدة becquerel التى اعتمدت فى عام ١٩٧٥ .

هذا . . ويقتصر استعمال اللتر - كوحدة حجم - على الغازات والسوائل ، والطن على الاستخدام التجارى ، والهكتار على مساحات الأراضى والمساحات المغمورة بالمياه .

### وحدات القياس التى ألغيت ، ومكافئاتها فى النظام الدولى

تبعاً للنظام الدولى فقد ألغى استعمال عديد من وحدات القياس التى كانت معروفة وشائعة الاستخدام بين الباحثين ؛ مثل الكالورى ، والميكرون ، والأنجستروم . . . إلخ . ويعطى جدول ( ٨ - ٥ ) قائمة موجزة بهذه الوحدات التى يتعين عدم استخدامها هى وأمثالها من الوحدات الملغاة .

جدول ( ٨ - ٥ ) : أمثلة لبعض الوحدات التي كانت شائعة الاستخدام ويحظر استخدامها في النظام الدولي .

القيمة الفيزيائية	الوحدة	القيمة والوحدات المقابلة في النظام الدولي
الطاقة energy	كالورى calorie, gram	4.184 J
الطاقة	وحدة حرارية بريطانية Btu	1054.35 J
الطاقة	إرج erg	$10^{-7}$ J
القوة force	داين dyne	$10^{-5}$ N
التدفق المغناطيسى magnetic flux	ماكسويل maxwell	$10^{-8}$ Wb
الطول	ميكرون micron	1 $\mu$ m
الطول	مللى ميكرون millimicron	1 nm
الطول	أنجستروم angstrom	0.1 nm
الإضاءة luminance	استلب stilb	$10^4$ cd·m <sup>-2</sup>
التوصيل conductance	موه mho	1 S
كثافة تدفق الفوتونات photon flux density	أينشتاين einstein	1 mol
الضغط الجوى	أتموسفير atmosphere (٧٦٠ mm زئبق)	101325 Pa
الحرارة	سنتيغراد centigrade (°C)	(t°C + 273)K
التردد frequency	cycles/second	1 Hz
التكثيف	(G)gauss	$10^{-4}$ T
	مولار (M=1 mole l <sup>-1</sup> )	1 mol dm <sup>-3</sup>
	pound-force/sq in (lb . in <sup>-2</sup> )	6894.76 Pa

توضيح - في القائمة المعصلة التالية - القيم المتكافئة - في النظام الدولي للوحدات - له وحدات القياس التي كانت - بديلات - شائعة الاستخدام بالرغم من إلغائها في النظام الدولي ؛ لتسهيل إجراء التحويلات اللازمة .

القيمة المكافئة لها فى النظام الدولى

وحدة القياس الشائعة الاستعمال

1 A	ampere, A
100 pm = $10^{-10}$ m	ångström, Å
101 325 Pa	atmosphere, standard ; atm.
10 <sup>5</sup> Pa	bar, b
4.1868 J	calorie (international table) ; cal
4.1855 J	calorie 15°C ; cal <sub>15</sub>
4.184 J	calorie, thermochemical
1 cd	candela, cd
(t/°C + 273.15) K	centigrade (Celsius) degree, °C
10 <sup>-2</sup> m	centimetre, cm
1 C	coulomb, C
1 cm <sup>3</sup> = $10^{-6}$ m <sup>3</sup>	cubic centimetre, cm <sup>3</sup>
1 dm <sup>3</sup> = $10^{-3}$ m <sup>3</sup> = 1 litre	cubic decimetre, dm <sup>3</sup>
0.028 316 8 m <sup>3</sup>	cubic foot, ft <sup>3</sup>
16.3871 cm <sup>3</sup>	cubic inch, in <sup>3</sup>
1 m <sup>3</sup>	cubic metre, m <sup>3</sup>
$3.7 \times 10^{10}$ s <sup>-1</sup>	curie, Ci
1 Hz	cycle/second, c/s
π/180 rad	degree (angle), °
(t/°C + 273.15) K	degree centigrade (degree Celsius), °C
(t/°F + 459.67) K	degree Fahrenheit, °F
3.887 93 g	drachm (apothecaries)
3551.63 mm <sup>3</sup>	drachm, fluid
1.771 85 g	dram (avoirdupois)
10 <sup>-5</sup> N	dyne, dyn
1.6021 × 10 <sup>-19</sup> J	electron volt, eV
10 <sup>-7</sup> J	erg
1 F	farad
28.4131 cm <sup>3</sup>	fluid ounce, fl oz
0.3048 m	foot, ft
10.7639 lx	foot-candle, lm/ft <sup>2</sup>
3.426 26 cd m <sup>-2</sup>	foot-lambert
2989.07 Pa	foot of water (pressure)
135 582 J	foot pound-force, ft lbf
4.546 09 dm <sup>3</sup>	gallon, gal
10 <sup>-3</sup> kg	gramme, g
1 H	henry, H
1 Hz	hertz, Hz
3600 s	hour, h
25.4 mm	inch, in
249.089 Pa	inch of water (pressure)
1 J	joule, J
1 kW	kilowatt, kW
3.6 MJ	kilowatt hour, kW h

القيمة المكافئة لها فى النظام الدولى	وحدة القياس الشائعة الاستعمال
1 dm <sup>3</sup> = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> = 1 l	litre, l
101.328 J	litre atmosphere
1 lm	lumen, lm
10.7639 lx	lumen/sq. ft, lm/ft <sup>2</sup>
1 lx	lumen/sq. metre, lm/m <sup>2</sup>
1 lx	lux, lx
1 µm	micron, µ
100 Pa	millibar
1 cm <sup>3</sup> = 10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> = 1 ml	millilitre
133.322 Pa	millimetre of mercury, mmHg
9.806 65 Pa	millimetre of water
59.1939 mm <sup>3</sup>	minim
1 mol kg <sup>-1</sup>	molal, m
1 mol dm <sup>-3</sup> = 1 mol l <sup>-1</sup>	molar, M
1 mol	mole
1 N	newton, N
1 Ω	ohm
28.3495 g	ounce, oz
31.1035 g	ounce, apothecaries
28.4131 cm <sup>3</sup>	ounce fluid
1 Pa = 1 N m <sup>-2</sup>	pascal, Pa
0.568 261 dm <sup>3</sup>	pint, pt
0.1 kg m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup>	poise, P
1 N s m <sup>-2</sup> = 1 Pl	poiseuille, Pl
0.453 592 37 kg	pound, lb
4.448 22 N	pound-force, lbf
6894.76 Pa	pound-force/sq. in, lbf/in <sup>2</sup>
703.070 kg m <sup>-2</sup>	pound/sq. in, lb/in <sup>2</sup>
0.01 J kg <sup>-1</sup>	rad (100 erg/g)
1 rad	radian
1 S	siemens, S
0.092 903 m <sup>2</sup>	square foot, ft <sup>2</sup>
645.16 mm <sup>2</sup>	square inch, in <sup>2</sup>
10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	stokes, St
105.506 MJ	therm
3516.85 W	ton of refrigeration
133.322 Pa	torr
1 V	volt, V
1 W	watt, W

كذلك يحتاج الباحث إلى معرفة مكافئات بعض الثوابت الفيزيائية physical

constants فى النظام الدولى ، والتي نبينها فيما يلى ( عن Morris ١٩٧٤ ) :

قيمه المكافئة فى النظام

الدولى للوحدات	رمزه	الثابت الفيزيائى
$6.022\ 52 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$	$L$ (or, $N_A$ )	Avogadro constant
$1.380\ 54 \times 10^{-23}\ \text{J K}^{-1}$	$k$	Boltzmann constant
$8.3143\ \text{J K}^{-1}\ \text{mol}^{-1}$	$R = Lk$	Gas constant
$1.602\ 10 \times 10^{-19}\ \text{C}$	$e$	charge of electron
$9.6487 \times 10^4\ \text{C mol}^{-1}$	$F = Le$	Faraday constant
$6.6256 \times 10^{-34}\ \text{J s}$	$h$	Planck constant
$22.4136\ \text{dm}^3\ \text{mol}^{-1}$		Molar volume of ideal gas at 273.15 K and 101 325 Pa

ونؤكد فيما يلى بعض التعديلات - التى أدخلها النظام الدولى للوحدات - على بعض وحدات القياس التى كانت شائعة الاستعمال :

١ - التركيزات :

كانت تستعمل المولية molality ( التى كانت تأخذ الرمز  $m$  ) للدلالة على عدد مولات moles المادة المذابة فى ١٠٠٠ جم من المادة المذوية . ومن الواضح أن الرمز  $m$  للمولية يمكن أن يختلط مع الرمز  $m$  للمتر ؛ ولذا . . فقد توقف استعمال كل من مصطلح المولية ورمزه ؛ ليستخدم مكانهما التركيز بالوحدات الدولية ، حيث إن :

$$1\ \text{molal solution} = \text{mol kg}^{-1}$$

كذلك كانت تستعمل المولارية molarity ( التى كانت تأخذ الرمز  $M$  ) ؛ للدلالة على عدد مولات المادة المذابة فى لتر واحد من المحلول . ومن الواضح أن الرمز  $M$  للمولارية يمكن أن يختلط مع الرمز  $M$  للبادئة mega ؛ ولذا . . فقد توقف استعمال كل من مصطلح المولارية ورمزه ؛ ليستخدم مكانهما التركيز بالوحدات الدولية ؛ حيث إن :

$$\begin{aligned} 1\ \text{molar solution} &= 10^3\ \text{mol m}^{-3} \\ &= 1\ \text{kmol m}^{-3} \\ &= 1\ \text{mol dm}^{-3} = 1\ \text{mol l}^{-1} \end{aligned}$$

$$1\ \mu\text{mol/ml} = 1\ \mu\text{mol cm}^{-3}$$

٢ - القوة Force :

إن وحدة القوة فى النظام الدولى للوحدات هى النيوتن (N) ؛ وتبعاً لذلك تلغى وحدة الداين dyne التى كانت شائعة الاستعمال ؛ علماً بأن :

$$1 \text{ dyne} = 10^{-5} \text{ N}$$

٣ - الضغط :

الباسكال (Pa) pascal هى وحدة الضغط فى النظام الدولى ؛ حيث إن :

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ Nm}^{-2}$$

وتبعاً لذلك .. تلغى جميع وحدات الضغط الأخرى وتحول إلى مكافئاتها فى النظام الدولى للوحدات ، كما يلى :

$$1 \text{ lbf/in}^2 = 6894.76 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mmHg} = 133.322 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ millibar} = 100 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm.} = 101325 \text{ Pa}$$

٤ - الطاقة :

الـجول (J) joule هى وحدة الطاقة فى النظام الدولى ، وبذا تحول جميع وحدات الطاقة الأخرى - التى كانت شائعة الاستعمال - إلى مكافئاتها بالـجول ؛ كما يلى :

$$1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}$$

$$1 \text{ liter-atm.} = 101.328 \text{ J}$$

$$1 \text{ calorie} = 4.184 \text{ J}$$

٥ - الإضاءة illumination :

إن الوحدة الدولية للإضاءة هى اللكس (lx) lux ؛ وبذا .. تحول الوحدات الأخرى إلى نظائرها باللكس ؛ فمثلاً :

$$1 \text{ foot candle} = 10.7639 \text{ lx}$$

## قواعد الاستخدام الصحيح للنظام الدولى للوحدات

يتوقف الاستخدام الصحيح للنظام الدولى للوحدات على مراعاة القواعد التالية :

١ - تكتب جميع الوحدات إما كاملة ، وإما باستعمال رموزها الصحيحة . فمثلا . .  
يعبر عن السرعة إما بال meters per second ، وإما بالرموز m/s أو  $m \cdot s^{-1}$  ، ولكن  
لا تجوز الإشارة إليها بـ meters/sec .

وبالرغم من أن استعمال معظم الرموز أصبح مستقراً . . إلا أن رمز اللتر مرّ  
بتغيرات بسبب الاختلاط بين الحرف الإنجليزي l والرقم 1 ؛ ولذا . . اعتمد في مؤتمر  
الموازين والمقاييس عام ١٩٧٩ استعمال كلا الحرفين الصغير l والكبير L كرموز للتر ،  
واستمرت الحال على هذا الوضع إلى أن اعتمد الحرف الصغير l فقط للتر في المؤتمر  
الثامن عشر لعام ١٩٩٠ .

هذا . . ويحدد اللتر في النظام الدولى للوحدات بأنه ديسمتر مكعب واحد ( وليس  
٢٨ . . . . . ١ ديسمتر مكعباً كما كان يعرف سابقاً ) ؛ ولذا . . يفضل استخدام المتر  
المكعب كوحدة لقياس الحجم . وبالرغم من أن وحدة اللتر مازالت شائعة الاستعمال . .  
فإن بعض الدوريات تفضل التوقف عن استخدامها وكذلك التوقف عن استخدام كسور  
التر ( مثل الملليتر ) فى القياسات العلمية الدقيقة ، على أن تحمل محلها أجزاء المتر  
المكعب كما يلي :

$$1 \text{ liter (l)} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{m}^3$$

$$1 \text{ milliliter (ml)} = 1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{m}^3$$

$$1 \text{ microliter (}\mu\text{l)} = 1 \text{ mm}^3 = 10^{-9} \text{m}^3$$

٢ - تبدأ أسماء جميع الوحدات بحرف صغير ( إلا إذا جاءت فى بداية الجملة ) ،  
ولا يستثنى من تلك القاعدة سوى الوحدة سلسس Celsius التى تبدأ دائماً بحرف كبير .

أما رموز الوحدات فإنها تبدأ جميعها بحرف صغير باستثناء الرموز المشتقة من أسماء  
أشخاص ؛ مثل Newton ، و Pascal ، و Watt ، و Joule . . . إلخ ؛ حيث تبدأ  
بحرف كبير .

٣ - تكتب جميع البادئات الدالة على مضاعفات بمقدار  $10^3$  أو أقل ، وجميع الرموز غير المشتقة من أسماء أعلام . . تكتب جميعها بحروفٍ صغيرة ؛ وبذا يكون الرمز الصحيح للتعبير عن الـ megajoules هو MJ ، ولكن يكون رمز الكيلوجرام kg .  
وبينما لاتفصل مسافة خالية بين البادئة ورمز الوحدة . . فإن رموز الوحدات تفصل عن القيم العددية التي تسبقها بمسافة واحدة خالية ؛ فمثلا . . يكتب 400 W وليس 400W . ولكن القيمة العددية تفصل عن الرمز بشرطة قصيرة عند استخدامهما معا كصفة ؛ كما في 400-W lamp .

٤ - لاتغير الرموز عند استخدامهما في صيغة الجمع ( فهي لاتكتب إلا في صيغة المفرد ؛ مثل 2.4 mol ، وليس 2.4 mols ) ، بينما تتبع أسماء الوحدات قواعد اللغة وتوجد ثلاث وحدات فقط ليس لها صيغة جمع ، وهي : اللكس lux ، والهرتز hertz ، والسيمنز siemens .

٥ - عندما يشتمل التعبير عن القيمة على وحدتين أو أكثر فإنه إما أن توضع نقطة مرفوعة بين كل وحدتين ، وإما أن تترك بينهما مسافة واحدة خالية ( مثل  $N \cdot m$  ، و  $N\ m$  ) . والاتجاه السائد حاليا هو نحو استخدام النقطة . وبرغم أن النقطة يجب أن تكون مرتفعة إلا أن شيوع استعمال الحاسوب جعل من المسموح به وضع النقطة على السطر ( مثل  $N.m$  ) ، ولكن هذا الوضع يصحح عند الطباعة ؛ حيث ترفع النقطة إلى أعلى .

٦ - قد يعبر عن القسمة أو التوافقية بين الوحدات إما بشرطة مائلة solidus (/) ، كما في J/s ، وإما باستعمال علامة سالبة ( تسمى غالبا علامة فوقية سالبة negative superscript ) ، مثل  $J \cdot s^{-1}$  . ولايسمح في أى تعبير سوى بشرطة مائلة واحدة ؛ وبذا لايجوز - مثلا - كتابة  $W/m^2/sr$  ؛ حيث يكتب إما  $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$  ، وإما  $W/m^2 \cdot sr$  .  
ويبدو أن الاتجاه هو نحو استعمال الأسس السالبة ، وخاصة حينما يحتوى المقام على وحدتين .

ولكن نجد من الأسهل الإبقاء على الشرطة المائلة عند قسمة قيمة فيزيائية على قيمة أخرى ( مثل PV/RT ) ، وعند قسمة قيمة فيزيائية على وحدتها ، كما في :

$$R/JK^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8.314$$

٧ - يتوحد رمز البادئة مع رمز وحدة القياس الذي يأتي معها ؛ فمثلا .. نجد أن  $1\text{mm}^3$  قد تكتب  $(10^{-3}\text{ m})^3$  أو  $10^{-9}\text{ m}^3$  ، ولكنها لا تكتب  $10^{-3}\text{ m}^3$  . ويلاحظ أن رمز البادئة يتصل مع رمز وحدة القياس بدون وجود مسافة خالية بينهما ؛ كما في  $\mu\text{mol}$  ، و  $\text{nm}$  ، و  $\text{kg}$  ... إلخ .

٨ - يجب عدم استخدام البادئات المركبة ؛ فمثلا .. يستبدل الميكرو ميكرو  $\mu\mu$  ( كما في  $\mu\text{micromicrofarads}$  أو  $\mu\mu\text{F}$  ) بالبيكو p ( كما في picofarad ، أو pF ) .

٩ - تستخدم بادئة واحدة فقط عند الإشارة إلى مضاعفات عشرية ؛ فمثلا ..  $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$  تستخدم بادتين ؛ هما  $\mu$  ، و c ، ولا يعد ذلك صحيحا في النظام الدولي . وتتصل البادئة عادة بالبسط ؛ كما في  $\text{uW}\cdot\text{m}^{-2}$  . وكقاعدة .. لاتتصل أية بادئات بوحدات المقام إلا عندما تكون وحدة المقام هي الكيلوجرام ؛ كما في  $\mu\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$  .

١٠ - لاتجوز إضافة حروف أو أسماء إلى رمز الوحدة كوسيلة لإضافة معلومات عن وحدة القياس ؛ فمثلاً .. لاتجوز كتابة  $\text{mg CO}_2\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{hr}^{-1}$  ؛ فذلك غير صحيح لثلاثة أسباب ؛ هي : أن إدخال  $\text{CO}_2$  يعد إضافة معلومات إلى الوحدة ؛ لأنه ليس وحدة قياس وهذا غير جائز ، وأن المقام ( الديسمتر ) توجد به بادئة ( الديسي ) وهذا غير جائز كذلك ، كما استخدمت الساعة كوحدة للزمن ، بينما يتعين استخدام الثانية s كوحدة أساسية . هذا بالإضافة إلى أن الديسمتر لا يتبع التوصية الخاصة بتفضيل استعمال البادئات التي تعطى مضاعفات للقيم بمعامل ألف ( Downs ١٩٨٨ ) .

١١ - لاتنتهي رموز الوحدات في النظام الدولي بنقطة إلا إذا جاءت بصورة طبيعية في نهاية الجملة ؛ كما لايجوز استعمال النقطة كبديل لعلامة الضرب (x) .

١٢ - يتعين استخدام النظام الدولي للوحدات في جميع أجزاء البحث ؛ فلايستخدم في ذلك نظام يختلف عن النظام الذي يُستخدم في الجداول أو الأشكال ؛ لأن ذلك يحتمل - غالباً - إعادة تفسير الأجزاء المخالفة ، مع مايتطلبه ذلك من رقت وجهد ونقعات . فمثلا .. لا يوجد أي منصوص في الإشارة إلى المحصول - في المتن - بالـ  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-2}$  ؛ وهو صحيح . بينما يشار إليه في المحور الرأسي للأشكال بـ  $\text{t/ha}$  ، وهو غير صحيح .

١٣ - لا يستخدم الأس السالب إلا حينما يكون كلا الجزأين المتجاورين من القيمة التي يُراد التعبير عنها مكتوباً بالنظام الدولي للوحدات ؛ فمثلاً .. يمكن التعبير بأى زوج من الطرق التالية :

الطريقة الثانية	الطريقة الأولى
3 t fruit / ha	3 t · ha <sup>-1</sup>
2 g sugar / liter	2g · liter <sup>-1</sup>
1 mol N/m <sup>-3</sup>	1 mol · m <sup>-3</sup>
15 mg CO <sub>2</sub> / kg per h	15 mg · kg <sup>-1</sup> · h <sup>-1</sup>
7 nl / g dry weight per h	7 nl · g <sup>-1</sup> · h <sup>-1</sup>

ويمكن استخدام تلك الرموز كجزء من الجمل في متن البحث .

١٤ - يكون رمز الساعة - أو الساعات الزمنية - هو h ، وليس hr أو hrs .

١٥ - تكتب كلمة لتر إما كاملة (liter) ، وإما تختصر إلى l ( وليس L ) حسب الدورية التي ينشر فيها البحث ، ولكنها تختصر دائماً إلى l حينما يستخدم مع وحدة قياس أخرى ؛ مثل مليلتر milliliter ؛ حيث تختصر إلى ml ( عن W.J.Lipton ١٩٩٣ - الرسالة الإخبارية للجمعية الأمريكية لعلم البساتين - العدد السادس من المجلد التاسع ) .

١٦ - عندما تُشتق وحدة ما من وحدتين أو أكثر تترك مسافة واحدة بين كل رمزين لتلك الوحدات .

مثال :

$$1 C = 1 A s$$

١٧ - تُهمل علامة الدرجة عند تسجيل الحرارة بالكلفن ؛ فيكتب 273.15K ، وليس 273.15 °K .