الوحدات و الأبعاد

Units and Dimensions

تتحدد أي كمية طبيعية بعاملين اثنين هما العدد والوحدة . أي أنه لا يمكن ذكر أعداد أو أرقام مجردة دون تحديد الوحدة التي تقاس بها تلك الكمية.

فمثلاً لتحديد كتلة جسم نقول أن كتلته تساوي 2kg ولكي نقول أن الكتلة تساوي 2000gm يجب أن يكون هناك علاقة بين الكيلوجرام و الجرام و هي 1kg=1000gm.

الكميات الفيزيائية Physical quantities

هي التي تبني هيكل الفيزياء و بها نكتب المعادلات و القوانين الفيزيائية ، من هذه الكميات : القوة – الزمن– السرعة – الكثافة – درجة الحرارة – الشحنة وغير ذلك وأي كمية فيزيائية يجب أن يكون لها وحدة قياس إلى جانب قيمتها العددية.

و تنقسم الكميات الفيزيائية إلى:

- **كميات أساسية:** هي الكتلة (**Mass**) و الطول (**Length**) و الزمن (**Time**) و يرمز لها بالأبعاد (**M, L , T**) .
- **كميات مشتقه:** هي كميات مشتقة من الكميات الأساسية مثل الحجم و السرعة و التعجيل و غير ذلك من الكميات.

أنظمة القياس:

- النظام الدولي **SIU**: متر – كيلوجرام – ثانيه (**M K S system**) و أحياناً يسمى بالنظام الفرنسي المطلق أو سنتيمتر – جرام – ثانيه (**C G S system**).
- النظام البريطاني: قدم – باوند – ثانيه (**F P S**).

جدول لوحدات القياس الأساسية

الكمية	الوحدة بالنظام الدولي (ISU)	الوحدة بالنظام البريطاني (FPS)
الكتلة (Mass)	كيلوجرام (*Kg*)	سلك (slug) أو كتلة باوند (Lb_m)
الطول أو المسافة (Length)	متر (M)	قدم foot(ft)
الزمن (Time)	ثانية (*S*)	ثانية (S)

جدول لبعض وحدات القياس المشتقة

الكمية	الوحدة بالنظام الدولي (SIU)	الوحدة بالنظام البريطاني (FPS)
المساحة	متر ٢ (m^2)	قدم ٢ (ft^2)
الحجم	متر ٣ (m^3)	قدم ٣ (ft^3)
الكثافة = الكتلة / الحجم	Kg/m^3	$Slug/ ft^3$ أو (lb_m/ft^3)
القوة	نيوتن (N)	lb
الضغط = قوة / مساحة	N/m^2 (باسكال)	(Lb/ft^2)) باوند / قدم ٢

أبعاد الكميات الفيزيائية Dimensions of physical quantities :

بُعد أي كمية فيزيائية يحدِد طبيعة هذه الكمية فيما إذا كانت كتلة Mass أو طول Length أو زمن Time وتكتب أبعاد أي كمية طبيعية بدلالة الكتلة (M) والطول (L) والزمن (T) والجدول يوضح أبعاد بعض الكميات الفيزيائية.

جدول حساب أبعاد لبعض الكميات الفيزيائية

الكمية الفيزيائية	بُعد الكمية الفيزيائية
الكثافة $(\rho) = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$	$[\rho] = \frac{M}{L^3} = ML^{-3}$
السرعة الخطية $(v) = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$	$[v] = \frac{L}{T} = LT^{-1}$
التعجيل $(a) = \frac{\text{السرعة الخطية}}{\text{الزمن}}$	$[a] = \frac{LT^{-1}}{T} = LT^{-2}$
القوة (F) = الكتلة × التعجيل	$[F] = M \times LT^{-2} = MLT^{-2}$
الشغل (W) = القوة × المسافة	$[W] = MLT^{-2} \times L = ML^2T^{-2}$
القدرة $(p_r) = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}}$	$[P_r] = \frac{ML^2T^{-2}}{T} = ML^2T^{-3}$
الضغط $(P) = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$	$[P] = \frac{MLT^{-2}}{L^2} = ML^{-1}T^{-2}$

نظرية الأبعاد و تطبيقاتها:

تستخدم نظرية الأبعاد للتحقق من صحة القوانين الفيزيائية ولإثبات صحة أي معادلة يجب أن تكون أبعاد الطرف الأيسر تساوي أبعاد الطرف الأيمن ، فمثلاً قانون البندول البسيط هو:

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{d}{g}}$$

فإذا كتبنا معادلة الأبعاد لهذا القانون فإننا نعتبر 2π عدد لا يعتمد على أي من الوحدات الأساسية و على ذلك فليس له وجود في معادلة الأبعاد.

أبعاد الطرف الأيمن هي:

$$\sqrt{\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{LT^{-2}}}} = \sqrt{\mathrm{T^2}} = \mathrm{T}$$

أي أن أبعاد الطرف الأيمن تساوي أبعاد الطرف الأيسر وعلى ذلك يكون القانون صحيحاً.

الوحدات الأساسية والثانوية للكميات الأساسية لنظم الوحدات المختلفة:

الخاصية	النظام الإنجليزي	النظام الدولي
الزمن T	<u>Sec</u> , min , hr	<u>Sec</u> , min , hr
الطول L	<u>ft</u> , in , mil	<u>m</u> , cm , mm , km
الكتلة M	<u>Slug</u> , Lb_m	<u>kg</u> , gm
القوة F	<u>lb</u>	<u>N</u> , Kg_w
تحويلات هامة	$slug = 32.2 lb_m$ $lb = slug.\frac{ft}{sec^2}$	$Kg_W = 9.81\ N$ $N = Kg \cdot \frac{m}{Sec^2}$

ملاحظات:

- الوحدات الاساسية في كل نظام وضع تحتها خط.
- Kg_W**:** وزن الكيلوغرام في النظام الهندسي الدولي
- lb_m : كتلة باوند في النظام الهندسي البريطاني

تمارين على تحويل الكميات:

١- حول وحدة الطول $4in$ الى وحدة mm

$$4\text{in} \times \frac{2.5cm}{in} \times \frac{10mm}{cm} = (4 \times 2.5 \times 10)mm = 100mm \implies 4in = 100mm$$

٢- حول وحدة الطول 10m الى وحدة in

$$10m \times \frac{100cm}{m} \times \frac{in}{2.5cm} = \left(\frac{10 \times 100 \times 1}{2.5}\right) in = 400in \implies 10m = 400in$$

٣- حول سرعة $120\frac{km}{hr}$ الى $\frac{m}{s}$

$$\frac{120km}{hr} \times \frac{10^3m}{km} \times \frac{hr}{60min} \times \frac{min}{60s} = \left(\frac{120 \times 10^3 \times 1}{1 \times 60 \times 60}\right)\frac{m}{s} = 33.3\frac{m}{s} \implies 120\frac{km}{hr} = 33.3\frac{m}{s}$$

تمارين على نظرية الابعاد:

مثال١: استخدم نظرية الابعاد للتحقق من صحة معادلة الطاقة الحركية $(E = \frac{1}{2}mv^2)$

الحل:

بما ان وحدة الطاقة هي الجول J نأخذ الطرف الايسر من المعادلة

$$J = N\,m = kg.\frac{m}{s^2}.m = kg.\frac{m^2}{s^2} \Rightarrow M\left(\frac{L}{T}\right)^2 \Rightarrow M(LT^{-1})^2$$

نقارن الناتج مع الطرف الايمن لمعادلة الطاقة الحركية :

$$mv^2 = kg.\left(\frac{m}{s}\right)^2 \Rightarrow M\left(\frac{L}{T}\right)^2 \Rightarrow M(LT^{-1})^2$$

بما ان الطرف الايمن يساوي الطرف الايسر اذن معادلة الطاقة الحركية اعلاه صحيحة.

ملاحظة: الثوابت ليست لها أبعاد ولا تدخل في الحسابات

مثال٢: جسم يتحرك بتعجيل ثابت وحسب علاقة الازاحة $\left(x = x_o + v_o t + \frac{1}{2}at^2\right)$ اثبت صحة هذه العلاقة.

الحل: الطرف الايسر وحدته متر $m \Rightarrow (L)$

الطرف الايمن:

$$x_o + v_o t + \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow L + \left(\frac{L}{T}\right)T + (LT^{-2})(T)^2$$

يجب ان يكون كل حد من حدود الطرف الايمن نفس ابعاد الطرف الايسر(تجانس الحدود) وكما يلي:

$$L = L \ , \left(\frac{L}{T}\right)T = L \ , \qquad (LT^{-2})(T)^2 = L$$

مثال٣: استخدم نظرية الابعاد للتحقق من صحة معادلة معامل اللزوجة الديناميكية ($\mu = \frac{\tau}{\frac{dv}{dy}}$)

الحل:

بما ان وحدة معامل اللزوجة الديناميكية هي $\frac{N}{m^2}.S$ نأخذ الطرف الايسر من المعادلة

$$\frac{N}{m^2}.S = kg.\frac{m}{s^2}.S.\frac{1}{m^2} = \frac{kg}{S.m} \Rightarrow \frac{M}{TL} \Longrightarrow MT^{-1}L^{-1}$$

نقارن الناتج مع الطرف الايمن لمعادلة معامل اللزوجة الديناميكية:

$$\mu = \frac{\tau}{\frac{dv}{dy}} = \frac{\frac{N}{m^2}}{\frac{1}{S}} \Rightarrow \frac{N}{m^2}.S \Rightarrow \frac{\frac{ML}{T^2}}{L^2}.T = \frac{M}{TL} = MT^{-1}L^{-1}$$

بما ان الطرف الايمن يساوي الطرف الايسر اذن معادلة معامل اللزوجة الديناميكية اعلاه صحيحة.