الفصل الاول

القياسات في الفيزياء

Physical Measurement

١ -١ المقدمةIntroduction

ان التعبير عن الكميات في علم الفيزياء لابد ان يكون من خلال الأرقام و الوحدات المناسبة و هو مايكفي لوصفها صحيحا و كما ان علم الفيزياء لم يكن ليصل الى ما وصل اليه من دور ريادي في تحقيق الانجازات العلمية و التقنية لو لم يكن علماً دقيقاً ذلك ان جميع مسائله النظرية والعملية تحتم علينا التعامل مع كميات مُقاسة ويتم التعبير عنها بدلالة رقم و وحدة قياس مناسبة متفق عليها و متوافقة مع الكمية المطلوب قياسها و هذا ما يقودنا بالضرورة الى مسألتين هامتين و هما :

Measurement unite of dimensional quantities البُعدية) الوحدات (وحدات قياس الكميات

Units Dimensions الابعاد (او الآسس الرياضية لوحدات القياس)1-

وهاتين المسألتين هما مضمون هذه الوحدة التعليمية . أذ أننا سنقدم من خلالها تعريفا علميا لمجمل وحدات القياس المتداولة و سنوضح مفهوما بُعديا و نبين بعد ذلك ضرورة التوافق بين وحدات القياس و ابعادها . و فوائد كل ذلك في استخدامات التطبيقية و النظرية .

و بعد ان يكمل الطالب دراسة هذه الوحدة . و يستوعب المفاهيم و الافكار و المبادئ التي وردت خلالها .

بعد ذلك كله نتوقع ان يكون الطالب قادرا على :

١ - ان يقرر بنفسه اهمية القياسات في حياتنا العلمية المعاصرة

٢- ان يتابع نشوء هذا العلم و تطوره و ان ينتبه الى الفوائد التي جناها الانسان من هذا العلم الهام و لا سيما في دقة ضبط القياس

٣- ان يربط بين العلم القياس و الحكمة الله سبحتنه و تعالئ في تسخير مخلوقات هذا الكون لخدمة الانسان و باعتبارها مصدر الهام الهي للانسان في هذا المجال و غيره من المجالات .

٤- ان يعلم بان النضام الدولي للقياس هو لغة عالمية واحدة يفهمها الجميع . و له دوره الاساسي في صياغة العلاقات المعبرة عن القوانين الفيزيائية

٥- ان يجرب بنفسه عملية الربط والتوافق بين وحدات القياس و ابعادها .

٦- ان يميز بين الكماليات الاساسية في النظام الدولي للقياس و الكميات المركبة . كي يستفيد منها في دراست العملية و النظرية

١ - ٢Measurement Units وحدات القياس

عند تناول موضوع وحدات القياس و هو - بلا شك - موضوع اساسي في العلوم النظرية و التطبيقية و لا بد من تاكيد عللى ان الوحدات الثلاثة الاساسية المتر .الكيلو غرام . الثانية. هي وحدات قياس الكميات الثلاثة الاساسية الطول . الكتلة . الزمن و المتداولة في دراسة علم الميكانيكا . قد تم زيادتها لاستكمال وحدات النظام الدولي للقياس ليكون شاملاً ليكون شاملاً لباقي الفروع العلمية ز كالكهرباء و الديناميكا الحرارية وغيرها .. وذلك بأضافة اربع كميات اساسية اخرى وهي : الكلفن . و الأمبير. الشمعة . والمول ز هي وحدات قياس وهي وحدة قياس الكميات الاربع الاساسية الاخرئ . درجة الحرارة . التيار الكهربائي . شدة الاضاءة . كمية المادة . ثم تلا ذلك اضافت الراديان كوحدة لقياس الزاوية المستوية و الستراديا كوحدة لقياس الزاوية المجسمة . ان هذا النظام هو النظام وذلك عن التعبير الفرنسي:

system international اختصاراً (SI) international system الدولي للقياس

هذا ما قرره المكتب الدولي للمقاييس و الموازين باعتباره الجهة الدولية المسؤولة عن هذه العملية و مقره في مدينة سيفر من العاصمة الفرنسية باريس واسمه الكامل :

International bureau of weight and measurers

وهو دون شك قد سهل اعتماد وحدات هذا النظام على مستوى دولي . وبالتالي استخدامها في الكتب و المراجع العلمية

والجدول (١-١) يوضح وحدات قياس الكميات السبعة الاساسية للنظام بكامله و نقول هنا :أساسية : ذلك لان جميع وحدات القياس الاخرى تُشتق بواسطتها . او بعبارة اخرى تدخل في تكوين غالبية الوحدات الأخرى للوحدات . وللوحدات الأساسية المبينة في الجدول (١-١) وحدتان ملحقتان مكملتان تستخدمان لقياس الزوايا المستوية و الزاوية المجسمة (١-١-أ) .

Symbol	الرمز	(SI) Unit	الوحدة	Quantity	الكمية
M	م	Meter	المتر	Length	الطول
Kg	كج	Kilogram	الكليوغرام	Mass	الكتلة
S	ث	Second	الثانية	Time	الزمن
K	ك	kelvin	الكلفن	Thermodynamics Temperature	درجة الحرارة
A	أمبير	Ampere	الآمبير	Electric current	شدة التيار
Cd	الشمعة	Candela	الكانديلا	Luminous	قوة الاضاءة
Mol	مول	mole	المول	Amount of	كمية المادة

	substance				

الجدول (١-١) يبين وحدات قياس الكميات الأساسية للنضام الدولي

الكمية	Quantity	الوحدة	(SI) Unit	الرمز	Symbol
الزاوية المستوية	Plane angle	راديان	Radian	راد	Rad
الزاوية المجسمة	Solid angle	ستراديان	Steradian	ستي راد	Sr.

الجدول (١-١-أ) يبين الوحدات المكملة للوحدات الاساسية

وقد شاع استخدام ثلاثة انظمة معيارية في مجال القياسات وهي :

١ النظام المتري ١-٢ - The metric system

تقاس الكميات الثلاثة الاساسية في هذا النظام ز الطول بالمتر و الكتلة بالكيلوغرام و الزمن بالثانية . وهو البداية الأولية التي تطور منها النظام المذكور في الجدول (١-١) و يعرف هذا النظام بنظام .

System) (MKS

وهي الأحرف الثلاثة الاولى من أسماء وحدات القياس الثلاثة باللغة الانكليزية (meter , kilogram , second) تضاف إليها وحدة قياس درجة الحرارة المعروفة بالكلفن (kelvin) و يشار إليها اختصاراً (k)

1 (2-2) النظام الكاوسي (CGS) the Gaussian system

تقاس الكميات الثلاثة الأساسية هذا النظام ، الطول بالسنتيمتر والكتلة بالغرام والزمن بالثانية ، ومن الواضح أنه يستخدم مع الكميات الصغيرة الصغيرة مقارنة بنظام (MKS) ، ذلك أن السنتيمترهو جزء من مئة من المتر والغرام هو جزء من ألف من الكيلوغرام

ينسب هذا النظام إلى العالم Gauss ، أما (CGS System) فهي الأحرف الثلاثة الأولى ا**من أسماء** وحدات القياس المستخدمة في هذا النظام باللغة الإنكليزية (Second , Gramm , Centimeter .) و تقاس درجة الحرارة بي هذا النظام أيضاً بالكلفن (K) مثله في ذلك مثل النظام المتري

1-2-3 النظام البريطاني (FPS) . The British system

تقاس الكميات الثلاثة الأساسية في هذا النظام : الطول بالقدم ، والكتلة بالباوند ، والزمن بالثانية ويعرف هذا النظام بنظام (System FPS) وهي الأحرف الثلاثة الأولى من أسماء وحدات القياس الثلاثة باللغة الإنجليزية (foot , pound,second) وتقاس درجة الحرارة في هذا النظام بالفهرنهايت (fahrenheit).

ومن الجدير بالذكر هنا أن أهمية كلا النظامين الثاني والثالث بدأت تتلاشى تدريجياً مع ازدياد الاهتمام بالنظام الدولى للقياس . كما أن العلاقة التي سبق ذكرها عن النظامين (MKS) و(CGS) تنعكس على طبيعة القوانين الرياضية التي تصف مجموعة القوانين الفيزيائية وذلك حسب نوع النظام المعتمد أثناء اشتقاق تلك القوانين الرياضية . ولاسيما عند الثوابت الخاصة بها

3-1 وحدات القياس في النظام الدولي (SI) International System Unit

مادمنا قد تحدثنا عن الوحدات الأساسية للقياس والوحدات المشتقة أو المركبة لهذا النظام ، فإنه من المناسب جدا أن نقدم تعريفات أولية مبسطة عن أهم وحدات القياس في هذا النظام (الطول ، الكتلة ، الزمن) ، إضافة إلى الكلفن والأمبير والشمعة والمول ، وذلك لكي تساعد الطالب على الفهم والاستيعاب حيثما مرت معه ، ونؤكد أننا سوف نعتمد هذا النظام في جميع وحدات هذا الكتاب ، كما نود الإشارة إلى مناسبة وحدات قياس هذا النظام لمختلف الكميات سواء كانت كبيرة أو صغيرة لأنها متعلقة ببعضها البعض بأسس العدد عشرة ولكل منها تعريف معتمد من قبل المكتب الدولي للمقاييس والموازين.

4- 1الأبعاد Dimensions

إن الكمية الفيزيائية ، بصفة عامة توصف من خلال مقدار عددي متبوع بوحدة خاصة به من ذات الجنس ، أي متوافقة معه من حيث الوحدات والأبعاد ، بغض النظر عن النظام المستخدم dimensional consistency and units consistenecy والوحدات عموما سبع كميات رئيسية ، هي : الطول ، والكتلة ، والزمن ، ودرجة الحرارة ، وشدة التيار الكهربائي ، وشدة الإضاءة ، وكمية المادة ، ومن الممكن التعبير عنها بالأحرف الك بيرة ذات الأقواس المربعة التالية :

درجة الحرارة.	(k).	الطول	(L)
التيار الكهربائي	(A)	الكتلة	(M)
شدة الإضاءة	(Cd).	الزمن.	(T)
كمية المادة	(Mol)		

إن هذه الرموز داخل الأقواس المربعة [ ] مع أسسها ، يطلق عليها الأبعاد ، وهي تأخذ أسسا مختلفة عندما نستخدمها مع الوحدات المركبة تتراوح ما بين الموجب والسالب مرورا بالقيمة صفر ، وهذا ما يظهر جليا أثناء استخدام نظرية التوافق بين الوحدات والأبعاد في مجالات عديدة و التي يمكن اجمالها بالأتي :

١- التأكد من سلامة و صحة القوانين الفيزيائية
٢- استنتاج بعض القوانين الفيزيائية
٣- استنتاج وحدات الثوابت في القوانين الفيزيائية

٤- التحويل من نظام إلى اخر كالتحويل من نظام (MKS) إلى (CGS) وبالعكس

وعند التعبير عن كل من كمية بأبعادها نجد : إن الكميات الفيزيائية الأخرى يمكن التعبير عنها بضرب أو قسمة هذه الوحدات السبع ، وهي كميات مركبة ، فعلى سبيل التطبيق ، تعرف السرعة بأنها الإزاحة المقطوعة خلال وحدة الزمن ، أي السرعة مركبة من كمية الطول وكمية الزمن ، وبعبارة أخرى:

$$V= \frac{X}{t}$$

وعند التعبير عن كل من كمية بأبعادها نجد $[V]=\frac{[L]}{[T]} =[L][T]^{-1}$

فالرمز الموجود داخل القوسين [] مع الأسس الذي يمثله ، يعبر عن بعد الكمية الفيزيائية ، ففي هذا التطبيق نجد أن $[L]$ وأسه واحد يمثل الإزاحة ، أما $[T]$ الموجودة في المقام وأسسه (١) يمثل الزمن ، ومن واحد الممكن التعبير مجددا عن السرعة بالشكل الآتي:

$$[L][T]^{-1} = m\ s^{-1}$$

ذلك أن المترهو وحدة قياس الطول والثانية هي وحدة قياس الزمن إذآ:
(m/s) هي وحدة قياس السرعة في نظام MKS وهذا التطبيق البسيط يوضح العلاقة الأساسية بين كل من الوحدات والأبعاد

مثال (١-١)

من المعلوم أن النيوتن هو وحدة قياس القوة بية النظام الدولي للقياس وهو اسم العالم الفيزيائي المعروف اسحق نيوتن Isaac newton، والنيوتن هو وحدة مركبة وليست أساسية ، بين ذلك مستخدما قانون نيوتن الثاني

القوة Force وفقا لقانون نيوتن الثاني هي:

$$\bar{F}= m\bar{a}$$

حيث (m) كتلة الجسم ، ($\bar{a}$) تسارع الجسم وهو عبارة عن تغير السرعة خلال وحدة الزمن ، وبما أن وحدة قياس السرعة هي (m/s) ووحدة قياس الزمن هي (S) يكون التسارع (التعجيل)

$$\bar{A}=\frac{\Delta v}{\Delta t} =\frac{(M/S)}{(s)}=(m/s^2)$$

وعليه فإن القوة التي تجعل كتلة مقدارها (1kg) تسارعا مقداره١(*1m/s 2*)ما هي إلا النيوتن ،

$$\dot{F}=m\bar{a}=(kg)(m/s^2)$$

ونلاحظ أن النيوتن وحدة قياس مركبة من الكميات الثلاثة الكتلة والطول والزمن ، ويمكن تمثيله بعديآ على شكل $[m][L][T]^{-2}$

وهذا التعريف للنيوتن على انه وحدة قياس مركبة و ليست أساسية ($Kg.m/s^2$)اذاً نيوتن هو

مثال (٢-١)

من المعلوم أن الجول هو وحدة قياس الطاقة أو الشغل اية النظام الدولي للقياس ، وهو عبارة عن القوة مضروبة في الإزاحة ، بين ذلك مستخدما القانون العام للشغل

W=f.r:

حيث (F) هي القوة و (r) الازاحة التي عملت خلالها هذه القوة W=F.r وهكذا تبدو المسألة على درجة من السهولة ، فالشغل هو عبارة عن حاصل ضرب القوة في الازاحة وهذه هي صيغة الرياضية العامة للشغل ، ويلاحظ فيها وجود علامة الضرب القياسي لمقدارين فيزيائيين متجهين ، إذاً

$$J=\left(KG\,\frac{m}{S^2}\right)(m)$$

$$=(Kg\,\frac{m2}{S^2})$$

ونلاحظ أن الجول وحدة قياس مركبة من الكميات الثلاثة الكتلة ، الطول ، الزمن . ويمكن تمثيله بُعدياً على شكل

$[M][L]^2[T]^{-2}$

وبناء على ما تقدم فإن الشغل المبذول عند إزاحة جسم يخضع لتأثيرقوة مقدارها (1N) مسافة مقدارها(m1) باتجاه القوة هو عبارة عن جول واحد ، ولابد من التأكد من مقدار الزاوية بين متجه القوة و متجه الازاحة

أما وحدات قياس الكميات الكهربائية فهي في غالبيتها تحمل أسماء فيزيائيين كبار مثل كولومب coulomb و فولت volt وسواهم ، وهي وحدات مركبة و ليست أساسية.

إن الدراسة التفصيلية للأبعاد تشير بشكل قاطع إلى ضرورة توافقها مع الوحدات ، وعلى الرغم من أننا خصصنا فقرة لكل منهما على سبيل التوضيح ، إلا أنه لابد من التأكيد على ضرورة التوافق والانسجام التام بين الوحدات والأبعاد Dimensionsand units theory

ومفاد هذه النظرية أن طرفي أية معادلة يجب أن يكونا متساويين ، أي أننا لابد أن نفهم معنى إشارة المساواة من حيث أبعاد (أسس) الكميات التي تظهر على الطرفين بعد استخدام

التعبير الرياضي بشكله الصحيح ، ثم نعالج كل وحدة قياس من الطرف الأيسر للمعادلة مع ما يقابلها اية الطرف الأيمن ولتوضيح ذلك سوف نناقش بعض الأمثلة

(1-3)مثال

اشتق مستخدما نظرية توافق الوحدات والأبعاد ، معادلة الطاقة الحركية لجسم كتلته (m) ويتحرك بسرعة ثابتة (v)

$$A=CL^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma}$$

حيث ان الأسس (a.B.y) من الممكن أن تكون أعدادا سالبة أو موجبة أو صفرا ، كما يمكن ان تكون اعداد كسرية ، و (c) هو ثابت التناسب ، وفي هذا التطبيق من المعلوم أن وحدة قياس الطاقة الحركية هي الجول ، والجول كما هو معلوم بة النظام الدولي للقياس عبارة عن:

$$J=Kg\left(\frac{m^2}{S^2}\right)$$

$$[M]^1[LT^{-1}]^2$$

$$\therefore \quad [L]^{\alpha}[M]^{\beta}[T]^{Y}$$

أي ان :

$a=1,\beta=2,Y=-2$

وهكذا نجد انّ :

$$K=\frac{1}{2}mv^2$$

حيث:

C=(1/2)

ولجميع وحدات القياس الدولية المتفق عليها ، سواء الوحدات الأساسية أو المشتقة أجزاء مضاعفات يمكن اجمالها بالجدول (٥-١)

Factor معامل الضرب	Prefix البادئة	Symbol الرمز	Factor معامل الضرب	Prefix البادئة	Symbol الرمز
10^{24}	Yotta - يوتا	Y	10^{-24}	Yocto يوكتا	Y
10^{21}	Zetta - زيتا	Z	10^{-21}	Zepto زيبتا	Z
10^{18}	exa أكزا -	E	10^{-18}	atto اتو	a
10^{15}	Peta بيتا -	P	10^{-15}	femto - فيمتو	f
10^{12}	tera تيرا -	T	10^{-12}	Pico - بيكو	P
10^{9}	giga جيفا -	G	10^{-9}	nano - نانو	n
10^{6}	mega ميغا -	M	10^{-6}	micro - مايكرو	μ
10^{3}	Kilo كيلو -	K	10^{-3}	milli - ميلي	m
10^{2}	hecto هكتو -	h	10^{-2}	centi سنتي	C
10^{1}	deka ديكا -	da	10^{-1}	deci ديسي	d

الجدول (1−5) يوضح البدايات التي يمكن إضافتها قبل وحدات النظام الدولي للقياس

Prefixes for (SI) units

ويلاحظ من الجدول أن هذه الإضافات الابتدائية (prefixes) تبدأ بالمقدار الكبير جدا يوتا (yotta) و تنتهي مقدار الصغير جداً يوكتو (yocto) . وجميع هذه البدايات يمكن إضافتها إلى عناصر النظام الدولي الموجودة بي الجدول (١-١)

ومن الهام جدا أن يدرك الطالب أن البادئة سنتى معناها باللغة العربية جزء من مئة ومللى جزء من ألف ومايكرو جزء من مليون وهكذا بالنسبة للمضاعفات فان البادئة كيلو تعني باللغة العربية ألف وميغا تعنى مليون وغيغا تعني ألف مليون الى آخرما هو وارد في الجدول(١-٥)

وأخيرا لابد من الإشارة إلى أن بعض الكميات الفيزيائية ليس لها وحدات قياس ويُكتفى للتعبير عنها بذكر عدد مجرد غير متبوع بوحدة كالسماحية النسبية (ε_r) او أو الوزن النوعي ، وذلك لأنها عبارة عن نسبة بين كميتين فيزيائيتين من النوع نفسه

ولمزيد من البيان الأهمية العلاقة بين الوحدات وأبعادها واتباع الأسلوب التحليلي لنظرية الأبعاد Dimensional analysis سوف نقدم عدداً من الأسئلة

مثال (1-4)

استخدم نظرية التوافق بين وحدات قياس الكميات الفيزيائية وأبعادها لتتأكد من صحة المعادلة الفيزيائية الآتية:

$$Q = k\,A\,\frac{(T_2 - T_1)}{d}\,t$$

وذلك باستخدام طريقة تحليل أبعاد الكميات الفيزيائية على طرفي المعادلة حيث

Q : تمثل كمية الحرارة المنتقلة خلال التوصيلcondncting heat (k) معامل التوصيل الحراري thermalconduction coefficient (A) مساحة سطح التوصيل (T_1 ,TJT_2) درجتي الحرارة على جانبي التوصيل ، زمن التوصيل مسافة التوصيل

Solution الحل

ابعاد وحدات الطاقة هي مكونات الجول () اذا

$Q=[\,M]\,[L]^2[T]^{-1}$

$K=[M][L][T]^2[K]^{-1}$معامل التوصيل الحراري

سطح التوصيل $A=[L]^2$

$T=[K]$درجة الحرارة

$D=[L]$مسافة التوصيل

ولكي تكون المعادلة صحيحة فإن أبعاد وحدات الطرف الأيسر يجب أن تكون مساوية الأبعاد وحدات الطرف الأيمن

$$[M][L]^2\,[T]^{-2} = [M][L][T]^{-3}\,[K]^{-1}\,[L]^2\,[K][L]^{-1}[T]$$

$$[M][L]^2\,[T]^{-2} = [M][L]\;\;[T]^{-2}$$

وهكذا نجد أن المعادلة صحيحة

مثال (٥-١)

استخدم نظرية التوافق بين وحدات قياس الكميات الفيزيائية وأبعادها ، لاشتقاق المعادلة الفيزيائية التي تعبر عن القدرة الكهربائية في دائرة تحتوي مقاومة(R) ويمر فيها تيار كهربائي(I) علما بأن القدرة الكهربائية تتناسب طرديا مع كل من شدة التيار المار ومقدار المقاومة وتسمى بالقدرة المقاومة(resistive power) واختصارا يشار إليها بالحرف الإنكليزي (P)

Solutionالحل

من المعلوم ان ابعاد المقاومة هي :

$$R=[M][L]^2[T]^{-3}[A]^{-2}$$

أما أبعاد القدرة الكهربائية فهى :

$$P=[M][L]^2[T]^{-3}$$

وأخيرا أبعاد التيار :

$$1=[A]$$

بما أن القدرة الكهربائية () تتناسب تناسبا طرديا مع كل من المقاومة والتيار ، إذا الصيغة الرياضية المعبرة عن ذلك هي :

$$P \propto I^{\alpha} R^{\beta}$$

وعند التعبير عن كل كمية بأبعادها نجد أنّ:

$$[m][L]^2[T]^{-3}=K[A]^a[M]^b[L]^{2b}[T]^{-3b}[A]^{-2b}$$

$$=K[A]^{a-2b}[M]^b[L]^{2b}[T]^{-3b}$$

بمقارنة الطرفين نجد أن أسس التيار يخة الطرف الأيسر هو الصفر ، أي أن

$$a-2B=0$$
$$a=2B$$

بمقارنة اس (L) في طرفين نجد اس الطول هو الواحد أي ان :

$$2\beta=1$$
$$A=2$$

وهكذا نجد ان

$[M][L]^2[T]^{-3} = K[A]^2[M][L]^2[T]^{-3}[A]^{-2}$
$[M][L]^2[T]^{-3}[A]^{-2}=R$
$[A]^2 = I^2$
وهكذا نجد ان

$P=KI^2R$
حيث

$K=1$

وتسهيلا على أبنائنا الطلبة سوف نرتب مجموعة كبيرة من الكميات الفيزيائية المختلفة مع وحدات قياسها وأبعادها وفقا للنظام الدولي (IS) في الجدول (٦-١)

شكل الوحدة الاساسي	الابعاد Dimensions	Quantityالكمية		الرمز الدولي
m^2	L^2	المساحة	Area	A
mol	Mol	كمية المادة	Amount of substance	X
ms^{-2}	Lt^{-2}	التسارع(التعجيل)	Acceleration	a
$Kg\ m^2s^{-1}$	$Ml^2\ T^{-1}$ T	العزم الزاوي	Angular momentum	T
A	A	شدة التيار	current	I
$Kg^{-1}m^{-2}\ s^4\ A^2$	$M^{-1}L^{-1}T^4A^2$	السعه	Capacitance	C
Kgm^{-3}	ML^{-2}	الكثافة الحجمية	Mass density	P
$Kg\ m^2s$-2	ML^2T^{-2}	الطاقة	Energy	U
As^{-1}	AT	الشحنة الكهربائية	Electric charge	c

الجدول (٦-١) الكميات الفيزيائية و ابعاد وحدتها

شكل الوحدة الاساسي	الابعاد dimensions	Quantityالكمية		الرمز الدولي
$Kg\ m^2s^{-3}a^{-1}$	$ml^2t^{-3}a^{-1}$	الجهد الكهربائي	Electric potential	V
$kg\ m\ s^{-3}a^{-1}$	$ml\ t^{-3}a^{-1}$	شدة المجال الكهربائي	Electric field strength	A

الرمز الدولي	Quantityالكمية		الابعاد Dimensions	شكل الوحدة الاساسي
R	Electric resistance	المقاومة الكهربائية	$ml^2t^{-3}a^{-2}$	$kg\ m^2s^{-3}a^{-2}$
R	Frequency	التردد	t^{-1}	s^{-1}
F	force	القوة	mlt^{-2}	$kgm\ s^{-2}$
L	Inductance	الحث	$ml^2t^{-2}a^{-2}$	$kg\ m^2s^{-2}a^{-2}$
L	Length	الطول	L	m
I	Luminous intensity	شدة الاضاءة	C D	cd
∅	Luminous flux	الفيض الضوئي	cdsr	$CDSR$
L	Luminace	شدة الاستضاءة	$CD\ L^{-2}$	$cd\ m^{-2}$
m	mass	الكتلة	M	KG
I	Moment of inertia	عزم القصور الذاتي	ML^2	$KG\ M^2$
$(I)_B$	Magnetic flux	الفيض المغناطيسي	$ML^2T^{-2}A^{-1}$	$kg\ m^2s^{-1}a^{-2}$
B	Magnetic field density	كثافة الفيض المغناطيسي	$MT^{-2}A^{-1}$	$Kg\ s^{-2}A^{-1}$
P	Magnetic pole	القطب المغناطيسي	LA	Ma
T	Magnetic field strength	شدة المجال المغناطيسي	$L^{-1}\ A$	M^{-1} A
K_m	Permeability	النفاذية	$MLT^{-2}A^{-2}$	$kg\ s^{-2}a^{-2}$
J	Surface	الشد السطحي	MT^{-2}	$Kg\ s^{-2}$
C	Specific heat	الحرارة النوعية	$L^2T^{-2}K^{-1}$	$Ms^{-2}\ k^{-2}$
t	Time	الزمن	T	S
T	Temperature	درجة الحرارة	K	K
T	Torque	عزم الدوران	ML^2T^{-2}	$Kg\ m^{-2}\ s^{-2}$
K	Thermal conductivity	التوصيل الحراري	L^3	$Kg\ ms^{-2}\ k^{-2}$
V	Volume	الحجم	L^3	L^3
V	velocity	السرعة	LT^{-1}	LT^{-1}

ملاحظة : يمكنك – عزيزى الطالب – إضافة القوسين [ ] إلى كل وحدة قياس أساسية موجودة في عمود الأبعاد.

ولمزيد من التوضيح وتسهيلا على الطالب واستكمالا لمعرفة الرموز اللاتينية المستعملة للتعبير عن بعض الكميات المشتقة فإن الجدول () يشمل على الحروف اللاتينية الأساسية والتي يبلغ تعدادها اربع و عشرون حرفاً

تستخدم هذه الحروف فيشكلها الصغير (lower cas2^{1}–7) او شكلها الكبير (Capital) عادةً عند استخدام اللغة الإنكليزية العلوم التطبيقية للتعبير عن الوحدات القياسية الأسس الزوايا مثلا تستخدم (a,w,Q,r,β) لقياس

أما في خصائص المادة فتستخدم (r) للتعبير عن اللزوجة،(א) للتعبير عن الطول الموجي(p)للتعبير عن الكثافة (v) للتعبير عن التردد (π) للتعبير عن النسبة الثابتة للدائرة ، والقياس الراديانى للزوايا المستوية plane angleوالقياس الستيراديانى للزوايا المجسمة Solid angle وهذه جميعها بي شكلها الصغير أما الشكل الكبير فمن أكثر الحالات استخداما للتعبير عن الأوم ، وهو وحدة قياس المقاومة ، و t للتعبير عن ممانعة الدائرة الكهربائية ي التيار المتناوب ، وتقرأ زيتا

Capital الرسم الكبير	Lower case الرسم الصغير	Greek Name الحرف اللاتيني	Capital الرسم الكبير	Lower case الرسم الصغير	Greek Name الحرف اللاتيني
N	V	Nuنيو	A	α	Alpha الفا
$\equiv$	ε	Xiاكساي	B	β	Betaبيتا
O	O	Omiron اميكرو	r	δ	Gammaغاما
π	π	Piباي	^	ϑ	Deltaدلتا
p	P	Rhoرو	E	$\in$	Epsilon ابسلون
ε	σ	Sigmaسيجما	Z	ع	Zeta زيتا
t	T	Tau تاو	H	n	Eta ايتا
y	V	Upsilon ابسلن	0	∂	Theta ثيتا
(l)	$\emptyset$	Phi فاي	I	T	Lota ايوتا
x	X	Chi كاي	K	K	kabbaكابا
ω	W	Psi بساي	^	א	Embda لامدا
δ	ω	Omega اوميكا	M	μ	Muميو

جدول (٧-١) بين الحروف اللاتينية في شكله الصغير والكبير

مثال (١-٦)

Application

إذا علمت أن المدى الأفقي الذي يمكن أن يقطعه الجسم المقذوف Projeclile (X) يعتمد على كل من السرعة الابتدائية لإطلاق القذيفة(V.) وعجلة الجاذبية الأرضية(g)
استخدم نظرية التوافق بين الوحدات الفيزيائية وأبعادها لاشتقاق الصيغة الرياضية التي تعبر عن المدى الأفقي للقذيفة

Solutionالحل

$$x\alpha(v_{0,}g)$$

ومثلما تعودنا دائما ، عند تحويل التناسب إلى مساواة لابد من إدخال الثابت وليكن() كما أننا لا نعلم كيفية هذا التناسب ، الذي يمكن تحديد طبيعته من خلال تحديد أسسسسس كل من السرعة الابتدائية وعجلة الجاذبية الأرضية

لنفترض أن هذه الأسس هي على التوالي(a, β)

$$X = v^a 0 g^\beta$$

هنا تكمن الفائدة العملية لنظرية التوافق بين الوحدات وأبعادها بي إمكانية استخدامها لاشتقاق المعادلات الفيزيائية

نلاحظ أن وحدات الطرف الأيسر للمعادلة تقاس يخة النظام الدولي بالأمتار ، إذا ، أبعاد وحداته هي [L]

لنفتش الآن عن أبعاد وحدات الطرف الأيمن

$$\{[L][T]\}^a \{l|t^{-2}\}^b$$

$$[l]^a[t]^-[l]^b[t]^{-2}$$

$$[l]^{a+b}[t]^{a-2b}$$

بمساواة الطرفين نجد أن :

ولغرض توفير وحدة الزمنية الطرف الأيسر ، نضرب بالوحدة () والقاعدة في ذلك معروفة ذلك ان أي مقدار مرفوع الأسس صفر يساوي الواحد اذا

$$[L][T]^0 = [L]^{a+B}\,[T]^{-a-2B}$$

المساواة و التكافؤ هنا تقتضي ان أسس الكميات على طرفي المعادلة يجب ان تكون متساوية وهذا ما نسميه تحليل الابعاد

Dimension analysis

$\alpha + \beta = 1 \Rightarrow \alpha = 1-\beta$ (1)

$-a2B = 0 \Rightarrow -a = 2B$

$-(1-B) = 2B$

$-1 + B = 2B$

$2B - B = -1$

$B = -1$ (2)

بالتعويض في معادلة (١)

$\alpha = 1-B = 1-(-1) = 2$

$$\therefore \quad X = K\frac{v_0^2}{g}$$

وهي المعادلة التي تعبر عن المدى الأفقي الذي يمكن أن تقطعه القذيفة.

مثال (٧-١)

إذا كان القانون الذى يعبر عن الإزاحة النهائية (X) لجسم يتحرك بتسارع (تعجيل) ثابت (α) هو:

$$X = X_o + V_o\,t + (1/2)\,at^2$$

حيث (X_O) هي الإزاحة الابتدائية للجسم (t) هو الزمن الذي استغرقته الحركة ، (v_o) هي السرعة الابتدائية . اختبر صحة هذا القانون مستخدما طريقة تحليل الأبعاد (الأسس)

Solution الحل

أبعاد وحدات الطرف الأيسر للقانون [L]

أما أبعاد وحدات الطرف الأيمن

$$[L]+[L][T]^{-1}\,[T]+[L][T]^{-2}\,[T]^2$$

مثل هذه الحالة ، لا بد من أن نتذكر بأن أبعاد وحدات كل حد من الحدود الموجودة على الطرف الأيمن يجب أن تمتلك أبعاد وحدات الطرف الأيسر نفسها حتى تكون المعادلة صحيحة ، إذاً

[L]=[L]

$=[L][T]^{-1}\,[T] = [l]$

$=[L][T]^{-2}\,[T]=[l]$

وهكذا نجد أن المعادلة صحيحة بعد اختبارها من خلال مقارنة أبعاد الطرفين

مثال (٨-١)

يعتمد تردد(f) ذبذبة (o) الحبل المشدود (f) على كل من قوة شد الحبل ($\bar{f}$) وكتلة وحدة اطواله ()

(ml) mass per unit length

اشتق العلاقة الرياضية التي تعبر عن تردد الحبل بدلالة المتغيرات السابقة ، مستفيدا من نظرية التوافق بين الوحدات وأبعادها

.Solutionالحل.

من الواضح أن التردد يعتمد على كل من

$$f\delta(F, \text{l}, m/\text{l})$$

وكما تعودنا دائما ، لاستبدال هذا التناسب بعلامة المساواة نعمد إلى إدخال ثابت ، وليكن

$$v = kf^{a}l^{\beta}\left(\frac{m}{l}\right)^{\gamma}$$

وأصبح مألوفا لدينا أن عملية الاشتقاق تتم من خلال تحليل أبعاد وحدات طربية المعادلة(dimensions analysis) وذلك لمعرفة شك ل الاعتماد على المتغيرات (أسيا) ، من خلال مقارنة أسس وحدات الطرفين

الطرف الأيسر يحتوي على التردد ، ومعلوم لدينا أن وحدة قياس التردد في النظام الدولي

$$[T]^{-1} = k\{[M][l][T^{-2}]\}^{a}\,[l]^{\beta}[m]^{\gamma}[l]^{-\gamma} = \text{k}[N]^{a+\gamma}[l]^{a-\gamma+\beta}[T]^{-2a} =$$

نلاحظ أن كمية الزمن فقط هى التى ظهرت على الطرف الأيسر ، ولغرض تأمين باقي الكميات ، نعمد إلى الخطوة التوضيحية المتعارف عليها ، بضرب الطرف الأيسر بالكميات

$$[M]^0[L]^0[T]^{-1} = k\,[M]^{a+\gamma}[l]^{a-\gamma+\beta}[t]^{-2a}$$

وبمقارنة الطرفين نجد ان

$a + \gamma = 0 \rightarrow a = -\gamma$ (اسس الكتلة)

$a - \gamma + \beta = O \rightarrow \gamma - \gamma + \beta = 0$ (اسس الطول)

$\rightarrow -2a = -1 \rightarrow a = \frac{1}{2}$

(اسس الزمن) ∴Y=-1/2

B =-1

$$f = kF^{\frac{1}{2}}\, l^{-1}\, \left(\frac{m}{l}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= kF^{\frac{1}{2}}\, l^{-1}\, m^{\frac{1}{2}}$$

$$F = \frac{k}{\lambda}\sqrt{\frac{F}{m}}$$

ملاحظة هامة نلاحظ في الطرف الأيمن المعادلة بأننا أبقينا على المقدار $\left(\frac{m}{l}\right)^{\frac{-1}{2}}$ كما هو ، دون أن نجري عملية الضرب مع$(l)^{-1}$ وهنا يجب أن يتذكر الطالب أن التطبيق الصحيح للقانون يتطلب تعويض كتلة وحدة الأطوال للمادة المستخدمة لصناعة الحبل ، ومعروف أن وحدة الأطوال هى المتر ، ولذ ابقينا على المقدار $\left(\frac{m}{l}\right)^{\frac{1}{2}-}$كما هو ، والرمز (m)ي القانون هو عبارة عن $\frac{m}{l}$

الخلاصة
Summary

إن جميع وحدات قياس الكميات البعدية تحدد الأساس الفعلى لاشتقاق مختلف المعادلات الرياضية بية مختلف فروع العلوم النظرية والتطبيقية ، حيث تعتبر مقياسا لصحة وسلامة المعادلات من خلال تساوي وحدات الطرفي المعادلة الرياضية للقانون بصفة عامة ، وإدراكا لأهمية هذا الأمر ، فقد تم اعتماد النظام الدولي للقياس (SI) بوحداته السبع الأساسية.

•يعتبر كل من النظامين المتري للقياس (MKS) ، والنظام الكاوسي (CGS)منتميان إلى النظام الدولي للقياس (SI) ، ذلك أن النظام المتري يعتمد أربع كميات هسى : الطول ، الكتلة ، الزمن ، ودرجة الحرارة ، مقاسة بوحدات النظام الدولي نفسها ، كما أن النظام الكاوسي يعتمد الكميات نفسها مقاسة بأجزاء وحدات النظام الدولى للطول والكتلة ، حيث يقاس الطول بالسنتيمتر ، والكتلة بالغرام ، وتبقى الثانية كما هى وحدة لقياس الزمن

إن النظام البريطاني – (FPS) والذي يعتمد القدم ، الباوند ، والثانية لقياس الكميات الأساسية كما يعتمد الفهرنهايت لقياس درجة الحرارة – قد بدأ استخدامه يتلاشى تدريجيا مع انتشار النظام الدولي للقياس .

إن مقادير الثوابت الفيزيائية - التى تظهر أثناء اشتقاق القوانين - تختلف باختلاف النظام المعتمد القياس ، فمثلا في قانون كولوم عند اعتماد النظام الدولى فإن ثابت التناسب يساوى ($9 \times 10^9 \, nm^2 \, C^{-1}$) أما عند اعتماد النظام الكاوسي فيساوي($1 \text{ dyne cm}^2 \text{ esu}^{-2}$) . والثوابت الفيزيائية يتم تحديد مقاديرها عمليا بصفة عامة..

إن أجزاء ومضاعفات جميع وحدات النظام الدولى للقياس تخضع اللجدول (٥ - ١) ، وهناك بعض الوحدات الأخرى أوردناها ي à مجال استخداماتها حسب أهميتها ، وتلفظ هذه المضاعفات والأجزاء كما نلفظها باللغة الإنكليزية ، بعد إضافتها إلى الوحدات الدولية للقياس.