من إصدارات
المركز العلمي للترجمة

الفيزياء والقياس

Physics and Measurements

ترجمة

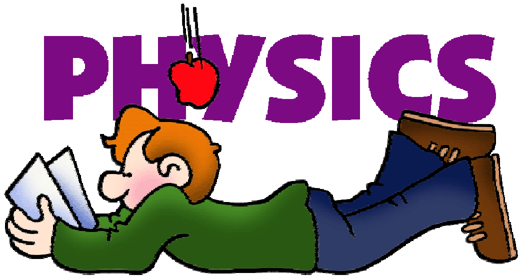
الدكتور حازم فلاح سكيك

www.trgma.com

توثيـــــق

م	البند	البيان
1	المصدر	Physics for Scientists and Engineers By Raymond A. Serway & John W. Jewett 6th Edition
2	الموضوع	الجزء الأول الميكانيكا الوحدة الأولى الفيزياء والقياس
3	المترجم	د/ حازم فلاح سكيك
4	المراجعة العلمية	
5	المراجعة اللغوية	
6	التصنيف	فيزياء
7	الفئة	كتاب
11	التاريخ	2009-1-5

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com



الفيزياء من العلوم الأساسية التي تهتم بأساسيات الكون. يشكل علم الفيزياء القاعدة الأساسية للكثير من العلوم مثل الفلك والبيولوجي والكيمياء والجيولوجيا. ويمكن تقسيم علم الفيزياء إلى ستة أقسام

1. **الفيزياء الكلاسيكية**، والتي تهتم بدراسة حركة الأجسام الكبيرة بالمقارنة مع الأجسام الذرية والتي تتحرك بسرعات اقل بكثير من سرعة الضوء.
2. **النسبية**، وهي نظرية تصف الأجسام التي تتحرك بسرعات قريبة من سرعة الضوء.
3. **الديناميكا الحرارية**، والتي تتعامل مع الحرارة والشغل ودرجة الحرارة ودراسة السلوك الإحصائي لأنظمة تحتوي على عدد كبير من الجسيمات.
4. **الكهرومغناطيسية**، والتي تهتم بدراسة الكهربية والمغناطيسية والمجالات الكهرومغناطيسية.
5. **الضوء**، والذي يهتم بدراسة سلوك الضوء وتفاعله مع المواد الأخرى.
6. **ميكانيكا الكم**، ويشمل النظريات التي تتعلق بدراسة سلوك المادة المكونة من جسيمات دقيقة.

الوحدة الأولى: الفيزياء والقياس

- الطول والكتلة والزمن
- المادة وبناء النماذج
- الكثافة وكتلة الذرة
- تحليـــل الأبعـــــاد
- تحويـــل الوحدات
- التقديرات والأرقام
- الأرقام المعنويـــة

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

مقدمة

مثل كل أفرع العلوم، الفيزياء تعتمد على الملاحظات العملية والقياسات الكمية. والهدف الأساسي للفيزياء هو إيجاد القوانين الأساسية التي تحكم الظواهر الطبيعية لتستخدم هذه القوانين في تطوير نظريات تتوقع نتائج لتجارب مستقبلية. القوانين الأساسية المستخدمة لتطوير نظريات يعبر عنها بلغة الرياضيات، وتعتبر الرياضيات الجسر بين النظرية والتجربة.

عندما يكون هناك تعارض بين النتائج العملية والنظرية فان نظريات جديدة يجب أن تكتشف لإزالة هذا التعارض. في العديد من الحالات وجدنا إن النظرية صالحة فقط في ظروف محددة. والنظرية العامة تلك التي تتحقق بدون تطبيق ظروف محددة، على سبيل المثال، قوانين الحركة التي اكتشفها العامل إسحاق نيوتن (1642-1727) في القرن السابع عشر كانت تصف بدقة حركة الأجسام عند سرعات عادية، ولكن تلك القوانين لا تطبق عندما تصبح حركة الأجسام تقارن بسرعة الضوء. في المقابل النظرية النسبية العامة التي وضعها العالم ألبرت اينشتين (1879-1955) في بداية

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

العام 1900 أعطت نفس النتائج التي حصلنا عليها باستخدام معادلات الحركة لنيوتن بالإضافة إلى وصف دقيق للحركة عندما تقترب الأجسام من سرعة الضوء. ولهذا تعتبر نظرية اينشتين نظرية عامة للحركة.

الفيزياء الكلاسيكية، تعني كل الفيزياء قبل العام 1900 والتي تشكل النظريات والمبادئ والقوانين والتجارب في الميكانيكا الكلاسيكية والديناميكا الحرارية والكهربية والمغناطيسية.

قدم العالم نيوتن جهدا مميزا للفيزياء الكلاسيكية حيث انه طور علم الميكانيكا الكلاسيكية وكان من مؤسسي علم الرياضيات. معظم التطويرات التي طرأت على علم الميكانيكا استمرت في القرن الثامن عشر، ولكن مجال الديناميكا الحرارية والكهربية والمغناطيسية لم يتطور إلا في نهاية القرن التاسع عشر، وهذا يعود إلى شح الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجارب والبحوث العلمية.

عصر جديد في الفيزياء يسمى بالفيزياء الحديثة modern physics، بدأ في مطلع القرن التاسع عشر. الفيزياء الحديثة تطورت بسبب اكتشاف العديد من الظواهر الفيزيائية لم يتمكن العلماء من تفسيرها باستخدام الميكانيكا الكلاسيكية. لقد كانت أعظم نظريتين في الفيزياء الحديثة النظرية النسبية وميكانيكا الكم. نظرية اينشتين للنسبية أحدثت تطورا مذهلا في مبادئ الزمان والمكان والطاقة، أما ميكانيكا الكم التي تطبق على الجسيمات الذرية الدقيقة والتي تستخدم لوصف وتفسير الظواهر الفيزيائية على مستوى ذري وقد نشأت ميكانيكا الكم على أيدي العديد من العلماء.

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

يقوم العلماء بصورة مستمرة على تطوير المفاهيم النظرية المتعلقة بالظواهر الطبيعية والقوانين الفيزيائية، وكل يوم يظهر لنا اكتشافات جديدة. في الكثير من البحوث نجد تداخل بين الفيزياء والكيمياء والبيولوجي والجيولوجيا وكذلك مع العلوم الهندسية. ومن أهم التطويرات التي يشهدها العالم اليوم هي (1) الرحلات الفضائية إلى القمر وهبوط الإنسان عليه، (2) الدوائر الالكترونية الدقيقة والتطور الكبير في الكمبيوتر، و (3) التقنيات الحديثة في التصوير وخصوصا في مجال الطب والبحوث العليمة. إن اثر هذه التطورات والاكتشافات على حياتنا عظيم، ومن المتوقع أن يشهد العالم المزيد من التطورات والاكتشافات التي سوف تنعكس على حياته بالفائدة إن شاء الله.

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

1.1 تعريف الطول والكتلة والزمن

نحن نعبر عن قوانين الفيزياء باستخدام كميات فيزيائية محددة يتطلب منها أن نعرفها بدقة وبوضوح. وفي علم الميكانيكا، هناك ثلاث كميات فيزيائية هي الطول L والكتلة M والزمن T. وجميع الكميات الفيزيائية الأخرى في علم الميكانيكا هي كميات فيزيائية مشتقة يتم الحصول عليها من الكميات الفيزيائية الأساسية الثلاثة (L, M , T).

فإذا أردنا أن نقوم بإعطاء نتائج قياسات شيء ما لشخص أخر يريد أن يعيد تلك القياسات، فانه من الضروري إن يكون هناك معايير standard متفق عليها. فمثلا لو زارنا زائر من كوكب آخر مثلا وقال لنا انه قطع مسافة قدرها 8 جلتش! فإننا لن نستطيع تقدير تلك المسافة إذا لم نكن نعرف ماذا تعني كلمة جلتش تلك. ومن ناحية أخرى إذا كان هناك شخص يعرف نظام القياسات الذي نستخدمه فإننا عندما نقول له إن طول هذا الجدار 2 متر وهنا استخدمنا وحدة تعرف بالمتر، حيث أن طول الجدار يعادل 2 من وحدة القياس المتر. وبالمثل، إذا اخبرنا شخص آخر بان كتلته 75 كيلوجرام وهنا نلاحظ إن وحدة الكتلة التي استخدمت هي الكيلوجرام، فان هذا يعني أن ذلك الشخص يعادل 75 مرة كتلة 1 كيلوجرام. ومهما كانت الوحدات المستخدمة فإنه يجب أن تكون هذه الوحدة معممة على الجميع ويستخدمها الكل لتكون قياساتهم بها تعادل قياساتنا مهما اختلف مكاننا.

في العام 1960 عقد المؤتمر العالمي لتأسيس المعايير المستخدمة للطول والكتلة وكميات فيزيائية أخرى. وهذه المعايير التي وضعت في ذلك المؤتمر تعرف باسم النظام المتري metric system، ويعرف بنظام SI وهي اختصار

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

للمصطلح الفرنسي "Systeme International". في هذا النظام وحدات الطول والكتلة والزمن هي "المتر" و"الكيلوجرام" و"الثانية". بالإضافة إلى وحدات أخرى هي "الكلفن" وحدة درجة الحرارة و"الأمبير" وحدة التيار الكهربي و"الشمعة" وحدة شدة الإضاءة و"المول" وحدة قياس كمية المادة. وفي دراستنا لعلم الميكانيكا سوف نركز على الوحدات الكميات الأساسية والتي هي الطول والكتلة والزمن.

الطول Length

في العام 1120 أمر ملك بريطانيا أن تعتمد وحدة قياس الطول وأعطاها اسم الياردا yard على أن يكون مقدار الياردا هو الطول من طرف انفه حتى طرف يده عند مدها على استقامتها. كما ان هناك أيضا وحدة أخرى للطول هي وحدة القدم foot وهذه الوحدة تعود لطول قدم الملك الفرنسي لويس الرابع عشر. هاتين الوحدتين استمر استخدامهما حتى العام 1799، عندما أصبحت وحدة المتر هي الوحدة القياسية والتي عرفت على إنها عشر مليون المسافة بين خط الاستواء إلى القطب الشمالي على امتداد خط طول يمر عبر باريس.

الكثير من أنظمة قياس الطول تم استخدامها على مدار السنوات ولكن بفضل المؤتمر العالمي لتوحيد القياسات أصبحت كافة الدول تستخدم نفس وحدة قياس الطول وهي المتر. وفي العام 1960 تم إعادة تعريف المتر على انه المسافة بين

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

Approximate Values of Some Measured Lengths	
	Length (m)
Distance from the Earth to the most remote known quasar	1.4×10^{26}
Distance from the Earth to the most remote normal galaxies	9×10^{25}
Distance from the Earth to the nearest large galaxy (M 31, the Andromeda galaxy)	2×10^{22}
Distance from the Sun to the nearest star (Proxima Centauri)	4×10^{16}
One lightyear	9.46×10^{15}
Mean orbit radius of the Earth about the Sun	1.50×10^{11}
Mean distance from the Earth to the Moon	3.84×10^{8}
Distance from the equator to the North Pole	1.00×10^{7}
Mean radius of the Earth	6.37×10^{6}
Typical altitude (above the surface) of a satellite orbiting the Earth	2×10^{5}
Length of a football field	9.1×10^{1}
Length of a housefly	5×10^{-3}
Size of smallest dust particles	$\sim 10^{-4}$
Size of cells of most living organisms	$\sim 10^{-5}$
Diameter of a hydrogen atom	$\sim 10^{-10}$
Diameter of an atomic nucleus	$\sim 10^{-14}$
Diameter of a proton	$\sim 10^{-15}$

جدول 1.1 يعرض مجموع من القياسات لأطوال مختلفة التي تتراوح إلى أجزاء صغيرة جدا من المتر مثل أبعاد الذرة وقياسات أخرى الملايين من الأمتار. عندما نتحدث عن قطر الأرض والمسافة بين الأرض والشمس.

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

خطين على ساق من البلاتينيوم والارادبوم تم حفظه بعناية في فرنسا. ولكن هذا المعيار يعتبر غير دقيق بمقاييسنا اليوم حيث أن المسافة بين الخطين على ذلك الساق يمكن أن تتغير بتغير درجة الحرارة، حيث يطرأ تمدد وانكماش للساق مع تغير درجات الحرارة وبالتالي تتغير وحدة المتر. ولهذا تم إعادة تعريف المتر على أن يكون عبارة عن عدد 1,650,763.73 طول موجي منبعث من مصباح كربتون-86. وعلى أي حال فان المتر أُعِيد تعريفه مرة أخرى في العام 1983 ليكون عبارة عن المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ خلال زمن قدره 1/299,792,458 ثانية. وهذا يعود إلى سرعة الضوء في الفراغ والتي تساوي بدقة 299,792,458 متر/ثانية.

الكتلة Mass

الوحدة المستخدمة لقياس الكتلة هي الكيلوجرام kilogram (kg) وتعرف على إنها كتلة سبيكة اسطوانية من معدن البلاتينيوم والارادبوم محفوظة في فرنسا. هذه الوحدة تم اعتمادها في العام 1887 ولم يطرأ على تعريف الكيلوجرام أي تغير لان سبيكة البلاتينوم والارادبوم تعتبر مستقرة. وتم عمل نسخة أخرى من تلك السبيكة الاسطوانية وهي محفوظة في المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا لاستخدامها في تصنيع كتل قياسها 1 كيلوجرام أخرى والشكل 1.1a يوضح صورة لهذه الكتلة.

Masses of Various Objects (Approximate Values)

	Mass (kg)
Observable Universe	$\sim 10^{52}$
Milky Way galaxy	$\sim 10^{42}$
Sun	1.99×10^{30}
Earth	5.98×10^{24}
Moon	7.36×10^{22}
Shark	$\sim 10^{3}$
Human	$\sim 10^{2}$
Frog	$\sim 10^{-1}$
Mosquito	$\sim 10^{-5}$
Bacterium	$\sim 1 \times 10^{-15}$
Hydrogen atom	1.67×10^{-27}
Electron	9.11×10^{-31}

جدول 1.2 يوضح قيمة كتلة أجسام

(a) (b)

شكل 1.1 (a) يوضح نسخة عن الكتلة القياسية وهي محفوظة في وعاء مزدوج في المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا. (b) يوضح الساعة الذرية في احد مختبرات المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا وتقدر دقة هذه الساعة بأنها لا تقدم ولا تؤخر ثانية خلال 20 مليون سنة.

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

الزمن Time

قبل العام 1960 كان تعريف الزمن يعتمد على متوسط طول اليوم حيث إن اليوم هو الفترة الزمنية بين ظهورين متعاقبين للشمس عندما تكون في أقصى ارتفاع لها في السماء. وبناء عليه عرفت الثانية على إنها (1/60)(1/60)(1/24) من متوسط طول اليوم. ولكن بعد أن عرف إن دوران الأرض يتغير قليلا مع الزمن، ولهذا فان الاعتماد على الحركة لا يعتبر خيار جيد لتعريف الزمن.

في العام 1967 أعيد تعريف الثانية بالاعتماد على الساعة الذرية الشكل 1.1(b)، حيث تم الاعتماد على تردد ذرت السيزيوم-133. فأصبح تعريف الثانية على انه عدد 9,192,631,770 اهتزازة تصدر عن ذرة السيزيوم.

Approximate Values of Some Time Intervals

	Time Interval (s)
Age of the Universe	5×10^{17}
Age of the Earth	1.3×10^{17}
Average age of a college student	6.3×10^{8}
One year	3.2×10^{7}
One day (time interval for one revolution of the Earth about its axis)	8.6×10^{4}
One class period	3.0×10^{3}
Time interval between normal heartbeats	8×10^{-1}
Period of audible sound waves	$\sim 10^{-3}$
Period of typical radio waves	$\sim 10^{-6}$
Period of vibration of an atom in a solid	$\sim 10^{-13}$
Period of visible light waves	$\sim 10^{-15}$
Duration of a nuclear collision	$\sim 10^{-22}$
Time interval for light to cross a proton	$\sim 10^{-24}$

جدول 1.3 بعض القيم لفترات زمنية مختلفة

Prefixes for Powers of Ten		
Power	Prefix	Abbreviation
10^{-24}	yocto	y
10^{-21}	zepto	z
10^{-18}	atto	a
10^{-15}	femto	f
10^{-12}	pico	p
10^{-9}	nano	n
10^{-6}	micro	μ
10^{-3}	milli	m
10^{-2}	centi	c
10^{-1}	deci	d
10^{3}	kilo	k
10^{6}	mega	M
10^{9}	giga	G
10^{12}	tera	T
10^{15}	peta	P
10^{18}	exa	E
10^{21}	zetta	Z
10^{24}	yotta	Y

جدول 1.4

بالإضافة إلى النظام القياسي SI الذي تحدثنا عنه فان هناك نظام أخر يستخدم في الولايات المتحدة الأمريكية لازال يستخدم حتى يومنا هذا. وفي هذا النظام فان وحدة الطول والكتلة والزمن هي القدم ft والسلج slug والثانية s. ولكننا سوف نعتمد على الوحدات القياسية المعتمدة عالمياً لانتشارها الواسع الآن.

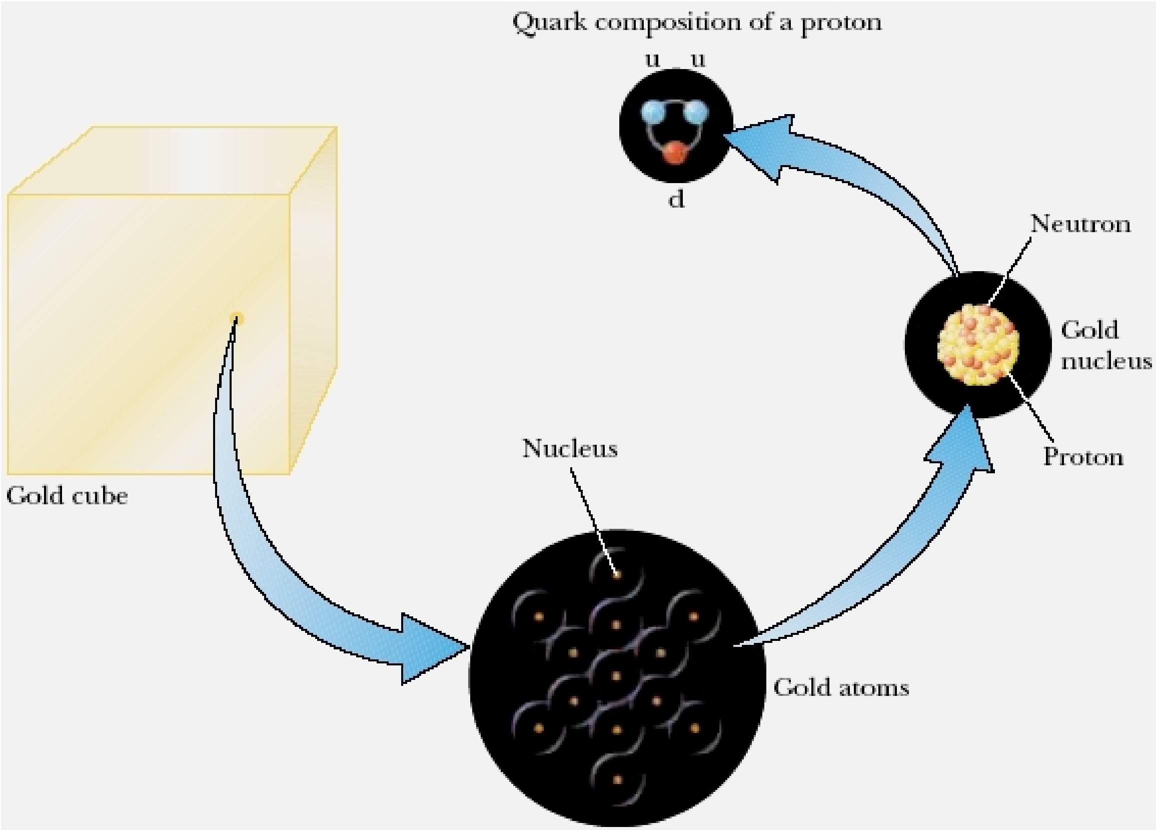
وبالإضافة إلى الوحدات المعروفة للطول والكتلة والزمن فقد نجد وحدات أخرى مثل المليمتر والنانوثانية، وهي مسميات إضافية متعارف عليها تعبر عن أجزاء من الوحدة الأصلية وفي الجدول 1.4 قائمة بالمسميات المتعارف عليها والقيم التي تعبر عنها. وعلى سبيل المثال 10^{-3}m يمكن أن نعبر عنها بـــ 1mm أو 10^{3}m للتعبير عن 1km وكذلك الحال بالنسبة للكيلوجرام يعادل 10^{3}g و 1MV أي يعادل 10^{6}V وهكذا.

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

2.1 المادة وبناء النماذج

إذا لم يتسنى للفيزيائيين أن يدرسوا ظاهرة ما بطريقة مباشرة فإنهم يقومون ببناء نموذج للنظام الفيزيائي لتلك الظاهرة. ولتوضيح هذا الأمر سوف نضرب مثالا على ذلك من خلال نموذج الذرة ومكوناتها. فمن دراستنا لعلاقة مكونات الذرة مع بعضها البعض ومع الوسط الخارجي يمكن بناء نموذج للذرة.

وسوف نأخذ سلوك المادة كمثال توضيحي آخر. مكعب من الذهب كتلته 1kg كما هو موضح في الجانب الأيسر من الشكل 1.2 طول ضلعه 3.73cm. السؤال هنا هل هذا المكعب كله ذهب ولا يوجد فراغ بداخله؟ إذا قمنا بقطع المكعب إلى قسمين، ونتج عن ذلك قسمين من الذهب دون تغير في الخصائص الكيميائية. ولكن ماذا لو تم الاستمرار في القطع؟ فهل النواتج الصغيرة المتوالية سوف تستمر تعطينا ذهب؟ هذا السؤال يعيدنا إلى عصر الفلاسفة اليونانيون. حيث أن الفيلسوف Leucippus وتلميذه Democritus لم يقبلا أبدا بفكرة إن عملية القطع يمكن أن تستمر إلى مالا نهاية. هما توقعا أن يصلا إلى حد معين لا يمكن بعده أن تجزأ المادة إلى اصغر منها. وسميت اصغر جزء لا يقبل الانقسام atomos أي غير قابل للانقسام ومنها جاءت التسمية الانجليزية atom أي الذرة.



شكل 1.2 يوضح تركيب المادة. تتركب المادة من ذرات وفي مركز كل ذرة يوجد نواة مكونة من بروتونات ونيوترونات. البروتونات والنيوترونات مكونة من الكواركات.

دعنا الآن نستعرض بعض النماذج لتركيب المادة حسب تسلسلها زمنيا. النموذج اليوناني لتركيب المادة هو أن كل المواد تتكون من مجموعة من الذرات كما هو موضح في الجانب الأيمن من الشكل 1.2. بدون ذكر أي شيء عن طبيعة هذه الذرات ومما تتكون.

في العام 1897 تمكن العالم J.J. Thomson من اكتشاف الإلكترون كجسيم مشحون وانه احد مكونات الذرة. هذا الاكتشاف أدى إلى وضع أو نموذج للذرة يتحدث عن تركيبها الداخلي. وسوف نتحدث بالتفصيل عن هذا النموذج في الجزء 42 من هذا الكتاب.

وفي العام 1911 تم تطوير نموذجا أخر فيه الالكترونات تحيط بنواة مركزية كما هو موضح في الشكل 1.2. هذا النموذج فتح المجال لتساؤل هام وهو هل النواة لها تركيب أيضا؟ هل النواة مكونة من مجموعة من الجسيمات المتماثلة؟ التركيب الفعلي للنواة غير معروف حتى يومنا هذا ولكن في العام 1930 نموذج جديد ساهم في فهم سلوك النواة. حيث توصل مجموعة من العلماء إلى أن النواة مكونة من جسمين هما البروتونات والنيوترونات. البروتون يحمل شحنة موجبة، وعدد البروتونات يحدد السلوك الكيميائي للمادة ويعرف عدد البروتونات في بالعدد الذري atomic number. فعلى سبيل المثال، نواة ذرة الهيدروجين تحتوي على بروتون واحد (والعدد الذري للهيدروجين هو 1)، ونواة ذرة الهليوم تحتوي على عدد 2 بروتون (والعدد الذري للهليوم هو 2)، أما في نواة اليورانيوم فيوجد 92

بروتون (والعدد الذري لليورانيوم هو 92). بالإضافة إلى العدد الذري هناك العدد الكتلي mass number والذي يحدد عدد البروتونات والنيوترونات داخل النواة.

العدد الذري لأي عنصر لا يتغير أبدا (أي أن عدد البروتونات في جميع ذرات العنصر الواحد ثابتة) بينما العدد الكتلي يتغير (أي أن عدد البروتونات يمكن أن يختلف لنفس العنصر).

تم التحقق من وجود النيوترونات عمليا في العام 1932. النيوترونات ليس لها شحنة وكتلتها تعادل كتلة البروتون تقريباً. وتلعب النيوترونات دورا مهما في تماسك النواة مثل الصمغ. فإذا لم توجد النيوترونات في النواة فان القوة التنافرية بين البروتونات الموجبة سوف تفتت النواة وتقسمها.

ولكن هل البروتونات والنيوترونات هي أقصى ما يمكن ان تقسم له المادة؟ الإجابة لا فالبروتونات والنيوترونات وجدت أنها تتكون من 6 جسيمات اصغر تعرف باسم الكواركات quarks، والتي لها أسماء محددة هي أعلى وتحت وغريب وجذاب وتحت وفوق. والكواركات أعلى وجذاب وفوق لها شحنة موجبة تعادل 2/3 من شحنة البروتون، والكواركات تحت وغريب وأسفل لها شحنة سالبة تساوي 1/3- شحنة البروتون. البروتون يتكون من عدد 2 كوارك اعلي وكوارك أسفل، كما هو موضح في اعلي الشكل 1.2. ومن السهل إثبات إن هذا الترتيب يعطي شحنة البروتون. إما النيوترون يتكون من عدد 2 كوارك أسفل وكوارك اعلي وهذا يجعل الشحنة تساوي صفر.

عملية بناء النماذج سوف تتطور معك أكثر مع التعمق أكثر في دراسة الفيزياء. ومن أهم الطرق المتبعة لبناء نموذج لمشكلة ما هو تحديد مكونات وعناصر المشكلة وعمل توقع لسلوك هذه المكونات وتفاعلها مع بعضها البعض وتفاعلها مع الوسط المحيط.

3.1 الكثافة وكتلة الذرة

في الجزء 1.1 قمنا بتعريف ثلاث كميات فيزيائية أساسية في علم الميكانيكا. والآن سوف نقوم بشرح كمية فيزيائية مشتقة وهي الكثافة density. الكثافة يرمز لها بالرمز اليوناني ρ وتلفظ (رو) وتعرف على إنها الكتلة لكل وحدة حجوم:

$$\rho \equiv \frac{m}{V} \qquad (1.1)$$

فعلى سبيل المثال، الألومنيوم له كثافة تساوي $2.70 g/cm^3$، والرصاص له كثافة تساوي $11.3 g/cm^3$. ولهذا فان قطعة من الألومنيوم حجمها $10 cm^3$ لها كتلة تساوي 27g، ولكن لقطعة أخرى من الرصاص لها نفس الحجم تكون كتلتها 113g. والجدول 1.5 يوضح كثافة بعض المواد.

Densities of Various Substances	
Substance	**Density ρ (10^3 kg/m^3)**
Platinum	21.45
Gold	19.3
Uranium	18.7
Lead	11.3
Copper	8.92
Iron	7.86
Aluminum	2.70
Magnesium	1.75
Water	1.00
Air at atmospheric pressure	0.0012

جدول 1.5 كثافة بعض المواد المختلفة

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

عدد البروتونات والنيترونات في نواة ذرة عنصر ما مرتبط بالعدد الكتلي atomic mass لهذا العنصر، والتي تقدر بوحدة الكتلة الذرية atomic mass units (u) علما بان

$$.u = 1.660,538,7x10^{-27}kg$$

الكتلة الذرية للرصاص تساوي 207u وللألومنيوم تساوي 27u. ولكن النسبة بين كتلهم الذرية، 207u/27u=6.67، لا تعادل النسبة بين كثافتهما، (11.3x103kg.m3)/(2.72x103kg.m3)=4.19. وهذا التعارض نتج عن الاختلاف في ترتيب الذرات في التركيب البلوري للعنصرين.

سؤال للتفكير 1.1

قام مصنع بإنتاج علبتين واحدة من الألومنيوم والأخرى من الحديد. كلا من العلبتين لهما نفس الكتلة. أي من العلبتين اكبر؟ (أ) علبة الألومنيوم (ب) علبة الحديد (جـ) العلبتين لهما نفس الحجم.

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

مثال 1.1 كم عدد الذرات في المكعب؟

مكعب من الألومنيوم (كثافة الألومنيوم $2.g/cm^3$) حجمه $0.2cm^3$. من المعروف إن 27g من الألومنيوم يحتوي على $6.02x10^{23}$ ذرة. كم ذرة ألومنيوم في هذا المكعب؟

الحل: لان الكثافة تساوي الكتلة لكل وحدة حجم، فان كتلة المكعب هي

$$m = \rho V = (2.7g/cm^3)(0.2cm^3) = 0.54g$$

ولحل هذا السؤال، سوف نفترض إن النسبة بين كتلة المادة تتناسب مع عدد الذرات التي تحتويها المادة. دعنا نعبر عن هذا التناسب على انه m=kN، حيث m كتلة المادة، وN عدد الذرات في المادة، وk هو ثابت التناسب وهو مجهول. يمكننا أن نكتب هذه العلاقة مرتين، المرة الأولى لمكعب الألومنيوم والثانية للكتلة ذات 27g، ومن ثم نقوم بقسمة المعادلتين الناتجتين على النحو التالي:

$$\begin{aligned} m_{\text{sample}} &= kN_{\text{sample}} \\ m_{27.0\text{ g}} &= kN_{27.0\text{ g}} \end{aligned} \quad \rightarrow \quad \frac{m_{\text{sample}}}{m_{27.0\text{ g}}} = \frac{N_{\text{sample}}}{N_{27.0\text{ g}}}$$

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

لاحظ إن ثابت التناسب المجهول k يختصر بالقسمة وبهذا فإننا لا نحتاج معرفة قيمته. والآن سوف نعوض عن القيم:

$$\frac{0.540\ \text{g}}{27.0\ \text{g}} = \frac{N_{\text{sample}}}{6.02 \times 10^{23}\ \text{atoms}}$$

$$N_{\text{sample}} = \frac{(0.540\ \text{g})(6.02 \times 10^{23}\ \text{atoms})}{27.0\ \text{g}}$$

$$= \boxed{1.20 \times 10^{22}\ \text{atoms}}$$

4.1 تحليل الأبعاد Dimensional Analysis

كلمة الأبعاد dimensions في الفيزياء لها معنى مختلف. فهي تشير إلى طبيعة الكمية الفيزيائية. عندما نقيس المسافة نستخدم وحدة المتر أو أي وحدة طول أخرى، ولهذا فإننا نقول إن لهذه الكمية الفيزيائية بعد طول.

الرموز المستخدمة في هذا الكتاب للتعبير عن أبعاد الطول والكتلة والزمن هي L, M, T على التوالي. وسوف نستخدم الأقواس المربعة [ ] للدلالة على البعد الخاص بالكمية الفيزيائية. على سبيل المثال نستخدم الرمز v للدلالة

على السرعة وللتعبير عن أبعاد السرعة نكتب $[v] = L/T$. وكمثال أخر، أبعاد المساحة A تكتب $[A] = L^2$. أبعاد ووحدات المساحة والحجم والسرعة والعجلة موضحة في الجدول 1.6. أبعاد الكميات الفيزيائية الأخرى مثل القوة والطاقة سوف نوصفها عندما نتقدم في الموضوع.

جدول 1.6 الوحدات المستخدمة للمساحة Area والحجم Volume والسرعة Speed والعجلة Acceleration.

Units of Area, Volume, Velocity, Speed, and Acceleration

System	Area (L^2)	Volume (L^3)	Speed (L/T)	Acceleration (L/T^2)
SI	m^2	m^3	m/s	m/s^2
U.S. customary	ft^2	ft^3	ft/s	ft/s^2

في الكثير من الأحيان، نحتاج إلى أن نشتق معادلة أو قانون فيزيائي وللتحقق من صحة هذه المعادلة فإننا نستخدم تحليل الأبعاد dimensional analyse، والتي تعد طريقة مفيدة للتحقق والتأكد من صحة المعادلة. تعتمد طريقة تحليل الأبعاد على حقيقة مهمة وهي **إن الأبعاد يمكن التعامل معها على إنها مقادير جبرية.** على سبيل المثال، الكميات الفيزيائية ممكن أن تجمع وتطرح فقط إذا كانت لها نفس البعد (الوحدة). إضافة إلى ذلك إن الكميات الفيزيائية على طرفي المعادلة يجب أن تكون لها نفس البعد أيضا. وباستخدام هذه القواعد البسيطة، يمكن استخدام تحليل الأبعاد لتحديد إذا ما كانت المعادلة صحيحة أم لا. ويمكن تعديل هذه المعادلة وتصحيحها بجعل وحدة الطرف الأيمن للمعادلة تساوي وحدة الطرف الأيسر للمعادلة.

لتوضيح هذا الموضوع أكثر، افترض إننا نريد اشتقاق معادلة لتحديد مكان سيارة x عند زمن t إذا كانت السيارة تبدأ حركتها من السكون وتسير بعجلة ثابتة a. والمعادلة التي تصف هذه الحالة هي $x=1/2at^2$. دعنا الآن نستخدم تحليل الأبعاد للتحقق من صحة هذه المعادلة.

إن الكمية الفيزيائية x على يسار المعادلة له بعد طول. ولكي تكون تلك المعادلة صحيحة فان الطرف الأيمن من المعادلة يجب ان يكون له بعد طول أيضا. إذا علينا ان نقوم بفحص الطرف الأيمن عن طريق التعويض عن الكميات الفيزيائية بالأبعاد الخاصة بها، وحيث إن العجلة لها بعد L/T^2 (انظر جدول 1.6) والزمن له بعد T إذا بالتعويض في الطرف الأيمن للمعادلة

$$x=1/2at^2$$

نحصل على

$$L = \frac{L}{\cancel{T^2}} \cdot \cancel{T^2} = L$$

لاحظ إن بعد الزمن تم اختصاره وأصبح للطرف الأيمن نفس بعد الطرف الأيسر اذا المعادلة صحيحة.

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

طريقة أخرى لاستخدام تحليل الأبعاد هو الحصول على علاقة بين مجموعة من المتغيرات، فمثلا إذا كانت هذه العلاقة على النحو التالي:

$$x \,\alpha\, a^n t^m$$

حيث n و m هي الأس المرفوع له الكمية الفيزيائية a و t على التوالي و α ثابت التناسب. هذه العلاقة تكون صحيحة فقط إذا كانت الأبعاد على طرفي المعادلة متساوي. ولان بعد الطرف الأيسر هو بعد طول L فان الطرف الأيمن يجب أن يكون له بعد طول أيضا L. ولهذا يكون

$$[a^n t^m] = L = L^1 T^0$$

لان بعد العجلة هو L/T^2 وبعد الزمن هو T يكون لدينا

$$(L/T^2)^n T^m = L^1 T^0$$

$$(L^n T^{m-2n}) = L^1 T^0$$

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

لاحظ ان الأس لـــ L و T يجب أن يكونا متساويين على طرفي المعادلة. ولهذا نستطيع أن نستنتج إن $n = 1$. ومن هذه المعلومة نستطيع أن نحسب قيمة m والتي تنتج بالتعويض في المعادلة $m - 2n = 0$ وبمجرد التعويض عن قيمة $n = 1$ نحصل على $m = 2$.

بالعودة إلى المعادلة الأساسية $x \propto a^n t^m$ ، نستنتج أن المعادلة سوف تكون $x \propto a t^2$.

سؤال 1.2 صح أم خطأ: تحيل الأبعاد يمكن أن يزودنا بقيمة عددية لثابت التناسب الذي يظهر في العلاقات الجبرية.

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

مثال 1.2 تحليل أبعاد المعادلة

اثبت ان المعادلة $v = at$ صحيحة، حيث ان v تعبر عن السرعة، وa تعبر عن العجلة وt تعبر عن الزمن.

الحل: الطرف الأيسر للمعادلة يعبر عن السرعة والذي يكون له بعد سرعة على النحو التالي:

$$[v] = \frac{L}{T}$$

والطرف الأيمن عبارة عن حاصل ضرب العجلة في الزمن، وبالتعويض عن أبعادهما نحصل على:

$$[at] = \frac{L}{\cancel{T^2}} \cancel{T} = \frac{L}{T}$$

وبهذا نجد ان أبعاد الطرف الأيسر تساوي أبعاد الطرف الأيمن للمعادلة وبالتالي فان المعادلة صحيحة.

ماذا لو كانت المعادلة المطلوب التحقق منها هي $v = at^2$ هي تكون صحيحة أم خطأ. حاول ان تتحقق من ذلك بنفسك!

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

مثال 1.3 تحليل الأبعاد لإيجاد قيمة الأس

لنفترض انه بالتجربة قد تبين لك إن عجلة جسم يتحرك بسرعة منتظمة v في مسار دائري نصف قطره r يتناسب مع r^n ومع السرعة v^m، استخدم تحليل الأبعاد لمعرفة قيمة n و m.

الحل: نستطيع من معطيات المثال ان نكتب العجلة a على النحو $A = k\, r^n\, v^m$

حيث k ثابت التناسب وهو ليس له وحدة وبالتعويض عن أبعاد الكميات الفيزيائية a و r و v نحصل على:

$$\frac{L}{T^2} = L^n\left(\frac{L}{T}\right)^m = \frac{L^{n+m}}{T^m}$$

إذا تكون المعادلة متزنة من ناحية أبعاد الطرف الأيمن والأيسر إذا تحقق الشرطين التاليين

$$N + m = 1 \qquad \& \qquad m = 2$$

ولهذا فان $n = -1$ وبالتالي تكون معادلة العجلة لجسم يتحرك حركة دائرة بسرعة منتظمة على النحو التالي:

$$a = kr^{-1}v^2 = k\frac{v^2}{r}$$

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

5.1 تحويل الوحدات

في الكثير من الأحيان يكون من الضروري أن نحول وحدات القياس من نظام لأخر، أو في نفس النظام، على سبيل المثال من كيلومتر إلى متر. والمساواة بين وحدات النظام العالمي والنظام الأمريكي للأطوال هو على النحو التالي:

$$1\ \text{ft} = 0.304{,}8\ \text{m} = 30.48\ \text{cm} \qquad 1\ \text{mile} = 1{,}609\ \text{m} = 1.609\ \text{km}$$

$$1\ \text{in} = 0.025{,}4\ \text{m} = 2.45\ \text{cm} \qquad 1\ \text{m} = 39.37\ \text{in} = 3.218\ \text{ft}$$

وللمزيد من التحويلات انظر إلى الملحق A.

يتم التعامل مع الوحدات على إنها كميات جبرية تلغي بعضها البعض. على سبيل المثال، افترض انك ترغب في تحويل 15in إلى cm. حيث إن 1in يعادل 2.54cm نجد ان

$$15.0\ \text{in.} = (15.0\ \cancel{\text{in.}})\left(\frac{2.54\ \text{cm}}{1\ \cancel{\text{in.}}}\right) = 38.1\ \text{cm}$$

حيث ان النسبة بين الأقواس تساوي 1. لاحظ إننا اخترنا نضع الوحدة (انش in) في المقام لتختصر مع وحدة الانش في القيمة الأصلية. الوحدة المتبقية ستكون cm وهذا هو المطلوب كنتيجة.

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

سؤال 1.3 المسافة بين مدينتين هي 100 mi. هل المسافة بالكيلومتر بين المدينتين ستكون (أ) اقل من 100 أو (ب) اكبر من 100 أو (جـ) تساوي 100.

مثال 1.4 هل تجاوز حد السرعة؟

في احد تقاطعات الطريق السريع في إحدى المدن، كانت سيارة تنطلق بسرعة 38m/s. هل السيارة تجاوزت الحد الأقصى المسموح به للسرعة في ذلك الشارع والذي هو 75mi/h؟

شكل 1.3

الحل: سوف نقوم بتحويل المتر إلى ميل

$$(38.0\ \cancel{\text{m}}/\text{s})\left(\frac{1\ \text{mi}}{1\ 609\ \cancel{\text{m}}}\right) = 2.36 \times 10^{-2}\ \text{mi/s}$$

والآن سوف نحول الثواني إلى ساعات

$$(2.36 \times 10^{-2}\ \text{mi}/\cancel{\text{s}})\left(\frac{60\ \cancel{\text{s}}}{1\ \cancel{\text{min}}}\right)\left(\frac{60\ \cancel{\text{min}}}{1\ \text{h}}\right) = 85.0\ \text{mi/h}$$

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

وبهذا فان السيارة تتجاوز حد السرعة المسموح به.

ماذا لو؟ ماذا إذا كان لا يجيد التعامل مع وحدة mi/h ويرغب في إيجاد مقدار السرعة بوحدة km/h؟

الحل: يمكننا ان نحول الإجابة الأخيرة على النحو التالي:

$$(85.0\ \cancel{\text{mi}}/\text{h})\left(\frac{1.609\ \text{km}}{1\ \cancel{\text{mi}}}\right) = 137\ \text{km/h}$$

الشكل 1.3 يوضح مقياس السرعة في سيارة وغالبا ما يكون هناك تدريجين بوحدة km/h وبوحدة mi/h.

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

6.1 التقديرات والأرقام

في الكثير من الأحيان يكون مفيدا أن نضع إجابتنا بشكل رقم عددي مقرب. هذه الإجابة تستخدم في تعيين قيم أخرى. مثل هذه الحسابات عادة تكون مبنية على فرضيات محددة، والتي يجب أن تعدل حسب درجة الدقة المطلوبة. كما انه في الكثير من الأحيان نضع رتبة العدد في صورة 10^n حيث n هي عدد صحيح. فعندما نقوم بإجراء حسابات معينة يكون من المناسب أن نعبر عن القيمة بمعامل 10، فمثلا الرقم 1000 يكتب 10^3. وكذلك

$$720 \sim 10^3 \qquad 0.002,1 \sim 10^{-3} \qquad 0.008,6 \sim 10^{-2}$$

والرمز ~ يشير إلى استخدام التقريب للقيمة العددية.

تستخدم هذه الطريقة كثيرا عندما نقوم بعملية تخمين لمسألة حسابية قبل أن نقوم بإجراء الحسابات بدقة كنوع من التوقع للقيمة الناتجة قبل الحل.

مثال 1.5 تقدير عدد الأنفاس (عدد الشهيق والزفير) خلال فترة حياة الإنسان

قدر عدد الأنفاس خلال متوسط حياة الإنسان.

الحل: سوف نبدأ حل هذه المسألة بافتراض ان متوسط حياة الإنسان هي 70 سنة. والافتراض الثاني هو تقدير عدد الأنفاس التي يقوم بها الإنسان في الدقيقة. هذا العدد قد يعتمد على حالة الجسم إذا كان في حالة راحة او يمشي او يمارس نشاط رياضي ما. وسوف نفترض ان مقدار الأنفاس في الدقيقة يساوي 10. عدد الدقائق في السنة تقريبا يساوي

$$1 \text{ yr}\left(\frac{400 \text{ days}}{1 \text{ yr}}\right)\left(\frac{25 \text{ h}}{1 \text{ day}}\right)\left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}}\right) = 6 \times 10^5 \text{ min}$$

طبعا الهدف هنا هو استخدام التقريب لتسهيل العمليات الحسابية فاستخدمنا 400 يوم بدلا من 365، واستخدمنا 25 ساعة في اليوم بدلا من 24.

وفي الـــ 70 سنة يكون هناك

$$(70 \text{ yr})(6 \times 10^5 \text{ min/yr}) = 4 \times 10^7 \text{ min}$$

وعلى هذا المعدل يكون عدد الأنفاس الكلي في فترة حياة الإنسان هو 4×10^8 نفس تقريبا أو يمكن أن نقول 10^9 نفس

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

مثال 1.6 تقدير عدد الخطوات بين مدينتين

قدر عدد الخطوات التي يقوم بها شخص يمشي بين مدينة نيويورك ولوس انجلوس

الحل: بدون أن نعرف المسافة بالضبط يمكننا أن نتذكر من الخريطة إن المسافة بين هاتين المدينتين في حدود 3,000 mi. والافتراض الثاني الذي سوف نقوم به هو طول الخطوة. بالطبع طول الخطوة يعتمد على الشخص نفسه ولكن سوف نفترض إنها في حدود 2 ft. وبهذا يمكن أن نقدر عدد الخطوات في الميل الواحد ولأننا نقوم بحسابات تقديرية فسوف نقرب 5,280ft/mi بــ 5,000ft/mi. وعليه يكون معامل التحويل للخطوة بالنسبة للميل هو

$$\frac{5\,000\ \cancel{\text{ft}}/\text{mi}}{2\ \cancel{\text{ft}}/\text{step}} = 2\,500\ \text{steps/mi}$$

أي إن في كل ميل يؤدي هذا الشخص 2500 خطوة.

الآن، بإجراء بعض الحسابات البسيطة لحساب عدد الخطوات الكلي فان

$$(3 \times 10^3\ \cancel{\text{mi}})(2.5 \times 10^3\ \text{steps}/\cancel{\text{mi}})$$

$$= 7.5 \text{ x } 10^6 \sim 10^7$$

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

أي إن عدد الخطوات الكلي في حدود 10^7 خطوة. لاحظ هنا إن عدد الخطوات الفعلي قد يكون اكبر من ذلك لأننا أهملنا انحناء الطريق والارتفاعات والانخفاضات والجبال وغيرها ولكن في النهاية فان عدد الخطوات سوف تكون في نفس المدى الذي حسبناه بالتقدير.

مثال 1.7 مقدار الغاز المستخدم

احسب بالتقدير عدد الجالونات من الغاز الذي تستخدمه كل السيارات في الولايات المتحدة.

الحل: حيث انه من معلوماتنا نعرف ان تعداد سكان الولايات المتحدة يصل إلى 280 مليون نسمة، فان عدد السيارات يقدر بـــ 100 مليون سيارة على أساس إن سيارة لكل 3 أفراد. كما ان المسافة التي تقطعها السيارة الواحدة في العام يكون 10,000 mi تقريبا. كذلك نفترض ان مقدار استهلاك السيارة الواحدة من الوقود 20 mi/gal، وعليه فان كل سيارة سوف تستهلك تقريبا 500 جالون في السنة. بإيجاد حاصل ضرب عدد السيارات في مقدار الاستهلاك نحصل على

$$5 \times 10^{10}\ \text{gal} \sim 10^{11}\ \text{gal}$$

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

7.1 الأرقام المعنوية Significant Figures

هناك فرق بين الأرقام الناتجة عن الحسابات مثل عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة والأرقام الناتجة عن القياس وهي القيم التي نحصل عليها باستخدام أجهزة القياس مثل الميزان والفولتميتر ومقياس درجة الحرارة وغيرها من الأجهزة. وعندما نقوم بقياس كميات محددة، فان القيم المقاسة تكون في حدود نسبة الخطأ أو الشك التي تحددها القياسات التجريبية. ومقدار هذا الشك يعتمد على عدة عوامل منها، جودة أدوات القياس، ومهارة الشخص الذي يقوم بالتجربة وعدد القياسات التي تجرى. الأرقام المعنوية المقاسة تستخدم للتعبير عن شيء في حدود الشك.

كمثال على الأرقام المعنوية، نفترض إننا نرغب في قياس مساحة ملصقة على طاولة كمبيوتر باستخدام مسطرة مترية كأداة قياس. دعنا نفترض إن مقدار الدقة التي تستطيع المسطرة المترية في حدود ±1cm. فإذا كان طول الملصقة يساوي 5.5cm وحسب دقة المسطرة المترية يمكن أن يكون الطول بين 5.4cm و 5.6cm. في هذه الحالة، نقول إن القيمة المقاسة لها رقمين معنويين. لاحظ هنا إن الرقم المعنوي يشمل الخانة الأولى. وبالمثل، إذا عرض اللاصقة 6.4cm فان القيمة الصحيحة تقع بين 6.3cm و 6.5cm. وبهذا نستطيع أن نكتب أبعاد الملصقة المقاس هو (5.5±0.1) cm و (6.4±0.1) cm.

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

لنفترض الآن إننا نريد إيجاد مساحة ملصقة بضرب القياسات التي حصلنا عليها. وعليه فان المساحة (5.5cm) (6.4cm) وهذا يساوي $35.2cm^2$، هذه الإجابة غير مبررة لأنها مكونة من 3 أرقام معنوية، وهذا اكبر من الأرقام المعنوية المستخدمة في القياس. وكقاعدة جيدة يمكننا استخدامها في حالات الضرب والقسمة هي على النحو التالي:

عندما نضرب عدة كميات، فان عدد الأرقام المعنوية في الإجابة النهائية يجب أن يكون لها نفس عدد الأرقام المعنوية للكمية التي لها اقل الأعداد المعنوية. ونفس القاعدة تطبق على القسمة.

بتطبيق هذه القاعدة على المثال السابق، فان المساحة المحسوبة يجب أن تتكون من عدد برقمين معنويين مثل القيم المستخدمة في حسابها. وعليه فان المساحة سوف تكون $35cm^2$، مع ملاحظة إن المساحة تقع بين القيمتين $(5.4cm)(6.3cm)=34cm^2$ و $(5.6cm)(6.5cm)=36cm^2$.

الصفر ممكن أن يكون رقم معنوي وممكن أن لا يكون. فمثلا عندما تكون الفاصلة العشرية في رقم ما مثل 0.03 و 0.007,5 لا يكون رقم معنوي. وعندما يكون الصفر في الرقم مثل 1500g يكون هناك غموض في هذه الحالة حيث إننا لا نعرف إن الصفريين قد نتجا عن تقريب بعد الفاصلة العشرية أو إنهما يمثلان أرقام معنوية في القياسات. ولإزالة هذا الغموض، فانه من الشائع استخدام التمثيل العلمي للرقم حيث يكتب الرقم على الصورة 1.5x103g إذا

كان هناك رقمين معنويين، أما إذا كان هناك ثلاث أرقام معنوية فيكتب $1.50x10^{3}g$ وإذا كان هناك أربع أرقام معنوية فيكتب $1.500x10^{3}g$. ونفس القاعدة تطبق على الأعداد اقل من 1، فمثلا $2.3x10^{-4}$ لها رقمين معنويين (يمكن أن يكتب هذا الرقم 0.00023) وأما العدد $2.30x10^{-4}$ له ثلاث أرقام معنوية (يمكن أن يكتب 0.000230).

بالنسبة لعملية الجمع والطرح، يجب أن نستخدم الأعداد

الحسابات بالأرقام المعنوية

أولا الجمع والطرح

عند جمع أو طرح الأعداد المعنوية فإن النتيجة تكون متضمنة لعدد من الأرقام على يمين العلامة العشرية، بحيث يكون عددها مساوياً لأقل الأرقام المتضمنة في الكميات التي تم جمعها أو طرحها مع مراعاة قواعد التقريب.

أمثلة متنوعة على الجمع والطرح

$4.83 + 2.1 = 6.93$ والجواب يكون 6.9

15.741 = 6.30 – 15.741 والجواب يكون 9.44

8.53 = 2 + 6.53 والجواب يكون 9

22.676 = 5.126 + 17.55 والجواب يكون 22.68

ثانيا: الضرب والقسمة

عدد الأرقام المعنوية في حاصل الضرب وخارج القسمة يجب أن يساوي عددها في أقل الأعداد المضروبة أو المقسومة.

أمثلة متنوعة على الضرب والقسمة

$8.42 \times 3.0 = 25.26$ والجواب يكون 25

$6.00 \div 2.0 = 3.0$ ويكون الجواب 3.0

$35.21 \times 3.1 = 109.151$ ويكون الجواب 109 (حيث لا يمكن تقريبه إلى رقمين معنويين)

سؤال 1.4 افترض انك تقوم بقياس موضع كرسي باستخدام مسطرة مترية وكان مركز الكرسي هو 1.043,860,564,2m من الجدار. ماذا يمكن للقارئ أن يستنتج من هذا القياس؟

مثال 1.8 تركيب السجاد

مطلوب تركيب سجادة جديدة في غرفة فقام احد الموظفين بقياس طول الغرفة فكان 12.71m وعرضها 3.46m. اوجد مساحة الغرفة.

الحل: إذا قمنا بضرب الطول في العرض على الآلة الحاسبة فإننا سوف نحصل على الإجابة التالية

$$12.71m \times 2.46m = 43.976,6m^2$$

كم من هذه الأرقام يهمنا؟

في هذا المثال نجد الأرقام المعنوية الأقل هي 3 ولهذا فإننا سوف نأخذ من الآلة الحاسبة القيمة

$$44.0m^2$$

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

الخلاصـــــــــــــة

- الكميات الفيزيائية الأساسية للميكانيكا هي الطول والكتلة والزمن والتي لها الوحدات المتر والكيلوجرام والثانية على التوالي.
- الكثافة لأي مادة تعرف على إنها الكتلة لكل وحدة حجوم. والمواد المختلفة لها كثافة مختلفة لأنها تختلف عن عضها البعض في ترتيب ذراتها وتختلف في الكتلة الذرية.
- تعتبر طريقة تحليل الأبعاد وسيلة قوية لحل المسائل الفيزيائية.
- عندما يتم حساب النتيجة من مجموعة أعداد مقاسة، فان كل منها يكون له دقة معينة وعليه يجب ان يتم تحديد الأرقام المعنوية التي تتناسب مع هذه دقة القياسات. عند ضرب الأعداد فان الأرقام المعنوية لناتج حاصل الضرب يجب ان يكون مساويا لعدد الأرقام المعنوية الأقل في الأعداد المستخدمة. وكذلك نفس القاعدة تطبق على عملية القسمة. وعندما نقوم بعملية الجمع آو الطرح فان عدد الأعداد بعد الفاصلة العشرية في الإجابة يجب أن يكون مساويا لأقل الأعداد بعد الفاصلة العشرية في أي عدد مستخدم في عملية الجمع آو الطرح.

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

أسئلة للتفكير

(1) ما هي الظواهر الطبيعية التي يمكن أن تستخدم كمقياس للزمن؟

(2) ارتفاع المكتب عن الأرض يمكن أن يقدر بوحدة "الكف" لماذا في اعتقادك إن هذه الوحدة لا يمكن الاعتماد عليها كمقياس للطول؟

(3) أوصف الكميات التالية باستخدام الاختصارات اللاتينية المذكورة في الجدول 1.4: (أ) $3x10^{-4}m$ (ب) $5x10^{-5}s$ (جـ) $72x10^{2}g$.

(4) إذا كانت المعادلة صحيحة من ناحية تحليل الأبعاد، هل هذا يعني إن المعادلة صحيحة؟ وإذا كانت المعادلة غير صحيحة من ناحية تحليل الأبعاد، فهل هذا يعني إن المعادلة غير صحيحة؟

(5) اوجد باستخدام الأرقام المعنوية عمرك بالثواني؟

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

مسائل وتمارين

الكثافة والكتلة الذرية

(1) استخدم الجداول المتوفرة في نهاية هذا القسم من الكتاب لحساب متوسطة كثافة الكرة الأرضية.

(2) إذا علمت إن الكيلوجرام عبارة عن اسطوانة معدنية من البلاتين والاريديوم ارتفاعها 39mm وقطرها 39mm. ما هي كثافة هذه المادة.

(3) ما مقدار كتلة مادة كثافتها ρ لعمل قشرة كروية نصف قطرها الداخلي r_1 ونصف قطرها الخارجي r_2؟

(4) كرتين تم تشكيلهما من نفس كتلة صخرية متجانسة. احد الكرتين لها نصف قطر 4.50cm. كتلة الكرة الأخرى تبلغ 5 مرات اكبر من كتلة الكرة الأولى. اوجد نصف قطر الكرة الثانية.

(5) عند فحص مكعب صغير من الحديد تحت المجهر. فان طول حافة المكعب $5x10^{-6}$cm. اوجد (أ) كتلة المكعب و (ب) عدد ذرات الحديد في المكعب. إذا علمت إن الكتلة الذرية للحديد هي 55.9u و كثافة الحديد $7.86 g/cm^3$.

تحليل الأبعاد

(6) إذا كان موقع جسم يتحرك بعجلة منتظمة دالة في الزمن والعجلة. افترض إن هذا تم التعبير عنه رياضيا بالصورة التالية $s=k^{s}mt^{n}$، حيث k ثابت ليس له وحدة. اثبت باستخدام تحليل الأبعاد أن هذا التعبير صحيحا إذا كانت m=1 و n=2. هل من الممكن ان نحصل من هذه الطريقة على قيمة الثابت k.

(7) أي من المعادلات التالية صحيحاً؟

(a) $v_f = v_i + ax$

(b) $y = (2m) \cos(kx)$, where $k = 2m^{-1}$.

(8) (أ) ينص قانون الحركة إن عجلة جيم تتناسب طرديا مع محصلة القوة المؤثرة على الجسم وتتناسب عكسياً مع الكتلة. فإذا كان ثابت التناسب ليس له وحدة. حدد أبعاد القوة. (ب) النيوتن هي وحدة القوة في نظام SI. بالاعتماد على نتيجة إجابة الفرع (أ) كيف تعبر عن القوة بالأبعاد الأساسية للكتلة والطول والزمن؟

(9) قانون نيوتن للجذب العام هو

حيث إن F هي مقدار قوة الجاذبية التي يؤثر بها جسم على الأخر، M و m هما كتلة الجسم الأول والثاني والمسافة بينهما r. القوة لها وحدة $kg.m/s^2$ فما هي وحدة ثابت التناسب G.

تحويل الوحدات

(10) يقوم عامل بطلاء جدار غرفة مربعة 12ft وارتفاعها 8ft. ما هي المساحة الكلية التي سوف يقوم بطلائها العامل بوحدة المتر المربع؟

(11) افترض أن نمو شعر الإنسان يصل لمعدل 1/32in في اليوم. اوجد معد النمو بوحدة النانومتر في الثانية.

(12) لنفترض إن حجم محفظة النقود هي $8.5in^3$ ما هو حجمها بوحدة المتر المكعب m^3.

(13) إذا كانت غرفة هي 40.0x20.0mx12.0m. وكانت كثافة الهواء $1.20kg/m^3$. ما هي (أ) حجم الغرفة بوحدة ft^3 (ب) وزن الهواء في الغرفة بوحدة الباوند.

(14) افترض إن لملء خزان وقود حجمه 30.0gal يحتاج إلى 7 دقائق. (أ) احسب معدل ملء الخزان بوحدة الجالون لكل ثانية. (ب) احسب معدل ملء الخزان بوحدة المتر المكعب في الثانية. (جـ) حدد الفترة الزمنية اللازمة لملء خزان سعته 1m3 بنفس المعدل السابق. $(1gal=231in^3)$

(15) قطعة صلبة من الرصاص كتلتها 23.94g وحجمها $2.10cm^3$. من هذه المعلومات احسب كثافة الرصاص بوحدة kg/m^3.

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com

(16) تبلغ كتلة الشمس $1.99x10^{30}$kg، وكتلة ذرة الهيدروجين $1.67x10^{-27}$kg. كم عدد ذرات الهيدروجين في الشمس على اعتبار إن اغلب مادة الشمس هي من ذرات الهيدروجين.

(17) افترض ان 70% من سطح الأرض مغطى بالماء بعمق يصل في المتوسط إلى 2.3mi، احسب مقدار كتلة الماء على الأرض بوحدة الكيلوجرام.

(18) إذا كان متوسط نصف قطر الأرض 6.37x106m، وان نصف قطر القمر 1.74x108cm، من هذه البيانات احسب (أ) نسبة مساحة سطح الأرض إلى مساحة سطح القمر و (ب) نسبة حجم الأرض بالنسبة للقمر.

التقديرات والأرقام

(19) إذا علمت ان إطار السيارة يستطيع ان يقطع مسافة 50,000 ميل قبل ان يتلف. احسب عدد الدورات التي يعملها الإطار، مع توضيح الكميات الفيزيائية التي قستها بالتقدير والقيمة التي قدرتها لها.

(20) تباع المشروبات الغازية في علب ألومونيوم، احسب عدد العلب التي الفارغة التي يستهلكها الناس في مدينتك. قدر أيضا كتلة هذه العلب. وضح الكميات المستخدمة وكيف قدرتها.

الأرقام المعنوية

(21) سطح على شكل مستطيل طوله $(21.3\pm0.2)cm$ وعرضه $(9.8\pm0.1)cm$ احسب مساحة السطح ومقدار الخطأ فيه.

(22) نصف قطر دائرة $(10.5\pm0.2)m$. احسب (أ) مساحته (ب) محيط الدائرة وحدد مقدار الخطأ فيهما.

(23) كم عدد الأرقام المعنوية في الأعداد التالية (أ) 79.9 ± 0.2 (ب) $3.788x10^{9}$ (جـ) $2.46x10^{-6}$ (د) 0.0053.

(24) كرة صلبة نصف قطرها $(6.50\pm0.20)cm$ و كتلتها $(1.85\pm0.20)kg$. احسب كثافة الكرة بوحدة الكيلوجرام لك متر مكعب وحدد الخطأ في الكثافة.

(25) يقيس مزارع أرضه الزراعية فإذا كان طول الأرض 38.44m وعرضها 19.5m. ما هو طول محيط الأرض.

(26) حوض سباحة أبعاده $(10.0\pm0.1)m$ في $(17.0\pm0.1)m$ فإذا أردنا أن نبني حوله ممر للمشاة عرضه $(1.00\pm0.01)m$ بعمق $(9.0\pm0.1)cm$ ما هو حجم الكونكريت المطلوب وما هو مقدار الخطأ في تحديد الحجم.

د. حازم فلاح سكيك
www.trgma.com