



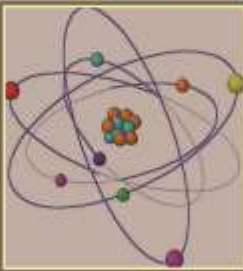
## المعاهد الصناعية الثانوية

الحقيبة التدريبية:

### فيزياء - ١

٠١١ فيز

لجميع التخصصات



$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}$$





## مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد بن عبدالله وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على الله ثم على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية الفيزياء التمهيديّة لمترربي دبلوم للمعاهد الصناعية الثانوية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص. والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله - عز وجل - أن تسهم بالشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب ميسر يخلو من التعقيد، مزود بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات. والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه؛ إنه سميع مجيب الدعاء .

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج



## الفهرس

رقم الصفحة	الموضوع
1	المقدمة
5	تمهيد
7	الوحدة الأولى : القياسات في الفيزياء
8	1-1 مقدمة .
8	1-2 الكمية الفيزيائية و وحدة القياس .
9	1-3 أنظمة وحدات القياس العالمية .
10	1-4 النظام الدولي للوحدات SI .
14	1-5 اصطلاحات كتابة رموز وحدات القياس .
14	1-6 تحويل وحدات القياس .
17	1-7 التمثيل البياني لنتائج القياسات .
22	1-8 قياس الأبعاد باستخدام الأجهزة الدقيقة .
22	1-8-1 القدمة ذات الورنية.
25	1-8-2 الميكرومتر .
28	تجربة رقم (1) : القياسات الدقيقة باستخدام القدمة ذات الورنية .
29	تجربة رقم (2) : القياسات الدقيقة باستخدام الميكرومتر .
30	الأسئلة .
34	الوحدة الثانية : الخواص الميكانيكية للمادة
35	2-1 الكتلة .
35	2-2 الكثافة .
37	2-3 الكثافة النسبية .
40	2-4 مفهوم القوة .



الموضوع	رقم الصفحة
2-5 الوزن .	41
2-6 المرونة .	43
2-7 العلاقة بين التشوه الحاصل و قوة الشد .	44
تجربة رقم (3) : كثافة الماء .	48
تجربة رقم (4) : كثافة مادة صلبة .	50
تجربة رقم (5) : قانون هوك .	51
الأسئلة .	54
الوحدة الثالثة : الخواص الحرارية للمادة .	57
3-1 مقدمة .	58
3-2 درجة الحرارة .	58
3-3 المقاييس الحرارية .	59
3-4 كمية الحرارة .	62
3-5 الحرارة النوعية .	63
3-6 التمدد الحراري .	67
3-7 التمدد الطولي .	68
3-8 التمدد الحجمي .	71
3-9 بعض التطبيقات على تمدد الأجسام الجامدة .	72
تجربة رقم (6) : الحرارة النوعية لجسم صلب .	73
تجربة رقم (7) : معامل التمدد الطولي لقضيب معدني .	75
الأسئلة .	77
الوحدة الرابعة : الحركة على خط مستقيم وبتسارع ثابت .	80
4-1 مقدمة .	81
4-2 الإزاحة .	81

الموضوع	رقم الصفحة
---------	------------



83	4-3 السرعة المتوسطة .
84	4-4 التسارع المتوسط .
86	4-5 معادلات الحركة على خط مستقيم و بتسارع ثابت .
89	4-6 السقوط الحر .
93	تجربة رقم (8) : السقوط الحر .
96	الأسئلة
97	الملحق (أ) : معادلات التحويل بين وحدات القياس .
99	الملحق (ب) : الكتابة العلمية للأعداد .
101	المراجع



## تمهيد

الحمد لله رب العالمين ، والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين وبعد:  
أخي المتدرب: إن علم الفيزياء يهتم بدراسة الظواهر الطبيعية وبخصائص المادة في ضوء مبادئ وقوانين أساسية.

وهذه الحقبة التي بين يديك هي عونٌ لك - بعد توفيق الله عز وجل- على فهم بعض الظواهر التي تعایشها لتستشعر بذلك عظمة الله الخالق - عز وجل- في إبداعه ودقة خلقه ، هذا بالإضافة إلى أن علم الفيزياء يعد ركناً أساسياً لدراسة العلوم التطبيقية والتقنية التي سخرت بدورها تلك المفاهيم والمبادئ الأساسية في إنتاج العديد من الأجهزة والآلات المختلفة التي لا غنى عنها اليوم.

لقد روعي في وضع مادة هذه الحقبة أن تحتوي على الجوانب الثلاث الأساسية في تعلم الفيزياء، الجانب النظري، والجانب التطبيقي من خلال الأمثلة التطبيقية، و الجانب التجريبي العملي التي تتحقق من صحة القوانين النظرية، وبذلك تكتمل المنظومة الفيزيائية، و التي يتوقع من خلالها- بإذن الله- تقريب المفاهيم الفيزيائية بأسلوب سهل ومناسب لجميع أقسام المعاهد المهنية الصناعية .

تحتوي هذه الحقبة أربع وحدات : ١-القياسات في الفيزياء . ٢-الخواص الميكانيكية للمادة . ٣-الخواص الحرارية للمادة . ٤-الحركة على خط مستقيم و بتسارع ثابت .  
وغاية ما نرجوه من هذا الجهد أن يكون لبنة في بناء جيل مزود بذخيرة علمية تقدم نواة صالحة للنهوض بمجتمعنا إلى أعلى المستويات ، وأن يجد أبنائنا الطلاب كل فائدة فيه، وأن يتقبله الزملاء الأساتذة بحسن الرضى والارتياح، وأن يدلوا بدلهم بملحوظة هادفة أو نقد بناء لتفادي الهفوات والثغرات، وإتمام العمل على الوجه الأمثل-إن شاء الله-.  
سدد الله على دروب الخير خطانا ، والله الموفق.



## الوحدة الأولى

### القياسات في الفيزياء



## القياسات في الفيزياء

الهدف العام :

١. التعرف على القياسات الفيزيائية في الأنظمة العالمية، وخاصة النظام الدولي وأهميتها في الحياة اليومية و التقنية.
٢. التمثيل الرياضي للعلاقة بين متغيرين فيزيائيين، والتي تكون على صورة خط مستقيم .

الأهداف الخاصة :

حينما تكمل دراسة هذه الوحدة ستكون قادراً - بإذن الله- على أن:

١. تعرف كلاً من : وحدة القياس – الكمية الفيزيائية .
٢. تذكر أسماء وحدات القياس الأساسية في الأنظمة العالمية ( الجاوسي ، البريطاني ، الدولي ) .
٣. تذكر بعض أسماء وحدات القياس المشتقة في النظام الدولي، وكمياتها الفيزيائية المشتقة.
٤. تذكر أجزاء و مضاعفات وحدات القياس الدولي، و تجري التحويل فيما بينها .
٥. تحول وحدة قياس كميات فيزيائية من نظام الى نظام آخر للكميات الآتية : الطول ، المساحة ، الحجم ، الكتلة ، الكثافة ، السرعة .
٦. تذكر الفائدة من استخدام كلٍ من : القدمة الورنية، و الميكرومتر، و تجري قياسات بواسطتهما .
٧. تكتب المعادلة العامة للخط المستقيم، و تبين ما المقصود بالمتغيرين  $x$  و  $y$  .
٨. ترسم الخط المستقيم على المستوى  $x$  و  $y$  ، و تحسب ميله .
٩. تطبق المفاهيم السابقة في حل المسائل المتعلقة فيها .

### العملي:

١٠. تقيس أبعاد اسطوانة باستخدام القدمة ذات الورنية، و تحسب حجمها .
١١. تقيس نصف قطر سلك باستخدام الميكرومتر، و تحسب مساحة مقطعه .





## القياسات في الفيزياء

### 1-1 مقدمة :

إن علم الفيزياء علم تجريبي يقوم على الملاحظة العملية و القياسات الكمية للظواهر الطبيعية، وذلك لاختبار صحة النظريات و القوانين الأساسية التي تفسرها، و الاستفادة منها مستقبلاً في تطوير نظريات، وتوقع نتائج لتجارب مستقبلية لها الأثر في التقدم الحضاري والمدني . فجميع الأجهزة التي تملأ حياتنا أساسها الفيزياء ، مثل الراديو والتلفزيون و الهاتف و الحاسوب و الأقمار الصناعية وأجهزة التشخيص في الطب مثل: أشعة إكس و التصوير بالرنين المغناطيسي، والعلاج بالأشعة ، والنظارات ، و أفران الميكروويف ، و الكهرباء، و الترانزيستور، والميكروفون ، وغيرها .

### 1-2 الكمية الفيزيائية و وحدة القياس :

للتأكد من صحة قانون يصف ظاهرة طبيعية ( فيزيائية ) فإننا نقيس صفة في هذه الظاهرة قابلة للقياس والتقدير تسمى الكمية الفيزيائية، فمثلاً المسافة التي يقطعها الجسم والزمن الذي يقضيه للانتقال بين نقطتين و السرعة التي سار بها، كلها صفات لظاهرة الحركة. أما قولنا: الحركة أو اللون أو الصوت أو الضوء أو الحرارة، فليست كمية فيزيائية، لأنها لا تقاس و لا تتحدد بمقدار.

فالكمية الفيزيائية : هي صفة فيزيائية تصف ظاهرة طبيعية يمكن قياسها أو حسابها.

مثال ذلك: الطول ، الزمن ، الطاقة ، السرعة ، القوة ، درجة الحرارة ، شدة التيار الكهربائي ، شدة الاضاءة ، الكتلة ، التردد، إلخ...  
و يتم قياس الكمية الفيزيائية من خلال مقارنتها بمقدار معين ثابت ( مقياس معياري) متفق عليه ، يسمى هذا المقدار بوحدة قياس .

#### مثال (1-1)

المتر وحدة قياس الطول كمية فيزيائية متعارف عليها دوليًا. فإذا أردنا أن نقيس طول الغرفة نقارنها بوحدة المتر، فنقول مثلاً: إن طول الغرفة عشرة أمتار، و معنى ذلك أن طول الغرفة يعادل عشرة أضعاف طول المتر .

#### مثال (1-2)

الكتلة كمية فيزيائية، و تقاس بوحدات متعارف عليها مثل الجرام، فإذا قلنا إن كتلة القلم مئة جرام، فهذا يعني أن كتلة القلم تعادل مئة مرة مقدار الجرام .



إذن نعرف وحدة القياس بأنها : وحدة قياس معيارية تستخدم لقياس كمية فيزيائية .

### 1-3 أنظمة وحدات القياس العالمية :

لقياس كمية فيزيائية علينا أن نختار نظامًا لوحدات القياس. و هناك ثلاثة أنظمة معتمدة عالميًا هي:

١- النظام الإنجليزي: ويرمز له بالرمز ( F P S ).

اعتمد في هذا النظام الوحدات الأساسية الآتية: القدم ( ft ) لقياس الطول، والبوند ( lb ) لقياس الكتلة، والثانية ( s ) لقياس الزمن.

٢- النظام الجاوسي: ويرمز له بالرمز ( C G S ).

اعتمد في هذا النظام الوحدات الأساسية الآتية: السنتيمتر ( cm ) لقياس الطول، والجرام ( g ) لقياس الكتلة، والثانية ( s ) لقياس الزمن.

٣- النظام (الدولي).

يعد النظام الدولي لوحدة القياس والذي يرمز له بالرمز ( SI ) من أحدث النظم وأكثرها انتشاراً في العالم، ويعتمد على سبع وحدات أساسية كما هو مبين في الجدول (1-1) الآتي:

الرمز	الوحدة الأساسية	الرمز	الكمية الأساسية
m	متر	L	الطول
kg	كيلو جرام	m	الكتلة
s	ثانية	T	الزمن
A	أمبير	I	شدة التيار الكهربائي
K	كلفن	T	درجة الحرارة
cd	قنديل ( شمعة )	I	شدة الإضاءة



كمية المادة	M	مول	mol
-------------	---	-----	-----

#### جدول (1-1) الوحدات الأساسية للنظام العالمي SI

#### 1-4 النظام الدولي للوحدات SI :

بناء على التصنيف الدولي للوحدات SI فإن الكميات الفيزيائية تقسم إلى قسمين:

١- **الكميات الفيزيائية الأساسية:** هي الكميات التي لا يمكن اشتقاقها من كميات أبسط منها وهي معروفة بذاتها . والجدول ( 1-1 ) يبين تلك الكميات الأساسية السبع مع وحداتها الأساسية .

٢- **الكميات الفيزيائية المشتقة:** هي الكميات التي تستنبط من كميات أخرى بواسطة القوانين الفيزيائية .

ومن الأمثلة على ذلك:

أ- السرعة: لكي نحسب السرعة يلزمنا قياس المسافة والزمن ثم نحسب السرعة.

بقسمة المسافة على الزمن على النحو التالي:

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

ب- و لحساب حجم المكعب نقيس الطول و العرض و الارتفاع، ثم نحسب حجمها كما يلي

$$\text{الحجم} = \text{الطول} \times \text{العرض} \times \text{الارتفاع}$$

ج- و لحساب الكثافة نقيس كتلة الجسم ثم حجمه و نحسب الكثافة كما يلي:

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

و بالاعتماد على الوحدات الأساسية يمكن إيجاد الوحدات المشتقة للكميات المشتقة ، و التي تتتركب من الوحدات الأساسية، و ذلك من خلال المعادلة أو القانون التي تعرّف تلك الكمية.

#### مثال (1-3) :

اشتقاق وحدة السرعة في النظام الدولي :

$$\text{بالرجوع إلى المعادلة : السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

و باستخدام الرموز الإنجليزية نكتب كما يلي:



$$v = \frac{s}{t}$$

المسافة ←  
الزمن ←

فإن وحدة قياس السرعة هي وحدة المسافة المتر مقسومة على وحدة الزمن الثانية كما يلي :

$$v = \frac{s (m)}{t (s)}$$

متر  
ثانية

إذن وحدة السرعة في النظام الدولي SI هي  $\frac{m}{s}$  أو نكتبها بالكسر المائل  $m/s$ .

#### مثال (1-4)

استنتج وحدة قياس الحجم في النظام SI مستخدماً المعادلة الآتية :

$$V = L d h$$

حيث إن :  $V$  الحجم ،  $L$  الطول ،  $d$  العرض ،  $h$  الارتفاع .  
الحل :

$$V = L (m) d (m) h (m)$$

$$\text{وحدة الحجم} = m \cdot m \cdot m = m^3$$

الجدول (1-2) يبين بعض الأمثلة على الكميات الفيزيائية المشتقة، و وحدات قياسها في النظام الدولي SI . وهي غالباً ما ترد في هذه الحقيبة:

الكمية الفيزيائية	رمزها	وحدة القياس	رمزها
القوة	F	نيوتن	N
السرعة	v	متر/ثانية	m/s
التسارع	a	متر/ثانية <sup>٢</sup>	m/s <sup>2</sup>
المساحة	A	متر <sup>٢</sup>	m <sup>2</sup>
الحجم	V	متر <sup>٣</sup>	m <sup>3</sup>
الكثافة الحجمية	$\rho$	كيلوجرام /متر <sup>٣</sup>	Kg/m <sup>3</sup>
الطاقة	E	جول	J
الشغل	W	جول	J
القدرة	P	واط	W



$\Omega$	أوم	R	المقاومة الكهربائية
N/m	نيوتن/متر	k	معامل الصلابة
$K^{-1}$ أو $1/K$	$\frac{1}{\text{كلفن}}$	$\alpha$	معامل التمدد الطولي
$J/kg \cdot K$	جول/(كيلوجرام · كلفن)	c	الحرارة النوعية

جدول (1-2) وحدات قياس مشتقة في النظام الدولي SI

بعض الوحدات المشتقة استبدل بها أسماء علماء تكريماً لهم لما بذلوه من إسهامات علمية في الفيزياء. مثال ذلك: وحدة القوة في النظام الدولي SI نيوتن N بدلاً من  $kg \cdot m/s^2$  ، وكذلك الجول J ، و الأوم  $\Omega$  ، و الواط w ، ... إلخ .

و مما يتميز به النظام الدولي SI أن معظم الوحدات لها مضاعفات و أجزاء لقوى العدد عشرة، و ذلك تسهياً للتعبير عن الكميات الفيزيائية الكبيرة و الصغيرة .  
فمثلاً: طول مسمار صغير يساوي 0.001 m أو 1 mm ونقروءه واحد ملي متر ، وكذلك كيلوجرام ( 1 kg ) يعادل  $10^3$  g ألف جرام ، و كذلك ميغا هيرتز 1 MHz يعادل  $10^6$  Hz مليون هرتز . هذه المسميات: كيلو ، سنتي، ملي ،ميكا. تدعى بالبادئات في النظام الدولي للوحدات SI . وهي تكتب قبل الوحدات دون ترك مسافة بينها وبين الوحدات الدولية، و الجدول (1-3) يبين قائمة ببعض البادئات :

الرمز	البادئة	العامل	القيمة
T	tera	تيرا	$10^{12} = 1\,000\,000\,000\,000$ ترليون
G	giga	جيجا	$10^9 = 1\,000\,000\,000$ مليار
M	mega	ميغا	$10^6 = 1\,000\,000$ مليون
k	kilo	كيلو	$10^3 = 1\,000$ ألف
h	hecto	هكتو	$10^2 = 100$ مائة
da	deca	ديكا	10 عشرة
d	deci	ديسي	$10^{-1} = 0.1$ واحد من عشرة
c	centi	سنتي	$10^{-2} = 0.01$ واحد من مائة
m	milli	ملي	$10^{-3} = 0.001$ واحد من ألف
$\mu$	micro	ميكرو	$10^{-6} = 0.000\,001$ واحد من مليون
n	nano	نانو	$10^{-9} = 0.000\,000\,001$ واحد من بليون
p	pico	بيكو	$10^{-12} = 0.000\,000\,000\,001$ واحد من ترليون

الجدول (1-3) بادئات النظام الدولي .



### 1-5 اصطلاحات كتابة رموز وحدات القياس :

حينما نعبر عن طول قلم مقداره 12 سنتيمتر نكتب ذلك بصور معادلة على النحو الآتي :

$$\begin{array}{c} \text{القيمة العددية} \\ \uparrow \\ \text{وحدة القياس} \leftarrow l = 12 \text{ cm} \rightarrow \text{الكمية الفيزيائية} \end{array}$$

١. تكتب وحدات القياس بحروف صغيرة ما عدا الرموز المشتقة من أسماء العلماء تكتب بالحرف الكبير مثل نيوتن Newton تكتب N ، جول Joule تكتب J .
٢. تكتب وحدة القياس بعد القيمة العددية، وذلك بعد ترك مسافة واحدة .
٣. تكتب البادئات قبل الوحدة بدون ترك مسافة .
٤. في حالة ضرب وحدتين تكون علامة الضرب نقطة مثل  $m \cdot N$  و تعني حاصل ضرب المتر في نيوتن تفاديا للالتباس مع  $mN$  و التي تعني ملي نيوتن .
٥. في حالة قسمة وحدتين يفضل استخدام الخط الأفقي أو المائل أو القوى السالبة مثل  $\frac{m}{s^2}$  أو  $m/s^2$  أو  $m \cdot s^{-2}$  .

### 1-6 تحويل وحدات القياس :

في كثير من التطبيقات الحياتية و العلمية يكون من الضروري تحويل وحدة قياس من نظام إلى آخر مثل تحويل وحدة القدم إلى متر، وفي النظام نفسه أيضاً، كتحويل المتر إلى كيلو متر

و يتم ذلك بحاصل ضرب معامل التحويل في الكمية المطلوب تحويلها، وتتضمن هذه العملية أجراء حسابين :

١. العملية الجبرية على الأعداد .
  ٢. العمليات الجبرية على الوحدات ، حيث تعامل الوحدات معاملة الكميات الجبرية .
- معامل التحويل هو النسبة بين وحدتين متكافئتين من النوع نفسه، و نحصل عليها من معادلات التحويل. و يوجد في نهاية الحقيبة الملحق ( أ ) يتضمن بعض معادلات التحويل المهمة .

### مثال (1-5) :

لتحويل 160 in إلى m .

الحل :

بالرجوع إلى الملحق ( أ ) فإن معادلة التحويل بين المتر m و الإنش in هي :

$$1 \text{ m} = 39.3 \text{ in}$$



نحصل على معامل التحويل بقسمة 39.3 in على طرفي المعادلة :  $\frac{1 \text{ m}}{39.3 \text{ cm}} = \frac{39.3 \text{ cm}}{39.3 \text{ cm}}$

$$160 \cancel{\text{in}} \times \frac{1 \text{ m}}{39.3 \cancel{\text{in}}} = 4.07 \text{ m}$$

لاحظ أن وحدة in في المقام تختصر مع الوحدة الأصلية و تبقى وحدة المتر m ، أما عملية جبر الأعداد فتقوم بتعديل مقدار الإنش الأصلي إلى مقدار بالأمتار .

### مثال (1-6)

حول 3 m إلى in .  
الحل :

$$3 \cancel{\text{m}} \times \frac{39.3 \text{ in}}{1 \cancel{\text{m}}} = 117.9 \text{ in}$$

### مثال (1-7) :

إذا كان ارتفاع طائرة في الجو 35000 ft فاحسب ارتفاعها حسب الوحدات الآتية :  
أ - m . ب - km .  
الحل :

أ -

$$35000 \cancel{\text{ft}} \times \frac{1 \text{ m}}{3.281 \cancel{\text{ft}}} = \frac{35000}{3.281} \text{ m} = 10667.48 \text{ m}$$

ب -

$$10667.48 \cancel{\text{m}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \cancel{\text{m}}} = \frac{10667.48}{1000} \text{ km} = 10.67 \text{ km}$$

بالإمكان تحويل القدم إلى الكيلو متر في خطوة واحدة على النحو الآتي :

$$35000 \cancel{\text{ft}} \times \frac{1 \cancel{\text{m}}}{3.281 \cancel{\text{ft}}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \cancel{\text{m}}} = \frac{35000}{3.281 \times 1000} \text{ km} = 10.67 \text{ km}$$

### مثال (1-8):

قم بإجراء التحويلات الآتية :

$$0.2 \text{ kg} \rightarrow \text{g} \quad ١.$$

$$6000 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{m}^2 \quad ٢.$$

$$3 \text{ h} \rightarrow \text{s} \quad ٣.$$

$$30 \text{ cm}^3 \rightarrow \text{li} \quad ٤.$$

الحل :



$$1 - 0.2 \text{ kg} = 0.2 \cancel{\text{kg}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \cancel{\text{kg}}} = 0.2 \times 1000 \text{ g} = 200 \text{ g}$$

$$2 - 6000 \text{ cm}^2 = 6000 \cancel{\text{cm}^2} \times \frac{1 \text{ m}^2}{10^4 \cancel{\text{cm}^2}} = \frac{6000}{10^4} \text{ m}^2 = 0.6 \text{ m}^2$$

$$3 - 3 \text{ h} = 3 \cancel{\text{h}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \cancel{\text{h}}} = 3 \times 3600 \text{ s} = 10800 \text{ s}$$

$$4 - 30 \text{ cm}^3 = 30 \cancel{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ li}}{10^3 \cancel{\text{cm}^3}} = \frac{30}{10^3} \text{ li} = 0.003 \text{ li}$$

**مثال (1-9)**

كثافة الماء  $1 \text{ g} / \text{cm}^3$  احسب كثافته بوحدة  $\text{kg} / \text{m}^3$  .  
الحل :

$$1 \text{ g/cm}^3 = 1 \frac{\cancel{\text{g}}}{\cancel{\text{cm}^3}} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \cancel{\text{g}}} \times \frac{10^6 \cancel{\text{cm}^3}}{1 \text{ m}^3} = \frac{10^6}{10^3} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

لاحظ أن المقام في معامل التحويل الأول هو  $\text{g}$  لكي تختصر مع  $\text{g}$  الأصلية ، وكذلك البسط في معامل التحويل الثاني هو  $\text{cm}^3$  لكي تختصر مع  $\text{cm}^3$  الأصلية .

**مثال (1-10)**

تسير سيارة بسرعة  $80 \text{ mi/h}$  احسب سرعتها بوحدة  $\text{km/h}$  ومرة أخرى بوحدة  $\text{m/s}$  .  
الحل :

$$80 \text{ mi/h} = 80 \frac{\cancel{\text{mi}}}{\cancel{\text{h}}} \times \frac{1.609 \text{ km}}{1 \cancel{\text{mi}}} = 80 \times 1.609 \text{ km/h} = 128.72 \text{ km/h}$$

$$80 \text{ mi/h} = 80 \frac{\cancel{\text{mi}}}{\cancel{\text{h}}} \times \frac{1.609 \cancel{\text{km}}}{1 \cancel{\text{mi}}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \cancel{\text{km}}} \times \frac{1 \cancel{\text{h}}}{3600 \text{ s}} = \frac{80 \times 1.609 \times 1000}{3600} \text{ m/s} = 35.75 \text{ m/s}$$





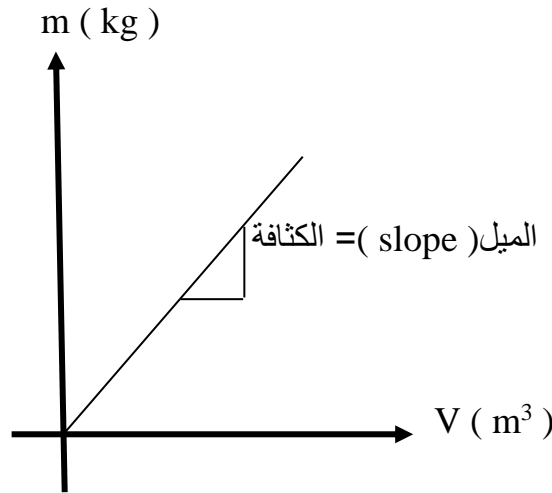
### 1-7 التمثيل البياني لنتائج القياسات :

لإجراء تجربة نقوم بقياس كميات فيزيائية ثم نقوم بتحليل هذه القياسات بيانياً على الرسم البياني ، وذلك لتحقيق هدفين أساسيين :

أولاً: التحقق من صحة العلاقة الرياضية بين كميتين فيزيائيتين .

ثانياً : إيجاد كميات فيزيائية أخرى .

مثال على ذلك الشكل (1-1) يمثل الرسم البياني بين الكتلة ( m ) كمية المادة و حجمها ( v ) وهي علاقة خطية طردية و ميل المستقيم هو مقدار الكثافة ( ρ ) .



شكل (1-1) الرسم البياني لنتائج القياسات على شكل خط مستقيم .

إذن الرسم البياني يبين شكل العلاقة بين متغيرين ، وفي معظم التجارب التي يجريها الطالب في المختبر تكون العلاقة على شكل خط مستقيم والذي صورته الرياضية العامة على النحو الآتي :

$$y = ax + c$$

حيث يمثل x المتغير المستقل بينما يمثل y المتغير التابع للمتغير المستقل .

c : تمثل الجزء المقطوع من المحور y .

a : مقدار ثابت يمثل ميل الخط المستقيم .

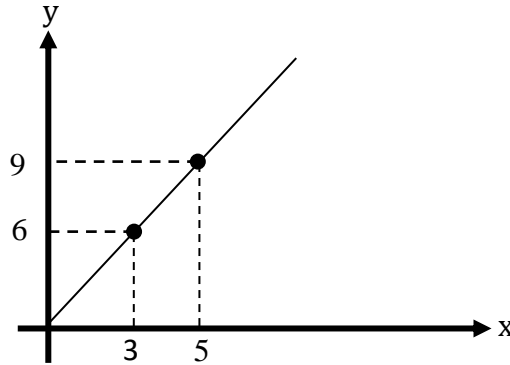
ولحساب ميل المستقيم نختار نقطتين على المستقيم و لتكن إحداثياتهما (x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>) و (x<sub>2</sub>, y<sub>2</sub>) ثم نحسب الميل رياضياً على النحو الآتي :

$$a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

مثال (1-11)



احسب ميل المستقيم كما في الشكل (1-2) .



الشكل (1-2)

الحل :

$$y_2 = 9 , y_1 = 6$$

$$x_2 = 5 , x_1 = 3$$

$$a = \frac{9-6}{5-3} = 1.5$$

و لبيان طريقة الرسم البياني نذكر هذا المثال العملي الآتي :

### مثال (1-12)

في تجربة لتعيين كثافة الماء أخذت القياسات المبينة في الجدول (1-3) حيث  $m$  تمثل كتلة الماء بوحدة  $g/cm^3$  ، و  $V$  تمثل حجم الماء بوحدة  $cm^3$  . مثل هذه العلاقة بيانيًا، و احسب مقدار كثافة الماء .

$V (cm^3)$	$m (g)$
10	10
14	15
20	20
25	23
34	27
40	40
46	37
52	45

كل من كتلة الماء و

جدول (1-3) يمثل قياسات حجمها .



الحل :

حين رسم الشكل البياني يجب مراعاة القواعد الآتية :

**١. تسمية المحورين .**

بعد رسم المحور الأفقي و المحور العمودي نختار اسمًا لكل منهما من الكميتين المقيستين، أو رمزهما مع كتابة وحدات قياسهما . و في تجربة تعيين كثافة الماء نجعل الحجم يمثل المحور الأفقي بينما الكتلة تمثل المحور العمودي .

**٢. طول المحورين**

يُفضل أن تحتل النقاط على ورقة الرسم أكبر مساحة ممكنة، و يكون ذلك بتحديد أكبر عدد من السنتيمترات للمحورين ، مثلاً يخصص 10 cm أو أكثر لكل محور .

**٣. اختيار مقياس الرسم**

يقسم كل محور إلى وحدات متساوية تشمل أدنى قيمة في القياسات و أعلاها باستخدام مقياس رسم مناسب. و لا يشترط أن يكون المقياس واحدًا للمحورين بل كلٌّ بحسب القيم العددية له .

ويتم اختيار المقياس على أساس كل سنتيمتر واحدٍ من طول المحور يكافئ مقدارًا من الكمية المقيسة بحسب العلاقة الآتية :

$$1 \text{ cm} = \frac{\text{أعلى قيمة موجودة في القياس}}{\text{عدد سنتيمترات المحور}}$$

و ناتج القسمة يقرب إلى الرقم الصحيح الذي يليه من الأرقام 5,2,1 أو ضربها بمضاعفات أو أجزاء قوى العشرة وهي ( 10,20,50,100,200,500,.... ) أو (0.1,0.2,0.5,0.01,0.02,0.05,.....)

بالرجوع إلى الجدول (3-1) أعلى قيمة في قياس الحجم 52 cm فإذا خصصنا لطول المحور الأفقي 11 cm فإن مقياس الرسم للمحور الأفقي :

$$1 \text{ cm} = \frac{52 \text{ cm}^3}{11} = 4.7 \text{ cm}^3$$

و بعد تقريب القيمة 4.7 إلى العدد 5 فإن مقياس الرسم المناسب هو  $1 \text{ cm} = 5 \text{ cm}^3$  وكذلك بالنسبة لمقدار الكتلة نجد أن أعلى قيمة فيها 50 g فإذا خصصنا لطول المحور العمودي 20 cm فإن مقياس الرسم للمحور العمودي :

$$1 \text{ cm} = \frac{45 \text{ g}}{20} = 2.25 \text{ g}$$

وبعد تقريب الرقم 2.25 إلى الرقم 5 فإن مقياس الرسم المناسب هو  $1 \text{ cm} = 5 \text{ g}$  .

**٤. تحديد النقاط :**



كل قراءة من الحجم يقابلها قراءة من الكتلة يكونان زوجاً من الإحداثيات في المستوى المكون من الحجم و الكتلة (V - m) . فالقراءتان  $14 \text{ cm}^3$  و التي تقابلها  $15 \text{ g}$  هما إحداثيات نقطة في المستوى V - m و يتم تحديدها بتقاطع القيمة 14 من محور الحجم مع القيمة 15 من محور الكتلة، وهكذا مع بقية النقاط . و نضع كل نقطة داخل دائرة صغيرة على شكل  $\otimes$  أو  $\odot$  .

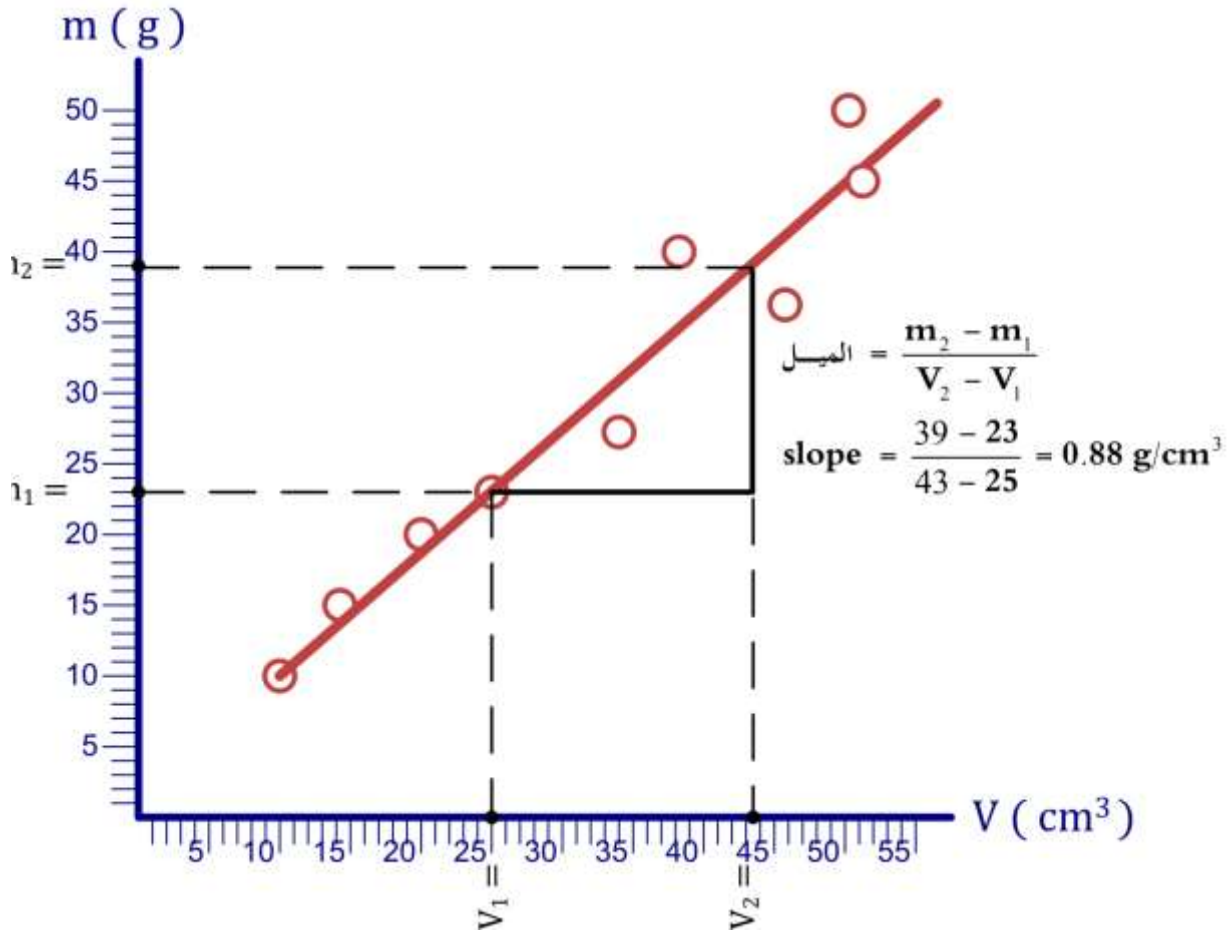
#### ٥. رسم المستقيم :

نرسم خطاً مستقيماً يمر بالنقاط ، و ليس من الضروري أن يمر بجميع النقاط ، و لا حتى بنقطة الأصل (0,0) بل خطاً يتوسط توزيع النقاط ، بحيث يكون عدد النقاط التي لا يمر بها من جهة مساوياً تقريباً لعدد النقاط من الجهة الأخرى .

و الشكل البياني (1-3) يوضح ما سبق ذكره . و لحساب الميل نختار أي نقطتين على المستقيم و لتكن النقطتين (25,23) و (43,39) ثم نحسب كما يلي :

$$\text{الميل} = \frac{m_2 - m_1}{V_2 - V_1}$$

$$\text{slop} = \frac{39 - 23}{43 - 25} = 0.88 \text{ g/cm}^3$$





### شكل (3-1) العلاقة بين الكتلة و الحجم .

#### 1-8 قياس الأبعاد باستخدام الأجهزة الدقيقة :

في كثير من التطبيقات الصناعية والفنية تتطلب مواصفات عالية الدقة تتجاوز دقة المسطرة الحديدية. ولهذا فإن القياسات الدقيقة تستلزم استعمال أجهزة أكثر دقة مثل القدم ذات الورنية والميكرومتر، وسوف نتعرف على طريقة استعمالهما في الموضوعات الآتية.

#### 1-8-1 القدم ذات الورنية .

تستخدم القدم ذات الورنية لقياس الأبعاد الخارجية والداخلية للأجسام، وكذلك أعماق الثقوب. وهي تقيس أبعادًا بدقة تصل إلى 0.1 mm أو 0.05 mm أو 0.02 mm. والشكل (1-4) يبين أنواع القياس باستعمال القدم ذات الورنية :



الشكل (4-1) أنواع القياس باستعمال القدم ذات الورنية .

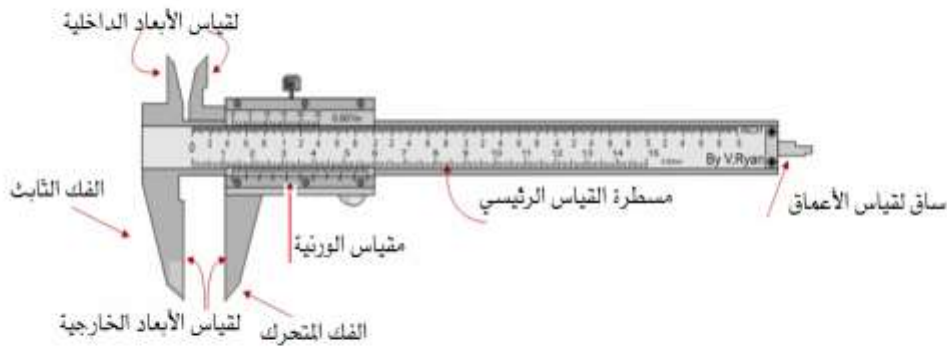
#### مكونات القدم ذات الورنية .

تأمل الشكل (5-1) للتعرف على تركيب الجهاز. تتكون القدم ذات الورنية من جزئين أساسيين :

١. الجزء الثابت : مسطرة غالبًا ما تكون مدرجة بالسنتيمتر، أو المليمتر من جهة وبالبوصة ( inch ) من جهة أخرى، وتعرف بمسطرة القياس الرئيسية، و في نهايتها فك ثابت.



٢. **الجزء المتحرك :** فك متحرك ينزلق على مسطرة القياس الرئيسية، ومتصل بمقياس الورنية التي تمثل دقة القياس، وهي مدرجة بأجزاء المليمتر، فالقدمة التي دقتها 0.1 mm مقسمة إلى عشر وحدات متساوية كل وحدة منها تساوي 0.1 mm .  
و يوجد كذلك ساق مثبت على الفك المتحرك يستخدم لقياس أعماق الثقوب .  
والشكل (5-1) بين أجزاء القدمة ذات الورنية .



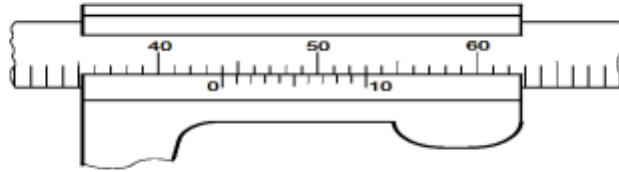
شكل (5-1) أجزاء القدمة ذات الورنية .

### طريقة القياس

١. يجب التأكد قبل القياس من انطباق صفر المسطرة الرئيسية على صفر الورنية، و ذلك حين تلامس الفكين .
٢. يوضع الجسم المراد قياسه بين الفكين الثابت، و المتحرك بطريقة مناسبة، بحيث لا تضغط على الفك المتحرك بقوة .
٣. لاحظ موضع صفر الورنية، فإذا:  
أ- انطبق صفر الورنية على تديج ( خط ) من تداريج المسطرة الرئيسية تمامًا، فإن الطول في هذه الحالة يكون مساويًا لعدد صحيح من المليمترات .

**مثال (1-13)**

بالنظر إلى الشكل (1-6) نجد أن صفر الورنية منطبق على التدرج 44 mm .

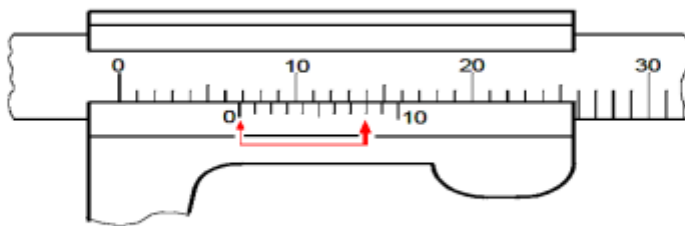


شكل (1-6) قراءة القدمة الورنية 44 mm .

- ب- أما إذا وقع صفر الورنية بين تدريجين على المسطرة، فإن القراءة تكون على النحو الآتي :
١. نقرأ التدرج الذي على يسار صفر الورنية بالمليمترات الصحيحة .
  ٢. نبحث عن تدرج على الورنية ينطبق تمامًا على أحد تدريج المسطرة ونحدد رقمه ، فيكون هو الجزء العشري من المليمترات و الذي يضاف إلى قراءة المليمترات الصحيحة .

**مثال (1-14)**

بالنظر إلى الشكل (1-7) نجد أن صفر الورنية يقع بين التدريجين 6 mm و 7 mm كما يشير إليه السهم الصغير، فتكون القراءة بالمليمترات الصحيحة 6 mm ، و يضاف إليها الجزء العشري من المليمترات و مقداره 0.8 mm كما يشير إليه السهم الكبير . وتكون نتيجة القياس 6.8 mm .



شكل (1-7) قراءة القدمة ذات الورنية 6.8 mm

**1-8-2 الميكرومتر**

يستخدم الميكرومتر لقياس سمك الأبعاد الخارجية للأجسام . مثل: الشرائح الرقيقة ، و أقطار الأسلاك الرفيعة بدقة عالية تبلغ 0.01 mm .

**التركيب :**



يتركب الميكرومتر كما في الشكل (8-1) من جزئين أساسيين :

١. **الجزء الثابت :** ويتكون من ذراع معدني مقوس على شكل U يسمى بالإطار ( هيكل الجهاز ) ويحمل مكونات الجهاز الثابتة و المتحركة ، وفي طرفيه فكان متقابلان الأول ثابت و يسمى بالعمود الساند، و الثاني متحرك و يسمى بعمود القياس ، و يتصل بالإطار اسطوانة القياس الرئيسة، أو تسمى باسطوانة التدرج الطولى فهي مدرجة بالمليمترات الصحيحة أعلى الخط الطولى ( الخط الرئيسي ) و مدرجة كذلك بأنصاف المليمترات أسفل الخط الطولى .

٢. **الجزء المتحرك :** حلقة اسطوانة وتعرف بجلبة القياس وهي متصلة بعمود القياس ( الفك المتحرك ) ، وعلى محيط جلبة القياس تدرج غالبًا ما يكون مقسمًا إلى 50 قسم وبعض الأجهزة 100 قسم . كل قسم منها يعادل 0.01 mm . فإذا تحركت جلبة القياس دورة كاملة حول اسطوانة القياس الرئيسة فإنها تقطع مسافة 0.5 mm على التدرج الرئيسي أو 1 mm للنوع الثاني 100 قسم .



شكل (8-1) الميكرومتر .



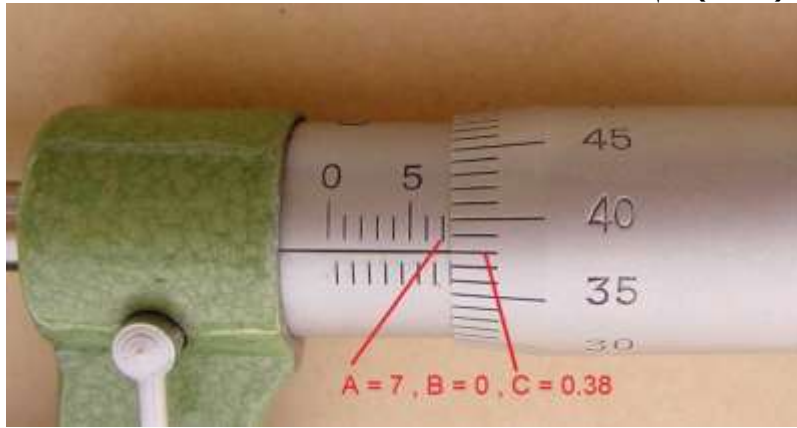


### طريقة استخدام الميكرومتر :

١. قبل إجراء القياس يجب التأكد من تطابق صفر جلبة القياس مع الخط الطولى على اسطوانة القياس الرئيسية، و ذلك حينما يتلامس الفكك تلامسًا مناسبًا باستعمال المسمار الجاس لكي نتجنب الضغط المبالغ فيه لعمود القياس مما قد يؤثر سلبًا على القلاووظ الداخلي للجهاز ومن ثم على دقة الجهاز .
٢. نحرك مقبض التدوير بالقدر المناسب لوضع الجسم المراد قياس أبعاده بين الفكين ثم نستعمل المسمار الجاس للحركة الدقيقة بدون الضغط على الجسم . نغلق حلقة التثبيت و نسحب الميكرومتر بعناية من الجسم ثم نقرأ القياس .
٣. نقرأ آخر تدريج ظاهر على اسطوانة القياس الرئيسي بالمليمترات الصحيحة و لتكن قيمته  $A$  ، وفي حالة وجود التدريج نصف مليمتر  $0.5 \text{ mm}$  بعد قيمة  $A$  نضيف إليه  $B = 0.5 \text{ mm}$  . و إذا لم يوجد فإن قيمة  $B = 0 \text{ mm}$  .
٤. على تدريج جلبة القياس نبحث عن التدريج الذى يقع على استقامة الخط الرئيسي و نحدد رقمه ، وهو يمثل جزءًا من مئة من المليمتر و لتكن قيمته  $C$  .
٥. نتيجة القياس هي حاصل جمع المقادير :  $A + B + C$

### مثال (1-15)

انظر الى الشكل (1-9) ثم حدد قراءة الميكرومتر .



شكل (1-9) قراءة الميكرومتر

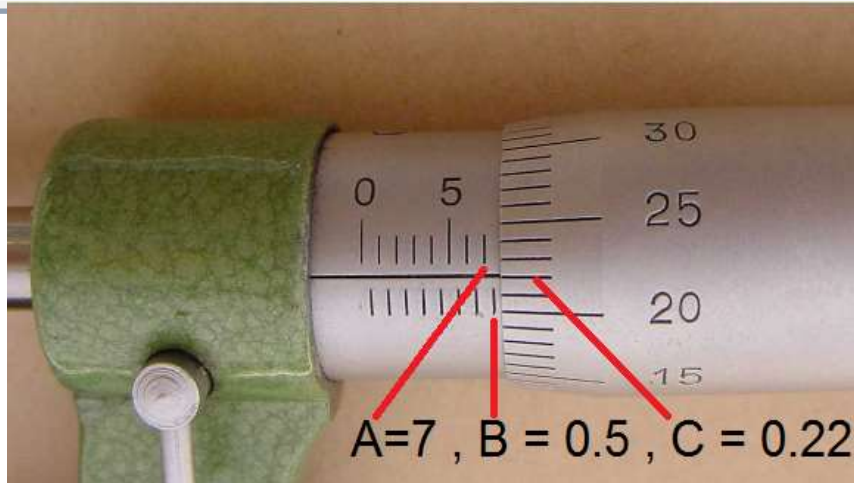
الحل :

$$A = 7 \text{ mm} , B = 0 \text{ mm} , C = 0.38 \text{ mm}$$

$$\text{قراءة الميكرومتر} = 7 + 0 + 0.38 = 7.38 \text{ mm}$$

### مثال (1-16)

انظر الى الشكل (1-10) ثم حدد قراءة الميكرومتر .



شكل (1-10) قراءة الميكرومتر

الحل :

$$A = 7 \text{ mm} , B = 0.5 \text{ mm} , C = 0.22 \text{ mm}$$

$$\text{قراءة الميكرومتر} = 7 + 0.5 + 0.22 = 7.72 \text{ mm}$$



## تجربة رقم (1)

اسم التجربة : القياسات الدقيقة باستخدام القدمة ذات الورنية.

الهدف من التجربة :

١. استخدام القدمة ذات الورنية في القياسات الدقيقة .

٢. حساب حجم اسطوانة باستخدام القدمة الورنية.

الأدوات :

١. جسم على شكل اسطوانة صغيرة .

٢. قدمة ذات الورنية .

خطوات العمل :

١. قس قطر الاسطوانة D بواسطة القدمة ثم احسب نصف القطر r كما يلي  $r = \frac{D}{2}$ 

٢. قم بقياس إرتفاع الاسطوانة L .

٣. كرر الخطوتين أعلاه ثلاث مرات بحيث تكون القراءات من جهات مختلفة .

٤. سجل النتائج التي تحصل عليها في جدول كالآتي :

القياسات	D ( mm)	r ( mm )	L ( mm )
1			
2			
3			

٥. نحسب متوسط القراءات لارتفاع الأسطوانة L كما يلي :

$$L = \frac{L_1 + L_2 + L_3}{3}$$

٦. نحسب متوسط القراءات لنصف قطر الاسطوانة r كما يلي :

$$r = \frac{r_1 + r_2 + r_3}{3}$$

٧. نحسب حجم الأسطوانة بواسطة العلاقة الآتية :

$$V = \pi r^2 L$$

V : حجم الأسطوانة .  $\pi = 3.14$ 

## تجربة رقم (2)

اسم التجربة : القياسات الدقيقة باستخدام الميكرومتر .

الهدف من التجربة :

١. استخدام الميكرومتر في القياسات الدقيقة .

٢. حساب مساحة مقطع سلك رفيع باستخدام الميكرومتر .

الأدوات :

١. سلك رفيع أسطواني الشكل .



٢. ميكرومتر .

**خطوات العمل :**

١. قس قطر السلك  $D$  بواسطة الميكرومتر، ثم احسب نصف القطر  $r$  كما يلي  $r = \frac{D}{2}$
٢. كرر الخطوة السابقة ثلاث مرات بحيث تكون القراءات من جهات مختلفة .
٣. سجل النتائج التي تحصل عليها في جدول كالآتي :

القراءة	$D$ ( mm )	$r$ ( mm )
1		
2		
3		

٤. نحسب متوسط القراءات لنصف قطر السلك  $r$  كما يلي :

$$r = \frac{r_1 + r_2 + r_3}{3}$$

٥. احسب مساحة مقطع السلك  $A$  كما في العلاقة الآتية :

$$A = \pi r^2$$

$A$  مساحة مقطع السلك .

$$\pi = 3.14$$

### الأسئلة

١. ضع دائرة حول رقم الإجابة الصحيحة أو الفضلى في الأسئلة الآتية:
  - ١- الكميات الأساسية في النظام الدولي هي:
    - أ- الكتلة ، الزمن ، الطول .
    - ب- الكتلة، الزمن ، الطول ، درجة الحرارة.
    - ج- الكتلة، الزمن، الطول، درجة الحرارة، شدة التيار الكهربائي ، شدة الإضاءة، كمية المادة.
    - د- جميع ما ذكر.
  - ٢- الوحدة المناسبة للتعبير عن طول قلم هي:
    - أ- m
    - ب-  $cm^2$
    - ج- ft
    - د- cm
  - ٣- إحدى الفقرات الآتية لا تعد من الكميات الفيزيائية :
    - أ- سرعة الرياح .
    - ب- قوة الجاذبية .
    - ج- الزلزال .
    - د- شدة الضوء .



٢. هل المساحة كمية أساسية أم مشتقة ولماذا؟ ثم اشتق وحدة المساحة إذا علمت أن قانون المساحة هو المساحة = الطول × العرض.

٣. ما هي وحدات الكميات الآتية وفقاً للنظام العالمي للوحدات SI .  
السرعة – القوة – الطاقة – الشغل – الضغط – الكثافة – الحجم – المساحة.

٤. قطعة حديد حجمها  $100 \text{ cm}^3$  . ما كتلتها بوحدة kg ؟ إذا كانت كثافة الحديد  $7.9 \text{ g/cm}^3$  .

٥. مكعب طول ضلعه 5 cm احسب ما يلي:

١- مساحة أحد جوانبه بوحدة  $\text{m}^2$  .

٢- حجمه بوحدة  $\text{m}^3$  .

٦. قم بإجراء التحويلات الآتية:

أ-  $450 \text{ g} \rightarrow \text{kg}$

ب-  $55 \text{ m/s} \rightarrow \text{km/h}$

ج-  $15 \text{ m} \rightarrow \text{cm}$

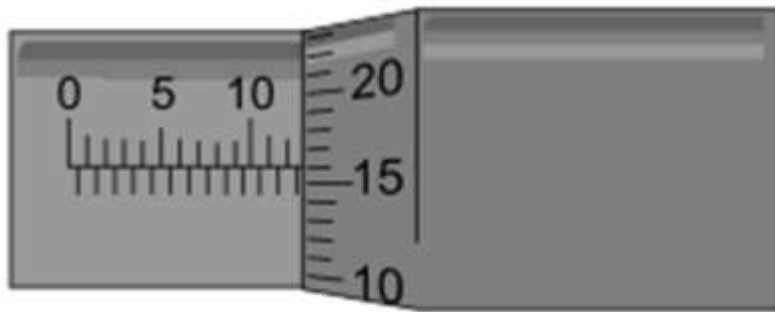
د-  $1.6 \times 10^{10} \text{ mm}^3 \rightarrow \text{m}^3$

هـ-  $2 \text{ ton} \rightarrow \text{kg}$

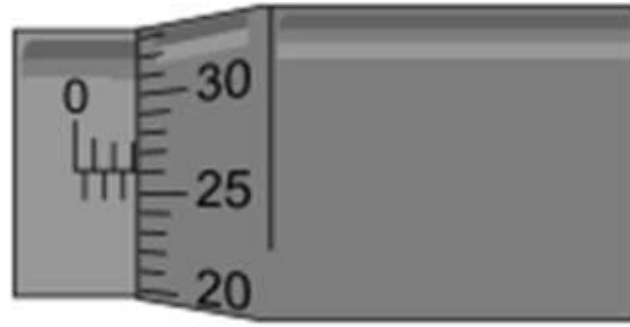
و-  $30 \text{ min} \rightarrow \text{h}$

٧. أوجد قراءة الميكرومتر فيما يلي :

١. -

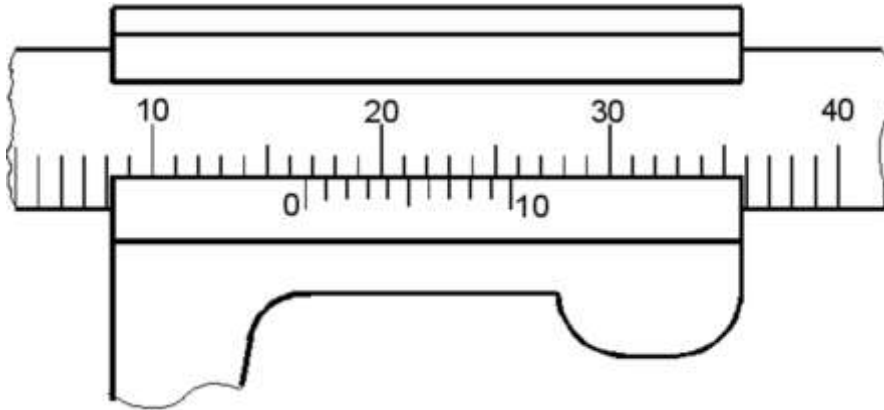


٢. -

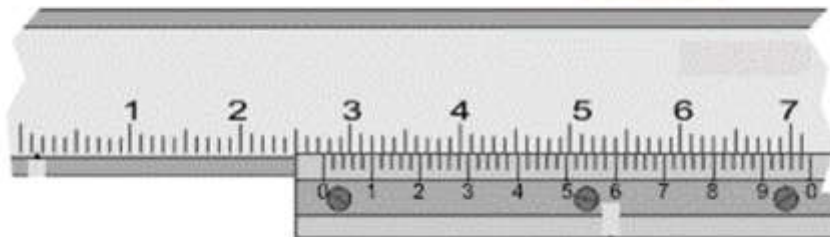


٨. أوجد قراءة القدمة الورنية فيما يلي :

١ -



٢ -



٩. يمثل الجدول الآتية قياسات كل من الإزاحة  $S$  التي يقطعها الجسم على خط مستقيم



بوحدۃ المتر و الزمن اللازم لذلك  $t$  بوحدۃ الثانية :

$t (s)$	5	9	13	20	26	33	40	45
$S (m)$	8	14.4	20.8	32	41.6	52.8	64	72

أجب عن الأسئلة الآتية :

١. ارسم العلاقة البيانية بين الإزاحة على المحور الصادي و الزمن على المحور السيني .
٢. ميل الخط المستقيم بوحدۃ  $m/s$  و هو يمثل سرعة الجسم .

## الوحدۃ الثانية

### الخواص الميكانيكية للمادة



## الخواص الميكانيكية للمادة

الهدف العام :

التعرف على الخواص الميكانيكية للمادة .

الأهداف الخاصة :

في نهاية دراسة هذه الوحدة ستكون – بإذن الله- قادرًا على أن :

١. تعرف كلاً من : الكتلة ، الكثافة ، الكثافة النوعية ، الوزن ، المرونة ، قانون هوك .

٢. تحدد نوع العلاقة بين كل من :

أ- الكتلة و الكثافة .

ب- وزن الجسم و كتلته .

ت- قوة الشد في الزنبرك و الاستطالة

٣. تذكر العلاقات الرياضية لكل من :

أ- الكتلة و الكثافة .

ب- وزن الجسم و كتلته .

ت- قانون هوك .

٤. تفرق بين الوزن و الكتلة .

٥. ترسم العلاقة البيانية بين قوة الشد في الزنبرك و الاستطالة .

٦. تطبق المهارات السابقة في حل التمارين و التطبيقات المتعلقة فيها .

### العملي:

تحسب عملياً ( في المعمل ) كلا من :

٧. كثافة مواد مختلفة من خلال قياس كتلتها و حجمها .

٨. كثافة الماء باستخدام ميل الخط.

٩. معامل الصلابة لمادة صلبة و ذلك باستخدام ميل الخط البياني بين كتلة الجسم و مقدار الاستطالة .

## الخواص الميكانيكية للمادة

### 2-1 الكتلة:

لنفرض أن لديك مكعبين من الخشب أحدهما حجمه  $1 \text{ cm}^3$  و الآخر  $8 \text{ cm}^3$  ،

فأي المكعبين أثقل من الآخر؟ . من الواضح أن المكعب الكبير أثقل من الصغير لأن كمية المادة فيه أكثر من المكعب الصغير . و بشكل عام يمكننا القول بأنه : كلما كبر حجم الجسم فإن كمية المادة فيه تزداد ، ولقد اتفق على تسمية كمية المادة في الجسم بالكتلة ، ونعرفها كما يلي :





### الكتلة : هي مقدار ما يحتويه الجسم من مادة

ولقد اتفق العلماء على وحدة لقياس الكتلة في النظام الدولي SI وهي الكيلو جرام kg وهي : كمية المادة الموجودة في أسطوانة مصنوعة من البلاتين محفوظة في فرنسا ، والكتل التي تراها في المختبرات و المحلات التجارية هي نسخ عن الكيلو جرام المعياري ، ولكنها مصنوعة من مواد أرخص من الكيلوجرام المعياري .

### 2-2 الكثافة:

إذا كان لدينا مكعبات مصنوعة من المواد الآتية : ذهب و حديد و خشب ، و حجم كل منها  $1\text{cm}^3$  فهل كتل هذه المواد متساوية ؟ .  
ليس من الصعب عليك أن تلاحظ أن مكعب الذهب أثقل من مكعب الحديد في حين أن مكعب الحديد أثقل من مكعب الخشب ، ومن هذا المثال يتبين لك أنه حين مقارنة كتل مواد مختلفة يجب أن نقارن كتل وحدة حجم متساوية من هذه المواد لكي تكون المقارنة صحيحة. ولقد أطلق على هذا المفهوم اسم الكثافة ونعرفها كما يلي :

### الكثافة : هي كتلة وحدة الحجم من المادة .

ويمكن حساب كثافة المادة من خلال العلاقة الرياضية الآتية :

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

ونكتب هذه المعادلة اختصاراً على النحو الآتي :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-1)$$

حيث m : كتلة الجسم بوحدة kg .

V : حجم الجسم بوحدة  $\text{m}^3$  .

$\rho$  : كثافة الجسم بوحدة  $\text{kg} / \text{m}^3$  .

**العوامل التي تؤثر على مقدار الكثافة :**

١. **التغير في درجة الحرارة** . فحينما تتمدد الأجسام بفعل الحرارة فإن حجمها يزداد و هكذا تقل الكثافة، و يستثنى من ذلك الماء، فحينما ترتفع درجة حرارته في المدى من  $0^\circ\text{C}$  إلى  $4^\circ\text{C}$  يقل حجمه و هكذا تزداد كثافته .

٢. **التغير في الضغط** ، و ذلك بالنسبة للغازات على وجه الخصوص، فنجد أن الكثافة تزداد بزيادة الضغط . لذلك تسجل الكثافة عادة عند درجة الحرارة و الضغط القياسيين .

والجدول (2-1) الآتي يبين كثافة بعض المواد بوحدة  $\text{kg} / \text{m}^3$  .



المادة	الكثافة kg/m <sup>3</sup>	المادة	الكثافة kg/m <sup>3</sup>
هواء ( 25 °C )	1.2	ماء البحر	1025
هواء ( 0 °C )	1.29	دم الإنسان ( 37 °C )	1060
أكسجين	1.43	الجلسرين	1260
ثاني أكسيد الكربون	1.98	الألمنيوم	2700
الخشب	500 - 1000	حديد	7860
الغول ( الكحول ) الإيثيلي	790	النحاس	8890
زيت الزيتون	920	فضة	10500
ثلج	920	الرصاص	11300
ماء ( 20 °C )	998	الزئبق	13600
ماء ( 4 °C )	1000	الذهب	19300

جدول ( 2-1 ) كثافة بعض المواد الشائعة بوحدة kg / m<sup>3</sup> .

مثال ( 2-1 ):

ما المقصود بالعبارة الآتية؟ : كثافة الحديد  $\rho = 7860 \text{ kg/m}^3$   
الحل :

أي أن مقدار كتلة 1m<sup>3</sup> من الحديد يساوي 7860 kg

مثال ( 2-2 ):

قطعة من الألمونيوم حجمها 0.5 m<sup>3</sup> ، إذا كانت كتلتها هي 1350 kg ، فاحسب كثافتها!  
الحل :

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

$$\rho = \frac{1350}{0.5} = 2700 \text{ kg / m}^3$$

مثال ( 2-3 ) :

كأس سعته 330 mli مملوء تمامًا بالماء إذا علمت أن كثافة الماء 1 g / cm<sup>3</sup> فاحسب مقدار كتلته!  
الحل :

$$V = 330 \text{ mli} = 330 \text{ mli} \times \frac{1 \text{ cm}^3}{1 \text{ mli}} = 330 \text{ cm}^3$$

$$\rho = 1 \text{ g/cm}^3$$

$$m = \rho V$$

$$m = 1 \times 330 = 330 \text{ g}$$



### 2-3 الكثافة النسبية ( الوزن النوعي )

الكثافة النسبية خاصية للمادة مرتبطة بالكثافة ارتباطاً وثيقاً وهي: نسبة بين كثافة المادة و كثافة الماء عند درجة الحرارة  $4^{\circ}\text{C}$  ، و هي درجة الحرارة التي تكون حينها كثافة الماء  $1000 \text{ kg / cm}^3$  . ونعبر عن الكثافة النسبية رياضياً على النحو الآتي :

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}} \quad (2-2)$$

الكثافة

$\rho_r$  :

النسبية و ليست لها وحدة لأنها نسبة بين شيئين متماثلين .

$\rho$  : كثافة المادة و تقاس بوحدة  $\text{kg / cm}^3$  في النظام الدولي .

$\rho_{H_2O}$  : كثافة الماء عند درجة الحرارة  $4^{\circ}\text{C}$  و تساوي  $1000 \text{ kg / cm}^3$  .

#### مثال (2-4)

إذا كانت الكثافة النسبية للخشب 0.6 فاحسب كثافتها، ثم احسب كتلة منه حجمها 200  $\text{cm}^3$  .

الحل :

$$\rho_{H_2O} = 1000 \text{ kg/m}^3 , \rho_r = 0.6$$

نحسب أولاً كثافة الخشب  $\rho = ?$

$$\rho = \rho_r \rho_{H_2O}$$

$$\rho = 0.6 \times 1000 = 600 \text{ kg/m}^3$$

ثانياً نحسب الكتلة  $m = ?$

$$V = 200 \text{ cm}^3 = 200 \cancel{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \cancel{\text{cm}^3}} = 0.0002 \text{ m}^3$$

$$m = \rho V$$

$$m = 600 \times 0.0002 = 0.12 \text{ kg} = 120 \text{ g}$$



### مثال (2-5)

احسب الكثافة والكثافة النسبية للألمنيوم إذا علمت أن كتلة حجم منها  $0.5 \text{ m}^3$  تساوي  $1350 \text{ kg}$ .

الحل :

$$V = 0.5 \text{ m}^3 , m = 1350 \text{ kg}$$

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

$$\rho = \frac{1350}{0.5} = 2700 \text{ kg / m}^3$$

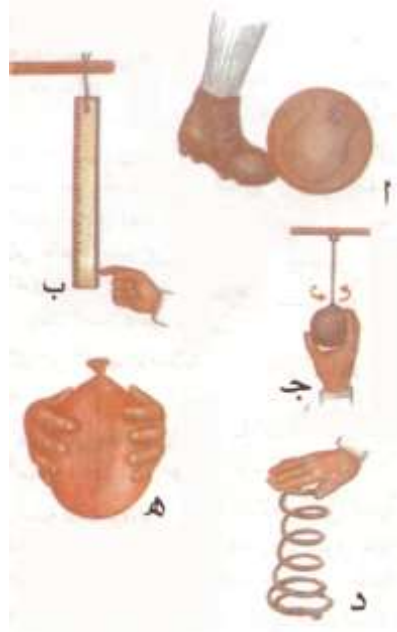
$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}}$$

$$\rho_r = \frac{2700}{1000} = 2.7$$



#### 2-4 مفهوم القوة:

إن إحساسنا بالقوة ينتج من خلال ملاحظتنا للأثر الذي تحدثه القوة حينما تؤثر على الأجسام المختلفة . انظر إلى الشكل (2-1) وحاول أن تتعرف على كيفية تأثر الأجسام بالقوى التي تؤثر عليها.



الشكل (2-1) أثر القوى على الأجسام

إن القوة تحدث في الجسم واحدًا أو أكثر من التأثيرات الآتية:

- ١- قد تسبب في حركة الجسم فتنتقله من موضعه أو تحدث فيه دوراناً .
  - ٢- قد تغير من شكل الجسم.
  - ٣- قد تغير من حجم الجسم أو من أحد أبعاده.
- وبناء على ما سبق يمكن تعريف القوة على النحو الآتي :

**القوة :** هي ذلك المؤثر الذي إذا أثر على جسم ما، فإنه يسبب تغيراً في شكل الجسم أو موضعه أو في اتجاهه أو كمية حركته .

هناك أنواع مختلفة من القوى مثل الشد و الضغط و الدفع و السحب و الاحتكاك، إلخ... وقد اتسع مفهوم القوة في علم الفيزياء ليشمل أنواعاً مختلفة كالقوى الكهربائية و المغناطيسية وقوى الجاذبية و القوى النووية . و تقاس القوة بوحدة النيوتن (N) في النظام الدولي للوحدات .



## 2-5 الوزن

إذا أمسكت حجراً أو أي جسم آخر، وتركته يفلت من يدك دون أن تدفعه تلحظ أنه يسقط نحو الأرض باتجاه عمودي و تزداد سرعته تدريجياً مع مرور الزمن، وهذا ما يقودنا إلى الاستنتاج الآتي: أن هناك قوة تحدث هذه الحركة أو هذا السقوط ، وهذه القوة هي قوة الجاذبية الأرضية، و لها مسميات أخرى منها: الثقل – الوزن. ويعرّف وزن الجسم على النحو الآتي :

**الوزن : هو مقدار قوة جذب الأرض للجسم.**

ويحسب عن طريق المعادلة الآتية:

$$W = m g \quad (2-3)$$

حيث  $W$  : وزن الجسم وتقاس بوحدة نيوتن  $N$  .  
 $g$  : تسارع الجاذبية الأرضية و تساوي  $9.8 \text{ m/s}^2$  .  
 $m$  : كتلة الجسم بوحدة  $\text{kg}$  .

## تغير وزن الأجسام

يختلف وزن جسم ما على سطح الأرض اختلافاً طفيفاً جداً ولذا فإننا سنهمله. وكلما بعد الجسم عن مركز الأرض ( أي كلما زاد ارتفاعه عن سطح الأرض إلى الأعلى في الجو ) يقل وزنه ،في حين تبقى كمية الكتلة ثابتة لا تتغير .

## مثال (2-6):

احسب وزن جسم كتلته  $50 \text{ kg}$  .  
 الحل:

$$m = 50 \text{ kg}$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$W = m g$$

$$W = 50 \times 9.8 = 490 \text{ N}$$

## مثال (2-7) :



قطعة حديد حجمها  $1298 \text{ cm}^3$  و وزن  $100 \text{ N}$  أحسب مقدار كثافتها .  
الحل :

$$W = 100 \text{ N}$$

$$V = 1298 \text{ cm}^3 = 1298 \cancel{\text{ cm}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \cancel{\text{ cm}^3}} = 1.298 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

نحسب الكتلة أولاً :

$$m = \frac{W}{g}$$

$$m = \frac{100}{9.8} = 10.2 \text{ kg}$$

ثانياً نحسب الكثافة :

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

$$\rho = \frac{10.2}{1.298 \times 10^{-3}} = 7858.2 \text{ kg / m}^3$$

## 2-6 المرونة .

ستكون دراستنا في هذا الموضوع سلوك المادة حينما يطرأ عليها تغير في شكلها وحجمها بسبب القوى المؤثرة عليها .

تتميز كثير من الأجسام كالنابض ( الزنبرك ) ، كما في الشكل (2-2)، أو القضيب المعدني بخاصية تسمى المرونة .



2-2)

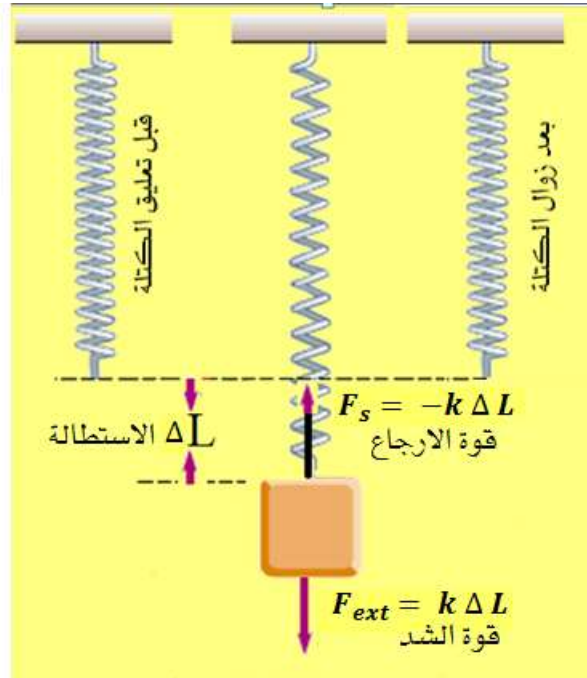
( الشكل  
نوابض

ويمكن التعرف على المرونة من خلال الإجابة على السؤالين الآتيين:



- س١: ماذا يحدث لل نابض ( الزنبرك ) كما في الشكل (2-3) حينما تؤثر عليه بقوة شد ؟  
 ج١: يستطيل أي يزيد طوله.  
 س٢: ماذا يحدث لل نابض حين زوال هذه القوة؟  
 ج٢: سيعود إلى حالته الأصلية، بفعل قوة الإرجاع التي نشأت في النابض أثناء الشد.  
 هذه الظاهرة تعرف باسم المرونة ونعرفها كما يلي :

المرونة : هي ميل المادة للعودة إلى حالتها الأصلية بعد زوال القوى المؤثرة عليها .



الشكل (2-3) استطالة الزنبرك بفعل قوة الشد .

ولقد لوحظ أن الأجسام الجامدة تتفاوت في مرونتها إلى ثلاثة أقسام هي:

- ١- مادة تامة المرونة : وهي التي تميل للعودة إلى حالتها الأصلية بعد زوال القوة المؤثرة عليها مثل الزنبرك .
- ٢- مادة مرنة: وهي التي تميل للعودة إلى حالة قريبة من حالتها الأصلية بعد زوال القوة المؤثرة عليها، وتحتفظ بشيء قليل من التشوه الحاصل فيها ، مثل المطاط – الإسفنج.
- ٣- مادة غير مرنة: وهي التي لا تبدي أي ميل للعودة إلى حالتها الأصلية، وتحتفظ بكل التشوه الحاصل فيها ، مثل الصلصال .

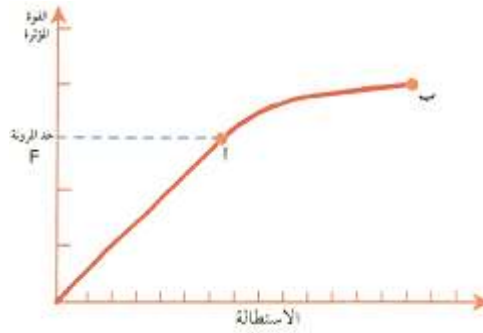




## 2-7 العلاقة بين التشوه الحاصل والقوة المؤثرة:

تعلمنا في الجزء السابق أن للمادة مرونة تخضع للقوى التي تشوهها خضوعاً مؤقتاً يزول بزوال هذه القوى المؤثرة دون حد أعلى من القوى يعرف بحد المرونة. والسؤال الآن: كيف يتأثر التشوه الحاصل في الجسم الجامد بالقوة المؤثرة عليه.

لنفرض مثلاً أن الزنبرك المبين في الشكل السابق (2-3) طوله الأصلي  $L_1$  وأنه قد استطال بمقدار  $\Delta L$  تحت تأثير قوة الشد  $F$ . بدراسة هذا السلوك وجد هوك أن الاستطالة تتضاعف مرتين إذا تضاعفت القوة المسلطة مرتين، وأيضاً تتضاعف ثلاث مرات إذا تضاعفت قوة الشد ثلاث مرات، ويوضح الشكل (2-4) العلاقة البيانية بين القوة المؤثرة  $F$  والاستطالة  $\Delta L$ .



وكما تلاحظ فإن هناك جزئين متميزين هما:

١. الجزء من المنحنى ( م أ ) يمثل خطاً مستقيماً أي أن هناك تناسباً طردياً بين القوة والاستطالة الحاصلة وتمثل النقطة ( أ ) حد المرونة للمادة وتعريفها هو :

**حد المرونة : هي أكبر قوة يمكن أن تؤثر بها على المادة دون أن تفقد مرونتها**

٢. الجزء من المنحنى ( أ ب ) لا يمثل خطاً مستقيماً أي أن المادة فقدت مرونتها ، وفي هذه الحالة لم يعد هناك تناسب طردي بين القوة المؤثرة والاستطالة ، وتمثل النقطة ( ب ) النقطة التي تنكسر حينها المادة المعدنية. وقد وضع هوك اكتشافاته هذه في صورة قاعدة تعرف الآن بقانون هوك:

**تحت حد المرونة فإن الاستطالة تتناسب طردياً مع قوة الشد المؤثرة . عليها .**



و الصيغة الرياضية لقانون هوك :

$$F = - K \Delta L \quad (2-4)$$

حيث  $F$  : قوة الارجاع في الزنبرك و تقاس بوحدة النيوتن  $N$  . الإشارة السالبة تعني أن قوة الإرجاع عكس اتجاه الاستطالة .

$k$  : ثابت الزنبرك ( ثابت النابض ) و وحدته نيوتن لكل متر  $N/m$  .

$\Delta L$  : الاستطالة الحاصلة بوحدة المتر  $m$  .

و من المفيد أحياناً التعبير عن قانون هوك بدلالة  $F_{ext}$  ، أي قوة الشد ( القوة الخارجية ) اللازمة لاستطالة النابض و ذلك في مدى حد المرونة كما يلي :

$$F_{ext} = K \Delta L \quad (2-5)$$

**مثال (2-8):**

أثر على زنبرك بقوة مقدارها  $9.8 N$  ، فكم يستطيل هذا الزنبرك إذا علمت أن ثابت الزنبرك له  $980 N/m$  .

**الحل:**

$$F = 9.8 N \quad , \quad k = 980 N/m$$

$$\Delta L = \frac{F}{k}$$

$$\Delta L = \frac{9.8}{980} = 0.01 m$$

**مثال (2-9):**

علقت كتلة مقدارها  $400 g$  بزنبرك فاستطال بمقدار  $0.3 cm$  ، أوجد ثابت الزنبرك .

**الحل :**

حين تعليق كتلة في طرف النابض فإن قوة الشد هي وزن الكتلة و مقدارها  $m g$  .



$$m = 400 \text{ g} = \frac{400}{1000} = 0.4 \text{ kg}$$

$$F = m g$$

$$F = 0.4 \times 9.8 = 3.92 \text{ N}$$

$$\Delta L = 0.3 \text{ cm} = \frac{0.3}{100} = 0.003$$

$$\therefore k = \frac{F}{\Delta L}$$

$$\therefore k = \frac{3.92}{0.003} = 1306.66 \text{ N / m}$$

تجربة رقم (3) :

اسم التجربة : كثافة الماء

الهدف من التجربة :

١. دراسة العلاقة بين حجم المادة و كتلتها .

٢. حساب كثافة الماء .

أدوات التجربة :

١. كأس زجاجي مدرج سعته 100 mli .

٢. سحاحة مدرجة سعة 50 mli أو ماصة سعتها 10 mli .

٣. ميزان حساس رقمي .

٤. ماء .

خطوات العمل :



١. زن كتلة الكأس الزجاجي سعة 100 ml وهو فارغ و نظيف و جاف و لتكن كتلته  $m_1$  .
٢. ضع باستخدام الماصة أو السحاحة 10 ml من الماء إلى الكأس الزجاجي ثم زن كتلة الكأس و به الماء و لتكن  $m_2$  .
٣. احسب كتلة الماء و لتكن  $m$  على النحو الآتي :  

$$m = m_2 - m_1$$
٤. كرر الخطوتين السابقتين خمس مرات و في كل مرة نضيف 10 ml إلى الكأس الزجاجي . و دون النتائج التي حصلت عليها في جدول كما يلي :

$m_1 =$ كتلة الكأس فارغا g			
القراءة	V ( ml )	$m_2$ ( g ) كتلة الكأس و به ماء	m ( g ) كتلة الماء
1	10		
2	20		
3	30		
4	40		
5	50		
6	60		

٥. ارسم العلاقة البيانية بين حجم الماء على المحور السيني و بين كتلته على المحور الصادي .

٦. احسب ميل الخط المستقيم، و ذلك بتحديد أي نقطتين على الخط المستقيم وتعيين إحداثياتهما الصادية و السينية . كما في الشكل (2-5) .

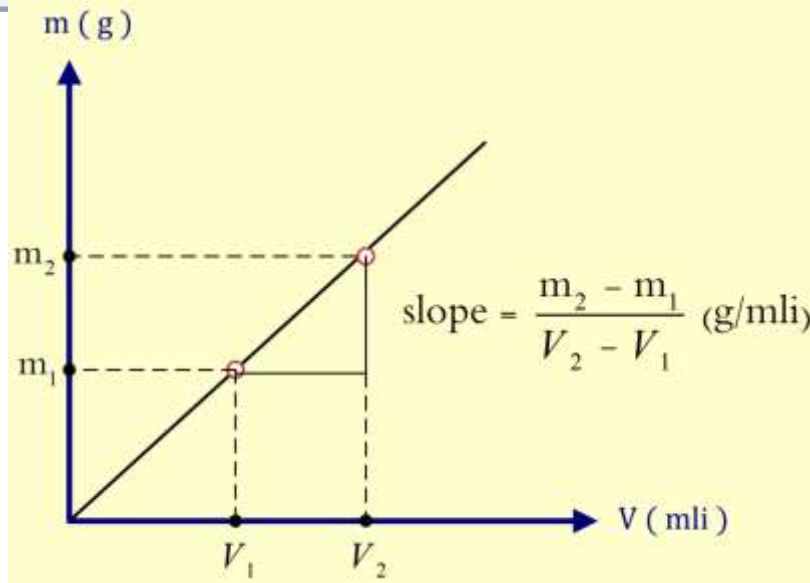
$$\Delta m = m_2 - m_1$$

$$\Delta V = V_2 - V_1$$

$$\text{slope (الميل)} = \frac{\Delta m}{\Delta V} \text{ (g/ml)}$$

مقدار الميل بوحدة g/ml هو نفسه بوحدة  $\text{g/cm}^3$  لأن  $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$

٧. الميل هو الكثافة :  $\text{slope} = \rho$



شكل (2-5) العلاقة بين حجم الماء و كتلتها .



## تجربة رقم (4)

اسم التجربة : كثافة مادة صلبة .

الهدف من التجربة : حساب كثافة مادة صلبة .

أدوات التجربة :

١. جسم صلب منتظم أبعاده ، جسم غير منظم .

٢. قدمة ذات ورنية .

٣. ميزان حساس رقمي .

٤. مخبر مدرج .

خطوات العمل :

أولاً: حينما يكون الجسم منتظماً :

١. عين كتلة الجسم  $m$  باستخدام الميزان الحساس .

٢. استخدم القدمة ذات الورنية لقياس أبعاد الجسم ثم احسب حجمه .

٣. احسب كثافة الجسم كما يلي :

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

ثانياً: حينما يكون الجسم غير منتظم :

١. عين كتلة الجسم  $m$  باستخدام الميزان الحساس .

٢. لحساب حجم الجسم غير المنتظم ضع كمية من الماء في مخبر مدرج و عين حجمها

 $V_1$  ثم اغمر الجسم الصلب فيها بواسطة خيط رفيع و عين حجم الماء و بداخله الجسم  $V_2$  .٣. احسب حجم الجسم الصلب  $V$  كما يلي :

$$V = V_2 - V_1$$

٤. احسب كثافة الجسم كما يلي :

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

## تجربة رقم (5) :

اسم التجربة : قانون هوك .

الهدف من التجربة :

١. دراسة العلاقة بين قوة الشد المسلطة على زنبرك و الاستطالة(تحقيق قانون هوك).

٢. حساب ثابت الزنبرك .

نظرية التجربة :

حين تعليق كتلة  $m$  في نهاية النابض كما في شكل (3-2) السابق فإنها تسبب استطالةللنابض بمقدار  $\Delta L$  . و عند الاتزان تكون الكتلة خاضعة لقوتين متساويتين في المقدار و

متعاكستين في الاتجاه هما :



١. قوة جذب الأرض لها ( وزن الجسم )  $W$  :

$$W = m g \quad (1)$$

٢. قوة الإرجاع في النابض  $F_s$  :

$$F_s = k \Delta L \quad (2)$$

وبمساواة المعادلتين (1) و (2) فإن :

$$m g = k \Delta L$$

و منها نحسب  $k$  كما يلي :

$$m = \frac{k}{g} \Delta L$$

وهي معادلة خط مستقيم ميلها (slope) هو  $\frac{k}{g}$  أي أن :  $slope = \frac{k}{g}$

$$\Rightarrow k = g \times slope$$

و عمليا يمكن تمثيل العلاقة البيانية بين الكتلة  $m$  بوحدة الكيلوجرام kg و مقدار الاستطالة  $\Delta L$  بوحدة المتر  $m$  . علماً أن  $g$  هي تسارع الجاذبية الأرضية و قيمتها :

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

**أدوات التجربة :**

١. نابض حلزوني.

٢. أثقال من فئة 50 g و 100 g .

٣. مسطرة مترية .

٤. حامل لتثبيت النابض

**خطوات العمل :**

١. علق النابض على الحامل .

٢. قس الطول الأصلي للنابض باستخدام المسطرة المترية و ليكن  $L_1$  .

٣. علق كتلة مقدارها 50 g ثم قس طول النابض بعد الاستطالة و لتكن  $L_2$  ، ثم احسب

$$\Delta L = L_2 - L_1 \quad \text{كما يلي :}$$

٤. كرر الخطوة (٣) باستخدام كتل مختلفة مثلاً :

400 g , 350 g , 300 g , 250 g , 200 g , 150 g , 100 g

٥. دون القياسات في جدول كما يلي :

القراءة	$m \text{ ( kg )}$	$\Delta L \text{ ( m )}$
1	50	
2	100	

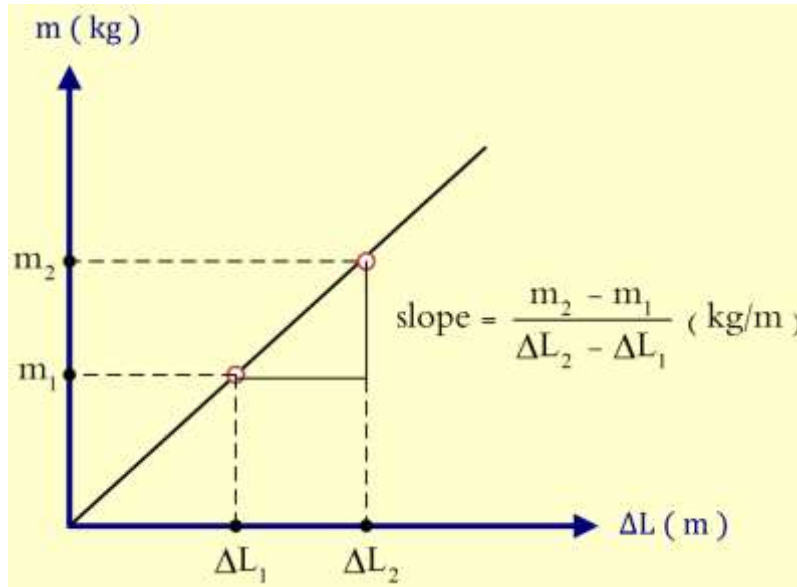


3	150	
4	200	
5	250	
6	300	
7	350	
8	400	

٦. ارسم العلاقة البيانية بين الكتلة  $m$  على المحور الصادي و الاستطالة  $\Delta L$  على المحور السيني .

٧. احسب الميل ( slope ) و ذلك بتعيين أي نقطتين على المستقيم و تحديد أحداثياتهما كما في الشكل (2-5) .

٨. احسب ثابت النابض  $k$  من العلاقة :  $k = g \times \text{slope}$



شكل (2-5) العلاقة بين الكتلة و الاستطالة .





### الأسئلة:

١. ضع دائرة حول الإجابة الصحيحة للأسئلة ( ١-٣ ) فيما يلي :  
 أ- الكثافة . ب- الحجم . ج- الكتلة .  
 ٢. الكمية الفيزيائية التي تتغير بتغير المكان هي :  
 أ- الكتلة . ب- الوزن . ج- الكثافة .  
 ٣. المرنة هي :  
 أ- تغير المادة في الشكل و الحجم . ب- تمدد المادة أو تقلصها .  
 ج- ميل المادة للعودة إلى حالتها الأصلية .  
 ٤. ضع إشارة (  $\sqrt{\quad}$  ) أمام العبارة الصحيحة و إشارة (  $\times$  ) أمام العبارة الخاطئة فيما يلي :  
 ١- يبحث قانون هوك العلاقة بين الوزن و الكتلة .  
 ٢- الوزن = الكتلة  $\times$  الكثافة .  
 ٣- القوة هي التي إذا أثرت على جسم ما فإنها تسبب تغيراً في حركته فقط .  
 ٤- تتناسب القوة المؤثرة على مادة معدنية مع الاستطالة الحاصلة لها تناسباً طردياً دائماً .  
 ٥. قطعة من الخشب كتلتها 210 g إذا كانت كثافتها  $0.6 \text{ g/cm}^3$  ، احسب ما يلي :  
 ١- وزنها بوحدة N .  
 ٢- حجمها .  
 ٦. قطعة حديد حجمها  $0.177 \text{ m}^3$  ، ما هي كثافتها بوحدة  $\text{g/cm}^3$  إذا كانت كتلتها 1400 kg .  
 ٧. ما المقصود بالعبارة الآتية : كثافة الماء تساوي  $\rho = 1000 \text{ kg / m}^3$  .  
 ٨. كرة حديدية كتلتها 750 g ، إذا كان ثابت تسارع الجاذبية الأرضية  $9.8 \text{ m/s}^2$  ، وثابت تسارع الجاذبية القمرية  $1.6 \text{ m/s}^2$  ، احسب ما يلي :  
 أ- وزن الكرة على الأرض . ب- وزنها على القمر . ج- كتلتها على القمر .  
 د- وزنها في الفضاء خارج نطاق الجاذبية . هـ- كتلتها في الفضاء خارج نطاق الجاذبية .



٩. زنبرك أثرت عليه قوة مقدارها  $0.009\text{ N}$  فاستطال بمقدار  $3\text{ cm}$  ثم أزيلت القوة فعاد الزنبرك تماماً إلى وضعه الأصلي ، احسب ما يلي:
- أ- معامل الصلابة للزنبرك.
- ب- إذا أثرتنا عليه بقوة مقدارها  $0.08\text{ N}$  بحيث لا يفقد مرونته فكم يستطيل هذا الزنبرك .
١٠. اعط ثلاثة أمثلة عن تطبيقات تستخدم فيها مرونة المواد لدفع الأشياء أو لامتصاص الصدمات .



## الوحدة الثالثة

### الخواص الحرارية للمادة

#### الخواص الحرارية للمادة

الهدف العام :

التعرف على الخواص الحرارية للمادة .

الأهداف الخاصة :

في نهاية دراسة هذه الوحدة ستكون – بإذن الله- قادرًا على أن :

١. تعرف درجة الحرارة ، وتذكر اسم الجهاز المستخدم لقياسها.
٢. تعدد ثلاثة أسماء للمقاييس المشهورة مع ذكر درجتي التجمد و الغليان للماء لكل نوع .
٣. تحول قيمة درجة الحرارة من مقياس إلى آخر .



٤. تفرق بين مفهوم درجة الحرارة و كمية الحرارة .
٥. تعرف الحرارة النوعية .
٦. تذكر العوامل التي يتوقف عليها مقدار كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة .
٧. تذكر العلاقة الرياضية لحساب كمية الحرارة بدلالة كتلة الجسم و الحرارة النوعية له و التغير في درجة الحرارة .
٨. تذكر العوامل التي يتوقف عليها مقدار التمدد الطولي .
٩. تعرف معامل التمدد الطولي .
١٠. تذكر قانون التمدد الطولي و الحجمي .
١١. تحسب مقدار التمدد الطولي و الحجمي للأجسام الجامدة .
١٢. تذكر بعض التطبيقات التي تتعلق بظاهرة التمدد الحراري .
١٣. تطبق المفاهيم السابقة في حل المسائل المتعلقة فيها .

### العملي:

- ت حسب عملياً ( في المعمل ) كلاً من :
  ١٤. الحرارة النوعية لمادة صلبة .
  ١٥. معامل التمدد الطولي لمادة صلبة .

## الخواص الحرارية للمادة

### 3-1 مقدمة :

الحرارة هي شكل من أشكال الطاقة و يمكن تحويلها إلى أشكال أخرى للطاقة و كذلك العكس . كما يمكن أن تنتقل من جسم إلى جسم آخر حين تلامسهما ( اتصالهما ) نتيجة اختلاف درجتي حرارتهما . وفي هذه الوحدة سوف نتعرف على بعض الخواص الحرارية للمادة، و كذلك مفهوم درجة الحرارة، و كمية الحرارة، و العلاقة بينهما .

### 3-2 درجة الحرارة:

نستعمل مفهوم درجة الحرارة للتعبير عن برودة الأجسام أو سخونتها، فحينما تمسك قطعة حديد في فصل الشتاء ستشعر أنها باردة و تقول إن درجة حرارتها منخفضة. و في فصل الصيف

تكون ساخنة فنقول إن درجة حرارتها مرتفعة . و السبب في ذلك يعود إلى أصغر وحدة بناء للمادة، وهي الذرات أو الجزيئات، فهي تمتلك أنواعاً مختلفة من الطاقات مثل :

١. الطاقة الحركية المتمثلة في الحركة الانتقالية و الاهتزازية .
  ٢. طاقة الوضع ( الكامنة ) المتمثلة في قوى التجاذب فيما بينها .
  ٣. الطاقة الكيميائية -٤. الطاقة النووية . -٥. الطاقة الكهربائية .
- و مجموع هذه الأنواع من الطاقات تسمى بالطاقة الداخلية للمادة .

الطاقة الداخلية لمادة : هي مجموع جميع أنواع الطاقة التي تمتلكها الذرات أو الجزيئات المكونة للمادة .



فحينما تكتسب المادة في تبادل حراري مع الوسط المحيط كمية من الطاقة الحرارية، فإن مقدار طاقتها الداخلية تزيد وهكذا ترتفع درجة حرارتها، و حينما تفقد المادة في تبادل حراري مع الوسط المحيط كمية من الطاقة الحرارية، فإن مقدار طاقتها الداخلية تقل وهكذا تنقص درجة حرارتها .  
و بناء على ذلك نستنتج تعريف درجة الحرارة كما يلي :

درجة الحرارة : هي مقياس للطاقة الداخلية للمادة . وهي الخاصية التي تحدد اتجاه انتقال الحرارة بين الأجسام حين تلامسها .



### 3-3 المقاييس الحرارية:

تسمى الأجهزة المستخدمة لقياس درجة الحرارة بالترمومترات، وهي تعتمد في عملها على خاصية فيزيائية تتغير بتغير درجة الحرارة تغيراً واضحاً ومعلومًا كالتمدد الحراري للمادة أو التغير في المقاومة الكهربائية، على سبيل المثال . ويمثل الشكل (3-1) أكثر أنواع الترمومترات استعمالاً وانتشاراً وهو الترمومتر الزئبقي، ويتركب من أنبوبة شعرية زجاجية مغلقة يتصل أحد طرفيها بمستودع صغير مملوء بسائل مثل الزئبق أو الكحول. ومبدأ عملها هو ارتفاع مستوى السائل في الأنبوبة بارتفاع درجة الحرارة (لأن السوائل تتمدد بزيادة درجة الحرارة).



شكل (3-1) الترمومتر الزئبقي

وعليه تُعَلَّم على الترمومتر نقطتان أساسيتان ، النقطة الأولى تمثل موضع مستوى سطح السائل في الأنبوبة الشعرية حينما يكون الترمومتر في درجة حرارة انصهار الثلج ( أو تجمد الماء ) وهذا هو مستوى التجمد ، أما النقطة الثانية فهي موضع مستوى سطح السائل في الأنبوبة حينما يكون الترمومتر في نقطة غليان الماء ، وهذا هو مستوى الغليان .



وتختلف المقاييس ( السلاسل ) الحرارية باختلاف الطريقة التي يتم بها تدريج المقياس ، ويتميز كل منها كما في الشكل ( 2-3 ) بقراءة تقابل تجمد الماء وأخرى تقابل غليان الماء. ومن هذه المقاييس المشهورة ثلاثة هي:

١. مقياس سلزيوس والمشهور بالمئوي ( سنتيجراد ) ، وفيه تعد نقطة تجمد الماء النقي عند الدرجة  $0^{\circ}\text{C}$  ونقطة الغليان عند  $100^{\circ}\text{C}$  .
  ٢. مقياس فهرنهايت: وفيه تعد نقطة تجمد الماء النقي عند  $32^{\circ}\text{F}$  و درجة غليانه  $212^{\circ}\text{F}$  .
  ٣. مقياس كلفن أو المقياس المطلق يستخدم في المجال العلمي، ووحدة درجة الحرارة في النظام الدولي SI هي كلفن، وفي هذا المقياس فإن نقطتي تجمد وغليان الماء هما :  $273\text{ K}$  و  $373\text{ K}$  على الترتيب .
- تنبيه : لا نقول درجة كلفن بل كلفن فقط ، ولا يكتب مع رمزها إشارة درجة (  $^{\circ}$  ) .



شكل (2-3) المقاييس الحرارية .

و للتحويل من الفهرنهايت إلى المئوي أو العكس نستخدم المعادلة الآتية :

$$9 (T_c + 40) = 5 (T_F + 40) \quad (3-1)$$

حيث  $T_c$  : درجة الحرارة على التدريج المئوي (  $^{\circ}\text{C}$  )  
 $T_F$  : درجة الحرارة على التدريج الفهرنهايت (  $^{\circ}\text{F}$  )

والعلاقة التي تربط بين المقياس المئوي ومقياس كلفن هي:

$$T = T_c + 273 \quad (3-2)$$

حيث  $T$  : درجة الحرارة في مقياس كلفن (  $\text{K}$  ) .  
 مثال (3-1):



احسب درجة الحرارة على التدرج الفهرنيت حينما تكون على المئوي  $30^{\circ}\text{C}$ .  
الحل

$$\begin{aligned}T_c &= 30^{\circ}\text{C} \\5 (T_F + 40) &= 9 (T_c + 40) \\5 (T_F + 40) &= 9 (30 + 40) \\5 T_F + 200 &= 630 \\T_F &= \frac{630 - 200}{5} = 86^{\circ}\text{F}\end{aligned}$$

مثال (3-2):

ما هي قراءة المقياس المئوي المقابلة لـ  $61^{\circ}\text{F}$ .  
الحل

$$\begin{aligned}T_F &= 61^{\circ}\text{F} \\9 (T_c + 40) &= 5 (T_F + 40) \\9 (T_c + 40) &= 5 (61 + 40) \\9T_c + 360 &= 505 \\T_c &= \frac{505 - 360}{9} = 16.11^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

مثال (3-3):

إذا كانت درجة الحرارة في المقياس المئوي  $25^{\circ}\text{C}$  ، فكم تكون على المقياس المطلق.  
الحل:

$$\begin{aligned}T_c &= 25^{\circ}\text{C} \\T &= T_c + 273 \\T &= 25 + 273 \\T &= 298\text{ K}\end{aligned}$$

مثال (3-4):

ما هي قراءة المقياس المئوي المقابلة لـ  $400\text{ K}$ .

$$\begin{aligned}T &= T_c + 273 \\ \Rightarrow T_c &= T - 273 \\ T &= 400 - 273 = 127^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

3-4 الحرارة ( كمية الحرارة ) :

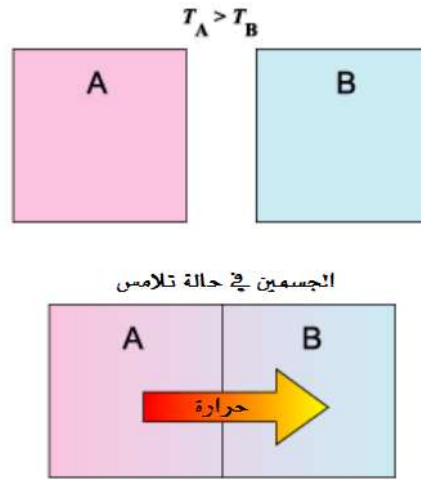
حينما يحدث اتصال ( تلامس ) بين جسمين مختلفين في درجة حرارتهما، فإن الحرارة (الطاقة الحرارية) تنتقل من الجسم الأعلى درجة حرارة إلى الجسم الأقل درجة حرارة . كما في الشكل (3-3) . ويستمر هذا التدفق الحراري إلى أن تصبح درجة حرارتهما واحدة





وحينها يكونان في حالة إتزان حراري . وهذه الحرارة المنتقلة هي طاقة حرارية. و جرت العادة على تسميتها بكمية الحرارة و يرمز لها بالرمز  $Q$  ، وتقاس بوحدة الجول ( J ) في النظام الدولي SI . وتكون قيمتها موجبة في حالة اكتساب المادة للحرارة ، و تكون سالبة في حالة فقدان المادة للحرارة .  
وتعريفها :

كمية الحرارة : هي الطاقة الحرارية التي تنتقل من جسم ساخن إلى جسم بارد نتيجة لاختلاف درجتي الحرارة بين الجسمين .



شكل (3-3) انتقال الحرارة بين الأجسام

### 3-5 الحرارة النوعية :

حينما تكتسب ( أو تفقد ) الأجسام كمية من الحرارة، فإن مقدار الارتفاع (أو الانخفاض) في درجة حرارتها يعتمد على مقدار كتلتها و على نوعها أيضاً . فلو عرضت قطعتي حديد و خشب في الشمس لمدة ساعة نجد أن قطعة الحديد ساخنة بينما قطعة الخشب لم تتأثر تقريباً. و فيزيائياً نقول: إن السعة الحرارية لمادة الحديد أقل بكثير من السعة الحرارية لمادة الخشب . و قد لوحظ أيضاً أن السعة الحرارية لمادة ما تختلف باختلاف كتلتها فمثلاً لو سخنت كأساً وجالوناً من الماء بنفس الموقد و لمدة متساوية، فإن درجة حرارة الماء في الكأس أعلى من الماء الذي في الجالون . لهذا فكر العلماء الفيزيائيين في تحديد كمية من الحرارة تلزم لرفع درجة حرارة واحد كيلو جرام من المادة  $m = 1 \text{ kg}$  بمقدار درجة مئوية واحدة  $\Delta T = 1^\circ \text{C}$ ، و سميت هذه الكمية من الحرارة بالحرارية النوعية و تعريفها هو :

الحرارة النوعية لمادة : هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو جرام من المادة درجة واحدة .



ونعبر عنها رياضياً على النحو الآتي :

$$Q = c m \Delta T \quad (3-3)$$

حيث إن  $Q$  : كمية الحرارة، وتقاس بوحدة الجول (J) في النظام الدولي .  
 $m$  : كتلة المادة، و تقاس بوحدة الكيلو جرام (kg) في النظام الدولي .  
 $\Delta T$  : التغير في درجة الحرارة، و تقاس بوحدة الكلفن (K) في النظام الدولي .

$$\Delta T = T_f - T_i$$

$T_f$  : درجة الحرارة النهائية للمادة بعد انتقال الحرارة إليها ( أو منها ) .

$T_i$  : درجة الحرارة الابتدائية للمادة قبل انتقال الحرارة إليها ( أو منها ) .

$C$  : الحرارة النوعية و تقاس بوحدة  $\frac{\text{جول}}{\text{كيلو جرام} \cdot \text{كلفن}}$  ( J/kg · K ) في النظام الدولي .

ويبين الجدول (3-1) قيم الحرارة النوعية لبعض المواد بوحدة J/kg · K :

المادة	الحرارة النوعية J/kg · K
عناصر صلبة	
الرصاص	128
الذهب	129
الفضة	234
النحاس	387
الحديد	448
سليكون	703
الومنيوم	900
مواد صلبة أخرى	
زجاج	837
خشب	1700
ثلج (°C -5)	2090
السوائل	
زئبق	140
كحول ( الأيثلي )	2400
الماء	4186

جدول (3-1) قيم الحرارة النوعية لبعض المواد بوحدة J/kg · K .



ملحوظة : قيم الحرارة النوعية في جدول (3-1) بوحدة  $J/kg \cdot K$  وهي أيضا بوحدة  $J/kg \cdot ^\circ C$  فمثلا الحرارة النوعية للرصاص تساوي  $128 J/kg \cdot K$  و تساوي أيضا  $128 J/kg \cdot ^\circ C$ .  
لأن الفرق بين كل قراءتين على المقياس المئوي هو نفسه للقراءتين المقابلتين على المقياس كلفن .

### مثال (3-1):

ما معنى أن الحرارة النوعية للألومنيوم  $c = 900 J/kg \cdot K$  .  
الحل :

معنى ذلك أن كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة  $1 kg$  من الألومنيوم بمقدار  $1 K$  تساوي  $900 J$  .

### مثال (3-2) :

احسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة لتر من الماء من  $20^\circ C$  إلى  $100^\circ C$  علماً أن  $c = 4186 J/kg \cdot ^\circ C$  ، كثافة الماء  $\rho = 1000 kg/m^3$   
الحل :  
المعطيات :

$$T_i = 20^\circ C , T_f = 100^\circ C$$

$$\therefore \Delta T = T_f - T_i = 100 - 20 = 80^\circ C$$

$$V = 1 li , c = 4186 J/kg \cdot ^\circ C , \rho = 1000 kg/m^3$$

حجم الماء = ١ لتر . ولحساب كتلة الماء بوحدة  $kg$  نحسب أولاً حجم الماء بوحدة  $m^3$  .

$$v = 1 li = 1 \cancel{li} \times \frac{1 m^3}{1000 \cancel{li}} = 0.001 m^3$$

$$m = \rho V$$

$$m = 1000 \times 0.001 = 1 kg$$

$$Q = c m \Delta T$$

$$Q = 4186 \times 1 \times 80 = 334880 J = 334.88 kJ$$

### مثال (3-2) :

احسب كمية الحرارة التي يفقدها  $30 g$  من الحديد أثناء تبريده من  $100^\circ C$  إلى  $20^\circ C$  .  
علماً أن  $c = 448 J/kg \cdot ^\circ C$  .



الحل :

$$m = 30 \text{ g} = 0.03 \text{ kg} , \quad \Delta T = T_f - T_i = 20 - 100 = - 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$c = 448 \text{ J/kg } ^{\circ}\text{C}$$

$$Q = c m \Delta T$$

$$Q = 448 \times 0.03 \times (- 80) = - 1075.2 \text{ J}$$

مثال (3-3) :

قطعة من النحاس ساخنة درجة حرارتها  $200 \text{ }^{\circ}\text{C}$  و كتلتها  $0.3 \text{ kg}$  غمرت في ماء درجة حرارته  $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$  و كتلته  $0.5 \text{ kg}$  داخل إناء معزول حراريًا عن الجو الخارجي . لوحظ ارتفاع درجة حرارة الماء وبعد مدة قصيرة استقرت درجة حرارة الماء وفيها النحاس عند  $34.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  إذا علمت أن  $c_{\text{الماء}} = 4186 \text{ J / (kg } \cdot \text{ }^{\circ}\text{C)}$  فأجب عن الآتي :

١. فسر ما حصل .

٢. احسب الحرارة النوعية للنحاس .

الحل :

١. بعد غمر النحاس في الماء حدث تبادل حراري بينهما فانتقلت الحرارة من النحاس الى الماء لأن درجة حرارته أعلى من درجة حرارة الماء، و استمر هذا التدفق الحراري حتى أصبحت درجة حرارتهما معًا  $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$  وتوقف التدفق و أصبحتا في حالة اتزان حراري .

٢. بما أن الإناء معزول حراريًا فليس هناك فقد حراري، و حسب قانون حفظ الطاقة فإن :  
كمية الحرارة المكتسبة = كمية الحرارة المفقودة

$$Q_{\text{المكتسبة}} = -Q_{\text{المفقودة}}$$

وضعنا إشارة سالب لأن الحرارة المفقودة تكون قيمتها بالسالب

$$c_w m_w \Delta T_w = -c_{cu} m_{cu} \Delta T_{cu}$$

$$c_w = 4186 \text{ J/kg } \cdot \text{ }^{\circ}\text{C} \quad m_w = 0.5 \text{ kg} \quad \Delta T_w = T_f - T_i = 34.2 - 25$$

$$c_{cu} = ? \quad m_{cu} = 0.3 \text{ kg} \quad \Delta T_{cu} = T_f - T_i = 34.2 - 200$$

$$4186 \times 0.5 \times (34.2 - 25) = -c_{cu} \times 0.3 \times (34.2 - 200)$$

$$19255.6 = 49.74 c_{cu}$$

$$c_{cu} = \frac{19255.6}{49.74} = 387.13 \text{ J/kg } \cdot \text{ }^{\circ}\text{C}$$

3-6 التمدد الحراري:

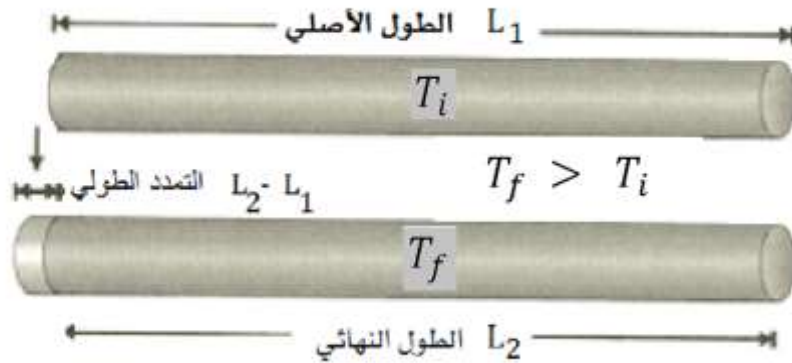
من الظواهر الطبيعية التي أوجدها الله- سبحانه وتعالى - في الكون ظاهرة التمدد. وهي أن المادة بجميع أشكالها تتمدد بفعل الحرارة، وسوف نتعرف على بعض التطبيقات التي



تعتمد على هذه الظاهرة في نهاية هذا الموضوع. وسوف تقتصر دراستنا لهذه الظاهرة على الأجسام الجامدة فقط.

قام العلماء بتجارب منتظمة على تمدد الأجسام الجامدة بتأثير الحرارة، وتوصلوا بالقياسات الدقيقة إلى كشف العوامل التي يتوقف عليها مقدار التمدد، وهذه العوامل لقضيب معدني مثلاً كمافي الشكل (3-4) هي ما يلي:

١. الطول الأصلي لهذا القضيب  $L_1$  يتناسب طردياً مع التمدد.
٢. مقدار الارتفاع في درجة الحرارة يتناسب طردياً مع التمدد.
٣. نوع مادة القضيب.



شكل (3-4) تأثير الحرارة على تمدد القضيب المعدني .

ومن المعلوم لديك أن الجسم الجامد له طول ومساحة سطحه وحجم ، لذا فإن دراسة تمدد الأجسام الجامدة تنقسم إلى ثلاثة أقسام:

١. التمدد الطولي: للأجسام التي يكون طولها كبيراً جداً بالمقارنة مع عرضها وارتفاعها . مثل أسلاك الكهرباء وقضبان السكك الحديدية، إلخ...
٢. التمدد السطحي : للأجسام المسطحة التي يكون طولها وعرضها كبيرين بالمقارنة مع ارتفاعها . مثل الأبواب والنوافذ والصفائح المعدنية، إلخ...

٣. التمدد الحجمي: للأجسام التي يكون لها طول وعرض وارتفاع متناسب . مثل الأجسام ذات الشكل الكروي أو الأسطواني أو المكعب، إلخ...

### 3-7 التمدد الطولي :

يختلف مقدار الزيادة في طول الأجسام بفعل الحرارة بحسب نوع المادة وتسمى هذه الزيادة بمعامل التمدد الطولي ويرمز لها بالرمز  $\alpha$  ويعرف بأنه :

معامل التمدد الطولي : هو مقدار الزيادة في وحدة الأطوال من المادة حين رفع درجة حرارتها درجة واحدة.

ويقاس في النظام الدولي بوحدة مقلوب الكلفن  $\frac{1}{K}$  أو  $K^{-1}$



و جدول (3-2) يبين قيم معامل التمدد الطولي لبعض المواد بوحدة  $^{\circ}\text{C}^{-1}$  وهي تساوي أيضاً القيم نفسها بوحدة  $\text{K}^{-1}$ .

المادة	معامل التمدد الطولي $\alpha (1/^{\circ}\text{C})$	معامل التمدد الحجمي $\gamma (1/^{\circ}\text{C})$
النحاس	$1.7 \times 10^{-5}$	$5.1 \times 10^{-5}$
الألمنيوم	$2.4 \times 10^{-5}$	$7.2 \times 10^{-5}$
الرصاص	$2.9 \times 10^{-5}$	$8.7 \times 10^{-5}$
الحديد	$1.2 \times 10^{-5}$	$3.6 \times 10^{-5}$
الصلب	$1.1 \times 10^{-5}$	$3.3 \times 10^{-5}$
الذهب	$1.4 \times 10^{-5}$	$4.2 \times 10^{-5}$
الفضة	$1.9 \times 10^{-5}$	$5.7 \times 10^{-5}$
البلاتين	$8.9 \times 10^{-6}$	$26.7 \times 10^{-6}$
الزجاج العادي	$9 \times 10^{-6}$	$27 \times 10^{-6}$
زجاج البيركس	$3.2 \times 10^{-6}$	$9.6 \times 10^{-6}$

جدول (3-2) معامل التمدد الطولي و الحجمي لبعض المواد .

#### مثال (3-4) :

ماذا تعني العبارة الآتية :

معامل التمدد الطولي للنحاس يساوي  $\alpha = 1.7 \times 10^{-5} (^{\circ}\text{C})^{-1}$  .

الحل :

تعني أن مقدار الزيادة في وحدة الأطوال للنحاس هو  $1.7 \times 10^{-5}$  ( 0.000017 ) وذلك حينما ترتفع درجة حرارتها بمقدار درجة مئوية واحدة .

فلو كان طول النحاس 1 m فإن طوله النهائي بعد ما ترتفع درجة حرارته درجة مئوية واحدة ( أو واحد كلفن ) هو 1.000017 m ، وهذه الزيادة لا تعتمد على وحدة قياس الطول فإذا كان طول النحاس 1 cm فإن طوله النهائي هو 1.000017 cm

#### قانون التمدد الطولي :

لنفرض سلكاً معدنياً طوله الأصلي  $L_1$  متراً وسخناه من  $T_i (^{\circ}\text{C})$  إلى درجة أخرى ، ولنرمز له بالرمز  $T_f (^{\circ}\text{C})$  فإنه يتمدد ويصبح طوله في هذه الدرجة  $L_2$  متراً و يكون مقدار التمدد هو  $L_2 - L_1$  و يعطي حسب العلاقة الآتية:

$$L_2 - L_1 = L_1 \alpha (T_f - T_i)$$



وللاختصار نعبر عن المقدارين  $L_2 - L_1$  و  $T_f - T_i$  بالتعبير الآتي:  $\Delta L$  و  $\Delta T$  على الترتيب، حيث  $\Delta$  حرف لاتيني يقرأ دالتا وتعني رياضياً الفرق أو التغير، و تصبح المعادلة السابقة على النحو الآتي:

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T \quad (3-4)$$

#### مثال (3-5):

سلك من النحاس طوله 20 m عند درجة الحرارة  $25^\circ\text{C}$  إذا سخن السلك إلى درجة  $100^\circ\text{C}$  ، احسب مقدار التمدد الطولي للنحاس علماً أن معامل التمدد الطولي للنحاس  $1.7 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$

الحل:

$$T_f = 100^\circ\text{C}$$

$$T_i = 25^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 1.7 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$$

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta T$$

$$\Delta L = 20 \times 1.7 \times 10^{-5} (100 - 25)$$

$$\Delta L = 0.0255 \text{ m}$$



### 3-8 التمدد الحجمي:

إذا سخن جسم صلب حجمه الأصلي  $V_1$  من الدرجة  $T_i$  إلى الدرجة  $T_f$  فإنه يتمدد بمقدار  $V_2 - V_1$  حيث  $V_2$  حجمه النهائية بعد التسخين ، وقياسًا على ما سبق ذكره في التمدد الطولي، فإن مقدار التمدد الحجمي يعطى حسب العلاقة الآتية:

$$\Delta V = V_1 \alpha \Delta T \quad (3-5)$$

حيث  $\Delta V$  مقدار التمدد الحجمي ويساوي  $V_2 - V_1$  .  
 $\gamma$  معامل التمدد الحجمي (  $1/^\circ\text{C}$  ) .

### مثال (2-9):

وعاء من الألمنيوم حجمه  $1500 \text{ cm}^3$  عند درجة الحرارة  $25^\circ\text{C}$  ما هو مقدار التمدد الحجمي له إذا سخن إلى درجة  $85^\circ\text{C}$  علماً أن معامل التمدد الحجمي للألمنيوم  $7.2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$  .  
 الحل :





$$V_1 = 1500 \text{ cm}^3$$

$$T_i = 25^\circ \text{C}$$

$$T_f = 85^\circ \text{C}$$

$$\gamma = 7.2 \times 10^{-5} / ^\circ \text{C}$$

$$\Delta V = V_1 \alpha \Delta T$$

$$\Delta V = 1500 \times 7.2 \times 10^{-5} \times (85 - 25)$$

$$\Delta V = 6.48 \text{ cm}^3$$

### 9-3 بعض التطبيقات على تمدد الأجسام الجامدة:

إن لخاصية تمدد الأجسام الجامدة بتأثير الحرارة وانكماشها حينما تبرد تطبيقات هامة في الصناعة والمنشآت المختلفة. ومن ذلك ما يلي :

١. حين مد قضبان السكك الحديدية تترك مسافات صغيرة بين طرفي كل قضيبين متجاورين كي تسمح بتمدد القضبان في فصل الصيف.

٢. تمد أسلاك الكهرباء على الأعمدة بحيث تكون مرتخية قليلاً حتى لا تؤثر على الأعمدة أو تنقطع حينما ينكمش طولها في فصل الشتاء.

٣. حين إقامة الجسور الفولاذية الطويلة يراعى ترك مسافات صغيرة بين أطراف الجسور والدعامات التي ترتكز عليها، وتكون إحدى نهايتي الجسر محمولة على عجلات تسمح للفولاذ بالتمدد.

٤. وفي البناء يراعى أن يكون معامل تمدد الحديد مساوياً لمعامل تمدد المزيغ المكون من الأسمنت والرمل والحجر وإلا تفتت الأسمنت بسبب التمدد والانكماش .

٥. صناعة الترموستات ( الازدواج المعدني ) وهو مكون من قضيبين مختلفين في النوع متلاصقين يختلف الواحد منها عن الآخر بمعامل تمدده ، فحينما يسخن الازدواج المعدني يتمدد أحد القضيبين أكثر من الآخر فينحني القضيب ، لذلك يستخدم الترموستات ( الازدواج المعدني ) في الكهرباء مثلاً في وصل التيار الكهربائي أو قطعه.



تجربة رقم (6) :

اسم التجربة : الحرارة النوعية لجسم صلب .

الهدف من التجربة :

١. حساب الحرارة النوعية لجسم صلب .

٢. التحقق من قانون حفظ الطاقة .

نظرية التجربة :

نستخدم المسعر لحساب الحرارة النوعية لجسم صلب و يتميز بأنه يعزل الوسط الذي تتم فيه عملية تبادل الحرارة عن الوسط الخارجي، فلا يسمح بتسرب الحرارة منه أو إليه، وهو يشبه بذلك عمل ترمس الشاي الذي يحفظ الحرارة .

لنفرض أن كتلة المسعر  $m_1$  و حرارته النوعية  $c_1$  و وضعنا به كمية من الماء كتلته  $m_2$  و حرارتها النوعية  $c_2$  و أن درجة حرارة المسعر و الماء  $T_1$  ، نضع الجسم الصلب المراد قياس حرارته النوعية و لتكن  $c_3$  وهو ساخن، ولتكن درجة حرارته  $T_2$  وكتلته  $m_3$  في المسعر . فيحدث تبادل حراري بينهم حيث يفقد الجسم الصلب الحرارة و يكتسبها المسعر و الماء وبعد مدة قصيرة يحدث الاتزان الحراري، و تصبح درجة حرارة المجموعة المكونة من المسعر و الماء و الجسم الصلب  $T_3$  .  
حسب قانون حفظ الطاقة فإن :

كمية الحرارة المكتسبة = كمية الحرارة المفقودة

$$- c_3 m_3 (T_3 - T_2) = c_1 m_1 (T_3 - T_1) + c_2 m_2 (T_3 - T_1)$$

و ضعنا إشارة السالب في الطرف الأيسر لأن الحرارة المفقودة قيمتها بالسالب و الحرارة المكتسبة بالموجب .

$$c_3 m_3 (T_2 - T_3) = c_1 m_1 + c_2 m_2 (T_3 - T_1)$$

$$c_3 = \frac{c_1 m_1 + c_2 m_2 (T_3 - T_1)}{m_3 (T_2 - T_3)}$$

أدوات التجربة :

١. مسعر مزود بمحرك و ترمومتر .

٢. ميزان حساس .

٣. فرن حراري .



## ٤. ملقاط .

**خطوات العمل :**

١. جفف المسعر و ملحقاته ثم عين كتلته مع الثرمومتر و لتكن  $m_1(kg)$  .
٢. املأ المسعر إلى نصفه تقريباً بالماء، و عين كتلته مع الماء و لتكن  $m(kg)$  .
٣. احسب كتلة الماء و لتكن  $m_2(kg)$  و ذلك بتطبيق العلاقة الآتية :  $m_2 = m - m_1$  .
٤. قس درجة حرارة الماء و المسعر و لتكن  $T_1$  .
٥. سخن الجسم الصلب بواسطة الفرن في حدود  $100^\circ C$  تقريباً (لمدة عشرين دقيقة تقريباً) ثم قس درجة حرارة الجسم و لتكن  $T$  .
٦. انقل الجسم الصلب بسرعة بواسطة الملقاط ، وضعه في المسعر، ثم حرك إلى أن تثبت درجة الحرارة عند أعلى قيمة لها، وسجل درجة حرارة الخليط و لتكن  $T$  .
٧. دون نتائجك في جدول كالآتي :

الكمية	الرمز	القيمة
كتلة المسعر بغطائه	$m_1$	$( ) kg$
كتلة الماء	$m_2$	$( ) kg$
درجة حرارة الماء و المسعر	$T_1$	$( ) ^\circ C$
كتلة الجسم الصلب	$m_3$	$( ) kg$
درجة حرارة الجسم الصلب	$T_2$	$( ) ^\circ C$
درجة حرارة الخليط	$T_3$	$( ) ^\circ C$

٨. احسب الحرارة النوعية للجسم الصلب (  $c$  ) من العلاقة :

$$C_3 = \frac{c_1 m_1 + c_2 m_2 (T_3 - T_1)}{m_3 (T_2 - T_3)}$$

علمًا أن : الحرارة النوعية للمسعر  $c_1 = 387 J/kg \cdot ^\circ C$

الحرارة النوعية للماء  $c_2 = 4186 J/kg \cdot ^\circ C$

تجربة رقم (7) :

اسم التجربة : معامل التمدد الطولي الحراري لقضيب معدني

الهدف من التجربة :

١. دراسة تمدد الأجسام الجامدة بتأثير الحرارة .

٢. تعيين مُعامل التمدد الطولي الحراري لقضيب معدني .

أدوات التجربة :

١. جهاز التمدد الطولي .

٢. قضبان التمدد الطولي .

٣. مقياس درجة الحرارة .



## ٤. مولد بخار .

**خطوات العمل :**

١. نقيس طول القضيب المراد قياس مقداره بدرجة دقة و ليكن  $L$  .
٢. نضع القضيب في أنبوبة التسخين بحيث يلامس أحد طرفيه العائق المعدني، ويلامس الطرف الآخر إبرة مقياس التمدد المتصل بالجهاز، و نضبط المقياس على الصفر .
٣. نضع الترمومتر في الفتحة المخصصة له في أنبوبة التسخين بحيث يلامس مستودع الترمومتر القضيب المعدني، و نقرأ درجة الحرارة و لتكن  $T$  و هي تساوي درجة حرارة الغرفة .
٤. نتأكد من وجود الماء في إناء مولد البخار . ثم شغل المولد لإنتاج البخار .
٥. حينما يبدأ البخار بالمرور في أنبوبة التسخين يبدأ القضيب المعدني بالتسخين، و يأخذ بالتمدد و نشاهد كذلك ارتفاع درجة الحرارة على الترمومتر، ونستمر في إمرار البخار حتى تتجانس درجة حرارة القضيب مع درجة حرارة البخار، و علامة ذلك ثبوت قراءة الترمومتر ، نقرأ درجة الحرارة و لتكن  $T$  .
٦. من مقياس التمدد نقرأ مقدار الزيادة في طول القضيب  $\Delta L$  و نحول القراءة من mm إلى cm .

## ٧. دون قياساتك في جدول كما يلي :

الكمية	الرمز	القيمة
طول القضيب قبل التسخين	$L_1$	cm ( )
درجة الحرارة الابتدائية	$T_i$	$^{\circ}\text{C}$ ( )
درجة الحرارة النهائية	$T_f$	$^{\circ}\text{C}$ ( )
الفرق في درجة الحرارة	$\Delta T$	$^{\circ}\text{C}$ ( )
مقدار التمدد الطولي	$\Delta L$	cm ( )

## ٨. احسب معامل التمدد الطولي بتطبيق المعادلة الآتية :

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T}$$



### الأسئلة

١. علل ما يلي:
  - أ- يسخن فنيو السيارات والسيباكون المسامير والمواسير، فيسهل فكها.
  - ب- أنابيب النفط التي تمتد عبر الصحراء لا تمتد بشكل مستقيم، وإنما بشكل متعرج .
  - ج- الأواني المصنوعة من زجاج البيركس لا تنكسر إذا تعرضت للحرارة، بينما الزجاج العادي ينكسر.
٢. ضع دائرة حول الإجابة الصحيحة أو الفضلى فيما يلي:
  - (أ) درجة الحرارة هي:
    - ١- صفة تحدد انتقال الحرارة بين الأجسام حين تلامسها.
    - ٢- مقياس للطاقة الداخلية للجسم.
    - ٣- أ و ب معاً.
  - (ب) المبدأ العلمي الذي يقوم عليه صنع الترمومتر الزئبقي :
    - ١- تغير كتلة السائل بالحرارة.
    - ٢- تمدد السائل بالحرارة.
    - ٣- تمدد الغازات بالحرارة.
  - (ج)  $32^{\circ}\text{F}$  تمثل على مقياس فهرنهايت:
    - ١- درجة تجمد الماء . ٢- درجة غليان الماء . ٣- درجة انصهار الزئبق .
٣. إذا كانت درجة الحرارة في المقياس الفهرنهايت  $95^{\circ}\text{F}$  فكم تكون على المقياس المطلق و المئوي.
٤. درجة حرارة الجو في الرياض في فصل الصيف  $42^{\circ}\text{C}$  كم تكون درجة حرارة الجو بالفهرنهايت .
٥. احسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة  $0.5\text{ kg}$  من النحاس من  $20^{\circ}\text{C}$  إلى  $100^{\circ}\text{C}$  علماً أن الحرارة النوعية للنحاس  $c = 387\text{ J/kg} \cdot \text{K}$  .



٦. مسعر نحاسي كتلته 200 g يحتوي على 150 g من الماء عند  $20^{\circ}\text{C}$  أضيف للماء 90 g من الألومنيوم عند  $300^{\circ}\text{C}$  و بعد مدة استقرت درجة حرارة الخليط عند  $72^{\circ}\text{C}$  إذا علمت أن الحرارة النوعية للماء  $c = 4186 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$  و الحرارة النوعية للنحاس  $c = 4186 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$  فاحسب الحرارة النوعية للألومنيوم .

٧. ساق من الحديد طولها 10 m ، و وعاء من الحديد حجمه  $100 \text{ cm}^3$  احسب ما يلي:

أ- مقدار التمدد الطولي للساق.

ب- مقدار التمدد الحجمي للوعاء.

وذلك حين رفع درجة حرارتهما من  $20^{\circ}\text{C}$  إلى  $120^{\circ}\text{C}$  علماً أن :

$$\alpha = 1.2 \times 10^{-5} / ^{\circ}\text{C} \quad \text{و} \quad \gamma = 3.6 \times 10^{-5} / ^{\circ}\text{C}$$

٨. سلك من النحاس طوله 250 m في الصيف حيث درجة الحرارة  $40^{\circ}\text{C}$ ، فكم طول هذا السلك في الشتاء حيث درجة الحرارة  $10^{\circ}\text{C}$  ، علماً أن  $\alpha = 1.7 \times 10^{-5} / ^{\circ}\text{C}$  .



## الوحدة الرابعة

### الحركة على خط مستقيم و بتسارع ثابت



## الحركة على خط مستقيم وبتسارع ثابت

الهدف العام :

القدرة على وصف حركة جسم على خط مستقيم بتسارع ثابت .

الأهداف الخاصة :

في نهاية دراسة هذه الوحدة ستكون – بإذن الله- قادرًا على أن :

١. تعرف الإزاحة .

٢. تعرف السرعة المتوسطة .

٣. تعرف التسارع المتوسط .

٤. تذكر معادلات الحركة على خط مستقيم و بتسارع ثابت .

٥. تذكر معادلة المقذوفات الرأسية و السقوط الحر .

٦. تبين ما المقصود بأن :  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

٧. تحل التمارين و التطبيقات المتعلقة بالمفاهيم السابقة .

### العملى :

٨. تحسب عمليًا تسارع الجاذبية الأرضية من خلال معادلة السقوط الحر :

$$x = \frac{1}{2}gt^2$$

## الحركة على خط مستقيم و بتسارع ثابت

### 4-1 مقدمة :

تعد دراسة مفهوم الحركة العمود الفقري في جسم الفيزياء ، لما لها من أهمية قصوى في مختلف العلوم والتقنية التي تتعامل مع حركة الأجسام ، و في هذه الوحدة نتعرف على العناصر التي تصف حركة جسم على خط مستقيم و العلاقات التي تربط بعضها ببعض. مثل الزمن و الإزاحة والسرعة والتسارع. بغض النظر عن السبب الذي أدى إلى حركتها .

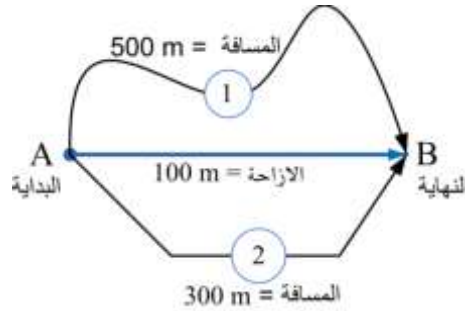
### 4-2 الإزاحة :





حينما ينتقل جسم من النقطة A إلى النقطة B كما في الشكل (4-1) على طول الخط المستقيم الواصل بين النقطتين ، فنقول: إن مقدار الإزاحة التي قطعها 100 m أما إذا سلك الجسم المسار (1) أو المسار (2) فلا يصح من ناحية فيزيائية أن نصف طول مساره*ما* بالإزاحة، ولكن نصفهما بالمسافة . فنقول: إن مقدار المسافة التي قطعها على المسار (1) 500 m و مقدار المسافة على المسار (2) 300 m . و من الشكل (4-1) يتبين لك الفرق بين المسافة المقطوعة و الإزاحة، فلكي تحدد المسافة المقطوعة لابد أن تحدد المسار المتبع بين النقطتين ، أما الإزاحة فلا تعتمد على المسار . فلو سار الجسم على المسارين الأول أو الثاني فإن مقدار إزاحته تظل 100 m . إذن تعريف الإزاحة :

الإزاحة هي : المتجه الواصل بين نقطتين بدايته عند إحدى هاتين النقطتين و نهايته عند النقطة الأخرى ، و مقداره طول المسافة المستقيمة بين تلك النقطتين .

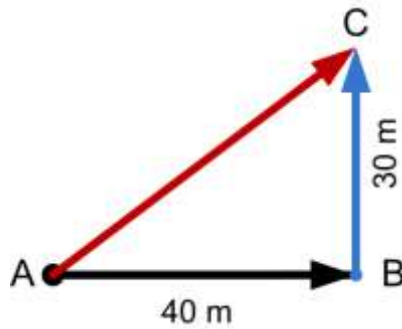


شكل (4-1) الإزاحة و المسافة .

مثال (4-1) :

تحركت سيارة من نقطة A إلى B مسافة قدرها 40 m باتجاه الشرق ثم تحركت من B إلى C مسافة قدرها 30 m باتجاه الشمال كما هو موضح بالشكل (4-2) والمطلوب :

١. كم المسافة التي قطعها حتى وصلت إلى C .
٢. كم مقدار إزاحتها من لحظة انطلاقها حتى توقفت .



شكل (4-2)

الحل :

١. مقدار المسافة من A إلى C مروراً بـ B هو :



$$s = |A B| + |B C|$$

$$s = 40 + 30 = 70 \text{ m}$$

٢. البعد من نقطة البداية A إلى نقطة النهاية C يمثلها السهم المتجه من A إلى C مباشرة ، ويمكن حسابها باستخدام نظرية فيثاغورس كما يلي :

$$s = \sqrt{|A B|^2 + |B C|^2}$$

$$s = \sqrt{40^2 + 30^2} = 50 \text{ m}$$

### 4-3 السرعة المتوسطة :

حينما تقطع سيارة مسافة 200 m في اتجاه معين خلال زمن قدره أربع ساعات ، فإننا نقول إنها كانت تسير بسرعة متوسطة مقدارها 50 km/h ، وهذا لا يعني بالضرورة أن السيارة كانت تسير بهذه السرعة طوال الوقت ، ونعرف السرعة المتوسطة في اتجاه معين بأنها :

السرعة المتوسطة : مقدار التغير في الإزاحة مقسومًا على الزمن

وتقدر رياضياً على النحو الآتي :  $\frac{\text{الإزاحة}}{\text{الزمن}} = \text{السرعة المتوسطة}$

$$v = \frac{s}{t} \quad (4-1)$$

حيث إن  $v$  : السرعة المتوسطة، و تقاس في النظام الدولي بوحدة m/s ( متر / ثانية )  
 $S$  : الإزاحة، و تقاس في النظام الدولي بوحدة m ( متر )  
 $t$  : الزمن، و يقاس في النظام الدولي بوحدة s ( ثانية )

مثال (4-2) :

ما سرعة طائرة تقطع مسافة 450 km في 45 min .

الحل :



$$s = 450 \text{ km}$$

$$t = 45 \text{ min} = 45 \cancel{\text{min}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \cancel{\text{min}}} = 0.75 \text{ h}$$

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{450}{0.75} = 600 \text{ km/h}$$

#### 4-4 التسارع المتوسط :

حينما تبدأ سيارة بالحركة من حالة السكون ( سرعتها = صفر ) حتى تصل سرعتها إلى مقدار معين (سرعتها = 80 km ) ، حينئذ يقال إن السيارة أخذت تتسارع أي تتزايد سرعتها تدريجياً مع مرور الزمن ، و يعرف التسارع المتوسط بأنه:

التسارع المتوسط : هو نسبة التغير في السرعة إلى الزمن اللازم الذي تم فيه التغير .

ويعبر عن ذلك رياضياً كما يلي :

$$\text{التسارع المتوسط} = \frac{\text{التغير في السرعة}}{\text{الزمن الذي حصل فيه التغير}}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (4-2)$$

حيث a : التسارع المتوسط و تقاس في النظام الدولي بوحدة  $\text{m/s}^2$  .

$$\Delta v : \text{التغير في السرعة وهي تساوي } \Delta v = v_f - v_i$$

$v_f$  : السرعة النهائية .

$v_i$  : السرعة الابتدائية

t : الزمن الذي حصل فيه التغير .

ماذا لو حدث العكس ؟

أي حينما نحاول إيقاف السيارة، فإن سرعتها تتناقص تدريجياً حتى تصل إلى الصفر مع مرور الزمن، وهو ما يعرف بالتباطؤ، ويمكن تعريف التباطؤ بأنه تسارع سلبي .

نستنتج مما سبق أن التسارع يكون :

١. سالباً حينما تكون سرعة الجسم في تناقص . أي أن



السرعة الابتدائية  $v_i <$  السرعة النهائية  $v_f$  .

٢. موجبًا حينما تكون سرعة الجسم في تزايد ، أي أن :

$$v_f > v_i$$

سؤال : إذا كانت سرعة الجسم ثابتة فما قيمة التسارع ؟

الجواب : قيمة التسارع = صفر

مثال (4-3) :

تسير سيارة في خط مستقيم بسرعة  $10 \text{ m/s}$  ثم بدأت تتسارع بشكل منتظم حتى وصلت سرعتها إلى  $31 \text{ m/s}$  خلال مدة قدرها ثلاث ثوانٍ . أحسب مقدار تسارع السيارة .

الحل :

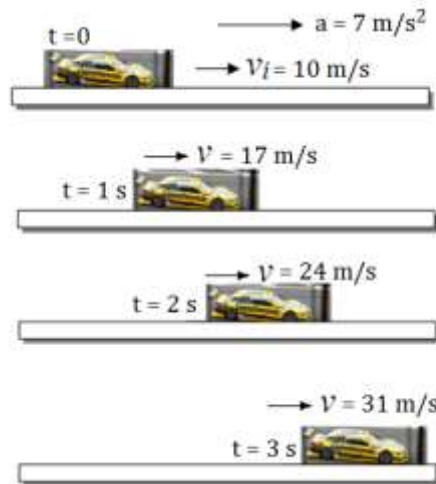
$$v_o = 10 \text{ m/s} \quad , \quad v_f = 31 \text{ m/s} \quad , \quad t = 3 \text{ s}$$

$$a = \frac{v_f - v_o}{t}$$

$$a = \frac{31 - 10}{3}$$

$$a = 7 \text{ m/s}^2$$

وهذا يعني أن سرعة السيارة تزيد في كل ثانية بمقدار  $7 \text{ m/s}$  . والشكل (4-3) يبين مقدار سرعة السيارة بعد مرور كل ثانية من لحظة التغير حتى تصل سرعتها إلى  $31 \text{ m/s}$  .



شكل (4-3) مقدار التسارع  $7 \text{ m/s}^2$

**مثال (4-4) :**

تسير سيارة بسرعة مقدارها  $50 \text{ km/h}$  . واضطر سائقها إلى إيقافها ، فتوقفت بعد أربع ثوانٍ من ضغط السائق على الكوابح . احسب تسارع السيارة بوحدة  $\text{m/s}^2$  .

**الحل :**

$$v_o = 50 \text{ km} / \text{h} = 50 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}$$

$$v_o = 13.89 \text{ m} / \text{s}$$

$$v_f = 0 \quad t = 4 \text{ s}$$

$$a = \frac{v_f - v_o}{t}$$

$$a = \frac{0 - 13.89}{4} = -3.47 \text{ m} / \text{s}^2$$

إشارة التسارع سالبة ، لماذا ؟

**4-5 معادلات الحركة على خط مستقيم و بتسارع ثابت :**

إذا تحرك جسم على خط مستقيم بسرعة ابتدائية مقدارها  $v_i$  ثم بدأ يتسارع بمعدل ثابت بمقدار  $a$  خلال زمن مقداره  $t$  فإنه سيقطع مسافة مقدارها  $s$  وتصل سرعته إلى  $v_f$  ، يمكن وصف حركة هذا الجسم من خلال المعادلات الآتية :

$$v_f = v_o + at \quad (4-3)$$

$$s = v_o t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (4-4)$$

$$v_f^2 - v_o^2 = 2 a s \quad (4-5)$$

**مثال (4-5) :**

تتحرك سيارة بسرعة  $20 \text{ m/s}$  ثم أخذت تتسارع بمعدل  $3 \text{ m/s}^2$  احسب المسافة التي قطعتها حتى وصلت سرعتها إلى  $26 \text{ m/s}$  من لحظة بدء التسارع ، ثم احسب الزمن اللازم لذلك.

**الحل**



$$v_i = 20 \text{ m/s} \quad v_f = 26 \text{ m/s} , \quad a = 3 \text{ m/s}^2$$

١- حساب المسافة  $s$  :

$$v_f^2 - v_i^2 = 2 a s$$

$$s = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2 a}$$

$$s = \frac{(26)^2 - (20)^2}{2 \times 3}$$

$$s = 46 \text{ m}$$

٢- حساب الزمن اللازم  $t$  :

$$v_f = v_i + a t$$

$$t = \frac{v_f - v_i}{a}$$

$$t = \frac{26 - 20}{3} = 2 \text{ s}$$

**مثال (4-6)**

يتحرك قطار بسرعة  $22 \text{ m/s}$  ضغط السائق على جهاز الإيقاف (الكوابح) ليووقف القطار، فأخذ القطار يتباطأ بمعدل  $-2 \text{ m/s}^2$  احسب ما يلي:

- الزمن اللازم لتوقف القطار .
- المسافة التي قطعها القطار من لحظة الضغط على جهاز الإيقاف حتى توقف .

الحل :

$$v_0 = 22 \text{ m/s}$$

$$v_f = 0 \quad , \quad a = -2 \text{ m/s}^2$$

١. حساب الزمن  $t$  :

$$v_f = v_0 + at$$

$$t = \frac{v_f - v_0}{a} = \frac{0 - 22}{-2}$$

$$t = 11 \text{ s}$$

٢. حساب المسافة  $s$  :

$$v_f^2 - v_0^2 = 2as$$

$$s = \frac{v_f^2 - v_0^2}{2a} = \frac{-(22)^2}{2 \times (-2)}$$

$$s = 121 \text{ m}$$

**4-6 السقوط الحر :**

يعد السقوط الحر للأجسام من التطبيقات الأساسية للحركة على خط مستقيم ، ولقد وجد بالتجربة أنه حينما يسقط جسم سقوطاً حراً إلى سطح الأرض لا يعتمد على مقدار كتلته بل تحت تأثير الجاذبية الأرضية مكتسباً بذلك تسارعاً ثابتاً يطلق عليه تسارع الجاذبية الأرضية والذي يرمز له عادة بالرمز  $g$ ، ولقد أجريت تجارب عديدة لإيجاد قيمته في أماكن مختلفة،



وُجد أن متوسط قيمته عند سطح البحر  $9.8 \text{ m/s}$  ، ويتجه رأسياً نحو الأسفل ( نحو مركز الأرض )، ولذلك تكون حركة الأجسام الساقطة نحو الأسفل متسارعة، وحركة الأجسام الصاعدة للأعلى متباطئة .

وحيث دراستنا لحركة الأجسام أثناء سقوطها سقوطاً حراً، أو حين قذفها إلى أعلى يمكننا استنتاج أن معادلات الحركة لها هي المعادلات الثلاثة السابقة نفسها (4-3) و (4-4) و (4-5) مع ملاحظة ما يلي :

١. استبدال رمز التسارع  $a$  بالرمز  $g$  الناشئة عن الجاذبية الأرضية .  
٢. السرعة النهائية للأجسام المقذوفة إلى أعلى  $v_f = 0$  والسرعة الابتدائية للأجسام الساقطة سقوطاً حراً  $v_i = 0$  .

٣. في حالة صعود الجسم يكون التسارع سالباً ، وفي حالة سقوطه يكون التسارع موجباً.

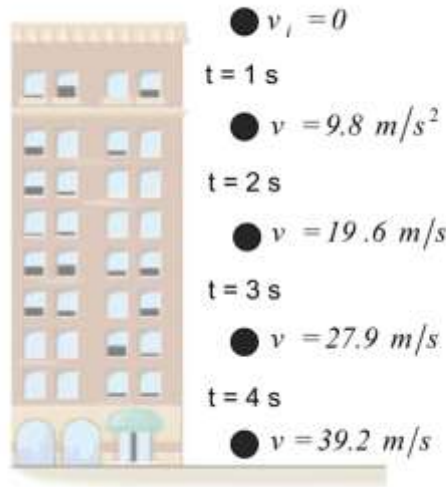
٤. نستبدل الرمز  $s$  بالرمز  $y$  لتوضيح أن الحركة رأسية .

وتصبح معادلات الحركة في هذه الحالة كما يلي :

$v_f = v_o + g t$	(4-6)
$y = v_o t + \frac{1}{2} g t^2$	(4-7)
$v_f^2 - v_o^2 = 2 g y$	(4-8)

سؤال : ماذا نقصد بالعبارة الآتية : تسارع الجاذبية الأرضية يساوي  $9.8 \text{ m/s}^2$   
الجواب : حينما يسقط الجسم سقوطاً حراً من ارتفاع معين، فإن سرعته أثناء السقوط تزيد بمقدار  $9.8 \text{ m/s}$  ، في كل ثانية من زمن السقوط ، و الشكل (4-4) يبين معنى ذلك :





شكل (4-4) تكتسب الأجسام أثناء السقوط الحر تسارعا مقداره  $9.8 \text{ m/s}^2$

#### السقوط الحر للأجسام :

لقد كان الاعتقاد السائد عن سقوط الأجسام سقوطاً حراً أن الأجسام الثقيلة تكتسب سرعة أكبر من الأجسام الخفيفة ، واستند هذا الاعتقاد إلى المشاهدة المباشرة ، فلو ألقينا تفاحة وريشة طير من ارتفاع معين فإننا نجد أن التفاحة ترتطم بالأرض قبل الريشة. وبقيت هذه الرؤية سائدة حتى نهاية القرن السادس عشر الميلادي حينما تمكن (جاليليو) من أن يصحح هذا المفهوم ، ويضع الأمر في نصابه ، فأعلن على الملأ أن لا علاقة لسرعة الأجسام الساقطة بثقل الأجسام ، فالأجسام الثقيلة والأجسام الخفيفة تسقط بالمعدل نفسه ، وإذا تم إلقاؤها من الارتفاع نفسه، فإنها ترتطم بالأرض في آن واحد . أما ما نشهده في ملاحظتنا المباشرة من ارتطام الجسم الثقيل بالأرض قبل ارتطام الجسم الخفيف بها ، فإنه أمر يعود إلى تأثير آخر لا علاقة له البتة بحركة السقوط الحر ، وهذا التأثير هو مقاومة الهواء ، أي دفع الهواء إلى أعلى .

#### مثال (4-7) :

سقط جسم رأسياً إلى أسفل من قمة برج ، فوصل إلى الأرض بعد  $4 \text{ s}$  ، أوجد مايلي :

- ١- ارتفاع البرج عن سطح الأرض .
- ٢- سرعة الجسم قبل ارتطامه بالأرض مباشرة .

الحل :

المعطيات :  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$  ،  $t = 4 \text{ s}$



1-

$$y = v_i t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$\therefore v_i = 0$$

$$\Rightarrow y = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 4^2 = 78.4 \text{ m}$$

2-

$$v_f = ?$$

$$v_f = g t$$

$$v_f = 9.8 \times 4 = 39.2 \text{ m/s}^2$$

**مثال (4-8):**

قذف جسم رأسياً إلى أعلى ، فوصل إلى أقصى ارتفاع 10 m احسب :

١- السرعة الابتدائية التي قذف بها الجسم .

٢- الزمن الذي استغرقه الجسم حتى وصل إلى أقصى ارتفاع .

الحل .

$$y = 10 \text{ m} , \quad g = - 9.8 \text{ m / s}^2 , \quad v_f = 0$$



$$1- v_i = ?$$

$$v_f^2 - v_i^2 = 2 g y$$

$$- v_i^2 = 2 \times ( - 9.8 ) \times 10 = - 196$$

$$v_i^2 = 196$$

$$v_i = \sqrt{196} = 14 \text{ m/s}$$

$$2- t = ?$$

$$v_f = v_i + g t$$

$$0 = v_i + g t$$

$$t = \frac{-v_i}{g}$$

$$t = \frac{-14}{-9.8} = 1.43 \text{ s}$$



تجربة رقم (8) :

اسم التجربة : السقوط الحر

الهدف من التجربة : تعيين تسارع الجاذبية الأرضية  $g$ .

نظرية التجربة :

إذا سقط جسم ما تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية  $g$  فإن المعادلة التي تحكم هذا الجسم هي:

$$y = v_o t + \frac{1}{2} g t^2 \quad (1)$$

وحيث إن الجسم بدأ حركته من السكون أي أن  $v_i = 0$  فإن المعادلة (1) تصبح كالآتي :

$$y = \frac{1}{2} g t^2 \quad (2)$$

ومن العلاقة (2) يمكن حساب  $g$  على النحو الآتي :

$$g = 2 \frac{y}{t^2} \quad (3)$$

و من المعادلة الأخيرة يمكن حساب تسارع الجاذبية الأرضية عملياً من خلال رسم العلاقة

البيانية بين  $y$  و  $t^2$  و هي: خط مستقيم ميله  $\frac{\Delta y}{\Delta t^2}$ .

أدوات التجربة :

جهاز السقوط الحر كما في الشكل (5-4) و يتكون من :

كره حديدية ، مصدر جهد مستمر ، حامل رأسي طويل ، ماسك مغناطيسي للكرة ، ساعة إيقاف الكترونية (عداد زمني) تعمل وتقف ذاتياً ، مسطرة قياس ، مفتاح توقيف العد الزمني.



شكل (4-5) جهاز السقوط الحر .

**خطوات العمل :**

١. وصل الدائرة كما في الشكل (4-5) .
٢. شغل جهاز مصدر الجهد لتوليد مجال مغناطيسي يجذب الكرة ( وذلك بسبب مرور التيار الكهربائي في ملف الماسك المغناطيسي ) .
٣. اضبط العداد الزمني على وضع التشغيل (on) .
٤. ثبت الكرة الحديدية في الماسك المغناطيسي بحيث تكون المسافة  $y$  بينها وبين مفتاح توقيف العد الزمني 90 cm .
٥. افتح الدائرة الكهربائية (من أجل فصل التيار الكهربائي) لتسقط الكرة، و تلاحظ في الوقت نفسه أن العداد الزمني بدأ في حساب الزمن، وبعد ملامسة الكرة لمفتاح توقيف العد تلاحظ أن العداد الزمني قد توقف عن العد وسجل الزمن  $t$
٦. كرر الخطوة رقم ( ٥ ) ثلاث مرات لحساب متوسط الزمن المسافة نفسها .
٧. سجل نتائجك في الجدول (4-1)
٨. أعد الخطوات السابقة لخمس مرات أخرى ، و في كل مرة غير المسافة  $y$  بمقدار 10 cm .

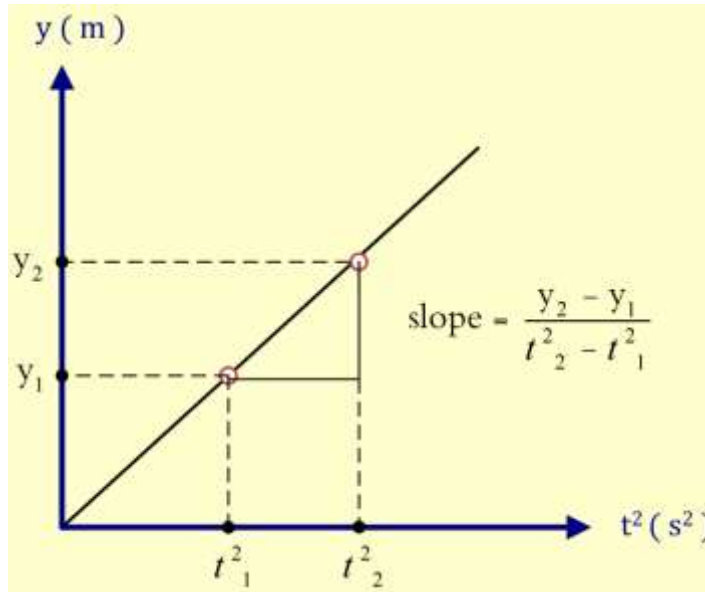
$y (m)$	$t_1 (s)$	$t_2 (s)$	$t_3 (s)$	المتوسط $t (s)$	$t^2 (s^2)$
0.90					
0.80					
0.70					
0.60					



0.50					
0.40					

جدول (4-1)

٩. ارسم العلاقة البيانية بين المسافة  $y$  ( m ) على المحور  $y$  و بين مربع الزمن  $t^2$  (  $s^2$  ) على المحور  $x$  كما في الشكل (4-6) ثم احسب الميل ( slope ).
١٠. احسب تسارع الجاذبية الأرضية  $g$  بتطبيق المعادلة الآتية :
- $$g = 2 \times \text{slope}$$



الشكل (4-6) العلاقة بين الارتفاع و مربع الزمن .

## الأسئلة :

١. ما الفرق بين الإزاحة والمسافة ؟
٢. عرف : التسارع ، السرعة !
٣. ما المسافة التي تقطعها سيارة تسير بسرعة 30h/km خلال انشغال سائقها لمدة ثانية بالنظر إلى حادث مروري على جانب الطريق !
٤. تسير سيارة بسرعة 10m/s ثم أخذت تتسارع بشكل منتظم حتى وصلت سرعتها إلى 25m/s في مدة زمنية قدرها 5s احسب تسارع السيارة !
٥. يسير قطار بسرعة 100km/h ، ضغط السائق على جهاز الإيقاف ( الكوابح ) ليوقف القطار ، فبدأ القطار يتباطأ بمعدل منتظم حتى وقف تماماً في زمن قدره 9s ، فاحسب مقدار التباطؤ . ثم احسب المسافة اللازمة لتوقف القطار !



٦. تسير سيارة بسرعة  $36 \text{ km/h}$  أخذت تتسارع بمعدل منتظم مقداره  $2 \text{ m/s}^2$  ولمدة  $10 \text{ s}$  احسب ما يلي :-  
 أ - السرعة التي تصل إليها .  
 ب - المسافة اللازمة التي تقطعها .
٧. يتناقص مقدار سرعة سيارة بانتظام من  $15 \text{ m/s}$  إلى  $7 \text{ m/s}$  خلال اجتياز مسافة  $90 \text{ m}$  احسب ما يلي :-  
 أ - تسارع السيارة .  
 ب - المسافة الإضافية التي يقطعها القطار قبل أن يصل إلى السكون .
٨. قذف حجر رأسياً إلى أعلى بسرعة  $16 \text{ m/s}$  أوجد :-  
 أ - الحد الأعلى للارتفاع الذي يصل إليه .  
 ب - الزمن الذي يستغرقه الحجر في الجو قبل عودته إلى الأرض .
٩. قذف حجر رأسياً إلى أعلى من قمة برج ارتفاعه  $35 \text{ m}$  بسرعة قدرها  $10 \text{ m/s}$  احسب :-  
 أ - الزمن اللازم للوصول إلى أقصى ارتفاع .  
 ب - الزمن اللازم حتى يعود إلى الأرض .

### الملحق أ

بعض التحويلات الهامة:

المعادلة	الرمز	اسم الوحدة	وحدات الطول
$1 \text{ mi} = 1.609 \text{ km}$	mi	ميل	
$1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$	km	كيلو متر	
$1 \text{ m} = 10 \text{ dm}$	m	متر	
$1 \text{ m} = 10^2 \text{ cm}$	dm	ديسيمتر	
$1 \text{ m} = 10^3 \text{ mm}$	cm	سنتيمتر	
$1 \text{ m} = 3.281 \text{ ft}$	mm	مليمتر	
$1 \text{ m} = 39.3 \text{ in}$	ft	قدم	
$1 \text{ ft} = 30.48 \text{ cm}$	in	انش	
$1 \text{ ft} = 12 \text{ in}$			
$1 \text{ in} = 2.54 \text{ cm}$			

$1 \text{ km}^2 = 10^6 \text{ m}^2$	$\text{km}^2$	كيلو متر مربع	وحدات المساحة
$1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2$	$\text{m}^2$	متر مربع	



$1 \text{ m}^2$	$= 10^6 \text{ mm}^2$	$\text{cm}^2$	سنتيمتر مربع	
$1 \text{ m}^2$	$= 10.76 \text{ ft}^2$	$\text{mm}^2$	مليمتر مربع	
$1 \text{ m}^2$	$= 1550 \text{ in}^2$	$\text{ft}^2$	قدم مربع	
$1 \text{ ft}^2$	$= 144 \text{ in}^2$	$\text{in}^2$	انش مربع	
$1 \text{ in}^2$	$= 6.452 \text{ cm}^2$			

$1 \text{ m}^3$	$= 10^6 \text{ cm}^3$	$\text{m}^3$	متر مكعب	وحدات الحجم
$1 \text{ m}^3$	$= 10^9 \text{ mm}^3$	$\text{cm}^3$	سنتيمتر مكعب	
$1 \text{ m}^3$	$= 35.31 \text{ ft}^3$	$\text{mm}^3$	مليمتر مكعب	
$1 \text{ m}^3$	$= 35.31 \text{ ft}^3$	$\text{ft}^3$	قدم مكعب	
$1 \text{ ft}^3$	$= 2.832 \times 10^4 \text{ cm}^3$	li	لتر	
$1 \text{ m}^3$	$= 1000 \text{ li}$	mli	مليتر	
$1 \text{ li}$	$= 1000 \text{ cm}^3$			
$1 \text{ mli}$	$= 1 \text{ cm}^3$			

$1 \text{ ton}$	$= 10^3 \text{ kg}$	ton	طن متري	وحدات الكتلة
$1 \text{ kg}$	$= 10^3 \text{ g}$	kg	كيلو جرام	
$1 \text{ g}$	$= 10^3 \text{ m g}$	g	جرام	
		mg	ملي جرام	

$1 \text{ h}$	$= 60 \text{ min}$	h	ساعة	وحدات الزمن
$1 \text{ h}$	$= 3600 \text{ s}$	min	دقيقة	
$1 \text{ min}$	$= 60 \text{ s}$	s	ثانية	
$1 \text{ s}$	$= 1000 \text{ ms}$	ms	ملي ثانية	





## الملحق ب

## الكتابة العلمية للأعداد

بعد أن قطعت العلوم التجريبية والتقنية شوطاً كبيراً من التقدم العلمي ظهرت ثوابت فيزيائية قيمها كبيرة جداً مثل سرعة الضوء  $300000000 \text{ m/s}$ . أو قيمها صغيرة جداً مثل قطر نواة الذرة يساوي تقريباً  $0.000000000005 \text{ mm}$  ولأجل سهولة قراءتها وحفظها وتداولها في الحسابات فإنها تكتب بصورة قوى العدد عشرة، و الصيغة العامة لكتابة الأعداد علمياً على النحو الآتي :

$$a \times 10^b$$

حيث إن  $a$  : عدد قيمته المطلقة أكبر أو تساوي 1 و أصغر من 10 .  
 $b$  : عدد صحيح نسبي .

مثال :

اكتب الصورة العلمية للعددين الآتيين :

أ-  $300000000$  ب-  $0.0000000000005$

الحل :

$$300000000 = 3 \times 100000000 = 3 \times 10^8$$

$$a = 3 \text{ و } b = 8$$

و اختصاراً نتبع الطريقة الآتية:

$$a = 3$$

$$\uparrow$$

$$300000000$$

$$\uparrow$$

٨ منازل

$$b = 8$$

$$0.0000000000005 = \frac{5}{1000000000000} = \frac{5}{10^{12}} = 5 \times 10^{-12}$$

حيث أن :

$$A = 5 \text{ و } b = -12$$

و اختصاراً نتبع الخطوات الآتية :



$$\begin{array}{c}
 a = 5 \\
 \uparrow \\
 0.000000000005 \\
 \hline
 \text{12 منزلة عشرية} \\
 \uparrow \\
 b = -12
 \end{array}$$

أمثلة أخرى :

الكتابة الأساسية للعدد	الكتابة العلمية للعدد
700	$7 \times 10^2$
2341.759	$2.341759 \times 10^3$
-82000	$-8.2 \times 10^4$
483000000	$4.83 \times 10^8$
0.9	$9 \times 10^{-1}$
0.000000367	$3.67 \times 10^{-7}$



## المراجع

اسم المرجع	المؤلف
الفيزياء النظرية الأساسية - الطبعة الثانية	د. مروان أحمد الفهاد
أساسيات الفيزياء ، الطبعة التاسعة	بوش
الفيزياء الجامعية ( سلسلة ملخصات شوم ) الطبعة العربية الأولى	بوش
المرشد إلى وحدات القياس ط ١ ، ١٩٩٥ م.	جاك ليبوا
الميكانيك وخواص المادة ، ط ٢ ، ١٤١٠ هـ.	ميرزا محمد قيصرون .
الفيزياء ( سلسلة التبسيط ) الطبعة الأولى	ناصر عبدالعزيز آل عبدالكريم
الحقيبة التدريبية : مختبر قياس ط : ١٤٢٩	المؤسسة العامة للتدريب التقني و المهني
الفيزياء التجريبية الأساسية ، الطبعة الأولى	د. مروان أحمد الفهاد أ. عبدالعزيز علي المسعود
الفيزياء التجريبية ، الطبعة الثالثة	د. أحمد مصمص د. أحمد ميره د. زياد المصري
الصفحة الالكترونية لمادة القياسات <a href="http://hctmetrology.tripod.com/chap1.htm">http://hctmetrology.tripod.com/chap1.htm</a>	د . محمد أحمد عيشوني
Fundamentals of physics . 1997 .	Halliday. Resnick
Physics for scientists and engineers . ninth edition .	serway
<a href="http://www.gphysics.net/leybold-experiments-setups">http://www.gphysics.net/leybold-experiments-setups</a>	leybold-experiments