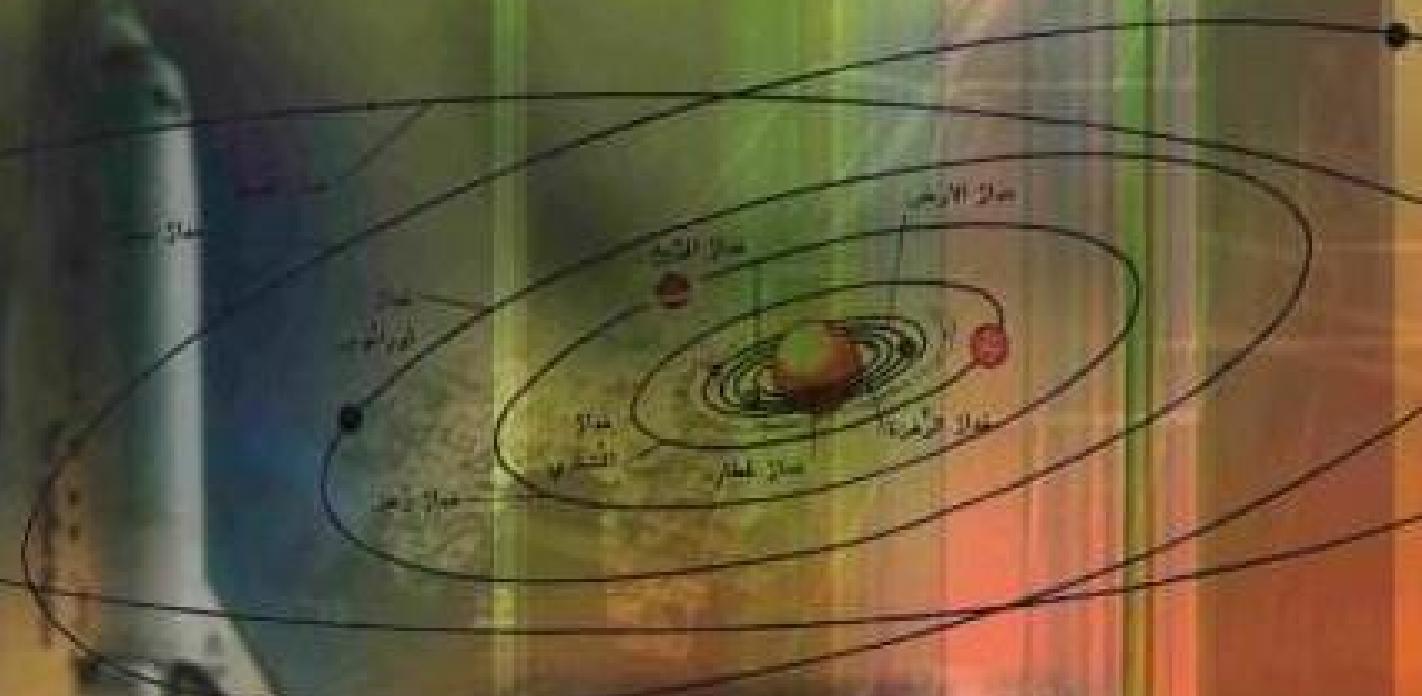




# التأهيل

للصف العاشر



إهداء خاص من  
Y  kuwait.net  
منتديات ياكويت

# الشيلبي

## للصف العاشر

تأليف

د . مرزوق يوسف الغنيم (مشرفاً)

أ. د . فوزية الرويع

د . سعيد عبد الحميد محفوظ

أ . عبد المقصود منصور

أ . فاروق إبراهيم فهيمي

الطبعة الثانية

١٤٣٢ هـ

٢٠١٢ - ٢٠١١ م

الطبعة الأولى علوم (1)الجزء الأول 2006 - 2007 م  
الطبعة الثانية 2007 - 2008 م  
2010 - 2009 م  
2011 - 2010 م  
**2012 - 2011 م**

تمت الموافقة من مقرر (21) علوم مشترك  
طبقاً للقرار الوزاري و ت/ ١٨٠٨٨ بتاريخ ٢٠٠٥/١/٣١

### لجنة الموافقة

- |                                 |                            |
|---------------------------------|----------------------------|
| أ . مريم فراج الوتيد (مشرف عام) | أ . مددوح عبدالحميد حر حش  |
| أ . مصطفى محمود بونس            | أ . عبد الهادي محمد العسال |
| أ . أحمد السيد محمد مسعد        |                            |

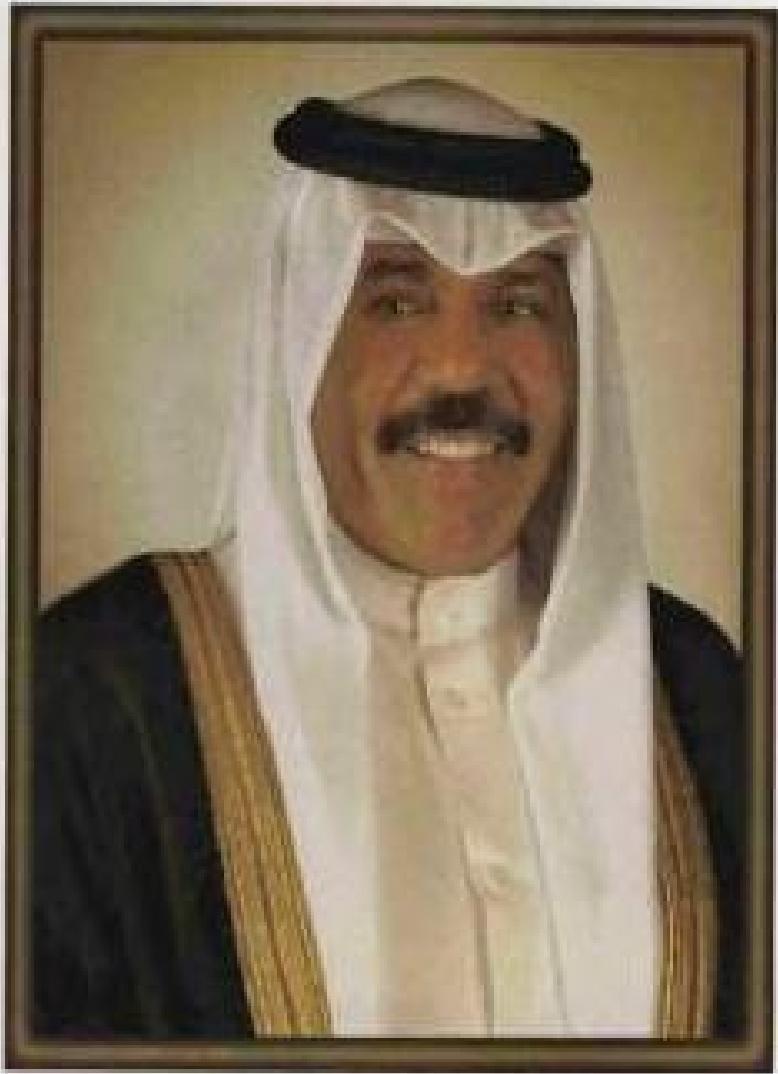
بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ





ضاحل السمو الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح  
أمير دولة الكويت





سَهْلُ الشَّجَاعِيْنَ حَوْا فَلِلْحَمْدِ لِلّٰهِ اَلْبَارِصِيْجُ  
فِي عَهْدِ دُوْلَةِ الْكُوْتَ



# الكتاب

(الجزء الأول)



يسعدنا أن نقدم لأنساتنا طلبة وطالبات مدارس المرحلة الثانوية النظام الموحد كتاب الفيزياء للصف العاشر - لمواهه متطلبات نمو المتعلمين وطبيعة العصر الذي نعيشه وما يتميز به من تقدم علمي وتقني ، ول يقدم للمتعلمين قبل أن يتجهوا إلى مختلف التخصصات ثقافة علمية متعمقة إلى حد ما ، تعينهم على فهم أعمق لموضوعات الوحدات والقياس والحرارة والمجموعة الشمسية ، وقد روعي في هذا الكتاب التكامل بين الموضوعات المشتركة في مجال الفيزياء مما يساعد المتعلم على التركيز والمتابعة ووضوح الرؤية ، مع محاولة تبسيط المادة العلمية المقيدة ، وكان جل اهتمامنا عند عرض المادة العلمية يتركز في التنظيم السطحي لها ومتابعها وحداثتها ، مع الربط بين الجوانب النظرية والعملية ، لتنمية الجانب المهاري لدى الطلاب مع الاعتماد على الأنشطة التعليمية والعمل التجريبي اللذين يكتسبانهم القدرة على التجربة واستخدام الأجهزة والأدوات المخبرية ، لإعدادهم للحياة العملية الإيجابية الفعالة ، والكشف عن ميولهم وقدراتهم وتحميصها ، مما يساعدهم على اختيار الدراسة التي تناسب مع رغباتهم واستعداداتهم .

والله نرجو أن يكون هذا العمل سداداً لجزء من دين في اعتنانا لهذا الوطن ، وأن يكون هذا العمل أيضاً جزءاً من واجباتنا تجاه ناشئة هذه الأمة .

والله الموفق

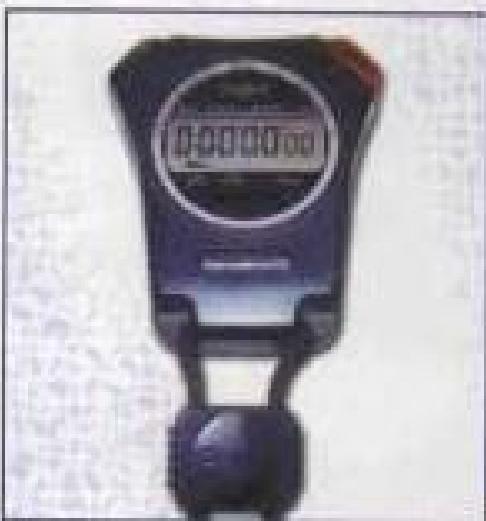
المؤلفون



# المحتوى

## الفصل الأول

### الوحدات والقياس

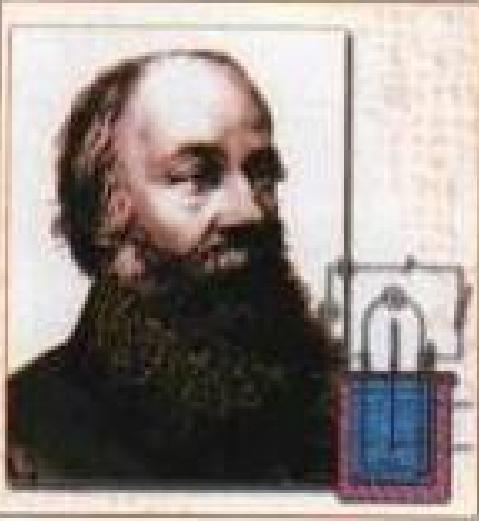


11  
13  
13  
13  
16  
17  
17  
17  
17  
20  
21

القياس ..... أولاً: الكمات الفيزيائية ..... ثانياً: النظام الدولي للوحدات ..... ثالثاً: التحويل (تغيير الوحدات) ..... رابعاً: أدوات القياس ..... 1- أدوات قياس الطول ..... 2- أدوات قياس الكيل ..... 3- أدوات قياس الزمن ..... نذكر أن ..... أمثلة التقويم .....
---

## الفصل الثاني

### الحرارة وانتقالها



25  
27  
28  
29  
30  
30

أولاً: التغير الحراري للعلاقة الحرارية ..... - الانزام الحراري ..... ثانياً: أثر الحرارة على المادة ..... أ- التمدد الحراري للأجسام ..... ب- معامل التمدد الخطى .....
---

32
37
38
38
40
41
43
51
54
61
62
64
67

ج - تطبيقات على تحديد الأجهام الصلبة
ثالثاً: درجة الحرارة وقياسها
أ - درجة الحرارة
ب - الترمومترات
رابعاً: تقدير كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة
خامساً: الحرارة النوعية والسعنة الحرارية
سادساً: تغير الحالة
سابعاً: أثر الضغط على درجة الاصهار وعلى درجة الغليان
ثامناً: انتقال الطاقة الحرارية
علم وعلماء
وقل ربِّي زدني علماً
تذكرة أن
التقويم

### الفصل الثالث

73
75
75
75
76
78
79
80
80
81



### قوانين الديناميكا الحرارية

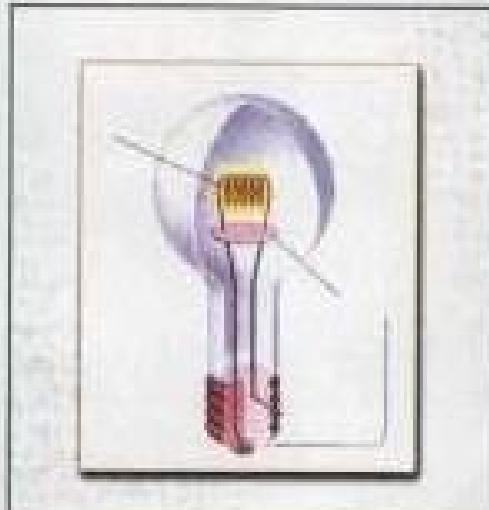
- الديناميكا الحرارية
أولاً: باراترات الحالة
ثانياً: الآخوان والتحول
ثالثاً: القانون الأول للديناميكا الحرارية
رابعاً: الآلات الحرارية
أ - تركيب الآلة الحرارية
ب - طريقة عمل الآلة الحرارية
المضخات الحرارية وأجهزة التبريد
خامساً: مردود الآلة (الكفاءة الحرارية)

84
85
87
88
89

سادساً : القانون الثاني للديناميكا الحرارية .....
وهل يعني زدني علماً .....
علم وعلمه .....
نذكر أن .....
التقويم .....

## الفصل الرابع

93
95
97
99
102
104
106
107
108
111
111
111
112
114
117
119



### التيار الكهربائي المستمر

أولاً : التيار الكهربائي .....
ثانية: الشدة التيار الكهربائي .....
ثالثاً : فرق الجهد الكهربائي .....
رابعاً : قانون أوم .....
خامساً : العوامل التي توقف عليها مقاومة الموصى .....
السادس : توصيل المقاومات .....
1- التوصيل على التوازي .....
2- التوصيل على التوالى .....
سادساً : التأثير الحراري للتيار الكهربائي .....
1- المصباح الكهربائي .....
2- المنصهر .....
سابعاً : القوة المحركة الكهربائية .....
ثامناً : الطاقة والقدرة الكهربائية .....
نذكر أن .....
التقويم .....

## الفصل الخامس

125

127

130

132

134

143

146

146

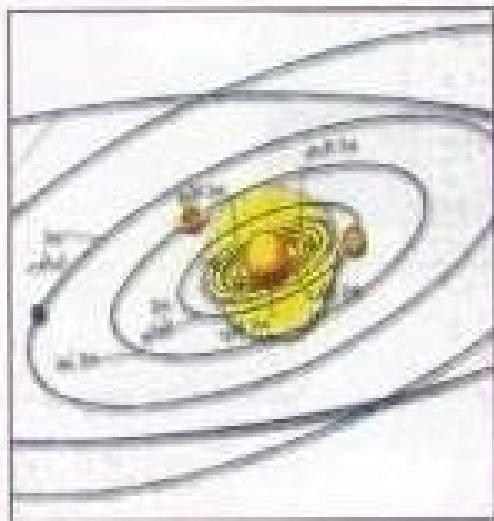
147

150

154

155

157



## المجموعة الشمسية

أولاً : الشمس

ثانياً : الأرض

ثالثاً : القمر

رابعاً : المجموعة الشمسية

خامساً : حركة الكواكب

سادساً : الموجات الكهرومغناطيسية

أ- أنواع الإشعاعي الشمسي

ب- الطيف الكهرومغناطيسي

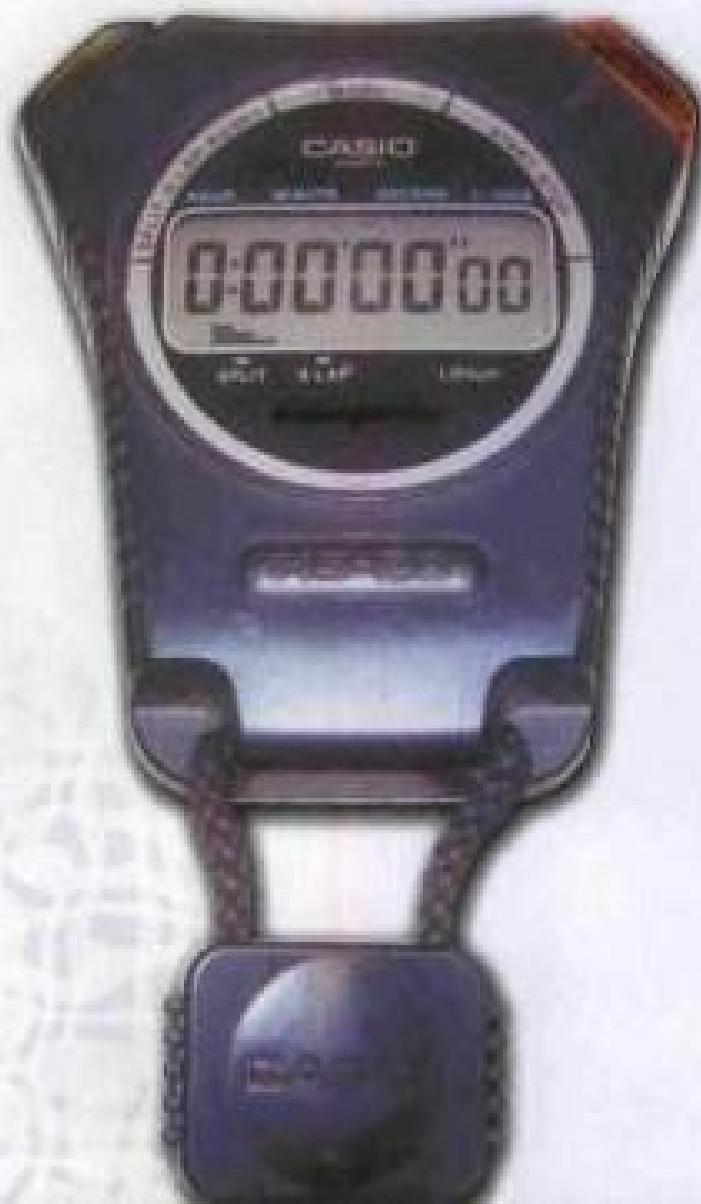
وقل ربِّي زَدْنِي عِلْمًا

علم وعلماء

تذكرة أن

القويم

الوحدات  
و  
القياس





## القياس Measurements

قد يبدأ قال المؤرخ كلفن - العالم الفيزيائي المشهور (إن المعرفة المجردة ليست كافية إلا إذا عبرنا عنها بالأرقام). فقد يكون الرقم كافياً لمعرفتها ولا تحتاج إلى وحدة لاستكمال المعرفة مثل رقم المتر ، رقم الهاتف ، رقم السيارة ، ومنها بعض الثوابت التقريرية ( $\pi = 3.14$ ) ، وقد يكون الرقم وحده غير كافٍ بل يلزم وحدة لقياسه وتكرار هذه الوحدة عند التعبير عنه .

### الكميات الفيزيائية Physical Quantities

أولاً

عندما نقول أن كتلة جسم (5) كيلو جرام فهذا يعني أن هذه الكتلة مكونة من وحدة قياس (كيلو جرام) وقد تكررت هذه الوحدة خمس مرات .

فالكتبة الفيزيائية هي الصفة الفيزيائية القابلة للقياس ، حيث يتم التعبير عنها بالأرقام ووحدة قياس معيارية باستخدام أداة قياس معينة ، والمقادير القابلة للقياس هي التي يمكن تقدير قيمتها عن طريق وضع وحدات القياس بعضها بجانب البعض الآخر ، أي التي يمكن جمعها جمعاً عددياً عادياً .

وهناك نوعان من الكميات الفيزيائية هما :

- 1 - الکميات الأساسية : وهي الکميات الفيزيائية التي تكون معروفة بذاتها ، ولا يعبر عنها بدلةة كميات أخرى مثل : (الطول ، الكتلة ، الزمن ، درجة الحرارة ، شدة التيار) .
- 2 - الکميات المشتقة : وهي الکميات الفيزيائية التي يمكن تعريفها بدلةة كميات فيزيائية أساسية ، أي يتم اشتقاقها من الکميات الأساسية مثل : (المساحة ، الحجم ، السرعة ، العجلة ، القوة ، ...).

### النظام الدولي للموحدات International System Of Units:

ثانياً

اتفق المؤتمر الدولي الحادي عشر للأوزان والمكاييل في عام (1960) على وحدات الکميات الأساسية تستخدم في الحقليين العلمي والعملي في جميع البلاد ، وبالتالي تتحدد

الوحدات الخاصة بالكميات المشتقة ، والجدول التالي يبين عدداً من هذه الكميات الأساسية والوحدات في هذا النظام (SI Units) :

الرمز	الوحدة	الرمز	الكمية	كميات أساسية
m	متر	L	Length الطول	
kg	كيلو جرام	m	Mass الكتلة	
S	ثانية	t	Time الزمن	
K	كلفن	T	Temperature درجة الحرارة	
A	آمبير	I	Current Intensity شدة التيار	

### أمثلة على الوحدات المشتقة

رمز الوحدة	الاشتقاق	رمز الكمية	الكمية
$m^2$	طول × طول	A	المساحة
$m^3$	طول × طول × طول	V	الحجم
$m/s$	$\frac{\text{مسافة}}{\text{زمن}}$	V	السرعة
$m/s^2$	$\frac{\text{سرعة}}{\text{زمن}}$	a	العجلة
N نيوتن	الكتلة × العجلة	F	القوة
J جول	القوة × المسافة	W	الشغل
J جول	نفس وحدات الشغل	E	الطاقة

ومن أهم ميزات النظام الدولي للوحدات اعتماده على النظام العشري في الأجزاء وفي المضاعفات وهذا ما جعله سهلاً وشجع على انتشاره ، والجدول التالي يبين بعض الأجزاء :

التعبير الأسني	الكسر العشري	الرمز	المقطع
$10^{-1}$	0.1	d	ديسي - deci -
$10^{-2}$	0.01	c	ستي - centi -
$10^{-3}$	0.001	m	ملي - milli -
$10^{-6}$	0.000001	$\mu$	ميكرور - micro -

والجدول التالي يبين بعض المضاعفات واسمياتها :

التعبير الأسني	الرقم العشري	الرمز	المقطع
$10^1$	10	da	ديكا - deka -
$10^2$	100	h	هكتو - hecto -
$10^3$	1000	k	كيلو - kilo -
$10^6$	1000000	M	ميغا - mega -

وتتجدر الإشارة إلى أن التسميات الخاصة بالأجزاء والمضاعفات ليست كلمات مستقلة بل إنها عبارة عن مقاطع تضاف قبل اسم الوحدة ، ولها نقول (كيلو متر) و (ميکرو ثانية) . . . وهكذا .

**التحويل (تغيير الوحدات) :**

**ثالثاً:**

في كثير من الأحيان ، وبخاصة في المسائل تحتاج إلى تغيير الوحدة التي تقدر بها كمية ما إلى وحدة أخرى كما في الأمثلة التالية :

ساق من الحديد طولها  $3.5 \text{ m}$  . احسب طولها بوحدة المتر  $\text{mm}$

**مثال 1**



$$1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$$

$$L = 3.5 \times 1000$$

$$= 3500 \text{ mm}$$

**مثال 2**

حقيبة كلنها  $8700 \text{ g}$  احسب كلنها بوحدة الكيلوجرام  $\text{kg}$



$$1 \text{ g} = 0.001 \text{ kg}$$

$$m = 8700 \times 0.001$$

$$= 8.7 \text{ kg}$$

**مثال 3**

تتحرك سيارة بسرعة  $45 \text{ km/h}$  . ما مقدار سرعتها بوحدة  $\text{m/s}$



$$V = 45 \text{ (km)} / 1 \text{ (h)} = 45 \times 1000 \text{ (m)} / 1 \times 60 \times 60 \text{ (s)}$$

$$= 12.5 \text{ m/s}$$

## Measurement Tools أدوات القياس

رابعاً :

### أدوات قياس الطول :

- 1

يستخدم الشريط المترى لقياس الأطوال الكبيرة نسبياً مثل طول طريق ، أو أطوال الملاعب ، أو في مسافات الوئب الطويل ، ورمي الرمح ... إلخ ، ولقياس الأطوال المتوسطة مثل : القماش يستخدم : المتر الخشبي أو المعدنى ، أما لقياس الأطوال الصغيرة مثل : قطر أسطوانة أو قطر سلك معدنى أو سمك الزجاجة فتستخدم أدوات خاصة مثل : القدمة ذات الورنية ، والميكرومتر كما في الشكل المقابل ( 1 - 1 )



الشكل ( 1 - 1 )

### أدوات قياس الكتل :

- 2

يستخدم الميزان الاعتيادى ( ذو الكفتين ) لقياس الكتل الكبيرة نسبياً والمتوسطة أما لقياس الكتل الصغيرة فيستخدم الميزان الحساس ، والميزان الكهربائي . ( الشكل 1 - 2 )

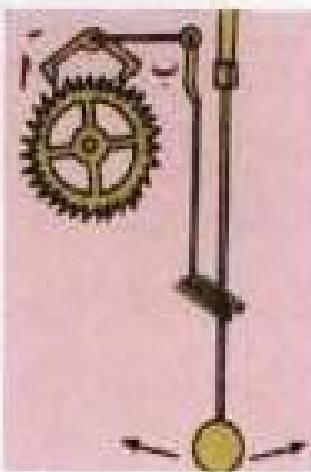


الميزان التفريغي  
الشكل ( 2 )

### أدوات قياس الزمن :

- 3

يرتبط مفهوم الزمن ارتباطاً مباشراً بالحركة والتغير ، وأفضل الحركات التي يمكن الاستفادة منها لقياس الزمن هي الحركة الدورية أي التي تتكرر بانتظام خلال فترات زمنية متساوية ، وبالتالي يعتمد قياس الزمن على حادثة تتكرر بانتظام خلال فترات زمنية متساوية ، مثل دوران الأرض حول نفسها وحركة البندول البسيط . ( الشكل 1 - 3 )



الشكل ( 3 )

ولقياس الفترات الزمنية القصيرة تستخدم أدوات خاصة منها :

### ساعة الإيقاف البدوية : -1



الشكل (4 - 1)

تعتبر من أكثر الوسائل المستخدمة في قياس الفترات الزمنية القصيرة (في حدود عدة ثوان)، ولكنها لا تصلح لقياس الفترات الزمنية التي تقل عن الثانية مع أنها آلة دقيقة، وهذا يعود إلى الخطأ الشخصي للشخص الذي يستخدمها حيث يحتاج لفترة زمنية ليتأثر بالحدث ويضغط بعدها على الساعة لتشغيلها أو لإيقافها (الشكل 1 - 4).

### ساعة الإيقاف الكهربائية : -2



الشكل (4 - 5)

التي تصل دقتها إلى حدود (0.001) - (0.01) ثانية، وتدار مباشرة بوساطة مفتاح خاص يعمل على فتح وغلق دائرة الكهربائية بطريقة غير مباشرة (الشكل 1 - 5).

### الستروبوسكوب : -3



الشكل (4 - 6)

إن ساعة الإيقاف تقيس لنا الزمن بحدود الثانية أو أكثر من ذلك، ولكن إذا أردنا أن نعين الزمن الذي تستغرقه شوكة رنانة أو مطرقة جرس كهربائي في عمل ذبذبة واحدة فإن ساعة الإيقاف لا تصلح لهذا الغرض، لذلك يستخدم الستروب (جهاز الإضاءة المتقطعة) (الستروب الوهمي)، كما في الشكل المقابل (4 - 6)، وفكرة عمله تبني على

أنه يصدر ومضات ضوئية متقطعة ويمكن التحكم في عدد الومضات التي يصدرها كل ثانية، وعند تسليطه على جسم مهتز أو دوار نم تغير تردداته بحيث يبدو الجسم ساكناً، فإن تردداته يكون متساوية لتردد الجسم المهزّ أو الدوار ومن معرفة التردد يمكن حساب الزمن الدوري.

والجدير بالذكر أن : الزمن الدوري للجسم (  $T$  ) هو الزمن الذي يستغرقه الجسم لعمل اهتزازة ( دورة ) واحدة .

وتعين الزمن الدوري من العلاقة :

$$T = \frac{t}{N}$$

$$\text{الزمن الدوري ( } T \text{ )} = \frac{\text{الزمن الكلي المستغرق ( } t \text{ )}}{\text{عدد الاهتزازات الكاملة ( } N \text{ )}}$$

كما أن تردد الجسم (  $f$  ) : هو عدد الاهتزازات ( الدورات ) الكاملة التي يعملاها الجسم المهزى في الثانية الواحدة .

وتعين التردد من العلاقة :

$$f = \frac{N}{t}$$

$$\text{تردد الجسم ( } f \text{ )} = \frac{\text{عدد الاهتزازات الكاملة ( } N \text{ )}}{\text{الزمن الكلي المستغرق ( } t \text{ )}}$$

بالتالي فإن :

$$f = \frac{1}{T}$$

وحدة التردد هي Hz أو ثانية<sup>-1</sup> (  $s^{-1}$  )

# ذكر أن :

- 1** لقياس أية كمية فيزيائية يلزم عدد (يدل على الكمية أو المقدار) والوحدة التي استعملت في العد ، وأحياناً يلزم أداة مناسبة للفياس .
- 2** الكميات الأساسية ، هي الكميات التي لا تشقق من غيرها مثل : الطول والزمن والكتلة ودرجة الحرارة .
- 3** الكميات المشتقة هي التي يمكن اشتقاقها من غيرها ، مثل : الحجم ، والكتافة ، والسرعة ، ... إلخ .
- 4** وحدات القياس نوعان : وحدات أساسية ووحدات مشتقة .
- 5** الوحدات الأساسية التي يهتم الفيزيائي بقياسها هي : وحدات الطول والكتلة والزمن .
- 6** الوحدات المشتقة هي الوحدات التي تشقق من الوحدات الأساسية مثل : وحدات المساحة والكتافة والسرعة وغيرها .
- 7** مجموعة الوحدات الأساسية والوحدات المشتقة المعتمدة عليها تسمى نظاماً .
- 8** اختيار النظام المترى كنظام دولي للوحدات لمرونته وسهولة استخدامه .
- 9** المتر هو الوحدة العيارية الدولية لقياس الأطوال .
- 10** تستخدم عدة وسائل لقياس الأطوال الكبيرة نسبياً منها المساطر والأشرطة المترية ، أما الأطوال الصغيرة فيمكن قياسها بالقدم ذات الورنية والعيكر ومتراً .
- 11** الكيلوجرام هو الوحدة الدولية لقياس الكتلة .
- 12** يستخدم الميزان العادي (ذو الكفين) في قياس الكتل الكبيرة ، ويستخدم الميزان الحاس والميزان الكهربائي في قياس الكتل الصغيرة .
- 13** الثانية هي الوحدة الدولية لقياس الزمن .
- 14** يرتبط قياس الزمن ارتباطاً مباشراً بالحركة والتغير .
- 15** تستخدم الساعات في قياس الزمن ، وجميعها تعتمد على أساس استغلال حادثة أو حركة تكرر نفسها بانتظام في فترات زمنية متاوية ، وربط هذه الحركة بجهاز عداد يعدها .
- 16** تستخدم عدة أجهزة لقياس الفترات الزمنية القصيرة مثل : ساعة الإيقاف اليدوية ، ساعة الإيقاف الكهربائية ، الستروب الوماض .





# التقويم

## المجموعة الأولى :

- 1 ما المقصود بالكميات الأساسية؟
- 2 ما المقصود بالكميات المشتقة؟ أعط مثالين عن كميات مشتقة .
- 3 اذكر ثلاثة من الكميات الأساسية ووحداتها الدولية .
- 4 ما الغرض من استخدام الميكرومتر ، والقديمة ذات الورنية؟
- 5 ماذا يعني بكلٍ من : الزمن الدوري ، التردد؟ وما العلاقة التي تربط بينهما؟

## المجموعة الثانية :

أ- فُحِّل علامة ( ✓ ) في السريع العقابل لأنب (جابة لكل هبارة من العبارات التالية :

1 - إحدى الكميات التالية ليست كمية مشتقة وهي :

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> ارتفاع جدار الفصل | <input type="checkbox"/> وزن كمية من النفاث |
| <input type="checkbox"/> قوة دفع الريح     | <input type="checkbox"/> سرعة الطائرة       |

2 - إحدى الكميات التالية كمية مشتقة وهي :

- |                                |                                  |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> الطول | <input type="checkbox"/> الكثافة | <input type="checkbox"/> المساحة |
| <input type="checkbox"/> الزمن |                                  |                                  |

3- إحدى الكميات التالية تعتبر كمية ليرياتية أساسية هي :

- |                                  |                                |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> المساحة | <input type="checkbox"/> الحجم | <input type="checkbox"/> الطول |
| <input type="checkbox"/> السرعة  |                                |                                |

4 - العيزان ذو الكفتين أداة تستخدم لقياس :

- |                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> الكثافة | <input type="checkbox"/> الوزن |
| <input type="checkbox"/> الكثافة | <input type="checkbox"/> الحجم |

5 - يمكن قياس زمن اهتزازة واحدة لشوكه رنانة باستخدام :

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ساعة الإيقاف البدوية | <input type="checkbox"/> ساعة اليد |
|---|------------------------------------|

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> ساعة إيقاف كهربائية | <input type="checkbox"/> جهاز الضوء الوماضي |
|--|---|

6 - حوض سباحة طوله 50 متراً فيكون طوله بوحدة الكيلومتر يساوي :

- |                                |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|
| 0.5 <input type="checkbox"/>   | 0.05 <input type="checkbox"/> |
| 50000 <input type="checkbox"/> | 5000 <input type="checkbox"/> |

7 - استخدم ميكرومتر في قياس سماكة شريحة زجاجية فكان (3mm) فيكون سماكتها بوحدة المستيمتر يساوي :

0.3

0.03

300

30

8 - أفضل أداة لقياس طول الفصل هي :

الميكرومتر

القدمة ذات الورنية

مسطرة الطالب

الشريط المتر

9 - الوحدة التي تصلح لقياس المسافة بين الأرض والقمر هي :

الكيلومتر

المستيمتر

الميكرومتر

العلي متر

10 - شوكة رنانة ترددتها (50) هرتز يكون زمنها الدورى بوحدة الثانية مساوياً :

0.2

0.02

51

50

11 - المقطع الذي يدل على مضاعف قدره ( $10^6$ ) :

ميكرو

كيلو

ميجا

ميجا

12 - المقطع الذي يدل على جزء قدره (0.01) هو :

ميكرو

ميلي

ستي

دبسي

13 - المقدار الذي يساوي الجرام بوحدة kg هو :

$10^6$

$10^{-3}$

$10^3$

$10^{-6}$

14 - الوحدة الدولية العيارية لقياس الزمن هي :

اليوم

الساعة

الدقيقة

الثانية

ب- أكمل العبارات التالية بما يناسبها على :

1- يمكن قياس القطر الداخلي لأنبوبة اختبار باستخدام .....

2- لقياس الزمن الدورى للمروحة نستخدم .....

- 3- إذا كانت مسافة ما تساوي 3 km فإنها بوحدة المتر تساوي . . . . .
- 4- ساعة الإيقاف الكهربائية . . . . . دقة من ساعة الإيقاف البدوية .
- 5- لوح معدني مساحته (200 cm<sup>2</sup>) فتكون مساحته بوحدة المتر المربع تساوي . . . . .
- 6- تعتمد فكرة عمل الساعات على . . . . .
- ج - ضع علامة (√) في الدائرة الواقعية أمام العبارة الصحيحة ، وعلامة (✗) في الدائرة الواقعية أمام العبارة غير الصحيحة فيما يلي :
- 1- تصلح ساعة الإيقاف البدوية لقياس الزمن الدوري لحركة مروحة .
  - 2- يمكن اشتقاق وحدات أساسية جديدة من وحدات أساسية أخرى .
  - 3- المتر هو الوحدة الدولية للأطوال الكبيرة ولالأطوال الصغيرة .
  - 4- يستخدم النظام العثماني في تحديد المضاعفات والأجزاء لوحدة الزمن .
  - 5- تستخدم القيمة ذات الورنية في قياس الأعماق الصغيرة بدقة .

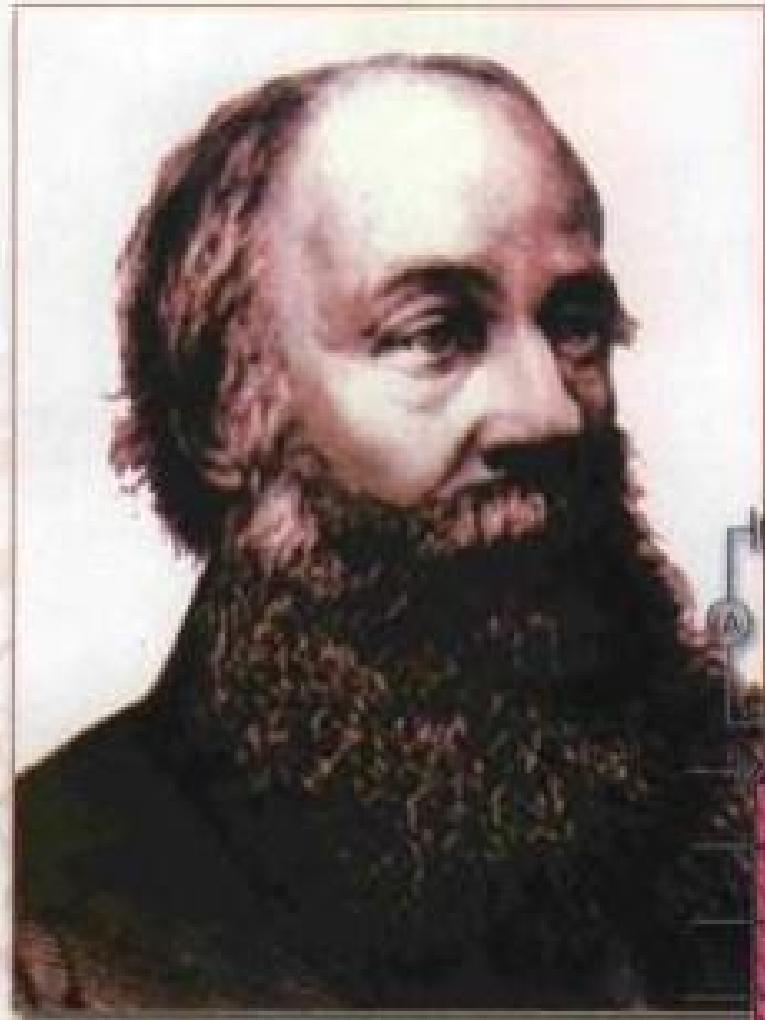
### المجموعة الثالثة

- 1- عبر عن الكتلة g 1350 بالوحدة الدولية للمكيل .
- 2- ما مقدار الفترة الزمنية min 40 بوحدة الثانية ؟ .
- 3- ما عدد الثوانى في ساعة واحدة ؟
- 4- تسير سيارة بسرعة km / h 72 ، ما سرعتها بوحدة m / s .
- 5- مكعب من الصلب طول ضلعه cm 5 احسب ما يلى :
- أ- طول ضلع المكعب بوحدة mm .
  - ب- مساحة كل وجه بوحدة m<sup>2</sup> .
- 6- مروحة تعمل 120 دورة خلال زمن قدره دقيقة واحدة . احسب ما يلى :
- أ- الزمن الدوري للمروحة .
  - ب- تردد المروحة .



الله  
الثاني

الحدارة  
و  
انتقالها





## مقدمة :

اعتقد العلماء قديماً أن الحرارة مادة شب غازية عديمة اللون مهملة الوزن ، ذات مرونة عالية ، وأطلقوا عليها اسم السائل الحراري . Caloric .

وتنتقل من الأجسام الساخنة - فتختفي درجة حرارتها - إلى الأجسام الباردة - فترتفع درجة حرارتها . ولم تقابل هذه الفكرة أي اعتراض وظلت سائدة حتى عام 1798 عندما استجى بنجامين طومسون ، من خلال التجارب التي أجراها أن الحرارة متشاءما شغل ميكانيكي ، كذلك نوصل همفرى دافى عام 1799 إلى أن الحرارة متشاءما شغل ميدول أي طاقة حرارية .

وبناء على ملاحظات ودراسة العلماء تأكد أن الحرارة هي إحدى صور الطاقة ، وهي لا تفنى ولا تستحدث من العدم ، ولكن تظهر أو تخفي نتيجة تحولها إلى صورة أخرى من صور الطاقة .

وقد استطاع العالم جول Joule أن يستجع العلاقة بين الطاقة الحرارية وكل من الشغل الميكانيكي والطاقة الكهربائية .

## التفسير الجزيئي للطاقة الحرارية :

أولاً :

ت تكون المادة من جزيئات في حركة مستمرة ، وبذلك يكون لها طاقة حرارة  $E_K$  . وأن بينها قوى متبادلة ويفصلها عن بعضها مسافات ، وبذلك يكون لها طاقة وضيع  $E_P$  ، وعند خفض درجة حرارة المادة بالتبريد فإن سرعة جزيئاتها تقل وكذلك المسافات بينية . وعند درجة 273.15 سيلزية تسكن جزيئات المادة وتتلاحمق لعدم وجود مسافات بينية . وعلى ذلك فالحرارة التي توجد في المادة يرجع معظمها إلى طاقة حرارة جزيئاتها . ومجموع طاقات حركة جزيئات المادة  $E_K$  وطاقات وضعها  $E_P$  يطلق عليه اسم الطاقة الداخلية Internal energy ويرمز لها بالرمز U .

$$U = \sum E_K + \sum E_P$$

ومعرفة مقدار الطاقة الداخلية لجسم أمر صعب ولكن يمكن بسهولة معرفة مقدار التغير فيها  $\Delta U$  .

فإذا عزلنا إثناء معلوماً بالبخار عزلاً حرارياً تماماً ، فإن جزيئاته تحفظ بكل طاقة حركتها ، ويظل البخار على حالته الغازية إلى ما شاء الله ، لكن العزل الحراري التام أمر صعب تحقيقه ، لذلك تنتقل الطاقة الحرارية ببطء من الإثناء المعزول إلى الوسط المحيط ، فتقل طاقة حركة جزيئات البخار تدريجياً إلى أن يتحول إلى الحالة السائلة . وبصفة عامة يمكن اعتبار درجة حرارة الجسم «المادة» مقياساً لطاقة حركة جزيئاته والمظهر الملحوظ لها .

وتحالفة الجسم تعتبر مقياساً لطاقة وضع جزيئاته والمظهر الخارجي الملحوظ لها . فإذا كان لدينا ماء وبخار في درجة 100° ميلزية فإن متوسط طاقة حرارة جزيئات الماء يكون مساوي لمتوسط طاقة حرارة جزيئات البخار ، لكن طاقة وضعهما تكون مختلفة لذلك تكون الطاقة الداخلية للماء أقل من الطاقة الداخلية للبخار في نفس الدرجة .

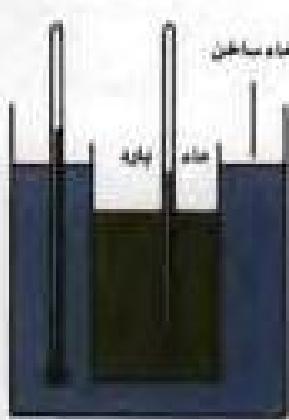
كذلك إذا كان لدينا عدة مواد مختلفة وفي درجة حرارة واحدة يكون متوسط طاقة حرارة جزيئاتها متساوي وإن كانت سرعاتها غير متساوية نظراً لاختلاف كتل جزيئاتها .

### الاتزان الحراري : Thermal equilibrium

عند إضافة كمية من الحليب البارد إلى كأس يحتوي شاياً ساخناً فإن درجة حرارة الخليط تصبح واحدة ، وتقع هذه الدرجة بين درجة حرارة الحليب البارد والشاي الساخن ، ومعنى ذلك أن الحليب أكب كمية من الطاقة الحرارية والشاي فقد هذه الكمية من الطاقة الحرارية .

كذلك إذا وضعنا مجموعة من الأجسام المختلفة في درجة الحرارة داخل حيز معزول لفترة من الزمن ، فإن درجة حرارتها جميعاً تصبح واحدة ، ويقال إن هذه الأجسام أصبحت في حالة اتزان حراري (شكل 2 - 1) .

فأي مادة تتبادل الطاقة الحرارية مع الوسط المحيط حيث تأخذ منه «اكتسب» وتعطيه «تفقد» في نفس الوقت . فإذا كانت الطاقة الحرارية المفقودة أكبر من الطاقة الحرارية المكتسبة تنخفض درجة حرارة المادة ،



شكل (1-2)

وإذا كانت كمية الطاقة الحرارية المفقودة أقل من كمية الطاقة الحرارية المكتسبة ارتفعت درجة حرارة المادة . وعندما تصبح كمية الحرارة المكتسبة مساوية لكمية الحرارة المفقودة تثبت درجة حرارة المادة ، أي تصبح في حالة اتزان حراري .

**لأن الاتزان الحراري هو :**

الحالة التي تصبح عندها درجة حرارة الجسم ثابتة وتكون كمية الطاقة الحرارية التي يطرد بها للوسط المحيط متساوية لكمية الحرارة التي يستمدّها منه .

وعند خلط عدة أجسام مختلفة الدرجة مع بعضها ووصولها إلى حالة اتزان ويفرض عدم ترب كمية من الطاقة الحرارية للوسط المحيط تكون :

**كمية الحرارة المكتسبة «ال أجسام الباردة» = كمية الحرارة المفقودة «ال أجسام الساخنة» .**

### أثر الحرارة على المادة :

**ثانياً :**

لعلك لاحظت أن الأسلام المعدودة تكون مرتخية صيفاً ومشدودة شتاءً ، وزيادة انتفاخ إطارات السيارات نهاراً ولقص انتفاخها ليلاً ، وتجمد الدهن داخل الأوعية شتاءً وسيوله صيفاً . فما سبب هذه الظواهر؟

لقد علمنا من دراستك السابقة أن اكتساب المادة لكمية من الطاقة الحرارية يؤدي إلى زيادة طاقة حركة جزيئاتها «وزيادة سرعتها» ، فترتفع درجة حرارتها . فتدافع الجزيئات مع بعضها مما يؤدي إلى زيادة المسافات بينية ، فتزداد أبعادها الهندسية - الطول والعرض والارتفاع - أي أنها تمدد ، فيزداد طولها ومساحة سطحها وحجمها .

ويستمر اكتساب المادة للطاقة الحرارية تستمر درجة حرارتها في الارتفاع إلى أن تصل إلى درجة معينة تحول عندها من حالة إلى أخرى عند نفس الدرجة ، والطاقة الحرارية المكتسبة في هذه الحالة تختزن على شكل طاقة وضع كامنة ، وعند تحول المادة تماماً تصرف الطاقة الحرارية التي تكتسب بعد ذلك في زيادة طاقة حركة جزيئاتها مرة أخرى ، أي تزداد طاقة حرارة جزيئاتها مرة أخرى «فترتفع درجة حرارتها» .

## التمدد الحراري للأجسام

٢

يتوقف مقدار تمدد المادة بالتسخين على مقدار قوى التماسك بين جزيئاتها ، فالمادة الصلبة يكون مقدار تمددها بالتسخين صغيراً جداً نظراً لكبر قوى التماسك بين جزيئاتها ، في حين أن تمدد السوائل يكون أكبر من تمدد الأجسام الصلبة بالتسخين ، أما الغازات فيكون تمددها بالتسخين أكبر بكثير من السوائل لأن قوى التماسك بين جزيئات الغاز تكاد تكون معدومة .

### التمدد الخطي «الطولي» للأجسام الصلبة

تحتختلف قوى التماسك بين جزيئات المواد الصلبة باختلاف أنواعها . لذلك يختلف مقدار الزيادة في الطول - أي التمدد الطولي بالتسخين .

وقد وجد بالتجربة العملية أن التمدد الطولي لجسم بالتسخين تحت نفس الظروف يتوقف على :

- 1- طول الجسم عند الصفر السيليزي ( $L_0$ ) :
  - 2- مقدار الارتفاع في درجة الحرارة ( $\Delta T$ ) :
  - 3- نوع مادة الجسم ( $\Delta L$  يتوقف على نوع مادة الجسم) .
- ومن ذلك نجد أن :

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$$

$$\Delta L = L_0 \times \text{ثابت} \times \Delta T$$

هذا الثابت يتوقف على نوع المادة ويطلق عليه اسم معامل التمدد الخطي . ويرمز له بالحرف اللاتيني  $\alpha$  (الفا) .

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

### معامل التمدد الخطي Linear expansion Coefficient

ب

من المعادلة رقم (1) نجد أن :

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T}$$

$^{\circ}\text{C}$

وعلى ذلك يمكن تعريف معامل التمدد الخطى بأنه :

مقدار الزيادة التي تطرأ على طول وحدة الأطوال من المادة عند رفع درجة حرارتها درجة سيلزية واحدة ابتداءً من الصفر السيلزى .

فإن كان لدينا ماق طولها  $L_0$  عند الصفر السيلزى ،  $L_1$  عند درجة  $T_1$  سيلزى ،  $L_2$  عند درجة  $T_2$  سيلزى الأعلى من  $T_1$  .

$$\Delta T = T_1 - T_0 , \quad \Delta L = L_1 - L_0$$

$$L_1 = L_0(1 + \alpha T_1) \quad \dots (2)$$

$$L_2 = L_0(1 + \alpha T_2)$$

$$\therefore \frac{L_1}{L_2} = \frac{1 + \alpha T_1}{1 + \alpha T_2} \quad \dots (3)$$

ويمكن أن تصبح المعادلة 3 بعد التقرير على الصورة التالية :

$$L_2 = L_0[1 + \alpha (T_2 - T_1)]$$

ويذلك يمكن تعين  $\alpha$  لمادة جسم بمعلومة كل من الطول من  $L_1$  عند  $T_1$  ،  $L_2$  عند  $T_2$  باستخدام العلاقة التالية :

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0(T_2 - T_1)}$$

$$\Delta L = L_2 - L_1$$

جدول (2 - 1) معامل التمدد الخطى لبعض المواد الصلبة

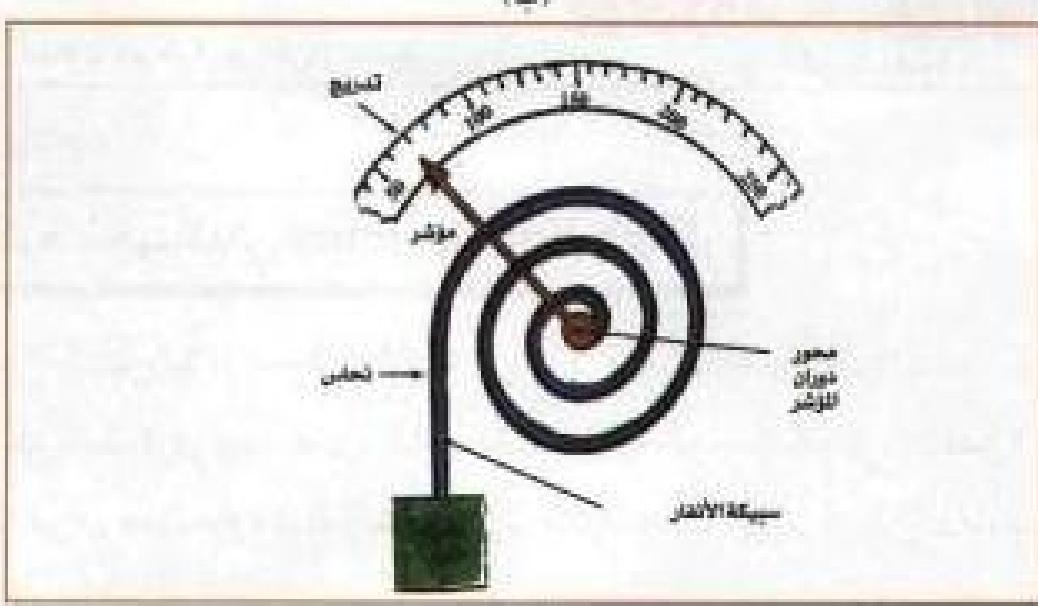
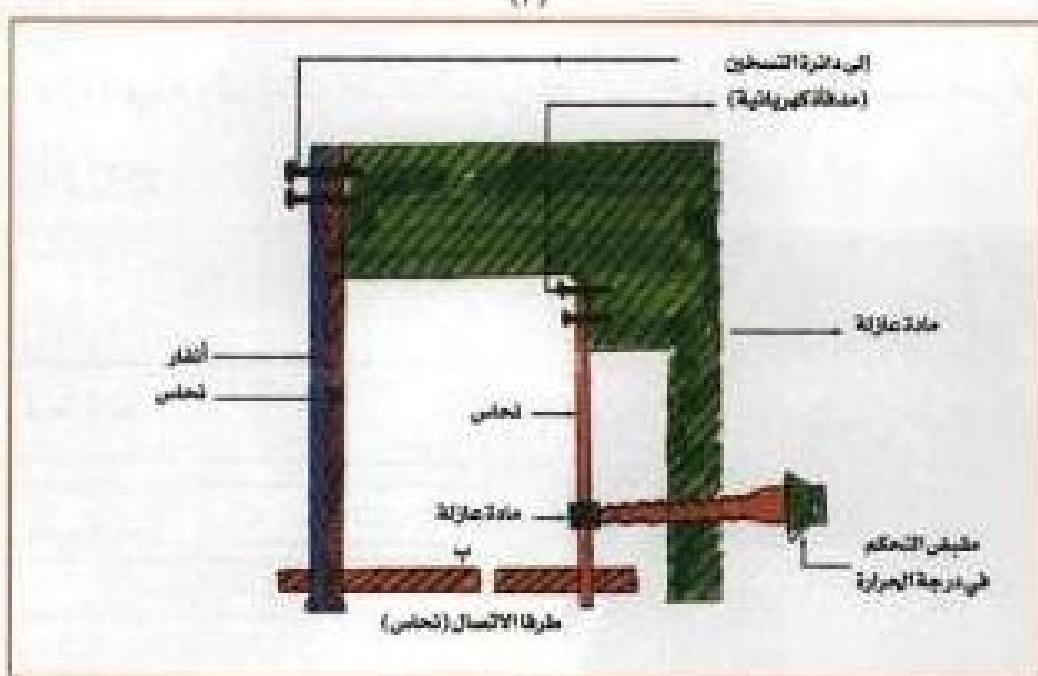
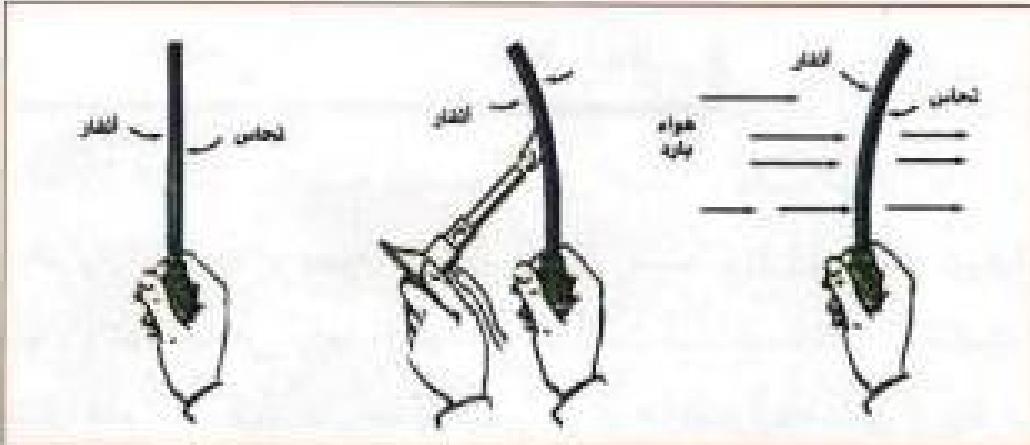
معامل التمدد الخطى $\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$	المادة	معامل التمدد الخطى $\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$	المادة
12	حديد مطاوع .	0.5	كوراتز
14	ذهب .	0.9	Invar
17	نحاس أحمر .	3.6	زجاج بيركس
19	نحاس أصفر (ثب) .	8.5	زجاج عادي
24	المنيوم .	9.0	بلاتين
27	رصاص .	11	حديد حلب
29	خواصين .	10 - 11	أسمنت سلح

## جـ تطبيقات على تمدد الأجسام الصلبة :

توجد الكثير من التطبيقات العملية في حياتنا على تمدد الأجسام الصلبة . ومن هذه التطبيقات :

### 1- الأشرطة ثنائية المعدن : Bimetallic strips

تتكون من شريطيين من مادتين مختلفتين ، وملتحمين بعض ، وعادة يكون أحدهما من النحاس والأخر من الأنفار (سيكة من الحديد والنikel) . هذا الشريط المزدوج يكون مستقيماً عند درجة صنعه فقط أما اذا ارتفعت درجة حرارته عن درجة الصنع فإنه يتحنى جهة الأنفار ، وإذا انخفضت درجة حرارته عن درجة الصنع فإنه يتحنى جهة النحاس ، ويزداد مقدار الإنحناء بازدياد مقدار التغير في درجة حرارته ( $\Delta T$ ) عن درجة الصنع . وتستخدم الأشرطة ثنائية المعدن في كثير من الأجهزة لتحديد درجة الحرارة أو ثبيتها من مثل : الترمومتر المعدني بالسخان أو بفرن الطباخ الغازي ، ومثبت درجة الحرارة «الترموسفات» في أجهزة التكييف والتبريد والأنوار شكل (2-2) ، بـ جـ .



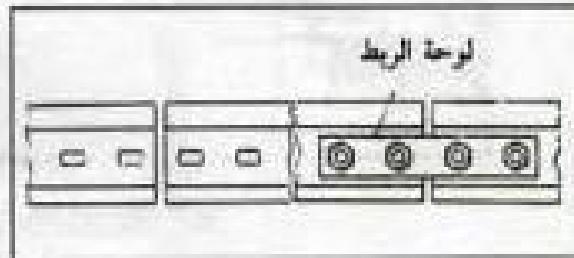
شكل (2-2) تطبيقات الأجهزة ثانية المعدن

## 2- خطوط السكك الحديدية : Rail way lines

عند مد قضبان السكك الحديدية المصنوعة من الصلب ، يجب مراعاة تغير طولها نتيجة تغير درجة حرارة الجو خلال فصول السنة ، مما قد يسبب تولد إجهادات كبيرة تعمل على انحناء القضبان وانفصالها عن قواطع تثبيتها . لذلك كانت تترك مسافات بين القضبان المتالية ، ويتوقف مقدار هذه المسافات على مدى التغير في درجة الحرارة - أعلى درجة صيفاً وأدنى درجة شتاء ، وقد تطورت هذه الطريقة حالياً حيث تثبت القضبان من أحد طرفيها ، وتتمد متصلة متالية لمسافات طويلة ، ثم يترك العرف النهائي حرماً ليتدخل مع بداية قضيب آخر طوبل «انظر شكل (2-3)أ، ب .



ب - الطريقة التقليدية



ج - المسافات ولوحة الربط التقليدية

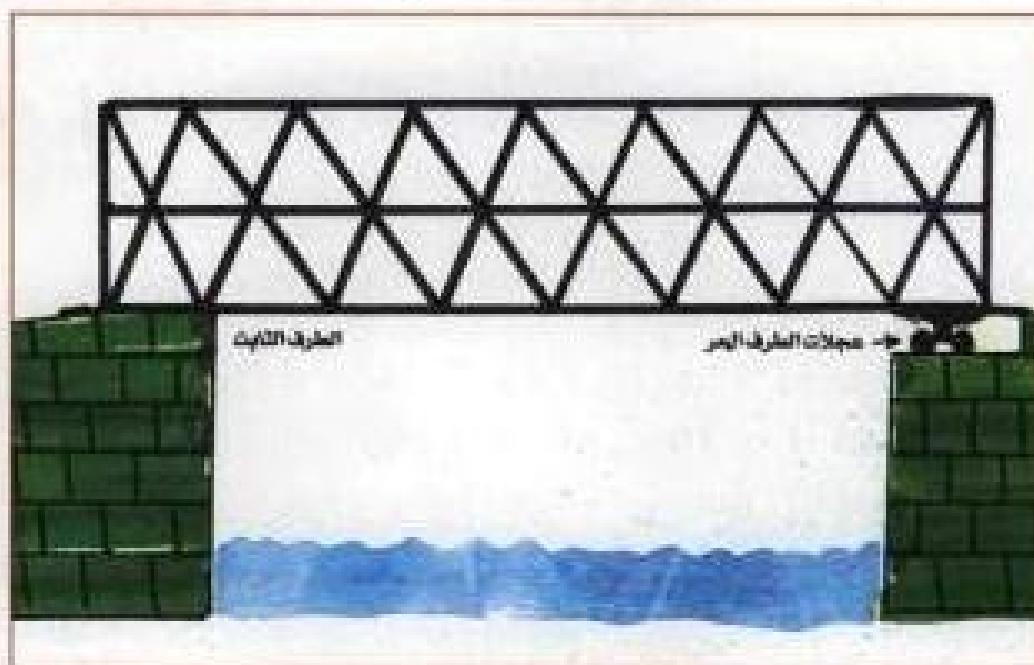
شكل (2-3) تصديد خطوط السكك الحديدية

## 3- خطوط الجهد العالي : High Voltage Lines

تنقل الطاقة الكهربائية من محطات التوليد إلى أماكن الاستهلاك خلال أسلاك نحاسية عبر مئات الكيلومترات تحت فرق جهد عالٍ ، لذلك يجب مراعاة مقدار الانكمash «النفص» في طولها نتيجة انخفاض درجة الحرارة شتاءً ، حتى لا تولد قوى شد كبيرة قد تؤدي إلى انقطاعها وسقوطها أو كسرها لأبراج الحمل مسببة كوارث في الحالتين ، ويفضل مد خطوط النقل خلال فصل الشتاء مع مراعاة مقدار النفص في الطول الذي يحدث عند انخفاض درجة الحرارة إلى أدنى درجة .

## 4- الجسور : Bridges

عند بناء جسر يترك أحد طرفيه غير مثبت وقابل للحركة على عجلات ، مع ترك مسافة مناسبة أمام هذا الطرف بحيث تسمح للجسر بالتمدد عند ارتفاع درجة حرارة الجو صيفاً ، والانكماش عند انخفاض درجة الحرارة شتاءً ، وبذلك يتلافي توليد إجهادات كبيرة «شد أو ضغط» قد تؤدي إلى كسر الدعامات التي يستند عليها الجسر فينهار (شكل 2 - 4) .



شكل (2-4) جسر معدني

انظر حولك ، وابحث عن تطبيقات أخرى على تمدد المادة وسجلها في دفترك وناقشه مع مدرستك .

### مثال 1

سايق من الحديد طولها 50 سم عند درجة  $20^{\circ}\text{C}$  ، رفعت درجة حرارتها إلى  $100^{\circ}\text{C}$  فأصبح طولها 50.068 سم، احسب معامل التمدد الخططي لمادة السائق .

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\Delta L}{L_i \Delta T} = \frac{L_2 - L_1}{L_1 (T_2 - T_1)} \\ &= \frac{50.068 - 50}{50 (100 - 20)} = \frac{0.068}{50 \times 80} \\ &= 17 \times 10^{-6} /^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$



## مثال 2

يراد من خط لنقل الطاقة الكهربائية بين بلدتينبعد بينهما 20 كيلومتراً . فإذا كان معامل التمدد الخطى لمادة السلك  $C = 19 \times 10^{-6} / ^\circ C$  وأدنى درجة يصل إليها الجو هي  $10^\circ C$  وأعلى درجة هي  $35^\circ C$  .

أ- ما طول السلك اللازم استخدامه بعد هذه الخطوط عند درجة  $15^\circ C$  ؟

ب- كم يبلغ طوله عندما تصل درجة الحرارة إلى نهايتها العظمى ؟

$$(ا) L_1 = 20 \text{ Km} \quad T_1 = -10^\circ C \quad T_2 = 15^\circ C$$

$$\begin{aligned} L_2 &= L_1 [1 + \alpha (T_2 - T_1)] \\ &= 20 [1 + 19 \times 10^{-6} (15 + 10)] \\ &= 20.0095 \text{ Km} \end{aligned}$$

$$(ب) L_3 = L_2 [1 + \alpha (T_3 - T_1)] = L_2 [1 + \alpha (T_3 - T_2)]$$

$$\begin{aligned} &= 20 [1 + 19 \times 10^{-6} (35 + 10)] \\ &= 20.017 \text{ Km} \end{aligned}$$



## مثال 3

سلك من الذهب طوله 10 أمتار عند درجة  $30^\circ C$  فإذا كان معامل التمدد الخطى للذهب  $14 \times 10^{-6} / ^\circ C$  ، فما درجة الحرارة اللازم تسخينها ليزاد طوله بمقدار 7 ملليمتر ؟



$$L_1 = 10 \text{ m} \quad T_1 = 30^\circ C \quad \alpha = 14 \times 10^{-6} / ^\circ C$$

$$\Delta L = 7 \text{ mm} = 7 \times 10^{-3} \text{ m}$$

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

$$7 \times 10^{-3} = 10 \times 14 \times 10^{-6} \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{7 \times 10^{-3}}{14 \times 10^{-6}} = 50^\circ C$$

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$T_2 = T_1 + \Delta T$$

$$= 30 + 50$$

$$= 80^\circ C$$

### درجة الحرارة وقياسها :

ثالثاً :

### درجة الحرارة :

٣

ظل العلماء يعتقدون أن الحرارة «الطاقة الحرارية» ودرجة الحرارة يعبران عن مفهوم واحد ، إلى أن أتى العالم Black عام 1745 وذكر أن الحرارة ودرجة الحرارة مفهومان مختلفان كلية . إن حاسة اللمس هي التي أعطتنا أول مفهوم عن درجة الحرارة ، وهي التي تسمح لنا بالتمييز بين الأجسام الساخنة وال أجسام الباردة ، ولكن البد لا يمكن أن تدلنا على مقدار درجة الحرارة الفعلية للجسم ، بل تبين لنا الاختلاف النسبي بين درجة حرارة الجسم الملموس ودرجة حرارة اليد .

عند إحضار ثلاثة كؤوس كبيرة ، ثم وضع ماء بارد في أحدهما ، وماء دافئ في الثاني ، وماء صبور في الثالث . فإنه عند وضع اليد اليمنى في الكأس الأول ، واليد اليسرى في الكأس الثاني وتركهما فترة مناسبة ، ثم وضع اليدين معاً في الكأس الثالث . فإنك سوف تعجب ! فإن اليد اليمنى تدلى على أن الماء دافئ في حين أن اليد اليسرى تبين لك أن الماء بارد رغم أنها في نفس الكأس .



عند دخولك للمختبر شتاً ، الماء الخزانة الخشبية ثم الماء الصبور ، ماذا تلاحظ ؟



سوف تحس بأن الصبور أبرد من خشب الخزانة رغم أن درجة حرارتهما واحدة . ويرجع إحساس اليد باختلاف درجة حرارتها إلى اختلافهما في التوصيل الحراري ، فالصبور لوجوده في التوصيل الحراري يمتص من اليد كمية أكبر من التي يستمدها الخشب وهذا يعطي الإحساس باختلاف درجة حرارة كل منهما .

من ذلك نجد أننا في احتياج لوسيلة دقيقة لقياس درجة الحرارة . ونظراً لأن بعض الصفات الفيزيائية للمادة تتغير بتغير درجة الحرارة مثل : الطرد ، الحجم ، الكثافة ، الق馥ط ، المقاومة الكهربائية . . . إلخ . فإذا اختبرنا بشكل مناسب إحدى هذه الصفات لأتمكننا قياس درجة الحرارة بقياس مقدار التغير في هذه الصفة . وعلى ذلك :

### يمكن تعريف درجة الحرارة بأنها :

عدد يدل على حالة الجسم من حيث السخونة أو البرودة . ويعمل على الجهاز الذي يقوم بقياس درجة الحرارة اسم المحرار أو مقياس درجة الحرارة Thermometer أو ترمومتر .

حيث يوضع هذا الجهاز ملائماً للجسم المراد قياس درجة حرارته لفترة مناسبة حتى تصبح درجة حرارته متساوية لدرجة حرارة الجسم ، عندئذ تأخذ قراءة الترمومتر فتكون هي درجة حرارة الجسم .

### الترمومترات : Thermometers

ب

تقوم فكرة عمل أي ترمومتر على العناصر التالية :

1 - مادة ترمومترية .

2 - صفة ترمومترية .

3 - تدريج حراري .

وهناك عدة أنواع من الترمومترات تبعاً لنوع المادة الترمومترية المستخدمة ، فمنها الترمومتر السائل ، والترمومتر الغازي ، والترمومتر الصلب . وفي جميع الأنواع يتم اختيار صفة فيزيائية تتغير بتغيير درجة الحرارة «حجم ، ضغط ، كثافة ، مقاومة» ، ومن خلال قياس التغير في هذه الصفة يمكن أن تعين درجة الحرارة .

ولكي تحدد لنا الترمومترات المختلفة نفس الدرجة عندما توضع جميعها في وسط واحد ، يجب أن تدرج هذه الترمومترات بناء على نقاط مختارة لأجسام تكون درجة حرارتها ثابتة دائمًا في الظروف المعتادة ، مثل درجة انصهار الجليد ودرجة غليان الماء تحت الضغط العياري .

### التدريجات الحرارية

ج

وبناء على ذلك فإن هناك عدة تدرجات منها (شكل 2 - 5) :

## 1- التدرج السيلزي : Celsius Scale

صممه العالم السويدي Anders Celsius عام 1747 ميلادية . وفيه اعتبر درجة انصهار الجليد تحت الضغط العياري هي الصفر ، ودرجة غليان الماء تحت الضغط العياري هي  $100^{\circ}$  وقسم المسافة بينهما إلى 100 قسم متساو ، كل قسم يعادل درجة واحدة سيلزية ( $1^{\circ}\text{C}$ ) .

## 2- التدرج الفهرنهايت : Fahrenheit Scale

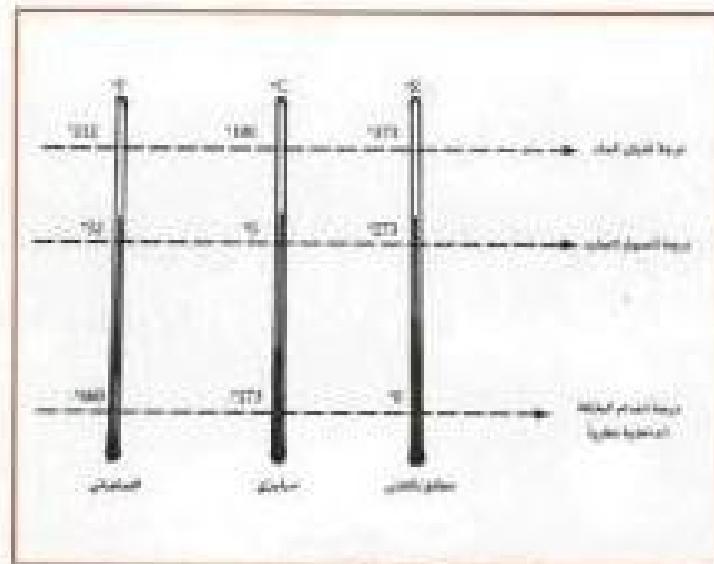
صممه العالم جايريل فهرنهايت Gabriel Fahrenheit حيث اعتبر درجة انصهار الجليد تحت الضغط العياري هي  $32^{\circ}\text{F}$  ، ودرجة غليان الماء تحت الضغط العياري هي  $212^{\circ}\text{F}$  ، وقسم المسافة بينهما إلى 180 قسم متساو .

## 3- التدرج المطلق أو الكلفني : Absolute or Kelvin Scale

صممه الlord Kelvin عام 1852 ، حيث اعتبر درجة الحرارة التي تندم عندها الطاقة الداخلية للمادة هي الصفر ، وتقابل هذه الدرجة في التدرج السيلزى  $-273.15^{\circ}$  . وبإهمال الكسور فإنه يمكن الحصول على الدرجة الكلفنية (المطلقة) من العلاقة :

$$T_K = T_C + 273$$

وبذلك تكون درجة انصهار الجليد تقابل على التدرج الكلفني  $273^{\circ}\text{K}$  ودرجة غليان الماء  $373^{\circ}\text{K}$



شكل (2-5) التدرجات الحرارية

## رابعاً :

## تقدير كمية الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة :

يتوقف انتقال الطاقة الحرارية من جسم لأخر على درجة حرارة كل من الجسمين ولا توقف على مقدار الطاقة الحرارية التي يحويها كل منهما ، فالطاقة الحرارية تتقلّل من الأجسام الأعلى درجة حرارة إلى الأجسام الأقل درجة حرارة عندما يتركان في حيز معزول فترة مناسبة ، أو عندما يختلطان بعض في حيز معزول - ويستمر انتقال الطاقة الحرارية حتى تساوى درجتا حرارة الجسمين ويفصلان في حالة اتزان حراري .

وبفرض عدم انتقال أي طاقة حرارية إلى الوسط المحيط فإنه عند حدوث اتزان حراري تكون :

$$\text{كمية الطاقة الحرارية المكتسبة} = \text{كمية الطاقة الحرارية المفقودة}$$

ولتعرف العوامل التي توقف عليها كمية الطاقة الحرارية المكتسبة  $Q$  أو المفقودة نجري الدرس العملي بكراسة العملي .

ومن الدرس العملي وجدنا أن كمية الحرارة  $Q$  المكتسبة أو المفقودة توقف على :

$$Q \propto m \quad \text{- كتلة الجسم } m$$

$$Q \propto \Delta T \quad \text{- التغير في درجة حرارة الجسم } \Delta T$$

$$Q \quad \text{- تغير بتغيير نوع مادة الجسم .} \quad \text{- نوع مادة الجسم}$$

و بذلك تكون

$$Q \propto m \Delta T$$

$$Q = c m \Delta T \dots \dots \dots (1)$$

حيث  $c$  مقدار ثابت يتوقف على نوع مادة الجسم ويعتبر إحدى خواصها المميزة ويطلق عليه اسم الحرارة النوعية Specific heat

## الحرارة النوعية والسعنة الحرارية

خامساً

الحرارة النوعية للمادة من الصفات الفيزيائية المميزة لها . ومن المعادلة يمكن تعين الحرارة النوعية للمادة من العلاقة :

$$c = \frac{Q}{m \Delta T} \quad J/Kg \cdot ^\circ C$$

الحرارة النوعية للمادة هي :

كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلوجرام واحد من المادة درجة سيلزية (كلفنية) واحدة .

أما كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم كله درجة سيلزية واحدة فيطلق عليها اسم السعة الحرارية للجسم Heat Capacity ويرمز لها بالرمز  $C$  .  
ويلاحظ أن الحرارة النوعية للمادة  $c$  ثابتة المقدار وتتوقف على نوع المادة فقط ، في حين تكون السعة الحرارية للجسم  $C$  متغيرة ، لأن الكتلة متغيرة ، وتتوقف وبالتالي على كتلة الجسم  $m$  وحرارته النوعية  $c$  .

$$C = cm \quad J/^{\circ}C$$

وتقاس الطاقة الحرارية  $Q$  بوحدة أخرى تسمى السعر Calory ومضاعفاته هي الكيلو سعر Killocalory .

ويعرف السعر أنه :

كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة سيلزية واحدة من درجة  $14.5^{\circ}C$  إلى درجة  $15.5^{\circ}C$  .

وقد استنتج العالم جول Joule العلاقة بين السعر والجouل فوجدها كالتالي :

$$1 \text{ Cal} = 4.18 \text{ J}$$

والجدول التالي يوضح الحرارة النوعية لبعض المواد :

جدول (2) الحرارة النوعية للمادة

الحرارة النوعية ، (c) J / kg. °C	المادة	الحرارة النوعية ، (c) J / kg. °C	المادة
2100	جليد .	395	نحاس أصفر .
2430	جلزرين .	390	نحاس أحمر .
2180	زيت برافين .	140	زيت .
1760	زيت تريتيين .	135	رصاص .
2520	كحول ميثيلي .	460	حديد .
2310	كحول إيثيلي .	880	الورنيوم .
4180	ماء .	840	زجاج .
		840	صخر / رمل .

**مثال 1**

في احدى تجارب تعين الحرارة النوعية لمادة جم صلب حصلنا على النتائج التالية :

$$m_1 = 120\text{g}$$

$$m_2 = 120\text{g}$$

$$T_1 = 24^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 99^\circ\text{C}$$

$$m_3 = 50\text{g}$$

$$c_1 = 390\text{J / kg. }^\circ\text{C}$$

$$c_2 = 4200\text{J / kg. }^\circ\text{C}$$

$$T = 30^\circ\text{C}$$

كتلة المسرع وملحقاته

كتلة الماء بالمسعر

درجة حرارة الماء والمسعر

درجة حرارة قطع الحرانيت الساخنة

كتلة قطع الحرانيت المستخدمة

الحرارة النوعية لمادة المسرع

الحرارة النوعية للماء

درجة حرارة الخليط

فما مقدار الحرارة النوعية لمادة الحرانيت و c ؟

كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة

$$\text{قطع حرانيت } Q_3 = \text{ماء } Q_1 + \text{مسعر } Q_2$$

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

$$0.12 \times 390 (30 - 24) + 0.1 \times 4200 (30 - 24) = 0.05 \times c_3 (99 - 30)$$

$$280.8 + 2520 = 3.45 c_3$$

$$\therefore c_3 = \frac{280.8}{3.45} = 812 \text{J / kg. }^\circ\text{C}$$



## مثال ٢

أسقط ٦٠g من الألمنيوم درجة حرارته  $100^{\circ}\text{C}$  في مسحير من الألمنيوم كتلته ٨٠g ، يحتوي على ١٠٠g زيت برافين درجة حرارته  $25^{\circ}\text{C}$  . فاً أصبحت درجة حرارة الخليط  $36.6^{\circ}\text{C}$  . فما مقدار الحرارة النوعية لزيت البرافين و مع العلم أن س لالمنيوم ( $880\text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$ ) .



**كمية الحرارة المكتسبة (مسحير وزيت) = كمية الحرارة المفقودة (قطع  
الألمنيوم) .**

$$\text{قطع الألمنيوم} = Q_2 \text{ زيت} + Q_1 \text{ مسحير} .$$

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

$$0.08 \times 880 (36.6 - 25) + 0.1 \times c_2 (36.6 - 25) = 0.06 \times 880 (100 - 36.6)$$

$$816.64 + 1.16 c_2 = 3347.52$$

$$1.16 c_2 = 3347.52 - 816.64$$

$$c_2 = \frac{3347.52 - 816.64}{1.16}$$

$$c_2 = 2181.8 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$$

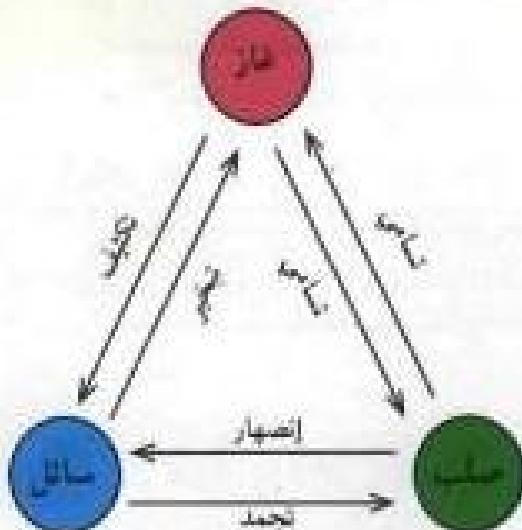
### تغير الحالة :



علمت من دراستك أن المادة توجد في الكون في حالات أربع ، وأن الشائع منها على سطح الأرض ثلاثة حالات هي :

الحالة الصلبة والحالة السائلة والحالة الغازية .

كما علمت أن اكتساب المادة لطاقة حرارية يؤدي إلى زيادة طاقة حركتها ومن ثم ارتفاع درجة حرارتها ، مما يؤدي إلى ازدياد المسافات بين الجزيئات وتغيير



شكل (٦-٢)

أبعاد المادة (أي تمدد) . و يحدث العكس عند فقد المادة لكمية من الطاقة الحرارية . ولعلك لاحظت في حياتك العملية أنه عند الاستمرار في تسخين كمية من الجليد فإنها تتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة ، وباستمرار التسخين تتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية ، ويحدث العكس عند التبريد . أي أن المادة يمكن أن تتحول من حالة إلى أخرى باكتساب أو فقد كمية مناسبة من الطاقة الحرارية (شكل 2 - 8)

#### أ- الانصهار : Melting

هو تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة باكتساب طاقة حرارية «بالتسخين المناسب» .

#### ب- التجمد : Freezing

هو تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة بفقد طاقة حرارية «بالتبريد المناسب» .

#### ج- التبخر : Vaporisation

هو تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية باكتساب طاقة حرارية مناسبة «بالتسخين» .

#### د- التكثيف : Condensation

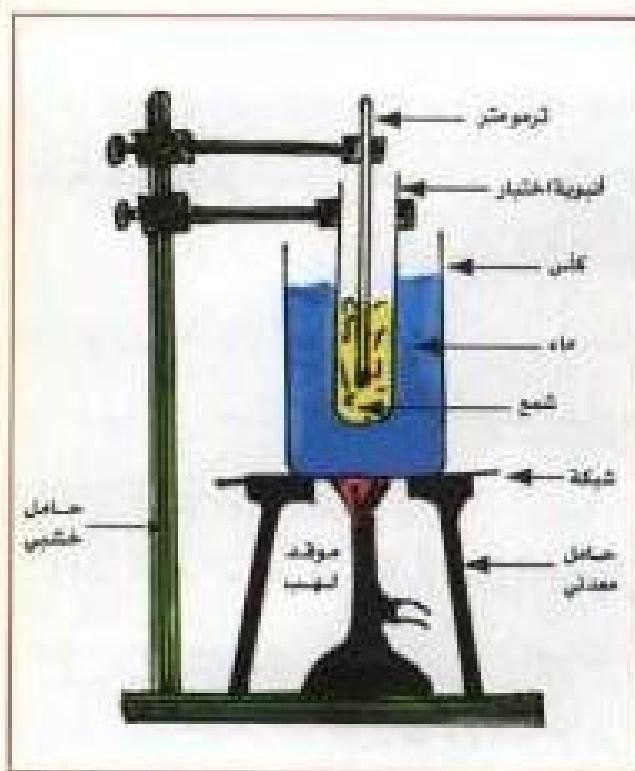
هو تحول المادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة بفقد طاقة حرارية مناسبة «بالتبريد» .

#### هـ- التسامي : Sublimation

هو تحول المادة من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة دون المرور بالحالة السائلة بفقد طاقة حرارية «التبريد المناسب» ، وكذلك تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة باكتساب طاقة حرارية «بالتسخين المناسب» .

## I درجة الانصهار Melting Point ، وحرارة الانصهار (L<sub>f</sub>)

١



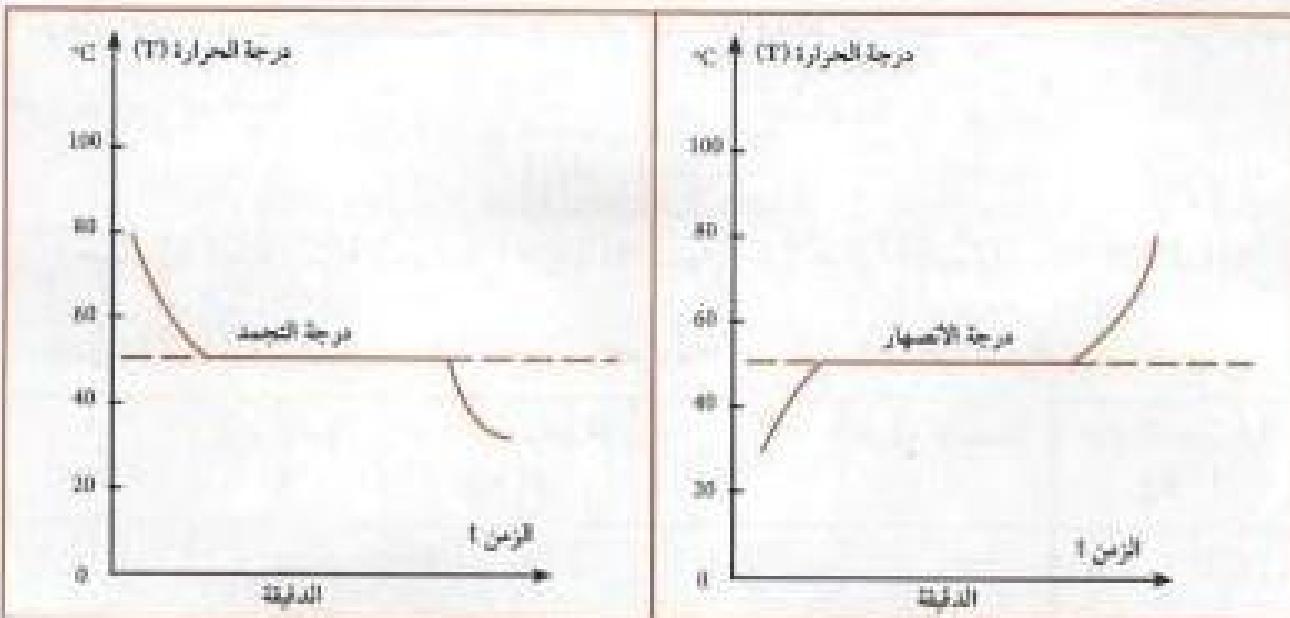
(شكل 2 - 7) الانصهار

املاً أنبوبة اختبار

إلى متصفها بقطع  
من شمع البرافين ،

ثم أخضر ترمومتر في الشمع بحيث لا يلامس  
جدران الأنبوبة ، ثم ضع الأنبوبة في حمام  
مائي ساخن كما هو موضع في شكل (2 - 7)  
ويستخدم ساعة إيقاف ارسم منحنى تسخين  
الشمع . وبعد تمام الانصهار بفترة مناسبة ارفع  
الأنبوبة من الحمام المائي واتركها في الهواء  
وارسم منحنى التبريد . ثم قارن بين درجتي  
الحرارة اللتين بدأ عندهما الانصهار والتجمد .

انظر شكل (2 - 8) وشكل (2 - 9) .



(شكل 2 - 9) منحنى التبريد

(شكل 2 - 8) منحنى تسخين

من هذا النشاط نجد أن المادة الصلبة «الجامعة» عندما تكتسب كمية من الطاقة الحرارية  
فإن درجة حرارتها تأخذ في الارتفاع التدريجي إلى أن تصل إلى درجة حرارة معينة ، تبدأ عندها  
في الانصهار أي تحولها إلى الحالة السائلة ، وتثبت درجة حرارة المادة عند هذه الدرجة إلى

ان يتم انصهارها كلها ، بعد ذلك تأخذ درجة حرارتها في الارتفاع مرة أخرى . ويطلق على درجة الحرارة التي يبدأ عندها الانصهار اسم درجة الانصهار Melting Point . ويرجع ثبات درجة الحرارة أثناء الانصهار - رغم اكتسابها لكميات إضافية من الطاقة الحرارية - إلى أن هذه الطاقة تصرف في تحويل المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة بزيادة المسافات بين جزيئات المادة . أي تخزن هذه الطاقة على شكل طاقة وضع «كامنة» تسمى الطاقة الكامنة للانصهار Latent heat of Fusion ، ويطلق على كمية الحرارة اللازمة لتحويل وحدة الكتل من المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة عند نفس الدرجة اسم حرارة الانصهار Heat of Fusion . ويرمز لها بالرمز ( $L_f$ ) .

وعند تبريد المادة السائلة فإن درجة حرارتها تأخذ في الانخفاض حتى تبدأ في التجمد ، فتشتت درجة حرارتها - رغم فقدانها لكميات إضافية من الطاقة الحرارية - حتى يتم تجميد كل الكمية ، ثم تأخذ درجة حرارتها في الانخفاض مرة أخرى ، ويرجع ثبات درجة حرارة المادة أثناء تجمدها إلى أن الحرارة المختزنة أثناء الانصهار تطرد أثناء التجمد . وبمقارنة درجة الانصهار بدرجة التجمد نجد أن لهما نفس القيمة للمادة الواحدة .

وعلى ذلك يمكن حساب كمية الطاقة الحرارية اللازمة لصهر كتلة من المادة دون تغير درجة حرارتها من المعادلة :

$$Q = L_f m \Delta T$$

حيث  $Q$  كمية الطاقة الحرارية اللازمة للانصهار ،  $L_f$  حرارة الانصهار ،  $m$  كتلة المادة .

جدول (2 - 3) يوضح درجة الانصهار وحرارة الانصهار  $L_f$  لبعض المواد :

حرارة الانصهار( $L_f$ ) J / Kg	درجة الانصهار °C	المادة	حرارة الانصهار( $L_f$ ) J / Kg	درجة الانصهار °C	المادة
$0.117 \times 10^5$	-39	زئبق	$3.38 \times 10^5$	660	الرمنيوم
$1.05 \times 10^5$	-114	كحول إيثيلي	$3.36 \times 10^5$	0.0	جليد
$0.232 \times 10^5$	328	رصاص	$2.07 \times 10^5$	1083	نحاس
			$1.5 \times 10^5$	80	نيكالين
			$1.05 \times 10^5$	961	نففة
			$0.226 \times 10^5$	53.5	شمع براونين

\* ويمكن تفسير الحرارة الكامنة للانصهار بناءً على النظرية الجزيئية للمادة على أساس أن المسافات بين جزيئات المادة السائلة أكبر منها بين جزيئات المادة الصلبة ، ولكن تحول المادة الصلبة إلى حالة السائلة - أي تنصهر - يلزم وصول مسافاتها البعيدة إلى أبعاد معينة وبالتالي زيادة طاقة الوضع لجزيئات المادة الصلبة ، لذلك يلزم مد المادة الصلبة بكمية إضافية من الطاقة (عند نفس درجة الحرارة) ، وهذه الطاقة الإضافية تحول إلى طاقة وضع عند زيادة المسافات البعيدة لتنصهر المادة .

### 2 درجة الغليان Boiling Point وحرارة التبخير (L)

ضع كميتين متساوين من الكحول ( $2\text{cm}^3$  مثلاً) في أنبوبتي اختبار متساويتين ، ثم ضع إحداهما في حمام ساخن واترك الأخرى في حامل أنابيب .

اترك الأنبوبتين فترة مناسبة . ماذا تلاحظ ؟ وماذا تستنتج ؟  
من هذا النشاط نجد أن الأنبوبة الأولى يغلي فيها الكحول وينتظر خلال فترة قصيرة ، في حين ينتظير من الأنبوبة الثانية خلال فترة طويلة نسبياً .

وبالتالي نستنتج أن المادة السائلة تتطاير أي تصاعد (تحول إلى الحالة البخارية) بطريقتين :

1 - **البخار** : ويحدث يعطاء في جميع درجات الحرارة .

2 - **التبخير** : ويتم عند درجة الغليان .

والأآن يتadar إلى ذهننا السؤال التالي : متى يغلي السائل ؟

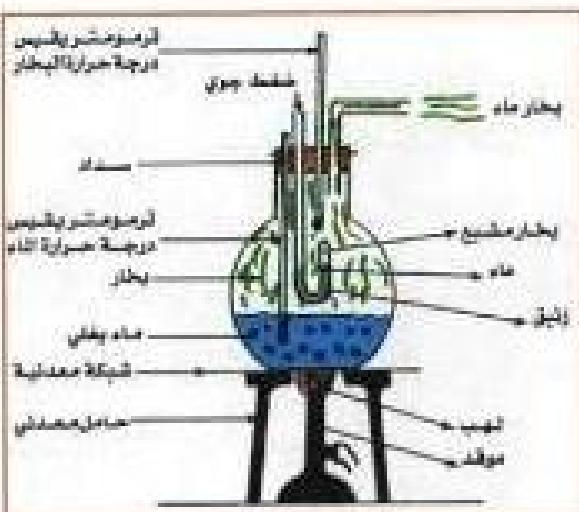
ضع كمية من الماء المقطر في دورق (شكل 2 - 10) وأغلقه بسداد

ينفذ منه :



1- ترمومتران سيلزريان .

2- أنبوبة ملتوية على شكل حرف (L) تحتوي على قطرات من ماء مقطر محجوزة بشرط من الزئبق .

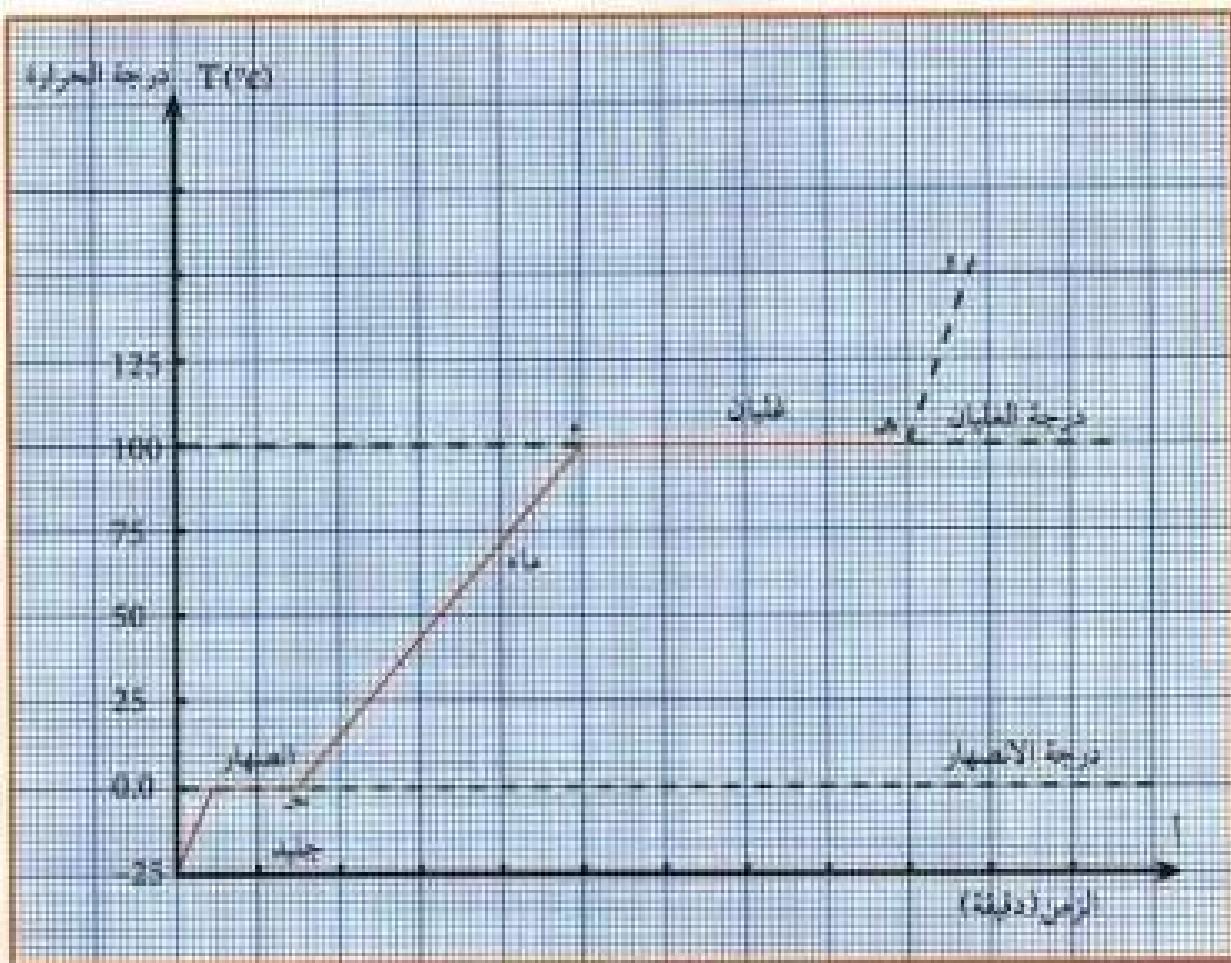


(شكل 2 - 10) تغير درجة الغليان

3- أنبوبة مفتوحة الطرفين على شكل زاوية قائمة ، ثم وضع الدورق على شبكة حامل وسخن باستخدام موقد ولاحظ ما يحدث لقراءة كل من الترمومترین ول قطرات الماء داخل الأنبوة الملتوية .

خلال هذا النشاط نلاحظ أن قراءتي الترمومترین تأخذ في الارتفاع تدريجياً حتى يغلي الماء (نخرج فقاعات البخار خلاله) وعندها تثبت قراءتا

الترمومترین عند درجة  $100^{\circ}\text{C}$  رغم استمرار التسخين ، أما قطرات الماء المحصورة داخل



(شكل 2 - 11) تغير الحالة

الأنبوبة الملتوية فإن جزءاً منها يتحول إلى بخار ، بحيث يجعل سطح الزئبق في فرع الأنبوبة في مستوى واحد ، أي يصبح ضغط البخار المتبقي مساوياً للضغط الجوي المؤثر على الفرع الآخر من الأنبوة الملتوية وهو نفسه الضغط المؤثر على سطح السائل نظراً لاتصال

تحريف الدورق بالخارج عن طريق الأبوبة القائمة مفتوحة الطرفين وعندها يغلي الماء .  
أما درجة الغليان فهي درجة الحرارة التي يصبح عندها ضغط البخار المتبخر للسائل مساوياً للضغط المؤثر على سطحه .  
وتحسب الحرارة الكامنة ( $Q$ ) لتصعيد كتلة ( $m$ ) من السائل من العلاقة :

$$Q = L \cdot m$$

يشير لنا من ذلك أن الماء عند اكتسابه لكمية من الطاقة الحرارية تزداد سرعة جزيئاته فترتفع درجة حرارته ، وتكون عند قاع الدورق فقاعات من البخار تتخل ملتصقة بالقاع وتأخذ في النمو إلى أن يصبح ضغط البخار المتبخر داخلها مساوياً للضغط الواقع على سطح السائل عند درجة حرارة معينة ، ( $100^{\circ}\text{C}$ ) ، عندها تأخذ الفقاعات في الصعود للسطح (أي يغلي الماء) . وأثناء غليان الماء لا ترتفع درجة حرارته هو أو البخار الناتج بالرغم من استمرار مذه بكميات إضافية من الطاقة الحرارية بالتسخين .  
ومن كل ما سبق نستنتج التالي :

- 1 - يغلي السائل الذي تحت الضغط العياري عند درجة حرارة معينة .
- 2 - يغلي السائل عندما يصبح ضغط بخاره المتبخر مساوياً للضغط المؤثر على سطحه .
- 3 - يكتب السائل كمية من الطاقة الحرارية عند تحوله من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند نفس درجة الحرارة .

والطاقة الحرارية المكسبة أثناء التحول تخزن على شكل طاقة (وضع) كامنة تسمى الحرارة الكامنة للتبيخir Latent heat of vaporization . ويرمز لها بالرمز ( $Q$ ) .

ويطلق على كمية الحرارة اللازمة لتصعيد وحدة الكتلة من السائل دون تغير درجة حرارتها اسم حرارة التبيخir Heat of vaporization ، ويرمز لها بالرمز ( $h$ ) .  
والحرارة الكامنة للتبيخir تختص أثناء التبيخir وتعود أثناء التكثيف . وتعتبر درجة غليان السائل تحت الضغط العياري إحدى الصفات الفيزائية المميزة له .

والجدول التالي يبين درجة الغليان وحرارة التبخير لبعض المواد .

جدول (2 - 4) يوضح درجة الغليان وحرارة التبخير لبعض المواد تحت الضغط الجوي المعاد :

حرارة التبخير ، $L_v$ ، J / Kg	درجة الغليان °C	المادة	حرارة التبخير ، $L_v$ ، J / Kg	درجة الغليان °C	المادة
$2.85 \times 10^5$	357	زنق	$2.25 \times 10^6$	100	ماء
$8.58 \times 10^5$	1744	رصاص	$1.43 \times 10^6$	38.5	أمونيا
$2.336 \times 10^6$	2050	فضة	$8.54 \times 10^5$	78	كحول إيثيلي
$4.73 \times 10^6$	2595	نحاس	$3.49 \times 10^6$	35	إثير

## هناك

احسب كمية الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل 50g جم من الجليد في درجة 20°C إلى بخار في درجة 100°C علماً بأن

$$L_v = 2.23 \times 10^5 \text{ J/kg}$$

$$\text{للماء} \quad L_f = 3.36 \times 10^5 \text{ J/kg}$$

$$\text{جليد} \quad c = 4180 \text{ J/kg °C}$$

$$c = 2100 \text{ J/kg °C}$$

## الحل



$$Q_1 = m c_1 \Delta T_1 = 50 \times 10^{-3} \times 2100 \times (0+20) = 2100 \text{ J}$$

$$Q_2 = m L_f = 50 \times 10^{-3} \times 3.36 \times 10^5 = 16800 \text{ J}$$

$$Q_3 = m c_2 \Delta T_2 = 50 \times 10^{-3} \times 4180 \times 100 = 20900 \text{ J}$$

$$Q_4 = m L_v = 50 \times 10^{-3} \times 2.23 \times 10^6 = 111500 \text{ J}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$= 2100 + 16800 + 20900 + 111500 = 1.513 \times 10^5 \text{ J}$$

## أثر الضغط على درجة الانصهار وعلى درجة الغليان

سابعاً

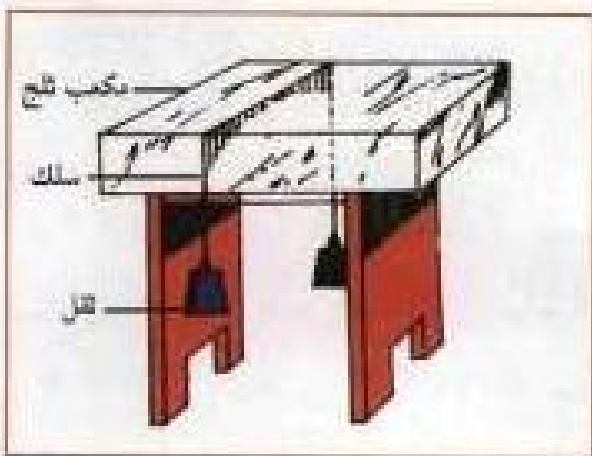
### أثر الضغط على درجة الانصهار :

٢

معظم المواد (البلورية) يزيد حجمها عند الانصهار ، وبعضها يقل حجمها عند الانصهار مثل الماء والحديد الزهر .

وعلى ذلك فالمواد التي يقل حجمها عند التجمد ، تؤدي زيادة الضغط على المادة الصلبة إلى ارتفاع درجة انصهارها . ويرجع ذلك إلى أن زيادة الضغط المؤثر على سطحها يقاوم الزيادة في حجمها ويساعدها على الاحتفاظ بحالة جمودها (حالتها الصلبة) ، لذلك تحتاج إلى طاقة إضافية للتحول إلى الحالة السائلة فترتفع درجة انصهارها .

اضغط مكعبين من الثلج بيديك ثم اتركهما . ماذا تلاحظ ؟  
يلتصق المكعبان بعضهما .



(شكل 2 - 12)

**نشاط 1**  
ضع مكعباً من الثلج على حامل ، ثم اربط تقبلاً متماثلين بسلك رفيع طوبل ، ضع السلك على مكعب الثلج كما هو موضح في الشكل (2 - 12) واتركه فترة ، ماذا تلاحظ ؟  
يمر السلك خلال مكعب الثلج دون أن يقسمه إلى جزئين منفصلين .

من النشاطين السابقين نستنتج أن :

المادة التي يزداد حجمها عند التجمد ، تعمل زيادة الضغط المؤثر على سطحها إلى تقارب الجزيئات وتقاوم زيادة المسافات بينية لكي تتجمد أي تحافظ على مساحتها . لذلك تنصهر عند درجة حرارة أقل من درجة انصهارها تحت الضغط العياري المعتمد . وبالتالي تخفيض درجة انصهارها بزيادة الضغط .

لاحظ ما يحدث للجليد أسفل أحدية الانزلاق على الجليد حيث يتحول إلى ماء نتيجة تأثير الجليد بالضغط الإضافي أسفل الأجزاء المعدنية والناعمة عن وزن مرتدى الأحدية ، كذلك سهولة عمل كرات الجليد في البلاد الباردة بضغط اليدين فقط ، وحركة الثلاجات المستمرة عند القطبين الشمالي والجنوبي .

### بـ أثر الضغط على درجة الغليان :

جميع المواد يزداد حجمها عند تحولها من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية (التصاعد) عند نفس الدرجة ، ويرجع السبب في ذلك إلى زيادة المسافات بين الجزيئات بمقادير كبيرة (ترداد إلى أئن عشرة ضعفاً تقريباً) . كذلك يغلي السائل عند درجة حرارة معينة تحت الضغط العياري ، وتعتبر هذه الدرجة من صفاتة المميزة .

فهل تتغير درجة الغليان بتغيير الضغط المسلط على سطح السائل؟ وما نوع هذا التغير؟

- 1 - استخدم جهازاً كال箕ين في الشكل (2 - 13) (ا) .



(شكل 2 - 13) (ا)

### النشاط 3

- 2 - سخن الماء ، مع بقاء المحبس (ب) مفتوحاً ، اقرأ درجة الحرارة عندما يغلي الماء ولاحظ مستوى الزريق في فرع الأنبوبة الزجاجية «المانومتر» .
- 3 - أغلق المحبس (ب) ولاحظ مستوى الزريق في فرع المانومتر ، ودرجة الحرارة التي يدل عليها مقياس الحرارة . مع مراعاة تخفيف اللهب .

ماذا تلاحظ؟ وماذا تستنتج؟

- 1 - قمع كمية من الماء في دورق كروي ، حتى متصفه تقريباً ، وسخنه على النار إلى أن يغلي الماء .

- 2 - تابع التسخين بعد الغليان فترة تكفي لبطره بخار الماء جميع الهواء من الدورق «بعض دقائق» ، ثم سد الدورق بإحكام .

### النشاط 4



- 3 - أطفئ النار واترك الدورق فترة كافية ليبرد ويتوقف الماء عن الغليان .  
4 - نكس الدورق وثبته على حامل ، كما بالشكل (2-13) ب ، ثم حسب عليه ماء بارداً .

ماذا تلاحظ؟ وماذا تستنتج؟

من النماطين السابقين (3) (4) نجد أن زيادة الضغط المؤثر على سطح السائل تؤدي إلى ارتفاع درجة الغليان ، ونقص الضغط يؤدي إلى انخفاض درجة الغليان . ويمكن تفسير ذلك بناء على النظرية الجزيئية كالتالي : زيادة الضغط المؤثر على سطح السائل تحاول أن تقلل من المسافات بين الجزيئات ، وكذلك تقاوم الزيادة في الحجم للتحول إلى الحالة الغازية مما يساعد على احتفاظ السائل بحالة سائله .

وللتغلب على الفوائد الإضافية المؤثرة على السطح يلزم زيادة طاقة حرارة جزيئات السائل أي رفع درجة حرارته - حتى تستطيع هذه الجزيئات دفع الجزيئات المجاورة للموصل إلى الحد المناسب للتحول إلى الحالة الغازية ، وعندما يصبح ضغط بخار السائل المتبقي مساوياً للفيصل المؤثر على سطح السائل يغلي السائل عند درجة حرارة أعلى من درجة غليانه تحت الضغط العياري . وانخفاض الضغط المؤثر على سطح السائل يساعد على زيادة المسافات بين الجزيئات أي زيادة الحجم والتحول إلى الحالة الغازية ، وعندما يصل ضغط البخار المتبقي للسائل إلى القيمة المساوية للفيصل المؤثر على سطحه ، يغلي السائل وذلك عند درجة حرارة أقل من الدرجة التي يغلي عنها تحت الضغط العياري .

وقد استغلت ظاهرة تغير درجة غليان السائل بتغيير الضغط الواقع على سطحه في الصناعات التالية :

1- استخلاص الجيلاتين من العظام باستخدام ماء درجة حرارته أعلى من  $^{\circ}\text{C}$  200 تحت ضغط مرتفع .

2- تجفيف الحليب بعليه عند درجة حرارة أقل من  $^{\circ}\text{C}$  70 .

3- تركيز العصائر بعليها تحت ضغط منخفض .

4- نقطير ماء البحر بطريقة التطابير توفيراً للمواد .

كذلك تستخدم ربات البيوت القدور الكائنة لطهي الطعام بسرعة .

## انتقال الطاقة الحرارية : Heat transfer

ثامناً :

علمت من دراستك خلال المراحل السابقة أن الطاقة الحرارية يمكن أن تنتقل بإحدى الطرق التالية :

- 1- التوصيل . Conduction
- 2- الحمل . Convection
- 3- الإشعاع . Radiation

### انتقال الحرارة بالتوصيل :

1

نعلم من دراستنا السابقة أن طاقة حرارة جزيئات المادة تمثل الجزء الأعظم من طاقتها الحرارية ، وأن درجة حرارة المادة هي المظهر الخارجي لطاقة حرارة جزيئاتها . وعند تسخين طرف من الساق ، تكتب جزيئات هذا الطرف طاقة حرارية فترتاد سرعة جزيئاتها وبالتالي سعة اهتزازاتها ، ونتيجة تصادم هذه الجزيئات بما يجاورها من جزيئات أقل طاقة حرارية منها فتكتسب هذه الجزيئات أيضاً طاقة حرارة إضافية - أي ترتفع درجة حرارتها - ونتيجة التصادمات التي تحدث بين الجزيئات المتجاورة والمترادفة فإن الطاقة الحرارية تنتقل من الطرف القريب من مصدر الطاقة إلى الطرف بعيد عنها .

(لاحظ ما يحدث عند وضع ملعقة في كأس به شاي ساخن) .

وتعتمد سرعة التبادل - سريان - الطاقة الحرارية عبر المادة الصلبة على نوع المادة .

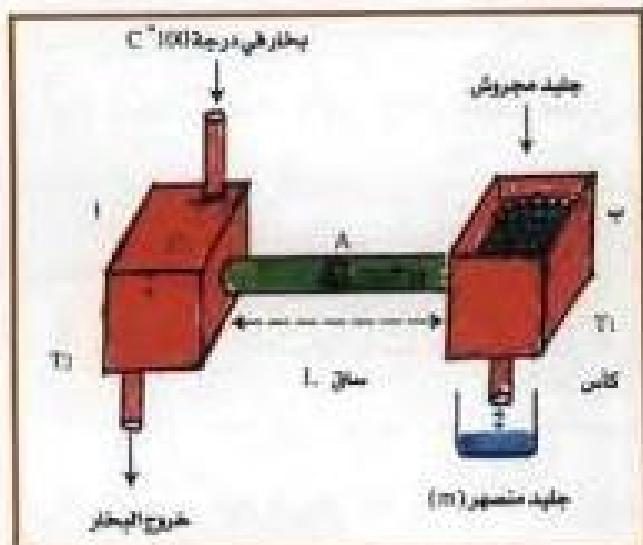
يمكن تقسيم المواد من حيث توصيلها للطاقة الحرارية إلى :

أ - مواد جيدة التوصيل للحرارة . ومن أمثلتها الفلزات .

ب- مواد رديئة التوصيل للحرارة . مثل الزجاج والمطاط والخشب .

العوامل التي يتوقف عليها سريان الحرارة بالتوسيط :

عند إعداد الجهاز المعين في شكل (14 - 2)



(شكل 2 - 14) التوصيل الحراري

والذي يتكون من وعاءين معدنيين ، (P) يدخل فيه البخار في درجة ( $T_2$ ) من أعلى ويخرج من أسفل ، (ب) المعلو بجليد محروش في درجة ( $T_1$ ) وبه فتحة سفلية يتسرّب منها صهير الجليد ، وتصل بين الوعاءين ساق طولها L ومساحة مقطعها A . وعند ثبات درجتي حرارة الوعاءين يكون معدل التدفق الحراري H (أي كمية الحرارة التي تتساوى عبر الساق خلال وحدة الزمن  $\frac{1}{\text{س}}$ ) ويمكن حسابها بمعلومية كمية الحرارة (Q) التي وصلت للوعاء (ب) وأدت إلى انصهار كتلة من الجليد مقدارها (m) واستقبلت المادة المتذاب عنها في الكأس الموضوع أسفل الوعاء (ب) خلال زمن قدره t من العلاقة :

$$H = \frac{Q_t}{t} = \frac{m \cdot L_t}{t} \quad \text{J/S}$$

وبتكرار التجربة عدة مرات مع استخدام سبائك مختلفة من حيث نوع المادة أو الطول L أو مساحة المقطع A فإننا نتجد أن كمية الطاقة الحرارية Q التي تتدفق عبر الساق تتوقف على :

- 1- طول الساق (L) .
- 2- مساحة مقطع الساق (A) .
- 3- فرق درجات الحرارة ( $T_2 - T_1$ ) .
- 4- الزمن المستغرق (t) .
- 5- نوع المادة .

وعلى ذلك يكون :

$$Q = \alpha \frac{A(T_2 - T_1)t}{L}$$

$$Q = K \frac{A(T_2 - T_1)t}{L} \quad \text{J}$$

حيث (K) مقدار ثابت يتوقف على نوع مادة الجسم ويسمى معامل التوصيل الحراري أو التوصيلية الحرارية Thermal conductivity

$$K = \frac{Q L}{A(T_2 - T_1)t} \quad \text{J/S. m. } ^\circ\text{C} \quad \text{أي } (\text{W/m. } ^\circ\text{C})$$

**معامل التوصيل الحراري هو :**

المعدل الزمني لتدفق الطاقة الحرارية عبر ساق طولها وحدة الأطوال ومساحة مقطعها وحدة المساحات وفرق درجتي الحرارة بين طرفيها درجة مئوية واحدة .

والجدول رقم (2 - 5) يبين قيم معامل التوصيل الحراري (K) لبعض المواد :

معامل التوصيل الحراري (K) W/m°C	ال المادة	معامل التوصيل الحراري (K) W/m°C	ال المادة	معامل التوصيل الحراري (K) W/m°C	ال المادة
0.14	هيدروجين	1.6	جلد	406	فضة
0.14	هيليوم	0.8	خرسانة	385	نحاس
0.024	هواء	0.8	زجاج	305	ذهب
0.023	أكسجين	0.6	ماء	205	الورنيوم
0.016	أرجون	0.08	خشب	50	حديد حلب
		0.08	أبست	45	خارصين
		0.04	فلز	35	رصاص

## مثال

ساق من النحاس طولها 1 متر ومساحة مقطعها  $2\text{cm}^2$  ، وضع أحد طرفيها في ماء يغلي والطرف الآخر في حوض به ثلج في درجة  $0^\circ\text{C}$  . فإذا كان  $L$  للثلج تساوي  $336 \times 10^3 \text{ J/kg}$  . احسب كمية الثلوج التي تنصهر خلال 10 دقائق ( $K = 385 \text{ W/m. } ^\circ\text{C}$  ) .



$$\begin{aligned} Q &= \frac{KA(T_2-T_1)t}{L} \\ &= \frac{385 \times 2 \times 10^{-4} \times (100-0) \times 10 \times 60}{1} = 4620 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= L_f m \quad m = \frac{Q}{L_f} \\ m &= \frac{4620}{336 \times 10^3} = 13.75 \times 10^{-3} \text{ Kg} \\ &= 13.75 \text{ g} \end{aligned}$$

ومن التطبيقات الحياتية على انتقال الحرارة بال透過يل :

- 1- نصنع أوعية طهي الطعام من الفلزات .
  - 2- نصنع رأس كاوية اللحام الكهربائية من الفلزات .
  - 3- نصنع أيدي قدور الطعام من الخشب أو البلاستيك .
  - 4- استخدام العازلات الحرارية بجدران المنازل .
  - 5- استخدام الصوف الزجاجي لتبطين جدران الثلاجات والأفران .
  - 6- تلبس الملابس الصوفية شتاء .
- \* انظر حولك وابحث عن تطبيقات أخرى وسجلها في دفترك وناقشها مع مدرسك .

## انتقال الحرارة بالحمل

2

الطاقة الحرارية تتقل خلال المواقع (سوائل وغازات) عن طريق انتقال الأجزاء الساخنة الجامدة لها .

ويمكن تفسير ذلك على أساس أن جزيئات المائع عند اكتسابها الكمية المناسبة من الطاقة الحرارية ، فإن طاقتها الحركية تزداد والمسافات بينية تزداد أيضاً ، مما يؤدي إلى زيادة الحجم وتقص الكثافة فترتفع إلى أعلى ويحل مكانها جزيئات باردة أكبر كثافة ، وهكذا يتكون تيار من الجزيئات الساخنة الصاعدة والجزيئات الباردة الهابطة يطلق عليه اسم تيارات الحمل .  
أي أن الطاقة الحرارية تتقل خلال المواقع عن طريق تيارات الحمل . ويكون انتشارها أعلى مصدر التسخين وليس أسفله .

## تطبيقات على انتقال الطاقة الحرارية بالحمل

توجد في حياتنا العملية الكثير من التطبيقات الناتجة عن تيارات الحمل نذكر منها :

- 1 - تكون المرتفعات الحرية وكذلك المنخفضات نتيجة تغير درجة حرارة الجو .
- 2 - يتكون نسم البر وتسنم البحر بتأثير تسخين الهواء الملائم للملابس نهاراً والماء ليلاً .
- 3 - وضع أجهزة التكييف والتبريد في أعلى الغرف .
- 4 - وضع العبرد (الفريزر) في الجزء العلوي من الثلاجة .
- 5 - وضع أجهزة التدفئة قرية من سطح الأرض .

## انتقال الحرارة بالإشعاع :

3

علمت أن الطاقة تنتقل بالتوصيل خلال الأوساط المادية الصلبة وبالحمل خلال المواقع ، ولكن كيف تصل إلينا الطاقة الحرارية من الشمس عبر ملايين الكيلومترات الخالية من الأوساط المادية ؟ كذلك كيف تصل إلينا الطاقة الحرارية من المدفأة الكهربائية المعتادة (ذات الأسلاك المتوجهة للإحرار) بغير التوصيل أو الحمل ؟

في هذه الحالة تبعث الطاقة الحرارية من المصدر على شكل موجات كهرومغناطيسية تنتشر في جميع الاتجاهات بسرعة الضوء ، ولا تحتاج لوسط مادي لكنها تنتشر خاليا .

وفي الواقع يحدث تبادل حراري بين الجسم والوسط المحيط حيث يشع الجسم ويمتص طاقة حرارية في آن واحد . فإذا كانت كمية الطاقة الحرارية الممتصة أكبر من الطاقة المنتبعثة فإن درجة حرارة الجسم ترتفع أو تتغير حالته ، أما إذا كانت كمية الطاقة الحرارية التي يمتصها الجسم أقل من الطاقة المنتبعثة منه فإن درجة حرارته تنخفض أو تتغير حالته . وعند تساوي الطاقة المنتصبة مع الطاقة المنتبعثة ثبتت درجة حرارة الجسم ويظل على حالته .

ويتوقف معدل انتشار الطاقة الإشعاعية من الجسم - أي كمية الطاقة الإشعاعية المنتبعثة خلال وحدة الزمن من وحدة المساحات - على :

### أ- طبيعة السطح ولونه :

فالأسطح الخشنة تبعث منها الطاقة الإشعاعية بمعدل أكبر من الأسطح المقصولة ، كذلك الأسطح الداكنة اللون تبعث منها الطاقة الإشعاعية بمعدل أكبر من الأسطح فاتحة اللون .

وبصفة عامة يغير السطح الأسود الخشن سطحا باعثا تماما في حين يعتبر السطح الأبيض المقصول غير باعث . ويقع معدل انتشار الطاقة الإشعاعية للأجسام بين هذين السطحين ، كذلك تمتض الأسطح الطاقة الإشعاعية ب نفس المعدل الذي تبعث به الطاقة ، أي أن الأسطح ذات معدل الابتعاث الكبير يكون معدل امتصاصها للطاقة كبيرا أيضا ، والعكس صحيح .



أحضر كوبين معدنيين سطحهما الخارجي فضي لامع ، ثم اطلِ جدار أحدهما الخارجي بلون أسود غير لامع ، ضع الكوبين على قطعتين متباينتين من الخشب ، ثم اسكب فيما بينهما كميتين متباينتين من ماء يغلي ، واغمر في كل منها ثرمومتراً سيلزيوساً ، واترك الكوبين فترة مناسبة (عشرة دقائق مثلاً) . ماذا تلاحظ ؟ وماذا تستنتج ؟

نجد أن درجة حرارة الترمومتر المغمور في الكأس المطلي قد انخفضت بمقدار كبير في حين أن الترمومتر الآخر قد انخفض بمقدار صغير . مما يدل على أن الكوب المطلي قد أبعثت منه كمية من الطاقة الحرارية أكبر بكثير من كمية الطاقة المنبعثة من الكوب غير المطلي ، ومن ذلك نستنتج أن :

**الأسطح الداكنة غير الامعة تشع الطاقة بمعدل أكبر عن الأسطح الفاتحة والامعة .**

### **ب - درجة حرارة السطح :**

يعتمد معدل ابعاث الطاقة الإشعاعية وطول الموجات الصادرة على درجة حرارة السطح البغاث . ففي درجات الحرارة المنخفضة يكون معدل الإشعاع صغيراً نسبياً وأطوال الموجات كبيرة نسبياً (موجات غير مرئية تحت حمراء) . وعند ارتفاع درجة حرارة السطح يزداد معدل ابعاث الطاقة الإشعاعية بمقدار كبير (يتنااسب طردياً مع  $T^4$ ) ، ويقل طول الموجات المنبعثة وتصبح في منطقة الضوء المرئي . وعند ارتفاع درجة الحرارة أكثر يقل طول الموجة أكثر ويصبح في منطقة الأشعة فوق البنفسجية .

فمثلاً إذا كانت لدينا كتلة من التحاس في درجة  $C = 100$  (373k) كلفني يكون معدل ابعاث الطاقة منها يساوي  $300w/m^2$  ، وعند درجة  $C = 500$  يصبح معدل ابعاث الطاقة الإشعاعية  $5400w/m^2$  ، أما عند  $C = 1000$  فإن معدل ابعاث الطاقة يصبح  $40000w/m^2$  .

وعند درجة  $C = 300$  تكون معظم الموجات المنبعثة ذات أطوال كبيرة - أشعة تحت حمراء - غير مرئية ، وعندما تصبح درجة حرارة الجسم  $C = 800$  فإن الجسم يبدو أحمر اللون ويشع كمية مناسبة من الأشعة الحمراء المرئية ، أما إذا وصلت درجة حرارة الجسم إلى  $C = 3000$  فإن

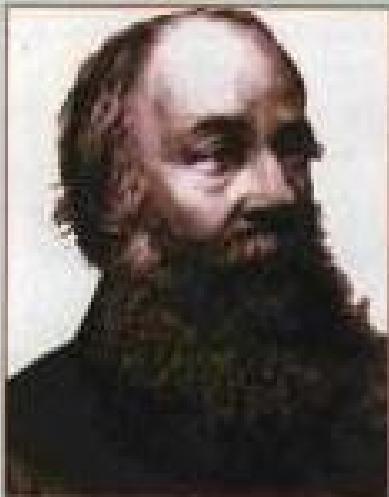
الجسم يظهر بلون أبيض متواهج ويشع موجات الطيف العريفي وكذلك الأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية .

### تطبيقات على انتقال الطاقة الحرارية بالإشعاع :

هناك الكثير من التطبيقات على ابتعاث وامتصاص الطاقة الحرارية بالإشعاع نذكر منها على سبيل المثال :

- 1- ارتداء الملابس الفاتحة صيفاً والداكنة شتاءً .
  - 2- تغطية الأسطح الداخلية والخارجية لزجاجات الترمس باللون الفضي اللامع .
  - 3- صبغ أنابيب التكيف في الثلاجات باللون الأسود .
  - 4- بناء مدافن في البلاد الأوروبية لا تعتمد على الحigel ولكن على الإشعاع (المدافن التي تعتمد على الفحم والخشب في التدفئة) .
  - 5- زيادة أسطع المشعات الحرارية سواء في أجهزة التدفئة أو لتبريد محركات الدراجات البخارية .
- \* انظر حولك وابحث عن تطبيقات أخرى على انتقال الطاقة الحرارية بالإشعاع وسجلها في دفترك وناقشها مع أستاذك .

## James Parsons Joule



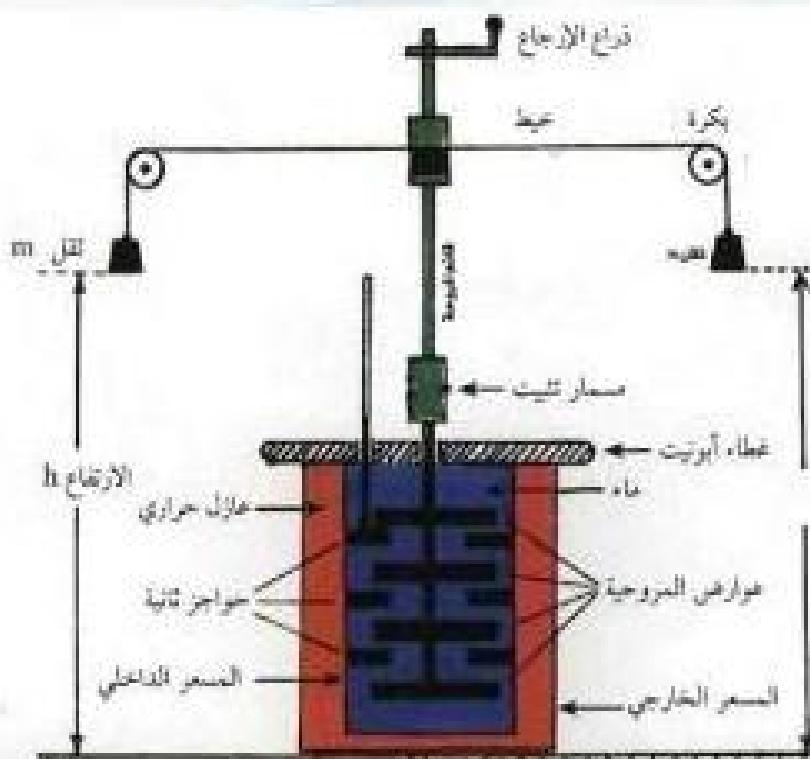
- فيزيائي إنجليزي ذائع الصيت اعتمد على نفسه في التعليم ، فلم يلق أي تدريب أكاديمي رسمي ولا تقلد منصبًا أكاديمياً .
- ورغم ذلك ، ونظرًا لذكائه وحبه للعلم فقد عمل مع علماء عصره الأوائل من أمثال الكيميائي الإنجليزي جون دالتون (1766 - 1844) والفيزيائي الاسكتلندي المورد كلفن (1824 - 1907) .
- وترجع شهرته إلى تجاربه في الحرارة ، حيث اكتشف أن صور الطاقة الثلاث - الميكانيكية والكهربائية والحرارية - متكافئة أساساً ، وأنه يمكن لأي صورة منها أن تحول للأخرى ، واستنتج من هذه التجارب المكافئي الميكانيكي الحراري . ونتيجة لابحاث جول الهامة فقد أطلق اسمه على وحدة الشغل والطاقة وهي الجول Joule ويرمز لها بالرمز (J) .

# فراهم حرة

## دالة زدنیه ها

### النکافو بین الشغل المبدول والطاقة الحرارية الناتجة عنه

استنتج هذه العلاقة العالم جيمس جول Joule من تجارب دقيقة أجرتها في الفترة ما بين 1842 ، 1870 . وتلخص التجربة في إحداث حركة دورية في مقدار معين من الماء موضوع في سعر ذي حرارة ، بوساطة مروحة ذات اتجاه مثبتة ، تحت أجنحتها بالماء مولدة كمية من الطاقة الحرارية (شكل 2 - 15) ، وبحساب مقدار الشغل المبدول  $W$  نتيجة سقوط الثقل  $m$  عدد من المرات مقدارها  $n$  ، فإنه يمكن استنتاج العلاقة بين الشغل  $W$  وكمية الحرارة  $Q$  كالتالي :



شكل (2-15) تجربة جول الميكانيكية

الشغل المبذول من هبوط الثقلين عدد n من المرات =

$$W = mgh \cdot 2 \cdot n$$

Joule

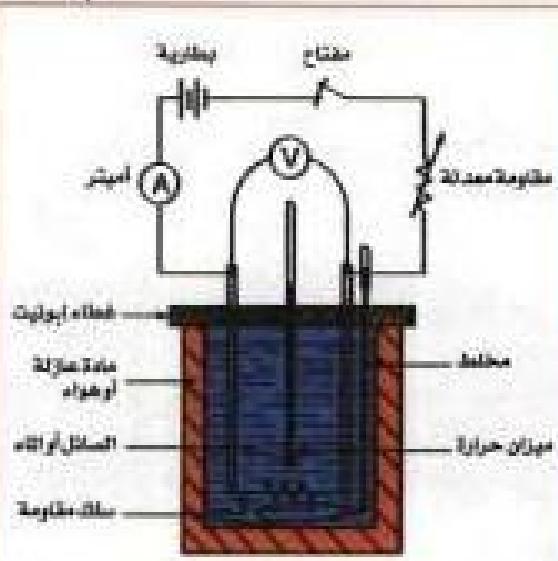
$$Q = m_1 c_1 \Delta T + m_2 c_2 \Delta T_2$$

سر ساء

كمية الطاقة الحرارية المترتبة : Calory

وبتكرار التجربة عدة مرات مع تغير مقدار الكتلة m وعدد المرات n وجد دائماً أن حاصل قسمة مقدار الشغل W على كمية الطاقة الحرارية Q الناتجة عنه يكون دائماً هو نفس المقدار ، فسمى هذا المقدار ثابت باسم المكافئ الميكانيكي الحراري Mechanical equivalent of heat ويرمز له بالرمز J وساوي 4.18 جول / سعر .

$$\frac{W}{Q} = J = 4.18 \text{ J/Calory}$$



شكل (2-16) تجربة جول الكهربائية

استنتج هذه العلاقة أيضاً العالم جيمس جول مستخدماً المسرع الموضح بالشكل (2 - 16) ، حيث مرر تياراً كهربائياً I خلال مقاومة R ، موضوعة في مسرع كتلته m وسعتها الحرارية النوعية c ، يحتوي على كمية من الماء كتلتها m وسعتها الحرارية النوعية r ، فإذا كانت درجة حرارة الماء والمسرع أولاً  $T_1$  وأصبحت  $T_2$  بعد مرور التيار في المقاومة لفترة زمنية t ، فإنه يمكن استنتاج العلاقة بين الطاقة الكهربائية المستهلكة  $W$  والطاقة الحرارية الناتجة عنها Q .

الطاقة الكهربائية المستهلكة في إمداد التيار خلال المقاومة :

$$W = IVt = I^2 Rt$$

Joule

الطاقة الحرارية التي اكتسبها الماء والمسرع الداخلي :

$$Q = m_1 c_1 \Delta T + m_2 c_2 \Delta T$$

Calory

وقد وجد أن نسبة  $\frac{W}{Q}$  تكون ثابتة دائماً مهما تغيرت قيم كل من t ، I ، R ، m<sub>2</sub> ، m<sub>1</sub> ،

$$\frac{W}{Q} = 4.18 \text{ J/Calory}$$

وهو نفس المكافئ الميكانيكي الحراري السابق الحصول عليه من العلاقة بين الشغل الميكانيكي والطاقة الحرارية الناتجة عنه .

# ذكر أن :



- 1 الحرارة صورة من صور الطاقة المختلفة .
  - 2 الطاقة الداخلية هي المجموع الكلي لطاقة حركة وطاقات وضع جزيئات المادة .
  - 3 درجة حرارة المادة هي المظهر الخارجي لمتوسط طاقة حركة جزيئاتها .
  - 4 حالة المادة هي المظهر الخارجي لطاقة وضع جزيئاتها .
  - 5 الاتزان الحراري هو الحالة التي تثبت فيها درجة حرارة الجسم وتكون كمية الطاقة الحرارية التي تكتسبها متساوية لكمية الحرارة التي تطرد لها للوسط المحيط .
  - 6 الحرارة تتغير من أبعاد المادة أو درجة حرارتها أو حالتها .
  - 7 التمدد الحراري هو مقدار الزيادة في طول الجسم بازتفاع درجة حرارته .
  - 8 معامل التمدد الخططي للمادة من خواصها الفيزيائية . ويتوقف على نوعها .
  - 9 معامل التمدد الخططي للمادة هو مقدار الزيادة التي تطرأ على طول وحدة الأطوال عند رفع درجة حرارتها درجة سيليزية واحدة ابتداءً من الصفر السيلزي .
  - 10 يتوقف التمدد الخططي لجسم على طوله ومعامل تمدده الخططي والتغير في درجة حرارته .
- $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \Delta t$
- 11 يعتمد عمل الأشرطة الثانية المعدن على تساوي طول شريطين ملتصقين من المعدن عند درجة معينة (واختلاف معاملى تمددهما الخططي) .
  - 12 درجة الحرارة عدد يدل على حالة المادة من حيث السخونة أو البرودة .
  - 13 تدرج الترمومترات على أساس نقاط ثابتة الدرجة في الحالات القياسية .
  - 14 القراءة الكلفية المعلقة تساوي القراءة السيلزية مضافة إليها 273 .
- $T_K = T_C + 273$
- 15 مقدار التغير في الدرجات المطلقة يكافي مقدار التغير في الدرجات السيلزية .
- $\Delta T_C = \Delta T_K$

[16] توقف كمية الحرارة التي يكتسبها أو يفقدها جسم على كتلته ونوع مادته والتغير في درجة حرارته .

$$Q = m c \Delta T$$

[17] الحرارة النوعية هي مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتلة درجة سيلزية واحدة . وهي من صفات المادة المميزة لها .

[18] السعة الحرارية هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم كله درجة سيلزية .  
السعه الحراريه = كتله الجسم × حرارته النوعية

$$C = m c$$

[19] النعمر هو : كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة جرام من الماء درجة سيلزية واحدة من  ${}^{\circ}\text{C}$  14.5 إلى  ${}^{\circ}\text{C}$  15.5 .

[20] الانصهار هو : تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة باكتساب طاقة حرارية مناسبة .

[21] التجمد هو : تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة بفقد طاقة حرارية مناسبة .

[22] التبخير هو : تحول المادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة باكتساب طاقة حرارية مناسبة .

[23] التكثيف هو : تحول المادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة بفقد طاقة حرارية مناسبة .

[24] التسامي هو : تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة باكتساب طاقة حرارية مناسبة .

[25] درجة الانصهار : هي درجة الحرارة التي تحول فيها المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة .

[26] حرارة الانصهار : هي كمية الحرارة اللازمة لتحويل وحدة الكتلة من المادة الصلبة إلى الحالة السائلة دون تغير درجة حرارتها .

- 27** درجة الغليان هي درجة الحرارة التي يصبح فيها ضغط البخار المشبع مساوياً للضغط المؤثر على سطح السائل .
- 28** حرارة التبخير هي كمية الحرارة الالازمة لتصعيد وحدة الكتل من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية دون تغير درجة حرارتها .
- 29** تتغير كل من درجة الانصهار ودرجة الغليان بتغير الضغط المؤثر على السطح .
- 30** المواد التي يزداد حجمها عند التجمد تؤدي زيادة الضغط عليها إلى انخفاض درجة الانصهار لها .
- 31** المواد التي يقل حجمها عند التجمد تؤدي زيادة الضغط عليها إلى ارتفاع درجة الانصهار لها .
- 32** ارتفاع الضغط المؤثر على سطح السائل يرفع من درجة الغليان له .
- 33** انتقال الحرارة بالتوسييل يتم عن طريق انتقال الطاقة خلال جزيئات المادة دون أن تنتقل الجزيئات من مكانها النسبي (ويتم في المواد الصلبة) .
- 34** تنتقل الحرارة بالحمل في المائع ، ويتم عن طريق انتقال الجزيئات المكتبة للطاقة خلال المائع على شكل تيارات حمل .
- 35** تنتقل الحرارة بالإشعاع في الفراغ على شكل موجات .
- 36** معامل التوصيل الحراري للمادة هو المعدل الزمني لتدفق الطاقة الحرارية عبر ساق طولها وحدة الأطوال ومساحة مقطعها وحدة المساحات ، وفرق درجة الحرارة بين طرفيها درجة سيلزية واحدة .

# التقويم



## السؤال الأول :

- اكتب بين القوسين الاسم أو المصطلح العلمي الذي تدل عليه كل من العبارات التالية :
- (.....) 1 المجموع الكلي لطاقات حركة وطاقات وضع جزيئات المادة .
  - (.....) 2 المظهر الخارجي لطاقة حرارة جزيئات المادة .
  - (.....) 3 مقدار التغير في طول الجسم عند رفع درجة حرارته .
  - (.....) 4 مقدار الزيادة في وحدة الأطوال من المادة عند رفع درجة حرارتها درجة سيلزية واحدة ابتداءً من الصفر السيلزى .
  - (.....) 5 عدد يدل على حالة الجسم من حيث السخونة أو البرودة .
  - (.....) 6 درجة الحرارة التي تحول عندها المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة أو العكس .
  - (.....) 7 درجة الحرارة التي يصبح عندها ضغط البخار المشبع للسائل مساوياً للضغط المؤثر على سطحه .
  - (.....) 8 كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتل من المادة درجة سيلزية واحدة .
  - (.....) 9 كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم كله درجة سيلزية واحدة .
  - (.....) 10 كمية الحرارة اللازمة لصهر وحدة الكتل من المادة الصلبة دون أن تغير من درجة حرارتها .
  - (.....) 11 كمية الحرارة اللازمة لتبييض وحدة الكتل من المادة السائلة دون أن تغير من درجة حرارتها .
  - (.....) 12 كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة سيلزية واحدة من  ${}^{\circ}\text{C}$  14.5 إلى  ${}^{\circ}\text{C}$  15.5 .
  - (.....) 13 تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة .

**14** المعدل الزمني لتدفق الطاقة الحرارية عبر ساق من المادة طولها الوحدة ، ومساحة مقطعها الوحدة ، وفرق درجات الحرارة بين طرفيها الوحدة . (.....)

### السؤال الثاني :

ضع علامة (✓) في الدائرة الواقعه أمام العبارة الصحيحة ، وعلامة (✗) في الدائرة الواقعه أمام العبارة غير الصحيحة فيما يلي :

- 1 من الممكن حساب الطاقة الداخلية لكتلة معينة من المادة بسهولة .
- 2 تزداد طاقة حرارة جزيئات المادة برفع درجة حرارتها .
- 3 يتوقف معامل التمدد الخطى للمادة على طول الجسم ودرجة حرارته ونوع مادته .
- 4 تعتمد الأشرطة الثانية على تساوي معاملى التمدد الخطى لمادتى الأشرطة عند درجة حرارة معينة .
- 5 تزداد الحرارة النوعية للمادة بزيادة كتلتها .
- 6 التغير في التدرج السيليزى يكفى التغير في التدرج المطلق .
- 7 المواد التي يقل حجمها عند التجمد تخفيض درجة انصهارها بانخفاض الضغط المؤثر عليها .
- 8 ترتفع درجة غليان السائل بارتفاع الضغط المؤثر على سطحه .
- 9 تتناسب كمية الحرارة المستدفقة عبر ساق تناسباً طردياً مع طولها عند ثبات باقى العوامل .
- 10 تنشر الحرارة في الفراغ بالإشعاع .

### السؤال الثالث :

أكمل العبارات التالية بما يناسبها علمياً :

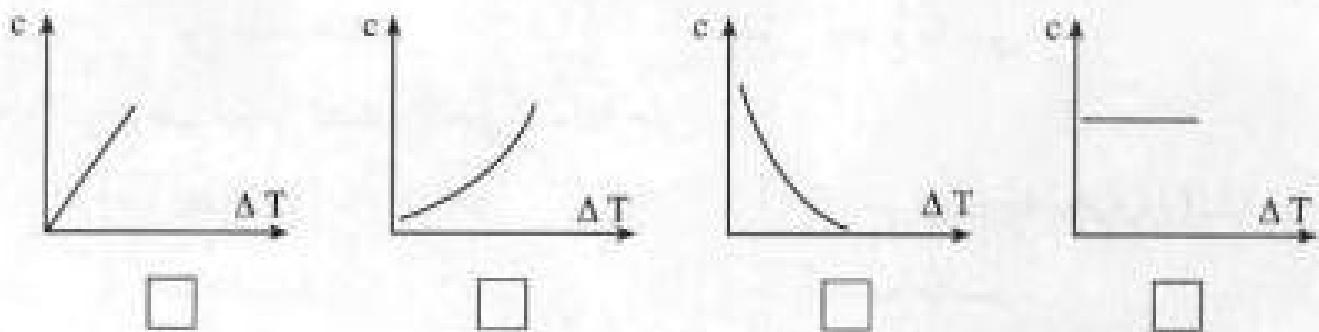
- 1 ترجع معظم الطاقة الحرارية التي تملكها المادة إلى ..... جزيئاتها .
- 2 حالة المادة هي المظهر الخارجى لطاقة ..... جزيئاتها .

- ٣) عندما تتساوى مادتان في درجة الحرارة فإن ..... جزيئاتهما تكون متساوية .
- ٤) إذا تركت عدة مواد مختلفة الكثافة والنوع ودرجة الحرارة في حيز فإنها تصل إلى حالة ..... وتصبح درجة حرارتها جميعاً واحدة .
- ٥) يتوقف معامل التمدد الخطى للمادة على ..... فقط .
- ٦) يتكون الترمومترات في أجهزة التدفئة والتسخين من ..... .
- ٧) عند زيادة طول ساق فإن معامل التمدد الخطى لها ..... .
- ٨) تنتقل الحرارة خلال الغلاف الجوي عن طريق ..... .
- ٩) النسبة بين كمية الحرارة التي تكتسبها وحدة الكتل ومقدار الارتفاع في درجة حرارتها تمثل ..... .
- ١٠) إذا أكبت جم (Q) جول من الحرارة فارتفعت درجة حرارته ( $\Delta T$ ) فإن سعة الحرارية تساوى ..... .

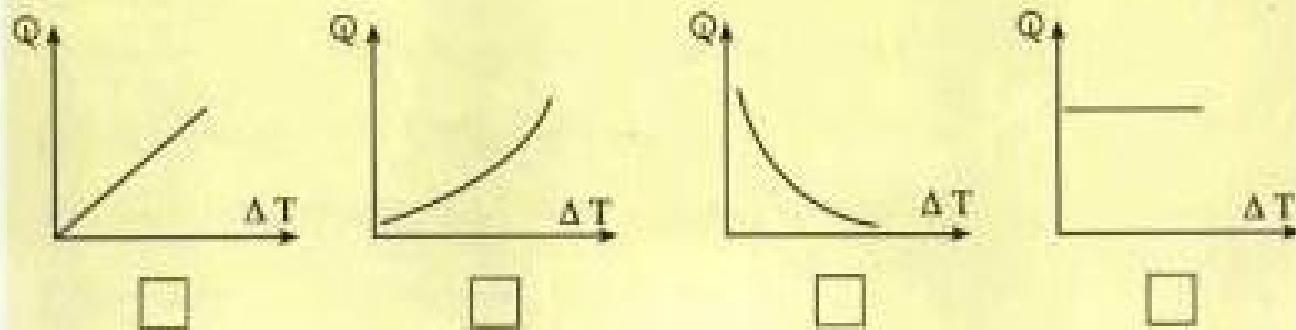
#### السؤال الرابع :

ضع ( ✓ ) في المربع المقابل لأنب إجابة لكل عبارة من العبارات التالية :

- ١- عندما تكتب كل متساوية من مواد مختلفة نفس الكمية من الطاقة الحرارية ، فإن أنب خط بياني يوضح العلاقة بين ارتفاع درجة الحرارة والحرارة النوعية هو :



2- أنس خط بياني يوضح العلاقة بين كمية الحرارة التي يكتسبها جسم ومقدار الارتفاع في درجة حرارته :



3- الدرجة التي تعادل  ${}^{\circ}\text{C}$  100 هي :

173 K  373 K  23  ${}^{\circ}\text{F}$   212 K

4- تتوقف الحرارة النوعية للمادة على :

التغير في درجة حرارة المادة فقط .  كتلة المادة فقط .

جميع ما سبق .  نوع المادة فقط .

5- تتوقف السعة الحرارية لجسم على :

كتلة الجسم والتغير في درجة حرارته .

كتلة الجسم ونوع مادته .

التغير في درجة حرارة الجسم ونوع مادته .

كتلة الجسم والتغير في درجة حرارته ونوع مادته .

6- كمية الطاقة الحرارية التي يكتسبها جسم تتوقف على :

كتلته فقط .  التغير في درجة الحرارة ( $\Delta T$ ) .

جميع ما سبق .  نوع مادته فقط .

7- يتوقف معامل التعدد الخطى للمادة على :

الطول (L) .  التغير في درجة الحرارة ( $\Delta T$ ) .

جميع ما سبق .  نوع المادة .

8- تنتقل الحرارة من الشخص إلى الأرض عن طريق :

التوصيل .

العمل .

جميع ما سبق .

الإشعاع .

9- يتوقف المعدل الزمني لسريان الطاقة الحرارية خلال موصل على :

طوله ومساحة مقطعيه فقط .

نوع مادته فقط .

فرق درجات الحرارة عند طرفيه فقط .

جميع ما سبق .

### السؤال الخامس :

ما المقصود بكل مما يلي :

درجة الحرارة - الطاقة الداخلية - معامل التمدد الخطى - الحرارة النوعية - السعة الحرارية - درجة الانصهار - حرارة الانصهار - درجة الغليان - حرارة التبخير - معامل التوصيل الحراري .

### السؤال السادس :

على لكل مما يلي تعللاً علمياً دقيقاً :

1- يتضاعف الطعام بسرعة في القدور الكاتمة .

2- درجة حرارة رمال الشاطئ تكون أعلى بكثير من درجة حرارة الماء المجاور لها نهاراً في الصيف .

3- جدران أنابيب التسخين المستخدمة في المختبرات تكون رقيقة .

4- يدفأ الجو في البلاد الباردة أثناء تساقط الثلج .

5- يفضل مد أسلاك الطاقة الكهربائية شتاءً .

6- تصنع أواني الطهي من الفلزات .

7- لا تتغير درجة حرارة المادة أثناء انصهارها رغم الاستمرار في تسخينها .

8- لكل مادة درجة انصهار ودرجة غليان خاصة بها تعتبر من صفاتها ( خواصها ) الفيزيائية .

9- تكون الجروح الناتجة عن بخار الماء أكثر إيلاماً من الجروح الناتجة عن الماء المغلي .

### السؤال السابع :

حل المسائل التالية :

1- ساق من الحديد المطاطع طولها  $100\text{cm}$  في درجة  $20^\circ\text{C}$  ، فإذا أصبح طولها  $100.24\text{cm}$  عند  $220^\circ\text{C}$  . احسب مقدار معامل التمدد الخطى للحديد .

2- ساقان أحدهما من النحاس والأخر من الحديد ، متساويان في الطول عند الصفر السيلزى . فإذا أصبح الفرق بين طوليهما  $0.7\text{mm}$  عند درجة  $50^\circ\text{C}$  . احسب طول كل منهما عند الصفر السيلزى .

3- عند مرور  $0.8\text{g}$  بخار ماء جاف في  $100^\circ\text{C}$  ، خلال  $93.4\text{g}$  ماء في  $20^\circ\text{C}$  ، موصوع في مسح سعة الحرارية ( $C = 42 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ ) . احسب درجة حرارة الماء بعد مرور البخار .

$$L_v = 2.268 \times 10^6 \text{ J/kg} = 4200 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

4- أثبت قطع من الجليد عند درجة  $0^\circ\text{C}$  في مسح كتلته  $100\text{g}$  يحتوي على  $200\text{g}$  ماء في درجة  $(40^\circ\text{C})$  . فإذا أصبحت درجة حرارة الخليط  $20^\circ\text{C}$  . احسب كتلة الجليد المضاف .

$$c_1 = 4200 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \quad c_2 = 400 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

5- لوح من النحاس سمكه  $12\text{cm}$  ، ومساحة كل من وجهيه  $1.2\text{m}^2$  ، يفصل بين حوضين يحوي أحدهما ماء مغلي والأخر ثلج . احسب كتلة الثلوج الذي ينصهر خلال 5 دقائق .

$$(L_f = 3.36 \times 10^5 \text{ J/kg} , k = 385 \text{ W/m}^\circ\text{C})$$

قوانين

الديناميكا

الحراريه





## الديناميكا الحرارية Thermodynamics

علمت مما سبق أن الحرارة صورة من صور الطاقة ، وتنقل الحرارة من جسم إلى آخر عندما يكون هناك اختلاف بين درجتي حرارة الجسمين . ويمكن تحويل الحرارة إلى شغل ميكانيكي ، مفيد وهو ما يحدث داخل الآلات الحرارية .

والديناميكا الحرارية هي ذلك العلم الذي يدرس التحويلات التي تتم بين الحرارة والشغل الميكانيكي ، معتمداً على قانون بقاء الطاقة الذي ينص على أن «الطاقة لا تفنى ولا تستحدث» ولكن تحول الطاقة من صورة إلى أخرى .

### بارامترات الحالة : State Parameters

أولاً :

في الديناميكا الحرارية تناقش عادة سلوك مجموعة محددة من العناصر ونطلق عليها اسم النظام (System) . وقد يكون هذا النظام هو جزيئات غاز معين موجود داخل أسطوانة مثلاً ، فهذا الغاز هو النظام الذي سوف ندرسنه ، أما الأسطوانة الموجودة بها الغاز فإننا نطلق عليها اسم الوسط المحيط .

ولوصف النظام وصفاً دقيقاً فإننا نستخدم عدداً من الكميات مثل الضغط (P) والحجم (V) ودرجة الحرارة (T) بالإضافة إلى الطاقة الداخلية (U) ، وهذه الكميات تحدد حالة النظام ، ولذلك يطلق على هذه الكميات بارامترات الحالة (متغيرات الحالة أو محددات الحالة) .

### الاتزان والتحول : Equilibrium and Conversion

ثانياً :

- يوصف النظام بأنه في حالة اتزان ديناميكي حراري عندما تتوافق فيه الشروط التالية :

**Mechanical Equilibrium :** - أن يكون في حالة اتزان ميكانيكي

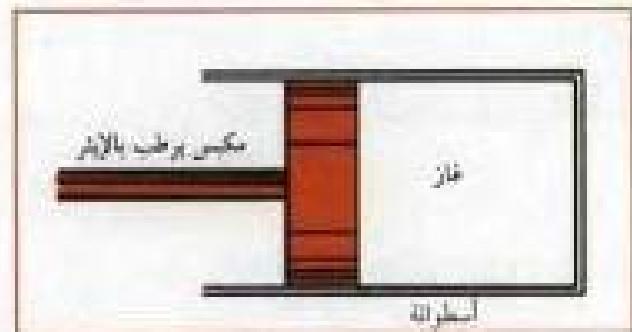
ويعني ذلك أنه لا توجد قوى غير متزنة تؤثر على عناصر النظام ، كما لا توجد قوى غير متزنة بين النظام والوسط المحيط .

2- أن يكون في حالة اتزان حراري : Thermal Equilibrium : أي أنه لا يوجد اختلاف في درجة حرارة عناصر النظام ، وكذلك لا يوجد اختلاف بين درجة حرارة النظام والوسط المحيط به .

3- أن يكون في حالة اتزان كيميائي : Chemicial Equilibrium : أي أنه لا يوجد أي تفاعل كيميائي بين عناصر النظام ، أو بين النظام والوسط المحيط . ويمكن للنظام أن يتقلل من حالة اتزان إلى حالة اتزان أخرى وذلك عندما تغير بعض قيم بارامترات الحالة التي تحدد حالة النظام ، مثل تغير الضغط أو درجة الحرارة عندما يكتب النظام أو يفقد كمية من الحرارة مثلاً . وتسمى عملية الانتقال هذه بالتحول في حالة اتزان أخرى ، وقد يصاحب عملية التحول شغل ميكانيكي .

### القانون الأول للديناميكا الحرارية

ثالثاً :



شكل (1-3) النظام والوسط المحيط

يعتبر القانون الأول للديناميكا الحرارية أحد روكيزتين أساسيتين يرتکز عليهما علم الديناميكا الحرارية . والقانون الأول للديناميكا الحرارية هو صورة من صور قانون بقاء الطاقة ، ولتوسيع ذلك نفترض أن نظاماً معيناً مثل كمية من غاز موجودة داخل أسطوانة معزولة سطحها الجانبي عزلأً حرارياً تماماً ، ويوجد في داخل الأسطوانة مكبس عديم الاحتكاك وسهل الحركة شكل (1-3) .

نفترض أن النظام - وهو جزيئات الغاز الذي في داخل الأسطوانة - كان في حالة اتزان معينة ، وكانت الطاقة الداخلية للنظام عند هذه الحالة ( $U_1$ ) .

عند إضافة كمية من الحرارة ( $Q$ ) للنظام ، ويتم ذلك من الوسط المحيط عن طريق قاعدة الأسطوانة المصوّعة من مادة جيدة التوصيل للحرارة ، فإن النظام يمتص كمية من الحرارة ( $Q$ ) ويتحول إلى حالة اتزان أخرى ، وتتغير بعض بارامترات الحالة وليكن أحدها هو حجم الغاز . فإن أصبحت الطاقة الداخلية للنظام في حالة الازان الجديدة هي ( $U_2$ ) فإن التغير في الطاقة

الداخلية ( $\Delta U$ ) يعين من المعادلة :

$$U_2 = U_1 + \Delta U$$

$$\therefore \Delta U = U_2 - U_1$$

ويمكن القول أن النظام يستغل جزءاً من كمية الحرارة التي امتصها في زيادة طاقته الداخلية بالمقدار ( $\Delta U$ ) ، ويستغل الجزء الآخر من كمية الحرارة في بذل شغل ، ويتم ذلك أثناه تعدد النظام ، فإذا كان الشغل المبذول خلال تعدد النظام هو ( $W$ ) ، ومن قانون بقاء الطاقة يمكن كتابة العلاقة كالتالي :

$$Q = \Delta U + W \quad \dots \dots \dots (1)$$

وتعرف العلاقة السابقة بالقانون الأول للديناميكا الحرارية حيث ( $Q$ ) هي كمية الطاقة الحرارية ،  $\Delta U$  هو التغير في الطاقة الداخلية ، ( $W$ ) هو الشغل الميكانيكي . وعند تطبيق القانون الأول للديناميكا الحرارية يجب مراعاة التالي :

- 1- تكون ( $Q$ ) موجبة إذا اكتسب النظام كمية حرارة ، وسالبة عندما يفقد النظام كمية حرارة .
- 2- يكون الشغل ( $W$ ) موجباً ، إذا كان الشغل المبذول بوساطة النظام (أي عندما يزداد حجم النظام) ، ويكون الشغل ( $W$ ) سالباً ، إذا كان الشغل مبذولاً على النظام (أي عندما يقل حجم النظام ، ويكون ( $W$ ) صفرًا إذا لم يتغير حجم النظام .

## مثال

أوجد في كل حالة منها يلي قيمة التغير في الطاقة الداخلية للنظام :

- 1- نظام ما يمتص ( $2\text{ kJ}$ ) من الحرارة ويبدل في نفس الوقت ( $1\text{ kJ}$ ) في شغل خارجي .
- 2- نظام ما يمتص ( $1.25\text{ kJ}$ ) من الحرارة ويبدل عليه شغل قدره ( $1\text{ kJ}$ ) في آن واحد .
- 3- نظام ما يمتص ( $5\text{ kJ}$ ) من الحرارة تحت حجم ثابت .



باستخدام القانون الأول للديناميكا الحرارية وتطبيق قاعدة الإشارات حيث تكون ( $Q$ ) موجبة عندما يكتسب النظام كمية من الحرارة ، وتكون سالبة عندما يفقد النظام حرارة . والشغل ( $W$ ) يكون موجباً إذا كان الشغل مبذولاً بوساطة النظام ، وسالباً إذا كان الشغل مبذولاً على النظام .

$$Q = + 2 \text{ kJ} = 2000 \text{ J} \quad (1)$$

$$W = + 500 \text{ J}$$

$$Q = \Delta U + W$$

$$\Delta U = Q - W$$

$$= 2000 - 500$$

$$= 1500 \text{ J} = 1.5 \text{ kJ}$$

$$Q = + 1.25 \text{ kJ} \quad (2)$$

$$= 1250 \text{ J}$$

$$W = - 420 \text{ J}$$

$$\therefore \Delta U = Q - W$$

$$= 1250 - (-420)$$

$$= 1250 + 420 = 1670 \text{ J}$$

(3) عندما يكون الحجم ثابتاً فإن الشغل المبذول = صفر

أي أن :  $W = 0$

ومن ثم :

$$Q = \Delta U$$

$$\therefore \Delta U = 5 \text{ KJ}$$

### Heat Engines الآلات الحرارية

رابعاً :

في هذا العصر تتسابق الدول المتقدمة على الاستفادة القصوى من مصادر الطاقة المختلفة التي تمتلكها . ومصادر الطاقة كثيرة ومتعددة ، منها الوقود التقليدي مثل الفحم والخشب والبترول ، ومنها غير التقليدي مثل الطاقة الناتجة عن مساقط المياه والطاقة الناتجة عن حركة الرياح والطاقة الشمسية وغيرها . كذلك تسعى الدول جاهدة لاكتشاف مصادر جديدة للطاقة . وتكون الطاقة مخزنة في الوقود على صورة طاقة داخلية ، وعند حرق الوقود يتم تحويل هذه الطاقة وتحويلها إلى طاقة حرارية يمكن استغلالها في الأغراض المختلفة .

وتحويل الطاقة المختزنة في الوقود إلى طاقة حرارية ومن ثم إلى شغل ميكانيكي ، فإننا نحتاج إلى آلة لكي تقوم بهذا العمل . وتسمى هذه الآلة بالآلة الحرارية ، وفي داخل هذه الآلة يتم تحويل الطاقة الحرارية إلى شغل ميكانيكي مفيد .

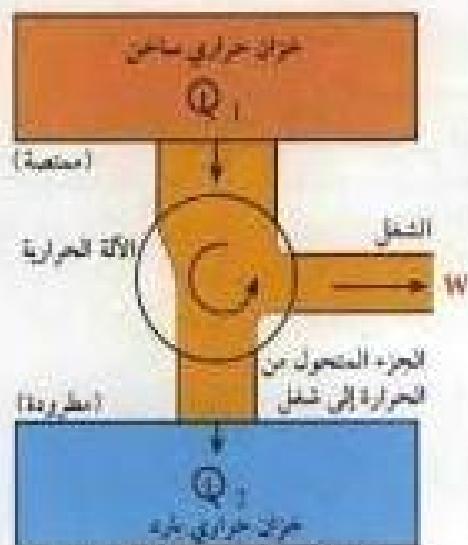
الآلات الحرارية تعتمد في طريقة عملها على الجانب التطبيقي لعلم الديناميكا الحرارية .

ويعتبر اختراع الآلة البخارية أول تطبيق ناجح لهذا العلم . ولقد ترتب على اختراع الآلة البخارية تحول شامل في حياة البشرية ، مما دعا العلماء إلى تسمية عصرها بعصر الثورة الصناعية . وبعد اختراع الآلة البخارية ظهرت بعدها آلات الاحتراق الداخلي (محركات البنزين ومحركات дизيل) ثم آلات الدفع النفاث (في الطائرات والصواريخ) .

وتتشابه كل هذه الآلات في أسلوب عملها ، فهي تأخذ طاقة حرارية من مصدر قادر على إعطائها ، وتحول جزءاً منها إلى شغل ميكانيكي وتطرد الطاقة الحرارية المتبقية .

### أ - تركيب الآلة الحرارية :

تتركب الآلة الحرارية كما في شكل (3 - 2) من ثلاثة أجزاء رئيسية هي :



شكل (3 - 2) مخطط الآلة الحرارية

1- مصدر حراري قادر على تزويد الآلة بأي كمية من الحرارة التي تحتاجها دون أن يطرأ تغير ملحوظ على درجة حرارته ، ويسمى هذا المصدر بالخزان الحراري الساخن . وفي الآلة البخارية يمثل المرجل (وهو الرعاء الذي يغلي فيه الماء ويتغير إلى بخار) الخزان الحراري الساخن . وفي آلات الاحتراق الداخلي كالسيارة مثلًا تمثل غرفة الاحتراق في الأسطوانة المصدر أو الخزان الحراري الساخن .

2- مستودع قادر على تخفي أي كمية حرارة تطرد إليه دون تغير ملحوظ في درجة حرارته ، ويسمى هذا المستودع بالخزان الحراري البارد ، ويمثل في الآلات البخارية بالمكثف ، وفي محركات السيارات بالهواء الخارجي الذي يلقى إلى العادم عن طريق أسطوانات خاصة .

ـ 3ـ مادة يتم بواسطتها تحويل الطاقة الحرارية إلى شغل ميكانيكي وتسمي هذه المادة بالمادة العاملة Working Substance وتقوم هذه المادة بامتصاص كمية من الحرارة من الخزان الحراري الساخن ، وتلقي جزءاً منها إلى الخزان الحراري البارد بعد أن تقوم بالشغل الذي تنتجه الآلة . والمادة العاملة في الآلات البخارية هي البخار ، وفي آلات الاحتراق الداخلي من مثل السيارات تكون المادة العاملة خليطاً من الهواء والوقود .

### طريقة عمل الآلة الحرارية :

ب

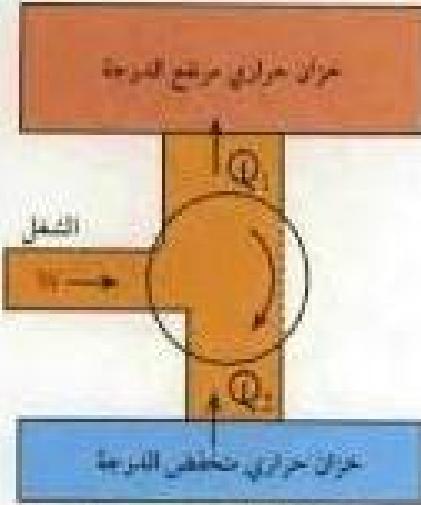
يمكن باختصار شرح طريقة عمل الآلة الحرارية (شكل 3 - 2) كالتالي :

- 1- تقوم المادة العاملة العاملة Working Substance بامتصاص كمية من الحرارة  $(Q_1)$  من الخزان الحراري الساخن عند درجة حرارة  $(T_1)$  درجة كلفنية .
- 2- تقوم المادة العاملة بتحويل جزء من هذه الطاقة المستهلكة  $(Q_1)$  إلى شغل ميكانيكي مفید  $W$  .
- 3- تقوم المادة العاملة بعد إنجاز هذا الشغل بطرد الجزءباقي من كمية الحرارة ، ولتكن  $(Q_2)$  إلى الخزان الحراري البارد والذي تكون درجة حرارته  $T_2$  درجة كلفنية .
- 4- تعود المادة العاملة مرة أخرى إلى حالتها الأصلية ، وتكون المادة العاملة قد أتمت دورة كاملة ، ثم تكرر الدورات باستمرار .

### المضخات الحرارية وأجهزة التبريد

ح

علمت أن الحرارة تنتقل من الجسم الساخن إلى الجسم البارد عند تلامسهما ، وكذلك علمنا من دراستك لآلية الحرارة أن مادة الشغل تقوم بنقل كمية من الحرارة من الخزان الحراري الساخن إلى الخزان الحراري البارد ، فهل يمكن نقل كمية من الحرارة من جسم بارد إلى جسم ساخن ؟



شكل (3 - 3) فكرة عمل جهاز تبريد

إن فكرة عمل أجهزة التبريد والمضخات الحرارية تقوم بالعملية العكسية لآلية الحرارة . حيث تقوم بامتصاص كمية من الحرارة من خزان حراري بارد وطرد كمية من الحرارة إلى خزان حراري ساخن (في هذه الحالة تم نقل كمية من

الحرارة من جسم بارد إلى جسم ساخن) ، ولكن ينم ذلك لإبد من بدل شغل خارجي ، أي يجب أن نستخدم محركاً كهربائياً ، وشكل (3 - 3) بين ساراً تخطيطياً لنقل الحرارة داخل جهاز تبريد .

### مردود الآلة (الكفاءة الحرارية)

خامساً

في أي آلة حرارية يتم تحويل الطاقة الحرارية إلى شغل ميكانيكي . وحيث إن الطاقة الحرارية لا تحول بأكملها إلى شغل ميكانيكي فإنه من المفيد معرفة النسبة بين الشغل الميكانيكي الناتج وكمية الحرارة المعطاة . وتسمى هذه النسبة بمردود الآلة أو الكفاءة الحرارية للآلة .

ويرمز لمردود الآلة (كفاءة الآلة) بالرمز ( $\eta$ ) [إيت]

$$\text{وذلك يكون المردود} = \frac{\text{الشغل الناتج}}{\text{كمية الحرارة المنتصنة}}$$

ويكتب في الصورة الرياضية على الشكل التالي :

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \quad \dots \dots \dots \dots \dots \quad (6)$$

حيث ( $W$ ) هو الشغل الميكانيكي الناتج ، ( $Q_1$ ) هي كمية الحرارة المنتصنة . فإذا كانت كمية الحرارة المعطوبة هي ( $Q_2$ ) فإننا نستطيع من قانون بقاء الطاقة أن نكتب :

$$Q_1 = W + Q_2$$

أي أن :

$$W = Q_1 - Q_2 \quad \dots \dots \dots \dots \dots \quad (7)$$

وعندما تكون مادة الشغل مثالية والآلة تعمل على دورة مثالية ، أي يمكن أن تعمل الآلة الحرارية في الاتجاه العكسي كآلة تبريد دون أي تغير في كميات الحرارة المنتصنة والمعطوبة أو في الشغل ، فإن هذه الآلة تسمى آلة قابلة للعكس . والآلة القابلة للعكس تكون لها أكبر مردود . ومن المعادلتين السابقتين يمكن كتابة مردود الآلة على الصورة :

$$\eta_{eff} = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad \dots \dots \dots \dots \dots \quad (8)$$

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

وفي الآلات القابلة للعكس يمكن حساب مردودها من العلاقة :  
حيث ( $T_1$ ) هي درجة الحرارة المطلقة (الكلفنية) للخزان الحراري الساخن ، ( $T_2$ ) هي درجة الحرارة المطلقة (الكلفنية) للخزان الحراري البارد .

### هناك 1

احسب الكفاءة العظمى لمحرك يعمل بين درجتي حرارة ( $400^{\circ}\text{C}$ ) ، و ( $100^{\circ}\text{C}$ ) .



$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$T_1 = 273 + 400 = 673 \text{ K}$$

$$T_2 = 273 + 100 = 373 \text{ K}$$

$$\eta = \frac{673 - 373}{673} \times 100\%$$

$$= 44.6\%$$

### هناك 2

محرك كفاءته 20% ويستهلك كمية من الحرارة قدرها 400 جول . أوجد الشغل الناتج .



$$\eta = \frac{W}{Q_1}$$

$$\frac{20}{100} = \frac{W}{400}$$

$$\therefore W = \frac{400 \times 20}{100}$$

$$= 80 \text{ J}$$

### مثال 3

قارن بين الكفاءة العظمى لمحركين ، المادة العاملة في المحرك الأول هي الماء ودرجة حرارة المخزان الساخن لها هي درجة غليان الماء ( $100^{\circ}\text{C}$ ) ، والمادة العاملة في المحرك الثاني هي الزئبق ، ودرجة حرارة المخزان الساخن لها هي درجة غليان الزئبق ( $357^{\circ}\text{C}$ ) ، علماً أن درجة المخزان البارد لكلاً منهما ( $25^{\circ}\text{C}$ ) .



في الحالة الأولى

$$T_1 = 237 + 100 = 373 \text{ K}$$

$$T_2 = 273 + 25 = 298 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{T_1 - T_2}{T_1} \\ &= \frac{373 - 298}{373} \times 100 \\ &= 20.1\% \end{aligned}$$

في الحالة الثانية

$$T_1 = 273 + 357 = 630 \text{ K}$$

$$T_2 = 273 + 25 = 298 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100 \\ &= \frac{630 - 298}{630} \times 100 \\ \eta &= 52.7\% \end{aligned}$$

## سادساً:

### القانون الثاني للديناميكا الحرارية :

لقد وجد أن الآلات الحرارية أجهزة قليلة الكفاءة للغاية ، إذ إن جزءاً صغيراً فقط من الحرارة الممتصة يتحول إلى شغل مفید . وبالرغم من التقدم العلمي فإن جزءاً لا يستهان به من الحرارة يناب إلى الخزان البارد ولا يتحول إلى شغل ، ولقد كان من المأمول تصميم آلة حرارية يمكنها تحويل كل الحرارة الممتصة إلى شغل ميكانيكي . وكذلك كنا نحلم بينما مجرد يتم فيه نقل الحرارة من الجسم البارد إلى الجسم الساخن دون أن تكبد تفقات الشغل الخارجي . ومع ذلك فإن كل هذه الأمال تبده مع القانون الثاني للديناميكا الحرارية والذي وضع له عدة صور نذكر منها :

### صيغة كلفن Kelvin Statement

صاغ العالم كلفن القانون الثاني للديناميكا الحرارية على الصورة \* من المستحيل على أي آلة حرارية أن تعطي شيئاً خارجاً نتيجة انتقال الحرارة بين مصدرين لهما نفس درجة الحرارة \*\* .

ومن القانون الثاني للديناميكا الحرارية ، يمكن استنتاج التالي :

- 1- كفاءة الآلات الحرارية القابلة للعكس والتي تعمل بين نفس درجتي الحرارة يكون لها نفس العردود أو الكفاءة .
- 2- تعتمد كفاءة الآلة القابلة للعكس على درجتي حرارة الخزان الحراري الساخن والخزان الحراري البارد وليس على كميتى الحرارة الممتصة والمطرودة .
- 3- كفاءة الآلة الحرارية القابلة للعكس تكون أكبر من كفاءة أي آلة حرارية أخرى تعمل في اتجاه واحد عندما تعملان عند نفس الخزانين الحراريين .

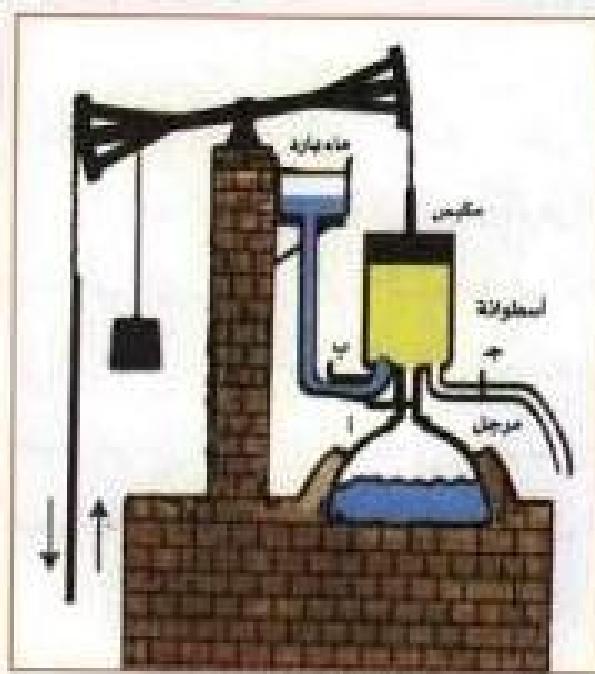
## وكل ربع زدنى عالها

## الآلات البخارية

من الغريب أن الإنسان ذكر في تسيير طاقة البخار منذ 2000 سنة تقريباً ، إلا أن التطبيق العملي لهذه الفكرة لم يتم إلا منذ 250 سنة فقط .

آلة هيرو *Hero's machine*

منذ أكثر من 2000 سنة ، أي في القرن الأول قبل الميلاد استخدم المخترع اليوناني Hero اندفاع البخار من فتحة ضيقة في إدارة كرة معدنية مجوفة حول محورها ، ولم يكن هذا الاختراع أكثر من لعبة لا يمكنها عمل شغل مفيدة ، غير أنها أظهرت أنه يمكن استخدام طاقة البخار في جعل شيء يدور .



شكل (٤-٣) آلة نيو كومن

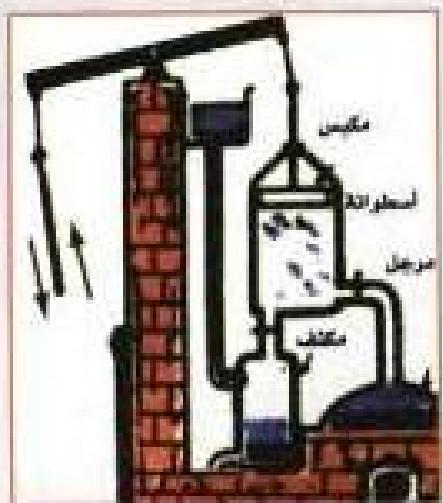
آلة نيو كومن *Newcomen Fire Engine*

بعد حوالي 1700 سنة من اختراع هيرو ، اخترع نيو كومن أول آلة تستخدم البخار في تشغيلها لتدوير آلات طحن الحبوب الضخمة وسحب المياه من باطن الأرض . وكانت هذه الآلة تحرك كالأرجوحة وتم التحكم في تشغيلها يدوياً عن طريق الصمامات (أ ، ب ، ج) شكل (٣ - ٤) . لذلك كان عدد الدورات التي

تعملها قليلاً وقد أمكن التغلب على هذا العيب على يد الشاب الصغير جيمس وات الذي اخترع طريقة لتشغيل المصانعات أوتوماتيكياً.

### آلة جيمس وات James Watt

كانت كفاءة آلة نيو كور من منخفضة للغاية ، ويعود ذلك إلى عمليات تسخين وتبريد الأسطوانة المتتالية ، حيث كان يتم دفع البخار الساخن خارج الأسطوانة بوساطة رشاش ماء بارد لإعادة المكبس إلى أسفل بتأثير الضغط الجوي . وكان هذا العمل يهدى حوالي 99% من الطاقة الحرارية الناتجة عن احتراق الوقود أسفل المرجل في عمليات تسخين الأسطوانة المتتالية في كل دورة .



شكل (٣-٥) آلة جيمس وات

وهداء تفكيره إلى تكتيف البخار المختلف بعد عملية دفع المكبس إلى أعلى في وعاء خاص يسمى (مكثفاً) يتصل بالأسطوانة ، وبذلك تقل الأسطوانة ساخنة وفي نفس درجة حرارة البخار القادر من المرجل ، وقد أدى ذلك إلى رفع كفاءة الآلة عن ذي قبل ، ولذلك سميت الآلة الجديدة ذات المكبس باسم جيمس وات (شكل ٣ - ٥) .

وقد أمضى جيمس وات بقية حياته في تعديل وتطوير وتحسين آلة ، حيث استخدم صماماً ليجعل البخار يدفع المكبس في الاتجاهين على التوالي ، وبذلك زادت كفاءة الآلة إلى 10% تقريباً ثم وصل المكبس فيما بعد بوساطة ذراع بعجلة دوارة Fly Wheel وبذلك أمكن تحويل حركة المكبس للأمام



شكل (٣-٦) آلة جيمس وات المطورة

والخلف إلى حركة دائرية تستخدم في إدارة العجلات في المصانع . وقد أخذت آلة وات الجديدة في الانتشار ، حيث تم بيع 10,000 آلة داخل بريطانيا وخارجها حتى عام 1824م وشكل (٣ - ٦) يبين آلة وات المطورة .



هو مهندس اسكتلندي ، ولد في غرينوك من أب كان يعمل بالتجارة دون أن يحقق نجاحاً . تلقى وات تدرييه عن صانع للأدوات في لندن ، ثم عاد إلى جلاسكو ليعمل في مهنته . وقد كان وات على علاقة صداقة قوية مع الفيزيائي جوزيف بلاك مكتشف الحرارة الكامنة ، وكان لهذه الصداقة الأثر البالغ في توجيه وات إلى الاهتمام بالطاقة التي يمكن الاستفادة منها من البخار كقوة محركة ، وقد أجرى عدة تجارب للاستفادة من ضغط البخار . ثم وقع في يده محرك بخاري من طراز نيو كوم من فاخترع له مكتفاً وأجرى عليه بعض التعديلات والتحسينات مثل المضخة الهوائية وغلاف لاسطوانة البخار ومؤشر للبخار ، مما جعل المحرك البخاري آلة تجارية ناجحة .

- وقد ادعى وات اكتشاف تركيب الماء قبل كافندش أو في نفس الوقت . وقد سعى وحدة القدرة الكهربائية باسم وات تخليداً له .

- أسس وات بالاشتراك مع بولتون شركة هندمية هي شركة سوهو للأعمال الهندمية . وقد أدخل الشرككان مصطلح وحدة القدرة الحصانية (H.P) Horse Power . حيث  $P = 0.746 \text{ H.P}$  كيلو وات

# نذكر أن :

- 
- 1** بارامترات (محددات أو متغيرات) الحالة هي عدد من الكميات التي يمكن لكل منها أن يتغير بصورة مستقلة مثل : الضغط والحجم ودرجات الحرارة ، وهي تحدد حالة النظام .
  - 2** يقال للنظام أنه في حالة اتزان ديناميكي حراري إذا كان في حالة اتزان ميكانيكي واتزان حراري واتزان كيميائي في نفس الوقت .
  - 3** يمكن لنظام أن يتخل من حالة اتزان إلى حالة اتزان آخرى عندما تغير قيم بعض بارامترات الحالة له .
  - 4** عندما يتغير النظام من حالة اتزان إلى حالة اتزان أخرى دون تغير في حجم النظام فإن الشغل المبذول يساوي صفرأ .
  - 5** ينص القانون الأول للديناميكا الحرارية على أن كمية الحرارة التي يمتلكها النظام تساوي الشغل المبذول بواسطة النظام ، مضافة إليه الزيادة في الطاقة الداخلية للنظام .
  - 6** الآلة الحرارية هي أداة لتحويل الطاقة الحرارية إلى شغل ميكانيكي مفيد .
  - 7** تكون أي آلة حرارية من خزان حراري ساخن قادر على تزويدها بأي كمية حرارة ، وخزان حراري بارد قادر على تلقي أي كمية حرارة تلقى إليه ، ومادة عاملة تمتلك حرارة من الخزان الساخن وتبدل شغلاً ثم تطرد بقية الحرارة إلى الخزان البارد .
  - 8** مردود الآلة الحرارية هو النسبة بين الشغل الذي تتجه الآلة وكمية الحرارة التي تمتلكها .
  - 9** مردود الآلة الحرارية (كفاءتها) يكون أقل من الواحد الصحيح .
  - 10** الآلة القابلة للعكس يكون لها أكبر مردود .
  - 11** كفاءة الآلة القابلة للعكس (العكوسية) تعتمد فقط على درجتي حرارة الخزانين الحراريين ، ولا تعتمد على كمية الحرارة الممتلكة أو المطرودة أو الشغل المبذول .
  - 12** جميع الآلات الحرارية القابلة للعكس (العكوسية) والتي تعمل بين نفس الخزانين الحراريين يكون لها نفس المردود .

# التقويم

89



## (المجموعة الأولى)

### السؤال الأول :

اكتب بين التوقيتين الاسم أو المصطلح العلمي الذي يدل عليه كل من العبارات التالية :

- [1] العلم الذي يدرس التحويلات التي تتم بين الحرارة والشغل ..... ( )  
الميكانيكي .
- [2] عملية انتقال النظام من حالة اتزان إلى حالة اتزان آخرى . ..... ( )
- [3] أداة تستخدم لتحويل الطاقة الحرارية إلى شغل ميكانيكي مفيد . ..... ( )
- [4] مصدر حراري قادر على تزويد الآلة الحرارية بأي كمية من الحرارة التي تحتاجها دون أن يطرأ تغير ملحوظ على درجة حرارته . ..... ( )
- [5] مستودع قادر على تخفيض أي كمية حرارة دون تغير ملحوظ في درجة حرارته . ..... ( )
- [6] مادة يتم بواسطتها تحويل الطاقة الحرارية إلى شغل ميكانيكي ..... ( )
- [7] النسبة بين الشغل الميكانيكي الناتج وكمية الحرارة المعطاة . ..... ( )
- [8] من المستحيل على أي آلة حرارية أن تعطي شغلاً خارجياً نتيجة انتقال الحرارة بين مصادرتين لهما نفس درجة الحرارة . ..... ( )

### السؤال الثاني :

ضع علامة ( ✓ ) في الدائرة الواقعه أمام العبارة الصحيحة وعلامة ( ✗ ) في الدائرة الواقعه أمام العبارة غير الصحيحة :

- [1] يكون النظام في حالة اتزان ميكانيكي عندما توجد قوى غير متزنة تؤثر عليه .
- [2] يتبدل النظام من حالة اتزان إلى أي حالة اتزان آخرى عندما تتغير بعض قيم بارامترات الحالة له .
- [3] عندما يمتلك النظام كمية من الحرارة ولم يبذل شغلاً فإن طاقته الداخلية تزداد .

- 4 القانون الأول للديناميكا الحرارية هو صورة من صور قانون بقاء الطاقة .
- 5 تعتمد فكرة عمل أجهزة التبريد على العملية العكسيّة للألة الحرارية .
- 6 لا توجد آلة حرارية تكون كفاءتها أكبر من كفاءة الآلة القابلة للعكس .
- 7 تتوقف كفاءة الآلة القابلة للعكس على كمّيّة الحرارة الممتصّة والمطروحة .
- 8 يمكن نقل حرارة من جسم بارد إلى جسم ساخن بدون بذل شغل .

### السؤال الثالث :

أكمل العبارات التالية بما يناسبها علمياً :

- 1 لوصف أي نظام وصفاً دقيقاً فإننا نستخدم عدداً من الكميات تسمى .....  
.....
- 2 عندما لا توجد قوى غير متزنة تؤثر على النظام فإن النظام يكون في حالة اتزان .....  
.....
- 3 يكون النظام في حالة اتزان حراري عندما لا يوجد اختلاف في درجة حرارة .....  
..... ولا بين درجة حرارة النظام و .....
- 4 القانون الأول للديناميكا الحرارية هو صورة من صور قانون .....  
.....
- 5 يبذل النظام شغلاً موجباً عندما يزداد .....  
.....
- 6 تتركب الآلة الحرارية من ثلاثة أجزاء رئيسية هي .....  
.....
- 7 تمثل غرفة الاحتراق في آلات الاحتراق الداخلي المصدر الحراري .....  
.....
- 8 يتم نقل كمية من الحرارة من الخزان الحراري ..... إلى الخزان الحراري .....

### السؤال الرابع :

ضع علامة ( ✓ ) في المربع المقابل لأسباب إجابة لكل من العبارات التالية :

القانون الأول للديناميكا الحرارية هو :  1

- صورة من قانون بقاء الطاقة .  صورة من صور قوانين نيوتن للحركة .
- النسبة بين الشغل المبذول وكمية الحرارة الممتصّة ثابتة .
- عندما تحول الطاقة إلى حرارة أو العكس فإن التحول يتم بنسبة ثابتة .

[2] إذا اكتسب نظام كمية حرارة ( $Q$ ) وبذل شغلاً ( $W$ ) فإن :

$$Q = U_1 + U_2 + W \quad \square \quad W = Q + \Delta U \quad \square \quad Q = \Delta U + W \quad \square \quad Q = W \quad \square$$

[3] إذا اكتسب نظام كمية حرارة ( $Q$ ) تحت حجم ثابت فإن :

$$Q = \Delta U \quad \square \quad W = Q + \Delta U \quad \square \quad Q = \Delta U + W \quad \square \quad Q = W \quad \square$$

[4] عندما يعود النظام إلى نفس حالة الاتزان التي كان عليها فإن :

$$\Delta U = Q + W \quad \square \quad \Delta U = Q - W \quad \square \quad \Delta U = Q \quad \square \quad \Delta U = 0 \quad \square$$

[5] عمل الآلة الحرارية هو :

- تحويل الشغل إلى حرارة .
- تحويل الحرارة إلى شغل .
- تحويل الحرارة إلى طاقة داخلية
- تحويل الطاقة الداخلية إلى حرارة

[6] مردود الآلة (كفاءتها الحرارية) هو نسبة :

- الحرارة الممتصة ( $Q_1$ ) إلى الحرارة المطرودة ( $Q_2$ ) .
- الشغل الناتج ( $W$ ) إلى الحرارة الممتصة ( $Q_1$ ) .
- الحرارة الممتصة ( $Q_1$ ) إلى الشغل الناتج ( $W$ ) .
- الشغل الناتج ( $W$ ) إلى الحرارة المطرودة ( $Q_2$ ) .

[7] يتم تحويل الطاقة الحرارية إلى شغل ميكانيكي عن طريق :

- الخزان الحراري الساخن .
- الخزان الحراري البارد .
- المحرك الكهربائي .
- المادة العاملة .

[8] مردود الآلة القابلة للعكس يتوقف على :

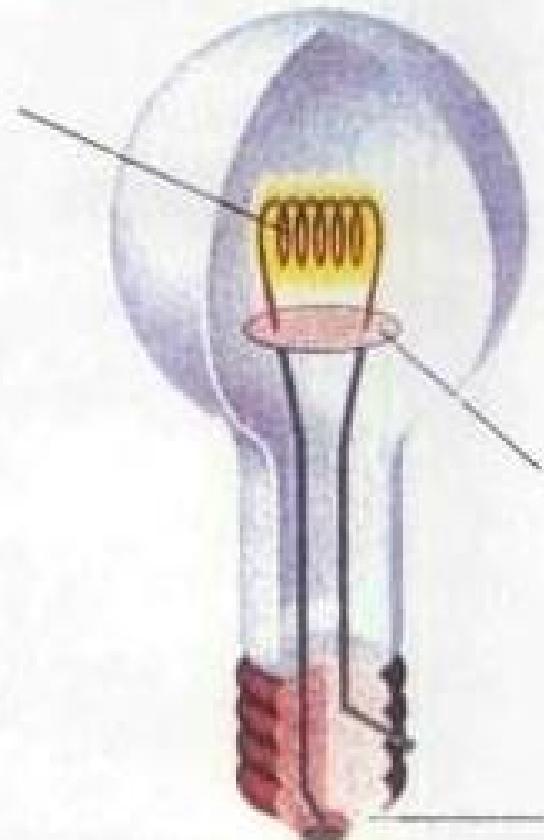
- درجة حرارة المصادرين الساخن والبارد .
- كمية الحرارة الممتصة .
- الشغل الناتج .
- كمية الحرارة المطرودة .

## (المجموعة الثانية)

- [1] احسب كفاءة آلة قابلة للعكس تعمل بين درجتي  $0^{\circ}\text{C}$  و  $100^{\circ}\text{C}$ . وإذا أعطيت الآلة كمية حرارة قدرها 4000 جول ، فما مقدار الشغل المبذول الذي نحصل عليه؟ وكم تكون كمية الحرارة المطرودة؟
- [2] إذا كانت درجة حرارة الخزان الساخن في آلة قابلة للعكس هي  $127^{\circ}\text{C}$  ، وكانت كل دورة تحتاج إلى 100 جول ، وبطء منها 75 جول إلى الخزان البارد فما درجة حرارة الخزان الحراري البارد؟
- [3] إذا كانت كفاءة آلة حرارية قابلة للعكس هي 40% ودرجة حرارة الخزان البارد هي  $7^{\circ}\text{C}$  ، والمطلوب رفع كفاءتها إلى 50% ، فكم درجة سيلزية يجب أن يرفع بها درجة حرارة الخزان الساخن دون تغيير في درجة حرارة الخزان البارد؟
- [4] آلة حرارية قابلة للعكس كفاءتها 20% ودرجة حرارة خزانها الحراري الساخن هي  $100^{\circ}\text{C}$  ، يراد رفع كفاءتها إلى 30% ، فما مقدار الانخفاض في درجة حرارة الخزان الحراري البارد بفرض ثبوت درجة حرارة الخزان الحراري الساخن؟
- [5] آلة حرارية قابلة للعكس تعمل بين درجتي  $0^{\circ}\text{C}$  و  $100^{\circ}\text{C}$  لخزانين حارسين ، فإذا عملت آلة حرارية أخرى قابلة للعكس بين نفس الخزانين وامتصت كمية حرارة من الخزان الحراري الساخن قدرها 400 جول ، فما كمية الحرارة التي تطردها إلى الخزان الحراري البارد؟

الله  
الجليل

النور  
الكريّانى  
المستمر

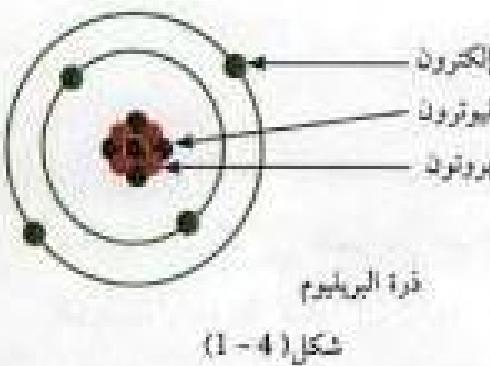




## التيار الكهربائي Electric current

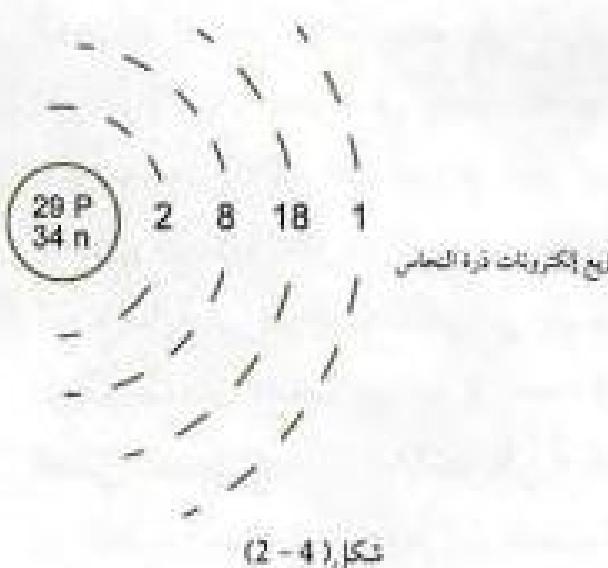
أولاً :

- 1- علمنا من دراستك السابقة أن لكل من مصادر الطاقة الكهربائية (الأعمدة الابتدائية والثانوية) طرفيين أو لوحين (ندعوهماقطبين كهربائيين)، وأن توصيل أحدهما بالأخر يؤدي إلى مرور تيار كهربائي ، فما هذا التيار؟ ولماذا لا يمر إذا لم يكن هناك اتصال بين القطبين؟



- 2- تعلم أن ذرة أي عنصر تتكون من نواة مركزية تحوي جسيمات دقيقة بعضها موجب الشحنة الكهربائية ويدعى (بروتونات)، والبعض الآخر متعادل الشحنة ويدعى (نيوترونات) ويدور حول النواة في مدارات مختلفة (مسارات).

مغلقة شبه دائرة ، ويقع على أبعاد مختلفة عن النواة عدد من الجسيمات الدقيقة سالبة الشحنة الكهربائية (تساوي البروتونات في العدد) تسمى الإلكترونات ، وشحنة الإلكترون تساوي شحنة البروتون في المقدار ولكنها تختلف في النوع ولذلك تكون الذرة في مجملها متعدلة كهربائياً كما في الشكل (٤ - ١) .

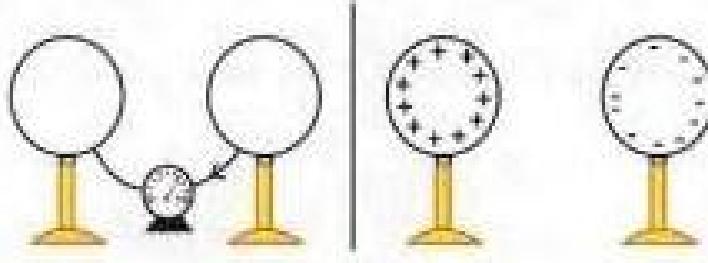


وتحتختلف قوة ارتباط الإلكترونات بالنواة من مدار لأخر ، حيث إن ارتباط الإلكترونات بنواة الذرة يضعف بزيادة بعدها عنها ، ولذلك يكون ارتباط الإلكترونات التي تتحرك في المدارات الخارجية وبخاصة في الفلزات ،

ضعيفاً لدرجة يمكن معها انتقال هذه الإلكترونات من ذرة إلى أخرى مجاورة لها ، ويعطلق على هذه الإلكترونات (الإلكترونات الحرة) شكل (٤ - ٢)

وإذا فقد جسم ما بعضاً من الإلكترونات فإنه يصبح موجب التكهرب ، أما إذا اكتسب الجسم بعضاً من الإلكترونات فإنه يصبح سالب التكهرب .

- افرض أن لديك موصلين (معزولين) مشحونين ، أحدهما بالكهرباء الموجبة ، والآخر بالكهرباء السالبة كما في الشكل (4 - 3) فماذا توقع أن يحصل لو وصلنا الموصلين بسلك فلزي ؟



شكل (4-3)

من الواضح أن الشحنات السالبة «الإلكترونات الحرة» سوف تتحرك من الموصل سالب الشحنة إلى الموصل موجب الشحنة ، ثم توقف بعد أن يصبح الموصلان متعادلي الشحنة . أما إذا أمكن أن نجعل أحد الموصلين موجباً بشكل دائم والأخر سالباً بشكل دائم (وهذا ما يحدث لقطبي العمود الكهربائي) فإن الإلكترونات تستمر في الانتقال . وبذلك نحصل على تيار مستمر من الشحنات الكهربائية ، ندعوه «التيار الكهربائي» .

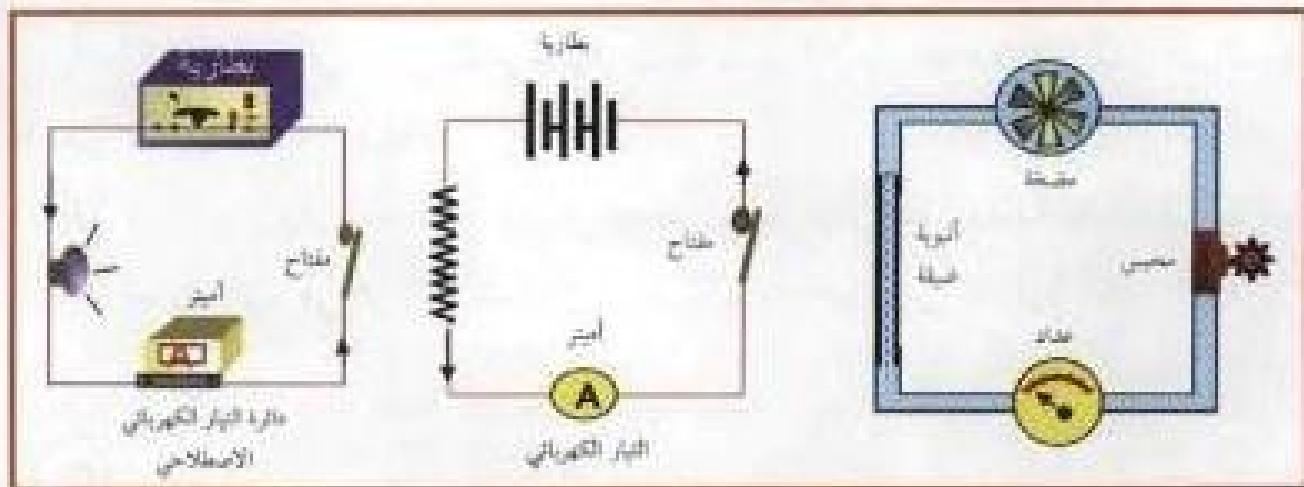
- يتضح مما سبق أنه لمرور التيار الكهربائي لابد من توصيل قطبي المصدر بدائرة كهربائية مختلفة ، أي أنه لابد من تكوين طريق متصل مغلق لستطيع التيار الكهربائي (الشحنات الكهربائية المتحركة) أن يستمر في المرور ، أما إذا كانت الدائرة الكهربائية «مفتوحة» أي إذا كان الاتصال مقطوعاً في إحدى نقاطها فإن التيار لا يمر .

ومما يجب التأكيد عليه أن وجود تيار كهربائي بين نقطتين من دائرة كهربائية يعني أن هناك شحنات كهربائية تنتقل بين النقطتين سواء أكانت هذه الشحنات موجبة أم سالبة (لأن حركة شحنة سالبة في اتجاه ما تكافئ من حيث التأثير والنتيجة حركة معاكضة لشحنة كهربائية موجبة تساوي الشحنة السالبة في المقدار) . ولما كان قبهم كثير من القواهر والقراءين يقتضي تحديد اتجاه للتيار الكهربائي ، فقد اتفق على أن تكون حركة الشحنات الموجبة من القطب الموجب للمصدر إلى القطب السالب باسم التيار الكهربائي الأصطلاحي . أما في الحقيقة فإن ما يسبب التيار في الموصلات المعدنية هو حركة الإلكترونات الحرة .

بال التالي اتجاه التيار الأصطلاحي هو في عكس اتجاه حركة الإلكترونات السالبة . ويمكننا تفهم كثير من الأسس والقوانين المتعلقة بالدائرة الكهربائية بمقارنتها بشبكة الماء ،

نظراً للتماثل الكبير بينهما ، فإذا لاحظنا دوران الماء في أنبوبة متصلة (شكل ٤ - ٤) فلما تجد أن إدخال مضخة في هذه الشبكة يحدث فرقاً في الضغط المائي على طرفي الأنبوبة يعمل على تحريك الماء داخلاها ، وسريان الماء داخل الأنبوبة يكون ما يعرف بالتيار المائي ، وبالمثل فإن مصدر التيار الكهربائي في الدائرة الكهربائية يحدث فرقاً في «الجهد الكهربائي» ، (الضغط الكهربائي) بين طرفي السلك الموصل ي العمل على دفع الإلكترونات الحرة فيه مكونة «التيار الكهربائي» .

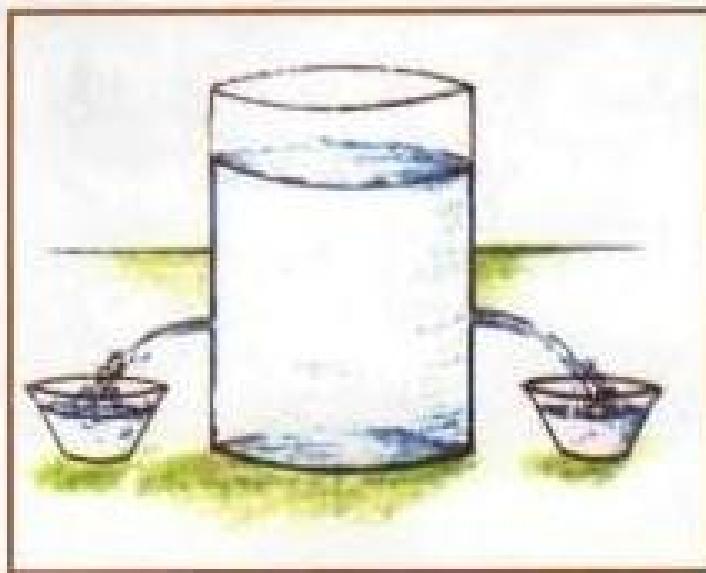
وكما أن المضخة المائية لا تتجه ماء ، فإن مصدر التيار لا يتجه الإلكترونات ، ويقتصر عمله



شكل (٤-٤)

في الدائرة الكهربائية على دفع الإلكترونات من أحد طرفي السلك واستقبالها في الطرف الآخر ، بالاعتماد على الطاقة الكهربائية للمصدر .

### شدة التيار الكهربائي (I) :



شكل (٤-٥)

إذا كان لدينا إناء مملوء بالماء وفيه فتحتان على نفس الارتفاع ، وأردنا مقارنة تدفق الماء بين الفتحتين ، فإن ذلك يتم بقياس كمية الماء المتتدفق من كلتا الفتحتين خلال فترة زمنية محددة دقيقة واحدة مثلاً ، ثم نقارن بينهما شكل (٤-٥) ، كذلك الأمر بالنسبة

للتيار الكهربائي (مسيق تشبهه بالتيار المائي) الذي قد يكون كبيراً وقد يكون صغيراً ، ونحن نقيس شدة التيار الكهربائي بمقدار الشحنات التي مرت خلال مقطع الموصى في وحدة الزمن (ثانية واحدة) ، أي أن :

$$I = \frac{q}{t} \quad (1)$$

حيث (I) هي شدة التيار الكهربائي ، (q) هي كمية الشحنة الكهربائية . وقد اتفق على تسمية «مقدار الشحنة الكهربائية التي تمر كل ثانية عبر مقطع الموصى» باسم «شدة التيار الكهربائي» وهي تفاص بجهاز بسيط يدعى «الأمير Ammeter» أما وحدة قياسها فتسمى الأمبير (Ampere) .

وفي حالة مرور تيار شدته (1) أمبير في مقطع موصى لزمن مقداره ثانية واحدة ، فإن كمية الشحنة المارة تكون هي «وحدة كمية الشحنات الكهربائية» وتسمى الكولوم (C) .

## مثال 1

- يعبر تيار كهربائي شدته 8 (2) عبر مقطع سلك موصى خلال 8 (3) أحب :
- (أ) كمية الشحنة التي مرت خلال مقطع السلك .
  - (ب) إذا كانت شحنة الإلكترون ،  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  فما عدد الإلكترونات التي مرت خلال مقطع الوصل .



$$(أ) \quad q = I \times t$$

$$= 2 \times 3 = 6 \text{ (C)}$$

$$(ب) \quad N = \frac{q}{e} = \frac{6}{1.6 \times 10^{-19}}$$

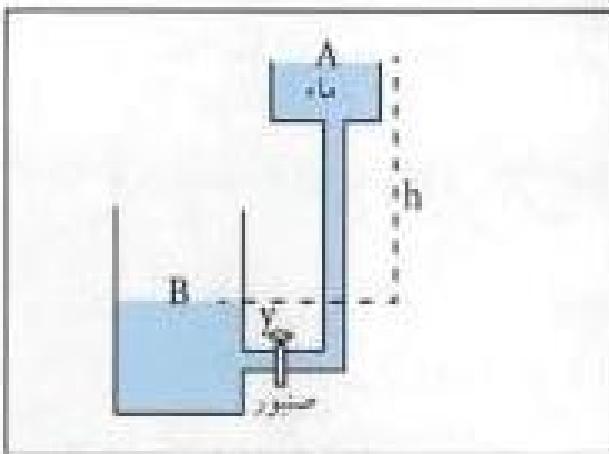
$$= 3.75 \times 10^{19}$$

الكترون

### فرق الجهد الكهربائي :

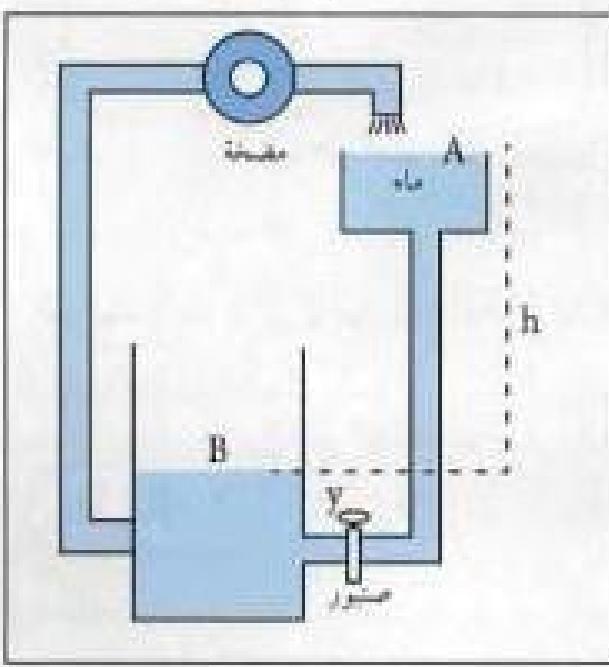
ثانياً :

- 1- انظر إلى الشكل (6-4) تجد مستودعين (B, A) يتصلان بأنبوبة ذات صنبور (Y) يحافظ على الماء في المستودعين عندما يكون مغلقاً ويسمح للماء بالانتقال من المستودع (A) إلى المستودع (B) عندما يكون مفتوحاً.



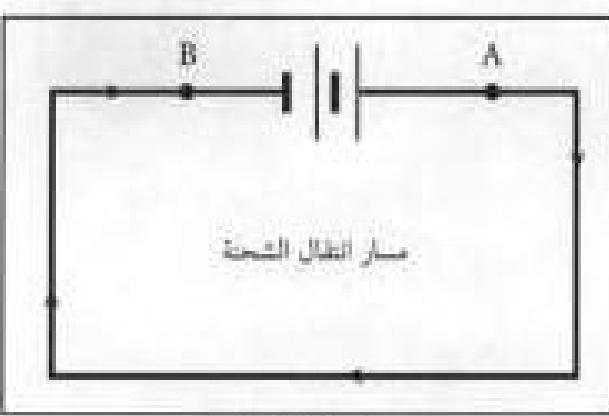
شكل (6 - 4)

- 2- إذا استمر الصنبور (Y) مفتوحاً فإن الماء سوف يتوقف عن الجريان عندما يصبح مستوى الماء في المستودعين واحداً . أما إذا أردنا للماء أن يستمر في الجريان فيتبعنا استخدام «مضخة» تقوم بنقل الماء من المستودع (B) إلى المستودع (A) بحيث تحافظ على فرق الارتفاع (h) بين مستوى الماء في المستودعين (شكل 7-4) وهي تبذل في ذلك شغلاً .



شكل (7 - 4)

- 3- كذلك الحال بالنسبة لتيار الكهربائي الذي يمكن أن يمر من النقطة (A) إلى النقطة (B) في الدائرة الكهربائية شكل (8-4) . ولضمان استمرار التيار في الدائرة الكهربائية لا بد من وجود «مصدراً» يزود الشحنات بالشغل .



شكل (8 - 4)

- وقد اتفق على نسبة الشغل الذي تبذله وحدة الشحنات الكهربائية (الكولوم) عندما

تنتقل بين النقطتين (A) ، (B) خلال الدائرة باسم (فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين) ، ويفيد فرق الجهد بوحدة تسمى «فولت Volt» ويمكن قياسه باستخدام جهاز يسمى «المولتميتر Voltmeter».

ويمكنا بالاعتماد على تعريفنا لفرق الجهد ، أن نكتب :

$$\text{فرق الجهد الكهربائي} = \frac{\text{الشغل (W)}}{\text{كمية الشحنات الكهربائية (q)}}$$

$$V = \frac{W}{q}$$

وحدة الشغل (جول J) ، ووحدة فرق الجهد الكهربائي (فولت V) ، ووحدة الشحنة الكهربائية (كولوم C) .

$$\therefore V = \frac{W}{q} \quad \dots (2)$$

واعتماداً على هذه العلاقة يمكن أن نجد تعريفاً لوحدة «الفولت» .  
إذا جعلنا  $J = 1$  (C) ،  $W = 1$  (J) ،  $q = 1$  (C) إذن :

- الفولت : هو فرق الجهد بين نقطتين يلزم لنقل وحدة الشحنات الكهربائية بينهما بذل شغل (أو طاقة) مقداره جول واحد .

## مثال 2

ما مقدار الشغل اللازم بذله لإمداد تيار كهربائي شدة 3 A خلال فترة زمنية مقدارها (5) min بين نقطتين فرق الجهد بينهما ٤٢ V



$$W = Vq$$

$$q = It$$

$$W = V It$$

$$W = 2 \times 3 \times (5 \times 60)$$

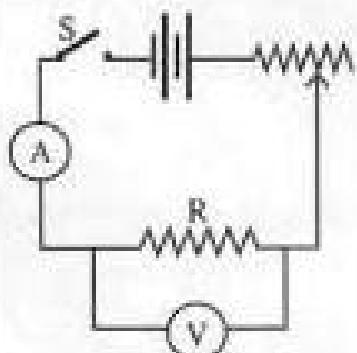
$$= 1800 J$$

### رموز مستخدمة في الدوائر الكهربائية

الرمز	الاسم
	سلك مهمل المقاومة
	مقاومة ثابتة
	مقاومة متغيرة (ريزистات)
	مفتاح
	أمبير
	فولتميتر
	عصود كهربائي
	بطارية

ثالثاً :

## قانون أوم Ohm's Law



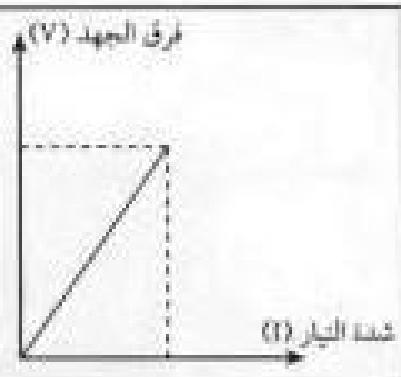
شكل (4 - 9)

يوضح الشكل (4 - 9) دائرة كهربائية بسيطة تحتوي على مصدر للطاقة الكهربائية ، وريستات ، ومقاومة ثابتة (R) ، وفتح (S) ، وجهاز الأمبير الذي يرمز له بالرمز (A) ويستخدم لقياس شدة التيار الكهربائي (I) المار في الدائرة ووصل على التوالي ، بينما جهاز الفولتميتر الذي يرمز له بالرمز (V) لقياس فرق الجهد الكهربائي بين طرفي المقاومة يوصل على التوازي مع المقاومة ، ويستخدم الريستات لتغيير مقاومة الدائرة وبالتالي تغيير شدة التيار المار فيها .

ما العلاقة بين شدة التيار وفرق الجهد ؟

قم بإجراء الدرس العملي السادس في كراسة الدروس العملية . من خلال دراستك تجد أن هناك علاقة يمكن تمثيلها بخط مستقيم يحيل على محور البيانات وعبر بقعة الأصل كما بالشكل (4 - 10) وهذا يدل على وجود تناسب طردي بين شدة التيار وفرق الجهد .  $V \propto I$  .

$$\therefore \frac{V}{I} = \text{مقدار ثابت} (R)$$



شكل (4 - 10)

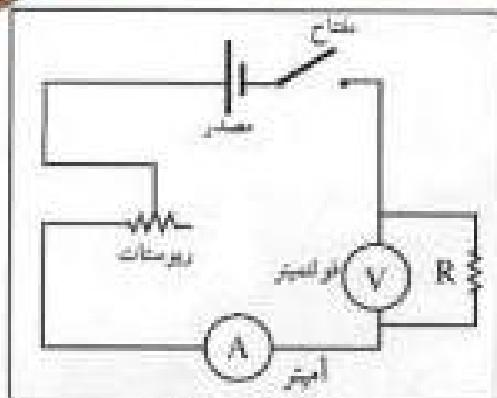
$$\therefore R = \frac{V}{I} \quad \dots (3)$$

وهذا ما يسمى بقانون أوم والذي ينص على أنه :

في أي موصل معدني يتتناسب فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين تناسباً طردياً مع شدة التيار الكهربائي المار خلال النقطتين .

وهذا الثابت يختلف من موصل لأخر .

واعتماداً على هذا القانون يمكن تعريف الأوم على أنه ، (مقاومة موصل يمر فيه تيار شدته أمبير واحد عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه فولتا واحداً) .



## النشاط ١

- كون دائرة كهربائية كما هو مبين بالشكل (٤ - ١١)، واجعل المقاومة ( $R$ ) سلكاً من حديد على شكل ملف صغير.
- أغلق الدائرة ولا حظ قراءة الأميتر ( $A$ ) والفولتميتر ( $V$ ). وسجل قيمة كلٌّ من ( $V$ ) و ( $I$ ) ثم احسب قيمة المقاومة ( $R$ ).
- افتح الدائرة وسخن السلك الحديد باستخدام لهب بتنز، وعندما ترتفع درجة الحرارة بشكل كاف (إلى درجة الاشجار) أغلق الدائرة وسجل قراءة كلٌّ من ( $V$ ) ، ( $I$ ) ثم احسب قيمة المقاومة ( $R$ ).
- افتح الدائرة وأبعد اللهب ثم احسب القيمة الجديدة للمقاومة ، ماذلاحظ؟ وماذا تستنتج؟ إنك تستنتج من هذا النشاط أن قيمة المقاومة الكهربائية للموصل تتغير بتغير درجة الحرارة ، ولهذا ينبغي عند قياس المقاومة الكهربائية لموصل اعتماداً على قانون أوم أن تكون شدة التيار المستخدم صغيرة قدر الإمكان ، وأن تفتح الدائرة الكهربائية بسرعة حتى لا يزدلي مرور التيار فترة طويلة إلى دفع درجة حرارة الموصل .

## مثال ٣

احسب مقاومة موصل يمر به تيار كهربائي شدة  $A = 0.5$  حينما يكون فرق الجهد بين طرفيه  $V = 12$  .



اعتماداً على قانون أوم :

$$V = I \times R$$

$$12 = 0.5 \times R$$

$$R = \frac{12}{0.5}$$

$$= 24 (\Omega)$$

ومنه :

## مثال 4

ما شدة التيار الذي يسر في مصباح كهربائي مقاومته 2Ω (2) علماً بأن فرق الجهد بين طرفيه 7V (1.5) ؟



من قانون أوم :

$$V = I \times R$$

$$1.5 = I \times 2$$

$$I = \frac{1.5}{2}$$

$$= 0.75 \text{ (A)}$$

ومنه :

العوامل التي توقف عليها مقاومة الموصى .

رابعاً :

ذكرنا فيما سبق أن المقاومة الكهربائية تختلف من موصل لأخر . فما السبب في ذلك وهل نوع السلك (الموصى) علاقة بهذا الاختلاف ، أم أن هناك عوامل أخرى للاختلاف لابد منأخذها بعين الاعتبار ؟ لمعرفة الإجابة عن هذه الأسئلة :

قم بإجراء الدرس العملي في كتابة الدروس العملية

من خلال الدرس العملي نتوصل إلى أن مقاومة السلك ( $R$ ) :

1- تناسب طردياً مع طوله ( $L$ ) .

فكثيراً زاد طول السلك زادت مقاومته الكهربائية لزيادة عدد تصادمات الإلكترونات الحرة أثناء سريانها بجزيئات مادة السلك .

2- تناسب عكسيًا مع مساحة مقطعه ( $A$ ) .

فكثيراً زادت مساحة مقطع السلك تقل مقاومته للتيار الكهربائي لوجود مساحة أكبر لتدفق الإلكترونات التيار .

3- يتوقف على نوع مادته .

4- يتوقف على درجة حرارته .

ويمكن دمج هذه النتائج في علاقة واحدة بالطريقة التالية :

$$\therefore R \propto \frac{L}{A}$$

$$R = \text{Constant} \quad \frac{L}{A}$$

وهذا المقدار ثابت يتوقف على نوع مادة الموصل ، وعلى درجة الحرارة للمعدن الواحد ، ويرمز له عادة بالرمز ( $\rho$ ) ويسمي بالمقاومة النوعية ووحدتها ( $\Omega \cdot \text{متر}$ )

$$R = \rho \times \frac{L}{A} \quad \dots \quad (4)$$

بالتالي يمكن تعريف المقاومة النوعية لموصل بأنها :

( مقاومة سلك من مادة الموصل طوله متر واحد ومساحة مقطعه متر مربع واحد )

والجدول التالي يبين قيم المقاومات النوعية لبعض المواد عند درجة حرارة  $20^{\circ}\text{C}$

المقاومة النوعية ( $\Omega \cdot \text{متر}$ )	المادة	المقاومة النوعية ( $\Omega \cdot \text{متر}$ )	المادة
$2.44 \times 10^{-8}$	الذهب	$1.59 \times 10^{-8}$	الفضة
$10.6 \times 10^{-8}$	البلاتين	$1.68 \times 10^{-8}$	النحاس
$9.71 \times 10^{-8}$	الحديد	$2.65 \times 10^{-8}$	الألومنيوم
$98 \times 10^{-8}$	الزنق	$5.6 \times 10^{-8}$	التجانين

والجدير بالذكر أن ( $\rho$ ) تتحفظ كلما انخفضت درجة الحرارة لأن الحركة الاهتزازية للذرات المادة تقل بانخفاض درجة الحرارة ، وبالتالي يقل اصطدام الكترونات التيار الكهربائي مع جزيئات الموصل فتقل المقاومة .

## مثال 5

موصل طوله  $2\text{ m}$  ، ومساحة مقطعه المقطعي  $0.4\text{ mm}^2$  أدمج في دائرة كهربائية فكان فرق الجهد بين طرفيه  $10\text{ V}$  عندما كانت شدة التيار المار فيه  $2\text{ A}$ . احسب :

1- مقاومة الموصل .

2- المقاومة النوعية ل المادة الموصل .

3- مقدار الشحنة الكهربائية التي تمر في الدقيقة الواحدة عبر مقطع الموصل .



$$L = 2\text{ m} \quad , \quad A = 0.4\text{ mm}^2 = 0.4 \times 10^{-6}\text{ m}^2 \quad , \quad V = 10\text{ V} \quad , \quad I = 2\text{ A}$$

$$(1) \quad V = I \times R$$

$$10 = 2 \times R$$

بالتعریض

$$R = \frac{10}{2} = 5\Omega$$

$$(2) \quad R = \rho \times \frac{L}{A}$$

$$5 = \rho \times \frac{2}{0.4 \times 10^{-6}}$$

$$\rho = 1 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$$

$$(3) \quad q = I \times t$$

$$q = 2 \times 60$$

$$= 120 (\text{C})$$

**توصيل المقاومات :**

**خامساً**

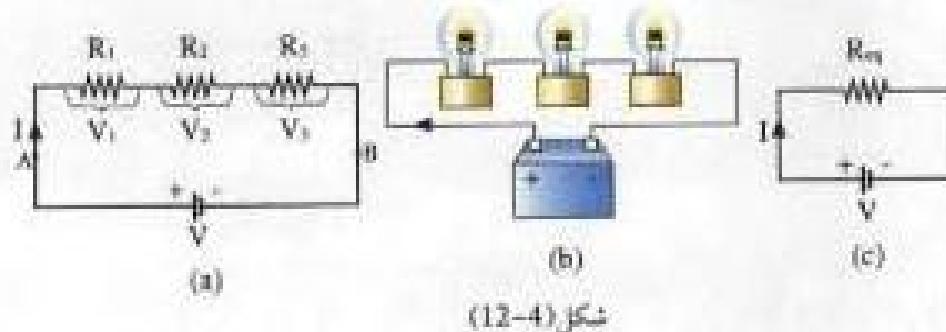
إن استخدام الطاقة الكهربائية في المنازل والمعابد يحتاج إلى تمديد أسلاك التوصيل حيثما تدعى الحاجة ، فتشكل بذلك ما ندعوه بالشبكة الكهربائية والتي تشمل بالإضافة إلى أسلاك التوصيل كل التجهيزات والألات التي تستخدمها ، ويقتضي هذا توصيل الأجهزة والأسلاك بعضها ببعض ، وسوف نعرض فيما يلي طريقتين من طرق التوصيل هما التوصيل على التوازي والتوصيل على التوالي :

## أولاً : التوصيل على التوالي Resistors in series :

**قم بإجراء الدرس العملي في كراسة الدروس العملية**

إذا وصلت المقاومات ( $R_1$  ،  $R_2$  ،  $R_3$ ) معاً بحيث يتصل الطرف الثاني للمقاومة الأولى بالطرف الأول للمقاومة الثانية ، والطرف الثاني للمقاومة الثانية بالطرف الأول للمقاومة الثالثة فلأننا نقول أن هذه المقاومات متصلة على التوالي ، وتشكل وحدة واحدة طرفاها (A) ، (B) ، لها مقاومة مكافئة للمقاومات الثلاث تساوي مجموعها كما رأيت في الدرس العملي ، أي أن :

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + R_3$$



المقاومات ، أما فرق الجهد الكلي فإنه يساوي مجموع فروق الجهد بين أطراف المقاومات .

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V = IR$$

$$IR_{\text{eq}} = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + R_3$$

ونستنتج من هذا أن طريقة التوصيل على التوالي تتميز بالخصائص التالية :

- 1- تكون شدة التيار متساوية في جميع المقاومات .
- 2- يتضاعف فرق الجهد طردياً مع قيم المقاومات ، وفرق الجهد الكلي يساوي مجموع فروق الجهدes الجزئية .
- 3- إذا انقطع التيار الكهربائي عن إحدى المقاومات لأي سبب فإنه يتقطع عن جميع المقاومات .
- 4- قيمة المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات تزيد عن قيمة أكبر مقاومة في المجموعة ، وإذا كانت المقاومات متساوية في القيمة كل منها ( $R$ ) وعددتها ( $N$ ) فإن ( $R_{\text{eq}} = NR$ ) .

## مثال 6

تم توصيل ثلاث مقاومات مقاديرها (2، 6، 4) على التوالي في دائرة كهربائية كما في الشكل (4-13)، فكان فرق الجهد الكلي للمجموعة 24V. احسب المقاومة المكافئة للمجموعة وشدة التيار المار فيها ، وفرق الجهد بين طرفين كل مقاومة .



$$\therefore R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$\therefore R_{eq} = 4 + 6 + 2 = 12 \Omega$$

$$V = IR_{eq}$$

$$24 = I \times 12$$

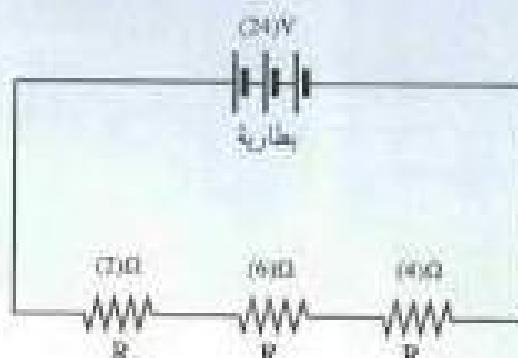
$$I = \frac{24}{12} = 2(A)$$

$$V_1 = I R_1, V_2 = I R_2, V_3 = I R_3$$

$$V_1 = 2 \times 4 = 8 (V)$$

$$V_2 = 2 \times 6 = 12 (V)$$

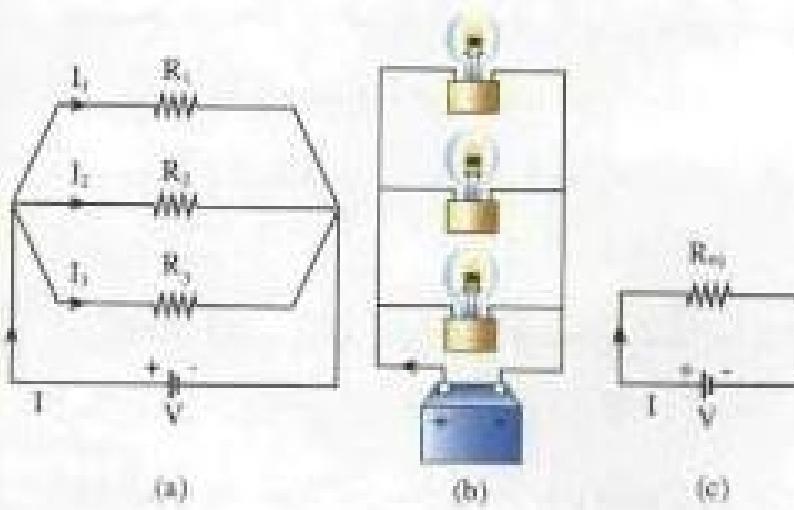
$$V_3 = 2 \times 2 = 4 (V)$$



شكل (4-13)

## ثانياً : التوصيل على التوازي :

عندما تكون المقاومات  $R_1$  و  $R_2$  و  $R_3$  موصلة كما في الشكل (4 - 14) فلأننا نقول إن هذه المقاومات متصلة على التوازي وتشكل وحدة واحدة لها مقاومة مكافئة للمقاومات الثلاث . وتوصلت من الدرس العملي إلى أن مقلوب المقاومة



شكل (4-14)

المكافأة في هذه الحالة يساوي مجموع مقلوب المقاومات ، أي :

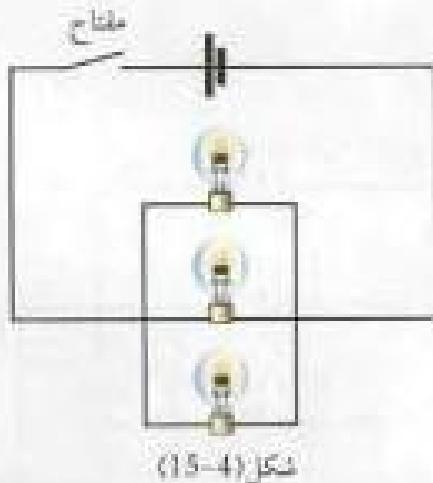
$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

ويمكن التوصل إلى هذه النتيجة إذا لاحظنا أن فرق الجهد واحد لكل المقاومات والتيار الكلي يساوي مجموع التيارات أي أن :

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{V}{R_{\text{eq}}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$\therefore \frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$



## الخلاصة

1- تكون دائرة كهربائية تحتوي

ثلاثة مصابيح صغيرة متصلة على التوازي ومصدر تيار كهربائي

المناسب ، كما بالشكل (4 - 15) .

2- أغلق الدائرة ولاحظ إضاءة المصابيح .

3- ارفع أحد المصابيح من ماسكه .

ماذا تلاحظ؟ وماذا تستنتج؟

إنك تلاحظ أن المصابيح الآخرين يستمران في الإضاءة ، ولهذا السبب تكون التوصيلات المنزلية على التوازي ، وت分成 الأجهزة بحيث تعمل كلها على نفس فرق الجهد بين طرفيها  $V$  (240) في معظم دول العالم :

بيان لذلك سابق أن التوصيل على التوازي يتميز بالخصائص التالية :

1- التيار الكلي يتوزع على المقاومات بنسبة عكسيّة مع قيمة المقاومة .

2- يكون فرق الجهد الكهربائي واحداً بالنسبة لجميع المقاومات .

3- تكون قيمة المقاومة المكافأة أصغر من أصغر مقاومة في المجموعة ، وإذا كانت المقاومات متساوية في القيمة كل منها ( $R$ ) وعددها ( $N$ ) فإن :

$$R_{\text{eq}} = \frac{R}{N}$$

## مثال 7

احب المقاومة المكافحة لثلاث مقاومات متصلة على التوازي ( $\Omega$ ) .  $R_1 = 4 \Omega$  ،  $R_2 = 12 \Omega$  ،  $R_3 = 6 \Omega$  . وإذا كانت شدة التيار المارة في المقاومة ( $R_1$ ) تساوي A . احسب :

تساوي A . احسب :

1- فرق الجهد بين طرفي المقاومة ( $R_1$ ) .

2- شدة كل من التيارين اللذين يمران في المقاومتين ( $R_2$  ،  $R_3$ )



$$1) \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{3+2+1}{12} = \frac{6}{12}$$

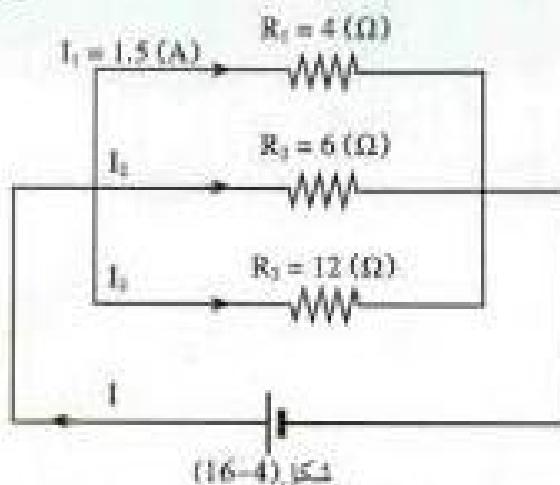
$$R_{eq} = \frac{12}{6} = 2 \Omega$$

$$\because V = IR$$

$$V = 1.5 \times 4 = 6 \text{ V}$$

$$2) I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{6}{6} = 1 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{6}{12} = \frac{1}{2} \text{ A}$$



## سؤال:

قارن بين طريقتي توصيل المقاومات ، على التوالى والتوازي

من حيث :

أ- المقاومة المكافحة .

ب- شدة التيار المار في كل مقاومة .

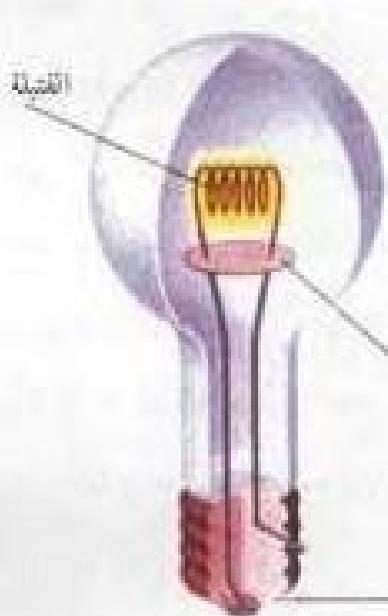
ج- فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة .

## التأثير الحراري للتيار الكهربائي

سادساً

عندما يوصل مصادر للتيار الكهربائي بطرفى موصل معدنى تتحرك الإلكترونات الحرة فى الموصل (من القطب السالب إلى القطب الموجب) فتصطدم أثناء حركتها بالذرات والجزيئات التي يتكون منها الموصل ، فتكتسب هذه الذرات والجزيئات طاقة حرارية من الإلكترونات الحرة ، وبذلك تزداد سرعة حركتها الاهتزازية ، ويفترض ذلك على صورة ارتفاع في درجة حرارة الموصل ، وبهذا تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية ، وقد صنع الكثير من الأجهزة التي تعتمد على هذه الظاهرة مثل : المدفأة ، والمكواة ، والسخان ، والفرن ، والمصباح الكهربائي المتوجه والمنصهر ... الخ ، وسنكتفى في الأسطر التالية بوصف المصباح الكهربائي المنوهع والمنصهر وشرح عملهما .

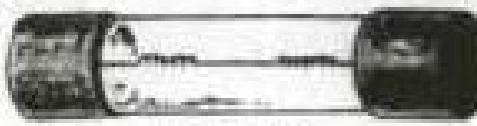
**1- المصباح الكهربائي :** عبارة عن انتفاح زجاجي يحوي غازاً خاملاً كالأرجون ، في داخله حامل زجاجي يتصل بحواري معدني رقيقة تحمل سلكاً دقيقاً وطويلاً من مادة التنجستين ملفوفاً بشكل لولجي حتى لا يشغل حيزاً كبيراً داخل الانتفاح الزجاجي شكل (17-4) ويسمى هذا السلك «الفتيلة» .



وهو يتبعى إلى سلكين نحاسين خليطين يمران خلال الحامل الزجاجي إلى خارج الانتفاح ، ويتهان بقطعتين من الرصاص معزولتين إحداهما عن الأخرى شكل (17-4)

بالقار ، ويتهان أحد السلكين بقطعة رصاصية والسلك الآخر يوصل إلى القاعدة المعدنية للمصباح ، فعندما يمر التيار الكهربائي في سلك الفتيلة فإنه يسخن نظراً لمقاومته الكبيرة ، وترتفع درجة حرارته ارتفاعاً كبيراً يؤدي إلى توهج السلك بضوء ساطع .

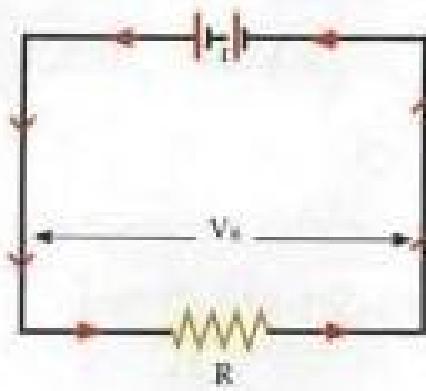
**2- المنصهر Fuse :** (شكل 4-18) عبارة عن سلك رفيع من الرصاص غالباً ، نظراً لارتفاع مقاومته النوعية والخاضع درجة انصهاره ، ويوصل على التوالى في الدائرة الكهربائية لحماية الأجهزة شكل (18-4)



مما تعرّض له من تلف إذا زادت شدة التيار الكهربائي فجأةً كبيرةً على الحدود المسموح بها بسبب حدوث خلل ما في الدائرة، حيث الزيادة في شدة التيار تؤدي إلى زيادة كمية الحرارة التي تنشر في سلك الرصاص ويتبع عن ذلك انصهاره فيقطع التيار عن الأجهزة دون أن تتلف.

### القوة المحرّكة الكهربائية : Electromotive Force

سابعاً



إذا اتصل قطبان منبع كهربائي (بطارية) بسلك عبر المقاومة ( $R$ ) كما بالشكل (٤ - ١٩) فإن تياراً كهربائياً يسري في الدائرة الكهربائية. واستمرارية مرور التيار بالدائرة تتطلب تزويدتها بالطاقة، حيث إن المنبع الكهربائي (البطارية) هو الذي يقوم بتزويد الطاقة في صورة شغل ميكانيكي يدلّه المنبع الكهربائي على الإلكترونات ليجعلها تسرى في الدائرة عبر المقاومة الخارجية ( $R$ ) والمقاومة الداخلية للمنبع (٢)، وقد اتفق على أن يسمى مقدار الشغل الذي يدلّه المنبع الكهربائي في إمداد وحدة الشحنات الموجبة خلال دائرة مرة واحدة باسم القوة المحرّكة الكهربائية للمنبع

وبناءً على التعريف فإن :

$$E = \frac{W}{q} \quad \dots \dots \dots (7)$$

وتكون وحدة قياس القوة المحرّكة الكهربائية (J/C) أي فولت.

**قم بإجراء التجربة رقم (٩) في كراسة العملي**

ويفرض أن شحنة مقدارها ( $q$ ) اجتازت الدائرة السابقة، وكان الشغل الذي يدلّه المنبع الكهربائي في إمدادها لمرة واحدة في الدائرة هو ( $W$ ) فلأننا نستنتج أن :

$$E = \frac{W}{q}$$

$$W = q \times V_R + q \times V_B$$

$$\mathcal{E} = \frac{q \times V_B + q \times V_r}{q}$$

$$\mathcal{E} = V_{(B)} + V_r$$

$$\therefore V = I \times R$$

$$\therefore \mathcal{E} = IR + Ir$$

$$\boxed{\mathcal{E} = I(R + r)} \quad \dots \dots \dots (8)$$

وتعزى هذه العلاقة باسم قانون أوم لدائرة كهربائية بسيطة مغلقة . ولحساب شدة التيار الكهربائي العار بدائرة مغلقة لا بد من معرفة ( $\mathcal{E}, I, R$ ) ، ويمكن وضع قانون أوم لدائرة مغلقة كاملة في الصورة التالية :

$$\boxed{\mathcal{E} = V + Ir} \quad \dots \dots \dots (9)$$

حيث ( $V$ ) هو فرق الجهد بين طرفي المقاومة الخارجية ( $R$ ) وساوي فرق الجهد بينقطبي البطارية أثناء مرور التيار .

وبالاحظ من العلاقة الأخيرة :

عندما تكون الدائرة مفتوحة فإن  $I = 0$  أو  $Ir = 0$  أي عندما تهمل المقاومة الداخلية

$$\text{لبطارية فإن : } \mathcal{E} = V$$

وبناء عليه يمكن استنتاج تعريف جديد للقوة المحركة الكهربائية لمنع كهربائي بأنها فرق الجهد بين نقطيه عندما تكون دائرة مفتوحة .

و بذلك يمكن قياس القوة المحركة الكهربائية لمنع بطريقة سريعة وذلك بتوصيل نقطيه بفولتمتر ، حيث تكون قراءة الفولتمتر متساوية تقريباً للقوة المحركة الكهربائية لمنع .

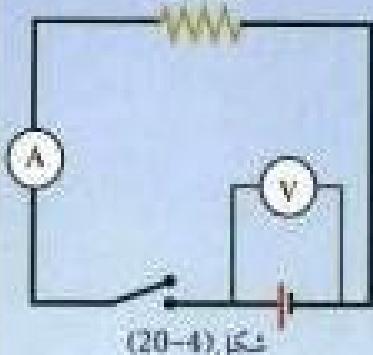
فإذا كانت قيمة  $\mathcal{E}$  لمنع < من قيمة فرق الجهد بين نقطيه ( $V$ ) فإن المنع يكون في حالة تفرغ .

أما إذا كانت قيمة  $\mathcal{E}$  لمنع > من قيمة الجهد بين نقطيه ( $V$ ) فإن المنع يكون في حالة شحن .

**مثال 8**

في الدائرة المبينة في الشكل إذا كانت قراءة الفولتميتر قبل إغلاق المفتاح  $V = 10$  (V) وبعد إغلاقه  $V = 8$  (V) باهتمال مقاومة أسلك التوصيل ،

$$R_s = 4\Omega$$



احب :

- 1 - القوة المحركة الكهربائية للبطارية .
- 2 - قراءة الأميتر عند إغلاق الدائرة .
- 3 - المقاومة الداخلية للبطارية .



1 - قراءة الفولتميتر قبل إغلاق المفتاح تساوي القوة المحركة الكهربائية للبطارية

$$E = 10\text{V}$$

2 - قراءة الفولتميتر بعد إغلاق المفتاح تعطينا فرق الجهد الخارجي .

$$V_R = 8\text{V}$$

$$\therefore I = \frac{V_R}{R_s} = \frac{8}{4} = (2) \text{ A}$$

$$r = \frac{E - V_R}{I} = \frac{10 - 8}{2}$$

- 3

$$r = 1 \Omega$$

: Electric energy and power الطاقة والقدرة الكهربائية

ثامناً

الطاقة الكهربائية :

سبق لنا تعريف (فرق الجهد الكهربائي) ( $V$ ) بين نقطتين من دائرة كهربائية أنه (الشغل الذي تبذله وحدة الشحنات الكهربائية عندما تنتقل بين نقطتين)

$$W = q V \quad \therefore W = Q$$

$$\therefore Q = q V$$

$$\therefore q = It$$

$$\therefore Q = VIt \quad \dots \dots \dots \quad (10)$$

واعتماداً على قانون أوم ( $V = IR$ ) تصبح العلاقة (10) على الشكل :

$$Q = RI^2t \quad \dots \dots \dots \quad (11)$$

ونستنتج من هذه العلاقة أن العوامل المؤثرة في الطاقة الكهربائية المستهلكة وبالتالي في الطاقة الحرارية الناتجة هي المقاومة ، وشدة التيار ، والزمن .

### القدرة الكهربائية (P) : Electric Power

أنت تعلم أن القدرة هي الطاقة المبذولة أو المستهلكة في وحدة الزمن .

إذن :

$$(P) \text{ القدرة الكهربائية} = \frac{\text{الطاقة المبذولة}}{\text{الزمن المستغرق}} \quad Q$$

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{VIt}{t} = VI$$

$$P = VI \quad \dots \dots \dots \quad (12)$$

$$\therefore V = IR$$

$$\therefore P = I^2R \quad \dots \dots \dots \quad (13)$$

وكما تعلم ، تقدر القدرة بوحدة (الوات) التي تساوي (جول / ثانية) ، بينما تقدر المقاومة بوحدة (الأوم) ، والتيار بوحدة (الأمبير) ، وفرق الجهد بوحدة (الفولت) ، وأما وحدة الطاقة فهي (الجول) .

ومن هنا يمكن تعريف الوات على (أنه قدرة جهاز يستهلك الطاقة بمعدل جول واحد كل ثانية) . وهنالك وحدة عملية هي (الكيلو وات ساعة) وتساوي الطاقة المصروفة خلال ساعة عندما تكون القدرة W (1000) واعتماداً على هذا يمكن أن نكتب :

$$(كيلو وات ساعة) Q = (كيلو وات) P \times (ساعة) t \quad \dots \dots \dots \quad (14)$$

### مثال 9

احسب الطاقة الحرارية التي تنتشر في سلك معدني مقاومته  $4\Omega$  عندما يمر فيه تيار كهربائي شدة  $1.5 \text{ A}$  لمدة دقيقة واحدة .



$$R = 4\Omega \quad , \quad I = 1.5\text{A} \quad , \quad t = 60\text{S}$$

$$Q = RI^2t$$

$$Q = 4 \times (1.5)^2 \times 60$$

$$= 540 \text{ (J)}$$

### مثال 10

مكواة كهربائية قدر نها  $W = 1000$  تعمل على فرق جهد مقداره  $V = 240 \text{ V}$  .

1- احسب شدة التيار الذي يمر بها عند الاستعمال .

2- احسب مقاومة سلك التسخين بها .

3- احسب الطاقة التي تستهلكها خلال ثلاثة أيام إذا كانت تستعمل  $4 \text{ (h)}$  يومياً .



$$P = 1000 \text{ W} \quad V = 240 \text{ V}$$

$$(1) \quad P = VI$$

$$1000 = 240 \times I \longrightarrow I = \frac{1000}{240} = 4.17 \text{ A}$$

$$(2) \quad V = IR$$

$$240 = 4.17 \times R \longrightarrow R = \frac{240}{4.17} = 57.55 \Omega$$

$$(3) \quad Q = Pt$$

$$Q = 1000 \times 30 \times 4 \times 60 \times 60$$

$$Q = 432 \times 10^6 \text{ J}$$

# ذِكْرُ آن



- ١- ينشأ التيار الكهربائي المستمر في الموصلات المعدنية نتيجة حركة الإلكترونات الحرة من القطب السالب للمصدر إلى القطب الموجب له .
- ٢- اتجاه التيار الكهربائي الاصطلاحي هو اتجاه حركة الشحنات السوجة من القطب الموجب للمصدر إلى القطب السالب عبر الدائرة الخارجية .
- ٣- يكون اتجاه التيار الكهربائي في الدائرة الكهربائية ثابتة هو اتجاه التيار الاصطلاحي .
- ٤- الكولوم : هو كمية الشحنة الكهربائية الناشئة عن مرور تيار كهربائي شدته (I) في مقطع موصل خلال زمن قدره ثانية واحدة .
- ٥- شدة التيار الكهربائي (I) : هو مقدار الشحنة الكهربائية التي تمر كل ثانية عبر مقطع الموصى .
- ٦- فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين (V) : هو مقدار الشغل الذي تبذله وحدة الشحنات الكهربائية عندما تنتقل بين نقطتين .
- ٧- الفولت : هو فرق الجهد بين نقطتين يلزم لنقل وحدة الشحنات الكهربائية بينهما بذل شغل (أو طاقة) مقداره جول واحد .
- ٨- ينص قانون أوم على أنه توجد علاقة تابع طردي بين فرق الجهد الكهربائي المطبق على موصل معدني ، وشدة التيار الكهربائي المار فيه (ثابت التاسب الطردي هي مقاومة الموصى R) .
- ٩- تعتمد مقاومة الموصى على خصائصه الفيزيائية . فهي تناسب طردياً مع طوله وعكسياً مع مساحة مقطعه ، ثابت التاسب الطردي هو مقاومة النوعية .
- ١٠- المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات متصلة على التوالى تساوي مجموع تلك المقاومات .
- ١١- مقلوب المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات متصلة على التوازي تساوي مجموع مقلوب المقاومات .

- 12- القوة المحركة الكهربائية لمصدر : مقدار الشغل الذي يبذل المصدر في إمداد وحدة الشحنات الموجبة خلال دائرة مرة واحدة . أو فرق الجهد بينقطيه عندما تكون دائرة مفتوحة .
- 13- القدرة الكهربائية هي الطاقة المبذولة أو المستهلكة في وحدة الزمن ووحدتها الوات (W) .
- 14- الوات هو قدرة جهاز يستهلك الطاقة بمعدل جول واحد كل ثانية .

# التقويم

119



## (المجموعة الأولى)

### السؤال الأول :

اكتب بين التوسيع الاسم أو المصطلح العلمي الذي يدل عليه كل من العبارات التالية :

- 1 مقدار الشحنة الكهربائية التي تمر كل ثانية عبر مقطع الموصى . (.....)
- 2 كمية الشحنة الكهربائية الناشئة عن مرور تيار كهربى شدته (1) A في مقطع موصى خلال زمن قدره ثانية واحدة . (.....)
- 3 مقدار الشغل الذى يبذله وحدة الشحنات الكهربائية عندما تنتقل (.....) بين نقطتين .
- 4 فرق الجهد بين نقطتين يلزم لنقل وحدة الشحنات الكهربائية بينهما شغله جول واحد . (.....)
- 5 في أي موصى معدنى يتاسب فرق الجهد الكهربائى بين نقطتين تناسباً طردياً مع شدة التيار الكهربائي المار خلال النقطتين . (.....)
- 6 مقاومة موصى يمر فيه تيار شدته أمبير واحد عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه فولتاً واحداً . (.....)
- 7 مقاومة سلك من مادة الموصى طوله متر واحد ومساحة مقطعه متر مربع واحد . (.....)
- 8 مقدار الشغل الذى يبذله المنيع الكهربائي فى إمداد وحدة الشحنات الموجبة خلال دائرة مرتة واحدة . (.....)
- 9 الطاقة المبذولة خلال وحدة الزمن . (.....)
- 10 قدرة جهاز يستهلك الطاقة بمعدل جول واحد كل ثانية . (.....)

### السؤال الثاني :

ضع علامة (✓) في الدائرة الواقعه أمام العبارة الصحيحة وعلامة (✗) في الدائرة الواقعه أمام العبارة غير الصحيحة فيما يلى :

- 1 يوصل الأميتر على التوازي في الدائرة الكهربائية .
- 2 تتناسب مقاومة الموصل تناوباً طردياً مع طوله .
- 3 تزداد المقاومة النوعية للموصلات المعدنية كلما زادت درجة الحرارة .
- 4 المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات متصلة على التوازي تكون أكبر من أي مقاومة على حده .
- 5 إذا كان فرق الجهد الكهربائي بين طرفين مصدر كهربائي والدائرة مفتوحة ٧ (12) فإن فرق الجهد بين طرفين المصدر عند غلق نفس الدائرة يساوي ٧ (12) .

### السؤال الثالث :

أكمل العبارات التالية بما يناسبها علمياً :

- 1 يمثل اتجاه حركة التيار الاصطلاحي اتجاه حركة ..... من ..... إلى ..... لل مصدر .
- 2 يستخدم ..... لقياس فرق الجهد الكهربائي بينما يستخدم ..... لقياس شدة التيار الكهربائي .
- 3 الوحدة التي تكافئ الفولت هي ..... .
- 4 عند زيادة شدة التيار المار في دائرة عبر مقاومة معينة فإن مقدار فرق الجهد بين طرفيها ..... .
- 5 يوصل المنصهر في الدائرة الكهربائية على ..... لحمايتها من التلف نتيجة ..... .

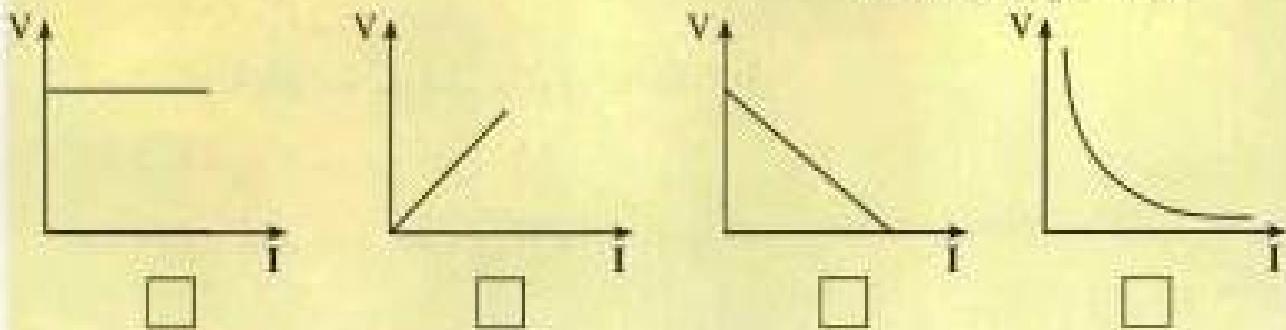
### السؤال الرابع :

ضع علامة ( ✓ ) في المربع المقابل لأسباب إجابة لكل من العبارات التالية :

- 1 إذا كانت شدة التيار الذي يمر في موصىل (2A) ، فإن مقدار الشحنة الكهربائية التي تمر عبر مقطع الموصىل خلال ثلث ساعة يساوي بوحدة الكيلوم :

2400 40 3 2

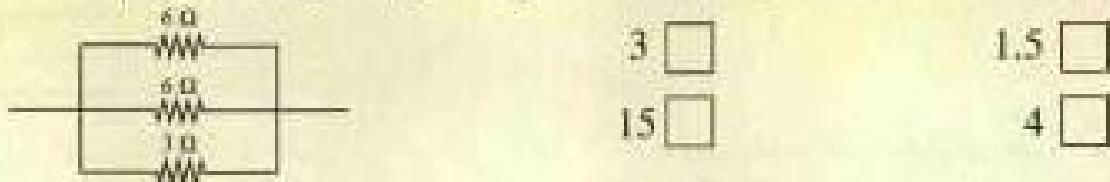
2 الخط البياني الذي يمثل العلاقة بين فرق الجهد الكهربائي بين طرفي موصل وشدة التيار الذي يمر فيه هو :



3 تتناسب مقاومة الموصل تناضلاً :

- على دينامياً مع مربع مساحة مقطعه  طردانياً مع مساحة مقطعه  
 عكسيًّا مع طوله  عكسيًّا مع مساحة مقطعه

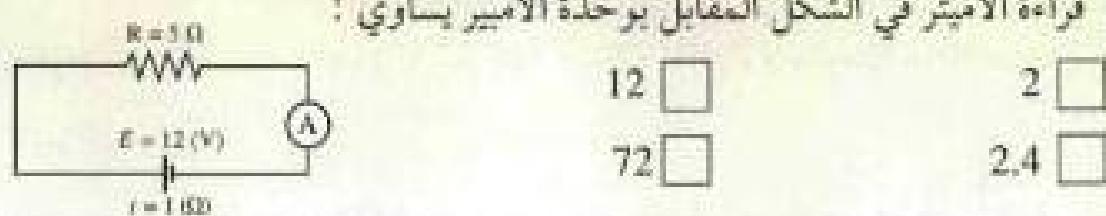
4 المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات في الشكل تساوي بوحدة الأرم :



5 تفاس المقاومة النوعية ( $\rho$ ) بوحدة :

- $\frac{m}{\Omega}$    $\frac{\Omega}{m}$    $\Omega \cdot m$    $\Omega m^2$

6 قراءة الأمبير في الشكل المقابل بوحدة الأمبير بساوي :



7 عندما تزداد مقاومة مصباح كهربائي يعمل تحت فرق جهد ثابت ، فإن القدرة التي يستهلكها :

- تقل عما كانت عليه  تزيد عما كانت عليه  
 تبقى كما هي لا تتغير

## (المجموعة الثانية)

1- ما المقصود بكل مما يلي :

- 1- المقاومة النوعية لموصل تساوي  $5 \times 10^{-4} \Omega \cdot m$ .
- 2- شدة التيار المار في دائرة  $2A$ .
- 3- القدرة الكهربائية لمصباح  $100W$ .

2- هل كل مما يلي تعبلاً علمياً دقيقاً :

- 1- توصيل الأجهزة الكهربائية في المتز� على التوازي.
- 2- تزداد مقاومة الموصل بزيادة طوله.
- 3- تزداد المقاومة النوعية للفلزات عندما ترتفع درجة حرارتها.

## (المجموعة الثالثة)

### حل المسائل الثالثة

1 إذا كانت شدة التيار المار في موصل  $5 mA$ . احسب مقدار الشحنة الكهربائية المتدفقة خلال دقيقة واحدة.

2 احسب عدد الإلكترونات المارة في كل ثانية عبر مصباح يمر فيه تيار شدة  $1.6A$  ، علماً بأن شحنة الإلكترون  $c = 1.6 \times 10^{-19} C$ .

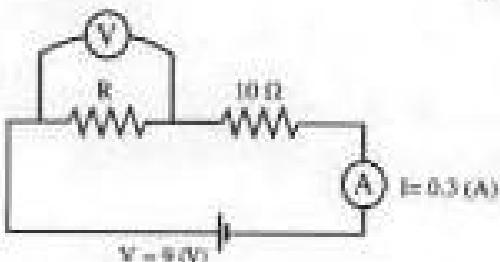
3 مكروة كهربائية ساخنة تعمل بفرق جهد مقداره  $240V$  و مقاومتها  $40\Omega$  . احسب شدة التيار المار بها.

4 مقاومتان قيمة كل منها  $10\Omega$  وصلتا مع بطارية فرق الجهد بين طرفيها  $12V$  . احسب شدة التيار المار في كل مقاومة عند توصيلها :

أ- على التوالى .      ب- على التوازي .

5 إذا كان فرق الجهد بين طرفي المصدر  $9V$  ،

فما مقدار المقاومة  $R$  ؟ وما قراءة الفولتمتر؟



6 احسب مقاومة سلك طوله 500 m ومساحة مقطعه  $0.3 \text{ mm}^2$  مصنوع من ميكة مقاومتها النوعية  $3.3 \times 10^7 \Omega \cdot \text{m}$

7 سلك معدني طوله 50 m وقطره 0.5 mm ، فإذا كانت مقاومته  $0.35 \Omega$  عند درجة  $20^\circ\text{C}$  ، فما مقدار مقاومته النوعية عند هذه الدرجة؟

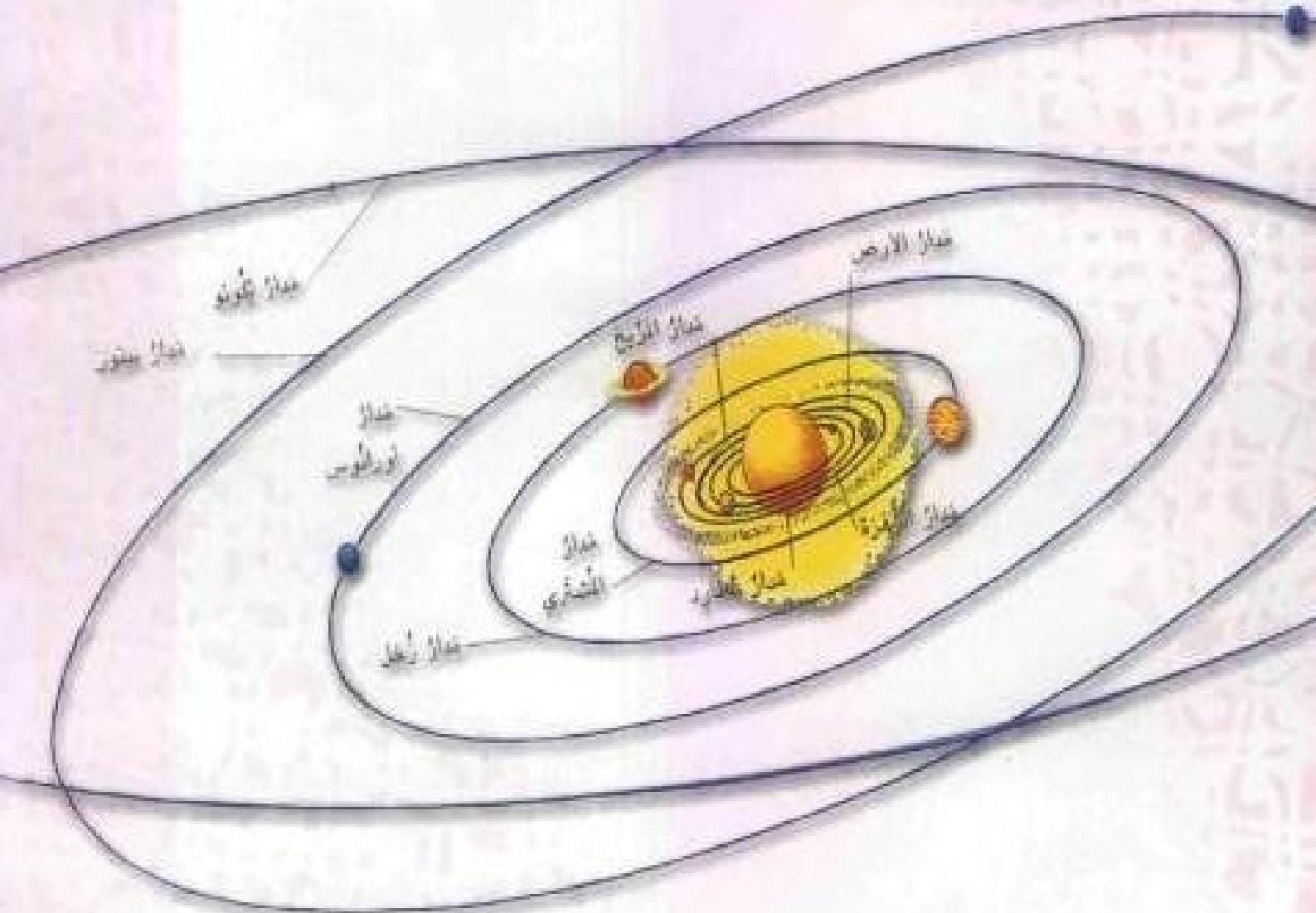
8 مقاومة مجهرولة يمر بها تيار شدته 2A عندما يكون فرق الجهد بين طرفيها 12V . احسب المقاومة النوعية لمادتها علماً بأن طولها 2m ومساحة مقطعها  $0.02 \text{ cm}^2$  .



9 في الشكل المقابل قراءة الفولتمتر 12V والدائرة مفتوحة وعند غلق الدائرة كانت قراءته 11V . فما قراءة الأميتر حينئذ؟

10 محرك كهربائي يسحب تيار شدته 5A من خط فرق جهده 220 V ، احسب :  
 (أ) القدرة الكهربائية للمotor .  
 (ب) الطاقة بوحدة (الكيلو وات ساعة) المعطاة للمحرك في ساعتين .







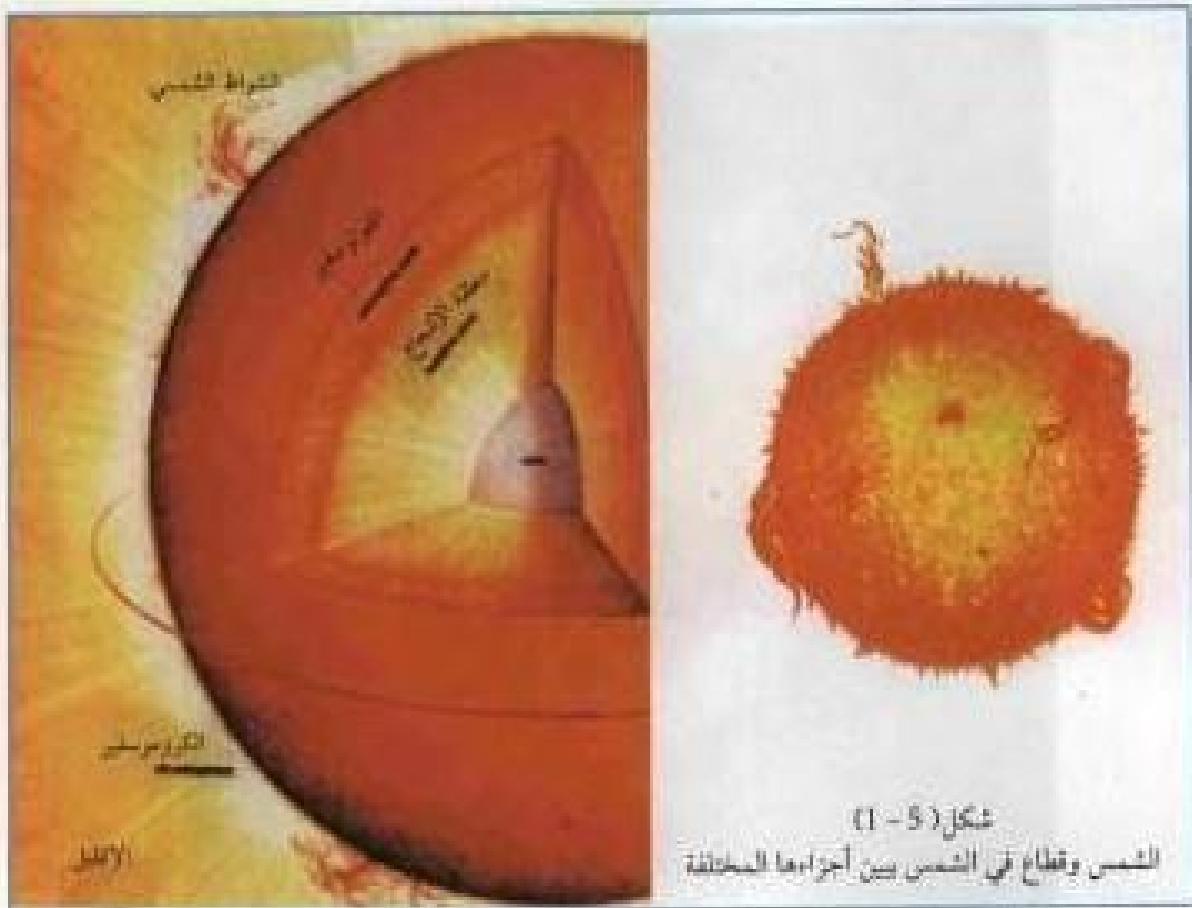
## The Sun الشمس

أولاً:

الشمس واحدة من بلايين النجوم المنتشرة في الكون ، وهي مصدر معظم الطاقة والحرارة على سطح الأرض ، وتكون من غازات ملتهبة . وهذه الكتلة تشع الحرارة باستمرار فتصل إلى الأرض ، ولكن مقدار ما يستطيع الوصول إلى الأرض من الإشعاع الشمسي لا يزيد عن جزء من 2 مليار ، أماباقي نيتشر في الفضاء في جميع الاتجاهات .

والشمس أكبر من الأرض بأكثر من مليون مرة ، وتكون من غاز يحتوي كمية هائلة من الهيدروجين الذي هو أخف الغازات إطلاقاً وأكثرها انتشاراً في الكون . وتبلغ درجة حرارة سطحها حوالي 5500 درجة سيليزية ، ولكنها لا تحرق بالمفهوم الذي ندركه نحن ، ففي أعماقها تشتد حرارتها حيث تندمج ذرات الهيدروجين مكونة عنصراً آخر هو الهيليوم ، أي أن الشمس تحصل على طاقتها الهائلة من التفاعلات الاندماجية التروية بالقرب من مركزها ، والطاقة المحروقة هي سر توهج الشمس حيث ترسل تلك الطاقة على شكل حرارة وضوء ،

شكل (١ - ٥)



شكل (١ - ٥)  
الشمس وقطاع في الشمس بين أجزاءها المختلفة



شكل (٥ - ٢) التهاب الأنسجة



شكل (٥ - ٣) إكليل النسج

**جدول (٥ - ١) يبين أهم الخواص الفيزيائية للشمس**

١49.٥ مليون كم	- متوسط بعدها عن الأرض :
١٥٢ مليون كم	- أكبر بعدها عن الأرض :
١٤٧ مليون كم	- أصغر بعدها عن الأرض :
١٣٩٢٠٠٠ مليون كم	- قطر الشمس :
٢٥٠٠٠ سنة ضوئية	- بعد الشمس عن مركز المجرة :
٢٢٠ كم / ث	- سرعة الشمس حول مركز المجرة :
٢٢٥ مليون سنة	- الزمن الذي تستغرقه الشمس للدوران حول مركز المجرة :
١.٤٠٤ جم / سم <sup>٣</sup>	- متوسط الكثافة :
$99\% \times 10^{27}$ طن (أي ما يعادل ٩٩٪ من كتلة النظام الشمسي)	- كتلة الشمس :
$3.86 \times 10^{٢٦}$ وات	- الطاقة المستبعثة الكهربائية (في الثانية الواحدة) :
٥٥٥٠ درجة سيليزية	- درجة حرارة السطح :
١٤-١٥ مليون درجة سيليزية	- درجة حرارة المركز :
٢٥ يوماً	- فترة دوران الشمس حول محورها :
٨ دقائق ١/٣	- زمن وصول الضوء من الشمس إلى الأرض :

**أهمية الشمس في النظام الشمسي :**

كل الأجرام في الفضاء تتلازد و كما ربطت بخط لا يرى ، والشمس لأنها كبيرة جداً تجذب الكواكب الأصغر منها ، وتحول دون مغادرتها ، وتبرز أهمية الشمس في أنها تبني الأرض والقمر وكل الكواكب دائعاً قربها نتيجة للجاذبية الهائلة بينهم .

## The Earth الأرض

ثانية

### أ      الأرض الكوكب الملائم للحياة

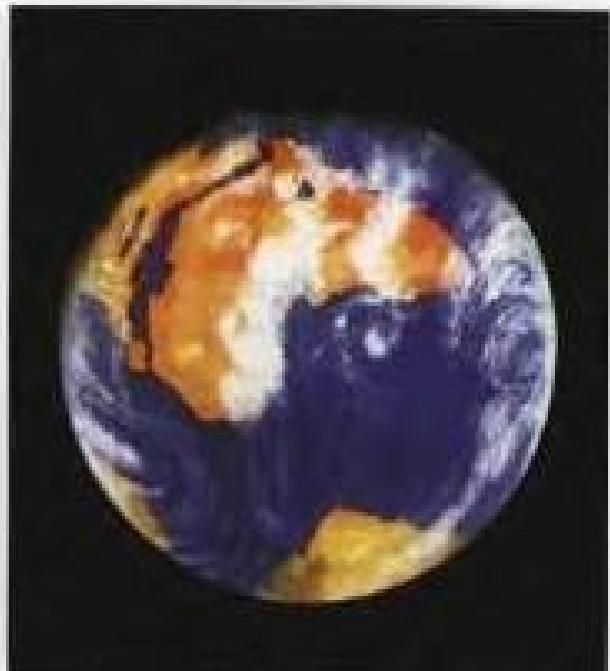
يعتبر كوكب الأرض كوكباً فريداً بين الأجرام السماوية لكتورته الكروكبة الوحيدة التي يحمل المقومات الأساسية لحياة البشرية من هواء وماء ونبات وحيوان . إضافة إلى ذلك بعده المناسب عن الشمس الأمر الذي يوفر له كمية من الضوء والحرارة مناسبة للحياة ، وكما يسبب دوران الأرض حول نفسها بسرعة مناسبة تعاقب الليل والنهار ، ويسبب دورانها حول الشمس اختلاف الفصول ، الأمر الذي يسبب تنوعاً في ظروف الحياة واختلافاً في أنواع النباتات والاختلاف في نشاط البشرية ، بصورة تحافظ على مقومات الحياة على سطح الأرض ، فالغلاف الجوي يوفر الأكسجين اللازم لحياة الحيوان والإنسان والنبات كما يعتبر بخار الماء الموجود في الغلاف

الجوي عاملًا رئيساً للحياة ، حيث يتسبب في سقوط المطر وتكون البنية والأنهار ، حيث إن الماء ضروري لكل الكائنات الحية ، كما تغطي المياه 70.8% من سطح الكورة الأرضية ، كما يتميز كوكب الأرض بجاذبية مناسبة تصل إلى  $(9.8 \text{ m/s}^2)$  بالقرب من سطحها مما يمكنها من الاحتفاظ بغازاتها الجزيئية .

والأرض هي الكوكب الثالث من حيث البعد عن الشمس إذ يصل متوسط بعدها عن الشمس 149.5 مليون كيلومتراً ، وأطلق على هذا البعد اسم وحدة فلكية ، والوحدة الفلكية هي متوسط بعد كوكب الأرض عن الشمس .

شكل ( 5 - 4 ) ، كما أن هناك وحدة أخرى تستخدم لقياس المسافات الكبيرة بين الأجرام السماوية وهي السنة الضوئية .

والسنة الضوئية هي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة وتعادل  $9.46 \times 10^{12} \text{ km}$



وتدور الأرض حول الشمس بمدار يضاهي (أهليجي) تقع الشمس في إحدى بؤرتيه . ويبلغ متوسط قطرها نحو 12756 كيلومتراً ، كما أن محيط الكورة الأرضية بقارب 39500 كيلومتراً ، والأرض ليست كروية تماماً بل هي منضغطة عند القطبين ومتلطة عند خط الاستواء ، وتدور الأرض حول محور وهي يمر بالقطبين الشمالي والجنوبي ، وتدور الأرض حول نفسها مثل باقي الكواكب من الغرب إلى الشرق .

## بـ حركة كوكب الأرض :

### ١- حركة الأرض حول محورها :

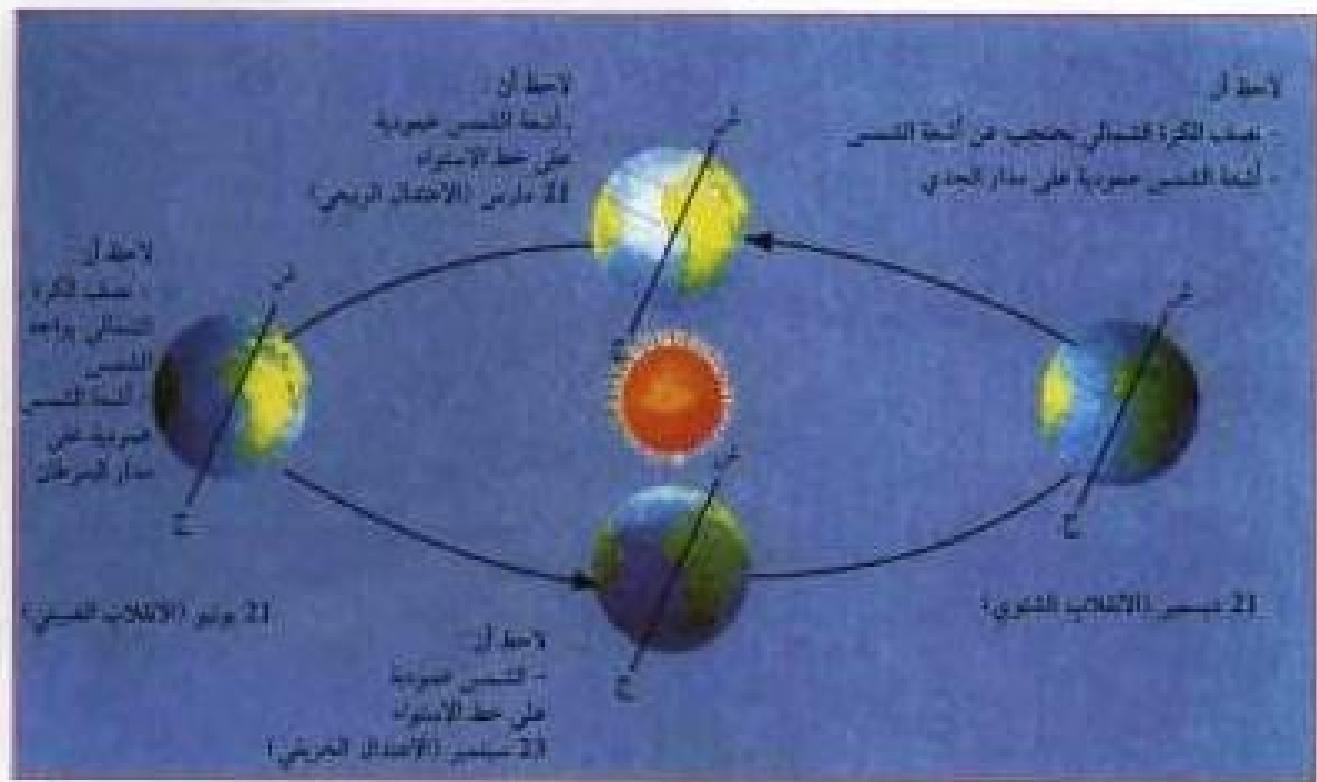
تدور الأرض حول نفسها بسرعة ثابتة ، وهي تدور مرة كل 23 ساعة و56 دقيقة و4 ثوانٍ ، وهذا الدوران يسبب الليل والنهار على الكورة الأرضية في اليوم الواحد ، كما أن ميل محور الأرض يتسبّب في اختلاف طول الليل والنهار من فصل إلى آخر ، فنلاحظ أن الليل في الشتاء أطول من النهار والعكس في الصيف حيث يكون الليل أقصر من النهار ، شكل (٥ - ٥)



شكل (٥ - ٥) حركة كوكب الأرض حول محورها وتعاقب الليل والنهار

### ٢- حركة الأرض حول الشمس :

تدور الأرض حول الشمس بمدار يضاهي ، ويعمل محور الأرض على مستوى الدوران حول الشمس بزاوية  $23.5^{\circ}$  وهذا الميل يسبب اختلاف الفصول الفلكية الأربع على سطح الكورة الأرضية . وتدور الأرض بسرعة مدارية قدرها (29.79 km/s) ، وتم الارض دورتها خلال فترة زمنية قدرها 365.25 يوماً ، شكل (٥ - ٦)



شكل (5 - 6) حركة كوكب الأرض حول الشمس وتعاقب الليل والنهار

## The moon القمر

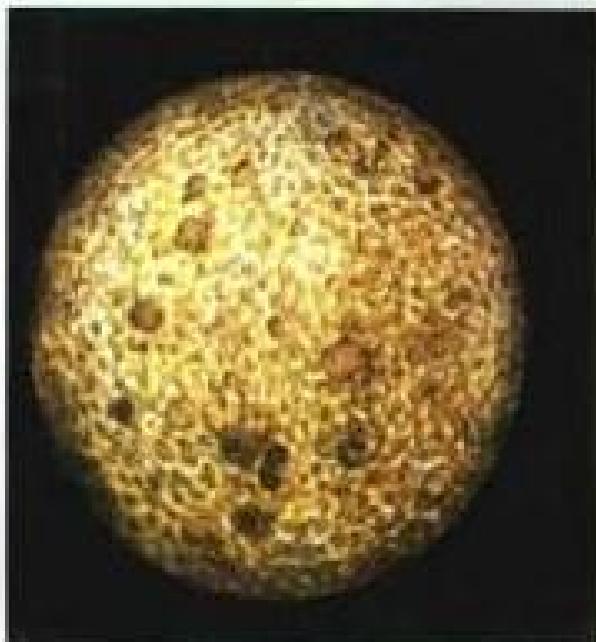
ثالثاً :

القمر أقرب الأجرام السماوية إلى كوكب الأرض ، وهو تابع الأرض ، ولقد هبطت 9 مركبات فضائية على سطح القمر خلال الفترة 1969 - 1976 ، حيث أحضر العلماء كثيراً من العينات التي أعطت صورة واضحة عن التركيب الصخري والكيميائي لسطح القمر . وأحدثت نظرية عن نشأة القمر هي التي تبناها العالمان هارتمان وديغينز ، بأنه كان هناك تصادم ما بين كوكب الأرض وكوكب آخر بحجم كوكب المريخ ، ونتيجة لهذا التصادم فإن مراكز الكوكبين اتحدت وتطاير بعض الغبار وكون سحابة مؤقتة دارت حول الأرض ، وكونت فيما بعد القمر ، وهذا يفسر السبب بأن القمر أقل كثافة من الأرض حيث تبلغ كثافة القمر  $3.34 \text{ g/cm}^3$

### جاذبية القمر :

أ

القمر أصغر من الأرض حجماً وكثلاً ، فكتلة القمر تبلغ  $\frac{1}{81}$  من كتلة الأرض ، وبؤثر ذلك على وزن الأجسام عليه ، إذ يقل وزنها كثيراً عن وزنها على الأرض بمقدار  $\frac{1}{6}$  فالجسم الذي وزنه 120 نيوتن على الأرض ، لا يتعدي وزنه 20 نيوتن على القمر .



شكل (٨-٥) يوضح الوجه البعيد للقمر



شكل (٨-٧) وجه القمر المقابل للأرض

## ب حرکة القمر :

يدور القمر حول الأرض في مدار على شكل أهليجي تكون الأرض إحدى بؤرته ، ويكون مداره غير منتظم بسبب تأثيرات الجاذبية الواقعه عليه من الشمس والأرض بصورة أساسية ، وكذلك من بعض الكواكب السيارة الأخرى وهناك عدة حركات للقمر منها .

### ١- الدورة المحورية :

حيث يدور القمر حول نفسه (حول محوره) في أثناء دورانه حول الأرض وتكون دورته المحورية بعكس عقارب الساعة وتدعى الدورة الموجبة ، وينتزع عن هذه الدورة اليوم القمري .

### ٢- الدورة الانتقالية حول الأرض :

وفيها يقوم القمر بالدوران حول الأرض باتجاه موجب في مدار يساوي تقع الأرض في إحدى بؤرته . وينتزع عن هذه الدورة الشهر القمري . ومن الملاحظ أن الدورة الانتقالية للقمر حول الأرض تساوي مدتها مدة دورته المحورية (حول نفسه) ، لذلك نستنتج أن طول اليوم القمري يساوي طول الشهر القمري ، وهذا السبب الذي يجعل القمر يواجه الأرض بوجه واحد منه باستمرار .

## The Solar System المجموعة الشمسية

رابعاً

شكل (5 - 1) نموذج مصغر للمجموعة الشمسية

شكل (5 - 2) نموذج مصغر للمجموعة الشمسية

شكل (5 - 3) نموذج مصغر للمجموعة الشمسية



شكل (5 - 4) ترتيب كواكب المجموعة الشمسية على حسب بعدها عن الشمس ووضع الكثيكات



شكل (5 - 5)

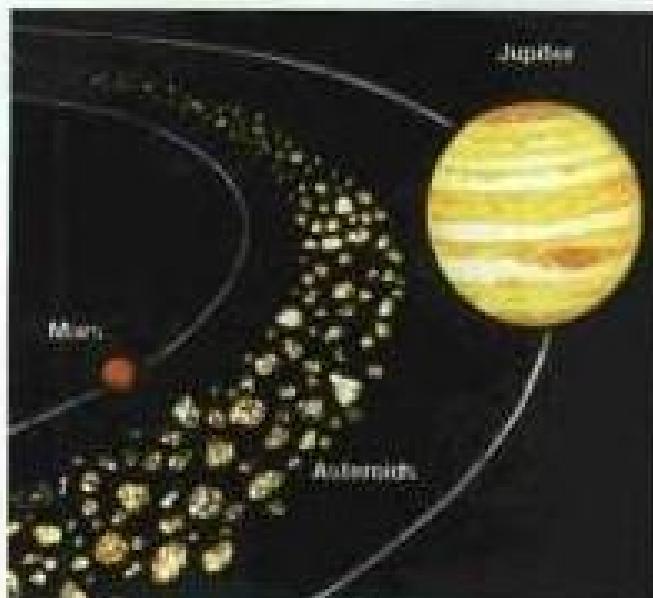
الأحجام المختلطة لكواكب المجموعة الشمسية

- تكون المجموعة الشمسية من 8 كواكب سبارة تدور حول الشمس في مدار يضاهي أو أهليجي تكون الشمس إحدى بوزرته . شكل (5 - 9) بين ترتيب كواكب المجموعة الشمسية على حسب بعدها عن الشمس ، والكواكب

هي : عطارد ، الزهرة ، الأرض ، المريخ ، المشتري ، زحل ، أورانوس ، بيتون .

وتدور هذه الأجرام (الكواكب) حول الشمس في عدد من الأيام والسبعين وعلى أبعاد وسرعات مختلفة ، وتختلف في أحجامها وكثافتها .

- وتقسم الكواكب السيارة إلى فئتين : **الكواكب الأرضية Terrestrial Planets** وال**الكواكب العملاقة Giant Planets** . والكواكب الأرضية هي : عطارد ، الزهرة ، الأرض والمريخ وبيلوتون . وهي أجسام صلبة لا تختلف كثيراً في كثافتها أو تركيبها الكيميائي ولكنها تختلف في الصفات الطبيعية مثل درجة حرارة السطح ، قوة الجاذبية ، وال المجال المغناطيسي . أما الكواكب العملاقة فهي : المشتري ، زحل ، أورانوس ، وبيتون . شكل (5 - 10) .



شكل (11 - 11)

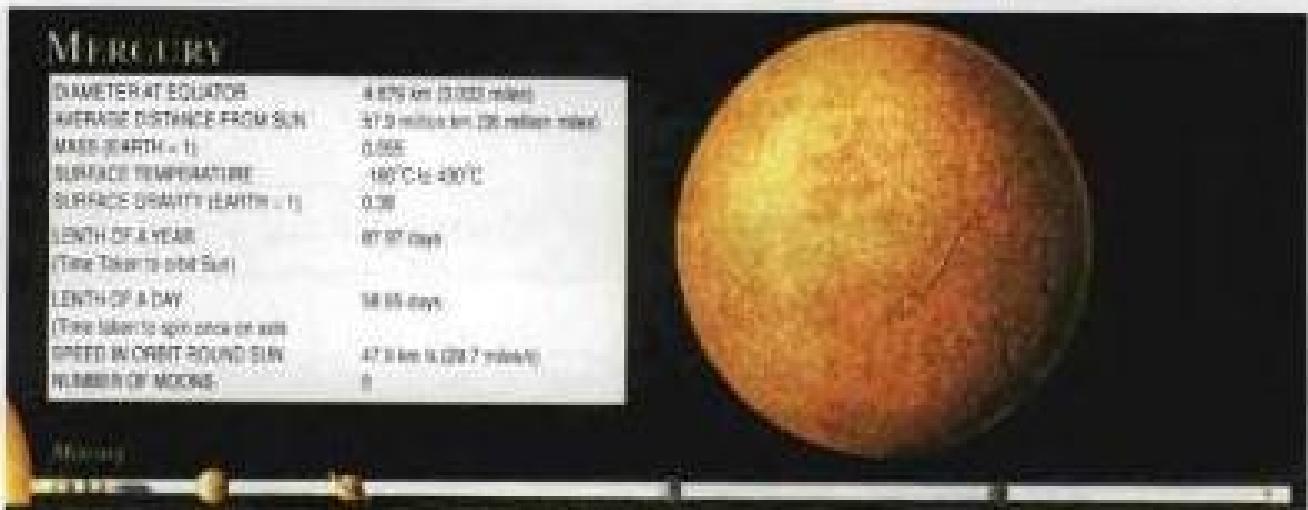
موقع الكويكبات بين كوكب المريخ وكوكب المشتري

وهي قصيرة جداً وتكون غالباً منها الجوي من غازات وأبخرة . ونوجده بين العريض والمشتري فجوة واسعة تدور فيها الآف الأجرام السماوية الصغيرة المعروفة بالكواكب الصغيرة أو الكويكبات وتسمى أحياناً بالنجوم Asteroids شكل (11 - 5)

وفيما يلي دراسة موجزة عن كواكب المجموعة الشمسية :

### 1 كوكب عطارد : Mercury

يعتبر كوكب عطارد في الأساطير الرومانية إله التجارة والتسلق والبحرب وقد اندمج مع الإله الإغريقي هرمس شكل (12 - 5)



شكل (12 - 5) كوكب عطارد

وهو أقرب الكواكب إلى الشمس ويعتبر أصغرها حجماً .

ولقد وجد أن الغلاف الجوي للكوكب عطارد يتكون أساساً من غاز الهيليوم ، إلى جانب كل من الهيدروجين والأكسجين والصوديوم والبوتاسيوم بحسب صغرته ، ولا يوجد قمر أو تابع للكوكب عطارد .

## Venus كوكب الزهرة

2

يسمى كوكب الزهرة بنجمة الصباح لأنها يشاهد صباحاً، ويسمى كذلك كوكب الراعي لظهوره صباحاً مساءً مع حركة الرعاعة. ولقد اكتشف العالم جاليليو في 1610 م. وبعد كوكب الزهرة أمع كواكب المجموعة الشمسية بعد الشمس والقمر شكل (5 - 13). وطول يوم كوكب الزهرة أطول من سنته.

شكل (5 - 13) كوكب الزهرة

ولقد تبين لعلماء الفلك أن كوكب الزهرة يدور حول نفسه من الشرق إلى الغرب بعكس الكواكب الأخرى. كما وجد العلماء أن غلاف كوكب الزهرة سميك و مليء بالسحب ، لهذا لا يمكن رؤيته مباشرة . و يتميز غلافه بوجود غاز ثاني أكسيد الكربون ( $\text{CO}_2$ ) بنسبة 96.5% و غاز النيتروجين ( $\text{N}_2$ ) بنسبة 3.5% كما توجد نسبة قليلة من غاز الهيليوم والنبلون والأرجون والكريتون . و يتميز سطح كوكب الزهرة بوجود السهول والوديان ، و وجود ارتفاعات عالية ، كما تدل الصور التي تم التقاطها من المركبات الفضائية على أن بعض الوديان يوجد فيها براكيين نشطة . ولا يوجد قمر أو نابع للكوكب الزهرة .

## Mars كوكب المريخ

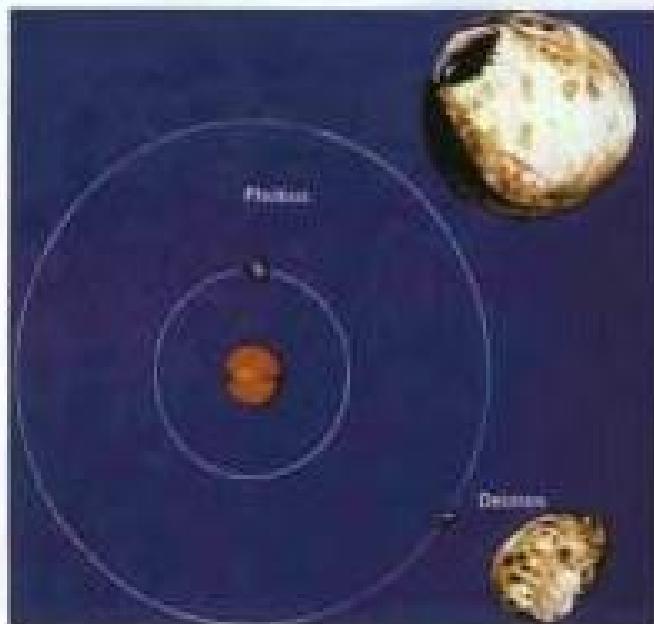
3

بعد المريخ أول كوكب يقع خارج مدار الأرض ، وهو الرابع بحسب بعده عن الشمس ، وبخلي إلى المعرفة أن المريخ كوكب برتقالي - أحمر ، لأن أرضه تحتوي على كمية كبيرة من الحديد . كما أن حجمه أصغر من حجم الأرض .

وهو يدور حول الشمس في فترة زمنية قدرها 1.88 سنة (ما يعادل 687 يوماً) من أيام الأرض ، أي ما يقرب عامين من أعوامنا .

شكل (5 - 14) كوكب المريخ





شكل (5 - 15) كوكب المريخ وقمره ديموس وفوبيوس

ولقد أوضحت الدراسات والأرصاد الفلكية بوساطة المراقب والمجسات الفضائية أن الغلاف الجوي للمريخ رقيق جداً، ويحتوي على 95.3% من ثاني أكسيد الكربون، وعلى 2.7% نيتروجين، و 1.6% آرجون، ونسبة قليلة ومتقاربة من الأكسجين الذي يبلغ 0.03%， كما يشمل غلافه الجوي على غازات خاملة مثل غاز النيون، الكريتون، الزيون، والأوزون.

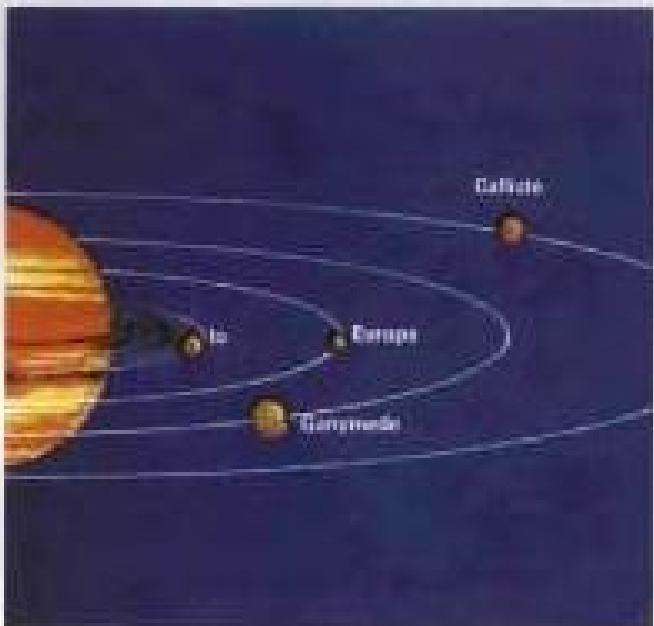
وقد وجد أن سطح المريخ تغطيه طبقات رقيقة من السحب البيضاء.

وقد أرسل تلسكوب هابل الفضائي في عام 1995 صورة عن كوكب المريخ حيث يبدو ثاني أكسيد الكربون المجمد والعياض المجمدة حول القطب العلوي للمريخ.

لقد ظن الإنسان القديم أن كوكب المريخ يصلح للسكن لوجود أودية جافة طوية.

ويوجد للمريخ قمران هما: ديموس وفوبيوس تم اكتشافهما في عام 1877 م شكل

(15 - 5)



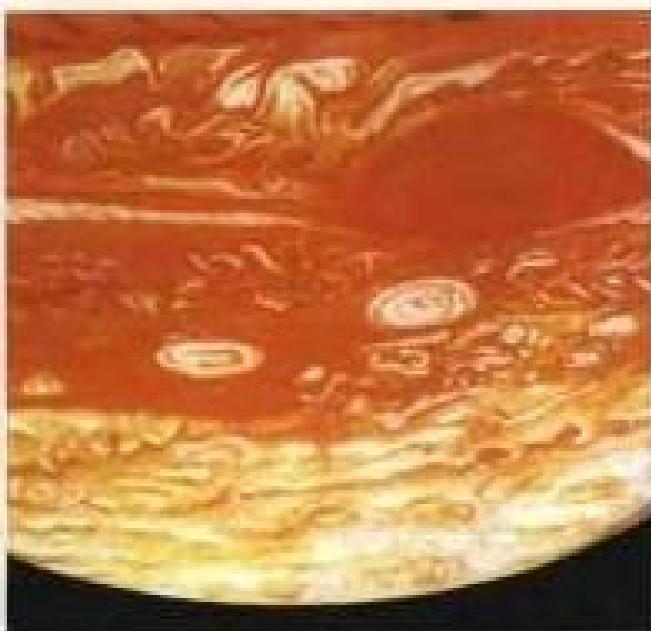
شكل (5 - 16) كوكب المشترى وبنار آثار جاليلير

#### كوكب المشترى

4

المشتري في أساطير اليونان ابن زحل، وأخوه بيتون وبلوتون عند الرومان، ويعده كوكب المشترى عملاق كواكب المجموعة الشمسية. كتلته تعادل قدر كتلة الأرض 813 مرة، شكل (16 - 5)

ويدور كوكب المشترى حول الشمس في فترة زمنية قدرها 11.86 سنة، ويدور حول نفسه (حول محوره) في فترة زمنية قدرها 9 ساعات



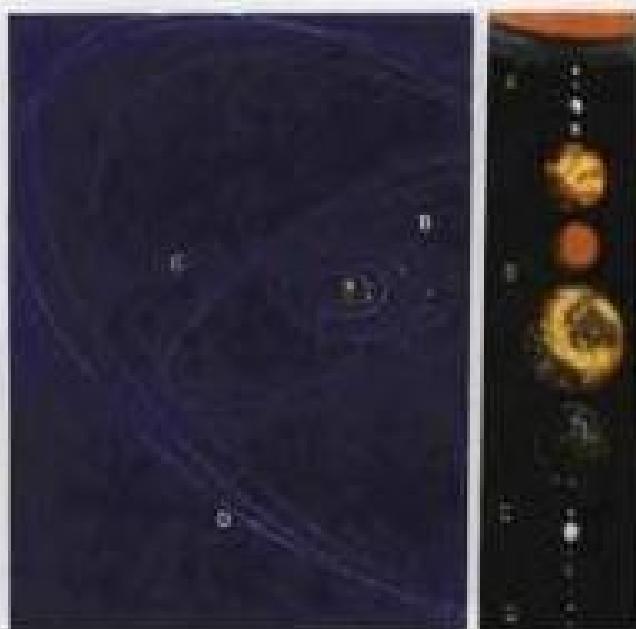
شكل (5 - 17) البقعة العملاقة المتحركة على كوكب المشتري

و 50 دقيقة و 30 ثانية ، أي أسرع من الأرض بـ 25 مرة .

كما يتميز كوكب المشتري بوجود بقعة حمراء عظيمة على سطحه شكل (5 - 17) .

أما الغلاف الجوي لكوكب المشتري فإنه يتكون في الأغلب من 82% من الهيدروجين ، و 17% من الهيليوم و 1% غازات أخرى .

ويوجد للمشتري 16 قمراً ، أوله اكتشاف القمر أيو ، بوروبيا ، جانيميد و كالبستو ، وهي الأقمار التي اكتشفها جاليليو عام 1916 شكل (5 - 18) و شكل (19 - 5) .



شكل (5 - 19) يدور حول كوكب المشتري 16 قمراً



شكل (5 - 18) أقمار جاليليو الأربع - أيو ، بوروبيا ، جانيميد و كالبستو

## كوكب زحل

5

في الأساطير اليونانية يمثل الأزدهار ، وخلقه ابنه المشتري عن العرش . يعتبر كوكب زحل الكوكب السادس من حيث البعد عن الشمس ، والكوكب العملاق



شكل (5 - 20) كوكب زحل



شكل (5 - 21) كوكب زحل وأقماره

الثاني بعد كوكب المشتري ، ويسمى أحياناً جوهرة المجموعة الشمسية لأنّه تحيط به حلقات جميلة لامعة ، وهي ليست مكونة من طبقة واحدة صلبة ، بل هي حلقات غير متجانسة مكونة من آلاف الحلقات الصغيرة والفجوات الفيضة مكونة من مواد صخرية ومن ذرات من الثلج ، ولا يتعدي سماك الحلقة 20 كم . الشكل (5 - 20) يبيّن التركيب الداخلي لحلقات زحل . ويدور زحل حول محوره في فترة تبلغ 9 ساعات 13 دقيقة و 59 ثانية ، وفترة دورانه حول الشمس تتم في 29.46 سنة .

ويوجد 18 قمراً أو تابعاً للكوكب زحل ،  
شكل (21 - 5)

## كوكب أورانوس Uranus

6

في الأسطورة الأغريقية أنّ أورانيا وهنّ تسع بنات كن يشغلن بالشعر والغناء ومنهن حمل أورانوس اسمه .

اكتُشف العالم الفلكي ولِيم هيرشل كوكب أورانوس - الكوكب العملاق الثالث - بعد المشتري شكل (5 - 22) والكوكب السابع بالنسبة لبعده عن الشمس . ويدور الكوكب حول الشمس بعذار أهليلجي ، حيث تبلغ دوريته المدارية 84.01 سنة ، كما يميل خط استواء الكوكب عن مستوى مداره حول الشمس بزاوية كبيرة تبلغ  $998^{\circ}$  ، ولهذا يقع ضوء الشمس أحياناً بصورة عمودية على أحد قطبيه .

جو الكوكب مشبع بغاز الميثان والأمونيا وبخار الماء ، وبما أن الميثان يمتص الأشعة الحمراء ، فإن الكوكب يبدو أزرق مخضر اللون .

لقد تم اكتشاف حلقات كوكب أورانوس عام 1966 م . يدور حول الكوكب 15 قمراً أو تابعاً ، شكل (23 - 5) .



شكل (5 - 22) كوكب أورانوس

### كوكب نبتون Neptune

7

في الأساطير الأغريقية إله قديم ، وكان إله الرطوبة ثم اتحد مع بوزيدون إله البحر . يعبر كوكب نبتون الثامن من حيث البعد عن الشمس شكل (5 - 24) فهو يبدو بارداً جداً .

يتكون الغلاف الجوي للكوكب من 85% هيدروجين ، 13% هيليوم ، ونسبة تتراوح ما بين 1%-2% من الميثان ، وكربونات الهيدروجين ومواد هيدروكريبوية .

ويسدور حول الكوكب 8 أقمار تم اكتشافها خلال الفترة من 1949 - 1989 شكل (5 - 25) .

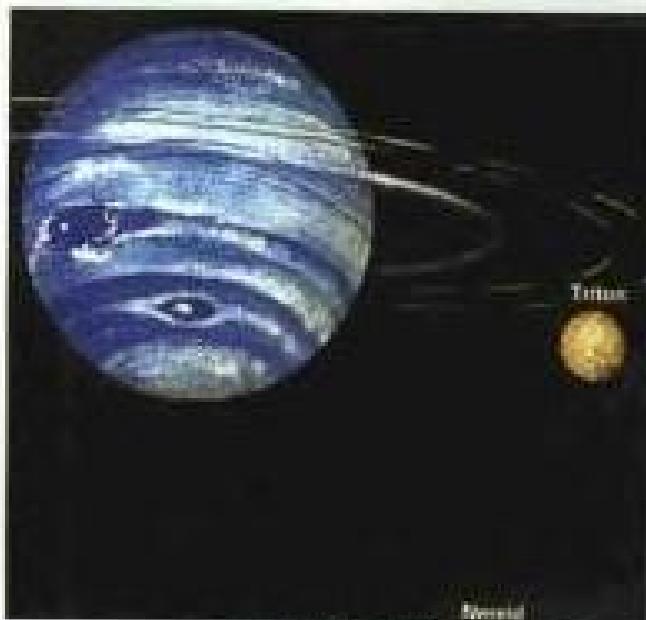
### كوكب بلوتو Pluto

8

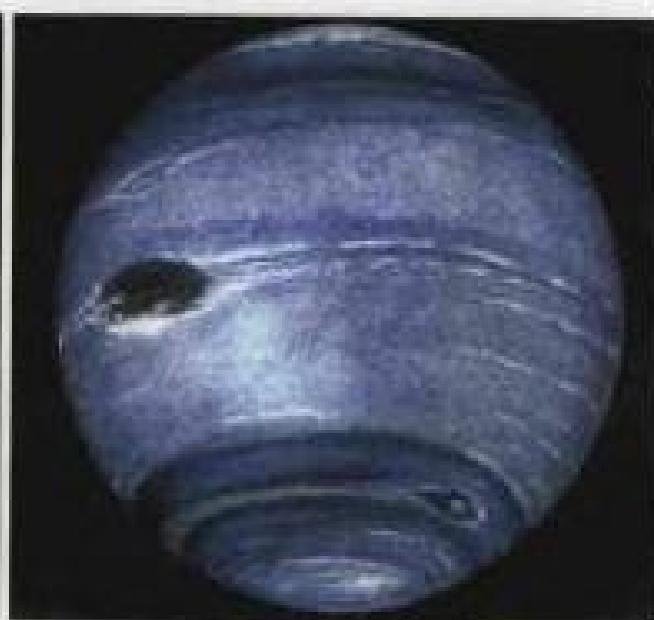
من أقدم آلهة اليونان ، ويمثل الشروق والخصب . يعتبر كوكب بلوتو أحدث وأصغر وأبعد



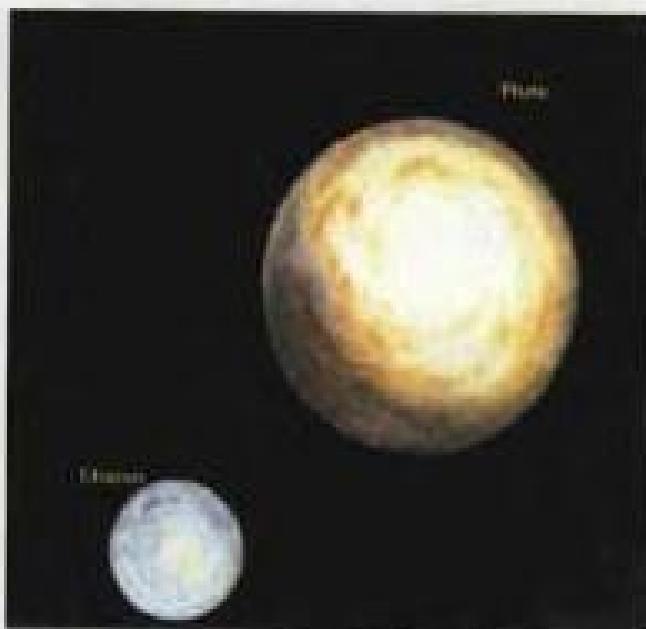
شكل (5 - 23) أقمار كوكب أورانوس : أورون ، ميرنا وأريل



شكل (٥ - ٢٥) أقمار نبتون



شكل (٥ - ٢٤) كوكب نبتون



شكل (٥ - ٢٦) كوكب بلوتو وقمره شارون

الكواكب المعروفة إلى الآن في المجموعة الشمسية ، وقد تم اكتشاف الكوكب فعلياً من قبل العالم كلайд توماس Clyde Tombaugh في عام 1929 وتم الإعلان عنه رسمياً في 13 مارس 1930 شكل (٥ - ٢٦) .

ويتم الكوكب دورته حول الشمس في فترة زمنية قدرها 247.7 سنة ، ويتم دورته المحورية (أي حول نفسه خلال 6 أيام و 9 ساعات و 17 دقيقة) .

ولقد اكتشف العلماء في 22 يونيو

1978 أن بلوتو يدور حوله قمر واحد اسمه شارون .

جدول (٥ - ٢) و (٥ - ٣) يبيان بعض الخواص المدارية والفيزيائية للكواكب المجموعة الشمسية .

**جدول (5 - 2) الخصائص المدارية وال.properties لمركبة المريخ**

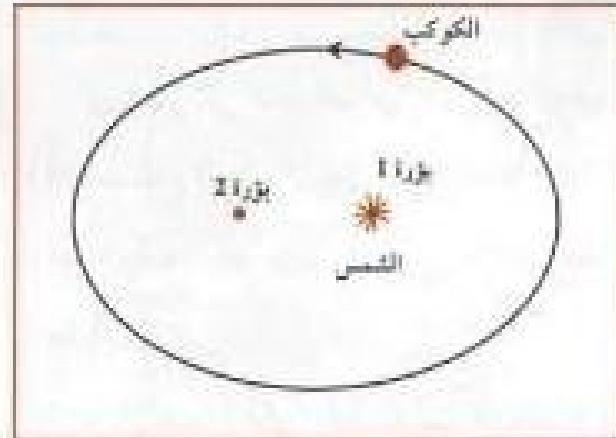
المركبة	بعد الكوكب عن الشمس (مليون كيلومتر)	زمن المدار: بعد الكوكب من المدار (ساعات)	معدل المدارية	عدد الأذفار	متوسط المدار "C"
النظام	الفلكي	النجم	المدارية	السرعة للكوكب	زمن المدار: بعد الكوكب من المدار (ساعات)
المسافة	النجم	السرعة	المدارية	السرعة للكوكب	زمن المدار: بعد الكوكب من المدار (ساعات)
بالوحدة	النجم	النجم	النجم	النجم	النجم
العامية	النجم	النجم	النجم	النجم	النجم
العمر	النجم	النجم	النجم	النجم	النجم
الأرض	النجم	النجم	النجم	النجم	النجم
الربيع	النجم	النجم	النجم	النجم	النجم
الشتري	النجم	النجم	النجم	النجم	النجم
رجل	النجم	النجم	النجم	النجم	النجم
أورانوس	النجم	النجم	النجم	النجم	النجم
نيبتون	النجم	النجم	النجم	النجم	النجم
بلوتون	النجم	النجم	النجم	النجم	النجم
223-	1	2.03	4.74	6d 9h	248.5
					5913.5

جدول (5 - 3) الخواص المدارية والفيزيائية للكواكب المجموعة الشمسية

اسم الكوكب	قطر الكوكب كيلو متر	كتلة الأرض	جاذبية السطح m /s <sup>2</sup>	سرعة الإفلات km /s
عطارد	4879	0.055	2.78	4.3
الزهرة	12104	0.8149	8.60	10.4
الأرض	12756	1.0	9.78	11.2
المريخ	6794	0.1074	3.72	5.0
المشتري	143884	317.93	22.88	59.6
زحل	120536	95.18	9.05	35.5
أورانوس	5118	14.53	7.77	21.3
نبتون	50538	17.135	11.0	23.3
بلوتون	2324	0.0022	0.4	1.1

### حركة الكواكب

### خامساً



شكل (5 - 27) (أ) المدار الذهلي

لقد استفاد العالم كبلر John Kepler (1571-1546) من أرصاد معاصره تابعه براهيم لمواقع الكواكب السارية في السماء و درسها ، واستطاع أن يستطيء منها القواعد الأساسية لحركة الكواكب بناء على أسس رياضية ، وعرفت هذه القواعد فيما بعد باسم قوانين كبلر ، وهي ثلاثة :

### القانون الأول:

تدور الكواكب حول الشمس في مدارات إهليلجية (يضاوية) تحت الشمس احدى بوزريتها .

شكل (5 - 27) أ . هذا القانون يصف مدار الكوكب ، ولكن لا يفسر السبب الذي أدى إلى أن يكون مسار الكوكب بهذا الشكل .

### القانون الثاني:

يرسم نصف قطر المتجه للكوكب مساحات متساوية خلال أزمنة متساوية

$$[\text{مقدار ثابت}] = \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

وهذا يعني أن سرعة الكوكب لا تكون ثابتة أثناء دورانه حول الشمس ، ولكن تختلف تبعاً

لقربه أو بعده عن الشمس ، حيث تزداد عندما يقترب وتقل عندما يتبعده عنها . وبالتالي تكون سرعته أكبر ما يمكن عندما يصل إلى حضيض مداره (أقل بعداً عن الشمس) ، وتكون سرعته أقل ما يمكن عندما يكون الكوكب في أوج المدار (أكبر بعد عن الشمس) . أي أن القانون الثاني يصف حركة الكوكب في مساره . شكل (5 - 27) ب

### القانون الثالث:

يتناوب مربع الزمن الدوري للكوكب حول الشمس تناوباً طردياً مع مكعب متوسط نصف قطر مداره حول الشمس .

$$T^2 \propto R^3$$

وبالنظر إلى هذه القوانين تستنتج أن هناك قوى تعمل بين الأجرام السماوية وتحكم حركتها . وقد استطاع العالم إسحق نيوتن Isaac Newton تفسير هذه القوى المتبادلة بين الكواكب فيما بينها ، وفيما بينها وبين الشمس ، والتي تحدد شكل المسار وسرعة الكوكب في مداره وبالتالي زمانه الدوري .

وبالاعتماد على الحسابات الرياضية وضع إسحق نيوتن قانونه في الجاذبية على الصورة التالية :

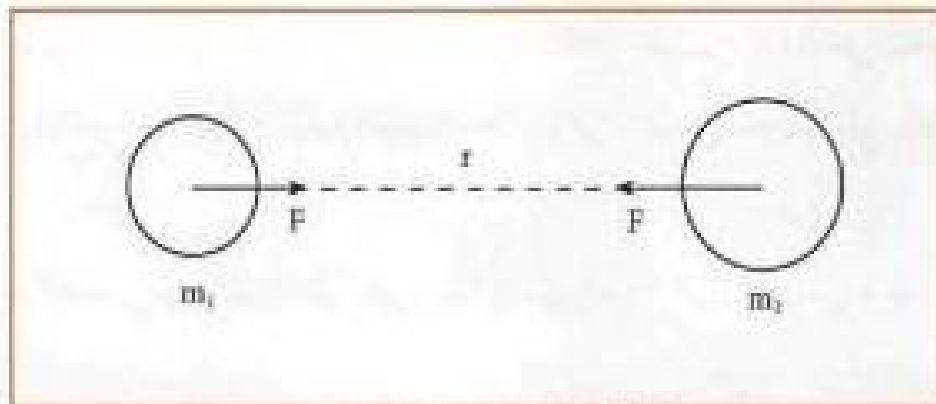
بين الشمس والكواكب التي تدور حولها قوى جذب متبادلة ، وقيمة قوة التجاذب بين الشمس والكوكب تتناسب طردياً مع كل من كتلتيهما ، وعكسياً مع مربع البعد بينهما .

ثم وسع نيوتن مفهوم الجاذبية وطبقه على كل الأجسام في الكون ، فوضعه في الصورة

التالية :

أي جسمين ماديين في الكون يتجاذبان بفترة تتساوى طردياً مع كل من تكتبيهما وعكضاً مع مربع البعد بين مراكزهما .

ويعرف ذلك باسم قانون الجذب الكوني أو القانون العام للمجاذبة . شكل (5 - 28) .



شكل (5 - 28) قانون الجذب المتبادل بين جسمين ماديين

$$F \propto m_1 m_2 \quad F \propto \frac{1}{r^2} \quad F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

حيث  $m_1$  كتلة الجسم الأول ،  $m_2$  كتلة الجسم الثاني ،  $r$  البعد بين مراكز الجسمين ،  $F$  هي القوة التي تؤثر على كل من الجسمين بتأثير الجسم الآخر .

ومن هذا القانون نرى أن القوة الجاذبة ( $F$ ) تزداد بنقص البعد بين مراكز الجسمين ، أي عندما يقترب الكوكب من الشمس ، وتقل القوة المؤثرة على الكوكب ( $F$ ) بزيادة البعد عن الشمس .

ولو كانت القوة الجاذبة المؤثرة على الكوكب عمودية على اتجاه حركته (سرعته) لكان المسار الذي يسلكه دائرياً ، ولكن نظراً لأن هذه القوة مائلة على اتجاه السرعة ، لذلك يكون المدار (المسار) إهليلجيّاً ، وهذا يفسر القانون الأول لكيلر .

ونتيجة تغير مقدار القوة الجاذبة المؤثرة على الكوكب بتغير بعده عن الشمس ، تزداد سرعته عندما يقترب من الشمس وتقل عندما يبتعد عنها وهذا يفسر القانون الثاني لكيلر .

ماداً

## الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic Waves

### أنواع الإشعاع الشمسي :

٢

الشمس نجم هائل يصل قطره إلى حوالي 1.4 مليون كيلومتراً ، وتبعد الأرض عن الشمس بحوالي 150 مليون كيلومتراً ، وتبلغ درجة حرارة سطح الشمس الخارجي نحو 5500 درجة سيلزية ، وتزداد درجة الحرارة كلما اتجهنا نحو مركز الشمس حيث تبلغ ملايين الدرجات السيلزية .

والإشعاع الشمسي هو موجات كهرومغناطيسية تخرج من الشمس ولها أطوال موجية مختلفة ،

ويتكون الإشعاع الشمسي من الأنواع التالية :

### الأشعة غير المرئية :

١

ويقصد بالأشعة غير المرئية هي تلك الأشعة التي لا يمكن رؤيتها بالعين ، وذلك لأن العين حساسة لمدى معين من الأطوال الموجية .

وتنقسم الأشعة غير المرئية إلى نوعين :

#### الأشعة فوق البنفسجية :

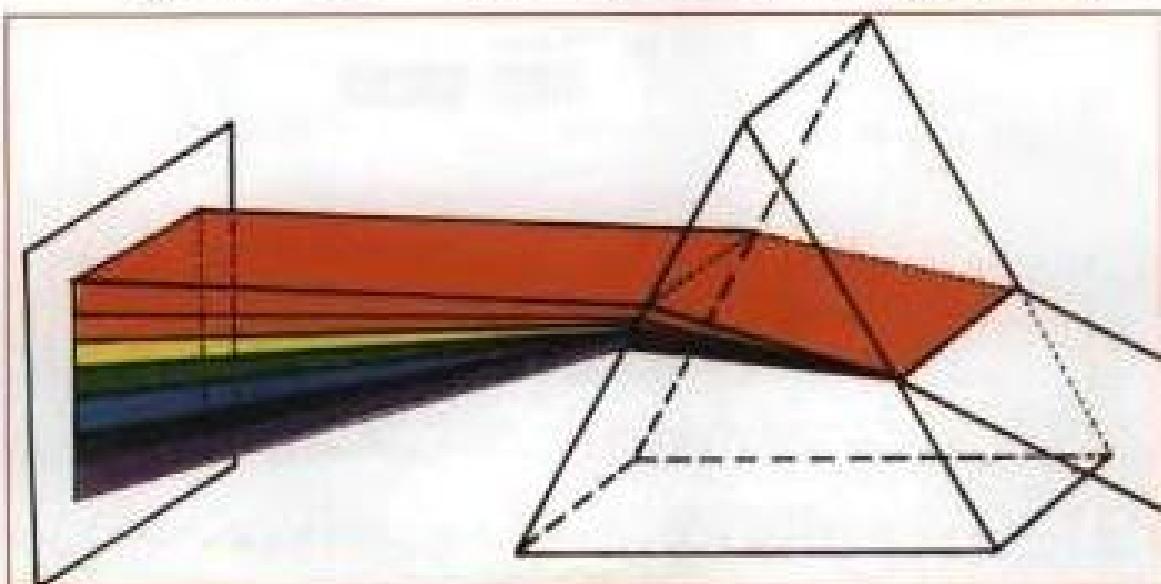
وهي تكون حوالي 9% فقط من الطيف الشمسي ، وهي أقصر الموجات التي ترسلها الشمس ، ولها تأثير فعال في حفظ الصحة وكذلك الحياة على سطح الأرض .

#### الأشعة تحت الحمراء :

وهي أشعة حرارية تمتد أطوالها الموجية بين 0.75 ميكرون و 4 ميكرون ، وتلعب دوراً هاماً في النشاط الجوي كله .

وهي الضوء الأبيض الذي نراه . وهي تكون حزمة ضوئية تقع أطوالها الموجية بين 0.4 ميكرون و 0.72 ميكرون . وهذه الحزمة الضوئية هي مصدر الضوء والنور لأهل الأرض ، وتقع داخل هذه الحزمة الألوان المختلفة التي يتكون منها الضوء الأبيض . ويمكن رؤية هذه الألوان والتي تسمى بألوان الطيف عند سقوط الضوء الأبيض على منشور زجاجي ثلاثي شكل (29-5) حيث يتحلل الضوء الأبيض إلى عدة ألوان هي على الترتيب التالي :

الأحمر - البرتقالي - الأصفر - الأخضر - الأزرق - النيجي - البنجي



شكل (5-29) تحويل الضوء بوساطة منشور ثلاثي

كما يبين الجدول (5-4) التالي الأطوال الموجية المختلفة لألوان الطيف .

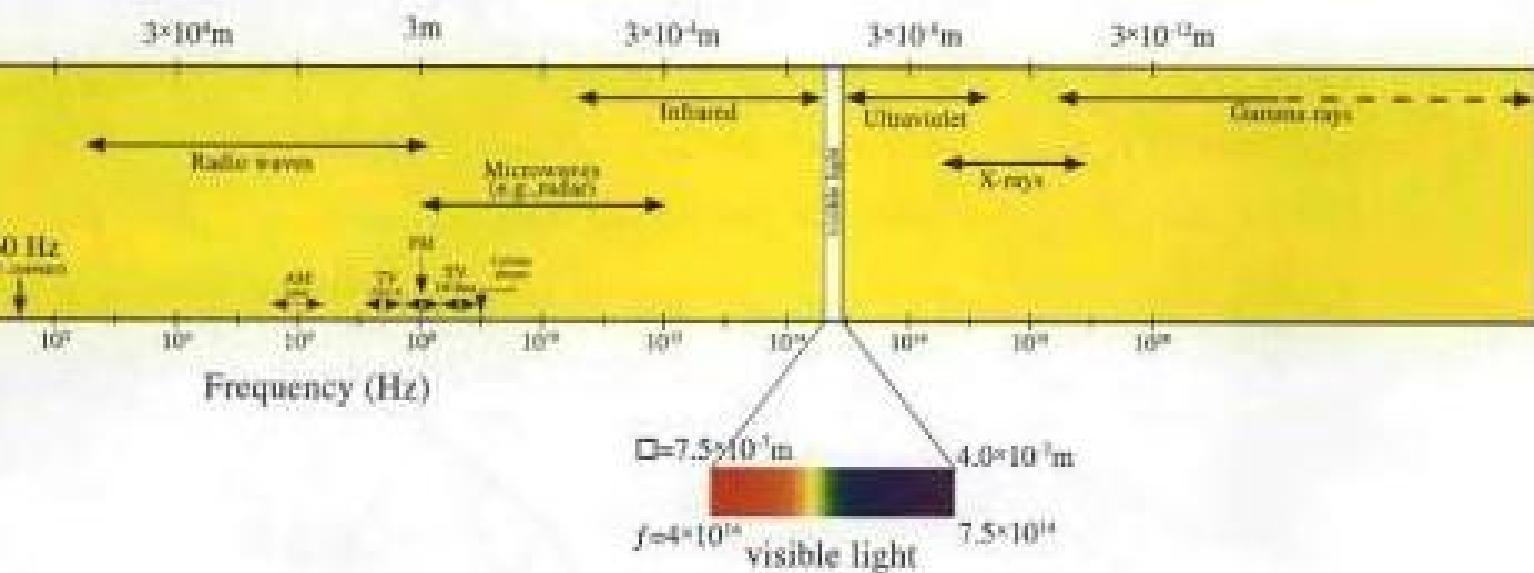
جدول (5-4) الأطوال الموجية

اللون	أحمر	أصفر	أخضر	أزرق	بني	بنجي
الطول الموجي (ميكرون)	0.70	0.62	0.58	0.50	0.48	0.44
0.43						

### بـ الطيف الكهرومغناطيسي :

عند ترتيب الموجات الكهرومغناطيسية المعروفة (جدول 5 - 5) ترتيباً تنازلياً حسب أطوالها الموجية أو ترتيباً تصاعدياً حسب تردداتها ، فإننا نحصل على شريط متصل ومتداخل من الموجات يطلق عليه اسم الطيف الكهرومغناطيسي ، وهو يبدأ بموجات الراديو الطويلة (اللاسلكي) وينتهي باشعة جاما .

جدول (5 - 5) بين الطيف الكهرومغناطيسي



ج

### خواص الموجات الكهرومغناطيسية :

تتميز الموجات الكهرومغناطيسية بكثير من الخواص ، نذكر منها ما يلى :

- يشغل الطيف الكهرومغناطيسي مدى واسعاً من الأطوال الموجية كما هو مبين في جدول (5 - 4) ، ويمتد من الأشعة ذات الطول الموجي القصير جداً (أكبر تردد) وهي أشعة جاما ، (Gama rays) إلى الموجات ذات الطول الموجي الكبير (أقل تردد) وهي موجات الراديو الطويلة (موجات اللاسلكي).
- تكون الموجة الكهرومغناطيسية من مجال مغناطيسي متعدد على مجال كهربائي ، وتتشير الموجة في اتجاه عمودي على المجالين .
- يمكن أن تنتقل هذه الموجات في الفراغ فلا تحتاج إلى وسط مادي لانتقالها مثل موجات الضوء .

وتبعد سرعة الموجات الكهرومغناطيسية ( $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ )

- تبعد الموجات الكهرومغناطيسية قوانين موجات الضوء من حيث الانعكاس والانكسار . . . . .

## استخدامات الموجات الكهرومغناطيسية في قياس أبعاد الأجرام السماوية :

٥

هناك عدة طرق لقياس أبعاد النجوم والأجرام السماوية ، بعضها معروف منآلاف السنين منذ عُرفت قواعد الهندسة المستوية والفراغية ، وُعرف بعضها الآخر بعدما عُرفت الموجات الكهرومغناطيسية والنظريات الحديثة في تحليل العلif . وقد تدرج العلماء في قياس أبعاد النجوم بالطرق التالية :

- ١- رصد النجم من مكائن مختلفين على سطح الأرض ، وهذه الطريقة تصلح فقط للنجوم القريبة من سطح الأرض .
- ٢- يمكن تقدير بعد النجم عن الأرض عن طريق معرفة مقدار الضوء الصادر منه والذي يتوقف على بعد النجم وحجمه ، ومقارنة هذا الضوء الصادر من نجم معروف بعده عن الأرض ، ومن ذلك تستنتج بعد النجم .
- ٣- تقدير كمية الضوء بوساطة الألواح الفوتografية .
- ٤- يمكن تقدير بعد النجم وذلك من تحليل الضوء الصادر منه باستخدام منظار العلif (Spectroscope) ، ومقارنة خطوط العلif بخطوط طيف يخترط طيف معروفة لجسم بعيد معروف بعده عن الأرض .

ولقد ظلت التلسكوبات البصرية هي الوسيلة الحساسة للنظر في أعماق الفضاء ، وهي تستخدم موجات كهرومغناطيسية يمكن رؤيتها بالعين أو تصويرها . غير أن هذا المدى من الموجات يشكل جزءاً صغيراً من العلif الكهرومغناطيسي . ومن ثم نجد أن التلسكوبات البصرية قادرة فقط على رصد تلك النجوم التي ينبعث منها ضوء قوي .

ولقد تم اختراع التلسكوب الإشعاعي ، وهو يستطيع رؤية أطوال موجية أطول من الضوء العرني مثل موجات الراديو وموجات اللاسلكي . ويمكن بوساطة هذا التلسكوب اكتشاف مصادر الموجات اللاسلكية التي تصدر عن نجوم تبعد عنا أكثر من 5 مليون سنة ضوئية ، وذلك يعني أنه يمكن استخدامه لقياس بعد الأجرام السماوية البعيدة جداً والتي لا يمكن قياس أبعادها بالتلسكوبات البصرية العادية .

ويستخدم التلسكوب الإشعاعي مرايا عاكسة كبيرة ذات أسطح ملساء ، وتقوم المرايا العاكسة والتي تبلغ إحداها 210 قدم ، والمتصلة بشبكة معدنية على شكل قطع مكافئ بتركيز أمواج اللاسلكي الواردة من الفضاء الخارجي ، ويمكن إدارة المرايا العاكسة الفضفخمة بحيث يوجه التلسكوب حسب الرغبة نحو أي مساحة من السماء ترتفع إلى حوالي "30" فوق الأفق .

## قراءة مرتاح

**وَقَالَ رَبُّهُ زَوْلِيْهُ عَلَيْهَا**

### الكواكب وما وراء الكواكب

مضت بحوث الفضاء أشواطاً في مجالات ثنى خلال العقود القليلة الماضية من هذا القرن . وقد طور الأمريكان مركباتهم لـ «مكوك الفضاء» بدليلاً للمركبات الفضائية الأولى ، ويستطيع هذا المكوك أن ينطلق كالصاروخ ، ثم يجري كسفينة فضاء ، ثم يعود إلى الأرض فيهبط كالطائرة الشراعية ، وبمتانز عن الصاروخ العادي بأنه يمكن استعماله مرات كثيرة وبذلك يمكن نقل الناس والمعون إلى المحمولات التي يتوى المهتمون بالفضاء بناءها في المستقبل .  
أما الوصول إلى الكواكب فهو أصعب من الوصول إلى القمر ، فالقمر قريب المدار من الأرض أما الكواكب فهي بعيدة خلافاً للقمر .

لقد أطلقت المركبة «مارينر» بقوة صاروخ حتى وضعت على طريق يوصلها إلى لقاء مع الزهرة . واستغرقت الرحلة عدة أيام ، فالزهرة أقرب الكواكب من الأرض .  
وفي جملة المركبات التي أطلقت إلى الفضاء مركبة «مارينر 10» التي اتجهت إلى عطارد فمرت بالقرب منه وثبت لها صوراً لجباره وفوهة .

أما العريخ فقد استقطب اهتمام الروس والأمريكان أكثر من غيره من الكواكب ، حتى أرسل كل منها سفناً فضائية إليه ، وقد حطت مركبتا «فايكنغ» Viking الأمريكيةان على العريخ كما صورت «فايكنغ 2» Viking على بعد 419000 كم منه . وشملت برامجه بحوث الفضاء كوكبي «المشتري» و«ازحل» فقد وصلت إليها معلومات قيمة بتها إلينا مركبta «فوبيجر 1» Voyager 1 و«فوبيجر 2» . كلتا المركبتين مرت قرب «المشتري» ثم قرب «ازحل» . وبدأت في الصور سحب «المشتري» واضحة وكذلك «ازحل» وأقماره وحلقاته المدهشة العجيبة .

والمركبة «فويجر ٢» قد مرت قرب كوكب أورانوس ، إذ أطلقت ابتداء لتجريا خارج مجموعة الثيبة بعيداً في الفضاء . وعندما ينقطع اتصالنا «الراديوي» بهما يتهم كل اتصالنا بهما ، وبصيرا جرمين يجريان في الفضاء إلى ما شاء الله .

وينصح مما سلف أن وصول المركبات الفضائية إلى الكواكب الخارجية من مجموعة يستغرق سنوات طوالاً . أما وصول الصاروخ إلى أقرب نجم منه فإنه يستغرق ألف السنين .

والسؤال الذي يشغل بالي جميعاً هو : هل توجد حياة على الكواكب البعيدة من الأرض بعد أن عرفنا أن كواكب المجموعة الشمسية جميعها لا تصلح للحياة؟ حتى العريخ فقد عرفنا أن لا إثر للحياة على سطحه ! ونحن نعلم علم اليقين أن الشمس نجم والأرض كوكب يدور في فلك حولها . ولذا يتساءل العلماء لماذا لا توجد كواكب تدور حول شموس أخرى ، وعلى هذه الكواكب أو بعضها مخلوقات لا نعرفها؟

تري هل سنستطيع الاتصال بالأمم الأخرى على هذه الكواكب في يوم ما؟ لقد تعلمنا الكثير خلال السنين التي مضت ، وعلم الفلك يشغل كثيراً من العلماء في الماضي والحاضر ، وهو علم سريع التقدم واستكشافاته مستمرة دائمةً وما حققه الإنسان من هذا العلم نراه في نظرنا عظيماً ، وما هو إلا بداية بسيطة جداً لاستطلاع خفايا هذا الكون العظيم .

### الأغراض السلبية التي حققها غزو الفضاء :

إن المراقبة المستمرة لجو الأرض تم بواسطة أقمار الأرصاد الجوية الصناعية ، فبواسطتها تجري دراسة تحرك الكتل الهوائية ورصد التغيرات الجوية ، فتعطينا إنذارات مبكرة بالعواصف والأعاصير التي تأتي من البحار البعيدة . وقد غطت أقمار الأرصاد الجوية الأرض منذ سنة ١٩٦٦م ، فتم إنقاذ عدد كبير من الناس ، كما أتاحت هذه الإنذارات وقتاً كافياً للناس الذين يعيشون في المناطق المهددة للانتقال بعيداً عن مواطن هذه المخاطر .

وهناك نظام من الأقمار الصناعية يعرف باسم «لاندست» landsat يستعمل لجمع معلومات عن الأرض لا نستطيع جمعها عن طريق آخر . ويقوم لاندست بعمل يسمى الاستشعار عن بعد Remote Sensing بطريقة «المقران» Scaner للكشف عن أنماط مختلفة من الإشعاعات الصادرة عنها . وتحول (أو تترجم) مراكز الحاسوب Computer المعلومات التي يبثها «لاندست» إلى صور فوتografية Photographs ، وتستعمل في هذه الصور ألوان زائفة

تبيننا تغيرات في الإشعاع . وعن طريق الاندساس يتم سير أعمق الأرض وخفاءها بالكشف عن مخزون النفط في باطن الأرض ومختلف أنواع المعادن ، وكذلك المناطق الموبوءة من الغابات ، ويقع النفط في البحار ، وما زلت عديدة أخرى .

لقد أجمع رواد الفضاء الذين قضوا أمداً في الفضاء على أن ظروف العيش هناك غير عصبة على الإنسان ، والعقبة التي تواجههم هي العودة إلى الشعور الطبيعي بالوزن عند الرجوع إلى الأرض ، وتزداد هذه العقبة وطأة كلما طالت الرحلة .

## فتحناها للمناقشة

**مواضيع إثرائية وأسئلة للطلاب :**

- هل صحيح أن هناك حجارة تسافر حول الشمس؟
- هل يمكن للكواكب السيارة أن تترك الشمس؟
- هل تدور الكواكب كلها بالسرعة ذاتها؟
- هل يمكننا أن نعيش على كواكب أخرى غير الأرض ، لماذا؟
- ما أكبر كوكب مريار؟
- هل يوجد هواء بين الكواكب؟

## العالم جاليليو جاليلي

Galileo Galilei - (1564-1642)



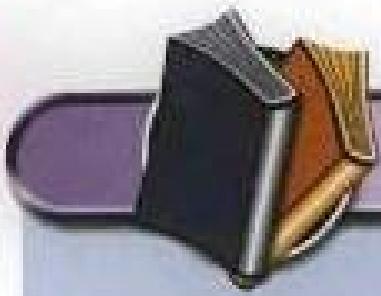
من علماء الفيزياء العرموقين

- جاليليو جاليلي (1564 - 1642) الفيزيائي الفلكي الإيطالي العظيم ، أول من طبق الطرق التجريبية في البحوث العلمية . أدخل جاليليو مفهوم القصور الذاتي ، وبحث في الحركة النسبية ، وقوانين سقوط الأجسام ، وحركة الجسم على المستوى العائلي والحركة عند زماني شيء في زاوية مع الأفق واستخدام البندول في قياس الزمن . كان الأول في تاريخ البشرية الذي وجه التلسكوب إلى السماء وكشف عن مجموعة من النجوم الجديدة . أثبت أن المجرة تكون من عدد عظيم من النجوم ، واكتشف الكواكب الدائرة حول المشتري والباقع الشمسية ودوران الشمس ، وبحث في تركيب سطح القمر .

وقد أيد جاليليو جاليلي بقوة فرضية كوبرنيك التي كانت آنذاك محظمة من قبل الكنيسة الكاثوليكية ، والتي تقول إن الشمس هي مركز المجموعة الشمسية . ولم تعطمحاكمة ومطاردة الكنيسة الكاثوليكية العالم العظيم فرصة العيش بهدوء في السنوات العشر الأخيرة في حياته .

# لذکر ان

155



- 1 الشّمْس مُصْدِر الطَّاقَة والحرارة .
- 2 متوسط بُعد كوكب الأرض عن الشّمْس يساوي 149.5 مليون كم .
- 3 درجة حرارة سطح الشّمْس تـ° 5500 .
- 4 يستغرق زمن وصول الضوء من الشّمْس إلى الأرض  $\frac{1}{8}$  دقيقة .
- 5 الأرض الكوكب الملائم للحياة لما يحيط به من غلاف مائي ، وجوي وصخري حيث توافر كل مقومات الحياة البشرية في هذه الأغلفة من مياه وثروات طبيعية .
- 6 تدور الأرض حول محورها وهذا الدوران يسبب تناوب الليل والنهار .
- 7 تدور الأرض حول الشّمْس بمدار يساوي أهليلجي ، ويسمى محور الأرض على مستوى دورانها حول الشّمْس بزاوية قدرها  $23.5^{\circ}$  ، وهذا التّil يسبب اختلاف الفصول الأربع .
- 8 تتم الأرض دوريتها حول الشّمْس خلال فترة زمنية قدرها 365.25 يوماً (السنة) .
- 9 تبلغ كتلة القمر  $\frac{1}{8}$  من كتلة الأرض ، وتبلغ الجاذبية عليه  $\frac{1}{6}$  جاذبية الأرض .
- 10 يدور القمر حول محوره وينتزع عن ذلك اليوم القمري .
- 11 يدور القمر حول الأرض وينتزع عن هذه الدورة الشهر القمري .
- 12 طول اليوم القمري يساوي طول الشهر القمري ، ولهذا السبب يواجه القمر الأرض بوجه واحد دائم (يطلق عليه جوازاً الوجه المضيء) .
- 13 الشّمْس نجم ويدور حوله 8 كواكب في مدارات يضارع إهليلجيّة من الغرب إلى الشرق ما عدا كوكب الزهرة وكوكب أورانوس .
- 14 ترتيب الكواكب على حسب بعدها عن الشّمْس يكون كالتالي : عطارد ، الزهرة ، الأرض ، المريخ ، المشتري ، زحل ، أورانوس ، نبتون .
- 15 يوم الزهرة أطول من سنتها .
- 16 كوكب المشتري أكبر كواكب المجموعة الشمسية حجماً .
- 17 يوم كوكب المشتري أقصر يوم بالنسبة للكواكب المجموعة الشمسية .

- 18 عدد أقمار المجموعة الشمسية 61 قمراً أو تابعاً .
- 19 توجد بين كوكب المريخ والمشتري فجوة واسعة تدور فيها آلاف الأجرام السماوية تسمى بالكويكبات .
- 20 الشمس مركز المجموعة الشمسية .
- 21 تدور الكواكب حول الشمس في مدارات إهليجية بضاوية تقع الشمس في أحدي بزرتها .
- 22 يرسم نصف القطر المنتج للنجم مساحات متساوية خلال أزمنة متساوية .
- 23 سرعة الكوكب أثناء دورانه حول الشمس لا تكون ثابتة ، ولكن تزداد عندما يقترب من الشمس وتقل عندما يبتعد عنها .
- 24 قوى التجاذب بين الكواكب فيما بينها ، وفيما بينها وبين الشمس هي التي تحدد شكل المسار .
- 25 أي جسم في الكون يتجادل بقوة تتناسب طردياً مع كثافته وعكسياً مع مربع البعد بين مركزيهما .
- 26 إذا كانت القوة الجاذبة المؤثرة على الكوكب عمودية على متجه سرعته كان المسار الذي يسلكه دائرياً ، أما إذا كانت مائلة فإن المسار يصبح إهليجياً .
- 27 الإشعاع الشمسي هو موجات كهرومغناطيسية تخرج من الشمس ولها أطوال موجية مختلفة .
- 28 ينقسم الإشعاع الشمسي إلى أشعة غير مرئية - وهي الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء - وأشعة مرئية هي مكونات الضوء الأبيض العادي .
- 29 تكون الموجة الكهرومغناطيسية من مجال مغناطيسي متزايد مع مجال كهربائي ، واتجاه انتشار الموجة عمودي على المجالين .
- 30 سرعة الموجات الكهرومغناطيسية ثابتة في الوسط الواحد ويمكن أن تنتقل خلال الفراغ ، وسرعتها خلال الهواء والفراغ تساوي  $(3 \times 10^8) \text{ m/s}$  تقريباً .
- 31 تستخدم الموجات الكهرومغناطيسية في تقدير أبعاد النجوم عن الأرض .

# التقويم

157



## السؤال الأول :

- اكتب بين التوسيع الاسم أو المصطلح العلمي الذي يدل عليه كل من العبارات التالية :
- (.....) 1 متوسط بعد كوكب الأرض عن الشمس .
  - (.....) 2 المسافة التي يقطعها الضوء في سنة .
  - (.....) 3 دوران القمر حول محوره أثناء دورانه حول الأرض .
  - (.....) 4 تدور الكواكب حول الشمس في مدارات إهليلجية تحيط الشمس أحدي بزماتها .
  - (.....) 5 يرسم نصف القطر الممتد للكوكب مساحات متساوية خلال لفترة متساوية .
  - (.....) 6 يتاسب صریح الزمان الدورى للكوكب حول الشمس تناسباً طردياً مع مكعب متوسط نصف قطر مداره حول الشمس .
  - (.....) 7 أي جسمين في الكون يتजاذبان بقوة تناسب طردياً مع كثافتيهما وعكسياً مع صریح البعد بين مركزيهما .
  - (.....) 8 موجات تتكون من مجالين كهربائي ومتناطبي متعاودين على بعضهما وعلى اتجاه انتشار الموجة .

## السؤال الثاني :

- ضع علامة ( ✓ ) في الدائرة الواقعه أمام العبارة الصحيحة ، وعلامة ( ✗ ) في الدائرة الواقعه أمام العبارة غير الصحيحة فيما يلى :
- 1 ينشأ عن دوران الأرض حول الشمس اختلاف الفصول .
  - 2 الأرض هي الكوكب الخامس من حيث البعد عن الشمس .
  - 3 تدور الأرض حول الشمس في مدار دائري .
  - 4 تختلف الكواكب الأرضية عن بعضها في الصفات الطبيعية .
  - 5 لا يوجد قمر أو تابع لكوكب عطارد .
  - 6 يعتبر الزهرة من الكواكب العاملة .
  - 7 يوجد بين المريخ والمشتري آلاف من الأجرام السماوية الصغيرة .

8 أول كوكب يقع خارج مدار الأرض هو المشتري .

9 تحتاج الموجات الكهرومغناطيسية إلى وسط مادي تنتشر خلاله .

10 الضوء الأبيض هو ضوء أحادي اللون لا يمكن تحليله .

### السؤال الثالث :

أكمل العبارات التالية بما يناسبها علمياً :

1 يحتوي الغلاف الجوي الغازي للشمس على كمية هائلة من ..... .

2 مصدر الطاقة الشمسية هو ..... .

3 بعد المناسب للأرض عن الشمس يوفر ..... و ..... المناسبين للحياة .

4 الدورة الانتقالية للقمر حول الأرض ..... ، دورته المدارية حول نفسه .

5 تقسم الكواكب السيارة إلى فئتين ، الكواكب الأرضية و ..... .

6 ينتهي كوكب عطارد إلى الكواكب ..... .

7 طول يوم كوكب الزهرة ..... من سنة .

8 تقل قوة جذب الشمس للكوكب كلما ..... بعده عن الشمس .

9 أكبر تردد لموجات الطيف الكهرومغناطيسي هو ..... .

### السؤال الرابع :

ضع علامة (✓) في السريع المقابل لأليب إيجابية لكل عبارة من العبارات التالية :

1 الكوكب الخامس حسب ترتيبه بعد عن الشمس هو :

- الأرض       أورانوس       المشتري       المريخ

2 تدور كواكب المجموعة الشمسية حول الشمس في مدارات :

- ثابتة الاستدارة       شديدة الاستطالة       بيضاوية       لولية

3 أصغر الكواكب التالية حجماً هو :

- بلوتو       عطارد       الأرض       المشتري

4 أكبر الكواكب العملاقة هو :

نبتون     أورانوس     المشتري

زحل     سرعة دوران الكوكب حول الشمس :

5

تزداد عندما يبتعد عن الشمس

ثابتة

تزداد عندما يقترب من الشمس

تقل عندها

قوه التجاذب المتبادله بين اي جسمين تناسب : 6

طردياً مع كثليهما و مع مربع البعد بين مركزيهما .

طردياً مع كثليهما و عكسيأ مع مربع البعد بين مركزيهما .

عكسيأ مع كثليهما و مربع البعد بين مركزيهما .

طردياً مع كثليهما و عكسيأ مع البعد بين مركزيهما .

عند سقوط الضوء الأبيض على أحد جانبي منشور ثلاثي من الزجاج فإنه يتحلل إلى : 7

خمسة ألوان     ستة ألوان     سبعة ألوان     ثمانية ألوان

المرجات الكهرمغناطيسية تتكون من مجالين أحدهما مجال : 8

كهربائي عمودي على مجال مغناطيسي عمودي على اتجاه انتشار الموجة .

كهربائي مواز لمجال مغناطيسي عمودي على اتجاه انتشار الموجة .

كهربائي عمودي على مجال مغناطيسي في نفس اتجاه انتشار الموجة .

كهربائي مواز لمجال مغناطيسي في نفس اتجاه انتشار الموجة .

### السؤال الخامس :

علل ما يلي تعليلاً علمياً دقيقاً :

1 بواجه القمر سكان الأرض بوجه واحد دائمًا .

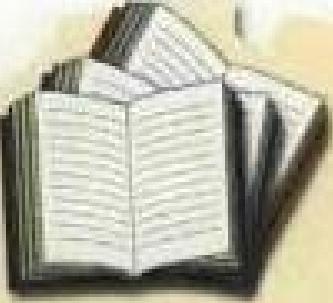
2 يعلق على الأرض كوكب الحياة .

3 يسمى كوكب العريخ بالكوكب الأحمر .

4 تتعاقب على الأرض فصول أربعة .

5 تدور الكواكب حول الأرض في مسارات إهليلجية .

6 تتغير سرعة الكوكب أثناء دورانه حول الأرض .



## المراجع العلمية

### أولاً: المراجع الأجنبية :

- 1- Channles letts (1991) Stars and planetes: co. Ltd. London.
- 2- Erwin selleck (1991) Technical Physics Delmar U. S. A.
- 3- D. Giancoli. Prentice-Hall int(1995) Physics. Englewood N. J.
- 4- International Edition Physics 5th Ed.
- 5- Serway pdysics for Scientists and Engeneress 3rd ed.

### ثانياً: المراجع العربية :

- 1- أساسات الفيزياء - ن بوش (1995) ، (ترجم) : الدار الدولية للنشر والطباعة - الطبعة الخامسة .
- 2- الفيزياء لطلبة العلوم والهندسة - روبرت رزنك - ديفيد هاليداي (1995) - المكتب المصري الحديث (ترجم) .
- 3- الفيزياء العامة والحرارة . تأليف ج . أ . جرانت . ترجمة أ . د . علي محمد نصار وأخرون . طبعة 1986
- 4- مبادئ الفيزياء في خواص المادة والحرارة . أ . د محمد عبدالمقصود (1990)
- 5- مبادئ خواص المادة والحرارة . تأليف د . مصطفى كامل وأخرون (981)
- 6- كتاب الفيزياء الصف الثاني الثانوي . الطبعة الثالثة (2001 - 2002)



أودع بمكتبة الوزارة تحت رقم (٥٩٦) بتاريخ ٢٠٠٧/٧/٢٢