

الفرقة: الثالثة تعليم أساسي (علوم)

د. / صلاح عيد إبراهيم حمزة

جامعة بنها

كلية التربية

دور يناير ٢٠١٤ (تخلف)

نموذج إجابة مادة حرارة وموجيات

تاريخ الإمتحان: ٢٠١٣/١٢/٢١

س ١ (أ) عرف كلا من: الطول الموجي - التردد.

- الطول الموجي: هو المسافة بين نقطتين لهما نفس الطور
- التردد: هو عدد الموجات الكاملة في وحدة الزمن

س ١ (ب) استنتج المعادلة العامة للحركة التوافقية.

رأينا في البند السابق أن إزاحة جسم يتحرك حركة توافقية بسيطة يمكن وصفها

بالمعادلة:

$$y = A \sin(\omega t + \delta)$$

حيث تمثل  $y$  الإزاحة عند أي زمن،  $A$  سعة الحركة،  $\delta$  فرق الطور. بتفاضل المعادلة السابقة

مرتين بالنسبة الزمن نحصل على:

$$\frac{dy}{dt} = \dot{y} = \omega A \cos(\omega t + \delta)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \ddot{y} = -\omega^2 A \sin(\omega t + \delta)$$

حيث تمثل  $\dot{y}$  سرعة الجسم المتذبذب،  $\ddot{y}$  عجلة الحركة. وحيث أن  $y = A \sin(\omega t + \delta)$  فإن:

$$\ddot{y} = -\omega^2 y$$

وتسمى المعادلة الأخيرة بالمعادلة التفاضلية للحركة التوافقية. ونلاحظ أن عجلة الحركة تتناسب طردياً مع الإزاحة وفي عكس اتجاهها. وثابت التناسب في هذه الحالة يعطى مربع السرعة الزاوية للحركة.

س ١ (ج) استخدم مبدأ التجميع في استنتاج الموجة المحصلة الناتجة من جمع موجتين مختلفتان في الطور ومتساويتين في السعة والتردد وتنتشران في نفس الاتجاه.

إذا إنتشر في وسط ما مجموعة من الموجات في نفس الوقت فإن ذبذبة جسيمات الوسط تكون حاصل الجمع الجبرى للذبذبات الناشئة عن كل موجة على حدة عندما تمر في الوسط. أى أن الموجات تجمع بساطة على بعضها ولا تؤثر واحدة على الأخرى. هذا المبدأ يعرف بالتجميع وقد أثبتته التجربة. وتعتمد المحصلة الناتجة من عملية التجميع على سعة الموجتين وفرق الطور بينهما.

نفرض وجود موجتين لهم نفس التردد والسعة وتتحركان بنفس السرعة وفي نفس الإتجاه

(+ x) ولكنهما تختلفان في الطور بمقدار  $\varphi$  ، معادلة الموجة لكل منهما هي

$$y_1 = A \sin(kx - \omega t) \quad (1)$$

$$y_2 = A \sin(kx - \omega t + \varphi) \quad (2)$$

محصلة الموجتين تعطى بـ

$$y = y_1 + y_2 = A[\sin(kx - \omega t) + \sin(kx - \omega t + \varphi)]$$

من حساب المتثلثات

$$\sin a + \sin b = 2 \sin \frac{1}{2}(a + b) \cos \frac{1}{2}(a - b)$$

$$\therefore y = 2A \cos \frac{\varphi}{2} \sin(kx - \omega t + \frac{\varphi}{2}) \quad (3)$$

وهي معادلة موجة لها نفس تردد الموجات الأصلية ولكن سعتها  $2A \cos \frac{\phi}{2}$ . ويتوقف شكل

الموجة المحصلة على فرق الطور  $\phi$ . من المعادلة السابقة يمكننا الحصول على حالتين هامتين

جدا وهم:

• **التداخل البناء Constructive interference:** إذا كان فرق الطور بين الموجتين

يساوى الصفر  $\phi = 0$  فإن  $\cos 0 = 1$  وبالتالي فإن المحصلة تأخذ الشكل

$$y = 2A \sin(kx - \omega t) \quad (4)$$

أى تكون سعة الموجة المحصلة  $2A$  ضعف السعة الأصلية وتطبق الموجتين كل منهما

على الأخرى وتقويان بعضهما البعض ويسمى التداخل بالتداخل البناء كما فى شكل ( a )

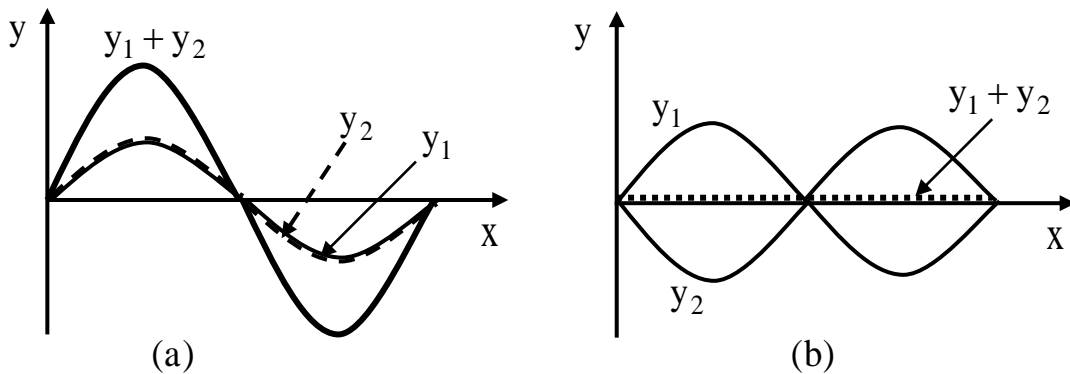
• **التداخل الهدام Destructive interference:** إذا كان فرق الطور بين الموجتين

يساوى  $\phi = \pi$  فإن  $\cos \frac{\pi}{2} = 0$  وبالتالي فإن المحصلة تأخذ الشكل

$$y = 0 \quad (5)$$

أى أن السعة المحصلة تصبح صفرا لأن قمة إحدى الموجتين تقع فوق قاع الأخرى ولذلك تهدم

الموجتين بعضهما. ويسمى التداخل فى هذه الحالة بالتداخل الهدام كما فى شكل ( b )



وبصفة عامة فإن الإزاحة  $y$  عند أى بعد  $x$  هي المجموع الجبرى للإزاحتين عند نفس البعد وأن الموجة المحصلة هي موجة جيبيية مثل الموجتين الأصليتين. ويكون التداخل بناء إذا أخذ فرق

$$\varphi = 2n\pi, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

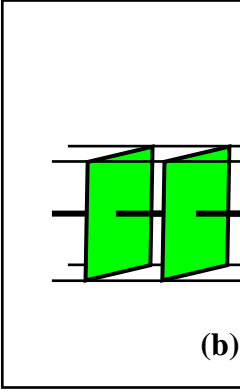
الطور بين الموجتين القيم

$$\varphi = (2n + 1)\pi$$

ويكون التداخل هدام إذا أخذ فرق الطور القيم

### س ٢ (أ) عرف كلا من: العدد الموجي - السطح الموجي

- العدد الموجي هو: عدد الموجات الكاملة في وحدة الطول
- السطح الموجي هو: المحل الهندسي للجسيمات التي تتذبذب بدون فرق في الطور يعرف بالسطح الموجي. ومن الواضح أنه يوجد ملايين الأسطح الموجية ولكن يوجد صدر موجي واحد عند كل لحظة زمنية. والسطح الموجي لا يتغير مع الزمن ولكن الصدر الموجي يتغير. السطح الموجي يمكن أن يأخذ أي شكل، فإذا أنتشر الاضطراب في اتجاه واحد فإن السطح الموجي يكون عبارة عن مستوى وتسمى الموجة في هذه الحالة بالموجة المستوية كما يسمى الخط العمودي على سطح الموجة وفي اتجاه انتشارها بالشعاع. ومن الواضح أن الأشعة في الموجة المستوية تكون متوازية، شكل (a). هناك نوع آخر من الأسطح الموجية وهو السطح الكروي حيث ينتشر الاضطراب في جميع الاتجاهات حول المصدر الضوئي. ويأخذ سطح الموجة الشكل الكروي والأشعة تمثل أنصاف أقطار الكرة وتنتشر في جميع الاتجاهات، شكل (b).



## س ٢ (ب) استنتج المعادلة التفاضلية العامة لحركة الموجة.

إذا تحركت موجة في أي وسط فإن جميع الجسيمات الحاملة للموجة تتذبذب بنفس الحركة التوافقية البسيطة ويكون لها نفس السعة ونفس التردد ولكنها تخلف في الطور. نفرض أن  $y$  هي الإزاحة لجسم يقع عند نقطة الأصل

$$y = A \sin \omega t \quad (1)$$

أما الإزاحة لأي جسم آخر على يمين أو يسار نقطة الأصل وبعدها مسافة  $x$  فهي

$$y = A \sin(kx \pm \omega t) \quad (2)$$

والإشارة  $\pm$  لتحديد اتجاه انتشار الموجة. فإذا كانت الموجة تنتشر ناحية اليسار (سالبة  $x$ ) تكون معادلتها

$$y = A \sin(kx + \omega t) \quad (3)$$

وإذا كانت الموجة تنتشر ناحية اليمين (موجبة  $x$ ) تكون معادلتها

$$y = A \sin(kx - \omega t) \quad (4)$$

وتعطي المعادلة (٣) أو (٤) إزاحة جسم عند أي زمن  $(t)$ . ويمكن بصفة عامة الحصول على

المعادلة التفاضلية التي تحكم الحركة الموجية لأي نظام مندذب كالاتي:

▪ بتفاضل معادلة (٤) مرتين بالنسبة للمسافة  $x$

$$\frac{dy}{dx} = kA \cos(kx - \omega t)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -k^2 A \sin(kx - \omega t)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -k^2 y \quad (٥)$$

▪ بتفاضل معادلة (٤) مرتين بالنسبة للزمن t

$$\frac{dy}{dt} = -\omega A \cos(kx - \omega t)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\omega^2 A \sin(kx - \omega t)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\omega^2 y \quad (٦)$$

باستخدام معادلة (٥)  $\omega = kv$  فإن

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -k^2 v^2 y \quad (٧)$$

بمقارنة معادلة (٥)، (٧) نحصل على

$$\frac{d^2y}{dt^2} = v^2 \frac{d^2y}{dx^2} \quad (٨)$$

وهذه هي المعادلة التفاضلية لحركة الموجة. وأي معادلة تأخذ هذا الشكل تمثل موجة سرعة

$$\text{انتشارها } v \text{ تعطى من جزر معامل } \frac{d^2y}{dx^2}.$$

س٣ (أ) أكتب فكرة مبسطة عن الموجات فوق صوتية.

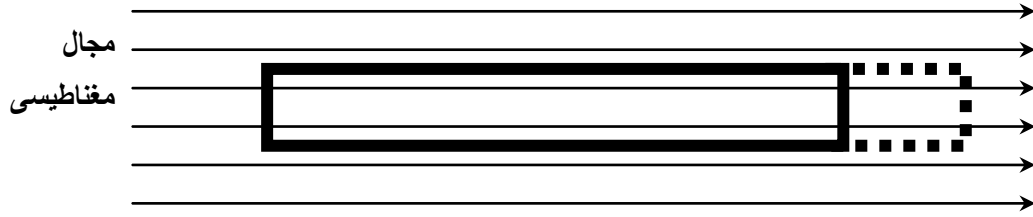
الموجات فوق صوتية هي موجات ذات تردد يعلو عن المدى المسموع ولها أهمية كبيرة

في العلم وتطبيقاته. فالموجات فوق صوتية ذات التردد 6800 Hz يكون طول موجتها حوالي

0.5 cm وهى لذلك يمكن استخدامها كشعاع موجه للكشف عن الغواصات داخل المياه أو أماكن تجمع الجليد في البحار لكي تتفاداه الغواصات والسفن العملاقة. وتستخدم الطرق العادية لإنتاج هذه الموجات فمثلا لا تستخدم مكبرات الصوت لأن غشاء المكبر لا يمكن أن يتذبذب بهذه الترددات المرتفعة. والموجات فوق صوتية يمكن إنتاجها بإحدى طريقتين تعتمد أولهما على ظاهرة البيزومغناطيسية والثانية على ظاهرة البيزوكهربية.

### مولدات ذبذبات البيزومغناطيسية

بعض المواد مثل الحديد والنيكل والكوبالت يحدث لها تغير في أبعادها الهندسية عند تطبيق مجال مغناطيسي قوى عليها. وتعرف هذه الظاهرة بالانفعال المغناطيسي والتي أكتشفها جول سنة ١٨٤٧.



فعند وضع قضيب بزاوية طول في المجال المغناطيسي الشكل فإن طولته يتغير بمقدار  $\Delta l$  وذلك لأن المجال المغناطيسي يسبب نوع من الإجهاد لإعادة ترتيب ثنائيات القطب داخل المادة مما يؤدي إلى انفعال المادة على شكل تغير في طولها. ويعطى الانفعال من

$$\text{العلاقة} = \frac{\Delta l}{l} = \text{الانفعال}$$

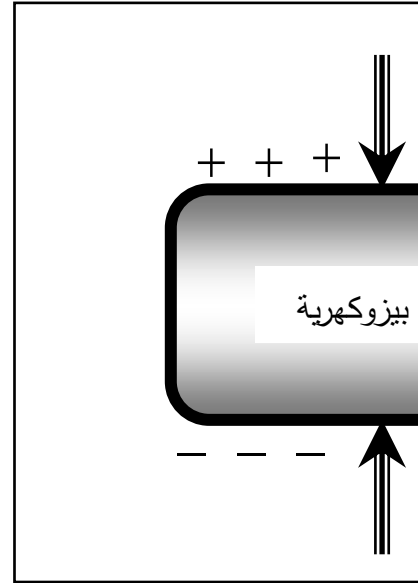
ويمكن استغلال ظاهرة البيزومغناطيسية في إنتاج ذبذبات انفعالية فوق صوتية وذلك بتطبيق مجال مغناطيسي قوى يتغير دوريا مع الزمن. وبحسب تردد الموجات فوق صوتية الناتجة بهذه الطريقة من المعادلة التفاضلية

$$v = \frac{1}{\ell} \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

واضح أن تردد الموجة الفوق صوتية الناتجة يتوقف على مواصفات القضيب فقط مثل الطول ومعامل ينج وكثافة مادته ولا يعتمد على أي بيانات تخص المجال المغناطيسي وذلك لأنه للحصول على الرنين لابد أن يتوافق تردد القضيب مع تردد المجال المغناطيسي.

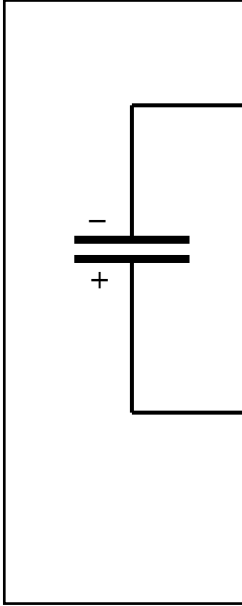
### مولدات نبذبات البيزوكهربية

في سنة ١٨٨٠ أكتشف العالمان بير وجاكوب كورى أن بعض البلورات عند الضغط عليها بقوة تتولد شحنات كهربية على سطحها (موجبة على أحد الأوجه وسالبة على الوجه الآخر) كما في الشكل التالي . وقيمة الشحنة المتولدة تتناسب مع الضغط على البلورة كما يمكن استخدام هذه الشحنة كمقياس للضغط بدقة عالية.



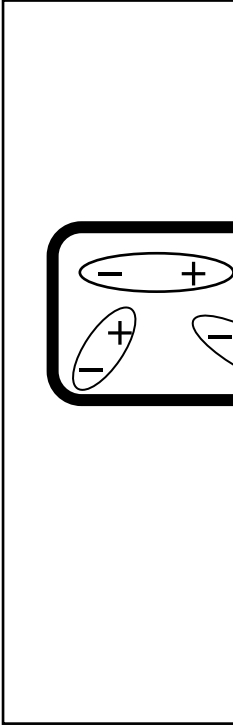
وعندما نقوم بالعملية العكسية أي إذا أثرتنا على هذه البلورة بمجال كهربي كما هو موضح بالشكل التالي فإن البلورة تتمدد أو تنكمش تبعا لاتجاه المجال.





ويمكن تفسير ذلك على أساس أن هذا النوع من البلورات يحتوي على ثنائيات قطب موزعة عشوائيا في البلورة كما في الشكل التالي. عند تطبيق مجال كهربي فإن ثنائيات القطب تدور ليكون محورها في اتجاه المجال وينتج عن ذلك تمدد البلورة. وعند عكس المجال تدور ثنائيات القطب لتعود في عكس الاتجاه مرة باللمحة التي يكون فيها محورها متعامدا مع المجال فتتكشف البلورة.

وعليه فعند تطبيق مجال كهربي متردد فإن التمدد والانكماش يتبادلان بنفس تردد المجال الكهربي. هذا بدوره يؤدي إلى عمل ضغط متتالي على طبقة الوسط الملاصق للبلورة بنفس تردد البلورة وينتقل هذا الضغط على شكل موجات ميكانيكية يتوقف ترددها على تردد المجال الكهربي. وتستخدم هذه البلورة في توليد الموجات الفوق صوتية والكشف عنها.



وذلك لأن عملية التمدد والانكماش (موجات ميكانيكية) تحدث نتيجة تطبيق مجال كهربائي متغير. وعلى العكس من ذلك ينشأ المجال المتغير نتيجة الضغط الميكانيكي على البلورة وبالتالي يمكن الكشف عن الموجات فوق صوتية لأنها تسبب ضغوط متغير

س٣ (ب) اثبت أن العلاقة الرياضية التي تربط السرعة الخطية والزاوية والعدد الموجي هي

$$\omega = kv$$

حيث أن  $2\pi = k\lambda$  ،  $2\pi = \omega T$  فإن

$$\omega T = k\lambda$$

$$\omega = \frac{k\lambda}{T} = k\lambda v = kv$$

٤. (أ) ما هي النظرية الفيزيائية التي بنى عليها عمل ترمومتر الازدواج الحراري

The principle underlying a thermoelectric thermometer is that when one junction of two different metals such as iron and copper is heated keeping the other cold an emf is generated and a current flows through the circuit, see Fig. (6). This is known as *Seebeck effect*. The magnitude of the emf generated is proportional to the temperature of the hot junction if that of the cold junction is kept constant. Variation of thermo emf with temperature is given from the expression:

$$E = \alpha T + \beta T^2$$

where T is the temperature of the hot junction,  $\alpha$  and  $\beta$  are constants. It has been found that for temperature up to  $300^{\circ}\text{C}$ , copper constantan and iron constantan are good as they give thermo emf of the order of 40 to 60 microvolt per degree temperature difference between junctions.

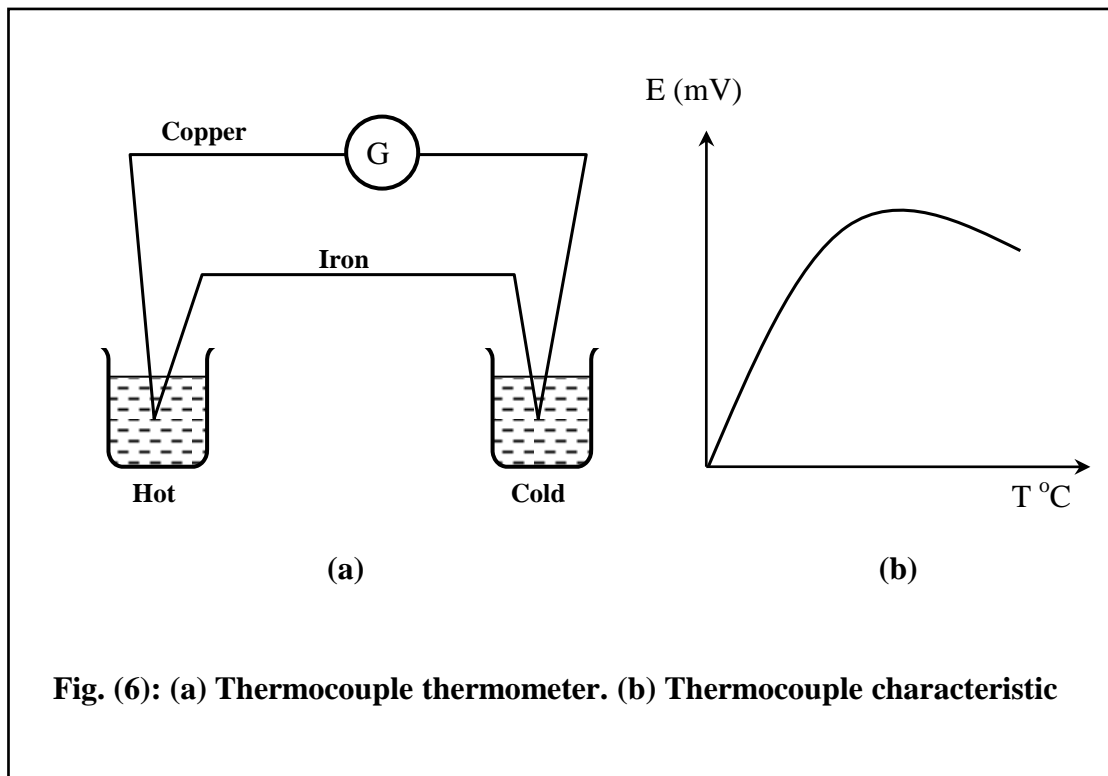
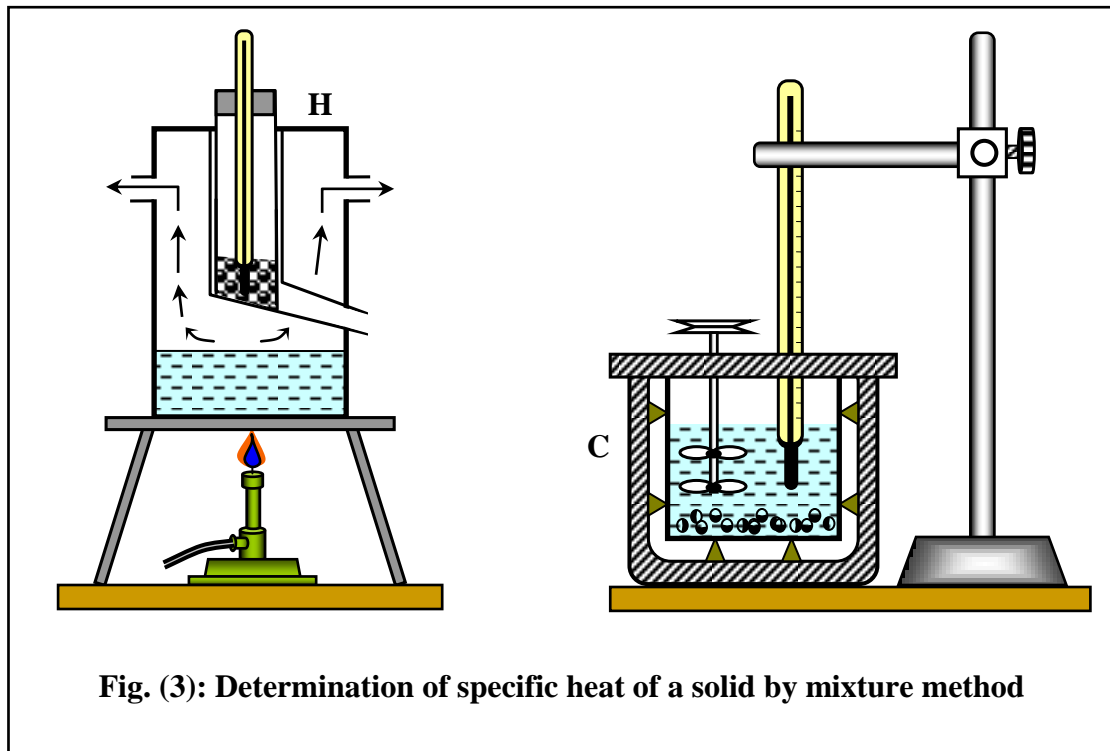


Fig. (6): (a) Thermocouple thermometer. (b) Thermocouple characteristic

٥. ب) باستخدام طريقة الخلط وضح كيف يمكن تعيين الحرارة النوعية لجسم صلب.

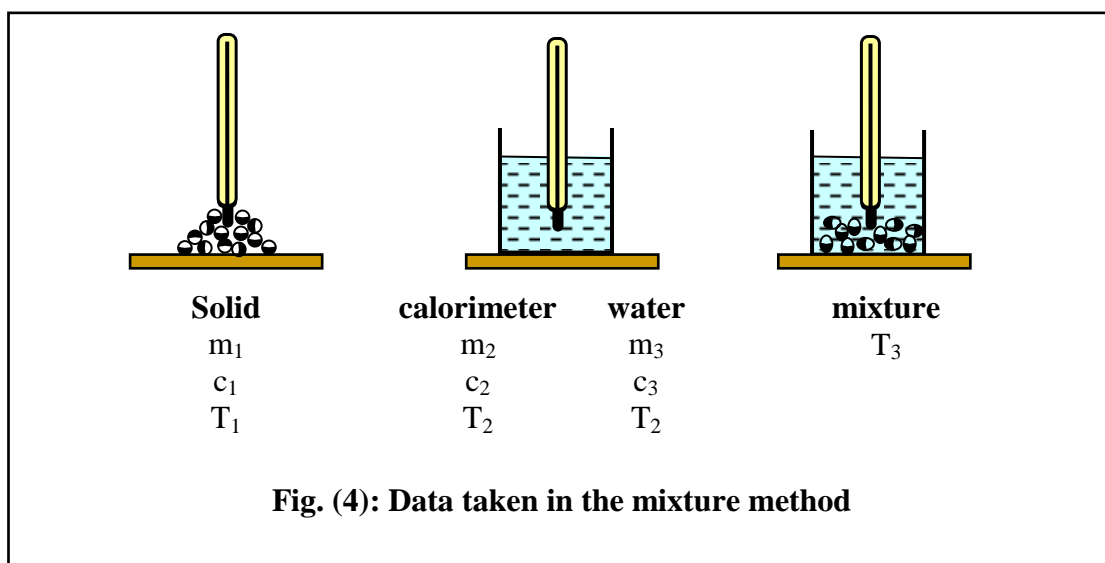
Mixture method is the one most commonly used in the laboratory for determining the specific heat of solids. The apparatus consists of two parts, the heater H and the calorimeter C, see Fig. (3). The heater consists of two coaxial cylinders, the annular space between them being supplied with a steady flow of steam. The top of the air chamber (inner one) is closed with a cork while the bottom by a trap door through which the solid may be dropped into the calorimeter. The calorimeter is a copper vessel placed in a wooden box packed with wood to reduce loss of heat by conduction. The calorimeter is provided with a copper stirrer and a sensitive thermometer.



The solid, in the form of a small pieces, is weighted and suspended inside the heater by a thread passing through the cork. Steam is passed through the heater from a boiler, so that the solid may be heated without actual contact with steam or water. While the solid is heated, the empty

dry calorimeter, with the stirrer is weighted. Water is taken in the calorimeter and the calorimeter and contents are weighted again. The mass of water taken is then readily found. The calorimeter is placed back inside the wooden box and the temperature of the water is noted.

When the solid has attained the steady maximum temperature, the calorimeter is pushed under the trap door of the heater and the solid dropped into the calorimeter. The contents of the calorimeter are well stirred and the highest temperature reached is noted.



Suppose  $c_1$  is the specific heat of a given solid.  $m_1$  grams of the solid at  $T_1$  °C is added to  $m_3$  of water at  $T_2$  °C in a calorimeter whose mass is  $m_2$  and its specific heat is  $c_2$ . Let  $T_3$  °C be the final temperature of the mixture, see Fig. (4). By equating the heat lost by the solid  $Q_s$  to the heat gained by the calorimeter and water ( $Q_c + Q_w$ ) we get

Heat lost by solid = Heat gained by (calorimeter + water)

$$Q_s = Q_c + Q_w$$

$$\boxed{m_1 c_1 (T_3 - T_1) = (m_2 c_2 + m_3 c_3)(T_3 - T_2)} \quad (8)$$

from which  $c_1$  can be determined.

٦. ب) أكتب ما تعرفه عن عملية الانتقال الحراري بالتوصيل مع استنتاج القانون المستخدم لوصف هذه العملية.

Heat conduction can be visualized as the result of molecular collisions. As one end of the object is heated, the molecules there move faster and faster. As they collide with their slower neighbors, they transfer some of their energy to these molecules whose speeds increase.

Consider the conduction of heat through a slab of material of face area  $A$  and thickness  $\Delta x$ , with a difference of temperature between the faces of  $\Delta T$ . The rate of heat flow through the slab is found to be proportional to the temperature gradient  $\Delta T/\Delta x$  and the area  $A$ . Then

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} \propto A \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad \text{or} \quad H \propto A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

For infinitesimal thickness  $dx$ , across which there is a temperature difference  $dT$ , we obtain the fundamental law of heat conduction

$$H = \frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

where  $dT/dx$  is called the temperature gradient, and  $k$  is a constant of proportionality

٥. (أ) أكتب فكرة مبسطة (مع الرسم) عن كيفية عمل الترمومتر الزئبقي.

The liquid in glass thermometers such as mercury or colored alcohol are the most simple and common ones. Such a thermometer is shown in Fig. (2). It consists of a thin walled glass bulb A to the top of which is scaled a slender glass capillary tube B. A liquid such as mercury or colored alcohol partially fills the bulb and tube. The upper end of the tube C is sealed off and the air is removed from the space above the liquid. A scale is engraved on the tube with the reference ice point and boiling point.

As the temperature of the thermometer increases, the volume of liquid increases through the volume of capillary. Therefore, the liquid level rises in the capillary with the temperature increases and fall down as the temperature falls.

