وزارة التربية والتعليم
قطاع المناهج والتوجيه
الإدارة العامة للمناهج

الأنشطة والتجارب العملية

الفيزياء

للصف الأول الثانوي

تأليف

أ. د. داود عبدالملك الحدابي / رئيساً

أ.د. عمر صالح بابقي — أ. أم السعد محمد عبدالحي محمد
د. هزاع عبده سالم الحميدي — أ. محفوظ محمد سلام مسعود
أ. جميل أسعد محمد — أ. رمضان سالم النجار

الإخراج الفني

الصف الطباعي : سماح حمود مسعود
الرسم : ريناس محمد العريقي
محمد حسين الذماري
التصميم : عبد الرحمن حسين المهرس
بسام أحمد محمد العامر

تدقيق التصميم : حامد عبدالعالم الشيباني

١٤٣٥هـ / ٢٠١٤م

المصدر: قانون رقم (٣٦) لسنة ٢٠٠٦م بشأن السلام الجمهوري ونشيد الدولة الوطني للجمهورية اليمنية

أعضاء اللجنة العليا للمناهج

أ. د. عبدالرزاق يحيى الأشول.

د. عبدالله عبده الحامدي.	أ/ علي حسين الحيمي.
د/ صالح ناصر الصوفي.	د/ أحمد علي المعمري.
أ.د/ محمد عبدالله الصوفي.	أ.د/ صالح عوض عرم.
أ/ عبدالكريم محمد الجنداري.	د/ إبراهيم محمد الحوثي.
د/ عبدالله علي أبو حورية.	د/ شكيب محمد باجرش.
د/ عبدالله لملس.	أ.د/ داوود عبدالملك الحدابي.
أ/ منصور علي مقبل.	أ/ محمد هادي طواف.
أ/ أحمد عبدالله أحمد.	أ.د/ أنيس أحمد عبدالله طائع.
أ.د/ محمد سرحان سعيد المخلافي.	أ/ محمد عبدالله زبارة.
أ.د/ محمد حاتم المخلافي.	أ/ عبدالله علي إسماعيل.

د/ عبدالله سلطان الصلاحي.

قررت اللجنة العليا للمناهج طباعة هذا الكتاب .

بسم الله الرحمن الرحيم

تقديم

في إطار تنفيذ التوجهات الرامية للاهتمام بنوعية التعليم وتحسين مخرجاته تلبية للاحتياجات ووفقاً للمتطلبات الوطنية.

فقد حرصت وزارة التربية والتعليم في إطار توجهاتها الإستراتيجية لتطوير التعليم الأساسي والثانوي على إعطاء أولوية استثنائية لتطوير المناهج الدراسية، كونها جوهر العملية التعليمية وعملية ديناميكية تتسم بالتجديد والتغيير المستمرين لاستيعاب التطورات المتسارعة التي تسود عالم اليوم في جميع المجالات.

ومن هذا المنطلق يأتي إصدار هذا الكتاب في طبعته المعدلة ضمن سلسلة الكتب الدراسية التي تم تعديلها وتنقيحها في عدد من صفوف المرحلتين الأساسية والثانوية لتحسين وتجويد الكتاب المدرسي شكلاً ومضموناً، لتحقيق الأهداف المرجوة منه، اعتماداً على العديد من المصادر أهمها: الملاحظات الميدانية، والمراجعات المكتبية لتلافي أوجه القصور، وتحديث المعلومات وبمايتناسب مع قدرات المتعلم ومستواه العمري، وتحقيق الترابط بين المواد الدراسية المقررة، فضلاً عن إعادة تصميم الكتاب فنياً وجعله عنصراً مشوقاً وجذاباً للمتعلم وخصوصاً تلاميذ الصفوف الأولى من مرحلة التعليم الأساسي.

ويعد هذا الإنجاز خطوة أولى ضمن مشروعنا التطويري المستمر للمناهج الدراسية ستتبعها خطوات أكثر شمولية في الأعوام القادمة، وقد تم تنفيذ ذلك بفضل الجهود الكبيرة التي بذلها مجموعة من ذوي الخبرة والاختصاص في وزارة التربية والتعليم والجامعات من الذين أنضجتهم التجربة وصقلهم الميدان برعاية كاملة من قيادة الوزارة والجهات المختصة فيها.

ونؤكد أن وزارة التربية والتعليم لن تتوانى عن السير بخطى حثيثة ومدروسة لتحقيق أهدافها الرامية إلى تنوير الجيل وتسليحه بالعلم وبناء شخصيته المتزنة والمتكاملة القادرة على الإسهام الفاعل في بناء الوطن اليمني الحديث والتعامل الإيجابي مع كافة التطورات العصرية المتسارعة والمتغيرات المحلية والإقليمية والدولية.

أ.د. عبدالرزاق يحيى الأشول

وزير التربية والتعليم

رئيس اللجنة العليا للمناهج

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

يسرنا أن نقدم لطلابنا الأعزاء هذا الكراس الخاص بالأنشطة والتجارب العملية ليكون مساعداً لتطوير مهاراتهم المختلفة، وهو يربط ارتباطاً مباشراً بالكتاب المدرسي ، ومكملاً له؛ ولا يمكن العمل بأحدهما بمعزل عن الآخر ، وقد حبذنا أن يكون مستقلاً عن الكتاب المدرسي وذلك ليتفاعل الطالب معه، حتى نعطي له وللمعلم دوراً أكبر في تنفيذ ما ورد فيه مستعيناً بالمعمل المدرسي والبيئة المحلية التي ارتبطت بمناهجنا ارتباطاً كبيراً . ونقصد بذلك خامات البيئة المحلية والتفاعل معها .

وما نرجوه من المعلم والمتعلم على حد سواء الاهتمام بما جاء فيه وتنفيذه بشكل جيد، والهدف من هذا ربط ما يدرسه الطالب نظرياً بتطبيقه عملياً .

أملنا كبير أن تصلنا من زملائنا المعلمين والموجهين الآراء الجيدة حول محتويات هذا الكراس والهادفة لتطويره حتى نطوره مستفيدين من خبراتهم الكبيرة والتي لا غنى لنا عنها.

والله ولي الهداية والتوفيق ،

المؤلفون

المحتويات

الموضـــوع	الصفحة

التجربة الأولى : الشحنة الكهربائية ٦

التجربة الثانية : قانون أوم ٧

التجربة الثالثة : المقاومة الكهربائية لعمود كهربائي ١١

التجربة الرابعة: توصيل عدة مقاومات كهربائية معاً في دائرة كهربائية على التوالي ١٤

التجربة الخامسة : قانون هوك ١٦

التجربة السادسة: قاعدة أرشميدس ١٨

التجربة السابعة : تعيين الحرارة النوعية للحديد ٢٠

التجربة الثامنة: تعيين معامل التوصيل الحراري لساق من النحاس ٢٣

التجربة التاسعة : إيجاد معامل التمدد الطولي ٢٦

التجربة العاشرة : تحقيق قانون بويل عملياً ٢٩

التجربة الحادية عشرة : تحقيق قانون شارك ٣٣

التجربة الثانية عشرة : تحقيق قانون الضغط عملياً ٣٦

الهدف من التجربة: توضيح أن الشحنة الكهربائية تستقر على السطح الخارجي للموصل.

نظرية التجربة

تتساوى الجهود على سطح الموصل عند أي نقطة فيه، بينما شدة المجال على السطح غير متساوية، ولها قيم محددة، ويكون اتجاه المجال عمودياً على سطح الموصل لأن شدة المجال الكهربائي عند نقطة تعرف بأنها القوة الكهروستاتيكية المؤثرة على وحدة الشحنة مـــج = $\frac{\text{ق}}{\text{س}}$ ، ومن الناحية النظرية أن كل شحنة كهربائية خاضعة للمجال على سطح الموصل، وبذلك تبقى الشحنة على السطح، وليست بداخله، ويمكن استنتاج ذلك بالقيام بالتجربة العملية في مختبر المدرسة كما يأتي:

الأدوات المطلوبة لتنفيذ التجربة

كشافان كهربائيان – كرة معدنية ذات مقبض عازل، كأس معدني، قطعة من الحرير أو قطعة من الصوف ، ساق زجاج أو أبونيت (بلاستيك مقوى).

خطوات إجراء التجربة

١– ضع الكأس المعدني فوق قرص أحد الكشافين الكهربائيين، بعد لمس قرص الكشاف بالأصبع.

– ماذا تلاحظ.

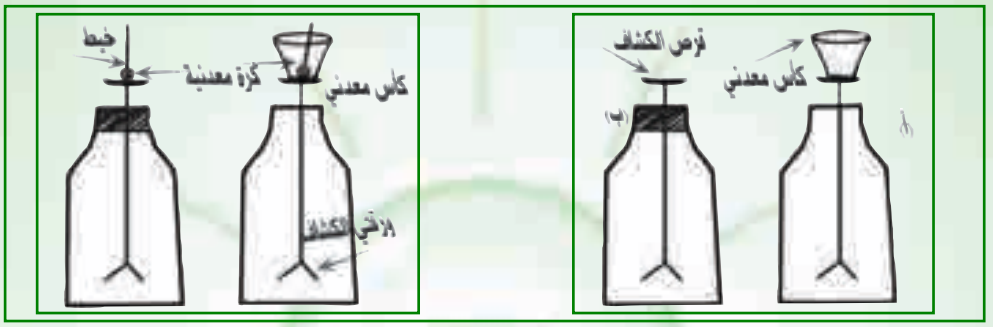
٢– اشحن الكرة المعدنية، واتركها تلامس قاع الكأس المعدني من الداخل.

– ماذا تلاحظ؟

٣– اخرج الكرة واتركها تلامس قرص الكشاف الثاني(ب) كما يبينه الشكل الآتي. – لاحظ ما يحدث لورقتي الكشاف.

٤- أعد الخطوات السابقة، ولكن في هذه المرة اجعل الكرة المعدنية تلامس من الخارج.

- لاحظ ما يحدث.
- ماذا تستنتج من الخطوات السابقة؟
- ما سبب لمس قرص الكشاف بواسطة الأصبع؟ ولماذا؟



الاستنتاج

التجربة الثانية قانون أوم Ohm's Law

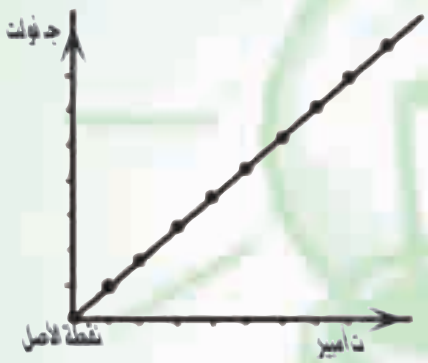
الهدف من التجربة: استنتاج قانون أوم عملياً.

نظرية التجربة

أجرى العالم سيمون أوم عدة تجارب لدراسة العلاقة بين شدة التيار الكهربائي المار في موصل، وفرق الجهد الكهربائي (جـ) بين طرفيه عند ثبوت درجة حرارة الموصل، وقد أثبت من خلال تجاربه أن شدة التيار الكهربائي (ت) المار في الموصل المعدني تتناسب تناسباً طردياً مع فرق الجهد (جـ) بين طرفيه عند ثبوت درجة الحرارة، أي أن: جـ ∝ ت ومنها جـ = مقدار ثابت × ت حيث المقدار الثابت يتوقف على نوع مادة الموصل وطوله ومساحة مقطعه ودرجة الحرارة وهذا المقدار الثابت سماه «المقاومة

الكهربائية للموصل (م) والعلاقة السابقة تصبح على الصورة الأتية :جـ = م X ت حيث يقاس فرق الجهد بوحدة الفولت وشدة التيار بوحدة الأمبير، والمقاومة تقاس بوحدة تسمى « الأوم » .

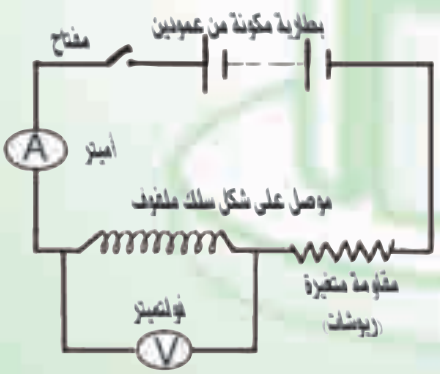
والعلاقة السابقة ينطبق صحتها على الموصلات المعدنية فقط وأطلق على العلاقة السابقة « بقانون أوم »، والعلاقة البيانية التي توصل إليها بين (جـ ، ت) هي خط مستقيم يمر بنقطة الأصل كما يبينه الشكل الآتي :



الأدوات المطلوبة لتنفيذ التجربة

ريوستات – عمودان كهربائيان القوة الدافعة لكل منهما ١,٥ فولت – جهاز أميتر، جهاز فولتميتر، أسلاك نحاسية مفتاح كهربائي، لفة من سلك رفيع معزول (مغطي بطبقة من البلاستيك) ؛ أي أن السلك غير مكشوف .

خطوات إجراء التجربة



١– وصل الأدوات والأجهزة السابقة في دائرة كهربائية كما يبينه الشكل المقابل بحيث يكونا طرفا الموصل (أ ، ب) لفة من سلك معزول ويكون رفيعاً، وتوصل الطرفين (أ،ب) مع جهاز الفولتميتر على التوازي .

٢– وصل جهاز الأميتر بعد المفتاح كما في الشكل على التوالي، ثم صل القطب السالب للبطارية بأحد طرفي الريوستات .

٣– أغلق الدائرة بالمفتاح الكهربائي لفترة قصيرة، ثم عين قراءة جهاز الأميتر، والفولتميتر. ولتكن قراءة الأميتر (ت١)، وقراءة الفولتميتر (جـ١) .

٤- غيِّر قيمة مقدار المقاومة الكلية للدائرة باستخدام المقاومة المتغيرة (الريوستات)، وفي هذه الحالة تتغير قيم قراءتي كل من الأميتر والفولتميتر ولتكن (ت٢)،(جـ٢).

٥- كرر الخطوة رقم (٤) السابقة عدة مرات ولتكن على سبيل المثال أربع مرات، سجل في كل حالة القراءة التي يشير إليها الأميتر والفولتميتر ولتكن (ت٣، جـ٣)، (ت٤، جـ٤)، (ت٥، جـ٥). .إلخ، بحسب عدد القراءات التي أجريتها.

ملحوظة: حاول بقدر الإمكان أن تكون درجة الحرارة ثابتة في الدائرة وخاصة الموصل، وذلك من خلال أخذ القراءات بسرعة.

٦- رتب القراءات التي حصلت عليها في كل خطوة في جدول كما يأتي:

رقم الخطوة	قراءة الأميتر ت	قراءة الفولتميتر جـ	ناتج قسمة $\frac{جـ}{ت}$
١			
٢			
٣			
٤			
٥			
٦			

بعد الانتهاء من تدوين القراءات في الجدول قم بما يلي:

أ - اقسم قيمة المقدار (جـ١) التي حصلت عليها في الخطوة الأولى على القيمة المناظرة لها (ت١).

ب- كرر القسمة كما سبق لكل الخطوات التي أجريتها

- ماذا تستنتج من ناتج قسمة قيمة المقدار $\frac{جـ}{ت}$ في كل خطوة كما يبينه الجدول السابق؟
- هل تتغير قيمة قسمة $\frac{جـ}{ت}$ في كل خطوة؟ بما تفسر ذلك؟
- يمكنك الإجابة على التساؤلات السابقة عند اطلاعك على المقدمة النظرية لقانون أوم.

جـ – ارسم علاقة بيانية بين قيم (جـ)،وقيم (ت)، بحيث تمثل قيم (ت) على المحور الأفقي (السيني)، وقيم (جـ) على المحور الرأسي (الصادي)– على ورقة رسم بياني .

د – صل النقاط بواسطة مسطرة وقلم رصاص

ما شكل الخط الذي حصلت عليه؟ بماذا تفسره؟

هـ – ما نوع التناسب بين كل من فرق الجهد جـ، وشدة التيار المار في الموصل؟

رقم الخطوة	قراءة الأميتر A (ت) أمبير	قراءة الفولتميتر V (جـ) فولت	م = $\frac{\text{جـ}}{\text{ت}}$
١	ت١		
٢	ت٢		
٣	ت٣		
٤	ت٤		
قيمة المتوسط الحسابي لقراءات ناتج قسمة فرق الجهد على شدة التيار .			$\frac{\text{مجموع القراءات}}{\text{عددها}}$

٦– احسب قيمة المقاومة المكافئة لكل خطوة على حدة وذلك باستخدام قانون أوم .

م = $\frac{\text{جـ}}{\text{ت}}$

٧– عند الانتهاء من قسمة $\frac{\text{جـ}}{\text{ت}}$ لتعيين قيمة (م) في كل خطوة، احسب متوسط قيم ناتج قسمة فرق الجهد على شدة التيار في العمود الأخير من الجانب الأيسر، وهذه القيمة المتوسطة تدل على قيمة قريبة للمقاومة المكافئة للمقاومات الثلاث المتصلة معاً على التوالي في الدائرة .

٨– قارن بين المقاومة المكافئة التي حصلت عليها من الجدول السابق ومع مجموع المقاومات الثلاث (م١ + م٢ + م٣) المعلومة .

– هل القيمتين متقاربتين في القيمة في الحالتين؟

– ماذا تستنتج من ذلك؟

ملحوظة : « ربما تكون القيم الناتجة من خلال خطوات التجربة، ومن مجموع مقدار قيم المقاومات الثلاث غير متساوية تماماً ولكنهما متقاربتان والسبب يعود إلى الأخطاء التي قد تحدث أثناء تنفيذ التجربة » .

إذا كان لديك أربع مقاومات قيمها (٤ ، ٨ ، ١٢ ، ١٦) أوم، فاحسب المقاومة المكافئة عند توصيلها في دائرة كهربائية على :

أ) التوالي . ب) التوازي .

فإذا كانت شدة التيار المار في الدائرة ٠٫٥ أمبير في الحالة الأولى وفي الثانية ٥ أمبير، احسب فرق الجهد الكهربائي الكلي في الدائرة في كل حالة .

(٤٠ ، ١٫٩٢) أوم، (١٫٢٥ × ١٠$^{-٢}$ ، ٢٫٦) فوت .

سجل ملاحظاتك .

الاستنتاج

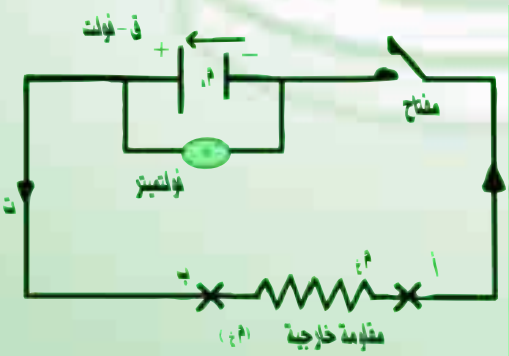
التجربة الثالثة — المقاومة الداخلية لعمود كهربائي

الهدف من التجربة : تعيين قيمة مقدار المقاومة الداخلية لعمود كهربائي .

نظرية التجربة

لاحظ الدائرة المبينة في الشكل التالي إذا وصلت طرفي قطبي العمود الكهربائي بالفولتميتر والدائرة مفتوحة، فإن قراءة الفولتميتر تساوي قيمة مقدار (ق) القوة الدافعة الكهربائية . وإذا أغلقت الدائرة بالمفتاح، سيكون فرق الجهد بين النقطتين (أ،ب) هما طرفي المقاومة الخارجية، وفرق الجهد بينهما كما يأتي :

جـ = ت × م$_{خ}$ (١) وشدة التيار



دائرة كهربائية كاملة لتعيين قيمة (م$_{د}$) لعمود

المار به من العلاقة (١) تحسب كما يلي :

$$ت = \frac{جـ_{أب}}{م_{خ}} \quad .....(٢)$$

ومن هذه العلاقة (٢) نعين شدة التيار المار في الدائرة السابقة .

عرفنا من معادلة الدائرة الكاملة أن قيمة(ت)= $\frac{\text{مجموع القوى (ق)}}{\text{مجموع المقاومات}}$ أمبير.

ومنها ت = $\frac{ق}{م_{خ} + م_{خ}}$ .....(٣)

ومن العلاقتين (٢ ، ٣) نحصل على العلاقة الآتية :

$\frac{جـ_{أب}}{م_{خ}} = \frac{ق}{م_{د} + م_{خ}}$ (٤) ومن معرفة قيمة (ق) للعمود من الفولتميتر، وقيمة (م خ) قيمة مقدار المقاومة الخارجية فإنه يمكن معرفة قيمة (م د) المقاومة الداخلية لأي مصدر آخر.

الأدوات المطلوبة لتنفيذ التجربة

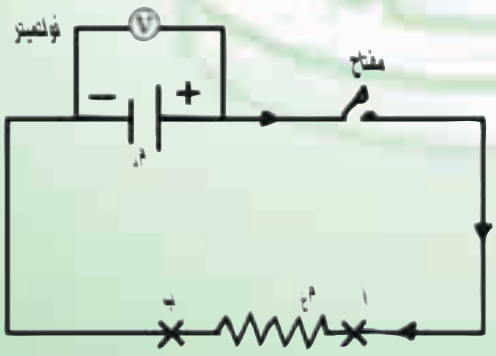
عمود كهربائي جاف ١,٥ فولت، مقاومة معلومة، أسلاك توصيل – فولتميتر، مفتاح.

خطوات إجراء التجربة

١– ركب الأدوات كما في الشكل المقابل.

٢– وصل طرفي الفولتميتر بين طرفي العمود الكهربائي بحيث تكون الدائرة مفتوحة بواسطة المفتاح،ونحصل في هذه الحالة على قيمة(ق) للعمود من قراءة الفولتميتر.

٣– اقفل الدائرة بالمفتاح، ثم عين قراءة



أدوات التجربة لتعيين م د للعمود

الفولتميتر، وتكون القراءة هي قمية فرق الجهد (جـ) بين طرفي المقاومة الخارجية (أ،ب)، وبالتعويض عن قيم (ق)، م خ، جـ أ ب في العلاقة (٤) السابقة يمكن تعيين قيمة (م د) المقاومة الداخلية للعمود.

- هل يمكنك حساب المقاومة الداخلية لعمود بسيط؟ وضح بالرسم، مع ذكر خطوات التجربة.
- لماذا القوة الدافعة الكهربائية لعمود تقل عن قيمتها عندما تكون الدائرة الكهربائية مغلقة؟
- في أية حالة تكون قيمة القوة الدافعة لعمود كهربائي (ق) مساوية لفرق الجهد (جـ)؟

الاستنتاج

الهدف من التجربة: استنتاج قيمة المقاومة المكافئة لعدة مقاومات متصلة بطريقة التوالي في دائرة كهربائية عملياً.

نظرية التجربة

عرفت المقاومة الكهربائية وعرفت ما تعني المقاومة. بالإضافة إلى ما سبق أدركت أن المقاومات توصل بالدوائر الكهربائية بطريقتين مختلفتين هما طريقة التوالي والتوازي، وأن المقاومة المكافئة لعدة مقاومات متصلة معاً على التوالي تساوي مجموع المقاومات أي أن: $م_{ك} = م_{١} + م_{٢} + م_{٣}$.

أما المقاومة المكافئة لعدة مقاومات متصلة معاً على التوازي تساوي مقلوب مجموعها أي أن:

$$\frac{١}{م_{ك}} = \frac{١}{م_{١}} + \frac{١}{م_{٢}} + \frac{١}{م_{٣}} + ...$$

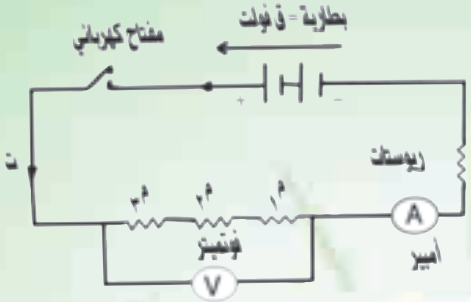
هذا إذا افترضنا أننا وصلنا ثلاث مقاومات معاً بالدائرة الكهربائية بالطريقتين السابقتين، ولاستنتاج قانون المقاومة المكافئة لعدد من المقاومات المتصلة معاً على التوالي في دائرة كهربائية بطريقة تجريبية وعملية في مختبر المدرسة يمكنك إجراء هذه التجربة للتحقق من قانون المقاومة المكافئة لثلاث مقاومات متصلة معاً على التوالي كما يلي:

الأدوات المطلوبة لتنفيذ التجربة

ريوستات، ثلاث مقاومات ($م_{١}$، $م_{٢}$، $م_{٣}$) مختلفة القيم، بطارية مكونة من عمودين، جهاز أميتر، وفولتميتر، أسلاك توصيل، ومفتاح.

خطوات إجراء التجربة

١- صل المقاومات الثلاث مختلفة القيمة (م١، م٢، م٣) وجهازي الأميتر والفولتميتر والريوستات مع بطارية مكونة من عمودين جافين كما يوضحه الشكل المقابل.



تعيين المقاومة المكافئة لمقاومات ثلاث متصلة على التوالي

٢- اقفل الدائرة الكهربائية بواسطة المفتاح ، ولاحظ قرائتي الأميتر والفولتميتر (ت ، جـ).

٣- غير من قيمة المقاومة للدائرة باستخدام الريوستات، ثم اقفل الدائرة بالمفتاح كما سبق في الخطوة الأولى،ولاحظ قراءتي الفولتميتر والأميتر.

٤- كرر الخطوة رقم (٣) لتحصل على قراءتين آخريتين لكل من الفولتميتر والأميتر.

٥- رتب القراءات الأربع أو أكثر لكل من الأميتر (A)، والفولتميتر(V) ورتبها في جدول من تصميمك.

الاستنتاج

الهدف من التجربة : تحقيق قانون هوك عملياً .

نظرية التجربة

عندما تؤثر قوة اشد مقدارها (ق) نيوتن على زمبرك أو سلك فإنها تحدث تغيراً في طوله مقداره Δ ل) متر، وذلك بسبب زيادة المسافة بين الجزئيات .

وقد درس العالم هوك العلاقة بين تغير مقدار استطالة السلك أو الزمبرك ومقدار القوة المؤثرة عليه . حيث توصل من التجارب التي أجراها في سبيل ذلك إلى القانون الذي سمي باسمه قانون هوك والذي ينص على أن :

« يتناسب مقدار الاستطالة في طول سلك أو زمبرك تناسباً طردياً مع مقدار قوة الشد المؤثرة عليه » .

أي أن : ق = هـ × Δ ل

حيث هـ مقدار ثابت يسمى ثابت هوك، Δ ل مقدار الاستطالة الناتجة في السلك، ق مقدار القوة المؤثرة على السلك .

ولتحقيق ذلك يمكن إجراء التجربة الآتية :

الأدوات المطلوبة لتنفيذ التجربة

زمبرك معدني مرن – كفة ميزان – أثقال – حامل رأسي – مسطرة مترية – ورق رسم بياني .

خطوات إجراء التجربة

١– علق الزمبرك رأسياً في الحامل ثم قس مقدار طول الزمبرك قبل تعليق أي ثقل فيه وليكن (ل.) متر .

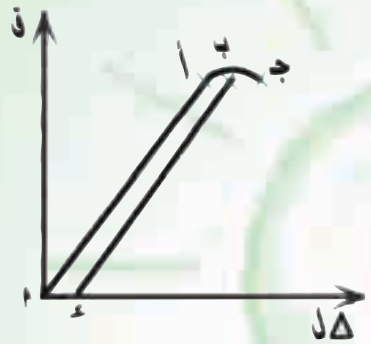
٢– علق ثقلاً كتلته ٥٠ جم مثلاً في كفة الأثقال أسفل الزمبرك ثم قس طول الزمبرك بعد وضع الأثقال وليكن (ل) متر .

٣- ضاعف مقدار الأثقال في الكفة ال (١٠٠جم) .

٤- قس الطول الجديد للزمبرك .

٥- كرر التجربة لعدة مرات وفي كل مرة سجل مقدار القوة المؤثرة (ك X ء) ومقدار الاستطالة في طول السلك Δ ل = (ل - ل٠) .

٦- ارسم العلاقة البيانية بين تغير (Δ ل)، تغير (ق) لتحصل على العلاقة المبينة في الشكل أدناه .



الكتلة						
الوزن ك X ء						
الطول الجديد						
الاستطالة Δل						

الاستنتاج

الهدف من التجربة : تحقيق قاعدة ارشميدس عملياً .

نظرية التجربة

عندما نلقى جسماً في سائل فإن الجسم يتأثر بقوة وزنه إلى أسفل وهي تساوي و= ك × ى . حيث « ك » كتلة الجسم، « ى » عجلة الجاذبية الأرضية، « و » وزن الجسم كما يؤثر على الجسم، قوة دفع السائل من أسفل إلى أعلى ليتوازن مع قوة وزن الجسم عند حالة الاستقرار .

فكم يكون مقدار قوة دافع السائل من أسفل إلى أعلى الجسم؟

قام العالم أرشميدس بإجراء تجربة عملية لحساب مقدار قوة دفع السائل على جسم مغمور فيه ومعرفة العوامل التي يتوقف عليها مقدار هذه القوة والتي توصل منها إلى قاعدته التي سميت باسمه قاعدة أرشميدس وتنص على :

(إذا غمر جسم في سائل فإنه يلقى دفعاً من أسفل إلى أعلى مساوياً لوزن السائل المزاح بواسطة الجزء المغمور من السائل .)

ويمكن إجراء التجربة الآتية للتحقق من صحة ذلك .

الأدوات المطلوبة لتنفيذ التجربة

إناء زجاجي كبير به فتحة جانبية – إناء زجاجي صغير – ميزان زمبركي – خطاف – سائل – جسم صلب .

خطوات إجراء التجربة

١– اربط الجسم بواسطة الخطاف وعلقه أسفل الميزان الزمبركي ولاحظ قراءة الميزان قبل أن تغمر الجسم في السائل (ك) كجم .

٢– ضع السائل في الإناء الكبير بحيث يمتلئ حتى بداية الفتحة الجانبية وضع الإناء الصغير تحت الفتحة .

٣- اغمر الجسم في السائل برفق مع استقبال الماء المزاح في الإناء الصغير.

٤- لاحظ قراءة الميزان أثناء انغمار الجسم في السائل (ك)كجم ومنه احسب التغير في وزن الجسم والتي تساوي قوة دفع السائل للجسم من أسفل إلى أعلى.

٥- احسب وزن السائل المزاح بواسطة الجسم المغمور (ك) كجم، قارن بين كل من قوة دفع السائل ووزن السائل المزاح

- ماذا تلاحظ؟

٨- كرر نفس الخطوات من (١-٧) لعدة أجسام مختلفة في الكثافة، وكذلك باستخدام أنواع مختلفة من السوائل.

- سجل ملاحظاتك واستنتاجتك.

الاستنتاج

تعيين الحرارة النوعية للحديد
Determination the spacific Heat of Iron

الهدف من التجربة:

- تعين الحرارة النوعية لمادة الحديد عملياً.

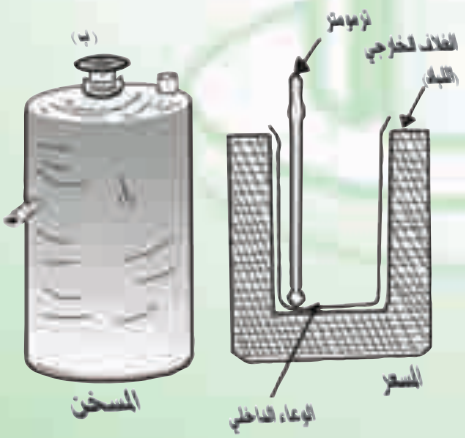
الأدوات المطلوبة لتنفيذ التجربة

مسعر، مسخن، قطعة حديد صغيرة، ميزان حساس، ترمومتر مئوي، موقد لهب بنزن، كمية من الماء، خلاط (مُقلِّب).

قبل البدء بتنفيذ التجربة، تفحص كل من: المسعر والمسخن وتعرف عليهما.

المسعر : (**Calorimeter**): وعاء اسطواني من النحاس، يغلف من الخارج بمادة عازلة للحرارة مثل اللباد، ويعد جهازاً عازلاً للحرارة، يستخدم في تعيين كمية الحرارة، والحرارة النوعية للمواد الصلبة والسائلة انظر الشكل (١).

المسخن Heater: عبارة عن غلاية معدنية (أ) ينفذ من الجزء الرأسي منها أنبوبة أخرى (ب) قابلة للحركة إلى أعلى وظيفتها منع سقوط الجسم الصلب من الأنبوبة (أ)، ويستخدم المسخن لرفع درجة حرارة الجسم الصلب المراد تعيين الحرارة النوعية لمادته، انظر الشكل المقابل.

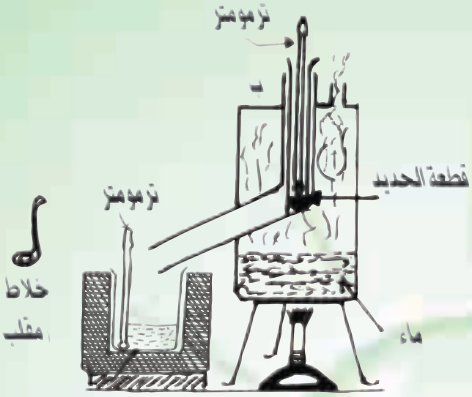


خطوات إجراء التجربة

١- عيّن كتلة المسعر بواسطة الميزان ولتكن (ك١).

٢- ضع في المسعر إلى حوالي ثلث سعته (حجمه) ماء وعيّن كتلة الماء الذي في المسعر وذلك من خلال تعيين كتلة المسعر بما فيه من ماء فتكون كتلة الماء في المسعر = كتلة المسعربما فيه من ماء – كتلة المسعر ولتكن (ك٢).

٣- ضع في المسخن كمية من الماء إلى حوالي ثلث سعته (حجمه) وضع قطعة الحديد في الأنبوبة (ب) انظر الشكل المقابل ثم سخن المسخن وانتظر حتى تبلغ درجة الحرارة داخل المسخن درجة غليان الماء في مكان التجربة ولتكن T_1.



٤- عيّن درجة حرارة الماء في المسعر ولتكن T_2.

٥- اسقط قطعة الحديد في الماء الموجود، داخل المسعر، وذلك برفع الأنبوبة (ب) إلى أعلى ثم قلب الماء بواسطة الخلاط (المقلب) وانتظر فترة زمنية مناسبة سجل أعلى درجة حرارة يصل إليها الخيط في المسعر (المسعر قطعة الحديد، الماء) ولتكن T_3.

٦- عيّن كتلة قطعة الحديد من خلال العلاقة الآتية:

كتلة المسعر والماء ولتكن ك٣ أعتبر أن الحرارة النوعية لمادة المسعر(النحاس)حن١ وهي تساوي ٠,٠٩٥ سعر/ جم.م ، والحرارة النوعية للماء حن٢=١ سعر/ جم.م والحرارة النوعية للحديد حن٣ .

٧- دون البيانات (القراءات) التي حصلت عليها من التجربة في الجدول كالآتي:

حساب الحرارة النوعية:

كمية الحرارة التي تفقدها قطعة الحديد= ك٣حن٣ $T_3 - T_1$

كميةالحرارة التي يكتسبها الماء في المسعر= ك٢ ح ن٢ $T_2 - T_3$

كمية الحرارة التي يكتسبها المسعر= ك١ ح ن١ $T_2 - T_3$

∴ كمية الحرارة التي تفقدها قطعة الحديد = كمية الحرارة التي يكتسبها كل من الماء والمسعر.

الكمـية	الرمـز	المقدار (القيمة)
كتلة المسعر	ك١	.... جم
كتلة الماء في المسعر	ك٢	....جم
كتلة قطعة الحديد	ك٣	.... جم
درجةالحرارةداخل المسخن	T_1	....مْ
درجة الماء في المسعر	T_2	....مْ
درجة حرارة الخليط الماء المسعر	T_3	....مْ
الحرارة النوعية لمادة المسعر النحاس	ح ن١	٠٫٩٥ سعر/جم.مْ
الحرارة النوعية للماء	ح ن٢	١ سعر/جم.مْ
الحرارة النوعية	حن٣	....سعر/جم.مْ

∴ ك٢ح ن٣ $T_2 - T_1$ = ك٢ح ن٢ $T_2 - T_3$ + ك١ح ن١ $T_2 - T_3$

∴ ك٢ح ن٣ $T_1 - T_3$ = $T_2 - T_3$ (ك٢ + ك١ح ن١)

ومنها نحصل على أن :

$$\text{ح ن٣} = \frac{T_2 - T_3 \ (\text{ك٢} + \text{ك١ح ن١})}{\text{ك٣}\ T_3 - T_1}$$

حيث حن٣ هي الحرارة النوعية للحديد .

نشاط تقويمي

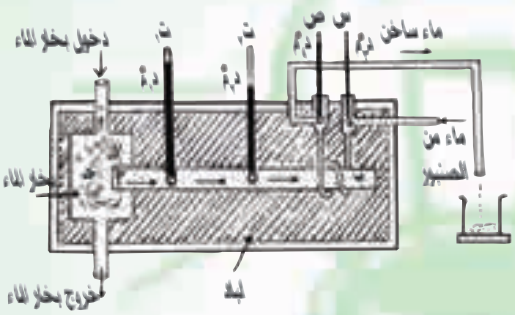
متبعاً الخطوات السابقة نفسها عيّن عمليا الحرارة النوعية للألومنيوم .

الاستنتاج

الهدف من التجربة: تعين معامل التوصيل الحراري لساق من النحاس عملياً.

الأدوات المطلوبة لتنفيذ التجربة

ساق من النحاس طولها في حدود ٢٥سم، مصدر بخار ماء، علبة معدنية مفتوحة الطرفين (كغرفة حمام بخار الماء) انظر الشكل التالي، مادة عازلة مثل (اللباد)، أربعة ترمومترات مئوية، أنبوبة معدنية حلزونية (لولبية)، ماء صنبور، ساعة ايقاف Stop Watch ، كأس لتجميع الماء الساخن، ميزان حساس، مسطرة، ميكروميتر (ورنية) .



خطوات إجراء التجربة

١- ركب الجهاز كما في الشكل أعلاه، ثم مرر بخار الماء حول الطرف (أ) للساق النحاسي، ومرر تيار بطيء منتظم من ماء الصنبور في الأنبوبة الحلزونية الملفوفة حول الطرف (ب) للساق النحاسية - ثم انتظر فترة زمنية كافية حتى تصل الساق إلى حالة الاتزان الحراري Thermal equilibrium أي عندما تثبت قراءات الترمومترات الأربعة.. في هذه الحالة سجل T_1، T_2، T_3، T_4.

٢- عيّن الزمن الذي استغرقه تجمع الماء الساخن في الكأس..وليكن (ز) ثانية.

٣- عيّن كتلة الماء المتجمع في الكأس ولتكن (ك) جرام.

٤- احسب كمية الحرارة التي اكتسبها الماء ولتكن (حر)

∴ حر = ك × ح ن للماء $T_3 - T_4$. وحيث أن (ح ن للماء) = ١ سعر/جم.مْ.

∴ حر = ك $T_3 - T_4$ سعراً.

٥- قس المسافة بين ت١، وت٢ ولتكن (ف) سم وعيّن منحدر درجة الحرارة على الساق في هذه الحالة بالتعويض في العلاقة الآتية :

$$\text{منحدر درجة الحرارة} = \frac{T_2 - T_1}{\text{ف}}$$

٦- قس نصف قطر مقطع الساق النحاسية بواسطة الميكروميتر (الورنية) Micrometer Caliper وليكن (نق) سم . (١سم = ١٠ ملليمتر) . . ثم أوجد مساحة مقطع الساق النحاسية وذلك من خلال العلاقة الآتية : س= ط نق٢ (حيث مقطع الساق دائرية)، ط = $\frac{٢٢}{٧}$ أو $\pi = \frac{٢٢}{٧}$

٧- ارسم جدولاً كالمبين أدناه وسجل فيه قيم الكميات التي تحصلت عليها من التجربة، ثم عوِّض عن هذه القيم في العلاقة الآتية :

$$\frac{\text{حر}}{\text{ز}} = \text{م}_{\text{تح}} \times \text{س} \times \frac{T_2 - T_1}{\text{ف}} \quad \text{ومنها} = \text{م}_{\text{تح}} = \frac{\text{حر}}{\text{س} \times \text{منحدر درجة الحرارة} \times \text{ز}}$$

الكمية	القيمة	الكمية	القيمة
T_1	....مْ	ف	.... سم
T_2	....مْ	قطر مقطع الساق	....سم
T_3	....مْ	نصق قط مقطع الساق (نق)	.... سم
T_4	....مْ	مساحة مقطع الساق (س)	....سم٢
زمن تجمع الماء في الكأس	....ثانية	$\frac{\text{جر}}{\text{ز}}$	....سعر/ث
كتلة الماء في الكأس	....جرام.	منحدر درجة الحرارة	....مْ/سم
كمية الحرارة (حر)	.... سعر	م تح	سعر/ث.متر.مْ

حيث (م تح) معامل التوصيل الحراري Thermal Conductivity Coefficient

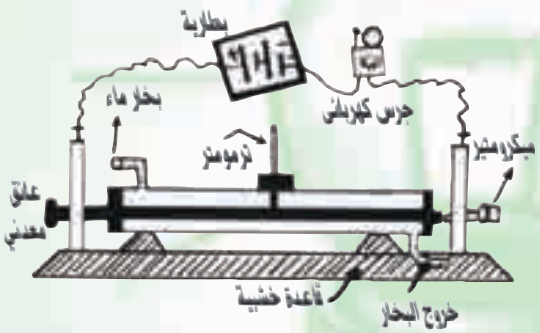
الاستنتاج

إيجاد معامل التمدد الطولي
Coefficient of linear expansion

الهدف من التجربة: تعين معامل التمدد الطولي لساق من الألومنيوم عملياً.

الأدوات المطلوبة لتنفيذ التجربة

- جهاز تمدد الأجسام الصلبة بكامل تجهيزاته والموضح في الشكل المقابل،
- بطارية ١,٥ فولت (1.5 Volt)
- جرس كهربائي
- أسلاك توصيل – ميكروميتر
- مصدر لإنتاج بخار الماء – ساق من الألومنيوم – مسطرة.



الكمية	الرمز	القيمة
درجة الحرارة الإبتدائية لساق الألومنيوم	T_1	.... مْ
درجة الحرارة النهائية لساق الألومنيوم	T_2	.... مْ
القراءة الأولى للميكروميتر	....	.... سم
القراءة الثانية للميكروميتر	....	.... سم
طول ساق الألومنيوم قبل التسخين	ل١	.... سم
طول ساق الألومنيوم بعد التسخين	ل٢	.... سم
الارتفاع في درجة الحرارة (فرق درجات الحرارة $T_1 - T_2$	ΔT	.... مْ
الزيادة في طول ساق الألومنيوم (الفرق بين قراءتي الميكروميتر) (ل٢ – ل١)	Δ ل	.... سم

خطوات إجراء التجربة

١- تفحص الجهاز كما في الشكل السابق، - سجل ملاحظاتك.

٢- قس طول ساق الألومنيوم وعيّن كذلك درجة حرارته الإبتدائية ولتكن T_1 ثم أدخله في الجهاز وثبته بأحد الطرفين لاحظ أن الطرف الآخر للساق يكون حراً ليتمدد.

٣- كون دائرة كهربائية .

٤- أدر الميكروميتر (الورنية) حتى يلامس طرف ساق الألومنيوم كيف تستدل على ذلك؟ ثم سجل قراءة الميكروميتر.

٥- أدر الميكروميتر في الإتجاه المعاكس حتى يبتعد طرفه عن طرف ساق الألومنيوم.

٦- اسمح للبخار بالدخول إلى داخل الجهاز إلى أن تثبت قراءة الترمومتر سجل قراءة الترمومتر وتكون هي درجة الحرارة النهائية للساق T_1.

٧- صمم جدولاً ودون قيم الكميات فيه.

٨- عوض عن قيم الكيمات التي تحصلت عليها من التجربة في العلاقة الآتية:

معامل التمدد الطولي (م$_{ط}$) لساق الألومنيوم = $\frac{\Delta ل}{ل_{١} \times \Delta T}$

الاستنتاج

نشاط تقويمي

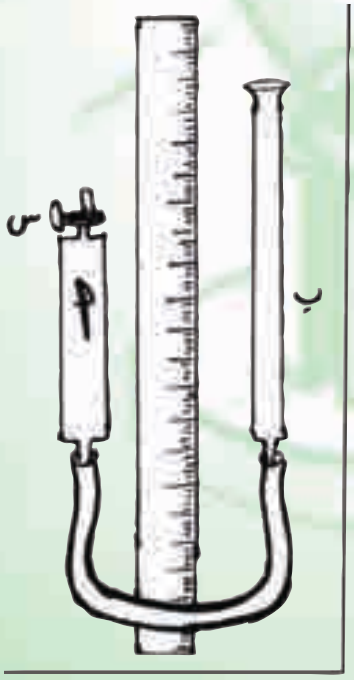
استبدل ساق الألومنيوم بساق من الحديد أوالنحاس وعيّن معامل التمدد الطولي لها.

الاستنتاج

الهدف من التجربة : تحقق من قانون بويل عملياً .

الأدوات المطلوبة لتنفيذ التجربة

جهاز تمدد الأجسام الصلبة بكامل تجهيزاته والموضح في الشكل أدناه، والذي يتركب من أنبوبتين زجاجيتين (أ) و(ب) متصلين من أسفل بواسطة أنبوبة مطاطية، وتكون إحدى هاتين الأنبوبتين قصيرة وتنتهي بمحبس (صنبور (س)، والأخرى طويلة ومفتوحة من أعلى، والأنبوبتان مثبتتان على جانبي مسطرة طويلة مثبتة على قائم خشبي رأسي، بارومتر.



شكل (١)

خطوات إجراء التجربة

١- افتح الصنبور (س) وصب كمية من الزئبق في الانبوبة (أ) ولاحظ أن سطحي الزئبق في الأنبوبتين (أ)، (ب) في مستوى واحد انظر إلى الشكل (١-أ)

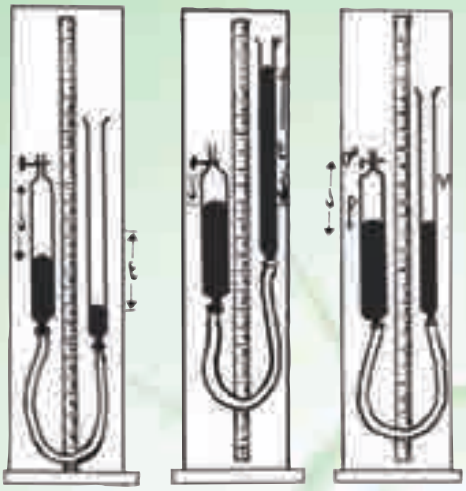
٢- اقفل الصنبور فتحبس كميةمن الهواء داخل الأنبوية (أ)، ويكون ضغطه في هذه الحالة مساوياً للضغط الجوي الذي يمكن تعينه باستخدام البارومتر وليكن (ض١) عيّن حجم الهواء المحبوس في الأنبوبة (أ) باستخدام تدريج المسطرة وليكن (ح١) .

٣- حرك الأنبوبة (ب) إلى أعلى وثبتها في وضع معين.. لاحظ أن سطح الزئبق فيها أصبح أعلى من سطحه في الأنبوبة (أ) انظر الشكل (٢- ب).

- ماذا تلاحظ؟
- سجل ملاحظتك.

أي أن : $ض_{٢} = ض_{ج} + ع$

ثم عيّن حجم الهواء المحبوس في الأنبوبة (أ) وليكن ($ح_{٢}$).



شكل (٢)

٤- حرك الأنبوبة (ب) إلى أسفل تلاحظ أن سطح الزئبق فيها قد انخفض عن سطحه في الأنبوبة (أ)،

- ماذا تلاحظ؟ - سجل ملاحظتك.

أي أن : $ض_{٢} = ض_{ج} - ع$

ثم عيّن حجم الهواء المحبوس في الأنبوبة (أ) وليكن (ح٣).

٥- كرر الخطوتين السابقتين عدة مرات، وفي كل مرة عيّن حجم الهواء المحبوس (ح) وضغطه (ض).

٦- ارسم جدولاً كالمبين أدناه وسجل عليه قيم (ح) و(ض) ثم احسب حاصل قسمة ($\frac{١}{ح}$) وحاصل ضرب (ض × ح) في كل مرة.

ض سم. زئبق / سم. زئبق	ح سم٣	$\frac{١}{ح}$ سم٣/١	ض×ح	النتيجة (المقدار الثابت)
$ض_{١}$	$ح_{١}$	$\frac{١}{ح_{١}}$	$ض_{١} \times ح_{١}$	....
$ض_{٢}$	$ح_{٢}$	$\frac{١}{ح_{٢}}$	$ض_{٢} \times ح_{٢}$	....
$ض_{٣}$	$ح_{٣}$	$\frac{١}{ح_{٣}}$	$ض_{٣} \times ح_{٣}$	....

٧- ارسم رسماً بيانياً تبين فيه ضغط الغاز (ض) على المحور الصادي، و($\frac{١}{ح}$) على المحور السيني شكل (٣) .

شكل (٣)

- ماذا تلاحظ؟
- سجل ملاحظتك .

العلاقة التي ستحصل عليها تحقق قانون بويل الذي ينص على أن : « حجم كتلة معينة من غاز يتناسب عكسياً مع ضغطه عند ثبوت درجة حرارته » .

الاستنتاج

حل المسألة الآتية :

جُمع غاز في اسطوانه ذات مكبس محكم قابل للحركة فكان حجمه ٥٫٤١ لتراً، عندما كان الضغط الجوي ٧٥٫٨سم . زئبق أوجد حجم الغاز بداخل الاسطوانة عندما تنقل الاسطوانة بما فيها من غاز إلى مكان مرتفع، الضغط الجوي فيه ٦٨٫٧سم زئبق عند ثبوت درجة حرارة الغاز .

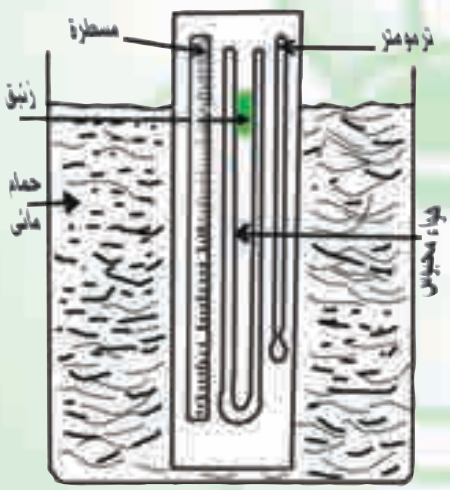
الحل

الهدف من التجربة : تحقق من قانون شارك عملياً .

الأدوات المطلوبة لتنفيذ التجربة

أنبوبة شعرية من الزجاج قناتها الداخلية منتظمة المقطع ومسدود أحد طرفيها وبداخلها خيط من الزئبق يحبس كمية من الهواء وتكون الأنبوبة مثبتة بجانبي مسطرة مدرجة – ترمومتر زئبقي، – مقلب (خلاط)، وحيث أن الأنبوبة منتظمة المقطع فإن طول عمود الهواء المحبوس بداخلها يكون متناسباً مع حجم هذا الهواء، وعلى ذلك فإنه يمكن أن يتخذ طول عمود الهواء مقياساً لحجمه .

خطوات إجراء التجربة



١– ضع الأنبوة رأسياً في حوض عميق به ماء بارد بحيث تكون فوهتها خارج الماء .. انظر إلى الشكل المقابل، ثم انتظر حتى يثبت خيط الزئبق وتثبت قراءة الترمومتر .

٢– عيّن درجة حرارة الماء، فتكون هي درجة حرارة الهواء المحبوس T_1

عيّن طول عمود الهواء وليكن (ل١) واعتبر طول عمود الهواء (ل١) هو حجم الهواء المحبوس (ح١) .

٣– صب في الحوض ماءاً بارداً وقلبه،

– ماذا تلاحظ .

– سجل ملاحظتك .

٤- عيّن درجة الحرارة T_2 في هذه الحالة، - عيّن أيضاً طول عمود الهواء المحبوس الذي يتخذ مقياساً لحجمه (ح٢) في هذا الحالة.

٥- كرر الخطوات السابقة عدة مرات في درجات حرارة مختلفة، واحسب درجة الحرارة المطلقة K° من العلاقة الآتية:

$$K^\circ = C^\circ + ٢٧٣$$

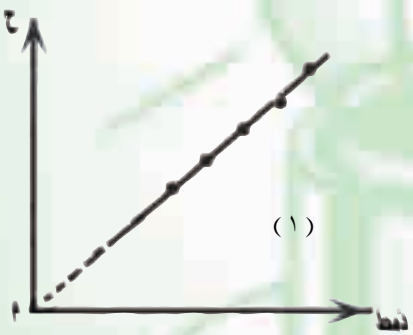
٦- ارسم جدولاً كالذي أمامك وسجل القيم التي حصلت عليها من التجربة في الجدول. ثم اقسم

درجة الحرارة T	درجة الحرارة K°	الحجم
T_1	K°	ض١ × ح١
T_2	K°_1	ض٢ × ح٢
T_3	K°_2	ض٣ × ح٣

$\frac{ح_1}{ح_2}$ و $\frac{K^\circ_1}{K^\circ_2}$ وقارن حاصل القسمة.

٧- ارسم رسماً بيانياً يبين حجم الهواء (ح) على المحور الصادي ودرجة الحرارة المطلقة للهواء المحبوس K° فتحصل على مستقيم يمر امتداده بنقطة الأصل (م) .

- ماذا تلاحظ؟



قانون شارل ينص على أن:

« حجم كتلة معينة من غاز يتناسب تناسباً طردياً مع درجة حرارته عند ثبوت ضغطه ».

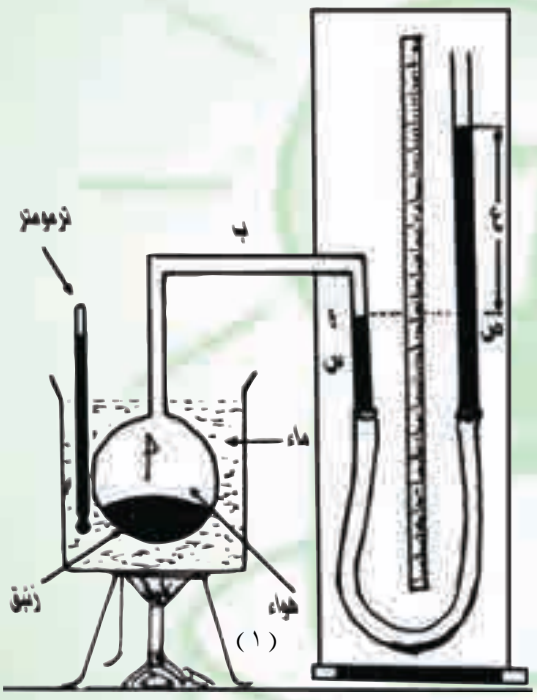
حل المسألة الآتية:

أنبوبة زجاجية شعرية مسدودة من أحد طرفيها أدخل بها خيط من الزئبق فحبس عموداً من الهواء طوله (١٠سم) عندما كانت درجة الحرارة ٢٧م فإذا لوحظ أن خيط الزئبق يحجز عموداً من الهواء طوله (١٢سم) عندما وضعت هذه الأنبوبة في حوض به ماء ساخن، فكم تكون درجة حرارة الماء؟

الاستنتاج

الهدف من التجربة : تحقق من قانون الضغط عملياً .

الأدوات المطلوبة لتنفيذ التجربة



– وعاء زجاجي عميق به ماء موضوع على حامل – ترمومتر زئبقي– لهب بنزن – جهاز جولي وهو يتكون من انتفاخ زجاجي (أ) انظر إلى الشكل (١) يحتوي على هواء ويتصل عن طريق الأنبوبة (ب) بمانومتر زئبقي لقياس ضغط الهواء الموجود في الانتفاخ (أ) عند ثبوت حجمه ويتكون المانومتر من أنبوبتين زجاجتين س، ص مثبتين على حامل وتتصلان من أسفل بواسطة أنبوبة من المطاط حتى يمكن تحريك الأنبوبة (ص) إلى أعلى وإلى أسفل بمحاذاة مسطرة مدرجة وتحتوي أنبوبة المطاط والأنبوبتان (س)،(ص) على زئبق، كما يوجد في الانتفاخ (أ) زئبق حجمه $\frac{١}{٧}$ حجم الانتفاخ لمعادلة تمدد زجاجه، وذلك لأن معامل التمدد الحجمي للزئبق يساوي ٧ أمثال معامل تمدد الزجاج. وبذلك يصبح حجم الحيز الذي يشغله الهواء في الانتفاخ ثابتاً في جميع درجات الحرارة.

خطوات إجراء التجربة

١- اغمر الانتفاخ (أ) في ماء بارد، ثم حرك الأنبوبة (ص) إلى أعلى أو إلى أسفل حتى يصبح سطح الزئبق في الأنبوبة (س) عند علامة ثابتة (و)، وعيّن البعد الرأسي بين سطحي الزئبق في الأنبوبتين س،ص وليكن (ع)سم.

٢- عيّن درجة حرارة الماء المحيط بالانتفاخ، فتكون هي درجة حرارة الهواء المحبوس في الانتفاخ ولتكن **T**.

٣- احسب ضغط الهواء المحبوس من العلاقة:

ض = الضغط الجوي + ع إذا كان سطح الزئبق في الأنبوبة (ص) أعلى من سطحه في الأنبوبة (س) أما إذا كان سطح الزئبق في الأنبوبة (ص) منخفضاً عن سطحه في الأنبوبة (س) فإن ضغط الهواء المحبوس يكون

ض= الضغط الجوي – ع.

ويمكنك تعيين الضغط الجوي في المعمل بواسطة بارومتر زئبقي

٤- سخن الماء المحيط بالانتفاخ حتى يغلي ثم أبعد اللهب، وعيّن درجة حرارة الماء، فتكون هي درجة حرارة الهواء المحبوس.

٥- حرك الأنبوبة(ص) إلى أعلى حتى يعود سطح الزئبق في الأنبوبة (س) إلى العلامة الثابتة (و)، ثم عيّن ضغط الهواء المحبوس في هذه الحالة.

٦- اترك الانتفاخ يبرد تدريجياً، وعيّن ضغط الهواء المحبوس في (ص) عند درجات حرارة مختلفة مع مراعاة ثبوت حجم الهواء في كل حالة(مرة).

٧- احسب درجة الحرارة المطلقة للهواء $\mathbf{K^{\circ}}$ في كل حالة باستخدام العلاقة

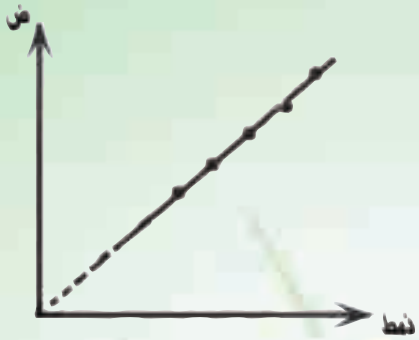
$\mathbf{K^{\circ}} = \mathbf{C^{\circ}} + ٢٧٣$.

٨- ارسم جدولاً كالذي أمامك ودون فيه القيم التي تحصلت عليها.

ض	T	K
ض١	$\mathbf{T_1}$	$\mathbf{K^{\circ}}$
ض٢	$\mathbf{T_2}$	$\mathbf{K^{\circ}_1}$
ض٣	$\mathbf{T_3}$	$\mathbf{K^{\circ}_2}$

٩- ارسم رسماً بيانياً يبين ضغط الهواء المحبوس (ض) على المحور الصادي ودرجة الحرارة المطلقة (K°) على المحور السيني .

- ماذا تلاحظ؟



الاستنتاج

حل المسألة الآتية :

وضع انتفاخ جهاز جولي في ثلج منصهر درجة حرارته صفرْم ، فلوحظ أن سطح الزئبق في الأنبوبة المفتوحة ينخفض عن سطحه في الأنبوبة الأخرى بمقدار (٧٫٥سم) فإذا كان الضغط الجوي في مكان التجربة ٧٢سم زئبق، أوجد درجة حرارة الانتفاخ عندما يكون سطح الزئبق في الأنبوبة المفتوحة أعلى من سطحه في الأنبوبة الأخرى بمقدار (٣٥٫٤سم) .

الحل

تم بحمد الله