إدارة المناهج والكتب المدرسية

التكييف والتبريد
العلوم الصناعية الخاصة والتدريب العملي

الفصل الدراسي الأول
الصف الحادي عشر
الفرع الصناعي

إعداد

وزارة التربية والتعليم

بالتعاون مع

الوكالة الكورية للتنمية الدولية (KOICA)

والوكالة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ)

الناشر

وزارة التربية والتعليم

إدارة المناهج والكتب المدرسية

يسر إدارة المناهج والكتب المدرسية استقبال آرائكم وملاحظاتكم على هذا الكتاب على العناوين الآتية:
هاتف: 8-5 / 4617304 فاكس 4637569- ص.ب: (1930) الرمز البريدي: 11118
أو على البريد الإلكتروني: Email: VocSubjects.Division@moe.gov.jo

قررت وزارة التربية والتعليم تدريس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار مجلس التربية والتعليم رقم (2019/139)، تاريخ 2019/12/2م، بدءًا من العام الدراسي 2021/2020م.

حقوق الطبع جميعها محفوظة لوزارة التربية والتعليم

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية

(2020/7/2368)

ISBN: 978-9957-84-962-7

اللجنة الضابطة لتأليف هذا الكتاب

د. أسامة كامل جرادات — م. عادل أحمد ممتاز

د. زبيدة حسن أبوشويمة — م. حمد عزات أحمرو

م. باسل محمود غضية — م. عبد الناصر سعيد حماد

بكر صالح عليان — م. عبد المجيد حسين أبو هنيه

م. حماد محمد أبو الرشتة

اللجنة الفنية

د. زايد حسن عكور

التحرير العلمي: م. عبد المجيد حسين أبو هنيه

التحرير اللغوي: د. خليل إبراهيم القعيسي

التحرير الفني: نرمين داود العزة

التصميم: فخري موسى الشبول

الإنتاج: د. عبد الرحمن سليمان أبو صعيليك

دقق الطباعة وراجعها: م. محمد عبد اللطيف أبو رحمة

الطبعة الأولى
(أعيدت طباعته)

منهاجي
متعة التعليم الهادف

1441هـ/ 2020م
2021 – 2022م

قائمة المحتويات

المقدمة

الفصل الدراسي الأول

الوحدة الأولى: أساسيات التبريد

الموضوع	الصفحة
المقدمة	
المسوغات	9
إرشادات للطلبة	10
أولًا: الحرارة	28
التمرين العملي (1-1): قياس درجات الحرارة بمقياسي درجات الحرارة الزجاجي والإلكتروني	48
ثانيًا: الضغط	50
التمرين العملي (1-2): قياس الضغوط بمقياس بوردون	63

الوحدة الثانية: الأنابيب المستخدمة في أنظمة التكييف والتبريد

أولًا: أنواع الأنابيب المستخدمة في أنظمة التكييف والتبريد وطرائق توصيلها	66
التمرين العملي (2-1): قص أنابيب النحاس، وتقويرها وتوسيعها وتفليجها	87

الموضوع	الصفحة
التمرين العملي (2-2): ثني الأنابيب النحاسية	89
التمرين العملي (2-3): تفليج الأنابيب النحاسية	91
التمرين العملي (2-4): قص أنابيب CVPC وتوصيلها	93
التمرين العملي (2-5): تسنين الأنابيب الفولاذية بآلة التسنين اليدوية	95
ثانيًا: لحام أنابيب النحاس والألمنيوم	98
التمرين العملي (2-6): لحام الأنابيب النحاسية بالأكسي أستيلين بالفضة	109
الوحدة الثالثة: أساسيات كهرباء أنظمة التكييف والتبريد	
أولًا: المواد الموصلة، وشبه الموصلة، والعازلة للتيّار الكهربائي	116
ثانيًا: الدارات الكهربائية ومكوناتها والمفاهيم المتعلقة بها	125
ثالثًا: المواسعات الكهربائية، والمحرّكات الكهربائية أحادية الطور	149
رابعًا: المحولات الكهربائية، والمرحلات الكهربائية	163
التمرين العملي (3-1): تعرية الأسلاك الكهربائية	174

الموضوع	الصفحة
التمرين العملي (3-2): استبدال القابس الكهربائي الثلاثي	176
التمرين العملي (3-3): تنفيذ دارة كهربائية بسيطة تحتوي مصباحًا واحدًا	180
التمرين العملي (3-4): تنفيذ دارة كهربائية بسيطة تحتوي مصباحين موصولين على التوالي	183
التمرين العملي (3-5): تنفيذ دارة كهربائية بسيطة تحتوي مصباحين موصولين على التوازي	186
التمرين العملي (3-6): استعمال جهاز القياس الكهربائي متعدد القياسات (الملتيميتر)	189
التمرين العملي (3-7): استكشاف العلاقة بين شدة التيّار والفولتية	191
التمرين العملي (3-8): توصيل محرّك كهربائي، باستعمال مرحل فولت وقاطع وقاية من زيادة الحمل، ومواسعيه وبدء ودوران وتشغيله	193
التمرين العملي (3-9): توصيل محرّك كهربائي باستعمال مرحل تيار وقاطع وقاية من زيادة الحمل وتشغيله	195
التمرين العملي (3-10): فحص محرّك كهربائي من النوع ذي القطب المظلل، وتشغيله، وعكس اتجاه دورانه	197

الموضوع	الصفحة
الوحدة الرابعة : دورة التبريد الميكانيكية البسيطة	
أولًا: دورات التبريد	200
التمرين العملي (4-1): تجميع مكونات دورة تبريد ميكانيكية بسيطة	226
التمرين العملي (4-2): تفريغ دورة مغلقة بمضخة التفريغ	229
مسرد المصطلحات	232
قائمة المراجع	238

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على سيّدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين، أمّا بعد، فانطلاقًا من رؤية وزارة التربية والتعليم، وانسجامًا مع أهدافها بتطوير التعليم، فقد جاء تطوير منهاج التكييف والتبريد بدعم من الوكالة الكورية للتنمية الدولية (KOICA)، والوكالة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ) ؛ ليواكب التغيير المتسارع والتطور التكنولوجي المستمر، فأوكلت مهمة إعداد هذا المنهاج إلى مركز هندسة العقول للتدريب والاستشارات لتنفيذه، بإشراف كادر متخصص من الخبراء والفنيين التابعين لوزارة التربية والتعليم الأردنية، وفقًا لمنهجية التدريب المبني على أساس وحدة الكفاية CBT، وأُعدّت المواد التعليمية والتدريبية وفقًا لإستراتيجية الحلقة الخماسية بما يحقق حاجات سوق العمل، ويؤدي إلى تقليل الفجوة بين التدريب والممارسة في سوق العمل في مجال التكييف والتبريد؛ وذلك بهدف إكساب الطلبة المهارات الأدائية والنظرية والاتجاهية، المتعلقة بمهنة التكييف والتبريد، وقد طورت الوزارة المناهج لتتماشى مع حاجات سوق العمل، عبْر ارتكاز هذا المنهاج على المعرفة العلمية والخبرات العمليّة، ودمج المعرفة النظرية في التطبيق العملي وفقًا لإستراتيجيات تعليمية وتدريبية حديثة، حيث تعتمد الطالب (المتدرب) محورًا للعملية التعلمية، لزيادة القدرة لديهم على البحث عن المعرفة وتحليلها لتتولد لديهم معرفة جيدة، وليتواصلوا مع الآخرين، ملتزمين بأخلاقيات العمل الجماعي، وليمارسوا التفكير الناقد في حل المشكلات.

وقد قسم المستوى الحادي عشر سبع وحدات دراسية، يتعرف الطالب في الوحدة الأولى: أساسيات التبريد، وفي الوحدة الثانية: الأنابيب المستعملة في أنظمة التكييف والتبريد، وفي الوحدة الثالثة: أساسيات كهرباء أنظمة التكييف والتبريد، وفي الوحدة الرابعة: دورة التبريد الميكانيكية البسيطة، والوحدة الخامسة: وسائط التبريد وعمليتا التفريغ والشحن، والوحدة السادسة: أجهزة التبريد المنزلية، والوحدة السابعة أجهزة التبريد التجارية.

روعي في هذا الكتاب إدراج الصور، والرسوم التوضيحية، والأشكال، والجداول، والأنشطة، والقضايا البحثية، والزيارات الميدانية؛ لتمكين الطالب من الحصول على المعرفة بطرائق مختلفة ومتنوعة، إضافةً إلى المصطلحات باللغة الإنجليزية لتسهيل مهمة الدارسين والمهتمين خصوصًا في عمليات البحث.

مرّ هذا الكتاب بمراحل عدّة حتى أنجز بالصورة التي بين أيديكم، بدأت بدراسة الحاجات وتحليلها، وتمثلت بالمسح الميداني الذي حُصرت عبْره الكفايات المهنية لتخصص التكييف والتبريد، التي يحتاجها القطاعان: العام والخاص، ثم وضع هذه الكفايات ضمن ما يسمى الإطار العام للتخصص، ووضع النتاجات العامة والخاصة، وتطوير الخطة الدراسية ثم إعداد محتوى التعلم (كتاب الطالب)، يتبعه دليل المعلم، وأخيرًا حوسبة المنهاج.

الشكر الجزيل لكل من أسهم وشارك في إبراز هذه الكتاب، ليكون أحد مصادر المعرفة المتاحة للجميع، سواء العاملون في وزارة التربية والتعليم أو العاملون في القطاعين: العام والخاص، ونخص بالذكر لجنة الإشراف على هذا الكتاب التي أدّت دورًا كبيرًا في إبراز سمات التطوير لتحقيق هدف إحداث التنمية الشاملة.

والله وليّ التوفيق

المسوغات

يعد التعليم الثانوي الصناعي أحد فروع التعليم المهني، الذي تتبناه وزارة التربية والتعليم، لإعداد الكوادر المهنية المدربة الداعمة للاقتصاد الوطني الأردني، وتخصص التكييف والتبريد من التخصصات الضرورية المهمة، التي تسعى إلى تطوير مهارات التفكير العليا، وحل المشكلات، وتسليح الطلبة بالمعرفة النظرية والمهارات العملية والاتجاهات والقيم الإيجابية، ما يمكنهم من إيجاد حلول مبتكرة للمشكلات التي تواجههم، واتخاذ القرار الصحيح بشأنها، عند مزاولتهم المهنة في الحياة العملية.

ويسعى هذا التخصص إلى غرس مبادئ العمل وقيمه واحترامها في نفوس الطلبة، وفقًا لتعاليم العقيدة الإسلامية وقيمها الإنسانية والأخلاق العربية، وإعداد الطلبة للعمل وتأمين الحياة الكريمة لهم، مسلّحين بكفايات مهنية، تمكنهم من مواجهة تحديات العصر.

ويعد هذا التخصص رافدًا مهمًا للكوادر الفنية المؤهلة القادرة على التكيف مع المتطلبات الحالية والمستقبلية والحاجات المتغيرة، ما يؤثر إيجابًا في سوق العمل، ويسهم في إعداد طلبة قادرين على إدارة الوقت واستثماره، ما يحقق رؤية وزارة التربية والتعليم وينفذ أهدافها في مجال الاقتصاد المبني على المعرفة وتوظيفها واستثمارها؛ لتكون عونًا لهم في حياتهم العملية.

لذا ينبغي لتخصص التكييف والتبريد أن يزود الطلبة بما يأتي:

- مهارات تخصصية كافية لإجراء أعمال التكييف والتبريد حسب معايير سوق العمل.
- المعارف والمهارات الأساسية في مجال التكييف والتبريد.
- مهارات العمل الأساسية وقيمه، التي تخلق اتجاهات جديدة في تقدير المهنة وأخلاقياتها والتأسي بالأنبياء الذين كانوا يحترفون المهن المختلفة، والتعامل مع الآخرين بإيجابية.
- مهارات واتجاهات تساعدهم على التعلم الذاتي، والتعلم مدى الحياة.
- مهارات التفكير الإبداعي، التي تساعدهم على فهم ما يحيط بهم من تقنيات العصر في مجال التكييف والتبريد، وكيفية التعامل معها.

إرشادات للطلبة

★ إرشادات مهنية	▲ إرشادات إدارية	⊘ احذر من

الكفاية التقنية Technical Competence

إن الكفاية التقنية تركز على فكرة نقل المعرفة عن طريق عمل المشروع وتنفيذ المشاريع بصورة عامة يعتمد على الخطوات الست الآتية:

إرشادات مهنية

العمل عبْر أسلوب المشاريع في ست خطوات، وهي كما يأتي:

1- الحصول على المعلومات Informing

بناءً على تعريف المشروع، يجب أن يحصل المتدربون على صورة واضحة للحل النهائي بما في ذلك التفاصيل، ويتحقق ذلك بوساطة تحليل وثائق المشروع تحليلًا منهجيًّا وطرح الأسئلة إذا لزم الأمر.

ومن الأسئلة الممكنة في هذه المرحلة:

– ماذا يفترض أن أفعل؟

– هل فهمت المهمة المطلوبة جيدًا ؟

2-التخطيط Planning

التخطيط يعني إعداد نفسك عقليًّا وتوقع التنفيذ الفعلي، ويتطلب التخطيط الكفاءة في معالجة أمر المشروع وتنظيم خطواته.

والأسئلة الممكنة في هذه المرحلة:

– كيف يمكنك المضي قدمًا في تحقيق المهمة المطلوبة؟

– ما المعلومات المطلوبة؟

– ما المساعدات المتاحة؟

3-اتخاذ القرار Deciding

بعد مرحلة التخطيط، يقرر المتدربون الوسائل المساعدة، مثل: ما أوراق البيانات اللازمة لمعالجة مهمة المشاريع ؟ هل المهمة المطلوبة ستنفذ فرديًّا أم جماعيًّا؟

من الأسئلة الممكنة في هذه المرحلة؟

– ما الأدوات والمستلزمات التي ستستخدم في التمرين؟

– هل استعملت مصادر المعلومات المتوافرة جميعها؟

– هل التزمت متطلبات السلامة؟

4- التنفيذ Executing

تنفيذ المهمة بعد الخطوات السابقة.

يجب أن يكون المتدربون قادرين على تنفيذ المهمة المطلوبة من دون مساعدة.

بعد إنتاج الحل المكتوب، يجب إجراء فحص أو الطعن في ما يتعلق بالنتائج التي توصلوا إليها.

من الأسئلة الممكنة في هذه المرحلة:

هل اخترت التسلسل الصحيح لإنجاز المهمة؟

5- التدقيق Checking

يفحص المتدربون النتائج، ومقارنة النتيجة بوثائق الشركة المصنعة، والتحقق من القياسات لمعرفة ما إذا كانت القراءات واقعية.

من الأسئلة الممكنة في هذه المرحلة:

– هل أنجزت أهداف المشروع؟

– هل اقتنع المدرب والمعلم بالنتائج؟

6- التقييم Evaluation

في مرحلة التقييم النهائية، ينبغي للمتدرب مقارنة وثائق ترتيب المشروع بالنتائج العملية من حيث الأداء والقيم أساسًا لإجراء تقييم غيري أو ذاتي، وينبغي له تحليل الأخطاء وأسبابها وإمكانية تجنبها في المشاريع المستقبلية، ويجب أن يتعلم المتدرب تقييم قوته وضعفه وتطوير معايير الجودة الموضوعية للتطبيق في طريقة عمله التي ستؤدي في النهاية إلى الكفاءة الشخصية، ويمكن الانتهاء من هذا التقييم في مناقشة تقنية.

قواعد السلامة والصحة المهنية

مقدمة عامة : السلامة والصحة المهنية

معلومات مهمة

إن توفير بيئة عمل آمنة من المخاطر يؤدي إلى خفض عدد ساعات العمل المفقودة نتيجة تغيب العاملين عن العمل بسبب المرض أو الإصابة، والحد من تكاليف العلاج والتأهيل والتعويض عن الأمراض والإصابات المهنية، ما يؤدي إلى تحسين مستوى الإنتاج وزيادته، والمحافظة على العنصر المادي لتقليل الخسائر المادية المباشرة،وغير المباشرة، وعليه، تزداد المرابح والمكاسب؛ لذلك تجد أن بيئة العمل التي تهتم بتطبيق أعلى درجات الجودة في مجال السلامة والصحة المهنية وحماية البيئة، تحافظ على السمعة الطيبة والمكاسب المهمة.

إدارة المخاطر

هي تقييم المخاطر المحتملة في بيئة العمل؛ بهدف السيطرة عليها والحد منها أو منعها تمامًا، إذ تدار المخاطر وفقًا للخطوات الآتية مرتبة حسب الأولوية:

1- **تحديد المخاطر**: أي تحديد مصادر المخاطر المحتملة، وتحديد الأشخاص المحتمل تعرضهم لهذه المخاطر.

2- **تقييم المخاطر**: أي تقدير شدة الخطر.

3- **تنفيذ إجراءات الوقاية** من المخاطر عبر إجراءات التحكم في المخاطر حسب الأولوية كما يأتي:

أ - **الإزالة** : إزالة الخطر نهائيًا من بيئة العمل إن أمكن ذلك.

ب- **الاستبدال**: إذا لم يزل الخطر نهائيًا، فيجب التفكير ببديل آخر عديم الخطورة إن أمكن ذلك.

جـ- **العزل**: في حال عدم إزالة مصدر الخطر أو استبداله، فإن الإجراء المناسب هو عزل الخطر بعوازل مناسبة تقلل أضرار هذا الخطر أو تمنعها.

د - **التصاميم التقنية والهندسية**: تحد من مصادر الخطر أو تمنعها نهائيًا، فقد تكون واقيات عازلة للمعدات الخطرة أو عازلة لمصادر الخطر.

هـ- **الضوابط الإدارية**: القوانين والإرشادات والقرارات الإدارية التي تحمي العاملين والأشخاص الموجودين في بيئة العمل من التعرض لمخاطر بيئة العمل.

و - **معدات الوقاية الشخصية**: خط الدفاع الأخير لحماية الإنسان من مخاطر بيئة العمل، مثل: واقيات العيون، وواقيات السمع، والأيدي، والأرجل، وملابس العمل.

إجراءات الوقاية

في ما يأتي أهم إجراءات الوقاية من المخاطر المحتملة في بيئة العمل:

1- الوقاية من مخاطر الكهرباء

للوقاية من مخاطر الكهرباء، يجب التزام الإجراءات الآتية:

أ- التدريب الكافي على تطبيق مهارات السلامة والصحة المهنية للوقاية من مخاطر الكهرباء.

ب- توافر لوحات تحذيرية من مخاطر الكهرباء مثبتة في مواقعها المخصصة بصورة واضحة للجميع، باستخدام الماء والصابون.

جـ- استعمال أجهزة الوقاية الكهربائية.

د- توافر العزل الجيد للأرضيات أسفل لوحات الكهرباء.

هـ- جودة التأريض الكهربائي.

و- جودة التمديدات الكهربائية.

ز- عزل الأسلاك الكهربائية عزلًا جيدًا.

حـ- عدم تحميل التوصيلات الكهربائية حملًا زائدًا عن الحد المسموح به.

2- الوقاية من مخاطر السلالم النقالة

تصنع السلالم النقّالة من المواد الآتية: الخشب، والفايبرجلاس، والألمنيوم، ومن أنواعها: السلم المستقيم (A Straight Ladder)، وسلم الدرج (Step Ladder)، والسلم السحّاب لزيادة الطول (Extension Ladder)، وللوقاية عند استعمال السلّم النقّال، لا بد من معرفة الحد الأقصى للوزن الذي يتحمله السلّم والتأكد من أنه يناسب الوزن الكلي (وزن العمل نفسه + وزن المعدات والأدوات اللازمة للعمل) الذى سيُحمل عليه.

سلم الدرج
(Step Ladder).

السلم المستقيم
(Straight Ladder).

السلم السحّاب
(Extension Ladder).

للوقاية من مخاطر سلالم الدرج، يجب التزام الإجراءات الآتية:

أ- استعمال السلم المناسب لنوع العمل والوزن المسموح به، إذ تصنف سلالم الدرج وفقًا للوزن الأقصى الذي تتحمله إلى خمس فئات، هي:

1 . الصنف (III) للمهمات الخفيفة (Light Duty)، ويتحمل وزن 90 كغ حدًّا أقصى.

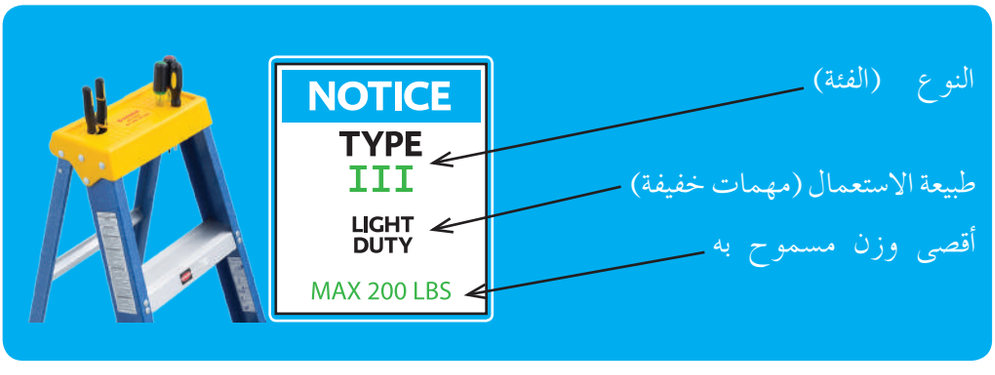
2 . الصنف (II) للمهمات المتوسطة (Medium Duty)، ويتحمل وزن 102 كغ حدًّا أقصى.

3 . الصنف (I) للمهمات الثقيلة (Heavy Duty)، ويتحمل وزن 113 كغ حدًّا أقصى.

4 . الصنف (I A) للمهمات فوق الثقيلة (Extra Heavy Duty)، ويتحمل وزن 136 كغ حدًّا أقصى.

5 . الصنف (I A A) لمهام خاصة (Special Duty)، ويتحمل وزن 375 باوند 170 كغ حدًّا أقصى.

ب- قراءة لوحة بيانات السلم، إذ يجب تزويد كل سلم بلوحة إرشادية تبين فئة هذا السلم، وفي ما يأتي لوحة بيانات لفئة السلم والوزن الأقصى المسموح به للتحميل عليه.



لوحة بيانات لفئة السلم والوزن الأقصى المسموح به للتحميل عليه.

للوقاية من مخاطر السلم المستقيم، يجب التزام الإجراءات الآتية:

أ- ضبط درجة ميلان السلم وفق قاعدة 1 إلى 4، إذ يجب أن تكون المسافة الأفقية تساوي ربع الارتفاع العمودي بين الأرض ونقطة ارتكاز السلم على الجدار أو على السطح؛ أي أن المسافة الأفقية = الارتفاع ÷ 4، يبين الشكل (1) ضبط درجة ميلان السلم العمودي.

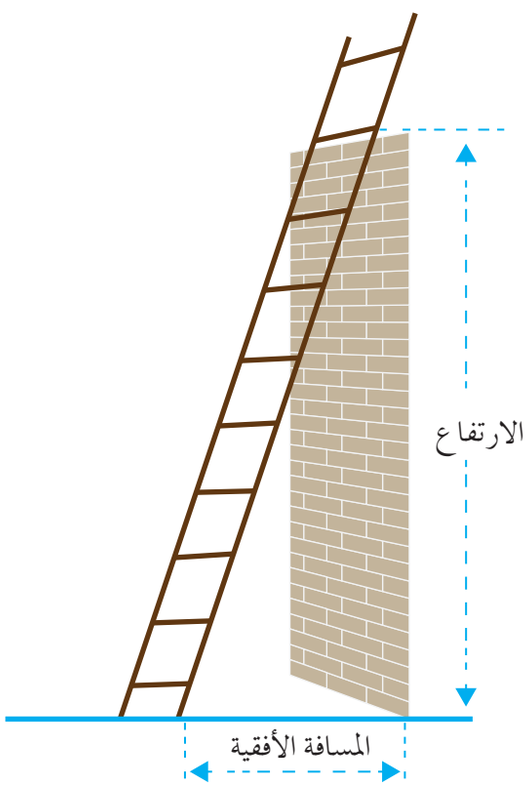
ب- عدم استعمال السلم لأكثر من شخص واحد في الوقت نفسه.

جـ – تثبيت السلم عند نقطة الاستناد العليا إلى الجدار، وعند نقطة الارتكاز السفلى على الأرض، على أن يكون السلم مزودًا بموانع انزلاق مثبتة أسفل القائمتين.

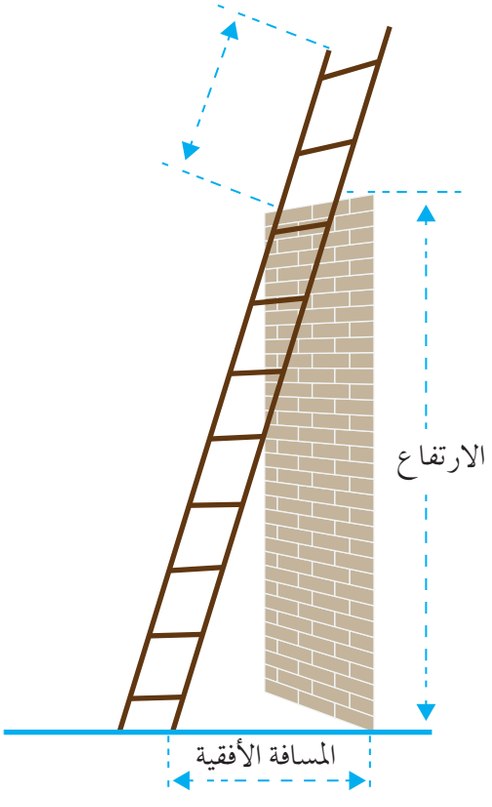
د – عند الصعود على السلم أو الهبوط منه، يجب أن يكون وجه العامل مواجهًا للسلم.

هـ – عدم الوقوف على الدرجة الأخيرة للسلم، وعدم تجاوز الدرجة الثالثة عند نقطة الارتكاز العليا.

و– رفع حافة السلم العليا مترًا واحدًا عن السطح، كما في الشكل (2) .

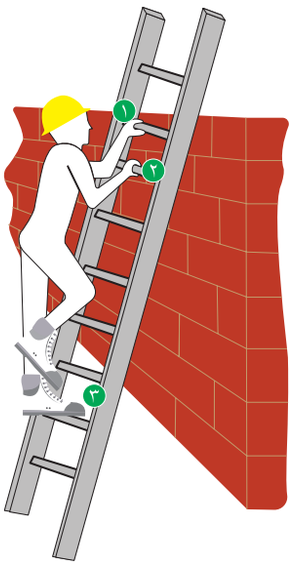


الشكل (1) :ضبط درجة ميلان السلم العمودي.



الشكل (2): بروز الحافة العليا للسلم المستقيم عن مستوى السطح.

جـ – المحافظة على وجود ثلاث نقاط اتصال دائمًا بين العامل والسلم في كل لحظة، إما على اليدين وقدم واحدة، و إما على القدمين ويد واحدة، يبين الشكل المجاور نقاط الاتصال الثلاث بين العامل والسلم.



نقاط الاتصال الثلاث بين العامل والسلم.

3- الوقاية من مخاطر المناولة اليدوية

أ - الوقاية من مخاطر الرفع

قد يؤدي رفع المواد الثقيلة إلى إصابة الفقرات القطنية عند رفعها بطريقة غير مناسبة، من أساليب الرفع المريحة للجسم، الاحتفاظ بالأحمال بالقرب من الجسم ومن مركز ثقل مركز جاذبية الشخص، مستعملًا أوضاع القدم القطرية، وتحريك الأحمال إلى مستوى ارتفاع الخصر بدلًا من تحريكها مباشرة من الأرض، يبين الشكل (3/أ،ب) الفرق بين الطريقة الصحيحة لرفع الأوزان وبين الطريقة غير الصحيحة.

الشكل (3/أ): الطريقة غير الصحيحة: ثني الظهر عند رفع الأوزان.

الشكل (3/ب): الطريقة السليمة: الظهر مستقيم، والاعتماد على الأرجل لا على الظهر عند الرفع.

ب- الدفع والسحب

تتطلب المناولة اليدوية للمواد الدفع أو السحب، والدفع أسهل من السحب عمومًا؛ لذا يجب استعمال كلتا الذراعين والساقين لتوفير القوة اللازمة للدفع.

جـ- الدوران

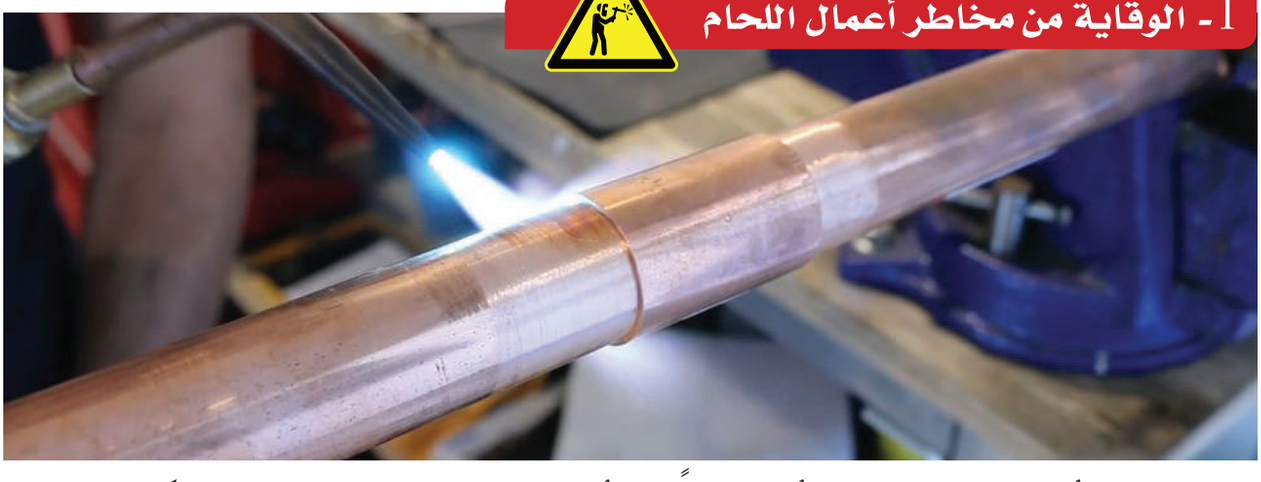
عند تحريك الأحمال، فإن المتعاملين معها يكونون بأمان عندما يلوون أكتافهم وأوراكهم وأقدامهم محافظين على بقاء الحمل أمامهم في الأوقات جميعها بدلًا من ليّ الظهر؛ فالجزء السفلي من الظهر غير مصمم للدوران أو الليّ المتكرر، يبين الشكل أدناه الدوران غير الصحيح لجسم العامل في أثناء المناولة اليدوية:

وجميعها تؤدي إلى إصابات متنوعة، وغالبًا ما تشمل الإصابات العضلية الهيكلية التواءً في الظهر والكتفين والأطراف العليا، وقد تشتمل المناولة اليدوية على: الانثناء، والالتواء، وتكرار الحركات، ونقل أحمال ثقيلة أو رفعها، والبقاء مدة طويلة في أوضاع ثابتة، وقد تؤدي المناولة اليدوية للمواد في ظل هذه الظروف إلى تلف العضلات، والأوتار، والأربطة، والأعصاب، والأوعية الدموية.

الدوران غير الصحيح لجسم العامل في أثناء المناولة اليدوية.

خاص بالتكييف والتبريد والتخصصات الأخرى التي تستعمل اللحام بالأكسي أستلين

1- الوقاية من مخاطر أعمال اللحام



اللحام بالأكسي – ستالين هو الأكثر تداولًا بين أنواع اللحامات في مهنة التبريد وتكييف الهواء، وهذه العمليات لها مخاطر محتملة على الإنسان وكذلك على المنشآت، ومن هذه لمخاطر: خطر الحريق، والغازات والأبخرة، والإشعاعات، إضافة إلى مخاطر الكي بالقِطَع الملحومة إذا لامست جلد الإنسان، ومخاطر الشرارات المتطايرة في بعض الأحيان على العيون، والجلد، والملابس، وغيرها.

من إجراءات الوقاية من هذه المخاطر ما يأتي:

أ– تفقد سلامة خراطيم الغاز، والتأكد من خلوها من التشققات والتسريبات والعيوب.

ب– تفقد الصمّامات ونقاط التوصيل، والتأكد من سلامة إحكامها، وعدم وجود تسريبات للغاز منها، باستخدام الماء والصابون.

جـ– تفقد منظمات الضغط، وأجهزة قياس ضغط الغاز في الأسطوانات وفي الأنابيب.

د– تفقد الأسطوانات والتأكد من جودتها وثباتها في موقعها، والتأكد ومن ضغط الغاز فيها.

هـ– تهيئة موقع اللحام وتأمينه والتأكد من خلوه من المواد القابلة للاشتعال، وعدم وجود معيقات للحركة، وعدم وجود زيوت أو أية مواد زلقة على الأرضيات.

و– ارتداء ملابس السلامة والصحة المهنية المناسبة للحام.

ز– استعمال أداة إشعال مناسبة.

ح– التهوية الكافية لحيز عمليات اللحام.

ط– الإنارة الكافية لحيز عمليات اللحام.

ي– استعمال واقيات العين والوجه المناسبة (نظارات اللحام، واقي الوجه الخاص باللحام) .

ك– توافر طفايات حريق مناسبة ذات صلاحية سارية.

ل– التدريب الجيد على إجراءات الوقاية من مخاطر الحريق ومكافحته.

2- تأثيروسيط التبريد (الفريون) على البيئة

غاز الفريون (Freon): وهي مركبات الكلوروفلوروكربون **(CFC)**، وتمثل خطرًا على البيئة، إذ أجرى العلماء دراسات عن هذه المركبات، ووُجد أنها تتراكم في طبقة الغلاف الجوي (الستراتوسفير)، وعند إطلاقها، ستسبب تدمير طبقة الأوزون التي تمتص الأشعة فوق البنفسجية الضارة وتمنعها من الإضرار ببيئة الأرض؛ لأن الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس إذا نفذت إلى الأرض، فإنها تضر الكائنات الحية، حيث تعمل طبقة الأوزون على حماية الأرض من الموجات القصيرة للأشعة فوق البنفسجية، إن المحافظة على البيئة من التلوث، من الأمور المهمة جدًّا لحياة الإنسان، لذا؛ يجب على العاملين في التكييف والتبريد الإسهام في حماية بيئة الأرض عبْر منع استعمال وسائط التبريد الضارة بالبيئة، والتزام قواعد السلامة والصحة المهنية وقوانينها في هذا المجال.

تحتوي لوحات السلامة والصحة المهنية رموزًا ذات دلالات عالمية مفهومة وواضحة أكثر من قراءتها، يبين الجدول الآتي بعض لوحات السلامة والصحة المهنية وإشاراتها.

بعض لوحات السلامة والصحة المهنية وإشاراتها.

مواد سامة	خطر إشعاعات الليزر	مواد سامة ومؤكسدة / ممنوع الدخول	مواد مشعة
مادة كيميائية خطرة	خطر سقوط الأشياء	مواد قابلة للاشتعال	مواد ضارة بالبيئة
خطر الصعقة الكهربائية	مواد قابلة للانفجار	خطر الصعقة الكهربائية	منطقة تجمع عند الإخلاء
مخرج طوارئ	اتجاه مخرج الطوارئ	الأرضية مبتلة (زلقة)	

معدات الوقاية الشخصية العامة

هي المعدات التي تقي العاملين مخاطر بيئة العمل، مثل: معدات مكافحة الحريق، والمعدات الهندسية مثل تركيب الحواجز الواقية للأجزاء المتحركة، أو التي التي تمنع تطاير الأجزاء الدقيقة كالريش والذرات المعدنية و المواد الكيميائية، إذا تعذر تهيئة ظروف عمل آمنة لإزالة المخاطر أو عزلها، بتوفير معدات الوقاية الشخصية الملائمة، وتزويد الأشخاص العاملين والموجودين في بيئة العمل بها، وفرض استعمالها للوقاية من الإصابات والمخاطر المحدقة بهم، ويجب استعمال معدات الوقاية الشخصية دائمًا؛ وإن اتخذت إجراءات عزل المخاطر الهندسية والإدارية كلها، بغية الوقاية والسلامة والصحة المهنية، ويجب أن تتوافر في معدات الوقاية الشخصية الشروط الآتية:

1- أن تكون مطابقة للمواصفات العالمية، ومواكبة لأحدث التطورات التكنولوجية.

2- أن تكون مناسبة للجسم ومريحة للعامل وسهلة الاستعمال، وألا تكون مزعجة أو معيقة أداء العمل.

3- أن تكون صالحة للاستعمال، وملائمة لدرء الخطر عن العامل في أثناء العمل.

4- أن تكون ذات جودة عالية لتتحمل ظروف العمل ولا تتلف بسهولة.

5- أن يُدرَّب العامل على استعمالها استعمالًا صحيحًا.

6- أن يُلزَم العاملون باستعمالها.

7- إذا لم تستعمل معدات الوقاية الشخصية، فيجب حفظها نظيفة في أكياس مناسبة.

معدات الوقاية الشخصية يستعملها الأشخاص في بيئات العمل المختلفة سواء العاملون، أو المشرفون، أو الزوار؛لحمايتهم من مخاطر العمل المختلفة، يبين الجدول الآتي بعض معدات الوقاية الشخصية:

الجدول (1): معدات الوقاية الشخصية.

اللباس الواقي للجسم	حزام الأمان	واقيات الأيدي	الحذاء الواقي للقدمين
واقيات السمع	واقيات الرأس	واقي العيون والتنفس	واقيات العيون
واقي الوجه			

أخلاقيات العمل في مهنة التبريد وتكييف الهواء

هي مجموعة القواعد والآداب السلوكية والأخلاقية التي يجب أن تصاحب العاملين في مهنة التبريد وتكييف الهواء في تعاملاتهم مع الزبائن والتجار وزملاء المهنة الآخرين وتجاه المجتمع كله، إذ إنها تعتمد على العمل الجاد والاجتهاد، كما أنها تعبّر عن الإيمان بفائدة العمل الأخلاقية، وعلى قدرته على تعزيز الشخصية، ومن الأمثلة على أخلاقيات العمل: المصداقية، والقدرة على مواكبة مستجدات سوق العمل والتكنولوجيا، وجودة الأداء، والصدق والأمانة والإتقان في العمل، حيث إن أخلاقيات المهنة جزء من منظومة الأخلاق عمومًا، ومن يمارس مهنة التبريد وتكييف الهواء يواجه أنواعًا خاصة من المحكّات ذات الطبيعة الأخلاقية، ويتعيّن عليه أن يتعلم كيف يواجهها بصورة منهجية، ومن المواقف التي قد يواجهها، ويمكن وضعها في إطار الأعمال

الأخلاقية، التي تتوافق والآداب العامة المقبولة للممارسة المهنية:

1- احترام المواعيد.

2- المصداقية في تسعير الأجور وأثمان القطع، ومراعاة حقوق الآخرين وظروفهم المادية والاقتصادية.

3- الصدق والأمانة في تشخيص الأعطال وتقدير حجم العمل.

4- احترام خصوصيات الزبائن وممتلكاتهم عند العمل في منازلهم.

5- تجنب الممارسات المدمرة للبيئة أو الضارة بالمجتمع.

6- عدم الحصول على أعمال بطرائق غير أخلاقية، مثل الرشوة والمنافسة غير الشريفة.

7- عدم الحصول على أعمال بأتعاب متدنية للغاية تحت ضغط التنافس، ما يترتب عليه تقديم خدمة ذات مستوًى متواضع على أقل تقدير.

النتاجات التعليمية المحورية

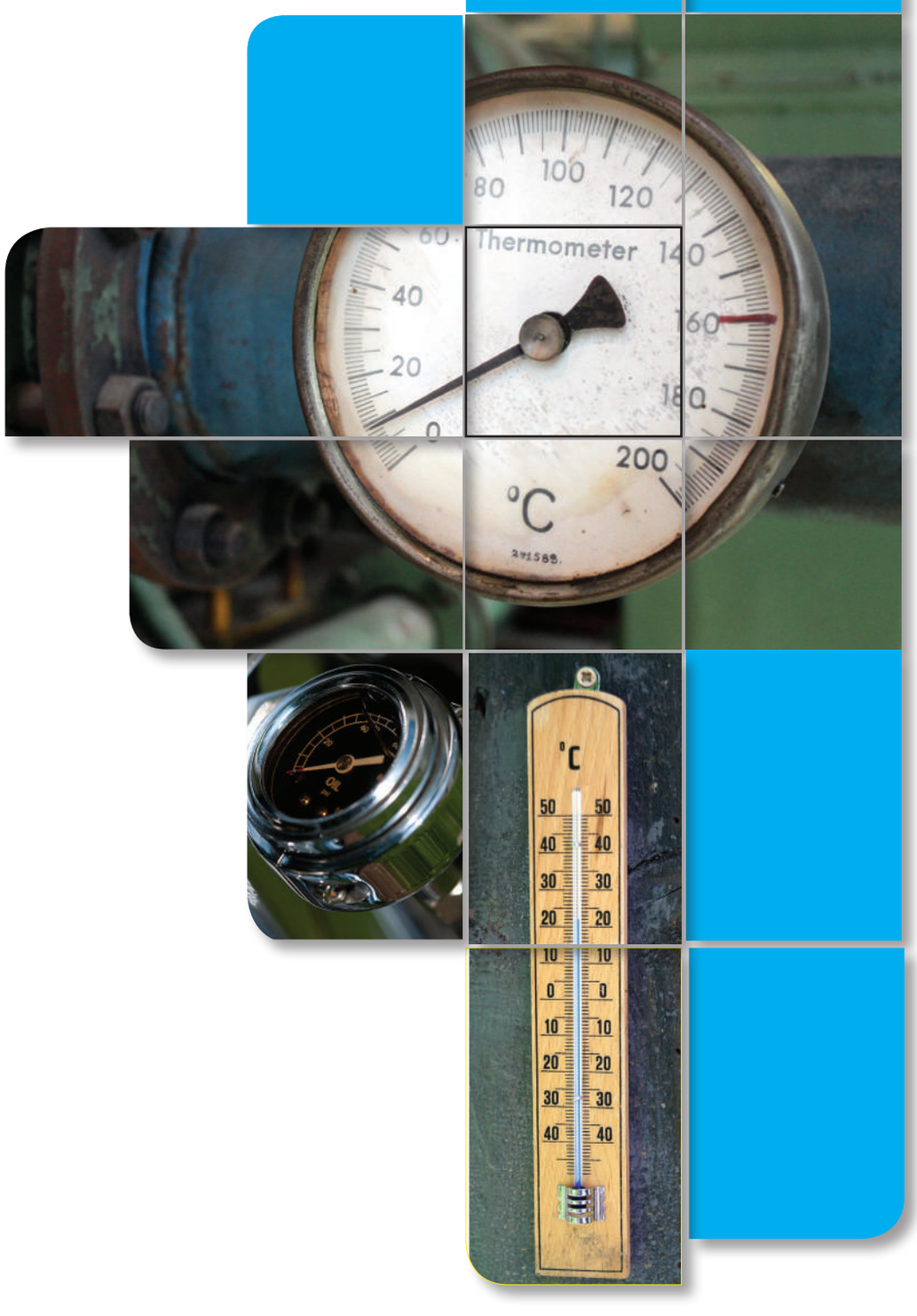
يتوقع من الطالب بعد دراسته كتاب الفصل الدراسي الأول من الصف الحادي عشر لتخصص التكييف والتبريد، أن يتسلح بالكفايات المبينة في الجدول الآتي:

رقم الكفاية	الكفايات	النتاجات العامة للفصل	الوحدة	ملاحظات
1	استعمال تجهيزات مشغل التكييف والتبريد وتشغيلها	النتاجات العامة جميعها للفصل تم تغطيتها في الوحدات التدريبية في موقعها وفقًا لتسلسل مخطط الكفايات		في التمارين العملية جميعها
2	قراءة المخططات والرسومات الميكانيكية والكهربائية لأنظمة التكييف والتبريد	النتاجات العامة جميعها للفصل تم تغطيتها في الوحدات التدريبية في موقعها وفقًا لتسلسل مخطط الكفايات	معظم الدروس	في التمارين العملية معظمها
3	استعمال القياس الكهربائية المختلفة	النتاجات العامة جميعها للفصل تم تغطيتها في الوحدات التدريبية في موقعها وفقًا لتسلسل مخطط الكفايات	(الفصل الأول) الوحدة الثالثة أساسيات الكهرباء	موجودة في التمارين العملية جميعها التي تحتاج إلى تخطيط وقياس
4	لحام الأنابيب النحاسية وتنفيذ مهارات (القص، والثني، والتوسيع، والتقوير، والتفليج)	النتاجات العامة جميعها للفصل تم تغطيتها في الوحدات التدريبية في موقعها وفقًا لتسلسل مخطط الكفايات		

رقم الكفاية	الكفايات	النتاجات العامة للفصل	الوحدة	ملاحظات
5	فحص الضواغط (compressors) وصيانتها وتشغيلها المستعملة في أنظمة التكييف والتبريد	النتاجات العامة جميعها للفصل تم تغطيتها في الوحدات التدريبية في موقعها وفقًا لتسلسل مخطط الكفايات	(الفصل الأول) الوحدة الثانية / الدرس الثاني، والثالث، والرابع	
6	مراعاة الأمور البيئية في التعامل مع وسائط التبريد واستعمال أجهزة التدوير الخاصة بها	النتاجات العامة جميعها للفصل تم تغطيتها في الوحدات التدريبية في موقعها وفقًا لتسلسل مخطط الكفايات		
7	استعمال تكنولوجيا المعلومات والتعلم مدى الحياة في مجال التكييف والتبريد	النتاجات العامة جميعها للفصل تم تغطيتها في الوحدات التدريبية في موقعها وفقًا لتسلسل مخطط الكفايات		في التمارين العملية والتعليم الإلكتروني
8	تطبيق قواعد السلامة العامة والصحة المهنية	النتاجات العامة جميعها للفصل تم تغطيتها في الوحدات التدريبية في موقعها وفقًا لتسلسل مخطط الكفايات		موجود في الدروس كلها تقريبًا
9	العمل بروح الفريق، والتزام أخلاقيات المهنة	النتاجات العامة جميعها للفصل تم تغطيتها في الوحدات التدريبية في موقعها وفقًا لتسلسل مخطط الكفايات	في التمارين العملية جميعها تقريبًا	

1 الوحدة الأولى

أساسيات التبريد



1
الوحدة الأولى

أساسيات التبريد

أولًا: الحرارة

النتاجات

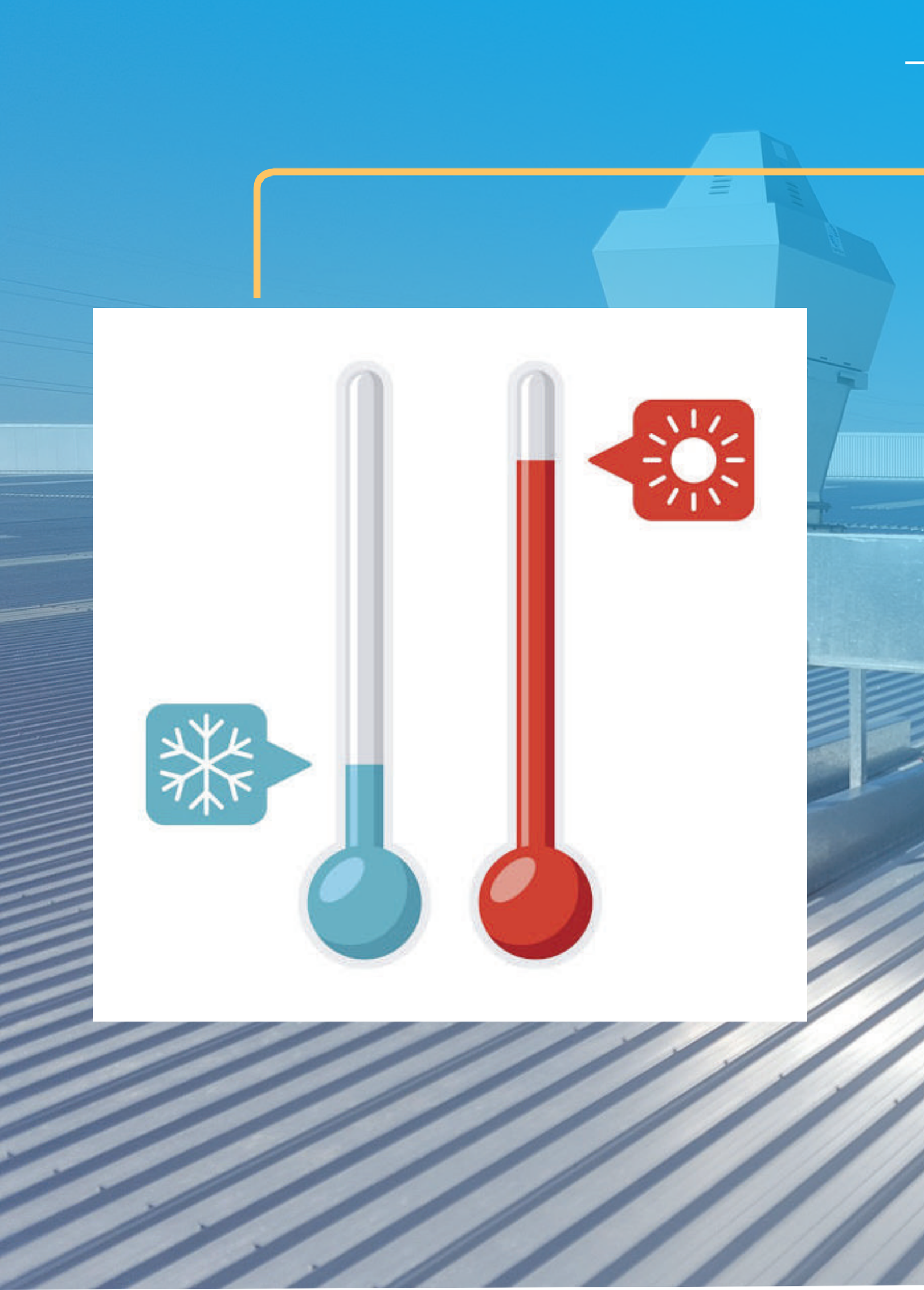
يتوقع منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- تتعرف مفاهيم الحرارة.
- تفهم قوانين الديناميكا الحرارية: (الصفري، والأول، والثاني).
- تتعرف تحويلات درجات الحرارة، وطرائق انتقالها.

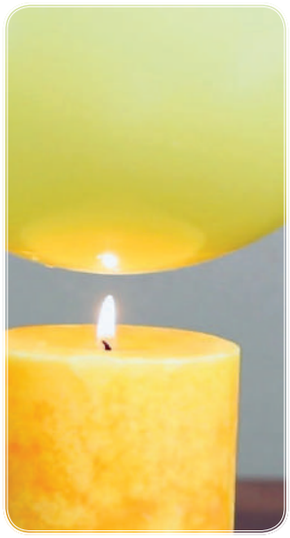
شروط السلامة المهنية

- تطبيق شروط السلامة المهنية وقوانينها.
- تطبيق الإجراءات والممارسات المرتبطة بحماية البيئة.
- العمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد.

القياس والتقويم



انظر.. وتساءل



• عند تقريب بالون ممتلئ بالماء من لهب شمعة مشتعلة، سنلاحظ أنه لا ينفجر مباشرة، ماذا تتوقع أن يحدث لو قُرِّب بالون ممتلئ بالهواء من لهب الشمعة المشتعلة؟ لماذا؟

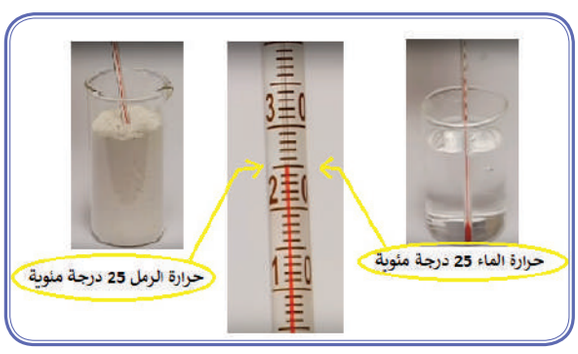
نفّذ هذه التجربة بإشراف المعلم، وكن حذرًا عند التعامل مع اللهب.

لابد أنك لاحظت أن البالون الممتلئ بالهواء انفجر فورًا، بينما استغرق البالون المملوء بالماء مدة زمنية أطول بكثير قبل أن ينفجر. ما سبب ذلك؟

استكشف

– لو كانت كميتان متساويتان من الماء والرمل كما في الشكل الآتي، ووضع تحتهما مصدران من اللهب (بنزن)، وكانت درجة الحرارة للماء والرمل قبل التسخين (25 درجة مئوية)، ثم طلب إليك تسخين الماء والرمل 5 دقائق.

أيهما ستكون درجة حرارته أعلى بعد التسخين؟



كميتان متساويتان من الماء والرمل.

لعلك لاحظت أن درجة حرارة الرمل بعد التسخين أعلى من درجة حرارة الماء بعد التسخين، رغم أن كليهما سُخِّن بالمدة نفسها، إذ كانت درجة حرارة الرمل 60 س°، وكانت درجة حرارة الماء بعد التسخين 35 س°، **بماذا تفسر ذلك؟**

ما درجة حرارتي الماء والرمل التي تتوقعها، بعد عشر دقائق من إطفاء اللهب؟

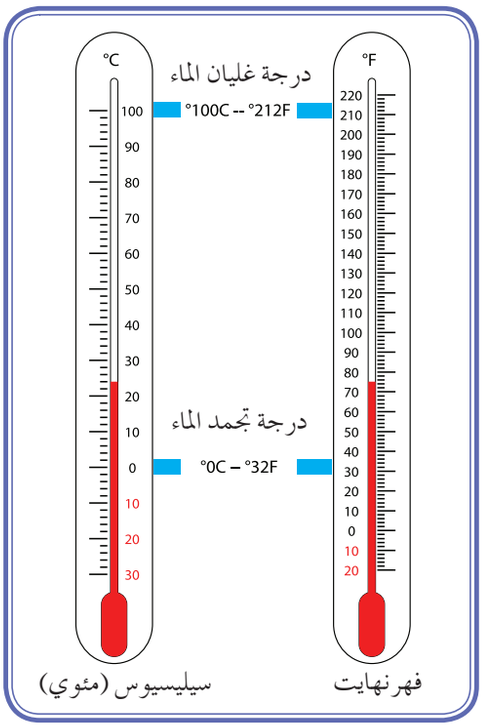
اقرأ وتعلم

درجة الحرارة

تعرف درجة الحرارة بأنها: مقياس مدى سخونة جسم ما أو برودته، فدرجة الحرارة العالية لجسم ما، تدل على الحرارة المرتفعة جدًّا؛ فيقال إن الجسم ساخن، كذلك تدل درجة الحرارة المنخفضة على الحرارة المنخفضة جدًّا؛ لذلك يقال إن الجسم بارد، وتقاس درجة الحرارة بوحدة سيليسيوس (مئوي)، ويرمز إليها بالحرف (C°) باللغة الإنجليزية وبالحرف (س°) باللغة العربية، أو بوحدة فهرنهايت، ويرمز إليها بالحرف (F°) أو بالحرف (ف°)، أو بوحدة كلفن ويرمز إليها بالرمز (K°) أو بالحرف (ك)، أو بوحدة رانكن ويرمز إليها بالرمز (R°) أو بالحرف (ر°). وعند قياس الدرجة التي يتجمد عندها الماء، تبين أنها صفر° بالمقياس المئوي، و32° بالمقياس الفهرنهايتي. يبين الشكل (1-1) مقياس درجات الحرارة المئوي والفهرنهايتي.

– مقاييس درجات الحرارة

يعرف مقياس درجة الحرارة بأنه: جهاز أو أداة تقيس درجة حرارة المواد، مثل قياس درجة حرارة الغازات كالهواء وقياس درجة حرارة السوائل كالماء، وقياس درجة حرارة المواد الصلبة أيضًا، ويستعمل كذلك لقياس درجة حرارة الإنسان، ويسمى مقياس درجة الحرارة المحرار، أو الثيرمو ميتر (Thermometer)، وهذه التسمية مكونة من كلمتين: ثيرمو (Thermo) وتعني حرارة، وميتر (meter) وتعني مقياس، وبسبب التطور الهائل في التكنولوجيا، صنعت أنواع كثيرة من مقاييس درجات الحرارة ثم طُوِّرت، من هذه الأنواع:



الشكل (1-1): مقياس درجات الحرارة المئوي والفهرنهايتي.

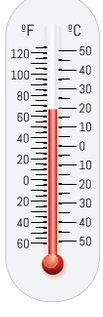
1- مقياس درجات الحرارة الإلكتروني الذي يعمل بالأشعة تحت الحمراء، حيث يقيس درجات حرارة سقوط الشعاع على الأجسام عن بُعد ودون ملامستها مباشرة.

2- مقياس درجات الحرارة الكهربائي.

3- مقياس درجات الحرارة الزجاجي.

ومعظم أنواع مقاييس درجات الحرارة تستعمل التدريج المئوي (C°)، والتدريج الفهرنهايتي (F°)، وقلما تجد مقاييس حرارة بتدريج كلفن (K°) أو بتدريج رانكن (R°) . إضافة إلى أن مقاييس الحرارة تتوافر بأشكال وتصاميم كثيرة جدًا، فمنها الرقمي (Digital)، والتناظري (Analog)، وكذلك فإن مقاييس درجات الحرارة بأنواعها وتصاميمها الكثيرة تُستعمل في المنازل لقياس درجات حرارة هواء المنزل، وفي أنظمة التبريد وتكييف الهواء، وفي المستشفيات، والفنادق، والمصانع، والمركبات والسيارات والطائرات، يبين الجدول الآتي بعض هذه الأنواع:

بعض أنواع مقاييس درجات الحرارة.

	مقياس درجات الحرارة الإلكتروني الذي يعمل بالأشعة تحت الحمراء
مقياس درجات الحرارة الزجاجي مزدوج التدريج – مئوي وفهرنهايت.	
	مقياس درجات الحرارة الإلكتروني ذو المجس

تحويلات درجات الحرارة

من الضروري أحيانًا تحويل درجة الحرارة من مقياس إلى آخر، لذا؛ فإن فهم المعادلات التي تربط درجات الحرارة المختلفة وتحويلاتها مهم، ويبين هذا البند هذه المعادلات، من الأمثلة التوضيحية على ذلك:

1- **التحويل من سيليسيوس إلى كلفن والعكس، وفقًا للمعادلة الآتية:**

$$K = C + 273$$

2- **التحويل من سيليسيوس إلى فهرنهايت، والعكس، وفقًا للمعادلة الآتية:**

$$F = \frac{9}{5} C + 32$$

مثال (1): حوّل درجة حرارة 75 س° إلى درجة الحرارة الفهرنهايتية المكافئة لها.

الحل :

$$F = (\frac{9}{5} \times 75)\, C + 32$$

$$F = (\frac{9}{5})\,(75) + 32$$

$$F = 135 + 32$$

$$F = 167$$

مثال (2): إذا كان مقياس درجة الحرارة 212 ف°، فاحسب درجة الحرارة المئوية المكافئة.

الحل :

$$F = (\frac{9}{5})\, C^{\circ} + 32 \rightarrow \quad C = (\frac{5}{9})\,(F - 32)$$

$$C = (\frac{5}{9})\,(212 - 32)$$

$$C = (\frac{5}{9})\,(180)$$

$$C = 100$$

مثال (3): إذا كانت درجة حرارة مادة ما هي $-10^{\circ}C$، فاحسب درجة حرارتها بالكلفن.

الحل :

$$K = C + 273$$
$$K = -10 + 273$$
$$K = 263$$

مثال (4): حوّل درجة الحرارة 400 كلفن إلى مئوية (سيليسيوس) .

الحل :

$$K = C + 273 \rightarrow C = K - 273$$
$$C = 400 - 273$$
$$C = 127$$

السعة الحرارية

إن كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة المادة تختلف حسب طبيعة المادة، على سبيل المثال: إن كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 كغ من الماء درجة مئوية واحدة تساوي 4,187 كيلوجول، أما عند رفع درجة حرارة 1 كغ من النحاس درجة مئوية واحدة، فيلزم 3,87 كيلوجول، والكمية الفيزيائية التي تفسّر ذلك وتأخذ في الحسبان طبيعة المادة التي تفقد الحرارة أو تكتسب الحرارة هي السعة الحرارية. إذ تعرف السعة الحرارية بأنها: مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم كله درجة حرارية واحدة، وقيمة السعة الحرارية تبين مدى قابلية المادة لتخزين الطاقة الحرارية، وتقاس السعة الحرارية بوحدة جول /كلفن، وكمية الحرارة اللازمة لخفض درجة حرارة كيلوغرام واحد من الماء 1س° تساوي 4,187 كيلوجول؛ لذلك فإن مفهوم السعة الحرارية يفسّر سبب ارتفاع درجة حرارة الرمل أكثر من الماء، وعند تبريد الرمل والماء مدة زمنية متساوية (10 دقائق)، ستلاحظ أن الرمل أسرع برودة من الماء ووصل إلى 25 س°، بينما بقي الماء محتفظًا ببعض الحرارة وكانت درجة حرارته 30 س° مدة أطول من الرمل؛ ما

يعني أن السعة الحرارية للماء أكبر من السعة الحرارية للرمل، ويدل هذا أيضًا على أن السعة الحرارية خصيصة تميّز كل مادة وحدها، وكلما ازدادت السعة الحرارية، كان التغير في درجة الحرارة أقل، وهذه النتائج تفسر – أيضًا – ما حصل لبالوني الماء والهواء عند تعريضهما للهب الشمعة نفسها.

ومن فضل الله أن جعل الماء من العناصر التي لها أكبر سعة حرارية في الطبيعة؛ أي الأقل تأثرًا بتغير درجات الحرارة؛ لأن جسم الإنسان يحتوي 70٪ من الماء، وهذا يجعل درجة حرارة الجسم ثابتة طوال اليوم، ولولا هذه الخاصية للماء، لارتفعت درجة الحرارة في النهار وانخفضت في الليل، وتجدر الإشارة إلى أن مياه المحيطات والبحار لا تتغير درجة حرارتها بسرعة؛ حفاظًا على الكائنات الحية فيها.

تُحسب كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة بالمعادلة الآتية:

كمية الحرارة المكتسبة (أو المفقودة) = الكتلة بالكيلوغرام X فرق درجات الحرارة المئوية X الحرارة النوعية للمادة

مثال (1):

احسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 كغ (لتر واحد تقريبًا) من الماء من 5 س° إلى 25 س°.

الحل:

كمية الحرارة المكتسبة = الكتلة بالكيلوغرام X فرق درجات الحرارة المئوية X 4.187

$$\text{كمية الحرارة المكتسبة} = 1 \times (25-5) \times 4.187$$

$$= 1 \times 20 \times 4.187$$

$$= 83.740 \text{ KJ}$$

وعلى النحو السابق، يمكن حساب كمية الحرارة المفقودة عند التبريد أيضًا .

مثال (2):

احسب كمية الحرارة المفقودة (المزالة) لتبريد 18 كغ من الماء من 29 س° إلى 3 س°.

الحل:

كمية الحرارة المفقودة = الكتلة بالكيلوغرام X فرق درجات الحرارة المئوية 4.187

$$\text{كمية الحرارة المفقودة} = 18 \times (29-3) \times 4.187$$

$$= 18 \times 26 \times 4.187$$

$$= 1959,5 \text{ KJ} .$$

المواد العازلة والمواد الموصلة للحرارة

المواد الموصلة للحرارة: هي المواد التي تسمح بتوصيل الحرارة عبْرها، وتسمى قدرة المواد على نقل الحرارة الموصلية الحرارية (Thermal conductivity)، كلما ازدادت الموصلية الحرارية للمادة، ازدادت كفاءتها في التوصيل الحراري، وتُعد المعادن من المواد ذات التوصيل الحراري العالي، ويرمز إلى الموصلية الحرارية بالرمز K.

وتقاس الموصلية الحرارية بوحدة واط لكل متر كلفن (W / M·K)

الموادُ غير الموصلةِ للحرارةِ (العازلة للحرارة): هي المواد التي لا تسمح بمرور الحرارة عبْرها، من أهم أنواع المواد العازلة للحرارة:

1- الصوف الصخري (Fiber Glass) .

2- الصوف الصخري المعدني (Rock Wool) .

3- البولي يوريثان الرغوي (Polyurethane foam) .

4- البوليسترين (Polystyrene) .

مواصفات المواد العازلة المستخدمة في أنظمة التبريد وتكييف الهواء

1- انخفاض الموصلية الحرارية (K) .

2- عدم سحبها الرطوبة.

3- غير ضارة بالبيئة والإنسان.

4- ثبات خصائصها مع الزمن.

5- خاملة كيميائيًّا، أي أنها لا تتفاعل مع المواد التي تلامسها ولا تسبب صدأ المعادن الملاصقة لها.

ستتعرف في البنود الآتية مفاهيم: الحرارة المحسوسة، والحرارة الكامنة، ودرجة حرارة التشبع، ودرجة حرارة التحميص.

الحرارة المحسوسة (Sensible Heat)

الحرارة المحسوسة (Sensible Heat): كمية الحرارة التي تحدث فرقًا في درجة حرارة المادة، أي تزيد درجة الحرارة زيادة ملحوظة، أو تنقص درجة الحرارة نقصًا ملحوظًا، دون أي تغيير في حالة المادة الفيزيائية، وهي مصطلح وضع لتمييزها من الحرارة الكامنة، فكل حرارة تحدث تغييرًا في درجة حرارة المادة ارتفاعًا أو انخفاضًا، والحرارة المزالة تسمى الحرارة المحسوسة كذلك.

الحرارة الكامنة (Latent Heat)

معظم المواد النقية لها القدرة على التغير في حالتها الفيزيائية من الصلبة إلى السيولة وبالعكس، أو من السائلة إلى الغازية وبالعكس، ويطلق على الحرارة التي تسبب تغير حالة المادة دون أن يصاحبه تغير في درجة الحرارة بالحرارة الكامنة، أي أن الحرارة الكامنة هي: كمية الحرارة التي تسبب تغيرًا في الحالة الفيزيائية للمادة، وتحولها من حالة إلى أخرى دون تغيير في درجة الحرارة، مثل: تحول الماء إلى بخار (من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية) مع ثبات درجة الحرارة، وعند تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة، لا بد أن تكتسب المادة كمية من الحرارة، وتسمى في هذه الحالة الحرارة الكامنة للانصهار، وتصبح مخزونة (كامنة) في السائل، وعند تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة، تفقد المادة حرارة الانصهار وتصبح مادة صلبة، وعند تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية، تسمى الحرارة الكامنة للتبخر أو الحرارة الكامنة للتصعيد.

درجة حرارة التشبع (Saturated Temperature)

تسمى درجة الحرارة التي يتحول عندها السائل إلى بخار درجة حرارة التشبع، وتسمى أحيانًا درجة الغليان، ويسمى السائل الذي ارتفعت درجة حرارته إلى درجة حرارة التشبع السائل المشبع، وكل سائل له درجة حرارة تشبع خاصة به تختلف عن السوائل الأخرى، فمثلًا، يغلي الحديد المنصهر عند درجة حرارة 2480 سليسيوس، والنحاس الأحمر ينصهر عند درجة حرارة (2340) س، ويغلي الماء عند درجة حرارة (100) س، ويغلي الكحول عند (76.6) س، وتغلي بعض السوائل عند درجة حرارة منخفضة جدًّا، مثل: الأمونيا (غاز النشادر)، والأوكسجين يغلي عند درجة (33 –) س، والهيليوم يغلي عند درجة (126 –) س.

درجة حرارة التحميص (Superheated Tempreture)

هي درجة الحرارة التي تفوق درجة حرارة الغليان، فقد يُسخَّن البخار الذي توجد فيه قطرات سائل عالقة حتى درجة التحميص؛ للتخلص من هذه القطرات العالقة ليصبح البخار خاليًا تمامًا من أية قطرات عالقة به، وقد يُسخَّن السائل الموجود في حيز مغلق حتى درجة حرارة التحميص التي تفوق درجة الغليان دون تبخر هذا السائل.

الطاقة الحرارية

تعرف الطاقة عمومًا بأنها: القُدرة على العمل، ولها أشكال كثيرة، مثل: الطاقة الحرارية، والطاقة الحركية، والطاقة الميكانيكية، وغيرها كثير من أشكال الطاقة، وتمتاز الطاقة بإمكانية التحول من شكل إلى شكل آخر، وتعرف الطاقة الحرارية بأنها شكل من أشكال الطاقة، ينتج منها تغير في درجة الحرارة زيادة أو نقصانًا.

مقدار الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة يسمى كمية الحرارة، والوحدة المستعملة لقياس كمية الحرارة في النظام المتري العالمي SI هي الجول J، ولكن الجول وحدة صغيرة جدًّا للحرارة، ففي مجال التبريد يستعمل الكيلوجول (KJ)، والكيلوجول يساوي 1000 جول، والوحدة المستعملة لقياس كمية الحرارة في النظام الإنجليزي هي الوحدة الحرارية البريطانية، ويرمز إليها بالأحرف (BTU)، أو بالأحرف العربية (وح ب) .

وتعرف الوحدة الحرارية البريطانية بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء 1 ف ° (درجة فهرنهايتية واحدة) أو خفضها كذلك. وفي الأحمال الحرارية العالية، تُستعمل وحدة عملية تسمى الثيرم، والثيرم يساوي 100000 وحدة حرارية بريطانية، وهناك وحدة مترية أخرى هي الكالوري (السعر) .

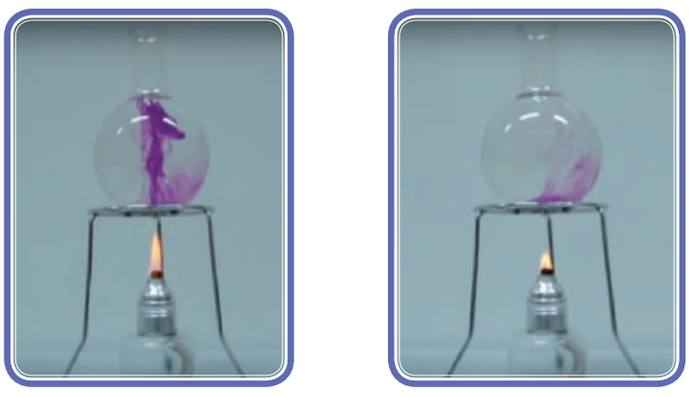
ويعرف الكالوري بأنه كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة واحد غرام من الماء درجة مئوية واحدة أو خفضها كذلك، لكن الكالوري والوحدة الحرارية البريطانية تعدّان من الوحدات الصغيرة؛ لذلك فهي لا تستعمل كثيرًا من الناحية العملية، فمعظم الحسابات في المجالات الهندسية تستعمل الكيلوكالوري، وطن التبريد.

ويعرف طن التبريد (TOR) بأنه: كمية الحرارة التي يسحبها طن واحد من الجليد الصلب ليتحول إلى ماء سائل بثبوت درجة حرارته عند الصفر المئوي خلال 24 ساعة، أو هو كمية الحرارة اللازمة لتجميد 1000 كغ من الماء تقريبًا، وهي تعادل (3.169) كيلوواط، وتساوي (12000) و.ح.ب، وقد جاء هذا التعبير من طريقة التبريد الأولى البدائية والمتمثلة بقَطْع الجليد في فصل الشتاء وتخزينه معزولًا؛ لاستخدامه في فصل الصيف، إذ لم يُعرف التبريد الصناعي في ذلك الوقت.

طرائق انتقال الحرارة

1- انتقال الحرارة بالحمل

ماذا سيحدث لو أنك وضعت قليلًا من مادة ملونة داخل وعاء زجاجي مملوء بالماء، ثم أشعلت مصدر اللهب أسفل وعاء الماء، وراقبت الحركة التي تحدث في الماء نتيجة التسخين التدريجي؟ انظر الشكل (1-2)

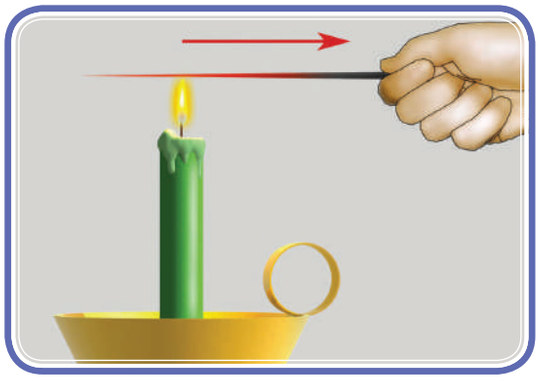


الشكل (1-2): انتقال الحرارة بالحمل.

لعلك لاحظت أن طبقة الماء القريبة من اللهب عندما تسخن ترتفع إلى الأعلى حاملة معها الحرارة، ويحل محلها أسفل الوعاء طبقة باردة جديدة حتى تسخن فترتفع إلى الأعلى، وهكذا تستمر عميلة انتقال الحرارة بالحِمْل بين طبقات الماء على صورة تيارات من الماء الصاعد إلى الأعلى والنازل إلى أسفل ، لذا؛ تسمى عملية نقل الحرارة في السوائل والغازات انتقال الحرارة بالحِمْل. وكلما ازدادت حرارة الموائع، قلّت كثافتها، والموائع الأكثر سخونة ذات الكثافة الأقل، ترتفع إلى الأعلى والباردة تنخفض إلى الأسفل، وعندما تبرد الموائع الساخنة، تنخفض إلى الأسفل وترتفع الأكثر حرارة وتسمى تلك العملية (تيارات الحِمْل)، هذا ما يفسر طيران المنطاد بعد إشعال النار داخله، فالنار تسخن الهواء فيرتفع إلى الأعلى حاملًا معه بالون المنطاد، ويقسم انتقال الحرارة بالحِمْل قسمين: انتقال الحرارة بالحِمْل الطبيعي (بسبب اختلاف الكثافة بين طبقات المائع الساخنة وطبقات المائع الباردة كما في تسخين الماء في وعاء فوق اللهب، وكما يحدث في الطبيعة عندما تسخن المياه على سطح الأرض فتتبخر، تنتقل الحرارة بالحِمْل الطبيعي في الهواء الجوي)، وانتقال الحرارة بالحِمْل الإجباري أو القسري (بسبب وجود مضخات للسوائل لتحريك السوائل ودفعها كما في شبكة التدفئة المركزية، أو وجود مراوح أو ضواغط لتحريك الغازات ودفعها كما في مكيفات الهواء) .

2- انتقال الحرارة بالتوصيل

ماذا سيحدث لو أمسك أحدهم بطرف قضيب معدني، ووضع الطرف الآخر فوق لهب شمعة مشتعلة؟ في الشكل المجاور برأيك، هل يستطيع البقاء ممسكًا بطرف القضيب المعدني دون إبعاد الطرف الآخر عن اللهب؟ بماذا تفسر ذلك؟



الشكل (1-3): انتقال الحرارة بالتوصيل.

3- انتقال الحرارة بالإشعاع

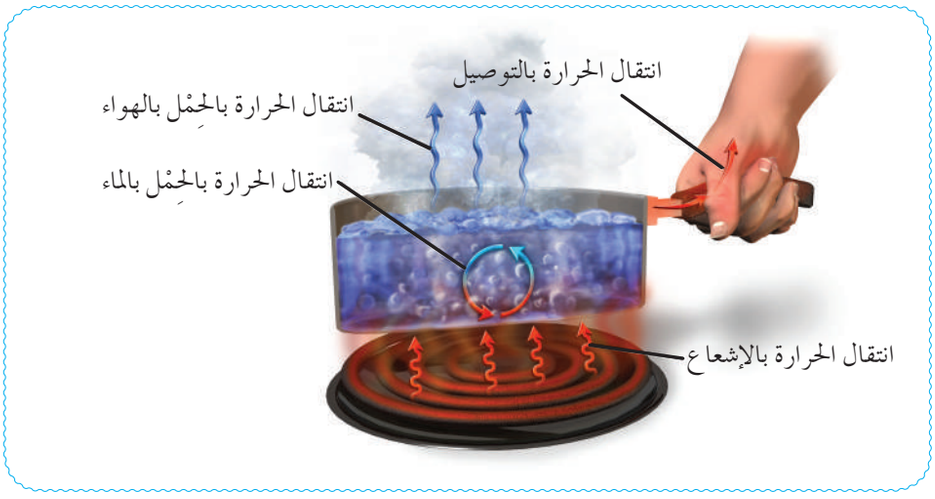
لو كان لديك ثلاثة أطباق زجاجية متطابقة، ثم سخّنت الطبق الأول بأشعة الميكروويف، والطبق الثاني بأشعة المدافئ والطبق الثالث بأشعة المصابيح، ما النتيجة التي ستحصل عليها؟ بماذا تفسر ذلك؟

ستلاحظ اختلافًا واضحًا في درجات حرارة الأطباق الثلاثة، وسبب ذلك أن انتقال الحرارة بالإشعاع يختلف حسب درجة حرارة مصدر الإشعاع، وحسب المساحة التي تعرضت للإشعاع من الأطباق الثلاثة، وحسب بُعد الطبق عن مصدر الحرارة، وهذه بعض أهم العوامل التي يعتمد عليها انتقال الحرارة بالإشعاع.

الشكل (1-4): انتقال الحرارة بالإشعاع.

تتميز طريقة انتقال الحرارة بالإشعاع بأنها لا تحتاج إلى تماسٍّ مباشر بين الأجسام، حيثُ تنتقلُ الحرارة من مصدرها مباشرةً إلى المحيطِ الخارجي، وهناك كثير من المصادرِ الحرارية التي تشع حرارة وتزود ما حولها من طاقتها الحرارية على صورة موجات كهرومغناطيسية، وتنتقل تلكَ الموجاتُ عبْر الفراغ ولا تحتاج إلى وسيطٍ معين، كما في تسخين الطعام بالموجات الكهرومغناطيسية في جهاز الميكروويف كما في الشكل (1-4) .

لاحظ الشكل (1-5) الذي تظهر فيه طرائق انتقال الحرارة الثلاث:



الشكل (1-5): طرائق انتقال الحرارة المختلفة.

الديناميكا الحرارية

هو العلم الذي يدرس قوانين التحولات المتبادلة في أشكال الطاقة المختلفة، حيث تختلف الديناميكا الحرارية عن الفيزياء والكيمياء باعتمادها على القوانين التي تم التوصل إليها بالتجربة، ويهتم علم الديناميكا الحرارية بالحرارة وبكل ما يتعلق بها مثل عمليات انتقال الحرارة من جسم إلى جسم آخر، وكيفية تخزين هذه الطاقة أو توليدها، وقد بني علم الديناميكا الحرارية على أربعة قوانين تجريبية: (القانون الأول، والقانون الثاني، والقانون الثالث، والقانون الرابع الذي يسمى القانون الصفري)، وهي كما يأتي بالتفصيل :

قوانين الديناميكا الحرارية

1- القانون الأول للديناميكا الحرارية

يسمى القانون الأول للديناميكا الحرارية قانون حفظ الطاقة، وينص على أن الطاقة تبقى ثابتة في نظام مغلق؛ أي أن الطاقة لا تتغير، و أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث، إنما تتحول من صورة إلى أخرى، وبصورة أخرى، ينص القانون الأول على أنه يمكن تخزين الطاقة في نظام على صورة طاقة داخلية أو طاقة حركية، ويمكن تبادلها مع الخارج على صورة عمل أو حرارة، ويتضمن هذا القانون ثلاثة مبادئ:

أ – قانون حفظ الطاقة: الطاقة لا تفنى ولا تنشأ من عدم، إنما تتحول من صورة إلى أخرى.

ب– تنتقل الحرارة من الجسم الساخن إلى الجسم البارد، وليس العكس.

جـ– الشغل هو صورة من صور الطاقة.

2- القانون الثاني للديناميكا الحرارية:

يبين هذا القانون اتجاه سير ظواهر تحدث في الطبيعة، مثل انتقال الحرارة من الجسم الساخن إلى البارد، ويصف التغيّرات التي تحدث بأي نظام خصوصًا التغيرات التلقائية وغير التلقائية، من الأمثلة على التغيّرات التلقائيّة وغير التلقائيّة، عندما يبرد الجسم الساخن تلقائيًا، أما تحويل الجسم البارد إلى ساخن، فلا يحدث تلقائيًّا، إنّما يحتاج إلى طاقة لتسخينه.

3- القانون الثالث للديناميكا الحرارية:

هذا القانون يؤكد عدم بلوغ الصفر المطلق درجة الحرارة، ويعني أنه لخفض درجة حرارة جسم ما، لا بد من بذل طاقة، وتتزايد الطاقة المبذولة لخفض درجة حرارة الجسم تزايدًا كبيرًا كلما اقتربنا من درجة الصفر المطلق، على الرغم أن العلماء أرادوا الوصول إلى درجة 0,001 من الصفر المطلق، لكن سيستحيل – وفقًا للقانون الثالث – الوصول إلى الصفر المطلق، إذ يحتاج ذلك إلى طاقة كبيرة جدًّا .

٤- القانون الرابع للديناميكا الحرارية (القانون الصفري):

ينص على أنه إذا وضعنا نظامين في تماس أو اتصال حراري، فإنهما سيغيران في حالتهما حتى يصلا إلى وضع يصبح فيه كل منهما في اتزان حراري، ويمكن تفسير هذا الوضع بالقول: إنّ الحرارة ستستمر بالانتقال من أحد النظامين إلى الآخر حتى يصبح لهما درجة الحرارة نفسها.

– ابحث في المراجع المختلفة عن طرائق انتقال الحرارة وتطبيقاتها العملية في الحياة، ثم اكتب تقريرًا عن ذلك، وناقش مدربك وزملاءك فيه، ثم دوّن ملاحظاتك في سجل التدريب.

– ابحث في الإنترنت عن مفاهيم الحرارة وأهميتها في علم التبريد وتكييف الهواء، وعن الفائدة من الطاقة الحرارية الأرضية .

التقويم الذاتي

أضع إشارة (٧) في خانة الدرجة المناسبة				
الرقم	الهدف	درجة تحقق الهدف		
		ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أميز بين معاني المفاهيم المختلفة للحرارة: السعة الحرارية، ودرجة الحرارة.			
2	أقيس درجات الحرارة بمقياسي الحرارة الزجاجي والإلكتروني.			
3	أدرك مفهوم السعة الحرارية .			
4	أحسب كمية الحرارة المكتسبة والمفقودة.			
5	أميز بين وحدة الحرارة البريطانية، والكالوري، وطن التبريد (TOR).			
6	أميز بين طرائق انتقال الحرارة: التوصيل، والحَمْل، والإشعاع.			
7	أحسب درجة الحرارة المكافئة عند التحويل من تدريج إلى آخر بدقة: كلفن، ورانكن، وسليسيوس، وفهرنهايت.			
8	أميز المواد الموصلة للحرارة من العازلة للحرارة.			
9	أميز بين المعاني المختلفة للمفاهيم الحرارية: الحرارة الكامنة، والحرارة المحسوسة، ودرجة حرارة التشبع، ودرجة حرارة التحميص.			

الأسئلة

1- عرّف المفاهيم الآتية:

أ- السعة الحرارية:

ب- كمية الحرارة:

جـ- الوحدة الحرارية البريطانية (BTU):

د– الطن التبريدي TOR:

هـ– الكالوري:

و– درجة حرارة التحميص:

ز– درجة حرارة التشبع:

ح– الحرارة الكامنة:

ط– الحرارة المحسوسة:

ي–المواد العازلة للحرارة:

2- أجب العبارات الآتية بـ (نعم) أو بـ (لا):

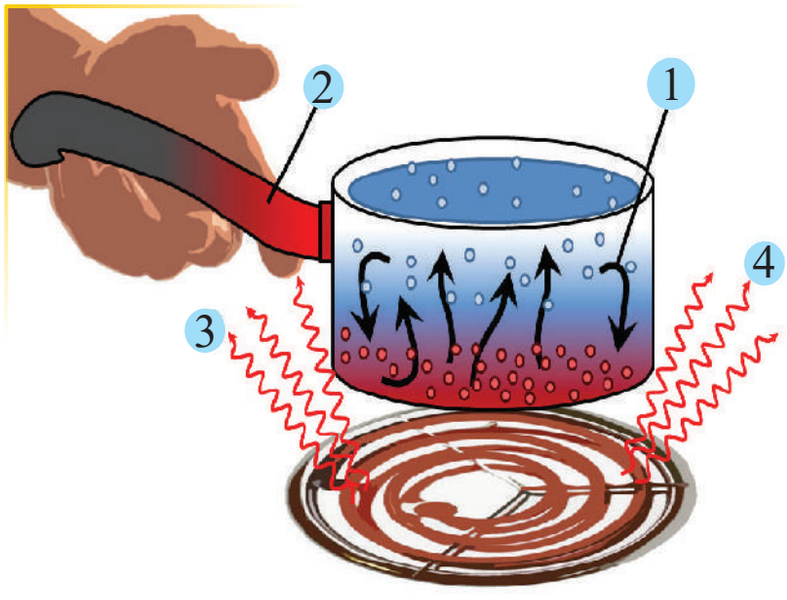
الرقم	العبارة	نعم	لا
1	الوحدة المستعملة لقياس كمية الحرارة في النظام العالمي هي الجول J.		
2	الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم كله درجة حرارية واحدة، تقاس بوحدة تسمى السعة الحرارية جول /كلفن.		
3	كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلوغرام واحد من الماء (1°C)تساوي 4,187 كيلوجول، تسمى كمية الحرارة المفقودة.		
4	يسمى مقياس درجة الحرارة المحرار أو الثيرمو ميتر (Thermometer) .		
5	درجة التحميص هي درجة الحرارة التي تفوق عن درجة حرارة الغليان.		
6	درجة الحرارة التي سيتحول عندها السائل إلى بخار تسمى درجة حرارة الغليان.		
7	درجة الحرارة (350) كلفن تكافئ (100°) مئوية (سليسيوس) .		
8	درجة الحرارة (-280°F) فهرنهايت تعادل (180°C) .		
9	المواد العازلة للحرارة تكون موصليتها الحرارية منخفضة.		

3- فسّر سبب عدم انفجار البالون الممتلئ بالماء عند تعريضه لحرارة اللهب مباشرة، في حين ينفجر البالون الممتلئ بالهواء مباشرة عند تعريضه لحرارة اللهب.

4- احسب كمية الحرارة المفقودة (المزالة) لتبريد 2 كغ من الماء، من درجة حرارة 4 س° إلى 3 س° .

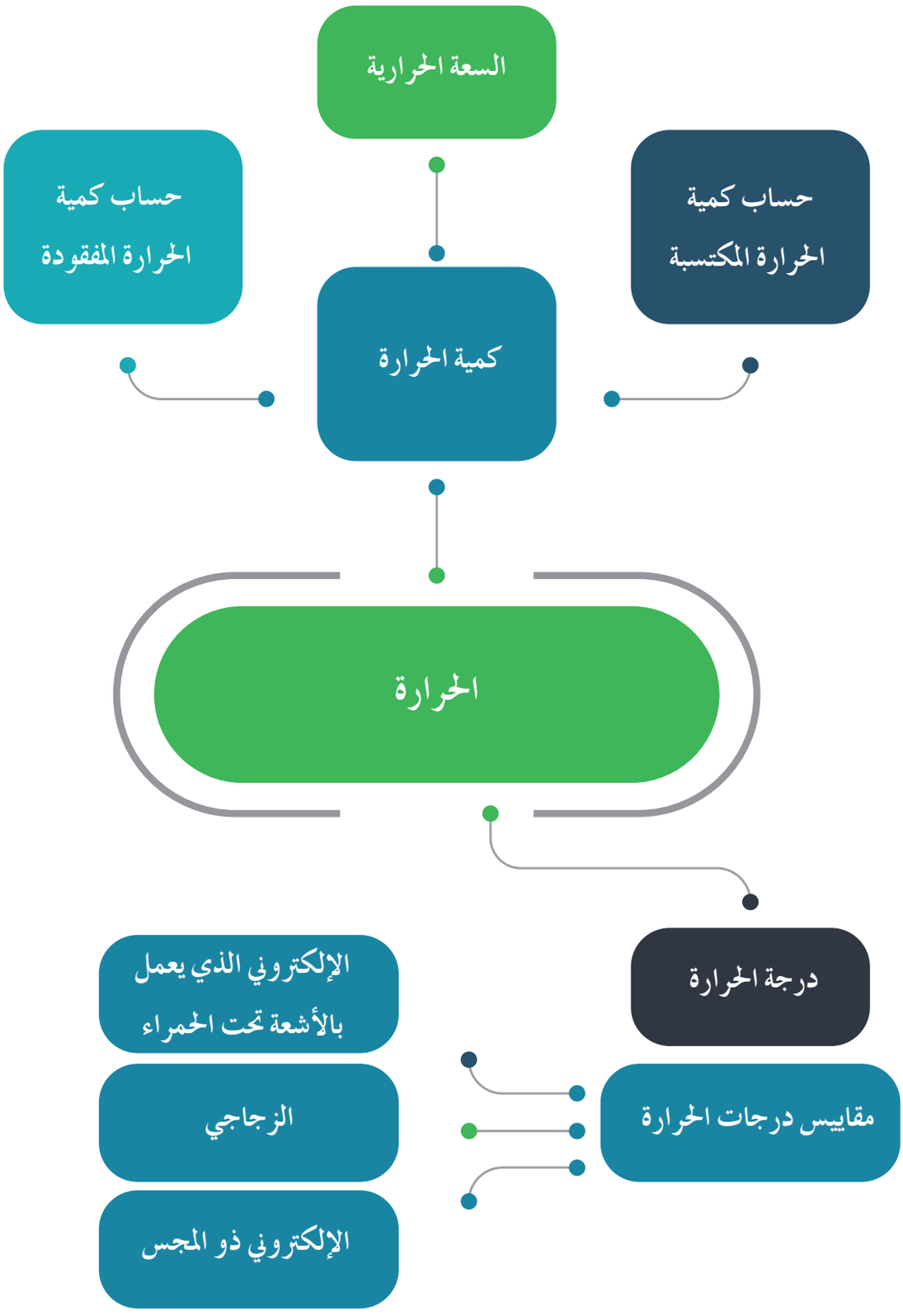
5- فسّر سبب ارتفاع المنطاد إلى أعلى عند إشعال اللهب داخله.

6- اذكر طريقة انتقال الحرارة المشار إليها بالأرقام في الشكل الآتي:



الحرارة

- تحويلات درجات الحرارة
  - رانكن
  - سليسيوس
  - فهرنهايت
  - كلفن
- قوانين الديناميكا الحرارية
  - القانون الأول
  - القانون الثاني
  - القانون الثالث
  - القانون الرابع (القانون الصفري)
- المواد العازلة والمواد الموصلة للحرارة
- طرائق انتقال الحرارة
  - انتقال الحرارة بالإشعاع
  - انتقال الحرارة بالتوصيل
  - انتقال الحرارة بالحِمْل


الحرارة
السعة الحرارية
كمية الحرارة
حساب كمية الحرارة المكتسبة
حساب كمية الحرارة المفقودة
درجة الحرارة
مقاييس درجات الحرارة
الإلكتروني الذي يعمل بالأشعة تحت الحمراء
الزجاجي
الإلكتروني ذو المجس

التمرين العملي (1-1): قياس درجات الحرارة بمقياسي درجات الحرارة الزجاجي والإلكتروني.

النتاجات

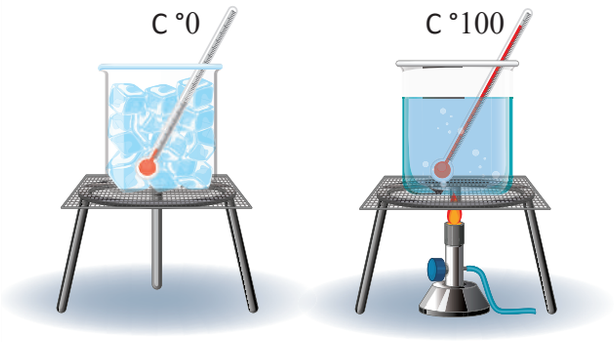
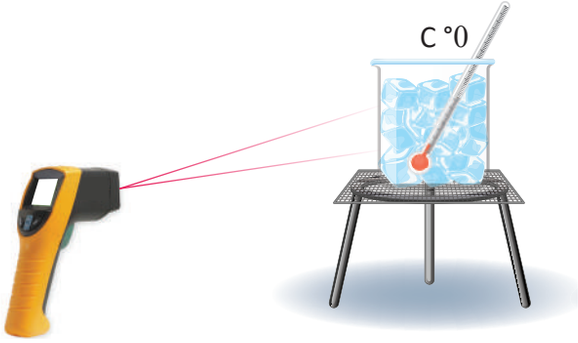
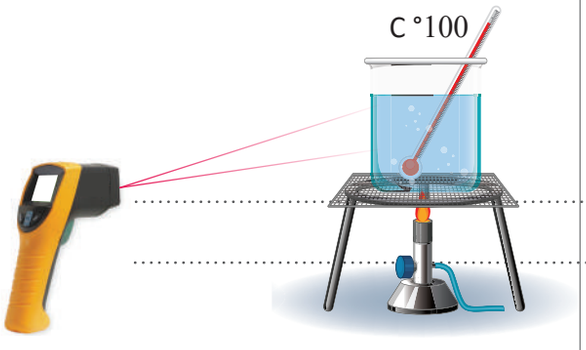
يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- يقيس درجات الحرارة بمقياسي درجات الحرارة الزجاجي والإلكتروني.

الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية
(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط) .

الأجهزة والعُدد والأدوات	المواد
– مقياسا درجات الحرارة الزجاجي.	– وعاء به ماء.
– مقياس درجات الحرارة الإلكتروني.	– وعاء به ثلج .
– مصدر حراري.	

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية.	
1	أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد و الأجهزة اللازمة لتنفيذه، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها. ملاحظة: في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات، عليك مراجعة المدرب.	
2	أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر مهنية .	
3	أحضر وعاءً يحتوي ماء، وآخر يحتوي ثلجًا.	

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
4	ضع مقياس الحرارة الزجاجي دقيقتين في وعاء الثلج، متأكدًا من غمس مستودع المقياسين داخل الثلج، وضع مقياسًا آخر في وعاء الماء المغلي، متأكدًا من غمس مستودعي المقياسين داخل الماء، وانظر إلى التدريج متوخيًا الدقة في القراءة.	
5	وجّه مقياس الحرارة الإلكتروني تجاه وعاء الثلج، ثم شغّله واقرأ قيمة درجة الحرارة عند ثبات القيمة المقروءة، متوخيًا الدقة في القراءة.	
6	وجّه مقياس الحرارة الإلكتروني تجاه وعاء الماء المغلي، ثم شغّله واقرأ قيمة درجة الحرارة عند ثبات القيمة المقروءة، متوخيًا الدقة في القراءة.	
7	**سجل النتائج في دفترك :** أ – درجة حرارة المقياس الزجاجي: ب– درجة الحرارة الإلكتروني:	
8	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

1
الوحدة الأولى

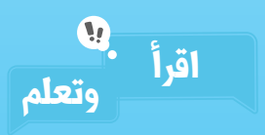
ثانيًا:
الضغط

يتوقع منك بعد دراستك هذه الدرس أن:

- تتعرف الضغط ووحدات قياسه.

شروط السلامة المهنية

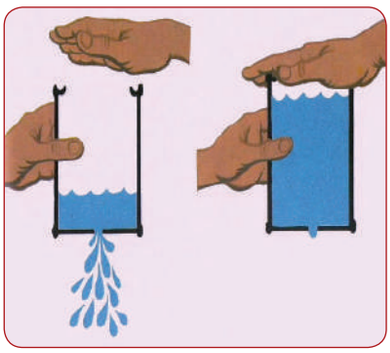
- تطبيق شروط السلامة المهنية وقوانينها.
- تطبيق الإجراءات والممارسات المرتبطة بحماية البيئة.
- العمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد.



القياس والتقويم

psi
bar

0,5
ANOVUOTOMETRO
classe 1
SPRIANO
-0,5
1
-1
1,5
bar



انظر.. وتساءل

- انظر الصورة المجاورة، بماذا تفسر عدم نزول الماء من ثقب الوعاء السفلي عندما يُغلَق الوعاء بإحكام؟
- لعلك فكّرت يومًا بما يحدث لسمع الإنسان عند الذهاب إلى البحر الميت، ما سبب ذلك ؟

استكشف

– إذا كان لديك وعاء زجاجي فيه ماء، وكأس زجاجية شفافة فارغة، وشمعة صغيرة، وولّاعة، وصبغة طعام (مادة ملونة) . ثم وضعت قليلًا من المادة الملونة داخل وعاء الماء، ثم قلبت الكأس فوق الشمعة المشتعلة، وانتظرت قليلًا، فماذا تلاحظ ؟ بماذا تفسّر ذلك؟

الشكل (1-7): تجربة الضغط الجوي وضغط التفريغ.

لعلك تلاحظ أن الشمعة بقيت مشتعلة ثواني عدة بعد وضع الكأس المقلوبة فوقها، ثم انطفأت، وتزامن ذلك مع ارتفاع الماء من الوعاء إلى داخل الكأس المقلوبة، لقد استهلك لهب الشمعة كمية الأوكسجين داخل الكأس المقلوبة، فأصبح الضغط داخل الكأس أقل من الضغط الجوي خارجه، أي أن الضغط داخل الكأس أصبح ضغط تفريغ، وقد دفع الضغط الجوي على سطح الماء في الوعاء كمية من الماء إلى داخل الكأس لتعويض الفرق بين ضغط التفريغ والضغط الجوي، وليتعادل الضغط داخل الكأس وخارجها. يبين الشكل (1-7) تجربة الضغط الجوي وضغط التفريغ.

ماذا تتوقع أن يحدث لو كانت الكأس الزجاجية فيها ثقب يسمح بدخول الهواء إلى الشمعة؟

الضغط (Pressure)

يعرف الضغط بأنه: القوة التي تؤثر في وحدة المساحة، أي أن كل قوة مسلطة على مساحة معينة تسمى ضغطًا، بما أن القوة تقاس بوحدة نيوتن، وتقاس المساحة بالمتر المربع (m^2)، لذا؛ فإنّ وحدة قياس الضغط هي (N/m^2) ويطلق عليها الباسكال، والضغط حسابيًّا يساوي مقدار القوة المؤثرة في سطح ما، مقسومة على مساحة ذلك السطح.

وأهم وحدات قياس الضغط وتحويلاتها:

1- وحدات قياس الضغط

أ- psi: رطل لكل بوصة مربعة (Pounds per square inch) .

ب- البار (bar) .

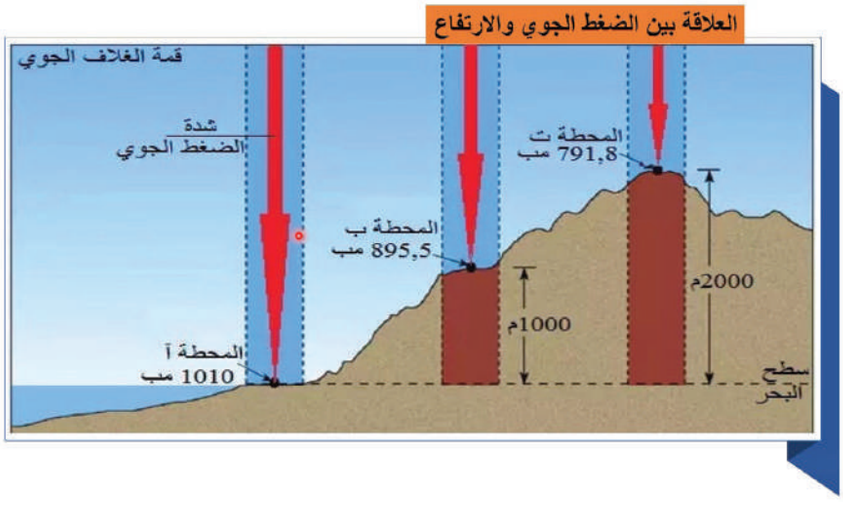
جـ- ضغط جوي (atm).

د- الباسكال، و يكافئ (N/m^2).

هـ- المليمتر الزئبقي (mmHg) .

2- أنواع الضغط

أ- الضغط الجوي



الشكل (1-8): اختلاف وزن عمود الهواء بسبب اختلاف الارتفاعات.

يؤثر وزن الهواء على سطح الأرض، ما يسبب ضغطًا عليها، وهذا الضغط الناشئ عن وزن الهواء يعرف بالضغط الجوي، لذا؛ يعرّف الضغط الجوي بأنه: الضغط الناشئ عن وزن عمود الهواء الواقع على مساحة قدرها (1) سنتيمتر مربع في المناطق المكشوفة (الخلاء)، وهو يعادل وزن عمود من الزئبق على المساحة نفسها ارتفاعه (760) مليمترًا، وقد يسمى الضغط الجوي أحيانًا ضغط البارومیتر؛ نسبة إلى جهاز القياس الذي يستعمل لقياس الضغط الجوي، ووحدة قياسه هي المليمتر الزئبقي (مم زئبق)، والكيلوباسكال، إذ يبلغ الضغط الجوي القياسي عند مستوى سطح البحر تقريبًا (760) مم من الزئبق، ويعادل ما قيمته (101.3)كيلوباسكال تقريبًا، ويعادل (1.013) بار تقريبًا، إذ ينخفض ضغط الهواء كلما ارتفعنا عن مستوى سطح البحر، لذا؛ تجد أن الضغط الجوي في المناطق الجبلية منخفض، وتجده في المناطق المنخفضة مرتفعًا، يبين الشكل (1-8) اختلاف وزن عمود الهواء بسبب اختلاف الارتفاعات، ويمكن التحويل بين وحدات الضغط المختلفة وفقًا للمعادلة الآتية:

$$1\ atm = 101.3\ kPa = 1.013\ bar = 760\ mmHg$$
$$= 1.03\ kg/cm^2 = 14.7\ psi$$

ملحوظة: الرطل باللغة العربية هو الباوند، والبوصة باللغة العربية هي الإنش.

مثال (1): حوّل (10 atm) إلى كيلوباسكال.

الحل:

$1\ atm = 101.3\ kPa$

$10\ atm = 101.3 \times 10$

$10\ atm = 1013\ kPa$

مثال (2): حوّل (10 atm) جوي إلى بار.

$1\ atm = 1.013\ bar$

$10\ atm = 1.013 \times 10$

$1\ atm = 10.13\ bar$

مثال (3): حوّل (10 atm) إلى مم زئبق (mmHg).

الحل: =

$1\ atm = 760\ mmHg$

$10\ atm = 760 \times 10 = 7600\ mmHg$

مثال (4): حوّل (1000) مم زئبقي إلى ضغط جوي.

الحل:

$1\ atm = 760\ mmHg$

$1\ mmHg = \frac{1}{760}$

$1000\ mmHg = \frac{1000}{760}$

$1000\ mmHg = 1.32\ atm$

مثال (5): حوّل (100 bar) إلى ضغط جوي.

الحل:

$1\ atm = 1.013\ bar$

$1\ bar = \frac{1}{1.013} = 98.96\ atm$

$100\ bar = 98.69\ atm$

ب- الضغط المقيس

وهو ضغط أي مائع (سائل أوغاز) منسوبًا إلى الضغط الجوي، و يمكن قياسه بأجهزة قياس الضغط المختلفة مثل المانوميترات، ومقياس بوردن.

جـ- الضغط المطلق

هو الضغط الحقيقي للمائع، أي أنه يساوي الضغط الجوي مضافًا إليه ضغط المائع المقيس، أو مطروحًا منه ضغط التفريغ.

مثال: احسب الضغط المطلق إذا علمت أن جهاز قياس الضغط يشير إلى ضغط قدره 21 رطلًا على البوصة المربعة.

الحل : الضغط المطلق = الضغط الجوي + الضغط المقيس

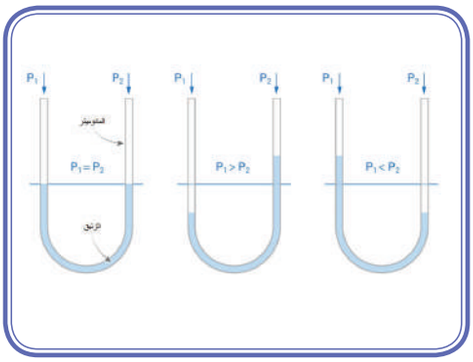
← الضغط المطلق = (12) + (14.7) = (35.7) رطل/بوصة مربعة أي (35,7 psi)

3- ضغط التفريغ

يسمى الضغط الأقل من الضغط الجوي ضغط التفريغ (الفاكيوم)، ويقاس بأجهزة تقيس الفرق بين الضغط الجوي والضغط المطلق، فمثلًا، الضغط الذي قيمته (70) كيلوباسكال عند مستوى سطح البحر يعدّ ضغط تفريغ؛ لأنه أقل من الضغط الجوي المعياري الذي قيمته (101) كيلوباسكال، وقد يشار إليه بقيمة سالبة للفرق بين قيمته وقيمة الضغط الجوي، أي تُعد هذه القيمة (31-) كيلوباسكال بدلًا من (70) كيلوباسكال.

يستعمل المانوميتر لقياس ضغط الموائع، وهو أنبوب يشبه حرف (U)، يكون بأبسط أنواعه ذا نهايتين مفتوحتين، وغالبًا ما يحتوي هذا الأنبوب الزئبق أو سائلًا معروفة قيمة كثافته، بحيث يكون ارتفاع الزئبق في طرفي الأنبوب متساويًا إذا كان كلا الطرفين مفتوحًا للضغط الجوي، أما إذا عُرِّض أحد الطرفين لضغط مائع معين ذي ضغط أعلى من الضغط الجوي، فإن هذا الضغط سيدفع الزئبق في الطرف الآخر إلى الأعلى ليزيد ارتفاعه، كذلك إذا تعرض أحد الطرفين لضغط أقل من الضغط الجوي المسلط على الطرف الآخر؛ فإن الضغط الجوي سيدفع الزئبق إلى الطرف ذي الضغط الأقل فيرتفع إلى الأعلى، لذا؛ يستعمل المانوميتر لقياس ضغط الموائع (الغازات والسوائل) عن طريق وصل أحد طرفي المانوميتر بالوعاء الذي يحتوي المائع المراد قياس ضغطه، فإذا ارتفع الزئبق في الطرف المقابل، فإن ضغط هذا المائع أعلى من

الضغط الجوي، وإذا انخفض الزئبق في الطرف الآخر، فإن ضغط المائع أقل من الضغط الجوي، وتحسب قيمة هذا الضغط المقيس عن طريق قياس ارتفاع الزئبق أو انخفاضه في المانوميتر بالسنتمترات أو المليمترات، فتساوي قيمة ضغط المائع مجموع الضغط الجوي وضغط عمود الزئبق أو المائع معروف الكثافة إذا ارتفع الزئبق في الطرف الآخر للمانوميتر، وفقًا للمعادلة الآتية :



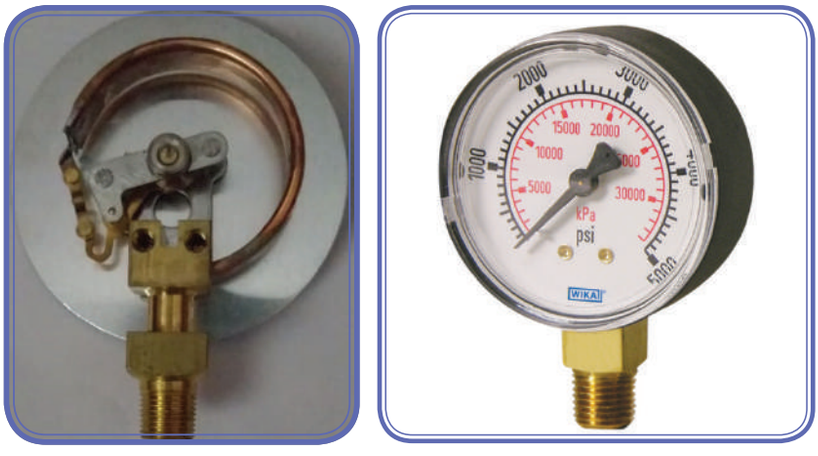
الشكل (1-9): جهاز المانوميتر.

الضغط المطلق للمائع = الضغط الجوي + الضغط الذي يقرؤه المانوميتر

أو تساوي قيمة ضغط المائع الفرق بين الضغط الجوي وضغط عمود الزئبق، وفقًا للمعادلة الآتية:

ضغط المائع = الضغط الجوي + ضغط التفريغ الذي يقيسه المانوميتر

4- مقياس بوردون لقياس الضغط (Bourdon Tube)

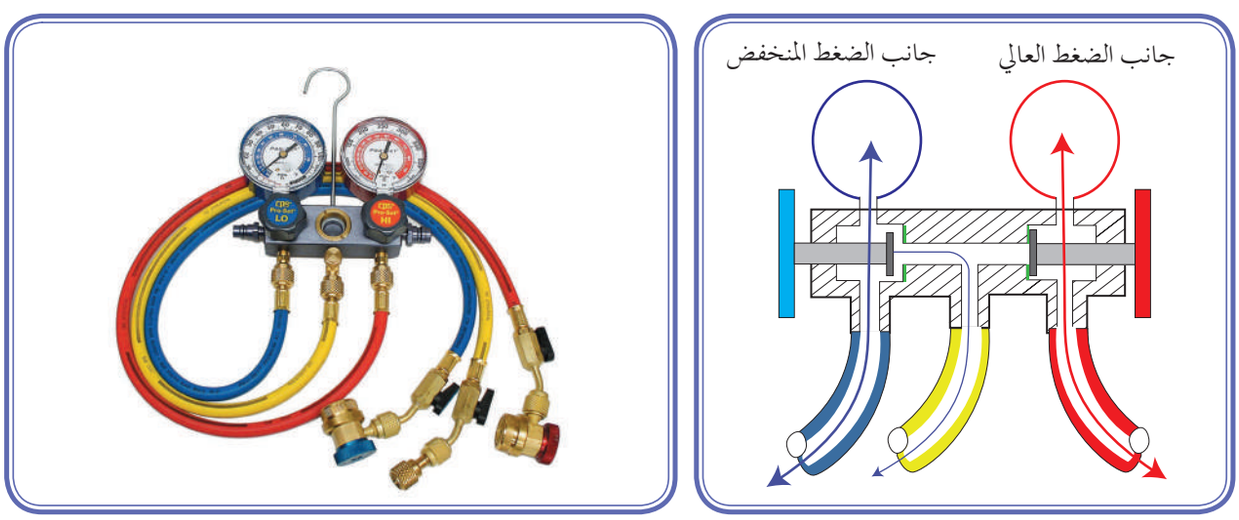


الشكل (1-10): مقياس بوردون.

تستخدم مقاييس الضغط من طراز بوردون في أنظمة التكييف والتبريد كثيرًا؛ لقدرة هذه المقاييس على قياس أي ضغط يفوق الضغط الجوي، ولقدرتها على قياس أي ضغط أقل من الضغط الجوي (ضغوط التشغيل) انظر الشكل (1-10)، ويتكون مقياس بوردون من أنبوب معدني مقوس،

بحيث تميل إلى الاستقامة كلما زاد ضغط المائع داخلها، وتميل إلى الالتفاف وزيادة التقوس كلما نقص الضغط داخلها، وهذه التغييرات تنتقل عبْر مجموعة تروس إلى المؤشر الذي يعتمد في اتجاه حركته ومقدارها على اتجاه حركة الأنبوبة ومقدارها، يستخدم مقياس (بوردن) في الصيانة، والشحن، والتفريغ، وقياس أنظمة التكييف والتبريد.

تتكون ساعة الشحن والتفريغ من موزع مثبت عليه مقياس قراءة الضغط العالي، ولونه أحمر، ومقياس قراءة الضغط المنخفض، ولونه أزرق، ويتشعب من هذا الموزع ثلاث فتحات فرعية، إحداها متصلة بمقياس الضغط العالي أحمر اللون، ومتصل بها صمّام لحجز جانب الضغط العالي عن بقية الفتحات الفرعية، وكذلك فتحة فرعية متصلة بالمقياس الأزرق (مقياس الضغط المنخفض)، وصمّام أزرق اللون على الأغلب؛ ليحجز جانب الضغط المنخفض عن بقية الفتحات، وفتحة متوسطة بين الفتحتين تتصل وتنفصل عن الفتحتين بتغيير وضعية الصّمامات حسب الحاجة، وتسمى فتحة الخدمة. انظر الشكل (1-11) .



الشكل (1-11): مقياس بوردن لقياس ضغط وسيط التبريد (ساعات الشحن) .

5- العلاقة بين الضغط ودرجة حرارة غليان وسيط التبريد

تحسب درجة حرارة الغليان لأي سائل بناءً على الضغط المسلط على هذا السائل عند مستوى سطح البحر، إذ يكون الضغط المطلق (14.7) رطل (باوند) لكل بوصة مربعة (14.7 psi)، وتكون درجة غليان الماء (100) س°، عند هذه الدرجة تكتسب جزيئات الماء طاقة ثم تنطلق

بعيدًا عن السائل بخارًا، إذا ازداد الضغط، فإن جزيئات الماء لن تتحرر أو تنفصل عن السائل إلا إذا ارتفعت درجة حرارة الماء، لكي تعطي الجزيئات الطاقة اللازمة للتحرر والانفصال على هيئة بخار . وإذا قلّ الضغط المسلّط على الماء إلى ما دون الضغط الجوي، فإن جزيئات الماء تستطيع أن تتحرر وتنفصل عن السائل بخارًا عند درجة حرارة أقل من (100) س°، وهذا يبين أن هناك علاقة بين الضغط ودرجة غليان السائل دائمًا، لذا؛ فإن وسيط التبريد المثالي يجب أن تكون درجة غليانه منخفضة عند الضغط الجوي، يبين الجدول الآتي مقارنة بين قيم الضغط ودرجة الغليان لبعض وسائط التبريد:

وسيط التبريد	R502	R134 a	R22	R12	الأمونيا
درجة الغليان عند الضغط الجوي	– 4.7س°	– 37س°	– 29.4س°	–29س°	– 33س°

- ابحث في المراجع المختلفة عبر الإنترنت عن مفاهيم: الضغط المطلق، والضغط المقيس، والضغط الجوي، وتطبيقاتها العملية في الحياة، ثم اكتب تقريرًا عن ذلك، وناقش معلمك فيه.

التقويـم الذاتـي

أضع إشارة (√) في خانة الدرجة المناسبة				
الرقم	الهدف	درجة تحقق الهدف		
		ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أميّز بين مفاهيم الضغط المختلفة: الضغط المطلق، الضغط المقيس، الضغط الجوي، ضغط التفريغ.			
2	أحوّل قيمة الضغط بين وحدات قياس الضغط المختلفة.			
3	أفسّر سبب انخفاض الضغط في المناطق الجبلية.			
4	أقيس الضغوط المختلفة بمقياس بوردن.			

الأسئلة

1- عرّف المفاهيم الآتية:

أ- الضغط المطلق:

ب- الضغط المقيس:

جـ- ضغط التفريغ:

د- الضغط الجوي:

2- أجب العبارات الآتية بـ (نعم) أو بـ (لا):

الرقم	العبارة	نعم	لا
1	الضغط الجوي يساوي (14.7 psi).		
2	الضغط المطلق هو ضغط أي مائع (سائل أوغاز) منسوبًا إلى ضغط الجوي.		
3	الضغط (20 bar) يساوي (15590 mmHg).		
4	الضغط الذي قيمته (2000 mmHg) يساوي (1.32 atm).		
5	درجة غليان الماء عند مستوى سطح البحر تساوي 212 ف°.		

3- حوّل قيم الضغوط الآتية إلى ضغط جوي (atm):

أ – 15200 مم زئبق.

ب– 3 بار.

جـ– 2026 كيلوباسكال.

الخريطة المفاهيمية

الضغط

- وحدات قياس الضغط
  - مليمتر زئبق
  - البار (bar)
  - رطل / بوصة مربعة (psi)
  - ض ج (ضغط جوي)
  - الكيلوباسكال
- مقياس الضغط
  - البارروميتر
  - المانوميتر
  - أنبوب بوردن
- أنواع الضغط
  - الضغط المطلق
  - ضغط التفريغ
  - الضغط الجوي
  - الضغط المقيس

التمرين العملي (1-2): قياس الضغوط بمقياس بوردن.

النتاجات

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

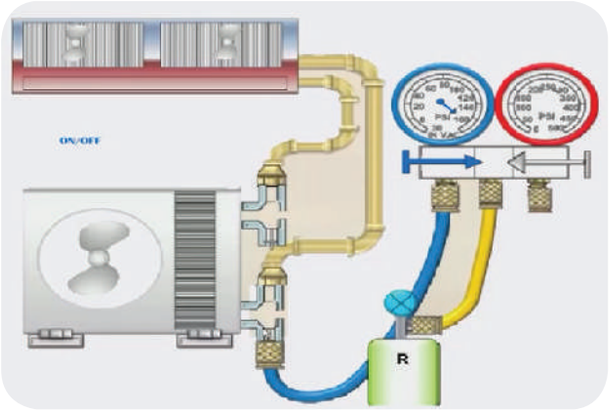
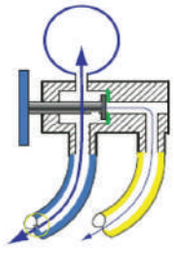
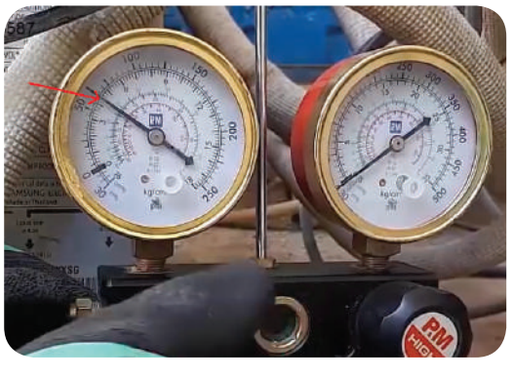
- يقيس الضغوط بمقياس بوردن.

الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية

(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات	المواد
مقياس بوردن	أسطوانة غاز تبريد
جهاز تبريد، أو جهاز تكييف الهواء	

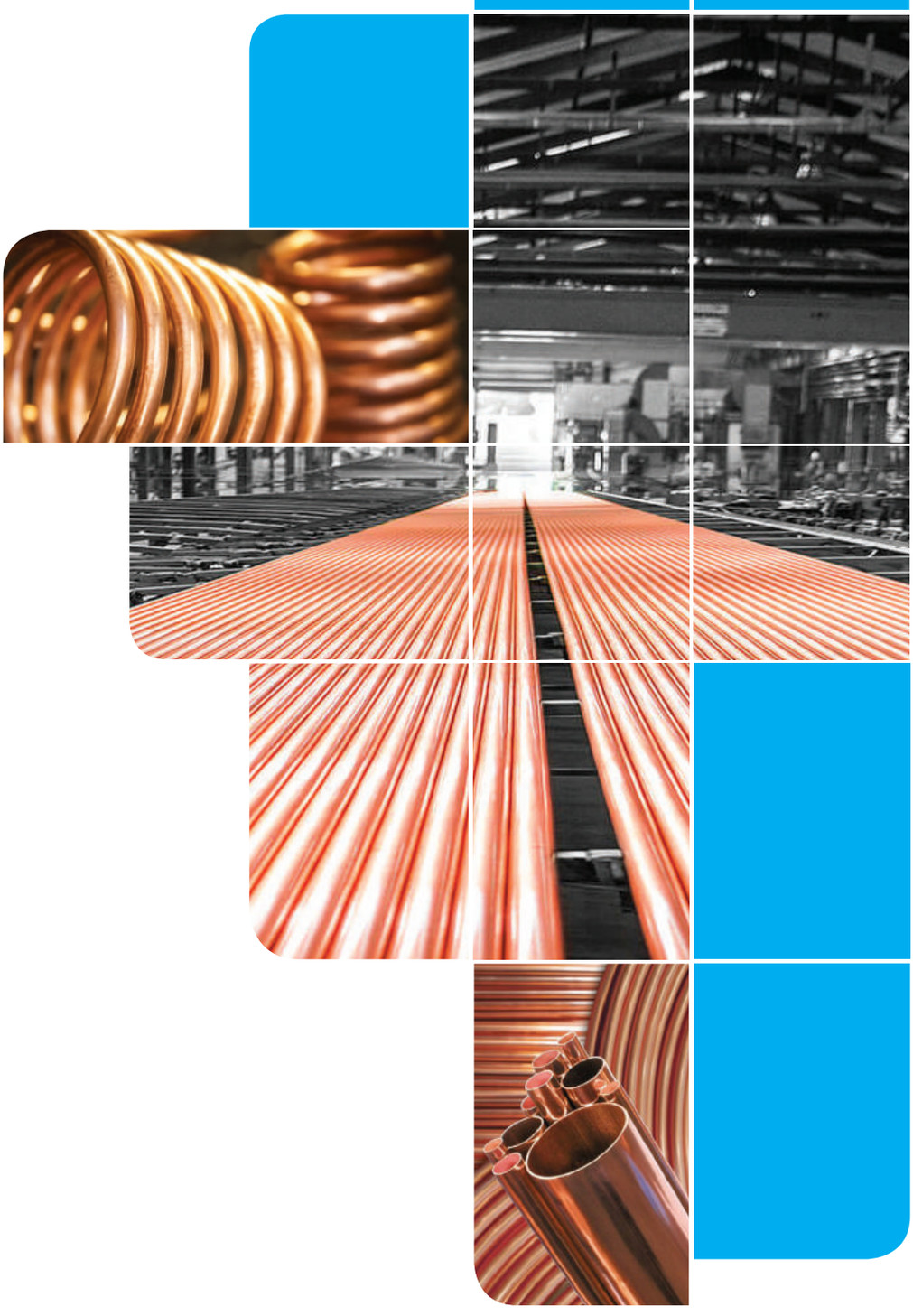
الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية
1	أعدّ خطة عمل بسيطة تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها، والحفاظ على البيئة، والعمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد. ملاحظة: في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات، عليك مراجعة المدرب.
2	افصل مصدر الكهرباء عن جهاز التكييف.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
3	أمّن منطقة العمل جيدًا، وتأكّد من خلو منطقة العمل من أية مخاطر مهنية.	
4	اختر مقياس ضغط ذا تدريج يزيد على الضغط المراد قياسه، وفقًا للآتي: إذا كنت تتوقع أن الضغط المراد قياسه قيمته قريبة من (300psi)، عليك أن تختار جهاز قياس تدريجه يزيد على (300psi)، لاحظ الشكلين المجاورين، تجد أن المقياس الذي قيمة ضغطه القصوى التي يمكنه قياسها هي (500psi) ؛ لذلك فهو مناسب لقياس ضغط قيمته (300psi)، وكذلك هو مناسب لقياس أي ضغط أقل من (500psi)، أما المقياس الذي قيمته القصوى (250psi)، فهو غير مناسب لقياس ضغط تصل قيمته إلى (300psi) .	
5	افتح صمّام أسطوانة وسيط التبريد، ثم دوّن قيمة الضغط الظاهرة مقابل المؤشر.	
6	أغلق صمّام الأسطوانة، وافتح الصمّام الأزرق لجهاز القياس، وافتح خط خدمة المكيف لتقيس ضغط وسيط التبريد للمكيف، وراقب ارتفاع المؤشر حتى يثبت، ثم دوّن قيمة الضغط التي قاسها الجهاز، بماذا تفسّر النتائج التي حصلت عليها ؟ ناقش مدربك في ملاحظاتك.	
7	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

2

الوحدة الثانية

الأنابيب المستخدمة في أنظمة التكييف والتبريد



2
الوحدة الثانية

الأنابيب المستخدمة في أنظمة التكييف والتبريد

أولًا:
أنواع الأنابيب المستخدمة في أنظمة التكييف والتبريد وطرائق توصيلها

النتاجات

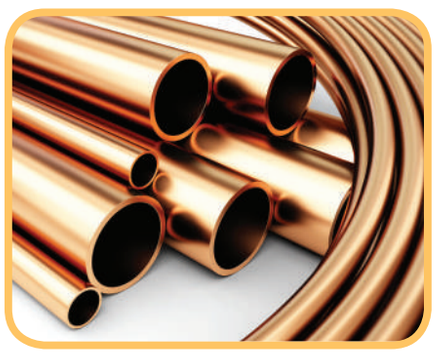
يتوقع منك بعد دراستك هذه الوحدة أن:

- تتعرف أنواع الأنابيب المستخدمة في أنظمة التكييف والتبريد وطرائق توصيلها.

شروط السلامة المهنية

- تطبيق شروط السلامة المهنية وقوانينها.
- تطبيق الإجراءات والممارسات المرتبطة بحماية البيئة.
- العمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد.

القياس والتقويم



• تستخدم في أنظمة التكييف والتبريد أنواع متعددة من الأنابيب، مثل: الأنابيب النحاسية، وأنابيب الألمنيوم، والأنابيب الفولاذية، والأنابيب اللدائنية (البلاستيكية)، ما الفرق بين هذه الأنواع؟ كيف توصل ببعضها بإحكام دون أي تسريب؟

تأمل الصورتين السابقتين واسأل عن تلك الأدوات واستخداماتها.

– ما الأدوات والطرائق التي نحتاج إليها لتوصيل الأنابيب النحاسية وقِطَع التوصيل المختلفة ببعضها؟

– هل تختلف هذه الأدوات والطرائق إذا استبدلنا الأنبوب النحاسي بآخر فولاذي، أو لدائني، أو من الألمنيوم؟ لماذا؟

في ضوء دراستك فقرة (اقرأ وتعلم)، ستتعرف إجابة هذه الاستفسارات.

اقرأ وتعلم

أنابيب النحاس والألمنيوم

تستخدم في أنظمة التبريد وتكييف الهواء المنزلي أنابيب النحاس كثيرًا، ويليها أنابيب الألمنيوم، يبين الشكل (2-1) بعض أنواع الأنابيب النحاسية (Copper Tubes) وقطع الوصل الخاصة بها:

الشكل (2-1): بعض أنواع الأنابيب النحاسية (Copper Tubes) وقِطَع الوصل الخاصة بها.

لا تتفاعل أنابيب النحاس مع معظم وسائط التبريد والزيوت المستخدمة في التبريد، وتتمتع بعمر تشغيلي طويل، ويسهل توصيلها بقِطَع الوصل، وتسهل صيانتها من حيث القص، والتوصيل، واللحام، والتفليج، والثني، لذا؛ تجد أن الأنابيب النحاسية أكثر استخدامًا في مجال التبريد وتكييف الهواء، وتتوافر هذه الأنابيب بنوعين، هما: الأنابيب اللدنة (اللينة)، والأنابيب المسحوبة المقسّاة. وتُصنع أنابيب النحاس بطريقة (السحب على الناشف) البثق (غير ملحومة وخالية من الدرزات)، أما الأنابيب التي تحتوي فيها خط لحام على طول الأنبوب، فلا تستخدم في التبريد والتكييف، لأن الأنابيب غير الملحومة أكثر متانة وأفضل قابلية للتشكيل والثني من الأنواع الملحومة.

وتعتمد مقاسات الأنابيب النحاسية على القطر الخارجي للأنبوب، وعلى سماكة جدار الأنبوب، يبين الجدول (2-1) أهم مقاسات أنابيب النحاس المستخدمة في التبريد والتكييف وفقًا للقطر الخارجي بالبوصة (الإنش):

الجدول (2-1): أقطار الأنابيب النحاسية.

القطر الخارجي للأنبوب بالبوصة (باستخدام كسر مقامه 16)	3/16	4/16	5/16	6/16	8/16	10/16
القطر الخارجي للأنبوب بالبوصة (الكسر بأبسط صورة)	3/16	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8

1- الأنابيب المستخدمة في أنظمة التكييف والتبريد

- أنابيب النحاس

1. **أنابيب النحاس المقسّاة (Hard Drawn Copper Tubing):** صلبة يصعب ثنيها، تستخدم غالبًا في شبكات التبريد ذات المسافات والقدرات الكبيرة، ويكون طول الأنبوب الواحد 6 أمتار.

2. **أنابيب النحاس اللدنة - اللينة (Annealed Copper Tubing):** قابلة للثني والتشكيل بسهولة، من أهم استخداماتها ما يأتي:
   أ. الثلاجات المنزلية: تستخدم في المبخرات، وخطوط الامتصاص.
   ب. مكيفات الهواء: تستخدم في مكثفات مكيفات الهواء المركزية.

3. **الأنبوب الشعري (Capillary Tube):**
أنبوب نحاسي لين ذو قطر صغير جدًا، يعبّر عن القطر الداخلي له بجزء من الألف من البوصة والطول بالقدم، يتحكم في تدفق وسيط التبريد بسبب قطره الداخلي الدقيق وبسبب طوله أيضًا.

4. **أنابيب الألمنيوم (Aluminium Tubes):**
أنابيب ملتفة، وخالية من الدرزات، ذات جدار رقيق، تتوافر بأقطار من 5/16 بوصة إلى 3/4 بوصة، تستخدم في: الثلاجات المنزلية، في المبخرات، وخطوط السحب.
مكيفات الهواء، في مكثفات مكيفات الهواء المركزية، وأجهزة التبريد الصناعية.
مكيفات هواء السيارات، في المبخرات، والمكثفات، وخطوط السائل، والخزانات.

2- أدوات قص الأنابيب النحاسية، وتفليجها، وتوسيعها، وثنيها.

تحتاج عمليات ثني الأنابيب النحاسية إلى أداة خاصة للثني؛ لكي تحافظ على قطر الأنبوب سليمًا في أثناء عملية الثني، وكذلك عمليات القص، والتوسيع، والتفليج.

أ - أدوات قص الأنابيب النحاسية

تُقص الأنابيب النحاسية بمقص يدوي صغير يحتوي على سلاح القص الحاد، وهو على صورة دائرة مثقوبة من المنتصف لتدور حول محورها بسهولة، والمحيط الخارجي حاد بإمكانه قطع الأنابيب النحاسية بسهولة، يقابل هذا السلاح الحاد دولابان صغيران لضبط الأنبوب النحاسي في أثناء عملية القص، والسماح للمقص بالدوران حوله بسهولة.

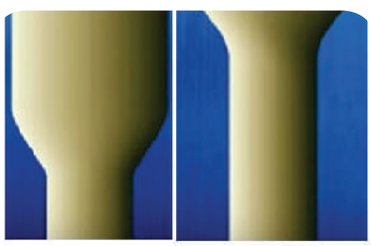
ب- أدوات التفليج

التفليج هو توسيع طرف الأنبوب بزاوية 45 درجة ليشكل حلقة (شفة) مناسبة للربط بطرف آخر لإحكام الإغلاق بين الطرفين (دون لحام)، وتُزوّد هذه الوصلة بصمولتي ربط لتبقي الطرفين مطبقين على بعضهما بإحكام، وتستعمل لهذا الغرض أداة تفليج يدوية تتكون من قطعتين منفصلتين، إحداهما ملزمة تثبيت للأنبوب مزودة بشفة داخلية، والأخرى مزودة برأس مخروطي يتطابق مع شفة الملزمة، يتحرك حول محور مسنن يُضبط يدويًّا ليضغط على طرف الأنبوب ويعمل على تفليجه، ويمكن عمل نوعين من التفليجات، هما: التفليجة المفردة، والتفليجة المزدوجة، إذ تتميز التفليجة المزدوجة بزيادة سماكة معدن شفة التفليج؛ لزيادة متانة الوصلة وإحكامها، يبين الشكل الآتي أداة التفليج اليدوية، وأنبوبًا مفلَّجًا :

1. أداة التفليج اليدوية	
2. التفليجة المفردة وحلقة التوصيل المسننة	

جـ– أدوات التوسيع

يستعمل سنبك التوسيع لتوسعة طرف الأنبوب المراد وصله بأنبوب آخر له القطر نفسه؛ بحيث يتداخل الأنبوبان لمسافة تتناسب مع قطري الأنبوبين، ثم تُلحم منطقة التداخل لتصبح وصلة متينة وخالية من التشققات والتسريب، ويُطرق على السنبك بمطرقة، ويستعمل سنبك التوسيع أيضًا لتجهيز التفليجة المزدوجة، وتعمل أداة التوسيع اليدوية عمل السنبك والمطرقة بآلية ميكانيكية بسيطة، يبين الشكل (2-2) بعض أدوات التوسيع والتفليج:

		
أداة التوسيع اليدوية	سنبك التوسيع المتدرج	الفرق بين التفليج (الفلير) (flare)، وبين التوسيع (Swage)

الشكل (2-2): بعض أدوات التوسيع والتفليج.

د– ختّامة الأنابيب النحاسية

تستعمل لإغلاق ختم خط خدمة دورة التبريد باللحام وختمها بعد شحن وسيط التبريد، يبين الشكل الآتي ختامة أنابيب نحاسية.

هـ– أدوات ثني أنابيب النحاس اللينة

تُثنى الأنابيب النحاسية لنحصل على الزاوية المطلوبة دون حدوث تضييق في قطر الأنبوب بإحدى الطريقتين الآتيتين:

باستعمال الثنّاية الزنبركية.

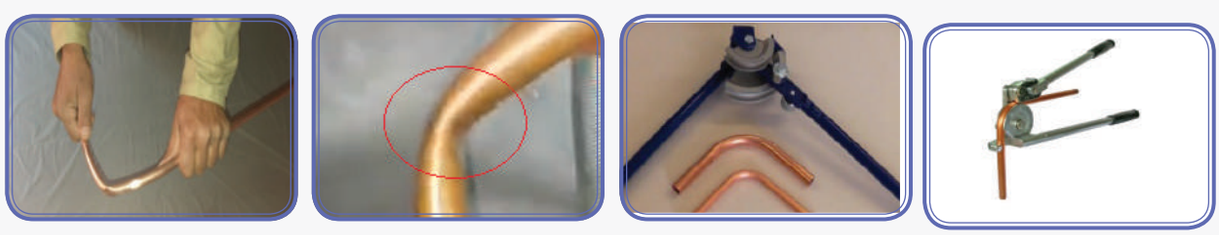
الثنّاية اليدوية (الذراعية) .

الشكل (2-3)

نشاط: تعرف أهمية اختيار الأداة المناسبة لثني الأنابيب المستخدمة في التكييف والتبريد

إذا كان لديك أنبوبان من النحاس، طول كل منهما 1 م، وأردت أن تثنيهما بزاوية 90 درجة، فثنيت الأنبوب الأول بيديك فقط دون استعمال أية أداة، وثنيت الأنبوب الآخر بأداة ثني الأنابيب الخاصة، ماذا تتوقع أن يكون الفرق بين الطريقتين؟ أيهما أفضل؟

لاحظ الشكل الآتي: لعلك لاحظت أن ثني الأنبوب باليدين فقط، أدى إلى تشويه مقطع الأنبوب وتضييق قطره، بينما كان الثني بأداة خاصّة دون أي تشويه أو تضيق في قطر الأنبوب، ما يدل على أهمية الأداة المناسبة لثني الأنابيب وتوصيلها، ينسحب هذا أيضًا على المهارات والخطوات الأدائية الضرورية كلها للعمل في مهنة التكييف والتبريد.



مقارنة بين ثني الأنابيب باليدين وثنيها بأداة الثني.

3- وصلات الأنابيب النحاسية.

توصل الأنابيب النحاسية ببعضها بقِطَع وصل خاصة، يبين الجدول (2-2) بعض أنواعها:

الجدول (2-2): قطع وصل الأنابيب النحاسية.

القطعة	الشكل	القطعة	الشكل
وصلة مستقيمة (مفة)		وصلة حرف T (لحام)	
وصلة (فلير)		نقّاصة (لحام)	
كوع 90 درجة (لحام)		سدّادة نهاية خط (لحام)	
نبل مزدوج وصمولتا فلير		كوع 90 درجة (أحد طرفيه لحام والطرف الآخر فلير)	

الأنابيب الفولاذية

الأنابيب الفولاذية المجلفنة: تطلى الأنابيب الفولاذية بطبقة من الزنك تمنحها اللون الفضي ضمن عملية تسمى الجلفنة، ما زالت هذه الأنابيب تثبت كفاءتها ومنافستها معظم الأنابيب الحديثة، خصوصًا في الأماكن المكشوفة المعرضة للعوامل الجوية المتقلبة.

الأنابيب الفولاذية السوداء: تستخدم الأنابيب الفولاذية السوداء في شبكات التدفئة، وشبكات مكافحة الحريق، ولا ينصح باستخدامها في شبكات المياه الصالحة للشرب.

تصنف الأنابيب الفولاذية المجلفنة حسب سُمْك جدارها ثلاثة أصناف، هي:

الصنف الخفيف (A): أقل الأصناف سُمْكًا وأقلها تحملًا للضغط ذو علامة خضراء، يستخدم في الشبكات ذات الضغط المنخفض (أقل من 7 بار) .

الصنف المتوسط (B): سُمْك جداره أكبر من سُمْك جدار الصنف (A)، ويستخدم في شبكات تغذية مياه الشرب، وهو ذو علامة حمراء.

الصنف الثقيل (C): أكثر الأصناف سُمْكًا وتحملًا للضغط، يستخدم في شبكات التدفئة بالبخار، ذو علامة زرقاء، ويمكن توصيله بالتسنين، ويوصل غالبًا باللحام.

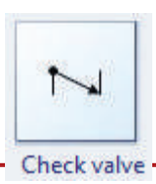
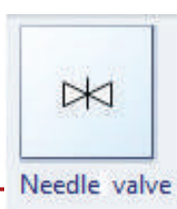
يبين الجدول (2-3) قِطَع وَصْل الأنابيب الفولاذية:

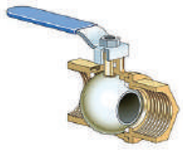
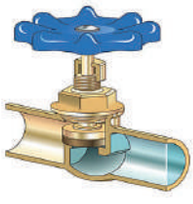
الجدول (2-3): قِطَع وَصْل الأنابيب الفولاذية.

القطعة	الشكل	القطعة	الشكل
شد وصل		وصلة حرفT	
كوع ستريت (90 درجة)		نبل	
كوع مف (90 درجة)		نقّاصة	

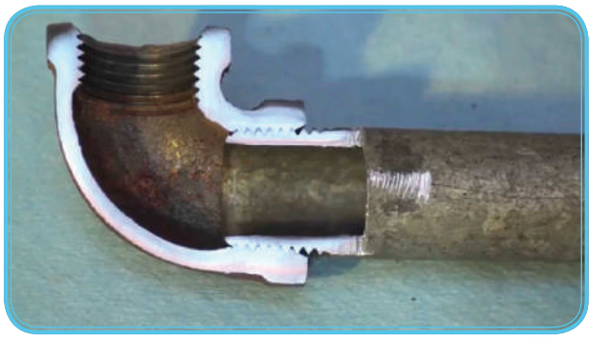
يبين الجدول (2-4) بعض أنواع الصمّامات المستخدمة في التكييف والتبريد:

الجدول (2-4): أنواع الصمامات المستخدمة في التكييف والتبريد.

الاسم	الصمام	شكل الصمام الداخلي	رمز الصمام
صمام بوابة			
صمام عدم رجوع (ردّاد)			
صمام إبري			

الاسم	الصمام	شكل الصمام الداخلي	رمز الصمام
صمام كروي			
صمام فراشة			
صمام جلوب يدوي			

لقياس طول أنبوب يوصل بين قطعتي وَصْل بالتسنين، مراعيًا مسافة التداخل (التعشيق) بين الأنبوب وقطعة الوصل من كلا الجانبين، يبين الشكل (2-4) مقطعًا عرضيًّا لمسافة التداخل بين الأنبوب وقطعة الوصل.



الشكل (2-4): مقطع عرضي لكوع وأنبوب مسنن.

تتناسب مسافة التداخل تناسبًا طرديًّا وقطر الأنبوب، يبين الجدول (2-5) أقطار الأنابيب الفولاذية ومقدار التعشيق لكلٍّ منها.

الجدول (2-5): قطر الأنبوب ومقدار التعشيق.

قطر الأنبوب بالبوصة	مقدار التعشيق بالمليمتر
$\frac{1}{2}$	10 م
$\frac{3}{4}$	11 م
1	12 م
1.25	12 م
1.50	12 م
2	15 م

– قص الأنابيب الفولاذية

قبل الشروع في قص الأنابيب الفولاذية المجلفنة وتسنينها وتجميعها، يجب تثبيتها ومنعها من الدوران بملزمة خاصة، أو بالمفتاحين المتعاكسين (كونترا)، وهناك طريقتان شائعتان لقص الأنابيب الفولاذية المجلفنة يدويًّا، هما:

أ– القص بمنشار الحديد اليدوي

يتكون المنشار اليدوي من جزأين، هما: نصلة المنشار، والمقبض، ويستعمل المنشار اليدوي ذو النصلة المناسبة لقَطْع المعادن، ولكن يجب التأكد من اتجاه أسنان النصلة، واختيار النصلة المناسبة، وشدها جيدًا، وقد تكون المناشير اليدوية قاطعة بالسحب، وقد تكون قاطعة بالدفع، يبين الشكل (2-5) المنشار اليدوي.

الشكل (2-5): منشار الحديد اليدوي.

ب– القص بمقص الأنابيب ذي العجلات

يبين الشكل (2-6) مقص الأنابيب الفولاذية.

الشكل (2-6): مقص الأنابيب الفولاذية.

خطوات قص الأنابيب بمقص الأنابيب الفولاذية

– تركيب مقص الأنابيب على الأنبوب، ثم شد المقبض حتى تلامس عجلتا القَطْع سطح الأنبوب.

– تدوير مقص الأنابيب حول الأنبوب، وبعد الدورة الأولى أو الثانية يجب التأكد أن عجلتي القطع فوق خط العلام المحدد سابقًا تمامًا.

– تدوير المقص حول الأنبوب باستمرار، مع إعادة شد برغي التغذية كل دورتين أو ثلاث؛ لزيادة الضغط على عجلتي القطع.

تنظيف زوائد القص (الرايش) من أطراف الأنابيب

بعد قص الأنابيب تزال الزوائد (الرايش) الناتج من عملية القطع داخل طرف الأنبوب، ويمكن استعمال المبرد لإزالة هذه الزوائد أو استعمال أداة (الرايمر) . انظر الشكل (2-7)

الشكل (2-7): أداة الرايمر.

جـ- تسنين الأنابيب الفولاذية المجلفنة باستعمال عُدد التسنين اليدوية والكهربائية

الشكل (2-8) أداة التسنين اليدوية.

1. أداة التسنين اليدوية:

تستخدم أداة تسنين الأنابيب اليدوية (التختاية) في تسنين الأنابيب الفولاذية يدويًّا، انظر الشكل (2-8)، وتتكون هذه الآلة من الأجزاء الآتية:

أ. لقمة التسنين. ب. الذراع. جـ. أظفر تحديد الاتجاه.

التسنين **(Threading):** هي عملية قطع مجرًى حلزوني منتظم على سطح أسطواني خارجي أو داخلي ويطلق عليه القلاووظ أو السَّن، فإذا كان السَّن على السطح الخارجي للأنبوب أو قطعة الوصل، فهو سن خارجي، أما إذا كان السن على السطح الداخلي للأنبوب أو قطعة الوصل، فهو سن داخلي، معظم قِطَع وَصْل الأنابيب الفولاذية المجلفنة، تأتي من المصنع مقلوظة بسن داخلي. يبين الشكل (2-9) قطعتي أنابيب فولاذية مسننة الطرفين.

الشكل (2-9): قطعتا أنابيب فولاذية مسننة الطرفين.

2. آلات التسنين الكهربائية

آلات تسنين كهربائية توفر الجهد والوقت على فني التمديدات الصحية ويمكن تصنيفها إلى نوعين رئيسين، هما:

أ. أداة التسنين الكهربائية

آلة التسنين الكهربائية تحتوي محركًا كهربائيًا عامًا يعمل على إدارة رأس لقم التسنين (لقمة التسنين) بالاتجاه المطلوب في أثناء عملية التسنين، ما يوفر الجهد العضلي على فني التمديدات الصحية، انظر الشكل (2-10).

الشكل (2-10): التختاية الكهربائية.

ب. آلة التسنين الكهربائية الشاملة

تتكون آلة التسنين الشاملة من مجموعة من الأدوات اللازمة للقص، والتسنين، وتنظيف الرايش، والتزييت، والتثبيت معًا في آلة واحدة، تعمل بمحرك كهربائي بثلاث سرعات، وقابل لعكس اتجاه الدوران، يبين الشكل (2-11) أجزاء هذه الآلة:

1- دواسة التشغيل	4- مقص الأنابيب	7- ذراع التغذية
2- مفتاح التشغيل الكهربائي، وعكس الدوران	5- رأس التسنين	8- ذراع تحريك عربة الأدوات
3- ملزمة تثبيت الأنابيب	6- الرايمر	9- عربة الأدوات

الشكل (2-11): آلة التسنين الكهربائية الشاملة.

الأنابيب البلاستيكية الحرارية (PPR)

تصنع الأنابيب الحرارية وملحقاتها من مادة متعدد البروبلين عشوائي التبلمر وتسمى اختصارًا أنابيب (PP-R)، يبين الجدول (2-6) بعض قِطَع الوصل لأنابيب PPR :

الجدول (2-6): قطع الوصل لأنابيب PPR.

اسم قطعة الوصل	شكل قطعة الوصل	اسم قطعة الوصل	شكل قطعة الوصل
كوع 90 درجة سن خارجي		وصلة حرف تي	
كوع 90 درجة سن داخلي		وصلة حرف تي سن داخلي من الوسط	
كوع 90 درجة دون سن		أدابتر سن داخلي	
شد وصل سن خارجي		أدابتر سن خارجي	

تستخدم آلة اللحام الحرارية في تنفيذ هذه الوصلات عبْر تسخين طرفي الوصل لدرجة حرارة عالية تصل لغاية (260 درجة سلسيوس) ثم إدخال الطرفين في بعضهما ليشكلا معًا وصلة واحدة جيدة، ويجب التنبه إلى ضرورة تحديد علام على طرف الأنبوب المراد لحامه بقطعة وصل باستعمال شبلونة الأقطار التي تحدد لكل قطر مسافة لحام خاصة به، ومن المعلومات التي تحتاج إليها لإتمام لحام الأنابيب الحرارية بنجاح، عمق اللحام وزمن التسخين للأنبوب، علمًا أن مقدار عمق اللحام ومدة التسخين تتفاوت تبعًا لقطر الأنبوب وسُمْك جداره، ويمكن

الحصول على هذه القيم من جداول بيانات لحام الأنابيب الحرارية المدرجة في دليل المستعمل لآلة اللحام، يبين الشكل (2-12) آلة لحام الأنابيب.

الشكل (2-12): آلة لحام الأنابيب.

– الأنابيب اللدائنية (البلاستيكية) PVC

هي أنابيب تصنع من مواد بلاستيكية، ويشتق منها ثلاثة أنواع أخرى من الأنابيب عبْر إجراء بعض التعديلات البسيطة على المادة الأساسية، وهي:

أ– أنابيب (PVC) العادية

هي مادة بلاستيكية تصنع من مادة البي في سي (PVC) الأساسية دون أية إضافات، وتمتاز هذه الأنابيب بسهولة قصها ووصلها باستعمال المواد اللاصقة مقارنة بعمليات التسنين واللحام التي ما تزال سائدة في وصل أنابيب الحديد والنحاس، وتتحمل درجة حرارة تصل إلى 60 سلسيوس، لذا؛ فهي غير مناسبة لنقل المياه الساخنة.

ب– أنابيب (CPVC)

كلوريد متعدد الفينيل المكلور (Chlorinated Polyvinyl Chloride)، وهي مادة بلاستيكية تصنع بإضافة الكلور إلى المواد الأساسية التي تصنع منها مادة البي في سي (PVC) الأساسية السابقة الذكر، وذلك بهدف تحسين مرونتها وتحملها درجات الحرارة المرتفعة، إذ تتحمل أنابيب السي بي في سي (CPVC) درجة حرارة تصل إلى 82 سلسيوس.

جـ- أنابيب (UPVC)

كلوريد متعدد الفينيل المعدل غير الملدن **(Unplasticized Polyvinyl Chloride)**، وهي مادة بلاستيكية تصنع من المواد الأساسية نفسها التي تصنع منها مادة البي في سي **(PVC)** الأساسية، دون إضافة المواد التي تجعلها أكثر ليونة ومرونة، ما يجعلها صلبة ومناسبة أكثر لتصنيع أنابيب التصريف، يبين الجدول (2-7) بعض قِطَع الوصل لأنابيب **CPVC**:

الجدول (2-7): قِطَع وَصْل أنابيب CPVC.

اسم قطعة الوصل	شكل قطعة الوصل	اسم قطعة الوصل	شكل قطعة الوصل
كوع 90 درجة سن خارجي		وصلة حرف تي متساوي سن داخلي	
كوع 90 درجة سن داخلي		وصلة حرف تي نقّاص سن داخلي	
كوع 90 درجة دون سن		مفة	
كوع 45 درجة دون سن		نقّاصة مركزية	

ابحث في المراجع المختلفة وعبر الإنترنت عن: الأنابيب المستخدمة في أنظمة التكييف والتبريد. ثم اكتب تقريرًا عن ذلك، وناقش معلمك فيه.

الأسئلة

1- ميّز بين أصناف الأنابيب النحاسية وفقًا لأقطار الأنابيب.

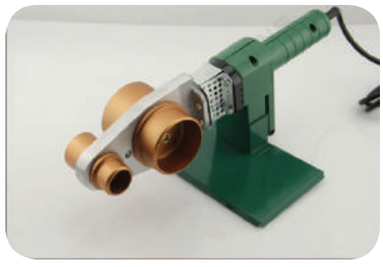
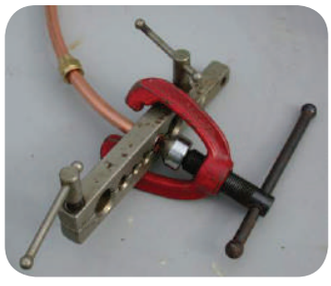
2- أجب العبارات الآتية بـ (نعم) أو بـ (لا):

الرقم	العبارة	نعم	لا
1	توسّع طرف الأنبوب بزاوية 45 درجة ليشكل حلقة يسمى التفليج.		
2	الأداة التي تستعمل لإغلاق خط خدمة دورة التبريد باللحام تسمى ختّامة.		
3	تستخدم آلة اللحام الحرارية في تنفيذ هذه الوصلات عبْر تسخين طرفي الوصل لدرجة حرارة عالية تصل إلى 160 درجة سلسيوس.		
4	تتحمل أنابيب السي بي في سي **(CPVC)** درجة حرارة تصل إلى 82 سلسيوس.		

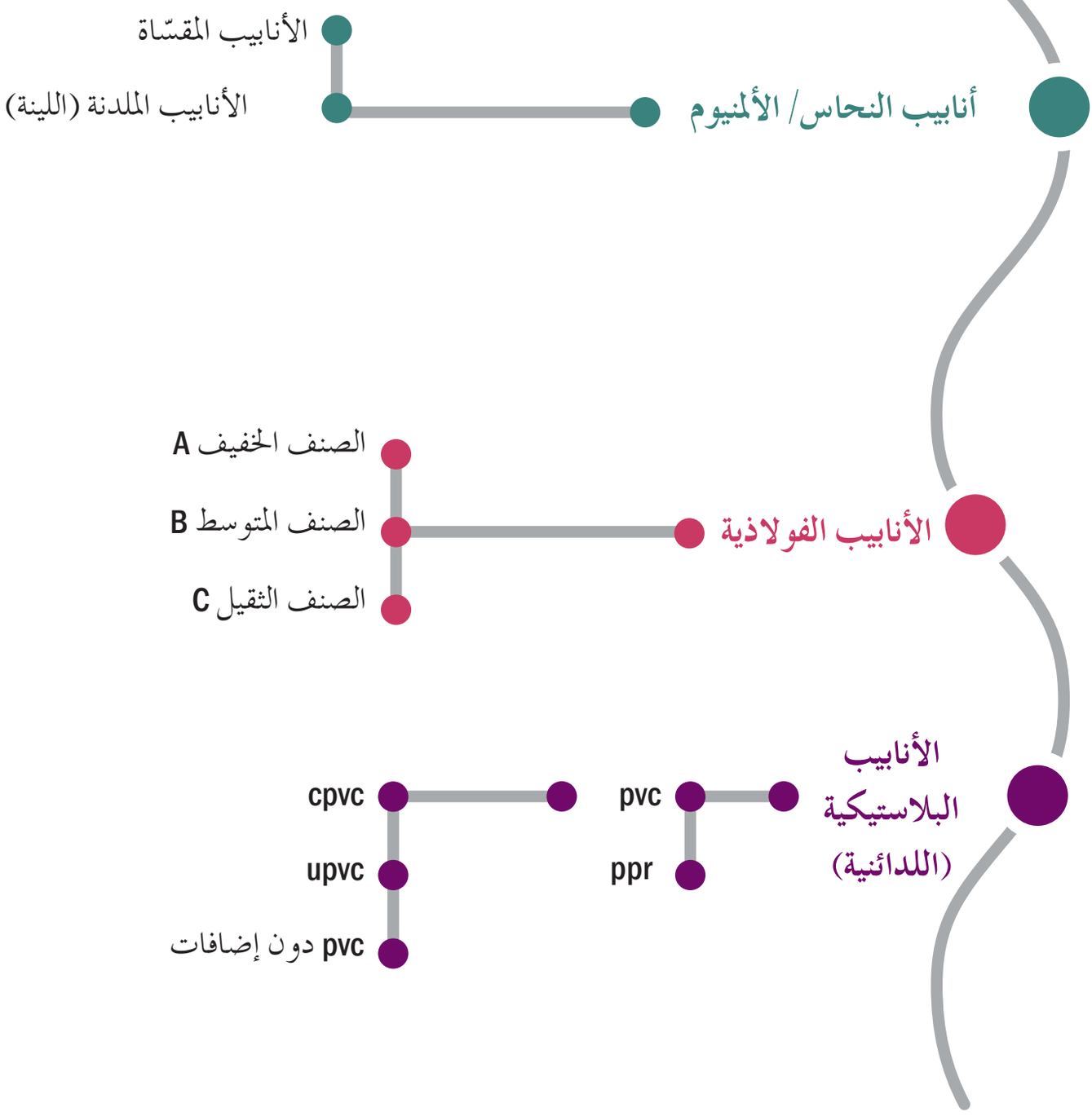
3- وضّح الفرق بين أصناف أنابيب **CVP**.

4- انظر الشكل الآتي واذكر اسم هذه الآلة، ثم سمِّ الأجزاء المشار إليها بالأرقام من 1 – 8.

5- سمِّ الأدوات الآتية واستخداماتها.

الأداة /الآلة	اسمها	الأداة /الآلة	اسمها
			

الأنابيب المستخدمة في أنظمة التكييف والتبريد



التمرين العملي (2-1): قص أنابيب النحاس، وتقويرها وتوسيعها وتفليجها.

النتاجات

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- يقص أنابيب النحاس ويقورها، ويوسعها، ويفلجها، ويختمها.
- يعمل مع الزملاء والمدرب بروح الفريق.

الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية
(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات

– طقم تفليج أنابيب النحاس وتوسيعها.

– شريط قياس

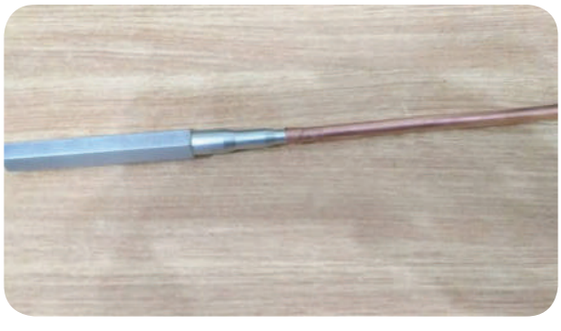
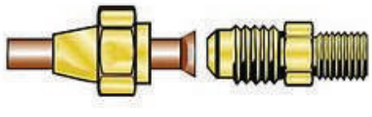
– قلم علام

– ختّامة أنابيب

المواد

– أنبوب نحاس لين طوله (1) م، قطر ($\frac{3}{8}$") بوصة.

– صمولة فلير (عزقة) مناسبة لقطر الأنبوب، وقطعة مسننة مطابقة للصمولة.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
1	أعدّ خطة عمل بسيطة، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها، والحفاظ على البيئة، والعمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد. ملاحظة: في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات، عليك مراجعة المدرب.	
2	قص الأنبوب 5 قطع متساوية الأطوال (طول كل قطعة 20 سم) بمقص الأنابيب.	
3	قوّر أطراف الأنابيب بأداة التقوير (الرايمر) .	
4	وسّع طرف أحد الأنابيب بسنبك التوسيع والملزمة كما في الشكل، ثم تحقق من جودة التوسيع بإدخال أنبوب آخر داخل الطرف الذي وُسِّع.	
5	فلّج أحد الأنابيب بأداة التفليج، وتأكد من جودة التفليجة بمطابقتها بالصمولة المناسبة وكذلك بمطابقتها بالوصلة المناسبة.	 
6	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

التمرين العملي (2-2): ثني الأنابيب النحاسية.

النتاجات

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- يثني الأنابيب النحاسية بزاوية 90 درجة بالثنّاية اليدوية.

الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية
(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات	المواد
– ثنّاية يدوية. – قلم علام. – مقص أنابيب.	– أنبوب نحاس طول 1 م($\frac{3}{8}$").

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
1	أعدّ خطة عمل بسيطة، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها، والحفاظ على البيئة، والعمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد. ملاحظة : في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات، عليك مراجعة المدرب.	
2	قص أنبوب بطول 60 سم، قطر $\frac{3}{8}$".	
3	علّم نقطة الثني على 30سم من طرف الأنبوب.	

4	أدخل الأنبوب في الثنّاية؛ بحيث يتطابق علام نقطة الثني بالرقم صفرعلى ذراع الثناية وبالزاوية صفر على منقلة الثنّاية.	
5	اضغط بهدوء لثني الأنبوب عند نقطة العلام بزاوية 90 درجة، كما في الشكل المجاور.	
6	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

التمرين العملي (2-3): تفليج الأنابيب النحاسية.

النتاجات

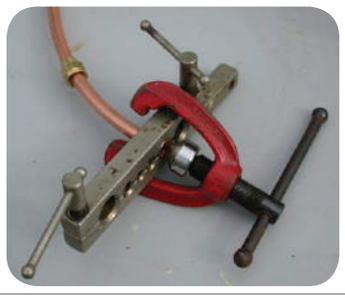
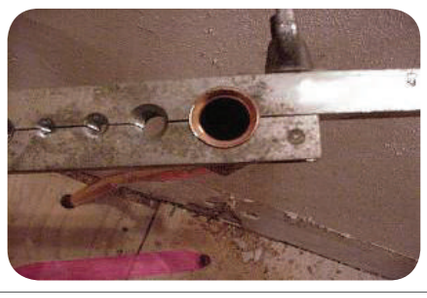
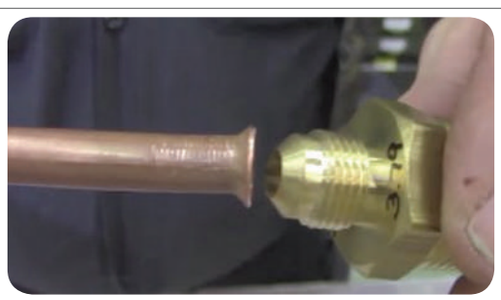
يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- يفلّج الأنابيب النحاسية .

الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية
(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات	المواد
– أداة تفليج الأنابيب النحاسية. – مقص الأنابيب النحاسية.	– أنابيب نحاسية مشكلة.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
1	أعدّ خطة عمل بسيطة، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها، والحفاظ على البيئة، والعمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد. ملاحظة: في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات، عليك مراجعة المدرب.	
2	اختر الفتحة المناسبة لقطر الأنبوب.	
3	افتح مرابط الملزمة، وأدخل الأنبوب بحيث يبرز طرفه مسافة تتراوح من 1مم إلى 1,5 مم فوق الشفة المخصصة للتفليج في الملزمة.	

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
4	اربط مرابط الملزمة وشدّها بإحكام على الأنبوب.	
5	تأكد من تناسق شكل التفليجة المفردة بعد إتمامها وهي مثبتة على الملزمة.	
6	تأكد من خلو طرف الأنبوب بعد أن تفليجه من التشققات.	
7	تأكد من تطابق شكل التفليجة وحلقة التوصيل المسننة.	
8	تأكد من مطابقة شكل تفليجة الأنبوب بفرزة قطعة الوصل المقابلة.	
9	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

التمرين العملي (2-4): قص أنابيب **CPVC** وتوصيلها.

النتاجات

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- يقص أنابيب **CPVC** ويصلها.

الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية
(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات

- منشار يدوي.
- مقص الأنابيب البلاستيكية اليدوي.
- قطعة خشبية مناسبة لحفظ استقامة القص.
- شريط قياس.
- قلم علام.

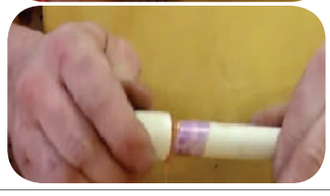
المواد

- أنبوب **CPVC**.
- قطعة وصل (كوع 90 درجة) **CPVC** قطرها مطابق لقطر الأنبوب.

مادتا لصق أنابيب CPVC:

- المادة اللاصقة الابتدائية.
- المادة اللاصقة النهائية.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
1	أعدّ خطة عمل بسيطة، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها، والحفاظ على البيئة، والعمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد. ملاحظة: في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات، عليك مراجعة المدرب.	
2	قص الأنبوب بالمنشار اليدوي مستعملًا حافظة للمسافة واستقامة القص.	

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
3	– قص الأنابيب بالأطوال المطلوبة باستخدام مقص أنابيب البلاستيك،وأزل الرايش بأداة التكملة (الرايمر) . – نظّف أطراف الأنابيب والأماكن المراد وصلها.	
4	ادهن طـرف الأنبوب من الخـارج وطرف القطعة المقابلـة مـن الداخـل بالمـادة الابتدائيـة، واتركها لحظات بسيطة حتى تجف.	
5	ادهن طرف الأنبوب من الخارج وطرف القطعة المقابلة من الداخل بالمادة اللاصقة النهائية، ثم أدخل الأنبوب في قطعة الوصل المقابلة.	 
6	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

التمرين العملي (2-5): تسنين الأنابيب الفولاذية بآلة التسنين اليدوية.

النتاجات

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن :

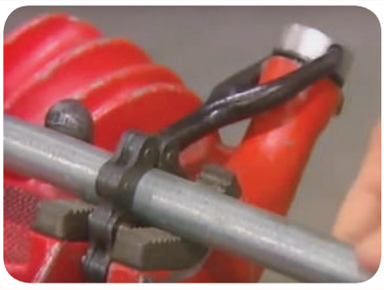
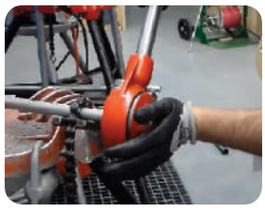
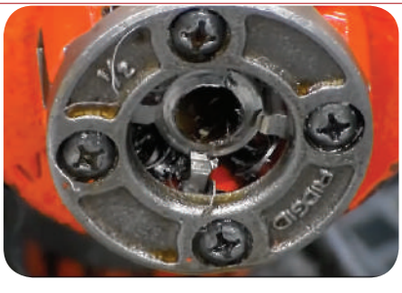
- يسنن الأنابيب الفولاذية بآلة التسنين اليدوية.

الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية
(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات

- طقم لقم تسنين، وآلة التسنين اليدوية.
- ملزمة أنابيب.
- زيت تسنين .
- مزيتة.
- وعاء تجميع الزيت.
- فرشاة سلك.

الرقم	خطوات الأداء	الصور التوضيحية
1	حضّر المواد و العُدد والأجهزة اللازمة لتمديد الشبكة المدرجة في جدول المواد والتجهيزات السابق، وتأكد من صلاحيتها قبل مباشرة العمل.	
2	اختر لقمة التسنين المناسبة حسب قطر الأنبوب.	
3	ثبت لقمة التسنين في كفة آلة التسنين اليدوية، ثم اسحب المقبض لفتح فتحة الكفة وتثبيت اللقمة.	

الرقم	خطوات الأداء	الصور التوضيحية
4	اربط الأنبوب المراد تسنينه على الملزمة بحيث يبرز الطرف المراد تسنينه بمسافة مناسبة أمام الملزمة (15 إلى 25 سم) .	
5	وجّه السهم إلى المقبض باتجاه عقارب الساعة، ثم ركّب لقمة التسنين على طرف الأنبوب، بجعل ذراع آلة التسنين على زاوية 90 درجة بالنسبة لمحور الأنبوب، ثم لف ذراع آلة التسنين باتجاه عقارب الساعة ضاغطًا على الكفة في آن واحد باليد الأخرى باتجاه محور الأنبوب.	
6	ضع وعاءً على الأرض أسفل طرف الأنبوب لتجميع الزيت المتساقط، ثم ضع كمية مناسبة من زيت التسنين على طرف الأنبوب باستعمال المزيتة في أثناء عملية التسنين.	
7	توقف عن التسنين عندما تبرز حافة الأنبوب وتصبح على مستوًى واحد مع مقدمة رأس لقمة التسنين.	
8	عند الانتهاء من التسنين بالطول المطلوب، افصل لقمة التسنين عن طرف الأنبوب بعكس اتجاه المقبض، ثم لف اللقمة عكس حركة عقارب الساعة حتى تنفصل عن طرف الأنبوب.	

الرقم	خطوات الأداء	الصور التوضيحية
9	نظّف الأسنان بفرشاة السلك من الخارج، ونظّف الزوائد والرايش من الداخل بالرايمر.	
10	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها، واحفظها في مكانها المخصص.	

التقويـم الذاتـي

أضع إشارة (√) في خانة الدرجة المناسبة				
الرقم	الهدف	درجة تحقق الهدف		
		ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أميّز بين أنواع الأنابيب المختلفة المستخدمة في التكييف والتبريد: أنابيب النحاس، وأنابيب الألمنيوم،والأنابيب الفولاذية، والأنابيب البلاستيكية.			
2	أثني الأنابيب النحاسية بالثنّاية اليدوية، والزنبرك.			
3	أفلّج أنابيب النحاس والألمنيوم.			
4	أقص الأنابيب النحاسية وأوسّعها.			
5	أوصل أنابيب **CPVC** بقِطَع الوصل المناسبة.			
6	أسنّن الأنابيب الفولاذية، وأوصلها بقِطَع الوصل المناسبة.			

الوحدة الثانية 2

الأنابيب المستخدمة في أنظمة التكييف والتبريد

ثانيًا:
لحام أنابيب النحاس والألمنيوم

النتاجات

يتوقع منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- تتعرف طريقة لحام أنابيب النحاس والألمنيوم.
- تميز مكونات وحدة اللحام الأكسي –استلنين.

شروط السلامة المهنية

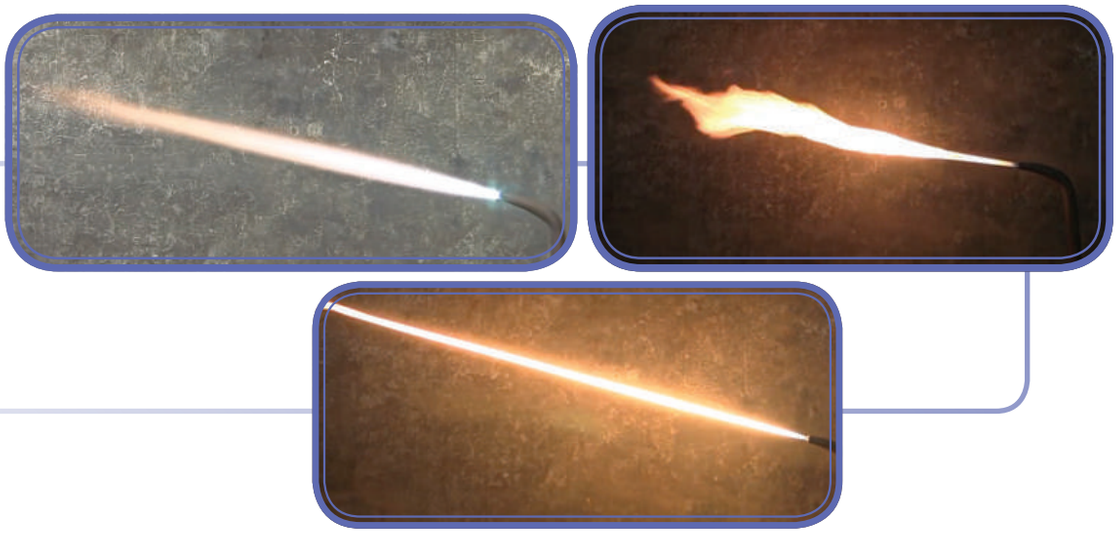
- تطبيق شروط السلامة المهنية وقوانينها.
- تطبيق الإجراءات والممارسات المرتبطة بحماية البيئة.
- العمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد.

انظر.. وتساءل

- انظر شعلات اللهب الأربع في الصورة المجاورة، برأيك، أي هذه الشعلات الأشد حرارة؟ لماذا؟ برأيك، ما مواصفات الشعلة المناسبة للحام أنابيب النحاس والألمنيوم؟

استكشف

– انظر الصور الآتية ولاحظ الاختلافات بين أنواع اللهب (الشعلات)، ما سبب تلك الاختلافات؟ برأيك.



لعلك لاحظت أن شكل الشعلة (اللهب) يختلف كلّما زاد الأوكسجين أو كلّما قل، وكذلك يختلف شكل الشعلة كلّما زاد الوقود (الأستيلين) أو قل، فتزداد حرارة الشعلة أو تقل تبعًا لذلك، وستتعرف عبْر بطاقة التعلم (اقرأ وتعلم) ما تحتاجه من معلومات حول اللحام بالأكسي – أستيلين، وأنواع الشعلات.

اقرأ وتعلم

لحام الأنابيب المستخدمة في أنظمة التكييف والتبريد

يطلق مصطلح اللحام على العملية التي توصل فيها قطعتان أو أكثر ببعضها، عن طريق رفع درجة حرارة منطقة التداخل (منطقة الاتصال) مع بقاء القطعتين في حالة الصلابة بوساطة مادة منصهرة تلتحم بالقطعتين ثم تترك لتتصلّب (أسياخ اللحام)، والمنطقة المشتركة بين القطعتين تسمى (حوض اللحام)، وعندما تتصلب هذه المنطقة، تصبح القطع الملحومة ببعضها قطعة واحدة متماسكة، وعند التحام المعادن ببعضها يكوّن حوض اللحام سبيكة جديدة بمواصفات وخصائص جديدة، وكلما زادت جودة عملية اللحام، زادت جودة القطع الملتحمة، ويعدّ اللحام بغاز الأستيلين من أشهر أنواع اللحام المستخدم في التكييف والتبريد، ويسمى (لحام الأكسي – أستالين) ويستعمل للحام الأنابيب المعدنية، مثل لحام أنبوب نحاس بأنبوب نحاس آخر، أو لحام أنبوب نحاس بأنبوب من الألمنيوم، أو بأنبوب من الحديد، وتستعمل وحدة اللحام بالأكسي – أستيلين لإنتاج الشعلة المناسبة لعمليات اللحام في أنظمة التكييف والتبريد.

وقد تصل حرارة الشعلة المتعادلة لمشعل الأكسي– أستيلين إلى (3300) س°، ويستخدم مشعل غاز البيوتان اليدوي في اللحام الخفيف الذي يحتاج إلى درجة حرارة أقل من (1300) س°، ويعتمد لحام الأنابيب في أنظمة التكييف والتبريد على معرفة درجة انصهار المعدن المراد لحامه ودرجة انصهار معدن سيخ اللحام، في ما يأتي أهم هذه الدرجات:

درجة حرارة انصهار الحديد تساوي (1538) س°، والنحاس تساوي (1083) س°، والفضة تساوي (923) س°، والألمنيوم تساوي (660) س° تقريبًا، والقصدير تساوي (232) س° تقريبًا.

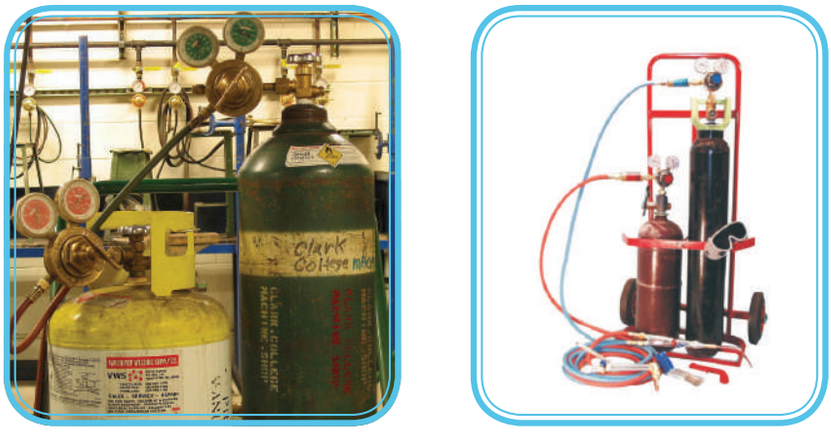
في عملية لحام أنبوبين من النحاس معًا، تستخدم أسياخ لحام مصنوعة من سبيكة الفضة وشعلة متعادلة تكفي لتسخين النحاس وصهر الفضة بحدود (923) س°، أو أسياخ من القصدير ودرجة حرارة تكفي لتسخين النحاس وصهر القصدير بحدود (323) س°، وفي عملية لحام أنبوبين من الألمنيوم، تستخدم أسياخ لحام من الألمنيوم وشعلة متعادلة ذات درجة حرارة تكفي لصهر الأنبوبين وصهر سيخ الألمنيوم بحدود (660) س°، وفي هذه الحالة تُسلّط الشعلة على سيخ اللحام لصهره، ويمنع تسليط الشعلة على الأنبوبين، ويكفى تسخينهما فقط عن طريق التحكم في بعد الشعلة أو قربها من الأنبوبين، وفي عملية لحام أنبوب من الألمنيوم بأنبوب آخر من النحاس، يستخدم سيخ لحام من الألمنيوم وشعلة ذات درجة حرارة (660) س°، تكفي لصهر سيخ اللحام.
عند لحام أنبوب من النحاس بأنبوب من الحديد، يستخدم أسياخ اللحام من النحاس وشعلة ذات درجة حرارة تكفي لصهر سيخ النحاس بحدود (1083) س°، وتسلّط الشعلة على طرف أنبوب الحديد وسيخ اللحام، أما أنبوب النحاس، فيكفي تسخينه عن طريق التحكم ببُعد الشعلة أو قربها منه.

عند لحام أنبوبين من الحديد بالأكسي – أستيلين، يستخدم سيخ لحام من النحاس وشعلة متعادلة تكفي لصهر النحاس بحدود (1083) س°، ويجب تنظيف طرفي الأنبوبين جيدًا قبل اللحام بورق الصنفرة المناسب أو بفرشاة السلك، وتستخدم مواد تساعد على اللحام لحماية حوض اللحام من التأكسد وزيادة متانة الوصلة .

هناك عبوات اقتصادية تستخدم في عمليات اللحام المحدودة، إحدى هذه العبوات مشعل غاز البيوتان **BUTANE GAS BLOW TORCH** اليدوي، انظر الشكل (2-13):

الشكل (2-13): مشعل غاز البيوتان اليدوي.

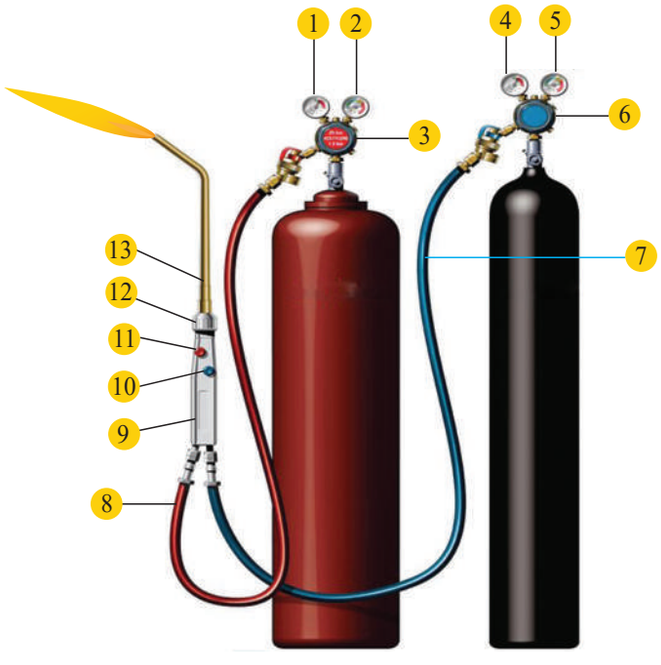
يبين الشكل (2-14) مجموعة وحدة اللحام بالأكسي – أستيلين.



الشكل (2-14): مجموعة وحدة اللحام بالأكسي – أستيلين.

1- مكونات وحدة اللحام بالأكسي – أستيلين:

يبين الشكل (2-15) عناصر وحدة اللحام بالأكسي– أستيلين، وموقع منظمات الضغط عليها.



الشكل (2-15): عناصر وحدة اللحام بالأكسي أستيلين.

الرقم	الاسم	الرقم	الاسم	الرقم	الاسم
1	مقياس ضغط خرطوم الأستيلين	6	منظم ضغط الأوكسجين	11	صمّام الأستيلين
2	مقياس ضغط أسطوانة الأستيلين	7	خرطوم الأوكسجين (أسود)	12	حجرة الخلط (رأس الخلط)
3	منظّم ضغط الأستيلين	8	خرطوم الأستيلين (أحمر)	13	الفالة
4	مقياس ضغط خرطوم الأوكسجين	9	مقبض المشعل		
5	مقياس ضغط أسطوانة الأوكسجين	10	صمّام الأوكسجين		

أ- أسطوانة غاز الأكسجين

رمز الأوكسجين الكيميائي O_2، وهو عامل مساعد على الاشتعال لا لون له ولا رائحة، أثقل من الهواء قليلًا، يستخدم الأوكسجين في اللحام مع غاز الأستيلين؛ لتحسين عملية الاحتراق وزيادة حرارة اللهب وتركيزه، يُعبأ الأوكسجين في أسطوانات خاصة تحت ضغط 150بار، لونها أسود، لا يوجد فيها أية وصلات ملحومة باللحام.

ب- أسطوانة غاز الأستيلين

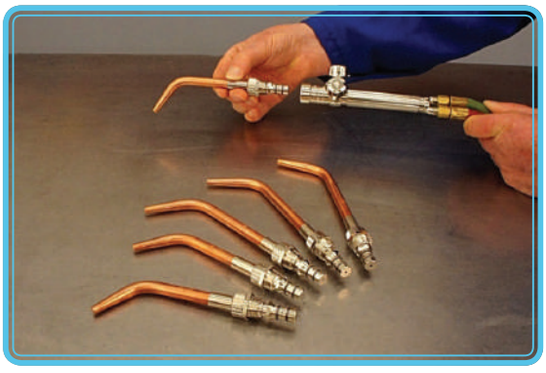
رمز غاز الأستيلين الكيميائي C_2H_2، وينتج هذا الغاز من تفاعل الكربيد مع الماء، وهو وقود غازي قابل للاشتعال والانفجار في ظروف معينة، يُعبأ في أسطوانة خاصة تحت ضغط يتراوح بين 15 بار و 20 بار، ولونها بني غامق أو أصفر، ويمكن استبدالها بغاز الطبخ المنزلي.

جـ - منظمات الضغط (Regulators)

إن ضغط الغاز في أسطوانتي الأوكسجين والأستيلين، يعد مرتفعًا جدّا، ولا يناسب اللحام والقص، لذا؛ تخفض هذه الضغوط وتنظم عبْر منظمات الضغط الخاصة بكل غاز وبكل أسطوانة، حيث يستعمل منظم ضغط خاص بأسطوانة الأوكسجين وآخر خاص بأسطوانة الأستيلين، بحيث لا يمكن تركيب أحدهما بدلًا من الآخر، فيستعمل المسنن اللولبي الأيمن لمنظم الأوكسجين، ومسنن لولبي أيسر لمنظم الأستيلين.

د- مشعل اللحام (Torch)

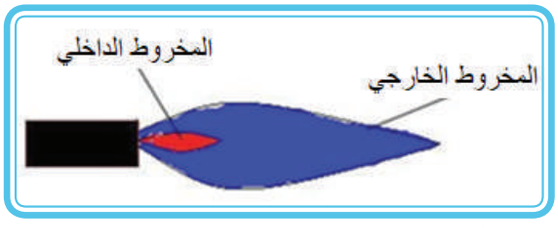
يتكون مشعل اللحام من: فالة اللحام، والمقبض، وصمّام الأوكسجين، وصمّام الأستيلين، وحُجرة خلط الأستيلين والأكسجين، ومدخل غاز الأستيلين، ومدخل غاز الأوكسجين، يبين الشكل (2-16) مشعل الأكسي – أستيلين، ومجموعة من الفالات:



الشكل (2-16): مشعل الأكسي–أستيلين.

– عناصر شعلة الأكسي – أستيلين:

تتكون شعلة الأكسي– أستيلين من مخروط خارجي تكون درجة حرارته في الشعلة المتعادلة بحدود 1260س°، ومخروط داخلي درجة حرارته في الشعلة المتعادلة بحدود 3300 س°، يبين الشكل (2-17) هذين المخروطين في الشعلة المتعادلة:



الشكل (2-17): عناصر شعلة الأكسي–أستيلين.

2- أنواع شعلة اللحام

أ - **الشعلة المكربنة:** تحتوي نسبة أستيلين أعلى من الأوكسجين، علمًا أن زيادة كمية الأستيلين تظهر واضحة من طول مخروط الشعلة الداخلي، يبين الشكل (2-18) الشعلة المكربنة.

الشكل (2-18): الشعلة المكربنة.

ب- **الشعلة المتعادلة:** تحتوي نسبة أوكسجين متعادلة مع نسبة الأستيلين، ويمكن معرفتها باللون الأبيض داخل المخروط. كما في الشكل (2-19) .

الشكل (2-19): الشعلة المتعادلة.

جـ - الشعلة المؤكسدة:

تحتوي نسبة أوكسجين من الأستيلين، ويمكن معرفتها عن طريق مخروط الشعلة الداخلي، وتعدّ الشعلة الأكثر سخونة وحرارة من الشعلات الأخرى، وهي تؤكسد المعدن حتى يصبح قاسيًا هشًّا سهل القصف، يبين الشكل (2-20) الشعلة المؤكسدة.

الشكل (2-20): الشعلة المؤكسدة.

إذا أشعل الأستيلين وحده في الهواء الطلق دون تزويده بالأوكسجين، فتكون الشعلة صفراء لها دخان أسود وليس فيها مخروط داخلي، كما في الشكل (2-21) .

الشكل (2-21): شعلة الأستيلين في الهواء الطلق.

- ابحث في المراجع المختلفة وعبر الإنترنت عن عمليات اللحام في التكييف والتبريد، ثم اكتب تقريرًا عن ذلك، وناقش معلمك فيه.

الأسئلة

1- عرّف ما يأتي:

أ– الشعلة المؤكسدة:

ب– الشعلة المتعادلة:

جـ– الشعلة المكربنة:

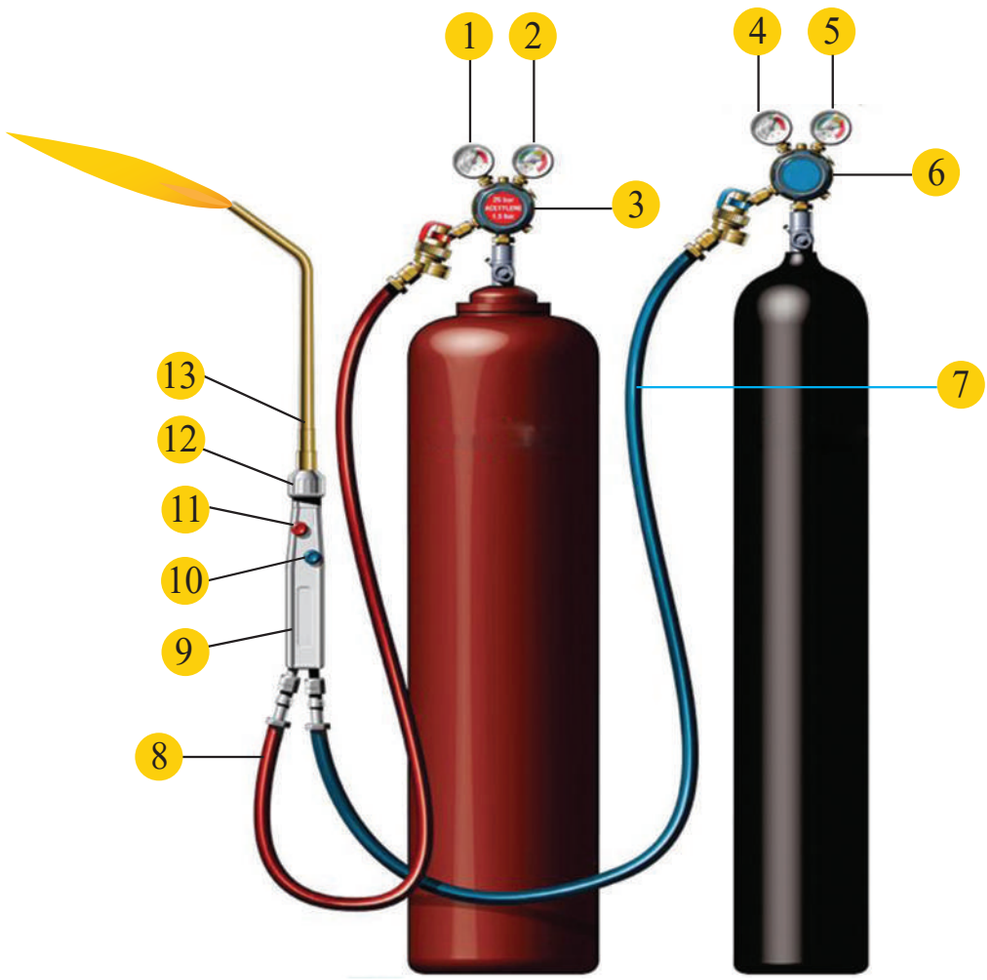
د– وحدة لحام الأكسي– أستيلين:

هـ– مشعل البيوتان:

2– أجب بنعم أو لا عن العبارات الآتية :

رقم	العبارة	نعم	لا
1	درجة الحرارة اللازمة لانصهار الألمنيوم 660 س°.		
2	درجة حرارة المخروط الداخلي في الشعلة المتعادلة بحدود 1260س°.		
3	يجب ألا يزيد ضغط غاز الأستيلين عن (1 بار)، وضغط غاز الأوكسجين عن 2،5 بار.		
4	يستعمل سيخ لحام من الألمنيوم وشعلة ذات درجة حرارة 660 س°؛ من أجل لحام أنبوب من الألمنيوم بأنبوب آخر من النحاس.		
5	تمنع المادة المساعدة للحام أنابيب النحاس تأكسد حوض اللحام.		

3- اذكر اسم كل جزء من أجزاء وحدة اللحام بالأكسي – أستيلين المشار إليها بالأرقام في الشكل الآتي :



لحام الأنابيب في أنظمة التكييف والتبريد

- لحام أنبوبين من الألمنيوم
  - يستعمل سيخ لحام الفضة ومشعل أوكسي أستالين أو سيخ لحام قصدير ومشعل البيوتان
- لحام أنبوب من النحاس بأنبوب من الحديد
  - يستعمل سيخ لحام من النحاس ومشعل الأوكسي أستالين
- لحام أنبوب من النحاس بأنبوب من الألمنيوم
  - يستعمل سيخ لحام من الألمنيوم
- لحام أنبوب من النحاس بالأنبوبة الشعرية
  - يستعمل سيخ لحام من الفضة

التمرين العملي (2-6): لحام الأنابيب النحاسية بالأكسي أستيلين بالفضة

النتاجات

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- يُلحم الأنابيب النحاسية بالأكسي – أستيلين.
- يُلحم ثقبًا في أنبوب الألمنيوم بغاز البيوتان.

الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية حسب المعايير المهنية
(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات	المواد
– وحدة لحام الأكسي – أستيلين.	– أسياخ لحام فضة.
– مشعل غاز البيوتان.	– أسياخ لحام ألمنيوم.
– ملزمة.	– ورق صنفرة (ورق حف) .
	– أنبوب نحاس 1/2 بوصة طول 30 سم.
	– أنبوب ألمنيوم 3/8 بوصة مثقوب.
	– كوع نحاس 1/2 بوصة.

إرشادات عامة تُراعى عند عملية اللحام:

1- احرص على تثبيت أسطوانات اللحام عموديًّا.

2- احرص على ألا يزيد ضغط غاز الأستيلين عن (1 بار) وضغط غاز الأوكسجين عن 2,5 بار.

3- بعد الانتهاء من التمرين، تأكد من تفريغ المنظمات من الضغط بعد إحكام إغلاق الصمّامات.

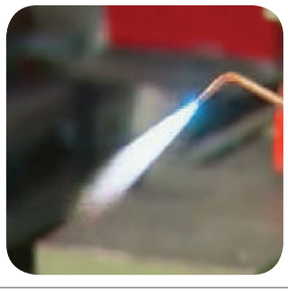
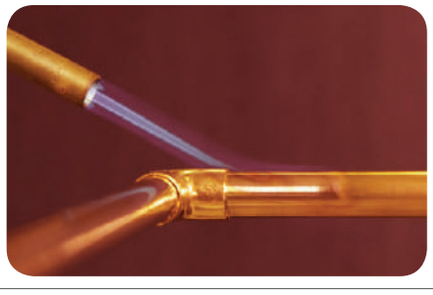
4- لا تستعمل المشعل لأعمال الطرق، وحافظ عليه سليمًا من العيوب.

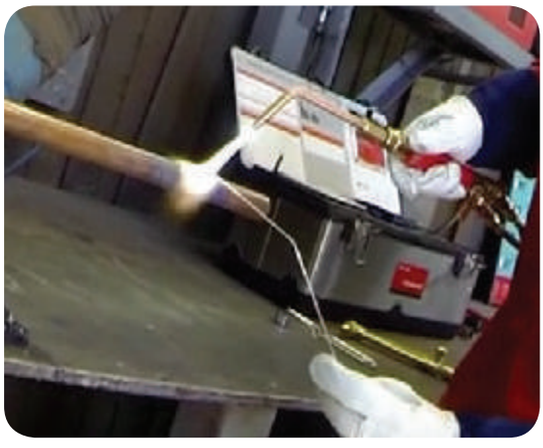
5- احذر من ملامسة الزيوت أو الشحوم أسطوانة الأوكسجين أو المشعل.

6- لا توجه اللهب تجاه ملابسك أو تجاه جسمك.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
1	أعدّ خطة عمل بسيطة، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها، والحفاظ على البيئة، والعمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد. ملاحظة: في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات، عليك مراجعة المدرب.	
2	ثبّت أسطوانتي اللحام عموديًّا.	
3	تأكد من سلامة خراطيم اللحام وخلوها من التشققات، وإذا كان فيها تشققات، فاستبدل بها خراطيم سليمة.	

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
4	ركّب منظمات الضغط على الأسطوانات، وركّب موانع ارتداد اللهب على المنظمات، ثم صل الخراطيم بها.	
5	أغلق صمّامات المشعل جيدًا، ثم افتح صمام أسطوانة الأوكسجين لفة واحدة، وصمام أسطوانة الأستيلين ربع لفة.	

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
6	اضبط منظمات الضغط.	
7	قص قطعتين من أنابيب النحاس بطول 15 سم قطرها نصف بوصة، ثم نظّف أطراف القطعتين بورق الصنفرة المناسب.	
8	أدخل أنبوبي النحاس في قطعة وصل مثل كوع أو مفة، وثبتها على ملزمة اللحام؛ بحيث تكون نقطة اللحام بعيدة عن فكي الملزمة لكي لا تضعف وصلة اللحام بسبب فقدان الحرارة وتسربها إلى فكي الملزمة، أو فوق قطعة من الطوب الحراري أو الجيري، ولا تقرّب أي مادة قابلة للاشتعال من موقع اللحام.	
9	أشعل مشعل اللحام واضبط الشعلة بحيث تكون متعادلة.	
10	سلّط الشعلة على منطقة الوصل، ثم حرّكها حول منطقة التوصيل لتتوزع الحرارة وتسخن طرفي قطعة التوصيل.	

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
11	عندما تسخن منطقة الاتصال جيدًا، قرّب قضيب الفضة من منطقة التقاء الشعلة بقطعتي الوصل؛ بحيث تصنع زاوية 90 درجة بين قضيب الفضة وبين الشعلة، بحيث ينصهر قضيب الفضة ويتداخل المصهور بين الوصلتين ويتوزع كاملًا ومتناسقًا دون فجوات أو تكتلات، ثم اتركها تبرد.	
12	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	
	لحام ثقب في أنبوب الألمنيوم بغاز البيوتان	
1	أحضر أنبوبًا من الألمنيوم فيه ثقب، ثم حدد موقع الثقب ونظّف ما حوله بورق الحف المناسب.	
2	سخّن سيخ اللحام (سيخ الألمنيوم) من أحد الأطراف بمشعل البروبان اليدوي أو بمشعل الأستلين، ثم اغمسه في المادة المساعدة للحام الألمنيوم.	
3	وجّه الشعلة تجاه الثقب وسلّطها على سيخ اللحام حتى ينصهر ويمتلئ الثقب، علمًا أن درجة الحرارة اللازمة لانصهار الألمنيوم 660 س°، مركِّزًا على صهر سيخ اللحام دون صهر الأنبوب.	
4	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

الأنشطة العملية

نفذ عمليات اللحام الآتية بإشراف معلمك:

– لحام أنبوب نحاس مع أنبوب حديد بوساطة سلك نحاس.

– لحام أنابيب الألمنيوم بوساطة سلك ألمنيوم.

– لحام الأنابيب الشعرية بوساطة سلك فضة.

– مراعيًا أثناء تنفيذك هذه التمارين شروط السلامة المهنية وخطوات الأداء العملي المناسبة.

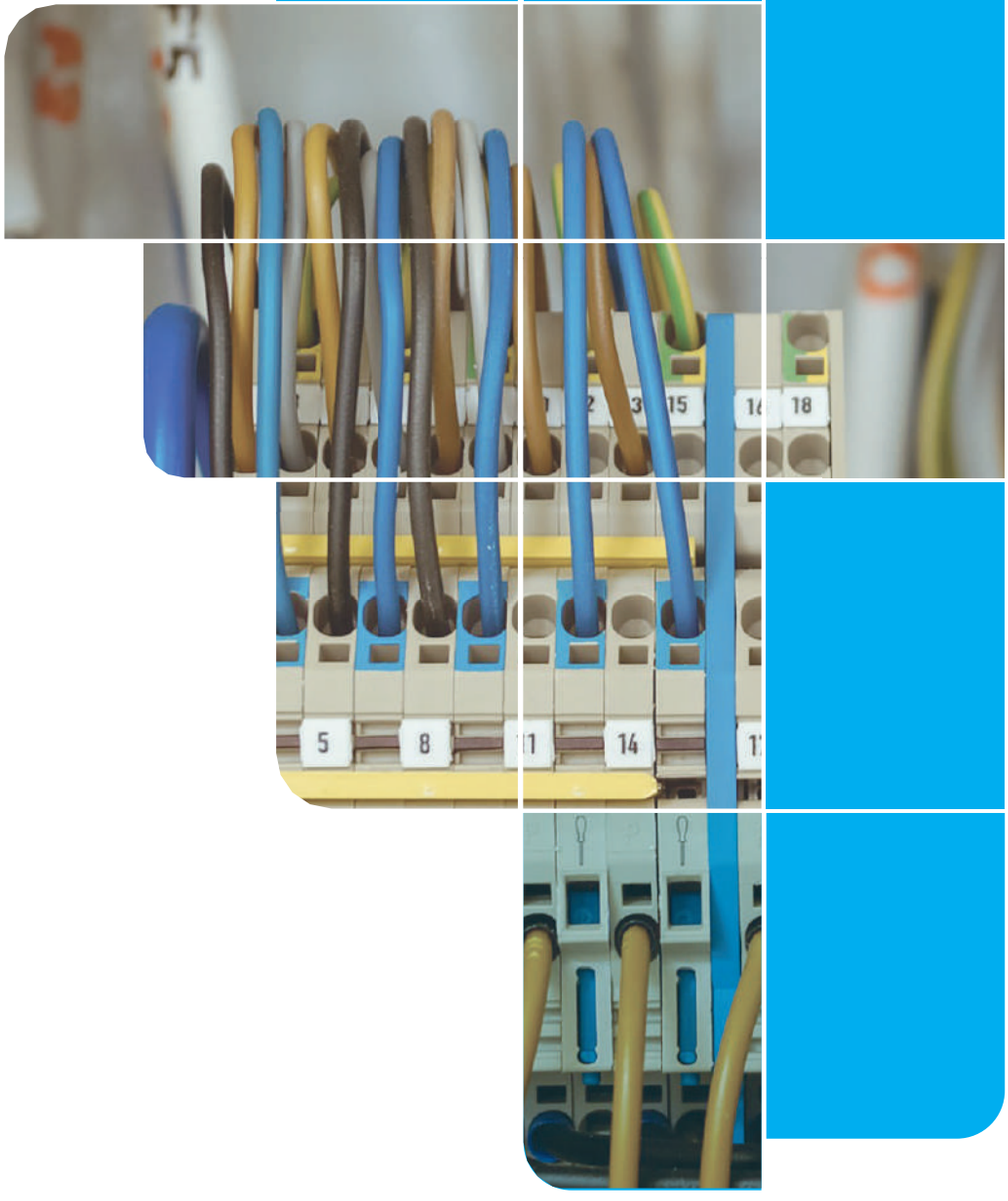
التقويـم الذاتـي

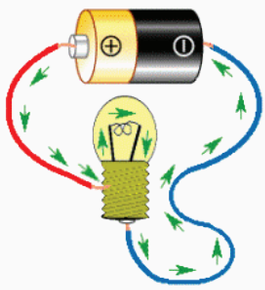
أضع إشارة (√) في خانة الدرجة المناسبة

الرقم	الهدف	درجة تحقق الهدف		
		ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أستطيع تجهيز معدات اللحام الأكسي – أستيلين.			
2	أستطيع إشعال شعلة متعادلة بمشعل الأكسي – أستيلين.			
3	أستطيع لحام أنبوبين من النحاس.			
4	أميز بين أنواع الشعلات الثلاث : المؤكسدة، والمتعادلة، والمكربنة.			
5	أستطيع لحام أنبوب من الألمنيوم.			
6	أستطيع لحام الأنبوبة الشعرية.			

3 الوحدة الثالثة

أساسيات كهرباء أنظمة التكييف والتبريد





3
الوحدة الثالثة

أساسيات كهرباء
أنظمة التكييف و التبريد

أولًا:
المواد الموصلة، وشبه الموصلة، والعازلة للتيار الكهربائي

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

النتاجات

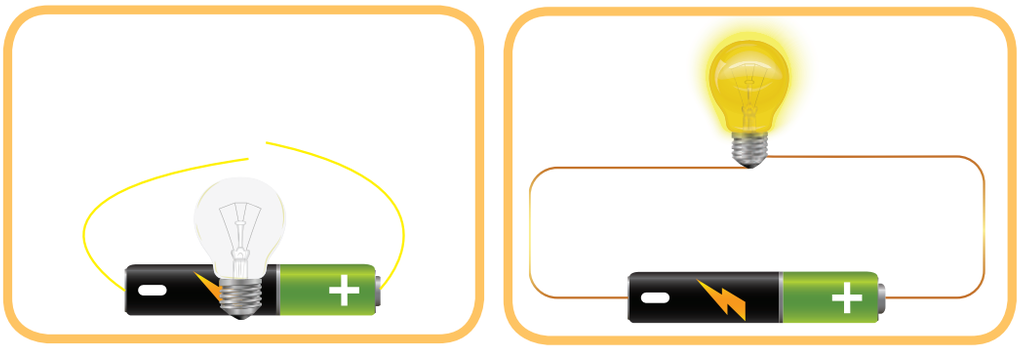
يتوقع منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- تتعرف مفاهيم المواد الموصلة، وشبه الموصلة، والعازلة للتيار الكهربائي.

شروط السلامة المهنية

- تطبيق شروط السلامة المهنية وقوانينها.
- تطبيق الإجراءات والممارسات المرتبطة بحماية البيئة.
- العمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد.

• انظر الشكل (3-1)، لماذا لم يتوهج مصباح البطارية الموصول بخيوط من الصوف، بينما توهج مصباح البطارية الموصول بأسلاك من نحاسية؟

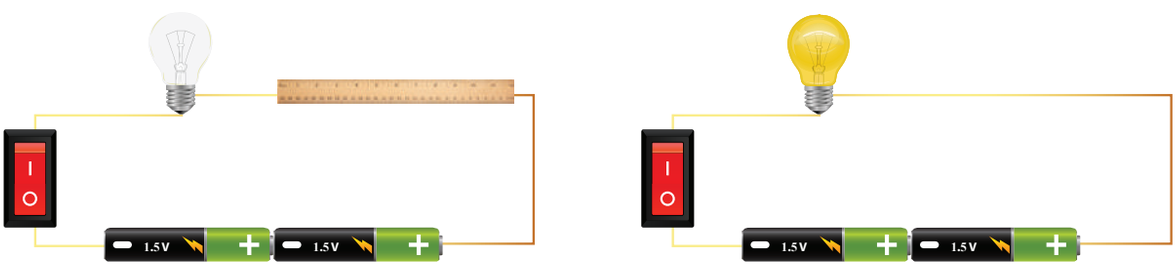


الشكل (3-1): المواد الموصلة وغير الموصلة.

استكشف

تعرّف العلاقة بين الفولت والتيّار الكهربائي.

– لو كانت لديك دارة كهربائية بسيطة مكونة من مصباح، وبطارية، ومسطرة بلاستيكية، وأسلاك توصيل نحاسية، ومفتاح كهربائي، ماذا تتوقع أن يحصل لو استعملت أسلاك التوصيل النحاسية لتنفيذ الدارة كلها ؟ ماذا سيحدث لو كانت المسطرة البلاستيكية جزءًا من الدارة الكهربائية ؟ انظر الشكل (3-2).



الشكل (3-2): المواد الموصلة وغير الموصلة.

لعلك لاحظت أن المصباح لم يتوهج عندما كانت المسطرة البلاستيكية جزءًا من الدارة الكهربائية؛ يدل ذلك على أن التيار الكهربائي لم يمر عبر المسطرة البلاستيكية، لعلك استنتجت أن البلاستيك مادة غير موصلة للتيار الكهربائي، أما النحاس، فهو مادة موصلة للتيار الكهربائي، أي أن المواد إما أن تكون موصلة للتيار الكهربائي، وإما أن تكون غير موصلة للتيار الكهربائي.

هل الهواء موصل للتيار الكهربائي؟

هل الماء النقي موصل للتيار الكهربائي؟

هل الماء غير النقي موصل للتيار الكهربائي؟ هل جسم الإنسان موصل للتيار الكهربائي؟

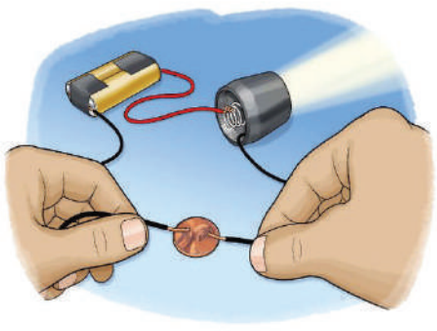
لماذا تصنع الأسلاك الكهربائية من النحاس، وتغلّف بالبلاستيك؟

لماذا يصنع كل من مقبض القابس (الفيش)، والمقبس (الإبريز) من البلاستيك؟

ستتعرف عبْر فقرة (اقرأ وتعلّم) إجابة هذه الأسئلة والاستفسارات.

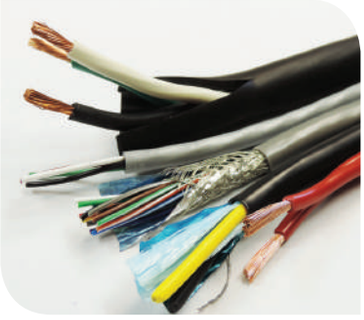
اقرأ وتعلم

1- مواد موصلة للكهرباء (Conductive Materials)



المواد الموصلة: هي المواد التي تسمح بمرور التيار الكهربائي عبْرها؛ لأن هذه المواد تحتوي عددًا كبيرًا من الإلكترونات الحرة، ومن أهم المواد الموصلة للتيار الكهربائي المعادن؛ لأن المعادن تحتوي عددًا هائلًا من الإلكترونات الحرة القابلة للحركة تحت تأثير قوة خارجية بوصفها مصدر جهد كهربائي، ومن أشهرها: الفضة، والنحاس، والذهب، والألمنيوم، إذ يستخدم معدن النحاس بكثرة في الدارات والتوصيلات الكهربائية، قلما استعملت الفضة أو الذهب لأنهما مرتفعا الثمن، وتختلف المواد الموصلة عن بعضها في درجة التوصيل للكهرباء، فمثلًا، معدن الفضة من أفضل المعادن للتوصيل الكهربائي يليه معدن النحاس، وقد رتب العلماء المعادن في جدول حسب درجة توصيلها، بناءً على خصيصة فيزيائية يسميها العلماء (الموصلية) وهي من خصائص أية مادة تمثل قدرة هذه المادة على توصيل التيار الكهربائي، فتكون المواد ذات الموصلية الكهربائية المرتفعة ذات قدرة أعلى على تمرير التيار الكهربائي، وتتأثر الموصلية الكهربائية للمواد بتغير درجة الحرارة؛ فبعض المواد تزداد الموصلية الكهربائية فيها عند رفع درجة حرارتها، مثل: السيلكون والجرمانيوم، وبعض المواد تزداد الموصلية الكهربائية لها عند خفض درجة حرارتها مثل المعادن.

2- مواد عازلة للكهرباء (Insulating Materials)



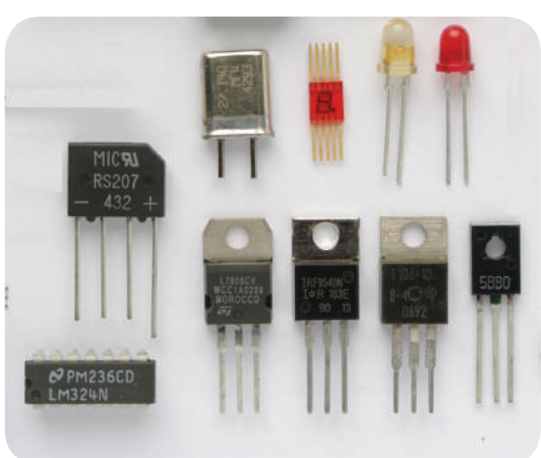
المادة العازلة: هي مادة لا تسمح للتيّار الكهربائي بالمرور عبرها، مثل: الخشب، والبلاستيك، والمطاط، والهواء، فلا يمكن أن تجد حبلًا أو خيطًا مستعملًا لتوصيل التيار الكهربائي في دارة كهربائية، إذ إن الحبل والخيط مصنوعان من مواد

عازلة للكهرباء، والمواد العازلة لها أهمية كبيرة في تكنولوجيا الكهرباء؛ فهي توفر الحماية اللازمة للإنسان والممتلكات من مخاطر الكهرباء، لذا؛ تستعمل المواد العازلة مثل البلاستيك لتغطية الأكبال الكهربائية وحمايتها، وتستخدم في صناعة المفاتيح الكهربائية، وعزل ملفات المحركات الكهربائية، وهذه المواد قد تفقد عازليتها إذا وضعت تحت تأثير فولتية كهربائية عالية جدًّا، وتسمى فولتية الانهيار.

وتعدّ مادة البولي فينيل كلورايد **Poly Vinyl Chloride (PVC)** المادة الخام الأكثر استخدامًا في صناعة المواد العازلة للكهرباء؛ لأنها عازلة جيدة للكهرباء، وعازلة جيدة للماء والرطوبة، ولديها استقرار كيميائي جيد، ومقاومة للتآكل، وتستخدم مادة البولى أثيلين التشابكى **Cross Linked Poly- Ethylene (XLPE)** في عزل الأكبال الكهربائية من الخارج؛ لحماية الإنسان من الصعقات الكهربائية.

3- مواد شبه موصلة للكهرباء (Semi-conductive Materials)

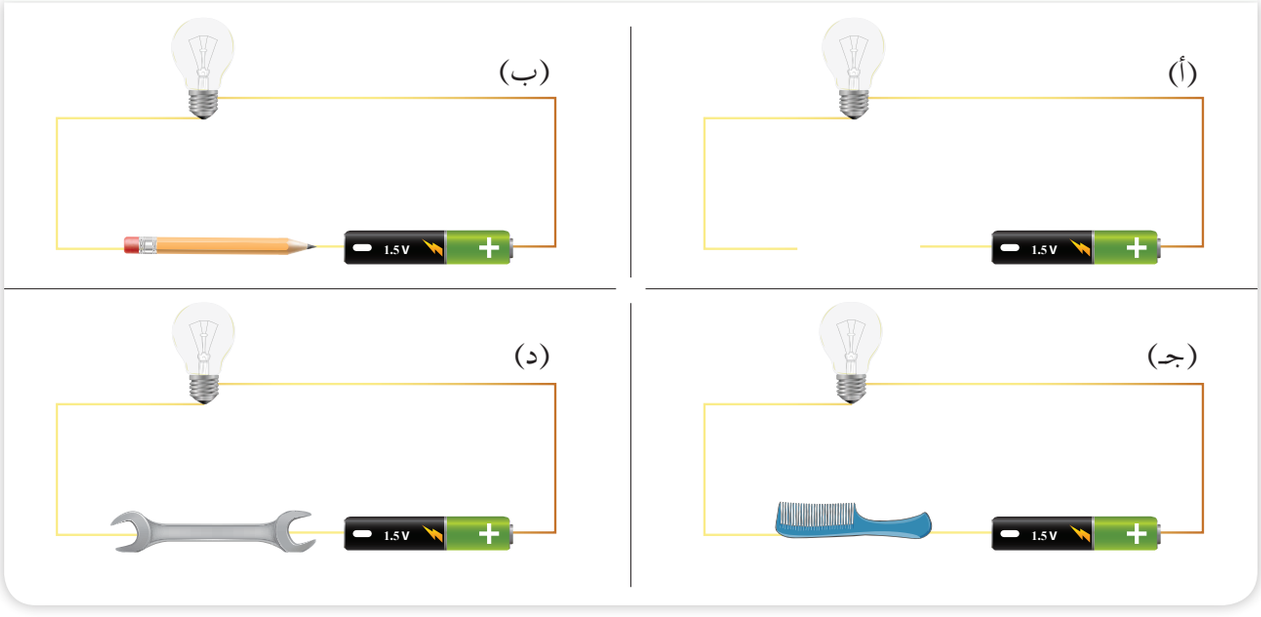
وهي المواد التي تكون عازلة عند درجة حرارة الصفر المطلق، وتتخلى عن عازليتها كلما ارتفعت درجة حرارتها، من أهم المواد شبه الموصلة السيلكون والجرمانيوم، لذا؛ يستفاد من هذه المواد في صناعة القطع الإلكترونية، مثل: الترانزستور، الديودات **(Diode)**، والديودات المشعة بالضوء **(LEDs)**، والخلايا الشمسية. يُبين الشكل (3-3) بعض القطع الإلكترونية التي تصنع من المواد شبه الموصلة.



الشكل (3-3): بعض القطع الإلكترونية.

فكر

أي المصابيح في الشكل (3-4) سيضيء؟ ولماذا؟



الشكل (3-4) .

الإثراء والتوسع

- ابحث في المراجع المختلفة عن المواد الموصلة للتيار الكهربائي، والمواد العازلة للتيار الكهربائي، والمواد شبه الموصلة للتيار الكهربائي، ثم اكتب تقريرًا عن ذلك، وناقش زملاءك ومعلمك.

القياس والتقويم

التقويـم الذاتـي

أضع إشارة (√) في خانة الدرجة المناسبة				
رقم الهدف	الهدف	درجة تحقق الهدف		
		ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أميز بين المفاهيم المختلفة: المواد الموصلة للتيار الكهربائي، والمواد العازلة للتيار الكهربائي، والمواد شبه الموصلة للتيار الكهربائي.			
2	أدرك أهمية المواد العازلة للكهرباء.			
3	أدرك مفهوم الموصلية الكهربائية.			
4	أعرف مجالات استخدام المواد الموصلة وغير الموصلة وشبه الموصلة للتيار الكهربائي في حياة الإنسان.			

الأسئلة

1- عرّف المفاهيم الآتية:

أ- المواد الموصلة للتيار الكهربائي:

ب- المواد غير الموصلة للتيار الكهربائي:

جـ- المواد شبه الموصلة للتيار الكهربائي:

2- أجب العبارات الآتية بـ (نعم) أو بـ (لا):

رقم	العبارة	نعم	لا
1	المواد شبه الموصلة هي المواد التي تكون عازلة عند درجة حرارة الصفر المطلق، وتتخلى عن عازليتها كلما ارتفعت درجة حرارتها.		
2	يعدّ السيلكون مادة عازلة للتيار الكهربائي.		
3	يعدّ الهواء الجاف مادة عازلة للتيار الكهربائي.		
4	تصبح المواد العازلة تحت تأثير الفولت العالي موصلة للكهرباء.		
٥	لا تستخدم الفضة في التوصيلات الكهربائية بالرغم من أنها موصلة جيدة للتيار الكهربائي لأنها مرتفعة الثمن.		

3- صنف المواد الآتية إلى مواد موصلة ومواد عازلة:

أ – حبل من الكتان:

ب– خيط من الصوف:

جـ– قطعة نقدية:

د – شفرة سكين:

هـ– الفلين:

و – ورق القصدير المستخدم في المطبخ:

4- اشرح كيف يمكنك اختبار مادة ما إن كانت موصلة أو عازلة.

5- لماذا تصنع الأسلاك الكهربائية من مادة النحاس، وتغطى بالبلاستيك؟

6- لماذا لا يستعمل رجال الإطفاء الخوذات المصنوعة من المعادن؟

المواد من حيث موصليتها للكهرباء

- **مواد موصلة للكهرباء** — المعادن مثل: النحاس، والذهب، والفضة، والحديد.
- **مواد عازلة للكهرباء** — المواد غير المعدنية، مثل: الخشب، والبلاستيك، والخزف.
- **مواد شبه موصلة للكهرباء** — مثل: السليكون، والجرمانيوم.

3
الوحدة الثالثة

أساسيات كهرباء
أنظمة التكييف والتبريد

ثانيًا:
الدارات الكهربائية ومكوناتها والمفاهيم المتعلقة بها

القياس والتقويم

النتاجات

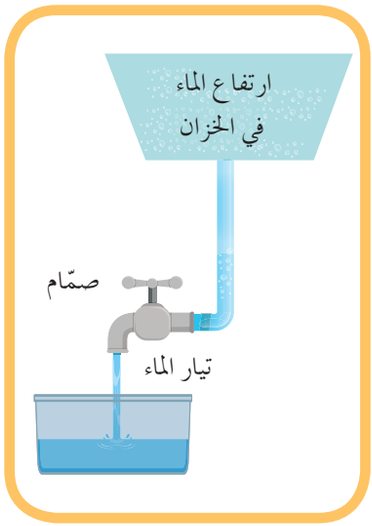
يتوقع منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- يتعرّف مفاهيم : الدارات الكهربائية البسيطة، والفولت، والتيار، والمقاومة، وقانون أوم.

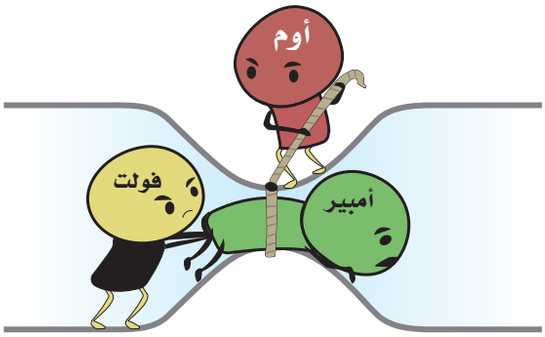
شروط السلامة المهنية

- تطبيق شروط السلامة المهنية وقوانينها.
- تطبيق الإجراءات والممارسات المرتبطة بحماية البيئة.
- العمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد.

انظر الصورة، ولاحظ أن شدة تيّار الماء النازل من الصمّام تزداد كلما ازداد فرق ارتفاع الماء بين الصمّام وأعلى نقطة على سطح الماء في الخزّان، ويقل تيّار الماء كلّما قلّ فرق الارتفاع، وكذلك تزداد شدة تيّار الماء كلمّا فتحنا الصمّام أكثر، وتقل شدة تيّار الماء كلّما أغلقنا الصمّام أكثر.



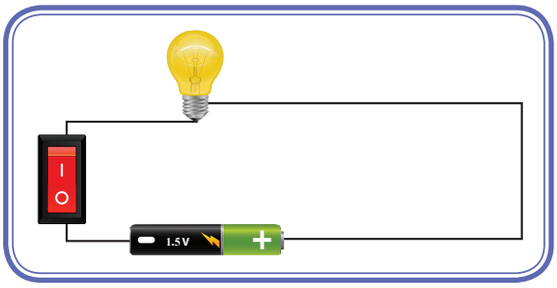
- ما وجه الشبه بين ما يحصل للماء في الصورة على اليمين وبين ما يحصل في الصورة الآتية بين الفولت، والأمبير، والأوم ؟

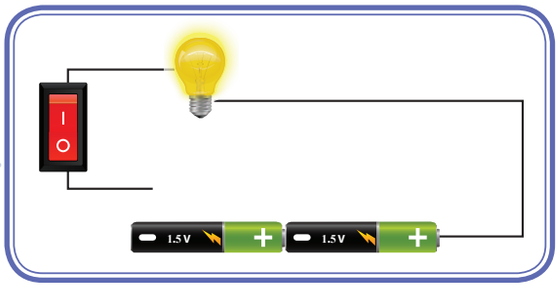


استكشف

تعرّف العلاقة بين الفولت والتيّار الكهربائي.

– لو كانت لديك دارة كهربائية بسيطة مكونة من مصباح، وبطارية، وأسلاك توصيل، ومفتاح كهربائي، ماذا تتوقع أن يحصل لو أضفنا بطارية أخرى إلى الدارة؟ كما في الشكل الآتي:





لعلك لاحظت أن إنارة المصباح أصبحت أقوى عندما أضفنا بطارية أخرى ما يدل على أن شدة التيار الكهربائي المار في الدارة قد ازدادت بسبب زيادة فولتية المصدر، عبْر بطاقة التعلم (اقرأ وتعلّم)، ستتعرف العلاقة بين الفولت، والتيّار الكهربائي، والمقاومة الكهربائية في الدارات الكهربائية والإلكترونية، والمفاهيم والقوانين ذات الصلة.

اقرأ وتعلم

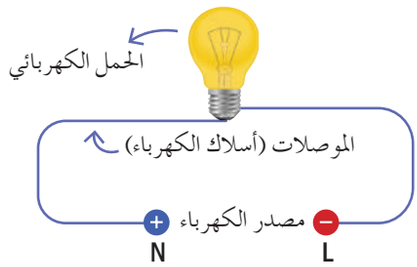
الدارة الكهربائية البسيطة

تتكون الدارة الكهربائية في أبسط أشكالها من المكونات الأساسية الآتية:

المصدر الكهربائي (Electrical Source): وهو مصدر مرور التيار الكهربائي بسبب فرق الجهد بين طرفي المصدر، مثل البطارية، ومولد الكهرباء.

الحِمْل الكهربائي (Electrical Load): ويمثل الأجهزة الكهربائية جميعها التي تستهلك الطاقة الكهربائية وتحولها إلى طاقات أخرى مفيدة ونافعة، مثل: المصباح، والتلفاز، والثلاجة، والمحركات الكهربائية، وغيرها.

الموصلات (Conductors): تمثل الممرات التي يمر فيها التيار الكهربائي من المصدر إلى الأحمال الكهربائية، وغالبًا ما تصنع من أسلاك نحاس أو ألمنيوم، ويعدّ السلك النحاسي من أفضل الموصلات المستخدمة في الدارات الكهربائية.



الشكل (3-4): دائرة كهربائية بسيطة.

وتكون الدارة الكهربائية مغلقة ما دامت عناصر الدارة جميعها موصولة ببعضها بالموصلات الكهربائية، بحيث يمر التيار الكهربائي في الدارة المغلقة وتؤدي الدارة وظيفتها، وتكون الدارة

مفتوحة عندما ينقطع اتصال أحد مكوناتها ويمنع مرور التيار الكهربائي، ويمكن إضافة مفتاح إلى الدارة لفصل الدارة وإيصالها، كما يمكن إضافة مصهر **(Fuse)** لحماية عناصر الدارة من التيار الزائد، يبين الشكل (3-4)، الدارة الكهربائية البسيطة.

الفولتية

تعرف الفولتية بأنها: كمية الطاقة التي تدفع الإلكترونات من القطب السالب إلى القطب الموجب، وتسمى أحيانًا فرق الجهد الكهربائي، وينتج من حركة الإلكترونات تحويل الطاقة الكهربائية إلى أنواع أخرى من أنواع الطاقة، مثل: الطاقة الحرارية، أو الطاقة الضوئية، أو إلى طاقة حركية كما في المحرك الكهربائي، وتقاس الفولتية بوحدة الفولت **(V)** وهو الحرف الأول من كلمة **(Voltage)**، ويُمكن التّعبير عنها أيضًا بوحدة جول/كولوم، ويُحصل على الفولتية من مصادر عدة، مثل:

1- المصادر الكيميائية مثل البطاريات الجافة، والبطاريات السائلة (بطاريات السيّارات)، تُنتَج الطاقة الكهربائية من التفاعلات الكيميائية داخل هذه البطاريات.

2- مولدات التيّار المستمر DC Generators: آلات تحوّل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية بوساطة التأثير الكهرومغناطيسي.

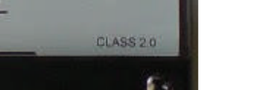
3- التقويم (التوحيد) Rectification: وهي دارات كهربائية تحوّل التيّار المتناوب إلى تيّار مستمر.

4- المصادر الطبيعية: مثل: الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والطاقة الجوفية، والطاقة الحركية لمياه السدود،والأنهار، والبحار، والشلالات.

5- الطاقة النووية: تُنتَج الكهرباء من المفاعلات النووية.

ويستعمل جهاز الفولتميتر **(Voltmeter)** لقياس الفولتية، وهو مصطلح مركب من كلمتين فولت وهي وحدة قياس الجهد الكهربائي، وميتر هو جهاز القياس، إذ يوصل الفولتميتر على التوازي في الدارة المراد قياس الجهد عليها، ولكي لا يؤثر جهاز القياس في الدارة الكهربائية، يجب أن تكون مقاومة الفولتميتر الداخلية أكبر ما يمكن.

يبين الشكل (3-5) أحد أنواع أجهزة قياس الفولتية (الجهد الكهربائي). وتقسم الفولتية نوعين:

– الفولتية المباشرة (Dc). ويرمز لمصدر الفولتية المباشرة بالرمز ()

– الفولتية االمتناوبة (AC)، وقدتكون الفولتية المتناوبة:

- أحادية الطور (220-240) V (Single phase)
- ثلاثية الطور (380-400) V (Three phase) ويرمز إلى مصدر الفولتية المتناوبة بالرمز ( )

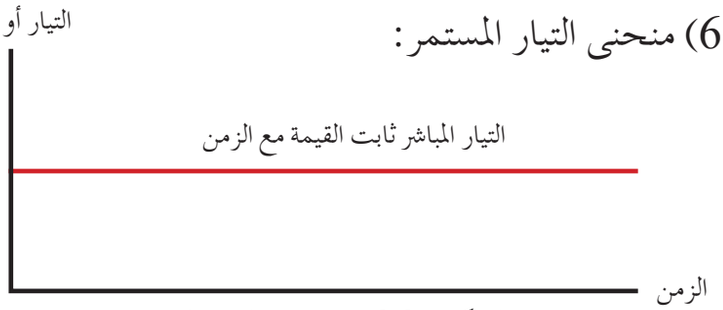
الشكل (3-5): أحد أنواع أجهزة قياس الفولتية.

التيار الكهربائي Electric current

يعرّف التيار الكهربائي بأنه: سيل من الشحنات الكهربائية التي تمر في موصل، أو سيل من الإلكترونات الحرة التي تمر في موصل، فالتيار الكهربائي يمثل معدل مرور الشحنات الكهربائية عبر دارةٍ ما خلال مدة زمنية معينة، وتقاس شدة التيار الكهربائي بوحدة الأمبير (A) وهو الحرف الأول من كلمة (Ampere)، ويرمز إلى التيار الكهربائي بالحرف (ت) باللغة العربية أو بالرمز (I) باللغة الإنجليزية، ويتوافر التيار الكهربائي بنوعين رئيسين، هما: التيار المستمر (التيار المباشر)، والتيار المتناوب (التيّار المتردد) .

1- التيّار المستمر (المباشر) Direct Current

يرمز إلى التيار المستمر بالرمز DC، ويسمى أيضًا التيار المباشر، ويعرّف التيار المستمر (المباشر) بأنه: تدفق ثابت للإلكترونات من منطقة ذات جهد عالٍ (القطب السالب) إلى أخرى ذات جهد أقل (القطب الموجب)، وعليها فهو ثابت القيمة ويمر في اتجاه واحد فقط، كما يوضح الشكل (3-6) منحنى التيار المستمر:



الشكل (3-6): منحنى التيار المستمر.

ويظهر التيار المستمر في عديد من التطبيقات المنخفضة الجهد، خصوصًا تلك التي تعمل بالبطاريات التي تولد تيارًا مستمرًّا فقط، وكذلك في أنظمة الطاقة الشمسية، حيث إن الخلايا الشمسية بإمكانها توليد تيارات كهربائية مستمرة فقط.

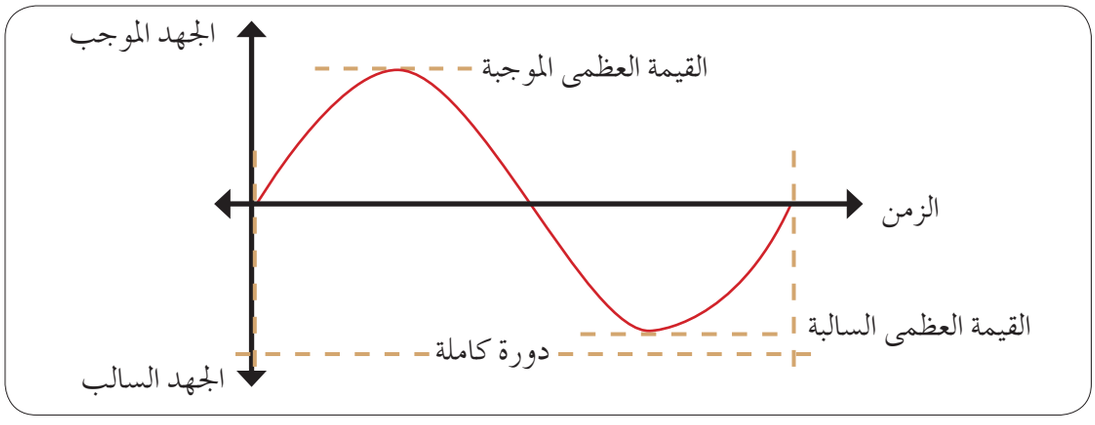
2- التيّار المتناوب (المتردّد) Alternative Current

تيار كهربائي شائع الاستعمال في المنازل والمصانع، يرمز إليه بالرمز AC، تتغير قيمته واتجاهه مع تغير الزمن، ويكون تردد هذا التيار دوريًّا، لأنه بعد مدة من الزمن مقدارها (T) يتكرر تغير التيّار، وهذه المدة الزمنية تسمى (زمن الدورة)، أي أن مدة الدورة هي المدة الزمنية التي تستغرقها الدورة الواحدة للتيّار المتناوب، ويسمى عدد الدورات في الثانية الواحدة التردد (Frequency)، وهو يساوي مقلوب مدة الدورة، ويقاس التردد بوحدة تسمى الهيرتز ويرمز إليها بالرمز (Hz)، حيث:

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

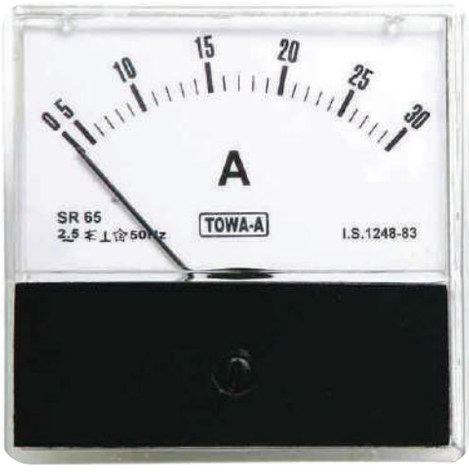
وقيم التردد الشائعة هي (60 Hz و 50 Hz)، والتردد المستعمل في الأردن ومعظم دول العالم هو (50 Hz)، أما الولايات المتحدة الأمريكية، فتستعمل التردد (60 Hz).

يبين الشكل (3-7)، منحنى التيار المتردد (شكل الموجة الجيبية):



الشكل (3-7): منحنى التيار المتردد (شكل الموجة الجيبية).

يستعمل جهاز الأميتر لقياس شدة التيار الكهربائي المار في موصل، وعند استعمال هذا الجهاز يجب توصيل جهاز القياس بالتوالي مع الحِمْل، ويجب ضبط الجهاز ومعايرته قبل القراءة، وعدم لمس أقطاب الجهاز في أثناء الفحص، ويجب وضع مفتاح الاختيار على أعلى قيمة مدى للتدريج، ومن ثم تخفيض المدى حسب الحاجة، وتكون مقاومة جهاز الأميتر الداخلية أقل ما يمكن، يبين الشكل (3-8)، أحد أشكال هذا الجهاز.



الشكل (3-8):
جهاز قياس شدة التيار الكهربائي.

يستعمل جهاز قياس التيار الكهربائي ذو الفك المتحرك (**Clampmeter**) لقياس شدة التيار الكهربائي المتردد المار في موصل دون الحاجة إلى توصيله على التوالي مع الحمل الكهربائي، ويقاس بإغلاق الفك المتحرك حول الموصل (السلك الكهربائي) المراد فحص التيار المار فيه (بحيث يوضع كل موصل وحده داخل الفك؛ لأنه إذا جُمع بين أكثر من موصل داخل حلقة الفك، فسوف يلغي أحدهما المجال الكهربائي للموصل الآخر وتصبح محصلتهما صفرًا، وفي هذه الحالة، لا يستطيع الجهاز قياس القيمة)، يبين الشكل (3-9) جهاز قياس شدة التيار الكهربائي ذا الفك المتحرك.

الشكل (3-9):
جهاز قياس شدة التيار الكهربائي ذو الفك المتحرك.

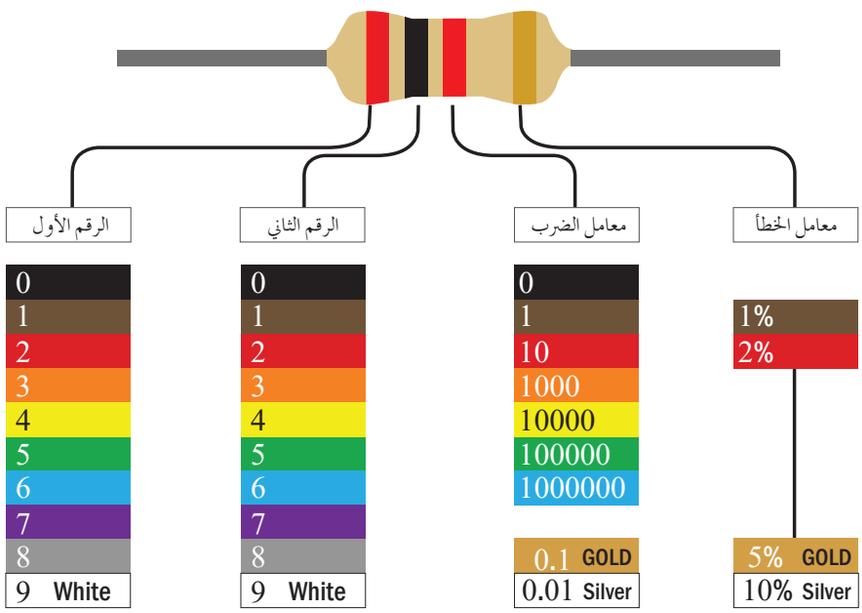
المقاومة الكهربائية Electric Resistance:

تعرف المقاومة الكهربائية بأنها قابلية المواد لمقاومة مرور التيار الكهربائي فيها (إعاقة مرور التيار)، وهي من أهم عناصر الحماية في الدارات الكهربائية، لأنها تنظم شدة التيار بما يتناسب وحاجة الأحمال الكهربائية، لذلك لا يخلو جهاز كهربائي من مقاومات كهربائية في لوحاته الإلكترونية، سواء أجهزة التكييف والتبريد أو غيرها من الأجهزة الكهربائية القديمة والحديثة أيضًا، ويرمز إلى المقاومة الكهربائية بالرمز (م) باللغة العربية وبالرمز (R) باللغة الإنجليزية، وتقاس المقاومة الكهربائية بوحدة الأوم (Ohm) التي يرمز إليها بالرمز اللاتيني (Ω) ويتم تمثيل المقاومة الدارات الكهربائية باستعمال الرمز الهندسي الآتي:

– أنواع المقاومات الكهربائية

أ– المقاومات الثابتة

وهي المقاومات الكهربائية التي لها قيمة ثابتة لا تتغير، وتكتب هذه القيمة على جسم المقاومة مباشرة (بالأرقام) أو بصورة غير مباشرة (بالألوان)، مثل المقاومات الكربونية، ولتتمكن من معرفة قيمة المقاومة بالألوان، لابد أن يتوافر لديك كُتيّب الترميز اللوني للمقاومات الكربونية.



مثال: جد قيمة المقاومة الآتية:

الحل: مستعينًا بكُتيّب الترميز اللوني للمقاومات الكربونية الآتي:

لاحظ وجود ثلاثة خطوط متقاربة هي: أحمر، ثم أسود ثم أحمر، والخط ذو اللون الذهبي بعيد قليلًا عن ثلاثة الخطوط:

1. الخط الأول من جهة الشمال لونه أحمر، وهو يمثل الخانة الأولى من قيمة المقاومة وهي 2 (لأن اللون الأحمر قيمته في الدليل 2) .
2. الخط الثاني لونه أسود ويمثل الخانة الثانية من قيمة المقاومة وهي في هذا المثال تساوي صفرًا.
3. اكتب الخانتين اللتين حصلت عليهما وهما (20) .
4. الخط الثالث لونه أحمر يمثل معامل ضرب، يضرب في القيمة التي حصلت عليها من اللونين السابقين، وهي في هذا المثال تساوي 100، فيصبح الناتج:

$$20 \times 100 = 2000 \text{ أوم}$$

وتكتب بالصورة الآتية: (2000 Ω) أو بالصورة (2k Ω) .

5. الخط الأخير ذو اللون الذهبي، يمثل نسبة الخطأ (أو معامل الخطأ)، وتساوي في هذا المثال (0.05) .

عندما تتلف المقاومة الكربونية، تظهر آثار الحرق على جسمها الخارجي، ويتسبب تلف المقاومة بفتح الدارة الكهربائية (Open Circuit) .

ب- المقاومات المتغيرة

وهي المقاومات التي يمكن أن تتغير قيمتها يدويًّا، أو تلقائيًّا تبعًا لتغير درجات الحرارة، أو تبعًا لتغير شدة الضوء، أو غيرها من المتغيرات. يبين الشكل (3-10)، أحد أنواع المقاومات المتغيرة يدويًّا.

الشكل (3-10):
أحد أنواع المقاومات المتغيرة يدويًّا.

جهاز القياس الكهربائي المتعدد القياسات (الملتيميتر Multimeter)

يسمى الجهاز الذي يمكنه أن يقيس شدة التيار الكهربائي، والمقاومة الكهربائية، وفرق الجهد الكهربائي معًا الأفوميتر (A.V.O METER) ويشير الحرف (A) إلى الحرف الأول من كلمة (Ampere)، والحرف (V) إلى (Voltage)، والحرف (O) إلى (Ohm)، والجهاز الذي يقيس متغيرات أخرى مثل سعة المكثفات إضافة إلى الفولت والأمبير والأوم يسمى الجهاز متعدد القياسات (الملتيميتر Multimeter)، ويتوافر الجهاز بنوعين: ذي المؤشر، والرقمي، ويبين الشكل (3-11) جهاز متعدد القياسات ذا المؤشر الذي يسمى الجهاز التناظري (Analog):

جهاز قياس متعدد الأغراض الأفوميتر التناظري
(Analog Multimeter)

الشكل (3-11): جهاز متعدد القياسات ذو المؤشر.

ويبين الشكل (3-12) جهاز متعدد القياسات الرقمي (Digital):

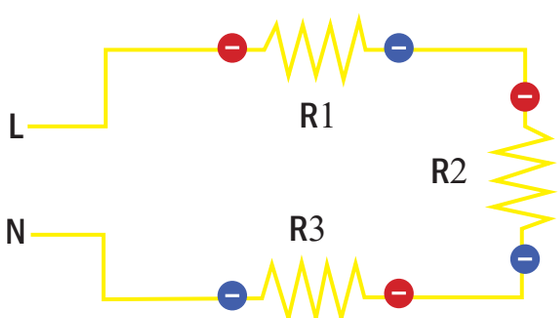
الشكل (3-12): جهاز قياس متعدد الأغراض الملتيميتر الرقمي
(Digital Multimeter)

طرائق توصيل الدارات الكهربائية

توصيل الأحمال الكهربائية بثلاث طرائق: التوصيل على التوازي، والتوصيل على التوالي، والتوصيل المركب توالي –توازي.

1- التوصيل على التوالي

عند توصيل المقاومات على التوالي توصل نهاية كل مقاومة ببداية المقاومة التي تليها، فتوصل نهاية المقاومة الأولى R1 ببداية المقاومة الثانية R2، ثم توصل نهاية المقاومة الثانية R2 ببداية المقامة الثالثة R3، وهكذا، يبين الشكل (3-13) دارة مكونة من مصدر كهربائي وثلاث مقاومات (المقاومة هنا تمثل الحِمْل الكهربائي) موصولة على التوالي:



الشكل (3-13): دارة مكونة من مصدر كهربائي وثلاث مقاومات على التوالي.

خصائص توصيل المقاومات على التوالي:

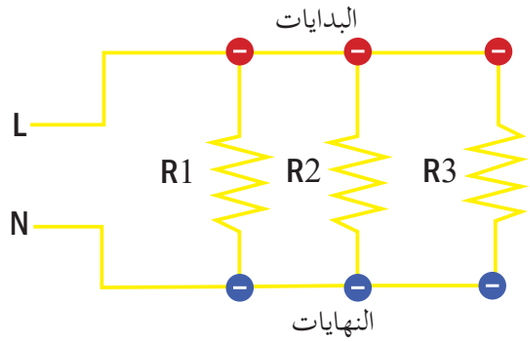
أ – يمر التيار نفسه في المقاومات كلها.

ب– يكون الجهد الكلي مساويًا لمجموع الجهود الفرعية.

جـ– تكون المقاومة الكلية أكبر من المقاومات كلها وتساوي مجموع المقاومات الفرعية جميعها في الدارة.

2- التوصيل على التوازي

أما عند توصيل المقاومات على التوازي، فتوصل كل البدايات ببعضها وكل النهايات ببعضها، يبين الشكل (3-14) دارة مكونة من مصدر كهربائي وثلاث مقاومات (المقاومة هنا تمثل الحِمْل الكهربائي) موصولة على التوازي:



الشكل (3-14): دارة مكونة من مصدر كهربائي وثلاث مقاومات على التوازي.

خصائص توصيل المقاومات على التوازي:

أ – تقع المقاومات كلها تحت تأثير الجهد نفسه.

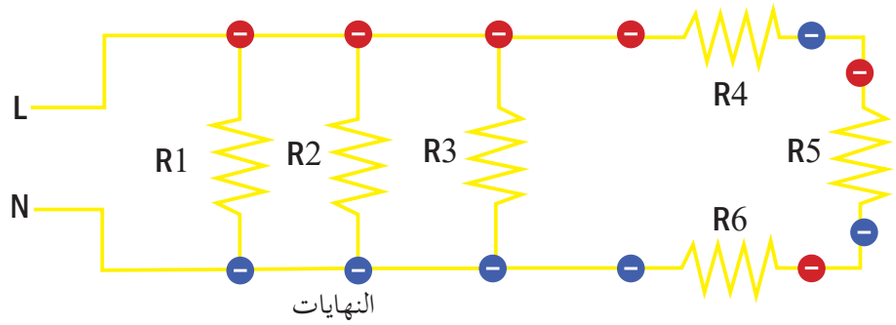
ب– يكون التيار الكلي مساويًا لمجموع التيارات في الفروع المتوازية.

جـ– مقلوب المقاومة الكلية يساوى مجموع مقلوب المقاومات الفرعية.

د – تكون المقاومة الكلية أقل من المقاومة الصغرى في الدارة.

3- التوصيل المركب

عند توصيل بعض المقاومات على التوالي، وبعضها الآخر على التوازي في الدارة الكهربائية نفسها، يسمى هذا النوع التوصيل المركب للمقاومات الكهربائية، أي أنها خليط من التوالي والتوازي معًا، تُحسب المقاومة الكلية بتبسيط الدارة الكلية عبْر حساب المقاومة المكافئة لكل مجموعة من المقاومات الموصولة وفقًا لأحد النوعين من أنواع التوصيل، وهما: التوالي والتوازي، يبين الشكل (3-15) توضيحًا للتوصيل المركب للمقاومات.



الشكل (3-15): التوصيل المركب للمقاومات.

قانون أوم

يعدّ قانون أوم في الكهرباء أحد أهم القوانين المستخدمة في تطبيقات الدارات الإلكترونية والكهربائية، بدءًا من أكثرها بساطةً وصولًا إلى أكثرها تعقيدًا، ويعبّر قانون أوم عن مقدار الجهد الكهربائي المطبق على أحد أجزاء دارة كهربائية أو الإلكترونية، حيث ينص قانون أوم على أن فرق الجهد الكهربائي بين طرفي موصل مثالي يتناسب طرديًّا وشدة التيار الكهربائي المار في هذا الموصل، وثابت هذا التناسب يسمى المقاومة R.

ويعبّر عن قانون أوم بالمعادلة الرياضية الآتية:

(الجهد الكهربائي= شدة التيار الكهربائي × المقاومة الكهربائية):

$$V=I\,R$$

حيث: V: الجهد الكهربائي.

I: شدة التيار الكهربائي.

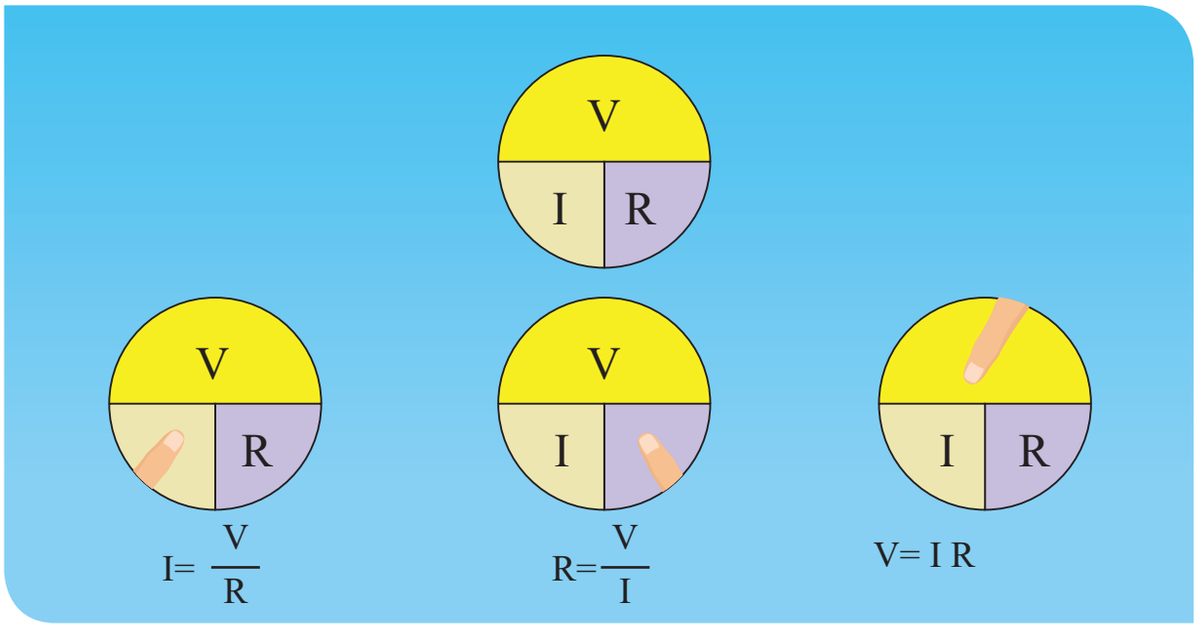
R: المقاومة.

وبذلك تكون مقاومة الأوم لأيّ معدن، مساوية لناتج قسمة مقدار الجهد الكهربائي على التيار الكهربائي المار في الدارة، أي أنّ:

$$R=\frac{V}{I}$$

ذلك مع مراعاة أنّ قياس الجهد بوحدة الفولت ورمزها العلمي (V)، والتيار بوحدة الأمبير ورمزها (A)، والمقاومة بوحدة الأوم ورمزها (Ω)، وعند تفسير المعادلة السابقة فيزيائيًّا يتبين أنّه: (عند مرور تيار كهربائي شدته أمبير واحد، في ناقل معدني مقاومته أوم واحد، يساوي عندها فرق الجهد فولتًا واحدًا) .

الشكل (3-16)، يوضح كيفية حساب القيمة المجهولة في قانون أوم :



الشكل (3-16): كيفية حساب القيمة المجهولة حسب قانون أوم.

مثال (1): تيار كهربائي قيمته 8 أمبير يمر في دارة كهربائية مقاومتها 10أوم، جد قيمة فرق الجهد الكهربائي لهذه الدارة.

الحل:

$$V = I R = 8 \times 10 = 80V$$

مثال (2): جد مقدار المقاومة الأومية لدارة كهربائية بسيطة، فرق الجهد فيها يساوي 15 فولتًا، يمر فيها تيار مستمر شدته 3 أمبير.

الحل:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{15}{3} = 5\ \Omega$$

مثال (3): وصلت مقاومة سلك حديدي بمصدر للكهرباء 100 فولت، وكان التيّار المار في المقاومة 4 أمبير، احسب قيمة مقاومة السلك.

الحل:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{100}{4} = 25\ \Omega$$

القدرة والطاقة الكهربائية

القدرة الكهربائية هي مقدار الشغل المبذول في الثانية، أي أن:

القدرة = الشغل / الزمن

القدرة = ق = الشغل ÷ الزمن

وتقاس القدرة بوحدة جول لكل ثانية، وتسمى هذه الوحدة (واط)، نسبة إلى العالم جيمس واط، ويعرف الواط بأنه: القدرة المبذولة في دارة كهربائية إذا مر فيها تيّار كهربائي مقداره أمبير واحد تحت فرق جهد مقداره فولت واحد، لما كان الواط قيمة صغيرة جدًّا ولا تلائم التطبيقات العملية كلها، فتستعمل وحدة الكيلوواط لقياس القدرة الكهربائية، حيث إن كل كيلوواط يساوي 1000واط.

والقدرة تساوي التيار مضروبًا بفرق الجهد.

$$P= V\ I$$

حيث:

P:القدرة الكهربائية (واط) .

I: شدة التيّار الكهربائي (أمبير) .

V: فرق الجهد الكهربائي (فولت) .

مثال (1): إذا كان التيار الكهربائي المار في مصباح مقداره (2) أمبير، وفرق الجهد الكهربائي المطبق على طرفي المصباح 220 فولتًا، فما القدرة الكهربائية للمصباح؟

الحل :

$$P=V\ I$$

$$= 220x2 =440w$$

مثال (2): هل من الممكن تشغيل مقدح كهربائي قدرته 2.2 كيلواط، من مصدر 220 فولتًا، بقابس كهربائي فيه مصهر (فيوز) أمان قيمته (15) أمبير، دون أن ينصهر المصهر (الفيوز) ؟

الحل:

$$P= 2.2\ kW = 2200\ W$$

ثم نحسب التيار عن طريق المعادلة (2): ق = ت × ج

$$P= V\ I$$

$$I= \frac{P}{V} = \frac{2200}{220} = 10A$$

لما كان شدة التيار اللازمة للمقدح الكهربائي أقل من قيمة أمان المصهر (الفيوز)، فهذا يعني أنه من الممكن تشغيل المقدح الكهربائي دون أن ينصهر الفيوز.

– الطاقة الكهربائية

لعلك شاهدت موظف الكهرباء وهو يسجل قراءة العداد الكهربائي. هل سألت عن كمية الكهرباء التي تستهلكها أسرتك، ما الكمية الكهربائية التي يقيسها الموظف، وما وحدة قياسها؟ إن كمية الكهرباء التي يقيسها موظف الكهرباء هي الطاقة الكهربائية المستهلكة خلال مدة زمنية (غالبًا ما تكون 30 يومًا)، وهي تساوي حاصل ضرب القدرة في الزمن، أي أن الطاقة الكهربائية المستهلكة = القدرة x الزمن وبالرموز:

$$E=P.t$$

حيث:

E: الطاقة الكهربائية المستهلكة (جول)، أو (واط/ ثانية)، ولأن وحدة (واط.ثانية) صغيرة جدًّا، لذا؛ تستعمل شركة الكهرباء عوضًا عنها وحدة (كيلوواط/ ساعة) (kWh) .

P: القدرة الكهربائية (واط)، كيلوواط

t: الزمن (ثانية)، أو (ساعة) .

مثال (3): مصباح كهربائي قدرته100 واط، احسب قيمة فاتورة الكهرباء للمصباح وحده في الشهر، إذا أنير المصباح 6 ساعات يوميًّا، وكان سعر الكيلوواط/ ساعة 50 فلسًا.

$$P = 100\ W = 0.1\ kW$$

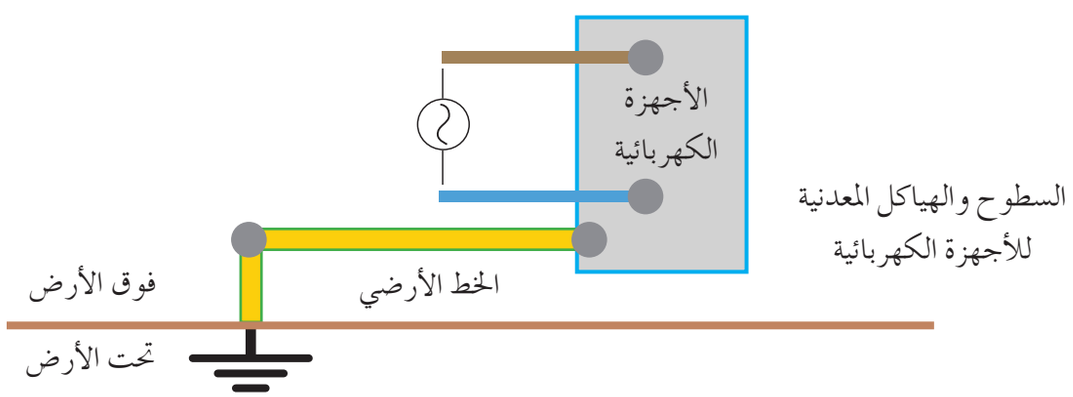
$$t = 6 \times 30 = 180\ h$$

$$E = 0.1 \times 180 = 18\ kWh$$

قيمة الفاتورة = $18\ kWh \times 50$ = 900 فلس

تأريض الدارات الكهربائية

التأريض هو التوصيل الجيد بين الأرض وبين الأجزاء المعدنية غير الحاملة للتيّار الكهربائي في أي جهاز كهربائي أو آلة كهربائية. أو دارة كهربائية. كما في الشكل (3-17).

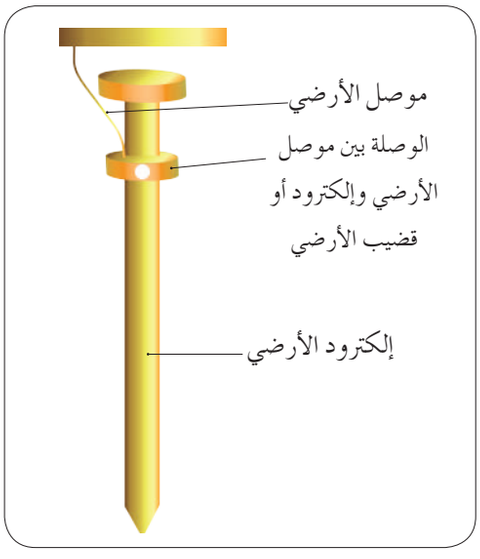


الشكل (3-17): تأريض الدارات الكهربائية.

– مكونات نظام التأريض

يتكون نظام التأريض من الأجزاء الآتية:

أ – المكهر الأرضي (الإلكترود الأرضي): هو الأداة التي تدفن داخل الأرض من جهة، ويتصل طرفها الآخر من جهة أخرى بالأجزاء المعدنية للدّارات الكهربائية، والأجهزة واللوحات والمعدات الكهربائية؛ يساوي جهد تلك الأجسام جهد الأرض أي يساوي صفرًا تقريبًا؛ بغرض حماية الأشخاص من الضرر عند لمس تلك الأجسام لحظة مرور التيار الكهربائي.



الشكل (3-18): مكونات نظام التأريض.

ب– الأرض: وهي التربة المحيطة بمكهر (قضيب) التأريض.

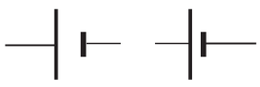
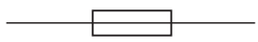
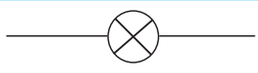
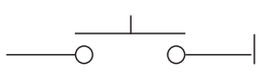
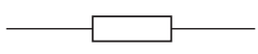
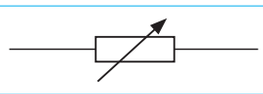
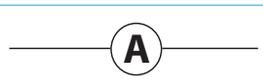
جـ– الموصلات: هي الموصلات التي تصل طرف التأريض بالأجزاء المعدنية المكشوفة للأجهزة والآلات والدارات الكهربائية.

– ابحث في المراجع المختلفة وعبر الإنترنت عن المفاهيم الآتية: الدارة الكهربائية، والمقاومة الكهربائية، والفولتية، وقانون أوم، ثم اكتب تقريرًا عن ذلك، وناقش معلمك فيه.

– ابحث في الإنترنت عن أنواع المقاومات الكهربائية، الثابتة والمتغيرة، وبيّن استخدام كل منها، ثم اكتب تقريرًا مفصّلًا عن ذلك وناقش زملاءك فيه.

يبين الجدول الآتي بعض الرموز الكهربائية ودلالاتها:

جدول بعض الرموز الكهربائية ودلالاتها.

الرمز	دلالة الرمز
	Wire سلك
	Battery بطارية
	DC Power Supply مصدرفولتية مستمر
	AC Power Supply مصدرفولتية متردد
	Fuse فيوز
	Lamp مصباح
	Coil ملف كهربائي
	Motor محرّك كهربائي
	Push Button مفتاح ضاغط
	Resistor مقاومة كهربائية
	Rheostat مقاومة كهربائية متغيرة
	مواسع كهربائي
	Voltmeter جهاز قياس الجهد الكهربائي
	Ammeter جهاز قياس التيّار الكهربائي
	Ohmmeter جهاز قياس المقاومة الكهربائية
	Earth Ground التأريض الكهربائي

التقويـم الذاتـي

أضع إشارة (√) في خانة الدرجة المناسبة				
الرقم	الهدف	درجة تحقق الهدف		
		ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أميز بين المفاهيم المختلفة الآتية: الفولتية، والمقاومة الكهربائية، وشدة التيّار.			
2	أدرك قانون أوم.			
3	أعرّف نوعي التيار: (المتردد، والمباشر) .			
4	أستطيع تنفيذ دارة كهربائية بسيطة.			
5	أعرّف طرائق توصيل الدارات الكهربائية: (توالي، وتوازي، ومركب) .			

الأسئلة

1- عرّف المفاهيم الآتية:

أ- الفولتية:

ب- التيّار الكهربائي المتناوب:

جـ- التيّار الكهربائي المستمر:

د- قانون أوم:

هـ- المقاومة الكهربائية:

2- أجب العبارات الآتية بـ (نعم) أو بـ (لا):

رقم	العبارة	نعم	لا
1	التردد المستخدم في الأردن ومعظم دول العالم هو 50 هيرتز.		
2	يستعمل جهاز الفولتميتر لقياس الفولتية، حيث يوصل الفولتميتر على التوازي في الدارة الكهربائية.		
3	دارات التوحيد (Rectification): هي دارات كهربائية تحوّل التيّار المتناوب إلى تيّار مستمر.		

3- جد قيمة فرق الجهد الكهربائي لدارة كهربائية يمر فيها تيّار كهربائي قيمته (10) أمبير، علمًا أن مقاومة الدارة الكهربائية (12) أوم.

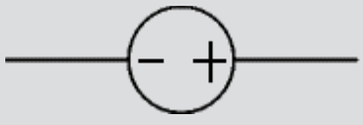
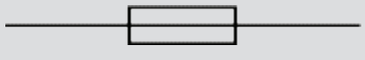
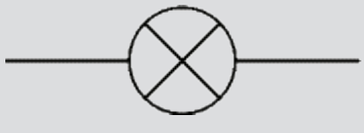
4- جد مقدار المقاومة الأومية لدارة كهربائية بسيطة، فرق الجهد فيها يساوي (20) فولتًا، ويمر فيها تيار مستمر شدته (5) أمبير.

5- تتكون الدارة الكهربائية في أبسط أشكالها من مكونات أساسية عدة، اذكرها.

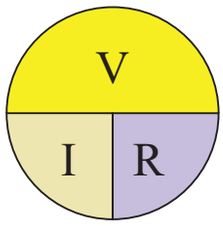
6- اذكر خصائص توصيل المقاومات على التوالي والتوازي.

7- املأ الخانات الفارغة بما يناسبها في الجدول الآتي:

الرمز	دلالة الرمز	الوظيفة
	Voltmeter	
	Ammeter	جهاز قياس التيّار الكهربائي
		جهاز قياس المقاومة الكهربائية

الرمز	دلالة الرمز
	سلك (Wire)
	
	فيوز Fuse
	

الخريطة المفاهيمية



- قانون أوم
- التيار الكهربائي ت
  - المستمر (المباشر) DC
  - التيّار المتناوب (المتردّد) AC
- المقاومة الكهربائية م
  - المقاومات الثابتة
  - المقاومات المتغيرة
    - المقاومات الضوئية
    - المقاومات الحرارية
      - NTC *
      - PTC *
- الفولتية ج V
  - الفولتية المباشرة
  - الفولتية المترددة

3
الوحدة الثالثة

أساسيات كهرباء
أنظمة التكييف و التبريد

ثالثًا:
المواسعات الكهربائية، والمحرّكات الكهربائية أحادية الطور.

القياس والتقويم

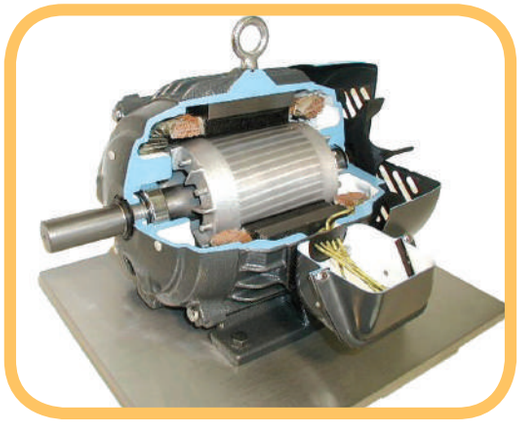
النتاجات

يتوقع منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- تتعرّف المواسعات الكهربائية، والمحرّكات الكهربائية أحادية الطور، ومبدأ عملها، وطرائق فحصها وتوصيلها.

شروط السلامة المهنية

- تطبيق شروط السلامة المهنية وقوانينها.
- تطبيق الإجراءات والممارسات المرتبطة بحماية البيئة.
- العمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد.



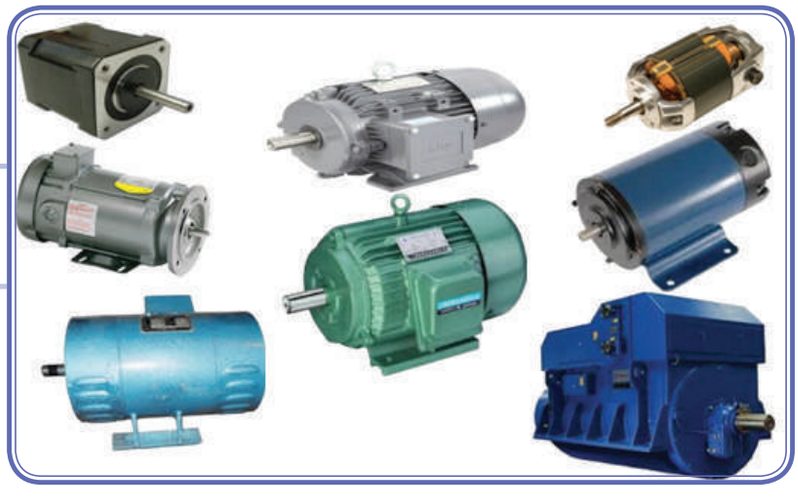
انظر..
وتساءل

- انظر الصورة المجاورة، كيف يعمل المحرّك الكهربائي، وما مكوناته الداخلية؟

استكشف

تعرّف الأنواع المختلفة من المحركات أحادية الطور.

– لو كانت لديك مجموعة من المحرّكات المتنوعة، وأردت أن تختار محرّكًا مناسبًا لتشغيله باستعمال الكهرباء في بيتك، أي هذه المحركات تختار؟ لماذا؟



لعلك لاحظت أن بعض هذه المحرّكات يعمل بجهد كهربائي 220 فولتًا، وهو أحادي الطور (واحد فاز)، لذا؛ فهو مناسب لتشغيل كهرباء البيت، لكن البعض الآخر يحتاج إلى كهرباء (3) فاز، وهذا لا يمكن تشغيله في البيت. لماذا؟

ستتعرف عبْر فقرة (اقرأ وتعلم) إجابة هذه الأسئلة والاستفسارات.

اقرأ وتعلم

المواسعات الكهربائية (المكثفات)

المواسع الكهربائي عنصر كهربائي يخزن الطاقة الكهربائية أو الشحنات الكهربائية، في أثناء الشحن، ويسمى المكثف الكهربائي Capacitor وتختلف المكثّفات الكهربائية عن بعضها في قدرتها على حفظ الطاقة الكهربائية، لذا؛ يُعبّر عن القدرات المختلفة للمكثفات بمفهوم سعة المكثفات التي تُعبّر عن قدرة المكثف على حفظ الطاقة الكهربائية داخله، وتقاس سعة المكثف بوحدة الفاراد، ويرمز إليها بالحرف F، لكن قيمة الفاراد كبيرة جدًّا، ومعظم المواسعات الكهربائية المستخدمة في أنظمة الكهرباء وأنظمة التكييف والتبريد سعاتها تقاس بالجزء من المليون من الفاراد، لذا؛ إن معظم المواسعات الكهربائية تقاس بأجزاء الفاراد، وأشهرها ما يأتي:

1- الميكروفاراد $(\mu F) = 1 \times 10^{-6}$، وهو الأكثر استخدامًا في المحركات الكهربائية في مجال التبريد.

2- النانوفاراد $(nF) = 1 \times 10^{-9}$.

3- البيكوفاراد $(pF) = 1 \times 10^{-12}$.

يتكون المواسع الكهربائي من صفيحتين معدنيتين متقابلتين تمامًا، تفصل بينهما مادة عازلة، وقد تكون فراغًا أو هواء أو أية مادة عازلة أخرى، وعند توصيل الصفيحتين بمصدر كهربائي، أو تسليط فرق جهد على طرفي المواسع، تبدأ عملية تخزين الشحنات الكهربائية داخل المواسع، وتحدد سعة المكثف كمية الشحنات التي يستطيع هذا المواسع أن يخزنها، وتعتمد سعة المواسع على العوامل الآتية:

1- نوع العازل بين اللوحين، كلما زادت قوة العازل، زادت سعة المواسع.

2- المسافة بين اللوحين، إذ تتناسب سعة المواسع عكسيًّا مع المسافة بين اللوحين.

3- مساحة اللوحين، إذ تزداد سعة المواسع بزيادة مساحة اللوحين.

– أنواع المواسعات المستخدمة في أنظمة التكييف والتبريد

أ– مواسع بدء التشغيل Start Capacitor

الشكل (3-19): مواسع البدء.

يبين الشكل (3-19) مواسع البدء الذي يساعد المحرّك الكهربائي على الإقلاع عند بدء التشغيل، وينفصل عن الدارة الكهربائية بعد أن يدور المحرّك ويصل إلى 75٪ من سرعته النهائية، تستخدم المكثفات في المحركات الكهربائية ذات الطور الواحد، التي يكثر استخدامها في الصناعات الخفيفة والمنزلية.

يتكون هذا المواسع من صفائح من الألمنيوم تخللها طبقة من أكسيد الألمنيوم عوضًا عن العازل، وغالبًا ما يصنع جسمه الخارجي من مادة البيكاليت الأسود، ويكون حجمه صغيرًا وسعته كبيرة، ويوصل بالتوالي بملف بدء المحرّك التأثيري ذي الوجه المشطور عن طريق مفتاح كهربائي يفصله عن الدارة الكهربائية بعد دوران المحرّك.

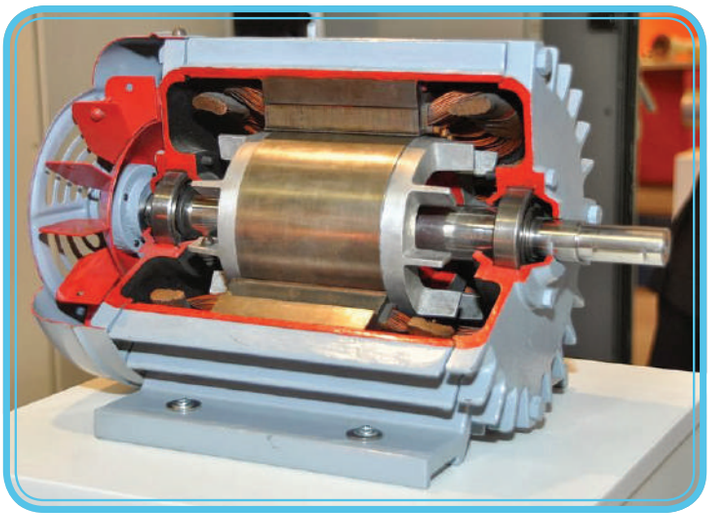
ب– مواسع الدوران Run Capacitor

الشكل (3-20): مواسع دوران.

يبين الشكل (3-20) مواسع الدوران الذي يبقى متصلًا بملفات المحرّك طوال مدة دوران المحّرك، ويحسّن معامل قدرة المحرّك، ويعطيه عزمًا إضافيًّا في أثناء التشغيل والتقويم كذلك،

ويخفض قيمة التيّار الكهربائي الذي يسحبه المحرّك، ونتيجة لذلك يشع هذا المواسع كمية من الحرارة، ولتخفيف هذه الحرارة يُملأ جسم المواسع بالزيت العازل، فإذا حدث انتفاخ في جسم المواسع المعدني، دلّ ذلك على تلفه، وبعض أنواع هذا المواسع تُزوَّد بمصهر (فيوز) لحماية المحرّك من تلف ملفات البدء فيه عند حدوث قصر (short) في هذا المواسع.

المحرّكات الكهربائية أحادية الطور



الشكل (3-21): محرك أحادي الطور.

المحرك الكهربائي آلة تعمل على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية، لتشْغيل الآلات والمعدات الميكانيكية، أو الحرارية، مثل أجهزة التبريد وتكييف الهواء، والمسخّنات الحرارية، والمضخات، ويمكن تصنيف المحرّكات الكهربائية حسب نوع التيّار الذي تعمل بوساطته، أو عدد الأطوار، أو خصائص التشغيل، ستتعرف في هذا الدرس أنواع محرّكات التيار المتناوب أحادي الطور، ومكوناتها، ومبدأ عملها. انظر الشكل (3-21) الذي يبين أحد المحركات أحادية الطور. وتعدّ المحركات الحثية الأكثر استعمالًا في المصانع والآلات. ولكي يدور المحرك ذو الطور الواحد فهو يحتاج إلى مجال مغناطيسي دوّار، ويسمى الجزء الدوار في محرك التيار المتناوب (العضو الدوار)، أما الجزء الساكن (الثابت) الذي يشتمل على مغناطيس المجال (أو ملفات المجال)، فيشار إليه بالعضو الثابت، وما بين الدوار والساكن مسافة من الهواء تسمى الثغرة الهوائية (air gap) .

تصنف المحركات الحثية أحادية الطور إلى:

– محرك الطور المشطور.

– محرك ذي مواسع بدء التشغيل.

– محرك ذي المواسع الدائم.

– محرك ذي مواسع بدء التشغيل ومواسع التشغيل.

– محرك ذي القطب المظلل.

في ما يأتي تفصيلات هذه الأنواع، ومخططات توصيل ملفاتها، ومبدأ عملها:

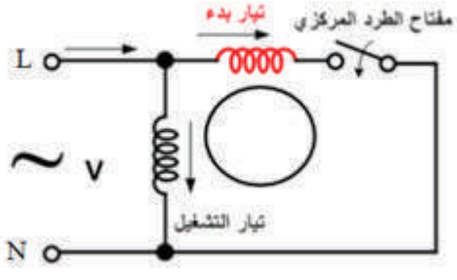
1- محرك الطور المشطور

(أ)

محرك الطور المشطور.

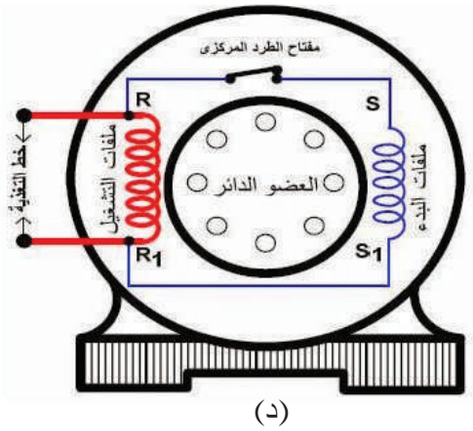
(ب)

أجزاء محرك الطور المشطور.



(جـ)

مخطط الدارة الكهربائية لمحرّك الطور المشطور.



(د)

توصيل محرّك الطور المشطور.

الشكل (3-22) محرّك الطور المشطور.

سمي محرك الطور المشطور هذا الاسم؛ لأنه لا يستطيع بدء دورانه عند تغذية ملفه من مصدر الجهد الأحادي، فقد فُصل طور آخر بوساطة ملف؛ لتكون مقاومة ملفات الطور المشطور ذات مقاومة كبيرة بالنسبة إلى الملفات الرئيسة، وتسمى ملفات الطور المشطور الملفات المساعدة أو ملفات التقويم أو ملفات البدء، وتسمى الملفات الرئيسة ملفات التشغيل، أو ملفات الحركة، أي أن المحرّك ذا الطور المشطور يتكون من مجموعتين من الملفات: ملفات التشغيل، وملفات البدء، انظر الشكل (3-22/جـ) . ويوصل مفتاح طرد مركزي على التوالي مع ملفات البدء؛ ليفصل ملفات البدء بعد الإقلاع عندما تصل سرعة دوران المحرّك إلى 75٪ من سرعته الاسمية (الكاملة)، أي أن وظيفة مفتاح الطرد المركزي هو منع المحرّك من سحب المزيد من التيار، وحماية ملفات البدء من التلف نتيجة ارتفاع درجة الحرارة، ويعمل المحرّك طوال مدة التشغيل بوساطة ملفات التشغيل. انظر الشكل (3-22/د) .

أ- توصيل محرك الطور المشطور

للمحرك أربعة أطراف: طرفا تشغيل، وطرفا بدء،حيث يوصل أحد أطراف ملفات البدء وأحد أطراف ملفات التشغيل بخط من خطي المصدر، ثم يوصل طرفا مفتاح الطرد المركزي بالطرفين المتبقيين لملفات البدء والتشغيل، ثم يوصل الطرف الثاني لخطي التغذية بطرف مفتاح الطرد المركزي المتصل بملف التشغيل.

غالبًا ما يكون محرّك الطور المشطور ذا قدرة كسرية (أقل من واحد حصان)، ويستعمل غالبًا لتشغيل بعض الأجهزة المنزلية، مثل: الغسالات، والمضخات الصغيرة، والمراوح، إذ يتكون هذا المحرك من جزأين أساسيين:

- جزء يدور: ويطلق عليه العضو الدوّار Rotor.
- جزء ساكن: ويسمى العضو الساكن Stator.

ويُثبَّت العضو الدوار محوريًّا داخل العضو الثابت بطريقة ميكانيكية.

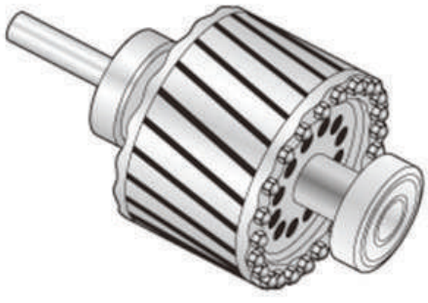
ب- أجزاء محرك الطور المشطور

1. العضو الدوار (Rotor): يتكون العضو الدوار من ثلاثة أجزاء أساسية انظر الشكل (23-3):

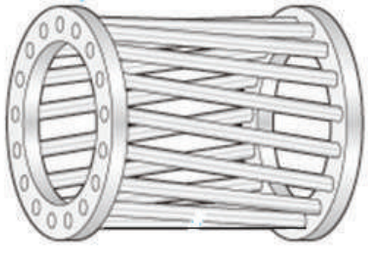
القلب: يتركب من ألواح رقيقة من الفولاذ ذات خصائص كهربائية عالية الجودة تسمى الرقائق.

عمود الدوران وتجمع رقائق القلب عليه مع ضغطها.

ملفات القفص السنجابي: تتكون من قضبان سميكة مصنوعة من الألمنيوم أو النحاس تُثبت في مجارٍ خاصة، وتثبت في القلب الحديدي، وتُربط نهايات القضبان بحلقة نحاسية سميكة من معدن القضبان نفسه، والشكل (24-3) يبين القفص السنجابي.

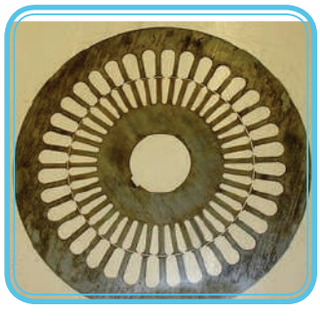


الشكل (23-3): العضو الدوّار.



الشكل (24-3): القفص السنجابي.

2. العضو الساكن (Stator): قلب حديدي مصنوع من رقائق الصلب السيلكوني على صورة حلقات مستديرة وتعزل كل رقيقة عن الأخرى بالورنيش. انظر الشكل (25-3)



(أ)

إحدى رقائق العضو الساكن (الخارجية والداخلية) والعضو الدوار.

(ب)

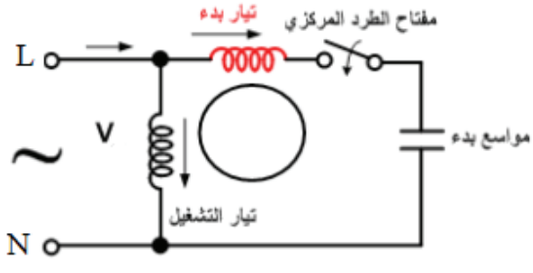
ملفات المحرك والعضو الدوار.

الشكل (25-3): الجزء الداخلي للمحرّك.

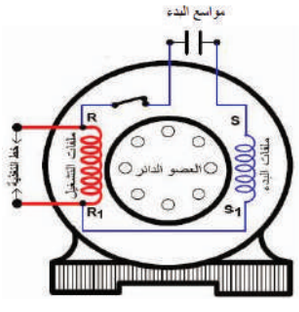
2- المحرك ذو مواسع البدء (التقويم)

الشكل (3-26): محرك ذو مواسع البدء.

يشبه المحرك ذو مواسع البدء تركيب النوع الأول من المحركات مع إضافة مواسع بدء على التوالي إلى ملفات البدء وعلى التوالي مع مفتاح طرد مركزي، بحيث يعمل مفتاح الطرد المركزي على فصل ملفات البدء ومواسع البدء عند وصول السرعة إلى 75٪ من السرعة الاسمية للمحرك، ويتراوح عزم البدء للمحرك من (400– 300٪) من عزم المحرك عندما يكون الحمل كاملًا، والشكل (3-26) يوضح الدارة الكهربائية للمحرك الأحادي الطور ذي مواسع البدء وطريقة توصيله.



الشكل (3-27/أ): الدارة الكهربائية للمحرك ذي مواسع.



الشكل (3-27/ب): طريقة توصيل المحرك ذي مواسع.

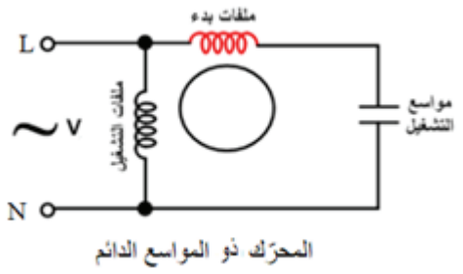
– توصيل المحرك ذي مواسع البدء (التقويم)

للمحرك أيضًا أربعة أطراف، إذ يوصل طرف تشغيل مع طرف بدء بخط من خطي التغذية، ثم يوصل طرف من مفتاح الطرد المركزي بطرف التشغيل الثاني، ويوصل الطرف الثاني لمفتاح الطرد بطرف من طرفي المواسع (المكثف)، والطرف الثاني للمواسع بالطرف الثاني لملفات البدء (التقويم) .

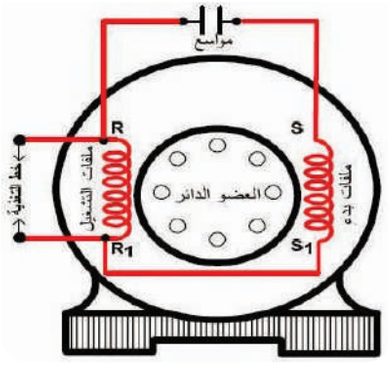
3- المحرك ذو مواسع الدوران (ذو مواسع التشغيل) (Run-capacitor Motor)

الشكل (3-28): محرك ذو مواسع الدوران.

يسمى أيضًا المحرك ذا المواسع الدائم (Permanent- capacitor Motor)، و تركيبه يشبه تركيب محرك الطور المشطور، ولكن دون وجود مفتاح طرد مركزي، إذ يوصل مواسع الدوران (التشغيل) على التوازي بملفات الدوران، ويستمر بالعمل في الدارة مع ملفات البدء وملفات التشغيل طيلة مدة عمل المحرك، الشكل (3-29) يوضح الدارة الكهربائية للمحرك ذي مواسع الدوران (التشغيل)، وطريقة توصيله:



(أ): الدارة الكهربائية للمحرّك ذي مواسع الدوران (التشغيل) .



(ب): طريقة توصيل للمحرّك ذي مواسع الدوران (التشغيل) .

الشكل (3-29): محرك ذو مواسع دائم (الدوران) .

– توصيل المحرك ذي مواسع الدوران (الدائم)

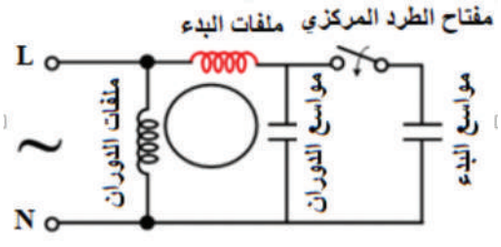
له أربعة أطراف، حيث يوصل طرف دوران مع طرف بدء بخط من خطي التغذية، ثم يوصل طرفا المواسع بالطرفين المتبقين أحدهما للبدء والآخر للدوران، ثم وصل خط التغذية المتبقي بطرف المواسع المتصل بملفات الدوران.

4- المحرك أحادي الطور ذو المواسعين

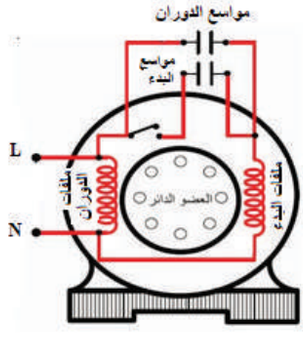
المحركات الأحادية الطور ذوات العزم العالي، تكون مجهزة بمواسعين، أحدهما ذو سعة كبيرة وجهد تشغيله في حدود 250 فولتًا، ويسمى مواسع البدء ويوصل على التوالي بمفتاح الطرد المركزي وملفات البدء، وينفصل عن الدارة الكهربائية للمحرك بعد أن تصل سرعته إلى حوالي 75٪ من سرعته المقررة، والمواسع الآخر ذو سعة صغيرة وجهد تشغيله لا يقل عن 350 فولتًا ويوصل أيضًا على التوالي بملفات البدء ويستمر في الدارة في أثناء تشغيل المحرك ويسمى مواسع الدوران، يوضح الشكل (3-30) الشكل العام للمحرك.

الشكل (3-30): محرك أحادي الطور ذو المواسعين.

يعمل هذا الضاغط بمساعدة مواسعين أحدهما للدوران (مواسع دائم)، والآخر للبدء، إذ يوصل مواسع البدء على التوالي بمفتاح طرد مركزي، يفصله عند وصول السرعة إلى 75٪ من السرعة الاسمية، ويمتاز هذا النوع من المحركات بعزم بدء عالٍ يصل لغاية 195٪ من عزم الحمل الكامل، يبين الشكل (3-31/أ، ب) الدارة الكهربائية للمحرّك ذي المواسعين وطريقة توصيله:

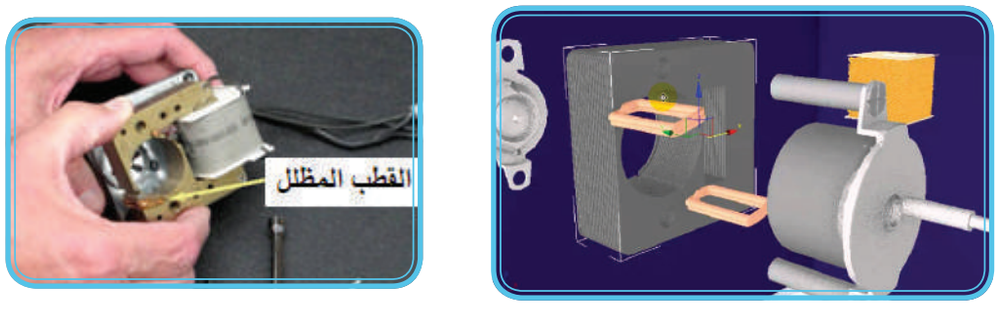


الشكل (3-31/أ): الدارة الكهربائية للمحرّك ذي المواسعين.



الشكل (3-31/ب): طريقة توصيل للمحرّك ذي المواسعين.

5- المحرك ذو القطب المظلل (Shaded Pole Motor):

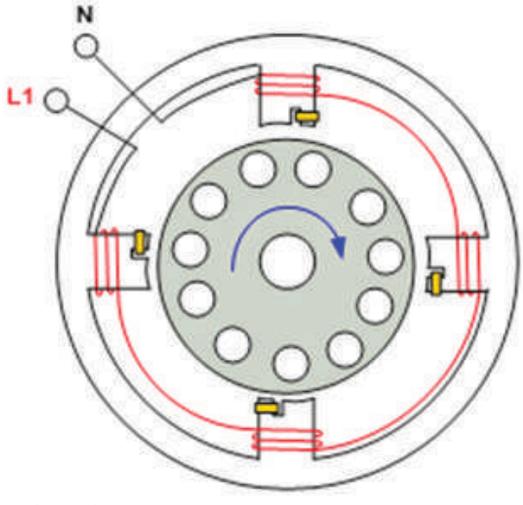


الشكل (3-32): محرك ذو القطب المظلل.

يتكون المحرك ذو القطب المظلل من عضو دوار ذي قفص سنجابي، ويحتوي العضو الساكن مجموعة ملفات رئيسة (ملف تشغيل)، مع وجود حلقتين نحاسيتين على الأقطاب البارزة من العضو الساكن، وتكون الحلقة النحاسية بمقطع كبير.

– مكونات المحرك ذي القطب المظلل

يعتمد مبدأ عمل المحرك ذي القطب المظلل على توليد تيار حثي في الحلقة النحاسية يكون معاكسًا للمجال المغناطيسي الرئيس، بحيث يكون التدفق المغناطيسي خلال الحلقة النحاسية أكبر ما يمكن عند انخفاض التيار المتناوب الذي يمر في الملفات الرئيسة، وهذا يؤدي إلى إنتاج مجال مغناطيسي يشبه المجال المغناطيسي الدوار لمروره في مركز الحلقة أو في مركز القطب الرئيس، انظر الشكل (3-33).



الشكل (3-33): محرك ذو القطب المظلل ذو أربعة أقطار.

– ابحث في المراجع المختلفة عن استخدامات المحرّكات أحادية الطور في تخصص التكييف والتبريد، وقارن بينها، ثم اكتب تقريرًا في ذلك، وناقش زملاءك ومعلمك فيه.

القياس والتقويم

التقويـم الذاتـي

أضع إشارة (√) في خانة الدرجة المناسبة

الرقم	الهدف	درجة تحقق الهدف		
		ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أميز بين المفاهيم المختلفة الآتية: الفولتية، والمقاومة الكهربائية، وشدة التيّار.			
2	أدرك قانون أوم.			
3	أعرّف نوعي التيار: (المتردد، والمباشر) .			
4	أستطيع تنفيذ دارة كهربائية بسيطة.			
5	أعرّف طرائق توصيل الدارات الكهربائية: (توالي، وتوازي، ومركب) .			

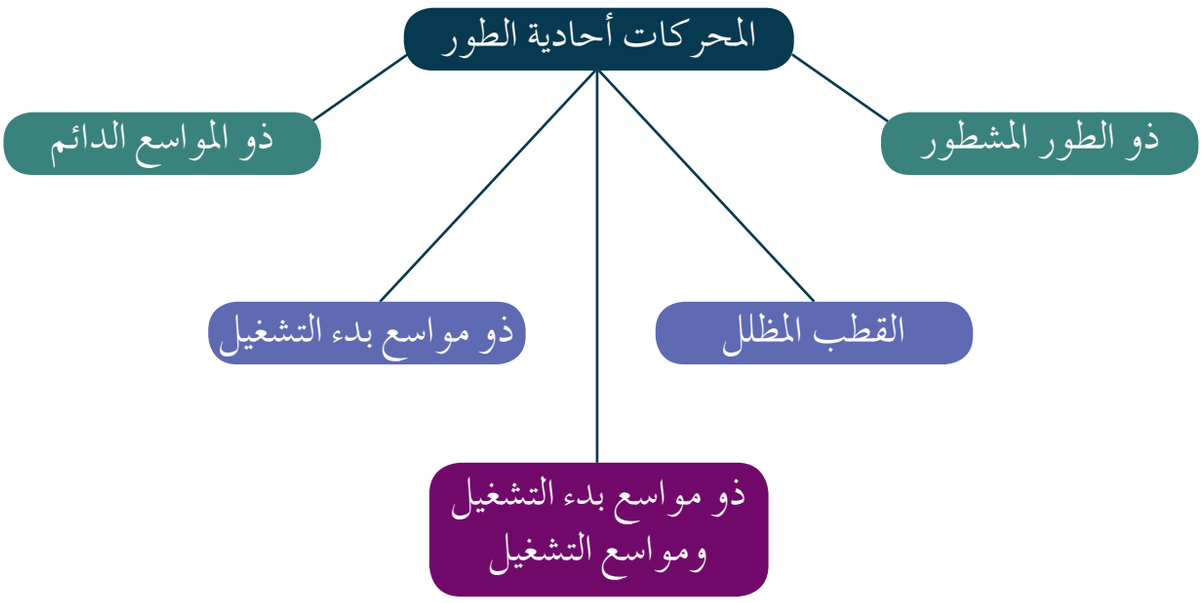
الأسئلة

1– قارن بين مواسع بدء التشغيل ومواسع الدوران من حيث الوظيفة.

2– اشرح تركيب محرك الطور المشطور.

3– قارن بين الدارة الكهربائية للمحرك ذو المواسعين وذو مواسع الدوران.

الخريطة المفاهيمية



3

الوحدة الثالثة

أساسيات كهرباء
أنظمة التكييف والتبريد

رابعًا:
المحولات الكهربائية، والمرحلات الكهربائية

انظر.. وتساءل

اقرأ وتعلم

استكشف

الإثراء.. والتوسع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

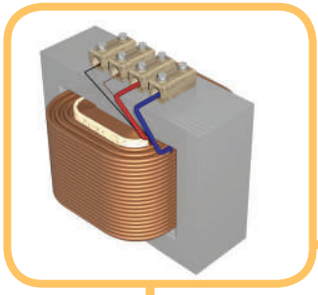
النتاجات

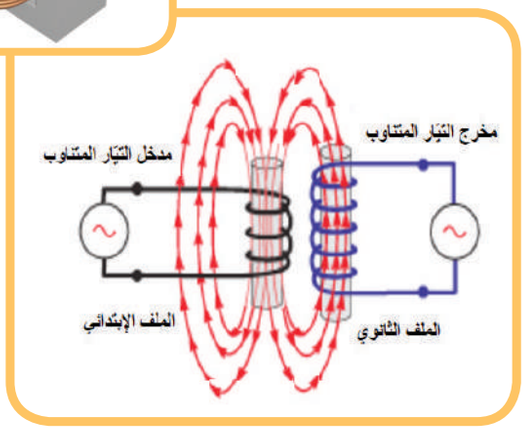
يتوقع منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- تتعرّف المحولات الكهربائية، ومبدأ عملها ومكوناتها.
- تتعرّف المرحلات الكهربائية، ومبدأ عملها ومكوناتها.

شروط السلامة المهنية

- تطبيق شروط السلامة المهنية وقوانينها.
- تطبيق الإجراءات والممارسات المرتبطة بحماية البيئة.
- العمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد.





انظر.. وتساءل

- انظر الصورة المجاورة، ما دلالة هذه الرسمة، وما أهميتها؟

استكشف

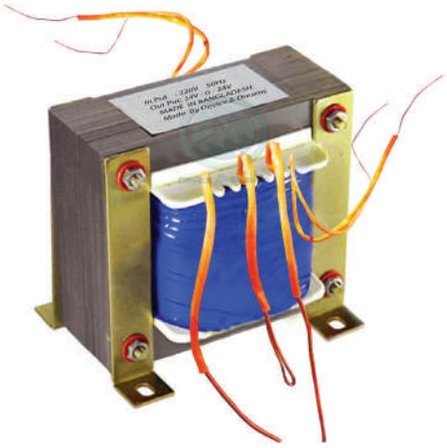
تعرّف العلاقة بين الفولتية والتيّار الكهربائي.

– لو كانت لديك جهاز كهربائي يعمل بجهد 110 فولت، وكان لديك محوّل رافع للفولتية، فهل من الممكن استعماله لتشغيل الجهاز في بيتك في الأردن، إذا كانت فولتية المصدر في منزلك 220 فولتًا؟

لعلك لاحظت أن المحوّل المطلوب هو لخفض الفولتية من 220 فولتًا إلى 110 فولت، لذا؛ لا يمكن استعمال المحوّل الرافع للفولتية في هذه الحالة.

اقرأ وتعلم

المحوّل الكهربائي (Electrical Transformers)



الشكل (3-34): المحول الكهربائي.

جهاز مؤلف من ملفين من الأسلاك المعزولة والمنفصلة، وتكون ملفوفة حول قضبان حديدية فقط بمسافة بسيطة، يسمى الطرف المرتبط بمصدر الكهرباء الملف الابتدائي، ويطلق على الطرف المرتبط بالحِمْل الملف الثانوي. انظر الشكل (3-34) الذي يُبين الشكل العام للمحول.

ويستعمل المحول لتغيير قيمة الجهد الكهربائي في نظام نقل الطاقة الكهربائية الذي يعمل على التيار المتناوب إذ لا يمكن أن يعمل المحول في أنظمة التيّار المباشر، فإذا كان جهد الطرف الثانوي أقل من جهد الابتدائي، كان المحول خافضًا للجهد، ولو كان جهد الثانوي أعلى من جهد الابتدائي، لكان المحول رافعًا الجهد.

المحول الكهربائي عبارة عن جهاز استاتيكي (غير متحرك) وظيفته تحويل تيار متردد ذي فولتية معينة إلى تيار متردد آخر بفولتية أخرى (أعلى أو أقل) مع ثبات القدرة .

ونقل الطاقة الكهربائية من أماكن توليدها إلى أماكن استهلاكها، وتقسم محولات القوى قسمين محولات رفع ومحولات خفض، وتكون وظيفتها إما بالرفع وإما بالخفض.

1- مبدأ عمل المحوّل الكهربائي

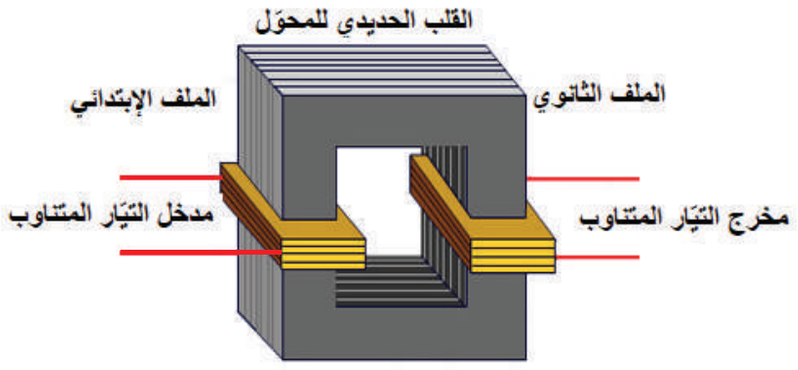
يعتمد مبدأ عمل المحوّل الكهربائي على الحث الكهرومغناطيسي، وينص على أن التيار الكهربائي المتذبذب في قيمته عندما يمر عَبْر سلك كهربائي فإنه يولد مجالًا مغناطيسيًّا أو ما يسمى التدفق المغناطيسي حول ذاك السلك، وتتناسب قوة المجال المغناطيسي (كثافة التدفق المغناطيسي) طرديًّا مع حجم التيار الكهربائي المتدفق، وعليه، تزداد قوة المجال المغناطيسي بازدياد حجم التيار الكهربائي، وكذلك فإن المجال المغناطيسي عندما يحوم حول قطعة من السلك الملفوف (ملف كهربائي) فإنه أيضًا يولد تيارًا كهربائي في ذلك السلك، وعليه، فإنه لو وُضع ملف آخر بجانب الملف الأول ومُرِّر تيار كهربائي في الملف الأول، فإنه سيولد حوله مجالًا مغناطيسيًا يلتف حوله ممتدًا إلى الملف الثاني ليتسبب في توليد تيار كهربائي في الملف الثاني، عندئذٍ يسمى التيار الكهربائي الذي مر في الملف الأول التيار الأساسي والتيار الذي تولد في الملف الثاني يسمى التيار الثانوي، وكل ما جرى في تلك العملية يسمى تمرير التيار الكهربائي خلال الفراغ من ملف إلى آخر، وهذا ما يُعرف بالحث الكهرومغناطيسي؛ لأن التيار الكهربائي في الملف الأول حثّ تيارًا كهربائيًّا خلال الملف الثاني، والجدير بالذكر يمكن مضاعفة قوة التيار الكهربائي الناجم بين ملفين بوساطة لف أسلاكهما حول قطعة حديدية (اللُّب) .

لعمل ملف كهربائي من قطعة سلك معدنية، فإن السلك يُلف لفات عدة، وإذا كان الملف الثاني يحتوي العدد نفسه من لفات السلك كما في الملف الأول، فإن التيار الكهربائي سيكون بنفس القيمة التي عليها التيار المار في الملف الأول، لو عدِّل على عدد لفات السلك في الملف الثاني، فهذا يعني التحكم في حجم التيار الثانوي زيادة أو نقصانًا.

إذ إنه من مزايا التيّار المتناوب مقارنة بالتيّار المباشر، أنه يمكن تغيير جهده بسهولة بوساطة الحث الكهرومغناطيسي في حين أن التيّار المباشر يحتاج إلى طرائق معقدة حتى يمكن تغيير جهده.

2- مكونات المحول الكهربائي

يبين الشكل (3-35) مكونات المحول الكهربائي، وهي:



الشكل (3-35): مكونات المحول الكهربائي.

أ- الملف الابتدائي: ملف من سلك نحاسي معزول يتصل طرفاه بمصدر التغذية .

ب- الملف الثانوي: ملف معزول يوصل طرفاه بالحِمْل الكهربائي أو الجهة المستهلكة المراد إمدادها بالقوة الدافعة الكهربائية .

جـ- القلب الحديدي: شرائح رقيقة معزولة عن بعضها مصنوعة من الحديد المطاوع.

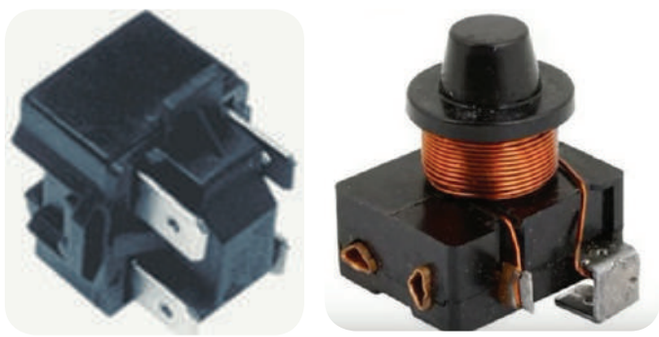
3- أنواع المحولات الكهربائية

أ- المحوّل الرافع للفولتية (Set-up Transformer) :يرفع هذا النوع من المحولات فولتية المصدر المغذي لأحد المكونات الكهربائية.

ب- المحوّل الخافض للفولتية (Set-Down Transformer): يخفّض هذا النوع من المحولات فولتية المصدر المغذي لأحد المكونات الكهربائية.

المرّحلات الكهربائية Electrical Relays

المرحّل الكهربائي (Relay) هو مفتاح كهربائي يعمل تلقائيًّا بمبدأ التأثير المغناطيسي، ويتكون من ملف كهربائي ملفوف حول قضيب من الحديد (قلب حديدي)، له مجموعة من النقاط الكهربائية التي تغلق أو تفتح أوتوماتيكيًّا، ويفصل المرحّل ملف البدء عن ملف الدوران للمحرّك ذي الطور الواحد بعد الإقلاع؛ ليبقى المحرّك يعمل عبْر ملف الدوران فقط، انظر الشكل (3-36). وتتوافر المرحّلات الكهربائية المستعملة في التبريد وتكييف الهواء بنوعين رئيسين، هما:

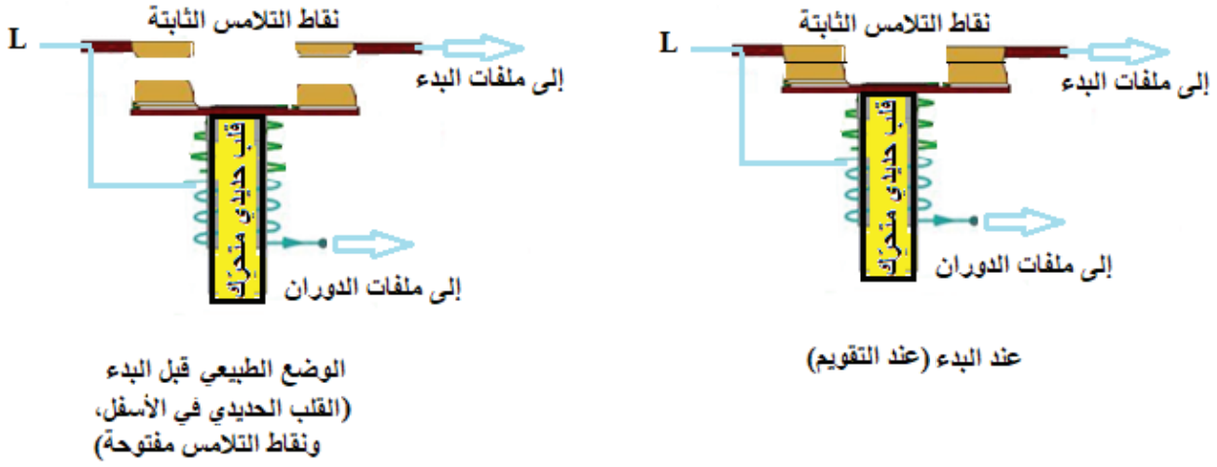


الشكل (3-36): المرحل الكهربائي.

1- مرحّل التيّار (Current Relay)

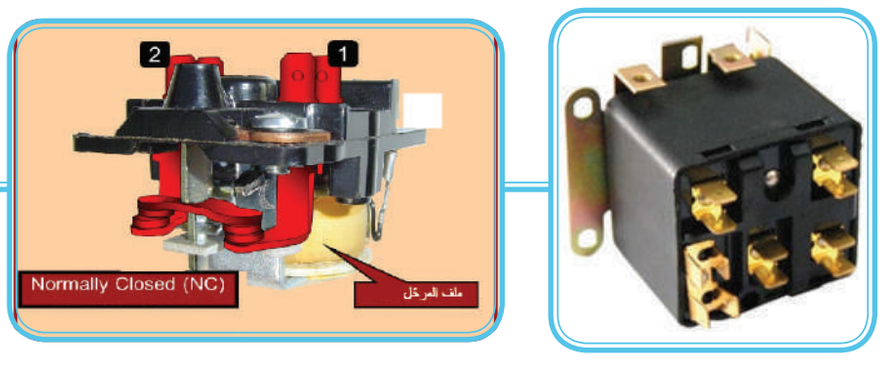
يوصل ملف قلب المرّحل على التوالي بملفات دوران المحرّك، وتكون نقاط التلامس في البداية مفتوحة (Normally Open- NO)، عندما يمر التيّار الكهربائي فإن قيمة الأمبير الذي يسحبه ملف المرحّل تكون كبيرة بدرجة كافية لإحداث مجال مغناطيسي قوي يجذب القلب إلى أعلى فتقفل نقاط التلامس، وبذلك تكتمل الدارة الكهربائية لتغذية ملفات البدء (ملفات التقويم) . انظر الشكل (3-37) .

عندما تصبح سرعة دوران المحرّك قريبة من سرعة التشغيل الاعتيادية، فإن قيمة الأمبير الذي تسحبه ملفات الدوران يهبط بدرجة تكفي لجعل مغناطيسية ملف المرحّل ضعيفة ولا تستطيع إبقاء القلب منجذبًا إلى الأعلى، فيسقط قلب المرحّل إلى الأسفل بفعل الجاذبية الأرضية مسببًا فتح نقاط التماس وتنفصل ملفات البدء عن الدارة الكهربائية، ويدور المحرّك بعد ذلك بمرور التيّار الكهربائي في ملفات الدوران وحدها.

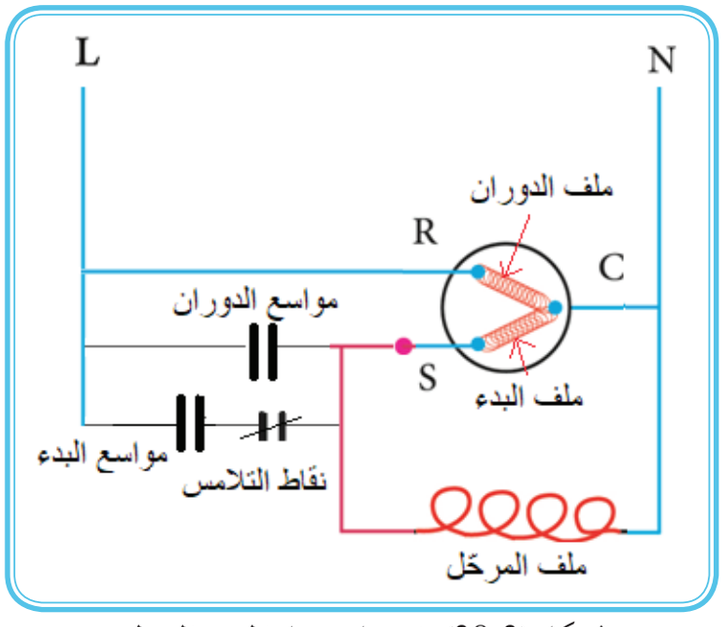


الشكل (3-37): توصيل مرحل التيار.

2- مرحّل (الفولت) (Potential Relay)

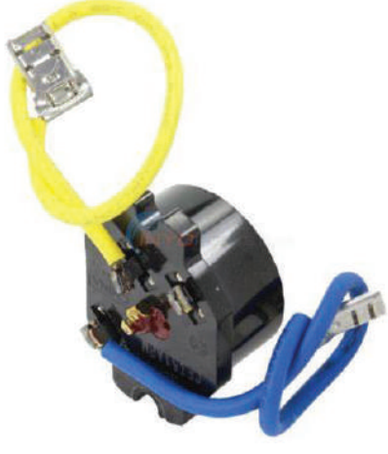


يعمل مرحّل الجهد بتأثير الفولتية، وتكون نقاط تلامسه غالبًا مغلقة (Normally Closed-NC)، يوصل على التوازي بملفات البدء، وعند تشغيل المحرّك تكون قيمة الجهد بين طرفي المرحّل ضعيفة، بحيث لا يستطيع رفع القلب الحديدي إلى الأعلى، فتبقى ملفات البدء موصولة بالدارة ويمر فيها التيّار الكهربائي؛ لتساعد المحرّك على الإقلاع فيدور المحرك وتزداد سرعته إلى أن تصل إلى السرعة الاعتيادية للدوران، ما يؤدي إلى ارتفاع قيمة الجهد لملفات البدء فتزداد قيمة المجال المغناطيسي الناشئ في ملف المرحّل ويجذب القلب الحديدي، فتنفصل نقاط التماس عن بعضها فتفتح الدارة الكهربائية لملفات البدء، ويبقى المحرّك يعمل بفعل ملفات الدوران وحدها، يبين الشكل (3-38) مرحّل الجهد وطريقة توصيله بالمحرّك.



الشكل (3-38): توصيل مرحل الجهد بالمحرك.

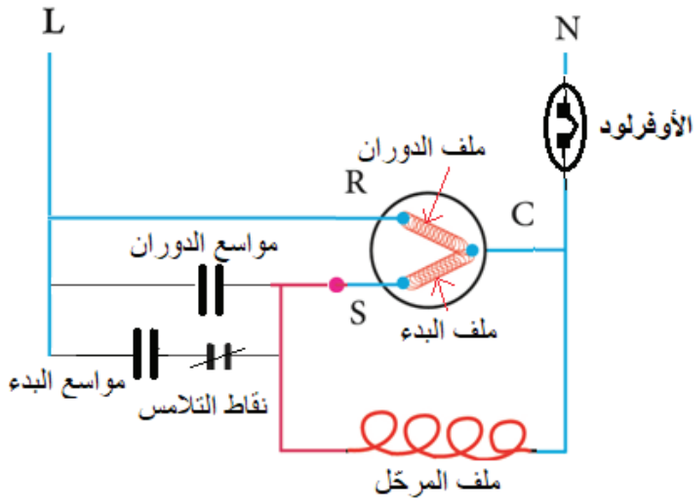
3- قاطع الوقاية من زيادة الحِمْل (Overload):



يفصل هذا القاطع التيار الكهربائي عن ملفات المحرك عند وجود حِمْل حراري أو كهربائي أعلى من القيمة المعيارية التي يتحملها المحرك.

يتكون هذا القاطع من قرص من البلاستيك المقوى بمادة البكلايت وداخله صفيحة معدنية مكونة من معدنين لكل منهما معامل تمدد حراري مختلف عن الآخر (ثنائي المعدن)، ونقاط تلامس (توصيل) ومقاومة كهربائية، إذ يوصّل أحد أطراف هذا القاطع على التوالي فعند ارتفاع حرارة جسم المحرك أو زيادة شدة التيار أكثر من اللازم تتمدد الصفيحة المعدنية وتتقوس، ما يؤدي إلى فصل نقاط التلامس عن بعضها فتفصل التيار الكهربائي عن ملفات المحرك، فيتوقف

المحرّك عن العمل إلى أن تنخفض درجة الحرارة إلى الحدود الطبيعية ما يؤدي إلى إعادة اتصال نقاط التلامس مرة أخرى، يبين الشكل (3-39) موقع القاطع في الدارة الكهربائية لمحرك أحادي



الشكل (3-39): موقع القاطع في الدائرة الكهربائية لمحرك أحادي الطور.

– ابحث في المراجع المختلفة عن استخدامات المحولات الكهربائية في تخصص التكييف والتبريد ومبدأ عملها، ثم اكتب تقريرًا عن ذلك، وناقش زملاءك ومعلمك فيه.

التقويـم الذاتـي

أضع إشارة (√) في خانة الدرجة المناسبة				
الرقم	الهدف	درجة تحقق الهدف		
		ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أميز بين المفاهيم الكهربائية المختلفة: المحوّل الكهربائي الرافع للفولتية، والخافض للفولتية.			
2	أفهم مبدأ عمل المحوّل الكهربائي.			
3	أدرك عملية الحث الكهرومغناطيسي.			
4	أعرف أجزاء المحوّل الكهربائي.			
5	أميز الفرق بين التيّار الأساسي، والتيّار الثانوي في المحوّل الكهربائي.			
6	أفهم مبدأ عمل المرحل الكهربائي			
7	أتعرف عمل قاطع الوقاية من زيادة الحمل			

الأسئلة

1- اشرح مبدأ عمل كل من:

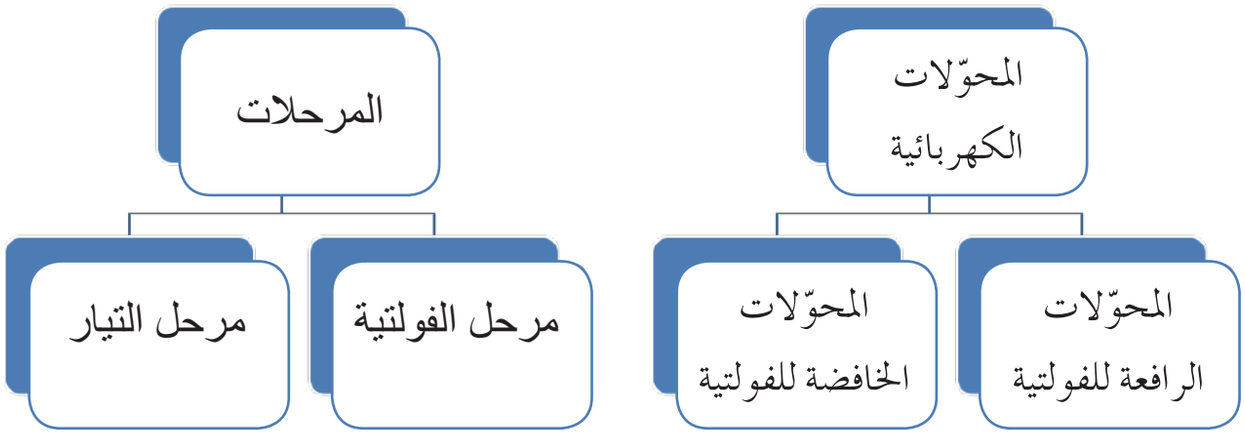
أ - المحول الكهربائي.

ب- المرحل الكهربائي.

2- ما مكونات المحول الكهربائي وما وظيفة كل منها؟

3- اذكر أنواع المرحلات الكهربائية ووظيفة كل منها.

الخريطة المفاهيمية



التمرين العملي (3-1): تعرية الأسلاك الكهربائية

النتاجات

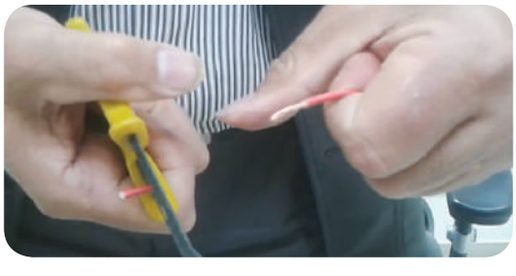
يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- يعري الأكبال الكهربائية.
- يوصّل الأكبال الكهربائية بوساطة الصمولات البلاستيكية.

الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية حسب المعايير المهنية
(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات	المواد
– قطّاعة أسلاك كهربائية.	– أكبال كهربائية متنوعة.
– عرّاية الأسلاك الكهربائية (أنواع عدة) .	– صمولات بلاستيكية

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
1	أعدّ خطة عمل بسيطة، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها، والحفاظ على البيئة، والعمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد. ملاحظة: في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات، عليك مراجعة المدرب.	
2	أمّن منطقة العمل جيدًا، متأكدًا من خلو منطقة العمل من أية مخاطر مهنية.	
3	اختر أداة تعرية الأسلاك المناسبة من بين الأدوات المبينة في الشكل المجاور، وتجنب استعمال أدوات حادة غير مخصصة لتعرية الأسلاك.	

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
4	قص العازل الكهربائي مسافة تتراوح بين 3 سم إلى 4 سم بقطاعه الأسلاك الكهربائية، ثم اسحب بلطف العازل دون حدوث أي قطع لشعيرات الموصل.	
5	أحضر كبلين آخرين ثم قص العازل الكهربائي مسافة تتراوح بين 3 سم و4 سم بعراية الأسلاك الكهربائية المبينة في الشكل المجاور، ضع السلك (الكبل) في الثقب المناسب لمقاسه في أداة التعرية، ثم اسحب العازل بلطف دون التسبب بقطع شعيرات الموصل.	
6	أدخل طرفي السلكين المعرّيين في الصمولة متجاورين وبالطول نفسه، ثم لف الصمولة باتجاه عقارب الساعة حتى تكتمل عملية الشد بإحكام.	
7	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

التمرين العملي (3-2): استبدال القابس الكهربائي الثلاثي

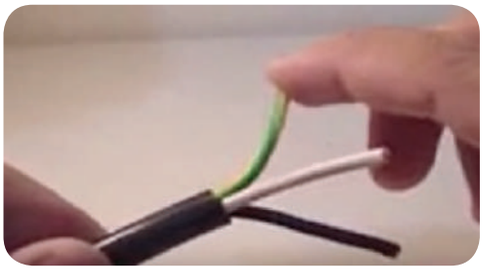
النتاجات

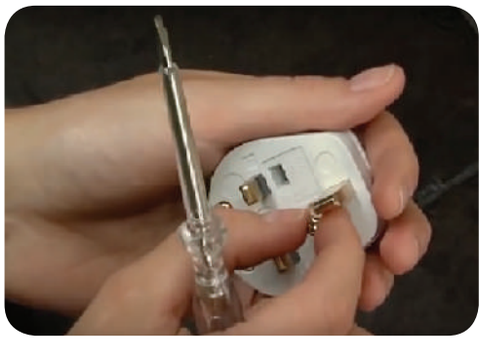
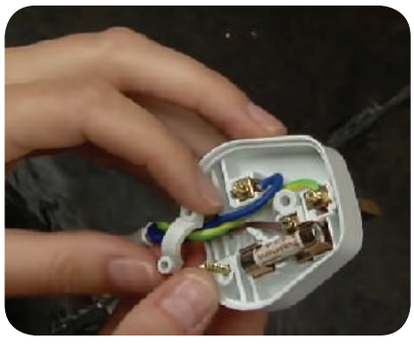
يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

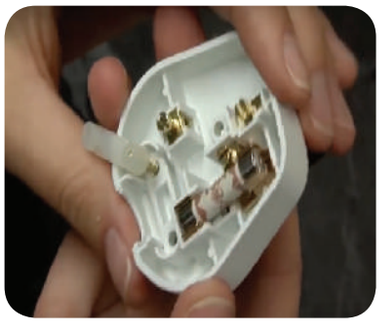
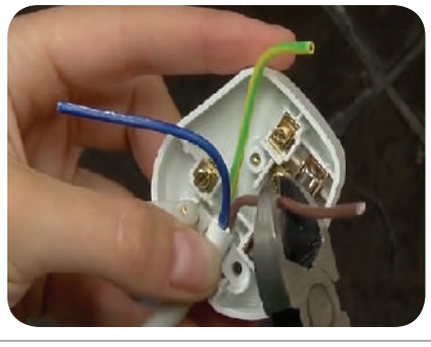
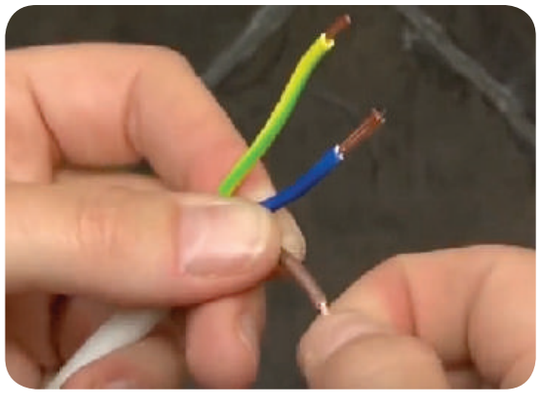
- **يستبدل قابسًا كهربائيًّا.**

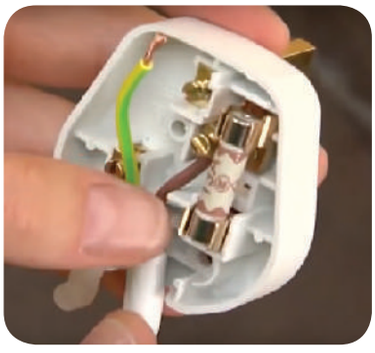
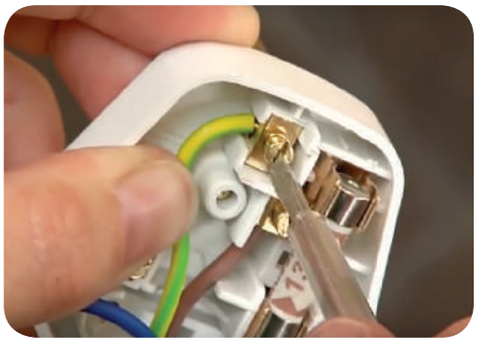
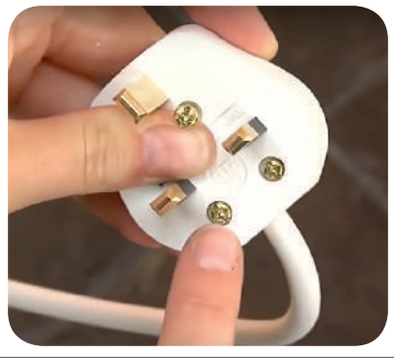
الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية حسب المعايير المهنية
(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات	المواد
- قطّاعه أسلاك كهربائية.	- مفك فاحص.
- زرادية تعرية الأسلاك الكهربائية.	- طقم مفكات.
	- أكبال كهربائية متنوعة.
	- قابس كهربائي تالف، وآخر جديد.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية
1	أعدّ خطة عمل بسيطة، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها، والحفاظ على البيئة، والعمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد. ملاحظة: في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات عليك مراجعة المدرب.
2	أمّن منطقة العمل جيدًا، متأكدًا من خلو منطقة العمل من أية مخاطر مهنية.
3	حدد مسافة دخول الكبل في القابس، ثم قص العازل الخارجي فقط للكبل الثلاثي كما في الشكل المجاور. 

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
4	أزل العازل مسافة مناسبة لدخول السلك في الفتحة المخصصة له في القابس التي لا تزيد عن 1/2 سم، بأداة التعرية المناسبة.	
5	فك الغطاء الخارجي للقابس.	
6	فك برغي مربط تثبيت الكبل الرئيس في مدخل القابس.	
7	أرخ براغي تثبيت الأسلاك الثلاثة دون فكها، بحيث يسمح الارتخاء بسحب السلك وإخراجه من مكانه بسهولة.	

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
8	أحضر القابس الجديد، ولاحظ الرموز المكتوبة على الأطراف الثلاثة، وهي: E: للخط الأرضي. N: للخط البارد. L: للخط الحامي.	
9	فك الغطاء الخارجي للقابس الجديد.	
10	حدد أطوال الأسلاك الثلاثة بمطابقة كل سلك بموقع تركيبه، وفقًا للون السلك، وهي كما يأتي: السلك البني للخط الحامي L. السلك الأزرق لخط البارد N. السلك ذو اللونين (الأخضر و الأصفر) للخط الأرضي E.	
11	اجدل طرف كل سلك معرًّى جيدًا بحيث تصبح الشعيرات مجدولة على بعضها بإحكام.	

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
12	ثبّت كل طرف من الأسلاك الثلاثة بالبرغي المخصص له.	 
13	تأكد أنه لا يوجد أي أسلاك معراة مكشوفة، وأن جميع البراغي مشدودة بإحكام على الأسلاك، ثم أغلق مربط تثبيت الكبل الرئيس وشد براغيه جيدًا.	
14	أغلق الغطاء الخارجي وشد برغي التثبيت الخاص به بإحكام.	
15	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

التمرين العملي (3-3): تنفيذ دارة كهربائية بسيطة تحتوي مصباحًا واحدًا.

النتاجات

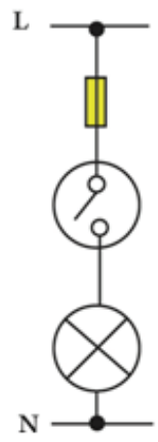
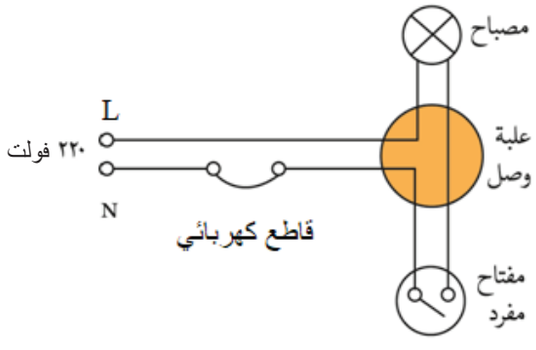
يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

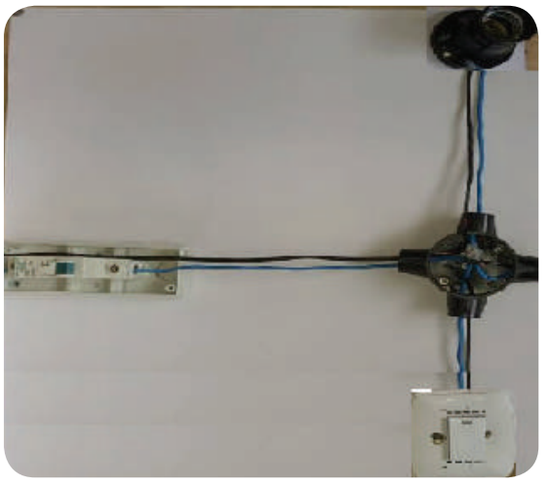
• ينشئ دارة كهربائية بسيطة مكونة من مصباح، ومفتاح مفرد، وقاطع كهربائي، وقابس كهربائي.

الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية حسب المعايير المهنية
(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات	المواد
– قطاعه أسلاك كهربائية.	– أكبال كهربائية عدة ألوان 1 ملي.
– زرادية تعرية الأسلاك الكهربائية.	– قاطع كهربائي 5 أمبير.
– طقم مفكات.	– علبة وصل.
– مفك فاحص.	– مصباح كهربائي مع قاعدة.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية
1	أعدّ خطة عمل بسيطة، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها، والحفاظ على البيئة، والعمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد. ملاحظة: في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات عليك مراجعة المدرب.
2	أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، متأكدًا من خلو منطقة العمل من أية مخاطر مهنية.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
3	ارسم الدارة الرمزية رسمًا يدويًّا قبل التنفيذ.	الدارة الرمزية 
4	ارسم الدارة التنفيذية رسمًا يدويًّا، قبل التنفيذ العملي.	الدارة التنفيذية 
5	ثبّت علبة الوصل، والقاطع الكهربائية، والمفتاح، وقاعدة المصباح، في الأماكن المخصصة على لوحة العمل بما يتوافق والمخطط التنفيذي.	

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
6	وصّل الأكبال الكهربائية، وثبتها بالبراغي المخصصة لها في المفتاح، والقاطع، وقاعدة المصباح، مرورًا من بعلبة الوصل، وثبتها جيدًا، ثم ركّب المصباح بالقاعدة، وشغل الدارة بإشراف المعلم.	
7	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

التمرين العملي (3-4): تنفيذ دارة كهربائية بسيطة تحتوي مصباحين موصولين على التوالي.

النتاجات

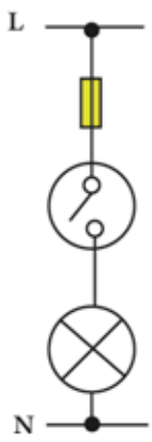
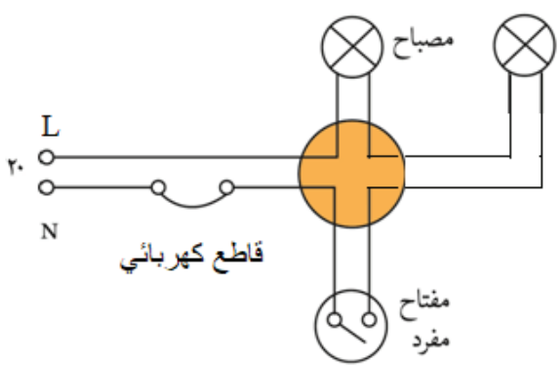
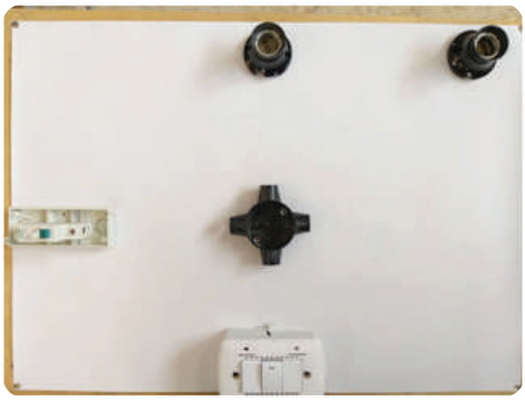
يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

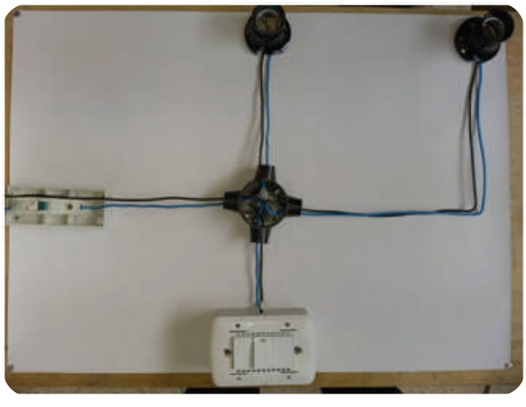
- ينشئ دارة كهربائية بسيطة مكونة من مصباحين، ومفتاح مفرد، وقاطع كهربائي، وقابس كهربائي.

الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية حسب المعايير المهنية
(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات	المواد
– قطاعه أسلاك كهربائية.	– أكبال كهربائية عدة ألوان 1 ملي.
– زرادية تعرية الأسلاك الكهربائية.	– قاطع كهربائي 5 أمبير.
– طقم مفكات.	– علبة وصل.
– مفك فاحص.	– مصباحان كهربائيان مع قاعدتين.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية
1	أعدّ خطة عمل بسيطة، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها، والحفاظ على البيئة، والعمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد. ملاحظة: في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات عليك مراجعة المدرب.
2	أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، متأكدًا من خلو منطقة العمل من أية مخاطر مهنية.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
3	ارسم الدارة الرمزية رسمًا حرًّا قبل التنفيذ.	الدارة الرمزية 
4	ارسم الدارة التنفيذية رسمًا يدويًّا، قبل التنفيذ العملي.	الدارة التنفيذية 
5	ثبّت علبة الوصل، والقاطع الآلي، والمفتاح، وقاعدتي المصباحين، في الأماكن المخصصة على لوحة العمل بما يتوافق والمخطط للدارة التنفيذية.	

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
6	وصّل الأكبال الكهربائية، وثبتها بالبراغي المخصصة لها في المفتاح، والقاطع، وقاعدة المصباح، مرورًا بعلبة الوصل، وثبتها جيدًا، ثم ركّب المصباحين بالقاعدة، وشغل الدارة بإشراف المعلم.	
7	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

التمرين العملي (3-5): تنفيذ دارة كهربائية بسيطة تحتوي مصباحين موصولين على التوازي.

النتاجات

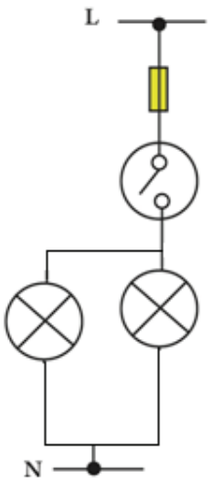
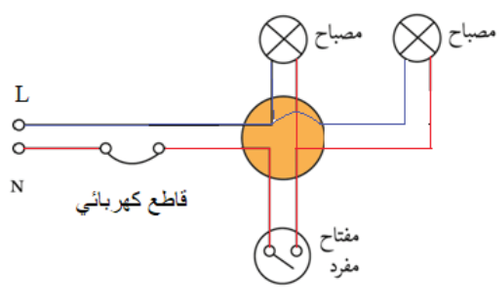
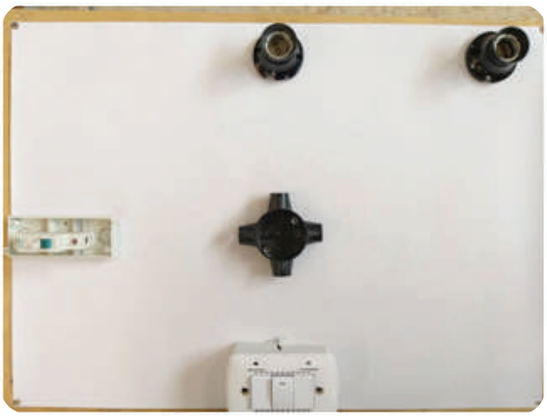
يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

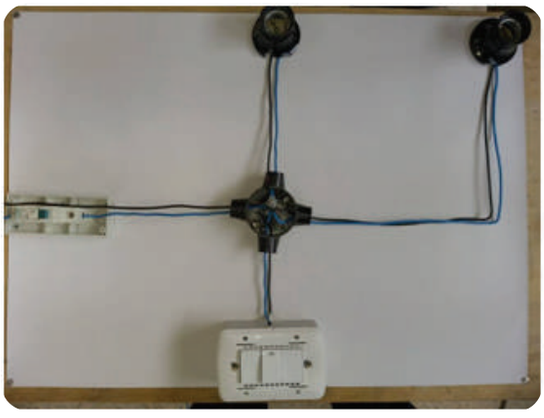
- ينشئ دارة كهربائية بسيطة مكونة من مصباحين، ومفتاح مفرد، وقاطع كهربائي، وقابس كهربائي.

الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية حسب المعايير المهنية
(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات	المواد
– قطاعه أسلاك كهربائية.	– أكبال كهربائية عدة ألوان 1 ملي.
– زرادية تعرية الأسلاك الكهربائية.	– قاطع كهربائي 5 أمبير.
– طقم مفكات.	– علبة وصل.
	– مصباحان كهربائيان مع قاعدتين.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية
1	أعدّ خطة عمل بسيطة، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها، والحفاظ على البيئة، والعمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد. ملاحظة : في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات عليك مراجعة المدرب.
2	أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، متأكدًا من خلو منطقة العمل من أية مخاطر مهنية.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
3	ارسم الدارة الرمزية رسمًا يدويًّا قبل التنفيذ.	الدارة الرمزية (مصباحين على التوازي) 
4	ارسم الدارة التنفيذية رسمًا يدويًّا، قبل التنفيذ العملي.	الدارة التنفيذية لمصباحين على التوازي 
5	ثبّت علبة الوصل، والقاطع الآلي، والمفتاح، وقاعدتي المصباحين، في الأماكن المخصصة على لوحة العمل بما يتوافق والمخطط للدارة التنفيذية.	

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
6	وصّل الأكبال الكهربائية، وثبتها بالبراغي المخصصة لها في المفتاح، والقاطع، وقاعدة المصباح، مرورًا بعلبة الوصل، وثبتها جيدًا، ثم ركّب المصباحين بالقاعدة، وشغل الدارة بإشراف المعلم.	
7	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

التمرين العملي (3-6): استعمال جهاز القياس الكهربائي متعدد القياسات (الملتيميتر)

النتاجات

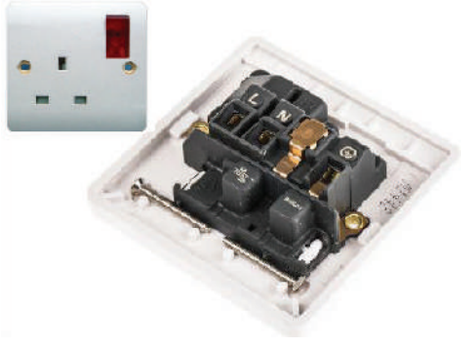
يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

• يستعمل جهاز القياس الكهربائي متعدد القياسات (الملتيميتر) لقياس: فرق الجهد المتردد، وفرق الجهد المباشر.

الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية حسب المعايير المهنية
(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات	المواد
– طاولة عمل، لوح وايت بورد، جهاز متعدد القياسات، مفك تستر.	– مقبس كهربائي منزلي.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
1	حضّر جهاز قياس إلكتروني متعدد الأغراض Digital Multi-meter خاص بالقياسات الكهربائية، في ضوء دراستك أنواع التيار الكهربائي، ضع مفتاح الاختيار على: أ– مجال قياس فرق الجهد المتناوب AC V. ب– مجال قياس فرق الجهد المباشر DC V.	

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
2	ضع مفتاح الاختيار للجهاز متعدد القياسات على مجال قياس مناسب لقياس الجهد للبطاريات والأعمدة الجافة كما في الشكل المجاور.	
3	ضع مفتاح الاختيار للجهاز متعدد الاستعمال على مجال قياس مناسب لقياس فرق الجهد المستخدم في البيوت داخل الأردن.	

التمرين العملي (3-7): استكشاف العلاقة بين شدة التيّار والفولتية.

النتاجات

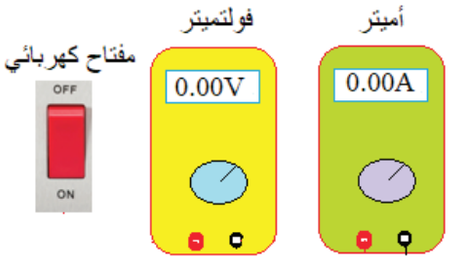
يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين أن:

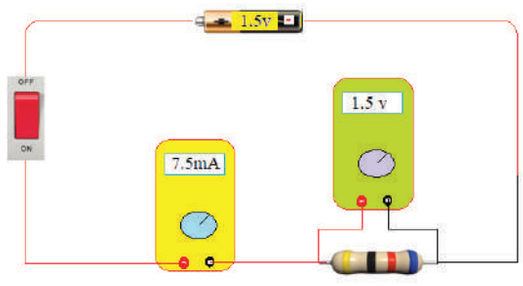
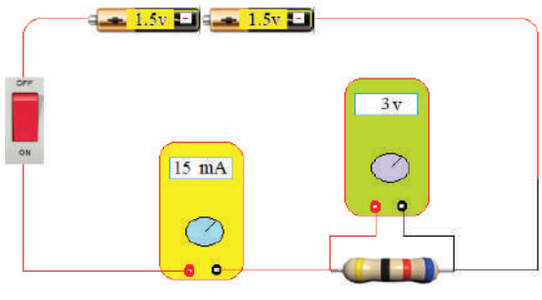
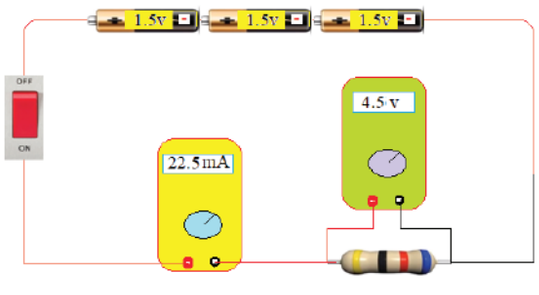
- يتعرّف مفهومي الفولتية، والتيّار، والعلاقة بينهما، وأجهزة القياس الخاصة بكل منهما.

الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية حسب المعايير المهنية
(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات	المواد
– جهاز قياس التيار (الأميتر).	– بطاريات.
– جهاز قياس الفولتية (الفولتميتر).	– مقاومات كربونية متنوعة.
– مفتاح كهربائي.	

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية
1	أعدّ خطة عمل بسيطة، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها، والحفاظ على البيئة، والعمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد. ملاحظة: في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات، عليك مراجعة المدرب.
2	أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق، متأكدًا من خلو منطقة العمل من أية مخاطر محتملة.
3	**جهّز المواد والأدوات الآتية لتنفيذ التمرين:** أ– خمس بطاريات جافة 1.5 فولت. ب– جهاز قياس الأمبير (أميتر) . جـ– جهاز قياس فرق الجهد (فولتميتر) .



الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
	د– مقاومة كهربائية. هـ– أسلاك توصيل. و– مفتاح كهربائي.	
4	وصّل الدارة الكهربائية كما في الشكل، ثم أغلق الدارة الكهربائية بوضع المفتاح على وضعية التشغيل ON، ودوّن قراءة الأميتر، وقراءة الفولتميتر في دفترك.	
5	أضف بطارية أخرى إلى الدارة مراعيًا اتجاه الأقطاب، ثم دوّن القراءات في دفترك.	
6	أضف بطارية أخرى إلى الدارة مراعيًا اتجاه الأقطاب، ثم دوّن القراءات في دفترك.	
7	لعلك لاحظت أن شدة التيّار تزداد كلما ازدادت الفولتية، فماذا تتوقع أن يحدث لشدة التيّار والفولتية لو وضعنا محل المقاومة الحالية مقاومة أكبر؟ كيف تستطيع معرفة قيمة المقاومة التي استخدمتها في الدارة ؟ وهل نحصل على نفسها النتائج لو استبدلنا المقاومة الكهربائية بمصباح كهربائي له قيمة المقاومة نفسها؟	
8	دوّن الاستنتاجات في دفتر الملاحظات واعرضها على المعلم.	

التمرين العملي (3-8): توصيل محرّك كهربائي، باستعمال مرحل فولت وقاطع وقاية من زيادة الحمل، ومواسعيه وبدء ودوران وتشغيله.

النتاجات

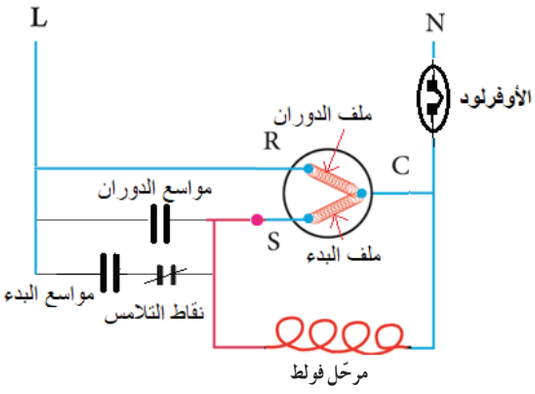
يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- يوصل محرّكًا كهربائيًّا، باستعمال مرحل تيار وقاطع وقاية من زيادة الحِمْل ويشغله.

الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية حسب المعايير المهنية
(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات	المواد
– جهاز القياس الكهربائي المتعدد القياسات (الملتيميتر).	– محرك كهربائي أحادي الطور.
– طقم مفكات متنوعة.	– مرحّل تيّار.
– طقم بوكسات.	– قاطع وقاية من زيادة الحمل.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية
1	أعدّ خطة عمل بسيطة، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها، والحفاظ على البيئة، والعمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد. ملاحظة: في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات، عليك مراجعة المدرب.
2	أمّن منطقة العمل جيدًا، متأكدًا من خلو منطقة العمل من أية مخاطر مهنية.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
3	ارسم الدارة الرمزية لمحرك أحادي الطور يعمل بمرحّل فولت، وموصول مع أوفرلود ومواسع بدء ومواسع دوران، كما في الشكل المجاور.	
4	وصّل أحد أطراف قاطع الوقاية من زيادة الحمل بالخط الحامي للمصدرL، والطرف الآخر بالمرحّل.	
5	الخط البارد للمصدر N بطرف ملف الدوران عند النقطة R من جهة وبنقاط التلامس للمرحل من الجهة الأخرى.	
6	تأكد من جودة التوصيل والتثبيت، وتأكد من مطابقة التنفيذ بالمخطط، ثم شغل المحرك بإشراف المدرب.	
7	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

التمرين العملي (3-9): توصيل محرّك كهربائي باستعمال مرحل تيار وقاطع وقاية من زيادة الحمل وتشغيله.

النتاجات

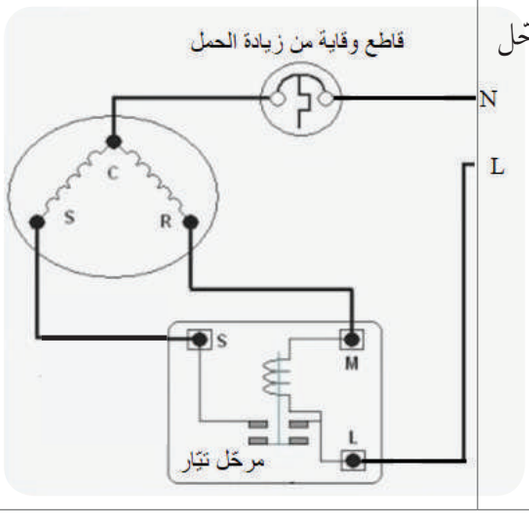
يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- يوصل محرّكًا كهربائيًّا؛ باستعمال مرحل تيار ومواسع وقاطع وقاية من زيادة الحمل ويشغله.

الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية حسب المعايير المهنية
(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات	المواد
– جهاز القياس الكهربائي متعدد القياسات (الملتيميتر).	– محرك كهربائي أحادي الطور.
– طقم مفكات متنوعة.	– مرحّل تيّار.
– طقم بوكسات.	– مواسع.
	– قاطع وقاية من زيادة الحمل.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية
1	أعدّ خطة عمل بسيطة، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها، والحفاظ على البيئة، والعمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد. ملاحظة: في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات، عليك مراجعة المدرب.
2	أمّن منطقة العمل جيدًا، متأكدًا من خلو منطقة العمل من أية مخاطر مهنية.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية
3	ارسم الدارة الرمزية لمحرك أحادي الطور يعمل بمرحّل تيّار، وموصول أوفرلود، كما في الشكل المجاور. 
4	صل النقطة L للمرحّل بالخط الحامي للمصدر L.
5	صل النقطة S للمرحّل بأحد أطراف مواسع البدء.
6	صل الطرف الآخر لمواسع البدء ببداية ملف البدء للمحرك (النقطة S) .
7	صل أحد أطراف قاطع الوقاية من زيادة الحمل بالنقطة المشتركة للمحرّك (النقطة C) والطرف الآخر بالخط البارد للمصدر N.
8	صل النقطة M للمرحّل ببداية ملف الدوران للمحرّك (النقطة R) .
9	تأكد من جودة التوصيل والتثبيت، من مطابقة التنفيذ للمخطط، ثم شغل المحرك بإشراف المعلم.
10	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.

التمرين العملي (3-10): فحص محرّك كهربائي من النوع ذي القطب المظلل، وتشغيله، وعكس اتجاه دورانه.

النتاجات

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- يفحص محرّكًا كهربائيًّا من النوع ذي القطب المظلل، وتشغيله، وعكس اتجاه دورانه.

الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية حسب المعايير المهنية
(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات	المواد
– جهاز القياس الكهربائي المتعدد القياسات (الملتيميتر)	– محرك كهربائي ذو قطب مظلل.
– طقم مفكات متنوعة.	
– طقم بوكسات.	

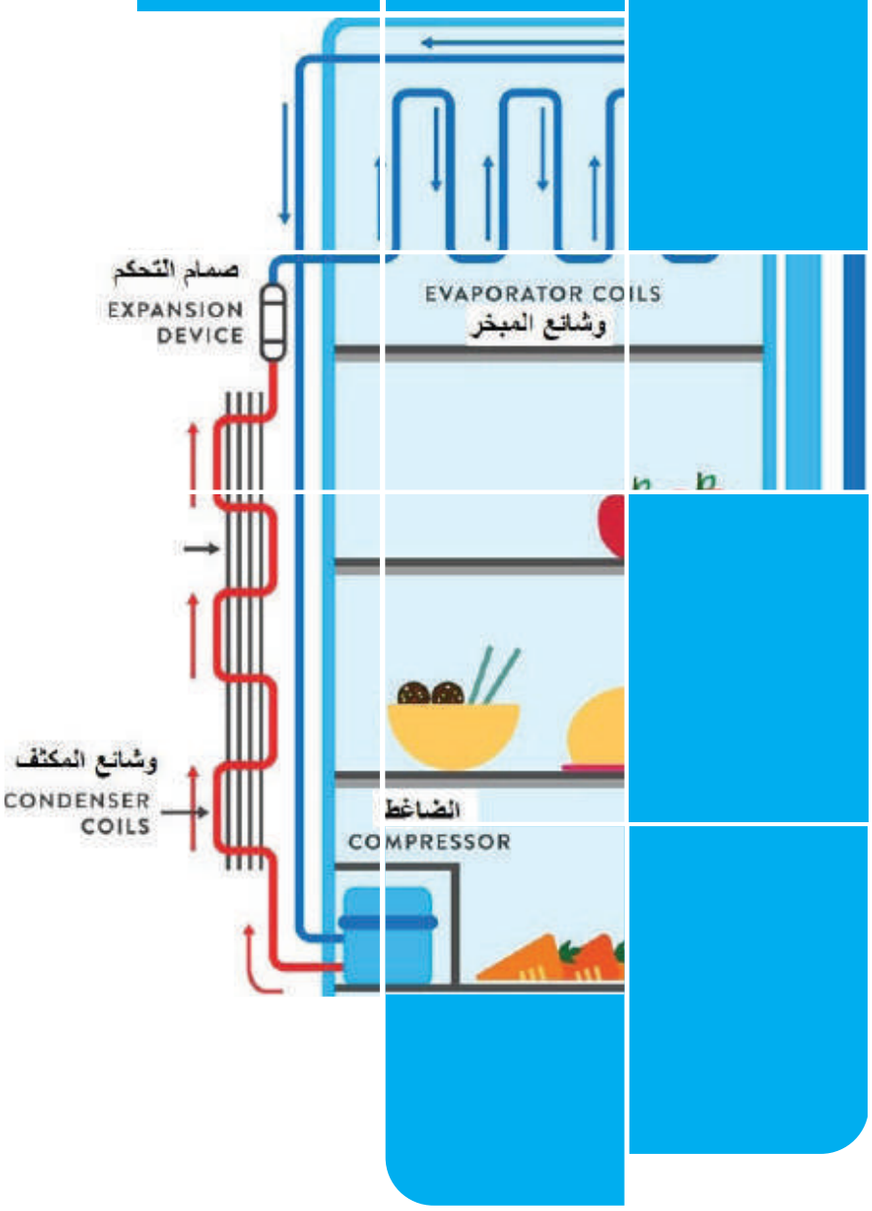
الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية
1	أعدّ خطة عمل بسيطة، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها، والحفاظ على البيئة، والعمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد. ملاحظة : في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات، عليك مراجعة المدرب.
2	أمّن منطقة العمل جيدًا، متأكدًا من خلو منطقة العمل من أية مخاطر مهنية.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
3	اقطع التيّار الكهربائي عن المحرّك، وأخرجه من الدارة الكهربائية.	
4	تأكد من صلاحية جهاز القياس الكهربائي (الملتيميتر)، ثم اضبط مفتاح الاختيار على تدريج المقاومة عند قيمة تزيد على القيمة المتوقعة للمحرك ذي القطب المظلل، ليكون أعلى قيمة مقاومة في تدريج جهاز القياس، ثم ضع طرفي أسلاك الفحص في المكانين المخصصين في جهاز الفحص.	
5	ضع طرفي الفحص على طرفي ملف المحرّك ذي القطب المظلل، كما في الشكل المجاور، ثم قس قيمة المقاومة، فإذا كانت المقاومة قيمتها ما لا نهاية، فيدل ذلك على قطع داخلي في ملفات المحرّك، أما إذا كانت قيمة مقاومة الملفات قيمة منطقية أكبر من صفر، فيدل ذلك على أن ملفات المحرّك جيدة.	
6	لفحص وجود قصر (شورت) في ملفات المحرّك نضع أحد أطراف جهاز قياس المقاومة على الجزء المعدني الخارجي للمحرّك، والطرف الآخر نوصله مع أحد أطراف الملف الكهربائي للمحرك، فإذا كانت القراءة صفرًا، فيدل ذلك على وجود قصر (شورت)، أما إذا كانت القيمة ما لا نهاية، فيدل ذلك على أن الملف جيد.	
7	لا يمكن عكس اتجاه دوران المحرّك ذي القطب المظلل إلا بعد فك أجزاء المحرك ثم عكس اتجاه العضو الثابت 180 درجة، ثم تُجمع قطع المحرك.	
8	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

4

الوحدة الرابعة

دورة التبريد الميكانيكية البسيطة



4
الوحدة الرابعة

دورة التبريد الميكانيكية البسيطة

أولًا: دورات التبريد

النتاجات

يتوقع منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- تتعرف دورة التبريد الميكانيكية البسيطة ودورة التبريد الامتصاصية.

شروط السلامة المهنية

- تطبيق شروط السلامة المهنية وقوانينها.
- تطبيق الإجراءات والممارسات المرتبطة بحماية البيئة.
- العمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد.

القياس والتقويم

• انظر الصورة المجاورة، كيف تعمل الثلاجة على تبريد المواد والأطعمة؟

قد يحدث التبريد بصورة طبيعية بسبب انتقال الحرارة من المادة ذات درجة الحرارة الأعلى إلى المادة ذات درجة الحرارة الأقل، كالذي يحدث عندما تترك طبق الطعام الساخن ليبرد في جو الغرفة وحده.

ولكن في كثير من الأحيان يحتاج الإنسان إلى تبريد الأطعمة إلى درجات حرارة متدنية أقل من الصفر المئوي، أو تبريدها إلى درجة حرارة أقل من درجة حرارة الجو المحيط بها ولكن هذا لا يمكن أن يحدث وحده بصورة طبيعية، وقد يحتاج الإنسان في فصل الصيف الحار إلى تبريد هواء الغرفة إلى درجة حرارة أقل من درجة حرارة الجو، بحيث تصبح درجة حرارة الغرفة مريحة له، لذا؛ صنع الإنسان عديدًا من أجهزة التبريد مثل: الثلاجة، والمكيف، ومبرد الماء، وصانعة مكعبات الثلج، ومستودعات تبريد الأطعمة، وأجهزة تكييف الهواء المركزية، وغيرها الكثير، فهل فكرت يومًا كيف تعمل هذه الأجهزة؟

استكشف

– لو وضعت يدك على ظهر ثلاجة في أثناء عملها وتحسست حرارتها، ثم قارنتها مع بداخلها، ماذا تتوقع أن يكون الفرق بين الحالتين؟

لعلك لاحظت أن ظهر الثلاجة في أثناء التشغيل من الخارج ساخن بصورة ملحوظة، بينما داخلها بارد؛ يعود سبب ذلك إلى أن دورة التبريد تسحب الحرارة من داخل الثلاجة وتطرحها خارج الثلاجة، ولكن كيف يحدث ذلك؟ وهل ظهر الثلاجة متصل بداخلها بدورة التبريد؟

ستتعرف خلال فقرة (اقرأ وتعلّم) إجابة هذه الأسئلة والاستفسارات.

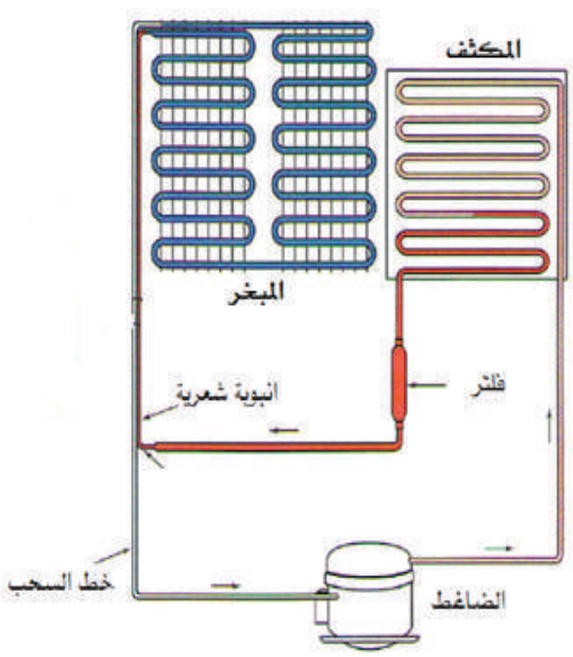
اقرأ وتعلم

يُعرّف التبريد بأنه سحب طاقة حرارية من جسم أو مادة ما ينتج منه خفض درجة حرارة هذا الجسم أو تغير حالته الفيزيائية.

مكونات دورة التبريد الميكانيكية البسيطة

تتكون دورة التبريد الميكانيكية من أربعة عناصر رئيسة، هي: الضاغط، والمكثف، وجهاز التحكم في سريان وسيط التبريد (صمّام تمدد أو أنبوبة شعرية)، والمبخّر.

تتصل هذه العناصر الأربعة مع بعضها البعض بأنابيب يمر داخلها مائع خاص بالتبريد يسمى (وسيط التبريد)، وفي السوق يطلق عليه اسم (غاز التبريد)، (علمًا أن مصطلح الموائع يطلق على الغازات والسوائل)، ويسمى الأنبوب الواصل بين الضاغط والمكثف (خط الطرد)، ويسمى الأنبوب الواصل بين المكثف وصمّام التمدد (خط السائل)، ويسمى الأنبوب الواصل بين المبخّر والضاغط (خط السحب)، وتحدث عملية امتصاص الحرارة في المبخّر، ثم طردها خارج الدورة عبْر المكثف؛ ليتحقق الهدف المطلوب من دورة التبريد، يبين الشكل (4-1) عناصر دورة التبريد الميكانيكية البسيطة واتجاه مرور وسيط التبريد.



الشكل (4-1): عناصر دورة التبريد الميكانيكية البسيطة.

مبدأ عمل دورة التبريد الميكانيكية البسيطة

عند تشغيل دورة التبريد يعمل الضاغط على سحب وسيط التبريد من المبخّر ثم رفع ضغطه ودرجة حرارته ثم يدفعه إلى المكثف، ويكثف المكثف وسيط التبريد ويحوله من غاز إلى سائل (ويبقى ضغط وسيط التبريد مرتفعًا كما جاء من الضاغط دون تغيير)، ثم يذهب وسيط التبريد في حالة سيولة (سائل) إلى جهاز التحكم في التدفق (صمام التمدد، أو صمّام الانتشار، أو الأنبوب الشعري)، ثم إلى المبخّر لتحدث عملية التبخير، ولما كانت عملية تبخير وسيط التبريد (تحويله من سائل إلى غاز) تحتاج إلى امتصاص كمية من الحرارة المحيطة بالمبخر؛ فإن ذلك يؤدي إلى انخفاض درجة حرارة الحيز المحيط بالمبخر (حول المبخّر، تحدث عملية التبريد المطلوبة من دورة التبريد)، ثم يعود وسيط التبريد من جديد إلى الضاغط ثم إلى المكثف، ثم إلى صمّام التمدد، ثم إلى المبخّر، ثم إلى الضاغط من جديد، وهكذا يستمر انخفاض الحرارة حتى تصل إلى الدرجة المناسبة فتتوقف دورة التبريد، أي أن وسيط التبريد يمر بأربع مراحل خلال دورته للوصول إلى التبريد المطلوب من الدورة، وهذه المراحل الأربع هي:

1- مرحلة الانضغاط (يؤديها الضاغط) .

2- مرحلة التكثيف (يؤديها المكثف) .

3- مرحلة التمدد (يؤديها صمّام التمدد) .

4- مرحلة التبخير (يؤديها المبخّر) .

وتسمى هذه الدورة (دورة التبريد الانضغاطية) ؛ بسبب وجود الضاغط فيها، وخلال هذه الدورة تتغير الحالة الفيزيائية لوسيط التبريد وتتغير درجة حرارته من مرحلة إلى أخرى.

1- الضواغط

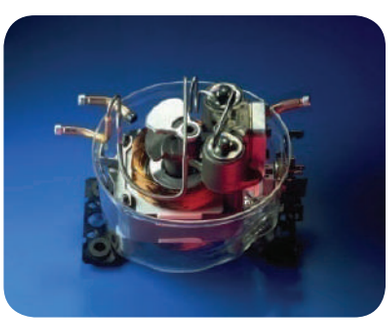
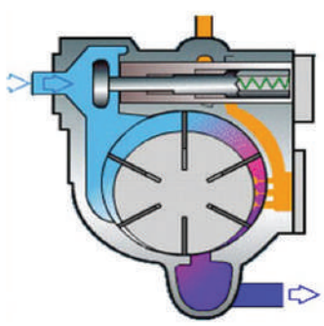
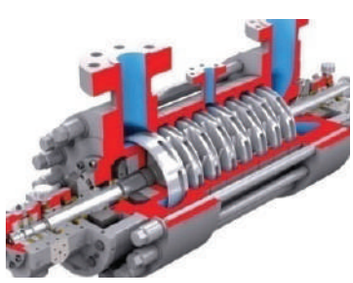
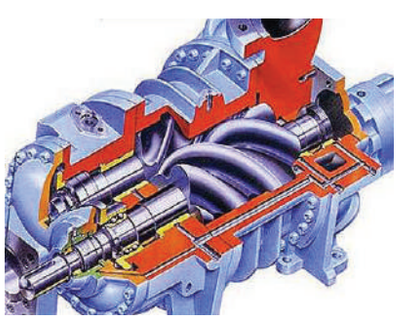
الضاغط: آلة ميكانيكية تضغط الغاز وتقلل حجمه، وهو يشبه المضخة إلا أنه يختلف عن المضخة في أنه يضغط الغازات ولا يستطيع ضغط السوائل، أما المضخة، فتزيد ضغط السوائل دون تقليل حجمها؛ لأن السوائل غير قابلة للانضغاط (لا يقل حجمها عند زيادة

الضغط عليها)، ولا تستطيع المضخة ضغط الغازات، ويعمل الضاغط في دورة التبريد على رفع ضغط وسيط التبريد، ما يؤدي إلى رفع درجة حرارته أيضًا، ثم يدفعه إلى المكثف، ويمنح وسيط التبريد الطاقة الحركية الكافية ليدور في دورة التبريد المغلقة، وهذه العملية تؤدي إلى تكوّن منطقتين متباينتين من حيث قيمة الضغط، فتصبح دورة التبريد بعد الضاغط ذات ضغط مرتفع وتسمى جانب الضغط المرتفع، وما قبل الضاغط ذات ضغط منخفض وتسمى جانب الضغط المنخفض.

تصنف الضواغط من حيث التصميم إلى أربعة أنواع رئيسة، هي:

- الضاغط الترددي (piston-cylinder) Reciprocating Compressor.
- الضاغط الدوّار (Rotary Compressor) .
- ضاغط الطرد المركزي (Centrifugal Compressor) .
- الضاغط الحلزوني (Screw type) .

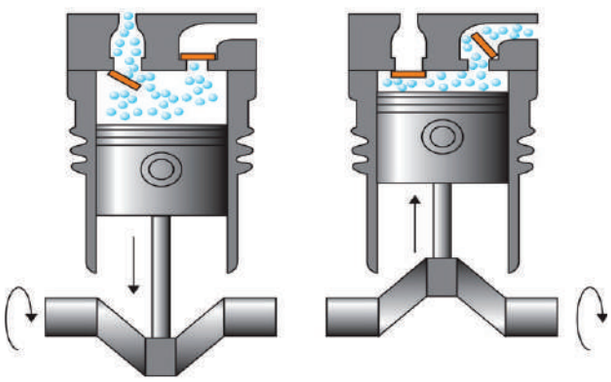
يبين الشكل (4-2) الآتي التصميم الداخلي لأنواع الضواغط المختلفة.

	
الضاغط الترددي	الضاغط الدوّار
	
ضاغط الطرد المركزي	الضاغط الحلزوني

الشكل (4-2): التصميم الداخلي لأنواع الضواغط المختلفة.

أ- الضاغط الترددي Reciprocating Compressor (piston-cylinder)

يتحرك المكبس داخل أسطوانة الضاغط ذهابًا وإيابًا حركة تؤدي إلى سحب وسيط التبريد عبْر صمّام السحب في مرحلة تسمى شوط السحب، ثم رفع ضغطه ودفعه عبْر صمّام الطرد في مرحلة تسمى شوط الانضغاط، وتتكرر أشواط السحب والانضغاط في حركة تسمى الحركة الترددية، والضاغط الترددي من أكثر الضواغط استخدامًا في معظم أنظمة التبريد وتكييف الهواء،ويحوّل عمود المرفق الحركة الدورانية إلى حركة ترددية للمكبس، يبين الشكل (4-3) حركة المكبس الترددية. ويستخدم في الوحدات الصغيرة والمتوسطة.



الشكل (4-3): حركة المكبس الترددية.

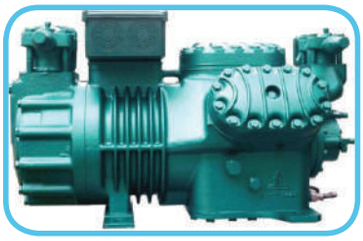
تنقسم الضواغط الترددية من حيث اتصال الضاغط بالمحرك إلى الأنواع الآتية :

1. الضاغط الترددي المغلق (Hermetic Compressor):

يتكون الضاغط الترددي المغلق من أجزاء الميكانيكية مثل الكابس، وعمود المرفق، والصمامات، والجزء الكهربائي وهو المحرك الكهربائي تكون مجتمعة معًا داخل غلاف فولاذي محكم الإغلاق، يستخدم هذا النوع في معظم أنظمة التبريد المنزلية وبعض أنظمة التبريد الصناعية والتجارية، وتتراوح قدرته بين 60 واط و2000 واط، وغالبًا ما تظهر منه ثلاثة أنابيب (ثلاثة خطوط)، خط السحب ويكون ذا قطر أكبر بقليل من الخطين الأخريين، وخط الطرد، وخط خدمة، إضافة إلى علبة الكهرباء، يبين الشكل (4-4) ضاغطًا ترددياً مغلقًا.

الشكل (4-4):
ضاغط ترددي مغلق.

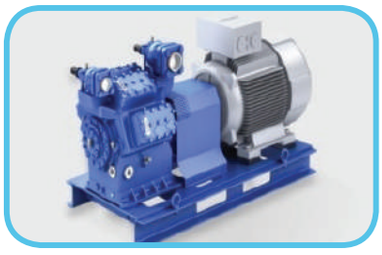
2. الضاغط الترددي نصف المفتوح (Semi-Hermatic Compressor): تكون الأجزاء الميكانيكية للضاغط الترددي نصف المفتوح في حجرة مستقلة عن حجرة المحرك الكهربائي، وفي الوقت نفسه يتصلان معًا بغلاف واحد، فيبدوان جسمًا واحدًا مغلقًا، ويسهل فك المحرك الكهربائي وحده وفصله عند الحاجة إلى الصيانة والتصليح، يبين الشكل (4-5) ضاغطًا ترددياً نصف مفتوح.



الشكل (4-5):
ضاغط ترددي نصف مفتوح.

3. الضاغط الترددي ذو القيادة الخارجية (External Drive Compressor): يسمى أيضًا الضاغط الترددي المفتوح (Open Type Compressor): وهو ضاغط ترددي يعمل بوساطة محرك كهربائي خارجي، ويتصل المحرك الكهربائي بالضاغط والأجزاء الميكانيكية عبْر سيور (أقشطة) قابلة للاستبدال، أو عبْر وصلات خارجية مرنة (Coupling) لنقل الطاقة الحركية من المحرك إلى الضاغط، وهذه الوصلات المرنة والسيور تنقطع أو تتلف إذا حدث عطل ميكانيكي يمنع الضاغط من الدوران وبهذا تحمي المحرك الكهربائي من زيادة الحمل، ويستخدم هذا الضاغط في الوحدات الكبيرة. يبين الشكل (4-6/ أ و ب) هذين النوعين.

الشكل (4-6/أ):
ضاغط مفتوح يأخذ حركته من المحرك عن طريق سيور (أقشطة) خاصة.

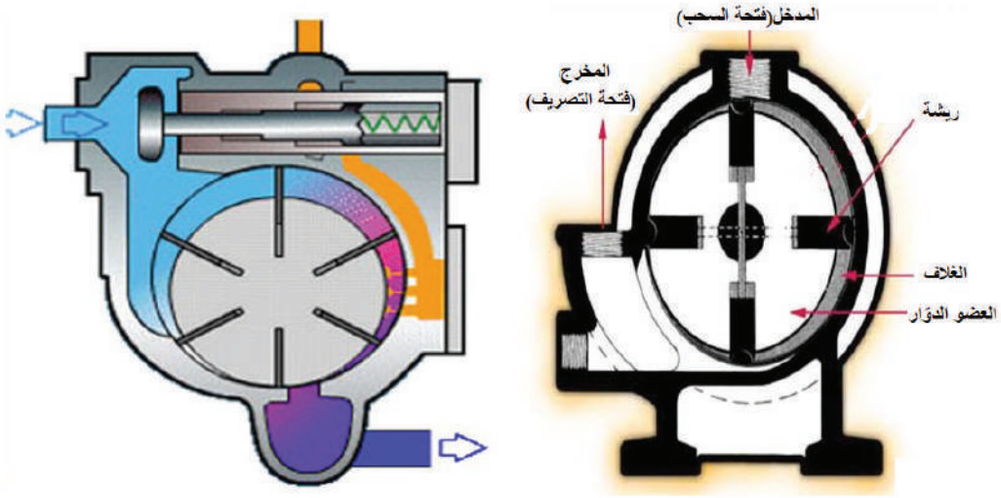


الشكل (4-6/ب):
ضاغط مفتوح يأخذ حركته من المحرك عن طريق وصلة مرنة (كبلنج) خاصة.

ب– الضاغط الدوّار Rotary Compressor

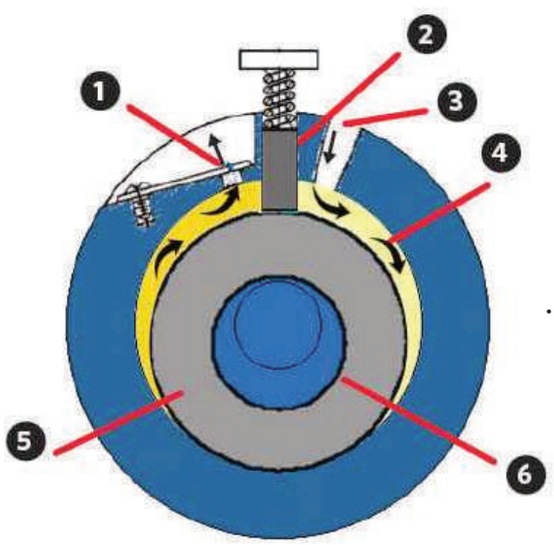
الضاغط الدوّار له نوعان: أحدهما له شفرات عدة دوارة تدور مع محور الدوران Rotating blades Type، نوع منه له شفرتان (ريشتان) ويسمى أيضًا الضاغط ذا القرص الدوّار والريش المنزلقة، ونوع آخر غالبًا يكون له ثماني شفرات. والثاني له ريشة ثابتة stationary blade Type، عندما يدخل بخار وسيط التبريد ذو الضغط المنخفض من خط السحب فيملأ الفراغ خلف الريشات الدوّارة، وتعمل الريشات في أثناء دورانها على حصر بخار وسيط التبريد وضغطه إلى خط الضغط ثم إلى المكثف، ومبدأ عمل الضاغط الدوّار ذي الريشتين مشابه تمامًا للضاغط الدوّار متعدد الريش، ويستخدم في معظم أنظمة التبريد والتكييف التجارية والصناعية والمنزلية، بقدرات تتراوح بين (0.1 kW - 5.5 kW).

1. الضاغط الدوّار متعدد الريش (Rotating blades Type): في الضاغط متعدد الريش يحرك العضو الدوّار الريش التي تضغط بشدة على جانب الأسطوانة؛ لأن محور العضو الدوّار لا ينطبق مع محور الأسطوانة فيمس العضو الدوّار جانب الأسطوانة عند خط واحد، إذ يصلح الضاغط الدوّار متعدد الريش للاستعمالات المنزلية بقدرات صغيرة، وأيضًا يناسب الاستعمالات التجارية والصناعية ويستعمل الأمونيا بوصفه وسيط تبريد، وقد تصل درجات الحرارة في هذه الأنظمة (80°C–) سليسيوس، يرفع الضاغط ضغط وسيط التبريد بعد دخوله من خط السحب إلى الحجرات داخل الضاغط الدوّار، فتحصر الريش بخار وسيط التبريد وتضغطه في أثناء دورانها، فيزداد ضغطه ويُرفع عبْر فتحات خاصة إلى خط الطرد ثم إلى المكثف، يبين الشكل (4-7) الضاغط الدوّار متعدد الريش.



الشكل (4-7) الضاغط الدوّار متعدد الريش.

2. الضاغط الدوّار ذو الريشة الواحدة: داخل أسطوانة هذا الضاغط يدور قرص معدني من الصلب بحركة لامركزية يسمى العضو الدوّار، وتوجد في الأسطوانة ريشة (شفرة) تفصل بين بوابة السحب وبوابة الطرد، تتحرك هذه الريشة داخل الشق الموجود في جانب الأسطوانة إلى الداخل وإلى الخارج، ويوجد خلف هذه الريشة نابض يدفعها إلى الأمام بحيث يبقى أحد طرفيها متصلًا بالعضو الدوّار وملاصقا له مهما كان وضعه، وكلما تحرك العضو الدوّار، ضغط أمامه بخار وسيط التبريد فيقل حجمه ويزداد ضغطه، يبين الشكل (4-8) الضاغط الدوّار ذا الريشة الواحدة، ويتكون من الأجزاء الآتية:



(1) صمّام التصريف (أو الطرد) .

(2) الريشة والنابض.

(3) فتحة السحب.

(4) غاز ذو ضغط منخفض وحرارة منخفضة.

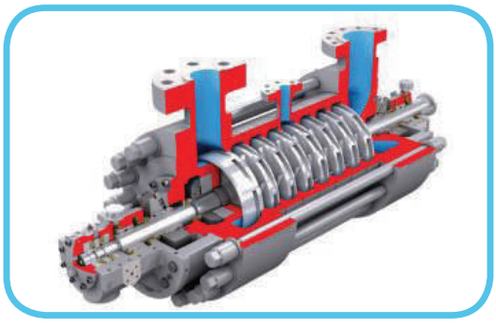
(5) العضو الدوّار.

(6) محور الدوران.

الشكل (4-8) الضاغط الدوّار متعدد الريش.

جـ- ضاغط الطرد المركزي (Centrifugal Compressor)

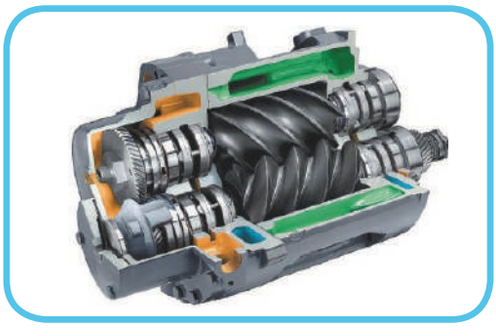
تستخدم الضواغط الطرد المركزي في أنظمة التبريد الكبيرة (تتراوح بين 90 و 10000 كيلوواط)، يرفع هذا الضاغط ضغطًا بفعل قوة الطرد المركزي عبْر فتح وسيط التبريد سرعة عالية تتحول إلى ضغط عند فتحة التصريف، ويزداد الضغط كلما زادت السرعة، ويبين الشكل (4-9) ضاغط الطرد المركزي.



الشكل (4-9):
ضاغط الطرد المركزي.

د- الضاغط الحلزوني – (Screw type)

يستخدم الضاغط الحلزوني في أنظمة التبريد الكبيرة (20 طنًّا تبريديًّا فما فوق)، وأهم ما يميزه أن حركة الأجزاء الميكانيكية التي تؤدي إلى رفع ضغط وسيط التبريد تشبه حركة البرغي Screw؛ لأن داخله ترسين لولبيين متداخلين، أحدهما قائد والآخر تابع، ويكون الترس القائد متصل بالمحرك الكهربائي، وينقل الترس القائد الحركة اللولبية إلى الترس التابع، يحتوي الترس القائد أربعة بروزات، ويحتوي الترس التابع ستة تجاويف على الأقل، وفي أثناء الدوران يصغر الحيز الذي يوجد فيه وسيط التبريد تدريجيًّا، ما يؤدي إلى ارتفاع ضغط وسيط التبريد كلما دُفع إلى الحيز الأصغر، يبين الشكل (4-10) ضاغطًا حلزونيًّا.

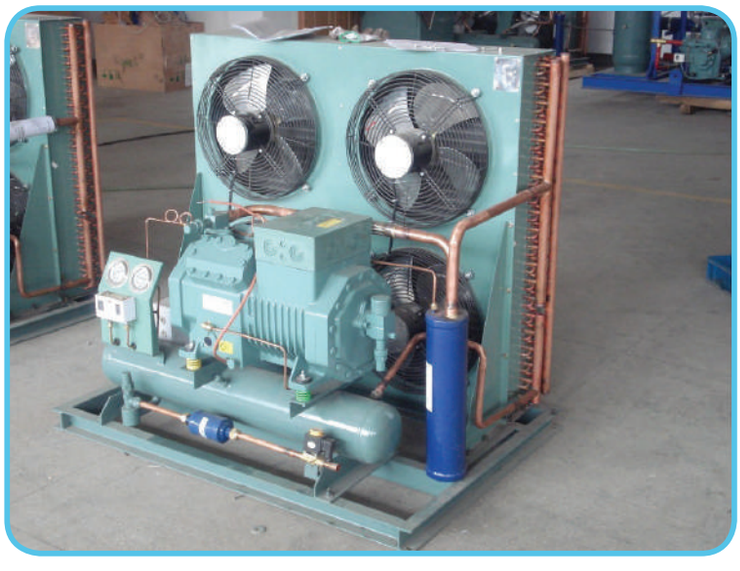


الشكل (4-10) ضاغط حلزوني.

المكثف Condenser

المكثف في نظام التبريد هو مبادل حراري ينقل الحرارة من وسيط التبريد إلى المحيط الخارجي، يسمى هذا المبادل الحراري في نظام التبريد المكثف، لأنه يعمل على تكثيف وسيط التبريد القادم من الضاغط (تغيير حالته من الغازية إلى السائلة) عند الضغط نفسه، وتتوافر المكثفات المستخدمة في التبريد بثلاثة أنواع، هي: المكثف المغمور بالماء (المبرد بالماء) وفي هذه الحالة يفقد وسيط التبريد حرارته إلى الماء، و النوع الثاني هو المكثف المبرد بالهواء، إذ تنتقل الحرارة من وسيط التبريد الساخن إلى الهواء الخارجي بالحمل الطبيعي دون وجود مراوح، وفي حالة تزويد المكثف بمروحة لزيادة كفاءة التكثيف يسمى انتقال الحرارة في هذه الحالة الحمل الإجباري (القصري) . والنوع الثالث المكثف التبخيري.

ويطلق اسم (وحدة التكثيف) على مجموعة الضاغط والمكثف وملحقاتها، التي غالبًا ما تكون مثبتة جميعها على قاعدة واحدة، يبين الشكل (4-11) الآتي أحد أنواع وحدات التكثيف.



الشكل (4-11): وحدة تكثيف.

أنواع مكثفات التبريد المستعملة في التبريد والتكييف من حيث طريقة التبريد:

- المكثفات المبردة بالهواء (Air- cooled Condensers) .
- المكثفات المبردة بالماء (Water- cooled Condensers) .
- المكثفات المبردة بالهواء والماء معًا (المكثف التبخيري) .

1- المكثفات المبردة بالهواء

تتكون المكثفات المبردة بالهواء من أنابيب مزودة بأسطح ثانوية (زعانف) لزيادة مساحة سطح التبادل الحراري، وتصنع تلك المكثفات غالبًا من أنابيب نحاس وأحيانًا من الألمنيوم، وتصنع الزعانف المركبة على هذه الأنابيب من الألمنيوم أو النحاس، أما إذا كان وسيط التبريد المستعمل الأمونيا، فتُصنع المكثفات من الصلب الذي لا يصدأ والزعانف من الألمنيوم. وتساعد الجاذبية الأرضية وسيط التبريد على المرور داخل المكثف؛ لذلك نجد أن مدخل غاز وسيط التبريد القادم من الضاغط يكون في أعلى، ومخرج سائل وسيط التبريد المتكاثف في القاع.

أ- المكثفات المبردة بالهواء بالحمل الطبيعي

الشكل (4-12): مكثّف مبرّد بالهواء بالحمل الطبيعي

تُستخدم في أنظمة التبريد المنزلي (الثلاجة) وتصنع الأنابيب من الحديد، وتثبت بأسلاك حديدية أيضًا.

يدخل غاز وسيط التبريد في المكثف ذي ضغط ودرجة حرارة مرتفعة فيقوم الهواء الطبيعي الملامس المكثف بعمل تبادل حراري بين الهواء البارد المحيط والغاز الذي

درجة حرارته مرتفعة، فيتحول الغاز إلى سائل عن طريق فقد حرارة في الهواء المحيط بالمكثف، يبين الشكل (4-12) مكثّفًا مبرّدًا بالهواء بالحمل الطبيعي.

ب- المكثفات المبردة بالهواء الجبري

تتكون من أنابيب من النحاس أو الألمنيوم أو الفولاذ مزعنفة موضوع عليها مروحة لزيادة عملية التبريد للسطح المعرض للتبريد، يدخل غاز وسيط التبريد (ذو ضغط ودرجة حرارة مرتفعتين اكتسبهما من المبخر ومن الضاغط) إلى المكثف الذي يُبرّد بالهواء الجبري، فتدفع المروحة كمية من الهواء على ملف أنابيب المكثف، فيفقد غاز وسيط التبريد حرارته خلال الهواء المار بالأنابيب، وبذلك يتحول الغاز إلى سائل تحت تأثير دفع الهواء الجبري على الأنابيب، يبين الشكل (4-13) مكثّفًا مبرّدًا بالهواء بالحمل الجبري.

الشكل (4-13) مكثّف مبرّد بالهواء بالحمل الجبري.

2- المكثفات المبردة بالماء

الشكل (4-14) مكثّف مبرّد بالماء.

يستخدم مبدأ الاتجاه العكسي (المتضاد) في المكثفات المبردة بالماء، ويبين الشكل (4-14) مكثّفًا مبرّدًا بالماء، إذ تدخل مياه التبريد من جانب ويدخل غاز وسيط التبريد من الجانب المضاد ويعمل تضاد اتجاه المسار على زيادة جودة الانتقال الحراري، ويعدّ الماء وسيطًا ممتازًا؛ نظرًا لارتفاع سعته الحرارية وكثافته. فالماء يسحب من المعادن كمية من الحرارة بمعدل أعلى بكثير من الهواء؛ لذلك تستعمل المكثفات المبردة بالماء بكثرة بدلًا من المكثفات المبردة بالهواء وذلك في السعات التبريدية الكبيرة، كذلك يمكن أن تعمل هذه المكثفات عند فروق قليلة في درجة الحرارة بين وسيط التبريد المطلوب تكثيفه وبين الماء قياسًا بفروق درجات الحرارة بين وسيط التبريد والهواء في المكثفات المبردة بالهواء.

المكثفات المبردة بالماء تتبع المنظومتين الآتيتين بالنسبة إلى الماء المستعمل:

أ- منظومة الماء المفقود (Waste-Water System)

تستعمل هذه المنظومة إذا أمكن الحصول على الماء بسهولة أو بثمن قليل حيث تستعمل مرة واحدة لتبريد المكثف، أي أن الماء يدخل باردًا إلى المكثف ويخرج منه ساخنًا إلى أنابيب الصرف.

ب– منظومة الماء المعاد (Recalculating-Water System)

تستعمل هذه المنظومة إذا كان الماء نادرًا أو كان ثمنه مرتفعًا حيث يدخل الماء البارد إلى المكثف ويخرج منه ساخنًا، ويعاد إلى وحدة تبريد أخرى تسمى (برج التبريد) فتنخفض درجة حرارته، ما يجعله جاهزًا للاستعمال مرة أخرى في دورة جديدة لتبريد المكثف، ومن هم أنواع المكثفات المبردة بالماء:

– المكثف ذو الغلاف والأنابيب (Shell- and- tube condenser) .

– المكثف ذو الغلاف والملف (Shell- and- coil condenser) .

– المكثف ذو الأنابيب المزدوجة (Double- pipe condenser) .

أجهزة التحكم في جريان وسيط التبريد

لكي تؤدي دورة التبريد عملها بكفاءة ينبغي لضغطه أن يكون منخفضًا في المبخر؛ لأن وسيط التبريد يتبخّر عند درجة حرارة منخفضة، ويكون وسيط التبريد القادم من المكثف ذا ضغط عالٍ نسبيًّا في حالة سيولة؛ لذلك يجب وضع جهاز خاص للتحكم في تدفق وسيط التبريد بين خط السائل وبين المبخّر يعمل على تخفيض ضغط وسيط التبريد (أي أنه يعمل على تمدد وسيط التبريد أو انتشاره) عند دخوله إلى المبخّر، وعملية التمدد هي عملية معاكسة تمامًا لعملية انضغاط الضاغط، إضافة إلى أن جهاز التحكم في التدفق ينظم مرور وسيط التبريد بما يتناسب ومعدل التبخير في المبخّر، وهناك عدّة أنواع من أجهزة التحكم في تدفق وسيط التبريد من المكثف إلى المبخّر، وهي:

– صمّام التمدد اليدوي (HEV) (Hand Operated Expansion Valve) .

– الأنبوب الشعري Capillary Tube.

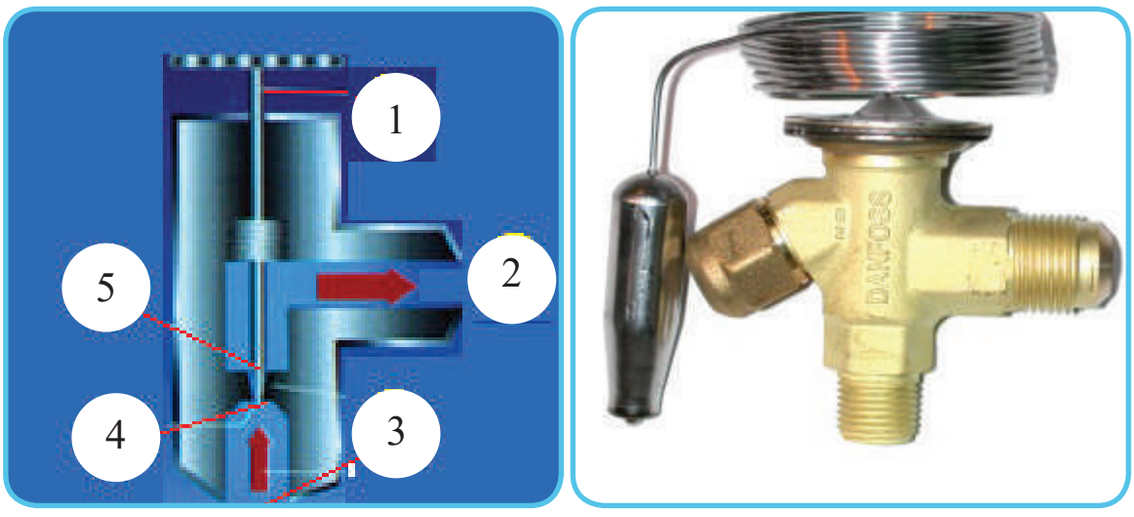
– صمّام التمدد الأوتوماتيكي (AEV) (Automatic Expansion Valve) .

– صمّام التمدد الحراري (الثيرموستاتي) TEV (Thermostatic Expansion Valve) .

– عوامة جانب الضغط المنخفض (LSF) (Low Side Float) .

– صمام التمدد الإلكتروني.

1- صمّام التمدد اليدوي (HEV)

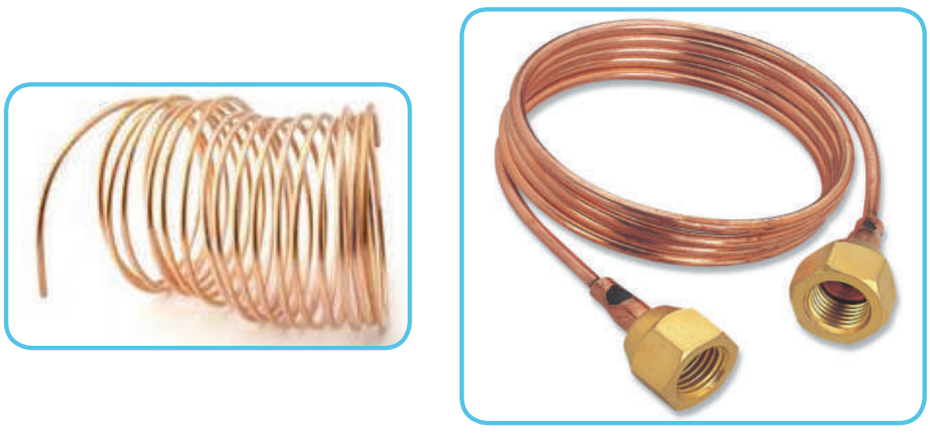


الشكل (4-15) صمّام التمدد اليدوي (HEV) .

1	مقبض الصّمام	4	الفوهة
2	فتحة خروج وسيط التبريد إلى المبخّر	5	إبرة الصمّام
3	فتحة دخول وسيط التبريد		

يعدّ صمّام التمدد اليدوي أول أنواع صمّامات التمدد استعمالًا، ومبدأ عمله يشبه إلى حد كبير صنبور المياه العادية، ولا يستعمل هذا الصمّام الآن إلا على نطاق ضيق كما في دورات التبريد التي تعمل بالأمونيا، ويعمل هذا الصمّام بصورة جيدة إذا استمر الحمل ثابتًا، لذا؛ فهو يستخدم في وحدات التبريد الكبيرة والصناعية، فالمهندس أو الفني الماهر يضبط فتحة الصمّام وفقًا لما يتطلبه حمل التبريد في أثناء التشغيل، والمأخذ عليه، أنه لا يتجاوب مع تغير حمل التبريد تلقائيًّا، إذ يلزم ضبطه باستمرار كلما تغير حمل التبريد، يبين الشكل (4-15) صمّام التمدد اليدوي (HEV) .

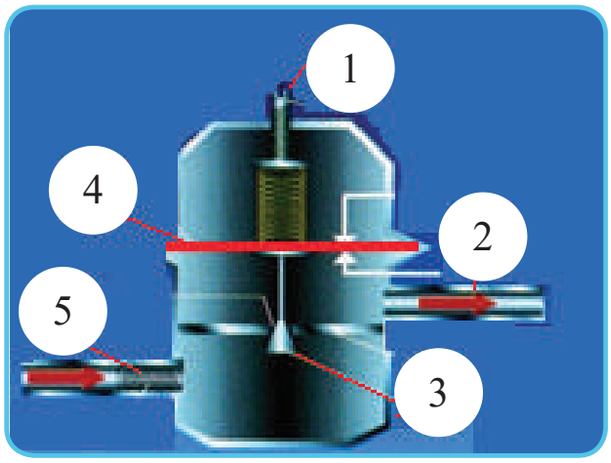
2- الأنبوب الشعري



الشكل (4-16): الأنبوب الشعري.

الأنبوب الشَّعري أنبوب نحاسي ذو قطر داخلي صغير جدًّا، إذ يتراوح قطره الداخلي غالبًا بين (0،8 ملي) إلى (2ملي)، ويتراوح طوله بين 1م إلى 4م، يجري وسيط التبريد داخله وعند خروج وسيط التبريد منه إلى الأنابيب ذات الأقطار الكبيرة، تبدأ عملية تبخر وسيط التبريد، لذا؛ فهو يؤدي وظيفة صمّام التمدد نفسها، أي أنه يمدد وسيط التبريد ويحوّل حالته من سائل ذي ضغط عالٍ (القادم من المكثف) إلى سائل ذي ضغط منخفض، ما يجعله جاهزًا للتبخر، وهو يُحدث فرقًا في الضغط بين المكثف والمبخر، وينظم أيضًا مرور وسيط التبريد إلى المبخر، وما يميز الأنبوب الشعري، أنه رخيص الثمن، ولا توجد فيه أية أجزاء متحركة، إضافة إلى أنه مفتوح دائمًا ولا ينغلق عندما يتوقف الضاغط، أي أن تدفق وسيط التبريد إلى المبخّر لا يتوقف بمجرد توقف الضاغط، وهذا يساعد الضاغط على أن يبدأ عمله من جديد عند ظروف اللاحمل، ويستخدم الأنبوب الشعري بكثرة في وحدات التبريد الصغيرة كالثلاجات المنزلية، يبين الشكل (4-16) الأنبوب الشَّعري.

3- صمّام التمدد الأوتوماتيكي (AEV)

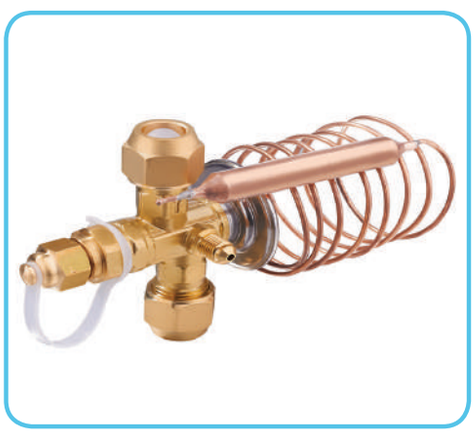


الشكل (4-17) صمّام التمدد الأوتوماتيكي (AEV) .

1	ذراع الضبط والمعايرة	4	فتحة دخول وسيط التبريد
2	فتحة خروج وسيط التبريد إلى المبخّر	5	الغشاء
3	إبرة الصمّام		

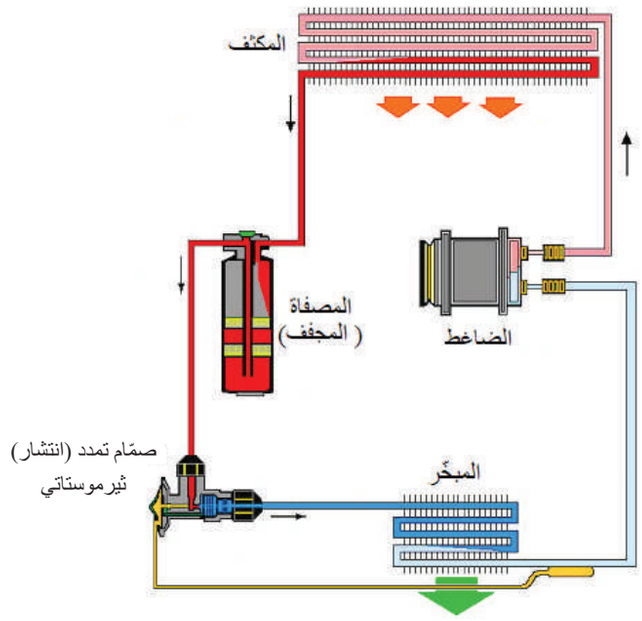
ينظم صمّام التمدد الأوتوماتيكي تلقائيًّا تدفق وسيط التبريد إلى المبخّر، بحيث يبقى الضغط في المبخّر ثابتًا عند الضغط المطلوب بصرف النظر عن تغير حمل التبريد؛ لأن المبخّر لا يمتلئ أبدًا بسائل التبريد ولكن بالرذاذ فقط، يبين الشكل (4-17) صمّام التمدد الأوتوماتيكي (AEV) .

4- صمّام التمدد الحراري (الثيرموستاتي) TEV



الشكل (4-18): صمّام التمدد الحراري (الثيرموستاتي) TEV.

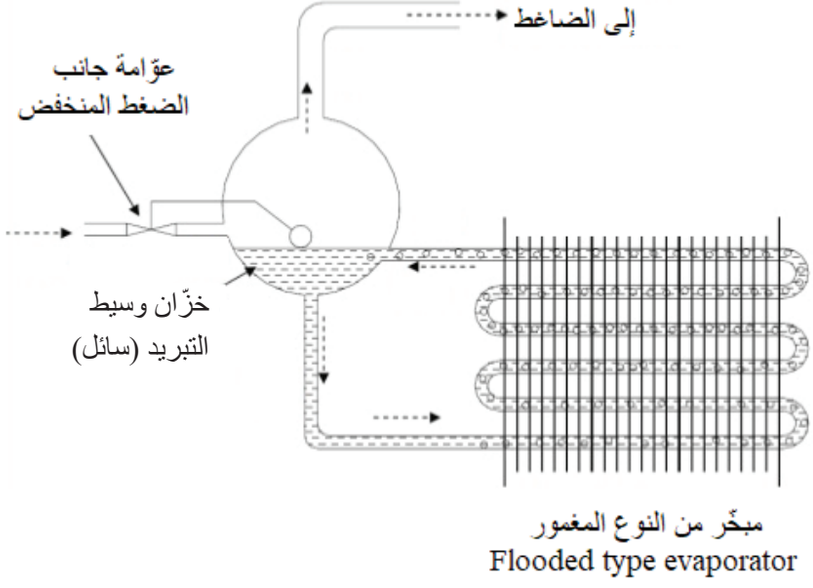
هو أكثر أنواع أجهزة التحكم في وسيط التبريد شيوعًا؛ نظرًا لكفايته العالية وإمكانية استعماله مع شتى أنظمة التبريد، وأنه يعمل على التحكم في كمية وسيط التبريد المزودة للمبخر مهما اختلفت ظروف عمل نظام التبريد، وذلك عبْر الجذر الحسّاس الذي يُثبت على خط السحب ليستشعر درجة حرارة وسيط التبريد في نهاية الدورة، إذ إن الجذر الحسّاس لهذا الصمّام يكون مملوءًا بغاز فريون من نوع وسيط التبريد نفسه لنظام التبريد، يبين الشكل (4-18) صمّام التمدد الحراري (الثيرموستاتي) TEV، يبين الشكل (4-19) موقع تركيب صمّام التمدد الحراري (الثيرموستاتي) في دورة التبريد الميكانيكية.



الشكل (4-19)

موقع تركيب صمّام التمدد الحراري (الثيرموستاتي) في دورة التبريد الميكانيكية.

5- عوامة جانب الضغط المنخفض Low Side Float (LSF)



الشكل (4-20):

عوامة جانب الضغط المنخفض Low Side Float (LSF) .

تعمل عوامة جانب الضغط المنخفض على إبقاء المبخر مملوءًا بسائل التبريد، وهذا يؤدي إلى إنتاج تبريد قوي، وعيب هذا النوع حاجته إلى كمية كبيرة من وسيط التبريد، يبين الشكل (4-20) عوامة جانب الضغط المنخفض Low Side Float (LSF)

المبخر

المبخر مبادل حراري مكون من ملف من الأنابيب يمر داخلها وسيط التبريد موفرًا سطح تبادل حراريًّا بين وسيط التبريد الذي يدخل المبخر، إذ يستقبل المبخر سائل وسيط التبريد من الأنبوبة الشَّعرية (أو أي منظم آخر لجريان وسيط التبريد)، ونتيجة لانخفاض الضغط داخل المبخر لحظة خروج سائل التبريد من الأنبوبة الشَّعرية (أو أي منظم لجريان وسيط التبريد) يساعد ذلك على تبخّر وسيط التبريد عن طريق امتصاص الحرارة من حيّز التبريد، وقد يزود المبخر بزعانف ومروحة لزيادة سطح التبادل الحراري ما يساعد على تبخر وسيط التبريد، ويؤدي استمرار هذه العملية وتكرارها إلى خفض درجة حرارة الحيز أو المكان المراد تبريده، ليعود وسيط التبريد إلى الضاغط عبْر خط السحب فتتكرر العملية، وغالبًا ما يصنع المبخر من مادة الألمنيوم، يبين الشكل (4-21) بعض أنواع المبخرات.

مبخر مزود بزعانف.

مبخر من دون زعانف (سطحي).

الشكل (4-21): بعض أنواع المبخّرات.

دورة التبريد الامتصاصية Absorption cooling cycle

دورة التبريد الامتصاصية لا يوجد فيها ضاغط، وهذا ما يميزها من دورة التبريد الانضغاطية، إذ يوجد في الدورة الامتصاصية عنصران يعملان معًا عوضًا عن الضاغط، هما: الماصّ، والمولد، ويستعمل مصدرًا للحرارة باستخدام ألواح الطاقة الشمسية، ويعدّ التبريد بالامتصاص الطريقة الأكثر انتشارًا بعد التبريد بالانضغاط، وتظهر أهمية دورات التبريد الامتصاصية عندما تكون الكهرباء غير متوافرة

مثل المناطق النائية والبعيدة عن المدن، أو غالية الثمن، مثل: عوادم المحركات، العمليات الصناعية، ومن أهم أنواع دورات التبريد التي تعمل بالامتصاص هي:

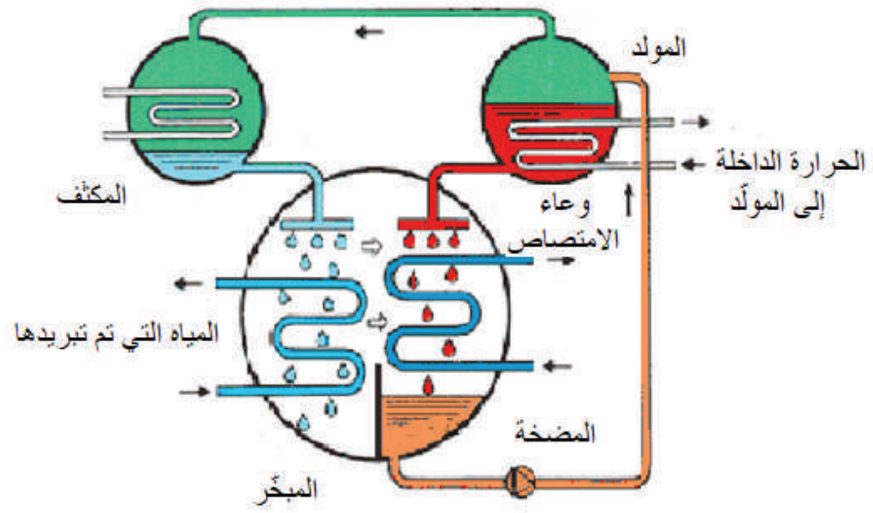
– دورة بروميد الليثيوم/ ماء Lithiu

.m bromide/ water Absorption cycle

– دورة الأمونيا/ ماء Amonia/ water Absorption cycle.

1- دورة بروميد الليثيوم / ماء

يبين الشكل (4-22): دورة بروميد الليثيوم / ماء، إذ تتكون دورة بروميد الليثيوم الامتصاصية من الأجزاء الرئيسة الآتية:



الشكل (4-22): دورة بروميد الليثيوم/ ماء.

أ– المبخّر: وظيفته امتصاص الحرارة من الماء المراد تبريده، ثم نقلها إلى الماء المتكاثف القادم من صمّام التمدد فيتبخّر.

ب– الماصّ: وظيفته تجميع قطرات محلول (بروميد الليثيوم – الماء) .

جـ– المولّد: وظيفته فصل الماء عن بروميد الليثيوم بوساطة مصدر حراري خارجي، ثم إرسال الماء على شكل بخار إلى المكثف، وإرسال بروميد الليثيوم إلى الماصّ بفعل الجاذبية الأرضية، وبفعل الفرق في الضغط بين المولد والماصّ.

د– المكثف: وظيفته تكثيف بخار الماء (تحويله من بخار إلى سائل)، ثم إرساله إلى صمّام التمدد.

وتعمل العناصر المساعدة الآتية على إتمام مهمة الدورة كما يأتي:

أ– مضخة الفاكيوم: وظيفتها سحب محلول (بروميد الليثيوم – الماء) ثم ضخه إلى المولد، وإحداث

ضغط منخفض أقل من الضغط الجوي في منطقتي المبخّر والماصّ (ضغط فاكيوم) .

ب– صمّام التمدد: وظيفته تذرير الماء القادم من المكثف إلى داخل المبخّر.

جـ– مصدر الحرارة: وظيفته تسخين محلول (بروميد الليثيوم – الماء) في المولد إلى درجة حرارة تبخر الماء لينفصل عن المحلول.

مبدأ عمل دورة بروميد الليثيوم الامتصاصية

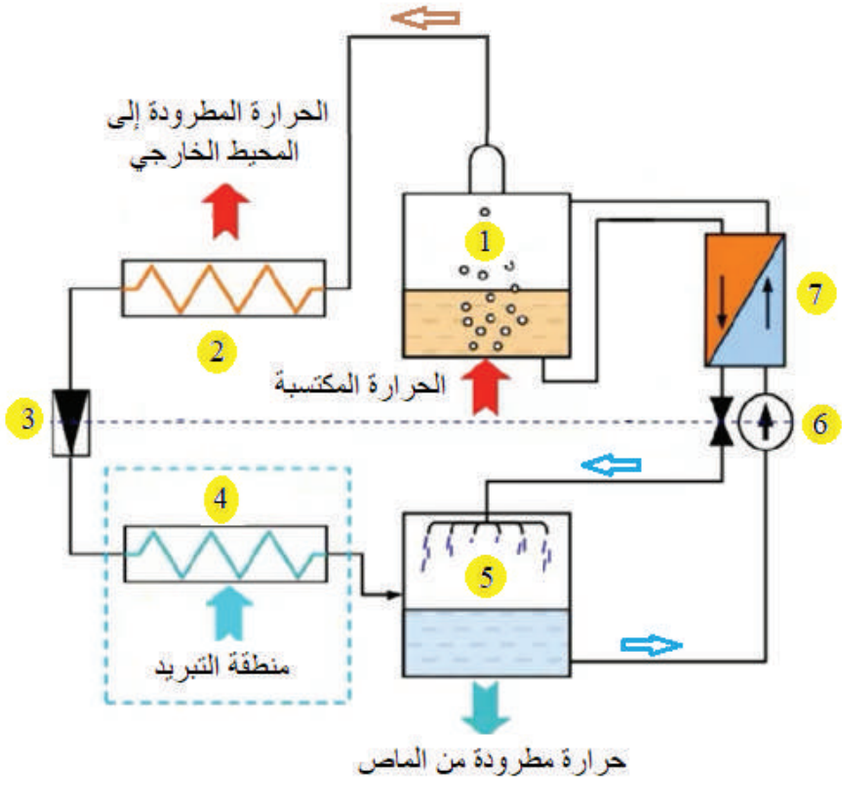
عندما ينخفض الضغط إلى ما دون الضغط الجوي في وعاء فيه ماء، فإن الماء يتبخّر عند درجات حرارة متدنية قد تصل إلى (4) درجات سليسيوس، ويستفاد من هذه الخصيصة للماء في دورات التبريد الامتصاصية للحصول على تبريد قد يصل إلى (4) درجات سليسيوس، إذ يُمزج الماء ببروميد الليثيوم لتكوين محلول بروميد الليثيوم المخفف في وعاء خاص يسمى المولد، ويكون تركيز بروميد الليثيوم في المحلول 65٪، والماء 35٪، ويستفاد من خاصية انفصال الماء عن محلول بروميد الليثيوم عند تسخين المحلول إلى درجة حرارة التبخر، إذ يتبخر الماء عند درجة 100 سليسيوس تاركًا بروميد الليثيوم المركز وحده في الوعاء؛ لأن درجة حرارة غليان الماء أقل من درجة حرارة غليان بروميد الليثيوم عند الظروف نفسها، وينتقل بخار الماء إلى المكثف حيث يتحوّل إلى سائل، ثم يذهب الماء السائل إلى المبخر عبر صمام التمدد الذي يقوم بتذريره (على شكل رذاذ)، ويقوم صمّام التمدد بتخفيض ضغطه أيضا، إذ ينتشر الماء حول أنابيب المبخر، ويتبخر مجددًا عند ضغط منخفض، ما يؤدي إلى إزالة الحرارة من الماء المراد تبريده.

محلول بروميد الليثيوم المركز المتبقي في المولد يذهب إلى الوعاء الماصّ، إذ يمتص بروميد الليثيوم بخار الماء من المبخر، ما يؤدي إلى تخفيف تركيز محلول (بروميد الليثيوم مع الماء)، ثم يضخ محلول بروميد الليثيوم المخفف بوساطة مضخة المحلول إلى المولد مجددا لتكرر الدورة من جديد، وتستمر هذه العملية بالتكرار طالما استمر مصدر الحرارة بتسخين المحلول في المولد.

2- دورة الأمونيا/ ماء الامتصاصية

لدى الأمونيا قدرة على الذوبان والامتزاج بالماء بشكل مناسب جدًّا لعمليات التبريد، مكونة محلول الأمونيا المائي الذي يتميز بأنه مستقر للغاية، ويعمل جيدًا مع مواد عديدة باستثناء النحاس وسبائكه التي تتآكل بوجود الأمونيا، وبالرغم من ميزات نظام التبريد بالأمونيا، إلا أن تطبيقاتها محدودة بسبب سميتها، إذ إن الأمونيا غاز سام وخانق.

تتكون دورة الأمونيا/ ماء الامتصاصية من: المولد، والمكثف، وصمام التمدد، والمبخّر، والماص، ومضخة المحلول، والمبادل الحراري، وصمّام معايرة، يبين الشكل (4-23) دورة الأمونيا/ ماء الامتصاصية.



١- المولد
٢- المكثّف
٣- صمّام التمدد
٤- المبخّر
٥- الماصّ
٦- مضخة المحلول
٧- المبادل الحراري
٨- صمّام معايرة

الشكل (4-23): دورة الأمونيا/ ماء الامتصاصية.

- مبدأ عمل دورة الأمونيا/ ماء الامتصاصية

يُسخن محلول الأمونيا في المولّد، فيتبخر سائل الأمونيا ويصعد إلى الأعلى تاركًا المولّد وحاملًا معه كمية قليلة من بخار الماء، ويتم التخلص من بخار الماء وإعادته إلى المولد؛ ليذهب بخار الأمونيا وحده إلى المكثف، في المكثّف يُحوّل بخار الأمونيا إلى سائل، وتُطرد حرارة التكثيف إلى المحيط الخارجي، يتجه سائل الأمونيا إلى المبخّر مرورًا بصمام التمدد، وتحدث عملية التبريد المفيدة في محيط المبخّر حيث تمتص الحرارة من منطقة التبريد لتحدث عملية تبخر سائل الأمونيا إلى بخار، ثم يتجه بخار الأمونيا من المبخّر إلى الماصّ لمزج الأمونيا بالماء لتكوين محلول الأمونيا، ثم تسحب مضخة المحلول السائل المحلول من الماصّ، وضخه إلى المولّد لتتكرر العملية من جديد.

- ابحث في المراجع المختلفة وعبر الإنترنت عن مفهومي: دورات التبريد الانضغاطية، ودورات التبريد الامتصاصية، ثم اكتب تقريرًا في ذلك، وناقش معلمك فيه.

القياس والتقويم

★★★★★

التقويـم الذاتـي

أضع إشارة (√) في خانة الدرجة المناسبة				
رقم الهدف	الهدف	درجة تحقق الهدف		
		ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أميز بين مفاهيم الضغط المختلفة: دورة التبريد الانضغاطية،دورة التبريد الامتصاصية، الضاغط، المكثف، صمّام التمدد، الأنبوب الشعري، المبخر.			
2	أدرك مبدأ عمل دورة التبريد الميكانيكية.			
3	أدرك مبدأ عمل دورة التبريد الامتصاصية.			
4	أعرف حالة وسيط التبريد في كل مرحلة من مراحل دورة التبريد الانضغاطية.			

الأسئلة

1- وضّح أهمية العناصر الآتية في دورة التبريد الميكانيكية:

أ– الضاغط:

ب– المكثف:

جـ– المبخّر:

د– صمّام التمدد:

2- أجب العبارات الآتية بـ (نعم) أو بـ (لا):

رقم	العبارة	نعم	لا
1	الضاغط هو آلة ميكانيكية تضغط الغاز وتقلل حجمه.		
2	الضاغط المفتوح هو ضاغط ترددي يعمل بوساطة محرك كهربائي خارجي.		
3	تتراوح قدرة الضاغط الدوّار بين 0.1 كيلوواط إلى 5.5 كيلوواط.		
4	دورات التبريد الامتصاصية لا يوجد فيها ضاغط.		
5	توجد الأجزاء الميكانيكية للضاغط الترددي نصف المفتوح في حجرة مستقلة عن حجرة المحرك الكهربائي.		

3– قارن صمّام التمدد بالأنبوب الشَّعري من حيث: الكلفة، ومجال الاستعمال، والأهمية في دورات التبريد.

4– اشرح مبدأ عمل دورة التبريد الانضغاطية.

5– ارسم دورة تبريد ميكانيكية بسيطة، موضحًا عليها مسار وسيط التبريد وحالته في كل مرحلة.

دورات التبريد

- دورة التبريد الانضغاطية
  - مكونات دورة التبريد الميكانيكية البسيطة
    - الضاغط
    - المكثف
    - صمّام التمدد
    - المبخّر
- دورة التبريد الامتصاصية
  - دورة بروميد الليثيوم/ماء
  - دورة الأمونيا/ماء

التمرين العملي (4-1): تجميع مكونات دورة تبريد ميكانيكية بسيطة.

النتاجات

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

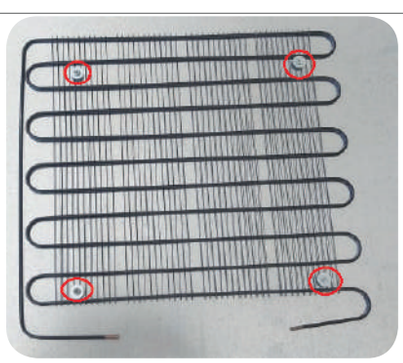
- يجمع دورة تبريد ميكانيكية بسيطة.

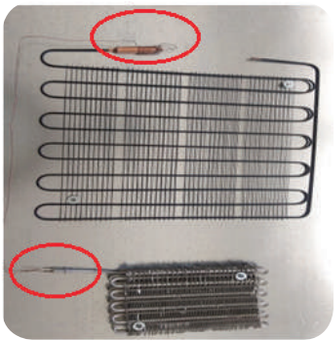
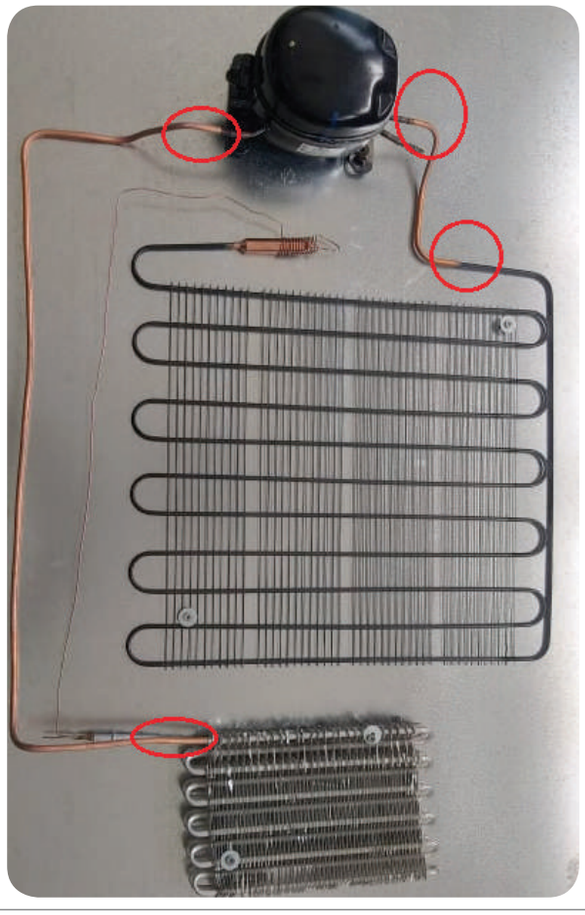
الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية

(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات	المواد
– وحدة لحام أكسي – أسيتلين.	– أسياخ لحام فضة.
– ضاغط	– براغي تثبيت المكثف والمبخر.
– مكثف.	– براغي وصواميل تثبيت الضاغط.
– مبخر.	– لوحة عمل 1م2 (خشبية أو معدنية) .
– صمّام تمدد.	– أنابيب نحاسية.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية
1	أعدّ خطة عمل بسيطة، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها، والحفاظ على البيئة، والعمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد. ملاحظة: في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات عليك مراجعة المدرب.
2	أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، متأكدًا من خلو منطقة العمل من أية مخاطر مهنية.

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
3	حدد مواقع تثبيت عناصر الدورة على لوحة العمل.	
2	أعدّ خطة عمل بسيطة، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها، والحفاظ على البيئة، والعمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد. ملاحظة: في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات عليك مراجعة المدرب.	
3	أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل العوائق من منطقة العمل، متأكدًا من خلو منطقة العمل من أية مخاطر مهنية.	
4	ثبّت الضاغط على لوحة العمل.	
5	ثبّت المكثف على لوحة العمل.	

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
6	ثبّت المبخّر على لوحة العمل.	
7	وصّل الفلتر بنهاية المكثف، ثم وصّل الأنبوب الشعري بالفلتر من جهة وبالمبخر من الجهة الأخرى متتبعًا خطوات اللحام بالأكسي–أسيتالين التي تدربت عليها سابقًا.	
8	وصّل خط طرد الضاغط ببداية المكثف، ثم وصّل خط سحب الضاغط بنهاية المبخّر؛ لتكتمل الدورة الميكانيكية البسيطة للتبريد.	
9	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

التمرين العملي (4-2): تفريغ دورة مغلقة؛ بمضخة التفريغ.

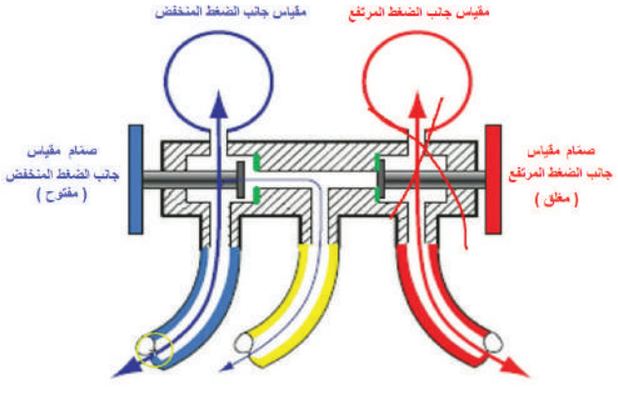
النتاجات

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- يفرغ دورة مغلقة بمضخة التفريغ.

الأجهزة والعُدد والأدوات والمواد الأولية
(تتناسب مع أعداد المتدربين في كل نشاط)

الأجهزة والعُدد والأدوات	المواد
مقاييس ضغط وسيط التبريد (بوردن)	زيت تبريد خاص بمضخة التفريغ
مضخة تفريغ (فاكيوم)	
طقم مفاتيح سداسي	
طقم مفكات	
مفتاحان قابلان للمعايرة (موليت)	
دورة تبريد مغلقة: أي دورة تبريد (مكيف / ثلاجة)	

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية
1	أعدّ خطة عمل بسيطة، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينها كلها، والحفاظ على البيئة، والعمل مع المدرب والزملاء بروح الفريق الواحد. ملاحظة :أمن المنطقة جيدًا، في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات عليك مراجعة المدرب.
2	صل فتحة ساعة الضغط المنخفض بالخرطوم الأزرق وصل الطرف الآخر بجهاز التبريد.
3	صل الفتحة الوسطى (فتحة الخدمة لمقياس بوردون) بالخرطوم الأصفر، ثم صل الطرف الآخر للخرطوم الأصفر بمضخة الفاكيوم.
4	تأكد من وجود زيت كافٍ داخل مضخة التفريغ قبل تشغيلها، إذا نقص الزيت، فأضف كمية مناسبة من الزيت الخاص بمضخة التفريغ؛ بحيث يجب أن يكون مستوى الزيت أعلى من علامة MIN، وأقل من علامة MAX الظاهرة على زجاجة رؤية زيت مضخة التفريغ المبينة في الشكل المجاور.
5	أغلق الصمّام الأحمر بإحكام (الساعة الحمراء)، ثم افتح الصمّام الأزرق (الساعة الزرقاء) . 

الرقم	خطوات الأداء العملي والأشكال التوضيحية	
٦	افتح صمّام خط الخدمة المخصص لتفريغ الدورة المغلقة	
٧	صل مضخة التفريغ بالمصدر الكهربائي، ثم شغلها وراقب خروج الهواء من فتحة التفريغ، وراقب مؤشر مقياس الضغط المنخفض، ثم أغلق صمّام مقياس الضغط، ثم افصل مصدر الكهرباء عن مضخة التفريغ، إذ يجب أن تثبت القراءة لمدة نصف ساعة تقريبًا، إذا ارتفع المؤشر، فإن هذا يدل على وجود تسريب يجب معالجته ثم إعادة التفريغ.	
٨	نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

مسرد المصطلحات

ENGLISH	المصطلح باللغة العربية
ABSOLUTE PRESSURE	الضغط المطلق
ACETYLENE CYLINDER	أسطوانة الأستلين
ACETYLENE GAS REGULATOR	منظم غاز الأستلين
AIR CONDITIONSYSTEM	نظام تكييف الهواء
AIR DUCTS	أقنية الهواء
ALUMINUM TUBES	أنابيب الألمنيوم
ALTERNATING CURRENT	التيّار المتناوب
ANNEALED COPPER TUBING	أنابيب النحاس الملدنة
ANALOG	تناظري (ذو مؤشر)
AVO METER	جهاز القياس الكهربائي متعدد الاستخدامات
AVO-METER	أفوميتر
ACCUMULATOR	المجمع
ARC WELDING	لحام القوس الكهربائي
AC POWER SUPPLY	مصدر فولتية متردد

ENGLISH	المصطلح باللغة العربية
ATOMOSPHERE PRESSURE	الضغط الجوي
AMPERE	الأمبير
AMPERE METER	جهاز قياس شدة التيار الكهربائي
ANGLE VALVE	صمّام زاوية
AUTOMATIC EXPANSION VALVE (AEV)	صمّام التمدد الأوتوماتيكي
BAROMETER	الباروميتر
BASIC REFRIGERATION SYCLE	دورة التبريد الأساسية
BENDING	الثني
BEND	كوع
BELLOW	جهاز التحكم في درجة الحرارة ذو المنفاخ
BENCH YOKE VISE	ملزمة الطاولة
BIMETAL TYPE	جهاز التحكم في درجة الحرارة ذو الزوج المعدني
BIMETAL TYPE	الزوج المعدني
BOURDON TUBE TYPE	جهاز التحكم ذو أنبوب بوردن
BUSH HEXAGON	نقاصة سداسية

ENGLISH	المصطلح باللغة العربية
BYPASS VALVE	صمام فرعي
CORROSION	تآكل
CARBONIZATION	التفحم
CAPACITOR ANALYZER	جهاز قياس السعة
CAPACITOR ANALYZER	جهاز محلل السعة الكهربائي
CAPACITORS	المواسعات الكهربائية
CAPACITOR-START CAPACITOR-RUN INDUCTION MOTOR	المحرك التأثيري ذو مواسع البدء ومواسع الحركة
CENTRIFUGAL SWITCH	مفتاح الطرد المركزي
CIRCUIT BREAKER	القاطع الآلي
CIRCUIT BREAKER	القاطع الكهربائي
CONSUMED ELECTRICAL ENERGY	الطاقة الكهربائية المستهلكة
CONTACTOR	المفتاح الكهرومغناطيسي
CURRENT	التيار
CURRENT ELECTRIC	تيار كهربائي
CAPILLARY TUBE	الأنبوب الشعري

ENGLISH	المصطلح باللغة العربية
CARBONIZATION	التفحم
CONDENSER FAN	مروحة المكثف
CONDUCTORS	موصلات كهربائية
COIL	ملف كهربائي
CRANKCASE HEATER	مسخن صندوق عمود المرفق
CLUTCH	قابض
COUNTER –FLOW	سريان متعاكس
CURRENT RELAY	مرحل التيار
COMMERCIAL ICE MAKER	صناعة الجيد التجارية
COMPRESSOR	الضاغط
CONDENSER	المكثف
CARBUNIZING FLAME	اللهب المكربن
CAST IRON	حديد الزهر
COPPER TUBES	أنابيب نحاسية
(XLPE) CROSS LINKED POLY- ETHYLENE	مادة البولى أثيلين التشابكى

ENGLISH	المصطلح باللغة العربية
COUNTER FLOW HEAT EXCHANGER	المبادل الحراري ذو السريان المتعاكس
DIGITAL	رقمي
DIRECT CURRENT	التيار الكهربائي المباشر
DC GENERATORS	مولدات التيّار المباشر
DC POWER SUPPLY	مصدرفولتية مستمر
DEEP FREEZE	تبريد عال عميق
DEFROST THERMOSTAT	منظم اذابة الجليد
DEGREE	درجة
DENSITY	كثافة
DIELECTRIC STRENGTH	شدة العزل
DUAL PRESSURE CONTROL (HP/LP)	قاطع الضغط المزدوج
DISADVANTAGES	عيوب
DRYER	المجفف
ELECTRIC SHOCK	الصعقة الكهربائية
ELECTRONS	الإلكترونات

ENGLISH	المصطلح باللغة العربية
EQUIPMENT	المعدات
EXCESS HEAT	الحرارة الزائدة
EJECTOR BLADES	شفرات الطرد
ELECTRIC RESISTANCE	مقاومة كهربائية
ELECTRICAL CIRCUIT	الدارة الكهربائية
ELECTRICAL SOURCE	مصدر كهربائي
ELECTRO MOTIVE FORCE	القوة الدافعة الكهربائية
ELECTRICAL RELAYS	المرحلات الكهربائية
ELECTRICAL LOAD	الحمل الكهربائي
ELECTRIC CURRENT	التيّار الكهربائي
ELECTRIC RESISTANCE	المقاومة الكهربائية
ELBOW	وصلة الكوع
ENERGY	الطاقة
ELECTRIC HEATER	المسخن الكهربائي
EVAPORATING UNIT	وحدة التبخير

قائمة المراجع

أولًا: المراجع العربية

1- أحمد مصطفى وشركاه، **العلوم الصناعية الخاصة**، التكييف والتبريد للصف الأول الثانوي الشامل المهني، الفرع الصناعي.

2- خولة الشيخ، **ميكانيك التبريد وتكييف الهواء المركزي للسيدات وفقًا لمنهجية التدريب المبني على أساس الكفايات CBT**.

3- ماضي الجغبير، **دليل مفتشي العمل للسلامة والصحة المهنية الخاص بعمل الأطفال**، مكتب منظمة العمل الدولية **ILO**، عمّان، الأردن، 2015 م.

4- ميسون شفيق الريماوي، وزارة العمل، مديرية التفتيش، قسم السلامة والصحة المهنية، **السلامة في مواقع العمل دليلك إلى سلامتك**، الطبعة الثانية.

ثانيًا: المراجع الأجنبية

1 - Althouse, Turnquist and Bracciano, **Modern Refrigeration and Air – Conditioning**, 2015.

2 - Designer's Guide to Ceiling-Based Air Diffusion, Rock and Zhu, Inc., Atlanta, GA, USA, 2002.

3 - **Modern Refrigeration and Air Conditioning (20th Edition) – eBook,** Andrew D. Althouse, Carl H. Turnquist, Alfred F. Bracciano, Daniel C. Bracciano, Gloria M. Bracciano.

4 - Ventilation and Infiltration chapter, **Fundamentals volume of the -ASHRAE Handbook**, ASHRAE, Inc. , Atlanta, GA, 2005.

تمّ بحمد الله تعالى