إدارة المناهج والكتب المدرسية

التكييف والتبريد

العلوم الصناعية الخاصة والتدريب العملي

الفصل الدراسي الثاني

الصف الثاني 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

يسرّ إدارة المناهج والكتب المدرسيّة استقبال ملحوظاتكم وآرائكم على هذا الكتاب على العناوين الآتية:
هاتف: 8-5/4117304 فاكس: 4637569 ص.ب: (1930) الرّمز البريديّ: 11118
أو على البريد الإلكترونيّ: 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 (2021/28) تاريخ (2021/5/4)م، بدءًا من العام الدراسي 2022/2021.

الحقوق جميعها محفوظة لوزارة التربية والتعليم

عمان – الأردن / ص.ب: 1930

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2021/7/4102)
ISBN: 978-9957-84-976-4

اللجنة الضابطة لتأليف هذا الكتاب

د. محمد سلمان كنانة	د. أسامة كامل جرادات
د. زايد حسن عكور	د. زبيدة حسن أبو شويمة
م. حمد عزات أحمرو	م. باسل محمود غضية
م. عبد الناصر سعيد حماد	بكر صالح عليان
م. عبد المجيد حسين أبو هنية	م. حماد محمد أبو الرشتة

م. محمد عبد اللطيف أبو رحمة

التحرير العلمي: م. عبد المجيد حسين أبو هنية

التحرير اللغوي: د. خليل إبراهيم القعيسي **التحرير الفني:** نرمين داود العزة

التصميم: فخري موسى الشبول **الإنتاج:** سليمان أحمد الخلايلة

دقّق الطباعة وراجعها: م. ثامر سامي الحلايبة

الطبعة الأولى 1442هـ / 2021م

أُعيدت طباعته 2022م

قائمة المحتويات

الموضوع	الصفحة

الوحدة الثالثة: قنوات الهواء

أشكال قنوات الهواء 13

مواصفات قنوات الهواء 14

شبكات قنوات الهواء 18

أشكال شبكات قنوات الهواء 19

أنواع نواشر الهواء 21

عزل أقنية الهواء 22

التمرين (3–1): تركيب مخارج هواء مختلفة الأشكال 26

التمرين (3–2): ربط قطعتي صاج بالثني والتداخل بوَصْلة تبكيل منزلقة (سحّاب) 28

التمرين (3–3): تنفيذ إفرادات قنوات الهواء مضلعة وأسطوانية الشكل 30

التمرين (3–4): تشكيل أسطوانة ومخروط من الصاج بآلة الدرفلة 32

التمرين (3–5): صيانة قنوات الهواء وعزلها 35

التمرين (3–6): تشكيل قطعة وصل (كوع ذو مقطع مستطيل) 37

الوحدة الرابعة: أنظمة التكييف المركزية المجزأة

أولًا: نظام وحدات التكييف المركزية المجزأة (Central Split) 47

ثانيًا: نظام التكييف المركزي متغير الحجم (متغير التدفق) 50

التمرين (4–1): تركيب نظام وحدات تكييف مجزأة مركزية وتشغيله 57

التمرين (4–2): تركيب نظام تكييف متغير الحجم (VRF) وتشغيله 63

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الوحدة الخامسة: أنظمة التكييف المركزية المجمّعة (packaged units)، وأنظمة تكييف الهواء المركزية التي تعمل بالمياه المبردة (الشلرات) (Chillers)

أولًا: وحدات تكييف الهواء المركزية المجمعة ---- 77

ثانيًا: أنظمة تكييف الهواء المركزية التي تعمل بالمياه المُبردة ---- 83

التمرين (5–1): تركيب وحدة مجمعة أفقية مبرّدة بالهواء خارج الحيّز المراد تكييفه ---- 107

التمرين (5–2): خدمة وحدة تكييف هواء مجمعة وصيانتها ---- 110

التمرين (5–3): تشغيل مُبرد الماء (الشيلر) ---- 112

التمرين (5–4): تنظيف أنابيب المبخر ذي الغلاف والأنابيب ---- 115

التمرين (5–5): تنظيف أنابيب شبكة مكثف مبرّد بالماء ---- 117

التمرين (5–6): صيانة مبرد الماء (الشيلر) وخدمته ---- 120

التمرين (5–7): صيانة برج التبريد (Cooling Tower) ---- 123

الوحدة السادسة: أنظمة التكييف الامتصاصية

مبدأ عمل دورة تكييف الهواء الامتصاصية ---- 130

المكونات الرئيسة ووسائط التبريد المستخدمة في أنظمة التكييف الامتصاصية ---- 130

استغلال الطاقة الشمسية في تشغيل الأنظمة الإمتصاصية ---- 134

التمرين (6–1): تركيب نظام تسخين الماء بالطاقة الشمسية (ذي الأنابيب المفرغة) وخدمته ---- 140

الوحدة السابعة : أجهزة تكييف المركبات 146

الدارة الميكانيكية لجهاز تكييف المركبات ---- 153

الدارة الكهربائية الخاصة بنظام تكييف المركبة ومكوناتها ---- 168

دورتا الهواء لمكيف المركبة ---- 172

التمرين (7–1): تفريغ وحدة تكييف المركبة وشحنها ---- 179

التمرين (7–2): استبدال الضاغط الخاص في وحدة تكييف المركبة ---- 184

التمرين (7–3):خدمة نظام تكييف المركبة وصيانته ---------- 186
التمرين (7–4): فك مجس الضغط العالي واستبداله ---------- 188
التمرين (7–5): تصليح تسرب وسيط التبريد لنظام تكييف المركبة ---------- 190
مسرد المصطلحات ---------- 194
قائمة المراجع ---------- 196

منهاجي
متعة التعليم الهادف

المسوغات

يُعَدّ 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، وتسليحهم 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 لدى الطلبة، وفقًا لتعاليم العقيدة الإسلامية وقيمها الإنسانية والأخلاق العربية، وإعداد الطلبة للعمل وتأمين الحياة الكريمة لهم، مسلّحين بكفايات مهنية، تمكنهم من مواجهة تحديات العصر.

ويُعَدّ هذا التخصص رافدًا مهمًّا للكوادر الفنية المؤهلة القادرة على التكيف مع المتطلبات الحالية والمستقبلية والحاجات المتغيرة، ما يؤثر إيجابيًّا 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 يُزوّد الطلبة بالآتي:

- مهارات تخصصية كافية لإجراء أعمال التكييف والتبريد بحسب 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.

3 الوحدة الثالثة

قنوات الهواء

المحاور الفرعية

- أشكال قنوات الهواء ومواصفاتها، ومخارج الهواء، ونظام توزيع الهواء، وعزل قنوات الهواء.

قنوات الهواء

النتاجات

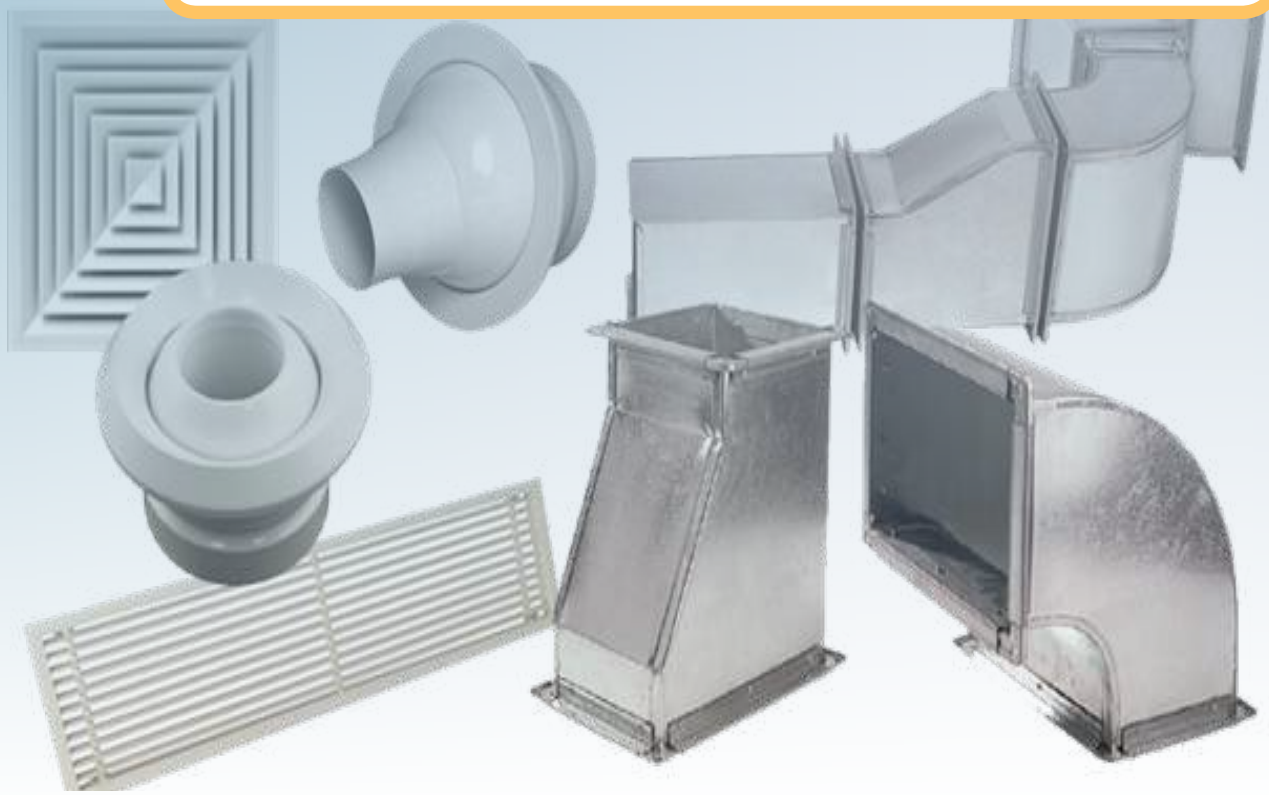
يتوقع منك بعد هذا الدرس أن:

- تتعرف مواصفات قنوات الهواء وأشكالها.
- تتعرف أنواع مخارج الهواء وأشكالها.
- تتعرف أنظمة الهواء وتوزيعه.

القياس والتقويم

تعليمات السلامة العامة

- ☑ أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوقات، وتأكد من خلو منطقة العمل من أي خطورة متوقعة.



نتاجات خاصة بالعلوم الصناعية الخاصة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتعرّف شكلي مقاطع قنوات الهواء:
  - المقطع الدائري.
  - المقطع المضلع.
- يتعرّف مواصفات الأشكال المختلفة لقنوات الهواء واستخداماتها.
- يتعرّف المواد التي تستخدم في صناعة قنوات الهواء.
- يتعرّف قِطَع وَصْل قنوات الهواء.
- يتعرّف الوَصْلات المرنة وفوائدها واستخداماتها.
- يتعرّف المواد المستخدمة في عزل قنوات الهواء.
- يتعرّف طرائق عزل قنوات الهواء.
- يتعرّف أنواع نواشر الهواء وأشكالها.
- يتعرّف أشكال مخارج الهواء وأنواعها.

النتاجات الخاصة بالتدريب العملي

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ التدريب العملي أن:

- يركّب مخارج هواء مختلفة الأشكال.
- يصنع إفرادات قنوات الهواء مضلعة وأسطوانية الشكل.
- يصنع إفرادات قِطَع وَصْل مجاري الهواء.
- يعزل قنوات الهواء.
- يجري صيانة لقنوات الهواء ويعزلها.

- هل شاهدت يومًا هذه الأشكال الهندسية (قنوات الهواء) فوق أسطح الأبنية؟
- كيف وُصّلت حتى أصبحت بهذا الشكل؟ وما المواد التي استخدمت في صناعتها؟

استكشف

– في الصورة الآتية بعض قِطَع قنوات الهواء، حاول أن تتعرف كيفية تجميعها، وكيفية صناعتها واستخداماتها، ثم اكتب تقريرًا عن ذلك مشاركًا زملاءك فيه.

اقرأ.. وتعلم

قنوات الهواء هي ممرات ومجارٍ للهواء، ينتقل الهواء من خلالها من جهاز التكييف أو من وحدة مناولة الهواء وتوزيعه إلى الحيز المراد تكييفه.

تستخدم قنوات الهواء في أنظمة التكييف المركزيّة، حيث تعدّ قنوات الهواء الجزء الرئيس في منظومة تكييف الهواء الذي يربط جهاز التكييف بالحيزّ المراد تكييفه، فيُنقل عَبْرَها الهواء المارّ وتوزيعه بمراوح صُمّمت لهذا الغرض.

1 -أشكال قنوات الهواء

تُصنّع قنوات الهواء بأشكال وأحجام عدّة، وتختلف هذه الأشكال في الخصائص والمزايا، من حيث مرونة الاستخدام والتصنيع والتركيب.

تصنف قنوات الهواء بحسب المقطع العرضي إلى ما يأتي:

أ- **قنوات هواء دائريّة المقطع (Round Ducts)**: تمتاز قنوات الهواء دائرية المقطع بقدرتها على نقل كمية هواء أكبر وبسرعات أعلى من القنوات ذوات المقطع المضلع؛ لانسيابيتها وانخفاض الاحتكاك بين الهواء المتدفق والجدران الداخلية، وإنخفاض مستوى الضجيج أيضًا، يبيّن الشكل (3-1) قنوات هواء دائرية المقطع.

الشكل (3-1): نظام قنوات هواء دائريّة.

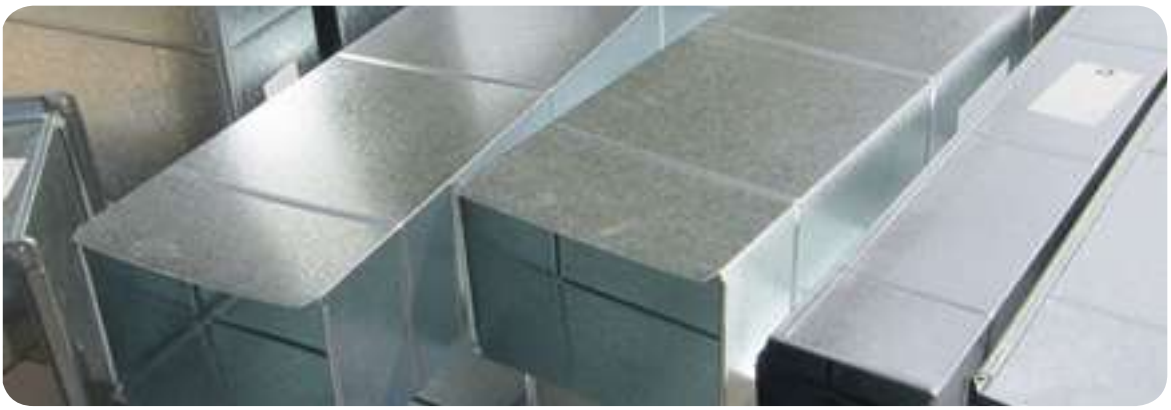
ب- **قنوات مضلعة (Rectangular Ducts)**: هي قنوات هواء جوانبها مضلعة الشكل، ومقطعها العرضي مستطيل أو مربع، وبسبب وجود زوايا قائمة لهذه الأشكال الهندسية، يزداد الاحتكاك بين تيار الهواء المتدفق والجدران، ما يعوق سرعة التدفق وكميته مقارنة بالشكل الدائري المذكور آنفًا، وتمتاز هذه القنوات المضلعة بسهولة التجميع والتوصيل والتركيب، فانتشر استخدامها انتشارًا واسعًا، ويُبيّن الشكل (3–2) قنوات هواء مضلعة.

الشكل (3–2): قنوات هواء مضلّعة.

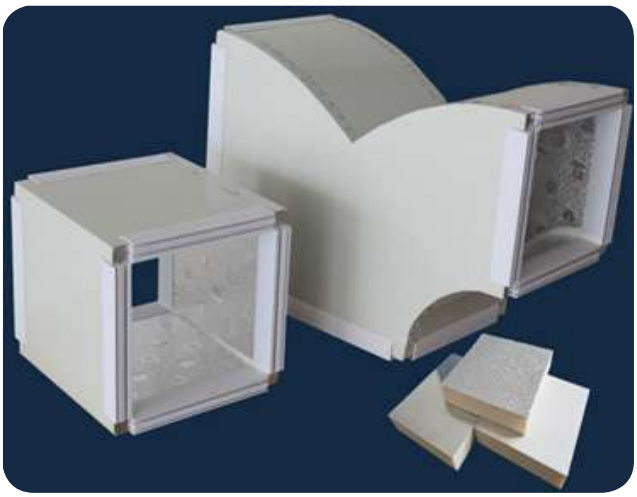
2 - مواصفات قنوات الهواء

تصنع قنوات الهواء من مواد آمنة، فلا تتفاعل مع الهواء ولا تتغير خصائصه؛ ليبقى الهواء نقيًّا ومناسبًا لصحة الإنسان، وغالبًا ما تصنع قنوات الهواء من ألواح الصاج المجلفن (**Galvanized Steel Sheets**)، وتمتاز بأنّها مقاومة للتآكل الكيميائي، والرطوبة، والصدأ، وهي ذات أحجام متعددة بحسب طبيعة الاستعمال، يُبيّن الشكل (3–3) قنوات هواء من الصاج المجلفن، كما تصنع قنوات الهواء من ألواح الفوم المضغوط (**Compressed foam plates**): وهي ألواح من مادة رغوية عازلة للحرارة والصوت، مزودة بطبقتين رقيقتين من الألمنيوم؛ حماية لمادة الفوم من التلف، وهي من أحدث أنواع قنوات الهواء وأكثرها انتشارًا؛ نظرًا إلى خفة وزنها، وسهولة تشكيلها، وسرعة تجميعها وتركيبها، وانخفاض

مستوى المخاطر المهنية فيها، يُبيّن الشكل (3–4) قِطَع وَصْل لقنوات هواء مصنوعة من الفوم المضغوط، وكذلك تصنع قنوات الهواء من ألواح الألومنيوم (**Aluminum Sheets**)، وألواح الفولاذ غير القابل للصدأ (**Stainless Steel Sheets**)، وتوجد أيضًا قنوات الهواء القماشية (**Fabric duct**)، وهي مجرىً من النسيج يحتوي نوعين يتم إرسال الهواء من خلالهما.



الشكل (3–3): قنوات هواء من الصاج المجلفن.



الشكل (3–4): قِطَع وَصْل لقنوات هواء مصنوعة من الفوم المضغوط.

الشكل (3–5): أشكال مختلفة من قِطَع وَصْل مصنوعة من الصاج.

عند تمديد شبكة قنوات الهواء، تُربط القنوات بقِطَع خاصة تناسب قياسات القنوات وأحجامها، وتتوافق وموقع التركيب، فقد تكون قطعة الوَصْل اللازمة في موقع ما هي كوع 90 درجة، أو تفريعة (T)، أو نقّاصة لربط شبكتين مختلفتين في المقاس، حيث تُشكّل قِطَع الوَصْل بحسب

الحاجة، يُبيّن الشكل (3–5) أشكالًا مختلفة من قِطَع وَصْل مصنوعة من الصاج، وعند ربط أطراف قطعة الوَصْل بعد ثنيها، تثبّت بإدخال قِطَع الصاج في بعضها بإحكام، تُسمى هذه الوَصْلات "الوَصْلات الميكانيكية"، وتمتاز بالمحافظة على طبقة الحماية التي تغطي بعض أنواع الصاج، مثل صاج (المجلفن)، فلا تحترق كما يحدث لو رُبطت عبر الحرارة، أو ثُقبت بأدوات الثقب المختلفة لغاية الربط بالبراغي أو البراشم.

طرق ربط مجاري الهواء

لقِطَع الوَصْل أشكالًا مختلفة مصنوعة من الصاج، وتصنع الوَصْلات الميكانيكية بأشكال عدّة، منها:

أ – **الوَصْلة المنزلقة (C)، أو (سحّاب)**: وتتكوّن هذه الوَصْلة من ثنية واحدة على كلّ طرف من أطراف الصاج، وتُجمّع عَبْرَ وَصْلة خارجية تُستعمل غطاءً يربطهما معًا، كما هو مُبيّن في الشكل (3–6).

الشكل (3–6): الوَصْلة المنزلقة.

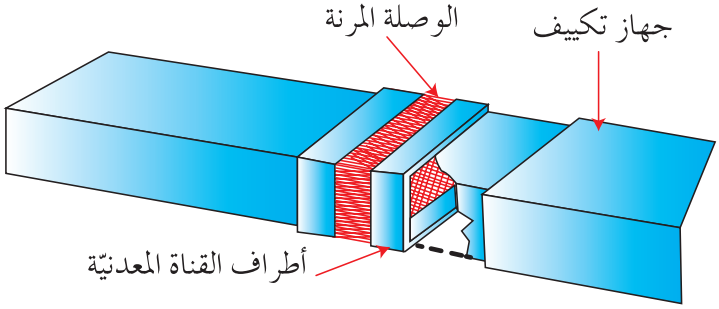
ب – **الوَصْلة المستوية (تعشيقة داخليّة) مزدوجة**: وهي من الوَصْلات الأكثر انتشارًا، تكون عدد الثنيات في هذه الوَصْل اثنتين، تدخل إحداهما في الأخرى، حيث تُربط وتُغلق بإحكام بقالب التبكيل (إزميل التبكيل)، على أن يكون أكبر من عرض الثنية (2) مم تقريبًا، يُبيّن الشكل (3–7) مقطعًا عرضيًّا للوَصْلة.

الشكل (3–7): الوَصْلة المستوية.

جـ – **الوَصْلة القائمة (وَصْلة قاعدة) مفردة**: وتُسمى في بعض الأحيان وَصْلة الربط المتعامد، وتستخدم هذه الوَصْلة في الحالات التي يكون سُمْك صاجها أكثر من (1.5) مم، كما في الشكل (3–8).

الشكل (3–8): وَصْلة قائمة.

– **الوَصْلات المرنة**: تُصنع الوَصْلات المرنة على صورة أسطوانة زنبركية من الفولاذ المجلفن أو الألومنيوم؛ والهدف منها وَصْل طرفي القنوات الرئيسة بأقل عدد من الوَصْلات والانعطافات؛ لتوفير الوقت والجهد، خصوصًا عندما يكون طول قناة الهواء المرنة قصيرًا جدًّا ولا يتجاوز طولها (4) أمتار، وتُعدّ سهلة التشكيل والثني، وتمتاز بمستوًى منخفض من الضجيج؛ نظرًا إلى قدرتها على خمد الاهتزازات والأصوات وامتصاصها، وتصنع بعض أنواع الوَصْلات المرنة من قماش متين مغطًّى بالصوف الزجاجي المقاوم للحريق، أو من موادّ أخرى مرنة، بحيث تتمدد وتتقلص دون أن تنفصل عن بعضها، ومقاومة للحريق ومناسبة لقنوات الهواء، ولا بد من أن تكون الوَصْلات مانعة للتسرب، قادرة على امتصاص الاهتزازات من الأجهزة الموصولة بها، يُبيّن الشكل (3–9) وَصْلة مرنة من القماش المتين، ويبين الشكل (3–10) وصلة مرنة من الألمنيوم.



الشكل (3–9): وَصْلة مرنة.

الشكل (3–10): وصلة مرنة من الألمنيوم.

شبكات قنوات الهواء

تقسم شبكات قنوات الهواء المستخدمة في أنظمة تكييف الهواء المركزي أربع قنوات، هي:

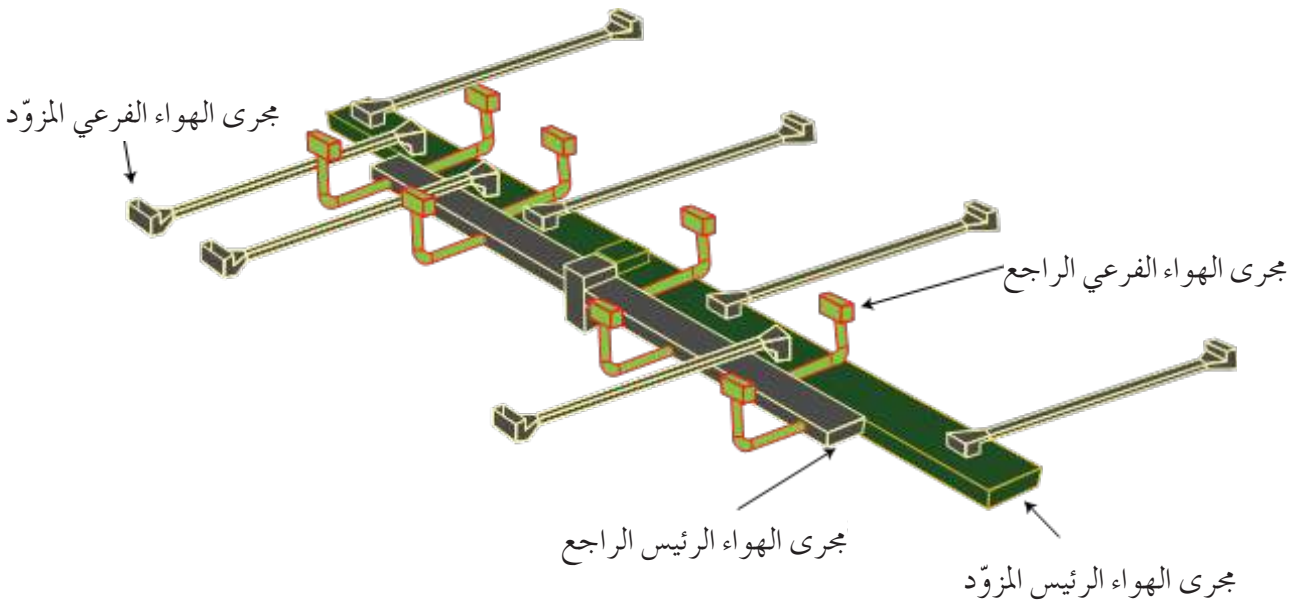
أ- **قنوات تزويد رئيسة:** تنقل هواء التغذية الرئيس من وحدة مناولة الهواء إلى الأفرع، وكميّة الهواء المتدفق كبيرة وسرعته مرتفعة.

ب- **قنوات تزويد فرعيّة:** تنقل كميات قليلة من الهواء إلى الحيز المكيف، بسرعة أقلّ من قنوات التزويد الرئيسة.

جـ- **قنوات سحب هواء راجع رئيسة:** تنقل الهواء الراجع من الفروع إلى وحدة مناولة الهواء.

د- **قنوات سحب هواء راجع فرعيّة:** تنقل الهواء الراجع من الحيّز المكيّف إلى المجرى الرئيس الراجع.

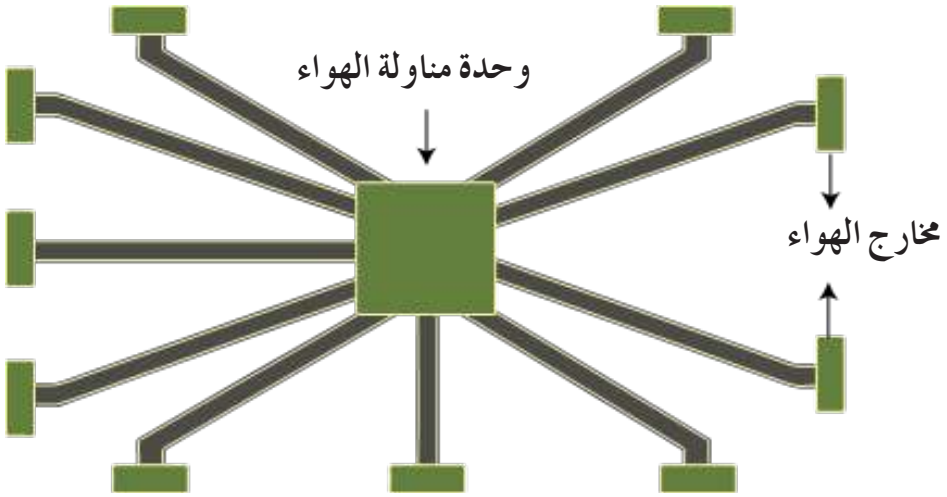
يُبيّن الشكل (3-11) قنوات الهواء الأربعة.



الشكل (3-11): شبكة قنوات الهواء الأربعة.

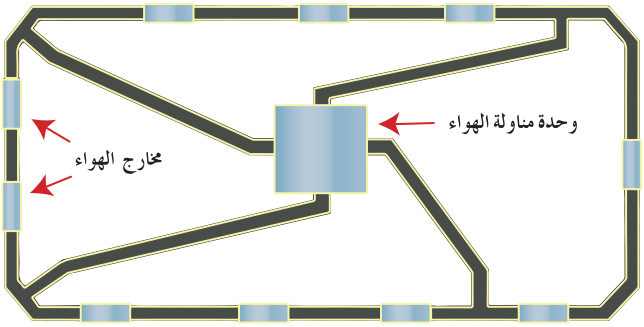
أشكال شبكات قنوات الهواء

أ – **الشبكة القُطْرية**: توصل الهواء المكيّف من مجرى التوزيع الرئيس إلى القنوات الفرعية قُطْريًّا، ويصلح هذا النظام للأبنية الواسعة، وغالبًا يستخدم في التطبيقات السكنية، كما هو مبيّن في الشكل (3–12).



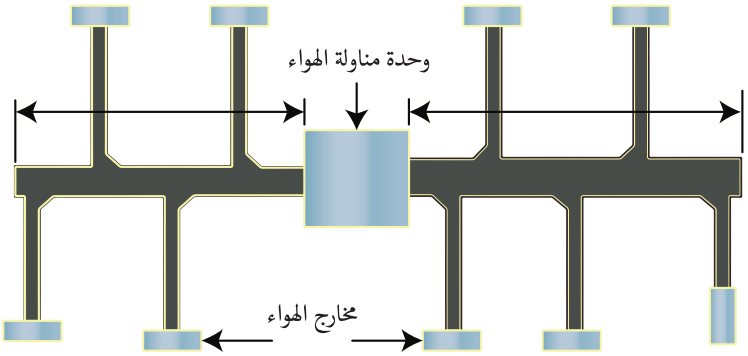
الشكل (3–12): الشبكة القُطْرية.

ب–**الشبكة الحلقية**: يُبيّن الشكل (3–13) هذا النوع من التوزيع، ويكون ضغط الهواء ثابتًا خلال الحلقة، ويكون ضغط الهواء عند مخارج توزيع الهواء متساويًا.



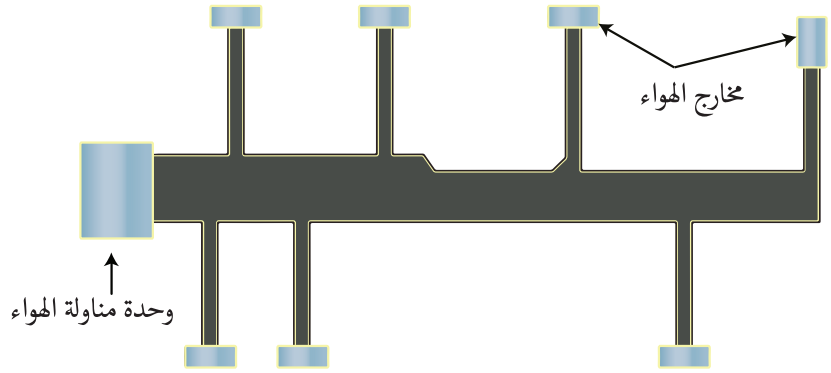
الشكل (3–13): نظام توزيع حلقي.

جـ–**الشبكة الممتدة**: تكون خلالها كميّة التدفّق والسرعة متغيرتين، ويمكن استخدامها في التطبيقات التجارية والسكنية، والشكل (3–14) يُبيّن شكل الشبكة الممتدة.



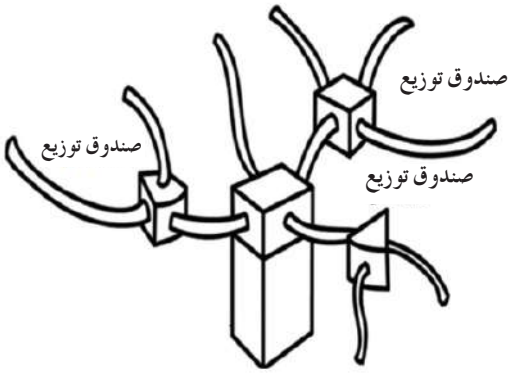
الشكل (3–14): نظام التوزيع الممتدّ.

د – نظام توزيع ممتدّ متقلص: يُقلّص حجم القنوات؛ لإبقاء السرعة ضمن مدًى معيّن، فهي تتميز بتوفير الموادّ، يبيّن الشكل (3–15) نظام توزيع ممتدّ متقلص.



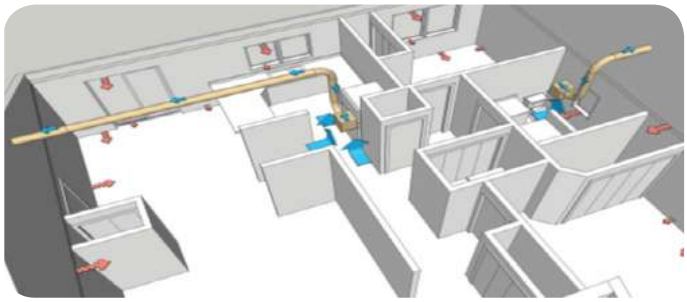
الشكل (3–15) نظام توزيع ممتدّ متقلص.

هـ – نظام التوزيع العنكبوتي (Spider System): في هذا النظام تزود القنوات الفرعية بالهواء بوساطة صناديق توزيع مركبة على الخطوط الرئيسة كما في الشكل (3–16).



الشكل (3–16): نظام التوزيع العنكبوتي.

و- نظام سحب الهواء المركزي (Central return air system):



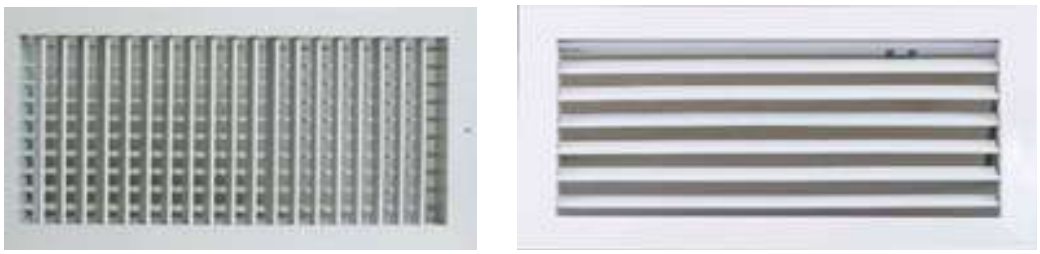
الشكل (3-17): نظام سحب الهواء المركزي.

يسحب الهواء من أماكن مركزية محددة في المبنى، فينتقل الهواء من الغرف إلى فتحات السحب في المجرى الراجع؛ لسحب الهواء عبر قنوات أو فتحات في الجدار بين الغرف المتجاورة، كما هو مبين في الشكل (3-17).

5 - أنواع نواشر الهواء

ناشر الهواء هو آخر مخرج للهواء من قنوات التكييف، مصمم لنشر الهواء وتوزيعه على مساحة كبيرة، وتتوافر نواشر الهواء في الأسواق بأنواع مختلفة في الشكل والتصميم، وهي كالآتي:

أ- **ناشر الهواء الشبكي (Grille)**: يتكون من إطار وريَش متوازية ثابتة أو متحرّكة تتحكم في توزيع الهواء، وهذا النوع هو الأكثر استخدامًا، وغالبًا تستخدم في قنوات الهواء الراجع، ويطلق على الشبكات التي تحتوي خوانق تحكّم مثبّتة من الخلف شبكات محكومة (Registers)، ويُبيّن الشكل (3-18) ناشر الهواء الشبكي.



الشكل: (3-18) ناشر الهواء الشبكي.

ب- **النواشر السقفيّة (Ceiling Diffusers)**: تحتوي هذه الأجهزة واجهة دائرية أو مربعة تغطي فتحة تغذية الهواء في الأسقف، وتتكون من حلقات متداخلة تسمح بخروج الهواء في طبقات متعددة. غالبًا يكون مظهر النواشر السقفية وتصميمها وشكلها مع

الديكورات والإنارة، ومن مزايا هذا النوع من النواشر، أنها ملائمة عند وجود فرق كبير بين درجتي حرارة هواء التغذية وهواء الحيّز المكيّف، وتمتاز بنسبة حثّ عالية للهواء، حيث تُركّب دائمًا في الأسقف، ويصرّف الهواء أفقيًّا عند استخدامها في التبريد. الشكل (3–19) يُبيّن بعض النواشر السقفية.

الشكل (3–19): النواشر السقفية.

جـ– **النواشر المشقوقة الخطية (Slot Diffusers)**: هي شقوق طويلة ومتوازية، ولها أشكال متعددة تستخدم في الأسقف وجوانب النوافذ.

د– **أسقف التخزين (Plenum Ceilings)**: هي أسقف معلقة توجد فيها فتحات أو ثقوب خلال السقف كله تقريبًا، تعمل مخارج لتغذية الهواء، ويُستعمل الحيّز فوق السقف وعاءً أو خزانًا كبيرًا للهواء، يُوزّع عَبْره الهواء.

وتستخدم أسقف التخزين في التطبيقات التي تحتاج إلى كميات كبيرة من الهواء وبسرعة منخفضة.

6 – عزل أقنية الهواء

إن العزل الحراري الجيد لقنوات الهواء يقلل من تكاليف تشغيل نظام التكييف، نظرًا إلى منع تسرب الحرارة من مجرى الهواء.

ومن مواد العزل الحراري المستخدمة في عزل قنوات الهواء:

أ – الصوف الزجاجي.

ب– ألواح الصوف الزجاجي المقوّى.

جـ– ألواح البولسترين.

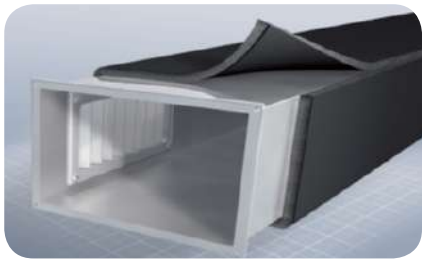
د– الفوم.

هـ– الصوف الصخري.

و – ألواح مطاطية.

وهناك طرائق عدة لعزل مجاري الهواء، من هذه الطرائق:

أ – **عزل القنوات المضلعة بألواح العزل الصلبة:** وفيها تعزل قنوات الهواء عن طريق ألواح العزل، مثل ألواح البولي إيثلين، والصوف الزجاجي، وألواح الألمنيوم المعزولة الجاهزة للتركيب، وتمتاز هذه الطريقة بعزل قنوات الهواء حراريًّا وصوتيًّا. الشكل (3–20) يبين طريقة عزل القنوات المضلعة بألواح العزل الصلبة.



الشكل (3–20): عزل القنوات المضلعة بألواح العزل الصلبة.

ب – **العزل باللفائف اللينة:** وتستخدم هذه الطريقة في القنوات الدائرية والمضلعة حيث يلف العازل حول قناة الهواء ويثبت، والشكل (3–21) يبين لفائف المواد العازلة.

الشكل (3–21): لفائف المواد العازلة.

جـ – **العزل الداخلي لقنوات الهواء:** تعزل قنوات الهواء مسافة (3) أمتار من وحدة مناولة الهواء، لعزل الصوت وتخفيف الضوضاء والاهتزازات الناتجة من أجهزة التكييف كالمراوح. يبين الشكل (3 – 23) عزل قنوات الهواء من الداخل.

الشكل (3–22): عزل قناة هواء من الداخل.

د – **عزل قنوات الهواء المعرضة للعوامل الجوية الخارجية:**

تُعزل قنوات الهواء المعرضة للعوامل الجوية الخارجية مثل الأمطار والشمس والرياح بعازل حراري، ثم تغطى بطبقة أخرى من المواد المقاومة للعوامل الجوية مثل رقائق الألمنيوم أو من الصاج المجلفن لحماية العازل الحراري وكذلك حماية قنوات الهواء، يبين الشكل (3–23) عزل قنوات الهواء الخارجية.

الشكل (3–23): عزل قنوات الهواء الخارجية.

الشكل (3–24) يُبيّن مجرى هواء معزولًا.

الشكل (3–24): مجرى هواء معزول.

ومنعًا لتسرب الهواء من الوَصْلات في قنوات الهواء، يُستعمل شريط منسوج من الألياف، أو تُستعمل معاجين خاصّة من الأكريليك، أو اللدائن المرنة في عبوات، وتوضع هذه العبوات داخل أسطوانة حقن (فرد) خاص بعملية توزيع معجون معالجة تسرّب الهواء، بصورة صحيحة ومنتظمة على طول خطوط توصيل قنوات الهواء، فيشكّل مانعًا محكمًا للتسرب.

وتصنع عازلات الصوت (حشوة منع الصوت) من الصوف الزجاجي، أو من موادّ معدنية غير عضوية مقاومة للحشرات والرطوبة وكثافتها عالية؛ لعزل الصوت، ويجب تعبئتها وفقًا لضغط كافٍ تجنبًا للفراغات.

زُر مكتبة مدرستك واختر كتابًا عن تمديد مجاري الهواء، وابحث عن وَصْلات أخرى غير مذكورة، واكتب تقريرًا عن ذلك، مشاركًا زملاءك فيه، ثم ناقش معلمك فيه.

القياس والتقويم

1 – تصنف قنوات الهواء بحسب شكل مقطعها العرضي إلى صنفين. اذكرهما.

2 – ارسم دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

(1) شبكات قنوات الهواء التي يوصل عَبْرَها الهواء المكيّف من مجرى التوزيع الرئيس إلى القنوات الفرعية، وتصلح للأبنية الواسعة، وغالبًا تستخدم في التطبيقات السكنية:

أ – نظام التوزيع القطري. ب– نظام التوزيع الحلقي.

جـ– نظام توزيع ممتدّ. د– نظام توزيع ممتدّ منقّص.

(2) شبكات قنوات الهواء، التي يكون ضغط الهواء عَبْرَها ثابتًا، ويكون ضغط الهواء عند مخارج توزيع الهواء متساويًا:

أ – نظام التوزيع القطري. ب– نظام التوزيع الحلقي.

جـ– نظام توزيع ممتدّ. د– نظام توزيع ممتدّ منقّص.

(3) شبكات قنوات الهواء التي تكون خلالها كميّة التدفّق والسرعة متغيرتين، ويمكن استخدامها في التطبيقات التجارية والسكنية، هي:

أ – نظام التوزيع القطري. ب– نظام التوزيع الحلقي.

جـ– نظام توزيع ممتدّ. د– نظام توزيع ممتدّ منقّص.

(4) قنوات الهواء التي تمتاز بحداثتها واتساع انتشارها وخفة وزنها تكون مصنوعة من :

أ – الفولاذ المغلفن. ب– الألمنيوم.

جـ– الفوم المضغوط. د– الصاج.

3 – اذكر أهم أنواع المواد العازلة المستخدمة في عزل قنوات الهواء.

4 – تُصنع قنوات الهواء من مواد عدّة. اذكر ثلاثًا منها.

التمارين العملية (1-3)

تركيب مخارج هواء مختلفة الأشكال.

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تركّب ناشر الهواء الحائطي.
- تثبّت ناشر الهواء الحائطي.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
متطلبات السلامة والصحة المهنية، مثقاب كهربائي، أدوات ربط متنوعة، أدوات تخطيط وقياس، ميزان ماء.	إطار خشبي، وناشر هواء حائطي، براغي تثبيت.

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
1 – طبّق قواعد السلامة المهنية في أثناء عمليات التركيب والربط. 2 – جهّز قِطَع العمل بحسب المخطط المطلوب. 3 – دوّن مقاسات مجرى الهواء المضلّع.	الشكل (1)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

4 – جَهّز إطارًا خشبيًّا سُمْكه (25مم)، كما في الشكل (1)، على أن يكون قياس عرضه وارتفاعه أكبر من قياس عرض المجرى وارتفاعه (5مم).

5 – قِس سُمْك الجدار.

6 – فليكن عمق الإطار الخشبي (ل) مساويًا لسماكة قياس الجدار، كما في الشكل (1).

7 – ثبت الإطار الخشبي حول نهاية مجرى الهواء عَبْرَ الفتحة المعدّة لذلك بحسب المخطط، كما في الشكل (2).

8 – وازن الوضع الأفقي للإطار الخشبي بميزان الماء.

9 – أدخل رقبة ناشر الهواء داخل نهاية مجرى الهواء، على أن تنطبق حواف ناشر الهواء على الإطار الخشبي، كما في الشكل (3).

10 – ثبّت الناشر بالبراغي، كما في الشكل (4).

11 – رتب العُدَد والأدوات بعد تنفيذ التمرين وضعها في مكانها الصحيح.

تنبيه: لا تستخدم العُدَد إلا للغرض الذي صُمّمت من أجله.

الشكل (2)

الشكل (3)

الشكل (4)

منهاجي
متعة التعليم الهادف

التمارين العملية (2-3)

ربط قِطَعتي صاج بالثني والتداخل، بوَصْلة تبكيل منزلقة (سحّاب).

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تختار أدوات الربط المناسبة المستخدمة في عمليات التداخل.
- ترسم نوع الوَصْلة المراد ثنيها بالتداخل، بوَصْلة تبكيل منزلقة (سحّاب).
- تربط قطعتين من الصاج بوصلة تبكيل منزلقة (سحّاب).

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
متطلبات السلامة والصحة المهنية، طاولة عمل، قوالب تبكيل متنوعة، مطارق متنوعة، أدوات تخطيط وقياس، دفتر رسم بياني، قلم رصاص.	حديد (صاج) قياس (1م×100م) طول (200م) عدد (2 قِطَع)، حديد (صاج) قياس (1م×20م) طول (200م).

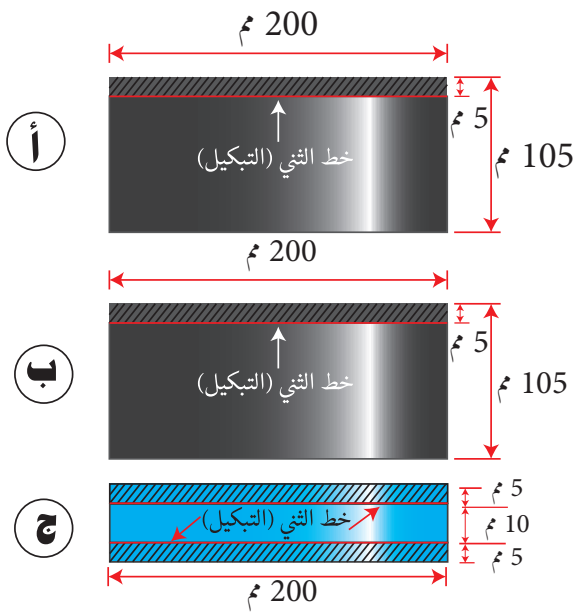
خطوات الأداء

1- طبّق قواعد السلامة المهنية في أثناء عمليات التركيب والربط.

2- جهّز قِطَع العمل بحسب المخطط المطلوب.

3- ارسم المخطط التنفيذي وشكل الوَصْلة الثنائية نوع منزلقة (سحّاب) على دفترك، قبل تنفيذ التمرين؛ تلافيًا للأخطاء المحتملة كما في الشكل (1).

الرسومات والصور التوضيحية



الشكل (1)

خطوات الأداء

4 – حضّر قِطَع العمل (الصاج) بالقياسات المطلوبة.

5 – جهّز أدوات التبكيل ومعداته.

6 – انقل المخطّط التنفيذي من دفترك إلى قِطَع العمل بدقة، بوساطة أدوات القياس والتخطيط، المُبيّنة في الشكل (1).

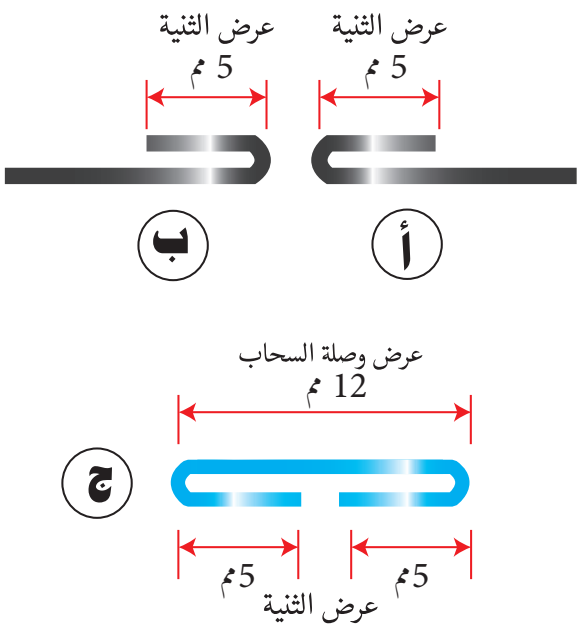
7 – تأكد من خلو قطعة العمل من حواف أو نتوءات.

8 – اثنِ المسافة المشار إليها عند خط الثني في القطعة (أ) الذي يبعد عن حافة قِطَع الصاج (5) مم، بمقدار زاوية ثني (10°) وفي القطعتين (ب) و (جـ) (10°) تقريبًا، ليصبح كما في الشكل (2).

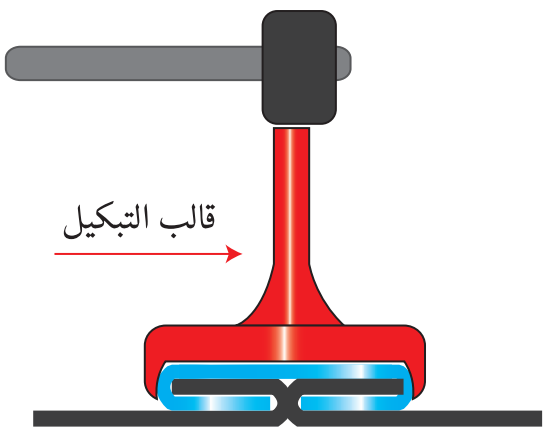
9 – اجمع القِطَع، بحيث تتداخل حواف الثني في القِطَع، وتحقّق من تطابقهما.

10 – اقفل الوَصْلة بوضع قالب التبكيل فوق الوَصْلة عموديًّا، وتأكد أن حواف القالب مع حواف الوَصْلة، اضرب قالب التبكيل بالمطرقة حتى تُقفل تمامًا، كما في الشكل (3).

الرسومات والصور التوضيحية



الشكل (2)



الشكل (3)

منهاجي
متعة التعليم الهادف

التمارين العملية (3-3)

تنفيذ إفرادات قنوات الهواء المضلعة وأسطوانية الشكل.

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تثني قطعة من الصاج بحسب المخطط بآلة ثني الصناديق.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
أدوات السلامة والصحة المهنية، آلة ثني صناديق، مقص صاج يدوي، مبرد مبسط، أدوات قياس وتخطيط.	قطعة صاج (15سم ×25سم) سمكها (1مم)، مخطط عمل.

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
1 –طبّق قواعد السلامة المهنية في أثناء عمليات التركيب والثني.	
2 –جَهِّز أصابع التشكيل وثبتها على آلة الثني، كما في الشكل (1).	الشكل (1)
3 –انقل أبعاد المخطط على قطعة العمل بأدوات التخطيط المناسبة، كما في الشكل (2).	

منهاجي
متعة التعليم الهادف

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

4 – تأكد من دقّة القياسات ونقلها من المخطط إلى قطعة العمل بصورة واضحة.

5 – قص المربع المشار إليه باللون الأزرق وعليه علامة (×) كما في الشكل (2)، بمقص صاج يدوي.

6 – نعّم الحواف بعد قصّها.

7 – اثنِ الزوايا متتبّعًا الخطوات الآتية:

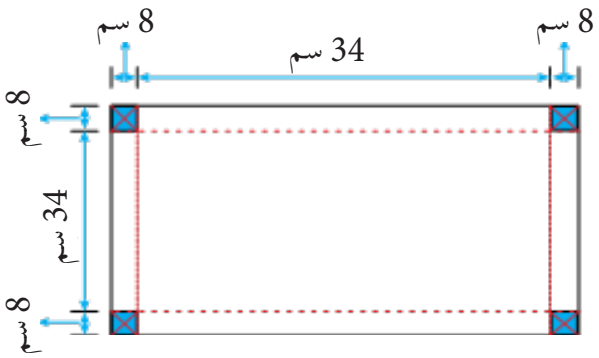
أ – أنزل الكابس على قطعة العمل بعد التأكد من محاذاة قطعة العمل بالوضع المطلوب بحسب المخطط.

ب– افحص خط العلام (الثني) على أن يكون مطابقًا لسكّين الثني (أصابع الثني) ومحاذيًا لحافة أصابع الثني، كما في الشكل (3).

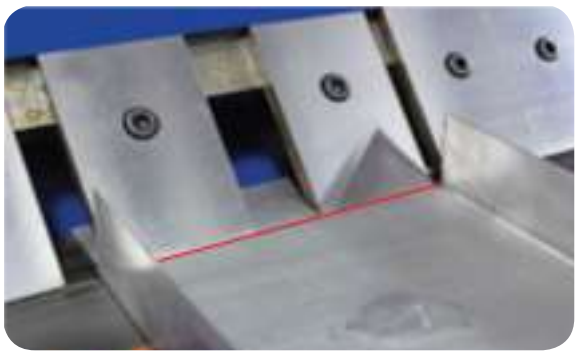
جـ– اثنِ القطعة بحسب المخطط، كما في الشكل (4).

د – أخرج قطعة العمل بعد الثني.

هـ– افحص زوايا الثني بوساطة الزاوية القائمة بعد الثني؛ للتأكد من أن الزوايا قائمة بحسب المطلوب من المخطط.



الشكل (2)



الشكل (3)

الشكل (4)

نشاط

كرر خطوات العمل السابقة لعمل إفراد لقناة هواء إسطوانية الشكل، قطرها 40 سم، وطولها 100 سم.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

التمارين العملية (4-3)

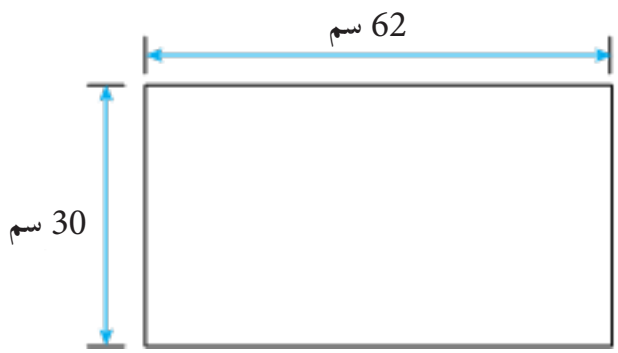
تشكيل أسطوانة ومخروط من الصاج بآلة الدرفلة.

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

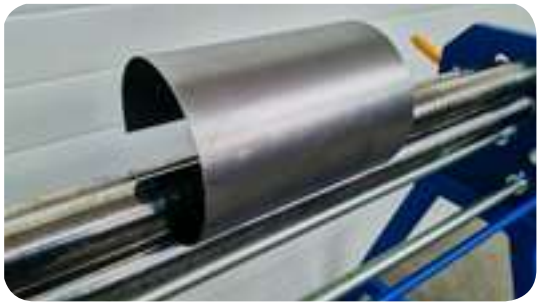
- تصنع أسطوانة ومخروطًا من الصاج بآلة الدرفلة.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
أدوات السلامة والصحة المهنية، آلة درفلة، مقص صاج يدوي، مِبْرد مبسط، أدوات قياس وتخطيط.	قطعة صاج (30سم ×62سم) سمكها (1مم).

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
1 – جَهِّز قطعة عمل بقياس (30سم×62 سم) سمكها (1)مم، كما في الشكل (1). 2 – حرك قطعة العمل باتجاه الآلة بشكل متعامد؛ على أن يكون عرض قطعة العمل موازيًا تمامًا لمحور (الدرافيل)، وتكون الفتحة بين أسطوانة الجر والأسطوانة القائدة أثخن من قطعة العمل.	

الشكل (1)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
3 – اضغط قطعة العمل باتجاه أسطوانات (الدرفلة)؛ حتى يتحقق التّماسّ الكامل بين أسطوانات الدرفلة وسطحي قطعة العمل.	 الشكل (2)
4 – اضبط وضع أسطوانة الثني بقرص التحكم الخاص في آلة الدرفلة؛ بحيث يتولد الضغط الملائم لعمليتي الثني واللف.	
5 – حرِّك أسطوانة القائد باليد المرفقية للآلة؛ لتنتج حركة دورانية تسحب عَبْرَها قطعة العمل باتجاه أسطوانات اللف (الثني)، ويبدأ اللف التدريجي كما في الشكل (2).	الشكل (3)
6 – اضبط وضع أسطوانة الثني لتوليد ضغط أكبر، لزيادة درجة اللف بعد تكرار العملية حتى يكتمل اللف كما في الشكل (3).	
7 – حرِّك عتلة الأسطوانة القائد، وأزح الأسطوانة من موضعها؛ لكي تتمكن من إخراج الأسطوانة التي لُفَّت.	

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

صنع شكل مخروطي

1 –قسِّم انفراد المخروط قطعًا متساوية لتتصل امتدادات خطوط التقسيم كلها بمركز دائرة تقوس الانفراد.

2 –حرك قطعة العمل تجاه الآلة ليتطابق خط التقسيم الأول بمحور الأسطوانة القائد (يراعى عند استمرار التحريك أن يتطابق خط التقسيم بمحور الأسطوانة القائد دائمًا).

3 –كرر عمليتي اللف والضبط كما في حال اللف الأسطواني، إلى أن يكتمل اللف، كما في الشكل (4).

الشكل (4)

التمارين العملية (3-5)

صيانة قنوات الهواء وعزلها

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تجري صيانة لقنوات الهواء وتعزلها.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
معدات السلامة والصحة المهنية وأدواتها، مقياس الأطوال، ومقصّ خاص بالعازل.	لفائف عازل ليّنة، وشريط لاصق من الألمنيوم، وشبر بلاستيكي.

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
1 –طبّق قواعد السلامة المهنية في أثناء عمليات العزل.	
2 –قِس محيط مجرى الهواء؛ أي قياس عرض مجرى الهواء وارتفاعه، أضف إليه ما مقداره (5سم) تقريبًا، وهذا يمثّل طول قطعة العازل المراد قصّها من لفّة العازل التي تعدّ أفراد مجرى الهواء.	الشكل (1)

منهاجي
متعة التعليم الهادف

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
3 –حدد القياسات على العازل، كما في الشكل (1).	الشكل (2)
4 – قص قطعة العازل، وأزل من أحد طرفي القطعة (5سم) من العازل من دون قصّ طبقة الورق المقوّاة، كما في الشكل (2).	
5 –ضع لاصقًا (Glue) على أسطح مجرى الهواء، ثم لفّ العازل حول مجرى الهواء.	الشكل (3)
6 –ثبّت أطراف العازل ببعضها بلاصق من الألمنيوم، كما في الشكل (3).	
7 –لفّ حول العازل شبرًا من البلاستيك؛ لربط العازل جيدًا، على ألّا تزيد المسافة بين الأربطة عن (60 سم)، كما في الشكل (4).	الشكل (4)
8 –رتب العُدَد والأدوات بعد الانتهاء من التمرين وضعها في المكان المخصص لها.	

التمارين العملية (3–6)

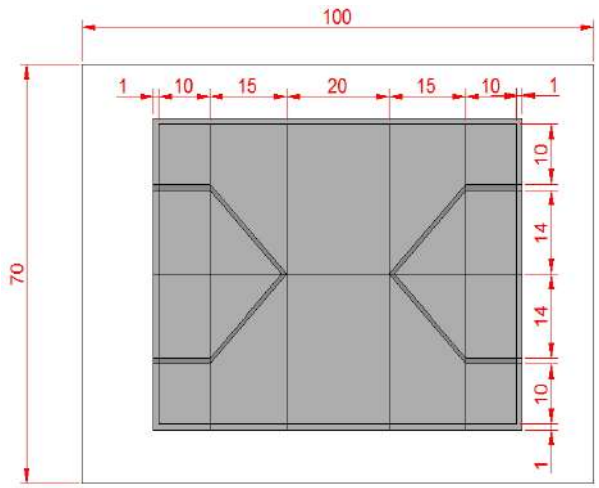
تشكيل قطعة وصل (كوع ذو مقطع مستطيل)

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تشكل قطعة وصل (كوعًا ذا مقطع مستطيل).

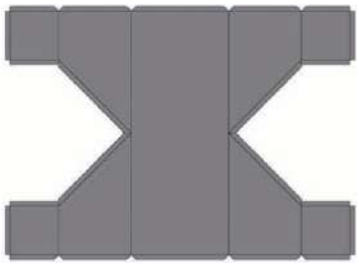
متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
معدات السلامة المهنية وأدواتها، متر قياس، مسطرة فولاذية، أدوات قياس وتخطيط، مقص صاج يدوي.	صاج سمكه (1 مم).

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
1 –طبّق قواعد السلامة المهنية في أثناء عمليات العزل. 2 – ارسم إفراد الكوع المستطيل المقطع على لوح الصاج، كما في الشكل، مراعيًا زيادة طول جوانب الإفراد مسافة (1) سم لأغراض التبكيل وإغلاق المجرى. طول لوح الصاج = محيط المقطع المستطيل + 2 سم = 72=1+1+15+15+20+10+10 سم عرض اللوح = 24+24+1+1=50 سم كما هو مبين الشكل (1).	 الشكل (1)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

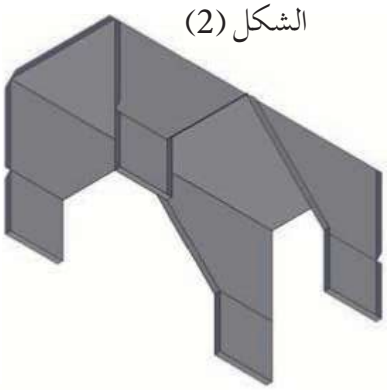
3 –قص لوح الصاج بمقص الصاج، كما في الشكل (2).



الشكل (2)

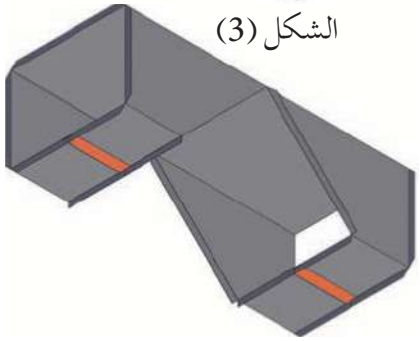
4 – اثنِ أطراف قطعة الصاج على آلة الثني.

5 –اثنِ قطعة الصاج عند قاعدة المقطع، كما في الشكل (3).



الشكل (3)

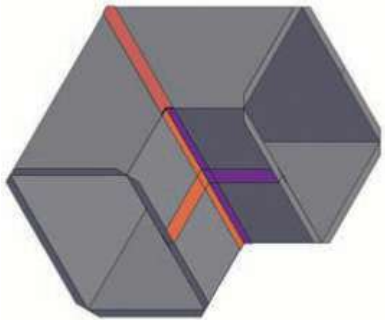
6 –اثنِ الحواف الأخيرة المتبقية على بعضها، كما في الشكل (4).



الشكل (4)

7 –اثنِ المجرى من خط المنتصف، ثم أغلق الكوع بالتبكيلة، كما في الشكل (5).

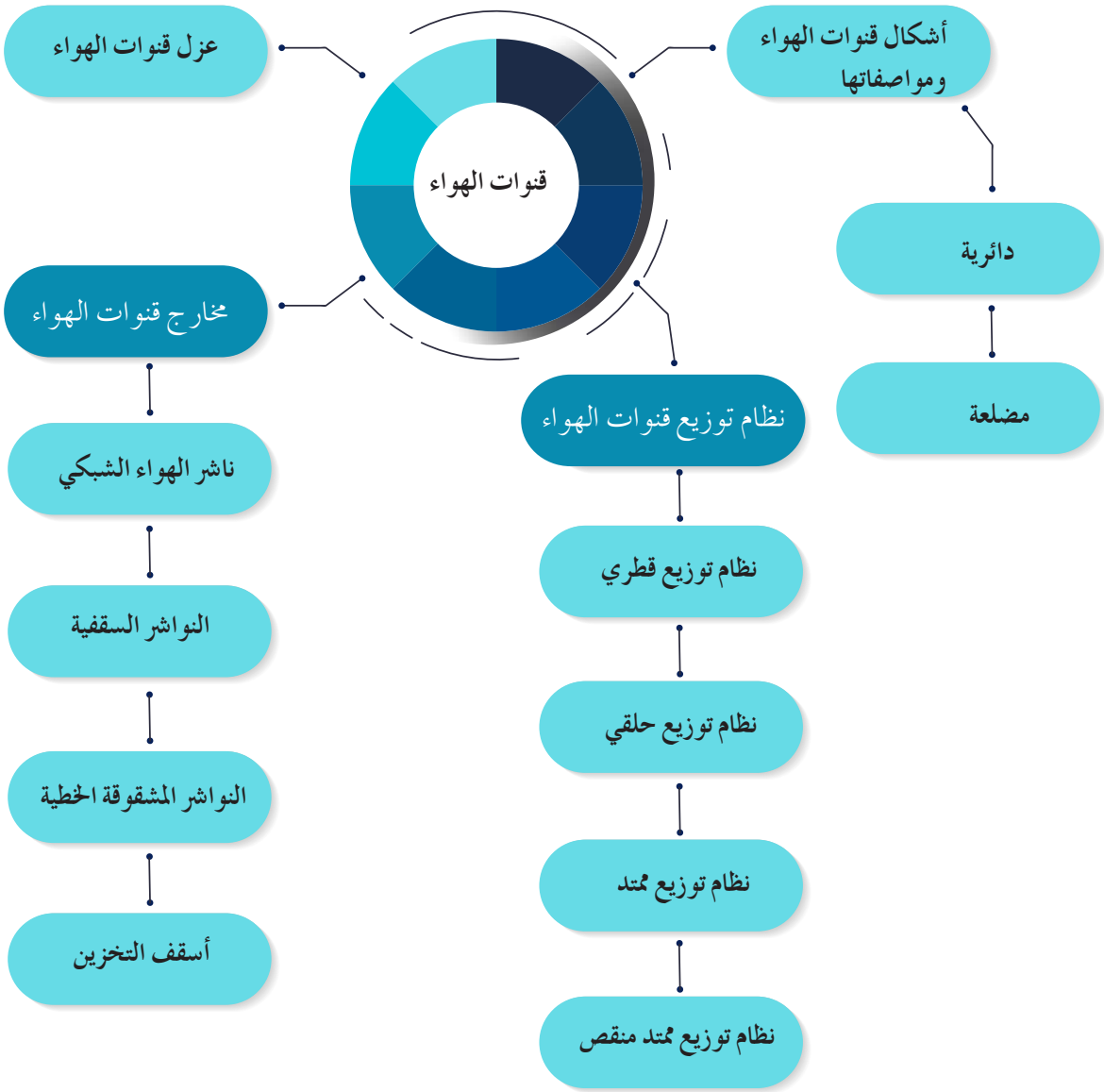
8 –رتب العُدَد والأدوات بعد الانتهاء من التمرين وضعها في المكان المخصص لها.



الشكل (5)

9 –كَرّر خطوات العمل لتشكيل مجرى هواء مستطيل طوله (100 سم) وعرضه (50 سم) وارتفاعه (30 سم).

الخرائط المفاهيمية



4 الوحدة الرابعة

أنظمة التكييف المركزية المجزأة

المحاور الفرعية

- نظام وحدات التكييف المركزية المجزأة.
- مبدأ عمل نظام التكييف المركزي متغير الحجم.

النتاجات

يتوقع منك بعد هذا الدرس أن:

- تتعرف نظام تكييف مركزي مجزأ.
- تتعرف نظام تكييف متغير الحجم.

القياس والتقويم

تعليمات السلامة العامة

- ☑ أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوقات، وتأكد من خلو منطقة العمل من أي خطورة متوقعة.

نتاجات خاصة بالعلوم الصناعية الخاصة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتعرّف مكونات وحدات التكييف المركزية المجزأة.
- يتعرّف مزايا نظام التكييف المركزي المجزأ وعيوبه.
- يتعرّف مبدأ عمل نظام التكييف متغير الحجم ومكوناته.
- يتعرّف أنواع نظام التكييف متغير الحجم:
  - نظام الخطين.
  - نظام الخطوط الثلاثة.
- يتعرّف مزايا نظام التكييف متغير الحجم وعيوبه.

النتاجات الخاصة بالتدريب العملي

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ التدريب العملي أن:

- يركّب نظام تكييف مركزي.
- يركّب نظام تكييف متغير الحجم.

- بماذا يختلف نظام وحدات تكييف الهواء المركزية المجزأة عن المكيفات المجزأة التي درستها سابقًا؟

لعلك لاحظت أن النظامين يختلفان في عدد الوحدات الداخلية، حيث إن نظام وحدات تكييف الهواء المركزية المجزأة يتكون من وحدة أو وحدات داخلية عدة، والمكيف المجزأ له وحدة داخلية واحدة، وسوف تتعرف في فقرة "اقرأ وتعلم" المزيد عن هذا النظام.

استكشف

– زُر أنت وزملاؤك مكتبة مدرستك، واكتب تقريرًا عن نظام وحدات تكييف الهواء المركزية المجزأة، وناقش زملاءك فيه، ثم اعرضه على المعلم.

اقرأ.. وتعلم

أولًا: نظام وحدات التكييف المركزية المجزأة (Central Split)

يختلف نظام وحدات التكييف المركزية المجزأة عن نظام التكييف المركزي بمبردات المياه (Chillers)، أن وحدات التكييف المجزأة تعمل دون وجود مياه مثلجة، فهي تستخدم الفريون وسيط تبريد، ويرمز إلى نظام التبريد الذي لا يستخدم المياه المثلجة بالحرفين (DX)، اختصارًا للجملة (Direct Expansion System)، ويتكون نظام وحدات التكييف المركزية المجزأة من جزأين: الجزء الأول وحدة خارجية واحدة مركزية على الأقل أو أكثر مربوطة معًا؛ لمضاعفة الحِمْل التبريدي عند الحاجة، والجزء الثاني مجموعة وحدات داخلية، وهذا النظام يشبه نظام مكيفات الهواء المجزأة الذي درسته سابقًا، إلا أن السعة التبريدية لنظام وحدات التكييف المركزية المجزأة أكبر بكثير، فقد تصل إلى 50 طن تبريد، ويستخدم غالبًا في المباني الكبيرة، مثل: المجمعات التجارية، والفنادق، والمستشفيات، ويُبيّن الشكل (4–1) نظام وحدات التكييف المركزية المجزأة (Central Split).

الشكل (4–1): نظام وحدات التكييف المركزية المجزأة (Central Split).

1 – مكونات وحدات التكييف المركزية المجزأة

أ– الوحدة الخارجية: التي تتكون من الضاغط، والمكثف، وصمّام التمدد، والصمّام العاكس (إذا كان النظام يعمل للتدفئة والتبريد)، وخزّان السائل،ومجمّع الغاز، إضافة إلى الملحقات الأخرى التي تعلمتها سابقًا في المكيفات المجزأة.

ب– الوحدات الداخلية: وهي مجموعة من الوحدات الداخلية المتصلة معًا كهربائيًّا وميكانيكيًّا بأنابيب الدورة الميكانيكية لنظام التكييف وجميعها متصلة بالوحدة الخارجية، وكل وحدة من الوحدات الداخلية تشبه الوحدة الداخلية التي تعلمتها سابقًا في المكيف المجزأ، التي تتكون من : المبخّر، ومروحة المبخّر، والثيرموستات، وغيرها من الملحقات الأخرى، مثل: حوض التصريف، وأنبوب التصريف، وموزعات الهواء، ومرشحات الهواء.

جـ– شبكة الأنابيب.

د – التوصيلات الكهربائية.

2 – تركيب نظام التكييف المركزي المجزأ

أ – **تركيب الوحدات الخارجية**: تُركّب الوحدة الخارجية لنظام تكييف الهواء المجزأ على سطح المبنى غالبًا، تخصص غرفة خاصة بها عندما يكون المبنى متعدد الطوابق، حيث يخصص حيّز لأجهزة التكييف داخل المبنى كل عشرة طوابق، وغالبًا توضع الوحدة الخارجية على قاعدة متينة، وأفقية تمامًا، كما في الشكل (4–2).

الشكل (4–2): تركيب الوحدات الخارجية.

ب– **تركيب الوحدات الداخلية:** تُعلّق كل وحدة من الوحدات الداخلية على موضعها المحدد مسبقًا في المخطط الهندسي التنفيذي لتكييف المبنى، وتعتمد طريقة التركيب على نوع الوحدة الداخلية، فتختلف طريقة تركيب الوحدة الداخلية السقفية عن الوحدة الداخلية الجدارية، وعن الأرضية، وغالبًا تكون الوحدات الداخلية سقفية، فيُثبّت هذا النوع ببراغي تثبيت خاصة بالأوزان الكبيرة قوية التثبيت بالسقوف.

الأمور الواجب مراعاتها عند تركيب الوحدات الداخلية المعلقة:

1. التثبيت القوي، المتين، والمتوازن أفقيًّا.
2. التزام موضع التركيب المحدد في المخطط التنفيذي، وغالبًا يكون بعيدًا عن غرف النوم؛ للحد من الضجيج والاهتزازات، أو قريبة من مجاري المياه لتصريف المياه المتكاثفة من الوحدة بسهولة.
3. إنشاء مصيدة للزيت عند تمديد شبكة الأنابيب كما تعلمت سابقًا؛ لضمان عودة الزيت إلى الضاغط بسهولة.
4. تجهيز فتحة خدمات خاصة في السقف؛ لخدمة الوحدة الداخلية وصيانتها.

3 – **مزايا نظام التكييف المركزي المجزأ**: يمتاز نظام تكييف الهواء المركزي المجزأ بما يأتي:

1. انخفاض مستوى الضجيج.
2. انخفاض الكلفة التأسيسية مقارنة بالأنظمة الأخرى.

4 – **عيوب نظام التكييف المركزي المجزأ**

1. يشغل حيّزًا من ارتفاع السقف؛ لأن الوحدات الداخلية وتمديداتها تحتاج إلى مسافة لا تقل عن (40) سم عموديًّا.
2. يصعب تركيب هذا النظام ما لم يُؤسس له من قبل.

ثانيًا: نظام التكييف المركزي متغير الحجم (متغير التدفق)

تطورت تكنولوجيا (HVAC) التي تشمل عمليات التدفئة، والتهوية، وتكييف الهواء معًا، واستُحدث نظام لتكييف الهواء قابل لتعديل التدفق (VRf) يمتاز بتوفير الطاقة؛ بسبب قدرته على تعديل القدرة التبريدية المنتجة بما يتناسب مع حِمْل التبريد اللازم، وسُمّي هذا النظام (VRf) اختصارًا لجملة (Variable Refrigerant Flow)، وتعني التدفق القابل للتعديل، ثم استحدث مصطلح آخر هو (VRV) ولا توجد أيّة فروق بينهما، والمصطلح (VRV) وهو اختصار لجملة (Variable Refrigerant Volume) التي تعني حجم التبريد القابل للتعديل، وهذا النوع من التكييف يختلف عن النوع التقليدي المباشر ذي الحِمْل التبريدي الثابت، وقد يُستعمل ضاغطًا قابلًا لتعديل سرعته بوساطة إنفيرتر خاص، ما يؤدي إلى تعديل كمية وسيط التبريد المتدفقة في دورة التبريد بما يتناسب مع حِمْل التبريد المطلوب، ويعتمد مبدأ عمل التكييف المركزي متغير الحجم على ما يأتي:

1 – تبدأ الوحدة الخارجية بالعمل، عند تشغيل أي وحدة داخلية.

2 – تُزوَّد الوحدة الداخلية بالكمية الملائمة من سائل التبريد، حيث تتغير هذه الكمية حسب الحِمْل الحراري للوحدة الداخلية، فكلما زاد الحِمْل الحراري للوحدة الداخلية، زادت كمية سائل التبريد المتدفقة من خزّان السائل في الوحدة الخارجية المركزية إلى الوحدة الداخلية العاملة.

3 – يُغلق صمّام التمدد تلقائيًّا، وتتوقف عملية التكييف للوحدة الداخلية، عندما تصل حرارة الحيز إلى درجة الحرارة المطلوبة لإحدى الوحدات الداخلية، أو عند إيقاف إحداهن.

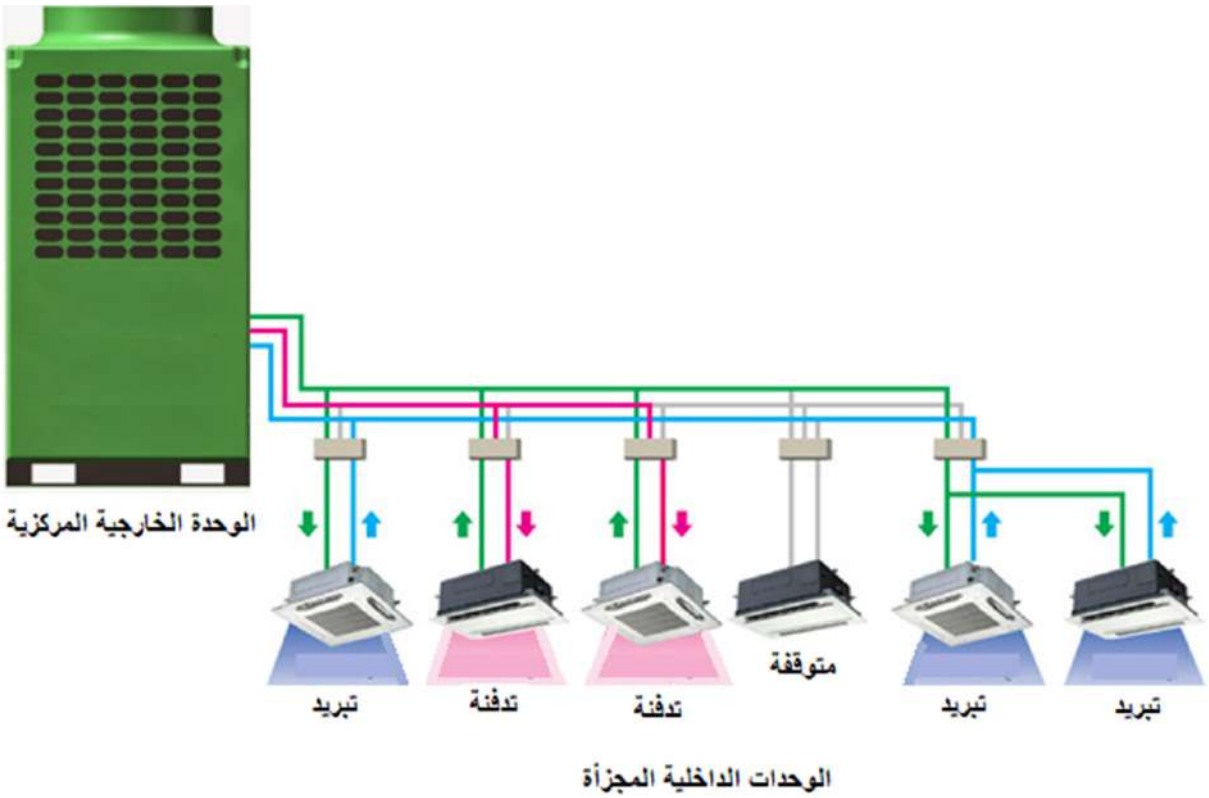
4 – تتوقف الوحدة الخارجية عن العمل عندما توقف الوحدات الداخلية جميعها دون استثناء.

من أنواع نظام التكييف متغير الحجم

أ- **نظام التكييف متغير الحجم ذو الخطين**: توصل الوحدة الخارجية المركزية والوحدات الداخلية بخطين من الأنابيب التي يجري فيها وسيط التبريد، وهما خط السحب وخط السائل، وتعمل دورتا التبريد والتدفئة عَبْرَ الخطوط نفسها، يُبيّن الشكل (4–3) نظام التكييف متغير الحجم ذا الخطين.

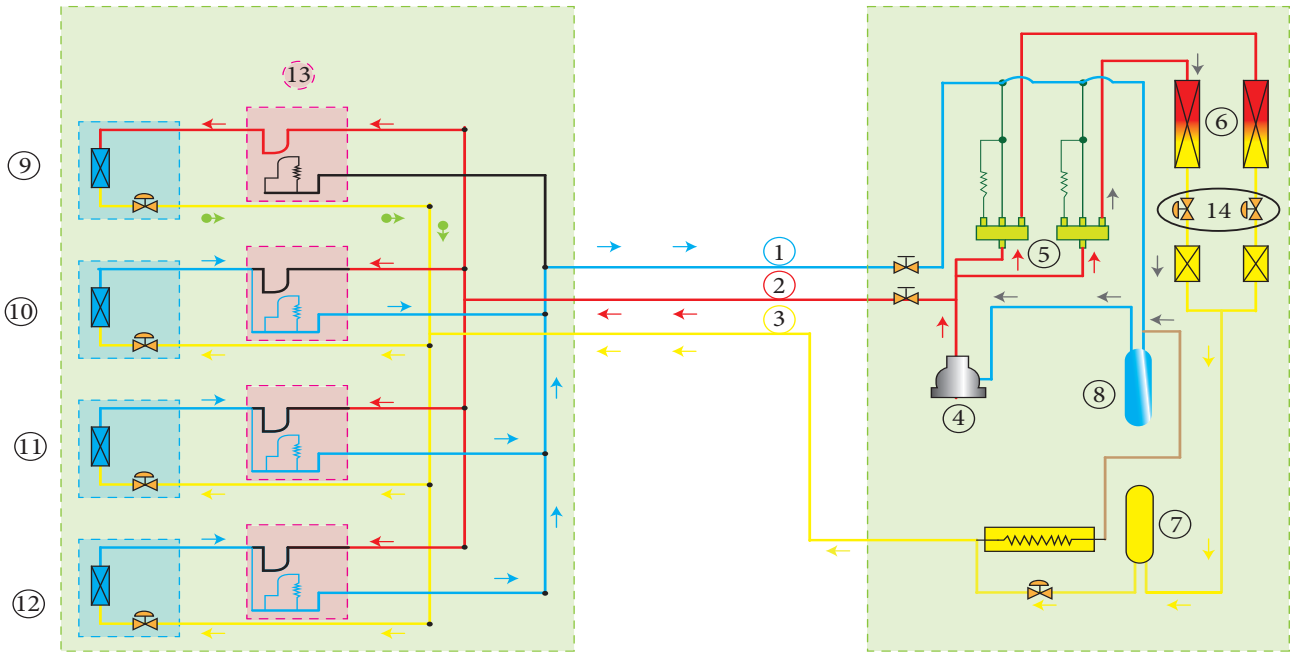
الشكل (4–3): نظام التكييف المتغير الحجم ذو الخطين (VRf).

ب- **نظام التكييف متغير الحجم ذو الخطوط الثلاثة:** يخرج من الوحدة الخارجية المركزية ثلاثة أنابيب تتصل جميعها بالوحدات الداخلية المجزأة مرورًا بموزع أوتوماتيكي (**Branching controller**) قبل كل وحدة داخلية، يتحكّم هذا الموزع في التحويل من تبريد إلى تدفئة والعكس أيضًا، ومبدأ عمله يشبه تمامًا عمل الصمّام العاكس، ويتميز النظام ذو الخطوط الثلاثة بالتحكم في عمل كل وحدة على انفراد، فقد تكون بعض الوحدات الداخلية في وضع التدفئة، وبعضها الآخر يعمل في وضع التبريد في الوقت نفسه، ومن الممكن أيضًا إيقاف بعضها أو تشغيله دون أن يؤثر ذلك في بقية الوحدات الداخلية، ويُبيّن الشكل (4-4) نظام التكييف متغير الحجم ذا الخطوط الثلاثة (**VRf**):



الشكل (4-4) : نظام التكييف متغير الحجم ذو الخطوط الثلاثة (**VRf**).

يُبيّن الشكل (4-5) مخطط دورة ميكانيكية لنظام تكييف متغير الحجم ذي الخطوط الثلاثة (**VRf**):



مجموعة الوحدات الداخلية

الوحدة الخارجية

رقم	اسم العنصر	الرقم	اسم العنصر	رقم	اسم العنصر
1	أنبوب السحب	6	مبادل حراري (مكثف)	11	وحدة داخلية في وضع التبريد
2	أنبوب الطرد	7	خزّان السائل (Liquid Reservoir)	12	وحدة داخلية في وضع التبريد
3	أنبوب السائل	8	مجمع الغاز (Suction Line Accumulator)	13	موزع (Branching controller)
4	الضاغط	9	وحدة داخلية في وضع التدفئة	14	صمام إلكتروني
5	الصمّام العاكس	10	وحدة داخلية في وضع التبريد		

الشكل (4–5): مخطط دورة ميكانيكية لنظام تكييف متغير لحجم ذي الخطوط الثلاثة (VRf).

2 - مزايا نظام التكييف متغير الحجم

أ – انخفاض الكلفة التشغيلية.

ب– توفير استهلاك الطاقة.

جـ– مستوى ضجيج منخفض.

د– عند تعطل بعض الوحدات الداخلية، يظل النظام عاملًا مع بقية الوحدات غير المعطلة دون أي تأثير.

هـ– استمرار عمل النظام بصورة جزئية في حال تعطل أحد الضواغط في الوحدة الخارجية ما دامت بقية الضواغط تعمل جيدًا.

3 - عيوب نظام التكييف متغير الحجم

أ– على الرغم من انخفاض الكلفة التشغيلية، إلا أن تكلفة التركيب والإنشاء مرتفعة (أي أن الكلفة التأسيسية مرتفعة).

ب– ارتفاع تكاليف الصيانة إذا تسّربَ وسيط التبريد، مقارنة بالأنظمة التي تستعمل الماء وسيط تبريد.

جـ– تتم بعض أعمال الصيانة الدورية داخل الحيز المكيف؛ لوجود عناصر النظام في الوحدة الداخلية، كتنظيف المنقيات.

4 - تركيب نظام التكييف متغير الحجم

أ – تركيب الوحدات الداخلية: تشبه طريقة تركيب الوحدات الداخلية لهذا النظام طريقة تركيب الوحدات الداخلية المجزأة تمامًا.

ب– الوحدة الخارجية المركزية: تشبه طريقة تركيب هذا النظام نظام الوحدات المجزأة الذي تعلمته سابقًا، حيث تثبّت الوحدة الخارجية لنظام تكييف الهواء المجزأ غالبًا على سطح المبنى، أويُخصّص غرفة خاصة لها عندما يكون المبنى متعدد الطوابق، حيث يُخصَّص حيّز لأجهزة التكييف داخل المبنى كل عشرة طوابق، وغالبًا ما توضع الوحدة الخارجية على قاعدة متينة، وأفقية تمامًا.

جـ– يُراعى تعليمات الشركة الصانعة بخصوص الحد الأعلى للأطوال المسموح بها عند توصيل الأنابيب بين الوحدة الخارجية المركزية والوحدات الداخلية.

د – يُوصل التيّار الكهربائي لكل وحدة داخلية منفصلًا عن بقيّة الوحدات الداخلية، ويتم التحكم في كل وحدة بصورة مستقلة.

الإثراء والتوسع

ابحث في الإنترنت عن أنواع وأشكال حديثة من أنظمة وحدات التكييف المركزية المجزأة، واكتب تقريرًا عنها موضحًا بالصور.

القياس والتقويم

1 – وضح كلًّا مما يأتي:

أ– نظام تكييف الهواء القابل لتعديل التدفق **VRF**.

ب– صندوق موزعات وسيط التبريد (**Branching controller**).

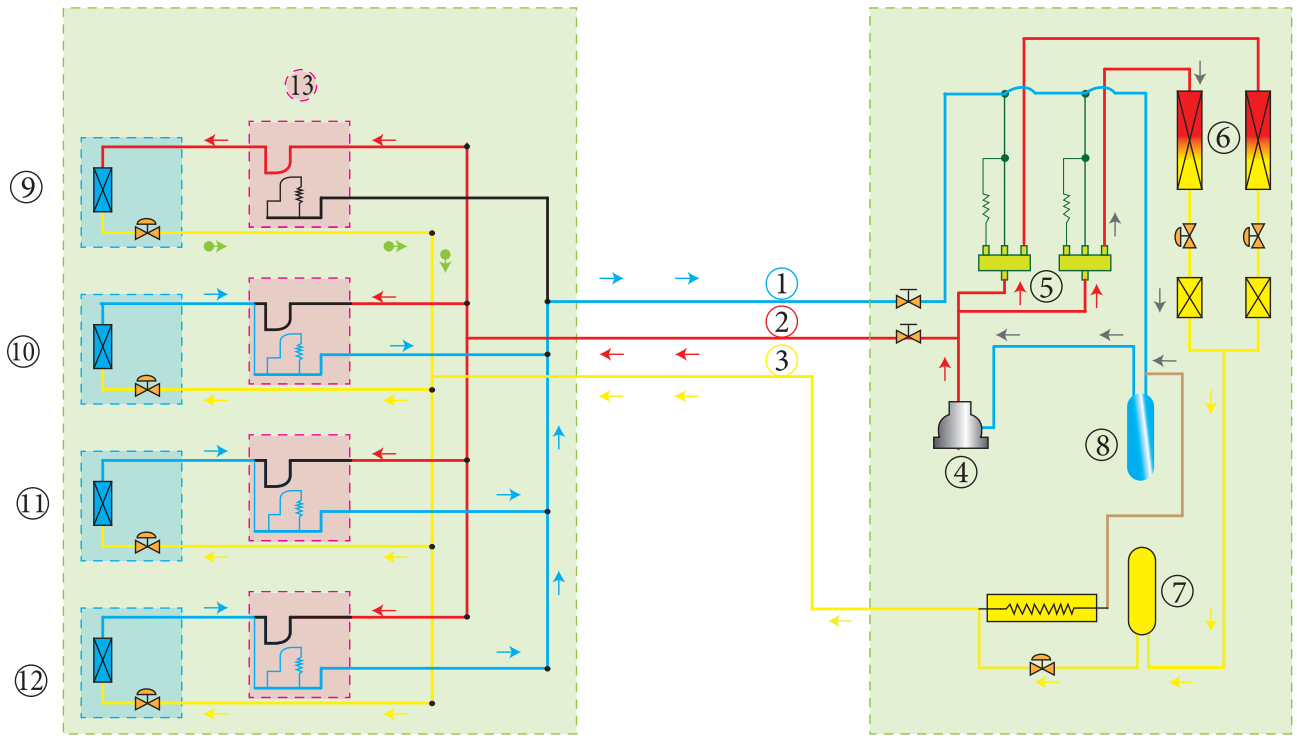
جـ– نظام وحدات التكييف المركزية المجزأة (**Central Split**).

د– نظام التكييف متغير الحجم ذو الخطين.

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

رقم	العبارة	نعم	لا
1	وحدات التكييف المجزأة تعمل دون وجود مياه مثلجة، حيث تستخدم الفريون وسيط تبريد.		
2	تتوقف الوحدة الخارجية عن العمل عندما تتوقف الوحدات الداخلية جميعها.		
3	من عيوب نظام التكييف متغير الحجم، ارتفاع الكلفة التشغيلية.		

3 – اذكر اسم كل عنصر من عناصر دورة التبريد ووظيفته المشار إليها بالأرقام في الشكل الآتي:



التمارين العملية (1-4)

تركيب نظام وحدات تكييف مجزأة مركزية وتشغيله

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تركب نظام وحدات تكييف مجزأة مركزية وتشغله.

متطلبات تنفيذ التمرين

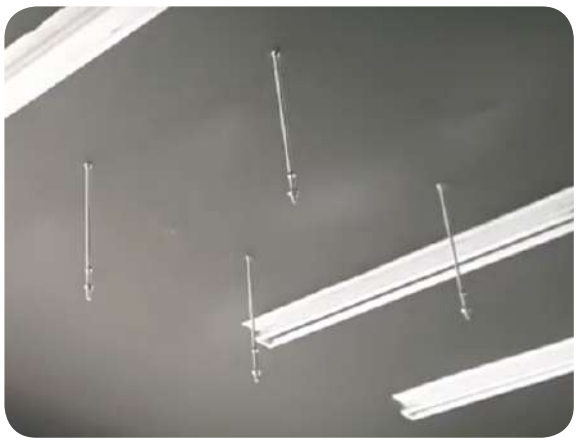
العُدَد اليدوية والتجهيزات

متطلبات السلامة والصحة المهنية، نظام تكييف مكون من وحدة مركزية وحدات عدة، داخلية، أنابيب نحاسية مناسبة للأقطار المحددة من قبل الشركة الصانعة، وبالأطوال المناسبة لموضع التركيب، مثقب كهربائي، جهاز قياس شدّة التيار الكهربائي ذو الفك المتحرّك، أسطوانة نيتروجين، مضخة تفريغ، طقم قص الأنابيب النحاسية وتفليجها، ساعات شحن وسيط التبريد وتفريغها، طقم مفاتيح شدّ، طقم مفكات، شريط قياس الأطوال (متر قياس)، ميزان ماء، مطرقة يدوية (½)كغ.

المواد الأولية

براغي تُمدَّد بالشدّ (رول بلاك)، عازل حراري، شريط لاصق، أربعة قضبان (50) سم.

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
1 –أعِدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينهما، والحفاظ على بيئة العمل في أثناء التمرين، والتعاون مع المعلم والزملاء والعمل بروح الفريق الواحد.	الشكل (1)
2 –أمِّن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوقات من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية خطورة متوقعة.	الشكل (2)
3 –حدِّد المكان المناسب لكل من الوحدة الخارجية والوحدات الداخلية، وارسم مخططًا (كروكي) بسيطًا لتوصيلات الأنابيب.	
4 –تفقَّد ملحقات التوصيل وقطعه وسلامة المعدات من العيوب، وتأكد من وجود القِطَع جميعها المذكورة في كتيب الشركة الصانعة.	

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
5 – حدِّد مواضع فتحات دخول الأنابيب في الجدران، وافتح الفتحات بحسب مقاسات لأنابيب مضافًا إليها سمك العزل.	الشكل (3)
6 – قِسْ أبعاد الوحدات الداخلية وأسقطها على مواضع التركيب بقلم علام (يمكنك استعمال قطعة كرتون لنقل الأبعاد عليها)، وتأكد من وجود مساحات كافية حولها لدورة الهواء، وكذلك الوحدة المركزية الخارجية أيضًا كما في الشكل (1).	
7 – حدِّد أماكن الثقوب في السقف لتعليق الوحدات الداخلية إذا كانت الوحدات الداخلية سقفية، أما إذا كانت جدارية، فتكون أماكن الثقوب في الجدران، ثم اثقب بالمثقب الكهربائي أماكن الثقوب كما في الشكل (2).	 الشكل (4)
8 – ضَعْ براغي الرول بلاك (براغي التمدد) في الثقوب بالمطرقة اليدوية كما في الشكل (3).	

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
9 – أدخل قضبانًا مسننة بطول (40) سم تقريبًا في براغي التمدد، ثم شدّها جيدًا حتى تثبت تمامًا، فُكّ عنها الصواميل والحلقات كما في الشكل (4).	
10 – ارفع كل وحدة داخلية إلى السقف بمساعدة فريق العمل على سُلم متين ومناسب بإدخال براغي الرول بلاك في فتحات تحميل الوحدة الداخلية، ثمّ ثبت الوحدة الداخلية بشدّ الصواميل فوق الحلقات على براغي الرول بلاك جميعها كما في الشكل (5).	الشكل (5)
11 – ضَعْ الوحدة الخارجية المركزية على قاعدة متينة في موقع مناسب وجيد التهوية، كما في الشكل (6).	الشكل (6)
12 – تأكد من ثبات الوحدة ومتانة التحميل، ثم وازنها أفقيًّا بميزان الماء وشريط القياس (متر القياس).	

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

13- مدِّد أنابيب وسيط التبريد بين الوحدة المركزية الخارجية والوحدات الداخلية، وثبتها جيدًا بمرابط التثبيت، ثم صل أطراف الأنابيب بالوحدات الداخلية وكذلك بالوحدة الخارجية وشدّ عزقات الربط جميعها شدًّا محكمًا؛ منعًا لتسريب وسيط التبريد عند التشغيل.

14- افتح غطاء لوحة التوصيلات الكهربائية للوحدات الداخلية وكذلك الوحدة الخارجية، وأدخل الأسلاك الكهربائية، ثم صل الأسلاك الكهربائية في علب التوصيلات بحسب ترقيم الشركة الصانعة وتعليماتها، ثم أغلق علب التوصيلات الكهربائية.

15- صِلْ خط التصريف بفتحة التصريف المخصصة له في حوض التصريف، وثبته جيدًا، ثم مدده إلى أقرب موقع مناسب لتصريف المياه المتكاثفة كما في الشكل (8).

الشكل (7)

الشكل (8)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
16 –اعزل الأنابيب بالعزل الحراري جيدًا، ثم لف الشريط اللاصق فوق العزل كما في الشكل (9).	الشكل (9)
17 –اضغط الشبكة بالنيتروجين، وتأكد من ثبات الضغط وعدم وجود أي تسريب، إذا وجدت تسريبًا، وعالجه حتى يختفي التسريب ويثبت ضغط الفحص، كما تعلمت سابقًا.	
18 –فرّغ الهواء من الأنابيب بمضخة التفريغ كما تعلمت في التمارين السابقة، ثم افتح صمّامات الوحدة المركزية الخارجية؛ للسماح بجريان وسيط التبريد في الأنابيب.	الشكل (10)
19 –ثبّت حمّالة جهاز التحكم في مكان مناسب داخل الحيز المراد تكييفه، ثم شغّل النظام، ثم اضبط درجات الحرارة المطلوبة بجهاز التحكم كما في الشكل (10).	
20 –نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدَد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

التمارين العملية (2-4)

تركيب نظام تكييف متغير الحجم (VRF) وتشغيله

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تركب نظام تكييف متغير الحجم (VRF) وتشغله.

ملاحظة: معظم خطوات هذا التمرين مثل التمرين السابق باستثناء بعض التوصيلات والتفريعات، وعملية التشغيل للنظام.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

متطلبات السلامة والصحة المهنية، نظام تكييف متغير الحجم (VRF)، أنابيب نحاسية مناسبة للأقطار المحددة من قِبَل الشركة الصانعة، وبالأطوال المناسبة لموقع التركيب، مثقب كهربائي، جهاز قياس شدّة التيار الكهربائي ذو الفك المتحرّك، طقم قص الأنابيب النحاسية وتفليجها، ساعات شحن وسيط التبريد وتفريغه، مضخة تفريغ، أسطوانة نيتروجين، وحدة لحام أكسي أستلين، وأسياخ لحام فضة، وولاعة، طقم مفاتيح شدّ، طقم مفكات، شريط قياس الأطوال (متر قياس)، ميزان ماء، مطرقة يدوية (½) كغ.

المواد الأولية

براغي تمدد بالشدّ (رول بلاك)، عازل حراري، شريط لاصق، أربعة قضبان (50) سم.

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
1 – أعِدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينهما، والحفاظ على بيئة العمل في أثناء التمرين، والتعاون مع المعلم والزملاء والعمل بروح الفريق الواحد.	الشكل (1)
2 – أمِّن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوقات من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، وتأكد من خلو منطقة العمل من أي خطورة متوقعة.	
3 – حدِّد المكان المناسب لكل من الوحدة الخارجية والوحدات الداخلية، وارسم مخططًا كروكي بسيطًا لتوصيلات الأنابيب.	
4 – ضع الوحدة الخارجية المركزية على قاعدة متينة في موقع مناسب وجيد التهوية كما في الشكل (1).	الشكل (2)
5 – تفقَّد ملحقات وقِطَع التوصيل وسلامة المعدات من العيوب، وتأكد من وجود القِطَع جميعها المذكورة في كتيب الشركة الصانعة.	

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

6 – حـدِّد مواقع فتحات دخـول الأنابيب في الجـدران، وافتح الفتحات بحسب مقاسات الأنابيب مضافًا إليه سمك العزل.

7 – قِسْ أبعاد الوحدات الداخلية وأسقطها على مواقع التركيب بقلم علام، وتأكد من وجود مساحات كافية حولها لدورة الهواء، وكذلك الوحدة المركزية الخارجية أيضًا.

الشكل (3)

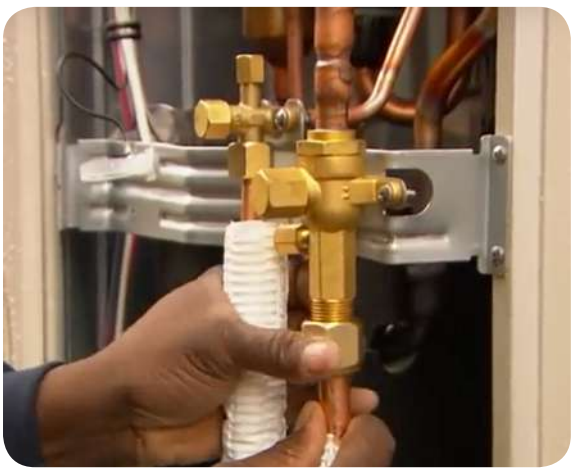
8 – حدِّد أماكن الثقوب في السقف لتعليق الوحدات الداخلية إذا كانت الوحدات الداخلية سقفية، أما إذا كانت جدارية، فتكون أماكن الثقوب في الجدران.

9 – ضَعْ براغي الرول بلاك (براغي التمدد) في الثقوب، ثم شدّها جيدًا حتى تثبت تمامًا، فُكّ عنها الصواميل والحلقات.

10 – إذا استعمل صندوق موزعات وسيط التبريد، فحِّدد له موقعًا متوسطًا بين الوحدات الداخلية؛ بحيث تكون أطوال الأنابيب أقصر ما يمكن كما في الشكل (2).

11 – عند استعمال قِطَع وَصْل التفريعات، يجب مراعاة اتجاه جريان وسيط التبريد، ومراعاة الأقطار وَفْقًا لتعليمات الشركة الصانعة كما في الشكل (3).

الشكل (4)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
12 – ارفع كل وحدة داخلية بمساعدة فريق العمل على سلم متين ومناسب، ثم ارفعها إلى السقف بحيث تدخل براغي الرول بلاك في فتحات تحميل الوحدة الداخلية، ثمّ ثبت الوحدة الداخلية بشدّ الصواميل فوق الحلقات على براغي الرول بلاك جميعها كما في الشكل (4). ثم تأكد من ثبات الوحدة ومتانة التحميل، ثم وازنها أفقيًّا بميزان الماء، مع ميلان بسيط تجاه فتحة خط التصريف.	الشكل (5)
13 – مدِّد أنابيب وسيط التبريد بين الوحدة المركزية الخارجية والوحدات الداخلية، وثبتها جيدًا بمرابط التثبيت، ثم صل أطراف الأنابيب بالوحدات الداخلية وشدّ عزقات الربط جميعها شدًّا مُحكمًا؛ منعًا لتسريب وسيط التبريد عند التشغيل كما في الشكل (5).	 الشكل (6)
14 – صِل الطرفين الآخرين بالوحدة الخارجية المركزية، ثم شدّ عزقات الربط جميعها شدًّا مُحكمًا؛ منعًا لتسريب وسيط التبريد عند التشغيل كما في الشكل (6).	

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

15 – افتح غطاء لوحة التوصيلات الكهربائية للوحدات الداخلية وكذلك الوحدة الخارجية، وأدخل الأسلاك الكهربائية، ثم صِل الأسلاك الكهربائية في علب التوصيلات بحسب ترقيم الشركة الصانعة وتعليماتها، ثم أغلق علب التوصيلات الكهربائية كما في الشكل (7).

الشكل (7)

16 – صِل خط التصريف بفتحة التصريف المخصصة له في حوض التصريف، وثبته جيدًا، ثم مدده إلى أقرب موقع مناسب لتصريف المياه المتكاثفة كما في الشكل (8).

الشكل (8)

17 – اعزل الأنابيب بالعزل الحراري جيدًا، ثم لُفَّ الشريط اللاصق فوق العزل.

18 – اضغط الشبكة بالنيتروجين، وتأكد من ثبات الضغط وعدم وجود أي تسريب، وإذا وجدت تسريبًا، فصلحه حتى يختفي التسريب ويثبت ضغط الفحص كما تعلمت سابقًا.

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

19 – فـرّغ الهواء من الأنابيـب بمضخة التفريغ كما تعلمـت في التمارين السابقة، ثم افتح صمّامـات الوحـدة المركزيـة الخارجيـة؛ للسماح بجريان وسيط التبريد في الأنابيب.

الشكل (9)

20 – ركّب الإطار الداخلي بعد الانتهاء من أعمال السقف الإضافي لديكورات السقف، ثم ثبّت حمّالة جهاز التحكم في مكان مناسب داخل الحيز المراد تكييفه كما في الشكل (9).

21 – شغّل النظام، ثم اضبط درجات الحرارة المطلوبة بجهاز التحكم كما في الشكل (10).

الشكل (10)

22 – قس قيمة التيار المسحوب وقارنه بالقيمة المحددة من قبل الشركة الصانعة.

23 – راقب عمل النظام وتأكد من جودة تغيير التدفق وَفْقًا لحِمْل التشغيل، وذلك بتشغيل بعض الوحدات وإطفاء بعضها، ثم تشغيلها جميعها، ثم تشغيل بعضها على نظام التدفئة وبعضها على نظام التبريد.

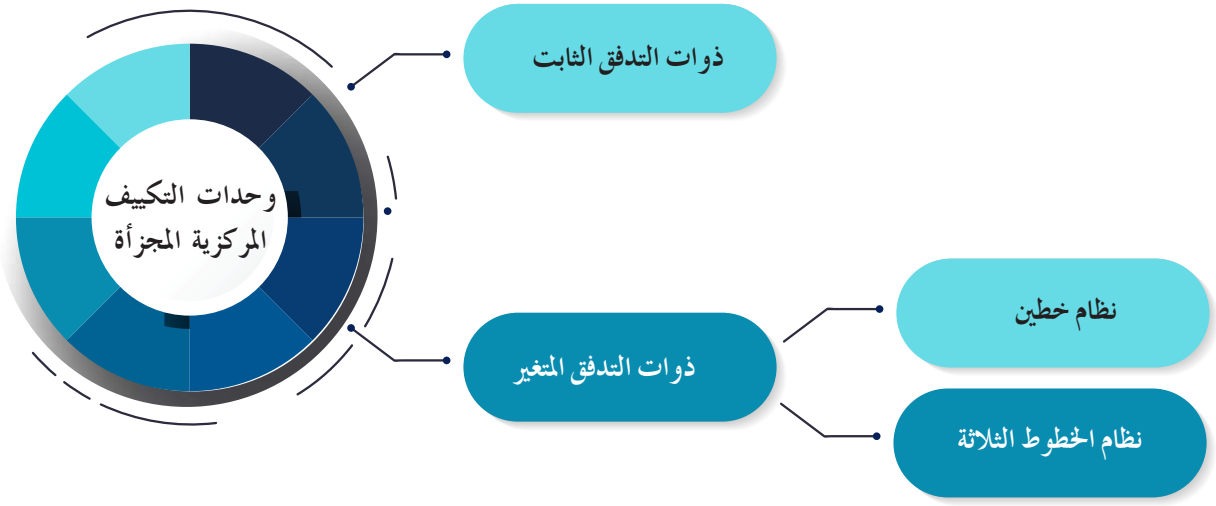
24 – نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدَد والأدوات بعد تنظيفها، واحفظها في مكانها المخصص.

التقويم الذاتي

ضع إشارة (√) مقابل الدرجة المناسبة في الجدول الآتي:

رقم الهدف	المؤشرات	درجة تحقق المؤشر		
		ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	أعرف مبدأ عمل نظام وحدات تكييف الهواء المجزأة.			
2	أعرف مبدأ عمل نظام تكييف الهواء متغير الحجم.			
3	أستطيع تركيب نظام وحدات تكييف الهواء المجزأة.			
4	أستطيع تركيب نظام تكييف الهواء متغير الحجم.			
5	أعرف مزايا نظام تكييف الهواء متغير الحجم وعيوبه.			
6	أعرف أنواع نظام تكييف الهواء متغير الحجم.			

الخرائط المفاهيمية



منهاجي
متعة التعليم الهادف

5

الوحدة الخامسة

أنظمة التكييف المركزية المجمّعة (packaged units)، وأنظمة تكييف الهواء المركزية التي تعمل بالمياه المبردة (الشلرات) (Chillers).

المحاور الفرعية

- وحدات تكييف الهواء المجمّعة، مبرّد الماء، أبراج التبريد، وحدات مناولة الهواء.

أولًا: وحدات تكييف الهواء المجمّعة، مبرّد الماء، أبراج التبريد، وحدات مناولة الهواء.

الوحدة الخامسة
5

القياس والتقويم

الخرائط المفاهيمية

النتاجات

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يركّب وحدة تكييف هواء مجمّعة خارج الحيز المكيف.
- يحافظ على وحدة تكييف هواء مجمّعة، ويجري صيانة لها.
- يشغّل مبرّد الماء.
- ينظف أنابيب مكثف مبرّد بالماء ذي الغلاف والأنابيب.
- يستبدل الماء الخاص بمبرّد الماء.
- يجري صيانة لمبرّد الماء، وأبراج التبريد، ووحدات مناولة الهواء.

منهاجي
منصة التعليم الهادف

تعليمات السلامة العامة

- ☑ أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوقات، وتأكد من خلو منطقة العمل من أي خطورة متوقعة.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

نتاجات خاصة بالعلوم الصناعية الخاصة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتعرّف أشكال وحدات التكييف المجمّعة.
- يتعرّف أماكن تركيب الوحدات المجمّعة.
- يتعرّف مكوّنات وحدات التكييف المجمّعة.
- يتعرّف دورة الهواء لوحدات التكييف المجمّعة.
- يتعرّف مبدأ عمل مبرّد الماء.
- يتعرّف الدورة الميكانيكية ومكوّناتها لمبرّد الماء.
- يتعرّف أنواع الضواغط المستخدمة في أنظمة تبريد الماء.
- يتعرّف أنواع المكثفات المستخدمة في أنظمة تبريد الماء.
- يتعرّف أنواع المبخّرات المستخدمة في أنظمة تبريد الماء.
- يتعرّف صمامات التمدد المستخدمة في أنظمة تبريد الماء.
- يتعرّف دورة الماء وشبكات الأنابيب الخاصة بمبرّدات الماء.
- يتعرّف مبدأ عمل أبراج التبريد، وطريقة عملها.
- يتعرّف أنواع أبراج التبريد بحسب طريقة تبريد الماء فيها.
- يتعرّف المراوح المستخدمة في أبراج التبريد.
- يتعرّف طرائق صيانة أبراج التبريد.
- يتعرّف الملفات المروحية وأنواعها.
- يتعرّف مبدأ عمل وحدات مناولة الهواء ومكوّناتها.
- يتعرّف طرائق صيانة وحدات مناولة الهواء.

النتاجات الخاصة بالتدريب العملي

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ التدريب العملي أن:

- يركّب وحدة تكييف هواء مجمّعة خارج الحيز المكيف.
- يحافظ على وحدة تكييف هواء مجمّعة، ويجري صيانة لها.
- يشغّل مبرّد الماء.
- ينظف أنابيب المكثف.
- يستبدل الماء الخاص بمبرّد الماء.
- يجري صيانة لمبرّد الماء ويحافظ عليها.
- يجري صيانة لأبراج التبريد ويحافظ عليها.
- يجري صيانة لوحدات مناولة الهواء ويحافظ عليها.

صُمِّمت مكيّفات صندوقية مشابهة لمكيّف النافذة، ولكنها تُثبّت على الأرض أو بالسقف، وسعاتها كبيرة، وتجمع العناصر كلّها المكونة لمنظومة تكييف الهواء، وتستخدم في الأماكن التي تحتاج إلى سعات وقدرات متوسّطة أو كبيرة، وتسمّى هذه الأجهزة وحدات التكييف المجمعة.

انظر.. وتساءل

- ما أشكال وحدات التكييف المجمّعة؟ وما مكوناتها؟

استكشف

ناقش معلمك وزملائك في الفرق بين الوحدات المجمعة والوحدات المجزأة.

اقرأ.. وتعلم

وحدات التكييف المجمّعة هي وحدات مشابهة لمكيّف النافذة، حيث إنها مجمّعة ومشحونة ومختبرة داخل المصنع، إلا أنها لا تُثبّت في النوافذ والجدران، وإنما تُثبّت غالبًا على الأرض أو بالسقوف، وتستخدم في الأماكن التي لا تشترط مستويات منخفضة جدًّا من الضجيج، حيث تكون المسافة بين مكان تثبيت الوحدة والحيز المراد تكييفه قليلة، فضلًا عن أنّ الوحدات المجمّعة ذات قدرات متعدّدة وكبيرة.

إن وحدات التكييف المجمعة، تمتاز بسهولة تركيبها، نظرًا إلى تجميعها داخل المصنع، بالإضافة إلى المرونة في التصميم ومجال الاختيار الواسع بين الأشكال المختلفة لهذه الوحدات؛ لطرح حلول تتماشى ومختلف تطبيقات التكييف.

ويسهل الوصول إلى المكونات الداخلية للوحدة، وعمل الصيانة اللازمة لها؛ نظرًا إلى وجود بوّابات كما في الشكل (5–1).

الشكل (5–1): وحدة مجمّعة مبرّدة بالهواء تحتوي بوابات لتسهيل أعمال الصيانة.

أولًا: وحدات تكييف الهواء المركزية المجمعة

1 - أنظمة تكييف الهواء المركزية المجمّعة (Central packaged)

إن وحدات التكييف المجمعة تعمل دون وجود مياه مبردة كما هو الحال في الوحدات المبردة بالماء، حيث تستعمل الفريون وسيط تبريد، ويرمز إلى نظام التبريد الذي لا يستعمل المياه المثلجة بالحرفين (DX)، اختصارًا للجملة (Direct Expansion System)، حيث إن وحدات تكييف الهواء المجمعة هي أجهزة تكييف متكاملة تجمع عناصر دورة التبريد الرئيسة الأربعة في حيز واحد: (الضاغط، والمكثف، والمبخّر، وصمّام التمدد)، إضافة إلى لوحة التحكم الكهربائي، تستخدم هذه الوحدات في المختبرات وقاعات الطعام الكبرى والمخازن والمستودعات والبنوك، تُجمّع هذه الوحدات في المصنع ليكون تركيبها سهلًا لا يتطلب غير توصيلات الكهرباء، والصرف، وأعمال الأنابيب، وقنوات الهواء، وتوضع

الوحدات في الأماكن التي تسمح بمستوى ضجيج معقول، ويجب توافر خطوط تصريف للماء المتكاثف من ملفات التبريد، وليس ضروريًّا وَصْل خط التصريف مباشرة بخط المجاري في المبنى المكيف، وتُركّب موانع اهتزاز أسفل قاعدة الوحدات المجمعة؛ لتقليل الاهتزازات في المبنى لذلك، وتتراوح السعة التبريدية لهذا النظام بين (4) طن تبريد و(50) طن تبريد.

2 - مزايا أنظمة التكييف المركزية المجمعة

أ- انخفاض تكاليفها مقارنة بأنظمة التكييف المركزي.

ب- سهولة التركيب لأن المجموعة وحدة واحدة ومجمعة.

جـ- المرونة في التشغيل بحسب متطلبات المنطقة المراد تكييفها.

3 - مساوئ تطبيقات وحدات التكييف المجمعة

أ-ارتفاع مستوى الضجيج عن مستوى الراحة الشخصية.

ب- يكون ضغط المراوح الأستاتيكي محدودًا.

جـ- تَشغل الوحدات المتعددة مساحة سطحية واسعة.

4 - أشكال وحدات التكييف المجمّعة

أ- **الوحدات المجمّعة الأفقية**: يظهر في الشكل (5-2) وحدة تكييف مجمّعة أفقية، حيث تحتوي جميع عناصر دورة تكييف الهواء مجمعة معًا أفقيًّا، وتوضع خارج الحيز المراد تكييفه؛ لأنها تحتاج إلى مساحة كبيرة، وتكون غالبًا ذات قدرات كبيرة.

الشكل (5–2): وحدة تكييف مجمعة أفقية.

الشكل (5–3): بعض أشكال وحدات مجمعة رأسية.

ب– **الوحدات المجمعة الرأسية (العمودية)**: تكون فيها مروحة تزويد الهواء المكيّف وملف المبخّر، في مستوى أعلى من الضاغط والمكثف غالبًا، ويكون مكثّفها في أغلب الأحيان مبرّدًا بالماء، تثبّت غالبًا داخل الحيّز المكيّف، وتعدّ دائمًا صغيرة مقارنة بالوحدات الأفقية، الشكل (5–3)، يُبيّن بعض أنواع هذه الوحدات المجمعة الرأسية.

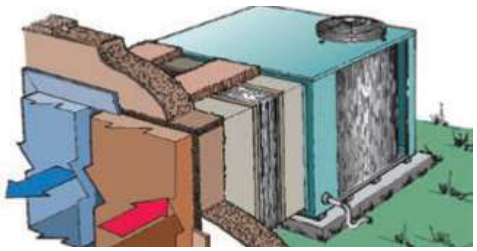
5 - أماكن تركيب الوحدات المجمّعة

أ– **خارج الحيّز المكيّف**: عند عدم توافر مكان مناسب لتركيب الوحدة داخل المكان المراد تكييفه، أو لخفض مستوى الضجيج، تثبَّت الوحدة خارج الحيّز المراد تكييفه، حيث يزوّد الحيّز بالهواء المكّيف، ويسحب الهواء الراجع منه عبر شبكة من مجاري الهواء المتصلة بالوحدة المجمعة كما في الشكل (5–4).

الشكل (5–4): وحدة مجمعة مركزية خارج الحيّز المكيّف.

الأمور الواجب مراعاتها عند تركيب وحدات التكييف المجمعة الخارجية:

1. توفير الحماية والتغطية الجيدة للتوصيلات الكهربائية ومكونات النظام، لضمان عدم التأثر بالظروف الجوية الخارجية.
2. إجراء التوصيلات الكهربائية اللازمة نظرًا إلى إمكانية تشغيل الوحدة من الداخل والخارج.
3. توصيل أقنية الهواء الراجع من الحيز المراد تكييفه بمدخل الهواء الداخل إلى الوحدة المجمعة الموضوعة في الخارج، وتوصيل أقنية الهواء المزود بين الوحدة والحيز المراد تكييفه.
4. وجود فراغ حول الوحدة لضمان حرية حركة الهواء، وإمكانية الصيانة وتسهيل عملية التركيبات اللازمة.
5. تركيب الوحدة على قاعدة مستوية قادرة على تحمل وزن الوحدة.
6. تركيب وصلات مرنة على أقنية الهواء كما في الشكل (5–5)، والشكل (5–6) يبين وحدة تكييف مجمعة خارجية، ومتصل بها مجاري الهواء الرئيسة.



الشكل (5–5): وحدة مجمعة خارجية مركبة على قاعدة مستوية.

الشكل (5–6): وحدة تكييف مجمعة خارجية تتصل بها مجاري الهواء الرئيسة.

ب– **داخل الحيّز المراد تكييفه**: تستعمل غالبًا الوحدات المجمّعة المبرّدة بالماء ذات القدرات الصغيرة داخل الحيّز المراد تكييفه، فيزوّد المكثّف بأنبوبي ماء للتزويد والتصريف، ممتدّين خارج الحيّز المكيّف، أما الهواء المكيّف، فيزوّد الحيّز إمّا مباشرة من الوحدة المجمّعة، وإمّا عبر مجاري هواء داخل الحيّز المكيّف: عند استخدام وحدات التكييف المجمّعة المبرّدة بالهواء داخل الحيّز، فيجب تركيب قنوات هواء ممتدة إلى خارج الحيّز؛ لتزويد المكثف بالهواء، وإعادة طرده إلى المحيط الخارجي.

6 - مكونات وحدات تكييف الهواء المركزية المجمّعة

تحتوي الوحدات الرأسية والأفقية المبردة بالماء أو الهواء المكونات الآتية:

أ. وحدة المكثف، وتتكون من: المكثف، والضاغط، ومحرك الضاغط الكهربائي، ويكون الضاغط غالبًا إما من المغلق (Hermetic)، وإما نصف المغلق (Semi Hermetic)، أما المكثف، فيكون غالبًا من النوع المزعنف (Finned-Type) المبرد بالهواء.

ب. وحدة المبخّر (وحدة التبريد)، وتتكون من: المبخّر، والمروحة، ومحرك المروحة الكهربائي، وغالبًا يكون المبخّر من النوع المزعنف.

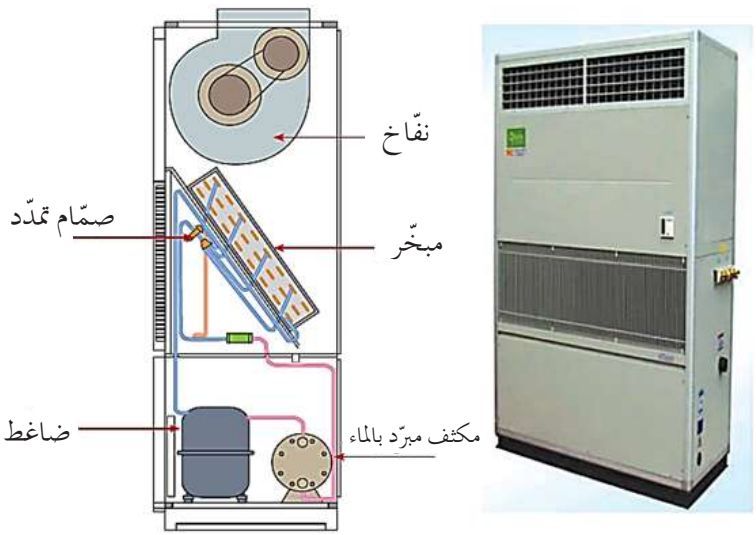
جـ. صمام التمدد: ويكون غالبًا من نوع صمام التمدد الحراري (Thermestatic Expanion Valve).

د. أنابيب الماء متصلة ببرج التبريد، ومضخة الماء في حال كان المكثف مُبردًا بالماء.

هـ. قنوات الهواء.

و. لوحة تحكم.

يبين الشكل (5–7) وحدة تكييف مجمعة عمودية مُبيَّنة أجزاؤها الداخلية.



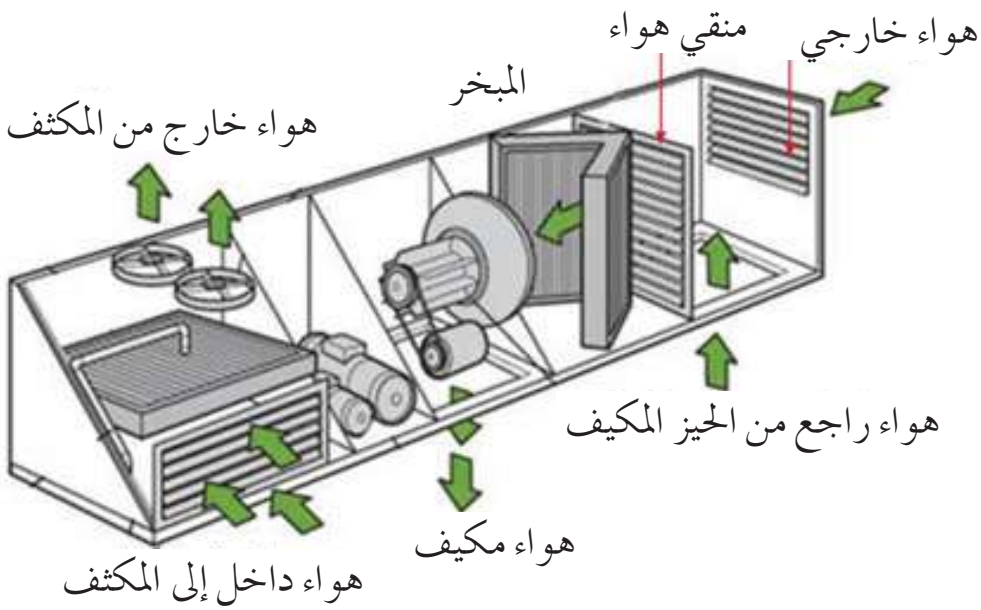
الشكل (5–7): وحدة تكييف مجمعة عمودية.

7 - دورة الهواء لوحدات تكييف الهواء المجمعة

توجد دورتان للهواء تحصلان في أثناء تشغيل وحدة تكييف الهواء المركزية المجمّعة، وهما:

أ- **دورة الهواء المُكيف**: تسحب مروحة المبخّر الهواء من الحيز المراد تكييفه؛ لتدويره مرورًا بمنقيَّات الهواء (الفلاتر)، ثم بالمبخّر؛ لتبريده، أو مرورًا بالمسخّنات الحرارية لتسخينه، أو لتسخينه عن طريق عكس الدورة (ما يسمى المضخة الحرارية)، وتعمل المروحة أيضًا على سحب جزء من الهواء النقي الخارجي؛ لخلطه مع الهواء الراجع من الحيّز المراد تكييفه؛ لتحسين نسبة الهواء النقي في الحيز المراد تكييفه.

ب- **دورة الهواء الخارجي حول المكثّف**: تسحب مروحة المكثف الهواء الخارجي وتمرّره عبر ملفات التكثيف، ثم تطرده إلى الخارج ثانية؛ ليعمل على تكثيف وسيط التبريد وتحويله من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة، يُبيّن الشكل (5-8) دورتي الهواء في الوحدات المجمّعة المركزية.



الشكل (5-8): دورتا الهواء في الوحدات المجمّعة المركزية.

ثانيًا: أنظمة تكييف الهواء المركزية التي تعمل بالمياه المُبردة (Chillers)

مبرّد الماء الشيلر (Chiller): هو وحدة تبريد المياه، وظيفته خفض درجة حرارة المياه إلى (4–5)°م.

يتكون نظام الشيلر من ثلاثة عناصر رئيسة، هي:

1 – دورة تبريد انضغاطية أو امتصاصية؛ لتبريد المياه.

2 – مضخات لتدوير المياه بين الشيلر وبين وحدات مناولة الهواء الموزعة داخل المبني، حيث تضخ هذه المضخات المياه المُبردة من الشيلر إلى وحدات مناولة الهواء، ثم تسحب المياه الراجعة من وحدات مناولة الهواء لتعيدها إلى الشيلر لتبريدها.

3 – وحدة مناولة الهواء (Air Handling Unit)، وظيفتها مناولة الهواء المراد تبريده بتمريره عَبْرَ ملفات المياه الباردة، باستقبال الماء البارد القادم من جهاز الشيلر وعمل تبادل حراري بين الهواء والمياه المُبردة القادمة من الشيلر، حيث تنتقل الحرارة من الهواء إلى المياه المُبردة، ما يؤدي إلى تبريد الهواء، وعليه، ترتفع درجة حرارة المياه بقدر ما اكتسبت من حرارة من الهواء، فتُعاد المياه إلى الشيلر لإعادة تبريدها مرة أخرى، وتكرر هذه الدورة إلى أن يبرُد هواء الغرفة إلى الدرجة المطلوبة والمحددة مسبقًا من قبل المستخدم.

أ – يفضل أن يكون فرق درجات الحرارة بين الداخلة إلى الشيلر والخارجة منه (5) س°، فلو كانت درجة الحرارة الداخلة (10) س°، فإن درجة الحرارة الخارجة منه تكون (5) س°، ويقوم الثيرموستات بضبط درجات الحرارة لمياه الشيلر وتنظيمها.

ب– إذا وجد أكثر من شيلر في المكان نفسه، فيفضل ترك مسافة كافية بين كل شيلر والآخر، بما يسمح لكل شيلر بالتبادل الحراري مع الهواء المحيط بسهولة، وهذه المسافة لا تقل عن مترين.

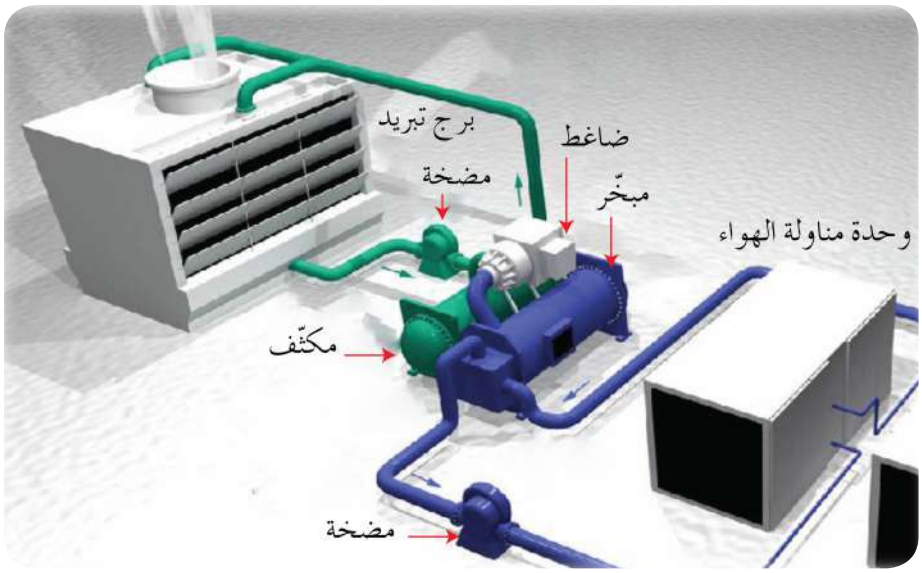
1 - مبدأ عمل مبرّد الماء (Chiller)

يُستعمل هذا النظام في تطبيقات تكييف الهواء المركزية الكبيرة؛ لأن الماء أكثر كفاءة في عملية التبادل الحراري من الهواء، ويمتاز الماء بسهولة تدويره خلال الأماكن المراد تكييفها، فضلًا عن أن استعمال الماء يقلل من حجم وحدات التكييف، إذا استُعمل التكييف المباشر.

وفي هذه الأنظمة، يبرد الماء في المبخّر، بحيث تكون درجة حرارة خروج الماء (4) درجات مئوية أو أكثر قليلًا، ويمكن ضبط هذه الدرجة، بحيث تكون أقل من الصفر المئوي في بعض الأنظمة، شريطة وضع كمية مناسبة من سائل منع التجمد في المياه المراد تبريدها؛ تجنبًا لتجمدها وضمان التشغيل الآمن للنظام، ولا بد من توخي الحيطة عند اختيار هذا المحلول، بحيث يفي بالمتطلبات المطلوبة من حيث البيئة ودرجة السميّة.

ترسل المياه المبردة بمضخة ماء إلى ملف مروحي داخل الحيز المراد تكييفه، أو إلى وحدة مناولة هواء تزود الحيز المراد تكييفه بالهواء المبرد المطلوب.

تتوافر مبردات الماء بقدرات مختلفة، فمنها الصغيرة التي لا تتعدى مئة طن تبريد، وتُستعمل معها الضواغط الترددية والدوارة، والمكثفات المزعنفة ذات حِمْل الهواء الجبري، وفي بعض الأحيان المكثفات التي تبرد بالماء مع استعمال برج تبريد لتبريد الماء الساخن، وتُستعمل المبخّرات الجافة أيضًا مع صمام التمدد الحراري، منها ذات القدرات المتوسطة، ومنها الكبيرة، التي تزيد سعتها التبريدية على (100) طن تبريد، حيث تُستعمل غالبًا الضوابط الطاردة عن المركز واللولبية، أما إذا كان المكثف مبردًا بالماء، فيجب إضافة برج تبريد (Cooling Tower) لتبريد المياه التي تدور حول المكثف، وفي هذه الحالة فإن نظام تكييف الهواء فيه دورتان منفصلتان للمياه، الأولى: دورة المياه بين الشيلر ووحدات مناولة الهواء، والثانية: بين برج التبريد والمكثف المغمور بالمياه، يُبيّن الشكل (5–9) دورتي المياه في نظام تكييف الهواء المركزي الشيلر ذي المكثف المغمور بالمياه.



الشكل (5–9): دورتا المياه في نظام تكييف الهواء المركزي الشيلر ذي المكثف المغمور بالمياه.

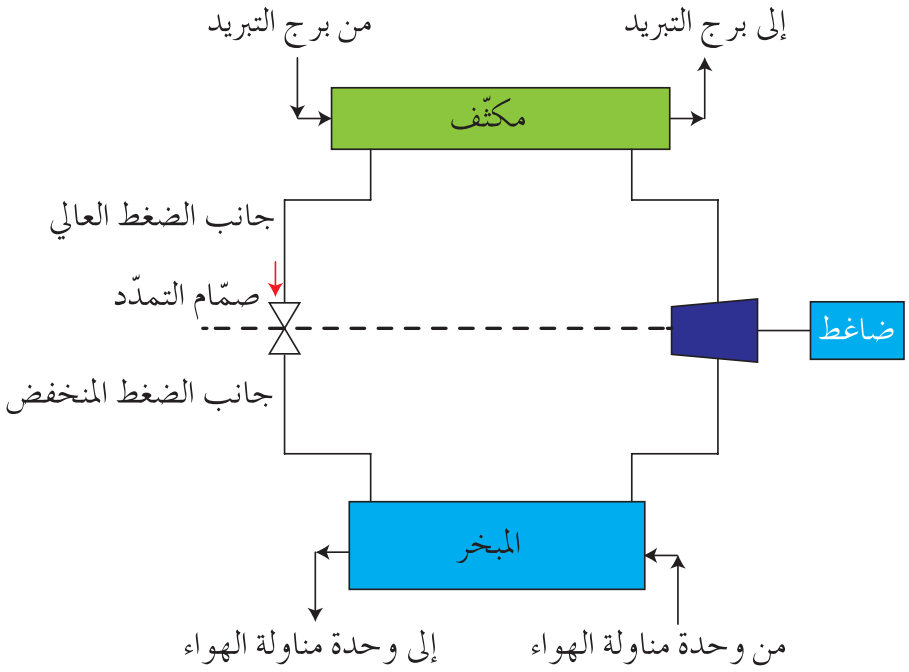
2 - الدورة الميكانيكية لمبرّد الماء، ومكوّناتها

تقسم دارة الانضغاط الميكانيكية للمبرّد قسمين:

أ – نظام الضغط العالي: يستخدم في تطبيقات التكييف أو الأنظمة التي لا تتطلب درجات حرارة منخفضة.

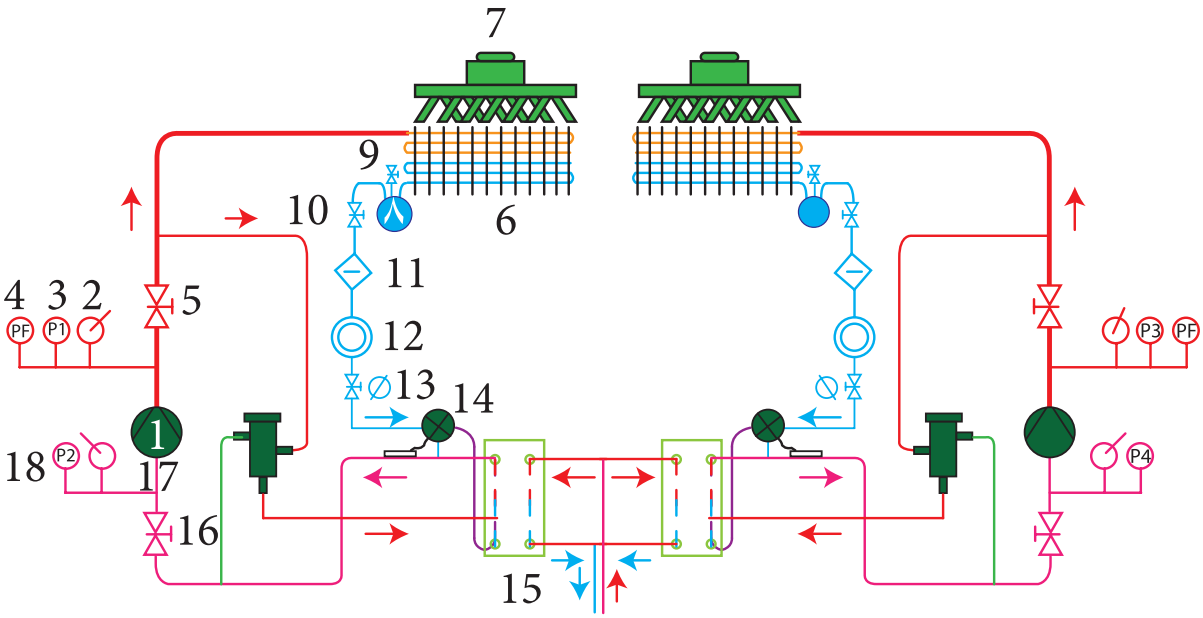
ب– نظام الضغط المنخفض: حيث يكون ضغط التبخر في المبرّد منخفضًا، وتستخدم غالبًا في أجهزة التبريد للحصول على درجات حرارة منخفضة، أمَّا أكثر الضواغط استخدامًا في هذا النظام، فهي الضواغط الطاردة المركزية.

تتكوّن دارة وسيط التبريد الانضغاطية لمبرّد الماء من أربعة أجزاء رئيسة، هي: (ضاغط، ومكثّف يبرد بالهواء أو الماء، ومبخر (وحدة المبرّد)، إضافة إلى أجهزة تحكم في التدفق)، حيث تتجمع هذه المكونات داخل إطار معدني واحد، والشكل (5–10) يظهر الأجزاء الرئيسة للدارة الميكانيكية لمبرد ماء ذي مكثّف مبرّد بالماء.



الشكل (5–10): الأجزاء الأساسية للمبرد.

يُبيّن الشكل (5–11) دارة ميكانيكية لمبرّد ماء (شيلر) ذي مكثّف مبرّد بالهواء (مكثف جاف) مكون من ضاغطين.



1	ضاغط	2	ساعة ضغط عالٍ	3	قاطع ضغط عالٍ
4	مفتاح ضغط عالٍ	5	صمّام الضغط العالي	6	مكثّف
7	مروحة المكثّف المحورية	8	خزّان سائل	9	صمّام أمان لارتفاع الضغط
10	صمّام يدوي	11	مجفّف	12	زجاجة رؤية
13	صمّام كهرومغناطيسي	14	صمّام تمدّد	15	مبخّر
16	صمّام خط السحب	17	ساعة الضغط المنخفض	18	قاطع الضغط المنخفض

الشكل (5–11): دورتا المياه في نظام تكييف الهواء المركزي الشيلر ذي المكثف المغمور بالمياه.

3 - الضواغط المستخدمة في أنظمة تبريد الماء

تستخدم في هذه الأنظمة أنواع مختلفة من الضواغط، منها:

أ – **الضواغط الترددية ذات الإزاحة الموجبة**: تستخدم الضواغط الترددية التي تصل قدرتها إلى (150) حصانًا تقريبًا في الأنظمة الحديثة، ويمكن استخدام مجموعة من الضواغط ذات القدرات الصغيرة بدلًا من ضاغط واحد ذي قدرة كبيرة، كما في الشكل (5–12)، وتُشغّل بعض الضواغط أو جميعها، بحسب الحِمْل الحراري، ما يسهم في توفير الطاقة الكهربائية، وتخفيض كلفة الصيانة للنظام، وتستخدم مع هذه الضواغط أنواع مختلفة من وسائط التبريد.

ومن الممكن التحكم أيضًا بعمل الضاغط الترددي حسب الحمل المطلوب بإحدى الطرق التالية:

– استخدام جهاز إلكتروني للتحكم في سرعة دوران الضاغط.

– استخدام صمام كهربائي للتحكم في دخول كمية وسيط التبريد إلى الأسطوانة المطلوبة.

الشكل (5–12): مبرّد ماء فيه مجموعة ضواغط ترددية.

تنبيه

يجب عدم استعمال سوائل تبريد ضارة بالبيئة أو تؤثر في طبقة الأوزون.

ملاحظة

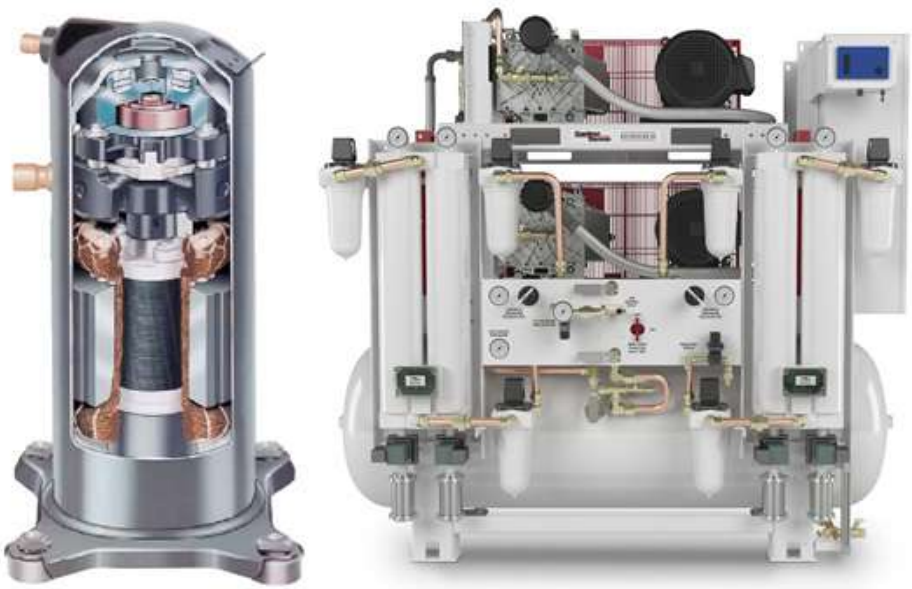
إذا استعمل ضاغط واحد كبير، لتخفيض استهلاك الطاقة، تُضيف بعض الأنظمة متحكم الحِمْل (لإنقاص قدرة الضاغط الترددي).

ب – الضاغط الدوار الحلزوني (Scroll Compressor)

يُستخدم هذا الضاغط في أنظمة المبرّدات المائية بقدرات تتراوح بين (10–25) طنًّا، وتكون ذات إزاحة موجبة، هوغالبًا من النوع المحكم المقفل، حيث يُستعمل للقدرات الكبيرة ضواغط دوارة عدة، ويمتاز الضاغط الدوار الحلزوني بما يأتي:

1. كفاءة عالية.
2. صوته منخفض.
3. قلة عدد القِطَع الدوّارة.
4. ضغطه كميّات قليلة من سائل وسيط التبريد.
5. مقاوم لتدفق وسيط التبريد قليلة من جانب الضغط المنخفض إلى جانب الضغط العالي، ومزوّدة أيضًا بصمّام عدم رجوع عند إيقاف الضاغط.
6. مضخّة الزيت أسفل عمود الدوران، وتحمل الزيت إلى أجزاء الضاغط جميعها.

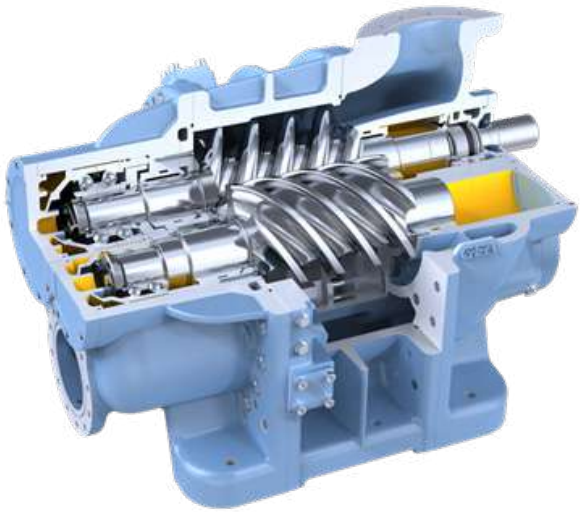
يُبيّن الشكل (5–13)، مبرّد ماء يستعمل مجموعة من الضواغط الحلزونية الدوارة.



الشكل (5–13): مبرّد ماء فيه مجموعة من الضواغط الحلزونية الدوارة.

جـ – الضاغط الدوار اللولبي (Rotary Screw Compressor)

يستخدم في أنظمة التبريد الكبيرة ذات الضغط العالي، ومن الممكن أن يضغط كميات كبيرة من وسيط التبريد، وهو من الضواغط ذات الإزاحة الموجبة، ويمكن أن يمرر بعض كميات من سائل وسيط التبريد دون تلف، حيث يصنع بقدرات (50 إلى 700) طن، ويمتاز هذا النوع من الضواغط بقلة أعطاله، يُبيّن الشكل (5–14)، ضاغطًا دوّارًا لولبيًّا.



الشكل (5–14): ضاغط دوّار لولبي.

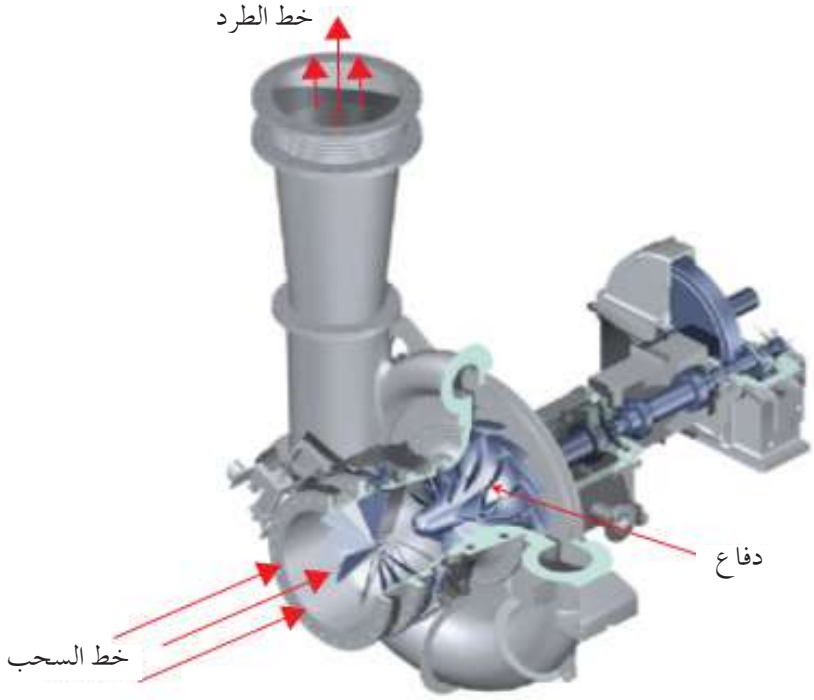
د – الضواغط الطاردة عن المركز (Centrifugal Compressor)

من الضواغط الديناميكية، ويعتمد على قوة الطرد المركزي لنقل وسيط التبريد من منطقة الضغط المنخفض إلى منطقة الضغط العالي، كما هو مُبيّن في الشكل (5–15).

يمكن التحكم في قدرة الضاغط الطاردة عن المركز بإحدى الطريقتين الآتيتين:

– بالاعتماد على ريشة التوجيه المركبة على مدخل فراشة الدخول.

– استخدام صندوق السرعات.



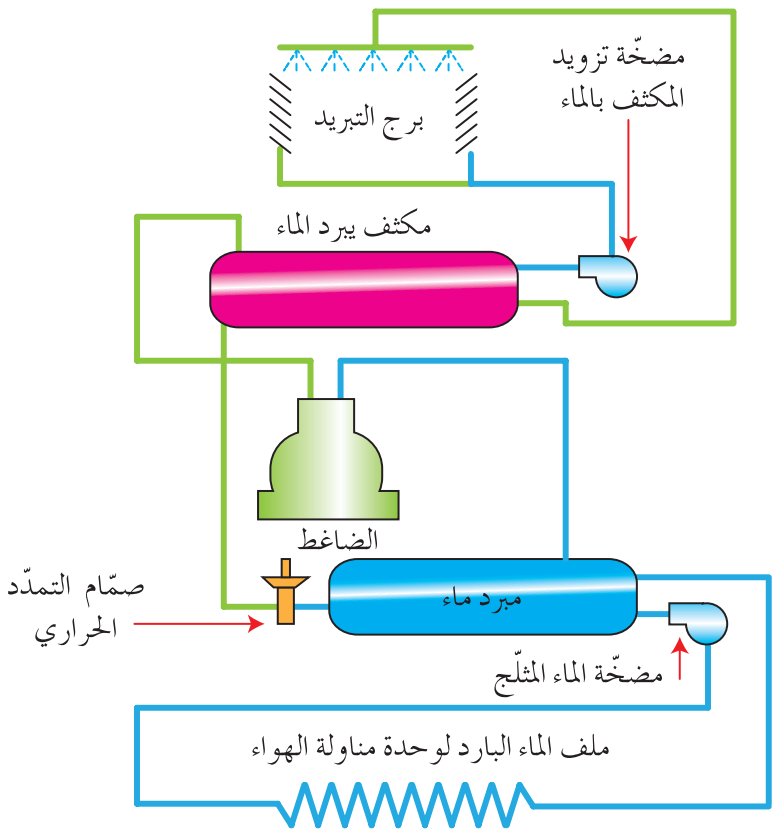
الشكل (5–15): ضاغط الطرد المركزي.

4- أنواع المكثفات المستخدمة في أنظمة تبريد الماء

تصّنف المكثفات المستخدمة في مبردات الضغط العالي بحسب طريقة تبريدها إلى:

أ- **المكثّفات المبرّدة بالهواء (الجافة)**: تكون من النوع المزعنف (V) غالبًا، وتبرّد بمراوح محورية يتم التحكم في سرعتها وتشغيلها بمجسّات كهربائية. ويثبت هذا النوع في مكان مفتوح.

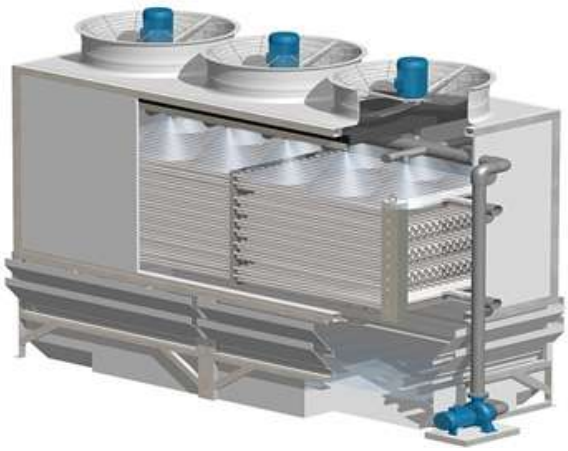
ب- **المكثفات المغمورة بالماء**: في هذا النوع تكون ملفات المكثف مغمورة بالمياه القادمة من برج التبريد، فيتم التبادل الحراري بين وسيط التبريد والمياه، مما يؤدي إلى رفع حرارة المياه، لتنتقل إلى برج التبريد الذي يعمل على خفض حرارتها وإعادة تدويرها إلى المكثف مرة أخرى والشكل (5–16) يبين مكثفًا مُبردًا بالماء ضمن الدورة الميكانيكية لمبرد الماء.



الشكل (5–16): مكثّف مبرّد بالماء ضمن الدورة الميكانيكية لمبرد الماء.

جـ- **المكثفات التبخيرية**: يستخدم فيها الهواء والماء لتكثيف بخار وسيط التبريد، ويتكون من مكثف وبرج تبريد مجمعين في وحدة واحدة.

5 - برج التبريد



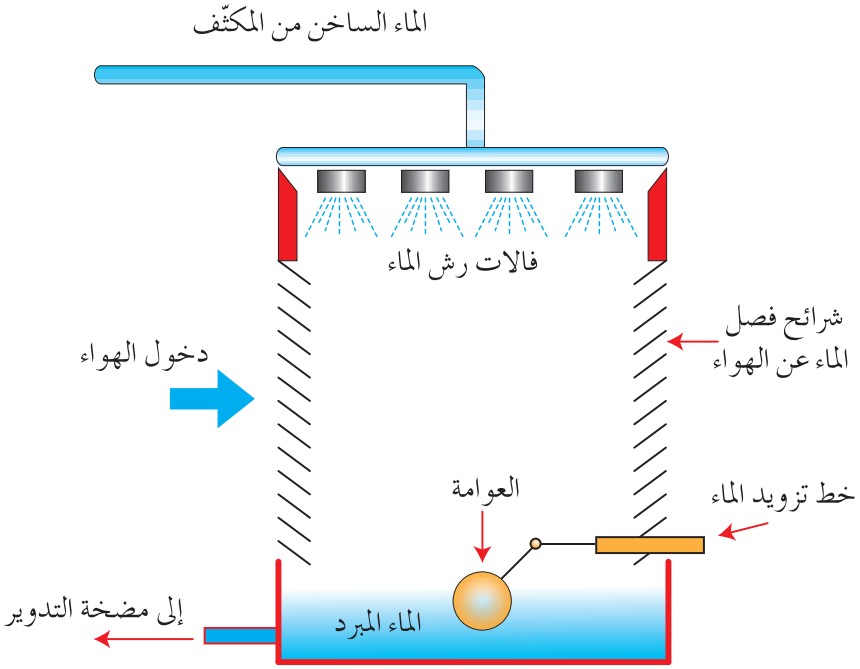
الشكل (5–17): أحد أبراج التبريد.

مبادل حراري يبرّد الماء، عن طريق تذرير الماء ثم تعريضه لتيارات من الهواء؛ لتخليصه من الحرارة، ويستخدم في أنظمة التكييف لتبريد مياه المكثفات المغمورة، والشكل (5–17) يُبيّن الشكل الخارجي لأحد أبراج التبريد.

أ- مبدأ عمل برج التبريد: ترش المضخة الماء الساخن الخارج من المكثّف عبر مرشات ماء موجودة في أعلى برج التبريد (فوهات **Nozzels**)، وتحدث عملية انتقال الحرارة بين الماء والهواء بسبب اختلاط قطرات الماء بتيار الهواء، حيث يتبخّر بعض الماء وتسحب الحرارة اللازمة للتبخر من الماء، فتنخفض درجة حرارته وارتفاع درجة حرارة الهواء الخارج من البرج أيضًا، ثم يسقط الماء الذي تم تبريده في حوض التجمع؛ فتسحبه المضخة من حوض التجميع لترسله إلى المكثف المغمور مرة أخرى. يتحرك الهواء داخل البرج بفعل المراوح، وتعرف سعة برج التبريد الحرارية باسم (**Thermal cooling tower capacity**) التي تبين قابلية برج التبريد على إزالة الحرارة من الماء.

ب- أنواع أبراج التبريد حسب طريقة تبريد الماء فيها: وتقسَّم أبراج التبريد بحسب طريقة تبريد الماء في البرج ثلاثة أقسام:

1. برج التبريد ذو حِمْل الهواء الطبيعي (Atmospheric Draft Towers): يستعمِل هذا البرج جريان الهواء الطبيعي لتبريد الماء، لذلك يجب وضع البرج باتجاه الرياح أو على موضع مرتفع، ليسهل وصول الهواء إليه، وتتكون هذه الأبراج من الأجزاء المُبيّنة في الشكل (5–18).

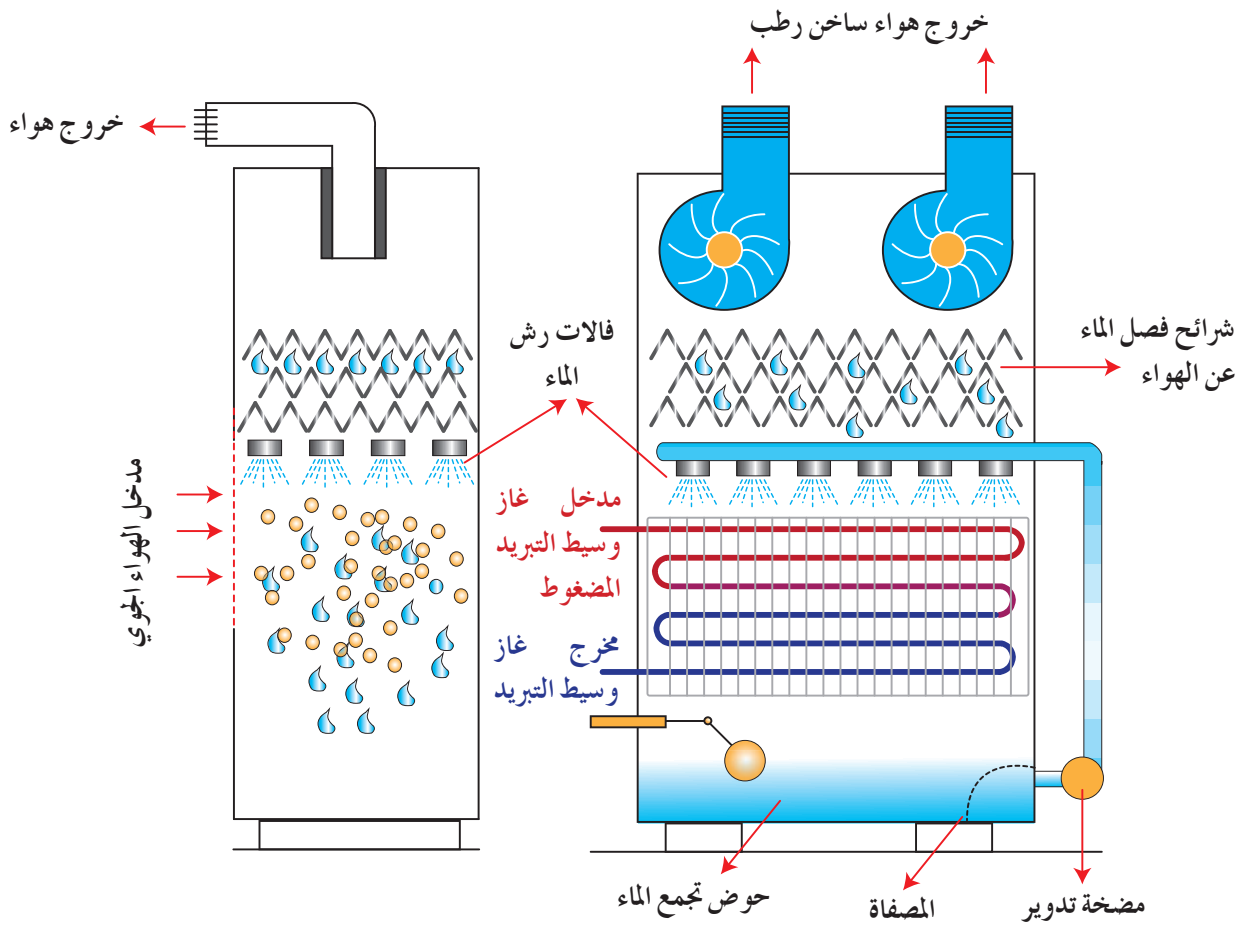


الشكل (5–18): أجزاء برج تبريد ذي حِمْل طبيعي.

2. برج التبريد ذو حِمْل الهواء القسري: يمتاز هذا النوع من الأبراج بوجود مراوح تحرك الهواء خلاله، حيث توضع هذه المراوح إما أعلى البرج كما في الشكل (5–19)، وإما أسفله وإما جانبيه.

الشكل (5–19): برج التبريد ذو حِمْل الهواء القسري، مروحته في الأعلى.

3. برج التبريد ذو المكثّف التبخيري: في هذا النوع من المكثفات، يوضع المكثف داخل برج التبريد، حيث يرش الماء مباشرة على أنابيب المكثف وزعانفه، ونتيجة التبادل الحراري بين الماء والمكثف، يمتص الماء الحرارة من غاز وسيط التبريد؛ فترتفع درجة حرارة الماء، وتبخر جزءًا منه، وتحول غاز وسيط التبريد إلى الحالة السائلة، ولتبريد الماء وإعادة استعماله، يُعرّض لتيار هواء خارجي، يوضح الشكل (5–20) عمل المكثف التبخيري وأجزاءه.



الشكل (5–20): مكثّف تبخيري.

جـ - صيانة أبراج التبريد

للحصول على أداء جيد لبرج التبريد، يجب إجراء صيانة دورية لمكوّناته جميعها وتنظيفها، ويجب معالجة ماء البرج من:

أ – **القشور (Scales)**: الناتجة من ترسّب المواد الصلبة في الماء، بتنظيف مصافي المياه دوريًّا.

ب – **التآكل (Corrosion)**: الناتج من تحلل المعادن نتيجة التفاعلات الكيميائية بين الهواء والمعادن الصلبة بوجود الماء، وذلك بإضافة مواد كيميائية للماء لجعل الماء غير حامضي (PH>7).

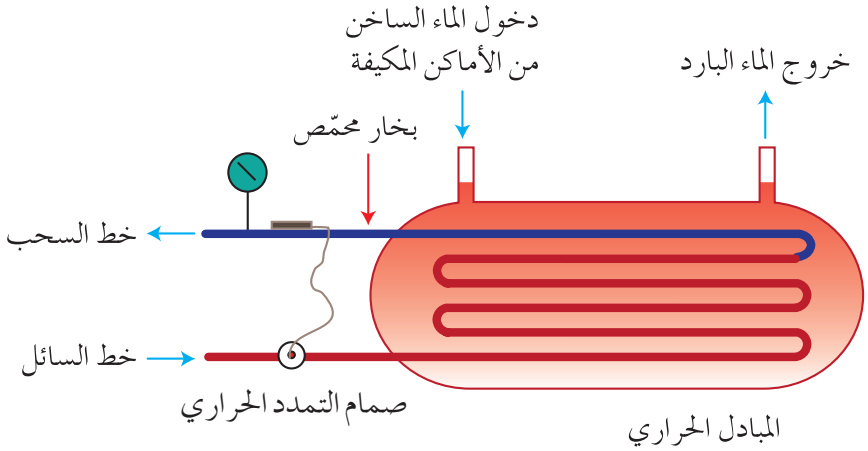
جـ – **الكائنات العضوية (Organicgrowth)**: حيث تعدّ البيئة الرطبة داخل البرج بيئة مثالية لنمو الطحالب والفطريات، ما يتلف حشوات البرج الداخلية، ولعلاج ذلك تُضاف مواد كيميائية مثل الكلور للمياه الجارية.

د – **الأتربة (Dirt)**: ومصدرها من الهواء المحيط ببرج التبريد، حيث تتجمّع في قاع البرج على هيئة طين (Silt)، ويتم التخلص منها بوضع منقيَّات على مداخل الهواء والتنظيف الميكانيكي لقاع برج التبريد.

6 - المبخّرات المستخدمة في مبرّدات الضغط العالي (Chillers Evaporators For High Pressure)

تمتاز المبرّدات باستخدامها الماء في المبخّرات؛ لأن الماء يحقق تبادلًا حراريًّا أفضل مع سائل وسيط التبريد مقارنة بالهواء، وعليه، تكون مساحة سطح التبادل الحراري في مبخر المبرّد أقل مع كفاءة انتقال حراري أعلى، وتستخدم في المبردات مبخّرات مختلفة الأشكال، منها:

أ – **المبخّر ذو الغلاف والملف**: يستخدم مع المبرّدات ذات القدرات الكبيرة، ويستخدم صمّام التمدّد الحراري للتحكم في تدفق وسيط التبريد داخل الملف، أما الماء، فيتدفق حول الملف وداخل غلاف المبادل الحراري، وبذلك يكون الماء ملامسًا أنابيب الملف جميعها، كما هو مُبيّن في الشكل (5–21)، مما يعطي أفضل تبادل حراري، إلا أن المشكلة تكمن في صيانة هذا النوع من المبخّرات؛ لأنه لا يمكن فكّه لغايات الصيانة والتنظيف، وإنما يكتفي باستخدام المواد الكيميائية في تنظيفه، وهو في الغالب من النوع الجاف.



الشكل (5–21): المبخّر ذو الغلاف والملف.

ب – **المبخّر ذو الغلاف والأنابيب**: وهو في الغالب من النوع المغمور الذي يستعمل العوامات للتحكّم في تدفق وسيط التبريد داخل غلاف المبخّر، أما الماء، فيتدفق داخل الأنابيب، وتكون الأنابيب مغمورة داخل سائل وسيط التبريد، ما يعطي كفاءة تبادل حراري عالية، وتكون كميّات وسيط التبريد في المبرد الذي يستخدم المبخّرات المغمورة، أكبر من نظيراتها للمبردات التي تستخدم صمام التمدد المباشر.

7 - صمامات التمدد المستخدمة في المبرّدات

يُختار صمام التمدد بناءً على نوع المبخّر المستخدمة في المبرد، فعند استخدام المبخّر الجاف، يختار صمام التمدد الحراري أو الإلكتروني، أما عند استخدام المبخّر المغمور، فتستخدم العوامات.

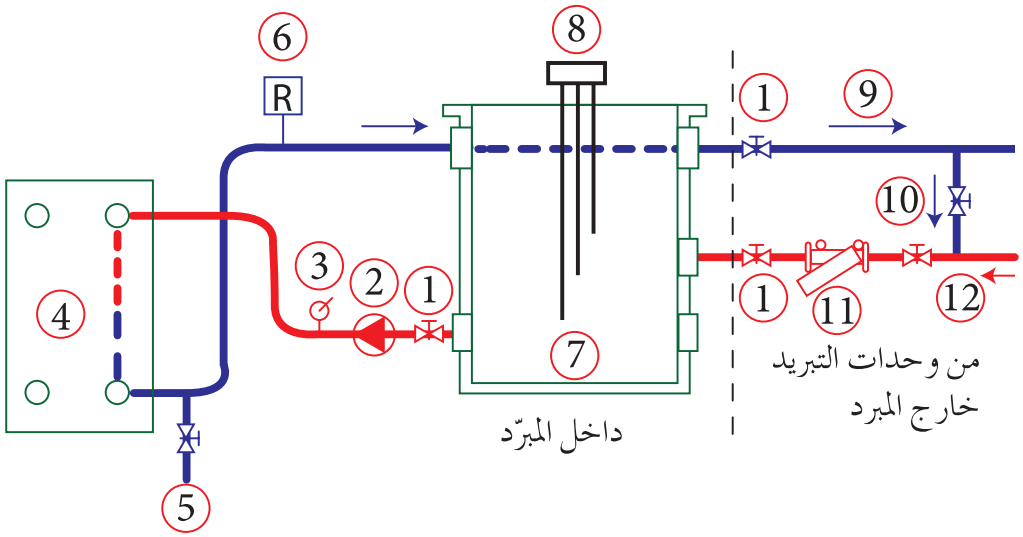
8 - دورة الماء وشبكات الأنابيب الخاصة بمبردات الماء

دورة تدوير الماء البارد: يكون الماء وسيط تبريد ثانويًّا، وفي هذه الدورة يُبرّد الماء داخل المبخّر، ويُوزّع عبر شبكات الأنابيب بالمضخات إلى ملفات مروحيّة أو وحدات مناولة الهواء، التي تعمل مبادلًا حراريًّا بين الماء والهواء المراد تكييفه، ويعمل الماء وسيط تبريد ثانويًّا، ما يوفر تكاليف الصيانة وسهولة إجرائها، أما دورة الماء البارد، فتتكوّن من شبكة أنابيب وخزانات ومضخات.

شبكة الأنابيب وملحقاتها

تحتوي مبردات الماء خزان ماءً داخليًّا أو خارجيًّا يكون مستوى الماء فيه متغيرًا، ويُستعمل هذا الخزان خزان تمدد لتزويد الشبكة بالماء، واستيعاب الماء الفائض عند الحاجة، وتُستعمل بعض المبردات خزانات ماء مقسومة قسمين منفصلين معزولين، إلا أنهما داخل غلاف واحد، يكون أحدهما للماء البارد والآخر للماء الراجع، ويحرّك الماء داخل الشبكة وإلى الأحمال الحرارية (الملف المروحي أو وحدة مناولة الهواء) بوساطة مضخات، وتستخدم غالبًا الطرائق الآتية في تزويد الماء المبرد:

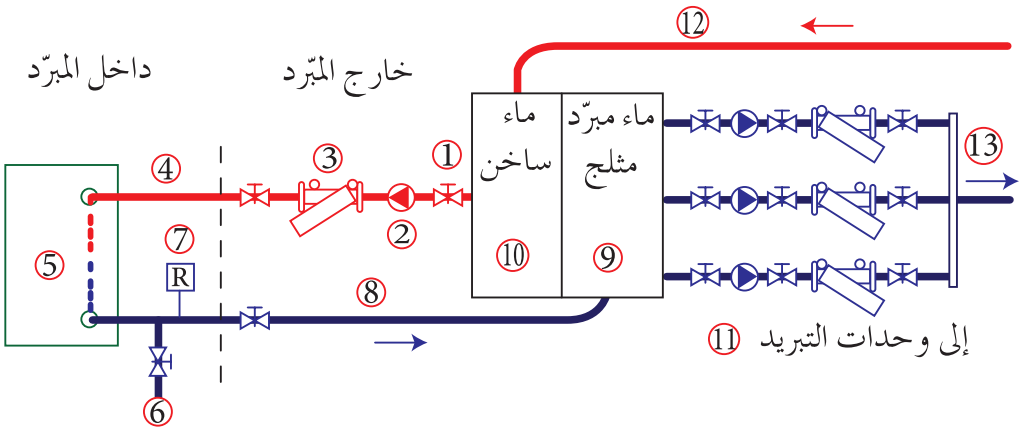
أ- استعمال مضخة واحدة: تسحب المضخة الماء من خزان الماء الراجع، وتدفعه إلى المبخّر الخاص بمبرّد الماء ومنه إلى الأحمال الحرارية، ثم تعيده مرة أخرى إلى الخزان الراجع، كما هو مُبيّن في الشكل (5-22).



1	صمّام ماء يدوي.	2	مضخّة تدوير الماء.
3	ساعة قياس ضغط الماء.	4	مبخّر.
5	خط التصريف.	6	صمام التحكم في التدفق.
7	خزان التمدد (راجع).	8	مقياس مستوى الماء.
9	ماء بارد إلى الأحمال الحرارية	10	صمام تمرير.
11	مصفاة ماء.	12	ماء راجع من الأحمال الحرارية.

الشكل (5-22): تدوير الماء داخل شبكة المبرّد مضخّة واحدة.

ب– استعمال مضخّتين للماء: في هذا النظام تسحب المضّخة الأولى الماء من خزان الماء الراجع، وتدفعه إلى المبخّر الخاص بمبرد الماء ومنه إلى خزان الماء البارد، وتسحب المضخة الثانية الماء من خزان الماء البارد، وتدفعه إلى الأحمال الحرارية ومنها إلى خزان الماء الراجع، كما هو موضح في الشكل (5–23).



1	صمّام ماء يدوي.	2	المضخّة رقم (1).
3	مصفاة ماء.	4	ماء مسحوب من خزّان التمدّد (الراجع).
5	مبخّر المبرّد.	6	خط تصريف.
7	صمّام التحكم في التدفق.	8	ماء مبرّد خارج من المبخّر.
9	خزّان الماء البارد.	10	خزان ماء ساخن (راجع).
11	مضخة الماء البارد.	12	ماء راجع من الأحمال الحرارية.
13	ماء مبرّد إلى الأحمال الحرارية.		

الشكل (5–23): تدوير الماء داخل شبكة المبرّد عبر مضخّتين.

9 - المضخات المستخدمة في أنظمة تبريد المياه

تعمل المضخات في نظام مبرد المياه على استمرار جريان الماء وتدويره داخل النظام، أمّا وظائف المضخات، فهي:

– إحداث ضغط كافٍ داخل النظام للتغلب على مقاومة الجريان.

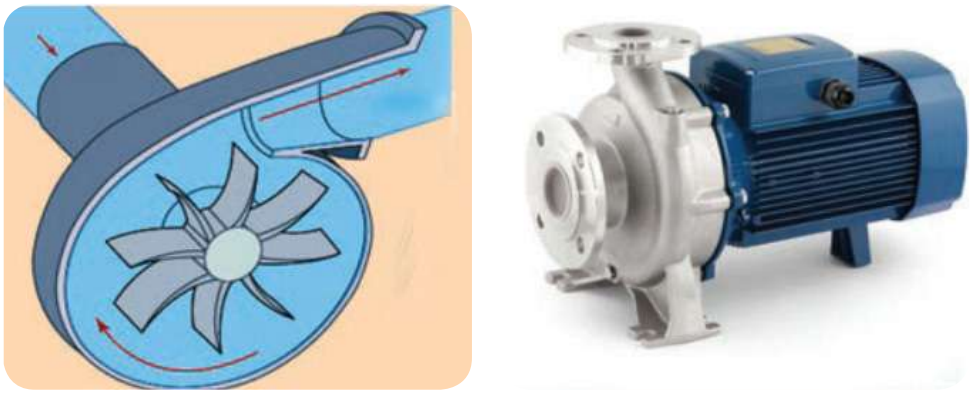
– توفير سرعة جريان للماء تتناسب ونظام التبريد.

– ضخ الكميات (معدلات تدفق) المطلوبة للمياه بحسب التصميم.

أ – أهم انواع المضخات المستخدمة

- النوع ذو الإزاحة الموجبة، وتكون إما ترددية وإما دوارة وإما لولبية.
- النوع الطارد عن المركز، وهو الأكثر استخدامًا في مجال التكييف والتبريد.

تتكون المضخات الطاردة عن المركز من غلاف المضخة الذي يحتوي فتحتي السحب والطرد للماء، ومن فراشة تسحب الماء محوريًّا من المركز، وبسبب القوة المركزية، يندفع الماء بالاتجاه القطري إلى المحيط الداخلي لغلاف المضخة، ويخرج من فتحة الطرد بضغط وسرعة أعلى. كما هو مبين في الشكل (5–24)، تحرك المضخة إما بمحرك كهربائي متصل بها مباشرة موجود داخل غلاف واحد، وإما بمحرك كهربائي منفصل عن المضخة .



الشكل (5–24): مضخة طاردة عن المركز.

ب– مزايا المضخات الطاردة عن المركز:

- صغر الحجم.
- سهولة الصيانة والتركيب والتشغيل.
- ذات كفاءة عالية.
- طرد الماء من غير ارتجاج.
- فواقد الطاقة فيها قليلة.

جـ– مساوئ مضخات الطرد المركزي.

- لا تعمل إلا إذا كان الفراش مغمورًا بالماء.
- عدم ملاءمتها الضغوط العالية.

جـ- المواصفات الفنية للمضخات

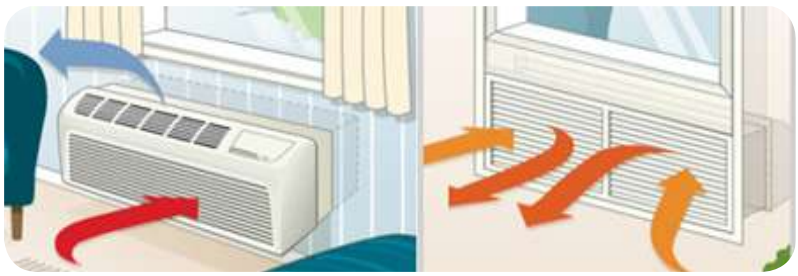
يتم التمييز بين المضخات المستخدمة في أنظمة التكييف والتبريد بوساطة مواصفاتها الفنية، ومن هذه المواصفات:

- معدل التدفق: كمية الماء المتدفق من المضخة خلال زمن معين، وتقاس بوحدة (لتر لكل دقيقة) أو (متر مكعب لكل ساعة).
- قدرة المضخة: وتقاس بوحدة (الكيلوواط) أو وحدة (الحصان الميكانيكي).
- الضغط الرأسي (**Head**): وهو مقدار الارتفاع الرأسي الذي تحققه المضخة ويقاس بوحدة (المتر).
- سرعة الدوران تقاس بوحدة دورة لكل دقيقة (**RPM**).

10 - الملفات المروحية وأنواعها (Fan-Coil Unit)

يرمز إليها بالحروف (**FCU**)، وهي صندوق يحتوي ملفًّا من الأنابيب ومروحة لدفع الهواء، كما في الشكل (5–25)، حيث يوضع داخل الحيّز المراد تكييفه لتكييف منطقة محدّدة، ويمكن وَصْله بمجاري هواء لتكييف أكثر من منطقة، فيسحب الملف المروحي الهواء من الحيّز المراد تكييفه، ويمرره عبر ملفاته التي يمر بها الماء البارد القادم من المبرّد، فيبرد الهواء ويُدفع إلى الحيّز المراد تكييفه كما يبين الشكل (5–26) مسار الهواء لملف مروحي.

الشكل (5–25): ملف مروحي



الشكل (5–26): مسار الهواء لملف مروحي

لاستعمال الملفات المروحية في التبريد صيفًا والتدفئة شتاءً، يُستعمل أحد النظامين الآتيين:

1 – **نظام الملّف الواحد**: يتكوّن هذا النظام من ملف مروحي واحد له مدخل ومخرج، حيث يزوّد مدخل الملف بالماء البارد صيفًا والماء الساخن شتاءً، ويفصل بين ماء المبرد وماء المرجل بمحابس يُتحكم فيها يدويًّا.

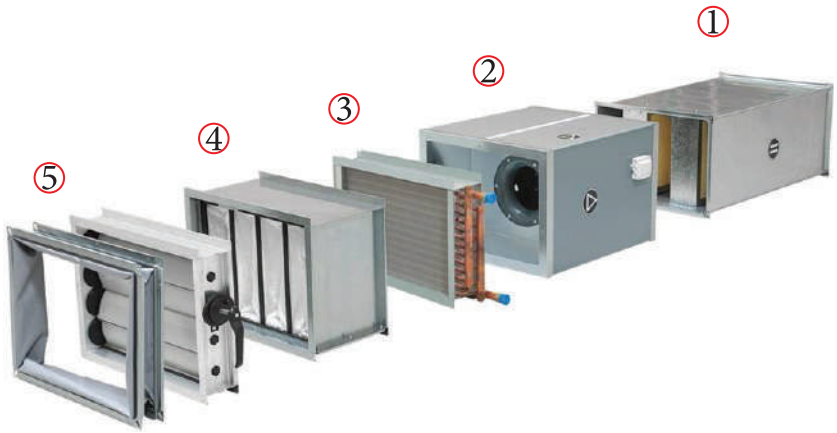
2 – **نظام الملفين**: يتكون الملف المروحي في هذا النظام من ملفين، لكل واحد منهما مدخل ومخرج، يتصل أحدهما بالماء البارد والآخر بالماء الساخن، ويمتاز هذا النظام بإمكانية توفير درجات حرارة مختلفة بحسب الرغبة في الأماكن المكيفة.

11 - وحدات مناولة الهواء (Air Handling Unit)

وحدة مناولة الهواء ويرمز إليها بالأحرف (**AHU**)، وهي وحدة يمر عبرها الهواء المراد تكييفه، وهي تختلف عن الملفات المروحية في أنها تتحكم في درجة حرارة الهواء، ونقاوته، ورطوبته، وسريانه، وتجديده وخلطه بالهواء الخارجي بما يناسب راحة الإنسان والعمليات الصناعية، والشكل (5–27)، يُبيّن المظهر الخارجي لوحدة مناولة الهواء.

الشكل (5–27): وحدة مناولة الهواء.

الأجزاء الرئيسة في وحدة مناولة الهواء: تتكون وحدة مناولة الهواء من الأجزاء المُبيّنة في الشكل (5–28).



5	4	3	2	1
وحدة تحكم في كمية الهواء Damper	منقي دقيق	ملف التبادل الحراري	وحدة المروحة	صندوق المزج

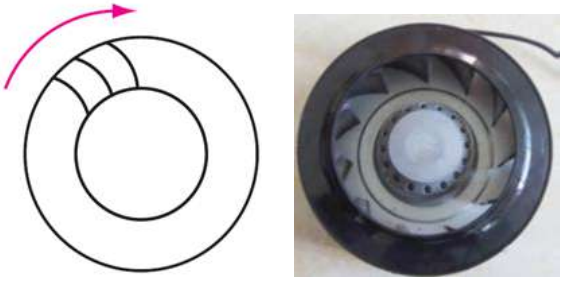
الشكل (5–28): مكونات وحدة مناولة الهواء.

أ – **صندوق المزج:** يحتوي بوابات يمكن التحكم في فتحها جزئيًّا أو إغلاقها كليًّا، وذلك للسماح بدخول الكميّة المقررة من الهواء الراجع والهواء الخارجي ومزجهما معًا، ويُستعمل هذا الصندوق عندما يكون نظام التكييف مزودًا بمجرى هواء راجع، وهذا يعني أن مجاري رجوع الهواء متصلة مباشرة بوحدة مناولة الهواء، أما إذا استُعملت وحدة واحدة فقط وفي الحيز نفسه المراد تكييفه، فلا حاجة إلى صندوق المزج، وأما إذا استُعملت وحدة مناولة الهواء لأكثر من حيز، فيسحب الهواء الراجع عبر قنوات هواء، ويمزج داخل صندوق المزج مع هواء خارجي.

ب – **وحدة المروحة:** تصنع المروحة غالبًا من سبائك الألمنيوم أو الفولاذ المعالج، وتكون المراوح المستخدمة في هذه الوحدات غالبًا من النوع الطارد عن المركز ذي الشفرات المنحنية إلى الأمام أو إلى الخلف، تركب المروحة ومحركها على قاعدة معزولة؛ لامتصاص الاهتزازات التي تحدث في أثناء دورانها، وتقسم هذه المراوح قسمين:

1. المراوح الطاردة عن المركز ذات الانحناء الأمامي كما في الشكل (5–29).
2. المروحة الطاردة عن المركز المنحنية إلى الخلف كما في الشكل (5–30).

الشكل(5–29): مروحة طاردة عن المركز ذات انحناء أمامي.

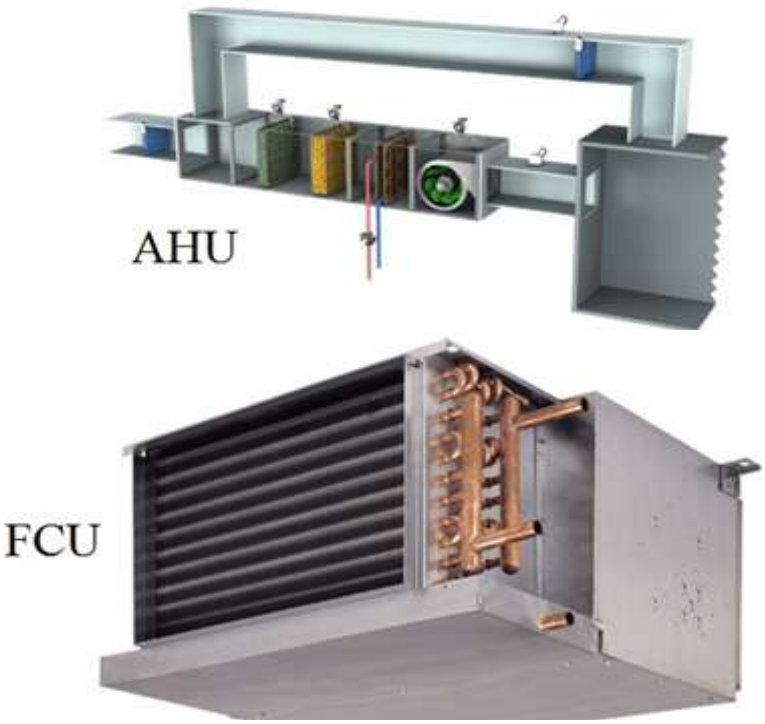


الشكل(5–30): مروحة طاردة عن المركز ذات انحناء خلفي.

جـ –**ملف التبادل الحراري**: هو مجموعة أنابيب مصنوعة من النحاس متصلة بزعانف مصنوعة من الألمنيوم؛ لزيادة سطح التبادل الحراري، وتكون الأنابيب بصفوف متعدّدة بحسب التصميم المطلوب، حيث يكون للملف رؤوس أو حواف بارزة للتثبيت داخل الوحدة، ويعمل الملف بوصفه مبادلًا حراريًّا بين الماء البارد والساخن، والهواء المراد تكييفه.

د – **المنقّيات**: تنقي الهواء، وقد استُعرضت في وحدات سابقة.

يُبيّن الشكل (5–31) مقارنة بين شكل وحدة مناولة الهواء (**AHU**)، وشكل وحدة مروحية (**FCU**).



الشكل (5–31): مقارنة بين شكل وحدة مناولة الهواء (**AHU**)، وشكل وحدة المروحية (**FCU**).

12 - معامل الأداء (Coefficient Of Performance) (COP).

هناك اتجاه عالمي لترشيد استهلاك الطاقة بأنواعها كلّها لأسباب اقتصادية وبيئية؛ لذا تتنافس الشركات الصانعة لأنظمة التكييف في أرجاء العالم جميعها على تصنيع أجهزة تكييف ذات كفاءة عالية، بأقل استهلاك ممكن للطاقة.

يُستعمل معامل الأداء للمقارنة بين الأجهزة من حيث الكفاءة وتوفير الطاقة، وهو حاصل قسمة قدرة الجهاز على معدّل استهلاك الجهاز للتيار الكهربائي، عند درجات الحرارة التصميمية للجهاز.

ووفقًا للمعادلة الآتية، فإن معامل الأداء $= \frac{\text{قدرة الجهاز الميكانيكية}}{\text{معدل استهلاك الجهاز للطاقة الكهربائية}}$

مثال:

جهاز تكييف قدرته (3500) واط، ومعدل استهلاكه للطاقة الكهربائية (1150) واط عند الظروف التصميمية للجهاز، احسب معامل أدائه.

الحل:

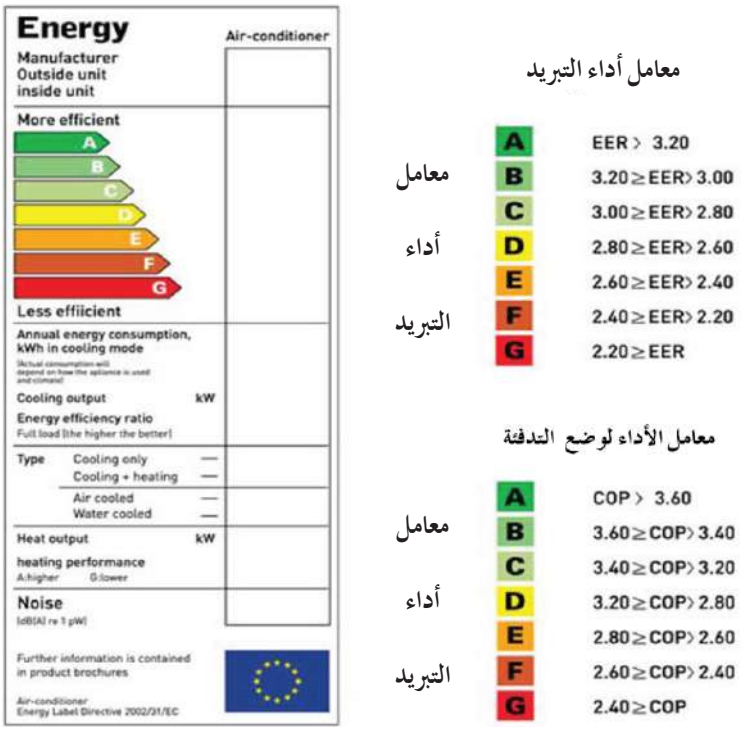
مُعامل الأداء يساوي حاصل قسمة قدرة الجهاز على معدّل استهلاكه للطاقة الكهربائية $= \frac{3500}{1150} = 3.04$

فكلما كانت قيمة مُعامل الأداء أعلى، دلّ ذلك على أنّ جهاز التكييف أكثر اقتصادًا.

تضع الشركات العالمية ملصقًا على عامل الأداء؛ ليدل على كفاءة الجهاز مقارنة بالطاقة المستهلكة؛ لتسهيل الأمر على المستهلك، والمقارنة بين المنتجات المختلفة، حيث تشير (**A**) إلى الوضع الأكثر اقتصادًا، و (**G**) إلى الوضع الأقل اقتصادًا. يُبيّن الشكل (5–32) أحد هذه الملصقات.

معلومة:

نظرًا إلى التطورات في كفاءة الطاقة، تم تحديث بعض العلامات أكثر اقتصادًا، مثل A^{+}، A^{++} ، A^{+++} ، التي قد تصل إلى معدل استهلاك للطاقة لأكثر من (5.1).



الشكل (5–32): ملصق مُعامل الأداء.

ملاحظة

1 – محتويات الملصق للاطلاع فقط وليس للحفظ.

2 – تستعمل بعض الشركات الصانعة مصطلح معدل كفاءة الطاقة (Energy Efficiency Rating) عوضًا عن مُعامل الأداء، حيث: (1EER=3.412COP).

فكّر، ثم أجب

مستعينًا بملصق الأداء الظاهر في الشكل (5–32)، ما الدرجة التي يحصل عليها جهاز التكييف، الذي حَسبنا مُعامل أدائه في المثال السابق؟

الإثراء والتوسع

ابحث في الإنترنت عن مزايا وحدات التكييف المجمعة، واكتب تقريرًا عن ذلك مشاركًا زملاءك فيه، ثم اعرضه على المعلم.

القياس والتقويم

★★★★

1 – عدِّد مزايا وحدات التكييف المجمعة.

2 – اشرح دورتي الهواء في وحدات التكييف.

3 – عدِّد أنواع الضواغط المستخدمة في أنظمة مُبرد الماء.

4 – قارن بين أبراج التبريد، من حيث طريقة تبريد الماء.

5 – قارن المبخر ذا الغلاف والملف بالمبخر ذي الغلاف والأنابيب، من حيث مبدأ العمل.

6 – عدِّد مزايا المضخات الطاردة عن المركز.

7 – جهاز تكييف قدرته (4000) واط، ومعامل أدائه (2.44)، احسب معدل استهلاكه الطاقة الكهربائية.

التمارين العملية (1-5)

تركيب وحدة مجمعة أفقية مبرّدة بالهواء خارج الحيّز المراد تكييفه

يتوقع منك بعد تنفذ هذا التمرين أن:

- تثبّت وحدة تكييف مجمعّة أفقية خارج الحيّز المراد تكييفه.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
متطلبات السلامة والصحة المهنية، مثقب كهربائي، أدوات ربط متنوعة، أدوات تخطيط وقياس، ميزان ماء، وحدة تكييف مجمعة، وَصْلات تصريف الماء، قطاعة أسلاك كهربائية.	براغي تثبيت.

خطوات الأداء

1 – طبّق قواعد السلامة المهنية في أثناء عمليات التركيب والربط.

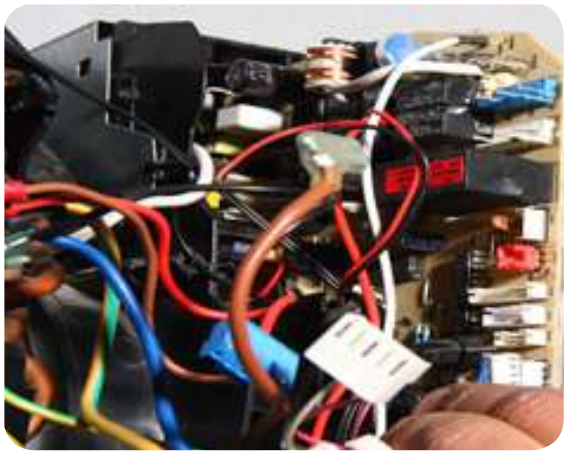
2 – جهّز قِطَع العمل بحسب المخطط المطلوب.

3 – تحقق من توافر مصدر كهربائي مناسب ومصرف للماء في موقع التثبيت.

4 – اختر الموقع بحيث يسهل وَصْل الوحدة بقنوات الهواء الممتدة داخل الحيّز المراد تكييفه كما في الشكل (1).

5 – خطط لترك فراغ كافٍ حول الوحدة؛ لضمان حرية حركة الهواء وتسهيل أعمال الصيانة.

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
6 – جهّز قاعدة قوية وقادرة على حمل وزن الوحدة، بحيث ترتفع الوحدة عن الأرض؛ لضمان تصريف الماء، ومنع تكوّن الصدأ كما في الشكل (2).	الشكل (1)
7 – تأكد من الربط الجيد والسليم للوحدة، بحسب تعليمات الشركة الصانعة قبل نقلها إلى الموقع، ثم ضع الوحدة في المكان المعدّ لها بعناية ورفق، وانزع أي ربطات أو قواعد تثبيت موجودة.	
8 – اضبط استوائية الوحدة.	
9 – صِل مجاري الهواء للوحدة بمجاري الهواء المعدة لذلك بوَصْلة مرنة كما في الشكل (3).	الشكل (2)
10 – صِل خطوط التوصيل الكهربائية الخاصة بمنظم درجة الحرارة الموضوع داخل الحيّز المكيف بحسب تعليمات الشركة الصانعة، ثم ثبت المنظم، ثم صل خطوط منظم الحرارة بمكانها الصحيح، بحسب تعليمات الشركة الصانعة كما في الشكل (4).	
11 – صِل خط تصريف الماء للوحدة بوَصْلة تصريف.	

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
12 – مستعينًا بتعليمات الشركة الصانعة، صِل التيار الكهربائي للوحدة، مراعيًا التأكد من ملاءمة جهد المصدر جهد الوحدة المسجل على لوحة بياناتها.	الشكل (3)
13 – اضبط جهاز التحكم على الوضعية المطلوبة، مستعينًا بتعليمات الشركة الصانعة، ثم شغل الوحدة.	
14 –جرِّب الخيارات المتعددة لجهاز التحكم، للتأكد من عمله وعمل وحدة التكييف جيدًا.	
15 –قِس التيار الكهربائي، وراقب عمل الوحدة.	 الشكل (7)
16 –رتِّب العُدَد والأدوات بعد الانتهاء من التمرين وضعها في مكانها الصحيح.	

التمارين العملية (2-5)

خدمة وحدة تكييف هواء مجمعة وصيانتها

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن

- تنظّف أجزاء الوحدة، وتفكّ المنقيات، وتجرى صيانة للمراوح والأقشطة، وتسلّك حوض التصريف وتنظفه.

متطلبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
متطلبات السلامة والصحة المهنية، مثقب كهربائي، أدوات ربط وفك متنوعة، أدوات تنظيف خاصة، مشط زعانف، أداة تشحيم.	مواد تنظيف مذيبة للشحوم، مواد كيميائية لتسليك المصارف، شحمة.

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
1 – طبّق قواعد السلامة المهنية في أثناء عمليات الفك والتركيب. 2 – افصل التيار الكهربائي عن الوحدة كما في الشكل (1). 3 – نظّف سطح كل من المكثّف والمبخّر ومكوّنات الوحدة جميعها بوساطة الهواء المضغوط؛ للتخلص من الأتربة والمواد العالقة كما في الشكل (2).	

الشكل (1)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

4 – تفقَّد التوصيلات الكهربائية، ثم نظّف لوحة التوصيلات الكهربائية من الغبار والأتربة بمنفاخ هواء كما في الشكل (3).

الشكل (2)

5 – اسحب فلاتر الهواء خارج الوحدة، ثم نظفها جيدًا كما في الشكل (4)

6 – صِل التيار الكهربائي للوحدة، مراعيًا التأكد من ملاءمة جهد المصدر جهد الوحدة المسجل على لوحة بياناتها.

الشكل (3)

7 – اضبط جهاز التحكم على الوضعية المطلوبة، مستعينًا بتعليمات الشركة الصانعة، ثم شغل الوحدة.

8 – جرِّب الخيارات المتعددة لجهاز التحكم، للتأكد من عمله وعمل وحدة التكييف جيدًا.

9 – قِس التيار الكهربائي، ومراقبًا عمل الوحدة.

10 – رتِّب العُدَد والأدوات بعد الانتهاء من التمرين وضعها في مكانها الصحيح.

الشكل (4)

التمارين العملية (3-5)

تشغيل مبرد الماء (الشيلر)

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تشغل مبرد الماء.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
متطلبات السلامة والصحة المهنية، طقم مفكات، ومفك فحص الكهرباء، جهاز فحص كهرباء متعدد القياسات.	

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
1 –أعِدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينهما، والحفاظ على بيئة العمل في أثناء التمرين، والتعاون مع المدرب والزملاء والعمل بروح الفريق الواحد. 2 –أمِّن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوقات من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات	 الشكل (1)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

الكهربائية، وتأكد من خلو منطقة العمل من أي خطورة متوقعة.

3 – تأكد من امتلاء شبكة الأنابيب بالمياه، وتأكد أن خزّان التمدد ممتلئ، ولا يوجد تسريب مياه في الشبكة كما في الشكل (1).

الشكل (2)

4 – تفقَّد التوصيلات الكهربائية دون لمسها، وتأكد من سلامتها قبل رفع قواطع التشغيل الكهربائية، إذا لاحظت أي خلل، فصلحه قبل التشغيل كما في الشكل (2).

الشكل (3)

5 – تفقد برج التبريد، وتأكد من أن الخط المغذي له بالماء يعمل جيدًا، وتأكد من أن جميعها الصمّامات مفتوحة كما في الشكل (3).

6 – ارفع قواطع التشغيل الكهربائية، ثم أنر مصابيح الإشارة، ثم لاحظ انتظام صوت تشغيل مضخات تدوير المياه، ثم انتظام مراوح برج التبريد أو مراوح المكثف (إذا كان المكثف هوائيًّا) كما في الشكل (4).

الشكل (4)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

7 – راقب مقاييس درجات حرارة المياه مدة كافية (لا تقل عن ساعتين، أو بحسب حجم نظام التبريد، فكلما كان النظام أكبر، فإنه يحتاج إلى وقت أكثر للمراقبة، يجب أن تصل حرارة مياه الشبكة إلى القيمة القصوى المبرمجة مسبقًا (لا تقل الحرارة غالبًا عن (5 س°)؛ منعًا لتجمد المياه داخل الشبكة) بعد مدة كافية من التشغيل كما في الشكل (5).

8 – تأكد من خروج الهواء البارد من وحدات مناولة الهواء المرتبطة مع الشيلر كما في الشكل (6).

9 – سجّل قياس شدّة التيار الكهربائي المسحوب من المحرّكات الكهربائية جميعها في نظام التبريد، مثل: (المضخات، والمراوح، والضواغط)، وتأكد من مطابقتها قيم التشغيل المحددة من الشركة الصانعة.

10 – نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدَد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.

الشكل (5)

الشكل (6)

التمارين العملية (4–5)

تنظيف أنابيب المبخر ذي الغلاف والأنابيب

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تنظف أنابيب المبخر ذي الغلاف والأنابيب.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
متطلبات السلامة والصحة المهنية، طقم مفاتيح شق – رنج، طقم مفاتيح بوكس، مكشف مبرّد بالماء ذو الغلاف والأنابيب.	مادة كيميائية مزيلة للكلس، موانع تسريب (كاسكيت) خاص بالمكشف.

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
1 –أعِدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينهما، والحفاظ على بيئة العمل في أثناء التمرين، والتعاون مع المعلم والزملاء والعمل بروح الفريق الواحد. 2 –أمِّن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوقات من منطقة العمل، وتفقَّد سلامة التوصيلات الكهربائية، وتأكد من خلو منطقة العمل من أي خطورة متوقعة.	 الشكل (1)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

3 – أغلق صمّامات المياه الخاصة بالمكثف جميعها، ثم فكّ غطاءه الجانبي بمفاتيح البوكس كما في الشكل (1).

4 – افتح الماء ملاحظًا أن لون الماء غير صاف بسبب الرواسب والأملاح والكلس، ثم أغلق الصمّامات كما في الشكل (2).

5 – نظّف أنابيب المبخر بفرشاة التنظيف، المناسبة لقطر فتحات الأنابيب وطولها، بالمواد المزيلة للكلس ومواد التنظيف المناسبة وَفْقًا لمواصفات الشركة الصانعة كما في الشكل (3).

6 – افتح الصمّامات ملاحظًا صفاء لون الماء، ما يدل على نظافة المكثف كما في الشكل (4).

7 – استخدم موانع التسرب (الكاسكيت) الجديدة بدلًا من القديمة، ثم أعد تركيب الغطاء وتجميعه، وشدّ الصواميل والبراغي جيدًا منعًا للتسرب.

8 – نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدَد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.

الشكل (2)

الشكل (3)

الشكل (4)

التمارين العملية
(5-5)
تنظيف أنابيب شبكة مكثف مبرَّد بالماء

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تنظف أنابيب مكثف مبرّد بالماء.

متطلبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
متطلبات السلامة والصحة المهنية، طقم مفكات، مفتاح خاص لفك مصافي الماء ومرشحاته، مبرد الماء (الشيلر).	مواد مانعة لتجمد الماء، مواد كيميائية مانعة للتكلس، وَفْقًا لتعليمات الشركة الصانعة لمعالجة المياه كيميائيًّا، مرشح لتنقية الماء.

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
1 –أعِدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينهما، والحفاظ على بيئة العمل في أثناء التمرين، والتعاون مع المعلم والزملاء والعمل بروح الفريق الواحد. 2 –أمِّن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوقات من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، وتأكد من خلو منطقة العمل من أي خطورة متوقعة.	 الشكل (1)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

3 – افصل مصدر الكهرباء عن جهاز التكييف (الشيلر) كما في الشكل (1).

4 – أغلق صمّام خزّان التمدد المغذي للشيلر، الموجود غالبًا أعلى البناء إذا كان الخزان من النوع المفتوح كما في الشكل (2).

الشكل (2)

5 – حدد صمامات السحب والتغذية لشبكة المياه، ثم أغلق الصمّامين كما في الشكل (3).

6 – صل فتحة التصريف بخرطوم طويل لإبعاد الماء؛ وتصريفه إلى الخارج كما في الشكل (4).

7 – افتح صمّام تفريغ الشبكة حتى يُفرّغ الماء بالكامل، فُكّ مصافي المياه ومرشحاتها عن الشبكة ونظفها جيدًا، ثم أعد تركيبها ملاحظًا نقاء لون الماء الخارج منه، وحافظ على نظافة الموقع عبر كيس بلاستيكي متين أو وعاء جيد؛ لتجميع الماء النقي بعد فك المصافي كما في الشكل (5).

الشكل (3)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
8 – ضَع المواد المانعة للتجمد في خزّان التمدد، وكذلك أي مواد أخرى لمعالجة المياه كيميائيًّا (بحسب توصيات الشركة الصانعة من حيث الكم والنوع).	الشكل (٤)
9 – افتح صمّام خزان التمدد المغذي للشبكة؛ حتى يخرج الماء من صمّام التصريف الموجود أسفل الشبكة، لاحظ أن الماء أصبح أكثر صفاءً ونقاءً من السابق، ثم أغلق صمّام التصريف؛ للسماح بتعبئة شبكة المياه.	الشكل (٥)
10 – شغّل الشيلر مراقبًا درجات الحرارة والضغوط، وقيمة شدّة التيار المسحوب كما تعلمت سابقًا.	
11 – نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدَد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

التمارين العملية (5-6)

صيانة مبرد الماء (الشيلر) وخدمته

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تجري صيانة مبرد الشيلر.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
متطلبات السلامة والصحة المهنية، جهاز متعدد القياسات الكهربائية، ورق حف وصنفرة، فرشاة سلك معدني، مضخة زيت يدوية، مفكات متنوعة، طقم مفاتيح شق – رنج.	مواد تنظيف، زيت تبريد للضاغط، دهان مانع للصدأ.

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية
1 –أعِدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينهما. ملاحظة: في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات، ارجع إلى المعلم. 2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وتأكد من خلو منطقة العمل من أي خطورة متوقعة.	 الشكل (1)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

3 –شغل الشيلر، ودوّن قراءات حرارة الماء في الخط الراجع والمزود، وسجل ضغوط دورة التبريد، ثم قارنها بالقيم السابقة قبل أيام، ملاحظًا الاختلاف بينها؛ للتأكد من سلامة الجهاز.

4 –افصل التيار الكهربائي من اللوحة الرئيسة كما في الشكل (1).

5 –اقرأ لوحة البيانات ودونها في سجل الصيانة كما في الشكل (2).

6 –افحص شحنة وسيط التبريد بجهاز قياس شحنة وسيط التبريد، واضبطها إذا لزم الأمر كما في الشكل (3).

7 –غيّر زيت الضاغط (تُجرى هذه العملية مرة واحدة كل عام أو عند التأكد أن الزيت فقد خصائصه)، مراعيًا نوع الزيت المخصص والكمية اللازمة) وَفْقًا للخطوات الآتية:

أ – لاحظ لون الزيت وكميته عَبْرَ زجاجة رؤية الزيت.

ب– أغلق صمّام الطرد.

جـ– صل ساعات الشحن بخط السحب.

د – أغلق صمّام السحب.

هـ– أغلق صمّام الراجع.

الشكل (2)

الشكل (3)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

و– فُكّ سدادة الزيت، وفرغ الزيت القديم.

ز– فُكّ الفلتر واستبدله.

ح– افتح سدادة تعبئة الزيت، ثم املأ الضاغط بالكمية المناسبة من الزيت وَفْقًا لتعليمات الشركة الصانعة.

8 – نظّف المكثف جيدًا من الغبار والأتربة (إذا كان الشيلر ذا مكثف هوائي)، أما إذا كان الشيلر ذا المكثف المغمور، فينظّف وَفْقًا لما تعلمته في تمرين: (أنابيب مكثف مبرّد بالماء ذي الغلاف والأنابيب)، كما في الشكل (4).

9 – افحص دورة الماء البارد للشيلر، وتأكد من صلاحية مضخة التدوير، ومفتاح التحكم بتدفق الماء (flow switch) كما في الشكل (5).

10 – شغّل الشيلر، ثم افحص شدّة التيار الكهربائي المسحوب في المحركات الكهربائية، وقارنها بالقيمة المطلوبة كما في الشكل (6).

11 – نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدَد والأدوات ونظّفيها واحفظها في مكانها المخصص.

الشكل (4)

الشكل (5)

الشكل (6)

التمارين العملية (5-7)

صيانة برج التبريد (Cooling Tower)

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تجري صيانة أبراج التبريد (Cooling Tower).

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
متطلبات السلامة والصحة المهنية، فرشاة ذات سلك معدني، طقم مفكات، طقم مفاتيح شق – رنج، آلة شفط المياه، جهاز فحص الحموضة (ph).	مواد كيميائية لمعالجة مياه البرج.

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
1 –أعِدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينهما. ملاحظة: في حال وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات، ارجع إلى المعلم. 2 –أمّن منطقة العمل جيدًا، وتأكد من خلو منطقة العمل من أي خطورة متوقعة. 3 –افصل التيار الكهربائي من اللوحة الرئيسة.	 الشكل (1)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

4 – تفقَّد الأكبال الكهربائية وافحصها وتأكد من سلامتها، وتأكد من التوصيلات الكهربائية ومفاتيح التحكم كما في الشكل (1).

5 – اسحب مصافي الماء، ونظفها خارج برج التبريد جيدًا كما في الشكل (2).

6 – أزل الأتربة والرواسب المتراكمة أسفل الحوض كما في الشكل (3).

7 – نظف مرشات المياه جيدًا، كما في الشكل (4).

8 – اكشط الكلس والقشور بفرشاة السلك.

9 – افحص حموضة المياه بجهاز فحص الحموضة (ph)، ونسبة الأملاح الذائبة (TDS).

10 – أضف المواد الكيميائية اللازمة وَفْقًا لتعليمات الشركة الصانعة كما في الشكل (5).

11 – افحص محركات المراوح بجهاز الأوم ميتر، وتأكد من عدم وجود تماسٍّ كهربائي، كما تعلمت في الوحدات التدريبية السابقة، ثم شغّل برج التبريد وتأكد من جودة الأداء.

12 – نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدَد والأدوات ونظّفها واحفظها في مكانها المخصص.

الشكل (2)

الشكل (3)

الشكل (4)

الشكل (5)

6 الوحدة السادسة

أنظمة التكييف الامتصاصية

المحاور الفرعية

- دورة التكييف الامتصاصية، واستخدام الطاقة الشمسية في أنظمة التكييف الامتصاصية.

دورة التكييف الامتصاصية

النتاجات

يتوقع منك بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- تتعرف دورة تبريد الهواء الامتصاصية.
- تحافظ على نظام تسخين الماء بالطاقة الشمسية.
- تتعرف السخانات المستخدمة في تسخين الماء بالطاقة الشمسية.

تعليمات السلامة العامة:

- ☑ أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوقات، وتأكد من خلو منطقة العمل من أي خطورة متوقعة.

الوحدة السادسة

6

انظر.. وتساءل

استكشف

اقرأ.. وتعلم

الإثراء.. والتوسع

القياس والتقويم

الخرائط المفاهيمية

نتاجات خاصة بالعلوم الصناعية الخاصة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

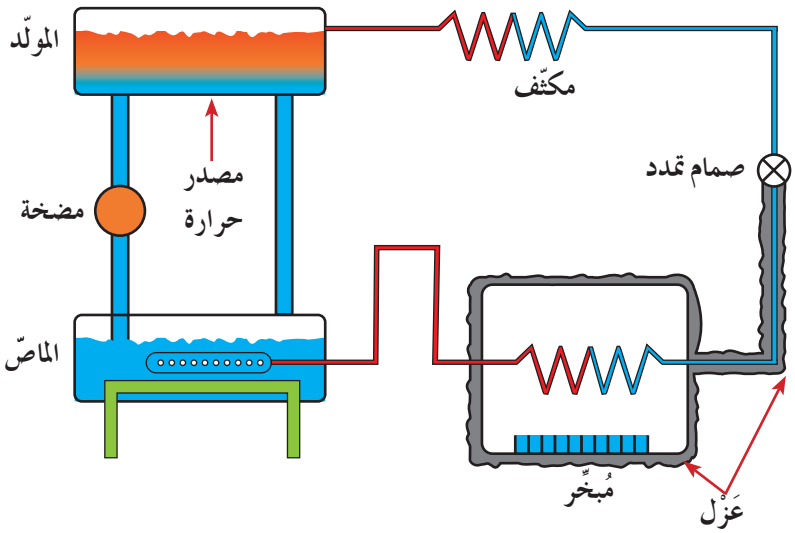
- يتعرّف مبدأ عمل دورة التكييف الامتصاصية.
- يتعرّف المكونات الرئيسة، ووسائط التبريد المستخدمة في أنظمة التكييف الامتصاصية.
- يستغل الطاقة الشمسية في تشغيل الأنظمة الامتصاصية.

إن دورة تكييف الهواء الامتصاصية لا يوجد فيها ضاغط، وهذا ما يميزها من دورة التكييف الانضغاطية، لكنها تحتاج إلى مصدر حرارة خارجي لتعمل بكفاءة.

النتاجات الخاصة بالتدريب العملي

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ التدريب العملي أن:

- يحافظ على نظام تسخين الماء بالطاقة الشمسية.
- تركب نظام تسخين الماء بالطاقة الشمسية.



- كيف تعمل دورة التبريد الامتصاصية؟

استكشف

– تعرّف عناصر دورة التبريد الامتصاصية.

– إذا قارنت دورة التبريد الامتصاصية بدورة التبريد الانضغاطية، فما أوجه الاختلاف بين الدورتين؟

لعلك لاحظت أن أهم اختلاف بين الدورتين هو أنه يوجد في الدورة الامتصاصية عنصران يعملان معًا عوضًا عن الضاغط، هما: الماصّ، والمولّد، فما أوجه الاختلاف بينهما؟ ما مبدأ عمل دورة تكييف الهواء الامتصاصية؟ هل يُستفاد من الطاقة الشمسية مصدرًا حراريًّا لتشغيل دورة تكييف الهواء الامتصاصية؟

ستتعرف خلال فقرة "اقرأ وتعلم" إجابة هذه الأسئلة والاستفسارات.

اقرأ.. وتعلم

1 - مبدأ عمل دورة تكييف الهواء الامتصاصية

تعلمت سابقًا دورة التبريد الامتصاصية (Absorption cooling cycle)، فهي تعدّ أساسًا لمبدأ عمل دورة تكييف الهواء؛ حيث إن دورة التكييف الامتصاصية لا يوجد فيها ضاغط، وهذا ما يميزها من دورة التكييف الانضغاطية، ويوجد في الدورة الامتصاصية عنصران يعملان معًا عوضًا عن الضاغط، هما: الماصّ، والمولّد، ويُستعمل مصدرًا للحرارة، مثل الطاقة الشمسية، أو أي مصدر آخر للحرارة، ويعدّ تكييف الهواء بالامتصاص الطريقة الأكثر انتشارًا بعد التكييف بالانضغاط، وتظهر أهمية دورات التكييف الامتصاصية عندما تكون الكهرباء غير متوافرة في المناطق النائية والبعيدة عن المدن، أو غالية الثمن، أو عندما يكون هناك فائض في الحرارة يمكن استعماله، مثل: عوادم المحركات، والعمليات الصناعية، ومن أهم أنواع دورات التبريد التي تعمل بالامتصاص:

أ – دورة بروميد الليثيوم: ماء (Lithium bromide: water Absorption cycle).

ب– دورة الأمونيا: ماء (Amonia: water Absorption cycle).

2 -المكونات الرئيسة ووسائط التبريد المستخدمة في أنظمة التكييف الامتصاصية

أ– دورة (بروميد الليثيوم/ماء) الامتصاصية:

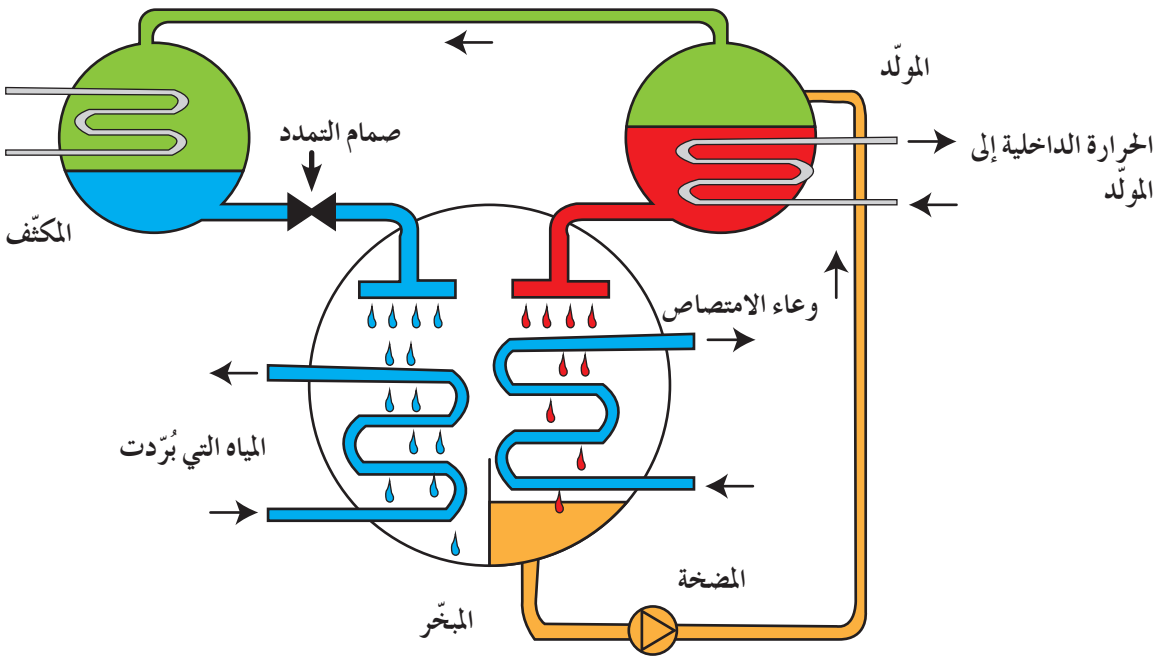
1. تتكون دورة (بروميد الليثيوم/ماء) الامتصاصية من الأجزاء الرئيسة الآتية والمبينة في الشكل (6–1):

أ.المبخّر: يمتصّ الحرارة من الماء المراد تبريده، ثم ينقلها إلى الماء المتكاثف القادم من صمّام التمدد فيتبخّر.

ب. وعاء الامتصاص: يُجمّع قطرات محلول (بروميد الليثيوم – الماء).

جـ. المولّد: يفصل الماء عن بروميد الليثيوم عبر مصدر حراري خارجي، ثم يرسل الماء بخارًا إلى المكثف، ويرسل بروميد الليثيوم إلى الماصّ بفعل الجاذبية الأرضية بفعل الفرق في الضغط بين المولّد والماصّ.

د. المكثف: يُكثّف بخار الماء (يُحوّله من بخار إلى سائل)، ثم يرسله إلى صمّام التمدد.



الشكل (6–1): دورة بروميد الليثيوم/ ماء.

وتعمل العناصر المساعدة الآتية على إتمام مهمة الدورة:

أ. مضخة الفاكيوم: وظيفتها سحب محلول (بروميد الليثيوم – الماء) من وعاء الامتصاص ثم ضخه إلى المولّد، وإحداث ضغط منخفض أقل من الضغط الجوي في منطقتي المبخّر والماصّ (ضغط فاكيوم).

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

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

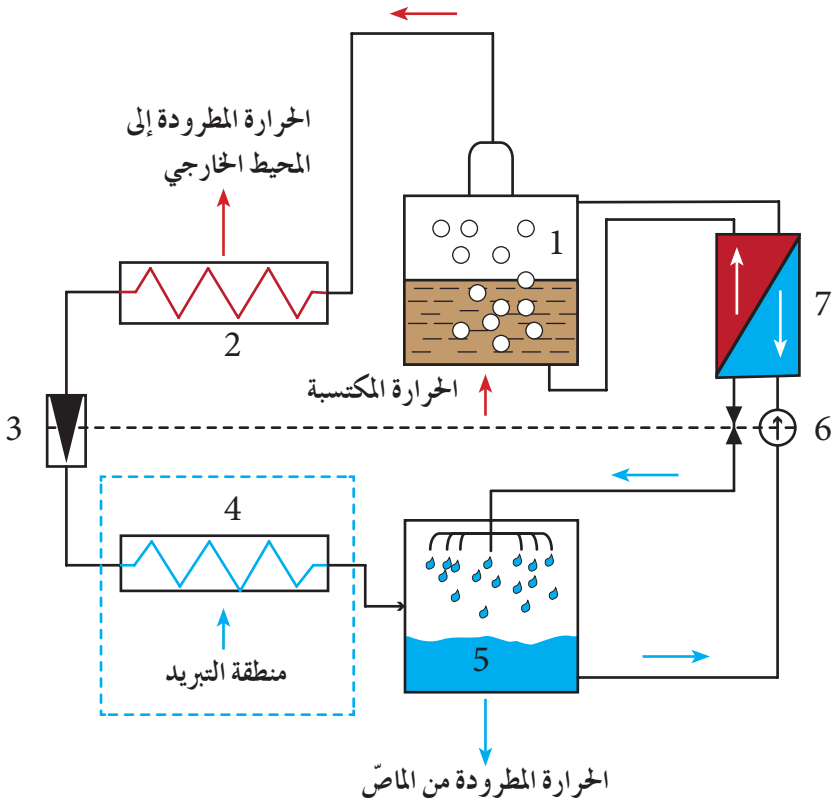
2. مبدأ عمل دورة بروميد الليثيوم الامتصاصية: عندما ينخفض الضغط إلى ما دون الضغط الجوي في وعاء فيه ماء، فإن الماء يتبخّر عند درجات حرارة متدنية، ويستفاد من هذه الخاصية للماء في دورات التبريد الامتصاصية للحصول على تبريد قد يصل إلى (4) درجات سليسيوس، يُمزج الماء مع بروميد الليثيوم لتكوين محلول بروميد الليثيوم المخفف في وعاء خاصّ يسمى المولّد، 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، حيث يتبخر الماء، 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 ليتحوّل إلى سائل، ثم يذهب الماء السائل إلى المبخّر عبر صمام التمدد الذي ينثر الماء رذاذًا، ويُخفّض صمّام التمدد ضغطه أيضًا، حيث ينتشر الماء حول أنابيب المبخّر، ويتبخّر مجددًا عند ضغط منخفض، فتزول الحرارة من الماء المراد تبريده.

محلول بروميد الليثيوم المركز المتبقي في المولّد يذهب إلى الوعاء الماصّ، حيث يمتص بروميد الليثيوم بخار الماء، ما يخفف تركيز محلول (بروميد الليثيوم مع الماء)، ثم يضخ محلول بروميد الليثيوم المخفف عبر مضخة المحلول إلى المولّد مجددًا لتكرار الدورة من جديد، وتستمر هذه العملية ما دام مصدر الحرارة يسخن المحلول في المولّد.

ب– دورة (الأمونيا – ماء) الامتصاصية:

لدى الأمونيا قدرة عالية للذوبان والامتزاج بالماء بصورة مناسبة جدًّا لعمليات التبريد، مكوّنة محلول الأمونيا المائي الذي يتميز باستقرار ممتاز، ويعمل جيدًا مع العديد من المواد باستثناء النحاس وسبائكه التي تتآكل في وجود الأمونيا، وغاز الأمونيا لا يؤثر في طبقة الأوزون، وعلى الرغم من مزايا نظام التبريد بالأمونيا، إلا أن تطبيقاتها محدودة بسبب سُمّيّتها، حيث إن الأمونيا غاز سامّ وخانق.

تتكون دورة (الأمونيا – ماء) الامتصاصية من: المولّد، والمكثف، وصمام التمدد، والمبخّر، والماصّ، ومضخة المحلول، والمبادل الحراري، يُبيّن الشكل (6–2) دورة (الأمونيا – ماء) الامتصاصية.



1	المولّد.	3	صمّام التمدد.	5	الماصّ.	7	المبادل الحراري.
2	المكثّف.	4	المبخّر.	6	مضخة المحلول.		

الشكل (6–2): دورة (الأمونيا – ماء) الامتصاصية.

2. مبدأ عمل دورة (الأمونيا – ماء) الامتصاصية: يُسخَّن محلول الأمونيا في المولّد، فيتبخر سائل الأمونيا ويصعد إلى الأعلى ويترك المولّد ويُستبعد بخار الماء ويُعاد إلى الماص؛ ليذهب بخار الأمونيا وحده إلى المكثف، في المكثّف يتحول بخار الأمونيا إلى سائل، وتُطرَد حرارة التكثيف إلى المحيط الخارجي، يتجه سائل الأمونيا إلى المبخّر مرورًا بصمام التمدد، وتحدث عملية التبريد المفيدة في محيط المبخّر، فتُمتصّ الحرارة من منطقة التبريد ليتحول سائل الأمونيا إلى بخار، ثم يتجه بخار الأمونيا من المبخّر إلى الماصّ لمزج الأمونيا بالماء لتكوين محلول الأمونيا، ثم تسحب مضخة المحلول من الماصّ وتضخه إلى المولّد لتكرار العملية من جديد.

3 - استغلال الطاقة الشمسية في تشغيل الأنظمة الامتصاصية

إن تشغيل أنظمة تكييف الهواء الامتصاصية يحتاج إلى مصدر حراري خارجي؛ لتسخين المحلول في المولّد؛ لتؤدي دورة التبريد الامتصاصية وظيفتها في تكييف هواء المباني والمنازل، كون أشعة الشمس المحملة بالضوء والحرارة تصل إلى الأرض حاملة معها ما مقداره (174) ترليون كيلوواط من الطاقة على صورة أشعة حرارية وضوئية، وهذا يعني أن الطاقة الشمسية أعظم من مصادر الطاقة على الأرض كلها بـ (10000) مرة؛ لذا فهي طاقة هائلة ومجانية، وهي طاقة نظيفة لا تلوث الجو ولا تضر بالبيئة ؛ لذلك فإن استغلال الطاقة الشمسية في أنظمة تكييف الهواء تحقق فوائد عديدة، منها:

أ– انخفاض التكاليف التشغيلية.

ب– انخفاض التلوث البيئي.

جـ– انخفاض الضجيج.

أهم أنواع السخّانات المستخدمة في تسخين الماء بالطاقة الشمسية

1 - السخان الشمسي ذو الألواح المسطحة (flat-plate solar heater collector)

الشكل(6–3): السخان الشمسي ذو الألواح المسطحة.

يتكون من صندوق معزول معدني له غطاء من الزجاج العادي أو البلاستيك الشفاف، داخله لوح ماص للحرارة، ولونه أسود غالبًا، لامتصاص حرارة الشمس، وداخله أنابيب يمر عبرها الماء الذي يُسخَّن بالطاقة الشمسية، ثم تُخزَّن كمية الماء الساخن المنتج في خزان ذي سعة تتناسب وقدرة الألواح على التسخين، ويثبَّت غالبًا على ارتفاع أعلى من الألواح؛ لأن الماء الساخن يرتفع إلى الأعلى بفعل فرق الكثافة بينه وبين الماء البارد، كما في الشكل (6–3).

2 - السخان الشمسي ذو الأنابيب المفرغة (Evacuated-tube solar heater collector)

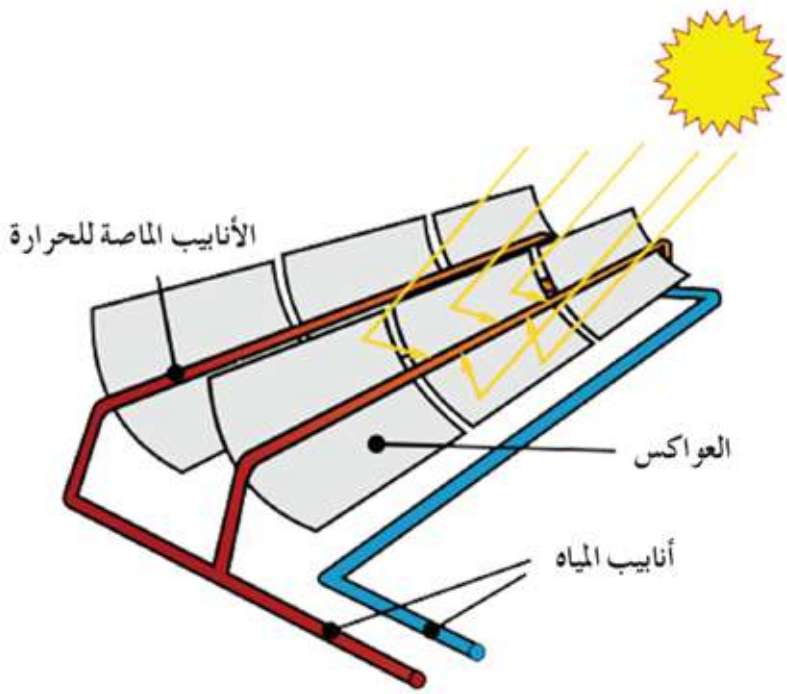
الشكل(6–4): السخان الشمسي ذو الأنابيب المفرغة.

يُسخن الماء بدرجة حرارة عالية، ويتكون الأنبوب المفرغ من أنبوبين زجاجيين بينهما فراغ (يُفرَّغ الهواء بين الأنبوبين؛ لأن الفراغ يتمتع بعازلية حرارية كبيرة) تدخل أشعة الشمس خلال السطح الزجاجي الخارجي، وتمر بالفراغ بينهما لتقع على الأنبوب الداخل، ويمتص سطح الأنبوب الداخلي هذه الحرارة فيسخن الماء المار داخله بالتلامس، ثم تخزن المياه في خزان، كما في الشكل (6–4).

3 - السخانات المركزة (Concentrating Collectors)

تستخدم المرايا اللامة (المقعرة) لتعكس الأشعة المركزة للشمس فتتجمع في بؤرة تجميع لأشعة الشمس، توضع فيها الأنابيب الماصة للحرارة، بحيث يمر فيه الماء المراد تسخينه، وهذه

السخانات تمنح الماء درجات حرارة أعلى بكثير من السخانات الشمسية العادية، وقد تصل درجة الحرارة إلى (150) درجة مئوية وأكثر كما في الشكل (6–5).



الشكل(6–5): السخانات الشمسية المركزة.

تعتمد فكرة استغلال الطاقة الشمسية في تشغيل الأنظمة الامتصاصية على تسخين المحلول في المولّد عبر أشعة الشمس، ويتطلّب ذلك درجة حرارة لا تقل عن (88 س°)؛ لذلك يمكن استعمال السخانات المركزة (**Concentrating Collectors**)، أما في السخّانات ذات الألواح المسطحة التقليدية والسخّانات ذات الأنابيب المفرغة، فقد تصل درجة حرارة الماء إلى (71 س°) حدًّا أقصى؛ لذلك لا يمكن استخدامها في الأنظمة الامتصاصية للحصول على تكييف جيد للهواء، يُبيّن الشكل (6–6) نظام تكييف الهواء عبر الطاقة الشمسية الذي يتكون من العناصر الرئيسة الآتية:

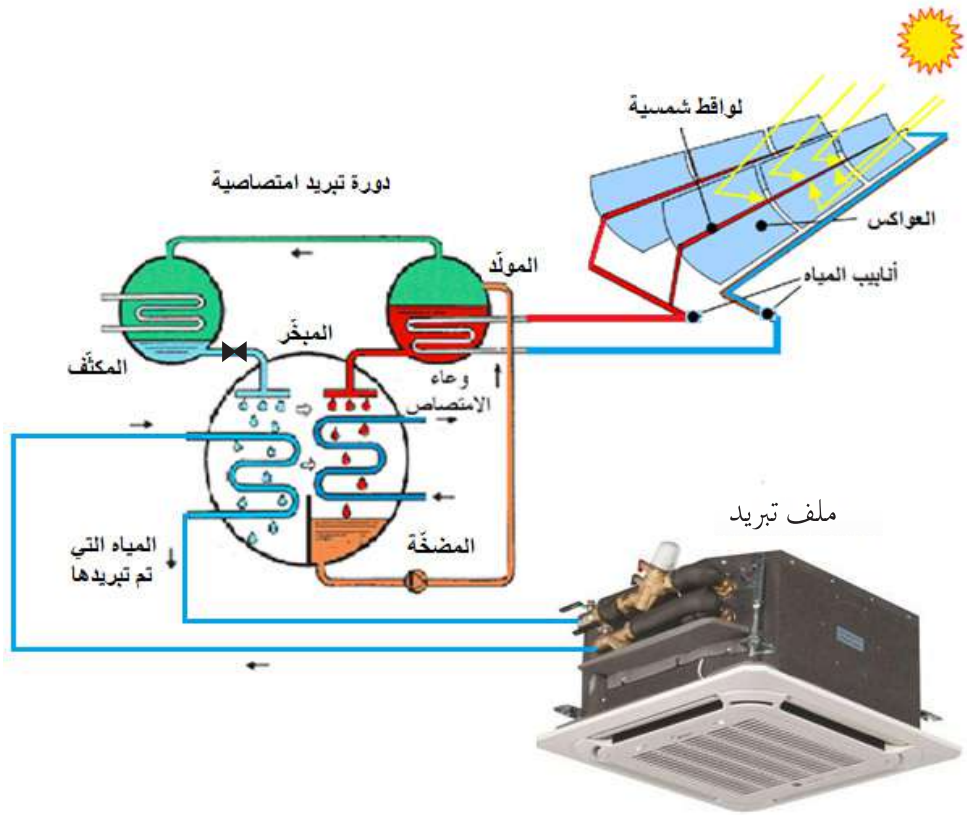
1 – لواقط شمسية (سخّان مياه شمسي): تُسمى المجمعات الشمسية (**solar collectors**)؛ لأن وظيفتها تجميع الحرارة من أشعة الشمس، ومنعها من التسرب، والاستفادة منها في

تسخين الماء، وتكون مزودة بعازل حراري مناسب أسفلها وفي جوانبها، ويكون وجه اللاقط زجاجيًّا، ويوجه اللاقط جنوبًا (في النصف الشمالي من الكرة الأرضية)، وتكون مائلة عن الأفق بزاوية تعتمد على الموقع الجغرافي، وفي الأردن تتراوح بين درجة (30) إلى و(45) درجة.

2 – دورة تبريد امتصاصية.

3 – وحدة مناولة الهواء، أو ملفات التبريد.

يُبيّن الشكل (6–6)، نظام تكييف الهواء بالطاقة الشمسية.



الشكل (6–6): نظام تكييف الهواء بالطاقة الشمسية.

الإثراء والتوسع

اكتب تقريرًا مفصّلًا عن استغلال الطاقة الشمسية في تشغيل الأنظمة الامتصاصية موضحًا ذلك بالصور.

القياس والتقويم

1 – اقترح حلًّا للمشكلة الآتية: انخفاض كفاءة التسخين بالطاقة الشمسية شتاءً.

2 – ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

(1) تُوجَّه اللواقط الشمسية في الأردن باتجاه:

أ – الشرق　　ب– الغرب

جـ – الشمال　　د – الجنوب

(2) تتراوح زاوية ميل اللواقط الشمسية الأفضل في الأردن:

أ – بين (5) درجات و(15) درجة.

ب– بين (15) درجة و(25) درجة.

جـ– بين (30) درجة و(45) درجة.

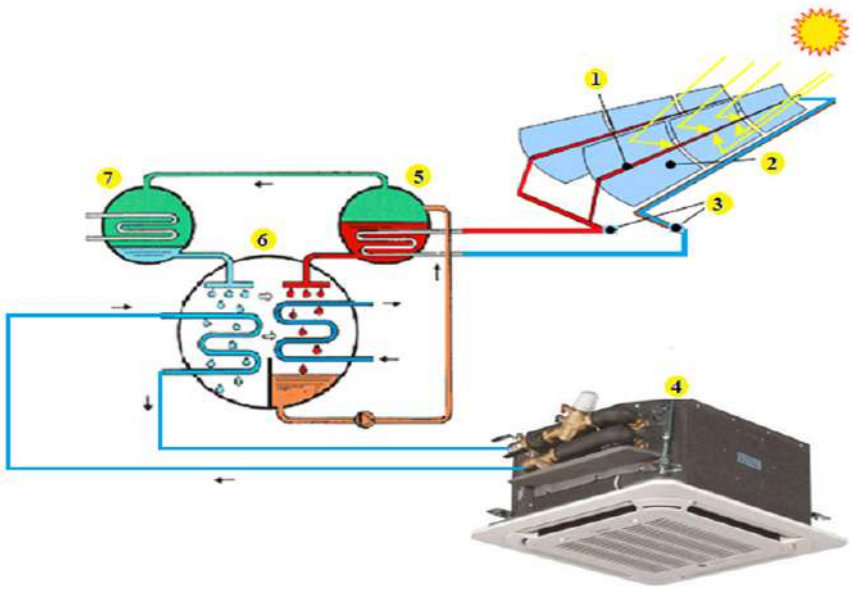
د– بين (45) درجة و(60) درجة.

(3) العازل المستخدم في الأنابيب المفرغة هو:

أ – الهواء.　　ب– البولي يوريثين.

جـ– الفراغ.　　د – الصوف الصخري.

3 – اذكر أسماء عناصر نظام تكييف الهواء المشار إليها بالأرقام في الشكل الآتي:



4 – اشرح مبدأ عمل نظام تكييف الهواء بالطاقة الشمسية.

التمارين العملية (1-6)

تركيب نظام تسخين الماء بالطاقة الشمسية (ذي الأنابيب المفرغة) وخدمته

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تركب نظام تسخين الماء بالطاقة الشمسية (ذا الأنابيب المفرغة).
- تستخدم نظام تسخين الماء بالطاقة الشمسية.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

متطلبات السلامة والصحة المهنية، سخان شمسي ذو الأنابيب المفرغة، مقدح كهربائي مزود بريشة لحفر الباطون (8مم)، قلم علام، وَصْلة كهرباء مناسبة الطول، مطرقة حديدية (شاكوش) صغير، طقم مفاتيح شق رنج، قطعة قماش نظيفة، متر قياس، ميزان ماء، مفاتيح ربط الأنابيب، صمام بقطر مناسب للأنابيب، قِطَع توصيل مشكلة: شدّوَصْل، مفة، كوع.

المواد الأولية

أنابيب (cpvc)، أو بحسب الطلب، مواد لاصقة لأنابيب (cpvc).

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

1 –أعِدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ أعدّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، مراعيًا شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينهما، والحفاظ على بيئة العمل في أثناء التمرين، والتعاون مع المعلم والزملاء، والعمل بروح الفريق الواحد.

2 –أمِّن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوقات من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية خطورة متوقعة.

3 –اختر موقعًا مناسبًا لتركيب السخان وَفْقًا للشروط الآتية كما في الشكل (1).

أ – أن تكون أوجه اللواقط (المرايا) باتجاه الجنوب.

ب– اختيار موقع لا يتعرض للظل طوال النهار، بحيث تكون أسطح اللواقط معرضة للشمس طوال النهار.

جـ– أن تكون أسطح اللواقط في مأمن من سقوط القِطَع أو غيرها تجنبًا للكسر.

الشكل (1)

الشكل (2)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

د- حرِّك اللاقط بزاوية ميلان بين (30) و(45) درجة.

هـ- ثبت اللواقط والخزان جيدًا ضد الرياح القوية.

4 - ثبِّت الألواح العاكسة فوق القاعدة؛ على أن تكون القنوات عمودية، ثم أزل الجلاتين عنها كما في الشكل (2).

5 - ثبِّت الخزان في المكان المخصص له على القاعدة، ومُوجِّهًا الفتحات المخصصة للأنابيب في الخزان تجاه الفتحات المخصصة للأنابيب أسفل القاعدة بتطابق تام، مع توجيه فتحة التزويد بالماء الساخن إلى الأعلى عموديًّا كما في الشكل (3).

6 - صِل قِطَع الوَصْل والصمامات والأنابيب اللازمة لتوصيل الخط المغذي للسخان بالماء البارد، وركب صمام عدم رجوع باتجاه السخان؛ للحفاظ على اتجاه جريان الماء وعدم ارتداده إلى الخلف، علمًا أنه يزود الأنبوب الداخل إلى الخزان بصمام قبل الهواية كما في الشكل (4).

الشكل (3)

الشكل (4)

الشكل (5)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

7 –صِل قِطَع الوَصْل والصمامات اللازمة لتمديد أنبوب الماء الساخن للاستعمال، ثم وصّل أنبوب تهوية طبيعي يرتفع إلى نقطة أعلى من نقطة المصدر وأعلى من خزان الماء الساخن، كما في الشكل (5).

الشكل (6)

8 –ثبّت حواضن الأنابيب المفرغة في الفتحات المخصصة لها أسفل القاعدة كما في الشكل (6).

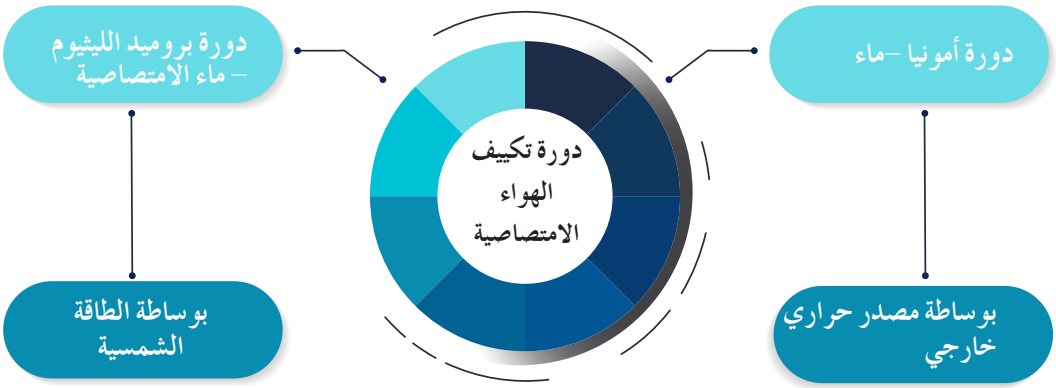
9 –أدخل الحلقة المطاطية في الطرف العلوي للأنبوب، ثم ضع القليل من مادة التشحيم على الطرف العلوي من الخارج كما في الشكل (7).

الشكل (7)

10 –أدخل الطرف العلوي للأنبوب في الفتحة المخصصة له في خزان الماء الساخن، وادفعه حتى تتأكد أنه دخل الخزان عَبْرَ الحلقة الداخلية المانعة للتسريب كما في الشكل (8).

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
11 –أدخل الطرف السفلي للأنبوب في الحاضنة الخاصة به التي تُثبّت في القاعدة في الخطوة السابقة، ثم أغلق الفتحات العلوية بالحلقة المطاطية كما في الشكل (9).	الشكل (8)
12 –افتح صمام الماء المغذي للسخان بالماء البارد، ثم تأكد من عدم وجود تسريب، وتأكد من خروج الهواء كله، ثم صلح العطل إن وجد، ثم افتح صمام الماء الساخن للاستعمال، وتأكد من كفاءة التسخين.	الشكل (9)
13 –نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدَد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.	

الخرائط المفاهيمية

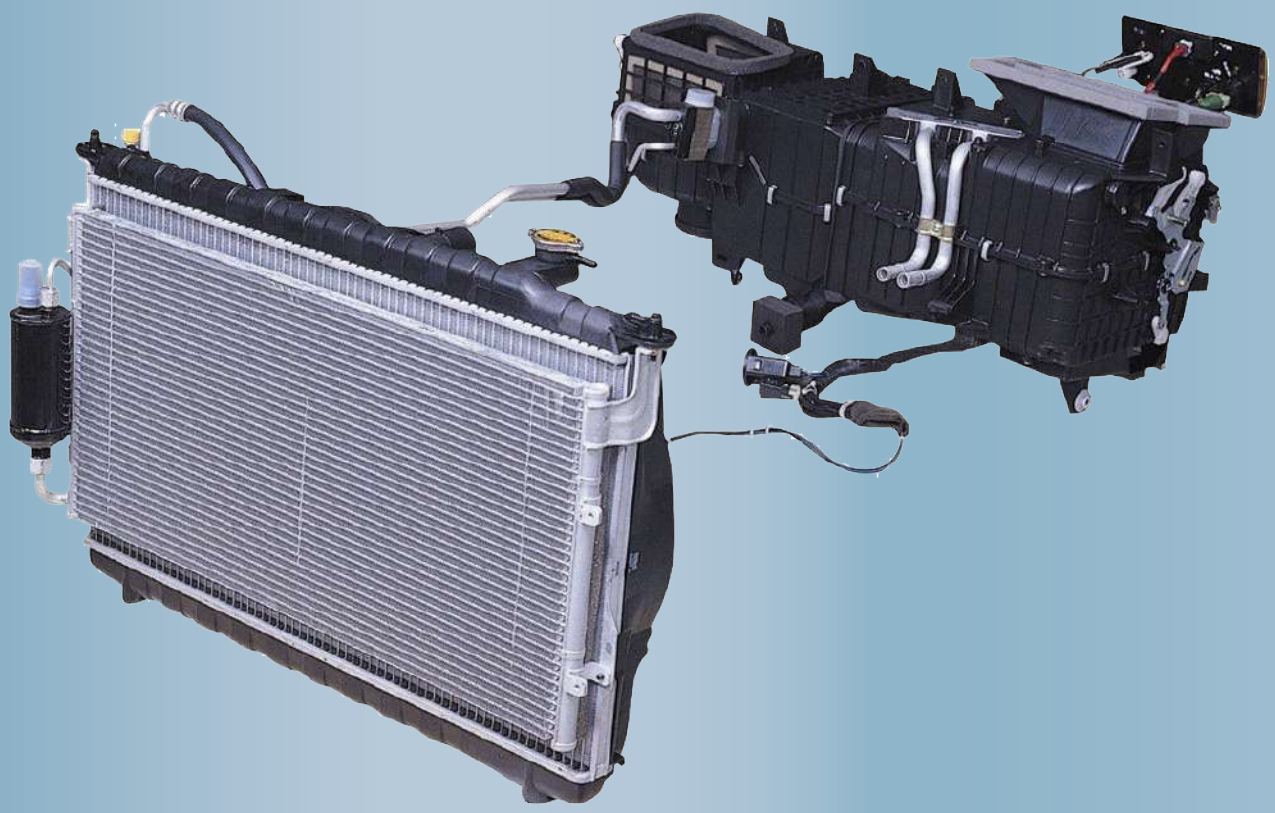


7 الوحدة السابعة

أجهزة تكييف المركبات

المحاور الفرعية

- دورة التبريد الميكانيكية، والدارات الكهربائية، ودورة الهواء، والصيانة والأعطال.



دورة التبريد الميكانيكية، والدارات الكهربائية، ودورة الهواء، والصيانة والأعطال

الوحدة السادسة
6

انظر.. وتساءل

استكشف

اقرأ.. وتعلم

الإثراء والتوسع

القياس والتقويم

الخرائط المفاهيمية

النتاجات

يتوقع منك بعد هذا الدرس أن:

- تفرّغ وحدة تكييف المركبة وتشحنها.
- تستبدل الضاغط الخاص بوحدة تكييف المركبة.
- تنفذ الدارة الكهربائية الخاصة بجهاز تكييف المركبة.
- تحافظ على جهاز تكييف المركبة، وتجري صيانة له.
- تفك مجس الضغط العالي وتستبدله.
- تصلح تسرب وسيط التبريد لنظام تكييف المركبة.

تعليمات السلامة العامة

- ☑ أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوقات، وتأكد من خلو منطقة العمل من أي خطورة متوقعة.

نتاجات خاصة بالعلوم الصناعية الخاصة

يتوقع من الطالب أن:

- يتعرّف المكوّنات الرئيسة والثانوية للدورة الميكانيكية لجهاز تكييف المركبة:
  - الضاغط. - صمام التمدد.
  - المكثف. - المبخر.
- يتعرّف صمامات التمدد: الحراري، والإبري، والإلكتروني.
- يتعرّف خزان السائل والمجفف.
- يتعرّف مجمع الغاز.
- يتعرّف وسائط التبريد المستخدمة في نظام تكييف المركبة.
- يتعرّف الخراطيم المستخدمة في دارة تبريد المركبة.
- يتعرّف الدارة الكهربائية لنظام تكييف المركبة ومكوناتها:
  - مفتاح التشغيل الرئيس.
  - منظم درجة الحرارة.
  - مفتاح التشغيل والتحكم في محرك المروحة.
  - ملف القابض المغناطيسي.
  - مجسات الضغط العالي والمنخفض.
  - مروحة المكثف.
  - المرحلات الكهرومغناطيسية.
  - مروحة المبخّر.
- يتعرّف دورة تحريك الهواء في مكيف المركبة.
- يتعرّف نظام التكييف للمركبات الكهربائية والهجينة.
- يتعرّف أعمال الصيانة واكتشاف أعطال نظام تكييف المركبات.

النتاجات الخاصة بالتدريب العملي

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ التدريب العملي أن:

- يفرّغ وحدة تكييف المركبة ويشحنها.
- يستبدل بالضاغط الخاص وحدة تكييف المركبة.
- ينفذ الدارة الكهربائية لجهاز تكييف المركبة.
- يحافظ على جهاز تكييف المركبة، ويجري صيانة له.
- يفك مجس الضغط العالي ويستبدله.
- يصلح تسرب وسيط التبريد لنظام تكييف المركبة.

لا تكاد أي مركبة حديثة الصنع تخلو من وجود نظام للتكييف داخل مقصورتها، الأمر الذي استدعى دراسة أنظمة تكييف المركبات وأجزائها وأعطالها وطرائق تصليحها.

انظر.. وتساءل

- ما المكوّنات الرئيسة والثانوية في الدارة الميكانيكية لجهاز تكييف المركبة؟
- كيف تتم دورة تحريك الهواء في مكيف المركبة؟

استكشف

– زُر إحدى ورش صيانة المركبات المختصة بتعبئة غاز مكيف المركبات، واستكشف مفهوم الدارة الميكانيكية، واكتب تقريرًا عن ذلك وشارك زملاءك فيه ثم ناقش المعلم في ما توَصْلتم إليه.

اقرأ.. وتعلم

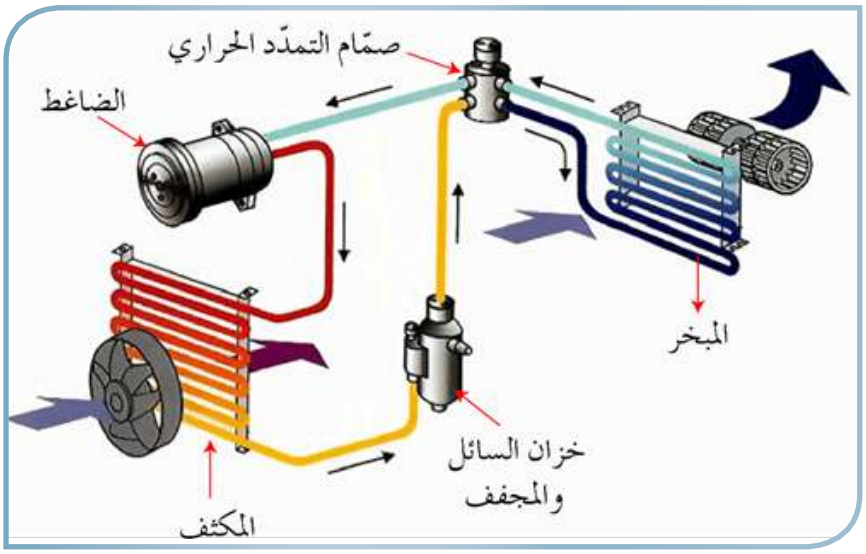
يُعدُّ نظام التكييف في السيارة من أنظمة الرفاهية، حيث يمكن عَبْرَه تحسين درجة الحرارة بمقصورة الركاب؛ بتقليل درجة الحرارة أو زيادتها، بالإضافة إلى تنقية جو المقصورة من الأتربة وغيرها. وتُخفّض الرطوبة عبر دارة التكييف حيث يتكاثف البخار في الهواء المسحوب من

المقصورة إلى أنابيب المبخّر، ثم تُصرف عبر أنابيب تصريف خارج المركبة، ثم يمر الهواء عبر المُنقي، ليصبح الهواء داخل السيارة نقيًّا وخاليًا من الشوائب ومُبرَّدًا، ويتشابه نظام التكييف في المركبات الحديثة مع نظام تكييف المباني من حيث الوظائف الأساسية والتحكم المؤقت في خواص الهواء ليصبح مريحًا للإنسان؛ حيث يُمرَّر هواء الحيّز (المكان) المراد تكييفه خلال أجهزة تسخين لرفع درجة حرارته، وأجهزة تبريد لخفض درجة حرارته، ويتكون هذا النظام من دارة ميكانيكية، ودارة كهربائية تعملان معًا لتكييف هواء غرفة المركبة، ويتم التحكم في عمل هذا النظام عَبْرَ جهاز التحكم في غرفة المركبة، يُبيّن الشكل (7–1) أحد أنواع أجهزة التحكم في تكييف هواء المركبات، ويرمز إلى مفتاح تشغيل نظام التكييف بالرمز (A/C).

الشكل (7–1): أحد أنواع أجهزة التحكم في تكييف هواء المركبات.

1 -الدارة الميكانيكية لجهاز تكييف المركبات

تتكون الدارة الميكانيكية لنظام تكييف المركبة من العناصر الرئيسة الأربعة الآتية: الضاغط، والمكثف، وصمّام التمدد، والمبخّر، بالإضافة إلى عناصر مساعدة أخرى لتحسين أداء النظام، مثل: خزّان السائل، ومجمع الغاز، بالإضافة إلى الأنابيب والخراطيم التي يجري داخلها وسيط التبريد، يُبيّن الشكل (7–2) الدارة الميكانيكية لمكيّف هواء المركبة.



الشكل (7–2): الدارة الميكانيكية لمكيّف هواء مركبة.

أ- **الضاغط (compressor)**: يُبيّن الشكل (7–3) ضاغط نظام تكييف الهواء المستخدم في المركبات، فمعظم الضواغط في المركبات هي من النوع نصف المفتوح (**Smi–Hermatic Compressor**)، وغالبًا يستخدم الضاغط الدوّار ذو القيادة الخارجية (**External Drive Rotary Compressor**) في أنظمة تكييف هواء المركبات، حيث يُشغَّل بوساطة أقشطة مطاطية تصل بين بَكَرَة الضاغط وبَكَرَة محرك المركبة، فيستمد ضاغط المكيف الطاقة الحركية من محرّك المركبة، وعندما تدور بَكَرَة الضاغط، يبدأ بسحب وسيط التبريد من خط المبخّر ثم يضغطه ويدفعه إلى المكثف لتبدأ عملية التكييف، ويُفصل الضاغط في أثناء دوران المحرّك عن طريق قرص خاص يسمى قرص التعشيق أو القابض (**clutch**)؛ لفك ارتباط دوران الضاغط بدوران المحرك عندما

تكون منظومة التكييف غير مستخدمة وعندما تتعدى درجة حرارة سطح المبخّر درجة الحرارة الدنيا؛ لتفادي تكّون الثلج على المبخّر، فالتعشيق يفك أو يربط دوران المحرك بدوران الضاغط، يُبيّن الشكل (7–4) قرص التعشيق للضاغط.

الشكل (7–3): الضاغط.

الشكل (7–4): قرص التعشيق للضاغط.

كما يُبيّن الشكل (7–5) قشاطًا مطاطيًا يصل بين بَكَرَة الضاغط وبَكَرَة محرّك المركبة.

الشكل (7–5): قشاط مطاطي يصل بين بَكَرَة الضاغط وبَكَرَة محرّك المركبة.

أما في المركبات الكهربائية والهجينة، فيعمل الضاغط كهربائيًّا، حيث يُشغّل ضاغط المركبة الهجينة والكهربائية بوساطة بطارية المركبة وليس محرك البنزين، حيث يُركّب محرك كهربائي صغير داخل الضاغط، فيعمل هذا المحرّك الكهربائي على تشغيل الضاغط لتبدأ

دورة التكييف بالعمل، ولا يعتمد هذا النوع من الضواغط على دوران محرك المركبة كما في المركبات العادية؛ لذا يمكن تشغيل المكيف في في أثناء توقف محرك المركبة عن العمل، إن مبدأ عمل هذه الضواغط مشابه تمامًا لمبدأ عمل ضواغط ثلاجات التبريد والمكيفات الكهربائية المنزلية، وتتشابه من ناحية صيانتها أيضًا، يُبيّن الشكل (7–6) ضاغط نظام التكييف للمركبات الكهربائية والهجينة.

الشكل (7–6): ضاغط نظام التكييف للمركبات الكهربائية والهجينة.

تحذير

عند التعامل مع كهرباء المركبات الهجينة أو المركبات الكهربائية، يجب الحذر من الخطورة الكهربائية بالتزام تعليمات السلامة المهنية وعدم لمس مناطق الجهد العالي.

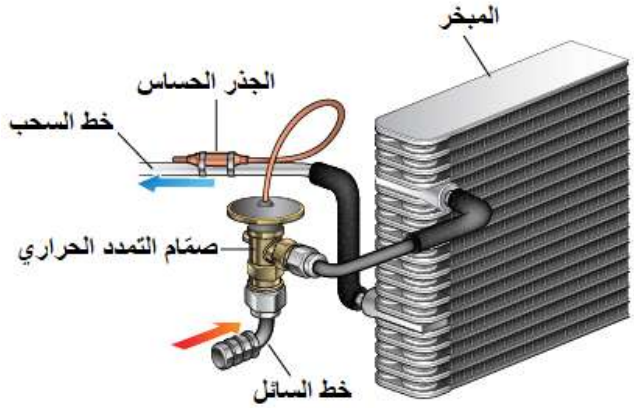
ب-**المكثف (Condensers)**: مبدأ عمل المكثف في نظام تكييف هواء لمركبات مشابه تمامًا لمبدأ عمل المكثف في نظام تكييف هواء المباني كما مر بك سابقًا، وتحتوي بعض أنظمة مكيف الهواء مروحة منفصلة للمكثف بدلًا من مروحة تبريد المشع (مروحة إضافية)؛ للمساعدة في تبريد المكثف، يثبت المكثف مباشرة أمام مشع (Radator) المحرك بحيث يمكن سحب الهواء عَبْرَه تمامًا مثل المشع بمروحة تبريد المحرك، ويصنع غالبًا من أنابيب من الألومنيوم مزودة بزعانف؛ لزيادة مساحة سطح التبادل الحراري، مع مراعاة أن يكون سحب هواء المروحة من الأمام باتجاه الداخل، وهو يشبه شكل المبخّر، إلا أن أقطار الأنابيب أصغر، يُبيّن الشكل (7-7) مكثف مكيف هواء المركبة.

الشكل (7-7): مكثف مكيف هواء المركبة.

جـ- **صمّام التمدد:** إن عمل أجهزة التحكم الخاصة بمكيفات هواء السيارات يشبه عمل أجهزة تحكم أجهزة التكييف والتبريد الأخرى. فهي تسمح بمرور الفريون ذي الضغط المرتفع خلال صمام خانق، ثم يتمدد حجمها بسرعة. فهذا التمدد يتسبب في انخفاض ضغط الفريون و يبدأ في الغليان وامتصاص الحرارة. تقسم الصمامات المستخدمة في مكيفات المركبات ثلاثة أقسام:

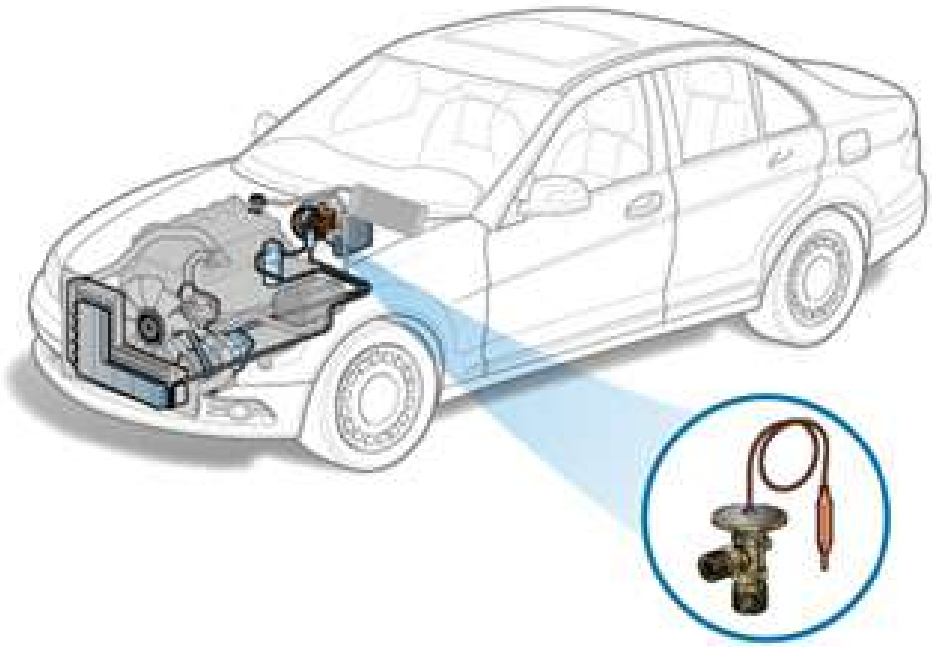
1 . صمّام التمدد الحراري (الثيرموستاتي) (**Thermostatic Expansion Valve TXV**): هذا النوع من الصمّامات يستخدم في أنظمة تكييف المركبات، وفي أنظمة تكييف هواء المباني، وهو أكثر أنواع أجهزة التحكم في وسيط التبريد شيوعًا؛ نظرًا لكفاءته العالية وإمكانية استعماله مع شتى أنظمة التبريد، وتعلمت في الدروس السابقة أنه يعمل على تزويد المبخر بوسيط تبريد بحسب تغيرات الحمل لنظام التبريد، بوساطة الجذر الحسّاس الذي يثبت على خط السحب ليستشعر درجة حرارة وسيط التبريد في نهاية الدورة، حيث إن الجذر الحسّاس لهذا الصمّام يكون مملوءًا بغاز فريون، ويُخفّض هذا الصمام ضغط السائل (وهذا يؤدي إلى تخفيض درجة حرارة تبخّره)، وعبره تتم عملية البخ (تذرير السائل)، ويُنظّم تدفق السائل بين المكثف والمبخّر، حيث تحتوي هذه الصمامات مفتاحًا حراريًّا يضبط كمية سائل وسيط التبريد بحسب التغير في الحِمْل الحراري، يُبيّن الشكل (7–8/أ) صمّام التمدد الحراري، والشكل (7 – 8/ب) طريقة تركيب صمّام التمدد الحراري، ويُبيّن الشكل (7–9) موضع تركيب صمام التمدد الحراري في نظام تكييف هواء المركبة.

(أ): صمّام التمدد الحراري



(ب): طريقة تركيب صمّام التمدد الحراري على المبخّر

الشكل (7–8): صمّام التمدد الحراري وطريقة تركيبه على المبخّر.



الشكل (7–9): موضع تركيب صمام التمدد الحراري في نظام تكييف هواء المركبة.

2. الأنبوب ذو الفوهة (orifice tube): يسمى أيضًا أنبوب الخنق (Throttling Tube)، كما يسمى أيضًا الصمّام الإبري؛ بسبب وجود إبرة داخله، ويؤدي هذا الأنبوب ذو الفوهة (الصمام الإبري) وظيفة صمّام التمدد الثيرموستاتي نفسها، ولكنه أكثر بساطة؛ حيث إنه لا يحتوي أجزاءً متحركة، يثبّت في الأنابيب بين المكثف والمبخّر، ويُعدّ نقطة الفصل بين الضغط العالي والمنخفض، ويحتوى مرشحًا (فلتر) لحجز الشوائب، ويعتمد في عمله على فرق الضغط بين طرفي الصمام لفتح إبرة الصمام وإغلاقها، ويتكون من أنبوب داخله إبرة وفوهة ضيقة، قطر الممر داخل الفوهة صغير جدًّا مقارنةً بقطر المبخّر؛ ما يساعد وسيط التبريد على التمدد والانتشار بعدما يخرج من هذه الفتحة الضيقة إلى المبخّر، يُبيّن الشكل (7–10) نوعين مختلفين من أنواع الأنبوب ذي الفوهة (الصّمام الإبري)، يُبيّن الشكل (7–11) موضع تركيب الصمّام الإبري.

الشكل (7–10): نوعان مختلفان من أنواع الأنبوب ذي الفوهة (الصّمام الإبري).

الشكل (7–11): موضع تركيب الصمّام الإبري.

3. صمام التمدد الحراري طراز **Thermal Expansion Valve-H**، ويرمز إليه بالرمز (**TXV، H**): مبدأ عمل هذا الصمّام مشابه تمامًا للصمام الحراري المذكور في البند السابق إلا أنه مختلف في التصميم فقط، ويُستعمل هذا النوع من الصمامات مع أجهزة تكييف المركبات الحديثة، يُبيّن الشكل (7–12) نوعًا من هذه الصمامات.

الشكل (7–12): صمّام تمدّد حراري طراز **H**.

يُبيّن الشكل (7–13) موقع تركيب صمام التمدد في نظام التبريد.

الشكل (7–13): موضع تركيب صمام التمدد في نظام التبريد.

د – **المبخّر Evaporator**: وظيفته تشبه وظيفة مبخّر مكيفات هواء المباني، كما مر بك سابقًا أن المبخّر هو مبادل حراري مكون من ملف من الأنابيب يجري داخلها وسيط التبريد الذي يوفر سطح تبادل حراري بين وسيط التبريد البارد وبين هواء غرفة المركبة، حيث يستقبل المبخّر سائل وسيط التبريد من صمّام التمدد ويُبرّد هواء غرفة المركبة عن طريق سحب الحرارة منه، فيساعد ذلك على تبخّر وسيط التبريد، ويؤدي استمرار هذه العملية وتكرارها إلى خفض درجة حرارة الحيز أو المكان المراد تبريده، ثم يعود وسيط التبريد إلى الضاغط بوساطة خط السحب، وتتكرر العملية من جديد إلى أن تصل حرارة الغرفة إلى الدرجة المطلوبة، يُبيّن الشكل (7–14) مبخر مكيف المركبة.

الشكل (7–14): نوعان مختلفان من أنواع مبخرات نظام تكييف هواء المركبات.

هـ– **خزّان السائل (Liquid Reservoir)**: يسمى هذا الخزان أيضًا الخزّان المجفف (**Receiver Drier**) ؛ لأنه يعمل على إزالة الرطوبة من وسيط التبريد، ويسمى أيضًا خزّان السائل (**Liquid Reservoir**)؛ لأنه يُخزّن وسيط التبريد وهو في حالة السيولة، ويمر سائل التبريد القادم من المكثف عبر هذا الخزّان، ثم يخرج مرورًا بالفلتر إلى صمّام التمدد ثم إلى المبخّر، يُبيّن الشكل (7–15) خزان السائل، ويُبيّن الشكل (7–16) موضع تركيب خزان السائل (الخزان المجفف) في المركبة، ويختلف هذا الخزان عن خزان تجميع الغاز (مجمع الغاز) بما يأتي:

1. خزّان السائل يخزّن وسيط التبريد في حالته السائلة، ويخزّن مجمع الغاز وسيط التبريد في حالته الغازية.
2. حجم خزّان السائل أصغر من حجم مجمع الغاز، وغالبًا ما يكون نصف الحجم تقريبًا.
3. يُركّب الخزّان المجفف دائمًا بجانب الضغط العالي للنظام (على خط السائل)، بين المكثف وصمام التمدد.

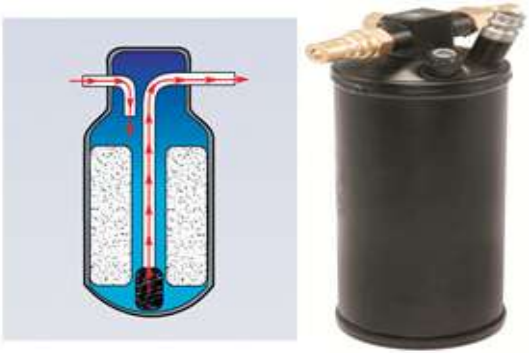
ويؤدي خزّان السائل المهام الآتية:

أ. يوفر كميات كافية من وسيط التبريد سائلًا في الدورة.

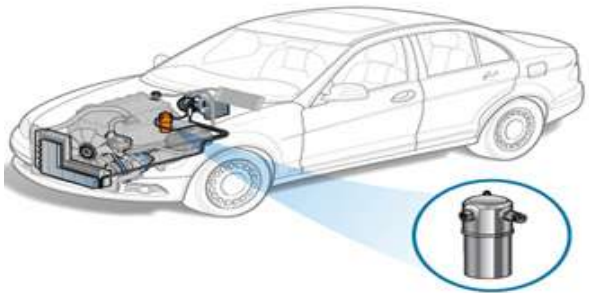
ب. يخزّن كمية سائل التبريد كلها داخله؛ وبهذه الخصيصة، يجنّب وسيط التبريد من الهدر عند إجراء عمليات الصيانة من فك وتركيب.

جـ. يصفّي الشوائب التي تجري مع وسيط التبريد.

د . يسحب الرطوبة من سائل وسيط التبريد الدائرة في النظام، بسبب احتواء الخزان مواد ساحبة للرطوبة، حيث إن الرطوبة تؤثر في عمل النظام وتسبب تآكل الخزان وبعض أجزاء المكيف، وتعيق تدفق وسيط التبريد، وتؤثر سلبًا في زيت الضاغط.



الشكل (7–15): خزان السائل.

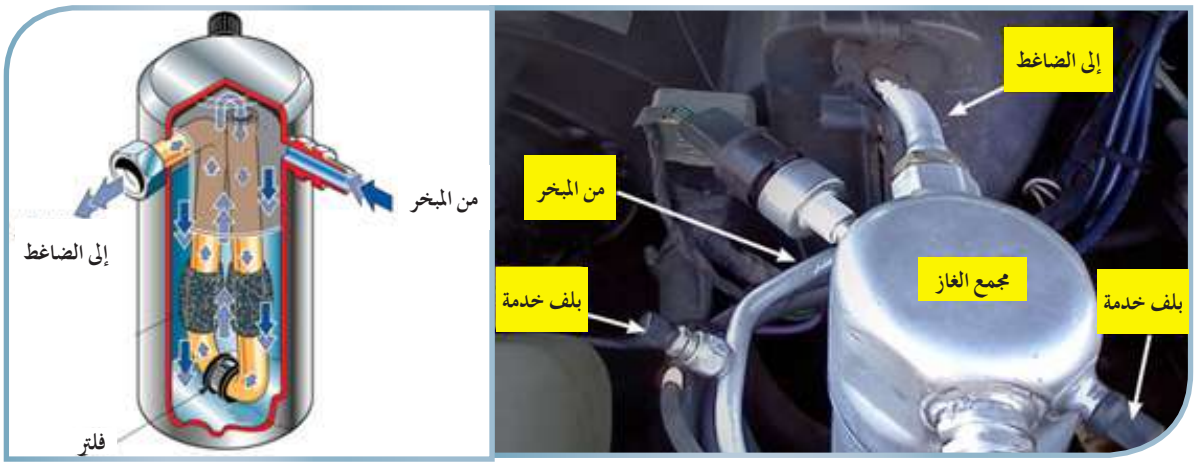


الشكل (7–16): موضع تركيب الخزان المجفف.

ملاحظة: يُنصَح بتغيير الخزان بعد كل عملية فتح لدارة التبريد الميكانيكية للصيانة؛ لأن المادة المجففة (الساحبة للرطوبة) تسحب الرطوبة عند تعرضها للهواء الجوي، وعليه، تصل إلى درجة الإشباع، فضلًا عن ذلك تزوّد بعض الأنواع بزجاجة ملاحظات خاصة بتدفق وسيط التبريد وضبط الشحنة داخل النظام.

و- **مجمّع الغاز (ACCUMULATOR)**: ويسمى أيضًا مجمع خط السحب (**SUCTION LINE ACCUMULATOR**)، وهو خزّان معدني أسطواني الشكل، له مدخل واحد يوَصْل بخط السحب بعد المبخّر مباشرة، وله مخرج واحد فقط ؛ ليخرج منه وسيط التبريد على شكل غاز فقط إلى الضاغط (خالٍ من أي نسبة من السائل)؛ لأن دخول وسيط التبريد سائلًا إلى الضاغط، يؤدي إلى تلف الضاغط، أي أن هذا الخزّان يعمل مصيدة للسائل، حيث يتجمع السائل داخله؛ لكي يتبخّر كليًّا قبل ذهابه إلى الضاغط؛ لذا فهو يعمل على حماية الضاغط، ويختلف عن الخزّان المجفّف (المصفّي) بما يأتي:

1. حجمه أكبر مرتين من حجم الخزان السائل (المجمع المجفف).
2. يكون خط المخرج في الأعلى؛ لأن البخار يتجمع في الأعلى.
3. يُركّب على مخرج المبخّر–في منطقة الضغط المنخفض–حيث يُجمّع الغاز بصورة مؤقته.
4. يُجمّع السائل داخل الخزّان؛ لحماية الضاغط من التلف الذي يسببه رجوع سائل وسيط التبريد؛ لأن الضواغط لا تضغط السوائل، وفي أثناء تجمع السائل في الخزان، يتبخر سائل وسيط التبريد، ويتحول إلى بخار، ويعود إلى الضاغط، وغالبًا يُستعمل مع الأنظمة التي تحتوي الصمام الإبري. يُبيّن الشكل (7–17/ أ) مجمع غاز لنظام تكييف المركبة، والشكل (7–17/ ب) التصميم الداخلي لمجمع الغاز، يُبيّن الشكل (7–16) موضع تركيب مجمع الغاز في نظام تكييف هواء المركبة.



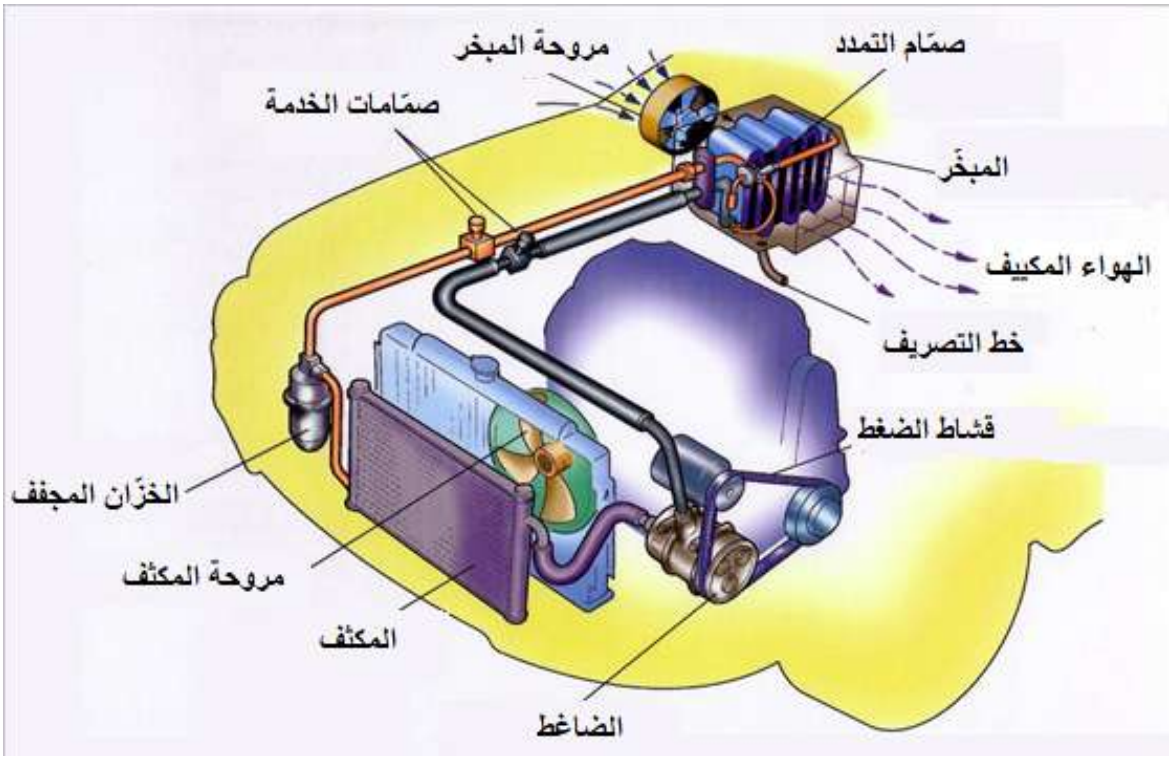
(أ) مجمع الغاز لنظام تكييف المركبة. (ب) التصميم الداخلي لمجمع الغاز.

الشكل (7–17): مجمع الغاز وتصميمه الداخلي.

الشكل (7–18): موضع تركيب مجمع الغاز في نظام تكييف هواء المركبة.

عناصر دورة تكييف الهواء ومواضع تركيبها

تعمل عناصر دورة التكييف الميكانيكية والكهربائية والإلكترونية مجتمعة بتناغم في نظام متكامل؛ لتحقيق راحة المستخدم عن طريق توفير الهواء النقي، والصحي، والمنعش عند استعمال المركبة، يُبيّن الشكل (7–19) أهم عناصر تكييف هواء المركبة ومواضع تركيبها.



الشكل (7–19): عناصر دورة تكييف هواء المركبة ومواضع تركيبها.

وسائط التبريد المستخدمة في نظام تكييف المركبة

يستخدم نوعان من وسائط التبريد في أجهزة تكييف المركبات:

1 - وسيط التبريد (R12)

فريون **R12** هو وسيط تبريد كلوروفلوروكربون رمزه الكيميائي (**CF_2Cl_2**)، ودرجة غليانه عند الضغط الجوي هي (**29.8°**–م)، لون الأسطوانة أبيض، غير سام، وغير قابل للاشتعال وغير قابل للانفجار، ولكنه ينتج غازًا سامًّا إذا لامس اللهب، وضار بالبيئة، فهو ضار بطبقة الأوزون؛ لذا حظر تصنيعه في البلدان المتقدمة عام 1996، وفي البلدان النامية عام 2010، لكنه ما يزال موجودًا في المركبات التي يعود تاريخ صناعتها إلى ما قبل 1996، حيث حُظِرَ تصنيعه في ذلك العام، إذا كانت المركبة قديمة، وما يزال نظام تكييف الهواء فيها يعمل جيدًا مستخدمًا الفريون (**R12**).

يُبيّن الشكل (7–20) بعض قِطَع وَصْل لتحويل مخرج بلف الخدمة الخاص بفريون **R-12**، إلى وسيط تبريد آخر.

الشكل (7–20): بعض قِطَع وَصْل لتحويل مخرج بلف الخدمة الخاص بفريون **R 12**.

2 - **وسيط التبريد** (R134 a)

هو مركب هيدروفلوروكربون **hydrofluorocarbon (HFC)**، ولا يتضمن عنصر الكلور الذي يستنزف الأوزون في الغلاف الجوي؛ لذا يُعدّ صديقًا للبيئة، ورمزه الكيميائي (**C2H2F4**)، يستخدم بديلًا عن **R12**، وهو غاز غير سام، حيث قرّر الاتحاد الأوروبي استخدام فريون **R134a** في السيارات الحديثة؛ لذا فهو من أكثر وسائط التبريد الحديثة انتشارًا، ويستخدم في معظم أجهزة التبريد المنزلية والتجارية حديثًا، يمكن تمييز هذا النظام عَبْرَ مخارج الخدمة والإصلاح، فلا يمكن تركيب خراطيم ساعات التصليح والشحن مباشرة على المخارج، بل تستخدم وَصْلات شحن وتفريغ لمنطقتي الضغط العالي والمنخفض. يُبيّن الشكل (7–21) نوعًا من مخارج الشحن والصيانة، والشكل (7–22) يُبيّن وَصْلات شحن وسيط التبريد (**R134 a**).

الشكل (7 –21): مخرج شحن وسيط التبريد (R134 a).

الشكل (7–22): وَصْلات شحن وسيط التبريد (R134 a).

الخراطيم المستخدمة في نظام تكييف المركبات

تتمتع هذه الخراطيم بعازلية عالية للحرارة، وهي سهلة الثني والتشكيل، حيث تصنع هذه الخراطيم من المطاط المرن؛ للمساعدة على امتصاص الاهتزاز وعزل الصوت، توصل هذه الأنابيب بوَصْلات ومكابس خاصة، كما هو مُبيّن في الشكل (7–23).

الشكل (7–23) : الخراطيم المستخدمة في نظام تكييف المركبات.

2 -الدارة الكهربائية الخاصة بنظام تكييف المركبة ومكوناتها

تتكون الدارة الكهربائية لنظام تكييف المركبة من مكونات أساسية عدة، وهي:

أ- **مفتاح التشغيل الرئيس**: بهذا المفتاح يُشغل مكيّف المركبة الذي يصل التيار الكهربائي ويفصله عن الملف الكهرومغناطيسي للضاغط، كما في الشكل (7-24).

الشكل (7-24): مفتاح تشغيل رئيس لنظام تكييف المركبة.

ب- **منظم درجات الحرارة (Thermostat)**: يتحكم هذا المنظم في درجات الحرارة داخل غرفة المركبة، حيث يعاير بحسب درجة الحرارة المطلوبة بمفتاحه الخاص، حيث يوَصْل التيار الكهربائي ويفصله عن ملف القابض حسب التغيّر في درجات الحرارة المُعيّر عليها.

ثَمَّ نوعان من هذه المنظمات: الميكانيكي التقليدي، والإلكتروني كما في الشكل (7-25)، (7-26).

الشكل (7-25): منظم درجة حرارة ميكانيكي.

الشكل (7-26): منظم درجة حرارة إلكتروني.

جـ- **مفاتيح التشغيل في التحكم في نظام تكييف المركبة:** بالإضافة إلى مفتاح التشغيل الرئيس لنظام تكييف المركبة، توجد مفاتيح عدة أخرى للتحكم في درجات الحرارة وضبطها، والتحكم في قوة تيار الهواء عن طريق التحكم في سرعات مروحة المبخّر، ومفاتيح توجيه تيار الهواء وتوزيعه داخل غرفة المركبة، يُبيّن الشكل (7-27) مفاتيح التحكم في نظام تكييف الهواء لأحد أنواع السيارات الحديثة.

الشكل (7-27): مفاتيح التحكم في نظام تكييف هواء المركبة.

(1) التحكم في درجة الحرارة.

(2) التحكم في قوة تيار الهواء.

(3) توجيه تيار الهواء البارد بحسب رغبة المستخدم.

(4) يُسخّن الزجاج الخلفي، لإزالة الضباب عن الزجاج (ولا يُعدّ هذا المفتاح ضمن مفاتيح التحكم في تكييف المركبة).

(5) يُوزّع الهواء البارد على أجزاء السيارة الأمامية والخلفية جميعها.

(6) يُفعّل عمل الكمبرسور.

(7) يُدوّر الهواء داخل السيارة دون خلطه بالهواء الخارجي .

د- **مفتاح الضغط العالي (High Pressure Switch)**: يرمز إليه بالرمز (**HP-Switch**)، يُبيّن الشكل (7–28) مفتاح ضغط عالٍ، وموضع تركيبه على المكثف، حيث يثبّت جانب الضغط العالي لدورة تكييف هواء المركبة على المكثف كما هو مُبيّن في الشكل (7–29)، وأحيانًا يثبّت على المجفف، يحمي هذا المفتاح نظام مكيّف المركبة من ارتفاع الضغط داخل دورة التبريد الميكانيكية، حيث يفصل التيار الكهربائي عن القابض المغناطيسي غالبًا عند وصول الضغط العالي إلى 400 رطل تقريبًا بوصة مربعة (**400psi**)، أي ما يعادل 27 بار تقريبًا، وتعتمد هذه القيمة على الشركة الصانعة.

الشكل (7–28): مفتاح ضغط عالٍ.

الشكل (7 – 29): موضع تثبيت مفتاح الضغط العالي على المكثف.

هـ- **مفتاح الضغط المنخفض (Low Pressure Switch)**: يرمز إليه بالرمز (**LP-Switch**)، يُبيّن الشكل (7–30) مفتاح الضغط المنخفض وموضع تركيبه، حيث يثبّت جانب الضغط المنخفض بين المبخّر والضاغط على مجمع الغاز (**ACCUMULATOR**)، ويحمي الضاغط من التلف عند انخفاض ضغط وسيط التبريد، فعندما يكون ضغط وسيط التبريد منخفضًا جدًّا، فإن ذلك يؤدي إلى انخفاض كفاءة التزييت للأجزاء المتحركة في الضاغط؛ لذا فإن الضاغط يتعرض لخطر التلف إذا شُغّل مع انخفاض نسبة الزيت؛ لذا فإن مفتاح الضغط المنخفض (**LP-Switch**) يوقف الضاغط مؤقتًا عندما يقل ضغط النظام عن 25 رطلًا / بوصة مربعة (**25psi**).

(أ) مفتاح ضغط منخفض.

(ب) موضع تركيب صمّام الضغط المنخفض على مجمع الغاز.

الشكل (7–30)

و– **الملف الكهرو–مغناطيسي لقرص التعشيق (Electromagnetic clutch)**: هو ملف كهربائي ثابت مثبّت على جسم الضاغط، عندما يمر به التيّار الكهربائي، يتولّد مجال مغناطيسي فيجذب بَكَرَة التشغيل، ما يؤدي إلى عمل نظام التكييف، وعند انقطاع المجال المغناطيسي، يفصل بَكَرَة التشغيل فيتوقف الضاغط عن العمل، يُبيّن الشكل (7–31) الملف الكهرومغناطيسي لقرص التعشيق.

الشكل (7–31): الملف الكهرومغناطيسي لقرص التعشيق.

ز- **المرحلات الكهرومغناطيسية**: هي مفاتيح تحكم مغناطيسية توصل التيار الكهربائي وتفصله بملف مغناطيسي وقِطَع توصيل (تماسّ)، حيث يُستعمل لاعتماده على تيار منخفض في تشغيله، وعليه، نستطيع استعمال مفاتيح ذات تيار منخفض جدًّا؛ ليساعد على تجميل مقصورة المركبة، مثل مفاتيح اللمس أو المفاتيح الإلكترونية.

ابحث وشارك

ابحث في الإنترنت عن وحدات التحكم المستخدمة في مكيّفات المركبات الحديثة، واكتب تقريرًا عن ذلك وشارك زملاءك فيه.

3 - دورتا الهواء لمكيف المركبة

تتشابه معظم أنظمة تكييف الهواء في وجود دورتين للهواء، إحداهما داخلية، داخل غرفة المركبة حول المبخّر، والأخرى خارجية، وعبر الدورة الداخلية للهواء يتم التحكم في كمية الهواء وحركته بعد تنقيته، وتبريده، وتوزيعه حسب متطلبات الراحة الشخصية، وكما مر بك سابقًا أن دورتي الهواء في نظام التكييف تتكونان مما يأتي:

أ- **دورة هواء غرفة المركبة حول المبخّر**: تُدوِّر الهواء المراد تبريده حول المبخّر إجباريًّا بمروحة المبخّر (Evaporator fan)، تستخدم هذه المراوح الطاردة عن المركز في أنظمة تكييف المركبات، لزيادة سرعة توزيع الهواء داخل المركبة، مع إمكانية توجيه الهواء عبر قنوات خاصة وموجهات، وتتصل هذه المروحة بلوحة التحكم الخاص بنظام التكييف في المركبة، يُبيّن الشكل (7-32) كيفية ربط هذه المروحة بلوحة التحكم ومفتاح السرعات.

الشكل (7–32): كيفية ربط هذه المروحة بلوحة التحكم ومفتاح السرعات.

ب– **دورة الهواء الخارجي حول المكثف**: يُدوَّر الهواء الخارجي حول المكثف إجباريًّا عن طريق مروحة المكثف (**Condenser Fan**)، وهي من النوع المحوري، يُحرّك هذا النوع من المراوح الهواء خلال المكثف؛ لزيادة كفاءة التبادل الحراري بين الهواء الخارجي وبين وسيط التبريد داخل المكثف وزيادة فاعلية عملية تكثيف وسيط التبريد المارّ بالمكثّف، وهي من النوع المحوري. يُبيّن الشكل (7–33) هذا النوع من مراوح المكثف.

الشكل (7–33): مروحة مكثّف.

جـ- موجّهات الهواء: هي مجموعة من الرِّيَش الثابتة والمتحركة المثبتة على مخرج الهواء المكيف؛ تُوزّع الهواء الخارج من المكيف ويُوجهه.

د- بوابة تجديد الهواء (Fresh Air Damper): تسمح هذه البوابة لكمية من الهواء النقي الخارجي بالدخول إلى الغرفة والاختلاط بالهواء المراد تكييفه، حيث يتم التحكم فيها بمفتاح خاص موجود في لوحة التحكم، وفتحها عند الحاجة إلى تحسين نسبة الأوكسجين داخل المركبة.

هـ- مجاري الهواء: تستخدم هذه المجاري في نقل الهواء وتوزيعه عبر بوّابات كهربائية، تتحكم في اتجاه مرور الهواء وتوزيعه في مقصورة المركبة في الاتجاهات جميعها، بمفاتيح تحدد اتجاه الهواء المكيف المتدفق إلى المقصورة، كما تحتوي مفتاحًا لطرد الهواء الفاسد خارج المركبة، وإدخال الهواء النقي إلى داخل المركبة. يُبيّن الشكل (7-34) مجاري هواء مكيّف مركبة.

الشكل (7-34): مجاري هواء مكيّف مركبة.

و- **منقي الهواء (فلتر الهواء) (Filter)**: يستخدم منقي الهواء في تنقية الهواء قبل دخوله المبخّر ثم إلى غرفة المركبة، ومن الأعطال المتوقعة في ضعف تدفق الهواء داخل غرفة السيارة هو انغلاق مسامات هذا المنقي، الذي يتطلب فكه، وتنظيفه، أو استبداله إن تطلب الأمر ذلك، يُبيّن الشكل (7-35) منقي هواء.

الشكل (7-35): منقي هواء.

4 - أعمال الصيانة واكتشاف أعطال نظام تكييف المركبات

عند إجراء عمليات الصيانة لمكيفات المركبات يجب مراعاة الأمور الآتية:

أ- **زيت التبريد**: في هذا النظام تكون كمية زيت التبريد محدودة نتيجة لصغر حجم ضاغطة التبريد؛ ولأن من مزايا وسيط التبريد سهولة امتزاجه بزيت التبريد، وحمل كمية من الزيت خلال دورانه، و يجب تعويض كمية الزيت المفقود في الحالات الآتية:

1. خروج كمية كبيرة من وسيط التبريد بصورة مفاجئة؛ نتيجة تهريب أو كسر في الدورة.
2. تغيير مكثف الدورة الميكانيكية لوجود بعض الزيت العالق في المكثّف القديم.

3. تغيير مبخّر الدائرة الميكانيكية لوجود بعض الزيت العالق بالمبخّر القديم.
وتكون الكميات المضافة محدودة وبحسب إرشادات الشركة الصانعة.

ب- **عملية الشحن والتفريغ**: تتم عملية التفريغ في منطقتي الضغط العالي والمنخفض، وتتم عملية الشحن بوساطة ساعات الشحن، كما هو مُبيّن في الشكل (7–36)، أو بوساطة جهاز الشحن والتفريغ الإلكتروني المبرمج آليًّا لإجراء عملية الشحن والتفريغ، وفي كلتا الطريقتين يجب مراقبة تشغيل المكيّف، وأن تكون غالبًا درجة حرارة الهواء عند بوّابة مخرج الهواء (5–10) درجة مئوية، مقيسه عند أقل سرعة لمروحة الهواء الداخلية، كما يدل ظهور الرطوبة على خط السحب على وجود التبريد واكتمال الشحنة، مراعين تعليمات الشركات الصانعة.

الشكل (7–36): ساعات شحن وتفريغ.

جـ- **جهاز الشحن الإلكتروني**: بوساطة الجهاز الإلكتروني تجري الصيانة والإصلاح المتعلق بدائرة التبريد الميكانيكية لمكيّف المركبة بطريقة أوتوماتيكية، حيث يشحن ويفرّغ ويكشف التهريب، ويُشحن بناءً على تعليمات الشركة الصانعة للمركبة، بعض هذه الأجهزة يحتوي ذاكرة إلكترونية تُحفَظ فيها أنواع مكيّفات المركبات جميعها، بوساطة برمجية معدة مسبقًا تُدخل إلى جهاز الشحن الإلكتروني، فيحدد المهني كمية وسيط

التبريد اللازمة لشحن المكيّف بوحدة الوزن. يُبيّن الشكل (7–37) نوعًا من أجهزة الشحن الإلكترونية.

الشكل (7–37): جهاز شحن وتفريغ إلكتروني.

– بالتنسيق مع المعلم، زر إحدى وكالات المركبات، وتعرف طرائق الصيانة المتبعة في صيانة أجهزة تكييف المركبات.

– ابحث في الإنترنت عن أشكال ونماذج أخرى للمكثفات، واكتب تقريرًا عن ذلك وشارك زملاءك فيه، ثم اعرضه على المعلم.

القياس والتقويم

1 – بيّن الفرق بين مكيف المركبات العادية ومكيف المركبات الهجينة، من حيث طريقة العمل.

2 – حدد وظيفة المفاتيح المشار إليها بالأرقام في الشكل الآتي:

3 – اشرح مبدأ عمل المكثف.

4– قارن بين مفتاحي الضغط العالي والضغط المنخفض من حيث:

أ – مكان التركيب.

ب– الوظيفة.

5– اذكر أنواع صمامات التمدد المستخدمة في مكيف المركبة.

التمارين العملية (1-7)

تفريغ وحدة تكييف المركبة وشحنها

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تفرّغ وحدة تكييف المركبة وتشحنها.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
متطلبات السلامة والصحة المهنية، ساعات شحن وتفريغ، ميزان حرارة، مضخة تفريغ، صمامات شحن وتفريغ، أسطوانات نيتروجين، خراطيم شحن.	زيت تبريد، وسيط التبريد (R134a)، نيتروجين.

خطوات الأداء

1 – ارتدِ ملابس الوقاية الشخصية.

2 – طبّق قواعد السلامة المهنية في أثناء عملية التفريغ والشحن.

3 – قبل الشروع في عملية التفريغ والشحن، تأكد من جاهزية الإسعافات الأولية وقربها من مكان التفريغ والشحن.

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

4 – فُكّ أغطية صمامات خدمة الضغط العالي، وصمام خدمة الضغط المنخفض كما في الشكل (1).

5 – ركّب وَصْلات الشحن على ساعة الشحن كما في الشكل (2).

6 – صِل صمامات الشحن والتفريغ بخطي خدمة الضغط العالي والضغط المنخفض في المركبة كما في الشكل (3).

7 – ارفع الضغط إلى (200psi) داخل دورة التبريد الميكانيكية، بوساطة النيتروجين، وذلك بفتح صمّام جانب الضغط العالي وصمّام جانب الضغط المنخفض.

8 – اترك النظام مدة من الزمن، وتأكد من عدم وجود تهريب في الدورة، وصلحه إن وُجد.

9 – أطلق النيتروجين إلى الجو الخارجي، علمًا أن النيتروجين غير ملوث للبيئة.

10 – صِل النظام بمضخّة التفريغ من الجانبين، الضغط العالي والضغط المنخفض، مُؤكّدًا وجود مقياس التفريغ في ساعة الضغط العالي، أي أقل من (صفر psi)؛ خوفًا من تلفها كما في الشكل (4).

الشكل (1)

الشكل (2)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
11 –شغّل مضخة التفريغ، ثم افتح صمّامي خدمة الشحن من جانبي الضغط العالي والمنخفض.	
12 – اترك المضخة نصف ساعة حتى انتهاء عملية التفريغ، وهبوط مؤشري الضغط المنخفض والضغط العالي إلى (1bar–).	الشكل (٣)
13 –أغلق صمّامات ساعة الشحن والتفريغ.	
14 –راقب قراءة الساعات مدة دقيقة، ولاحظ أي ارتفاع للمؤشر، للتأكد من عدم وجود تهريب في الدورة.	
15 –اشحن كمية من الزيت إن لزم الأمر خلال صمام الضغط المنخفض، ملتزمًا تعليمات الشركة الصانعة.	الشكل (٤)
16 –اشحن جانب الضغط العالي بكمية من سائل وسيط التبريد، وذلك بقلب أسطوانة وسيط التبريد، ثم أغلق صمام الضغط العالي.	
17 – اشحن جرعة بسيطة من بخار وسيط التبريد من صمام جانب الضغط المنخفض.	
18 –أغلق صمام جانب الضغط المنخفض.	
19 –شغّل مكيّف المركبة بضغط الزر (AC)كما هو مُبيّن في الشكل (5).	

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
20 – إذا كانت شحنة وسيط التبريد قليلة، فقد لا يعمل جهاز التكييف، بسبب مجسّ الضغط المنخفض، ولتشغيل المكيف في هذه الحالة؛ فُكّ مشبك التوصيل الكهربائي الخاص بمجسّ الضغط المنخفض، وأغلق الدارة الكهربائية لسلكي الوَصْلة؛ لإتمام عملية الشحن.	 الشكل (5)
21 – اضبط شحنة وسيط التبريد بفتح صمام الضغط المنخفض، وإتمام عملية الشحن عبر بخار وسيط التبريد.	
22 – ارفع عدد دورات محرك المركبة؛ لزيادة سرعة الشحن.	 الشكل (6)
23 – استمر في عملية الشحن حتى يظهر الندى (الرطوبة) على خط السَّحْب، وتختفي الفقاقيع على شاشة البيانات.	
24 – ثبّت سرعة المروحة الداخلية على أقل سرعة.	
25 – قِس درجة حرارة الهواء الخارج من البوابة كما في الشكل (6)، وتكون غالبًا	

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
من (5–10) درجات مئوية، حسب كفاءة جهاز التكييف وتعليمات الشركة الصانعة.	
26 – افصل الساعات والصمامات عن الدورة وأَعِدْ أغطية صمامات خدمة الضغط العالي والمنخفض كما في الشكل (7)، بعد التأكد من عدم التسرب.	الشكل (7)
27 – نظِّف مكان العمل، وأَعِدْ ترتيب العُدَد والأدوات المستعملة واحفظها في المكان المخصص لها.	

تمارين للممارسة

نفّذ التمرين الآتي وحدك، أو في المجموعة، أو بحسب تعليمات المعلم.

- اشحن وحدة تكييف هواء مركبة صغيرة (نظام المركبات الهجينة)، بجهاز الشحن والتفريغ.

التقويم الذاتي

– دوِّن خطوات عملك التي اتبعتها، ثم قيّم تنفيذك كل خطوة وفقًا لقائمة الشطب.

التمارين العملية (2-7)

استبدال الضاغط الخاص في وحدة تكييف المركبة

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تستبدل الضاغط الخاص بوحدة تكييف المركبة.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
متطلبات السلامة والصحة المهنية، مركبة مجهزة بمكيّف هواء، أدوات فَك وربط متعددة، جهاز استيراد وسيط التبريد، ساعات شحن وتفريغ، صمّامات شحن وسيط التبريد وتفريغه.	

خطوات الأداء

1 – ارتدِ ملابس الوقاية الشخصية.

2 – طبّق قواعد السلامة المهنية في أثناء الفك والتركيب.

3 – تأكد من جاهزية وحدة الإسعافات الأولية، وقربها من مكان العمل قبل الشروع في عملية استبدال الضاغط.

4 – صِل جهاز استيراد وسيط التبريد وساعات الشحن والتفريغ وصمّامات الشحن بمكيّف المركبة، واسحب شحنة وسيط التبريد الموجودة في الدارة الميكانيكية لجهاز تكييف المركبة، كما في الشكل (1).

خطوات الأداء

5 – أرخِ برغي عيار بَكَرَة الضغط على قشاط ناقل الحركة، لتخفيف الشدّ على قشاط إيصال الحركة من محرك المركبة إلى ضاغط المكيّف، بأدوات الفك المناسبة كما في الشكل (2).

6 – فُكّ القشاط الواصل بين بَكَرَة المحرك وبَكَرَة الضاغط بمفك مناسب.

7 – فُكَّ براغي وَصْلات خط السَّحْب والدفع عن الضاغطة بأداة الفك المناسبة كما في الشكل (3).

8 – فُكّ مشبك التوصيل الكهربائي الخاص بملف القابض.

9 – فُكّ براغي تثبيت الضاغط بهيكل السيارة المُبيّنة في الشكل (4).

10 –اسحب الضاغط إلى الخارج.

11 –ركِّب ضاغطًا جديدًا، عكس الخطوات السابقة.

12 –نظِّف مكان العمل، وأعِدْ ترتيب العُدَد والأدوات المستعملة واحفظها في مكانها المخصص لها.

الرسومات والصور التوضيحية

الشكل (1)

الشكل (2)

الشكل (3)

الشكل (4)

التمارين العملية (3-7)

خدمة نظام تكييف المركبة وصيانته

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تتفقّد الوَصْلات الكهربائية، وتتأكد من وصول التيار الكهربائي إلى ملف الضاغط، وتضبط شحنة وسيط التبريد الخاصة بدارة مكيف المركبة، وتتفقد قشاط ناقل الحركة، وتنظف ملفات المكثف.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
متطلبات السلامة والصحة المهنية، مركبة مجهزة بمكيّف هواء، أدوات فك وربط متعددة.	

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
1 – ارتدِ ملابس الوقاية الشخصية. 2 – طبّق قواعد السلامة المهنية في أثناء التفقد والصيانة. 3 – تأكد من جاهزية وحدة الإسعافات الأولية، وقربها من مكان العمل، قبل التفقد والصيانة. 4 – تأكد من كفاية شحنة وسيط التبريد، بمعاينة الشاشة الموجودة على خزان السائل.	 الشكل (1)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

5 – تفقَّد سلامة الوَصْلات الكهربائية، وتأكد من جودة عَزْل الأسلاك الكهربائية كما في الشكل (1).

الشكل (2)

6 – تفقَّد قشاط ناقل الحركة إلى الضاغط، وتأكد من عدم وجود قَطْع أو تشققات فيه، واستبدل به جديد به بالمواصفات نفسها إن تطلب الأمر، كما في الشكل (2).

7 – شُدّ براغي تثبيت الضاغط ومواسير التبريد وبقية مكوّنات الدارة الميكانيكية.

الشكل (3)

8 – تأكد من تثبيت مجسّ درجة الحرارة الظاهر في الشكل (3) في مكانه الصحيح.

9 – نظف ملفات المكثف بالماء ومواد التنظيف المناسبة.

10 –نظِّف منقي الهواء، أو استبدله إن تطلب الأمر ذلك كما في الشكل (4).

الشكل (4)

11 –نظِّف مكان العمل، وأعِدْ ترتيب العُدَد والأدوات المستعملة واحفظها في مكانها المخصص لها.

التمارين العملية (4–7)

فك مجس الضغط العالي واستبداله

يتوقع منك تنفيذ هذا التمرين أن:

- تَفُكّ مجسّ الضغط العالي وتستبدل به مجسًّا جديدًا.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
متطلبات السلامة والصحة المهنية، مجسّ الضغط العالي، أدوات فك وربط متعددة.	بخاخ تنظيف نقاط تلامس.

خطوات الأداء

1 – ارتدِ ملابس الوقاية الشخصية.

2 – طبّق قواعد السلامة المهنية في أثناء عمليتي الفك والتركيب.

3– تأكد من جاهزية وحدة الإسعافات الأولية، وقربها من مكان العمل، قبل الفكّ والتركيب.

4 – فُكّ فيشة مجسّ الضغط العالي الكهربائي، بحسب تعليمات الشركة الصانعة كما في الشكل (1).

الرسومات والصور التوضيحية

الشكل (1)

الشكل (2)

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية
5 – فُكّ مشبك تثبيت المجس من البلف الإبري بحسب نوع المجس، وبحسب تعليمات الشركة الصانعة.	
6 – إذا كان المجسّ من النوع المسنن الظاهر في الشكل (2)، فاستخدم مفتاح فكّ مناسب.	
7 – نظِّف نقاط التلامس ببخاخ تنظيف نقاط التلامس.	
8 – ثبّت المجسّ الجديد مكان القديم، وأعد تثبيت فيشة المجسّ الكهربائي.	
9 – نظِّف مكان العمل، وأعد ترتيب العُدَد والأدوات المستعملة واحفظها في مكانها المخصص لها.	

التمارين العملية (5-7)

تصليح تسرب وسيط التبريد لنظام تكييف المركبة

يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تصلح تسرب وسيط التبريد لنظام تكييف المركبة.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
متطلبات السلامة والصحة المهنية، أدوات فك وربط متعددة، صمامات شحن وسيط التبريد، ساعات شحن وتفريغ، جهاز فحص إلكتروني.	زيت تبريد، وسيط تبريد (R134a)، أنبوب مرن مكبوس بوَصْلات معدنية من الطرفين، أسطوانة نيتروجين، ماء وصابون (رغوة).

خطوات الأداء

1 – ارتدِ ملابس الوقاية الشخصية.

2 – طبّق قواعد السلامة المهنية في أثناء عمليتي الفك والتركيب، وتصليح التسريب.

3 – تأكد من جاهزية وحدة الإسعافات الأولية، وقربها من مكان العمل قبل تصليح التسريب.

4 – اشحن مكيف المركبة بغاز النيتروجين، وارفع الضغط فيه إلى (100psi)، وراقب ثبات الضغط.

5 – استعمل جهاز كشف التهريب، أو رغوة الماء والصابون إذا انخفض الضغط كما في الشكل (1).

خطوات الأداء	الرسومات والصور التوضيحية

6 – تفقَّد الوَصْلات والبلفات جميعها؛ حتى تحدد مكان التسريب.

7 – افتح الصمام ليتسرب النيتروجين إلى الخارج.

8 – شُدّ الوَصْلات أو استبدل (البلفات أو الأنابيب التالفة).

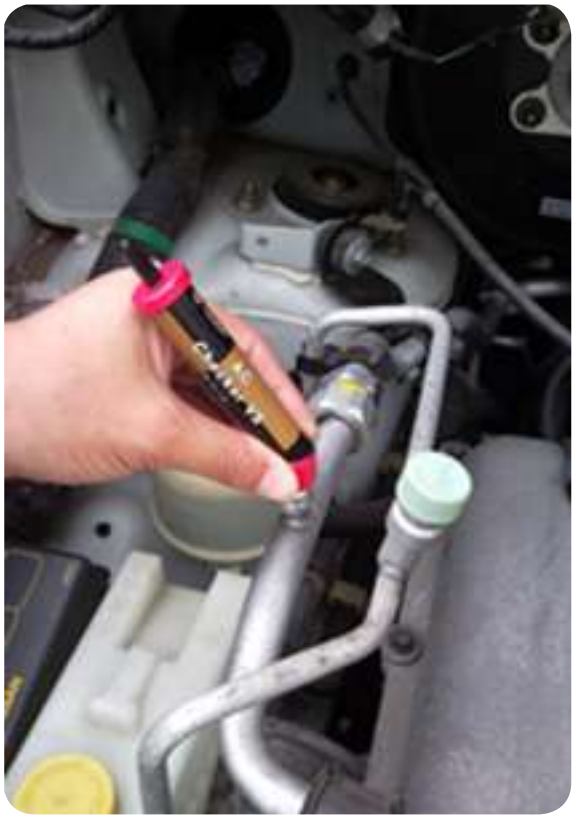
9 – أعِد الكشف عن التسرب؛ للتأكد من عدم وجود تسريب.

10 –سرّب غاز النيتروجين إلى أنبوبة التفريغ، ثم فرّغ الدورة، واشحنها بالكميّة المناسبة من وسيط التبريد.

11 –أعِد أغطية صمامات خدمة الضغط العالي والمنخفض، وتأكد من وجود الحلقة المطاطية المانعة للتسرب في مكانها كما هو في الشكل (2).

12 –شغّل مكيف المركبة وراقب عمل المكيف، وتأكد من جاهزيته.

13 –نظِّف مكان العمل، وأعِد ترتيب العُدَد والأدوات المستعملة واحفظها في مكانها المخصص لها.



الشكل (1)

الشكل (2)

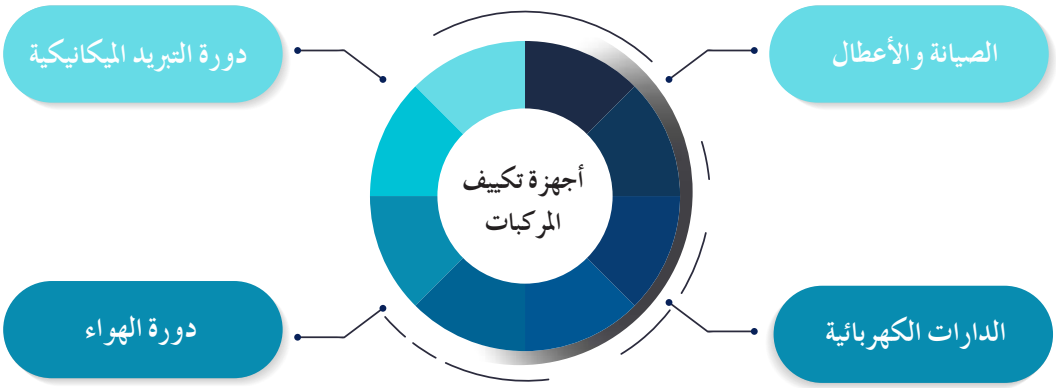
الأعطال العملية

بعض الأعطال المحتملة في نظام تكييف المركبات وتشخيصها.

الجدول (7–1): الأعطال المتوقعة في نظام تكييف المركبات وتشخيصها.

نوع العُطْل	إجراءات الفحص
مكيف المركبة يعمل بصورة متقطعة	1 – افحص الفيوزات أو الريليه. 2 – افحص درجة الحرارة في المشع الخاص بالسيارة، وتأكد من عدم تراكم الترسيبات عليه. 3 – افحص الثيرموستات. 4 – افحص ضغوط التشغيل داخل الدورة، وتأكد من شحنة وسيط التبريد.
صدور أصوات عند تشغيل نظام التكييف	1 – تأكد من عدم ارتخاء الأقشطه المطاطية. 2 – افحص المراوح وكراسي التحميل (البلية).
نظام التكييف لا يعمل	1 – افحص مصهرات المكيّف في علبة المصهرات الرئيسة، وتأكد من عدم وجود قَطْع. 2 – افحص عمل مفتاح المكيّف الرئيس، وتأكد من عدم وجود فصل كهربائي بين أطرافه. 3 – افحص عمل مراحل تشغيل المكيّف، وغيّره إن كان تالفًا. 4 – افحص عمل القابض الكهربائي بفحص ملف القابض.
ظهور روائح غير مرغوب فيها عند تشغيل نظام التكييف	1 – افحص حوض المبخّر وتأكد من نظافته. 2 – تأكد من عدم وجود ماء مترسب تحت الأرضيات. 3 – تأكد من عدم وجود العفن والبكتيريا في فتحات التهوية بسبب تشغيل المكيف بالحد الأقصى الذي ينتج منه ماء زائد يقطر. استعمل مزيل العفن الرشاش.
نظام التكييف يعمل والتبريد غير كافٍ	1 – افحص ضغوط التشغيل لمنطقتي الضغط العالي والمنخفض في المكيّف. 2 – تأكد من شحنة وسيط التبريد في الدارة. 3 – افحص عمل مروحة المكثّف. 4 – تأكد من عدم وجود تشغيل متقطع وسريع للمكيّف.
نظام التكييف يفصل بسرعة بعد التشغيل مباشرة	1 – افحص مفاتيح الضغط العالي والمنخفض. 2 – افحص عمل منظم درجات الحرارة. 3 – افحص عمل ملف القابض.

الخرائط المفاهيمية



مسرد المصطلحات	
Round Ducts	قنوات دائرية المقطع
Rectangular Ducts	قنوات مضلعة
Galvanize Steel Sheets	ألواح الصاج المجلفن
Compressed Foam Plates	ألواح الفوم المضغوط
Aluminum Sheets	ألواح ألمنيوم
Spider System	نظام عنكبوتي
Grille	ناشر شبكي
Ceiling Diffusers	نواشر سقفية
Plenum Ceilings	أسقف تخزين
Chillers	مُبردات الماء
Variable Refrigerant Flow (VRF)	التدفق القابل للتعديل
Variable Refrigerant Volume (VRV)	حجم التبريد القابل للتعديل
Central Split	نظام التكييف المركزي المجزأة
Central Packaged	نظام تكييف الهواء المركزية المجمعة
Thermal Expantion Valve	صمام التمدد الحراري
Air Handling Unit (AHV)	وحدة مناولة الهواء
Cooling Tower	برج تبريد
Scroll Compressor	ضاغط دوار حلزوني
Rotary Screw Compressor	ضاغط دوار لولبي
Centrifugal Compressor	ضاغط طارد عن المركز
Nozzels	فوهات
Thermal Cooling Tower Capacity	سعة برج التبريد الحرارية

Atmospheric Draft Tower	أبراج التبريد ذات حمل الهواء الطبيعي
Scales	قشور
Corrosion	تآكل
Fan Coil Unit	وحدة الملفات المروحية
Cofficient of Performance (COP)	معامل الأداء
Absorption Cooling Cycle	دورة التبريد الإمتصاصية
Lithium bromide	بروميد الليثويوم
Flat -Plate Solar Heater Collector	سخان شمسي ذو ألواح مسطحة
Evacuted - Tube Solar Heater	سخان شمسي ذو أنابيب مفرغة
Concentrating Collector	سخانات مركزة
External Drive Rotary Compressor	الضاغط الدوار ذو القيادة الخارجية
Orifice Tube	أنبوب ذو فوهة
Throttling Tube	أنبوب الخنق
Accumulator	مجمع الغاز
Liquid Reservoir	الخزان المجفف (خزان السائل)
Thermostat	منظم درجات الحرارة
Low Pressure Switch	مفتاح الضغط المنخفض
High Pressure Switch	مفتاح الضغط المرتفع
Electromagnetic	الملف الكهرومغناطيسي لقرص التعشيق
Condenser Fan	مروحة المكثف
Evaporator Fan	مروحة المبخر
Fresh Air Dumper	بوابة تجديد الهواء

قائمة المراجع

المراجع العربية

1 – إدارة المناهج والكتب المدرسية، **العلوم الصناعية الخاصة والتدريب العملي لتخصص التكييف والتبريد**، وزارة التربية والتعليم الأردنية، الطبعة الأولى، 2019م.

2 – صبري بولس، **تكييف الهواء المركزي واستخدام الطاقة الشمسية في عمليات تكييف الهواء**، دار المعارف.

المراجع الأجنبية

1 - Eugene Silberstein, Jason Obrzut, **Refrigeration Air conditioning Technology,** ninth edition, CENGAGE, 2021.

2 - John Gladstone, **HVAC Testing, Adjusting, and Balancing Field Manual,** 3rd edition, McGraw Hill, 1996.

3 - Tom Denton, **Automobile Mechanical and Electrical Systems**, 2nd edition, 2017.

تم بحمد اللّٰه تعالى